# ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ *Dendrobium* ‘Eiskul’ ในหลอดทดลอง

นางสาวพานิษา พรเพียรภักดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# CHITOSAN EFFECTS ON *DENDROBIUM* 'EISKUL' GROWTH AND DEVELOPMENT *IN VITRO*

**Miss Panisa Pornpienpakdee**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements**

**for the Degree of Master of Science Program in Biotechnology**

**Faculty of Science**

**Chulalongkorn University**

**Academic Year 2007**

**Copyright of Chulalongkorn University**

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' *Dendrobium* 'Eiskul' ในหลอดทดลอง |
| โดย | นางสาวพานิษา พรเพียรภักดี |
| สาขาวิชา | เทคโนโลยีชีวภาพ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรา ลิมปนะเวช |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | อาจารย์ ดร. รัฐ พิชญางกูร |

---

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีดา บุญ-หลง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรา ลิมปนะเวช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ ดร. รัฐ พิชญางกูร)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ขุพิน จินตภากร)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พานิษา พรเพียรภักดี : ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' *Dendrobium* 'Eiskul' ในหลอดทดลอง. (CHITOSAN EFFECTS ON *DENDROBIUM* 'EISKUL' GROWTH AND DEVELOPMENT *IN VITRO*) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. สุภจิตรา ชัชวาลย์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. พัชรา ลิมปนะเวช, อ. ดร. รัฐ พิชญางกูร, 146 หน้า.

การประยุกต์ใช้ไคโตซานเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อกล้วยไม้สกุลหวาย'เอียสกุล'ที่เลี้ยงในหลอดทดลอง ใช้ไคโตซานที่แบ่งเป็นชนิด พอลิเมอร์ (P) และ โอลิโกเมอร์ (O) ซึ่งแต่ละชนิดมี degree of deacetylation (%DD) เท่ากับ 70, 80 และ 90 ทดลองใช้ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน คือ 0, 10, 20, 40 และ 80 ppm โดยเติมลงในอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเนื้อเยื่อกล้วยไม้สกุลหวาย พบว่าการเติมไคโตซานชนิดพอลิเมอร์ 70%DD (P70) ความเข้มข้น 10 ppm และ P90 ความเข้มข้น 20 ppm ลงในอาหารเหลวสูตร VW ดัดแปลง สามารถกระตุ้นการเพิ่มจำนวน plb ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไคโตซานทุกชนิดที่ความเข้มข้นสูงถึง 80 ppm มีผลยับยั้งการสร้าง plb ส่วนการใช้ไคโตซานในระยะการพัฒนา plb ให้เป็นต้นอ่อน ศึกษาโดยเลี้ยง plb บนอาหารกึ่งแข็งสูตร VW ดัดแปลง พบว่าการเติมไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 20 ppm ในอาหารที่ใช้เลี้ยง สามารถกระตุ้นการสร้าง plb และการเจริญของ plb เป็นต้นอ่อนได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยต้นอ่อนมีการเจริญเพิ่มขึ้นประมาณ 1.6 เท่า และมีการเพิ่มจำนวน plb มากขึ้นประมาณ 3.2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ใช้ไคโตซานหลังจากเลี้ยงเป็นเวลา 4 เดือน สำหรับระยะสุดท้ายของการพัฒนาต้นอ่อนไปเป็นต้นที่สมบูรณ์ก่อนการย้ายปลูก พบว่า การใช้ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 ppm ในอาหารกึ่งแข็งสูตร VW ดัดแปลงให้ผลดีที่สุดในการทำให้ต้นอ่อนของกล้วยไม้แตกกอเพิ่มจำนวนยอด และสร้างมวลชีวภาพ นอกจากนี้ยังพบว่า ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับกระตุ้นการพัฒนาของราก ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้ไคโตซานที่มีขนาดโมเลกุล %DD และความเข้มข้นที่เหมาะสมในแต่ละระยะสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อกล้วยไม้สกุลหวาย'เอียสกุล'ในหลอดทดลองได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ
ปีการศึกษา 2550

ลายมือชื่อนิสิต พานิษา พรเพียรภักดี
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา สุภจิตรา ชัชวาลย์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

## 4772401623 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORD : CHITOSAN / *DENDROBIUM* 'EISKUL' / DEGREE OF DEACETYLATION / *IN VITRO* / PROTOCORM-LIKED BODY

PANISA PORNPIENPAKDEE : CHITOSAN EFFECTS ON *DENDROBIUM* 'EISKUL' GROWTH AND DEVELOPMENT *IN VITRO*. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SUPACHITRA CHADCHAWAN, Ph.D, THESIS COADVISOR : ASST. PROF. PATCHRA LIMPANAVECH, RATH PICHYANGKURA, Ph.D, 146 pp.

Application of chitosan for stimulating growth and development *in vitro* of *Dendrobium* 'Eiskul' tissue culture was investigated . The polymeric (P) and oligomeric (O) chitosan with 70, 80, or 90 degree of deacetylation (%DD) at various concentrations of 0, 10, 20, 40, or 80 ppm were added to the appropriate medium for *Dendrobium* tissue development. Polymeric chitosan with 70%DD (P70) 10 ppm, and P90 at 20 ppm added to modified VW liquid medium could significantly enhance plb multiplication,. All types of chitosan in this experiment when used up to 80 ppm had inhibitory effect on plb production. For the stage of plb development into plantlet, plbs were cultured in semi-solid modified VW medium. Addition of O80 chitosan at 20 ppm to the medium could significantly enhance plb and plantlet production. Approximately 1.6 times of plantlets, and 3.2 times of plbs were produced, when compared to the non-chitosan treatment control after 4-month maintenance. For the last step before exflasking, addition of O70 chitosan at 10 ppm to the medium showed the best result in shoot number and biomass production. O70 chitosan at 10 or 20 ppm was found to be the most appropriate chitosan molecule type and concentration for enhancing root development. This research indicated that chitosan of the appropriate molecular type, %DD and concentration for each stage of development could be used as a plant growth stimulant for *Dendrobium* 'Eiskul' tissue culture *in vitro*.

| | | |
|---|---|---|
| Field of study | Biotechnology | Student's signature Panisa Pornpienpakdee |
| Academic year | 2007 | Advisor's signature Supachitra Chadchawan |
| | | Co-advisor's signature P. Limpanavech |
| | | Co-advisor's signature |

# กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรา ลิมปนะเวช และอาจารย์ ดร. รัฐ พิชญางกูร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาเป็นที่ปรึกษา ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำต่าง ๆ ตลอดการทำวิจัย และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีดา บุญ-หลง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. ยุพิน จินตภากร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำและตรวจแก้วิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท-เอก ทบวงมหาวิทยาลัยและบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) หรือ สวก. ที่สนับสนุนเงินทุนในโครงการการผลิตสารเร่งการเจริญและเพิ่มผลผลิตกล้วยไม้ไคโตซาน O-80 และกำหนดการใช้ไคโตซาน O-80 ในกระบวนการผลิตกล้วยไม้ในประเทศไทยอย่างครบวงจร ปี 2550 (โครงการวิจัยย่อยที่ 2 เรื่อง โครงการการพัฒนาแผนการใช้ไคโตซานที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพผลผลิตกล้วยไม้สูงสุด)

ขอขอบคุณศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน-ไคโตซานที่สนับสนุนการเผยแพร่งานวิจัยในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31 ณ จังหวัดนครราชสีมา และขอขอบคุณ Department of Biological Science, National University of Singapore ที่ให้ทุนอุดหนุนในการเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการ 10th Biological Science Graduate Congress 2005 (Exploring the Biofrontiers) ณ ประเทศสิงคโปร์

ขอขอบคุณ คุณฐปนา บางยี่ขัน คุณสหัช จันทนาอรพินทน์ คุณหนึ่งฤทัย คณานนท์ คุณชัชวาล วงศ์ชัย คุณธนิกานต์ อุดมชโลธร และทุกท่านในภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความช่วยเหลือ คำแนะนำ กำลังใจ และมิตรภาพที่ดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว และน้องชาย สำหรับแรงบันดาลใจ กำลังใจ การสนับสนุนและความช่วยเหลือที่ดีที่สุดในทุก ๆ ด้านตลอดมา

# สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญรูปภาพ..... ฎ
บทที่
1 บทนำ..... 1
2 การตรวจเอกสาร..... 6
3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....31
1 อุปกรณ์การศึกษา.....31
2 วิธีการทดลอง.....33
4 ผลการทดลอง.....35
1 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเพิ่ม
ปริมาณ protocorm-liked body (plb) ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’.....35
2 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DDและความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญ
เติบโตของ plb เป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’.....36
3 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญ
เติบโตของต้นอ่อนเพื่อให้เป็นต้นที่สมบูรณ์และพร้อมสำหรับการย้ายปลูก
ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’.....123
5 อภิปรายผลการทดลอง.....124
1 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเพิ่ม
ปริมาณ protocorm-liked body (plb) ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’.....124
2 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DDและความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญ
เติบโตของ plb เป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’.....125
3 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญ
เติบโตของต้นอ่อนเพื่อให้เป็นต้นที่สมบูรณ์และพร้อมสำหรับการย้ายปลูก
ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’.....127

บทที่ หน้า

6 สรุปผลการทดลอง..... ..... 130
1 ชนิดของไคโตซานพอลิเมอร์และโอลิโกเมอร์……..... 130
2 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเพิ่ม
ปริมาณ protocorm-liked body (plb) ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’……..... 130
3 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DDและความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญ
เติบโตของ plb เป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’……..... 131
4 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญ
เติบโตของต้นอ่อนเพื่อให้เป็นต้นที่สมบูรณ์และพร้อมสำหรับการย้ายปลูก
ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’……132
รายการอ้างอิง…….. .135
ภาคผนวก……... ..143
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……..... 146

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 จำนวน plb ต่อขวด ในระยะเพิ่มปริมาณ plb ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน…….....43

2 น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อขวดของ plb ในระยะเพิ่มปริมาณ plb ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน.....44

3 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อขวดของ plb ในระยะเพิ่มปริมาณ plb ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน.....45

4 จำนวน plb ต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน.....46

5 จำนวนยอดต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน.....47

6 จำนวนรากต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน.....48

7 จำนวนยอดที่มีราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน.....49

8 จำนวนรากต่อยอด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน.....50

9 จำนวนใบต่อต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน.....51

10 ค่าเฉลี่ยความยาวต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน.....52

11 ค่าเฉลี่ยความยาวราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน.....53

12 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต้นและราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน.....54

13 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้นและราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน.....55

14 จำนวนยอดต่อขวด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน.....56

ตารางที่ หน้า

15 จำนวนยอดที่มีราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของ
กล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน.....57
16 จำนวนรากต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของ
กล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน.....58
17 จำนวนใบต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของ
กล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน..... .59
18 จำนวน plb ต่อขวด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้
สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน.....60
19 ค่าเฉลี่ยความยาวต้น ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้
สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน..... 61
20 ค่าเฉลี่ยความยาวราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้
สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน.....62
21 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต้นและราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของ
กล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน.....63
22 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้นและราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของ
กล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน.....64
23 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง plb ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์
ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน.....65

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

1 จำนวน plb ต่อขวด ในระยะเพิ่มปริมาณ plb ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 3 ซ้ำ.....66

2 น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อขวดของ plb ในระยะเพิ่มปริมาณ plb ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 3 ซ้ำ.....67

3 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อขวดของ plb ในระยะเพิ่มปริมาณ plb ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 3 ซ้ำ.....68

4 จำนวน plb ต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....69

5 จำนวนยอดต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....70

6 จำนวนรากต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ .....71

7 จำนวนยอดที่มีราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....72

8 จำนวนรากต่อยอด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....73

9 จำนวนใบต่อต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....74

10 จำนวน plb สะสมเฉลี่ย ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....75

11 จำนวนยอดต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....76

12 จำนวนรากต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....77

13 จำนวนยอดที่มีราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....78

14 จำนวนรากต่อยอด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....79

รูปที่ หน้า

15 จำนวนใบต่อต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้
สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....80
16 จำนวน plb ต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย
‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....81
17 จำนวนยอดต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย
‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....82
18 จำนวนรากต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย
‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....83
19 จำนวนยอดที่มีราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้
สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....84
20 จำนวนรากต่อยอด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้
สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....85
21 จำนวนใบต่อต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้
สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....86
22 จำนวน plb ต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย
‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....87
23 จำนวนยอดต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย
‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....88
24 จำนวนรากต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย
‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....89
25 จำนวนยอดที่มีราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย
‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....90
26 จำนวนรากต่อยอด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย
‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....91
27 จำนวนใบต่อต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย
‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....92
28 ค่าเฉลี่ยความยาวต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’
หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....93
29 ค่าเฉลี่ยความยาวราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’
หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....94

รูปที่ หน้า

30 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย
'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....95
31 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย
'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....96
32 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย
'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....97
33 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย
'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....98
34 จำนวนยอดต่อขวด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้
สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....99
35 จำนวนยอดที่มีราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย
'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ .....100
36 จำนวนรากต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย
'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ .....101
37 จำนวนใบต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย
'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....102
38 จำนวนยอดต่อขวด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้
สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....103
39 จำนวนยอดที่มีราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้
สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....104
40 จำนวนรากต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้
สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....105
41 จำนวนใบต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้
สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....106
42 จำนวนยอดต่อขวด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย
'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....107
43 จำนวนยอดที่มีราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้
สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....108
44 จำนวนรากต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้
สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....109

รูปที่ หน้า

45 จำนวนใบต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของ กล้วยไม้ สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....110
46 จำนวนยอดต่อขวด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้ สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....111
47 จำนวนยอดที่มีราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้ สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ .....112
48 จำนวนรากต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้ สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....113
49 จำนวนใบต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้ สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....114
50 ค่าเฉลี่ยความยาวต้น ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้ สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....115
51 ค่าเฉลี่ยความยาวราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้ สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....116
52 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต้น ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้ สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....117
53 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้ สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ…..118
54 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้น ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้ สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....119
55 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้ สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....120
56 จำนวน plb ต่อขวด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้ สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....121
57 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด plb ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้ สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....122
58 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง plb ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้ สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ.....123

# บทที่ 1

# บทนำ

**ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา**

กล้วยไม้เป็นไม้ดอกไม้ประดับที่ทำรายได้สูงในหลาย ๆ ประเทศโดยเฉพาะประเทศไทย มูลค่าการส่งออกกล้วยไม้ของประเทศไทยในปี 2549 สูงถึง 2,581 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) ซึ่งจัดเป็นผู้ส่งออกกล้วยไม้รายใหญ่เป็นอันดับ 2 ของโลก มีพื้นที่ปลูกประมาณ 17,500 ไร่ (ครรชิต, 2547) อุตสาหกรรมกล้วยไม้ไทยได้ขยายตัวเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ทั้งทางด้านพื้นที่ปลูก ปริมาณผลผลิตต่อไร่ และจำนวนผู้ปลูกเลี้ยง การส่งออกกล้วยไม้เริ่มจากการส่งออกดอกกล้วยไม้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยตั้งแต่ปี พ. ศ. 2500 จนกระทั่งในปัจจุบันมีการส่งออกทั้งต้นและดอกเพิ่มมากขึ้นตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ดอกไม้ประดับชนิดอื่น ๆ ดังนั้นการส่งเสริมให้มีการพัฒนาการขยายพันธุ์กล้วยไม้ให้ได้จำนวนมากขึ้น อัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้นโดยระยะเวลาในการเลี้ยงน้อยลง จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะนำรายได้เข้าสู่ประเทศไทยและส่งผลให้เกษตรกรที่ปลูกเลี้ยงกล้วยไม้เพื่อการค้ามีรายได้เพิ่มมากขึ้น

กล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ เป็นกล้วยไม้ตัดดอกอีกชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจโดยมีมูลค่าการส่งออกปีละหลายล้านบาท การขยายพันธุ์กล้วยไม้ชนิดนี้ส่วนใหญ่ใช้การเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยวิธีการปั่นตา ซึ่งการปั่นตาทำให้ได้โครงสร้างคล้ายโพรโทคอร์ม หรือที่เรียกว่า protocorm-liked body (plb) เมื่อมี plb มากยิ่งขยายพันธุ์ได้ปริมาณมาก (คำนูณ, 2544) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราการขยายพันธุ์และส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ โดยใช้ไคโตซานเป็นองค์ประกอบของอาหารที่ใช้เลี้ยงเนื้อเยื่อในช่วงอายุต่าง ๆของกล้วยไม้ชนิดนี้

ไคติน(chitin) มีชื่อทางเคมีว่า Poly [$\beta$-(1$\rightarrow$4)-2-acetamido-2- deoxy-D-glucopyranose] เป็นสารธรรมชาติที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในโครงสร้างของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ซึ่งสัตว์เหล่านี้มีเปลือกเป็นข้อ ๆ ห่อหุ้มตัวไว้ เช่น กุ้ง ปู แมลง นอกจากนี้ยังพบว่าเป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์ของเห็ดราด้วย ไคตินในธรรมชาติเกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตนำโมเลกุลของน้ำตาลชนิดหนึ่งที่เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่เรียกว่า N-acetyl-D-glucosamine มาสังเคราะห์ต่อกันเป็นสายยาวขนาดต่าง ๆ และบางครั้งเราอาจพบว่ามีน้ำตาลอีกชนิด คือ glucosamine ซึ่งมีอนุพันธ์ของน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine ผสมอยู่ด้วยในอัตราส่วนที่ต่ำ (ไม่เกิน 10%) โดยน้ำตาล glucosamine ต่างจากน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine เพียงเล็กน้อย คือน้ำตาล glucosamine จะไม่มีหมู่ acetyl ต่ออยู่ที่หมู่ amino สำหรับสารไคโตซานมีชื่อทางเคมีว่า Poly [$\beta$-(1$\rightarrow$4)-2-

amino-2-deoxy-D-glucopyranose] เป็นอนุพันธ์ของไคติน ต่างจากไคตินตรงที่อัตราส่วนของน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine และ glucosamine ที่นำมาต่อกัน โดยในสายของไคโตซานจะได้จากการเปลี่ยนแปลงน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine ในสายของไคตินให้กลายเป็นน้ำตาล glucosamine จากการดึงหมู่ acetyl ออกโดยทำปฏิกิริยากับสารละลายด่างเข้มข้น ทำให้มีปริมาณน้ำตาล glucosamine ในสายตั้งแต่ 50%จนถึง 100% เปอร์เซ็นต์ การดึงหมู่ acetyl ออกจากสารไคตินเรียกว่า Deacetylation (%DD) ซึ่งอัตราส่วนเป็นร้อยละของการเปลี่ยนปริมาณน้ำตาลดังกล่าว หรือ % degree of deacetylation (%DD)ส่งผลให้คุณสมบัติทางเคมี ชีววิทยา และฟิสิกส์ ของสารไคตินเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากเมื่อเทียบกับไคตินที่เป็นสารตั้งต้น ดังนั้นเราจึงเรียกสารนี้ใหม่ว่าไคโตซาน (รัฐ พิชญางกูร, 2547)

ไคโตซานได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการเกษตรมานานแล้ว ในต่างประเทศโดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่นได้มีการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากสารไคโตซานเพื่อนำมาใช้ทางการเกษตรหลายชนิด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไคโตซานมีผลดีหลายประการได้แก่ ช่วยเพิ่มผลผลิต ลดการใช้ปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืช และลดความเสี่ยงต่อการได้รับสารพิษ ทั้งในส่วนของเกษตรกรและผู้บริโภค เป็นต้น ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้ต้องการทราบถึงชนิดของไคโตซานที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ เพื่อพัฒนาการขยายพันธุ์และนำไปสู่การเพิ่มปริมาณเพื่อการส่งออกต่อไป

ไคโตซาน (chitosan) เป็นวัสดุชีวภาพที่มีความหลากหลายและมีสมบัติที่โดดเด่น อาทิมีความเป็นประจุบวกสูง สามารถทำเป็นแผ่นฟิล์มได้ สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ไม่มีพิษและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้น ไคโตซานจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์และอุตสาหกรรมต่าง ๆ ใช้เป็นวัสดุตกแต่งแผล และควบคุมการปลดปล่อยของยา เป็นสารเติมแต่งในแป้งทาหน้า แชมพู สบู่และครีมทาผิว ใช้เป็นสารเพิ่มความแข็งแรงของกระดาษ ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในวัสดุสิ่งทอ ใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์พืช และเป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น

ผลของไคโตซานที่มีต่อพืชนั้นมีการศึกษาวิจัยมาพอสมควรแล้ว พบว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของพืชได้ เรียกโมเลกุลที่สามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรคพืชนี้ว่า elicitor (Taiz and Zeiger, 2002) ไคโตซานสามารถกระตุ้นการทำงานของยีนที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันตนเองของพืช เช่น ยีนที่สร้างเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) (Notsu และคณะ, 1994 ; Vander และคณะ, 1998) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารประกอบกลุ่มฟีนอลิก เช่น ลิกนิน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์พืช และสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เรียกว่า phytoalexin (Agrawal และคณะ, 2002) นอกจากนี้มีรายงานว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันที่เรียกว่า systemic acquired resistance (SAR) (Sathiyabama and Balasubramanian, 1998) ทำให้พืชสร้างโปรตีนหลายชนิดที่ล้วนมีบทบาททำให้พืชมี

ความสามารถต้านทานโรคดีขึ้นทั่วทั้งต้น ไม่เฉพาะเพียงแต่บริเวณที่ได้รับสารกระตุ้นเท่านั้น โปรตีนในกลุ่ม SAR นี้ที่พบได้แก่ pathogenesis-related protein ชนิดต่าง ๆ รวมทั้ง chitinase และ glucanase ด้วย (Mason and Davis, 1997 ; Agrawal และคณะ, 2002)

ผลของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชได้มีการศึกษาใน lisianthus *(Eustoma gradiforum*) (Ohta และคณะ, 1999) ซึ่งเป็นไม้ประดับขนาดเล็ก โดยพบว่าหากให้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 1% ลงในดินที่ใช้ในการปลูกมีผลกระตุ้นการเจริญเติบโต และเร่งการออกดอกให้เร็วขึ้น การให้ไคโตซานในการปลูกพืชผักสวนครัว ได้แก่ พริก คะน้า ขึ้นฉ่าย และมะระ มีผลทำให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นสูงขึ้น (สุวลี และคณะ, 2546) ในรายงานของ Tham และคณะ (2001) ได้แสดงให้เห็นว่าการให้ไคโตซานที่ฉายรังสีที่ระดับ 100 kBy ในความเข้มข้น 100-200 ppm โดยใส่ในสารละลายธาตุอาหาร สามารถกระตุ้นให้กล้าข้าวมีการเจริญเติบโตดีขึ้น และยังช่วยให้พืชทนต่อพิษของวานาเดียมซึ่งเป็นสารที่ปลดปล่อยมาจากโรงงานอุตสาหกรรมและเหมืองถ่านหินได้ดี และการให้ไคโตซานที่มีชื่อทางการค้าว่า Elexa โดยการแช่เมล็ดข้าวฟ่างในสารละลายไคโตซานมีผลทำให้ข้าวฟ่างมีผลผลิตสูงขึ้นและยังเพิ่มความสามารถในการต้านทานโรคราน้ำค้างได้ดีขึ้นด้วย (Sharathchandra และคณะ, 2004)

ในการศึกษาผลของการใช้ไคโตซานในการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช พบว่าเมื่อเติมไคโตซานที่อยู่ในรูปของสารละลายชื่อ chitogel ลงในอาหารเพาะเลี้ยงองุ่น (*Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay) มีผลทำให้องุ่นในหลอดทดลองเจริญเติบโตได้ดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ chitogel ยังสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Botrytis cinerea* ได้อีกด้วย (Barka และคณะ, 2004) นอกจากนี้ได้มีการใช้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ โดยพบว่าการให้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้สกุลรองเท้านารีลูกผสม *Paphiopedilum bellatulum* x Paph. Angthong ทำให้มีการเติบโตดีกว่าชุดควบคุม และมีความสามารถในการทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดีขึ้น (ชนัสพร และคณะ, 2546) ส่วนการใช้ไคโตซานเติมลงในอาหารเหลวสำหรับการเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้หวาย *Dendrobium* ที่นำมาจากสวนของเกษตรกร พบว่าไคโตซานแสดงผลการเร่งการเจริญเติบโตได้ โดยแสดงค่าการเร่งสูงสุดอยู่ที่ 15 ppm และพบว่าไคโตซานที่ผลิตมาจากเชื้อรา แสดงสมบัติการเร่งการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด (สุวลี และ Nge, 2547) สำหรับการศึกษาในกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' ซึ่งได้มีการศึกษาในเรือนทดลอง พบว่าไคโตซานมีผลทำให้กล้วยไม้ออกดอกเร็วขึ้นกว่าชุดควบคุม (Limpanavech และคณะ, 2003) แต่ยังไม่ได้มีการศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ชนิดนี้ในหลอดทดลอง

จากการศึกษาถึงผลของชนิดโมเลกุลของไคโตซานพบว่า ไคโตซานชนิดโอลิโกเมอร์ ที่มี %DD เท่ากับ 80 มีผลทำให้กล้วยไม้รองเท้านารี (*Paphiopedilum sanderianum* (Gchb.f.)) มีการเจริญเติบโตของรากดีขึ้น (พัชรา ลิมปนะเวช, 2548) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับขนาดโมเลกุลของไคโตซานขนาด 1 10 และ 100 KD ซึ่งพบว่า ขนาดโมเลกุลของไคโตซานเหล่านี้ให้ผล

การเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวายในหลอดทดลองต่างกัน ( Nge และคณะ, 2006) ซึ่งจากการทดลองที่กล่าวมานี้แสดงให้เห็นว่าชนิดโมเลกุลของไคโตซานก็มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเช่นเดียวกัน

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า ไคโตซานมีคุณสมบัติที่น่าสนใจอย่างยิ่ง อย่างไรก็ดี พืชแต่ละชนิดตอบสนองต่อไคโตซานแตกต่างกันขึ้นกับทั้งขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งความสนใจไปยังการศึกษาผลของพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซาน ที่มีต่อการเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ ที่เลี้ยงโดยวิธีการเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนและเพิ่มประสิทธิภาพการขยายพันธุ์วิธีดังกล่าวของต้นกล้วยไม้ให้ดีขึ้น อีกทั้งยังนำไปสู่การส่งเสริมการใช้สารไคโตซานที่ผลิตขึ้นในประเทศ ลดการนำเข้าสารเคมีบางชนิดจากต่างประเทศ เป็นการสนับสนุนนโยบายของรัฐบาลในการใช้สินค้าของไทยเพื่อลดการขาดดุลการค้าต่างประเทศ และความรู้ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้อาจนำไปสู่การเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกเลี้ยงกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ และใช้เป็นข้อมูลประกอบในการนำไคโตซานไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่น ๆ ต่อไปได้

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

เพื่อศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ %degree of deacetylation และความเข้มข้นของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ ที่เลี้ยงในหลอดทดลอง

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ทราบผลของขนาดของพอลิเมอร์ %degree of deacetylation และความเข้มข้นของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ ที่เลี้ยงในหลอดทดลอง

2. ข้อมูลที่ได้อาจนำไปสู่การส่งเสริมการใช้ไคโตซานที่ผลิตและพัฒนาขึ้นในประเทศไทย ซึ่งนำไปสู่การลดการนำเข้าสารเคมีจากต่างประเทศเป็นการสนับสนุนนโยบายของรัฐบาลไทยในการใช้สินค้าไทยเพื่อลดภาวะการขาดดุลการค้าต่างประเทศ

3. งานวิจัยนี้อาจสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาหรือใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับงานวิจัยอื่น ๆ ต่อไป

**ขอบเขตของงานวิจัย**

**การทดลองที่ 1** ศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ %DDและความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเพิ่มปริมาณ protocorm-liked body (plb) ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’

**การทดลองที่ 2** ศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ %DDและความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของ plb เป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’

**การทดลองที่ 3** ศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ %DDและความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเพื่อให้เป็นต้นที่สมบูรณ์และพร้อมสำหรับการย้ายปลูกของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 2

# การตรวจเอกสาร

## สถานการณ์การส่งออกกล้วยไม้ไทย

การปลูกกล้วยไม้เพื่อตัดดอกขายทั้งในประเทศและส่งออกไปต่างประเทศยังคงได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง แม้ว่าบางช่วงอาจมีปัญหาเรื่องราคาลดลงบ้าง โดยเฉพาะในช่วงที่ดอกกล้วยไม้มีปริมาณมากในตลาด คือในราวเดือนสิงหาคมและกันยายน ส่วนในเดือนธันวาคมถึงมกราคม ปริมาณดอกกล้วยไม้มีน้อยเนื่องจากต้นกล้วยไม้อยู่ในระยะพักตัว แต่ความต้องการของตลาดโลกมีสูง ราคาดอกกล้วยไม้จึงมีราคาสูง การส่งออกดอกกล้วยไม้ต้องคำนึงถึงคุณภาพของดอกและเวลาที่ใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ

การส่งออกกล้วยไม้ได้เพิ่มสูงขึ้นเป็นอย่างมาก เนื่องมาจากความนิยมในการปลูกไม้กระถางและไม้ประดับในอาคารมีสูงขึ้น ดังนั้นการส่งออกต้นกล้วยไม้ที่อยู่ในระยะตั้งแต่อยู่ในขวดไปจนถึงระยะเริ่มออกดอกหรือแทงช่อแล้ว ทั้งพันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้าเพื่อตัดดอกและเพื่อเป็นไม้กระถาง ต้นที่ได้จากการเพาะเมล็ดและการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (ปั่นตา) จึงเป็นแนวทางในการผลิตกล้วยไม้

สำหรับประเทศไทยกล้วยไม้เป็นไม้ดอกไม้ประดับที่มีความสำคัญมากชนิดหนึ่งโดยแต่ละปีมีการส่งออกกล้วยไม้คิดเป็นมูลค่าหลายพันล้านบาท (ตารางที่ 1) โดยไทยนั้นมีการส่งออกดอกกล้วยไม้สกุลหวายเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากปลูกเลี้ยงง่ายเจริญเติบโตเร็ว ให้ผลผลิตสูง มีความสวยงามของดอกและการจัดเรียงภายในช่อดอก บรรจุหีบห่อง่ายและอายุการใช้งานนาน พันธุ์ที่ส่งออกมีสีชมพู-ม่วงแดงและมีขาวเป็นส่วนใหญ่ ในปัจจุบันมีพันธุ์ใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นซึ่งมีสีสันและรูปร่างแตกต่างกันออกไป เช่นดอกมีลายเส้นหรือดอกมีสีโทนส้ม ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ให้มีสีสัน รูปร่างที่สวยงามแตกต่างจากเดิม ก็จะช่วยขยายตลาด ลดความจำเจของผลิตภัณฑ์เดิม ส่วนพันธุ์เดิมก็จะได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น เมื่อได้มีการเว้นวรรคด้วยพันธุ์ใหม่ ๆ ไปชั่วระยะเวลาสั้น ๆ ระยะหนึ่ง สำหรับอุตสาหกรรมกล้วยไม้ทั้งของไทยและของโลก การส่งออกดอกกล้วยไม้มีส่วนแบ่งการตลาดสูงที่สุด สูงกว่าการส่งออกต้นกล้วยไม้ประมาณ 8 เท่า ดังนั้นจึงควรให้ความสนใจต่อการผลิตกล้วยไม้เพื่อตัดดอก ซึ่งจะมีผลกระทบต่ออุตสาหกรรมกล้วยไม้เป็นอย่างมาก โดยสรุปควรมีหลากหลายพันธุ์ทั้งพันธุ์เดิมและพันธุ์ใหม่ และควรดูความต้องการของตลาดและช่วงจังหวะที่เหมาะสม (ครรชิต ธรรมศิริ, 2547)

**ตารางที่ 1** แสดงปริมาณและมูลค่าการส่งออกดอกกล้วยไม้สดรายเดือนในปี 2546-2549
(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550)

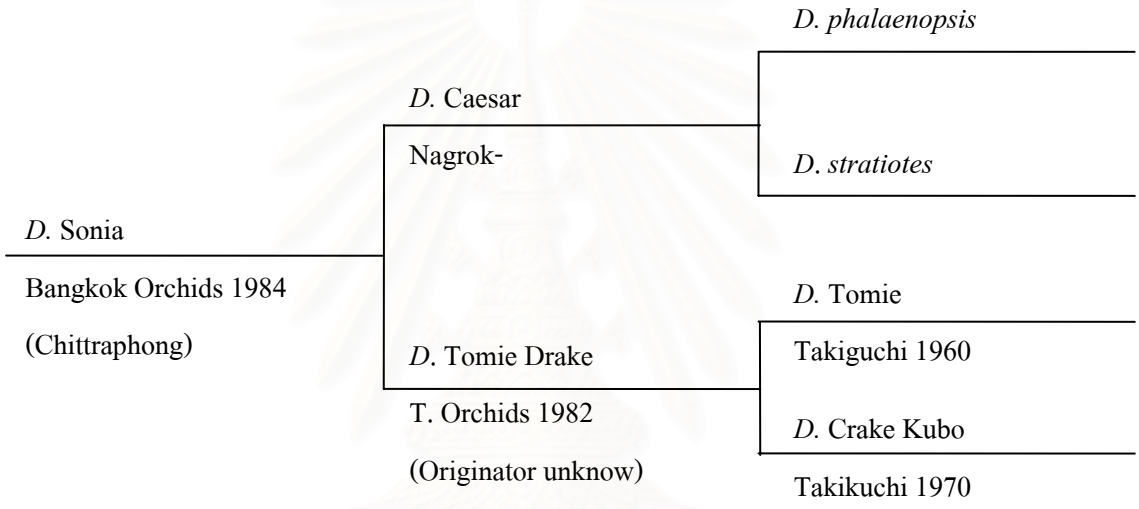
| เดือน | 2546 | | 2547 | | 2548 | | 2549 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ปริมาณ | มูลค่า | ปริมาณ | มูลค่า | ปริมาณ | มูลค่า | ปริมาณ | มูลค่า |
| มกราคม | 1,403 | 134.74 | 1,744 | 180.67 | 1,801 | 185.74 | 1,909 | 198.26 |
| กุมภาพันธ์ | 1,262 | 139.24 | 1,419 | 151.38 | 1,828 | 189.78 | 1,838 | 198.06 |
| มีนาคม | 1,531 | 174.88 | 1,559 | 172.28 | 1,906 | 241.58 | 1,968 | 226.69 |
| เมษายน | 1,294 | 142.22 | 1,411 | 159.25 | 1,573 | 175.61 | 1,681 | 179.40 |
| พฤษภาคม | 1,223 | 155.12 | 1,218 | 153.71 | 1,743 | 191.43 | 1,687 | 206.62 |
| มิถุนายน | 1,051 | 132.43 | 1,064 | 132.09 | 1,310 | 169.18 | 1,582 | 182.93 |
| กรกฎาคม | 1,126 | 137.41 | 1,018 | 130.76 | 1,345 | 270.14 | 1,516 | 171.91 |
| สิงหาคม | 1,368 | 162.93 | 1,429 | 181.31 | 1,666 | 216.54 | 1,864 | 209.15 |
| กันยายน | 1,743 | 206.81 | 1,819 | 205.53 | 1,940 | 218.80 | 2,178 | 233.92 |
| ตุลาคม | 2,119 | 236.75 | 2,162 | 241.98 | 2,253 | 247.25 | 2,720 | 338.58 |
| พฤศจิกายน | 1,524 | 159.60 | 1,847 | 206.27 | 1,956 | 205.13 | 2,033 | 195.96 |
| ธันวาคม | 1,776 | 203.30 | 1,937 | 220.83 | 1,886 | 226.87 | 2,358 | 239.53 |
| รวม | 17,420 | 1,985.43 | 18,627 | 2,136.06 | 21,207 | 2,538.05 | 23,334 | 2,581.01 |

ปริมาณ : ตัน, มูลค่า: ล้านบาท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**กล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ (*Dendrobium* ‘Eiskul’)**

กล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ เป็นกล้วยไม้ตัดดอกที่ได้รับความนิยมอย่างสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ เป็นพันธุ์ที่ได้จากการกลายพันธุ์ของกล้วยไม้ลูกผสมได้แก่หวายโซเนีย *Dendrobium* Sonia ซึ่งเกิดการกลายพันธุ์ขึ้นระหว่างการขยายพันธุ์ โดยวิธีการเลี้ยงเนื้อเยื่อของบริษัท Bangkok Orchids ได้เป็นพันธุ์ใหม่ที่มีดอกสีชมพูอมม่วงแดงเพิ่มขึ้น ประวัติพันธุ์ลูกผสมหวายโซเนียเป็นดังนี้




**รูปที่ 1** ประวัติพันธุ์ลูกผสม *Dendrobium* Sonia (ครรชิต ธรรมศิริ, 2547)

กล้วยไม้สกุลหวาย “เอียสกุล” เป็นกล้วยไม้ตัดดอกที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอีกพันธุ์หนึ่ง ซึ่งการขยายพันธุ์ทำโดยใช้เทคนิคการเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นส่วนใหญ่

**การเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้**

กล้วยไม้ที่ปลูกอยู่ในปัจจุบันเป็นลูกผสมที่ซับซ้อนมาก บางชนิดรวมเอา genome ของ 3-4 genera เข้าไว้ด้วยกัน เช่น *Sophrolaelocattleya* เป็นลูกผสมที่เกิดจาก *Sophronitis, Laelia* และ *Cattleya* วิธีการขยายพันธุ์พืชเหล่านี้โดยแยกหน่อ (pseudobulb) หรือบังคับตาที่อยู่ในระยะพักให้เจริญ การขยายพันธุ์แบบนี้เป็นวิธีการที่ช้ามาก ในปี 1960 Morel ได้อธิบายวิธีการขยายพันธุ์กล้วยไม้ในหลอดทดลองได้ในอัตราที่รวดเร็วมาก โดยเริ่มจาก Morel ได้พยายามเลี้ยงปลายยอดของกล้วยไม้สกุลซิมบิเดียม(*Cymbidium*) เพื่อประสงค์แยกส่วนที่ปราศจากเชื้อไวรัสจากต้นเดิมซึ่งเป็นโรคออกมา กลับพบประโยชน์ประการหนึ่งในด้านการขยายพันธุ์กล้วยไม้ กล่าวคือ ถ้าเลี้ยงปลายยอดบนอาหารที่มีเกลืออนินทรีย์และน้ำตาลกลูโคส

ระยะแรกปลายยอดนี้มีการพองฟูไปเป็นแคลลัส หลังจากเลี้ยงไประยะหนึ่งแคลลัสที่โป่งออกมานี้เปลี่ยนแปลงไปมีลักษณะเป็นก้อน ตรงปลายแหลมมีลักษณะเหมือนโปรโตคอร์ม (protocorm) ที่ได้จากการเพาะเมล็ดของกล้วยไม้ จึงเรียกเป็นโปรโทคอร์มไลค์บอดี (protocorm-like body, plb) plb มีสีเขียว สร้างอาหารได้เอง รอบ ๆ plb มีไรซอยด์ (rhizoid) หรือไตรโคม (trichome) เจริญมาจากเนื้อเยื่อชั้นอิพิเดอร์มีส (epidermis) อาจมีเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์และมีสาขาได้ เมื่อตัดกลุ่มของ plb ออกเป็น 3-6 ชิ้น และนำไปเลี้ยงในอาหารสูตร Knudson C แต่ละชิ้นจะสร้าง plb ขึ้นมาใหม่จากเซลล์ที่อยู่บริเวณผิวบน (superficial cells) จากเนื้อเยื่อเพียง 1 ชิ้น สามารถสร้าง plb ได้ถึง 12 ชิ้น ภายในเวลา 1 เดือน การเพิ่มจำนวนของ plb สามารถทำได้อย่างไม่มีขอบเขตจำกัด โดยการตัด plb ออกเป็นชิ้นแล้วย้ายไปเลี้ยงในอาหารใหม่ ถ้าหยุดตัด plb โดยปล่อยให้มีการเจริญเติบโตต่อไปก็จะได้เป็นต้นพืชในอาหารนั้น เมื่อทำการขยายพันธุ์ในอัตรานี้จะได้พืชจำนวนหลายล้านต้นภายในเวลา 1 ปี โดยเริ่มจากเนื้อเยื่อปลายยอดที่มีขนาดเล็กกว่า 1 มม. (บุญยืน กิจวิจารณ์, 2544)

รายงานความสำเร็จของการเลี้ยงเนื้อเยื่อเจริญของกล้วยไม้หลายสกุลทั้งพวกแตกกอ (sympodial orchids) และพวกลำต้นเดี่ยว (monopodial orchids) ในกล้วยไม้นั้นมีวิธีเลี้ยงเนื้อเยื่อเจริญโดยใช้หน่ออ่อนขนาดประมาณ 5 เซนติเมตร มาล้างให้สะอาดและฟอกฆ่าเชื้อที่ผิว ล้างด้วยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้ง ใช้ปากคีบลอกกาบหุ้มยอดออกจนหมด จะเห็นว่าภายในมีตายอดลักษณะเล็ก ๆ ปลายแหลมเป็นรูปโดม ส่วนด้านข้างหน่ออ่อนเป็นตาข้างสีเขียวอ่อน ทั้งตายอดและตาข้างนี้เหมาะสำหรับนำมาเลี้ยงอย่างยิ่ง ตัดเอาตายอดและตาข้างเล็ก ๆ นี้ไปเลี้ยงบนอาหารในสภาพปลอดเชื้อต่อไป เมื่อเลี้ยงตายอดหรือตาข้างเป็นเวลาประมาณ 1-2 เดือน ไม่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงมากนัก นอกจากตาที่เลี้ยงเจริญจนมีรูปร่างคล้ายครึ่งทรงกลม ทั้งนี้เพราะอาหารและแร่ธาตุต่าง ๆ มีครบถ้วนในปริมาณที่มากเพียงพอ จากนั้นตัดเอาใบรอบนอกออกแล้วย้ายตาเหล่านี้ลงไปเลี้ยงในขวดรูปชมพู่ที่มีอาหารเหลว หลังจากย้ายตาลงในอาหารเหลวไม่นานตาเหล่านี้จะสร้าง plb จนในที่สุดเป็นก้อนสีเขียวของ plb ขึ้นมามากมาย (คำนูณ กาญจนภูมิ, 2544) การเลี้ยง plb ในอาหารเหลวที่มีการเคลื่อนไหวตลอดเวลาบนเครื่องเขย่า ภายใต้สภาวะเช่นนี้ plb สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนได้เรื่อย ๆ เท่าที่ยังเลี้ยงอยู่บนเครื่องเขย่า เมื่อต้องการให้ plb เหล่านี้เจริญเติบโตเป็นต้นและรากก็ย้ายไปเลี้ยงบนอาหารแข็ง ภายในเวลา 8 เดือน จะเกิดเป็นต้นที่มีใบและรากซึ่งสามารถเอาออกจากหลอดแก้วไปปลูกในกระถางได้ (บุญยืน กิจวิจารณ์, 2544)

การเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ในหลอดทดลอง เพื่อขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ หรือที่เรียกว่า micropropagation เป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับว่ามีประโยชน์อย่างมากในเชิงการค้า

**หลักการเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้**

**สูตรอาหาร**

เนื่องจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจะใช้เพียงชิ้นส่วนขนาดเล็ก ดังนั้นความต้องการอาหารของเนื้อเยื่อจึงแตกต่างไปจากความต้องการของต้นพืชทั้งต้น องค์ประกอบอาหารที่จำเป็นสำหรับการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชประกอบด้วย สารอนินทรีย์ สารเร่งการเจริญเติบโต (growth regulators) วิตามิน กรดอะมิโน คาร์โบไฮเดรต น้ำและวุ้น ซึ่งปริมาณและชนิดของสารที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เนื้อเยื่อที่นำมาเลี้ยงและจุดประสงค์ของการเลี้ยง จึงมีนักวิทยาศาสตร์คิดสูตรอาหารต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับพืชที่ทดลอง ชื่อสูตรอาหารจะตั้งขึ้นตามชื่อนักวิทยาศาสตร์ที่คิดค้นได้สำเร็จ เช่น สูตร White (1963) และสูตร Heller (1953) สำหรับกล้วยไม้สามารถนำเมล็ดและเนื้อเยื่อมาเพาะเลี้ยงในอาหารได้หลายสูตรแต่สูตรที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายคือสูตร Modified Vacin and Went (1949) เนื่องจากใช้สารเพียงไม่มากชนิดจึงเตรียมได้ง่ายสะดวกและมีราคาถูก จากงานทดลองปรากฏว่าสูตรอาหารนี้ใช้ได้ผลดีกับการเพาะเมล็ดกล้วยไม้พันธุ์แท้ของไทยหลายสกุล (genera) และชนิด (species) ที่ได้จากการผสมตัวเอง ผสมระหว่างพี่น้องและผสมเปิด (เช่น ม้าวิ่ง กล้วยไม้สกุลหวาย สกุลช้าง เขาแกะ แดงอุบล กลางต่อช่อ ว่านอึ่ง เอื้องสามปอยหลวง และเอื้องโมก) กล้วยไม้ลูกผสมสกุลหวาย กล้วยไม้ลูกผสมสกุลแวนด้า กล้วยไม้ลูกผสมกลุ่มแคลทลียาและกล้วยไม้ลูกผสมกลุ่มฟาเลนอปซิส และยังพบว่าเหมาะสำหรับการเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ลูกผสมอีกหลายชนิด (ครรชิต ธรรมศิริ, 2547)

**ไคติน-ไคโตซาน**

**1. ประวัติความเป็นมาและความสำคัญของไคติน-ไคโตซาน**

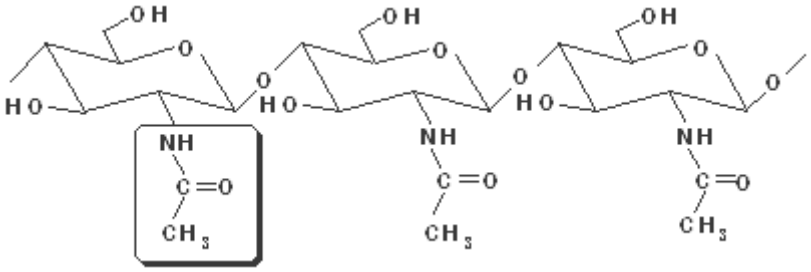
ไคติน (Chitin) มาจากภาษากรีกแปลว่า เยื่อแผ่นที่ห่อหุ้มอวัยวะ (tunic) หรือเครื่องห่อหุ้มและปกคลุม (envelope) ไคตินได้รับการกล่าวถึงครั้งแรกในปี ค.ศ. 1811 โดย Braconnot นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ที่ได้ทำการทดลองต้มเห็ด *Agaricus volvaceus Bull* และเห็ดชนิดอื่น ๆ ด้วยด่าง เพื่อสกัดไคติน ในอดีตการศึกษาเกี่ยวกับไคตินค่อนข้างมีน้อยเนื่องจากไคตินย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ต่อมาในปี ค.ศ. 1859 มีการรายงานถึงไคโตซานเป็นครั้งแรกโดย Rouget จากการนำไคตินไปต้มในสารละลาย Potassium hydroxide ที่มีความเข้มข้นสูง ซึ่งทำให้ไคตินดังกล่าว สามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์ ซึ่ง Rouget เรียกไคตินลักษณะนี้ว่า Modified chitin ซึ่งต่อมาในปี ค.ศ. 1894 Hoppe-Seyler ได้ทำการศึกษาซ้ำอีกครั้ง และกำหนดชื่อใหม่แก่ Modified chitin ว่า ไคโตซาน (Chitosan) (อ้างถึงใน ชัชวาล วงศ์ชัย, 2548)

ไคติน เป็นสารชีวภาพซึ่งได้จากการสกัดแยกจากวัตถุดิบที่มีอยู่ในธรรมชาติ จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตผสมที่ประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีธาตุไนโตรเจนติดอยู่ด้วย สารไคตินเป็นสารประกอบในธรรมชาติที่มีปริมาณมากที่สุดตัวหนึ่ง สามารถพบได้ทั่วไปในผนังเซลล์ของจุลินทรีย์

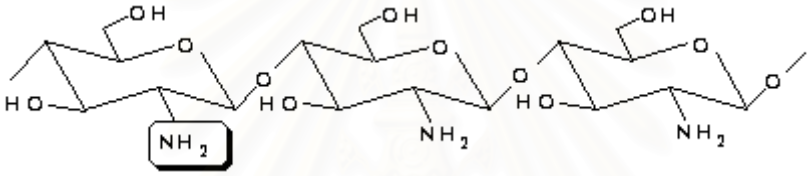
จำพวกเห็ดรา และยีสต์ นอกจากนี้ยังพบได้ในเปลือกแข็งภายนอกที่หุ้มตัวของสัตว์ที่มีลักษณะเป็นข้อปล้อง (Arthopod) ทั้งหมด อันได้แก่ แมลง แมง กุ้ง กั้ง ปู ฯลฯ นอกจากนี้สัตว์จำพวกหอยและปลาหมึกก็มีสารไคตินอยู่เช่นกัน โดยพบมากในแกนของปลาหมึก ในส่วนของเปลือกหอยนั้นก็สามารถพบได้บ้างแต่มีอยู่ในปริมาณน้อยมาก สำหรับสารไคโตซานนั้นในธรรมชาติพบได้น้อย สามารถพบได้ในผนังเซลล์ของเห็ดราและยีสต์บางชนิดเท่านั้น ดังนั้นไคโตซานส่วนใหญ่ที่มีใช้กันอยู่ได้มาจากการผลิตและแปรรูปมาจากสารไคติน (รัฐ พิชญางกูร, 2547)

โครงสร้างทางเคมีของสารไคติน คล้ายคลึงกับเซลลูโลส คือเป็นเส้นใยสายยาว ไคตินที่เกิดในธรรมชาติมีลักษณะเป็นโครงสร้างของผลึกที่แข็งแรง โดยแบ่งการจัดเรียงตัวรูปแบบของผลึกออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ แอลฟาไคติน บีต้าไคติน และ แกมมาไคติน ไคตินที่พบในเปลือกปูและกุ้ง ส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบแอลฟาไคติน ส่วนไคตินที่อยู่ในปลาหมึกพบว่าส่วนใหญ่เป็นบีต้าไคติน การจัดเรียงตัวของโครงสร้างตามธรรมชาติพบว่าแอลฟาไคติน มีเสถียรภาพทางเคมีสูงกว่าบีต้าไคติน ดังนั้นถึงมีโอกาสที่บีต้าไคตินสามารถจะเปลี่ยนแปลงรูปแบบไปเป็นแอลฟาไคตินได้ในสารละลายของกรดแก่ เช่น กรดเกลือ เป็นต้น ส่วนแกมมาไคตินเป็นโครงสร้างผสมระหว่างแอลฟาไคตินและบีต้าไคตินนั่นเอง (สุวลี จันทร์กระจ่าง, 2543)

ไคติน(β (1,4)-2-acetamido-2-deoxy-D-glucopyranose) หรือ Poly(N-acetylglucosamine) (รูปที่ 2) (Horton และคณะ, 1993) เป็นพอลิเมอร์สายยาวมีองค์ประกอบของหน่วยย่อยเป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคส การกำจัดหมู่อะซิติล (Deacetylation) ออกจากไคตินทำให้ไคตินซึ่งละลายน้ำและกรดอินทรีย์ได้ยากเปลี่ยนเป็นไคโตซาน (β (1, 4)- 2-amino-2-deoxy-D-glucopyranose) หรือ Poly (N-glucosamine)) (รูปที่ 3) ที่สามารถละลายได้ดีในกรดอินทรีย์ ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายน้อยกว่า 6 (Li และคณะ, 1997) การลดลงของหมู่อะซิติล ($CH_3CO$-) ในไคตินจะทำให้จำนวนของหมู่อะมิโน (-$NH_2$) เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มสมบัติของการเป็นสารที่มีประจุบวก (Polycationic) ให้มีมากขึ้น และมีสมบัติของการเป็นไคโตซานที่เพิ่มขึ้น (chitosan generation) ซึ่งจะวัดได้จากค่าระดับการกำจัดหมู่อะซิติล (Degree of Deacetylation, DD) โดยคิดเป็นหน่วยร้อยละ (%DD) ซึ่งโดยมากช่วงของ %DD มักอยู่ระหว่าง 70-95% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการแปรรูปไคตินให้เป็นไคโตซาน (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ และ สุวลี จันทร์กระจ่าง, 2542)



รูปที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของไคติน



รูปที่ 3 โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน

**2. ไคติน-ไคโตซานในประเทศไทย**

ประเทศไทยมีการผลิตสารไคติน-ไคโตซานมานานแล้ว ตามใบสั่งซื้อจากต่างประเทศ แต่ไม่ได้มีการเปิดเผยตัวเลขที่แท้จริง อีกประการหนึ่งโรงงานที่รับจ้างผลิตจากต่างชาติ มีข้อตกลงในการผลิตที่จะต้องไม่เปิดเผย นอกจากนี้การนำสารดังกล่าวไปใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในท้องตลาดยังไม่เป็นที่เผยแพร่เท่าที่ควร ตลอดจนการรู้จักสารนี้ยังไม่เป็นที่เผยแพร่อย่างกว้างขวางในสังคมไทย จนกระทั่งเริ่มมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของสารไคติน-ไคโตซานเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้ผู้บริโภคคนไทยรู้จัก โดยมีการเผยแพร่ข้อมูลที่ละเอียดและสร้างความเข้าใจให้แก่คนทั่วไป จึงทำให้มีการตื่นตัวของการนำเข้าสารนี้มาใช้ในวงกว้างยิ่งขึ้น จากนั้นจึงมีผู้ผลิตสารไคติน-ไคโตซานออกสู่ท้องตลาดในรูปแบบของอาหารเสริม เครื่องสำอาง สารเสริมในด้านการเกษตร และด้านอื่น ๆ ตามมาอีกมากมาย ประเทศไทยมีศักยภาพสูงและมีความได้เปรียบในด้านวัตถุดิบของการผลิตไคติน-ไคโตซานเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากประเทศไทยเป็นผู้นำแห่งการส่งออกสัตว์น้ำ เช่น กุ้ง ปู ทำให้มีเศษเหลือจำพวก เปลือกกุ้ง เปลือกปู เป็นจำนวนมาก ซึ่งเศษเหลือเหล่านี้ถูกนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตไคติน-ไตโตซาน จัดเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในประเทศให้เกิดประโยชน์ และคุ้มค่ามากที่สุด และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ และลดการนำเข้าสารจำพวกไคติน-ไตโตซาน โดยที่ประเทศไทยมีความสามารถในการแข่งขัน

กับต่างประเทศได้ทั้งด้านวัตถุดิบ เทคโนโลยี และราคา ตลอดจนผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ (สุวลี จันทร์กระจ่าง, 2542)

**3. วิธีการผลิตไคติน-ไคโตซาน** (สุวลี จันทร์กระจ่าง, 2542)

**3.1 กระบวนการกำจัดโปรตีน (Deproteination)**

ในการผลิตไคติน-ไคโตซาน จากเปลือกกุ้ง เปลือกปูจำเป็นต้องมีการกำจัดโปรตีนออกเสียก่อน ส่วนใหญ่ใช้โซดาไฟ (NaOH) เป็นตัวทำปฏิกิริยา ซึ่งนอกจากโปรตีนแล้วไขมันและรงควัตถุบางชนิดจะถูกกำจัดออกไปได้ด้วย

**3.2 กระบวนการกำจัดเกลือแร่ (Demineralization)**

นำวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการกำจัดโปรตีนมาทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ซึ่งจะเป็นการกำจัดสารพวกหินปูน ($CaCO_3$) ออกไป รงควัตถุและโปรตีนบางตัวที่เหลืออยู่ก็ถูกกำจัดออกไปด้วย ซึ่งขั้นตอนนี้จะทำให้ได้ไคตินบริสุทธิ์

**3.3 กระบวนการกำจัดหมู่อะซิติล (Deacetylation)**

ทำการต้มไคตินที่ได้หลังการกำจัดเกลือแร่ที่อุณหภูมิสูงโดยใช้ด่าง เช่น NaOH ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 40% (w/v) ขึ้นไป จะทำให้ได้ไคโตซานที่สามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซีติก ($CH_3COOH$) กรดโพรพิโอนิก ($CH_3CH_2COOH$) กรดแลกติก (CH3CH2CH(OH)COOH) และกรดบิวทีริก ($CH_3CH_2CH_2COOH$) เป็นต้น

**4. การประยุกต์ใช้ไคติน-ไคโตซานในด้านต่าง ๆ**

**4.1 การประยุกต์ใช้ ทางด้านการแพทย์**

การศึกษาการใช้ไคโตซานเป็นตัวควบคุมการปลดปล่อยยา โดยใช้เส้นใยไคโตซานผสมกับแป้งและตัวยา ซึ่งตัวยาในที่นี้คือ salicylic acid (SA) ผลการทดลองพบว่า การปลดปล่อยของ SA จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างแป้งกับเส้นใยไคโตซาน และอัตราการปลดปล่อยของยาจะลดลงเมื่อมีการให้ยาเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อเวลาผ่านไปอัตราการสะสมของยาก็เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามเส้นใยของไคโตซานที่ผสมกับแป้งนี้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของ pH และไอออน กล่าวคือ อัตราการสะสมของยาจะเพิ่มมากขึ้นในสภาวะที่ pH มีค่าต่ำ และไอออนมีค่าสูงนั่นเอง (Wang และคณะ, 2006) นอกจากนั้นยังมีการศึกษาการนำไคโตซานไปใช้เพื่อป้องกันการติดเชื้อภายใต้สภาวะต่าง ๆด้านสรีรวิทยา โดยติดตามการเจริญเติบโตของ *E.coli* พบว่า ไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อได้ในตัวกลางที่เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ Muller Hilton Phosphate buffer saline, น้ำพลาสมาที่มีปริมาณเกล็ดเลือดต่ำ และน้ำปัสสาวะที่มีฤทธิ์เป็นกรด แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ในน้ำปัสสาวะที่มีฤทธิ์เป็นด่าง นอกจากนี้ยังพบว่าการล้างแผ่นไคโตซานด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์มีผลทำให้สมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียลดลง แสดงว่า แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ในน้ำปัสสาวะมีฤทธิ์เป็นด่างสามารถ

บดบังประจุบวกของหมู่เอมีนซึ่งทำหน้าที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียของไคโตซาน (กตัญชลี ไม้งาม พิมพรรณ ชำนิงาน และ พรรณี ศรีบัวทอง, 2550)ในการศึกษาการใช้ไคโตซานเป็นวัสดุในการศัลยกรรมตกแต่งบาดแผลพบว่า การใช้ chitosan-gelatin sponge wound dressing (CGSWD) มีความปลอดภัย และยังสามารถต่อต้านเชื้อแบคทีเรียบางชนิดได้และมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ยาปฏิชีวนะบางตัวด้วย เช่น CGSWD มีประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อ *Escherichia coli*. K88 ได้ดีกว่าการใช้ penicillin และยังต่อต้านเชื้อ *Streptococcus* ได้ดีกว่า cefradine ด้วย นอกจากนี้การใช้ CGSWD ยังทำให้แผลหายเร็วและไม่ทำให้เกิดแผลเป็นที่นูนอีกด้วย (Deng และคณะ, 2006)

**4.2 การประยุกต์ใช้ ทางด้านอาหารและยา**

ไคติน-ไคโตซานได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารสำหรับควบคุมน้ำหนัก ลดการสะสมของคอเลสเตอรอล กรดยูริก และยูรีนที่อยู่ในร่างกายของมนุษย์ อีกทั้งยังนำมาใช้เพื่อลดปัญหาของผู้ป่วยที่เป็นโรค Celiac (Muzzarelli and de Vincenzi, 1997) นอกจากนี้ยังมีการนำไคติน-ไคโตซานมาใช้ในลักษณะของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมชนิดรับประทานได้ (chitosan and ester-modified starch) (Jangchud, Sumitra, and Jangchud, 2003) และใช้เป็นสารตรึงยีสต์เพื่อศึกษาปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักเบียร์ (อัจฉลีย์ เอี่ยมผ่อง และคณะ, 2542) ในด้านการศึกษาเกี่ยวกับยาพบว่ามีการใช้ไคตินผสมในยาชนิดเม็ดละลายเร็ว (Orodispersible tablets) สำหรับใช้ในผู้ป่วยสูงอายุ (Phaechamud, 2003) และใช้เป็นสารเคลือบยาชนิดเม็ด (Phaechamud, Koizumi and Ritthidej, 2003) ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ไคติน-ไคโตซานยังถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมในครีมบำรุงผิว (พิมพร ลีลาพรพิสิฐ, จีรติการณ์ พิทาคำ, และชาดา ศรีชูชาติ, 2546) และ โลชั่นบำรุงผิว (เรวดี มีสัตย์, หทัยรัตน์ ริมคีรี, และธงชัย สุวรรณสิชฌน์, 2546) สำหรับในอุตสาหกรรมอาหาร พบว่ามีการใช้ไคโตซานในการป้องกันการเจริญเติบโตของยีสต์และแบคทีเรียในกลุ่ม lactic acid bacteria ในน้ำแอปเปิ้ล (Rhoades and Roller, 2000) อีกทั้งไคโตซาน 90%DD ที่ผลิตจากเปลือกกุ้ง สามารถใช้ยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* (ATCC 25922) และเชื้อ *S. aureus* (ATCC 27853) (Chung และคณะ, 2003) สำหรับในทางอาหารสัตว์พบว่า ไคติน-ไคโตซานถูกนำไปใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของสุกร (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2543) และยังใช้เป็นตัวเสริมอาหารแก่ไก่เนื้ออีกด้วย (สุคีพ ไชยมณี, สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์, และบุญล้อม วีวะอิสระกุล, 2546)

**4.3 การประยุกต์ใช้ ทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพและสิ่งแวดล้อม**

การศึกษาการใช้ไคตินและไคโตซานที่ผลิตจากหนอนไหม เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการกำจัดตะกั่ว และนิกเกิลในน้ำเสีย โดยไคโตซานที่มี degree of deacetylation เท่ากับ 75% มีประสิทธิภาพในการจับกับตะกั่วได้ดี แต่จับกับนิกเกิลไม่ดี ซึ่งประสิทธิภาพสูงสุดในการจับกันระหว่างไคโตซานกับตะกั่วอยู่ที่ 141.10 mg/g (Paulino และคณะ, 2006) นอกจากนี้มีการศึกษาการใช้ไคติน ไคโตซาน และแลนทาลัมร่วมกับไคโตซาน เพื่อกำจัดฟลูออไรด์จากน้ำดื่ม ผลการศึกษาพบว่า การใช้แลนทาลัมร่วมกับไคโตซานสามารถกำจัดฟลูออไรด์ออกจากน้ำดื่มได้ดีที่สุด และดีกว่าการใช้ไคตินหรือไคโตซานเพียง

อย่างเดียว ซึ่งการใช้แลนทาลัมร่วมกับไคโตซานในการกำจัดฟลูออไรด์นั้นมีประสิทธิภาพดีในน้ำกลั่น เนื่องจากมีประจุและ pH ที่เหมาะสม (Kamble และคณะ, 2006) การศึกษาการใช้ไคโตซานร่วมกับ คาร์ราจิแนน โซเดียมแอลจิเนต และ โซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต เพื่อกำจัดสารสีในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ พบว่าการใช้สารละลายไคโตซานร่วมกับคาร์ราจิแนนให้ผลการกำจัดสารสีได้ดีเมื่อใช้อัตราส่วนเท่ากับ 0.8:0.2 (โดยปริมาตร) นอกจากนี้การใช้สารละลายไคโตซานร่วมกับโซเดียมแอลจิเนตและสารละลายไคโตซานร่วมกับโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟตให้ผลการกำจัดสารสีได้ดีเมื่อใช้อัตราส่วนเท่ากับ 0.8:1.2 (โดยปริมาตร) โดยมีค่าการดูดกลืนแสงลดลงมากกว่าร้อยละ 90 (บุญศรี คู่สุขธรรม, 2549) และจากการศึกษาถึงประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อราโดยใช้แผ่นฟิล์มไคโตซานพบว่า การเตรียมสารละลายไคโตซานที่เติมสารสกัดจากกระเทียม (Allicin) 2.5% โดยปรับ pH ให้ได้ 6.0 ก่อนขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม แล้วนำแผ่นฟิล์มมาทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Penicillium roquefortii* และ *Aspergillus awamori* พบว่า สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดได้ดีขึ้น (สิริรัตน์ จงฤทธิพร, 2549)

**4.4 การประยุกต์ใช้ ทางด้านวัสดุ**

ในต่างประเทศ ไคติน-ไคโตซานถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ แผ่นฟิล์ม เส้นใย สิ่งทอ และซีเมนต์มาเป็นเวลานานแล้ว (Muzzarelli, 1976) สำหรับในประเทศไทยมีการทดลองนำไคติน-ไคโตซานไปใช้ในการผลิตวัสดุต่าง ๆ เช่น Siloxane-modified chitosan films (Rutnakornpituk Boonchu and Phinyocheep, 2003) ถูกนำไปใช้เป็นวัสดุในการรักษาบาดแผล Chitosan/poly (Styrene Sulfonate) assembled thin film (Hoven และคณะ, 2003) เส้นใยเรยอนผสมไคโตซาน (วิมลรัตน์ ศรีจรัสสิน และคณะ, 2546) เพื่อนำไปใช้ทางการแพทย์หรือใช้ในงานโรงแรมแก้ปัญหากลิ่นอับที่เกิดขึ้นซึ่งมีสาเหตุมาจากเชื้อแบคทีเรีย แผ่นฟิล์มไคโตซานบางชนิดสำหรับการแยกและการเจือจางแบบออนไลน์ (Punyodom และคณะ, 2003) ซึ่งใช้ตรวจหาโซเดียมและโพแทสเซียมไอออนในเครื่องดื่มอิเลคโตรไลต์ การทำฟองน้ำที่สลายตัวทางชีวภาพได้ (ภูริวัฒน์ ลี้สวัสดิ์, ศิริชัย เจียตระกูล, และสุภาณุพงศ์ ศรีวิชัย, 2546) และใช้ไคโตซานเป็นสารเพิ่มความเหนียวหรือความแข็งแรงของกระดาษ (Lertsutthiwong และคณะ, 2002) เป็นต้น

**4.5 การประยุกต์ใช้ ทางด้านการเกษตร**

ไคติน-ไคโตซานเป็นสารที่มีลักษณะโดดเด่นเฉพาะตัว คือเป็นสารธรรมชาติ จึงสามารถเข้ากับธรรมชาติได้ดีและยังสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติอีกด้วย ดังนั้นจึงมีการนำไคติน-ไคโตซานมาประยุกต์ใช้กับการเกษตรเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะเห็นได้จากการนำไคติน-ไคโตซานมาใช้ประโยชน์ดังต่อไปนี้

4.5.1 ไคโตซานกับความต้านทานโรคของพืช

กลไกอย่างหนึ่งที่สำคัญในพืช คือ ความสามารถในการสร้างภูมิคุ้มกันตนเองของพืช เนื่องจากในธรรมชาติพืชมักถูกรุกรานด้วยจุลินทรีย์เสมอ ไม่ว่าจะเป็น รา แบคทีเรีย และไวรัส โดยจุลินทรีย์เหล่านี้จะเป็นตัวกระตุ้นให้ระบบภูมิคุ้มกันตนเองของพืชทำงาน คือทำให้พืชมีการสร้างโปรตีนต่าง ๆ เช่น การสร้างเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PAL) ที่เกี่ยวกับการสร้างสารทุติยภูมิในกลุ่ม phenolic compounds ได้แก่ lignin และ phytoalexins (Smith, 1996) เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ การสร้างโปรตีนในระบบภูมิคุ้มกันตนเองของพืชแบบ systemic acquired resistance (SAR) ซึ่งได้แก่ pathogenesis-related proteins (PR-proteins) และ proteinase inhibitors รวมถึงการสร้างสารในกลุ่ม reactive oxygen species เพื่อทำลายเชื้อโรคที่เข้ามารุกรานให้อยู่ในวงจำกัดด้วยการป้องกันตนเองแบบ local acquired resistance และการเกิด hypersensitive defense reaction เป็นต้น (Agrios, 1997) มีรายงานการศึกษาพบว่า ที่ผนังเซลล์ของรามีองค์ประกอบบางอย่างที่กระตุ้นในพืชสร้างภูมิคุ้มกันตนเองได้ (Albersheim and Anderson-Prouty, 1975) โดยพบว่าสารชนิดหนึ่งที่สามารถกระตุ้นความสามารถในการต้านทานโรค หรือภูมิคุ้มกันตนเองของพืชนี้คือ ไคโตซานซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ของรา นอกจากนี้ ผนังเซลล์ของรายังมีไคตินเป็นองค์ประกอบอีกด้วย เมื่อเซลล์พืชได้รับไคติน-ไคโตซาน พืชจะสร้างเอนไซม์ไคติเนส และเอนไซม์ไคโตซานเนส (Hirano และคณะ, 1991; Muzzarelli, 1976) ออกมาย่อยเชื้อราไม่ให้เจริญเติบโตรุกรานเซลล์พืช นอกจากนี้ยังสามารถกระตุ้นกลไกการป้องกันตนเองของพืชผ่านทางกระบวนการต่าง ๆ ที่กล่าวข้างต้นได้ นอกจากนี้ยังพบว่า ไคโตซานสามารถกระตุ้นกลไกการป้องกันตนเองผ่านทาง Octadecanoil signaling pathway ซึ่งไคโตซานมีผลทำให้เซลล์พืชเกิดการส่งสัญญาณผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ แล้วชักนำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ linoleic acid เกิดการสะสม jasmonic acid ภายในเซลล์เพิ่มขึ้น โดย jasmonic acid receptor ที่รับสัญญาณต่อจาก jasmonic acid จะทำให้เกิดการกระตุ้นการแสดงออกของยีนภายในนิวเคลียส เกิดการสังเคราะห์ proteinase inhibitors (Doares และคณะ, 1995) คุณสมบัติของไคโตซานที่กล่าวมานี้ทำให้สามารถเรียกไคโตซานว่าเป็น elicitor ได้ ซึ่ง elicitor คือโมเลกุลที่สามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรคพืชได้ (Taiz and Zeiger, 2002) ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับชนิด ระดับความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้ รวมถึงชนิดและอายุของพืช ชนิดของเชื้อโรค และวิธีการประยุกต์ใช้สารด้วย

การศึกษาสมบัติการเป็น elicitor ของไคโตซาน ในการป้องกันตนเองของ Lodgepole Pine (*Pinus contorta* Dougl. Ex Loud. var. *latiforia*) พบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.01-2.0 mg/ml สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างสารทุติยภูมิในกลุ่ม monoterpenes ซึ่งเป็น defensive chemicals โดยพบสารนี้บริเวณเนื้อเยื่อท่อลำเลียงอาหารตรงตำแหน่งที่เชื้อราเข้าทำลาย นอกจากนี้ยังพบว่า ไคโตซานสามารถกระตุ้นให้ต้นสนต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลงพวก letal bark beetle ได้ (Miller, Berryman, and Ryan, 1986) ขนาดโมเลกุลของไคโตซานยังมีผลต่อการชักนำให้เกิดการสะสมสารพวก

phytoalexin และการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ โดยพบว่าไคโตซานแบบ octamer ที่ปลายโครงสร้างประกอบด้วย hydrophobic aglycon ขนาดใหญ่ สามารถชักนำให้เนื้อเยื่อส่วน endocarp ของถั่วลันเตา *(Pisum sativum* L. cv. Alcan.) ให้มีการสะสม Pisatin ได้มากที่สุด รองลงมาคือ ไคโตซานที่ได้มาจากเปลือกกุ้ง ไคโตซานแบบ tetramer และ ไคโตซานแบบ hexamer ที่ปลายโครงสร้างประกอบด้วย methyl aglycon ตามลำดับ อย่างไรก็ดียังพบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้นน้อยกว่า 1.0 mg/g มีแนวโน้มทำให้มีการสะสม Pisatin น้อยลง ในขณะที่ไคโตซานแบบ octamer ที่ปลายโครงสร้างประกอบด้วย hydrophobic aglyconขนาดใหญ่ และแบบ native chitosan สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Fusarium solani* f. sp. *Phaseoli* ได้ ซึ่งไม่พบการให้ไคโตซานแบบ tetramer และ hexamer ดังที่กล่าวมาข้างต้น (Hadwiger, Ogawa, and Kuyama, 1994) สำหรับในการทดลองที่ให้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงแคลลัสจากเซลล์แคมเบียมลำต้นของ Bristly dewberry *(Rubus hispidus* L.) พบว่าอาหารที่ผสมไคโตซานที่ความเข้มข้น 2.0 mg/ml และ 4.0 mg/ml สามารถชักนำให้แคลลัสผลิตเอนไซม์ lysozyme ได้มากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซานถึง 1.38 และ 1.87 เท่า ตามลำดับ และช่วยกระตุ้นให้เกิดการผลิตเอนไซม์ chitinase เพิ่มมากขึ้น 2 และ 3 เท่า ตามลำดับ (Bernasconi, Jolles, and Pilet, 1986)

การกระตุ้นกลไกการป้องกันตนเองของพืชโดยการใช้ไคโตซานอาจเกิดผ่านทาง Octadecanoid pathway ได้ จากการศึกษากลไกการป้องกันตนเองในมะเขือเทศ var. Castlemart พบว่าการให้ไคโตซานที่ปริมาณ 0.5 μg ต่อต้น สามารถกระตุ้นให้ใบสดของมะเขือเทศมีการสร้าง Proteinase Inhibitors I เพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันไคโตซานยังกระตุ้นให้เกิดการสร้าง JA ขึ้นภายในเซลล์ในระดับที่สูงกว่าปกติถึง 2-3 เท่า ภายในเวลาเพียง 2 ชั่วโมง ซึ่งคล้ายคลึงกับการให้สาร systemin และพบอีกว่าการทำให้ใบมะเขือเทศเกิดบาดแผล หรือได้รับสารพวก oligouronides ก็สามารถชักนำให้เกิดการสร้าง JA ได้เช่นกัน (Doares และคณะ, 1995) นอกจากนี้ไคโตซานสามารถชักนำให้เกิด systemic resistance ในต้นมะเขือเทศได้ ทั้งนี้มีรายงานการศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการเกิดโรค *Fusarium* crown และ root rot อันมีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* f. sp. *Radicislycopersici* โดยการใช้ไคโตซานที่ได้จากไคตินของเปลือกปูในการเคลือบเมล็ดและผสมร่วมกับอาหารที่ใช้ทดสอบ พบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 mg/ml สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคดังกล่าวได้ โดยวัดได้จากการลดลงของจำนวน root lesions และการมีระบบรากที่สมบูรณ์ดีกว่าต้นมะเขือเทศในชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้ให้ไคโตซาน สำหรับเมล็ดมะเขือเทศที่ได้รับการเคลือบไคโตซานเพียงอย่างเดียวแต่ไม่ได้รับไคโตซานในอาหารเพาะเลี้ยง พบว่าไคโตซานจะช่วยชะลอการเกิดโรคออกไปเท่านั้น ซึ่งจากการตรวจสอบเนื้อเยื่อของรากบริเวณที่มีการรุกรานของเชื้อรา พบว่าการใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.0 mg/ml มีประสิทธิภาพสูงในการช่วยลดการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยภายหลังจากการทำการทดลองไปได้ 4-5 วัน พบว่ารากของมะเขือเทศในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซานจะมีเส้นใยของเชื้อราเจริญเติบโตกระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อเยื่อท่อลำเลียงน้ำและอาหาร แต่ในมะเขือเทศที่ได้รับไคโตซานไม่พบการรุกรานของเชื้อราเข้าไป

ในเนื้อเยื่อรากเลย และพบว่าเซลล์ vascular parenchyma ของรากจะมีการสร้างสารในกลุ่ม phenolic compound ซึ่งอยู่ในรูปของ electron-dence droplets ขึ้นมาภายในเซลล์ และยังพบการสร้างโครงสร้าง electron-lucent layer ขึ้นมาตลอดแนวผิวชั้นในของ cell wall ซึ่งมีผลทำให้เชื้อราไม่สามารถแทงเส้นใยเข้ามาภายในเซลล์ของรากได้ แสดงให้เห็นว่า การได้รับไคโตซานสามารถกระตุ้นกลไกการป้องกันตนเองของรากมะเขือเทศ ซึ่งช่วยปกป้องไม่ให้ได้รับอันตรายจากการรุกรานของเชื้อราที่ก่อโรคดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น (Benhamou, Lafontaine, and Nicole, 1994)

การศึกษาผลของไคติน-ไคโตซานชนิดต่าง ๆ ในการกระตุ้นความต้านทานโรคในข้าวสาลี โดยดูผลของการสร้างเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PAL) การทำงานของเอนไซม์ peroxidase (POD) การสะสม lignin และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทั้งภายในและภายนอกของใบข้าวสาลี โดยไคตินและไคโตซานที่ใช้คือ ไคตินแบบ chitooligosaccharides คือ (1⟶4)-linked 2-acetamido-2-deoxy-beta-D-glucopyranose (GlcNAc) และไคโตซานคือ (1⟶4)-linked GlcNAc and 2-amino-2-deoxy-beta-D-glucopyranose (GlcN) ที่มีค่าเฉลี่ยของ degree of polymerization (DPs) ระหว่าง 4-10 และไคโตซานแบบ N-Acetylated Chitosan ที่มีค่าเฉลี่ย DPs ระหว่าง 540 - 1,100 โดยมี %DD (Degree of Deacetylation) เท่ากับ 99% 85% 65% 51% และ 40% เมื่อฉีดไคติน-ไคโตซานเข้าไปในส่วนของ intercellular space ของใบข้าวสาลีที่ปลอดโรคและไม่มีบาดแผล พบว่า 24 ชั่วโมงหลังจากการฉีด GlcNAc ที่ความเข้มข้น 1,000 µg/ml และมีค่า DPs ตั้งแต่ 7 ขึ้นไป สามารถกระตุ้นให้ใบข้าวสาลีมี POD activity สูงขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ PAL activity สำหรับ GlcN นั้นไม่สามารถชักนำให้เกิดการเพิ่มของเอนไซม์แอคติวิตีทั้งสองชนิดข้างต้นได้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ไคโตซานชนิดต่าง ๆ แล้ว พบว่า ไคโตซานที่มี %DD ต่ำกว่า 99% ที่ความเข้มข้นประมาณ 10 µg/ml สามารถชักนำให้ PAL และ POD activity เพิ่มขึ้น และเมื่อลดค่า %DD ลงเหลือ 65% พบว่า ไคโตซานที่ความเข้มข้น1 µg/ml สามารถชักนำให้ PAL และPOD activity เพิ่มขึ้นกว่าเดิม แต่เมื่อ %DD ลดลงเหลือ 40% กลับพบว่า ไคโตซานที่ความเข้มข้น 100 µg/ml มีผลทำให้ PAL activity มีค่าลดลง ส่วนที่ความเข้มข้น20 µg/ml มีผลทำให้ POD activity มีค่าลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า PAL activity มีค่าคงที่เมื่อความเข้มข้นของไคโตซานเพิ่มสูงขึ้นในขณะที่ POD activity มีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว โดยพบว่าความเข้มข้น1 µg/ml ที่ %DD เท่ากับ 99% และ 65% POD activity มีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม สำหรับการสะสม lignin บริเวณผนังเซลล์ พบว่าการให้ไคโตซานที่มี %DD เท่ากับ 65% สามารถชักนำให้เกิดการสะสม lignin ได้มากที่สุด (Vander และคณะ, 1998) เช่นเดียวกับการศึกษาผลของไคตินและไคโตซานที่มีต่อการสร้าง lignin หลังจากเนื้อเยื่อใบเกิดบาดแผลในข้าวสาลี พบว่าเมื่อให้ไคตินที่ได้จากเปลือกปูที่อยู่ในรูป GlcNAc ที่ความเข้มข้น 4.0 mg/ml ทั้งแบบ tetramer pentamer และ hexamer สามารถชักนำให้เกิดการสร้าง lignin ตรงบริเวณของของรอยแผลบนใบข้าวสาลีได้ถึง 75-80% แต่ผลเช่นนี้ไม่พบในไคตินสายสั้นกว่าเช่นแบบ monomer และ dimer สำหรับไคโตซาน (GlcN) ทั้งแบบ monomer dimer trimer และ tetramer ไม่พบว่ามีผลต่อการสร้าง lignin บนใบข้าว

สาลีที่เกิดบาดแผล อย่างไรก็ตามเมื่อให้ไคโตซานที่มี %DD เท่ากับ 92% แก่ข้าวสาลีทางใบก่อนที่จะทำให้เกิดบาดแผลกลับพบว่าสามารถชักนำให้มีการสร้าง lignin ได้ถึง 98% (Barber, Bertram, and Ride, 1989) นอกจากนี้ไคโตซานยังมีผลต่อการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ peroxidase ในเนื้อเยื่อรากของ horseradish (*Armoracia lapathifolia* Gilibert) ที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MSRT โดยพบว่าการผสมไคโตซานในอาหารเพาะเลี้ยงรากที่ความเข้มข้น 100 mg/l สามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ peroxidase ที่อยู่ภายในรากให้สูงขึ้นได้ภายใน 48 ชั่วโมง และพบว่าการทำงานของ peroxidase ร่วมกับอิออนที่ผนังเซลล์จะสูงมากขึ้นถึง 3 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซาน (Flocco, Pitta-Alvarez, and Giulietti, 2001) การศึกษาการเปรียบเทียบการใช้ไคตินแบบ Oligomer 10 %DD และ ไคโตซาน 92 %DD เพื่อกระตุ้นการสร้าง $H_2O_2$ ในเซลล์ของข้าวสาลี cv. Prelude-Sr5 ซึ่งเลี้ยงแบบแขวนลอยในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS พบว่าการเติมไคตินหรือไคโตซานลงไปในอาหารสูตร MS ที่ปรับปรุงโดยการใส่ Mopholinoethane sulfonic acid (MES) ความเข้มข้น 10 mM และน้ำตาลซูโครส 3 % (w/v) สามารถชักนำให้เซลล์ของข้าวสาลีสร้าง $H_2O_2$ ได้มากกว่าการเลี้ยงในอาหารสูตร MS ธรรมดา และอาหารสูตร MS ที่เพิ่มเพียงไคตินหรือไคโตซาน และยังพบว่า การให้ไคตินและไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.0 µg/ml สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้าง $H_2O_2$ ได้สูงสุดคล้ายคลึงกัน นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ขนาดของโมเลกุลไคโตซานมีผลต่อการชักนำการเกิด oxidative burst โดยพบว่าไคตินที่มีโครงสร้างแบบ octamer ที่ความเข้มข้น 1.0 µg/ml สามารถชักนำให้เกิด oxidative burst ได้มากกว่าแบบ pentamer ที่ความเข้มข้นเดียวกัน (Ortmann และคณะ, 2004)

การศึกษาผลของไคโตซานต่อความสามารถในการสร้างสารทุติยภูมิในการเลี้ยงเนื้อเยื่อยาสูบ (*Nicotiana tabaccum* L.) และ *Eschscholtzia califonica* Cham โดยทำการเลี้ยงเซลล์ทั้งสองชนิดในอาหารสูตร MS จากการทดลองการเปลี่ยนแปลงของค่า conductivity ในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและภายในเซลล์มีผลต่อการเพิ่มและลดการสร้างสารทุติยภูมิได้ ซึ่งจากการทดลองเติมไคโตซานลงในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อยาสูบ พบว่าการให้ไคโตซานที่อัตรา 1.0-3.0 mg ต่อกรัมน้ำหนักสดของเซลล์ มีผลทำให้ค่า conductivity ของอาหารภายในเซลล์สูงขึ้น และความสามารถในการเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์มีมากขึ้น ส่งผลต่อการรั่วไหลของไอออนต่าง ๆ สู่นอกเซลล์มากขึ้น ซึ่งไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวยังมีผลทำให้มีการสร้างเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PAL) เพิ่มขึ้น แต่เมื่อให้ไคโตซานในอัตราที่มากกว่า 3.0 mg ต่อกรัมน้ำหนักสดของเซลล์ กลับให้ผลในทางตรงกันข้าม อย่างไรก็ตาม สำหรับเซลล์ของ *E. californica* Cham เมื่อให้ไคโตซานในปริมาณที่สูงกว่า 0.5 mg ต่อกรัมน้ำหนักสดของเซลล์ มีผลต่อการเพิ่มค่า conductivity ของอาหารและภายในเซลล์พืชให้สูงขึ้นได้อย่างรวดเร็ว แต่กลับพบว่ามีการสร้างสารทุติยภูมิในกลุ่ม benzophenanthridine alkaloid คือ chelerythrine และ macarpine ได้น้อยลง (Broadway และคณะ, 1989)

การศึกษาการเกิด Hypersensitive reaction ในถั่วแขก (*Phaseolus vulgaris* L. var. Saxa) โดยทำการพ่นไคโตซานที่ได้จาก Antractic Krill ที่ความเข้มข้น 0.1 % (w/v) ให้แก่ใบของต้นถั่วที่มีอายุ 10-14 วัน ทั้งก่อนและหลังได้รับการปลูกถ่ายเชื้อ *Alfalfa mosaic virus* (ALMV) ผลพบว่ามีการเกิด local lesions บนใบถั่วลดลง โดยการพ่นไคโตซานก่อนการได้รับเชื้อ 3 ชั่วโมง ถึง 5 วัน จะสามารถลดการเกิด local lesions ได้เกือบ 100% และภายหลังจากการปลูกถ่ายเชื้อ ALMV หากมีการพ่นไคโตซานตามมาภายใน 1-4 ชั่วโมง จะช่วยให้ลดการเกิด local lesions ได้ 50-90% อย่างไรก็ดีการใช้ไคโตซานที่มีความเข้มข้นสูงกว่า 0.25 % (w/v) นั้นเป็นพิษต่อต้นถั่ว ในขณะที่การใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 0.1 % (w/v) จะมีส่วนช่วยในการลดจำนวน local lesions ได้น้อยมาก นอกจากนี้การให้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.005 % (w/v) และ 0.001 % (w/v) สามารถทำให้ใบถั่วไม่แสดงอาการของการติดเชื้อไวรัสได้ 100 และ 97.2 % จากจำนวนใบถั่วทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองตามลำดับ และจากการทดลองเพื่อศึกษาความสามารถในการยับยั้งการเกิด local lesions บนใบบริเวณที่ไม่ได้รับไคโตซาน โดยให้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.1 % (w/v) ทางใบในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับการปลูกถ่ายเชื้อ พบว่าบริเวณใบที่ไม่ได้รับไคโตซานนั้นมีการลดลงของ local lesions บ้างประมาณ 50-93% จากจำนวนใบถั่วทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง (Pospieszny and Atabekov, 1989) นอกจากนี้การพ่นหรือการทาไคโตซานที่ความเข้มข้นดังกล่าวบนใบ ยังสามารถยับยั้งการเกิด local และ systemic infection ที่เกิดจากการติดเชื้อไวรัสต่าง ๆ ได้แก่ *Alfalfa mosaic virus* (ALMV) *Tobacco necrosis virus* (TNV) *Tobacco mosaic virus* (TMV) *Peanut stunt virus* (PSV) *Cucumber mosaic virus* (CMV) และ *Potato virus X* (PVX) ที่พบในถั่วแขกพันธุ์อื่น ๆ เช่น cv. Saxa cv. Fana และ cv. Signal รวมไปถึงถั่วลันเตา (*P. sativum* L.) และพืชในวงศ์ Solanaceae เช่น ยาสูบใบใหญ่ var. Samsun NN และ var. Xanthi nc ยาสูบป่า (*Nicotiana glutinosa* L.) ยาสูบ (*Nicotiana paniculata* L.) มะเขือเทศ (*L. esculentum* L.) และ *Chenopodium quinoa* Wild ซึ่งประสิทธิภาพในการยับยั้งแตกต่างกันออกไปเป็น 3 ระดับ คือ 25-50 % 50-75 % และ 75-100 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคู่ของชนิดพืชอาศัยและไวรัสที่ใช้ในการทดลอง และยังพบว่าหากทิ้งช่วงระยะเวลาของการให้ไคโตซานแก่ต้นพืชภายหลังทำการปลูกถ่ายเชื้อไวรัสไปนานมากขึ้นความสามารถในการยับยั้งการเกิด local lesions จะมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้ยังได้มีการทดลองใช้น้ำประปาล้างใบของต้นถั่วนาน 4-5 นาที หลังที่ได้รับการพ่นไคโตซาน จากนั้นอีก 1 วันจึงทำการปลูกถ่ายเชื้อ ALMV ให้แก่ต้นถั่วดังกล่าว พบว่าต้นถั่วที่ได้รับการพ่นไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.01 % (w/v) สามารถยับยั้งการเกิด local lesions ได้มากกว่าต้นถั่วที่ไม่ได้รับไคโตซานถึง 78.6 % และหากเพิ่มความเข้มข้นของไคโตซานมากขึ้นเป็น 0.05 0.1 และ 0.25 % (w/v) พบว่าไคโตซานสามารถยับยั้งการเกิด local lesions ได้มากถึง 93.6 95.7 และ 99.9 ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.1 % (w/v) นั้นยังสามารถลดจำนวนต้นถั่วที่จะเกิด systemic infection จากเชื้อ ALMV ได้ถึง 91.66 % ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพืชชนิดต่าง ๆ แล้วพบว่า การให้ไคโตซานสามารถยับยั้งการเกิด local lesions อันเกิดจากการติดเชื้อไวรัสในพืชพวกถั่วชนิดต่าง ๆ มีประสิทธิภาพ

ดีกว่าพืชชนิดอื่น ๆ (Pospieszny, Chirkov, and Atabekov, 1991) นอกจากการทดลองในถั่วยังมีการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าไคโตซานที่ได้จาก Antractic krill ยังสามารถช่วยลดการเกิดโรคในมันฝรั่ง (*Solanum Tuberosum* L.) ได้ โดยพบว่ามันฝรั่งที่ปลูกในประเทศโปแลนด์นั้นประสบปัญหาการติดเชื้อ *Potatp spindle tuber viroid* (PSTV) ซึ่งปนเปื้อนไปตามวัสดุอุปกรณ์ที่เกษตรกรใช้ในการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยว ทำให้เกิดการถ่ายเชื้อด้วยวิธีกลและเกิดการแพร่ระบาดของโรค ซึ่งจากการนำมีดที่ปนเปื้อนเชื้อดังกล่าวไปแช่ในไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.1 % (w/v) ก่อนนำไปถูกับใบของมันฝรั่งก่อนที่จะได้รับเชื้อดังกล่าวเป็นเวลา 4 วัน สามารถลดการติดเชื้อได้ 50-75% และแม้ว่าทำการล้างใบด้วยน้ำเปล่าหลังจากพ่นไคโตซานแล้ว 1 นาที พบว่าไคโตซานยังสามารถกระตุ้นการป้องกันต้นเองของพืชได้ถึง 60% ของพืชที่ทำการทดลอง ที่สำคัญพบว่าภายหลังได้รับเชื้อ viroid ไปนาน 1-3 ชั่วโมง แล้วทำการพ่นไคโตซานที่ความเข้มข้นดังกล่าวให้แก่ใบของต้นมันฝรั่ง จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการติดเชื้อดังกล่าวได้ดีที่สุด แต่ถ้าหากทำการปลูกเชื้อแก่ต้นมันฝรั่งไปนาน 5-24 ชั่วโมง แล้วค่อยทำการพ่นไคโตซานตามพบว่าประสิทธิภาพในการลดการติดเชื้อดังกล่าวจะลดลง (Pospieszny, 1997)

Hydroxypropylchitosan เป็นอนุพันธ์ของไคโตซานที่ใช้เป็นตัวเชื่อมในสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ เพื่อช่วยในการยับยั้งเชื้อราทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (ภาวดี เมธาคานนท์, 2543) นอกจากนี้ไคโตซานยังถูกพบว่าเป็นสารเคลือบป้องกันการขูดขีด หลุดร่อนของสารเคมี (incrustating agent) (Struszczyk และคณะ, 1988) ที่ดีเทียบเท่ากับสารเคมีที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ ไคโตซานได้ถูกทดลองใช้เป็นสารเคลือบเพื่อป้องกันการขูดขีดของเมล็ดพันธุ์หัวหอม มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มที่มีความยืดหยุ่น แข็งแรง ยึดเกาะบนพื้นผิวของเมล็ดได้ดี กำจัดปัญหาการสูญเสียสารเคมีเคลือบเมล็ดพันธุ์ ที่ใช้ในการป้องกันโรคและแมลง ทำให้อัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์สูงขึ้น ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้แผ่นฟิล์มที่ใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์ยังช่วยป้องกันความเสียหายจากสารเคมีภายนอกและลดการเกิดฝุ่นในระยะเวลาการเก็บและการหว่านด้วย การทดลองใช้ไคตินและอนุพันธ์เคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ข้าว สน และ Japanese radish พบว่า สารเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากไคตินและอนุพันธ์สามารถยึดติดกับผิวของเมล็ดได้ดีและทำหน้าที่เป็นสารยับยั้งแบคทีเรีย ตั้งแต่ช่วงการหว่านจนกระทั่งถึงช่วงการเป็นต้นอ่อน ทำให้อัตราการงอกสูงขึ้น 6-20% (Hirano และคณะ, 1988)

จากรายงานการศึกษาพบว่าไคโตซานจากเปลือกปูที่ความเข้มข้น 1,000 ppm (w/v) สามารถยับยั้งการงอกของ uredospore ของราสนิม (*Puccinia arachidis* Speg.) ในต้นถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L. cv. TMV7) ได้ อีกทั้งการพ่นไคโตซานทางใบให้แก่ถั่วลิสงก่อนที่จะได้รับการปลูกถ่ายเชื้อราดังกล่าว สามารถชะลอการเกิดโรคได้นานถึง 18 วัน อีกทั้งยังช่วยลดการสร้างสปอร์ของราชนิดนี้ได้อีกด้วย ซึ่งภายหลังที่ต้นถั่วลิสงได้รับไคโตซานไปแล้ว 24 ชั่วโมง พบว่าจำนวนของ uredosori และจำนวน uredospore ต่อ sorus ลดลง ในขณะที่ต้นถั่วลิสงที่ได้รับไคโตซานจะถูกชักนำให้มีปริมาณ salicylic acid ภายในต้นเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายในวันที่ 12 หลังจากได้รับไคโตซาน ในขณะที่ปริมาณเอนไซม์

chitinase และ beta-1,3 glucanase ใน intercellular washing fluid จะสูงขึ้นในวันที่ 8 หลังได้รับไคโตซาน จนถึงวันที่ 10 จึงลดต่ำลง นอกจากนี้การตรวจสอบ isoform ของเอนไซม์ทั้งสองชนิดด้วยวิธี native polyacrylamide gel electrophoresis และ western blot analysis พบว่าเอนไซม์ทั้งสองชนิดมีลักษณะของ isoform ที่ต่างๆไปจากต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน (Sathiyabama and Balasubramanian, 1998)

ไคโตซานมีผลต่อการเจริญเติบโต สัณฐานวิทยา และลักษณะโครงสร้างภายในของเชื้อราที่ทำให้เกิดโรค root rot ในพืชหลายชนิด เช่น *Cylindrocladium floridanum* Sobers & Seymour *Cylindrocarpon destructans* (Zinss.) Scholten *Fusarium acuminatum* Ellis & Everh และ *Fusarium oxysporum* Schlecht โดยพบว่า ไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.0 และ 2.0 mg/ml สามารถยับยั้งการเจริญในแนวรัศมีของเชื้อราเหล่านี้ได้ถึง 40-70 % ยกเว้นเชื้อ *F. acuminatum* Ellis & Everh สำหรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับเชื้อ *C. floridanum* Sobers & Seymour พบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5 mg/ml ทำให้เส้นใยไม่สามารถเจริญต่อไปได้ เกิดการรวมกันเป็นกลุ่มก้อนของไซโทพลาสซึมและจะติดกับผนังของเซลล์ในเซลล์บางบริเวณของเส้นใย มีการเพิ่มของจำนวนแวคิวโอล และที่ความเข้มข้น 2.0 mg/ml จะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์แตกหัก ลักษณะดังกล่าวนี้พบใน *C. destructans* (Zinss.)Scholten เช่นกัน โดยยังพบว่า protoplasm เริ่มหายไป และไซโทพลาสซึมมีรูปร่างผิดปกติ ซึ่งลักษณะที่คล้ายกันนี้ยังปรากฏในเชื้อ *F. acuminatum* Ellis & Everh และ *F. oxysporum* Schlecht แต่จะมีลักษณะของเยื่อหุ้มเซลล์ที่ถูกทำลายไปมากกว่า อีกทั้งมีการสร้าง vescicle ต่าง ๆ อยู่ภายในเซลล์ด้วย (Laflamme และคณะ, 1999)

ไคโตซานที่อยู่ในรูปของไคโตเจล (chitogel) สามารถยับยั้งเจริญเติบโตของรา *Botrytis cinerea* ที่ทำให้เกิดโรคหลายชนิดได้ โดยจากการผสมไคโตเจลลงในอาหารเลี้ยงราสูตร PDA ที่ความเข้มข้น 5 % (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของราดังกล่าวในแนวรัศมีได้มากที่สุดถึง 64% โดยความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของราดังกล่าวจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของไคโตเจลที่ทดสอบลดลงตามลำดับ จากการวัดน้ำหนักแห้งของราชนิดนี้หลังจากเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร King B พบว่าอาหารที่เติมไคโตเจล 10% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของราได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการให้ไคโตซานที่ความเข้มข้นอื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบว่าโครงสร้างภายในของเส้นใยราชนิดนี้เกิดการเปลี่ยนแปลง เมื่อได้รับไคโตเจล เช่น เกิด coagulation ของไซโทพลาสซึม และพบการเกิด vesicle ที่มีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่จำนวนมากกระจายทั่วเซลล์ และพบว่าบางเซลล์อาจไม่มีไซโทพลาสซึมเลย (Barka, และคณะ, 2004) นอกจากนี้ในรายงานการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงองุ่น cv. Chardonnay clone 7535 ในไคโตเจลยังสามารถลดอาการต่าง ๆ ที่เกิดจากโรค gray mould ได้ เช่นเดียวกับการพ่นไคโตซานลงบนใบองุ่นก็สามารถช่วยให้ต้นองุ่นต้านทานต่อเชื้อชนิดนี้ได้

4.5.2 ไคโตซานกับการสร้างสารในพืช

ถึงแม้ว่าจะยังไม่รู้ถึงกลไกการทำงานที่ชัดเจนของไคโตซาน แต่จากงานวิจัยหลาย ๆ งานที่มีการศึกษาถึงคุณสมบัติของไคโตซาน ก็สามารถทำให้ทราบว่า ไคโตซานมีผลต่อพืช

มากมาย รวมถึงความสามารถในการกระตุ้นให้พืชสังเคราะห์สารบางอย่างด้วย โดยจากการศึกษาการสร้างสารทุติยภูมิในกลุ่ม anthraquinone ในการเลี้ยงเซลล์ของ *Rubia tinctorum* ในอาหารเหลวสูตร B5 ที่ผสมไคโตซานที่ความเข้มข้น 200 mg/l พบว่าเซลล์ของพืชดังกล่าวสามารถผลิตสาร anthraquinone ได้มากกว่าเซลล์ที่ไม่ได้รับไคโตซานถึง 2 เท่าภายหลังทำการเพาะเลี้ยงไปแล้วเป็นเลา 24 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณของสารดังกล่าวไม่มีการเปลี่ยนแปลงแม้จะเลี้ยงเซลล์ต่อไปจนครบ 48 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังพบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้นดังกล่าวสามารถกระตุ้นกลไกการทำงานของ Phospholipase C (PLC) ซึ่งเป็นสารที่ไปกระตุ้นการสร้าง secondary messengers เช่น $Ca^{2+}$ ที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณกระตุ้นการทำงานของ Protein kinase C (PKC)ได้ อย่างไรก็ตามการเลี้ยงเซลล์ของพืชชนิดนี้ในภาวะที่มีการสร้างสาร anthraquinone และมีตัวยับยั้งการทำงานของ PLC เช่น neomycin นาน 30 นาที ปริมาณของสาร anthraquinone จะลดลง แต่หากมีการเติมไคโตซานที่ความเข้มข้น 200 mg/l ลงในอาหารเลี้ยงเซลล์ดังกล่าวจะช่วยชะลอการลดลงของสาร anthraquinone ให้ช้าลงได้ (Vasconsuelo และคณะ, 2004) และในการเลี้ยงเซลล์ *R. tinctorum* L. แบบแขวนลอยในอาหารเหลวสูตร B5 ที่ผสมไคโตซานจากเปลือกปู พบว่าสามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้าง Mitogen Activated Protein Kinase (MAPK) ซึ่งจะทำให้มีการสร้างสาร anthraquinone มากกว่าปกติ โดยเมื่อทำการสกัดโปรตีนและตรวจสอบด้วยวิธี western blot analysis พบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 200 mg/l สามารถกระตุ้นการสร้าง MAPK ได้ อย่างไรก็ดีหากมีการเติมสารยับยั้งการทำงานของ MAPK เป็นเวลา 10-15 นาทีก่อนที่จะมีการเติมไคโตซานพบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง การสร้างสาร anthraquinone ในเซลล์ที่ได้รับไคโตซานจะไม่แตกต่างจากชุดการทดลองควบคุมมากนัก จากการศึกษาทั้งหมดในข้างต้น ทำให้ทราบว่าไคโตซานมีผลชักนำให้เกิดการสร้างสาร anthraquinone ได้โดยผ่านกลไกของ $Ca^{2+}$ ซึ่งเป็น secondary messengers โดยผ่านทาง PLC/PKC pathway และ PKC จะไปกระตุ้นให้เกิดการสร้าง MAPK เพื่อกระตุ้นการสร้าง anthraquinone ต่อไป (Vasconsuelo, Giulietti, and Boland, 2004) นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตและการสร้างสาร anthraquinone ของเซลล์ mengkudu kecil (*Morinda elliptica* Ridl.) พืชสมุนไพรพื้นบ้านของประเทศมาเลเซีย โดยได้ทำการเลี้ยงเซลล์แบบแขวนลอยในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร G Medium ที่เติมไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.01 0.05 0.1 และ 0.25 g/l พบว่าเซลล์ที่เลี้ยงในอาหารที่มีไคโตซาน 0.01 g/l ที่อายุ 13 วัน จะมีน้ำหนักสูงที่สุด อย่างไรก็ตามไม่พบว่ามีความแตกต่างกับชุดการทดลองควบคุมซึ่งไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งความเข้มข้นของไคโตซานที่เพิ่มสูงขึ้นกลับส่งผลให้น้ำหนักแห้งของเซลล์มีแนวโน้มลดลง แต่เป็นที่น่าสนใจว่าในอาหารที่เติมไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.25 g/l ซึ่งเซลล์มีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดแต่กลับมีการกระตุ้นให้เกิดการสร้างสาร anthraquinone ในปริมาณที่สูงมากกว่าชุดการทดลองอื่น (Chong และคณะ, 2005)

การศึกษาไคโตซานที่มีผลต่อการสังเคราะห์แคลโลส (Callose) และอนุพันธ์ของ coumarin ในเซลล์ของ parsley (*Petroselinum crispum* (Mill) A.W. Hill) โดยพบว่าเมื่อให้ไคโตซานแบบ

22% N-acetylation ที่มี Degree of Polymerization (DP) เท่ากับ 3,420 น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 753,000 kDa ลงในอาหารเลี้ยงเซลล์ พบว่าที่ความเข้มข้น 150 µg/ml ทำให้ปริมาณของแคลโลสสูงขึ้นหลังจากเลี้ยงเซลล์ไปเป็นเวลา 12 ชั่วโมง และจากนั้นจึงลดลงตามลำดับ ในขณะที่การสะสมของ coumarin ในเซลล์จะเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเพาะเลี้ยงไปได้ 36 ชั่วโมง จากนั้นการสะสม coumarin ก็จะลดลงเช่นกัน อย่างไรก็ดีพบว่าความเข้มข้นของไคโตซานที่ให้มีผลต่อการสะสมแคลโลสและ coumarin เช่นกัน โดยจากการทดลองนี้พบว่า การให้ไคโตซาน 0% N-acetylation และแบบ 22% N-acetylation ที่ความเข้มข้น 70 µg/ml จะทำให้การสะสมของสารทั้งสองชนิดนี้ในเซลล์เพิ่มขึ้นเมื่อค่า DP ของไคโตซานทั้งสองแบบสูงขึ้นด้วย เมื่อวัดการสร้างแคลโลสในเซลล์ parsley ที่ให้ไคโตซานแบบ 22% N-acetylation ที่มี DP เท่ากับ 3,420 เป็นเวลา 4.5 ชั่วโมง พบว่าการสร้างแคลโลสจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไคโตซานดังกล่าวเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ในทางตรงกันข้ามพบว่าการให้ไคโตซานแบบ 0% N-acetylation ที่มี DP เท่ากับ 2,500 จะส่งผลให้มีการสร้างแคลโลสเพิ่มขึ้นเมื่อให้ไคโตซานที่ความเข้มข้นไม่เกิน 150 µg/ml แต่หากความเข้มข้นของไคโตซานในอาหารเพิ่มขึ้น การสร้างสารดังกล่าวจะมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้การทดลองที่ใช้เซลล์ของ parsley ที่ทำการเพาะเลี้ยงมาแล้ว 7 วัน จากนั้นแยกไปเลี้ยงใน growth medium ที่เตรียมใหม่ ที่เติมไคโตซานแบบ 22% N-acetylation ที่มี DP เท่ากับ 3,420 ที่ความเข้มข้น 25 µg/ml พบว่าภายหลังให้ไคโตซานไปแล้ว 24 ชั่วโมง การสร้าง coumarin ภายในเซลล์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของไคโตซานที่ให้สูงขึ้น การให้ไคโตซานแก่เซลล์ parsley ที่ความเข้มข้นไม่เกิน 100 µg/ml ร่วมกับ reduced glutathione (GSH)ความเข้มข้น 1 mM สามารถชักนำให้เกิดการสร้าง coumarin ได้ภายในเวลา 25 ชั่วโมง และยังสามารถชักนำให้เกิดการสร้างแคลโลส ได้มากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับ GSH ภายใน 4.5 ชั่วโมงหลังได้รับไคโตซาน ทั้งนี้การสร้างแคลโลสยังคงเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไคโตซานเพิ่มขึ้นอีกด้วย (Conrath, Domard, and Kauss, 1989)

การใช้ไคโตซานจากเปลือกปูที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.7 กระตุ้นให้ *Plumbago rosea* L. มีการสร้างสาร plumbagin (5-hydroxy, 2-methyl, 1-4 naphthoquinone) ซึ่งเป็นสารทุติยภูมิในกลุ่ม naphthoquinone ที่พืชสามารถผลิตขึ้นได้ โดย plumbagin ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในทางเภสัชกรรม โดยพบว่าสารดังกล่าวสามารถออกฤทธิ์ต้านมะเร็ง ต้านสารก่อมะเร็งและต้านจุลชีพต่าง ๆ ได้ ทั้งนี้การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพียงอย่างเดียวยังไม่สามารผลิตสารดังกล่าวในปริมาณที่มากเพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงการค้าได้ อีกทั้งการปลดปล่อยสารดังกล่าวออกจากเซลล์เลี้ยงยังทำได้ยาก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดการคิดค้นวิธีต่าง ๆ ที่จะเพิ่มปริมาณของสาร plumbagin ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การใช้ไคโตซานผสมลงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นวิธีหนึ่งที่คาดว่าจะช่วยเพิ่มปริมาณของ plumbagin ได้ เนื่องจากไคโตซานเป็น elicitor ที่อาจช่วยกระตุ้นการสร้างสารดังกล่าว ซึ่งจากการทดลองเลี้ยงเซลล์ของ *P. rosea* L. ในอาหารเหลวสูตร MS ที่เพิ่ม $CaCl_2$ ที่ความเข้มข้น 10 mM และเติมไคโตซานที่ผลิตมาจากเปลือกปูที่ความเข้มข้น 200 mg/l พบว่าเซลล์ของพืชชนิดนี้สามารถผลิต Plumbagin ได้มากกว่าเซลล์ที่

ไม่ได้รับไคโตซานถึง 8 เท่า และสารดังกล่าวยังถูกปลดปล่อยออกมาจากเซลล์สู่อาหารเพาะเลี้ยงถึง 73.34 % ทำให้การแยกสารดังกล่าวให้บริสุทธิ์เป็นไปได้โดยง่าย (Komaraiah และคณะ, 2003)

4.5.3 ไคโตซานกับการยืดอายุผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว

การศึกษาการใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5 1.0 หรือ 2.0 g/100 ml ในการเคลือบผิวของแห้วจีน (*Eleocharis tuberose* (Roxb.) Roem. & Schult) พบว่าไคโตซานสามารถลดการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกแห้วจีนได้ โดยวัดได้จากการลดลงของอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ Phenylalanine Ammonia Lyase (PAL) Polyphenol Oxidase (PPO) และ Peroxidase (POD) รวมถึงการลดลงของปริมาณสาร Phenolic compounds นอกจากนั้นไคโตซานยังช่วยชะลอการลดลงของ วิตามินซี และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid) อีกทั้งช่วยยืดอายุการเก็บรักษาแห้วจีนให้ยาวขึ้น ในขณะที่คุณภาพของผลผลิตยังคงเดิม (Pen and Jing, 2003)

การใช้ไคโตซานจากเปลือกปูที่ความเข้มข้น 1% (w/v) หรือ 2% (w/v) เคลือบผิวของผลลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Sonn. Cv. Huaizhi) แล้วเก็บผลลิ้นจี่ไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C ภายใต้สภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 90% พบว่าการเคลือบผลด้วยไคโตซานสามารถชะลอการเกิดผิวสีน้ำตาลในลิ้นจี่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากไคโตซานสามารถกระตุ้นให้เกิดการชะลอการสะสมสาร anthocyanin flavonoid และ phenolics อีกทั้งยังชะลอการเพิ่มขึ้นของการทำงานของเอนไซม์ Polyphenol Oxidase (PPO) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Peroxidase (POD) ได้นอกจากนี้การเคลือบผลด้วยไคโตซานยังลดการสูญเสียน้ำหนักสดของลิ้นจี่ได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามการเคลือบผลด้วยไคโตซาน 2% (w/v) ให้ผลไม่แตกต่างจากไคโตซาน 1% (w/v) และผลของไคโตซานที่มีต่อการยับยั้งการเน่าเสียของผลลิ้นจี่นั้น ยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจน (Zhang and Quantick, 1997) อีกการทดลองที่ใช้ไคโตซานที่ละลายด้วยกรดซิตริกหรือกรดทาร์ทาริกในอัตราส่วน 1% (w/v) และปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเป็น 0.8 1.0 หรือ 1.3 สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกลิ้นจี่(*Litchi chinensis* Sonn) พันธุ์ Kwai Mi ได้ โดยจากการเคลือบผิวผลลิ้นจี่ด้วยไคโตซานดังกล่าว แล้วเก็บรักษาไว้ในกล่องขนาด 60x40 ซม. ที่อุณหภูมิ 10±2 °C นาน 2 สัปดาห์ พบว่าไคโตซานที่ละลายในกรดทาร์ทาริกที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 0.8 สามารถชะลอการเกิดเปลือกสีน้ำตาลของลิ้นจี่พันธุ์นี้ได้ดีที่สุด อีกทั้งยังช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลลิ้นจี่ได้ดีอีกด้วย สำหรับการใช้ไคโตซานที่ละลายในกรดซิตริกที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 0.8 และ 1.0 ให้ผลคล้ายคลึงกัน ในทางตรงกันข้ามการใช้กรดแต่ละชนิดในการละลายไคโตซานแล้วปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 1.3 เมื่อนำมาเคลือบผลลิ้นจี่แล้ว พบว่าทำให้เปลือกของผลลิ้นจี่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเร็วขึ้น และมีการสูญเสียน้ำหนักผลมากกว่าปกติ (Joas และคณะ, 2005)

การศึกษาความสามารถของไคโตซานในการลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของฝรั่ง (*Psidium guajava* L.) พันธุ์สาลี่ โดยเมื่อเคลือบผลฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ จากสวนของเกษตรกรใน อ. สามพราน จ. นครปฐม ที่มีอายุ 150 วันหลังดอกบาน ด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 1% (w/v) แล้วผึ่งให้

แห้ง เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง พบว่าผลฝรั่งมีอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนลดลง อีกทั้งยังพบอีกว่า การเคลือบผลฝรั่งด้วยไคโตซาน 1% และ 1.5% (w/v) จะชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อได้ดีกว่าและมีคะแนนคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค (Visual quality) ดีที่สุดเมื่อเทียบกับฝรั่งที่ไม่ได้เคลือบไคโตซาน สำหรับการสูญเสียปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส พบว่าการเคลือบด้วยไคโตซานทุกระดับความเข้มข้น ให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่สามารถลดการสูญเสียดังกล่าวได้ดีกว่าชุดการทดลองควบคุมซึ่งไม่ได้เคลือบไคโตซาน (มนตรี กลิ่นระรวย, วิษณุ นิยมเหลา, และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์, 2546)

