



รายงานการวิจัย เรื่อง

การศึกษาผลของบราสสิโนสเตอรอยด์และเมทิลจัสโมเนตต่อการเจริญเติบโต
ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ของดาวเรือง
The effect of brassinosteroids and methyl jasmonate on growth,
chlorophyll and carotenoid content of marigold

อาจารย์ ดร.ธนวดี พรหมจันทร์

Dr. Thanawadee Promchan

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร

Faculty of Animal and Agricultural Science, Silpakorn University

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

กองทุนพัฒนาวิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรีและงานวิจัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประจำปี พ.ศ. 2557

ภายใต้การกำกับดูแลของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีที่เสร็จ 2560

คำนำ

ปัจจุบันดาวเรืองเป็นไม้ดอกที่นิยมปลูกกันมากในประเทศไทย เนื่องจากสามารถปลูกได้ง่ายงอกเร็ว ให้ดอกเร็ว มีจำนวนดอกมาก และแข็งแรงไม่ค่อยมีโรคหรือแมลงรบกวน ดาวเรืองมีดอกหลายสี รูปทรงของดอกและความสูงของต้นแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับพันธุ์ ดาวเรืองจัดเป็นพืชอายุสั้น โดยออกดอกประมาณ 60-70 วันหลังปลูก ดังนั้นในการปลูกดาวเรืองสามารถกำหนดระยะเวลาในการออกดอกได้ นอกจากนี้ยังสามารถปลูกได้ตลอดปีและปลูกได้ทุกพื้นที่ในประเทศไทย การขยายพันธุ์ดาวเรืองโดยปักกิ่งจะเพาะเมล็ดเป็นส่วนใหญ่ วิธีการดังกล่าวเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในประเทศไทย ตลอดจนการต้านทานต่อโรคและแมลง (ธัญญา และคณะ, 2542) ดาวเรืองนอกจากจะปลูกเพื่อตัดขายดอกแล้ว สามารถปลูกกลางแจ้งหรือถุงพลาสติกเพื่อใช้ประดับตามอาคารบ้านเรือนและสถานที่ต่างๆ รวมทั้งมีการปลูกเพื่อเก็บเมล็ดส่งโรงงานอาหารสัตว์อีกด้วย แหล่งปลูกดาวเรืองของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดพะเยา ลำปาง นนทบุรี ราชบุรี สุพรรณบุรี สมุทรสาคร อุตรธานี และกรุงเทพมหานคร (ลัสดา, 2558) ปัจจุบันมีการนำเอาสารควบคุมการเจริญเติบโตกับพืชกันอย่างแพร่หลาย ในกรณีของการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชชนิดนี้เพื่อประโยชน์ทางการเกษตรนั้น พบว่าใช้เพื่อมุ่งการเพิ่มผลผลิต และการปรับปรุงลักษณะต่างๆ ของพืชให้มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม รวมถึงการนำสารละลายเมทิลจัสโมเนทและสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ โดยบทบาทของเมทิลจัสโมเนทต่อกระบวนการทางชีวเคมีและสรีรวิทยาของพืช เช่น ยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญของราก กระตุ้นการสลายคลอโรฟิลล์ ส่งเสริมการหลุดร่วงของใบ ยับยั้งการสร้างตาดอก และส่งเสริมการสุกของผลไม้ (Parthier *et al.*, 1992) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการใช้สารเมทิลจัสโมเนทหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อยับยั้งการเกิดรากและยอดของแรดิช โดยวิธีการจุ่มและรมสามารถยับยั้งการเกิดรากและยอดได้ รวมทั้งยังลดการสูญเสียคุณภาพของแรดิชได้ (Wang, 1998) ส่วนบราสสิโนสเตอรอยด์ในพืชนั้นเป็นไปในลักษณะที่คล้ายคลึงกับสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มอื่นๆ ในบางกรณี เช่น ออกซินในบางกรณีและคล้ายกับไซโตไคนิน หรือจิบเบอเรลลินในบางกรณี ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าคุณสมบัติที่แท้จริงของบราสสิโนสเตอรอยด์ในพืชจึงเป็นประเด็นที่มีความซับซ้อนและบทบาททางสรีรวิทยาหลายประการ ทั้งในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและกระบวนการพัฒนาการของพืช เช่น การงอกของเมล็ด การออกดอก การชราภาพ และความทนทานต่อความเครียด (นิติพัฒน์, 2559) งานวิจัยในครั้งนี้นำความมุ่งหมายที่จะกล่าวถึงบทบาทของสารละลายเมทิลจัสโมเนทและสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชอันจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชชนิดนี้ทางการเกษตรต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย เรื่อง “การศึกษาผลของบราสซิโนสเตอรอยด์และเมทิลจัสโมเนตต่อการเจริญเติบโต ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ของดาวเรือง” ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนพัฒนา วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรีและงานวิจัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ภายใต้การกำกับดูแลของ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร ประจำปี พ.ศ. 2557 ขอขอบคุณ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากรวิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำวิจัย ขอขอบคุณนางสาวชลลดา ธนาจันทร์ศรี นางสาวเพียงฝัน จันทร์สงวน นางสาวกัลย์สุดา บุญโส นางสาวกุลนิดา ศรีปาน นางสาวจุฑารัตน์ พนาสุวรรณรัตน์ และนางสาวอรพินธ์ อนันตสุข ที่ช่วยเก็บข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนอาจารย์กนกกาญจน์ ศศิวิมลฤทธิ์ ที่ให้คำปรึกษาในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ชื่อโครงการวิจัย	การศึกษาผลของบราสซิโนสเตอรอยด์และเมทิลจัสโมเนตต่อการเจริญเติบโต ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ของดาวเรือง
ชื่อผู้วิจัย	อาจารย์ ดร.ธนวดี พรหมจันทร์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร
แหล่งทุนอุดหนุนการวิจัย	กองทุนพัฒนาวิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรีและงานวิจัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ประจำปี พ.ศ. 2557
ปีที่ดำเนินการเสร็จ	2560

บทคัดย่อ

สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์และเมทิลจัสโมเนตมีประโยชน์ในการใช้เพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่างๆ แต่การใช้สารละลายทั้งสองชนิดนี้จำเป็นต้องกำหนดความเข้มข้นและวิธีการให้สารที่เหมาะสมต่อพืชแต่ละชนิด ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์และเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้นและวิธีการให้สารที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ของดาวเรือง พบว่า วิธีการให้สารละลายทั้งสองชนิดโดยการฉีดพ่นเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด โดยการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ด้วยวิธีฉีดพ่น ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 ไมโครโมลาร์ ส่งผลให้การเจริญเติบโตของดาวเรือง ได้แก่ ความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ขนาดทรงพุ่ม จำนวนยอด จำนวนใบ น้ำหนักสดของลำต้น น้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น และดอกเพิ่มขึ้นมากที่สุด ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของขนาดใบ น้ำหนักสดของใบ ดอก และรากนั้นพบมากที่สุดในการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ด้วยวิธีฉีดพ่น ที่ระดับความเข้มข้น 0.3 0.2 และ 0.1 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์แก่ต้นดาวเรืองโดยวิธีการรดโคนต้นที่ระดับความเข้มข้น 0.4 ไมโครโมลาร์ ทำให้ต้นดาวเรืองมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมมากที่สุด สำหรับการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนตด้วยวิธีฉีดพ่น ที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความสูง จำนวนใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น จำนวนยอด และจำนวนดอกมากที่สุด ในขณะที่การใช้ความเข้มข้น 20 ไมโครโมลาร์ส่งผลให้น้ำหนักแห้งของดอกเพิ่มมากที่สุด ส่วนการใช้ความเข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของขนาดใบ น้ำหนักสดของใบ ลำต้น และดอก และปริมาณแคโรทีนอยด์มากที่สุด และการใช้ความเข้มข้น 40 ไมโครโมลาร์ ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดของราก น้ำหนักแห้งของใบและรากมากที่สุด นอกจากนี้การให้สารละลายเมทิลจัสโมเนตด้วยวิธีรดโคนต้น ที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ จะทำให้ต้นดาวเรืองมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์รวมมากที่สุด ส่วนความเข้มข้น 20 ไมโครโมลาร์จะทำให้ต้นดาวเรืองมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีมากที่สุด

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่ายังต้องมีการศึกษาปัจจัยอื่นๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาการใช้สารละลายทั้งสองชนิดเพิ่มเติม เพื่อให้ได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการประยุกต์ใช้สารละลายทั้งสองชนิดนี้ในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อไป

คำสำคัญ : เมทิลจัสโมเนท บราสซิโนสเตอรอยด์ ดาวเรืองพันธุ์ลูกผสมอเมริกัน การเจริญเติบโต คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์

Title	The effect of brassinosteroids and methyl jasmonate on growth, chlorophyll and carotenoid content of marigold
Researcher	Dr. Thanawadee Promchan Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University
Research Grant	ICT Campus's Fund for Research and Development, Silpakorn University (2014)
Research Year	2017

Abstract

Brassinosteroid and methyl jasmonate are useful solutions for using as plant growth regulators in various plants. However, using these solutions should consider the appropriate concentration and application method for each plant. The objective of this study was to examine the effect of brassinosteroid and methyl Jasmonate solutions on growth, chlorophyll and carotenoid contents of marigold. The result showed that spraying was the most appropriate method for using both solutions. The highest increase on stem length, stem diameter, canopy size, shoot number, leave number, stem fresh weight, dry weight of leave stem and flower were found on using brassinosteroid by spraying method at concentration of 0.5 μM . Whereas the highest increase on leave size, fresh weight of leave flower and root were found at concentration of 0.3, 0.2 and 0.1 μM , respectively. Nevertheless, using brassinosteroid by directly drenching to marigold pot at concentration of 0.4 μM increased chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll contents. For using methyl jasmonate by spraying method at concentration of 10 μM increased stem length, leave number, stem diameter, shoot number and flower number. Whereas the highest increase on flower dry weight was found at concentration of 20 μM , the highest increase on leave size, fresh weight of leave stem and flower were found at concentration of 30 μM . The highest increase on root fresh weight, dry weight of leave and root were found at concentration of 40 μM . Moreover, using methyl jasmonate by drenching method at concentration of 50 μM increased chlorophyll a and total chlorophyll whereas at concentration of 20 μM increased chlorophyll b.

From this study indicated that other additional factors should be further study to provide the information in consideration of using both solutions. The most appropriate way will be applied for using both solutions as plant growth regulators in the future.

Keywords: Methyl jasmonate, Brassinosteroid, American marigolds hybrids, Growth rate, Chlorophyll, Carotenoid

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	๗
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๘
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๙
สารบัญ.....	๑๐
สารบัญตาราง.....	๑๑
สารบัญภาพ.....	๑๒
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่ได้รับ.....	3
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม.....	4
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดในการวิจัย.....	14
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	15
ระเบียบวิธีวิจัย.....	15
วัสดุและอุปกรณ์.....	17
การดูแลรักษา.....	18
การวิเคราะห์หาปริมาณรังควัตถุ.....	18
วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	21
1. ศึกษาผลของการความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายบราสดีโนสเตอร์รอยด์ต่อ การเจริญเติบโตของดาวเรือง.....	21
2. ศึกษาผลของการความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทต่อการ เจริญเติบโตของดาวเรือง.....	36
 บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	51
สรุปผลการวิจัย.....	51
อภิปรายผล.....	52
ข้อเสนอแนะ.....	56
 บรรณานุกรม.....	 57
ประวัตินักวิจัย.....	64

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 4.1	อัตราการผลิตเตาเผาทางด้านลำต้นดาวเรืองหลังจากการให้สารละลาย บราสซิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน (อายุต้น ดาวเรือง 44 วัน).....	22
ตารางที่ 4.2	จำนวนดอกดาวเรืองหลังจากการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ที่ ความเข้มข้นต่างๆ หลังจากให้สารในระยะเวลาต่างๆ.....	30
ตารางที่ 4.3	น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นดาวเรืองหลังจากการให้สารละลาย บราสซิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน.....	32
ตารางที่ 4.4	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และคลอโรฟิลล์รวม หลังจากการให้สารละลาย บราสซิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่างกัน.....	34
ตารางที่ 4.5	ปริมาณแคโรทีนอยด์หลังจากการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ที่ ความเข้มข้นต่างกัน.....	35
ตารางที่ 4.6	อัตราการผลิตเตาเผาทางด้านลำต้นดาวเรืองหลังจากการให้สารละลาย เมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน (อายุต้น ดาวเรือง 44 วัน).....	37
ตารางที่ 4.7	จำนวนดอกดาวเรืองหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความ เข้มข้นต่างๆ หลังจากให้สารในระยะเวลาต่างๆ.....	45
ตารางที่ 4.8	น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นดาวเรืองหลังจากการให้สารละลาย เมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน.....	47
ตารางที่ 4.9	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และคลอโรฟิลล์รวม หลังจากการให้สารละลาย เมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่างกัน.....	49
ตารางที่ 4.10	ปริมาณแคโรทีนอยด์หลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความ เข้มข้นต่างกัน.....	50

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 ดาวเรืองอเมริกัน.....	5
ภาพที่ 2.2 ดาวเรืองฝรั่งเศส.....	5
ภาพที่ 2.3 ดาวเรืองพันธุ์ลูกผสม.....	6
ภาพที่ 2.4 ดาวเรืองซิกเน็ต.....	6
ภาพที่ 2.5 ดาวเรืองใบ.....	7
ภาพที่ 2.6 สูตรโครงสร้างทางเคมีของกรดจัสโมนิก.....	9
ภาพที่ 2.7 สูตรโครงสร้างบราสสิโนสเตอรอยด์	12
ภาพที่ 4.1 จำนวนใบของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายบราสสิโน- สเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ไมโครโมลาร์).....	23
ภาพที่ 4.2 ขนาดใบของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายบราสสิโน- สเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ไมโครโมลาร์).....	24
ภาพที่ 4.3 จำนวนยอดของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายบราสสิโน- สเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ไมโครโมลาร์).....	25
ภาพที่ 4.4 ความสูงของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายบราสสิโน- สเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ไมโครโมลาร์).....	26
ภาพที่ 4.5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้ สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ไมโครโมลาร์).....	27
ภาพที่ 4.6 ขนาดทรงพุ่มของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายบราสสิโน- สเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ไมโครโมลาร์).....	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 4.6 ขนาดทรงพุ่มของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายบราสสิโน- สเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ไมโครโมลาร์).....	29
ภาพที่ 4.7 จำนวนใบของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนท ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 10 20 30 40 และ 50 ไมโครโมลาร์).....	38
ภาพที่ 4.8 ขนาดใบของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนท ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 10 20 30 40 และ 50 ไมโครโมลาร์).....	39
ภาพที่ 4.9 จำนวนยอดของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัส- โมเนทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 10 20 30 40 และ 50 ไมโครโมลาร์).....	40
ภาพที่ 4.10 ความสูงของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 10 20 30 40 และ 50 ไมโครโมลาร์).....	41
ภาพที่ 4.11 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้ สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 10 20 30 40 และ 50 ไมโครโมลาร์).....	42
ภาพที่ 4.12 ขนาดทรงพุ่มของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัส- โมเนทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 10 20 30 40 และ 50 ไมโครโมลาร์).....	43

บทที่ 1 บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ดาวเรืองเป็นไม้ดอกที่มีการแพร่กระจายไปอยู่ทั่วโลก สายพันธุ์ดาวเรืองที่พบในปัจจุบันนั้นมีหลายสายพันธุ์หลายชนิด เช่น ดาวเรืองอเมริกัน ดาวเรืองฝรั่งเศส และดาวเรืองพันธุ์ลูกผสม ดาวเรืองเป็นที่นิยมปลูกกันมากในประเทศไทย พันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับในประเทศไทย เช่น พันธุ์ซอเฟเวอร์เรน (Sovereign) มีดอกสีเหลือง พันธุ์ทอริดอร์ (Toreader) มีดอกสีส้ม พันธุ์ดับเบิล อีเกิล (Double Egle) มีดอกสีเหลือง และพันธุ์ดาวเรืองเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2552) สาเหตุที่นิยมนั้นเนื่องจากดาวเรืองสามารถปลูกง่าย โตเร็ว มีจำนวนดอกมาก คงทนต่อสภาพแวดล้อม รวมทั้งดาวเรืองยังเป็นพืชที่ขึ้นได้ดีทุกสภาพพื้นที่ และทุกฤดูกาลของประเทศ และเป็นไม้ดอกที่สามารถทำรายได้ให้กับผู้ปลูกได้สูง ลักษณะทั่วไปของดอกดาวเรืองเป็นไม้ดอกอายุสั้น ทรงต้นสูงโดยประมาณ 20 - 60 เซนติเมตร บางครั้งความสูงขึ้นอยู่กับพันธุ์ที่ปลูก ใบ เป็นใบประกอบขนนก ออกตรงข้าม ช่วงบนสลับ ใบย่อยรูปรีหรือรูปหอกขอบขนาน ปลายแหลม ให้ดอกเร็ว ดอกดก มีหลายสี รูปทรงของดอกสวยงาม สีสดใส ใบนานหลายวัน สามารถปักแจกันได้นาน 1-2 สัปดาห์ ให้ดอกในระยะเวลาดังกล่าว คือ ประมาณ 60-70 วัน หลังปลูก นอกจากนี้ยังสามารถปลูกดาวเรืองได้ตลอดทั้งปี (ธัญญา และคณะ, 2542) ในปัจจุบันการปลูกดาวเรืองนอกจากปลูกเพื่อตัดดอกขายแล้ว ยังนิยมปลูกในกระถางหรือถุงพลาสติก เพื่อประดับตกแต่งอาคารสถานที่ และปลูกเพื่อตัดดอกส่งโรงงานอาหารสัตว์อีกด้วย

ปัจจุบันมีการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ขึ้นและมีบทบาทคล้ายฮอร์โมนพืชแต่พืชไม่สามารถสังเคราะห์เองไม่ได้ จัดเป็นกลุ่มของสารที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบันนี้ เนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางและเห็นผลได้ค่อนข้างเด่นชัด โดยมากใช้ในการติดผลเร่ง หรือชะลอการแก่ การสุก ซึ่งลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้ถูกควบคุมโดยสารแต่ละชนิดแตกต่างกันไป ดังนั้นถ้ามีการเลือกใช้อย่างถูกต้องก็จะทำให้เราสามารถควบคุมการเติบโตของพืชได้ตามต้องการ ฮอร์โมนพืชมีความหมายในเชิงวิชาการว่าเป็นสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นเองในปริมาณน้อยมาก แต่มีผลในด้านการส่งเสริมหรือยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายในต้นพืชนั้น ๆ ทั้งนี้ไม่รวมพวกน้ำตาลหรือสารอาหารที่เป็นอาหารพืชโดยตรง จะเห็นได้ว่าพืชสร้างฮอร์โมนขึ้นน้อยมาก โดยมีปริมาณเพียงพอที่จะควบคุมการเติบโตภายในต้นพืชนั้น ๆ ดังนั้นการสกัดสารฮอร์โมนออกมาจากต้นพืช เพื่อไปพ่นให้ต้นไม้อื่น ๆ สารที่เรานำมาฉีดพ่นให้ต้นพืชเพื่อให้เกิดลักษณะตามที่เราต้องการนั้น สารควบคุมการเจริญเติบโตมีคุณสมบัติในการกระตุ้นยับยั้งหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชได้ มีคุณสมบัติในการกระตุ้น ยับยั้ง หรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชได้ สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยได้ 7 กลุ่มด้วยกัน คือ ออกซิน (auxins) จิบเบอเรลลิน (gibberellins) ไซโตไคนิน (cytokinins) เอทิลีนและสารปลดปล่อยเอทิลีน (ethylene and ethylene releasing compounds)

สารชะลอการเจริญเติบโตของพืช (plant growth retardants) สารยับยั้งการเจริญเติบโต (plant growth inhibitors) และสารอื่น ๆ (miscellaneous) (พีรเดช, 2529)

การศึกษาครั้งนี้มีการใช้สารควบคุมในการเจริญเติบโตของดาวเรืองคือ เมทิลจัสโมเนท ซึ่งเป็นสารที่สามารถสกัดได้จากธรรมชาติ พบแพร่หลายในพืชหลายชนิด สารเมทิลจัสโมเนทมีผลต่อกระบวนการทางชีวเคมีและสรีรวิทยาของพืช เช่น กระตุ้นการสร้างดอกที่มีลักษณะผิดปกติ (Pak *et al.*, 2009) ยับยั้งการเจริญของราก (Zhou *et al.*, 2010) กระตุ้นการสลายคลอโรฟิลล์ (Ananieva *et al.*, 2007) ยับยั้งการเกิดโรคน้ำไหม้ (Miyamoto *et al.*, 2010) ยับยั้งการสร้างแผ่นใบ (Jásik and Klerk, 2006) ส่งเสริมการสุกของผลไม้ (Baltazar *et al.*, 2007; Mukkun and Singh, 2009) และเพิ่มสังเคราะห์สารอัลคาลอยด์ในไม้ดอกบางชนิด (Zhou *et al.*, 2015) รวมถึงการนำสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์มาใช้กับพืชพวกผักกาดหอม ผักกาดหัว พริกหยวก และมันฝรั่ง เป็นต้น บทบาทของบราสซิโนสเตอรอยด์ในพืชนั้นเป็นไปในลักษณะที่คล้ายคลึงกับสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มอื่นๆ ในบางกรณี เช่น ออกซินในบางกรณีและคล้ายกับไซโตไคนิน หรือจิบเบอเรลลินในบางกรณี ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าคุณสมบัติที่แท้จริงของบราสซิโนสเตอรอยด์ในพืชจึงเป็นประเด็นที่มีความซับซ้อน และบทบาททางสรีรวิทยาหลายประการ ทั้งในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและกระบวนการพัฒนาการของพืช เช่น การงอกของเมล็ด การออกดอก การชราภาพ และความทนทานต่อความเครียด (นิติพัฒน์, 2559)

ดังนั้น งานวิจัยในครั้งนี้นี้มีความมุ่งหมายที่จะกล่าวถึงบทบาทของสารละลายเมทิลจัสโมเนทและสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชอันจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชชนิดนี้ทางการเกษตรต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

สารละลายเมทิลจัสโมเนท และสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้งการยับยั้ง ชะลอ และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชแต่ละชนิดตอบสนองแตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าคุณสมบัติที่แท้จริงของบราสซิโนสเตอรอยด์ในพืชจึงเป็นประเด็นที่มีความซับซ้อน และบทบาททางสรีรวิทยาหลายประการ โดยงานวิจัยในครั้งนี้นี้ใช้ดาวเรืองเป็นพืชต้นแบบ เนื่องจากเป็นพืชที่มีอายุสั้น ให้ผลผลิตคือดอกในระยะเวลาอันรวดเร็ว และสามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ในการศึกษาสารละลายเมทิลจัสโมเนท และสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ ดังต่อไปนี้

1. เพื่อทราบระดับความเข้มข้น และวิธีการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง
2. เพื่อทราบระดับความเข้มข้น และวิธีการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง

3. เพื่อศึกษาลักษณะและการเปลี่ยนแปลงด้านการเจริญเติบโตที่สามารถนำมาใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาศักยภาพในการผลิตไม้ดอกชนิดอื่นๆ ได้

3. ขอบเขตของการวิจัย

สารละลายเมทิลจัสโมเนท และสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้งการยับยั้ง ชะลอ และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชแต่ละชนิดส่งผลที่แตกต่างกันออกไป โดยงานวิจัยในครั้งนี้ใช้ต้นดาวเรืองเป็นต้นแบบ เนื่องจากเป็นพืชที่มีอายุสั้น ให้ผลผลิตคือดอกในระยะเวลาอันรวดเร็ว ดังนั้นการศึกษาผลของความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ และสารละลายเมทิลจัสโมเนทต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองนั้น จึงพิจารณาผลดังกล่าวจากการเก็บข้อมูลของจำนวนใบ ขนาดใบ จำนวนยอด ความสูงของลำต้น (วัดจากโคนต้นจนถึงปลายยอด) ขนาดของลำต้น (วัดจากโคนประมาณ 20 เซนติเมตร) จำนวนดอกต่อต้น ขนาดของดอก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของดอก ความยาวราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น และราก และบันทึกปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณแคโรทีนอยด์จากดอก อันเกิดจากการตอบสนองการใช้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์และสารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น วิธีการให้สาร ตลอดจนบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืชต้นแบบที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

4. ประโยชน์ที่ได้รับ

การตอบสนองการใช้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์และสารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้นและวิธีการให้สาร โดยสารสองชนิดข้างต้นเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้งการยับยั้ง ชะลอ และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชแต่ละชนิดส่งผลที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการศึกษามลของความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์และสารละลายเมทิลจัสโมเนทต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองนั้น จึงมีประโยชน์ในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ได้ข้อมูลเบื้องต้นในการประยุกต์ใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนทและสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ในการควบคุมการเจริญเติบโตของดาวเรืองทั้งระดับความเข้มข้นและวิธีการให้สารอย่างมีประสิทธิภาพ
2. ได้ข้อมูลของบทบาทของสารละลายเมทิลจัสโมเนทและสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยาของต้นดาวเรือง
3. สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมในการผลิตไม้ดอกชนิดอื่น ๆ ได้

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

1.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1 ดาวเรือง (marigold)

ดาวเรืองเป็นไม้ดอกที่มีการแพร่กระจายไปอยู่ทั่วโลก มีถิ่นกำเนิดในประเทศสหรัฐอเมริกา และเม็กซิโก ดาวเรืองอยู่ในวงศ์ Asteraceae มีชื่อสามัญคือ marigold ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Tagetes* spp. ชื่อของดาวเรืองในประเทศไทยจะเรียกแตกต่างกันไป ในแต่ละภาค แต่มีความหมายคล้ายกัน โดยเรียกตามสีและลักษณะดอก (ธัญญา และคณะ, 2542) ดาวเรืองเป็นที่นิยมปลูกกันมากในประเทศไทย พันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับในประเทศไทย เช่น พันธุ์ซอฟเวอร์เรน (Sovereign) มีดอกสีเหลือง พันธุ์ทอริเตอร์ (Toreader) มีดอกสีส้ม พันธุ์ดับเบิล อีเกิล (Double Egle) มีดอกสีเหลือง และพันธุ์ดาวเรืองเกษตร (วัลลภ, 2540) สาเหตุที่นิยมนั้นเนื่องจากดาวเรืองสามารถปลูกง่าย โตเร็ว มีจำนวนดอกมาก คงทนต่อสภาพแวดล้อม รวมทั้งดาวเรืองยังเป็นพืชที่ขึ้นได้ดีทุกสภาพพื้นที่และทุกฤดูกาลของประเทศ (ธัญญา และคณะ, 2542) ในปัจจุบันการปลูกดาวเรืองนอกจากปลูกเพื่อตัดดอกขายแล้ว ยังนิยมปลูกในกระถางหรือถุงพลาสติก เพื่อประดับตกแต่งอาคารสถานที่ และปลูกเพื่อตัดดอกส่งโรงงานอาหารสัตว์อีกด้วย โดยการการจำแนกดาวเรือง ในปัจจุบันมี 5 ชนิด คือ

