ปัจจัยการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในระบบจมชั่วคราวแบบขวดแฝด

เอกพงศ์ วงค์เขตร์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2562

ปัจจัยการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในระบบจมชั่วคราวแบบขวดแฝด

เอกพงศ์ วงค์เขตร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปัจจัยการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในระบบจมชั่วคราวแบบขวดแฝด

เอกพงศ์ วงค์เขตร์

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา ภูมิสุทธาผล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวลี อันพาพรม)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีกาญจนา คล้ายเรือง)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.วศิน เจริญตัณธนกุล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รักษาการแทนรองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง ปัจจัยการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในระบบจมชั่วคราวแบบขวดแฝด
ชื่อผู้เขียน นายเอกพงศ์ วงค์เขตร์
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา ภูมิสุทธาผล

บทคัดย่อ

มันฝรั่งเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเข้ามาใช้พัฒนาการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง เพื่อให้ได้คุณภาพและมีปริมาณมากเพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร อีกทั้งเพื่อลดปริมาณการนำเข้าหัวพันธุ์จากต่างประเทศซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิต ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ทันสมัย คือ ระบบจมชั่วคราว (temporary immersion bioreactor) มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหัวจิ๋วมันฝรั่งที่สามารถใช้เป็นหัวพันธุ์ได้ โดยนำชิ้นส่วนข้อเดี่ยวมันฝรั่งมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราวแบบขวดแฝด ใช้อาหารเหลวสูตร MS ที่เติม BA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้อาหารเหลวทุก ๆ 8 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ เพื่อให้ได้ต้นมันฝรั่งตั้งต้นสำหรับใช้ในการทดลองต่าง ๆ เกี่ยวกับปัจจัยในการสร้างหัวจิ๋วในระบบจมชั่วคราว การทดลองที่ 1 ทดสอบผลของความถี่และระยะเวลาการให้อาหารเหลว โดยเปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งกับการให้อาหารเหลวทุก ๆ 3 และ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 และ 20 นาที ใช้อาหารสูตร MS ปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เติมซูโครส 90 กรัมต่อลิตร หลังการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่า การเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวมีประสิทธิภาพของการผลิตหัวจิ๋วสูงกว่าการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง ทั้งในด้านการสร้างหัวจิ๋วและการเจริญเติบโตของหัวจิ๋ว โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ การให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที มีเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วและจำนวนหัวจิ๋วสูงที่สุด 90.00% และ 1.93 หัวต่อต้น การทดลองที่ 2 เปรียบเทียบผลของการใช้จำนวนต้นตั้งต้นที่แตกต่างกัน ได้แก่ 10, 20 และ 30 ต้นต่อภาชนะบรรจุอาหารเหลว 300 มิลลิลิตร พบว่า จำนวนต้นตั้งต้นที่เหมาะสม คือ 20 ต้นต่อภาชนะ ได้จำนวนหัวสูงถึง 28.4 หัวต่อภาชนะ การทดลองที่ 3 ทดสอบผลของระดับความเข้มข้นซูโครสแตกต่างกันในอาหารเหลว ได้แก่ 30, 60, 90 และ 120 กรัมต่อลิตร พบว่า ซูโครสความเข้มข้นสูงสามารถเพิ่มการสร้างหัวจิ๋วได้ดี โดยความเข้มข้นซูโครสที่เหมาะสมที่สุด คือ 90 กรัมต่อลิตร ส่วนซูโครสความเข้มข้นต่ำ 30 กรัมต่อลิตร ไม่สามารถกระตุ้นการสร้างหัวจิ๋วได้ การทดลองที่ 4 ทดสอบผลของความเครียดทางกายภาพแบบการให้ความเย็น โดยนำต้นมันฝรั่งมาให้ความเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่าง ๆ ได้แก่

8, 24 และ 72 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับการไม่ให้ความเย็นก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราว พบว่า การให้ความเย็นเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง มีความเหมาะสมที่สุด โดยกระตุ้นให้เกิดหัวจิ๋วขนาดน้ำหนักมากขึ้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ให้ความเย็น โดยเฉพาะหัวจิ๋วขนาดใหญ่น้ำหนัก ≥1.0 กรัมขึ้นไป เพิ่มขึ้นกว่า 4.19 เท่า แต่การให้ความเย็นเป็นระยะเวลานานตั้งแต่ 24 ชั่วโมงขึ้นไป ทำให้การสร้างหัวจิ๋วและการเจริญเติบโตของหัวจิ๋วลดลง การทดลองที่ 5 ทดสอบผลของความเครียดทางกายภาพแบบการให้ความร้อน โดยนำต้นมันฝรั่งมาให้ความร้อนอุณหภูมิต่าง ๆ ได้แก่ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับการไม่ให้ความร้อนก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราว พบว่า การให้ความร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมที่สุด โดยเพิ่มจำนวนหัวจิ๋วต่อต้นกว่า 1.23 เท่า และกระตุ้นให้เกิดหัวจิ๋วขนาดน้ำหนักมากขึ้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ให้ความร้อน โดยเฉพาะหัวจิ๋วขนาดใหญ่น้ำหนัก ≥1.0 กรัมขึ้นไป เพิ่มขึ้นกว่า 4.62 เท่า และในการทดลองที่ 5 ทดสอบการนำหัวจิ๋วมันขนาดน้ำหนักต่าง ๆ ได้แก่ <0.20, 0.20-0.49, 0.50-0.99 และ ≥1.00 กรัม ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวมาทดสอบการออกปลูกในโรงเรือน หลังปลูกเป็นเวลา 1 เดือนพบว่า หัวจิ๋วทุกขนาดสามารถงอกต้นได้สูง 85-100% เมื่อผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 4 องศาเซลเซียส ในสภาพมืดเป็นระยะเวลา 1 เดือนขึ้นไป และต้นที่งอกมีการเจริญเติบโตดี ผลที่ได้จากการศึกษาดังข้างต้นแสดงให้เห็นว่า การเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหัวจิ๋วมันฝรั่งเพื่อการเพาะปลูกในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

คำสำคัญ : หัวจิ๋วมันฝรั่ง ระบบจมชั่วคราว สภาวะการให้อาหาร ซูโครส ความเครียดทางกายภาพ

Title FACTORS AFFECTING MICROTUBERIZATION OF POTATO(*SOLANUM TUBEROSUM* L.) IN TWIN-FLASKS TEMPORARY IMMERSION SYSTEM

Author Mr. Aekkapong Wongket

Degree Master of Science in Biotechnology

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Paweena Pumisutapon

ABSTRACT

Potatoes are nutrient-rich and are economically important. To meet the quantity demands tissue culture technology is used for seed potatoes development and reduction of the importing cost of seed potatoes. In this study, modern tissue culture technology – temporary immersion bioreactor – was employed to enhance the production of microtubers that can be utilized as seed potatoes. Single-nodal explants in liquid culture in the twin-flasks temporary immersion system were cultured using MS liquid medium supplemented with 0.5 mg/L BA. To obtain the initial shoot explants the medium was fed to the explants every 8 hours, 2 minutes duration each time, for 3 weeks. Factors influencing microtuberization were examined. In the first experiment, the frequency and the period of liquid medium feeding were studied. In the temporary immersion system, the liquid medium was fed to the explants every 3 and 12 hours, for 2 and 20 minutes per feeding, using MS liquid medium with 90 g/L sucrose. After an experience period of 3 weeks results showed that microtuberization in the twin-flasks temporary immersion system was more efficient compared to that in the conventional solid medium culture. Specifically, 2-minute feeding every 12 hours was the most optimal condition, which yielded 90.00% microtuberization and an average of 1.93 microtubers per shoot. In the second experiment the effects of different initial shoot numbers (10, 20, and 30 initial explants per container of 300-mL liquid medium) were compared. It was found 20 initial explants per container to be the optimal number that gave rise to an average of 28.4 microtubers per container. After which, sucrose concentrations

were varied in liquid medium (30, 60, 90, and 120 g/L). It was shown that higher sucrose concentrations promoted microtuberization. 90 g/L of sucrose was found to be the optimal concentration, while 30 g/L of sucrose was insufficient to induce microtuberization. In the 4th experiment the effect of cold stress on the initial explants was studied by incubating the explants at 4°C for 0, 8, 24, and 72 hours before entering the temporary immersion system. 8 hours of 4°C treatment was found to be the most optimal, especially when considering the generation of microtubers weighing ≥ 1.0 g, which was enhanced by 4.19 fold compared to the non-treatment. On the other hand, 24-hours cold treatment decreased the number of microtubers generated. The effects of heat stress was examined by heating the initial explants at 30°C, 40°C, and 50°C for 1 hour prior to entering the temporary immersion system and comparing results with the non-treatment. 50°C-preincubation was found to be the most optimal treatment, which increased the numbers of microtubers per shoot 1.23 fold and yielded more higher-weight microtubers (4.62 fold increase of ≥ 1.0-g microtuber generation). Finally, the resultant microtubers weighing < 0.20, 0.20-0.49, 0.50-0.99, and ≥ 1.00 g from bioreactors to soil were transferred to planting and grown in greenhouse condition. After 1 month of transfer 85-100% sprouting in microtubers which were incubated at 4°C in the dark for at least 1 month, were capable to develop into plants. The results demonstrated effective utilization of temporary immersion system to induce microtuberization for further industrial-scale plantation.

Keywords : potato microtuber temporary immersion system feeding conditions sucrose abiotic stress

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยความกรุณาของประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีณา ภูมิสุทธาผล และกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ยุวลี อันพาพรม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรีกาญจนา คล้ายเรือง ที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือพร้อมทั้งให้ความรู้สนับสนุนให้คำปรึกษาต่าง ๆ ในระหว่างดำเนินการวิจัยและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสมบูรณ์ ทั้งนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พัชณี แสงทอง ที่ให้เกียรติเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ให้แก่ข้าพเจ้า ให้คำแนะนำ และความรู้ในหลาย ๆ ด้าน มาปรับใช้กับงานวิจัยเพื่อให้ได้งานวิจัยที่มีคุณภาพ ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ รังสิมา อัมพวัน ที่ให้คำแนะนำด้านการออกปลูกหัวจิ๋วมันฝรั่งประสานงานติดต่อโรงเรือนสำหรับอนุบาลต้นมันฝรั่ง และการให้คำแนะนำต่าง ๆ

ขอขอบคุณ นางสาว พีราดา แก้วทองประคำ ที่ให้ความช่วยเหลือ ประสานงาน และให้กำลังใจตลอดเวลาที่ศึกษาในมหาวิทยาลัยแม่โจ้แห่งนี้ จนทำให้งานวิจัยสมบูรณ์

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทุนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณครอบครัว ที่ให้การอบรมสั่งสอน สนับสนุน และกำลังใจข้าพเจ้ามาโดยตลอด และขอบคุณน้อง ๆ ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทุกคนที่ช่วยเหลือมาโดยตลอด

ทั้งนี้ ข้าพเจ้าหวังว่า งานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจศึกษา จึงขอมอบความดีอันมาจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้แด่ บิดา มารดา ตลอดจนครูอาจารย์ที่อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทความรู้มาจนถึงปัจจุบัน

เอกพงศ์ วงค์เขตร์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

ขอบเขตงานวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและตรวจเอกสาร 4

ความสำคัญของมันฝรั่ง 4

การตลาดมันฝรั่งในประเทศไทย 5

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันฝรั่ง 6

การปลูกมันฝรั่ง 8

ระยะการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง 9

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อขยายพันธุ์มันฝรั่ง 10

กระบวนการการสร้างหัวมันฝรั่ง 11

รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 14

การตอบสนองของพืชต่อสภาวะเครียดทางกายภาพ 19

เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชด้วยระบบจมชั่วคราว 20
บทที่ 3 วิธีการวิจัย 22
พืชทดลอง สารเคมี และอุปกรณ์ 22
การเตรียมต้นมันฝรั่งในระบบจมชั่วคราวก่อนทำการทดลอง 22
การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของความถี่และระยะเวลาการให้อาหารเหลวในระบบจมชั่วคราว ต่อการสร้างหัวจิ๋ว 23
การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของจำนวนชิ้นส่วนตั้งต้นต่อการสร้างหัวจิ๋ว 23
การทดลองที่ 3 การศึกษาผลระดับความเข้มข้นซูโครสต่อการสร้างหัวจิ๋ว 24
การทดลองที่ 4 การศึกษาผลสภาวะเครียดทางกายภาพระดับปานกลางโดยการให้ความเย็นต่อ การสร้างหัวจิ๋ว 24
การทดลองที่ 5 การศึกษาผลสภาวะเครียดทางกายภาพระดับปานกลางโดยการให้ความร้อนต่อ การสร้างหัวจิ๋ว 25
การทดลองที่ 6 การศึกษาผลของระยะเวลาเก็บรักษาต่อการงอกของหัวจิ๋วที่ปลูกในโรงเรือน 25
การวิเคราะห์ข้อมูล 26
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 27
ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาผลของความถี่และระยะเวลาการให้อาหารเหลวในระบบจมชั่วคราว ต่อการสร้างหัวจิ๋ว 27
ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาผลของจำนวนชิ้นส่วนตั้งต้นต่อการสร้างหัวจิ๋ว 31
ผลการทดลองที่ 3 การศึกษาผลระดับความเข้มข้นซูโครสต่อการสร้างหัวจิ๋ว 35
ผลการทดลองที่ 4 การศึกษาผลสภาวะเครียดทางกายภาพระดับปานกลางโดยการให้ความเย็นต่อ การสร้างหัวจิ๋ว 39
ผลการทดลองที่ 5 การศึกษาผลสภาวะเครียดทางกายภาพระดับปานกลางโดยการให้ความร้อนต่อ การสร้างหัวจิ๋ว 43
ผลการทดลองที่ 6 การศึกษาผลของระยะเวลาเก็บรักษาต่อการงอกของหัวจิ๋วที่ปลูกในโรงเรือน 47
วิจารณ์ผลการทดลอง 52

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 56

บรรณานุกรม..... 57

ภาคผนวก..... 64

ประวัติผู้วิจัย..... 101

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วและจำนวนหัวจิ๋วต่อต้นเมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งบนอาหารแข็งหรือในระบบจมชั่วคราวที่มีสภาวะการให้อาหารเหลวต่าง ๆ นาน 3 สัปดาห์ 28

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ เมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งบนอาหารแข็งหรือในระบบจมชั่วคราวที่มีสภาวะการให้อาหารเหลวต่าง ๆ นาน 3 สัปดาห์ 29

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภทต่าง ๆ เมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งบนอาหารแข็งหรือในระบบจมชั่วคราวที่มีสภาวะการให้อาหารเหลวต่าง ๆ นาน 3 สัปดาห์ 30

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋ว จำนวนหัวจิ๋วต่อต้น และจำนวนหัวจิ๋วต่อภาชนะ เมื่อใช้จำนวนต้นมันฝรั่งตั้งต้นแตกต่างกันเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์ 32

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ เมื่อใช้จำนวนต้นมันฝรั่งตั้งต้นแตกต่างกันเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์ 33

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภทต่าง ๆ เมื่อใช้จำนวนต้นมันฝรั่งตั้งต้นแตกต่างกันเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์ 34

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วและจำนวนหัวจิ๋วต่อต้นเมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งในอาหารเหลวที่เติมซูโครสระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์ 36

ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ เมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งในอาหารเหลวที่เติมซูโครสระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์ 37

ตารางที่ 9 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภทต่าง ๆ เมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งในอาหารเหลวที่เติมซูโครสระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์ 38

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วและจำนวนหัวจิ๋วต่อต้นเมื่อไม่ให้หรือให้ความเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แก่ต้นมันฝรั่งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์ 40

ตารางที่ 11 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ เมื่อไม่ให้หรือให้ความเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แก่ต้นมันฝรั่งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์ 41

ตารางที่ 12 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภทต่าง ๆ เมื่อไม่ให้หรือให้ความเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แก่ต้นมันฝรั่งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์..... 42

ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วและจำนวนหัวจิ๋วต่อต้นเมื่อไม่ให้หรือให้ความร้อนระดับอุณหภูมิต่าง ๆ แก่ต้นมันฝรั่งเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์ 44

ตารางที่ 14 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ เมื่อไม่ให้หรือให้ความร้อนระดับอุณหภูมิต่าง ๆ แก่ต้นมันฝรั่งเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์..... 45

ตารางที่ 15 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภทต่าง ๆ เมื่อไม่ให้หรือให้ความร้อนระดับอุณหภูมิต่าง ๆ แก่ต้นมันฝรั่งเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์..... 46

ตารางที่ 16 เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวจิ๋วมันฝรั่งขนาดน้ำหนัก <0.2 กรัม ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ และการเจริญเติบโตของต้นที่งอกจากหัวจิ๋วหลังปลูกนาน 1 เดือน 48

ตารางที่ 17 เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวจิ๋วมันฝรั่งขนาดน้ำหนัก 0.2-0.49 กรัม ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ และการเจริญเติบโตของต้นที่งอกจากหัวจิ๋วหลังปลูกนาน 1 เดือน 49

ตารางที่ 18 เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวจิ๋วมันฝรั่งขนาดน้ำหนัก 0.50-0.99 กรัม ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ และการเจริญเติบโตของต้นที่งอกจากหัวจิ๋วหลังปลูกนาน 1 เดือน 50

ตารางที่ 19 เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวจิ๋วมันฝรั่งขนาดน้ำหนัก ≥1.00 กรัม ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ และการเจริญเติบโตของต้นที่งอกจากหัวจิ๋วหลังปลูกนาน 1 เดือน 51

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 โครงสร้างของมันฝรั่ง 7

ภาพที่ 2 ระยะการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง 10

ภาพที่ 3 การควบคุมการสร้างหัวของมันฝรั่งโดยฮอร์โมนพืชและแนวทางที่เป็นไปได้ 13

ภาพที่ 4 ลักษณะหัวจิ๋วมันฝรั่ง 4 ประเภทที่เกิดขึ้นในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ได้แก่ หัวเดี่ยวเกิดจากตาข้างบริเวณส่วนข้อติดกับฐานก้านใบ (A), หัวที่เกิดบนปลายไหลที่ยืดยาวออกมาจากตาข้าง (B), หัวที่เกิดหัวลำดับที่ 2 เจริญเติบโตจากหัวลำดับแรก (C) และหัวเดี่ยวที่มีหัวเล็ก ๆ เกิดขึ้นทั้งส่วนหัวและส่วนท้ายของหัวแรก (D) 15

ภาพที่ 5 หัวจิ๋วที่เกิดขึ้นเมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งนาน 3 สัปดาห์ ขนาดน้ำหนัก 27

ภาพที่ 6 การเกิดหัวจิ๋วเมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งจำนวน 10, 20 และ 30 ต้น 31

ภาพที่ 7 การเกิดหัวจิ๋วเมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งในอาหารเหลวที่เติมซูโครส 35

ภาพที่ 8 การเกิดหัวจิ๋วเมื่อไม่ให้ (A) หรือให้ความเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 39

ภาพที่ 9 การเกิดหัวจิ๋วเมื่อไม่ให้ (A) หรือให้ความร้อนอุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส 43

ภาพที่ 10 ต้นมันฝรั่งที่งอกจากหัวจิ๋วที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวเมื่อนำออกปลูกในโรงเรือนนาน 1 สัปดาห์ (A) และ 1 เดือน (B) สามารถสร้างหัวใหม่ได้ในวัสดุปลูก (C) 47

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

มันฝรั่ง (*Solanum tuberosum* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจทางด้านอุตสาหกรรมอาหารของโลกที่สำคัญ ถือเป็นพืชที่จัดอันดับให้อยู่ในพืชอาหารที่สำคัญของโลก เช่นเดียวกับข้าว ข้าวสาลี รวมไปถึงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากมันฝรั่งนั้นเป็นแหล่งสารอาหารที่ดี สามารถเพาะปลูกในพื้นที่จำกัด ใช้ระยะเวลาในการเพาะปลูกสั้น ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับพืชอาหารชนิดอื่น การบริโภคมันฝรั่งในประเทศไทยในปัจจุบันเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านการบริโภคสดและใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการแปรรูปมันฝรั่ง แต่ในประเทศไทยยังมีผลผลิตมันฝรั่งที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ การเพาะปลูกมันฝรั่งในประเทศไทยนั้นเกษตรกรต้องอาศัยหัวพันธุ์มันฝรั่งจำนวนมากที่นำเข้าจากต่างประเทศ และในประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตหัวพันธุ์มันได้เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร การนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่งจากต่างประเทศนั้นมีราคาสูง เกษตรกรจึงต้องรับภาระในด้านต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น นอกจากนี้หัวมันฝรั่งที่ได้จากแปลงปลูกเพื่อนำมาเป็นหัวพันธุ์ในฤดูถัดไปนั้นอาจเกิดการเสียหายเนื่องจากการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม รวมถึงปัญหาโรคต่าง ๆ ที่ติดมาจากหัวพันธุ์เดิม เช่น โรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อราและแบคทีเรีย โรคใบจุดสีน้ำตาล (early blight) และ โรค common scab (*Streptomyces* sp.) เป็นต้น

วิทยาการต่าง ๆ ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง รวมไปถึงการนำเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมาใช้ในการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง เพื่อช่วยลดการนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่งจากต่างประเทศและยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรอีกทางหนึ่ง โดยการผลิตด้วยเทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะทำให้ได้หัวพันธุ์มันฝรั่งที่สะอาดและมีคุณภาพ ซึ่งใช้ระยะเวลาในการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งสั้นกว่าวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมที่ต้องปลูกในแปลง การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหัวพันธุ์มันฝรั่งเป็นการกระตุ้นต้นมันฝรั่งที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อให้เกิดการสร้างหัวจิ๋ว (microtuber) ที่สะอาดและปลอดโรค หัวจิ๋วมันฝรั่งที่เพาะเลี้ยงได้จะมีการสะสมอาหารอยู่ เปรียบเสมือนเมล็ด หรือที่เรียกว่า potato seed จึงสามารถนำไปปลูกลงแปลง ซึ่งจะเจริญเป็นต้นใหม่ได้ การกระตุ้นให้เกิดการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งสามารถใช้ปัจจัยต่าง ๆ ในการเพาะเลี้ยง เช่น อาหารที่มีน้ำตาลความเข้มข้นสูง อุณหภูมิต่ำ และสารควบคุมการเจริญเติบโต แต่ปัจจุบันงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มปริมาณหัวจิ๋วมันฝรั่งมีการนำมาต่อยอดทางด้านของอุตสาหกรรมน้อยมาก

ปัจจุบันมีเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชที่น่าสนใจถูกพัฒนาขึ้นมา คือ ระบบจมชั่วคราว (temporary immersion system) เป็นการใช้ไบโอรีแอคเตอร์ (bioreactor) ที่มีการให้อาหารเหลวแก่พืชตามระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งถือเป็นข้อได้เปรียบที่เหนือกว่าระบบการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิม (อาหารแข็ง) คือ สามารถผลิตต้นพันธุ์พืชได้เป็นจำนวนมากและช่วยลดต้นทุนการผลิตด้านแรงงานซึ่งสูงกว่า 60-70% ของต้นทุนการผลิตแบบดั้งเดิม ระบบจมชั่วคราวจึงมีศักยภาพในการนำมาผลิตต้นพันธุ์พืชเศรษฐกิจต่าง ๆ หลายชนิดในระดับอุตสาหกรรม เช่น กาแฟ ปทุมมา กล้วย และอ้อย เป็นต้น

งานวิจัยนี้การศึกษาเบื้องต้นในปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในระบบจมชั่วคราว ได้แก่ ความถี่และระยะเวลาการให้อาหารเหลว จำนวนชิ้นส่วนพืชตั้งต้น ระดับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส และสภาวะเครียดทางกายภาพระดับปานกลาง โดยมีการค้นพบที่น่าสนใจว่า เมื่อพืชได้รับสภาวะเครียดทางกายภาพในระดับปานกลางที่ไม่เป็นอันตราย จะส่งผลให้ไปกระตุ้นให้พืชมีการเจริญเติบโตมากขึ้นในส่วนลำต้นสะสมอาหารใต้ดินหรือหัว นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาหัวจิ๋วมันฝรั่ง อัตราการงอก และการเจริญเติบโตของเมื่อนำไปปลูกอีกด้วย ผลที่ได้จากการวิจัยคาดว่าจะได้สภาวะที่เหมาะสมในการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในระบบจมชั่วคราว ซึ่งสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปต่อยอดเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งปลอดโรคระดับอุตสาหกรรมของประเทศไทย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ในการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในระบบจมชั่วคราวแบบขวดแฝด ได้แก่ ความถี่และระยะเวลาการให้อาหารเหลว จำนวนชิ้นส่วนของพืชตั้งต้น ความเข้มข้นของซูโครส ระยะเวลาการเก็บรักษาหัวจิ๋วมันฝรั่ง และสภาวะเครียดทางกายภาพระดับปานกลาง

ขอบเขตงานวิจัย

โครงงานวิจัยนี้จะศึกษาการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในระบบจมชั่วคราวแบบขวดแฝด ชุดภาชนะขนาด 700 มิลลิลิตร โดยใช้ต้นมันฝรั่งสายพันธุ์ Atlantic ที่อยู่ในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในระยะเพิ่มปริมาณมาทำการทดลอง ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ความถี่และระยะเวลาการให้อาหารเหลว จำนวนชิ้นส่วนพืชตั้งต้น ระดับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส ระยะเวลาการเก็บรักษาหัวจิ๋วมันฝรั่ง และสภาวะเครียดทางกายภาพระดับปานกลาง โดยจะมีการวิเคราะห์การสร้างหัว ประเภทหัว จำนวนหัว น้ำหนัก และขนาดหัว ซึ่งในบางการทดลองจะมีการนำหัวจิ๋วที่เกิดขึ้นมาทดสอบการงอกหลังออกลูกในโรงเรือน และการวิเคราะห์ทางชีวเคมี เช่น คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้สภาวะที่เหมาะสมในการสร้างหัวจิ๋ว (microtuber) มันฝรั่งในระบบจมชั่วคราว ซึ่งจะเป็นเทคนิควิธีการและองค์ความรู้ที่สามารถนำไปต่อยอดในการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งระดับอุตสาหกรรม

บทที่ 2
ทฤษฎีและตรวจเอกสาร

ความสำคัญของมันฝรั่ง

มันฝรั่ง (*Solanum tuberosum* L.) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอันดับสามของโลกรองจากข้าวและข้าวสาลี โดยมีปริมาณการผลิตมากกว่า 365 ล้านตันต่อปี มีการปลูกมากกว่า 150 ประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนาในทวีปเอเชียและแอฟริกา ซึ่งมีมันฝรั่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ (Patil et al., 2016) คุณค่าทางโภชนาการของมันฝรั่งเป็นอันดับสองรองจากถั่วเหลืองในด้านปริมาณโปรตีนต่อเฮกแตร์ ซึ่งมีโปรตีนจากพืชที่สำคัญ คือ patatin ในปริมาณสูง (Liedl et al., 1987) โปรตีนที่ได้จากมันฝรั่งมีคุณภาพสูงกว่าโปรตีนที่ได้จากถั่วลิสง หัวมันฝรั่งขนาด 150 กรัม มีปริมาณสารอาหารที่ควรได้รับในแต่ละวัน (recommended daily allowance; RDA) ประกอบด้วย วิตามินซีสูงถึง 45%, วิตามินบี 6 (pyridoxine) 10%, วิตามินบี 3 (niacin) 8% และวิตามินบี 9 (folate) 6% นอกจากนี้ยังมีธาตุแคลเซียม โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก ไอโอดีน และแมกนีเซียม (Patil et al., 2016; สุทัศน์, 2562)

ในมันฝรั่งมีสารต้านอนุมูลอิสระต่าง ๆ ที่สำคัญ ได้แก่ แคโรทีนอยด์ (carotenoid) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) และฟลาโวนอย์ (flavonoid) ซึ่งแคโรทีนอยด์พบในมันฝรั่งทุกชนิด ในมันฝรั่งสด 100 กรัม มีแคโรทีนอยด์ 50–100 ไมโครกรัม แต่ในมันฝรั่งสายพันธุ์สีขาวและสายพันธุ์สีเหลืองพบมากถึง 2,000 ไมโครกรัม แคโรทีนอยด์ที่พบส่วนใหญ่เป็น xanthophyll ได้แก่ lutene, zeaxanthin และ violaxanthin สารประกอบฟีนอลิกในมันฝรั่งที่พบมากคือ chlorogenic acid ซึ่งสูงถึง 80% ของประกอบสารฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ในมันฝรั่งเนื้อสีขาวมีปริมาณ 30 ไมโครกรัมต่อมันฝรั่งสด 100 กรัม ซึ่งมากกว่าปริมาณที่พบในมันฝรั่งเนื้อสีแดงและสีม่วงถึงสองเท่า ฟลาโวนอยด์ส่วนใหญ่ที่พบ คือ catechin และ epicatechin (Brown, 2005)

มันฝรั่งยังเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ เนื่องจากมีปริมาณแป้งสะสมในหัวสูง การแปรรูปหัวมันฝรั่งจะมีกระบวนการตรวจสอบคุณภาพเพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่ตลาดต้องการ มันฝรั่งที่ดีควรมีปริมาณน้ำตาลน้อยเพราะในกระบวนการแปรรูปด้วยการทอดหรือผ่านกระบวนการที่ใช้อุณหภูมิที่สูงจะทำให้มันฝรั่งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (browning reaction) เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับโปรตีน ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของมันฝรั่ง ได้แก่ สายพันธุ์ เนื่องจากแต่ละสายพันธุ์มีการสะสมแป้งแตกต่างกัน ฤดูการเพาะปลูก อุณหภูมิ อายุการเก็บเกี่ยว รวมไปถึงการเก็บรักษาหัวมันฝรั่ง (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2562)

การตลาดมันฝรั่งในประเทศไทย

มันฝรั่งเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่ให้ผลตอบแทนสูง โดยผลผลิตที่ได้ต่อปีให้ผลกำไรประมาณ 6,000-9,000 บาทต่อไร่ พื้นที่เพาะปลูกหลักอยู่ในจังหวัดทางภาคเหนือของประเทศไทย ได้แก่ เชียงใหม่ ลำพูน และตาก ผลผลิตที่ได้นี้ประมาณ 90% จะถูกนำไปใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับโรงงานแปรรูปมันฝรั่งทอดกรอบ ปัจจุบันความต้องการผลผลิตมันฝรั่งมีแนวโน้มสูงขึ้น ความต้องการมันฝรั่งเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบอยู่ที่ประมาณ 124,100 ตันต่อปี ราคาเฉลี่ยของหัวมันฝรั่งสดตามท้องตลาดอยู่ที่ 35 บาทต่อกิโลกรัม (พนม, 2551)

ปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มมากขึ้นเพื่อรองรับอุตสาหกรรมแปรรูปมันฝรั่ง โดยมีพื้นที่เพาะปลูกมันฝรั่งประมาณ 38,779 ไร่ ในปี 2560 และเพิ่มขึ้นเป็น 40,055 ไร่ ในปี 2561 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) อย่างไรก็ตามการปลูกมันฝรั่งในประเทศไทยต้องใช้หัวพันธุ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศแทบทั้งสิ้น เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งใช้เอง ทำให้เกิดการขาดแคลนหัวพันธุ์ ในปี 2561 มีปริมาณการนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่งสูงถึง 4,525 เมตริกตัน และในปี 2562 เพิ่มขึ้นเป็น 5,929.15 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่านับหลายร้อยล้านบาท (กรมการค้าต่างประเทศ, 2562) เกษตรกรผู้ปลูกมันฝรั่งส่วนใหญ่ต้องซื้อหัวพันธุ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงในด้านของต้นทุนการผลิต อีกทั้งขั้นตอนการนำเข้ายังมีความยุ่งยากซับซ้อน ทำให้เกิดความล่าช้า และไม่สอดคล้องกับฤดูกาลเพาะปลูกที่เหมาะสม ส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่ลดลง (ไสว, 2523)

ประเทศไทยมีการนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่งจากต่างประเทศปีละเป็นจำนวนมาก เนื่องจากไม่สามารถผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งได้เพียงพอ ทำให้มีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น กระทรวงเกษตรและสหกรณ์เป็นผู้จัดสรรโควตาการนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่งของเอกชน มีข้อผูกพันตามกรอบความตกลงองค์การการค้าโลก (World Trade Organization: WTO) ปี 2561-2563 คือ ปริมาณในโควตา 302 ตัน รวมมันฝรั่งสดเพื่อแปรรูป มีอัตราภาษีในโควตา 27% และอัตราภาษีนอกโควตา 125% แต่จากการที่ประเทศไทยไม่สามารถผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งได้เพียงพอ คณะกรรมการนโยบายและแผนพัฒนาการเกษตรและสหกรณ์ จึงมีมติเห็นชอบการเปิดตลาดสินค้าหัวพันธุ์มันฝรั่งในปริมาณโควตาไม่จำกัดจำนวน อัตราภาษีภายในโควตา 0% และอัตราภาษีนอกโควตา 125% เพื่อให้เกษตรกรมีหัวพันธุ์มันฝรั่งนำไปเพาะปลูกให้ได้ผลผลิตเพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ โดยมีเงื่อนไขการนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่งได้ปีละ 3 ครั้ง ผ่านทางนิติบุคคลเป็นผู้นำเข้า จำหน่ายหัวพันธุ์มันฝรั่งโรงงานให้แก่เกษตรกรไม่เกิน 35 บาทต่อกิโลกรัม และผู้นำเข้าต้องรับซื้อผลผลิตจากเกษตรกรในราคาขั้นต่ำตามที่อนุกรรมการจัดการการผลิตและการตลาดกระเทียม หอมแดง หอมหัวใหญ่ และมันฝรั่งได้กำหนดไว้

ช่วงฤดูแล้ง (มกราคม-มิถุนายน) ราคารับซื้อไม่ต่ำกว่า 10.60 บาทต่อกิโลกรัม และช่วงฤดูฝน (กรกฎาคม-ธันวาคม) ราคารับซื้อไม่ต่ำกว่า 14 บาทต่อกิโลกรัม (ข่าวสด, 2561)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันฝรั่ง

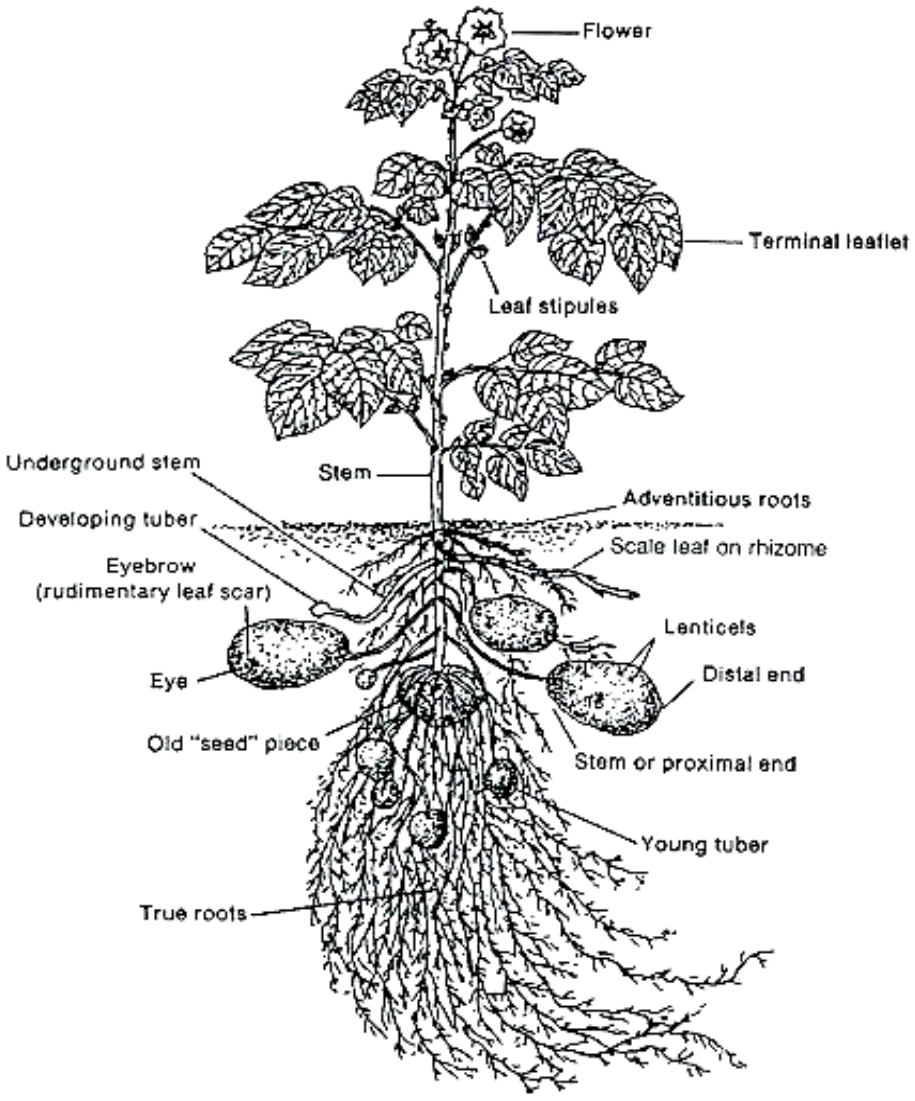
มันฝรั่งเป็นพืชในวงศ์ Solonaceae เช่นเดียวกับพืชจำพวกมะเขือ เป็นพืชล้มลุกฤดูเดียว ประเภทออกหัว มีถิ่นกำเนิดมาจากโลกซีกตะวันตกในทวีปอเมริกาใต้ บนแถบที่ราบสูงบนเทือกเขาแอนดีสในประเทศโบลิเวียและเปรู แล้วกระจายตัวสู่แถบลาตินอเมริกา

โครงสร้างของมันฝรั่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ (ภาพที่ 1) ซึ่งมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ดังนี้ (รังสฤษฎ์, 2540; บัณฑูรย์ และ นาตยา, 2546)

1. **ลำต้น** เป็นไม้เนื้ออ่อน มีขนเล็กน้อย ในระยะแรกการเจริญเติบโตของลำต้นจะตั้งตรง ระยะต่อมาการเจริญเติบโตของลำต้นอาจจะตั้งตรงหรือแผ่ไปตามแนวราบขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ เมื่อโตเต็มที่ลำต้นจะมีความสูง 60-150 เซนติเมตร
2. **ไหล** เกิดจากส่วนของตาของลำต้นใต้ดิน มีข้อและปล้อง ส่วนปลายโค้งงอ ไหลจะมีการพัฒนาไปเป็นหัว เกิดจากการขยายตัวของส่วนปลายไหล
3. **หัว** เป็นลำต้นสะสมอาหารใต้ดินและทำหน้าที่เป็นส่วนขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ บริเวณปลายไหลจะเป็นส่วนที่พัฒนาเกิดหัวมันฝรั่ง บนผิวของหัวมีตากระจายอยู่ และมี lenticels เป็นรูเล็ก ๆ สำหรับการหายใจและระบายอากาศ รูปร่างและขนาดหัวมันจะผันแปรไปตามสายพันธุ์ ในพันธุ์การค้ามีทั้งแบบทรงกลมและทรงกลมรี ตามปกติหัวมันฝรั่งมีผิวเรียบ แต่ในบางสายพันธุ์มีผิวไม่เรียบ เป็นร่างแห เรียกว่า russette ความหนาและสีของผิวมันฝรั่งมีหลากหลายซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์ โดยมีสีตั้งแต่ขาว-ครีม เหลือง เหลืองอ่อน ส้ม แดง น้ำตาล หรือม่วง
4. **หน่อ** เป็นส่วนที่เจริญงอกมาจากตาบนหัว หน่อหลักเจริญมาจากตาหลักที่อยู่ตรงกลางของตา ฐานของหน่อจะเจริญไปเป็นลำต้นใต้ดินที่สร้างกิ่งแขนงและไหล
5. **ใบ** เป็นใบประกอบแบบขนนก (pinnately compound leaves) ส่วนปลายของแกนกลางใบมีใบย่อย 1 ใบขนาดใหญ่ที่สุด และมีใบย่อยเรียงตัวทั้งสองข้าง คือ ใบย่อยขนาดใหญ่ และใบย่อยขนาดเล็ก ใบย่อยทั้งสองชนิดเรียงตัวแบบสลับบนแกนกลางใบ รูปร่างของใบจะแตกต่างกันใบตามสายพันธุ์ เช่น oval, oblong, obvate และ round
6. **ราก** ต้นที่เจริญมาจากเมล็ดมีระบบรากแก้วและรากแขนง ต้นที่เจริญมาจากหัวพันธุ์มีระบบรากฝอยที่เจริญมาจากฐานของหน่อและข้อของลำต้นใต้ดิน

7. ดอก เป็นดอกช่อชนิด cymose แตกก้านช่อดอกเป็น 2 กิ่ง ดอกย่อยจะสร้างบนก้านช่อดอกย่อย สีของดอกย่อยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ โดยทั่วไปดอกจะมีสีม่วงอ่อน ดอกย่อยแต่ละดอกมีกลีบเลี้ยง 2 กลีบ กลีบดอก 5 กลีบ เกสรตัวผู้ 5 อัน เกสรตัวเมียมี 1 รังไข่ มี 2 carpels และ 2 locules ภายในมีไข่อ่อนจำนวนมาก การผสมเกสรเกิดได้ทั้งผสมตัวเองหรือผสมข้าม

8. เมล็ด มีรูปร่างกลมแบน แบน หรือรูปไข่ มีสีเหลืองและน้ำตาล มีเปลือกบาง ภายในเมล็ดมีคัพภะรูปตัวยู



ภาพที่ 1 โครงสร้างของมันฝรั่ง

ที่มา: (Patil et al., 2016)

การปลูกมันฝรั่ง

ในประเทศไทยนิยมปลูกมันฝรั่งทางภาคเหนือในช่วงฤดูหนาว จะเริ่มปลูกในช่วงเดือนตุลาคมไปจนถึงเดือนพฤศจิกายน เนื่องจากภูมิอากาศเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหัวมันฝรั่ง อุณหภูมิเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ 21 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าเล็กน้อย แหล่งที่มันฝรั่งเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีต้องมีอุณหภูมิค่อนข้างเย็นระหว่าง 15-18 องศาเซลเซียส (ไสว, 2523) มันฝรั่งยังต้องการความยาววัน 12-13 ชั่วโมง และดินร่วนปนทรายความเป็นกรด-ด่าง 5.5-6.5 (เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2562)

การปลูกมันฝรั่งตามปกติเริ่มในเดือนพฤศจิกายนและเก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม ส่วนการปลูกมันฝรั่งนอกฤดูมักปลูกตามที่ราบบนไหล่เขา สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 800 เมตรขึ้นไป การปลูกนอกฤดูแบ่งออกเป็น 2 รุ่น คือ รุ่นแรกปลูกในเดือนเมษายนและเก็บเกี่ยวในเดือนสิงหาคม และรุ่นที่ 2 ปลูกในเดือนกรกฎาคมและเก็บเกี่ยวในเดือนตุลาคม (เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2562)

ส่วนที่นิยมนำมาขยายพันธุ์มันฝรั่ง คือ หัว แต่ละตาบนหัวสามารถงอกหน่อใช้ขยายพันธุ์ได้ โดยเฉลี่ยมันฝรั่งหนึ่งหัวจะมีตาประมาณ 15 ตา มันฝรั่งหนึ่งหัวสามารถให้หัวมันระหว่าง 6-10 หัว วิธีการปลูกหัวมันฝรั่งที่เกษตรกรนิยมมี 2 วิธี ดังนี้

1. **การปลูกทั้งหัว** ขุดหลุมลึก 5-12 เซนติเมตร และกว้างพอให้วางหัวที่งอกต้นอ่อน แล้วกลบหัวด้วยดินที่คลุกกับปุ๋ยคอก กดดินพอแน่น แล้วรดน้ำตาม (เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2561)

2. **การแบ่งหัวเป็นซีก** ใช้มีดคมและสะอาด ชุบแอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อโรค แบ่งหัวมันออกเป็น 2-3 ซีก โดยแต่ละซีกให้มีตาติดอยู่ประมาณ 2-3 ตา อย่างไรก็ตามการแบ่งหัวจะทำให้เกิดบาดแผล ซึ่งเป็นช่องทางให้เชื้อโรคเข้าสู่บาดแผล และทำให้ต้นเน่าตายได้ ดังนั้นเมื่อผ่าหัวแล้วจะนำไปฝังในกองขี้เถ้าแกลบตื้น ๆ รดน้ำพอชุ่มไม่ให้แฉะ และราดด้วยสารเคมีฆ่าเชื้อรา 1 ครั้ง รอจนต้นอ่อนงอก ใช้เวลาประมาณ 10-15 วัน แล้วจึงถอนต้นอ่อนไปย้ายปลูกลงแปลง (ไสว, 2523; เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2562)

วิธีการแบ่งหัวจะใช้หัวพันธุ์ในการปลูกน้อยกว่าวิธีการปลูกทั้งหัวถึง 100 กิโลกรัมต่อไร่ แต่มีการพบว่าการปลูกทั้งหัวให้ผลที่ดีกว่า เนื่องจากมีอาหารสะสมในหัวที่ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของต้น (ไสว, 2523)

มันฝรั่งจะสามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อมีอายุประมาณ 100-120 วัน หลังจากต้นตั้งตัวได้เมื่อย้ายปลูก ซึ่งเป็นระยะที่หัวมันแก่เต็มที่ หรือสังเกตจากลำต้นล้มเอนลงระดับพื้นดินจึงตัดต้นมันฝรั่งทิ้ง 7-10 วัน ก่อนขุดหัว การขุดหัวควรทำด้วยความระมัดระวังและไม่ควรทิ้งหัวไว้กลางแดดนานเกินไป นำหัวมันผึ่งในที่ร่มระบายอากาศดี 7-15 วัน แล้วเก็บในโรงเก็บที่แสงส่องไม่ถึงและมีการถ่ายเทอากาศดี

(เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2562) ถ้าหากหัวมันถูกแสงรบกวนจะมีการสร้างแอลคาลอยด์ solanine ซึ่งจะทำให้ผิวมีสีเขียวที่เป็นพิษถ้าบริโภคหัวมันดิบ (สุทัศน์, 2562)

ระยะการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง

การเจริญเติบโตของมันฝรั่งแบ่งออกเป็น 5 ระยะ (ภาพที่ 2) ดังนี้ (Patil et al., 2016)

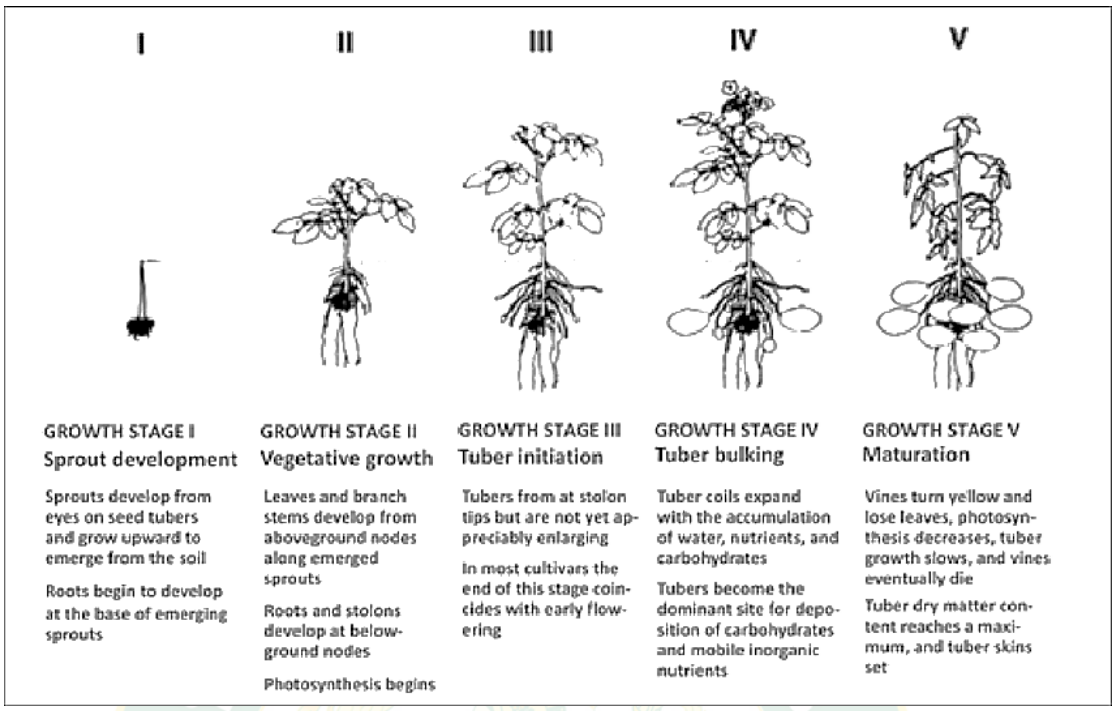
ระยะการเจริญเติบโต I: การพัฒนาของหน่อ (growth stage I: sprout development) ระยะนี้เริ่มจากหน่ออ่อนงอกออกมาจากตา และสิ้นสุดเมื่อหน่ออ่อนโผล่พ้นผิวดิน ในระยะนี้หัวพันธุ์ (seed piece) จะเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้ในการเจริญเติบโต

ระยะการเจริญเติบโต II: การพัฒนาของต้น (growth stage II: vegetative growth) เป็นระยะที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้น โดยสร้างส่วนต่าง ๆ ของต้น ได้แก่ ยอด ใบ กิ่ง ราก รวมไปถึงไหล ระยะนี้เริ่มจากการแตกหน่อไปจนถึงกำลังเริ่มจะสร้างหัว ระยะการเจริญเติบโต I และ II ใช้เวลา 30-70 วัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น วันปลูก อุณหภูมิของดิน และอายุหัวพันธุ์

ระยะการเจริญเติบโต III: การเริ่มสร้างหัว (growth stage III: tuber set/initiation) ในระยะนี้มีการเกิดหัวใหม่จากส่วนปลายของไหล โดยจะโค้งงอและเริ่มบวมพอง แต่ยังไม่ขยายขนาด การเจริญเติบโตในระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์

ระยะการเจริญเติบโต IV: การขยายขนาดของหัว (growth stage IV: tuber bulking) เซลล์ภายในหัวมีการขยายขนาดจากการสะสมน้ำ สารอาหาร และคาร์โบไฮเดรต การเจริญเติบโตระยะนี้ใช้เวลานานที่สุด ขึ้นอยู่กับวันปลูกและสายพันธุ์ โดยอาจใช้เวลามากถึง 3 เดือน

ระยะการเจริญเติบโต V: การเจริญเติบโตเต็มที่ของหัว (growth stage V: maturation) ในระยะนี้ต้นเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ใบร่วง อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง อัตราการเจริญเติบโตของหัวช้าลง และต้นตายในที่สุด หัวแก่มีผิวหรือ periderm หนาและแข็งแรง หัวที่พัฒนาเต็มที่มีชีวมวลแห้ง (dry matter) เพิ่มขึ้น น้ำตาลเปลี่ยนไปเป็นแป้ง ซึ่งเหมาะสมสำหรับนำไปบริโภคหัวสดและแปรรูป หากหัวมันฝรั่งยังคงอยู่ในดินเป็นเวลานานหลังต้นตาย หัวมันจะมีอายุเกินระยะโตเต็มที่ ทำให้แป้งเปลี่ยนกลับเป็นน้ำตาลได้และชีวมวลแห้งลดลง



ภาพที่ 2 ระยะการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง

ที่มา: (Patil et al., 2016)

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อขยายพันธุ์มันฝรั่ง

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในการปรับปรุงและพัฒนาการปลูกมันฝรั่ง ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อถูกนำมาใช้เพื่อปรับปรุงการผลิตมันฝรั่งเพื่อทำให้ได้พืชที่ปลอดเชื้อโรค วิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนั้นทำได้โดยการนำเอาส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช เช่น อวัยวะ เนื้อเยื่อ และเซลล์ มาเพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ที่ประกอบด้วยแร่ธาตุ น้ำตาล วิตามิน และสารควบคุมการเจริญเติบโต ในสภาพปลอดเชื้อ โดยมีการควบคุมสภาพแวดล้อมในการเพาะเลี้ยง เช่น แสง อุณหภูมิ และความชื้น เพื่อให้ต้นพืชมีลักษณะตรงตามสายพันธุ์และได้ปริมาณมากในระยะเวลารวดเร็ว ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดสูตรอาหารสังเคราะห์ต้องมีความเหมาะสมกับพืชชนิดนั้น ๆ พืชจึงจะนำสารอาหารไปใช้ได้ดี (นพมณี, 2545)

เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชถูกนำมาใช้ในกระบวนการขยายพันธุ์มันฝรั่ง ทำให้สามารถผลิตต้นกล้ามันฝรั่งปลอดโรคได้ และสามารถขยายพันธุ์ต้นมันฝรั่งได้อย่างรวดเร็วในสภาพปลอดเชื้อ โดยในการเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณต้นจะนำต้นปลอดโรคมาเพาะเลี้ยงมี 2 วิธี คือ การตัดชิ้นส่วนข้อเดี่ยวเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง (single node cutting) และการตัดชิ้นส่วนยอดเพาะเลี้ยงลงในอาหาร

เหลวบนเครื่องเขย่า (อรดี, 2532) ในการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งสามารถทำได้ใน 2 ลักษณะ คือ หัวพันธุ์ขนาดจิ๋วในสภาพปลอดเชื้อ (microtuber *in vitro*) และหัวพันธุ์ขนาดเล็ก (minituber) ในสภาพโรงเรือนที่มีการควบคุมโรค (ประเสริฐ และคณะ, 2529)

กระบวนการการสร้างหัวมันฝรั่ง

การสร้างหัวของมันฝรั่งเป็นกลไกเพื่อให้อยู่รอดและเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน กระบวนการสร้างหัวซึ่งเป็นอวัยวะสะสมอาหารของมันฝรั่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของสารควบคุมการเจริญเติบโตและสภาพแวดล้อม ใบมีบทบาทสำคัญในการรับสัญญาณกระตุ้นจากสภาพแวดล้อมและการสังเคราะห์สารควบคุมการเจริญเติบโตภายในพืช (Seabrook et al., 2004; Pérez-Alonso et al., 2007)

กระบวนการสร้างหัวที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของฮอร์โมนพืชแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ 1) การเกิดไหลและการงอกของไหลจากตาข้าง 2) การเจริญเติบโตและแตกกิ่งก้านของไหล 3) การหยุดการเจริญเติบโตของความยาวไหล และ 4) การเกิดหัวและเจริญเติบโตของหัว (Vreugdenhil and Sergeeva, 1999) การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและกระบวนการแบ่งเซลล์และขยายขนาดของเซลล์ของการเกิดหัวในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อนั้นคล้ายกับกระบวนการช่วงแรก ๆ ของการเกิดหัวในสภาพธรรมชาติ อย่างไรก็ตามหัวที่เกิดในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะหยุดการเจริญเติบโตที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.8 เซนติเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กจึงเรียกว่า หัวจิ๋ว (microtuber) ในขณะที่หัวที่เกิดในสภาพธรรมชาติจะขยายใหญ่ขึ้นไปจนถึงขนาดสุดท้าย เป็นผลมาจากมีการแบ่งเซลล์และขยายขนาดของเซลล์บริเวณ perimedullary region ในช่วงท้ายของการเจริญเติบโตของหัว ซึ่งขาดไปในหัวที่ชักนำให้เกิดขึ้นในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Xu et al., 1998)

จิบเบอเรลลินเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีอิทธิพลในทุกระยะของกระบวนการสร้างหัว (Xu et al., 1988; Vreugdenhil and Sergeeva, 1999) จิบเบอเรลลินระดับที่สูงจะกระตุ้นการเกิดไหลและการเจริญเติบโตของไหล หลังจากนั้นระดับของจิบเบอเรลลินควรลดต่ำลงเพื่อทำให้เกิดหัว นอกจากนี้ฮอร์โมนพืชชนิดอื่น ๆ ยังมีส่วนควบคุมกระบวนการพัฒนาของหัวด้วย ในการเกิดไหลและการยืดยาวของไหลระดับไซโตไคนินที่ต่ำเป็นสิ่งจำเป็น ในขณะที่การสร้างหัวเกิดขึ้นได้เมื่อมีสัดส่วนของจิบเบอเรลลินต่อเอทิลีนที่ต่ำ และหากยังคงรักษาระดับต่ำไปเช่นนี้ในขณะที่มีระดับไซโตไคนินสูงขึ้นพร้อมทั้งมีการเคลื่อนย้ายของ jasmonic acid ออกจากใบ (van den Berg and Ewing, 1991) jasmonic acid เป็นกุญแจสำคัญที่ควบคุมการสร้างหัวและเจริญเติบโตของหัวนอกเหนือจากตัวควบคุมหลักคือจิบเบอเรลลินนั่นเอง (Pruski et al., 2003; Cenzano et al., 2007)

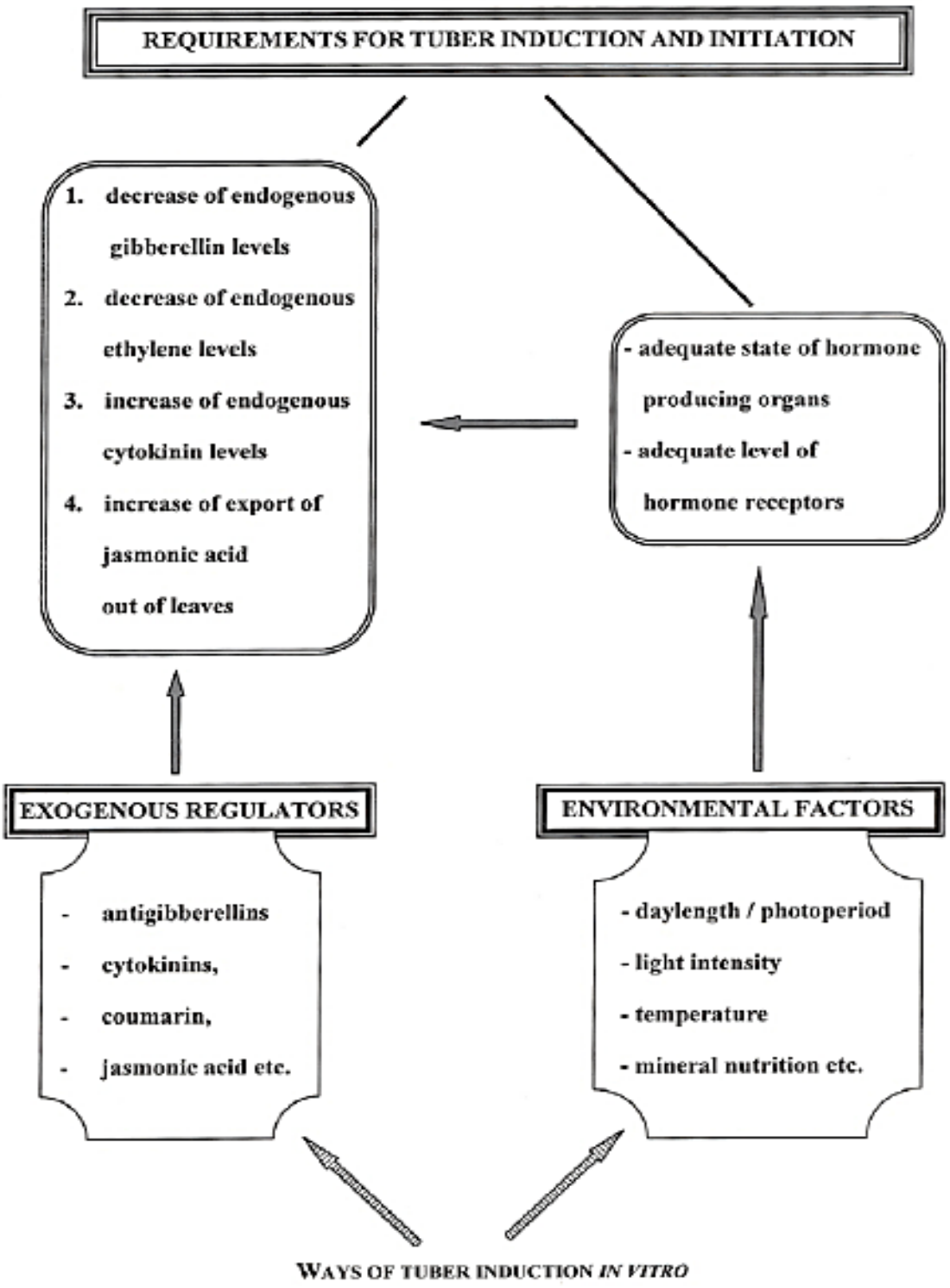
แสงเป็นปัจจัยสภาพแวดล้อมที่สำคัญที่สุดในการกระตุ้นการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา และการสร้างหัวในมันฝรั่ง ซึ่งได้แก่ ความยาววัน ความเข้มของแสง ความยาวคลื่น

แสง และอื่น ๆ (Seabrook, 2005) ปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิและธาตุอาหารไนโตรเจนมีส่วนควบคุมกระบวนการพัฒนาของมันฝรั่งเช่นกัน

กลไกการสร้างหัวและการเจริญเติบโตของหัวมันฝรั่งที่ถูกควบคุมโดยฮอร์โมนพืชและปัจจัยสภาพแวดล้อม รวมทั้งแนวทางในการชักนำให้เกิดหัวในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แสดงดังภาพที่ 3 ซึ่งมี 2 แนวทางที่เป็นไปได้ คือ 1) การเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตลงในอาหารเพาะเลี้ยง และ 2) การปรับปัจจัยสภาพแวดล้อม เช่น ความยาววันและความเข้มแสง เพื่อปรับสมดุลฮอร์โมนของต้นเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อทำให้เกิดการสร้างหัว โดยสามารถใช้แนวทางใดแนวทางหนึ่ง หรือทั้ง 2 แนวทางร่วมกัน (Dobránszki et al., 2008)

งานวิจัยส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงมุ่งเน้นในการทดสอบผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดต่าง ๆ เช่น ออกซิน (Mangat et al., 1984) สารต้านจิบเบอเรลลิน (Tovar, 1985; Harvey et al., 1991; Hussain et al., 2006) ไซโตไคนิน (Wang and Hu, 1982; Veramendi et al., 2000), coumarin (Stallknecht and Farnsworth, 1982) และ jasmonic acid (Pelacho and Mingo-Castel, 1991; Pruski et al., 2002) อย่างไรก็ตามมักพบว่ามีการสร้างหัวจิ๋วไม่เกิน 1 หัวต่อชิ้นส่วนพืช จากการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตภายนอกเสริมเข้าไป ยกเว้นการให้ jasmanic acid ในการเพาะเลี้ยงไหลมันฝรั่งจะสามารถเกิดหัวจิ๋วได้ถึง 100% (Pelacho and Mingo-Castel, 1991)

นอกจากนี้ยังมีหลายงานวิจัยที่ศึกษาผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อการสร้างหัวในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ได้แก่ สภาพแสง (Pelacho and Mingo-Castel, 1991; Seabrook et al., 1993) และอุณหภูมิ (Nowak and Colborne, 1989; Harvey et al., 1992) อย่างไรก็ตามงานวิจัยเหล่านี้ทดสอบผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมดังกล่าวในสภาวะที่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตในอาหารเพาะเลี้ยงด้วย ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าปัจจัยสภาพแวดล้อมช่วยเสริมปัจจัยหลักคือสารควบคุมการเจริญเติบโตในการควบคุมการเกิดหัว (Dobránszki et al., 2008)



ภาพที่ 3 การควบคุมการสร้างหัวของมันฝรั่งโดยฮอร์โมนพืชและแนวทางที่เป็นไปได้ในการชักนำการสร้างหัวจิ๋วในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ที่มา: (Dobránszki et al., 2008)

รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ในการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันฝรั่งให้เกิดการสร้างหัวจิ๋วเพื่อการขยายพันธุ์ มีปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการชักนำการสร้างหัวจิ๋ว เช่น สารควบคุมการเจริญเติบโต น้ำตาลหรือแหล่งคาร์บอน ธาตุอาหาร กรดอินทรีย์ สภาพแสง อุณหภูมิ เป็นต้น ดังรายงานการศึกษาวิจัยต่อไปนี้

ณรงค์ (2534) ได้ศึกษาการผลิตหัวจิ๋วมันฝรั่งสายพันธุ์ Spunta, DTO-33, P-3, DTO-2 และ LT-2 โดยการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อในอาหารสูตร ½ MS พบว่ามันฝรั่งสายพันธุ์ Spunta, P-3 และ DTO-2 มีการสร้างหัวจิ๋วได้สูงถึง 100% ในอาหารที่เติมน้ำตาลซูโครส 8% ร่วมกับ kinetin ความเข้มข้น 2 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเพาะเลี้ยงในสภาวะมืด ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 21 องศาเซลเซียส สามารถเก็บเกี่ยวหัวจิ๋วได้หลังจากการเพาะเลี้ยงนานกว่า 90 วัน และยังได้มีการศึกษาวิธีการเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งขนาดจิ๋ว สายพันธุ์ Spunta, P-3, DTO-2 และ LT-2 ในสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1-5, 21-25 และ 30-35 องศาเซลเซียส ในสภาพมืด พบว่า การเก็บรักษาหัวจิ๋วมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 1-5 องศาเซลเซียส ทำให้หัวจิ๋วมันฝรั่งมีความยาวของต้นอ่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด และน้ำหนักของหัวจิ๋วมันฝรั่งลดลงน้อยที่สุด

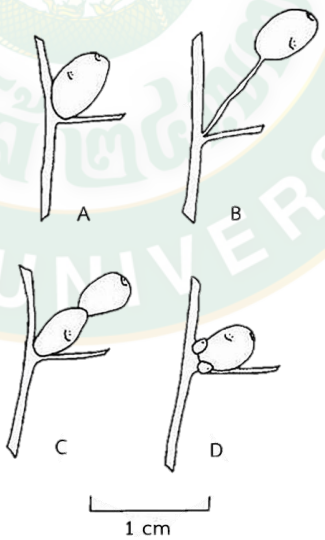
Teixeira and Pinto (1991) ศึกษาการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งสายพันธุ์ Bintje โดยเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนโตรเจนและ BA ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า มีการพัฒนาของหัวพันธุ์มันฝรั่งเมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 30 วัน ที่อุณหภูมิ 26-27 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาพมืด โดยมีจำนวนหัวจิ๋วและน้ำหนักสดหัวจิ๋วมากที่สุดในอาหารที่เติม BA ร่วมกับน้ำตาลซูโครส 6%

Harvey et al. (1991) ศึกษาวิจัยการผลิตหัวจิ๋วมันฝรั่ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Arran Banner, Cara และ Spunta โดยเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ดัดแปลง 4 สูตร โดยมีการเติมสารชะลอการเจริญเติบโต ได้แก่ ancymidol, chlormequet, daminozide และ paclobutrazol พบว่าในอาหารที่เติม ancymidol และ paclobutrazol ส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตของหัวจิ๋วในมันฝรั่งสายพันธุ์ Arran Banner, Cara และ Spunta ในทุกระดับความเข้มข้น และการใช้ ancymidol และ paclobutrazol ที่ความเข้มข้น 10^{-5} โมลาร์ มีผลยับยั้งการแตกหน่อที่เร็วกว่าปกติของหัวจิ๋วที่เพาะเลี้ยง และมีอัตราการสร้างหัวจิ๋วเพิ่มขึ้นโดยไม่ส่งผลให้น้ำหนักหัวลดลง

Harvey et al., (1992) ศึกษาการชักนำให้เกิดหัวจิ๋วมันฝรั่งภายใต้การเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ได้แก่ 20 และ 26 องศาเซลเซียส บนอาหารสูตร MS ที่เติม BA 140 ไมโครกรัมต่อลิตร และน้ำตาล 80 กรัม โดยทดลองกับมันฝรั่ง 3 สายพันธุ์ คือ Arran Banner, Cara และ Spunta พบว่า การเพาะเลี้ยงมันฝรั่งภายใต้อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทั้ง 3 สายพันธุ์ เกิดการสร้างหัวจิ๋วได้มากกว่า 70% แต่ในการเพาะเลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เกิดการสร้างหัวจิ๋วเพียง 50% และเมื่อเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ แล้วย้ายไปยังอุณหภูมิ 20

องศาเซลเซียส พบว่า มันฝรั่งทั้ง 3 สายพันธุ์ มีน้ำหนักของหัวจิ๋วแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักหัวจิ๋วสูงที่สุด คือ Arran Banner (60.4 มิลลิกรัม) รองลงมา คือ Cara (36.2 มิลลิกรัม) และ Spunta (29.8 มิลลิกรัม) ตามลำดับ ส่วนมันฝรั่งที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติมสารชะลอการเจริญเติบโต paclobutrazol 0 หรือ 10^{-5} โมลาร์ ในมันฝรั่งสายพันธุ์ Arran Banner และ Spunta ที่เพาะเลี้ยงที่ภายใต้อุณหภูมิ 20 และ 26 องศาเซลเซียส พบว่าสายพันธุ์ Spunta ที่เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 20 และ 26 องศาเซลเซียส มีอัตราการสร้างหัวจิ๋วสูงถึง 100% และสายพันธุ์ Arran Banner มีอัตราการสร้างหัวจิ๋วสูงเช่นกัน (90%) น้ำหนักหัวจิ๋วของทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่เพาะเลี้ยงในอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส คือ 18.1 มิลลิกรัม

Seabrook et al. (1993) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของช่วงแสงต่อการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่าความยาวของวันมีอิทธิพลต่อลักษณะของการสร้างหัวจิ๋ว ซึ่งจำแนกได้ 4 ประเภท ได้แก่ ประเภท A คือ หัวเดี่ยวเกิดจากตาข้างบริเวณส่วนข้อติดกับฐานก้านใบ ซึ่งเป็นลักษณะหัวที่ต้องการ (ภาพที่ 1A) ประเภท B คือ หัวที่เกิดบนปลายไหลที่ยืดยาวออกมาจากตาข้าง (ภาพที่ 1B) ประเภท C คือ หัวที่เกิดหัวลำดับที่ 2 เจริญเติบโตจากหัวลำดับแรก (ภาพที่ 1C) และประเภท D คือ หัวเดี่ยวที่มีหัวเล็ก ๆ เกิดขึ้นทั้งส่วนหัวและส่วนท้ายของหัวแรก (ภาพที่ 1D) ในขณะที่ต้นพืชที่เพาะเลี้ยงในช่วงวันยาวและนำมาชักนำหัวในช่วงวันสั้นให้ผลผลิต จำนวนหัว และขนาดหัวดีกว่าช่วงความยาววันอื่น โดยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วในประเภท A สูงที่สุด



ภาพที่ 4 ลักษณะหัวจิ๋วมันฝรั่ง 4 ประเภทที่เกิดขึ้นในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ได้แก่ หัวเดี่ยวเกิดจากตาข้างบริเวณส่วนข้อติดกับฐานก้านใบ (A), หัวที่เกิดบนปลายไหลที่ยืดยาวออกมาจากตาข้าง (B), หัวที่เกิดหัวลำดับที่ 2 เจริญเติบโตจากหัวลำดับแรก (C) และหัวเดี่ยวที่มีหัวเล็ก ๆ เกิดขึ้นทั้งส่วนหัวและส่วนท้ายของหัวแรก (D)

ที่มา: (Seabrook et al., 1993)

Gopal et al. (1997) พบว่า การใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้นสูง 6-8% ส่งเสริมให้เกิดหัวพันธุ์ขนาดจิ๋วเป็นจำนวนมาก มีงานวิจัยศึกษาการชักนำให้เกิดหัวจิ๋วมันฝรั่งโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อภายใต้สภาวะการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน พบว่า การเพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะการให้แสง 10 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 18-20 องศาเซลเซียส ให้ผลผลิตหัวจิ๋วสูงที่สุด คือ 2 หัวต่อต้น และมีน้ำหนักของหัวจิ๋วรวม 225 มิลลิกรัม และเมื่อเพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะดังกล่าวในอาหารที่มี BAP พบว่า หัวจิ๋วจะมีน้ำหนักรวมเพิ่มขึ้นจาก 255 เป็น 645 มิลลิกรัมต่อต้น โดยมีน้ำหนักเฉลี่ย 364 มิลลิกรัมต่อหัว รวมถึงได้ศึกษาการเก็บรักษาหัวจิ๋วมันฝรั่ง พบว่าหัวจิ๋วที่เก็บรักษาในที่มีแสงจะมีช่วงการพักตัวยาวกว่าหัวจิ๋วที่เก็บรักษาในที่มืด โดยเฉพาะหัวที่พัฒนาจากอาหารที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสสูงร่วมกับ BAP ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเก็บรักษาในที่มีแสงที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียส ได้นานถึง 12 เดือน

Vreugdenhil et al. (1998) ได้เพาะเลี้ยงชิ้นส่วนมันฝรั่งในสภาพปลอดเชื้อ โดยเปรียบเทียบการสร้างหัวจิ๋วและการสร้างยอดของมันฝรั่งสายพันธุ์ Bintje พบว่า ตาข้างสามารถพัฒนาไปเป็นหัวจิ๋วได้ในชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติมน้ำตาล 8% ส่วนการพัฒนาไปเป็นยอดเกิดขึ้นในชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติมน้ำตาล 1% และยังมีการพัฒนาของตาข้างไปเป็นไหลในอาหารสูตรที่มีน้ำตาล 8% ร่วมกับ GA 0.5 ไมโครโมลาร์ กระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้งเกิดจากผลของระดับน้ำตาล แป้ง และเอนไซม์ภายในพืช เนื่องจากระยะการพัฒนาที่แตกต่างกัน ระดับของน้ำตาลและกิจกรรมของเอนไซม์มีการเปลี่ยนแปลงในส่วนที่มีการสร้างหัวจิ๋ว พบว่ามีการลดลงของน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตส เนื่องจากมีการสะสมแป้งในบริเวณดังกล่าว โดยเอนไซม์ sucrose synthase, frucktokinase และ ADP-glucose pyrophosphorylase มีกิจกรรมสูงสุดในระยะการชักนำให้เกิดหัวจิ๋ว

Xu et al. (1998) ศึกษาอิทธิพลของ GAs, ABA และน้ำตาลซูโครสต่อการควบคุมการสร้างหัวจิ๋วในมันฝรั่งสายพันธุ์ Bintje ที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ ซึ่งพบการสร้างหัวแรกหลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 5 วัน ในต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรที่มีน้ำตาล 8% และหลังจากการเพาะเลี้ยงในระยะ 10 วัน ของอาหารเพาะเลี้ยงสูตรที่เติมน้ำตาล 6 และ 8% มีการสร้างหัวจิ๋วเกิดขึ้น 100% มีจำนวนหัวจิ๋วต่อต้น และน้ำหนักหัวจิ๋วที่สูงกว่าอาหารสูตรอื่น อาหารที่เติม GAs 0.5 ไมโครโมลาร์ มีผลต่อการขยายตัวของไหล แต่มีการสร้างหัวจิ๋วน้อยที่สุด และอาหารที่เติม ABA 3.8 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำการสร้างหัวแรกในวันที่ 4 หลังจากการเพาะเลี้ยง ซึ่งเร็วกว่าอาหารที่ไม่เติม ABA 1 วัน โดยพบว่า ระดับของ ABA จะสูงเมื่อตาอยู่ในระยะพักตัวและจะลดลงเมื่อตามีการพัฒนา ซึ่ง ABA มีผลยับยั้งอิทธิพลของ GAs ทำให้ไหลลดการขยายตัว เช่นเดียวกับ IAA และ BA

Dobránzki et al. (1999) ศึกษาอิทธิพลของแสงและพันธุกรรมต่อการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยใช้ต้นมันฝรั่งที่เพาะเลี้ยงภายใต้การให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน ที่ความเข้มแสง 111 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที เป็นเวลา 4 สัปดาห์ นำไปชักนำให้เกิดหัวจิ๋วโดยเพาะเลี้ยงในสภาพมีแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน และภายใต้สภาพมืด พบว่าการเพาะเลี้ยงภายใต้สภาพมืดสามารถชักนำให้เกิดหัวแรกเร็วที่สุด ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ การเกิดหัวจิ๋วจะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 ส่วนการเพาะเลี้ยงในสภาพมีแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน พบว่าการเกิดหัวจิ๋วเพิ่มขึ้นในสัปดาห์แรก ขนาดของหัวจิ๋วทั้งสองสภาพแสง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 2 มิลลิเมตร โดยมีจำนวนหัวจิ๋วเฉลี่ยอยู่ที่ 1.20-1.52 หัวต่อต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุกรรมของแต่ละสายพันธุ์

Le (1999) นำชิ้นส่วนข้อมันฝรั่ง 11 สายพันธุ์ คือ Agria, Bintje, Charlotte, Emtestolz, Eba, Hemes, Hertha, Nicola, Panda, Sirtema และ Urgenta มาศึกษาการผลิตหัวจิ๋วในสภาพปลอดเชื้อ โดยเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่เติมน้ำตาลแซคคาโรสที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่า มีการสร้างหัวจิ๋วได้รวดเร็วในสภาพวันสั้น ในอาหารที่มีน้ำตาลแซคคาโรส 8% และในอาหารที่มีน้ำตาลแซคคาโรส 8% ร่วมกับ BA 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า มีการชักนำให้เกิดหัวจิ๋วได้ดีกว่าการเพาะเลี้ยงในสภาพวันสั้น และมีน้ำหนักหัวจิ๋วสูงกว่าอาหารที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดอื่น ๆ

Pelacho et al. (1999) นำชิ้นส่วนข้อเดี่ยวมันฝรั่งมาชักนำให้เกิดหัวจิ๋วในอาหารสูตร MS ที่เติมน้ำตาลซูโครส 6% โดยเติมกรดอินทรีย์ 3 ชนิด คือ acetic acid, propionic acid และ ascorbic acid 6 มิลลิโมลาร์ โดยมีระยะเวลาการให้แสงที่แตกต่างกัน คือ 0, 8 และ 16 ชั่วโมง พบว่า มีการสร้างหัวจิ๋วในอาหารที่มีการเติมกรดอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด ในทุกระยะเวลาการให้แสง ซึ่งดีกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารปกติที่ไม่มีการเติมกรดอินทรีย์ จึงกล่าวได้ว่า สามารถใช้กรดอินทรีย์แทนการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในอาหารเพาะเลี้ยงเพื่อกระตุ้นการสร้างหัวจิ๋วได้

Ali and Esmail (2010) ศึกษาการให้แสงสีต่าง ๆ ประกอบด้วย สีขาว สีน้ำเงิน สีเขียว สีเหลือง และสีแดง รวมทั้งสภาพมืด เพื่อทดสอบผลกระทบของแสงสีเหล่านี้ต่อการกระตุ้นให้เกิดการสร้างหัวจิ๋วและการพัฒนาของหัวจากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อเดี่ยวมันฝรั่ง 10 สายพันธุ์ โดยใช้อาหารแข็งสูตร MS ที่เติมซูโครส 6% พบว่า สภาพมืดและแสงสีเขียวสามารถกระตุ้นให้เกิดหัวจิ๋วสูงที่สุด 70% และ 60% ตามลำดับ แสงสีขาว สีฟ้า และสีแดง กระตุ้นการเกิดหัวจิ๋วปานกลางที่ 52% ส่วนแสงสีเหลืองกระตุ้นการเกิดหัวจิ๋วน้อยที่สุดที่ 48% แสงสีเขียวและสีขาวสามารถกระตุ้นให้หัวจิ๋วมีขนาดใหญ่ขึ้น มีน้ำหนักสดเฉลี่ย 137 และ 128 มิลลิกรัมต่อหัว ตามลำดับ แสงสีน้ำเงิน สีเขียวและสีขาวยังกระตุ้นการเกิดหัวจิ๋วที่มีลักษณะปกติมากที่สุดอยู่ระหว่าง 63-65% นอกจากนี้การให้แสงสีต่าง

ๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (pre-treatment) ก่อนย้ายต้นไปเลี้ยงในสภาพมืดเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นและการสร้างหัวจิ๋วในสภาพมืด การให้แสงสีขาวทำให้ต้นมีการเจริญเติบโตดีที่สุดทั้งน้ำหนักสด ความสูงและจำนวนข้อ รวมทั้งส่งผลให้เกิดการสร้างหัวจิ๋วเป็นจำนวนมากที่สุด 3 หัวต่อต้น และมีน้ำหนักสดของหัวจิ๋วมากที่สุด 138 มิลลิกรัมต่อหัว

Pruski et al. (2002) ศึกษาการชักนำให้เกิดหัวจิ๋วในมันฝรั่งสายพันธุ์ Sangre และ Russet Burbank ในสภาพปลอดเชื้อ โดยใช้อาหารสูตร MS ที่เติม jasmonic acid (JA) 2.5 ไมโครโมลาร์ พบว่า ตันมันฝรั่งสายพันธุ์ Sangre ที่ได้รับ JA แล้วนำไปเพาะเลี้ยงต่อในอาหารที่ปราศจากสาร JA ภายใต้สภาพมืด สามารถสร้างหัวแรกได้เร็วกว่าสายพันธุ์ Russet Burbank ประมาณ 1-2 สัปดาห์ สำหรับการเติม JA ในอาหารเหลวและอาหารแข็ง พบว่าต้นมันฝรั่งสายพันธุ์ Sangre ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งในสภาพวันสั้น สามารถเกิดหัวจิ๋วได้ดีกว่าสายพันธุ์ Russet Burbank โดยมีจำนวนหัวจิ๋วเฉลี่ย 24.7 หัวต่อภาชนะ จำนวนหัวจิ๋วเฉลี่ย 1.55 หัวต่อต้น และน้ำหนักหัวจิ๋วเฉลี่ย 0.15 กรัมต่อหัว

Habib et al. (2004) ใช้เทคนิค liquid scintillation counting ในการตรวจสอบมันฝรั่งพันธุ์การค้า 6 สายพันธุ์ คือ Alpha, Bintje, Green Mountain, Kenenbec, Russet Burbank และ Shepody และพันธุ์ป่า 2 สปีชีส์ คือ *S. microdontum* และ *S. kurtzianum* กับความสามารถในการดูดซับ Ca^{2+} ในอาหารเพาะเลี้ยง ซึ่งทดสอบที่ระดับ Ca^{2+} ความเข้มข้นสูง (15 มิลลิโมลาร์) และความเข้มข้นต่ำ (5 มิลลิโมลาร์) พบว่าเมื่อระดับ Ca^{2+} ในอาหารสูตร MS เพิ่มขึ้นจาก 3 มิลลิโมลาร์ไปเป็น 15 มิลลิโมลาร์ จะส่งเสริมให้การเจริญเติบโตดีขึ้นในทุก ๆ ด้าน ซึ่งนำไปสู่การสร้างหัวจิ๋วที่เพิ่มขึ้น 19-31% และในเนื้อเยื่อหัวจิ๋วพบความเข้มของ Ca^{2+} เพิ่มขึ้นถึง 38-226% โดยสายพันธุ์ Bintje มีประสิทธิภาพในการสะสม Ca^{2+} มากที่สุด

Sarkar et al. (2006) ศึกษาผลของ jasmonic acid (JA) และ methyl jasmonate (MeJA) และความสัมพันธ์กับไซโตไคนินต่อการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่ง โดยใช้ชิ้นส่วนข้อเดี่ยวเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ ทดสอบผลของ JA หรือ MeJa ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 0.0, 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 ไมโครโมลาร์ และ BA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 0.0, 22.0 และ 44.0 ไมโครโมลาร์ ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมต่อการสร้างหัวจิ๋ว (อาหารที่ซูโครส 80 กรัมต่อลิตร) ซึ่งพบว่า JA จะมีบทบาทในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของรากในชิ้นส่วนข้อเดี่ยว ในขณะที่ BA มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของรากและต่อต้านผลของ JA ที่กระตุ้นการเจริญเติบโตของรากด้วย นอกจากนี้ BA ยังยับยั้งการเจริญของไหลเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับ JA จะยิ่งทำให้มีผลยับยั้งมากขึ้น JA ไม่มีผลใด ๆ ต่อการสร้างหัวจิ๋วในด้านของจำนวนหัวจิ๋วและดัชนีการเก็บเกี่ยว (อัตราส่วนระหว่างจำนวนผลผลิตหัวจิ๋วและน้ำหนักสดทั้งหมดของหัวจิ๋ว) แต่ค่อนข้างมีผลต่อสายพันธุ์เบาเมื่อในอาหารมี BA 22.0 ไมโครโมลาร์อยู่ด้วย อย่างไรก็ตาม JA มีผลกระตุ้นการเจริญเติบโตของหัวจิ๋วหลังจากที่มีการเกิดหัวจิ๋วแล้วในสายพันธุ์เบา อาจเป็นผลมาจากระดับของจิบเบอเรลลินที่ต่ำภายในเนื้อเยื่อพืช ดังนั้นไซโตไคนินส่งผล

ลบต่อการสร้างหัวและการทำงานของ JA อย่างไรก็ตาม JA สามารถทำให้น้ำหนักแห้งของหัวจิ๋ว รวมทั้งการเพิ่มการสะสมแป้งในหัวจิ๋วให้สูงขึ้นได้ ซึ่งมีผลเฉพาะสายพันธุ์เบา มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างไซโตไคนินกับ JA ต่อการสะสมน้ำตาลรีดิวส์และน้ำตาลทั้งหมดในหัวจิ๋ว จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไซโตไคนินจากแหล่งภายนอกมีฤทธิ์ต่อต้านการทำงานของ JA และความสัมพันธ์ของฮอร์โมนทั้งชนิดนี้มีผลต่อระยะเวลาการแก่ของหัวระหว่างการพัฒนาของหัวจิ๋วในสภาพปลอดเชื้อ

Mokshin et al. (2008) ได้ศึกษาผลของแหล่งคาร์บอนต่อการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในสภาพปลอดเชื้อ โดยใช้มันฝรั่ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Zhukovskij early, Nevskij และ Nikulinskij ทดสอบผลของแหล่งคาร์บอน ได้แก่ ซูโครส กลูโคส ฟรุกโตส ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือและผสมกัน และใช้ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เพื่อเพิ่มการสร้างหัวจิ๋วในชิ้นส่วนข้อเดี่ยวที่นำมาเพาะเลี้ยง พบว่า สายพันธุ์ Zhukovskij early ตอบสนองได้ดีที่สุดในอาหารที่มีซูโครส สายพันธุ์ Nikulinskij ตอบสนองได้ดีที่สุดในอาหารที่มีฟรุกโตส และสายพันธุ์ Nevskij ตอบสนองได้ดีที่สุดในอาหารที่มีกลูโคสหรือซูโครสหรือน้ำตาลสองชนิดร่วมกัน ซึ่งในกรณีเหล่านี้มีเปอร์เซ็นต์การสร้างหัวจิ๋วต่ำสุดที่ 88% นอกจากนี้ยังได้ทดสอบการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวเฉพาะสายพันธุ์ Nikulinskij พบว่าดัชนีการสร้างหัวจิ๋วเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อใช้อาหารกระตุ้นการสร้างไหลที่เติมกลูโคสหรือฟรุกโตส ส่งผลให้มีจำนวนหัวจิ๋วเพิ่มขึ้น หัวจิ๋วมีขนาดใหญ่ขึ้นและน้ำหนักมากขึ้น

การตอบสนองของพืชต่อสภาวะเครียดทางกายภาพ

สภาวะเครียดที่มีสาเหตุเกิดจากทั้งสิ่งไม่มีชีวิตและมีชีวิต (abiotic and biotic stress) เหล่านี้ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช หากสภาวะเครียดนั้นไม่ก่อให้เกิดการตาย (nonlethal stress) แต่ก็จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ชะงักและไม่สม่ำเสมอ พืชจะมีการปรับตัวในกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) บางอย่างเพื่อให้ทนต่อสภาวะนั้น ๆ จนกว่าจะผ่านพ้นสภาวะเครียดนั้นไปได้ สาเหตุความเครียดส่วนใหญ่เกิดจากสิ่งไม่มีชีวิต ได้แก่ อุณหภูมิ แสง น้ำท่วม ความแห้งแล้ง รังสี สารอินทรีย์ การเกิดบาดแผล และความเค็ม เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ซึ่งจะก่อให้เกิด reactive oxygen species (ROS) หลายชนิด ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระ (free radicals) โดยจะมีความสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่าง ๆ ของเซลล์ ทำความเสียหายต่อเซลล์ การเจริญเติบโต พัฒนาการ รวมถึงผลผลิตของพืชลดลง อย่างไรก็ตาม เมื่อเกิด ROS ขึ้นภายในเซลล์ พืชจะมีกระบวนการปรับตัวอยู่รอดในสภาวะเครียดนั้นโดยการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เพื่อลดผลกระทบของความเครียดนั้น ๆ (ธนากร, 2557)

มีรายงานวิจัยที่ศึกษาพบว่า การให้สภาวะเครียดทางกายภาพระดับปานกลางแก่พืชเพาะเลี้ยง ส่งผลกระตุ้นการเจริญเติบโตของอวัยวะสะสมอาหาร เช่น Pumisutapon et al. (2012) ศึกษาผลของสภาวะเครียดระดับปานกลาง ได้แก่ ความร้อน ความเย็น (0 องศาเซลเซียส) การขาดอากาศ ความแห้งแล้ง และความเค็ม ต่อการเจริญเติบโตของหัวชนิดเหง้าใน *Alstroemeria* ในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่า สภาวะเครียดทุกประเภทกระตุ้นการเพิ่มการเจริญเติบโตและการเพิ่มปริมาณเหง้าได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ Pumisutapon and Topoonyanont (2017) ศึกษาผลของการให้ความเครียดระดับปานกลาง ได้แก่ ความเย็น (4 องศาเซลเซียส) ความร้อน การขาดอากาศ และความเค็ม ต่อการสร้างหัวจิ๋วของมันฝรั่งในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่า สภาวะเครียดทุกประเภทส่งผลให้เกิดการสร้างหัวจิ๋วเพิ่มขึ้น โดยการให้ความเย็น (4 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ส่งเสริมสร้างหัวจิ๋วได้ดีที่สุด

เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชด้วยระบบจมชั่วคราว

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนอกจากการใช้อาหารวุ้นแบบดั้งเดิมนั้น ยังมีเทคโนโลยีใหม่ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชด้วยระบบจมชั่วคราว ที่มีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชด้วยอาหารเหลว ซึ่งพืชจะได้สัมผัสอาหารทุกทิศทางแตกต่างจากแบบดั้งเดิมที่สัมผัสอาหารเพียงส่วนรากเท่านั้น ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้พืชได้รับอาหารอย่างเต็มที่ การเจริญเติบโตใช้ระยะเวลาที่สั้นลงและได้ปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งระบบนี้ยังสามารถตั้งระยะเวลาการให้อาหารให้เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดแบบอัตโนมัติได้ จึงช่วยลดต้นทุนในส่วนของแรงงานไปได้อีกด้วย นพมณี และคณะ (2553) ระบบเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชแบบจมชั่วคราวเป็นระบบที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อเพิ่มปริมาณในจำนวนมาก ภาชนะที่บรรจุอาหารและชิ้นส่วนพืชมีทั้งขนาด 24 ออนซ์ ไปจนถึงถังขนาด 20 ลิตร ซึ่งสามารถผลิตพืชในระดับอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันมีการนำมาประยุกต์ใช้กับพืชเศรษฐกิจหลายชนิด (นพมณี และคณะ, 2547)

ปัจจุบันระบบจมชั่วคราวที่ใช้ภาชนะแบบขวดแฝด (twin-flasks) ประสบความสำเร็จในการขยายพันธุ์พืชทางการเกษตรหลายชนิด และยังช่วยในด้านการลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมาก รวมถึงผลผลิตที่เพิ่มขึ้นด้วย หลักการทำงานของระบบขวดแฝดจะมีภาชนะ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ใช้บรรจุชิ้นส่วนพืช และส่วนที่บรรจุอาหารเหลวที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง ซึ่งสามารถส่งถ่ายอาหารเพาะเลี้ยงไปยังส่วนของภาชนะที่บรรจุชิ้นส่วนพืช แล้วแช่ไว้ เมื่อถึงเวลาที่กำหนดอาหารจะถูกส่งกลับมายังภาชนะเดิม ทำให้พืชไม่จมอยู่ในอาหารตลอดเวลา โดยการส่งผ่านอาหารไป-กลับนี้จะใช้แรงดันลมในการผลักดันอาหารไปยังภาชะอีกฝั่ง ซึ่งในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช การให้อาหารพืชโดยการแช่ชั่วคราวเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนพืช อากาศที่เติมเข้าไปในขวดภาชนะนั้นจะผ่านตัวแผ่นกรอง

อากาศ (air filter) จึงทำให้ปลอดเชื้อ (Watt, 2012) การผลิตต้นพืชด้วยระบบจมชั่วคราวสามารถลดการใช้พื้นที่ห้องเพาะเลี้ยงได้ถึง 60-80% (พรศักดิ์, 2550)

สำหรับการศึกษาในประเทศไทย มีการพัฒนาระบบการผลิตต้นพันธุ์ไม้ดอกเศรษฐกิจที่สำคัญ คือ ปทุมมา ซึ่งใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่และจัดหาได้ง่ายภายในประเทศมาดัดแปลง ทำให้ได้ระบบจมชั่วคราวแบบขวดแฝดต้นทุนต่ำและมีราคาถูกกว่าแบบมาตรฐานถึง 3.11 เท่า นอกจากนี้ยังศึกษาการผลิตต้นจิ๋วปทุมมาในระยะเพิ่มปริมาณต้นในภาชนะขนาด 700 มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับระบบอาหารแข็งและอาหารเหลวแบบนิ่ง พบว่า ระบบจมชั่วคราวสามารถเพิ่มจำนวนต้นจิ๋วได้ประมาณ 27 เท่า จากเริ่มต้น ซึ่งมากกว่าระบบอาหารแข็งและอาหารเหลว 10 เท่า (นพมณี และคณะ, 2547)

ในปัจจุบันมีการนำการเพาะเลี้ยงด้วยระบบจมชั่วคราวมาใช้ในการขยายพันธุ์พืชเศรษฐกิจต่าง ๆ เช่น ในกาแฟ Albarran et al. (2005) ศึกษาการเพิ่มปริมาณเอ็มบริโอในภาชนะขนาด 1 ลิตร โดยให้อาหารเหลว ทุก ๆ 4, 12 และ 24 ชั่วโมง นานครั้งละ 1 นาที พบว่า การให้อาหารทุก ๆ 4 ชั่วโมง นานครั้งละ 1 นาที สามารถเพิ่มปริมาณเอ็มบริโอได้มากที่สุด 3,081 เอ็มบริโอ และในมันฝรั่ง Jiménez et al. (1999) มีการใช้ระบบจมชั่วคราวภาชนะขนาด 4 ลิตร และอาหารเหลวสูตร MS ดัดแปลงที่เติมน้ำตาลซูโครส 80 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 3.5 ลิตร เพื่อผลิตหัวจิ๋วในสายพันธุ์ Desiree และ Atlantic พบว่า มันฝรั่งทั้งสองสายพันธุ์เกิดหัวจิ๋ว 2.8-3.1 หัวต่อชิ้นส่วน ขณะที่การเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งเกิดหัวจิ๋วเพียง 1-1.5 หัวต่อชิ้นส่วน

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

พืชทดลอง สารเคมี และอุปกรณ์

1. ต้นมันฝรั่งเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพันธุ์ ‘Atlantic’
2. สารเคมีที่ใช้เตรียมอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ดัดแปลง (ดูภาคผนวก)
3. สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ 6-benzyl adenine (BA)
4. น้ำตาลซูโครส
5. เจลแลนกัม (gellan gum)
6. ขวดแก้วสำหรับเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขนาด 24 ออนซ์
7. อุปกรณ์ระบบจมชั่วคราวแบบขวดแฝดสำหรับชุดภาชนะขนาด 24 ออนซ์ เช่น ตัวกรองอากาศปลอดเชื้อ สายยางซิลิโคน และข้อต่อ
8. เครื่องแก้วสำหรับการตวงวัดสารเคมี ได้แก่ กระบอกตวง บีกเกอร์ และปิเปต
9. เครื่องชั่งสารทศนิยมสองและสี่ตำแหน่ง
10. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
11. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave)
12. ตู้แช่เย็น (refrigerator)
13. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
14. ตู้ถ่ายเนื้อเยื่อ (laminar-air flow cabinet)
15. อุปกรณ์ผ่าตัดเนื้อเยื่อ เช่น ใบมีด ด้ามมีด และปากคีบ

การเตรียมต้นมันฝรั่งในระบบจมชั่วคราวก่อนทำการทดลอง

ในการศึกษาปัจจัยในการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในระบบจมชั่วคราวแบบขวดแฝด ก่อนทำการทดลองจะเตรียมต้นมันฝรั่งให้เจริญเติบโตในระบบจมชั่วคราว โดยนำชิ้นส่วนข้อเดี่ยวมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ดัดแปลงที่เติม BA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระบบจมชั่วคราวที่มีการให้อาหารเหลวทุก ๆ 8 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25$\pm$2 องศาเซลเซียส ให้แสง 14 ชั่วโมงต่อวัน (40 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที) เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ เพื่อให้ได้ต้นสำหรับทำการทดลองต่าง ๆ ต่อไป

การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของความถี่และระยะเวลาการให้อาหารเหลวในระบบจมชั่วคราวต่อการสร้างหัวจิ๋ว

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 อาหารแข็ง

กรรมวิธีที่ 2 ให้อาหารเหลวทุก ๆ 3 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที

กรรมวิธีที่ 3 ให้อาหารเหลวทุก ๆ 3 ชั่วโมง นานครั้งละ 20 นาที

กรรมวิธีที่ 4 ให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที

กรรมวิธีที่ 5 ให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 20 นาที

นำต้นมันฝรั่งที่เพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวเป็นเวลา 3 สัปดาห์ มาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งหรือในระบบจมชั่วคราวที่มีความถี่และระยะเวลาการให้อาหารเหลวต่าง ๆ ตามแผนการทดลอง ใช้อาหารเหลวสูตร MS ดัดแปลงปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เติมซูโครส 90 กรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงในสภาพมืดเป็นเวลา 3 สัปดาห์

แต่ละกรรมวิธีมีจำนวน 5 ซ้ำ (ขวด) ใช้ต้นมันฝรั่งตั้งต้นจำนวน 10 ต้นต่อขวด ใช้อาหารแข็งหรือเหลวปริมาตร 300 มิลลิลิตรต่อขวด สังเกตและบันทึกผล ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสร้างหัว จำนวนหัวจิ๋วต่อต้น เปอร์เซ็นต์หัวขนาดน้ำหนักต่าง ๆ (grading) (แบ่งช่วงน้ำหนักตาม Kämäräinen-Karppinen et al. (2010)) และเปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภทต่าง ๆ (แบ่งประเภทหัวตาม (Seabrook et al. (1993))

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของจำนวนชิ้นส่วนตั้งต้นต่อการสร้างหัวจิ๋ว

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 จำนวนต้นตั้งต้น 10 ต้นต่อภาชนะ

กรรมวิธีที่ 2 จำนวนต้นตั้งต้น 20 ต้นต่อภาชนะ

กรรมวิธีที่ 3 จำนวนต้นตั้งต้น 30 ต้นต่อภาชนะ

นำต้นมันฝรั่งที่เพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวเป็นเวลา 3 สัปดาห์ ดังจำนวนต้นตั้งต้นต่าง ๆ ตามแผนการทดลอง มาเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวที่มีการให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที ใช้อาหารเหลวสูตร MS ดัดแปลงปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เติมซูโครส 90 กรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงในสภาพมืดเป็นเวลา 3 สัปดาห์

จำนวนซ้ำและปริมาตรอาหารเหลวที่ใช้ สังเกตและบันทึกผล เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 3 การศึกษาผลระดับความเข้มข้นซูโครสต่อการสร้างหัวจิ๋ว

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ซูโครส 30 กรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 2 ซูโครส 60 กรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 3 ซูโครส 90 กรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 4 ซูโครส 120 กรัมต่อลิตร

นำต้นมันฝรั่งที่เพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวเป็นเวลา 3 สัปดาห์ มาเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวที่มีการให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที ใช้อาหารเหลวสูตร MS ดัดแปลงปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เติมซูโครสระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ตามแผนการทดลอง เพาะเลี้ยงในสภาพมืดเป็นเวลา 3 สัปดาห์

จำนวนซ้ำ จำนวนต้นตั้งต้น และปริมาตรอาหารเหลวที่ใช้ สังเกตและบันทึกผล เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 4 การศึกษาผลสภาวะเครียดทางกายภาพระดับปานกลางโดยการให้ความเย็นต่อการสร้างหัวจิ๋ว

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ให้ความเย็น

กรรมวิธีที่ 2 ให้ความเย็น 8 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 3 ให้ความเย็น 24 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 4 ให้ความเย็น 72 ชั่วโมง

นำต้นมันฝรั่งที่เพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวเป็นเวลา 3 สัปดาห์ มาเก็บในตู้แช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในสภาพมืดเป็นระยะเวลาต่าง ๆ ตามแผนการทดลอง ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวที่มีการให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที ใช้อาหารเหลวสูตร MS ดัดแปลงปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เติมซูโครส 90 กรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงในสภาพมืดเป็นเวลา 3 สัปดาห์

จำนวนซ้ำ จำนวนต้นตั้งต้น และปริมาตรอาหารเหลวที่ใช้ สังเกตและบันทึกผล เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 5 การศึกษาผลสภาวะเครียดทางกายภาพระดับปานกลางโดยการให้ความร้อนต่อการสร้างหัวจิ๋ว

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ให้ความร้อน

กรรมวิธีที่ 2 ให้ความร้อนอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

กรรมวิธีที่ 3 ให้ความร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

กรรมวิธีที่ 3 ให้ความร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

นำต้นมันฝรั่งที่เพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวเป็นเวลา 3 สัปดาห์ มาให้บ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ ตามแผนการทดลอง เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวที่มีการให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที ใช้อาหารเหลวสูตร MS ดัดแปลงปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เติมซูโครส 90 กรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงในสภาพมืดเป็นเวลา 3 สัปดาห์

จำนวนซ้ำ จำนวนต้นตั้งต้น และปริมาตรอาหารเหลวที่ใช้ สังเกตและบันทึกผล เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 6 การศึกษาผลของระยะเวลาเก็บรักษาต่อการงอกของหัวจิ๋วที่ปลูกในโรงเรือน

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 กรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ได้เก็บรักษา

กรรมวิธีที่ 2 ระยะเวลาเก็บรักษา 1 เดือน

กรรมวิธีที่ 3 ระยะเวลาเก็บรักษา 2 เดือน

กรรมวิธีที่ 4 ระยะเวลาเก็บรักษา 6 เดือน

นำหัวจิ๋วมันฝรั่งขนาดน้ำหนักต่าง ๆ ซึ่งได้จากเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราว มาล้างอาหารเหลวออกให้หมด ฟอกฆ่าเชื้อด้วยเอทานอล 70% นาน 30 วินาที ล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 1-2 ครั้ง ผึ่งให้แห้งบนกระดาษกรองในจานแก้ว 30 นาที (ปฏิบัติภายใต้สภาพปลอดเชื้อในตู้ถ่ายเนื้อเยื่อ) แล้วเก็บในตู้แช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในสภาพมืด เป็นระยะเวลาต่าง ๆ ตามแผนการทดลอง ก่อนนำไปทดสอบปลูกในโรงเรือนให้นำหัวจิ๋วมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที แล้วจึงนำไปปลูกลงถาดเพาะขนาด กว้างxยาวxสูง 36x55x7 เซนติเมตร มีจำนวน 100 หลุมต่อถาด ใช้วัสดุปลูก คือ ดิน:ทราย:พีทมอส อัตราส่วน 1:1:1 ปลูกหัวจิ๋วหลุมละ 1 หัว เก็บในบริเวณที่พ้นแสงในช่วงแรก แล้วย้ายสู่ที่มีแสงมากขึ้นเมื่อต้นงอก หลังปลูกนาน 1 เดือน สังเกตและบันทึกผล ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การงอกของหัว และความสูงต้นที่งอกจากหัว จำนวนใบต่อต้น และน้ำหนักแห้งของต้น

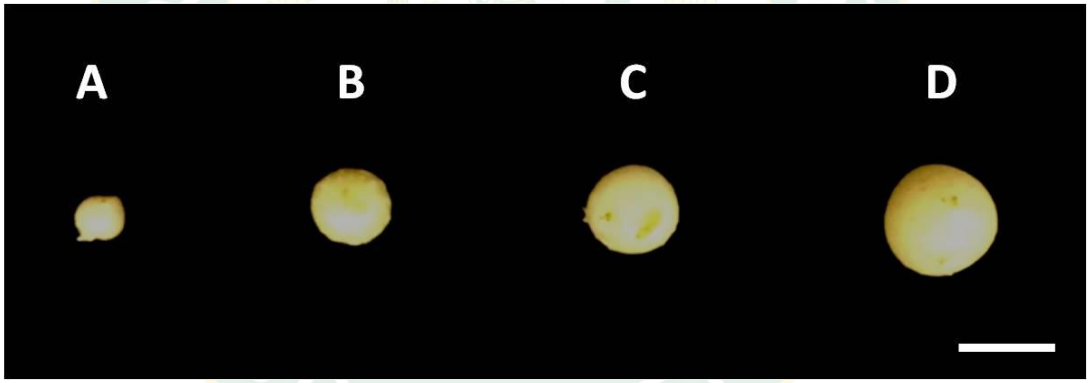
การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการทดลองมาหาค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และ Duncan's Multiple Range Test ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาผลของความถี่และระยะเวลาการให้อาหารเหลวในระบบจมชั่วคราวต่อการสร้างหัวจิ๋ว

ในการนำต้นมันฝรั่งมาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งและในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราว ใช้อาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติมซูโครส 90 กรัมต่อลิตร โดยทดสอบความถี่และระยะเวลาการให้อาหารเหลวต่าง ๆ หลังเพาะเลี้ยงในที่มืดนาน 3 สัปดาห์ พบว่า มีการเกิดหัวจิ๋วทั้งการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งและในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราว โดยหัวจิ๋วที่เกิดขึ้นมีขนาดน้ำหนักต่าง ๆ ได้แก่ <0.20, 0.20-0.49, 0.50-0.99 และ $\geq$1.00 กรัม มีลักษณะค่อนข้างกลม ผิวสีเหลืองอ่อน (ภาพที่ 5 A-D) เกิดขึ้นจากตาข้างบริเวณส่วนข้อติดที่กับฐานก้านใบ หรือเกิดบนปลายไหลที่ยืดยาวออกมาจากตาข้าง



ภาพที่ 5 หัวจิ๋วที่เกิดขึ้นเมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งนาน 3 สัปดาห์ ขนาดน้ำหนัก <0.20, 0.20-0.49, 0.50-0.99 และ $\geq$1.0 กรัม (A, B, C และ D ตามลำดับ) (bar = 1 ซม.)