ไคโตซานในรูปแบบของฟิล์มซึ่งใช้ในการบรรจุหีบห่อของผลมะม่วง *(Mangifera indicant* L.) สามารถช่วยให้มะม่วงมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นถึง 18 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (27±1 °C ) และยังคงรักษาคุณภาพของผลมะม่วง เช่น สีของเปลือกผล ปริมาณวิตามินซี ปริมาณแคโรทีน และปริมาณน้ำตาล ให้เกิดการเสื่อมถอยช้าลงกว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ (Srinivasa และคณะ, 2002) ในการทดลองเคลือบผิวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ของบริษัทสวนเกษตร จังหวัดราชบุรี ที่มีความแก่ประมาณ 80% ด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 0 % 0.5 % 1% และ 1.3 % (w/v) พบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 1 % (w/v) และ 1.3 % (w/v) สามารถลดอัตราการหายใจ การผลิตก๊าซเอทิลีน การสูญเสียน้ำหนักสด และการสูญเสียความแน่นเนื้อได้ อีกทั้งยังสามารถชะลอการสุกของผลมะม่วงได้นานจนถึงวันที่ 25 ของการเก็บรักษา และที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าว ยังช่วยลดอัตราการเกิดโรคและความรุนแรงของการเกิดโรคของผลมะม่วงได้ดีที่สุดอีกด้วย (วิษณุ นิยมเหลา, หะริน รุ่งเรืองวรวัฒน์, และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์, 2546) นอกจากนี้การใช้ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่าง ๆ กัน เมื่อใช้เป็นสารเคลือบผล ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้แตกต่างกันอีกด้วย โดยพบว่าไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย และปานกลาง (ไม่ระบุขนาดน้ำหนักโมเลกุล) สามารถชะลออัตราการหายใจ การเปลี่ยนแปลงสี และการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงได้ ในขณะที่การเคลือบผลด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก (ไม่ระบุขนาดน้ำหนักโมเลกุล) จะสามารถชะลอการสูญเสียวิตามินซี และมีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลมากที่สุด อย่างไรก็ดี ไคโตซานทั้ง 3 ชนิดให้ผลไม่แตกต่างกันในการยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วง (สุดคนึง พึ่มชัย, วิษณุ นิยมเหลา, และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์, 2546)

4.5.4 ไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของพืช

นอกจากคุณสมบัติต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ไคโตซานยังมีคุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ คุณสมบัติในการเป็นตัวกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านได้ให้ความสนใจศึกษาถึงคุณสมบัตินี้ของไคโตซาน โดยจากการศึกษาพบว่าไคโตซานมีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพดอก Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. ‘Kairyou Wakamurasaki’) ซึ่งจากการแช่

เมล็ดของพืชชนิดนี้ในไคโตซานที่ความเข้มข้น 1% (w/v) เป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนปลูก และใช้ไคโตซานผสมในวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1% (w/v) พบว่าการผสมไคโตซานในวัสดุปลูกมีผลทำให้ความยาวยอด ลำต้น ขนาดของใบ และน้ำหนักแห้งของต้นและรากสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ ในสัปดาห์ที่ 8 และ 11 ของการเพาะปลูก แต่การแช่เมล็ดในไคโตซานก่อนการปลูกนั้นให้ผลไม่แตกต่างจากชุดการทดลองควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ไคโตซานผสมในวัสดุดังกล่าวมีผลทำให้ Lisianthus ออกดอกเร็วขึ้น มีจำนวนดอก น้ำหนักของดอก และคุณภาพของดอกสูงกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (Ohta และคณะ, 1999) นอกจากนี้ไคโตซานยังถูกนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเช่น น้ำตาลกลูโคส (Glucose) กาแลกโตส (Galactose) ฟรุกโตส (Fructose) และ แรมโนส (Rhamnose) เพื่อศึกษาผลที่มีต่อการเติบโตและการสร้างสีในกลีบดอกของ Lisianthus พันธุ์ Asuka no Asa Mickey Rose และ Royal Violet โดยเปรียบเทียบระหว่างตาดอกที่แช่ในไคโตซานและ/หรือน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นในหลอดทดลอง และเปรียบเทียบกับตาดอกที่เติบโตบนต้นซึ่งให้ไคโตซานทางใบพบว่า ชนิดพันธุ์พืชทดลอง ชนิดของน้ำตาลและวิธีการให้ไคโตซาน มีผลต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงของสีของกลีบดอกแตกต่างกัน เช่น ในการแช่ตาดอก Lisianthus พันธุ์ Asuka no Asa ในน้ำตาลเพียงอย่างเดียวมีการเพิ่มขนาดของตาดอกใหญ่กว่าตาดอกของชุดการทดลองควบคุม แต่ตาดอกที่แช่ในสารละลายน้ำตาลร่วมกับไคโตซานกลับให้ผลไม่แตกต่างจากชุดการทดลองควบคุม ในขณะที่ตาดอก Lisianthus พันธุ์ Mickey Rose ที่แช่ในน้ำตาลชนิดต่าง ๆ เพียงอย่างเดียว หรือมีการแช่ในไคโตซานรวมกับน้ำตาลชนิดต่าง ๆ พบว่าขนาดของตาดอกไม่มีความแตกต่างจากชุดการทดลองควบคุม อย่างไรก็ดีตาดอกของ Lisianthus พันธุ์ Asuka no Asa ที่แช่ในน้ำตาลกลูโคส หรือน้ำตาลฟรุกโตสเพียงอย่างเดียว หรือที่แช่ในน้ำตาลชนิดต่าง ๆ (ยกเว้นน้ำตาลกาแลกโตส) ร่วมกับไคโตซาน มีผลชักนำให้มีการสร้าง Anthocyanin ในกลีบดอกในปริมาณที่สูงกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในการทดลองครั้งนี้ยังพบว่าในชุดการทดลองที่แช่ตาดอกในไคโตซานเพียงอย่างเดียวไม่มีผลต่อการสร้าง Anthocyanin อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งตรงกันข้ามกับชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานทางใบในแปลงทดลอง นอกจากนี้พบว่าการแช่ตาดอกในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ร่วมกับไคโตซาน และการให้ไคโตซานเพียงอย่างเดียวแก่ Lisianthus พันธุ์ Royal Violet ที่ปลูกในแปลงทดลอง พบว่ามีปริมาณ Anthocyanin ในกลีบดอกเพิ่มขึ้น (Uddin และคณะ, 2004)

การศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตของคะน้า (*Brassica alboglabra* Bailey) และ พริก (*Capsicum* sp.) โดยการฉีดพ่นไคโตซาน (Biochem2, บริษัทแมเนจเมนท์ เอ็กซ์เซลเลนท์ กรุ๊ป จำกัด กรุงเทพมหานคร) ที่ความเข้มข้น 3.75 7.50 11.25 และ 15.0 ppm ทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นของคะน้าที่เก็บเกี่ยวได้สูงกว่าคะน้าที่ไม่ได้รับไคโตซาน และสามารถชักนำให้พริกลำต้นสูงกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซาน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการ

ให้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 3.75 ppm มีแนวโน้มที่จะทำให้น้ำหนักสดของคะน้าและความสูงของพริกที่วัดได้ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป สูงกว่าการให้ไคโตซานที่ความเข้มข้นอื่น ๆ (สุวลี จันทร์กระจ่าง, เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล, และ สมชาย ต่วนต่าย, 2546)

การใช้ไคโตซานในรูปของไคโตเจล (Chitogel) ที่ความเข้มข้น 1.75 % (v/v) ผสมในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อเพาะเลี้ยงตายอดขององุ่น (*Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay clone 7535) พบว่า ไคโตเจลที่ความเข้มข้นดังกล่าวสามารถชักนำให้ยอดองุ่นที่เพาะเลี้ยงในหลอดทดลองมีความยาวมากที่สุด โดยต่างจากชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามยังพบว่าการให้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นสูงกว่า 1.75 % (v/v) กลับส่งผลให้ยอดองุ่นเจริญเติบโตได้น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.75 % (v/v) ส่งเสริมให้รากองุ่นเจริญเติบโตดีขึ้น มีการแตกแขนงมากกว่าปกติ และจากการวัดความยาวลำต้น นับจำนวนข้อ วัดน้ำหนักแห้งของยอดและราก รวมถึงมวลชีวภาพทั้งหมด พบว่าองุ่นที่ได้รับไคโตซานมีค่าการเติบโตต่าง ๆ ข้างต้น สูงกว่าองุ่นในชุดการทดลองควบคุมทั้งสิ้น สำหรับการสังเคราะห์แสงพบว่าต้นองุ่นที่ปลูกเลี้ยงในอาหารที่มีไคโตเจล สามารถผลิตก๊าซออกซิเจน ($O_2$ production (nmol $min^{-1}$ $cm^{-2}$)) และตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$ fixation (μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$)) ได้มากกว่าต้นองุ่นในชุดควบคุม และจากการวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงพบว่า ไคโตเจลสามารถกระตุ้นให้ต้นองุ่นสังเคราะห์แสงได้มากขึ้นอีกด้วย (Barka และคณะ, 2004)

รายงานการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าการให้ไคโตซานสามารถช่วยลดความเสียหายในพืชที่ได้รับสารพิษโลหะหนักได้ โดยเมื่อให้ไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาขนาด 70 -200 kGy ความเข้มข้น 200 μg/ml สามารถลดการสะสมของธาตุวานาเดียมในยอดและรากของต้นกล้าข้าว (*Oryza sativa* L.) ได้ 75 % ถึง 45 % ตามลำดับ ส่วนในต้นกล้าข้าวสาลี *(Triticum aestivum* L.) ลดได้ 86 % และ 21.38 % ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่าน้ำหนักแห้งของต้นกล้าพืชทั้งสองชนิดที่ได้รับไคโตซานมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองควบคุม โดยการให้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 100 μg/ml ทำให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวและข้าวสาลีเพิ่มขึ้น 8 % และ 41 % ตามลำดับ สำหรับไคโตซานที่ความเข้มข้น 200 μg/ml ทำให้น้ำหนักแห้งต้นของข้าวสาลีเพิ่มขึ้นได้ 24 % และ 40 % ตามลำดับ (Tham และคณะ, 2001) และจากการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นและผลผลิตของข้าวฟ่าง (*Seteria italica* L. P. Beauv) ที่ได้รับไคโตซานสูตร Elexa™ พบว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นให้ข้างฟ่างมีการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตที่ดีขึ้น โดยการแช่เมล็ดข้างฟ่างด้วยไคโตซานที่มีความเข้มข้นประมาณ 2,000 ppm เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดข้าวฟ่างมีอัตราการงอก (% germination) และมีความมีชีวิต (Vigour index) สูงขึ้น นอกจากนี้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวยังสามารถชักนำให้ข้าวฟ่างมีความสูงของต้น ขนาดของรวงและน้ำหนักของเมล็ดสูงกว่าข้าวฟ่างในชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ (Sharathchandra และคณะ, 2004)

ไคโตซานสามารถกระตุ้นและชักนำให้เกิดการสร้างดอกในพืชได้ เมื่อใช้ชนิด รูปแบบ และความเข้มข้นที่เหมาะสม จากการให้ไคโตซานโดยการพ่นทุก ๆ 1 สัปดาห์ กับกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' (*Dendrobium* 'EISKUL') ที่ทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 68 สัปดาห์ พบว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มจำนวนช่อดอกต่อต้นในกล้วยไม้ชนิดนี้ได้ ซึ่งไคโตซานที่แสดงผลดังกล่าวมีชนิดและความเข้มข้นต่าง ๆ กันคือ ชนิด 70 %DD Oligomeric chitosan ที่ความเข้มข้น 100 ppm ชนิด 80 %DD Oligomeric chitosan ที่ความเข้มข้น 1 10 50 และ 100 ppm ชนิด 90 %DD Polimeric chitosan ที่ความเข้มข้น 10 และ 50 ppm และชนิด 90 %DD Oligomeric chitosan ที่ความเข้มข้น 1 ppm สำหรับไคโตซานชนิด 70 %DD Polimeric chitosann ที่ความเข้มข้น 100 ppm และ 80 %DD Oligomeric chitosan ที่ความเข้มข้น 10 ppm นั้น สามารถกระตุ้นให้กล้วยไม้ชนิดนี้มีจำนวนดอกต่อช่อเพิ่มมากขึ้นได้ นอกจากนี้ยังพบว่ากล้วยไม้ที่ได้รับไคโตซานทุกชนิดและทุกความเข้มข้นที่ทดสอบสามารถออกดอกได้เร็วกว่าต้นในชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ (Limpanavetch และคณะ, 2004) นอกจากนี้ยังพบรายงานการทดลองเบื้องต้นว่า ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10-15 ppm มีผลต่อการเพิ่มจำนวนโพรโทคอร์มของเอื้องเงินหลวง (*Dendrobium formosum* Roxb. Ex Lindl) และ *Dendrobium* 'EISKUL' และมีผลต่อการเติบโตของต้นอ่อนของเอื้องสายสามสี (*Dedrobium crystallinum* Rchb.f.) และรองเท้านารี (*Paphiopedium sanderrianum* Rchb.f.) มากไปกว่านั้นไคโตซานที่ความเข้มข้น 10 ppm ยังมีผลกระตุ้นการเกิดรากของต้นอ่อนกล้วยไม้เอื้องเงินหลวงอีกด้วย ทั้งนี้สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองก็มีผลต่อการตอบสนองของกล้วยไม้ต่อไคโตซานด้วยเช่นกัน (พัชรา ลิมปนะเวช, 2548) สำหรับการแช่ต้นกล้วยไม้รองเท้านารีลูกผสมระหว่าง *P. bellatulum* (Rchb.f.) และ *P. angthong* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในไคโตซานที่ความเข้มข้น 2.5 5.0 10.0 20.0 และ 40.0 ppm ก่อนทำการย้ายปลูกร่วมกับการพ่นทางใบทุก ๆ 7 วัน เป็นเวลา 2 เดือน พบว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นให้ต้นกล้วยไม้ดังกล่าวงอกราก สร้างใบใหม่ และมีขนาดใบที่ใหญ่และยาวขึ้น อีกทั้งมีการรอดชีวิตสูงกว่ากล้วยไม้ในชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซาน (ชนัสพร เกลี้ยงแก้ว, สุวลี จันทร์กระจ่าง, และ พัลภา เศวตศิลา, 2546) และจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้สกุลหวาย *Dendrobium* ด้วยอาหารเหลวสูตร Vacin and Went ที่มีการเติมไคโตซานแบบ Oligomer ที่ความเข้มข้น 5 10 15 20 และ 25 ppm หลังจากทำการเพาะเลี้ยงไป 6 สัปดาห์ พบว่าโพรโทคอร์มของกล้วยไม้ที่เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีไคโตซานที่ความเข้มข้น 15 ppm จะมีน้ำหนักสดมากที่สุด และจากการให้ไคโตซานที่ความเข้มข้นดังกล่าวแต่มีขนาดโมเลกุลต่างกันพบว่า ไคโตซานที่มีขนาดโมเลกุลแบบ Oligomer สามารถชักนำให้โพรโทคอร์มของกล้วยไม้มีน้ำหนักสดมากที่สุดเมื่อเลี้ยงได้ 3 และ 6 สัปดาห์ ในขณะที่การให้ไคโตซานที่มีขนาดโมเลกุล 10 kDa และ 100 kDa ให้ผลรองลงมาตามลำดับ สำหรับการทดลองที่เปรียบเทียบเฉพาะการให้ไคโตซานที่มีขนาดโมเลกุล 10 kDa ที่ผลิตจากเปลือกกุ้งและจากเชื้อรา พบว่าน้ำหนักสดของโพรโทคอร์มที่เลี้ยงในอาหารที่เติมไคโตซานความเข้มข้น 15 ppm ทั้งที่ผลิตจากเปลือกกุ้งและเชื้อรามีน้ำหนักมากขึ้น เมื่อทำการเพาะเลี้ยงผ่านไปได้ 6 สัปดาห์ แต่

น้ำหนักสดของโพรโทคอร์มในชุดการทดลองที่เติมไคโตซานที่ผลิตได้จากเปลือกกุ้งไม่ต่างจากชุดการทดลองที่ไม่ได้เติมไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ ตรงกันข้ามกับน้ำหนักสดของโพรโทคอร์มในชุดการทดลองที่เติมไคโตซานที่ผลิตจากเชื้อรา ซึ่งพบว่ามากกว่าชุดการทดลองที่ได้รับไคโตซานที่ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ในการทดลองเปรียบเทียบการใช้ไคโตซานที่ผลิตจากเปลือกกุ้ง เชื้อรา และ Oligomer chitosan ในการเติมลงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ที่ความเข้มข้น 15 ppm พบว่าไคโตซานทั้ง 3 แบบมีผลทำให้น้ำหนักสดของโพรโทคอร์มของกล้วยไม้สูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซาน ในสัปดาห์ที่ 6 โดยน้ำหนักสดของโพรโทคอร์มกล้วยไม้ที่ได้รับไคโตซานจากเชื้อราเพิ่มขึ้นมากที่สุด ในขณะที่การให้ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง มีผลทำให้น้ำหนักสดของโพรโทคอร์มเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งจากการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้น และขนาดโมเลกุลของไคโตซาน และแหล่งของไคโตซานที่แตกต่างกันมีผลต่อน้ำหนักสดของโพรโทคอร์มกล้วยไม้แตกต่างกันออกไป (Nge และคณะ, 2006)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 3

# อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

## 1. อุปกรณ์การศึกษา

1.1 พืชทดลอง

Protocorm-liked bodies (plb) และต้นอ่อนของ กล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' (*Dendrobium* 'Eiskul') บนอาหารกึ่งแข็ง ผลิตโดยสมานออร์คิด

1.2 วัสดุอุปกรณ์

ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 ml

ขวดแก้วสำหรับเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชขนาดกลาง

อะลูมิเนียมฟอยล์

กระดาษlabel

เครื่องชั่งดิจิตอลชนิดบอกทศนิยม 2 ตำแหน่ง

เครื่องชั่งดิจิตอลชนิดบอกทศนิยม 4 ตำแหน่ง

ช้อนตักสาร

กระดาษชั่งสาร

บีกเกอร์ขนาดปริมาตร 50 100 250 1,000 2,000 และ 3,000 ml

ถังน้ำหรือหม้อ

ตะกร้าพลาสติก

กระบอกตวงขนาดปริมาตร 10 25 100 500 และ 1,000 ml

แท่งแก้ว

มีดปอกผลไม้

เครื่องปั่น

กระบอกฉีดยาขนาดปริมาตร 10 ml

ถาดอะลูมิเนียม

หลอดหยด

Micropipette ขนาดปริมาตร 200 และ 1,000 µl

Micropipette tip ขนาดดูดสารปริมาตร 200 และ 1,000 ml

เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง

เตาอบไมโครเวฟ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รถเข็น

เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อแบบอัดความดัน

มีดผ่าตัด

ปากคีบ

ตะเกียงแอลกอฮอล์

Petri dish

กระดาษกราฟ

กระบอกฉีด

ตู้ย้ายเนื้อเยื่อ

เครื่องเขย่า

พลาสติกห่ออาหาร

ตู้อบความร้อนอุณหภูมิ 60 °C และ 180 °C

กล้องถ่ายรูป

**1.3 สารเคมี**

ไคโตซาน

ชนิด P70 หมายถึง chitosan polymer ที่มี degree of deacetylation 70-80% (MW = 400,000)

ชนิด P80 หมายถึง chitosan polymer ที่มี degree of deacetylation 80-90% (MW = 530,000)

ชนิด P90 หมายถึง chitosan polymer ที่มี degree of deacetylation 90% ขึ้นไป (MW = 450,000)

ชนิด O70 หมายถึง chitosan oligomer ที่ได้จากการใช้ chitinase ตัด P70 ซึ่งมี degree of deacetylation ประมาณ 90% (MW = 30,000)

ชนิด O80 หมายถึง chitosan oligomer ที่ได้จากการใช้ chitinase ตัด P80 ซึ่งมี degree of deacetylation ประมาณ 90% (MW = 45,000)

ชนิด O90 หมายถึง chitosan oligomer ที่ได้จากการใช้ chitinase ตัด P90 ซึ่งมี degree of deacetylation ประมาณ 90% (MW = 110,000)

ได้รับความอนุเคราะห์จาก อาจารย์ ดร. รัฐ พิชญางกูร ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น้ำกลั่น

น้ำกรอง

70% และ 95% แอลกอฮอล์

1 N HCl

สารเคมีสำหรับการเตรียมอาหารสูตร VW (modified Vacin and Went, 1949) (ภาคผนวก)

**2. วิธีการทดลอง**

2.1 ศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ %DDและความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเพิ่มปริมาณ protocorm-liked bodies (plb) ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'

2.1.1วางแผนการทดลองแบบ CRD เพื่อศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' ในระยะเพิ่มปริมาณ plb โดยศึกษาปัจจัยต่อไปนี้คือ

- ชนิดของไคโตซาน 2 ชนิด คือ polymer และ oligomer
- % degree of deacetylation 3 ระดับ คือ 70%DD 80%DD และ 90%DD
- ความเข้มข้นของไคโตซานในอาหาร 4 ระดับ คือ 10, 20, 40 และ 80 ppm เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ใช้ไคโตซาน

ดังนั้นจึง มีชุดการทดลองเป็น (2x3x4)+1(ชุดควบคุม) รวมเป็น 25 ชุดการทดลอง โดยมีจำนวนซ้ำอย่างน้อย 4 ซ้ำ ทำการเลี้ยง plb ในอาหารเหลวสูตร VW (modified Vacin and Went, 1949 อ้างถึงใน ครรชิต ธรรมศิริ, 2547) ที่มีการดัดแปลงโดยใช้น้ำตาล 5 g/l (ภาคผนวก) และ มีการเติมไคโตซานและไม่เติมไคโตซาน(ชุดควบคุม) เลี้ยงโดยวางบนเครื่องเขย่าเป็นวงมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8 เซนติเมตร ความเร็ว 120 รอบต่อนาที และให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ความเข้ม 20 $\mu$ mol $m^{-2}s^{-1}$ อุณหภูมิของห้องเลี้ยงเนื้อเยื่อ 25 ± 2 °C subculture ทุก 10วัน เป็นระยะเวลา 3 เดือน

2.1.2 การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลโดยการนับจำนวน plb ที่ได้ และนำไปชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเพื่อศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพของ plb

2.2 ศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของ plb เป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'

2.2.1 วางแผนการทดลองแบบ CRD เพื่อศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ %DDและความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' ในระยะที่ plb พัฒนาเป็นต้นอ่อน โดยศึกษาปัจจัยต่อไปนี้คือ

- ชนิดของไคโตซาน 2 ชนิด คือ polymer และ oligomer

- % degree of deacetylation 3 ระดับ คือ 70%DD 80%DD และ 90%DD
- ความเข้มข้นของไคโตซานในอาหาร 4 ระดับ คือ 10, 20, 40 และ 80 ppm เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ใช้ไคโตซาน

ดังนั้นจึงมีชุดการทดลองเป็น (2x3x4)+1(ชุดควบคุม) รวมเป็น 25 ชุดการทดลอง โดยมีจำนวนซ้ำอย่างน้อย 8 ซ้ำ ทำการเลี้ยง plb ในอาหารกึ่งแข็งสูตร VW (modified Vacin and Went, 1949 อ้างถึงใน ครรชิต ธรรมศิริ, 2547) ที่มีการดัดแปลงโดยใช้น้ำตาล 10 g/l และเติมกล้วยหอม 100 g/l

2.2.2 คัดเลือกกลุ่ม plb ที่มีขนาดใกล้เคียงกันทั้งหมดอย่างน้อย 200 กลุ่ม เพื่อเลี้ยงลงบนอาหารในแต่ละชุดการทดลอง จัดวางแบบสุ่มทั้งหมด บนชั้นเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสง 35 $\mu$ mol $m^{-2}s^{-1}$ อุณหภูมิของห้องเลี้ยงเนื้อเยื่อ 25 ± 2 °C

2.2.3 ติดตามการเจริญเติบโตของกล้วยไม้โดยติดตามการพัฒนาของ plb ไปเป็นต้นอ่อน โดยนับจำนวน plb จำนวนยอดทั้งหมด จำนวนยอดที่มีราก จำนวนรากต่อต้น จำนวนใบต่อต้น ทุก 1 เดือน จากนั้นเมื่อครบ 4 เดือนจึงเก็บค่าการเติบโตเพิ่มเติม ได้แก่ วัดความยาวต้นจากโคนถึงปลายใบที่ยาวที่สุด วัดความยาวของรากที่ยาวที่สุด ชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเนื้อเยื่อพืช พร้อมทั้งบันทึกภาพ

2.3 ศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ %DDและความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเพื่อให้เป็นต้นที่สมบูรณ์และพร้อมสำหรับการย้ายปลูกของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’

2.3.1 วางแผนการทดลอง และใช้อาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเช่นเดียวกับข้อ 2.2.1

2.3.2 คัดเลือกต้นอ่อนกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อที่มีขนาดใกล้เคียงกันจำนวนอย่างน้อย 1,200 ต้น ทำการตัดรากที่มีอยู่ออก เพื่อเลี้ยงด้วยอาหารรวม 25 ชุดการทดลอง ๆ ละอย่างน้อย 8 ซ้ำ โดยในแต่ละซ้ำ (ขวด) มีต้นอ่อน 6 ต้น เลี้ยงบนชั้นเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเช่นเดียวกับข้อ 2.2.2

2.3.3 ติดตามการเจริญเติบโตของต้นกล้วยไม้ โดยการนับจำนวนยอดต่อกอ จำนวนยอดมีราก จำนวนรากต่อยอด จำนวนใบต่อยอด จำนวน plb ทุก1 เดือน และ ในเดือนที่ 4 เก็บค่าการเติบโตเพิ่มเติม ได้แก่ วัดความยาวต้นจากโคนถึงปลายใบที่ยาวที่สุด วัดความยาวของรากที่ยาวที่สุด ชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเนื้อเยื่อพืช พร้อมทั้งบันทึกภาพ

# บทที่ 4

## ผลการทดลอง

### 1. ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเพิ่มปริมาณ protocorm-liked bodies (plb) ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'

จากการศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเพิ่มปริมาณ protocorm-liked bodies (plb) ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' โดยหลังจากให้ไคโตซานชนิดพอลิเมอร์และโอลิโกเมอร์ ที่มี %DD เท่ากับ 70 80 และ 90 และแต่ละ %DD มีระดับความเข้มข้น 10 20 40 80 และ 160 ppm เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ใช้ไคโตซาน เมื่อเวลาผ่านไป 3 เดือน ได้ทำการนับจำนวน plb ที่ได้ พร้อมกับชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง พบว่าการใช้ไคโตซานมีผลต่อการเจริญเติบโตของ plb โดยพบความแตกต่างของการเจริญเติบโตของ plb อันเนื่องมาจากทั้งชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้ อย่างไรก็ดีการใช้ไคโตซานไม่ว่าชนิดใด ๆ ที่ความเข้มข้นสูงถึง 160 ppm พบว่า มีผลทำให้ plb ชีดตายภายใน 1 สัปดาห์หลังจากการให้ไคโตซาน ในขณะที่เมื่อให้ไคโตซานความเข้มข้นต่ำกว่านั้น พบว่า การเพิ่มจำนวน plb มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุมคือ ที่ความเข้มข้น 80 ppm พบว่าไคโตซานทุกชนิดมีผลทำให้การเพิ่มจำนวนของ plb น้อยกว่าการทดลองชุดควบคุม แต่เมื่อให้ไคโตซานที่ความเข้มข้นต่ำคือ 10 และ 20 ppm กลับพบว่า ไคโตซานทุกชนิดมีผลทำให้การเพิ่มจำนวน plb เทียบเท่าหรือมากกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซาน โดยเฉพาะไคโตซานชนิด P70 ที่ความเข้มข้น 10 ppm มีผลทำให้การเพิ่มจำนวน plb มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 540 plb รองลงมาคือ ไคโตซานชนิด P90 ความเข้มข้น 20 ppm และ O70 ความเข้มข้น 10 ppm ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการทดลองชุดควบคุมซึ่งไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนชุดการทดลองที่มีการเพิ่มจำนวน plb เฉลี่ยน้อยที่สุดคือ P70 ความเข้มข้น 80 ppm รองลงมาคือ P80 และ O80 ที่ความเข้มข้น 80 ppm ตามลำดับ **(ตารางที่ 1 และ รูปที่ 1)** ส่วนน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของ plb แม้ว่าไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุม แต่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานต่างชนิดกันคือ ไคโตซานที่ความเข้มข้น 80 ppm มีผลทำให้ plb มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่ำกว่าชุดควบคุม ส่วนไคโตซานที่ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm มีผลทำให้ plb มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยใกล้เคียงหรือมากกว่าชุดควบคุม โดยไคโตซานชนิด P70 ความเข้มข้น 10 ppm ทำให้ได้ plb มีน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ P90 ความเข้มข้น 20 ppm และ O70 ความเข้มข้น 10 ppm ตามลำดับ ชุดการทดลองที่มีน้ำหนักสดเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ P80 ความเข้มข้น 80 ppm รองลงมาคือ

O80 และ O70 ที่ความเข้มข้น 80 ppm ตามลำดับ **(ตารางที่2 และ รูปที่ 2)** ส่วนน้ำหนักแห้งพบว่า ไคโตซานชนิด P90 ความเข้มข้น 20 ppm มีผลทำให้ได้ plb ที่มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ P70 ความเข้มข้น 10 ppm และ O70 ความเข้มข้น 20 ppm ตามลำดับ ชุดการทดลองที่มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ plb ที่เจริญในอาหารที่มีการเติม P70 ความเข้มข้น 80 ppm รองลงมาคือ plb ที่เจริญในอาหารที่มีการเติม O70 O80 และ P80 ที่ความเข้มข้น 80 ppm ตามลำดับ **(ตารางที่ 3 และ รูปที่ 3)**

**2. ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DDและความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของ plb เป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'**

จากการศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของ plb เป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากให้ไคโตซานชนิดพอลิเมอร์และโอลิโกเมอร์ ที่มี %DD เท่ากับ 70 80 และ 90 และไคโตซานแต่ละชนิดมีระดับความเข้มข้น 10 20 40 และ 80 ppm เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ใช้ไคโตซาน ทำการเลี้ยงเป็นเวลา 4 เดือน และบันทึกผลการเจริญเติบโตทุก ๆ 1 เดือน โดยการนับจำนวน plb จำนวนยอดทั้งหมด จำนวนราก จำนวนยอดที่มีราก จำนวนรากต่อยอด และ จำนวนใบต่อต้นในเดือนที่ 4 มีการวัดความยาวต้น ความยาวราก พร้อมกับชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและรากด้วย ซึ่งผลการทดลองเป็นดังนี้

ผลการทดลองหลังจากให้ไคโตซานเป็นเวลา 1 เดือน พบว่า การเจริญเติบโตของ plb ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มขึ้นของจำนวน plb จำนวนยอด จำนวนราก จำนวนยอดที่มีราก และจำนวนรากต่อยอด ต่างก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุม แต่ plb เริ่มพัฒนาเป็นยอด และบางยอดก็เริ่มมีรากเกิดขึ้นบ้างเล็กน้อย โดยแต่ละชุดการทดลองมีจำนวนใบเฉลี่ยประมาณ 2 ใบ **(ตารางที่ 4-9 และ รูปที่ 4-9)**

ในเดือนที่ 2 พบว่า จำนวน plb เริ่มมีการเพิ่มจำนวนมากขึ้นแต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุม แต่พบความแตกต่างกันระหว่างชนิดของไคโตซานที่ใช้คือ ชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 20 ppm มีการเพิ่มจำนวน plb เฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งแตกต่างจาก O70 ความเข้มข้น 10 ppm ที่มีการเพิ่มจำนวน plb เฉลี่ยน้อยที่สุด และชุดการทดลองที่จำนวน plb มีแนวโน้มสูงกว่าชุดควบคุมคือ ชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 10 ppm และ ไคโตซานชนิด P70 ที่ความเข้มข้น 10 ppm ส่วนการเพิ่มจำนวน plb ในไคโตซานชนิดอื่น ๆ ได้ผลใกล้เคียงกับชุดควบคุม **(ตารางที่ 4 และ รูปที่ 10)** นอกจากนี้ยังพบว่า plb พัฒนาเป็นยอดเพิ่มมากขึ้น เริ่มพบแนวโน้มของความแตกต่าง คือ ชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 10 20 และ 40 ppm นั้นมีจำนวนยอดเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นกว่าชุดควบคุม และยอดก็เริ่มมีรากมากขึ้นด้วย แต่จำนวนยอด จำนวนราก จำนวนยอดที่มีราก

และจำนวนรากต่อยอด ยังคงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(ตารางที่ 5-8 และ รูปที่ 11-14)**

ในเดือนที่ 3 พบว่าการเพิ่มจำนวนของ plb ยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุมคือไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 20 ppm มีผลทำให้การเพิ่มจำนวน plb เฉลี่ยสูงที่สุด และชุดการทดลองที่มีแนวโน้มสูงกว่าชุดควบคุมคือ ไคโตซานO80 ที่ความเข้มข้น 10 ppm และ P70 ความเข้มข้น 10 ppm ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่มีจำนวน plb น้อยที่สุดคือ O80 ความเข้มข้น 80 ppm **(ตารางที่ 4 และ รูปที่ 16)** นอกจากนี้ยังพบว่า จำนวน plb พัฒนาเป็นยอดเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm มีจำนวนยอดเฉลี่ยสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ และสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่มีจำนวนยอดเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ P80 ความเข้มข้น 80 ppm รองลงมาคือ O70 ความเข้มข้น 10 ppm **(ตารางที่ 5 และ รูปที่ 17)** ส่วนจำนวนรากพบว่า การใช้ไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 10 20 และ 40 ppm จำนวนรากเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่อย่างไรก็ตามจำนวนรากยังคงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ**(ตารางที่ 6 และ รูปที่ 18)** เมื่อตรวจสอบจำนวนยอดที่มีรากในเดือนที่ 3 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุม แต่พบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานต่างชนิดกัน คือไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 10 20 และ 40 ppm และ P80 ความเข้มข้น 20 ppm เป็นชุดการทดลองที่มีจำนวนยอดที่มีรากเฉลี่ยสูงและต่างกันกับไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 และ P80 ความเข้มข้น 80 ppm ตามลำดับ ซึ่งเป็นชุดการทดลองที่มีจำนวนยอดที่มีรากต่ำที่สุด โดยชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 40 ppm มีจำนวนยอดที่มีรากเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ O80 ความเข้มข้น 20 และ P80 ความเข้มข้น 20 ppm ตามลำดับ **(ตารางที่ 7 และ รูปที่ 19)** ในขณะที่จำนวนรากต่อยอดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(ตารางที่ 8 และ รูปที่ 20)**

ในเดือนที่ 4 พบว่า ไคโตซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 20 ppm และ ชนิด P70 ที่ความเข้มข้น 10 ppm มีผลทำให้การเพิ่มจำนวน plb เฉลี่ยสูงขึ้นและแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่มีจำนวน plb น้อยที่สุดยังคงเป็น O80 ความเข้มข้น 80 ppm ในขณะที่ไคโตซานชนิดอื่น ๆ ให้ผลไม่แตกต่างกับชุดควบคุม **(ตารางที่ 4 และ รูปที่ 22)** ส่วนจำนวนยอด พบว่าชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm มีจำนวนยอดเฉลี่ยสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ และสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการใช้ไคโตซานชนิดอื่น ๆ พบว่าจำนวนยอดเฉลี่ยไม่แตกต่างกับชุดควบคุม โดยชุดการทดลองที่มีจำนวนยอดเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด P90 ความเข้มข้น 10 ppm และ O70 ความเข้มข้น 10 ppm ตามลำดับ **(ตารางที่ 5 และ รูปที่ 23)** ส่วนจำนวนราก ในเดือนที่ 4 พบว่าการใช้ไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 40 ppm มีผลทำให้จำนวนรากเฉลี่ยสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ O80 ความเข้มข้น 10 ppm P80 ความเข้มข้น 20 ppm และ O80 ความเข้มข้น 20 ppm ตามลำดับ ส่วนไคโตซานชนิดอื่น ๆ พบว่า จำนวนรากเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม โดยชุดการทดลองที่มีจำนวนรากเฉลี่ยน้อยที่สุดคือชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 ppm **(ตารางที่ 6 และ รูปที่ 24)** เมื่อตรวจสอบจำนวนยอดที่มีรากในเดือนที่ 4 พบว่า ชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 10 ppm มีจำนวนยอดที่มีรากเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือไคโตซานชนิด P80 ความเข้มข้น 20 ppm ไคโตซานทั้งสองชนิดนี้มีผลทำให้จำนวนยอดที่มีรากสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผลของการใช้ไคโตซานชนิดอื่น ๆ พบว่า จำนวนยอดที่มีรากเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม โดยชุดการทดลองที่มีจำนวนยอดที่มีรากเฉลี่ยน้อยที่สุดคือชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 ppm **(ตารางที่ 7 และ รูปที่ 25)** ในขณะที่จำนวนรากต่อยอดยังคงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดการทดลองที่มีแนวโน้มว่าจะมีจำนวนรากต่อยอดเฉลี่ยสูงกว่าการทดลองอื่น ๆ คือชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 20 ppm **(ตารางที่ 8 และ รูปที่ 26)** นอกจากนี้ยังพบว่า จำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยตั้งแต่เดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 4 ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองมีความใกล้เคียงกันด้วย **(ตารางที่ 9 และ รูปที่ 9 15 21 27)**

เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 4 เดือนแล้ว จากการวัดความยาวต้นและราก พร้อมกับทำการชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งพบว่า ความยาวต้นในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชุดการทดลองที่มีความยาวต้นเฉลี่ยมากที่สุดคือ ชุดที่ใช้ไคโตซานชนิด P70 ความเข้มข้น 40 ppm รองลงมาคือ P70 ความเข้มข้น 20 ppm P80 ความเข้มข้น 40 ppm O80 ความเข้มข้น 40 ppm ตามลำดับ และชุดการทดลองที่มีความยาวต้นเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 ppm **(ตารางที่ 10 และ รูปที่ 28)** ส่วนความยาวรากพบว่า ไม่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานกับชุดควบคุม แต่มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของไคโตซาน โดยชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 20 ppm มีความยาวรากมากที่สุด และมีแนวโน้มที่ความยาวรากจะต่างกับชุดควบคุมมากที่สุด รองลงมาคือ P80 ความเข้มข้น 20 ppm และ P70 ความเข้มข้น 20 และ 40 ppm ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่มีความยาวรากน้อยที่สุดคือ ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 ppm **(ตารางที่ 11 และ รูปที่ 29 )**

เมื่อนำมาชั่งน้ำหนักสดพบว่า น้ำหนักสดต้นรวมกับ plb มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดการทดลองที่มีน้ำหนักสดต้นรวมกับ plb เฉลี่ยมากที่สุดคือ O80 ความเข้มข้น 20 ppm รองลงมาคือ P70 ความเข้มข้น 20 และ 40 ppm ตามลำดับ ชุดการทดลองที่มีน้ำหนักสดต้นรวมกับ plb เฉลี่ยน้อยที่สุดคือ O70 ความเข้มข้น 10 ppm ส่วนน้ำหนักสดรากพบว่าน้ำหนักสดรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน โดยชุดการทดลองที่มีน้ำหนักสดรากเฉลี่ยมากที่สุดคือ O70 ความเข้มข้น 20 ppm รองลงมาคือ P70 ความเข้มข้น 20 ppm

ตามลำดับ ชุดการทดลองที่มีน้ำหนักสดรากเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ O90 ความเข้มข้น 20 ppm **(ตารางที่ 12 และ รูปที่ 30-31)**

เมื่อนำต้นรวมกับ plb และรากไปอบแห้งเพื่อวัดน้ำหนักแห้งพบว่า ชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 20 ppm มีน้ำหนักแห้งต้นรวมกับ plb เฉลี่ยสูงที่สุด และมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ P70 ที่ความเข้มข้น 20 ppm ตามลำดับ ชุดการทดลองที่มีน้ำหนักแห้งต้นรวมกับ plb เฉลี่ยน้อยที่สุดคือ O70 ความเข้มข้น 10 ppm ส่วนน้ำหนักแห้งรากพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุม โดยชุดการทดลองที่มีน้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยมากที่สุดคือ O70 ความเข้มข้น 20 ppm รองลงมาคือ P70 ความเข้มข้น 20 ppm ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่มีน้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ O70 ความเข้มข้น 10 ppm **(ตารางที่ 13 และ รูปที่ 32-33)**

**3. ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเพื่อให้เป็นต้นที่สมบูรณ์และพร้อมสำหรับการย้ายปลูกของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'**

จากการศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเพื่อให้เป็นต้นที่สมบูรณ์และพร้อมสำหรับการย้ายปลูกของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากให้ไคโตซานชนิดพอลิเมอร์และโอลิโกเมอร์ ที่มี %DD เท่ากับ 70 80 และ 90 และแต่ละ %DD มีระดับความเข้มข้น 10 20 40 และ 80 ppm เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ใช้ไคโตซาน ทำการเลี้ยงเป็นเวลา 4 เดือน และบันทึกผลการเจริญเติบโตทุก ๆ 1 เดือน โดยทำการนับจำนวนยอด จำนวนยอดที่มีราก จำนวนรากต่อยอด จำนวนใบต่อต้น และจำนวน plb เมื่อถึงเดือนที่ 4 มีการวัดความยาวต้น ความยาวราก พร้อมกับชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น ราก และ plb ด้วย ซึ่งผลการทดลองเป็นดังนี้

หลังจากเลี้ยงต้นอ่อนของกล้วยไม้เป็นเวลา 1 เดือน พบว่าจำนวนยอดของกล้วยไม้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุมคือ ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 ppm ซึ่งมีจำนวนยอดเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ O80 ความเข้มข้น 40 ppm และ O80 ความเข้มข้น 10 ppm ตามลำดับ ชุดการทดลองที่มีจำนวนยอดเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ P70 ความเข้มข้น 80 ppm **(ตารางที่ 14 และ รูปที่ 34)** เมื่อตรวจสอบจำนวนยอดที่มีรากพบว่า ในเดือนที่ 1 จำนวนยอดที่มีรากเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(ตารางที่ 15 และ รูปที่ 35)** ส่วนผลของจำนวนรากต่อยอดพบว่า จำนวนรากต่อยอดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานกับชุดควบคุมคือ ชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 20 ppm มีจำนวนรากต่อยอดเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ P90 ความเข้มข้น 40 ppm P70 ความเข้มข้น 10 ppm และ O80 ความเข้มข้น 10 ppm ตามลำดับ ชุดการทดลองที่มีจำนวนรากต่อยอดเฉลี่ยต่ำสุดคือ O80 ความเข้มข้น 20 ppm **(ตารางที่ 16 และ รูปที่ 36)**

ในเดือนที่ 2 พบว่า จำนวนยอดเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุม แต่มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของไคโตซาน โดยจำนวนยอดเฉลี่ยที่สูงที่สุดยังคงเป็นไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 ppm รองลงมาคือ O80 ความเข้มข้น 10 และ 40 ppm ตามลำดับ ส่วนจำนวนยอดเฉลี่ยที่น้อยที่สุดคือ P90 ความเข้มข้น 40 ppm รองลงมาคือ O90 ความเข้มข้น 40 ppm **(ตารางที่ 14 และ รูปที่ 38)** เมื่อตรวจสอบจำนวนยอดที่มีรากเฉลี่ย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานกับชุดควบคุมคือ ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 ppm มีจำนวนยอดที่มีรากเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ O80 ความเข้มข้น 10 ppm O70 ความเข้มข้น 40 ppm O80 ความเข้มข้น 40 ppm และ P90 ความเข้มข้น 10 ppm ตามลำดับ ส่วนจำนวนยอดที่มีรากเฉลี่ยต่ำสุดคือ P90 ความเข้มข้น 40 ppm **(ตารางที่ 15 และ รูปที่ 39)** ในขณะที่จำนวนรากต่อยอดนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(ตารางที่ 16 และ รูปที่ 40)**

ในเดือนที่ 3 พบว่าจำนวนยอดเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุมคือ O70 ความเข้มข้น 10 ppm มีจำนวนยอดเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ O80 ความเข้มข้น 10 ppm จำนวนยอดเฉลี่ยที่น้อยที่สุดยังคงเป็น P90 ความเข้มข้น 40 ppm รองลงมาคือ O90 ความเข้มข้น 40 ppm **(ตารางที่ 14 และ รูปที่ 42)** ส่วนจำนวนยอดที่มีราก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานกับชุดควบคุมคือ ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 ppm มีจำนวนยอดที่มีรากเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ O80 ความเข้มข้น 10 ppm ส่วนจำนวนยอดที่มีรากเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ ชุดควบคุม รองลงมาคือ P90 ความเข้มข้น 40 ppm **(ตารางที่ 15 และ รูปที่ 43)** ในขณะที่จำนวนรากต่อยอดนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(ตารางที่ 16 และ รูปที่ 44)**

ในเดือนที่ 4 พบว่าจำนวนยอดเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุม แต่พบความแตกต่างกันระหว่างชนิดไคโตซานที่ใช้ โดยจำนวนยอดเฉลี่ยที่สูงที่สุดยังคงเป็นไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 ppm รองลงมาคือ O80 ความเข้มข้น 10 ppm ตามลำดับ จำนวนยอดเฉลี่ยที่น้อยที่สุดคือ P90 ความเข้มข้น 40 ppm รองลงมาคือ O90 ความเข้มข้น 40 ppm **(ตารางที่ 14 และ รูปที่ 46)** ส่วนจำนวนยอดที่มีราก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานกับชุดควบคุม โดยชุดการทดลองที่มีจำนวนยอดที่มีรากเฉลี่ยมากที่สุดคือ O80 ความเข้มข้น 10 ppm รองลงมาคือ O70 ความเข้มข้น 10 ppm ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่มีจำนวนยอดที่มีรากเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ O90 ความเข้มข้น 80 ppm **(ตารางที่ 15 และ รูปที่ 47)** และจำนวนรากต่อยอดนั้นยังคงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชุดการทดลองที่มีจำนวนรากต่อยอดเฉลี่ยมากที่สุดคือ O70 ความเข้มข้น 20 ppm รองลงมาคือ P70 ความเข้มข้น 20 ppm P90 ความเข้มข้น 40 ppm และ P80 ความเข้มข้น 10 ppm ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่มีจำนวนรากต่อยอดเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ P70 ความ

เข้มข้น 40 ppm และชุดควบคุม ตามลำดับ **(ตารางที่ 16 และ รูปที่ 48)** นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนใบต่อยอดเฉลี่ยยังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย โดยในแต่ละชุดการทดลองมีจำนวนใบที่ใกล้เคียงกันมาก **(ตารางที่ 17 และ รูปที่ 37 41 45 49)** เช่นเดียวกันกับจำนวน plb ที่เกิดขึ้นพบว่า จำนวน plb เฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดการทดลองที่มีจำนวน plb เฉลี่ยมากที่สุดคือ O80 ความเข้มข้น 10 ppm ซึ่ง plb ที่เกิดขึ้นใหม่ส่วนใหญ่มีจำนวนน้อยมาก และบางชุดการทดลองก็ไม่มี plb เกิดขึ้นเลย **(ตารางที่ 18 และ รูปที่ 56)**

เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 4 เดือนแล้วจึงนำมาวัดความยาวต้นและราก พร้อมกับทำการชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้น ราก และ plb พบว่า ความยาวต้นเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานกับชุดควบคุม แต่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน โดยชุดการทดลองที่มีความยาวต้นเฉลี่ยมากที่สุดคือ P80 ความเข้มข้น 10 ppm รองลงมาคือ P90 ความเข้มข้น 40 ppm และ O80 ความเข้มข้น 40 ppm ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ความยาวต้นเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ P70 ความเข้มข้น 40 ppm **(ตารางที่ 19 และ รูปที่ 50)**

เมื่อวัดความยาวรากพบว่า ความยาวรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุมคือ ชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด P80 ความเข้มข้น 10 ppm มีความยาวรากมากที่สุด รองลงมาคือ O70 ความเข้มข้น 20 ppm และ O90 ความเข้มข้น 10 ppm ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่มีความยาวรากน้อยที่สุดคือ ชุดควบคุม **(ตารางที่ 20 และ รูปที่ 51)**

เมื่อนำต้นมาชั่งน้ำหนักสดพบว่า น้ำหนักสดต้นเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุมคือ ชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 ppm มีน้ำหนักสดต้นเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ O70 ความเข้มข้น 20 ppm ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่มีน้ำหนักสดต้นเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ O90 ความเข้มข้น 80 ppm

เมื่อนำรากมาทำการชั่งน้ำหนักสดพบว่า น้ำหนักสดรากเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานกับชุดควบคุม คือ O70 ความเข้มข้น 20 ppm มีน้ำหนักสดรากเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ O70 ความเข้มข้น 10 ppm และ P70 ความเข้มข้น 20 ppm ตามลำดับ ชุดการทดลองที่มีน้ำหนักสดรากเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ P70 ความเข้มข้น 10 ppm รองลงมาคือ O70 และ O90 ความเข้มข้น 80 ppm เช่นเดียวกัน ตามลำดับ**(ตารางที่ 21 และ รูปที่ 52-53)**

เมื่อนำต้นและรากไปอบแห้งและนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งพบว่า น้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานกับชุดควบคุมคือ ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 ppm มีน้ำหนักแห้งต้นมากที่สุด รองลงมาคือ O70 ความเข้มข้น 20 ppm และ P80 ความเข้มข้น 10 ppm ตามลำดับ ชุดการทดลองที่มีน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ย

น้อยที่สุดคือ P70 ความเข้มข้น 10 ppm ส่วนน้ำหนักแห้งรากพบว่า น้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานกับชุดควบคุมคือ ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 20 ppm มีน้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ O70 ความเข้มข้น 10 ppm ชุดการทดลองที่มีน้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ P70 ความเข้มข้น 10 ppm **(ตารางที่ 22 และ รูปที่ 54-55)**

เมื่อนำ plb มาชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งพบว่า น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของ plb ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดการทดลองที่มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงที่สุดคือ O80 ความเข้มข้น 10 ppm **(ตารางที่ 23 และ รูปที่ 57-58)**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 1** จำนวน plb ต่อขวด ในระยะเพิ่มปริมาณ plb ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน

| ชุด การทดลอง | ค่าเฉลี่ย จำนวน plb สะสม/ขวด (โปรโทคอร์ม) *,χ เดือนที่ 3 |
|---|---|
| ชุดควบคุม | 278.25 ± 17.33$^{cdefghi}$ |
| P70 10 ppm | 540.75 ± 12.85$^{a}$ |
| P70 20 ppm | 275.25 ± 39.44$^{cdefghi}$ |
| P70 40 ppm | 370.00 ± 111.38$^{abcdef}$ |
| P70 80 ppm | 62.00 ± 24.86$^{i}$ |
| P80 10 ppm | 422.00 ± 122.77$^{abcd}$ |
| P80 20 ppm | 388.50 ± 126.53$^{abcde}$ |
| P80 40 ppm | 283.50 ± 124.57$^{cdefghi}$ |
| P80 80 ppm | 64.00 ± 13.61$^{i}$ |
| P90 10 ppm | 277.25 ± 41.52$^{cdefghi}$ |
| P90 20 ppm | 523.00 ± 59.40$^{ab}$ |
| P90 40 ppm | 305.00 ± 54.39$^{bcdefgh}$ |
| P90 80 ppm | 83.50 ± 28.53$^{hi}$ |
| O70 10 ppm | 449.00 ± 96.33$^{abc}$ |
| O70 20 ppm | 319.50 ± 61.14$^{bcdef}$ |
| O70 40 ppm | 236.25 ± 43.46$^{cdefghi}$ |
| O70 80 ppm | 91.75 ± 29.65$^{ghi}$ |
| O80 10 ppm | 313.00 ± 62.79$^{bcdefg}$ |
| O80 20 ppm | 340.00 ± 111.31$^{abcdef}$ |
| O80 40 ppm | 187.50 ± 20.08$^{efghi}$ |
| O80 80 ppm | 74.00 ± 16.79$^{i}$ |
| O90 10 ppm | 263.75 ± 42.11$^{cdefghi}$ |
| O90 20 ppm | 344.00 ± 47.78$^{abcdef}$ |
| O90 40 ppm | 204.25 ± 32.58$^{defghi}$ |
| O90 80 ppm | 149.00 ± 27.37$^{fghi}$ |

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

χ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 2** น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อขวดของ plb ในระยะเพิ่มปริมาณ plb ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน

| ชุด การทดลอง | ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด plb/ขวด (กรัม) *,χ เดือนที่ 3 |
|---|---|
| ชุดควบคุม | 3.02 ± 0.33$^{abcdef}$ |
| P70 10 ppm | 5.36 ± 0.50$^{a}$ |
| P70 20 ppm | 3.54 ± 0.65$^{abcd}$ |
| P70 40 ppm | 4.06 ± 1.48$^{abc}$ |
| P70 80 ppm | 0.85 ± 0.43$^{ef}$ |
| P80 10 ppm | 4.08 ± 1.26$^{abc}$ |
| P80 20 ppm | 4.03 ± 1.24$^{abc}$ |
| P80 40 ppm | 3.29 ± 1.43$^{abcde}$ |
| P80 80 ppm | 0.73 ± 0.16$^{f}$ |
| P90 10 ppm | 3.39 ± 0.27$^{abcd}$ |
| P90 20 ppm | 4.83 ± 0.68$^{ab}$ |
| P90 40 ppm | 2.92 ± 0.51$^{abcdef}$ |
| P90 80 ppm | 1.36 ± 0.38$^{def}$ |
| O70 10 ppm | 4.58 ± 1.02$^{ab}$ |
| O70 20 ppm | 3.36 ± 0.48$^{abcd}$ |
| O70 40 ppm | 2.49 ± 0.34$^{bcdef}$ |
| O70 80 ppm | 0.80 ± 0.22$^{f}$ |
| O80 10 ppm | 2.83 ± 0.97$^{bcdef}$ |
| O80 20 ppm | 3.51 ± 0.74$^{abcd}$ |
| O80 40 ppm | 1.89 ± 0.30$^{cdef}$ |
| O80 80 ppm | 0.77 ± 0.22$^{f}$ |
| O90 10 ppm | 2.69 ± 0.59$^{bcdef}$ |
| O90 20 ppm | 3.43 ± 0.34$^{abcd}$ |
| O90 40 ppm | 2.33 ± 0.32$^{bcdef}$ |
| O90 80 ppm | 1.72 ± 0.44$^{cdef}$ |

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

χ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 3** น้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อขวดของ plb ในระยะเพิ่มปริมาณ plb ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน

| ชุด การทดลอง | ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง plb/ขวด (กรัม) *,χ เดือนที่ 3 |
|---|---|
| ชุดควบคุม | 0.22 ± 0.02$^{abcde}$ |
| P70 10 ppm | 0.30 ± 0.02$^{ab}$ |
| P70 20 ppm | 0.23 ± 0.04$^{abcde}$ |
| P70 40 ppm | 0.24 ± 0.06$^{abcde}$ |
| P70 80 ppm | 0.06 ± 0.03$^{g}$ |
| P80 10 ppm | 0.25 ± 0.05$^{abcd}$ |
| P80 20 ppm | 0.24 ± 0.05$^{abcd}$ |
| P80 40 ppm | 0.19 ± 0.07$^{bcdef}$ |
| P80 80 ppm | 0.06 ± 0.02$^{g}$ |
| P90 10 ppm | 0.22 ± 0.01$^{abcdef}$ |
| P90 20 ppm | 0.32 ± 0.01$^{a}$ |
| P90 40 ppm | 0.23 ± 0.05$^{abcdef}$ |
| P90 80 ppm | 0.10 ± 0.02$^{fg}$ |
| O70 10 ppm | 0.28 ± 0.04$^{abc}$ |
| O70 20 ppm | 0.22 ± 0.02$^{abcdef}$ |
| O70 40 ppm | 0.16 ± 0.02$^{cdefg}$ |
| O70 80 ppm | 0.06 ± 0.02$^{g}$ |
| O80 10 ppm | 0.20 ± 0.05$^{abcdef}$ |
| O80 20 ppm | 0.23 ± 0.04$^{abcde}$ |
| O80 40 ppm | 0.13 ± 0.02$^{defg}$ |
| O80 80 ppm | 0.06 ± 0.02$^{g}$ |
| O90 10 ppm | 0.20 ± 0.04$^{bcdef}$ |
| O90 20 ppm | 0.23 ± 0.01$^{abcde}$ |
| O90 40 ppm | 0.16 ± 0.02$^{defg}$ |
| O90 80 ppm | 0.12 ± 0.03$^{efg}$ |