1.1.1 ดาวเรืองอเมริกัน (American Marigolds หรือ *T. erecta*) (ภาพที่ 2.1) เป็นดาวเรืองที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของทวีปอเมริกา ลำต้นสูงตั้งแต่ 25.40-101.60 เซนติเมตร ดอกสีเหลือง ส้ม ทอง และขาว กลีบดอกซ้อนกันแน่น ดอกมีขนาดใหญ่ประมาณ 7.62-10.16 เซนติเมตร ดาวเรืองชนิดนี้มีหลายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เตี้ย สูงประมาณ 25.40-35.56 เซนติเมตร ได้แก่ พันธุ์ปาปาเย่า (Papaya) ไพน์แอปเปิล (Pineapple) ปัมพ์กิน (Pumpkin) เป็นต้น พันธุ์สูงปานกลาง สูงประมาณ 35.56-40.64 เซนติเมตร ได้แก่ พันธุ์อะพอลโล (Apollo) ไซกิง (Ziking) มูนช็อต (Moonshot) เป็นต้น พันธุ์สูง สูงประมาณ 40.64-91.44 เซนติเมตร ได้แก่ พันธุ์ดับเบิล อีเกิล (Double Egle) ดับบลูน (Doubleloon) ซอฟเวอร์เรน (Sovereign) เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2552)



ภาพที่ 2.1 ดาวเรืองอเมริกัน (American Marigolds หรือ *T. erecta*)

ที่มา: <http://www.thaikasetsart.com/ดาวเรืองอเมริกัน> (วันที่สืบค้น 15 พฤษภาคม 2559)

1.1.2 ดาวเรืองฝรั่งเศส (French Marigolds หรือ *T. patula*) (ภาพที่ 2.2) ดาวเรืองฝรั่งเศสเป็นดาวเรืองต้นเล็ก ต้นเป็นพุ่มเตี้ย ๆ สูงประมาณ 15.24-30.48 เซนติเมตร ดอกสีเหลือง ส้มทอง น้ำตาลอมแดง และสีแดง ดอกมีขนาดเล็กประมาณ 3.81 เซนติเมตร นิยมปลูกประดับในแปลงมากกว่าปลูกเพื่อตัดดอก เนื่องจากมีก้านดอกสั้น นอกจากนี้ยังเป็นดาวเรืองที่สามารถลดปริมาณไส้เดือนฝอยที่ทำให้เกิดอาการรากปมในรากพืชได้ ตัวอย่างดาวเรืองฝรั่งเศส ได้แก่ พันธุ์ดอกชั้นเดียว ดอกมีขนาด 3.81-5.08 เซนติเมตร ได้แก่ พันธุ์เรด มาเรตต้า (Red Marietta) นอธตี้ มาเรตต้า (Naughty Marietta) เอสปานา (Espana) ลีโอปาร์ด (Leopard) เป็นต้น พันธุ์ดอกซ้อน ดอกมีขนาดตั้งแต่ 3.81-7.62 เซนติเมตร ได้แก่ พันธุ์ควีน โซเฟีย (Queen Sophia) สการ์เล็ต โซเฟีย (Scarlet Sophia) โกลเด้น เกต (Golden Gate) เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2552)



ภาพที่ 2.2 ดาวเรืองฝรั่งเศส (French Marigolds หรือ *T. patula*)

ที่มา: <http://www.pednapic.com/product/420/ดาวเรืองฝรั่งเศส-french-marigold-flower>
(วันที่สืบค้น 15 พฤษภาคม 2559)

1.1.3 ดาวเรืองพันธุ์ลูกผสม (Mule Marigolds หรือ Afro American Marigolds หรือ Triploid marigold และ Diploid marigold) (ภาพที่ 2.3) เป็นดาวเรืองลูกผสมระหว่างดาวเรืองอเมริกันและดาวเรืองฝรั่งเศส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำลักษณะความแข็งแรง ดอกใหญ่ และมีกลีบซ้อนมากของดาวเรืองอเมริกัน รวมเข้ากับลักษณะต้นเตี้ยทรงพุ่มกะทัดรัดของดาวเรืองฝรั่งเศส ดาวเรืองลูกผสมให้ดอกเร็วมาก คือ เพียง 5 สัปดาห์หลังจากเพาะเมล็ด ดอกมีขนาด 5.08-7.62 เซนติเมตร ดอก

ตกและอยู่กับต้นได้ดี ดาวเรืองชนิดนี้มีชื่อเสียงก็คือเมล็ดจะลีบ ไม่สามารถนำมาเพาะให้เป็นต้นใหม่ได้จึงเรียกว่า ดาวเรืองล่อ เช่นเดียวกับการผสมม้ากับลา มีลูกออกมาเรียกว่า ล่อ ซึ่งเป็นหมัน จึงทำให้เมล็ดมีราคาแพงมาก และการปลูกดาวเรืองด้วยเมล็ดชนิดนี้ จึงควรใช้เมล็ดเป็นปริมาณ 2 เท่าของจำนวนที่ต้องการ เนื่องจากเมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำ ดาวเรืองลูกผสมที่นิยมปลูกมีอยู่หลายพันธุ์ คือ พันธุ์นั้กเก็ต (Nugget) ไฟร์เวิร์ก (Fireworks) เรด เซเว่น สตาร์ (Red Sevenstar) และโชว์โบ๊ต (Showboat) (กรมวิชาการเกษตร, 2552)



ภาพที่ 2.3 ดาวเรืองพันธุ์ลูกผสม (Mule Marigolds หรือ Afro American Marigolds หรือ Triploid marigold และ Diploid marigold)

ที่มา: <http://www.thaieditorial.com/ชนิดของดอกดาวเรือง/> (วันที่สืบค้น 15 พฤษภาคม 2559)

1.1.4 ดาวเรืองซิกเน็ต (Signet Marigold หรือ *T. tenuifolia* หรือ *T. signata pumila*) (ภาพที่ 2.4) เป็นดาวเรืองชนิดต้นเตี้ย ดอกจิว นิยมปลูกมากในยุโรป มีพุ่มใหญ่ ออกดอกดก ขนาดดอกเล็กมาก เส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 2.54 เซนติเมตร กลีบดอกชั้นเดียว (สมเพียร, 2525)



ภาพที่ 2.4 ดาวเรืองซิกเน็ต (Signet Marigold หรือ *T. tenuifolia* หรือ *T. signata pumila*)

ที่มา: <http://www.thaikasetsart.com> (วันที่สืบค้น 15 พฤษภาคม 2559)

1.1.5 ดาวเรืองใบ (Foliage Marigold หรือ *T. filifolia*) (ภาพที่ 2.5) เป็นดาวเรืองที่มีใบสวยงามมาก ใบสวยเด่นกว่าดอก พุ่มต้นแน่น เหมาะสำหรับปลูกตามขอบแปลง (สมเพียร, 2547)



ภาพที่ 2.5 ดาวเรืองใบ (Foliage Marigold หรือ *T. filifolia*)

ที่มา: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/tagetes-filifolia/fichas/pagina1.htm> (วันที่สืบค้น 15 พฤษภาคม 2559)

1.2 การขยายพันธุ์ การปลูกและการดูแลรักษาดาวเรือง

การขยายพันธุ์ดาวเรืองที่นิยม คือ การใช้เมล็ด โดยนำเมล็ดดาวเรืองมาเพาะในกระบะเพาะซึ่งมีวัสดุเพาะ คือ ขุยมะพร้าว ทราย ขี้เถ้าแกลบ ปุ๋ยคอก ในอัตราส่วน 1: 1 : 1 : 1 หรือแปลงเพาะที่มีดินร่วนซุย ค่อนข้างละเอียด หลังจากนั้นหยอดเมล็ดลงร่องให้ห่างกัน 2.54 – 5.08 เซนติเมตร แล้วกลบแต่ละร่องด้วยวัสดุเพาะรดน้ำด้วยฝักบัวฝอยให้ชุ่ม เมล็ดดาวเรืองจะงอกภายใน 3 - 5 วัน การขยายพันธุ์อีกวิธี คือ การปักชำ แต่การปักชำเป็นวิธีที่ไม่ค่อยนิยมทำกันเพราะได้จำนวนน้อย แต่ที่ทำกันเพราะเป็นผลพลอยได้จากการเด็ดส่วนยอดที่มีความยาว 2.54 – 5.08 เซนติเมตร นำไปปักชำในกระบะพลาสติก สำหรับวัสดุที่ปักชำ คือ ขี้เถ้าแกลบ เพราะเก็บความชื้นได้ดี ดาวเรืองจะออกรากภายใน 7 - 10 วัน

การปลูกดาวเรือง ก่อนย้ายต้นกล้าลงแปลงปลูก ควรรดน้ำแปลงไว้ล่วงหน้า 1 วัน แล้วจึงขุดหลุมกว้างประมาณ 15 เซนติเมตร ใส่สูตร 15 - 15 - 15 ประมาณ 1 ช้อนชา รองก้นหลุม นำต้นกล้าที่มีอายุ 7 - 10 วัน (นับจากวันเพาะเมล็ดหรือปักชำ) นำมาปลูกในแต่ละหลุมที่เตรียมไว้ เสร็จแล้วรดน้ำให้โชก การย้ายกล้าปลูกควรทำ ในตอนเย็น เพราะช่วงเวลากลางคืนต้นไม้จะตั้งตัวได้ดีกว่าในช่วงเวลากลางวัน

การดูแลดาวเรือง คือการให้น้ำ หลังจากย้ายกล้าลงแปลงปลูกแล้ว ต้องรดน้ำเข้าเย็น ประมาณ 7 วัน ต้นกล้าก็จะตั้งตัวได้ดี หลังจากนั้นจึงรดน้ำเพียงวันละ 1 ครั้ง ในตอนเช้าและในช่วงที่ดอกเริ่มบานไม่ควรรดน้ำให้โดนดอก เพราะจะทำให้คุณภาพของดอกไม้ดี และเป็นโรคได้ง่ายควรรดน้ำเฉพาะบริเวณโคนต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545)

1.3 การควบคุมการเจริญเติบโต

วิธีที่นิยมในการควบคุมการเจริญเติบโตของต้นไม้ คือ การตัดแต่ง ซึ่งถ้าหากต้องการให้ได้ผลดีและมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญเติบโตนั้น จะต้องกระทำอย่างถูกต้อง อีกวิธีหนึ่งสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของต้นไม้ชนิดต่าง ๆ ได้ดีก็คือ การใช้สารชะลอการเจริญเติบโต (plant growth retardants) (กันยาร์ตัน และคณะ, 2557) โดยสารที่นำมาใช้ในครั้งนี้นี้ คือ เมทิลจัสโมเนท (methyl jasmonate: MeJA) เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มหนึ่ง โดยเป็นสารเมทิลเอสเทอร์ (methylester) ของกรดจัสโมนิก (jasmonic acid) เป็นกลุ่มของสารประกอบไซโคลเพนทาโนน (cyclopentanone) ซึ่งมีปฏิกิริยาเหมือนกรดจัสโมนิก และจัสโมเนท (jasmonates) โดยสกัดจากมะลิก้านแดง สารในกลุ่มของจัสโมเนทพบได้ในพืชมากกว่า 200 ชนิด รวมไปถึง เฟิร์น มอส และรา

Ueda and Saniewski (2006) รายงานว่า เมทิลจัสโมเนทสามารถกระตุ้นการสร้างคลอโรฟิลล์บริเวณหัวของทิวลิป (*Tulipa gesneriana* L. cv. 'Apeldoorn') ได้ทั้งคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บี

Ram *et al.* (2013) ศึกษาการใช้เมทิลจัสโมเนทเพื่อกระตุ้นการเกิดแอนโทไซยานินในการเพาะเลี้ยงแคลลัสในหลอดทดลองของกุหลาบ โดยพบว่า เมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้น 0.5 ไมโครโมลาร์สามารถกระตุ้นให้เกิดแอนโทไซยานินมากที่สุด (97.25 เปอร์เซ็นต์)

Lolaei *et al.* (2013) ศึกษาการใช้เมทิลจัสโมเนทในการกระตุ้นให้เกิดความต้านทานต่อเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุของสโตรเบอร์รี่สีเขียวที่เจริญเต็มที่ โดยใช้เมทิลจัสโมเนทที่มีความเข้มข้น 1 ไมโครโมลาร์ ในสโตรเบอร์รี่ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ สโตรเบอร์รี่สายพันธุ์ Selva และสโตรเบอร์รี่สายพันธุ์ Queen Elizabeth พบว่า สโตรเบอร์รี่ทั้งสองสายพันธุ์มีการเจริญเติบโตลดลงอย่างมาก โดยนอกจากนี้ เมทิลจัสโมเนท 1 มิลลิกรัม ในสโตรเบอร์รี่ที่มีการรักษาด้วยเมทิลจัสโมเนท โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำสูงขึ้น

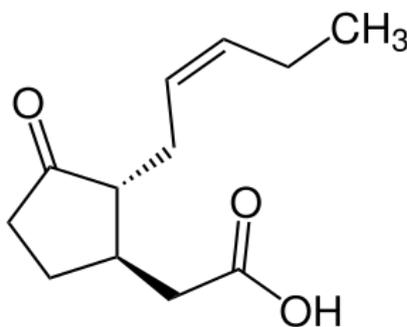
Enteshari *et al.* (2013) การศึกษาผลของ เมทิลจัสโมเนท ต่อการทนต่อความเค็มและการเจริญเติบโตของต้นโหระพา โดยนำเมล็ดไปแช่ในเมทิลจัสโมเนท เข้มข้นต่างๆ (0 0.5 และ 0.01 ไมโครโมลาร์) และจากนั้นนำไปวางไว้บนกระดาษกรองที่แช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ โดยมีขนาดต่างๆ (50 100 และ 200 มิลลิเมตร) จากนั้นตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ และลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่า สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่มีความเข้มข้นสูง ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้น แสดงว่า สารละลายเมทิลจัสโมเนทให้ผลในเชิงบวก โดยทำให้พืชสามารถทนความเค็มและมีการเจริญเติบโตของราก และลำต้น

1.3.1 เมทิลจัสโมเนท (Methyl jasmonate)

1.3.1.1 โครงสร้างและคุณสมบัติของเมทิลจัสโมเนท

กรดจัสโมนิก (jasmonic acid: JA) มีชื่อทางเคมี คือ (1R,2R)-3-Oxo-2-(2Z)-2-pentenyl-cyclopentaneacetic acid มีสูตรทางเคมี คือ $C_{12}H_{18}O_3$ (ภาพที่ 2.6) เป็น

สารอินทรีย์ที่พบในพืชหลายชนิด สังเคราะห์มาจากกรดไขมันคือ กรดลิโนเลนิก (Linoleic acid) มีผลในด้านการยับยั้งการเจริญเติบโตและกระตุ้นการชราและการหลุดร่วงของใบ การสุกและการสร้างเม็ดสีในผล (ลิลลี่ และคณะ, 2549) นอกจากนี้มีรายงานว่าสารเมทิลจัสโมเนท ซึ่งเป็นเมทิลเอสเทอร์ของจัสโมเนทมีบทบาทในที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา สำหรับผลต่อพืชนั้นมีรายงานว่า เมทิลจัสโมเนท ไปกระตุ้นความต้านทานโรคในผลเชอร์รี่ระหว่างเก็บรักษา (Yao and Tian, 2005) และ เมทิลจัสโมเนทมีคุณสมบัติเป็นสารอินทรีย์ที่มีฤทธิ์ ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช มีผลต่อกระบวนการสุกของพืช โดยเพิ่มความต้านทานให้กับพืชเพื่อตอบสนองต่อสิ่งรบกวนภายนอก เช่น การกระตุ้นกลไกการสร้างความต้านทานต่ออาการสะท้านหนาว โดยการลดการเกิดอนุมูลอิสระและช่วยเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ในระบบการต้านออกซิเดชัน ทำให้สามารถใช้สารเมทิลจัสโมเนทในการรักษาคุณภาพ และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดภายหลังการเก็บเกี่ยวได้ (Kondo *et al.*, 2007)



ภาพที่ 2.6 สูตรโครงสร้างทางเคมีของกรดจัสโมนิก

ที่มา: <https://th.wikipedia.org/wiki/กรดจัสโมนิก> (วันที่สืบค้น 15 พฤษภาคม 2559)

กรดจัสโมนิกและเมทิลจัสโมเนทเป็นฮอร์โมนพืช เป็นที่แพร่หลายในอาณาจักรพืชและมีบทบาทสำคัญในการตอบสนองต่อความเครียดสิ่งมีชีวิต / สิ่งไม่มีชีวิต เช่นเดียวกับในกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช (Avanci *et al.*, 2010) เมทิลจัสโมเนทมีความสำคัญต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืชระดับต่างๆ เช่น การงอกของเมล็ด การเติบโตของราก การผสมติด การสุกของผลไม้ การร่วง และควบคุมผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวของไม้ดอก เช่น กุหลาบ ดอกฟรีเซีย (*Freesia hybrid* L.) (Darras *et al.*, 2007) เป็นต้น โดยการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืชที่ปรากฏแตกต่างกันออกไปได้หลายรูปแบบ โดยขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นด้วยเช่นกัน

1.3.1.2 วิธีการให้สารเมทิลจัสโมเนทในพืช

สำหรับการให้สารเมทิลจัสโมเนทกับพืชนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น

การจุ่มผล โดยอินทนนท์ และคณะ (2554) ศึกษาผลของเมทิลจัสโมเนทต่อการพัฒนาสีแดงของเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก พบว่า มะม่วงที่ทำการจุ่มผลในสารละลายเมทิลจัสโมเนทเข้มข้น 15 มิลลิโมลาร์ มีเปอร์เซ็นต์พื้นที่สีแดงสูงที่สุด

การรม โดยพินดา และศิริชัย (2555) ศึกษาการใช้เมทิลจัสโมเนทในการลดการเกิดสีน้ำตาลของฝักระเจียบเขียว พบว่า ฝักระเจียบเขียวที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้น 0.01 – 2 โมลาร์ มีการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจากเกิดอาการสะท้อนหนาวน้อยที่สุด และการลดอาการสะท้อนหนาวด้วยสารเมทิลจัสโมเนท ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถลดอาการช้ำสีน้ำตาล ชะลอการเปลี่ยนแปลงสี

การฉีดพ่น Atei *et al.* (2013) ศึกษาการใช้กรดจัสโมนิกที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาด้านการเจริญเติบโตของดอกคาเลนดูล่า หรือ ดาวเรืองหม้อ (*Calendula officinalis* L.) ที่ความเข้มข้น 0.75 1.50 และ 2.25 ไมโครโมลาร์ ต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งของดอก ความสูงของลำต้น และน้ำหนักของเมล็ดจำนวน 1,000 เมล็ด พบว่า การฉีดพ่นจัสโมเนทบริเวณยอดดอกคาเลนดูล่า หรือ ดาวเรืองหม้อ เข้มข้น 1.50 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักของเมล็ด (จำนวน 1,000 เมล็ด) และความสูงของต้นสูงสุด และที่ความเข้มข้น 2.25 ไมโครโมลาร์ น้ำหนักแห้งของดอกคาเลนดูล่า หรือ ดาวเรืองหม้อแห้งและพารามิเตอร์อื่นสูงสุด สุริยันท์ และคณะ (2558) ศึกษาการใช้เมทิลจัสโมเนท และกรดซาลิไซลิก โดยการฉีดพ่นก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง พบว่าการใช้กรดซาลิไซลิก สามารถรักษาคุณภาพทางกายภาพ และลดการเกิดอาการสะท้อนหนาวในโหระพาระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งประสิทธิภาพของกรดซาลิไซลิก ขึ้นกับระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น แต่ต้องระวังความเป็นพิษต่อยอดอ่อนหากใช้ความเข้มข้นสูงเกินไป ในขณะที่การใช้เมทิลจัสโมเนท กลับให้ผลกระตุ้นความรุนแรงของอาการสะท้อนหนาวระหว่างการเก็บรักษาอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าการใช้เมทิลจัสโมเนทไม่เหมาะสมกับโหระพา Khulenjani *et al.* (2015) ศึกษาผลกระทบของความเค็มและเมทิลจัสโมเนท ในบางลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดอกคาโมไมล์ (*Chamomile*) รวมทั้งรากและความยาวของหน่อ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งได้รับการประเมิน เมล็ดพันธุ์ถูกนำมาปลูกลงในกระถางสี่เหลี่ยมในโรงเรือนวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 1 กระถาง และรดด้วยน้ำเกลือที่ความเค็ม เข้มข้น 100 และ 200 มิลลิโมลาร์ สลับกันครั้งละ 4-6 วัน ร่วมกับการพ่นเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 0.01-0.1 ไมโครโมลาร์ต่อลิตร พร้อมกับการรักษาความเค็มซึ่งได้รับการอย่างต่อเนื่อง 6 ชั่วโมง พบว่า ความเค็มและเมทิลจัสโมเนท มีผลทำให้ลดความยาวของลำต้น และความเค็มส่งผลให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่เมทิลจัสโมเนทส่งเสริมความเค็มต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยการศึกษาการเจริญเติบโตของรากและในต้นกล้าแสดงให้เห็น พบว่า

ผลกระทบความเค็มและการลดน้ำหนักเพิ่มขึ้น น้ำหนักแห้งและสดของพืชได้รับการรักษาในสัดส่วนที่แสดงให้เห็นว่ากลุ่มควบคุมป้องกันผลที่เกิดจากการใช้เมทิลจัสโมเนทได้

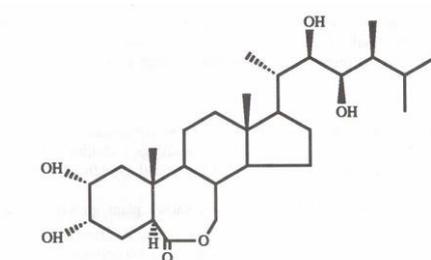
การเติม เป็นการที่เติมสารละลายสารเมทิลจัสโมเนทแต่ละความเข้มข้น ลงไปในอาหาร Water Agar (WA) โดยฤทธิพันธ์ และคณะ (2557) ศึกษา การใช้เมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 0 50 100 150 และ 200 ไมโครโมลาร์ ต่อเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส พบว่า แคลลัสของงุ่นมีน้ำหนักสูงสุดเมื่อเติมเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ สำหรับปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส พบว่า ระยะเวลา 15 วัน การเติมเมทิลจัสโมเนท มีผลให้ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสลดลง อย่างไรก็ตามการเติมเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ สามารถส่งเสริมให้แคลลัสของงุ่นมีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH) และ 2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) สูงที่สุดในวันที่ 3 โดยมีค่าเท่ากับ 12.62 และ 10.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นริขรา (2550) ศึกษาผลของเมทิลจัสโมเนทต่อการควบคุมโรคผลเน่าและคุณภาพของผลมะละกอสุกพันธุ์ เรตมาราดอล โดยใช้ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 100 200 400 และ 800 ไมโครโมลาร์ต่อการงอกของสปอร์เชื้อราบนอาหาร WA และบนอาหาร WA ผสมน้ำคั้นมะละกอ 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่า บนอาหาร WA ที่เติมเมทิลจัสโมเนท เข้มข้นตั้งแต่ 100 ไมโครโมลาร์ขึ้นไป มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Penicillium* sp. ได้อย่างสมบูรณ์ เมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 200-800 ไมโครโมลาร์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* และ *Rhizopus stolonifer* ได้อย่างสมบูรณ์ เมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 400-800 ไมโครโมลาร์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อ *Lasiodiplodia theobromae* ได้อย่างสมบูรณ์ และเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 800 ไมโครโมลาร์ สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อ *Aspergillus niger* ได้อย่างสมบูรณ์ ในขณะที่เมทิลจัสโมเนท ทุกความเข้มข้นไม่สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อ *A. flavus* ได้ แต่การใช้เมทิลจัสโมเนท ที่มีความเข้มข้นสูงสามารถชะลอการงอกของสปอร์ได้ดีกว่าที่ความเข้มข้นต่ำ

1.3.2 บราสสิโนสเตียรอยด์ (Brassinosteroid)

1.3.2.1 การสกัด

บราสสิโนสเตอรอยด์ (ภาพที่ 2.7) พบในพืชจำนวนมากทั้งพืชใบเลี้ยงคู่ พืชใบเลี้ยงเดี่ยว สน และสาหร่าย ปัจจุบันมีการค้นพบมากกว่า 60 ชนิด โดยมี 31 ชนิดที่ได้จำแนกลักษณะแล้ว ซึ่งเป็นสารอิสระ 29 ชนิด และเป็นสารรูปที่จับกับสารอื่น 2 ชนิด ปัจจุบันยังไม่ทราบแน่ชัดว่าบราสสิโนสเตอรอยด์ถูกสังเคราะห์ขึ้นที่ส่วนใดของพืช แต่พบได้ในหลายๆ ส่วน เช่น ละอองเกสร ใบดอก เมล็ด ยอดปม และลำต้น เป็นต้น แต่ยังไม่พบในราก ซึ่งในช่วงปี ค.ศ. 1960 ได้มีการตรวจสอบสารในละอองเกสรของพืชเพื่อหาสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชชนิดใหม่ๆ ในพืชประมาณ 60 ชนิด โดยวิธีการ bean second internode bioassay พบว่า ประมาณครึ่งหนึ่งมีผลให้เกิดการเจริญเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ จากสารสกัดจากละอองเกสรของ alder tree (*Alnus serrulata*) และเรปซีส (*Brassica napus* L.)

ทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มมากที่สุด โดยการเจริญนั้นเกิดอย่างรวดเร็วจนทำให้ลำต้นแยกออกตรงบริเวณ หน่อใบคู่ที่สอง จึงได้เสนอว่าเป็น lipodal hormone ชนิดใหม่และให้ชื่อว่า บราสซิน (brassin) (ปรารณา และคณะ, ม.ป.ป.) นอกจากนี้การนำเกสรแห้งของฟักทองมาสกัดด้วยเมทานอล หลังจากรอให้ ระเหยแห้งชั้นระหว่างน้ำกับคลอโรฟอร์ม เมื่อนำคลอโรฟอร์มมาทดสอบจึงสรุปได้ว่า สารสกัดจาก บางส่วนของเกสรฟักทองพบว่า มีฮอร์โมนบราสสิโนสเตอรอยด์ แสดงให้เห็นว่ามีกิจกรรมทางชีวภาพสูง ได้มาจากพืชธรรมชาติเป็นฮอร์โมนสำหรับการเกษตรที่มีราคาไม่แพง (Duang *et al.*, 1996) นอกจากนี้ ยัง พบว่า บราสสิโนสเตอรอยด์ที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อหรืออวัยวะต่างๆ ของพืช พบในระดับความเข้มข้นจะ แตกต่างกัน พบมากที่สุดในเกสรตามด้วยเมล็ด และพบต่ำสุดในใบและยอด



ภาพที่ 2.7 สูตรโครงสร้างบราสสิโนสเตอรอยด์

ที่มา: <https://th.wikipedia.org> (วันที่สืบค้น 20 ตุลาคม 2559)

การสังเคราะห์บราสสิโนสเตอรอยด์ทางเคมีสามารถทำได้ แต่มีราคาสูงมาก และใช้เวลานาน โดยในการสกัดจากกากของเสียจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลได้เช่นกัน วิธีการ ดังกล่าวเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการลดค่าใช้จ่าย และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มากจากการกำจัดของ เสีย (Laura and Fulvia, 2015) Aiman *et al.* (2014) ได้ทำการทดสอบการฉีดพ่นทางใบและจุ่มราก ในมะเขือเทศสายพันธุ์ K-25 และ Sarvodya ด้วยสารบราสสิโนสเตอรอยด์ โดยพบว่าวิธีการจุ่มราก ให้ผลที่ดีกว่าวิธีการฉีดพ่นทางใบพืช ทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ซึ่งอาจจะเป็นเพราะมีระบบรากที่มี ความแข็งแรง นอกจากนี้การเคลื่อนย้ายของบราสสิโนสเตอรอยด์ยังมีค่อนข้างจำกัด มีรายงานว่า บราสสิโนสเตอรอยด์สามารถเคลื่อนย้ายจากรากไปยังต้นของพืชได้ เมื่อให้บราสสิโนสเตอรอยด์ที่รากของ ต้นมะเขือเทศจะเกิดการกระตุ้นการสังเคราะห์เอทิลีน ทำให้เกิดการปิดกั้นที่ใบ และพบว่าพืชย่อย สลายบราสสิโนสเตอรอยด์ไปเป็นรูปที่ไม่เกิดปฏิกิริยาเป็นผลให้เกิดการลดการสร้างเอทิลีน (ปรารณา และคณะ, ม.ป.ป.)

1.3.2.2 สารในกลุ่มเดียวกัน

อนุพันธ์ของบราสสิโนสเตอรอยด์ที่มีการออกฤทธิ์ส่งเสริมการยึดตัวของ เนื้อเยื่อบริเวณข้อของต้นข้าวที่ดีที่สุด ได้แก่ บราสสิโนไลด์ (brassinolide) และยังมี 24-อีพิบราสสิโนไลด์

(24-epirassinolide) ที่ให้ผลใกล้เคียงกันขณะที่ 28-โฮโมบราสซิโนไลด์ (28-homorassinolide) มีฤทธิ์ดังกล่าวน้อยที่สุด แต่เมื่อคำนึงวิธีการสังเคราะห์ที่ง่ายเร็วและต้นทุนการผลิตต่ำ พบว่า การสังเคราะห์ 28-โฮโมบราสซิโนไลด์เป็นทางเลือกที่ดีที่สุด และมีประสิทธิภาพมาก ให้ปริมาณสารผลิตภัณฑ์สูง และต้นทุนการผลิตต่ำ วิรัชชัย (2559) ได้ทำการจัดหมายเลขของบราสซิโนสเตอรอยด์ที่พบตามธรรมชาติตั้งนั้น BR1 คือ บราสซิโนไลด์ (brassinolide) เพราะเป็นสารตัวแรกที่พบในจำนวนบราสซิโนสเตอรอยด์ที่พบในธรรมชาติตั้งนั้น และคาสตาสเตอรอน (castasterone) จึงเป็นสารอีกชนิดหนึ่งในกลุ่มนี้มีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากปฏิกิริยาทางชีววิทยาของสารชนิดนี้ และจากการที่สารชนิดนี้มีอยู่ในพืชต่างๆ ไปอย่างกว้างขวาง

1.3.2.3 ผลของสารในกลุ่มของบราสซิโนสเตอรอยด์ต่อการเจริญเติบโตของพืช

สำหรับผลของบราสซิโนไลด์นั้นมีเกี่ยวข้องกับการออกดอก การเพิ่มความทนทานต่ออุณหภูมิต่ำ (chilling) ต่อโรค สารกำจัดวัชพืช ความเค็ม การเพิ่มผลผลิตการยึดตัว การงอกของเมล็ด ลดการร่วง และการผิดปกติของผลกิจกรรมการลอกคราบของแมลง (antiedcysteroid activity) และยับยั้งการเจริญและการพัฒนาของราก ส่วน 2,4-epibrassinolide เป็นสารอนาล็อกของบราสซิโนไลด์ ซึ่งสามารถใช้เป็นรูปแบบของสารสังเคราะห์ของบราสซิโนไลด์ได้ เพราะมีปฏิกิริยาทางชีววิทยาสูงและสามารถเตรียมได้ง่ายจากบราสซิแคสเทอร์อล (brassicasterol) (นิติพัฒน์, 2559) และยังใช้ในการกระตุ้นการงอกและการเจริญเติบโตของฝ้าย (*Gossypium hirsutum* L. Var Svpr2) และถั่วดำ (*Vigna mungo* L. Hepper Var T9) (Fathima *et al.*, 2011) ซึ่งส่งเสริมการเจริญเติบโต และความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืช เช่น ข้าว (*Oryza sativa*) บราสซิโนสเตอรอยด์ทำให้เกิดความต้านทานโรคในพืชข้าว เช่น โรคขอบใบแห้ง (Kutschera and Wang, 2012) และมีการนำบราสซิโนสเตอรอยด์ที่ฉีดพ่นแก่ปาล์มน้ำมันอายุ 9 ปี มีผลให้ผลผลิตทะลายสะสมเพิ่มขึ้น ตามระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น โดยบราสซิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.1 ppm ทำให้ต้นปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตทะลายสะสมมากที่สุด (173.92 กิโลกรัมต่อต้นต่อระยะเวลา 8 เดือน) และความเข้มข้นระหว่าง 0-0.1 ppm ไม่มีผลต่อการสร้างและการสะสมน้ำมันในผลปาล์มน้ำมัน (ศรีปาน และคณะ, 2556) นอกจากนี้บราสซิโนสเตอรอยด์สามารถทำให้เซลล์บวม ยึดตัว โคน และแยกปล้อง โดยจะมีประสิทธิภาพสูงในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืชที่มีอายุน้อย นอกจากนี้ยังส่งเสริมการยึดตัวในถั่วเขียว ทานตะวัน แดงกวา และข้าวสาลี รวมทั้งการเพิ่มอัตราการงอกของราก เพิ่มมวลราก ทำให้จำนวนของดอกสตรอเบอร์รี่ และองุ่นเพิ่มมากขึ้น ถ้าหากมีฉีดพ่นบราสซิโนสเตอรอยด์ในฤดูใบไม้ร่วงจะทำให้จำนวนของดอกไม้เพิ่มขึ้น และยังส่งเสริมการชราภาพในแตงกวา (Rao *et al.*, 2002) สำหรับการใช้นบราสซิโนสเตอรอยด์เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพของผลผลิตนั้นในมังคุด พบว่า เปอร์เซ็นต์การเกิดอาการเนื้อแก้วต่อต้น โดยการพ่นน้ำเปล่ามีเปอร์เซ็นต์การเกิดอาการเนื้อแก้วต่อต้นเฉลี่ย 56.67 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนผลทั้งหมด ส่วนการพ่นสารคล้ายและบราสซิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 2 ppm มีเปอร์เซ็นต์การเกิดอาการเนื้อแก้วต่อต้นเฉลี่ย 33.33 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนผลทั้งหมด ลดลงจากการพ่นน้ำเปล่า ส่วนการพ่นสารคล้ายบราสซิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0 1.0

และ 2.0 ppm ทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเกิดอาการยางไหลต่อต้น 27.29 24.37 และ 23.12 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนผลทั้งหมด ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มังคุดมีน้ำหนักผลเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีน้ำหนักผลเฉลี่ย 101.07 91.70 และ 91.84 กรัม ตามลำดับ (ชมภู และคณะ, 2556) และจากการหว่านเมล็ดแตงโม แล้วฉีดพ่นบราสสิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.1 ppm จะมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น และคุณภาพของผลแตงโมดีขึ้น (Susila *et al.*, 2012)

นอกจากนี้มีการใช้บราสสิโนสเตอรอยด์ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดอื่นๆ ด้วย เช่น NAA โดยพบว่า การใช้บราสสิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ NAA เข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถส่งเสริมให้เส้นรอบวงผล ความสูงผล และความสูงจุกของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียได้ดีที่สุด (เจนจิรา และคณะ, 2558) สำหรับการใส่สารอื่นๆ ในกลุ่มหรือมีคุณสมบัติเหมือนกับบราสสิโนสเตอรอยด์ เช่น บราซิน (brassin) และ 28-homobrassinolide เป็นต้น มาใช้ในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชด้วยเช่นกัน โดยการพ่นสารคล้ายบราสซินในอัตรา 2.5 หรือ 5.0 มิลลิกรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ให้ต้นมะม่วงพันธุ์มหาชนกตั้งแต่ 30 วันหลังดอกบานและทุก 2 สัปดาห์ ช่วยเพิ่มขนาดผลได้อย่างมีประสิทธิภาพขนาดผลที่ได้เป็นขนาดที่ตลาดต่างประเทศต้องการ โดยที่ไม่ทำให้คุณภาพของผลและเนื้อผลแตกต่างจากผลที่ไม่ได้พ่นสารดังกล่าว (ศิวาพร และคณะ, 2551) และ การใช้ 28-homobrassinolide ทำให้ราก และลำต้นมีการยืดยาวมากกว่ากลุ่มควบคุม มีใบ ขนาดลำต้น และพื้นที่ใบมากกว่ากลุ่มควบคุม (Rao and Swamy, 2010)

2. ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดในการวิจัย

การเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของพืช เกิดขึ้นจากหลายปัจจัยทั้งปัจจัยภายใน เช่น พันธุกรรม อายุ พันธุ์ เป็นต้น และปัจจัยภายนอก เช่น สภาพแวดล้อม สิ่งเร้า สภาวะเครียดต่างๆ และการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต เป็นต้น

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตมีผลต่อความเปลี่ยนแปลงด้านการเจริญเติบโต เช่น การเพิ่มขนาดของใบ ดอก ลำต้น และราก ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงปริมาณรงควัตถุต่างๆ เช่น คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นกับวิธีการให้และความเข้มข้นของสารเคมี ลักษณะต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปอาจมีลักษณะบางอย่างสามารถนำมาเป็นแนวทางหรือต้นแบบสำหรับการศึกษาในไม้ดอกชนิดอื่น ๆ ต่อไปได้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ระเบียบวิธีวิจัย

1.1 ศึกษาผลของการความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายบราสสินอสเตอรอยด์ต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง

นำต้นกล้ามาทำการปลูกในกระถางให้สารละลายบราสสินอสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

กรรมวิธีที่ 1 พ่นน้ำกลั่น (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 รดน้ำกลั่น (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 3 พ่นสารละลายบราสสินอสเตอรอยด์เข้มข้น 0.1 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 2.40×10^{-6} กรัม)

กรรมวิธีที่ 4 พ่นสารละลายบราสสินอสเตอรอยด์เข้มข้น 0.2 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 4.81×10^{-6} กรัม)

กรรมวิธีที่ 5 พ่นสารละลายบราสสินอสเตอรอยด์เข้มข้น 0.3 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 7.21×10^{-6} กรัม)

กรรมวิธีที่ 6 พ่นสารละลายบราสสินอสเตอรอยด์เข้มข้น 0.4 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 9.61×10^{-6} กรัม)

กรรมวิธีที่ 7 พ่นสารละลายบราสสินอสเตอรอยด์เข้มข้น 0.5 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 12.02×10^{-6} กรัม)

กรรมวิธีที่ 8 รดสารละลายบราสสินอสเตอรอยด์เข้มข้น 0.1 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 2.40×10^{-6} กรัม)

กรรมวิธีที่ 9 รดสารละลายบราสสินอสเตอรอยด์เข้มข้น 0.2 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 4.81×10^{-6} กรัม)

กรรมวิธีที่ 10 รดสารละลายบราสสินอสเตอรอยด์เข้มข้น 0.3 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 7.21×10^{-6} กรัม)

กรรมวิธีที่ 11 รดสารละลายบราสสินอสเตอรอยด์เข้มข้น 0.4 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 9.61×10^{-6} กรัม)

กรรมวิธีที่ 12 รดสารละลายบราสสินอสเตอรอยด์เข้มข้น 0.5 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 12.02×10^{-6} กรัม)

วิธีการฉีดพ่นทำโดยฉีดพ่นให้สูงจากยอดประมาณ 15 เซนติเมตร ส่วนการรดทำโดยรดสารให้ห่างจากโคนต้น ประมาณ 15 เซนติเมตร ปริมาณที่ใช้ในการพ่นและรดต่อต้น 50 มิลลิลิตร ใน

การให้สารทำการให้เพียงครั้งเดียวหลังจากย้ายต้นกล้าลงกระถางในระยะที่ต้นกล้ามีใบ 4-5 ใบ หลังจากนั้นรดด้วยน้ำกลั่นวันละ 1 ครั้ง ตลอดจนการทดลองเสร็จสิ้น

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการทดลองแต่ละกรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น เก็บผลการเจริญเติบโต ดังนี้ บันทึกจำนวนใบ ขนาดใบ ความสูง (วัดจากโคนต้นจนถึงปลายยอด โดยใช้ไม้บรรทัด) ขนาดของลำต้น (วัดจากโคนประมาณ 20 เซนติเมตร โดยใช้เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์) และขนาดทรงพุ่มวัด (โดยการวัดจากปลายใบด้านหนึ่งทำมุม 90 องศา X ความสูงของทรงพุ่ม) โดยบันทึกผลทุกๆ 3 วัน บันทึกจำนวนดอกต่อต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของดอก (ชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ METTLER, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) หลังจากเก็บดอกหมดบันทึกจำนวนราก ความยาวราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น และราก และบันทึกปริมาณคลอโรฟิลล์ หลังจากย้ายปลูกเป็นเวลา 1 เดือน และปริมาณแคโรทีนอยด์จากดอก ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 3 เดือน

1.2 ศึกษาผลของการความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนตต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง

นำต้นกล้ามาทำการปลูกในกระถางให้สารละลายเมทิลจัสโมเนต ด้วยวิธีการและความเข้มข้นต่างๆ ดังต่อไปนี้

กรรมวิธีที่ 1 พ่นน้ำกลั่น (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 รดน้ำกลั่น (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 3 พ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนตเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 1.12×10^{-4} กรัม)

กรรมวิธีที่ 4 พ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนตเข้มข้น 20 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 2.24×10^{-4} กรัม)

กรรมวิธีที่ 5 พ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนตเข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 3.36×10^{-4} กรัม)

กรรมวิธีที่ 6 พ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนตเข้มข้น 40 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 4.48×10^{-4} กรัม)

กรรมวิธีที่ 7 พ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนตเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 5.61×10^{-4} กรัม)

กรรมวิธีที่ 8 รดสารละลายเมทิลจัสโมเนตเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 1.12×10^{-4} กรัม)

กรรมวิธีที่ 9 รดสารละลายเมทิลจัสโมเนตเข้มข้น 20 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 2.24×10^{-4} กรัม)

กรรมวิธีที่ 10 รดสารละลายเมทิลจัสโมเนทเข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 3.36×10^{-4} กรัม)

กรรมวิธีที่ 11 รดสารละลายเมทิลจัสโมเนทเข้มข้น 40 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 4.48×10^{-4} กรัม)

กรรมวิธีที่ 12 รดสารละลายเมทิลจัสโมเนทเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ (ปริมาณสารที่แต่ละต้นได้รับ เท่ากับ 5.61×10^{-4} กรัม)

วิธีการฉีดพ่นทำโดยฉีดพ่นให้สูงจากยอดประมาณ 15 เซนติเมตร ส่วนการรดทำโดยรดสารให้ห่างจากโคนต้น ประมาณ 15 เซนติเมตร ปริมาณที่ใช้ในการพ่นและรดต่อต้น 50 มิลลิลิตร ในการให้สารทำการให้เพียงครั้งเดียวหลังจากการย้ายต้นกล้าลงกระถางในระยะที่ต้นกล้ามีใบ 4-5 ใบ หลังจากนั้นรดด้วยน้ำกลั่น วันละ 1 ครั้ง ตลอดจนการทดลองเสร็จสิ้น

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการทดลองแต่ละกรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น เก็บผลการเจริญเติบโต ดังนี้ บันทึกจำนวนใบ ขนาดใบ ความสูง (วัดจากโคนต้นจนถึงปลายยอด โดยใช้ไม้บรรทัด) ขนาดของลำต้น (วัดจากโคนประมาณ 20 เซนติเมตร โดยใช้เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์) และขนาดทรงพุ่มวัด (โดยการวัดจากปลายใบด้านหนึ่งทำมุม 90 องศา X ความสูงของทรงพุ่ม) โดยบันทึกผลทุกๆ 3 วัน บันทึกจำนวนดอกต่อต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของดอก (ซึ่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ METTLER, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) หลังจากเก็บดอกหมดบันทึกจำนวน ราก ความยาวราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น และราก และบันทึกปริมาณคลอโรฟิลล์ หลังจากย้ายปลูกเป็นเวลา 1 เดือน และปริมาณแคโรทีนอยด์จากดอก ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 3 เดือน

2. วัสดุและอุปกรณ์

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

2.1.1 เครื่องชั่งสาร (Balance) (ยี่ห้อ METTLER, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์, ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

2.1.2 ปีกเกอร์ (Beaker)

2.1.3 กระบอกตวง (Cylinder)

2.1.4 แท่งแก้วคนสาร (Stirring rod)

2.1.5 เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ (Vernier Calipers) (ขนาด 0-150 มิลลิเมตร)

2.1.6 ไม้บรรทัด

2.1.7 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) (ยี่ห้อ Biochrom, ประเทศอังกฤษ)

2.1.8 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) (ยี่ห้อ Eppendorf, ประเทศเยอรมัน)

2.1.9 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (ยี่ห้อ BINDER, ประเทศอังกฤษ)

2.2 วัสดุและอุปกรณ์ในการเพาะ และปลูก

2.2.1 ต้นกล้าดาวเรืองอเมริกัน พันธุ์ เทวาโกลด์ อายุ 2 สัปดาห์

2.2.2 ถูปลูกขนาด 15.24 X 20.32 เซนติเมตร

2.2.3 ดินผสมพร้อมปลูก (ดินร่วน: กาบมะพร้าวสับ: ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 3.0: 2.5: 4.5)

2.2.4 บัวรดน้ำ

2.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

2.3.1 สารละลายเมทิลจัสโมเนท

2.3.2 สารละลายบลาสซิโนสเตอร์รอยด์

2.3.3 สารละลายเอทิลอะซิเตต

2.3.4 สารละลายอะซิโตน

2.3.5 น้ำกลั่น

3. การดูแลรักษา

ทำการปลูกดาวเรืองด้วยดินผสมพร้อมปลูก (ดินร่วน : กาบมะพร้าวสับ : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 3.0 : 2.5 : 4.5) โดยปลูกในถูปลูกขนาด 15.24 X 20.32 เซนติเมตร โดยวางปลูกที่ระยะ 30 เซนติเมตร ระหว่างต้นและแถว ทำการดูแลและรักษาต้นดาวเรืองตั้งแต่ยังต้นเล็กจนกระทั่งการออกดอก โดยการรดน้ำช่วงแรกเช้าและเย็น หลังจากนั้นได้ประมาณ 1 สัปดาห์ ให้รดน้ำเพียงวันละครึ่ง ช่วงที่ดอกออกไม่ควรรดน้ำโดนดอก เพราะจะทำให้ดอกเน่าได้ และไม่มีการเด็ดยอดของดาวเรือง (เพื่อดูผลจากสารที่ใช้ในการทดลองสามารถกระตุ้นการสร้างยอดใหม่ได้หรือไม่)

4. การวิเคราะห์หาปริมาณรงควัตถุ

4.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ (ดัดแปลงวิธีการของ Arnon, 1994)

ทำการตัดใบดาวเรืองสด โดยเก็บตัวอย่างใบที่ตำแหน่งคูใบที่ 4 นับจากยอด มาทำความสะอาด แล้วจึงตัดเป็นชิ้นเล็กปริมาณ 0.8 กรัม จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด เติมสารละลายอะซิโตน 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 4 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปกรองโดยใช้กระดาษกรอง Whatman#1 และนำสารละลายที่สกัดได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) (ยี่ห้อ Biochrom, ประเทศอังกฤษ) แล้วเปรียบเทียบกับ (Blank) ที่เป็นสารละลายอะซิโตน 80 เปอร์เซ็นต์

โดยวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 663 และ 645 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (a) และคลอโรฟิลล์บี (b) จากสูตร

$$\text{คลอโรฟิลล์ เอ (a)} = 12.7A_{663} - 2.69A_{645}$$

$$\text{คลอโรฟิลล์ บี (b)} = 22.9A_{645} - 4.68A_{663}$$

$$\text{คลอโรฟิลล์ รวม (a+b)} = 20.2A_{663} + 8.02A_{645}$$

เมื่อ A_{645} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 นาโนเมตร
 A_{663} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 663 นาโนเมตร

4.2 วัดปริมาณแคโรทีนอยด์จากดอก

เตรียมสารสกัดจากดอกดาวเรือง โดยนำกลีบดอกมาล้างน้ำให้สะอาด ตัดเป็นชิ้นเล็ก 0.33 กรัม เติมน้ำละลายอะซิโตน 80 เปอร์เซ็นต์ ตวงด้วยกระบอกตวงปริมาณ 10 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนเป็นครั้งคราว เป็นเวลานาน 30 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้ใส่หลอด นำไปปั่นในเครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) (ยี่ห้อ Eppendorf, ประเทศเยอรมัน) อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ใช้เวลานาน 5 -10 นาที นำสารละลายมา 5 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำละลายเอทิลอะซิเตท (Ethyl acetate) 2 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer (ยี่ห้อ Biochrom, ประเทศอังกฤษ) ที่ความยาวคลื่นแสง 472 นาโนเมตร (ถ้าในการวัดค่าของ Transmittance ต้องเปลี่ยนค่า Transmittance เป็นค่า Absorbance โดยใช้สูตร $OD = -\log T$ เมื่อ OD คือค่าของ Transmittance ซึ่ง $T = \% T/100$) (Blank test ใช้ Acetone 5 มิลลิลิตร + น้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร + เอทิลอะซิโตน (Ethyl acetone) 2 มิลลิลิตร) หักลบค่า Absorbance ที่วัดได้ จากนั้นนำไปคำนวณหาความเข้มข้นของปริมาณแคโรทีนอยด์ ตามวิธีของ Foss *et al.* (1984) จากสมการ

$$E \ 1\%1\text{cm} = 1,900$$

จากสมการ ถ้าวัดค่า Absorbance ของสารละลายแคโรทีนอยด์ที่วัดได้เท่ากับ 1,900 โดยใช้ Light path เท่ากับ 1 เซนติเมตร แสดงว่า สารละลายนั้นมีความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์เท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ หรือเท่ากับ 10,000 ส่วนในล้านส่วน

5. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ สุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีการ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 4

ผลการศึกษา

1. ผลของความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง

จากการศึกษาผลของการความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง โดยพิจารณาจากการเจริญเติบโตทางลำต้น จากความสูง จำนวนใบ ขนาดใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ขนาดทรงพุ่มและยอดของต้นดาวเรืองที่เพิ่มขึ้น หลังจากการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ไมโครโมลาร์) และให้สารดังกล่าวด้วยการพ่นและรด เก็บผลทุก 3 วัน หลังการให้สารเป็นระยะเวลา 1 เดือน ตลอดจนการพิจารณา การออกดอกและผลผลิต น้ำหนักสดและน้ำแห้งของใบ ลำต้น ดอก และรากของต้นดาวเรือง และปริมาณรงควัตถุต่างๆ เช่น คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ หลังจากการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์เป็นระยะเวลา 1 เดือน โดยให้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1.1 การเจริญเติบโตทางลำต้น (ความสูง จำนวนใบ ขนาดใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนยอด) หลังจากให้สารเป็นระยะเวลา 1 เดือน (อายุต้นดาวเรือง 44 วัน)

