บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

เมล็ดพืชเทียม (synthetic seeds) เป็นการขยายพันธุ์พืชแบบไม่อาศัยพืช ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยการเพาะเลี้ยงเซลล์ร่างกายให้มีการพัฒนาไปเป็นโซมาติคเอมบริโอ (somatic embryos) หรือ เอมบริออยด์ (embryoids) ด้วยการชักนำผ่านกระบวนการโซมาติคเอมบริโอเจเนซีส (somatic embryogenesis) และทำการผลิตเมล็ดพืชเทียมด้วยการนำ somatic embryos ดังกล่าวมาเคลือบหรือห่อหุ้มด้วยสารที่ทำให้เกิดเจล คือ สารโซเดียมอัลจิเนต ที่ทำปฏิกิริยาร่วมการสารละลาย di-, tri-valent metal salt ที่เหมาะสม เช่น เกลือของแคลเซียม (calcium salt) เพื่อสร้างสารประกอบแคลเซียมอัลจิเนต (calcium alginate) เพื่อทำหน้าที่เป็นเปลือกหุ้มเมล็ดสังเคราะห์ (synthetic seed coat) เพื่อป้องกันอันตรายให้แก่เอมบริโอเหมือนในเมล็ดพืชจริงตามธรรมชาติ ที่สามารถยินยอมให้ความชื้นและอากาศผ่านเข้า-ออกได้ช่วยให้กระบวนการงอกของเมล็ดพืชเทียมเป็นไปอย่างปกติ และทำการห่อหุ้มอาหารสะสมสังเคราะห์ (synthetic endosperm) ซึ่งประกอบด้วยแร่ธาตุอาหาร สารควบคุมการเจริญเติบโต และองค์ประกอบอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการงอกและการเจริญพัฒนาของต้นอ่อน อาจทำได้โดยการเติมผงถ่าน (activated charcoal) ยาป้องกันกำจัดเชื้อรา และแบคทีเรีย ยาป้องกันศัตรูพืช จุลินทรีย์พวกไมคอร์ไรซ่า (mycorrhizas) และปุ๋ยที่จำเป็นบางชนิดลงในสารเคลือบอาจช่วยให้เมล็ดเทียมรอดชีวิตได้สูงขึ้นเมื่อปลูกลงแปลง และมีการเจริญเติบโตที่แข็งแรงเพิ่มขึ้น (Redenbaugh และคณะ, 1987)

ในปี ค.ศ. 1902 Haberlandt นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันได้ทดลองเลี้ยงเซลล์พืชบนอาหารสังเคราะห์ในสภาพปลอดเชื้อ เพื่อศึกษาถึงความสามารถของส่วนต่าง ๆ ของพืชว่าจะมีการเจริญเติบโตได้หรือไม่เพียงใด แม้ว่างานทดลองในครั้งนั้นไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร แต่ก็เกิดแนวความคิดในเรื่อง " Totipotency " ที่ว่าเซลล์ของพืชมีความสามารถที่จะเจริญกลับมาเป็นต้นพืชใหม่ที่สมบูรณ์ได้ จากแนวความคิดนี้ได้มีผู้นำเอาไปศึกษาทดลองอย่างกว้างขวางในเวลาต่อมา (Vajrabhaya, 1988)

ได้มีการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อข้าวโพดเป็นเวลาเกือบ 30 ปีแล้ว โดยใช้ชิ้นส่วนต่างๆ ของข้าวโพด เช่น ส่วนของเอ็นโดสเปิร์ม ปลายราก ช่อดอกอ่อน ละอองเรณู อับละอองเรณู

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คัพภะแก่ และคัพภะอ่อน เป็นต้น พบว่าแต่ละส่วนที่นำมาเลี้ยงประสบความสำเร็จมากน้อยแตกต่างกัน (Green และ Phillips, 1975; Wang, 1987; Pareddy และ Petolino, 1990) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ คือ พันธุกรรมของพืชและชนิดของเนื้อเยื่อที่นำมาเลี้ยง สารอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโต และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในพืชต้นเดียวกัน การใช้เนื้อเยื่อจากส่วนที่ต่างกันมีการตอบสนองต่ออาหาร และสภาพแวดล้อมที่ใช้เลี้ยงแตกต่างกันด้วย ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของชนิด และระดับฮอร์โมน

อย่างไรก็ตาม กระบวนการเปลี่ยนแปลงในด้านสัณฐานวิทยาของโซมาติคเอมบริโอในสภาพห้องปฏิบัติการจะมีลักษณะคล้ายไซโกติคเอมบริโอ (zygotic embryos) ในสภาพธรรมชาติ แต่ทั้งนี้โซมาติคเอมบริโอเมื่อผ่านระยะการพัฒนาจะเกิดการงอกโดยที่ไม่มีหยุดการเจริญ ทำให้ไม่สามารถเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมได้ในเวลานานถือว่าเป็นปัญหาที่สำคัญทางเทคนิคของการผลิตเมล็ดพืชเทียมเพื่อการประยุกต์ใช้ประโยชน์อย่างแท้จริง ข้อสันนิษฐานว่าโซมาตริคเอมบริโอที่ผ่านการทำแห้งด้วยการดึงน้ำออกสามารถชักนำให้เกิดการหยุดเจริญได้ แต่อัตราความมีชีวิตของโซมาติคเอมบริโอที่ผ่านการดึงน้ำออกยังอยู่ในระดับที่ต่ำมาก ปัญหาที่สำคัญ คือ โซมาติคเอมบริโอขาดคุณสมบัติความต้านทานต่อการดึงน้ำ (desiccation tolerance)

การใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้นสูงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความมีชีวิตรอดของเนื้อเยื่อพืช เนื่องจาก น้ำตาลซูโครสเป็นสารที่ป้องกันเนื้อเยื่อพืชที่มีผลต่อความดันออสโมติคของเซลล์ (osmotic potential) โดยเมื่อมีการดึงน้ำออกจากเซลล์จะทำให้เซลล์ของโซมาติคเอมบริโอไม่เกิดความเสียหายขณะเกิดการดึงน้ำออกและอุณหภูมิต่ำ การศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสและระยะเวลาในการเลี้ยงก้อนอัลจิเนตบนอาหารที่มีความเข้มข้นน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็น นอกจากนี้ ระยะเวลาการดึงน้ำออกยังมีผลต่อความมีชีวิตของเมล็ดพืชเทียมเช่นกัน (Engelmann, 1991)

ดังนั้น การศึกษากระบวนการผลิตและเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมของข้าวโพดหวาน สามารถวิจารณ์ตามหัวข้อปัจจัยการวิจัยได้ดังนี้

1. การบวนการ Somatic embryogenesis

จากการทดสอบเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อคัพภะอ่อนข้าวโพดหวานหลังได้รับการปฏิสนธิแล้ว 11 วัน โดยเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ที่มีตำรับการทดลอง คือ อาหารสังเคราะห์สองสูตร คือ MS (1962) และ N6 (1975) ระดับปริมาณน้ำตาลซูโครส 30 และ 60 ก./ล. และระดับความเข้มข้นของสาร 2, 4-D 2, 3 และ 4 มก./ล พบว่ามีผลต่อกระบวนการ somatic embryogenesis ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.1 สูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดแคลลัสจากคัพภะอ่อนข้าวโพดหวาน

การเพาะเลี้ยงคัพภะอ่อนข้าวโพดหวาน พบว่า อาหารสังเคราะห์สูตร N6 มีผลต่อการกระตุ้นเกิดแคลลัสได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 2, 6 และ 10 สัปดาห์ ซึ่งแสดงค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส 62.71, 82.08 และ 92.08 เปอร์เซ็นต์

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบนอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสแตกต่างกัน พบว่าการชักนำให้เกิดแคลลัสได้สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครส 60 ก./ล. ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส 62.08, 78.54 และ 93.33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 2, 6 และ 10 สัปดาห์ ตามลำดับ

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อคัพภะอ่อนข้าวโพดหวานบนอาหารสังเคราะห์ที่มีปริมาณสาร 2, 4-D ต่าง ๆ พบว่าแคลลัสที่มีลักษณะเอมบริโอเจนิกแคลลัส (embryogenic callus) สามารถชักนำได้มากเมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบนอาหารที่มีความเข้มข้นสาร 2, 4-D ต่ำ กล่าวคือ เมื่อความเข้มข้นสาร 2 ,4-D 2 มก./ล. จะสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ 53.43, 86.25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 2 และ 10 สัปดาห์ แต่เมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของสาร 2, 4-D 4 มก./ล. จะสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้เพียง 44.06 และ 84.37 เปอร์เซ็นต์

สูตรอาหารสังเคราะห์ที่เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดแคลลัสได้ดีที่สุดคืออาหารสังเคราะห์สูตร N6 ที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครส 60 ก./ล. และความเข้มข้นของสาร 2, 4-D 3 มก./ล. โดยจะสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้สูงสุด คือ 72.9, 89.12 และ 95.93 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 2, 6 และ 10 สัปดาห์ ตามลำดับ แต่เมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครส 60 ก./ล. และสาร 2, 4-D 4 มก./ล. จะสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ต่ำสุด คือ 53.83 และ 75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพาะเลี้ยงในเวลา 6 และ 10 สัปดาห์

แคลลัสที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อคัพภะอ่อน พบว่า มีทั้งลักษณะที่เป็น embryogenic callus และ non-embryogenic callus โดยที่ embryogenic callus จะมีลักษณะแข็ง สีขาว-เหลือง มีลักษณะเป็น compact callus ที่มีคุณสมบัติของการชักนำให้เกิด somatic embryos ได้ สำหรับ non-embryogenic callus พบได้ 3 ลักษณะ คือ friable callus มีลักษณะอ่อนนุ่มสีเหลือง-ขาว ลักษณะที่สองมีสีเขียวเป็นจุด ไม่ยุ่ย และลักษณะที่สาม มีลักษณะ compact callus ซึ่งมีความสามารถในการพัฒนาไปเป็นรากการเกิด embryogemic callus มีผลเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบในอาหารสังเคราะห์และ สามารถควบคุมการเจริญเติบโตซึ่ง Arnstrong (1985) ศึกษาการใส่ L-prorine ในอาหารสังเคราะห์สูตร MS และ N6 ซึ่งมีผลช่วยกระตุ้นให้เกิด embryogenic callus เพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Prareddy และ Potolino (1990) พบว่า การเพิ่ม L–prorine 12-24 มิลลิโมลในการเพาะเลี้ยงช่อดอกของข้าวโพดช่วยเพิ่มการกระตุ้นเกิด embyogenic callus ได้ กมลพรรณ และคณะ (2534) ได้ศึกษาการใส่ L–prorine ร่วมกับอาหารสังเคราะห์ N6 สามารถชักนำคัพภะอ่อนของข้าวโพดให้เกิด embyogenic callus ที่มีคุณสมบัติในการพัฒนาเป็นต้นใหม่ได้ ซึ่ง L–prorine เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการกระตุ้นเกิด embryogenic callus และปริมาณการเกิดต้นใหม่

1.2 การเก็บรักษา และการเพิ่มจำนวนแคลลัสข้าวโพดหวาน

อาหารสังเคราะห์สูตร N6 สามารถชักนำ และขยายขนาดของแคลลัสได้ดีกว่าอาหารสูตร MS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร N6 มีคะแนนเฉลี่ย 2.30, 3.35 และ 4.21 คะแนน ขณะที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS มีคะแนนเฉลี่ย 1.87, 2.46 และ 4.02 คะแนน เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 2, 6 และ 10 สัปดาห์ตามลำดับ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อขยายขนาดแคลลัสบนอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครส 60 ก./ล. สามารถขยายขนาดของแคลลัสได้ดีกกว่าอาหารสังเคราะห์ที่ปริมาณน้ำตาลซูโครส 30 ก./ล. อย่างมีนัยสำคัญโดยคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 2.07, 3.16 และ 4.56 คะแนนเมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 2, 6 และ10 สัปดาห์ ตามลำดับ สำหรับปริมาณความเข้มข้นของ 2, 4–D พบว่า การเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มีความเข้มข้น 2, 4-D 3 มก./ล. จะสามารถขยายขนาดของแคลลัสได้ดีที่สุดโดยมีคะแนนเฉลี่ย 2.20, 3.08 และ 4.36 คะแนนเมื่อเพาะเลี้ยง 2, 6 และ 10 สัปดาห์ตามลำดับ แต่เมื่อปริมาณ 2, 4-D 4 มก./ล. จะมีขนาดของแคลลัสต่ำสุด คือ 1.95, 2.85 และ 3.92 คะแนน

แคลลัสที่ทำการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร N6 ปริมาณ 2, 4-D 3 มก./ล. น้ำตาลซูโครส 60 ก./ล. มีค่าเฉลี่ยคะแนนแคลลัสมากที่สุดคือ 2.19, 3.20และ 4.40 คะแนน เมื่อทำการเพาะเลี้ยง 2, 6 และ 10 สัปดาห์ตามลำดับ คือ เนื้อเยื่อมีการพัฒนาตั้งแต่เริ่มมีการเจริญไปเป็นแคลลัสพอมองเห็นได้ แต่มีขนาดของแคลลัสโตไม่เกิน 2 มม. จนกระทั่งเนื้อเยื่อมีขนาดของแคลลัสมากกว่า 5 มม. แต่ไม่เกิน 1 ซม. (4.40 คะแนน) ขณะที่การเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวนแคลลัสบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ร่วมกับ 2, 4-D 4 มก./ล. และน้ำตาลซูโครส 30 ก./ล. มีค่าเฉลี่ยคะแนนแคลลัสต่ำสุด คือ 1.97, 2.67 และ 3.87 คะแนน เมื่อเก็บรักษา 2, 6 และ 10 สัปดาห์ตามลำดับ หรือกล่าวได้ว่าเนื้อเยื่อเริ่มมีการเจริญและพัฒนาไปเป็นแคลลัสที่มองเห็นได้ แต่มีขนาดโตไม่เกิน 2 มม. จนกระทั่งแคลลัสมีขนาดมากกว่า 5 มม. แต่ไม่เกิน 1 ซม. เมื่อเพาะเลี้ยง 10 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 การชักนำให้เกิด somatic embryos ข้าวโพดหวาน

สำหรับสูตรอาหารที่พบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การพัฒนาไปเป็น somatic embryos ได้สูงสุด คือ อาหารสังเคราะห์สูตร N6 ที่มีน้ำตาลซูโครส 30 ก./ล. และ 2, 4-D 2 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยการเกิด somatic embryos 64.88 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่อาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่มีน้ำตาลซูโครส 30 ก./ล. และ 2,4-D 4 มก./ล. นั้นมีค่าเฉลี่ยการเกิด somatic embryos ต่ำสุดคือ 39.60 เปอร์เซ็นต์ สูตรอาหารสังเคราะห์สูตร N6 ที่มีน้ำตาลซูโครส 30 ก./ล. และ 2, 4–D 2 มก./ล. จะมีค่า เฉลี่ยการเกิด somatic ambyos 1.60 ชิ้นต่อแคลลัส ในขณะที่อาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่มีน้ำตาลซูโครส 60 ก./ล. และ 2, 4-D 4 มก./ล. นั้นจะสามารถชักนำให้เกิด Somatic embryos ได้ต่ำสุด คือ เฉลี่ย 1.36 Somatic embryos ต่อชิ้น

ซึ่งกอบเกียรติ (2532) รายงานว่าการเลี้ยงคัพภะอ่อนข้าวโพดบนอาหารที่มีซูโครส 4 เปอร์เซ็นต์เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดแคลลัสได้ดีที่สุด สำหรับอาหารสังเคราะห์ที่มีน้ำตาลน้อย (3%) หรือมากกว่า (6%) นั้นสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสรองลงมา อย่างไรก็ตามการทดลองนี้พบว่า การเพาะเลี้ยงคัพภะอ่อนของข้าวโพดหวานในอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้นมีผลต่อการชักนำให้เกิดเนื้อเยื่อแคลลัสได้เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณความต้องการออกซิน (Auxin) ในการชักนำให้เกิดแคลลัสในปริมาณที่แตกต่างกันเช่นเดียวกับ Imbrie Milligan และ Hodges (1986) ที่รายงานว่า 2, 4-D ที่ระดับ 1.0–2.0 มก./ล. เหมาะสมต่อการชักนำคัพภะอ่อนให้เกิดแคลลัส และการตอบสนองของคัพภะต่อความเข้มข้นของ 2, 4-D จะแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์ของข้าวโพด ซึ่งกอบเกียรติ (2532) พบว่า การเกิดแคลลัสของคัพภะอ่อนในข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 เมื่อเลี้ยงบนอาหารที่มี 2, 4-D ความเข้มข้น 2.0-4.0 มก./ล. มีการเกิดแคลลัสใกล้เคียงกัน ทั้งนี้คุณสมบัติในการชักนำให้เกิด embryogenic cllus นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ คือ พันธุกรรมของพืช ชนิดของเนื้อเยื่อที่นำมาเลี้ยง สารอาหาร สารควบคุมการเจริญเติบโต และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในพืชต้นเดียวกันการใช้เนื้อเยื่อจากส่วนที่ต่างกันมีการตอบสนองต่ออาหาร และสภาพแวดล้อมที่ใช้เลี้ยงแตกต่างกันด้วย ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของชนิด และระดับฮอร์โมนภายในเนื้อเยื่อที่นำมาเลี้ยง (ไพบูลย์, 2524)

2. อัตราความมีชีวิตของเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานภายใต้สภาพการเก็บรักษาต่าง ๆ

2.1 ผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาและความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสต่อความมีชีวิตของเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวาน

การนำเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานที่ผ่านการดึงน้ำออก 20 เปอร์เซ็นต์และนำไปเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 15±2 และ 25±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานอย่างมีนัยสำคัญ คือ 42.90และ 55.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติ ที่งอกจากเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อมีการเก็บรักษาที่ 25±2 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติสูงกว่าที่ระดับอุณหภูมิการเก็บรักษา 15±2 องศาเซลเซียส คือ 95.10 และ 88.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติ ที่งอกจากเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานอย่างมีนัยสำคัญ การเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติต่ำกว่าที่ระดับอุณหภูมิการเก็บรักษา 15±2 องศาเซลเซียส คือ 4.92 และ 10.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ผลของระดับอุณหภูมิการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลแตกต่างต่อค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานเริ่มงอกอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส มีผลต่อเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานสามารถงอกได้เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมเริ่มงอก คือ 7.90 และ 9.00 วัน ตามลำดับ

ปริมาณน้ำตาลซูโครส 0, 30 และ 60 ก./ล. ในอาหารสำรองสังเคราะห์ (synthetic endosperm) ของเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานที่ผ่านการดึงน้ำออก 20 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อปริมาณน้ำตาลซูโครส 30 ก./ล. มีเปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ยสูงสุด คือ 57.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากที่ระดับปริมาณน้ำตาลซูโครส 0 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าทั้งสองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยที่ระดับปริมาณน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกรองมา คือ 46.20 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับปริมาณน้ำตาลซูโครส 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำสุด คือ 43.50 เปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสไม่มีผลแตกต่างต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อปริมาณน้ำตาลซูโครสมากขึ้นส่งผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติสูงขึ้น กล่าวคือ เมื่อปริมาณน้ำตาลซูโครส 0, 30 และ 60 ก./ล. จะมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติที่งอกจากเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวาน คือ 89.21, 94.00 และ 94.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติจะมีค่าลดลงหากปริมาณน้ำตาลซูโครสมีสูงขึ้น โดยมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อปริมาณน้ำตาลซูโครส 0, 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติลดลง คือ 10.80, 5.99 และ 5.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณของน้ำตาลซูโครสไม่มีผลแตกต่างต่อค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานเริ่มงอก เมื่อปริมาณน้ำตาลซูโครส 0 เปอร์เซ็นต์เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เริ่มงอกมากสุด คือ 9 วัน และมีค่าลดลงเมื่อปริมาณของน้ำตาลซูโครสเพิ่มสูงขึ้นเป็น 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานเริ่มงอก 8.70 และ 7.70 วัน

ปริมาณน้ำตาลซูโครสและระดับอุณหภูมิในการเก็บรักษามีปฏิกิริยาร่วมซึ่งกันและกันอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวาน แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานที่ระดับอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียสมีผลทำให้เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดในช่วง 49.30–56.22 เปอร์เซ็นต์ที่ปริมาณน้ำตาลซูโครส 0, 30 และ 60 ก./ล. โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส และมีปริมาณน้ำตาลซูโครส 30 ก./ล. ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอก 50.11 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อปริมาณน้ำตาลซูโครส 0 และ 60 ก./ล. จะมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วง 43.20–44.55 เปอร์เซ็นต์ โดยสรุปการเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานที่ระดับอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียสมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่า การเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส และเมื่อปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงขึ้น โดยการเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียสและปริมาณน้ำตาลซูโครส 30 ก./ล. มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด และมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกจะมีค่าต่ำสุดเมื่อเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ15±2 องศาเซลเซียสที่ไม่มีการเติมน้ำตาลซูโครส

ปริมาณน้ำตาลซูโครสและระดับอุณหภูมิการเก็บรักษาไม่มีปฏิกิริยาร่วมซึ่งกันต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติ และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติที่งอกจากเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวาน โดยปริมาณน้ำตาลซูโครส 0, 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติในช่วง 92.20– 94.61 เปอร์เซ็นต์ และมีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติ อยู่ในช่วง 5.40–7.86 เปอร์เซ็นต์ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 25±2 แต่เมื่อเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานที่ระดับอุณหภูมิลดลงเป็น 15±2 องศาเซลเซียสมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติลดลงในช่วง 89.51–91.90 เปอร์เซ็นต์ แต่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติเพิ่มขึ้นโดยมีค่าในช่วง 8.02–10.49 เปอร์เซ็นต์ โดยสรุปผลของระดับอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ลดลงมีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติลดลง แต่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติเพิ่มสูงขึ้น และปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เพิ่มสูงขึ้นมีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติเพิ่มมากขึ้นและค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณน้ำตาลซูโครสและระดับอุณหภูมิการเก็บรักษาไม่มีปฏิกิริยาร่วมซึ่งกันและกันต่อค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานเริ่มงอก โดยเมื่อเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียสมีผลต่อค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานเริ่มงอกลดลงเมื่อปริมาณน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้นซึ่งอยู่ในช่วง 7.8–8.45 วัน โดยเฉพาะที่ระดับปริมาณน้ำตาลซูโครส 60 ก./ล. จะมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมเริ่มงอกต่ำสุด คือ 7.8 วัน แต่เมื่อระดับอุณหภูมิการเก็บรักษาลดลงเป็น 15±2 องศาเซลเซียสจะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานเริ่มงอกเพิ่มขึ้นในช่วง 8.35–9.0 วัน โดยเฉพาะเมื่อไม่มีน้ำตาลซูโครสซึ่งจะส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานเริ่มงอกสูงสุด คือ 9.0 วัน โดยสรุปผลของระดับอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ลดลงส่งผลต่อค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานเริ่มงอกมีค่ามากขึ้น แต่เมื่อปริมาณน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานเริ่มงอกลดลง

จากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าระดับปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมจะสามารถช่วยให้สามารถเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมได้นานขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำตาลซูโครสชักนำให้เนื้อเยื่อพืชเกิดความแกร่งต่อการดึงน้ำออก แต่ไม่มีผลต่อการดึงน้ำออกจากเซลล์มากเกินไป จนทำให้แรงดันออสโมติกของเซลล์พืชเปลี่ยนแปลงมากเกินไปกระทั่งส่งผลลบต่อความมีชีวิตของเซลล์เยื่อหุ้มเซลล์เสียหาย กระทั่งทำให้ความมีชีวิตของเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานลดลงขณะเกิดการดึงน้ำออกและอุณหภูมิต่ำ (Engelmann, 1991)

2.2 <u>ผลของเปอร์เซ็นต์การดึงน้ำออกจากเมล็ดพืชเทียมและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความมีชีวิตของเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวาน</u>

การนำเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานที่ผ่านการดึงน้ำออก 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวาน เมื่อมีการดึงน้ำออกจากเมล็ดพืชเทียมมากขึ้นจะส่งผลต่อความงอกของเมล็ดพืชเทียมลดลงอยู่ในช่วง 13.00–60.50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีเมล็ดพืชเทียมการดึงน้ำออก 20 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด คือ 60.50 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเมล็ดพืชเทียมมีการดึงน้ำออกถึง 60 เปอร์เซ็นต์จะมีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงต่ำสุด คือ 13.00 เปอร์เซ็นต์

เปอร์เซ็นต์การดึงน้ำออกจากเมล็ดพืชเทียมไม่มีผลแตกต่างทางสถิติต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติที่งอกจากเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวาน แต่พบว่าเมื่อมีการดึงน้ำออกจากเมล็ดพืชเทียมในปริมาณที่มากขึ้นจะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติลดลง เมื่อมีการดึงน้ำออก 20 เปอร์เซ็นต์มีผลทำให้เมล็ดพืชเทียมมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติสูงสุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คือ 92.76 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเมล็ดพืชเทียมถูกดึงน้ำออก 60 เปอร์เซ็นต์นั้นจะมีผลทำให้มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติลดลงต่ำสุด คือ 80.93 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะต้นอ่อนที่ผิดปกติจะพบมากขึ้นเมื่อเมล็ดพืชเทียมมีเปอร์เซ็นต์การดึงน้ำออกเพิ่มมากขึ้น โดยเมื่อเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานมีการาดึงน้ำออก 60 เปอร์เซ็นต์หลังการงอกจะแสดงลักษณะต้นอ่อนที่ผิดปกติถึง 19.06 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเมล็ดพืชเทียมมีการดึงน้ำออก 20 เปอร์เซ็นต์จะพบลักษณะต้นอ่อนที่ผิดปกติต่ำสุด คือ 7.23 เปอร์เซ็นต์

ผลของระดับการดึงน้ำออกนั้นมีผลต่อค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมเริ่มงอก อย่างมีนัยสำคัญ โดยเมื่อเมล็ดพืชเทียมมีระดับการสูญเสียน้ำมากขึ้นจะส่งผลให้มีความสามารถในการงอกช้าลง กล่าวคือ เมื่อเมล็ดพืชเทียมมีการดึงน้ำออก 20 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมเริ่มงอก 7.70 วัน ซึ่งมีค่าแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพืชเทียมที่มีระดับการดึงน้ำออกเพิ่มขึ้นเป็น 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมเริ่มงอกเพิ่มสูงขึ้นเป็น 8.50 และ 8.70 วันตามลำดับ

การนำเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานที่ผ่านการดึงน้ำออกแล้วนำไปเก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 สัปดาห์นั้น พบว่า มีผลแตกต่างต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอก โดยพบว่า เมื่อเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานที่ผ่านการดึงน้ำออกเป็นเวลานานขึ้นจะส่งผลทำให้ความงอกลดลง กล่าวคือ เมื่อเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมเป็นเวลา 1 สัปดาห์จะมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอก 46.33 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นเป็นเวลา 2 สัปดาห์จะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพืชเทียมลดลงเหลือ 32.11 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลแตกต่างทางสถิติต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติที่งอกจากเมล็ดพืชเทียมที่ผ่านการดึงน้ำออก แต่พบว่า เมื่อเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมในระยะเวลาที่นานขึ้นจะส่งผลทำให้พบต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติลดลง กล่าวคือ เมื่อเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานเป็นเวลา 1 สัปดาห์จะพบต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติถึง 90.30 เปอร์เซ็นต์ แต่เก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมนานขึ้นเป็น 2 สัปดาห์จะพบต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติลดลงเหลือเพียง 84.91 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยของลักษณะต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกตินั้นมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อมีการเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมนานขึ้น แต่พบว่า เมื่อเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมในระยะเวลาที่นานขึ้นจะพบต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติเพิ่มมากขึ้น กล่าวคือ เมื่อมีการเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมเป็นเวลา 1 สัปดาห์จะพบต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติเพียง 9.70 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อมีการเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมนานขึ้นเป็น 2 สัปดาห์แล้วจะพบต้นอ่อนที่มีลักษณะที่ผิดปกติเพิ่มขึ้นเป็น 15.08 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่ทั้งนี้ระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานที่ผ่านการดึงน้ำออกนั้นไม่มีผลแตกต่างทางสถิติต่อค่าเฉลี่ยจำนวนวันเริ่มงอกของเมล็ดพืชเทียม โดยพบว่าเมื่อเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานเป็นเวลา 1 และ 2 สัปดาห์นั้นจะส่งผลทำให้เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานมีจำนวนวันเริ่มงอกเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วง 8.00–8.60 วัน

จากการทดลองครั้งนี้พบว่าระดับการสูญเสียน้ำ 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ และ ระยะการเก็บรักษา 1 และ 2 สัปดาห์นั้นไม่มีปฏิกิริยาร่วมซึ่งกันและกันทางสถิติ ต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวาน แต่ทั้งนี้จากตารางที่ 19 แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมเป็นเวลา 1 สัปดาห์และมีการดึงน้ำออก 20 เปอร์เซ็นต์จะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดเฉลี่ย 53.41 เปอร์เซ็นต์ แต่ความงอกจะลดลงเมื่อมีระดับการสูญเสียน้ำมากขึ้น ที่ระดับการสูญเสียน้ำ 60 เปอร์เซ็นต์ซึ่งงอกเฉลี่ย 29.70 เปอร์เซ็นต์ แต่ทั้งนี้เมื่อมีการเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมนานขึ้นเป็น 2 สัปดาห์ในระดับการสูญเสียน้ำที่เท่ากัน พบว่า เมล็ดพืชเทียมจะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลง โดยเมื่อมีระดับการสูญเสียน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์จะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงเหลือเฉลี่ย 46.30 เปอร์เซ็นต์ และจะมีความงอกต่ำสุดเมื่อมีระดับการสูญเสียน้ำ 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความงอกเฉลี่ยเหลือเพียง 22.60 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติ และต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกตินั้นไม่ได้รับอิทธิพลจากระดับการสูญเสียน้ำและระยะเวลาการเก็บซึ่งค่าดังกล่าว เมื่อเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมเป็นเวลา 1 สัปดาห์เมล็ดพืชเทียมที่มีระดับการสูญเสียน้ำ 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์มีลักษณะต้นอ่อนที่ปกติเฉลี่ย 91.53, 89.71 และ 85.61 ขณะที่มีเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติเฉลี่ย 8.50, 10.40 และ 14.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานนานขึ้นเป็น 2 สัปดาห์ พบว่า ที่ระดับการสูญเสียน้ำ 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์มีผลทำให้ต้นอ่อนที่งอกมีลักษณะปกติลดลง โดยมีค่าเฉลี่ย 88.83, 87.02 และ 82.92 ตามลำดับ แต่มีต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติเพิ่มขึ้นเป็น 11.20, 13.02 และ 17.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยสรุปผลของระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นมีผลทำให้ต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติมีจำนวนเฉลี่ยลดลง แต่ต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติจะมีจำนวนเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้น และระดับการสูญเสียน้ำที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อต้นอ่อนที่ลักษณะปกติมีค่าเฉลี่ยที่ลดลงแต่ในขณะที่ลักษณะต้นอ่อนที่ผิดปกติมีค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น

ระดับการสูญเสียน้ำและระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่มีปฏิกิริยาร่วมซึ่งกันและต่อค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานเริ่มงอก โดยเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ระดับการสูญเสียน้ำที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้จำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมเริ่มงอกมีค่าเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.85–8.35 วัน โดยเฉพาะเมื่อมีระดับการสูญเสียน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์จะทำให้เมล็ดพืชเทียมมีจำนวนวันเริ่มงอกต่ำสุด คือ 7.85 วัน ขณะที่ทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นเป็น 2 สัปดาห์จะมีผลทำให้เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เริ่มงอกเพิ่มขึ้นในช่วง 8.15–8.65

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วัน โดยเฉพาะเมื่อมีระดับการสูญเสียน้ำ 60 เปอร์เซ็นต์จะทำให้เมล็ดพืชเทียมมีจำนวนวันเริ่มงอกสูงสุด คือ เฉลี่ย 8.65 วัน โดยสรุปผลของระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้เมล็ดพืชเทียมจะต้องใช้เวลาในการงอกเพิ่มมากขึ้นขณะที่ระดับการสูญเสียน้ำออกจากเมล็ดพืชเทียมที่มากขึ้นก็จะส่งผลให้เมล็ดพืชเทียมจะต้องใช้เวลาในการงอกเพิ่มขึ้นเช่นกัน

จากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการดึงน้ำออกจากเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานที่เพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้ Somatic embryos ของข้าวโพดหวานเกิดระยะการพักตัวขึ้น ส่งผลทำให้กระบวนการทางชีวเคมีต่าง ๆ ภายในเซลล์พืชหยุดลง เมื่อมีการให้ความชื้นแก่เมล็ดพืชเทียมอีกครั้งเพื่อกระตุ้นให้เกิดกระบวนการชีวเคมีภายในเซลล์อีกครั้งเพื่อให้เมล็ดพืชเทียมสามารถกลับมาคงความมีชีวิตอีกครั้ง แต่เมื่อมีการเพิ่มระดับการสูญเสียน้ำมากขึ้นมีผลทำให้เมล็ดพืชเทียมมีอัตราความมีชีวิตลดลงในระหว่างการเก็บรักษาที่นานขึ้น ดังนั้น จึงมีความจำเป็นในการหากรรมวิธีในการชักนำให้เมล็ดพืชเทียมสามารถทนทานต่อการสูญเสียน้ำเพื่อชักนำให้เกิดกระบวนการพักตัวของเมล็ดพืชเทียมนั้นเอง (Redenbaugh *et al.* 1980)

2.3 <u>ผลของเบนโนมิล (Benomyl) และน้ำตาลซูโครสในแหล่งอาหารสะสมสังเคราะห์ต่อการควบคุมการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ และความมีชีวิตของเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานที่ผ่านการเก็บรักษา 2 สัปดาห์</u>

การใช้สารเบนโนมิลที่ความเข้มข้น 0, 0.2 และ 0.4 มก./ล. ให้ผลที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวาน คือ เมื่อความเข้มข้นของเบนโนมิลเพิ่มสูงขึ้นจะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานลดลง โดยเมื่อไม่มีการใช้สารเบนโนมิลเมล็ดพืชเทียมจะมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด คือ 55.50 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อมีการใช้สารเบนโนมิลในปริมาณ 0.2 และ 0.4 มก./ล. จะส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพืชเทียมลดลง คือ 30.70 และ 38.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การใช้สารเบนโนมิลที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติ และต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติ คือ เมื่อระดับความเข้มข้นของการใช้สารเบนโนมิลเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลทำให้เกิดต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ขณะที่ต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติมีแนวโน้มลดลง โดยเมื่อมีการใช้สารเบนโนมิลที่ระดับความเข้มข้น 0.2 มก./ล. จะพบค่าเฉลี่ยต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติในปริมาณต่ำสุด คือ 89.54 เปอร์เซ็นต์และค่าเฉลี่ยต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติสูงสุด คือ 10.46 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อมีการใช้สารเบนโนมิลในระดับความเข้มข้นที่เพิ่มสูงขึ้นเป็น 0.4 มก./ล. จะพบค่าเฉลี่ยต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติสูงสุด คือ 96.40 เปอร์เซ็นต์แต่พบค่าเฉลี่ยต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติต่ำสุด คือ 3.62 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่ทั้งนี้การใช้สารเบนโนมิลในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นนั้นสารารถควบคุมการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ เมื่อมีการใช้สารเบนโนมิล 0.2 มก./ล. จะพบเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ย 72.30 เปอร์เซ็นต์ แต่ขณะที่ใช้สารเบนโนมิลในระดับความเข้มข้น 0.4 มก./ล. นั้นส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ลดลงเหลือเพียง 35.18 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

สารเบนโนมิล และน้ำตาลซูโครสในแหล่งอาหารสะสมสังเคราะห์มีผลให้เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานมีเปอร์เซ็นต์ความงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ พบว่า เมล็ดพืชเทียมที่ไม่มีสารเบนโนมิลในแหล่งอาหารสะสมสังเคราะห์จะส่งผลทำให้เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงโดยเฉพาะเมื่อมีปริมาณน้ำตาลซูโครสในปริมาณ 0 และ 30 ก./ล. นั้นจะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดเฉลี่ย 49.50 และ 50.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อมีการเติมสารเบนโนมิลในอาหารสะสมสังเคราะห์พบว่าการเติมสารเบนโนมิลในระดับความเข้มข้น 0.4 มก./ล. จะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าในระดับที่มีสารเบนโนมิล 0.2 มก./ล. โดยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะเมื่ออาหารสะสมสังเคราะห์ประกอบด้วยสารเบนโนมิลเข้มข้น 0.2 มก./ล. ร่วมกับน้ำตาลซูโครส 60 ก./ล นั้นส่งผลให้เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานมีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำสุดเฉลี่ย 34.01 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่ออาหารสะสมสังเคราะห์ประกอบด้วยสารเบนโนมิลเข้มข้น 0.4 มก./ล. ร่วมกับน้ำตาลซูโครสในปริมาณต่าง ๆ จะส่งผลให้เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานมีความงอกเฉลี่ยอยู่ในช่วง 37.80–40.85 เปอร์เซ็นต์

สารเบนโนมิลและน้ำตาลซูโครสในแหล่งอาหารสะสมเทียมไม่มีปฏิกิริยาร่วมซึ่งกันและกันต่อเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติ และเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติของเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวาน โดยในทุกระดับความเข้มข้นของสารเบนโนมิลและปริมาณน้ำตาลซูโครส เมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานยังคงให้เปอร์เซ็นต์ของต้นอ่อนที่มีลักษณะปกติสูงในช่วง 89.40 – 95.15 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติต่ำในช่วง 4.85–10.63 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาหารสะสมสังเคราะห์ที่มีองค์ประกอบของสารเบนโนมิล 0.2 มก./ล. และไม่มีน้ำตาลซูโครสนั้นจะมีค่าเฉลี่ยต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติสูงสุด คือ 10.63 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่อาหารสะสมสังเคราะห์ที่มีองค์ประกอบของสารเบนโนมิล 0.4 มก./ล. ร่วมกับน้ำตาลซูโครสจำนวน 60 ก./ล. นั้นจะมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติต่ำสุด คือ 4.85 เปอร์เซ็นต์

การใช้สารเบนโนมิลในการควบคุมการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์นั้น พบว่าการใช้สารเบนโนมิลในระดับความเข้มข้นที่มากขึ้นจะสามารถควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีขึ้น แต่น้ำตาลซูโครสในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้เมล็ดพืชเทียมมีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเพิ่มมากขึ้น โดยขณะที่อาหารสะสมสังเคราะห์ที่มีองค์ประกอบของสารเบนโนมิล 0.2 มก./ล. ร่วมกับน้ำตาลซูโครส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จำนวน 60 ก./ล. นั้นจะมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนสูงสุด คือ 67.13 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่ออาหารสะสมสังเคราะห์ที่มีองค์ประกอบของสารเบนโนมิล 0.4 มก./ล. ร่วมกับน้ำตาลซูโครสจำนวน 30 ก./ล. นั้นจะมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนต่ำสุด คือ 40.35 เปอร์เซ็นต์

จำนวนวันเมล็ดพืชเทียมข้าวโพดหวานเริ่มงอกนั้นไม่ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยร่วมระหว่างสารประกอบเบนโนมิลและน้ำตาลซูโครส โดยในทุกระดับความเข้มข้นของสารเบนโนมิลและน้ำตาลซูโครสในอาหารสะสมสังเคราะห์จะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมเริ่มงอกอยู่ในช่วง 6.79–8.35 วัน แนวโน้มการใช้สารเบนโนมิล และน้ำตาลซูโครสในระดับความเข้มข้นที่มากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เมล็ดพืชเทียมเริ่มงอกมีแนวโน้มลดลง

ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพืชเทียมจะมีความสำเร็จอย่างสูงแต่ยังประสบปัญหาบางประการ โดยเฉพาะการนำเมล็ดพืชเทียมไปปลูกในสภาพธรรมชาติ ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอัตราสูง แนวทางการแก้ปัญหาโดยการผสมสารปฏิชีวนะลงในอาหารสะสมสังเคราะห์เพื่อลดการปนเปื้อนนั้นเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเมล็ดพืชเทียม ทั่วไปการป้องกันการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมักใช้สารเบนโนมิล (bennomyl) ศิริลักษณ์ และมนทกานติ (2531) ศึกษาผลของเบนโนมิลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา 3 ชนิด คือ *Fusarium* sp,. *Aspergillus* sp. และ *Penicillium* sp. ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เติมและไม่เติมเบนโนมิล ได้ผลแตกต่างกันดังนี้ *Penicillium* sp. ไวต่อสารเบนโนมิลมากที่สุด คือ เบนนโนมิลความเข้มข้นเพียง 5 มิลลิกรัมต่อลิตรสามารถยับยั้งการเจริญได้ สำหรับ *Aspergillus* sp. มีความต้านทานต่อเบนโนมิลค่อนข้างสูง คือต้องใช้เบนโนมิล ความเข้มข้นถึง 80 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงจะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเนื้อเยื่อที่เลี้ยงในหลอดแก้ว Yang (1976) ได้ทดลองเลี้ยงเนื้อเยื่อ *Asparagus officinalis* Linn. ในอาหารสูตรดัดแปลงจาก Murshige and Skoog (1962) โดยการเติมเบนโนมิล ความเข้มข้นต่าง ๆ ลงในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่า เบนโนมิลจะมีผลต่อการกระตุ้นการพัฒนาของยอดและราก โดยเฉพาะความเข้มข้นของเบนโนมิลต่ำ ๆ ประมาณ 100-250 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เกิดการเจริญเติบโตแบบผิดปรกติ คือ มียอดที่อวบมากยิ่งขึ้นแต่จะมีผลไปยับยั้งการสร้างรากของหน่อไม้ฝรั่ง เมื่อนำเนื้อเยื่อส่วนยอดของหน่อไม้ที่เจริญในเบนโนมิลความเข้มข้นต่าง ๆ มาศึกษาเนื้อเยื่อวิทยา โดยวิธีตัด section ตามยาวและตามขวาง พบว่า เนื้อเยื่อของยอกที่เลี้ยงในอาหารที่เติมเบนโนมิลกับเนื้อเยื่อของยอดที่เลี้ยงในอาหารควบคุมมีความแตกต่างกันทั้งทางด้านโครงสร้างของเซลล์ และจำนวนของเซลล์ โดยที่หน่อไม้ฝรั่งที่เลี้ยงในอาหารควบคุมจะมีเนื้อเยื่อเจริญที่ล้อมรอบชั้น endodermis ไม่ค่อยแบ่งตัวมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์ของยอดที่เลี้ยงในอาหารที่เติมเบนโนมิลซึ่งพบว่าจะแบ่งตัวมากกว่าและจำนวนเซลล์ในชั้น cortex และ pith ของเซลล์ที่เลี้ยงในอาหารที่เติมเบนโนมิลจะมีจำนวนเพิ่มขึ้น นั่นแสดงว่าการเพิ่มขนาดของยอดที่เกิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการใส่เบนโนมิลในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นผลเนื่องมาจากการขยายของเซลล์ในชั้น cortex, phloem และ xylem นั่นเอง Hauptmann และคณะ (1985) ได้ศึกษาผลของเบนโนมิลที่ใช้ในการเลี้ยงเพาะเลี้ยงเซลล์ และ โปรโตพลาสต์ พบว่า เบนโนมิลที่มีความเข้มข้น 6.25-50 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าละลายด้วยการนึ่งอัดความดันหรือต้มเบนโนมิลจะถูก hydrolized ไปเป็น MBC (methy 1-2-benzimidazole carbamate) ซึ่ง MBC จะมีผลในการยับยั้งการเจริญของเซลล์พืช เช่น *Daucu carota* และ *Nicotana tabacum* ผสมในอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ หรือผสมลงในดินที่ใช้ในการเพาะปลูกเพื่อเพิ่มความมีชีวิตของเมล็ดพืชเทียมระหว่างการงอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved