



รายงานการวิจัย

การเพิ่มปริมาณอินนูลินสาระสำคัญสำหรับสุขภาพในแก่นตะวัน
Enhancement of Inulin Production of *Helianthus tuberosus* L.
for Human Health

นุชจรี สิงห์พันธ์ และคณะ
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2563

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเพิ่มปริมาณอินนูลินสาระสำคัญสำหรับสุขภาพในแก่นตะวัน Enhancement of Inulin Production of *Helianthus tuberosus* L. for Human Health

นุชจรี สิงห์พันธ์	สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ศิวดล แจ่มจำรัส	สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ทุนอุดหนุนงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.)
ผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สทว.)
ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2563

ชื่องานวิจัย	การเพิ่มปริมาณอินนูลินสาระสำคัญสำหรับสุขภาพในแก่นตะวัน Enhancement of Inulin Production of <i>Helianthus tuberosus</i> L. for Human Health
ผู้วิจัย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นุชจรี สิงห์พันธ์
ผู้ร่วมวิจัย	อาจารย์ศิวดล แจ่มจำรัส
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์ สาขาวิชาเอกพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสร็จวิจัย 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของแก่นตะวัน เมื่อได้รับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมีที่แตกต่างกัน และศึกษาประสิทธิภาพของสารกระตุ้น (elicitor) จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ jasmonic acid และ yeast extract ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันต่อการเหนี่ยวนำการสร้างสารอินนูลินในแก่นตะวันในสภาพแปลงปลูก ทำการทดลองระหว่างเดือนมีนาคม 2562 ถึง พฤศจิกายน 2563 ในสภาพแปลงปลูก ณ แปลงทดลองทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) จากการศึกษาพบว่า การเจริญเติบโตและผลผลิตของแก่นตะวัน เมื่อได้รับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมีที่แตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 120 วัน ส่งผลให้การเจริญด้านความสูงต้น ความกว้างขนาดลำต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักหัวสดต่อต้น และความยาวหัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้น้ำหนักแห้งต้นและใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และแก่นตะวันเมื่อได้รับการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ความกว้างหัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตามลำดับ

สำหรับศึกษาประสิทธิภาพของสารกระตุ้น (elicitor) จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ jasmonic acid และ yeast extract ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า ผลของการศึกษาชนิดและระดับความเข้มข้นของสารกระตุ้น (elicitor) ที่เหมาะสมต่อการเหนี่ยวนำการสร้างสารอินนูลินสูงสุดของแก่นตะวันในสภาพแปลงปลูก ภายหลังจากการเพาะปลูกเป็นระยะเวลา 120 วัน พบว่า ต้นแก่นตะวันเมื่อได้รับการกระตุ้นทุกการทดลองส่งผลให้ความสูงต้นไม่มีความแตกต่าง

กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ความสูงต้นอยู่ระหว่าง 1.28-1.43 เมตร ในขณะที่ต้นแก่นตะวันที่ได้รับสารกระตุ้น Yeast Extract ที่ระดับความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต้นแห้งและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ปริมาณ Reducing Sugar พบว่า ต้นแก่นตะวันที่ได้รับสารกระตุ้น Yeast Extract ที่ระดับความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้ปริมาณ Reducing Sugar แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับการให้สารกระตุ้น Jasmonic Acid ที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ ส่งผลให้แก่นตะวันมีปริมาณ Fructans (Inulin + Fructo-oligosaccharides) สูงสุดเท่ากับ 73.86 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตามลำดับ

คำสำคัญ: แก่นตะวัน สารกระตุ้น สุขภาพ อินนูลิน

Research Title Enhancement of Inulin Production of *Helianthus tuberosus* L. for
Human Health

Researcher Assistant Professor Dr. Nootjaree Singphan

Co-researcher Mr. Siwadon Chaemchamrat

Department Agriculture

Phetchabun Rajabhat University Year 2020

Abstract

This research aimed to study the growth and productivity of *Helianthus tuberosus* L. When receiving different compost, earthworm manure and chemical fertilizers. The efficacy of two types of elicitor such as jasmonic acid and yeast extract, were studied at different concentrations on the induction of inulin production in the *H. tuberosus* L. in cultivated conditions. Experiments were conducted between March 2019 and November 2020 in planting conditions at the agricultural experiment plots, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University. The experiment of this study was Randomized Complete Block Design (RCBD) experiment. The study found that *H. tuberosus* L. growth and productivity when receiving different compost, earthworm manure and chemical fertilizers over a period of 120 days, the plant height growth was trunk size width, canopy width, number of heads per tree, fresh tuber weight per plant was no statistically difference in head length ($p > 0.05$) while the application of earthworm manure was 1,000 kg / rai. This resulted in a statistically significant difference in dry weight of plant and leaf ($p < 0.05$) and kernels when applied with earthworm manure at the rate of 500 kg/rai mixed with chemical fertilizer formula 15-15-15. The rate of 12.5 kg per rai This resulted in a statistically significant difference in head width ($p < 0.05$), respectively.

Efficacy of two elicitor stimulants: jasmonic acid and yeast extract at different concentrations was studied. The results of the experiment showed that suitable elicitor types and concentrations on the induction of maximum inulin production of *H. tuberosus* L. in field conditions. After 120 days of cultivation, it was found that the *H. tuberosus* L.

plant, when stimulated for all experiments, resulted in no statistically significant difference in plant height ($p > 0.05$). The concentration of 4 g/l of yeast extract stimulants, there were statistically significant differences in the percentage of dry plant weight and dissolved solids in water. ($p < 0.05$), while the amount of reducing sugar was found that yeast extract stimulants at a concentration of 1 g/l resulted in a statistically significant difference in the amount of reducing sugar ($p < 0.05$). For jasmonic acid dosing at 100 μM concentration, the *H. tuberosus* L. gave the highest Fructans (Inulin + Fructo-oligosaccharides) content of 73.86%, which resulted in a statistically significant difference ($p < 0.05$), respectively.

Keywords: *Helianthus tuberosus* L., Health, Elicitor, Inulin

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำต่างๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านเป็นอย่างสูง ที่ให้ความกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำให้แก่ผู้วิจัย และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ทุนอุดหนุนงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สทสว.) ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ (PCRU_2563_TSRI_012) มา ณ ที่นี้ด้วย

นุชจรี สิงห์พันธ์ และคณะ

ธันวาคม 2563

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 แนวคิด เกี่ยวกับพืชแก่นตะวัน.....	3
2.2 อินนูลินจากพืช (inulin).....	11
2.3 สารทุติยภูมิ (secondary metabolites).....	13
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	28
3.1 วัสดุ อุปกรณ์.....	28
3.2 วิธีการทดลอง.....	29
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	32
3.4 สถานที่ดำเนินงาน.....	32
3.5 ระยะเวลาดำเนินงาน.....	33
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	34
ผลการทดลอง.....	34
วิจารณ์ผลการทดลอง.....	43
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	46

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	46
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	47
บรรณานุกรม.....	48
ภาคผนวก.....	51
ประวัติคณะผู้วิจัย.....	58

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะตัวอย่างดินของแปลงทดลองปลูกแก่นตะวันก่อนปลูก....	34
4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูกแก่นตะวัน.....	35
4.3 ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมี ต่อความสูงของแก่นตะวันในสภาพ แปลงปลูก.....	36
4.4 ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมีต่อความกว้างขนาดลำต้นของแก่นตะวัน ในสภาพแปลงปลูก.....	37
4.5 ผลของปุ๋ยมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมีต่อความกว้างของแก่นตะวันในสภาพแปลง ปลูก.....	38
4.6 ผลของปุ๋ยมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมีต่อการให้ผลผลิตของแก่นตะวันในสภาพ แปลงปลูก.....	40
4.7 ผลของสารกระตุ้น (elicitor) ต่อการเจริญเติบโต เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต้นแห้ง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ปริมาณ Reducing sugar และ ปริมาณ Fructans ของแก่นตะวันในสภาพแปลงปลูก.....	42
ภาคผนวก ก การจำแนกประเภทชนิดของดิน.....	52
ภาคผนวก ข แสดงปริมาณค่าการดูดกลืนแสง และความเข้มข้นกลูโคสมาตรฐาน.....	52

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงลักษณะใบ ลักษณะหัว ลำต้น และลักษณะดอกของแก่นตะวัน.....	6
รูปผนวกที่ 1 กราฟแสดงปริมาณค่าการดูดกลืนแสง และความเข้มข้นกลูโคสมาตรฐาน....	53
รูปผนวกที่ 2 ลักษณะดินแปลงปลูกแก่นตะวัน.....	53
รูปผนวกที่ 3 การเพาะต้นกล้าแก่นตะวัน.....	54
รูปผนวกที่ 4 การเตรียมแปลงลงปลูก.....	54
รูปผนวกที่ 5 การปลูกแก่นตะวันแปลงทดลองของเกษตรกร ณ ณ วิสาหกิจชุมชนกลุ่ม เกษตรกรอินทรีย์ไร่สีอำพัน ตำบลน้ำร้อน อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ และศูนย์วิจัย ชุมชน (OTOP) ไร่เมืองสมุนไพร ตำบลวังชมพู อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์.....	55
รูปผนวกที่ 6 ระยะย้ายปลูกต้นแก่นตะวัน.....	55
รูปผนวกที่ 7 ลักษณะของต้นแก่นตะวันรากต้นแก่นตะวัน ใบต้นแก่นตะวัน และดอกต้น แก่นตะวัน.....	55
รูปผนวกที่ 8 การบันทึกผลข้อมูลความสูง ขนาดความกว้างลำต้น และความกว้างทรง พุ่ม	56
รูปผนวกที่ 9 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณ reducing sugar.....	57

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตามยุทธศาสตร์การพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทยในระยะยาว ภาคการผลิตในช่วงที่ผ่านมามีการปรับตัวที่ค่อนข้างช้า เมื่อเปรียบเทียบกับภาวะที่โลกปรับเปลี่ยนเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจที่อาศัยฐานความรู้เป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนา เนื่องจากประสิทธิภาพการผลิตทั้งในภาคเกษตรและอุตสาหกรรมยังอยู่ในระดับต่ำกว่าประเทศคู่แข่ง โดยเฉพาะพืชอาหารไม่สามารถแข่งขันได้ มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างสิ้นเปลือง ขาดการอนุรักษ์ฟื้นฟูอย่างเป็นระบบ เนื่องจากจังหวัดเพชรบูรณ์มีความหลากหลายทางด้านทรัพยากรทางด้านพืชอาหาร แต่ยังขาดมาตรฐานการผลิต กระบวนการผลิตยังมีต้นทุนที่สูง เกิดของเสีย และใช้ระยะเวลาในการผลิตนาน ดังนั้นทีมวิจัยจึงต้องการศึกษาการพัฒนาศักยภาพพืชอาหารแบบบูรณาการในจังหวัดเพชรบูรณ์เพื่อเป็นการยกระดับความสามารถการผลิตและการแข่งขันต่อไป

แก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) หรือ เยรูซาเล็ม อาร์ติโชค (Jerusalem artichoke) จัดอยู่ใน Family Asteraceae มีถิ่นกำเนิดแถบทวีปอเมริกาเหนือ ปัจจุบันกลายเป็นพืชที่รู้จักกันแพร่หลายสามารถปลูกและปรับตัวได้ดีในเขตร้อน มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันมาก จึงให้ชื่อนำหน้าพืชนี้ว่า “แก่น” และเป็นพืชที่ใกล้เคียงกับทานตะวัน จึงให้ชื่อพืชชนิดนี้ว่า “แก่นตะวัน” แก่นตะวันจัดเป็นพืชที่มีสารสำคัญที่ชื่อว่า อินนูลิน (inulin) เป็นโพลีแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งในกลุ่มฟรุคแทน (Fructan) เชื่อมต่อกันเป็นสายยาว และเนื่องจากมีโครงสร้างที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ B-2,1 ทำให้มีคุณสมบัติคล้ายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (soluble dietary fiber) ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหารได้ยาก จะถูกดูดซึมได้ช้า ทำให้ไม่รู้สึกหิว ช่วยในระบบขับถ่าย ป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ รวมทั้งช่วยลดไขมันในเลือดและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวานและโรคหัวใจ (Oraffi, 2005) แก่นตะวันน่าจะเป็นพืชทางเลือกใหม่ที่สำคัญเนื่องจากปลูกง่าย อายุสั้น ปลูกได้ทั้งปี ผลผลิตต่อไร่สูง หัวสามารถใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง เช่น ใช้รับประทานเป็นผักสดหรือต้ม ใช้ผสมในอาหารสัตว์แทนยาปฏิชีวนะ ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลอินนูลิน และอุตสาหกรรมเอทานอล (นิมิต วรสุต และสนั่น จอกลอย, 2549) อีกทั้งต้นและใบของแก่นตะวันสามารถไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดหรือใช้เศษซากต่อผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงได้ (อ้อยทิน จันทรเมือง และวิสุทธิ กิปทอง, 2554) การเพิ่มปริมาณอินนูลินสารสำคัญสำหรับสุขภาพในแก่นตะวัน โดยศึกษาประสิทธิภาพของสารกระตุ้น (elicitor) ต่อการ

เหี่ยวนำการสร้างสารอินนูลินในแก่นตะวันในสภาพแปลงปลูก สารกระตุ้น (elicitor) จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ jasmonic acid และ yeast extract ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลอินนูลิน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อให้เกษตรกรผู้ปลูกแก่นตะวันสามารถประยุกต์ใช้สารกระตุ้นในการเหี่ยวนำการสร้างสารอินนูลินสำหรับสุขภาพในแก่นตะวันเพื่อเพิ่มมูลค่า

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาประสิทธิภาพของสารกระตุ้น (elicitor) จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ jasmonic acid และ yeast extract ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันต่อการเหี่ยวนำการสร้างสารอินนูลินในแก่นตะวันในสภาพแปลงปลูก

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.4.1 แก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L) หรือ เยรูซาเล็ม อาร์ติโชค (Jerusalem artichoke) เป็นพืชที่อยู่ในสกุล *Helianthus* จัดเป็นพืชหัวใต้ดินคล้ายมันฝรั่ง อยู่ในตระกูลเดียวกับทานตะวันมีดอกคล้ายดอกทานตะวัน แต่มีขนาดเล็กกว่า มีดอกสีเหลือง

1.4.2 อินนูลิน (inulin) เป็นสารที่พบปริมาณสูงในส่วนหัวของพืชชนิดนี้ โดยอินนูลินจัดเป็นสารเยื่อใยอาหารที่ให้ความหวาน ถือเป็นสารพรีไบโอติก (Prebiotics) เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทฟรุคแทน (fructan) จัดเป็นเยื่อใยอาหาร (dietary fibre) ที่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหารได้ยาก จะถูกดูดซึมได้ช้า พบได้ในพืชหลายชนิดโดยสะสมอยู่เป็นปริมาณมากในส่วนของหัวและส่วนรากที่ใช้สะสมอาหาร

1.4.3 สารกระตุ้น (elicitor) เป็นสารกระตุ้นแต่ละชนิดมีโครงสร้างทางเคมีที่ต่างกัน สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างสารทุติยภูมิในพืช เกิดจากกระบวนการที่พืชสามารถจดจำสารกระตุ้น ซึ่งเป็นโมเลกุลแปลกปลอมให้เป็นสัญญาณของการกระตุ้น และมีตัวรับที่จำเพาะต่อสารกระตุ้นแต่ละชนิดในพืช การรับรู้ของสัญญาณการกระตุ้นถือเป็นกระบวนการแรกของการกระตุ้นก่อนการถ่ายทอดสัญญาณผ่านหลายกลไกของบริเวณที่จับกับสารกระตุ้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิด เกี่ยวกับพืชแก่นตะวัน

แก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L) หรือ เยรูซาเล็ม อาร์ติโช๊ค (Jerusalem artichoke) เป็นพืชที่อยู่ในสกุล *Helianthus* จัดเป็นพืชหัวใต้ดินคล้ายมันฝรั่ง อยู่ในตระกูลเดียวกับทานตะวัน มีดอกคล้ายดอกทานตะวัน แต่มีขนาดเล็กกว่า มีดอกสีเหลือง (สนั่น จอกลอยและคณะ, 2549)

1. ลักษณะทั่วไปของแก่นตะวัน

แก่นตะวัน จัดเป็นไม้ล้มลุกอายุ 4 - 5 เดือน ต้นตั้งตรง โตเร็ว ตามปกติปลูกเป็นไม้ล้มลุก ความสูงต้นประมาณ 1.5 - 3 เมตร ไม่แตกกิ่งหรือแตกกิ่งปานกลางในส่วนบนของลำต้น มีขนแข็ง ปกคลุมทั่วไปในส่วนเหนือดิน ต้นที่ไม่ได้ปลูกจากเมล็ดมีระบบรากแขนง มีลักษณะเป็นฝอยแผ่กระจายลงลึก ส่วนประกอบของต้นแก่นตะวัน ดังนี้

ใบ แก่นตะวันมีลักษณะเป็นใบเดี่ยว รูปหอก ปลายใบแหลม ขอบใบเป็นหยักมีลักษณะไม่แน่นอน ใบเรียงตรงข้ามหรือ 3 ใบเรียงเป็นวงรอบในส่วนล่างของลำต้น ในส่วนบนของลำต้นใบเดี่ยวเรียงสลับ ก้านใบยาว 2-4 เซนติเมตร ด้านบนก้านมีลักษณะเป็นปีก ใบรูปไข่หรือรูปใบหอกแกมรูปไข่ยาว 10-20 เซนติเมตร โคนใบมีลักษณะเรียวแคบไปสู่ก้านใบ (Vervelde, 1996)

ดอก มีลักษณะคล้ายดอกทานตะวันหรือดอกบัวตอง ดอกบานเป็นกระจุกแน่นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4-8 เซนติเมตร เป็นช่อ 2-3 ช่อ ฐานรองดอกแบน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 - 2 เซนติเมตร วงดอกย่อยด้านนอกเป็นหมัน กลีบดอกชั้นในเป็นแผ่นแบนกว้าง สีเหลืองทอง รูปรีไปจนถึงรูปขอบขนานขนาด 2.5-4.5x1 เซนติเมตร ดอกย่อยตรงกลาง (disc floret) เป็นดอกสมบูรณ์เพศ กลีบดอกสีเหลืองสด รูปหอยาว 6-7 มิลลิเมตร ใบประดับ (sterile bract) สีซีด ยาว 8-9 มิลลิเมตร ปลายกลีบสีเหลืองแกมเขียว เกสรเพศผู้ 5 อัน ก้านเกสรเพศเมียเรียวเล็ก ปลายยอดเกสรเพศเมียมีลักษณะเป็น 2 พู

หัว มีลักษณะตะปุ่มตะป่ำผิวไม่เรียบ มีลักษณะคล้ายหัวของขิงหรือข่า หัวมีสีขาวหรือเหลือง แต่ละหัวยาวประมาณ 7.5-10.0 เซนติเมตร มีหัวเกิดขึ้นจากการขยายตัวของไหลใต้ดินซึ่งมีลักษณะสั้นและป้อมหรือยาวเรียว หัวรูปรีจนถึงค่อนข้างกลมขนาด 2-8 x 3-6 เซนติเมตร (สนั่น และคณะ, 2549)



รูปที่ 1 ลักษณะหัวใต้ดิน ใบ ลำต้น และดอกของแก่นตะวัน

การเจริญเติบโตของแก่นตะวัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือช่วงแรกเรียกว่า “slow tuber growth” คือ นับจากปลูกจนถึงออกดอกแรก และระยะที่สองเรียกว่า “rapid tuber filling” ซึ่งเริ่มจากดอกแรกบานจนถึงเก็บเกี่ยว โดยในช่วงแรกของการเจริญเติบโตนั้นอาหารที่สร้างได้จะสะสมไว้ที่ใบและ ลำต้น จากใบจะเคลื่อนย้ายสู่หัว (Frese, 1993)

2. ระยะการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน ระยะพัฒนาการของแก่นตะวัน สามารถแบ่งระยะการเจริญเติบโตได้ 5 ระยะ ดังนี้

2.1 ระยะงอกและพัฒนาทรงพุ่ม (emergence and canopy development) วงจรชีวิตเริ่มต้นและพัฒนาการของแก่นตะวัน เริ่มต้นจากการแตกหน่อของชิ้นส่วนหัวที่ใช้ปลูก แต่เนื่องจากหัวของแก่นตะวันมีการพักตัว ส่งผลให้ช่วงระยะเวลาการแตกหน่อใช้เวลายาว ดังนั้นจึงต้องมีการทำลายการพักตัวของหัวแก่นตะวัน วิธีการคือ นำหัวแก่นตะวันเก็บไว้ในที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 0 ถึง 5 องศาเซลเซียส การใช้ฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ช่วยคลายการพักตัวและการยืดยาวของเซลล์โดยปกติแล้วแก่นตะวันใช้ระยะเวลา ในการงอกประมาณ 2 - 5 สัปดาห์หลังปลูกขึ้นอยู่กับพันธุ์ของแก่นตะวัน การเจริญเติบโตทางด้านเหนือดินของแก่นตะวัน เริ่มหลังจากระยะงอก แก่นตะวันจะมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นหลักก่อน หลังจากนั้นจะมีการสร้างกิ่งแขนงบนลำต้นหลัก แต่ในระยะก่อนออกดอกขนาดของกิ่งแขนงที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็กเนื่องจากการข่มตาตรงบริเวณลำต้นหลัก

2.2 ระยะการสร้างไหล (rhizome formation) การสร้างหัวของแก่นตะวันจะสร้างที่ปลายของไหล ซึ่งเป็นส่วนของลำต้นที่เจริญใต้ดิน การสร้างไหลเริ่มขึ้นเมื่อ 10 - 56 วันหลังงอก

2.3 ระยะการสร้างหัว (tuberization) บริเวณปลายไหลจะมีการขยายใหญ่เพื่อการสะสมคาร์โบไฮเดรต น้ำ และแร่ธาตุต่างๆ เรียกว่าหัวแก่นตะวัน และลักษณะหัวจะมีความแตกต่างกันตามพันธุ์

2.4 ระยะออกดอก (flowering) แก่นตะวันเริ่มสร้างดอกเมื่อสิ้นสุดการแตกกิ่งแขนง ประมาณ 1-2 สัปดาห์ และสร้างดอกบริเวณส่วนปลายด้านบนของลำต้นหลัก และกิ่งแขนง อุณหภูมิมีผลต่อกระบวนการออกดอก กรณีที่อุณหภูมิต่ำทำให้แก่นตะวันไม่สร้างดอกหรือมี พัฒนาการในการออกดอกช้าแต่มีการเจริญเติบโตทางด้านส่วนเหนือดิน (Denoroy, 1996)

2.5 ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) ระยะนี้สังเกตได้จากลักษณะ ของแก่นตะวัน ดังนี้ ดอกร่วง ใบเริ่มเหี่ยวและร่วง ส่วนลำต้นเปลี่ยนสีจากสีเขียวกลายเป็นสีเหลือง หรือสีน้ำตาลเนื่องจากอาหารสะสมส่วนเหนือดินได้ถูกเคลื่อนย้ายมาสะสมที่หัว

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแก่นตะวัน

3.1 ดิน (Soil) ลักษณะดินที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน ควรมี ลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ซึ่งมีสัดส่วนของอนุภาคของดินเหนียว 15-20 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนของอนุภาคของดินทราย 50-70 เปอร์เซ็นต์ มีการระบายน้ำดี มีค่า pH อยู่ ระหว่าง 5.8-7.0 จึงเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน กรณีที่ปลูกแก่นตะวันในดิน เหนียวจะส่งผลให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากผลผลิตของหัวและลำต้นของแก่นตะวันถูกจำกัดการ เจริญเติบโต

3.2 น้ำ (water) แก่นตะวันเป็นพืชที่ต้องการใช้น้ำเพื่อการเจริญเติบโตเป็นปริมาณ มากตลอดอายุของแก่นตะวันอาจต้องการใช้น้ำถึง 250 ถึง 350 ลิตรต่อต้น ถ้าแก่นตะวันไม่พอน้ำ จะ ส่งผลให้การเจริญเติบโตของแก่นตะวันลดลง ในขณะเดียวกันส่วนใต้ดินจะมีการเจริญเติบโต ได้ช้ากว่าปกติ ส่วนของระบบรากของแก่นตะวันจะมีรากที่ยังลึกลงไปดิน แต่เมื่อแก่นตะวัน ได้รับน้ำหลังจากกระทบแล้งจะกลับมาเจริญเติบโตได้เหมือนเดิม ในกรณีที่แก่นตะวันกระทบแล้ง ในช่วงแรกของการเจริญเติบโต จะส่งผลต่อผลผลิตของแก่นตะวันเพียงเล็กน้อย (Monti และคณะ 2005)

3.3 ช่วงแสง (day length) แก่นตะวันในกลุ่มที่มีอายุเก็บเกี่ยวยาว (late variety) จะ ตอบสนองต่อช่วงแสงวันสั้น (short - day plant) คือจะออกดอกเมื่อได้รับช่วงแสงวันสั้นเท่ากับช่วง แสงวิกฤต(critical day length) ซึ่งประมาณ 14 ชั่วโมง ส่วนแก่นตะวันที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น (early variety) นั้นมักจะไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง (day neutral) แต่จะออกดอกและเก็บเกี่ยวได้เมื่อได้รับ อุณหภูมิสะสม (degree day; 0C) เท่าจำนวนของแต่ละพันธุ์ (Frese, 1993)

3.4 อุณหภูมิ (temperature) แก่นตะวันเป็นพืชล้มลุกที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้ง ในเขตภูมิอากาศแบบหนาว - ชื้น และเขตภูมิอากาศอบอุ่น - แห้งแล้ง ถ้าปลูกแก่นตะวันในเขต

ภูมิอากาศแบบหนาว-ชื้นต้องมีช่วงการเจริญเติบโตที่ปราศจากน้ำค้างแข็ง อย่างน้อย 125 วัน หัวแก่่นตะวันสามารถคงอยู่ในดินข้ามฤดูหนาวได้แม้ว่าอุณหภูมิดินจะลดต่ำลงถึงจุดเยือกแข็ง

3.5 ปุ๋ยและธาตุอาหาร (fertilizer and nutrients) แก่นตะวันได้รับการกล่าวถึงว่าเป็นพืชที่มีการตอบสนองต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินมาก โดยเฉพาะดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูง นอกจากนั้นยังสามารถดูดซับธาตุอาหารพืชที่ตกค้างข้ามฤดูในดินขึ้นมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ประโยชน์ของแก่นตะวัน

4.1 เป็นอาหารคนและอาหารสัตว์ ส่วนหัวใช้รับประทานสดแทนผัก ใช้ทำขนม เช่น บวดชี หรือต้มรับประทาน และผลิตไวน์ นอกจากนี้ยังเป็นอาหารสัตว์ (จริยธ ดาระสา, 2549) ในส่วนของหัวเป็นอาหารที่หมู ไก่ และกระต่ายชอบกิน ใบสดอาจใช้เลี้ยงม้า ลา และสัตว์เคี้ยวเอื้องต่างๆ ใบอ่อนหรือใบในระยะแรกๆ มีคุณค่าทางอาหารสามารถเก็บเกี่ยวหรือปล่อยให้สัตว์กัดกิน แต่มีผลทำให้ผลผลิตหัวลดลง (Vervelde, 1996)

4.2 เป็นพืชสมุนไพรสำหรับสัตว์ การนำหัวแก่นตะวันตากแห้งและป่นเป็นแป้งผสมในอาหารสัตว์ ใช้เป็นสมุนไพรทดแทนการใช้สารปฏิชีวนะ ป้องกันเชื้อทางเดินอาหาร กระตุ้นภูมิคุ้มกัน เมื่อสัตว์บริโภคแก่นตะวันจะช่วยลดกลิ่นของมูลสัตว์ จึงเหมาะสำหรับอุตสาหกรรมเลี้ยงสัตว์ เช่น การเลี้ยงไก่ สุกร อีกทั้งช่วยให้ภูมิคุ้มกันของสัตว์ดีขึ้น (เยาวมาลย์ คำเจริญ และคณะ, 2549)

4.3 เป็นประโยชน์ทางการแพทย์สำหรับมนุษย์ ในหัวของแก่นตะวัน มีสารอินนูลิน ซึ่งสามารถลดน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานได้ สร้างภูมิคุ้มกัน ช่วยลดไขมันในเลือด และลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ (นิมิตร วรสุต และสนั่น จอกลอย, 2549)

4.4 เป็นพืชพลังงาน (มธุรส วงษ์ครุฑ, 2556) กล่าวว่า นอกจากแก่นตะวันจะเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง แล้วยังเป็นพืชที่มีประโยชน์ในด้านของพลังงานทางเลือก โดยหากนำหัวแก่นตะวันสด 1 ตัน ไปหมักด้วยเชื้อยีสต์ จะได้แอลกอฮอล์ไปกลั่นเป็นเอทานอลที่บริสุทธิ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์ได้มากถึง 100 ลิตร ซึ่งเมื่อเทียบกับอ้อย 1 ตัน จะให้ปริมาณเอทานอล 75 ลิตร

4.5 เป็นพืชเพื่อการท่องเที่ยว พบว่าแก่นตะวันสามารถนำมาปลูกในบริเวณกว้างเป็นแปลงไม้ดอกไม้ประดับได้ (สนั่น จอกลอย และคณะ, 2549)

5. พันธุ์แก่นตะวันที่ใช้ในประเทศไทย แก่นตะวันเป็นพืชต่างประเทศ ที่มีการนำพันธุ์เข้ามาปลูกทดสอบในประเทศไทยจำนวน 24 สายพันธุ์ ได้มีการพัฒนาสายพันธุ์และคัดเลือกสายพันธุ์ให้บริสุทธิ์ ให้เหมาะกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย พบว่ามี 2 สายพันธุ์ คือ แก่นตะวันสายพันธุ์ # 1 ซึ่งพัฒนามาจากสายพันธุ์ JA89 จะให้ผลผลิตสูง หัวใหญ่ มีแขนงน้อย รสชาติหวาน

เหมาะสำหรับรับประทานหัวสด ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 2.5 - 3.0 ตัน/ไร่ และ แก่นตะวันสายพันธุ์ # 2 ซึ่งพัฒนามาจากสายพันธุ์ HEL 65 ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่า หัวใหญ่ มีแขนงน้อยมาก รสชาติหวาน มีความกรอบเหมาะสำหรับรับประทานหัวสด อายุเก็บเกี่ยวของทั้งสองพันธุ์ประมาณ 120 - 140 วัน

แก่นตะวันพันธุ์ 50-4 ผลผลิตสูงกว่าแก่นตะวัน 1 แก่นตะวัน 2 และแก่นตะวัน 3 หัวมีขนาดใหญ่กว่า มีแขนงน้อย รสชาติหวาน เหมาะที่นำไปใช้ในอุตสาหกรรม อายุเก็บเกี่ยว 110 วัน

ประวัติการพัฒนาพันธุ์ การปรับปรุงพันธุ์แก่นตะวันลูกผสม แก่นตะวัน 50-4 เริ่มดำเนินการในปี 2550 โดยการผสมพันธุ์ระหว่างแก่นตะวันพันธุ์ JA 102 กับแก่นตะวันพันธุ์ JA 89 ได้ปลูกต้นลูกผสมและคัดเลือกต้นที่มีหัวขนาดใหญ่ และมีผลผลิตต่อต้นสูงไว้ คือสายพันธุ์ (JA 102 × JA 89)-8 นำมาปลูกทดสอบผลผลิต ร่วมกับพันธุ์แก่นตะวัน 1 แก่นตะวัน 2 และแก่นตะวัน 3 ตามมาตรฐานการเปรียบเทียบพันธุ์ ซึ่งประกอบด้วยการเปรียบเทียบขั้นต้น 1 ปี 3 การทดลอง การเปรียบเทียบขั้นมาตรฐาน 1 ปี 3 การทดลอง การเปรียบเทียบพันธุ์ในไร่นาเกษตร 3 ปี 12 การทดลอง จากการเปรียบเทียบผลผลิตเฉพาะในฤดูฝน พบว่าแก่นตะวันสายพันธุ์ (JA 102 × JA 89)-8 เป็นสายพันธุ์ที่มีหัวขนาดใหญ่ และให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์แก่นตะวัน 1 2 และ 3 โดยให้ผลผลิตหัวสด 4,164 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์แก่นตะวัน 3 ที่ให้ผลผลิต 3,054 3,780 และ 2,902 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ และมีปริมาณอินนูลินสูงใกล้เคียงกับแก่นตะวัน 3 และเพื่อเป็นเกียรติเนื่องในการเฉลิมฉลองครบรอบ 50 ปี ของการจัดตั้งมหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งเป็นหน่วยงานบุกเบิกในการพัฒนาพันธุ์แก่นตะวัน และแนะนำพันธุ์ให้แก่เกษตรกรให้ปลูกแล้ว 3 พันธุ์คือ แก่นตะวัน 1 แก่นตะวัน 2 และแก่นตะวัน 3 ดังนั้นจึงตั้งชื่อแก่นตะวันพันธุ์ใหม่ว่า “แก่นตะวัน 50-4”

6. การปลูกแก่นตะวัน การปลูกแก่นตะวัน มีขั้นตอน ดังนี้

6.1 ส่วนขยายพันธุ์แก่นตะวัน การปลูกแก่นตะวันสามารถใช้ทั้งเมล็ดและหัวแต่การขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดนั้นทำได้น้อย เนื่องจากแก่นตะวันมีเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดน้อย ดังนั้นจึงนิยมใช้ชิ้นส่วนของหัวที่มีขนาด 22 - 25 กรัม (2 - 4 ตา) (Cosgrove et al, 2000) นอกจากนี้ สนั่น จอกลอย และคณะ (2549) ได้ศึกษาอิทธิพลของการใช้ชิ้นส่วนขยายพันธุ์ต่อการงอก การเจริญเติบโตและให้ผลผลิต โดยใช้ชิ้นส่วนหัวพันธุ์ ดังนี้ หัวพันธุ์ขนาดเล็ก หัวพันธุ์ขนาดใหญ่ ไหล ส่วนโคน ไหลส่วนกลางและไหลส่วนปลาย พบว่า การปลูกหรือขยายพันธุ์แก่นตะวัน สามารถใช้หัวพันธุ์ได้ทุกส่วน โดยมีเปอร์เซ็นต์การงอก การเจริญเติบโต ลักษณะความสูง และการให้ ผลผลิตไม่แตกต่างกัน

6.2 การบ่มหัวเพื่อให้คลายการพักตัว นำหัวแก่แ่นตะวันตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ให้ตาติดมา 3 - 4 ตา แล้วนำไปบ่มเพาะในแกลบดำที่มีความชื้น 7 - 10 วัน เพื่อกระตุ้นหรือชักนำให้เกิดต้นอ่อนก่อนปลูก ได้ให้สาเหตุที่ต้องมีการบ่มหัวแก่แ่นตะวันก่อนทำการปลูก เพราะจะทำให้ได้ต้นกล้าที่มีอายุใกล้เคียงกันไปปลูก ทำให้การจัดการสำหรับปลูกได้สะดวกมากยิ่งขึ้น (สนั่น จอกลอย และคณะ, 2549)

6.3 การเตรียมดินและวิธีการปลูก การเตรียมแปลงปลูกโดยการไถตะ 1 ครั้งและไถแปร 2 ครั้ง ใส่ปุ๋ยขี้วัวอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ในแปลงที่มี pH ต่ำกว่า 6.0 แล้วพรวนดินกลับเพื่อปรับสภาพดิน จากนั้นนำต้นกล้าย้ายลงปลูกในแปลง ใช้ระยะปลูก 50x50 เซนติเมตร สำหรับการปลูกในช่วงต้น ฤดูฝน และ 40 x 40 เซนติเมตร สำหรับการปลูกในช่วงปลายฤดูฝน พื้นที่ 1 ไร่ ใช้หัวพันธุ์ 30 - 35 กิโลกรัม

6.4 การให้น้ำชลประทานและการใส่ปุ๋ย การให้น้ำชลประทานสามารถให้ได้ทั้งแบบปล่อยตามร่อง หรือแบบระบบฉีดฝอย (sprinkler) ตลอดฤดูปลูก ยกเว้นเมื่อมีฝนตก และใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อแก่แ่นตะวันอายุ 20-30 วันหลังปลูก โดยใส่แบบโรยข้างแถวแล้วพรวนดินกลับ

6.5 การควบคุมวัชพืช เริ่มตั้งแต่การเตรียมแปลงก่อนทำการเพาะปลูกเพื่อลดปริมาณของวัชพืช หลังจากปลูกแล้วอาจจะต้องกำจัดวัชพืช โดยการดายหญ้า 1-2 ครั้ง เมื่อแก่แ่นตะวันเจริญเติบโตเต็มที่แล้วมีการแตกกิ่งก้านสาขา และมีใบปกคลุมทำให้สามารถแข่งขันกับวัชพืชได้ดี

6.6 โรคและแมลง เกี่ยวกับโรคที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแก่แ่นตะวันในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นโรคคล้ายกับพืชในสกุลเดียวกับทานตะวัน โรคที่พบได้ในทุกพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูกคือ โรคโคนเน่า และหัวเน่าเกิดจากเชื้อ *Sclerotium rolfsii* ส่งผลให้ผลผลิตของแก่แ่นตะวันลดลง การป้องกันสามารถทำได้โดยการใส่เชื้อราที่สามารถควบคุมเชื้อราสาเหตุของโรคนี้ ได้แก่ *Trichoderma harziannum* สำหรับแมลงศัตรูที่พบ ได้แก่ ตั๊กแตนและด้วงปีกแข็ง ส่วนการป้องกันแมลงศัตรูแก่แ่นตะวัน อาจทำได้โดยการใช้แมลงศัตรูธรรมชาติที่เป็นตัวห้ำหรือตัวเบียน(พรทิวส์ วงศ์แก้ว, 2549)

6.7 การเก็บเกี่ยวผลผลิต อายุการเก็บเกี่ยวผลผลิตของแก่แ่นตะวัน ขึ้นกับพันธุ์ พันธุ์แก่แ่นตะวัน # 1 มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วันหลังปลูก หลังจากการสังเกตสีของ ลำต้นเปลี่ยนเป็นสีเหลือง หรือ สีน้ำตาล แสดงว่าแก่แ่นตะวันนั้นแก่พร้อมเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวผลผลิตทำได้โดยใช้พลั่วขุด และถอนด้วยมือ หลังจากนั้น ทำการปลิดหัวแก่แ่นตะวัน ล้างด้วยน้ำสะอาด ผึ่ง

ให้สะอาดแล้วนำหัวสดใส่ถุงพลาสติกเก็บรักษาที่ห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5 - 10 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปแก่จนตะวันให้ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 2.5 - 3.0 ตันต่อไร่ (สนั่น จอกลอย และคณะ, 2548: ก)

การผลิตแก่นตะวันในประเทศไทย ปัจจุบันมีเกษตรกรปลูกแก่นตะวันในหลายจังหวัด ได้แก่ หนองคาย ขอนแก่น อุดรธานี มหาสารคาม สกลนคร นครราชสีมา นครพนม ร้อยเอ็ด ลพบุรี สระบุรี

แก่นตะวันยังจัดเป็นพืชที่ให้ผลผลิตเป็นหัว เนื่องจากมีสารสำคัญที่ชื่อว่า อินนูลิน (inulin) ซึ่งมีสรรพคุณทางยาหลายประการ จึงนิยมสกัดสารชนิดนี้ไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด และส่วนหัวของแก่นตะวันก็สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย เช่น ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารคาวและหวานหลายชนิด ใช้เป็นสารเยื่อใยอาหารเพื่อสุขภาพ ใช้เสริมในอาหารสัตว์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต ลดจุลินทรีย์ที่เป็นโทษในระบบทางเดินอาหาร สร้างภูมิคุ้มกัน ทำให้ลดการใช้สารปฏิชีวนะและมูลสัตว์มีกลิ่นเหม็นน้อยลง (พิภพ สดศรี, 2546) นอกจากนี้ยังใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์ได้อีกด้วย

7. สรรพคุณแก่นตะวัน

7.1 ช่วยทำให้เจริญอาหาร

7.2 ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย และช่วยลดการติดเชื้อ เพราะสารอินนูลินจะช่วยลดปริมาณของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหาร อย่างเชื้อ อีโคไล (*E.Coli*) และโคลิฟอร์ม (Coliforms) และในขณะเดียวกันยังไปช่วยเพิ่มการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายให้เจริญเติบโตดีขึ้นอีกด้วย

7.3 ช่วยป้องกันอาการภูมิแพ้ แพ้อาหาร โดยเฉพาะในเด็ก

7.4 ช่วยลดความอ้วน ลดน้ำหนักได้ ภายในหัวจะมีน้ำประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ และมีคาร์โบไฮเดรตประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ซึ่งคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่จะเป็นอินนูลิน (Inulin) ซึ่งอินนูลินเป็นสารเยื่อใยอาหารที่ให้ความหวานได้ แต่จะไม่ถูกย่อยในกระเพาะและลำไส้เล็ก จึงสามารถอยู่ในระบบทางเดินอาหารได้นาน จึงช่วยทำให้ไม่รู้สึกหิว ทำให้รับประทานอาหารได้น้อย สามารถช่วยควบคุมพลังงานที่ได้รับต่อวันได้เป็นอย่างดี จึงช่วยลดความอ้วนและป้องกันโรคเบาหวานไปด้วยในตัว