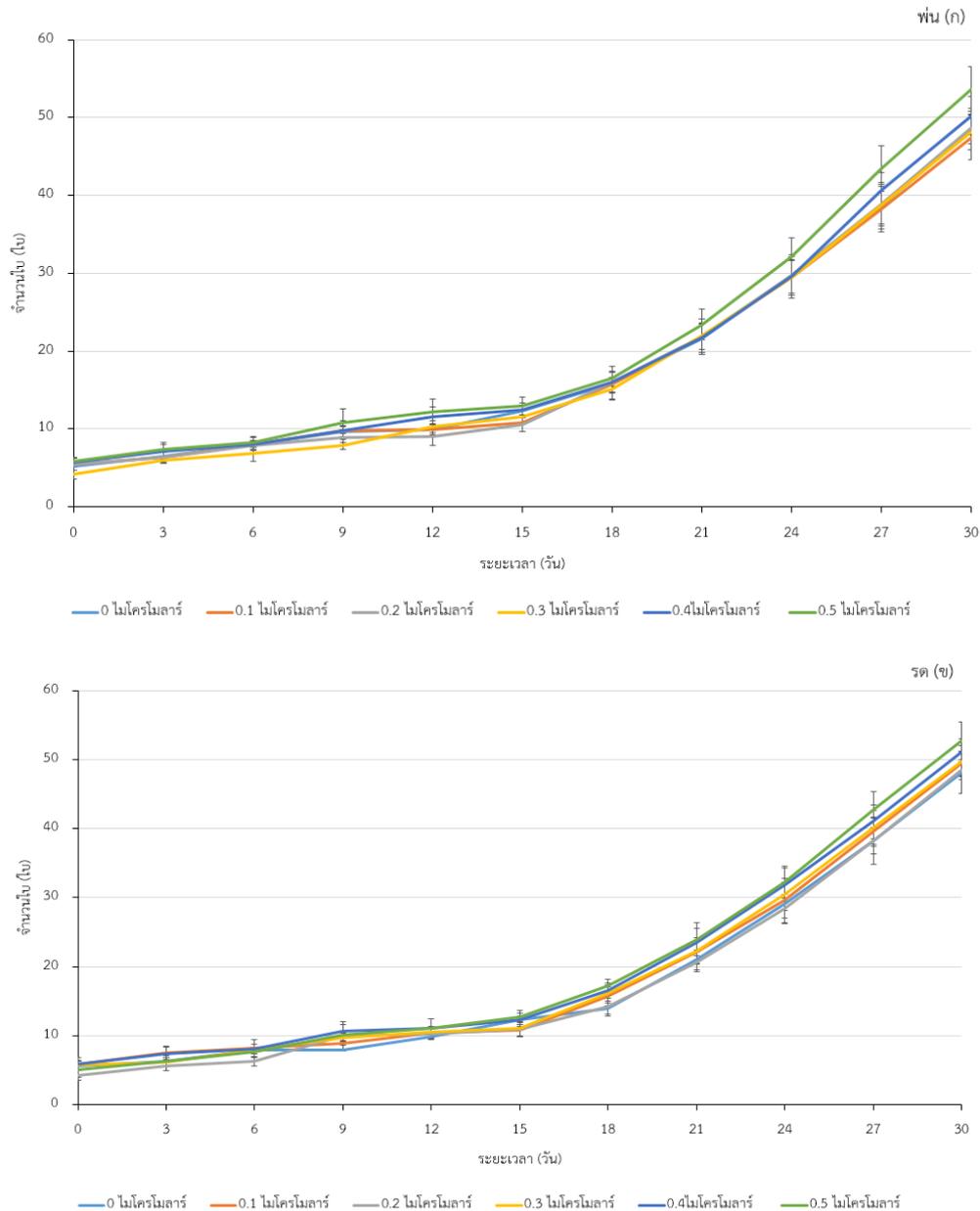
จากการศึกษาการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นดาวเรืองหลังจากการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ หลังจากให้สารเป็นระยะเวลา 1 เดือน (อายุต้นดาวเรือง 44 วัน) พบว่าเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง พบว่า ปัจจัยวิธีการให้สารส่งผลต่อความสูง ขนาดใบ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) แต่จำนวนใบ ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนยอด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนปัจจัยความเข้มข้นของสาร พบว่า ส่งผลต่อทุกพารามิเตอร์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) และเมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างวิธีการให้สารและความเข้มข้นของสาร พบว่า ส่งผลต่อขนาดใบ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) และจำนวนยอด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการพ่นสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.5 ไมโครโมลาร์ ให้อัตราความสูง จำนวนใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ขนาดทรงพุ่มและจำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 34.94 ± 2.95 เซนติเมตร ต่อต้นต่อเดือน 47.80 ± 3.01 ใบต่อต้นต่อเดือน 0.72 ± 0.07 เซนติเมตรต่อต้นต่อเดือน $30,685 \pm 5,373$ ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อต้นต่อเดือน และ 15.08 ± 0.81 ยอดต่อต้นต่อเดือน ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) และต้นดาวเรืองที่พ่นสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.3 ไมโครโมลาร์ ให้ขนาดใบเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 51.09 ± 18.42 ตารางเซนติเมตรต่อต้นต่อเดือน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นดาวเรืองหลังจากการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน (อายุต้น ดาวเรือง 44 วัน)

กรรมวิธี (ไมโครโมลาร์)	ความสูง (ซม.±SD)	จำนวนใบ (ใบ±SD)	ขนาดใบ (ตร.ซม.±SD)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.±SD)	ขนาดทรงพุ่ม (ลบ.ซม.±SD)	จำนวนยอด (ยอด±SD)	
พ่น	0	31.70±2.69 ^{a D}	43.32±3.01 ^D	42.62±11.53 ^{a C}	0.66±0.05 ^{a D}	20,701±4,747 ^D	14.28±0.84 ^B
	0.1	31.19±2.27 ^{a CD}	41.92±3.16 ^D	53.66±17.22 ^{a BC}	0.69±0.05 ^{a C}	25,033±5,273 ^{BC}	14.64±0.64 ^B
	0.2	21.33±2.34 ^{a D}	43.20±2.14 ^{CD}	46.37±12.99 ^{a AB}	0.70±0.04 ^{a AB}	22,039±5,474 ^{CD}	14.52±0.65 ^B
	0.3	32.58±3.22 ^{a BC}	44.00±2.38 ^{BC}	51.09±18.42 ^{a A}	0.73±0.05 ^{a A}	22,057±5,978 ^{CD}	14.64±0.57 ^B
	0.4	33.25±3.45 ^{a B}	44.52±2.50 ^B	48.05±15.83 ^{a ABC}	0.68±0.04 ^{a BC}	26,828±6,784 ^B	14.52±0.59 ^B
	0.5	34.94±2.95 ^{a A}	47.80±3.01 ^A	47.60±14.34 ^{a AB}	0.72±0.07 ^{a A}	30,685±5,373 ^A	15.08±0.81 ^A
รด	0	30.12±2.63 ^{b D}	42.40±3.43 ^D	35.69±10.92 ^{b C}	0.64±0.04 ^{b D}	23,180±4,831 ^D	14.60±0.71 ^B
	0.1	30.59±2.29 ^{b CD}	43.56±1.92 ^D	32.49±11.65 ^{b BC}	0.66±0.06 ^{b C}	23,711±5,171 ^{BC}	14.20±0.82 ^B
	0.2	29.79±2.04 ^{b D}	44.20±1.41 ^{CD}	44.37±12.54 ^{b AB}	0.69±0.04 ^{b AB}	22,715±5,252 ^{CD}	14.60±0.71 ^B
	0.3	31.64±1.48 ^{b BC}	43.96±2.39 ^{BC}	48.78±13.86 ^{b A}	0.68±0.04 ^{b A}	23,922±5,164 ^{CD}	14.24±0.83 ^B
	0.4	32.29±2.09 ^{b B}	45.12±1.92 ^B	41.58±11.63 ^{b ABC}	0.67±0.04 ^{b BC}	24,071±3,353 ^B	14.68±0.56 ^B
	0.5	34.14±1.56 ^{b A}	47.72±2.67 ^A	48.53±15.60 ^{b AB}	0.71±0.06 ^{b A}	29,034 ±3,393 ^A	14.88±0.67 ^A
F-test (วิธีการให้)	อักษรพิมพ์เล็ก	**	ns	**	**	ns	ns
F-test (ความเข้มข้น)	อักษรพิมพ์ใหญ่	**	**	**	**	**	**
F-test (วิธีการให้ X ความเข้มข้น)		ns	ns	**	ns	ns	*
C.V. (%)		7.76	5.78	31.23	7.17	21.01	4.84

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.01$) ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน คือ ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นโดยพิจารณาว่ารวมทั้งการพ่นและการรดสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์

เมื่อพิจารณาในแต่ละพารามิเตอร์ พบว่า จำนวนใบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 18 หลังจากการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ทั้งการพ่นและรด โดยหลังจากการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ต้นดาวเรืองที่ได้รับสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ด้วยการพ่น เข้มข้น 0.5 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 48.56 ± 2.68 ใบ (ภาพที่ 4.1)

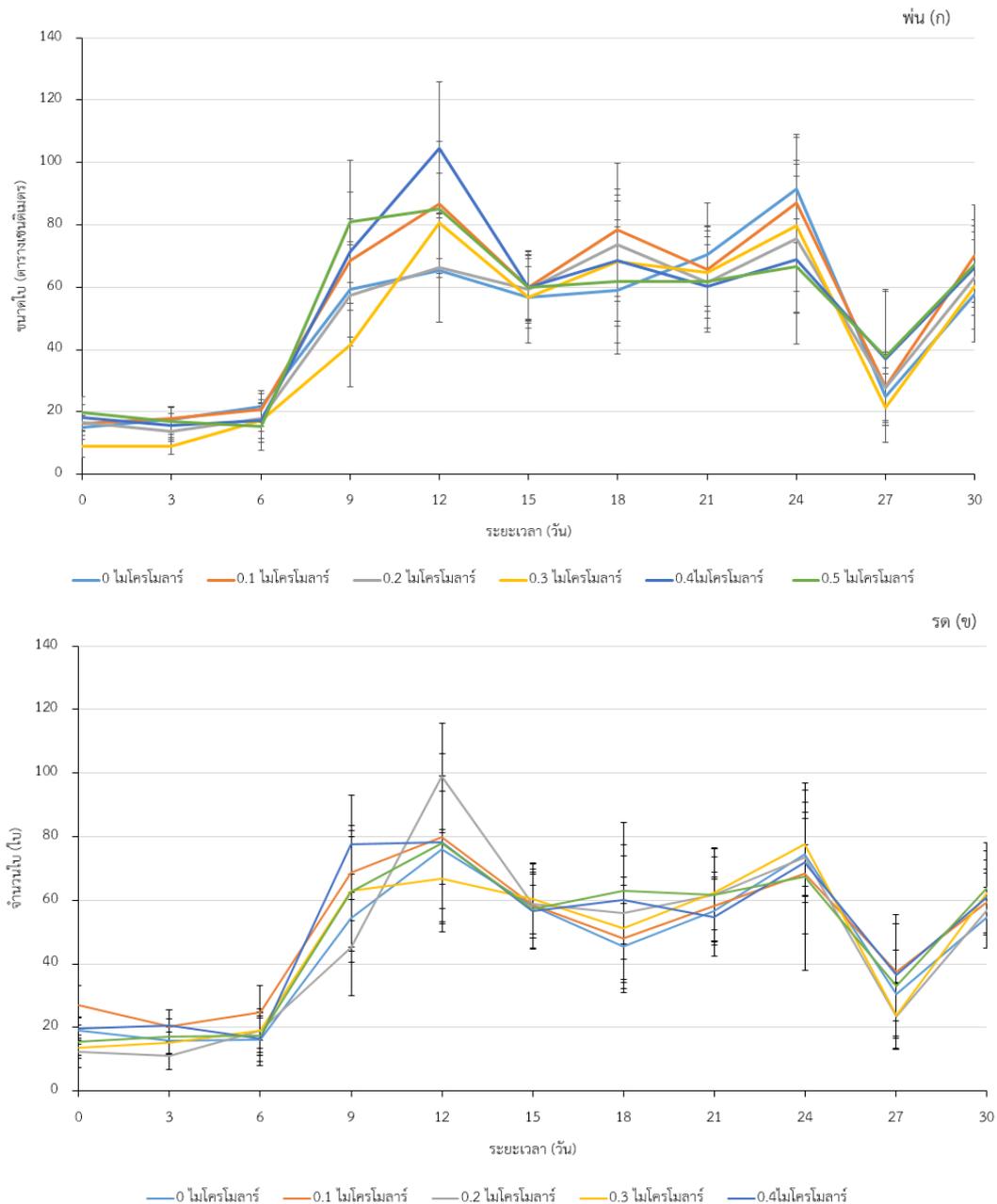


ภาพที่ 4.1 จำนวนใบของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ไมโครโมลาร์)

ก. การให้สารด้วยวิธีการพ่น

ข. การให้สารด้วยวิธีการรด

ส่วนขนาดใบ เนื่องจากเกิดจากการวัดใบคู่ที่ 2 นับจากยอด โดยใบชุดใหม่จะมีขนาดเพิ่มสูงขึ้น และดาวเรืองจะเกิดใบชุดใหม่ที่คลี่เต็มที่ประมาณ 12 วัน ในช่วงวันที่ 6-12 วันของชุดใบที่ 1 มีการเพิ่มขนาดของใบ ทั้งการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ทุกความเข้มข้น และวิธีการรดสาร โดยหลังจากการพ่นสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.4 ไมโครโมลาร์ ให้ขนาดใบที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 104.56 ± 21.14 ใบ (ภาพที่ 4.2)

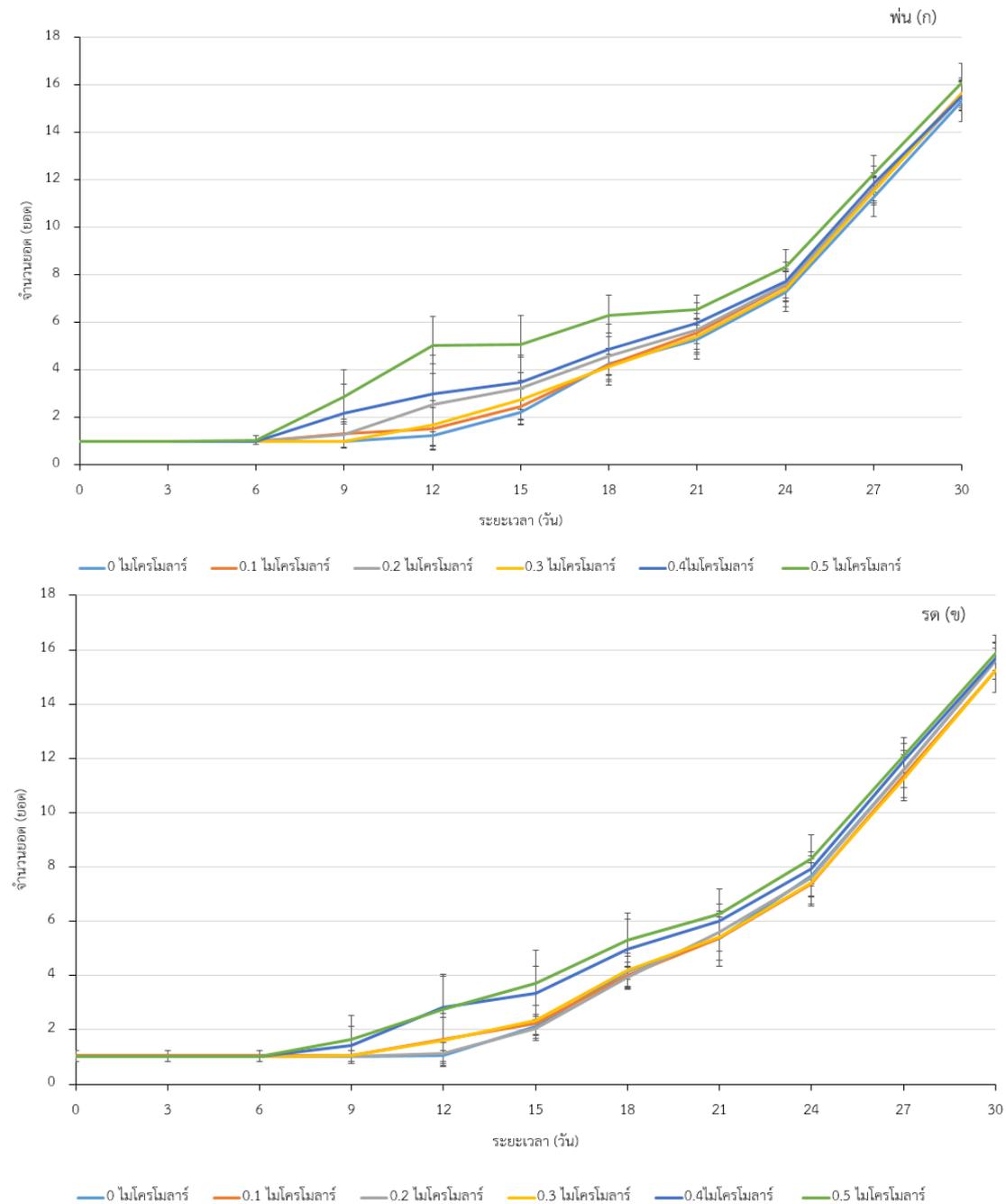


ภาพที่ 4.2 ขนาดใบของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ไมโครโมลาร์)

ก. การให้สารด้วยวิธีการพ่น

ข. การให้สารด้วยวิธีการรด

จำนวนยอดนั้น พบว่า เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 6 หลังจากการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ทั้งการพ่นและรด โดยหลังจากการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ต้นดาวเรืองที่ได้รับสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ด้วยการพ่น เข้มข้น 0.5 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 16.08 ± 0.80 ยอด (ภาพที่ 4.3)

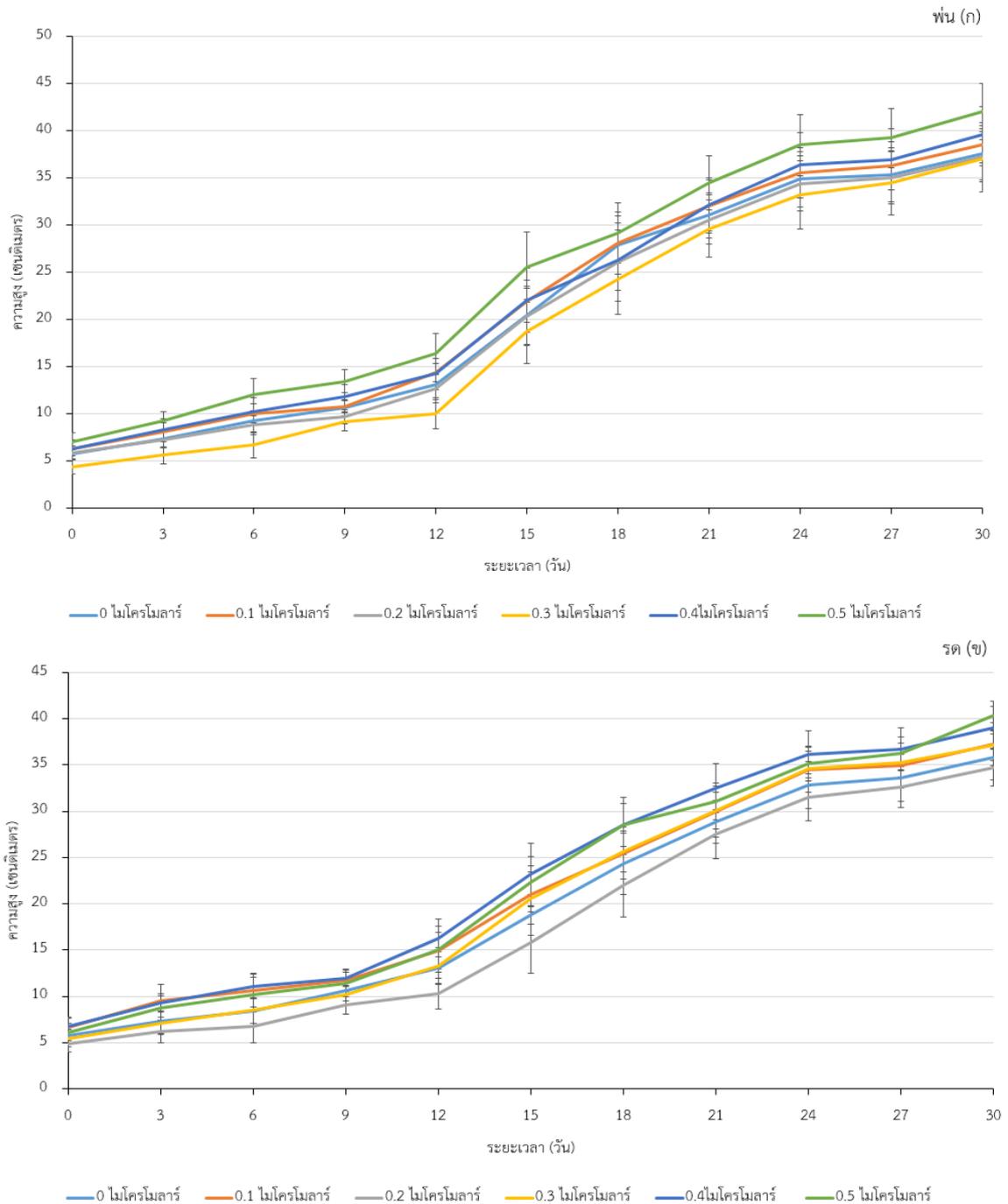


ภาพที่ 4.3 จำนวนยอดของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ไมโครโมลาร์)

ก. การให้สารด้วยวิธีการพ่น

ข. การให้สารด้วยวิธีการรด

เมื่อพิจารณาความสูง พบว่า เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 12 หลังจากการให้สารละลาย บราสซิโนสเตอรอยด์ทั้งการพ่นและรด โดยหลังจากการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ เป็น ระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ต้นดาวเรืองที่ได้รับสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ด้วยการพ่น เข้มข้น 0.5 ไมโครโมลาร์ ให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 42.00 ± 2.97 เซนติเมตร (ภาพที่ 4.4)

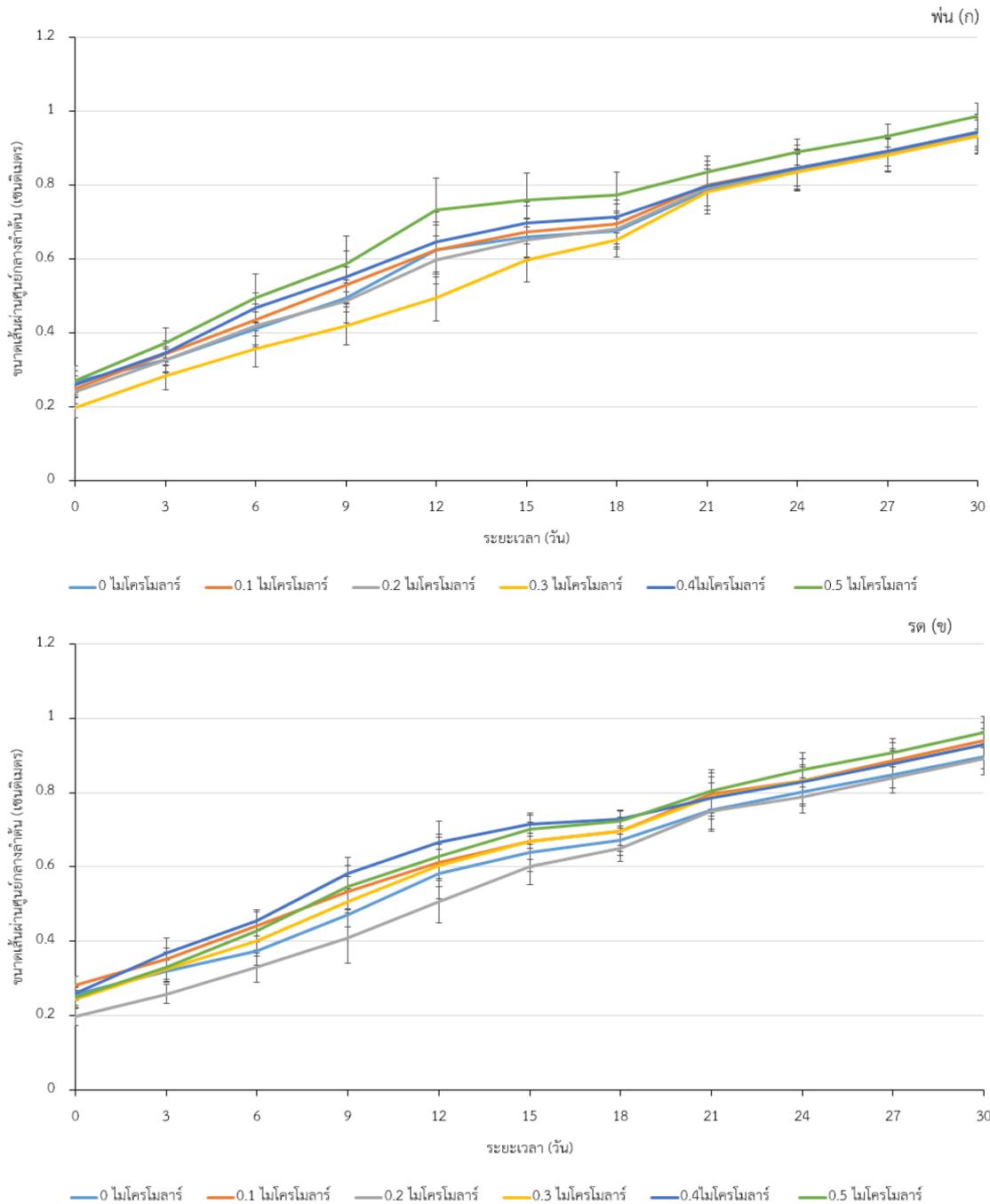


ภาพที่ 4.4 ความสูงของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ไมโครโมลาร์)

ก. การให้สารด้วยวิธีการพ่น

ข. การให้สารด้วยวิธีการรด

เมื่อพิจารณาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น หลังจากการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ต้นดาวเรืองที่ได้รับสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ด้วยการพ่น เข้มข้น 0.5 ไมโครโมลาร์ ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 0.99 ± 0.04 เซนติเมตร (ภาพที่ 4.5)

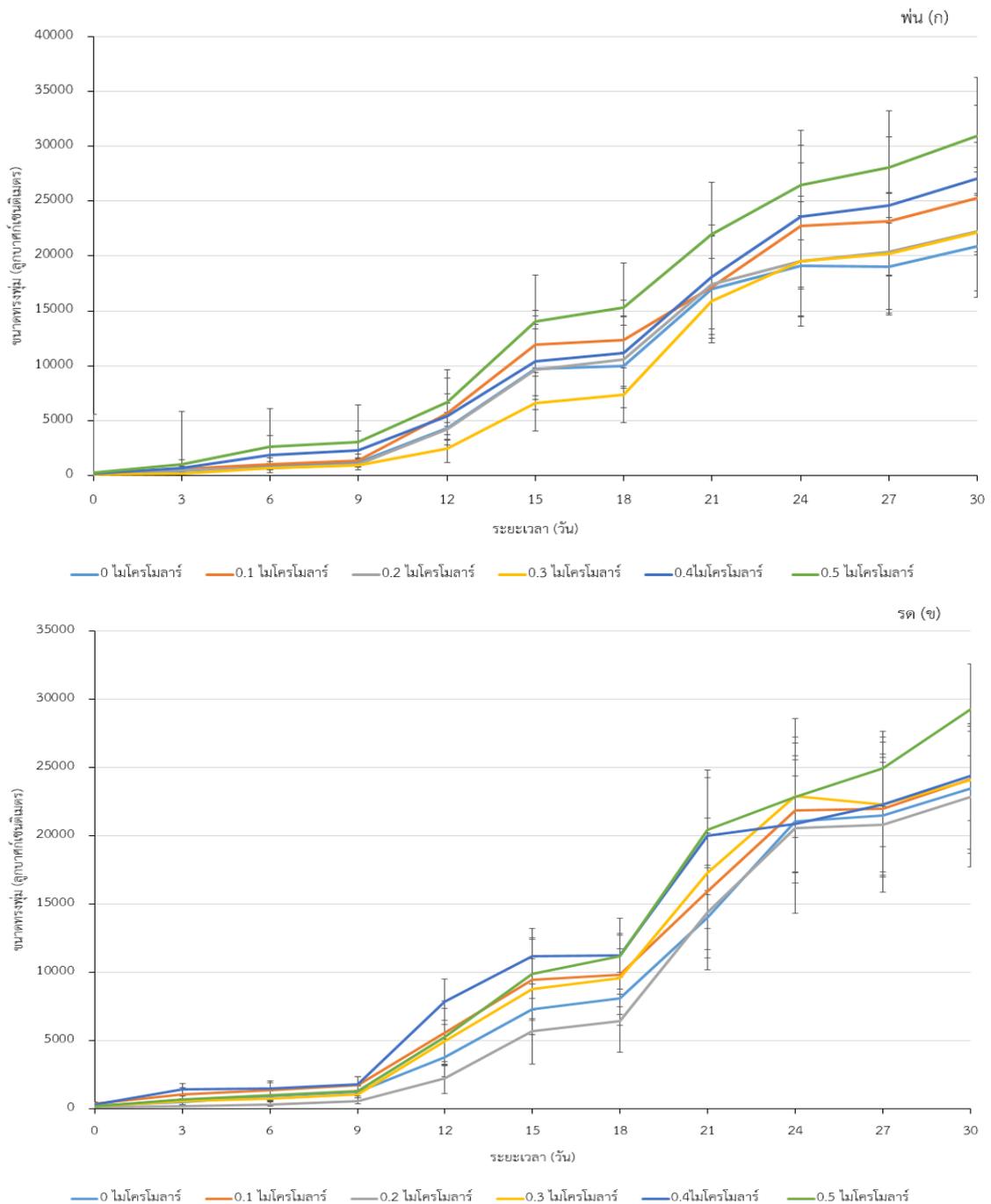


ภาพที่ 4.5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ไมโครโมลาร์)