เปอร์เซ็นต์การสร้างหัวจิ๋วมีความแตกต่างกันตามระบบเพาะเลี้ยง โดยการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งมีเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วเพียง 20% ส่วนการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราวมีเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน คือ 82-90% ซึ่งสูงขึ้นกว่า 4.1-4.5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง การเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวด้วยการให้อาหารเหลวความถี่และระยะเวลาต่าง ๆ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที มีเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วสูงที่สุด 90% นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งมีจำนวนหัวจิ๋วเพียง 1 หัวต่อต้น ในขณะที่การเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราวมีจำนวนหัวจิ๋วเพิ่มสูงขึ้นเป็น 1.41-1.93 หัวต่อต้น ซึ่งการให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที มีจำนวนหัวจิ๋วสูงที่สุด 1.93 หัวต่อต้น ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกรรมวิธีอื่น ๆ (ตารางที่ 1) ดังนั้นจึงใช้สภาวะการให้อาหารเหลวดังกล่าวซึ่งให้ผลดีที่สุดสำหรับเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วและจำนวนหัวจิ๋วในการทดลองอื่น ๆ ต่อไป

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วและจำนวนหัวจิ๋วต่อต้นเมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งบนอาหารแข็งหรือในระบบจมชั่วคราวที่มีสภาวะการให้อาหารเหลวต่าง ๆ นาน 3 สัปดาห์

สภาวะการให้อาหาร	เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋ว (%)	จำนวนหัวจิ๋วต่อต้น
อาหารแข็ง	20.00±8.78 b*	1.00±0.00 c
ให้อาหารเหลวทุก ๆ 3 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที	82.00±5.43 a	1.41±0.11 b
ให้อาหารเหลวทุก ๆ 3 ชั่วโมง นานครั้งละ 20 นาที	84.00±5.18 a	1.55±0.12 b
ให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที	90.00±4.24 a	1.93±0.12 a
ให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 20 นาที	82.00±5.43 a	1.46±0.10 b

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ในการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งหัวจิ๋วที่เกิดขึ้นมีขนาดน้ำหนัก <0.20 กรัม สูงถึง 100% ซึ่งเป็นขนาดหัวจิ๋วที่เล็กที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ ส่วนการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราวมีเปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก <0.20 กรัม ลดลงอย่างชัดเจน คือ 22.72-42.11% และยังเกิดหัวจิ๋วขนาดน้ำหนักมากขึ้นเพิ่มสูงขึ้น โดยมีเปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดปานกลางน้ำหนัก 0.20-0.49 และ 0.50-0.99 กรัม มากที่สุด 40.91 และ 31.82% ตามลำดับ เมื่อให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที และมีเปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดใหญ่ที่สุดน้ำหนัก ≥1.00 กรัม มากที่สุด 10.00% เมื่อให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 20 นาที (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ เมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งบนอาหารแข็งหรือในระบบจมชั่วคราวที่มีสภาวะการให้อาหารเหลวต่าง ๆ นาน 3 สัปดาห์

สภาวะการให้อาหาร	**เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ (%)**			
	<0.20 กรัม	**0.20-0.49 กรัม**	**0.50-0.99 กรัม**	**≥1.00 กรัม**
อาหารแข็ง	100.00±0.00 a*	0 b	0 b	0 b
ให้อาหารเหลวทุก ๆ 3 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที	42.11±11.14 b	31.58±10.66 ab	21.05±9.35 ab	5.26±5.12 a
ให้อาหารเหลวทุก ๆ 3 ชั่วโมง นานครั้งละ 20 นาที	40.00±10.95 b	30.00±10.25 ab	25.00±9.68 ab	5.00±4.87 a
ให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที	22.72±8.93 b	40.91±10.48 a	31.82±9.93 a	4.55±4.44 a
ให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 20 นาที	25.00±9.68 b	40.00±10.95 a	25.00±9.68 ab	10.00±6.71 a

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

หัวจิ๋วที่เกิดขึ้นจากการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งส่วนใหญ่เป็นหัวประเภท A รองลงมาเป็นหัวประเภท B คือ 86.67 และ 13.33% ตามลำดับ แต่ไม่เกิดหัวประเภท C และ D ส่วนหัวจิ๋วที่เกิดขึ้นจากการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราวเป็นหัวจิ๋วประเภท A มากกว่าหัวประเภทอื่น ๆ เช่นเดียวกัน คือ 75.00-86.67% รองลงมาเป็นหัวจิ๋วประเภท B, C และ D ตามลำดับ คือ 4.76-13.33, 4.55-10.00 และ 4.55-5.00% ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภทต่าง ๆ เมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งบนอาหารแข็งหรือในระบบจมชั่วคราวที่มีสภาวะการให้อาหารเหลวต่าง ๆ นาน 3 สัปดาห์

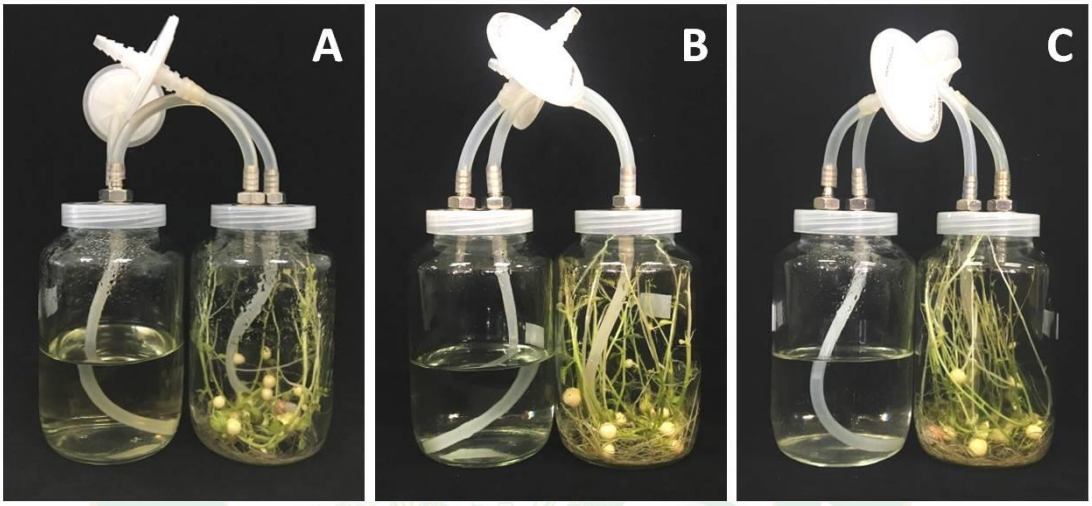
สภาวะการให้อาหาร	เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภทต่าง ๆ (%)			
	A*	B	C	D
อาหารแข็ง	86.67±8.78 a**	13.33±8.78 a	0 b	0 b
ให้อาหารเหลวทุก ๆ 3 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที	80.00±8.94 a	10.00±6.71 a	5.00±4.87 a	5.00±4.87 a
ให้อาหารเหลวทุก ๆ 3 ชั่วโมง นานครั้งละ 20 นาที	80.96±8.57 a	4.76±4.65 a	9.52±6.41 a	4.76±4.65 a
ให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที	81.82±8.22 a	9.08±6.13 a	4.55±4.44 a	4.55±4.44 a
ให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 20 นาที	75.00±8.94 a	10.00±6.71 a	10.00±6.71 a	5.00±4.87 a

*ประเภทหัวจิ๋วมันฝรั่ง ประเภท A หัวเดี่ยวเกิดจากตาข้างบริเวณส่วนข้อติดกับฐานก้านใบ; ประเภท B หัวที่เกิดบนปลายไหลที่ยืดยาวออกมาจากตาข้าง; ประเภท C หัวที่เกิดหัวลำดับที่ 2 เจริญเติบโตจากหัวลำดับแรก; ประเภท D หัวเดี่ยวที่มีหัวเล็ก ๆ เกิดขึ้นทั้งส่วนหัวและส่วนท้ายของหัวแรก

**เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาผลของจำนวนชิ้นส่วนตั้งต้นต่อการสร้างหัวจิ๋ว

จากการนำต้นมันฝรั่งมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราว ใช้อาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติมซูโครส 90 กรัมต่อลิตร ให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที โดยเปรียบเทียบจำนวนต้นมันฝรั่งตั้งต้น 10, 20 และ 30 ต้นต่อภาชนะ หลังเพาะเลี้ยงในที่มืดนาน 3 สัปดาห์ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีการเกิดหัวจิ๋ว แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การเกิดหัวจิ๋วเมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งจำนวน 10, 20 และ 30 ต้น (A, B และ C ตามลำดับ) ในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์

การใช้จำนวนต้นตั้งต้น 10 ต้นต่อภาชนะ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วมากที่สุด 90.00% ซึ่งใกล้เคียงและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการใช้จำนวนต้นตั้งต้น 20 ต้นต่อภาชนะ คือ 86.25% ส่วนการใช้จำนวนต้นตั้งต้นมากที่สุด คือ 30 ต้นต่อภาชนะ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วต่ำที่สุด คือ 75.00% ซึ่งแตกต่างกันทางสถิตจากการใช้จำนวนต้นตั้งต้น 10 ต้นต่อภาชนะ ในขณะที่จำนวนหัวจิ๋วต่อต้นในแต่ละกรรมวิธีใกล้เคียงกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 1.70-1.93 หัวต่อต้น นอกจากนี้การใช้จำนวนต้นตั้งต้น 20 และ 30 ต้นต่อภาชนะ มีจำนวนหัวจิ๋วต่อภาชนะสูงใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 28.4 และ 30.6 หัวต่อภาชนะตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการใช้จำนวนต้นตั้งต้น 10 ต้นต่อภาชนะ ซึ่งมีจำนวนหัวจิ๋วน้อยกว่า คือ 17.8 หัวต่อภาชนะ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋ว จำนวนหัวจิ๋วต่อต้น และจำนวนหัวจิ๋วต่อภาชนะ เมื่อใช้จำนวนต้นมันฝรั่งตั้งต้นแตกต่างกันเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์

จำนวนต้นตั้งต้น	เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋ว (%)	จำนวนหัวจิ๋วต่อต้น	จำนวนหัวจิ๋วต่อภาชนะ
10 ต้น	90.00±4.24 a*	1.93±0.12 a	17.8±.1.2 b
20 ต้น	86.25±3.85 ab	1.74±0.09 a	28.4±1.6 a
30 ต้น	75.00±3.54 b	1.70±0.09 a	30.6±1.2 a

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดเล็กน้ำหนัก <0.20 กรัม มากที่สุดเมื่อใช้จำนวนต้นตั้งต้น 30 ต้นต่อภาชนะ คือ 48.15% ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการใช้จำนวนต้นตั้งต้น 10 และ 20 ต้น คือ 22.72 และ 24.00% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดใหญ่ขึ้นน้ำหนัก 0.20-0.49, 0.50-0.99 และ ≥1.00 กรัม เมื่อใช้จำนวนต้นตั้งต้นต่าง ๆ มีความใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 37.04-44.00, 11.11-31.82 และ 3.7-4.55% ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ เมื่อใช้จำนวนต้นมันฝรั่งตั้งต้นแตกต่างกันเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์

จำนวนต้นตั้งต้น	เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ (%)			
	<0.20 กรัม	**0.20-0.49 กรัม**	**0.50-0.99 กรัม**	**≥1.00 กรัม**
10 ต้น	22.72±8.93 a*	40.91±10.48 a	31.82±9.93 a	4.55±4.44 a
20 ต้น	24.00±8.54 a	44.00±9.93 a	28.00±8.96 a	4.00±3.92 a
30 ต้น	48.15±9.62 a	37.04±9.24 a	11.11±6.06 a	3.70±3.63 a

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่แตกต่างกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

หัวจิ๋วที่เกิดขึ้นจากการใช้จำนวนต้นตั้งต้นแตกต่างกันส่วนใหญ่เป็นหัวจิ๋วประเภท A คือ 81.82-84.00% รองลงมาเป็นหัวจิ๋วประเภท B คือ 7.41-9.08% และพบหัวจิ๋วประเภท C และ D น้อยที่สุดใกล้เคียงกัน คือ 3.70-4.5 และ 4.00-7.41% ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภทต่าง ๆ เมื่อใช้จำนวนต้นมันฝรั่งตั้งต้นแตกต่างกันเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์

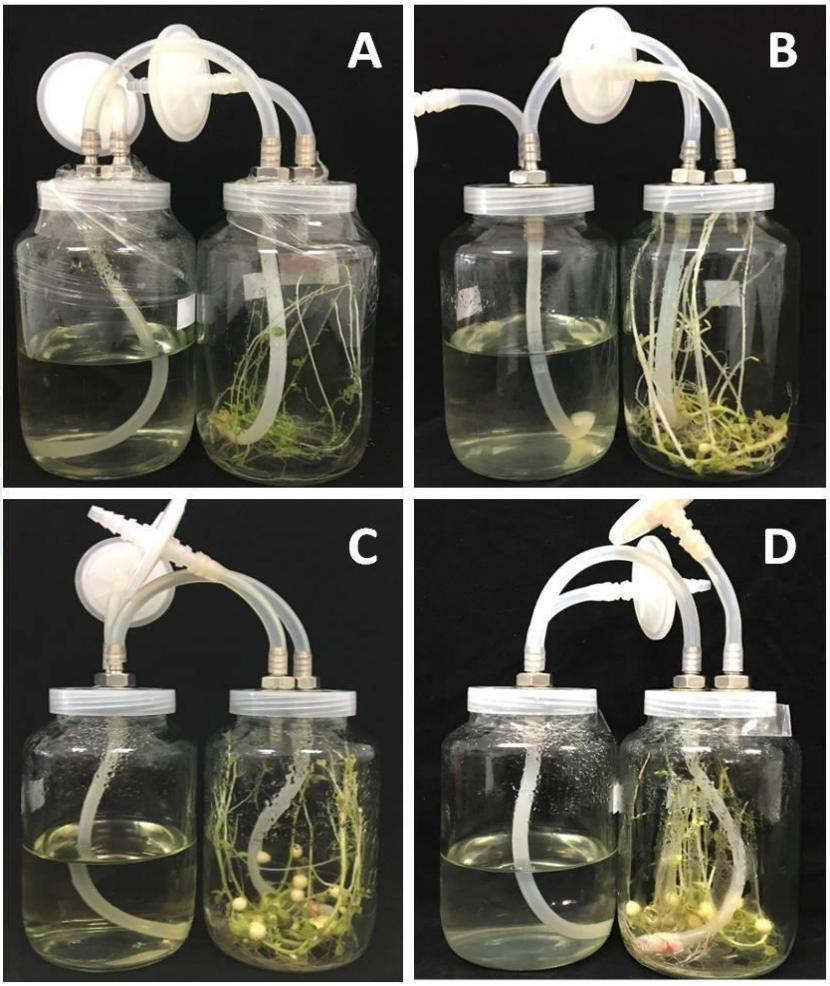
จำนวนต้นตั้งต้น	เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภทต่าง ๆ (%)			
	A*	B	C	D
10 ต้น	81.82±8.22 a**	9.08±6.13 a	4.55±4.44 a	4.55±4.44 a
20 ต้น	84.00±7.33 a	8.00±5.43 a	4.00±3.92 a	4.00±3.92 a
30 ต้น	81.48±7.48 a	7.41±5.04 a	3.70±3.63 a	7.41±5.04 a

*ประเภทหัวจิ๋วมันฝรั่ง ประเภท A หัวเดี่ยวเกิดจากตาข้างบริเวณส่วนข้อติดกับฐานก้านใบ; ประเภท B หัวที่เกิดบนปลายไหลที่ยืดยาวออกมาจากตาข้าง; ประเภท C หัวที่เกิดหัวลำดับที่ 2 เจริญเติบโตจากหัวลำดับแรก; ประเภท D หัวเดี่ยวที่มีหัวเล็ก ๆ เกิดขึ้นทั้งส่วนหัวและส่วนท้ายของหัวแรก

**เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองที่ 3 การศึกษาผลระดับความเข้มข้นซูโครสต่อการสร้างหัวจิ๋ว

จากการนำต้นมันฝรั่งมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราว ใช้อาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติมซูโครสระดับความเข้มข้น 30, 60, 90 และ 120 กรัมต่อลิตร ให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที หลังเพาะเลี้ยงในที่มืดนาน 3 สัปดาห์ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีการเกิดหัวจิ๋ว ยกเว้นการใช้ซูโครสความเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร ซึ่งมีเพียงการเจริญเติบโตของต้นเท่านั้น แต่ไม่มีการสร้างหัวจิ๋ว แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การเกิดหัวจิ๋วเมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งในอาหารเหลวที่เติมซูโครส
30, 60, 90 และ 120 กรัมต่อลิตร (A, B, C และ D ตามลำดับ) ในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์

การใช้ซูโครสความเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร ไม่พบการเกิดหัวจิ๋ว แต่มีการเกิดหัวจิ๋วเมื่อใช้ซูโครสระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น โดยการใช้ซูโครสความเข้มข้นสูง 90 และ 120 กรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วสูงใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 90.00 และ 91.67% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีจำนวนหัวจิ๋วสูงใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย คือ 1.93 และ 1.95 หัวจิ๋วต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการใช้ซูโครสความเข้มข้น 60 กรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วและจำนวนหัวจิ๋วต่อต้นลดลง คือ 44.90% และ 1.33 หัวต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วและจำนวนหัวจิ๋วต่อต้นเมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งในอาหารเหลวที่เติมซูโครสระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์

ระดับความเข้มข้นซูโครส	เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋ว (%)	จำนวนหัวจิ๋วต่อต้น
30 กรัมต่อลิตร	0 c*	-
60 กรัมต่อลิตร	44.90±7.11 b	1.33±0.20 b
90 กรัมต่อลิตร	90.00±4.24 a	1.93±0.12 a
120 กรัมต่อลิตร	91.67±3.91 a	1.95±0.13 a

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การใช้ซูโครสความเข้มข้นสูง 90 และ 120 กรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ สูงใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.20-0.49 กรัม มากที่สุด 40.00-40.91% รองลงมา คือ หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.50-0.99, <0.20 และ ≥1.00 กรัม ตามลำดับ คือ 31.82-35.00, 20.00-22.72 และ 4.55-5.00% ตามลำดับ ส่วนการใช้ซูโครส 60 กรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดเล็กน้ำหนัก <0.20 กรัม มากที่สุด 81.82% รองลงมาเป็นหัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.20-0.49 กรัม คือ 18.18% และไม่พบหัวจิ๋วขนาดน้ำหนักตั้งแต่ 0.50 กรัมขึ้นไป (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ เมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งในอาหารเหลวที่เติมซูโครสระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์

ระดับความเข้มข้นซูโครส	เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ (%)			
	<0.20 กรัม	0.20-0.49 กรัม	0.50-0.99 กรัม	≥1.00 กรัม
30 กรัมต่อลิตร	-	-	-	-
60 กรัมต่อลิตร	81.82±8.22 a*	18.18±8.22 b	0 b	0 b
90 กรัมต่อลิตร	22.72±8.93 b	40.91±10.48 a	31.82±9.93 a	4.55±4.44 a
120 กรัมต่อลิตร	20.00±8.94 b	40.00±10.95 a	35.00±10.67 a	5.00±4.87 a

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การใช้ซูโครสความเข้มข้น 60-120 กรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่เกิดหัวจิ๋วประเภท A สูงถึง 75.00-90.00% รองลงมาเป็นหัวประเภท B คือ 9.08-15.00% ส่วนหัวประเภท C และ D พบเฉพาะการใช้ซูโครสเข้มข้นสูง 90 และ 120 กรัมต่อลิตร คือ 4.55-5.00% (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภทต่าง ๆ เมื่อเพาะเลี้ยงต้นมันฝรั่งในอาหารเหลวที่เติมซูโครสระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์

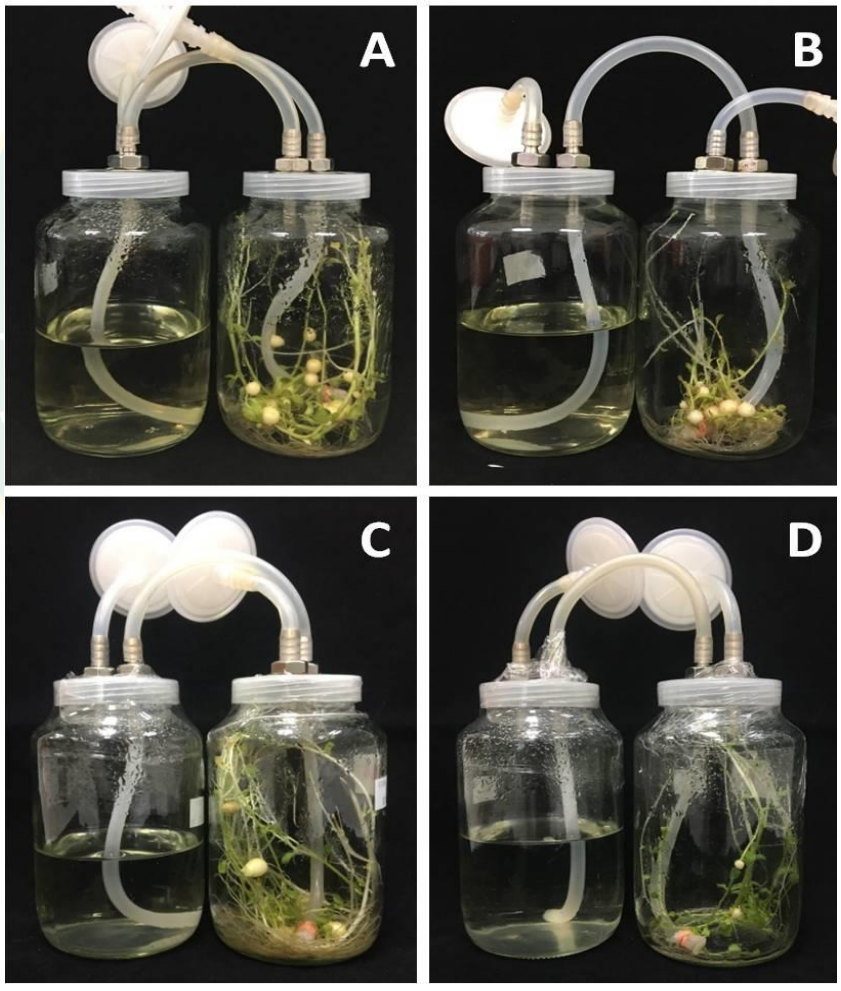
ระดับความเข้มข้นซูโครส	เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภทต่าง ๆ (%)			
	A*	B	C	D
30 กรัมต่อลิตร	-	-	-	-
60 กรัมต่อลิตร	90.00+6.71 a**	10.00+6.71 a	0 b	0 b
90 กรัมต่อลิตร	81.82±8.22 a	9.08±6.13 a	4.55±4.44 a	4.55±4.44 a
120 กรัมต่อลิตร	75.00±9.86 a	15.00±7.98 a	5.00±4.87 a	5.00±4.87 a

*ประเภทหัวจิ๋วมันฝรั่ง ประเภท A หัวเดี่ยวเกิดจากตาข้างบริเวณส่วนข้อติดกับฐานก้านใบ; ประเภท B หัวที่เกิดบนปลายไหลที่ยืดยาวออกมาจากตาข้าง; ประเภท C หัวที่เกิดหัวลำดับที่ 2 เจริญเติบโตจากหัวลำดับแรก; ประเภท D หัวเดี่ยวที่มีหัวเล็ก ๆ เกิดขึ้นทั้งส่วนหัวและส่วนท้ายของหัวแรก

**เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองที่ 4 การศึกษาผลสภาวะเครียดทางกายภาพระดับปานกลางโดยการให้ความเย็นต่อการสร้างหัวจิ๋ว

จากการนำต้นมันฝรั่งมาให้ความเครียดแบบให้ความเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8, 24 และ 72 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับการไม่ให้ความเย็น แล้วเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราว ใช้อาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติมซูโครส 90 กรัมต่อลิตร ให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที หลังเพาะเลี้ยงในที่มืดนาน 3 สัปดาห์ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีการเกิดหัวจิ๋ว แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การเกิดหัวจิ๋วเมื่อไม่ให้ (A) หรือให้ความเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แก่ต้นมันฝรั่งเป็นระยะเวลา 8, 24 และ 72 ชั่วโมง (B, C และ D ตามลำดับ) ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราว นาน 3 สัปดาห์

การให้ความเย็นเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วสูงที่สุด 96.00% ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติจากการไม่ให้ความเย็น คือ 90.00% นอกจากนี้การให้ความเย็นเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง ยังมีจำนวนหัวจิ๋วสูงที่สุด 2.23 หัวต่อต้น ซึ่งเพิ่มขึ้น 1.15 เท่า แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ให้ความเย็นซึ่งมีจำนวนหัวจิ๋ว 1.93 หัวต่อต้น ส่วนการให้ความเย็นระยะเวลานานขึ้นเป็น 24 และ 72 ชั่วโมง มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วลดลง คือ 76.00 และ 38.00% ตามลำดับ และยังมีจำนวนหัวจิ๋วลดลงเช่นเดียวกัน คือ 1.37 และ 1.21 หัวต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วและจำนวนหัวจิ๋วต่อต้นเมื่อไม่ให้หรือให้ความเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แก่ต้นมันฝรั่งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์

ระยะเวลาให้ความเย็น	เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋ว (%)	จำนวนหัวจิ๋วต่อต้น
ไม่ให้ความเย็น	90.00±4.24 ab*	1.93±0.12 a
8 ชั่วโมง	96.00±2.77 a	2.23±0.08 a
24 ชั่วโมง	76.00±6.04 b	1.37±0.08 b
72 ชั่วโมง	38.00±6.86 c	1.21±0.09 b

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่แตกต่างกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การไม่ให้ความเย็นและการให้ความเย็นเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นเปอร์เซ็นต์หัวขนาดใหญ่ที่สุดน้ำหนัก ≥1.00 กรัม การให้ความเย็นเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์หัวขนาดดังกล่าวสูงกว่าการไม่ให้ความเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 19.05 และ 4.55% ตามลำดับ ซึ่งสูงขึ้น 4.19 เท่า ส่วนการให้ความเย็นเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 24 ชั่วโมงขึ้นไป มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักน้อยลงเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการให้ความเย็นเป็นระยะเวลานานที่สุด 72 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดเล็กน้ำหนัก <0.20 กรัม มากที่สุด 89.74% และไม่พบหัวจิ๋วขนาดน้ำหนักตั้งแต่ 0.50 กรัม ขึ้นไป (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ เมื่อไม่ให้หรือให้ความเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แก่ต้นมันฝรั่งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์

ระยะเวลาให้ความเย็น	เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ (%)			
	<0.20 กรัม	0.20-0.49 กรัม	0.50-0.99 กรัม	≥1.00 กรัม
ไม่ให้ความเย็น	22.72±8.93 c*	40.91±10.48 a	31.82±9.93 ab	4.55±4.44 b
8 ชั่วโมง	19.05±8.57 c	23.80±9.29 ab	38.10+10.60 a	19.05±8.57 a
24 ชั่วโมง	57.89±11.33 b	31.58±10.66 ab	10.53+7.04 bc	0 c
72 ชั่วโมง	89.47±7.04 a	10.53±7.04 b	0 c	0 c

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่แตกต่างกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ทุกกรรมวิธีทั้งการไม่ให้ความเย็นและการให้ความเย็นเป็นระยะเวลาต่าง ๆ มีเปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท A มากที่สุด 81.82-100.00% รองลงมาเป็นหัวประเภท B, C และ D ตามลำดับ คือ 5.26-9.52, 4.55-4.76 และ 4.55% ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภทต่าง ๆ เมื่อไม่ให้หรือให้ความเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แก่ต้นมันฝรั่งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์

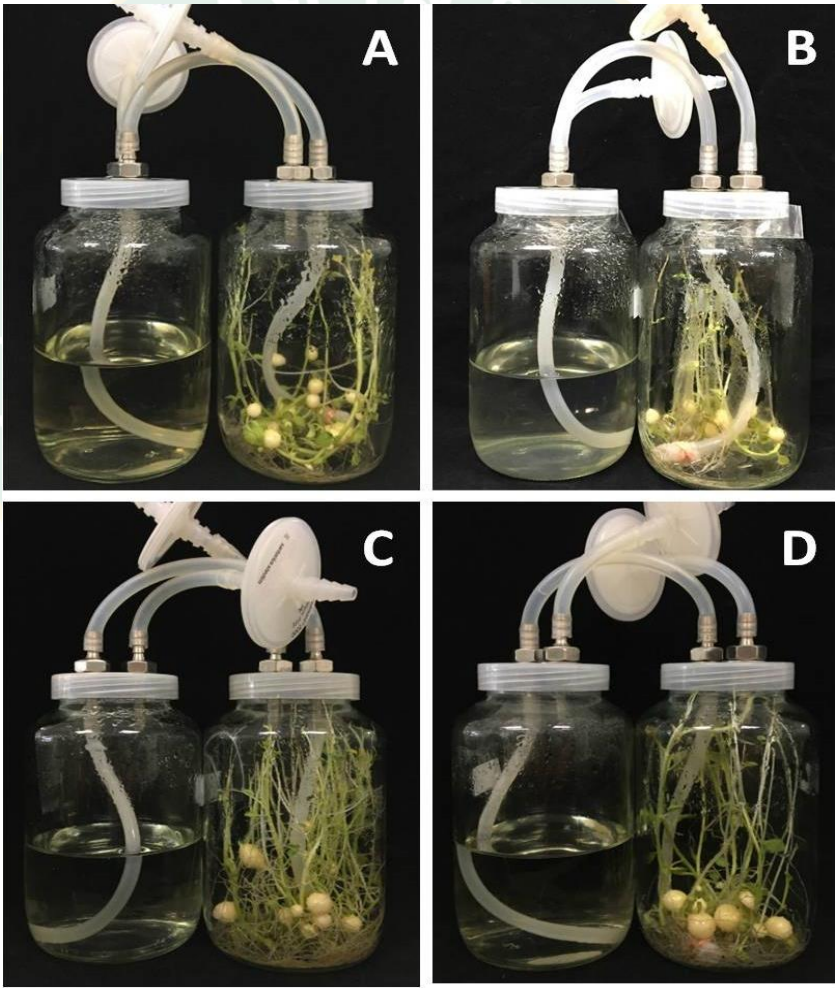
ระยะเวลาให้ความเย็น	เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภทต่าง ๆ (%)			
	A*	B	C	D
ไม่ให้ความเย็น	81.82±8.22 a**	9.08±6.13 a	4.55±4.44 a	4.55±4.44 a
8 ชั่วโมง	85.72±7.64 a	9.52±6.41 a	4.76+4.65 a	0 b
24 ชั่วโมง	94.74±5.12 a	5.26±5.12 b	0 b	0 b
72 ชั่วโมง	100.00±0.00 a	0 c	0 b	0 b

*ประเภทหัวจิ๋วมันฝรั่ง ประเภท A หัวเดี่ยวเกิดจากตาข้างบริเวณส่วนข้อติดกับฐานก้านใบ; ประเภท B หัวที่เกิดบนปลายไหลที่ยืดยาวออกมาจากตาข้าง; ประเภท C หัวที่เกิดหัวลำดับที่ 2 เจริญเติบโตจากหัวลำดับแรก; ประเภท D หัวเดี่ยวที่มีหัวเล็ก ๆ เกิดขึ้นทั้งส่วนหัวและส่วนท้ายของหัวแรก

**เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่แตกต่างกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองที่ 5 การศึกษาผลสภาวะเครียดทางกายภาพระดับปานกลางโดยการให้ความร้อนต่อการสร้างหัวจิ๋ว

จากการนำต้นมันฝรั่งมาให้ความเครียดแบบให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับการให้ไม่ความร้อน แล้วเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราว ใช้อาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติมซูโครส 90 กรัมต่อลิตร ให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที หลังเพาะเลี้ยงในที่มืดนาน 3 สัปดาห์ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีการเกิดหัวจิ๋ว แสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การเกิดหัวจิ๋วเมื่อไม่ให้ (A) หรือให้ความร้อนอุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส (B, C และ D ตามลำดับ) แก่ต้นมันฝรั่งเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราว นาน 3 สัปดาห์

เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามระดับอุณหภูมิความร้อนที่สูงขึ้น โดยการให้ความร้อนอุณหภูมิสูงที่สุด 50 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วมากที่สุด 96.00% รองลงมาคือ การให้ความร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส คือ 92.00% ส่วนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและการไม่ให้ความร้อนมีเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วน้อยที่สุดเท่ากัน คือ 90.00% ซึ่งทุกกรรมวิธีทั้งการไม่ให้หรือการให้ความร้อนมีเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วไม่แตกต่างกันทางสถิติ จำนวนหัวจิ๋วมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามระดับอุณหภูมิความร้อนที่สูงขึ้นเช่นเดียวกัน การให้ความร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีจำนวนหัวจิ๋วมากที่สุด 2.37 หัวต่อต้น ซึ่งมีจำนวนหัวจิ๋วเพิ่มขึ้น 1.23 เท่า และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการไม่ให้ความร้อนที่มีจำนวนหัวจิ๋ว 1.93 หัวต่อต้น (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วและจำนวนหัวจิ๋วต่อต้นเมื่อไม่ให้หรือให้ความร้อนระดับอุณหภูมิต่าง ๆ แก่ต้นมันฝรั่งเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์

ระดับอุณหภูมิความร้อน	เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋ว (%)	จำนวนหัวจิ๋วต่อต้น
ไม่ให้ความร้อน	90.00±4.24 a*	1.93±0.12 b
30 องศาเซลเซียส	90.00±4.24 a	1.89±0.07 b
40 องศาเซลเซียส	92.00±3.84 a	2.13±0.08 ab
50 องศาเซลเซียส	96.00±2.77 a	2.37±0.17 a

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การไม่ให้ความร้อนและการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยเป็นหัวจิ๋วขนาดปานกลางน้ำหนัก 0.20-0.49 กรัมมากที่สุด 38.10-40.91% ส่วนการให้ความร้อนอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 40 และ 50 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยเฉพาะการให้ความร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดปานกลางน้ำหนัก 0.50-0.99 กรัม มากที่สุด 47.37% ซึ่งเพิ่มขึ้น 1.49 เท่า และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบกับการไม่ให้ความร้อน (31.82%) และยังมีเปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดใหญ่ที่สุดน้ำหนัก $\geq$1.00 กรัม มากที่สุดด้วย คือ 21.05% ซึ่งสูงขึ้น 4.62 เท่า และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบกับการไม่ให้ความร้อน (4.55%) (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ เมื่อไม่ให้หรือให้ความร้อนระดับอุณหภูมิต่าง ๆ แก่ต้นมันฝรั่งเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์

ระดับอุณหภูมิความร้อน	เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ (%)			
	<0.20 กรัม	0.20-0.49 กรัม	0.50-0.99 กรัม	$\geq$1.00 กรัม
ไม่ให้ความร้อน	22.72$\pm$8.93 a*	40.91$\pm$10.48 a	31.82$\pm$9.93 b	4.55$\pm$4.44 b
30 องศาเซลเซียส	23.81$\pm$9.29 a	38.10$\pm$10.60 a	33.33$\pm$10.29 b	4.76$\pm$4.65 b
40 องศาเซลเซียส	14.29$\pm$7.64 b	28.56$\pm$9.86 b	42.86$\pm$10.80 a	14.29$\pm$7.64 ab
50 องศาเซลเซียส	10.53$\pm$7.04 b	21.05$\pm$9.35 b	47.37$\pm$11.45 a	21.05$\pm$9.35 a

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การไม่ให้ความร้อนและการให้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ มีเปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท A มากที่สุด 80.95-85.72% รองลงมาเป็นหัวประเภท B, C และ D ตามลำดับ คือ 9.08-14.29, 4.55-5.26 และ 4.55% ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภทต่าง ๆ เมื่อไม่ให้หรือให้ความร้อนระดับอุณหภูมิต่าง ๆ แก่ต้นมันฝรั่งเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวนาน 3 สัปดาห์

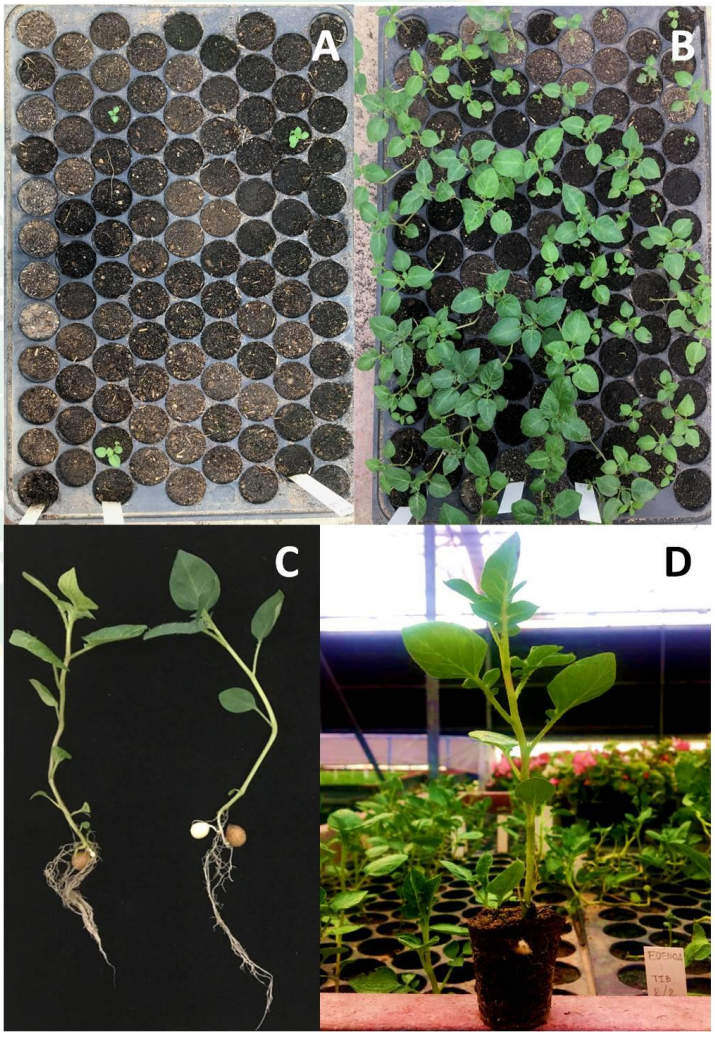
ระดับอุณหภูมิความร้อน	เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภทต่าง ๆ (%)			
	A*	B	C	D
ไม่ให้ความร้อน	81.82±8.22 a**	9.08±6.13 b	4.55±4.44 a	4.55±4.44 a
30 องศาเซลเซียส	80.95±8.57 a	14.29±7.64 a	4.76±4.65 a	0 b
40 องศาเซลเซียส	85.72±7.64 a	9.52±6.41 ab	4.76±4.65 a	0 b
50 องศาเซลเซียส	84.21±8.37 a	10.53±7.04 ab	5.26±5.12 a	0 b

*ประเภทหัวจิ๋วมันฝรั่ง ประเภท A หัวเดี่ยวเกิดจากตาข้างบริเวณส่วนข้อติดกับฐานก้านใบ; ประเภท B หัวที่เกิดบนปลายไหลที่ยืดยาวออกมาจากตาข้าง; ประเภท C หัวที่เกิดหัวลำดับที่ 2 เจริญเติบโตจากหัวลำดับแรก; ประเภท D หัวเดี่ยวที่มีหัวเล็ก ๆ เกิดขึ้นทั้งส่วนหัวและส่วนท้ายของหัวแรก

**เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองที่ 6 การศึกษาผลของระยะเวลาเก็บรักษาต่อการงอกของหัวจิ๋วที่ปลูกในโรงเรือน

ในการนำหัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ ได้แก่ <0.20, 0.20-0.49, 0.50-0.99 และ ≥1.00 กรัม ที่เกิดขึ้นจากการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราว ไปทดสอบการออกปลูกในโรงเรือน หลังปลูกนาน 1 เดือน พบว่า หัวจิ๋วสามารถงอกต้นได้ภายใน 1 สัปดาห์ ผิวของหัวจิ๋วเปลี่ยนจากสีเหลืองอ่อนเป็นสีน้ำตาลอ่อน ต้นที่งอกจากหัวจิ๋วมีการออกรากและสร้างหัวใหม่ได้ในวัสดุปลูก แสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ต้นมันฝรั่งที่งอกจากหัวจิ๋วที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวเมื่อนำออกปลูกในโรงเรือนนาน 1 สัปดาห์ (A) และ 1 เดือน (B) สามารถสร้างหัวใหม่ได้ในวัสดุปลูก (C) ต้นอายุ 2 เดือน มีการเจริญเติบโตดีพร้อมสำหรับย้ายปลูกต่อไป (D)

การปลูกหัวจิ๋วมันฝรั่งขนาดเล็กที่สุดน้ำหนัก <0.2 กรัม พบว่า หัวที่ไม่ได้เก็บรักษาไม่สามารถงอกได้ ส่วนหัวที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1-6 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงถึง 90.00-95.00% ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นที่งอกจากหัวจิ๋วที่ไม่ได้เก็บรักษาและเก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ มีความสูง จำนวนใบ และน้ำหนักแห้งใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 6.82-7.50 เซนติเมตร, 6.13-6.25 ใบต่อต้น และ 54.50-59.20 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวจิ๋วมันฝรั่งขนาดน้ำหนัก <0.2 กรัม ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ และการเจริญเติบโตของต้นที่งอกจากหัวจิ๋วหลังปลูกนาน 1 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา	เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวจิ๋ว (%)	ความสูงของต้นที่งอกจากหัวจิ๋ว (ซม.)	จำนวนใบต่อต้น	น้ำหนักแห้งต่อต้น (มก.)
ไม่ได้เก็บรักษา	0 b*	-	-	-
1 เดือน	90.00±6.71 a	7.50±0.65 a	6.13±0.19 a	59.20±4.48 a
2 เดือน	95.00±4.87 a	7.29±0.58 a	6.18±0.20 a	58.10±3.79 a
6 เดือน	95.00±4.87 a	6.82±0.50 a	6.25±0.19 a	54.50±4.11 a

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การปลูกหัวจิ๋วมันฝรั่งขนาดปานกลางน้ำหนัก 0.2-0.49 กรัม พบว่า หัวจิ๋วที่ไม่ได้เก็บรักษามีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำเพียง 5.00% ส่วนหัวจิ๋วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1-6 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 85.00-100.00% โดยต้นที่งอกจากหัวจิ๋วที่ไม่ได้เก็บรักษาและเก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ มีความสูงต้น จำนวนใบ และน้ำหนักแห้งใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 8.67-10.30 เซนติเมตร, 6.88-7.44 ใบต่อต้น และ 62.20-71.80 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวจิ๋วมันฝรั่งขนาดน้ำหนัก 0.2-0.49 กรัม ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ และการเจริญเติบโตของต้นที่งอกจากหัวจิ๋วหลังปลูกนาน 1 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา	เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวจิ๋ว (%)	ความสูงของต้นที่งอกจากหัวจิ๋ว (ซม.)	จำนวนใบต่อต้น	น้ำหนักแห้งต่อต้น (มก.)
ไม่ได้เก็บรักษา	5.00±4.78 b*	8.67±0.88 a	6.88±0.24 a	62.20±4.61 b
1 เดือน	85.00±7.98 a	9.53±0.36 a	6.94±0.34 a	71.80±67.50 a
2 เดือน	100.00±0.00 a	10.30±0.39 a	7.22±0.32 a	67.50±4.77 ab
6 เดือน	100.00±0.00 a	8.50±0.31 a	7.44±0.29 a	63.40±5.27 b

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การปลูกหัวจิ๋วมันฝรั่งขนาดปานกลางน้ำหนัก 0.50-0.99 กรัม พบว่า หัวจิ๋วที่ไม่ได้เก็บรักษามีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำเพียง 10.00% ส่วนหัวจิ๋วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1-6 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 85.00-100.00% โดยต้นที่งอกจากหัวจิ๋วที่ไม่ได้เก็บรักษาและเก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ มีความสูงต้น จำนวนใบ และน้ำหนักแห้งใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 9.55-11.28 เซนติเมตร, 8.11-8.35 ใบต่อต้น และ 78.50-88.60 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวจิ๋วมันฝรั่งขนาดน้ำหนัก 0.50-0.99 กรัม ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ และการเจริญเติบโตของต้นที่งอกจากหัวจิ๋วหลังปลูกนาน 1 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา	เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวจิ๋ว (%)	ความสูงของต้นที่งอกจากหัวจิ๋ว (ซม.)	จำนวนใบต่อต้น	น้ำหนักแห้งต่อต้น (มก.)
ไม่ได้เก็บรักษา	10.00±6.71 b*	9.83±1.09 a	8.11±0.28 a	78.50±4.17 a
1 เดือน	85.00±7.89 a	11.13±0.50 a	8.35±0.17 a	80.80±4.54 a
2 เดือน	90.00±6.71 a	11.28±0.77 a	8.15±0.25 a	88.60±6.55 a
6 เดือน	100.00±0.00 a	9.55±0.65 a	8.25±0.23 a	82.60±4.48 a

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การปลูกหัวจิ๋วมันฝรั่งขนาดใหญ่ที่สุดน้ำหนัก ≥1.00 กรัม พบว่า หัวจิ๋วที่ไม่ได้เก็บรักษามีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำเพียง 10.00% ส่วนหัวจิ๋วที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1-6 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 85.00-90.00% โดยต้นที่งอกจากหัวจิ๋วที่ไม่ได้เก็บรักษาและเก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ มีความสูง จำนวนใบ และน้ำหนักแห้งใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 11.29-12.50 เซนติเมตร, 9.06-9.50 ใบต่อต้น และ 94.20-100.50 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวจิ๋วมันฝรั่งขนาดน้ำหนัก ≥1.00 กรัม ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ และการเจริญเติบโตของต้นที่งอกจากหัวจิ๋วหลังปลูกนาน 1 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา	เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวจิ๋ว (%)	ความสูงของต้นที่งอกจากหัวจิ๋ว (ซม.)	จำนวนใบต่อต้น	น้ำหนักแห้งต่อต้น (มก.)
ไม่ได้เก็บรักษา	10.00±6.71 b*	11.50±0.29 a	9.06±0.20 a	94.20±6.48 a
1 เดือน	85.00±7.89 a	12.07±0.79 a	9.50±0.25 a	102.80±6.93 a
2 เดือน	90.00±6.71 a	12.50±0.39 a	9.44±0.30 a	96.40±5.06 a
6 เดือน	90.00±6.71 a	11.29±1.13 a	9.16±0.26 a	100.50±8.99 a

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรในแนวคอลัมน์ที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในระบบจมชั่วคราวแบบขวดแฝด แต่ละปัจจัยมีผลแตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

ในการศึกษาเปรียบเทียบผลของการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนต้นมันฝรั่งบนอาหารแข็งและในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราวแบบขวดแฝดพบว่า ระบบการเพาะเลี้ยงมีผลต่อการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่ง โดยการเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวมีประสิทธิภาพดีกว่าการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง ทั้งในด้านเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋ว จำนวนหัวจิ๋วต่อชิ้นส่วน และขนาดน้ำหนักหัวจิ๋ว ซึ่งสอดคล้องที่ Jiménez et al. (1999) รายงานว่า การเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวทำให้หัวจิ๋วมันฝรั่งมีน้ำหนักสดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าการเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวช่วยส่งเสริมให้ชิ้นส่วนพืชมีการสัมผัสกับอาหารเหลวโดยตรงอย่างทั่วถึง จึงทำให้มีการดูดซับสารอาหารได้มากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ชิ้นส่วนพืชมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น ในขณะที่การเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งชิ้นส่วนพืชมีการสัมผัสอาหารเพียงส่วนของรากเท่านั้น จึงดูดซับสารอาหารได้จำกัด (Debergh, 1983) นอกจากนี้ระบบจมชั่วคราวยังมีการแลกเปลี่ยนอากาศ ซึ่งช่วยลดการสะสมของก๊าซเอทิลีนที่มีผลเร่งการแก่ตัวของพืช จึงช่วยให้ชิ้นส่วนพืชที่เพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวมีการเจริญเติบโตดีกว่าการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง (Mc Alister et al., 2005; Roels et al., 2006)

การทดสอบผลของความถี่และระยะเวลาการให้อาหารเหลวที่แตกต่างกันเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งในระบบจมชั่วคราวพบว่า การให้ความถี่และระยะเวลาให้อาหารเหลวทุกสภาวะทดสอบมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วและจำนวนหัวจิ๋วต่อต้นไม่แตกต่างกัน โดยในการศึกษาครั้งนี้การให้อาหารเหลวในระบบจมชั่วคราวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที กระตุ้นให้มีการสร้างหัวจิ๋วและจำนวนหัวจิ๋วต่อต้นเพิ่มขึ้นมากที่สุด รวมทั้งมีขนาดของหัวจิ๋วใหญ่ขึ้น สันนิษฐานว่าความถี่และระยะเวลาการให้อาหารเหลวที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืช อย่างไรก็ตามพบว่าความถี่ของการให้อาหารเหลวมีอิทธิพลต่อขนาดน้ำหนักหัวจิ๋วมากกว่าระยะเวลาการให้อาหารเหลว โดยการให้อาหารเหลวด้วยความถี่น้อย คือ ทุก ๆ 12 ชั่วโมง ไม่ว่าจะเป็นระยะเวลาใด ๆ ส่งเสริมให้หัวจิ๋วมีขนาดใหญ่ขึ้น (ขนาดน้ำหนักตั้งแต่ 0.20 กรัมขึ้นไป) แต่การให้อาหารเหลวด้วยความถี่มากขึ้น คือ ทุก ๆ 3 ชั่วโมง ไม่ได้ส่งเสริมให้หัวจิ๋วมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยเกิดหัวจิ๋วขนาดเล็กที่สุด (<0.20 กรัม) ค่อนข้างมาก ส่วนการใช้ระยะเวลาการให้อาหารเหลวแตกต่างกันที่ความถี่การให้อาหารเหลวเดียวกัน คือ ระยะเวลาสั้นนานครั้งละ 2 และระยะเวลายาวนานครั้งละ 20 นาที พบว่าส่งผลต่อขนาดน้ำหนักหัวจิ๋วช่วงต่าง ๆ ไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับรายงานของ Pérez-Alonso et al. (2007) ที่พบความแตกต่างของระยะเวลาการให้อาหารเหลวในระบบจมชั่วคราว โดยใช้ความถี่การให้อาหารเหลว

เดียวกันที่ทุก ๆ 6 ชั่วโมง แต่ใช้ระยะเวลาการให้อาหารเหลวแตกต่างกัน คือ 2 และ 30 นาที พบว่า การให้อาหารเหลวระยะเวลาสั้นนานครั้งละ 2 นาที เพิ่มจำนวนหัวจิ๋วต่อต้น รวมทั้งขนาดและคุณภาพหัวจิ๋วมันฝรั่ง เมื่อเปรียบเทียบกับการให้อาหารเหลวระยะเวลายาวนานครั้งละ 30 นาที

การศึกษาผลของจำนวนต้นมันฝรั่งตั้งต้นที่แตกต่างกัน เพื่อหาประสิทธิภาพการผลิตหัวจิ๋วการเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราว เมื่อใช้อาหารเหลวปริมาตรเท่ากัน คือ 300 มิลลิลิตรต่อภาชนะ ซึ่งพบว่า การใช้จำนวนต้นตั้งต้นมากขึ้นส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วและขนาดของหัวจิ๋วลดลง แต่เพิ่มจำนวนหัวจิ๋วต่อภาชนะ และไม่มีผลต่อจำนวนหัวจิ๋วต่อต้น โดยการเพิ่มจำนวนต้นตั้งต้นจาก 10 ต้นต่อภาชนะ เป็น 20 ต้นต่อภาชนะ ส่งผลให้จำนวนหัวจิ๋วต่อภาชนะเพิ่มขึ้น (1.6 เท่า) แต่ไม่มีผลต่อขนาดหัวจิ๋วช่วงน้ำหนักต่าง ๆ แต่เมื่อเพิ่มจำนวนต้นตั้งต้นเป็นจำนวนมาก คือ 30 ต้นต่อภาชนะ แม้ว่าจะเพิ่มจำนวนหัวจิ๋วต่อภาชนะได้อีกเพียงเล็กน้อย (1.7 เท่า) แต่ส่งผลให้มีหัวจิ๋วขนาดเล็กน้ำหนัก <0.2 กรัมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งหัวจิ๋วมันฝรั่งที่มีคุณภาพดีพอสำหรับนำไปปลูกเพื่อการผลิตหัวเล็ก (minituber) ควรมีน้ำหนักตั้งแต่ 0.2 กรัมขึ้นไป (Kämäräinen-Karppinen et al., 2010) ผลการศึกษาที่ได้นี้สอดคล้องกับที่ Pérez-Alonso et al. (2007) รายงานว่า การเพิ่มจำนวนชิ้นส่วนตั้งต้นของมันฝรั่งจาก 60 ชิ้นส่วน เป็น 90 ชิ้นส่วน ในการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเหลวสูตรชักนำการสร้างหัวจิ๋วปริมาตร 3,500 มิลลิลิตร ส่งผลให้จำนวนหัวจิ๋วต่อต้นไม่แตกต่างกัน แต่ทำให้น้ำหนักสดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวจิ๋วลดลง ดังนั้นจากผลการศึกษาครั้งนี้จึงกล่าวได้ว่า การใช้จำนวนต้นตั้งต้น 20 ต้นต่อภาชนะมีความเหมาะสมที่สุด และผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การใช้จำนวนต้นมันฝรั่งตั้งต้นที่เหมาะสมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหัวจิ๋วในระบบจมชั่วคราวได้ ส่วนการใช้จำนวนต้นตั้งต้นมากเกินไปส่งผลให้การเจริญเติบโตและคุณภาพของหัวจิ๋วลดลง

น้ำตาลหรือแหล่งคาร์บอนเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการสร้างหัวในมันฝรั่ง โดยมันฝรั่งจะเก็บสะสมอาหารที่เป็นน้ำตาลอยู่ในรูปของแป้ง ทำให้เกิดการบวมขึ้นที่บริเวณไหล เมื่อการสะสมของแป้งเกิดขึ้นการยืดยาวของไหลตามแนวยาวจะหยุดลง และจะเปลี่ยนเป็นการขยายขนาดทางด้านข้างจนปรากฏเป็นหัวขึ้นมา (Xu et al., 1998) มีการศึกษาพบว่า ระดับของน้ำตาลที่สูงสามารถก่อให้เกิดการสร้างอวัยวะที่พิเศษในพืชชนิดต่าง ๆ ดังเช่น หัวมันฝรั่ง (Gibson, 2005) มีรายงานการศึกษาพอสมควรเกี่ยวกับน้ำตาลโดยเฉพาะซูโครสระดับความเข้มข้นสูง 60-80 กรัมต่อลิตร (6-8%) ที่สามารถกระตุ้นการสร้างหัวจิ๋วในมันฝรั่งได้ และส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง เช่น รายงานวิจัยของ Garner and Blake (1989) และ Xu et al. (1998) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงต้องการทดสอบผลของระดับความเข้มข้นซูโครสต่อการสร้างหัวจิ๋วของมันฝรั่งที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราวด้วยเช่นกัน ซึ่งพบว่า ระดับความเข้มข้นซูโครสที่ต่ำ คือ 30 กรัมต่อลิตร ไม่สามารถกระตุ้นการสร้างหัวจิ๋วได้ แต่ระดับความเข้มข้นของซูโครสที่สูงขึ้น (60-120 กรัมต่อลิตร) สามารถกระตุ้นการสร้างหัวจิ๋วได้ โดยเฉพาะซูโครสความเข้มข้นสูง 90 กรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การ

เกิดหัวจิ๋วและจำนวนหัวจิ๋วต่อต้นเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก รวมทั้งเกิดหัวจิ๋วขนาดน้ำหนักมากขึ้นเพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของซูโครสสูงขึ้นเป็น 120 กรัมต่อลิตร พบว่าให้ผลไม่แตกต่างจากซูโครสความเข้มข้นสูง 90 กรัมต่อลิตร ดังนั้นระดับความเข้มข้นของซูโครสที่ 90 กรัมต่อลิตร จึงมีความเหมาะสมต่อการผลิตหัวจิ๋วในการศึกษาครั้งนี้ ผลการศึกษาที่ได้นี้สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Garner and Blake (1989) ที่ทดสอบการสร้างหัวจิ๋วมันฝรั่งบนอาหารแข็ง พบว่า การใช้ซูโครสความเข้มข้นสูง 80 กรัมต่อลิตร สามารถเร่งการเกิดหัวจิ๋ว และเพิ่มจำนวนและน้ำหนักหัวจิ๋วได้เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ซูโครสความเข้มข้นต่ำกว่า คือ 40 กรัมต่อลิตร ส่วนการใช้ซูโครสความเข้มข้นสูงถึง 120 กรัมต่อลิตร ทำให้ชะลอการเกิดหัวจิ๋วและส่งผลให้หัวจิ๋วมีขนาดเล็กลง ดังนั้นผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้ซูโครสความเข้มข้นสูงในระดับที่เหมาะสมสามารถกระตุ้นสร้างหัวจิ๋วในมันฝรั่งที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราวได้เช่นเดียวกับที่มีการศึกษาไว้ในการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง

จากรายงานการศึกษาก่อนหน้านี้ เกี่ยวกับสภาวะเครียดทางกายภาพแบบต่าง ๆ ในระดับปานกลางที่สามารถเพิ่มการสร้างหัวจิ๋วและการเจริญเติบโตของหัวจิ๋วในมันฝรั่งที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง (Pumisutapon and Topoonyanont, 2017) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงต้องการทดสอบผลของสภาวะเครียดทางกายภาพต่อการสร้างหัวจิ๋วของมันฝรั่งที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราวด้วยเช่นกัน ซึ่งพบว่าการให้ความเย็น (4 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง ทำให้เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋วและจำนวนหัวจิ๋วต่อต้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเกิดหัวจิ๋วขนาดน้ำหนักมากขึ้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ให้ความเย็น โดยเฉพาะหัวจิ๋วขนาดใหญ่น้ำหนัก $\geq$1.0 กรัมขึ้นไป เพิ่มขึ้นกว่า 4.19 เท่า แต่การให้ความเย็นเป็นระยะเวลานานตั้งแต่ 24 ชั่วโมงขึ้นไป ทำให้การสร้างหัวจิ๋วและการเจริญเติบโตของหัวจิ๋วลดลง ในขณะที่การให้ความร้อนอุณหภูมิสูงขึ้นในระยะเวลาที่เท่ากัน (1 ชั่วโมง) ทำให้การสร้างหัวจิ๋วและการเจริญเติบโตของหัวจิ๋วเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ คือ 50 องศาเซลเซียส ทำให้จำนวนหัวจิ๋วต่อต้นเพิ่มขึ้นกว่า 1.23 เท่า และเกิดหัวจิ๋วขนาดน้ำหนักมากขึ้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ให้ความร้อน โดยเฉพาะหัวจิ๋วขนาดใหญ่น้ำหนัก $\geq$1.0 กรัมขึ้นไป เพิ่มขึ้นกว่า 4.62 เท่า ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องที่ Pumisutapon and Topoonyanont (2017) รายงานว่า การให้ความเครียดทางกายภาพแบบความเย็น (4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 8 ชั่วโมง) และความร้อน (40-45 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง) กระตุ้นให้มันฝรั่งที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งเพิ่มการสร้างหัวจิ๋วและการเจริญเติบโตของหัวจิ๋วให้สูงขึ้นได้ ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การให้ความเครียดทางกายภายในระดับที่เหมาะสมเป็นแนวทางที่น่าสนใจ ซึ่งมีงานวิจัยศึกษาการส่งสัญญาณภายในของพืชในช่วงสภาวะหนาวเย็น ความเค็ม และความแห้งแล้ง พบว่าพืชมีการปรับตัวด้านการเจริญเติบโตและการพัฒนาหลังจากการเกิดอนุมูลอิสระ (Huang et al., 2012) ด้วยเหตุนี้ความเครียดทาง

กายภาพปานกลางจึงสามารถใช้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหัวจิ๋วมันฝรั่งร่วมกับการเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราว

คุณภาพหัวจิ๋วมันฝรั่งสามารถพิจารณาได้จากลักษณะ (ประเภท) และขนาด (น้ำหนัก) ในการศึกษาครั้งนี้การเพาะเลี้ยงมันฝรั่งในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราว พบว่าทุก ๆ การทดลองเกิดหัวจิ๋วประเภท A เป็นส่วนใหญ่ เป็นหัวเดี่ยวที่เกิดจากตาข้างบริเวณส่วนข้อติดกับฐานก้านใบ ซึ่งเป็นลักษณะหัวที่ต้องการ (Seabrook et al., 1993) นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวยังสามารถผลิตหัวจิ๋วขนาดน้ำหนักต่าง ๆ ซึ่งขนาดหัวที่ใหญ่บ่งบอกถึงคุณภาพของหัวจิ๋วที่ดี โดย Kämäräinen-Karppinen et al. (2010) รายงานไว้ว่า หัวจิ๋วมันฝรั่งน้ำหนักตั้งแต่ 0.2 กรัมขึ้นไป มีคุณภาพดีพอสำหรับนำไปปลูกเพื่อการผลิตหัวเล็ก (minituber) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำหัวจิ๋วทั้งขนาดน้ำหนักที่น้อยกว่า 0.2 กรัม และขนาดน้ำหนักตั้งแต่ 0.2 กรัมขึ้นไปมาทดสอบการออกปลูก รวมทั้งศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาที่มีต่อการงอกของหัวจิ๋วด้วย ซึ่งพบว่า หัวจิ๋วทุกช่วงขนาดน้ำหนักสามารถงอกได้ดี มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงตั้งแต่ 85% ขึ้นไป ยกเว้นหัวจิ๋วที่นำมาปลูกเลยโดยไม่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) ในสภาพมืดเป็นระยะเวลาต่าง ๆ มีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำมาก (ไม่เกิน 10%) สันนิษฐานว่าเกี่ยวข้องกับการพักตัว (dormancy) ซึ่งเป็นระยะทางสรีรวิทยาของหัว โดยหัวจะไม่งอกแม้ว่าจะเก็บหรือปลูกในสภาวะแวดล้อมที่เอื้ออำนวยแก่การงอก (Reust, 1986) ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องเก็บหัวไว้ช่วงเวลาหนึ่งเพื่อให้พ้นระยะพักตัวก่อนจะนำไปปลูกต่อไป นอกจากนี้พบว่า หัวจิ๋วมันฝรั่งที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 1-6 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าสามารถเก็บรักษาหัวจิ๋วได้เป็นเวลานาน ๆ โดยที่เปอร์เซ็นต์การงอกไม่ลดลง ในด้านการเจริญเติบโตของต้นที่งอกจากหัวจิ๋วมันฝรั่งพบว่า ต้นที่งอกจากหัวจิ๋วที่มีขนาดน้ำหนักมากขึ้นมีแนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนใบ และน้ำหนักแห้งสูงขึ้น ชี้ให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของต้นที่งอกจากหัวจิ๋วนั้นขึ้นอยู่กับอาหารสะสมภายในหัว ซึ่งอาหารสะสมจะมีมากกว่าในหัวจิ๋วที่มีขนาดใหญ่ สอดคล้องกับรายงานของ Sarkar et al. (2017) ที่พบว่า ต้นที่งอกจากหัวจิ๋วมันฝรั่งสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าในหัวจิ๋วที่มีขนาดใหญ่

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. การเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวด้วยระบบจมชั่วคราวแบบขวดแฝดมีประสิทธิภาพของการผลิตหัวจิ๋วมันฝรั่งสูงกว่าการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง ทั้งในด้านเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋ว จำนวนหัวจิ๋วต่อต้น และขนาดน้ำหนักของหัวจิ๋ว โดยสภาวะการให้อาหารเหลวที่เหมาะสมที่สุด คือ การให้อาหารเหลวทุก ๆ 12 ชั่วโมง นานครั้งละ 2 นาที
2. การใช้จำนวนต้นตั้งต้นที่เหมาะสมในระบบจมชั่วคราวทำให้ได้จำนวนหัวต่อภาชนะมากขึ้น ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหัวจิ๋วมันฝรั่งให้ดียิ่งขึ้น โดยจำนวนต้นตั้งต้นที่เหมาะสม คือ 20 ต้นต่อภาชนะบรรจุอาหารเหลว 300 มิลลิลิตร
3. การใช้อาหารเหลวที่มีระดับความเข้มข้นของซูโครสสูงส่งผลดีต่อการผลิตหัวจิ๋วในระบบจมชั่วคราว ทั้งในด้านเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋ว จำนวนหัวจิ๋วต่อต้น และขนาดน้ำหนักของหัวจิ๋ว โดยระดับความเข้มข้นของซูโครสที่เหมาะสมที่สุด คือ 90 กรัมต่อลิตร
4. การให้ความเครียดทางกายภาพระดับปานกลางก่อนการนำต้นมันฝรั่งไปเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหัวจิ๋วได้เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ให้ความเครียด ทั้งในด้านเปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋ว จำนวนหัวจิ๋วต่อต้น และขนาดน้ำหนักของหัวจิ๋ว โดยการให้ความเครียดที่เหมาะสม คือ การให้ความเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง หรือการให้ความร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง
5. หัวจิ๋วมันฝรั่งขนาดน้ำหนักต่าง ๆ ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในระบบจมชั่วคราวเมื่อนำไปออกปลูกในโรงเรือนสามารถงอกต้นได้สูง 85-100% เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 เดือนขึ้นไป และต้นที่งอกมีการเจริญเติบโตดี

บรรณานุกรม

Albarran, J., Bertrand, B., Lartaud, M. & Etienne, H. 2005. Cycle characteristics in a temporary immersion bioreactor affect regeneration, morphology, water and mineral status of coffee (*Coffea arabica*) somatic embryos. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, 81(1), 27-36.

Brown, C. 2005. Antioxidants in potato. **American Journal of Potato Research**, 82(2), 163-172.

Cenzano, A., Abdala, G. & Hause, B. 2007. Cytochemical immuno-localization of allene oxide cyclase, a jasmonic acid biosynthetic enzyme, in developing potato stolons. **Journal of Plant Physiology**, 164(11), 1449-1456.

Debergh, P. 1983. Effects of agar brand and concentration on the tissue culture medium. **Physiologia Plantarum**, 59(2), 270-276.

Dobránszki, J., Magyar-Tábori, K. & Hudák, I. 2008. In vitro tuberization in hormone-free systems on solidified medium and dormancy of potato microtubers. **Fruit, vegetable and cereal science and Biotechnology**, 2(1), 82-94.

Dobránzki, J., Tabori, K. & Ferenczy, A. 1999. Light and genotype effects on in vitro tuberization of potato plantlets. **Potato Research**, 42(3-4), 483-488.

Garner, N. & Blake, J. 1989. The induction and development of potato microtubers in vitro on media free of growth regulating substances. **Annals of Botany**, 63(6), 663-674.

Gibson, S. I. 2005. Control of plant development and gene expression by sugar signaling. **Current Opinion in Plant Biology**, 8(1), 93-102.

Gopal, J., Minocha, J. & Sidhu, J. 1997. Comparative performance of potato crops raised from microtubers induced in the dark versus microtubers induced in light. **Potato Research**, 40(4), 407-412.

Habib, A., Abdulnour, J. & Donnelly, D. J. 2004. Increased calcium availability improves potato micropropagation and microtuberization. **Potato Research**, 47(3-4), 139-149.

Harvey, B., Crothers, S., Watson, S. & Lee, H. 1992. Heat inhibition of tuber

development in potato (*Solanum tuberosum* L.): effects on microtuber formation in vitro. **Potato Research**, 35(2), 183-190.

Harvey, B. M., Crothers, S. H., Evans, N. E. & Selby, C. 1991. The use of growth retardants to improve microtuber formation by potato (*Solanum tuberosum*). **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, 27(1), 59-64.

Huang, G.-T., Ma, S.-L., Bai, L.-P., Zhang, L., Ma, H., Jia, P., Liu, J., Zhong, M. & Guo, Z.-F. 2012. Signal transduction during cold, salt, and drought stresses in plants. **Molecular biology reports**, 39(2), 969-987.

Hussain, I., Chaudhry, Z., Muhammad, A., Asghar, R., Naqvi, S. S. & Rashid, H. 2006. Effect of chlorocholine chloride, sucrose and BAP on in vitro tuberization in potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Cardinal). **Pakistan Journal of Botany**, 38(2), 275.

Jiménez, E., Pérez, N., De Feria, M., Barbón, R., Capote, A., Chávez, M., Quiala, E. & Pérez, J. C. 1999. Improved production of potato microtubers using a temporary immersion system. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, 59(1), 19-23.

Kämäräinen-Karppinen, T., Virtanen, E., Rokka, V.-M. & Pirttilä, A. M. 2010. Novel bioreactor technology for mass propagation of potato microtubers. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** , 101(2), 245-249.

Le, C. 1999. In vitro microtuberization: an evaluation of culture conditions for the production of virus-free seed potatoes. **Potato Research**, 42(3-4), 489-498.

Liedl, B., Kosier, T. & Desborough, S. 1987. HPLC isolation and nutritional value of a major tuber protein. **American Potato Journal**, 64(10), 545-557.

Mangat, B., Kerson, G. & Wallace, D. 1984. The effect of 2, 4-D on tuberization and starch content of potato tubers produced on stem segments culturedin vitro. **American Potato Journal**, 61(6), 355-361.

Mc Alister, B., Finnie, J., Watt, M. & Blakeway, F. (2005). Use of the temporary immersion bioreactor system (RITA®) for production of commercial *Eucalyptus* clones in Mondi Forests (SA). In **Liquid Culture Systems for In Vitro Plant Propagation** (pp. 425-442): Springer,Dordrecth.

Mohamed Ali, F. & Esmail, M. 2010. The Impact of In Vitro Light Quality on Potato

Microtuberization from Single-Node Cuttings. In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): **International Symposium on Micro 923** (pp. 73-77).

Mokshin, E. V., Lukatkin, A. S. & da Silva, J. A. T. 2008. Induction of microtuberization for one-bud potato cuttings in vitro. **Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology**, 2(118-124).

Murashige, T. & Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia plantarum**, 15(3), 473-497.

Nowak, J. & Colborne, D. 1989. In vitro tuberization and tuber proteins as indicators of heat stress tolerance in potato. **American Potato Journal**, 66(1), 35-45.

Patil, V., Sundaresha, S., Kawar, P. & Bhardwaj, V. 2016. Biology of *Solanum tuberosum* (Potato): Series of Crop Specific Biology Documents.

Pelacho, A., Martin-Closas, L. & Sanfeliu, J. 1999. In vitro induction of potato tuberization by organic acids. **Potato Research**, 42(3-4), 585-591.

Pelacho, A. & Mingo-Castel, A. 1991. Effects of photoperiod on kinetin-induced tuberization of isolated potato stolons culturedin vitro. **American Potato Journal**, 68(8), 533-541.

Pelacho, A. M. & Mingo-Castel, A. M. 1991. Jasmonic acid induces tuberization of potato stolons cultured in vitro. **Plant Physiology**, 97(3), 1253-1255.

Pérez-Alonso, N., Jiménez, E., De Feria, M., Capote, A., Barbón, R., Quiala, E. & Chávez, M. 2007. Effect of inoculum density and immersion time on the production of potato microtubers in temporary immersion systems and field studies. **Biotecnología Vegetal**, 7(149-154).

Pruski, K., Astatkie, T., Duplessis, P., Lewis, T., Nowak, J. & Struik, P. 2003. Use of jasmonate for conditioning of potato plantlets and microtubers in greenhouse production of minitubers. **American Journal of Potato Research**, 80(3), 183-193.

Pruski, K., Astatkie, T. & Nowak, J. 2002. Jasmonate effects on in vitro tuberization and tuber bulking in two potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) under different media and photoperiod conditions. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, 38(2), 203-209.

Pumisutapon, P. & Topoonyanont, N. 2017. Moderate-abiotic stress increase in vitro tuberization and microtuber growth of potato. In VI International Symposium on Production and Establishment of Micropropagated Plants 1155. **Acta Horticulturae**, 215-220.

Pumisutapon, P., Visser, R. G. & de Klerk, G.-J. 2012. Moderate abiotic stresses increase rhizome growth and outgrowth of axillary buds in *Alstroemeria* cultured in vitro. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, 110(3), 395-400.

Reust, W. 1986. EAPR working group physiological age of the potato. **Potato Research**, 29(2), 268-271.

Roels, S., Noceda, C., Escalona, M., Sandoval, J., Canal, M., Rodriguez, R. & Debergh, P. 2006. The effect of headspace renewal in a temporary immersion bioreactor on plantain (*Musa* AAB) shoot proliferation and quality. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, 84(2), 155-163.

Sarkar, D., Pandey, S. K. & Sharma, S. 2006. Cytokinins antagonize the jasmonates action on the regulation of potato (*Solanum tuberosum*) tuber formation in vitro. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, 87(3), 285.

Sarkar, M., Hossain, M., Haque, M., Talukder, M. & Rojoni, R. 2017. Performance of microtuber derived from in vitro plantlets of potato varieties on sprout attributes in relation to its weight. **Azarian Journal of Agriculture**, 4(2), 41-45.

Seabrook, J. E. 2005. Light effects on the growth and morphogenesis of potato (*Solanum tuberosum*) in vitro: a review. **American Journal of Potato Research**, 82(5), 353-367.

Seabrook, J. E., Coleman, S. & Levy, D. 1993. Effect of photoperiod on in vitro tuberization of potato *(Solanum tuberosum* L.). **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, 34(1), 43-51.

Seabrook, J. E., Douglass, L. K. & Arnold, D. A. 2004. Effect of leaves on microtubers produced from potato single-node cuttingsIn Vitro. **American Journal of Potato Research**, 81(1), 1-5.

Stallknecht, G. & Farnsworth, S. 1982. General characteristics of coumarin-induced tuberization of axillary shoots of *Solanum tuberosum* L. culturedin vitro. **American Potato Journal**, 59(1), 17-32.

Teixeira, D. & Pinto, J. 1991. Minituberization of potato in different levels of N, sucrose and BAP. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal (Brazil)**, 3(2), 77-83.

Tovar, P. 1985. Induction and use of in vitro potato tubers. **CIP circular**, 13(1-5.

van den Berg, J. H. & Ewing, E. E. 1991. Jasmonates and their role in plant growth and development, with special reference to the control of potato tuberization: a review. **American Potato Journal**, 68(11), 781-794.

Veramendi, J., Sota, V., Fernandez-San Millan, A., Villafranca, M., Martin-Closas, L., Pelacho, A. & Mingo-Castel, A. 2000. An in vitro tuberization bioassay to assess maturity class of new potato clones. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, 75(6), 733-738.

Vreugdenhil, D., Boogaard, Y., Visser, R. G. & de Bruijn, S. M. 1998. Comparison of tuber and shoot formation from in vitro cultured potato explants. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, 53(3), 197-204.

Vreugdenhil, D. & Sergeeva, L. I. 1999. Gibberellins and tuberization in potato. **Potato Research**, 42(3-4), 471-481.

Wang, P.-J. & Hu, C.-Y. 1982. In vitro mass tuberization and virus-free seed-potato production in Taiwan. **American Potato Journal**, 59(1), 33-37.

Watt, M. P. 2012. The status of temporary immersion system (TIS) technology for plant micropropagation. **African Journal of Biotechnology**, 11(76), 14025-14035.

Xu, X., van Lammeren, A. A., Vermeer, E. & Vreugdenhil, D. 1998. The role of gibberellin, abscisic acid, and sucrose in the regulation of potato tuber formation in vitro. **Plant Physiology**, 117(2), 575-584.

Xu, X., Vreugdenhil, D. & Lammeren, A. A. v. 1998. Cell division and cell enlargement during potato tuber formation. **Journal of Experimental Botany**, 49(320), 573-582.

กรมการค้าต่างประเทศ. 2562. ผลการจัดสรรปริมาณนำเข้า-ส่งออก. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.dft.go.th/th-th/Information/show-import-export-volume/ArticleId/13722/-WTO-2562-3-2562 (16 สิงหาคม).

ข่าวสด. 2561. ครม.ไฟเขียวขยายโควตานำเข้ามันฝรั่ง 5.2 หมื่นตัน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.khaosod.co.th/economics/news_906320 (20 สิงหาคม).

ณรงค์ อภิชัย. 2534 . การผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งจิ๋วในหลอดทดลอง. เคหการเกษตร, 15, 116.

เทคโนโลยีชาวบ้าน. 2562. เทคนิคการผลิตมันฝรั่งให้ได้ผลดี. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_42034 (21 กันยายน).

ธนากร แสงสง่า. 2557. พีจีพีอาร์ : บทบาทในการส่งเสริมและป้องกันพืชภายใต้สภาวะเครียด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 22(553-557).

นพมณี โทปุญญานนท์. 2545. การขยายพันธุ์พืชโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. เชียงใหม่: IBeam Press studio.

นพมณี โทปุญญานนท์, ปวีณา นวมเจริญ, วิภาดา ทองทักษิณ, สุปัน ไม้ดัดจันทร์, รังสิมา อัมพวัน, ทิพย์สุดา ปุกมณี และ พรศักดิ์ บุญมณี. 2547. รายงานการวิจัยการพัฒนาระบบการผลิตต้นปทุมมาต้นทุนต่ำด้วยการใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

นพมณี โทปุญญานนท์, พูนพัฒน์ พูนน้อย, จาตุพงศ์ วาฤทธิ์, ปิยะนุช เนียมทรัพย์, นลิน วงศ์ขัตติยะ, ศรีกาญจนา คล้ายเรือง, เอกชัย บูรณะไทย, อัปสร เปลี่ยนสินไชย และ สัจจพร จันทะวงษ์. 2553. รายงานการวิจัยระบบการผลิตท่อนพันธุ์อ้อยปลอดโรคด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวขนาดอุตสาหกรรม. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ: กรุงเทพมหานครฯ.

บัณฑูรย์ วาฤทธิ์ & นาตยา ดำอำไพ. 2546. มันฝรั่ง.

ประเสริฐ อินทรา, ปรียพรรณ พงศาพิชณ์, วัลชลีย์ หุลานนท์, สมศักดิ์ รุ่งอรุณ และ ปราณี ฮัมเมอลิ้งค์. 2529. การผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งขนาดเล็ก. กรุงเทพมหานครฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พนม เกิดแสง. 2551. การปลูกมันฝรั่งและการแปรรูป. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/panom/potato.pdf (20 กันยายน 2562).

พรศักดิ์ บุญมณี. 2550. การพัฒนาระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวต้นทุนต่ำเพื่อใช้ในการ เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปทุมมา. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ & นิธิยา รัตนาปนนท์. 2562. Potato / มันฝรั่ง. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1158/potato-%E0%B8%A1%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%9D%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B9%88%E0%B8%87 (20 กันยายน).

รังสฤษฎ์ สำเภาพล, แ. 2540. การจัดการดิน กลุ่มชุดดินที่ 26 เพื่อปลูกไม้ยืนต้นเศรษฐกิจ (ยางพารา ทุเรียน ปาล์มมันน้ำ กาแฟ) ในจังหวัดกระบี่. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://pld101.ldd.go.th/about04/My%20vijais/report/report/2540/05-41-43-02-12-06199-061-201-02-12.pdf (21 กันยายน).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. มันฝรั่ง. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://mis-app.oae.go.th/product/%E0%B8%A1%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%9D%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B9%88%E0%B8%87 (21 กันยายน).

สุทัศน์ ยกส้าน. 2562. มันฝรั่ง. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.royin.go.th/?knowledges=%E0%B8%A1%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%9D%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B9%88%E0%B8%87 (20 กันยายน).

ไสว พงษ์เก่า. 2523. มันฝรั่ง. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=5&chap=5&page=t5-5-infodetail02.html (20 กันยายน).

อรดี สหวัชรินทร์. 2532. ประโยชน์ของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. กรุงเทพมหานครฯ: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาคผนวก

องค์ประกอบสูตรอาหาร MS ดัดแปลง

ธาตุอาหารหลัก MS	
ชื่อสารเคมี	**ปริมาณสารที่ใช้จริงตามสูตร (มิลลิกรัมต่ออาหารลิตร)**
Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4)	170
Ammonium nitrate (NH_4NO_3)	1,650
Magnesiumsulphate heptahydrate ($Mgso_4 \cdot 7H_2O$)	370
Calcium chloride dehydrate ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$)	440
Potassium nitrate (KNO_3)	1,900

ธาตุอาหารรอง MS	
ชื่อสารเคมี	**ปริมาณสารที่ใช้จริงตามสูตร (มิลลิกรัมต่ออาหารลิตร)**
Boric acid (H_3BO_3)	6. 2
Manganese sulfate monohydrate ($MnSo_4 \cdot H_2O$)	16.9
Zinc sulfate heptahydrate ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)	8.6
Potassium iodide (KI)	0.82
Sodium molypdate dehydrate ($NaMoO_4 \cdot 2H_2O$)	0.25
Copper sulfate pentahydrate ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)	0.025
Cobalt chloride hexahydrate ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$)	0.025

อาหาร MS ดัดแปลง	
สารเคมี	**ปริมาณสารที่ใช้เตรียมอาหาร 1 ลิตร**
ธาตุอาหารหลัก	100 มิลลิลิตร
ธาตุอาหารรอง	10 มิลลิลิตร
Thiamine-HCL	1.0 มิลลิลิตร
Nicotinic acid	0.5 มิลลิลิตร
Pyridoxine	0.5 มิลลิลิตร
NaFe·EDTA	35 กรัม
Myo-inositol	100 กรัม
Sugar	30 กรัม
Gellan gum	3 กรัม

การวิเคราะห์ทางสถิติในการทดลองที่ 1 การศึกษาผลของความถี่และระยะเวลาการให้อาหารเหลวในระบบจมชั่วคราวต่อการสร้างหัวจิ๋ว

1.1 เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวจิ๋ว

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	60200.000	4	15050.000	11.136	.000
Within Groups	283800.000	210	1351.429		
Total	344000.000	214			

Duncan[a,b]

		Subset for alpha = 0.05	
Treatment	N	1	2
Control	15	20.00	
3/2	50		82.00
12/20	50		82.00
3/20	50		84.00
12/2	50		90.00
Sig.		1.000	.421

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 34.091.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

1.2 จำนวนหัวจิ๋วต่อต้น

ANOVA

Numberperplantlet

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.341	4	2.085	3.730	.006
Within Groups	93.351	167	.559		
Total	101.692	171			

Duncan[a,b]

		Subset for alpha = 0.05	
Treatment	N	1	2
Control	3	1.00	
3/2	41	1.41	1.41
12/20	41	1.46	1.46
3/20	42	1.55	1.55
12/2	45		1.93
Sig.		.109	.129

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 11.678.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

1.3 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก ≤ 0.20 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	64809.215	4	16202.304	8.677	.000
Within Groups	173660.173	93	1867.314		
Total	238469.388	97			

Duncan[a,b]

		Subset for alpha = 0.05	
Treatment	N	1	2
12/2	22	22.73	
12/20	20	25.00	
3/20	21	38.10	
3/2	20	40.00	
Control	15		100.00
Sig.		.265	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 19.250.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

1.4 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.20-0.49 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18144.712	4	4536.178	2.268	.068
Within Groups	186038.961	93	2000.419		
Total	204183.674	97			

Duncan[a,b]

		Subset for alpha = 0.05	
Treatment	N	1	2
Control	15	.00	
3/20	21	28.57	28.57
3/2	20	30.00	30.00
12/20	20		40.00
12/2	22		40.91
Sig.		.051	.443

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 19.250.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

1.5 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.50-0.99 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9677.489	4	2419.372	1.449	.224
Within Groups	155322.511	93	1670.135		
Total	165000.000	97			

Duncan[a,b]

		Subset for alpha = 0.05	
Treatment	N	1	2
Control	15	.00	
3/2	20	20.00	20.00
3/20	21	23.81	23.81
12/20	20	25.00	25.00
12/2	22		31.82
Sig.		.086	.421

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 19.250.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

1.6 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก ≥ 1.00 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	879.732	4	219.933	.435	.783
Within Groups	46542.948	92	505.902		
Total	47422.680	96			

Duncan[a,b]

		Subset for alpha = 0.05
Treatment	N	1
Control	15	.00
12/2	22	4.55
3/20	21	4.76
3/2	19	5.26
12/20	20	10.00
Sig.		.229

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 19.057.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

1.7 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท A

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	742.115	4	185.529	.109	.979
Within Groups	158441.558	93	1703.673		
Total	159183.674	97			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05 1
Control	15	73.33
3/2	20	80.00
12/20	20	80.00
3/20	21	80.95
12/2	22	81.82
Sig.		.579

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 19.250.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

1.8 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท B

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	695.733	4	173.933	.200	.938
Within Groups	81038.961	93	871.387		
Total	81734.694	97			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05 1
3/20	21	4.76
12/2	22	9.09
3/2	20	10.00
12/20	20	10.00
Control	15	13.33
Sig.		.432

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 19.250.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

1.9 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	525.974	4	131.494	.190	.943
Within Groups	64474.026	93	693.269		
Total	65000.000	97			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05 1
12/2	22	4.55
3/2	20	5.00
Control	15	6.67
3/20	21	9.52
12/20	20	10.00
Sig.		.576

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 19.250.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

1.10 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท D

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	464.750	4	116.187	.285	.887
Within Groups	37902.597	93	407.555		
Total	38367.347	97			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05 1
12/20	20	.00
12/2	22	4.55
3/20	21	4.76
3/2	20	5.00
Control	15	6.67
Sig.		.371

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 19.250.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาผลของจำนวนชิ้นส่วนตั้งต้นต่อการสร้างหัวจิ๋ว

2.1 เปอร์เซ็นต์การสร้างหัวจิ๋ว

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10485.000	2	5242.500	3.549	.030
Within Groups	364875.000	247	1477.227		
Total	375360.000	249			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
30 ex pl	120	75.00	
20 ex pl	80	86.25	86.25
10 ex pl	50		90.00
Sig.		.077	.555

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 73.469.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

2.2 จำนวนหัวจิ๋วต่อต้น

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.663	2	.832	1.369	.257
Within Groups	120.931	199	.608		
Total	122.594	201			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
30 ex pl	90	1.70
20 ex pl	68	1.74
10 ex pl	44	1.93
Sig.		.120

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 61.799.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

2.3 จำนวนหัวจิ๋วต่อภาชนะ

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	468.400	2	234.200	25.736	.000
Within Groups	109.200	12	9.100		
Total	577.600	14			

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
10 ex pl	5	17.80	
20 ex pl	5		28.40
30 ex pl	5		30.60
Sig.		1.000	.271

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

2.4 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก ≤ 0.20 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10518.391	2	5259.196	2.462	.092
Within Groups	151643.771	71	2135.828		
Total	162162.162	73			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
10 ex pl	22	22.73
20 ex pl	25	24.00
30 ex pl	27	48.15
Sig.		.072

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.491.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

2.5 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.20-0.49 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	633.597	2	316.799	.127	.881
Within Groups	177744.781	71	2503.448		
Total	178378.378	73			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
30 ex pl	27	37.04
10 ex pl	22	40.91
20 ex pl	25	44.00
Sig.		.650

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.491.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

2.6 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.50-0.99 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6152.007	2	3076.003	1.750	.181
Within Groups	124793.939	71	1757.661		
Total	130945.946	73			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
30 ex pl	27	11.1111
20 ex pl	25	28.0000
10 ex pl	22	31.8182
Sig.		.107

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.491.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

2.7 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก ≥ 1.00 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.700	2	4.350	.011	.989
Within Groups	28775.084	71	405.283		
Total	28783.784	73			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
30 ex pl	27	3.7037
20 ex pl	25	4.0000
10 ex pl	22	4.5455
Sig.		.892

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.491.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

2.8 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท A

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	94.149	2	47.074	.031	.969
Within Groups	107068.014	71	1508.000		
Total	107162.162	73			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
30 ex pl	27	81.481
10 ex pl	22	81.818
20 ex pl	25	84.000
Sig.		.833

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.491.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

2.9 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท B

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	34.798	2	17.399	.022	.978
Within Groups	55100.337	71	776.061		
Total	55135.135	73			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
30 ex pl	27	7.407
20 ex pl	25	8.000
10 ex pl	22	9.091
Sig.		.844

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.491.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

2.10 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.700	2	4.350	.011	.989
Within Groups	28775.084	71	405.283		
Total	28783.784	73			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
30 ex pl	27	3.704
20 ex pl	25	4.000
10 ex pl	22	4.545
Sig.		.892

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.491.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

2.11 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท D

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	173.865	2	86.932	.164	.849
Within Groups	37663.973	71	530.478		
Total	37837.838	73			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05 1
20 ex pl	25	4.000
10 ex pl	22	4.545
30 ex pl	27	7.407
Sig.		.630

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.491.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองที่ 3 การศึกษาผลระดับความเข้มข้นซูโครสต่อการสร้างหัวจิ๋ว

3.1 เปอร์เซ็นต์การเกิดหัว

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	281677.372	3	93892.457	89.315	.000
Within Groups	202891.157	193	1051.250		
Total	484568.528	196			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
30	50	.000		
60	49		44.898	
90	50			90.000
120	48			91.667
Sig.		1.000	1.000	.799

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 49.236.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

3. 2 จำนวนหัวจิ๋วต่อต้น

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	120.209	3	40.070	94.958	.000
Within Groups	70.469	167	.422		
Total	190.678	170			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
30	50	.000		
60	34		1.353	
90	45			1.933
120	42			1.952
Sig.		1.000	1.000	.893

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 41.910.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

3.3 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก ≤ 0.20 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	61619.734	3	20539.911	14.816	.000
Within Groups	108136.364	78	1386.364		
Total	169756.098	81			

Duncan[a,b]

		Subset for alpha = 0.05	
Treatment	N	1	2
30	20	.000	
120	20	20.000	
90	22	22.727	
60	20		75.000
Sig.		.068	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.465.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

3.4 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.20-0.49 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22293.792	3	7431.264	4.180	.008
Within Groups	138681.818	78	1777.972		
Total	160975.610	81			

Duncan[a,b]

		Subset for alpha = 0.05	
Treatment	N	1	2
30	20	.000	
60	20	25.000	25.000
120	20		40.000
90	22		40.909
Sig.		.062	.260

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.465.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

3.5 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.50-0.99 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22870.288	3	7623.429	6.378	.001
Within Groups	93227.273	78	1195.221		
Total	116097.561	81			

Duncan[a,b]

		Subset for alpha = 0.05	
Treatment	N	1	2
30	20	.000	
60	20	.000	
90	22		31.818
120	20		35.000
Sig.		1.000	.769

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.465.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

3.6 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก ≥ 1.00 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	466.741	3	155.580	.637	.593
Within Groups	19045.455	78	244.172		
Total	19512.195	81			

Duncan[a,b]

		Subset for alpha = 0.05
Treatment	N	1
30	20	.000
60	20	.000
90	22	4.545
120	20	5.000
Sig.		.359

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.465.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

3.7 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท A

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	112129.870	3	37376.623	33.891	.000
Within Groups	88227.273	80	1102.841		
Total	200357.143	83			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
30	22	.000	
120	20		75.000
90	22		81.818
60	20		90.000
Sig.		1.000	.172

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.952.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

3.8 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท B

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2484.848	3	828.283	1.074	.365
Within Groups	61681.818	80	771.023		
Total	64166.667	83			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
30	22	.000
90	22	9.091
60	20	10.000
120	20	15.000
Sig.		.115

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.952.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

3.9 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	478.355	3	159.452	.670	.573
Within Groups	19045.455	80	238.068		
Total	19523.810	83			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
30	22	.000
60	20	.000
90	22	4.545
120	20	5.000
Sig.		.347

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.952.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

3.10 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท D

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	478.355	3	159.452	.670	.573
Within Groups	19045.455	80	238.068		
Total	19523.810	83			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
30	22	.000
60	20	.000
90	22	4.545
120	20	5.000
Sig.		.347

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.952.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองที่ 4 การศึกษาผลสภาวะเครียดทางกายภาพระดับปานกลางโดยการให้ความเย็นต่อการสร้างหัวจิ๋ว

4.1 เปอร์เซ็นต์การสร้างหัวจิ๋ว

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	101800.000	3	33933.333	24.345	.000
Within Groups	273200.000	196	1393.878		
Total	375000.000	199			

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05		
Treatment	N	1	2	3
72 hr.	50	38.000		
24 hr.	50		76.000	
0 hr.	50		90.000	90.000
8 hr.	50			96.000
Sig.		1.000	.062	.423

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50.000.

4.2 จำนวนหัวจิ๋วต่อต้น

ANOVA

Number of tuber per explant

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23.314	3	7.771	20.525	.000
Within Groups	55.279	146	.379		
Total	78.593	149			

Duncan[a,b]

		Subset for alpha = 0.05	
Treatment	N	1	2
72 hr.	19	1.211	
24 hr.	38	1.368	
0 hr.	45		1.933
8 hr.	48		2.229
Sig.		.301	.054

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 32.786.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

4.3 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก ≤0.20 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	65759.812	3	21919.937	12.481	.000
Within Groups	135227.842	77	1756.206		
Total	200987.654	80			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
8 hr.	21	19.048		
0 hr.	22	22.727		
24 hr.	19		57.895	
72 hr.	19			89.474
Sig.		.781	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.168.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

4.4 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.20-0.49 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10022.489	3	3340.830	1.712	.171
Within Groups	150224.425	77	1950.967		
Total	160246.914	80			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
72 hr.	19	10.526	
8 hr.	21	23.810	23.810
24 hr.	19	31.579	31.579
0 hr.	22		40.909
Sig.		.158	.251

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.168.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

4.5 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.50-0.99 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19175.169	3	6391.723	4.274	.008
Within Groups	115145.819	77	1495.400		
Total	134320.988	80			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
72 hr.	19	.000		
24 hr.	19	10.526	10.526	
0 hr.	22		31.818	31.818
8 hr.	21			38.095
Sig.		.390	.084	.608

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.168.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

4.6 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก ≥1.00 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4987.173	3	1662.391	3.053	.033
Within Groups	41926.407	77	544.499		
Total	46913.580	80			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
24 hr.	19	.000	
72 hr.	19	.000	
0 hr.	22	4.545	4.545
8 hr.	21		19.048
Sig.		.565	.052

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.168.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

4.7 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท A

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4183.523	3	1394.508	1.581	.201
Within Groups	67915.243	77	882.016		
Total	72098.765	80			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
0 hr.	22	81.818
8 hr.	21	85.714
24 hr.	19	94.737
72 hr.	19	100.000
Sig.		.079

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.168.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

4.8 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท B

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1162.840	3	387.613	.652	.584
Within Groups	45750.740	77	594.165		
Total	46913.580	80			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
72 hr.	19	.000
24 hr.	19	5.263
0 hr.	22	9.091
8 hr.	21	9.524
Sig.		.265

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.168.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

4.9 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	436.909	3	145.636	.588	.625
Within Groups	19069.264	77	247.653		
Total	19506.173	80			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
24 hr.	19	.000
72 hr.	19	.000
0 hr.	22	4.545
8 hr.	21	4.762
Sig.		.389

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.168.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

4.10 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท D

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	331.089	3	110.363	.890	.450
Within Groups	9545.455	77	123.967		
Total	9876.543	80			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
8 hr.	21	.000
24 hr.	19	.000
72 hr.	19	.000
0 hr.	22	4.545
Sig.		.244

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.168.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองที่ 5 การศึกษาผลสภาวะเครียดทางกายภาพระดับปานกลางโดยการให้ความร้อนต่อการสร้างหัวจิ๋ว

5.1 เปอร์เซ็นต์การสร้างหัวจิ๋ว

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1200.000	3	400.000	.537	.657
Within Groups	146000.000	196	744.898		
Total	147200.000	199			

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
25 C	50	90.000
30 C	50	90.000
40 C	50	92.000
50 C	50	96.000
Sig.		.324

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50.000.

5.2 จำนวนหัวต่อต้น

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.884	3	1.295	3.085	.029
Within Groups	60.008	143	.420		
Total	63.891	146			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
30 C	45	1.889	
25 C	45	1.933	
40 C	38	2.132	2.132
50 C	19		2.368
Sig.		.157	.143

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 32.417.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

5.3 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก ≤ 0.20 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2550.942	3	850.314	.558	.644
Within Groups	120340.624	79	1523.299		
Total	122891.566	82			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
50 C	19	10.526
40 C	21	14.286
25 C	22	22.727
30 C	21	23.810
Sig.		.326

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.691.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

5.4 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.20-0.49 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5026.957	3	1675.652	.747	.527
Within Groups	177141.718	79	2242.300		
Total	182168.675	82			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
50 C	19	21.053
40 C	21	28.571
30 C	21	38.095
25 C	22	40.909
Sig.		.225

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.691.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

5.5 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.50-0.99 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3435.574	3	1145.191	.468	.705
Within Groups	193190.932	79	2445.455		
Total	196626.506	82			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
25 C	22	31.818
30 C	21	33.333
40 C	21	42.857
50 C	19	47.368
Sig.		.364

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.691.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

5.6 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก ≥ 1.00 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3878.467	3	1292.822	1.337	.268
Within Groups	76362.497	79	966.614		
Total	80240.964	82			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
25 C	22	4.545
30 C	21	4.762
40 C	21	14.286
50 C	19	21.053
Sig.		.123

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.691.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

5.7 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท A

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	299.873	3	99.958	.068	.977
Within Groups	116085.669	79	1469.439		
Total	116385.542	82			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
30 C	21	80.952
25 C	22	81.818
50 C	19	84.211
40 C	21	85.714
Sig.		.721

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.691.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

5.8 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท B

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	354.885	3	118.295	.117	.950
Within Groups	79886.079	79	1011.216		
Total	80240.964	82			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
25 C	22	9.091
40 C	21	9.524
50 C	19	10.526
30 C	21	14.286
Sig.		.638

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.691.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

5.9 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.531	3	1.844	.004	1.000
Within Groups	38066.758	79	481.858		
Total	38072.289	82			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
25 C	22	4.545
30 C	21	4.762
40 C	21	4.762
50 C	19	5.263
Sig.		.925

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.691.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

5.10 เปอร์เซ็นต์หัวจิ๋วประเภท D

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	334.064	3	111.355	.922	.434
Within Groups	9545.455	79	120.829		
Total	9879.518	82			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
30 C	21	.000
40 C	21	.000
50 C	19	.000
25 C	22	4.545
Sig.		.232

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.691.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองที่ 6 การศึกษาผลของระยะเวลาเก็บรักษาต่อการงอกของหัวจิ๋วที่ปลูกในโรงเรือน

6.1 เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก ≤0.20 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	131000.000	3	43666.667	89.694	.000
Within Groups	37000.000	76	486.842		
Total	168000.000	79			

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05	
Treatment	N	1	2
0 mount	20	.0000	
1 mount	20		90.0000
2 mount	20		95.0000
6 mount	20		95.0000
Sig.		1.000	.504

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

6.2 เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.20-0.49 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	99000.000	3	33000.000	49.176	.000
Within Groups	51000.000	76	671.053		
Total	150000.000	79			

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05	
Treatment	N	1	2
0 mount	20	15.0000	
1 mount	20		85.0000
2 mount	20		100.0000
6 mount	20		100.0000
Sig.		1.000	.087

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

6.3 เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.50-0.99 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	102375.000	3	34125.000	42.171	.000
Within Groups	61500.000	76	809.211		
Total	163875.000	79			

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
0 mount	20	10.0000	
1 mount	20		85.0000
2 mount	20		90.0000
6 mount	20		100.0000
Sig.		1.000	.119

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

6.4 เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก ≥1.00 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	92375.000	3	30791.667	29.436	.000
Within Groups	79500.000	76	1046.053		
Total	171875.000	79			

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
0 mount	20	10.0000	
1 mount	20		85.0000
2 mount	20		90.0000
6 mount	20		90.0000
Sig.		1.000	.649

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

6.5 ความสูงต้นจากหัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก ≤0.02 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.195	2	1.098	.487	.621
Within Groups	49.565	22	2.253		
Total	51.760	24			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05 1
6 mount	11	6.8182
2 mount	7	7.2857
1 mount	7	7.5000
Sig.		.402

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7.966.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

6.6 ความสูงต้นจากหัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.02-0.49 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	974.900	3	324.967	57.449	.000
Within Groups	429.900	76	5.657		
Total	1404.800	79			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05 1	2
6 mount	20	8.1500	
0 mount	3	8.6667	8.6667
1 mount	19	9.5263	9.5263
2 mount	20		10.3000
Sig.		.108	.057

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.231.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

6.7 ความสูงต้นจากหัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก 0.50-0.99 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	30.744	3	10.248	1.661	.189
Within Groups	271.422	44	6.169		
Total	302.167	47			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05 1
6 mount	20	9.5500
0 mount	3	9.8333
1 mount	16	11.1250
2 mount	9	11.2778
Sig.		.237

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7.182.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

6.8 ความสูงต้นจากหัวจิ๋วขนาดน้ำหนัก ≥1.00กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.847	3	1.949	.450	.720
Within Groups	86.643	20	4.332		
Total	92.490	23			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05 1
6 mount	7	11.2857
0 mount	3	11.5000
1 mount	7	12.0714
2 mount	7	12.5000
Sig.		.397

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.250.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

6.9 จำนวนใบจากหัวขนาดน้ำหนัก ≤0.02 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	108.208	3	36.069	67.262	.000
Within Groups	25.204	47	.536		
Total	133.412	50			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
0 mount	3	.0000	
1 mount	15		6.1333
2 mount	17		6.1765
6 mount	16		6.2500
Sig.		1.000	.772

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7.673.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

6.10 จำนวนใบจากหัวขนาดน้ำหนัก 0.02-0.49 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.355	3	.785	.663	.579
Within Groups	54.465	46	1.184		
Total	56.820	49			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
0 mount	16	6.8750
1 mount	16	6.9375
2 mount	9	7.2222
6 mount	9	7.4444
Sig.		.260

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 11.520.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

6.11 จำนวนใบจากหัวขนาดน้ำหนัก 0.50-0.99 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.627	3	.209	.195	.899
Within Groups	75.960	71	1.070		
Total	76.587	74			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
0 mount	18	8.1111
2 mount	20	8.1500
6 mount	20	8.2500
1 mount	17	8.3529
Sig.		.523

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.659.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

6.12 จำนวนใบจากหัวขนาดน้ำหนัก ≥1.00 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.381	3	.794	.709	.550
Within Groups	73.905	66	1.120		
Total	76.286	69			

Duncan[a,b]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
0 mount	17	9.0588
6 mount	19	9.1579
2 mount	16	9.4375
1 mount	18	9.5000
Sig.		.269

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 17.428.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

6.13 น้ำหนักแห้งต้นจากหัวขนาดน้ำหนัก ≤0.02 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	120.867	2	60.433	.222	.802
Within Groups	7337.000	27	271.741		
Total	7457.867	29			

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
6 mount	10	54.5000
2 mount	10	58.1000
1 mount	10	59.2000
Sig.		.554

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

6.14 น้ำหนักแห้งต้นจากหัวขนาดน้ำหนัก 0.02-0.49 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	568.875	3	189.625	.713	.551
Within Groups	9574.100	36	265.947		
Total	10142.975	39			

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
0 mount	10	62.2000
6 mount	10	63.4000
2 mount	10	67.5000
1 mount	10	71.8000
Sig.		.239

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

6.15 น้ำหนักแห้งต้นจากหัวขนาดน้ำหนัก 0.50-0.99 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	560.475	3	186.825	.388	.762
Within Groups	17336.900	36	481.581		
Total	17897.375	39			

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05 1
0 mount	10	78.5000
1 mount	10	80.8000
6 mount	10	82.6000
2 mount	10	88.6000
Sig.		.357

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

6.16 น้ำหนักแห้งต้นจากหัวขนาดน้ำหนัก ≥1.00 กรัม

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	453.875	3	151.292	.174	.913
Within Groups	31282.100	36	868.947		
Total	31735.975	39			

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05 1
0 mount	10	94.2000
2 mount	10	96.4000
6 mount	10	100.5000
1 mount	10	102.8000
Sig.		.559

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

*เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล เอกพงศ์ วงค์เขตร์

เกิดเมื่อ 12 สิงหาคม 2536

ประวัติการศึกษา 2552-2554: มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนฝางชนูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่

2555 - 2558: วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

2559 - 2562: วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ประวัติการทำงาน 2559 - ปัจจุบัน: ผู้ช่วยนักวิจัย ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

1.ผลงานวิจัยตีพิมพ์ เรื่อง ผลของออกซินต่อการเกิดแคลลัสของงาขี้ม้อนในสภาพปลอดเชื้อ ในวารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ปีที่3 ฉบับพิเศษ

2.นำเสนอผลงานวิจัย ประเภทบรรยายและโปสเตอร์ เรื่อง Effect of Feeding Frequency and Period in Temporary Immersion System on Microtuberization of Potato. ในงานประชุมวิชาการ Tri-University International Joint Seminar and Symposium 2017 มหาวิทยาลัยมิเอะ ประเทศญี่ปุ่น เมื่อวันที่ 23-27 ตุลาคม 2560