7.5 ช่วยในการควบคุมน้ำหนัก เนื่องจากแก่นตะวันมีสารประกอบเชิงซ้อนกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานต่ำกว่าคาร์โบไฮเดรตทั่วไป มีลักษณะคล้ายแป้ง แต่มีคุณสมบัติในการรักษาสมดุลของสารอาหารที่รับประทาน โดยสามารถรับประทานได้มากขึ้น แต่ยังช่วยรักษาระดับพลังงานให้คงที่ได้ ทำให้รู้สึกอิ่มนาน ซึ่งไม่เหมือนกับแป้งทั่วไปที่ร่างกายย่อยสลายแล้วถูกดูดซึม

เข้าไปสะสมเป็นไขมันแล้วทำให้อ้วน จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับผู้ที่กำลังประสบปัญหาภาวะน้ำหนักเกิน

7.6 ช่วยป้องกันไขมันในเลือดสูง เพราะเส้นใยของแกนตะวันจะช่วยดูดซับน้ำมันและน้ำตาลที่เรารับประทานเกินไว้ ไม่ว่าจะเป็นคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ หรือไขมันเลวที่เรารับประทานเข้าไปทั้งออกทางอุจจาระ และยังมีงานวิจัยที่ระบุว่าผู้ที่รับประทานคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์สูง หากได้รับอินนูลินเป็นประจำก็จะช่วยทำให้ไขมันในเส้นเลือดลดลงได้

7.7 ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ และโรคหลอดเลือดได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเส้นใยของแกนตะวันเป็นตัวช่วยดูดซับไขมันที่เป็นโทษต่อร่างกายและเป็นสาเหตุของการเกิดโรคดังกล่าวทั้งออกทางอุจจาระ

7.8 ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด และป้องกันโรคเบาหวานได้เป็นอย่างดี เนื่องจากแกนตะวันมีแคลอรีต่ำ ไม่ส่งผลกระทบต่อระดับน้ำตาลในเลือดแม้จะรับประทานในปริมาณมาก จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน หากรับประทานอย่างต่อเนื่องเป็นประจำจะช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ โดยมีงานวิจัยที่ระบุว่าผู้ที่ได้รับสารอินนูลินเป็นประจำจะมีโอกาสเป็นโรคเบาหวานน้อยกว่าคนที่กินน้ำตาลมากถึง 40 เปอร์เซ็นต์

7.9 ช่วยป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ ช่วยในการทำงานของลำไส้ให้เป็นปกติ และช่วยบำรุงสุขภาพของลำไส้ใหญ่ได้เป็นอย่างดี เพราะผู้ที่ได้รับสารอินนูลินเป็นประจำ จะทำให้ลำไส้ใหญ่มีแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเพิ่มมากขึ้น และมีปริมาณของแบคทีเรียที่เป็นอันตรายต่อร่างกายหรือแบคทีเรียที่เป็นตัวก่อโรคลดลง ทำให้แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเกิดแก๊สกลิ่นเหม็นในร่างกายน้อยลง หรือแบคทีเรียที่กินซากเนื้อสัตว์ ตัวสร้างสารก่อมะเร็งในลำไส้ใหญ่อย่างอีโคโลจีลดน้อยลงด้วยเช่นกัน

7.10 ช่วยกระตุ้นการดูดซึมแร่ธาตุหลายชนิด ช่วยปรับสภาพของลำไส้ให้เหมาะสมต่อการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิดที่ไม่สามารถดูดซึมได้ในลำไส้เล็ก และช่วยให้ลำไส้ใหญ่สามารถดูดซึมแร่ธาตุที่มีประโยชน์ต่อร่างกายได้เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วยดูดซึมธาตุแคลเซียมได้มากถึงร้อยละ 20 รวมไปถึงธาตุเหล็ก ฯลฯ

7.11 ช่วยในการทำงานของระบบขับถ่าย ช่วยในการขับถ่าย ทำความสะอาดลำไส้ และเก็บกวาดของเสียในระบบทางเดินอาหารได้เป็นอย่างดี แก้อาการท้องผูกได้ เนื่องจากทำให้อุจจาระมีกากใยมากขึ้น และยังช่วยลดกลิ่นเหม็นของอุจจาระได้อีกด้วย สมุนไพรแกนตะวันมีสรรพคุณช่วยลดอาการจุกเสียดแน่นท้อง แก้อาการท้องเสีย

7.12 ช่วยป้องกันสารพิษอย่างโลหะหนัก เช่น สารตะกั่ว เป็นต้น

อินนูลินจากพืช (inulin)

1. อินนูลิน (inulin)

อินนูลิน (inulin) เป็นสารที่พบปริมาณสูงในส่วนหัวของพืชชนิดนี้ โดยอินนูลินจัดเป็นสารเยื่อใยอาหารที่ให้ความหวาน ถือเป็นสารพรีไบโอติก (Prebiotics) ชนิดหนึ่งที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะอาหารของมนุษย์ แต่มีผลกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดดีในลำไส้ใหญ่ (Hidaka และคณะ, 1986) อินนูลินจะพบในพืชมากที่สุดถึง 36,000 ชนิด ซึ่งในพืชแต่ละชนิดจะมีอินนูลินในปริมาณที่แตกต่างกัน

อินนูลิน เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทฟรุคแทน (fructan) จัดเป็นเยื่อใยอาหาร (dietary fibre) ที่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหารได้ยาก จะถูกดูดซึมได้ช้า ทำให้รู้สึกหิว กินอาหารได้ไม่มาก รวมทั้งช่วยลดไขมันในเลือด และลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวานและโรคหัวใจ อินนูลินสามารถพบได้อยู่ในพืชทั่วไป เช่น ต้นหัวหอม หัวกระเทียม แอสพาราตัส และจะมีอยู่เป็นปริมาณมากในหัวของ เยรูซาเลมอาร์ติโชค (Jerusalem artichoke) หรือในชื่อภาษาไทยว่า แก่นตะวัน และในหัวของชิโกลี (chicory)

อินนูลิน พบได้ในพืชหลายชนิด ทั้งที่เป็นพืชป่าและพืชปลูก โดยสะสมอยู่เป็นปริมาณมากในส่วนของหัวและส่วนรากที่ใช้สะสมอาหาร แต่ก็สามารถพบได้ในต้นของพืชพื้นเมืองตระกูลหญ้าในเขตหนาว (native grass temperate) หรือแม้แต่ในแบคทีเรีย เช่น *streptococcus mutans* (Suzuki, 1993)

2. ประโยชน์ของอินนูลิน

ประโยชน์ของอินนูลินที่มีต่อสุขภาพ Orafiti (2005) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของอินนูลินไว้หลายประการด้วยกัน เช่น ช่วยป้องกันโรคอ้วน ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ รวมทั้งการเสริมสร้างภูมิคุ้มกันโรคให้ร่างกาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 อินนูลินช่วยลดความอ้วน จากรายงานของ Farnworth (1993) กล่าวถึงอินนูลินเป็นอาหารเยื่อใยประเภทแป้ง ที่ถูกจัดไว้ว่าเป็นอาหารเยื่อใย ซึ่งจะไม่ถูกย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กซึ่งเป็นระบบทางเดินอาหารส่วนบนของมนุษย์ ดังนั้นเมื่อมนุษย์กินอินนูลินเข้าไปจึงไม่ใหพลังงาน ซึ่ง Orafiti (2005) ได้อธิบายลักษณะของอาหารประเภทนี้เป็น Low-glycaemic food ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบการให้พลังงานของอาหารจำนวน 50 กรัม ในช่วงเวลา 2 ชั่วโมงหลังจากกินอาหารนั้นเปรียบเทียบกับกการกินกลูโคส (glucose) หรือขนมปังขาว (white bread) เมื่อมนุษย์เรากินอาหารประเภท low-glycaemic เข้าไป อาหารจึงอยู่ในระบบทางเดินอาหารเป็นเวลานาน ทำให้ไม่มีความรู้สึกหิว จึงกินอาหารน้อยทำให้ไม่เป็นโรคอ้วน

2.2 อินนูลินช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวาน Hata et al., (1983) อ้างถึง โดย Farnworth (1993) ได้อธิบายผลของอินนูลินในร่างกายมนุษย์ว่ามีผลต่อการป้องกันโรคเบาหวานได้นั้นเนื่องจากอินนูลินเป็นอาหารที่เป็น Low-glycaemic food ซึ่งเมื่อมนุษย์กินเข้าไปแล้ว ถูกเมตาบอลิซึมได้อย่างช้าๆ ทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำ และมีความสม่ำเสมอ ส่งผลให้ร่างกายมนุษย์หลั่งอินซูลิน (insulin) ออกมาในปริมาณน้อยๆสม่ำเสมอ ตับอ่อนจึงไม่เกิดความเครียดจากการทำงาน แตกต่างจากผู้ที่ยกินอาหารที่มีน้ำตาลซูโครส (Sucrose) สูง ตับอ่อนต้องหลั่งอินซูลินออกมามากในช่วงหลังการกินน้ำตาล ทำให้ตับอ่อนมีความเครียดในการหลั่งอินซูลินในปริมาณมากๆ จึงเป็นสาเหตุของการเป็นโรคเบาหวานประเภทที่ 2 โดยมรายงานว่าคนที่กินอาหาร low-glycaemic food จะมีโอกาสเป็นโรคเบาหวานนี้น้อยกว่าคนที่กินอาหารพวก high-glycaemic food ถึง 40 เปอร์เซ็นต์

2.3 อินนูลินช่วยลดไขมันในเลือดและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ Hata et. Al. (1983) อ้างถึงใน Farnworth (1993) ได้ศึกษาในกลุ่มคนที่มีความเสี่ยงสูงโดยกินอาหารที่ผสมอินนูลินที่อยู่ในรูปน้ำตาลนีโอ (Neosugar) เฉลี่ย 14.2 กรัมต่อวัน เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า คนที่กินน้ำตาลนีโอ นั้นมีคอเลสเตอรอลรวม (total cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) ลดลงเปรียบเทียบกับกลุ่มคนที่กินอาหารที่มีน้ำตาลซูโครส ตามปกติ นอกจากนั้นในการศึกษานี้ยังพบว่าความดันเลือดในคนที่กินน้ำตาลนีโอได้ จากการศึกษานี้ Farnworth (1993) ได้อธิบายไว้ว่าเป็นผลของอินนูลินซึ่งไม่ถูกย่อยรวมกับไขมันและสารประกอบอื่นๆ ทำให้การดูดซึมไขมันเข้าในเลือดน้อย

2.4 อินนูลินสร้างภูมิคุ้มกัน จากการศึกษาของ yazawa et. al. (1978) อ้างถึง โดย Farnworth (1993) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ พบว่า *Escherichia coli*, *Lactobacillus acidophilus*, และ *Streptococcus faecalis* ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์หลังจากการกินอาหารที่มีอินนูลิน การทดลองสกัดน้ำตาลจากหัวเชื้อราเลมอาร์ติโชค (แก่นตะวัน) ด้วยวิธีใช้น้ำร้อน พบว่า มีองค์ประกอบดังตารางรูปที่ 1 และได้นำสารที่สกัดทั้งหมดนี้ใส่อาหารให้คนกิน หลังจาก 24 ชั่วโมงแล้วทำการตรวจสอบ น้ำปัสสาวะ พบว่าไม่มีฟรุกแทน ไม่เกิดอาการท้องร่วง ไม่ทำให้เกิดอาการปวดท้อง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งสรุปว่า ฟรุกแทนไม่ถูกย่อยในกระเพาะอาหารหรือลำไส้เล็ก จากข้อมูล oraffi (2005) ได้สรุปว่า คนที่กินอินนูลินเป็นประจำจะมีผลให้ในลำไส้ใหญ่มีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น

3. อินนูลินจากแก่นตะวัน

จากประโยชน์ต่างๆ ของอินนูลิน ทำให้อินนูลินได้รับความสนใจและได้เข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งในกระบวนการผลิตต้องใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ หาง่าย และมีปริมาณของสารอินนูลินในปริมาณที่สูงแหล่งวัตถุดิบที่เหมาะสมจึงน่าจะมาจากพืช จากข้อมูล que แสดงในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเปอร์เซ็นต์ของอินนูลินในแก่นตะวันกับพืชชนิดอื่นแล้วจะพบว่า พืชชนิดนี้ให้ปริมาณอินนูลินที่สูงจึงน่าจะเหมาะต่อการนำมาใช้เป็นแหล่งผลิตอินนูลิน ทำให้มีการส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกพืชชนิดนี้เพิ่มขึ้นในประเทศไทย แต่แก่นตะวันที่ปลูกในธรรมชาติ อาจได้รับผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศ สภาพการเพาะปลูก สายพันธุ์ และโรคพืช เป็นต้น

สารทุติยภูมิ (secondary metabolites)

สารทุติยภูมิมีสถานะมีชีวิตบางชนิดเท่านั้น และไม่จำเป็นต้องดำรงชีพ แต่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตที่ผลิตสารนั้นๆ เช่น อาจจะเป็นสารที่ใช้ในกระบวนการป้องกันตัวเอง (self defense) จากสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ โดยผลิตสารทุติยภูมิในปริมาณที่มากขึ้น เช่น แทนนิน ที่มีรสฝาด ทำให้ศัตรูพืชไม่กินใบพืชชนิดนั้นอีก หรือเกิดกระบวนการ Systemic Acquired Resistance (SAR) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นหลังจากที่ได้รับสัญญาณที่มาจาก hypersensitive response (HR) นอกจากนี้มีรายงานเกี่ยวกับความสามารถของสารทุติยภูมิเป็น free radical-scavenger หรือ antioxidant หรือ chemoresistance agent หรือ antimutative agent อย่างกว้างขวาง ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นหลังกระบวนการติดเชื้อ และพืชสามารถรอดตายจากการติดเชื้อ (Taiz and Zeiger, 2006) พืชแต่ละชนิดมีกลไกการป้องกันตัวเองที่แตกต่างออกไปเมื่อถูกรบกวนโดยสิ่งมีชีวิตกินพืช (ศุภวรรณ บุญระเทพ, 2549) สิ่งมีชีวิตที่สามารถพบสารทุติยภูมิได้ เช่น สัตว์ เชื้อรา สาหร่าย แบคทีเรีย และพืช ซึ่งสร้างมาจากสารปฐมภูมิเพียงไม่กี่ชนิด

1. การเพิ่มปริมาณสารทุติยภูมิ

การเพิ่มปริมาณสารทุติยภูมิด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สามารถทำได้โดยเริ่มจากการ คัดเลือกสายพันธุ์ของพืชที่มีการสร้างสารที่สนใจ หาความหลากหลายของพืชในบริเวณต่างๆ ที่ เพาะปลูกทำการตรวจสอบ และคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ปริมาณสารสูงเป็นสายพันธุ์ตั้งต้น เพื่อนำมา เพาะเลี้ยงโดยเปลี่ยนอาหาร (subculture) หลายรอบ จนได้ต้นที่มีความคงตัวของยีน และการสร้าง สารทุติยภูมิ ซึ่งต้องคัดเลือกสายพันธุ์ (cell line) ที่มีการเจริญเติบโตดี และสร้างสารได้ในปริมาณมาก จากนั้นทำการควบคุมอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง สภาพในการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมในการสร้างสาร และการเจริญเติบโต และใช้เทคนิคอื่นๆ ร่วมด้วยเพื่อกระตุ้นให้เกิดการ

สร้างสารในปริมาณที่มากขึ้น เช่น การเติมสารกระตุ้น (elicitation) การตรึงเซลล์ (immobilization) การซึมผ่าน (permeabilization) การดัดแปลงพันธุกรรม (genetic modification) หรือควบคุมการสร้างสารทุติยภูมิในวิถีชีวสังเคราะห์ของพืช (biosynthesis pathways) (Ramachandra Rao and Ravishankar, 2002) ซึ่งการเติมสารกระตุ้นเพื่อเพิ่มปริมาณสารทุติยภูมิในพืชนั้น เป็นหนึ่งในหลายวิธีที่นิยมใช้ในการศึกษาทางด้านนี้ โดยการสร้างสารทุติยภูมิในพืชเกิดจากกลไกการป้องกันตัวเองของพืชจากการบุกรุกโดย จุลชีพ ได้แก่ แบคทีเรีย รา ไวรัส ดังนั้น การเติมสารบางชนิดสามารถกระตุ้นให้พืชเกิดการตอบสนองได้เหมือนกลไกการป้องกันตัวเองที่เกิดจากจุลชีพ (วรารมณ์ ภูตะลุน, 2551) ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เทคนิคการเติมสารกระตุ้นเพื่อเพิ่มปริมาณสารทุติยภูมิในแก่นตะวัน โดยรายละเอียดของสารกระตุ้นมีดังนี้

1.1 สารกระตุ้น (elicitors) สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม (วรารมณ์ ภูตะลุน, 2551) คือ

1.1.1 สารกระตุ้นชีวภาพ (biotic elicitors) เป็นสารกระตุ้นที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิตที่ลดความซับซ้อนของโมเลกุลลง ได้แก่ เชื้อรา แบคทีเรีย และสารสกัดจากยีสต์ (yeast extract; YE) รวมไปถึงที่ได้จากเซลล์พืช ได้แก่ methyl jasmonate (MeJA) Jasmonic acid (JA) salicylic acid (SA) หรือได้จากเปลือกของสัตว์ ได้แก่ chitosan เป็นต้น

1.1.2 สารกระตุ้นอชีวภาพ (abiotic elicitor) เป็นสารกระตุ้นที่ได้มาจากสิ่งไม่มีชีวิต ได้แก่ อุณหภูมิ ไอออนของธาตุต่างๆ เกลือของโลหะหนัก หรือ UV เป็นต้น ซึ่งเป็นกลุ่มของสารเคมีหรือสภาพแวดล้อม

สารกระตุ้นที่นำมาใช้แต่ละชนิด จะทำให้เกิดกลไกการตอบสนองแตกต่างกัน ดังนั้นการใช้สารกระตุ้นในการเพิ่มสารทุติยภูมิในการเพาะเลี้ยงเซลล์อาจใช้การกระตุ้นแบบชนิดเดียว หรืออาจใช้สารกระตุ้นหลายๆ ชนิดร่วมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างสารทุติยภูมิ เนื่องจากระบวนการส่งสัญญาณ และกลไกการตอบสนองที่หลากหลายของสารกระตุ้น สารกระตุ้นที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ MeJA JA chitosan แบคทีเรีย เชื้อรา และ YE (วรารมณ์ ภูตะลุน, 2551)

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการกระตุ้น ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกระตุ้นเพื่อเพิ่มปริมาณสารทุติยภูมิ มีดังนี้

1. ความจำเพาะเจาะจงของสารกระตุ้น พืชมีการตอบสนองต่อสารกระตุ้น แตกต่างกันไปขึ้นกับความจำเพาะของเซลล์พืชนั้นๆ รวมไปถึงกลไกในการเหนี่ยวนำให้เกิดการสะสม ของสารจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของสารกระตุ้น ระยะเวลาที่เนื้อเยื่อสัมผัสกับสารกระตุ้น และ กลไกการสร้างสารที่สารกระตุ้นทำให้เกิดขึ้น

2. ความเข้มข้นและช่วงเวลาในการได้รับสารกระตุ้น ความเข้มข้นของสารกระตุ้นเป็นปัจจัยที่มีผลเป็นอย่างมากในการตอบสนอง ซึ่งการตอบสนองดังกล่าวจะแตกต่างกันไป ความเข้มข้นของสารกระตุ้นอาจส่งผลให้เกิดการกระตุ้นกับพืชชนิดหนึ่ง แต่อาจไม่ส่งผลกับพืชอีกชนิดหนึ่ง สำหรับช่วงเวลาในการกระตุ้นนั้น สารกระตุ้นสามารถกระตุ้นเซลล์พืชได้ตลอดเวลาที่เพาะเลี้ยง และมีการสัมผัสสารจนกว่าจะมีการเก็บ

3. ระยะการเจริญเติบโตและสถานะที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงของพืช โดยช่วงระยะที่ พืชมีการเจริญเติบโตอยู่ในระยะเอกซ์โพเนนเชียล (exponential phase) พบว่า เป็นระยะที่พืชอยู่ในสภาพที่เอนไซม์พร้อมทำงาน ทำให้การตอบสนองของพืชต่อสารกระตุ้นมีประสิทธิภาพสูงสุด (วรารักษ์ ภูตะลุน, 2551)

3. กลไกระดับโมเลกุลในการสร้างสารทุติยภูมิโดยสารกระตุ้น

การให้สารกระตุ้นแก่พืชหรือเมื่อพืชถูกเชื้อโรครุกราน พืชจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ และชีวเคมี ซึ่งเป็นกลไกในการป้องกันการรุกรานของเชื้อโรคและสิ่งต่างๆ โดยการตอบสนองของพืชนี้ จะรวมไปถึงการสะสมของสารทุติยภูมิที่ใช้เป็นกลไกในการป้องกันตนเองด้วย กระบวนการในการป้องกันตนเองนี้ มักเกี่ยวข้องกับการต่อต้านที่ผนังเซลล์พืช (Cunha et al., 2006; Huckenhoven, 2007) แต่ยังมีอีกหลายกระบวนการที่เกิดจากการตอบสนองของพืชต่อสิ่งบุกรุก ซึ่ง สารกระตุ้นแต่ละชนิดจะกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองของพืชในการเพิ่มปริมาณสารทุติยภูมิได้หลาย กระบวนการ (วรารักษ์ ภูตะลุน, 2551) โดยกลไกในการสร้างสารทุติยภูมิด้วยสารกระตุ้นมีดังนี้

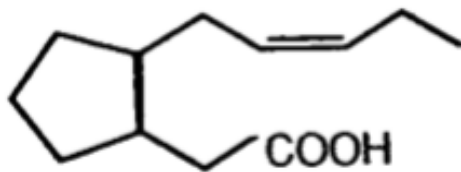
การรับรู้สัญญาณของการกระตุ้น (elicitor signal perception) จากการที่สารกระตุ้นแต่ละชนิดมีโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ดังนั้นสารกระตุ้นจึงสามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างสารทุติยภูมิในพืชชนิดหนึ่งแต่อาจไม่มีผลในพืชอีกชนิดหนึ่ง อย่างไรก็ตาม พืชต่างชนิดกันก็อาจตอบสนองต่อสารกระตุ้นชนิดเดียวกันได้ ทั้งนี้เกิดจากกระบวนการที่พืชสามารถจดจำสารกระตุ้นซึ่งเป็นโมเลกุลแปลกปลอมให้เป็นสัญญาณของการกระตุ้น และมีตัวรับที่จำเพาะต่อสารกระตุ้นแต่ละชนิดในพืช การรับรู้ของสัญญาณการกระตุ้นถือเป็นกระบวนการแรกของการกระตุ้น ก่อนการถ่ายทอดสัญญาณผ่านหลายกลไกของบริเวณที่จับกับสารกระตุ้น (binding sites) เหล่านี้ส่วนมากจะอยู่บริเวณพลาสมาเมมเบรน (plasma membrane) ของเซลล์พืช (Blein et al., 2002; Zhao et al., 2005; Vasconsuelo and Boland, 2007) สารกระตุ้นหลายชนิดมีคุณสมบัติเป็น avirulence determinants ต่อกันของพืช ทำให้เกิดการตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันพืช โดยผ่าน resistance genes (R genes) ที่อยู่ในพืชด้วยการจับกับ avirulence (avr) gene ที่มีใน

สารกระตุ้นสารกระตุ้นจะถูกตัวรับ (receptor) ของพืชหรือ R proteins ที่อยู่บริเวณพลาสมาเมมเบรนจดจำ จากนั้นจะส่งสัญญาณจากเนื้อเยื่อหนึ่งไปยังที่อื่นๆ ซึ่งจะทำให้เกิดกระบวนการในการต่อต้านสารเหล่านี้ด้วยการสังเคราะห์ pathogenesis-related proteins (PR) หรือสร้างสารทุติยภูมิที่ใช้ในการต่อต้านการบุกรุก กลไกการจดจำในระดับโมเลกุล และปฏิกิริยาในทางกายภาพระหว่างสารกระตุ้น และตัวรับในพืชที่จำเพาะนี้เป็นกระบวนการที่ซับซ้อน และจำเป็นในการส่งสัญญาณที่จำเพาะของสารกระตุ้น (วรารภรณ์ ภูตะลุน, 2551)

ส่วนการถ่ายโอนสัญญาณของการกระตุ้น (elicitor signal transduction) เกิดขึ้นหลังจากที่พืชได้รับสัญญาณจากตัวกระตุ้น ตัวรับสัญญาณการกระตุ้นจะถูกกระตุ้นให้เกิดการทำงาน และไปกระตุ้นตัวแสดงผล เช่น ion channels, G-proteins, lipases และ protein kinases ตัวแสดงผลที่ถูกกระตุ้นจะโอนสัญญาณที่ได้จากตัวกระตุ้นให้เป็นตัวส่งสัญญาณที่สอง (second messengers) ซึ่งจะขยายสัญญาณไปยังกระบวนการตอบสนองอื่นๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงระดับ Ca^{2+} เกิด cytoplasmic acidification โดยจะมีการสร้าง ethylene และ jasmonic acid ก่อนจะเกิดการสะสมของสารทุติยภูมิขึ้น (Zhao et al., 2005)

กรดจัสโมนิก (Jasmonic acid)

Jasmonic acid เป็นสารชนิดหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษาเพื่อกระตุ้นให้เพิ่มการสร้างและสะสมสารทุติยภูมิในพืชหลายชนิดด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (ภาพที่ 2) สารชนิดนี้เป็นฮอร์โมนในกลุ่ม Jasmonate ได้มาจากน้ำมันหอมระเหยของต้น *Jasminum grandiflorum* และพบทั่วไปในพืชหลายชนิด รวมถึงมอส และเฟิร์น พืชจะสังเคราะห์ jasmonate จาก linolenic acid โดยผ่านปฏิกิริยาและกระบวนการเมตาบอลิซึม อย่างไรก็ตาม การลำเลียง ตำแหน่งที่อยู่ของสารภายในเซลล์ และการควบคุมการสังเคราะห์ของ JA ยังไม่เป็นที่ชัดเจน ในปัจจุบันยังไม่มีหลักฐานใดระบุว่ามีการลำเลียงจากตำแหน่งที่มีการสังเคราะห์ไปสู่บริเวณที่มีการตอบสนอง (Sembdner and Parthier, 1993) JA มีผลต่อการพัฒนาการของพืช เช่น การเจริญของราก การแก่ของพืช การสุกแก่ของผล และการเจริญของเมล็ด กระตุ้นกลไกการป้องกันตัวจากการทำลายของจุลินทรีย์ และแมลงต่างๆ รวมไปถึงความเครียดจากสภาพแวดล้อม (วรารภรณ์, 2551) จึงมีการใช้ JA เป็นสารกระตุ้นในการศึกษาเพื่อเพิ่มการสร้าง และสะสมสารทุติยภูมิในพืชหลายชนิด โดยเฉพาะในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (Cheong and Choi, 2003)



ภาพที่ 2 โครงสร้างของ Jasmonic acid (Sembdner and Parthier, 1993)

สารสกัดยีสต์ (Yeast extract: YE)

สารสกัดยีสต์เกิดจากการที่เซลล์ยีสต์ตาย จากนั้นเกิดกระบวนการย่อยสลายตัวเองขึ้นตามธรรมชาติ เรียกว่า ออโตไลซิส (autolysis) ในระหว่างกระบวนการดังกล่าว เอนไซม์ของยีสต์จะย่อยโปรตีน และส่วนต่างๆ ของเซลล์ และปลดปล่อยเปปไทด์ (peptide) กรดอะมิโน (amino acid) วิตามิน (vitamin) รวมถึงส่วนประกอบอื่นๆ ของเซลล์ออกมา และเมื่อแยกเอาส่วนที่ไม่ละลายน้ำหรือส่วนที่เป็นกากเซลล์ออกไป ก็จะได้ยีสต์สกัด องค์ประกอบหลักของ YE ได้แก่ ไนโตรเจน 8-12 เปอร์เซ็นต์, โปรตีน 50-75 เปอร์เซ็นต์, อะมิโนไนโตรเจน 3-5 เปอร์เซ็นต์, คาร์โบไฮเดรต 4-13 เปอร์เซ็นต์ และไขมันที่มีในปริมาณน้อยมากหรือไม่มีเลย จากองค์ประกอบหลักของ YE ที่อุดมไปด้วยไนโตรเจน วิตามิน และสารส่งเสริมการเจริญเติบโต จึงถูกนำมาใช้เป็นองค์ประกอบสำคัญ ในอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรม การผลิตสารปฏิชีวนะ ยา และอาหารเสริม อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากนม (Querol and Fleet, 2006) นอกจากนี้ยังมีการนำ YE มาใช้ในการเพิ่มปริมาณสารทุติยภูมิ เนื่องจากเป็นสารสกัดของยีสต์ มีแหล่งที่มาจากจุลินทรีย์ เช่นเดียวกับการเติมผนังเซลล์ของเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อรา เมื่อเติมลงในอาหารเพาะเลี้ยง จึงสามารถกระตุ้นให้พืชเกิดการตอบสนองได้เหมือนกลไกการป้องกันตัวเองที่เกิดขึ้นจากจุลินทรีย์ โดยพืชจะตอบสนองเพื่อป้องกันการบุกรุกของเชื้อโรคในเซลล์พืช ซึ่งการตอบสนองนี้รวมไปถึงการสะสมสารทุติยภูมิด้วย (วรารักษ์ ภูตะลุน, 2551)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สนั่น จอกลอยและคณะ (2549) ศึกษาอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วแระวัน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ มี 5 มี 5 ทรีตเมนต์ ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ย, ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่, ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่, ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยสูตร 12-

24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการทดลองพบว่า ที่อายุ 50 วันหลังออกต้นแก่้นตะวันที่ไม่ใส่ปุ๋ย มีค่า SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ต่ำที่สุด (32.9) และการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่า SCMR สูงที่สุด (35.9) ที่อายุ 90 วันหลังออก การใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีจำนวนกิ่งต่อต้นสูงที่สุด 28.5 กิ่งต่อต้น และการใส่ปุ๋ยต่างกันไม่ทำให้ความสูงแตกต่างกันทางสถิติ และพบว่า การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มว่าให้ผลผลิตหัวสดสูงที่สุด 1,682.18 กิโลกรัมต่อไร่

สนั่น จอกลอยและคณะ (2549) ศึกษาค่าความหวานในส่วนต่างๆของหัวแก่้นตะวัน และพันธุ์แก่้นตะวันแต่ละพันธุ์โดยใช้เครื่องวัดความหวานที่แสดงค่าเป็นบริกซ์ (brix) วางแผนการทดลองแบบ 4x3x5 Factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ ให้พันธุ์แก่้นตะวันเป็นปัจจัย A (พันธุ์ JA 89, Ja 102, CN 52867 และ KKU 001) ปัจจัย B ได้แก่ ตัวอย่างหัวแก่้นตะวันให้พันธุ์และต้นเดียวกันสุ่ม 3 หัวและปัจจัย C ได้แก่ ส่วนต่างๆของหัวแก่้นตะวัน (โคนหัวหลัก กลางหัวหลัก ปลายหัวหลัก แขนงหัวใหญ่ และแขนงหัวเล็ก) วัดค่าบริกซ์ที่อายุ 85 และ 95 วันหลังปลูก ผลการทดลองพบว่า แก่นตะวันในพันธุ์ต่างกันและในส่วนต่างๆของหัวที่ต่างกันให้ค่าบริกซ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยที่อายุ 85 วันหลังปลูก พันธุ์ CN 5267 มีค่าบริกซ์สูงสุด (24.24) และพันธุ์ JA 89 ค่าบริกซ์ต่ำที่สุด (19.13) ส่วนของแขนงหัวใหญ่และแขนงหัวเล็กให้ค่าบริกซ์สูงที่สุด (22.13 และ 22.36 ตามลำดับ) และที่อายุ 95 วันหลังปลูกพันธุ์ KKU Ac 001 และ CN 52867 มีค่าบริกซ์สูงที่สุด (19.29 และ 19.11 ตามลำดับ) โดยพันธุ์ JA 102 มีค่าบริกซ์ต่ำที่สุด (17.16) ส่วนของปลายหัวหลัก แขนงหัวใหญ่และแขนงหัวเล็ก มีค่าบริกซ์ค่อนข้างสูง (19.96, 19.87 และ 20.35 ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับส่วนของกลางหัวหลักและโคนหัวหลัก

สนั่น จอกลอยและคณะ (2549) ศึกษาอิทธิพลของการใช้ส่วนขยายพันธุ์ต่อการงอก การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของแก่้นตะวัน จากการใช้ส่วนหัวพันธุ์ที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 การศึกษาเปอร์เซ็นต์การงอกและความสูงของต้นแก่้นตะวันที่ปลูกโดยใช้ส่วนของหัวพันธุ์ขนาดต่างๆ วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ มี 5 ทรีทเมนต์ ได้แก่ หัวพันธุ์ขนาดเล็ก (ใช้ทั้งหัว มีตา 3-4 ตา), หัวพันธุ์ขนาดใหญ่ (ตัดหัวให้มีขนาดเล็ก มีตา 2-3 ตา), ไหลช่วงโคน (ตัดให้มีตา 2-3 ตา), ไหลช่วงกลาง (ตัดให้มีตา 2-3 ตา) และไหลช่วงปลาย (ตัดให้มีตา 2-3 ตา) ปลูกในถุงพลาสติกดำที่ใส่ดินผสมแกลบเผาอัตรา 1:1 การทดลองที่ 2 การศึกษาผลผลิตของแก่้นตะวันที่ปลูกโดยใช้ส่วนของหัวพันธุ์ขนาดต่างๆมาปลูกทดสอบการให้ผลผลิต วาง

แผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 5 ซ้ำ มี 5 ทรีทเมนต์เหมือนการทดลอง 1 จากงานทดลองที่ 1 พบว่า ชีนส่วนหัวพันธุ์ขนาดใหญ่มีแนวโน้มให้เปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด (94.6%) ที่อายุ 35, 42, 49 และ 56 วันหลังงอกความสูงต้นมีความแตกต่างทางสถิติ โดยชีนส่วนหัวพันธุ์ขนาดใหญ่มีความสูงต้นสูงที่สุด โดยมีความสูง 12.3, 13.3, 15.3 และ 17.5 เซนติเมตร ตามลำดับ งานทดลองที่ 2 พบว่า ส่วนของหัวพันธุ์ที่ต่างกันให้ผลผลิตหัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ชีนส่วนหัวพันธุ์ขนาดใหญ่มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวสดสูง (551.99 กิโลกรัมต่อไร่) กับการขยายพันธุ์โดยใช้ส่วนอื่น

สนั่น จอกลอยและคณะ (2549) ศึกษาการเปรียบเทียบผลผลิตหัวและลักษณะทางการเกษตรของพันธุ์แก่งตะวันซึ่งมีแหล่งกำเนิดแตกต่างกัน โดยพันธุ์แก่งตะวันที่ใช้ในการทดสอบเปรียบเทียบผลผลิต มี 14 พันธุ์ ดังนี้ 6 พันธุ์แรก คือ JA 38 (B.C.#1 แหล่งกำเนิดแคนาดา), JA 67 (Oregon White แหล่งกำเนิดสหรัฐอเมริกา), JA 81 (Violet de Rennes แหล่งกำเนิดฝรั่งเศส), JA 89 (Waldspindel แหล่งกำเนิดฝรั่งเศส) JA 102 (073-87 แหล่งกำเนิดเยอรมัน) และ CN 52867 (PGR 2367 แหล่งกำเนิดรัสเซีย) ได้จาก Plant Gene Resource ของประเทศแคนาดา 6 พันธุ์คือ HEL 65, HEL 66, HEL 68, HEL 231, HEL 324 และ HEL 335 ได้จากประเทศเยอรมันอีก 1 พันธุ์ ซึ่งเป็นพันธุ์ป่า คือ Ames 2729 ได้รับมาจาก North Central Regional Plant introduction Station Iowa State University ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีพันธุ์ KKKU AC 001 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐาน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในซ้ำมี 4 ซ้ำ เก็บข้อมูลน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ดัชนีพื้นที่ใบ ผลผลิตหัวสด ค่าบริกซ์ (brix) และดัชนีเก็บเกี่ยว ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินโดยทั่วไปเพิ่มขึ้นจนถึงอายุ 4 สัปดาห์หลังปลูก หลังจากนั้นมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีน้ำหนักแห้งสูงสุดเมื่ออายุ 8 สัปดาห์หลังปลูก และเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออายุ 12 สัปดาห์หลังปลูกโดยพันธุ์ JA 102, HEL 335, HEL 66 และ JA 89 มีแนวโน้มมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินมากที่สุด แบบแผนการพัฒนาของน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสอดคล้องกับการพัฒนาดัชนีพื้นที่ใบ อย่างไรก็ตามดัชนีพื้นที่ใบมีค่าต่ำโดยที่พันธุ์ที่ดีที่สุดมีดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดต่ำกว่า 2.0 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากต้องการให้ผลผลิตต่อไร่สูงสามารถทำได้โดยเพิ่มประชากรต่อไร่ ความแปรปรวนระหว่างพันธุ์ในลักษณะน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและดัชนีพื้นที่ใบมีมาก แสดงให้เห็นว่าสามารถคัดเลือกพันธุ์ที่มีการสะสมน้ำหนักแห้งที่ดีได้ การเริ่มสร้างหัวอาจเกิดขึ้นก่อนอายุ 8 สัปดาห์หลังปลูก การพัฒนาหัวเพิ่มขึ้นจนกระทั่งอายุ 12 สัปดาห์หลังปลูก บางพันธุ์เมื่อพัฒนาหัวสูงสุดและผลผลิตหัวสดลดลง แต่บางพันธุ์ยังพัฒนาหัวต่อไปจนถึงเก็บเกี่ยว (อายุ 13 สัปดาห์หลังปลูก) ความแปรปรวนระหว่างพันธุ์ในลักษณะผลผลิตหัวสดมีสูงเช่นเดียวกับลักษณะน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและดัชนีพื้นที่ใบ โดย JA 89 และ JA 102 มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวสดสูงที่สุด ความ

แปรปรวนของพันธุ์ในลักษณะค่าปริมาตรมีน้อยโดยมีค่าเฉลี่ย 21.9 เมื่ออายุ 12 สัปดาห์ หลังปลูก และไม่มี ความแตกต่างระหว่างพันธุ์เมื่อเก็บเกี่ยว ส่วนลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยวแม้มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์สูงเมื่ออายุ 12 สัปดาห์หลังปลูก แต่กลับไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์เมื่อเก็บเกี่ยว (อายุ 13 สัปดาห์หลังปลูก)

Taha et. al (2007) ศึกษาการเพาะเลี้ยงและเพิ่มปริมาณอินนูลินในต้นแก้วตะวันในสภาวะ in vitro โดยการนำส่วนของใบและส่วนของข้อลำต้นจากต้นแก้วตะวันมาเพาะเลี้ยงเพื่อชักนำให้เกิดแคลลัสและกระตุ้นให้แคลลัสที่ชักนำได้ให้พัฒนาไปเป็นยอด ขณะเดียวกันก็ได้หา กิจกรรมทำงานของเอนไซม์ inulinase ในแคลลัสและยอดที่ชักนำได้ด้วย โดยพบว่า การเสริมสร้างสูตรอาหาร MS ด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA และ BAP 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะให้ผลในการผลิตแคลลัสจากใบและข้อลำต้นได้ดีที่สุด ส่วนการเสริมสูตรอาหาร MS ด้วย NAA และ BAP ปริมาณ 0.5 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้แคลลัสที่ชักนำจากใบและข้อลำต้นเจริญพัฒนาไปเป็นยอดได้สูงที่สุด นอกจากนี้ยังตรวจพบค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ inulinase ในแคลลัสและยอดที่ชักนำได้ ซึ่งนำมาบ่งชี้ถึงความสามารถในการผลิตอินนูลินของแคลลัสและยอดที่ชักนำได้โดยอ้อม

วิกานดา โสขุมา (2554) ศึกษาการผลิตอินนูลินจากแก้วตะวันโดยอาศัยการเพาะเลี้ยงแคลลัส ต้น ราก และเซลล์แขวนลอยบนอาหารสูตร MS ควบคู่กับการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในสัดส่วนต่างๆ พบว่า ส่วนของแผ่นใบและลำต้นสามารถนำมาใช้เป็นชิ้นพืชวัตถุุดิบสำหรับชักนำแคลลัสและรากได้ ในขณะที่การชักนำให้เกิดต้นนั้นสามารถชักนำได้จากส่วนของลำต้นเท่านั้น โดยอาหารเพาะเลี้ยงสูตร MSC 1 (MS ที่เสริม BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร) MSS 1 (MS ที่เสริม NAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร) และ MSR 3 (1/2MS ที่เสริม NAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IBA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร) สามารถชักนำให้เกิดแคลลัส ต้นและรากได้ดีที่สุด ตามลำดับ เมื่อนำแคลลัสที่ชักนำได้มาเพาะเลี้ยงแบบเซลล์แขวนลอย พบว่า เซลล์แขวนลอยที่เพาะเลี้ยงในอาหารทุกสูตรมีการเจริญเพิ่มขึ้น และจากการวิเคราะห์ปริมาณอินนูลินในรูปของน้ำตาลอนรีดิคซ์ในสารสกัดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงพืชทุกรูปแบบ พบว่า แคลลัสที่ชักนำจากส่วนของลำต้นบนอาหารสูตรที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิด BA ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ปริมาณอินนูลินสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอาหารอื่นและยังมีปริมาณอินนูลินที่สูงกว่าการเพาะเลี้ยงในรูปแบบอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบกับโครมาโตแกรมของ HPLC ของสารสกัดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในรูปแบบต่างๆ กับสารสกัดจากหัวที่ปลูกในธรรมชาติ พบว่า แคลลัส ต้น ราก และเซลล์แขวนลอยที่ชักนำได้ สามารถ

ผลิตอินนูลินได้เช่นเดียวกันกับหัวที่ปลูกในธรรมชาติ นอกจากนี้สารสกัดที่ได้จากแคลลัสและรากที่ชักนำยังได้แสดงคุณสมบัติความเป็นพรีไบโอติกโดยส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกด้วย

สุนนา นีระและคณะ (2554) ศึกษาการพัฒนาพันธุ์แก่นตะวันปลอดโรคโดยเทคนิคทางเทคโนโลยีชีวภาพ โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแก่นตะวันสายพันธุ์ JA 89 และ Hel 65 โดยใช้เนื้อเยื่อจากใบอ่อน ในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซิน ได้แก่ NAA, IAA, IBA และ 2,4-D ความเข้มข้น 0, 1, 3, 5 และ 7 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าชิ้นส่วนใบอ่อนของแก่นตะวันทั้ง 2 สายพันธุ์สามารถเจริญและพัฒนาไปเป็นแคลลัสได้ดี โดยเฉพาะในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ดีที่สุดทั้งสองสายพันธุ์ ส่วนการเลี้ยงเนื้อเยื่อใบอ่อนแก่นตะวันสองสายพันธุ์ในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต กลุ่มไซโตไคนิน ได้แก่ kinetin, BA, และ TDZ ความเข้มข้น 0, 1, 3, 5 และ 7 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ทุกความเข้มข้นสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้แต่จำนวนน้อยกว่าในอาหารที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซิน จากการวิเคราะห์ปริมาณอินนูลินที่ได้จากแคลลัสที่เลี้ยงในอาหารสูตรดังกล่าวพบ ว่าปริมาณอินนูลินที่ได้จากแคลลัสที่เลี้ยงในอาหารที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซินก็ให้ ปริมาณอินนูลินมากกว่าในอาหารที่เติมไซโตไคนินทั้งสองสายพันธุ์ และจากการทดลองพบว่า ชนิดของสารควบคุมการเจริญเติบโต ความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตและสายพันธุ์มีผลต่อปริมาณอินนูลินที่ผลิตได้จากเนื้อเยื่อชิ้นส่วนใบของแก่นตะวัน

ศิริพร ตันจวบ และคณะ (2555) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ [FOS ประกอบด้วย 1-kestose (หรือ 1-kestotriose; GF2), nystose (1, 1-kestotetraose; GF3), และ 1 F- β -fructofuranosyl nystose (1, 1, 1-kestopentaose; GF4)] ในแก่นตะวัน หรือ จารูชาเล็ม อารติโชค 16 สายพันธุ์ ซึ่งมหาวิทยาลัยขอนแก่นได้มีการวิจัยปรับปรุงพันธุ์ให้สามารถเพาะปลูก และปรับตัวให้เหมาะสมต่อสภาพอากาศร้อนของประเทศไทย เก็บตัวอย่างแก่นตะวันแต่ละสายพันธุ์ประมาณ 1 กิโลกรัม นำไปวิเคราะห์ที่สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยแต่ละสายพันธุ์ได้ถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งทำการวิเคราะห์แบบปอกเปลือกและอีกส่วนหนึ่งแบบไม่ปอกเปลือก การวิเคราะห์อินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ เริ่มจากการสกัดตัวอย่างด้วยน้ำร้อน แล้วย่อยต่อด้วยเอนไซม์อินนูลิเนส จากนั้นนำ มาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ผลการศึกษาพบว่าปริมาณอินนูลินในแก่นตะวันทั้งแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก อยู่ในช่วง 14.0 ถึง 20.4 กรัมต่อ

น้ำหนักสด 100 กรัม สายพันธุ์ที่พบอินนูลินปริมาณสูงคือสายพันธุ์ JA 38 และ CN 52867 (79.2-84.9 และ 70.5-77.6 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ) ส่วนปริมาณฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรค์ อยู่ในช่วง 3.0 ถึง 6.6 กรัม ต่อน้ำหนักสด 100 กรัม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 19 ถึง 40 ของอินนูลินทั้งหมด สายพันธุ์ที่พบปริมาณฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรค์สูงคือสายพันธุ์ HEL 69 และ JA 38 (20.8-23.3 และ 20.9-22.7 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) สำหรับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดพบว่ามีปริมาณน้อยกว่า 3.5 กรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม เมื่อพิจารณาถึงปริมาณอินนูลิน GF-3, GF-4 และ FOS พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในแก่นตะวันแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก แก่นตะวันทั้ง 16 สายพันธุ์จัดเป็นพืชหัวที่มีอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรค์ในระดับสูงมาก

บุญร่วม คิคคำ (2557) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของสารเมทิลจัสโมเนต 3 ความเข้มข้น (0 50 และ 100 ไมโครโมลาร์) ที่ 3 ช่วงอายุพืช (20 30 และ 40 วัน) ที่มีต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และคุณค่าทางโภชนาการของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ โดยการจัดหน่วยการทดลองแบบแฟกทอเรียลและวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก 9 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่า สารเมทิลจัสโมเนตมีผลต่อความแตกต่างทางสถิติของสารแอนโทไซยานินและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักกาดหอม ($P<0.05$) ขณะที่อายุของพืชมีผลต่อความแตกต่างทางสถิติของปริมาณคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ($P<0.05$) โดยการฉีดพ่นสารเมทิลจัสโมเนตความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และสารแอนโทไซยานินได้สูงที่สุดเท่ากับ 55.3 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสด และ 10.7 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ แสดงว่าสารเมทิลจัสโมเนตสามารถชักนำฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารแอนโทไซยานินในผักกาดหอมใบแดงได้

สุนา นีระและคณะ (2557) ศึกษาผลของไซโตไคนินชนิดต่างๆ ได้แก่ BA, kinetin ที่ความเข้มข้น 0, 2, 4, 6 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำมะพร้าวที่ความเข้มข้น 0 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ที่มีผลต่อการชักนำการเกิดต้นและรากแก่นตะวันในสภาพปลอดเชื้อการทดลองนี้ได้ใช้ชิ้นส่วน หัวแก่นตะวันสายพันธุ์ JA89 มาเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติมไซโตไคนินชนิดต่างๆ และน้ำมะพร้าวตามการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD แต่ละกรรมวิธีมี 10 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่าในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนได้ดีที่สุดอย่างเดียวกว่า 4.05 ต้นต่อชิ้นส่วน ส่วนอาหารที่เติม kinetin 4 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดต้น (2.4 ต้นต่อชิ้นส่วน) และราก (3.20 ราก

ต่อขึ้นส่วน) และอาหารที่เติมน้ำมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ก็สามารถชักนำให้เกิดต้นและรากได้เช่นเดียวกัน (3.34 ต้นต่อขึ้นส่วนและ 3.00 รากต่อขึ้นส่วนตามลำดับ)

วสุวี สุนทรและสุนนา นิระ (2558) ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อห้วของแก่นตะวันสายพันธุ์ HEL 65 การทดลองนี้ได้นำขึ้นส่วนห้วของแก่นตะวันมาเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซิน ได้แก่ NAA, 2,4-D, IAA และที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนิน ได้แก่ BA, kinetin, TDZ ที่ระดับความเข้มข้น 0, 1, 3, 5, 7 และ 9 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเลี้ยงไว้เป็นเวลา 8 สัปดาห์พบว่า ในกลุ่มออกซิน NAA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนได้ดีที่สุดคือ 5.0 ต้นต่อขึ้นส่วนและในกลุ่มของไซโตไคนิน พบว่า TDZ ที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ยังสามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนได้ดีที่สุดเช่นกัน คือ 4.8 ต้นต่อขึ้นส่วน

ธนวดี พรหมจันทร์ และ คณะ (2559) การศึกษาผลของสารละลายเมทิลจัสโมเนตต่ออัตราการเจริญเติบโตของดาวเรืองลูกผสมพันธุ์อเมริกัน วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial) โดยปัจจัยหลัก คือ วิธีการให้สาร (การพ่นและรด) และปัจจัยรอง คือ ความเข้มข้นของสารละลายเมทิลจัสโมเนต (0-50 ไมโครโมลาร์) ทำการทดลองแต่ละกรรมวิธีจำนวน 5 ซ้ำๆ ละ 5 ต้น ให้สารเพียงครั้งเดียว บันทึกจำนวนใบ ขนาดใบ จำนวนยอด ขนาดทรงพุ่ม ความสูงของลำต้น ขนาดของลำต้น และจำนวนดอก เป็นเวลา 1 เดือน พบว่า การรดสารละลายเมทิลจัสโมเนตเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ให้อัตราการเพิ่มความสูงของต้น เฉลี่ยต่ำสุด 28.64 ± 7.75 เซนติเมตรต่อต้นต่อเดือน ส่วนการพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนตเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ให้อัตราการเพิ่มจำนวนใบมากที่สุด 49.24 ± 11.33 ใบต่อต้นต่อเดือน แต่วิธีการให้สารกับความเข้มข้นของสารละลายเมทิลจัสโมเนตไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน สำหรับการพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนตเข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ให้อัตราการเพิ่มขนาดของใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 137.51 ± 16.46 ตารางเซนติเมตรต่อใบต่อเดือน นอกจากนี้ อัตราการเพิ่มของขนาดทรงพุ่ม และจำนวนยอด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และการพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนตเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ให้จำนวนดอกสูงที่สุด 2.42 ± 1.20 ดอกต่อต้นต่อเดือน จากการศึกษาในครั้งนี้สารละลายเมทิลจัสโมเนตส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตแก่ดาวเรืองลูกผสมพันธุ์อเมริกัน และสามารถนำผลดังกล่าวไปศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยอื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในพืชอื่นต่อไป

ยุรนนท์ เขินไพร และคณะ (2559) ศึกษาคุณภาพทางกายภาพของฝรั่งพันธุ์ภูมิจุระหวางการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (12 ± 1 องศาเซลเซียส) โดยการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนต (MeJA) หลังการเก็บเกี่ยว โดยแช่ด้วยสารละลายเมทิลจัสโมเนต ที่ความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM นาน

10 นาทีและเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน ศึกษาลักษณะปรากฏ การสูญเสียน้ำหนัก การเกิดโรค ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีเขียว ($-a^*$) ค่าสีเหลือง (b^*) และค่าความแตกต่างโดยรวมของสี (ΔE^*) ผลการทดลองพบว่า การใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนท สามารถควบคุมการสูญเสียน้ำหนัก และยับยั้งการเกิดโรค โดยพบว่า สารละลายเมทิลจัสโมเนท ที่สามารถรักษาค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเขียว ($-a^*$) ได้ดีกว่าชุดควบคุม และ ควบคุมการเพิ่มขึ้นของค่าความแตกต่างโดยรวมของสี (ΔE^*) ได้ดีที่สุด แต่การใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนท ทุกระดับความเข้มข้นหรือไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลือง (b^*) ระหว่างการเก็บรักษา จากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า การใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนทหลังการเก็บเกี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 mM นาน 10 นาที เป็นทางเลือกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการคงคุณภาพผลด้านสีและลักษณะปรากฏของฝรั่งพันธุ์กิมจูระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ปัทมยา ขวานทองและคณะ (2559) ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตในอาหารเพาะเลี้ยงต่อการเจริญเติบโตของแคลลัส ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของแคลลัสกระเจี๊ยบแดง โดยชักนำขึ้นส่วนใบเลี้ยงของกระเจี๊ยบแดง กลีบเลี้ยงสีแดง-เขียวให้เกิดแคลลัส จากนั้นย้ายแคลลัสไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม 2,4-D ความเข้มข้น 0.5-2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Kinetin หรือ BA ความเข้มข้น 1-2 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 4 สัปดาห์ บันทึกการเจริญเติบโต และปริมาณสารทุติยภูมิ ผลการทดลองพบว่า แคลลัสที่พัฒนามบนอาหารสูตร MS ที่เติม 2,4-D และ BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า growth index สูงสุดเท่ากับ 27.010 ± 7.647 ส่วนปริมาณสารทุติยภูมิ พบว่า แคลลัสกระเจี๊ยบแดงที่พัฒนามบนอาหารสูตร MS ที่เติม 2,4-D ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด (14.18 ± 4.41 mg GAE/ g dry extract) ในขณะที่อาหารสูตร MS ที่เติม 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร 2,4-D และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร BA มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงสุด (4.52 ± 3.42 mg CE/ g dry extract) อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของแคลลัสที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรอาหารข้างต้นไม่มีความแตกต่างทางกัสนสถิติกับปริมาณสารของแคลลัสที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม 1 มิลลิกรัมต่อลิตร 2,4-D และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร BA นอกจากนี้ยังพบว่า แคลลัสกระเจี๊ยบแดงในทุกสูตรอาหารมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ต่ำมาก

รัชนิวรรณ จิระพงศ์พัฒนาและคณะ (2559) ศึกษาผลของระยะเวลาเพาะเลี้ยงต่อปริมาณสารทุติยภูมิและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของยอดหัวข้าวเย็นในสภาพปลอดเชื้อ โดยเพาะเลี้ยงขัอบนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog) ที่เติม BA (6-benzyladenine) ความ

เข้มข้น 8.87 μM IAA (3- indole-acetic acid) ความเข้มข้น 0.57 μM และผงถ่าน 0.01 % เป็นเวลานาน 4-12 สัปดาห์ พบว่าปริมาณสาร DBS1 ของยอดที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลานาน 8-12 สัปดาห์ (0.72 ± 0.16 ถึง 0.91 ± 0.11 % w/w) สูงกว่ายอดเพาะเลี้ยงเป็นเวลานาน 4-6 สัปดาห์ ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (54.17 ± 0.05 ถึง 68.14 ± 0.03 mg GAE/g dry extract) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (EC_{50} 39.89 ± 2.14 ถึง 49.97 ± 9.23 $\mu\text{g/ml}$) ไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างระยะเวลาเพาะเลี้ยง

เจมอรูน อุทัยแจ่มศรีผลและคณะ (2560) ศึกษาผลของระยะเวลาเพาะเลี้ยงต่อปริมาณสารทุติยภูมิและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของยอดพรมมิที่เจริญเติบโตในสภาพปลอดเชื้อ โดยเพาะเลี้ยงส่วนข้อบนอาหารสูตร MS (Murashige & Skoog) ที่เติม 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร BA (6-benzyladenine) เป็นระยะเวลานาน 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic compound) สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (total flavonoid content) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ของยอดพรมมิเมื่อเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อระยะเวลาดังกล่าว เปรียบเทียบกับยอดที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ จากการทดลองพบว่ายอดพรมมิที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลานาน 2 และ 8 สัปดาห์ มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงเท่ากับ 198.48 ± 4.43 และ 186.81 ± 6.92 mg catechin/g DW ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างสิ่งทดลอง ส่วนยอดที่เจริญเติบโตในสภาพปลอดเชื้อทุกระยะเวลาการเพาะเลี้ยงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด น้อยกว่ายอดที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (EC_{50}) ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกสิ่งทดลอง

ปาริชาติ ประสาทศิลป์และคณะ (2560) ศึกษาการเพิ่มศักยภาพการผลิตสาร plumbagin ในเซลล์แขวนลอยที่ชักนำจาก hairy root ของเจตมูลเพลิงแดง โดยทดลองเพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอยเป็นเวลา 30 วัน ในอาหาร 3 สูตร คือ Murashige and Skoog (MS), Gamborg (B5) และ Schenk and Hidebrandt (SH) ซึ่งผลการศึกษาพบว่า เซลล์แขวนลอยที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร B5 และ SH มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันแต่ดีกว่าที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ส่วนการสร้างสาร plumbagin ซึ่ง ตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี high performance liquid chromatography พบว่า เซลล์แขวนลอยที่เพาะเลี้ยง ในอาหารสูตร B5 ผลิตสาร plumbagin มากที่สุด ดังนั้น อาหารสูตร B5 จึงเป็นอาหารที่เหมาะสมที่สุด ในการผลิตสาร plumbagin สำหรับการทดลองนี้ และเมื่อเพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอยในอาหารสูตร B5 เพื่อศึกษาระยะการเจริญเติบโตและการผลิตสาร plumbagin ในช่วง 30 วันของการเพาะเลี้ยง พบว่า เซลล์อยู่ในระยะ

exponential phase ในช่วงวันที่ 6–18 ของการเพาะเลี้ยง ส่วนการผลิตสาร plumbagin นั้น ตรวจพบว่าเริ่มสร้างได้ในวันที่ 12 และสร้างมาก ขึ้นชัดเจนในวันที่ 18 โดยสร้างได้มากที่สุด ในวันที่ 24 ของการเพาะเลี้ยง สำหรับการศึกษาคผลของ methyl jasmonate ต่อการผลิตสาร plumbagin โดยเติม methyl jasmonate ให้มีความเข้มข้นสุดท้าย 0 20 40 60 80 และ 100 ไมโครโมลาร์ ลงในเซลล์ แววนลอยที่มีอายุ 18 วัน พบว่า methyl jasmonate ทุกความเข้มข้นสามารถกระตุ้นการสร้างสาร plumbagin ในเซลล์แวนลอยได้ โดยความเข้มข้น สุดท้ายที่ 40 มิลลิโมลาร์ สามารถสร้างสาร plumbagin ได้สูงสุด 7.14 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 1 หลังการ กระตุ้น ซึ่งมากกว่าเซลล์ที่ไม่ถูกกระตุ้น 3.24 เท่า

รัชนิวรรณ จิระพงศ์พัฒนา (2559) ศึกษาผลของน้ำมะพร้าว (CW) และ indole-3-acetic acid (IAA) ต่อการเพิ่มจำนวนยอดในสภาพปลอดเชื้อ นอกจากนี้ ศึกษาการเพิ่มปริมาณสารทุติยภูมิของยอดที่พัฒนาโดยใช้สารกระตุ้น jasmonic acid (JA) และ yeast extract (YE) รวมถึงศึกษาผลของระยะเวลาในการได้รับสารกระตุ้นต่อปริมาณสารทุติยภูมิ การทดลองที่ 1 การเพิ่มจำนวนยอดโดยเพาะเลี้ยงข้อบนอาหารสูตร MS ที่เติมผงถ่าน (activated charcoal: AC) ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ 6-benzyladenine (BA) ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร CW ความเข้มข้น 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 0.1 0.5 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า อาหารสูตร MS ที่เติม AC ความเข้มข้น 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร CW ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ และ IAA ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนยอดของหัวข้าวเย็น (*Dioscorea birmanica* Prain & Burkill) มากที่สุด โดยยอดที่พัฒนามบนอาหารสูตรดังกล่าวมีจำนวนยอด 1.85 ± 0.11 ยอด และจำนวนข้อ 2.04 ± 0.13 ข้อต่อยอด การทดลองที่ 2 การเพิ่มปริมาณสารทุติยภูมิด้วยสารกระตุ้นโดยเติม JA ความเข้มข้น 50 100 และ 150 μM และ YE ความเข้มข้น 2 3 และ 4 กรัมต่อลิตร ลงในอาหารเพาะเลี้ยงยอด เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า YE ความเข้มข้น 3 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้ยอดหัวข้าวเย็น (*D. birmanica* Prain & Burkill) มีการสร้างและสะสมสารซาโปนินทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ $1,254.76 \pm 72.06 \mu\text{g diosgenin/g dry extract}$ หรือ 1.99 เท่าของสิ่งทดลองควบคุม ส่วนยอดที่พัฒนามบนอาหารที่เติม JA ความเข้มข้น 50 และ 100 μM มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (EC_{50} เท่ากับ $17.94 \pm 3.42 - 18.98 \pm 3.59 \mu\text{g/ml}$) ดีกว่าสิ่งทดลอง ควบคุม และ YE ทุกความเข้มข้น (EC_{50} เท่ากับ $28.73 \pm 3.06 - 53.66 \pm 2.25 \mu\text{g/ml}$) การทดลองที่ 3 การศึกษาระยะเวลาในการกระตุ้นให้สร้างสารทุติยภูมิ โดยเพาะเลี้ยงยอดบนอาหารที่ เติมหรือไม่เติม YE ความเข้มข้น 3 กรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลานาน 1 2 4 และ 6 สัปดาห์ พบว่า ยอดที่พัฒนามบนอาหารที่มี YE ความ

เข้มข้น 3 กรัมต่อลิตร นาน 2 สัปดาห์ มีปริมาณสารซาโปนินทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ $1,233.33 \pm 47.15 \mu\text{g diosgenin/g dry extract}$ หรือเพิ่มขึ้น 1.93 เท่าของยอดที่ไม่ได้รับ YE นาน 2 สัปดาห์ อย่างไรก็ตาม YE ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของยอดหัวข้าวเย็น (*D. birmanica* Prain & Burkill) ที่พัฒนาในสภาพปลอดเชื้อ

รามิล จิระภิญโญ และ ประนอม ยงค์ม้วน (2563) ศึกษาผลของสารสกัดยีสต์ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมักปลาต่อการเจริญของ เหียงสายเชียงใหม่ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า เพื่อการผลิตต้นกล้ากล้วยไม้เชิงสมุนไพรในระบบอินทรีย์และ ประหยัดต้นทุน โดยจากการทดลองได้น้ำหน่อเหียงสายเชียงใหม่เลี้ยงในอาหารสูตรปุ๋ย อินทรีย์น้ำหมักปลา ความเข้มข้น 2.0 มิลลิลิตรต่อลิตรร่วมกับสารสกัดจากยีสต์ 0, 1, 1.5, 2, 2.5 หรือ 3 กรัมต่อลิตร เทียบกับสูตรอาหาร VW (ชุดควบคุม) เพื่อประเมินผลการเจริญของต้นในสภาพปลอดเชื้อ โดยทุกสูตรเติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร กล้วยหอม 100 กรัมต่อลิตร น้ำตาล 20 กรัมต่อลิตร และ ผงถ่าน 1 กรัมต่อลิตร ผลที่ได้พบว่า เหียงสายเชียงใหม่มีแนวโน้ม ของการเกิดหน่อเพิ่มขึ้นและสูงสุดในอาหารที่เติมสารสกัดยีสต์ 3 กรัมต่อลิตร ในขณะที่การเจริญของหน่อและ จำนวนรากไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกสูตรอาหาร มีแต่เพียงการเจริญด้านความยาวรากในอาหาร VW ที่มีความยาวสูงสุดและมีความแตกต่างกันทางสถิติกับอาหารสูตรอื่นๆ หลังเลี้ยงหน่อเหียงสายเชียงใหม่ เป็นเวลา 30-60 วัน จากการทดลองสรุปได้ว่า สามารถนำปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมักปลาความเข้มข้น 2.0 มิลลิลิตรต่อลิตรร่วมกับสารสกัดยีสต์ 3 กรัมต่อลิตร มาใช้แทนอาหารสูตร VW สำหรับเลี้ยงกล้วยไม้เหียงสายเชียงใหม่ได้ในสภาพปลอดเชื้อ และควรประยุกต์สูตรอาหารโดยการเติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตรกล้วยหอม 100 กรัมต่อลิตร น้ำตาล 20 กรัมต่อลิตร และ ผงถ่าน 1 กรัมต่อลิตร เพื่อเพิ่มสารอาหารอื่นๆ สำหรับช่วยส่งเสริมการเจริญของต้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

วัสดุ อุปกรณ์

1. หัวแกนตะวัน สายพันธุ์ 55-5 ได้รับความอนุเคราะห์มาจาก ภาคพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2. ถาดเพาะเมล็ดหลุม ขนาด 104 หลุม
3. น้ำยากันเชื้อรา เจอร่าจ โพรคลอราซ
4. ตะกร้าพลาสติก
5. กะละมัง
6. มีด
7. เชียง
8. กระบอกตวง
9. ฟืทมอส
10. จอบ
11. เสียม
12. ไม้ไผ่
13. ป้าย
14. สายวัด
15. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล (ARC120, Adventurer, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
16. เครื่องวัดเวอร์เนียคาลิเปอร์ดิจิทัล (Digital Caliper, STARNTC, ประเทศจีน)
17. เครื่องชั่งน้ำหนักสปริง 7 กิโลกรัม
18. ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน จากสายพันธุ์ African Night Crawler
19. ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15
20. สายน้ำหยด
21. บั้วรดน้ำ
22. พลาสติกคลุมแปลง

วิธีการทดลอง

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินก่อนการทดลองพื้นที่ปลูกถั่วแระวัน จังหวัด เพชรบูรณ์

เก็บตัวอย่างดิน

1. สุ่มเก็บตัวอย่างดินให้ทั่วแปลงในแต่ละแปลง แปลงละประมาณ 15 จุด
2. การเก็บดินแต่ละจุดให้ใช้พลั่วขุดดินเป็นรูปลิ้นลึกประมาณ 15 เซนติเมตร หลังจากนั้นเก็บดิน โดยใช้พลั่วเสียดินข้างหลุม (ด้านเรียบ) ให้ได้ดินเป็นแผ่นหนาประมาณ 2-3 เซนติเมตร จนถึงก้นหลุม ดินที่ได้เก็บรวบรวมใส่ถุง หรือถังพลาสติก
3. คลุกเคล้าดินแต่ละแปลงที่เก็บมาให้เข้ากันแล้วเทลงบนผ้าพลาสติก ทำการคลุกเคล้าอีกครั้งโดยยกมุมผ้าพลาสติกทีละ 2 มุม ที่อยู่ตรงข้ามกัน ทำสลับมุมกัน 3-4 ครั้ง
4. หลังจากนั้นกองดินให้เป็นรูปฟาก แล้วใช้มือตบยอดกองให้แบนราบ หลังจากนั้นใช้นิ้วมือขีดเป็นกากบาท (+) บนยอดกอง ซึ่งจะทำให้ดินถูกแบ่งแยกเป็น 4 ส่วน
5. เก็บตัวอย่างจากกองดินนี้เพียง 1 ส่วน ให้ได้ดินหนักประมาณครึ่งกิโลกรัม หรือถ้าดินมีหินกรวดปนมาก อาจเก็บมา 1-2 กิโลกรัม ใส่ดินลงในถุงพลาสติกที่เตรียมไว้เพื่อส่งวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน

1. การวิเคราะห์ประเภทของดิน ได้แก่ ปริมาณเนื้อดินทราย ปริมาณเนื้อดินทรายแป้ง และปริมาณเนื้อดินเหนียว
2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) (เปอร์เซ็นต์) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณโปแตสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

2. การศึกษาผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่วแระวัน

1. การเตรียมแปลงการเตรียมดินเริ่มจากการไถตะ กลบหน้าดินครั้งแรกแล้วทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน เพื่อตากดิน ไถแปรครั้งที่ 2 ซ้ำอีกครั้งเพื่อพรวนดินทำลายวัชพืชอีกรอบ และไถครั้งที่ 3 โดยใช้จอบหมุนปั่นดินให้ละเอียดเตรียม แปลงปลูก แต่ละแปลงย่อยมีขนาด 5 x 5 เมตร การให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด
2. การเตรียมหัวพันธุ์และต้นกล้า ทำโดยนำหัวถั่วแระวันพันธุ์ 55-5 ใช้มีดตัดหัวพันธุ์ยาวประมาณ 3-5 เซนติเมตร ให้มีตา 3-4 ตา จากนั้นนำหัวพันธุ์ที่ทำการตัดมา แช่น้ำยากันเชื้อรา โพรคลอราซ 5 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาพักไว้ ทำการเตรียมพีท

มอสลงในถาดเพาะขนาด 104 หลุม แล้วนำท่อนพันธุ์ ที่ปักไว้ใส่ลงในถาดเพาะนำฟิมอสปิดท่อนพันธุ์ ให้น้ำโดยการใช้น้ำจืดรดน้ำจนกระทั่งฟิมอสอิมตัววันละ 1 ครั้ง ประมาณ 5-10 วัน ใบ แก่น ตะวันจะงอกออกมาเมื่อต้นกล้าออกไป 3-4 หรือเรียก ว่า ระยะหูกะต่ายจึงนำไปปลูก

3. การปลูกใช้ระยะปลูก 50x50 เซนติเมตร โดยขุดหลุม ลึกประมาณ 10-15 เซนติเมตร คัดเลือกต้นกล้าที่มีขนาด เท่ากันหรือใกล้เคียงกันแล้วนำไปปลูก เมื่อปลูกเสร็จแล้ว รดน้ำชุ่มทุกเช้า-เย็น ระยะเวลา 7 วันหลังปลูก

4.การใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยหลังจากการย้ายปลูก 20 วัน 1 ครั้ง

5. การกำจัดวัชพืชโดยการดายหญ้า 2 ครั้งครั้งที่ 1 เมื่อแก่นตะวันอายุได้ 60 วัน หลังจากปลูก และครั้งที่ 2 เมื่อแก่นตะวันอายุได้ 100 วันหลังจากปลูก

6. การให้น้ำ มีการให้น้ำด้วยระบบน้ำ หยดทุกๆ 3-5 วัน หรือสังเกตเห็นว่าใบแก่นตะวันเริ่มเหี่ยว

วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD)มี 4 การทดลอง ได้แก่ 1) การไม่ใส่ปุ๋ย (ชุดควบคุม) 2) การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (*E. eugeniae*) จากสายพันธุ์ African Night Crawler อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ 3) การใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และ 4)การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (*E. eugeniae*) จากสายพันธุ์ African Night Crawler 500 กิโลกรัมต่อไร่ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ การทดลองละ 3 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น

การบันทึกข้อมูล

การเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของแก่นตะวันในแต่ละการทดลองดังต่อไปนี้

1) ความสูงต้น (เซนติเมตร) สุ่มวัดลำต้นหลักโดยวัดจากโคนต้นเหนือดิน 1 เซนติเมตร จนถึงปลายยอดของลำต้น ข้อสุดท้ายของลำต้นหลัก ในช่วงแก่นตะวันมีอายุ 60 90 และ 120 วัน หลังย้ายปลูก โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย

2) ขนาดลำต้น (มิลลิเมตร) สุ่มวัดเส้นรอบวงลำต้นโดยวัดบริเวณส่วนโคนต้นเหนือดิน 1 เซนติเมตรและบริเวณกลางลำต้น แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ในช่วงแก่นตะวัน 60 90 และ 120 วันหลังย้ายปลูก โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย

3) ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) โดยการวัดความกว้างทรง พุ่มในแนวทแยง 2 ด้าน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ในช่วงแก่นตะวัน 60 90 และ 120 วันหลังย้ายปลูก โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย

4) น้ำหนักแห้งต้นและใบ (กรัม) นำต้นและใบแก่จนตัดวันหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต มาตัดใส่ถุงกระดาษสีน้ำตาล แล้วอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง (ลำต้นแก่จนตัดวันมีขนาดค่อนข้างใหญ่ จึงใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าปกติถึงจะแห้งสม่ำเสมอ) นำมาชั่งแล้วคำนวณน้ำหนักแห้งต้นและใบต่อแปลงย่อยเป็นพื้นที่ 1 ไร่ในช่วงแก่จนตัดวัน 120 วัน โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย

5) จำนวนหัวต่อต้น (หัว) นับจำนวนหัวต่อต้น โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลง ในช่วงแก่จนตัดวันอายุ 120 วัน

6) น้ำหนักสดต่อหัว (กรัม) ชั่งน้ำหนักหัวสดต่อ โดยสุ่มวัดจำนวน 5 หัวต่อต้นช่วงแก่จนตัดวัน 120 วัน โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย

7) น้ำหนักหัวสดต่อต้น (กรัม) ชั่งน้ำหนักหัวสดต่อต้น โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลง ช่วงแก่จนตัดวัน 120 วัน โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย

8) ความกว้างของหัว (เซนติเมตร) วัดด้านกว้างส่วนกลางหัวโดยสุ่มวัดจำนวน 5 หัวต่อต้น ช่วงแก่จนตัดวัน 120 วัน โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย

9) ความยาวหัว (เซนติเมตร) วัดด้านยาวของหัวโดยสุ่มวัดจำนวน 5 หัวต่อต้นช่วงแก่จนตัดวัน 120 วัน โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย

3. การศึกษาการเพิ่มปริมาณสารอินูลินสารสำคัญสำหรับสุขภาพในแก่จนตัดวัน

พืชทดลองและสภาพการปลูก ใช้ชิ้นส่วนของหัวที่มีขนาด 22-25 กรัม (2-4 ตา) นำไปบ่มเพาะในแกลบดำที่มีความชื้น 7-10 วัน เพื่อกระตุ้นหรือชักนำให้เกิดต้นอ่อนก่อนปลูก การเตรียมแปลงปลูกโดยการไถดะ 1 ครั้ง และไถแปร 2 ครั้ง ใส่ปุ๋ยขาวอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ในแปลงที่มี pH ต่ำกว่า 6.0 แล้วพรวนดินกลับเพื่อปรับสภาพดิน จากนั้นนำต้นกล้าย้ายลงปลูกในแปลง ใช้ระยะปลูก 50x60 เซนติเมตร การให้น้ำแบบระบบน้ำหยด ตลอดฤดูปลูก ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อแก่จนตัดวันอายุ 30 วันหลังปลูก โดยใส่แบบโรยข้างแถวแล้วพรวนดินกลับ การเก็บเกี่ยวแก่จนตัดวัน ขุดเก็บหัวได้ในระยะ 120 วัน หลังปลูก

การศึกษานี้ระดับความเข้มข้นของสารกระตุ้น (elicitor) ที่เหมาะสมต่อการเหนี่ยวนำการสร้างสารอินูลินสูงสุดของแก่จนตัดวันในสภาพแปลงปลูก สารกระตุ้น (elicitor) จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ Jasmonic Acid ที่ระดับความเข้มข้น 0 50 100 150 และ 200 μ M และ yeast extract ที่ระดับความเข้มข้น 0 1 2 3 และ 4 กรัมต่อลิตร ต่อการเหนี่ยวนำการสร้างสารอินูลินในแก่จนตัดวันในสภาพแปลงปลูกทำการฉีดพ่นเมื่อแก่จนตัดวันอายุ 30 วันหลังปลูก โดยฉีดพ่นทั้งต้นในเวลา 16.00 น. เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 120 วัน แต่ละสิ่งทดลองมี 3 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น

ปริมาณอินนูลินในแก่นตะวัน ด้วยปริมาณ ตรวจวิเคราะห์ Fructans (Inulin + Fructo-oligosaccharides) ด้วยวิธี In-house method based on AOAC (2019) 997.08 and J. AOAC Inter (2000) ของสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (Total Soluble Solid; TSS) Brix นำส่วนต่างๆ ของแก่นตะวัน คือ โคนหัวหลัก กลางหัวหลัก ปลายหัวหลัก แขนงหัวใหญ่ และแขนงหัวเล็ก วัดค่าบrix โดยนำหัวในตำแหน่งต่างๆ มาหั่นเป็นชิ้นบางๆ ห่อด้วยผ้าขาวบางแล้วใช้เครื่องบีบเพื่อคั้นส่วนน้ำ หลังจากนั้นนำไปหยดบนเครื่อง hand refractometer

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) โดยวิธี 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS method) (Miller, 1959): สารสกัดที่ได้มาเจือจาง จากนั้นผสมสารสกัดปริมาตร 1 มิลลิลิตร กับสารละลาย DNS reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เมื่อผสมเข้ากันแล้ว นำไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณของน้ำตาลทั้งหมดเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกลูโคส

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ: วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ one way ANOVA โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

สถานที่ดำเนินงาน

1. เรือนเพาะชำ ณ แปลงทดลองทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
2. แปลงทดลองทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
3. อาคารปฏิบัติการทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
4. แปลงเกษตรกรกลุ่มวิสาหกิจชุมชน (OTOP) ได้เมี่ยงสมุนไพร เลขที่ 246 หมู่ 1 ตำบลวังชมภู อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

5. แปลงเกษตรกรกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์บ้านไร่สีอำพัน เลขที่ 234 ถนน
ทางหลวงชนบท พช. 4010 ตำบล น้ำร้อน อำเภอ เมืองเพชรบูรณ์ จังหวัด เพชรบูรณ์ 67000

ระยะเวลาดำเนินงาน

ระหว่างเดือนมีนาคม 2562 ถึง ธันวาคม 2563

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการทดลอง

1. การตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติของดินก่อนการทดลอง

1.1 ลักษณะตัวอย่างดินของแปลงทดลองปลูกถั่ววันก่อนการทดลอง

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพลักษณะบางประการของตัวอย่างดินของแปลงทดลองปลูกถั่ววัน พบว่า ลักษณะตัวอย่างดินของแปลงทดลองการปลูกถั่ววันจำนวน 3 แปลง แสดงดังตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะตัวอย่างดินของแปลงทดลองปลูกถั่ววันก่อนปลูก

ข้อมูลเกี่ยวกับตัวอย่างดิน	แปลงที่ 1	แปลงที่ 2	แปลงที่ 3
ลักษณะดิน	ดินร่วนปนดินเหนียว (clay loam)	ดินร่วนปนทราย (sandy loam)	ดินร่วนปนทรายแป้ง (silty loam)
Sandy (เปอร์เซ็นต์)	33.71±0.23 ^b	54.06±0.21 ^a	20.13±2.02 ^c
Silt (เปอร์เซ็นต์)	32.03±0.85 ^b	26.80±1.00 ^c	73.27±2.01 ^a
Clay (เปอร์เซ็นต์)	34.25±1.07 ^b	19.14±0.91 ^b	6.60±0.05 ^c
F-test	*	*	*

1.2 การตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง

จากการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของตัวอย่างดินก่อนการทดลอง พบว่า คุณสมบัติทางเคมีของตัวอย่างดินของแปลงทดลองการปลูกถั่ววันจำนวน 3 แปลง แสดงดังตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตาราง 4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูกกาแฟวัน

การทดลอง	pH	อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณไนโตรเจน ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	ปริมาณโปแตสเซียม ที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)*	ปริมาณไนโตรเจน ที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)
แปลงที่ 1	5.45±0.31	2.63±0.07 ^b	0.14±0.00 ^b	8.60±0.56 ^{ab}	116.67±0.58 ^b	159.67±8.33 ^b
แปลงที่ 2	5.57±0.11	3.83±0.12 ^a	0.21±0.01 ^a	8.20±0.26 ^b	219.33±4.61 ^a	166.00±6.56 ^b
แปลงที่ 3	5.96±0.29	1.93±0.03 ^c	0.13±0.00 ^c	9.33±0.47 ^a	79.33±0.58 ^c	292.67±5.13 ^a
f-test	*	*	*	*	*	*
เกณฑ์มาตรฐาน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)	5.5-7	>4.5 (สูงมาก)	>5 (สูงมาก)	>45 (สูงมาก)	>120 (สูงมาก)	-

2. การศึกษาการศึกษาผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแก่นตะวัน

ความสูงต้น

ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 ต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน ในสภาพแปลงปลูก จากตารางที่ 3 แสดงความสูงต้นของแก่นตะวัน จากการทดสอบ ในช่วง 60 วันพบว่า ความสูงของแก่นตะวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความสูงในช่วงประมาณ 53.30 ± 7.00 - 57.80 ± 7.81 เซนติเมตร ในช่วง 90 วัน จากการทดสอบพบว่า การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ความสูง สูงที่สุด เท่ากับ 55.23 ± 10.42 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองไม่ใส่ปุ๋ย และ การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งการให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ความสูงต่ำสุด เท่ากับ 49.00 ± 10.08 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ในช่วง 120 วัน จากการทดสอบพบว่า ความสูงของแก่นตะวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความสูงในช่วงประมาณ 52.75 ± 9.34 - 56.61 ± 10.10 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.3 ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมี ต่อความสูงของแก่นตะวันในสภาพแปลงปลูก

การทดลอง	ความสูงต้น (เซนติเมตร)		
	60 วัน	90 วัน	120 วัน
การไม่ใส่ปุ๋ย (ชุดควบคุม)	54.27 ± 7.37	54.27 ± 6.01^a	54.73 ± 10.43
ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่	57.80 ± 7.81	55.23 ± 10.42^a	56.61 ± 10.10
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่	54.07 ± 13.85	49.00 ± 10.08^b	52.75 ± 9.34
การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่	53.30 ± 7.00	51.70 ± 10.88^{ab}	54.77 ± 12.86
CV (%)	17.02	18.09	19.73
F-test	NS	*	NS

หมายเหตุ

ตัวเลขค่าเฉลี่ยในแนวตั้งตามอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95

เปอร์เซนต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ความกว้างขนาดลำต้น

ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 ต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน ในสภาพแปลงปลูก จากตารางที่ 4 แสดงความกว้างขนาดลำต้นของแก่นตะวัน จากการทดสอบ ในช่วง 60 วัน จากการ ทดสอบพบว่า การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ผสมกับ ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ความความกว้างขนาดลำต้นสูงที่สุด เท่ากับ 7.07 ± 1.09 มิลลิเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และ การไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งการให้ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ให้ความสูงต่ำสุด เท่ากับ 6.29 ± 1.12 มิลลิเมตร ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความ เชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง 90 วันพบว่า ความกว้างขนาดลำต้นของแก่นตะวันไม่แตกต่างกัน ทางสถิติ โดยมีความกว้างขนาดลำต้นในช่วงประมาณ 6.80 ± 1.28 - 7.15 ± 1.29 มิลลิเมตร ในช่วง 120 วัน พบว่า ความกว้างขนาดลำต้นของแก่นตะวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความกว้าง ขนาดลำต้นในช่วงประมาณ 5.96 ± 1.53 - 6.30 ± 1.02 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.4 ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมีต่อความกว้างขนาดลำต้นของแก่นตะวันใน สภาพแปลงปลูก

การทดลอง	ความกว้างขนาดลำต้น (มิลลิเมตร)		
	60 วัน	90 วัน	120 วัน
การไม่ใส่ปุ๋ย (ชุดควบคุม)	6.44 ± 1.29^{ab}	6.80 ± 1.28	5.96 ± 1.53
ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่	6.29 ± 1.12^b	6.82 ± 1.46	6.28 ± 1.36
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่	6.63 ± 1.72^{ab}	6.88 ± 1.78	6.25 ± 1.40
การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่	7.07 ± 1.09^a	7.15 ± 1.29	6.30 ± 1.02
CV (%)	19.96	21.17	21.64
F-test	*	NS	NS

หมายเหตุ

ตัวเลขค่าเฉลี่ยในแนวตั้งตามอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ความกว้างทรงพุ่ม

ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 ต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน ในสภาพแปลงปลูก จากตารางที่ 5 แสดงความกว้างทรงพุ่มของแก่นตะวัน จากการทดสอบ ในช่วง 60 วันพบว่า ความกว้างทรงพุ่มของแก่นตะวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความกว้างทรงพุ่มในช่วงประมาณ 31.43 ± 6.72 - 36.10 ± 9.63 เซนติเมตร ในช่วง 90 วัน จากการ ทดสอบพบว่า การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ให้ความกว้างทรงพุ่ม สูงที่สุด เท่ากับ 34.48 ± 8.35 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบกับ การทดลอง การไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ซึ่งการให้ ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ให้ความกว้างทรงพุ่มต่ำสุด เท่ากับ 29.38 ± 9.15 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ในช่วง 120 วันพบว่า ความกว้างทรงพุ่มของแก่นตะวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความกว้างทรงพุ่ม ในช่วงประมาณ 31.55 ± 8.82 - 35.38 ± 8.46 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.5 ผลของปุ๋ยมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมีต่อความกว้างของแก่นตะวันในสภาพแปลงปลูก

การทดลอง	ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)		
	60 วัน	90 วัน	120 วัน
การไม่ใส่ปุ๋ย (ชุดควบคุม)	31.63 ± 8.40	34.12 ± 8.27^a	33.68 ± 8.73
ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่	31.43 ± 6.72	32.35 ± 8.73^{ab}	35.38 ± 8.46
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่	33.36 ± 11.28	29.38 ± 9.15^b	31.55 ± 8.82
การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่	36.10 ± 9.63	34.48 ± 8.35^a	34.10 ± 10.23
CV (%)	27.53	26.44	27.02
F-test	NS	*	NS

หมายเหตุ

ตัวเลขค่าเฉลี่ยในแนวตั้งตามอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

น้ำหนักแห้งต้นและใบ จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักหัวสดต่อหัว น้ำหนักหัวสดต่อต้น ความกว้างหัว ความยาวหัว

ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 ต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน ในสภาพแปลงปลูก จากตารางที่ 6 แสดงน้ำหนักแห้งต้นและใบ พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักแห้งต้นและใบ สูงที่สุด เท่ากับ 15.38 ± 6.09 กรัม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งการไม่ใส่ปุ๋ย ให้น้ำหนักแห้งต้นและใบ ต่ำที่สุด เท่ากับ 11.56 ± 6.80 กรัม จำนวนหัวต่อต้น พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีจำนวนหัวต่อต้นในช่วงประมาณ 19.37 ± 9.03 - 22.52 ± 12.82 หัว น้ำหนักหัวสดต่อหัว พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีน้ำหนักหัวสดต่อหัว ในช่วงประมาณ 20.00 ± 6.68 - 20.77 ± 5.53 กรัม น้ำหนักหัวสดต่อต้นพบว่าแก่นตะวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีน้ำหนักหัวสดต่อต้นในช่วงประมาณ 346.18 ± 125.78 - 416.94 ± 242.10 กรัม ความกว้างหัว พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ให้ความกว้างหัวแก่นตะวัน สูงที่สุด เท่ากับ 2.43 ± 0.20 มิลลิเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 1000 กิโลกรัมต่อไร่ และ ไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ความกว้างหัว ต่ำที่สุด เท่ากับ 2.18 ± 0.26 มิลลิเมตร ความยาวหัวของแก่นตะวัน ในการใช้ปุ๋ยที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 110 วัน พบว่า ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 ต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งความยาวหัวยาวในช่วงประมาณ 5.79 ± 0.70 - 6.07 ± 0.81 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.6 ผลของปุ๋ยมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมีต่อการให้ผลผลิตของแ่งนตะวันในสภาพแปลงปลูก

สิ่งทดลอง	น้ำหนักแห้งต้นและใบ (กรัม)	จำนวนหัวต่อต้น (หัว)	น้ำหนักหัวสดต่อหัว (กรัม)	น้ำหนักหัวสดต่อต้น (กรัม)	ความกว้างหัว (มิลลิเมตร)	ความยาวหัว (มิลลิเมตร)
การไม่ใส่ปุ๋ย (ชุดควบคุม)	11.56±6.80	19.37±9.03	20.77±5.53	357.94±173.71	2.35±0.33	5.92±0.86
ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่	15.38±6.09	20.00±9.29	20.20±4.30	412.26±216.90	2.40±0.34	6.07±0.81
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่	13.68±7.56	22.52±12.82	20.00±6.68	416.94±242.10	2.18±0.26	6.07±1.09
การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัม ต่อไร่ ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่	12.38±6.50	20.23±7.78	20.18±4.11	346.18±125.78	2.43±0.20	5.79±0.70
CV (%)	48.60	47.96	25.76	50.44	12.09	14.63
F-test	*	NS	NS	NS	*	NS

หมายเหตุ

ตัวเลขค่าเฉลี่ยในแนวตั้งตามอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT)
 ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

3. การศึกษาการเพิ่มปริมาณสารอินนูลินสารสำคัญสำหรับสุขภาพในแก่นตะวัน

ผลของการศึกษาชนิดและระดับความเข้มข้นของสารกระตุ้น (elicitor) ที่เหมาะสมต่อการเหนี่ยวนำการสร้างสารอินนูลินสูงสุดของแก่นตะวันในสภาพแปลงปลูก ภายหลังจากการเพาะปลูกเป็นระยะเวลา 120 วัน พบว่า ต้นแก่นตะวันเมื่อได้รับการกระตุ้นทุกการทดลองส่งผลให้ความสูงต้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ความสูงต้นอยู่ระหว่าง 1.28-1.43 เมตร ในขณะที่ต้นแก่นตะวันที่ได้รับสารกระตุ้น Yeast Extract ที่ระดับความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต้นแห้งและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ปริมาณ Reducing Sugar พบว่า ต้นแก่นตะวันที่ได้รับสารกระตุ้น Yeast Extract ที่ระดับความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้ปริมาณ Reducing Sugar แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับการให้สารกระตุ้น Jasmonic Acid ที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ ส่งผลให้แก่นตะวันมีปริมาณ Fructans (Inulin + Fructooligosaccharides) สูงสุดเท่ากับ 73.86 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 ผลของสารกระตุ้น (elicitor) ต่อการเจริญเติบโต เปอรเซ็นต์น้ำหนักแห้ง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ปริมาณ Reducing sugar และ ปริมาณ Fructans ของแก่นตะวันในสภาพแปลงปลูก

สิ่งทดลอง	ความสูงต้น (เมตร)	เปอรเซ็นต์ น้ำหนักแห้ง (เปอรเซ็นต์)	ปริมาณของแข็งที่ ละลายได้ในน้ำ (°Brix)	Reducing sugar (mg/ml)	Fructans (Inulin + Fructo- oligosaccharides) (เปอรเซ็นต์)
Jasmonic acid 0 ไมโครโมลาร์	1.40±0.00	45.45±7.31 ^{abc}	18.47±0.06 ^b	9.12±0.08 ^d	66.43±0.01 ^f
Jasmonic acid 50 ไมโครโมลาร์	1.43±0.15	35.81±8.43 ^{bc}	17.27±0.40 ^c	12.42±0.40 ^c	68.39±0.12 ^d
Jasmonic acid 100 ไมโครโมลาร์	1.37±0.24	37.36±7.55 ^{bc}	19.07±0.06 ^a	14.51±0.47 ^b	73.86±0.45 ^a
Jasmonic acid 150 ไมโครโมลาร์	1.28±0.16	42.70±7.63 ^{abc}	16.63±0.06 ^e	5.61±0.35 ^f	66.95±0.39 ^e
Jasmonic acid 200 ไมโครโมลาร์	1.37±0.06	33.73±6.90 ^c	17.56±0.00 ^c	12.57±0.92 ^c	65.43±0.09 ^g
Yeast Extract 1 กรัมต่อลิตร	1.40±0.30	47.11±3.53 ^{bc}	16.43±0.06 ^e	17.37±0.70 ^a	68357±0.15 ^d
Yeast Extract 2 กรัมต่อลิตร	1.30±0.17	33.00±6.13 ^c	16.90±0.00 ^d	6.32±0.23 ^f	70.92±0.88 ^c
Yeast Extract 3 กรัมต่อลิตร	1.30±0.10	37.50±4.17 ^{bc}	17.40±0.10 ^c	9.39±0.59 ^d	71.86±0.15 ^b
Yeast Extract 4 กรัมต่อลิตร	1.17±0.15	50.64±4.54 ^a	19.23±0.06 ^a	12.28±0.33 ^c	68.36±0.33 ^d
CV (%)	12.71	16.00	0.82	4.67	0.28
F-test	NS	*	*	*	*

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมีในปริมาณที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูง ความกว้างขนาดลำต้น ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักแห้งต้นและใบ จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักหัวสดต่อหัว น้ำหนักหัวสดต่อต้น ความกว้างหัว ความยาวหัว พบว่า

ความสูงเฉลี่ยของต้นแก่ต้นวัน โดยวัดจากโคนต้นระดับดินจนถึงปลายยอดหลังจากการย้ายปลูกลงแปลงปลูกในช่วง 60 วันพบว่า ความสูงของแก่ต้นวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงที่สุดเท่ากับ 57.80 ± 7.81 เซนติเมตร ในช่วง 90 วัน การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ความสูง สูงที่สุด เท่ากับ 55.23 ± 10.42 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งการให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ความสูงต่ำสุด เท่ากับ 49.00 ± 10.08 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง 120 วัน จากการทดสอบพบว่า ความสูงของแก่ต้นวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 1000 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงที่สุดเท่ากับ 56.61 ± 10.10 เซนติเมตร โดยสอดคล้องกันกับการศึกษาของ สนั่น และคณะ (2549) ที่ให้ความสูง ขนาดของลำต้นส่วนโคนเฉลี่ยของต้นแก่ต้นวันมากที่สุด ด้วยการใส่ปุ๋ยหมักอินทรีย์ในอัตราส่วน 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และอาจเป็นเพราะปุ๋ยหมักนั้นเกิดจากการผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ทำให้มีการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จึงทำให้ต้นแก่ต้นวันสามารถนำไปใช้ ประโยชน์ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้โดยตรง (ธงชัย, 2549)

ความกว้างขนาดลำต้นของแก่ต้นวัน ทดสอบ ในช่วง 60 วัน จากการ ทดสอบพบว่า การให้ปุ๋ยแก่ต้นวัน การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ความความกว้างขนาดลำต้นสูงที่สุด เท่ากับ 7.07 ± 1.09 มิลลิเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบ กับ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งการให้ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ให้ ความสูงต่ำสุด เท่ากับ 6.29 ± 1.12 มิลลิเมตร ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง 90 วันพบว่า ความกว้างขนาดลำต้นของแก่ต้นวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความกว้างขนาดลำต้นในช่วงประมาณ 6.80 ± 1.28 - 7.15 ± 1.29 มิลลิเมตร ในช่วง 120 วัน พบว่า ความกว้างขนาดลำต้นของแก่ต้นวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความกว้างขนาดลำต้นในช่วงประมาณ 5.96 ± 1.53 - 6.30 ± 1.02 มิลลิเมตร

โดยสอดคล้องกันกับการศึกษาของอิทธิพล ชีมภูเขียว และอรรพรรณ รักสงฆ์ (2560) การใช้ปุ๋ยพืชสดไม่มีผลทำให้ขนาดลำต้นบริเวณโคนต้น (1.38 และ 1.46 เซนติเมตร ตามลำดับ) ของแก่นตะวันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ พบว่าให้ขนาดลำต้นบริเวณโคนต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การใช้ปุ๋ยเคมีมีขนาดลำต้นบริเวณโคนต้นมากที่สุด (1.49 ซม.) แต่ไม่ต่างกับการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (1.45 และ 1.41 เซนติเมตร ตามลำดับ) ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยมีขนาดลำต้นบริเวณโคนต้นน้อยที่สุด (1.34 เซนติเมตร) สำหรับขนาดลำต้นบริเวณกลางลำต้น พบว่าการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ให้ขนาดลำต้นบริเวณกลางลำต้นมีปฏิสัมพันธ์กับการใช้ปุ๋ยพืชสด ($P<0.05$) โดยดำรับควบคุม (M1) ให้ขนาดลำต้นบริเวณกลางลำต้นมากที่สุดเมื่อใช้ปุ๋ยเคมี (1.30 เซนติเมตร) ซึ่งมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย (1.09 เซนติเมตร) และการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนทั้ง 2 อัตรา (1.11 เซนติเมตร) ส่วนการใช้ปุ๋ยพืชสด (M2) ให้ขนาดลำต้นบริเวณกลางลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อได้รับปุ๋ยต่างกัน

น้ำหนักแห้งต้นและใบ พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้น้ำหนักแห้งต้นและใบ สูงที่สุด เท่ากับ 15.38 ± 6.09 กรัม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งการไม่ใส่ปุ๋ย ทำให้น้ำหนักแห้งต้นและใบ ต่ำที่สุด เท่ากับ 11.56 ± 6.80 กรัม โดยสอดคล้องกันกับการศึกษาของ สนั่น และคณะ (2549) ที่ใส่ปุ๋ยหมักอินทรีย์ในอัตราส่วน 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้น้ำหนักต้นสดเฉลี่ยของส่วนเหนือดินต้นแก่นตะวัน มากที่สุด อีกทั้งปุ๋ยหมักหลังจากที่ย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์แล้ว มีปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ช่วยในการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและ ใบของต้นแก่นตะวัน รวมถึงธาตุอาหารหลักอื่นๆ อีกด้วย (Poincelot, 1975)

การใช้ปุ๋ยเคมี ร่วมกันกับปุ๋ยอินทรีย์การทดลองครั้งนี้พบว่าน้ำหนักหัวสดต่อต้นในการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้ ผลผลิตสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา ของอิทธิศักดิ์ (2558) พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่มีแนวโน้มให้น้ำหนักหัวสดมากที่สุด คือ 4,209.7 กิโลกรัมต่อไร่ส่วนในกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่และกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ให้ผลผลิตหัวสดเท่ากับ 3,542.0 และ 3,812.9 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ในขณะที่ผลผลิตหัวสดของแก่นตะวัน ในกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยมีค่าเท่ากับ 3,474.0 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากการทดลองปลูกแก่นตะวันเพียงฤดูเดียวเท่านั้นซึ่งเป็นข้อจำกัดของการทดลองจึงทำให้เห็นผลการ

ทดลองไม่ชัดเจนมากนัก เพราะการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จะต้องใช้ต่อเนื่อง เป็นระยะเวลาหลายฤดูปลูกจึงจะเห็นผลที่ชัดเจน ดังนั้น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในการผลิตแกลบตะวันในปีแรกๆจึงทำให้ ผลผลิตน้ำหนักรวมแกลบตะวันแตกต่างไปจากการใส่ปุ๋ย เคมีหรือการไม่ใส่ปุ๋ยไม่มากนัก ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ใน กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ได้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของແກ່ນຕະວັນ เมื่อได้รับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (*E.eugeniae*) จากสายพันธุ์ African Night Crawler และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1) การไม่ใส่ปุ๋ย (ชุดควบคุม) 2) การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (*E.eugeniae*) จากสายพันธุ์ African Night Crawler อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ 3) การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และ 4) การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (*E.eugeniae*) จากสายพันธุ์ African Night Crawler 500 กิโลกรัมต่อไร่ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ เพาะปลูกในสภาพแปลงปลูก สามารถสรุปผลได้ดังนี้ การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ความสูงที่สูงที่สุดเมื่ออายุ 60 วัน และ 120 วัน เท่ากับ 57.80 ± 7.81 และ 56.61 ± 10.10 เซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่มกว้างที่สุดเมื่ออายุ 120 วัน เท่ากับ 6.28 ± 1.36 มิลลิเมตร และ น้ำหนักแห้งต้นและใบ สูงที่สุด เท่ากับ 15.38 ± 6.09 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ความสูงที่สูงที่สุดเมื่ออายุ 90 วัน เท่ากับ 55.23 ± 10.42 เซนติเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ นั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยให้จำนวนหัวต่อต้นสูงที่สุด เท่ากับ 22.52 ± 12.82 หัว น้ำหนักหัวสดต่อต้นสูงที่สุด เท่ากับ 416.94 ± 242.10 กรัม และ ความยาวหัวสูงที่สุด เท่ากับ 6.07 ± 1.09 มิลลิเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ โดยให้ความกว้างขนาดลำต้นที่สูงที่สุด เมื่ออายุ 90 และ 120 วันสูงที่สุด 7.15 ± 1.29 และ 6.30 ± 1.02 มิลลิเมตร ตามลำดับ และ ความกว้างทรงพุ่มกว้างที่สุดเมื่ออายุ 60 วัน เท่ากับ 36.10 ± 9.63 เซนติเมตร นั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ความกว้างขนาดลำต้นที่สูงที่สุด เมื่ออายุ 60 วัน เท่ากับ 7.07 ± 1.09 มิลลิเมตร ความกว้างทรงพุ่มกว้างที่สุดเมื่ออายุ 90 วัน เท่ากับ 34.48 ± 8.35 เซนติเมตร และ ความกว้างหัวสูงที่สุด เท่ากับ 2.43 ± 0.20 มิลลิเมตร มีความแตกต่างทางสถิติ การไม่ใส่ปุ๋ย ให้น้ำหนักหัวสดต่อหัวมากที่สุดเท่ากับ 20.77 ± 5.53 กรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับต้นແກ່ນຕະວັນเมื่อได้รับการกระตุ้นทุกการทดลองส่งผลให้ความสูงต้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ความสูงต้นอยู่ระหว่าง 1.28-1.43 เมตร ในขณะที่ต้นແກ່ນຕະວັນที่ได้รับสารกระตุ้น Yeast Extract ที่ระดับความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต้นแห้งและปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ปริมาณ Reducing Sugar พบว่า ต้นแก่ต้นที่ได้รับความร้อนระดับความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้ปริมาณ Reducing Sugar แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับการให้สารกระตุ้น Jasmonic Acid ที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ ส่งผลให้แก่นตะวันมีปริมาณ Fructans (Inulin + Fructooligosaccharides) สูงสุดเท่ากับ 73.86 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการให้สารกระตุ้นเพื่อส่งเสริมการผลิตสารสำคัญที่สูงขึ้น

บรรณานุกรม

- จุฑารัตน์ นนทะมา . (มปป.). แก่นตะวัน. แม่ใจ, มหาวิทยาลัย. [ออนไลน์.] : เข้าถึงได้จาก : <http://prop-chicken.site.90net/CH.10html>. (วันที่ค้นข้อมูล 22 พฤศจิกายน 2563).
- ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์, 2550. การปลูกและการใช้ประโยชน์จากพืชแก่นตะวัน. การปลูกและการใช้ประโยชน์จากพืชแก่นตะวัน (Jerusalem Artichoke). http://www3.rdi.ku.ac.th/exhibition/54/GroupEconomic/20-Saroj_siri/template.html.
- ทิฆัมพร สิงห์เทียน, เทวินทร์ จันทวงศ์, ภาณุวัฒน์ สีนเมือง และ ชมดาว ขำจริง. 2557. อิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่และขี้เถ้าคอกไก่ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแก่นตะวัน จังหวัดเพชรบุรี. แก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 2 : 158-163.
- ดร.ณิ พวงบุตร และสนั่น จอกลอย. 2562. ผลของการตัดส่วนต้นต่อการเจริญเติบโตผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการใน แก่นตะวันสายพันธุ์การค้า. แก่นเกษตร 47 (ฉบับพิเศษ 1).
- ธีระพัทธ์ ศิลปสมบูรณ์. 2557. โครงการอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวันในดินชุดอุยงยา. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- ประภาส ช่างเหล็ก, บุญร่วม จันทรี, สกล ฉายศรี, นวรัตน์ พิลาก, สุภัทรา เมทนีกรชัย และเจระศักดิ์ แซ่ลี. 2554. ศึกษาการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus*) ณ แปลงทดลองสถานีวิจัยกาญจนบุรี, น. ใน การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักรกรุงเทพมหานคร, กรุงเทพฯ.
- ภัทรานิษฐ์ ขวัญระน้อย และ อัจฉรา จิตตลดากร และ สุกัญญา แย้มประชา. ม.ป.ป. ผลของวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแก่นตะวัน. ในการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3.(เกษตรศาสตร์มหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, สุโขทัย.
- รัชนี พุทธา. 2559. อิทธิพลของชนิดปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตปริมาณและคุณภาพหัวของแก่นตะวัน.วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ปีที่3 ฉบับพิเศษ (III): M08/24-29, 2559.
- ศิริพร ตันจ้อ, ครรชิต จุฑประสงค์, ชนัญชิตา ไชตโต และสนั่น จอกลอย. 2012. อินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในแก่นตะวันสายพันธุ์ต่างๆ. KRU Res 17(11):(25-34).

- สนั่น จอกลอย, รัชนี พุทธา, รัชนก มีแก้ว, วิลาวรรณ ตูลา และถวัลย์ เกษมาลา. 2549. อิทธิพลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแก่นตะวัน” แก่นเกษตร 34 , 2 (เมษายน - มิถุนายน) : 164 -17.
- สนั่น จอกลอย, รัชนี พุทธา, รัชนก มีแก้ว, วิลาวรรณ ตูลา และถวัลย์ เกษมาลา. 2549. อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแก่นตะวัน. แก่นเกษตร 34 , 2 (เมษายน - มิถุนายน) : 171 -182.
- สาโรจน์ ศิริคันสนียกุล,ประภาส ช่างเหล็ก,ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์,เกศศิณี ตระกูลทิวาร,วุฒินันท์ คงทัต. 2554. การปลูกและการใช้ประโยชน์จากพืชแก่นตะวัน (*Jerusalem Artichoke*). กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำราญ พิมราช, ถวัลย์ เกษมาลา และทัศนิกา มุ่งคุณค่าชาว.2559.ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อการเพิ่มผลผลิต.วารสารเกษตรพระวรุณ ที่ 13 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2559:126-138.
- สุลีรัก อารักขณ์ ธรรม และสุชาดา สานุสันต์. 2557. อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากไส้เดือนดินต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางฟิสิกส์ดินและการปรับปรุงโครงสร้างของดิน. โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ: ศักยภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินท้องถิ่นไทยที่ผลิตจากขยะอินทรีย์ต่อระบบการเกษตรและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- อภิชาติ ศรีสะอาด และศุภวรรณ ใจแสน. 2553. **คู่มือการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนเงินล้าน**. กรุงเทพฯ, บริษัท นาคา อินเตอร์มีเดีย จำกัด.
- อรรถ อัจฉริยมนตรี. 2557. ศักยภาพการให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตของแก่นตะวันในสภาพเกษตรอินทรีย์, 388-393.ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52: สาขาพืช ระหว่างวันที่ 4-7 ก.พ. 2557**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อิทธิพล ชีมภูเขียว และอรรณณ รักสงฆ์. 2560. ผลของปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนต่อสมบัติทางเคมีของดิน และการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 35 (1) : 1-10.
- Schrijver, C. J., Aschwanden, M. J., & Title, A. 2001, Solar Phys., in press.
- Sirisansaneeyakul, S., S. Jitbanjongkit, N. Prasomsart and P. Laungpituksa. 2000. Production of β fructofuranosidase from *Aspergillus niger* ATCC 20611. Kasetsart J. (Nat. Sci.). 34: 378-386.

Suzuki, M. 1993. History of fructan research : rose to Adelman, pp. 21-39. In M.Suzuki and N.J. Chatterton.(ed) **Science Technology of Fructans**. CRC press. Boton, FL

Younes H, Garleb K, Behr S, Remesy C and Demigne C 1995 Fermentable fibres or oligosachharides reduce urinary nitrogen excretion by increasing urea disposal in the rat cecum; J.Nutr. 125 1010–1016.

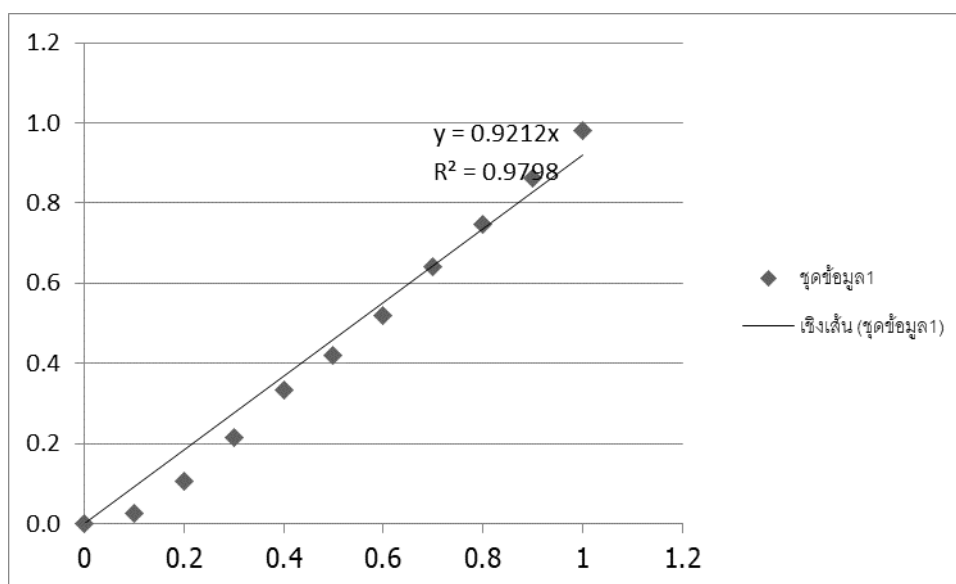
ภาคผนวก

ตารางภาคผนวก ก การจำแนกประเภทชนิดของดิน

Textural Class	ชนิดของเนื้อดิน
Clay	ดินเหนียว
Loam	ดินร่วน
Sand	ดินทราย
Silt	ดินทรายแป้ง
Silt loam	ดินร่วนปนทรายแป้ง
Silty clay loam	ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง
Silty clay	ดินเหนียวปนทรายแป้ง
Sandy clay loam	ดินร่วนเหนียวปนทราย
Sandy loam	ดินร่วนปนทราย
Sandy clay	ดินเหนียวปนทราย
Loamy sand	ดินทรายปนดินร่วน
Clay loam	ดินร่วนปนดินเหนียว

ตารางภาคผนวก ข แสดงปริมาณค่าการดูดกลืนแสง และความเข้มข้นกลูโคสมาตรฐาน

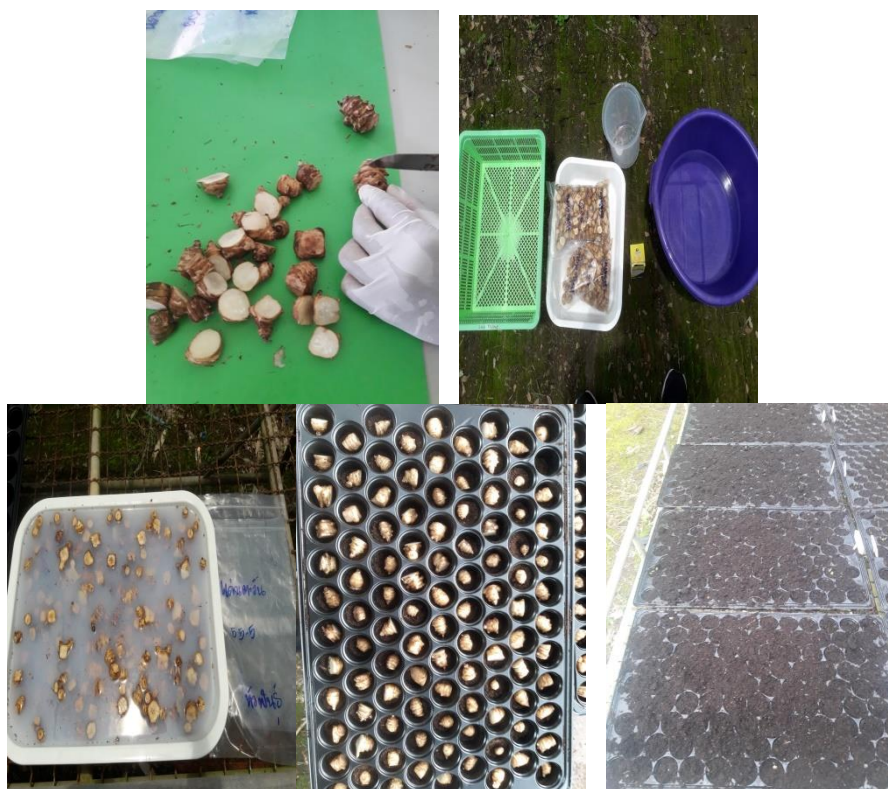
glucose conc. (mg/ml)	OD 540 nm			เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
0.0	0.000	0.000	0.000	0.00
0.1	0.023	0.024	0.028	0.03
0.2	0.083	0.118	0.113	0.10
0.3	0.201	0.211	0.235	0.22
0.4	0.327	0.336	0.333	0.33
0.5	0.416	0.395	0.453	0.42
0.6	0.511	0.520	0.530	0.52
0.7	0.627	0.645	0.647	0.64
0.8	0.737	0.752	0.755	0.75
0.9	0.857	0.855	0.873	0.86
1.0	0.983	1.003	0.957	0.98



รูปผนวกที่ 1 กราฟแสดงปริมาณค่าการดูดกลืนแสง และความเข้มข้นกลูโคสมาตรฐาน



รูปผนวกที่ 2 ลักษณะดินแปลงปลูกถั่วแระวัน



รูปผนวกที่ 3 การเพาะต้นกล้าแก่นตะวัน



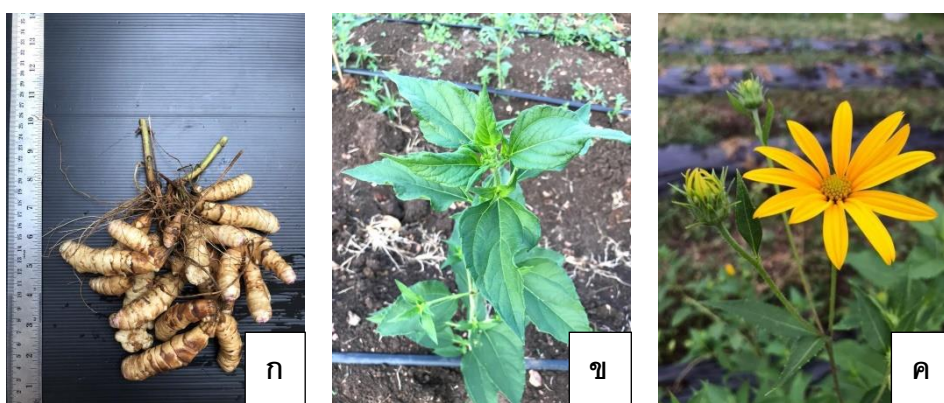
รูปผนวกที่ 4 การเตรียมแปลงลงปลูก



รูปผนวกที่ 5 การปลูกแทนตะวันแปลงทดลองของเกษตรกร ณ ณ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรอินทรีย์ไร่สีอำพัน ตำบลน้ำร้อน อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ และศูนย์วิจัยชุมชน (OTOP) ได้เมี่ยงสมุนไพร ตำบลวังชมภู อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์



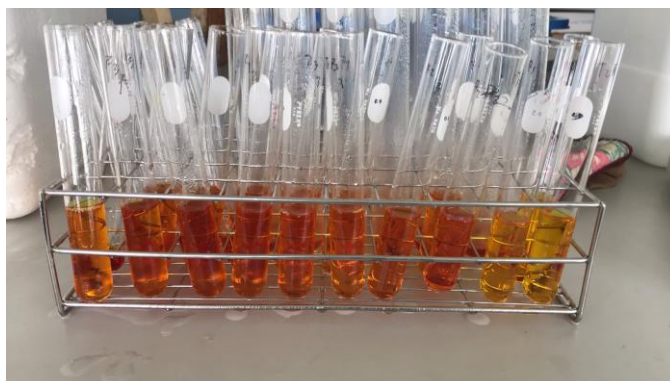
รูปผนวกที่ 6 ระยะย้ายปลูกต้นแทนตะวัน



รูปผนวกที่ 7 ลักษณะของต้นแทนตะวันรากต้นแทนตะวัน (ก) ใบต้นแทนตะวัน (ข) และดอกต้นแทนตะวัน (ค)



รูปผนวกที่ 8 การบันทึกผลข้อมูลความสูง (ก) ขนาดความกว้างลำต้น (ข)
และความกว้างทรงพุ่ม (ค)



รูปผนวกที่ 9 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณ reducing sugar

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นางนุชจรี สิงห์พันธ์
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mrs. Nootjaree Singphan
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-4207-00010-96-4
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรศัพท์มือถือ โทรสาร และ e-mail

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 83 หมู่ 11 ตำบลสะเดียง
อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์ 056-717-151 ต่อ 1444 โทรสาร 056-717-151
โทรศัพท์มือถือ 081-3494274 E-mail : nootjaree_tudsas@yahoo.com

5. ประวัติการศึกษา

วุฒิ	ปี พ.ศ.	ชื่อสถานศึกษา
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การเกษตร)	2559	มหาวิทยาลัยนเรศวร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร)	2552	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) เกียรตินิยมอันดับ 1	2548	มหาวิทยาลัยนเรศวร

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เทคโนโลยีโปรโตพลาสต์ การถ่ายยีน

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ
สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วม
วิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

Article

นุชจรี ทัดเศษ และชุติมา หงษ์ศรี. (2560). ปริมาณมูลไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้า (*Brassica alboglabra*) ในสภาพโรงเรือน. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย ครั้งที่ 6 ณ หอประชุมพญาเจ้าเมืองมหาวิทยาลัยพะเยา วันที่ 26 - 27 มกราคม 2560. 1490-1494.
ศิวดล แจ่มจรัส และ นุชจรี ทัดเศษ. (2561). ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์ของมัน

พื้นเมืองสกุล (*Dioscorea* sp.) ในจังหวัดเพชรบูรณ์. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 5 วันที่ 8 - 9 มีนาคม 2561 ณ อิมพีเรียล ภูเก็ต ฮิลล์ รีสอร์ท อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์. 828-825.

นุชจรี ทัดเศษ. (2561). การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันเลื้อย. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 5 ประจำปี 2561 “งานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาท้องถิ่น” วันที่ 8-9 มีนาคม 2561 ณ อิมพีเรียล ภูเก็ต ฮิลล์ รีสอร์ท อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์. 788-795.

นุชจรี ทัดเศษ, อาทิตย์ พูลพุดา, ศิวดล แจ่มจำรัส, การ์นต์ ผึ้งบรรหาร, พิพัฒน์ ชนาเทพาพร, จันทริกา ไช้ขวัญแก้ว, ธนากร วงษ์ศา และสุนนา เหลืองฐิติกาญจน์. (2561). ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนต่อคุณภาพเห็ดฟางโดยการเพาะแบบกองเตี้ย. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 36(3) กันยายน-ธันวาคม: 81-90.

ศศิกันต์ ปานปรานีเจริญ และนุชจรี สิงห์พันธ์. (2562). คุณสมบัติทางเคมีและกระบวนการหมักเหตานอลจากมันพื้นเมืองสกุล *Dioscorea* sp. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร. 14(1) มกราคม-มิถุนายน: 105-116.

นุชจรี ทัดเศษ, การ์นต์ ผึ้งบรรหาร และลลิตา อุดธา. (2562). ผลของ BA และ NAA ต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อและผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 37(2) เมษายน-มิถุนายน: 262-273.

นุชจรี สิงห์พันธ์ และสุริภรณ์ ยอดดี. (2563). การเจริญเติบโตของมันจาวพร้าวในสภาพทำเทียมความเข้มข้นของแมนนิทอลแตกต่างกัน. วารสารนเรศวรพะเยา. 13(1) มกราคม-เมษายน: 21-25.

Tudses, N. 2016. Isolation and Mycelial Growth of Mushrooms on Different Yam-based Culture Media. Journal of Applied Biology and Biotechnology. 4(5): 033-036.

Tudses, N., Pramjet, D., Pramjet, S. 2015. Establishment of Method for Protoplast Fusion with PEG-mediated between *Jatropha curcas* L. and *Ricinus communis* L. International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research. 4(1): 50-56.

Tudses, N., Pramjet, D., Pramjet, S. 2014. Optimal Conditions for High-Yield Protoplast

Isolations of *Jatropha curcas* L. and *Ricinus communis* L. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 14(3): 221-230.

Oral presentations

Tudses, N., Pramjet, D., Pramjet, S. 2015. Establishment of Method for Protoplast Fusion with PEG-mediated between *Jatropha curcas* L. and *Ricinus communis* L. International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research. 4(1): 50-56.

Tudses, N., Pramjet, D., Pramjet, S. 2013. Efficient method for protoplast isolation of *Jatropha curcas* L. The 4th Regional AFOB Symposium 2013 'bioenergy, biorefinery and beyond'. Pramjet, D., Tudses, N., Pramjet, S. 2012. Isolation of protoplasts of *Jatropha curcas* L. The International Symposium on Human Development and Sustainable Utilization of Natural Resources in Asian Countries and The 6th Korea-Thailand-Indonesia Joint Symposium on Biomass Utilization and Renewable Energy.

Poster presentation

Tudses, N., Pramjet, D., Pramjet, S. 2013. Effects of Applying Plant Growth Regulators onto Stigma on Fruit Set and Seed Set in Intergeneric Hybrids between *Jatropha curcas* L. and *Ricinus communis* L. The 7th Korea-Thailand-Indonesia Joint Symposium on Biomass Utilization and Renewable Energy Integration of Agriculture and Biotechnology'.

Tudses, N., Pramjet, D., Pramjet, S. 2014. Protoplast isolation, culture, and fusion between *Jatropha curcas* L. and *Ricinus communis* L. The 8th Korea-ASEAN Joint Symposium on Biomass Utilization and Renewable Energy Integration of Agriculture and Biotechnology'.

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย ศิวดล แจ่มจรัส
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Siwadon Chaemchamrat
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1669900010496

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 83 หมู่ 11 ตำบลสะเดียง
อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์ 081-1646271 อีเมลโทรอนิกส์ (e-mail)
vip119z@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

วุฒิ	ปี พ.ศ.	ชื่อสถานศึกษา
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พืชสวน)	2554	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
วิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชศาสตร์)	2550	มหาวิทยาลัยแม่โจ้

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
พืชสวน ไม่ดองไม้ประดับ การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ
สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วม
วิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

ศิวดล แจ่มจรัส และ นุชจรี ทัดเศษ. (2561). ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์ของมัน
พื้นเมืองสกุล (*Dioscorea* sp.) ในจังหวัดเพชรบูรณ์. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 5 วันที่ 8 - 9 มีนาคม 2561 ณ อิมพีเรียล ภูเก็ต
ฮิลล์ รีสอร์ท อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์. 828-825.

นุชจรี ทัดเศษ, อาทิตย์ ทูลพุทธา, ศิวดล แจ่มจรัส, การ์นต์ ผึ้งบรรหาร, พัทธมน ชนาเทพา
พร, จันทริจิรา โต๊ะขวัญแก้ว, ธนากร วงษ์ศา และสุมนา เหลืองจิตติกาญจนา. (2561).
ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนต่อคุณภาพเห็ดฟางโดยการเพาะแบบกองเตี้ย. วารสารเกษตร
พระจอมเกล้า. 36(3) กันยายน-ธันวาคม: 81-90.