ก. การให้สารด้วยวิธีการพ่น

ข. การให้สารด้วยวิธีการรด

ส่วนขนาดทรงพุ่มนั้น พบว่า หลังจากการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ต้นดาวเรืองที่ได้รับสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ด้วยการพ่น เข้มข้น 0.5 ไมโครโมลาร์ ให้ขนาดทรงพุ่มเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ $30,956 \pm 5,263$ ลูกบาศก์เซนติเมตร (ภาพที่ 4.6)



ภาพที่ 4.6 ขนาดทรงพุ่มของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ไมโครโมลาร์)

ก. การให้สารด้วยวิธีการพ่น

ข. การให้สารด้วยวิธีการรด

1.2 การออกดอกและผลผลิต

จากการศึกษาการออกดอกและผลผลิตของต้นดาวเรืองหลังจากการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่า เมื่อพิจารณาในแต่ละกรรมวิธี การพ่นและรดสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ทุกความเข้มข้น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยของจำนวนดอกอยู่ระหว่าง 1.22 ± 0.50 ถึง 1.34 ± 0.61 ดอกต่อต้น นอกจากนี้เมื่อพิจารณาระยะเวลาร่วมกับสิ่งทดลอง พบว่าอายุดาวเรือง 43 วัน ให้อัตราการเพิ่มดอกมากที่สุดคือ 1.89 ± 0.69 ดอกต่อต้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P\leq 0.01$) กับอายุดาวเรือง 28 31 34 37 และ 40 วัน (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 จำนวนดอกดาวเรืองหลังจากการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ หลังจากให้สารในระยะเวลาต่างๆ

กรรมวิธี (ไมโครโมลาร์)	อายุต้นดาวเรือง / จำนวนดอก (ดอกต่อต้น \pm SD)							ค่าเฉลี่ย (จำนวนดอก)
	27 วัน	32 วัน	35 วัน	38 วัน	41 วัน	44 วัน		
พ่น	0	1.00 \pm 0.00	2.19 \pm 0.60	1.33 \pm 0.62				
	0.1	1.00 \pm 0.00	1.62 \pm 0.50	1.33 \pm 0.63				
	0.2	1.00 \pm 0.00	2.04 \pm 0.71	1.25 \pm 0.53				
	0.3	1.00 \pm 0.00	1.68 \pm 0.69	1.28 \pm 0.57				
	0.4	1.00 \pm 0.00	1.76 \pm 0.72	1.24 \pm 0.54				
	0.5	1.00 \pm 0.00	1.00 \pm 0.00	1.00 \pm 0.00	1.10 \pm 0.32	1.00 \pm 0.00	1.64 \pm 0.73	1.28 \pm 0.63
รด	0	1.00 \pm 0.00	2.00 \pm 0.00	1.00 \pm 0.00	1.00 \pm 0.00	1.00 \pm 0.00	1.90 \pm 0.88	1.22 \pm 0.42
	0.1	1.00 \pm 0.00	2.00 \pm 0.69	1.31 \pm 0.60				
	0.2	1.00 \pm 0.00	1.00 \pm 0.00	1.05 \pm 0.23	1.00 \pm 0.00	1.00 \pm 0.00	1.88 \pm 0.60	1.32 \pm 0.56
	0.3	1.00 \pm 0.00	1.92 \pm 0.65	1.33 \pm 0.58				
	0.4	1.00 \pm 0.00	1.00 \pm 0.00	1.06 \pm 0.25	1.00 \pm 0.00	1.00 \pm 0.00	2.10 \pm 0.63	1.34 \pm 0.61
	0.5	1.00 \pm 0.00	1.00 \pm 0.00	1.16 \pm 0.38	1.05 \pm 0.23	1.00 \pm 0.00	2.17 \pm 0.75	1.22 \pm 0.50
ค่าเฉลี่ย (เวลา)	1.00 \pm 0.00 ^b	1.05 \pm 0.21 ^b	1.02 \pm 0.16 ^b	1.02 \pm 0.12 ^b	1.00 \pm 0.00 ^b	1.89 \pm 0.69 ^a		
F-test (ระยะเวลา)	**							
F-test (สิ่งทดลอง)	ns							

หมายเหตุ ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

1.3 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ของใบ ลำต้น ดอก และรากของต้นดาวเรือง

เมื่อพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นดาวเรือง พบว่า ปัจจัยวิธีการให้สาร ปัจจัยความเข้มข้นของสาร และปัจจัยร่วมระหว่างวิธีการให้สารกับความเข้มข้นของสาร ส่งผลต่อน้ำหนักสดของใบ ลำต้น ดอก และรากของต้นดาวเรือง และน้ำหนักแห้งของใบและลำต้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนน้ำหนักแห้งของดอกมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง คือ ปัจจัยวิธีการให้สาร และปัจจัยร่วมระหว่างวิธีการให้สารกับความเข้มข้นของสาร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่น้ำหนักแห้งของดอก มีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง คือ ปัจจัยร่วมระหว่างวิธีการให้สารกับความเข้มข้นของสารเท่านั้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.3) โดยการพ่นสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.2 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักสดของใบมากที่สุด คือ 23.49 ± 2.57 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่นๆ ส่วนน้ำหนักสดของลำต้น พบว่า การพ่นสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.5 ไมโครโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 38.81 ± 2.08 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่นๆ สำหรับน้ำหนักสดของดอก พบว่า การพ่นสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.1 ไมโครโมลาร์ มีค่ามากที่สุด คือ 8.06 ± 1.17 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่นๆ และน้ำหนักสดของราก พบว่า การพ่นสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.2 ไมโครโมลาร์ มีค่ามากที่สุด คือ 7.47 ± 0.76 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 4.3)

ส่วนน้ำหนักแห้ง พบว่า การพ่นสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.5 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น และดอก มากที่สุด คือ 3.72 ± 0.24 , 4.90 ± 0.60 และ 1.88 ± 0.26 กรัม ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่นๆ ส่วนน้ำหนักแห้งของราก พบว่า ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นดาวเรืองหลังจากการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน

กรรมวิธี (ไมโครโมลาร์)		น้ำหนักสด (กรัม±SD)				น้ำหนักแห้ง (กรัม±SD)			
		ใบ	ลำต้น	ดอก	ราก	ใบ	ลำต้น	ดอก	ราก
พ่น	0	22.21 ± 1.03 ^{aB}	32.15 ± 1.60 ^{aC}	6.24 ± 0.68 ^{aB}	5.99 ± 0.18 ^{aB}	2.67 ± 0.21 ^{aE}	3.30 ± 0.21 ^{aC}	1.64 ± 0.50 ^a	1.33 ± 0.21
	0.1	20.24 ± 2.03 ^{aB}	27.97 ± 1.06 ^{aBC}	8.06 ± 1.17 ^{aA}	5.28 ± 0.27 ^{aAB}	3.15 ± 0.11 ^{aCD}	3.65 ± 0.46 ^{aB}	1.25 ± 0.39 ^a	1.67 ± 0.33
	0.2	23.49 ± 2.57 ^{aA}	34.86 ± 2.406 ^{aAB}	8.05 ± 0.93 ^{aB}	7.47 ± 0.76 ^{aA}	3.29 ± 0.14 ^{aDE}	3.98 ± 0.52 ^{aB}	1.30 ± 0.66 ^a	2.00 ± 0.38
	0.3	22.23 ± 2.48 ^{aA}	23.036 ± 1.66 ^{aC}	3.56 ± 0.95 ^{aB}	5.27 ± 1.19 ^{aA}	3.12 ± 0.37 ^{aB}	3.09 ± 0.85 ^{aB}	0.94 ± 0.39 ^a	1.90 ± 1.00
	0.4	18.54 ± 3.24 ^{aC}	29.79 ± 3.846 ^{aAB}	4.33 ± 0.95 ^{aB}	6.80 ± 0.66 ^{aA}	3.25 ± 0.39 ^{aBC}	3.82 ± 0.18 ^{aAB}	1.47 ± 0.49 ^a	1.84 ± 0.68
	0.5	22.68 ± 4.01 ^{aC}	38.81 ± 2.08 ^{aA}	7.33 ± 2.23 ^{aB}	6.81 ± 0.59 ^{aB}	3.72 ± 0.24 ^{aA}	4.90 ± 0.60 ^{aA}	1.88 ± 0.26 ^a	2.27 ± 0.61
รด	0	12.82 ± 1.25 ^{bB}	17.95 ± 0.67 ^{bC}	0.77 ± 0.05 ^{bB}	4.19 ± 0.23 ^{bB}	2.64 ± 0.36 ^{bE}	2.73 ± 0.43 ^{bC}	0.47 ± 0.28 ^b	1.27 ± 0.54
	0.1	14.75 ± 2.05 ^{bB}	25.28 ± 1.40 ^{bBC}	6.72 ± 1.54 ^{bA}	6.07 ± 1.07 ^{bAB}	2.82 ± 0.15 ^{bCD}	3.33 ± 0.28 ^{bB}	1.41 ± 0.75 ^b	1.86 ± 0.24
	0.2	16.07 ± 2.03 ^{bA}	23.34 ± 1.12 ^{bAB}	0.90 ± 0.55 ^{bB}	4.95 ± 0.22 ^{bA}	2.39 ± 0.40 ^{bDE}	3.06 ± 0.14 ^{bB}	0.60 ± 0.63 ^b	1.31 ± 0.17
	0.3	18.98 ± 1.69 ^{bA}	27.63 ± 2.58 ^{bC}	5.67 ± 1.32 ^{bB}	7.13 ± 0.75 ^{bA}	3.46 ± 0.25 ^{bB}	3.94 ± 0.26 ^{bB}	1.17 ± 0.55 ^b	2.18 ± 0.61
	0.4	8.85 ± 1.38 ^{bC}	27.11 ± 0.96 ^{bAB}	4.40 ± 1.92 ^{bB}	5.61 ± 0.39 ^{bA}	3.14 ± 0.19 ^{bBC}	3.91 ± 0.46 ^{bAB}	0.85 ± 0.33 ^b	1.78 ± 0.42
	0.5	5.34 ± 0.36 ^{bC}	22.32 ± 6.15 ^{bA}	0.87 ± 0.47 ^{bB}	3.22 ± 1.24 ^{bB}	3.50 ± 0.25 ^{bA}	3.31 ± 1.00 ^{bA}	0.71 ± 0.28 ^b	1.10 ± 0.73
F-test (วิธีการให้สาร) ^{อักษร}		*	*	*	*	*	*	*	ns
พิมพ์เล็ก									
F-test (ความเข้มข้น) ^{อักษร}		*	*	*	*	*	*	ns	ns
พิมพ์ใหญ่									
F-test (วิธีการให้สาร × ความเข้มข้น)		*	*	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)		34.88	36.46	8.09	1.86	0.20	0.52	0.36	0.37

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน คือ ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นโดยพิจารณาาร่วมกันทั้งการพ่นและการรดสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์

1.4 ปริมาณรงควัตถุ

1.4.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์

จากการศึกษาการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม พบว่า เมื่อพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมของใบดาวเรือง โดยปัจจัยวิธีการให้สาร และปัจจัยร่วมระหว่างวิธีการให้สารกับความเข้มข้นของสาร ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนปัจจัยความเข้มข้นของสาร ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กรณีคลอโรฟิลล์บี พบว่า ปัจจัยความเข้มข้นของสาร และปัจจัยร่วมระหว่างวิธีการให้สารกับความเข้มข้นของสารเท่านั้น ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์บี แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับคลอโรฟิลล์รวม พบว่า ปัจจัยวิธีการให้สาร ปัจจัยความเข้มข้นของสาร และปัจจัยร่วมระหว่างวิธีการให้สารกับความเข้มข้นของสาร ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์รวม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยการรดสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.4 ไมโครโมลาร์ ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอมากที่สุด คือ 127.38 ± 27.16 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) คลอโรฟิลล์บีมากที่สุด คือ 73.00 ± 16.29 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และคลอโรฟิลล์รวมมากที่สุด คือ 275.71 ± 62.86 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.4)

1.4.2 ปริมาณแคโรทีนอยด์

จากการศึกษาการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ พบว่า เมื่อพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ของดอกดาวเรือง พบว่า ปัจจัยวิธีการให้สาร ปัจจัยความเข้มข้นของสาร และปัจจัยร่วมระหว่างวิธีการให้สารกับความเข้มข้นของสาร ส่งผลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเกิดจากการออกดอกหรือระยะการบานของดอกไม้พร้อมกัน ซึ่งอาจส่งผลต่อการสร้างแคโรทีนอยด์ในดอก ทำให้ความแปรปรวนที่ได้มีค่าค่อนข้างสูง โดยการพ่นสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.5 ไมโครโมลาร์ ให้ปริมาณแคโรทีนอยด์เฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.275 ± 0.017 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และคลอโรฟิลล์รวม หลังจากการให้สารละลายบราสซิโน-สเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่างกัน

กรรมวิธี (ไมโครโมลาร์)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด±SD)			
	คลอโรฟิลล์เอ	คลอโรฟิลล์บี	คลอโรฟิลล์รวม	
พ่น	0	99.90± 50.28 ^{b BC}	57.52 ± 26.97 ^{AB}	177.10 ± 89.18 ^{b C}
	0.1	114.83 ± 43.62 ^{b AB}	65.69 ± 23.65 ^A	238.28 ± 92.70 ^{b AB}
	0.2	87.80 ± 26.10 ^{b BC}	49.71 ± 13.43 ^B	185.23 ± 54.31 ^{b BC}
	0.3	126.77 ± 45.24 ^{b A}	68.68 ± 22.82 ^A	259.48 ± 104.38 ^{b A}
	0.4	117.37 ± 44.46 ^{b A}	65.64 ± 22.88 ^A	247.82 ± 92.48 ^{b A}
	0.5	85.69 ± 25.60 ^{b C}	50.35 ± 12.86 ^B	179.80 ± 54.31 ^{b C}
รด	0	103.07 ± 38.74 ^{a BC}	75.67 ± 51.53 ^{AB}	219.25 ± 81.23 ^{a C}
	0.1	118.29 ± 52.62 ^{a AB}	68.77 ± 32.15 ^A	250.05 ± 112.08 ^{a AB}
	0.2	128.55 ± 35.55 ^{a BC}	66.74 ± 18.19 ^B	274.92 ± 67.57 ^{a BC}
	0.3	102.91 ± 39.14 ^{a A}	53.18 ± 20.74 ^A	215.04 ± 81.58 ^{a A}
	0.4	127.38 ± 27.16 ^{a A}	73.00 ± 16.29 ^A	275.71 ± 62.86 ^{a A}
	0.5	94.75 ± 53.27 ^{a C}	47.68 ± 27.77 ^B	197.09 ± 111.34 ^{a C}
F-test (วิธีการให้สาร) ^{อักษรพิมพ์เล็ก}	*	ns	**	
F-test (ความเข้มข้น) ^{อักษรพิมพ์ใหญ่}	**	*	**	
F-test (วิธีการให้สาร × ความเข้มข้น)	*	*	**	
C.V. (%)	36.65	40.01	36.70	

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P\leq 0.01$)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน คือ ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นโดยพิจารณาร่วมกันทั้งการพ่นและการรดสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์

ตารางที่ 4.5 ปริมาณแคโรทีนอยด์หลังจากการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่างกัน

	กรรมวิธี (ไมโครโมลาร์)	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด \pm SD)
พ่น	0	0.105 \pm 0.019 ^{a B}
	0.1	0.054 \pm 0.008 ^{a B}
	0.2	0.111 \pm 0.023 ^{a B}
	0.3	0.082 \pm 0.015 ^{a B}
	0.4	0.100 \pm 0.034 ^{a B}
	0.5	0.275 \pm 0.126 ^{a A}
รด	0	0.057 \pm 0.012 ^{b B}
	0.1	0.078 \pm 0.018 ^{b B}
	0.2	0.073 \pm 0.013 ^{b B}
	0.3	0.065 \pm 0.010 ^{b B}
	0.4	0.054 \pm 0.012 ^{b B}
	0.5	0.071 \pm 0.014 ^{b A}
F-test (วิธีการให้สาร) ^{อักษรพิมพ์เล็ก}		*
F-test (ความเข้มข้น) ^{อักษรพิมพ์ใหญ่}		*
F-test (วิธีการให้สาร x ความเข้มข้น)		*
C.V. (%)		73.06

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน คือ ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นโดยพิจารณาร่วมกันทั้งการพ่นและการรดสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์

2. ศึกษาผลของการความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนตต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง

จากการศึกษาผลของการความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนตต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง โดยพิจารณาจากการเจริญเติบโตทางลำต้น จากความสูง จำนวนใบ ขนาดใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนยอดของต้นดาวเรืองหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (0 10 20 30 40 และ 50 ไมโครโมลาร์) และให้สารดังกล่าวด้วยการพ่นและรด บันทึกผลทุกๆ 3 วันหลังการให้สารเป็นระยะเวลา 1 เดือน ตลอดจนการพิจารณา การออกดอกและผลผลิต น้ำหนักสดและน้ำแห้งของใบ ลำต้น ดอก และรากของต้นดาวเรือง และปริมาณรงควัตถุต่างๆ เช่น คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ หลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนตเป็นระยะเวลา 1 เดือน โดยให้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

2.1 การเจริญเติบโตทางลำต้น (ความสูง จำนวนใบ ขนาดใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนยอด) หลังจากให้สารเป็นระยะเวลา 1 เดือน (อายุต้นดาวเรือง 44 วัน)

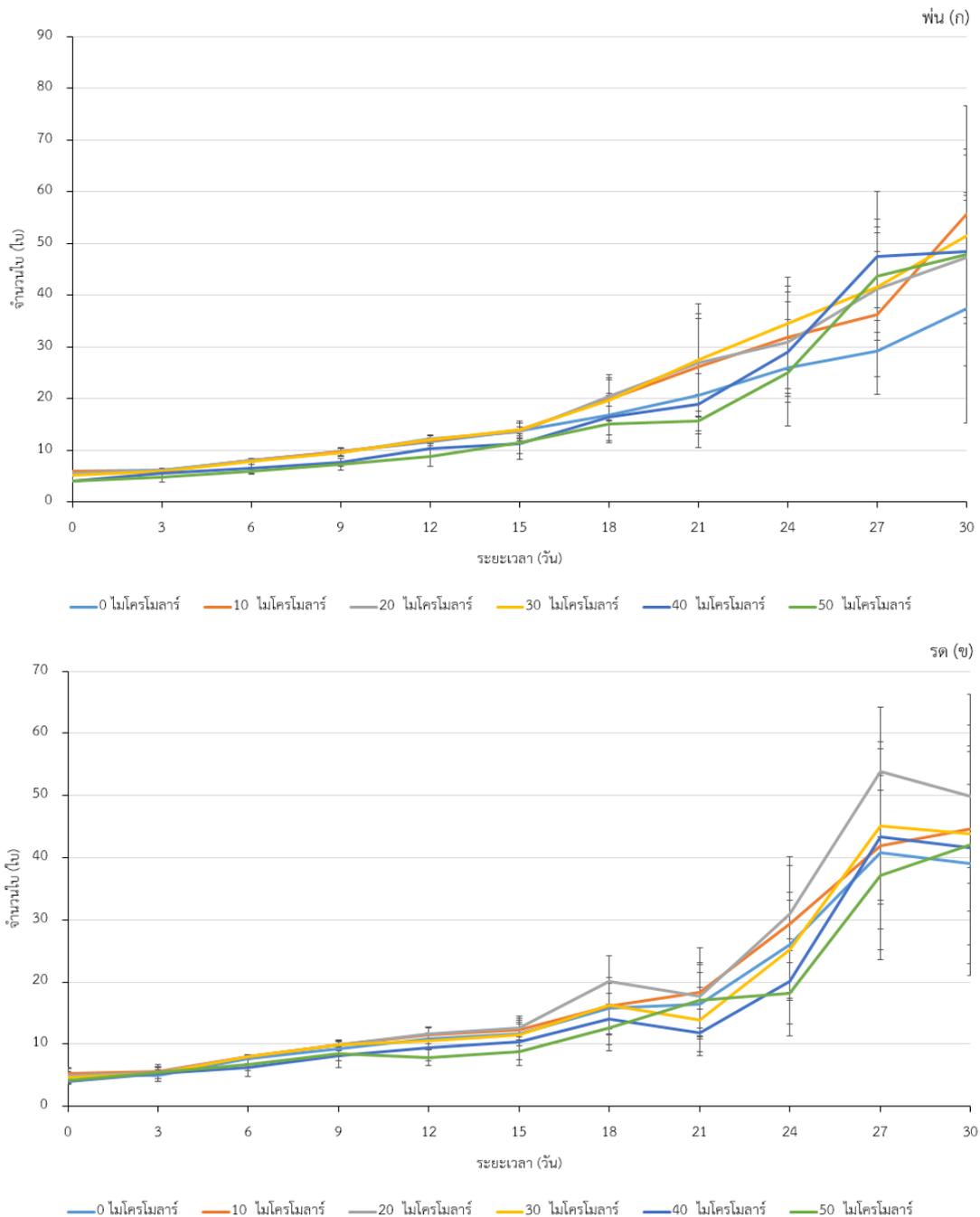
จากการศึกษาการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นดาวเรืองหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนตที่ความเข้มข้นต่างๆ หลังจากให้สารเป็นระยะเวลา 1 เดือน (อายุต้นดาวเรือง 44 วัน) พบว่า เมื่อพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต พบว่า ปัจจัยวิธีการให้สารส่งผลต่อความสูง จำนวนใบ ขนาดใบ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) แต่ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนยอด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนปัจจัยความเข้มข้นของสาร พบว่า ส่งผลต่อความสูง โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ส่วนจำนวนใบและจำนวนยอด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างวิธีการให้สารและความเข้มข้นของสาร พบว่า ส่งผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เท่านั้น โดยการพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนต เข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้อัตราความสูง จำนวนใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 44.34 ± 4.34 เซนติเมตรต่อต้นต่อเดือน 51.88 ± 18.41 ใบต่อต้นต่อเดือน 0.68 ± 0.07 เซนติเมตรต่อต้นต่อเดือน และ 12.79 ± 2.38 ยอดต่อต้นต่อเดือน ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) และต้นดาวเรืองที่พ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนต เข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ ให้ขนาดใบเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 138.82 ± 28.51 ตารางเซนติเมตรต่อเดือน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ส่วนขนาดทรงพุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นดาวเรืองหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน (อายุต้นดาวเรือง 44 วัน)

กรรมวิธี (ไม่โครโมลาร์)	ความสูง (ซม.±SD)	จำนวนใบ (ใบ±SD)	ขนาดใบ (ตร.ซม.±SD)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.±SD)	ขนาดทรงพุ่ม (ลบ.ซม.±SD)	จำนวนยอด (ยอด±SD)	
พ่น	0	42.54±3.56 ^{a A}	38.43±16.59 ^{a B}	115.57±38.55 ^a	0.65±0.09 ^A	25,105±8,956	11.41±2.30 ^A
	10	44.34±4.34 ^{a A}	51.88±18.41 ^{a A}	128.15±22.96 ^a	0.68±0.07 ^A	27,737±9,750	12.79±2.38 ^A
	20	40.04±9.05 ^{a A}	48.14±12.48 ^{a A}	129.85±38.90 ^a	0.68±0.10 ^{AB}	25,590±12,140	11.96±2.85 ^A
	30	44.00±7.17 ^{a A}	46.20±15.71 ^{a AB}	138.82±28.51 ^a	0.71±0.07 ^{AB}	28,526±10,283	11.12±3.67 ^{AB}
	40	38.87±7.40 ^{a B}	44.40±11.64 ^{a AB}	131.76±24.84 ^a	0.69±0.09 ^{AB}	25,705±10,369	11.67±2.87 ^{AB}
	50	36.33±5.78 ^{a B}	43.88±10.67 ^{a AB}	125.80±20.20 ^a	0.66±0.09 ^B	24,875±7,167	11.21±2.86 ^B
รด	0	39.16±5.65 ^{b A}	39.36±12.10 ^{b B}	119.65±27.27 ^b	0.69±0.06 ^A	20,363±9,056	12.50±3.02 ^A
	10	38.25±8.25 ^{b A}	43.30±18.14 ^{b A}	127.98±39.97 ^b	0.68±0.09 ^A	26,356±10,173	10.96±2.49 ^A
	20	38.74±5.68 ^{b A}	44.84±11.72 ^{b A}	123.15±29.65 ^b	0.66±0.08 ^{AB}	27,801±11,420	11.84±2.54 ^A
	30	38.59±8.82 ^{b A}	39.16±8.31 ^{b AB}	112.75±30.02 ^b	0.58±0.10 ^{AB}	25,273±9,856	10.36±3.23 ^{AB}
	40	33.72±6.06 ^{b B}	39.29±5.74 ^{b AB}	119.80±21.32 ^b	0.64±0.09 ^{AB}	24,043±11,113	11.21±2.43 ^{AB}
	50	31.74±8.09 ^{b B}	41.52±10.66 ^{b AB}	109.72±26.57 ^b	0.61±0.10 ^B	20,602 ±7,808	9.52±3.31 ^B
F-test (วิธีการให้) ^{อักษรพิมพ์เล็ก}	**	**	**	**	ns	ns	
F-test (ความเข้มข้น) ^{อักษรพิมพ์ใหญ่}	**	*	ns	ns	ns	*	
F-test (วิธีการให้ X ความเข้มข้น)	ns	ns	ns	**	ns	ns	
C.V. (%)	17.75	30.27	23.86	13.39	39.53	25.16	

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P\leq 0.01$)
 ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน คือ ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นโดยพิจารณาาร่วมกันทั้งการพ่นและการรดสารละลายเมทิลจัสโมเนท

เมื่อพิจารณาในแต่ละพารามิเตอร์ พบว่า จำนวนใบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 15 หลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนททั้งการพ่นและรด โดยหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนท เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ต้นดาวเรืองที่ได้รับสารละลายสารละลายเมทิลจัสโมเนทด้วยการพ่น เข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 55.56 ± 20.99 ใบ (ภาพที่ 4.7)

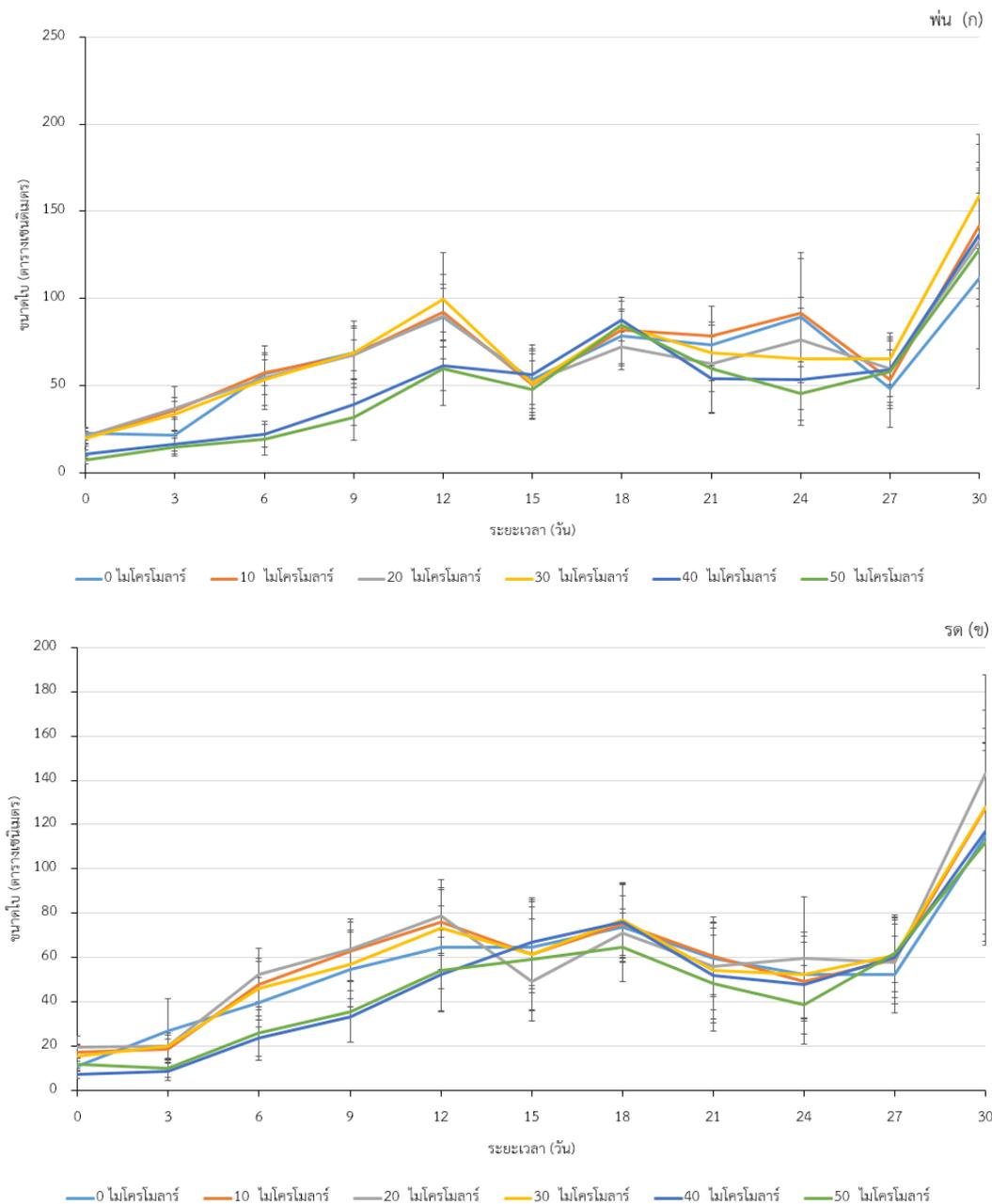


ภาพที่ 4.7 จำนวนใบของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 10 20 30 40 และ 50 ไมโครโมลาร์)

ก. การให้สารด้วยวิธีการพ่น

ข. การให้สารด้วยวิธีการรด

ส่วนขนาดใบ เนื่องจากเกิดจากการวัดใบคู่ที่ 2 นับจากยอด โดยใบชุดใหม่จะมีขนาดเพิ่มสูงขึ้น และดาวเรืองจะเกิดใบชุดใหม่ที่คลี่เต็มที่ประมาณ 12 วัน ในช่วงวันที่ 3-12 วันของชุดใบที่ 1 มีการเพิ่มขนาดของใบ ทั้งการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนททุกความเข้มข้น และวิธีการรดสาร โดยหลังจากการพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ ให้ขนาดใบที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 99.54 ± 22.92 ใบ (ภาพที่ 4.8)

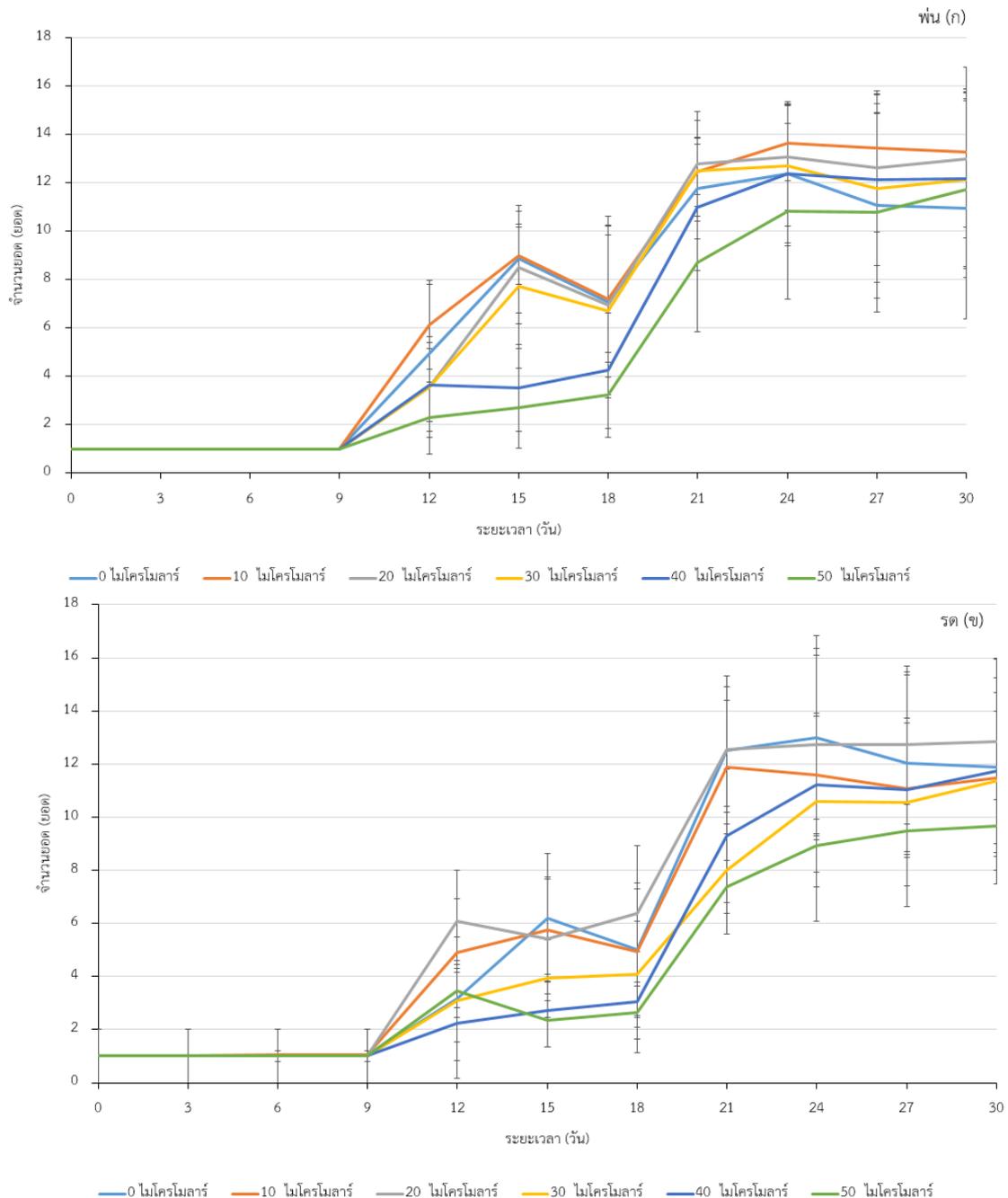


ภาพที่ 4.8 ขนาดใบของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 10 20 30 40 และ 50 ไมโครโมลาร์)

ก. การให้สารด้วยวิธีการพ่น

ข. การให้สารด้วยวิธีการรด

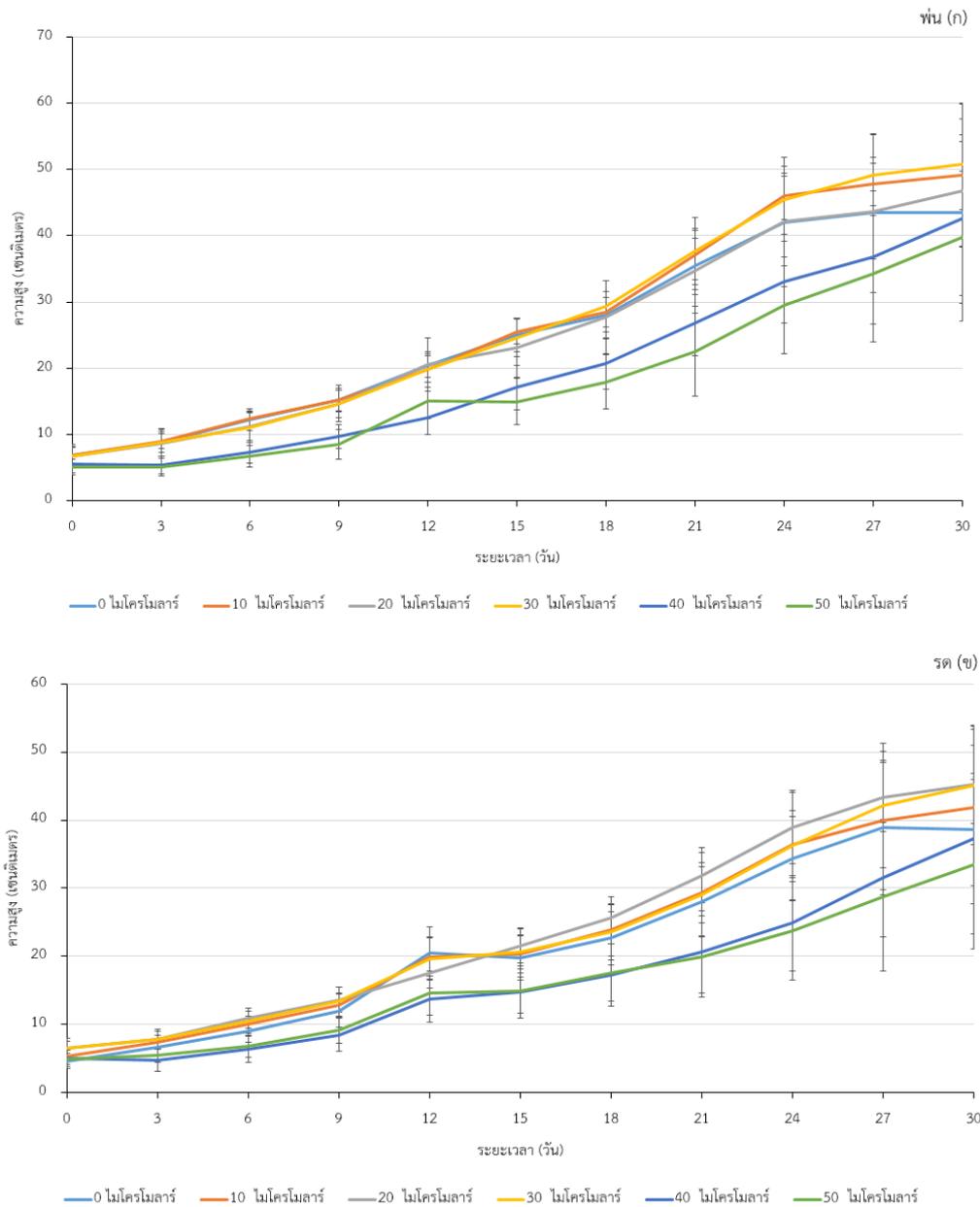
จำนวนยอดนั้น พบว่า เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 6 หลังจากการให้เมทิลจัสโมเนททั้ง การพ่นและรด โดยหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทเป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ต้นดาวเรือง ที่ได้รับสารละลายเมทิลจัสโมเนทด้วยการพ่น เข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 13.24 ± 3.54 ยอด (ภาพที่ 4.9)



ภาพที่ 4.9 จำนวนยอดของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 10 20 30 40 และ 50 ไมโครโมลาร์)

ก. การให้สารด้วยวิธีการพ่น ข. การให้สารด้วยวิธีการรด

เมื่อพิจารณาความสูง พบว่า เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 12 หลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนททั้งการพ่นและรด โดยหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทเป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ต้นดาวเรืองที่ได้รับสารละลายเมทิลจัสโมเนทด้วยการพ่น เข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ ให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 50.78 ± 6.80 เซนติเมตร (ภาพที่ 4.10)

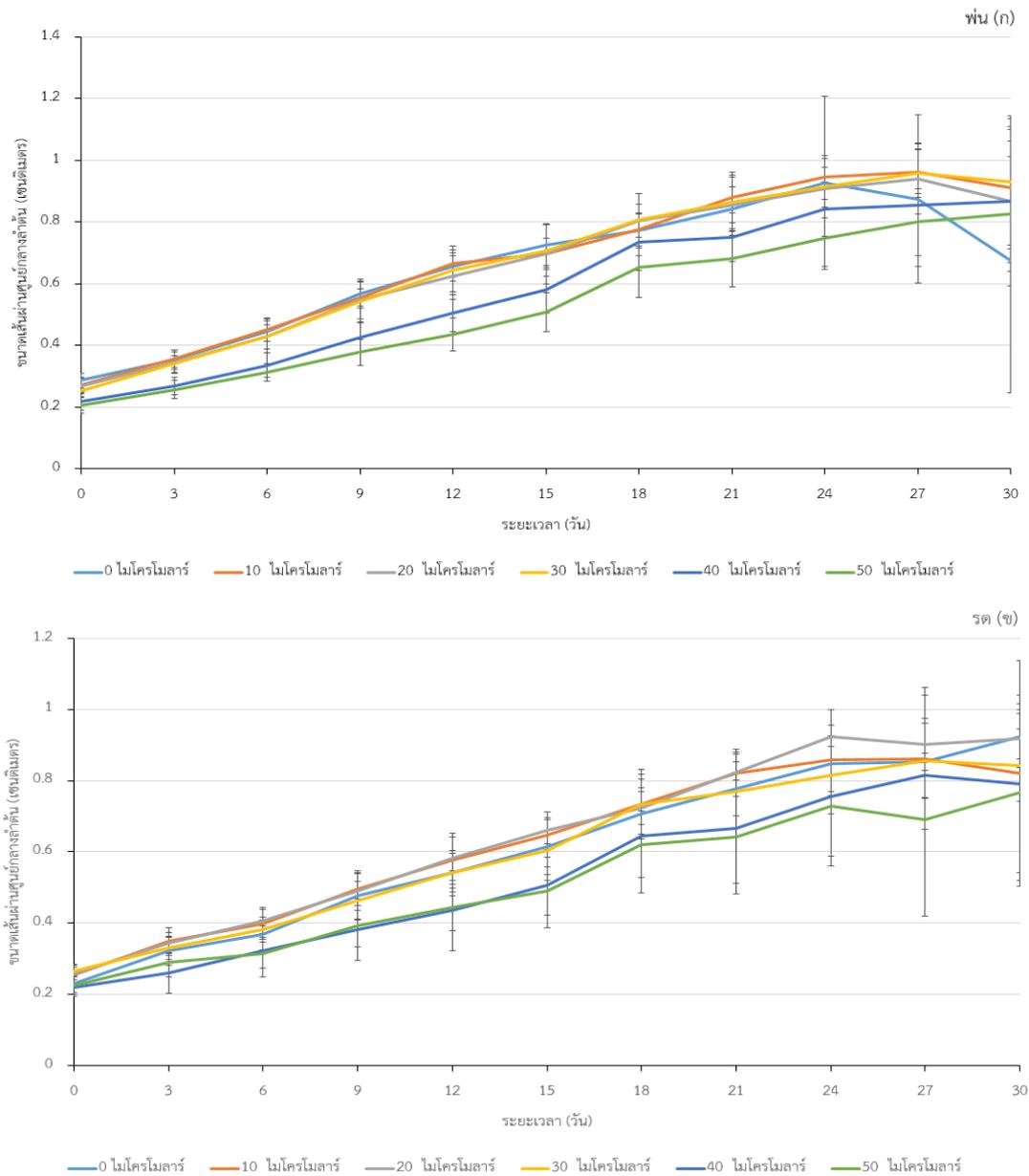


ภาพที่ 4.10 ความสูงของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 10 20 30 40 และ 50 ไมโครโมลาร์)

ก. การให้สารด้วยวิธีการพ่น

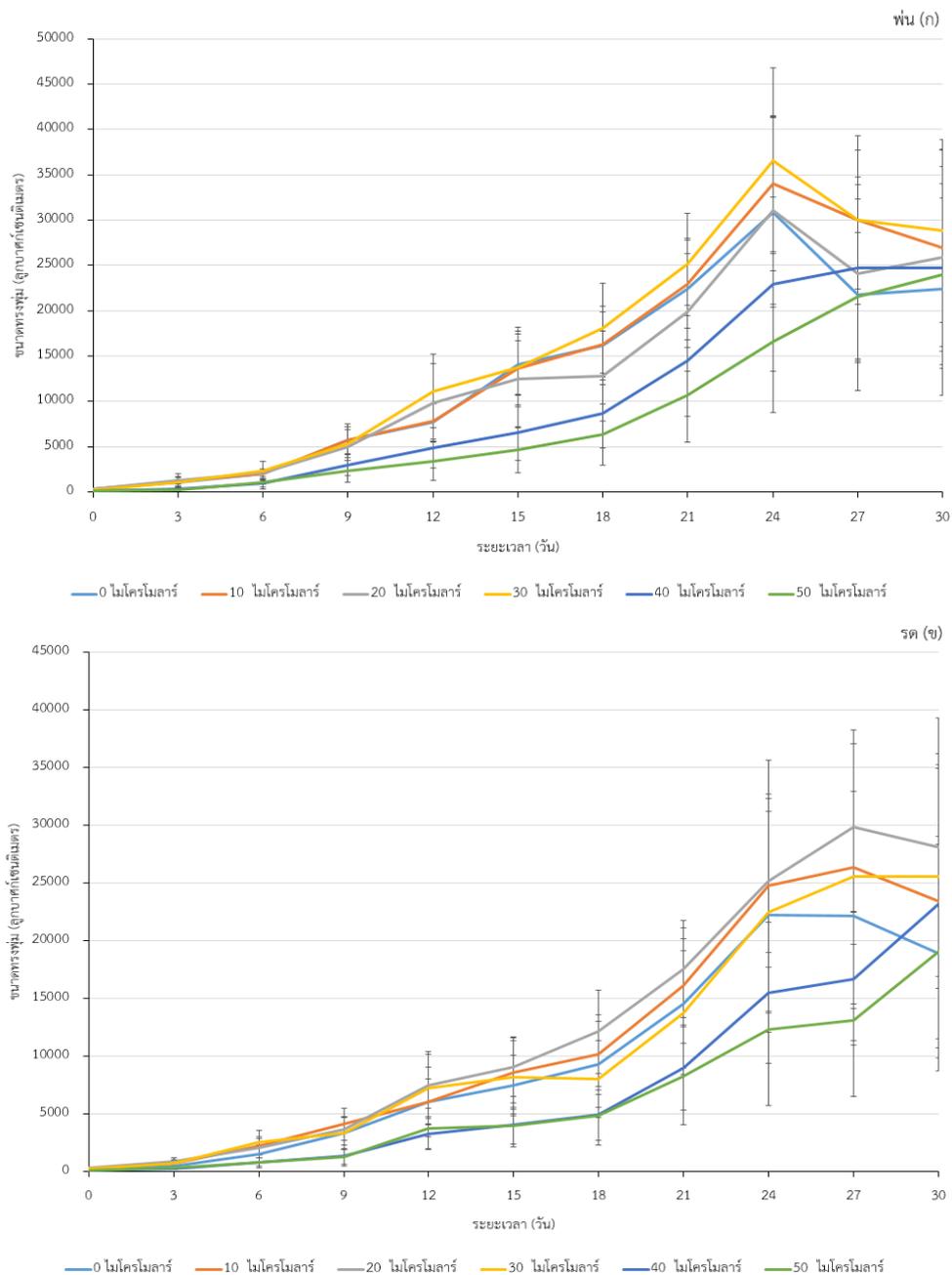
ข. การให้สารด้วยวิธีการรด

เมื่อพิจารณาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พบว่า ต้นดาวเรืองที่ได้รับสารละลายเมทิลจัสโมเนทด้วยการพ่น เข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเพิ่มขึ้นมากที่สุด หลังการให้สาร 27 วัน คือ 0.96 ± 0.07 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นดาวเรืองที่ได้รับสารละลายเมทิลจัสโมเนทด้วยการรด เข้มข้น 20 ไมโครโมลาร์ ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเพิ่มขึ้นมากที่สุด หลังการให้สาร 24 วัน คือ 0.92 ± 0.08 เซนติเมตร ทั้งนี้ พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป กลับพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเล็กลง เนื่องจากต้นดาวเรืองเหี่ยว (ภาพที่ 4.11)



ภาพที่ 4.11 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 10 20 30 40 และ 50 ไมโครโมลาร์)
 ก. การให้สารด้วยวิธีการพ่น ข. การให้สารด้วยวิธีการรด

ส่วนขนาดทรงพุ่มนั้น พบว่า หลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนท เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ต้นดาวเรืองที่ได้รับสารละลายเมทิลจัสโมเนทด้วยการพ่น เข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ ให้ขนาดทรงพุ่มเพิ่มขึ้นมากที่สุด หลังการให้สาร 24 วัน คือ $36,536 \pm 10,243$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้เมื่อเวลาผ่านไปต้นดาวเรืองที่ได้รับสารละลายเมทิลจัสโมเนททุกความเข้มข้นและวิธีการให้ มีขนาดทรงพุ่มมีขนาดลดลง ทั้งนี้เนื่องจากใบบางส่วนร่วงและเหี่ยว (ภาพที่ 4.12)



ภาพที่ 4.12 ขนาดทรงพุ่มของดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0 10 20 30 40 และ 50 ไมโครโมลาร์)

ก. การให้สารด้วยวิธีการพ่น

ข. การให้สารด้วยวิธีการรด

2.2 การออกดอกและผลผลิต

จากการศึกษาการออกดอกและผลผลิตของต้นดาวเรืองหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่า ระยะเวลาหลังจากการให้สาร ส่งผลต่อจำนวนดอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ซึ่งเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นจะให้จำนวนดอกเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาในแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การพ่นด้วยน้ำกลั่น การพ่นด้วยสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 10 และ 20 ไมโครโมลาร์ ให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนดอกมากที่สุด คือ 2.29 ± 1.11 , 2.42 ± 1.20 และ 2.33 ± 1.26 ดอกต่อต้นตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาระยะเวลาร่วมกับสิ่งทดลอง พบว่า มีผลต่อจำนวนดอก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 จำนวนดอกดาวเรืองหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่างๆ หลังจากให้สารในระยะเวลาต่างๆ

กรรมวิธี (ไมโครโมลาร์)	อายุต้นดาวเรือง / จำนวนดอก (ดอกต่อต้น \pm SD)					ค่าเฉลี่ย(จำนวนดอก)	
	32 วัน	35 วัน	38 วัน	41 วัน	44 วัน		
พ่น	0	0.96 \pm 0.20	0.96 \pm 0.20	3.56 \pm 0.87	3.08 \pm 1.08	2.92 \pm 1.47	2.29 \pm 1.11 ^a
	10	0.96 \pm 0.20	0.96 \pm 0.20	3.44 \pm 0.58	3.56 \pm 0.65	3.20 \pm 1.22	2.42 \pm 1.20 ^a
	20	0.80 \pm 0.41	0.80 \pm 0.41	3.08 \pm 0.76	3.40 \pm 0.87	3.56 \pm 1.33	2.33 \pm 1.26 ^a
	30	0.68 \pm 0.48	0.68 \pm 0.48	2.72 \pm 1.02	3.24 \pm 1.09	2.92 \pm 1.19	2.05 \pm 1.13 ^b
	40	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	1.68 \pm 0.85	2.04 \pm 1.10	2.80 \pm 1.29	1.30 \pm 1.12 ^e
	50	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	1.36 \pm 0.81	1.76 \pm 1.05	2.24 \pm 1.09	1.07 \pm 0.92 ^f
รด	0	0.20 \pm 0.41	0.20 \pm 0.41	2.08 \pm 0.95	2.76 \pm 0.97	2.92 \pm 1.19	1.63 \pm 1.20 ^{cd}
	10	0.56 \pm 0.51	0.56 \pm 0.51	2.60 \pm 0.96	2.72 \pm 1.02	2.72 \pm 1.24	1.83 \pm 1.04 ^c
	20	0.52 \pm 0.51	0.52 \pm 0.51	2.72 \pm 0.68	3.24 \pm 0.83	3.28 \pm 1.01	2.06 \pm 1.27 ^b
	30	0.16 \pm 0.37	0.16 \pm 0.37	2.32 \pm 0.95	2.64 \pm 0.91	2.80 \pm 0.96	1.62 \pm 1.20 ^d
	40	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	1.20 \pm 0.76	1.56 \pm 0.87	2.20 \pm 1.08	0.99 \pm 0.87 ^{fg}
	50	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	1.08 \pm 0.70	1.48 \pm 0.92	1.72 \pm 1.24	0.86 \pm 0.73 ^g
ค่าเฉลี่ย (เวลา)	0.40 \pm 0.37 ^d	0.40 \pm 0.37 ^d	2.32 \pm 0.81 ^c	2.62 \pm 0.71 ^b	2.77 \pm 0.49 ^a		
F-test (ระยะเวลา)	**						
F-test (สิ่งทดลอง)	**						
F-test (ระยะเวลา x สิ่งทดลอง)	**						

หมายเหตุ ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

2.3 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ของใบ ลำต้น ดอก และรากของต้นดาวเรือง

จากการศึกษาความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทส่งผลต่อน้ำหนักสดของใบ พบว่า เมื่อพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นดาวเรือง พบว่า ปัจจัยวิธีการให้สาร ปัจจัยความเข้มข้นของสาร และปัจจัยร่วมระหว่างวิธีการให้สารกับความเข้มข้นของสาร ส่งผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของใบ ดอก และราก และน้ำหนักสดของลำต้นของต้นดาวเรือง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนน้ำหนักแห้งของลำต้นมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง คือ ปัจจัยความเข้มข้นของสาร และปัจจัยร่วมระหว่างวิธีการให้สารกับความเข้มข้นของสารเท่านั้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักสดของใบ ลำต้น และดอกมีค่ามากที่สุด คือ 18.69 ± 1.95 , 37.91 ± 2.15 และ 7.30 ± 1.27 กรัม ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่นๆ ส่วนการพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 40 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักสดของรากมากที่สุด คือ 14.49 ± 2.91 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 4.8)

ส่วนน้ำหนักแห้ง พบว่า การพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 40 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักแห้งของใบมากที่สุด คือ 3.11 ± 0.19 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่นๆ ส่วนการรดสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักแห้งของลำต้นมากที่สุด คือ 5.87 ± 1.60 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่นๆ นอกจากนี้ การพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 20 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักแห้งของดอกมากที่สุด คือ 4.49 ± 0.43 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่นๆ และพบว่า การพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 40 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักแห้งของรากมากที่สุด คือ 4.88 ± 0.46 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่นๆ ยกเว้นการพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 20-40 ไมโครโมลาร์ (ตารางที่ 4.8)

7ตารางที่ 4.8 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นดาวเรืองหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน

กรรมวิธี (ไมโครโมลาร์)		น้ำหนักสด (กรัม±SD)				น้ำหนักแห้ง (กรัม±SD)			
		ใบ	ลำต้น	ดอก	ราก	ใบ	ลำต้น	ดอก	ราก
พ่น	0	5.16 ± 1.30 ^{aD}	24.01 ± 3.02 ^{aC}	3.72 ± 1.00 ^{aC}	3.57 ± 0.90 ^{aE}	1.78 ± 1.50 ^{aC}	3.09 ± 0.59 ^{BC}	1.93 ± 0.41 ^{aB}	1.37 ± 0.63 ^{aC}
	10	10.71 ± 1.62 ^{aC}	29.46 ± 2.91 ^{aB}	4.46 ± 0.72 ^{aB}	13.29 ± 0.97 ^{aC}	2.43 ± 0.39 ^{aAB}	5.11 ± 1.17 ^A	1.81 ± 0.40 ^{aB}	4.88 ± 0.46 ^{aA}
	20	11.69 ± 1.75 ^{aC}	32.49 ± 3.99 ^{aA}	9.48 ± 1.68 ^{aAB}	13.52 ± 2.54 ^{aAB}	2.42 ± 0.26 ^{aAB}	2.09 ± 0.14 ^C	4.49 ± 0.43 ^{aA}	3.75 ± 0.47 ^{aA}
	30	18.69 ± 1.95 ^{aA}	37.91 ± 2.15 ^{aA}	7.30 ± 1.27 ^{aA}	8.78 ± 0.60 ^{aB}	2.67 ± 0.33 ^{aB}	4.00 ± 0.28 ^B	2.34 ± 0.24 ^{aB}	3.47 ± 0.46 ^{aA}
	40	16.67 ± 6.24 ^{aB}	37.55 ± 3.64 ^{aA}	3.36 ± 1.55 ^{aC}	14.49 ± 2.91 ^{aA}	3.11 ± 0.19 ^{aA}	4.17 ± 0.63 ^{BC}	1.23 ± 0.20 ^{aC}	4.86 ± 1.38 ^{aA}
	50	21.21 ± 2.02 ^{aB}	29.16 ± 1.97 ^{aC}	5.56 ± 1.09 ^{aC}	8.40 ± 0.65 ^{aD}	2.63 ± 0.09 ^{aB}	3.68 ± 0.49 ^{BC}	1.05 ± 0.19 ^{aC}	2.82 ± 0.52 ^{aB}
รด	0	5.16 ± 1.30 ^{bD}	24.01 ± 3.02 ^{bC}	3.72 ± 1.00 ^{bC}	3.57 ± 0.90 ^{bE}	2.10 ± 0.06 ^{bC}	2.91 ± 0.10 ^{BC}	1.88 ± 0.22 ^{bB}	0.56 ± 0.10 ^{bC}
	10	9.23 ± 1.87 ^{bC}	27.79 ± 2.49 ^{bB}	6.25 ± 2.82 ^{bB}	5.47 ± 1.19 ^{bC}	2.64 ± 0.54 ^{bAB}	5.87 ± 1.60 ^A	1.79 ± 0.22 ^{bB}	2.16 ± 0.23 ^{bA}
	20	9.48 ± 2.42 ^{bC}	30.68 ± 3.00 ^{bA}	3.24 ± 0.13 ^{bAB}	9.58 ± 1.02 ^{bAB}	2.56 ± 0.15 ^{bAB}	3.83 ± 0.30 ^C	1.45 ± 0.31 ^{bA}	3.41 ± 0.41 ^{bA}
	30	19.16 ± 2.18 ^{bA}	27.38 ± 3.49 ^{bA}	7.08 ± 2.36 ^{bA}	12.96 ± 0.95 ^{bB}	2.05 ± 0.23 ^{bB}	3.29 ± 0.46 ^B	1.35 ± 0.19 ^{bB}	3.62 ± 0.18 ^{bA}
	40	13.58 ± 1.79 ^{bB}	24.86 ± 1.54 ^{bA}	1.56 ± 0.82 ^{bC}	10.38 ± 1.47 ^{bA}	2.17 ± 0.07 ^{bA}	2.66 ± 0.41 ^{BC}	0.44 ± 0.19 ^{bC}	2.54 ± 0.36 ^{bA}
	50	5.38 ± 0.708 ^{bB}	20.35 ± 1.93 ^{bC}	1.61 ± 0.30 ^{bC}	3.30 ± 0.74 ^{bD}	2.03 ± 0.09 ^{bB}	2.53 ± 0.17 ^{BC}	0.72 ± 0.10 ^{bC}	1.41 ± 0.27 ^{bB}
F-test (วิธีการให้สาร) อักษรพิมพ์เล็ก		*	*	*	*	*	ns	*	*
F-test (ความเข้มข้น) อักษรพิมพ์ใหญ่		*	*	*	*	*	*	*	*
F-test (วิธีการให้สาร × ความเข้มข้น)		*	*	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)		34.72	32.60	6.96	17.55	17.48	1.46	1.04	1.94

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน คือ ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นโดยพิจารณาาร่วมกันทั้งการพ่นและการรดสารละลายเมทิลจัสโมเนท

2.4 ปริมาณรงควัตถุ

2.4.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์

จากการศึกษาการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม พบว่า เมื่อพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมของใบดาวเรือง พบว่า ปัจจัยวิธีการให้สาร และปัจจัยร่วมระหว่างวิธีการให้สารกับความเข้มข้นของสาร ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนปัจจัยความเข้มข้นของสาร ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กรณีคลอโรฟิลล์บี พบว่า ปัจจัยความเข้มข้นของสาร และปัจจัยร่วมระหว่างวิธีการให้สารกับความเข้มข้นของสารเท่านั้น ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์บี แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับคลอโรฟิลล์รวม พบว่า ปัจจัยวิธีการให้สาร ปัจจัยความเข้มข้นของสาร และปัจจัยร่วมระหว่างวิธีการให้สารกับความเข้มข้นของสาร ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์รวม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยการรดสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอมากที่สุด คือ 156.73 ± 31.90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) และคลอโรฟิลล์รวมมากที่สุด คือ 325.42 ± 67.35 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) และการรดสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 20 ไมโครโมลาร์ ให้คลอโรฟิลล์บีมากที่สุด คือ 71.90 ± 18.73 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.9)

2.4.2 ปริมาณแคโรทีนอยด์

จากการศึกษาการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ พบว่า เมื่อพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ของดอกดาวเรือง พบว่า ปัจจัยวิธีการให้สาร ปัจจัยความเข้มข้นของสาร และปัจจัยร่วมระหว่างวิธีการให้สารกับความเข้มข้นของสาร ส่งผลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเกิดจากการออกดอกหรือระยะการบานของดอกไม่พร้อมกัน ซึ่งอาจส่งผลต่อการสร้างแคโรทีนอยด์ในดอก ทำให้ความแปรปรวนที่ได้มีค่าค่อนข้างสูง โดยการพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ ให้ปริมาณแคโรทีนอยด์เฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.159 ± 0.039 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.9 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และคลอโรฟิลล์รวม หลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่างกัน

กรรมวิธี (ไมโครโมลาร์)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด \pm SD)			
	คลอโรฟิลล์เอ	คลอโรฟิลล์บี	คลอโรฟิลล์รวม	
พ่น	0	116.09 \pm 27.47 ^{b B}	60.68 \pm 14.20 ^{AB}	233.40 \pm 52.10 ^{b AB}
	10	91.90 \pm 29.10 ^{b AB}	50.94 \pm 13.91 ^B	193.77 \pm 59.77 ^{b B}
	20	129.02 \pm 35.28 ^{b AB}	69.00 \pm 15.38 ^A	270.64 \pm 71.58 ^{b A}
	30	119.85 \pm 47.78 ^{b AB}	59.46 \pm 18.07 ^{AB}	234.73 \pm 58.25 ^{b AB}
	40	123.30 \pm 31.26 ^{b AB}	60.57 \pm 16.83 ^{AB}	260.71 \pm 63.30 ^{b A}
	50	124.05 \pm 40.71 ^{b A}	58.26 \pm 19.40 ^{AB}	249.47 \pm 94.81 ^{b A}
รด	0	113.59 \pm 51.85 ^{a B}	63.74 \pm 23.03 ^{AB}	239.95 \pm 106.13 ^{a AB}
	10	136.02 \pm 34.64 ^{a AB}	68.71 \pm 18.07 ^B	289.06 \pm 72.11 ^{a B}
	20	151.29 \pm 37.19 ^{a AB}	71.90 \pm 18.73 ^A	312.29 \pm 77.19 ^{a A}
	30	147.11 \pm 42.10 ^{a AB}	67.72 \pm 24.75 ^{AB}	303.31 \pm 87.29 ^{a AB}
	40	148.32 \pm 35.27 ^{a AB}	74.94 \pm 18.52 ^{AB}	308.66 \pm 73.64 ^{a A}
	50	156.73 \pm 31.90 ^{a A}	79.66 \pm 18.26 ^{AB}	325.42 \pm 67.35 ^{a A}
F-test (วิธีการให้สาร) ^{อักษรพิมพ์เล็ก}	*	ns	**	
F-test (ความเข้มข้น) ^{อักษรพิมพ์ใหญ่}	**	*	**	
F-test (วิธีการให้สาร \times ความเข้มข้น)	*	*	**	
C.V. (%)	28.29	27.96	27.10	

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน คือ ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นโดยพิจารณาร่วมกันทั้งการพ่นและการรดสารละลายเมทิลจัสโมเนท

ตารางที่ 4.10 ปริมาณแคโรทีนอยด์หลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่างกัน

	กรรมวิธี (ไมโครโมลาร์)	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด \pm SD)
พ่น	0	0.715 \pm 0.115 ^{aB}
	10	0.273 \pm 0.035 ^{aD}
	20	0.636 \pm 0.032 ^{aC}
	30	0.159 \pm 0.039 ^{aA}
	40	0.116 \pm 0.029 ^{aD}
	50	0.135 \pm 0.032 ^{aC}
รด	0	0.367 \pm 0.067 ^{bB}
	10	0.104 \pm 0.033 ^{bD}
	20	0.154 \pm 0.031 ^{bC}
	30	1.137 \pm 0.192 ^{bA}
	40	0.124 \pm 0.025 ^{bD}
	50	0.587 \pm 0.099 ^{bC}
F-test (วิธีการให้สาร) ^{อักษรพิมพ์เล็ก}		*
F-test (ความเข้มข้น) ^{อักษรพิมพ์ใหญ่}		*
F-test (วิธีการให้สาร \times ความเข้มข้น)		*
C.V. (%)		86.13

หมายเหตุ * แยกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน คือ ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นโดยพิจารณาร่วมกันทั้งการพ่นและการรดสารละลายเมทิลจัสโมเนท

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์และสารละลายเมทิลจัสโมนेटต่อการเจริญเติบโต ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ของดาวเรือง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0-0.5 ไมโครโมลาร์ และสารละลายเมทิลจัสโมนेट เข้มข้น 0-50 ไมโครโมลาร์) ด้วยวิธีการรดและการพ่น เป็นเวลา 1 เดือน สรุปได้ว่า

1.1 ศึกษาผลของการความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง

จากการศึกษาการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นดาวเรืองหลังจากการให้สารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่า การพ่นสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรือง โดยความเข้มข้น 0.5 ไมโครโมลาร์ ให้ความสูง จำนวนใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ขนาดทรงพุ่ม และจำนวนยอด น้ำหนักสดของลำต้น น้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น และดอก และปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นมากที่สุด ส่วนความเข้มข้น 0.3 ไมโครโมลาร์ ให้ขนาดใบเพิ่มขึ้นมากที่สุด สำหรับความเข้มข้น 0.2 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักสดของใบและดอกมากที่สุด และความเข้มข้น 0.1 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักสดของดอกมากที่สุด นอกจากนี้การพ่นและรดสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ไม่ส่งผลต่อการออกดอกของดาวเรือง แต่การรดสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.4 ไมโครโมลาร์ ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมมากที่สุด

1.2 ศึกษาผลของการความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายเมทิลจัสโมนेटต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง

จากการศึกษาการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นดาวเรืองหลังจากการให้สารละลายเมทิลจัสโมนेटที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่า การพ่นสารละลายเมทิลจัสโมนेट ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรือง โดยความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้ความสูง จำนวนใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวนยอด และจำนวนดอกมากที่สุด และความเข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ ให้ขนาดใบ น้ำหนักสดของใบ ลำต้น และดอก และปริมาณแคโรทีนอยด์มากที่สุด ส่วนความเข้มข้น 40 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักสดของราก น้ำหนักแห้งของใบและรากมากที่สุด นอกจากนี้ความเข้มข้น 20 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักแห้งของดอกมากที่สุด แต่การรดสารละลายเมทิลจัสโมนेट เข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักแห้งของลำต้นมากที่สุด ส่วนการรดสารละลายเมทิลจัสโมนेट เข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ

และคลอโรฟิลล์รวมมากที่สุด และการรดสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 20 ไมโครโมลาร์ ให้คลอโรฟิลล์บีมากที่สุด

2. อภิปรายผล

วิธีการให้สาร และความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป โดยทั่วไปการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตแก่พืช ทำได้หลายวิธีการ เช่น การจุ่มหรือแช่ การฉีด การรด และการพ่นซึ่งการพ่นเป็นวิธีการที่เป็นที่นิยม เนื่องจากใช้สารเคมีน้อย และประหยัดแรงงาน (Currey and Erwin, 2012) จากการศึกษา พบว่า วิธีการพ่นส่งผลต่อการเจริญเติบโต และปริมาณแคโรทีนอยด์ของต้นดาวเรือง ทั้งจากการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ และสารละลายเมทิลจัสโมเนท แต่การให้สารด้วยวิธีการรดทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมมากที่สุด โดยจากการงานวิจัยของ Janeczko และ Swacynova (2010) ศึกษาการใช้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ในข้าวสาลี พบว่า การรดสารละลายสารบราสซิโนไลน์ ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในกลุ่มของสารบราสซิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.1 ไมโครโมลาร์ ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และนอกจากนี้พบว่าการใช้สารละลายบราสซิโนไลน์ที่ความเข้มข้นสูง โดยวิธีการแช่หรือรด จะมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการพ่น โดยการให้สารด้วยวิธีการรดสารควบคุมการเจริญเติบโตอาจมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้ (Best *et al.*, 2014) Atei *et al.* (2013) รายงานว่า การฉีดพ่นจัสโมเนทบริเวณยอดดอกคาเลนดูลา หรือ ดาวเรืองหม้อ เข้มข้น 1.50 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักของเมล็ด (จำนวน 1,000 เมล็ด) และความสูงของต้นสูงสุด และที่ความเข้มข้น 2.25 ไมโครโมลาร์ น้ำหนักแห้งของดอกดอกคาเลนดูลา หรือ ดาวเรืองหม้อแห้งและพารามิเตอร์อื่นสูงสุด แต่ในการพ่นสารนั้นปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตที่พืชจะได้รับนั้น มีค่าไม่แน่นอนเมื่อเทียบกับการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตด้วยวิธีการรดสาร (Latimer and Scoggins, 2012) นอกจากนี้วิธีการพ่นจะส่งผลให้พืชมีการเจริญทางด้านเจริญพันธุ์ ในขณะที่การให้สารด้วยวิธีการรดส่งต่อพืชในด้านเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นมะรุุม จากการใช้สารละลาย 24-epibrassinolide (Zheng *et al.*, 2017) ทั้งนี้อาจเกิดจากชิ้นส่วนเริ่มต้น และชนิดของพืชแตกต่างกัน ทำให้ผลได้ได้จากการศึกษาแตกต่างกันออกไป

สำหรับการใช้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นระดับ 0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ไมโครโมลาร์ จากการทดลองนี้พบว่า วิธีการพ่นสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.5 ไมโครโมลาร์ ให้ความสูง จำนวนใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ขนาดทรงพุ่มและจำนวนยอดที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักสดของลำต้น น้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น และดอกมากที่สุด และให้ปริมาณแคโรทีนอยด์มากที่สุด แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ที่น้อย ส่งผลทำให้กระตุ้นการเจริญเติบโต โดยสามารถเพิ่มความสูง จำนวนใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ขนาดทรงพุ่มและจำนวนยอดที่

เพิ่มขึ้น น้ำหนักสดของลำต้น น้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น และดอกของดาวเรือง แต่หากจะนำไปใช้ในพืชชนิดอื่นอาจจะต้องอาศัยปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น ความถี่ของการให้สาร และปริมาณของสารที่เป็นต้น เพื่อให้มีข้อมูลในการพิจารณาถึงประสิทธิภาพของการใช้สารดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้พืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อความเข้มข้นและวิธีการให้สารที่แตกต่างกันออกไป นอกจากนี้จากการทดลองของ ชรัสนันท์ และธนะชัย (2548) ที่ศึกษาผลของบราสซิโนสเตอรอยด์ต่อขนาดของผลลำไย โดยการฉีดพ่นแก่ต้นลำไยพันธุ์ตอ ที่ความเข้มข้น 0 0.04 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า บราสซิโนสเตอรอยด์ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ขนาดของผลลำไยมีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ ศรีปาน และคณะ (2556) ที่รายงานการนำสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ฉีดพ่นแก่ปาล์มน้ำมันอายุ 9 ปี มีผลให้ผลผลิตทะลายเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น โดยการใช้บราสซิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.1 ppm ทำให้ต้นปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตทะลายสะสมมากที่สุด (173.92 กิโลกรัมต่อต้นต่อระยะเวลา 8 เดือน) และบราสซิโนสเตอรอยด์ที่ระดับความเข้มข้นระหว่าง 0-0.1 ppm ไม่มีผลต่อการสร้างและการสะสมน้ำมันในผลปาล์มน้ำมัน ทั้งนี้การใช้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและกระบวนการต่างๆ ให้แก่พืชแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นและวิธีการให้สารที่แตกต่างกัน

ชมภู และคณะ (2556) ได้รายงานว่า การใช้บราสซิโนสเตอรอยด์เข้มข้น 2 ppm ทำให้การเกิดอาการเนื่อแก้วในมังคุดเฉลี่ย 33.33 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนผลทั้งหมด ลดลงจากการพ่นน้ำเปล่า ส่วนการพ่นสารคล้ายบราสซิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0 1.0 และ 2.0 ppm ทำให้การเกิดอาการยางไหลของมังคุด 27.29 24.37 และ 23.12 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนผลทั้งหมด ตามลำดับ และมีน้ำหนักผลเฉลี่ย 101.07 91.70 และ 91.84 กรัม ตามลำดับ ทั้งนี้บราสซิโนสเตอรอยด์จะส่งผลกับพืชได้ดี ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชนั้นๆ ด้วย ถ้าใช้ในระดับที่ไม่เหมาะสมกับพืชชนิดนั้น พืชชนิดนั้นก็จะหยุดชะงักการเจริญเติบโต (Rao *et al.*, 2002) อีกทั้งจากการทดลองความถี่ของการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ โดยการให้สารเพียงครั้งเดียวหลังจากการย้ายต้นกล้าลงกระถางในระยะที่ต้นกล้ามีใบ 4-5 ใบ ซึ่งแตกต่างกับการทดลองของ ศิวาพร และคณะ (2551) พบว่า การใช้สารอื่นๆ ในกลุ่มหรือมีคุณสมบัติเหมือนกับบราสซิโนสเตอรอยด์ เช่น brassin และ 28-homobrassinolide เป็นต้น โดยการพ่นสารคล้ายบราสซิโนสเตอรอยด์ให้ต้นมะม่วงพันธุ์มหาชนกตั้งแต่ 30 วัน หลังดอกบานและทุกๆ 2 สัปดาห์ ช่วยเพิ่มขนาดผลได้อย่างมีประสิทธิภาพขนาดผลที่ได้เป็นขนาดที่ตลาดต่างประเทศต้องการ โดยที่ไม่ทำให้คุณภาพของผลและเนื้อผลแตกต่างจากผลที่ไม่ได้พ่นสารดังกล่าว นอกจากนี้จากการทดลองของ Bhardwaj *et al.* (2015) พบว่า *Brassica juncea* L. พืชมีประสิทธิภาพในการสะสมสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ในยอดและใบที่ความเข้มข้น 0.3 มิลลิโมลาร์ ภายใน 30 วัน และในระยะ 60 วัน กลุ่มความเข้มข้น 0.1 0.2 และ 0.3 มิลลิโมลาร์ จะประสิทธิภาพในการสะสมในยอดและใบลดลง

สำหรับเมทิลจัสโมเนท เป็นสารที่อยู่ในกลุ่มของจัสโมเนท สังเคราะห์มาจากการดกรดลินเลนิก พบทั่วไปในพืชหลายชนิดและยังพบในพืชชั้นต่ำ เช่น มอสและเฟิร์น จัสโมเนทจัดเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น ยับยั้งการเจริญเติบโตและกระตุ้นการวายและการหลุดร่วงของใบ

ยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญของราก และยังเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความต้านทานให้กับพืชเพื่อตอบสนองต่อสิ่งรุกรายนอก เช่น บาดแผล การเข้าทำลายของโรคและแมลง ตลอดจนความเครียดต่างๆ (Cheong and Choi, 2003) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการใช้สารเมทิลจัสโมเนท หลังการเก็บเกี่ยวเพื่อยับยั้งการเกิดรากและยอดของแรดิช โดยวิธีการจุ่มและรม สามารถยับยั้งการเกิดรากและยอดได้ รวมทั้งยังลดการสูญเสียคุณภาพของแรดิชได้ และเมทิลจัสโมเนทมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะและคุณภาพของผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวในหลายด้าน เช่น การใช้เมทิลจัสโมเนทช่วยลดการพัฒนาของสีที่ไม่เป็นรูปแบบที่ต้องการของดอก *Eustoma* 'Voyage (Type II) Blue' ในระยะใกล้เก็บเกี่ยว ดอกที่สองได้ (Mizuno *et al.*, 2017) และลดการเกิดสารประกอบฟีนอล และชะลอการสุกของมะเขือยาว (Fan *et al.*, 2016) เป็นต้น นอกจากนี้ยังไม่มีมีการใช้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์และสารละลายเมทิลจัสโมเนทในการควบคุมการเจริญเติบโตของต้นดาวเรือง จึงเป็นที่มาของการทดลองในครั้งนี้ หากพิจารณาจากสารอื่นๆ ที่ใช้ในดาวเรือง เช่น สารละลายพาโคลบิวทราโซลนั้น โดยดวงเดือน (2546) ได้รายงานผลของสารละลายพาโคลบิวทราโซลที่มีผลต่อความสูงของดาวเรืองพันธุ์ซอฟเวอเรน ที่ระดับความเข้มข้น 10 20 และ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยวิธีรดดินและฉีดพ่นทางใบ สามารถลดความสูงขนาดของทรงพุ่ม ขนาดดอก และความยาวก้านดอกได้ในทุกอายุ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร โดยจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า การพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้ความสูงจำนวนใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวนยอดที่เพิ่มขึ้น และให้จำนวนดอกมากที่สุด ส่วนการรดสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักแห้งของลำต้นมากที่สุด และการพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ ให้ขนาดใบเพิ่มขึ้น น้ำหนักสดของใบ ลำต้น และดอก และปริมาณแคโรทีนอยด์เฉลี่ยมากที่สุดมากที่สุด ส่วนการพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 40 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักสดของราก น้ำหนักแห้งของใบและรากมากที่สุด นอกจากนี้การพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 20 ไมโครโมลาร์ ให้น้ำหนักแห้งของดอกมากที่สุด ส่วนการรดสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ซึ่งเห็นได้ว่าสารละลายเมทิลจัสโมเนทแต่ละความเข้มข้นส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ทั้งนี้หากต้องนำมาใช้ในการควบคุมการเจริญเติบโต อาจต้องศึกษาถึงปัจจัยอื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตมาประกอบด้วย เช่น ความถี่ของการให้สาร และปริมาณของสารที่ให้ เป็นต้น

นอกจากนี้จากการศึกษาสารละลายเมทิลจัสโมเนท ยังพบว่าเมื่อมีการเพิ่มการออกดอก โดยวิธีการพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ซึ่งออกดอกเฉลี่ยสูงสุด 2.42 ± 1.20 ดอก โดยวิธีการนี้ทำให้ดาวเรืองออกดอกไว และให้ผลผลิตของดอกมากกว่าความเข้มข้นในระดับอื่นๆ และจากการทดลอง พบว่า ดาวเรืองที่ได้รับสารละลายเมทิลจัสโมเนทที่มีความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น ส่งให้ออกดอกช้า แสดงว่าสารละลายเมทิลจัสโมเนททำให้ออกดอกช้าลง (Cipollini, 2010) จากการทดลองวิธีการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ระหว่างวิธีการฉีดพ่นทางใบ และการรดทางรากของต้นดาวเรือง

พันธุ์อเมริกัน พบว่า การพ่นสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ ให้ผลดีกว่ากรรมวิธีการรด เนื่องจากในขั้นตอนของการพ่นสารนั้นเป็นช่วงเวลาที่ปากใบเปิดออก ทำให้สารเข้าทางปากใบและเข้าสู่ต้น ซึ่งแตกต่างกับการทดลองของ Aiman *et al.* (2014) พบว่าวิธีการจุ่มสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ทางรากของต้นมะเขือเทศสายพันธุ์ K-25 และ Sarvodya ให้ผลดีกว่าวิธีการฉีดพ่นสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ทางใบ ซึ่งถ้าเป็นพืชวันสั้น เช่น *Pharbitis nil* กลับพบว่า การใช้บราสซิโนไลด์ (สารที่อยู่ในกลุ่มบราสซิโนสเตอรอยด์) เข้มข้น เพียง 1-10 ไมโครโมลาร์ จะยับยั้งการสร้างดอก (Kesy *et al.*, 2003) โดยบราสซิโนสเตอรอยด์ส่งผลในทางลบกับการพัฒนาของดอกตั้งแต่ระยะก่อนการชั่งนำดอก (Holá *et al.*, 2010) ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของพืช และความเข้มข้นของสารที่ใช้ ตลอดจนช่วยเวลาที่ให้สาร แสง และคุณภาพของแสงด้วยเช่นกัน (Gomes, 2011)

จากการทดลองใช้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์และสารละลายเมทิลจัสโมเนทในการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์นั้น พบว่า วิธีการรดสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์และเมทิลจัสโมเนท ส่งผลทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมมากที่สุด โดยการรดสารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ เข้มข้น 0.4 ไมโครโมลาร์ ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมมากที่สุด ซึ่งถ้าการให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ในข้าวโพด ที่ความเข้มข้นเพียง 10^{-4} - 10^{-8} ไมโครโมลาร์ ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น (Honnerová *et al.*, 2010) และการรดสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์รวมมากที่สุด และการรดสารละลายเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 20 ไมโครโมลาร์ ให้คลอโรฟิลล์บีมากที่สุด ส่วนการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนท ทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุด แตกต่างกับ ภัทษร และคณะ (2555ก.) ที่รายงานผลของการใช้เอทิฟอน (ethephon) 6-BAP เมทิลจัสโมเนท และกรดซาลิไซลิกต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีหลังการเก็บเกี่ยวของคะน้า (*Brassica oleracea* var. alboglabra) โดยเมทิลจัสโมเนท เข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ มีผลเร่งการเสื่อมของคลอโรฟิลล์และอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น และปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ใช้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์มีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยกว่าสารละลายเมทิลจัสโมเนท ซึ่งไม่สอดคล้องกับ ภัทษร และคณะ (2555ข.) ที่รายงานผลของเอทิฟอน 6-BAP เมทิลจัสโมเนท และกรดซาลิไซลิกต่อเอนไซม์ที่สลายคลอโรฟิลล์ในส่วนตัดกลมของใบคะน้า (*Brassica oleracea* var. alboglabra) โดย 6-BAP เข้มข้น 100 ppm หรือ กรดซาลิไซลิก เข้มข้น 0.1 ไมโครโมลาร์ สามารถชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ สำหรับปริมาณแคโรทีนอยด์ในดอกดาวเรืองจากการศึกษาพบว่า การให้สารละลายบราสซิโนสเตอรอยด์ที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นทั้งวิธีการให้สารด้วยการพ่นและรด แต่การพ่นจะให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่มากกว่าการรด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Naeem *et al.* (2012) ซึ่งรายงานการใช้บราสซิโนสเตอรอยด์ในการเพิ่มคุณสมบัติของผลผลิต ส่วนประกอบของผลผลิต และผลผลิตน้ำมันของต้นมันป้า (*Mentha arvensis* L.) โดยใช้ 28-homobrassinolide ซึ่งเป็นสารในกลุ่มของบราสซิโนสเตอรอยด์ พบว่า การพ่น 28-homobrassinolide เข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ส่งผลในการเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์รวมและแคโรทีนอยด์

27.08 และ 29.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Janeczko *et al.* (2015) รายงานว่าบราสสิโนสเตอรอยด์มีผลทำให้ระดับของแคโรทีนอยด์ในผลมะเขือเทศเพิ่มสูงขึ้น และการให้สารบราสสิโนไลด์มีผลทำให้ปริมาณของกรดแอสคอร์บิกและปริมาณแคโรทีนอยด์ในต้นข้าวโพดเพิ่มขึ้น (Coll *et al.*, 2015) ส่วนการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทนั้น จากการทดลองพบว่า การให้สารละลายเมทิลจัสโมเนทที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลง เช่นเดียวกับการใช้เมทิลจัสโมเนทในกุหลาบตัดดอก (*Rosa hybrida*) ซึ่งจะส่งผลในการยับยั้งการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ และมีการแสดงออกของแคโรทีนอยด์ในกุหลาบซาลง (Glick *et al.*, 2007)

3. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของบราสสิโนสเตอรอยด์และเมทิลจัสโมเนทต่อการเจริญเติบโต ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ของดาวเรือง ซึ่งจากผลการศึกษาได้ผลการทดลองทั้งในด้านการส่งเสริมชะลอ และการยับยั้งการเจริญเติบโต เมื่อพิจารณาจากการเจริญเติบโตทางลำต้น การออกดอกและผลผลิต น้ำหนักสดและน้ำแห้งของใบ ลำต้น ดอก และรากของต้นดาวเรือง ตลอดจนปริมาณรงควัตถุต่างๆ เช่น คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ ทั้งนี้จากการวิจัยในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาครั้งต่อไป อันที่จำทำให้ได้ข้อมูลในการศึกษาบทบาทของบราสสิโนสเตอรอยด์และเมทิลจัสโมเนทต่อการเจริญเติบโตของพืชเพิ่มขึ้น ดังนี้

1. ควรศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องความถี่ในการให้สารทั้งสารละลายเมทิลจัสโมเนท และสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์
2. ควรศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องอายุของพืชที่ใช้ในการทดลอง เพื่อศึกษาผลที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต ในการให้สารทั้งสารละลายเมทิลจัสโมเนท และสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์
3. ควรศึกษาการให้สารทั้งสารละลายเมทิลจัสโมเนท และสารละลายบราสสิโนสเตอรอยด์ในพืชชนิดอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายบทบาท หรือผลต่อสารทั้งสองชนิดต่อการเจริญเติบโต

บรรณานุกรม

- กันยารัตน์ ทรัพย์ยา, พรนภา รุ่งสว่าง และอริสา ทับทิม. (2557). ประสิทธิภาพของสารละลายพอลิโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง. จุลนิพนธ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี.
- กรมวิชาการเกษตร. (2552). ชนิดและพันธุ์ของดาวเรือง. [ระบบออนไลน์] <http://www.nanagarden.com/topic/3567>, เข้าถึงเมื่อ วันที่ 29 เมษายน 2559.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2545). การปลูกดาวเรือง. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.
- เจนจิรา ชุมภูคา, ธัญภวิศ อุ่มเครือ และอารยา อางเจริญเทียนหอม. (2558). ผลของบราสิโนสเตียรอยด์ และ NAA ต่อการเติบโตผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร 46(3): 629-632.
- ชรัสนันท์ ตาชม และธนะชัย พันธุ์เกษมสุข. (2548). การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด เพื่อการเพิ่มขนาดผลลำไยพันธุ์ดอ. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 213-218.
- ชมภู จันท์ นิสา หวานเสนา และวีรญา เต็มปิติกุล. (2556). การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อแก้ปัญหาอาการเนื่อแก้ว. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์: รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปี 2556. 10 หน้า.
- ธัญญา เตชศีลพิทักษ์, สุธานี ยุกตะนันท์, อุไร จิรมงคลการ และวชิรพงศ์ หวลบุญตา. (2542). ไม้ดอกแสนสวย ไม้ดอกไม้ประดับ. ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ.
- นริษรา โสมณวัตร. (2550). ผลของ METHYL JASMONATE ต่อการควบคุมโรคผลเน่าและคุณภาพของผลมะละกอสุกพันธุ์เรดมาราดอล. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 108 หน้า.
- นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย. (2559). บราสิโนสเตียรอยด์: บทบาททางสรีรวิทยาในพืช. ภาควิชาเกษตรและสิ่งแวดล้อมคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. 133-142 น.
- ดวงเดือน สุขรัตน์. (2546). ศึกษาอิทธิพลของสารพอลิโคลบิวทราโซล ที่มีผลต่อดาวเรือง พันธุ์ซอเฟอเรน เพื่อผลิตเป็นไม้กระถาง. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.
- ปรารธนา จันทร์ทา, พัชราพรรณ คงเพชรศักดิ์ และสุกานดา ดอกสันเทียะ. (ม.ป.ป.). ฮอร์โมนพืช. สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 84 น.
- พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์. (2555). การใช้เมทิลจัสโมเนทในการลดการเกิดสีน้ำตาลของฝักกระเจียบเขียว. ฉบับที่ 3 (พิเศษ). หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ.

- พีรเดช ทองอำไพ. (2529). ฮอว์โมนพืชและสารสังเคราะห์ แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: หจก. ไดนามิคการพิมพ์. 196 น.
- ภัทธร สาเนียงดี ศิริชัย กัลยาณรัตน์ และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย. (2555ก.). ผลของ 6-Benzylamino-purine, Methyl Jasmonate และ salicylic acid ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และ ชีวเคมีของคะน้า (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*). วารสารวิทยาศาสตร์ เกษตร 43 : 2 พิเศษ : 649-652.
- ภัทธร สาเนียงดี ศิริชัย กัลยาณรัตน์ และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย. (2555ข.). ผลของเอทีฟอน 6-เบนซิลอะมีโนพิวรีน เมทิลแจสโมเนท และกรดซาลิไซลิก ต่อเอนไซม์ที่สลายคลอโรฟิลล์ในส่วน ตัดกลมของ ใบคะน้า (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*). วารสารวิทยาศาสตร์ เกษตร 43 : 3, พิเศษ : 568-571.
- ลิลลี่ กาวีตะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และสุรียา ตันติวิวัฒน์. (2549). สรีรวิทยาของพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 261 น.
- วัลลภ พรหมทอง. (2540). ปลุกดาวเรืองไม่ดอกเอนกประสงค์. เทคโนโลยีชาวบ้าน. 10(177): 29-32.
- วิรัช พุทธรังษี. (2559). บราสสิโนสเตอรอยด์. เทคโนโลยีการเกษตร. <http://info.matichon.co.th/techno/> เข้าถึงเมื่อ วันที่ 15 พฤษภาคม 2559.
- ศิวาพร ธรรมดี, ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข, ฉันทลักษณ์ ตียายน และดรุณี นาพรหม. (2551). การพัฒนาสีผิว และคุณภาพผลของมะม่วงพันธุ์มหาชนก. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. 64 น.
- ศรีปาน เขยกลิ่นเทศ, อีระพัทธ์ ศิลปะสมบุรณ์, ภสุโชค หยกสหชาติ, ต่อวุฒิ จำมัน, กรรณิกา โพธิ์สามต้น และวิลาวลัย เรียงเวช. (2556). การใช้ฮอว์โมนออกซินและบราสสิโนสเตอรอยด์ต่อผลผลิตและปริมาณน้ำมันในผลปาล์มน้ำมันในภาคกลาง. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. 74 น.
- สุริย์พันธ์ สุภาพวานิช, รัชดากร พลภักดี, พงษ์เทพ เฟื่องสำรอก และยุรนนท์ เขินไพร. (2558). ผลของการใช้กรดซาลิไซลิกและเมทิลแจสโมเนทก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของโหระพาระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ.
- สมเพียร เกษมทรัพย์. (2525). การปลูกไม้ดอก. กรุงเทพฯ:พินิจพิชชี. 446 น.
- สมเพียร เกษมทรัพย์. (2547). นิทรรศการงานวิจัย 60 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. “ดาวเรือง” [ระบบออนไลน์] <http://www.ku.ac.th/kaset60/marigold.html>, เข้าถึงเมื่อ วันที่ 15 พฤษภาคม 2559.
- ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง อรพิน เกิดชูชื่น ัญญา เลาทกุลจิตต์ และแฟรงค์ มาทา. (2557). ผลของเมทิลแจสโมเนทต่อเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในแคลลัสของงุ่น

- พันธุ์ป๊อคา. คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ. ปีที่ 45 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) พฤษภาคม-สิงหาคม. หน้า 45-48.
- อินทนนท์ ชันวิจิตร กานดา หวังชัย กอบเกียรติ แสงนิล และจำนงค์ อุทัยบุตร. (2554). ผลของเมทิลจัสโมเนตต่อการพัฒนาสีแดงของเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก. สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ปีที่ 10 ฉบับที่ 1.
- Aiman, H.S., Mohammad, I. and Shamsul, H. (2014). Response of tomato cultivars on yield and quality attributes applied with two different modes of BR analogues: a comparative study. International Conference on Advances in Agricultural, Biological & Environmental Sciences (AABES-2014) Oct 15-16, 2014 Dubai (UAE).
- Arnon, D.L. (1994). Copper enzymes in isolate chloroplast; Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Journal of Plant Physiology 40: 850-852.
- Ananieva, K., Ananiev, E.D., Mishev, K., Georgieva, K., Malbeck, J., Kamínek, M., and Van Staden, J. (2007). Methyl jasmonate is a more effective senescence-promoting factor in *Cucurbita pepo* (zucchini) cotyledons when compared with darkness at the early stage of senescence. Journal of Plant Physiology 164: 1179-1187.
- Atei, N., Moradi, H. and Akbarpour, V. (2013). Growth parameters and photosynthetic pigment of marigold under stress induced by jasmonic acid. Notulae Scientia Biologicae 5(4): 513-513.
- Avanci, N.C., Goldman, G.H., Goldman, M.H.S. and Luche, D.D. (2010). Jasmonates are phytohormones with multiple functions, including Plant defense and reproduction. Genetics and Molecular Research 9(1): 484-505.
- Baltazar, A., Espina-Lucero, J., Ramos-Torres, I. and González-Aguilar, G. (2007). Effect of methyl jasmonate on properties of intact tomato fruit monitored with destructive and nondestructive tests. Journal of Food Engineering 80: 1086-1095.
- Best, N.B., Hartwig, T., Budka, J.S., Bishop, B.J., Brown, E., Potluri, D.P.V, Cooper, B.R., Premachandra, G.S., Johnston, C.T. and Schulz, B. (2014). Soilless plant growth media influence the efficacy of phytohormones and phytohormone inhibitors. Plant Growth Regulator Soilless Media Interaction 9(12): 1-24.
- Cheong, J. and Choi, Y.D. (2003). Methyl jasmonate as a vital substance in Plants. Trend in Genetics.19: 409-413.

- Cipollini, D. (2010). Constitutive expression of methyl jasmonate-inducible responses delays reproduction and constrains fitness responses to nutrients in *Arabidopsis thaliana*. *Evolutionary Ecology* 24(1): 59-68.
- Coll, Y., Coll, F., Amorós, A. and Pujol, M. (2015). Brassinosteroids roles and applications: an up-date. *Biologia* 70(6): 726-732.
- Currey, C.J. and Erwin, J.E. (2012). Foliar Applications of Plant growth regulators affect stem elongation and branching of 11 *Kalanchoe* species. *HortTechnology* 22(3): 338-344.
- Darras, A.L., Joyceb, D.C., Terry, L.A., Pompodakis, N.E., and Dimicriadis, C.I. (2007). Efficacy of postharvest treatments with acibenzolar-S-methyl jasmonate against *Botrytis cinerea* infecting cut *Freesia hybrid* L. flowers. *Australasian Plant Pathology* 36: 332-340
- Duang, B., Supyen, D., Pachthong, C. and Jatisatienr, A. (1996). Isolation and characterization of brassinolide and castasterone in the pollen of pumpkin. *Chiang Mai Journal of Science* 33(1): 95-101.
- Enteshari, Sh. and Jafari, T. (2013). The effects of methyl jasmonate and salinity on germination and seedling growth in *Ocimum basilicum* L. stress'. *Iranian Journal of Plant Physiology* 3(3): 749-756.
- Fan, L., Shi, J., Zuo, J., Gao, L., Lv, J. and Wang, Q. (2016). Methyl jasmonate delays postharvest ripening and senescence in the non-climacteric eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 120: 76-83.
- Fathima, S.A., Johnson, M. and Lingakumar, K. (2011). Effect of crude brassinosteroid extract on growth and biochemical changes of *Gossypium hirsutum* L. and *Vigna mungo* L. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry* 7(4): 324-334.
- Foss, P., Guillard, R.R.L. and Liaaen-Jensen, S. (1984). Prasinolanthin - a chemosystematic marker for algae. *Phytochem* 23: 1629-1633.
- Glick, A., PhilosoPh-Hadas, S., Vainstein, A. and Meir, S. (2007). Methyl jasmonate enhances color and carotenoid content of yellow-pigmented cut rose flowers. *Acta horticulturae* 755: 243-250.
- Gomes, M. M. A. (2011). Physiological effects related to brassinosteroid application in plants. In *Brassinosteroids: A Class of Plant Hormone* (pp. 193-242). Springer Netherlands.

- Holá, D., Rothová, O., Kocřová, M., Kohout, L. and Kvasnica, M. (2010). The effect of brassinosteroids on the morphology, development and yield of field-grown maize. *Plant Growth Regulation* 61: 29–43.
- Honnerová, J., Rothová, O., Holá, D., Kočová, M., Kohout, L. and Kvasnica, M. (2010). The exogenous application of brassinosteroids to *Zea mays* (L.) stressed by long-term chilling does not affect the activities of photosystem 1 or 2. *Plant Growth Regulation* 29: 500–505.
- Janeczko, A. and Swacynova, J. (2010). Endogenous brassinosteroids in wheat treated with 24-epibrassinolide. *Biologia Plantarum* 54 (3): 477-482.
- Janeczko, A., Dziurka, M., Ostrowska, A., Biesaga-Koscielniak, J. and Koscielniak, J. (2015). Improving vitamin content and nutritional value of legume yield through water and hormonal seed priming. *Legume Research* 38 (2): 185-193.
- Jásik, J. and de Klerk, G.J. (2006). Effect of methyl jasmonate on morphology and dormancy development in lily bulblets regenerated *in vitro*. *Journal of Plant Growth Regulation* 25: 45–51.
- Kesy, J., Trzaskalsky, A., Galoch, E., and Kopcewicz, J. (2003). Inhibitory effect of brassinosteroids on the flowering of the short-day plant *Pharbitis nil*. *Biologia Plantarum* 47: 597– 600.
- Kondo, S., Yamada, H. and Setha, S. (2007). Effect of jasmonates differed at fruit ripening stages on 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) synthase and ACC oxidase gene expression in Pears. *Journal American Society for Horticultural Science* 132 (1): 120-125.
- Khulenjani, M.B. and Salamati, M.S. (2015). The Effects of salinity and methyl jasmonate on some morphological traits of chamomile (*Matricaria chamomilla*). *Research on Crop Eco-physiology* 10(2): 41- 49.
- Kutschera, U. and Wang, Z.Y. (2012). Brassinosteroid action in flowering plants: a Darwinian perspective. *Journal of Experimental Botany* 63(10): 3511-3522.
- Latimer, J.G. and Scoggins, H.L. (2012). Using plant growth regulators on containerized herbaceous perennials. Virginia Tech Publication No. 430-103, Blacksburg, VA
- Laura, B. and Fulvia, R. (2015). Extraction and characterization of brassinosteroids from residues of the biodiesel chain. *Industrial Crops and Products* 75: 24–28.

- Lolaei, A., Zamani, S., Ahmadian, E. and Mobasheri, S. (2013). Effect of methyl jasmonate on the composition of yield and growth of strawberry (Selva and Queen Elisa). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 5(3): 200-206.
- Miyamoto, K., Kotake, T., Sasamoto, M., Saniewski, M. and Ueda, J. (2010). Gummosis in grape hyacinth (*Muscari armeniacum*) bulbs: hormonal regulation and chemical composition of gums. *Journal of Plant Research* 123: 363–370.
- Mizuno, T., Fukuta, N. and Shimizu-Yumoto, H. (2017). Nonuniform coloration of harvested flower buds of double-flowered *Eustoma* is reduced by methyl jasmonate treatment. *The Horticulture Journal Preview*: doi: 10.2503/hortj.OKD-001
- Mukkun, L. and Singh, A. (2009). Methyl jasmonate plays a role in fruit ripening of ‘Pajaro’ strawberry through stimulation of ethylene biosynthesis. *Scientia Horticulturae* 123: 5–10.
- Naeem, M., Idrees, M., Alam, M.M., Aftab, T., Khan, M.M.A. and Moinuddin. (2012). Brassinosteroid- mediated enrichment in yield attributes, active constituents and essential oil production in *Mentha arvensis* L. *Russian Agricultural Sciences* 38(2): 106–113.
- Pak, H., Guo, Y., Chen, M., Chen, K., Li, Y., Hua, S., Shamsi, I., Meng, H., Shi, C. and Jiang, L. (2009). The effect of exogenous methyl jasmonate on the flowering time, floral organ morphology, and transcript levels of a group of genes implicated in the development of oilseed rape flowers (*Brassica napus* L.). *Planta* 231: 79–91.
- Ram, M., Prasad, K.V., Singh, S.K., Hada, B.S. and Kumar, S. (2013). Influence of salicylic acid and methyl jasmonate elicitation on anthocyanin production in callus cultures of *Rosa hybrida* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 113(3): 459-467.
- Rao, S.S.R., Vardhini, B., Sujatha, E. and Anuradha, S. (2002). Brassinosteroids – a new class of phytohormones. *Osmania University* 10: 1239-1245.
- Rao, S.S.R. and Swmey, K.N. (2010). Effect of brassinosteroids on rooting and early vegetative growth of coleus [*Plectranthus forskohlii* (Willd.) Briq.] stem cuttings. *Osmania University* 1: 68-73.
- Susila, T., Reddy, S.A., Rajkumar, M., Padmaja, G. and Rao, P.V. (2012). Effects of sowing date and spraying of brassinosteroid on yield and fruit quality characters of watermelon. *World Journal of Agricultural Sciences* 8(3): 223-228.

- Ueda, J. and Saniewski, M. (2006). Methyl jasmonate-Induced stimulation of chlorophyll formation in the basal Part of tulip bulbs kept under natural light conditions. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 14: 199-210.
- Yao, H. and Tian, S. (2005). Effects of pre- and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. *Postharvest Biology and Technology* 35: 253-262.
- Zheng, Y., Xu, B., Ren, K., Zhang, Y. and Wu, J. (2017). Impact of Soil drench and foliar spray of 24-epibrassinolide on the growth, yield, and quality of field-grown *Moringa oleifera* in Southwest China. *Journal of Plant Growth Regulation*: 1-11.
- Zhou, M.L., Zhu, X.M., Shao, J.R., Wu, Y.M. and Tang, Y.X. (2010). Transcriptional response of the catharanthine biosynthesis pathway to methyl jasmonate/ nitric oxide elicitation in *Catharanthus roseus* hairy root culture. *Applied Microbiology and Biotechnology* 88: 737–750.
- Zhou, P., Yang, J., Zhu, J., He, S., Zhang, W., Yu, R., Zi, J., Song, L. and Huang, X. (2015). Effects of β -cyclodextrin and methyl jasmonate on the production of vindoline, catharanthine, and ajmalicine in *Catharanthus roseus* cambial meristematic cell cultures. *Applied Microbiology and Biotechnology* 99: 7035–7045.

ประวัตินักวิจัย

1. อาจารย์ ดร. ธนวดี พรหมจันทร์ (หัวหน้าโครงการวิจัย)

สังกัด คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศ
เพชรบุรี 76120

เบอร์โทรศัพท์/โทรสาร 032-594037-8 มือถือ 086-7413757

e-mail: promchan_t@silpakorn.edu และ thanawadee.fern@gmail.com

ผลงานวิจัย

ธนวดี พรหมจันทร์ ชลลดา ธนาจันทร์ศรี และ เพียงฝัน จันทร์สงวน. (2559). การศึกษาผลของสารละลายเมทิลจัสโมเนตต่ออัตราการเจริญเติบโตของดาวเรืองลูกผสมพันธุ์อเมริกัน. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3 (ฉบับพิเศษ): (อยู่ระหว่างรอเลขหน้า).

ธนวดี พรหมจันทร์ ชลลดา ธนาจันทร์ศรี และ เพียงฝัน จันทร์สงวน. (2559). การศึกษาผลของสารละลายเมทิลจัสโมเนตต่ออัตราการเจริญเติบโตของดาวเรืองลูกผสมพันธุ์อเมริกัน. ใน งานประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 15, 9-12 พฤศจิกายน 2559. สงขลา.

ธนวดี พรหมจันทร์ กัญยารัตน์ ทรัพย์พรนภา รุ่งสว่าง อาริสสา ทับทิม และพิมพ์ใจ มีตุ้ม. (2559). ผลของความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายพอลิควิทยาโซลต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองพันธุ์อเมริกัน. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3 (2): 10-18.

ธนวดี พรหมจันทร์ กัญยารัตน์ ทรัพย์พรนภา รุ่งสว่าง อาริสสา ทับทิม และพิมพ์ใจ มีตุ้ม. (2558). ผลของความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายพอลิควิทยาโซลต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองพันธุ์อเมริกัน. ใน Proceeding รวมบทความวิจัย, 1. การนำเสนอผลงานวิจัยพืชศาสตร์ครั้งที่ 3, 13-14 สิงหาคม 2558. สงขลา.

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ ธนวดี พรหมจันทร์ ศิริวรรณ แดงฉำ อุไร กาลปักษ์ และจิรายุ ฮวบดีบอน. (2559). การใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับการจัดการปุ๋ยเคมีเฉพาะพื้นที่เพื่อเพิ่มสมรรถนะการผลิตของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ปลูกในชุดดินบางเลน. ใน Proceeding รวมบทความวิจัย, 192-198. การประชุมวิชาการระดับชาติ ราชภัฏเพชรบุรีวิจัยเพื่อแผ่นดินไทยที่ยั่งยืน ครั้งที่ 6, 9 กรกฎาคม 2559. เพชรบุรี.

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ ธนกฤต เทียวอร่าม และธนวดี พรหมจันทร์. (2558). ศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าว 5 พันธุ์ที่ปลูกในชุดดินรังสิตภายใต้การจัดการปุ๋ยแบบเฉพาะพื้นที่. ใน Proceeding รวมบทความวิจัย, 10. การนำเสนอผลงานวิจัยด้านวิชาการดิน และปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 4, 2-4 กรกฎาคม 2558. สงขลา.

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ ศิริวรรณ แดงฉำ อุไร กาลปักษ์ และธนวดี พรหมจันทร์. (2557). การถ่ายทอดเทคโนโลยีและองค์ความรู้จากการวิจัยเพื่อการผลิตข้าวที่ยั่งยืน -มหาวิทยาลัยชานนา. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. 38 หน้า.