บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของชิ้นส่วนพืชเริ่มต้นต่อการเจริญและการพัฒนาของต้นเท้ายายม่อม

ชุดการทดลองนี้ประกอบด้วย 3 การทดลองย่อย คือ

การทดลองที่ 1.1 ผลของการเลี้ยงก้านใบต่อการเกิดต้นใหม่

การใช้ชิ้นส่วนก้านใบจากใบจริง 4 ตำแหน่ง นับจากใบจริงที่แก่ที่สุด และตำแหน่งชิ้นส่วนบนก้านใบแต่ละก้าน นับจากโคนก้านใบ 5 ตำแหน่ง โดยตัดชิ้นส่วนให้มีขนาดหนา 2 มม นำไปเลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร MS ที่เติม 2,4-D 0.05 มก/ล เมื่อเลี้ยงชิ้นส่วนพืชนาน 27 สัปดาห์ มีผลต่อการเกิดต้นใหม่ และระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดยอดดังนี้

1.1.1 <u>จำนวนยอดและต้นใหม่เฉลี่ย</u>

จากตารางที่ 14 พบว่าชิ้นส่วนที่สามารถชักนำให้เกิดยอดได้ มีเพียงชิ้นส่วนโคนใบ (ตำแหน่งที่ 1 ที่อยู่บนก้านใบ) เท่านั้น เมื่อนำเฉพาะจำนวนยอดและต้นใหม่ที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งใบมีผลทำให้ได้จำนวนต้นใหม่แตกต่างกันคือ ชิ้นส่วนโคนก้านของใบที่ 3 สามารถชักนำให้เกิดต้นใหม่ได้เฉลี่ย 3.75±1.29 ต้น ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากจำนวนที่ได้จากโคนก้านใบที่ 4 ซึ่งอยู่ในสุด ที่สามารถเกิดต้นใหม่ได้เฉลี่ย 3.5±0.5 ต้น และต่างจากชิ้นส่วนโคนก้านใบที่ 1 และ 2 ด้วย ในขณะที่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการเลี้ยงโคนก้านใบที่ 1 และ 2 ซึ่งสามารถชักนำให้เกิดต้นใหม่ได้ 1.33±0.47 และ 1.66±0.47 ต้น ตามลำดับ นอกจากเกิดเป็นต้นแล้วยังพบการเกิดเป็นเพียงยอดเล็กๆ ซึ่งเมื่อนำจำนวนยอดใหม่ที่เกิดขึ้นไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติแล้ว พบว่าชิ้นส่วนโคนก้านใบจากทุกตำแหน่งใบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยยอดใหม่ที่เกิดขึ้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.00±0.70 ถึง 3.75±1.63 ยอด/ชิ้นส่วน

1.1.2 เปอร์เซ็นต์การเกิดยอดใหม่หรือต้นใหม่

เมื่อเลี้ยงชิ้นส่วนโคนก้านใบของใบที่ 1, 2 และ 3 สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนเกิดยอดได้ 80 เปอร์เซ็นต์ ของชิ้นส่วนทั้งหมดในแต่ละกรรมวิธี แต่สามารถเกิดต้นใหม่ได้เพียง 60-80 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การเลี้ยงโคนก้านใบของใบที่ 4 สามารถชักนำให้เกิดยอดใหม่ได้ 60 เปอร์เซ็นต์ และเกิดต้นได้เพียง 40 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ผลของตำแหน่งใบและตำแหน่งชิ้นส่วนบนก้านใบต่อจำนวนและเปอร์เซ็นต์ของยอด และต้นใหม่เฉลี่ย

ตำแหน่งใบ	ตำแหน่งชิ้นส่วนบนก้านใบ	การพัฒนาจากก้านใบเป็น		เปอร์เซ็นต์การพัฒนาจากก้านใบเป็น	
		ยอดใหม่ (ยอด/ชิ้นส่วน)	ต้นใหม่ (ต้น/ชิ้นส่วน)	ยอดใหม่	ต้นใหม่
1	1	3.75 ± 1.63^{a}	1.33 ± 0.47^{c}	80	60
2	1	2.75 ± 2.48^{a}	1.66 ± 0.47^{c}	80	60
3	1	2.00 ± 0.70^{a}	3.75 ± 1.29^{a}	80	80
4	1	3.33 ± 2.05^{a}	3.50 ± 0.50^{b}	60	40

abc อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อ เปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

ค่า $\pm$ คือ ค่า S.D.

1.1.3 จำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดยอด ราก และแคลลัส

จากตารางที่ 15 พบว่าชิ้นส่วนพืชที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้นมีเฉพาะชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดบริเวณโคนก้านใบขึ้นมา 2 มม หรือตำแหน่งที่ 1 ที่อยู่บนก้านใบนั่นเอง และเมื่อนำจำนวนวันที่ใช้ในการเกิดยอด ราก หรือ แคลลัส ไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติได้ผลดังนี้ คือ จำนวนวันเฉลี่ยที่ใช้ในการเกิดแคลลัสของโคนก้านใบจากใบทุกตำแหน่ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับการเกิดราก ยกเว้นตำแหน่งโคนก้านใบของใบที่ 1 ซึ่งเป็นใบที่แก่ที่สุดไม่สามารถชักนำให้เกิดรากได้ ส่วนจำนวนวันเฉลี่ยที่ใช้ในการเกิดยอดนั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ใบที่ 1 ใช้เวลามากที่สุดเฉลี่ย 120.75 ± 3.03 วัน รองลงมา

คือใบที่ 2 และใบที่ 4 ซึ่งใช้เวลา 94.50±18.18 และ 81.66±31.47 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ใบที่ 3 ใช้เวลาในการเกิดยอดเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 61.25±33.34 วัน

ตารางที่ 15 ผลของตำแหน่งใบและตำแหน่งชิ้นส่วนบนก้านใบต่อจำนวนวันเฉลี่ย เมื่อเริ่มเกิดยอด ราก และแคลลัส

ตำแหน่งใบ	ตำแหน่งชิ้นส่วนบนก้านใบ	จำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิด		
		ยอด	ราก	แคลลัส
1	1	120.75±3.03[a]	—	77.00±12.12[a]
2	1	94.50±18.18[b]	143.50±24.50[a]	70.00±14.00[a]
3	1	61.25±33.34[c]	110.25±15.15[a]	84.00±0.00[a]
4	1	81.66±31.47[b]	119.00±0.00[a]	70.00±19.79[a]

abc อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

— ไม่สามารถชักนำให้เกิดรากได้

1.1.4 คุณภาพของแคลลัสและต้นใหม่

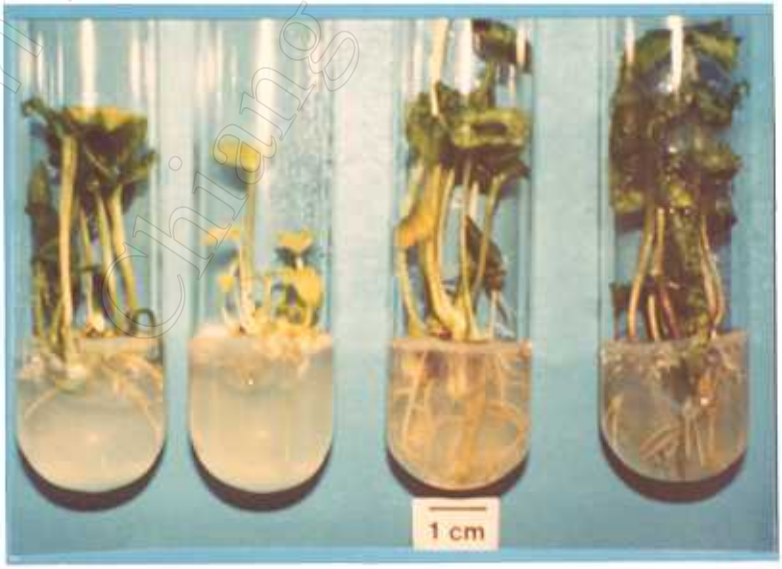
จากตารางที่ 16 พบว่าการเลี้ยงชิ้นส่วนโคนก้านใบนั้น เมื่อเกิดต้นใหม่จะมีรากเล็กเกิดขึ้น มีเพียงการเลี้ยงใบตำแหน่งที่ 1 เท่านั้น ที่ไม่สามารถเกิดรากได้ ในขณะที่ใบตำแหน่งที่ 2, 3 และ 4 สามารถเกิดรากเล็กได้ 20–60 เปอร์เซ็นต์ ของชิ้นส่วนทั้งหมดในแต่ละกรรมวิธี รากเล็กที่เกิดมีสีขาวและจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวเมื่ออายุมากขึ้น ลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นเช่นเดียวกันทั้งหมด ส่วนการเกิดรากใหญ่นั้นพบว่าเพียงใบตำแหน่งที่ 2 และ 3 เท่านั้นที่สามารถเกิดรากใหญ่ได้ และเกิดเพียง20 เปอร์เซ็นต์ ของชิ้นส่วนทั้งหมดในแต่ละกรรมวิธี เมื่อสิ้นสุดการทดลองคือ 27 สัปดาห์ สำหรับลักษณะใบนั้น ต้นใหม่ที่ได้จากการเลี้ยงโคนก้านใบจากใบตำแหน่งที่ 1 และ 2 ให้ใบที่มีลักษณะสมบูรณ์ 2 ใน 3 ของการเกิดต้นใหม่ ในขณะที่การเลี้ยงโคนก้านใบจากใบตำแหน่งที่ 3 และ 4 ได้ใบที่มีขนาดเล็ก ก้านใบชีด และมีสีเหลือง เป็นจำนวนครึ่งหนึ่งของต้นใหม่ที่เกิดขึ้นทั้งหมด จากการสังเกตพบว่าต้นใหม่ที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากทุกกรรมวิธีเกิดจาก

แคลลัสที่เกาะกันแน่นเป็นก้อนกลมเล็กๆ ผิวมัน สีขาว และปลายยอดสีเขียว ซึ่งไม่แสดงอาการฉ่ำน้ำแลย ได้แสดงคุณภาพของต้นใหม่ไว้ในภาพที่ 8

ตารางที่ 16 คุณภาพแคลลัสและต้นใหม่ เปรียบเทียบลักษณะเป็นเปอร์เซ็นต์จากจำนวนชิ้นส่วนทั้งหมดในแต่ละกรรมวิธี

ตำแหน่งใบ	ตำแหน่งชิ้นส่วนบนก้านใบ	ลักษณะแคลลัส		ลักษณะต้นใหม่			ลักษณะราก	
		เปอร์เซ็นต์การเกิด	เกาะกันแน่นสีเขียว	เปอร์เซ็นต์การเกิด	สมบูรณ์	ใบเล็ก	เล็ก	ใหญ่
1	1	80	80	60	40	20	—	—
2	1	80	80	60	40	20	40	20
3	1	80	80	80	40	40	60	20
4	1	60	60	40	20	20	20	—

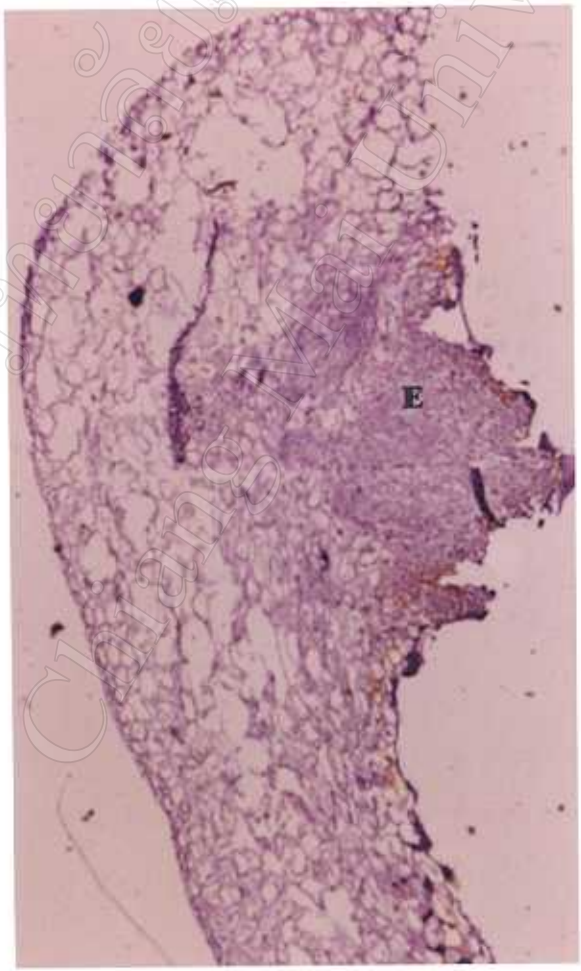
— ไม่พบการเกิดราก



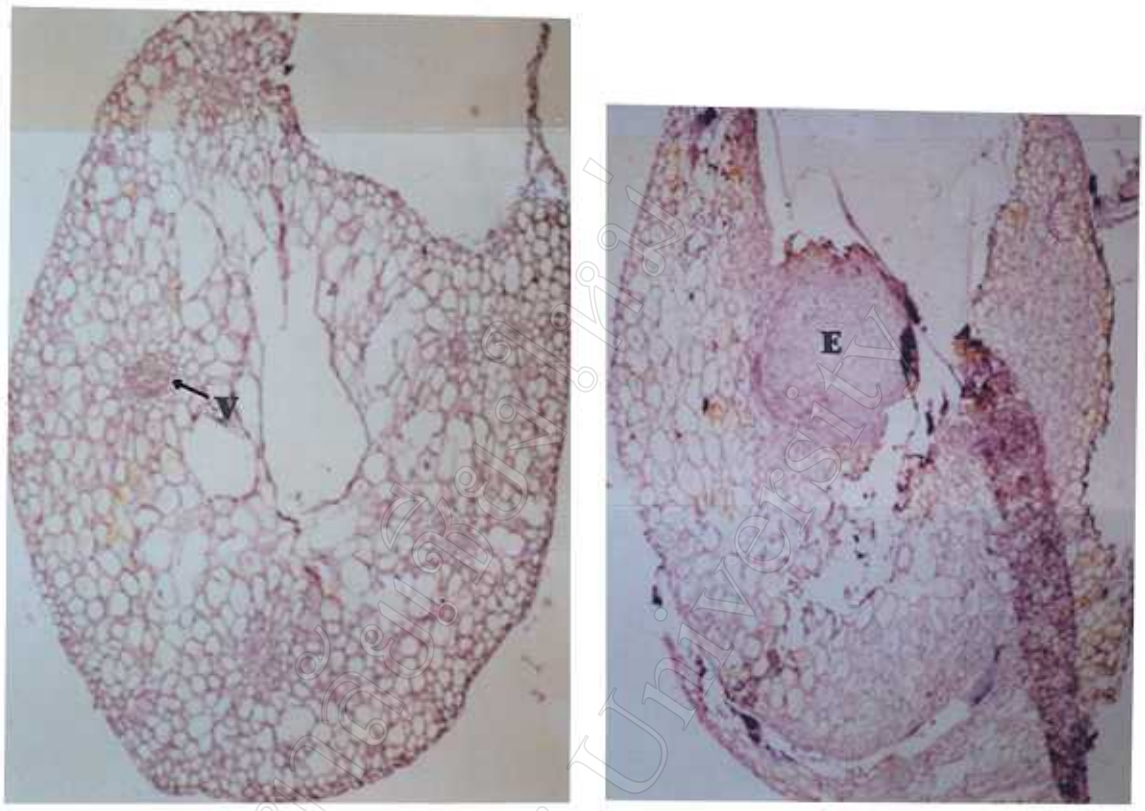
ภาพที่ 8 ต้นใหม่ที่ได้จากการเลี้ยงชิ้นส่วนโคนก้านใบนาน 27 สัปดาห์

1.1.5 การศึกษาทางเนื้อเยื่อวิทยา

เมื่อนำโคนก้านใบที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร MS ที่มี 2,4-D 1 มก/ล นาน 21 วัน ไปศึกษาทางเนื้อเยื่อวิทยา เพื่อดูโครงสร้างภายใน พบว่าที่บริเวณด้านในของชิ้นส่วนก้านใบเกิดกลุ่มเซลล์ที่คืนตัว (active cells) ซึ่งสังเกตได้จากนิวเคลียสของเซลล์มีขนาดใหญ่ และเซลล์ย้อมติดสีเข้ม (ภาพที่ 9) เมื่อเลี้ยงโคนก้านใบเป็นเวลา 24 วัน พบว่ากลุ่มเซลล์ดังกล่าวแสดงขอบเขตชัดขึ้น มองดูค่อนข้างกลม (ภาพที่ 10 ข) ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้ เกิดที่บริเวณใกล้เซลล์ผิว (epidermis) ทางด้านในของก้านใบ ใกล้กับท่อลำเลียงน้ำและอาหาร (ภาพที่ 10 ก และ ข) แต่ในภาพที่แสดงไม่สามารถบอกได้ว่าเกิดจากเซลล์เริ่มต้นจุดไหน



ภาพที่ 9 ภาพตัดตามขวางโคนก้านใบที่เลี้ยงบนอาหารวุ้น เป็นเวลา 21 วัน (33.3X)
E คือ กลุ่มเซลล์ที่กำลังพัฒนาภายในชิ้นส่วน



(ก) (ข)

ภาพที่ 10 ภาพตัดตามขวางก้านใบ ที่เลี้ยงบนอาหารวุ้น (41.6X)

V คือ ส่วนของท่อลำเลียง

E คือ กลุ่มเซลล์ที่กำลังพัฒนา

(ก) แสดงท่อลำเลียงกระจายทั่วชิ้นส่วน

(ข) แสดงโครงสร้างของกลุ่มเซลล์ที่เกิดจากการแบ่งเซลล์ และพัฒนาเป็นโครงสร้างคล้ายยอด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การทดลองที่ 1.2 ผลของการเลี้ยงปลายรากต่อการเกิดต้นใหม่

การตัดชิ้นส่วนรากใหญ่ จากต้นเท้ายายม่อมที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ บนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP 1 มก/ล โดยใช้ตำแหน่งต่างๆกันจากปลายราก คือ ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 แต่ละตำแหน่งมีขนาด 2 มม นำไปเลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร MS ที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต เมื่อเลี้ยงนาน 21 สัปดาห์ ได้ผลดังนี้

1.2.1 จำนวนต้นใหม่เฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเกิดต้นใหม่

เมื่อนำจำนวนต้นใหม่ของปลายรากตำแหน่งที่ 1 และ 2 ไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่พัฒนาเป็นต้นใหม่จากชิ้นส่วนทั้งหมดในแต่ละกรรมวิธีนั้น พบว่าตำแหน่งที่ 1 สามารถเกิดยอดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ตำแหน่งที่ 2 เกิดได้เพียง 20 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น (ตารางที่ 17)

1.2.2 จำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดยอด และราก

การเลี้ยงปลายรากตำแหน่งต่างๆ พบว่ารากตำแหน่งที่ 3, 4 หรือ 5 ไม่สามารถชักนำให้เกิดยอด หรือรากใหม่ได้ มีเพียงรากตำแหน่งที่ 1 หรือ 2 เท่านั้น ที่สามารถชักนำให้เกิดยอด หรือรากได้ โดยใช้เวลาเฉลี่ยในการเกิดยอดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยตำแหน่งที่ 1 ใช้เวลาเฉลี่ย 57.75$\pm$10.50 วัน ซึ่งน้อยกว่าตำแหน่งที่ 2 ที่ใช้เวลาถึง 133.00$\pm$0.00 วัน ส่วนจำนวนวันเฉลี่ยในการเกิดรากใหม่นั้น เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 17)

1.2.3 คุณภาพต้นใหม่

เมื่อตัดชิ้นส่วนราก 5 ตำแหน่งมาเลี้ยง พบว่าต้นใหม่สามารถเกิดได้เฉพาะตำแหน่งที่ 1 และ 2 เท่านั้น (ภาพที่ 11) ส่วนตำแหน่งที่ 3 มีเพียงการยืดของก้านใบเท่านั้น (ภาพที่ 12) แต่ไม่มีการพัฒนาต่อ ภายหลังจึงกลายเป็นสีน้ำตาล และแห้งไป สำหรับต้นที่ได้จากส่วนบนด้านตรงข้ามกับปลายรากนั้น จากการสังเกตพบว่าในสัปดาห์แรก ชิ้นส่วนที่เลี้ยงเริ่มบวม จากนั้นในสัปดาห์ที่ 3 ใบแรกเริ่มงอกออกในทิศทางที่ตรงข้ามกับปลายราก และมีจำนวนเพิ่มขึ้น

เป็น 2-3 ใบ ในสัปดาห์ที่ 7 หลังจากนั้น ประมาณสัปดาห์ที่ 12 เริ่มเกิดรากเล็กยืดยาวออกมาจากโคนก้านใบ ในขณะที่ต้นใหม่ที่ได้จากรากตำแหน่งที่ 2 จะเกิดจากยอดกระจุก และ แคลลัส โดยในสัปดาห์แรก ก้านใบยืดออกจากชิ้นส่วน และสังเกตเห็นแคลลัสหรือยอดกระจุก ในประมาณสัปดาห์ที่ 7 และเกิดรากประมาณสัปดาห์ที่ 19 แต่ต้นที่ได้จากแคลลัสจะค่อนข้างฉ่ำน้ำ และต้นที่ได้จากยอดกระจุกเป็นต้นที่สมบูรณ์ คือ ก้านใบมีสีเขียว มีทั้งรากใหญ่และรากเล็ก

ตารางที่ 17 ผลของตำแหน่งชิ้นส่วนจากปลายรากต่อจำนวนต้นใหม่เฉลี่ย เปอร์เซ็นต์การเกิดยอดและต้นใหม่ และจำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดยอดหรือรากใหม่

ตำแหน่งจากปลายราก	จำนวนต้นใหม่เฉลี่ย (ต้น/ชิ้นส่วน)	เปอร์เซ็นต์การเกิดยอดและต้นใหม่	จำนวนวันเฉลี่ยในการเกิด	
			ยอด	ราก
1	2.40±1.14[a]	100	57.75±10.50[a]	66.25±20.50[a]
2	3.00±0.00[a]	20	133.00±0.00[b]	133.0±0.00[a]
3	—	—	—	—
4	—	—	—	—
5	—	—	—	—

— ไม่สามารถชักนำให้เกิดยอดใหม่ ต้นใหม่ หรือ รากได้

(ก) (ข)

ภาพที่ 11 ต้นใหม่ที่ได้จากการเลี้ยงปลายราก
(ก) ตำแหน่งที่ 1
(ข) ตำแหน่งที่ 2

ภาพที่ 12 การยืดของก้านใบเมื่อเลี้ยงปลายรากตำแหน่งที่ 3

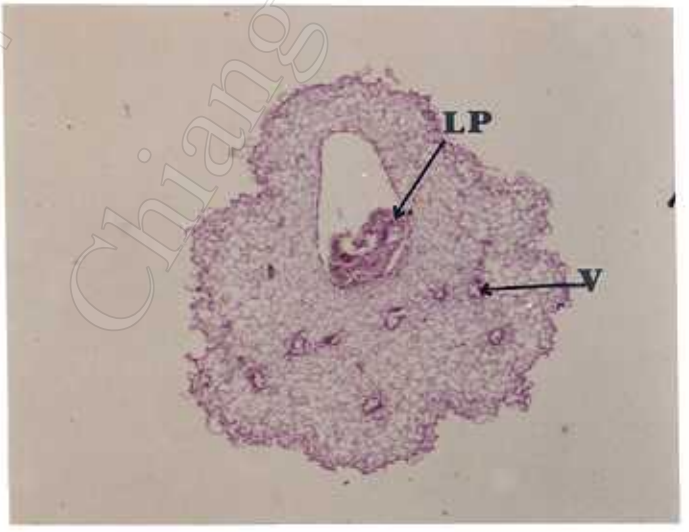
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

1.2.4 การศึกษาทางเนื้อเยื่อวิทยา

เมื่อนำปลายรากของต้นเท้ายายม่อมที่ได้จากการเลี้ยงบนอาหารวุ้น ไปศึกษาทางเนื้อเยื่อวิทยาทุก 3 วัน พบว่าที่บริเวณใกล้ปลายรากที่เริ่มเลี้ยงมียอดเกิดติดมากับชิ้นส่วนพืชได้โดยตรงอยู่แล้ว ซึ่งเห็นได้จากเมื่อตัดปลายรากตามยาวพบส่วนที่เป็นใบอ่อนมาก (leaf primordia) อยู่ชัดเจน ที่บริเวณช่องว่างภายในราก (ภาพที่ 13) ซึ่งยืนยันได้จากภาพตัดตามขวางของราก (ภาพที่ 14) ในวันที่ 3 หลังการเลี้ยงเซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยเฉพาะที่บริเวณท่อลำเลียงที่ขยายขนาดทำให้เห็นเซลล์เป็นช่องว่างบริเวณติดกับกลุ่มเซลล์ที่ย้อมติดสีเข้มซึ่งเกิดเป็นกลุ่ม (ภาพที่ 15-16) จากนั้น ในวันที่ 6 สังเกตเห็นเซลล์คู่ยาวๆติดสีเข้มเกิดขึ้นกระจายอยู่ทั่วไป แต่ยังไม่มากนัก (ภาพที่ 17-18) ในวันที่ 12 ปลายรากมีขนาดใหญ่ขึ้นมาก เนื่องจากเซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น และเมื่อตัดตามขวางและตามยาวสามารถเห็นเนื้อเยื่อเจริญ (meristem) และใบอ่อนมากได้อย่างชัดเจน (ภาพที่ 19-20) ในวันที่ 15 หลังการเลี้ยง มองดูภายนอกลักษณะคล้ายกับวันที่ 12 แต่เมื่อตัดตามขวาง เห็นท่อลำเลียงที่เกิดใหม่เจริญมากขึ้นบริเวณกลางรากส่วนที่เป็นต้นใหม่ (ภาพที่ 21-22) ในวันที่ 18 หลังการเลี้ยงเห็นใบอ่อนที่พัฒนาก่อนชัดเจนมาก และที่บริเวณ meristem กำลังจะพัฒนาเป็นใบที่ 2 พร้อมทั้งเห็นแนวท่อลำเลียงชัดเจน นอกจากนี้ยังเห็นตัวใบอ่อน แยกออกจากเนื้อเยื่อแม่ชัดเจนมาก (ภาพที่ 23) ในวันที่ 21 หลังการเลี้ยง เริ่มเห็นใบที่ 3 กำลังพัฒนา (ภาพที่ 24) และวันที่ 27 พบว่าเซลล์ของเนื้อเยื่อแม่เริ่มมีขนาดใหญ่และเริ่มขาดออกจากกัน ในขณะที่ใบอ่อนก็มีขนาดใหญ่ขึ้น เตรียมที่จะเจริญโผล่พ้นเซลล์เหล่านี้ออกมา (ภาพที่ 25-26)

ภาพที่ 13 ภาพตัดตามยาวปลายรากที่เริ่มเลี้ยงบนอาหารวุ้น (47.1X)

GAP คือ ช่องว่างภายในบริเวณเหนือปลายราก

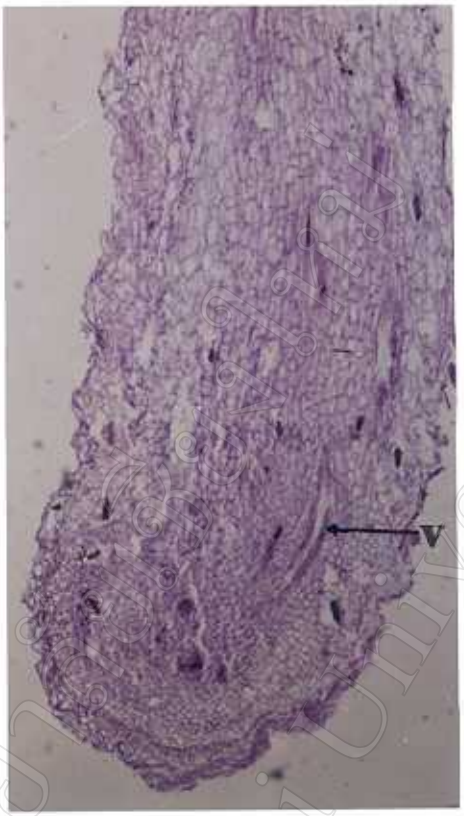


ภาพที่ 14 ภาพตัดตามขวางปลายรากที่เริ่มเลี้ยงบนอาหารวุ้น (47.1X)

LP คือ ใบอ่อน

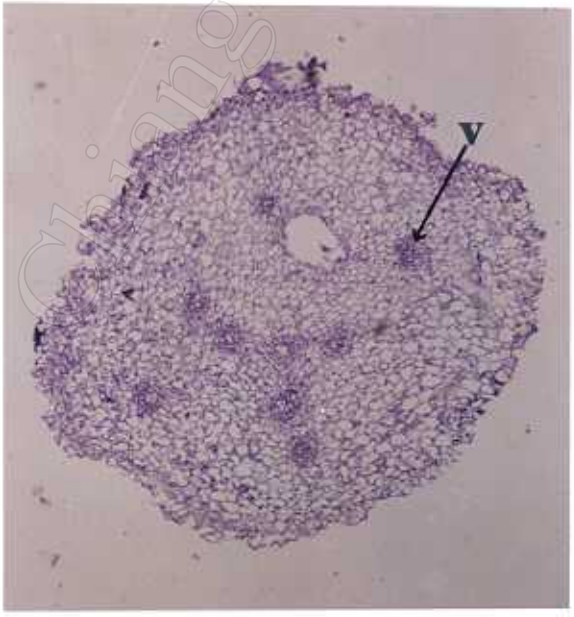
V คือ กลุ่มท่อลำเลียง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University



ภาพที่ 15 ภาพตัดตามยาวปลายรากที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นนาน 3 วัน (47.1X)

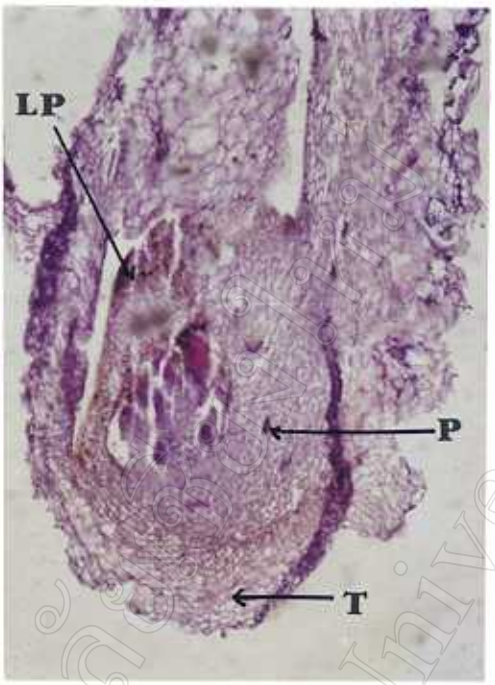
V คือ กลุ่มท่อลำเลียง



ภาพที่ 16 ภาพตัดตามขวางปลายรากที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นนาน 3 วัน (47.1X)

V คือ กลุ่มท่อลำเลียง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

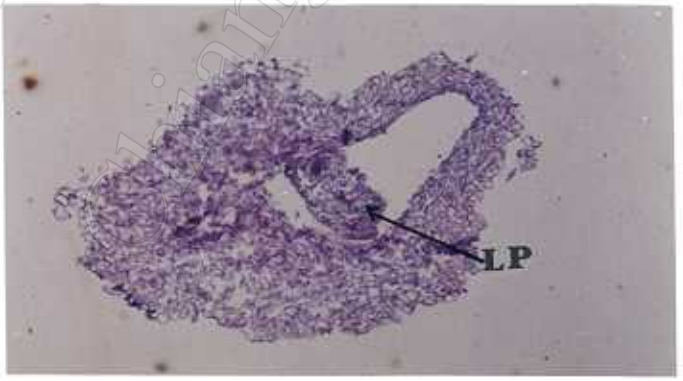


ภาพที่ 17 ภาพตัดตามยาวปลายรากที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นนาน 6 วัน (47.1X)

LP คือ ใบอ่อน

T คือ หมวกราก

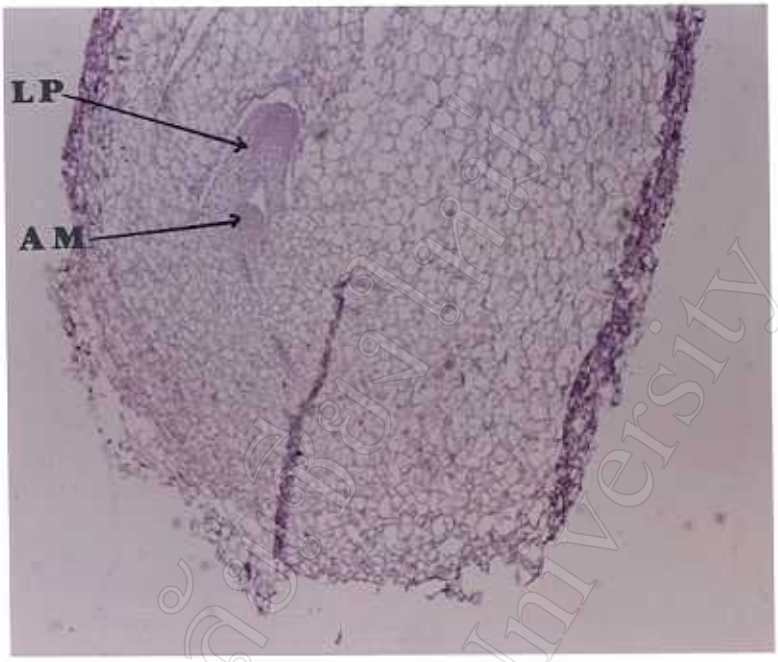
P คือ เม็ดสี



ภาพที่ 18 ภาพตัดตามขวางปลายรากที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นนาน 6 วัน (47.1X)

LP คือ ใบอ่อน

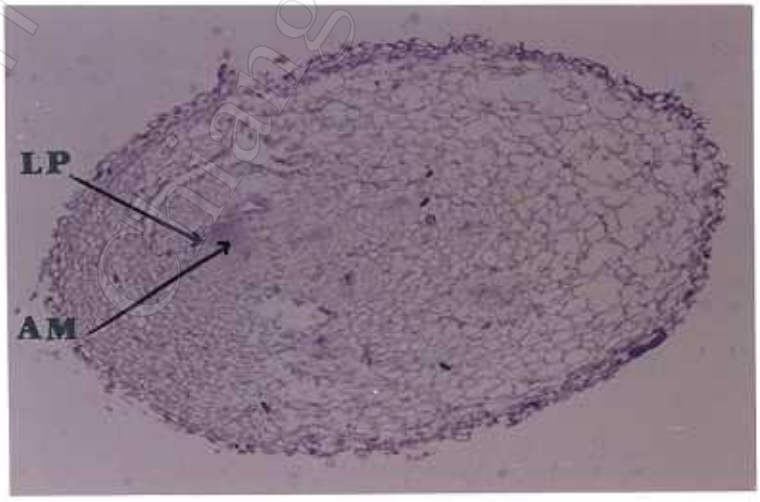
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University



ภาพที่ 19 ภาพตัดตามยาวปลายรากที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นนาน 12 วัน (47.1X)

LP คือ ใบอ่อน

AM คือ เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย (apical meristem)

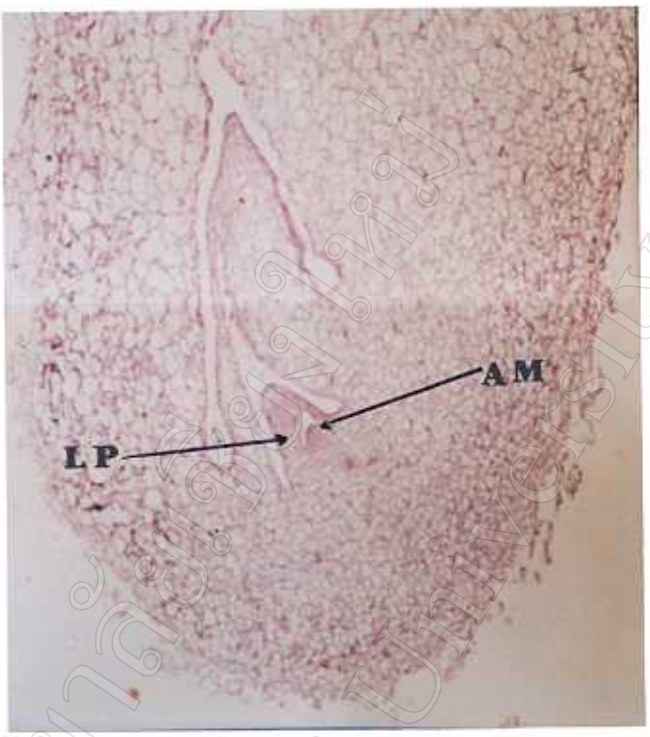


ภาพที่ 20 ภาพตัดตามขวางปลายรากที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นนาน 12 วัน (47.1X)

LP คือ ใบอ่อน

AM คือ เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย (apical meristem)

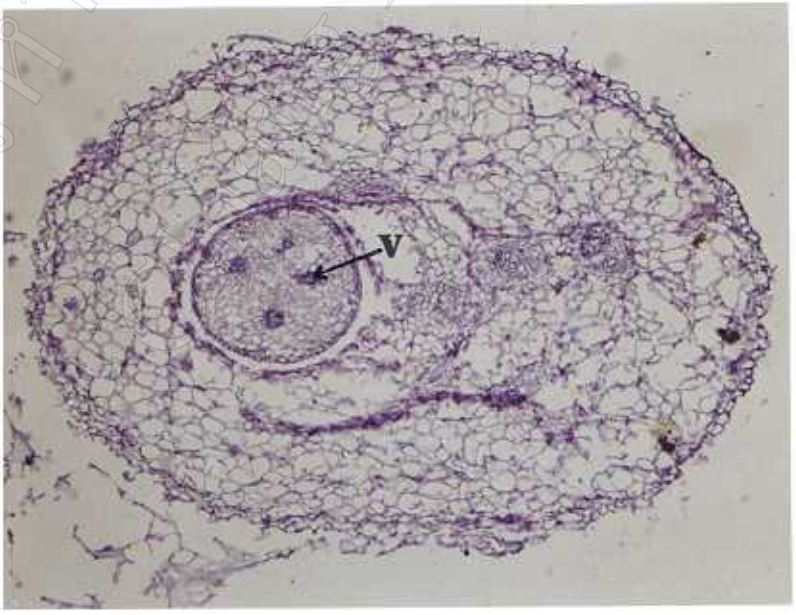
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 21 ภาพตัดตามยาวปลายรากที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นนาน 15 วัน (17.5X)

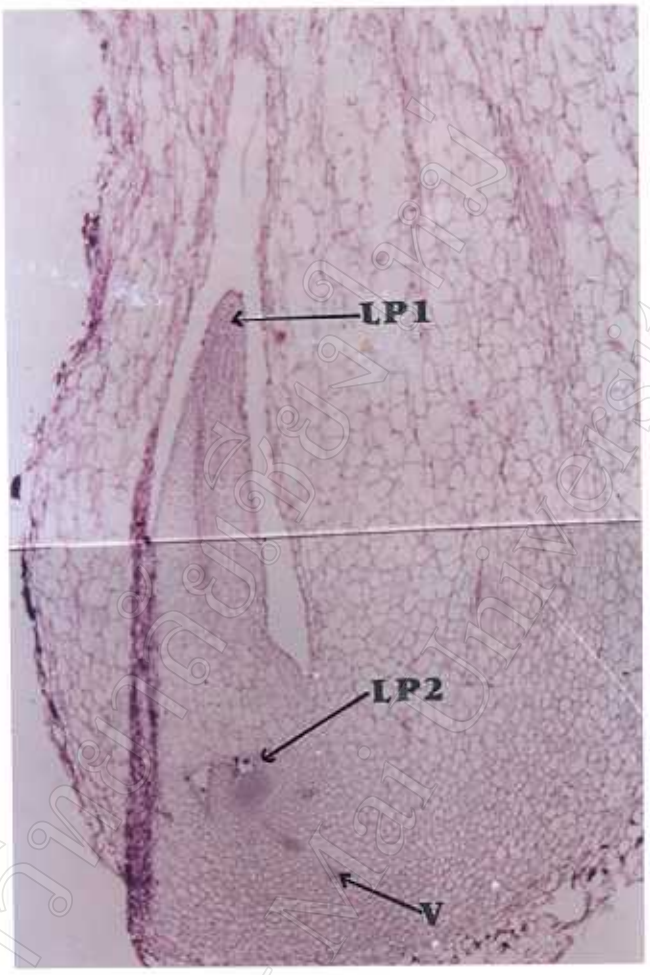
LP คือ ใบอ่อน

AM คือ เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย (apical meristem)



ภาพที่ 22 ภาพตัดตามขวางปลายรากที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นนาน 15 วัน (47.1X)

V คือ กลุ่มท่อลำเลียง



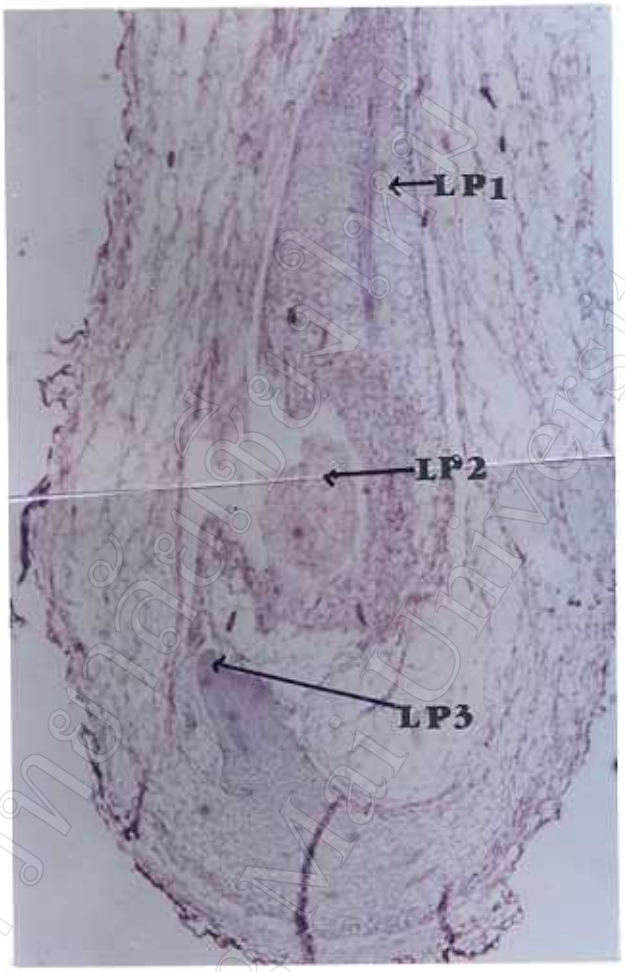
ภาพที่ 23 ภาพตัดตามยาวปลายรากที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นนาน 18 วัน (31.6X)

LP1 คือ ใบอ่อนใบแรก

LP2 คือ ใบอ่อนใบที่ 2

V คือ กลุ่มท่อลำเลียง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



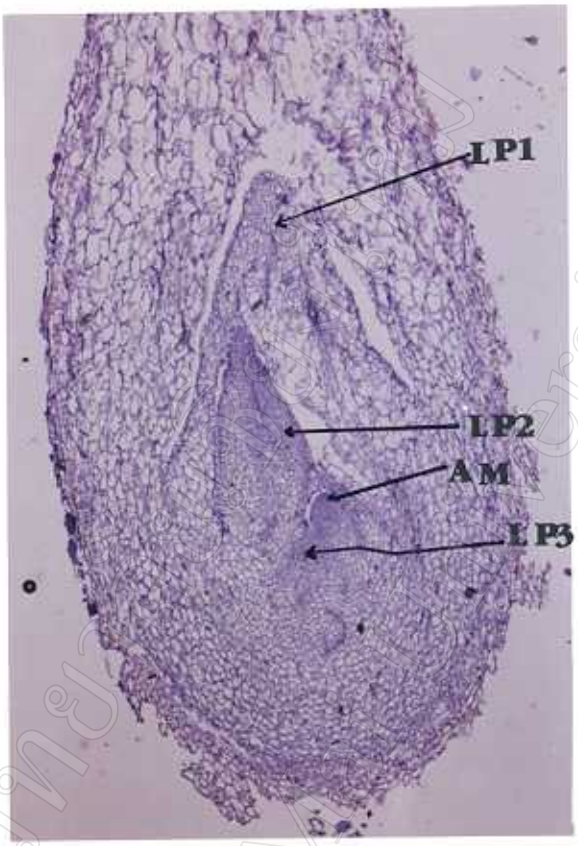
ภาพที่ 24 ภาพตัดตามยาวปลายรากที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นนาน 21 วัน (47.1X)

LP1 คือ ใบอ่อนใบแรก

LP2 คือ ใบอ่อนใบที่ 2

LP3 คือ ใบอ่อนใบที่ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 25 ภาพตัดตามยาวปลายรากที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นนาน 27 วัน (47.1X)

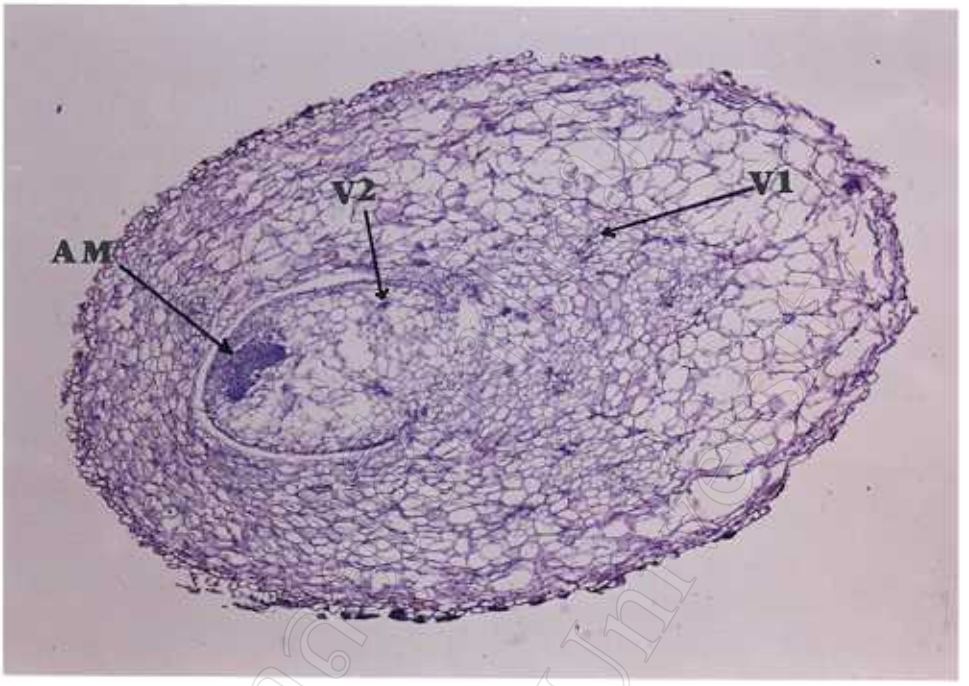
LP1 คือ ใบอ่อนใบแรก

LP2 คือ ใบอ่อนใบที่ 2

LP3 คือ ใบอ่อนใบที่ 3

AM คือ เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย (apical meristem)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 26 ภาพตัดตามขวางปลายรากที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นนาน 27 วัน (47.1X)

AM คือ เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย (apical meristem)

V1 คือ กลุ่มท่อลำเลียงของเนื้อเยื่อแม่

V2 คือ กลุ่มท่อลำเลียงของต้นใหม่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

การทดลองที่ 1.3 ผลของการเลี้ยงแผ่นใบต่อการเจริญและพัฒนา

การตัดชิ้นส่วนแผ่นใบจากต้นที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ โดยมีเส้นกลางใบติดด้วย ให้มีขนาด 5x5 มม แล้วนำไปเลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตคือ BAP และ 2,4-D ความเข้มข้นต่างๆมีผลต่อการเจริญและพัฒนาชิ้นส่วนพืชดังนี้

1.3.1 ผลร่วมของ BAP และ 2,4-D ต่อจำนวนยอดเฉลี่ย.

เมื่อใช้ BAP 0.5 มก/ล ร่วมกับ 2,4-D ทุกความเข้มข้น พบว่าสามารถชักนำให้ชิ้นส่วนเกิดยอดได้ โดยเกิดมากที่สุดเมื่อใช้ร่วมกับ 2,4-D 0.05 มก/ล คือ 9.00±0.00 ยอด แต่เมื่อใช้ 2,4-D ความเข้มข้นระดับต่ำคือ 0.025 มก/ล ร่วมกับ BAP ทุกความเข้มข้น สามารถชักนำให้เกิดยอดได้เฉลี่ย 1.00±0.00 ยอด ส่วนการใช้ BAP ร่วมกับ 2,4-D ความเข้มข้นระดับอื่นๆ ไม่สามารถชักนำให้เกิดยอดได้ ยกเว้นการใช้ BAP 1 มก/ล ร่วมกับ 2,4-D 0.1 มก/ล สามารถชักนำให้เกิดยอดได้โดยตรงเฉลี่ย 1.00±0.00 ยอด ดังแสดงในตารางที่ 18

จำนวนยอดเฉลี่ยในตารางที่ 18 มิได้นำไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางที่ 18 ผลของ BAP และ2,4-D ความเข้มข้นต่างๆ ต่อจำนวนยอดเฉลี่ยที่เกิดขึ้น

BAP (มก/ล)	2,4-D (มก/ล)				
	0	0.025	0.05	0.1	0.2
0	—	—	—	—	—
0.5	3.00±0.00	1.00±0.00	9.00±0.00	1.00±0.00	2.50±2.12
1.0	—	1.00±0.00	—	1.00±0.00	—
2.0	—	1.00±0.00	—	—	—
4.0	—	1.00±0.00	—	—	—

— ไม่พบการเกิดยอด

หากนำเฉพาะผลของการใช้ BAP ความเข้มข้น 0.5 มก/ล เมื่อใช้ร่วมกับ 2,4-D ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าจำนวนยอดใหม่เฉลี่ยที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ BAP 0.5 มก/ล ร่วมกับ 2,4-D 0.05 มก/ล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับการใช้ BAP 0.5 มก/ล ร่วมกับ 2,4-D ความเข้มข้นอื่น ดังแสดงไว้ในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ผลของ BAP 0.5 มก/ล ร่วมกับ 2,4-D ความเข้มข้นต่างๆ ต่อจำนวนยอดเฉลี่ยที่เกิดขึ้น

2,4-D (มก/ล)	จำนวนยอดเฉลี่ย
0	3.00 ± 0.00^{c}
0.025	1.00 ± 0.00^{b}
0.05	9.00 ± 0.00^{a}
0.1	1.00 ± 0.00^{b}
0.2	2.01 ± 1.50^{b}

abc อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

1.3.2 เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่เกิดแคลลัส

จากตารางที่ 20 แสดงให้เห็นว่า การใช้ BAP ร่วมกับ 2,4-D ทุกความเข้มข้นสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ ยกเว้นการใช้ BAP 1 มก/ล ร่วมกับ 2,4-D 0.05 มก/ล โดยใช้เวลาในการเกิดแคลลัสเฉลี่ย 42-133 วัน หลังจากเริ่มต้นเลี้ยง นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ BAP ความเข้มข้นระดับสูง คือ 1.0-4.0 มก/ล ร่วมกับการไม่ใช้ 2,4-D ไม่สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ ในทำนองเดียวกัน การใช้ 2,4-D อย่างเดียวก็ไม่สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนเกิดแคลลัสได้เช่นกัน ในขณะที่การใช้ BAP อย่างเดียว มีเพียงความเข้มข้น 0.5 มก/ล เท่านั้นที่สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ โดยภาพรวม เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเกิดมากเมื่อใช้ BAP ระหว่าง 0.5-1.0 มก/ล ร่วมกับ 2,4-D 0.025-0.2 มก/ล

ตารางที่ 20 ผลของ BAP และ 2,4-D ความเข้มข้นต่างๆ ต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่เกิดแคลลัส

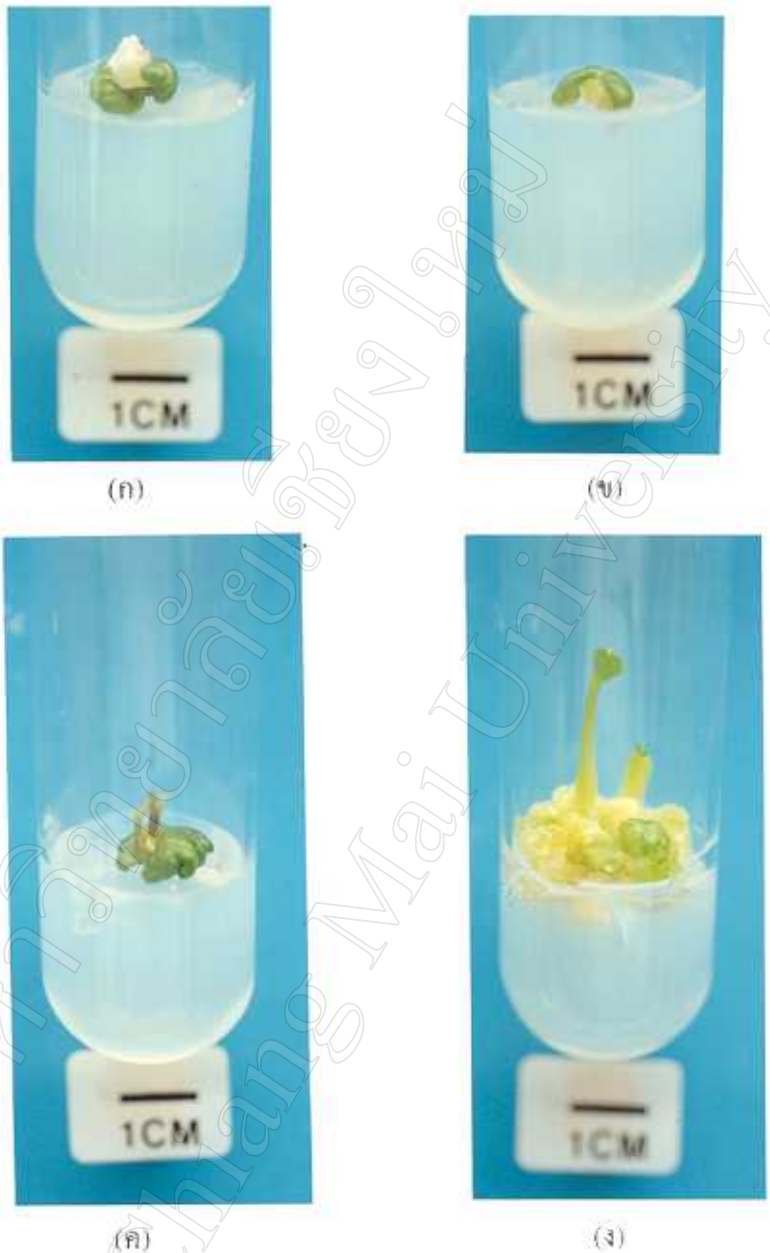
BAP (มก/ล)	2,4-D (มก/ล)				
	0	0.025	0.05	0.1	0.2
0	—	—	—	—	—
0.5	40	40	20	60	80
1.0	—	60	—	60	60
2.0	—	80	40	20	20
4.0	—	20	40	20	20

abc อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

— ไม่สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้

1.3.2 คุณภาพของยอด และแคลลัส

เมื่อเลี้ยงชิ้นส่วนแผ่นใบ พบว่าแคลลัส และ ยอด เกิดที่บริเวณเส้นกลางใบ โดยแคลลัสที่เกิด มีทั้งที่เป็นสีขาวและสีเขียว มีลักษณะเกาะตัวกันแน่น ดังแสดงในภาพที่ 27 (ก) และ (ข) ส่วนยอดที่เกิดจากเส้นกลางใบนั้น เป็นยอดเล็กๆ สีเขียวเข้ม แต่ยอดที่เกิดโดยผ่านแคลลัสที่มีสีเหลืองนั้น ยอดที่เกิดเป็นสีเขียวอ่อน อย่างไรก็ตามทั้งแคลลัสและยอดไม่มีอาการฉ่ำน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 27 (ค) และ (ง) ตามลำดับ



(ก) (ข)

(ค) (ง)

ภาพที่ 27 ลักษณะการเกิดแคลลัส และยอด เมื่อเลี้ยงชิ้นส่วนแผ่นใบบนอาหารสูตร MS ที่มี BAP และ 2,4-D ความเข้มข้นต่างๆ

(ก) แคลลัสที่เกิดบนอาหารที่ใช้ BAP 1 มก/ล ร่วมกับ 2,4-D 0.2 มก/ล

(ข) แคลลัสที่เกิดบนอาหารที่ใช้ BAP ทุกระดับ ยกเว้นที่ความเข้มข้นระดับต่ำ ร่วมกับ 2,4-D 0.025 มก/ล

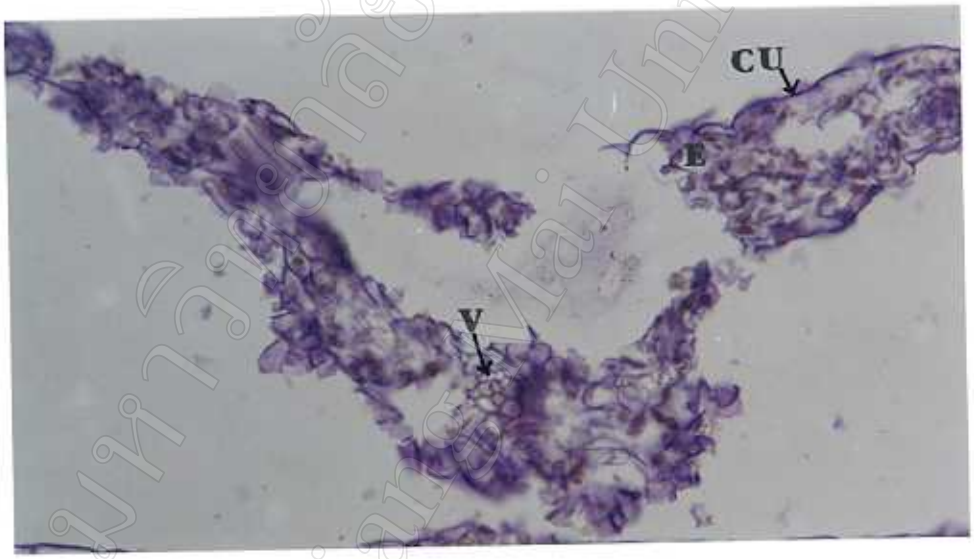
(ค) ยอดที่เกิดโดยไม่ผ่านแคลลัสบนอาหารที่ใช้ BAP 1 มก/ล ร่วมกับ 2,4-D 0.1 มก/ล

(ง) ยอดที่เกิดผ่านแคลลัสบนอาหารที่ใช้ BAP 0.5 มก/ล ร่วมกับ 2,4-D 0.1 มก/ล

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

1.3.4 การศึกษาทางเนื้อเยื่อวิทยา

แม้ว่าเมื่อนำแผ่นใบที่ได้จากการเลี้ยงปลายรากบนอาหารวุ้น นาน 60 วัน ไปตัดตามขวาง เพื่อดูโครงสร้างภายใน พบว่าแผ่นใบต้นแม่ในหลอดทดลองจากตั้งแต่ยังไม่ได้เริ่มนำไปเลี้ยงนี้มีลักษณะเซลล์แตก และหลุดจากกัน แต่ยังพอเห็นว่ามีอิพิเดอร์มิส 1 ชั้น ประกอบด้วยเซลล์ที่มีขนาดขยายใหญ่ เรียงกันไม่ชัดเจน ส่วนผนังด้านนอกเห็นไม่ชัดว่ามีคิวตินฉาบอยู่ มีกลุ่มท่อลำเลียงที่บริเวณเส้นกลางใบ แต่เซลล์ไม่เกาะกลุ่มกันเป็นชุดเซลล์ท่อลำเลียง ดูแล้วมีลักษณะผิดปกติ (ภาพที่ 28) อย่างไรก็ตามเมื่อนำไปเลี้ยงแล้ว สามารถเกิดแคลลัสตามที่กล่าวข้างต้น และเกิดต้นปกติได้



ภาพที่ 28 ภาพตัดตามขวางแผ่นใบที่ได้จากต้นแม่ซึ่งเกิดจากการเลี้ยงปลายรากบนอาหารวุ้น นาน 60 วัน (235.7X)

V คือ กลุ่มท่อลำเลียง

E คือ อิพิเดอร์มิส

CU คือ คิวติน

การทดลองที่ 2 ผลของ BAP และ 2,4-D ต่อการเกิดยอดจากชิ้นส่วนพืชที่เลี้ยง

การทดลองนี้ ประกอบด้วย 3 การทดลองย่อย

การทดลองที่ 2.1 ผลของ BAP และ 2,4-D ต่อการเกิดยอดจากแคลลัส

การตัดชิ้นส่วนแคลลัส ซึ่งได้จากการเลี้ยงบนอาหารที่มี BAP 1 มก/ล มาก่อนให้มีขนาด 2x2 มม แล้วนำมาเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตคือ BAP และ 2,4-D ความเข้มข้นต่างกัน มีผลต่อการพัฒนาของแคลลัส ไปเป็น ยอด ราก หรือ แคลลัส เมื่อเลี้ยงนาน 24 สัปดาห์ ดังนี้

2.1.1 <u>จำนวนยอดเฉลี่ย</u>

<u>ผลร่วมของ BAP และ 2,4-D</u>

เมื่อใช้ BAP ร่วมกับ 2,4-D ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่ามีอิทธิพลร่วมกันต่อจำนวนยอดเฉลี่ยที่เกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าการเลี้ยงชิ้นส่วนแคลลัส บนอาหารที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต สามารถเกิดยอดได้มากที่สุด คือ 6.40±2.70 ยอด และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเมื่อเติม 2,4-D 0.005 มก/ล ลงไปด้วย ยกเว้นเมื่อมี BAP ระดับสูงสุด นอกจากนี้เมื่อไม่ใช้ 2,4-D แต่เพิ่ม BAP ขึ้นไปทุกระดับ ให้จำนวนยอดเฉลี่ยน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการไม่ใช้ BAP แต่เมื่อเติม 2,4-D ที่ 0.005 มก/ล ร่วมกับการใช้ BAP ตั้งแต่ 0-0.05 มก/ล ให้ผลไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถ้าใช้ BAP มากถึง 0.5 มก/ล จำนวนยอดที่เกิดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ผลในทำนองนี้เกิดขึ้นกับการใช้ 2,4-D เพิ่มขึ้นเป็น 0.05 มก/ล ร่วมกับ BAP ความเข้มข้นดังกล่าว แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นขึ้นถึง 0.5 มก/ล พบว่าการใช้ร่วมกับ BAP ความเข้มข้นสูงสุด 2 ระดับ ให้จำนวนยอดเฉลี่ยเพียง 1 ยอด น้อยกว่าเมื่อใช้ร่วมกับระดับต่ำสุด และยังพบว่าการใช้ 2,4-D 5 มก/ล นั้น ชิ้นส่วนที่เลี้ยงไม่สามารถเกิดยอดได้เลย (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 ผลร่วมของ BAP และ 2,4-D ความเข้มข้นต่างกันที่มีต่อจำนวนยอดเฉลี่ย

BAP (มก/ล)	2,4-D (มก/ล)				
	0	0.005	0.05	0.5	5.0
0	6.40±2.70^{a}	4.60±0.50^{ab}	1.50±1.20^{bc}	3.20±1.90^{b}	—
0.005	3.20±1.70^{b}	5.00±4.00^{ab}	2.60±1.50^{bc}	2.20±1.60^{bc}	—
0.05	3.40±1.10^{b}	4.20±2.50^{ab}	1.80±0.80^{bc}	1.00±0.00^{c}	—
0.5	3.00±0.00^{b}	1.00±0.00^{c}	1.00±0.00^{c}	1.00±0.00^{c}	—

abc อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

— ไม่สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้

ผล (main effect) ของความเข้มข้น BAP

เมื่อใช้ BAP ระดับความเข้มข้นต่างกันในอาหาร มีผลทำให้จำนวนยอดเฉลี่ยไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นเมื่อใช้ BAP 0.5 มก/ล จะให้ผลที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการใช้ BAP ระดับความเข้มข้นอื่น ดังแสดงไว้ในตารางที่ 22

ผล (main effect) ของความเข้มข้น 2,4-D

จากตารางที่ 22 พบว่าระดับความเข้มข้นของ 2,4-D มีผลต่อจำนวนยอดที่เกิดขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการใช้ 2,4-D ที่ระดับ 0.005 มก/ล ทำให้เกิดยอดเฉลี่ยจำนวนมากรองจากการไม่ใช้ 2,4-D และ การใช้ 2,4-D 0.05 และ 0.5 มก/ล ให้จำนวนยอดอยู่ในกลุ่มน้อยที่สุด ในขณะที่ที่ระดับสูงสุดไม่เกิดยอดเลย

ตารางที่ 22 ผล (main effect) เมื่อใช้ BAP หรือ 2,4-D ความเข้มข้นต่างกันที่มีต่อจำนวนยอดเฉลี่ยที่เกิดขึ้น

BAP (มก/ล)	จำนวนวันเฉลี่ย	2,4-D (มก/ล)	จำนวนวันเฉลี่ย
0	1.72 ± 1.21^{a}	0	2.17 ± 0.01^{a}
0.005	1.78 ± 1.20^{a}	0.005	1.75 ± 1.12^{ab}
0.05	1.18 ± 0.85^{a}	0.05	0.90 ± 0.54^{c}
0.5	0.18 ± 0.25^{b}	0.5	0.25 ± 0.73^{bc}
		5.0	—

abc อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

— ไม่สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้

2.1.2 จำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดยอด

ผลร่วมของ BAP และ 2,4-D

การใช้ BAP ร่วมกับ 2,4-D ทุกความเข้มข้น สามารถเกิดยอดได้ยกเว้นการใช้ BAP ร่วมกับ 2,4-D ที่ระดับความเข้มข้นสูงที่สุด ไม่สามารถชักนำให้เกิดยอดได้ โดยใช้เวลาเฉลี่ยระหว่าง 89.25 ± 40.97-147.00 ± 8.08 วัน โดยใช้เวลามากที่สุดที่ระดับความเข้มข้นสูงที่สุด เมื่อใช้สารทั้ง 2 ชนิดร่วมกัน ดังแสดงในตารางที่ 23

จำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดยอดในตารางที่ 23 มิได้นำไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางที่ 23 ผลร่วมของ BAP และ 2,4-D ความเข้มข้นต่างกันที่มีต่อจำนวนวันเฉลี่ย เมื่อเริ่มแกิดยอด

BAP (มก/ล)	2,4-D (มก/ล)				
	0	0.005	0.05	0.5	5.0
0	103.6±32.23	126.0±19.17	128.3±20.20	105.0±0.00	—
0.005	112.0±16.65	89.25±40.97	119.0±19.17	110.6±36.17	—
0.05	126.0±19.17	112.0±15.65	112.0±15.65	133.0±25.24	—
0.5	128.3±20.21	105.0±0.00	140.0±0.00	147.0±8.08	—

— ไม่สามารถชักนำให้เกิดยอดได้

ผล (main effect) ของการใช้ BAP

จากตารางที่ 24 พบว่า การใช้ BAP ความเข้มข้นระดับต่างกัน ใช้เวลาในการเริ่มเกิดยอดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ใช้เวลาในการเริ่มเกิดยอดน้อยที่สุด เมื่อไม่ใช้ BAP

ผล (main effect) ของการใช้ 2,4-D

การใช้ 2,4-D ความเข้มข้นระดับต่างกัน ใช้เวลาในการเริ่มเกิดยอดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจำนวนวันเมื่อเริ่มเกิดยอดน้อยเมื่อใช้ 2,4-D 0-0.05 มก/ล ซึ่งจำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดยอดมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้ 2,4-D 0.5 หรือ 5.0 มก/ล (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 24 ผล (main effect) ของ BAP หรือ 2,4-D ที่มีต่อจำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดยอด

BAP (มก/ล)	จำนวนวันเฉลี่ย	2,4-D (มก/ล)	จำนวนวันเฉลี่ย
0	98.70±25.01^{c}	0	109.70±22.99^{bc}
0.005	123.90±20.35^{a}	0.005	98.00±26.42^{c}
0.05	116.70±34.21^{ab}	0.05	115.10±28.28^{abc}
0.5	116.70±17.23^{ab}	0.5	122.10±20.74^{ab}
		5.0	138.60±20.04^{a}

abc อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

2.1.3 <u>จำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดราก</u>

<u>ผลร่วมของ BAP และ 2,4-D</u>

แคลลัสสามารถให้ต้นที่เกิดรากได้โดยตรง ในเกือบทุกกรรมวิธี เมื่อใช้ BAP และ 2,4-D ร่วมกัน โดยใช้ BAP ในช่วง 0, 0.005 และ 0.05 มก/ล และ 2,4-D ในช่วง 0-0.5 มก/ล ยกเว้นเมื่อใช้ 2,4-D อย่างเดียว ที่ 0.05 มก/ล และ 2,4-D 0.5 มก/ล ร่วมกับ BAP 0.05 มก/ล แต่เมื่อใช้ 2,4-D ระดับสูงสุด 5.0 มก/ล ร่วมกับ BAP ทุกระดับ หรือ BAP ระดับสูงสุด 0.5 มก/ล ร่วมกับ 2,4-D ทุกระดับ แคลลัสไม่เกิดรากเลย (ตารางที่ 25) โดยภาพรวมจำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดราก ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยเกิดในช่วง 119.00-24.25-140.00 วัน

ตารางที่ 25 ผลร่วมของ BAP และ 2,4-D ที่มีต่อจำนวนวันเฉลี่ย เมื่อเริ่มเกิดราก

BAP (มก/ล)	2,4-D (มก/ล)				
	0	0.005	0.05	0.5	5.0
0	131.30±17.50^{bc}	140.00±0.00^{ab}	—	135.80±18.25^{abc}	—
0.005	128.00±19.17^{bc}	122.50±20.21^{c}	148.40±7.66^{a}	119.00±24.25^{c}	—
0.05	131.30±17.50^{bc}	126.00±19.17^{bc}	121.80±23.53^{c}	—	—
0.5	—	—	—	—	—

abc อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

— ไม่พบการเกิดราก

ผล (main effect) ของ BAP

การใช้ BAP ความเข้มข้นต่างกัน ใช้เวลาในการเริ่มเกิดรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใช้เวลาน้อยที่สุดเมื่อใช้ BAP ความเข้มข้น 0.05 มก/ล และใช้เวลามากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อลดความเข้มข้น BAP ลงเป็น 0 หรือ 0.005 มก/ล และไม่สามารถเกิดรากได้เลยเมื่อใช้ BAP ความเข้มข้นสูง 0.5 มก/ล (ตารางที่ 26)

ผล (main effect) ของ 2,4-D

การใช้ 2,4-D ความเข้มข้นต่างกัน ใช้เวลาในการเริ่มเกิดรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใช้เวลามากกว่าเมื่อไม่ใช้ 2,4-D หรือ ใช้ 2,4-D 0.005 มก/ล และใช้เวลาน้อยลงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มความเข้มข้น 2,4-D เป็น 0.05 มก/ล และไม่สามารถเกิดรากได้เลยเมื่อใช้ 2,4-D ความเข้มข้นสูง 5 มก/ล (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 26 ผล (main effect) ของ BAP หรือ 2,4-D ต่อจำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดราก

BAP (มก/ล)	จำนวนวันเฉลี่ย	2,4-D (มก/ล)	จำนวนวันเฉลี่ย
0	101.80±37.75[a]	0	129.50±8.37[a]
0.005	129.00±11.93[a]	0.005	129.50±8.62[a]
0.05	94.76±36.90[b]	0.05	123.40±13.28[b]
0.5	—	0.5	118.30±11.01[b]
		5.0	—

ab อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

— ไม่พบการเกิดราก

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

2.1.4 เปอร์เซ็นต์ของชิ้นส่วนแคลลัสที่สามารถชักนำให้เกิดรากได้

ผลร่วมของ BAP และ 2,4-D

จากตารางที่ 27 จะเห็นได้ว่า แคลลัสสามารถให้ต้นที่เกิดรากได้มากที่สุด 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเลี้ยง บนอาหารที่มีเฉพาะ BAP ที่ความเข้มข้นต่ำ 0.005 มก/ล และเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของ BAP พบว่าเปอร์เซ็นต์การเกิดรากน้อยลงจนไม่สามารถเกิดรากได้ เมื่อใช้ BAP ความเข้มข้นสูงที่สุด คือ 0.5 มก/ล เมื่อใช้ร่วมกับ 2,4-D ทุกระดับไม่สามารถเกิดรากได้ เช่นเดียวกับการใช้ 2,4-D ความเข้มข้นสูงที่สุด คือ 5.0 มก/ล เมื่อใช้ร่วมกับ BAP ทุกความเข้มข้น

ตารางที่ 27 ผลร่วมของ BAP และ 2,4-D ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ของแคลลัสที่เกิดราก

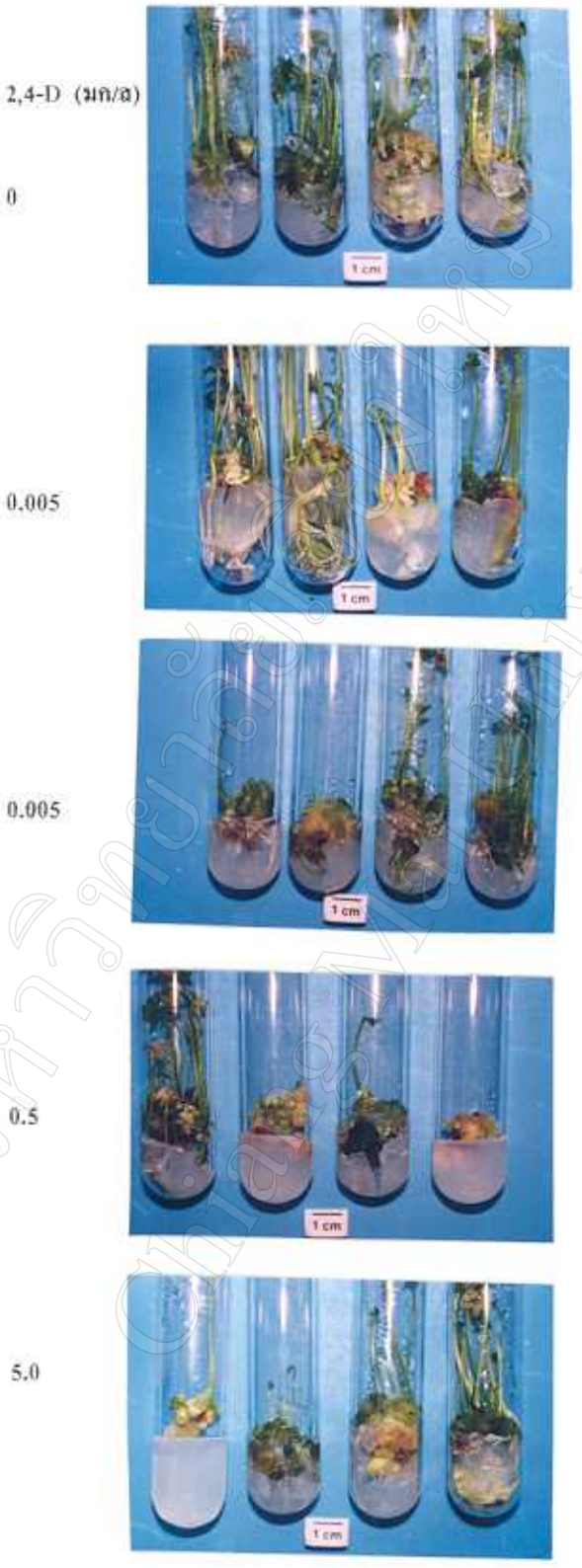
BAP	2,4-D (มก/ล)				
(มก/ล)	0	0.005	0.05	0.5	5.0
0	40	50	—	60	—
0.005	70	40	50	30	—
0.05	30	50	50	—	—
0.5	—	—	—	—	—

— ไม่พบการเกิดราก

2.1.5 คุณภาพของยอด และราก

การเกิดพืชต้นใหม่ จากการเลี้ยงแคลลัส ในการทดลองนี้ เกิดได้ 2 แบบคือ เกิดจากแคลลัสโดยตรง และเกิดโดยแทงออกจากภายในราก (direct organogenesis) ของรากที่เกิดจากต้นใหม่ และพบว่าต้นใหม่ที่ได้จากยอดที่เกิดจากแคลลัสนั้น ค่อนข้างฉ่ำน้ำ และใบเล็ก ในขณะที่ต้นใหม่ที่ได้จากยอดที่แทงออกจากกลางรากนั้น ไม่แสดงอาการฉ่ำน้ำ ก้านใบแข็งแรง และสังเกตพบว่าใบที่แทงออกมานั้นเกิดพร้อมกัน 1-2 ใบ

สำหรับรากที่เกิดจากต้นผ่านแคลลัสในการทดลองนี้ เกิดทั้งรากใหญ่และรากเล็ก ซึ่งรากใหญ่ที่เกิดขึ้นมีสีขาว อวบ เป็นรากชนิดที่มีใบแทงออกมาบริเวณกลางราก ส่วนรากที่เกิดอีกชนิดหนึ่ง เป็นรากเล็กพบว่า รากเล็กนี้ เกิดบริเวณโคนก้านใบ หรือบางส่วนแทงออกมาจากรากใหญ่ก็ได้ (ภาพที่ 29)



ภาพที่ 29 ผลของ BAP และ 2,4-D ต่อการเกิดยอดจากแคลลัส

มหาวิทยาลัยนเรศวร Naresuan University

การทดลองที่ 2.2 ผลของ BAP และ 2,4-D ต่อการเกิดยอดจากก้านใบ

การนำชิ้นส่วนโคนก้านใบที่ได้จากต้นที่เลี้ยงบนอาหารที่มี BAP มาก่อน โดยใช้ขนาด 5 มม ไปเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญ เติบโตคือ 2,4-D และ BAP หรือไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตเป็นเวลา 21 สัปดาห์ มีผลต่อการพัฒนาของชิ้นส่วนไปเป็นยอดใหม่ดังนี้

2.2.1 จำนวนยอดใหม่เฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด

การเลี้ยงโคนก้านใบบนอาหารสูตร MS ที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตไม่สามารถชักนำให้เกิดยอดได้ แต่โคนก้านใบที่เลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP 1 มก/ล หรือ 2,4-D 0.05 มก/ล ให้จำนวนยอดใหม่เฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ เกิดยอดเฉลี่ย 1-2 ยอด แต่การเลี้ยงโคนก้านใบบนอาหารที่เติม BAP 1 มก/ล สามารถเกิดยอดได้ 60 เปอร์เซ็นต์ จากชิ้นส่วนทั้งหมดที่เลี้ยง ในขณะที่อาหารที่มี 2,4-D 0.05 มก/ล ให้ยอดเฉลี่ยเพียง 40 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 28)

2.2.2 จำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิด ยอด หรือราก

นำจำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิด ยอด หรือราก ไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าจำนวนวันที่ใช้ในการเริ่มเกิดยอด จากโคนก้านใบที่เลี้ยงบนอาหารที่มี BAP 1 มก/ล หรือ 2,4-D 0.05 มก/ล ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยใช้เวลาเฉลี่ย 98.00$\pm$9.80-105.00$\pm$0.00 วัน ส่วนการเกิดรากนั้นมีเพียงชิ้นส่วนโคนก้านใบที่เลี้ยงบนอาหารที่มี 2,4-D 0.05 มก/ล เท่านั้น ที่สามารถเกิดรากได้ โดยใช้เวลาเฉลี่ย 122.50 $\pm$ 24.75 วัน (ตารางที่ 28)

2.2.3 คุณภาพยอด และราก

การเลี้ยงชิ้นส่วนโคนก้านใบนั้น พบว่าเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงจากรอยตัดด้านในบริเวณที่สัมผัสกับอาหาร โดยเกิดแคลลัสสีขาวที่เกาะตัวกันแน่นก่อน จากนั้นจึงพัฒนาเป็นยอดแล้วกลายเป็นใบสีเขียว

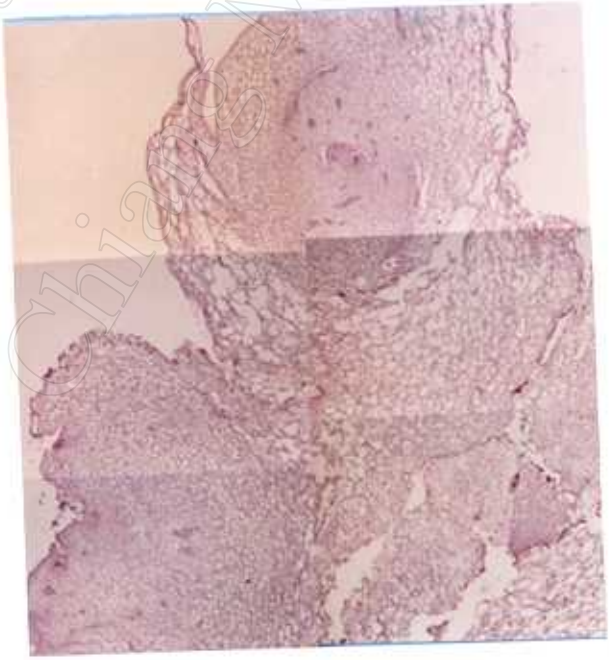
ตารางที่ 28 ผลของอาหารที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันต่อจำนวนยอดเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด และจำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดยอดหรือราก

อาหาร	จำนวนยอดเฉลี่ย/ชิ้นส่วน	เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่เกิดยอด	จำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิด	
			ยอด	ราก
MS	—	—	—	—
MS + BAP 1 มก/ล	1.00±0.00	60	105.00±0.00	—
MS + 2,4-D 0.05 มก/ล	2.00±1.40	40	98.00 ±9.80	122.50±24.75
	NS		NS	

— ไม่สามารถชักนำให้เกิดยอดได้

2.2.4 การศึกษาทางเนื้อเยื่อวิทยา

เมื่อนำชิ้นส่วนโคนก้านใบที่เลี้ยงบนอาหารสูตร MS จนเกิดแคลลัสไปศึกษาทางเนื้อเยื่อวิทยา พบว่าการเกิดยอดใหม่จากการเลี้ยงโคนก้านใบนั้นเกิดจาก embryogenic callus (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 30 ภาพตัดตามยาวของการเกิด embryogenic callus จากการเลี้ยงชิ้นส่วนโคนก้านใบ

การทดลองที่ 2.3 ผลของ BAP และ 2,4-D ต่อการเกิดยอดจากชิ้นส่วนราก

การตัดปลายรากขนาด 2 มม แล้วนำมาเลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต คือ 2,4-D และ BAP ความเข้มข้น 0.05 และ 1 มก/ล ตามลำดับ หรืออาหารที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต หรืออาหารที่มีทั้ง BAP และ 2,4-D เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ให้ผลดังนี้

2.3.1 จำนวนยอดเฉลี่ย

ในตารางที่ 29 พบว่าการเลี้ยงชิ้นส่วนปลายรากบนอาหารสูตร MS ที่เติมหรือไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตสามารถชักนำให้เกิดยอดได้ เมื่อนำจำนวนยอดเฉลี่ยไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าจำนวนยอดเฉลี่ยที่เกิดขึ้นต่อชิ้นส่วนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยอยู่ในช่วง 1.50±0.54 - 2.66±1.15 ยอด

2.3.2 เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด

สำหรับเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดของชิ้นส่วนนั้น ดูคล้ายกับว่า 2,4-D จะไปลดเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดลง คือจากอาหารที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตสามารถชักนำให้เกิดยอดได้ 40 เปอร์เซ็นต์ แต่พอเติม 2,4-D มีผลให้เปอร์เซ็นต์การเกิดยอดลดลงเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เมื่อใช้ 2,4-D ร่วมกับ BAP จะไม่มีผลในการยับยั้งเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่เกิดยอด คือ เกิดยอดได้ 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเท่ากับการเติมเฉพาะ BAP (ตารางที่ 29)

2.3.3 จำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดยอดหรือแคลลัส

เมื่อนำจำนวนวันที่ใช้ในการเริ่มเกิดยอด หรือแคลลัส ไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าจำนวนวันที่ใช้ในการเกิดแคลลัส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ ใช้เวลา 43.40±11.50 - 56.00±0.00 วัน สำหรับจำนวนวันที่ใช้ในการเกิดยอดนั้น พบว่าเมื่อเลี้ยงชิ้นส่วนรากบนอาหารที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต ใช้เวลาในการเกิดยอดเฉลี่ย 35.00±0.00 วัน และจากตารางที่ 29 สังเกตได้ว่าการเติม 2,4-D จะทำให้จำนวนวันเมื่อเริ่มเกิดยอดเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต และเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อใช้ร่วมกับ BAP

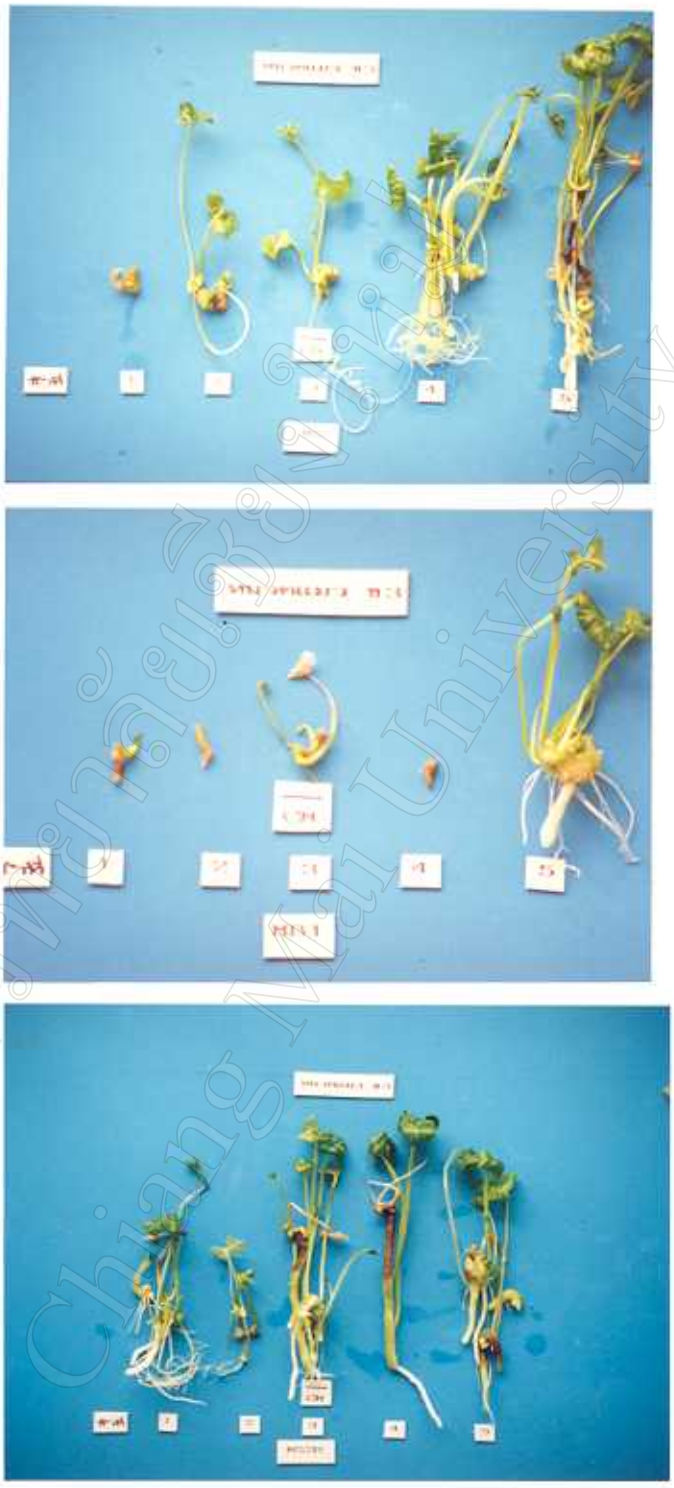
ตารางที่ 29 ผลของอาหารที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกันที่มีต่อจำนวนยอดเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด และจำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดยอดหรือ แคลลัส

อาหาร +สารควบคุมการเจริญเติบโต (มก/ล)	จำนวนยอดเฉลี่ยต่อชิ้นส่วน	เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่เกิดยอด	จำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิด	
			ยอด	แคลลัส
MS	1.75±1.50	40	35.00±0.06[b]	56.00±0.00
MS+2,4-D 0.05	2.66±1.15	30	42.00±12.12[ab]	56.00±0.00
MS+BAP 1	1.50±0.54	60	35.00±0.00[b]	49.00±12.12
MS+2,4-D 0.05+BAP 1	1.51±0.54	60	49.00±10.84[a]	43.40±11.5
	NS			NS

ab อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

2.3.4 คุณภาพของต้นใหม่

จากภาพที่ 31 จะเห็นว่า ต้นใหม่ที่ได้จากการเลี้ยงชิ้นส่วนบนอาหารที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตและต้นที่ได้จากการเลี้ยงบนอาหารที่มีทั้ง BAP 1 มก/ล และ 2,4-D 0.05 มก/ล ต้นมีลักษณะสมบูรณ์แข็งแรงดี แต่ละต้นมีรากใหญ่อันใหม่งอกออกมา เป็นสีขาว หลายราก และมีรากเล็กเกิดขึ้นด้วย ส่วนต้นที่ได้จากการเลี้ยงบนอาหารที่มีเฉพาะ BAP มีราก ใหญ่เพียงรากเดียว สำหรับยอดที่เกิดจากปลายรากเจริญได้ระยะหนึ่งก็กลายเป็นสีน้ำตาล



ภาพที่ 31 ต้นอ่อนที่เกิดจากการเลี้ยงปลายรากบนอาหารสูตร MS ที่ไม่มีและมี BAP และ BAP ร่วมกับ 2,4-D เมื่อเลี้ยงนาน 10 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การทดลองที่ 3 ผลของ BAP และ 2,4-D ต่อการสร้างยอดจากแคลลัสแบบต่างๆ

การทดลองชุดนี้มี 2 การทดลองย่อยดังนี้

การทดลองที่ 3.1 ผลของ BAP และ 2,4-D ต่อการพัฒนาของแคลลัสแบบเซลล์เกาะกันหลวมๆ

เมื่อตัดชิ้นส่วนแคลลัสให้มีผิวด้านนอกติดมาด้วยขนาด 5x5x5 มม แล้วนำไปเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตคือ BAP และ 2,4-D ความเข้มข้นแตกต่างกันให้ผลดังนี้

3.1.1 <u>จำนวนยอดเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด</u>

การเลี้ยงแคลลัสบนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP หรือ 2,4-D บางความเข้มข้นสามารถชักนำให้แคลลัสเกิดยอดได้ เมื่อนำจำนวนยอดที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติ มีความแตกต่างกันดังนี้ การเติม 2,4-D 0.025 มก/ล ให้ยอดเฉลี่ยมากที่สุดต่างจากเมื่อใช้ BAP 1.0 มก/ล ที่ช่วยให้เกิดยอดได้เพียง 1.22$\pm$0.57 ยอด/ชิ้นส่วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การใช้ 2,4-D 0.05 หรือ BAP 0.5 มก/ล ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ 2.00$\pm$1.41 หรือ 2.80$\pm$1.64 ยอด/ชิ้นส่วน ตามลำดับ แต่การใช้ BAP 0.5 มก/ล สามารถชักนำแคลลัสให้เกิดยอดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้ 2,4-D 0.05 มก/ล เกิดยอดได้ 80 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการใช้ BAP 1 มก/ล นั้นเกิดยอดได้น้อยที่สุด คือเกิดได้เพียง 60 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น (ตารางที่ 30)

ตารางที่ 30 ผลของอาหารสูตร MS ที่มี BAP และ 2,4-D ความเข้มข้นแตกต่างกันที่มีต่อจำนวนยอดเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด

สารควบคุมการเจริญเติบโต	ความเข้มข้น (มก/ล)	จำนวนยอดเฉลี่ย ต่อชิ้นส่วน	เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่เกิดยอด
2,4-D	0.025	3.75 ± 0.50^{a}	80
2,4-D	0.05	2.00 ± 1.41^{ab}	80
2,4-D	0.10	—	—
2,4-D	0.20	—	—
BAP	0.5	2.80 ± 1.64^{ab}	100
BAP	1.0	1.22 ± 0.57^{b}	60
BAP	2.0	—	—
BAP	4.0	—	—

ab อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

— ไม่สามารถชักนำให้เกิด ยอดได้

3.1.2 จำนวนวันเฉลี่ยที่ใช้ในการเกิดยอด หรือราก

จากการเลี้ยงชิ้นส่วนแคลลัส บนอาหารที่มี BAP หรือ 2,4-D บางความเข้มข้นสามารถชักนำให้เกิดยอดหรือรากได้ในเวลาต่างกัน (ตารางที่ 31) เมื่อนำจำนวนวันที่ใช้ในการเริ่มเกิดยอด หรือราก ไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า การใช้ 2,4-D 0.05 มก/ล ใช้เวลาน้อยที่สุดคือ 105.00±32.83 วัน ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการใช้ 2,4-D 0.025 มก/ล ที่ใช้เวลาเฉลี่ย 129.50±7.00 วัน ในขณะที่การใช้ BAP 1 มก/ล ใช้เวลาเฉลี่ยในการเกิดยอดมากที่สุดคือ 231.00±0.00 วัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการใช้ 2,4-D 0.025 หรือ 0.05 มก/ล แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการใช้ BAP 0.5 มก/ล ที่ใช้เวลาเฉลี่ยในการเกิดยอด 191.80±87.65 วัน ส่วนการเกิดรากนั้น พบว่าการใช้ 2,4-D 0.025-0.1 มก/ล ใช้เวลาในการเกิดรากเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ อยู่ในช่วง 56.00±29.70-77.00±0.00 วัน แต่แตกต่างอย่างมี นัยสำคัญกับการใช้ BAP 1 มก/ล ซึ่งใช้เวลาเฉลี่ยนานถึง 231.00±0.00 วัน

ตารางที่ 31 จำนวนวันเฉลี่ยเพื่อเริ่มเกิดยอด หรือราก จากการเลี้ยงชิ้นส่วนแคลลัส บนอาหารสูตร MS ที่มี BAP และ 2,4-D ความเข้มข้นแตกต่างกัน

สารควบคุมการเจริญเติบโต	ความเข้มข้น (มก/ล)	จำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิด	
		ยอด	ราก
2,4-D	0.025	129.50±7.00^{bc}	77.00±0.00^{b}
2,4-D	0.05	105.00±32.83^{c}	56.00±24.25^{b}
2,4-D	0.10	—	56.00±29.70^{b}
2,4-D	0.20	—	—
BAP	0.5	191.80±87.65^{ab}	231.00±0.00^{a}
BAP	1.0	231.00±0.00^{a}	—
BAP	2.0	—	—
BAP	4.0	—	—

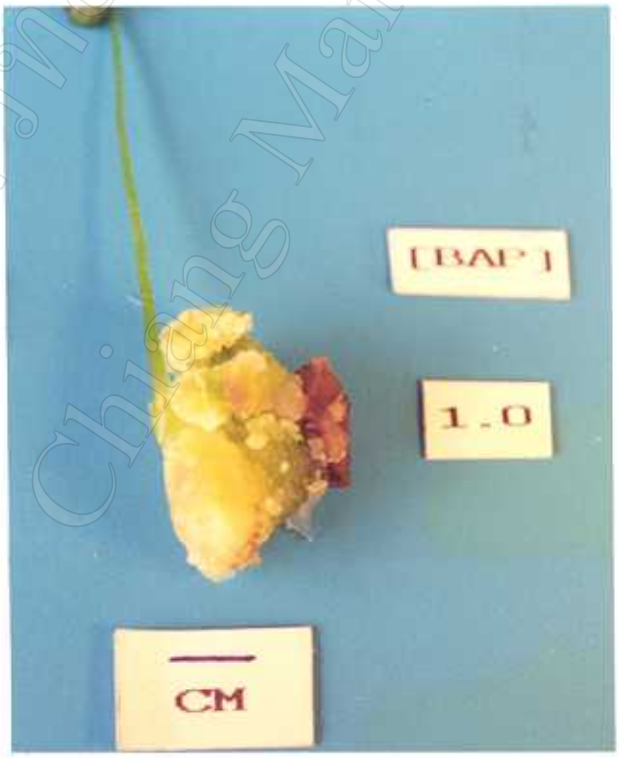
abc อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

— ไม่สามารถชักนำให้เกิด ยอดได้

3.1.3 คุณภาพต้นใหม่และแคลลัส

ต้นใหม่ที่ได้จากการเลี้ยงแคลลัส บนอาหารที่มี 2,4-D ไม่มีลักษณะฉ่ำน้ำ เกิดเฉพาะรากเล็ก แผ่นใบเล็ก แคลลัสเกาะกันหลวมๆ มีสีเหลือง (ภาพที่ 32) ส่วนยอดที่เกิดจากการเลี้ยงแคลลัสบนอาหารที่มี BAP 1 มก/ล เป็นยอดที่มีอาการฉ่ำน้ำ (ภาพที่ 33)

ภาพที่ 32 ต้นใหม่ที่ได้จากการเลี้ยงแคลลัส บนอาหารสูตร MS ที่มี 2,4-D 0.05 มก/ล



ภาพที่ 33 ยอดใหม่ที่ได้จากการเลี้ยงแคลลัส บนอาหารสูตร MS ที่มี BAP 1 มก/ล

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

การทดลองที่ 3.2 ผลของ BAP และ 2,4-D ต่อการพัฒนาของแคลลัสที่เกาะกันแน่น

เมื่อตัดแคลลัสที่มีลักษณะคล้ายยอดมาเลี้ยง 1 ก้อน/หลอด บนอาหารสูตร MS โดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตคือ BAP และ 2,4-D ความเข้มข้นต่างกันให้ผลดังแสดงในตารางที่ 32

3.2.1 จำนวนยอดเฉลี่ย

ผลร่วมระหว่างความเข้มข้นของ BAP และ 2,4-D

จากตารางที่ 32 พบว่าความเข้มข้นของ BAP และ 2,4-D ที่ใช้ในอาหารมีอิทธิพลร่วมกันส่งผลให้จำนวนยอดเฉลี่ย/ชิ้นส่วน ที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยภาพรวมการไม่ใช้ BAP หรือ 2,4-D หรือ การใช้ร่วมกัน คือ BAP 0 มก/ล ร่วมกับ 2,4-D ทุกระดับ ให้ผลไม่แตกต่างกันมากนัก แต่เมื่อใช้ BAP ระดับสูง 1.0 และ 2.0 มก/ล เมื่อไม่มี 2,4-D หรือมี 2,4-D ร่วมด้วย จำนวนยอดเฉลี่ยที่ได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และผลนี้เห็นได้ชัด เมื่อใช้ BAP ระดับสูงสุดร่วมกับ 2,4-D ตั้งแต่ 0.025, 0.05 และ 0.1 มก/ล ที่ไม่เกิดยอดจากแคลลัสเลย

ตารางที่ 32 ผลร่วมของ BAP และ 2,4-D ความเข้มข้นต่างกันที่มีต่อจำนวนยอดเฉลี่ยจากแคลลัสที่เกาะกันแน่นที่เกิดขึ้น

BAP (มก/ล)	2,4-D (มก/ล)				
	0	0.0125	0.025	0.05	0.10
0	2.30 ± 0.50^{ab}	2.30 ± 1.50^{ab}	3.30 ± 3.20^{a}	—	2.50 ± 0.70^{ab}
0.025	2.50 ± 2.10^{ab}	2.60 ± 0.50^{ab}	1.50 ± 0.70^{abc}	1.50 ± 0.70^{abc}	2.50 ± 0.70^{ab}
0.5	—	3.00 ± 0.00^{ab}	1.00 ± 0.00^{abc}	—	1.50 ± 0.70^{abc}
1.0	1.50 ± 0.70^{abc}	1.00 ± 0.00^{bc}	2.00 ± 1.40^{ab}	1.00 ± 0.00^{bc}	—
2.0	1.00 ± 0.00^{bc}	2.00 ± 1.40^{ab}	—	—	—

ab อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

— ไม่สามารถชักนำให้เกิดยอดได้

ผล (main effect) ของความเข้มข้น BAP

เมื่อใช้ BAP ระดับความเข้มข้นต่างกันในอาหาร มีผลทำให้จำนวนยอดเฉลี่ยที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือการไม่ใช้ หรือใช้ BAP 0.025 มก/ล ให้ผลดีที่สุด คือ เกิดได้ 2.10±0.87 และ 2.13±0.47 ยอด/ชิ้นส่วน ตามลำดับ ดีกว่าการใช้ BAP ที่ระดับสูงกว่านี้

ผล (main effect) ของความเข้มข้น 2,4-D

การใช้ 2,4-D ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันในอาหาร มีผลต่อจำนวนยอดเฉลี่ยที่เกิดขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ สามารถชักนำให้เกิดยอดได้ดีที่สุด เมื่อใช้ 2,4-D 0.0125 มก/ล คือ 2.20±0.19 ยอด/ชิ้นส่วน ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ กับการใช้ 2,4-D 0 และ 0.025 มก/ล ขณะที่การใช้ 2,4-D 0.05 และ 0.1 มก/ล เกิดยอดได้เฉลี่ย 0.50±0.09 และ 1.30±0.14 ยอด/ ชิ้นส่วน ตามลำดับ

ตารางที่ 33 ผล (main effect) เมื่อใช้ BAP หรือ 2,4-D ความเข้มข้นต่างกันต่อจำนวนยอดเฉลี่ยจากแคลลัสที่เกาะกันแน่นที่เกิดขึ้น

BAP (มก/ล)	จำนวนยอดเฉลี่ย/ชิ้นส่วน	2,4-D (มก/ล)	จำนวนยอดเฉลี่ย/ชิ้นส่วน
0	2.10±0.87^{a}	0	1.46±0.55^{ab}
0.025	2.13±0.42^{a}	0.0125	2.20±0.19^{a}
0.5	1.10±0.56^{b}	0.025	1.56±0.16^{ab}
1.0	1.10±0.39^{b}	0.05	0.50±0.09^{c}
2.0	0.80±0.44^{b}	0.1	1.30±0.14^{b}

abc อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

3.2.2 จำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดยอด

ชิ้นส่วนแคลลัสที่นำมาเลี้ยง สามารถเกิดยอดใหม่ได้เร็วที่สุด คือเฉลี่ย 21.00±0.00 วัน เมื่อเลี้ยงบนอาหารที่มี 2,4-D 0.1 มก/ล อย่างเดียว หรือการใช้ BAP 0.025 มก/ล ร่วมกับ 2,4-D 0.05 มก/ล (ตารางที่ 34) และเห็นได้ชัดว่า เมื่อใช้ BAP ความเข้มข้นสูงตั้งแต่ 0.5 มก/ล ขึ้นไปและใช้ร่วมกับ 2,4-D ทำให้การเกิดยอดช้ามาก และไม่เกิดยอดเมื่อใช้ 2,4-D ร่วมกับ BAP 2 มก/ล

จากตารางที่ 34 ผลร่วมของ BAP และ 2,4-D ความเข้มข้นต่างกันที่มีต่อจำนวนยอดเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดยอด ไม่ได้นำไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางที่ 34 ผลร่วมของ BAP และ 2,4-D ความเข้มข้นต่างกันที่มีต่อจำนวนยอดเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดยอด

BAP (มก/ล)	2,4-D (มก/ล)				
	0	0.0125	0.025	0.05	0.10
0	49.00±12.10	114.30±28.20	74.67±20.20	—	21.00±0.00
0.025	63.00± 0.00	72.30±44.40	98.00±0.00	21.00±0.00	163.30±56.50
0.5	—	98.00±0.00	182.00±0.00	—	182.00±0.00
1.0	98.00± 0.00	142.30±68.70	182.00±0.00	182.00±0.00	—
2.0	142.30±68.7	—	—	—	—

— ไม่สามารถชักนำให้เกิดยอดได้

3.2.3 คุณภาพของยอด และต้นใหม่

การเลี้ยงชิ้นส่วนแคลลัสบนอาหารที่ไม่มี BAP พบว่ายอดที่เกิดขึ้นสามารถเจริญเป็นต้นใหม่ได้ดีคือ เกิดใบได้ 3-4 ใบ และมีรากใหญ่และรากเล็ก โดยใบและรากที่เกิดขึ้นไม่มีอาการฉ่ำน้ำ ส่วนยอดที่เกิดบนอาหารที่มี BAP ความเข้มข้นอื่นๆ นั้น ยอดสามารถเจริญเป็นใบได้เพียงยอดละ 1-2 ใบเท่านั้น และส่วนใหญ่ไม่สามารถเกิดรากได้ ยกเว้นการเลี้ยงบนอาหารที่ใช้ BAP 0.5 มก/ล ร่วมกับ 2,4-D 0.0125 มก/ล ซึ่งชิ้นส่วนสามารถเกิดรากใหญ่และรากเล็กได้ แต่มีใบเพียง 1-2 ใบ หรือการใช้ BAP 0.025 มก/ล อย่างเดียว สามารถเกิดรากเล็กได้ (ภาพที่ 34)

ภาพที่ 34 ต้นใหม่ที่ได้จากการเลี้ยงแคลลัสที่เกาะกันแน่น

การทดลองที่ 4 ผลของการตัดแบ่งชิ้นส่วนที่มีต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มปริมาณของยอดใหม่

การทดลองชุดนี้มี 2 การทดลองย่อย ดังนี้

การทดลองที่ 4.1 การตัดแบ่งยอดกระจุก

การตัดแบ่งยอดจากยอดกระจุกตามแนวยาวเป็น 2 และ 4 ส่วน และการไม่ตัดแบ่งเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม 2,4-D 0.05 มก/ล มีผลต่อการเจริญ และการเพิ่มปริมาณของยอดใหม่ดังนี้

4.1.1 จำนวนยอดใหม่เฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด

เมื่อตัดยอดลักษณะต่างๆ เลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม 2,4-D 0.05 มก/ล สามารถชักนำให้เกิดยอดใหม่ได้ เมื่อนำจำนวนยอดใหม่ที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ เฉลี่ย 2.40±0.54 – 4.00±1.40 ยอด แต่เปอร์เซ็นต์การเกิดยอดที่ผ่าสี่ส่วน เกิดยอดใหม่ได้มากที่สุด 87 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการไม่ผ่าและการผ่าครึ่งเกิดยอดได้น้อยที่สุด คือ 62-70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 35)

ตารางที่ 35 ผลของการตัดยอดกระจุกแบบต่างๆ ต่อจำนวนยอดใหม่เฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดใหม่

ลักษณะการตัด	จำนวนยอดใหม่เฉลี่ย/ชิ้นส่วน	เปอร์เซ็นต์การเกิดยอดใหม่
ไม่ผ่า	3.66±3.44	70
ผ่าครึ่ง	2.40±0.54	62
ผ่าสี่ส่วน	4.00±1.40	87
	NS	

4.1.2 จำนวนวันเฉลี่ยที่ใช้ในการเกิดยอดใหม่ ราก หรือแคลลัส

เมื่อเลี้ยงชิ้นส่วนยอดที่ผ่าเป็นลักษณะต่างๆ สามารถเกิดเป็นยอด รากหรือแคลลัสได้ ซึ่งเมื่อนำเวลาที่ใช้ในการเกิดไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าจำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดยอด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยใช้เวลา 42.00±26.72 - 56.00±31.04 วัน ส่วนจำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดราก ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน แต่ใช้เวลาเฉลี่ย 9.33±29.14 - 113.40±18.87 วัน ในการเกิดแคลลัสนั้น พบว่าการไม่ผ่าหรือการผ่าสี่ส่วนจะใช้เวลาในการเกิดน้อยกว่า คือ 39.20±21.91 และ 47.83±2.85 วัน ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญกับการผ่าครึ่ง ที่ใช้เวลาเกิดแคลลัส 87.50±44.46 วัน (ตารางที่ 36)

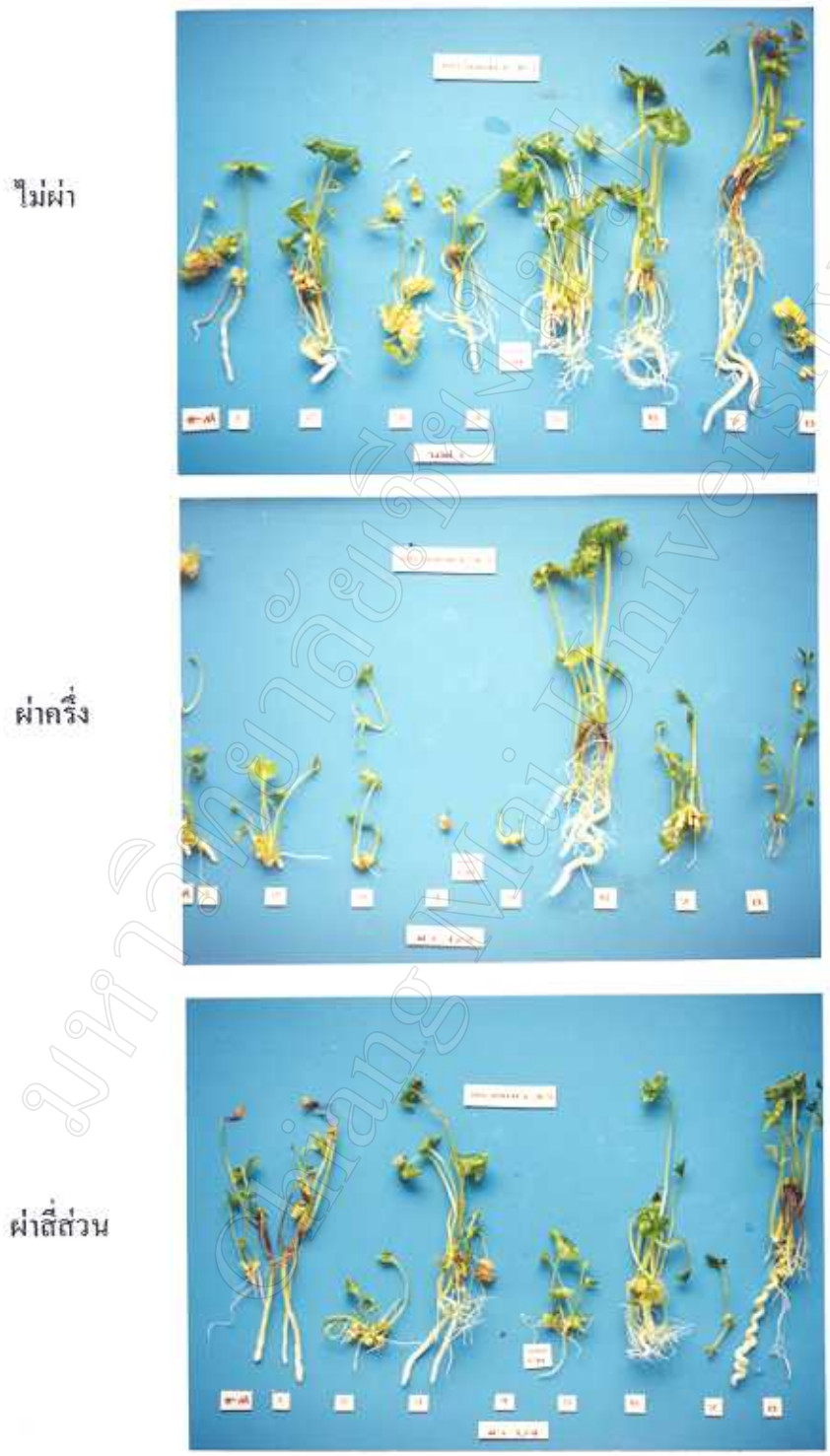
4.1.3 คุณภาพของต้นใหม่

จากภาพที่ 35 จะเห็นได้ว่าต้นใหม่ที่ได้จากการผ่ายอดจากยอดกระจุกนั้น ต้นที่ได้ส่วนใหญ่จะเกิดใบเล็ก ๆ เพียง 1 - 3 ใบ และเกิดรากเล็ก ส่วนการไม่ผ่า ต้นที่ได้สมบูรณ์ และแข็งแรงกว่าการผ่าแบ่ง แต่รากใหญ่และรากเล็กพบได้ในทุกกรรมวิธี

ตารางที่ 36 ผลของการตัดแบ่งยอดจากยอดกระจุกต่อจำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดยอดใหม่ ราก และแคลลัส

ลักษณะการตัด	จำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิด		
	ยอด	ราก	แคลลัส
ไม่ผ่า	42.00 ± 26.72	111.0 ± 15.87	39.20 ± 21.91[b]
ผ่าครึ่ง	50.17 ± 28.49	93.33 ± 29.14	87.50 ± 44.46[a]
ผ่าสี่ส่วน	56.00 ± 31.04	113.40± 18.78	47.83 ± 2.85[b]
	NS	NS	

ab อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน



ภาพที่ 35 ลักษณะของยอด ต้นใหม่ และรากที่ได้จากการเลี้ยงยอดกระจุกที่มีการคัดแบ่งแบบต่างจำนวน 8 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การทดลองที่ 4.2 การตัดแบ่งโคนก้านใบ

การตัดชิ้นส่วนโคนก้านใบขนาด 10 มม นำมาผ่าแบ่งดังนี้ คือ ไม่ผ่า ผ่าครึ่ง หรือผ่าสี่ส่วนตามยาว เลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม 2,4-D 0.05 มก/ล เป็นเวลา 27 สัปดาห์ ได้ผลดังนี้

4.2.1 จำนวนยอดเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด

เมื่อนำชิ้นส่วนโคนก้านใบที่มีลักษณะการตัดแบบต่างๆ ไปเลี้ยงบนอาหาร แล้วนำจำนวนยอดเฉลี่ยที่เกิดขึ้นไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการไม่ผ่า ผ่าครึ่ง หรือผ่าสี่ส่วน คือจำนวนยอดที่ได้เฉลี่ย 1.57±0.97-2.00±1.41 ยอด/ชิ้นส่วน แต่เปอร์เซ็นต์ของชิ้นส่วนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงนั้นแตกต่างกันคือ การผ่าสี่ส่วนสามารถเกิดยอดได้ 70 เปอร์เซ็นต์ ของชิ้นส่วนทั้งหมด ขณะที่การไม่ผ่าและผ่าครึ่งเกิดยอดได้เพียง 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 37)

ตารางที่ 37 ผลของโคนก้านใบที่มีการตัดแบ่งแบบต่างๆ ต่อจำนวนยอดใหม่เฉลี่ยที่เกิดขึ้นและเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดใหม่

ลักษณะการตัด	จำนวนยอดใหม่เฉลี่ย/ชิ้นส่วน	เปอร์เซ็นต์การเกิดยอดใหม่
ไม่ผ่า	1.67±1.15	30
ผ่าครึ่ง	2.00±1.41	20
ผ่าสี่ส่วน	1.57±0.97	70
	NS	

4.2.2 จำนวนวันเฉลี่ยที่ใช้ในการเกิดยอด ราก หรือแคลลัส

เมื่อนำจำนวนวันเฉลี่ยในการเริ่มเกิดยอด ราก หรือแคลลัส ไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าจำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดยอดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างการไม่ผ่า ผ่าครึ่ง หรือผ่าสี่ส่วน ในขณะที่จำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิดรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างการไม่ผ่าและผ่าครึ่ง ซึ่งใช้เวลานานถึง 119.00±49.50-157.50±37.04 วัน กับการผ่าสี่ส่วนใช้เวลาเกิดรากเพียง 84.00±0.00 วัน (ตารางที่ 38)

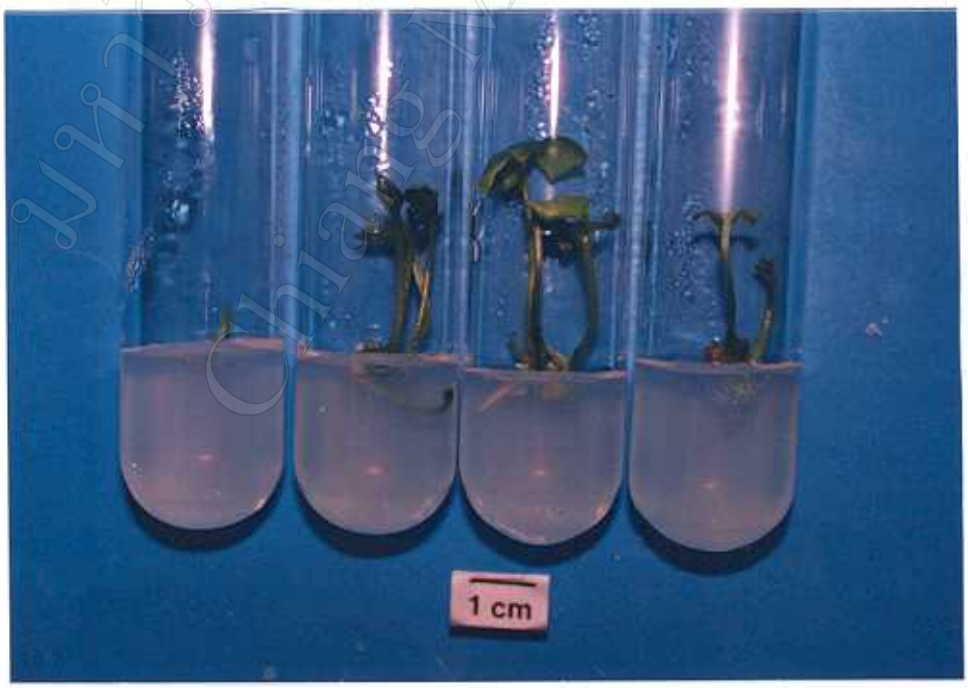
4.2.3 คุณภาพของยอด และต้นใหม่

ยอดใหม่ที่เกิดเป็นยอดเล็กสีเขียว และสามารถเจริญเป็นใบได้ ใบที่ได้มีสีเขียวก้านสั้น มี 1-2 ใบ ต่อต้น ไม่มีรากใหญ่เกิดขึ้น ลักษณะต้นใหม่ได้แสดงไว้ในภาพที่ 36

ตารางที่ 38 ผลของโคนก้านใบที่มีการตัดแบ่งแบบต่างๆ ต่อจำนวนวันเฉลี่ยในการเริ่มเกิดยอด ราก หรือแคลลัส

ลักษณะการตัด	จำนวนวันเฉลี่ยเมื่อเริ่มเกิด		
	ยอด	ราก	แคลลัส
ไม่ผ่า	112.00±37.04	157.50±37.04[a]	84.00±0.00
ผ่าครึ่ง	119.00±49.50	119.00±49.50[ab]	66.50±24.75
ผ่าสี่ส่วน	91.00±47.13	84.00±0.00[b]	85.17±19.00
	NS		NS

ab อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน



ภาพที่ 36 ลักษณะต้นใหม่ที่ได้จากการเลี้ยงโคนก้านใบ นาน 22 สัปดาห์

การทดลองที่ 5 ผลของขนาดและตำแหน่งของรากใหญ่ต่อการพัฒนาเป็นต้นใหม่

แบ่งเป็น 2 การทดลองย่อยดังนี้

การทดลองที่ 5.1 ผลของตำแหน่งและความยาวราก 2 ขนาด

เมื่อนำรากที่มีความยาว 30 และ 40 มม ตัดชิ้นส่วนขนาด 5 มม จากปลายรากขึ้นมา 5 ตำแหน่ง เลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตได้ผลดังนี้

5.1.1 จำนวนต้นใหม่เฉลี่ย

เมื่อนำจำนวนต้นใหม่ที่ได้ ไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติได้ผลดังนี้

ผลร่วมของขนาดและตำแหน่งจากปลายราก

รากขนาด 5 มม จากปลายรากที่มีความยาว 40 มม สามารถชักนำให้เกิดต้นใหม่ได้มากที่สุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับการเลี้ยงชิ้นส่วนรากทุกตำแหน่งของรากที่มีความยาว 30 มม และ 40 มม ในขณะที่ตำแหน่งที่ 5 ของรากที่มีความยาว 40 มม ไม่สามารถชักนำให้เกิดต้นใหม่ได้ (ตารางที่ 39)

ผล (main effect) ของขนาดราก

จำนวนต้นใหม่เฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเลี้ยงรากที่มีความยาว 30 และ 40 มม (ตารางที่ 40)

ผล (main effect) ของตำแหน่งจากปลายราก

ปลายรากตำแหน่งที่ 1 สามารถเกิดเป็นต้นใหม่เฉลี่ยได้มากกว่าปลายรากตำแหน่งที่ 2-5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ปลายรากตำแหน่งที่ 5 ไม่สามารถเกิดเป็นต้นใหม่ได้ ซึ่งต่างจากตำแหน่งอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 40)

5.1.2 เปอร์เซ็นต์การเกิดต้นใหม่

รากตำแหน่งที่ 1 จากทุกความยาวราก สามารถเกิดต้นใหม่ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 39)ในขณะที่ตำแหน่งที่ 2 ของราก 30 มม สามารถเกิดต้นใหม่ได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตำแหน่งที่ 2 ของราก 40 มม และตำแหน่งที่ 3-5 ของราก 30 และ 40 มม เกิดต้นใหม่ได้ 33 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นตำแหน่งที่ 5 ของราก 40 มม ไม่สามารถเกิดต้นใหม่ได้

ตารางที่ 39 ผลร่วมของความยาวรากและตำแหน่งจากปลายรากต่อจำนวนต้นใหม่เฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเกิดต้นใหม่

ตำแหน่งจากปลายราก	จำนวนต้นใหม่เฉลี่ย		เปอร์เซ็นต์การเกิดต้นใหม่	
	ราก 30 มม	ราก 40 มม	ราก 30 มม	ราก 40 มม
1	3.33 ± 1.50^{ab}	3.66 ± 2.87^{a}	100	100
2	2.83 ± 3.71^{ab}	1.00 ± 1.67^{ab}	50	33
3	2.16 ± 4.02^{ab}	1.00 ± 2.00^{ab}	33	33
4	1.66 ± 2.58^{ab}	3.00 ± 4.60^{ab}	33	33
5	2.16 ± 3.48^{ab}	—	33	—

ab อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

— ไม่สามารถเกิดต้นใหม่ได้

ตารางที่ 40 ผล (main effect)ของความยาวรากและตำแหน่งจากปลายรากต่อจำนวนต้นใหม่เฉลี่ย

ความยาวราก (มม)	จำนวนต้นใหม่เฉลี่ย	ตำแหน่งจากปลายราก	จำนวนต้นใหม่เฉลี่ย
30	2.43 ± 2.10^{a}	1	3.5 ± 0.69^{a}
40	1.73 ± 1.90^{a}	2	1.91 ± 1.24^{ab}
		3	1.58 ± 1.32^{ab}
		4	2.33 ± 1.57^{ab}
		5	—

ab อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

— ไม่สามารถเกิดต้นใหม่ได้

การทดลองที่ 5.2 ผลของขนาดและตำแหน่ง จากชิ้นส่วนพืชปลายราก

เมื่อนำรากที่มีความยาว 10, 20, 30, 40 และ 50 มม ตัดชิ้นส่วนจากปลายรากขึ้นมา 2 ตำแหน่ง โดยให้แต่ละชิ้นมีขนาด 5 มม เลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร MS ได้ผลดังนี้

5.2.1 <u>จำนวนต้นใหม่เฉลี่ย</u>

เมื่อนำจำนวนต้นใหม่ที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติได้ผลดังนี้

<u>ผลร่วมของขนาดและตำแหน่งและจากปลายราก</u>

รากขนาด 10, 20 และ 30 มม ทั้ง 2 ตำแหน่ง และ 40, 50 มม ตำแหน่งที่ 1 ให้จำนวนต้นใหม่เฉลี่ยมาก ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการเลี้ยงราก 40 และ 50 มม ตำแหน่งที่ 2 (ตารางที่ 41)

ตารางที่ 41 ผลร่วมของความยาวและตำแหน่งรากต่อการเกิดต้นใหม่เฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเกิดต้นใหม่

ความยาวราก (มม)	จำนวนต้นใหม่เฉลี่ย		เปอร์เซ็นต์การเกิดต้นใหม่	
	ตำแหน่ง 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่ง 1	ตำแหน่ง 2
10	5.33±1.63[a]	4.33+2.87[a]	100	83
20	3.83±2.48[ab]	4.33+4.76[a]	83	66
30	3.83±1.50[ab]	2.83+3.7[ab]	100	50
40	3.83±1.86[ab]	1.00+1.67[b]	100	33
50	3.50±2.07[ab]	0.8+2.04[b]	83	16

ab อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

ผล (main effect)ของขนาดราก

เมื่อพิจารณาผลของขนาดรากอย่างเดียว ต่อจำนวนต้นใหม่เฉลี่ยเห็นผลไม่ชัดเจนระหว่างกลุ่ม ยกเว้นเมื่อใช้รากยาว 40 มม (ตารางที่ 42)

ผล (main effect) ของตำแหน่งจากปลายราก

จากการทดลองนี้เมื่อพิจารณาตำแหน่งรากอย่างเดียว พบว่าตำแหน่งรากทั้ง 2 ตำแหน่ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อจำนวนต้นใหม่เฉลี่ย (ตารางที่ 42)

ตารางที่ 42 ผล (main effect) ของขนาดและตำแหน่งจากปลายรากต่อการเกิดต้นใหม่เฉลี่ย

ความยาวราก (มม)	ต้นใหม่เฉลี่ย	ตำแหน่งจากปลายราก	ต้นใหม่เฉลี่ย
10	5.26±0.86[a]	1	4.22±1.33[a]
20	5.55±1.37[a]	2	5.07±1.79[a]
30	4.50±1.06[ab]		
40	3.33±0.69[b]		
50	4.60±0.45[ab]		

ab อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน