บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยด้านคุณภาพต้น

1. ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นจากช่อดอกปทุมมา

1.1 ผลการทดลองที่ 1.1 การเปรียบเทียบลักษณะช่อดอกตั้งต้นที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นใหม่

1.1.1 ลักษณะของชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ ที่เพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดต้นเป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์

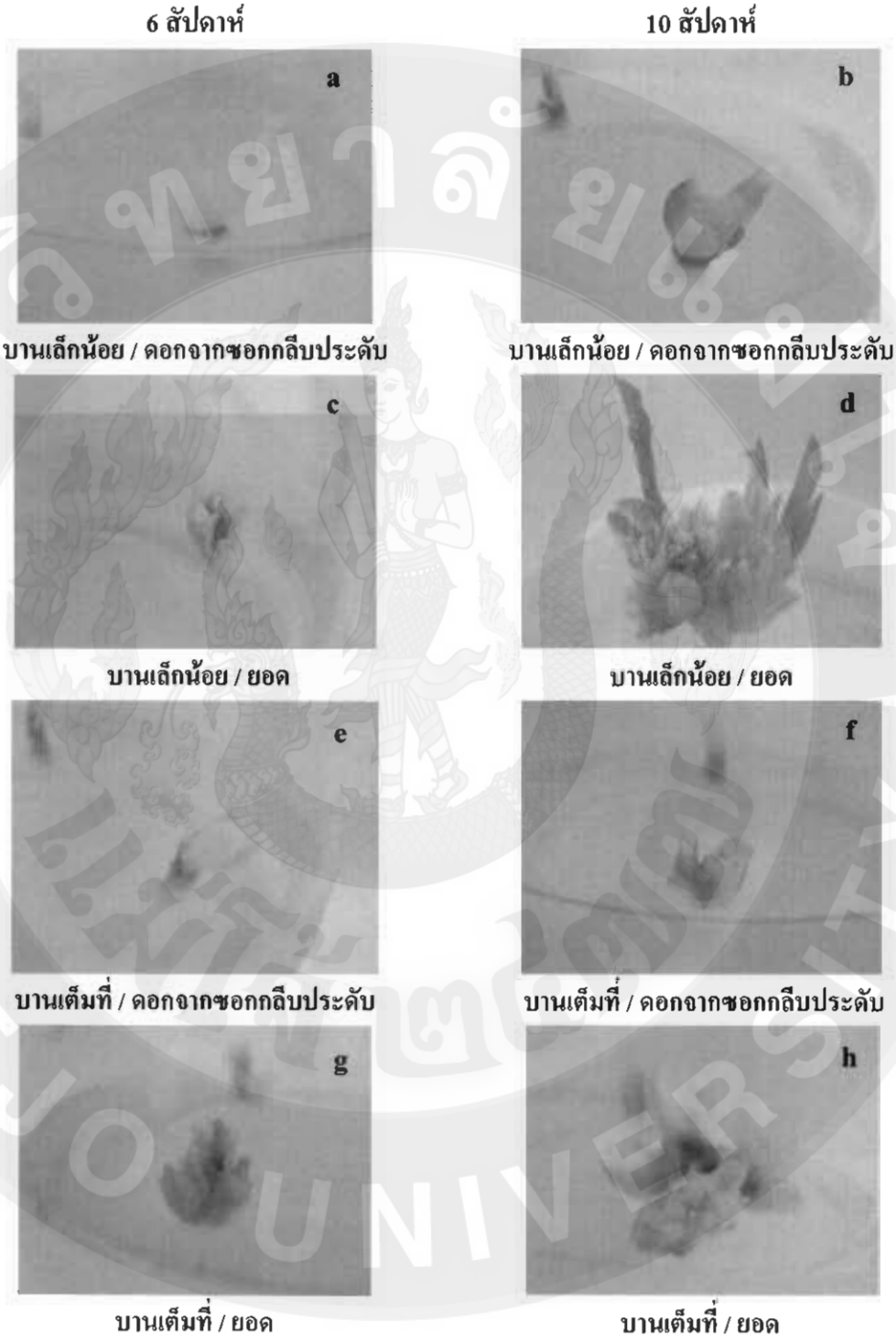
จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนดอกตั้งต้นที่เป็นชิ้นส่วนดอกจากซอกกลีบประดับและชิ้นส่วนจากยอด ที่ได้จากช่อดอกบานเล็กน้อยและช่อดอกบานเต็มที่ของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ คือ C3 C11 และ C16 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการชักนำให้เกิดต้นทำการเพาะเลี้ยงนาน 6 หรือ 10 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นของช่อดอกปทุมมาเบอร์ C3 (ภาพ 5) ที่ทำการเพาะเลี้ยงนาน 10 สัปดาห์ (ภาพ 5b 5d 5f และ 5h) มีลักษณะชิ้นส่วนที่เป็นสีเขียว และบางชิ้นมีลักษณะคล้ายใบของปทุมมา ซึ่งมีการผันกลับเป็นต้นที่เห็นได้มากกว่าและชัดเจนกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์ (ภาพ 5a 5c 5e และ 5g) ที่พบว่าชิ้นส่วนบางชิ้นเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนเล็กน้อยและไม่พบการแตกต้นและใบ หากเปรียบเทียบช่อดอกที่บานเล็กน้อยและบานเต็มที่แล้วพบว่า ชิ้นส่วนที่ได้จากช่อดอกบานเล็กน้อย (ภาพ 5a 5b 5c และ 5d) มีชิ้นส่วนที่เขียวมากกว่าชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ (ภาพ 5e 5f 5g และ 5h) และนอกจากนี้ยังพบชิ้นส่วนจากยอด (ภาพ 5c 5d 5g และ 5h) มีการแตกเป็นต้นมากกว่าชิ้นส่วนดอกจากซอกกลีบประดับ (ภาพ 5a 5b 5e และ 5f) โดยเฉพาะชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยส่วนยอด ที่เพาะเลี้ยงนาน 10 สัปดาห์ (ภาพ 5d) มีผันกลับเป็นต้นอย่างเห็นได้ชัด คือ มีลักษณะของใบและลำต้นแตกเป็นกอที่ปนกับส่วนที่ดอกของปทุมมา

ชิ้นส่วนตั้งต้นของช่อดอกปทุมมาเบอร์ C11 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารชักนำการเกิดต้นเป็นระยะเวลา 6 หรือ 10 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นที่ทำการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 6b 6d และ 6f) มีลักษณะชิ้นส่วนที่เป็นสีเขียว และบางชิ้นส่วนต้นพบชิ้นส่วนที่เกิด

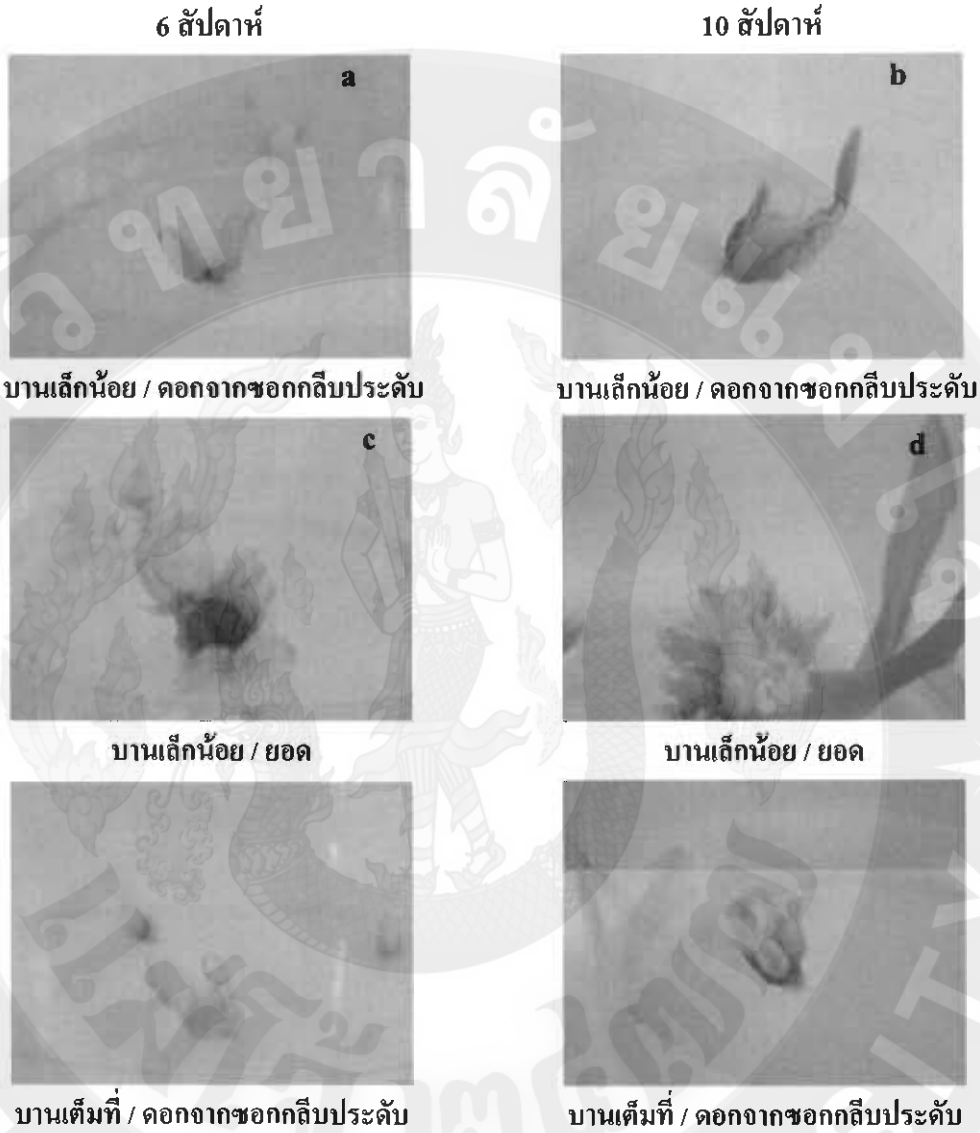
ใบร่วมกับชิ้นส่วนดอกอยู่ภายในกอเดียวกัน สามารถเห็นได้ชัดเจนกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์ (ภาพ 6a 6c และ 6e) ที่พบว่าชิ้นส่วนบางชิ้นเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนบ้างเล็กน้อยและไม่ปรากฏลักษณะของใบและแตกต้น และชิ้นส่วนที่ได้จากช่อดอกบานเล็กน้อย (ภาพ 6a 6b 6c และ 6d) มีชิ้นส่วนที่เป็นสีเขียวมากกว่ากว่าชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ (ภาพ 6e และ 6f) ส่วนการเปรียบเทียบชิ้นส่วนจากยอดและดอกจากซอกกลีบประดับพบว่า ชิ้นส่วนจากยอด (ภาพ 6c และ 6d) มีการผันกลับเป็นต้น ที่ยังคงลักษณะของดอกไว้บางส่วน และบางชิ้นส่วนมีการบวมขึ้นและเกิดสีเขียวขึ้นเล็กน้อย อีกทั้งชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยส่วนยอดที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 6d) จะพบการผันกลับเป็นต้นอย่างเห็นได้ชัดที่สุด คือ มีลักษณะของต้นปทุมมามีการแตกกอเป็นชิ้นส่วนที่คล้ายใบของปทุมมาปนกับส่วนที่เป็นดอกของปทุมมา ส่วนชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ส่วนยอดที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์เกิดการปนเปื้อนเชื้อและมีการเสียหายของชิ้นส่วนหมดจึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบได้

จากการสังเกตชิ้นส่วนตั้งต้นของช่อดอกปทุมมาเบอร์ C16 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารชักนำการเกิดต้นเป็นระยะเวลา 6 หรือ 10 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นที่ทำการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 7b 7d 7f และ 7h) ชิ้นส่วนบางชิ้นที่แตกเป็นต้นพร้อมใบ แต่บางชิ้นส่วนยังคงเป็นสีเขียว แต่อย่างไรก็ตามชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงนาน 10 สัปดาห์นี้มีการผันกลับเป็นต้นที่เห็นได้มากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์ (ภาพ 7a 7c 7e และ7g) ที่พบว่าบางชิ้นส่วนเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนบ้างเล็กน้อยและบางชิ้นส่วนมีการแตกต้นที่มีใบปนกับส่วนที่เป็นดอกอยู่ในกอเดียว นอกจากนี้ยังสังเกตพบว่า ชิ้นส่วนที่ได้จากช่อดอกบานเล็กน้อย (ภาพ 7a 7b 7c และ 7d) มีชิ้นส่วนที่เป็นสีเขียวและแตกต้นมากกว่าชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ (ภาพ 3e 3f 3g และ 3h) นอกจากนี้ยังพบว่าชิ้นส่วนจากยอด (ภาพ 7c 7d 7g และ 7h) มีการผันกลับเป็นต้นร่วมกับการพุ่งของดอก และชิ้นส่วนดอกจากซอกกลีบประดับ (ภาพ 7a 7b 7e และ 7f) มีชิ้นส่วนที่มีการบวมของชิ้นส่วนและเกิดสีเขียวขึ้นเพียงเล็กน้อย และในชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยและดอกบานเต็มที่ส่วนยอด ที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 7d และ 7h) พบการผันกลับเป็นต้นอย่างเห็นได้ชัด คือ เป็นต้นปทุมมาที่สมบูรณ์ และมีการแตกกอเป็นชิ้นส่วนที่คล้ายใบปนกับส่วนที่เป็นดอกของปทุมมา ส่วนชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ส่วนยอดที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์เกิดการปนเปื้อนเชื้อและชิ้นส่วนมีการเสียหายทั้งหมดจึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบได้

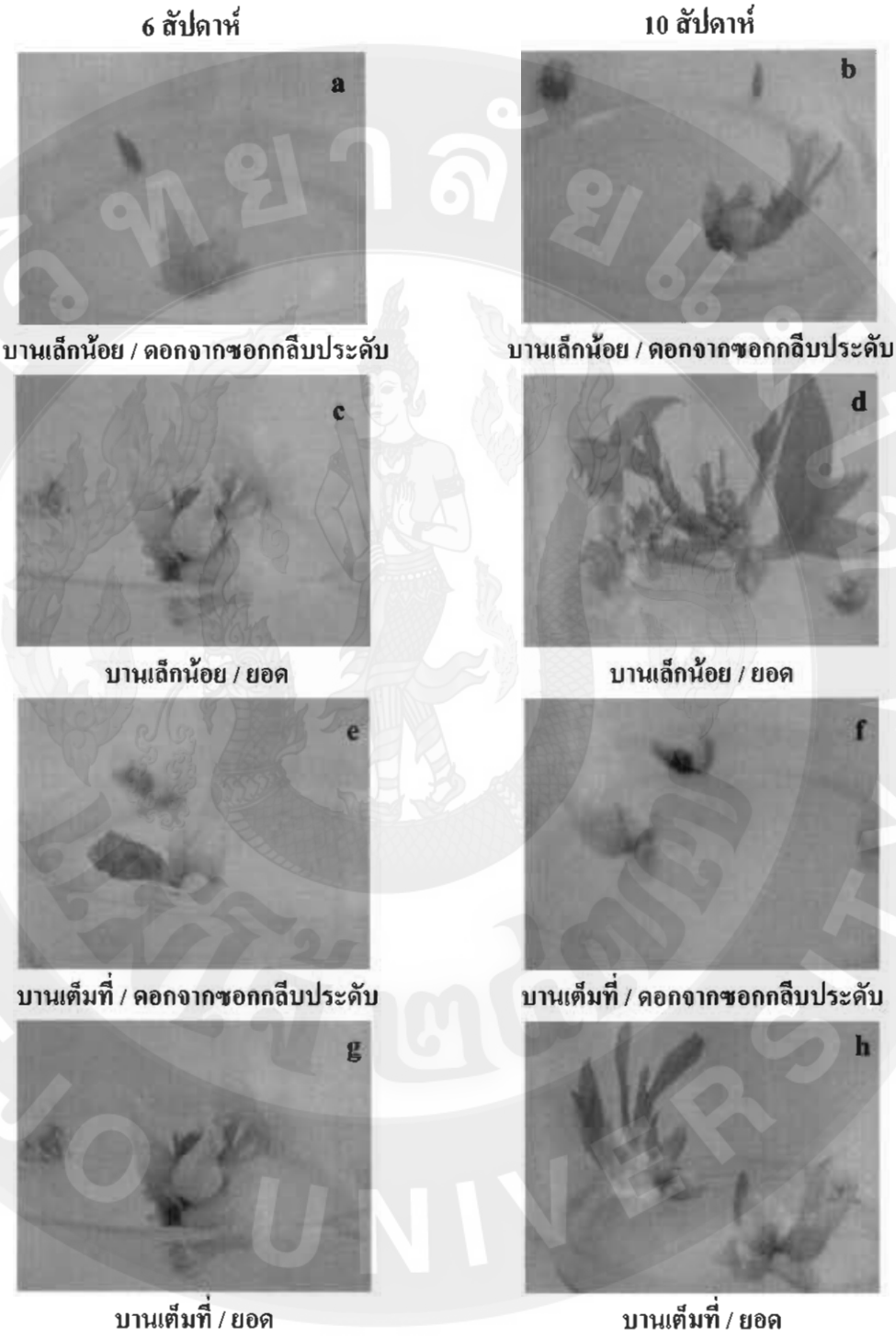
จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาทั้ง 3 เบอร์ เป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์ พบว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ เกิดการผันกลับได้มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และพบว่าชิ้นส่วนจากส่วนยอด เกิดการผันกลับเป็นต้นได้เร็วกว่าชิ้นส่วนดอกจากซอกกลีบประดับ โดยเฉพาะชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยส่วนยอด มีการแตกเป็นต้นที่มีใบชัดเจน



ภาพ 5 ลักษณะของชิ้นส่วนจากยอดและชิ้นส่วนดอกจากซอกกลีบประดับที่เกิดการผันกลับจากช่อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยและบานเต็มที่) เบอร์ C3 ที่ทำการเพาะเลี้ยงใน อาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a c e และ g) และ 10 สัปดาห์ (b d f และ h)



ภาพ 6 ลักษณะของชิ้นส่วนจากยอดและชิ้นส่วนดอกจากซอกกลีบประดับที่เกิดการผันกลับจากช่อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยและบานเต็มที่) เบอร์ C11 ที่ทำการเพาะเลี้ยงใน อาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a c และ e) และ 10 สัปดาห์ (b d และ f) ส่วนชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ส่วนยอดที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ และ 10 สัปดาห์ เกิดการเสียหายระหว่างทำการเพาะเลี้ยง



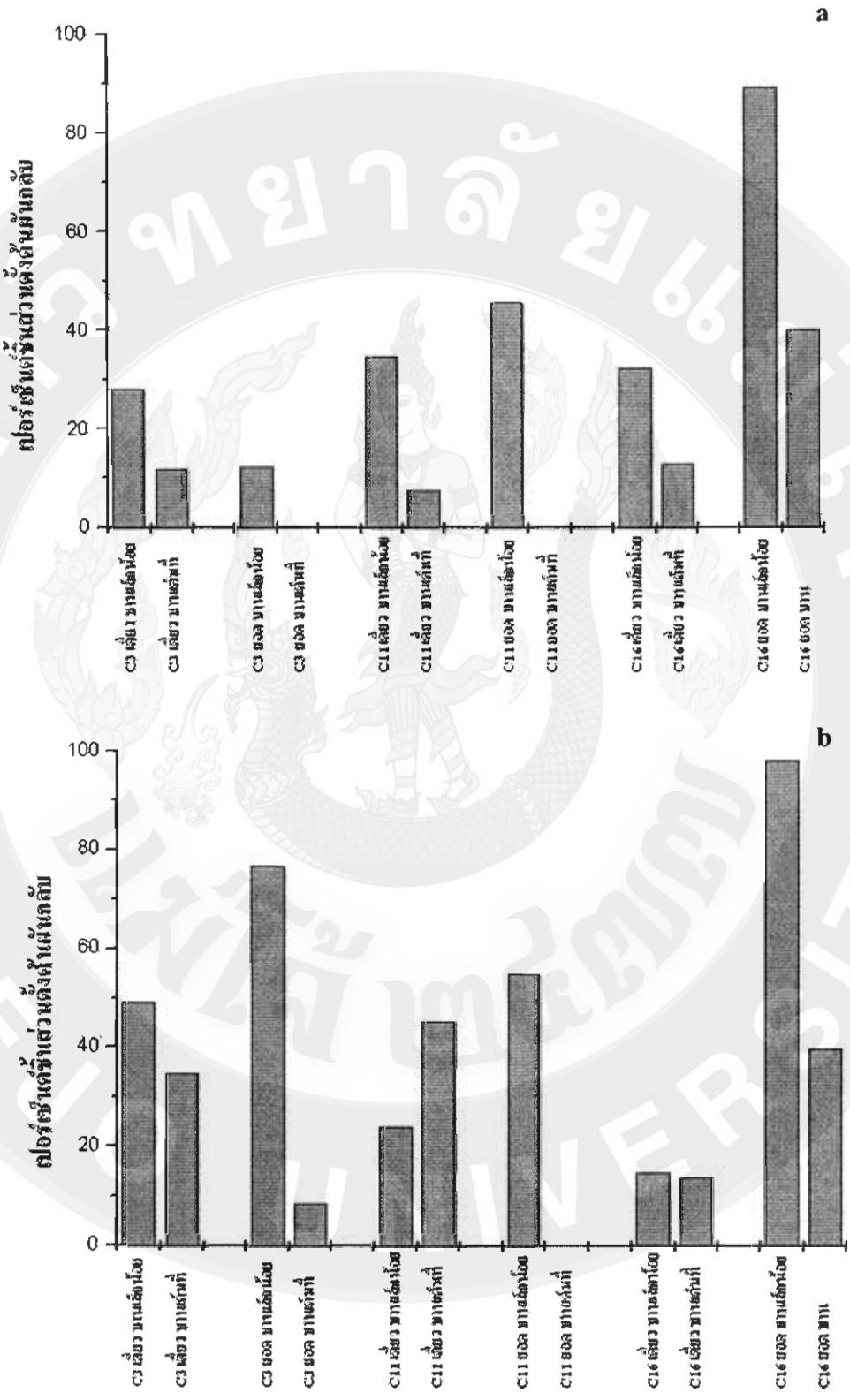
ภาพ 7 ลักษณะของชิ้นส่วนจากยอดและชิ้นส่วนดอกจากซอกกลีบประดับที่เกิดการผันกลับจากช่อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยและบานเต็มที่) เบอร์ C16 ที่ทำการเพาะเลี้ยงใน อาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a c e และ g) และ 10 สัปดาห์ (b d f และ h)

1.1.2 เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตั้งต้นที่เกิดจากการผันกลับจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด 3 เบอร์ หลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ และ 10 สัปดาห์

จากภาพ 8 เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตั้งต้นที่เกิดจากผันกลับได้จากช่อดอกที่บานเล็กน้อยและบานเต็มที่ของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ คือ C3 C11 และ C16 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิดร ในการชักนำให้เกิดด้นที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์พบว่าชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาทั้ง 3 เบอร์ที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (ภาพ 8a) มีเปอร์เซ็นต์การผันกลับของชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกบานเล็กน้อยมากกว่าชิ้นส่วนที่ได้จากช่อดอกบานเต็มที่ในทั้ง 3 เบอร์ และเมื่อพิจารณาตำแหน่งของชิ้นส่วนจะเห็นได้ว่า ชิ้นส่วนจากส่วนยอดจะมีการผันกลับได้ดีกว่าชิ้นส่วนจากซอกกลีบประดับทั้งในดอกบานเล็กน้อยและดอกบานเต็มที่ของปทุมมาทุกเบอร์ และจะเห็นได้ว่าการผันกลับของชิ้นส่วนของปทุมมาทั้ง 3 เบอร์มีการผันกลับที่แตกต่างกัน โดยปทุมมาเบอร์ CI6 จะมีการผันกลับได้ดีกว่าปทุมมาเบอร์ CI1 และ C3 โดยเฉพาะชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยตำแหน่งยอดของปทุมมาเบอร์ C16 มีการผันกลับได้ดีที่สุดถึง 88.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ตำแหน่งยอดถึง 48.9 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่าชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยและช่อดอกบานเต็มที่ตำแหน่งดอกจากซอกกลีบประดับถึง 56.7 และ 76.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ส่วนการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาทั้ง 3 เบอร์เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 8b) พบว่า มีการผันกลับของชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยมากกว่าชิ้นส่วนที่ได้จากช่อดอกบานเต็มที่ในปทุมมาทั้ง 3 เบอร์ ยกเว้นเบอร์ CI1 ที่ชิ้นส่วนดอกเดี่ยวจากซอกกลีบประดับที่มีเปอร์เซ็นต์การผันกลับของช่อดอกบานเต็มที่มากกว่าช่อดอกบานเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาตำแหน่งของชิ้นส่วนจะเห็นได้ว่าชิ้นส่วนยอดมีเปอร์เซ็นต์การผันกลับที่ดีกว่าชิ้นส่วนดอกเดี่ยวจากซอกกลีบประดับของทั้งดอกบานเล็กน้อยและดอกบานเต็มที่ ยกเว้นในช่อดอกบานเต็มที่ของปทุมมาเบอร์ C3 และ C11 ตำแหน่งชิ้นส่วนเดี่ยวจากซอกกลีบประดับมีเปอร์เซ็นต์การผันกลับมากกว่าชิ้นส่วนจากยอด และจะเห็นได้ว่าชิ้นส่วนดั้งต้นจากส่วนยอดของช่อดอกบานเล็กน้อยของปทุมมาทั้ง 3 เบอร์ คือ C3 C11 และ C16 มีเปอร์เซ็นต์การผันกลับของช่อดอกที่สูงที่สุด เท่ากับ 76.7 45.5 และ 98.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

เป็นที่น่าสังเกตว่าการผันกลับของชิ้นส่วนตั้งต้นทุกลักษณะมีเปอร์เซ็นต์การผันกลับที่เพิ่มขึ้นจากการเพาะเลี้ยงระยะเวลา 6 สัปดาห์เป็น 10 สัปดาห์ โดยเฉพาะชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาเบอร์ C3 การผันกลับในชิ้นส่วนเดี่ยวของช่อดอกบานเล็กน้อยและดอกบานเต็มที่เพิ่มขึ้นถึง 21.1 และ 22.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และชิ้นส่วนยอดของช่อดอกบานเล็กน้อยและดอกบานถึง 64.2 และ 8.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ



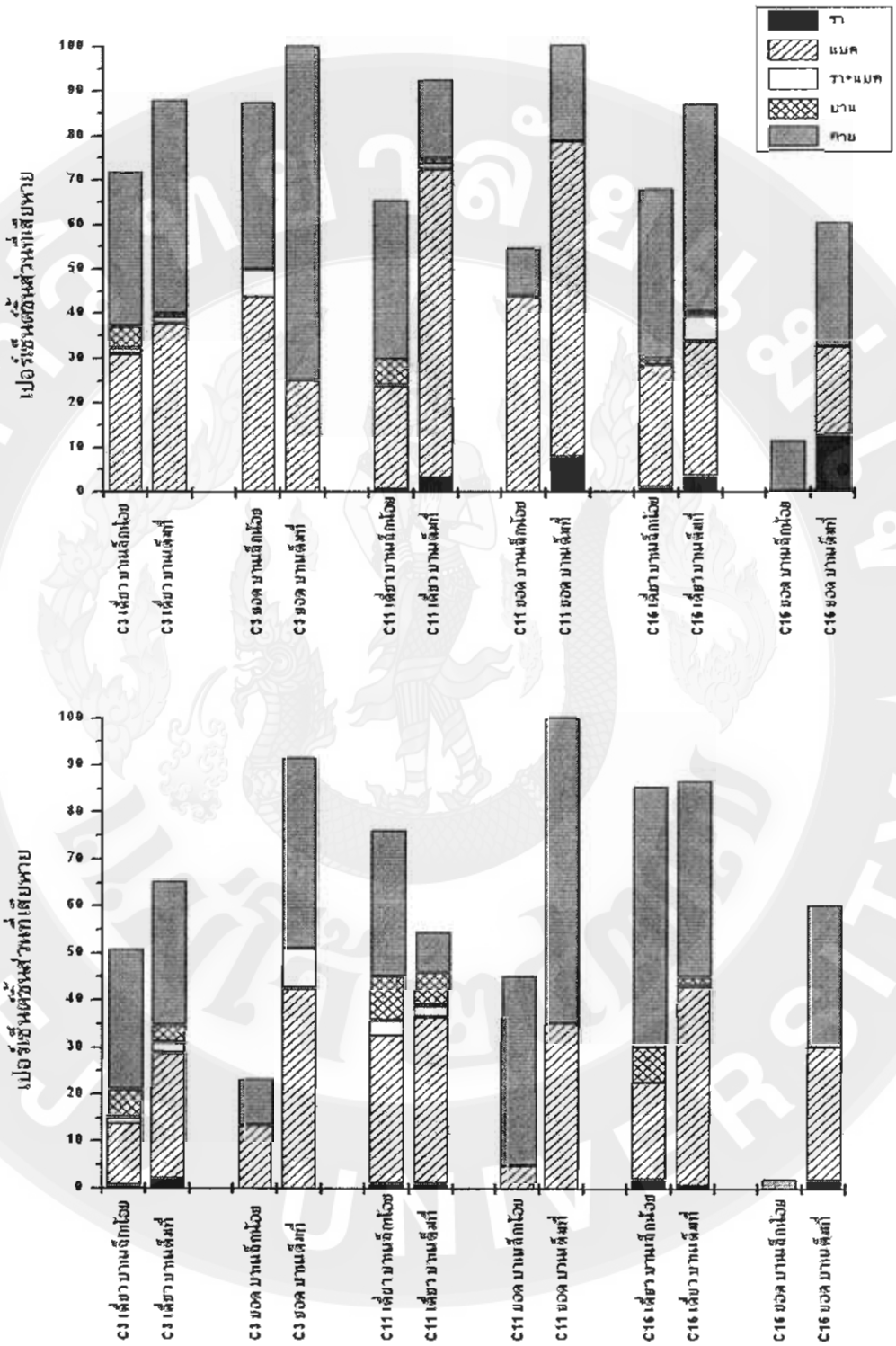
ภาพ 8 เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดแต่ละอายุของทั้ง 3 เบอร์ ที่เพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดต้นเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a) และ 10 สัปดาห์ (b)

1.1.3 เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตั้งต้นที่เสียหายจากการชักนำให้เกิดต้นใหม่หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ และ 10 สัปดาห์

จากภาพ 9 เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตั้งต้นที่เสียหายจากการชักนำให้เกิดต้นใหม่ของชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยและบานเต็มที่ของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ที่ทำการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ หรือ 10 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาทั้ง 3 เบอร์ที่ทำการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (ภาพ 9a) มีเปอร์เซ็นต์ของชิ้นส่วนที่เสียหายจากช่อดอกบานเต็มที่มากกว่าชิ้นส่วนที่ได้จากช่อดอกบานเล็กน้อยในปทุมมาทั้ง 3 เบอร์ โดยเฉพาะชิ้นส่วนของปทุมมาเบอร์ C3 และ C11 จากช่อตอกบานเต็มที่ส่วนยอดพบการปนเปื้อนเชื้อถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปทุมมาเบอร์ C16 จากช่อดอกบานเล็กน้อยส่วนยอดพบการปนเปื้อนเพียง 11.1 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาตำแหน่งของชิ้นส่วนพบว่า เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่เสียหายขึ้นอยู่กับปทุมมาแต่ละเบอร์คือ ปทุมมาเบอร์ C3 ชิ้นส่วนจากส่วนยอดมีเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนเสียหายมากกว่าชิ้นส่วนดอกเดี่ยวจากซอกกลีบประดับ และปทุมมาเบอร์ C11 เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนเสียหายจากช่อดอกบานเต็มที่ของชิ้นส่วนยอดมากกว่าชิ้นส่วนดอกเดี่ยวจากซอกกลีบประดับ ในขณะที่ชิ้นส่วนจากดอกบานเล็กน้อยมีเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนเสียหายของชิ้นส่วนดอกเดี่ยวจากกลีบประดับมากกว่าชิ้นส่วนยอด ส่วนปทุมมาเบอร์ C16 ชิ้นส่วนดอกเดี่ยวจากซอกกลีบประดับมีเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่เสียหายมากกว่าชิ้นส่วนยอดอย่างเห็นได้ชัด และจะเห็นได้ว่าชิ้นส่วนที่เสียหายส่วนใหญ่ของปทุมมาทุกลักษณะที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์เกิดจากการปนเปื้อนเชื้อของแบคทีเรีย และชิ้นส่วนตายจากการถูกฟอกฆ่าเชื้อ ส่วนการปนเปื้อนเชื้อราในชิ้นส่วนของปทุมมาเบอร์ C11 และ C16 พบน้อยมากเมื่อเทียบกับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรีย และไม่พบเชื้อราเลยในปทุมมาเบอร์ C3 และชิ้นส่วนที่บานเป็นดอกพบได้น้อยเช่นกัน โดยพบเฉพาะชิ้นส่วนที่เป็นชิ้นดอกจากซอกกลีบประดับของปทุมมาทั้ง 3 เบอร์

ส่วนการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาทั้ง 3 เบอร์เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 9b) พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ของชิ้นส่วนที่เสียหายจากช่อดอกบานเต็มที่มากกว่าชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยในปทุมมาทั้ง 3 เบอร์ โดยเฉพาะชิ้นส่วนจากยอดจากช่อดอกบานเต็มที่ของปทุมมาเบอร์ C3 และ C11 พบการปนเปื้อนถึง 91.5 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยของปทุมมาเบอร์ C16 พบการปนเปื้อนน้อยที่สุดเพียง 2.2 เปอร์เซ็นต์ โดยยกเว้นชิ้นส่วนดอกเดี่ยวจากซอกกลีบประดับของปทุมมาเบอร์ C11 มีเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่เสียหายจากช่อดอกบานเล็กน้อยมากกว่าช่อดอกบานเต็มที่ถึง 21.4 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาตำแหน่งของชิ้นส่วนพบว่า ชิ้นส่วนยอดมีเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่เสียหายที่ขึ้นอยู่กับปทุมมาแต่ละเบอร์ คือ ปทุมมาเบอร์ C3 และ C11 ชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยชิ้นส่วนดอกเดี่ยวจากซอก

กลีบประดับมีเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนเสียหายมากกว่าชิ้นส่วนยอด ในขณะที่ชิ้นส่วนจากยอดของช่อดอกบานเต็มที่มีเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนเสียหายมากกว่าชิ้นส่วนดอกเดี่ยวจากซอกกลีบประดับ ส่วนปทุมมาเบอร์ C16 มีเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนดอกเดี่ยวจากซอกกลีบประดับที่เสียหายมากกว่าชิ้นส่วนยอดอย่างเห็นได้ชัด และจะเห็นได้ว่าชิ้นส่วนที่เสียหายส่วนใหญ่ของปทุมมาทุกลักษณะที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ เกิดจากการปนเปื้อนเชื้อของแบคทีเรีย และชิ้นส่วนตายจากการถูกฟอกฆ่าเชื้อ ส่วนการปนเปื้อนเชื้อราในชิ้นส่วนพบน้อยมากเมื่อเทียบกับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียในปทุมมาทั้ง 3 เบอร์ และชิ้นส่วนที่บานเป็นดอกพบได้น้อยเช่นกัน โดยพบเฉพาะชิ้นส่วนที่เป็นชิ้นดอกเดี่ยวจากซอกกลีบประดับของปทุมมาทั้ง 3 เบอร์



ภาพ 9 เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดที่เสียหายในแต่ละอายุของทั้ง 3 เบอร์ (C3, C11 และ C16) ที่เพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดต้นเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a) และ 10 สัปดาห์ (b)

1.2 ผลการทดลองที่ 1.2 ศึกษาระยะเวลาการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนดั้งต้นในการผันกลับที่ต่างกัน 2 ระยะ ต่อการเกิดจำนวนต้นใหม่ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็ง

1.2.1 ลักษณะต้นและจำนวนต้นต่อกอที่ได้จากการชักนำให้เกิดต้นจากช่อดอกปทุมมา

จากการนำชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด C3 C11 และ C16 ที่ทำการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์ มาทำการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็ง โดยใช้อาหารสูตรเดิมเพาะเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ เพื่อชักนำให้เกิดต้นใหม่ โดยพบว่าชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ เกิดการผันกลับเป็นต้นได้ ดังนี้

ปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด C3

ชิ้นส่วนของปทุมมา C3 (ภาพ 10) ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 10b 10d 10f และ 10h) มีการผันกลับของชิ้นส่วนจากช่อดอกเป็นต้นจำนวนมากกว่า โดยชิ้นส่วนที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์ (ภาพ 10a 10c 10e และ 10g) ชิ้นส่วนมีการผันกลับเป็นต้นน้อยและยังพบชิ้นส่วนที่ยังคงสภาพเป็นดอก ทั้งชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็ง และชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีการผันกลับเป็นต้นไม่แตกต่างกับที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง ส่วนชิ้นส่วนดั้งต้นที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีการผันกลับเป็นต้นได้ดีต้นแข็งแรงและได้จำนวนมากกว่าชิ้นส่วนในอาหารแข็ง (ภาพ 10b, 10d, 10f และ 10h)

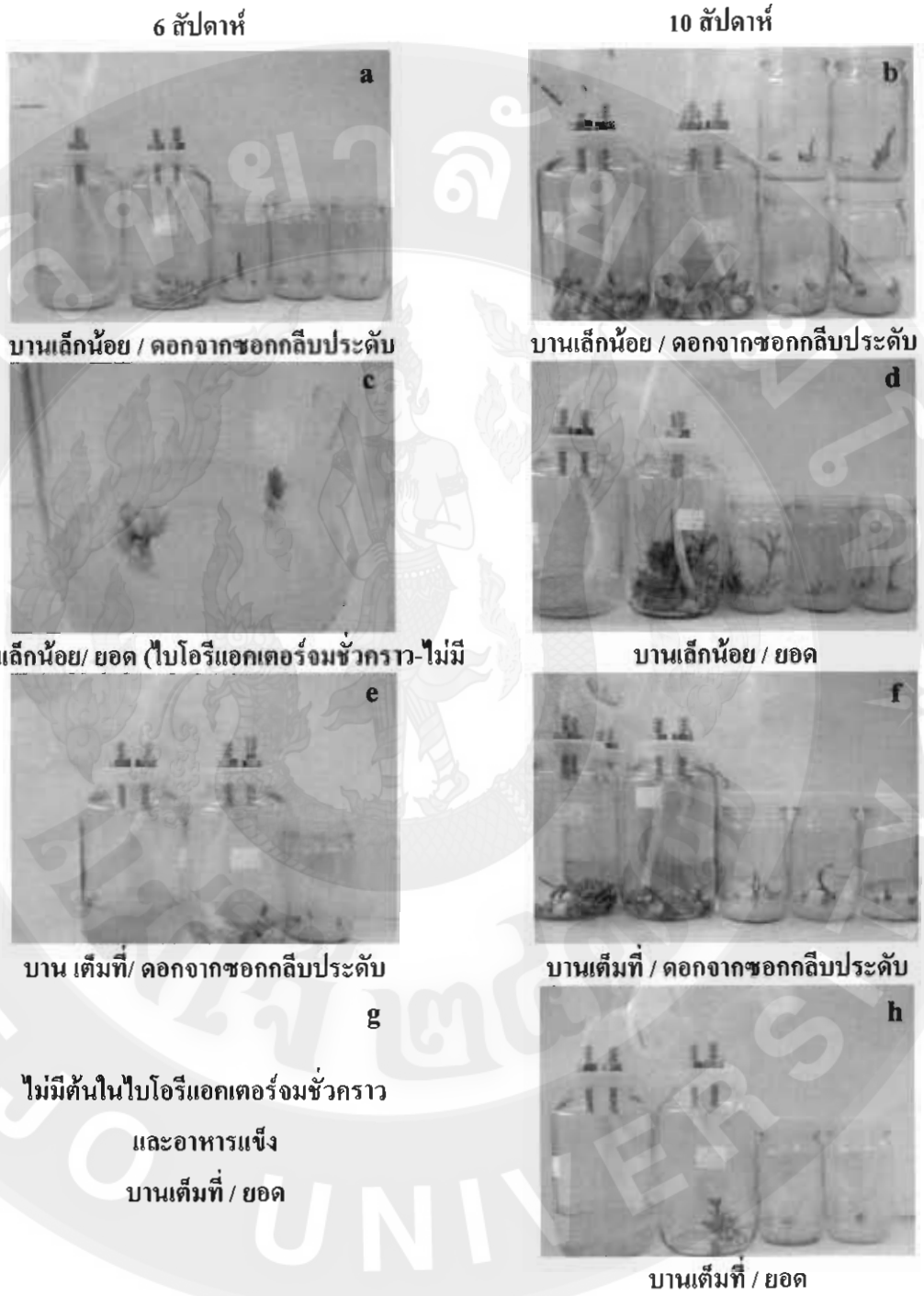
เมื่อพิจารณาถึงชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 10b และ 10d) มีการผันกลับเป็นต้นได้ดีกว่าและได้จำนวนต้นมากกว่าชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ (ภาพ 10f และ 10h) ส่วนชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยและดอกบานเต็มที่ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (ภาพ 10a 10c และ 10e) มีชิ้นส่วนที่เกิดการผันกลับเป็นต้นได้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งพบบางส่วนที่เปลี่ยนเป็นต้นแล้วและบางส่วนยังคงสภาพเป็นดอกอยู่ และนอกจากนี้ยังพบว่าชิ้นส่วนจากยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 10 สัปดาห์ (ภาพ 10d และ 10h) มีต้นที่เกิดการผันกลับต่อชิ้นส่วนจากช่อดอกมากกว่าชิ้นส่วนดอกจากซอกกลีบประดับ และโดยเฉพาะชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยส่วนยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 12) มีการผันกลับเป็นต้นจำนวนมาก ต้นมีลักษณะที่แข็งแรง ส่วนชิ้นส่วนยอดจากช่อ

ดอกบานเต็มที่ที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์เสียหายจากการเพาะเลี้ยงในรอบแรกทำให้ไม่มีต้นสำหรับการทดลองครั้งนี้

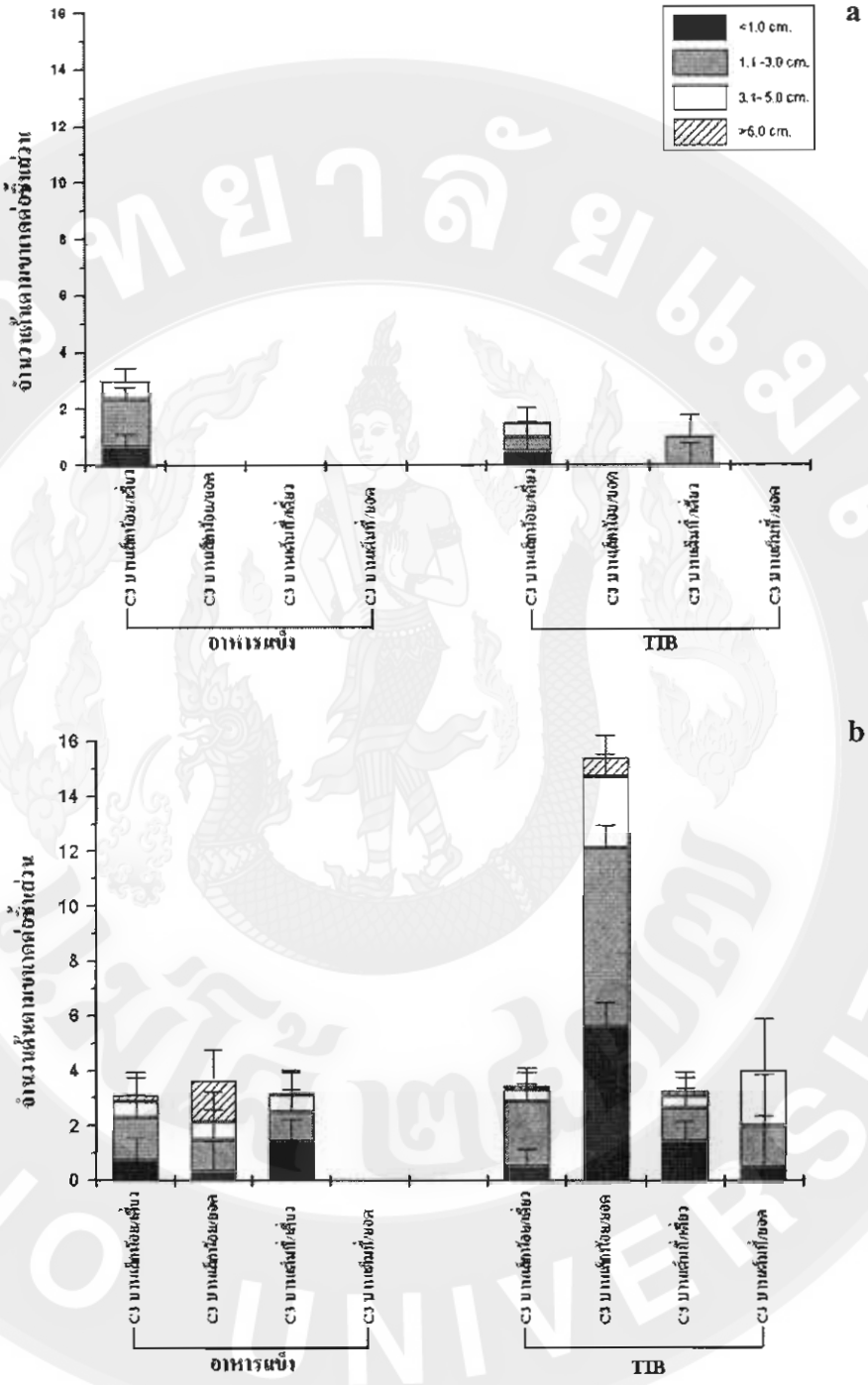
จำนวนต้นต่อกอของชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C3

ชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C3 จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนส่วนใหญ่ยังไม่เกิดต้น ยกเว้นชิ้นส่วนเดี่ยวจากกลีบประดับของช่อดอกบานเล็กน้อยมีต้นใหม่ที่เกิดจากการผันกลับของช่อดอกในทั้งอาหารแข็ง และในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวจำนวน 3 และ 1.5 ต้นต่อชิ้นส่วนตามลำดับ โดยที่การเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวยังพบว่า ชิ้นส่วนเดี่ยวจากกลีบประดับของช่อดอกบานเต็มที่มีต้นใหม่ที่เกิดจากการผันกลับจากช่อดอก 1 ต้นต่อกอ และต้นที่เกิดใหม่มีขนาดต้นน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร 1.1–3.0 เซนติเมตร และ 3.1–5.0 เซนติเมตร (ภาพ 11a)

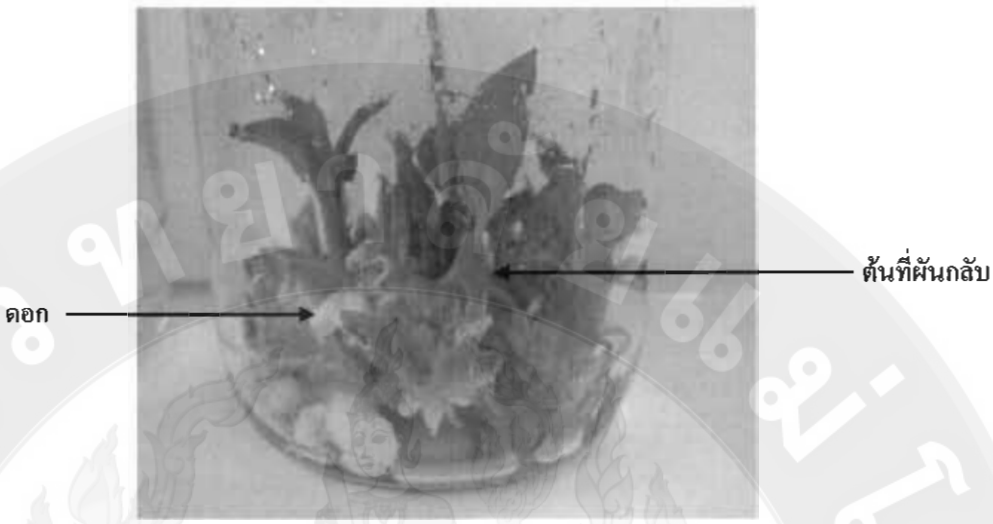
ชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C3 จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลักษณะต่างๆ ของปทุมมาเบอร์ C3 สามารถเกิดต้นใหม่ได้ ทั้งการเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็ง โดยเฉพาะชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว มีจำนวนต้นเกิดใหม่ต่อกอมากที่สุดถึง 15.4 ต้น ในขณะที่ชิ้นส่วนจากส่วนอื่นมีจำนวนต้นเพียง 3–4 ต้นต่อกอเท่านั้น แต่ชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเต็มที่ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งไม่มีต้นใหม่ที่เกิดจากการผันกลับของช่อดอก และขนาดของต้นที่เกิดใหม่มีตั้งแต่ขนาดน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตรถึงขนาดที่มากกว่า 5.0 เซนติเมตร โดยที่ต้นที่เกิดใหม่ที่ได้ส่วนใหญ่มีขนาดน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร และ 1.1–3.0 เซนติเมตร (ภาพ 11b)



ภาพ 10 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนตั้งต้นจากยอดหรือดอกจากซอกกลีบประดับของช่อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยหรือบานเต็มที่) เบอร์ C3 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 (a c e g)และ 10 สัปดาห์ (b d f g) แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์



ภาพ 11 จำนวนต้นตามขนาดของชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาเบอร์ C3 ที่ทำการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS (ดัดแปลง) 1962 ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a) และ 10 สัปดาห์ (b) แล้วมาทำการเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยใช้อาหารสูตรเดิม



ภาพ 12 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยปทุมมาเบอร์ C3 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

ปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด C11

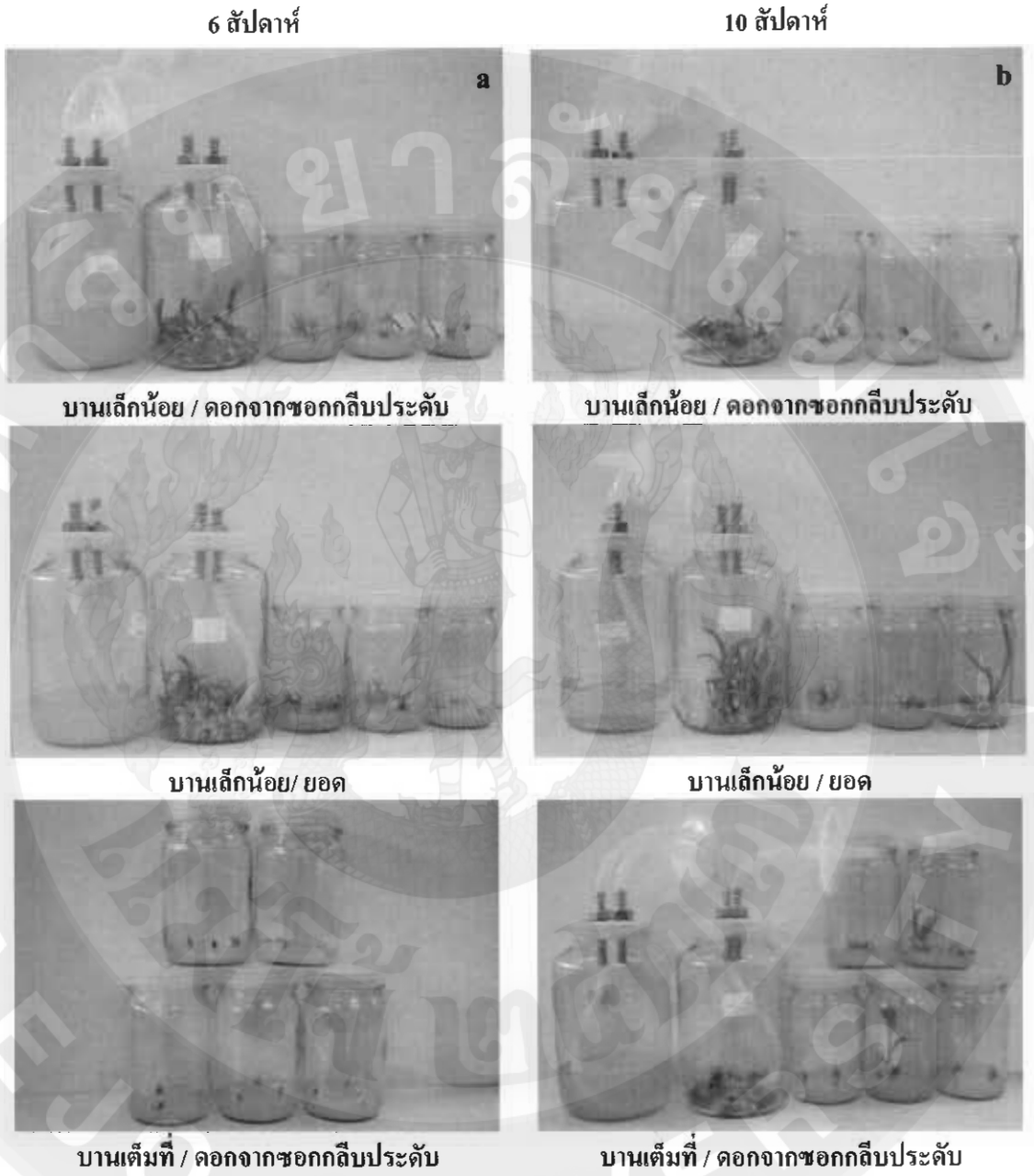
ชิ้นส่วนของปทุมมา C11 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวหรืออาหารแข็งอีก 6 สัปดาห์ (ภาพ 13) มีการผันกลับเป็นต้นไม่แตกต่างกันมากและได้ต้นต่อชิ้นส่วนจำนวนมากทั้งชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็ง ซึ่งจะเห็นได้ว่าชิ้นส่วนตั้งต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์แล้วนำมาเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีการผันกลับเป็นต้นได้ดีกว่า ต้นแข็งแรงและได้จำนวนต้นมากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และเมื่อพิจารณาถึงชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่ได้เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 13b และ 13d) แล้วนำมาเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็งมีการผันกลับเป็นต้นไม่แตกต่างกัน ส่วนชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่ได้เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (ภาพ 13a และ 13c) มีการผันกลับเป็นได้ต้นดีและได้ต้นที่แข็งแรง ส่วนชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเต็มที่นั้นมีชิ้นส่วนเกิดความเสียหายจากการเพาะเลี้ยงในรอบแรกทำให้ไม่มีต้นสำหรับการทดลองครั้งนี้ และนอกจากนี้ยังพบว่าชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยส่วนยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 6 และ 10 สัปดาห์ (ภาพ 13c และ 13d) มีต้นที่เกิดการผันกลับเป็นต้นจำนวนต่อชิ้นส่วนมากกว่าชิ้นส่วนที่ได้จากส่วนดอกจากซอกกลีบประดับ (ภาพ 13a 13b 13e และ 13f) โดยเฉพาะชิ้นส่วน

ยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงระยะ 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีการผันกลับของชิ้นส่วนจากช่อดอกเป็นต้นได้ดีที่สุด (ภาพ 15)

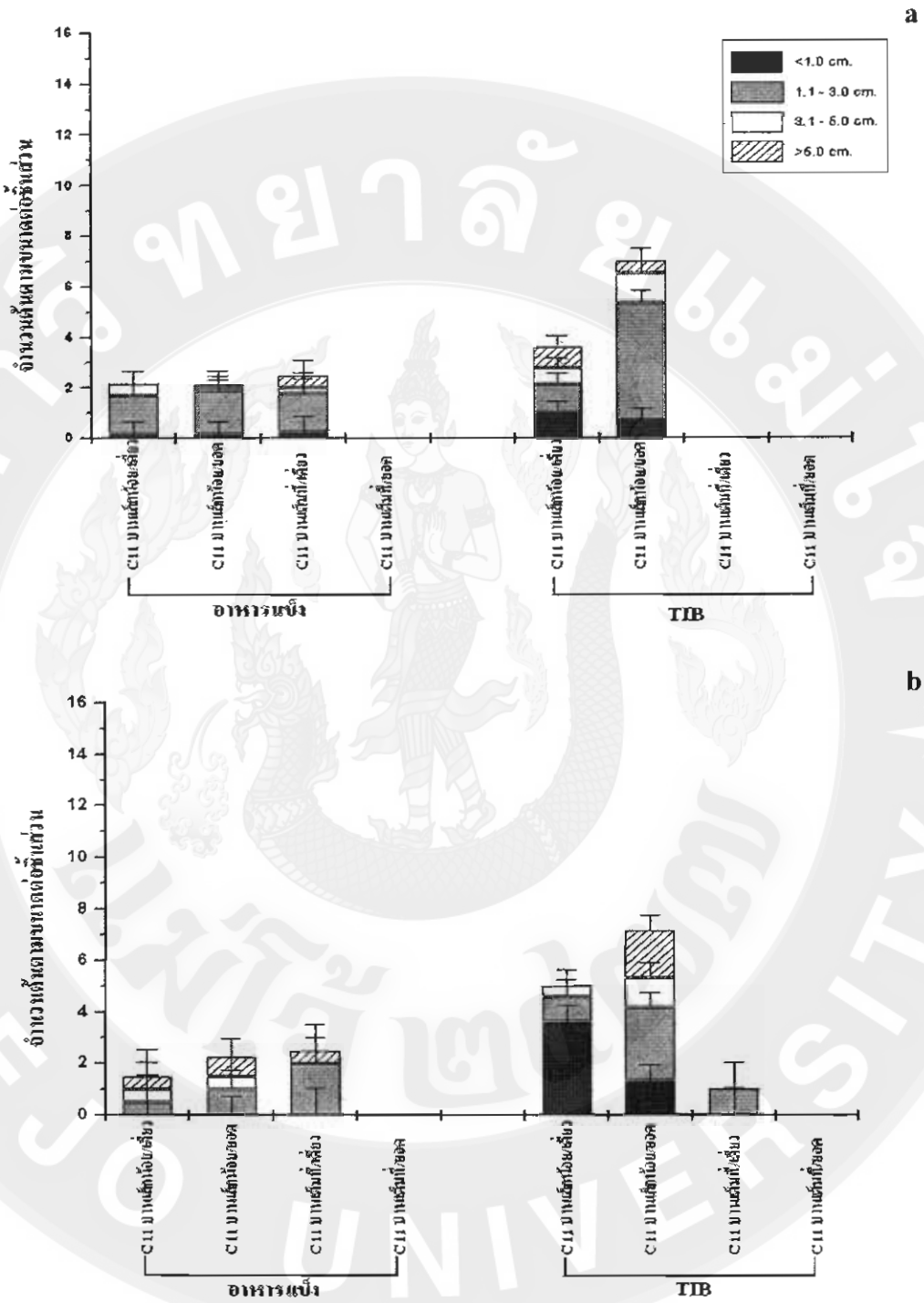
จำนวนต้นต่อกอของชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C11

ชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C11 จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ทั้งชิ้นส่วนเดี่ยวจากกลีบประดับ และชิ้นส่วนยอดของช่อดอกบานเล็กน้อย มีต้นเกิดใหม่ที่ได้จากการผันกลับของช่อดอกปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว และอาหารแข็ง โดยชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนต้นต่อกอเท่ากับ 3.6 และ 7.0 ต้นต่อกอตามลำดับ ซึ่งมากกว่าที่ชิ้นส่วนเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง ในขณะที่ชิ้นส่วนที่เป็นดอกบานเต็มที่ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวไม่เกิดต้น แต่ในขณะที่ชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง พบชิ้นส่วนเดี่ยวจากกลีบประดับของช่อดอกบานเต็มที่มีต้นเกิดใหม่จากการผันกลับ 2.5 ต้นต่อกอ และยังพบว่าต้นที่เกิดใหม่มีทุกขนาดตั้งแต่น้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร จนถึงขนาดมากกว่า 5 เซนติเมตร แต่ต้นที่เกิดใหม่ส่วนใหญ่เป็นต้นที่มีขนาด 1.1 – 3.0 เซนติเมตร (ภาพ 14a)

ชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C11 จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนลักษณะต่างๆ ของช่อดอกปทุมมาเบอร์ C11 ส่วนใหญ่สามารถเกิดต้นใหม่ได้ โดยเฉพาะชิ้นส่วนที่ได้จากช่อดอกบานเล็กน้อยที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีต้นเกิดใหม่จากการผันกลับของช่อดอกปทุมมา ที่มีจำนวนต้นต่อกอมากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง โดยมีจำนวนต้นถึง 5.0 และ 7.16 ต้นต่อกอของชิ้นส่วนที่เป็นชิ้นเดี่ยวจากกลีบประดับและชิ้นส่วนยอดของช่อดอกบานเล็กน้อยตามลำดับ ในขณะที่ชิ้นส่วนเดี่ยวจากกลีบประดับของช่อดอกบานเต็มที่เท่านั้นที่สามารถเกิดต้นใหม่ได้ โดยที่ชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งเกิดต้นใหม่ได้มากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ส่วนชิ้นส่วนยอดของช่อดอกบานเต็มที่ไม่มีการเกิดต้นใหม่ทั้งในการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว นอกจากนี้ยังพบว่าต้นที่เกิดใหม่มีทุกขนาดตั้งแต่น้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร จนถึงขนาดมากกว่า 5 เซนติเมตร โดยที่มีต้นที่เกิดใหม่ส่วนใหญ่ที่ได้มีขนาด 1.1 – 3.0 เซนติเมตร และชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงอาหารแข็งไม่มีต้นเกิดใหม่ที่มีขนาดน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร ในขณะที่ชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีต้นที่เกิดใหม่ที่มีขนาดน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตรจำนวนมาก โดยเฉพาะต้นเกิดใหม่จากชิ้นส่วนเดี่ยวจากกลีบประดับของช่อดอกบานเล็กน้อย มีต้นที่มีขนาดน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตรถึง 3.6 ต้นต่อกอ (ภาพ 14b)



ภาพ 13 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนตั้งต้นจากยอดหรือดอกจากซอกกลีบประดับของช่อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยหรือบานเต็มที่) เบอร์ C11 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 (a c และ e) และ 10 สัปดาห์ (b d และ f) แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ส่วนชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกบานเต็มที่ส่วนยอด ทั้งที่เพาะเลี้ยง 6 และ 10 สัปดาห์ ไม่มีเนื่องจากเกิดการปนเปื้อนเชื้อหมดในการทดลองที่ 1.1



ภาพ 14 จำนวนต้นตามขนาดของชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาเบอร์ C11 ที่ทำการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS (ดัดแปลง) 1962 ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a) และ 10 สัปดาห์ (b) แล้วมาทำการเพาะเลี้ยงต่อในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยใช้อาหารสูตรเดิม

ภาพ 15 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยปทุมมา C11 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

ปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด C16

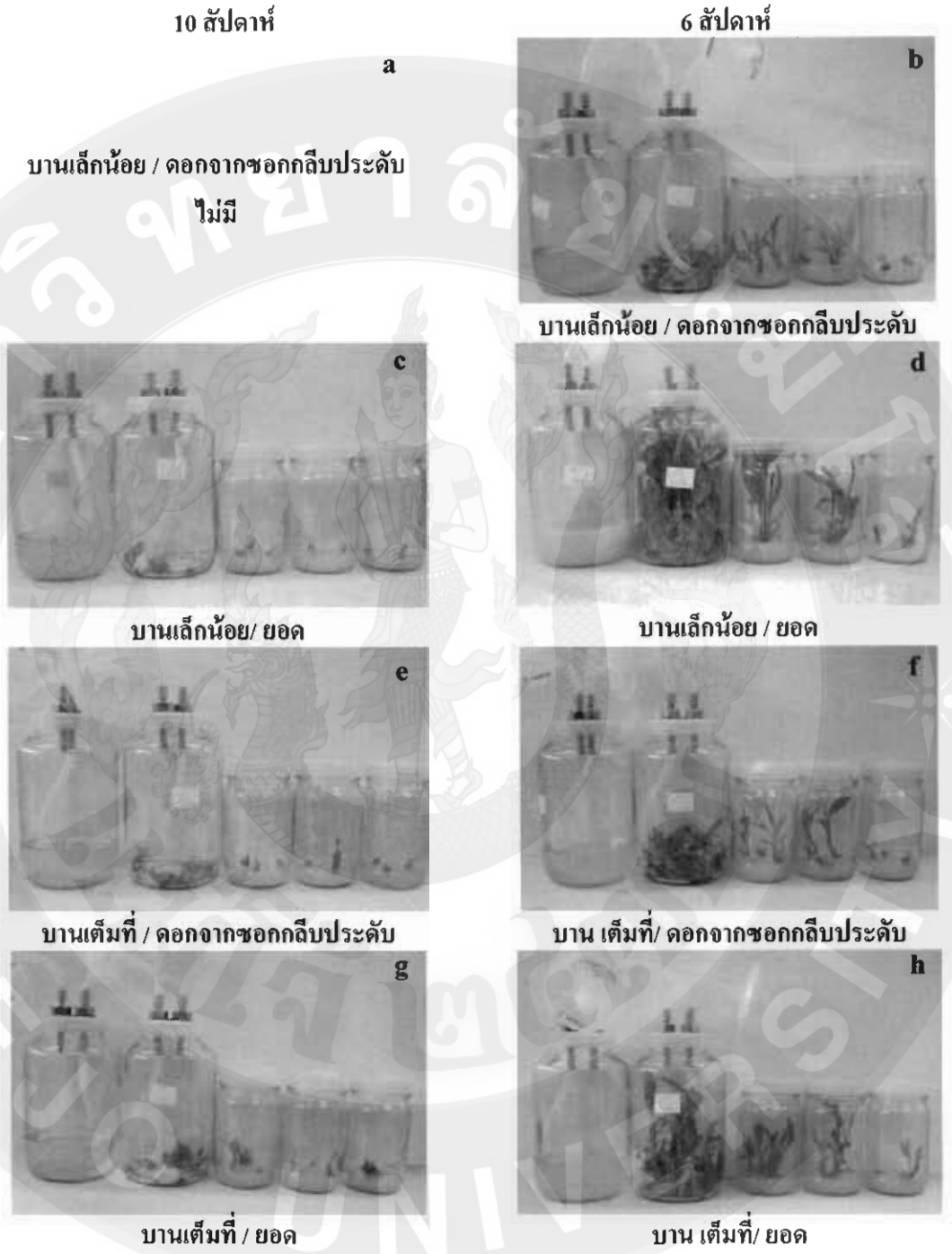
ชิ้นส่วนตั้งต้นของปทุมมาเบอร์ C16 จากการเพาะเลี้ยงระยะเวลา 10 สัปดาห์ที่นำมาเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีการผันกลับเป็นต้นได้ดี ต้นแข็งแรง ต้นโต และได้จำนวนมากกว่าต้นในอาหารแข็ง (ภาพ 16b 16d 16f และ 16h) ในขณะที่ชิ้นส่วนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (ภาพ 16c 16e 16g) มีการผันกลับเป็นต้นไม่แตกต่างกับที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และเมื่อพิจารณาถึงชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 16b และ 16d) มีการผันกลับเป็นต้นได้ดีกว่า ได้ต้นที่แข็งแรง ต้นโตและได้ต้นต่อชิ้นส่วนจำนวนมากกว่าชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ (ภาพ 16f และ 16h) ส่วนชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยและดอกบานเต็มที่ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (ภาพ 16a 16c และ 16e) มีชิ้นส่วนดั้งต้นที่เกิดการผันกลับเป็นต้นได้ไม่แตกต่างกัน โดยพบชิ้นส่วนที่มีทั้งเปลี่ยนเป็นต้นแล้วและยังคงสภาพเป็นดอกอยู่ และยังพบว่าชิ้นส่วนจากยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 10 สัปดาห์ (ภาพที่ 16d และ 16h) มีต้นที่เกิดการผันกลับจากช่อดอกบานเล็กน้อยมีจำนวนต้นต่อชิ้นส่วนมากกว่าชิ้นส่วนดอกจากซอกกลีบประดับ และโดยเฉพาะชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยส่วนยอด ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงระยะเวลา

10 สัปดาห์ ที่นำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (ภาพ 18) มีการผันกลับเป็นต้นต่อชิ้นส่วนจำนวนมาก และต้นมีลักษณะที่แข็งแรง

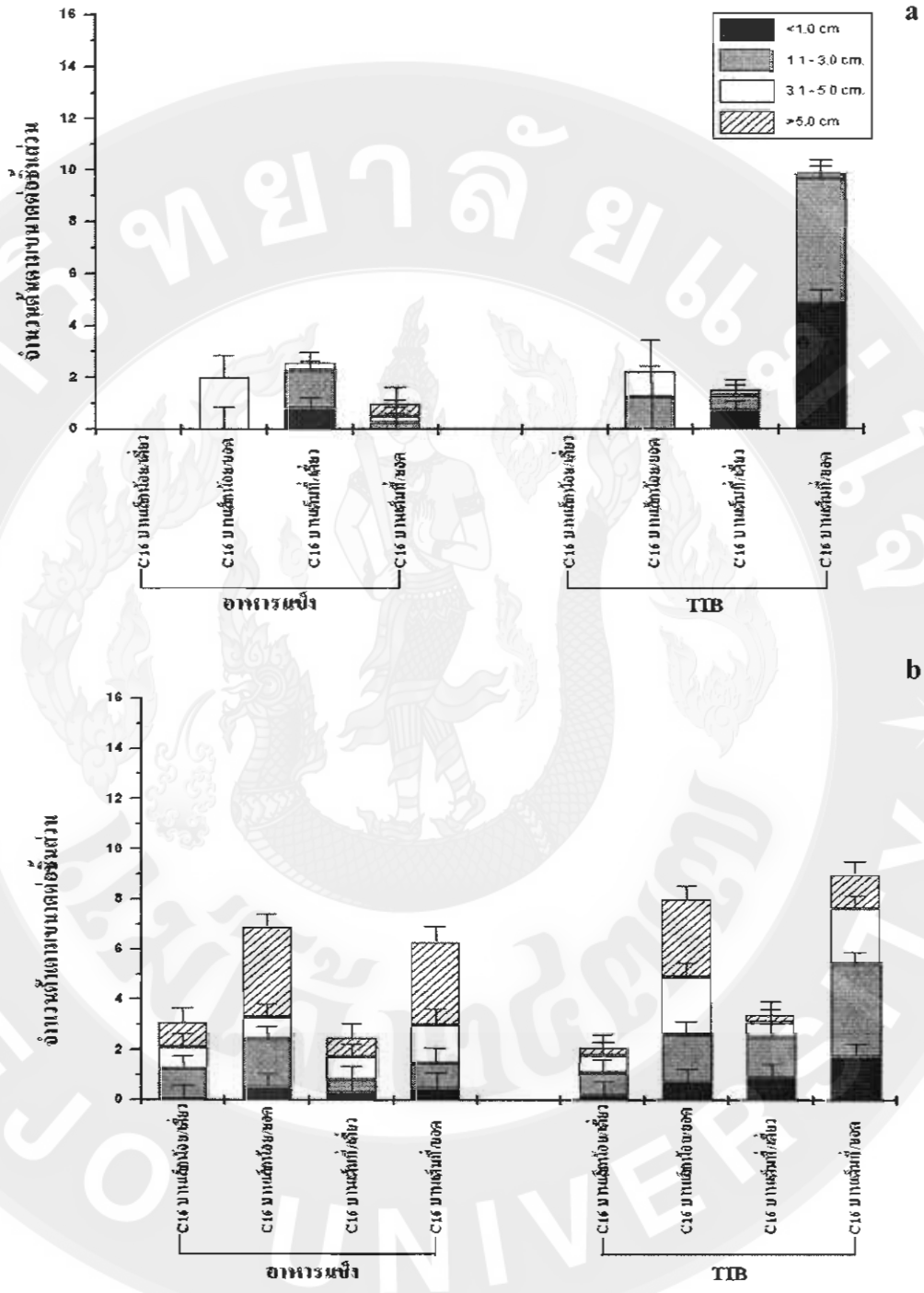
จำนวนต้นต่อกอของชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C16

ชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C16 จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนเดี่ยวจากกลีบประดับและชิ้นส่วนยอดของช่อดอกบานเต็มที่ มีการเกิดต้นใหม่ที่ได้จากการผันกลับของช่อดอกปทุมมาในทั้งการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและในระบบ ไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว โดยชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเต็มที่ที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว มีจำนวนต้นต่อกอมากที่สุดถึง 9.8 ต้น ส่วนชิ้นส่วนจากดอกบานเล็กน้อยพบเฉพาะชิ้นส่วนยอดเท่านั้นที่สามารถเกิดต้นใหม่ได้ทั้งในการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว นอกจากนี้ยังพบว่าขนาดของต้นที่เกิดใหม่จากการผันกลับของช่อดอกปทุมมาที่ได้จากชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมีต้นขนาดตั้งแต่น้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร ถึงขนาดมากกว่า 5 เซนติเมตร ส่วนต้นเกิดใหม่ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีต้นที่เกิดใหม่ส่วนใหญ่มีขนาดน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร และ 1.1 เซนติเมตร และไม่พบต้นที่มีขนาดมากกว่า 5.0 เซนติเมตร (ภาพ 17a)

ชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C16 จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาเบอร์ C16 ทุกลักษณะสามารถเกิดต้นใหม่ได้ โดยจะเห็นว่าชิ้นส่วนยอดของทั้งช่อดอกบานเล็กน้อยและช่อดอกบานเต็มที่ มีจำนวนต้นเกิดใหม่ต่อชิ้นส่วนมากกว่าชิ้นส่วนเดี่ยวจากกลีบประดับ ทั้งในการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว อีกทั้งยังพบว่าชิ้นส่วนเดี่ยวจากกลีบประดับ และชิ้นส่วนยอดของช่อตอกบานเล็กน้อยที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง มีจำนวนต้นเกิดใหม่ต่อชิ้นส่วนมากกว่าชิ้นส่วนเดี่ยวจากกลีบประดับและชิ้นส่วนยอดของช่อตอกบานเต็มที่ ในขณะที่ชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พบว่า ชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่มีจำนวนต้นใหม่ต่อกอมากว่าชิ้นส่วนจากดอกบานเล็กน้อย แต่ก็ไม่แตกต่างกันมากนัก และชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีต้นที่เกิดใหม่ต่อกอมากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง นอกจากนี้ยังพบว่าขนาดของต้นที่เกิดใหม่ที่ได้มีขนาดตั้งแต่น้อยกว่า 1.0 เซนติเมตรถึงขนาดมากกว่า 5 เซนติเมตร โดยต้นที่เกิดใหม่ส่วนใหญ่เป็นต้นที่มีขนาดมากกว่า 5 เซนติเมตร ส่วนต้นขนาดน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตรมีจำนวนที่น้อย ทั้งชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (ภาพ 17b)



ภาพ 16 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนตั้งต้นจากยอดหรือดอกจากซอกกลีบประดับของช่อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยหรือบานเต็มที่) เบอร์ C16 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 (a c e) และ 10 สัปดาห์ (b d f) แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์



ภาพ 17 จำนวนต้นตามขนาดของชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาเบอร์ C16 ที่ทำการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS (ดัดแปลง) 1962 ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a) และ 10 สัปดาห์ (b) แล้วมาทำการเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยใช้อาหารสูตรเดิม

ภาพ 18 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยปทุมมาเบอร์ C16 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

จากการนำชิ้นส่วนช่อดอกปทุมมาลูกผสมเบอร์ C3 C11 และ C16 ที่อายุการเพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์มาทำการเพาะเลี้ยงต่อในอาหารแข็ง และในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พบว่า ชิ้นส่วนลักษณะต่างๆ ของช่อดอกปทุมมาเบอร์ C3 ไม่มีชิ้นส่วนที่สามารถเกิดต้นใหม่ที่ได้จากการผันกลับของช่อตอกในทั้งการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ยกเว้นชิ้นส่วนเดี่ยวจากกลีบประดับของช่อตอกบานเล็กน้อยที่มีต้นที่เกิดใหม่ ส่วนชิ้นส่วนลักษณะต่างๆ ของช่อดอกปทุมมาเบอร์ C11 และ C16 มีชิ้นส่วนที่สามารถผันกลับเป็นต้นใหม่ได้ โดยที่ชิ้นส่วนจากดอกบานเล็กน้อยของปทุมมาเบอร์ C11 สามารถเกิดต้นได้ โดยเฉพาะชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ส่วนเบอร์ C16 ชิ้นส่วนยอดของช่อดอกบานเต็มที่ที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวสามารถเกิดต้นใหม่ที่เกิดจากการผันกลับของช่อดอกได้มากที่สุด แต่ชิ้นส่วนเดี่ยวจากกลีบประดับของช่อตอกบานเล็กน้อยไม่มีต้นที่เกิดใหม่ทั้งในอาหารแข็งและในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว

ส่วนชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ที่อายุการเพาะเลี้ยง 10 สัปดาห์ที่ทำการเพาะเลี้ยงต่อในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พบว่า ชิ้นส่วนจากช่อดอกของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ มีการผันกลับของช่อดอกเป็นต้นใหม่ได้ โดยที่ชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาเบอร์ C3 พบชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนต้นเกิดใหม่ค่อกอมากที่สุด ส่วนชิ้นส่วนปทุมมาเบอร์ C11 พบชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนต้นเกิดใหม่มากกว่าที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาเบอร์ C16 พบว่า ชิ้นส่วนทุกลักษณะสามารถเกิดต้นใหม่ได้ โดยเฉพาะชิ้นส่วนที่เป็นส่วนยอดของทั้งดอกบานเล็กน้อยและบานเต็มที่ เกิดต้นใหม่มากกว่าชิ้นส่วนเดี่ยวจากกลีบประดับ

ชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C3 C11 และ C16 ที่อายุการเพิ่มเลี้ยงเริ่มต้น 6 สัปดาห์และ 10 สัปดาห์ที่นำมาเพาะเลี้ยงต่อในอาหารแข็งและในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พบว่า ชิ้นส่วนที่มีอายุการเพาะเลี้ยงเริ่มต้น 10 สัปดาห์มีจำนวนต้นที่เกิดใหม่มากว่าชิ้นส่วนที่อายุ 6 สัปดาห์ อีกทั้งยังพบว่าขนาดต้นเกิดใหม่ของต้นที่ได้จากชิ้นส่วนอายุการเพาะเลี้ยงเริ่มต้น 6 สัปดาห์ ส่วนใหญ่จะได้ต้นที่เกิดใหม่ที่มีขนาดเล็ก คือต้นขนาดน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร และ 1.1–3.0 เซนติเมตร แต่ในขณะที่ชิ้นส่วนอายุการเพาะเลี้ยงเริ่มต้น 10 สัปดาห์ พบว่าต้นที่เกิดใหม่ส่วนใหญ่ที่มีขนาดใหญ่กว่า คือมีขนาด 3.1-5.0 เซนติเมตร และต้นขนาดที่มากกว่า 5.0 เซนติเมตร

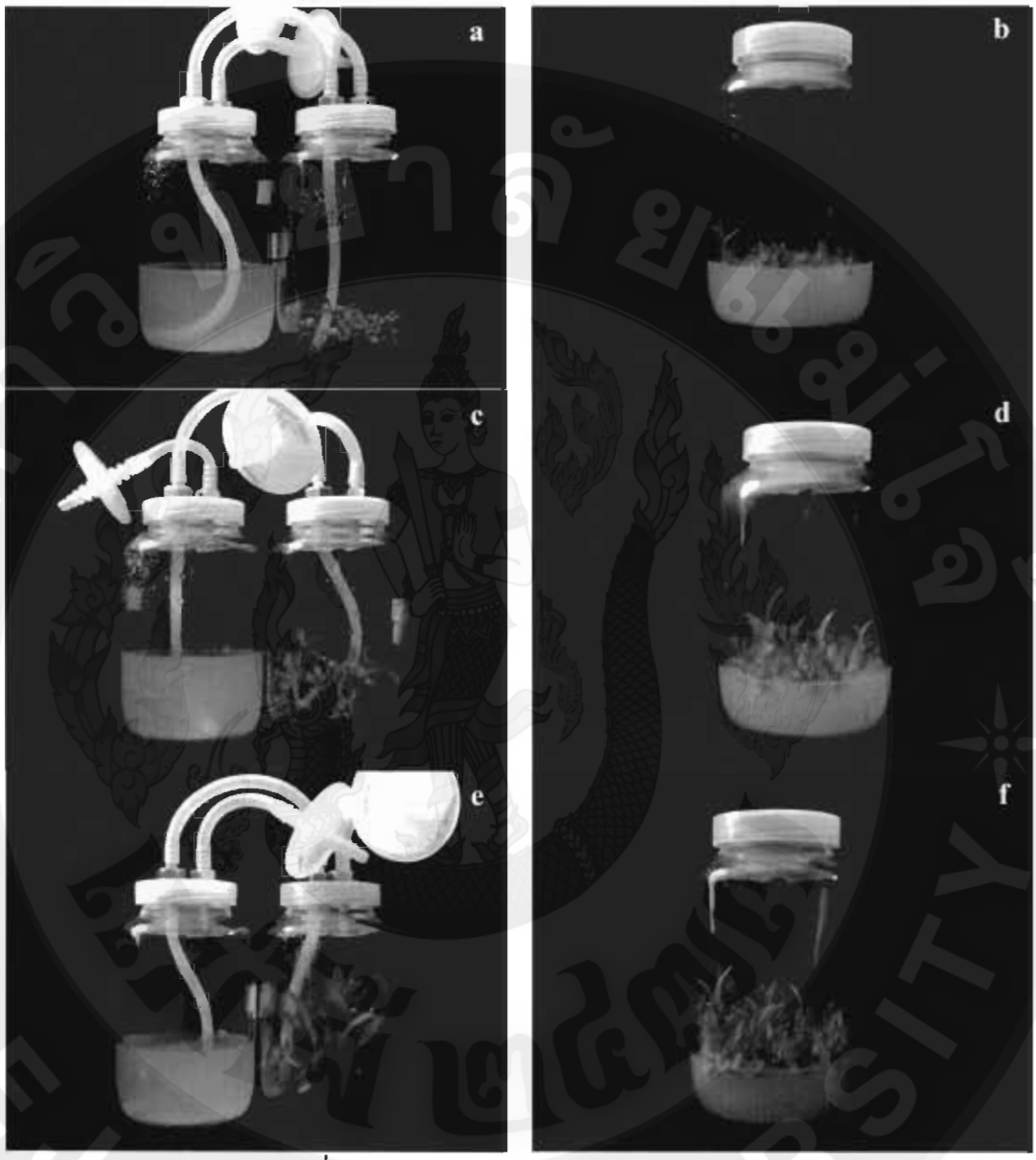
2. ผลการทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบขนาดของชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดต่อการเพิ่มปริมาณต้น

2.1 คุณภาพต้นปทุมมาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดในระยะเพิ่มปริมาณ

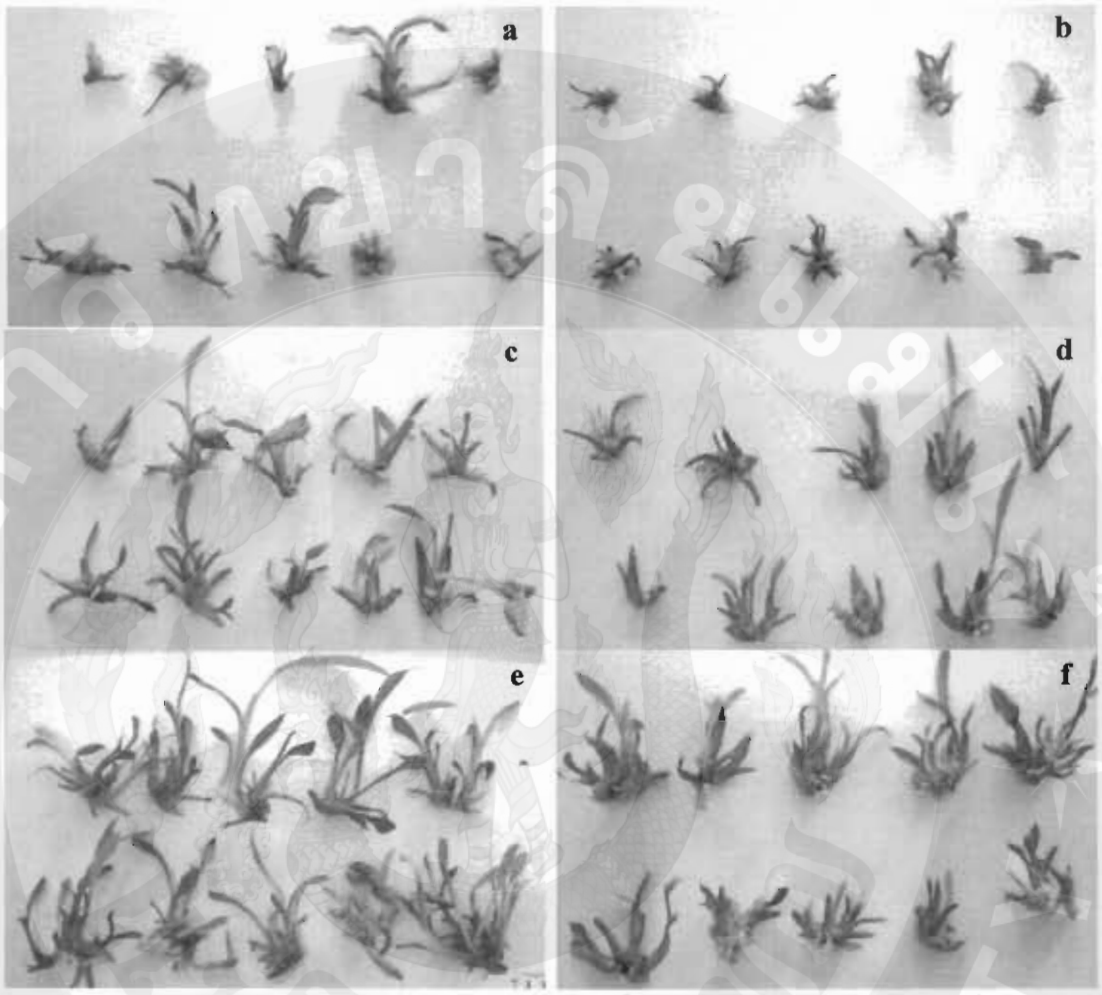
จากการศึกษาผลของลักษณะของชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ลักษณะ ได้แก่ ต้นเดี่ยวใหญ่ ต้นเดี่ยวเล็ก และต้นกลุ่ม ต่อการเพิ่มปริมาณของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็ง มีผลการวิจัยดังนี้ คือ

2.1.1 ลักษณะต้นปทุมมาที่ได้หลังจากการเพาะเลี้ยง

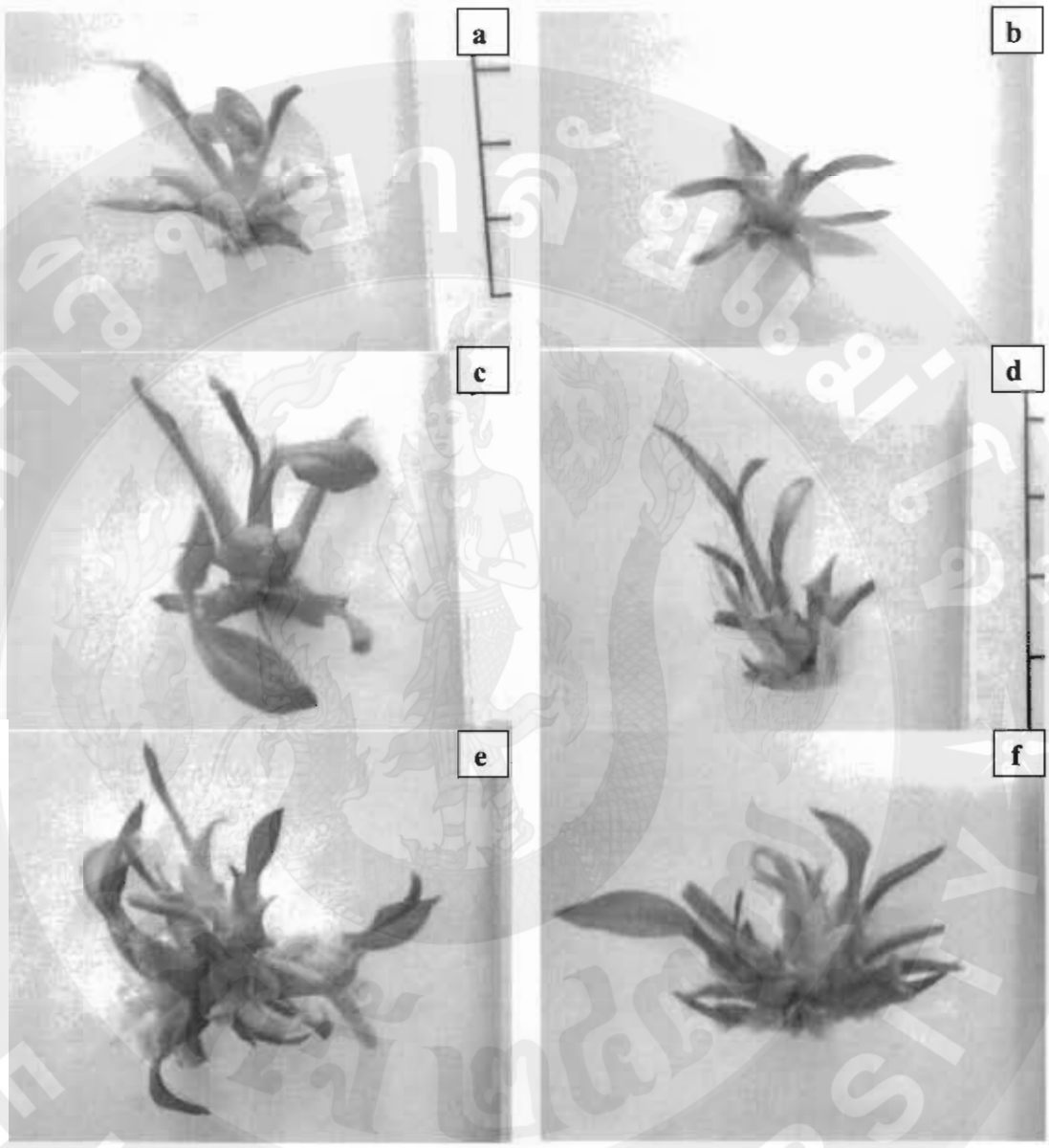
ในการศึกษาคุณภาพต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดที่เพาะเลี้ยงจากชิ้นส่วนตั้งตั้งทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ ต้นเดี่ยวใหญ่ ต้นเดี่ยวเล็ก และต้นกลุ่ม ที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณต้นของปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (ภาพ 19a 19c และ 19e) มีลักษณะต้นที่แข็งแรง ต้นโต และต้นมีสีเขียวสดกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง (ภาพ 19b 19d และ 19f) ที่ดูต้นมีลักษณะต้นเล็ก ไม่ค่อยสด ต้นไม่เขียวเท่ากับต้นในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว เมื่อพิจารณาที่ลักษณะของชิ้นส่วนตั้งต้นจะเห็นได้ว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นกลุ่มมีลักษณะกอที่ใหญ่ ต้นแข็งแรง ต้นโต และมีการแตกต้นมากที่สุด (ภาพ 20e และ 20f) โดยพบต้นที่เกิดใหญ่หลายขนาด ทั้งต้นที่โตแล้ว และต้นขนาดเล็กที่แทงมาจากซอกใบจำนวนมากใน 1 กอ ทั้งในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็ง (ภาพ 21e และ 21f) ส่วนต้นเดี่ยวใหญ่ พบว่า กอที่ได้มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ต้นแข็งแรง และแตกต้นได้ดี (ภาพ 20c และ 20d) โดยพบต้นที่เกิดใหม่มีทั้งต้นที่มีขนาดใหญ่ และต้นขนาดเล็กในจำนวนใกล้เคียงกันใน 1 กอ ไม่อัดกันแน่นเท่ากับชิ้นส่วนที่เป็นต้นกลุ่ม (ภาพ 21c และ 21d) และชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นเดี่ยวเล็ก มีลักษณะกอที่เล็ก การแตกต้นไม่มากนัก (ภาพ 20a และ 20b) โดยต้นที่เกิดใหม่เป็นต้นขนาดเล็กตรงซอกใบ และเป็นต้นที่ยังไม่มีใบปรากฏให้เห็นได้ชัด (ภาพ 21a และ 21b)



ภาพ 19 ลักษณะของต้นปทุมมาในภาชนะเพาะเลี้ยงที่ได้จากชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดคือ ต้นเดี่ยวเล็ก (a และ b) ต้นเดี่ยวใหญ่ (c และ d) และต้นกลุ่ม (e และ f) ที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (a c และ e) และอาหารแข็ง (b d และ f) เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปทุมมา สูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร



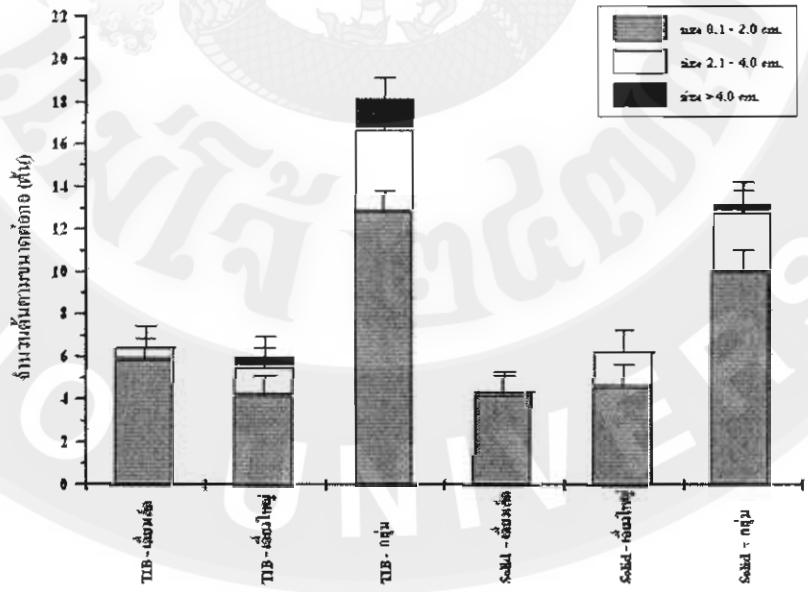
ภาพ 20 ลักษณะของต้นปทุมมาจำนวน 10 กอที่ได้จากชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดคือ ต้นเดี่ยวเล็ก (a และ b) ต้นเดี่ยวใหญ่ (c และ d) และต้นกลุ่ม (e และ f) ที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (a c และ e) และอาหารแข็ง (b d และ f) เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปทุมมา สูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพ 21 ลักษณะของต้นปทุมมาที่ได้จากชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดคือ ต้นเดี่ยวเล็ก (a และ b) ต้นเดี่ยวใหญ่ (c และ d) และต้นกลุ่ม (e และ f) ที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (a c และ e) และอาหารแข็ง (b d และ f) เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปทุมมา สูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.1.2 จำนวนต้นตามขนาดต่อกอ

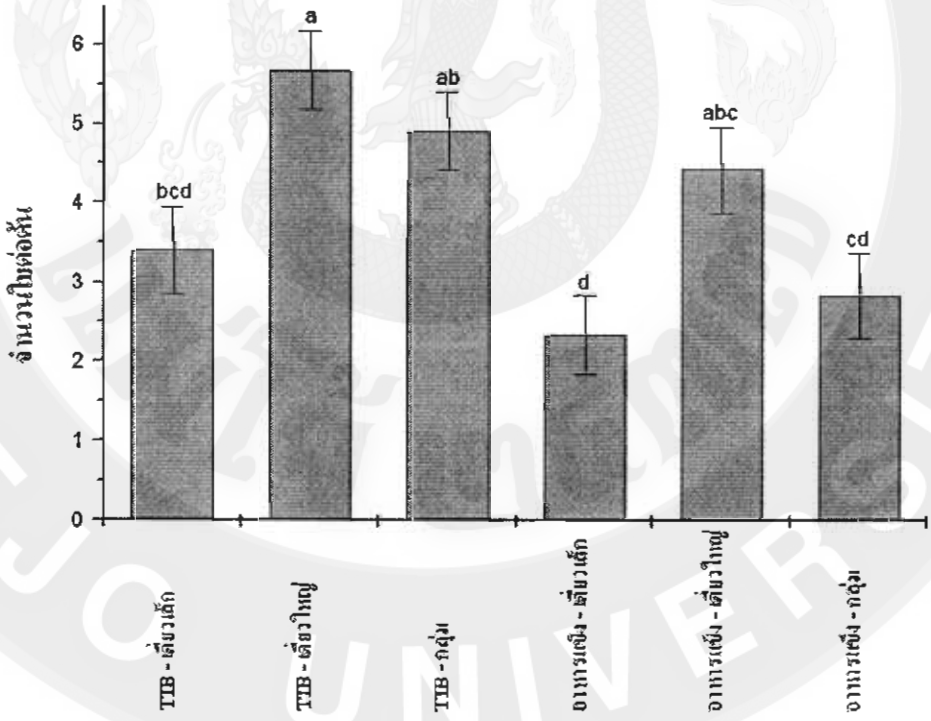
จากภาพ 22 จำนวนต้นที่ได้ต่อชิ้นส่วนต้นตั้งทั้ง 3 ขนาด คือ ต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกอ ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรและ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร ในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็งที่เติมวุ้น 7.5 กรัมต่อลิตร นาน 6 สัปดาห์ พบว่าชิ้นส่วนตั้งต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนต้นต่อกอมากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง โดยเฉพาะชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นกอเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนต้นต่อกอมากที่สุด คือ 19.7 ต้นต่อกอ รองมาคือต้นกอที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง มีจำนวนต้น 13.8 ต้น ส่วนต้นเดี่ยวใหญ่และเดี่ยวเล็กที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็งมีจำนวนต้นต่อกอไม่แตกต่างกันทางสถิติ และจะเห็นได้ว่าชิ้นส่วนทั้ง 3 ขนาดที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็ง มีต้นขนาด 0.1-2.0 เซนติเมตรจำนวนมากกว่าต้นขนาด 2.1–4.0 เซนติเมตร และต้นที่สูงมากกว่า 4 เซนติเมตรตามลำดับ และนอกจากนี้ พบว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกลุ่ม จะได้ต้นเกิดใหม่ขนาดสูงกว่า 4 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นเดี่ยวเล็กจะไม่มีต้นขนาด 4 เซนติเมตรทั้งการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็ง



ภาพ 22 จำนวนต้นตามขนาดต่อกอจากชิ้นส่วนต้นดั้ง 3 ขนาด คือ ต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกอ ที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปทุมมา สูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.1.3 จำนวนใบต่อต้น

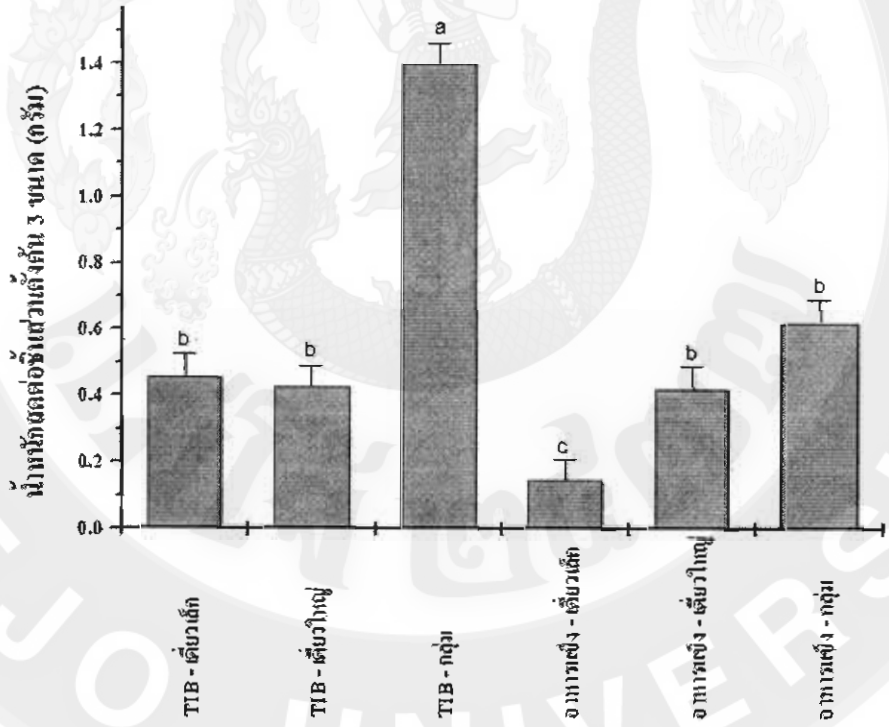
จากภาพ 23 จำนวนใบต่อต้นของชิ้นส่วนต้นตั้ง 3 ขนาด คือ ต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกอ ที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แล้วทำการแยกต้นที่ได้ออกจากกอ แล้วนับจำนวนใบต่อต้นใหม่ พบว่า ชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนใบต่อต้นมากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งทั้ง 3 ขนาด และเมื่อพิจารณาขนาดของชิ้นส่วนเริ่มต้น พบว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นเดี่ยวใหญ่มีจำนวนใบต่อต้นถึง 5.7 ใบซึ่งมากกว่าชิ้นส่วนที่เป็นต้นกอ ในขณะที่ชิ้นส่วนที่เป็นต้นเดี่ยวในอาหารแข็ง มีจำนวนใบต่อต้นน้อยที่สุดคือ 2.3 ใบ ส่วนจำนวนใบต่อต้นในอาหารแข็งของต้นตั้งต้น 3 ขนาดน้อยกว่าจำนวนใบของต้นที่มาจากระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวทุกขนาด และเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ ต้นเดี่ยวใหญ่ มีจำนวนใบสูงที่สุดคือ 5.7 ใบ



ภาพ 23 จำนวนใบต่อต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนต้นตั้ง 3 ขนาด คือ ต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกอในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปทุมมา สูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.1.4 น้ำหนักสดต่อชิ้นส่วน

จากภาพ 24 พบว่า ชิ้นส่วนของปทุมมาทั้ง 3 ขนาดที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีน้ำหนักสดต่อกอมากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง โดยเฉพาะชิ้นส่วนที่เป็นต้นกลุ่ม ในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีน้ำหนักสดต่อกอมากที่สุด คือ 1.4 กรัม และมากกว่าชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นเดี่ยวใหญ่และต้นเดี่ยวเล็กถึง 3.3 และ 3.1 เท่าตามลำดับ นอกจากนี้ชิ้นส่วนต้นกลุ่มในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวยังมีน้ำหนักสดมากกว่าต้นกลุ่มที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งอย่างเห็นได้ชัดถึง 2.3 เท่า แต่อย่างไรก็ตามต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง ที่ชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นกลุ่มมีน้ำหนักต่อกอมากกว่าชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นเดี่ยวใหญ่และต้นเดี่ยวเล็กถึง 1.5 และ 4.3 เท่าตามลำดับ



ภาพ 24 น้ำหนักสดของชิ้นส่วนต้นตั้ง 3 ขนาด คือ ต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกอที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว และอาหารแข็ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปทุมมา สูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร

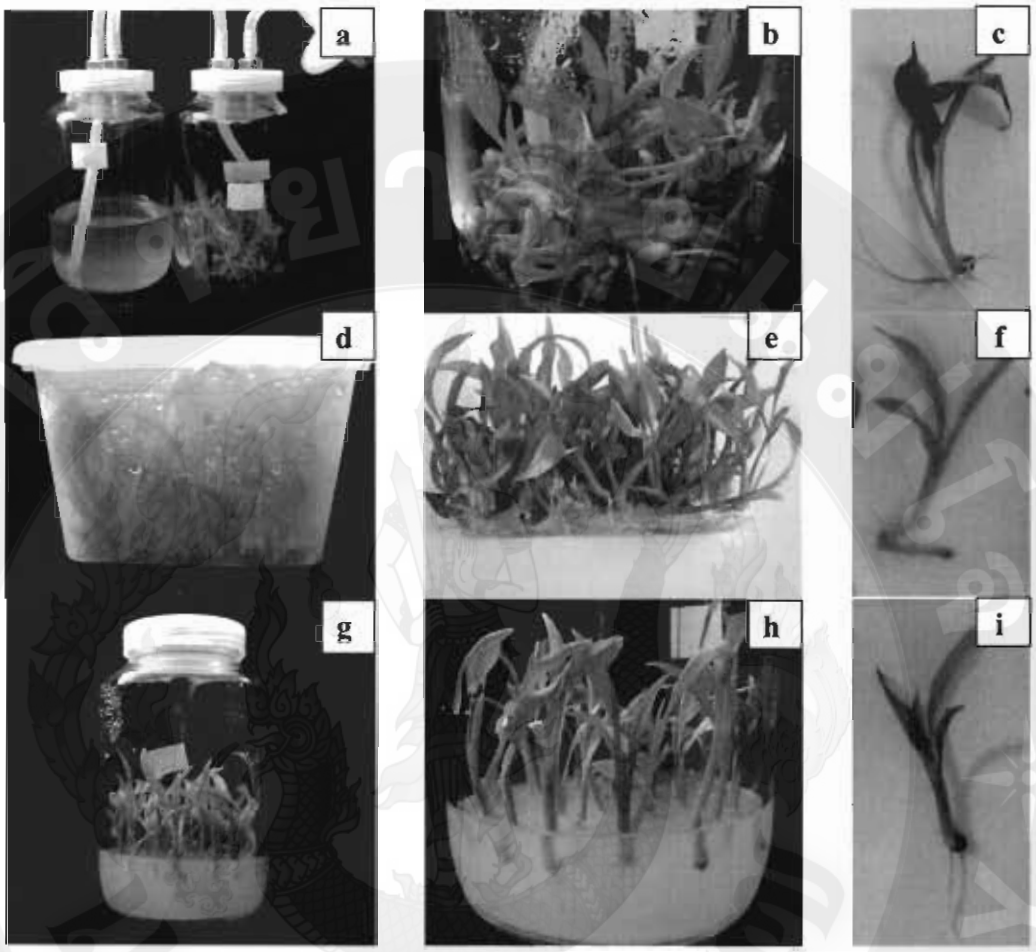
3. ผลการทดลองที่ 3 ศึกษาวิธีการชักนำการเกิดรากของต้นปทุมมาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 3 วิธีการ

3.1 คุณภาพต้นและรากของปทุมมาที่มีการชักนำราก

จากการทดลองวิธีการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด เพื่อชักนำการออกราก โดยวิธีการชักนำรากในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในกล่องพลาสติกที่เติมอาหารเหลวปริมาตร 10 มิลลิลิตร และในอาหารแข็ง ได้ผลการทดลองดังนี้ คือ

3.1.1 ลักษณะต้นที่ได้หลังจากเพาะเลี้ยงเพื่อชักนำการเกิดราก

จากภาพที่ 25 พบว่า ต้นปทุมมาที่ชักนำการเกิดรากในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (ภาพ 25a 25b และ 25c) มีลักษณะต้นที่มีสีเขียวเข้ม สด แข็งแรง ต้นโต มีใบที่ใหญ่ และต้นมีรากที่ใหญ่ แข็งแรง แต่การจัดเรียงต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวไม่เป็นระเบียบ เนื่องจากต้นหมุนเปลี่ยนตำแหน่งทุกครั้งที่ได้รับอาหาร ส่วนต้นปทุมมาที่ชักนำการออกรากในกล่องพลาสติกที่เติมอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร (ภาพ 25d 25e และ 25f) ที่มีการจัดเรียงต้นที่ดี ด้านล่างพบรากที่สานกันแบบหลวมๆ ทำให้ต้นตั้งตรงได้ และต้นมีลักษณะแข็งแรง ใบสีเขียว แต่ไม่เข้มเท่ากับต้น TIB บางต้นปลายใบเหลืองเล็กน้อย และบางต้นมีรากขนาดเล็ก ไม่แข็งแรงเท่ากับต้นในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ส่วนต้นในอาหารแข็ง (ภาพ 25g 25h และ 25i) มีต้นที่ตั้งตรงที่แข็งแรง สด และใบมีมีสีเขียวแต่สีไม่เข้มเท่ากับต้นในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเช่นกัน บางต้นมีปลายใบเหลืองและแห้ง



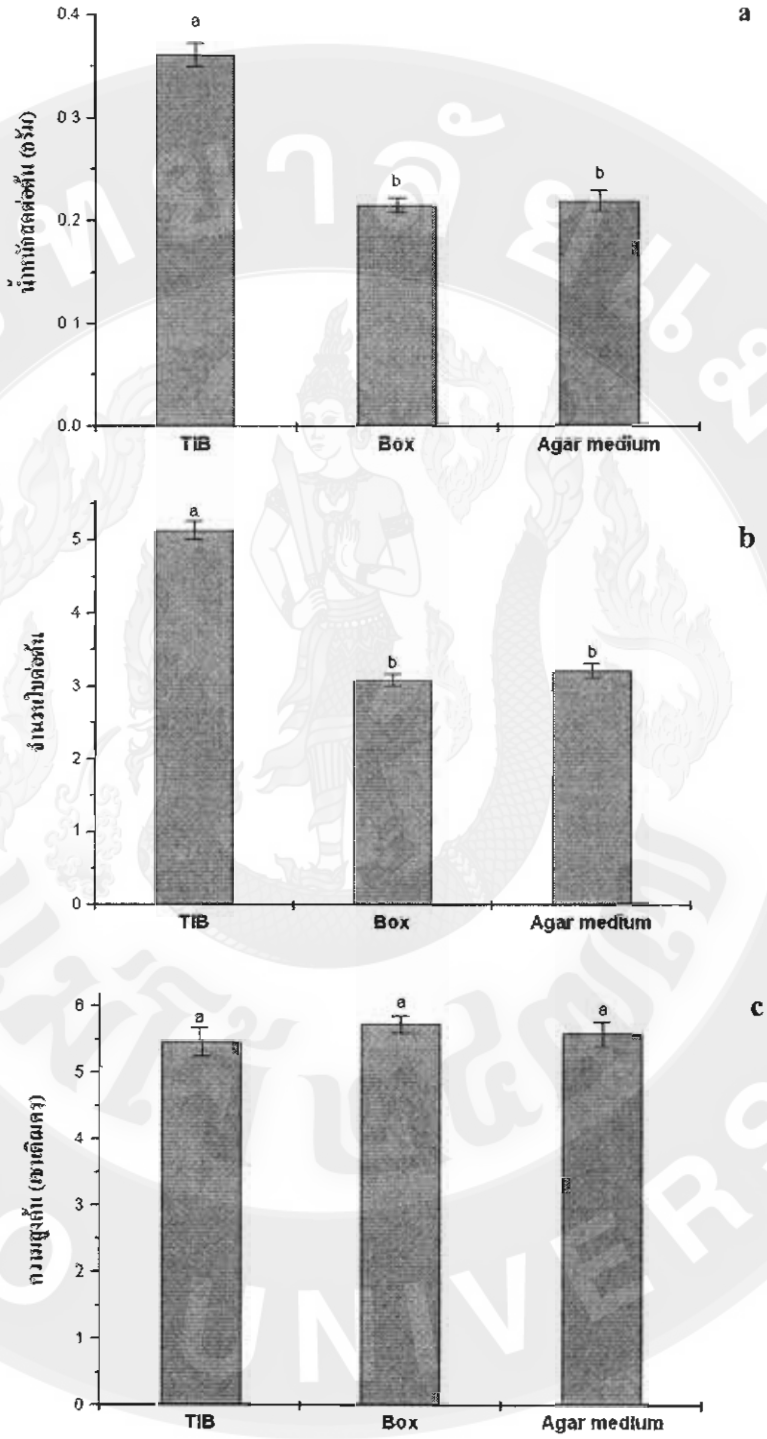
ภาพ 25 ลักษณะต้นปทุมมาที่ถูกชักนำทำให้เกิดรากในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (a b และ c) กล่องพลาสติกที่มีการเติมอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร (d e และ f) และอาหารแข็ง (g h และ i) เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ที่ปราศจากฮอร์โมน

3.1.2 คุณภาพของต้นปทุมมาที่ได้ในระยะการออกราก

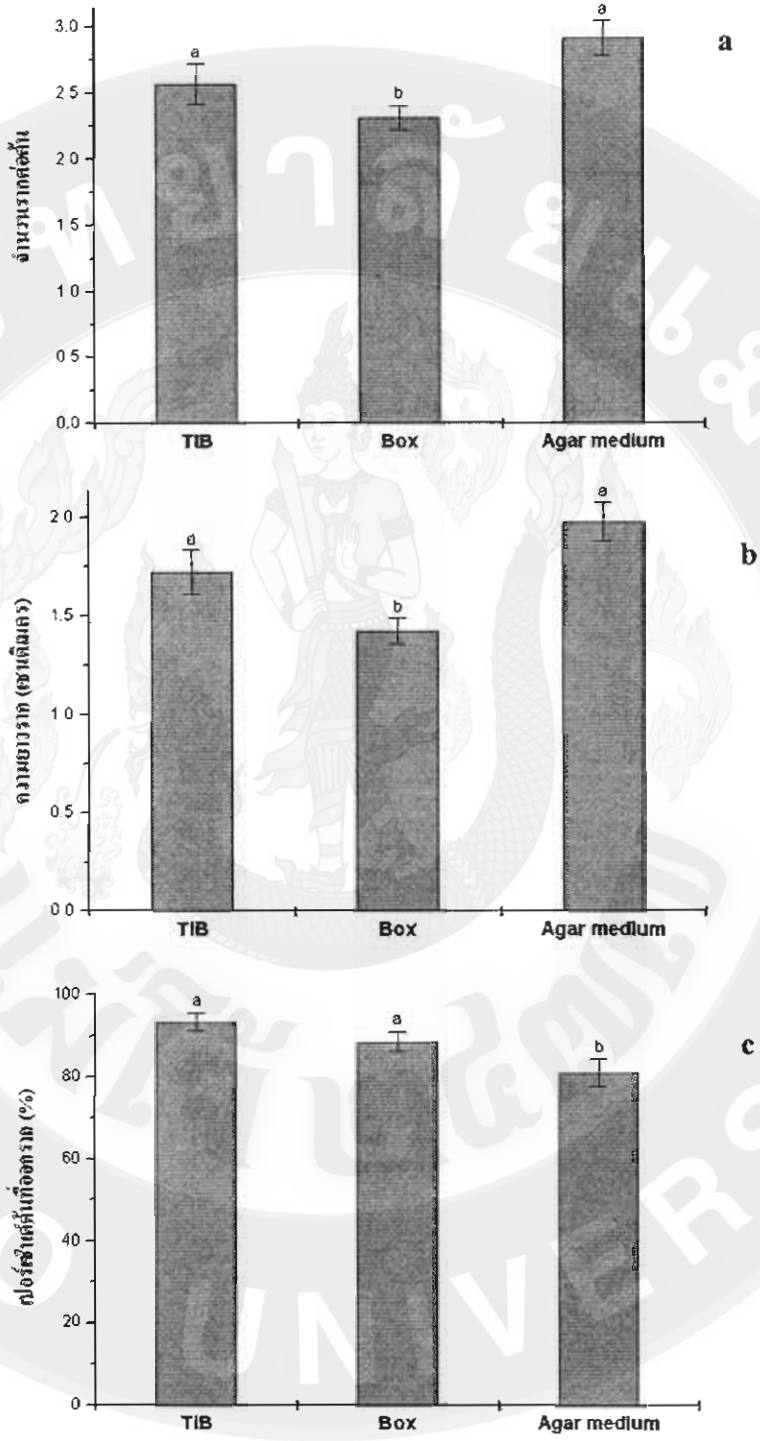
ปัจจัยที่นำมาประเมินถึงคุณภาพของต้นปทุมมาที่ได้ในระยะการออกรากในที่นี้ ได้แก่ น้ำหนักสดต่อต้น ความสูงต้น และจำนวนใบต่อต้น ซึ่งจากภาพ 26 น้ำหนักสดต่อต้น ความสูงต้น และจำนวนใบต่อต้นของต้นปทุมมาที่ชักนำการออกรากในอาหารสูตร MS ที่ปราศจากฮอร์โมน และมีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร ทำการเพาะเลี้ยงใน 3 ลักษณะคือในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว กล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร และในอาหารแข็ง ที่เติมวุ้น 7.5 กรัมต่อลิตร แล้วทำการเพาะเลี้ยง 3 สัปดาห์ พบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีน้ำหนักสดต่อต้นมากที่สุด คือ 0.36 กรัม ซึ่งมีน้ำหนักสดต่อต้นมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติก (0.21 กรัม) และในอาหารแข็ง (0.21 กรัม) ถึง 1.65 และ 1.65 เท่าตามลำดับ โดยที่น้ำหนักสดต่อต้นของต้นที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกและอาหารแข็งมีน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 26a) และเช่นเดียวกับจำนวนใบต่อต้นของต้นที่ชักนำการออกรากในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนใบต่อต้นมากที่สุดคือ 5.1 ใบ ในขณะที่ต้นที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกและอาหารแข็งมีจำนวนใบต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 3.1 และ 3.2 ใบตามลำดับ (ภาพ 26b) ส่วนความสูงต้นของต้นปทุมมาที่เพาะเลี้ยงทั้ง 3 วิธีการคือในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว กล่องพลาสติกที่มีการเติมอาหารเหลวปริมาตร 10 มิลลิลิตร และอาหารแข็ง มีความสูงของต้นที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 5.46 5.72 และ 5.57 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพ 26c)

3.1.3 คุณภาพรากของปทุมมาลูกผสมที่เพาะเลี้ยงในระยะการชักนำการออกราก

คุณภาพรากที่นำมาพิจารณาในที่นี้ ได้แก่ จำนวนรากต่อต้น ความยาวของราก และเปอร์เซ็นต์ต้นเกิดราก จากภาพ 27 พบว่า ต้นปทุมมาที่ชักนำให้เกิดรากในอาหารแข็งและในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนรากต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 2.91 และ 2.87 รากต่อต้นตามลำดับ ซึ่งมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกที่มีการเติมอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร ที่มีจำนวนราก 2.31 รากต่อต้น (ภาพ 27a) เช่นเดียวกับความยาวรากพบว่า ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความยาวรากไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 1.97 และ 1.72 เซนติเมตร ส่วนต้นปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกที่เติมอาหารเหลว 10 มิลลิลิตรมีรากยาวน้อยที่สุด คือ 1.42 เซนติเมตร (ภาพ 27b) ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ที่ออกรากพบว่า ต้นปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีเปอร์เซ็นต์ต้นที่ออกรากมากที่สุด คือ 93.5 เปอร์เซ็นต์ รองมาคือต้นที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกที่มีการเติมอาหาเหลวปริมาตร 10 มิลลิลิตร มีต้นที่ออกรากเท่ากับ 88.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งจะมีต้นที่ ออกรากน้อยที่สุด 81.0 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 27c)



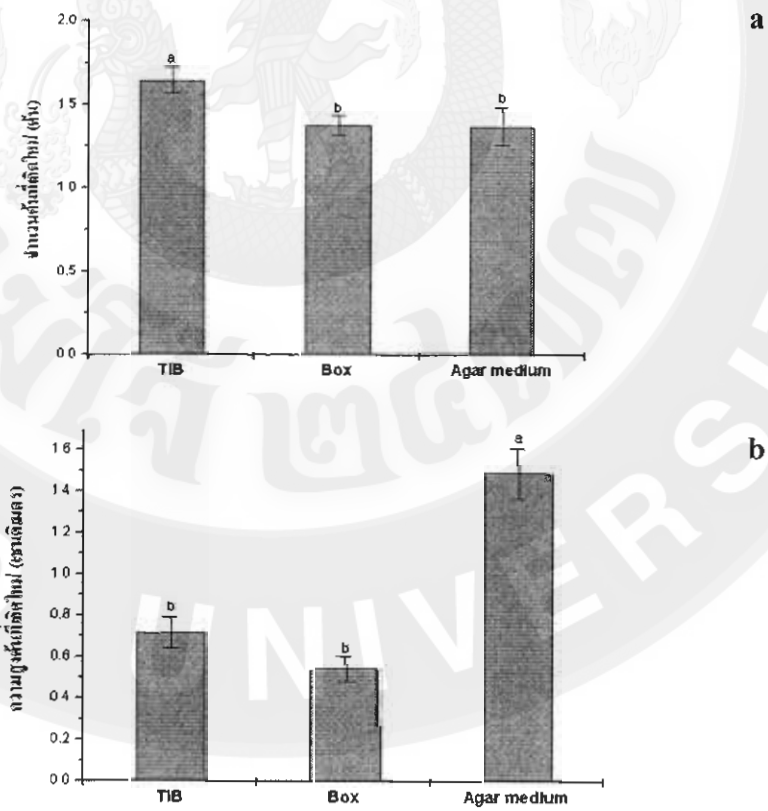
ภาพ 26 น้ำหนักสดต่อต้น (a) จำนวนใบต่อต้น (b) และ ความสูงต้น (c) ของต้นปทุมมาที่ชักนำให้ออกรากเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว กล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร และในอาหารแข็ง เพาะเลี้ยงระยะเวลา 3 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ที่ปราศจากฮอร์โมน



ภาพ 27 จำนวนรากต่อต้น (a) ความยาวราก (b) และ เปอร์เซ็นต์ต้นเกิดราก (c) ของต้นปทุมมาที่ชักนำการเกิดรากในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว กล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร และในอาหารแข็ง เพาะเลี้ยงระยะเวลา 3 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ที่ปราศจากฮอร์โมน

3.1.4 จำนวนต้นปทุมมาที่เกิดใหม่และความสูงต้นที่เกิดใหม่ที่ได้ในระยะการชักนำการออกราก

ภาพ 28 จำนวนต้นที่เกิดใหม่ และความสูงต้นที่เกิดใหม่ของต้นปทุมมาที่ชักนำให้เกิดรากในอาหารสูตร MS ที่ปราศจากฮอร์โมน ในระบบการเพาะเลี้ยง 3 วิธีการคือในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว กล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร และอาหารแข็งนาน 3 สัปดาห์ พบว่าต้นปทุมมาที่ชักนำให้เกิดรากในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนต้นที่เกิดใหม่มากที่สุดคือ 1.64 ต้น ซึ่งมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกและอาหารแข็งที่มีจำนวนต้นเกิดใหม่เท่ากับ 1.37 และ 1.37 ต้นตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 28a) ในขณะที่ความสูงต้น พบว่า ต้นที่เกิดใหม่ของต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมีต้นที่เกิดใหม่สูงที่สุดคือ 1.48 เซนติเมตร ส่วนต้นที่เกิดใหม่ของต้นที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็ง ความสูงของต้นที่เกิดใหม่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ 0.71 และ 0.53 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพ 28b)



ภาพ 28 จำนวนต้นที่เกิดใหม่ (a) และความสูงต้นที่เกิดใหม่ (b) ของต้นปทุมมาที่ชักนำการเกิดรากในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว กล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร และในอาหารแข็ง เพาะเลี้ยงระยะเวลา 3 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ที่ปราศจากฮอร์โมน

ผลการวิเคราะห์ด้านต้นทุนด้านแรงงาน

1. การวิเคราะห์ต้นทุนด้านแรงงานสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การเพาะเลี้ยงต้นพืชในระดับอุตสาหกรรมโดยเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนั้น ต้องคำนึงถึงเรื่องของต้นทุนด้านแรงงานที่ใช้ ได้แก่ เวลาในการเตรียมอาหาร อุปกรณ์ และเวลาในการตัดชิ้นส่วนต้นไม้ รวมถึงจำนวนคนที่ใช้ในการดำเนินงานต่างๆ เป็นต้น เพื่อจะได้ใช้เป็นแนวทางในการปรับวิธีการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนของการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดที่เหมาะสม สามารถลดต้นทุนด้านแรงงานลง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มีการวิเคราะห์ต้นทุนด้านแรงงานสำหรับการเพาะเลี้ยงปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.1 ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ต้นทุนด้านแรงงานและเวลาในการดำเนินการเตรียมอาหารและอุปกรณ์ต่าง ๆ

ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนั้นในแต่ละขั้นตอนของการเพาะเลี้ยงจะต้องมีการเตรียมอาหารและอุปกรณ์ต่างๆ ก่อนที่จะทำการตัดชิ้นส่วนพืชเพื่อเพาะเลี้ยง ซึ่งในการเตรียมอาหารและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในแต่ละวันต้องมีการคำนึงถึงจำนวนรอบของการในการใช้หม้อนึ่งความดันที่สามารถทำได้ในแต่ละวัน ทั้งนี้จะต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ชนิดของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ความจุของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ปริมาตรของอาหารหรืออุปกรณ์นึ่งฆ่าเชื้อ เป็นต้น โดยในงานวิจัยได้ทำการวิเคราะห์เวลาการนึ่งฆ่าเชื้ออาหารและอุปกรณ์ต่างๆ ในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อรุ่น STURDY รุ่น SA-350 ขนาดความจุ 250 ลิตร ดังนั้นจึงมีการวิเคราะห์ต้นทุนด้านแรงงานในส่วนของเวลาและจำนวนคนที่ใช้ในการเตรียมอาหารและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

การเตรียมอาหาร

สำหรับการเตรียมอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงในงานวิจัยนี้ ได้ใช้ฐานในการเตรียมอาหารปริมาตร 8 ลิตร ตามขนาดของหม้อเคี่ยวอาหารในห้องปฏิบัติการ ทำการวิเคราะห์เวลาเตรียมอาหารแข็งและอาหารเหลวที่ใช้สำหรับระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีขนาดภาชนะความจุ 700 มิลลิลิตร (24 ออนซ์) จากตาราง 4 จะเห็นได้ว่าในการเตรียมอาหารแข็งในขวดขนาด 8 ออนซ์ และ 24 ออนซ์ ใช้เวลา 110 และ 77 นาทีตามลำดับ ในขณะที่อาหารเหลวในขวดขนาด 24 ออนซ์ ที่ใช้สำหรับระบบไบโอรีแอคเตอร์ใช้เวลาเพียง 39 นาทีเท่านั้น ซึ่งใช้เวลาในการเตรียมน้อยกว่าการเตรียมอาหารแข็งในขวดขนาด 24 ออนซ์ ทั้งนี้เนื่องจากอาหารเหลวไม่ต้องต้มเคี่ยวอาหาร แต่ในที่การเตรียมอาหารแข็งปริมาตร 8 ลิตรต้องใช้เวลาเคี่ยวอาหารนานถึง 25 นาที แต่อย่างไรก็ตามการเลือกใช้อาหารแข็งหรืออาหารเหลวสำหรับการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมานั้นขึ้นอยู่กับระยะการเพาะเลี้ยง เช่นระยะการชักนำให้เกิดต้นจากชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกจะต้องใช้อาหารแข็งเพาะเลี้ยงเท่านั้น

ตาราง 4 เวลาการเตรียมอาหารแข็งและอาหารเหลวปริมาตร 8 ลิตร ใช้คนเตรียมจำนวน 1 คน เพื่อใช้เป็นอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

รายละเอียด	อาหารแข็ง 8 ออนซ์	อาหารแข็ง 24 ออนซ์	อาหารเหลว 24 ออนซ์
เวลาชั่งสาร (นาที)	5	5	5
เวลาตวงสาร (นาที)	10	10	10
จำนวนขวดที่ใช้ (ขวด)	(230)	(55)	(27)
เวลาเตรียมขวด (นาที)	15	7	4
เวลาต้มอาหาร (นาที)	25	25	0
เวลาปรับ pH (นาที)	10	10	10
เวลาเทอาหารใส่ขวด ปิดฝา รวมติดเบอร์ (นาที)	45	20	10
สรุปเวลาในการเตรียมอาหาร 8 ลิตร (นาที)	**110**	77	**39**

การเตรียมอุปกรณ์ก่อนนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ

ในด้านการเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อใช้ในการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นด้วยการนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ ประกอบด้วย ขวดเปล่าขนาด 8 ออนซ์ สำหรับใส่ชิ้นส่วนพืชเพื่อฟอกฆ่าเชื้อ และน้ำฟอกฆ่าเชื้อเพื่อล้างสารฟอกออกจากชิ้นส่วน และในระบบการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนพืชโดยใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวจะต้องมีการเตรียมขวดเปล่าขนาด 24 ออนซ์ที่นึ่งฆ่าเชื้อ สำหรับใช้ใส่ชิ้นส่วนพืชที่ตัดแล้วเตรียมเพื่อเพาะเลี้ยง นอกจากนี้ยังต้องมีการเตรียมชุดฝาของไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเพื่อเชื่อมต่อขวดอาหารเหลวและขวดใส่ชิ้นส่วนพืชเข้าด้วยกัน ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ไว้ ดังตาราง 5 โดยคิดตามเวลาที่ใช้เตรียมขวดฟอกและขวดน้ำฟอกฆ่าเชื้อตามจำนวนขวดที่สามารถบรรจุลงในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ STURDY รุ่น SA-350 ที่มีความจุ 250 ลิตร โดยขวดขนาด 8 ออนซ์สามารถบรรจุในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อดังกล่าวได้ 114 ขวด และขวดขนาด 24 ออนซ์ สามารถบรรจุได้ 32 ขวด ส่วนการเตรียมชุดฝาของไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว และกล่องพลาสติกฆ่าเชื้อนั้นจะมีการเตรียมขึ้นตามจำนวนที่จะใช้งาน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทดลองเวลาเตรียมอุปกรณ์ต่อชุดไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว 10 ชุด และเวลาเตรียมกล่องพลาสติกใส่ต้นไม้ออกราก 10 กล่อง ดังตาราง 5

ตาราง 5 เวลาในการเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ก่อนนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ

รายละเอียด	เวลาที่ใช้ (นาที)
เวลาเตรียมขวดฟอกฆ่าเชื้อขนาด 8 ออนซ์ 114 ขวด (นาที)	15
เวลาเตรียมขวดฟอกฆ่าเชื้อขนาด 24 ออนซ์ 32 ขวด (นาที)	8
เวลาเตรียมน้ำฟอกฆ่าเชื้อขนาด 8 ออนซ์ 114 ขวด (นาที)	35
เวลาเตรียมอุปกรณ์ต่อชุดไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว 10 ชุด (นาที)	20
เวลาเตรียมกล่องพลาสติกใส่ต้นไม้ออกราก 10 กล่อง (นาที)	8

เวลาในการนึ่งฆ่าเชื้ออาหารและอุปกรณ์

หลังจากเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงและอุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้สำหรับใช้ในงานเพาะเลี้ยงปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดดังรายละเอียดที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ก่อนที่จะมีการนำอาหารและอุปกรณ์ต่าง ๆ มาใช้งานจะต้องมีการนึ่งฆ่าเชื้อก่อน ซึ่งในการนึ่งฆ่าเชื้อจะมีต้องมีการใช้เวลาในการนึ่งฆ่าเชื้อนาน ดังตาราง 6 จะเห็นได้ว่าจะต้องมีการใช้คนในการเอาขวดอาหารเข้าและเอาออกจากหม้อนึ่งฆ่าเชื้อซึ่งจะต้องใช้เวลาที่ต่างกันตามขนาดและจำนวนของขวดอาหารที่จะนึ่งฆ่าเชื้อ ส่วนในระหว่างช่วงเวลาที่ทำการนึ่งฆ่าเชื้ออาหารหรืออุปกรณ์อยู่ คนที่รับผิดชอบสามารถจะไปทำงานในส่วนอื่นได้

ตาราง 6 เวลาการนึ่งฆ่าเชื้ออาหารและอุปกรณ์ต่างๆ

รายละเอียด	ขวด 8 ออนซ์	ขวด 24 ออนซ์
จำนวนขวดที่นึ่งฆ่าเชื้อได้ต่อหนึ่งรอบการนึ่ง (ขวด)	(114)	(32)
เวลาเอาขวดเข้าหม้อนึ่งฆ่าเชื้อต่อหนึ่งรอบการนึ่ง (นาที)	15	5
เวลาเอาขวดออกหม้อนึ่งฆ่าเชื้อต่อหนึ่งรอบการนึ่ง (นาที)	30	10
เวลาในการนึ่งฆ่าเชื้ออาหาร (นาที)	90	90
เวลาในการนึ่งฆ่าเชื้อขวดฟอก (นาที)	90	90
เวลาในการนึ่งฆ่าเชื้อน้ำฟอก (นาที)	120	-
เวลาในการนึ่งฆ่าเชื้ออุปกรณ์อื่นๆ (นาที)	90	

1.2 ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ต้นทุนด้านแรงงานและเวลาในการดำเนินงานเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด 3 ระยะ

ได้ทำการวิเคราะห์วิธีการที่เหมาะสมที่จะช่วยลดเวลาในการทำงาน และได้ต้นพืชที่เพาะเลี้ยงที่มีคุณภาพที่ดี ในระยะการเพาะเลี้ยง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะชักนำการเกิดต้นจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด ระยะการเพิ่มปริมาณ และระยะการชักนำให้ออกราก

*ระยะชักนำการเกิดต้น*จาก*ช่อดอกของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด*

ได้ทำการวิเคราะห์เวลาที่ใช้เตรียมชิ้นส่วนเพื่อชักนำให้เกิดต้น ดังขั้นตอนต่อไปนี้ คือ การเตรียมและตัดชิ้นส่วนจากช่อดอก การฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วน และการตัดชิ้นส่วนลงอาหารเพาะเลี้ยง ซึ่งมีการกำหนดปัจจัยที่จะส่งผลต่อเวลาในการดำเนินการทั้งหมด คือลักษณะของช่อดอก ได้แก่ ช่อตอกบานเล็กน้อยและช่อตอกบานเต็มที่ และจำนวนคนที่ดำเนินการทำงานในแต่ละขั้นตอน โดยทำการวิเคราะห์เวลาในการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาเพื่อชักนำให้เกิดต้น อย่างละ 30 ช่อดอก ในขั้นตอนการเตรียมและตัดชิ้นส่วนจากช่อดอก ซึ่งได้แก่ การตัดเอากลีบประดับออกแล้วทำความสะอาดดอกที่อยู่ภายใน และหลังจากนั้นตัดเป็นชิ้นส่วนยอดและชิ้นส่วนดอกจากซอกกลีบประดับก่อนนำไปฟอก ใช้คนในการดำเนินงานในขั้นตอนนี้จำนวน 4 คน จากตาราง 7 พบว่าเวลาในการเตรียมและตัดชิ้นส่วนจากช่อดอกของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด C3 C11 และ C16 โดยที่ช่อดอกบานเล็กน้อยใช้เวลาในการดำเนินการ คือ 61.25, 59.25 และ 103 นาที ซึ่งเร็วกว่าการตัดช่อตอกบานเต็มที่ที่ใช้เวลา 123.22, 100.12 และ 145.50 นาทีตามลำดับ ส่วนการฟอกฆ่าเชื้อช่อดอกปทุมมาจำนวน 30 ช่อ ใช้คนทำ 1 คนใช้เวลาทั้งหมด 45 นาทีไม่ว่าจะเป็นช่อดอกบานเล็กน้อยหรือบานเต็มที่ จากนั้นทำการตัดชิ้นส่วนช่อดอกที่ฟอกฆ่าเชื้อแล้วลงอาหาร ทำโดยตัดเนื้อเยื่อบริเวณที่ตายออกแล้วทำการปักชิ้นส่วนลงอาหาร ใช้คนทำ 1 คน พบว่าเวลาในการดำเนินการของไม่มีความแตกต่างกันระหว่างช่อดอกบานเล็กน้อยและดอกบานเต็มที่มากนัก ดังนั้นเวลาในที่ใช้ในการเตรียมชิ้นส่วนทั้งหมดรวม 3 ขั้นตอนนั้น ลักษณะช่อดอก คือ ดอกบานเล็กน้อยหรือบานเต็มที่มีผลต่อเวลาการทำงานอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเวลาในการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกบานเล็กน้อยใช้เวลาในการเตรียมน้อยกว่าช่อดอกบานเต็มที่

ตาราง 7 เวลาการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาในระยะชักนำให้เกิดต้นใหม่จากช่อดอก จำนวน 30 ช่อดอก โดยใช้คนเตรียมตัดชิ้นส่วนตั้งต้นจำนวน 4 คน และคนตัดชิ้นส่วนลงอาหารจำนวน 1 คน

ทรีทเมนต์	เวลาเตรียมและตัดชิ้นส่วนจากช่อดอก* (นาที)	เวลาฟอก** (นาที)	จ.น. ชิ้นส่วนที่ได้ (ชิ้น)	เวลาตัดชิ้นส่วนลงอาหาร*** (นาที)	เวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)
C3 ดอกบานเล็กน้อย	61.25	45	(340)	120.50	**226.75**
C3 ดอกบานเต็มที่	123.22	45	(346)	123.00	**291.22**
C11 ดอกบานเล็กน้อย	59.25	45	(272)	124.50	**228.70**
C11 ดอกบานเต็มที่	100.12	45	(298)	120.00	**265.12**
C16 ดอกบานเล็กน้อย	103.00	45	(316)	103.50	**251.50**
C16 ดอกบานเต็มที่	145.50	45	(347)	113.50	**304.00**

หมายเหตุ

* จำนวนคนที่ใช้ในการเตรียมและตัดชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอก จำนวน 4 คน

** จำนวนคนที่ใช้ในการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนตั้งต้น จำนวน 1 คน

*** จำนวนคนที่ใช้ในการตัดชิ้นส่วนลงอาหารเพาะเลี้ยง จำนวน 1 คน

ระยะเพิ่มปริมาณ

ส่วนการวิเคราะห์ถึงต้นทุนด้านแรงงานส่วนการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นสำหรับระยะเพิ่มปริมาณ ได้มีการศึกษาถึงลักษณะของชิ้นส่วนตั้งต้นที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณต้น 3 ขนาด คือ ต้นเดี่ยวเล็ก (ต้นเดี่ยวที่มีขนาด 0.5–1.5 เซนติเมตร) ต้นเดี่ยวใหญ่ (ต้นเดี่ยวที่มีขนาด 2–4 เซนติเมตร) และต้นกลุ่ม (ต้นที่มีขนาดต่างๆ ซึ่งมีจำนวนต้น 3–4 ต้นต่อกอ) ทำการคัดใบและรากออก แล้วนำไปเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเปรียบเทียบกับอาหารแข็ง ในตาราง 8 แสดงให้เห็นว่าเวลาในการทำงานต่อการเตรียมต้นตั้งต้น 200 ต้น ของการเตรียมต้นของชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดเพื่อเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวใช้เวลาน้อยกว่าระบบอาหารแข็ง โดยเฉพาะชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นกลุ่มใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาของต้นเดี่ยวใหญ่ (72 นาที) และต้นเดี่ยวเล็ก (88 นาที) ซึ่งเปรียบเทียบได้ว่า ใช้เวลาทำงานมากกว่าต้นกลุ่มใน T1B ถึง 4.36 และ 5.33 เท่า เช่นเดียวกับต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งที่เป็นต้นกลุ่ม ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นเดี่ยวเล็ก ก็ใช้เวลาในการทำงานมากกว่าต้นกลุ่มในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวถึง 1.27, 5.8 และ 8.6 เท่าตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นกลุ่มเพาะเลี้ยง

ในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวไม่ต้องทำการตัดแยกต้นเดี่ยวเหมือนกับชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นเดี่ยวใหญ่และเดี่ยวเล็ก ที่จะต้องมีการทำการตัดแยกเป็นต้นเดี่ยวก่อน โดยเฉพาะการเตรียมชิ้นส่วนที่เป็นต้นเดี่ยวเล็กต้องมีการตัดต้นดังกล่าวตรงซอกใบซึ่งทำได้ยากกว่า จึงทำให้ต้องใช้เวลาในการเตรียมต้นมาก และการเตรียมต้นทั้ง 3 ขนาด เพื่อเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวใช้เวลาเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นน้อยกว่าการเตรียมต้นเพื่อเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง คือไม่ต้องนำต้นมาปักบนอาหาร อีกทั้งยังพบว่าจำนวนภาชนะสำหรับบรรจุต้นตั้งต้นทั้ง 3 ขนาด จำนวน 200 ต้นในอาหารแข็งใช้ภาชนะในการเลี้ยงต้นมากกว่าระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวถึง 1 เท่า และเมื่อพิจารณาเรื่องของขนาดชิ้นส่วนตั้งต้นพบว่าต้นกลุ่มจำนวน 200 ต้น ใช้ภาชนะบรรจุในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเพียง 1 ชุด และในอาหารแข็ง 2 ขวด ส่วนชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นเดี่ยวใหญ่ และเดี่ยวเล็กใช้ภาชนะในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวบรรจุถึง 4 ชุด และในอาหารแข็งถึง 8 ขวด

หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าจำนวนต้นใหม่ต่อชิ้นส่วนในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว มีจำนวนต้นมากกว่าในระบบอาหารแข็งในแต่ละขนาดของชิ้นส่วนตั้งต้น โดยเฉพาะต้นกลุ่มในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนต้นใหม่มากที่สุดถึง 19.66 ต้น และมีจำนวนต้นใหม่ต่อภาชนะถึง 983 ต้น ซึ่งมากกว่าต้นเดี่ยวเล็ก และต้นเดี่ยวใหญ่ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวถึง 3.07 และ 2.70 เท่าตามลำดับ และมากกว่าต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นเดี่ยวเล็กในอาหารแข็งถึง 7.86 6.34 และ 2.85 เท่า ตามลำดับ (ตาราง 9)

ดังนั้นจะเห็นว่าการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นกลุ่มเพื่อเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนแรงงานให้ลดลง อีกทั้งยังได้ต้นที่มีคุณภาพที่ดี กอใหญ่ แตกต้นเยอะ ต้นแข็งแรงและโตที่สุด

ตาราง 8 ข้อมูลการดำเนินงานเตรียมชิ้นส่วนตั้งตั้ง 3 ขนาดที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณต้นปทุมมาในอาหารแข็งและในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว

ทรีทเมนต์	จำนวนต้น/ชิ้นส่วน (ต้น)	จำนวนชิ้นส่วน/ภาชนะ (ชิ้นส่วน)	จำนวนต้น/ภาชนะ (ต้น)	ปริมาดรอาหาร/ภาชนะ (มิลลิลิตร)	เวลาตัดชิ้นส่วน/ภาชนะ (นาที)	จำนวนภาชนะ/ต้น 200 ต้น (ภาชนะ)	เวลาเตรียมต้น 200 ต้น (นาที)
อาหารแข็ง-เดี่ยวเล็ก	1	25	25	150	17.75	8	**142**
อาหารแข็ง-เดี่ยวใหญ่	1	25	25	150	12	8	**96**
อาหารแข็ง-กลุ่ม	4	25	100	150	10.5	2	**21**
TIB - เดี่ยวเล็ก	1	50	50	300	22	4	**88**
TIB - เดี่ยวใหญ่	1	50	50	300	18	4	**72**
TIB - กลุ่ม	4	50	200	300	16.5	1	**16.5**

ตาราง 9 จำนวนต้นใหม่ต่อชิ้นส่วน และจำนวนต้นใหม่ต่อภาชนะของชิ้นส่วนดั้งต้นทั้ง 3 ขนาด จำนวน 200 ต้นในการเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเปรียบเทียบกับระบบอาหารแข็งที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

ทรีทเมนต์ **ลักษณะ**	**TIB** **เดี่ยวเล็ก**	**TIB** **เดี่ยวใหญ่**	**TIB** **กลุ่ม**	**อาหารแข็ง** **เดี่ยวเล็ก**	**อาหารแข็ง** **เดี่ยวใหญ่**	**อาหารแข็ง** **กลุ่ม**
จำนวนต้นใหม่ต่อชิ้นส่วน	6.4^{c}	7.27^{c}	19.66^{a}	5.0^{c}	6.2^{c}	13.8^{b}
จำนวนต้นใหม่ต่อภาชนะ	320	363.5	983	125	155	345

ระยะชักนำการออกราก

จากการวิเคราะห์ถึงต้นทุนด้านแรงงานส่วนการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นสำหรับระยะการชักนำการออกราก ได้มีการวิเคราะห์ถึงเวลาที่ใช้ในการเตรียมต้นเพื่อเพาะเลี้ยงด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเพื่อชักนำให้ออกรากทั้ง 3 วิธีการ ได้แก่ ไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว กล่องพลาสติกเติมอาหารเหลวปริมาตร 10 มิลลิลิตร และอาหารแข็ง (ตาราง 10) พบว่าพบว่าเวลาที่ใช้ในการทำงานในการเตรียมต้นเพื่อเพาะเลี้ยงให้ออกรากในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวใช้เวลาในการเตรียมต้นจำนวน 50 ต้นน้อยที่สุด คือ 16.88 นาที รองลงมาคือระบบกล่องพลาสติก และระบบอาหารแข็ง ซึ่งใช้เวลาเตรียมต้นจำนวน 50 ต้นเป็น 23.13 และ 26.38 นาที ตามลำดับ เนื่องจากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวไม่ต้องมีการจัดเรียงต้นหรือปักต้นลงในภาชนะ แต่ในการเตรียมต้นที่จะส่งจะต้องมีการเรียงต้นที่เพาะเลี้ยงลงในภาชนะใหม่อีกรอบก่อนส่ง ในขณะที่กล่องพลาสติกใช้เวลามากกว่าในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว คือต้องจัดเรียงต้นเพื่อให้ต้นตั้งตรงพร้อมในการจัดส่ง โดยไม่ต้องมาทำการจัดต้นลงภาชนะใหม่อีก และต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งใช้เวลามากที่สุด เนื่องจากจะต้องมีปักต้นลงในอาหารแข็งตามจำนวนต้นที่ต้องเตรียม อีกทั้งเมื่อต้องเอาต้นที่จะส่งออกจากขวดเพื่อเตรียมส่งต้องมีการคัดต้นที่มีรากก่อน และต้องมีจัดเรียงต้นลงในภาชนะใหม่อีกรอบรอบก่อนส่ง ถือเป็นการทำงาน 2 รอบ เช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ดังนั้นจึงเป็นวิธีการที่ใช้เวลามากที่สุด และจำนวนภาชนะสำหรับบรรจุต้นต้นเพื่อชักนำให้ออกรากจำนวน 50 ต้น พบว่าการเลี้ยงในอาหารแข็งต้องใช้ภาชนะ 2 ชุดซึ่งมากกว่าต้นที่เพาะลี้ยงระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวหรืออาหาร ที่ใช้ภาชนะเพียง 1 ชุดเท่านั้น ซึ่งจะเป็นการช่วยลดพื้นที่ในการเพาะเลี้ยง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาเพื่อชักนำการออกรากในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวได้ต้นที่มีคุณภาพที่ดี และใช้เวลาในเตรียมต้นน้อยแต่จะต้องมีการจัดเรียงต้นลงภาชนะใหม่อีกครั้งก่อนส่ง ซึ่งเป็นการทำงานทำงาน 2 รอบ ในขณะที่การเพาะเลี้ยงต้นในกล่องพลาสติกที่เติมอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร จะมีต้นที่คุณภาพที่ดีไม่เท่ากับต้นในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว แต่เวลาในเวลาเตรียมต้นเพื่อส่งเสร็จสิ้นตั้งแต่การเตรียมต้นลงกล่องครั้งแรก แต่อย่างไรก็ตามในการทำงานผู้ทำจะต้องเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของงานที่ทำเพื่อให้ได้ต้นที่มีคุณภาพเป็นที่พอใจของลูกค้า

ตาราง 10 ข้อมูลการเตรียมต้นตั้งต้นสำหรับชักนำให้เกิดรากด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 3 ระบบ

วิธีการชักนำให้เกิดราก	จำนวนต้น/ภาชนะ (ชิ้น)	ปริมาตรอาหาร/ภาชนะ (มิลลิลิตร)	จำนวนภาชนะ/ 50 ต้น (ภาชนะ)	เวลาคัดต้น/จำนวน 50 ต้น (นาที)	เวลาบรรจุต้น 50 ต้น (นาที)	รวมเวลาเตรียมต้น 50 ต้น (นาที)
ไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว	50	300	1	15.88	1	**16.88**
กล่องพลาสติก	50	10	1	15.88	7.25	**23.13**
อาหารแข็ง	25	150	2	15.88	10.5	**26.38**

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการดำเนินการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด โดยการใช้เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ผู้ดำเนินงานจะต้องมีการจัดการแผนงานดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนการผลิตต้นปทุมมา เพื่อให้ได้ต้นที่เพาะเลี้ยงมีคุณภาพที่ดีและมีต้นทุนแรงงานในการผลิตที่ลดลง ดังนั้นการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนควรมีการคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่จะช่วยลดต้นทุนด้านแรงงานในการดำเนินงานด้วย เพื่อจะได้หาวิธีการที่จะช่วยลดต้นทุนด้านแรงงาน พร้อมทั้งสามารถผลิตต้นปทุมมาที่มีคุณภาพที่ดีได้

ในการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช จะต้องมีการเตรียมอาหาร และอุปกรณ์ต่างๆ ก่อนทำการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาในระยะต่างๆ ซึ่งจะต้องมีการใช้คนและเวลาในการเตรียมการดังกล่าวมากพอสมควร ดังนั้นผู้ดำเนินการจะต้องคำนึงต้นทุนด้านแรงงานที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการวางแผนการดำเนินงานล่วงหน้าก่อนเตรียมต้นเพาะเลี้ยง เพื่อให้อาหารและอุปกรณ์ที่เตรียมมีใช้พอกับความต้องการ และจะได้ใช้คนเตรียมการให้เหมาะสมกับเวลาทำงาน โดยในผลการทดลองนี้ในส่วนการวิเคราะห์ต้นทุนด้านแรงงานในการเตรียมอาหารและอุปกรณ์ต่างๆ สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่นำมาปรับใช้ได้ในทุกระยะของการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด โดยจะเห็นได้ว่าในการเตรียมอาหารและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้เพาะเลี้ยงในแต่ละครั้ง จะต้องทราบก่อนว่า งานที่จะทำใช้การเพาะเลี้ยงแบบใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวหรืออาหารแข็ง จำนวนกี่ลิตร และใช้ภาชนะแบบไหน เพื่อจะทราบว่าในแต่ละวันควรจะมีการเตรียมอาหารและอุปกรณ์เท่าไหร่ ที่จะสามารถทำการนึ่งฆ่าเชื้อให้หมดใน 1 วัน ซึ่งจะต้องทราบว่าเวลาในการนึ่งฆ่าเชื้ออาหารและอุปกรณ์แต่ละรอบใช้เวลาเท่าไหร่ด้วย เพื่อที่ผู้ดำเนินการจะได้มีการวางแผนการทำงานเหมาะสมกับการจัดการงานที่จะทำ ถ้ามีการจัดการที่ดีสามารถช่วยลดเวลาการทำงาน และต้นทุนด้านแรงงานลงได้

จากผลการเปรียบเทียบลักษณะช่อดอกตั้งต้นที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นใหม่ของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด 3 เบอร์ ได้แก่ C3 C11 และ C16 โดยการนำชิ้นส่วนดอกตรงกลีบประดับจากช่อดอกบานเล็กน้อยและช่อดอกบานเต็มที่ของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ดังกล่าวมาเพาะเลี้ยง ซึ่งได้แยกชิ้นส่วนดอกตั้งต้นออกเป็น 2 ส่วน คือ ชิ้นส่วนดอกที่เป็นชิ้นเดี่ยวจากกลีบประดับ และชิ้นส่วนดอกตรงกลีบประดับส่วนยอดของช่อดอก มาเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS (ดัดแปลง) 1962 ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (Topoonyanont et.al., 2005) พบว่า ชิ้นส่วนดอกตั้งต้นจากช่อดอกบานเล็กน้อยของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด มีการผันกลับเป็นต้นได้เร็วและมีจำนวนชิ้นส่วนที่ผันกลับมากกว่าชิ้นส่วนดอกบานเต็มที่

โดยเฉพาะชิ้นส่วนยอดของช่อดอกมีการผันกลับเป็นต้นได้จำนวนมากกว่า เนื่องจากส่วนยอดเป็นบริเวณที่มีดอกอยู่ติดกันหลายดอกจึงต้องตัดเป็นชิ้นเดียวที่ใหญ่ ซึ่งทำให้ชิ้นส่วนยอดมีโอกาสรอดตายสูงกว่าชิ้นส่วนที่ตัดเป็นชิ้นเดี่ยว และส่วนยอดเป็นบริเวณที่มีดอกอ่อนสุด ทำให้มีความสามารถในการผันกลับเป็นได้ต้นมากนั้น ส่วนของ floral meristem ยังไม่มีการพัฒนาเป็นอวัยวะส่วนดอกอย่างชัดเจน เซลล์ในบริเวณส่วนนี้จึงยังสามารถที่จะผันกลับเป็น vegetative meristem ที่ทำหน้าที่สร้างใบและต้นต่อไปได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ahloowalia et.al. (2004) ในการชักนำการเกิดต้นของพืชต่างๆ อาทิเช่น มันฝรั่ง เบญจมาศ คาร์เนชั่น สเตรปโตคาร์ปัส สตรอเบอร์รี่ และ อัฟริกันไวโอเล็ต ได้มีการนำชิ้นส่วนตั้งต้นที่ได้จากส่วนเมอริสเด็ม ดายอด ตาข้าง เมล็ดอ่อน ใบและก้านใบอ่อนที่กำลังพัฒนา อีกทั้งดาดอกที่ยังไม่คลี่ออก มาใช้เป็นชิ้นส่วนตั้งต้น เนื่องจากชิ้นส่วนตั้งต้นดังกล่าวเหล่านี้ เป็นชิ้นส่วนที่จะเกิดการปนเปื้อนเชื้อได้น้อย และเป็นชิ้นส่วนที่สามารถชักนำให้เป็นต้นได้ดี จึงทำให้การเลือกใช้ชิ้นส่วนดังกล่าวเหล่านี้สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้

อีกประการหนึ่งในกรณีของชิ้นส่วนดอกจากช่อดอกบานเต็มที่มีเปอร์เซ็นต์การเสียหายของชิ้นส่วนที่สูง จากการสังเกตพบว่า ชิ้นส่วนดอกตั้งต้นที่เสียหายส่วนใหญ่เหล่านี้เกิดจากการปนเปื้อนของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นเพราะดอกจริงได้สัมผัสกับสภาพแวดล้อมภายนอกที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรีย ที่สังเกตเห็นเศษดิน และแมลงติดอยู่ในซอกกลีบประดับ ต้องมีการทำความสะอาดดอกที่อยู่ภายในกลีบประดับให้สะอาดซึ่งทำได้ยาก จึงทำให้เวลาในการเตรียมชิ้นส่วนจากช่อตอกบานเต็มที่ต้องใช้เวลามากกว่าการเตรียมชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อย และนอกจากนี้ยังพบชิ้นส่วนดอกบานเต็มที่ตายจากการฟอกฆ่าเชื้อ ในขณะที่ชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยมีเปอร์เซ็นต์การเสียหายที่ต่ำกว่า และใช้เวลาในการเตรียมชิ้นส่วนน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของช่อดอกบานเล็กน้อยมีกลีบประดับที่ยังปิดอยู่ทำให้ดอกภายในกลีบประดับไม่ได้สัมผัสกับสภาพแวดล้อมภายนอก จึงสามารถป้องกันการปนเปื้อนเชื้อ และสิ่งปนเปื้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอกได้ อีกทั้งการทำความสะอาดชิ้นส่วนดอกทำให้ง่ายจึงทำให้เวลาในเตรียมชิ้นส่วนน้อยกว่าการเตรียมชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ อย่างไรก็ตามการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของช่อดอกตั้งต้นที่นำมาใช้ด้วย และนอกจากนี้การเลือกชิ้นส่วนตั้งต้นสำหรับการชักนำให้เกิดต้นควรชิ้นส่วนที่สะอาดและดี เนื่องจากจะช่วยลดเรื่องของการปนเปื้อนเชื้อและเพื่อให้ต้นที่ชักนำได้จำนวนมาก (Ahloowalia et.al., 2004) สำหรับ และเป็นที่น่าสังเกตว่าการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนดอกตั้งต้นในอาหารแข็งก่อนนั้น เป็นการคัดเลือกชิ้นส่วนที่ปนเปื้อนเชื้อออกจากชิ้นส่วนที่ไม่ปนเปื้อนเชื้อ โดยเฉพาะการเกิดการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียภายใน (endogenous bacteria) ซึ่งเป็นวิธีการคัดเลือกชิ้นส่วนที่จะนำไปเลี้ยงต่อในระยะต่อไปได้ง่าย โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ Ahloowalia et.al. (2004) ที่พบว่าในการชักนำต้นเริ่มต้น ควรทำการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นที่เอา

จากสภาพแวดล้อมภายนอกในหลอดทดลองที่มีอาหารแข็งก่อน เพื่อเป็นการคัดเลือกชิ้นส่วนที่ไม่ปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรีย เนื่องจากชิ้นส่วนตั้งต้นจากสภาพแวดล้อมภายนอก เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในสภาพ *in vitro* จะเกิดการเกิดเชื้อได้ง่าย ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตได้

หลังจากนำชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงให้ชักนำการเกิดต้นใหม่แล้วเป็นเวลา 6 สัปดาห์ และ 10 สัปดาห์มาเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเปรียบเทียบกับอาหารแข็งโดยใช้อาหารสูตร MS (ดัดแปลง) 1962 ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร อีก 6 สัปดาห์ ซึ่งสังเกตได้จากผลการศึกษาอายุของชิ้นส่วนตั้งต้นที่ต่างกัน 2 ระยะดังกล่าวต่อการเกิดจำนวนต้นใหม่ พบว่า ชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่มีเพาะเลี้ยงให้ชักนำการเกิดต้นมาแล้ว 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ มีชิ้นส่วนที่เกิดการผันกลับได้เร็วและมีจำนวนต้นใหม่ต่อชิ้นส่วนมาก เนื่องจากชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงมาแล้ว 10 สัปดาห์ เป็นชิ้นส่วนที่ดอกมีการผันกลับเป็นต้นได้ดีกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงมาแล้ว 6 สัปดาห์ ซึ่งกระบวนการผันกลับของดอกเป็นต้นต้องใช้เวลานาน ดังนั้นการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ จึงยังไม่สามารถเกิดการผันกลับได้สมบูรณ์พอ ซึ่งต้องเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ก่อน จึงจะทำให้ชิ้นส่วนเกิดการผันกลับเป็นต้นได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ทำให้หลังจากนำมาเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวจะได้ต้นใหม่ต่อชิ้นส่วนจำนวนมาก อีกทั้งการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวช่วยให้ชิ้นส่วนพืชได้รับอาหารได้ดีกว่าอาหารแข็ง จึงทำให้ชิ้นส่วนดังกล่าวมีการผันกลับเป็นต้นต้นที่สมบูรณ์ได้เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการช่วยให้ลดระยะเวลาการเพาะเลี้ยงชักนำการเกิดต้นใหม่จากช่อดอกให้เร็วขึ้น โดยสอดคล้องกับงานทดลองของ Maxwell et.al. (2007) ที่ได้ศึกษาการเพาะเลี้ยง *Echinacea purpurea* บนอาหารแข็งเปรียบเทียบกับอาหารเหลว พบว่า ต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวมีคุณภาพต้นที่ดีกว่า อีกทั้งต้นมีการเจริญเติบโตได้เร็วกว่าการเพาะเลี้ยงต้นบนอาหารแข็ง และเช่นเดียวกับ Agnieszka et.al. (2005) ที่ศึกษาการเพาะเลี้ยง *Hippeastrum* X *chmielii* chm. โดยเปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงต้นดังกล่าวในอาหรแข็งและอาหารเหลว ก็พบว่า ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าอาหารแข็งอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยเฉพาะผลของน้ำหนักสดต่อชิ้นส่วนตั้งต้นของต้นในอาหารเหลวมีน้ำหนักสดมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งถึง 3 เท่า

ในระยะการเพิ่มปริมาณต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด ได้ทำการเปรียบเทียบขนาดของชิ้นส่วนตั้งต้นที่เหมาะสม 3 ขนาด ได้แก่ ต้นกลุ่ม ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นเดี่ยวเล็ก ที่สามารถให้จำนวนต้นต่อกอมากและใช้เวลาการทำงานให้ลดลง โดยเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นกลุ่มเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีการแตกกอต่อชิ้นส่วนตั้งต้นมากที่สุด จึงทำให้ได้จำนวนต้นต่อภาชนะเพาะเลี้ยง

มากที่สุด อีกทั้งยังใช้เวลาในการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นกลุ่มน้อยที่สุด เนื่องจากไม่ต้องทำการดัดแยกต้นเป็นต้นเดี่ยว และการเพาะเลี้ยงต้นในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเป็นการทำงานที่ง่ายกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง คือไม่ต้องทำการปักชิ้นส่วนลงอาหารเพื่อเพาะเลี้ยง และต้นที่เพาะเลี้ยงยังได้รับอาหารอย่างเต็มที่ จึงทำให้ต้นที่เพาะเลี้ยงมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง อีกทั้งจะเห็นได้ว่าจำนวนภาชนะที่ใช้เพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นของปทุมมาจำนวน 200 ต้นใช้ภาชนะน้อยที่สุดเพียง 1 ชุดภาชนะเท่านั้น จึงทำให้เป็นการลดพื้นที่เพาะเลี้ยงได้อีกด้วย ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การเพาะเลี้ยงต้นกลุ่มในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวช่วยลดต้นทุนด้านแรงงานและลดค่าใช้จ่ายส่วนค่าไฟฟ้าลงเนื่องจากการลดพื้นการเพาะเลี้ยง

สำหรับการศึกษาการขยายพันธุ์พืชวงศ์ขิง (*Zingiberaceae*) Stanly et.al. (2010) ได้มีการศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยง *Curcuma zedoaria* และ *Zingiber zerumbet* ในระยะเพิ่มปริมาณด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ อาหารแข็ง อาหารเหลวแบบใช้เครื่องเขย่า และระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พบว่า อัตราการเพิ่มปริมาณต้นที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็งแบบใช้เครื่องเขย่ามีอัตราการเพิ่มจำนวนมากที่สุด รองมาคือ การเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ส่วนการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมีอัตราการเพิ่มปริมาณน้อยที่สุด แต่การเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเหลวแบบใช้เครื่องเขย่าถึงแม้จะให้จำนวนต้นที่มาก แต่พบปัญหาชิ้นส่วนเกิดการฉ่ำน้ำ แต่ต้นที่ได้จากระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว เกิดการฉ่ำน้ำน้อยกว่า และต้นที่ได้มีคุณภาพดีกว่า อีกทั้งต้นจากระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเมื่อนำออกปลูกสามารถปรับตัวได้ดีกว่าการเพาะเลี้ยงทั้ง 2 แบบ

จากการทดลองการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พบว่า ต้นปทุมมาที่เพาะเลี้ยงเป็นต้นที่แข็งแรง มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่า จึงทำการศึกษาในการเตรียมต้นเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีระบบการบรรจุหีบห่อที่เหมาะสมต่อการส่ง จากการทดลองในครั้งนี้ ได้ศึกษาวิธีการชักนำการเกิดรากของต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 3 วิธีการ ได้แก่ การเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว อาหารแข็ง และกล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลวปริมาตร 10 มิลลิลิตร พบว่า ต้นปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวได้ต้นที่มีคุณภาพที่ดีที่สุด โดยเฉพาะมีน้ำหนักสดต่อต้น และจำนวนใบต่อต้นที่มีมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและกล่องพลาสติกอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแสดงว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีการเจริญเติบโตที่ดี ส่วนคุณภาพต้น และคุณภาพรากอื่นๆ ก็ไม่แตกต่างกันในทั้ง 3 วิธีการที่เพาะเลี้ยง อีกทั้งเวลาที่ใช้ในการเตรียมต้นเพื่อเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวใช้เวลาน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวไม่ต้องทำการเรียงต้น หรือปักต้นลงในภาชนะก่อน เหมือนกับการเตรียมต้นที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติก และอาหารแข็ง จึงทำให้ลดต้นทุนด้านแรงงานลงได้ แต่อย่างไรก็ตามในการขนส่งต้นกล้าปทุมมาให้

ลูกค้าจะต้องบรรจุต้นลงกล่องพลาสติกทำการส่ง ซึ่งในการเตรียมต้นในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวจะเป็นการทำงาน 2 รอบ คือ ต้องมีการเตรียมต้นเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวก่อนเพื่อให้ต้นที่มีคุณภาพที่ดี และก่อนส่งต้นให้ลูกค้าต้องทำการคัดเลือกต้นที่ได้ขนาดตามที่ลูกค้าต้องการและเป็นต้นที่มีรากบรรจุลงกล่องพลาสติกหรือหีบห่อที่จะส่งให้ลูกค้า ซึ่งจะเป็นการคัดเลือกต้นกล้าปทุมมาที่มีคุณภาพดีก่อนส่ง แต่ในการบรรจุต้นลงกล่องพลาสติกที่มีการเติมอาหารเหลวปริมาตร 10 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นการเพาะเลี้ยง แบบ Thin-film-liquid โดยมีการให้อาหารเคลือบอยู่ตามผิวของต้นทำให้พืชสามารถดูดซึมสารอาหารไปใช้ได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Adelberg, (2005) ที่ศึกษาผลของการเพาะเลี้ยง *Hosta* 3 สายพันธุ์ ในอาหารเหลว แบบ thin-film liquid เปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงในอาหารเข็ง พบว่า *Hosta* ทั้ง 3 สายพันธุ์ที่เพาะเลี้ยงแบบ thin-film liquid มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และต้นทั้ง 3 สายพันธุ์เมื่อนำออกปลูกสามารถตั้งต้นได้ดี และต้นมีคุณภาพและแข็งแรงกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว ดังนั้นวิธีการดังกล่าวจึงได้นำมาใช้เป็นวิธีการเตรียมต้นบรรจุหีบห่อพร้อมส่ง โดยมีการชักนำให้ต้นออกรากในกล่องระหว่างที่เตรียมต้นกล้าและขนส่ง ซึ่งวิธีการนี้ไม่ต้องทำงาน 2 รอบ จึงทำให้ลดเวลาการเตรียมต้นเพื่อส่งลง ถึงแม้ต้นที่ได้จะมีคุณภาพต้นไม่ดีเท่ากับต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแต่ก็ไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นวิธีการนี้จึงเหมาะกับการเตรียมต้นกล้าที่จะส่งในจำนวนมาก โดยผู้ดำเนินงานสามารถเตรียมการไว้ก่อนล่วงหน้าได้ เช่นเดียวกับ Topoonyanont et.al (2009) ที่นำต้นปทุมมามาเพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกที่มีการเติมอาหารเหลว เปรียบเทียบกับอาหารแข็ง ปริมาตร 10 และ 20 มิลลิลิตร พบว่าต้นในกล่องพลาสติกมีคุณภาพและการเจริญเติบได้ดีกว่าในอาหารแข็ง แต่ถ้าทำการเพาะเลี้ยง 3 สัปดาห์จะต้องมีการเติมอาหารเพิ่ม ดังนั้นในการทำงานผู้ดำเนินการจะต้องเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับจุดประสงค์ของงานที่ทำ เพื่อให้ได้ต้นที่มีคุณภาพและใช้เวลาทำงานน้อยที่สุด