การผลิตหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วในหลอดทดลอง*

MICROTUBER PRODUCTION OF POTATO (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) *IN VITRO*

ณรงค์ อภิชัย

Narong Apichai

ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Horticulture, Kasetsart University

บทคัดย่อ

การเพิ่มปริมาณต้นพันธุ์มันฝรั่งในหลอดทดลอง โดยการเพาะเลี้ยงข้อของต้นมันฝรั่งในอาหารสูตร Murashige และ Skoog (MS) ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารลดลงครึ่งหนึ่ง และเติมน้ำตาลซูโครส 3% เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25°ซ. สภาพความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ นาน 16 ชม./วัน สามารถทำให้ตาข้างเจริญเติบโตเป็นต้นได้ดีที่สุด และจำนวนต้นมันฝรั่งเพิ่มขึ้น 10 เท่าทุก ๆ 30 วัน การศึกษาปัจจัยที่ควบคุมการผลิตหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วในอาหารสูตร $\frac{1}{2}$ MS พบว่า มันฝรั่งพันธุ์ สปุนต้า, DTO-33, P-3, DTO-2 และ LT-2 สามารถเกิดหัวขนาดจิ๋วในแต่ละพันธุ์ได้เท่ากับ 100%, 42.86%, 100%, 100% และ 85.71% ตามลำดับ โดยพันธุ์สปุนต้าเพาะเลี้ยงในอาหารที่เติมน้ำตาลซูโครส 8%+ ไคเนติน 2 ppm พันธุ์ DTO-33 เพาะเลี้ยงในอาหารที่เติมน้ำตาลซูโครส 10%+ ไคเนติน 6 ppm พันธุ์ P-3 เพาะเลี้ยงในอาหารที่เติมน้ำตาลซูโครส 4%+ ไคเนติน 8 ppm พันธุ์ DTO-2 เพาะเลี้ยงในอาหารที่เติมน้ำตาลซูโครส 8%+BA 2 ppm และพันธุ์ LT-2 เพาะเลี้ยงในอาหารที่เติมน้ำตาลซูโครส 10%+BA 6 ppm เพาะเลี้ยงในที่มืด อุณหภูมิเฉลี่ย 21°ซ. หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่เก็บเกี่ยวได้หลังจากการเพาะเลี้ยงนานกว่า 90 วัน จะไม่เสียรูปทรงหรือเหี่ยว ส่วนวิธีการเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งขนาดจิ๋ว พันธุ์สปุนต้า, P-3, DTO-2 และ LT-2 ในสภาพอุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับ คือ 1–5°ซ., 21–25°ซ. และ 30–35°ซ. ในที่มืด พบว่า อุณหภูมิ 1–5°ซ. ทำให้หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วทุกพันธุ์มีความยาวของ sprout เฉลี่ยต่ำที่สุด และน้ำหนักของหัวลดลงน้อยที่สุด และจากการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์สปุนต้าไว้ในบรรยากาศดัดแปลงที่เพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระดับต่าง ๆ พบว่า ในระดับปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความยาวของ sprout เฉลี่ย ไม่แตกต่าง

---

*ได้รับทุนสนับสนุนจาก ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน

กันทางสถิติ ส่วนพันธุ์ DTO-2 ที่ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 30% และ 40% การงอก sprout ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการชักนำให้หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์สปุนต้างอกโดยการใช้ GA นั้น พบว่าไม่ได้ผล

ABSTRACT

In the micropropagation of potato in vitro, *node were cultured in half strength of Murashige and Skoog media added with 3% sucrose. Culture conditions were maintained at 25°C with 3,000 lux light intensity of 16 h/day. The result showed that lateral buds of explants could develop to healthy plantlets. Multiplication rate was 10 times within 30 days. Potatoes cvs Spunta, DTO-33, P-3, DTO-2 and LT-2 could produce microtubers 100%, 42.86%, 100%, 100% and 85.71% respectively. The media used for various cvs were Spunta in 8% sucrose +2 ppm kinetin, DTO-33 in 10% sucrose +6 ppm kinetin, P-3 in 4% sucrose +8 ppm kinetin, DTO-2 in 8% sucrose +4 ppm BA, and LT-2 in 10% sucrose +6 ppm BA. Normal microtubers could be harvest at 90 days after culturing at 21°C in dark condition. In the storage, Spunta, P-3, DTO-2 and LT-2 kept at 3 levels of temperature, viz 1-5°C, 21-25°C and 30-35°C in dark condition, it was found that at 1-5°C microtubers produced shortest sprouts with minimum loss in weight. Spunta microtubers which were stored at various levels of CO_2 concentration in the modified atmosphere showed no significant difference in the sprout length. But in DTO-2, the reduction of sprouting was significant when stored at 30% and 40% of CO_2. GA had no effect on sprouting induction of microtuber of Spunta.*

คำนำ

มันฝรั่ง (Potato, *Solanum tuberosum* L.) เป็นพืชหัวที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย มันฝรั่งเกิดจากตาข้างของส่วนลำต้นที่อยู่ใต้ดินงอกเป็น stolon ปลายของ stolon จะขยายตัวเปลี่ยนแปลงเป็นหัวซึ่งเป็นส่วนของลำต้นที่สะสมอาหาร มันฝรั่งส่วนมากนิยมขยายพันธุ์โดยใช้หัว หัวมันฝรั่งที่ผลิตได้มักไม่สามารถเก็บไว้เป็นหัวพันธุ์ได้ เนื่องจากเชื้อไวรัสที่ติดมากับหัว ทำให้มีเชื้อไวรัสอยู่ในเนื้อเยื่อเป็นจำนวนมาก รวมทั้งในหัวพันธุ์ที่สั่งเข้ามาจากต่างประเทศ[5] ซึ่งปริมาณของเชื้อไวรัสจะเพิ่มขึ้นในหัวพันธุ์ที่ผลิตได้ในประเทศ และถ้านำหัวพันธุ์นี้ไปปลูกจะทำให้ผลผลิตรุ่นต่อไปลดลงอย่างมาก[18] ดังนั้น เพื่อจะขจัดปัญหาดังกล่าวจึงมีผู้พยายามผลิตต้นมันฝรั่งที่ปราศจากเชื้อไวรัส โดยใช้เทคนิคการเพาะ-เลี้ยงเนื้อเยื่อ และประสบผลสำเร็จ[13] ทำให้ผลผลิตหัวมันฝรั่งเพิ่มขึ้นมากกว่าต้นมันฝรั่งที่เป็นโรคไวรัส 11–30%[18] เมื่อได้ต้นมันฝรั่งที่ปราศจากเชื้อไวรัสแล้วจึงผลิตเป็นเชื้อพันธุ์เพื่อนำไปปลูกต่อไป ซึ่งทำได้ 3 วิธีคือ วิธีการปักชำ[3,24] วิธีการผลิตหัวพันธุ์ขนาดเล็ก[6] และวิธีการผลิตหัวพันธุ์ขนาดจิ๋ว[4,25]

วิธีการปักชำนั้นต้องดูแลรักษาต้นกล้าในช่วงปักชำมากและหัวมันฝรั่งที่ผลิตได้มักเป็นหัวที่

ไม่สมบูรณ์ (malformation) ส่วนวิธีผลิตหัวพันธุ์ขนาดเล็กจะต้องใช้พื้นที่ในการผลิตมากและใช้เวลานาน สำหรับวิธีที่ดีที่สุดคือการผลิตหัวพันธุ์ขนาดจิ๋ว เพราะใช้พื้นที่ในการผลิตน้อย สามารถผลิตได้ตลอดปี และระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตน้อย[14] นอกจากนี้ หัวพันธุ์ขนาดจิ๋วยังสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานถึง 2 ปี ที่อุณหภูมิ 3–5°ซ.[12] ด้วยเหตุนี้จึงได้ศึกษาและทดลองถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่ควบคุมการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งขนาดจิ๋วในหลอดทดลอง ซึ่งได้แก่ ช่วงแสง ความเข้มแสง สารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนิน น้ำตาลซูโครส เพื่อจะพัฒนาการผลิตหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วให้เป็นอุตสาหกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ต้นมันฝรั่ง 5 พันธุ์ ที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ และตรวจสอบแล้วว่าปราศจากเชื้อไวรัส คือ พันธุ์สปุนต้า (Spunta) จากโครงการผลิตท่อนพันธุ์มันฝรั่งปราศจากโรคไวรัส มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พันธุ์ DTO-33, DTO-2, P-3 และ LT-2 จากโครงการหลวงมันฝรั่ง สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้

เปรียบเทียบอัตราความเข้มข้นของสารอาหารสูตร MS ต่อการเจริญเติบโตของต้นมันฝรั่ง 5 พันธุ์ ในสภาพปลอดเชื้อ

นำต้นมันฝรั่งที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อทั้ง 5 พันธุ์ มาขยายพันธุ์ให้มีจำนวนมากพอสำหรับการทดลอง แล้วตัดต้นมันฝรั่งเป็นข้อ ๆ ขนาด 1 ซม. นำมาเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ซึ่งประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก (macronutrients) ธาตุอาหารรอง (micronutrients) วิตามินและกรดอะมิโน ที่ความเข้มข้นของสารอาหารต่างกัน 2 ระดับ คือ ความเข้มข้นของสารอาหารเต็มสูตร (full strength) และความเข้มข้นของสารอาหารลดลงครึ่งหนึ่ง (half strength) โดยใช้อาหารสูตร Murashige และ Skoog (MS)

เติมน้ำตาลซูโครส 3% ทั้ง 2 ระดับ แล้วทำการเพาะเลี้ยง 1 ข้อ ต่อ 1 หลอดทดลอง ในแต่ละระดับเพาะเลี้ยง 7 หลอดทดลองต่อพันธุ์ สภาพความเข้มแสง 3,000 ลักซ์เป็นเวลา 16 ชม./วัน อุณหภูมิเฉลี่ย 25°ซ. นาน 30 วัน บันทึกการเจริญเติบโตโดยวัดความสูงของลำต้น นับจำนวนข้อและกิ่งแขนง

เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาลร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่ม ไซโตไคนิน ได้แก่ ไคเนติน หรือ BA ในระดับต่าง ๆ ต่อการเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋ว 5 พันธุ์ ในอาหารสูตร MS ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารลดลงครึ่งหนึ่ง

1. เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาลในระดับ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10% ร่วมกับไคเนตินในระดับ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ppm

2. เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาลในระดับ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10% ร่วมกับ BA ในระดับความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ppm

เตรียมอาหารเพาะเลี้ยงที่กล่าวข้างต้นทั้ง 36 สูตร แล้วนำส่วนข้อต่าง ๆ ของต้นมันฝรั่งทั้ง 5 พันธุ์ มาเพาะเลี้ยง 1 ข้อต่อ 1 หลอดทดลอง ในแต่ละสูตรทำการทดลอง 7 หลอดทดลอง สภาพความเข้มแสงประมาณ 200 ลักซ์ อุณหภูมิเฉลี่ย 21°ซ. นาน 4 เดือน บันทึกผลการทดลอง โดยนับจำนวนหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่เกิดขึ้นทั้ง 36 สูตร ในแต่ละการทดลองของแต่ละพันธุ์คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

เปรียบเทียบการเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่ระดับความเข้มแสง 0, 200, 500, 1,000 และ 3,000 ลักซ์

เพาะเลี้ยงข้อต่าง ๆ ของต้นมันฝรั่ง 5 พันธุ์ ในอาหารสูตรที่เหมาะสมที่ใช้ผลิตหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วของแต่ละพันธุ์ ซึ่งได้จากผลการทดลองที่ผ่านมา ที่ระดับความเข้มแสงละ 10 หลอดทดลอง อุณหภูมิเฉลี่ย 21°ซ. เป็นเวลา 4 เดือน บันทึกผลการทดลองโดยนับจำนวนหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับความเข้มแสงต่าง ๆ ของแต่ละพันธุ์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

เปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บเกี่ยวหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่เหมาะสม 8 ระยะ คือ 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 และ 120 วัน

ทำการเพาะเลี้ยงข้อต่าง ๆ ของมันฝรั่ง 5 พันธุ์ ในอาหารสูตรที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ผ่านมา ทดลองระยะเวลาการเก็บเกี่ยวละ 10 หลอดทดลองในแต่ละพันธุ์ โดยเพาะเลี้ยง 1 ข้อต่อ 1 หลอด–ทดลองที่อุณหภูมิเฉลี่ย 21°ซ. ทำการเพาะเลี้ยงห่างกันทุก ๆ 15 วัน จนครบ 8 ครั้ง แล้วเลี้ยงต่อไปอีก 15 วัน จนได้ครบ 8 ระยะจึงเก็บข้อมูลพร้อมกันทั้งหมด โดยนับจำนวนหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่เกิดขึ้นในแต่ละ–ช่วงของการเก็บเกี่ยว และนับจำนวนหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่มีสภาพสมบูรณ์ เมื่อเก็บได้นาน 1 เดือน ทั้งหมดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

การศึกษาวิธีเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งขนาดจิ๋ว

1. ศึกษาวิธีการเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งขนาดจิ๋วในสภาพอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ อุณหภูมิในตู้เย็น 1–5°ซ. อุณหภูมิห้องปรับอากาศ 21–25°ซ. และอุณหภูมิห้อง 30–35°ซ. โดยชั่งน้ำหนักหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วก่อนการทดลองทุกการทดลอง แล้วบรรจุในจานแก้วนำไปเก็บไว้ในสภาพอุณหภูมิต่าง ๆ

2. ศึกษาวิธีเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งขนาดจิ๋วในสภาพบรรยากาศดัดแปลง โดยเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ระดับต่าง ๆ คือ ในสภาพบรรยากาศปกติ CO_2 = 0.03% และสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณก๊าซ CO_2 = 10%, 20%, 30%, 40% ตามลำดับ ชั่งน้ำหนักของหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วก่อนการทดลองทุกการทดลอง แล้วนำไปเก็บไว้ในสภาพต่าง ๆ ข้างต้น โดยบรรจุหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วไว้ในถุงพลาสติกหนาที่ปิดสนิท แล้วใช้เข็มฉีดยาดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริสุทธิ์ ฉีดเข้าภายในถุงตามปริมาณที่ต้องการ เมื่อดึงเข็มออกใช้เทปกาวปิดรูเข็มให้สนิท นำไปเก็บไว้ในห้องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย

21–25°ซ.

การทดลองทั้ง 2 แบบนี้เก็บรักษาไว้นาน 2 เดือน บันทึกผลการทดลองโดยชั่งน้ำหนักหลังการเก็บรักษาเปรียบเทียบกับน้ำหนักก่อนการเก็บรักษา และทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอกของหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋ว หลังการเก็บรักษาไว้ในสภาพต่าง ๆ

การชักนำให้หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วงอกและพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์

นำหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่เก็บรักษาไว้ในสภาพอุณหภูมิเฉลี่ย 21°ซ. ในที่มืด แช่ใน gibberellins ที่ความเข้มข้น 0, 10, 50, 100, 1,000, 2,000 และ 4,000 มก./ล. นาน 10 นาที แล้วนำไปเพาะในวัสดุเพาะที่มีดิน ทราย และขี้เถ้าแกลบ ในอัตราส่วน 1:1:1 เพาะเลี้ยงในสภาพปกติ บันทึกผลการทดลองโดยนับระยะเวลาที่หัวมันฝรั่งเริ่มงอก คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

ผล

อัตราความเข้มข้นของสารอาหารสูตร MS ต่อการเจริญเติบโตของต้นมันฝรั่ง 5 พันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อ

การเจริญเติบโตของตาข้างของต้นมันฝรั่ง 5 พันธุ์ คือ สปุนต้า, DTO-33, P-3, DTO-2 และ LT-2 เมื่อเพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร MS ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารลดลงครึ่งหนึ่งและความเข้มข้นของสารอาหารเต็มสูตร โดยเติมน้ำตาลซูโครส 3% เมื่อเพาะเลี้ยงนาน 30 วัน พบว่ามันฝรั่งทั้ง 5 พันธุ์สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในสูตรอาหาร MS ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารลดลงครึ่งหนึ่ง ซึ่งทำให้ความสูงเฉลี่ย จำนวนข้อต่อต้นและจำนวนกิ่งต่อต้น มากกว่าการเพาะเลี้ยงในสูตรอาหารที่มีความเข้มข้นของสารอาหารเต็มสูตร (ตารางที่ 1)

ปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาลร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนินต่อการเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋ว

1. เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาลร่วมกับไคเนตินในระดับต่าง ๆ

หลังจากการเพาะเลี้ยงข้อของต้นมันฝรั่งพันธุ์ สปุนต้า, DTO-33, P-3, DTO-2 และ LT-2 นาน 4 เดือน พบว่า มันฝรั่งแต่ละพันธุ์ตอบสนองต่อระดับน้ำตาลและไคเนตินต่างกัน คือ

พันธุ์สปุนต้า สามารถเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วในอาหารสูตรที่เติมน้ำตาลตั้งแต่ 4% ร่วมกับไคเนติน 2 ppm ขึ้นไป อัตราการเกิดหัวมันฝรั่งสูงสุดในการทดลองเท่ากับ 100% ในอาหารเพาะเลี้ยงสูตรที่เติมน้ำตาลร่วมกับไคเนติน ในอัตราส่วน 6:2, 8:2, 10:2, 6:4, 8:4, 10:4, 6:6, 10:6, 4:8 และ 8:8

(เปอร์เซ็นต์ : ppm) ซึ่งอัตราการเกิดหัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ กับสูตรอาหารที่ทำให้เกิดหัว 85.71% และ 71.43% แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรอาหารที่ทำให้เกิดหัว 42.86% (ตารางที่ 2)

พันธุ์ DTO-33 สามารถเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วได้สูงสุดเท่ากับ 16.67% ในอาหารเพาะเลี้ยงที่เติมน้ำตาลร่วมกับไคเนตินในอัตราส่วน 10:6 (เปอร์เซ็นต์ : ppm) ส่วนในสูตรอาหารต่าง ๆ ที่เหลือไม่สามารถชักนำให้เกิดหัวมันฝรั่งได้

พันธุ์ P-3 สามารถเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วในอาหารสูตรที่เติมน้ำตาลตั้งแต่ 2% ร่วมกับไคเนติน 4 ppm ขึ้นไป ยกเว้นในอาหารสูตรที่เติมน้ำตาลร่วมกับไคเนตินในอัตราส่วน 8:4, 2:10 และ 10:10 (เปอร์เซ็นต์ : ppm) อัตราการเกิดหัวมันฝรั่งสูงสุดเท่ากับ 100% ในอาหารเพาะเลี้ยงที่เติมน้ำตาลร่วมกับไคเนติน ในอัตราส่วน 4:8 (เปอร์เซ็นต์ : ppm) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสูตรอาหารที่ทำให้เกิดหัว 57.14% แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรอาหารที่ทำให้เกิดหัว 42.86%, 33.33%, 28.57% และ 14.29% (ตารางที่ 3)

พันธุ์ DTO-2 สามารถเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วในอาหารสูตรที่เติมน้ำตาลตั้งแต่ 4% ร่วมกับไคเนติน 4 ppm ขึ้นไป ยกเว้นในอาหารสูตรที่เติมน้ำตาลร่วมกับไคเนตินในอัตราส่วน 4:8 และ 10:10 (เปอร์เซ็นต์ : ppm) อัตราการเกิดหัวมันฝรั่งสูงสุด เท่ากับ 100% ในอาหารเพาะเลี้ยงที่เติมน้ำตาลร่วมกับไคเนติน ในอัตราส่วน 8:4 (เปอร์เซ็นต์ : ppm) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสูตรอาหารที่ทำให้เกิดหัว 57.14% แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรอาหารที่ทำให้เกิดหัว 42.86%, 33.33%, 28.57% และ 14.29% (ตารางที่ 4)

พันธุ์ LT-2 สามารถเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วในอาหารสูตรที่เติมน้ำตาลร่วมกับไคเนตินในอัตราส่วน 10:2, 6:4, 6:8 และ 10:8 (เปอร์เซ็นต์ : ppm) ส่วนในอาหารสูตรต่าง ๆ ที่เหลือไม่สามารถชักนำให้เกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วได้ อัตราการเกิดหัวมันฝรั่งสูงสุดเท่ากับ 50% ในอาหารเพาะเลี้ยงที่เติมน้ำตาลร่วมกับไคเนตินในอัตราส่วน 10:2 และ 6:8 (เปอร์เซ็นต์ : ppm)

2. เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาลร่วมกับ BA ในระดับต่าง ๆ

หลังจากการเพาะเลี้ยงข้อของต้นมันฝรั่งพันธุ์ สปุนต้า, DTO-33, P-3, DTO-2 และ LT-2 นาน 4 เดือน พบว่า มันฝรั่งแต่ละพันธุ์ตอบสนองต่อระดับน้ำตาลและ BA ต่างกัน คือ

พันธุ์สปุนต้า สามารถเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วในอาหารสูตรที่เติมน้ำตาลตั้งแต่ 4% ร่วมกับ BA 0 ppm ขึ้นไป ยกเว้นในอาหารสูตรที่เติมน้ำตาลร่วมกับ BA ในอัตราส่วน 8:0 และ 4:10 (เปอร์เซ็นต์ : ppm) อัตราการเกิดหัวมันฝรั่งสูงสุด เท่ากับ 100% ในอาหารเพาะเลี้ยงสูตรที่เติมน้ำตาลร่วมกับ BA ในอัตราส่วน 10:2 (เปอร์เซ็นต์ : ppm) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสูตรอาหารที่ทำให้เกิดหัว 85.71%, 71.43% และ 52.14% แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรอาหารที่ทำให้เกิดหัว 42.86%, 28.57% และ 14.29% (ตารางที่ 5)

พันธุ์ DTO-33 สามารถเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วได้สูงสุดเท่ากับ 14.29% ในอาหารเพาะเลี้ยงที่เติมน้ำตาล 8% ร่วมกับ BA 2 ppm ส่วนในสูตรอาหารต่าง ๆ ที่เหลือไม่สามารถชักนำให้เกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วได้

พันธุ์ P-3 สามารถเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วในอาหารสูตรที่เติมน้ำตาลตั้งแต่ 4% ร่วมกับ BA 2 ppm ขึ้นไป ยกเว้นในอาหารสูตรที่เติมน้ำตาลร่วมกับ BA ในอัตราส่วน 6:2, 8:2, 4:4, 4:10, 6:10 และ 10:10 (เปอร์เซ็นต์ : ppm) อัตราการเกิดหัวมันฝรั่งสูงสุด เท่ากับ 85.71% ในอาหารเพาะเลี้ยงสูตรที่เติมน้ำตาลร่วมกับ BA ในอัตราส่วน 10:8 (เปอร์เซ็นต์ : ppm) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ กับสูตรอาหารที่ทำให้เกิดหัว 83.33%, 57.14% และ 42.86% แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรอาหารที่ทำให้เกิดหัว 14.29% (ตารางที่ 6)

พันธุ์ DTO-2 สามารถเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วในอาหารสูตรที่เติมน้ำตาลตั้งแต่ 6% ร่วมกับ BA 0 ppm ขึ้นไป ยกเว้นในอาหารสูตรที่เติมน้ำตาลร่วมกับ BA ในอัตราส่วน 6:8, 8:10, 10:8 และ 10:10 (เปอร์เซ็นต์ : ppm) อัตราการเกิดหัวมันฝรั่งสูงสุด เท่ากับ 85.71% ในอาหารเพาะเลี้ยงสูตรที่มีน้ำตาลร่วมกับ BA ในอัตราส่วน 8:2 (เปอร์เซ็นต์ : ppm) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสูตรอาหารที่ทำให้เกิดหัว 71.43%, 57.14% และ 42.86% แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรอาหารที่ทำให้เกิดหัว 28.57% (ตารางที่ 7)

พันธุ์ LT-2 สามารถเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วในอาหารสูตรที่เติมน้ำตาลตั้งแต่ 6% ร่วมกับ BA 2 ppm ขึ้นไป ยกเว้นในอาหารสูตรที่เติมน้ำตาลร่วมกับ BA ในอัตราส่วน 10:2 (เปอร์เซ็นต์ : ppm) อัตราการเกิดหัวมันฝรั่งสูงสุด เท่ากับ 80.00% ในอาหารเพาะเลี้ยงสูตรที่เติมน้ำตาลร่วมกับ BA ในอัตราส่วน 10:6 (เปอร์เซ็นต์ : ppm) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ กับสูตรอาหารที่ทำให้เกิดหัว 57.14%, 42.86% และ 33.33% แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรอาหารที่ทำให้เกิดหัว 28.57%, 25.00% และ 14.29% (ตารางที่ 8)

การเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่ระดับความเข้มแสงต่าง ๆ

จากการเพาะเลี้ยงข้อของต้นมันฝรั่ง 5 พันธุ์ ในอาหารสูตรที่เหมาะสมที่ระดับความเข้มแสง 0, 200, 500, 1,000 และ 3,000 ลักซ์ นาน 4 เดือน พบว่า มันฝรั่งแต่ละพันธุ์ตอบสนองต่อระดับความเข้ม-แสงคล้ายคลึงกัน คือ สามารถเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วได้ดีในระดับความเข้มแสง 0 และ 200 ลักซ์ โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ มันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า, P-3 และ DTO-2 เกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วได้ 100% โดยที่มันฝรั่งพันธุ์ DTO-33 และ LT-2 เกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่มีความเข้มแสง 0 ลักซ์ ได้เท่ากับ 42.86% และ 85.71% ตามลำดับ (ตารางที่ 9) และที่ความเข้มแสง 200 ลักซ์ ได้เท่ากับ 14.29% และ 71.43% ตามลำดับ และเมื่อเพาะเลี้ยงที่ระดับความเข้มแสง 500, 1,000 และ 3,000 ลักซ์ มันฝรั่งพันธุ์ DTO-33, DTO-2 และ LT-2 ไม่สามารถเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วได้ และทำให้การเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้ากับพันธุ์

P-3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับการเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่ระดับความเข้มแสง 0 และ 200 ลักซ์ โดยที่ระดับความเข้มแสง 500 และ 1,000 ลักซ์ ทำให้มันฝรั่งพันธุ์สปุนต้าเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วเพียง 42.86% และพันธุ์ P-3 เกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วเพียง 28.57% และเมื่อเพาะเลี้ยงที่ระดับความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ ทำให้มันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า และ P-3 เกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วเหลือเพียง 28.57% และ 14.29% ตามลำดับ ผลจากการทดลองพบว่าหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่เพาะเลี้ยงในระดับความเข้มแสง 0 ลักซ์ จะเป็นสีครีม แต่ถ้าระดับความเข้มแสงเพิ่มขึ้นจะเป็นสีเขียวเข้ม และรูปร่างของหัวมันฝรั่งที่เกิดในระดับความเข้มแสงที่ 500, 1,000 และ 3,000 ลักซ์ จะมีลักษณะที่ผิดปกติ คือ หัวจะยาวรี บิดเบี้ยว ตาบนหัวมันฝรั่งมักงอกเป็นยอด โดยที่หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่เกิดในที่ระดับความเข้มแสงที่ 0 และ 200 ลักซ์ จะมีรูปร่างกลมรี และไม่งอกเป็นยอด

ระยะเวลาเก็บเกี่ยวหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่เหมาะสม

หัวมันฝรั่งทั้ง 5 พันธุ์ ที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่เหมาะสม พบว่าข้อมันฝรั่งทั้ง 5 พันธุ์ เมื่อเพาะ–เลี้ยงในที่มืด อุณหภูมิเฉลี่ย 21°ซ. นาน 15 และ 30 วัน ตาของข้อที่เพาะเลี้ยงจะงอกเป็นยอด คล้ายกับการเกิด stolon ของต้นมันฝรั่งในธรรมชาติ และยอดที่เกิดมีลักษณะอวบน้ำ ปลายยอดงอ มีใบเล็ก ๆ ด้านข้าง ใบและยอดเป็นสีครีม ระยะนี้ยังไม่สามารถสังเกตเห็นการเจริญของหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋ว แต่เมื่อเพาะเลี้ยงนาน 45 วัน จะสังเกตเห็นหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋ว ยกเว้นมันฝรั่งพันธุ์ DTO-33 จะเกิดหัวมันฝรั่งเมื่อเพาะเลี้ยงนาน 60 วัน หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วจะเกิดได้สูงสุดในช่วงที่เพาะเลี้ยงนาน 60–75 วัน (ตารางที่ 10) เมื่อเพาะเลี้ยงนานเกินกว่า 60 วันเปอร์เซ็นต์ของการเกิดหัวจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ขนาดของหัวจะใหญ่ขึ้น หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่เกิดขึ้นส่วนมากเจริญมาจากตาข้างของยอดซึ่งเจริญมาจากตาข้างของข้อที่ทำการเพาะ–เลี้ยง

เมื่อทดลองเก็บเกี่ยวหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่มีระยะเวลาเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน แล้วเก็บไว้ในที่มืด อุณหภูมิเฉลี่ย 21°ซ. เป็นเวลานาน 1 เดือน พบว่าหัวมันฝรั่งที่เก็บจากการเพาะเลี้ยงไม่ถึง 90 วัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับหัวมันฝรั่งที่เก็บหลังการเพาะเลี้ยงนานกว่า 90 วัน คือ หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่เก็บจากการเพาะเลี้ยงไม่ถึง 90 วัน จะเหี่ยวและเสียรูปทรงไป ในขณะที่หัวมันฝรั่งที่เก็บหลังการเพาะเลี้ยงนานกว่า 90 วันขึ้นไปไม่เหี่ยวและคงสภาพรูปทรงอย่างเดิม (ตารางที่ 11)

วิธีเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งขนาดจิ๋ว

1. การเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งขนาดจิ๋วในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์ สปุนต้า, DTO-33, P-3, DTO-2 และ LT-2 ที่เพาะเลี้ยงนานกว่า 90 วัน มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวเท่ากับ 48, 83, 45, 80 และ 67 มก. ตามลำดับ และมีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยต่อหัวเท่ากับ 4.0, 5.2, 3.7, 5.0 และ 4.5 มม. ตามลำดับ เมื่อเก็บหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์ สปุนต้า, P-3,

DTO-2 และ LT-2 ไว้ในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกันในที่มืดนาน 2 เดือน พบว่าอุณหภูมิช่วงการเก็บรักษาที่แตกต่างกันทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของ sprout ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 12)

หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วทั้ง 4 พันธุ์ ที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิ 21–25°ซ. จะมีความยาวเฉลี่ยของ sprout มากที่สุด โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับหัวมันฝรั่งที่เก็บไว้ในอุณหภูมิ 30–35°ซ. และ 1–5°ซ. ยกเว้นพันธุ์ DTO-2 ความยาวเฉลี่ยของ sprout ที่เก็บไว้ในอุณหภูมิ 21–25°ซ. และ 30–35°ซ. ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และพบด้วยว่า น้ำหนักของหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วลดลงมากที่สุดเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30–35°ซ. รองลงมาที่อุณหภูมิ 21–25°ซ. และ 1–5°ซ. ตามลำดับ ฉะนั้น ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา คือ 1–5°ซ. ซึ่งทำให้ความยาวเฉลี่ยของ sprout สั้นที่สุด และน้ำหนักของหัวมันฝรั่งลดลงน้อยที่สุด

2. การเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งขนาดจิ๋วในสภาพบรรยากาศที่ดัดแปลงโดยเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ระดับต่าง ๆ

หลังจากเก็บรักษาหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋ว 2 พันธุ์ คือ สปุนต้า และ DTO-2 ไว้ในสภาพบรรยากาศที่ดัดแปลง โดยเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับต่าง ๆ ในที่มืด อุณหภูมิ 21–25°ซ. นาน 2 เดือน พบว่า หัวมันฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศที่มี CO_2 ในระดับ 0.03%, 10%, 20%, 30% และ 40% ทำให้หัวมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้างอก sprout 80–100% ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ และพันธุ์ DTO-2 ที่เก็บรักษาในบรรยากาศที่มี CO_2 ในระดับ 0.03%, 10% และ 20% งอก sprout 100%, 71.4% และ 100% ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับหัวที่เก็บรักษาในบรรยากาศที่มี CO_2 อยู่ 30 และ 40% โดยทำให้การงอก sprout ลดลงเหลือ 42.8% และ 30% ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ผลการทดลองพบว่า เมื่อเก็บรักษาหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วทั้ง 2 พันธุ์ ในบรรยากาศที่มี CO_2 ในระดับที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความยาวเฉลี่ยของ sprout ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และน้ำหนักของหัวมันฝรั่งที่สูญหายไประหว่างเก็บรักษาไม่แตกต่างกัน เมื่อนำหัวมันฝรั่งที่งอก sprout มาเพาะในวัสดุเพาะที่ประกอบด้วย ดิน ทรายและขี้เถ้าแกลบ ในอัตราส่วน 1:1:1 พบว่า หัวมันฝรั่งพันธุ์ สปุนต้า, P-3, DTO-2 และ LT-2 สามารถเจริญเติบโตเป็นต้นหลังจากการเพาะ 4–7 วัน และเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ สามารถย้ายออกปลูกได้เมื่อเพาะไว้นาน 15 วัน

การชักนำให้หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วงอกและกลายเป็นต้นที่สมบูรณ์

หลังจากนำหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์สปุนต้าที่เก็บไว้ในอุณหภูมิเฉลี่ย 21°ซ. ในที่มืดนาน 7 วัน แช่ใน GA ที่ความเข้มข้น 0, 10, 50, 100, 1,000, 2,000 และ 4,000 มก./ล. นาน 10 นาที เพื่อชักนำให้เกิด sprout ก่อนนำไปเพาะให้เป็นต้นที่สมบูรณ์ พบว่าหัวมันฝรั่งที่แช่ GA ทุก ๆ ความเข้มข้น ไม่สามารถงอก sprout ได้แม้จะเก็บรักษาไว้นานถึง 30 วัน

วิจารณ์

หลังจากเพาะเลี้ยงข้อของต้นมันฝรั่งทั้ง 5 พันธุ์ นาน 30 วัน พบว่าข้อของต้นมันฝรั่งสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในอาหารสูตร MS ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารลดลงครึ่งหนึ่ง และตาที่ติดมากับข้อสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นที่สมบูรณ์ ให้ความสูงเฉลี่ย จำนวนข้อและจำนวนกิ่งต่อต้นมากกว่าการเพาะ-เลี้ยงข้อในสูตรอาหาร MS ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารเต็มสูตร ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Wang และ Hu[25] ที่พบว่าการเพาะเลี้ยงข้อของต้นมันฝรั่งสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นที่สมบูรณ์และสามารถเพิ่มปริมาณต้นมันฝรั่งได้ดีในอาหารวุ้นสูตร MS ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารเท่ากับ 1 ใน 3 ของสารอาหารทั้งหมด โดยเติมน้ำตาลซูโครส 3% และสารอาหารในปริมาณความเข้มข้นขนาดนี้ ยังใช้ในการผลิตหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วในสภาพปลอดเชื้อ โดยเพิ่มปริมาณน้ำตาลและเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนินในปริมาณที่เหมาะสม

การเพาะเลี้ยงข้อของต้นมันฝรั่งในอาหารสูตรต่าง ๆ นาน 4 เดือน พบว่า ในอาหารสูตรที่ไม่มีน้ำตาล และ/หรือไคเนติน ไม่สามารถชักนำให้มันฝรั่งทุกพันธุ์เกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วได้ ซึ่งตรงกับการทดลองของ Palmer และ Smith[14] ที่รายงานไว้ว่า การเพาะเลี้ยงตาข้างในอาหารที่ปราศจากไซโตไคนินจะไม่สามารถชักนำให้เกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋ว ซึ่งไซโตไคนินมีผลต่อการเกิดและการพัฒนาของหัว กล่าวคือ มีผลต่อการแบ่งเซลล์และการขยายตัวของเซลล์ และยับยั้งการยืดตัวของเซลล์ที่ปลายยอดกับบริเวณเนื้อเยื่อถัดลงมา ตลอดจนช่วยสังเคราะห์และสะสมแป้งในหัว[15] ซึ่ง Koda และ Okazawa[11] รายงานอีกว่าการเพาะ-เลี้ยงข้อของส่วนยอดของหัวในสภาพปลอดเชื้อ ไซโตไคนินจะไม่มีผลต่อการเกิดหัวในอาหารที่มีน้ำตาลน้อยกว่า 2%

ในการทดลองครั้งนี้พบว่า ปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วคือ 8–10% และปริมาณของสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนิน คือ ไคเนติน หรือ BA ที่เหมาะสมคือ 2–6 ppm ซึ่งคล้ายคลึงกับ Wang และ Hu[25] ที่รายงานว่า ปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วคือ 8% แต่ต้องมีสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนินร่วมในอาหารที่เพาะเลี้ยงในปริมาณที่พอเหมาะด้วย[9,19]

ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า มันฝรั่งแต่ละพันธุ์ตอบสนองต่อการเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วในระดับความเข้มข้นของน้ำตาลและไซโตไคนินที่แตกต่างกัน ตลอดจนความสามารถในการเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วก็แตกต่างกันคือ มันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า, DTO-33, P-3, DTO-2 และ LT-2 สามารถเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วได้เท่ากับ 100%, 16.67%, 100%, 100% และ 80% ตามลำดับ ซึ่ง Sladky และ Jandova[19] กล่าวว่า พันธุกรรมของพันธุ์มันฝรั่งที่ต่างกัน เป็นปัจจัยที่มีผลทำให้การเจริญเติบโตของยอดแตกต่างกันในการเพาะเลี้ยงเยื่อมันฝรั่ง แม้ทำการเพาะเลี้ยงส่วนข้อของมันฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ ในอาหารสูตรเดียวกัน ก็มีผลทำให้การเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วมีเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกัน[23]

เมื่อเพาะเลี้ยงข้อของมันฝรั่ง 5 พันธุ์ ในสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเกิดหัวของแต่ละพันธุ์ พบว่า มันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า, P-3 และ DTO-2 สามารถเกิดหัวได้ 100% ในการเพาะเลี้ยงข้อในระดับความเข้มแสงที่ 0 และ 200 ลักซ์โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งคล้ายคลึงกับการทดลองของ Tovar และคณะ[23] ที่รายงานว่ามันฝรั่งจำนวน 10 พันธุ์ที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารและสภาพที่เหมาะสม สามารถชักนำให้เกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วได้ดีเมื่อเพาะเลี้ยงในที่มืด[7,8,16,17,21,22]

จากการทดลองนี้ พบว่า มันฝรั่งพันธุ์ DTO-33, DTO-2 และ LT-2 ไม่สามารถเกิดหัวได้เมื่อเพาะเลี้ยงในระดับความเข้มแสง 500, 1,000 และ 3,000 ลักซ์ และทำให้การเกิดหัวของพันธุ์สปุนต้า และ P-3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการเกิดหัวที่ระดับความเข้มแสง 0 และ 200 ลักซ์ โดยในระดับความเข้มแสง 500 และ 1,000 ลักซ์ สามารถชักนำให้เกิดหัวได้เพียง 42.86% และ 28.57% ตามลำดับ และที่ในระดับความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ การเกิดหัวของพันธุ์สปุนต้าและ P-3 ลดลงเหลือ 28.57% และ 14.29% ตามลำดับ ซึ่งคล้ายคลึงกับการทดลองของ Wang และ Hu[25] ที่รายงานว่าความเข้มแสง 100 ลักซ์เหมาะสมต่อการผลิตหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วในสภาพปลอดเชื้อ และในความเข้มแสง 1,000 และ 4,000 ลักซ์ สามารถผลิตหัวมันฝรั่งได้เพียง 54% และ 26% ตามลำดับ

หลังจากเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์สปุนต้า, P-3, DTO-2 และ LT-2 ไว้ในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ในที่มืดนาน 2 เดือน พบว่า เปอร์เซ็นต์การงอกของ sprout ของแต่ละพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และพบว่าความยาวของ sprout เฉลี่ยสูงสุด เมื่อเก็บรักษาไว้ในสภาพอุณหภูมิ 21–25°ซ. ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับการเก็บรักษาไว้ในสภาพอุณหภูมิ 30–35°ซ. และ 1–5°ซ. คล้ายคลึงกับที่ ธงไชย[1] รายงานว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการกระตุ้นให้ sprout งอกได้ดีที่สุดคือ 20°ซ. และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาหัวพันธุ์คือ 4.4°ซ. โดย Hutchinson[10] รายงานว่าหัวพันธุ์ควรเก็บไว้ในอุณหภูมิ 4°ซ. และชักนำให้เกิด sprout ที่อุณหภูมิ 20°ซ. ส่วน Tover และคณะ รายงานว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วคือ 4°ซ.[23] ในขณะที่อุณหภูมิ 3–5°ซ. สามารถเก็บรักษาหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วให้มีชีวิตอยู่ได้นานมากกว่า 2 ปี[12]

หลังจากเก็บหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วทั้ง 4 พันธุ์นาน 2 เดือน ในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ทำให้น้ำหนักของหัวมันฝรั่งสูญหายมากน้อยต่างกัน คือ ที่อุณหภูมิ 1–5°ซ. น้ำหนักจะสูญหายไปน้อยที่สุด รองลงมาที่อุณหภูมิ 21–25°ซ. และ 30–35°ซ. ตามลำดับเนื่องจากหัวมันฝรั่งเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะมีการคายน้ำและหายใจเพิ่มขึ้น ทำให้สารอาหารที่สะสมไว้ภายในหัวถูกใช้ไป เป็นเหตุให้น้ำหนักของหัวสูญหายไปมากกว่าการเก็บรักษาหัวไว้ในสภาพอุณหภูมิต่ำกว่า[20] ดังนั้นสภาพอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วคือ 1–5°ซ. โดยทำให้ความยาวของ sprout สั้นที่สุด และน้ำหนักของหัวมันฝรั่งสูญหายไปน้อยที่สุด เมื่อเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลานาน 2 เดือน

จากการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์ของการงอก sprout ของหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์ DTO-2 ลดลงเมื่อเก็บไว้ในบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 30% และ 40% ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ กับการเก็บไว้ในบรรยากาศที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03%, 10% และ 20% และในระดับปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ ทำให้หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วทั้ง 2 พันธุ์มีความยาวของ sprout เฉลี่ย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จินดา[2] กล่าวว่า การงอกของพืชเป็นกิจกรรมที่สลายและเผาผลาญอาหารที่สะสมไว้ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ออกซิเจน ดังนั้น ในขณะที่พืชกำลังงอก จึงมีอัตราการหายใจสูงมากเมื่อเทียบกับการหายใจปกติ สภาพโดยทั่วไปพืชจะงอกได้ดีในบรรยากาศปกติที่มีออกซิเจน 20% และคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ คือ 0.03% เมื่อปริมาณของคาร์บอนไดออกไซดในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น ทำให้การหายใจลดลงเป็นผลให้อัตราการงอกของ sprout ลดลง Smith[20] พบว่า การเก็บรักษาหัวมันฝรั่งในสภาพบรรยากาศที่ดัดแปลงโดยเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็น 15% มีผลในการยับยั้งการเกิด sprout

จากการเพาะหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์สปุนต้า, P-3, DTO-2 และ LT-2 ที่งอก sprout แล้ว พบว่า สามารถเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ และสามารถย้ายออกไปปลูกได้ Wang และ Hu[25] รายงานว่า สามารถย้ายไปปลูกในเรือนกันแมลง ผลิตเป็นหัวพันธุ์เบื้องต้น เพื่อใช้ผลิตหัวพันธุ์เป็นการค้าต่อไป Tovar และคณะ[23] รายงานว่า หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วสามารถนำไปใช้ในแผนการผลิตหัวพันธุ์ได้ โดยผลิตในกะบะภายในโรงเรือนกันแมลงจะได้หัวพันธุ์เบื้องต้นที่มีคุณภาพดี ในพื้นที่ 1 ตร.ม. ปลูกหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วได้ 100 หัว หลังจากปลูก 90 วัน สามารถเก็บหัวมันฝรั่งได้มากกว่า 900 หัว แต่ละหัวหนักระหว่าง 1–20 ก.

จากการทดลองพบว่า หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์สปุนต้าที่แช่ใน GA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ นาน 10 นาที ไม่สามารถชักนำให้เกิด sprout ซึ่งคล้ายคลึงกับผลของการทดลองของ Tovar และคณะ[23] ที่พบว่า การใช้ gibberellic acid ในการยับยั้งการพักตัวของหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋ว ให้ผลที่ไม่แน่นอน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความสัมพันธ์ของลักษณะทางสรีระวิทยา คือ ขนาดของหัวและช่วงระยะเวลาในการเก็บหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วหลังจากการเพาะเลี้ยงที่ต่างกัน โดยหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อนั้น ช่วงของการพักตัวขึ้นอยู่กับความสมดุลของฮอร์โมนภายในหัว ซึ่งใช้ไซโตไคนินเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋ว ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงวิธีการผลิตหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วในสภาพปลอดเชื้อที่มีการเพิ่มปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโต และควบคุมสภาพแวดล้อมระหว่างการเกิดหัว มีผลอย่างมากต่อการพักตัว[23]

สรุป

การเปรียบเทียบอัตราความเข้มข้นของสารอาหารสูตร MS ต่อการเจริญเติบโตของต้นมันฝรั่ง 5 พันธุ์ คือ สปุนต้า, DTO-33, P-3, DTO-2 และ LT-2 ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า อาหารสูตร MS ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารลดลงครึ่งหนึ่ง โดยเติมน้ำตาลซูโครส 3% เพาะเลี้ยงไว้ในที่ที่มีความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ นาน 16 ชม./วัน อุณหภูมิเฉลี่ย 25°ซ. สามารถทำให้ตาข้างของมันฝรั่งทั้ง 5 พันธุ์เจริญเติบโตโดยมีความสูงเฉลี่ย จำนวนข้อและจำนวนกิ่งต่อต้นดีที่สุด สามารถเพิ่มจำนวนต้นมันฝรั่งได้ 10 เท่าทุก ๆ 30 วัน

การศึกษาปัจจัยที่ควบคุมการผลิตหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วในสภาพปลอดเชื้อ พบว่ามันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า, DTO-33, P-3, DTO-2 และ LT-2 สามารถเกิดหัวขนาดจิ๋วได้สูงสุดเท่ากับ 100%, 42.86%, 100%, 100% และ 85.71% ตามลำดับ โดยเพาะเลี้ยงข้อในอาหารสูตร MS ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารลดลงครึ่งหนึ่ง พบว่ามันฝรั่งแต่ละพันธุ์ตอบสนองต่อระดับน้ำตาลและไคเนติน หรือ BA ต่างกัน คือ พันธุ์สปุนต้า เพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร $\frac{1}{2}$ MS ที่เติมไคเนติน 2 ppm ร่วมกับน้ำตาลซูโครส 8% พันธุ์ DTO-33 เพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร $\frac{1}{2}$ MS ที่เติมไคเนติน 6 ppm ร่วมกับน้ำตาลซูโครส 10% พันธุ์ P-3 เพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร $\frac{1}{2}$ MS ที่เติมไคเนติน 8 ppm ร่วมกับน้ำตาลซูโครส 4% พันธุ์ DTO-2 เพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร $\frac{1}{2}$ MS ที่เติม BA 2 ppm ร่วมกับน้ำตาลซูโครส 8% พันธุ์ LT-2 เพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร $\frac{1}{2}$ MS ที่เติม BA 6 ppm ร่วมกับน้ำตาลซูโครส 10%

การเพาะเลี้ยงในที่มืด อุณหภูมิเฉลี่ย 20°ซ. สามารถเก็บเกี่ยวหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วได้หลังจากการเพาะเลี้ยงข้อนานกว่า 90 วัน หัวมันฝรั่งไม่เหี่ยวหรือเสียรูปทรง

การศึกษาวิธีเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งขนาดจิ๋วพบว่า หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์สปุนต้า, P-3, DTO-2 และ LT-2 เมื่อเก็บรักษาไว้ในสภาพอุณหภูมิ 1–5°ซ. ในที่มืด หัวมันฝรั่งทุกพันธุ์จะมีความยาวของ sprout เฉลี่ยต่ำที่สุด และน้ำหนักของหัวลดลงน้อยที่สุด จากการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์สปุนต้าไว้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่เพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระดับต่าง ๆ ทำให้ความยาวของ sprout เฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนพันธุ์ DTO-2 พบว่า ในระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 30 และ 40% ความยาวของ sprout จะลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการชักนำให้หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วงอกและพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์นั้น พบว่า GA ในทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลในการกระตุ้นให้หัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์สปุนต้างอก sprout ได้

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อรดี สหวัชรินทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกษม พิลึก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธวัช ลวะเปารยะ รองศาสตราจารย์ ดร.พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล เรียบเลิศหิรัช ที่ได้แนะนำและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. ทองอุทัยศรี, ธงไชย. การผลิตมันฝรั่ง. สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้, เชียงใหม่, 2529, 89.
2. ศรศรีวิชัย, จินดา. สรีรวิทยาพืช : การเจริญเติบโตและควบคุม. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2524, 279.
3. เหล่าเทอดพงษ์, ศิริพร และ ด่านอนันต์, เมธี. การเปรียบเทียบผลผลิตมันฝรั่งจากต้นพืชปักชำปลอดโรค 8 พันธุ์. เอกสารการประชุมวิชาการมันฝรั่งครั้งที่ 1, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2523, 292.
4. อภิชัย, ณรงค์ และ สหวัชรินทร์, อรดี. ไมโครทูเบอร์ : มิติใหม่ของการผลิตเชื้อพันธุ์มันฝรั่ง. *ฐานเกษตรกรรม*,2529, 4 (39), 6–9.
5. ฮัมเมอลิ้งค์, ปราณี. การตรวจสอบไวรัสในหัวพันธุ์มันฝรั่งรุ่นวันที่ 16 พฤศจิกายน 2527. บันทึกข้อความที่ ทม 0418.03/122, ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และห้องปฏิบัติการกลางบางเขน, กรุงเทพมหานคร, 2527.
6. ฮัมเมอลิ้งค์, ปราณี; มงคลสุข, ยุพา; เกตุตรีกรณี, นันทนา;คำทอง, สำเริง; แสงโสมทรัพย์, ธนาพร; เลิศสมิติวันท์, สุวรรณา; ดวงธิสาร, สุจรรยา และคงสิริ, จินดา. การผลิตท่อนพันธุ์มันฝรั่ง. รายงานโครงการผลิตท่อนพันธุ์มันฝรั่งปราศจากโรค, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2528, 12.
7. Barker, W.G. A Method for the *in vitro* Culturing of Potato Tubers. *Science*, 1953, **118**, 384-385.
8. Gregory, L.E. Some Factors for Tuberization in the Potato Plant. *Am. J. Botany*, 1956, **43**, 281-288.
9. Hussey, G. and Stacey, N.J. Factors Affecting the Formation of *in vitro* Tubers of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Ann. Botany*, 1984, **53**, 567-578.
10. Hutchinson, R.W. The Dormancy of Seed Potato: 2 Effect of Storage Temperature. *Potato Abstr.*, 1979, **4**, 220.
11. Koda, Y. and Okazawa, Y.O. Influences of Environmental, Hormonal and Nutritional Factors on Potato Tuberization *in vitro*. *Potato Abstr.*, 1984, **9**, 148.
12. Kostrica, S., Smith, O.E. and Barker, W.G. Effect of Hormonal on Tuberization in Potato Explants Cultured *in vitro*. *Potato Abstr.*, 1986, **11**, 98.
13. Mellor, F.C. and Smith, R.S. Virus-Free Potato by Tissue Culture. In Reinert, J. and Bajaj, Y.P.S.(ed.). Plant Cell, Tissue and Organ Culture. Springer-Verlag, New York, 1977, 616-635.
14. Palmer, C.E. and Smith, O.E. Cytokinins and Tuber Initiation in the Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Nature*, 1969, **221**, 279-280.
15. Palmer, C.E. and Smith, O.E. Effect of Kinetin on Tuber Formation on Isolated Stolons of *Solanum tuberosum* L. Cultured *in vitro*. *Plant Physiol.*, 1970, **11**, 303-314.
16. Palmer, C.E. and Barker, W.G. Changes in Enzyme Activity during Elongation and Tuberization of Stolons of *Solanum tuberosum* L. Cultured *in vitro*. *Plant Cell Physiol.*, 1972, **13**, 681-688.
17. Palmer, C.E. and Barker, W.G. Influence of Ethylene and Kinetin on Tuberization and Enzyme Activity in *Solanum tuberosum* L. Stolons Cultured *in vitro*. *Ann. Botany*, 1973, **59**, 85-93.
18. Quak, F. Meristem Culture and Virus-free Plants. In Reinert, J. and Bajaj, T.P.S. (ed.). Plant Cell, Tissue and Organ Culture. Springer-Verlag, New York, 1977, 598-615.
19. Sladky, Z. and Jandova, B. Micropropagation of Pea, Cucumber and Potato. In Novak, F.J., Havel, L. and Dolyel, J. (ed.). Plant Tissue and Cell Culture Application to Crop Improvement. Proc. Int. Symp. Olomouc, Czechoslovakia, 1984, 509-510.
20. Smith, O.E. Potatoes : Production, Storing, Processing. The AVI Publ. Co., Inc., Westport, Connecticut, 1977, 754.

21. Smith, O.E. and Palmer, C.E. Cytokinin-induced Tuber Formation on Stolons of *Solanum tuberosum* L. *Physiol. Plantarum*, 1970, **23**, 599-606.

22. Stallknecht, G.F. Coumarin-induced Tuber Formation on Excised Shoots of *Solanum tuberosum* L. Cultured *in vitro*. *Plant Physiol.*, 1972, **50**, 412-413.

23. Tovar, P., Estrada, R., Schilde-Rentschler, L. and Dodds, J.H. Induction and Use of *in vitro* Potato Tubers. *CIP Circ.*, 1985, **13**(4), 1-5.

24. Uyen, N.V. and Zoag, P.V. Vietnamese Farmers Use Tissue Culture for Commercial Potato Production. *Am. Potato J.*, 1983, **60**, 873-879.

25. Wang, P.J. and Hu, C.Y. *In vitro* Mass Tuberization and Virus Free Seed-Potato Production in Taiwan. *Am. Potato J.*, 1982, **59**, 33-37.

ตารางที่ 1. อัตราการเจริญเติบโตของข้อต้นมันฝรั่ง 5 พันธุ์ เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารต่างกัน 2 ระดับ โดยเติมน้ำตาลซูโครส 3% เพาะเลี้ยงนาน 30 วัน

พันธุ์	ความเข้มข้นของสูตรอาหาร MS	การเจริญเติบโต		
		ความสูงเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนข้อต่อต้น	จำนวนกิ่งต่อต้น
สปุนต้า	$\frac{1}{2}$	10.08	10.86	0.68
	1	6.00	9.96	0.55
DTO-33	$\frac{1}{2}$	5.21	12.72	2.27
	1	4.36	9.99	1.18
P-3	$\frac{1}{2}$	6.86	15.30	3.20
	1	5.70	12.80	2.40
DTO-2	$\frac{1}{2}$	7.16	10.50	1.25
	1	6.12	9.28	1.20
LT-2	$\frac{1}{2}$	7.53	11.36	3.12
	1	6.17	10.01	2.25

ตารางที่ 2. เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์สปุนต้า จากการเพาะเลี้ยงส่วนข้อในอาหารสูตร MS ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารลดลงครึ่งหนึ่งโดยเติมไคเนตินร่วมกับน้ำตาลซูโครสในระดับต่าง ๆ เพาะเลี้ยงนาน 4 เดือน

ไคเนติน (ppm)	น้ำตาล (%)					
	0	2	4	6	8	10
0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	42.86 b	100.00 a	100.00 a	100.00 a
4	0	0	85.71 ab	100.00 a	100.00 a	100.00 a
6	0	0	71.43 ab	100.00 a	71.43 ab	100.00 a
8	0	0	100.00 a	85.71 ab	100.00 a	85.71 ab
10	0	0	57.14 ab	85.71 ab	71.43 ab	71.43 ab

ตารางที่ 3. เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์ P-3 จากการเพาะเลี้ยงส่วนข้อในอาหารสูตร MS ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารลดลงครึ่งหนึ่ง โดยเติมไคเนตินร่วมกับน้ำตาลซูโครสในระดับต่าง ๆ เพาะเลี้ยงนาน 4 เดือน

ไคเนติน (ppm)	น้ำตาล (%)					
	0	2	4	6	8	10
0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
4	0	14.29 d	16.67 d	33.33 bcd	0	57.14 abcd
6	0	28.57 cd	42.86 bcd	14.29 cd	14.29 d	28.57 cd
8	0	28.57 cd	100.00 a	14.29 d	14.29 d	28.57 cd
10	0	0	28.57 cd	14.29 d	42.86 bcd	0

ตารางที่ 4. เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์ DTO-2 จากการเพาะเลี้ยงส่วนข้อในอาหารสูตร MS ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารลดลงครึ่งหนึ่ง โดยเติมไคเนติน ร่วมกับน้ำตาลซูโครสในระดับต่าง ๆ เพาะเลี้ยงนาน 4 เดือน

ไคเนติน (ppm)	น้ำตาล (%)					
	0	2	4	6	8	10
0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
4	0	0	16.67 d	42.86 bcd	100.00 a	28.57 cd
6	0	0	33.33 bcd	14.29 d	14.29 d	14.29 d
8	0	0	0	14.29 d	14.29 d	42.86 bcd
10	0	0	57.14 abcd	28.57 cd	28.57 cd	0

ตารางที่ 5. เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์สปุนต้า จากการเพาะเลี้ยงส่วนข้อในอาหารสูตร MS ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารลดลงครึ่งหนึ่ง โดยเติม BA ร่วมกับน้ำตาลซูโครสในระดับต่าง ๆ เพาะเลี้ยงนาน 4 เดือน

BA (ppm)	น้ำตาล (%)					
	0	2	4	6	8	10
0	0	0	14.29 d	14.29 d	0	14.29 d
2	0	0	57.14 abcd	71.43 abc	85.71 ab	100.00 a
4	0	0	14.29 d	85.71 ab	57.14 abcd	57.14 abcd
6	0	0	57.14 abcd	28.57 cd	57.14 abcd	57.14 abcd
8	0	0	42.86 bcd	71.43 abc	83.33 ab	85.71 ab
10	0	0	0	42.86 bcd	28.57 cd	14.29 d

ตารางที่ 6. เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์ P-3 จากการเพาะเลี้ยงส่วนข้อในอาหารสูตร MS ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารลดลงครึ่งหนึ่ง โดยเติม BA ร่วมกับน้ำตาลซูโครส ในระดับต่าง ๆ เพาะเลี้ยงนาน 4 เดือน

BA (ppm)	น้ำตาล (%)					
	0	2	4	6	8	10
0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	14.29 c	0	0	14.29 c
4	0	0	0	14.29 c	14.29 c	14.29 c
6	0	0	14.29 c	14.29 c	57.14 abc	57.14 abc
8	0	0	42.86 abc	71.43 ab	83.33 a	85.71 a
10	0	0	0	0	14.29 c	0

ตารางที่ 7. เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์ **DTO-2** จากการเพาะเลี้ยงส่วนข้อในอาหารสูตร **MS** ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารลดลงครึ่งหนึ่ง โดยเติม **BA** ร่วมกับน้ำตาลซูโครส ในระดับต่าง ๆ เพาะเลี้ยงนาน 4 เดือน

BA (ppm)	น้ำตาล (%)					
	0	2	4	6	8	10
0	0	0	0	28.57 b	28.57 b	57.14 ab
2	0	0	0	.42.86 ab	85.71 a	71.43 ab
4	0	0	0	42.86 ab	57.14 ab	57.14 ab
6	0	0	0	42.86 ab	42.86 ab	42.86 ab
8	0	0	0	0	28.57 b	0
10	0	0	0	42.86 ab	0	0

ตารางที่ 8. เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วพันธุ์ **LT-2** จากการเพาะเลี้ยงส่วนข้อในอาหารสูตร **MS** ที่มีความเข้มข้นของสารอาหารลดลงครึ่งหนึ่ง โดยเติม **BA** ร่วมกับน้ำตาลซูโครส ในระดับต่าง ๆ เพาะเลี้ยงนาน 4 เดือน

BA (ppm)	น้ำตาล (%)					
	0	2	4	6	8	10
0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	14.29 c	28.57 bc	0
4	0	0	0	28.57 bc	42.86 abc	42.86 abc
6	0	0	0	14.29 c	14.29 c	80.00 a
8	0	0	0	42.86 abc	14.29 c	42.86 abc
10	0	0	0	33.33 abc	25.00 bc	57.14 abc

ตารางที่ ๙. เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วของมันฝรั่ง 5 พันธุ์ เมื่อเพาะเลี้ยงส่วนข้อในอาหารสูตรที่เหมาะสม โดยเพาะเลี้ยงในความเข้มแสงต่าง ๆ กัน นาน 4 เดือน

พันธุ์	อาหารสูตร $\frac{1}{2}$ MS ร่วมกับ	ความเข้มแสง (ลักซ์)				
		0	200	500	1,000	3,000
สปุนต้า	ไคเนติน 2 ppm + น้ำตาลซูโครส 8%	100.00 a	100.00 a	42.86 bc	42.86 bc	28.57 c
DTO-33	ไคเนติน 6 ppm + น้ำตาลซูโครส 10%	42.86 a	14.29 a	0	0	0
P-3	ไคเนติน 8 ppm + น้ำตาลซูโครส 4%	100.00 a	100.00 a	28.57 bc	28.57 bc	14.29 c
DTO-2	BA 2 ppm + น้ำตาลซูโครส 8%	100.00 a	100.00 a	0	0	0
LT-2	BA 6 ppm + น้ำตาลซูโครส 10%	85.71 a	71.43 a	0	0	0

ตารางที่ 10. เปอร์เซ็นต์การเกิดหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วในระยะเวลาการเพาะเลี้ยงนานต่างกันของมันฝรั่ง 5 พันธุ์ เมื่อเพาะเลี้ยงส่วนข้อในอาหารสูตรที่เหมาะสม โดยเพาะเลี้ยงในที่มืด

พันธุ์	ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยง (วัน)							
	15	30	45	60	75	90	105	120
สปุนต้า	—	—	57.1 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
DTO-33	—	—	—	25.0 a	37.5 a	37.5 a	37.5 a	37.5 a
P-3	—	—	33.3 b	88.8 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
DTO-2	—	—	60.0 b	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
LT-2	—	—	30.0 a	70.0 a	80.0 a	80.0 a	80.0 a	80.0 a

ตารางที่ 11. เปอร์เซ็นต์ของหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋วที่มีสภาพสมบูรณ์ ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะเพาะเลี้ยงนานต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิเฉลี่ย 21°ซ. ในที่มืด นาน 30 วัน

พันธุ์	ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยง (วัน)							
	15	30	45	60	75	90	105	120
สปุนต้า	—	—	—	—	30.0 b	100.0 a	100.0 a	100.0 a
DTO-33	—	—	—	—	—	100.0 a	100.0 a	100.0 a
P-3	—	—	—	—	25.0 b	100.0 a	100.0 a	100.0 a
DTO-2	—	—	—	—	20.0 b	100.0 a	100.0 a	100.0 a
LT-2	—	—	—	—	37.5 b	100.0 a	100.0 a	100.0 a

ตารางที่ 12. การเปลี่ยนแปลงของหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋ว 4 พันธุ์ ที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิแตกต่างกัน ในที่มืดนาน 2 เดือน

พันธุ์	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ.)	การงอก sprout (%)	ความยาวของ sprout เฉลี่ย (มม.)	น้ำหนักของหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋ว (มก.)		
				ก่อนเก็บรักษา	หลังเก็บรักษา	ที่หายไป
สปุนต้า	1 – 5	77.7 a	1.3 a	4,823	3,685	1,138
	21 – 25	66.6 a	4.6 b	4,992	2,819	2,173
	30 – 35	100.0 a	1.8 a	4,840	2,185	2,655
P-3	1 – 5	80.0 a	1.5 a	4,706	3,271	1,435
	21 – 25	60.0 a	4.6 b	4,626	2,180	2,446
	30 – 35	40.0 a	2.0 a	4,267	1,502	2,765
DTO-2	1 – 5	50.0 a	1.2 a	8,513	6,321	2,192
	21 – 25	80.0 a	6.7 b	8,186	4,454	3,732
	30 – 35	60.0 a	5.6 b	7,271	3,021	4,250
LT-2	1 – 5	20.0 b	1.0 a	6,834	4,685	2,149
	21 – 25	100.0 a	7.7 b	6,732	2,829	3,903
	30 – 35	40.0 b	2.0 a	6,645	2,185	4,460

ตารางที่ 13. การเปลี่ยนแปลงของหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋ว 2 พันธุ์ ที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศที่ดัดแปลง โดยเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระดับต่าง ๆ นาน 2 เดือน

พันธุ์	% ของ CO_2 ในบรรยากาศ	การงอก sprout (%)	ความยาวของ sprout เฉลี่ย (มม.)	น้ำหนักของหัวมันฝรั่งขนาดจิ๋ว (มก.)		
				ก่อนเก็บรักษา	หลังเก็บรักษา	ที่หายไป
สปุนต้า	0.03	100.0 a	3.4 a	4,925	2,212	2,713
	10	80.0 a	2.5 a	4,862	2,497	2,365
	20	100.0 a	2.0 a	4,651	1,722	2,929
	30	90.0 a	1.3 a	4,572	1,932	2,640
	40	80.0 a	1.4 a	4,683	1,972	2,711
DTO-2	0.03	100.0 a	3.25 a	6,062	2,482	3,580
	10	71.4 ab	2.6 a	6,231	2,897	3,334
	20	100.0 a	1.7 a	6,742	3,210	3,532
	30	42.8 b	1.3 a	5,996	2,712	3,284
	40	30.0 b	1.3 a	8,540	4,275	4,265