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

χ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 4** จำนวน plb ต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน

| ชุดการทดลอง | ค่าเฉลี่ยจำนวน plb (plb) *,χ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | เดือนที่ 1 | เดือนที่ 2 | เดือนที่ 3 | เดือนที่ 4 |
| ชุดควบคุม | 9.53 ± 2.48 | 11.67 ± 3.01$^{ab}$ | 6.33 ± 1.67$^{bcd}$ | 18.90 ± 6.17$^{c}$ |
| P70 10 ppm | 9.44 ± 1.77 | 15.81 ± 5.17$^{ab}$ | 14.53 ± 6.23$^{abc}$ | 67.83 ± 23.56$^{ab}$ |
| P70 20 ppm | 11.80 ± 2.62 | 14.21 ± 3.68$^{ab}$ | 9.15 ± 3.07$^{abcd}$ | 32.40 ± 14.76$^{bc}$ |
| P70 40 ppm | 7.57 ± 1.48 | 14.86 ± 4.60$^{ab}$ | 7.15 ± 4.40$^{bcd}$ | 22.92 ± 14.32$^{c}$ |
| P70 80 ppm | 6.63 ± 1.61 | 5.13 ± 1.41$^{b}$ | 6.13 ± 2.34$^{bcd}$ | 11.50 ± 5.06$^{c}$ |
| P80 10 ppm | 8.79 ± 1.99 | 16.00 ± 5.67$^{ab}$ | 6.78 ± 3.85$^{bcd}$ | 27.78 ± 12.63$^{c}$ |
| P80 20 ppm | 9.07 ± 2.20 | 9.85 ± 3.11$^{b}$ | 5.92 ± 2.7564$^{bcd}$ | 17.38 ± 6.87$^{c}$ |
| P80 40 ppm | 5.13 ± 1.32 | 5.88 ± 1.71$^{b}$ | 5.83 ± 3.10$^{bcd}$ | 15.43 ± 6.34$^{c}$ |
| P80 80 ppm | 5.29 ± 1.27 | 6.00 ± 1.65$^{b}$ | 4.71 ± 2.21$^{cd}$ | 15.00 ± 5.08$^{c}$ |
| P90 10 ppm | 8.69 ± 1.81 | 9.08 ± 1.60$^{b}$ | 6.69 ± 2.47$^{bcd}$ | 15.60 ± 5.27$^{c}$ |
| P90 20 ppm | 9.44 ± 2.23 | 11.77 ± 3.93$^{ab}$ | 4.18 ± 2.42$^{cd}$ | 28.73 ± 17.48$^{c}$ |
| P90 40 ppm | 6.79 ± 1.43 | 7.80 ± 2.48$^{b}$ | 2.08 ± 0.95$^{d}$ | 14.92 ± 6.50$^{c}$ |
| P90 80 ppm | 10.71 ± 3.80 | 12.00 ± 4.55$^{ab}$ | 3.79 ± 2.63$^{d}$ | 21.27 ± 14.77$^{c}$ |
| O70 10 ppm | 6.36 ± 1.64 | 4.86 ± 1.93$^{b}$ | 2.85 ± 1.30$^{d}$ | 9.00 ± 3.13$^{c}$ |
| O70 20 ppm | 7.36 ± 1.86 | 6.15 ± 2.79$^{b}$ | 1.58 ± 1.03$^{d}$ | 7.90 ± 3.70$^{c}$ |
| O70 40 ppm | 10.46 ± 2.33 | 5.45 ± 1.32$^{b}$ | 3.73 ± 1.28$^{d}$ | 17.75 ± 5.63$^{c}$ |
| O70 80 ppm | 6.47 ± 1.44 | 12.87 ± 3.62$^{ab}$ | 8.46 ± 3.58$^{bcd}$ | 27.08 ± 8.89$^{c}$ |
| O80 10 ppm | 13.53 ± 3.09 | 16.50 ± 4.91$^{ab}$ | 15.70 ± 5.87$^{ab}$ | 35.09 ± 8.69$^{bc}$ |
| O80 20 ppm | 14.20 ± 4.53 | 21.69 ± 5.26$^{a}$ | 18.18 ± 6.04$^{a}$ | 80.73 ± 31.90$^{a}$ |
| O80 40 ppm | 7.81 ± 1.78 | 6.69 ± 2.50$^{b}$ | 7.67 ± 2.59$^{bcd}$ | 28.54 ± 10.41$^{c}$ |
| O80 80 ppm | 7.21 ± 1.93 | 6.14 ± 1.99$^{b}$ | 1.64 ± 0.96$^{d}$ | 12.00 ± 4.98$^{c}$ |
| O90 10 ppm | 7.13 ± 2.42 | 8.31 ± 2.64$^{b}$ | 4.00 ± 1.45$^{cd}$ | 27.64 ± 9.80$^{c}$ |
| O90 20 ppm | 10.20 ± 2.06 | 8.29 ± 2.18$^{b}$ | 3.87 ± 1.34$^{d}$ | 12.50 ± 5.90$^{c}$ |
| O90 40 ppm | 8.29 ± 2.23 | 8.86 ± 4.08$^{b}$ | 5.79 ± 2.39$^{bcd}$ | 12.93 ± 5.22$^{c}$ |
| O90 80 ppm | 9.00 ± 3.36 | 11.70 ± 4.67$^{ab}$ | 5.89 ± 2.79$^{bcd}$ | 42.13 ± 18.74$^{bc}$ |

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$^{\chi}$ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 5** จำนวนยอดต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน

| ชุด การทดลอง | ค่าเฉลี่ยจำนวน ยอด (ยอด) *,χ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | เดือนที่ 1 | เดือนที่ 2 | เดือนที่ 3 | เดือนที่ 4 |
| ชุดควบคุม | 8.00 ± 1.19 | 13.27 ± 2.02 | 22.00 ± 3.36$^{cd}$ | 31.20 ± 4.54$^{cd}$ |
| P70 10 ppm | 6.75 ± 0.78 | 12.38 ± 1.83 | 21.67 ± 3.05$^{cd}$ | 41.67 ± 10.20$^{bcd}$ |
| P70 20 ppm | 7.13 ± 0.94 | 13.64 ± 2.45 | 24.38 ± 4.81$^{bcd}$ | 59.20 ± 16.85$^{bcd}$ |
| P70 40 ppm | 9.00 ± 1.28 | 17.86 ± 2.77 | 30.23 ± 5.20$^{abc}$ | 57.77 ± 13.63$^{bcd}$ |
| P70 80 ppm | 6.69 ± 0.85 | 12.67 ± 1.97 | 16.33 ± 2.48$^{cd}$ | 25.17 ± 4.90$^{cd}$ |
| P80 10 ppm | 7.07 ± 0.66 | 13.40 ± 2.31 | 25.11 ± 5.24$^{bcd}$ | 39.56 ± 10.38$^{cd}$ |
| P80 20 ppm | 7.67 ± 1.36 | 15.92 ± 4.24 | 28.42 ± 7.79$^{abcd}$ | 54.38 ± 17.18$^{bcd}$ |
| P80 40 ppm | 8.44 ± 0.94 | 12.50 ± 1.52 | 17.72 ± 2.04$^{cd}$ | 28.79 ± 5.19$^{cd}$ |
| P80 80 ppm | 5.65 ± 0.55 | 10.06 ± 1.31 | 13.64 ± 2.10$^{d}$ | 24.46 ± 5.41$^{cd}$ |
| P90 10 ppm | 7.08 ± 0.88 | 9.23 ± 1.06 | 14.54 ± 1.44$^{cd}$ | 17.00 ± 3.19$^{d}$ |
| P90 20 ppm | 7.81 ± 1.10 | 17.46 ± 3.68 | 23.18 ± 4.82$^{cd}$ | 35.55 ± 10.97$^{cd}$ |
| P90 40 ppm | 6.93 ± 0.82 | 16.67 ± 3.47 | 24.38 ± 4.9$^{bcd}$ | 34.33 ± 6.53$^{cd}$ |
| P90 80 ppm | 6.36 ± 0.84 | 11.43 ± 1.21 | 23.43 ± 3.31$^{cd}$ | 52.64 ± 15.02$^{bcd}$ |
| O70 10 ppm | 6.86 ± 1.24 | 10.86 ± 1.75 | 13.77 ± 3.11$^{d}$ | 18.09 ± 7.71$^{d}$ |
| O70 20 ppm | 6.21 ± 0.76 | 16.46 ± 4.19 | 20.17 ± 5.66$^{cd}$ | 29.60 ± 9.85$^{cd}$ |
| O70 40 ppm | 6.15 ± 1.22 | 15.09 ± 3.44 | 27.09 ± 7.04$^{abcd}$ | 45.00 ± 12.26$^{bcd}$ |
| O70 80 ppm | 7.93 ± 1.48 | 15.80 ± 1.81 | 26.92 ± 3.61$^{abcd}$ | 39.92 ± 6.48$^{cd}$ |
| O80 10 ppm | 8.18 ± 1.16 | 19.81 ± 3.64 | 39.20 ± 5.96$^{ab}$ | 81.45 ± 23.62$^{ab}$ |
| O80 20 ppm | 6.53 ± 1.24 | 19.77 ± 4.55 | 40.73 ± 7.04$^{a}$ | 97.55 ± 24.38$^{a}$ |
| O80 40 ppm | 8.81 ± 0.85 | 18.75 ± 2.51 | 27.60 ± 3.63$^{abcd}$ | 51.08 ± 14.67$^{bcd}$ |
| O80 80 ppm | 9.21 ± 1.25 | 16.79 ± 2.73 | 24.36 ± 3.60$^{bcd}$ | 36.67 ± 8.06$^{cd}$ |
| O90 10 ppm | 7.50 ± 1.06 | 17.81 ± 3.70 | 26.13 ± 6.37$^{abcd}$ | 43.50 ± 12.98$^{bcd}$ |
| O90 20 ppm | 4.60 ± 0.61 | 17.29 ± 3.47 | 23.73 ± 4.78$^{cd}$ | 61.80 ± 13.31$^{abc}$ |
| O90 40 ppm | 8.79 ± 0.98 | 15.43 ± 1.70 | 21.71 ± 3.60$^{cd}$ | 47.14 ± 10.75$^{bcd}$ |
| O90 80 ppm | 6.70 ± 0.86 | 14.20 ± 2.00 | 23.67 ± 3.72$^{cd}$ | 32.88 ± 5.96$^{cd}$ |

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$^{\chi}$ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 6** จำนวนรากต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน

| ชุดการทดลอง | ค่าเฉลี่ยจำนวนราก (ราก) *,χ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | เดือนที่ 1 | เดือนที่ 2 | เดือนที่ 3 | เดือนที่ 4 |
| ชุดควบคุม | 2.60 ± 0.66 | 8.27 ± 1.86 | 15.73 ± 2.76 | 27.40 ± 5.18$^{bcd}$ |
| P70 10 ppm | 0.88 ± 0.29 | 6.31 ± 1.01 | 14.00 ± 1.42 | 31.08 ± 3.23$^{abcd}$ |
| P70 20 ppm | 2.27 ± 0.59 | 8.29 ± 1.63 | 14.85 ± 2.81 | 32.40 ± 9.80$^{abcd}$ |
| P70 40 ppm | 2.43 ± 0.70 | 11.07 ± 2.00 | 20.31 ± 3.34 | 45.77 ± 9.26$^{abc}$ |
| P70 80 ppm | 2.38 ± 0.51 | 8.60 ± 1.43 | 15.53 ± 2.33 | 35.67 ± 8.28$^{abcd}$ |
| P80 10 ppm | 2.00 ± 0.52 | 6.50 ± 1.02 | 15.89 ± 2.90 | 38.89 ± 9.68$^{abcd}$ |
| P80 20 ppm | 2.13 ± 0.47 | 11.08 ± 2.48 | 20.58 ± 4.49 | 52.75 ± 13.04$^{ab}$ |
| P80 40 ppm | 2.75 ± 0.59 | 11.81 ± 2.19 | 19.50 ± 2.67 | 35.36 ± 4.94$^{abcd}$ |
| P80 80 ppm | 2.18 ± 0.52 | 6.81 ± 1.21 | 9.86 ± 1.85 | 18.15 ± 4.01$^{cd}$ |
| P90 10 ppm | 1.85 ± 0.63 | 7.38 ± 1.52 | 11.23 ± 2.35 | 26.50 ± 7.17$^{bcd}$ |
| P90 20 ppm | 2.19 ± 0.58 | 10.38 ± 1.84 | 18.36 ± 3.22 | 44.00 ± 12.21$^{abc}$ |
| P90 40 ppm | 3.21 ± 0.80 | 8.73 ± 1.71 | 16.15 ± 2.98 | 38.92 ± 8.70$^{abcd}$ |
| P90 80 ppm | 2.50 ± 0.59 | 9.86 ± 1.47 | 17.50 ± 1.89 | 37.55 ± 5.54$^{abcd}$ |
| O70 10 ppm | 1.43 ± 0.68 | 6.50 ± 1.81 | 8.69 ± 2.70 | 14.27 ± 5.81$^{d}$ |
| O70 20 ppm | 2.79 ± 0.82 | 10.23 ± 1.75 | 18.92 ± 3.47 | 40.40 ± 8.35$^{abcd}$ |
| O70 40 ppm | 2.31 ± 0.58 | 8.45 ± 2.51 | 16.45 ± 3.66 | 34.17 ± 6.71$^{abcd}$ |
| O70 80 ppm | 2.60 ± 0.67 | 11.87 ± 2.13 | 17.54 ± 2.63 | 36.38 ± 5.17$^{abcd}$ |
| O80 10 ppm | 2.41 ± 0.84 | 10.38 ± 2.20 | 20.90 ± 4.44 | 53.09 ± 6.48$^{ab}$ |
| O80 20 ppm | 2.80 ± 0.70 | 9.85 ± 2.31 | 21.64 ± 3.91 | 49.55 ± 11.13$^{ab}$ |
| O80 40 ppm | 3.63 ± 0.61 | 13.31 ± 1.78 | 22.53 ± 2.71 | 58.31 ± 9.32$^{a}$ |
| O80 80 ppm | 1.36 ± 0.51 | 9.43 ± 1.97 | 18.14 ± 2.92 | 43.00 ± 9.13$^{abc}$ |
| O90 10 ppm | 2.31 ± 0.64 | 11.44 ± 2.13 | 18.63 ± 3.06 | 41.93 ± 9.74$^{abcd}$ |
| O90 20 ppm | 1.07 ± 0.47 | 5.07 ± 1.35 | 13.87 ± 3.21 | 33.50 ± 9.61$^{abcd}$ |
| O90 40 ppm | 2.50 ± 0.77 | 14.00 ± 1.79 | 18.64 ± 2.24 | 42.00 ± 6.34$^{abcd}$ |
| O90 80 ppm | 2.50 ± 0.86 | 9.00 ± 1.83 | 15.11 ± 3.27 | 31.13 ± 7.20$^{abcd}$ |

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

χ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 7** จำนวนยอดที่มีราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน

| ชุดการทดลอง | ค่าเฉลี่ยจำนวนยอดที่มีราก (ยอด) *,χ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | เดือนที่ 1 | เดือนที่ 2 | เดือนที่ 3 | เดือนที่ 4 |
| ชุดควบคุม | 2.40 ± 0.60 | 6.27 ± 1.34 | 10.67 ± 1.82$^{abcd}$ | 13.40 ± 2.47$^{cde}$ |
| P70 10 ppm | 0.81 ± 0.26 | 4.75 ± 0.68 | 9.80 ± 1.26$^{abcd}$ | 16.83 ± 2.41$^{abcde}$ |
| P70 20 ppm | 2.07 ± 0.56 | 6.71 ± 1.23 | 8.77 ± 1.67$^{abcd}$ | 14.56 ± 4.80$^{cde}$ |
| P70 40 ppm | 2.07 ± 0.54 | 8.14 ± 1.46 | 13.92 ± 2.13$^{ab}$ | 24.15 ± 4.74$^{abc}$ |
| P70 80 ppm | 2.00 ± 0.45 | 5.93 ± 1.00 | 10.07 ± 1.37$^{abcd}$ | 13.25 ± 2.24$^{cde}$ |
| P80 10 ppm | 2.00 ± 0.52 | 5.50 ± 0.98 | 11.67 ± 2.10$^{abcd}$ | 20.22 ± 4.55$^{abcd}$ |
| P80 20 ppm | 1.93 ± 0.43 | 7.85 ± 1.67 | 14.50 ± 3.36$^{a}$ | 28.00 ± 7.36$^{ab}$ |
| P80 40 ppm | 2.44 ± 0.48 | 8.00 ± 1.35 | 12.22 ± 1.62$^{abc}$ | 16.14 ± 2.17$^{abcde}$ |
| P80 80 ppm | 1.94 ± 0.48 | 5.81 ± 1.08 | 6.29 ± 1.22$^{cd}$ | 8.85 ± 1.70$^{de}$ |
| P90 10 ppm | 1.46 ± 0.53 | 5.38 ± 0.95 | 7.46 ± 1.40$^{bcd}$ | 12.80 ± 2.91$^{cde}$ |
| P90 20 ppm | 1.88 ± 0.46 | 7.38 ± 1.38 | 10.82 ± 1.77$^{abcd}$ | 17.18 ± 3.57$^{abcde}$ |
| P90 40 ppm | 2.64 ± 0.59 | 6.67 ± 1.19 | 12.38 ± 2.37$^{abc}$ | 17.17 ± 3.42$^{abcde}$ |
| P90 80 ppm | 2.29 ± 0.52 | 7.36 ± 0.89 | 11.86 ± 1.21$^{abcd}$ | 17.09 ± 2.25$^{abcde}$ |
| O70 10 ppm | 1.29 ± 0.62 | 4.57 ± 1.07 | 5.46 ± 1.32$^{d}$ | 5.64 ± 1.90$^{e}$ |
| O70 20 ppm | 2.29 ± 0.66 | 8.08 ± 1.30 | 11.67 ± 2.43$^{abcd}$ | 15.60 ± 3.64$^{bcde}$ |
| O70 40 ppm | 2.00 ± 0.49 | 6.36 ± 1.62 | 11.73 ± 2.58$^{abcd}$ | 16.50 ± 3.26$^{abcde}$ |
| O70 80 ppm | 2.33 ± 0.63 | 8.20 ± 1.43 | 11.62 ± 1.68$^{abcd}$ | 18.46 ± 3.46$^{abcde}$ |
| O80 10 ppm | 2.06 ± 0.67 | 7.69 ± 1.63 | 13.80 ± 2.46$^{ab}$ | 29.00 ± 3.74$^{a}$ |
| O80 20 ppm | 2.47 ± 0.66 | 6.85 ± 1.58 | 14.55 ± 3.06$^{a}$ | 24.82 ± 5.31$^{abc}$ |
| O80 40 ppm | 3.19 ± 0.53 | 9.38 ± 1.05 | 14.60 ± 1.71$^{a}$ | 24.85 ± 4.15$^{abc}$ |
| O80 80 ppm | 1.21 ± 0.47 | 6.93 ± 1.33 | 11.71 ± 1.84$^{abcd}$ | 20.50 ± 3.95$^{abcd}$ |
| O90 10 ppm | 2.19 ± 0.61 | 8.06 ± 1.45 | 12.38 ± 2.15$^{abc}$ | 20.07 ± 5.25$^{abcd}$ |
| O90 20 ppm | 1.00 ± 0.43 | 4.00 ± 1.07 | 9.13 ± 2.04$^{abcd}$ | 17.50 ± 5.22$^{abcd}$ |
| O90 40 ppm | 2.21 ± 0.74 | 9.79 ± 1.21 | 12.57 ± 1.47$^{abc}$ | 23.00 ± 3.25$^{abc}$ |
| O90 80 ppm | 1.90 ± 0.57 | 6.50 ± 1.38 | 10.78 ± 2.03$^{abcd}$ | 14.75 ± 3.06$^{cde}$ |

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$^{\chi}$ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 8** จำนวนรากต่อยอด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน

| ชุดการทดลอง | ค่าเฉลี่ยจำนวนรากต่อยอด (ราก) $^{\chi}$ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | เดือนที่ 1 | เดือนที่ 2 | เดือนที่ 3 | เดือนที่ 4 |
| ชุดควบคุม | 1.07 ± 0.04 | 1.34 ± 0.08 | 1.43 ± 0.10 | 2.07 ± 0.14 |
| P70 10 ppm | 1.07 ± 0.07 | 1.26 ± 0.07 | 1.56 ± 0.13 | 2.03 ± 0.17 |
| P70 20 ppm | 1.12 ± 0.07 | 1.19 ± 0.08 | 1.62 ± 0.19 | 1.93 ± 0.29 |
| P70 40 ppm | 1.10 ± 0.08 | 1.37 ± 0.08 | 1.36 ± 0.10 | 2.21 ± 0.28 |
| P70 80 ppm | 1.25 ± 0.10 | 1.44 ± 0.12 | 1.58 ± 0.12 | 2.26 ± 0.19 |
| P80 10 ppm | 1.00 ± 0.00 | 1.28 ± 0.08 | 1.34 ± 0.09 | 1.92 ± 0.21 |
| P80 20 ppm | 1.15 ± 0.09 | 1.35 ± 0.09 | 1.50 ± 0.10 | 2.06 ± 0.23 |
| P80 40 ppm | 1.11 ± 0.05 | 1.42 ± 0.07 | 1.54 ± 0.09 | 2.28 ± 0.20 |
| P80 80 ppm | 1.14 ± 0.10 | 1.20 ± 0.06 | 1.43 ± 0.10 | 1.92 ± 0.19 |
| P90 10 ppm | 1.35 ± 0.13 | 1.31 ± 0.13 | 1.38 ± 0.09 | 2.04 ± 0.29 |
| P90 20 ppm | 1.09 ± 0.16 | 1.51 ± 0.16 | 1.60 ± 0.20 | 2.44 ± 0.29 |
| P90 40 ppm | 1.19 ± 0.09 | 1.27 ± 0.07 | 1.34 ± 0.14 | 2.15 ± 0.15 |
| P90 80 ppm | 1.08 ± 0.05 | 1.32 ± 0.07 | 1.50 ± 0.11 | 2.29 ± 0.31 |
| O70 10 ppm | 1.17 ± 0.11 | 1.31 ± 0.11 | 1.45 ± 0.15 | 2.48 ± 0.50 |
| O70 20 ppm | 1.19 ± 0.07 | 1.27 ± 0.07 | 1.82 ± 0.15 | 3.01 ± 0.52 |
| O70 40 ppm | 1.11 ± 0.14 | 1.28 ± 0.09 | 1.41 ± 0.10 | 2.13 ± 0.19 |
| O70 80 ppm | 1.18 ± 0.11 | 1.37 ± 0.06 | 1.50 ± 0.10 | 2.31 ± 0.28 |
| O80 10 ppm | 1.18 ± 0.10 | 1.33 ± 0.07 | 1.43 ± 0.10 | 1.87 ± 0.13 |
| O80 20 ppm | 1.28 ± 0.17 | 1.47 ± 0.13 | 1.53 ± 0.13 | 2.09 ± 0.11 |
| O80 40 ppm | 1.13 ± 0.04 | 1.39 ± 0.06 | 1.53 ± 0.09 | 2.34 ± 0.24 |
| O80 80 ppm | 1.21 ± 0.16 | 1.35 ± 0.08 | 1.54 ± 0.10 | 2.14 ± 0.15 |
| O90 10 ppm | 1.06 ± 0.04 | 1.39 ± 0.07 | 1.54 ± 0.12 | 2.41 ± 0.27 |
| O90 20 ppm | 1.03 ± 0.03 | 1.23 ± 0.08 | 1.45 ± 0.08 | 1.98 ± 0.17 |
| O90 40 ppm | 1.33 ± 0.19 | 1.42 ± 0.08 | 1.53 ± 0.08 | 1.85 ± 0.10 |
| O90 80 ppm | 1.30 ± 0.15 | 1.34 ± 0.08 | 1.32 ± 0.09 | 2.11 ± 0.48 |

$^{\chi}$ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 9** จำนวนใบต่อต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน

| ชุด การทดลอง | ค่าเฉลี่ยจำนวน ใบต่อต้น (ใบ) $^{\chi}$ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | เดือนที่ 1 | เดือนที่ 2 | เดือนที่ 3 | เดือนที่ 4 |
| ชุดควบคุม | 1.98 ± 0.06 | 2.13 ± 0.14 | 2.66 ± 0.14 | 3.21 ± 0.15 |
| P70 10 ppm | 1.93 ± 0.11 | 2.34 ± 0.13 | 2.64 ± 0.17 | 2.96 ± 0.18 |
| P70 20 ppm | 1.88 ± 0.06 | 2.36 ± 0.10 | 2.77 ± 0.17 | 2.83 ± 0.18 |
| P70 40 ppm | 1.98 ± 0.07 | 2.36 ± 0.12 | 2.99 ± 0.13 | 3.03 ± 0.17 |
| P70 80 ppm | 2.19 ± 0.11 | 2.43 ± 0.11 | 2.78 ± 0.13 | 2.82 ± 0.29 |
| P80 10 ppm | 1.89 ± 0.05 | 1.97 ± 0.15 | 2.83 ± 0.14 | 3.17 ± 0.13 |
| P80 20 ppm | 2.06 ± 0.10 | 2.35 ± 0.09 | 2.68 ± 0.13 | 2.79 ± 0.12 |
| P80 40 ppm | 1.97 ± 0.08 | 2.39 ± 0.06 | 3.09 ± 0.14 | 3.54 ± 0.44 |
| P80 80 ppm | 2.13 ± 0.07 | 2.46 ± 0.11 | 2.69 ± 0.13 | 3.12 ± 0.20 |
| P90 10 ppm | 1.97 ± 0.09 | 2.32 ± 0.13 | 2.49 ± 0.12 | 2.94 ± 0.23 |
| P90 20 ppm | 2.07 ± 0.05 | 2.29 ± 0.08 | 2.82 ± 0.14 | 2.99 ± 0.17 |
| P90 40 ppm | 2.08 ± 0.10 | 2.48 ± 0.14 | 2.92 ± 0.16 | 3.19 ± 0.26 |
| P90 80 ppm | 2.03 ± 0.11 | 2.42 ± 0.11 | 2.76 ± 0.14 | 2.95 ± 0.25 |
| O70 10 ppm | 2.16 ± 0.15 | 2.32 ± 0.12 | 2.72 ± 0.14 | 3.15 ± 0.28 |
| O70 20 ppm | 2.12 ± 0.12 | 2.59 ± 0.19 | 3.17 ± 0.25 | 3.53 ± 0.27 |
| O70 40 ppm | 2.08 ± 0.09 | 2.29 ± 0.08 | 2.61 ± 0.13 | 2.78 ± 0.19 |
| O70 80 ppm | 1.82 ± 0.11 | 2.37 ± 0.11 | 2.82 ± 0.11 | 2.96 ± 0.15 |
| O80 10 ppm | 1.81 ± 0.08 | 2.22 ± 0.05 | 2.62 ± 0.18 | 2.69 ± 0.09 |
| O80 20 ppm | 1.97 ± 0.11 | 1.99 ± 0.19 | 2.69 ± 0.14 | 2.70 ± 0.13 |
| O80 40 ppm | 1.98 ± 0.06 | 2.35 ± 0.11 | 2.83 ± 0.10 | 3.02 ± 0.12 |
| O80 80 ppm | 1.93 ± 0.06 | 2.40 ± 0.14 | 2.86 ± 0.19 | 3.29 ± 0.16 |
| O90 10 ppm | 1.97 ± 0.05 | 2.29 ± 0.08 | 2.66 ± 0.13 | 3.13 ± 0.12 |
| O90 20 ppm | 5.45 ± 3.59 | 2.17 ± 0.19 | 2.57 ± 0.10 | 2.78 ± 0.08 |
| O90 40 ppm | 1.84 ± 0.07 | 2.53 ± 0.11 | 2.90 ± 0.14 | 3.07 ± 0.11 |
| O90 80 ppm | 2.23 ± 0.12 | 2.36 ± 0.16 | 2.59 ± 0.25 | 3.22 ± 0.28 |

$^{\chi}$ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 10** ค่าเฉลี่ยความยาวต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน

| ชุด การทดลอง | ค่าเฉลี่ยความยาวต้น (ซ.ม.) $^{\chi}$ เดือนที่ 4 |
|---|---|
| ชุดควบคุม | 6.20 ± 0.66 |
| P70 10 ppm | 5.72 ± 0.48 |
| P70 20 ppm | 8.34 ± 1.50 |
| P70 40 ppm | 8.71 ± 1.51 |
| P70 80 ppm | 5.86 ± 0.81 |
| P80 10 ppm | 6.92 ± 1.18 |
| P80 20 ppm | 7.26 ± 1.11 |
| P80 40 ppm | 8.32 ± 1.34 |
| P80 80 ppm | 5.05 ± 0.61 |
| P90 10 ppm | 4.54 ± 0.75 |
| P90 20 ppm | 6.14 ± 0.80 |
| P90 40 ppm | 8.08 ± 1.66 |
| P90 80 ppm | 7.31 ± 0.82 |
| O70 10 ppm | 4.27 ± 0.93 |
| O70 20 ppm | 6.32 ± 1.37 |
| O70 40 ppm | 6.63 ± 1.14 |
| O70 80 ppm | 6.14 ± 0.65 |
| O80 10 ppm | 6.54 ± 0.59 |
| O80 20 ppm | 7.03 ± 0.82 |
| O80 40 ppm | 8.28 ± 0.92 |
| O80 80 ppm | 6.97 ± 0.97 |
| O90 10 ppm | 6.39 ± 1.03 |
| O90 20 ppm | 5.49 ± 0.28 |
| O90 40 ppm | 7.73 ± 0.66 |
| O90 80 ppm | 6.24 ± 0.70 |

$^{\chi}$ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 11** ค่าเฉลี่ยความยาวราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน

| ชุด การทดลอง | ค่าเฉลี่ยความยาวราก (ซ.ม.) $^{\chi}$ เดือนที่ 4 |
|---|---|
| ชุดควบคุม | 1.51 ± 0.26$^{abcd}$ |
| P70 10 ppm | 1.36 ± 0.20$^{bcd}$ |
| P70 20 ppm | 2.07 ± 0.61$^{ab}$ |
| P70 40 ppm | 2.13 ± 0.41$^{ab}$ |
| P70 80 ppm | 1.33 ± 0.26$^{bcd}$ |
| P80 10 ppm | 1.89 ± 0.32$^{abcd}$ |
| P80 20 ppm | 2.36 ± 0.62$^{ab}$ |
| P80 40 ppm | 1.92 ± 0.39$^{abc}$ |
| P80 80 ppm | 0.93 ± 0.21$^{cd}$ |
| P90 10 ppm | 1.34 ± 0.33$^{bcd}$ |
| P90 20 ppm | 1.46 ± 0.29$^{abcd}$ |
| P90 40 ppm | 1.33 ± 0.33$^{bcd}$ |
| P90 80 ppm | 1.84 ± 0.23$^{abcd}$ |
| O70 10 ppm | 0.76 ± 0.29$^{d}$ |
| O70 20 ppm | 2.54 ± 0.40$^{a}$ |
| O70 40 ppm | 1.52 ± 0.36$^{abcd}$ |
| O70 80 ppm | 1.27 ± 0.18$^{bcd}$ |
| O80 10 ppm | 1.95 ± 0.28$^{abc}$ |
| O80 20 ppm | 1.74 ± 0.27$^{abcd}$ |
| O80 40 ppm | 1.82 ± 0.24$^{abcd}$ |
| O80 80 ppm | 1.34 ± 0.21$^{bcd}$ |
| O90 10 ppm | 1.92 ± 0.37$^{abc}$ |
| O90 20 ppm | 0.87 ± 0.23$^{cd}$ |
| O90 40 ppm | 1.89 ± 0.23$^{abcd}$ |
| O90 80 ppm | 1.56 ± 0.44$^{abcd}$ |

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$^{\chi}$ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 12** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต้นและราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน

| ชุดการทดลอง | ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต้น (กรัม) *,χ เดือนที่ 4 | ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดราก (กรัม) *,χ เดือนที่ 4 |
|---|---|---|
| ชุดควบคุม | 0.40 ± 0.06$^{bcd}$ | 0.07 ± 0.01$^{c}$ |
| P70 10 ppm | 0.48 ± 0.08$^{abcd}$ | 0.07 ± 0.02$^{c}$ |
| P70 20 ppm | 0.81 ± 0.19$^{ab}$ | 0.30 ± 0.13$^{ab}$ |
| P70 40 ppm | 0.79 ± 0.19$^{ab}$ | 0.20 ± 0.08$^{abc}$ |
| P70 80 ppm | 0.39 ± 0.07$^{bcd}$ | 0.13 ± 0.05$^{bc}$ |
| P80 10 ppm | 0.51 ± 0.14$^{abcd}$ | 0.19 ± 0.08$^{abc}$ |
| P80 20 ppm | 0.58 ± 0.20$^{abcd}$ | 0.21 ± 0.08$^{abc}$ |
| P80 40 ppm | 0.56 ± 0.10$^{abcd}$ | 0.25 ± 0.09$^{abc}$ |
| P80 80 ppm | 0.31 ± 0.07$^{cd}$ | 0.05 ± 0.02$^{c}$ |
| P90 10 ppm | 0.27 ± 0.08$^{cd}$ | 0.08 ± 0.04$^{c}$ |
| P90 20 ppm | 0.47 ± 0.14$^{abcd}$ | 0.08 ± 0.02$^{c}$ |
| P90 40 ppm | 0.61 ± 0.17$^{abc}$ | 0.08 ± 0.03$^{c}$ |
| P90 80 ppm | 0.50 ± 0.08$^{abcd}$ | 0.14 ± 0.04$^{bc}$ |
| O70 10 ppm | 0.15 ± 0.05$^{d}$ | 0.05 ± 0.03$^{c}$ |
| O70 20 ppm | 0.55 ± 0.16$^{abcd}$ | 0.37 ± 0.15$^{a}$ |
| O70 40 ppm | 0.41 ± 0.11$^{bcd}$ | 0.14 ± 0.04$^{bc}$ |
| O70 80 ppm | 0.53 ± 0.08$^{abcd}$ | 0.10 ± 0.03$^{bc}$ |
| O80 10 ppm | 0.60 ± 0.14$^{abc}$ | 0.13 ± 0.03$^{bc}$ |
| O80 20 ppm | 0.90 ± 0.26$^{a}$ | 0.15 ± 0.05$^{bc}$ |
| O80 40 ppm | 0.65 ± 0.13$^{abc}$ | 0.22 ± 0.07$^{abc}$ |
| O80 80 ppm | 0.56 ± 0.12$^{abcd}$ | 0.16 ± 0.07$^{bc}$ |
| O90 10 ppm | 0.38 ± 0.10$^{bcd}$ | 0.14 ± 0.05$^{bc}$ |
| O90 20 ppm | 0.58 ± 0.12$^{abcd}$ | 0.05 ± 0.01$^{c}$ |
| O90 40 ppm | 0.56 ± 0.11$^{abcd}$ | 0.12 ± 0.03$^{bc}$ |
| O90 80 ppm | 0.38 ± 0.08$^{bcd}$ | 0.10 ± 0.05$^{bc}$ |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$^{\chi}$ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 13** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้นและราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน

| ชุดการทดลอง | ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้น (กรัม) *,χ เดือนที่ 4 | ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก (กรัม) *,χ เดือนที่ 4 |
|---|---|---|
| ชุดควบคุม | 0.05 ± 0.01$^{bcd}$ | 0.02 ± 0.00$^{bcde}$ |
| P70 10 ppm | 0.07 ± 0.01$^{abcd}$ | 0.02 ± 0.00$^{cde}$ |
| P70 20 ppm | 0.09 ± 0.02$^{ab}$ | 0.05 ± 0.02$^{ab}$ |
| P70 40 ppm | 0.08 ± 0.02$^{abc}$ | 0.04 ± 0.01$^{abcde}$ |
| P70 80 ppm | 0.05 ± 0.01$^{bcd}$ | 0.03 ± 0.01$^{abcde}$ |
| P80 10 ppm | 0.06 ± 0.02$^{bcd}$ | 0.03 ± 0.01$^{abcde}$ |
| P80 20 ppm | 0.07 ± 0.02$^{abcd}$ | 0.04 ± 0.02$^{abc}$ |
| P80 40 ppm | 0.05 ± 0.01$^{bcd}$ | 0.04 ± 0.01$^{abcde}$ |
| P80 80 ppm | 0.04 ± 0.01$^{cd}$ | 0.01 ± 0.00$^{e}$ |
| P90 10 ppm | 0.05 ± 0.01$^{bcd}$ | 0.02 ± 0.01$^{cde}$ |
| P90 20 ppm | 0.08 ± 0.03$^{abc}$ | 0.02 ± 0.00$^{bcde}$ |
| P90 40 ppm | 0.06 ± 0.01$^{bcd}$ | 0.02 ± 0.01$^{bcde}$ |
| P90 80 ppm | 0.05 ± 0.01$^{bcd}$ | 0.03 ± 0.01$^{abcde}$ |
| O70 10 ppm | 0.02 ± 0.01$^{d}$ | 0.01 ± 0.00$^{e}$ |
| O70 20 ppm | 0.05 ± 0.01$^{bcd}$ | 0.05 ± 0.02$^{a}$ |
| O70 40 ppm | 0.06 ± 0.01$^{bcd}$ | 0.03 ± 0.01$^{abcde}$ |
| O70 80 ppm | 0.06 ± 0.01$^{abcd}$ | 0.02 ± 0.00$^{bcde}$ |
| O80 10 ppm | 0.07 ± 0.01$^{abc}$ | 0.03 ± 0.01$^{abcde}$ |
| O80 20 ppm | 0.11 ± 0.03$^{a}$ | 0.03 ± 0.01$^{abcde}$ |
| O80 40 ppm | 0.07 ± 0.01$^{abcd}$ | 0.04 ± 0.01$^{abcde}$ |
| O80 80 ppm | 0.06 ± 0.01$^{bcd}$ | 0.03 ± 0.01$^{abcde}$ |
| O90 10 ppm | 0.05 ± 0.01$^{bcd}$ | 0.03 ± 0.01$^{abcde}$ |
| O90 20 ppm | 0.08 ± 0.02$^{abc}$ | 0.01 ± 0.00$^{de}$ |
| O90 40 ppm | 0.06 ± 0.01$^{bcd}$ | 0.03 ± 0.01$^{abcde}$ |
| O90 80 ppm | 0.05 ± 0.02$^{bcd}$ | 0.02 ± 0.01$^{bcde}$ |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

χ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 14** จำนวนยอดต่อขวด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน

| ชุด การทดลอง | ค่าเฉลี่ยจำนวนยอด (ยอด) *,χ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | เดือนที่ 1 | เดือนที่ 2 | เดือนที่ 3 | เดือนที่ 4 |
| ชุดควบคุม | 7.00 ± 0.35$^{bcde}$ | 8.64 ± 0.88$^{abcd}$ | 9.09 ± 0.97$^{cde}$ | 10.27 ± 1.08$^{abcde}$ |
| P70 10 ppm | 7.57 ± 0.48$^{abcde}$ | 9.00 ± 0.69$^{abcd}$ | 9.29 ± 0.61$^{bcde}$ | 11.00 ± 1.09$^{abcde}$ |
| P70 20 ppm | 6.79 ± 0.30$^{cde}$ | 7.46 ± 0.39$^{d}$ | 8.92 ± 0.59$^{cde}$ | 10.67 ± 0.99$^{abcde}$ |
| P70 40 ppm | 7.58 ± 0.34$^{abcde}$ | 8.27 ± 0.43$^{bcd}$ | 9.91 ± 0.64$^{abcde}$ | 12.18 ± 1.51$^{abc}$ |
| P70 80 ppm | 6.33 ± 0.14$^{e}$ | 7.45 ± 0.37$^{d}$ | 8.10 ± 0.57$^{e}$ | 9.10 ± 0.69$^{cde}$ |
| P80 10 ppm | 7.36 ± 0.31$^{abcde}$ | 8.40 ± 0.60$^{bcd}$ | 9.22 ± 0.81$^{bcde}$ | 10.44 ± 0.94$^{abcde}$ |
| P80 20 ppm | 7.70 ± 0.34$^{abcd}$ | 8.70 ± 0.50$^{abcd}$ | 9.40 ± 0.43$^{bcde}$ | 11.78 ± 0.49$^{abcd}$ |
| P80 40 ppm | 7.00 ± 0.29$^{bcde}$ | 8.00 ± 0.34$^{bcd}$ | 8.80 ± 0.52$^{cde}$ | 9.87 ± 0.71$^{bcde}$ |
| P80 80 ppm | 7.29 ± 0.41$^{abcde}$ | 7.85 ± 0.48$^{bcd}$ | 8.54 ± 0.5731$^{cde}$ | 9.15 ± 0.63$^{cde}$ |
| P90 10 ppm | 7.62 ± 0.40$^{abcde}$ | 8.38 ± 0.53$^{bcd}$ | 9.15 ± 0.46$^{cde}$ | 10.67 ± 2.48$^{abcde}$ |
| P90 20 ppm | 7.40 ± 0.40$^{abcde}$ | 8.50 ± 0.48$^{bcd}$ | 9.10 ± 0.60$^{cde}$ | 11.40 ± 0.60$^{abcde}$ |
| P90 40 ppm | 6.91 ± 0.25$^{bcde}$ | 7.20 ± 0.29$^{d}$ | 7.70 ± 0.50$^{e}$ | 8.50 ± 0.54$^{e}$ |
| P90 80 ppm | 6.94 ± 0.28$^{bcde}$ | 8.13 ± 0.53$^{bcd}$ | 8.81 ± 0.56$^{cde}$ | 9.64 ± 0.64$^{cde}$ |
| O70 10 ppm | 8.40 ± 0.65$^{a}$ | 10.30 ± 0.91$^{a}$ | 11.90 ± 1.39$^{a}$ | 13.10 ± 1.58$^{a}$ |
| O70 20 ppm | 7.00 ± 0.36$^{bcde}$ | 7.70 ± 0.54$^{cd}$ | 9.50 ± 0.86$^{bcde}$ | 12.10 ± 1.66$^{abc}$ |
| O70 40 ppm | 7.83 ± 0.46$^{abcd}$ | 9.00 ± 0.54$^{abcd}$ | 10.73 ± 1.19$^{abc}$ | 12.00 ± 1.31$^{abc}$ |
| O70 80 ppm | 6.93 ± 0.21$^{bcde}$ | 7.50 ± 0.34$^{d}$ | 8.64 ± 0.32$^{cde}$ | 10.00 ± 0.42$^{abcde}$ |
| O80 10 ppm | 8.14 ± 0.54$^{ab}$ | 9.64 ± 0.78$^{ab}$ | 11.45 ± 0.95$^{ab}$ | 12.82 ± 1.09$^{ab}$ |
| O80 20 ppm | 7.18 ± 0.35$^{abcde}$ | 8.45 ± 0.34$^{bcd}$ | 9.18 ± 0.54$^{cde}$ | 10.55 ± 0.56$^{abcde}$ |
| O80 40 ppm | 8.17 ± 0.21$^{ab}$ | 9.50 ± 0.45$^{abc}$ | 10.58 ± 0.47$^{abcd}$ | 11.92 ± 1.07$^{abc}$ |
| O80 80 ppm | 7.50 ± 0.36$^{abcde}$ | 8.42 ± 0.42$^{bcd}$ | 9.25 ± 0.5240$^{bcde}$ | 10.25 ± 0.52$^{abcde}$ |
| O90 10 ppm | 8.09 ± 0.83$^{abc}$ | 8.82 ± 0.60$^{abcd}$ | 9.18 ± 0.62$^{cde}$ | 11.09 ± 1.00$^{abcde}$ |
| O90 20 ppm | 7.08 ± 0.29$^{bcde}$ | 8.08 ± 0.57$^{bcd}$ | 8.33 ± 0.58$^{de}$ | 9.67 ± 0.54$^{bcde}$ |
| O90 40 ppm | 6.73 ± 0.30$^{de}$ | 7.27 ± 0.20$^{d}$ | 7.91 ± 0.28$^{e}$ | 8.73 ± 0.45$^{de}$ |
| O90 80 ppm | 6.64 ± 0.28$^{de}$ | 7.78 ± 0.57$^{cd}$ | 8.78 ± 0.49$^{cde}$ | 9.56 ± 0.56$^{cde}$ |

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

χ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 15** จำนวนยอดที่มีราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน

| ชุดการทดลอง | ค่าเฉลี่ยจำนวนยอดที่มีราก (ยอด) *,χ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | เดือนที่ 1 | เดือนที่ 2 | เดือนที่ 3 | เดือนที่ 4 |
| ชุดควบคุม | 4.25 ± 0.49 | 5.36 ± 0.41$^{f}$ | 6.45 ± 0.68$^{c}$ | 8.60 ± 0.64$^{cdef}$ |
| P70 10 ppm | 5.14 ± 0.40 | 6.29 ± 0.52$^{bcdef}$ | 7.14 ± 0.40$^{bc}$ | 10.00 ± 1.07$^{abcdef}$ |
| P70 20 ppm | 5.29 ± 0.40 | 6.08 ± 0.26$^{bcdef}$ | 6.69 ± 0.35$^{c}$ | 9.17 ± 0.74$^{bcdef}$ |
| P70 40 ppm | 5.08 ± 0.29 | 6.27 ± 0.30$^{bcdef}$ | 8.00 ± 0.47$^{abc}$ | 10.45 ± 0.89$^{abcde}$ |
| P70 80 ppm | 4.58 ± 0.34 | 5.64 ± 0.41$^{def}$ | 7.10 ± 0.48$^{bc}$ | 8.10 ± 0.67$^{ef}$ |
| P80 10 ppm | 5.27 ± 0.38 | 6.40 ± 0.16$^{bcdef}$ | 7.33 ± 0.41$^{bc}$ | 9.33 ± 0.60$^{abcdef}$ |
| P80 20 ppm | 5.40 ± 0.37 | 6.70 ± 0.45$^{bcdef}$ | 7.30 ± 0.52$^{bc}$ | 9.44 ± 0.18$^{abcdef}$ |
| P80 40 ppm | 4.93 ± 0.36 | 6.27 ± 0.27$^{bcdef}$ | 7.07 ± 0.40$^{bc}$ | 8.87 ± 0.51$^{cdef}$ |
| P80 80 ppm | 4.50 ± 0.43 | 5.62 ± 0.21$^{ef}$ | 6.77 ± 0.44$^{c}$ | 8.00 ± 0.41$^{f}$ |
| P90 10 ppm | 5.31 ± 0.46 | 6.85 ± 0.39$^{bcde}$ | 7.15 ± 0.30$^{bc}$ | 9.77 ± 0.67$^{abcdef}$ |
| P90 20 ppm | 5.30 ± 0.40 | 6.70 ± 0.34$^{bcdef}$ | 7.40 ± 0.34$^{bc}$ | 9.30 ± 0.50$^{abcdef}$ |
| P90 40 ppm | 5.45 ± 0.47 | 5.40 ± 0.43$^{ef}$ | 6.50 ± 0.56$^{c}$ | 8.00 ± 0.58$^{f}$ |
| P90 80 ppm | 4.57 ± 0.36 | 6.40 ± 0.66$^{bcdef}$ | 6.31 ± 0.43$^{c}$ | 8.86 ± 0.61$^{cdef}$ |
| O70 10 ppm | 5.20 ± 0.39 | 8.30 ± 0.67$^{a}$ | 9.00 ± 0.79$^{a}$ | 11.30 ± 0.91$^{ab}$ |
| O70 20 ppm | 5.55 ± 0.58 | 6.40 ± 0.34$^{bcdef}$ | 7.40 ± 0.65$^{bc}$ | 10.90 ± 1.43$^{abc}$ |
| O70 40 ppm | 5.58 ± 0.15 | 7.27 ± 0.36$^{abc}$ | 7.64 ± 0.47$^{abc}$ | 10.82 ± 1.08$^{abc}$ |
| O70 80 ppm | 4.73 ± 0.34 | 5.93 ± 0.25$^{bcdef}$ | 6.79 ± 0.43$^{c}$ | 9.00 ± 0.39$^{bcdef}$ |
| O80 10 ppm | 5.42 ± 0.36 | 7.36 ± 0.54$^{ab}$ | 8.64 ± 0.58$^{ab}$ | 11.64 ± 0.94$^{a}$ |
| O80 20 ppm | 4.64 ± 0.39 | 6.55 ± 0.39$^{bcdef}$ | 7.45 ± 0.47$^{abc}$ | 9.55 ± 0.56$^{abcdef}$ |
| O80 40 ppm | 5.00 ± 0.44 | 7.08 ± 0.40$^{abcd}$ | 7.83 ± 0.42$^{abc}$ | 10.67 ± 0.58$^{abcd}$ |
| O80 80 ppm | 5.33 ± 0.45 | 6.33 ± 0.43$^{bcdef}$ | 7.25 ± 0.52$^{bc}$ | 9.17 ± 0.46$^{bcdef}$ |
| O90 10 ppm | 5.36 ± 0.43 | 6.27 ± 0.27$^{bcdef}$ | 7.64 ± 0.45$^{abc}$ | 9.55 ± 0.67$^{abcdef}$ |
| O90 20 ppm | 4.38 ± 0.45 | 6.33 ± 0.43$^{bcdef}$ | 6.83 ± 0.32$^{c}$ | 8.33 ± 0.43$^{def}$ |
| O90 40 ppm | 4.55 ± 0.61 | 5.91 ± 0.44$^{cdef}$ | 6.55 ± 0.39$^{c}$ | 8.00 ± 0.59$^{f}$ |
| O90 80 ppm | 4.90 ± 0.18 | 5.78 ± 0.60$^{def}$ | 6.89 ± 0.48$^{c}$ | 7.89 ± 0.86$^{f}$ |

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$^{\chi}$ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 16** จำนวนรากต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน

| ชุดการทดลอง | ค่าเฉลี่ยจำนวนรากต่อยอด (ราก) $^{\chi}$ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | เดือนที่ 1 | เดือนที่ 2 | เดือนที่ 3 | เดือนที่ 4 |
| ชุดควบคุม | 1.69 ± 0.23$^{b}$ | 2.75 ± 0.41 | 2.67 ± 0.45 | 3.90 ± 0.67 |
| P70 10 ppm | 1.86 ± 0.28$^{ab}$ | 2.80 ± 0.37 | 3.03 ± 0.29 | 3.96 ± 0.48 |
| P70 20 ppm | 2.54 ± 0.31$^{a}$ | 3.37 ± 0.52 | 4.65 ± 0.89 | 6.68 ± 1.31 |
| P70 40 ppm | 1.85 ± 0.21$^{ab}$ | 2.62 ± 0.27 | 2.84 ± 0.29 | 3.82 ± 0.32 |
| P70 80 ppm | 1.92 ± 0.14$^{ab}$ | 2.46 ± 0.21 | 3.04 ± 0.35 | 4.43 ± 0.61 |
| P80 10 ppm | 2.41 ± 0.33$^{ab}$ | 2.93 ± 0.36 | 4.11 ± 0.63 | 6.04 ± 0.64 |
| P80 20 ppm | 2.14 ± 0.23$^{ab}$ | 2.65 ± 0.27 | 3.20 ± 0.38 | 4.19 ± 0.63 |
| P80 40 ppm | 1.86 ± 0.14$^{ab}$ | 2.79 ± 0.17 | 3.33 ± 0.28 | 4.38 ± 0.32 |
| P80 80 ppm | 1.65 ± 0.16$^{b}$ | 2.41 ± 0.24 | 2.88 ± 0.44 | 4.85 ± 0.77 |
| P90 10 ppm | 2.19 ± 0.16$^{ab}$ | 3.05 ± 0.22 | 3.63 ± 0.36 | 4.55 ± 0.50 |
| P90 20 ppm | 2.37 ± 0.18$^{ab}$ | 2.80 ± 0.21 | 3.29 ± 0.34 | 4.96 ± 0.55 |
| P90 40 ppm | 2.59 ± 0.35$^{a}$ | 3.48 ± 0.54 | 3.83 ± 0.65 | 6.09 ± 1.10 |
| P90 80 ppm | 2.08 ± 0.19$^{ab}$ | 2.96 ± 0.47 | 2.86 ± 0.29 | 4.41 ± 0.45 |
| O70 10 ppm | 2.41 ± 0.23$^{ab}$ | 2.93 ± 0.38 | 3.85 ± 0.62 | 5.40 ± 0.88 |
| O70 20 ppm | 2.60 ± 0.37$^{a}$ | 4.04 ± 0.72 | 4.48 ± 0.80 | 4.12 ± 0.44 |
| O70 40 ppm | 2.38 ± 0.15$^{ab}$ | 2.78 ± 0.23 | 3.74 ± 0.26 | 4.99 ± 0.40 |
| O70 80 ppm | 2.03 ± 0.25$^{ab}$ | 2.66 ± 0.27 | 3.20 ± 0.38 | 4.26 ± 0.36 |
| O80 10 ppm | 2.52 ± 0.22$^{a}$ | 3.09 ± 0.33 | 3.62 ± 0.56 | 4.94 ± 0.59 |
| O80 20 ppm | 1.64 ± 0.22$^{b}$ | 2.52 ± 0.23 | 3.19 ± 0.35 | 4.47 ± 0.58 |
| O80 40 ppm | 2.41 ± 0.22$^{ab}$ | 2.85 ± 0.37 | 3.76 ± 0.44 | 5.11 ± 0.75 |
| O80 80 ppm | 1.83 ± 0.20$^{ab}$ | 3.16 ± 0.39 | 3.40 ± 0.44 | 4.76 ± 0.56 |
| O90 10 ppm | 2.12 ± 0.17$^{ab}$ | 2.79 ± 0.20 | 3.43 ± 0.36 | 4.70 ± 0.48 |
| O90 20 ppm | 1.92 ± 0.28$^{ab}$ | 2.84 ± 0.45 | 3.73 ± 0.59 | 5.27 ± 0.93 |
| O90 40 ppm | 2.03 ± 0.26$^{ab}$ | 2.77 ± 0.31 | 3.46 ± 0.43 | 4.78 ± 0.48 |
| O90 80 ppm | 1.79 ± 0.13$^{ab}$ | 2.52 ± 0.24 | 3.05 ± 0.46 | 4.27 ± 0.52 |

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$^{\chi}$ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 17** จำนวนใบต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน

| ชุดการทดลอง | ค่าเฉลี่ยจำนวนใบต่อยอด (ใบ) $^{\chi}$ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | เดือนที่ 1 | เดือนที่ 2 | เดือนที่ 3 | เดือนที่ 4 |
| ชุดควบคุม | 3.50 ± 0.15 | 3.76 ± 0.20 | 3.70 ± 0.22 | 3.94 ± 0.27 |
| P70 10 ppm | 3.45 ± 0.15 | 3.71 ± 0.14 | 3.78 ± 0.13 | 4.18 ± 0.31 |
| P70 20 ppm | 3.83 ± 0.17 | 4.08 ± 0.26 | 3.72 ± 0.27 | 4.07 ± 0.24 |
| P70 40 ppm | 3.30 ± 0.11 | 3.48 ± 0.14 | 3.38 ± 0.12 | 3.90 ± 0.17 |
| P70 80 ppm | 3.44 ± 0.14 | 3.58 ± 0.16 | 3.47 ± 0.26 | 3.82 ± 0.20 |
| P80 10 ppm | 3.49 ± 0.12 | 3.93 ± 0.20 | 3.59 ± 0.17 | 3.93 ± 0.18 |
| P80 20 ppm | 3.73 ± 0.25 | 3.83 ± 0.18 | 3.54 ± 0.13 | 3.47 ± 0.12 |
| P80 40 ppm | 3.63 ± 0.12 | 3.86 ± 0.13 | 3.75 ± 0.10 | 4.05 ± 0.13 |
| P80 80 ppm | 3.49 ± 0.15 | 3.85 ± 0.23 | 3.91 ± 0.22 | 4.31 ± 0.28 |
| P90 10 ppm | 3.44 ± 0.10 | 3.86 ± 0.13 | 3.62 ± 0.17 | 3.97 ± 0.19 |
| P90 20 ppm | 3.48 ± 0.17 | 3.81 ± 0.22 | 3.75 ± 0.26 | 3.91 ± 0.22 |
| P90 40 ppm | 3.59 ± 0.25 | 4.28 ± 0.24 | 4.12 ± 0.25 | 4.56 ± 0.33 |
| P90 80 ppm | 3.42 ± 0.17 | 3.63 ± 0.18 | 3.41 ± 0.17 | 4.03 ± 0.19 |
| O70 10 ppm | 3.27 ± 0.13 | 3.64 ± 0.22 | 3.71 ± 0.38 | 4.06 ± 0.26 |
| O70 20 ppm | 3.96 ± 0.08 | 4.33 ± 0.14 | 3.98 ± 0.17 | 4.39 ± 0.24 |
| O70 40 ppm | 3.60 ± 0.15 | 3.85 ± 0.15 | 3.51 ± 0.20 | 3.99 ± 0.23 |
| O70 80 ppm | 3.61 ± 0.17 | 3.97 ± 0.19 | 3.77 ± 0.16 | 4.08 ± 0.16 |
| O80 10 ppm | 3.54 ± 0.14 | 3.71 ± 0.15 | 3.52 ± 0.16 | 3.80 ± 0.18 |
| O80 20 ppm | 3.62 ± 0.27 | 3.83 ± 0.21 | 3.71 ± 0.18 | 3.93 ± 0.22 |
| O80 40 ppm | 3.17 ± 0.10 | 3.67 ± 0.15 | 3.64 ± 0.11 | 3.90 ± 0.24 |
| O80 80 ppm | 3.60 ± 0.18 | 4.09 ± 0.14 | 3.98 ± 0.15 | 4.38 ± 0.21 |
| O90 10 ppm | 3.72 ± 0.26 | 3.89 ± 0.20 | 3.87 ± 0.22 | 3.96 ± 0.22 |
| O90 20 ppm | 3.63 ± 0.11 | 3.80 ± 0.16 | 3.75 ± 0.24 | 3.95 ± 0.24 |
| O90 40 ppm | 3.56 ± 0.13 | 4.04 ± 0.14 | 3.88 ± 0.17 | 4.24 ± 0.19 |
| O90 80 ppm | 3.69 ± 0.19 | 3.75 ± 0.16 | 3.53 ± 0.18 | 3.94 ± 0.29 |

$^{\chi}$ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 18** จำนวน plb ต่อขวด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของ กล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1-4 เดือน

| ชุดการทดลอง | ค่าเฉลี่ยจำนวน plb (plb) $^{\chi}$ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | เดือนที่ 1 | เดือนที่ 2 | เดือนที่ 3 | เดือนที่ 4 |
| ชุดควบคุม | 0.75 ± 0.75 | 1.36 ± 1.03 | 1.82 ± 1.23 | 2.64 ± 1.47 |
| P70 10 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.71 ± 0.71 | 0.86 ± 0.70 | 0.00 ± 0.00 |
| P70 20 ppm | 1.29 ± 1.29 | 0.77 ± 0.77 | 0.31 ± 0.31 | 1.58 ± 1.08 |
| P70 40 ppm | 0.00 ± 0.00 | 2.00 ± 0.90 | 2.91 ± 1.93 | 3.20 ± 2.31 |
| P70 80 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.09 ± 0.09 | 0.80 ± 0.44 | 0.00 ± 0.00 |
| P80 10 ppm | 0.00 ± 0.00 | 3.20 ± 3.20 | 3.78 ± 3.78 | 9.89 ± 9.89 |
| P80 20 ppm | 0.60 ± 0.60 | 0.40 ± 0.27 | 0.40 ± 0.31 | 0.00 ± 0.00 |
| P80 40 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.33 ± 0.33 | 0.47 ± 0.40 | 0.93 ± 0.93 |
| P80 80 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.92 ± 0.92 | 1.69 ± 1.17 | 1.54 ± 1.54 |
| P90 10 ppm | 0.00 ± 0.00 | 5.31 ± 4.16 | 7.62 ± 6.52 | 0.83 ± 0.83 |
| P90 20 ppm | 0.60 ± 0.60 | 1.30 ± 0.94 | 1.00 ± 1.00 | 1.00 ± 1.00 |
| P90 40 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| P90 80 ppm | 1.13 ± 1.13 | 0.25 ± 0.17 | 5.25 ± 4.73 | 1.00 ± 1.00 |
| O70 10 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| O70 20 ppm | 0.45 ± 0.45 | 2.20 ± 0.93 | 1.40 ± 0.95 | 1.50 ± 1.07 |
| O70 40 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 | 1.45 ± 0.80 | 4.00 ± 4.00 |
| O70 80 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.71 ± 0.71 | 1.57 ± 1.50 | 1.21 ± 1.21 |
| O80 10 ppm | 0.00 ± 0.00 | 1.00 ± 0.70 | 2.64 ± 1.40 | 6.91 ± 2.56 |
| O80 20 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.55 ± 0.55 | 0.00 ± 0.00 | 1.82 ± 1.39 |
| O80 40 ppm | 0.00 ± 0.00 | 1.25 ± 1.25 | 2.17 ± 1.51 | 2.58 ± 1.58 |
| O80 80 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| O90 10 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.27 ± 0.27 | 0.45 ± 0.45 | 2.00 ± 2.00 |
| O90 20 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 | 0.08 ± 0.08 | 0.42 ± 0.42 |
| O90 40 ppm | 0.00 ± 0.00 | 1.36 ± 1.36 | 3.27 ± 2.24 | 6.36 ± 4.42 |
| O90 80 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.22 ± 0.22 | 0.22 ± 0.22 | 0.00 ± 0.00 |

$^{\chi}$ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 19** ค่าเฉลี่ยความยาวต้น ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน

| ชุด การทดลอง | ค่าเฉลี่ยความยาวต้น (ซ.ม.) *,χ เดือนที่ 4 |
|---|---|
| ชุดควบคุม | 1.86 ± 0.15$^{abcd}$ |
| P70 10 ppm | 1.58 ± 0.08$^{d}$ |
| P70 20 ppm | 1.68 ± 0.12$^{bcd}$ |
| P70 40 ppm | 1.51 ± 0.09$^{d}$ |
| P70 80 ppm | 1.72 ± 0.13$^{bcd}$ |
| P80 10 ppm | 2.24 ± 0.10$^{a}$ |
| P80 20 ppm | 1.87 ± 0.14$^{abcd}$ |
| P80 40 ppm | 1.76 ± 0.16$^{bcd}$ |
| P80 80 ppm | 1.78 ± 0.09$^{bcd}$ |
| P90 10 ppm | 1.59 ± 0.13$^{cd}$ |
| P90 20 ppm | 1.79 ± 0.06$^{bcd}$ |
| P90 40 ppm | 2.09 ± 0.14$^{ab}$ |
| P90 80 ppm | 1.65 ± 0.11$^{bcd}$ |
| O70 10 ppm | 1.78 ± 0.14$^{bcd}$ |
| O70 20 ppm | 1.87 ± 0.15$^{abcd}$ |
| O70 40 ppm | 1.54 ± 0.07$^{d}$ |
| O70 80 ppm | 1.77 ± 0.07$^{bcd}$ |
| O80 10 ppm | 1.89 ± 0.13$^{abcd}$ |
| O80 20 ppm | 1.80 ± 0.11$^{bcd}$ |
| O80 40 ppm | 2.02 ± 0.20$^{abc}$ |
| O80 80 ppm | 1.76 ± 0.13$^{bcd}$ |
| O90 10 ppm | 1.91 ± 0.15$^{abcd}$ |
| O90 20 ppm | 1.83 ± 0.05$^{abcd}$ |
| O90 40 ppm | 1.79 ± 0.13$^{bcd}$ |
| O90 80 ppm | 1.82 ± 0.07$^{bcd}$ |

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

χ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 20** ค่าเฉลี่ยความยาวราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน

| ชุดการทดลอง | ค่าเฉลี่ยความยาวราก (ซ.ม.) *,χ เดือนที่ 4 |
|---|---|
| ชุดควบคุม | 2.89 ± 0.27[b] |
| P70 10 ppm | 2.96 ± 0.18[b] |
| P70 20 ppm | 4.11 ± 0.44[ab] |
| P70 40 ppm | 3.36 ± 0.35[ab] |
| P70 80 ppm | 3.15 ± 0.40[b] |
| P80 10 ppm | 4.54 ± 0.35[a] |
| P80 20 ppm | 3.21 ± 0.35[ab] |
| P80 40 ppm | 2.94 ± 0.21[b] |
| P80 80 ppm | 3.39 ± 0.39[ab] |
| P90 10 ppm | 3.85 ± 0.38[ab] |
| P90 20 ppm | 3.64 ± 0.30[ab] |
| P90 40 ppm | 3.43 ± 0.45[ab] |
| P90 80 ppm | 3.24 ± 0.41[ab] |
| O70 10 ppm | 3.95 ± 0.59[ab] |
| O70 20 ppm | 4.51 ± 0.73[a] |
| O70 40 ppm | 3.30 ± 0.16[ab] |
| O70 80 ppm | 3.02 ± 0.21[b] |
| O80 10 ppm | 3.32 ± 0.29[ab] |
| O80 20 ppm | 3.61 ± 0.52[ab] |
| O80 40 ppm | 4.08 ± 0.47[ab] |
| O80 80 ppm | 3.49 ± 0.26[ab] |
| O90 10 ppm | 4.50 ± 0.43[a] |
| O90 20 ppm | 3.71 ± 0.32[ab] |
| O90 40 ppm | 3.39 ± 0.38[ab] |
| O90 80 ppm | 3.23 ± 0.26[ab] |

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

χ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 21** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต้นและราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน

| ชุดการทดลอง | ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต้น (กรัม) *,χ เดือนที่ 4 | ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดราก (กรัม) *,χ เดือนที่ 4 |
|---|---|---|
| ชุดควบคุม | 0.74 ± 0.13$^{bcd}$ | 0.52 ± 0.16$^{d}$ |
| P70 10 ppm | 0.68 ± 0.07$^{cd}$ | 0.36 ± 0.08$^{d}$ |
| P70 20 ppm | 0.96 ± 0.12$^{abcd}$ | 1.37 ± 0.40$^{abc}$ |
| P70 40 ppm | 0.75 ± 0.14$^{bcd}$ | 0.54 ± 0.14$^{d}$ |
| P70 80 ppm | 0.68 ± 0.09$^{cd}$ | 0.56 ± 0.17$^{d}$ |
| P80 10 ppm | 1.11 ± 0.04$^{ab}$ | 0.97 ± 0.13$^{abcd}$ |
| P80 20 ppm | 0.94 ± 0.15$^{abcd}$ | 0.59 ± 0.16$^{cd}$ |
| P80 40 ppm | 0.69 ± 0.09$^{cd}$ | 0.50 ± 0.11$^{d}$ |
| P80 80 ppm | 0.67 ± 0.07$^{cd}$ | 0.57 ± 0.18$^{d}$ |
| P90 10 ppm | 0.92 ± 0.12$^{abcd}$ | 0.82 ± 0.18$^{abcd}$ |
| P90 20 ppm | 1.02 ± 0.13$^{abcd}$ | 0.84 ± 0.25$^{abcd}$ |
| P90 40 ppm | 0.95 ± 0.13$^{abcd}$ | 1.04 ± 0.36$^{abcd}$ |
| P90 80 ppm | 0.73 ± 0.09$^{bcd}$ | 0.62 ± 0.14$^{cd}$ |
| O70 10 ppm | 1.15 ± 0.18$^{a}$ | 1.48 ± 0.44$^{ab}$ |
| O70 20 ppm | 1.15 ± 0.17$^{a}$ | 1.56 ± 0.55$^{a}$ |
| O70 40 ppm | 0.83 ± 0.07$^{abcd}$ | 0.61 ± 0.09$^{cd}$ |
| O70 80 ppm | 0.72 ± 0.06$^{bcd}$ | 0.43 ± 0.07$^{d}$ |
| O80 10 ppm | 1.05 ± 0.13$^{abc}$ | 0.85 ± 0.16$^{abcd}$ |
| O80 20 ppm | 0.87 ± 0.12$^{abcd}$ | 0.76 ± 0.20$^{bcd}$ |
| O80 40 ppm | 0.98 ± 0.14$^{abcd}$ | 1.07 ± 0.31$^{abcd}$ |
| O80 80 ppm | 0.76 ± 0.10$^{bcd}$ | 0.55 ± 0.1461$^{d}$ |
| O90 10 ppm | 0.99 ± 0.09$^{abcd}$ | 0.79 ± 0.22$^{abcd}$ |
| O90 20 ppm | 0.90 ± 0.09$^{abcd}$ | 0.88 ± 0.22$^{abcd}$ |
| O90 40 ppm | 0.74 ± 0.11$^{bcd}$ | 0.65 ± 0.15$^{cd}$ |
| O90 80 ppm | 0.64 ± 0.06$^{d}$ | 0.43 ± 0.11$^{d}$ |

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

χ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 22** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้นและราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน

| ชุดการทดลอง | ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้น (กรัม) *,χ เดือนที่ 4 | ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก (กรัม) *,χ เดือนที่ 4 |
|---|---|---|
| ชุดควบคุม | 0.09 ± 0.06$^{cd}$ | 0.10 ± 0.03$^{cd}$ |
| P70 10 ppm | 0.08 ± 0.06$^{d}$ | 0.08 ± 0.01$^{d}$ |
| P70 20 ppm | 0.10 ± 0.08$^{bcd}$ | 0.21 ± 0.05$^{abc}$ |
| P70 40 ppm | 0.09 ± 0.06$^{bc}$ | 0.10 ± 0.02$^{cd}$ |
| P70 80 ppm | 0.08 ± 0.07$^{d}$ | 0.10 ± 0.02$^{cd}$ |
| P80 10 ppm | 0.13 ± 0.11$^{ab}$ | 0.18 ± 0.02$^{abcd}$ |
| P80 20 ppm | 0.10 ± 0.08$^{abcd}$ | 0.12 ± 0.03$^{bcd}$ |
| P80 40 ppm | 0.08 ± 0.06$^{d}$ | 0.10 ± 0.02$^{cd}$ |
| P80 80 ppm | 0.08 ± 0.07$^{d}$ | 0.10 ± 0.02$^{cd}$ |
| P90 10 ppm | 0.10 ± 0.0783$^{abcd}$ | 0.14 ± 0.02$^{abcd}$ |
| P90 20 ppm | 0.11 ± 0.09$^{abcd}$ | 0.14 ± 0.03$^{abcd}$ |
| P90 40 ppm | 0.10 ± 0.08$^{abcd}$ | 0.16 ± 0.04$^{abcd}$ |
| P90 80 ppm | 0.09 ± 0.07$^{cd}$ | 0.11 ± 0.02$^{cd}$ |
| O70 10 ppm | 0.13 ± 0.10$^{a}$ | 0.22 ± 0.05$^{ab}$ |
| O70 20 ppm | 0.13 ± 0.10$^{ab}$ | 0.23 ± 0.06$^{a}$ |
| O70 40 ppm | 0.10 ± 0.09$^{abcd}$ | 0.13 ± 0.01$^{bcd}$ |
| O70 80 ppm | 0.09 ± 0.07$^{cd}$ | 0.09 ± 0.01$^{d}$ |
| O80 10 ppm | 0.12 ± 0.09$^{abc}$ | 0.15 ± 0.03$^{abcd}$ |
| O80 20 ppm | 0.10 ± 0.08$^{abcd}$ | 0.13 ± 0.03$^{abcd}$ |
| O80 40 ppm | 0.11 ± 0.09$^{abcd}$ | 0.18 ± 0.04$^{abcd}$ |
| O80 80 ppm | 0.09 ± 0.07$^{cd}$ | 0.11 ± 0.02$^{cd}$ |
| O90 10 ppm | 0.11 ± 0.10$^{abc}$ | 0.15 ± 0.03$^{abcd}$ |
| O90 20 ppm | 0.10 ± 0.0835$^{abcd}$ | 0.16 ± 0.03$^{abcd}$ |
| O90 40 ppm | 0.09 ± 0.07$^{cd}$ | 0.12 ± 0.02$^{bcd}$ |
| O90 80 ppm | 0.08 ± 0.07$^{d}$ | 0.09 ± 0.02$^{d}$ |

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

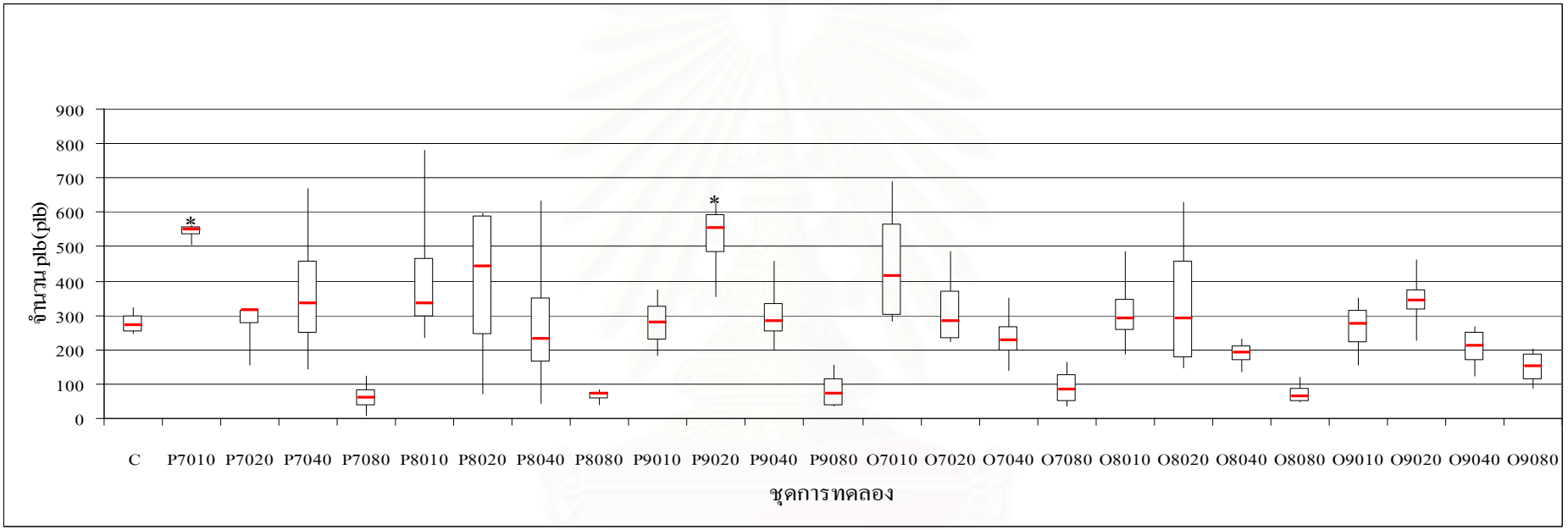
χ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

**ตารางที่ 23** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง plb ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน

| ชุดการทดลอง | ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด plb (กรัม) $^{\chi}$ เดือนที่ 4 | ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง plb (กรัม) $^{\chi}$ เดือนที่ 4 |
|---|---|---|
| ชุดควบคุม | 0.01 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| P70 10 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| P70 20 ppm | 0.01 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| P70 40 ppm | 0.01 ± 0.01 | 0.00 ± 0.00 |
| P70 80 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| P80 10 ppm | 0.02 ± 0.02 | 0.00 ± 0.00 |
| P80 20 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| P80 40 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| P80 80 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| P90 10 ppm | 0.01 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| P90 20 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| P90 40 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| P90 80 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| O70 10 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| O70 20 ppm | 0.01 ± 0.01 | 0.00 ± 0.00 |
| O70 40 ppm | 0.02 ± 0.02 | 0.00 ± 0.00 |
| O70 80 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| O80 10 ppm | 0.03 ± 0.01 | 0.00 ± 0.00 |
| O80 20 ppm | 0.01 ± 0.01 | 0.00 ± 0.00 |
| O80 40 ppm | 0.01 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| O80 80 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| O90 10 ppm | 0.02 ± 0.02 | 0.00 ± 0.00 |
| O90 20 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |
| O90 40 ppm | 0.02 ± 0.01 | 0.00 ± 0.00 |
| O90 80 ppm | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 |

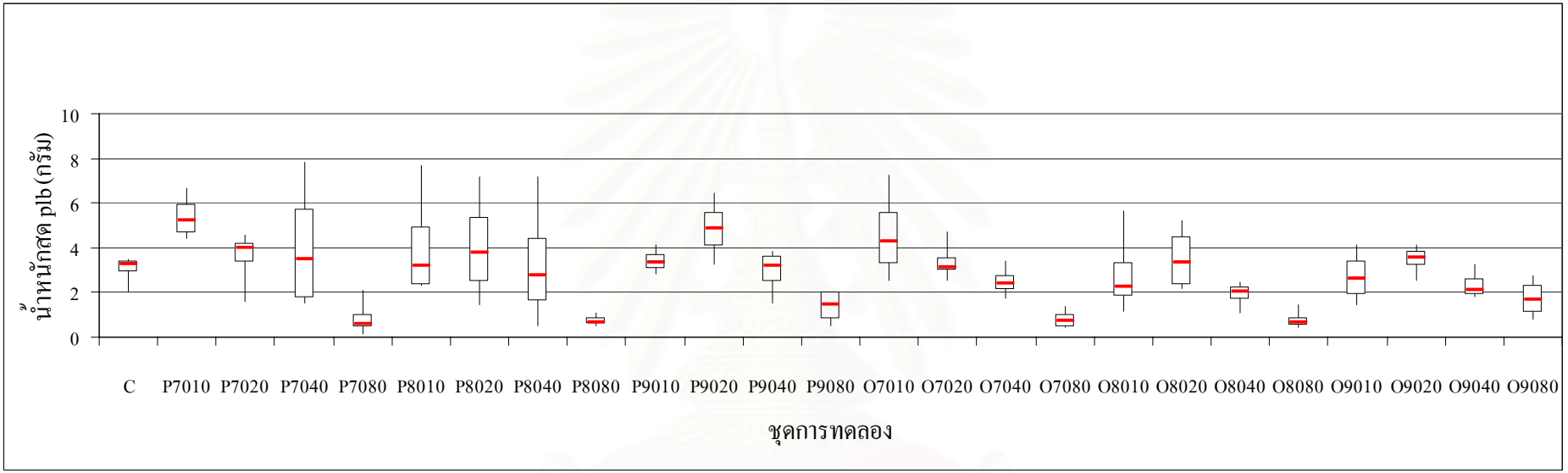
$^{\chi}$ (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



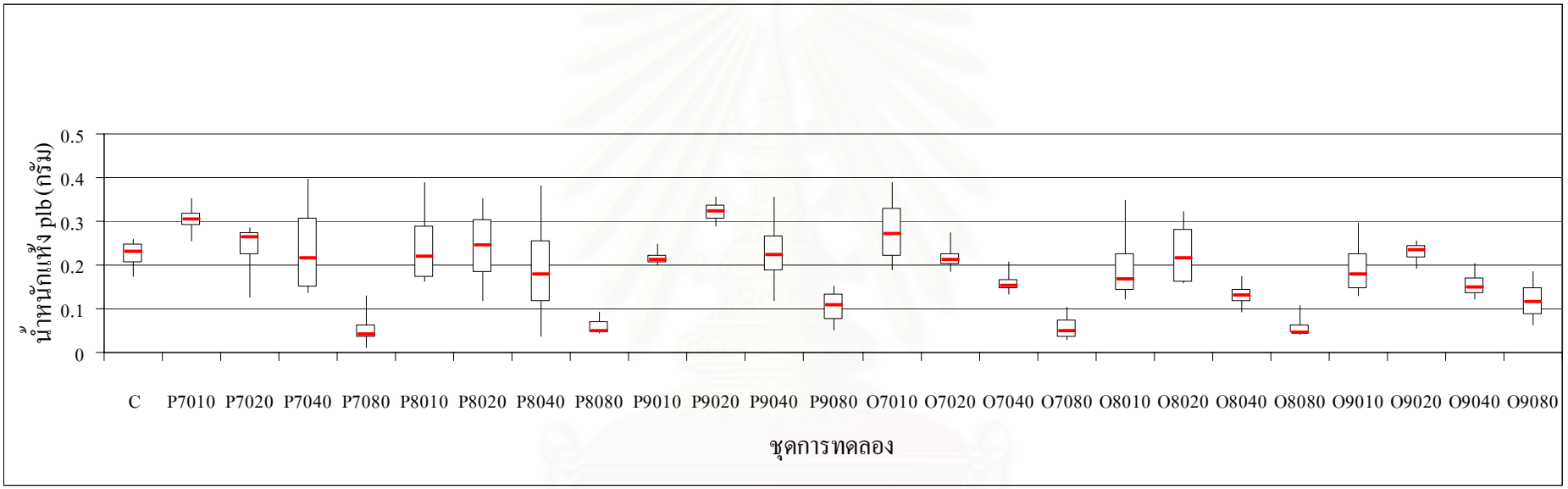

**รูปที่ 1** จำนวน plb ต่อขวด ในระยะเพิ่มปริมาณ plb ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 4 ซ้ำ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



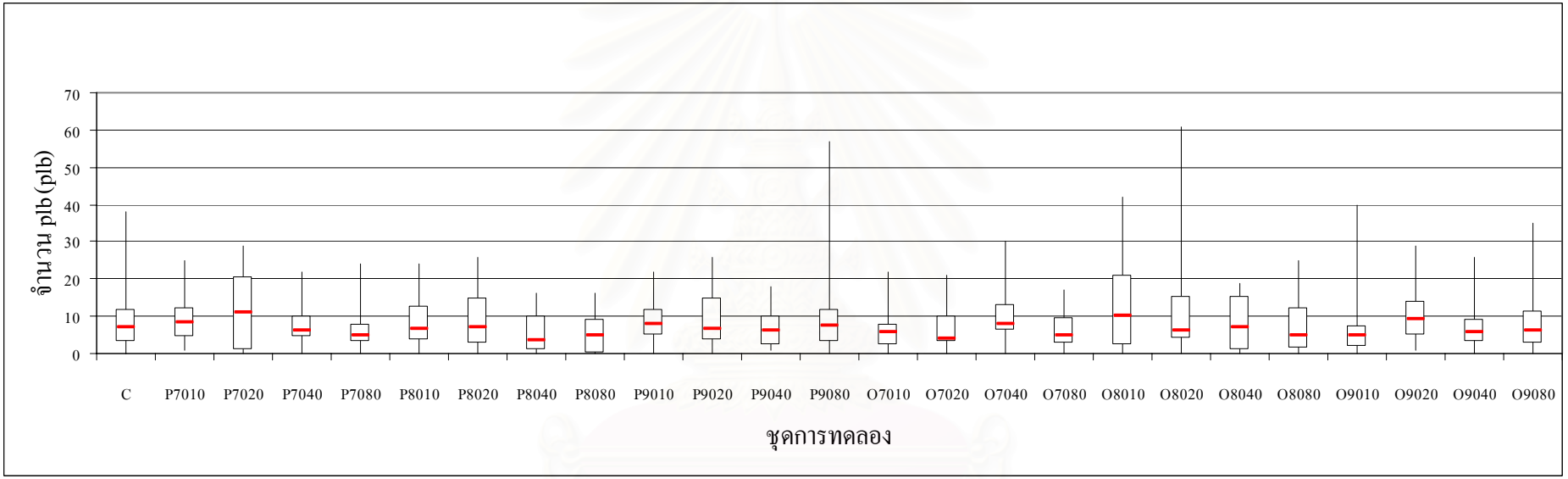

**รูปที่ 2** น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อขวดของ plb ในระยะเพิ่มปริมาณ plb ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 4 ซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



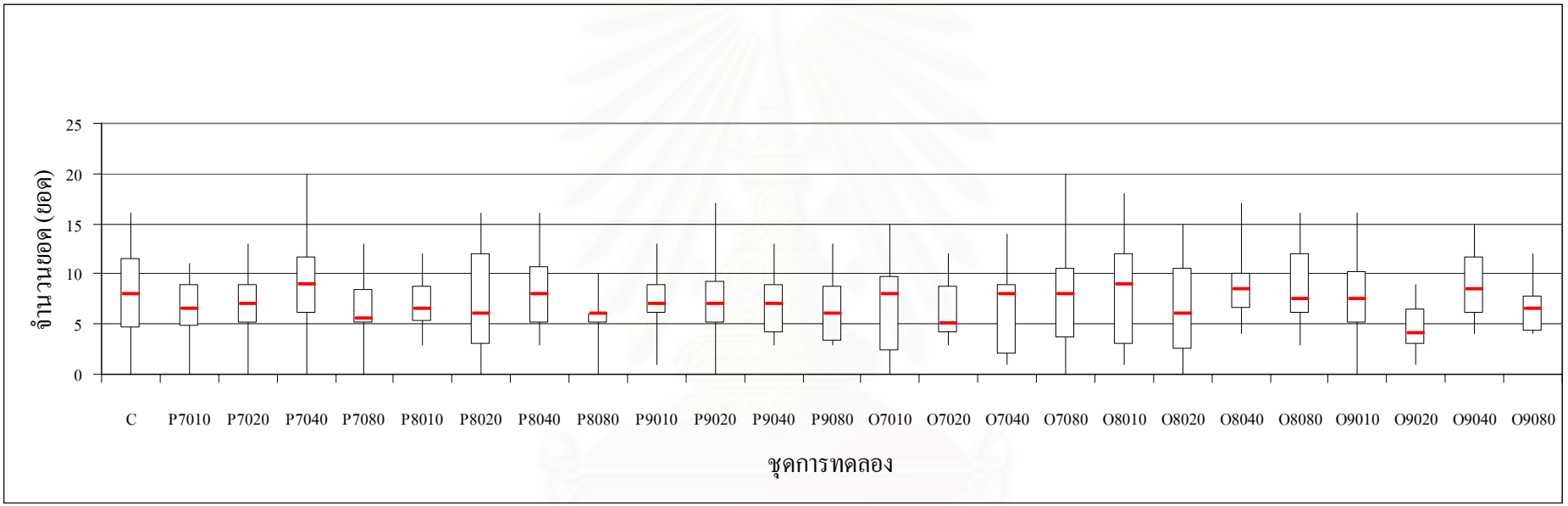

**รูปที่ 3** น้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อขวดของ plb ในระยะเพิ่มปริมาณ plb ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 4 ซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



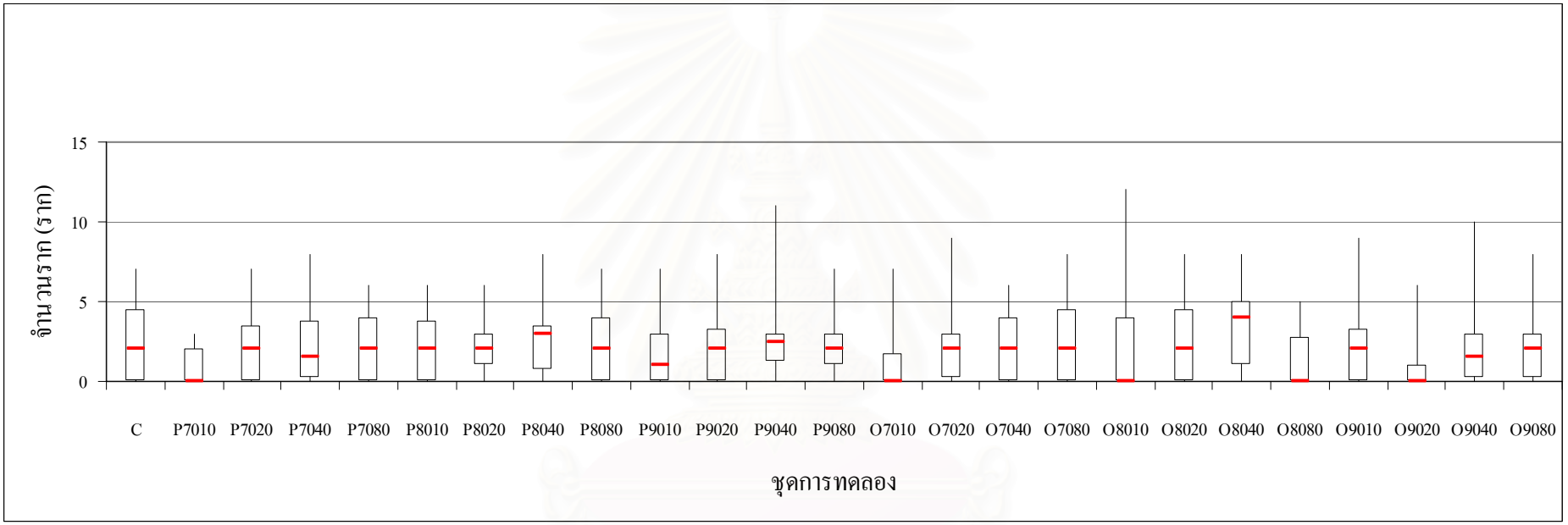

**รูปที่ 4** จำนวน plb ต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



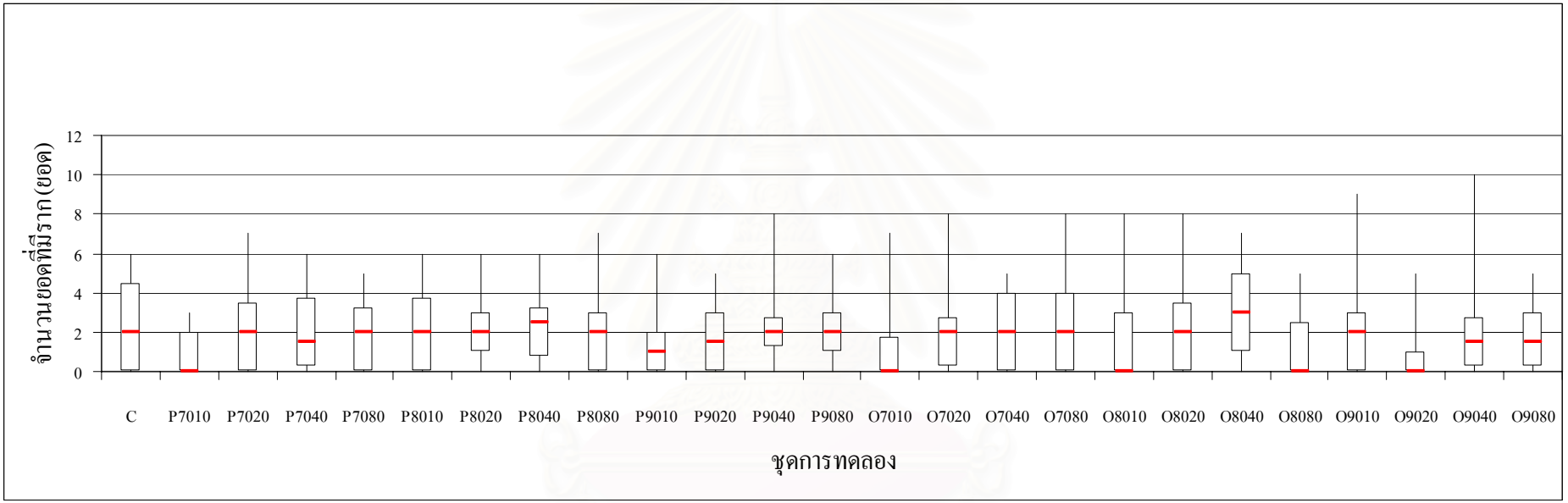

**รูปที่ 5** จำนวนยอดต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



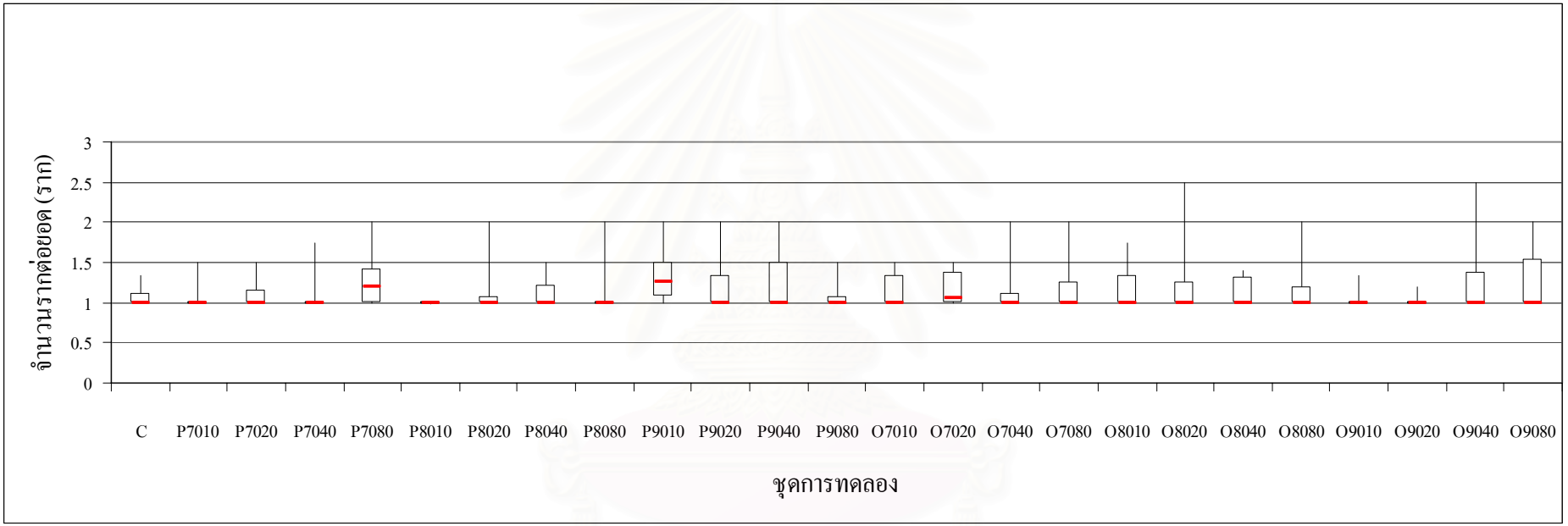

**รูปที่ 6** จำนวนรากต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

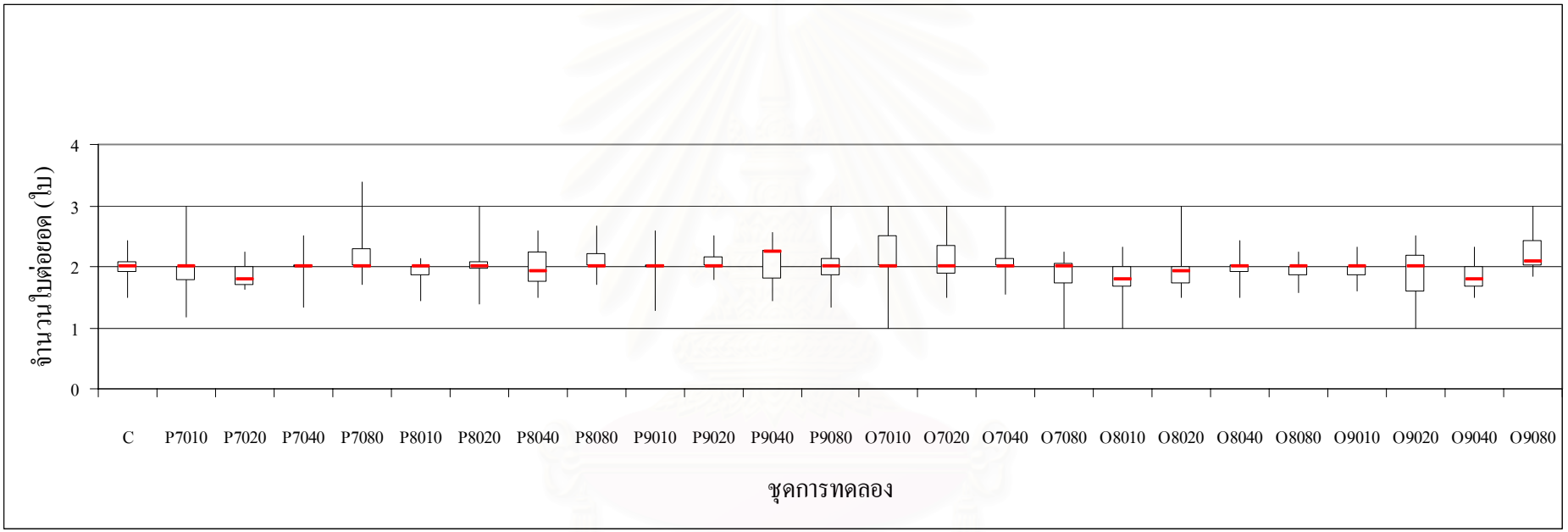



**รูปที่ 7** จำนวนยอดที่มีราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

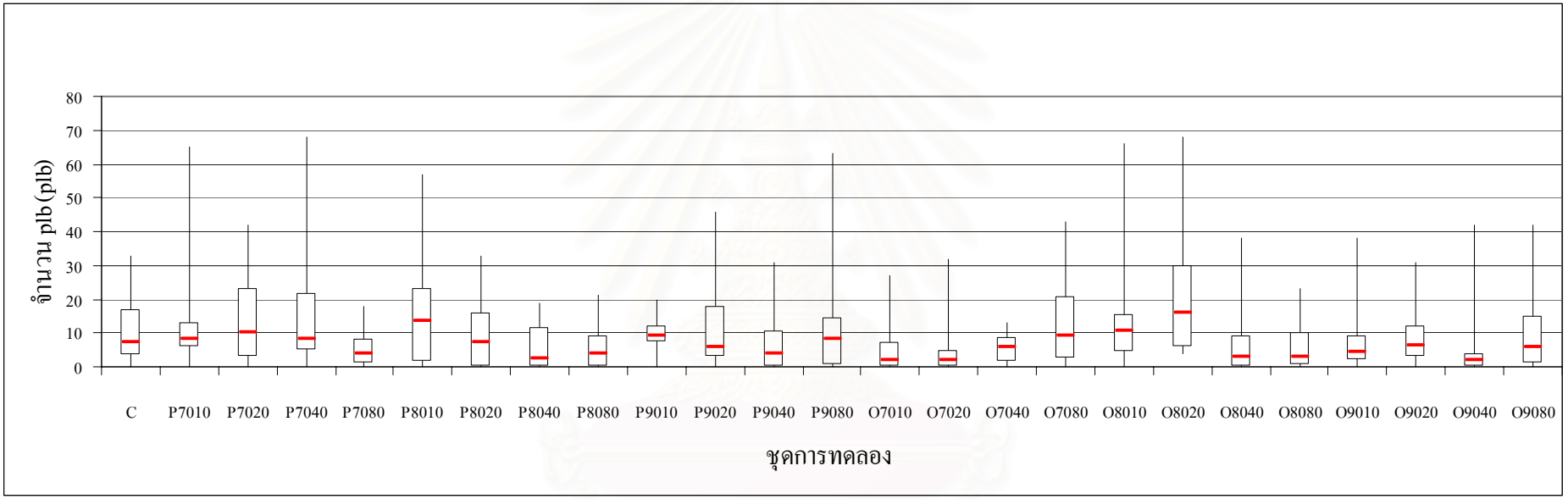
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




**รูปที่ 8** จำนวนรากต่อยอด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

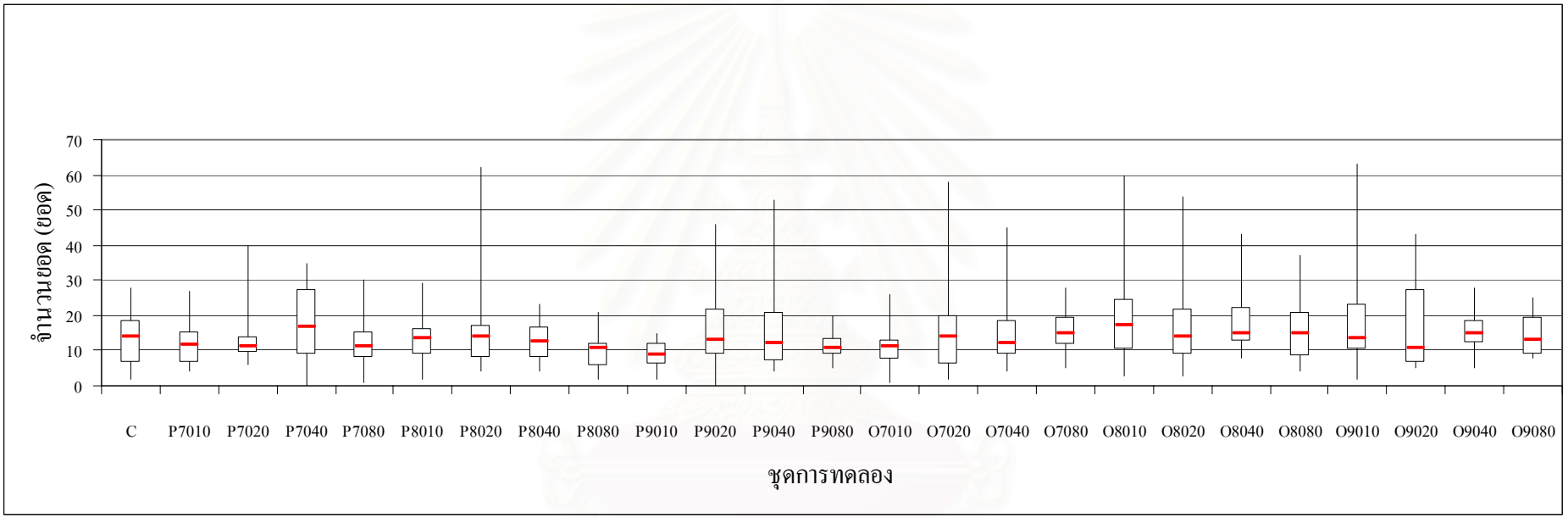



**รูปที่ 9** จำนวนใบต่อต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ



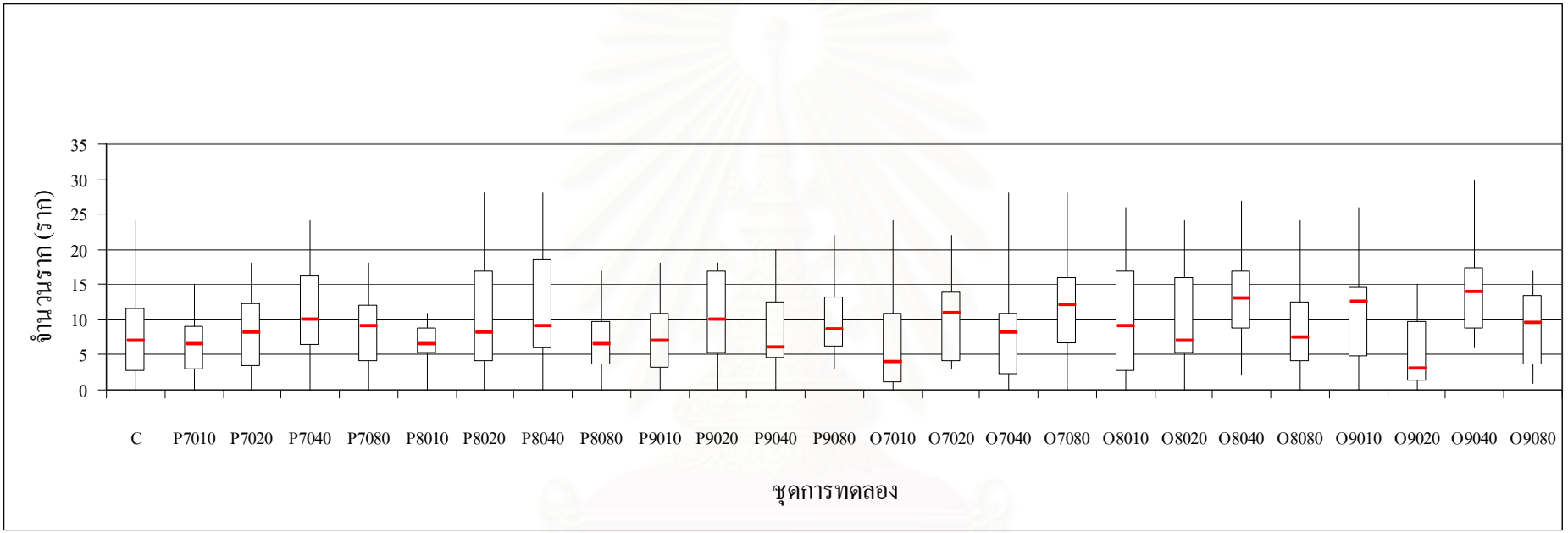

**รูปที่ 10** จำนวน plb ต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



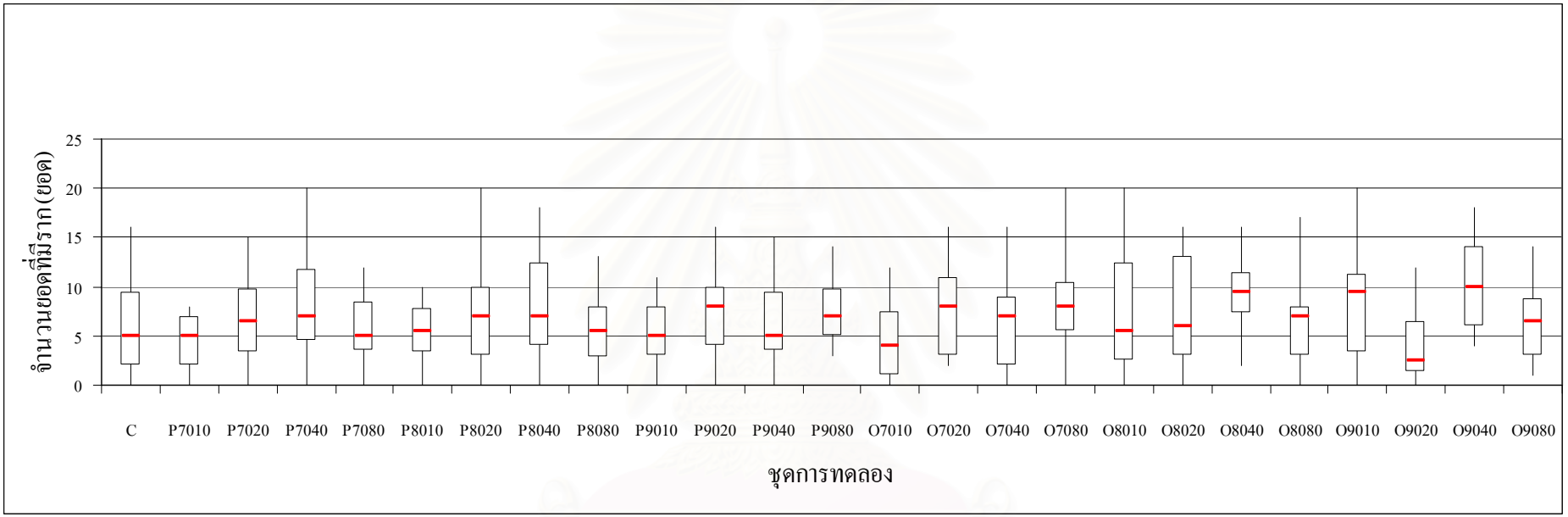

**รูปที่ 11** จำนวนยอดต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



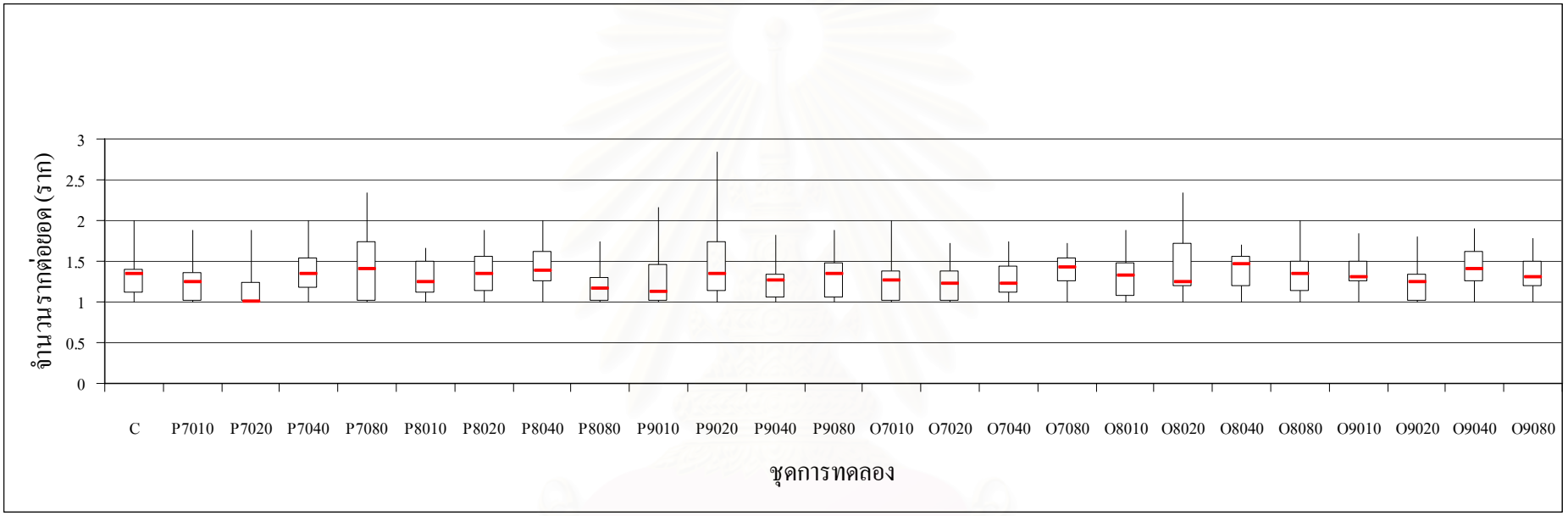

**รูปที่ 12** จำนวนรากต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



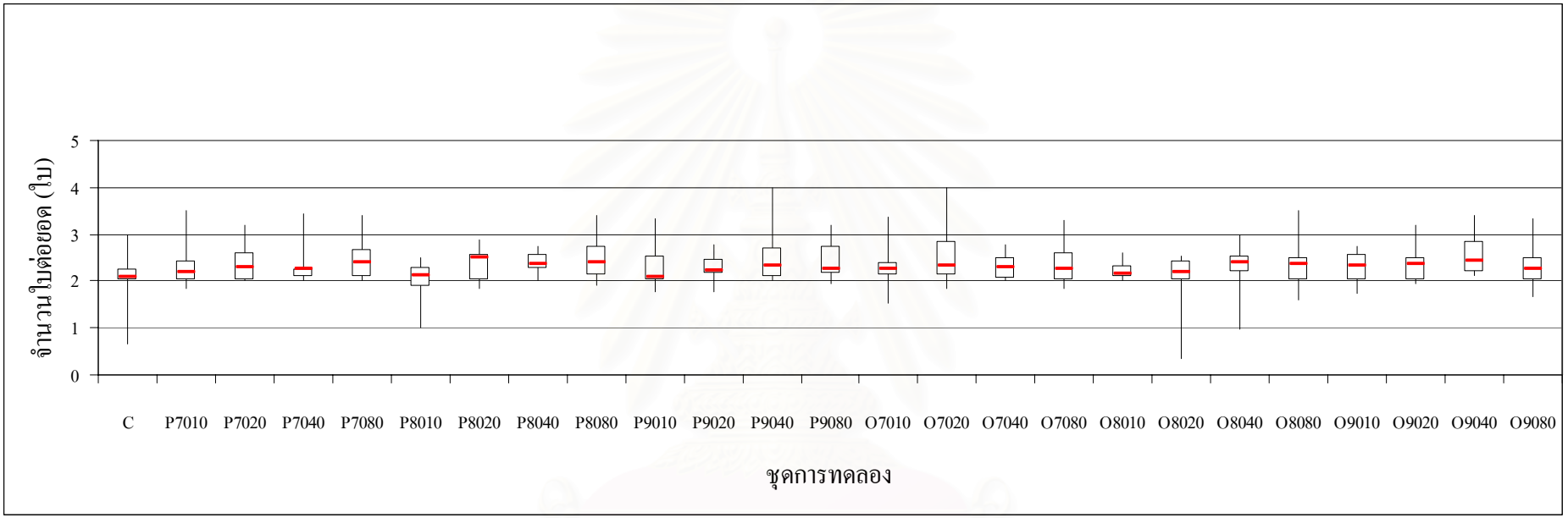

**รูปที่ 13** จำนวนยอดที่มีราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



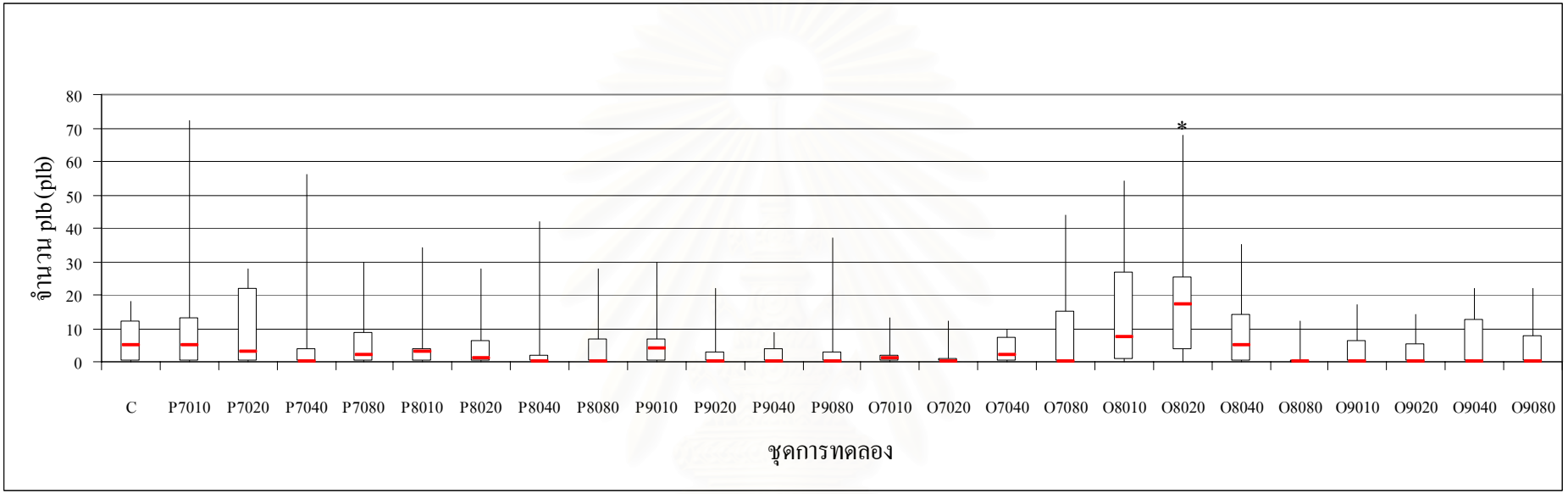

**รูปที่ 14** จำนวนรากต่อยอด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




**รูปที่ 15** จำนวนใบต่อต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

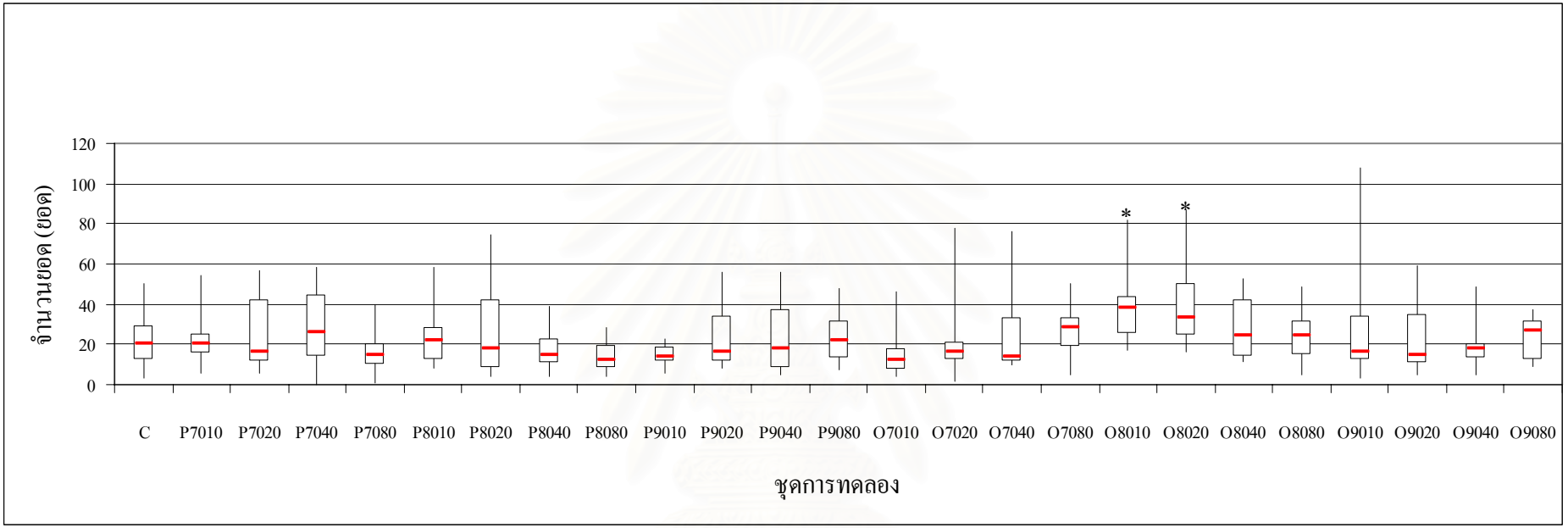
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




**รูปที่ 16** จำนวน plb ต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

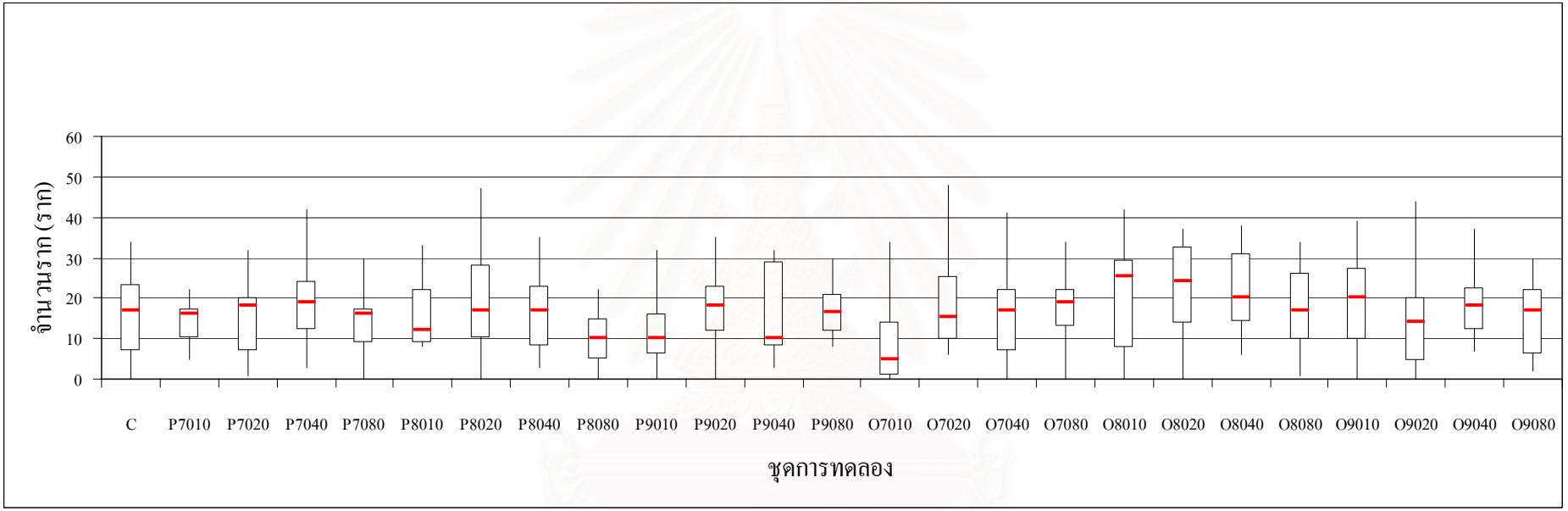
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




**รูปที่ 17** จำนวนยอดต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

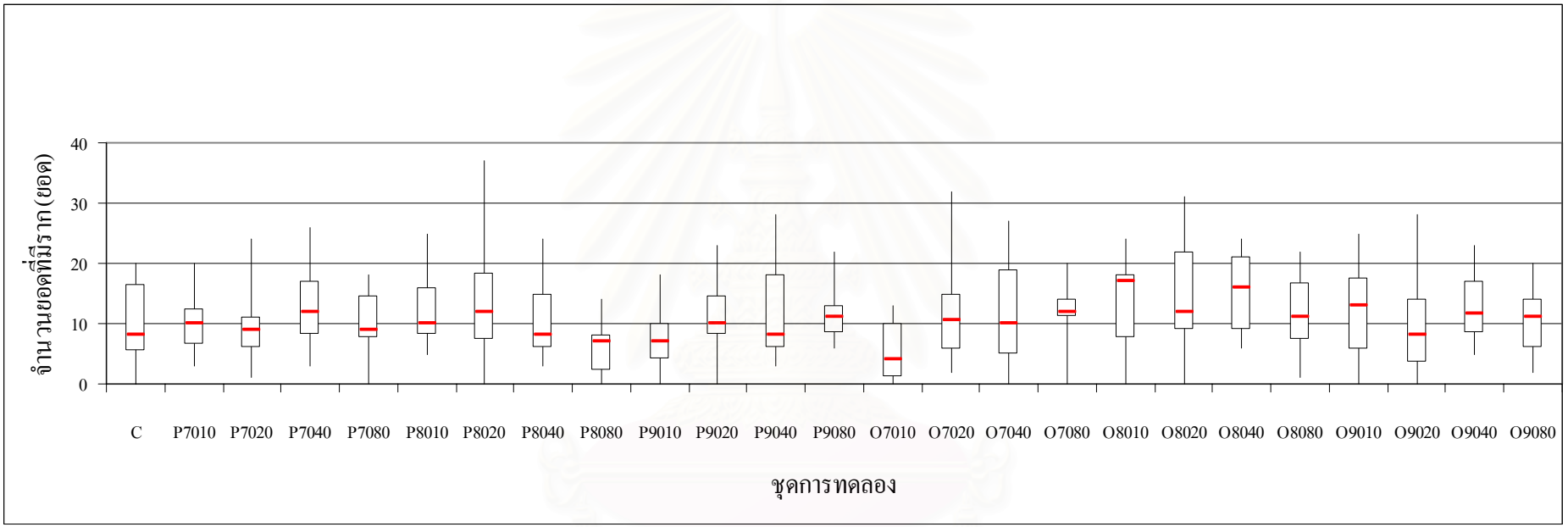
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

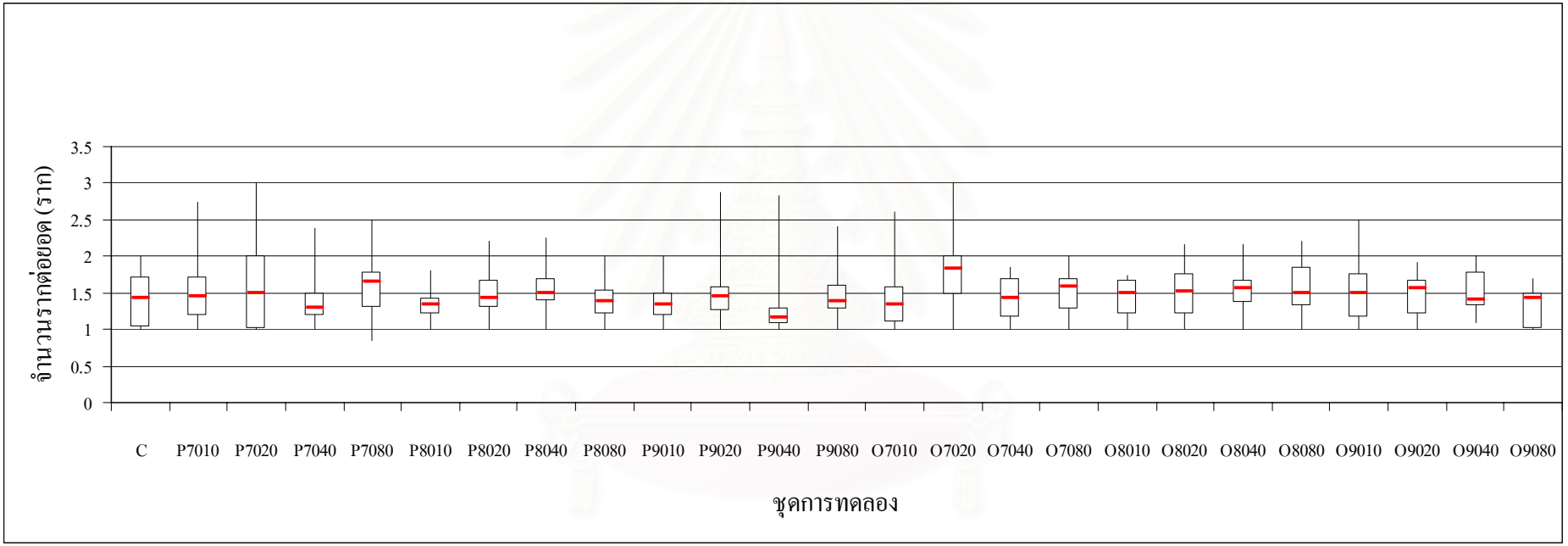



**รูปที่ 18** จำนวนรากต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

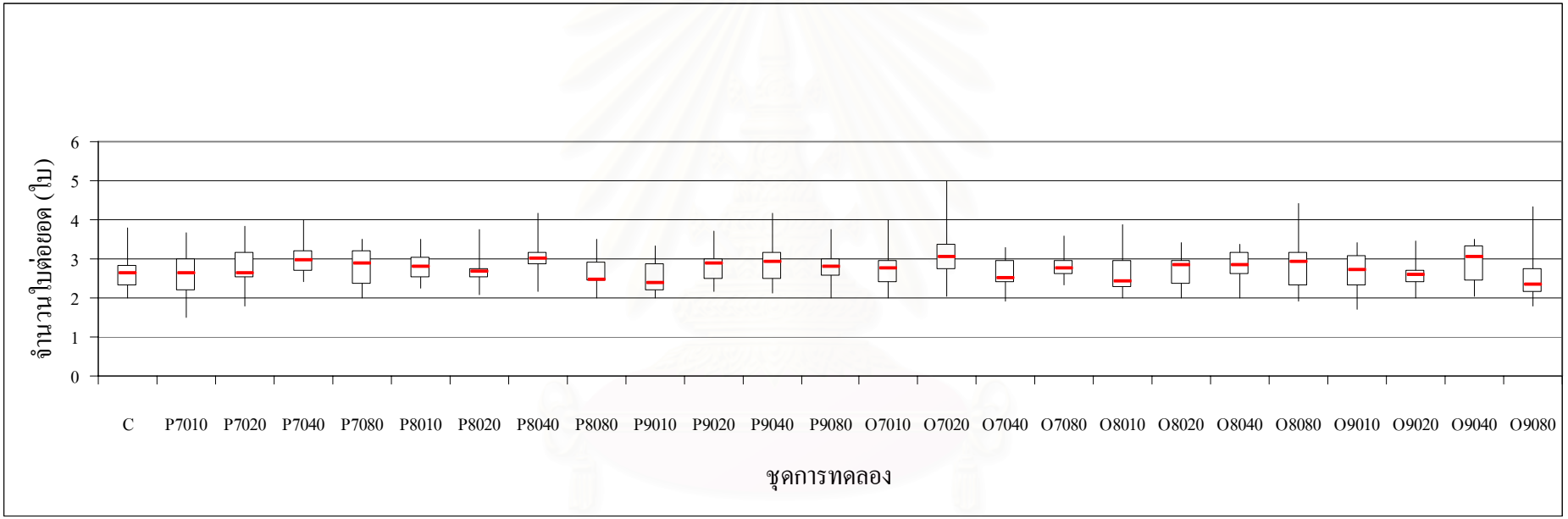
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



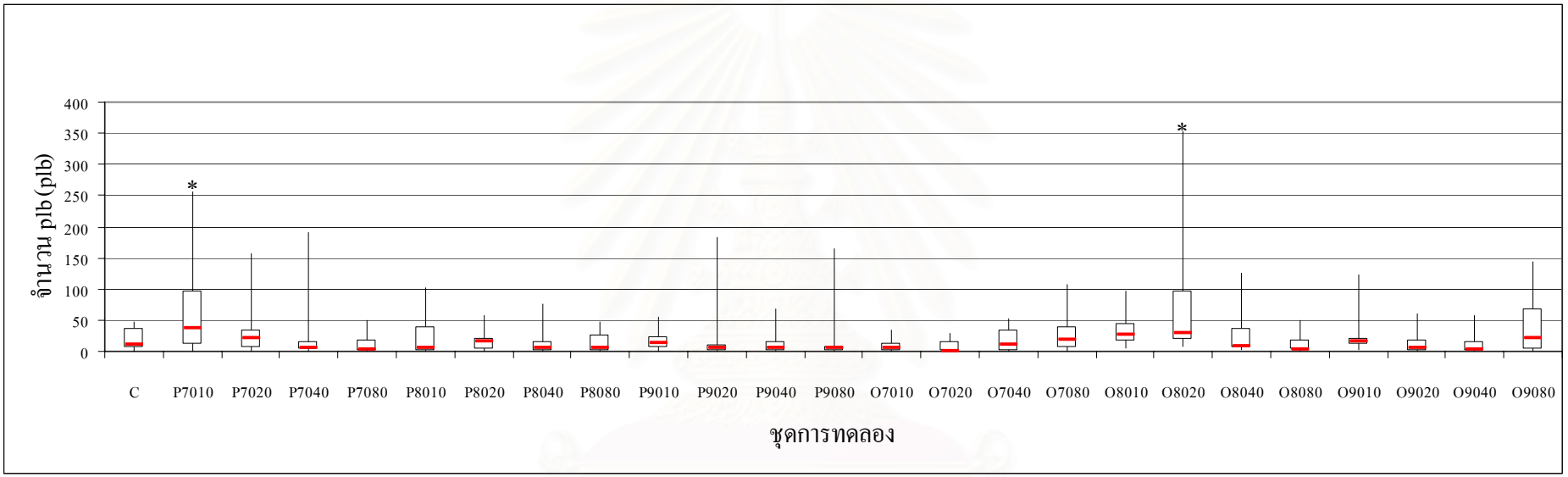

**รูปที่ 19** จำนวนยอดที่มีราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ




**รูปที่ 20** จำนวนรากต่อยอด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

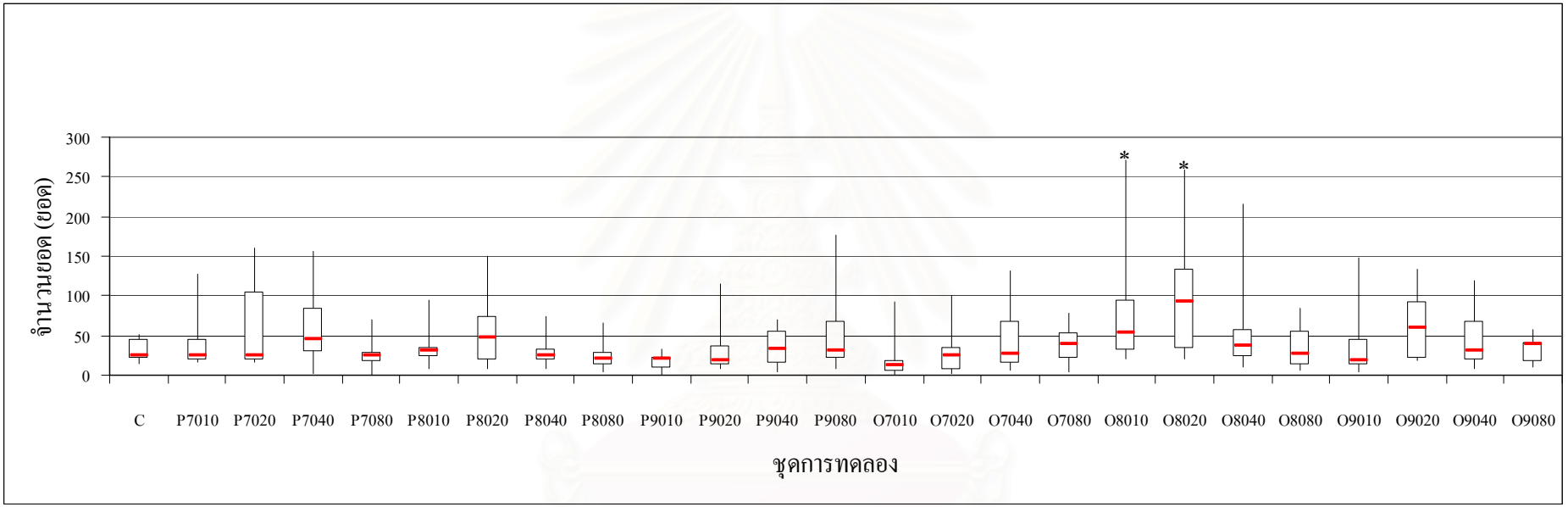



**รูปที่ 21** จำนวนใบต่อต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ



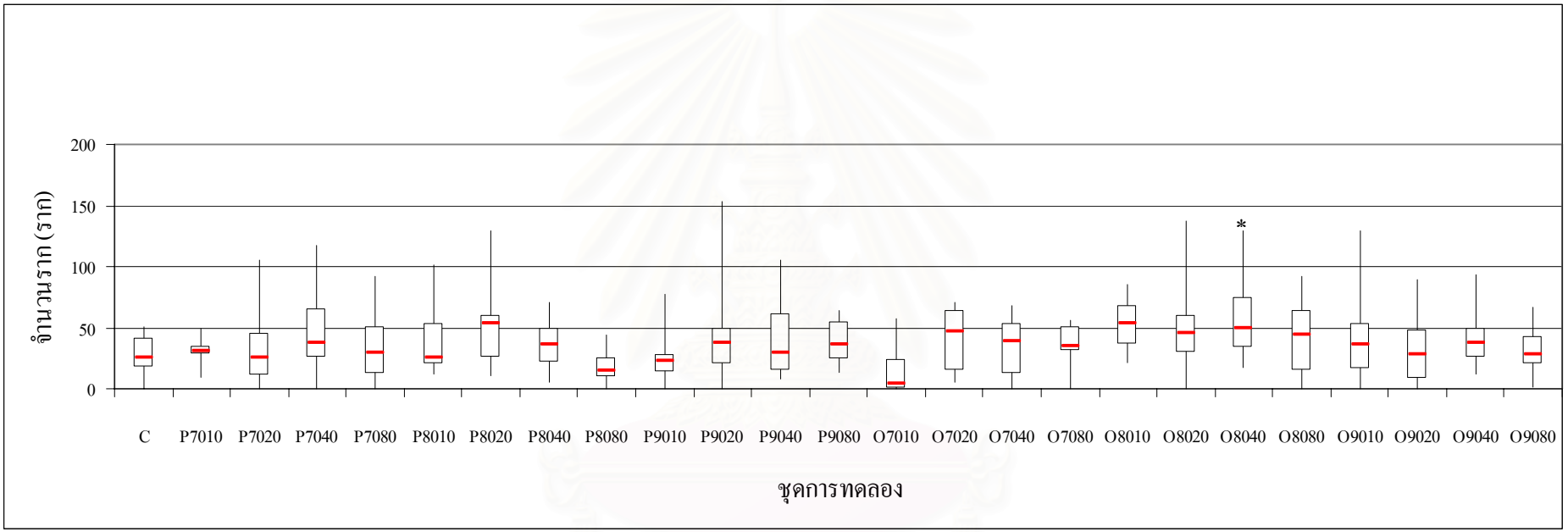

**รูปที่ 22** จำนวน plb ต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



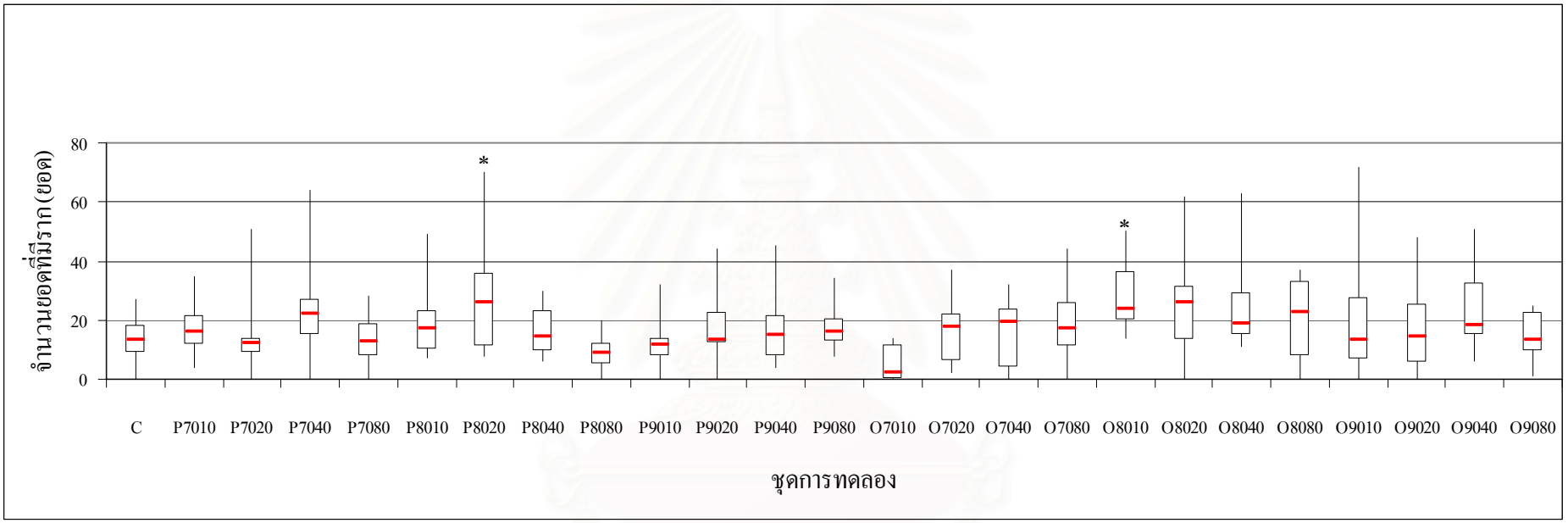

**รูปที่ 23** จำนวนยอดต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



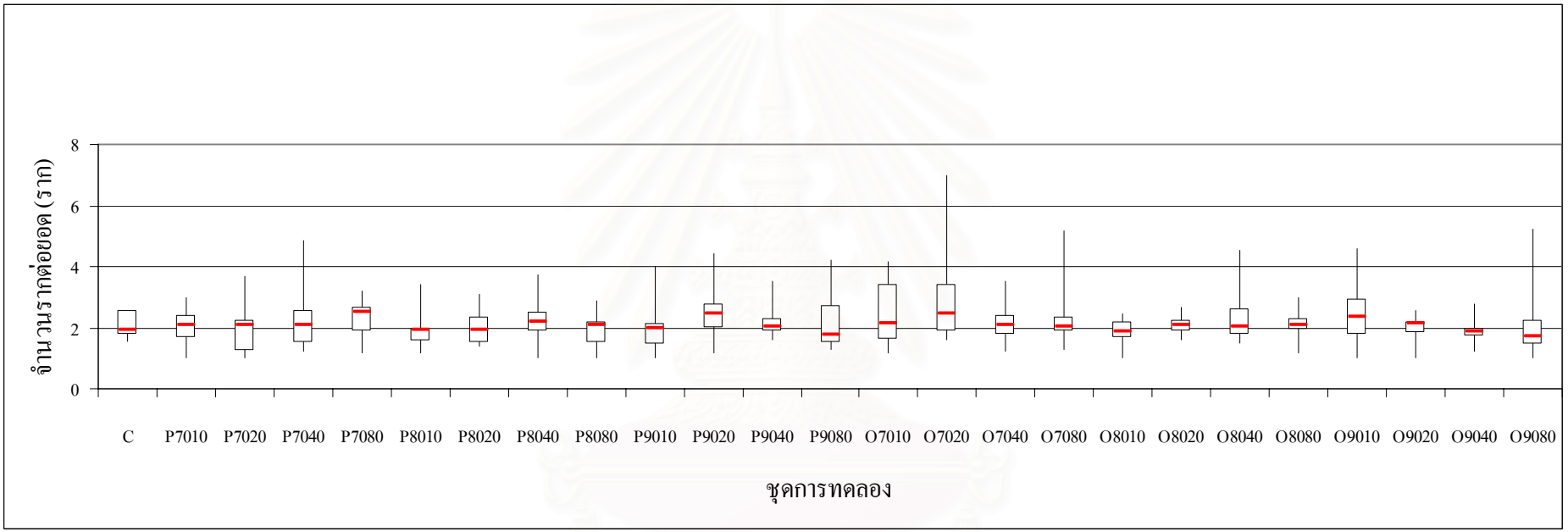

**รูปที่ 24** จำนวนรากต่อขวด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

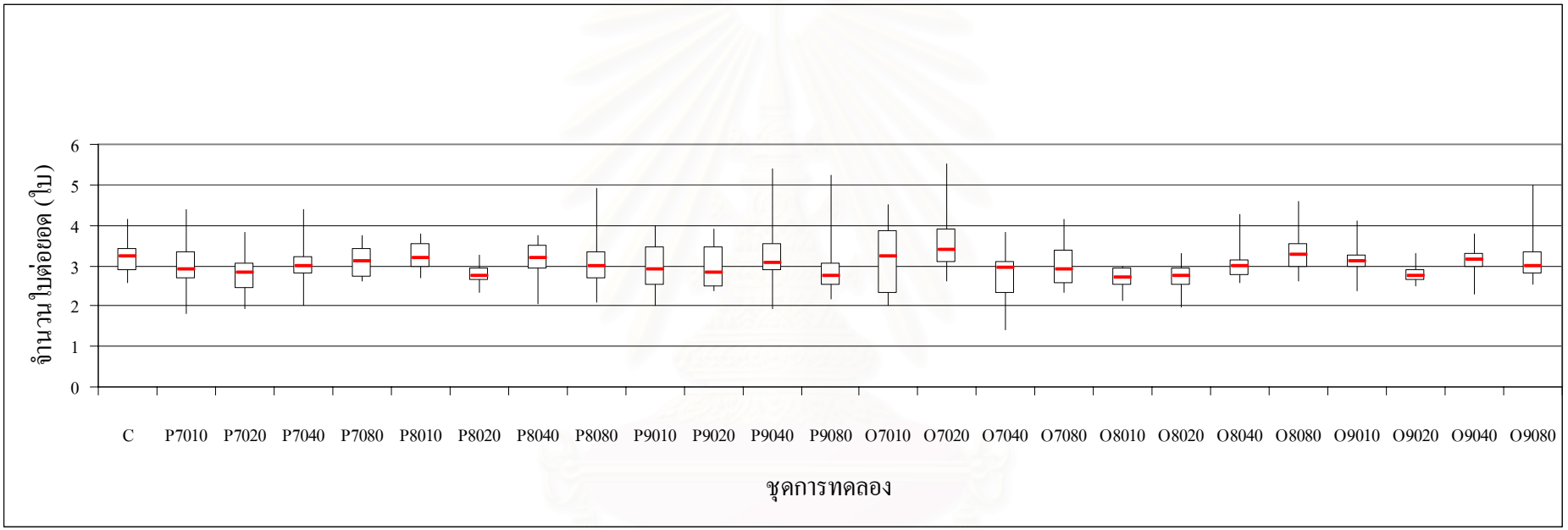



**รูปที่ 25** จำนวนยอดที่มีราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

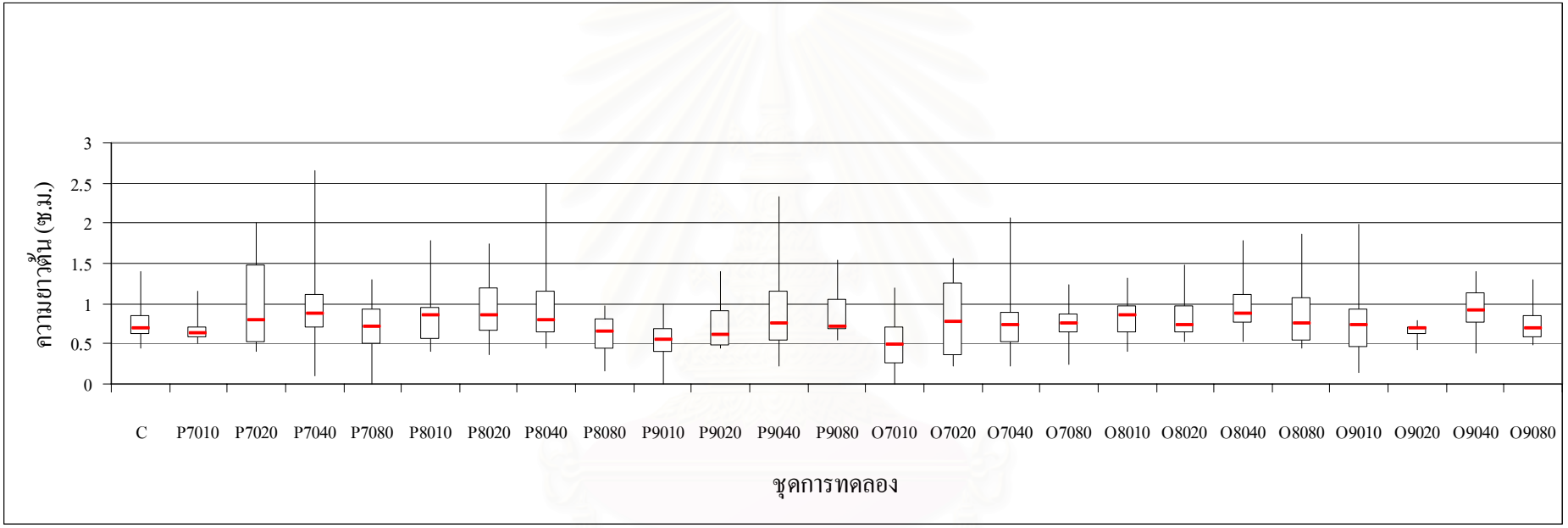
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



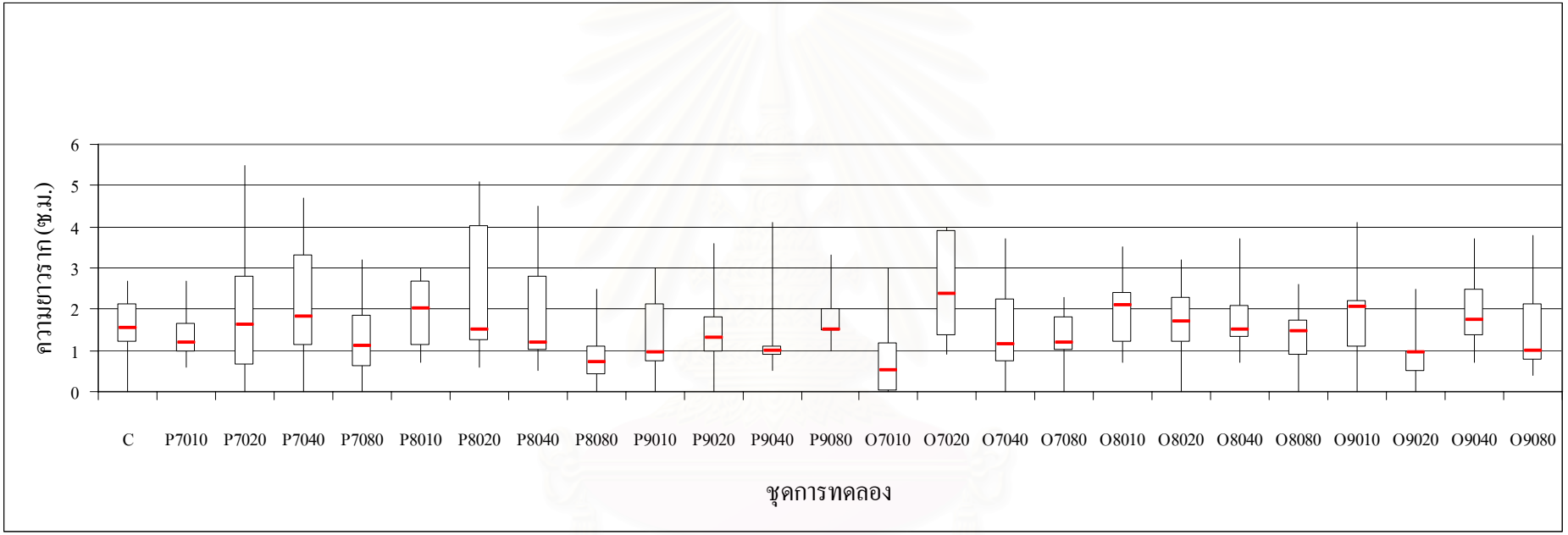

**รูปที่ 26** จำนวนรากต่อยอด ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ



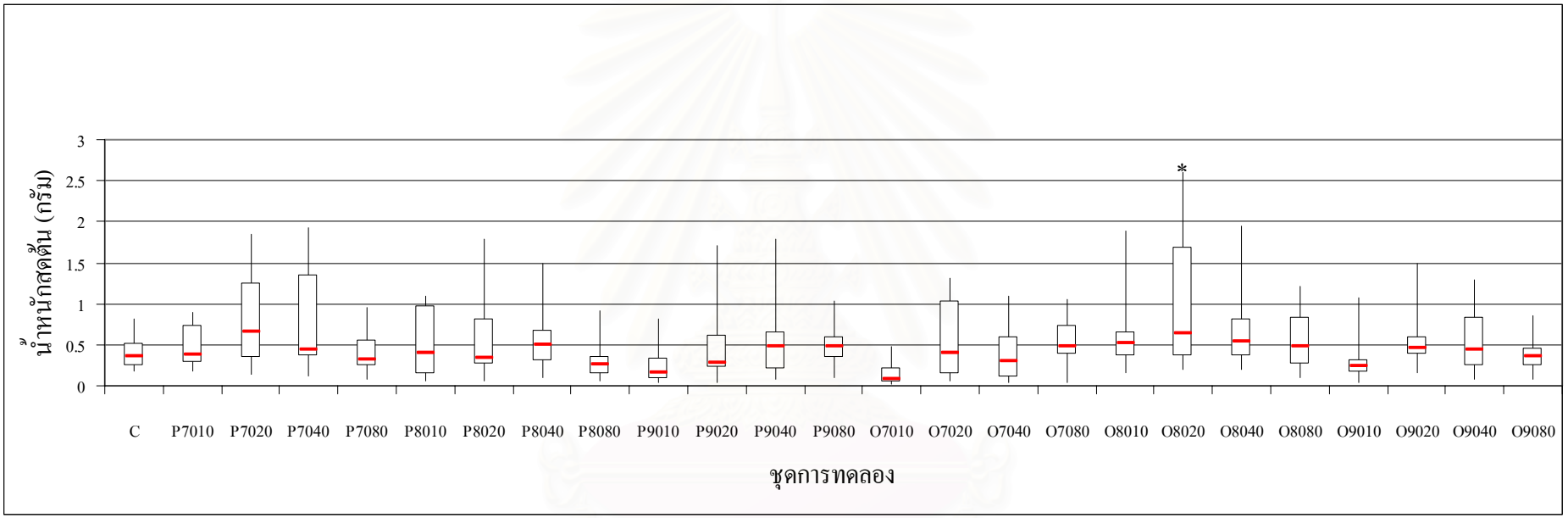

**รูปที่ 27** จำนวนใบต่อต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ




**รูปที่ 28** ค่าเฉลี่ยความยาวต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

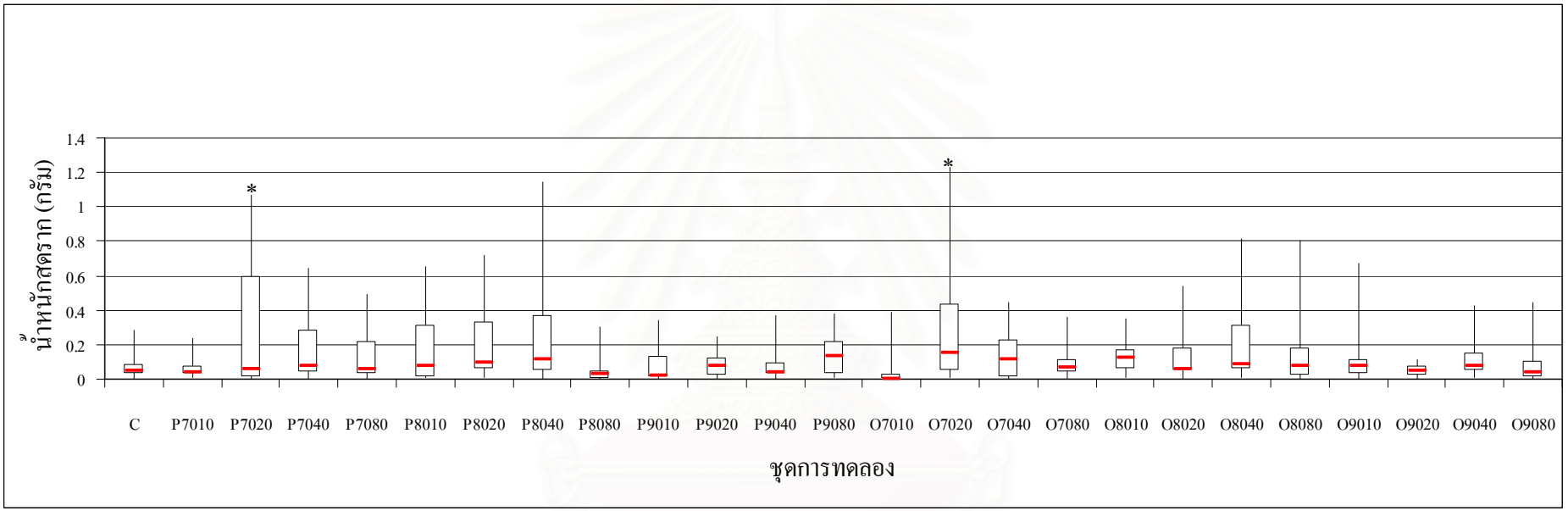



**รูปที่ 29** ค่าเฉลี่ยความยาวราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ



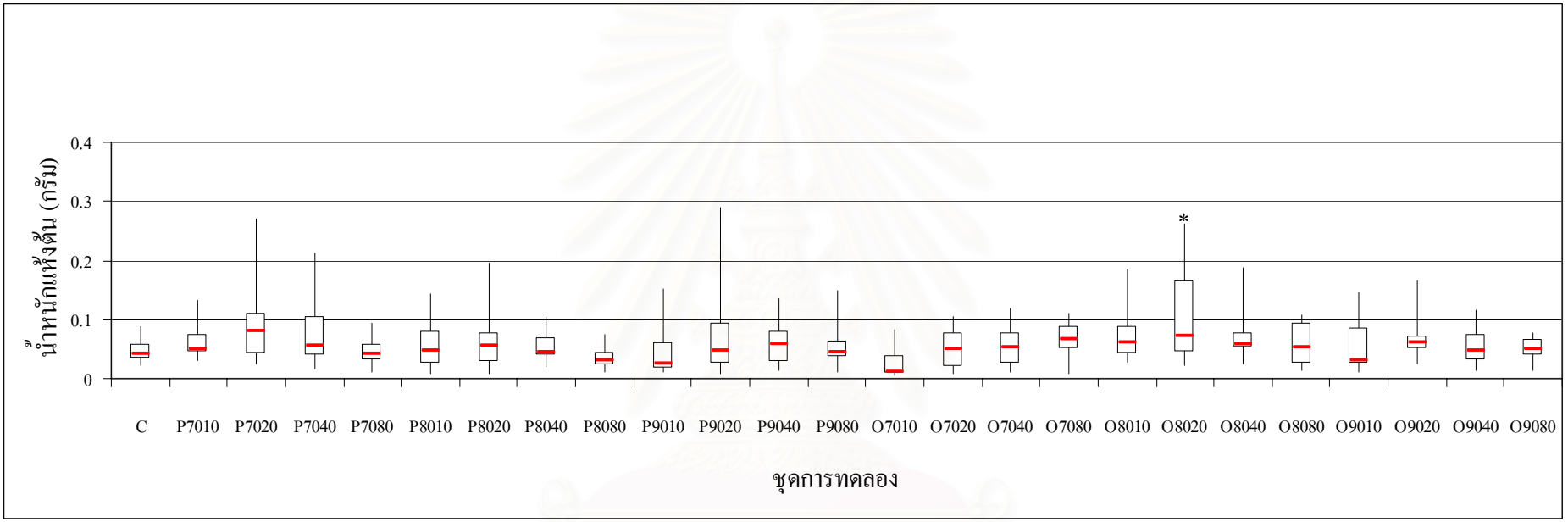

**รูปที่ 30** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%




**รูปที่ 31** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

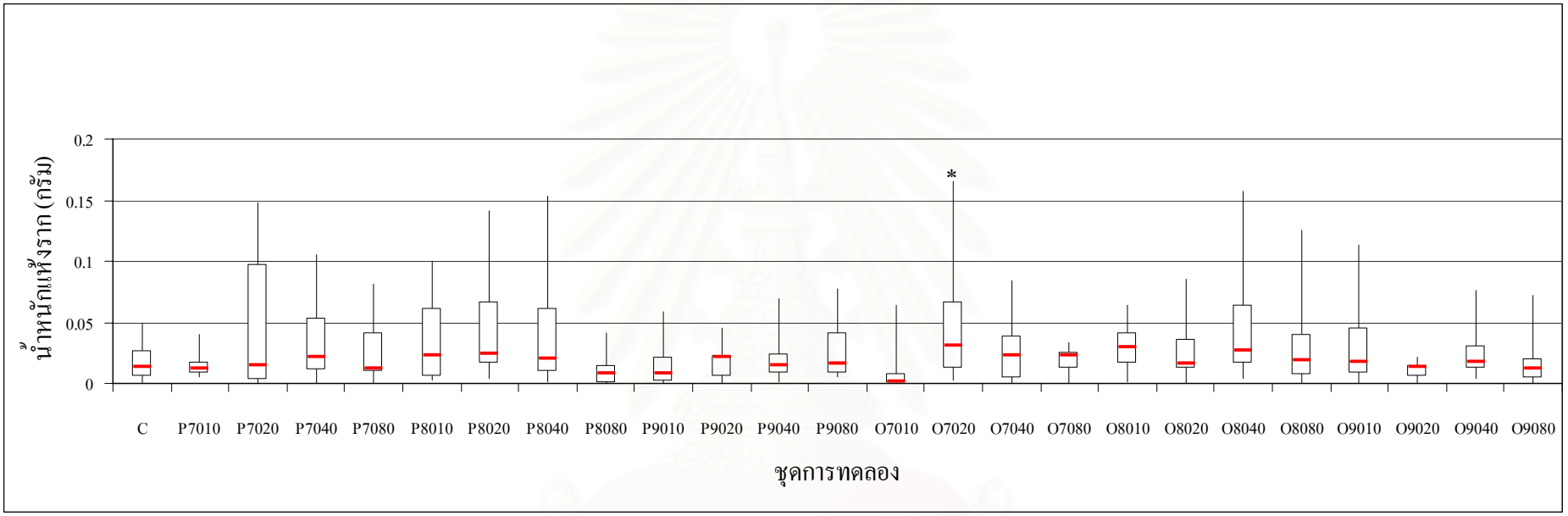
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%




**รูปที่ 32** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้น ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

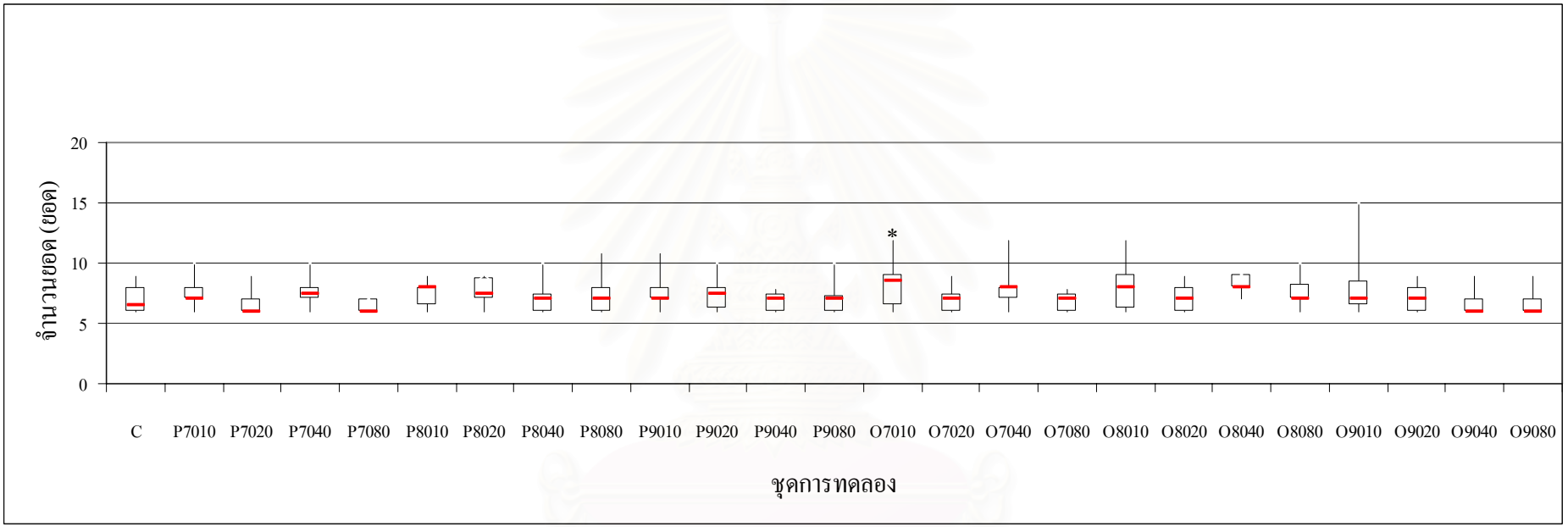
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




**รูปที่ 33** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก ในระยะ plb เจริญเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

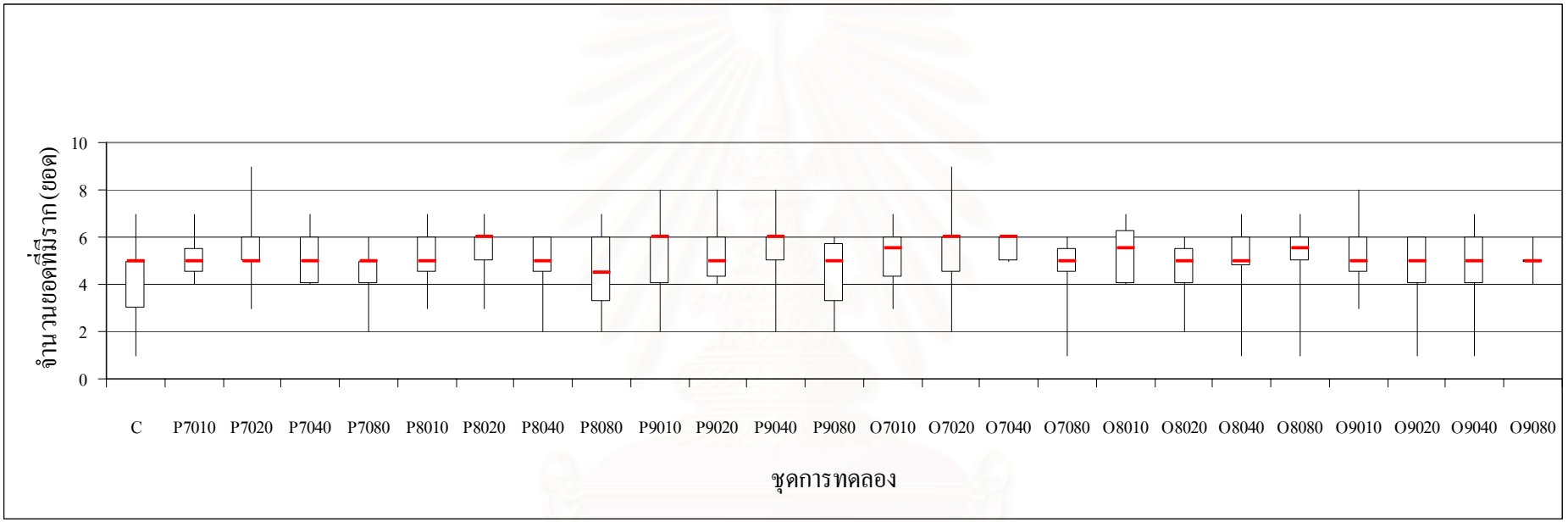
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



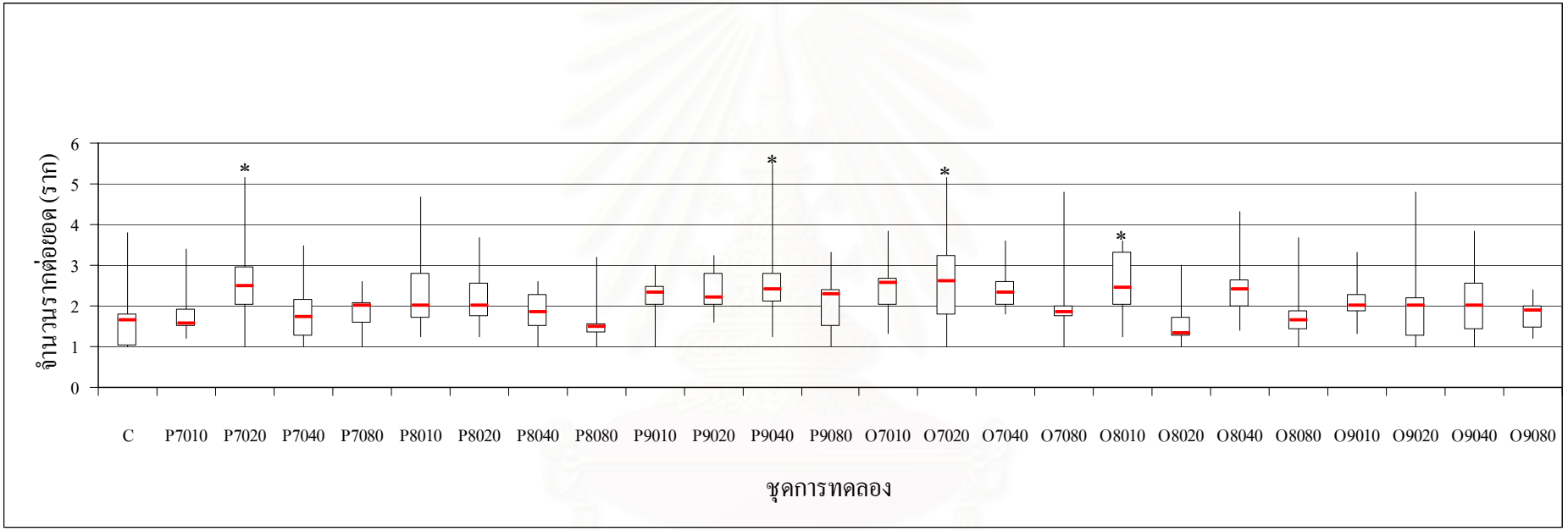

**รูปที่ 34** จำนวนยอดต่อขวด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



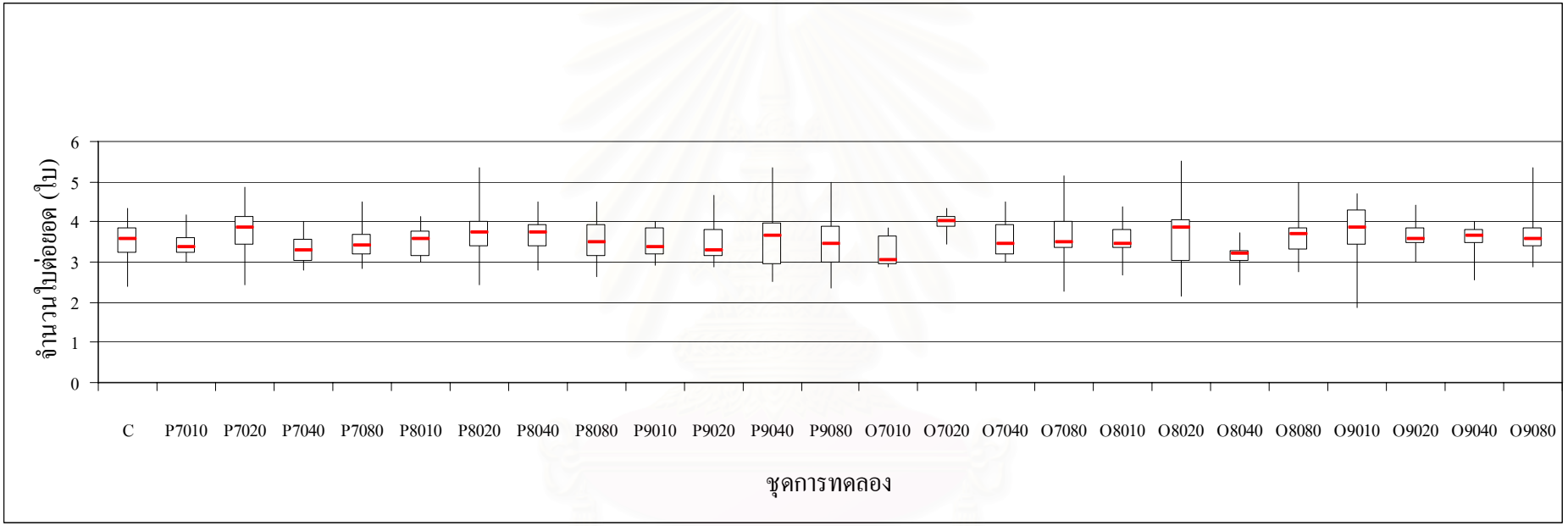

**รูปที่ 35** จำนวนยอดที่มีราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

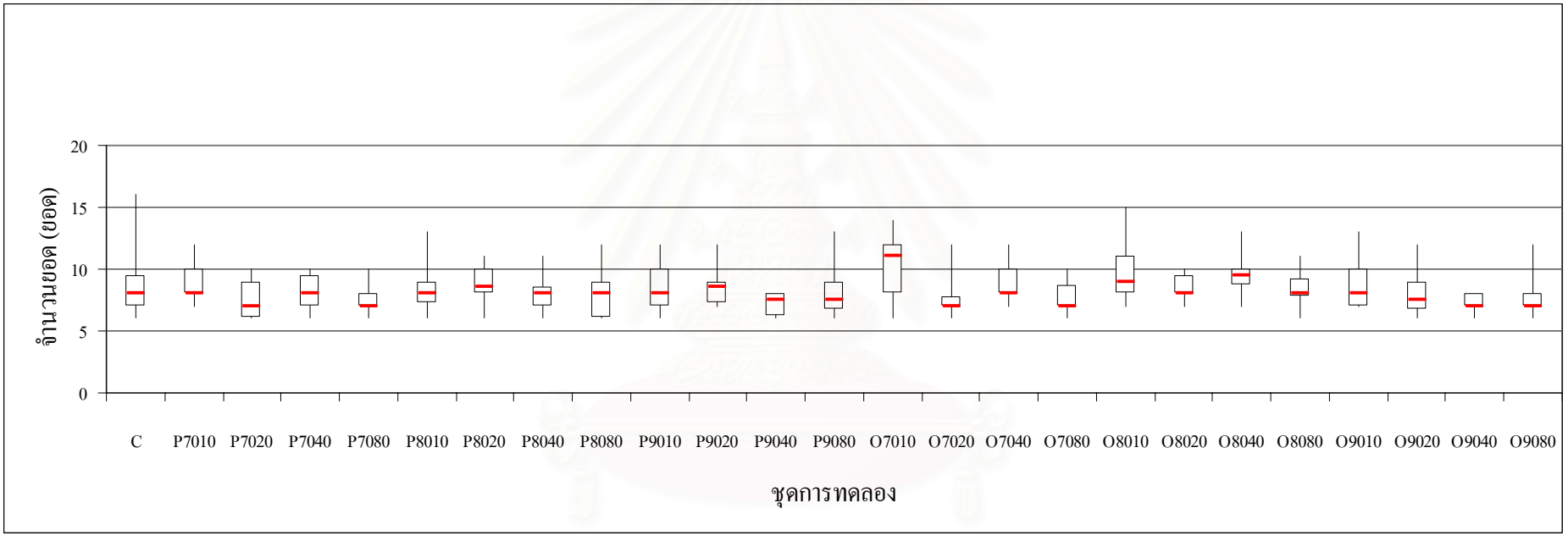



**รูปที่ 36** จำนวนรากต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

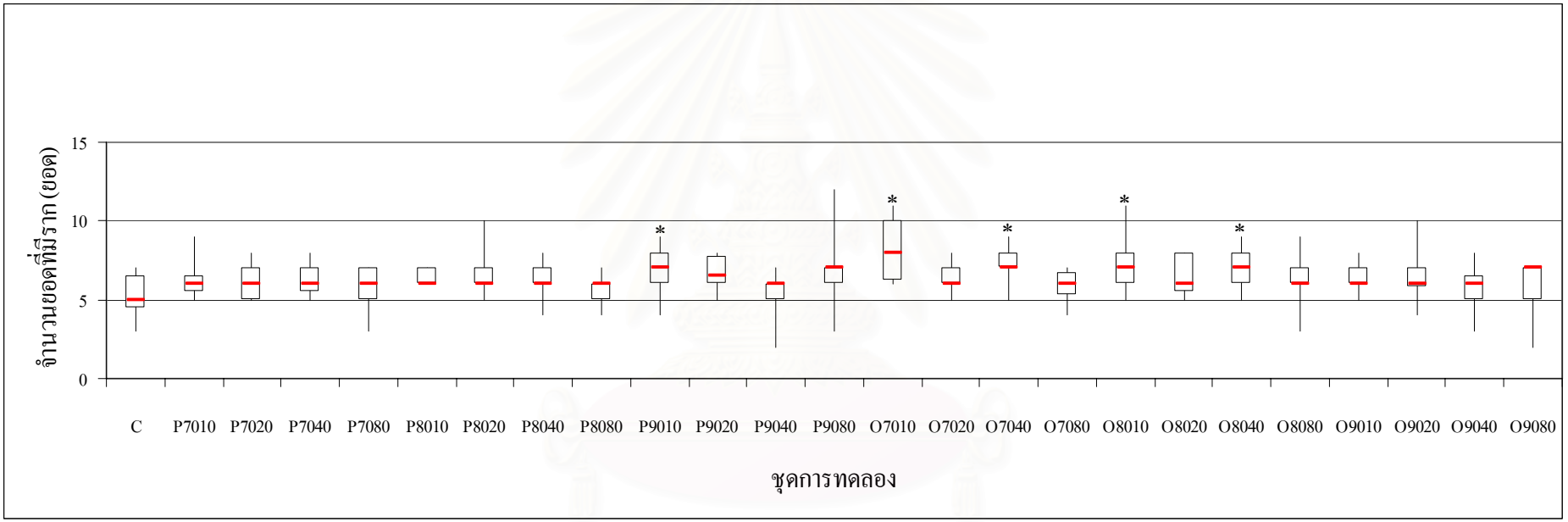
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%




**รูปที่ 37** จำนวนใบต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

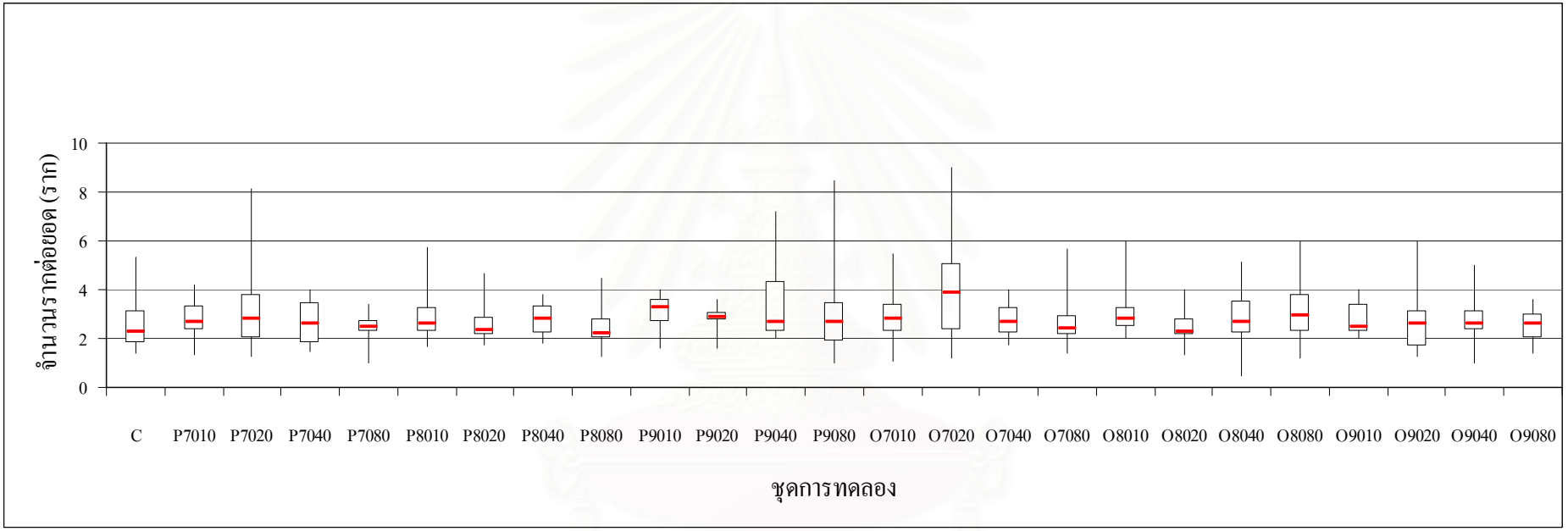



**รูปที่ 38** จำนวนยอดต่อขวด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

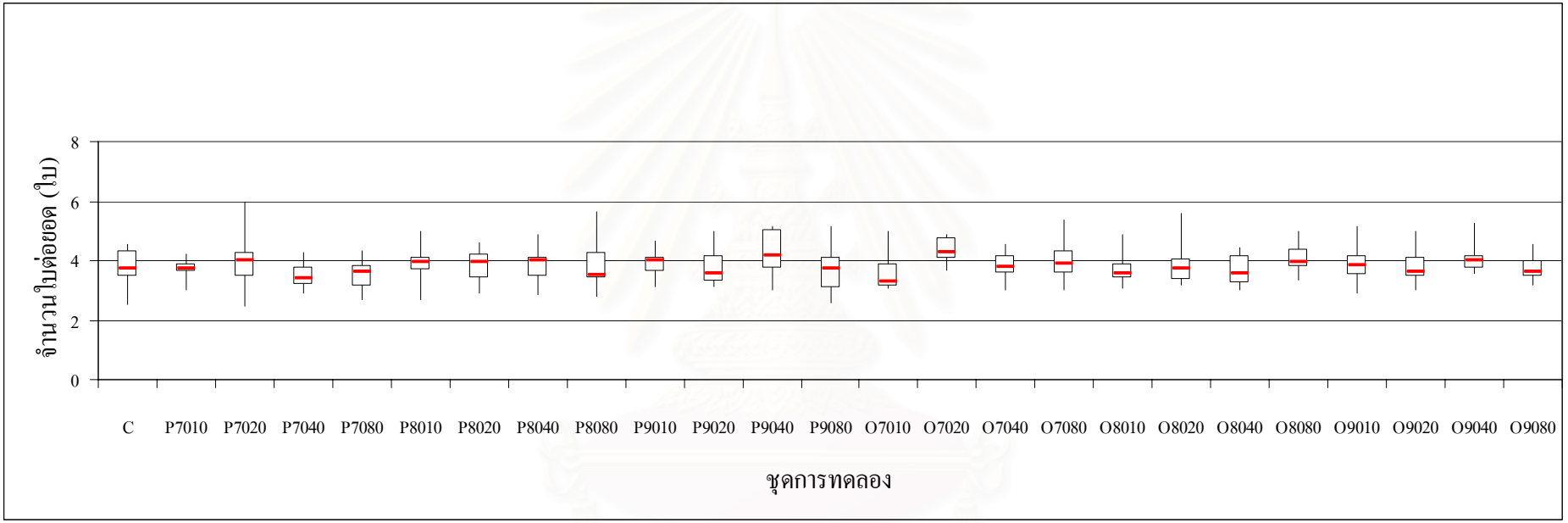



**รูปที่ 39** จำนวนยอดที่มีราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

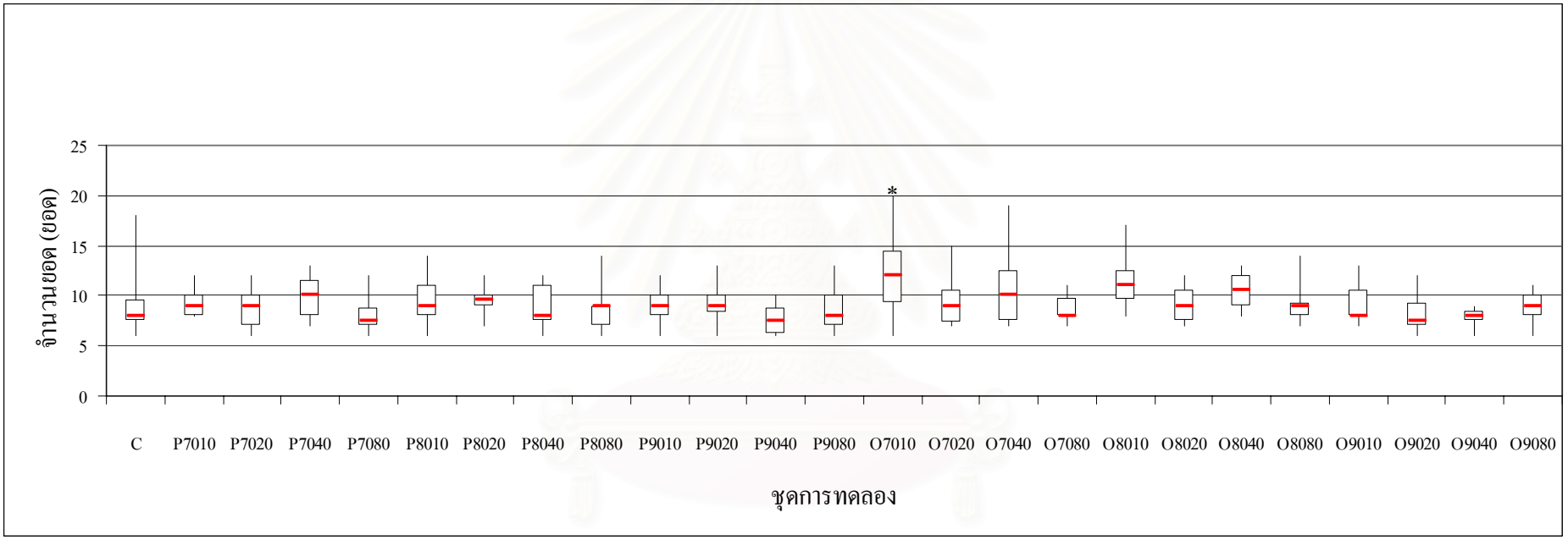
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%




**รูปที่ 40** จำนวนรากต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

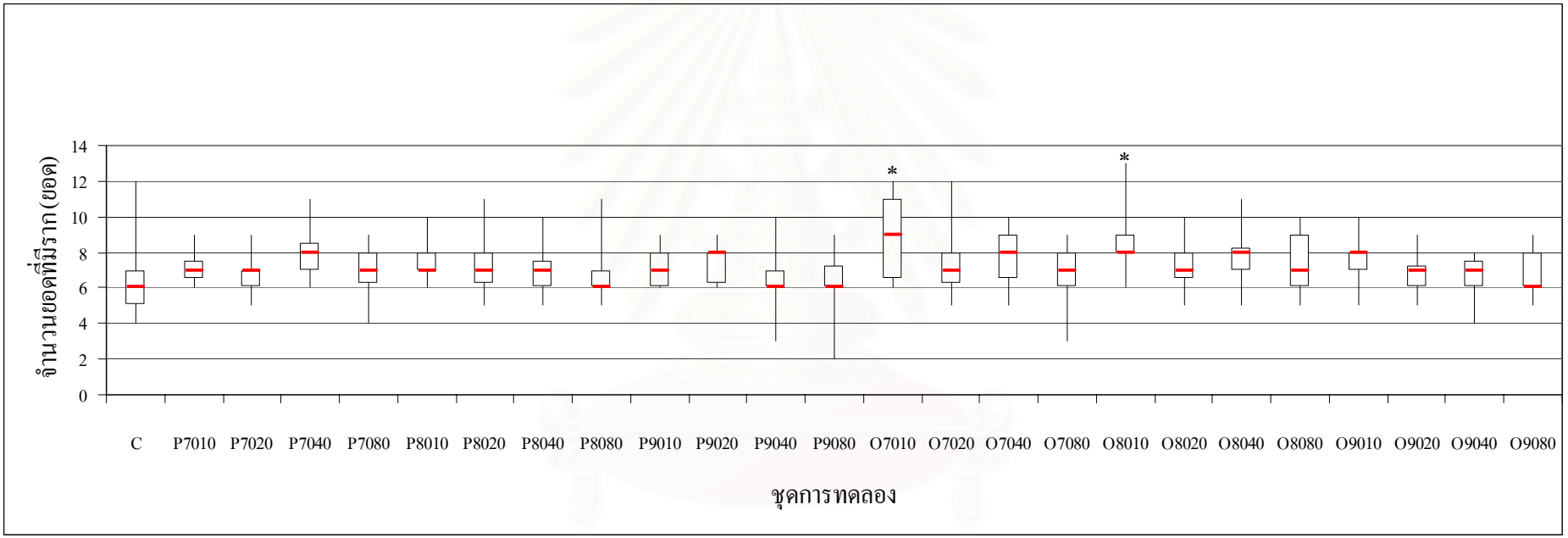



**รูปที่ 41** จำนวนใบต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 2 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ



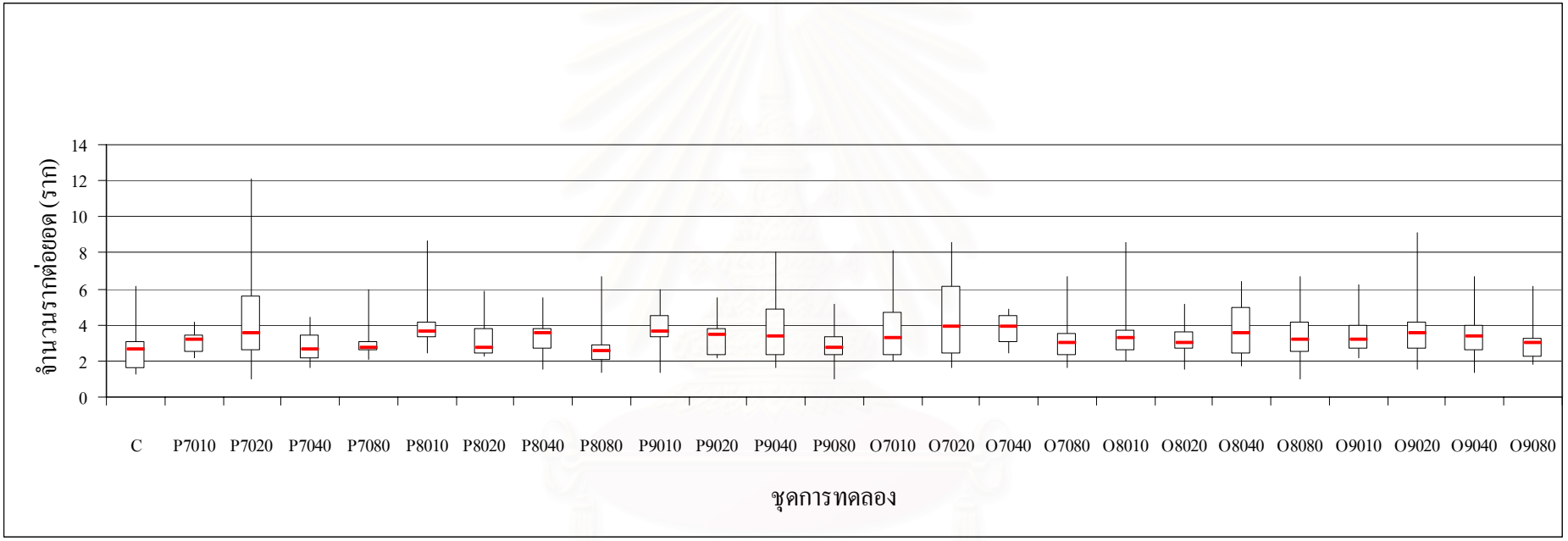

**รูปที่ 42** จำนวนยอดต่อขวด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

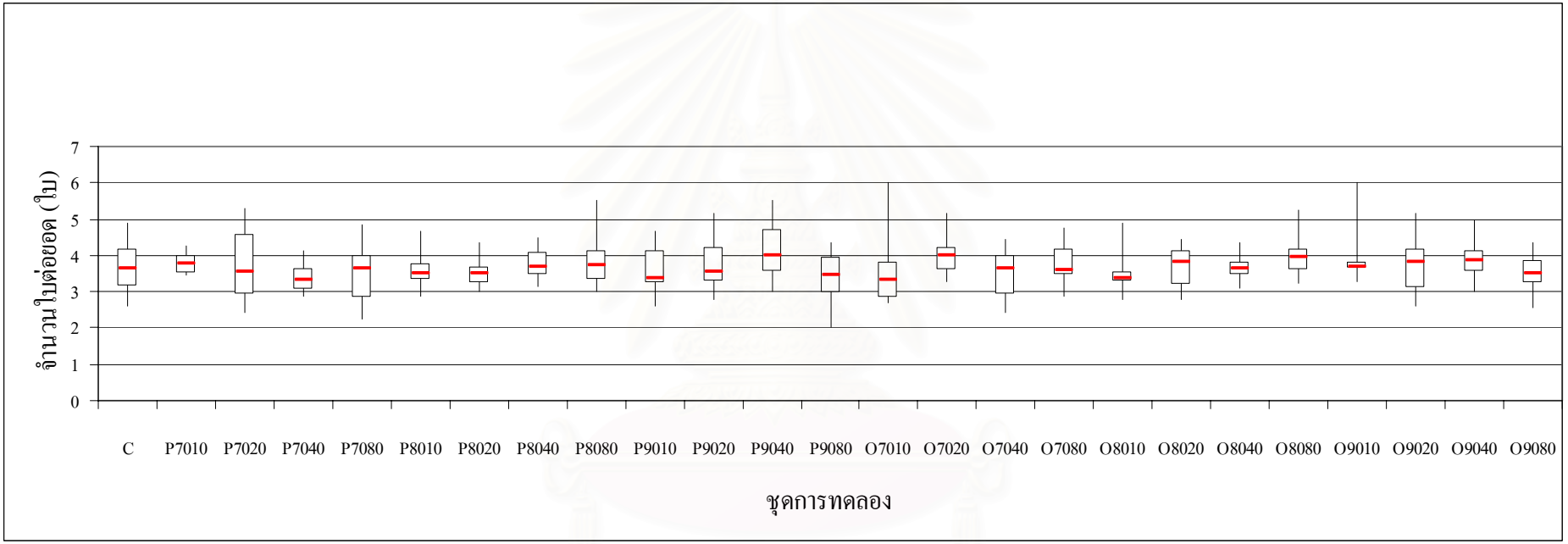



**รูปที่ 43** จำนวนยอดที่มีราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

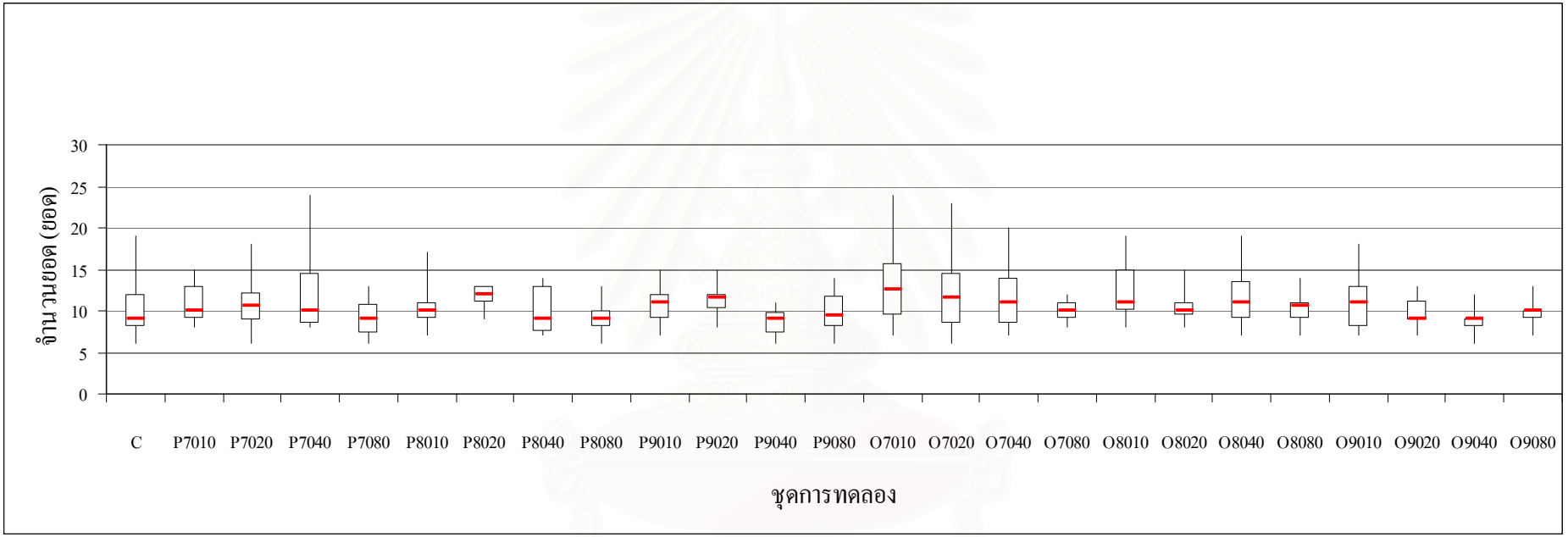
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



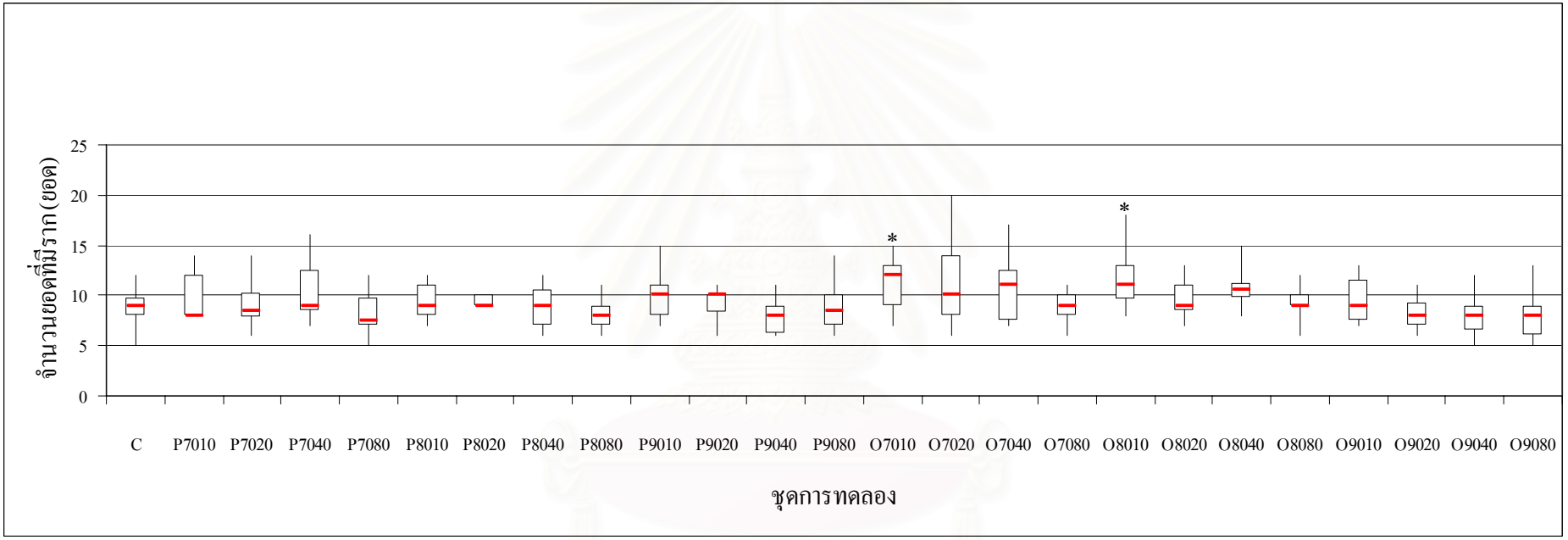

**รูปที่ 44** จำนวนรากต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ




**รูปที่ 45** จำนวนใบต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 3 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

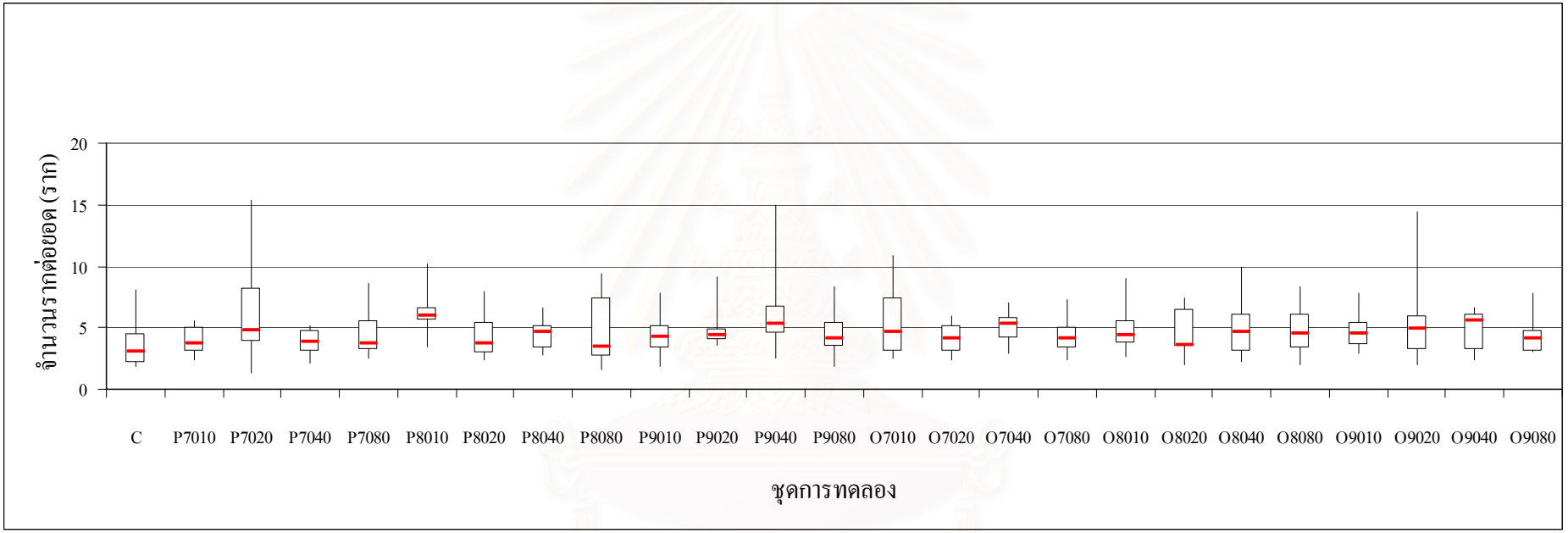



**รูปที่ 46** จำนวนยอดต่อขวด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

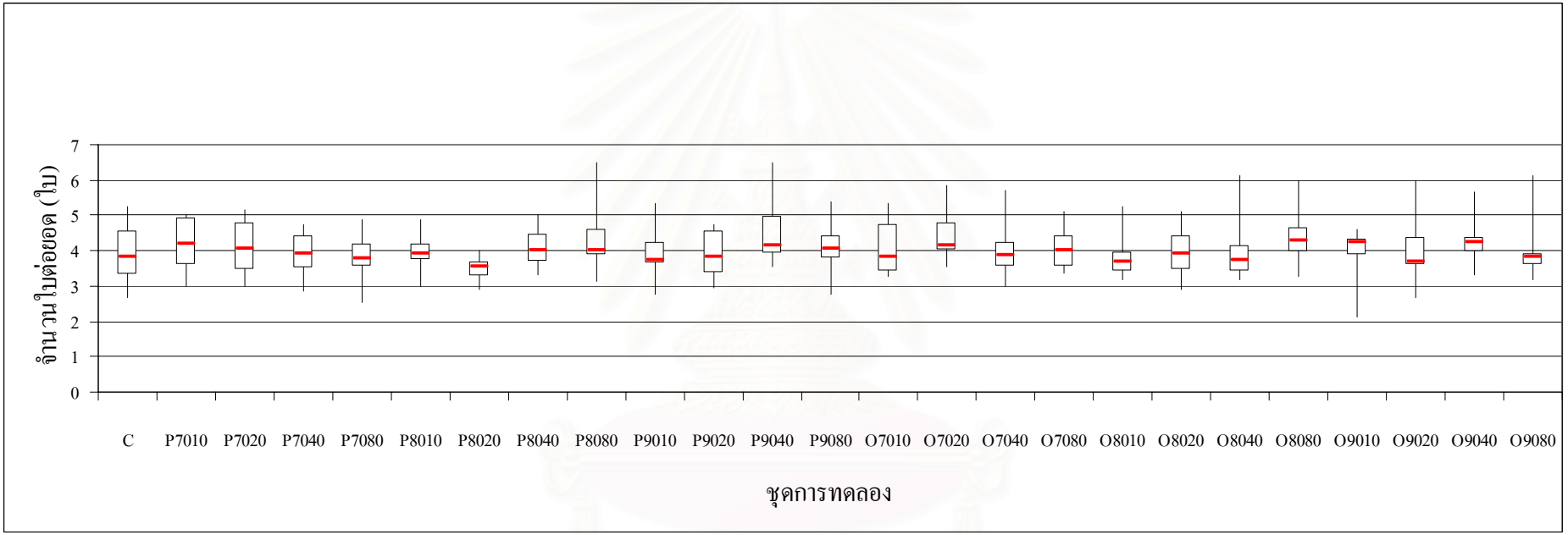



**รูปที่ 47** จำนวนยอดที่มีราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

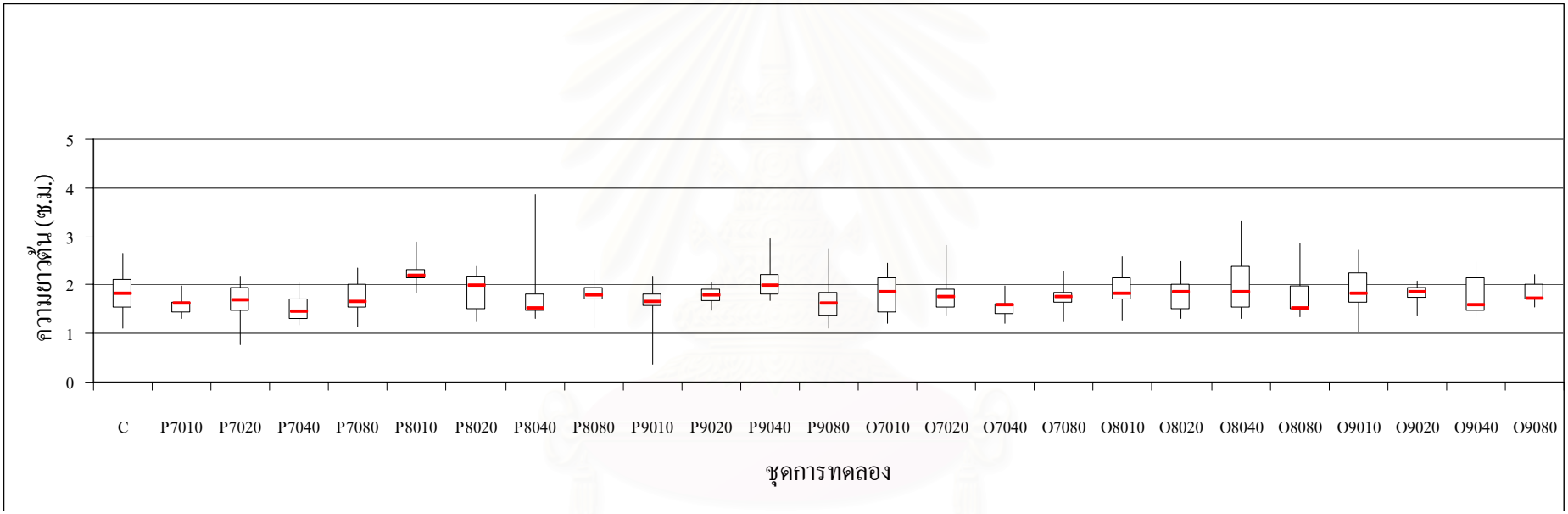
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



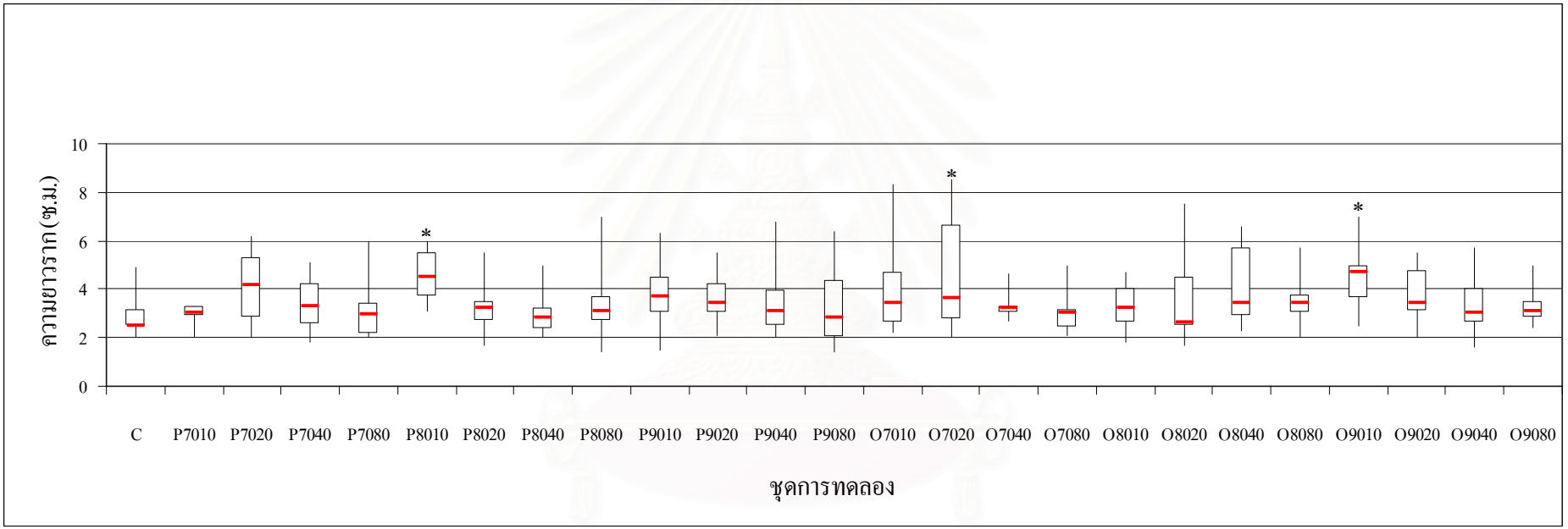

**รูปที่ 48** จำนวนรากต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ




**รูปที่ 49** จำนวนใบต่อยอด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

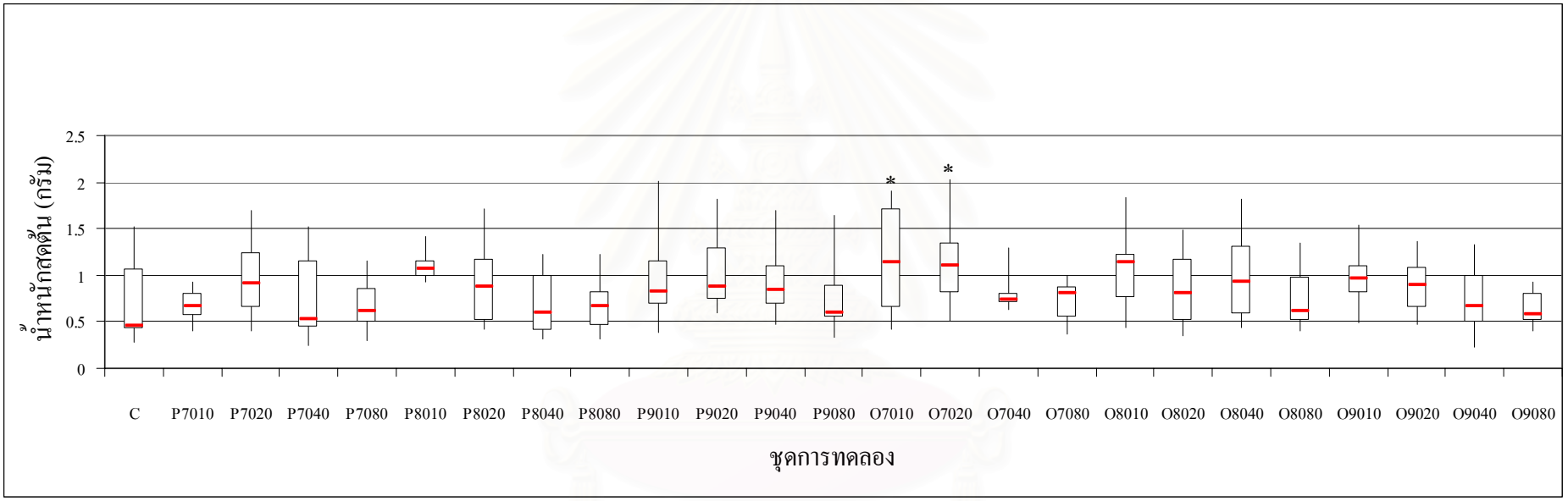



**รูปที่ 50** ค่าเฉลี่ยความยาวต้น ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ



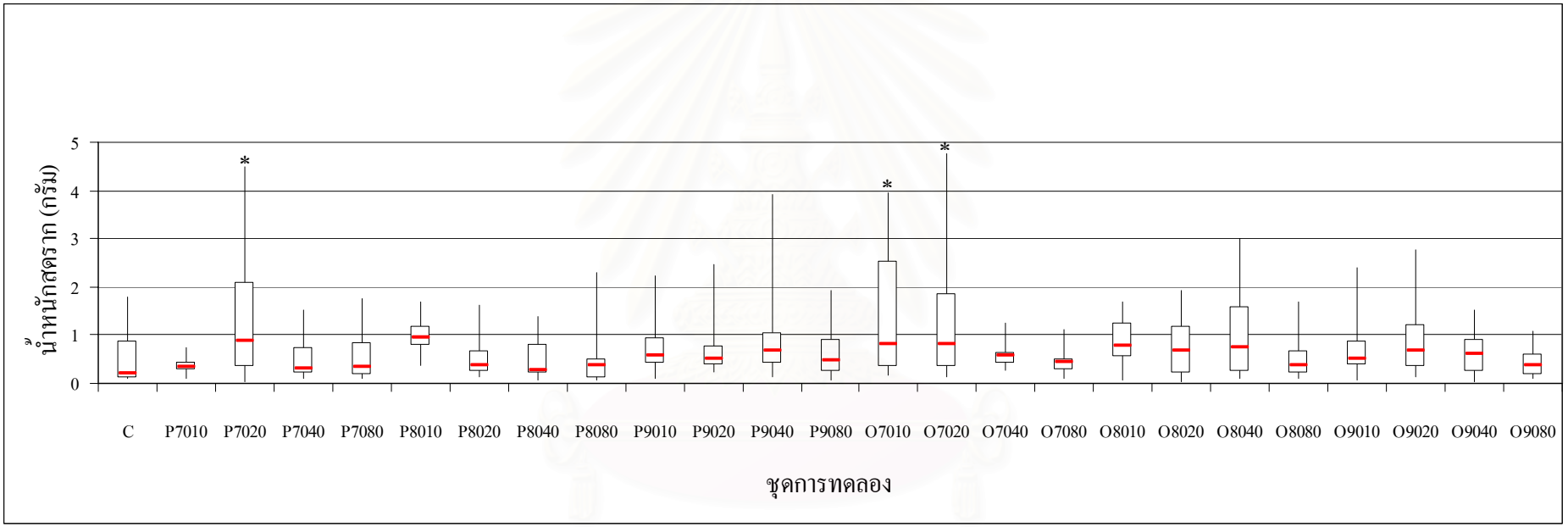

**รูปที่ 51** ค่าเฉลี่ยความยาวราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%




**รูปที่ 52** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต้น ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้ สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

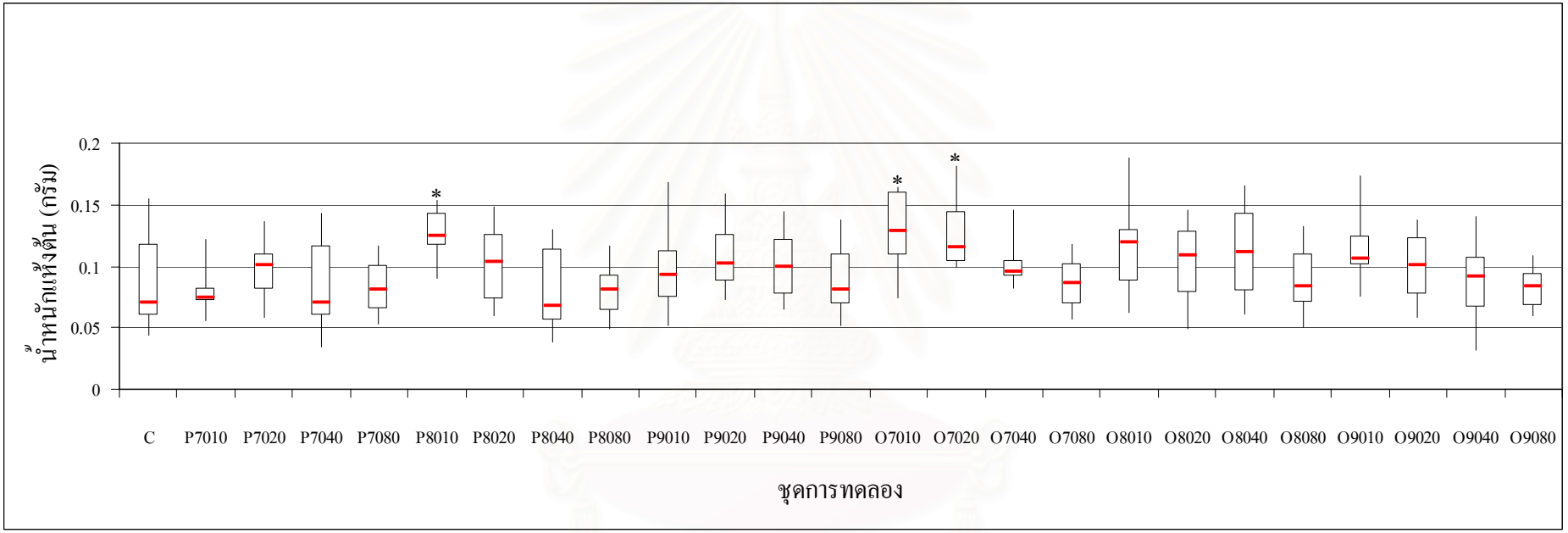
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%




**รูปที่ 53** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

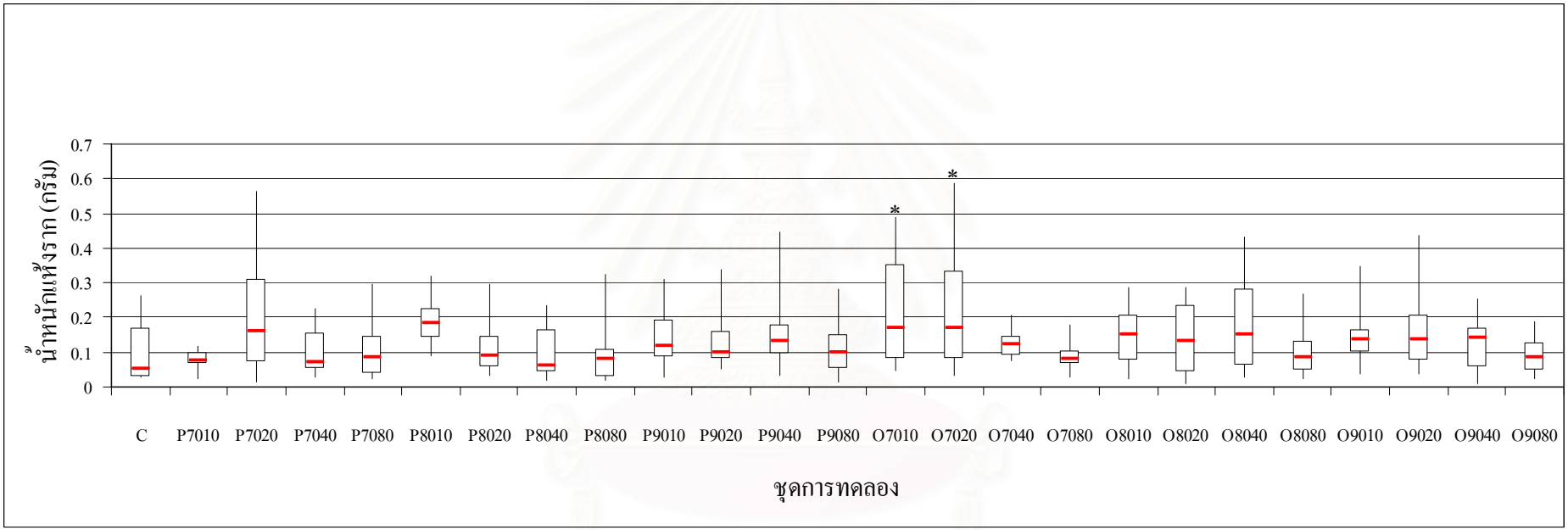
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



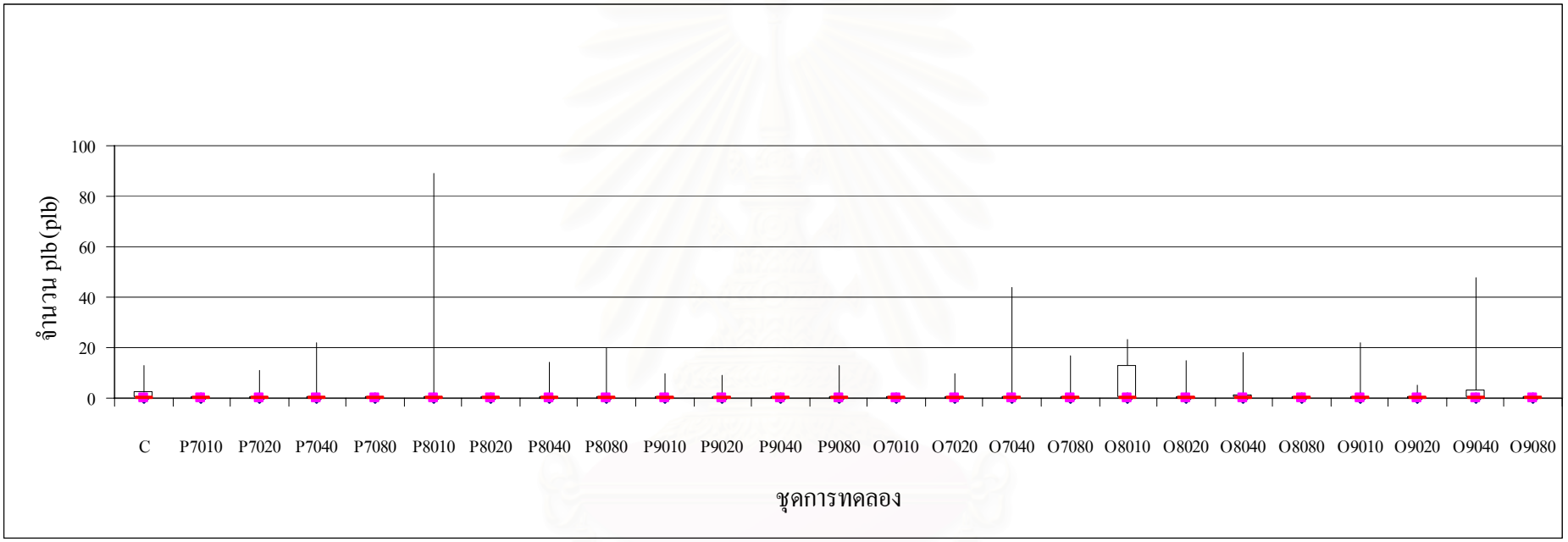

**รูปที่ 54** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้น ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



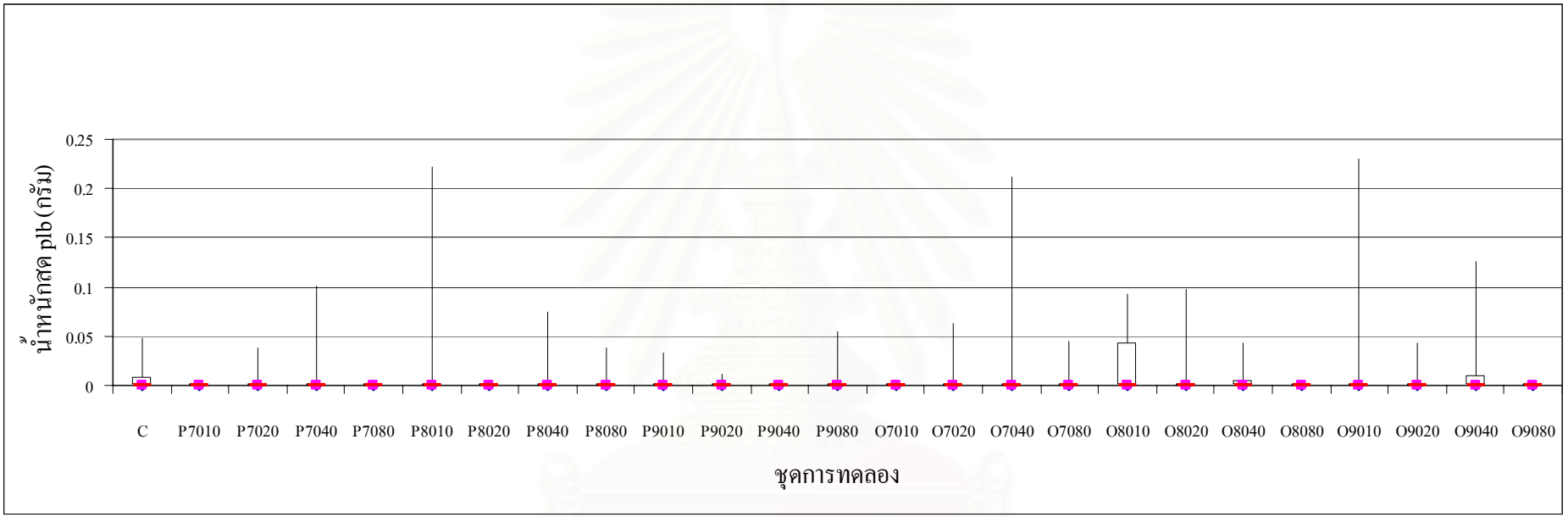

**รูปที่ 55** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



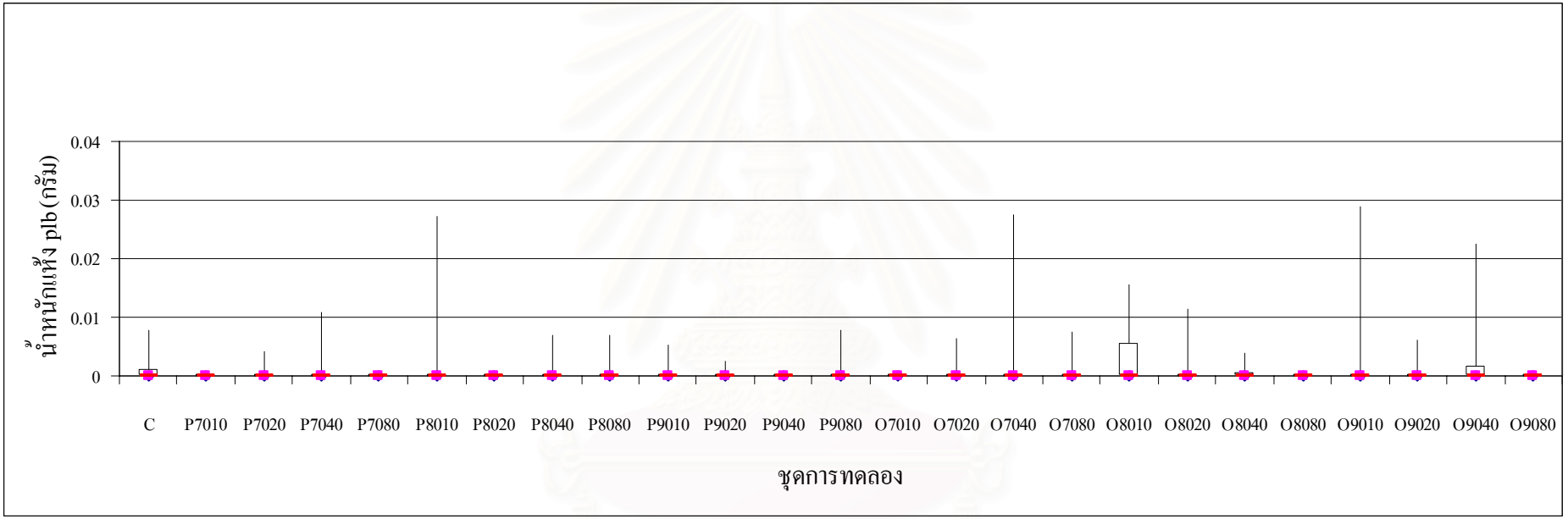

**รูปที่ 56** จำนวน plb ต่อขวด ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของ กล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




**รูปที่ 57** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด plb ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




**รูปที่ 58** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง plb ในระยะต้นอ่อนพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ หลังจากเพาะเลี้ยงในขวดเป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 8 ซ้ำ

# บทที่ 5

# อภิปรายผลการทดลอง

**1. ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเพิ่มปริมาณ protocorm-liked body (plb) ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'**

จากผลการทดลองพบว่าการเติมไคโตซานบางชนิด ลงในอาหารเหลว VW เพื่อเพิ่มจำนวน plb มีผลทำให้จำนวน plb เพิ่มมากขึ้น และมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยชนิดของไคโตซานที่มีผลทำให้ plb เพิ่มมากขึ้น คือ P70 และ P90 ที่ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองนี้ไม่สอดคล้องกับผลการทดลองของ Khin Lay Nge และคณะในปี 2006 ซึ่งได้ทดลองเฉพาะไคโตซานชนิด oligomer เท่านั้นและพบว่าการใช้ไคโตซานชนิด oligomer เติมลงในอาหาร VW แล้วทำให้ plb ของกล้วยไม้ (*Dendrobium phalaenopsis*) เพิ่มมากขึ้นและมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นที่ใช้พบว่ามีความสอดคล้องกันเนื่องจากความเข้มข้นที่เหมาะสมคือความเข้มข้นที่ 15 ppm ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของไคโตซานถือเป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งสำหรับการเพิ่มจำนวน plb โดยพบเช่นเดียวกันว่าจะมีความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด (optimum dose) ในช่วง 10-20 ppm สำหรับการเพิ่มจำนวน plb หากให้ความเข้มข้นที่ต่ำหรือสูงกว่านี้นอกจากจะไม่ทำให้จำนวน plb เพิ่มขึ้นแล้วยังทำให้จำนวน plb ลดลงอีกด้วย ดังจะเห็นได้จากการทดลองที่ใช้ไคโตซานความเข้มข้นสูงตั้งแต่ 40 ppm เป็นต้นไปพบว่า การเพิ่มจำนวนของ plb กลับลดลงและลดลงมากขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นสูงขึ้นคือ 80 ppm นอกจากการใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้นสูงจะมีผลทำให้การเพิ่มจำนวน plb ลดลงแล้ว ยังมีผลทำให้ plb ซีดตายอีกด้วย โดยจากการทดลองใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 160 ppm พบว่า plb มีลักษณะขาวซีดและตายภายใน 1 สัปดาห์หลังจากที่ให้ไคโตซาน ซึ่งการใช้ไคโตซานความเข้มข้นที่เหมาะสมนี้สอดคล้องกับผลที่ได้จากการใช้ไคโตซานในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของถั่วเขียว (San, 2002) โดยได้ทดลองใช้ความเข้มข้นของไคโตซานจาก 1 ถึง 100 ppm กระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียว พบว่ามีการเติบโตเพิ่มขึ้นและลดลงเป็นช่วง ๆ แสดงถึงความสำคัญของค่า optimum dose ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะการเจริญที่ใช้ นอกจากนี้การทดลองใช้ไคโตซานที่อยู่ในรูปไคโตเจลเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตขององุ่น (*Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay clone 7535) (Barka และคณะ, 2003) พบว่า การใช้ไคโตเจลที่ความเข้มข้นสูงเกินไปมีผลทำให้ต้นกล้าองุ่นที่เลี้ยงในหลอดทดลองตายเช่นกัน จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มจำนวน plb นั้นขึ้นอยู่กับการให้ไคโตซานในความเข้มข้นที่เหมาะสม การเพิ่มความเข้มข้นไม่ได้ทำ

ให้จำนวน plb เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้การเพิ่มจำนวน plb ยังขึ้นอยู่กับชนิดของไคโตซานและชนิดของพืชด้วย

สำหรับผลของไคโตซานที่มีต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของ plb พบว่า น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของ plb ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานกับชุดควบคุม แต่มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของไคโตซานที่ใช้ ซึ่งจากผลการทดลองนี้ยังคงพบว่า ชุดการทดลองที่ plb มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุดยังคงเป็นชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด P70 ความเข้มข้น 10 ppm และ P90 ที่ความเข้มข้น 20 ppm ตามลำดับ อย่างไรก็ดีมีรายงานหลายฉบับแสดงให้เห็นว่าไคโตซานสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ เช่น การศึกษาผลของไคโตซานที่สามารถส่งผลให้ต้นอ่อน(Barka และคณะ, 2003) และ plb ของกล้วยไม้ (*Dendrobium phalaenopsis*) (Nge และคณะ, 2006) ในหลอดทดลองมีน้ำหนักสดสูงกว่าชุดควบคุม เป็นต้น

ดังนั้นหากต้องการเพิ่มจำนวน plb ให้ได้มาก ๆ ควรใช้ไคโตซานชนิด P70 ความเข้มข้น 10 ppm หรือ P90 ความเข้มข้น 20 ppm เพราะเป็นชนิดที่มีประสิทธิภาพทำให้ plb เพิ่มจำนวนได้สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ไคโตซานชนิดอื่น ๆ และ ไม่ได้ใช้ไคโตซาน

**2. ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของ plb เป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'**

จากผลการทดลอง การเติมไคโตซานต่างชนิดกันที่ระดับความเข้มข้นต่างกันในอาหารกึ่งแข็ง VW เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของ plb เป็นต้นอ่อนพบว่า ไคโตซานบางชนิดที่บางความเข้มข้นมีผลทำให้จำนวน plb เพิ่มมากขึ้นคือ 80.73 plb **(ตารางที่ 4)** รวมถึงการพัฒนาไปเป็นยอดก็เพิ่มมากขึ้นเป็น 97.55 ยอด และมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอีกด้วย **(ตารางที่ 5)** โดยในเดือนที่ 1 ถึง เดือนที่ 2 จะสังเกตได้ว่ามีการเพิ่มจำนวนของ plb มากกว่าการพัฒนาไปเป็นยอดของ plb ทั้งที่ได้ทำการย้าย plb ลงในอาหารกึ่งแข็งที่เพิ่มปริมาณน้ำตาลเป็น 10 g/lและมีการเติมกล้วยหอม 100 g/l อาจเป็นเพราะในอาหารยังมีส่วนประกอบของน้ำมะพร้าวซึ่งมีฮอร์โมนพืชทำให้ความสามารถในการเพิ่มจำนวนของ plb ยังคงมีอยู่ แต่ในขณะที่จำนวน plb เพิ่มขึ้น การพัฒนาของ plb ไปเป็นยอดก็เริ่มเกิดขึ้นด้วยเนื่องจากการเปลี่ยนวิธีการเลี้ยงมาใช้อาหาร stationary semisolid media การเพิ่มปริมาณของ plb และ การพัฒนาเป็นยอดของ plb มีความแตกต่างกันไปเมื่อใช้ไคโตซานโดยขึ้นอยู่กับขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้ ชุดการทดลองที่พบว่า plb มีการเพิ่มจำนวนมากที่สุดคือ O80 ความเข้มข้น 20 ppm และ P70 ความเข้มข้น 10 ppm ตามลำดับ **(ตารางที่ 4)** ส่วนการพัฒนาเป็นยอดนั้น ชุดการทดลองที่มีจำนวนยอดมากที่สุดก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกันคือ O80 ความเข้มข้น 20 ppm และ O80 ความเข้มข้น 10 ppm ตามลำดับ **(ตารางที่ 5)** เมื่อวัดความยาวต้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุด

การทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุม เช่นเดียวกับผลของจำนวนใบต่อต้นซึ่งชี้ให้เห็นว่ายอดใหม่ที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการใช้ไคโตซานมีการเติบโตได้ดีเท่ากับยอดที่เกิดขึ้นตามปกติที่ไม่ได้รับไคโตซาน นอกจากนี้การทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองเบื้องต้นว่า การใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10-15 ppm มีผลต่อการเจริญเติบโตของโพรโทคอร์มกล้วยไม้เอื้องเงินหลวง (*Dendrobium formosum* Roxb. Ex Lindl) โดยพบว่าไคโตซานมีผลทำให้จำนวนต้นของเอื้องเงินหลวงเพิ่มขึ้น (พัชรา ลิมปนะเวช, 2548) จากการศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวฟ่าง (*Seteria italica* (L.) P. Beauv.) ที่ได้รับไคโตซานสูตร Elexa™ พบว่า ไคโตซานสามารถกระตุ้นให้ข้าวฟ่างมีการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนหน่อได้มากขึ้น

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ไคโตซานนอกจากมีผลทำให้จำนวน plb เพิ่มขึ้นแล้ว ยังสามารถกระตุ้นให้ plb พัฒนาเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้ได้มากขึ้นด้วย ในขณะที่คุณภาพของต้นอ่อนนั้นไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซานเลย

นอกจากนี้ยังพบว่าไคโตซานมีผลกระตุ้นการเกิดรากในต้นอ่อนของกล้วยไม้ด้วย ซึ่งจากผลการทดลองการใช้ไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 40 ppm มีผลทำให้จำนวนรากเพิ่มมากขึ้นเป็น 58.31 รากและมากกว่าชุดควบคุมซึ่งมี 27.4 รากอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือ O80 ความเข้มข้น 10 ppm **(ตารางที่ 6)** ส่วนผลของจำนวนยอดที่มีรากพบว่า ไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 10 ppm และ P80 ความเข้มข้น 20 ppm มีจำนวนยอดที่มีรากสูงถึง 29 และ 28 ยอด ตามลำดับ สูงกว่าชุดควบคุมซึ่งมี 13.4 ยอดอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน ในขณะที่เมื่อวัดความยาวรากกลับพบว่าชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 20 ppm มีความยาวรากมากที่สุด รองลงมาคือ P80 ความเข้มข้น 20 ppm อย่างไรก็ตามความยาวรากไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม เช่นเดียวกับจำนวนรากต่อยอดก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานกับชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นการเกิดรากของต้นอ่อนกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ ได้ ซึ่งพบรายงานการกระตุ้นการเกิดรากของไคโตซานในกล้วยไม้เอื้องเงินหลวงที่เลี้ยงในหลอดทดลอง (พัชรา ลิมปนะเวช, 2548) พบว่าการใช้ไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 10 ppm มีผลทำให้กล้วยไม้เอื้องเงินหลวงที่เลี้ยงในหลอดทดลองสามารถเกิดรากและเป็นต้นที่สมบูรณ์ได้เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองการใช้ไคโตซานแช่ต้นกล้วยไม้รองเท้านารีลูกผสมระหว่าง *P. bellatulum* (Rchb.f) และ *P. angthong* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อก่อนทำการย้ายปลูกร่วมกับการพ่นทางใบทุก ๆ 7 วัน เป็นเวลา 2 เดือน พบว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นให้ต้นกล้วยไม้ดังกล่าวงอกรากได้ (ชนัสพร เกลี้ยงแก้ว และคณะ, 2546)

จากผลการวัดน้ำหนักสดเฉลี่ยของต้นรวมกับ plb และรากกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุม โดยชุดการทดลองที่มีน้ำหนักสดต้นรวมกับ plb มากที่สุดคือ O80 ความเข้มข้น 20 ppm โดยมีน้ำหนักสดต้นรวมกับ plb เฉลี่ย 0.9 กรัม และน้ำหนักสดรากมากที่สุดคือ O70 ความเข้มข้น

20 ppm มีค่าน้ำหนักสดรากเฉลี่ย 0.37 กรัมซึ่งสอดคล้องกับชุดการทดลองที่ให้ผลของจำนวนยอดสูงที่สุด และชุดการทดลองที่มีความยาวรากมากที่สุดด้วย ส่วนน้ำหนักแห้งของต้นและราก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุมเช่นกัน โดยชุดการทดลองที่มีน้ำหนักแห้งต้นมากที่สุดคือ O80 ความเข้มข้น 20 ppm มีค่าน้ำหนักแห้งต้นรวมกับ plb 0.11 กรัม ในขณะที่น้ำหนักแห้งรากมากที่สุดยังคงได้จากชุดการทดลองที่ใช้ O70 ความเข้มข้น 20 ppm เช่นเดียวกันมีค่าน้ำหนักแห้งราก 0.05 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองการใช้ไคโตซานลดความเสียหายในพืชที่ได้รับพิษโลหะหนัก (วานาเดียม) โดยเมื่อให้ไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาขนาด 70-200 kGy ที่ความเข้มข้น 200 µg/ml สามารถลดการสะสมของธาตุวานาเดียมในยอดและรากของต้นกล้าข้าว (*Oryza sativa* L.) และข้าวสาลี (*Triticum aestivum* L.) ได้ อีกทั้งยังพบว่าน้ำหนักแห้งของต้นกล้าพืชทั้งสองชนิดที่ได้รับไคโตซาน มีค่าสูงกว่าชุดการทดลองควบคุม โดยการให้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 100 µg/ml ทำให้น้ำหนักแห้งต้นของข้าวและข้าวสาลีเพิ่มขึ้น 8% และ 41% ตามลำดับ สำหรับไคโตซานที่ความเข้มข้น 200 µg/ml ทำให้น้ำหนักแห้งต้นของข้าวและข้าวสาลีเพิ่มขึ้นได้ 24% และ 40% ตามลำดับ (Tham และคณะ, 2001)

ดังนั้นหากต้องการพัฒนา plb ให้เจริญเป็นต้นอ่อนควรเลือกใช้ไคโตซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 20 ppm เพราะเป็นชนิดที่ทำให้ plb สามารถพัฒนาเป็นยอดได้มากที่สุดในขณะที่ขนาดต้นไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ไคโตซานชนิดอื่น ๆ และ ไม่ได้ใช้ไคโตซาน

**3. ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเพื่อให้เป็นต้นที่สมบูรณ์และพร้อมสำหรับการย้ายปลูกของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'**

จากผลการทดลองพบว่าการเติมไคโตซานต่างชนิดกันที่ระดับความเข้มข้นต่างกันในอาหารกึ่งแข็ง VW มีผลทำให้ได้จำนวนยอดของต้นอ่อนกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' มีความแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้ โดยต้นอ่อนของกล้วยไม้ที่ได้รับไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 ppm และ O80 ความเข้มข้น 10 ppm จะมีจำนวนยอด 13.1 และ 12.81 ยอด ตามลำดับ **(ตารางที่ 14)** และมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในช่วง 3 เดือนแรกของการทดลอง ส่วนจำนวนยอดที่มีรากนั้นพบว่า มีความแตกต่างกันออกไปเช่นกัน โดยต้นอ่อนของกล้วยไม้ที่ได้รับไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 ppm และ O80 ความเข้มข้น 10 ppm มีจำนวนยอดที่มีราก 11.3 และ 11.64 ยอด ตามลำดับ **(ตารางที่ 15)** ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากเลี้ยงในอาหารที่มีการเติมไคโตซานเป็นเวลา 2 เดือนขึ้นไป ซึ่งผลดังกล่าวคล้ายคลึงกับผลของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตของต้นอ่อนเอื้องสายสามสี (*Dendrobium crystallinum* Rchb.f.) และ ต้นอ่อนรองเท้านารี (*Paphiopedilum sanderianum* Rchb.f.) (พัชรา ลิมปนะเวช, 2548) นอกจากนี้ผลดังกล่าวมีความคล้ายคลึงกับผลการทดลองการใช้ไคโตซานที่อยู่ในรูปของไคโตเจล (chitogel) ที่ความเข้มข้น 1.75% (v/v) ผสมในอาหารเพาะเลี้ยงตายอดขององุ่น

(*Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay clone 7535) (Barka และคณะ, 2003) พบว่า ไคโตเจลที่ความเข้มข้นดังกล่าวสามารถชักนำให้ยอดองุ่นที่เลี้ยงในหลอดทดลองมีความยาวมากที่สุดและแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่การใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้นสูงเกินไปมีผลทำให้การเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยไม้น้อยกว่าชุดควบคุม เช่นเดียวกับผลการทดลองเบื้องต้น เพื่อศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตของพริก (*Capsicum* sp.) (สุวลี จันทร์กระจ่าง เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และสมชาย ต่วนต่าย, 2546) ในแปลงปลูก โดยทำการฉีดพ่นทางใบ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน พบว่า การใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้นต่ำมีแนวโน้มที่ทำให้พริกมีการเติบโตของลำต้นสูงกว่าชุดที่ไม่ได้รับไคโตซาน และต้นที่ได้รับไคโตซานที่ความเข้มข้นสูง

จากผลของการนับจำนวนใบสะสมเฉลี่ยต่อต้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนใบต่อต้นมีความใกล้เคียงกันด้วย แสดงว่าไคโตซานมีผลต่อการเพิ่มจำนวนใบของต้นอ่อนกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม

จากผลการทดลองพบว่าการให้ไคโตซานไม่มีผลต่อจำนวนรากสะสมเฉลี่ยต่อต้น แต่มีผลต่อการกระตุ้นให้ยอดเกิดรากได้ โดยทำให้ยอดเกิดรากได้เร็วขึ้น คือในชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 10 ppm รองลงมาคือ O70 ความเข้มข้น 10 ppm ทำให้ยอดเกิดรากได้ในเดือนที่ 2 **(ตารางที่ 15)** ซึ่งเร็วกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังพบว่าไคโตซานยังมีผลต่อความยาวของรากด้วย โดยชุดการทดลองที่ต้นอ่อนของกล้วยไม้ได้รับไคโตซานชนิด P80 ความเข้มข้น 10 ppm O70 ความเข้มข้น 20 ppm และ O90 ความเข้มข้น 10 ppm มีความยาวราก 4.54 4.51 และ 4.5 เซนติเมตร ตามลำดับ **(ตารางที่ 20)** มากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานการทดลองการกระตุ้นการเกิดรากของไคโตซานในกล้วยไม้เอื้องเงินหลวงที่เลี้ยงในหลอดทดลอง (พัชรา ลิมปนะเวช, 2548) ที่พบว่าการใช้ไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 10 ppm มีผลทำให้กล้วยไม้เอื้องเงินหลวงที่เลี้ยงในหลอดทดลองสามารถเกิดรากและเป็นต้นที่สมบูรณ์ได้

จากการทดลองการวัดน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและรากของต้นอ่อนกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ พบว่า น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักสดรากเฉลี่ยสะสมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ได้รับไคโตซานกับชุดควบคุม โดยผลของน้ำหนักสดต้นนั้นพบว่า ชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm มีผลทำให้น้ำหนักสดต้นเฉลี่ยมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะเดียวกันเมื่อวัดน้ำหนักสดรากก็พบว่า ชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm และ P70 ความเข้มข้น 20 ppm มีผลทำให้น้ำหนักสดรากเฉลี่ยมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำหนักแห้งต้น และน้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ได้รับไคโตซานกับชุดควบคุมเช่นเดียวกัน โดยผลที่ได้สอดคล้องกับผลของน้ำหนักสดต้นและราก ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองเบื้องต้นการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น

10-15 ppm มีผลทำให้น้ำหนักสดต้นของกล้วยไม้เอื้องเงินหลวง (*Dendrobium formosum* Roxb. Ex Lindl) มากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองด้วย (พัชรา ลิมปนะเวช, 2548) จากการทดลองการฉีดพ่นไคโตซานให้กับคะน้า (*Brassica alboglabra* Bailey) พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นของคะน้าที่เก็บเกี่ยวได้สูงกว่าคะน้าที่ไม่ได้รับไคโตซาน (สุวลี จันทร์กระจ่าง, เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล, และ สมชาย ต่วนต่าย, 2546) นอกจากนี้การทดลองการใช้ไคโตซาน 1% (w/w) ผสมในวัสดุปลูกเพื่อใช้ปลูก Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. 'Kairyou Wakamurasaki') พบว่า การผสมไคโตซานในวัสดุปลูกมีผลทำให้น้ำหนักสดของต้นและรากสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ (Ohta และคณะ, 1999) และการทดลองการใช้ไคโตซานกระตุ้นการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' ในแปลงทดลองพบว่า ไคโตซานชนิด O90 ความเข้มข้น 10 และ 50 ppm P70 ความเข้มข้น 10 ppm และ P90 ความเข้มข้น 50 ppm มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของลำลูกกล้วยสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะเดียวกันก็พบว่า ไคโตซานชนิดและความเข้มข้นดังกล่าวยังมีผลทำให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของยอดสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซานด้วย (Limpanavech และคณะ, 2004)

ดังนั้นหากต้องการพัฒนาต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' ให้เป็นต้นที่สมบูรณ์พร้อมสำหรับการย้ายปลูกจะต้องใช้ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 ppm เพราะการใช้ไคโตซานชนิดนี้ทำให้ต้นอ่อนแตกยอดเพิ่มมากขึ้น และทำให้เกิดรากได้เร็วขึ้นด้วย แต่ความยาวต้นไม่แตกต่างจากชุดควบคุมที่ไม่ได้ใช้ไคโตซาน อีกทางเลือกหนึ่งคือการใช้ไคโตซานชนิด P80 ความเข้มข้น 10 ppm ไคโตซานชนิดนี้ไม่ทำให้จำนวนยอดของกล้วยไม้เพิ่มมากขึ้นแต่ทำให้ได้ขนาดต้นที่ใหญ่ขึ้นและความยาวรากเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ไคโตซานชนิดอื่น ๆ และ ไม่ได้ใช้ไคโตซาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 6

# สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเพิ่มปริมาณ plb การเจริญเติบโตของ plb เป็นต้นอ่อน และการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเพื่อให้เป็นต้นที่สมบูรณ์และพร้อมสำหรับการย้ายปลูก ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ ซึ่งไคโตซานที่ใช้ประกอบด้วย ไคโตซานชนิดพอลิเมอร์ และโอลิโกเมอร์ ที่มี %DD เท่ากับ 70 80 และ 90 % แต่ละ %DD แบ่งความเข้มข้นออกเป็น 4 ระดับ คือ 10 20 40 และ 80 ppm ให้โดยเติมลงในอาหาร VW ที่ใช้เลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ สามารถสรุปผลของการใช้ไคโตซานได้ ดังนี้

**1. ชนิดของไคโตซานพอลิเมอร์ และโอลิโกเมอร์**

ไคโตซานชนิดพอลิเมอร์และโอลิโกเมอร์ให้ผลแตกต่างกันในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ โดยในระยะการเพิ่มปริมาณ plb ไคโตซานชนิดพอลิเมอร์ ให้ผลดีกว่าไคโตซานชนิดโอลิโกเมอร์ ส่วนในระยะการพัฒนา plb ให้เป็นต้นอ่อนพบว่า ไคโตซานชนิดโอลิโกเมอร์ให้ผลดีกว่า และระยะพัฒนาต้นอ่อนให้เป็นต้นที่สมบูรณ์พร้อมสำหรับการย้ายปลูก พบว่า ให้ผลดีทั้งไคโตซานชนิดพอลิเมอร์และโอลิโกเมอร์

**2. ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเพิ่มปริมาณ protocorm-liked body (plb) ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’**

ขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานมีผลต่อการเพิ่มปริมาณ plb แตกต่างกันออกไป โดยชนิดของไคโตซานที่มีผลทำให้การเพิ่มปริมาณ plb เฉลี่ยสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซานคือ P70 ความเข้มข้น 10 ppm และ P90 ความเข้มข้น 20 ppm ในขณะที่น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของ plb ก็มากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซานด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นสูงเกินไปคือ 160 ppm มีผลทำให้ plb ชีดและตายในที่สุด ซึ่งจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของไคโตซานจะมีระดับที่เรียกว่า optimum dose คือระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตมากที่สุด และการใช้ไคโตซานที่ระดับสูงไม่ได้มีผลดีต่อพืชเสมอไป

**3. ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของ plb เป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'**

จากผลการทดลองพบว่า ไคโตซานมีผลต่อการเจริญเติบโตของ plb เป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับ ขนาดของพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้น อย่างไรก็ตามอาจสรุปแนวโน้มของการตอบสนองบางประการของ plb ต่อไคโตซานชนิดต่าง ๆ ได้ดังนี้

**3.1 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเพิ่มจำนวน plb ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'**

จากผลการทดลองพบว่าไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 20 ppm มีผลทำให้จำนวน plb เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ P70 ความเข้มข้น 10 ppm และ plb ที่ได้มีมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ

**3.2 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของ plb เป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'**

จากการทดลองพบว่าไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 20 มีผลทำให้ plb พัฒนาเป็นยอดได้มากที่สุด รองลงมาคือ O80 ความเข้มข้น 10 ppm และจำนวนยอดที่ได้มีมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างกันของจำนวนใบต่อต้น และไม่พบความแตกต่างกันของความยาวต้นด้วย

**3.3 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการกระตุ้นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' ให้เกิดราก**

จากการทดลองพบว่าไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 10 ppm มีผลทำให้ต้นอ่อนมีรากเกิดขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ P80 ความเข้มข้น 20 ppm และจำนวนต้นอ่อนที่เกิดรากนั้นมีมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างกันของจำนวนรากต่อยอด นอกจากนี้ยังพบว่า ความยาวรากของต้นอ่อนไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุม แต่การใช้ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 20 ppm อาจมีผลทำให้ความยาวรากมากกว่าชุดควบคุมได้

**3.4 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและราก ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'**

จากผลการทดลองพบว่าน้ำหนักสดของต้นและรากมีความแตกต่างกันระหว่างชุดการลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุม คือไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 20 ppm มีผลทำให้น้ำหนักสดต้นสูงที่สุด และไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 20 ppm มีผลทำให้น้ำหนักสดรากสูงที่สุด ส่วนน้ำหนักแห้งต้นและราก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน โดยไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 20 ppm มีผลทำให้น้ำหนักแห้งต้นสูงที่สุด และไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 20 ppm มีผลทำให้น้ำหนักแห้งรากสูงที่สุด

ดังนั้นในการพัฒนา plb ให้เป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' นั้นควรใช้ไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 20 ppm

**4. ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเพื่อให้เป็นต้นที่สมบูรณ์และพร้อมสำหรับการย้ายปลูกของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'**

จากผลการทดลองพบว่า ไคโตซานมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดของพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้น อย่างไรก็ตามอาจสรุปแนวโน้มของการตอบสนองบางประการของต้นอ่อนกล้วยไม้ต่อไคโตซานชนิดต่าง ๆ ได้ดังนี้

**4.1 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อจำนวนยอดของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'**

จากผลการทดลองพบว่า ไคโตซานชนิด O70 ที่ความเข้มข้น 10 ppm มีผลทำให้จำนวนยอดของกล้วยไม้เพิ่มขึ้นได้ ส่วนความยาวต้นของต้นอ่อนพบว่า เมื่อใช้ไคโตซานชนิด P80 ความเข้มข้น 10 ppm มีผลทำให้ต้นอ่อนมีความยาวต้นมากกว่าชุดควบคุมได้ ส่วนจำนวนใบต่อต้นพบว่า จำนวนใบต่อต้นไม่มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซาน

**4.2 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเกิดรากของต้นอ่อนกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'**

จากการทดลองพบว่าไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 10 ppm และ O70 ความเข้มข้น 10 ppm อาจมีผลทำให้ต้นอ่อนของกล้วยไม้เกิดรากเร็วที่สุด และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซาน อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างกันของ

จำนวนรากเฉลี่ย และจำนวนรากต่อยอดระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุม ส่วนผลของความยาวรากพบว่า ไคโตซานชนิด P80 ความเข้มข้น 10 ppm O70 ความเข้มข้น 20 ppm และ O90 ความเข้มข้น 10 ppm มีผลทำให้ความยาวรากมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

**4.3 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและราก ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'**

จากผลการทดลองพบว่าน้ำหนักสดของต้นและรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชุดการทดลองที่ได้รับไคโตซานกับชุดควบคุม โดยน้ำหนักสดต้นพบว่า ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm มีผลทำให้น้ำหนักสดต้นมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำหนักสดรากพบว่า ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm และ P70 ความเข้มข้น 20 ppm มีผลทำให้น้ำหนักสดรากมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และจากผลของน้ำหนักแห้งต้นและรากพบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานกับชุดควบคุมคือ ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm และไคโตซานชนิด P80 ความเข้มข้น 10 ppm มีผลทำให้น้ำหนักแห้งต้นมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำหนักแห้งรากพบว่า ไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm มีผลทำให้น้ำหนักแห้งรากมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

**4.4 ผลของขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเกิด plb ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล'**

จากผลการทดลองพบว่า ไคโตซานอาจไม่มีผลทำให้ต้นอ่อนของกล้วยไม้มี plb เกิดขึ้นได้ โดยพบ plb เกิดขึ้นในบางชุดการทดลองเท่านั้น ซึ่ง plb ที่เกิดขึ้นยังมีจำนวนน้อยมากด้วย อย่างไรก็ตามชุดการทดลองบางชุดก็ไม่มี plb เกิดขึ้นเลย

ดังนั้นในการพัฒนาต้นอ่อนให้เป็นต้นที่สมบูรณ์และพร้อมสำหรับการย้ายปลูกของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' นั้นพบว่า อาจเลือกใช้ได้ทั้งไคโตซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 ppm มีผลทำให้จำนวนยอดเพิ่มขึ้น และ P80 ความเข้มข้น 10 ppm มีผลทำให้ได้ต้นสูงและรากยาว ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้

**ข้อเสนอแนะ**

1. ควรมีการศึกษาทดลองเพิ่มระยะเวลาการเพาะเลี้ยงในขั้นของการเลี้ยงต้นอ่อน เนื่องจากกล้วยไม้เป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตช้า การเพิ่มระยะเวลาการเลี้ยงอาจเห็นความแตกต่างของการเจริญมากขึ้น และในกรณีที่มีการเพิ่มระยะเวลาการเลี้ยง ควรมีการเปลี่ยนอาหารใหม่ให้กับต้นอ่อนบ้าง เนื่องจากการเลี้ยงต้นอ่อนในอาหารเดิมเป็นเวลานาน อาหารจะเหลือน้อยลง ธาตุอาหารต่าง ๆ รวมถึงไคโตซานก็จำกัดด้วย อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ได้

2. ควรมีการนำช่วงความเข้มข้นของไคโตซานที่มีประสิทธิภาพสูงมาทำการศึกษาต่อ โดยนำมาแบ่งเป็นช่วงความเข้มข้นที่ละเอียดขึ้น อาจพบความเข้มข้นของไคโตซานที่มีประสิทธิภาพดีกว่าความเข้มข้นเดิม

3. ควรมีการศึกษาการนำไคโตซานที่มีประสิทธิภาพดีต่างชนิดกันมาผสมรวมกัน แล้วทดลองใช้เลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้เช่นเดิม การรวมกันของไคโตซาน อาจส่งผลให้การเจริญเติบโตของกล้วยไม้ดีขึ้นได้

4. อาจใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการนำไปปรับใช้กับกล้วยไม้ชนิดอื่น ๆ ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# รายการอ้างอิง

## ภาษาไทย


กตัญชลี ไม้งาม พิมพรรณ ชำนิงาน และ พรรณี ศรีบัวทอง. 2550. การใช้ไคโตซานเป็นสารฆ่าเชื้อจากธรรมชาติภายใต้สภาวะทางด้านสรีรวิทยา. จาก http://www.scisoc.or.th/stt/30/sec_l/paper/stt30_L0001.pdf

ครรชิต ธรรมศิริ. 2547. *เทคโนโลยีการผลิตกล้วยไม้*. กรุงเทพมหานคร: อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

คำนูณ กาญจนภูมิ. 2544. *การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช*. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชนัสพร เกลี้ยงแก้ว สุวลี จันทร์กระจ่าง พัลภา เศวตศิลา. 2546. การศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการย้ายปลูกและการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลรองเท้านารีลูกผสม *Paphiopedilum bellatulum* x Paph. Angthong ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. *เอกสารประกอบการประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 17-18 กรกฎาคม 2546. หน้า 65-68.

ชัชวาล วงศ์ชัย. 2548. *ผลของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเติบโตและผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียว Abelmoschus esculentus (L.) Moench. การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลืองและการกัดกินของหนอนกระทู้หอม Laphygma exigua (Hubner).* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดอกไม้สด : ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน. 2550. กรุงเทพมหานคร: *สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร*, สืบค้นเมื่อ 2 มิถุนายน 2550, จาก http://www.oae.go.th/statistic/export/13010c.xls

บุญยืน กิจวิจารณ์. 2544. *เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช*. ขอนแก่น: คลังนานาวิทยา.

บุญศรี คู่สุขธรรม. 2549. การใช้ไคโตซานร่วมกับแอนไอออนชนิดต่าง ๆ เพื่อกำจัดสารสีในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ. *เอกสารประกอบการประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 5-6 ตุลาคม 2549. หน้า 123-126.

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2543. *การประชุมสัมมนาพร้อมนิทรรศการเรื่องเกษตรยุคใหม่กับไคติน-ไคโตซาน*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 18 กุมภาพันธุ 2543. หน้า 27-49.

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ และ สุวลี จันทร์กระจ่าง. 2542. การพัฒนาแผ่นเยื่อบางไคโตซานเพื่อการกรองแยกชีวสาร. *การสัมมนาวิชาการเรื่องความร่วมมือของภาครัฐบาลและเอกชนในการพัฒนาการผลิตและการใช้สารไคติน-ไคโตซานแบบครบวงจร*. ณ โรงแรมไอเฟิล จังหวัดระนอง. 2-3 เมษายน. หน้า 34-36.

พิมพร ลีลาพรพิสิฐ, จีรติการณ์ พิทาคำ และ ชาดา ศรีชูชาติ. 2546. การพัฒนาตำรับครีมปะอรผิวที่มีส่วนผสมของไคโตซาน. *การประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 17-18 กรกฎาคม 2546. หน้า 122-125.

พัชรา ลิมปนะเวช. 2548. การใช้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชบางชนิด. *การอบรมเรื่องการใช้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช*, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 7 กรกฎาคม 2548. หน้า 1-9.

ภูริวัฒน์ ลี้สวัสดิ์ ศิริชัย เจียตระกูล และ สุภาณุพงศ์ ศรีวิชัย. 2546. การเตรียมฟองน้ำที่สลายตัวได้ทางชีวภาพจากไคโตซาน. *การประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 17-18 กรกฎาคม 2546. หน้า 140-142.

ภาวดี เมธะคานนท์. 2543. การใช้ไคติน-ไคโตซานในทางการเกษตร. *การประชุมสัมมนาพร้อมนิทรรศการเรื่องการเกษตรยุคใหม่กับไคติน-ไคโตซาน*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 18 กุมภาพันธ์ 2543. หน้า 14-18.

มนตรี กลิ่นระทวย วิษณุ นิยมเหลา และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2546. ผลของสารเคลือบ Chitosan ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและคุณภาพการเก็บรักษาฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่. *การประชุมไคตินไค-ไคโตซานแห่งประเทศไทย*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 17-18 กรกฎาคม 2546. หน้า 152-154.

รัฐ พิชญางกูร. 2547. ไคโตซานกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้. *เอกสารประกอบการสัมมนาการใช้ไคโตซานในไม้ดอก*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 29-30 เมษายน 2547. หน้า 1-5.

เรวดี มีสัตย์ หทัยรัตน์ ริมคีรี และ ธงชัย สุวรรณสิชฌน์. 2546. การพัฒนาโลชั่นบำรุงผิวที่มีส่วนผสมของคาร์บอกซีเมธิลไคติน. *การประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 17-18 กรกฎาคม 2546. หน้า 126-130.

วิมลรัตน์ ศรีจรัสสิน ผุษนีย์ เลิศลัทธภรณ์ วัชรพงษ์ อริยเกรียงไกร และ วัชระ เชื้อโชติ. 2546. การผลิตเส้นใยเรยอนผสมไคโตซาน. *การประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 17-18 กรกฎาคม 2546. หน้า 69-71.

วิษณุ นิยมเหลา หะริน รุ่งเรืองวรรัตน์ และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2546. อิทธิพลของสารเคลือบ Chitosan ต่อคุณภาพและอายุการเก็บเกี่ยวรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้.*การประชุมไคติน-ไคโตซานแห่ง ประเทศไทย*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 17-18 กรกฎาคม 2546. หน้า 149-152.

สิริรัตน์ จงฤทธิพร. 2549. การยับยั้งการเจริญของเชื้อราโดยใช้แผ่นฟิล์มไคโตซาน. *เอกสารประกอบการประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 5-6 ตุลาคม 2549. หน้า 105-109.

สุดีพ ไชยมณี สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2546. การศึกษาเบื้องต้นของการสกัดและใช้ไคโตซานเสริมในอาหารได้. *การประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 17-18 กรกฎาคม 2546. หน้า 161-164.

สุดคนึง พึ่มชัย วิษณุ นิยมเหลา และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2546. อิทธิพลของสารเคลือบ Chitosan น้ำหนัก โมเลกุลต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. *การประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 17-18 กรกฎาคม 2546. หน้า 146-148.

สุวลี จันทร์กระจ่าง. 2542. สารไคตินและไคโตซาน ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติและการประยุกต์ใช้ประโยชน์. การสัมมนาทางวิชาการเรื่องความร่วมมือของภาครัฐและเอกชนในการพัฒนาการผลิตและการใช้สารไคติน-ไคโตซานแบบครบวงจร. โรงแรมไอเฟิล จังหวัดระนอง. 2-3 เมษายน 2542. หน้า 1-21.

สุวลี จันทร์กระจ่าง. 2543. ภาพรวมการใช้สารไคติน-ไคโตซานในประเทศไทย. *การประชุมสัมมนาพร้อมนิทรรศการเรื่องการเกษตรยุคใหม่กับไคติน-ไคโตซาน*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 18 กุมภาพันธ์ 2543. หน้า 1-4.

สุวลี จันทร์กระจ่าง เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล สมชาย ต่วนต่าย. 2546. ผลของการใช้ไคโตซานในการปลูก พืชผักสวนครัวแบบผสมผสาน. *เอกสารประกอบการประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 17-18 กรกฎาคม 2546. หน้า 158-160.

สุวลี จันทร์กระจ่าง และ Khin Lay Nge. 2547. ผลของไคโตซานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้. *เอกสารประกอบการสัมมนาการใช้ไคโตซานในไม้ดอก*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 29-30 เมษายน 2547. หน้า 1-10.

อัจฉลีย์ เอี่ยมผ่อง สุวลี จันทร์กระจ่าง บุญเทียม พันธ์เพ็ง และ นวลพรรณ ณ ระนอง. 2542. การหมักเบียร์ โดยใช้เซลล์ยีสต์ตรึงรูปด้วยไคโตซาน. *การสัมมนาทางวิชาการเรื่องความร่วมมือของภาครัฐและเอกชนในการพัฒนา การผลิตและการใช้สารไคติน-ไคโตซานแบบครบวงจร*. โรงแรมไอเฟิล จังหวัดระนอง.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ภาษาอังกฤษ**

Agrawal, G.K., Rakwal, R., Tomogami, S., Shigeru., Yonekura, M., Kubo, A. and Saji, H. 2002 . Chitosan activatesdefense/ stress response(s) in the leaves of *Oryza sativa* seedlings. *Plant Physiol. Biochem*. 40: 1061-1069.

Agrios, G. N. 1997. *Plant Pathology 4th ed*. Academic Press. U.S.A.

Albersheim, P. and Anderson-Prouty, A. J. 1975. Carbohydrates, proteins, cell surfaces and biochemistry of pathogenesis. *Annu Rev Physiol*. 26: 31-52.

Barber, M. S., Bertram, R. E. and Ride, J. P. 1989. Chitin oligosaccharides elicit lignification in wounded wheat leaves. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 34: 3-12.

Barka, E.A., Eullaffroy, P., Clement, C. and Vernet, G. 2004. Chitosan improves development and protect *Vitis vinifera* L. against *Botrytis cinerea*. *Plant cell Rep*. 22: 608-614.

Benhamou, N., Lafontaine, P.J. and Nicole, M. 1994. Induction of systemic resistance to fusarium crown and root rot in tomato plant by seed treatment with chitosan. *Phytopathology*. 84: 1432-1444.

Bernasconi, P., Jolles, P. and Pilet, P.E. 1986. Increase of lysozyme and chitinase in *Rubus* calli caused by infection and some polymers. *Plant Science*. 44: 79-83.

Broadway, P., Funk, C., Haner, A. and Villegas, M. 1989. A procedure for the determination of optimal chitosan concentrations for elicitation of cultured plant cells. *Phytochemistry*. 28: 2651-2654.

Chong, T. M., Abdullah, M. A., Lai, O. M., Nor'Aini, F. M. and Lajis, N. H. 2005. Effective elicitation factors in *Morinda elliptica* cell suspension culture. *Process Biochemistry*. 40: 3397-3405.

Conrath, U., Domard, A. and Kauss, H. 1989. Chitosan-elicited synthesis of callose and of coumarin derivatives in parsley cell suspension cultures. *Plant Cell Reports*. 8: 179-184.

Deng, C. M., He, L. Z., Zhao, M., Yang, D. and Du, Y. 2007. Biological properties of the chitosan-gelatin sponge wound dressing. *Carbohydrate Polymers*. 69 (2007): 583-589.

Doares, S. H., Syrovests, T., Weiler, E. W. and Ryan, C. A. 1995. Oligogalacturonides and chitosan activate plant defensive genes through the octadecanoid pathway. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 92: 4095-4098.

Flocco, C. G., Pitta-Alvarez, S. and Giulietti, A. M. 2001. Effect of chitosan and acetic acid on the peroxidase component of hairy root cultures of *Armoracia lapathifolia*. [online]. Available from: http://www.redbio.org/port/encuentros/enc 2001/Poster/02/02 pdf./02-051.pdf [2 February, 2001 ]

Hadwiger, L.A., Ogawa, T. and Kuyama, H. 1994. Chitosan polymer size effective in induction phytoalexin accumulation and fungal suppression are verified with synthesized oligomers. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 7: 531-533.

Hirano, S., Hayashi, M., Nishida, T. and Yamamoto, T. 1988. Chitinase activity of some seeds during their germination process and its induction by treating with chitosan and derivatives, Chitin and Chitosan: Proceeding from the 4th International Conference on chitin and chitosan. *Elsevier Applied Science*. London. pp. 743-747.

Hirano, S., Koishibara, Y., Kitaura, S., Taneko, T., Tsuchida, H., Murae, K. and Yamamoto, T. 1991. Chitin biodegradation in sand dunes. *Biochemical Systematics and Ecology*. 19: 379-384.

Hoven, V. P., Mutchapato, C., Iwasaki, Y. and Ito, T. 2003. Blood compatibility of chitosan/poly (styrene sulfonate) assembled thin film. *The National Chitin-Chitosan Conference*. pp. 30-33. 17-18 July 2003. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Jangchud, I., Sumitra, P. and Jangchud, A. 2003. Study of edible film from blends of chitosan and ester-modified starch. *The National Chitin-Chitosan Conference*. pp. 143-145. 17-18 July 2003. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Joas, J., Caro, Y., Ducamp, M. N. and Reynes, M. 2005. Postharvest control of pericarp browning of litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn cv. Kwai Mi) by treatment with chitosan and organic acids I. Effect of pH and pericarp dehydration. *Posthavest Biology and Technology*. 38: 128-136.

Kamble, S. P., Jagtap, S., Labhsetwar, N. K., Thakare, D., Godfrey, S., Devotta, S. and Rayalu, S. S. 2006. Defluoridation of drinking water using chitin, chitosan and lanthanum-modified chitosan. *Chemical Engineering Journal*. 129 (2007): 173-180.

Komaraiah, P., Ramakrishna, S. V., Reddanna, P. and Kavi Kishor, P.B. 2003. Enhanced production of plumbagin in immobilized cells of *Plumbago rosea* by elicitation and in situ adsorption. *Journal of Biotechnology*. 101: 181-187.

Laflamme, P., Benhamou, N., Bussieres, G. and Dessureault, M. 1999. Differential effect of chitosan on root rot fungal pathogens in for forest nurseries. *The Canadian Journal of Botany*. 77: 1460-1468.

Lertsutthiwong, P., Chandrkrachang, S., Nazhad, M.M. and Stevens, W.F. 2002. Chitosan as a dry strength agent for paper. *Appita J.* 55(3) : 208-212.

Limpanavech, P., Pichyangkura, R., Khunwasi, C., Chadchawan, S., Lotrakul, P., Bunjongrat, R., chaidee, A. and Akaraeakpanya, T. 2004. Chitosan effect on vegetative growth of *Dendrobium* 'EISKUL'. *Utilization of Chitosan in Flora*. pp. 1-8. 29-30 April 2004. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Limpanavech, P., Pichyangkura, R., Khunwasi, C., Chadchawan, S., Lotrakul, P., Bunjongrat, R., chaidee, A. and Akaraeakpanya, T. 2003. The effects of polymer sizes, concentration and %DD of chitosan on growth and floral production of *Dendrobium* 'Eiskul'. *The National Chitin-Chitosan Conference*. Bangkok Thailand. July 17-18, 2003. P. 60-64.

Mason, M.E. and Davis, J.M. 1997. Defense response in splash pine: Chitosan treatment alters the abundance of specific mRNA. *Mol Plant Microbe Interact* 10: 135-137.

Muzzarelli, R. A. A. 1976. Chitin. pp. 1-50. Italy.

Muzzarelli, R. A. A. and de Vincenzi, M. 1997. In Mattheus F. A. Goosen (ed). *Applications of Chitin and Chitosan*. pp. 115-125. PA. USA: Technomic Publishing.

Nge, K. L., New, N., Chandrkrachang, S. and Stevens, W. F. 2006. Chitosan as a growth stimulator in orchid tissue culture. *Plant Science*. 170: 1185-1190.

Notsu, S., Saito, N., Kosaki, H., Inui, H. and Hirano, S. 1994. Stimulation of phenylalanine ammonialyase activity and lignification in rice callus treated with chitin, chitosan, and their derivatives. *Biosci. Biotech. Biochem.* 58:552-553.

Ohta, K., Taniguchi, A., Konichi, N. and Hosoki, T. 1999. Chitosan treatment affects plant growth and flower quality in *Eustoma grandiflorum*. *HortScience.* 34: 233-234.

Ortmann, I., Sumowski, G., Bauknecht, H. and Moerschbacher, B. M. 2004. Establishment of a reliable protocol for the quantification of an oxidative burst in suspension-cultured wheat cells upon elicitation. *Physiological Molecular and Plant Pathology*. 64: 227-232.

Paulino, A. T., Guilherme, M. R., Reis, A. V., Tambourgi, E. B., Nozaki, J. and Muniz, E. C. 2006. Capacity of adsorption of $Pb^{2+}$ and $Ni^{2+}$ from aqueous solutions by chitosan produced from silkworm chrysalides in different degrees of deacetylation. *Journal of Hazardous Materials*.

Pen, L. T. and Jing, Y. M. 2003. Effect of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut Chinese water chestnut. *Lebensmittel-Wissenchaft and Technologie*. 36: 359-364.

Phaechamud, T., Koizumi, T. and Ritthidej, G. C. 2003. New method to determine the dissolution time of chitosan film coated tablets under the influence of storage condition. *The National Chitin-Chitosan Conference*. pp. 135-139. 17-18 July 2003. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Pospieszny, H. 1997. Antiviroid activity of chitosan. *Crop Protection*. 16: 105-106.

Pospieszny, H. and Atabekov, J. G. 1989. Effect of chitosan on the hypersensitive reaction of bean to alfafa mosaic virus. *Plant Science*. 62: 29-31.

Pospieszny, H., Chirkov, S. and Atabekov, J. G. 1991. Induction of antiviral in plants by chitosan. *Plants Science*. 79: 63-68.

Punyodom, W., Sooksamiti, P., Kasiwad, S., Lapanantnoppakhun, S. and Grudpan, K. 2003. Development of some types of chitosan membranes for on-line separation and dilution. *The National Chitin-Chitosan Conference*. pp. 113-116 . 17-18 July 2003. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Rutnakompituk, M., Boonchu, W. and Phinyocheep, P. 2003. Preparation of siloxane-modified chitosan films. *The National Chitin-Chitosan Conference*. pp. 16-19 . 17-18 July 2003. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Rhoades, J. and Roller, S. 2000. Antimicrobial actions of degraded and native chitosan against spoilage organisms in laboratory media and foods. *Applied and Environmental Microbiology*. 66: 80-86.

Sathiyabama, M. and Balasubramanian, R. 1998. Chitosan induces resistance components in *Arachis hypogaea* against leaf rust caused by *Puccinia arachidis* Speg. *Crop Protection*. 17: 307-313.

Sharathchandra, R.G., Niranjan Raj, S., Shetty, N.P., Amruthesh, K.N. and Shekar Shetty, H. 2004. A chitosan formulation Elexa ™ induces downy mildew disease resistance and growth promotion in pearl millet. *Crop Protection*. 23: 881-888.

Smith, C. J. 1996. Tansley Review No.86 Accumulation of phytoalexin: defence mechanism and stimulus response system. *New phytologist*. 132: 1-45.

Srinivasa, P. C., Baskaram, R., Ramesh, M. N., Harish Prashanth, K. V. and Tharanathan, R. N. 2002. Storage studies of mango packed using biodegradable chitosan film. *European Food Research and Technology*. 215: 1438-2377.

Struszczyk, H., Pospieszny, H. and Kotlinski, s. 1988. Some new applications of chitosan in agriculture, Chitin and Chitosan: Proceeding from the 4th International Conference on chitin and chitosan. *Elsevier Applied Science*. London. pp. 733-742.

Taiz, L. and Zeiger, E. 2002. *Plant Physiology Third edition*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland. USA.

Tham, L.X., Nagasawa, N., Matsuhashi, S., Ishioka, N.S., Ito, T. and Kume, T. 2001. Effect of radiation-degradeed chitosan on plant stressed with vanadium, *Radiation Physics and Chemistry*. 61: 171-175.

Uddin, A. F. M. J., Hashimoto. F., Shimizu, K. and Sakata, Y. 2004. Monosaccharides and chitosan sensing in bud growth and petal pigmentation in *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. *Scientia Horticulturae*. 100: 127-138.

Vander, P., Varum, K.M., Domatd, A., Gueddari, N.E.E. and Moerschbacher, B.M. 1998. Comparison of the ability of partial N-acetylated chitosans and chitooligosaccharides to elicit resistance reactions in wheat leaves. *Plant Physiol*. 118: 1353-1359.

Vasconseulo, A. A., Giuletti, A. M. and Boland, R. 2004. Signal transduction events mediating chitosan stimulation of an thraquinone synthesis in *Rubia tinctorum*. *Plant Science*. 166: 405-413.

Vasconseulo, A. A., Giuletti, A. M., Picotto, G., Rodriguez-Talou, J. and Boland, R. 2004. Involvement of the PLC/PKC pathway in chitosan-induced antharquinone production by *Rubia tinctorum* L. cell cultures. *Plant Science*. 165: 429-436.

Wang, Q., Zhang, N., Hu, X., Yang, J. and Du, Y. 2006. Chitosan/starch fibers and their properties for drug controlled release. *European Journal of Phamaceutics and Biophamaceutics*.

Zhang, D. and Quantick, P.C. 1997. Effect of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinessis* Sonn.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 12: 195-202.

# ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**สารเคมีสำหรับการเตรียมอาหารสูตร VW (modified Vacin and Went, 1949)**

| | |
|---|---|
| Tricalcium phosphate | $Ca_3(PO_4)_2$ |
| Potassium nitrate | $KNO_3$ |
| Monopotassium acid phosphate | $KH_2PO_4$ |
| Magnesium sulfate | $MgSO_4.7H_2O$ |
| Sodium ethylenediamine tetra-acetate | $Na_2EDTA$ |
| Ferrous sulfate | $FeSO_4.7H_2O$ |
| Manganese sulfate | $MnSO_4.\ 7H_2O$ |
| น้ำตาลซูโครส | |
| น้ำมะพร้าว | |
| วุ้น | |
| กล้วยหอม | |

**วิธีการเตรียมอาหารสูตร VW (modified Vacin and Went, 1949) ปริมาตร 1 ลิตร**

1. อาหารสำหรับเพิ่มปริมาณ protocorm-liked body (plb) ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’

1.1ใส่น้ำกลั่นประมาณ 250 มิลลิลิตร ในภาชนะขนาดใหญ่ เช่น flask หรือ beaker

1.2 เติม stock solution A จำนวน 100 มิลลิลิตร ซึ่งเตรียมได้จาก

| | | |
|---|---|---|
| $KNO_3$ | 5.25 | กรัม/ลิตร |
| $KH_2PO_4$ | 2.50 | กรัม/ลิตร |
| $(NH_4)_2SO_4$ | 5.00 | กรัม/ลิตร |
| $MnSO_4.H_2O$ | 0.057 | กรัม/ลิตร |

1.3 เติม stock solution B จำนวน 100 มิลลิลิตร ซึ่งเตรียมได้จาก

| | | |
|---|---|---|
| $MgSO_4.7H_2O$ | 2.50 | กรัม/ลิตร |

1.4 ผสม $FeSO_4.7H_2O$ กับ $Na_2EDTA$ ซึ่งชั่งมา 27.85 มิลลิกรัม และ 37.27 มิลลิกรัม ตามลำดับ โดยการละลายแต่ละสารลงในน้ำกลั่น อุ่นอุณหภูมิประมาณ 60°C แล้วจึงนำมารวมกัน ทำปริมาตรเป็น stock solution 1 ลิตร ตวง stock solution ดังกล่าวนี้ จำนวน 10 มิลลิลิตร เติมรวมไปกับสารละลายอาหาร

1.5 ค่อย ๆ ละลาย 0.20 กรัมของ $Ca_3(PO_4)_2$ ใน 1 N HCl เพิ่ม HCl จนกระทั่งสารละลายเริ่มใส ซึ่งจะใช้ HCl ประมาณ 3-3.5 มิลลิลิตร

1.6 เติมน้ำมะพร้าวอ่อน 150 มิลลิลิตร

1.7 เติมน้ำตาลทรายขาว 5 กรัม

1.8 เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรทั้งหมดเป็น 1 ลิตร

1.9 ปรับ pH ให้ได้ประมาณ 5.0

1.10 เทอาหารลงในภาชนะที่จะใช้เพาะเลี้ยง คือ flask 50 ml โดยใส่อาหารปริมาณ 20 ml

1.11 นำอาหารที่ใส่ภาชนะแล้วไปนึ่งฆ่าเชื้อ โดยนึ่งในหม้อนึ่งความดันที่ความดัน 15 ปอนด์ เป็นเวลา 20 นาที

2. อาหารสำหรับพัฒนา plb ให้เป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’

ขั้นตอนต่าง ๆ เหมือนกับการเตรียมอาหารสำหรับเพิ่มปริมาณ protocorm-liked body (plb) ยกเว้น

2.1 เติมน้ำตาลทรายขาว 10 กรัม

2.2 เติมกล้วยหอมดิบที่แก่เต็มที่แต่เปลือกยังเป็นสีเขียว หรือเริ่มมีสีเหลืองหนัก 100 กรัม (ประมาณ 1 ผลเล็ก) โดยบดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้นานประมาณ 15 วินาที

2 3 เติมวุ้นผง 8 กรัม โดยให้ความร้อนในขณะเติมพร้อมกับกวนเพื่อให้วุ้นละลายหมด จนกระทั่งส่วนผสมใส

3. อาหารสำหรับพัฒนาต้นอ่อนเพื่อให้เป็นต้นที่สมบูรณ์และพร้อมสำหรับการย้ายปลูกของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’

ขั้นตอนต่าง ๆ เหมือนกับการเตรียมอาหารสำหรับพัฒนา plb ให้เป็นต้นอ่อน ยกเว้น เติมน้ำตาลทรายขาว 20 กรัม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพานิยา พรเพียรภักดี เกิดวันพุธที่ 15 กรกฎาคม พ.ศ. 2524 ณ จังหวัดชลบุรี มีภูมิลำเนาอยู่ที่ บ้านเลขที่ 346 หมู่ที่ 1 ตำบลบ่อทอง อำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี รหัสไปรษณีย์ 20270 เข้าศึกษาในระดับประถมศึกษา โรงเรียนบ้านอมพนม จังหวัดชลบุรี ในปีการศึกษา 2531 เข้าศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ่อทองวงษ์จันทร์วิทยา ในปีการศึกษา 2537 จากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในปีการศึกษา 2540 ต่อมาได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2543 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2547 ในระหว่างการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ได้รับทุนจากศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน-ไคโตซาน เพื่อไปเสนอผลงานทางวิชาการในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วทท.) ครั้งที่ 31 แบบโปสเตอร์ (poster presentation) ณ จังหวัดนครราชสีมา และได้รับทุนจาก Department of Biological Science, National University of Singapore เพื่อไปเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการ 10th Biological Science Graduate Congress 2005 (Exploring the Biofrontiers) แบบบรรยาย (oral presentation) ณ ประเทศสิงคโปร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย