ผลของเวลาเก็บเกี่ยวและการใช้สารประกอบ Triazole ต่อการให้ผลผลิตและปริมาณสาร Dioscorealide B ในข้าวเย็นใต้ (*Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)

โดย

นางสาวนิชาภา บุญบริวารกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร)
ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 25595709032584FDR

ผลของเวลาเก็บเกี่ยวและการใช้สารประกอบ Triazole ต่อการให้ผลผลิตและปริมาณสาร Dioscorealide B ในข้าวเย็นใต้ *(Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)

โดย

นางสาวนิชาภา บุญบริวารกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร)
ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 25595709032584FDR

EFFECT OF HARVESTING TIMES AND TRIAZOLE COMPOUND APPLICATION ON YIELD AND DIOSCOREALIDE B COTENT IN KHAO-YEN-TAI (*Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)

BY

MISS NICHAPA BUNBORRIVANKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE (AGRICULTURAL TECHNOLOGY)
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2016

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

Ref. code: 25595709032584FDR

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวนิชาภา บุญบริวารกุล

เรื่อง

ผลของเวลาเก็บเกี่ยวและการใช้สารประกอบ Triazole ต่อการให้ผลผลิตและปริมาณสาร Dioscorealide B ในข้าวเย็นใต้ (*Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร)

เมื่อ วันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2560

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณพร อิฐรัตน์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุมาศ ฤทธิไชย)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม _____
(รองศาสตราจารย์ ดร.เยาวพา จิระเกียรติกุล)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสันต์ ศารทูลทัต)

คณบดี _____
(รองศาสตราจารย์ ปกรณ์ เสริมสุข)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของเวลาเก็บเกี่ยวและการใช้สารประกอบ Triazole ต่อการให้ผลผลิตและปริมาณสาร Dioscorealide B ในข้าวเย็นใต้ *(Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)
ชื่อผู้เขียน	นางสาวนิชาภา บุญบริวารกุล
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร)
ภาควิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุมาศ ฤทธิไชย
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.เยาวพา จิระเกียรติกุล
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

ข้าวเย็นใต้ (*Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) เป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่ใช้ส่วนของเหง้านำไปผลิตเป็นยารักษาโรคได้หลายชนิด เช่น โรคมะเร็ง โรคเอดส์ และโรคน้ำเหลืองเสีย เป็นต้น สารสำคัญที่แยกได้จากเหง้าข้าวเย็นใต้ *(D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) คือ สาร dioscorealide B (DB) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเวลาเก็บเกี่ยว การให้ผลผลิต ความงอกของเหง้า และปริมาณสาร DB ในเหง้าและใบ เมื่อปลูกในโรงเรือนนานกว่า 2 ปี รวมถึงการใช้สารประกอบ triazole กระตุ้นผลผลิตและปริมาณสาร DB ในเหง้า การปลูกข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 และเก็บเกี่ยวเหง้าในช่วงฤดูแล้งเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม พ.ศ. 2558 พบว่า น้ำหนักสด เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้ง และปริมาณสาร DB ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเก็บเกี่ยวเหง้าในแต่ละเดือน โดยมีน้ำหนักสด 380.00 ± 130.38 ถึง 560.00 ± 181.66 g/plant เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 20.34 ± 4.32 ถึง 24.44 ± 10.75% และมีปริมาณสาร DB 1.88 ± 0.19 ถึง 2.48 ± 0.25%w/w

นำเหง้าข้าวเย็นใต้ *(Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ส่วนที่มีจุดเจริญที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม พ.ศ. 2558 มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30°C) พบว่า เหง้าที่เก็บรักษาเริ่มงอกหลังเก็บเกี่ยวแล้ว 2 เดือน โดยเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือน

Ref. code: 25595709032584FDR

กุมภาพันธ์มีความงอกสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ 80.56 ± 17.35% รองลงมาคือเดือนมีนาคม มีความงอก 75.48 ± 4.31% และเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคมมีความงอกต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ 39.29 ± 12.88% เมื่อนำเหง้าที่งอกออกปลูกในโรงเรือนเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า ต้นที่มีการพัฒนาของลำต้นเหนือดินเหลือเพียง 65%

ศึกษาการสะสมสาร DB ในใบข้าวเย็นใต้ *(D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) โดยเก็บเกี่ยวใบที่เจริญเติบโตเต็มที่ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ธันวาคม พ.ศ. 2558 มีนาคม พ.ศ. 2559 และ มิถุนายน พ.ศ. 2559 และการเก็บเกี่ยวใบที่ระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกัน คือ ใบอ่อน ใบเพสลาด และ ใบแก่ ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 พบว่าไม่มีสาร DB สะสมในใบข้าวเย็นใต้ *(D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)

จากการศึกษาผลของสารประกอบ triazole คือ triadimefon (TDM) paclobutrazol (PBZ) และ hexaconazole (HEX) ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l เปรียบเทียบกับการไม่ราดสารเป็นสิ่งทดลองควบคุม พบว่า การราดสารประกอบ triazole ทำให้เหง้ามีผลผลิตน้ำหนักสดสูงกว่าในเหง้าที่ไม่ได้รับสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้ง และปริมาณสาร DB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ได้รับและไม่ได้รับสารประกอบ triazole

คำสำคัญ: *Dioscorea membranacea* ผลผลิต การงอก Dioscorealide B สารประกอบ Triazole

Ref. code: 25595709032584FDR

Thesis Title	EFFECT OF HARVESTING TIMES AND TRIAZOLE COMPOUND APPLICATION ON YIELD AND DIOSCOREALIDE B COTENT IN KHAO-YEN-TAI (*Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)
Author	Miss NichapaBunborrivankul
Degree	Master of Science (Agricultural Technology)
Department/Faculty/University	Agricultural Technology Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Assistant ProfessorPanumartRithchai, Dr.Agr.Sci.
Thesis Co-Advisor	Associate ProfessorYaowaphaJirakiattikul, Ph.D.
Academic Years	2016

ABSTRACT

Khao-Yen-Tai (*Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) is one of the medicinal plants which its rhizomes are used for the treatment of various diseases such as cancer, AIDS, and lymphopathy etc. Dioscorealide B (DB), bioactive compound, is isolated from the rhizome of Khao-Yen-Tai (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill). The objectives of this study were to investigate harvesting time, yield rhizome sprouting, DB contents in rhizome and leaves after cultivated in the greenhouse more than 2 years. In addition, the effect of triazole compounds on yield and DB contents in the rhizomes were determined. The rhizomes of Khao-Yen-Tai (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) were planted on November 2012 and the rhizome were harvested on January, February and March 2015. Results showed that fresh weight, %dry matter and DB contents were not significantly different regardless of the harvesting times. Fresh weight of rhizomes ranged from 380.00 ± 130.38 to 560.00 ± 181.66 g/plant, %dry matter varied from 20.34 ± 4.32 to 24.44 ± 10.75% and DB content differed from 1.88 ± 0.19 to 2.48 ± 0.25%w/w.

Ref. code: 25595709032584FDR

Khao-Yen-Tai (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) rhizomes with adventitious buds harvested on January, February and March 2015, then, were kept at room temperature (30°C) and these rhizomes started to sprout at 2 months after harvest. Rhizome harvested in February showed the significantly highest sprouting percentage as 80.56 ± 17.35%, followed by those in March as 75.48 ± 4.31% while those in January revealed the significantly lowest sprouting percentage as 39.29 ± 12.88%. Only 65% of plants with above ground shoots were recovered at 12 months after planting in the greenhouse.

DB content accumulation in Khao-Yen-Tai (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) leaves was investigated. The mature leaves were harvested in September 2015, December 2015, March 2016 and June 2016. In addition, the different leaf growth stages as young, semi-mature and mature leaves were gathered on June 2016. However, there was no DB accumulation in the studies leaves.

Triazole compounds including triadimefon (TDM), paclobutrazol (PBZ) and hexaconazole (HEX) were drenched into the soil at the concentrations of 15 and 20 mg/l comparing to non-soil drenching as a control treatment. Triazole drenching showed the higher rhizome fresh weight than those non-drenching while dry matter percentage and DB content were not significantly different among the treatments.

Keywords: *Dioscorea membranacea*, yield, sprouting, Dioscorealide B, Triazole compounds.

Ref. code: 25595709032584FDR

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุมาศ ฤทธิไชย อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าให้ความรู้ แนวคิด คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่ดี ตลอดจนแก้ไขปัญหาต่างๆ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ และรองศาสตราจารย์ ดร.เยาวพา จิระเกียรติกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำปรึกษา ช่วยตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และข้อเสนอแนะต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณพร อิฐรัตน์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสันต์ ศารทูลทัต ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการเป็นกรรมการและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์และแก้ไขงานวิจัยฉบับนี้ให้ดีและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.ศรีโสภา เรืองหนู ที่ช่วยเหลือในการทำการทดลองให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึงบุคลากรของภาควิชาการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา และเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย ขอขอบคุณคุณพิสมัย โพธิ์ศรี ที่ช่วยติดต่อประสานงานกับคณะจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงบุคลากร รุ่นพี่ และรุ่นน้องของภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือในทุกๆ ด้านเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ที่มอบทุนเรียนดีบัณฑิตศึกษา ปีงบประมาณ 2557-2558

ท้ายสุด ขอขอบคุณกำลังใจจากครอบครัว พี่ และเพื่อนที่ช่วยให้มีพลังในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ขอขอบคุณทุกทำพูด ทุกข้อความ ทุกกำลังใจที่ส่งมาเพื่อให้สามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จได้อย่างสมบูรณ์

นางสาวนิชาภา บุญบริวารกุล

Ref. code: 25595709032584FDR

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	5
2.2 ลำต้นใต้ดิน	8
2.2.1 Bulb	8
2.2.2 Corm	8
2.2.3 Tuber	8
2.2.4 Rhizome (เหง้า)	8
2.2.4.1 Pachymorph	9
2.2.4.2 Leptomorph	9

Ref. code: 25595709032584FDR

หน้า

2.3 รูปแบบการเจริญเติบโต 9
2.4 การขยายพันธุ์ 10
2.5 การเก็บเกี่ยว 11
2.5.1 การนับระยะเวลา 11
2.5.2 การพิจารณาทางกายภาพ 11
2.5.2.1 การเปลี่ยนแปลงของสีผิวหรือสีของเนื้อ 11
2.5.2.2 การเปลี่ยนแปลงขนาด 11
2.5.2.3 การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส 12
2.5.3 การพิจารณาส่วนประกอบทางเคมี 12
2.5.4 พิจารณาจากลักษณะทางสรีรวิทยา 12
2.6 การเก็บรักษาหัวพันธุ์ 13
2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการสะสมสารทุติยภูมิในพืชหัว 14
2.7.1 หัวพันธุ์ 14
2.7.2 สภาพพื้นที่ปลูก 15
2.7.3 แสง 15
2.7.3.1 ความเข้มแสง 16
2.7.3.2 ช่วงแสง 17
2.7.4 สภาพอากาศ 18
2.7.5 ธาตุอาหาร 19
2.7.6 น้ำ 20
2.8 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและสารทุติยภูมิ 21
2.9 สารกระตุ้น 22
2.9.1 สารกระตุ้นชีวภาพ (biotic elicitors) 23
2.9.2 สารกระตุ้นอชีวภาพ (abiotic elicitors) 23
2.10 กลไกการตอบสนองของพืชต่อสารกระตุ้น 23
2.11 สารประกอบ triazole 24
2.11.1 Triadimefon (TDM) 26
2.11.2 Paclobutrazol (PBZ) 27
2.11.3 Hexaconazole (HEX) 28

Ref. code: 25595709032584FDR

หน้า

2.12 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้สารกระตุ้น 30
2.12.1 ชนิดสารกระตุ้น 30
2.12.2 ความเข้มข้นของสารกระตุ้น 30
2.12.3 ระยะการเจริญเติบโตของพืช 31
2.12.4 การให้สารกระตุ้นก่อนการเก็บเกี่ยว 31
2.12.5 จำนวนครั้งหรือระยะเวลาในการให้สาร 31
2.12.6 วิธีการให้สารกระตุ้น 32

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 33

3.1 ผลของเดือนเก็บเกี่ยวต่อปริมาณสาร dioscorealide B (DB) ในเหง้า 33
3.2 ผลของเดือนที่เก็บเกี่ยวต่อการงอกและความมีชีวิตหลังปลูก 36
3.3 ผลของอายุใบและเดือนเก็บเกี่ยวต่อปริมาณสาร DB ในใบ 38
3.3.1 ผลของเดือนที่เก็บเกี่ยวต่อปริมาณสาร DB ในใบ 38
3.3.2 ผลของการเก็บเกี่ยวใบที่ระยะต่างๆ ต่อปริมาณสาร DB ในใบ 38
3.4 ผลของการใช้สารประกอบ Triazole ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการให้ผลผลิตและการสะสมสาร DB 39
3.5 การวิเคราะห์ข้องมูลทางสถิติ 40
3.6 สถานที่ทำการทดลอง 41
3.7 ระยะเวลาในการทดลอง 41

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 42

4.1 ผลของเดือนเก็บเกี่ยวต่อปริมาณสาร dioscorealide B (DB) ในเหง้า 42
4.2 ผลของเดือนที่เก็บเกี่ยวต่อการงอกและความมีชีวิตหลังปลูก 48
4.3 ผลของอายุใบและเดือนเก็บเกี่ยวต่อปริมาณสาร DB ในใบ 54
4.3.1 ผลของเดือนที่เก็บเกี่ยวต่อปริมาณสาร DB ในใบ 54
4.3.2 การเก็บเกี่ยวใบที่ระยะต่างๆ ต่อปริมาณสาร DB ในใบ 55
4.4 ผลของการใช้สารประกอบ Triazole ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการให้ผลผลิตและการสะสมสาร DB 57

Ref. code: 25595709032584FDR

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 64

5.1 สรุปผลการทดลอง 64

5.2 ข้อเสนอแนะ 65

รายการอ้างอิง 66

ภาคผนวก 83

ภาคผนวก ก 84

ภาพผนวก ก1 ปริมาณน้ำฝนรวม (mm) อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด (°C) ณ จังหวัดปทุมธานี ในระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 84

ภาคผนวก ก2 ผลของเดือนที่เก็บเกี่ยวต่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้ง ปริมาณสาร DB และเปอร์เซ็นต์สารสกัด ในเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) 85

ภาคผนวก ข 86

ภาคผนวก ข1 เปอร์เซ็นต์สารสกัดของใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวที่เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ธันวาคม พ.ศ. 2558 มีนาคม พ.ศ. 2559 และ มิถุนายน พ.ศ. 2558 86

ภาคผนวก ข2 เปอร์เซ็นต์สารสกัดของใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวอายุแตกต่างกัน 3 ระยะ คือ ใบอ่อน ใบเพสลาด และ ใบแก่ 86

Ref. code: 25595709032584FDR

หน้า

ภาคผนวก ค 87

ภาคผนวก ค1 ผลของการให้สาร TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l ต่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้ง ปริมาณสาร dioscorealide B (DB) และเปอร์เซ็นต์สารสกัด ในเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 87

ภาคผนวก ค2 ผลของการให้สาร TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l ต่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้ง ปริมาณสาร dioscorealide B (DB) และเปอร์เซ็นต์สารสกัด ในเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ปลูกในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 88

ประวัติผู้เขียน 89

Ref. code: 25595709032584FDR

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ความยาว (cm) และน้ำหนัก (g) ของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่งอกในระหว่างการเก็บรักษาและนำออกปลูกพร้อมกันในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558	37
4.1	เปอร์เซ็นต์ความงอกสะสม เหง้าที่พักตัว และเหง้าที่ฝ่อ ของข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30°C)	51
4.2	ความยาว (cm) น้ำหนักเหง้าสด (g) และเปอร์เซ็นต์เหง้าฝ่อ ของต้นข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ไม่มีพัฒนาการของลำต้นเหนือดินเมื่อออกปลูกเป็นเวลา 1 ปี	52

Ref. code: 25595709032584FDR

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ต้นตัวผู้ของข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)	6
2.2	ต้นตัวเมียของข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)	7
2.3	โครงสร้างของ Dioscorealide B และ Dioscoreanone ที่แยกได้จากสารสกัดชั้นเอทานอลของข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)	22
2.4	ลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากการตอบสนองของพืชเมื่อได้รับตัวกระตุ้น	24
2.5	การทำงานของสารยับยั้งการเจริญเติบโตต่อกระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน	25
2.6	โครงสร้างทางเคมีของสาร triadimefon (TDM)	26
2.7	โครงสร้างทางเคมีของสาร paclobutrazol (PBZ)	27
2.8	โครงสร้างของสาร hexaconazole (HEX)	28
3.1	ต้นข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ลำต้นเหนือดินแห้งและฟุบพร้อมเก็บเกี่ยวเหง้า	33
3.2	เหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยว (A) เหง้าส่วนที่มีจุดเจริญ (ลูกศร) ที่แบ่งเก็บไว้ขยายพันธุ์ (B) และเหง้าส่วนที่ไม่มีจุดเจริญนำไปฝานทำให้แห้งและไปสกัดหาสาร DB ต่อไป (C)	35
3.3	กราฟมาตรฐาน dioscorealide B	36
3.4	ต้นข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่มีชีวิตมีการพัฒนาของลำต้นเหนือดิน (A) และ ต้นที่ลำต้นเหนือดินฟุบและแห้ง (B)	37
3.5	ใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เจริญเติบโตเต็มที่	38
3.6	ใบแก่ ใบเพสลาด และ ใบอ่อน ของข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) เรียงลำดับจากซ้ายไปขวา	39
3.7	แผนการศึกษา	40
4.1	เหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) หลังการเก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม (A) กุมภาพันธ์ (B) และมีนาคม (C) พ.ศ. 2558 แต่ละช่องคือผลผลิตจากแต่ละต้น	43
4.2	น้ำหนักสดของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม พ.ศ. 2558	44

Ref. code: 25595709032584FDR

หน้า

4.3 น้ำหนักแห้งของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม พ.ศ. 2558 44
4.4 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้งของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม พ.ศ. 2558 45
4.5 เปอร์เซ็นต์สารสกัดของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม พ.ศ. 2558 47
4.6 ปริมาณสาร dioscorealide B (DB) ของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม พ.ศ. 2558 47
4.7 เหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่งอก (A) เหง้าที่ฝ่อ (B) เหง้าที่เน่า (C) และเหง้าที่พักตัว (D) ระหว่างการเก็บรักษา อุณหภูมิห้อง (30 °C) 50
4.8 ต้นข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่มีการพัฒนาของลำต้นเหนือดิน โดยออกปลูกตั้งแต่เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 51
4.9 เปอร์เซ็นต์สารสกัดของใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวที่เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ธันวาคม พ.ศ. 2558 มีนาคม พ.ศ. 2559 และ มิถุนายน พ.ศ. 2559 54
4.10 เปอร์เซ็นต์สารสกัดของใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวอายุแตกต่างกัน 3 ระยะ คือ ใบอ่อน ใบเพสลาด และ ใบแก่ 55
4.11 น้ำหนักสดของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 (A) และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 (B) เมื่อได้รับสาร TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้ราดสาร (CT) 58
4.12 น้ำหนักแห้งของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 (A) และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 (B) เมื่อได้รับสาร TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้ราดสาร (CT) 58

Ref. code: 25595709032584FDR

หน้า

4.13 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้งของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 (A) และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 (B) เมื่อได้รับสาร TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้ราดสาร (CT) 59

4.14 เปอร์เซ็นต์สารสกัดของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 (A) และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 (B) เมื่อได้รับสาร TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้ราดสาร (CT) 61

4.15 ปริมาณสาร dioscorealide B (DB) ของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 (A) และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 (B) เมื่อได้รับสาร TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้ราดสาร (CT) 63

Ref. code: 25595709032584FDR

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวเย็นใต้ *(Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ในสกุล *Dioscorea* ที่ประกอบไปด้วยพืชมากกว่า 600 ชนิด และจัดอยู่ในวงศ์ Dioscoreaceae หรือวงศ์กลอย (Burkill, 1951) มีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น หัวยาจีน มันอียาง ข้าวเย็นโคกขาว เครือเต่าให้ และ ยาหัวข้อ เป็นต้น (วุฒิ, 2540; เต็ม, 2544; สุรางค์ และคณะ, 2553) พบได้ในพื้นที่เขตร้อนและเขตอบอุ่นของแอฟริกา ออสเตรเลีย อเมริกา อินเดีย และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Ayensu, 1972) ข้าวเย็นใต้ *(D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) เป็นไม้เลื้อยไม่มีเนื้อไม้ ลำต้นเป็นเหลี่ยมเล็กน้อย ไม่มีหนาม มีเหง้าสะสมอาหาร ผิวเป็นสีดำ มีปุ่มนูนรอบๆ เนื้อข้างในมีลักษณะอ่อนและเปราะ สีเหลืองอ่อน (Prain and Burkill, 1927; Boonyaratanakornkit and Chantarateptawam, 1993; Wilkin and Thapyai, 2009) แพทย์แผนโบราณมักนำส่วนของเหง้าไปใช้ร่วมกับสมุนไพรชนิดต่างๆ เพื่อรักษาโรคหลายชนิด เช่น โรคมะเร็ง โรคเอดส์ และโรคน้ำเหลืองเสีย เป็นต้น (แก้ว, 2547; วันทนา และคณะ, 2550; พินทุสร และอรุณพร, 2555; Saekoo et al., 2010; Prajuabjinda, 2012) เมื่อนำเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) มาทดสอบฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาสกัดโดยใช้น้ำและเอทานอล พบว่า สารสกัดที่ได้มีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งสูง โดยสารสกัดจากน้ำสามารถต้านเซลล์มะเร็งเต้านมได้ดี ส่วนสารสกัดจากเอทานอลมีฤทธิ์ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งปอด มะเร็งเต้านม และมะเร็งลำไส้สูง แต่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ปกติน้อย (อรุณพร และคณะ, 2552; Itharat et al., 2004) นอกจากนี้ ยังมีฤทธิ์ต้านการแพ้ (Tewtrakul and Itharat, 2006) ฤทธิ์ยับยั้งการสร้าง nitric oxide (Tewtrakul and Itharat, 2007) ฤทธิ์ต้านการอักเสบ (ผกากรอง และคณะ, 2555) เมื่อนำสารสกัดมาแยกเพื่อหาสารสำคัญ พบว่า สารที่แยกได้จากข้าวเย็นใต้ *(D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่สกัดด้วยเอทานอล คือ สาร dioscorealide B (DB) มีคุณสมบัติเป็น antiproliferative agent คือสามารถยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งปอด (COR L-23) เซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7) แต่ไม่มีผลต่อเซลล์ปกติ (อรุณพร และคณะ, 2546; Itharat et al., 2003)

ในปัจจุบันยังไม่มีการผลิตข้าวเย็นใต้ *(D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ในเชิงพาณิชย์ ส่วนมากเหง้าที่นำมาใช้ได้จากป่าตามธรรมชาติ การนำออกมาใช้อย่างต่อเนื่องอาจทำให้เกิดการสูญพันธุ์ในที่สุด การเก็บเกี่ยวพืชสมุนไพรประเภทหัวหรือเหง้ามักเก็บเกี่ยวในช่วงที่หัวมีการพักตัวในฤดูแล้ง (Onwueme, 1978) จากรายงานของ Opara (1999) พบว่า พืชในสกุล *Dioscorea*

Ref. code: 25595709032584FDR

แต่ละชนิดมีอายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน เช่น *D. alata* L. มีช่วงเวลาการปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว 220-300 วัน *D. cayenensis* Lam. 280-350 วัน *D. esculenta* L. 200-300 วัน และจากการศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวเย็นใต้ *(D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ของ Rithichai et al. (2013) ที่นำเหง้าจากป่ามาปลูก พบว่าต้องปลูกอย่างน้อย 450 วัน จึงจะได้เหง้าที่มีปริมาณสารสำคัญมากพอเพื่อสกัดเป็นยาได้ โดยพบสาร DB 2.7 %w/w ในขณะที่เหง้าที่นำมาจากป่ามีสาร DB 4.0 %w/w ดังนั้นในการทดลองนี้ จึงปลูกข้าวเย็นใต้ *(D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ให้มีระยะการเจริญเติบโตยาวนานกว่า 450 วัน และศึกษาสารสำคัญเมื่อเก็บเกี่ยวช่วงฤดูแล้งในเดือนต่าง ๆ พร้อมกับศึกษาการงอกของเหง้า หลังจากนำมาเก็บรักษาไว้เพื่อใช้ปลูกในฤดูถัดไป

การใช้ประโยชน์ของข้าวเย็นใต้ *(D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) หมอพื้นบ้านมักใช้ส่วนเหง้านำมาผสมรวมในตำรับยาต่างๆ แต่ส่วนลำต้นเหนือดินยังไม่พบว่ามีการนำไปใช้ประโยชน์ในการทำยา จากการศึกษาของ ทิพย์สุคนธ์ และคณะ (2557) เมื่อเพาะเลี้ยงยอดข้าวเย็นใต้ *(D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) เป็นเวลานาน 10 และ 12 สัปดาห์ พบว่ามีสาร DB ในยอดที่เพาะเลี้ยง 0.90 และ 0.97 %w/w ตามลำดับ จึงเป็นไปได้ว่ายอดหรือใบจากต้นที่ปลูกในแปลงตามธรรมชาติอาจจะมีการสะสมของสาร DB ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีการศึกษาปริมาณสาร DB ในใบจากแปลงปลูกเมื่อเก็บเกี่ยวที่ระยะต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตสาร DB จากใบซึ่งอาจใช้ทดแทนการเก็บเกี่ยวเหง้าที่ต้องใช้ระยะเวลานาน

การปลูกพืชประเภทหัว เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงมักใช้เวลานาน ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการใช้สารกระตุ้นในพืชเพื่อเพิ่มผลผลิตและเพื่อให้พืชสร้างสารทุติยภูมิเพิ่มมากขึ้น (Berova and Zlatev, 2000.) สารประกอบ triazole มีคุณสมบัติเป็นสารกำจัดเชื้อรา และสารเร่งการเจริญเติบโตที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในทางการเกษตร (Kishorekumar et al., 2006) สามารถชักนำให้พืชเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีววิทยา เช่น การเจริญเติบโตของต้นลดลง กระตุ้นการเจริญเติบโตของราก เพิ่มความหนาใบ (Kamountsis and Chronopoulon-Sereli, 1999; Sridharan and Raja, 2015) เพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสง โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บีเพิ่มขึ้น (Tekalign and Hammes, 2004; Li and Yang, 2004; Gopi et al., 2007; Mobli and Baninasab, 2008) นอกจากนี้ สารประกอบในกลุ่มของ triazole สามารถทำให้พืชทนทานต่อสภาวะเครียดได้ เนื่องจากไปเพิ่มกลไกในการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งทำให้กระบวนการ lipid peroxidation และการเสื่อมของผนังเซลล์ลดลง (Zeng et al., 1994; Leul and Zhou, 1999) สารที่อยู่ในกลุ่มของสารประกอบ Triazole มีหลายชนิด เช่น triadimefon (TDM) [1-(4-chloro-phenoxy)-3,3-dimethyl-1-(1,2,4)-triazol-1-yl-butan-2-one], paclobutrazol (PBZ) [(2 RS, 3 RS)-1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1,2,4-triazol–i-yl)-pentan-3-ol] และ hexaconazole (HEX) [(RS)-2-(2,4-dichlorophenyl)-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)hexan-2-ol] จากรายงานของ

Ref. code: 25595709032584FDR

Gopi et al. (2007) ศึกษาผลของการราดสาร HEX และ PBZ ที่ความเข้มข้น 20 mg/plant ในแครอท (*Daucus carota* L.) พบว่า PBZ ทำให้ anthocyanin โปรตีน กรดอะมิโน proline แป้ง และน้ำตาล เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วน HEX ทำให้ carotenoid น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และชีวมวลของรากเพิ่มมากขึ้น และทั้ง PBZ และ HEX ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี เพิ่มขึ้นมากกว่าในต้นที่ไม่ได้ให้สาร รวมทั้งเพิ่มกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระทั้งที่เป็นเอนไซม์ (ascorbate peroxidase) และไม่ใช่เอนไซม์ (reduced glutathione) นอกจากนี้ ใน *D. rotundata* Poir. เมื่อราดด้วยสารประกอบ TDM ที่ความเข้มข้น 15 mg/l และ HEX ที่ความเข้มข้น 10 mg/l พบว่า ทำให้ tuber มีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น และมีการสังเคราะห์แป้งภายใน tuber มีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย (Jaleel et al., 2008) จากคุณสมบัติของสารประกอบ triazole จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารประกอบ triazole คือ TDM PBZ และ HEX ต่อการให้ผลผลิตและปริมาณสาร DB ในเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มสารสำคัญในข้าวเย็นใต้ *(D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการให้ผลผลิต และการสะสมสาร DB ของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) เมื่อเก็บเกี่ยวในเดือนต่างๆ ในช่วงฤดูแล้งปีที่ 2
2. เพื่อศึกษาผลของการเก็บรักษา ต่อการงอก และความมีชีวิตหลังปลูกของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) เมื่อเก็บเกี่ยวในเดือนที่แตกต่างกันในช่วงฤดูแล้งปีที่ 2
3. เพื่อศึกษาการสะสมสาร DB ในใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) เมื่อเก็บเกี่ยวในเดือนที่แตกต่างกัน และระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน
4. เพื่อศึกษาผลของการราดสาร TDM PBZ และ HEX ต่อการให้ผลผลิต และการสะสมสาร DB ของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาการให้ผลผลิต และการสะสมสาร DB ในเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 และเก็บเกี่ยวเหง้าในช่วงฤดูแล้งปีที่ 2 หลังปลูก โดยเก็บเกี่ยวเหง้าในเดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2558

Ref. code: 25595709032584FDR

หลังจากนั้นนำเหง้าที่เก็บเกี่ยวในแต่ละเดือนมาตัดแบ่งส่วนที่มีจุดเจริญนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) เพื่อศึกษาการงอกของเหง้าในระหว่างเก็บรักษา และนำเหง้าที่งอกออกปลูกพร้อมกันในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558 ศึกษาความมีชีวิตหลังปลูกเป็นระยะเวลา 12 เดือน นอกจากนี้ ศึกษาการสะสมปริมาณสาร DB ในใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวในเดือนที่ต่างกัน คือ เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ธันวาคม พ.ศ. 2558 มีนาคม พ.ศ. 2559 และมิถุนายน พ.ศ. 2559 และใบที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ คือ ใบอ่อน ใบเพสลาด และใบแก่ รวมทั้งศึกษาการใช้สารประกอบ triazole คือ TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l ต่อการให้ผลผลิตและสะสมสาร DB ของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบผลของเดือนที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ต่อการให้ผลผลิต และการสะสมสาร DB
2. ทราบผลของเดือนที่เก็บเกี่ยวต่อการงอก และความมีชีวิตหลังปลูกของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)
3. ทราบผลของเดือน และระยะการเจริญเติบโตของใบต่อการสะสมสาร DB ในใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)
4. ทราบผลของสาร TDM PBZ และ HEX ต่อการให้ผลผลิต และการสะสมสาร DB ในเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)

Ref. code: 25595709032584FDR

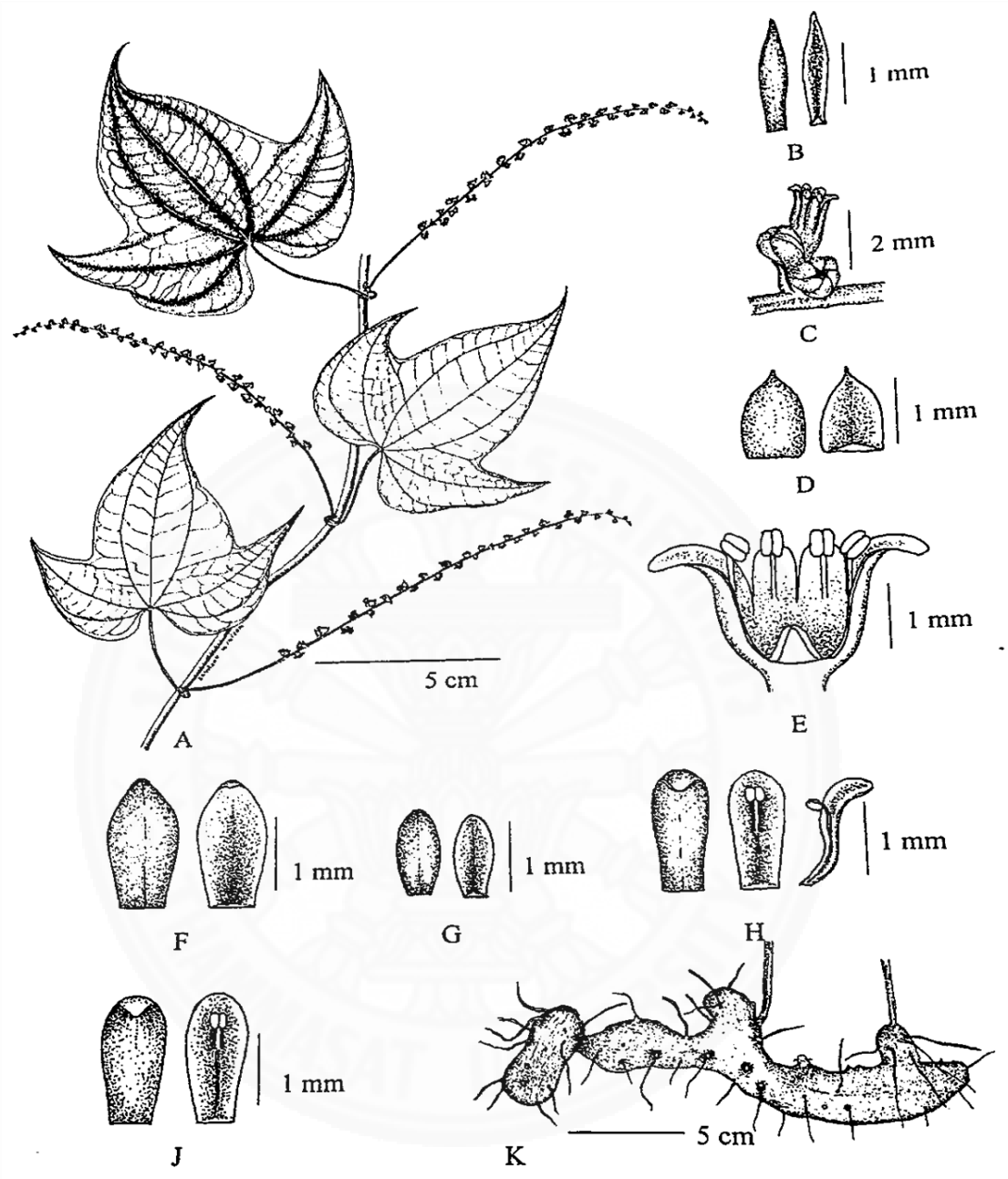
บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว อยู่ในวงศ์ Dioscoreaceae ชื่อพื้นเมืองในประเทศไทย เช่น ข้าวเย็นใต้ หัวยาจีน มันอียาง มันหมู ข้าวเย็นโคกขาว เครือเต่าให้ และ ยาหัวข้อ เป็นต้น (วุฒิ, 2540; เต็ม, 2544; สุรางค์ และคณะ, 2553) ในประเทศไทยพบพืชที่อยู่ในสกุลนี้ 42 ชนิด (Thapyai, 2004) ซึ่งข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) เป็นพืชสมุนไพรที่แพทย์แผนโบราณนำเหง้าไปใช้ร่วมกับสมุนไพรต่างๆ เพื่อใช้เป็นยารักษาโรคกันอย่างแพร่หลาย โดยใช้เป็นส่วนผสมในตำรับยาไทยมากถึง 2,449 ตำรับยา ซึ่งขึ้นทะเบียนจากกระทรวงสาธารณสุข (Division of Medical Research, 1986) และยังเป็นส่วนผสมในตำรับยาหมอพื้นบ้าน เช่น ตำรับยารักษามะเร็ง (กรวิกา และคณะ, 2555) หรือตำรับยาต้มสมานลำไส้ ซึ่งมีสรรพคุณช่วยสมานลำไส้และรักษาริดสีดวงลำไส้ (เกศริน, 2556) โดยหัวข้าวเย็นที่แพทย์แผนโบราณนิยมใช้มี 5 ชนิด คือ *D. birmanica* Prain & Burkill, *Smilax corbularia* Kunth, *S. glabra* Roxb., *Pygmaeopremna herbacea* (Roxb.) และ *D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill (อรุณพร และคณะ, 2541) จากหัวข้าวเย็นทั้ง 5 ชนิด Itharat et al. (2004) พบว่าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) มีฤทธิ์ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งเต้านม มะเร็งปอด และมะเร็งลำไส้ได้ดีที่สุด

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

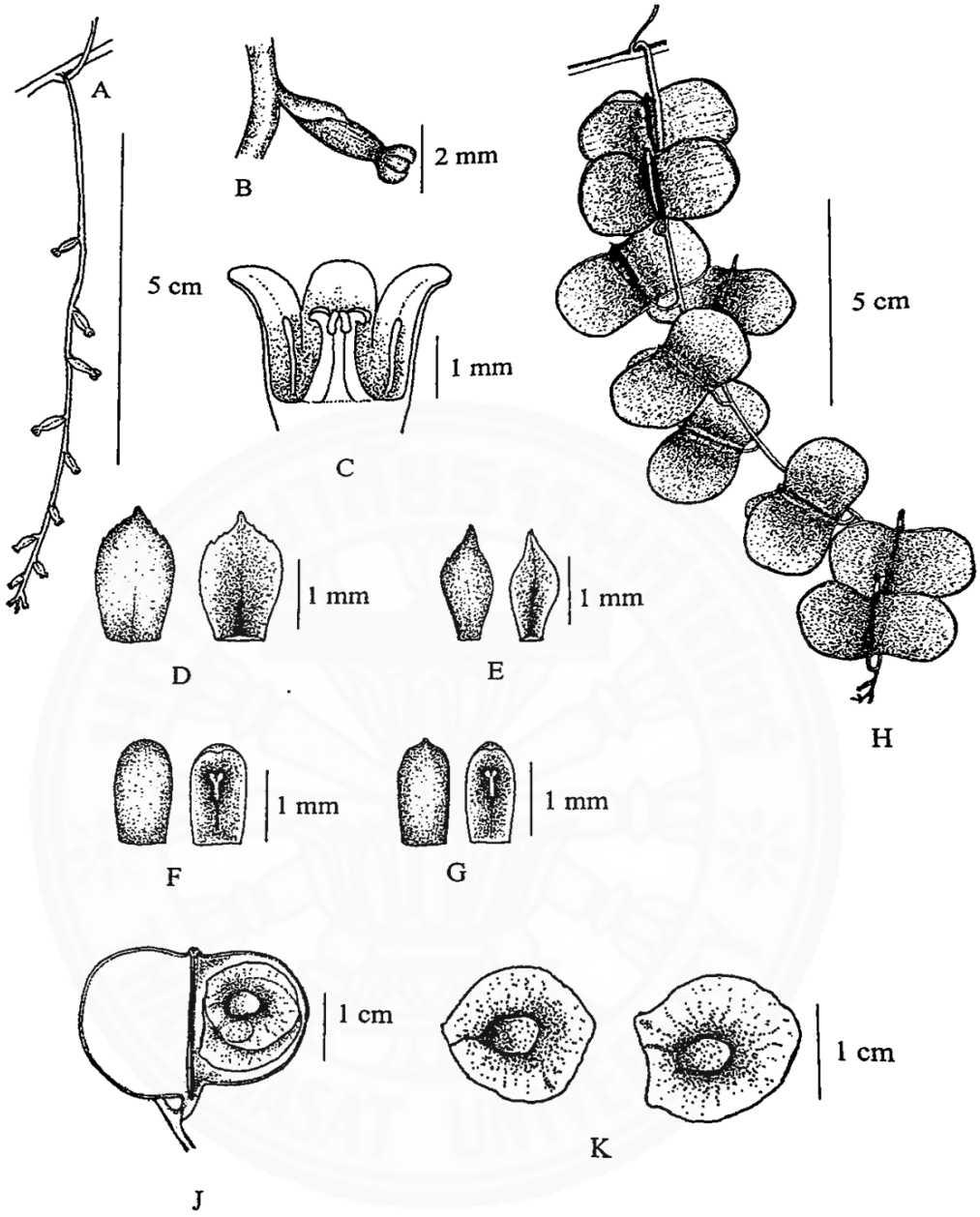
ข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) เป็นไม้เลื้อยไม่มีเนื้อไม้ มีเหง้า (rhizome) เป็นที่สะสมอาหาร ผิวของเหง้าจะเป็นสีดำ มีปุ่มนูนรอบๆ เนื้อข้างในมีลักษณะอ่อนและเปราะ สีเหลืองอ่อน ใบเป็นใบเดี่ยวเรียงสลับ ใบมีขนาดใหญ่เป็นรูปหัวใจ 3-5 แฉก ขอบใบเรียบ การเรียงใบจะหมุนไปทางซ้าย ดอกขนาดเล็กออกเป็นช่อแบบ raceme มีการแสดงเพศดอกแบบ dioecious ซึ่งมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกต้น กลีบดอกชั้นในและชั้นนอกมีสีเขียว และเขียวอมเหลือง เกสรตัวผู้สีเหลืองอ่อน ผลเป็น capsule ดังแสดงในภาพที่ 2.1 และ 2.2 (Boonyaratanakornkit and Chantarateptawam, 1993; Thapyai, 2004; Wilkin and Thapyai, 2009)

Ref. code: 25595709032584FDR



ภาพที่ 2.1 ต้นตัวผู้ของข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) A: ลักษณะการเรียงใบและช่อดอก B: ด้านหน้าและด้านหลังกลีบประดับหลัก C: ส่วนของช่อดอกย่อย D: ด้านหน้าและด้านหลังของกลีบประดับของช่อดอกย่อย E-J: ดอกตัวผู้; E. ภาพตัดขวางของเกสรตัวผู้ F, G. กลีบประดับและกลีบประดับย่อย ด้านหน้าและด้านหลัง ตามลำดับ H, J. ภายนอกและภายในของกลีบประดับ และตำแหน่งของเกสรตัวผู้ และ K: เหง้า
ที่มา : Wilkin and Thapyai (2009)

Ref. code: 25595709032584FDR



ภาพที่ 2.2 ต้นตัวเมียของข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) A: ช่อดอก B-G: ดอก; B. ด้านข้างของดอก C. ภาพตัดขวาง แสดงส่วนของเกสรตัวผู้ที่เป็นหมัน ก้านชูเกสรตัวเมียและยอดเกสรตัวเมีย D, E. กลีบประดับและกลีบประดับย่อย F, G. ภายนอกและภายในของกลีบประดับ แสดงตำแหน่งของเกสรตัวผู้ที่เป็นหมัน H. ลักษณะการติดผล J: ผลแก่ส่วนที่ตัดออก แสดงตำแหน่งของเมล็ดที่อยู่ภายในผล และ K: เมล็ด
ที่มา : Wilkin and Thapyai (2009)

Ref. code: 25595709032584FDR

2.2 ลำต้นใต้ดิน

ลำต้นใต้ดิน มีลักษณะเป็นหัวอยู่ใต้ดิน มีรูปร่างต่างๆ เช่น กลม กลมรี กลมยาว หรือรูปร่างไม่แน่นอน ลำต้นใต้ดินมีหลายชนิด ได้แก่ bulb corm tuber และ rhizome (เหง้า) ซึ่งทำหน้าที่หลักในการเก็บอาหารเพื่อให้พืชมีชีวิตอยู่ได้ในช่วงที่สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม พืชที่มีลำต้นใต้ดินส่วนมากเป็นพืชยืนต้น โดยลำต้นเหนือดินจะแห้งและฟุบไปในช่วงฤดูแล้ง แต่ลำต้นใต้ดินยังคงมีชีวิตอยู่ในดิน และสามารถเจริญเป็นลำต้นเหนือดินได้ใหม่ในฤดูต่อไป เมื่อความชื้นในดินเพิ่มขึ้น (นันทิยา, 2538; สมบุญ, 2548)

2.2.1 Bulb เป็นส่วนที่อยู่ใต้ดินประกอบด้วยแกนของลำต้นที่หดสั้นและมีเนื้อหนา มีจุดเจริญตรงปลายยอดและมีกลีบหัวเป็นเนื้อหนาห่อหุ้ม พบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ซึ่งเป็นโครงสร้างของพืชที่เปลี่ยนไปเพื่อสะสมอาหารและสืบพันธุ์ มีข้อปล้องสั้นมาก bulb มีวงจรการพัฒนาเริ่มจากมีปลายยอดและสิ้นสุดลงด้วยการให้ดอกและเมล็ด การพัฒนามี 2 ขั้นตอนคือ การเจริญเติบโตทางลำต้น และการเจริญเติบโตในระยะสืบพันธุ์ การขยายพันธุ์สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การแกะกลีบหัว การคว้านหรือตัดด้านล่างของหัว การตัดชำ และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ตัวอย่างพืชที่มีหัวแบบ bulb ได้แก่ หอม กระเทียม พลับพลึง เป็นต้น

2.2.2 Corm คือส่วนโคนของแกนลำต้นที่ขยายใหญ่ขึ้น ห่อหุ้มด้วยใบที่แห้งเป็นแผ่น มีข้อและปล้องเห็นชัดเจน corm ที่แก่แล้วจะมีโคนกลีบแห้งเหลือค้างอยู่ที่ข้อทำหน้าที่ป้องกันอันตรายและการสูญเสียน้ำ ที่ยอดของ corm มีปลายยอดที่จะเจริญขึ้นเป็นใบและดอก ทุกข้อมีตาข้าง การขยายพันธุ์ โดยตัดแบ่งเป็นชิ้นให้มีตาติดไปด้วยทุกชิ้น ตัวอย่างพืชที่มีหัวแบบ corm ได้แก่ แกลดิโอลัส แห้วจีน เผือก บัวสวรรค์ เป็นต้น

2.2.3 Tuber เป็นลำต้นใต้ดินสั้นๆ ลำต้นมีอาหารสะสมทำให้อวบ เห็นตาเรียงอยู่โดยรอบและสามารถงอกเป็นต้นใหม่ได้ tuber เป็นโครงสร้างสำหรับสะสมอาหารที่เกิดขึ้นในฤดูการเจริญเติบโตเพียงฤดูเดียว เมื่อถึงฤดูหนาวจะพักตัวและเจริญเป็นต้นใหม่ในฤดูใบไม้ผลิ หลังจากเริ่มวงจรการเจริญเติบโตใหม่จะใช้อาหารที่เก็บสะสมไว้ในหัวเก่า หลังจากนั้นหัวเก่าก็จะฝ่อไป tuber สามารถขยายพันธุ์โดยการปลูกทั้งหัวหรือตัดแบ่งโดยแต่ละชิ้นต้องมีตา 1 ตาเป็นอย่างน้อย ตัวอย่างพืชที่มีหัวแบบ tuber ได้แก่ มันฝรั่ง มันมือเสือ บอนสี อาร์ติโชค เป็นต้น

2.2.4 Rhizome (เหง้า) เป็นลำต้นใต้ดินซึ่งแกนของต้นเจริญยืดยาวไปบนดินหรืออยู่ใต้ผิวดิน ส่วนมากเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เหง้าเจริญเติบโตโดยการยืดตัวของจุดเจริญตรงปลายยอด กิ่งข้าง และส่วนล่างของข้อที่เรียกว่า intercalary meristem เหง้ามีช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและ

Ref. code: 25595709032584FDR

ช่วงการออกดอกติดต่อกันไป และส่วนที่แก่ชราถึงอายุขัยจะตายไป สามารถจำแนกเหง้าตามการเจริญเติบโตได้ 2 ชนิด (นันทิยา, 2538; Hartmann et al., 1997) คือ

2.2.4.1 Pachymorph เหง้ามีลักษณะหนา สั้น และอวบน้ำ มีการเจริญเติบโตแบบ determinate คือ เมื่อแต่ละแง่งให้ดอกแล้ว จะมีการเจริญเติบโตออกเฉพาะด้านข้าง เหง้าเจริญขนานกับดิน รากเจริญลงทางด้านล่าง พืชที่มีเหง้าลักษณะนี้ เช่น ขิง ข่า เป็นต้น

2.2.4.2 Leptomorph เหง้ามีลักษณะเรียว มีปล้องยาว มีการเจริญแบบ indeterminate คือลำต้นใต้ดินยืดยาวอย่างต่อเนื่อง เกือบทุกข้อมีตาข้างและเกือบทุกตาจะพักตัว เหง้าชนิดนี้ไม่เกิดเป็นกระจุกแต่เจริญแผ่เป็นบริเวณกว้าง พืชที่มีเหง้าลักษณะนี้ เช่น lily of the valley ไผ่ญี่ปุ่น เป็นต้น

พืชในสกุล *Dioscorea* ส่วนใหญ่สะสมอาหารใน tuber พืชในวงศ์นี้มีประมาณ 400 - 600 ชนิด (species) (Huber, 1998) แต่ที่นำมาเพาะปลูกมี 50 - 60 ชนิด และมีเพียง 12 ชนิด ที่นำมาปลูกเป็นการค้าเพื่อใช้บริโภค (Craufurd et al., 2001) พืชในสกุล *Dioscorea* สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. กลุ่มที่เป็นพืชอาหาร หรือ edible yam พืชในกลุ่มนี้เป็นพืชอาหารที่สำคัญในหลายประเทศ โดยเฉพาะในเขตร้อนและกึ่งร้อนของแอฟริกาตะวันตก เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จีน ญี่ปุ่น หมู่เกาะแปซิฟิก และหมู่เกาะคาริเบียน ตัวอย่างพืชในกลุ่มนี้ได้แก่ *D. alata* L., *D. esculenta* L., *D. bulbifera* L., *D. cayenensis* L., *D. rotundata* Poir. และ *D. trifida* L. เป็นต้น (Malaurie et al., 1995)

2. กลุ่มที่ให้สารสำคัญที่มีคุณสมบัติทางยา พืชในกลุ่มนี้ให้สาร steroid saponins ปริมาณมากถึง 2 ใน 3 ของโลก สารดังกล่าวเป็นสารตั้งต้นในการผลิตฮอร์โมนเพศ และยาคุมกำเนิด ตัวอย่างพืชในกลุ่มนี้ ได้แก่ *D. composite* Hemsl., *D. deltoidea* Wall. ex Kunth, *D. floribunda* Bartlett, *D. mexicana* Scheidw., *D. birmanica* Prain & Burkill และ *D. membranacea* Prain & Burkill เป็นต้น (Van Staden and Fowlds, 1992; Malaurie et al., 1995)

2.3 รูปแบบการเจริญเติบโต

พืชในสกุล *Dioscorea* มีรูปแบบการเจริญเติบโตเหมือนพืชในกลุ่มที่มีการสะสมอาหารในลำต้นใต้ดิน โดยทั่วไป ซึ่งสามารถแบ่งการเจริญเติบโตได้เป็น 5 ระยะ (Craufurd et al., 2001; Lebot, 2009) ดังนี้

Ref. code: 25595709032584FDR

ระยะที่ 1 การงอก (germination) หลังจากสิ้นสุดระยะพักตัวแล้วยอดใหม่จะเริ่มงอกจากจุดเจริญบริเวณตา หลังจากที่ต้นงอกแล้วระบบรากจะพัฒนาอย่างรวดเร็ว มีการเจริญเติบโตทางลำต้น ซึ่งความสมบูรณ์ของต้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารที่สะสมอยู่ภายในหัว ระยะนี้ใช้เวลาในการพัฒนาประมาณ 6 สัปดาห์ แต่ในสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมอาจใช้เวลามากขึ้น

ระยะที่ 2 การพัฒนาของใบ (foliage development) ในระยะนี้พืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ใบจะเริ่มพัฒนามีการขยายขนาด มีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น และพัฒนาไปพร้อมกับการยืดยาวของลำต้น จนถึงอายุ 14 - 18 สัปดาห์หลังงอก หลังจากนั้นลำต้นมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นและแตกกิ่งแขนง การเจริญเติบโตของลำต้นเป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยสามารถพัฒนาได้ถึง 15 cm ต่อวัน ในช่วงอายุ 10 และ 12 สัปดาห์หลังงอก เริ่มมีการสร้างหัวใหม่ และเมื่อสิ้นสุดระยะนี้พืชจะมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น หลังจาก 12 - 14 สัปดาห์หลังงอก การพัฒนาของรากจะลดลง

ระยะที่ 3 การขยายขนาด (tuber bulking) ในระยะนี้ ธาตุอาหารจะถูกเคลื่อนย้ายไปยังหัวที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว หัวมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งการเพิ่มขนาดของหัวเนื่องจากมีการเพิ่มขนาดของเซลล์ ในช่วงแรกของการเริ่มสร้างหัว เจริญเติบโตจะเป็นไปอย่างช้าๆ และจะพัฒนาอย่างรวดเร็วจนถึงจุดสูงสุด และสุดท้ายการเจริญเติบโตของหัวจะลดลงในช่วงปลายของระยะนี้

ระยะที่ 4 การหลุดร่วงของใบ (foliage senescence) หลังจากปลูก 20 - 30 สัปดาห์ ใบจะเริ่มเสื่อมสภาพ ใบแก่เริ่มร่วง และจะสิ้นสุดในช่วง 40 สัปดาห์หลังปลูก ซึ่งในช่วงนี้ใบจะแห้งทั้งต้น การสะสมน้ำหนักแห้งลดลง

ระยะที่ 5 การพักตัว (dormancy) เมื่อปลายเนื้อเยื่อเจริญเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นสีดำ แสดงว่าหัวเริ่มแก่ โดยหัวที่แก่เมื่อเก็บเกี่ยวมาในช่วงแรกจะไม่สามารถงอกได้เพราะอยู่ในระยะพักตัว

การเจริญเติบโตและพัฒนาของพืชมีความสัมพันธ์กับฤดูกาล โดยในช่วงฤดูฝนลำต้นเหนือดินจะมีการเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ในขณะเดียวกันหัวจะเริ่มพัฒนา เมื่อใบเริ่มมีการเจริญเติบโตช้าลงจะมีการพัฒนาของหัวเพิ่มมากขึ้น เมื่อเข้าสู่ฤดูแล้งลำต้นเหนือดินฟุบ หัวจะพักตัวอยู่ในดินและงอกใหม่เมื่อได้รับความชื้น (ณรงค์, 2538: Vincent and Yamaguchi, 1996)

2.4 การขยายพันธุ์

พืชในสกุล *Dioscorea* ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดยาก เนื่องจากมีการแสดงเพศดอกแบบ dioecious ซึ่งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่คนละต้น ทำให้มีโอกาสติดเมล็ดน้อย อีกทั้งเมื่อเกิดการผสมเกสร เมล็ดที่ได้จะมีการพักตัว และมีอัตราการงอกค่อนข้างต่ำ จึงไม่นิยมขยายพันธุ์ด้วยวิธีนี้ (Van Staden and Fowlds, 1992; Okezie et al., 1994) ดังนั้นการขยายพันธุ์พืชในสกุล *Dioscorea* อาจใช้หัวพันธุ์ทั้งหัว นำหัวพันธุ์มาตัดแบ่ง หรือแบ่งกอให้ติดส่วนที่มีจุดเจริญอยู่

Ref. code: 25595709032584FDR

(ทิพวรรณ และเทวิน, 2544, นันทิยา, 2538, Hartmann et al., 1997) ซึ่งการปลูกพืชในสกุล *Dioscorea* ด้วยวิธีการตัดแบ่งหัวจากลำต้นใต้ดินอาจใช้เวลานาน 3 – 4 ปีในการสร้างและสะสมอาหารภายในหัว อีกทั้งยังได้หัวพันธุ์จำนวนน้อย (Van Staden and Fowlds, 1992; Alizaden et al., 1998; Chu and Ribeiro, 2002) ส่วนระยะเวลาในการงอกของหัวพันธุ์ Craufurd et al. (2001) รายงานว่าพืชในสกุล *Dioscorea* สามารถเพาะขยายพันธุ์โดยใช้ทั้งหัวพันธุ์หรือตัดแบ่งเป็นชิ้น และมีระยะเวลาการงอกประมาณ 30 - 50 วัน จากการศึกษาของ Kim et al. (2005) ใช้วิธีการตัดแบ่งหัวพันธุ์ *D. opposite* Thumb. ออกเป็นชิ้น น้ำหนักประมาณ 50 - 60 g จากนั้นนำไปเพาะในวัสดุที่มีส่วนผสมของเวอร์มิคูไลท์และทราย อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร พบว่า ลำต้นเหนือดินจะงอกภายใน 30 - 35 วัน ภาณุมาศ และอรุณพร (2554) รายงานว่า การเพาะเหง้าข้าวเย็นใต้ *(D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) โดยไม่ตัดแบ่งเหง้าในดินใบก้ามปูหมัก และพรางแสง 50 % เหง้าจะเริ่มงอกเมื่ออายุ 14 วันหลังเพาะ และมีระยะเวลาเฉลี่ยในการงอก 19.9 - 23.4 วัน ทั้งนี้ระยะเวลาในการงอกของพืชในสกุล *Dioscorea* แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เช่น 30 - 35 วัน ใน *D. opposita* Thunb. (Kim et al., 2005) 30 วัน ใน *D. japonica* Thunb. (Yoshida et al., 2007) และ 90 - 105 วัน ใน *D. birmanica* Prain & Burkill (ปิยาภัทร, 2556) เป็นต้น

2.5 การเก็บเกี่ยว

วิธีการที่ใช้ในการบอกระยะเก็บเกี่ยวของพืช สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ดังนี้ (จริงแท้, 2541)

2.5.1 การนับระยะเวลา การเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดมักจะใช้เวลาแตกต่างกัน ข้อดีสำหรับวิธีนี้คือ สามารถคาดคะเนล่วงหน้าได้ว่าจะเก็บเกี่ยวเมื่อใด แต่อย่างไรก็ตาม สภาพแวดล้อมและอุณหภูมิ มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นในแต่ละฤดูกาลหรือพื้นที่ปลูกที่แตกต่างกันอาจทำให้อายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกันได้

2.5.2 การพิจารณาลักษณะทางกายภาพ ดังนี้

2.5.2.1 การเปลี่ยนแปลงของสีผิวหรือสีของเนื้อ โดยทั่วไปสีจะเปลี่ยนไปตามระยะการเจริญเติบโต การพิจารณาสีเพื่อเป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวโดยพิจารณาด้วยสายตาเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก แต่ควรมีมาตรฐานเทียบ เช่น แผ่นเทียบสีมาตรฐาน หรือใช้เครื่องมือในการวัดสี

2.5.2.2 การเปลี่ยนแปลงขนาด ผลผลิตหลายชนิดเมื่อถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม มักมีขนาดที่แน่นอน และสามารถใช้เป็นตัวกำหนดระยะในการเก็บเกี่ยวได

Ref. code: 25595709032584FDR

2.5.2.3 การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส ความแก่อ่อนหรือความแน่นเนื้อเป็นการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบจำพวกเพคติน จึงใช้เป็นดัชนีที่บอกเวลาการเก็บเกี่ยวที่ดี

2.5.3 การพิจารณาส่วนประกอบทางเคมี การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีในระหว่างการเจริญเติบโต การแก และการสุก เช่น การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำไดทั้งหมด ปริมาณกรด ปริมาณน้ำตาล ปริมาณแป้ง เป็นต้น ปริมาณสารต่างๆ ดังกล่าวสามารถใช้เป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวได อย่างไรก็ตาม ต้องคำนึงเสมอว่าส่วนประกอบทางเคมีของผลิตผลผันแปรได้ง่ายขึ้นกับปัจจัยของสิ่งต่างๆ มากมาย ไดแก พันธุ์พืช วิธีการปลูก สภาพแวดล้อม ปริมาณแสง อุณหภูมิ เป็นต้น

2.5.4 พิจารณาจากลักษณะทางสรีรวิทยา ได้แก่ การวัดอัตราการหายใจ การสังเคราะห์เอธิลีน วิธีการนี้ไมสะดวกกับการปฏิบัติเนื่องจากต้องใช้เทคนิคและอุปกรณ์ที่ซับซ้อน

สำหรับการเก็บเกี่ยวพืชสมุนไพรเพื่อนำมาใช้เป็นยานั้น นอกจากต้องมีความรู้ในเรื่องลักษณะสัณฐานวิทยาของพืชแล้ว ยังต้องมีความรู้ทางด้านสรีรวิทยาและขบวนการชีวสังเคราะห์ในพืชด้วย ทั้งนี้เพื่อผลิตพืชสมุนไพรให้ได้สารสำคัญในปริมาณที่สูงที่สุด ดังนั้นการเก็บเกี่ยวสมุนไพรต้องคำนึงถึงทั้งอายุเก็บเกี่ยวและช่วงระยะเวลาที่พืชให้สารสำคัญสูงสุด จากการศึกษาของ พนิดา (2542) พบว่า ในเหง้าขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) ปริมาณสาร curcuminoid เพิ่มขึ้นตามอายุเก็บเกี่ยว โดยเพิ่มจาก 4% เมื่ออายุ 4 เดือนหลังปลูก เป็น 12.7% เมื่ออายุ 8 เดือนหลังปลูก ส่วน อัมรัตน์ และคณะ (2546) พบว่าปริมาณสาร pinostrobin และ tannic acid เพิ่มสูงขึ้นเมื่อกระชาย (*Boesenbergia pandurata* (Roxb) Schir.) มีอายุมากขึ้น โดยสาร pinostrobin มีปริมาณมากที่สุดเมื่ออายุ 11 และ 12 เดือนหลังปลูก ส่วนสาร tannic acid มีปริมาณมากที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก นอกจากนี้ ในเหง้าขมิ้นดำ (*C. aeruginosa* Roxb.) พบว่ามีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุดเมื่ออายุ 10 เดือนหลังปลูก ส่วนที่อายุ 4 เดือนหลังปลูก มีปริมาณน้อยที่สุด (สุปราณี, 2551) ในมันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) พบปริมาณสารฟีนอลิคต่ำเมื่ออายุ 6 เดือนหลังปลูก และเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออายุ 12 เดือนหลังปลูก (โอภาษ และคณะ, 2542) สารประกอบฟีนอลิค และสาร difurocumenonal ในขมิ้นขาว (*C. amada* Roxb.) พบมากที่สุด เมื่ออายุ 180 วันหลังปลูก แต่มีปริมาณลดลงเมื่ออายุ 240 วันหลังปลูก (Policegoudra et al., 2007)

โดยทั่วไปการเก็บเกี่ยวพืชหัวควรเก็บในช่วงเวลาที่พืชหยุดการเจริญเติบโต ใบ ดอกร่วงหมดแล้ว หรือในช่วงต้นฤดูหนาวถึงปลายฤดูร้อน เนื่องจากในระยะนี้รากและหัวมีการสะสมปริมาณสารสำคัญเอาไว้ค่อนข้างสูง (อภิพรรณ และคณะ, 2543) พืชในสกุล *Dioscorea* เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้น ซึ่งอุปสรรคที่มักพบในการเก็บเกี่ยวพืชหัวในเขตพื้นที่ป่าดิบชื้นคือ หัวเจริญเติบโตอยู่ลึกลงไปใต้ดินและมักเจริญอยู่ใกล้กับรากของต้นไม้ จึงทำให้เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ยาก หัวอาจหักหรือเกิดบาดแผลในระหว่างการเก็บเกี่ยว (Opara, 2003) สำหรับระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

Ref. code: 25595709032584FDR

ของพืชในสกุล *Dioscorea* แต่ละชนิดแตกต่างกัน เช่น *D. alata* L. มีช่วงเวลาการปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว 220 - 300 วัน *D. Cayenensis* Lam. 280 - 350 วัน และ *D. esculenta* L. 200 - 300 วัน (Opara, 1999) ซึ่งระยะเวลาเก็บเกี่ยวให้เหง้ามีปริมาณสำคัญมากพอเพื่อใช้เป็นยามีความแตกต่างกันตามชนิดของพืช ดังเช่น ปิยาภัทร และคณะ (2556) ศึกษาการเจริญเติบโตของหัวข้าวเย็น (*D. birmanica* Pierre ex Prain & Burkill) ที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆ พบว่า เหง้าที่อายุ 3 ถึง 9 เดือนหลังปลูก มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ค่อนข้างต่ำ แต่สูงขึ้นช่วงอายุ 12 ถึง 15 เดือนหลังปลูก นอกจากนี้ เมื่อนำเหง้าหัวข้าวเย็น (*D. birmanica* Prain & Burkill) จากป่ามาปลูก และวิเคราะห์ปริมาณสาร Diosgenin 3-O-α-L-rhamnopyranosyl (1⟶2)-β-D Glucopyranoside (DBS1) ทุกๆ 3 เดือน ในระหว่างการเจริญเติบโต พบว่า เหง้าหัวแม่มีปริมาณสาร DBS1 สูงสุดในระยะก่อนปลูก (6.32 %w/w) และลดลงหลังจากปลูก ในเหง้าหัวลูกเมื่ออายุ 3 เดือนหลังปลูก มีสาร DBS1 ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ 0.63 ± 0.40 %w/w หลังจากนั้นมีปริมาณสูงขึ้นและไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่ออายุ 6 - 18 เดือนหลังปลูก โดยมีปริมาณสาร DBS1 3.13 ± 0.38 - 4.70 ± 1.62 %w/w อย่างไรก็ตามปริมาณสาร DBS1 ของเหง้าหัวแม่สูงกว่าเหง้าหัวลูกในทุกอายุของการเก็บเกี่ยวตลอดอายุการปลูก 540 วัน (ปิยาภัทร, 2556) และจากการศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวเย็นใต้ *(D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) โดยนำเหง้าจากป่ามาปลูก พบว่าต้องปลูกอย่างน้อย 450 วัน จึงจะทำให้มีปริมาณสารมากพอที่จะสกัดเป็นยาได้ โดยพบสาร DB 2.7 %w/w ในขณะที่เหง้าที่นำมาจากป่ามีสาร DB 4.0 %w/w (ภาณุมาศ และอรุณพร, 2554)

2.6 การเก็บรักษาหัวพันธุ์

การเก็บรักษาหัวพันธุ์ ควรหลีกเลี่ยงการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง และต้องเก็บในที่ที่ถ่ายเทอากาศได้ดี ซึ่งสภาพแวดล้อมในระหว่างการเก็บรักษาต้องไม่กระตุ้นให้เกิดการงอก หรือไม่ทำลายการพักตัว โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการงอกของเหง้าคือ สภาพแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และอุณหภูมิ จากการศึกษาของ Passam and Noon (1977) แสดงให้เห็นว่า *D. rotundata* Poir. จะงอกภายใน 20 วัน เมื่อเก็บรักษาหัวพันธุ์ไว้ที่อุณหภูมิ 25°C และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 100% และที่อุณหภูมิเดียวกัน เมื่อเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60 - 70% พบว่าหัวจะเริ่มงอกภายใน 40 วัน ซึ่งหากหัวเริ่มงอกจะส่งผลทำให้เพิ่มอัตราการสูญเสียมวลแห้งและยังทำให้หัวเกิดอาการเน่าได้ง่าย อย่างไรก็ตาม Martin (1984) และ McGregor (1987) รายงานว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาหัวพันธุ์ในสกุล *Dioscorea* คือ 12 - 16°C ซึ่งอุณหภูมิที่

Ref. code: 25595709032584FDR

เหมาะสมต่อการเก็บรักษาแตกต่างกันตามสายพันธุ์ เช่น *D. alata* L. เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12.5°C พบว่ามีอายุการเก็บรักษาประมาณ 2 เดือน หรือเมื่อเก็บรักษา *D. trifida* L.f. ที่อุณหภูมิ 3°C มีอายุการเก็บรักษา 1 เดือน (Opara, 1999)

ปัจจัยสำคัญในการเก็บรักษาหัวพันธุ์ คือ การระบายอากาศ การลดอุณหภูมิ และการตรวจสอบผลผลิตอย่างสม่ำเสมอ การระบายอากาศจะช่วยป้องกันความชื้นที่ผิวของเปลือกและช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นจากการหายใจได้ อุณหภูมิต่ำประมาณ 12 - 15°C จะช่วยลดการสูญเสียจากการหายใจ แต่อาจทำให้เกิดการเสื่อมทางกายภาพได้ เช่น การเกิด chilling injury การตรวจสอบผลผลิตอย่างสม่ำเสมอเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยกำจัดต้นที่งอก หัวที่เน่า และความเสียหายที่เกิดจากหนูและแมลงได้ (Opara, 2003) ในระหว่างการเก็บรักษามักเกิดการสูญเสียผลผลิตเกิดขึ้น โดยเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น อาการเน่าเนื่องจากเชื้อราและแบคทีเรียก่อให้เกิดโรคเน่า (tuber rot) ซึ่งทำความเสียหายแก่ผลผลิตมากที่สุด (Coursey, 1982) โรคที่เกิดจากเชื้อราพบได้บ่อยสามารถเข้าทำลายได้ทางบาดแผล รูที่เกิดจากหนอนเจาะหรือโดนสัตว์ฟันแทะกัดอย่างรุนแรง ส่วนมากจะมีเชื้อราชนิดแรกเริ่มเข้าทำลายก่อนจากนั้นเชื้อราชนิดอื่นจะเข้าทำลายในเวลาต่อมา (Coursey, 1967) ส่วนแบคทีเรียสามารถทำให้เกิดอาการเน่าได้แต่ไม่พบมากเท่ากับเชื้อรา ซึ่งเชื้อสาเหตุที่สำคัญที่ก่อให้เกิดโรคคือ *Botryodiplodia thebromae*, *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.* และ *Fusarium bulbigenum* นอกจากจุลินทรีย์แล้ว ไส้เดือนฝอย (Nematodes) ยังเป็นพาหะที่ทำให้เกิดความสูญเสียแก่หัวได้ โดยจะเข้ารบกวนพืชตั้งแต่ช่วงที่พืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้น และยังคงอยู่ภายในหัวจนถึงช่วงระยะหลังการเก็บเกี่ยว นอกจากจะทำความเสียหายแก่หัวแล้ว ยังเป็นสาเหตุที่ทำให้แมลงศัตรูพืชหรือเชื้อราชนิดอื่นๆ สามารถเข้าทำความเสียหายแก่หัวได้ ดังนั้นเมื่อพบหนอนมักจะพบโรคเน่าในหัวเกิดขึ้นด้วย หนอนที่เข้าทำลายพืชในสกุล *Dioscorea* มีหลายชนิด เช่น yam worm (*Scutellonema bradys*) root-knot nematode (*Meloidogyne spp.*) หรือ root-lesion worm (*Pratylenchus spp.*) เป็นต้น (Centre for overseas pest reseach, 1978)

2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการสะสมสารทุติยภูมิในพืชหัว

2.7.1 หัวพันธุ์ คุณภาพของหัวพันธุ์เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการปลูกพืชหัวซึ่งมีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช การปลูกพืชหัวมักใช้หัวพันธุ์ที่แก่ แต่ถ้าหัวพันธุ์พักตัวก็จะใช้เวลาในการงอกนาน การปลูกโดยใช้หัวพันธุ์ที่อ่อนเกินไปเมื่อนำมาเพาะปลูกหัวพันธุ์อาจจะเน่าได้เนื่องจากเนื้อเยื่อต่างๆ ยังพัฒนาไม่สมบูรณ์ จุลินทรีย์ในดินสามารถเข้าทำลายได้ง่าย นอกจากนี้ขนาดของหัวพันธุ์ที่ใช้ปลูกมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และคุณภาพของหัวใหม่เนื่องจากขนาดของหัวพันธุ์มีความสัมพันธ์กับปริมาณอาหารสะสมภายในหัว โดยหัวพันธุ์ที่มีขนาด

Ref. code: 25595709032584FDR

ใหญ่มีอาหารสะสมในปริมาณมาก จึงส่งผลให้ลำต้นมีการเจริญเติบโตได้มากและให้ผลผลิตสูงกว่าหัวพันธุ์ขนาดเล็ก (มาโนชญ์ และคณะ, 2552) ดังเช่น การปลูกกลอย (*D. hispida* Dennst.) ขึ้นค้างในสภาพกลางแจ้งโดยใช้หัวพันธุ์ขนาด 1,000 g ให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้หัวพันธุ์ขนาด 500 g (มาโนชญ์ และคณะ, 2552) ใน *D. japonica* Thunb ที่ปลูกโดยใช้หัวพันธุ์น้ำหนัก 50 g ให้ผลผลิตหัวสูงกว่าการปลูกโดยใช้หัวพันธุ์ 25 g (Yoshida et al., 2007) *D. rotundata* Poir. ที่ปลูกจากหัวพันธุ์ขนาด 250 g ให้ผลผลิตหัวสูงกว่าการปลูกจากหัวพันธุ์ขนาดเล็ก 25 g (Law - Ogbomo and Remison, 2009) ส่วน *Globba rosea* Gagnep. ที่ปลูกโดยใช้หัวพันธุ์ขนาดใหญ่ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.36 - 0.4 cm มีการเจริญเติบโตของลำต้นและใบดีกว่าต้นที่ปลูกโดยใช้หัวพันธุ์ขนาดเล็ก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.21 - 0.25 cm (นิตยา และฉันทนา, 2545) นอกจากนี้ การปลูกเผือกหอม (*Colocacia esculenta* (L.) Schott) โดยใช้หัวพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด (เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm) มีการสะสมน้ำหนักแห้งและให้ผลผลิตสูงสุด ส่วนการปลูกโดยใช้ขนาดหัวที่เล็กที่สุด (เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 cm) ให้ผลผลิตต่ำสุด (ศุภษา และคณะ, 2553) เช่นเดียวกับขิง (*Zingiber officinale* Rosc.) ที่ปลูกโดยใช้หัวพันธุ์ขนาดใหญ่น้ำหนัก 32 g มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีกว่าการใช้หัวพันธุ์ขนาดเล็กที่มีน้ำหนัก 4 8 และ 16 g (Hailemichael and Tesfaye, 2008) และจากการศึกษาของ Hossain et al. (2005) ยังพบว่า การใช้หัวพันธุ์ขมิ้น (*C. longa* L.) ขนาด 30 - 40 g ให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้หัวพันธุ์ขนาด 10 และ 20 g นอกจากนี้ ขนาดหัวพันธุ์ที่ใช้ปลูกส่งผลต่อการสร้างสารทุติยภูมิในพืชจะแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของสารอีกด้วย เช่น จากรายงานของ ปิยาภัทร์ (2556) การปลูก *D. birmanica* Prain & Burkill ด้วยหัวพันธุ์ขนาดเล็ก (ความยาวหัวพันธุ์น้อยกว่า 20 cm) ให้ปริมาณสาร DBS1 ในเหง้าหัวลูกสูงกว่าการปลูกด้วยหัวพันธุ์ขนาดใหญ่อย่างมีนัยสำคัญ แต่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

2.7.2 สภาพพื้นที่ปลูก สภาพดินที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของรากสะสมอาหาร คือ ดินร่วนซุย และระบายน้ำได้ดี ในทางตรงกันข้ามดินที่มีคุณภาพไม่ดีจะทำให้เกิดการชะงักการเจริญเติบโตของหัว นอกจากนี้วัชพืชเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง ดังนั้นควรมีการควบคุมและกำจัดวัชพืชอย่างเหมาะสม (Vincent and Yamaguchi, 1996) Onwueme (1975) รายงานว่า เมื่อให้น้ำแก่ *D. alata* L. ลดลง ในช่วงแรกของการปลูก (15 - 35 วันหลังปลูก) ระหว่างการเจริญเติบโต (งดให้น้ำทุกๆ 14 วัน) และช่วงสุดท้ายในการปลูก (36 -56 วันหลังปลูก) เปรียบเทียบกับการให้น้ำทุกวันเป็นสิ่งทดลองควบคุม เมื่อบันทึกผลของระยะเวลาที่หัวงอกเกิน 50% พบว่า ความเครียดที่เกิดจากการขาดความชื้นในดินทำให้หัวงอกช้าลง โดยทุกสิ่งทดลองที่งดการให้น้ำหัวมีระยะเวลาในการงอกนานกว่าสิ่งทดลองควบคุม

2.7.3 แสง มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยผ่านทางขบวนการสังเคราะห์แสง การสังเคราะห์แสงเป็นกระบวนการที่สำคัญที่พืชสีเขียวนำพลังงานแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีมาใช้

Ref. code: 25595709032584FDR

ให้เกิดประโยชน์ในการสร้างอาหารจากโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ไปเป็นคาร์โบไฮเดรต คือ น้ำตาลหรือแป้ง รวมทั้งการปลดปล่อยออกซิเจนออกมา (สมบุญ, 2548) แสงนอกจากจะมีอิทธิพลต่อกระบวนการเจริญเติบโตของพืชโดยผ่านทางกระบวนการสังเคราะห์แสงแล้ว ยังมีอิทธิพลต่อกระบวนการพื้นฐานของการเจริญเติบโตในด้านอื่นๆ อีกด้วย เป็นผลให้มีการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และโครงสร้างของพืช (กาญจนา, 2541)

2.7.3.1 ความเข้มแสง ปริมาณความเข้มแสง (light intensity) มีอิทธิพลต่อขบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าพืชได้รับความเข้มของแสงสูงหรือต่ำเกินปริมาณความต้องการ จะมีผลทำให้พืชไม่เจริญเติบโต ถ้าความเข้มข้นแสงมากเกินจุดอิ่มตัวแสง (light saturation point) อาจทำให้ใบไหม้เกรียมได้ ในกรณีปริมาณความเข้มแสงต่ำ พืชจะมีอัตราการสังเคราะห์แสงต่ำทำให้ขบวนการผลิตอาหารเกิดได้ช้ากว่าการใช้อาหารในขบวนการหายใจ อีกทั้งพืชไม่สามารถลดอัตราการหายใจให้ต่ำลงไปด้วย ซึ่งในสภาพที่อัตราการสังเคราะห์แสงเท่ากับอัตราการหายใจ หรือจำนวนที่คาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งพืชตรึงไว้เท่ากับจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชปล่อยออกมา ที่จุดนี้การแลกเปลี่ยนก๊าซมีค่าเท่ากับศูนย์ เรียกจุดนี้ว่า carbondioxide compensation point ถ้าพืชได้รับแสงต่ำกว่าจุดนี้จะไม่เจริญเติบโตและตายในที่สุด นอกจากนี้ความเข้มแสงต่ำยังจำกัดการลำเลียงของอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงจากส่วนใบไปยังราก เป็นผลให้การเจริญเติบโตของรากพืชลดลง (สดุดี, 2527; สมบุญ, 2548) นอกจากนี้ในช่วงที่มีเมฆมากทำให้เกิดร่มเงา จะทำให้ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ถูกสร้างลดลง ผลผลิตจึงลดลง (สดุดี, 2527)

ด้วยความหลากหลายของสายพันธุ์ทำให้พืชแต่ละชนิดต้องการความเข้มแสงแตกต่างกัน พืชในสกุล *Dioscorea* มักจะพบในพื้นที่ที่มีความชื้นสูง สภาพร่มรำไร ซึ่งมีความเข้มแสงต่ำ พืชในกลุ่มนี้แต่ละชนิดก็ต้องการความเข้มแสงแตกต่างกันออกไป เช่น กลอย (*D. hispida* Dennst.) พบว่า การปลูกในสภาพกลางแจ้ง กลอยให้ผลผลิตหัวมากที่สุด เถามีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ที่สุด และจำนวนปล้องต่อเมตรมากที่สุด ในขณะที่ปลูกในสภาพป่าธรรมชาติ ร่มรำไร ให้ผลผลิตหัวน้อย สร้างเถาได้ยาวที่สุดและจำนวนปล้องต่อเมตรน้อยที่สุด (มาโนชญ์ และคณะ, 2552) แต่การปลูก *D. zingiberensis* C.H. Wright ภายใต้ความเข้มแสงต่ำ (450 μmol m^{-2} s^{-1}) มีการเจริญเติบโตได้ดี ใบมีสีเขียวไม่มีจุดด่าง เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกภายใต้ความเข้มแสงที่สูง (Li et al., 2002) นอกจากนี้ในพืชสกุลอื่นๆ ความเข้มแสงยังมีผลต่อการเจริญเติบโต เช่น การปลูกว่านสาวหลง (*Amomum biflorum* Jack) พบว่า ที่ความเข้มแสง 50% ทำให้เหง้ามีผลผลิตสูงที่สุด ส่วนความเข้มแสง 100% ให้ผลผลิตเหง้าต่ำที่สุด (พงษ์ศักดิ์ และยุทธนา, 2549)

ความเข้มแสงนอกจากจะมีผลต่อการเจริญเติบโตแล้วยังมีผลต่อการสร้างสารสำคัญ เช่น การปลูกขิง (*Z. officinale* Roscoe) ภายใต้ความเข้มแสงที่แตกต่างกัน พบว่า ที่ความเข้มแสง 310 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ทำให้มีการสังเคราะห์สาร flavonoid สูงที่สุด และยังมีการทำงาน

Ref. code: 25595709032584FDR

ของสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุดด้วย (Ghasemzadeh et al., 2010) และ Bottomley et al. (2001) ได้ปลูกถั่วลันเตา *(Pisum sativum)* ในสภาพความเข้มแสงต่ำ ความเข้มแสงสูง และไม่มีแสง พบว่า ในสภาพความเข้มแสงสูงเท่านั้นที่ทำให้มีการสร้างสาร flavonoid เพิ่มขึ้น ส่วน Hossain et al. (2009) ได้ศึกษาการปลูกขมิ้น (*C. longa* L.) ในสภาพพรางแสง พบว่า การพรางแสง 59 - 82% ความสูงต้นเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และการพรางแสง 59 - 73% มีปริมาณสาร curcumin เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พรางแสง Levine and Pare (2009) ได้ปลูก *Allium fistulosum* L. ในสภาพที่ได้รับแสงธรรมชาติและพรางแสง 50% พบว่า มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน ส่วนโหระพา (*Ocimum basilicum* L.) พบปริมาณสาร methyl eugenol สูงสุดเมื่อปลูกในสภาพพรางแสง 75% และพบสาร linalool และ eugenol สูงสุดเมื่อปลูกในสภาพที่ไม่มีการพรางแสง (Chang et al., 2008) นอกจากนี้ยังพบว่ากระชายดำ (*Kaempferia parviflora*) ที่ปลูกในสภาพพรางแสง 30% มีการเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตน้ำหนักสด และมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการพรางแสง 50% และ 100% (ศิวพร, 2546) และในหัวข้าวเย็น (*D. birmanica* Prain & Burkill) เมื่อปลูกในสภาพพรางแสง 0% 50% และ 70% พบว่า การพรางแสง 50% ให้ผลผลิตเหง้าสูงที่สุด และในเหง้าหัวลูกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคสูงสุดทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ แต่การพรางแสงหรือไม่พรางแสงเหง้าหัวลูกมีสาร DBS1 และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ปิยาภัทร์, 2556)

2.7.3.2 ช่วงแสง (light duration or photoperiod) ช่วงแสง หมายถึง ระยะเวลายาวนานของแสงในแต่ละช่วงวัน ซึ่งจะแตกต่างกันตามฤดูกาล ความยาวของช่วงแสงจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชบางชนิดเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอิทธิพลในการเปลี่ยนพืชจากระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative growth) ไปเป็นการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ (reproductive growth)

การตอบสนองของพืชต่อช่วงแสงสามารถแบ่งพืชออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

(1) พืชวันสั้น (short day plant, SD) เป็นพืชที่ต้องการความยาวช่วงแสงสั้นกว่าช่วงวันวิกฤติ (critical day length) จึงจะออกดอกได้

(2) พืชวันยาว (long day plant, LD) เป็นพืชที่ต้องการความยาวช่วงแสง ยาวกว่าช่วงวันวิกฤติ จึงจะออกดอก

(3) พืชที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง (day neutral plant) พืชพวกนี้ เมื่อได้รับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม หรือมีอายุเหมาะสม ก็จะสามารถออกดอกได้ โดยไม่เกี่ยวข้องกับช่วงแสง

Ref. code: 25595709032584FDR

อิทธิพลของวันสั้นและวันยาวมีผลต่อการสร้างหัวใหม่ของพืชในสกุล *Dioscorea* เช่น *D. rotundata* Poir. และ *D. alata* L. พบว่ามีการตอบสนองต่อช่วงแสงสั้น โดยเมื่อได้รับแสงเพียง 10 h จะส่งเสริมการสร้างและขยายขนาดของหัว (Shiwachai et al., 2002) นอกจากนี้ ช่วงแสงสั้นยังช่วยส่งเสริมการสร้างหัวของมันฝรั่ง (*Solanum tuberosum* L.) (สัมฤทธิ์, 2544) สำหรับความยาวของวันในเขตร้อนจะมีความใกล้เคียงกันในรอบหนึ่งปี แต่จะมีความแตกต่างกันประมาณ 2.50 h ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าอยู่ละติจูดไหนของโลก สำหรับประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนช่วงแสงไม่มีความแตกต่างกันในรอบหนึ่งปี ดังนั้นช่วงแสงจึงไม่มีผลต่อการสร้างหัวของพืช นอกจากนี้ พืชที่ได้รับแสงที่ยาวนานแตกต่างกันจะมีการสะสมปริมาณสารทุติยภูมิแตกต่างกัน เช่น *Artemisia drancunculus* เมื่อปลูกในสภาพวันยาวที่ให้แสง 16 h พบว่ามีปริมาณของ essential oil สูงกว่าการเพาะปลูกในสภาพวันสั้นที่ได้รับแสง 8 h (Suchorska et al., 1992) และจากรายงานของ Castro et al. (2001) ปลูก comfrey (*Symphytum officinale* L.) เมื่อให้แสง 8 12 16 และ 20 h เมื่อวิเคราะห์สาร allantoin ในเหง้า พบว่า การให้แสงยาวนาน 20 h ทำให้มีปริมาณสาร allantoin สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ

2.7.4 สภาพอากาศ สภาพอากาศโดยเฉพาะอุณหภูมิมีผลต่อกระบวนการเมทาบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืช โดยพืชแต่ละชนิดต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและพัฒนาไม่เท่ากัน แม้แต่ในพืชชนิดเดียวกันแต่ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกันก็ต้องการอุณหภูมิที่ต่างกัน (เฉลิมพล, 2542) ส่วนใหญ่อุณหภูมิกลางคืนจะมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชมากกว่าอุณหภูมิกลางวัน โดยทั่วไปอุณหภูมิกลางคืนที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชมักต่ำกว่าอุณหภูมิกลางวันประมาณ 10°C นอกจากนี้อุณหภูมิต่ำยังเป็นตัวกระตุ้นให้พืชบางชนิดที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่นสิ้นสุดการพักตัว เข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตในฤดูใบไม้ผลิได้ พืชในสกุล *Dioscorea* เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้นและเป็นพืชที่ไม่ทนแล้ง อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตประมาณ 30°C พื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1,500 m การเจริญเติบโตจะลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 20°C และสูงกว่า 35°C (Vincent and Yamaguchi, 1996) จากการศึกษาของ Mohammad et al. (2010) พบว่า การปลูกต้น chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) ในเดือนเมษายนที่อุณหภูมิเฉลี่ยค่อนข้างสูงและอยู่ในช่วงวันยาว ต้น chamomile มีความยาวต้นสูง ให้ผลผลิตดอก และคุณภาพดอกสูงกว่าและดีกว่าวันปลูกเดือนพฤษภาคม ส่วนการปลูกกระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* L.) ในเดือนพฤศจิกายนซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ พบว่า กระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* L.) สามารถพัฒนาจากระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative phase) เข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์ ได้เร็วกว่าการปลูกในเดือนสิงหาคม และกันยายนที่อุณหภูมิค่อนข้างสูงจึงส่งผลให้เกิดตาดอกและสามารถเก็บผลผลิตได้เร็วกว่าวันปลูกอื่นๆ (องอาจ และคณะ, 2548) นอกจากนี้ ยุทธนา และชรินทร์ (2529) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมกับการ

Ref. code: 25595709032584FDR

เจริญเติบโตของกวาวเครือขาว (*Pueraria candollei* Graham ex Benth.) ที่จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ในสภาพแห้งแล้ง น้ำน้อย อุณหภูมิกลางวัน 30 – 37°C ลำต้นของกวาวเครือขาวจะยืดตัว แต่ถ้าฝนตกติดต่อกันและอุณหภูมิกลางวันต่ำกว่า 30°C ขนาดของใบและก้านใบจะเพิ่มขึ้น ประสาร (2545) ได้ศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างการเจริญและพัฒนาของกวาวเครือขาว (*P. candollei* Graham ex Benth.) ระยะต่างๆ กับ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณน้ำฝน ที่อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา พบว่ามีสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดกับการเจริญและพัฒนาของใบ ความชื้นสัมพัทธ์กับการผลัดใบ และปริมาณน้ำฝนกับการแก่ของฝัก

นอกจากนี้การเจริญเติบโตของพืชหัวมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล คือมีการพักตัวในช่วงฤดูแล้ง โดยส่วนลำต้นเหนือดินจะแห้งและฟุบ แต่ต้นที่แท้จริงยังมีชีวิตอยู่ใต้ผิวดินในสภาพที่พักตัวและมีตาที่จะสามารถเจริญเป็นต้นใหม่ได้อีก เช่น บอนสี (*Caladium bicolor* Vent.) เป็นพืชหัวที่สะสมอาหารใต้ดิน (tuber) จะมีการพักตัวในฤดูหนาว โดยจะทิ้งใบหมดจนถึงฤดูฝนจึงจะเริ่มผลิใบใหม่ (อุไร, 2538) ปทุมมา (*C. alismatifolia* Gagnep) มีลำต้นใต้ดินแบบเหง้า มีการพักตัวในช่วงสั้นโดยจะเริ่มพักตัวประมาณเดือนกันยายนของทุกปี และจะงอกขึ้นมาใหม่ประมาณเดือนมีนาคม (สุรวิช, 2538) สภาพอากาศนอกจากจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชแล้วยังมีผลต่อการสร้างสารสำคัญในพืช โดยก่อให้เกิดสภาพของความเครียดขึ้นในพืช ซึ่งพืชบางชนิดอาจมีการตอบสนองต่อสภาพความเครียดเหล่านี้ทั้งการเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานวิทยา และกระบวนการเมทาบอลิซึมของสารบางชนิดภายในต้นพืช ก่อให้เกิดความแปรปรวนทางด้านชนิดและปริมาณสารทุติยภูมิ โดยระดับการตอบสนองต่อสภาพอากาศนั้นมีระดับที่แตกต่างกันไปในแต่ละพืช (Fluck et al., 1955)

2.7.5 ธาตุอาหาร ธาตุอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าหากพืชขาดธาตุอาหารหรือมีไม่เพียงพอ พืชก็จะไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ (ยงยุทธ, 2546) โดยธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อความต้องการของพืชมีอยู่ด้วยกัน 17 ชนิด สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท

(1) ธาตุอาหารมหธาตุ คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันซึ่งพืชได้รับมาจากดิน ส่วนคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนนั้น พืชสามารถได้รับจากน้ำและอากาศ

(2) ธาตุอาหารจุลธาตุ คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย แต่ก็ไม่สามารถขาดได้ ได้แก่ โบรอน คลอรีน ทองแดง เหล็ก แมงกานีส โมลิบดินัม สังกะสี และนิกเกิล

Ref. code: 25595709032584FDR

นอกจากนี้ยังมีพืชที่ต้องการธาตุอาหารเสริม ซึ่งมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชที่พืชขาดไม่ได้เช่นกัน แต่มีพืชบางชนิดเท่านั้นที่ต้องการ ได้แก่ โซเดียม วาเนเดียม และโคบอลต์ (ยงยุทธ, 2546)

เนื่องจากธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบหลักในโครงสร้างของพืช ธาตุอาหารพืชทุกธาตุจึงมีความจำเป็นเท่าเทียมกัน แม้ว่าพืชจะต้องการธาตุอาหารบางธาตุในปริมาณเพียงเล็กน้อยแต่ก็ไม่สามารถขาดได้ และการที่พืชได้รับธาตุใดธาตุหนึ่งไม่เพียงพอหรือมากเกินไป ทำให้ธาตุอาหารภายในพืชไม่สมดุลก่อให้เกิดความผลเสียต่อพืช พืชจะแสดงอาการผิดปกติออกมา จึงต้องมีการควบคุมปริมาณสัดส่วนธาตุอาหารให้มีความเหมาะสมเพียงพอต่อความต้องการพืชอยู่เสมอ โดยการรักษาปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ระดับ pH ของดิน และการใส่ปุ๋ยเคมีชดเชยการสูญเสียธาตุอาหารออกไปจากดิน เป็นต้น (สุรสิทธิ์ และคณะ, 2541; มุกดา, 2543) ในพืชสกุล *Dioscorea* จะตอบสนองต่อธาตุอาหารได้ดีเมื่อได้รับปุ๋ยในช่วงที่ลำต้นใต้ดินกำลังพัฒนาอย่างเต็มที่ โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม ซึ่งหากได้รับปุ๋ยมากจะทำให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีมากขึ้นด้วย (Vincent and Yamaguchi, 1996)

2.7.6 น้ำ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต มีความจำเป็นต่อการรักษาสภาพของสารประกอบอินทรีย์และออร์แกเนลล์ (organelle) ต่างๆ ภายในเซลล์ และมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อพืช โดยเป็นวัตถุดิบของการสังเคราะห์แสง ขณะเดียวกันก็เกิดการคายน้ำ การระเหย ซึ่งเป็นการช่วยรักษาอุณหภูมิของพืชในช่วงกลางวันไม่ให้สูงจนเป็นอันตราย (กวิศร์, 2545) น้ำมีสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ที่มีประโยชน์ต่อพืชหลายประการ เช่น การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอต้องใช้พลังงานความร้อนที่สูงมากทำให้พืชไม่ได้รับอันตรายเมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลง น้ำมีความร้อนจำเพาะสูงกว่าสารอื่นๆ ทำให้อุณหภูมิของพืชไม่เปลี่ยนแปลงโดยง่าย น้ำแตกตัวได้น้อย ทำให้น้ำเป็นตัวกลางที่ดี ในขณะเดียวกันน้ำก็เป็นตัวทำละลายที่ดี เพราะน้ำมีทั้งขั้วบวกและขั้วลบ มีแรงยึดเหนี่ยวโมเลกุลของน้ำด้วยพันธะที่สูงมาก ทำให้สามารถลำเลียงสารไปยังส่วนต่างๆ ของพืชได้อย่างต่อเนื่อง (ลิลลี่ และคณะ, 2552) ความต้องการน้ำของพืชจะมีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่ที่สำคัญคือการสูญเสียน้ำหรือการคายน้ำ (transpiration) ซึ่งการคายน้ำจะต้องมีความสมดุลกับปริมาณน้ำที่พืชได้รับ หากพืชได้รับน้ำน้อยกว่าการคายน้ำ พืชจะเหี่ยวเฉาซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำ คือ อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ ความเข้มแสงสูง ซึ่งจะทำให้พืชมีการคายน้ำมาก

พืชที่ได้รับน้ำมากเกินไป ทำให้มีอัตราการคายน้ำต่ำเนื่องจากน้ำในดินที่มีมากจะเป็นผลให้ความชื้นในอากาศรอบๆ ต้นพืชสูงขึ้น การคายน้ำของพืชจะลดลง เมื่อการดูดน้ำของรากและการคายน้ำของใบเกิดขึ้นในอัตราที่ไม่สมดุลกัน จะเกิดแรงดันในบริเวณเซลล์ meristem ซึ่งเป็นเซลล์ที่ยืดตัว ทำให้เซลล์เต่งและยืดตัวมาก ทำให้เกิดผลเสียคือ ต้นกล้าจะมีลักษณะยืดยาวและมีรอย

Ref. code: 25595709032584FDR

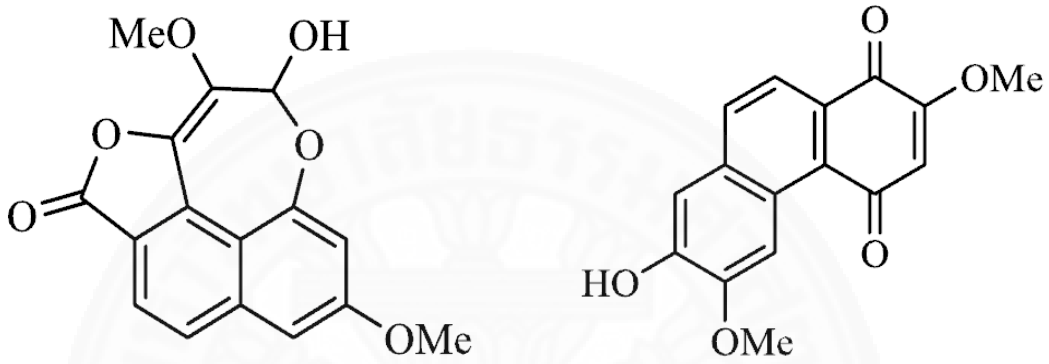
แตก เพราะเซลล์อาจขยายตัวไม่ทัน นอกจากนี้ น้ำที่มีอยู่ในดินมากเกินไป จะทำให้ช่องว่างในดินที่เป็นอากาศถูกแทนที่ด้วยน้ำ รากพืชจะขาดอากาศในการหายใจทำให้ต้นพืชตายได้ เช่นเดียวกันกับพืชหัวก็ต้องการน้ำในการงอกและการเจริญเติบโต แต่ถ้าได้รับน้ำมากเกินไปก็อาจทำให้หัวพันธุ์เน่าได้ ส่วนพืชที่ขาดน้ำหรือได้รับน้ำน้อย อัตราการคายน้ำสูงกว่าการดูดน้ำ เซลล์สูญเสียความเต่งและเหี่ยว ปากใบจะแคบลงหรือปิด การแพร่ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในใบจะต่ำ ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงต่ำ สร้างอาหารได้น้อยลง สารประกอบอื่นๆ ที่ต้องการคาร์โบไฮเดรตจากการสังเคราะห์แสงเป็นวัตถุดิบจะสร้างได้น้อยลง ทำให้การเจริญเติบโตเป็นไปอย่างช้าๆ (สังคม, 2545) พืชในสกุล *Dioscorea* ต้องการน้ำในการเจริญเติบโต ซึ่งหากปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 600 mm อาจทำให้ผลผลิตจะลดลง และจะส่งผลกระทบมากขึ้นหากพืชเกิดความเครียดจากการขาดน้ำในระหว่างที่มีการพัฒนาของลำต้นใต้ดิน (Vincent and Yamaguchi, 1996)

2.8 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและสารทุติยภูมิ

ข้าวเย็นใต้ *(D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) เป็นพืชที่แพทย์แผนโบราณนิยมใช้ร่วมกับสมุนไพรชนิดอื่นๆ ในการรักษาโรคต้านการอักเสบ เช่น โรคข้ออักเสบ น้ำเหลืองเสีย โรคผิวหนัง กามโรค โรคเรื้อน และ โรคมะเร็ง (Boonyaratanakornkit and Chantarateptawam, 1993) สารสำคัญที่สามารถแยกได้จากข้าวเย็นใต้ *(D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) มี 2 ชนิด คือ Dioscorealide B (DB) และ Dioscoreanone (Itharat, 2003) (ภาพที่ 2.3) สาร DB มีคุณสมบัติเป็น antiproliferative agent มีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งสูงและไม่มีผลต่อเซลล์ปกติ มีงานวิจัยมากมายได้ศึกษาผลของสาร DB ที่แยกได้จากข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) พบว่า สารสกัดมีด้วยเอทานอลและน้ำจากเหง้ามีฤทธิ์ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งหลายชนิด เช่น เซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7) (อรุณพร และคณะ, 2552; อรุณพร และคณะ, 2546) เซลล์มะเร็งลำไส้ (LS-174T) (อรุณพร และคณะ, 2546; Itharat et al., 2004) เซลล์มะเร็งปอด (COR L-23) (Itharat, 2003; Saetung et al., 2005) และ Jaiaree et al. (2013) พบว่าสารสกัดด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็งลำไส้ 2 ชนิด คือ LS-174T และ SW480 และมีความเป็นพิษต่อเซลล์ปกติน้อย Saekoo et al. (2010) เมื่อแยกสาร DB ที่สกัดด้วยเอทานอลและนำไปศึกษาฤทธิ์ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งเต้านม 2 ชนิด (MCF-7 และ MDA-MB 468) พบว่าสาร DB ที่แยกได้มีประสิทธิภาพสูงต่อความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งเต้านมทั้ง 2 ชนิด นอกจากนี้ Ruangnoo and Itharat (2010) ศึกษาฤทธิ์ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในหัวข้าวเย็น 2 ชนิดคือ *D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill และ *S. corbularia* พบว่า *D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill ที่สกัดด้วยเอทานอลมีฤทธิ์

Ref. code: 25595709032584FDR

ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งปอด (A549 และ COR L-23) สูง ส่วนการสกัดด้วยน้ำ และ *S. corbularia* ที่สกัดด้วยเอทานอลและน้ำ ไม่พบความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งทุกชนิด แต่ *S. corbularia* ที่สกัดด้วยเอทานอลและน้ำ พบว่ามีกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ มีค่า EC_{50} 6.40+0.40 และ 4.20+0.12 μg/ml ตามลำดับ ซึ่งมีสารต้านอนุมูลอิสระดีกว่า *D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill ที่สกัดด้วยเอทานอล เมื่อวัดด้วยวิธี DPPH ซึ่งมีค่า EC_{50} 10.34+1.4 μg/ml



Dioscorealide B Dioscoreanone

ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของ Dioscorealide B และ Dioscoreanone ที่แยกได้จากสารสกัดชั้นเอทานอลของข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)
ที่มา: Jaiaree et al. (2013)

2.9 สารกระตุ้น

สารกระตุ้น (elicitors) หมายถึง สารเคมี สารชีวภาพ หรือสารอชีวภาพที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัญฐานวิทยาหรือสรีรวิทยาภายในพืช เช่น การผลิตเซลลูโลสเพื่อเพิ่มความหนาของผนังเซลล์ การสะสมแคลโลส (callose) บริเวณผนังเซลล์ด้านในของพืช การเกิดรอยไหม้สีน้ำตาลหรือการตายอย่างรวดเร็ว (hypersensitive cell death) การสะสมสารต้านอนุมูลอิสระ การสังเคราะห์ pathogenesis-related proteins (PRs) หรือการสร้างสารทุติยภูมิต่างๆ เป็นต้น ซึ่งสารกระตุ้นจะทำหน้าที่กระตุ้นวิถีต่างๆ ของระบบป้องกันตนเองภายในพืช จากนั้นจะมีการส่งสัญญาณให้พืชมีความต้านทานและสร้างสารต้านอนุมูลอิสระภายในพืชเพิ่มขึ้น ทั้งนี้พืชไม่เพียงแต่ตอบสนองต่อสารกระตุ้นเพื่อป้องกันตัวเองจากการถูกกระตุ้น แต่อาจจะมีการตอบสนองเพื่อการ

Ref. code: 25595709032584FDR

ปรับตัวเองให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของพืชด้วย สารกระตุ้นสามารถจำแนกออกเป็น 2 ชนิด (วราภรณ์, 2551; Zhao et al., 2005) ดังนี้

2.9.1 สารกระตุ้นชีวภาพ (biotic elicitors) หมายถึง สารกระตุ้นที่ได้จากสิ่งมีชีวิต โดยได้ลดความซับซ้อนของโมเลกุลลง เช่น เชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส สารสกัดจากยีสต์ (yeast extract) ไคโตซาน เป็นต้น และสารสกัดที่ได้จากพืช เช่น methyl jasmonate (MeJA), ascorbic acid (vitamin C), FA (folic acid, vitamin B9) เป็นต้น

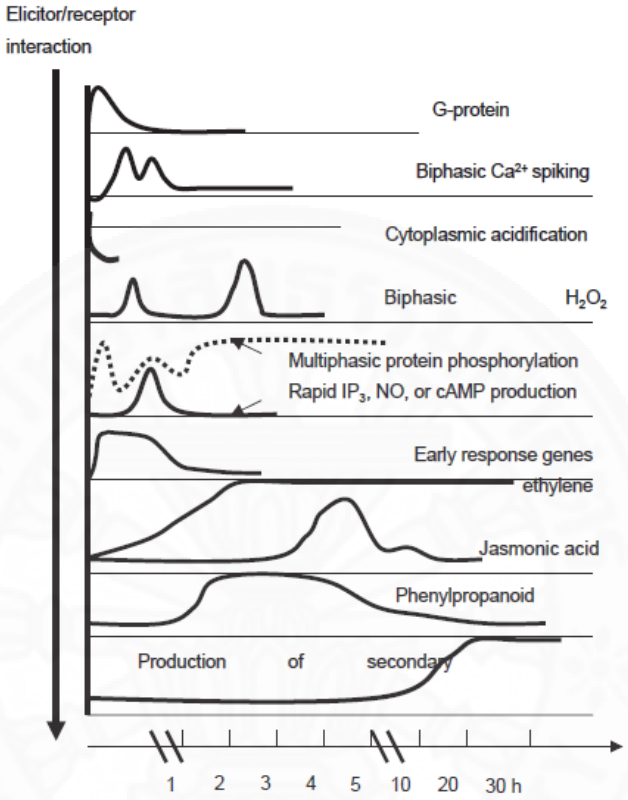
2.9.2 สารกระตุ้นอชีวภาพ (abiotic elicitors) หมายถึง สารกระตุ้นที่ได้จากสิ่งที่ไม่มีชีวิต ซึ่งสารกระตุ้นประเภทนี้จะเป็นสารเคมีสังเคราะห์ เช่น triadimefon, paclobutrazol และ haxaconazole เป็นต้น หรือการได้รับสภาพเครียด (stress) จากภายนอก เช่น อุณหภูมิ ไอออนของโลหะหนัก แสงยูวี เป็นต้น

2.10 กลไกการตอบสนองของพืชต่อสารกระตุ้น

ในเซลล์พืชโดยทั่วไปมีความสามารถป้องกันและตอบสนองต่อเชื้อโรคและสิ่งแวดล้อมเมื่ออยู่ในสภาพเครียด (stress) ทั้งนี้การตอบสนองของพืชโดยทั่วไปจะถูกกำหนดโดยพันธุกรรมและระยะการเจริญเติบโตของพืช สารกระตุ้นหลายชนิดมีคุณสมบัติเป็น avirulence determinants ต่อพันธุกรรมของพืช ในการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันพืช เมื่อพืชถูกรบกวนจะถูกควบคุมโดยยีน resistance genes (R genes) ซึ่งการจับ avirulence gene (Avr gene) ที่มีในสารกระตุ้น โดยสารกระตุ้นจะถูกตัวรับ (receptors) หรือ R proteins ที่มีอยู่บริเวณพลาสมาเมมเบรนจดจำสิ่งรบกวนนั้นได้ก่อน หลังจากนั้นจะมีการส่งสัญญาณไปยังเนื้อเยื่อส่วนอื่นๆ ทำให้เกิดการกระตุ้น ตัวแสดงผลคือ G proteins ซึ่งจะมีการส่งสัญญาณและถ่ายทอดสัญญาณเพื่อให้เกิดกระบวนการในการตอบสนองอื่น ๆ ต่อสิ่งรบกวนเป็นลำดับขั้นตอน โดยหลังจากมีการรับสัญญาณการกระตุ้นโดยตัวรับแล้ว จะเกิดกระบวนการ phosphorylation และ dephosphorylation ของโปรตีนที่บริเวณพลาสมาเมมเบรน นอกจากนี้ ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงของ cytosolic proteins เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับแคลเซียม (Ca^{2+}) เกิด cytoplasmic acidificaction มีการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวกับการต้านการรุกรานในระยะแรก มีการสร้าง ethylene และ jasmonic acid (ภาพที่ 2.4) ซึ่งการเกิดกระบวนการถ่ายทอดสัญญาณต่างๆ จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง phosphorylation ของ mitogen-activated protein kinases (MAPKs) สัญญาณที่เกิดผ่าน MARKs สามารถทำให้พืชเกิดการตอบสนอง โดยทำให้เกิดกระบวนการถอดรหัสยีนของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในวิถีชีวสังเคราะห์การ

Ref. code: 25595709032584FDR

สร้างสารทุติยภูมิ และมีผลทำให้เกิดการสร้างสารทุติยภูมิเพิ่มขึ้นได้ (วราภรณ์, 2551; Zhao et al., 2005; Vasconsuelo and Boland, 2007)



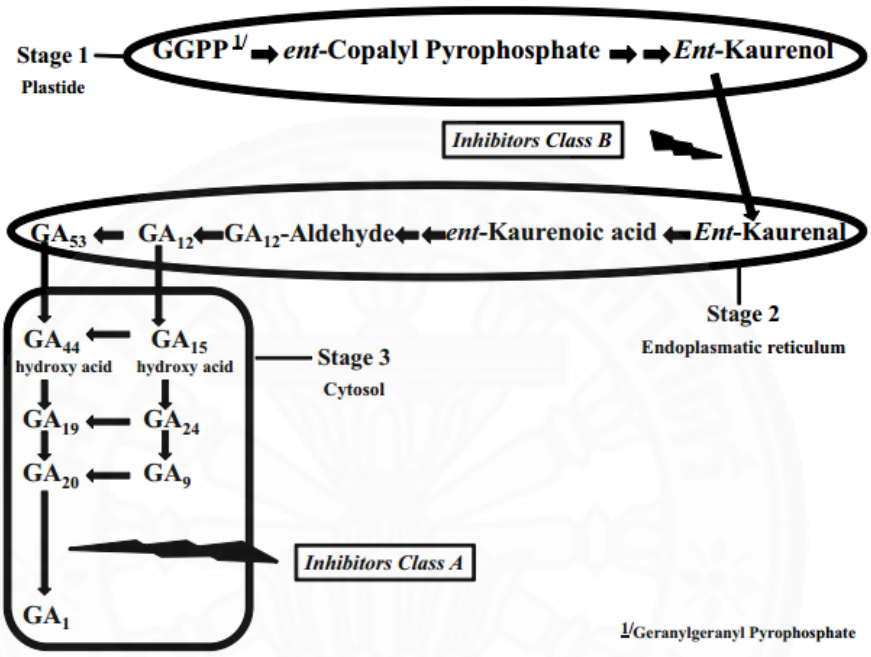
ภาพที่ 2.4 ลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากการตอบสนองของพืชเมื่อได้รับตัวกระตุ้น
ที่มา : Zhao et al. (2005)

2.11 สารประกอบ triazole

ปัจจุบันมีการใช้สารกระตุ้นหลายชนิดในการผลิตพืช เพื่อกระตุ้นให้พืชสร้าง และสะสมสารต้านอนุมูลอิสระและสารทุติยภูมิเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสารกระตุ้นที่ใช้มีหลายชนิด เช่น SA (Khan et al., 2009; Khandaker et al., 2011; Sun et al., 2012) Jasmonic acid (Sun et al., 2012) triadimefon (Nair et al., 2012) paclobutrazol (Jaleel et al., 2007b) abscisic acid และ gibberellic acid (Anuradha et al., 2010) เป็นต้น กลุ่มของสารประกอบ triazole มีคุณสมบัติหลักคือ ยับยั้งการสร้างหรือการทำงานของจิบเบอเรลลินชั่วคราว (พีรเดช, 2537; สมบุญ, 2544; Cummings et al., 2002) โดยเป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตใน class B (ภาพที่ 2.5) ไปยับยั้งการ

Ref. code: 25595709032584FDR

ทำงานของ cytochrome P450 ซึ่งเป็น coenzyme ในการทำงานของเอนไซม์ oxygenase ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกระบวนการ oxidation จาก kaurene ไปเป็นกรด kaurenoic ทำให้กระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลินในพืชถูกยับยั้ง ปริมาณจิบเบอเรลลินในพืชจึงลดลง (ภาพที่ 2.5) (หิรัญ และคณะ, 2534; Fletcher et al., 2000, March et al., 2013)



ภาพที่ 2.5 การทำงานของสารยับยั้งการเจริญเติบโตต่อกระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน
ที่มา: March et al. (2013)

สารประกอบ triazole สามารถทำให้พืชเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีววิทยาได้ เช่น ยับยั้งการแบ่งเซลล์ และการยืดยาวของเซลล์ ทำให้การเจริญเติบโตของต้นลดลง (Cummings et al., 1997) และทำให้กิ่งไม่ยืดตัวออกในบริเวณใต้ใบยอด แต่ไม่ส่งผลกับปลายยอดโดยตรง ดังนั้นจึงไม่มีผลต่อใบซึ่งมีจุดกำเนิดที่ปลายยอด จำนวนใบจึงยังคงไม่เปลี่ยนแปลง (Sterett, 1985) กระตุ้นให้รากเจริญเติบโต ทำให้ใบหนาขึ้น (Kamountsis and Chronopoulon-Sereli, 1999; Berova and Zlatev, 2000; Sridharan and Raja, 2015) เพิ่มการสังเคราะห์ abscisic acid (ABA) และ cytokinin ในพืชได้ (Rademacher, 2000; Li et al., 2008) เพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสง โดยเพิ่มปริมาณของคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี รักษาสมดุลของน้ำในใบ และกระตุ้นกิจกรรมของ phosphoenolpyruvate carboxylate (Tekalign and Hammes, 2004; Li and Yang, 2004; Gopi et al., 2007; Mobli and Baninasab, 2008) นอกจากนี้พบว่า

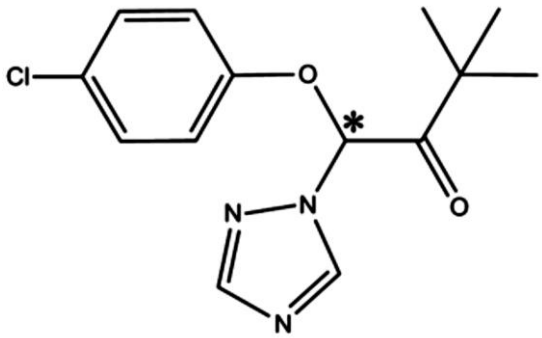
Ref. code: 25595709032584FDR

สารประกอบในกลุ่มของ triazole สามารถทำให้พืชทนทานต่อสภาวะเครียดได้ เนื่องจากไปเพิ่มกลไกในการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ โดยไปกระตุ้นการทำงานของ superoxide dismutase และ peroxidase ซึ่งทำให้กระบวนการ lipid peroxidation และการเสื่อมของผนังเซลล์ลดลง (Zeng et al., 1994; Leul and Zhou, 1999)

สำหรับการใช้สารประกอบ Triazole สามารถใช้ได้ทั้งแบบราดลงในดิน หรือฉีดพ่นทางใบ สารเหล่านี้สามารถเคลื่อนย้ายได้ดีผ่านทางท่อลำเลียงน้ำ ดังนั้น วิธีการที่เหมาะสมในการใช้สารประกอบเหล่านี้ คือการราดสารลงดิน เนื่องจากสารสามารถดูดซึมผ่านทางรากได้ดีและเร็วกว่าการให้สารทางใบ (พีรเดช, 2537) การราดสารลงดินสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชในทุกส่วนได้นานกว่าและใช้ในอัตราที่ต่ำกว่าการพ่นสารทางใบ เนื่องจากเมื่อสารเคลื่อนย้ายเข้าสู่ใบพืชทางปากใบแล้ว สารบางส่วนจะเคลื่อนที่เข้าสู่ท่ออาหาร ทำให้สารไม่สามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดที่จะแสดงผลตอบสนองต่อสารได้อย่างทั่วถึง (Willium and Edgerton, 1983) ซึ่งการราดสารลงในดินเป็นวิธีที่นิยมสำหรับใช้ในการปลูกพืชหัวหลายชนิด เช่น ในมันสำปะหลัง (*M. esculenta* Crantz) (Gomathinayagam et al., 2007), radish (*Raphanus sativus* L.) (Sridharan and Raja, 2015) และ *D. rotundata* Poir. (Jaleel et al., 2008) เป็นต้น

สารประกอบ triazole เป็นสารกระตุ้นที่มีคุณสมบัติเป็นสารกำจัดเชื้อราและสารเร่งการเจริญเติบโตที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย (Kishorekumar et al., 2006) สารที่อยู่ในกลุ่มของสารประกอบ Triazole มีหลายชนิด ซึ่งในการทดลองนี้ได้ศึกษาชนิดของ triazole ดังนี้

2.11.1 Triadimefon (TDM) มีชื่อทางเคมีว่า 1-(4-chloro-phenoxy)-3,3-dimethyl-1-(1,2,4)-triazol-1-yl-butan-2-one มีสูตรทางเคมี $C_{14}H_{16}ClN_3O_2$ มีชื่อทางการค้าว่า Bayleton 25% WP ผลิตภัณฑ์อยู่ในรูปผง (Edward, 2006) และมีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.6

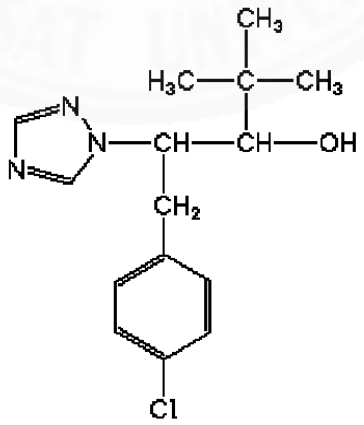


ภาพที่ 2.6 โครงสร้างทางเคมีของสาร triadimefon (TDM)
ที่มา: Luo et al. (2013)

Ref. code: 25595709032584FDR

สาร TDM ออกฤทธิ์แบบป้องกันรักษาโรค สามารถดูดซึมทางรากและใบ และเคลื่อนไปยังเนื้อเยื่อเจริญหรือเนื้อเยื่ออ่อนของพืช แต่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายไปยังส่วนเนื้อเยื่อส่วนแข็งหรือเนื้อไม้ได้ ใช้ควบคุมโรคราน้ำค้างในพืชหลายชนิด ออกฤทธิ์รบกวนการสร้างสาร steroid ของเชื้อรา เมื่อให้สาร TDM แก่พืชทางใบ พบว่า TDM จะเปลี่ยนรูปเป็น triadimenol โดยวิถีการสังเคราะห์ทางเคมีในการเปลี่ยนของสาร เกี่ยวข้องโดยตรงกับ conjugation reaction ของสารประกอบตั้งต้น (parent compound) และมีการ partial oxidation ของ tertiary butyl group ของสารตั้งต้น ผลผลิต M10 จากปฏิกิริยา oxidation จะกลายเป็น subsequently conjugated ด้วยเช่นกัน ซึ่งการแตกตัวอย่างสมบูรณ์ของ TDM และ triadimenol ทำให้เกิดการเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีเป็น 4-chlorophenol และ 1,2,4-triazole และเมื่อให้สาร TDM ทางดินจะพบในโครงสร้างทั้งสองนี้เท่านั้น ซึ่ง 1,2,4-triazole ในดินจะถูกพืชดูดเข้าไปทางรากและเกิดปฏิกิริยากับเอนไซม์โดยเปลี่ยน serine เป็น triazole alanine การเปลี่ยนแปลงของ triazole hydroxyl propanic acid และ triazole acetic acid มีการเกิดขึ้นด้วยเช่นกัน ส่วนโมเลกุลอื่นๆก็มีการทำงานด้วย 4-chlorophenol มีการเปลี่ยนแปลงในพืช โดยเปลี่ยนเป็น 4-chlorophenyl-glucoside (Gopi et al., 1999; Edward, 2006; Gomathinayagam et al., 2007)

2.11.2 Paclobutrazol (PBZ) มีชื่อทางเคมีว่า (2RS, 3RS)-1-1(4-chlorophenyl)-4, 4-dimethyl-2-(1H-1, 2, 4- triazol-1-yl) pentan-3-0-ol (หิรัญ และคณะ, 2534; สมบุญ, 2544) มีชื่อทางการค้าว่า แพคโคลบิวทราโซล และพาโคลเมท เป็นต้น ผลิตภัณฑ์อยู่ในรูปสารแขวนลอยเข้มข้น และผงละลายน้ำ (พีรเดช, 2537) มีสูตรทางเคมี $C_{15}H_{20}ClN_3O$ และมีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.7

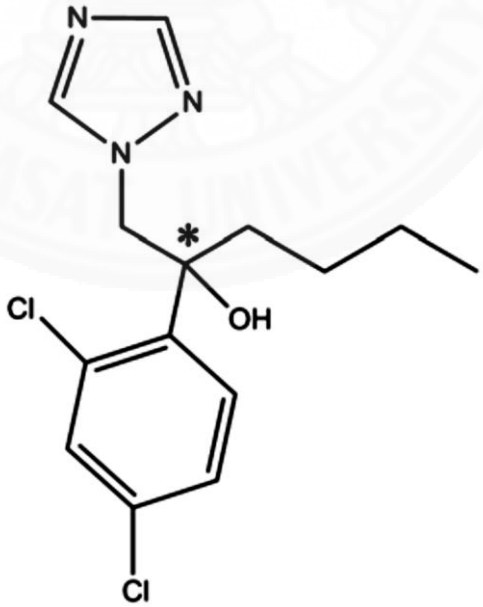


ภาพที่ 2.7 โครงสร้างทางเคมีของสาร paclobutrazol (PBZ)
ที่มา: Costa et al. (2009)

Ref. code: 25595709032584FDR

สาร PBZ จัดเป็นสารชะลอการเจริญเติบโตที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น โดยยับยั้งการยืดยาวของเซลล์และลดการขยายตัวของข้อ และยังยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลินที่กระตุ้นให้เซลล์มีการยืดยาว เมื่อการสังเคราะห์ถูกยับยั้ง การเพิ่มจำนวนเซลล์ยังเพิ่มขึ้นแต่ว่าเซลล์ที่เกิดใหม่ไม่ยาวขึ้น จึงทำให้ต้นมีจำนวนใบเท่าเดิมแต่ความยาวข้อจะสั้นลง เมื่อให้ PBZ พืชจะผลิตฮอร์โมน ABA เพิ่มขึ้น รวมทั้งเพิ่มสารที่เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งมีประโยชน์ต่อพืชทั้งการเจริญเติบโตและความแข็งแรง นอกจากนี้ PBZ ยังชักนำให้ปากใบเล็กลง ใบหนาขึ้น จำนวนและขนาดของพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของรากเพิ่มขึ้น และเพิ่มความทนทานต่อความเครียดจากสิ่งแวดล้อมและเพิ่มความต้านทานโรคพืชได้ (Chaney, 2003) นอกจากนี้ สาร PBZ ยังมีผลทำให้ลำต้นและใบเล็กลง ข้อและปล้องสั้น ใบมีสีเขียวเข้ม คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ (carotenoid) เพิ่มมากขึ้น ทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และการที่ใบหนาขึ้นและมีสีเขียวเข้มขึ้น เนื่องจากสารแพคโคลบิวทราโซลมีผลทำให้พืชสร้างเนื้อเยื่อชั้น palisade cell เพิ่มขึ้น ช่องว่างระหว่างเซลล์น้อยลงเซลล์เรียงตัวกันแน่นขึ้น (นาถฤดี, 2533; Frederick et al., 2002)

2.11.3 Hexaconazole (HEX) มีชื่อทางเคมีว่า (RS)-2-(2,4-dichlorophenyl)-1-(1*H*-1,2,4-triazol-1-yl)hexan-2-ol มีสูตรทางเคมี $C_{14}H_{17}Cl_2N_3O$ มีชื่อทางการค้าว่า แอนวิล (Anvil) (อนุสรณ์ และคณะ, 2558) ผลิตภัณฑ์อยู่ในรูปของเหลว มีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างของสาร hexaconazole (HEX)

ที่มา: Luo et al. (2013)

Ref. code: 25595709032584FDR

สาร HEX เป็นสารกำจัดเชื้อราที่ยับยั้งการสังเคราะห์ steroid dimethylation ส่งผลต่อกระบวนการสร้าง ergosterol ซึ่ง HEX ใช้เป็นสารควบคุม pathogens หลายชนิด โดยเฉพาะ *Ascomycetes* และ *Basidiomycetes* (Marrs and Ballantyne, 2004) ซึ่ง HEX ยังเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโต โดยเมื่อพืชได้รับสารจะทำให้ความสูงของต้นลดลง กระตุ้นให้รากมีการเจริญเติบโตมากขึ้น และสามารถทนต่อสภาวะเครียดที่เกิดจากการขาดน้ำ หรือความเค็มได้ และยังกระตุ้นกลไกในการป้องกันตัวของพืช และส่งเสริมให้พืชสร้างสารทุติยภูมิเพิ่มขึ้นด้วย (Hojati et al., 2011; Akbari et al., 2013) มีรายงานวิจัยที่ใช้สารเหล่านี้เพื่อพัฒนาคุณภาพและเพิ่มผลผลิตของหัว เช่น จากการศึกษาผลกระทบของ PBZ ในหัวปทุมมา (*C. alismatifolia* cv. Chiang Mai Pink) ภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำ เมื่อเพาะต้นสูง 10 - 15 cm และให้สาร PBZ ความเข้มข้น 1,500 ppm ในต้นพร้อมการปลูก หลังจากราดสารไปแล้ว 2 สัปดาห์ ทำการเก็บเกี่ยวหัวทุกๆ 10 วัน พบว่า การให้สาร PBZ สามารถลดความสูงของต้นได้ เพิ่มการสะสม proline ในใบ และน้ำหนักแห้งของพืชเพิ่มขึ้น รวมทั้งลดการสะสม malondialdehyde ในใบได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การให้สาร PBZ สามารถทำให้พืชมีความต้านทานในสภาพขาดน้ำได้ (Jungklang and Saengnil, 2012) ส่วนในมันสำปะหลัง (*M. esculenta* Crantz) เมื่อราดสาร TDM และ HEX ความเข้มข้น 20 และ 15 ppm ในดิน ที่อายุ 25 45 65 และ 100 วันหลังปลูก เก็บเกี่ยวเมื่อต้นมีอายุ 40 80 120 160 200 และ 240 วันหลังปลูก พบว่า สาร TDM และ HEX ไปยับยั้งการเจริญเติบโตของลำต้น และความยาวข้อ รวมถึงการขยายของใบด้วย แต่เพิ่มการเจริญเติบโตของราก โดยทำให้รากมีขนาดสั้นแต่มีเส้นรอบวงของรากเพิ่มมากขึ้น มีน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งรากเพิ่มขึ้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับสาร รวมทั้งเพิ่มการสร้างแป้ง และสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่ช่วยในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตในรากได้ เช่น starch phosphorylase acid invertase และ sucrose synthase (Gomathinayagam et al., 2007) หรือ ใน Chinese potato (*Solemostemon rotundifolius*) พบว่า การใช้สาร TDM 15 mg/l และ HEX 10 mg/l ทำให้ปริมาณสารทุติยภูมิใน tuber เพิ่มขึ้น (Kishorekumar et al., 2006) Sridharan et al. (2009) ได้ศึกษาผลของการให้สารประกอบ TDM และ HEX ใน radish (*R. sativus* L.) ที่ความเข้มข้น 10 และ 5 ppm ตามลำดับ เมื่อต้นมีอายุ 8 23 38 และ 53 วันหลังปลูก เก็บเกี่ยวเมื่อต้นมีอายุ 30 และ 60 วันหลังปลูก พบว่า สารประกอบ triazole สามารถเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ใช่เอนไซม์ เช่น ascorbic acid, reduced glutathione และ –tocopherol ได้ นอกจากนี้ ใน *D. rotundata* Poir. เมื่อราดด้วยสารประกอบ TDM (15 ppm) และ HEX (10 ppm) เมื่อต้นมีอายุ 40 55 70 และ 85 วันหลังปลูก พบว่า ทำให้หัวมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีการสังเคราะห์แป้งภายในหัวมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Jaleel et al., 2007a)

Ref. code: 25595709032584FDR

2.12 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้สารกระตุ้น

การใช้สารกระตุ้นเพื่อให้พืชสร้างสารต้านอนุมูลอิสระหรือมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นนั้นมีปัจจัยหลายประการที่เป็นตัวกำหนด ดังนี้

2.12.1 ชนิดของสารกระตุ้น การตอบสนองของพืชต่อสารกระตุ้นในการสร้างหรือสะสมสารทุติยภูมิมีความจำเพาะเจาะจงต่อชนิดของสารกระตุ้นที่ใช้ เนื่องจากกลไกการเหนี่ยวนำของสารอาจมีความแตกต่างกันตามชนิดของสารกระตุ้น กล่าวคือพืชชนิดเดียวกันหรือต่างสายพันธุ์กันอาจจะตอบสนองต่อสารกระตุ้นชนิดเดียวกันหรือต่างชนิด (วราภรณ์, 2551) เช่น Gopi et al. (2007) ศึกษาผลของการราดสาร HEX และ PBZ ที่ความเข้มข้น 20 mg/plant ในแครอท (*D. carota* L.) พบว่า PBZ ส่งผลให้ anthocyanin โปรตีน กรดอะมิโน proline แป้ง และน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วน HEX ทำให้ carotenoid น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และชีวมวลของหัวเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ ทั้ง PBZ และ HEX ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี เพิ่มขึ้นมากกว่าในต้นที่ไม่ได้ให้สาร และยังเพิ่มกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ascorbate peroxidase และ reduced glutathione ส่วนในมันสำปะหลัง (*M. esculenta* Crantz) เมื่อให้ TDM และ HEX ที่ความเข้มข้น 20 และ 15 ppm พบว่า การได้รับสารไปยับยั้งการเจริญเติบโตของลำต้น และความยาวข้อ รวมถึงการขยายขนาดของใบ แต่เพิ่มการเจริญเติบโตของราก ซึ่งมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งรากเพิ่มขึ้นมากกว่าในสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับสาร รวมทั้งเพิ่มการสร้างแป้ง และสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่ช่วยในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตในรากได้ เช่น starch phosphorylase, acid invertase และ sucrose synthase (Gomathinayagam et al., 2007) เป็นต้น

2.12.2 ความเข้มข้นของสารกระตุ้น ความเข้มข้นของสารกระตุ้นเป็นปัจจัยสำคัญต่อการสร้างและการสะสมสารทุติยภูมิในพืช การตอบสนองจะมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของพืช ความเข้มข้นของสารกระตุ้นที่มีผลให้เกิดการตอบสนองในพืชชนิดหนึ่งแต่เมื่อนำไปใช้กับพืชชนิดหรือสายพันธุ์อื่นอาจจะไม่เกิดการตอบสนอง (วราภรณ์, 2551; Zhao et al., 2005) อีกทั้งพืชยังตอบสนองแตกต่างกันเมื่อได้รับสารกระตุ้นชนิดเดียวกันแต่ต่างความเข้มข้นกัน เช่น อัญรินทร์ (2556) รายงานว่า การราดสาร PBZ ลงวัสดุปลูกเมื่อต้นแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) อายุ 1 เดือน ทุกระดับความเข้มข้นของ PBZ คือ 0 50 100 และ 200 ppm ไม่ส่งผลต่อการลดความสูงพืช นอกจากนี้ มีการศึกษาการใช้สาร PBZ ต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของชวนชม (*Adenium obesum)* โดยราดสารที่ความเข้มข้น 0 250 500 750 1000 1250 และ 1500 mg/plant พบว่า ต้นที่ได้รับสาร PBZ มีขนาดและอัตราการเพิ่มของเส้นรอบวงที่โคนต้นมาก

Ref. code: 25595709032584FDR

ที่สุด โดยขนาดและอัตราการเพิ่มของเส้นรอบวงที่โคนต้นจะลดลงตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มมากขึ้น สำหรับจำนวนและอัตราการเพิ่มขึ้นของกิ่งแขนงที่อยู่เหนือโคนต้น พบว่า ต้นที่ไม่ได้ราดสาร PBZ มีอัตราการเพิ่มน้อยที่สุด ในขณะที่จำนวนและอัตราการเพิ่มขึ้นของกิ่งแขนงมีการเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้น (ใจศิลป์, 2542)

2.12.3 ระยะการเจริญเติบโตของพืช การตอบสนองของพืชต่อสารกระตุ้นมีความสัมพันธ์กับระยะการพัฒนาของพืช เซลล์พืชสามารถตอบสนองต่อสารกระตุ้นได้ตลอดเวลาที่มีการสัมผัสกัน แต่ระยะเวลาจะทำให้พืชมีการสังเคราะห์สารทุติยภูมิออกมามากที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการสังเคราะห์สารสำคัญนั้นๆ เช่น การราดสาร PBZ ที่ความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 0 100 200 300 และ 400 mg/l โดยราดในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน 3 ระยะคือ พร้อมการตัดยอด ก่อนตัดยอด และหลังการตัดยอด 15 วัน ในชวนชมพันธุ์ฮอลแลนด์-มิสไทยแลนด์ (*A. obesum* cv. Holland desert rose) พบว่าระดับความเข้มข้นของ PBZ ที่เพิ่มขึ้นทั้ง 3 ระยะของการราดสาร ส่งผลให้การเจริญเติบโตของใบและปล้องลดลง โดยที่ความเข้มข้น 300 ถึง 400 mg/l มีผลต่อการชะลอการเจริญเติบโตมากที่สุด ในขณะที่การราดสารที่ความเข้มข้น 200 ถึง 300 mg/l ก่อนการตัดยอด 15 วันสามารถเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบได้สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (นิติพัฒน์, 2557)

2.12.4 การให้สารกระตุ้นก่อนการเก็บเกี่ยว พืชโดยทั่วไปจะตอบสนองต่อสารกระตุ้นโดยสร้างสารต้านอนุมูลอิสระในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ หลังจากได้รับการกระตุ้น (Kim et al., 2007) ระยะเวลาที่เหมาะสมในการให้สารกระตุ้นก่อนการเก็บเกี่ยว จะส่งเสริมให้พืชสามารถสร้างสารต้านอนุมูลอิสระได้เพิ่มขึ้น ทั้งนี้จะขึ้นกับชนิดและพันธุกรรมพืช นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ ยังแตกต่างกันออกไปเมื่อให้สารกระตุ้นก่อนเก็บเกี่ยวในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน เช่น การพ่นสาร fusilade super ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชแก่ข้าวฟ่างหวาน (*Sorghum bicolor* L.) สองสายพันธุ์ (Rio และ KKU 40) ที่ 1 2 3 4 และ 5 สัปดาห์ก่อนการเก็บเกี่ยว พบว่า การพ่นสาร fusilade super ที่ช่วงเวลา 1 สัปดาห์ก่อนการเก็บเกี่ยวทำให้มีค่าความหวานสูงที่สุด ในขณะที่การพ่นที่ 5 สัปดาห์ก่อนการเก็บเกี่ยวทำให้ความหวานมีค่าต่ำที่สุด (พิพัฒน์ และคณะ, 2557) หรือ จากการศึกษาของ Puthusseri et al. (2013) เมื่อพ่น SA ความเข้มข้น 0.25 mM อายุ 1 วันก่อนเก็บเกี่ยวในผักชี (*Coriandrum sativum* L.) พบว่าปริมาณของสาร folate มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตอายุ 51 วันหลังหยอดเมล็ด

2.12.5 จำนวนครั้งหรือระยะเวลาในการให้สาร การให้สารกระตุ้นจากภายนอกให้กับพืชปลูก นอกจากจะต้องคำนึงถึงชนิด สายพันธุ์พืช และระยะการเจริญเติบโตของพืชปลูกแล้ว สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการสร้างสารทุติยภูมิในพืชให้เพิ่มขึ้นคือ จำนวนครั้งหรือระยะเวลาในการให้สาร เช่น การพ่น SA ความเข้มข้น 0.5 mM จำนวน 3 ครั้งในมะเขือเทศ

Ref. code: 25595709032584FDR

(*S. lycopersicum* L.) อายุ 45 65 และ 85 วันหลังย้ายปลูก พบว่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโต และเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และปริมาณวิตามินซีทั้งหมดในผลได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Kazemi, 2014) กิตติศักดิ์ และคณะ (2560) พบว่า เมื่อแช่หัวแก่นตะวัน (*H. tuberosus* L.) ด้วย PBZ ที่ความเข้มข้น 200 ppm เป็นระยะเวลา 0 1 2 และ 3 ชั่วโมงก่อนปลูก ทำให้ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนข้อปล้อง และความยาวข้อปล้องลดลงตามระยะเวลาในการแช่สาร PBZ ที่เพิ่มมากขึ้น และการแช่สาร PBZ เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมงก่อนปลูกทำให้มีน้ำหนักแห้งของเหง้าหัวใหม่เพิ่มสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ประพันธ์ (2544) พบว่า เมื่อพ่นสาร PBZ จำนวน 2 3 4 และ 5 ครั้ง ที่ความเข้มข้น 0 25 และ 50 ppm ให้แก่แพงพวย (*Catharanthus roseus* L. G.Don cv. Raspberry red cooler) พบว่า การพ่นสาร PBZ ที่ความเข้มข้น 50 ppm จำนวน 5 ครั้งทำให้ต้นแพงพวยมีความสูงน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีผลต่อความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างใบ ความยาวใบ จำนวนดอกต่อต้น และขนาดของดอก

2.12.6 วิธีการให้สารกระตุ้น สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการเคลื่อนย้ายภายในพืชแตกต่างกัน บางชนิดไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านท่อลำเลียงน้ำหรือท่อลำเลียงอาหารได้ หรือบางชนิดใบหรือรากพืชอาจมีความสามารถในดูดซึมสารกระตุ้นเหล่านั้นเข้าสู่ต้นพืชได้แตกต่างกัน เช่น สารประกอบ Triazole สามารถเคลื่อนย้ายได้ดีโดยผ่านทางท่อลำเลียงน้ำ แต่ไม่เคลื่อนที่ทางท่ออาหาร (พีรเดช, 2537) หัตถ์ชัย และคณะ (2559) ทดลองศึกษาผลของ PZB ต่อการเจริญเติบโตของช่อดอก *Guzmania lingulata* ด้วยวิธีการราดสารลงบนวัสดุปลูก และฉีดพ่นทางใบ ความเข้มข้น 0 100 300 และ 500 mg/l พบว่า การให้สารทั้งสองวิธีสามารถชะลอการเจริญเติบโตของช่อดอกได้ โดยที่ความเข้มข้น 500 mg/l สามารถลดความยาวของช่อดอก เส้นผ่าศูนย์กลางของช่อดอก และความยาวใบประดับช่อดอกได้ไม่แตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีควบคุม ส่วน ธนวดี และคณะ (2559) ศึกษาผลของความเข้มข้น และวิธีการให้สาร PBZ ต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองพันธุ์อเมริกัน (*Tagetes erecta*) โดยการราดสาร และการพ่น ที่ระดับความเข้มข้น 0 100 200 และ 300 ppm พบว่า การราดสาร PBZ เข้มข้น 200 ppm ทำให้การเพิ่มความสูงและทรงพุ่มน้อยที่สุด ระยะวันเริ่มออกดอกแรกเร็วที่สุด จำนวนดอกและจำนวนเมล็ดมากที่สุด ส่วนการพ่นต้นดาวเรืองด้วย PBZ เข้มข้น 300 ppm ให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น และรากเฉลี่ยต่ำที่สุด แต่ให้ขนาดดอก ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และรวมเฉลี่ยสูงที่สุด

Ref. code: 25595709032584FDR

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 ผลของเดือนเก็บเกี่ยวต่อปริมาณสาร dioscorealide B (DB) ในเหง้า

เก็บรวบรวมหัวพันธุ์ข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) จากป่าในอำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ ปลูกพร้อมกันในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 ในกระถางพลาสติกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 cm โดยมีวัสดุปลูกคือ ดินใบก้ามปูหมัก ทรายหยาบ ดินผสม ปุ๋ยคอก และถ่านแกลบ อัตราส่วน 2:2:1:1:1 โดยปริมาตร บรรจุกระถางละ 35 kg ใส่ปุ๋ย 16-16-16 อัตรา 10 g/pot ในวันปลูกและหลังปลูกทุกๆ เดือน วางในโรงเรือนที่มีการพรางแสง 50% พร้อมทำการปักค้าง ให้น้ำทุกๆ 2 วัน แต่งดการให้น้ำเพื่อให้ลำต้นเหนือดินแห้ง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 การทดลองมีทั้งหมด 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น โดยเก็บเกี่ยวผลผลิตเหง้าเมื่อลำต้นเหนือดินแห้งฟุบ (ภาพที่ 3.1) ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม พ.ศ. 2558

ภาพที่ 3.1 ต้นข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ลำต้นเหนือดินแห้งและฟุบพร้อมเก็บเกี่ยวเหง้า

Ref. code: 25595709032584FDR

บันทึกข้อมูล ดังนี้

1) น้ำหนักสดเหง้า โดยชั่งเหง้าทั้งหมด (ภาพที่ 3.2A) จากนั้นแบ่งเหง้าออกเป็นส่วนๆ ส่วนที่มีจุดเจริญไว้สำหรับขยายพันธุ์ในการทดลองที่ 2 (ภาพที่ 3.2B) และส่วนเหง้าที่ไม่มีจุดเจริญ (ภาพที่ 3.2C) นำไปฝานบางๆ อบที่อุณหภูมิ 50°C นาน 72 h ชั่งน้ำหนักแห้ง และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้ง จากสูตร

เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้ง = (น้ำหนักแห้งเหง้า/น้ำหนักสดเหง้า) × 100

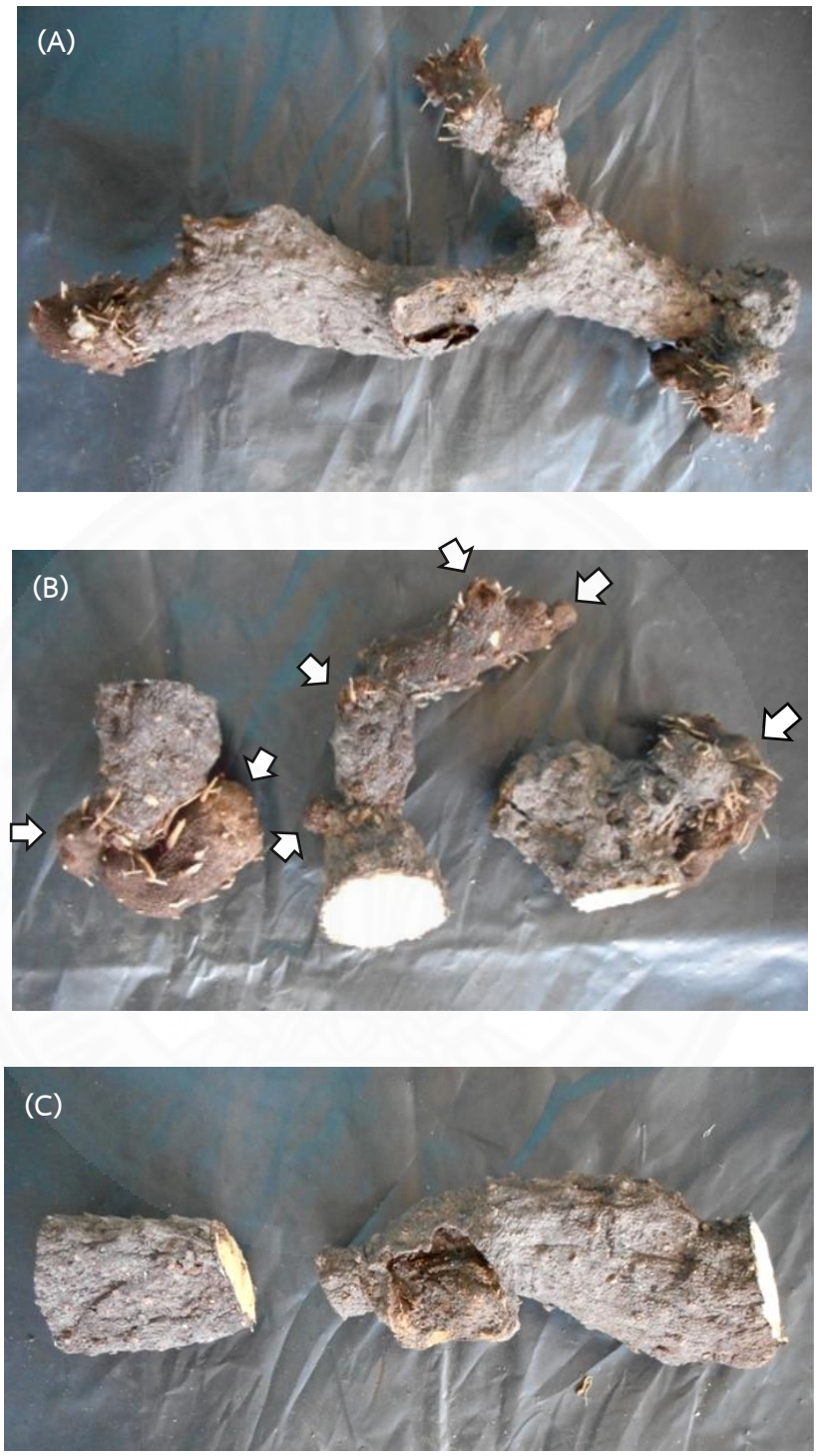
2) ปริมาณสาร dioscorealide B (DB) มีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

การเตรียมสารสกัด เตรียมสารสกัดจากเหง้าของข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ตามวิธีของ Sukkarn and Itharat (2009) โดยนำเหง้าที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C นาน 72 h จำนวน 10 g ใส่ในขวดแก้ว สกัดด้วย chloroform 3 ครั้ง แต่ละครั้งหมักทิ้งไว้นาน 3 วัน อัตราส่วนเนื้อเยื่อพืชแห้งต่อ chloroform 1 : 3 โดยปริมาตร กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นนำไป evaporation และระเหยให้แห้งใน hot air oven คำนวณหาเปอร์เซ็นต์สารสกัด จากสูตร

เปอร์เซ็นต์สารสกัด = (น้ำหนักสารสกัด/น้ำหนักเริ่มต้นที่ใช้หมัก) × 100

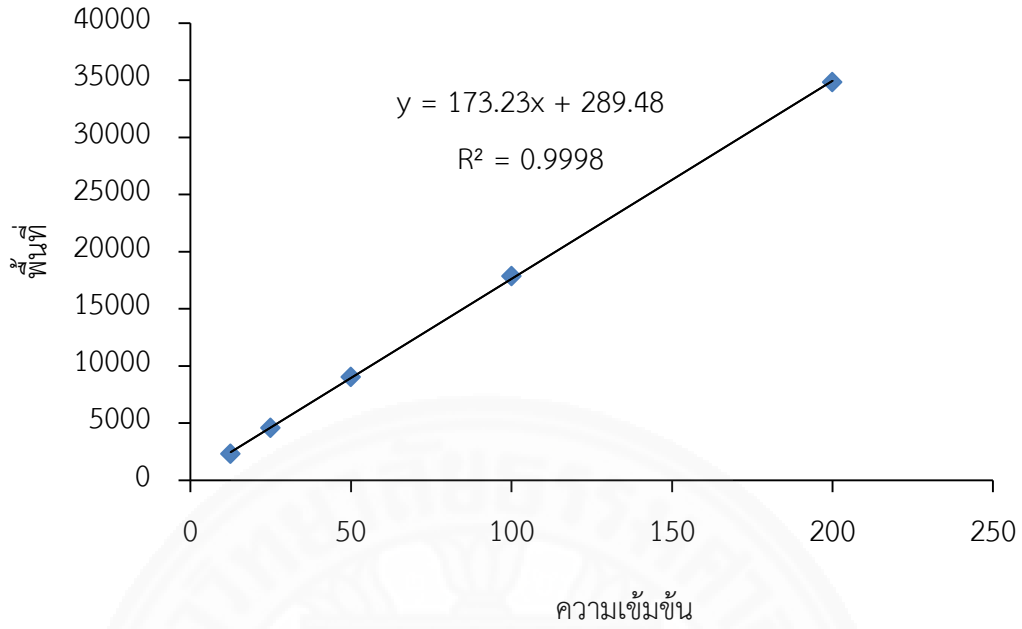
ปริมาณสาร DB ดัดแปลงจากวิธีของ Sukkarn and Itharat (2009) โดยนำสารสกัดที่ได้ 10 mg ใส่ใน eppendorf เติม acetronitrile 1 ml ปิดฝา eppendorf ด้วย parafilm จากนั้นนำไป sonicate เป็นเวลา 15 min แล้วกรองผ่าน filter membrane ขนาด 0.45 µm ใส่ในขวด vial วิเคราะห์หาปริมาณสาร DB ด้วยเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography) ยี่ห้อ Agilent Technologies รุ่น Agilent Technologies 1200 Series (Analytical, USA) ใช้ column ชนิด Luna C_{18} ความยาว 250 mm × 4.6 mm I.D., 10 µm (Phenomenex, USA) พร้อมกับ guard column ใช้ระบบ gradient ในอัตราส่วน 70-55 % (A) ที่เวลา 0-10 min, 55 % (A) ที่เวลา 5 min, 55-30% (A) ที่เวลา 15 min, 30% (A) ที่เวลา 5 min, 30-70% (A) ที่เวลา 2 min และ 70% A ที่เวลา 8 min (ใช้เวลา 45 min /ตัวอย่าง) โดยมี mobile phase คือ น้ำ (A) และ acetonitrile (B) มีอัตราส่วนการเคลื่อนที่ของสารเท่ากับ 1 ml/min และฉีดสารเข้าไปปริมาตร 10 µl โดยใช้ความยาวคลื่น 270 nm คำนวณปริมาณสาร DB เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน DB (ภาพที่ 3.3) โดยมีหน่วยเป็น %w/w ของสารสกัด

Ref. code: 25595709032584FDR



ภาพที่ 3.2 เหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยว (A) เหง้าส่วนที่มีจุดเจริญ (ลูกศร) ที่แบ่งเก็บไว้ขยายพันธุ์ (B) และเหง้าส่วนที่ไม่มีจุดเจริญนำไปฝานทำให้แห้งและไปสกัดหาสาร DB ต่อไป (C)

Ref. code: 25595709032584FDR

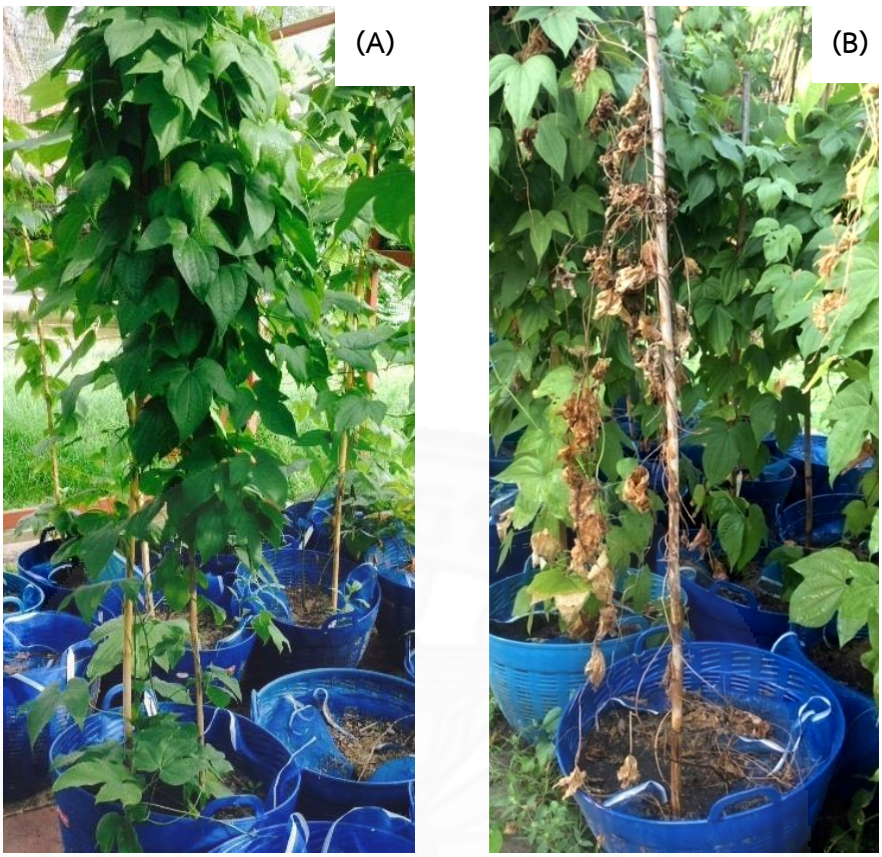


ภาพที่ 3.3 กราฟมาตรฐาน dioscorealide B

3.2 ผลของเดือนที่เก็บเกี่ยวต่อการงอกและความมีชีวิตหลังปลูก

นำชิ้นส่วนเหง้าที่มีจุดเจริญที่ได้ตัดแบ่งไว้ใน 3.1 (ภาพที่ 3.2B) ซึ่งเก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม พ.ศ. 2558 มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 °C) บันทึกจำนวนชิ้นส่วนเหง้าที่งอกขณะเก็บรักษา เมื่อลำต้นที่งอกมีความสูง 10 - 15 cm โดยบันทึกผลทุกเดือนจนถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2558 และในวันสิ้นสุดการทดลอง บันทึกจำนวนชิ้นส่วนเหง้าที่พักตัว และฝ่อ จากนั้นนำชิ้นส่วนเหง้าที่งอกลำต้นเหนือดินไปปลูกพร้อมกันในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558 โดยนำชิ้นส่วนเหง้าที่งอกมาจุ่มในน้ำปูนแดง (ปูนแดง 500 กรัมต่อน้ำ 30 ลิตร) และทาปูนแดงบริเวณรอยตัด จากนั้นผึ่งให้แห้งก่อนนำออกปลูก มีวิธีปลูกและการดูแลรักษาเช่นเดียวกับ 3.1 จำนวนเหง้าที่นำออกปลูกมีทั้งหมด 40 เหง้า (ตารางที่ 3.1) โดยมีความยาวตั้งแต่ 7 – 15 cm และมีน้ำหนักเหง้าตั้งแต่ 20 – 150 g บันทึกต้นที่มีชีวิตซึ่งมีการพัฒนาของลำต้นเหนือดิน โดยสังเกตจากลำต้นเหนือดินที่มีใบสีเขียวสมบูรณ์ (ภาพที่ 3.4A) ทุกเดือนเป็นเวลา 12 เดือน

Ref. code: 25595709032584FDR



ภาพที่ 3.4 ต้นข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่มีชีวิตมีการพัฒนาของลำต้นเหนือดิน (A) และ ต้นที่ลำต้นเหนือดินฟุบและแห้ง (B)

ตารางที่ 3.1 ความยาว (cm) และน้ำหนัก (g) ของเหง้าข้าวเย็นใต้ที่งอกในระหว่างการเก็บรักษาและนำออกปลูกพร้อมกันในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558

ความยาว (cm)	น้ำหนัก (g)	จำนวนเหง้า
7 - 10	20 - 50	14
	61 - 100	9
	101 - 150	1
11 - 15	20 - 50	2
	61 - 100	8
	101 - 150	6
	รวม	40

Ref. code: 25595709032584FDR

3.3 ผลของอายุใบและเดือนเก็บเกี่ยวต่อปริมาณสาร DB ในใบ

3.3.1 ผลของเดือนที่เก็บเกี่ยวต่อปริมาณสาร DB ในใบ

ต้นข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ใช้ในการทดลอง ปลูกในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 โดยมีวิธีปลูกและการดูแลรักษาเช่นเดียวกับที่ได้กล่าวไว้ใน 3.1 การทดลองมีทั้งหมด 4 ซ้ำโดยเก็บใบที่เจริญเติบโตเต็มที่ (ภาพที่ 3.5) ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ธันวาคม พ.ศ. 2558 มีนาคม พ.ศ. 2559 และ มิถุนายน พ.ศ. 2558 เมื่อต้นมีอายุ 14 17 20 และ 23 เดือนหลังปลูก ตามลำดับ

บันทึกปริมาณสาร DB โดยนำใบมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C นาน 72 h และบดให้ละเอียด จากนั้นสกัดและวิเคราะห์หาปริมาณสาร DB โดยมีวิธีการเช่นเดียวกับ 3.1

ภาพที่ 3.5 ใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เจริญเติบโตเต็มที่

3.3.2 ผลของการเก็บเกี่ยวใบที่ระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ต่อปริมาณสาร DB ในใบ

ต้นข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ใช้ในการทดลอง ปลูกในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 โดยมีวิธีปลูกและการดูแลรักษาเช่นเดียวกับ 3.1 เก็บเกี่ยวใบที่อายุแตกต่างกัน 3 ระยะ คือ 1) ใบอ่อน 2) ใบเพสลาด และ 3) ใบแก่ (ภาพที่ 3.6) โดยเก็บเกี่ยวพร้อมกันในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 เมื่อต้นมีอายุ 24 เดือนหลังปลูก การทดลองมีทั้งหมด 4 ซ้ำ บันทึกปริมาณสาร DB โดยมีวิธีการเช่นเดียวกับ 3.1

Ref. code: 25595709032584FDR

ภาพที่ 3.6 ใบแก่ ใบเพสลาด และ ใบอ่อน ของข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) เรียงลำดับจากซ้ายไปขวา

3.4 ผลของการใช้สารประกอบ Triazole ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการให้ผลผลิตและการสะสมสาร DB

นำเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) มาจากป่าในอำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ ทำการปลูกสองครั้ง ครั้งที่ 1 ปลูกในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 มีวิธีปลูกและการดูแลรักษาเช่นเดียวกับ 3.1 ส่วนสารประกอบ triazole ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ TDM PBZ และ HEX โดยราดที่ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 15 และ 20 mg/l เปรียบเทียบกับการไม่ราดสารประกอบ triazole เป็นสิ่งทดลองควบคุม

วิธีการให้สารประกอบ triazole โดยราดสารละลายในแต่ละสิ่งทดลองลงในดินปริมาตร 1 l/กระถาง เริ่มราดสารละลายตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2557 เมื่อต้นมีอายุ 15 เดือนหลังปลูก และหลังจากนั้นทุกๆ 20 วัน จนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 รวม 5 ครั้ง งดให้น้ำตั้งแต่เริ่มราดสารละลายเพื่อให้ลำต้นเหนือดินฟุบ เก็บเกี่ยวเหง้าในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 หรือเมื่อต้นมีอายุ 21 เดือนหลังปลูก การทดลองมี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น

การปลูกครั้งที่ 2 นำเหง้าจากป่าในอำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ ปลูกในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 มีวิธีปลูก การดูแลรักษา ชนิดและอัตราความเข้มข้นของสารประกอบ triazole และวิธีการให้สารประกอบ triazole เช่นเดียวกับการปลูกครั้งที่ 1 โดยเริ่มราดสารละลายตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 เมื่อต้นมีอายุ 14 เดือนหลังปลูก และหลังจากนั้นทุกๆ 20 วัน จนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 รวม 5 ครั้ง งดให้น้ำตั้งแต่เริ่มราดสารละลายเพื่อให้ลำต้นเหนือดินฟุบ เก็บ

Ref. code: 25595709032584FDR

เกี่ยวเหง้าในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 หรือเมื่อต้นมีอายุ 20 เดือนหลังปลูก การทดลองมี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น

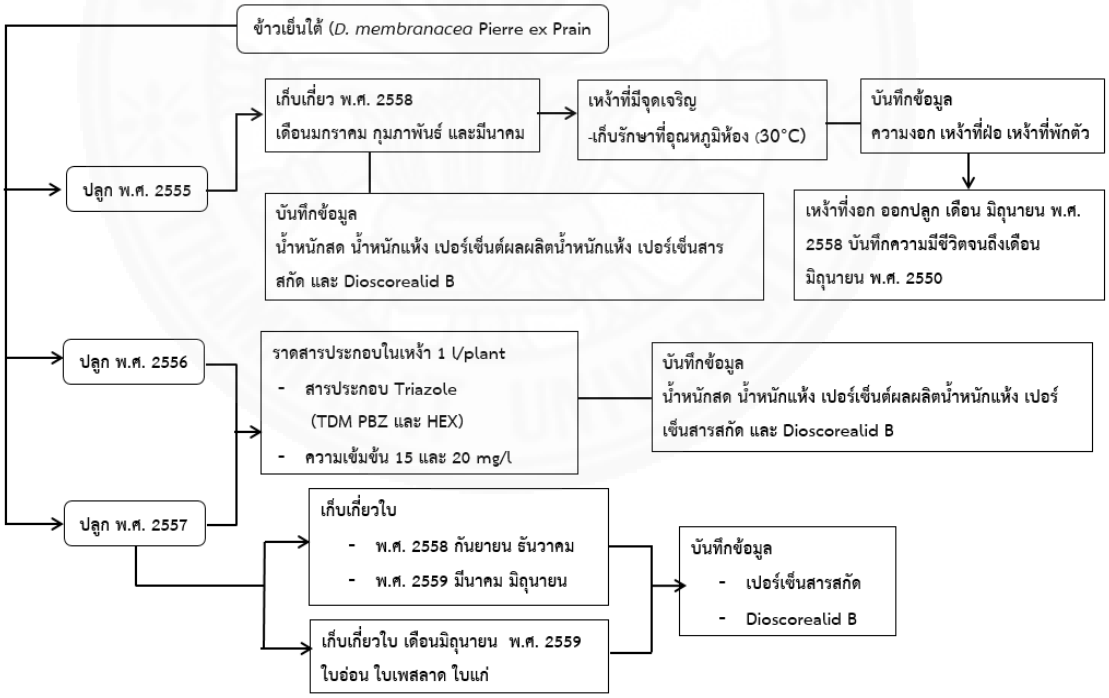
การบันทึกข้อมูล

1) น้ำหนักสดเหง้า โดยชั่งเหง้าทั้งหมด จากนั้นนำไปฝานบางๆ อบที่อุณหภูมิ 50°C นาน 72 h ชั่งน้ำหนักแห้ง คำนวณ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้ง ตามสมการใน 3.1

2) ปริมาณสาร DB นำเหง้ามาวิเคราะห์หาปริมาณสาร DB โดยมีวิธีการเช่นเดียวกับ 3.1

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในแต่ละการทดลอง นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามวิธี CRD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SAS



ภาพที่ 3.7 แผนการศึกษา

Ref. code: 25595709032584FDR

3.6 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ และโรงเรือนทดลองสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ห้องปฏิบัติการหน่วยวิจัยและอาหาร สถานการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

3.7 ระยะเวลาในการทดลอง

ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2557 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 28 เดือน

Ref. code: 25595709032584FDR

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลของเดือนเก็บเกี่ยวต่อปริมาณสาร dioscorealide B (DB) ในเหง้า

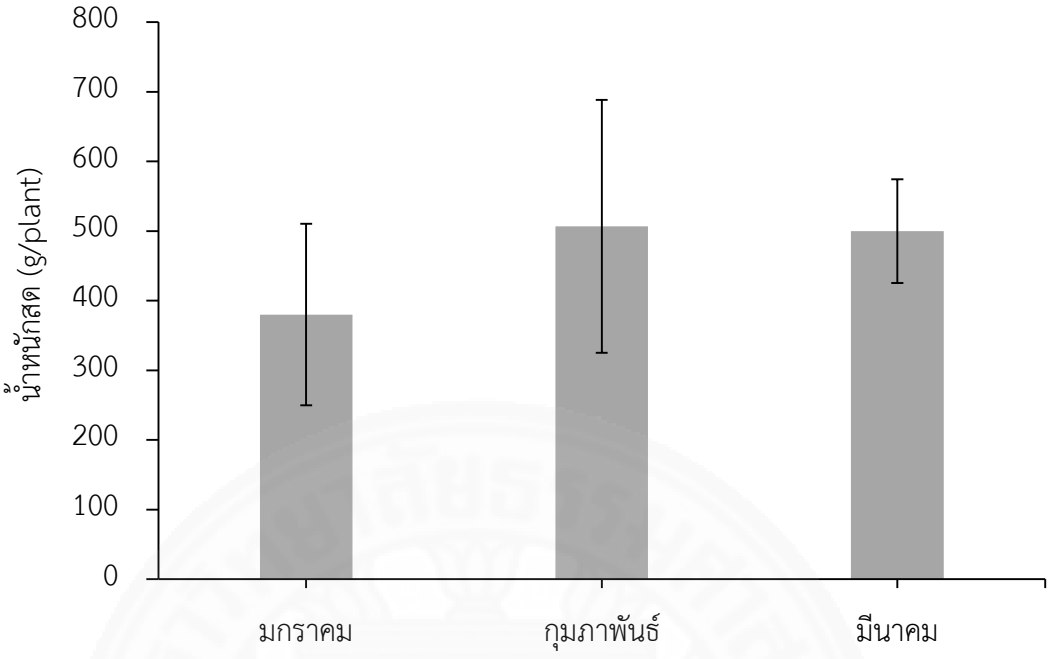
จากการปลูกข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 และเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูแล้งในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม พ.ศ. 2558 พบว่าเหง้าที่เก็บเกี่ยวในทุกเดือนมีลักษณะทั้งที่เป็นเหง้าแก่ เหง้าอ่อน รวมถึงมีเหง้าที่ฝ่อในแต่ละต้นและแต่ละเดือนของการเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 4.1) โดยเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ มีผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเหง้าสูงที่สุด 560.00 ± 181.66 และ 113.59 ± 41.78 g/plant รองลงมาคือเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม 500.00 ± 74.54 และ 100.29 ± 16.70 g/plant และเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม 380.00 ± 130.38 และ 85.94 ± 25.63 g/plant ตามลำดับ (ภาพที่ 4.2 และ 4.3) ซึ่งไม่ว่าจะเก็บผลผลิตในเดือนใดก็ตาม การให้ผลผลิตเหง้าทั้งน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเหง้าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับหมอพื้นบ้านที่มักเก็บเกี่ยวสมุนไพรชนิดรากหรือหัวในช่วงฤดูต้นฤดูหนาวถึงปลายฤดูร้อน เช่น การเก็บเกี่ยวขมิ้นชัน (*C. longa.* L.) หมอพื้นบ้านมักจะเก็บเกี่ยวในช่วงปลายเดือนธันวาคมถึงมกราคม ในช่วงนี้รากหรือหัวจะมีการสะสมปริมาณของสารทุติยภูมิไว้สูงที่สุด (สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2540) นอกจากนี้ เมื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้ง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างเหง้าที่เก็บเกี่ยวในแต่ละเดือน โดยเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม มีค่าสูงที่สุด คือ 24.44 ± 10.75% รองลงมาคือเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคม มีค่า 22.58 ± 3.38% และ 20.34 ± 4.32% ตามลำดับ (ภาพที่ 4.4) ในการทดลองนี้ เหง้าที่เก็บเกี่ยวมีอายุ 26 27 และ 28 เดือนหลังปลูก เมื่อเก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม พ.ศ. 2558 ตามลำดับ ในช่วงเวลาดังกล่าวลำต้นเหนือดินแห้งและฟุบ (ภาพที่ 3.1) เนื่องจากงดการให้น้ำตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 ประกอบกับสภาพอากาศที่เริ่มเย็นและแห้งแล้งไม่มีฝน (ภาพผนวกที่ ก1) อีกทั้งเหง้าที่ปลูกมีระยะเวลายาวนานพอในการเจริญเติบโตและสะสมอาหาร จึงมีผลผลิตค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ Rithichai et al. (2013) ที่เก็บเกี่ยวเหง้าอายุ 15 เดือนหลังปลูก มีน้ำหนักแห้งเหง้าเพียง 41.8 g/plant นอกจากนี้ ในระหว่างเหง้ามีการพักตัวที่ลำต้นเหนือดินแห้งและฟุบ เหง้ายังมีชีวิต เกิดขบวนการเมทาบอริซึมต่างๆ รวมทั้งมีการหายใจ ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียอาหารสะสมภายในเหง้า ดังจะเห็นได้จากเปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้งเหง้าค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาการเก็บเกี่ยว ทั้งนี้การให้ผลผลิตเหง้าของพืชหัวนั้น มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น สภาพแวดล้อมในระหว่างการปลูก หากมี

Ref. code: 25595709032584FDR

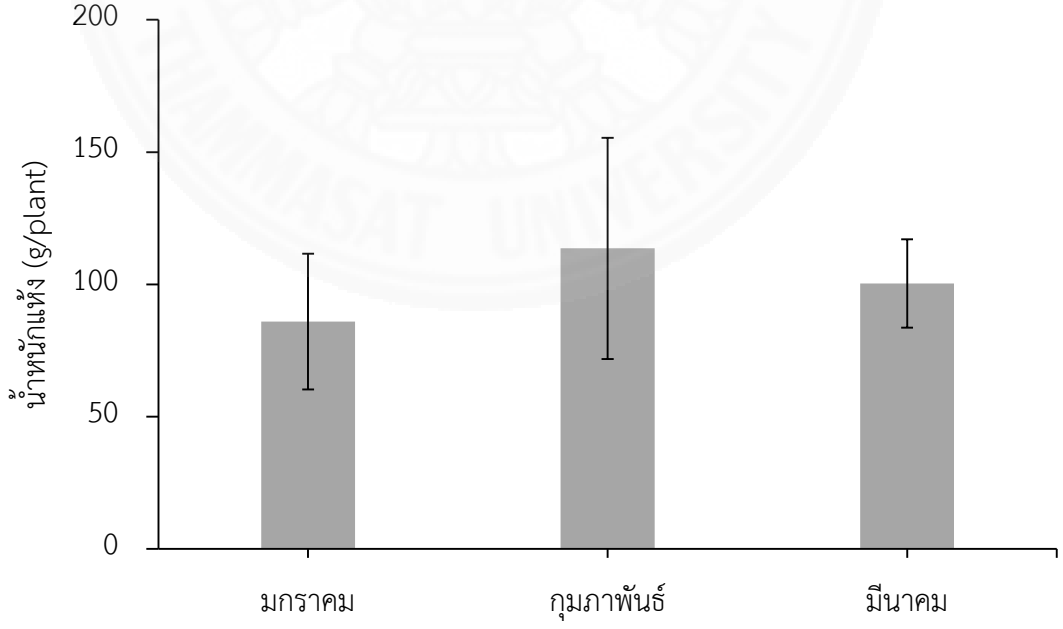
ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำฝนมากพอจะทำให้ลำต้นเหนือดินเจริญเติบโตได้ดี สร้างอาหารจากการสังเคราะห์แสงได้มาก จึงส่งผลต่อการพัฒนาของเหง้าที่เป็นลำต้นใต้ดินซึ่งมีหน้าที่สะสมอาหาร รวมทั้งขนาดของหัวที่ปลูก ชนิดของดิน ระยะเวลาในการปลูก (Ishimine et al., 2004; Hossain and Ishimine, 2005; Hossain et al., 2005) ดังนั้น เมื่อเหง้ามีอายุมากขึ้นจะให้ผลผลิตสูงขึ้น และการเก็บเกี่ยวเหง้าในช่วงฤดูแล้งของปีที่ 2 ของการปลูก การเก็บเกี่ยวเร็วหรือช้าไม่มีผลต่อการให้ผลผลิต

ภาพที่ 4.1 เหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) หลังการเก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม (A) กุมภาพันธ์ (B) และมีนาคม (C) พ.ศ. 2558 แต่ละช่องคือผลผลิตจากแต่ละต้น

Ref. code: 25595709032584FDR

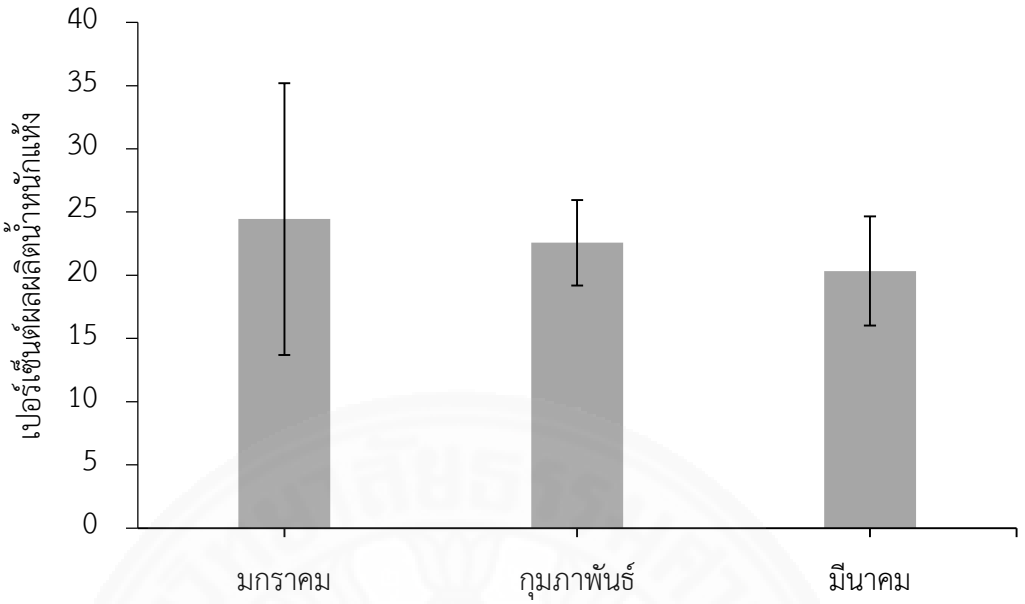


ภาพที่ 4.2 น้ำหนักสดของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม พ.ศ. 2558



ภาพที่ 4.3 น้ำหนักแห้งของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม พ.ศ. 2558

Ref. code: 25595709032584FDR



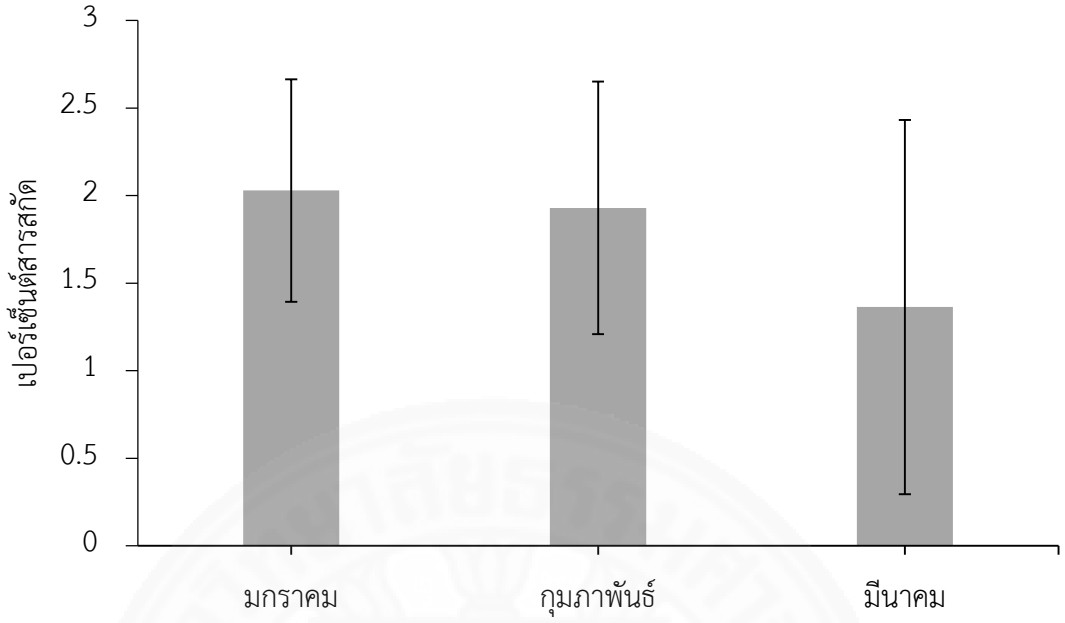
ภาพที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้งของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม พ.ศ. 2558

จากการสกัดเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) พบว่าเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม มีเปอร์เซ็นต์สารสกัดสูงที่สุด 2.03 ± 0.64% แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ และมีนาคม โดยมีเปอร์เซ็นต์สารสกัด 1.93 ± 0.72 และ 1.36 ± 1.07% ตามลำดับ (ภาพที่ 4.5) จากการทดลองจะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์สารสกัดมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากเหง้าเริ่มมีการใช้อาหารเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการงอกในฤดูฝน ดังนั้นเหง้าที่เก็บเกี่ยวช้าจึงมีเปอร์เซ็นต์สกัดลดลง (ภาพที่ 4.5) ดังจะเห็นได้จากในการทดลองผลของเดือนที่เก็บเกี่ยวต่อการงอกและความมีชีวิตหลังปลูก (ตารางที่ 4.2) ที่พบว่าเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C มีความงอกสะสมสูงที่สุด (ตารางที่ 4.2) เปอร์เซ็นต์สารสกัดจากเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) มีปริมาณค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับหัวข้าวเย็น (*D. birmanica* Prain & Burkill) จากการทดลองของปิยาภัทร์ (2556) พบว่าเปอร์เซ็นต์สารสกัดในเหง้าหัวลูกในหัวข้าวเย็น (*D. birmanica* Prain & Burkill) ที่อายุ 3 – 18 เดือนหลังปลูก มีค่าระหว่าง 2.21 ± 0.48 ถึง 2.91 ± 0.60% แต่ในเหง้าหัวแม่มีเปอร์เซ็นต์สารสกัดระหว่าง 2.72 ± 0.49 ถึง 4.28 ± 0.86% และการทดลองของ Jaiaree et al. (2010) เมื่อเก็บเกี่ยวเหง้าหัวข้าวเย็น (*D. birmanica* Prain & Burkill) มาจากป่า และสกัดด้วยเอธานอล พบเปอร์เซ็นต์สารสกัดสูงถึง 11.13%

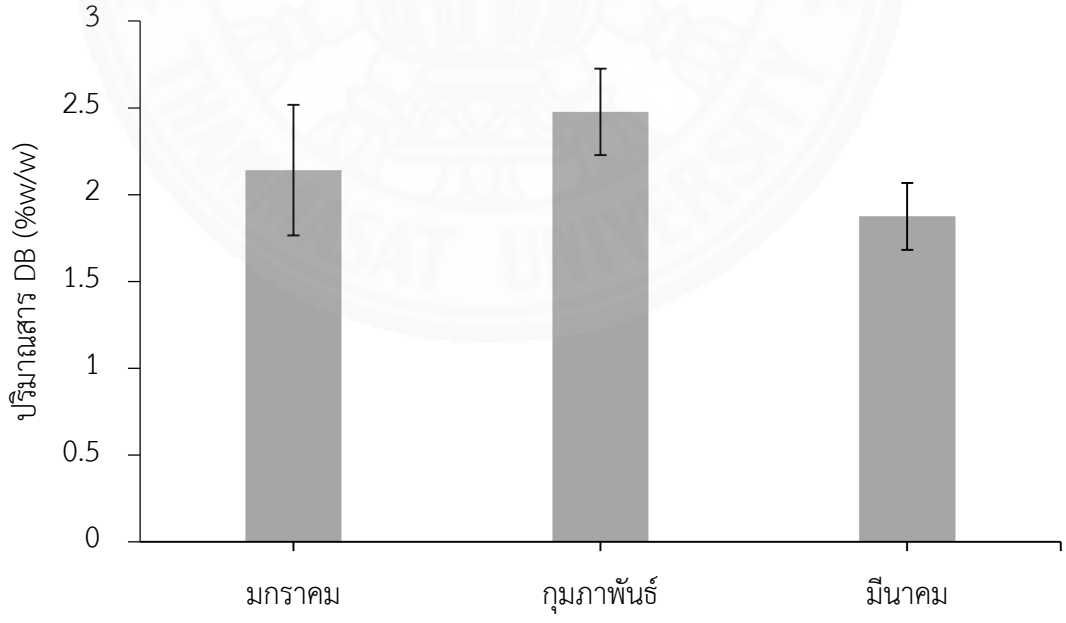
Ref. code: 25595709032584FDR

เมื่อนำสารสกัดจากเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) มาวิเคราะห์หาปริมาณสาร DB พบว่า เหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณสาร DB สูงสุด คือ 2.48 ± 0.25 %w/w รองลงมาคือ เหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคมและมีนาคม โดยมีปริมาณสาร DB 2.14 ± 0.38 และ 1.88 ± 0.19 %w/w ตามลำดับ (ภาพที่ 4.6) โดยปริมาณสาร DB ในเหง้าที่เก็บเกี่ยวในแต่ละเดือนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอายุเหง้าที่เก็บเกี่ยวในแต่ละเดือนมีอายุการปลูกแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย (26-28 เดือนหลังปลูก) รวมทั้งสภาพแวดล้อมในแต่ละเดือนที่เก็บเกี่ยวทั้งอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน มีค่าใกล้เคียงกัน (ภาพผนวกที่ ก 1) ดังนั้น ปริมาณการสะสมสาร DB จึงไม่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าอายุการเก็บเกี่ยวเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ในการทดลองนี้อายุยาวนานกว่าอายุการเก็บเกี่ยวของ Rithichai et al. (2013) ที่เก็บเกี่ยวเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่อายุ 15 เดือนหลังปลูก มีปริมาณสาร DB 2.7 %w/w แต่ปริมาณสาร DB ที่พบในการทดลองนี้กลับมีปริมาณค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ สภาพแวดล้อมในการปลูกที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม จากการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าการเก็บเกี่ยวเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) เมื่อลำต้นเหนือดินแห้งและฟุบในช่วงฤดูแล้งปีที่ 2 ของการปลูก สามารถเก็บเกี่ยวเหง้าได้ทุกเดือน โดยทั่วไป อายุการเก็บเกี่ยวมักมีผลต่อปริมาณสารทุติยภูมิ ดังเช่น ปิยาภัทร และคณะ (2556) ศึกษาการเจริญเติบโตของหัวข้าวเย็น (*D. birmanica* Pierre ex Prain & Burkill) ที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆ พบว่า เหง้าที่อายุ 3 ถึง 9 เดือนหลังปลูก มีปริมาณสารฟีนอลิค และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ค่อนข้างต่ำ และสูงขึ้นช่วงอายุ 12 ถึง 15 เดือนหลังปลูก นอกจากนี้ Policegoudra et al. (2007) ได้ศึกษาการสะสมสาร difurocumenonal ในเหง้าขมิ้นขาว (*C. amada* Roxb.) พบปริมาณสาร difurocumenonal สูงสุดที่อายุ 180 วันหลังปลูก แต่เมื่ออายุ 240 วันหลังปลูก พบว่ามีปริมาณสารดังกล่าวลดลง ส่วนในเหง้าขมิ้นชัน (*C. longa* L.) พบสาร curcuminoid เพิ่มขึ้นจาก 4% เมื่ออายุ 4 เดือนหลังปลูก เป็น 12.7% เมื่ออายุ 8 เดือนหลังปลูก (พนิดา, 2542) และในเหง้าขมิ้นดำ (*C. aeruginosa* Roxb.) มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุดที่อายุ 10 เดือนหลังปลูก และที่อายุ 4 เดือนหลังปลูกมีปริมาณน้อยที่สุด (สุปราณี, 2551)

Ref. code: 25595709032584FDR



ภาพที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์สารสกัดของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม พ.ศ. 2558



ภาพที่ 4.6 ปริมาณสาร dioscorealide B (DB) ของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม พ.ศ. 2558

Ref. code: 25595709032584FDR

4.2 ผลของเดือนที่เก็บเกี่ยวต่อการงอกและความมีชีวิตหลังปลูก

นำเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ส่วนที่มีจุดเจริญมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) พบว่า เหง้าที่เก็บรักษาในทุกอายุของการเก็บเกี่ยว มีการงอกของลำต้นเหนือดินภายใน 2 เดือนหลังการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.7A) กล่าวคือ เหง้าที่เก็บในเดือนมกราคมจะเริ่มงอกในเดือนมีนาคม ส่วนเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์เริ่มงอกในเดือนเมษายน และเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคมเริ่มงอกในเดือนพฤษภาคม (ตารางที่ 4.2) การงอกเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2558 พบว่าเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์มีความงอกสูงที่สุดคือ 80.56 ± 17.35% แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเดือนมีนาคม ที่มีความงอก 75.48 ± 4.31% และเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคมมีความงอกต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ 39.29 ± 12.88% (ตารางที่ 4.2) Opara (1999) ได้รายงานไว้ว่า สภาพที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาหัวหรือลำต้นใต้ดินของพืชในสกุล *Dioscorea* แตกต่างกันตามชนิด (species) เช่น การเก็บรักษา *D. alata* L. และ *D. trifida* L. ที่อุณหภูมิ 12.5 และ 3°C ทำให้สามารถเก็บรักษาหัวได้นาน 2 และ 1 เดือน ตามลำดับ แต่การงอกในระหว่างการเก็บรักษาจะเกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาในสภาพที่ไม่เหมาะสม เช่น ในระหว่างการเก็บรักษาหัว *D. trifida* L. ที่อุณหภูมิ 20 - 29°C ความชื้นสัมพัทธ์ 46 - 62% จะทำให้หัวเริ่มงอกภายใน 3 สัปดาห์ (Thompson, 1996) ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าการเก็บรักษาเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) อาจยังไม่ใช่สภาพที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาหัวพันธุ์ นอกจากนี้ ข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ยังเป็นพืชที่เหง้าสามารถงอกได้เร็วตามธรรมชาติ เหง้าที่เก็บเกี่ยวจึงมีการพักตัวค่อนข้างต่ำ จากการทดลองของ ภาณุมาศ และอรุณพร (2554) พบว่าเมื่อนำข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) จากป่ามาเพาะทั้งเหง้า มีระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกสั้นเพียง 19.9 - 23.4 วัน เช่นเดียวกับพืชในสกุล *Dioscorea* บางชนิดที่มีระยะเวลาในการงอกสั้น เช่น 30 - 35 วัน ใน *D. opposite* Thumb. (Kim et al., 2005) 30 วัน ใน *D. japonica* Thunb. (Yoshida et al., 2007) ซึ่งแตกต่างจากการทดลองของ ปิยาภัทร และคณะ (2556) ได้เพาะเหง้า *D. birmanica* Prain & Burkill เก็บมาจากป่า พบว่าเหง้างอกช้า มีระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกยาวนาน 90.3 - 105.0 วันหลังเพาะ

ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า เหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) บางส่วนเริ่มฝ่อ โดยเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์มีเหง้าฝ่อมากที่สุด 19.44 ± 17.35% รองลงมาคือเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคมมีเหง้าฝ่อ 8.33 ± 14.43% และไม่พบเหง้าที่ฝ่อเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือนมีนาคม (ตารางที่ 4.2) เหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) มีเนื้อในเหง้าค่อนข้างนิ่มและเปลือกเหง้าเปราะบาง ทำให้เหง้าฝ่อ (ภาพที่ 4.7B)

Ref. code: 25595709032584FDR

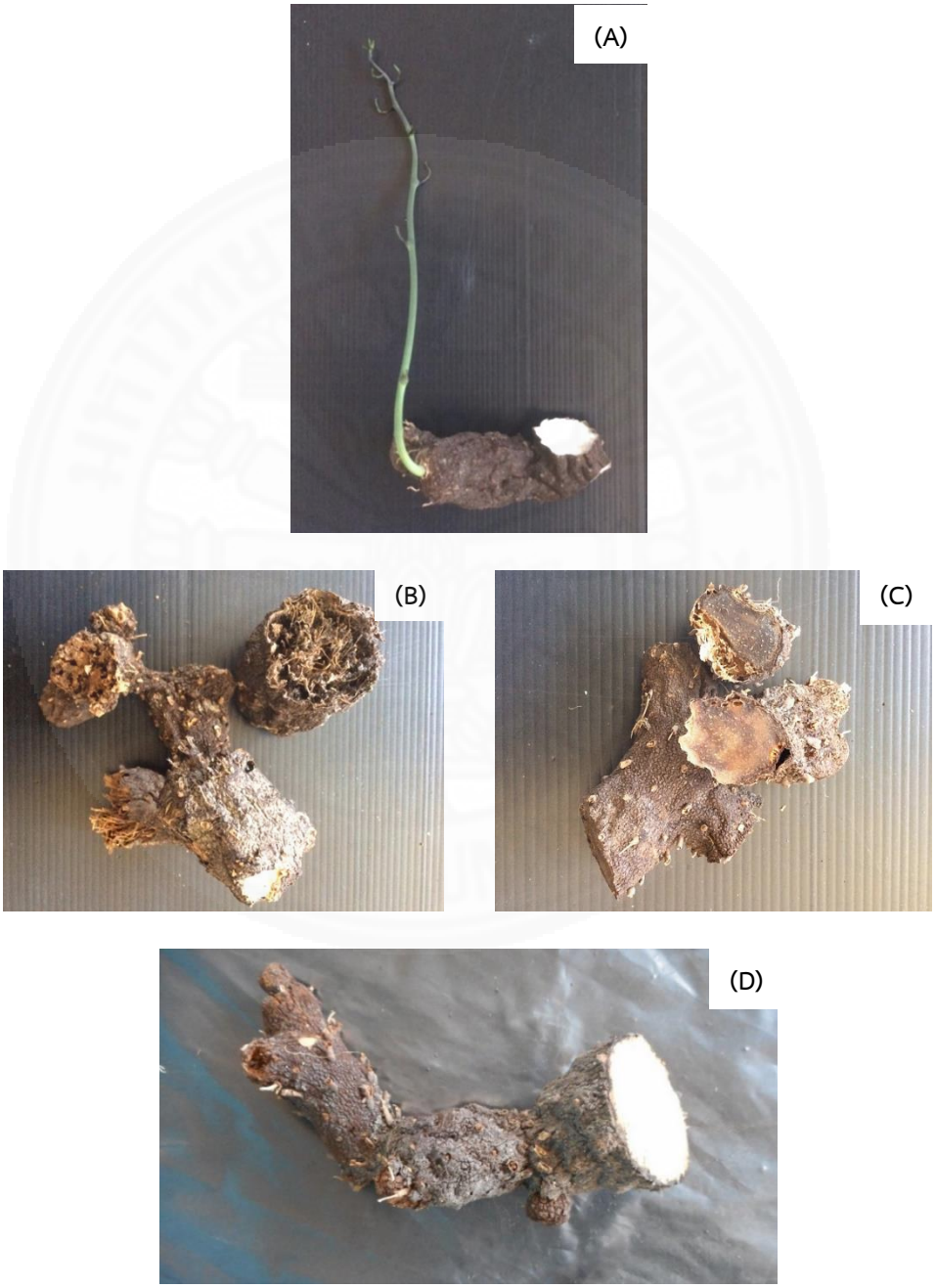
หรือเน่า (ภาพที่ 4.7C) ซึ่งมักเกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ มีจำนวนเหง้าที่ฝ่อและเน่ามากกว่าในเดือนมกราคม (ตารางที่ 4.2) อาจเป็นเพราะเหง้าเหล่านี้มีขนาดใหญ่และเนื้อของเหง้ามาก โอกาสในการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์จะมากกว่าเหง้าที่มีเนื้อเหง้าน้อย ซึ่งโรคหลังการเก็บเกี่ยวที่มักเกิดกับพืชในสกุล *Dioscorea* คือ โรค tuber rot สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อรา โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเฉพาะเนื้อเยื่อภายในหัว แต่ลักษณะของหัวภายนอกยังสมบูรณ์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงมีหลายลักษณะขึ้นอยู่กับเชื้อก่อโรค เช่น จากรายงานของ Nwauzer and Fawole (1981) พบอาการ dry rot ในหัวแก่ของ *D. alata* L. และ *D. rotundata* Poir. โดยหัวที่ติดเชื้อจาก *Rosselinia* spp. เนื้อเยื่อภายในหัวจากเนื้อแน่นจะเปลี่ยนลักษณะเป็นครีมและมีสีเหลืองอ่อนจากนั้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนและสีค่อยๆ เข้มขึ้นจนเป็นสีดำ ส่วนเชื้อราก่อโรค *Sphaerostilbe* อาการของโรคเมื่อติดเชื้อจะส่งผลให้เนื้อเยื่อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและส่งกลิ่นเหม็น (Amusa et al., 2003) และจากรายงานของ Adesiyan and Odihirin (1975) เชื้อ *Scutellonena bradys* สามารถทำให้หัวกลอย (*D. rotundata* Poir.) เกิดความเสียหายในระหว่างการเก็บรักษาได้มากถึง 80 - 100 % นอกจากนี้เชื้อ *Fusarium* spp. เป็นเชื้อสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการ dry rot เช่นกัน โดยจะชักนำให้เนื้อเยื่อที่ติดเชื้อเปลี่ยนเป็นสีชมพูและมีขอบหนาสีเหลือง (Ogundana et al., 1970)

ส่วนเหง้าที่พักตัว (ภาพที่ 4.7D) เป็นเหง้าที่ไม่มีการพัฒนาของเนื้อเยื่อเจริญไปเป็นลำต้น และเหง้าจะมีลักษณะคงเดิม เนื้อเหง้าไม่ฝ่อหรือไม่มีการถูกทำลายจากจุลินทรีย์ จากการทดลองพบว่าเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคมมีการพักตัวมากที่สุด 52.38 ± 4.12% รองลงมาคือ เหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม 24.52 ± 4.31% และไม่พบเหง้าที่พักตัวจากการเก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ (ตารางที่ 4.2) จากการทดลองเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม ไม่พบเหง้าที่ฝ่อพบเฉพาะเหง้าที่พักตัวเท่านั้น อาจเป็นเพราะเหง้าเหล่านี้มีอายุการเก็บรักษาน้อยกว่าเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ จึงทำให้จุลินทรีย์ยังไม่พัฒนาในระหว่างบันทึกผลการทดลอง ดังนั้น เหง้าที่เก็บเกี่ยวทุกเดือนในช่วงที่ลำต้นเหนือดินแห้งและฟุบเมื่อนำมาตัดแบ่งส่วนที่มีจุดเจริญและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30°C) สามารถงอกและนำไปขยายพันธุ์ต่อไปได้

เมื่อนำเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่งอกในระหว่างเก็บรักษา (ภาพที่ 4.7A) ออกปลูกในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558 และบันทึกจำนวนต้นที่มีชีวิตซึ่งมีการพัฒนาของลำต้นเหนือดินเป็นเวลา 12 เดือน โดยสังเกตจากลำต้นเหนือดินที่มีใบสีเขียวสมบูรณ์ (ภาพที่ 3.4A) พบว่า เมื่อออกปลูกทุกต้นมีการเจริญเติบโตดี มีการพัฒนาทางลำต้นเหนือดิน 100% แต่หลังจากปลูกแล้ว 1 เดือน (กรกฎาคม พ.ศ. 2558) พบว่า ต้นที่มีการพัฒนาของลำต้นเหนือดินลดลงเหลือ 75% ในเดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 พบว่า เหง้าที่ลำต้นเหนือดิน

Ref. code: 25595709032584FDR

เหี่ยวหรือตายในระหว่างบันทึกผลการทดลองมีการพัฒนาของยอดใหม่จากอีกจุดเจริญในเหง้าเดียวกัน ทำให้ความมีชีวิตเพิ่มขึ้นเล็กน้อย 77.5% และลดลงตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 จนสิ้นสุดการทดลองในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 มีต้นที่มีการพัฒนาของลำต้นเหนือดิน 65% (ภาพที่ 4.8) ส่วนต้นที่ไม่มีพัฒนาการของลำต้นเหนือดิน พบว่าเป็นเหง้าที่ฝ่อ 32.5% และเหง้าที่พักตัว 2.5%



ภาพที่ 4.7 เหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่งอก (A) เหง้าที่ฝ่อ (B) เหง้าที่เน่า (C) และเหง้าที่พักตัว (D) ระหว่างการเก็บรักษาอุณหภูมิห้อง (30 °C)

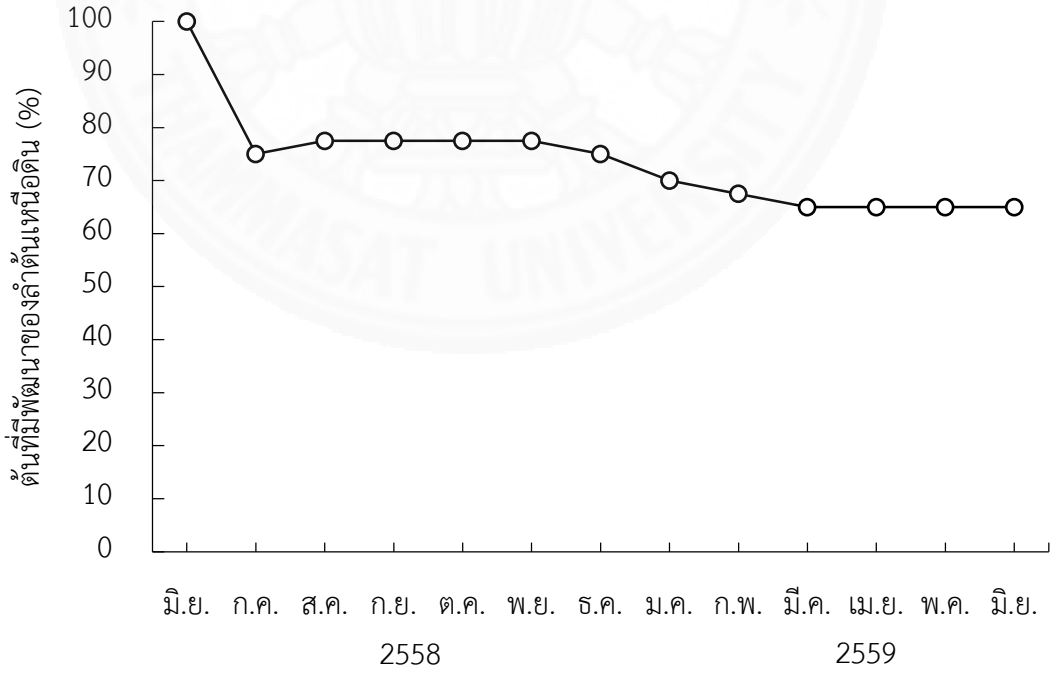
Ref. code: 25595709032584FDR

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ความงอกสะสม เหง้าที่พักตัว และเหง้าที่ฝ่อ ของข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30°C)

เดือนที่เก็บเกี่ยว	ความงอกสะสม (%)			เหง้าที่พักตัว (%)	เหง้าที่ฝ่อ (%)
	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม		
มกราคม	9.52± 16.50	9.52±16.50	39.29±12.88[b]	52.38±4.12	8.33±14.43
กุมภาพันธ์	0.00	38.89±34.69	80.56±17.35[a]	0.00	19.44±17.35
มีนาคม	0.00	0.00	75.48±4.31[a]	24.52±4.31	0.00
F-test			*		
C.V. (%)			19.53		

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ P < 0.05



ภาพที่ 4.8 ต้นข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่มีการพัฒนาของลำต้นเหนือดิน โดยออกปลูกตั้งแต่เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559

Ref. code: 25595709032584FDR

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง เหง้าที่ฝ่อส่วนใหญ่มีขนาด 7 - 10 cm และหนัก 20 - 50 g ซึ่งมีสัดส่วนสูงถึง 46.15% (ตารางที่ 4.3) ดังนั้น อาจเป็นไปได้ว่าเหง้าที่นำออกปลูกหากมีขนาดเล็กเกินไป อาหารสะสมในเหง้าไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้น โดยเฉพาะในช่วงแรกของการเจริญเติบโตที่ลำต้นเหนือดินไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ จึงใช้คาร์โบไฮเดรตที่สะสมในเหง้าเท่านั้น เป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโต (Sundblad and Robertson, 1988) ดังนั้น เหง้าที่มีขนาดเล็กจึงมีโอกาสฝ่อในแปลงปลูกมากกว่าเหง้าที่มีขนาดใหญ่ ส่วนเหง้าขนาดใหญ่อาจมีจุดเจริญหลายจุดภายในเหง้าเดียวกัน ทำให้มีโอกาสในการเจริญเติบโตของลำต้นเหนือดินในแปลงปลูกมากกว่าเหง้าขนาดเล็ก ดังเช่น ในการทดลองของ Hossain et al. (2005) ได้ทดลองปลูกขมิ้น (*C. longa* L.) พบว่า เหง้าที่มีน้ำหนักมาก (30 - 40 g) และเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ (1.4 - 1.6 cm) จะมีการเจริญเติบโตดีและแข็งแรงกว่าเหง้าที่ขนาดน้ำหนักน้อย (5 - 20 g) และมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก (0.4 - 0.9 cm)

ตารางที่ 4.2 ความยาว (cm) น้ำหนักเหง้าสด (g) และเปอร์เซ็นต์เหง้าฝ่อ ของต้นข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ไม่มีพัฒนาการของลำต้นเหนือดินเมื่อออกปลูกเป็นเวลา 1 ปี

ความยาว (cm)	น้ำหนักเหง้าสด (g)	เหง้าฝ่อ (%)
7 - 10	20 - 50	46.15
	61 - 100	0.00
	101 - 150	7.69
11 - 15	20 - 50	7.69
	61 - 100	23.08
	101 - 150	15.38
	รวม	100.00

นอกจากนี้ ในแปลงปลูกยังมีความชื้นในดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรค อาจทำให้เหง้าอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรคต่างๆ และจากการศึกษาความมีชีวิตหลังปลูกของต้นข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 จะเห็นได้ว่าเมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูแล้งในเดือนธันวาคม มกราคม และกุมภาพันธ์ ลำต้นเหนือดินเริ่มแห้งและฟุบ ทำให้ความมีชีวิตลดลงแม้ว่าจะมีการให้น้ำก็ตาม อาจ

Ref. code: 25595709032584FDR

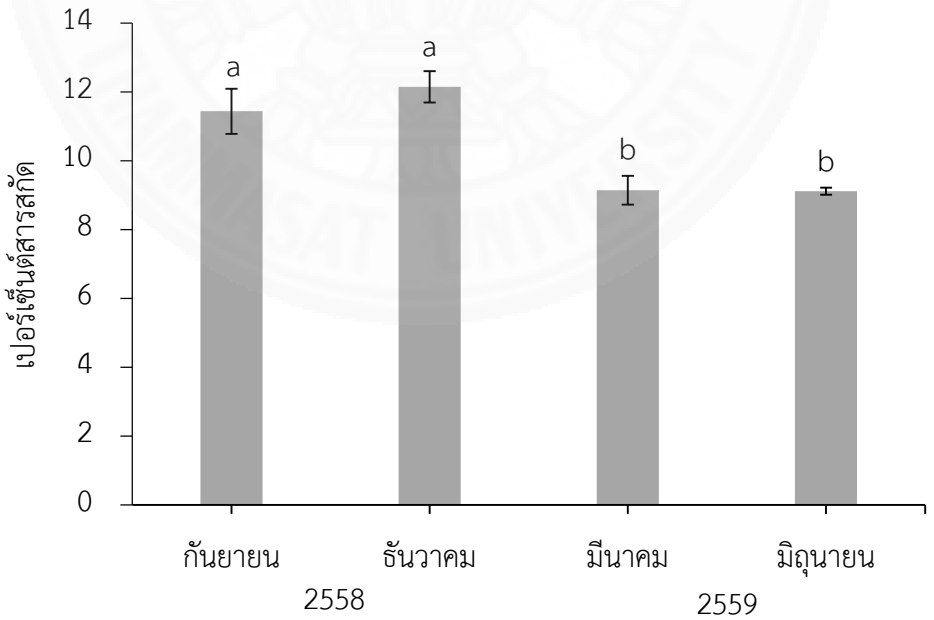
เป็นเพราะ ธรรมชาติของข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) นั้นต้องมีการพักตัวในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งรูปแบบการเจริญเติบโตที่ลำต้นเหนือดินที่แห้งและฟุบในสภาพแห้งแล้ง และงอกเมื่อสภาพเหมาะสมนั้น พบในพืชหัวโดยทั่วไป เช่น *D. rotundata* Poir. ที่ลำต้นเหนือดินฟุบเมื่ออายุ 180 - 270 วันหลังปลูก (Ile et al., 2006) และในปทุมมา (*C. alismatifolia* Gagnep) เริ่มทิ้งใบประมาณเดือนกันยายนของทุกปี และจะงอกขึ้นมาใหม่ประมาณเดือนมีนาคม (สุรวิช, 2538) ส่วนบอนสี (*Caladium bicolor* Vent.) พักตัวในฤดูหนาวโดยทิ้งใบหมด เมื่อถึงฤดูฝนจึงจะเริ่มผลิใบใหม่ (อุไร, 2538)

Ref. code: 25595709032584FDR

4.3 ผลของอายุใบและเดือนเก็บเกี่ยวต่อปริมาณสาร DB ในใบ

4.3.1 ผลของเดือนที่เก็บเกี่ยวต่อปริมาณสาร DB ในใบ

จากการทดลอง เมื่อเก็บใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เดือนต่างๆ คือ เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ธันวาคม พ.ศ. 2558 มีนาคม พ.ศ. 2559 และ มิถุนายน พ.ศ. 2559 เมื่อนำใบมาสกัด พบ เปอร์เซ็นต์สารสกัดในใบที่เก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม มีค่าสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับใบที่เก็บเกี่ยวในเดือนกันยายน โดยมีเปอร์เซ็นต์สารสกัด 12.15 ± 0.46 และ 11.44 ± 0.66% ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับใบที่เก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคมและมิถุนายน โดยมีเปอร์เซ็นต์สารสกัด 9.15 ± 0.42 และ 9.12 ± 0.10% ตามลำดับ (ภาพที่ 4.9) แสดงว่าสภาพแวดล้อมมีผลต่อเปอร์เซ็นต์สารสกัดในใบ โดยจะเห็นว่าในช่วงปลายฤดูฝนจนถึงฤดูแล้ง (เดือนกันยายน – เดือนธันวาคม) ลำต้นมีการสังเคราะห์อาหารมากเพื่อนำไปเก็บสะสมไว้ที่เหง้า จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์สารสกัดค่อนข้างสูง ส่วนในช่วงต้นฤดูฝน (เดือนมีนาคม – เดือนมิถุนายน) ที่เหง้าเริ่มมีการใช้อาหารเพื่อสร้างหัวและงอกลำต้นใหม่ สารอาหารต่างๆ ที่สังเคราะห์ในใบถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตจึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์สารสกัดต่ำ เมื่อนำสารสกัดมาวิเคราะห์หาปริมาณสาร DB พบว่า ไม่มีสาร DB สะสมในใบเมื่อเก็บเกี่ยวในเดือนที่แตกต่างกัน

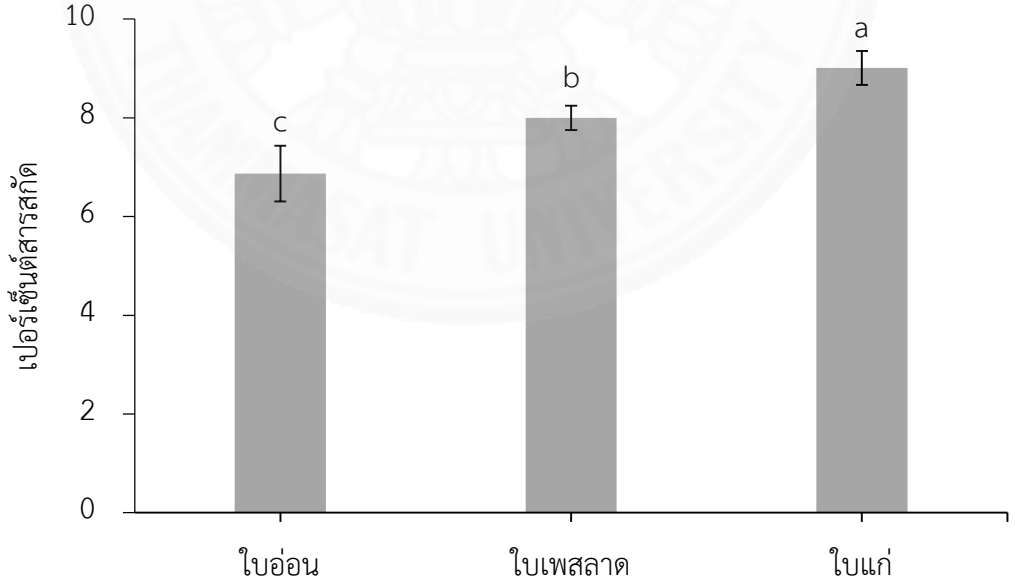


ภาพที่ 4.9 เปอร์เซ็นต์สารสกัดของใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวที่เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ธันวาคม พ.ศ. 2558 มีนาคม พ.ศ. 2559 และ มิถุนายน พ.ศ. 2559

Ref. code: 25595709032584FDR

4.3.2 การเก็บเกี่ยวใบที่ระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ต่อปริมาณสาร DB ในใบ

เมื่อเก็บเกี่ยวใบที่อายุแตกต่างกัน 3 ระยะ คือ ใบอ่อน ใบเพสลาด และ ใบแก่ โดยเก็บเกี่ยวพร้อมกันในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 หรือต้นมีอายุ 24 เดือนหลังปลูก เมื่อนำใบมาสกัด พบว่า เปอร์เซ็นต์สารสกัดในใบแก่ มีปริมาณสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 9.01 ± 0.35% รองลงมาคือในใบเพสลาด และใบอ่อน มีเปอร์เซ็นต์สารสกัด 8.00 ± 0.25 และ 6.87 ± 0.56% ตามลำดับ (ภาพที่ 4.10) แสดงว่าอายุของใบมีผลต่อเปอร์เซ็นต์สารสกัด โดยใบแก่มีเปอร์เซ็นต์สารสกัดสูงกว่าใบอ่อน อาจเนื่องมาจากใบแก่นั้นมีการเจริญเติบโตของใบอย่างเต็มที่ จึงมีการสังเคราะห์และสะสมสารอาหารในใบมากกว่าใบอ่อนที่อยู่ในช่วงที่กำลังเจริญเติบโตและพัฒนา อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์สกัดจากใบ ทั้งใบอ่อนและใบแก่ในแปลงปลูกสูงกว่าค่าดังกล่าวที่ได้จากยอดที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ในรายงานของทิพย์สุคนธ์ (2557) เมื่อเพาะเลี้ยงยอดข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ในสภาพปลอดเชื้อ ที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 2°C ให้แสง 16 h และมืด 8 h เป็นเวลานาน 4 - 16 สัปดาห์ พบว่า ยอดที่เพาะเลี้ยง 14 และ 16 สัปดาห์ มีปริมาณสารสกัดเพียงแค่ 3.32 ± 0.65 และ 3.63 ± 0.11% ตามลำดับ เมื่อนำสารสกัดจากใบที่มีระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกันมาหาปริมาณสาร DB พบว่า ไม่มีการสะสมสาร DB ในใบทุกระยะการเจริญเติบโต



ภาพที่ 4.10 เปอร์เซ็นต์สารสกัดของใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวอายุแตกต่างกัน 3 ระยะ คือ ใบอ่อน ใบเพสลาด และ ใบแก่

Ref. code: 25595709032584FDR

จากการเก็บเกี่ยวใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ในเดือนต่างๆ และเก็บเกี่ยวใบที่มีระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ไม่พบปริมาณสาร DB ในใบ ถึงแม้ว่าใบทำหน้าที่สังเคราะห์แสง สร้างอาหาร รวมถึงการสร้างสารทุติยภูมิต่างๆ ให้กับต้นพืช (สมบุญ, 2544) ซึ่งโดยธรรมชาติพืชหัวสร้างสารอาหารและสารทุติยภูมิที่ใบ และลำเลียงไปสะสมในส่วนของลำต้นใต้ดินเพื่อสะสมไว้ใช้ในระยะพักตัว (Mahato et al. 1981 อ้างโดย Rojas et al., 1999) ดังนั้น การที่ไม่พบ DB ในใบ ทั้งใบอ่อน ใบเพสลาด และใบแก่ จึงเป็นไปได้ว่า ในสภาพแปลงปลูก DB ไม่ได้ถูกสังเคราะห์ในส่วนของใบ แต่อาจถูกสังเคราะห์ที่บริเวณเหง้า จึงทำให้พบสาร DB ในเหง้าเท่านั้น ซึ่งแตกต่างจากรายงานของทิพย์สุคนธ์ และคณะ (2557) ที่พบว่า ยอดข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ ที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 2°C ให้แสง 16 h และมืด 8 h เป็นเวลานาน 10 และ 12 สัปดาห์ มีสาร DB ในยอดที่เพาะเลี้ยง 0.90 และ 0.97 %w/w ตามลำดับ ซึ่งการที่ยอดข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ในสภาพปลอดเชื้อนั้นมีการสะสมสาร DB อาจเนื่องจากยังไม่มีการสร้างลำต้นใต้ดิน จึงทำให้ไม่มีการเคลื่อนย้ายสารอาหารต่างๆ รวมทั้งสารทุติยภูมิออกไปจากใบและลำต้น ดังนั้น การนำมาใช้ประโยชน์ทางยาของข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) จึงควรใช้เฉพาะส่วนของเหง้าเท่านั้น

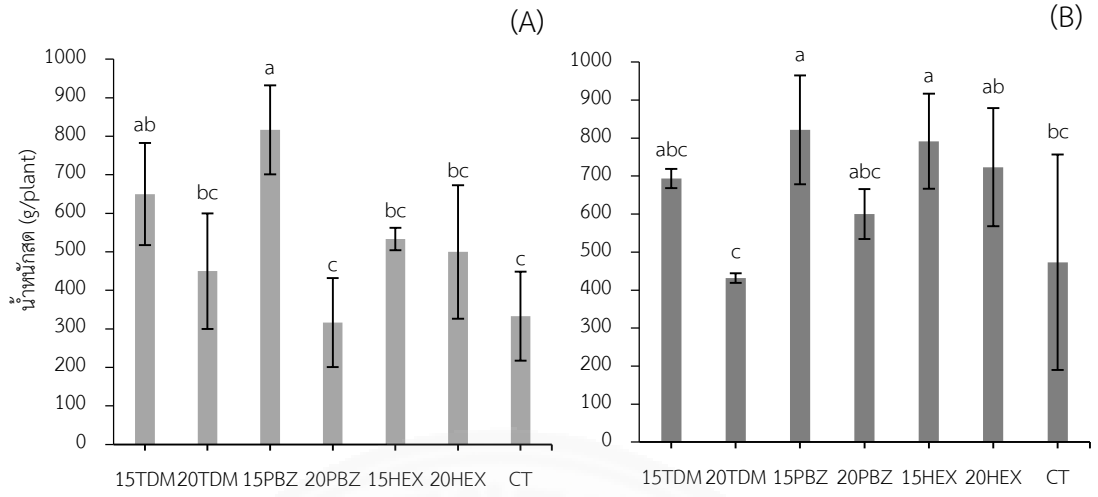
Ref. code: 25595709032584FDR

4.4 ผลของการใช้สารประกอบ Triazole ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการให้ผลผลิตและการสะสมสาร DB

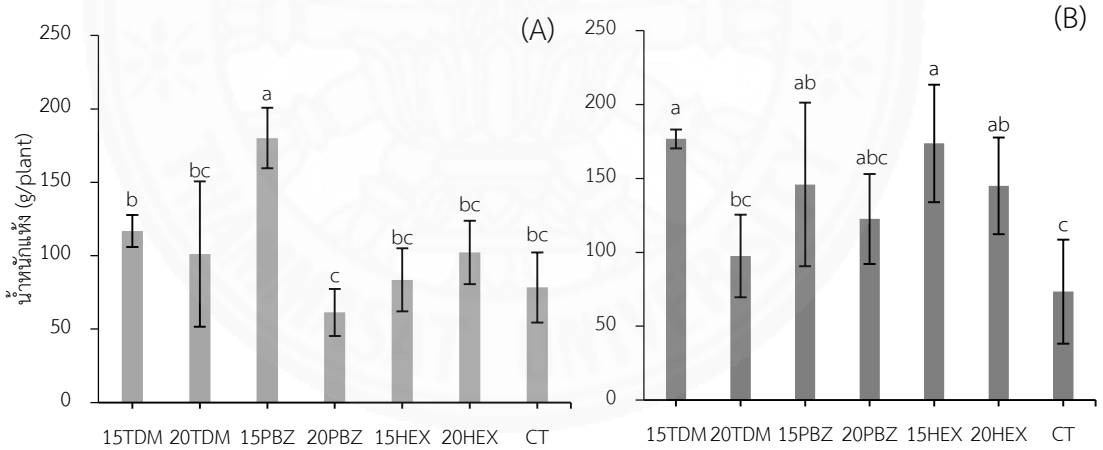
การราดสาร TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 15 และ 20 mg/l เปรียบเทียบกับการไม่ราดสารประกอบ triazole เป็นสิ่งทดลองควบคุม พบว่า เหง้าที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 และเก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 เมื่อให้สาร PBZ ที่ความเข้มข้น 15 mg/l ทำให้เหง้ามีน้ำหนักสดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ 816.67 ± 116.90 g/plant แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการให้สาร TDM ที่ความเข้มข้น 15 mg/l มีน้ำหนักสดเหง้า 650.00 ± 122.47 g/plant ส่วนการให้สาร HEX ที่ความเข้มข้น 15 mg/l และการให้สารทั้ง 3 ชนิดที่ความเข้มข้น 20 mg/l มีน้ำหนักสดเหง้าต่ำและไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ให้สารประกอบ triazole โดยสาร PBZ ที่ความเข้มข้น 20 mg/l มีน้ำหนักสดเหง้าต่ำที่สุด 316.67 ± 147.20 g/plant (ภาพที่ 4.11A) ส่วนเหง้าที่ปลูกในครั้งที่สองในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 พบว่า เมื่อให้สาร PBZ ที่ความเข้มข้น 15 mg/l ยังคงมีน้ำหนักสดเหง้าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 821.67 ± 142.86 g/plant แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเหง้าที่ได้รับสาร HEX ที่ความเข้มข้น 15 mg/l มีน้ำหนักสดเหง้า 791.67 ± 125.03 g/plant ส่วนเหง้าที่ได้รับสาร TDM ที่ความเข้มข้น 20 mg/l มีน้ำหนักสดเหง้าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีน้ำหนักสดเหง้า 431.67 ± 12.58 g/plant (ภาพที่ 4.11B)

น้ำหนักแห้งเหง้า การปลูกในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 และเก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 พบว่า เหง้าที่ได้รับสาร PBZ 15 mg/l มีน้ำหนักแห้งเหง้าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ 180.11 ± 36.80 g/plant ส่วนเหง้าที่ได้รับสาร PBZ ที่ความเข้มข้น 20 mg/l TDM และ HEX ทั้งสองความเข้มข้นมีน้ำหนักแห้งเหง้าต่ำและไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ราดสาร โดยสาร PBZ ที่ความเข้มข้น 20 mg/l ส่งผลให้มีน้ำหนักแห้งเหง้าต่ำที่สุด 74.20 ± 31.11 g/plant (ภาพที่ 4.12A) ส่วนการปลูกในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 พบว่า การให้สารประกอบ triazole ทั้ง 3 ชนิดที่ความเข้มข้นต่างๆ ยกเว้น TDM และ PBZ ที่ความเข้มข้น 20 mg/l มีน้ำหนักแห้งมากกว่าสิ่งทดลองควบคุมซึ่งมีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (73.44 ± 35.20 g/plant) โดยการให้ TDM ที่ความเข้มข้น 15 mg/l มีน้ำหนักแห้งสูงที่สุด 176.83 ± 6.40 g/plant แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการให้ HEX ที่ความเข้มข้น 15 mg/l มีน้ำหนักแห้ง 173.81 ± 3976 g/plant (ภาพที่ 4.12B)

Ref. code: 25595709032584FDR



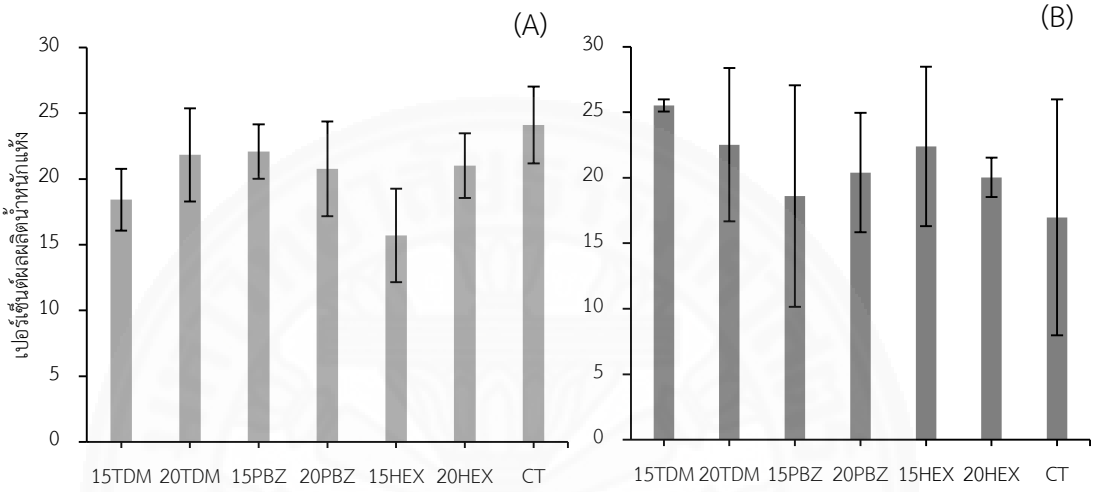
ภาพที่ 4.11 น้ำหนักสดของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 (A) และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 (B) เมื่อได้รับสาร TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้ราดสาร (CT)



ภาพที่ 4.12 น้ำหนักแห้งของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 (A) และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 (B) เมื่อได้รับสาร TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้ราดสาร (CT)

Ref. code: 25595709032584FDR

เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้ง พบว่า เหง้าที่ปลูกครั้งที่ 1 ในปี 2556 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสิ่งทดลองที่ราดและไม่ราดสารประกอบ triazole โดยมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้งอยู่ระหว่าง 15.71 ± 3.56% ถึง 24.10 ± 2.92% (ภาพที่ 4.13A) ส่วนเหง้าที่ปลูกครั้งที่ 2 ในปี 2557 พบว่า เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้ง อยู่ระหว่าง 16.97 ± 9.01% ถึง 25.51 ± 0.46% ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งสิ่งทดลองที่ราดสารและไม่ราดสารประกอบ triazole (ภาพที่ 4.13B)



ภาพที่ 4.13 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้งของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 (A) และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 (B) เมื่อได้รับสาร TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้ราดสาร (CT)

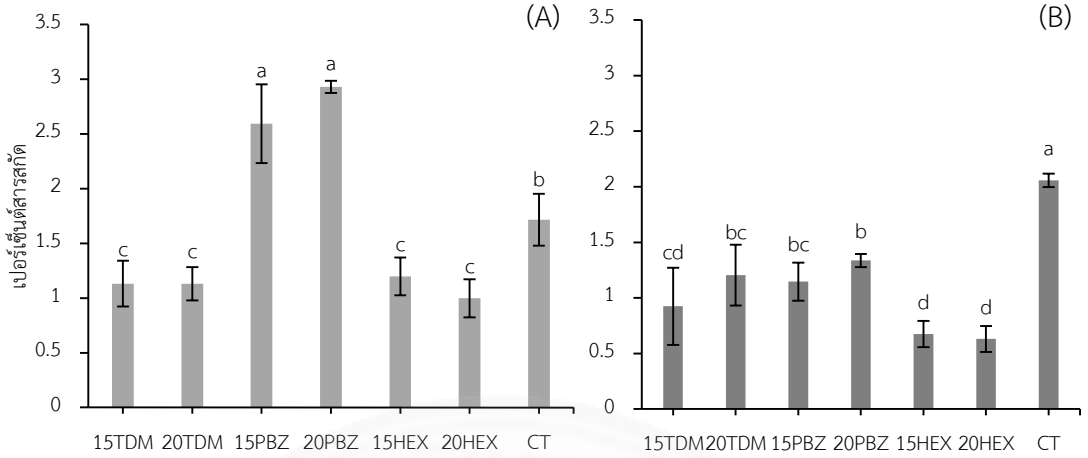
การปลูกข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ทั้ง 2 ครั้ง เมื่อมีการราดสารประกอบ triazole พบว่า ทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเหง้ามีค่าสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้ราดสาร แสดงว่าต้นที่ได้รับสารประกอบ triazole สามารถเพิ่มผลผลิตของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ได้ และการให้สารประกอบ triazole ที่ความเข้มข้นต่ำ มีแนวโน้มที่จะมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเหง้าสูงกว่าการให้ที่ความเข้มข้นสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสารประกอบ triazole สามารถกระตุ้นการสร้างไซโตไคนิน (Grossman, 1990) ซึ่งส่งผลให้มีการเพิ่มจำนวนเซลล์มากขึ้น รวมทั้งยังสามารถยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน ทำให้พืชสร้างลำต้นใต้ดินได้ดี (Hammes and Nel, 1975) จึงทำให้เหง้ามีขนาดใหญ่ขึ้น อีกทั้งสารประกอบ triazole นั้นยังช่วยส่งเสริมการเคลื่อนย้ายอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสง จากส่วนเหนือดินลงสู่ลำต้นใต้ดินมากขึ้น ทำให้เกิดการเจริญและพัฒนาส่วนของหัวใหม่อย่างรวดเร็ว

Ref. code: 25595709032584FDR

(Panyapruek et al., 2016) ในต้นที่ได้รับสาร triazole จึงมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเหง้าเพิ่มขึ้นมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับสาร นอกจากนี้ สารในกลุ่ม triazole ชนิดที่แตกต่างกัน มีความเฉพาะเจาะจงต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่างๆ ซึ่งในการทดลองนี้ การให้สาร PBZ ที่ความเข้มข้นต่ำ (15 mg/l) ทำให้เหง้ามีน้ำหนักสดสูงที่สุดทั้งสองครั้งที่ปลูก ส่วนสาร HEX และ TDM ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน สำหรับน้ำหนักแห้งการตอบสนองของข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ต่อการให้สารทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับน้ำหนักสด ซึ่งผลการทดลองนี้ให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ Gopi et al. (2007) ที่พบว่า การให้ HEX ความเข้มข้น 20 mg/l ในแครอท (*D. carota* L.) ทำให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และชีวมวลของรากเพิ่มขึ้นมากกว่าในต้นที่ไม่ได้ให้สาร ส่วน Panyapruek et al. (2016) พบว่า มันสำปะหลัง (*M. esculenta* Crant) เมื่อให้สาร PBZ ที่ความเข้มข้น 30 mg/l ทำให้น้ำหนักสดและผลผลิตรากสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ใน *D. rotundata* Poir. เมื่อราดด้วยสารประกอบ TDM (15 mg/l) และ HEX (10 mg/l) พบว่า ทำให้ tuber มีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีการสังเคราะห์แป้งภายในหัวมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Jaleel et al., 2008)

เมื่อนำเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) มาสกัด พบว่า การปลูกในปี 2556 เมื่อให้สาร PBZ ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l ทำให้เหง้ามีเปอร์เซ็นต์สารสกัดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์สารสกัด 2.59 ± 0.36 และ 2.93 ± 0.05% ตามลำดับ รองลงมาคือเหง้าที่ไม่ได้รับสารมีเปอร์เซ็นต์สารสกัด 1.80 ± 0.04% ส่วนการให้สาร TDM และ HEX มีเปอร์เซ็นต์สารสกัดต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีเปอร์เซ็นต์สารสกัด 1.00 ± 0.17 ถึง 1.13 ± 0.21% (ภาพที่ 4.14A) ส่วนเปอร์เซ็นต์สารสกัดของเหง้าที่ปลูกในปี 2557 พบว่า สิ่งทดลองที่ไม่ได้รับสารมีเปอร์เซ็นต์สารสกัดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 2.06 ± 0.07% (ภาพที่ 4.14B) รองลงมาคือเหง้าที่ได้รับสาร PBZ ที่ความเข้มข้น 20 mg/l แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเหง้าที่ได้รับสาร PBZ ความเข้มข้น 15 mg/l และได้รับสาร TDM 20 mg/l มีเปอร์เซ็นต์สารสกัด 1.34 ± 0.06 1.15 ± 0.17 และ 1.21 ± 0.27% ตามลำดับ ส่วนเหง้าที่ได้รับสาร HEX ที่ความเข้มข้น 20 mg/l มีเปอร์เซ็นต์สารสกัดต่ำที่สุด 0.63 ± 0.27% (ภาพที่ 4.14B) ซึ่งผลการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) เก็บเกี่ยวที่อายุ 26 - 28 เดือนที่ไม่ได้ราดสารใน 4.1 ซึ่งมีปริมาณสารสกัดอยู่ในช่วง 1.36 ± 1.07 - 2.03 ± 0.64% (ภาพที่ 4.5)

Ref. code: 25595709032584FDR



ภาพที่ 4.14 เปอร์เซ็นต์สารสกัดของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 (A) และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 (B) เมื่อได้รับสาร TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้ราดสาร (CT)

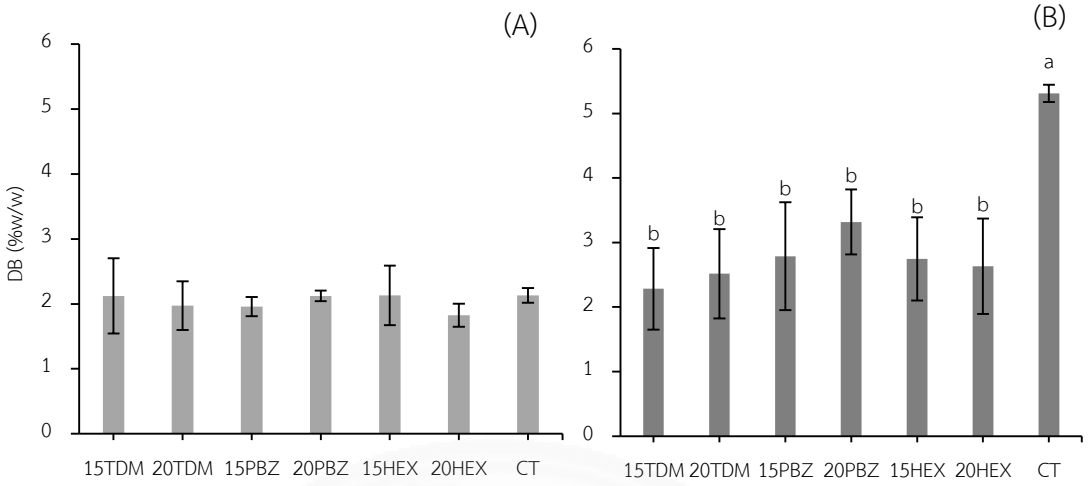
เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณสาร DB ของเหง้าที่ปลูกครั้งที่ 1 โดยเก็บเกี่ยวเหง้าที่อายุ 21 เดือนหลังปลูก พบว่า เหง้าที่ราดด้วยสารประกอบ triazole ทั้ง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l มีปริมาณ DB ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเหง้าที่ไม่ได้ราดสาร โดยมีปริมาณสาร DB 1.82 ± 0.18 ถึง 2.13 ± 0.11 %w/w (ภาพที่ 4.15A) ส่วนเหง้าที่ปลูกในครั้งที่ 2 ซึ่งเก็บเกี่ยวเหง้าที่อายุ 20 เดือนหลังปลูก พบว่า ปริมาณสาร DB ในแต่ละสิ่งทดลอง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเหง้าที่ได้รับสารและสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับสาร โดยสิ่งทดลองควบคุมมีปริมาณสาร DB สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (5.54 ± 0.78 %w/w) (ภาพที่ 4.15B) ส่วนเหง้าที่ได้รับสาร triazole แต่ละชนิดและความเข้มข้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณสาร DB 2.52 ± 0.69 ถึง 3.32 ± 0.50 %w/w (ภาพที่ 4.15B)

จากการวิเคราะห์ปริมาณสาร DB พบว่า การปลูกข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ทั้ง 2 ครั้ง เหง้าที่ไม่ได้รับสาร triazole มีปริมาณ DB สูงกว่าในเหง้าที่รับสารประกอบ triazole ถึงแม้ในการทดลองครั้งที่ 1 ปริมาณสาร DB จะไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างสิ่งทดลอง แสดงว่าการให้สารประกอบ triazole ไม่สามารถกระตุ้นให้ข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) สร้างสาร DB ให้เพิ่มขึ้นได้ ซึ่งการตอบสนองของพืชต่อสารกระตุ้นในการสร้าง หรือสะสมสารทุติยภูมิ มีความจำเพาะเจาะจงต่อชนิดของสารกระตุ้น และความเข้มข้นที่ใช้รวมถึงระยะการเจริญเติบโตของพืช หรือจำนวนครั้งหรือระยะเวลาใน

Ref. code: 25595709032584FDR

การให้สาร (วราภรณ์, 2551; Davis et al., 1988; Zhao et al., 2005; Kim et al., 2007) ในการทดลองนี้ เหง้าที่ได้นำมาศึกษาเป็นเหง้าที่เก็บเกี่ยวมาจากป่า ซึ่งเหง้ามีทั้งขนาดและอายุที่หลากหลาย และเมื่อนำมาเพาะในแปลงปลูกพบว่ามีอัตราการรอดชีวิตต่ำ ทำให้มีจำนวนต้นในการศึกษาค่อนข้างน้อย และให้สารประกอบ triazole ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l จำนวน 5 ครั้ง แสดงว่าพืชจะได้รับสาร 75 และ 100 mg/l ต่อต้น ซึ่งอาจเป็นความเข้มข้นที่มากเกินไป จึงไม่สามารถกระตุ้นในพืชสร้างสารทุติยภูมิเพิ่มขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม การใช้สารในกลุ่ม triazole สามารถชักนำให้พืชหลายชนิดมีการสร้างสารทุติยภูมิเพิ่มขึ้นได้ เช่น การใช้สาร difenoconozole และ propiconazole ที่ความเข้มข้น 10 mg/l สามารถชักนำให้หัวดองดึง (*Gloriosa superba* L.) เพิ่มการสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น ascorbate peroxidase, superoxide dismutase และ polyphenol oxidase เป็นต้น รวมทั้งสามารถเพิ่มการสร้างสาร alkaloid ได้ดีขึ้นอีกด้วย (Kavina et al., 2012) Gopi et al. (2007) ศึกษาผลของการราดสาร HEX และ PBZ ความเข้มข้น 20 mg/plant ในแครอท (*D. carota* L.) ที่อายุ 15 30 และ 45 วันหลังปลูก เก็บเกี่ยวรากที่อายุ 60 วันหลังปลูก พบว่า PBZ ทำให้ anthocyanin โปรตีน กรดอะมิโน proline แป้ง และน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วน HEX ทำให้ carotenoid เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ทั้ง PBZ และ HEX ทำให้น้ำหนักสด และน้ำแห้งของรากเพิ่มขึ้น ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี เพิ่มขึ้นมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับสาร และยังเพิ่มกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระทั้งที่เป็นเอนไซม์ (ascorbate peroxidase) และไม่ใช่เอนไซม์ (reduced glutathione) ส่วนในมันสำปะหลัง (*M. esculenta* Crantz) เมื่อราดสาร TDM และ HEX ความเข้มข้น 20 และ 15 ppm ในดิน ที่อายุ 25 45 65 และ 100 วันหลังปลูก เก็บเกี่ยวเมื่อต้นมีอายุ 40 80 120 160 200 และ 240 วันหลังปลูก พบว่า สาร TDM และ HEX ไปยับยั้งการเจริญเติบโตของลำต้น และความยาวข้อ รวมถึงการขยายของใบ แต่เพิ่มการเจริญเติบโตของราก โดยทำให้รากมีขนาดสั้น แต่มีเส้นรอบวงของรากเพิ่มมากขึ้น มีน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งรากเพิ่มขึ้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับสาร รวมทั้งเพิ่มการสร้างแป้ง และสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่ช่วยในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตในรากได้ เช่น starch phosphorylase acid invertase และ sucrose synthase (Gomathinayagam et al., 2007) นอกจากนี้ ใน *D. rotundata* Poir. เมื่อราดด้วยสารประกอบ TDM (15 ppm) และ HEX (10 ppm) เมื่อต้นมีอายุ 40 55 70 และ 85 วันหลังปลูก พบว่า ทำให้หัวมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีการสังเคราะห์แป้งภายในหัวมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Jaleel et al., 2007a) นอกจากนี้ ข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) มีลักษณะของลำต้นใต้ดินเป็นเหง้าแตกต่างจากรายงานข้างต้นที่ใช้สารประกอบ triazole สามารถกระตุ้นผลผลิตและคุณภาพ tuber ได้ อาจเป็นไปได้ว่าทั้งชนิดและความเข้มข้นของสารประกอบ triazole ที่ใช้อาจยังไม่เหมาะสมต่อการกระตุ้นให้สร้างสาร DB ในเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ได้

Ref. code: 25595709032584FDR



ภาพที่ 4.15 ปริมาณสาร dioscorealide B (DB) ของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 (A) และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 (B) เมื่อได้รับสาร TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ได้ราดสาร (CT)

Ref. code: 25595709032584FDR

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. การเก็บเกี่ยวเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ในช่วงฤดูแล้งปีที่ 2 ของการปลูกในเดือนแตกต่างกัน คือ เดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม พบว่า ให้ผลผลิตน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้ง และปริมาณสาร DB ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น หากต้องการเก็บเกี่ยวเหง้าเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางยา ควรเก็บเกี่ยวเหง้าในเดือนมกราคม เนื่องจากเหง้าจะมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงและลดลงตามระยะเวลาการเก็บเกี่ยว แต่หากต้องการเก็บเกี่ยวเพื่อขยายพันธุ์ควรเก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม เนื่องจากไม่พบเหง้าที่ฝ่อและเหง้าสามารถงอกได้สองเดือนหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30°C)

2. การเก็บรักษาเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) พบว่า เหง้าสามารถงอกได้ภายใน 2 เดือนระหว่างการเก็บรักษา โดยเหง้าที่เก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคมมีความงอกสูงที่สุด เหง้าที่งอกเมื่อออกปลูกในแปลงเจริญเติบโตได้ดี และหลังการปลูก 1 ปี มีต้นที่รอดชีวิตและมีพัฒนาการทางลำต้นเหนือดิน 65%

3. การเก็บเกี่ยวใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ในเดือนแตกต่างกัน คือ เดือนกันยายน ธันวาคม มีนาคม และมิถุนายน และระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกัน คือ ใบอ่อน ใบเพสลาด และใบแก่ ไม่พบปริมาณสาร DB ในใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ดังนั้น จึงควรใช้เฉพาะส่วนของเหง้าในการนำมาใช้ประโยชน์ทางยา

4. การให้สารประกอบ triazole คือ TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l ทำให้มีผลผลิตน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเหง้าสูงกว่าในต้นที่ไม่ได้รับสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างต้นที่ได้รับและไม่ได้รับสารประกอบ triazole นอกจากนี้ การให้สารประกอบ triazole ที่ความเข้มข้นต่ำ มีแนวโน้มที่จะมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเหง้าสูงกว่าการให้ที่ความเข้มข้นสูง แต่การให้สารประกอบ TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l ไม่สามารถเพิ่มสาร DB ในเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ได้

Ref. code: 25595709032584FDR

5.2 ข้อเสนอแนะ

การเก็บเกี่ยวเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) สามารถเก็บเกี่ยวได้ทุกเดือนช่วงที่ลำต้นเหนือดินแห้งและฟุบ เมื่อต้นมีอายุมากขึ้นจะให้ผลผลิตเหง้าสูงขึ้น และควรปลูกอย่างน้อย 2 ปี เมื่อนำเหง้าส่วนที่มีจุดเจริญมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30°C) เหง้าสามารถงอกได้ภายในสองเดือน แต่ในระหว่างการเก็บรักษาพบเหง้าฝ่อที่เกิดจากการทำลายของเชื้อราและแบคทีเรีย ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าสภาพในการเก็บรักษาอาจยังไม่เหมาะสม ดังนั้นหากต้องการเก็บรักษาเพื่อนำเหง้าไปปลูกในช่วงฤดูฝน ควรต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เกี่ยวกับอุณหภูมิ ความชื้น หรือสภาพอื่นๆ ที่เหมาะสมในระหว่างการเก็บรักษา และการแบ่งขนาดเหง้าเพื่อนำมาขยายพันธุ์ไม่ควรมีขนาดเล็กเกินไป น้ำหนักเหง้าควรมากกว่า 50 g เพราะเหง้าขนาดเล็กส่วนใหญ่ เมื่อนำออกปลูกจะฝ่อในระหว่างการเจริญเติบโต ดังนั้น ควรแบ่งเหง้าให้มีขนาดใหญ่และมีจุดเจริญหลายๆจุด เพราะหากเหง้ามีขนาดเล็กเกินไปอาจมีอาหารสะสมไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตในแปลงปลูก นอกจากนี้ใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ไม่พบปริมาณสาร DB ในใบ แต่อาจมีการสะสมสารทุติยภูมิชนิดอื่นๆ จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในทางยาต่อไป การใช้สารประกอบ triazole ในเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) สามารถเพิ่มผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งได้ แต่ไม่สามารถเพิ่มการสร้างสาร DB ในเหง้าได้ ซึ่งการใช้สารประกอบ triazole ที่ความเข้มข้นต่ำมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตสูงกว่าที่ความเข้มข้นสูง ดังนั้น ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม หรือใช้สารกระตุ้นชนิดอื่น หากต้องการเพิ่มผลผลิตและเพิ่มการสร้างสาร DB ในเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)

Ref. code: 25595709032584FDR

รายการอ้างอิง

กรวิกา เลื่อนแก้ว มลธิชา เพรชรชุม ศรัณยา จันษร และเกศริน มณีนูน. 2555. การรวบรวมสมุนไพรรักษามะเร็งของหมอพื้นบ้านในจังหวัดตรัง พัทลุง และสงขลา. โครงงานพิเศษทางด้านการแพทย์แผนไทย. คณะแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 209 หน้า.

กวิศร์ วานิชกุล. 2545. ระบบการผลิต และการสร้างสวนไม้ผลเขตร้อน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 174 หน้า.

กาญจนา สาลีติ๊ด. 2541. พฤกษศาสตร์ทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 2. โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพ. 236 หน้า.

กิตติศักดิ์ บุราณรมย์ สุมนา นีระ สนั่น จอกลอย และภาณุพล หงส์ภักดี. 2560. การตอบสนองต่อสารพาโคลบิวทราโซลของแก่นตะวันเพื่อการผลิตเป็นไม้กระถาง. แก่นเกษตร. 45: 361-367.

เกศริน มณีนูน. 2556. สมุนไพรจากพืชสกุลกลอยในตำรับยาแผนไทย. ว.วิทย. มข. 41: 797-807.

แก้ว กาญจนา. 2547. สูตรลับตำรับสมุนไพรรักษาโรคมะเร็ง. นีออน บุ๊ค มีเดีย. กรุงเทพฯ. 102 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการตายของพืช. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 453 หน้า.

ใจศิลป์ ก้อนใจ. 2542. การศึกษาอิทธิพลของสารละลายพาโคลบิวทราโซลที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของชวนชม. รายงานการวิจัย. สถานีวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 52 หน้า

เฉลิมพล แซมเพชร. 2542. สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่. พิมพ์ครั้งที่ 1. นพบุรีการพิมพ์, เชียงใหม่. 276 หน้า.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. ธัญชาติและพืชหัว. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 235 หน้า.

เต็ม สมิตินันทน์. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 102 หน้า.

ทิพวรรณ มาเสมอ และเทวิน พร้อมพวก. 2544. ศึกษาการขยายพันธุ์ของกลอยโดยใช้หัวพันธุ์แบบต่างๆ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. คณะวิชาพืชศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี, จันทบุรี.

ทิพย์สุคนธ์ บุญยืน. 2557. ผลของ Jasmanic Acid และ Salicylic Acid ต่อปริมาณ Dioscorealide B ในการเพาะเลี้ยงยอดของข้าวเย็นใต้ (*Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

Ref. code: 25595709032584FDR

ทิพย์สุคนธ์ บุญยืน เยาวพา จิระเกียรติกุล ภาณุมาศ ฤทธิไชย ศรีโสภา เรืองหนู และ อรุณพร อิฐรัตน์. 2557. ปริมาณ dioscorealide B ของยอดข้าวเย็นใต้ (*Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ในสภาพปลอดเชื้อที่ระยะเวลาเพาะเลี้ยงต่างกัน. แก่นเกษตร. 42: 306-310.

ธนวดี พรหมจันทร์ กันยารัตน์ หรัถยา พรนภา รุ่งสว่าง อาริสา ทับทิม และพิมพ์ใจ มีตุ้ม. ผลของความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองพันธุ์อเมริกัน. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 2: 10-18.

นาถฤดี ศุภกิจจารักษ์. 2533. ผลของสารแพคโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงสารคล้ายจิบเบอเรลลินที่ปลายยอดและการออกดอกของมะม่วงพันธุ์“เขียวเสวย”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิตยา มงคลรัตนาสิทธิ์ และฉันทนา สุวรรณธาดา. 2545. ผลของขนาดหัวต่อการเจริญเติบโตของ *Globba rosea* Gagnep. วารสารเกษตร. 18: 124-128.

นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย. 2557. พาโคลบิวทราโซล: ผลต่อการเติบโตของทรงพุ่มและปริมาณคลอโรฟิลล์ของชวนชมพันธุ์ฮอลแลนด์. แก่นเกษตร. 42: 39-46.

นันทิยา วรรธนะภูติ. 2538. การขยายพันธุ์พืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 447 หน้า.

ประพันธ์ ชัยจิตติประเสริฐ. 2544. ผลของสารแพคโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของแพงพวยพันธุ์ Raspberry Red Cooler. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประสาร ฉลาดคิด. 2545. สิ่งแวดล้อมกับการเจริญเติบโตในรอบปีของกวาวเครือขาว. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาของประเทศไทย. ครั้งที่ 3. วันที่ 18-19 กรกฎาคม 2545. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

ปิยาภัทร เข็มวิชัย. 2556. การเขตกรรมและการสะสมสารทุติยภูมิของหัวข้าวเย็น (*Dioscorea birmanica* Prain & Burkill). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

ปิยาภัทร เข็มวิชัย ภาณุมาศ ฤทธิไชย เยาวพา จิระเกียรติกุล และอรุณพร อิฐรัตน์. 2556. การเจริญเติบโตของหัวข้าวเย็น (*Dioscorea birmanica* Prain & Burkill) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆ. ว. วิทย์. กษ. (พิเศษ). 44: 117-120.

Ref. code: 25595709032584FDR

ผกากรอง ทองดียิ่ง ศุณิตา มากชูชิต สุมาลี ปานทอง ศรีโสภา เรืองหนู และ อรุณพร อิฐรัตน์. 2555. การยับยั้งการสร้าง PGE2 จากเซลล์ RAW 264.7 ที่ถูกเหนี่ยวนำโดย LPS ของสารจากหัวข้าวเย็นใต้ (*Dioscorea membranacae*). การประชุมเครือข่ายวิชาการบัณฑิตศึกษาแห่งชาติครั้งที่ 1. วันที่ 18 ธันวาคม 2555. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

พงษ์ศักดิ์ พลเสนา และยุทธนา บรรจง. 2549. อิทธิพลของความเข้มแสงต่อผลผลิตว่านสาวหลง *Amomum biflorum* Jack. งานสวนพฤกษศาสตร์. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดาริ อำเภอพนมสารคาม, ฉะเชิงเทรา. 8 หน้า.

พนิดา อติเวทิน. 2542. อิทธิพลของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และอายุเก็บเกี่ยวต่อผลผลิต และปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พินทุสร หาญสกุล และอรุณพร อิฐรัตน์. 2555. การศึกษาการออกฤทธิ์และกลไกของ Dioscoreanone จากสารสกัดชั้นแอลกอฮอล์ของหัวข้าวเย็นชนิด *Dioscorea membranacea* ในการยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งปอด. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี. 28 หน้า.

พิพัฒน์ ชัยพฤกษ์ สมยศ เดชภิรัตนมงคล และธวัชชัย อุบลเกิด. 2557. ผลของการพ่นสาร Fusilade super ที่ช่วงระยะเวลาแตกต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวฟ่างหวายสองพันธุ์. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ครั้งที่ 53. วันที่ 3-6 กุมภาพันธ์ 2558. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พีรเดช ทองอำไพ. 2537. ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์ แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. ห้างหุ้นส่วนจำกัดไดนามิคการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 196 หน้า.

ภาณุมาศ ฤทธิไชย และอรุณพร อิฐรัตน์. 2554. ผลของวัสดุเพาะต่อการงอกของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*Dioscorea membranacea*). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42 (พิเศษ): 135-138.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2543. ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 192 หน้า.

มาโนชญ์ กูลพฤกษี ชัยวัฒน์ มครเพศ และเสวก พงษ์สำราญ. 2552. สภาพปลูกและขนาดหัวพันธุ์ที่มีต่อผลผลิตกลอย. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 14: 70-79.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 หน้า.

ยุทธนา สมิตสิริ และชรินทร์ วังใจ. 2529. ชีววิทยาบางประการของกวาวเครือขาว: ดอก ฝัก เมล็ด. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. ครั้งที่ 12. วันที่ 30 พฤศจิกายน – 2 ธันวาคม 2559. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

Ref. code: 25595709032584FDR

ลิลลี่ กาวีต๊ะ มาลี ณ นคร ศรีสม สุวรรณวงศ์ และสุรียา ตันติวิวัฒน์. 2552. สรีรวิทยาของพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 192 หน้า.

วราภรณ์ ภูตะลุน. 2551. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพร: แนวทางการศึกษาเพื่อผลิตสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา. พิมพ์ครั้ง 1. สำนักพิมพ์ขอนแก่นพิมพ์พัฒนา, ขอนแก่น. 120 หน้า.

วันทนา เหรียญมงคล อรุณพร อิฐรัตน์ และพิศิษฐ์ บัวแก้ว. 2550. ตรวจหาฤทธิ์แก้อักเสบระงับปวดและลดไข้ของสารสกัดจากเหง้าหัวข้าวเย็นในหนูทดลอง. ว. สงขลานครินทร์. 29: 49-57.

วุฒิ วุฒิธรรมเวช. 2540. เภสัชกรรมไทยรวมสมุนไพร ฉบับปรังปรุงใหม่. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 480 หน้า.

ศุภษา ธิติทวีสิน สมยศ เดชภิรัตนมงคล และสมมารถ อยู่สุขยิ่งสถาพร. 2553. ผลของขนาดหัวพันธุ์ที่มีต่อการเติบโตและผลผลิตเผือกหอม. การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48. สาขาพืช. วันที่ 3 - 5 กุมภาพันธ์ 2553. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิวพร อินทร์ปรสิทธิ์. 2546. อิทธิพลของร่มเงาที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของกระชายดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สถาบันการแพทย์แผนไทย. 2540. อาหารพื้นบ้าน 4 ภาค. โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ. 186 หน้า.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 237 หน้า.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 252 หน้า.

สดุดี วรรณพัฒน์. 2527. นิเวศน์วิทยาของพืช. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 121 หน้า.

สังคม เตชะวงค์เสถียร. 2545. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช. สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 37 หน้า.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2544. สรีรวิทยาการพัฒนาการพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, ขอนแก่น. 665 หน้า.

สุปราณี จอมแจ้ง. 2551. ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากเหง้ากระชายดำ (*Kaempferia parviflora* Wall. ex Bak.) และขมิ้นดำ (*Curcuma aeruginosa* Roxb.) (Zingiberaceae) ที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

Ref. code: 25595709032584FDR

สุรวิช วรรณไกรโรจน์. 2538. ปทุมมา และกระเจียว. หน้า 65-78. *ใน:* สมชาย สุคนธสิงห์ (บรรณาธิการ). ต้นไม้ประจำปีแห่งชาติ 2538. กองสวนสาธารณะ. สำนักสวัสดิการสังคม, กรุงเทพฯ.

สุรสิทธิ์ วัชโรทยาน ชาคริต จุลกะเสวี และณัฐ จามรมาน. 2541. ดินและปุ๋ย. มูลนิธิมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 216 หน้า.

สุรางค์ เธียรหิรัญ ธานี พันแสง นพพร ตั้งจิตต์งาม วีรณา สมพีร์วงศ์ สุทธิลักษณ์ โรจนานุกูล สิริกานต์ พันธุ์สาย และกรรณิการ์ เอียดรา. 2553. คู่มือการเรียนรู้ด้วยตนเองของชุมชนด้านความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืช. ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 37 หน้า.

หัตถ์ชัย กสิโอฬาร พรรวี เฮงฉุน ยุพาวรรณ ราชภูมิ และลัดดารัตน์ ขาวสระ. การใช้พาโคลบิวทราโซลเพื่อชะลอการเจริญเติบโตของช่อดอก Guzmania “Lingulata”. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 4: 14-17.

หิรัญ หิรัญประดิษฐ์, สุขวัฒน์ จันทรปรรณิก และเสริมสุข สลักเพ็ชร์. 2534. การผลิตทุเรียนก่อนฤดู. เอกสารทางวิชาการประจำ ปี 2534. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

องอาจ หาญชาญเลิศ พินิจ กรินท์ธัญญกิจ รักเกียรติ ชอบเกื้อ เรืองศักดิ์ กมขุนทด และกัลยาณี สุวิทวัส. 2548. อิทธิพลของวันปลูกและระยะปลูกที่มีต่อผลผลิตกระเจี๊ยบแดงพันธุ์กลีบยาว. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43. สาขาพืช. วันที่ 1 – 4 กุมภาพันธ์ 2548. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อภิพรรณ พุกภักดี เสาวณี สุริยาภณานนท์ และพูนพิภพ เกษมทรัพย์. 2543. วิทยาศาสตร์การผลิตพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 472 หน้า.

อัญรินทร์ หอมกลิ่น. 2556. ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน. โครงงานนักศึกษาปริญญาตรี. สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

อัมรัตน์ โกมลมาศ เกศริน ฑีฆายุ และณัฐชัย เที่ยงบูรณธรรม. 2546. อิทธิพลของอัตราปุ๋ยและอายุเก็บเกี่ยวที่มีต่อผลผลิตและปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของกระชาย (*Boesenbergia pandurata* (Roxb) Schir.). รายงานการวิจัย. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลบางพระ, ชลบุรี. 34 หน้า.

อนุสรณ์ วิเชียรเจริญ ประภัทร์ พิศวงษ์ และไชยา เซี่ยงฉิน. 2558. ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคพืช penthiopyrad 20% W/V SC (กาบิน่า) ในการป้องกันกำจัดโรคใบจุดสีม่วงในหอมหัวใหญ่ที่มีสาเหตุจากเชื้อ *Altermaria porri* (Ellis) Ciferri. การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 12. วันที่ 20-22 ตุลาคม 2558. โรงแรมดุสิต ไอส์แลนด์ รีสอร์ท, เชียงราย.

Ref. code: 25595709032584FDR

อรุณพร อิฐรัตน์ ชวบูลย์ เดชสุขุม และวิไลรัตน์ ลื้อนันต์ศักดิ์ศิริ. 2552. การศึกษากลไกการออกฤทธิ์ระดับอนูของสารสกัดและ Dioscorealide B ต่อเซลล์มะเร็งเต้านมจากหัวข้าวเย็นชนิด *Dioscorea membranacea*. รายงานการวิจัย. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 29 หน้า.

อรุณพร อิฐรัตน์ นิวัติ แก้วประดับ อนุชิต พลับรู้การ และ ปราณี รัตนสุวรรณ. 2546. การศึกษาฤทธิ์ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งของสมุนไพรที่เรียกว่าหัวข้าวเย็น. รายงานการวิจัย พ.ศ. 2545-2546. คณะเภสัชศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 34 หน้า.

อรุณพร อิฐรัตน์ เพชรน้อย สิงห์ช่างชัย ถนอมจิต สุภาวิตา ปราณี รัตนสุวรรณ อุรีพร เกตุจรูญ สุปรียา พงศ์พีรโชค และวินดา จันทร์เทพเทวัญ. 2541. การพิสูจน์เอกลักษณ์และการทำข้อกำหนดของหัวข้าวเย็นเหนือและหัวข้าวเย็นใต้ที่เก็บโดยหมอพื้นบ้านในประเทศไทย. กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. สถาบันการแพทย์แผนไทย. กลุ่มงานวิจัยทางคลีนิคด้านการแพทย์แผนไทยและสมุนไพร, กรุงเทพฯ. 118 หน้า.

โอภาษ บุญเส็ง วิไล สันติโสภาศรี อนุศาสตร์ สุ่มมาตย์ และดลใจ แพทย์กระโทก. 2542. อิทธิพลของฤดูปลูก พันธุ์ และอายุเก็บเกี่ยวต่อคุณสมบัติทางชีวเคมีในหัวมันสำปะหลัง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 33: 497-506.

อุไร จิรมงคลการ. 2538. บอนสี ราชินีแห่งไม้ใบ. บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด มหาชน, กรุงเทพฯ. 152 หน้า.

Adesiyan, S. O. and Odihirin, R. A. 1975. Histopathology studies of yam tuber (*Dioscorea rotundata* Poir.) infected with *Scutellonena bradys* (Steiner & Hettew). International Biodeterioration Bulletin. 11: 48-55.

Akbari, O. S., Chen C. H., Marshall, J. M., Huang, H. and Antoshechkin, I. 2013. A synthetic gene drive system for local, reversible modification and suppression of insect populations. Curr. Biol. 23: 671–677.

Alizaden, S., Mantell, S. H. and Viana, A. M. 1998. *In vitro* shoot culture and microtuber induction in the steroid yam *D. composite* Hemsl. Plant Cell Tiss. Org. 53: 107-112.

Amusa, N. A., Adegbite, A. A., Muhammed, S. and Baiyewu, R. A. 2003. Yam diseases and its management in Nigeria. Afr. J. Biotechnol. 2: 497-502.

Ref. code: 25595709032584FDR

Anuradha, V. E., Jaleel, C. A., Salem, M. A., Gomathinayagam, M. and Panneerselvam, R. 2010. Plant growth regulators induced changes in antioxidant potential and andrographolide content in *Andrographis paniculata* Wall.ex Nees. Pestic. Biochem. Phys. 98: 312-316.

Ayensu, E. S. 1972. Anatomy of the Monocotyledons. VI. Dioscoreales. Oxford Univ Pr, UK. 228 p.

Berova, M. and Zlatev, Z. 2000. Physiological response and yield of paclobutrazol treated tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Plant Growth Regul. 30: 117-123.

Boonyaratanakornkit, L. and Chantarateptawam, V. 1993. Identification and specification of Khaao-Yen-Neua, Khaao-Yen-Tai. Thai J. Pharm. Sci. 17: 79-90.

Bottomley, W., Smith, H. and Galston, A. W. 2001. Flavonoid in *Pisum sativum*: the effect of light on the systhesis of keampferol. Phytochemistry. 5: 117-123.

Burkill, L. H. 1951. Dioscoreaceae. Flora Malesiana. 1: 295-335.

Castro, A. H. F., Young, M. C. M., Alvarenga, A. A. D. AND Alves, J. D. 2001. Influence of photoperiod on the accumulation of allantoin in comfrey plants. R. Bras. Fisiol. Veg. 13:49-54.

Centre for Overseas Pest Research. 1978. Pest Control in Tropical Root Crops. Ministry of Overseas Development, UK. 235 p.

Chaney, W. 2003. Tree growth retardants: arborists discovering new uses for an old tool. Tree Care Ind. Mag. 54, 2–6.

Chang, X., Alderson, P. G. and Wright, C. J. 2008. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. Environ. Exp. Bot. 63: 216-223.

Chu, E. P. and Ribeiro, R. 2002. Growth and carbohydrate changes in shoot culture of *Dioscorea* species as influenced by photoperiod, exogenous sucrose and cytokinin concentrations. Plant Cell Tiss. Org. 70: 241-249.

Costa, M. A., Tornisielo, V. L. and Castanho, G. M. 2009. Residues of 14C-paclobutrazol in mangos. International Nuclear Atlantic Conference. September 27 - October 2, 2009. Rio de Janeiro, Brazil.

Ref. code: 25595709032584FDR

Coursey, D. G. 1967. Yam storage: a review of yam storage practices and of information on storage losses. Stored. Prod. Res. 2: 229-244.

Coursey, D. G. 1982. Roots and tubers production, storage. Processing and marketing in Africa. pp 141-168. *In*: African Regional Centre for Technology (eds.). Tropical Root Crop Work at Tropical Products Institute, Dakar.

Craufurd, P. Q., Summerfield, R. J., Asiedu, R. and Vara Prasad, P. V. 2001. Dormancy in yams. Exp. Agr. 37: 147-181.

Cummings, A. M., Hedge, J. L., and Laskey, J. 1997. Ketoconazole impairs early pregnancy and the decidual cell response via alterations in ovarian function. Fundam. Appl. Toxicol. 40: 238–46.

Cummings, H. D., Yelverton, F. T. and Hinton, J. D. 2002. Use of gibberellic acid to reverse the effects of gibberellic acid inhibiting plant growth regulators. Proc. South. Weed Sci. Soc. 55: 7620-7695.

Davis, T. S., Steffens, G. L. and Sankhla, N. 1988. Triazole plant growth regulators, pp. 63-105. *In*: Janick, J. (ed.). Horticultural Reviews. Timber Press, Portland.

Division of Medical Research, Department of Medical Sciences. 1986. Report of Study and Analysis of the Status and Potential of the Production and Utilization of Medicinal Plants and the Need for Research and Development in Thailand. Ministry of Public Health, Bangkok.

Edward, D. 2006. Registration Eligibility Decision (RED) Document for Triadimefon and Tolerance Reassessment for Triadimenol. United States Environmental Protection Agency, United States. 123 p.

Fletcher, R. A., Gilley, A. T., Davis, D. and Sankhla, N. 2000. Triazoles as plant growth regulators and stress protestants. Hort. Rev. 24: 55-138.

Frederick, S., Loewenstein, G. and Ted O'Donoghue, T. 2002. Time discounting and time preference: A critical review. Journal of Economic Literature. 40: 351-401.

Fluck, H., Nat, D. S. and Pharm, M. 1955. The influence of climate on the active principles in medicinal plants. J. Pharm. Pharmacol. 7: 361-383.

Ref. code: 25595709032584FDR

Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z. E., Rahmat, A., Wahab, P. E. M. and Halim, M. R. A. 2010. Effect of different light intensities on total phenolics and flavonoids synthesis and anti-oxidant activities in young ginger varieties (*Zingiber officinale* Roscoe). Int. J. Mol. Sci. 11: 3885-3897.

Gomathinayagam, M., Jaleel, C. A., Lakshmanan, G. M. A. and Panneerselvam, R. 2007. Changes in carbohydrate metabolism by triazole growth regulators in cassava (*Manihot esculenta* Crantz); effects on tuber production and quality. C. R. Biologies. 330: 644–655.

Gopi, R., Jaleel, A. C., Sairam, C. R., Lakshmanan, R. G., Gomathinayagam, M. A. and Panneerselvam, M. R. 2007. Differential effects of haxaconazole and paclobutrazol on biomass, electrolyte leakage, lipid peroxidation and antioxidany potential of *Daucus carota* L. Colloids Surf. 60: 180-186.

Gopi, R., Sujatha, B.M., Rajan, S. N., Karikalan, L. and Panneerselvam, R. 1999. Effect of Triadimefon in the NaCl stressed cowpea (*Vigna ungiculata*) seedlings. Indian J. Agric. Sci. 69: 743- 745.

Grossman, K. 1990. Plant growth retardants as tools in physiological research. Physiol. Plant. 78: 640-648.

Hailemichael, G. and Tesfaye, K. 2008. The effect of seed rhizome size on the growth, yield and economic return of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). Asian J. Plant Sci. 7: 213-217.

Hammes, P. S. and Nel, P. C. 1975. Control mechanisms in the tubertzation in leaves of triazole treated mulberry plant. Indian Boy. Rep. 101: 1-5.

Hartmann, T. H., Dael, E. K., Fred, T. D. and Robert, L. G. 1997. Plant Propagation. Prentice Hall International Edition, United states. 770 p.

Hojati, M., Modarres-Sanavy, S. A. M., Karimi, M. and Ghanati, F. 2011. Responses of growth and antioxidant systems in *Carthamus tinctorius* L. under water deficit stress. Acta Physiol. Plant. 33: 105–112.

Hossain, M. A., Akamin, H., Ishimine, Y., Teruya, R., Aniya, Y. and Yamawaki, K. 2009. Effect of relative light intensity on the growth, yield and curcumin content of (*Curcuma longa* L.) in Okinawa, Japan. Plant Prod. Sci. 12: 29-36.

Ref. code: 25595709032584FDR

Hossain, M. A., Ishimine, Y., Akamine, H. and Motomura, K. 2005. Effect of seed rhizome size on growth and yield of turmeric (*Curcuma longa* L.). Plant Prod. Sci. 8: 86-94.

Hossain, M. A. and Ishimine, Y. 2005. Growth, yield and quality of turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated on dark-red soil, gray soil and red soil, in Okinawa, Japan. Plant Prod. Sci. 8: 482-486.

Huber, H. 1998. Dioscoreaceae. pp. 216-235. *In*: K. Kubitzki (ed.). The Families and Genera of Vascular Plants. Vol. 3. Flowering Plants Monocotyledons. Lilianae (except Orchidaceae). Springer, Germany.

Ile, E. I., Craufurd, P. Q., Battey, N. H. and Asiedu, R. 2006. Phases of dormancy in yam (*Dioscorea rotundata*). Ann. Bot. 97: 497-504.

Ishimine, Y., Hossain, M.A., Motomura, K., Akamine, H. and Hirayama, T. 2004. Effects of planting date on emergence, growth and yield of turmeric (*Curcuma longa* L.) in Okinawa prefecture, southern Japan. Jpn. J. Trop. Agr. 48: 10-16.

Itharat, A. 2003. Biological activity of bioactive compounds of five Thai medicine plants called Hua-Khao-yen. Ph.D. Thesis, University of London, London.

Itharat, A., Houghton, P. J., Ammgusye, E. E., Burke, P. J., Sampson, J. H. and Raman, A. 2004. *In vitro* cytotoxic activity of Thai medicinal plants used traditionally to treat cancer. J. Ethnopharmacol. 90: 33-38.

Itharat, A., Plubrukarn, A., Kongsaeree, P., Bui, T., Keawpradub, N. and Houghton, P. J. 2003. Dioscorealides and dioscoreanone, novel cytotoxic naphthofuranoxepins and 1,4-phenanthraquinone from *Dioscorea membranacea* Pierre. Org Lett. 5: 2879-2882.

Jaiaree, N., Itharat, A. and Kumapava, K. 2010. Cytotoxic saponin against lung cancer cells from *Dioscorea birmanica* Prain & Burkill. J. med. Assoc. Thai. 93: 192-197.

Jaiaree, N., Ruangnoo, S., Thongdeeyong, P. and Itharat, A. 2013. Cytotoxic compounds from *Dioscorea membranacea* against three types of colon cancer cells. J. Health Res. 27: 7-11.

Ref. code: 25595709032584FDR

Jaleel, C. A., Gopi, R. and Panneerselvam, R. 2008. Biochemical alteration in white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.) under triazole fungicides: impact on tuber quality. Czech J. Food Sci. 26: 298-307.

Jaleel, C. A., Kishorekumar, A., Manivannan, P., Sankar, B., Gomathinayagam, M., Gopi, R., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2007a. Alteration in carbohydrate metabolism and enhancement in tuber production in white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.) under triademefon and hexaconazole applications. Plant Growth Regul. 53: 7-16.

Jaleel, C. A., Manivannan, P., Gomathinayagam, M., Sridharan, R. and Oanneerselvam, R. 2007b. Responses of antioxidant potentials in *Dioscorea rotundata* Poir. following paclobutrazol drenching. C. R. Biologies. 330: 798-805.

Jungklang, J. and Saengnil, K. 2012. Effect of paclobutrazol on patumma cv. Chiang Mai Pink under water stress. Songklanakarin J. Sci. Technol. 34: 361-366.

Kamountsis, A. P. and Chronopoulon-Sereli, A. G. 1999. Paclobutrazol affects growth and flower bud production in gardenia under different light regimes. Hortscience. 34: 674-675.

Kavina, J., Gopi, R. and Panneerselvam, R. 2012. Difenoconozole and propiconazole's effects on antioxidant potentials of *Gloriosa superba* Linn. World J. Agric. Sci. 8: 247-252.

Kazemi, M. 2014. Effect of foliar application with salicylic acid and methyl jasmonate on growth, flowering, yield and fruit quality of tomato. Bull. Env. Pharmacol. Life Sci. 3: 154-158.

Khan, H. A., Pervez, M. A., Ayub, C. M., Ziaf, K., Balal, R. M., Shahid, M. A. and Akhtar, N. 2009. Hormonal priming alleviates salt stress in hot pepper (*Capsicum annuum* L.). Soil. Environm. 28: 130-135.

Khandaker, L., Masum Akond A. S. M. G. and Oba, S. 2011. Foliar application of salicylic acid improved the growth, yield and leaf's bioactive compounds in red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.). Vegetable Crops Research Bulletin. 74: 77-86.

Ref. code: 25595709032584FDR

Kim, S. K., Shon, T. K., Park, S. Y., Lee, S. C., Kim, H. Y., Sohn, E. Y., Jang, S. W., Choo, Y. S., Kim, K. U. and Lee, I. J. 2005. Endogenous gibberellins in bulbils of Chinese yam during growth and storage. Plant Prod. Sci. 8: 181-185.

Kim, H. J., Fonseca, J. M., Choi, J. H. and Kubota, C. 2007. Effect of methyl jasmonate on phenolic compounds and carotenoids of romaine lettuce (*Lactuca sativa* L.). J. Agric. Food Chem. 55: 10366-10372.

Kishorekumar, A., Jaleel, C. A., Manivannan, P. and Morton, J. K. 2006. Different effect of hexaconazole and paclobutrazol on the foliage characteristics of Chinese potato (*Solenostemon rotundifolius* Poir). Acta Biol. Szeged. 50: 127-129.

Law – Ogbomo, K. E. and Remison, S. U. 2009. Influence of mimisett sizes on dry matter accumulation and fresh tuber yield of white Guinea (*Dioscorea totundata*). Ann. Appl. Biol. 155: 201-206.

Lebot, V. 2009. Tropical Root and Tuber Crops: Cassava, Sweet Potato, Yam and Aroids. MPG Book group, UK. 413 p.

Leul, M. and Zhou, W. J. 1999. Alleviation of waterlogging damage in winter rape uniconazole application: effect on enzyme activity, lipid peroxidation, and membrane integrity. J. plant Growth Regul. 18: 9-14.

Levine, L. H. and Pare, P. W. 2009. Antioxidant capacity reduced in scallions grown under elevated CO_2 independent of assayed light intensity. Adv. Space Res. 44: 887-894.

Li, H. M., He, P., Veste, M. and Neudorf, K. 2002. Performance and photosynthetic ecophysiology of three photo-types of *Dioscorea zingiberensis* under differing light intensities. Plant Biol. 4: 384-391.

Li, L., Zhang, Y. T. and Zhang, J. Z. 2008. Research progress on the residue analysis of pesticides. Journal of Anhui Agri. Sci. 36: 9704-9707.

Li, Q. M. and Yang, W. Y. 2004. Effects of soaking seeds with uniconazole on several photosynthetic characters of maize sellings. Plant Physiol. Commun. 40: 31-38.

Luo, M., Liu, D., Zhou, Z. and Wang, P. 2013. A new chiral residue analysis method for triazole fungicides in water using dispersive liquid-liquid microextraction (DLLME). Chirality. 25: 567–574.

Ref. code: 25595709032584FDR

Malaurie, B., Pugu, O. and Trouslot, M. F. 1995. Effect of growth regulator concentration on morphological development of meristem-tip in *D. cayenensiis, D. rotundata* complex and *D. praehensilis*. Plant Cell Tiss. Org. 41: 229-135.

March, S. R., Martins, D., and McElroy, J. S. 2013. Growth inhibitors in turfgrass. Planta Daninha. 31: 733-747.

Marrs, C. T. and Ballantyne, B. 2004. Pesticides Toxicology and International Regulation. John Wiley and Sons, Ltd, United States. 554 p.

Martin, F. W. 1984. Handbook of Tropical Food Crops. CRC, Boca Raton, Florida. 296 p.

McGregor, B. M. 1987. Tropical Products Transport Handbook. US Department of Agriculture, Washington DC. 148 p.

Mobli, M. and Baninasab, B. 2008. Effects of plant growth regulators on growth and carbohydrate accumulation in shoots and roots of two almond rootstock seedlings. Fruits. 63: 363-370.

Mohammad, R., Hamid, S., An, A., Norbert, D. K. and Patrick, V. D. 2010. Effects of planting date and seedling age on agro-morphological characteristics, essential oil content and composition of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) grown in Belgium. Ind. Crop Prod. 31: 145-152.

Nair, V. D., Gopi, R., Mohankumar, M., Kavina J. and Paneerselvam, R. 2012. Effect of triadimefon: a triazone fungicide on oxidative stress defense system and eugenol content in *Occimum tenuiflorum* L. Acta Physiol. Plant. 34: 599-605.

Nwauzer, E. C. and Fawole, B. 1981. Root-knot nematodes on yams in eastern Nigeria. Proceedings of the 3rd Research Planning Conference on Root-Knot Nematodes, Meloidyginy spp. Regine lV and V. 16 – 20 November 1981. Ibadan, Nigeria.

Ogundana, S. K., Naqui, S. H. and Ekundayo, J. A. 1970. Fungi associated with soft rot of yam (*Dioscorea* spp.) in Nigeria. Trans. Br. Mycol. Soc. 54: 445-451.

Okezie, C. E. A., Okonkwo, S. N. C. and Nwoke, F. I. O. 1994. Carbon source requirement for the culture of white yam (*Dioscorea rotundata*) embryos *in vitro*. Acta. Hort. 38: 329-334.

Ref. code: 25595709032584FDR

Onwueme, I. C. 1975. Tuber formation in yam (Dioscorea spp.): effect of moisture stress; contribution of the parent sett. Journal of Agri. Sci. 85: 267-269.

Onwueme, I. C. 1978. The Tropical Tuber Crops: Yams, Cassava, Sweet potato, and Cocoyams. John Wiley & Sons Inc, New York. 248 p.

Opara, L. U. 1999. Yam Storage. pp. 182-214. *In*: Bakker-Arkema F. W. (ed.). CIGR Handbook of Agricultural Engineering Agro Processing. The American Society of Agricultural Engineers, St Joseph, Miami.

Opara, L. U. 2003. Yam: Post-Harvest Operation. Massey University. Palmerston North, New Zealand. 22 p.

Panyapruek, S., Sinsiri, W., Sinsiri, N., Arimatsu, P. and Polthanee, A. 2016. Effect of paclobutrazol growth regulator on tuber production and starch quality of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Asian J. Plant Sci. 15: 1-7.

Passam, H. C. and Noon, R. A. 1977. Deterioration of Yams and Cassava during Storage. Ann. App. Biol. 85: 436-440.

Policegoudra, R. S., Muthappa, H. S. K. and Mallikarjuna, S. A. 2007. Accumulation of bioactive compounds during growth and development of mango Ginger (*Curcuma amada* Roxb.) rhizomes. J. Agr. Food Chem. 55: 8105-8111.

Prain, D. and Burkill, I. H. 1927. The genus *Dioscorea* in Siam. Kew Bull. 6: 225-247.

Prajuabjinda, O. 2012. Cytotoxic, antioxidant and antimicrobial activities of Thai medicinal preparation of Khampramong temple used for cancer treatment. Master Thesis, Thammasat University, Phatumtani.

Puthusseri, B., Divya, P., Lokesh, V. and Neelwarne, B. 2013. Salicylic acid-induced elicitation of folates in coriander (*Coriander sativum* L.) improves bioaccessibility and reduces pro-oxidant status. Food Chem. 136: 569-575.

Rademacher, W. 2000. Growth retardants: effect on gibberellin biosynthesis and other metabolism pathways. Ann. Rev. Plant Physiol. 51: 501-531.

Rithichai, P., Itharat, A., Jirakiattikul, Y. and Ruangnoo, S. 2013. Growth of *Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill and dioscorealide B content at different harvest times. Phamacologyonline. 1: 225-229.

Ref. code: 25595709032584FDR

Rojas, R., Alba, J., Magana-Plaza, I., Cruz, F. and Ramos-Valdivia, A.C. 1999. Stimulated production of diosgenin in *Dioscorea galeottiana* cell suspension cultures by abiotic and biotic factors. Biotechnology Letters. 21: 907-911.

Ruangnoo, S. and Itharat, A. 2010. Antioxidant and cytotoxic activity of Thai medicinal plant named Hua-Khao-Yen. Thai J. Pharmacol. 32: 115-118.

Saekoo, J., Dechsukum, C., Graidist, P. and Itharat, A. 2010. Cytotoxic effect and its mechanism of dioscorealide B from *Dioscorea membranacea* against breast cancer cells. J. Med. Assoc. Thai. 93: 277-282.

Saetung, A., Itharat, A., Dechsukum, C., Keawpradub, K., Wattanapiromsakul, C., and Ratanasuwan, P. 2005. Cytotoxic activity of Thai medical plants for cancer treatment. Songklanakarin J. sci. Technol. 27: 469-478.

Shiwachai, H., Ayankanmi, T. and Asiedu, R. 2002. Effect of day length on the development of tubers in yams (*Dioscorea* spp.). Trop. Sci. 42: 162-170.

Sridharan, R., Manivannan, P., Murali, P. V., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009. Responses of non-enzymatic antioxidant potentials in radish by triazole compounds. Global J. Mol. Sci. 4: 63-67.

Sridharan, R. and Raja, S. 2015. The effects of triazole compounds on leaf morphological and anatomical characteristics of radish (*Raphanus sativus* L.). International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy. 44: 90-94.

Sterett, J. P. 1985. Paclobutrazol: a promising growth inhibitor for injection into woody plant. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 4-8.

Sun, B., Yan, H., Zhang, F. and Wang, Q. 2012. Effects of plant hormones on main health-promoting compounds and antioxidant capacity of Chinese kale. Food. Res. Int. 48: 359-366.

Suchorska, K., Jedraszko, B. and Olszewska. K. I. 1992. Influence of daylength on the content and composition of the essential oil from taragon (*Artemisia dracunculus f. dracunculus*). Ann. Warsaw Agri. Univ. 16: 79-82.

Sukkarn, B. and Itharat, A. 2009. Development of the HPLC quantitative analysis of dioscorealide B from *Dioscorea membranacae* Pierre. J. med. 9: 156-163.

Ref. code: 25595709032584FDR

Sundblad, K. and Robertson, K. 1988. Harvesting reed sweetgrass (*Glyceria maxima*, Poaceae): Effects on growth and rhizome Storage of carbohydrates. Economic Botany. 42: 495-502.

Tekalign, T. and Hammes, P. S. 2004. Response of potato grown under non-inductive condition to paclobutrazol: shoot grown, chlorophyll content, net photosynthesis, assimilate partitioning, tuber yield, quality, and dormancy. Plant Growth Regul. 43: 227-236.

Tewtrakul, S. and Itharat, A. 2006. Anti – allergic substances from the rhizome of *Dioscorea membranacea*. Bioorg. Med. Chem. 14: 8707-8711.

Tewtrakul, S. and Itharat, A. 2007. Nitric oxide inhibitory substances from the rhizome of *Dioscorea membranacea*. J. Ethnopharmacol. 109: 412-416.

Thapyai, C. 2004. Taxonomic Revision of Dioscoreaceae in Thailand. Ph.D. Thesis, Kasatsart University, Bangkok.

Thompson, A. K. 1996. Postharvest Technology of Fruit and Vegetables. Blackwell Science, London. 410 p.

Vasconsuelo, A. A. and Boland, R., 2007. Molecule aspects of the early stages of elicitation of secondary metabolites in plants. Plant Sci. 172: 861-875.

Van Staden, J. and Fowlds, D. L. 1992. Micropropagation of medicinal *Dioscorea* species. pp: 425-442. *In*: Y.P.S. Bajaj. (ed.). Biotechnology in Agriculture and Forestry Vol. 19: High – Tech and Micropropagation III. Springer – Verlag. Berlin, Germany.

Vincent, E. R. and Yamaguchi, M. 1996. World Vegetables. Chapman and Hall, London. 843 p.

Williams, M. W. and Edgerton, L. J. 1983. Vegetative growth control of apple and pear trees with ICI PP333 (Paclobutrazol) a chemical analog of Bayleton. Acta. Hort. 137: 111-116.

Wilkin, P. and Thapyai, C. 2009. Dioscoreaceae, pp. 1-140. *In*: Santisuk. T. and Larsen K. (eds.). Flora of Thailand, vol.10. Prachachon Co. Ltd., Thailand.

Ref. code: 25595709032584FDR

Yoshida, Y., Takahashi, H., Kanda, H. and Kanahama, K. 2007. Effect of seed tuber weights on the development of tubers and flowering spikes in Japanese yams (*Dioscorea japonica*) grown under different photoperiods and with plant growth regulators. J. JPN. Soc. Hortic. Sci. 76: 230-236.

Zeng, X. C., Lui, C. F. and Chen, S. K. 1994. Studies on the mechanism of PP333 and S3307 on the stress resistance promotion of rice seedling. Acta. Agric. Univ. Jiangxiensis. 15: 288-291.

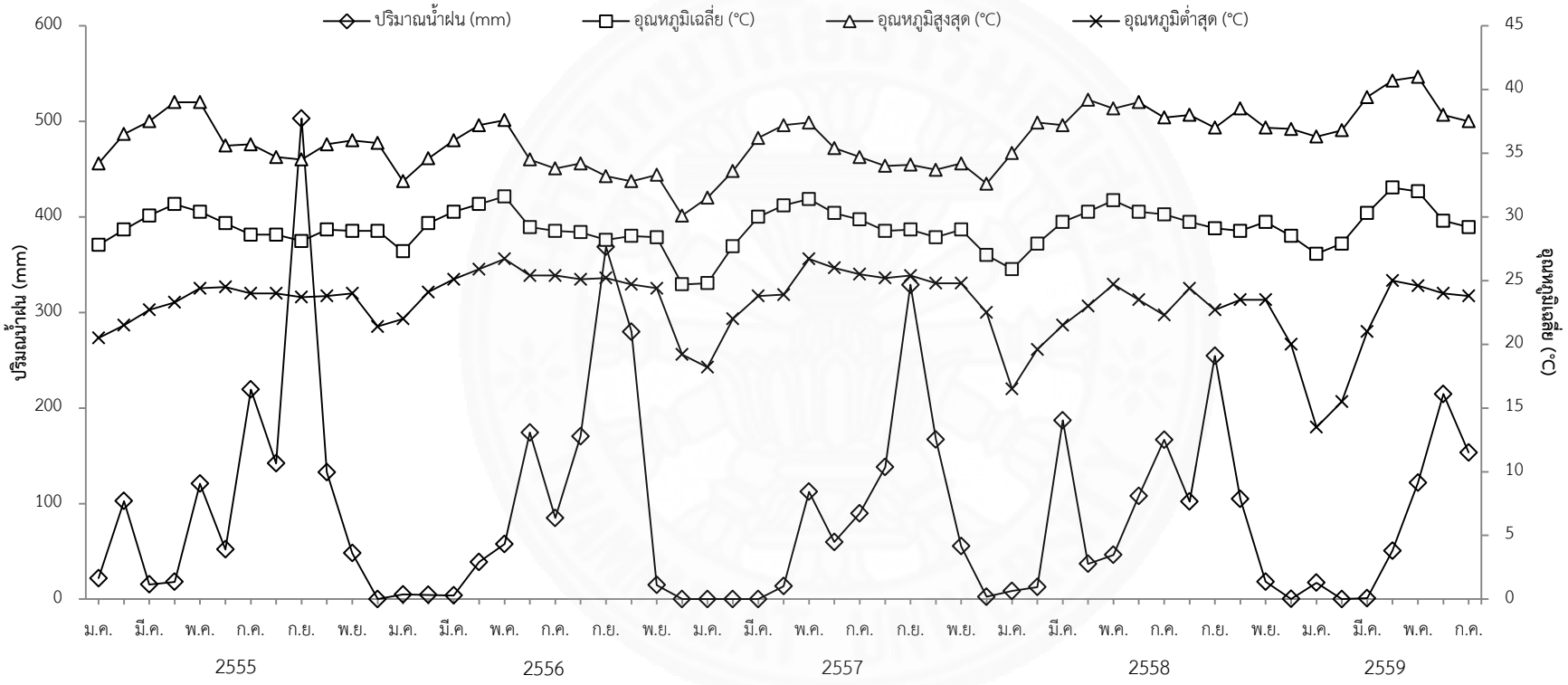
Zhao, J., Davis, L. C. and Verpoote, R. 2005. Effect signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. Biotecnol. Adv. 23: 283-333.

Ref. code: 25595709032584FDR

ภาคผนวก

Ref. code: 25595709032584FDR

ภาคผนวก ก



ภาพผนวกที่ ก 1 ปริมาณน้ำฝนรวม (mm) อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด (°C) ณ จังหวัดปทุมธานี ในระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559

ที่มา:กรมอุตุนิยมวิทยา

Ref. code: 25595709032584FDR

ตารางภาคผนวกที่ ก 2 ผลของเดือนที่เก็บเกี่ยวต่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้ง ปริมาณสาร DB และเปอร์เซ็นต์สารสกัด ในเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)

เดือนที่เก็บเกี่ยว	น้ำหนักสด (g/plant)	น้ำหนักแห้ง (g/plant)	ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (%)	ปริมาณสาร DB (%w/w)	สารสกัด (%)
มกราคม	380.00 ± 130.38	85.94± 25.63	24.44 ± 10.75	2.14 ± 0.38	2.03 ± 0.64
กุมภาพันธ์	560.00 ± 181.66	113.59 ± 41.78	22.58 ± 3.38	2.48 ± 0.25	1.93 ± 0.72
มีนาคม	500.00 ± 74.54	100.29 ± 16.70	20.34 ± 4.32	1.88 ± 0.19	1.36 ± 1.07
P-value	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	29.44	29.92	31.04	13.07	46.69

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

Ref. code: 25595709032584FDR

ภาคผนวก ข

ตารางภาคผนวกที่ ข 1 เปอร์เซ็นต์สารสกัดของใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวที่เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ธันวาคม พ.ศ. 2558 มีนาคม พ.ศ. 2559 และ มิถุนายน พ.ศ. 2558

เดือนที่เก็บเกี่ยว	สารสกัด (%)
กันยายน	11.44 ± 0.66[a]
ธันวาคม	12.15 ± 0.46[a]
มีนาคม	9.15 ± 0.42[b]
มิถุนายน	9.12 ± 0.10[b]
F-test	**
C.V. (%)	4.88

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ P < 0.01

ตารางภาคผนวกที่ ข 2 เปอร์เซ็นต์สารสกัดของใบข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่เก็บเกี่ยวอายุแตกต่างกัน 3 ระยะ คือ ใบอ่อน ใบเพสลาด และ ใบแก่

เดือนที่เก็บเกี่ยว	สารสกัด (%)
ใบอ่อน	6.87 ± 0.56[c]
ใบเพสลาด	8.00 ± 0.25[b]
ใบแก่	9.01 ± 0.35[a]
F-test	**
C.V. (%)	5.12

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ P < 0.01

Ref. code: 25595709032584FDR

ภาคผนวก ค

ตารางภาคผนวกที่ ค 1 ผลของการให้สาร TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l ต่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้ง ปริมาณสาร dioscorealide B (DB) และเปอร์เซ็นต์สารสกัดในเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556

ชนิดสาร triazole	ความเข้มข้น(mg/l)	น้ำหนักสดเหง้า (g/plant)	น้ำหนักแห้งเหง้า (g/plant)	ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (%)	ปริมาณสาร DB (%w/w)	สารสกัด (%)
TDM	15	650.00 ± 122.47[ab]	116.83 ± 26.04[b]	18.42 ± 2.34	2.12 ± 0.58	1.13 ± 0.21[c]
	20	450.00 ± 88.83[bc]	101.07 ± 47.98[bc]	21.83 ± 3.54	1.97 ± 0.38	1.13 ± 0.15[c]
PBZ	15	816.67 ± 116.90[a]	180.11 ± 36.80[a]	22.08 ± 2.08	1.96 ± 0.15	2.59 ± 0.36[a]
	20	316.67 ± 147.20[c]	74.20 ± 31.11[c]	20.77 ± 3.60	2.12 ± 0.08	2.93 ± 0.05[a]
HEX	15	533.33 ± 51.64[bc]	104.93 ± 43.05[bc]	15.71 ± 3.56	2.13 ± 0.46	1.20 ± 0.17[c]
	20	500.00 ± 154.92[bc]	102.23 ± 21.81[bc]	21.01 ± 2.45	1.82 ± 0.18	1.00 ± 0.17[c]
Control		333.33 ± 115.47[c]	81.68 ± 23.87[bc]	24.10 ± 2.92	2.13 ± 0.11	1.80 ± 0.04[b]
F-test		*	*	ns	ns	**
C.V.		24.47	25.10	14.53	16.17	12.34

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ P < 0.05

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ P < 0.01

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

Ref. code: 25595709032584FDR

ตารางภาคผนวกที่ ค 2 ผลของการให้สาร TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l ต่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำหนักแห้ง ปริมาณสาร dioscorealide B (DB) และเปอร์เซ็นต์สารสกัด ในเหง้าข้าวเย็นใต้ (*D. membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) ที่ปลูกในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557

ชนิดสาร triazole	ความเข้มข้น(mg/l)	น้ำหนักสดเหง้า (g/plant)	น้ำหนักแห้งเหง้า (g/plant)	ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (%)	ปริมาณสาร DB (%w/w)	สารสกัด (%)
TDM	15	693.33 ± 25.17^{abc}	176.83 ± 6.40^{a}	25.51 ± 0.46	2.28 ± 0.63^{b}	0.93 ± 0.35^{cd}
	20	431.67 ± 12.58^{c}	97.56 ± 27.94^{bc}	22.51 ± 5.85	2.52 ± 0.69^{b}	1.21 ± 0.27^{bc}
PBZ	15	821.67 ± 142.86^{a}	145.93 ± 55.31^{ab}	18.61 ± 8.46	2.79 ± 0.84^{b}	1.15 ± 0.17^{bc}
	20	600.00 ± 65.57^{abc}	122.61 ± 30.39^{abc}	20.39 ± 4.55	3.32 ± 0.50^{b}	1.34 ± 0.06^{b}
HEX	15	791.67 ± 125.03^{a}	173.81 ± 39.76^{a}	22.38 ± 6.09	2.75 ± 0.64^{b}	0.68 ± 0.12^{d}
	20	723.33 ± 155.43^{ab}	145.03 ± 32.78^{ab}	20.03 ± 1.51	2.63 ± 0.74^{b}	0.63 ± 0.12^{d}
Control		473.33 ± 283.08^{bc}	73.44 ± 35.20^{c}	16.97 ± 9.01	5.54 ± 0.78^{a}	2.06 ± 0.07^{a}
F-test		*	*	ns	**	**
C.V.		22.25	26.39	13.82	22.00	16.89

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ P < 0.05

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ P < 0.01

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

Ref. code: 25595709032584FDR

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวนิชาภา บุญบริวารกุล (ชื่อเดิม นางสาวพิสินี บุญวัฒนากุล)
วัน เดือน ปี เกิด	19 กันยายน 2535
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2556: วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ทุนการศึกษา	ปีงบประมาณ 2557-2558 ทุนเรียนดีบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ผลงานทางวิชาการ

นิชาภา บุญบริวารกุล, ภาณุมาศ ฤทธิไชย และเยาวพา จิระเกียรติกุล. 2558. การให้ผลผลิตและความงอกของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill). วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 33: 600-605.

นิชาภา บุญบริวารกุล, ภาณุมาศ ฤทธิไชย, เยาวพา จิระเกียรติกุล, อรุณพร อิฐรัตน์ และศรีโสภา เรืองหนู. 2559. ผลของสารประกอบ Triazole ต่อการให้ผลผลิตและปริมาณสาร Dioscorealide B ในเหง้าข้าวเย็นใต้ (*Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill). วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 3: 7-12.

Bunborriwankul, N., Rithichai, P., Jirakiattikul, Y. and Itharat, A. 2016. Secondary Metabolite Changes in Calyx of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) during Development. 20th World Congress on Clinical Nutrition (WCCN). December 14-16, 2016. Rama Gardens Hotel Bangkok, Thailand.

Ref. code: 25595709032584FDR