ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชสวน | พืชสวน

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การผลิตต้นกล้าฝรั่ง ‘แป้นสีทอง’ ทนไส้เดือนฝอยรากปมด้วยเชื้อเห็ดตับเต่า (*Boletus colossus* Heim.) ในสภาพปลอดเชื้อ

In Vitro Production of Root-knot Nematode Tolerant Guava Seedlings ‘Paen Sithong’ with King Bolete Culture (*Boletus colossus* Heim.)

นามผู้วิจัย นางสาวปานทิพย์ ขันวิชัย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ประภาพร ตั้งกิจโชติ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์กวิศร์ วานิชกุล, Dr.agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์สมชาย สุขะกูล, วท.ม.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์กฤษณา กฤษณพุกต์, D.Agr.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การผลิตต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ทนไส้เดือนฝอยรากปมด้วยเชื้อเห็ดตับเต่า (*Boletus colossus* Heim.) ในสภาพปลอดเชื้อ

In Vitro Production of Root-knot Nematode Tolerant Guava Seedlings 'Paen Sithong' with King Bolete Culture (*Boletus colossus* Heim.)

โดย

นางสาวปานทิพย์ ขันวิชัย

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปานทิพย์ ขันวิชัย 2555: การผลิตต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ทนไส้เดือนฝอยรากปมด้วยเชื้อเห็ดตับเต่า (*Boletus colossus* Heim.) ในสภาพปลอดเชื้อ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ประภาพร ตั้งกิจโชติ, Ph.D. 74 หน้า

ศึกษาการผลิตต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ร่วมกับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าในสภาพปลอดเชื้อ ตลอดจนการเติบโตและความทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*) ดังนี้

การฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดฝรั่ง'แป้นสีทอง' ด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรซ์ (คลอรอกซ์) ความเข้มข้น 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการใช้คลอรอกซ์ทุกความเข้มข้น ไม่พบการปนเปื้อนและเมล็ดฝรั่งมีเปอร์เซ็นต์ความงอก 60-67 เปอร์เซ็นต์

การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการขยายพันธุ์ฝรั่ง'แป้นสีทอง' ในสภาพปลอดเชื้อ โดยการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนพืช (ยอดและข้อ) บนอาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 1 2 3 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าการเพาะเลี้ยงส่วนยอดบนอาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัม/ลิตร และส่วนยอดและข้อบนอาหารชุดควบคุม มีจำนวนยอดและความยาวยอดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 4.2 ยอด/ชิ้นส่วนพืช และ 3.82 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนอาหารที่เหมาะสมต่อออกรากคือ อาหารสูตร ½ MS เติม NAA เข้มข้น 0 (ควบคุม) 0.1 0.15 และ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งกระตุ้นการออกรากไม่แตกต่างกัน เฉลี่ย 2.25 ราก/ชิ้นส่วนพืช นอกจากนี้ ความเข้มข้นของ NAA เพิ่มขึ้นทำให้ความยาวรากลดลง

ศึกษาการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าให้กับกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่ารากของต้นกล้าฝรั่งดังกล่าว แตกแขนงมากขึ้น แบบ monopodial–pinnate รากสั้น สีน้ำตาลเข้ม ส่วนการเติบโตทางกิ่งใบและมวลชีวภาพของต้นกล้าที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่ามากกว่าต้นควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า) และแตกต่างกัน ตั้งแต่เดือนที่ 4 จนสิ้นสุดการทดลอง นอกจากนี้ อัตราส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งรวมทั้งต้น (LAR) และพื้นที่ใบต่อมวลแห้งใบ (SLA) แตกต่างกันเฉพาะช่วง 2 เดือนแรก ในขณะที่ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) อัตราการเจริญเติบโต (CGR) และประสิทธิภาพการสร้างมวลแห้งต่อพื้นที่ใบ (NAR) ไม่แตกต่างกัน ตลอดการทดลอง

การศึกษาความทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปมของกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' พบว่าเชื้อเห็ดตับเต่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมโรครากปม โดยต้นกล้าที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่ามีจำนวนปมและกลุ่มไข่ลดลง ประมาณ 25 ปม และ 10 กลุ่มไข่ ตามลำดับ ส่งผลให้การเกิดโรคลดลงและรากพืชทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปมระดับปานกลาง

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Panthip Kanwichai 2012: *In Vitro* Production of Root-knot Nematode Tolerant Guava Seedlings 'Paen Sithong' with King Bolete Culture (*Boletus colossus* Heim.). Master of Science (Agriculture), Major Filed: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Associate Professor Prapaporn Tangkijchote, Ph.D. 74 pages.

In vitro production of guava seedlings 'Paen Sithong' with king bolete culture as well as the seedling growth and tolerance to root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*) were studied.

The guava seeds were surface steriled with sodium hypochlorite solution (Clorox®) at the concentration of 10 15 and 20 percentage. The results showed that the contamination was not found in all concentrations of Clorox® used, and the seed germination was 60-67 percentage.

The study of an appropriated medium for *in vitro* propagation of 'Paen Sithong' was done by culturing the explants (shoot and node) on MS medium supplemented with BA at the concentration of 0 (control) 1 2 3 and 4 milligrams/liter. The results indicated that the shoot cultured on MS medium plus BA 4 milligrams/liter, and the shoot and node cultured on the control medium had the maximum average shoot numbers and shoot length of 4.2 shoots/explant and 3.82 centimeters, respectively. The suitable medium for rooting was ½ MS medium plus NAA 0 (control) 0.1 0.15 and 0.2 milligrams/liter which did not promote rooting differently with an average of 2.25 roots/explant. Moreover, when the concentration of NAA increased, the root length decreased.

In vitro inoculation of king bolete culture to the guava seedlings 'Paen Sithong' was studied. The results showed that the roots of those guava seedlings increased more branching. The root pattern was monopodial-pinnate with short roots and dark brown color. The vegetative growth and biomass of those seedlings inoculated with king bolete culture were higher than the control (uninoculated), and were significantly different from the fourth month until the end of experiment. Moreover, the leaf area ratio (LAR), and the specific leaf area (SLA) were different only for the first two months whereas the leaf area index (LAI), the relative growth rate (RGR), the crop growth rate (CGR) and the net assimilation rate (NAR) were not different throughout the experiment.

The root-knot nematode tolerance of 'Paen Sithong' guava seedlings was determined. The results indicated that king bolete culture had efficiency in controlling root-knot nematodes. Those culture inoculated seedlings had lower gall numbers and egg masses, about 25 galls and 10 egg masses, respectively, which resulted in the decreased disease and the plant root tolerated root-knot nematode at a moderate level.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประภาพร ตั้งกิจโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักที่ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในครั้งนี้ตลอดจนให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และให้กำลังใจในการดำเนินงานวิจัยมาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. กวิศร์ วานิชกุล รองศาสตราจารย์สมชาย สุขะกูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร ลพ ภวภูตานนท์ ประธานในการสอบปากเปล่า และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร พงษ์นาถ นาถวรานันต์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกในการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้ายที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณตาสมสี กาฬภักดี คุณพ่ออำคา คุณแม่คำจอน และคุณพี่พัชรี ขันวิชัยที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนการศึกษาตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอน รวมทั้งขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆภาควิชาพืชสวนทุกคน ซึ่งให้ความช่วยเหลือหลายๆ ด้าน ทำให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ปานทิพย์ ขันวิชัย

เมษายน 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	11
ผลและวิจารณ์	20
สรุป	54
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	56
ภาคผนวก	62
ภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	63
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	74

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 การปนเปื้อนของเมล็ดฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอรอกซ์ความเข้มข้น 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังย้ายเมล็ดลงบนอาหาร water agar เป็นเวลา 30 วัน และเปอร์เซ็นต์ความงอก ภายหลังย้ายเมล็ดลงบนอาหาร สูตร MS เป็นเวลา 28 วัน 21

2 จำนวนยอดและความยาวยอดของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง’ ภายหลังการเพาะเลี้ยงส่วนยอดและข้อบนอาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น0 1 2 3 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 30 วัน 24

3 จำนวนยอดและความยาวยอดของต้นกล้าฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ ภายหลังการเพาะเลี้ยงส่วนยอดและข้อบนอาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น0 1 2 3 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 60 วัน 27

4 จำนวนรากและความยาวรากเฉลี่ยของต้นกล้าฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ ภายหลังการเพาะเลี้ยงยอดบนอาหารสูตร ½ MS เติม NAA ความเข้มข้น0 0.1 0.15 และ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 28 วัน 30

5 เปอร์เซ็นต์เอ็คโตไมคอร์ไรซาในรากต้นกล้าฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ ภายหลังการย้ายปลูกเป็นเวลา 1 2 3 4 และ 5 เดือน 36

6 ความสูง ขนาดลำต้น มวลแห้งต้น มวลแห้งรากเปอร์เซ็นต์เอ็คโตไมคอร์ไรซา จำนวนปม จำนวนกลุ่มไข่ การเกิดโรคและระดับความทนทานของรากฝรั่ง ‘แป้นสีทอง’ ต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม ภายหลังการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า อายุ 3 เดือน และใส่ไส้เดือนฝอยรากปม เป็นเวลา 2 เดือน 50

ตารางผนวกที่

1 ความสูงและความกว้างทรงพุ่มของต้นกล้าฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูกเป็นเวลา 0 1 2 3 4 และ 5 เดือน 64

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
2	ขนาดลำต้นและจำนวนคู่ใบของต้นกล้าฝรั่งเป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูก เป็นเวลา0 1 2 3 4 และ 5 เดือน	65
3	พื้นที่ใบและค่าดัชนีความเขียวใบของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าและปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูก เป็นเวลา0 1 2 3 4 และ 5 เดือน	66
4	มวลแห้งรวมทั้งต้นและมวลแห้งรวมส่วนเหนือดินของต้นกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูก เป็นเวลา0 1 2 3 4 และ 5 เดือน	67
5	มวลแห้งต้นและมวลแห้งใบของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูก เป็นเวลา0 1 2 3 4 และ 5 เดือน	68
6	มวลแห้งรวมส่วนใต้ดินและมวลแห้งรากใหญ่ของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูก เป็นเวลา 0 1 2 3 4 และ 5 เดือน	69
7	มวลแห้งรากเล็กและสัดส่วนยอดต่อรากของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูก เป็นเวลา 0 1 2 3 4 และ 5 เดือน	70
8	สัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งรวมทั้งต้นและสัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งใบของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูก เป็นเวลา0 1 2 3 4 และ 5 เดือน	71
9	ดัชนีพื้นที่ใบและอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูก เป็นเวลา 0 1 2 3 4 และ 5 เดือน	72
10	อัตราการเจริญเติบโตของพืชและประสิทธิภาพการสร้างมวลแห้งต่อพื้นที่ใบในช่วงเวลาหนึ่งของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูก เป็นเวลา0 1 2 3 4 และ 5เดือน	73

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เมล็ดฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอรอกซ์ ความเข้มข้น10 เปอร์เซ็นต์ (A) 15 เปอร์เซ็นต์ (B) และ 20 เปอร์เซ็นต์ (C) ภายหลังย้ายเมล็ดลงบนอาหารwater agar เป็นเวลา 30 วัน	22
2	ต้นกล้าฝรั่งที่งอกภายหลังวางเมล็ดที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลาย คลอรอกซ์ความเข้มข้น10 เปอร์เซ็นต์ (A) 15 เปอร์เซ็นต์ (B) และ 20 เปอร์เซ็นต์ (C) บนอาหารสูตร MS เป็นเวลา 28 วัน	22
3	การเจริญของส่วนยอดและข้อของต้นกล้าฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ เพาะเลี้ยงบน อาหารสูตร MS และเติม BA ความเข้มข้น0 1 2 3 4 มิลลิกรัม/ลิตร (ส่วนยอด: A, B, C, D, E) และ (ส่วนข้อ: F, G, H, I, J) เป็นเวลา 30 วัน	25
4	การเจริญของส่วนยอดและข้อของต้นกล้าฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ เพาะเลี้ยงบน อาหารสูตร MS และเติม BA ความเข้มข้น0 1 2 3 4 มิลลิกรัม/ลิตร (ส่วนยอด: A, B, C, D, E) และ (ส่วนข้อ: F, G, H, I, J) เป็นเวลา 60 วัน	28
5	ต้นและรากของต้นกล้าฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ ภายหลังการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ½ MS เติม NAA ความเข้มข้น0 0.1 0.15 และ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร (A, B, C และ D) เป็นเวลา 28 วัน	31
6	ต้นกล้าฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ½ MS ดัดแปลง ภายหลัง การไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(A) และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(B) ในสภาพปลอดเชื้อ อายุ 60 วัน	33
7	ลักษณะของรากฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ และโครงสร้างภายในตัดตามขวางด้วยมือ (freehand section) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ภายหลังการไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า (A) และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า (B) ในสภาพปลอดเชื้อ อายุ 60 วัน	34
8	การเติบโต (A) ความสูง (B) ความกว้างทรงพุ่ม (C) ขนาดลำต้น(D) จำนวน คู่ใบ (E) พื้นที่ใบ และ (F) ดัชนีความเขียวใบของต้นกล้าฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ ภายหลังการย้ายปลูกเป็นเวลา 0 1 2 3 4 และ 5 เดือน	39
9	การเติบโตของต้นกล้าฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ ภายหลังการไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า (A) และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(B) และย้ายปลูกเป็นเวลา 5 เดือน	40

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
10	มวลชีวภาพของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' (A) มวลแห้งรวมทั้งต้น(B) มวลแห้งรวมส่วนเหนือดิน (C) มวลแห้งต้น (D) มวลแห้งใบ (E) มวลแห้งรวมส่วนใต้ดิน (F) มวลแห้งรากใหญ่ (G) มวลแห้งรากเล็ก และ (H) สัดส่วนยอดต่อราก ภายหลังการย้ายปลูก เป็นเวลา0 1 2 3 4 และ 5 เดือน	43
11	ลักษณะรากของกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ภายหลังการไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(A) และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า (B) และย้ายปลูกเป็นเวลา 5 เดือน	44
12	องค์ประกอบการเติบโต ได้แก่ (A) สัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งรวมทั้งต้น (LAR) (B) สัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งใบ (SLA) (C) ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) (D) อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์(RGR) (E) อัตราการเจริญเติบโตของพืช และ (F) ประสิทธิภาพการสร้างมวลแห้งต่อพื้นที่ใบในช่วงเวลาหนึ่ง(NAR) ของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ภายหลังการย้ายปลูก เป็นเวลา1 2 3 4 และ 5 เดือน	47
13	ต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(A) และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(B) ภายหลังใส่ไส้เดือนฝอยรากปม0 200 และ 400 ตัว/ถ้วย [(A1, B1) (A2, B2) และ (A3, B3)] เป็นเวลา 2 เดือน	52
14	รากของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(A) และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(B) ภายหลังใส่ไส้เดือนฝอยรากปม0 200 และ 400 ตัว/ถ้วย[(A1, B1) (A2, B2) และ (A3, B3)] เป็นเวลา 2 เดือน	53

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การผลิตต้นกล้าฝรั่ง ‘แป้นสีทอง’ ทนไส้เดือนฝอยรากปมด้วยเชื้อเห็ดตับเต่า (*Boletus colossus* Heim.) ในสภาพปลอดเชื้อ

In Vitro Production of Root-knot Nematode Tolerant Guava Seedlings ‘Paen Sithong’ with King Bolete Culture (*Boletus colossus* Heim.)

คำนำ

ฝรั่งเป็นผลไม้เขตร้อนที่มีศักยภาพสูงในการผลิตในประเทศไทยเนื่องจากดูแลรักษาง่าย เจริญเติบโตเร็ว ให้ผลผลิตตลอดทั้งปี นอกจากนี้ฝรั่งยังมีรสชาติดีและมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิตามินซี และใยอาหาร จึงเหมาะสำหรับรับประทานผลสดหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ (Cabral *et al*., 2007)

ปัจจุบันปริมาณผลผลิตฝรั่งลดลง เนื่องจากการแพร่ระบาดของไส้เดือนฝอยรากปม โดยในปี พ.ศ. 2549 พบว่ามีพื้นที่ปลูกฝรั่งที่ได้รับความเสียหายอย่างน้อย 7,500 ไร่ และปริมาณความเสียหายเพิ่มขึ้น เนื่องจากฝรั่งพันธุ์การค้าในปัจจุบันได้แก่ ‘กลมสาลี่’ ‘เย็นสอง’ และ ‘แป้นสีทอง’ เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อไส้เดือนฝอยรากปม ประกอบกับประเทศไทยมีสภาพแวดล้อม เช่นอุณหภูมิ ความชื้นดิน เป็นต้น เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตและขยายพันธุ์ของไส้เดือนฝอยรากปม (ศุภวรรณ, 2544; สมชาย, 2549)

การควบคุมโรคทางระบบรากที่เกิดจากไส้เดือนฝอยเข้าทำลายนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเขตกรรม การใช้ความร้อน และการใช้สารเคมี เป็นต้นแต่วิธีการดังกล่าวมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ต้นฝรั่งมีระบบรากลึก และดินดูดซับสารเคมี การใช้พันธุ์ต้านทานเป็นวิธีการควบคุมไส้เดือนฝอยที่มีประสิทธิภาพสูง แต่ใช้เวลานาน (สมชาย, 2549) ดังนั้นการควบคุมไส้เดือนฝอยโดยชีววิธี (biological control) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อม รวมทั้งมีจุลินทรีย์ปฏิปักษ์หลายชนิดที่สามารถควบคุมไส้เดือนฝอยได้ดี เช่น แบคทีเรีย *Bacillus subtilis, Acinetobacter baumannii* เชื้อรา *Arthobotrys oligospora*, *Verticillium chlamydosporium* เป็นต้น เส้นใยเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) เห็ดหอม (*Lentinus edodes*) รวมทั้งเห็ดตับเต่า (*Boletus colossus*) (ศลิษา, 2547; อมรศรี, 2548; จิระเดช, 2549; นำทิพย์ 2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เห็ดตับเต่าจัดเป็นราเอ็คโตไมคอร์ไรซา(ectomycorrhiza) ที่มีประโยชน์ต่อพืช โดยเส้นใยของราที่เจริญห่อหุ้มรากต้นไม้เหมือนนวม มีส่วนช่วยเพิ่มการดูดซับน้ำและแร่ธาตุ รวมทั้งป้องกันโรคที่เกิดกับรากได้(อุทัยวรรณ, 2537; อนงค์ และคณะ, 2543) ซึ่งการปลูกเชื้อเห็ดดังกล่าวให้กับกล้าไม้โดยการใช้เส้นใย(mycelial inoculum) หรือหัวเชื้อเห็ดบริสุทธิ์ (spawn) เป็นวิธีที่นิยม แต่ต้องใช้เชื้อปริมาณมากดังนั้นแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวคือ ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าในสภาพปลอดเชื้อร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ซึ่งวิธีการนี้ใช้เชื้อเห็ดบริสุทธิ์ปริมาณน้อย เส้นใยของราสามารถเจริญสัมผัสรวมทั้งเข้าอยู่อาศัยในรากของต้นไม้ได้ดี และตรวจสอบการอยู่ร่วมกันระหว่างเชื้อรากับรากพืชได้ง่ายโดยสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงของรากและสีราก ตลอดจนสามารถผลิตกล้าไม้ทนทานโรคได้จำนวนมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดฝรั่ง‘แป้นสีทอง’

2. ศึกษาสูตรอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อการเพิ่มยอดและการออกรากของฝรั่ง‘แป้นสีทอง’

3. ตรวจสอบลักษณะของรากและศึกษาการเติบโตของต้นกล้าฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ ภายหลังการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า

4. ศึกษาความทนทานของต้นกล้าฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ ภายหลังการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าต่อไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ฝรั่ง

ฝรั่ง (*Psidium guajava* L.) มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปอเมริกาบริเวณตั้งแต่เม็กซิโกตอนใต้จนถึงเปรู แพร่กระจายเข้ามาในประเทศไทยสมัยกรุงศรีอยุธยาโดยปลูกประดับตามบ้านเรือน ปัจจุบันฝรั่งพันธุ์การค้าของไทยเป็นพันธุ์ที่นำเข้าจากประเทศเวียดนาม ตั้งแต่ปี พศ. 2517 ส่วนการปรับปรุงพันธุ์ทำให้ได้ลูกผสมหลากหลายสายพันธุ์ ได้แก่ 'เย็นสอง' 'กลมสาลี่' และ 'แป้นสีทอง' เป็นต้น ซึ่งพันธุ์ดังกล่าวมีคุณภาพผลตรงตามความต้องการของผู้บริโภค (ไพโรจน์, 2531) นอกจากนี้ฝรั่งยังจัดเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยในเนื้อผลหนัก 100 กรัม ประกอบด้วยแคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินเอ โดยเฉพาะวิตามินซีซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสูงสุดถึง 144 มิลลิกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้เขตร้อน 9 ชนิด ได้แก่ กล้วย แก้วมังกร ชมพู่ มะกอก มะเฟือง มะม่วง มะละกอ ลางสาด และส้ม เป็นต้น (Lim *et al*., 2007)

ฝรั่งเป็นไม้ผลที่นิยมปลูกเนื่องจาก ดูแลรักษาง่ายออกดอกติดผลตลอดทั้งปี สามารถกำหนดรอบการออกผลได้ด้วยวิธีการตัดแต่งกิ่งและเติบโตได้ในดินหลายชนิด เช่น ดินทราย ดินร่วน ดินเหนียว และดินที่มีสภาพความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 4.5-8.2 (สุรัสวดี, 2532; สัมฤทธิ์, 2538) ปี พ.ศ. 2551 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกฝรั่ง จำนวน 44,475 ไร่ แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในจังหวัดนครปฐม ราชบุรี และสมุทรสาคร (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2551) ซึ่งปัญหาของการปลูกฝรั่งเพื่อการค้าในปัจจุบัน ได้แก่โรคและแมลงที่ทำลายใบและผล เช่น โรคใบจุดสนิม เพลี้ยแป้งและแมลงวันทอง เป็นต้นและยังพบไส้เดือนฝอยรากปมเข้าทำลายระบบรากในปี พ.ศ. 2549 มีพื้นที่ได้รับความเสียหายจากไส้เดือนฝอยรากปมอย่างน้อย 7,500 ไร่ และความเสียหายเพิ่มขึ้น โดยพื้นที่การระบาดรุนแรงอยู่ในจังหวัดนครปฐม เพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ (สมชาย, 2549)

ลักษณะทั่วไปของไส้เดือนฝอยรากปม *(Meloidogyne incognita)*

ไส้เดือนฝอยรากปม เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง (invertebrate) ลำตัวกลมและเรียวยาว ไม่มีข้อปล้อง ขนาดเล็ก มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า (อนันต์, 2529) ไส้เดือนฝอยรากปมเพศผู้และเพศเมียมีลักษณะแตกต่างกันโดยเพศเมียรูปร่างอ้วนกลมคล้ายขนมทองหยอด (saccate form) ฝังตัวอยู่ในรากพืช ส่วนเพศผู้มีลำตัวเรียวยาวรูปร่างคล้ายหนอนตัวกลม เคลื่อนที่เข้าออกรากพืชอย่างอิสระ (มัทนา, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วงจรชีวิต

สืบศักดิ์(2532) รายงานว่าวงจรชีวิตของไส้เดือนฝอยรากปมมี 2 ระยะ คือ

1. ระยะหากินเป็นอิสระ ระยะนี้ไข่ของไส้เดือนฝอยอยู่ในกลุ่มไข่ซึ่งถูกหุ้มด้วยสารพวกเจลาติน เมื่อความชื้นในดินสูงทำให้ไส้เดือนฝอยรากปมฟักออกจากไข่เป็นตัวอ่อนระยะที่2 เคลื่อนที่อยู่ระหว่างฟิล์มของน้ำผิวดิน

2. ระยะเป็นปรสิต ตัวอ่อนระยะที่ 2 เคลื่อนที่เข้าหารากพืชได้ด้วยสารที่ปลดปล่อยออกมาจากราก (root exudates) และคาร์บอนไดออกไซด์จากจุลินทรีย์ โดยไส้เดือนฝอยเพศเมียฝังตัวเฉพาะส่วนหัวอยู่บริเวณเซลล์ของรากต่อมาเจริญเป็นตัวเต็มวัยและวางไข่เพื่อขยายพันธุ์ต่อไป

ลักษณะอาการของพืชที่เกิดจากการทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม

เซลล์บริเวณรากพืช ถูกทำลายโดยตัวอ่อนระยะที่2 ของไส้เดือนฝอยรากปมด้วยการใช้หลอดอาหาร (stylet) ดูดน้ำและอาหารจากเซลล์ดังกล่าว จากนั้นเซลล์แบ่งตัวผิดปกติ ขยายรวมกันเป็นเซลล์ขนาดใหญ่เรียกว่า เซลล์ยักษ์(giant cell) ส่งผลให้รากบวมเป็นปุ่มปม ปิดท่อลำเลียงน้ำและอาหารจากรากที่ส่งไปยังลำต้นส่วนบนทำให้ต้นฝรั่งหยุดการเจริญเติบโต ต้นโทรม (slow decline) ใบเปลี่ยนสีคล้ายอาการขาดธาตุอาหาร ออกดอกติดผลน้อย และผลมีขนาดเล็กไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้การเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยยังส่งเสริมให้เกิดภาวะโรคร่วม (disease complex) จากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* และ *Phythium* sp. ทำให้ความเสียหายของโรครุนแรงมากขึ้น (สมชาย, 2549)

การป้องกันกำจัดไส้เดือนฝอยรากปม

สมชาย (2549) รายงานว่าการควบคุมและป้องกันกำจัดไส้เดือนฝอยรากปม สามารถทำได้หลายวิธี แบ่งเป็นวิธีการหลักๆดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การเขตกรรม

การไถพรวนดินตากแดด การไขน้ำท่วมแปลงการใส่อินทรีย์วัตถุลงในดินและการปลูกพืชหมุนเวียน

2. การใช้พันธุ์ต้านทาน

จัดเป็นวิธีการควบคุมไส้เดือนฝอยที่มีประสิทธิภาพ แต่พันธุ์พืชต้านทานมักเป็นพันธุ์ป่าไม่นิยมปลูกเป็นการค้า และมีความต้านทานเฉพาะเจาะจงกับชนิดของไส้เดือนฝอยศัตรูพืช นอกจากนี้วิธีการปรับปรุงพันธุ์พืชต้านทานต้องใช้เวลานานซึ่งปัจจุบันพันธุ์ฝรั่งที่มีคุณสมบัติทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปมและส่งเสริมให้เกษตรกรใช้เป็นต้นตอคือKUGUARD (‘HORT-R1’) ซึ่งคัดเลือกพันธุ์โดยรองศาสตราจารย์อุณารุฒบุญประกอบ (เพ็ญพิชญา, 2553)

3. การใช้สารเคมี

การใช้สารเคมีกำจัดไส้เดือนฝอยเริ่มจากประเทศสหรัฐอเมริกาแนะนำให้เกษตรกรใช้สารเคมีในการรมดิน เช่น D-D (1, 3-dichloropropene และ 1, 2-dichloropropane), EDB (ethylene dibromide) และ DBCP (1, 2-dibromo-3-chloropropane) ซึ่งสารเคมีดังกล่าวเมื่อใส่ลงไปในดินจะเปลี่ยนสภาพเป็นไอพิษฆ่าไส้เดือนฝอยและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อยู่ในดิน(ประชา, 2535)

4. การควบคุมโดยชีววิธี

เชื้อจุลินทรีย์ในดินหลายชนิด เช่น แบคทีเรีย*Bacillus penetrans*, *Acinetobacter baumannii* เชื้อรา *Arthobotrys oligospora*, *A. dactyloides*, *Dactyrella oviparasiticus*, *Paecilomyces lilacinus* และ *Verticillium chlamydosporium* สร้างสารที่มีฤทธิ์ฆ่าไส้เดือนฝอย (nematicidal compounds) บางครั้งอาจส่งอิทธิพลทางอ้อม คือทำให้รากพืชสูญเสียคุณสมบัติในการดึงดูดไส้เดือนฝอยเข้าหารากโดยการเปลี่ยนแปลงสารที่รากพืชขับออกมา หรือชักนำให้พืชเกิดความต้านทาน นอกจากนี้การปลูกต้นมะเขือเทศในวัสดุปลูกผสมกับก้อนเชื้อเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) และเห็ดหอม (*Lentinus edodes*) ที่หยุดเก็บดอกแล้ว ปริมาณ10 20 30 และ 40 กรัม/ต้น ใส่ตัวอ่อนระยะที่2 ของไส้เดือนฝอยรากปม จำนวน300 ตัว/กระถาง พบว่าก้อนเชื้อเห็ดทั้ง2 ชนิด ปริมาณ 40 กรัม สามารถลดการเกิดปม ขนาดปม และปริมาณการสร้างกลุ่มไข่ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

80 เปอร์เซ็นต์ แต่ข้อจำกัดของวิธีการดังกล่าวคือ ต้องเตรียมเชื้อราปฏิปักษ์ปริมาณมากและเชื้อราปฏิปักษ์อาจไม่สามารถแข่งขันกับสิ่งมีชีวิตในดินได้ดี ดังนั้นการผลิตเชื้อราปฏิปักษ์เพื่อควบคุมไส้เดือนฝอยจึงต้องคำนึงถึงการเพิ่มความสามารถในการตั้งรกราก (establishment) ตลอดจนการรักษาปริมาณ (maintenance) และประสิทธิภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ในดินให้คงที่ ภายใต้สภาพแวดล้อมแตกต่างกัน(ศลิษา, 2547; อมรศรี, 2548; จิระเดช, 2549)

การปลูกเชื้อราไมคอร์ไรซา (inoculation with mycorrhizal fungi) ให้แก่พืชเป็นวิธีการหนึ่งในการควบคุมโรคโดยชีววิธี เพื่อป้องกันและเพิ่มความทนทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคพืช (จิระเดช, 2549) ซึ่งราไมคอร์ไรซาจัดเป็นความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiotic relationships) ระหว่างเชื้อรากับเซลล์รากพืชชั้นสูงที่มีชีวิต กล่าวคือต้นพืชให้สารประกอบคาร์โบไฮเดรต และสารประกอบอื่นๆ จากกระบวนการเมตาบอลิซึมที่เป็นประโยชน์แก่รา ส่วนราช่วยเพิ่มธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และธาตุอื่นๆ แก่ต้นพืช สามารถแบ่งราไมคอร์ไรซาเป็น 2 ชนิด ตามรูปแบบของเส้นใยราที่พบบริเวณคอร์เทกซ์ (cortex) (ทนุวงศ์, 2534) ดังนี้

เอ็นโดไมคอร์ไรซา (endomycorrhiza) เส้นใยของราสานกันอย่างหลวมๆ อยู่ที่ผิวราก ในขณะที่เส้นใยบางส่วนเจริญอยู่ภายในเซลล์ของคอร์เทกซ์และสร้างโครงสร้างพิเศษสำหรับดูดธาตุอาหารเรียก ฮอสทอเรียม (haustorium) ซึ่งมี 2 ลักษณะคือ รูปร่างคล้ายรากไม้แตกกิ่งก้านสาขาเรียกอาร์บัสคูล (arbuscule) และรูปร่างกลมเรียก เวสสิเคิล (vesicle)

เอ็คโตไมคอร์ไรซา (ectomycorrhiza) เส้นใยราเจริญคลุมผิวรากอัดกันแน่น (compact sheath) เป็นแผ่นเรียก แผ่นแมนเทิล (mantle sheath) ในขณะเดียวกันเส้นใยราบางส่วนเจริญเข้าสู่ช่องว่างระหว่างเซลล์ของคอร์เท็กซ์เกิดเป็นร่างแหเรียก ฮาร์ติกเน็ท (hartig net) ส่วนใหญ่ราดังกล่าวอยู่ใน Subdivision Basidiomycotina เป็นราที่สร้างดอกเห็ดรูปร่างคล้ายร่ม เช่น เห็ดระโงกขาว (*Amanita princeps*) เห็ดตะไคล (*Russula virescens*) หรือเห็ดบางชนิดอาจมีรูปร่างกลมได้แก่ เห็ดเผาะ (*Astraeus hygrometricus*) เป็นต้น โดยพืชที่มีเห็ดดังกล่าวขึ้นอยู่เป็นไม้ป่าเกือบทั้งหมด (อุทัยวรรณ, 2537, 2547) ส่วนเห็ดตับเต่า (*Boletus colossus*) (ราชบัณฑิตสถาน, 2539) มีพืชอาศัยที่เป็นไม้เศรษฐกิจและไม้ผลหลายชนิดได้แก่ ยูคาลิปตัส ขนุน มะกอกน้ำ มะม่วง และหว้าเป็นต้น (อนงค์ และ อัจฉรา, 2530; ดีพร้อม, 2541)

จากการศึกษาของสาวิตรี (2550) พบว่าการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าซึ่งเลี้ยงในเมล็ดข้าวฟ่างปริมาณ 40 และ 60 กรัม/ต้น ให้กับต้นกล้ายูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) โคลนซี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ 76 สามารถส่งเสริมให้ต้นกล้าดังกล่าวเจริญเติบโตทางด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม มวลแห้งส่วนเหนือดิน มวลแห้งส่วนใต้ดิน มวลแห้งรวม และพื้นที่ใบมากขึ้น นอกจากนี้ น้ำทิพย์ (2553) ยังพบว่าน้ำกรองจากเส้นใยเห็ดตับเต่าความเข้มข้น 20 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร สามารถลดจำนวนปมและกลุ่มไข่ของไส้เดือนฝอยรากปมในต้นกล้าพริกขี้หนูลูกผสมซุปเปอร์ฮอท' ได้ ดังนั้นการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าให้กับไม้ผล อาจช่วยส่งเสริมการเติบโตและควบคุมโรคที่เกิดกับรากได้

การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่ามีหลายวิธี ได้แก่

1. การเพาะเชื้อด้วยเบสิดิโอสปอร์และดอกเห็ด (basidiospore and sporocarp inoculum) โดยการราดสปอร์แขวนลอยลงในดิน และการผสมสปอร์หรือดอกเห็ดกับวัสดุปลูกโดยตรง (อนิวรรต, 2542)

2. การใช้เส้นใย (mycelial inoculum) หรือหัวเชื้อเห็ดบริสุทธิ์ (spawn) โดยแยกและเลี้ยงเส้นใยเห็ดตับเต่าบนอาหารวุ้นและเมล็ดธัญพืช ได้แก่ ข้าวฟ่าง เป็นต้น จากนั้นปลูกหัวเชื้อเห็ดดังกล่าวให้กับกล้าไม้ ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมเพราะสามารถปลูกราที่ต้องการได้ แต่การนำไปใช้ในโรงเรือนเพาะชำขนาดใหญ่ยังมีปัญหาเรื่องการผลิตหัวเชื้อเห็ดให้มีปริมาณเพียงพอ (อุทัยวรรณ, 2537) ดังนั้นการปลูกเชื้อเห็ดดังกล่าวในสภาพปลอดเชื้อโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อน่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสม อีกทั้งตรวจสอบการอยู่ร่วมกันระหว่างเชื้อรากับรากพืชได้ง่าย และสามารถผลิตกล้าไม้ทนทานต่อไส้เดือนฝอยได้จำนวนมาก

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (Plant tissue culture)

เป็นการกระตุ้นเซลล์หรือชิ้นส่วนพืช ได้แก่ ยอด ใบ ดอก อับละอองเกสร ผล หัว และราก ให้เจริญเติบโต หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงตามความต้องการบนอาหารวิทยาศาสตร์ในสภาพปลอดเชื้อ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่สามารถควบคุมได้เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง โดยใช้หลักความสมดุลของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช เป็นตัวกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงและการพัฒนาของเนื้อเยื่อ (อภิชาติ, 2547)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Murashige (1974) กล่าวว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมี3 ขั้นตอน คือ

1. การเตรียมเนื้อเยื่อให้ปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ โดยการทำความสะอาดและฟอกฆ่าเชื้อผิวเนื้อเยื่อพืช ซึ่งสารฟอกฆ่าเชื้อที่นิยมใช้คือ เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alchohol) ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (calcium hypochlorite) และโซเดียมไฮโปคลอไรซ์ หรือ คลอรอกซ์ (sodium hypochlorite, chlorox) (บุญยืน, 2547) จากรายงานของ Loh and Rao (1989) กล่าวว่าการแช่เมล็ดฝรั่ง 'Vietnamese Pear' ในแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ นาน 3 นาที และฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอรอกซ์ความเข้มข้น20 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร นาน 15 นาที ไม่พบการปนเปื้อน และต้นกล้าที่งอกมีลักษณะเหมาะสมในการชักนำให้เกิดยอดต่อไป

2. การเพิ่มปริมาณเนื้อเยื่อและชักนำให้เกิดต้นบนอาหารวิทยาศาสตร์ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ซึ่งสารดังกล่าวอาจแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ตามรายงานของ ศิวพงศ์(2546)

ออกซิน (Auxins) ช่วยกระตุ้นการขยายขนาดเซลล์ การยืดตัวของเซลล์ และการเกิดรากพืชสามารถสร้าง IAA (indole acetic acid) ได้เองจากบริเวณตายอด และบริเวณอื่นๆ ที่มีเนื้อเยื่อเจริญ เช่น เมล็ด แคมเบียม และปลายราก นอกจากนี้ยังมีออกซินสังเคราะห์อื่นๆ ที่ใช้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ได้แก่IBA (indole butyric acid), 2, 4-D (2, 4-dichlorophenoxy acetic acid) และ NAA (naphthalene acetic acid) เป็นต้น

ไซโตไคนิน (Cytokinin) ช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ชักนำให้เกิดยอดและแตกตาข้าง พืชสามารถสร้างไซโตไคนินได้เองจากใบอ่อนและปลายราก นอกจากนี้ยังมีไซโตไคนินสังเคราะห์อื่นๆ ที่ใช้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ได้แก่BAP (benzylaminopurine), BA (benzyl adenine) และ kinetin (6-furfurylaminopurine) เป็นต้น

ในการเพาะเลี้ยงไม้ยืนต้นนั้น ยุพา และคณะ(2550) พบว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกฤษณา (*Aquilaria crasssna*) ในอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog's medium) Murashige and Skoog, (1962) และ WPM (woody plant medium) เติม BA ความเข้มข้น0-5 มิลลิกรัม/ลิตร โดยอาหารสูตร WPM ที่เติม BA ความเข้มข้น3 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถกระตุ้นการแตกยอดได้ดี โดยมีจำนวนยอดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 12.0 ± 3.02 ยอด/ชิ้นส่วนพืช เมื่อย้ายยอดดังกล่าวลงเลี้ยงบนอาหารสูตรWPM ลดความเข้มข้นของสูตรอาหารลง½ เท่า พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การเกิดราก 40 เปอร์เซ็นต์ และ Papadatou *et al.* (1990) ศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อฝรั่งบนอาหารสูตรOM (olive medium) เติม BA

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเข้มข้น 1 2 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัม/ลิตร กระตุ้นการแตกยอดได้ดี โดยมีจำนวนยอดและความยาวยอด เฉลี่ย 10.3 ยอด/ชิ้นส่วนพืช และ 2.3 เซนติเมตร ตามลำดับเมื่อย้ายยอดดังกล่าวลงบนอาหารสูตรเดียวกันเติม NAA และ IBA ชนิดละ 2 ความเข้มข้นคือ 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ชักนำให้ต้นฝรั่งเกิดรากมากที่สุด โดยมีจำนวนราก เฉลี่ย 8.8 ราก/ชิ้นส่วนพืช ส่วน Mishra *et al*. (2007) ศึกษาการเพาะเลี้ยงยอดฝรั่ง 'Pant Prabhat' ในอาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 0-4 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 0-0.4 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าการเติม BA ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร กระตุ้นการแตกยอดได้ดี โดยมีจำนวนยอดและความยาวยอดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 8.87 ยอด/ชิ้นส่วนพืช และ 5.46 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อย้ายยอดดังกล่าวลงเลี้ยงบนอาหารสูตรเดียวกัน เติม NAA ความเข้มข้น 0-0.4 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 0-1 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าการเติม NAA ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 0.4 มิลลิกรัม/ลิตร กระตุ้นการออกรากได้ดี โดยมีจำนวนรากและความยาวรากเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 3.89 ราก/ชิ้นส่วนพืช และ 3.8 เซนติเมตร ตามลำดับ

3. การย้ายปลูกพืชต้นใหม่ในสภาพแวดล้อมธรรมชาติจากการรายงานของพรพิมล (2538) กล่าวว่าการย้ายต้นกล้ากฤษณาที่มีรากสมบูรณ์ออกจากขวดเพาะเลี้ยง และปลูกในวัสดุปลูกประกอบด้วย ดิน ทราย ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 : 1 ในระยะแรกให้ความชื้นสูง จากนั้นค่อยๆ ลดความชื้นลง ต้นกล้ามีอัตรารอด 90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสุพินญา (2540) พบว่าการย้ายต้นกล้ามะตูมออกจากขวดเพาะเลี้ยง โดยปลูกในกระถางที่มีวัสดุปลูกประกอบด้วย ดิน ทราย ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 : 1 รดน้ำ คลุมด้วยถุงพลาสติก เพื่อควบคุมความชื้น เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ต้นกล้ามีชีวิตรอด 70 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาการผลิตต้นกล้าฝรั่งพันธุ์เดือนฝอยรากปมด้วยเชื้อเห็ดตับเต่าในสภาพปลอดเชื้อ โดยรวบรวมเมล็ดฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอต่อไส้เดือนฝอยรากปม จากแปลงปรับปรุงพันธุ์ฝรั่ง และใช้เชื้อเห็ดตับเต่าไอโซเลท BE จาก stock เชื้อ ห้องปฏิบัติการเห็ด ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม สำหรับใช้ในการทดลอง ซึ่งแบ่งเป็น 5 การทดลอง แต่ละการทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดฝรั่ง 'แป้นสีทอง'

การเตรียมเมล็ดฝรั่ง

รวบรวมผลฝรั่งสุก 'แป้นสีทอง' อายุ 180 วัน หลังดอกบาน จากต้นในแปลงปรับปรุงพันธุ์ฝรั่ง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน เมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 จากนั้นล้างทำความสะอาดเมล็ดด้วยน้ำยาล้างจานผสมน้ำประปาไหลผ่านตลอด 30 นาที แช่เมล็ดฝรั่งในแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 1-2 นาที (กรมวิชาการเกษตร, 2546) และผึ่งเมล็ดให้แห้ง สำหรับนำไปใช้ศึกษาต่อไป

การฟอกฆ่าเชื้อ

ตัดเปลือกหุ้มเมล็ดฝรั่งบริเวณไฮลัม (hilum) และแบ่งเมล็ดฝรั่งดังกล่าว เป็น 3 ส่วนๆ ละ 30 เมล็ด (ซ้ำ) แช่ในแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 นาที ฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 3 ความเข้มข้น (ทรีทเมนต์) คือ 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร เป็นเวลา 10 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 3 ครั้งๆ ละ 5 นาที ซับน้ำส่วนเกินด้วยกระดาษซับบอบฆ่าเชื้อ วางเมล็ดฝรั่งข้างต้นบนอาหาร water agar ในจานเลี้ยงเชื้อ ขนาด 20 x 90 มิลลิเมตร ทรีทเมนต์ละ 3 จานๆ ละ 10 เมล็ด วางจานบนชั้นเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นเวลา 30 วัน บันทึกเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนจากนั้นย้ายเมล็ดฝรั่งลงเลี้ยงในขวดอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร/ขวด ทรีทเมนต์ละ 6 ขวดๆ ละ 5 เมล็ด และวางขวดเพาะบนชั้นเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีความเข้มแสง 10.6 $\mu mol/m^{-2}s^{-1}$ (500 ลักซ์) 16 ชั่วโมง/วัน อุณหภูมิห้อง เฉลี่ย 27±1 องศาเซลเซียส บันทึกเปอร์เซ็นต์ความงอก ทุก 7 วัน เป็นเวลา 28 วัน พร้อมทั้งบันทึกภาพวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistic Analysis version 9.0 (Statistic Analysis System, 2002)

การทดลองที่ 2 ศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการขยายพันธุ์ฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ในสภาพปลอดเชื้อ

แบ่งเป็น 2 การทดลองย่อย ดังนี้

การทดลองย่อยที่ 2.1 ศึกษาชิ้นส่วนกล้าฝรั่งและความเข้มข้นของBA (benzyl adenine) ต่อการเพิ่มยอดฝรั่ง 'แป้นสีทอง'

จัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล (factorial arrangement) ประกอบด้วย ปัจจัยที่ 1 ชิ้นส่วนพืช คือส่วนยอดและข้อ ปัจจัยที่ 2 ระดับความเข้มข้นของBA 5 ความเข้มข้น คือ 0 (ชุดควบคุม) 1 2 3 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร โดยตัดและย้ายส่วนยอดและข้อของต้นกล้าฝรั่ง ที่มีลักษณะสมบูรณ์แข็งแรง (จากการทดลองที่ 1) อายุ 60 วัน ยาว 2 เซนติเมตร ลงเลี้ยงในขวดอาหารสูตร MS ดัดแปลง โดยเติมน้ำมะพร้าว ปริมาตร 150 มิลลิลิตร และ BA 5 ความเข้มข้นๆ ละ 5 ขวดๆ ละ 2 ยอด (ซ้ำ) วางขวดอาหารบนชั้นที่มีความเข้มแสงและอุณหภูมิเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 บันทึกจำนวนยอดและความยาวยอด เมื่ออายุ 30 และ 60 วัน พร้อมทั้งบันทึกภาพ วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีการที่ระบุในการทดลองที่ 1

การยืดยอดฝรั่งเพื่อให้ยอดมีความยาวเหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดราก โดยตัดและย้ายยอดฝรั่งข้างต้น อายุ 60 วัน ลงเลี้ยงในขวดอาหารสูตร MS และวางขวดเพาะบนชั้นที่มีความเข้มแสงและอุณหภูมิเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 30 วัน

การทดลองย่อยที่ 2.2 ศึกษาความเข้มข้นของNAA (naphthalene acetic acid) ต่อการเกิดรากฝรั่ง 'แป้นสีทอง'

ตัดและย้ายยอดฝรั่งดังกล่าว ภายหลังการยืดยอด ยาว 2 เซนติเมตร ลงเลี้ยงในขวดอาหารสูตร ½ MS (half strength Murashige and Skoog's medium) และเติม NAA 4 ความเข้มข้น (ทรีทเมนต์) คือ 0 (ชุดควบคุม) 0.1 0.15 และ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร ความเข้มข้นละ 5 ขวดๆ ละ 1 ยอด (ซ้ำ) วางขวดอาหารบนชั้นที่มีความเข้มแสงและอุณหภูมิเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 บันทึก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวนรากและความยาวราก ทุก 7 วัน เป็นเวลา 28 วัน พร้อมทั้งบันทึกภาพ การวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ปฏิบัติเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 3 การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าให้กับกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ในสภาพปลอดเชื้อ

การเตรียมเชื้อเห็ดตับเต่า

ย้ายเชื้อเห็ดตับเต่าบริสุทธิ์ข้างต้น ลงเลี้ยงบนอาหารวุ้น PDA (potato dextrose agar) ในจานเลี้ยงเชื้อ (petri dish) ขนาด 15 x 90 มิลลิเมตร ปริมาตร 20 มิลลิลิตร/จาน ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ (aseptic technique) เพื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยเห็ดบริสุทธิ์ บ่มที่อุณหภูมิห้อง เฉลี่ย 27±1 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน ตัดเส้นใยบริเวณรอบนอกโคโลนีพร้อมทั้งอาหารวุ้นออกเป็นชิ้นกลมๆ (agar block) ด้วยอุปกรณ์เจาะจุกคอร์ก (cork borer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการทดลองต่อไป

การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า

วางชิ้นเชื้อเห็ดตับเต่าข้างต้นที่กึ่งกลางขวดอาหารสูตร ½ MS ดัดแปลงโดยเติมน้ำต้มมันฝรั่ง (200 กรัม/ลิตร) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร พร้อมทั้งตัดและย้ายยอดฝรั่งที่ผ่านการยืดยอด (จากการทดลองย่อยที่ 2.1) ยาว 2 เซนติเมตร ลงเลี้ยงในขวดอาหารดังกล่าว จำนวน 10 ขวดๆ ละ 2 ยอด วางขวดอาหารบนชั้นที่มีความเข้มแสงและอุณหภูมิเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ตรวจสอบลักษณะและสีของราก อายุ 60 วัน ด้วยตาเปล่าและภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100 เท่า จำนวน 10 ราก พร้อมทั้งบันทึกภาพ

การทดลองที่ 4 การเติบโตของต้นกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ภายหลังการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า

ย้ายและวางขวดเพาะเลี้ยงต้นกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ที่มีรากสมบูรณ์แข็งแรง ทั้งชุดควบคุมและปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า (ทรีทเมนต์) ในสภาพแสงธรรมชาติและอุณหภูมิห้อง เฉลี่ย 30±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำต้นฝรั่งออกจากขวด ล้างวุ้นออกจากรากด้วยน้ำและปลูกในถาดเพาะโดยใช้พีทมอสผสมทราย อัตราส่วน 2 : 1 โดยปริมาตร ที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อเป็นวัสดุปลูก ให้ความชื้นสูงในระยะแรกและค่อยๆ ลดความชื้นลง เมื่อต้นกล้าแข็งแรง อายุ 1 เดือน ย้ายลงปลูกในกระถาง ขนาด 6 นิ้ว ทรีทเมนต์ละ 12 ต้น (ซ้ำ) ใช้วัสดุปลูกประกอบด้วย ดินร่วน ทราย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 : 1 ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำเดือดอุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปริมาณ 800 กรัม/กระถาง ดูแลรดน้ำอย่างสม่ำเสมอ ปริมาตร 300 มิลลิลิตร/ต้น ทุกวันหรือตามสภาพอากาศ และใส่ปุ๋ยละลายช้า (slow-release fertilizer) สูตร 14-14-14 ครั้งละ 10 เม็ด/ต้น ทุก 2 เดือน บันทึกข้อมูลตั้งแต่วันย้ายปลูกทุกเดือน เป็นเวลา 5 เดือน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ 2 ทรีทเมนต์ (t-test) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปตามที่ระบุในการทดลองที่ 1

การบันทึกข้อมูล

1. วัดการเติบโตของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ภายหลังการย้ายปลูก ดังนี้

1.1 ความสูงต้น (เซนติเมตร) วัดส่วนของลำต้นที่ระดับขอบกระถางถึงส่วนฐานของใบอ่อนที่สุดด้วยตลับเมตร

1.2 ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) วัดส่วนของทรงพุ่มที่กว้างที่สุดด้วยตลับเมตร

1.3 ขนาดลำต้น (เซนติเมตร) วัดขนาดลำต้นที่ระดับขอบกระถางด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (vernier caliper)

1.4 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) โดยใช้เครื่องวัดพื้นที่ใบ (leaf area meter, รุ่น LI-3100 บริษัท LI-COR ประเทศสหรัฐอเมริกา)

1.5 ค่าดัชนีความเขียวใบ (SPAD unit) วัดใบที่โตเต็มที่ (ใบที่ 2-3 จากยอด) ด้วยเครื่อง chlorophyll meter รุ่น SPAD-502 (บริษัท Minolta Camera ประเทศญี่ปุ่น)

2. ประเมินมวลชีวภาพ โดยสุ่มตัวอย่างครั้งละ 2 ต้น (ซ้ำ) แยกส่วนต่างๆ ของต้นกล้าฝรั่ง ได้แก่ ใบ ต้น และราก อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ประมาณ 72 ชั่งโมง จนมวลแห้งคงที่ ชั่งมวลแห้งดังกล่าวด้วยเครื่องชั่งอัตโนมัติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 ตรวจสอบการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อเห็ดตับเต่า โดยสุ่มเก็บรากแขนง ยาว 5 เซนติเมตร จำนวน 10 ราก/ต้น แช่ในสารละลาย Formalin-Acetic-Alcohol solution: FAA (ประกอบด้วย ฟอร์มาลิน 7 มิลลิลิตร กรดอะซีติก 3 กรัม และแอลกอฮอร์ 70 เปอร์เซ็นต์ 90 มิลลิลิตร) เพื่อคงสภาพของเนื้อเยื่อ ตัดตัวอย่างรากตามขวาง(cross section) ด้วยมือ (freehand section) และตรวจเส้นใย mantle sheath และ hartic net ของเชื้อเห็ดดังกล่าว ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย100 เท่า พร้อมทั้งบันทึกภาพ คำนวณเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อเห็ดตับเต่า (เปอร์เซ็นต์เอ็คโตไมคอร์ไรซา) จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อเห็ดตับเต่า (เปอร์เซ็นต์เอ็คโตไมคอร์ไรซา)} = \frac{\text{จำนวนรากที่พบเส้นใย}}{\text{จำนวนรากทั้งหมด}} \times 100$$

2.2 คำนวณองค์ประกอบของการเติบโตของต้นกล้าสั่ง 'แป้นสีทอง' (Radford, 1967) ดังนี้

2.2.1 มวลแห้งรวมทั้งต้น(กรัม)

2.2.2 สัดส่วนยอดต่อราก (shoot to root ratio: S/R)

$$S/R = \frac{\text{มวลแห้งส่วนเหนือดิน}}{\text{มวลแห้งส่วนใต้ดิน}}$$

2.2.3 สัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งรวมทั้งต้น(Leaf Area Ratio: LAR)

$$LAR = A/W \text{ (ตารางเซนติเมตร กรัม}^{-1}\text{)}$$

A = พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)

W = มวลแห้งรวมทั้งต้น(กรัม)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2.4 สัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งใบ(Specific Leaf Area: SLA)

$$SLA = \frac{\text{พื้นที่ใบ}}{\text{มวลแห้งใบ}} \text{ (ตารางเซนติเมตร กรัม}^{-1}\text{)}$$

2.2.5 ดัชนีพื้นที่ใบ(Leaf Area Index: LAI) เป็นสัดส่วนพื้นที่ใบต่อพื้นที่ที่ใบปกคลุมอยู่ คำนวณจากสูตร

$$LAI = \frac{\text{พื้นที่ใบ}}{\text{พื้นที่ที่ใบปกคลุมอยู่}}$$

$$\text{พื้นที่ที่ใบปกคลุมอยู่} = \pi r^2$$

$$r = \frac{\text{ความกว้างทรงพุ่ม}}{2}$$

2.2.6 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์(Relative Growth Rate: RGR) หรือสัมประสิทธิ์ในการสร้างมวลต่อมวลเดิมต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งอธิบายได้จากสูตร(Hunt, 1990)

$$RGR = (1/W)(dW/dt) \text{ (กรัม กรัม}^{-1} \text{ เดือน}^{-1}\text{)}$$
$$= (\log_e W_2 - \log_e W_1)/(t_2 - t_1)$$

W_1, W_2 = มวลแห้งรวมทั้งต้นเมื่อเก็บเกี่ยวครั้งที่1 และ 2 (กรัม)

t_1, t_2 = อายุเมื่อเก็บเกี่ยวครั้งที่1 และครั้งที่2 (เดือน)

2.2.7 อัตราการเจริญเติบโตของพืช(Crop Growth Rate: CGR) เป็นอัตราการเพิ่มมวลแห้งของพืชต่อหน่วยเวลา

$$CGR = (1/GA)(dw/dt)$$
$$= NAR \times LAI \text{ (กรัม ตารางเซนติเมตร}^{-1} \text{ เดือน}^{-1}\text{)}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

GA = พื้นที่ปลูก

W = มวลแห้งรวมทั้งต้น

T = เวลา

NAR = ประสิทธิภาพการสร้างมวลแห้งต่อหน่วยพื้นที่ใบในช่วงเวลาหนึ่ง

LAI = ดัชนีพื้นที่ใบ

2.2.8 ประสิทธิภาพการสร้างมวลแห้งต่อหน่วยพื้นที่ใบในช่วงเวลาหนึ่ง (Net Assimilation Rate: NAR) คำนวณจากสูตร

NAR = (W/A) RGR

= RGR/LAR (กรัม ตารางเซนติเมตร เดือน$^{-1}$)

W = มวลแห้งรวมทั้งต้น(กรัม)

A = พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)

RGR = อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์

LAR = สัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งรวมทั้งต้น

การทดลองที่ 5 ศึกษาความทนทานของต้นกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ภายหลังปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าต่อไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*)

การเตรียมตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม

เพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอยรากปม ไอโซเลทเพชรบุรี โดยใส่กลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยดังกล่าวที่ผ่านการจำแนกชนิด จำนวน5 กลุ่มไข่ ให้กับต้นกล้ามะเขือเทศ'สีดาทิพย์' อายุ 1 เดือน ซึ่งปลูกในดินนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำเดือดอุณหภูมิ90-100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมงและดูแลรดน้ำทุกวันหรือตามสภาพอากาศ เป็นเวลา 45 วัน จากนั้นแยกกลุ่มไข่สีน้ำตาลเข้มออกจากราก ด้วยเข็มเขี่ยปลายแหลม ภายใต้กล้องสเตอริโอ(stereoscopic microscope) ทำความสะอาดผิวกลุ่มไข่ (surface sterilization) โดยแช่ในสารละลายคลอรอกซ์ความเข้มข้น10 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน(autoclave) 3 ครั้งๆ ละ1 นาที ฟักกลุ่มไข่ในน้ำกลั่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นึ่งฆ่าเชื้อและบ่มที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 27±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน นับจำนวนตัวอ่อนไส้เดือนฝอยรากปมระยะที่ 2 ภายใต้กล้องสเตอริโอ โดยสุ่มนับจำนวน 5 ครั้งๆ ละ 1 มิลลิลิตร คำนวณค่าเฉลี่ยและปรับปริมาตรให้ได้จำนวนตัวอ่อนไส้เดือนฝอย ประมาณ 100 ตัว/น้ำปริมาตร 1 มิลลิลิตร

การใส่ไส้เดือนฝอยรากปมให้ต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ซึ่งผ่านการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า ในสภาพปลอดเชื้อ

ใส่ตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม เตรียมไว้ข้างต้น จำนวน 200 และ 400 ตัว/ถ้วย (ดัดแปลงจากวิธีของบดินทร์ (2547) ซึ่งใส่ตัวอ่อนดังกล่าว จำนวน 300 ตัว/กระถาง) ให้กับต้นกล้าฝรั่งจากการทดลองที่ 3 ซึ่งปลูกในถ้วยพลาสติกใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร บรรจุวัสดุปลูก ประกอบด้วย พีทมอสและทราย อัตรา 2 : 1 และผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำเดือด ปริมาณ 200 กรัม/ถ้วย มี 6 ทรีทเมนต์ๆ ละ 5 ต้น (ซ้ำ) ดังนี้

ทรีทเมนต์ 1 ต้นควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า)
ทรีทเมนต์ 2 ต้นควบคุม + ไส้เดือนฝอยรากปม 200 ตัว/ถ้วย
ทรีทเมนต์ 3 ต้นควบคุม + ไส้เดือนฝอยรากปม 400 ตัว/ถ้วย
ทรีทเมนต์ 4 ต้นปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า
ทรีทเมนต์ 5 ต้นปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า + ไส้เดือนฝอยรากปม 200 ตัว/ถ้วย
ทรีทเมนต์ 6 ต้นปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า + ไส้เดือนฝอยรากปม 400 ตัว/ถ้วย

ดูแลรดน้ำสม่ำเสมอ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร/ต้น ทุกวันหรือตามสภาพอากาศ บันทึกข้อมูลภายหลังใส่ไส้เดือนฝอยรากปม เป็นเวลา 2 เดือน วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีที่ระบุในการทดลองที่ 1

การบันทึกข้อมูล

1. วัดการเติบโตของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ได้แก่ ความสูง และขนาดลำต้น เช่นเดียวกับการทดลองที่ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ประเมินมวลชีวภาพของต้นกล้าฝรั่งโดยชั่งมวลแห้งต้นและราก ภายหลังการอบที่อุณหภูมิและระยะเวลา เช่นเดียวกับการทดลองที่ 4

3. ประเมินระดับการเกิดปมและจำนวนกลุ่มไข่ตามวิธีการของ สืบศักดิ์และ สมชาย (2527) ซึ่งแบ่งเป็น 6 ระดับ ดังนี้

ระดับ 0 ไม่มีปมที่ราก
ระดับ 1 รากมีปม 1-2 ปม
ระดับ 2 รากมีปม 3-10 ปม
ระดับ 3 รากมีปม 11-30 ปม
ระดับ 4 รากมีปม 31-100 ปม
ระดับ 5 รากมีปมมากกว่า 100 ปม หรือต้นแห้งตายก่อนถึงอายุเก็บเกี่ยว

ผลจากการประเมินระดับการเกิดปม สามารถแบ่งกลุ่มรากฝรั่งทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปมได้ ดังนี้

ระดับ 0 และ 1 แสดงว่ารากฝรั่งทนทานต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปมมาก
ระดับ 2 และ 3 แสดงว่ารากฝรั่งทนทานต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปมปานกลาง
ระดับ 4 และ 5 แสดงว่ารากฝรั่งอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม

สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการเห็ด และแปลงทดลอง 1 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนจังหวัดนครปฐม

ระยะเวลาทำการวิจัย

ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมพ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดฝรั่ง'แป้นสีทอง'

จากการตรวจสอบการปนเปื้อนของเมล็ดฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 3 ความเข้มข้น หลังจากย้ายเมล็ดลงบนอาหาร water agar เป็นเวลา 30 วัน พบว่าไม่มีการปนเปื้อน และเมื่อวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความงอกของต้นกล้าฝรั่งจากเมล็ดที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอรอกซ์ความเข้มข้นต่างๆ หลังจากย้ายเมล็ดลงเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เป็นเวลา 28 วัน พบว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดฝรั่งดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าค่อนข้างต่ำเพียง60-67 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 1-2) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเก็บผลฝรั่งในระยะผลนิ่ม แต่ยังไม่นิ่มเละ ซึ่งระยะดังกล่าวผลฝรั่งอาจแก่ไม่เต็มที่ทำให้คัพภะของเมล็ดพัฒนาไม่สมบูรณ์ เป็นผลให้เปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำ

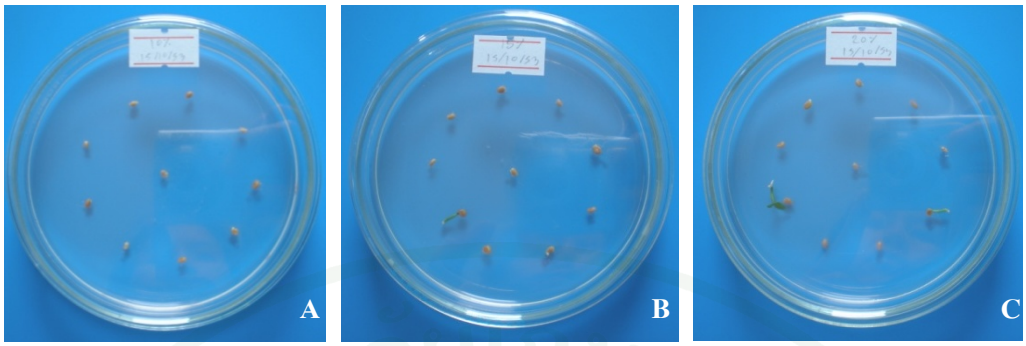
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 การปนเปื้อนของเมล็ดฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอรอกซ์ความเข้มข้น10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังย้ายเมล็ดลงบนอาหาร water agar เป็นเวลา 30 วัน และเปอร์เซ็นต์ความงอก ภายหลังย้ายเมล็ดลงบนอาหารสูตร MS เป็นเวลา 28 วัน

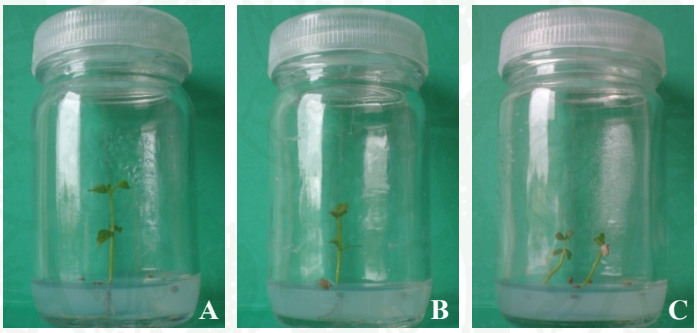
ความเข้มข้นของสารละลายคลอรอกซ์ (เปอร์เซ็นต์)	การปนเปื้อน (เปอร์เซ็นต์)	ความงอก (เปอร์เซ็นต์)
10	0	60
15	0	67
20	0	67
F-test	-	ns
% C.V.	-	23.1

หมายเหตุ - ไม่วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ
ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 เมล็ดฝรั่ง ‘แป้นสีทอง’ ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอรอกซ์ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (A) 15 เปอร์เซ็นต์ (B) และ 20 เปอร์เซ็นต์ (C) ภายหลังย้ายเมล็ดลงบนอาหาร water agar เป็นเวลา 30 วัน



ภาพที่ 2 ต้นกล้าฝรั่งที่งอกภายหลังวางเมล็ดที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอรอกซ์ความเข้มข้น10 เปอร์เซ็นต์ (A) 15 เปอร์เซ็นต์ (B) และ 20 เปอร์เซ็นต์ (C) บนอาหารสูตร MS เป็นเวลา 28 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 2 ศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการขยายพันธุ์ฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ในสภาพปลอดเชื้อ

แบ่งเป็น 2 การทดลองย่อย ดังนี้

การทดลองย่อยที่ 2.1 ศึกษาชิ้นส่วนกล้าฝรั่งและความเข้มข้นของBA (benzyl adenine) ต่อการเพิ่มยอดฝรั่ง 'แป้นสีทอง'

การศึกษาจำนวนยอดแตกใหม่และความยาวยอด จากชิ้นส่วนพืช(ยอดและข้อ) และเติม BA ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา30 วัน พบว่าการเพาะเลี้ยงส่วนข้อของกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ให้จำนวนยอดมากกว่าการเพาะเลี้ยงส่วนยอดนอกจากนี้ยังพบว่าBA ความเข้มข้นสูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้จำนวนยอดเพิ่มขึ้น แต่ความยาวยอดลดลง(ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 3)

เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างชิ้นส่วนพืชและความเข้มข้นของBA ต่อจำนวนยอด พบว่าส่วนยอดที่เลี้ยงบนอาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น4 มิลลิกรัม/ลิตร และส่วนข้อที่เลี้ยงบนอาหารสูตรเดียวกัน เติมBA ความเข้มข้น2-4 มิลลิกรัม/ลิตร มีจำนวนยอดมากที่สุด และไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย2.05 ยอด/ชิ้นส่วนพืช(ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 3)

ส่วนปัจจัยร่วมระหว่างชิ้นส่วนพืชและความเข้มข้นของBA ต่อความยาวยอด พบว่าการเพาะเลี้ยงส่วนยอดบนอาหารชุดควบคุมให้ความยาวยอดสูงสุด เท่ากับ2.80 เซนติเมตร ต่างจากส่วนข้อที่เลี้ยงบนอาหารสูตรเดียวกันซึ่งมีความยาวยอดเท่ากับ 2.46 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าส่วนยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรMS เติม BA ความเข้มข้น2-4 มิลลิกรัม/ลิตร มีความยาวยอดไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย1.37 เซนติเมตร ในขณะที่ส่วนข้อมีความยาวยอดลดลงเมื่อได้รับ BA ความเข้มข้นสูงขึ้น(ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

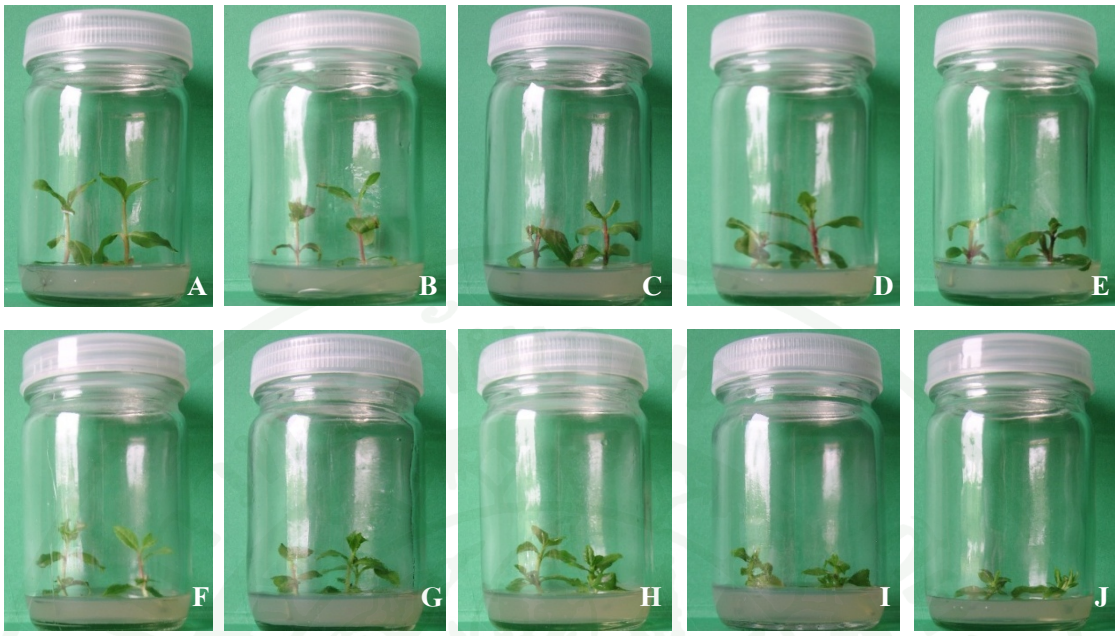
ตารางที่ 2 จำนวนยอดและความยาวยอดของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ภายหลังการเพาะเลี้ยงส่วนยอดและข้อ บนอาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น0 1 2 3 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 30 วัน

ชิ้นส่วนพืช	BA (มิลลิกรัม/ลิตร)	จำนวนยอด (ยอด/ชิ้นส่วนพืช)	ความยาวยอด (เซนติเมตร)
ยอด	0 (ชุดควบคุม)	0.0 c[1/]	2.80 a[2/]
	1	0.0 c	2.16 c
	2	0.2 c	1.40 e
	3	1.2 b	1.37 e
	4	2.0 a	1.33 e
ข้อ	0 (ชุดควบคุม)	1.0 b	2.46 b
	1	1.2 b	2.03 d
	2	2.2 a	0.81 f
	3	2.0 a	0.44 g
	4	2.0 a	0.43 g
ชิ้นส่วนพืช		**	**
ความเข้มข้นของBA		**	**
ชิ้นส่วนพืช x ความเข้มข้นของ BA		**	**
% C.V.		14.67	6.32

หมายเหตุ [1/ 2/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 การเจริญของส่วนยอดและข้อของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS และเติม BA ความเข้มข้น0 1 2 3 4 มิลลิกรัม/ลิตร (ส่วนยอด: A, B, C, D, E) และ (ส่วนข้อ: F, G, H, I, J) เป็นเวลา 30 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการศึกษาจำนวนยอดแตกใหม่และความยาวยอด จากชิ้นส่วนพืช (ยอดและข้อ) และเติม BA ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา60 วัน พบว่าการเพาะเลี้ยงส่วนยอดและข้อของกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ให้จำนวนยอดไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าBA ความเข้มข้นสูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้จำนวนยอดเพิ่มขึ้น แต่ความยาวยอดลดลง(ตารางที่ 3 และ ภาพที่ 4)

เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างชิ้นส่วนพืชและความเข้มข้นของBA ต่อจำนวนยอด พบว่าส่วนยอดที่เลี้ยงบนอาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น4 มิลลิกรัม/ลิตร มีจำนวนยอดมากที่สุด เท่ากับ 4.2 ยอด/ชิ้นส่วนพืช ในขณะที่การเพาะเลี้ยงส่วนยอดและข้อบนอาหารสูตรเดียวกัน เติม BA ความเข้มข้น2-3 มิลลิกรัม/ลิตร มีจำนวนยอดไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 2.1 ยอด/ชิ้นส่วนพืช(ตารางที่ 3 และ ภาพที่ 4)

ส่วนปัจจัยร่วมระหว่างชิ้นส่วนพืชและความเข้มข้นของBA ต่อความยาวยอด พบว่าส่วนยอดและข้อที่เลี้ยงบนอาหารชุดควบคุม มีความยาวยอดสูงสุด เฉลี่ย 3.82 เซนติเมตร รองลงมาคือการเพาะเลี้ยงส่วนข้อและยอดบนอาหารสูตรเดียวกันเติม BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีความยาวยอด เท่ากับ3.30 และ 2.48 เซนติเมตร ตามลำดับนอกจากนี้ยังพบว่าส่วนยอดที่เลี้ยงบนอาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น2-4 มิลลิกรัม/ลิตร และส่วนข้อที่เลี้ยงบนอาหารสูตรเดียวกัน เติมBA ความเข้มข้น2 มิลลิกรัม/ลิตร มีความยาวยอดไม่แตกต่างกัน เฉลี่ย1.43 เซนติเมตร (ตารางที่ 3 และ ภาพที่ 4)

เมื่อพิจารณาจำนวนยอดจากชิ้นส่วนพืชต่างกัน ซึ่งเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรMS เติม BA ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา30 และ 60 วัน พบว่าช่วง 30 วันแรก ส่วนข้อมีจำนวนยอดแตกใหม่มากกว่าส่วนยอด จากนั้นเมื่อครบ60 วัน พบว่ายอดที่แตกใหม่จากส่วนยอดและข้อมีจำนวนใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่าส่วนข้อแตกยอดใหม่ได้ในอาหารที่เติม BA ทุกความเข้มข้น ในขณะที่ส่วนยอดสามารถแตกยอดใหม่ได้ ต้องได้รับBA ความเข้มข้นสูง ตั้งแต่2 มิลลิกรัม/ลิตรขึ้นไป ส่วนBA ความเข้มข้นต่ำกว่า2 มิลลิกรัม/ลิตรไม่มีผลต่อการแตกยอดใหม่แต่ทำให้ปลายยอดยืดยาวเท่านั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากส่วนข้อซึ่งไม่มียอด จึงลดอิทธิพลของตายอดที่ข่มการเจริญของตาข้าง (apical dominance) (พีรเดช, 2546) ดังนั้นส่วนข้อจึงตอบสนองต่อBAดีกว่าส่วนยอด ส่วนความยาวยอดลดลงตามความเข้มข้นของBA ที่เพิ่มขึ้น อาจเพราะBA ความเข้มข้นสูงช่วยส่งเสริมการแบ่งเซลล์และการพัฒนาของเนื้อเยื่อเป็นยอดและใบมากกว่าการยืดเซลล์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 จำนวนยอดและความยาวยอดของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ภายหลังการเพาะเลี้ยงส่วนยอดและข้อ บนอาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 0 1 2 3 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 60 วัน

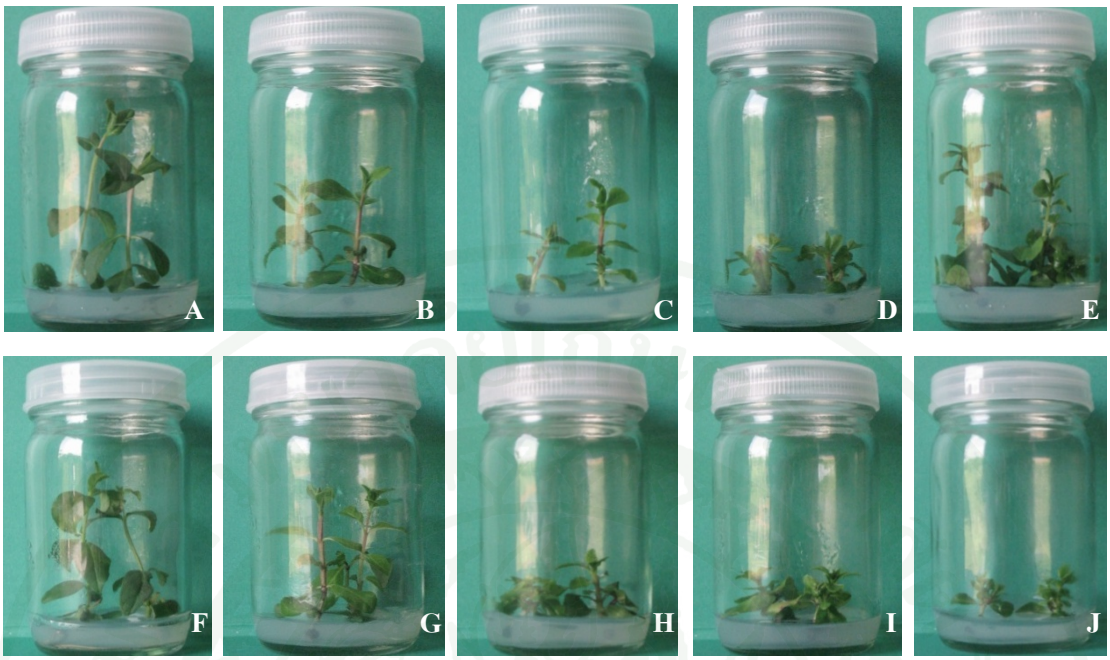
ชิ้นส่วนพืช	BA (มิลลิกรัม/ลิตร)	จำนวนยอด (ยอด/ชิ้นส่วนพืช)	ความยาวยอด (เซนติเมตร)
ยอด	0 (ชุดควบคุม)	0.0 e[1/]	3.84 a[2/]
	1	0.0 e	2.48 c
	2	1.0 bc	1.43 de
	3	2.2 b	1.54 d
	4	4.2 a	1.43 de
ข้อ	0 (ชุดควบคุม)	1.0 d	3.80 a
	1	1.4 cd	3.30 b
	2	2.2 b	1.31 def
	3	2.2 b	1.16 f
	4	2.0 bc	0.87 g
ชิ้นส่วนพืช		ns	ns
ความเข้มข้นของBA		**	**
ชิ้นส่วนพืช x ความเข้มข้นของ BA		**	**
% C.V.		28.21	6.59

หมายเหตุ [1/ 2/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 การเจริญของส่วนยอดและข้อของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS และเติม BA ความเข้มข้น0 1 2 3 4 มิลลิกรัม/ลิตร (ส่วนยอด: A, B, C, D, E) และ (ส่วนข้อ: F, G, H, I, J) เป็นเวลา 60 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองย่อยที่ 2.2 ศึกษาความเข้มข้นของNAA (naphthalene acetic acid) ต่อการเกิดราก

จากผลการทดลองพบว่าต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่เลี้ยงบนอาหารสูตร ½ MS เติม NAA ทุกความเข้มข้น อายุ28 วัน มีจำนวนรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย2.25 ราก/ชิ้นส่วนพืช แต่ความเข้มข้นของNAA เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความยาวรากลดลง โดยต้นกล้าที่เลี้ยงบนอาหารสูตร ½ MS ไม่เติม NAA (ชุดควบคุม) มีความยาวรากมากที่สุด เท่ากับ 3.51 เซนติเมตร ในขณะที่การเติม NAA ความเข้มข้น0.1-0.2 มิลลิกรัม/ลิตร ต้นกล้าฝรั่งดังกล่าวมีความยารากไม่แตกต่างกัน เฉลี่ย 1.17 เซนติเมตร (ตารางที่ 4 และ ภาพที่ 5) ซึ่งแตกต่างจากการทดลองของ Mishra *et al*. (2007) พบว่าการเติม IBA และ NAA ความเข้มข้น0.4 และ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร กระตุ้นการออกรากของยอดฝรั่ง 'Pant Prabhat' ได้ดี โดยมีจำนวนรากและความยารากเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 3.89 ราก/ชิ้นส่วนพืช และ 3.8 เซนติเมตร ตามลำดับทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพันธุ์ฝรั่งที่ใช้ต่างกัน จึงตอบสนองต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่ายอดฝรั่งแป้นสีทอง' สามารถออกรากได้ในอาหารสูตร MS ไม่เติม NAA อาจเนื่องมาจากใบและตาที่กำลังเจริญเติบโตสามารถสังเคราะห์ออกซินได้ในระดับที่เหมาะสมต่อการเกิดราก ส่วนการเติมNAA มากขึ้น ทำให้ชิ้นส่วนพืชได้รับออกซินความเข้มข้นสูงอาจมีผลยับยั้งจุดกำเนิดรากและการเจริญเติบโตของราก (ยุพา และคณะ, 2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 จำนวนรากและความยาวรากของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ภายหลังการเพาะเลี้ยงยอดบนอาหารสูตร ½ MS เติม NAA ความเข้มข้น 0 0.1 0.15 และ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 28 วัน

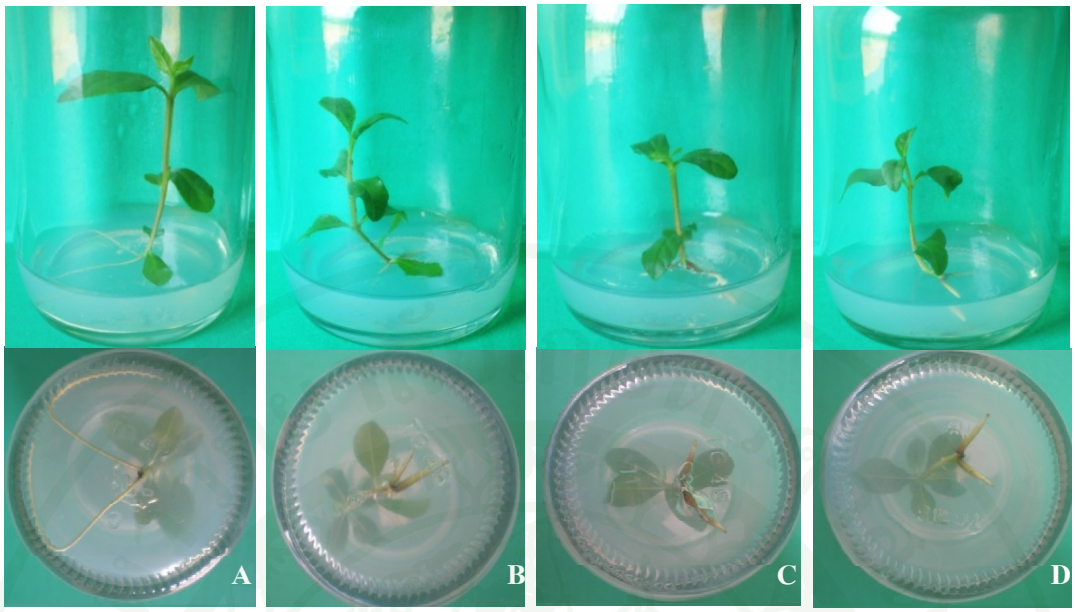
ความเข้มข้นของNAA (มิลลิกรัม/ลิตร)	จำนวนราก (ราก/ชิ้นส่วนพืช)	ความยาวราก (เซนติเมตร)
0 (ชุดควบคุม)	2.4	3.51 a[1/]
0.1	2.6	1.16 b
0.15	2.2	1.39 b
0.2	1.8	0.95 b
F-test	ns	**
% C.V.	31.43	41.95

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 ต้นและรากของต้นกล้าฝรั่ง ‘แป้นสีทอง’ ภายหลังการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ½ MS เติม NAA ความเข้มข้น0 0.1 0.15 และ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร (A, B, C และ D) เป็นเวลา 28 วัน

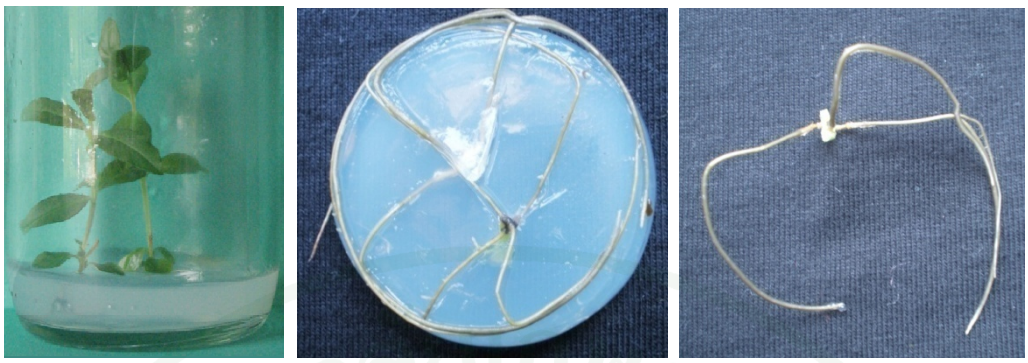
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 3 การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าให้กับต้นกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ในสภาพปลอดเชื้อ

จากการตรวจสอบลักษณะและสีของรากต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ด้วยตาเปล่า พบว่า ต้นกล้าฝรั่งที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า มีลักษณะและสีของรากเปลี่ยนแปลง กล่าวคือ รากแตกแขนงมากขึ้น แบบmonopodial-pinnate รากสั้นปลายรากกุด ผิวรากเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาผลิตฮอร์โมนออกซิน (fungal auxin) ออกมากระตุ้นให้รากแตกแขนงมากขึ้น (อุทัยวรรณ, 2537) ซึ่งแตกต่างจากต้นกล้าฝรั่งในชุดควบคุมที่มีรากยาว ไม่แตกแขนง รากสีน้ำตาลอ่อน(ภาพที่ 6) สอดคล้องกับการทดลองของสาวิตรี และคณะ (2553) พบว่า รากต้นกล้ายูคาลิปตัสที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าแตกแขนงแบบ monopodial ผิวรากเรียบมันวาวน้อยมีสีเหลืองปนน้ำตาลเข้ม

จากการตรวจสอบโครงสร้างภายในของราก โดยการตัดตามขวาง(cross section) ด้วยมีดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย100 เท่า พบเส้นใยเห็ดสีน้ำตาลปริมาณมากเจริญแผ่กระจายอยู่รอบราก นอกจากนี้เส้นใยดังกล่าวยังอัดกันเป็นเนื้อเยื่อ pseudoparenchyma เรียกว่า แผ่นเมนเทิล ส่วนรากที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดดังกล่าว บริเวณผิวรากไม่มีเส้นใยเห็ด สีน้ำตาลปนแดง (ภาพที่ 7)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(A) ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(ชุดควบคุม)

(B) ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า

ภาพที่ 6 ต้นกล้าฟรั่ง 'แป้นสีทอง' เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ½ MS ดัดแปลง ภายหลังการไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(A) และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(B) ในสภาพปลอดเชื้อ อายุ 60 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(A) ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(ชุดควบคุม) (B) ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า

ภาพที่ 7 ลักษณะของรากฝรั่ง'แป้นสีทอง' และโครงสร้างภายในตัดตามขวางด้วยมือ (freehand section) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ภายหลังการไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(A) และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(B) ในสภาพปลอดเชื้อ อายุ 60 วัน

A1, B1 กำลังขยาย40 เท่า

A2, B2 กำลังขยาย100 เท่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 4 การเติบโตของต้นกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ภายหลังการย้ายปลูกเป็นเวลา 5 เดือน

จากการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์เอ็คโตไมคอร์ไรซา บริเวณส่วนเหนือปลายราก 1 เซนติเมตร ของต้นกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' พบว่า ในเดือนแรก ต้นกล้าฝรั่งมีเชื้อเห็ดเข้าอาศัยอยู่ในรากสูงสุด 20 เปอร์เซ็นต์ อาจเพราะรากเจริญยืดยาวน้อย ทำให้บริเวณที่สุ่มตรวจอาจเป็นส่วนของรากเดิมที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าในสภาพปลอดเชื้อ จากนั้นเปอร์เซ็นต์เอ็คโตไมคอร์ไรซาลดลงตามอายุของต้นกล้า และมีค่าต่ำสุด เฉลี่ย 5 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่เดือนที่ 4 จนสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 5) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อต้นกล้าฝรั่งอายุมากขึ้น รากเจริญยืดยาวและแตกแขนงมากขึ้น อาจทำให้เชื้อเห็ดดังกล่าวซึ่งเจริญเติบโตค่อนข้างช้ายังไม่สามารถเจริญครอบคลุมทั่วราก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์เอ็คโตไมคอร์ไรซาในรากต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ภายหลังการย้ายปลูก เป็นเวลา 1 2 3 4 และ 5 เดือน

	เปอร์เซ็นต์เอ็คโตไมคอร์ไรซา ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)				
	1	2	3	4	5
ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	0	0	0	0	0
ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	90	75	70	55	55

หมายเหตุ ไม่วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการวัดการเติบโตทางกิ่งใบของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าและต้นที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดดังกล่าว(ต้นควบคุม) ภายหลังการย้ายปลูก เป็นเวลา5 เดือน (ภาพที่ 9) พบว่า

ความสูงของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าและต้นควบคุม สูงขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดการทดลอง แต่การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าทำให้ต้นกล้าฝรั่งมีความสูงมากกว่าต้นควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตั้งแต่เดือนที่4 จนสิ้นสุดการทดลอง โดยต้นปลูกเชื้อเห็ดมีความสูง เท่ากับ 97.50 เซนติเมตร ส่วนต้นควบคุมมีความสูง 88.50 เซนติเมตร (ภาพที่ 8A และ ตารางภาคผนวกที่ 1)

ความกว้างทรงพุ่ม พบว่าการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าไม่มีผลต่อความกว้างทรงพุ่มของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ซึ่งในเดือนแรก ความกว้างทรงพุ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ต่อมาค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง โดยต้นปลูกเชื้อเห็ดและต้นควบคุมมีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 22.00 เซนติเมตร (ภาพที่ 8B และ ตารางผนวกที่ 1)

ขนาดลำต้นพบว่าต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า อายุ1 เดือน มีขนาดลำต้น เท่ากับ0.33 เซนติเมตร น้อยกว่าต้นควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ซึ่งมีขนาดลำต้น0.43 เซนติเมตร จากนั้นตั้งแต่เดือนที่2 จนสิ้นสุดการทดลอง พบว่าต้นปลูกเชื้อเห็ดและต้นควบคุมมีขนาดลำต้นเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 0.85 เซนติเมตร (ภาพที่ 8C และ ตารางผนวกที่ 2)

จำนวนคู่ใบ พบว่าการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าไม่มีผลต่อจำนวนคู่ใบใหม่ของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' โดยในเดือนแรก คู่ใบที่แตกใหม่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่าสูงสุด เฉลี่ย4.95 คู่ใบ/ต้น จากนั้นจำนวนคู่ใบใหม่ลดลงและมีค่าค่อนข้างคงที่ เฉลี่ย3.56 คู่ใบ/ต้น ตั้งแต่เดือนที่3 จนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 8D และ ตารางผนวกที่ 2)

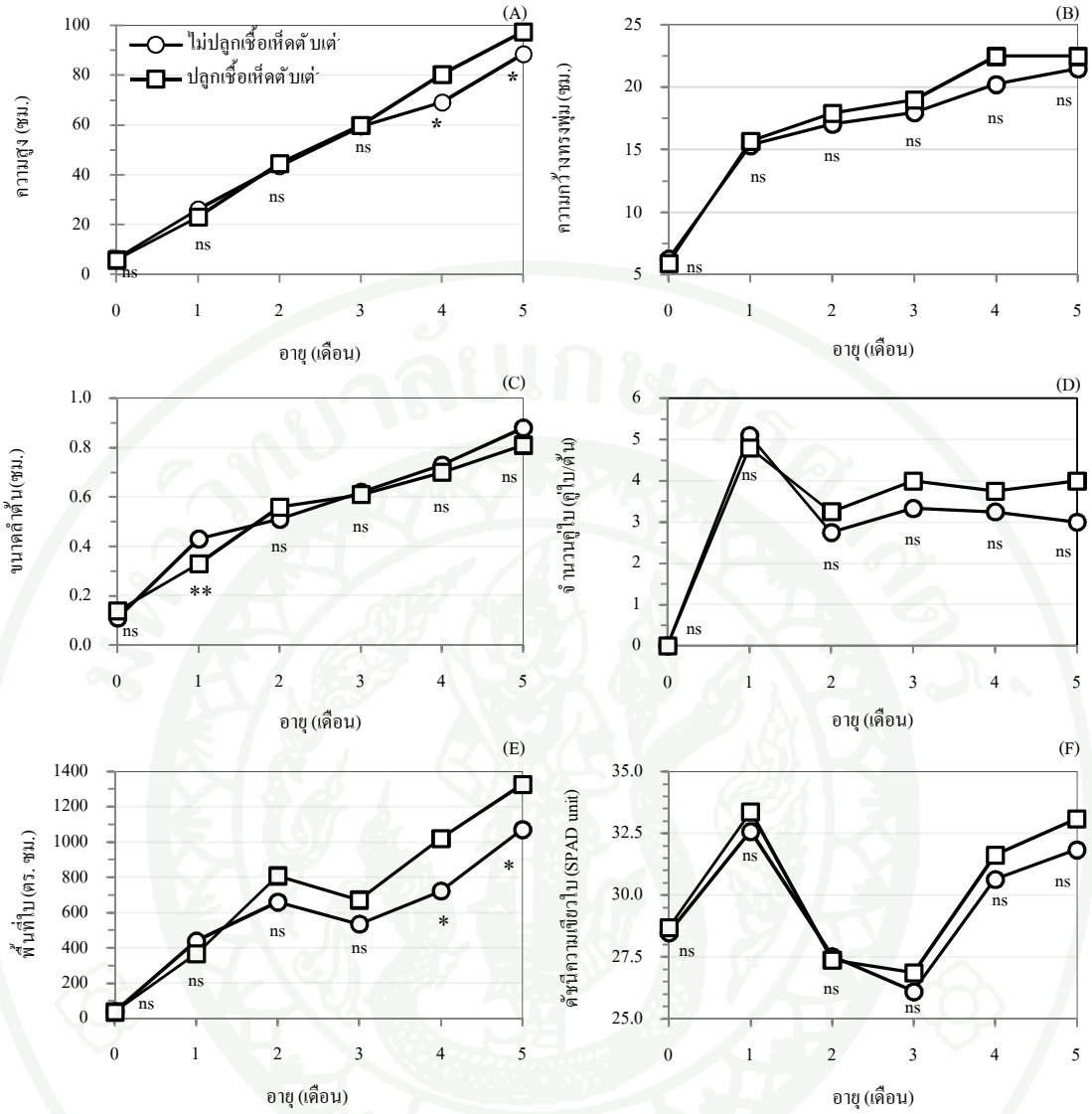
พื้นที่ใบของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าและต้นควบคุม เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 2 เดือนแรก ต่อมาลดลงและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง แต่การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าทำให้ต้นกล้าฝรั่งมีพื้นที่ใบมากกว่าต้นควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตั้งแต่เดือนที่4 จนสิ้นสุดการทดลอง โดยต้นปลูกเชื้อเห็ดมีพื้นที่ใบเท่ากับ 1325.60 ตารางเซนติเมตร ส่วนต้นควบคุมมีพื้นที่ใบ1070.29 ตารางเซนติเมตร (ภาพที่ 8E และ ตารางผนวกที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนดัชนีความเขียวใบ พบว่าการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าไม่มีผลต่อค่าดัชนีความเขียวใบของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ซึ่งดัชนีความเขียวใบมีค่าสูงสุด เฉลี่ย 32.99 SPAD unit ในเดือนแรก ต่อมาลดลงจนมีค่าต่ำสุดในเดือนที่ 3 และเพิ่มขึ้นอีกครั้งอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง โดยต้นปลูกเชื้อเห็ดและต้นควบคุมมีค่าดัชนีความเขียวใบ เฉลี่ย 32.48 SPAD unit
(ภาพที่ 8F และ ตารางผนวกที่ 3)

จากข้อมูลข้างต้นพบว่าเส้นกราฟการเติบโตทางด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และขนาดลำต้นของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าและต้นควบคุม เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ภาพที่ 9) อาจเพราะต้นกล้าฝรั่งอยู่ในระยะการเจริญด้านกิ่งใบ (vegetative growth) ส่วนพื้นที่ใบและดัชนีความเขียวใบลดลงต่ำสุด ในเดือนที่ 3 อาจเป็นผลมาจากการทดลองนี้ใส่ปุ๋ยละลายช้าสูตร 14-14-14 ให้กับต้นกล้าฝรั่ง ซึ่งปุ๋ยสูตรดังกล่าวมีไนโตรเจนค่อนข้างต่ำเป็นผลให้ต้นกล้าได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอใบจึงแสดงอาการขาดธาตุอาหารรุนแรง ทำให้ใบด่างเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและหลุดร่วง ส่วนใบด้านบนอาจมีสีซีดลง เพราะขาดไนโตรเจนอาจมีผลยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรพลาสต์ และคลอโรฟิลล์ (วิจิตร, 2552) นอกจากนี้ยังพบว่าการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าช่วยส่งเสริมให้ต้นกล้าฝรั่งมีความสูงและพื้นที่ใบมากกว่าต้นควบคุม และเริ่มเห็นความแตกต่างตั้งแต่เดือนที่ 4 จนสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Wu and Xia (2006) พบว่าการปลูกเชื้อราอาบัสคูลาไมคอร์ไรซา *Glomus versiforme* ให้กับกล้าส้ม (*Citrus tangerine*) ส่งผลให้กล้ามีความสูง จำนวนใบ/ต้น และพื้นที่ใบมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อราดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 การเติบโต (A) ความสูง (B) ความกว้างทรงพุ่ม (C) ขนาดลำต้น(D) จำนวนคู่ใบ (E) พื้นที่ใบ และ (F) ดัชนีความเขียวใบของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง ภายหลังการย้ายปลูกเป็นเวลา 0 1 2 3 4 และ 5 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(A) ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(ชุดควบคุม)

(B) ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า

0 1 2 3 4 5

อายุของต้นกล้าฝรั่ง(เดือน)

ภาพที่ 9 การเติบโตของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ภายหลังการไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(A) และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(B) และย้ายปลูกเป็นเวลา 5 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการวัดมวลชีวภาพของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และต้นที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดดังกล่าว(ต้นควบคุม) ภายหลังการย้ายปลูก เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าต้นปลูกเชื้อเห็ดและต้นควบคุมมีมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นตามอายุของต้นกล้า แต่มีค่าแตกต่างกันในแต่ละช่วงของการเติบโต ดังนี้

มวลแห้งรวมทั้งต้น เป็นผลรวมของมวลแห้งส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดิน พบว่าต้นกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าและต้นควบคุม มีมวลแห้งรวมทั้งต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยในเดือนที่ 2 ต้นควบคุมมีมวลแห้งรวมทั้งต้นเท่ากับ 7.66 กรัม มากกว่าต้นปลูกเชื้อเห็ดซึ่งมีมวลแห้งรวมทั้งต้น 6.80 กรัม นอกจากนี้ยังพบว่าตั้งแต่เดือนที่ 4 จนสิ้นสุดการทดลอง ต้นปลูกเชื้อเห็ดมีมวลแห้งรวมทั้งต้นเท่ากับ 30.60 กรัม มากกว่าต้นควบคุม ซึ่งมีมวลแห้งรวมทั้งต้น 26.65 กรัม (ภาพที่ 10A และ ตารางผนวกที่ 4)

มวลแห้งรวมส่วนเหนือดิน เป็นผลรวมของมวลแห้งต้นและใบ พบว่าต้นกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าและต้นควบคุม มีมวลแห้งส่วนเหนือดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยในช่วง 2 เดือนแรก ต้นควบคุมมีมวลแห้งส่วนเหนือดินเท่ากับ 5.56 กรัม มากกว่าต้นปลูกเชื้อเห็ดซึ่งมีมวลแห้งส่วนเหนือดิน 4.85 กรัม แต่ในเดือนที่ 4 จนสิ้นสุดการทดลอง พบว่าต้นปลูกเชื้อเห็ดมีมวลแห้งส่วนเหนือดินเท่ากับ 23.60 กรัม มากกว่าต้นควบคุม ซึ่งมีมวลแห้งส่วนเหนือดิน 20.70 กรัม (ภาพที่ 10B และ ตารางผนวกที่ 4)

มวลแห้งต้นและใบ พบว่าการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่ามีผลทำให้มวลแห้งต้นและใบของต้นกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' มีค่ามากกว่าต้นควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่เดือนที่ 4 จนสิ้นสุดการทดลอง โดยต้นปลูกเชื้อเห็ดมีมวลแห้งต้นและใบ เท่ากับ 13.20 และ 10.40 กรัม ส่วนต้นควบคุมมีมวลแห้งต้นและใบ 11.10 กรัม และ 9.60 กรัม ตามลำดับ(ภาพที่ 10C-10D และตารางผนวกที่ 5)

มวลแห้งรวมส่วนใต้ดิน เป็นผลรวมของมวลแห้งรากใหญ่และรากเล็ก (ภาพที่ 11) พบว่าต้นกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าและต้นควบคุมมีมวลแห้งส่วนใต้ดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงเดือนที่ 4 แต่ในเดือนสุดท้ายของการทดลอง พบว่าต้นปลูกเชื้อเห็ดมีมวลแห้งส่วนใต้ดินเท่ากับ 6.70 กรัม มากกว่าต้นควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีมวลแห้งส่วนใต้ดิน 5.95 กรัม (ภาพที่ 10E และ ตารางผนวกที่ 6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

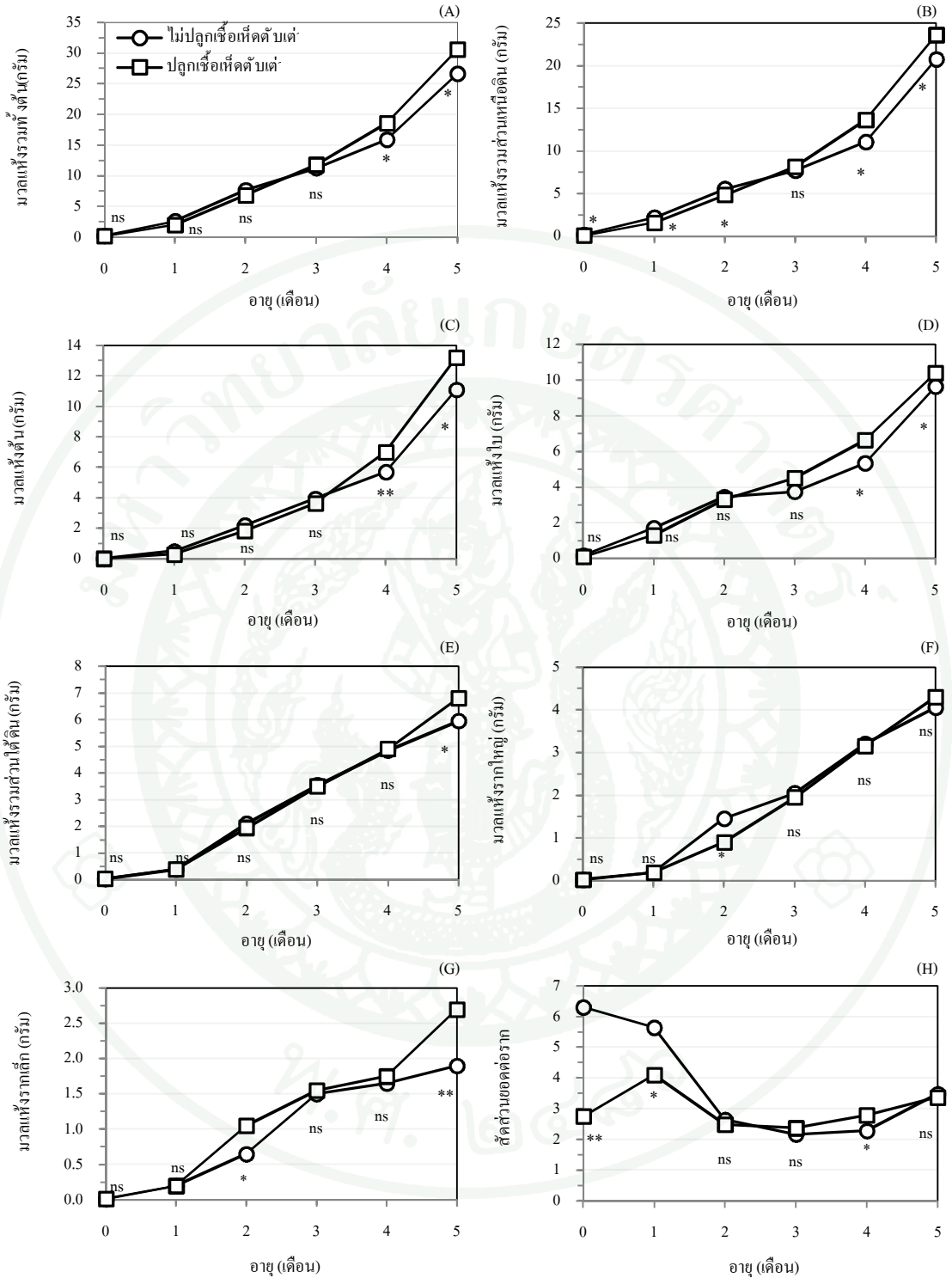
มวลแห้งรากใหญ่ของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าและต้นควบคุมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นในเดือนที่ 2 พบว่าต้นควบคุมมีมวลแห้งรากใหญ่ เท่ากับ 1.45 กรัม มากกว่าต้นปลูกเชื้อเห็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งมีมวลแห้งรากใหญ่ 0.90 กรัม (ภาพที่ 10F และ ตารางผนวกที่ 6)

มวลแห้งรากเล็ก พบว่าต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่ามีมวลแห้งรากเล็กมากกว่าต้นควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยในเดือนที่ 2 และ 5 ต้นปลูกเชื้อเห็ดมีมวลแห้งรากเล็ก เท่ากับ 1.05 และ 2.70 กรัม ในขณะที่ต้นควบคุมมีมวลแห้งรากเล็ก 0.65 และ 1.90 กรัม ตามลำดับ(ภาพที่ 10G และ ตารางผนวกที่ 7)

ส่วนสัดส่วนยอดต่อราก (มวลแห้งส่วนเหนือดินต่อส่วนใต้ดิน) พบว่าต้นกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าและต้นควบคุมมีสัดส่วนยอดต่อราก แตกต่างกันทางสถิติ ดังนี้ ในเดือนแรกต้นควบคุมมีสัดส่วนยอดต่อราก เท่ากับ 5.64 มากกว่าต้นปลูกเชื้อเห็ดซึ่งมีสัดส่วนยอดต่อราก 4.10 แต่ในเดือนที่ 4 พบว่าต้นปลูกเชื้อเห็ดมีสัดส่วนยอดต่อราก เท่ากับ 2.79 มากกว่าต้นควบคุมซึ่งมีสัดส่วนยอดต่อราก 2.28 (ภาพที่ 10H และ ตารางผนวกที่ 7)

จากข้อมูลมวลชีวภาพข้างต้นพบว่า ในช่วง 2 เดือนแรก ต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่ามีมวลแห้งรวมส่วนเหนือดิน และสัดส่วนยอดต่อราก มากกว่าต้นที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า แต่ในเดือนที่ 4 จนสิ้นสุดการทดลอง พบว่าต้นปลูกเชื้อเห็ดมีมวลแห้งรวมทั้งต้น มวลแห้งรวมส่วนเหนือดิน มวลแห้งต้น มวลแห้งใบ มวลแห้งรวมส่วนใต้ดิน และมวลแห้งรากเล็ก มากกว่าต้นควบคุมทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากเส้นใยของเห็ดที่เจริญรอบราก มีส่วนช่วยเพิ่มผิวสัมผัสระหว่างรากกับอนุภาคดินและเส้นใยดังกล่าวยังผลิตเอนไซม์ฟอสฟาเทส (phosphatase) ออกมาสู่ดินรอบผิวราก (rhizophere) ทำให้รากพืชสามารถดูดซับฟอสเฟตที่อยู่ในรูปละลายยาก เช่น แคลเซียมฟอสเฟต และอะลูมิเนียมฟอสเฟต รวมทั้งแร่ธาตุอาหารอื่นๆ ได้แก่ ไนโตรเจน และ โพแทสเซียม ได้มากขึ้น (Williamson and Alexander, 1975; Macfall, 1992; Smith and David, 1997; ยงยุทธ, 2552) จึงส่งผลให้ต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่ามีมวลชีวภาพมากกว่าต้นควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Wu *et al.* (2011) พบว่าต้นกล้าส้ม(*Poncirus trifoliata*) ที่ได้รับการปลูกเชื้อราอาบัสคูลาไมคอร์ไรซา 3 ชนิดคือ *Glomus diaphanum, G.mosseae, G.versiforme.* มีมวลแห้งรวมทั้งต้น มวลแห้งต้นมวลแห้งใบและมวลแห้งราก มากกว่าต้นที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อราดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 มวลชีวภาพของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' (A) มวลแห้งรวมทั้งต้น(B) มวลแห้งรวมส่วนเหนือดิน (C) มวลแห้งต้น (D) มวลแห้งใบ (E) มวลแห้งรวมส่วนใต้ดิน (F) มวลแห้งรากใหญ่ (G) มวลแห้งรากเล็ก และ (H) สัดส่วนยอดต่อราก ภายหลังการย้ายปลูกเป็นเวลา 0 1 2 3 4 และ 5 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(A) ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(ชุดควบคุม)

(B) ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า

0 1 2 3 4 5

อายุของต้นกล้าฝรั่ง(เดือน)

ภาพที่ 11 ลักษณะรากของกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ภายหลังการไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(A) และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(B) และย้ายปลูกเป็นเวลา 5 เดือน

A1 รากใหญ่

A2 รากเล็ก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการคำนวณองค์ประกอบการเติบโตของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าและต้นที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดดังกล่าว(ต้นควบคุม) ภายหลังการย้ายปลูก เป็นเวลา 5 เดือน พบว่า

สัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งรวมทั้งต้น(Leaf Area Ratio: LAR) พบว่า เฉพาะช่วง 2 เดือนแรก ต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า มีค่าLAR เท่ากับ 117.45 ตารางเซนติเมตร กรัม$^{-1}$ มากกว่าต้นควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีค่าLAR 85.84 ตารางเซนติเมตร กรัม$^{-1}$ ต่อมา LAR ลดลงอย่างรวดเร็วและมีค่าค่อนข้างคงที่ เฉลี่ย48.05 ตารางเซนติเมตร กรัม$^{-1}$ ตั้งแต่เดือนที่ 3 จนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 12A และ ตารางผนวกที่ 8)

สัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งใบ (Specific Leaf Area: SLA) เป็นค่าที่บ่งบอกความหนาของใบ พบว่า เฉพาะช่วง 2 เดือนแรก ต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า มีค่าSLA เท่ากับ 256.13 ตารางเซนติเมตร กรัม$^{-1}$ มากกว่าต้นควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีค่าSLA 191.26 ตารางเซนติเมตร กรัม$^{-1}$ ต่อมา SLA ลดลงจนมีค่าต่ำสุดในเดือนสุดท้ายของการทดลอง โดยต้นปลูกเชื้อเห็ดและต้นควบคุมมีค่าSLA เฉลี่ย 116.62 ตารางเซนติเมตร กรัม$^{-1}$ (ภาพที่ 12B และ ตารางผนวกที่ 8)

ดัชนีพื้นที่ใบ(Leaf Area Index: LAI) เป็นค่าแสดงขนาดของพืชบนพื้นที่ปลูก พบว่าการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าให้กับต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ไม่มีผลต่อค่า LAI ซึ่งในเดือนแรก LAI มีค่าต่ำสุด ต่อมาเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็ว ในเดือนที่3 จากนั้น ค่าLAI ค่อยๆ เพิ่มขึ้น ตั้งแต่เดือนที่ 4 จนสิ้นสุดการทดลอง โดยต้นปลูกเชื้อเห็ดและต้นควบคุม มีค่าLAI เฉลี่ย 2.81 (ภาพที่ 12C และ ตารางผนวกที่ 9)

อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์(Relative Growth Rate: RGR) เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงมวลแห้งต่อหนึ่งหน่วยเวลา พบว่าต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าและต้นควบคุม มีค่าRGR ลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนที่ 4 จากนั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในเดือนสุดท้ายของการทดลอง โดยต้นปลูกเชื้อเห็ดและต้นควบคุมมีค่า RGR ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 7.29 x10^{-3} กรัม กรัม$^{-1}$ เดือน$^{-1}$ (ภาพที่ 12D และ ตารางผนวกที่ 9)

อัตราการเจริญเติบโตของพืช (Crop Growth Rate: CGR) เป็นค่าบ่งบอกถึงอัตราส่วนของมวลแห้งที่พืชสร้างขึ้นต่อหน่วยพื้นที่ปลูกพบว่าการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าให้กับต้นกล้าฝรั่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

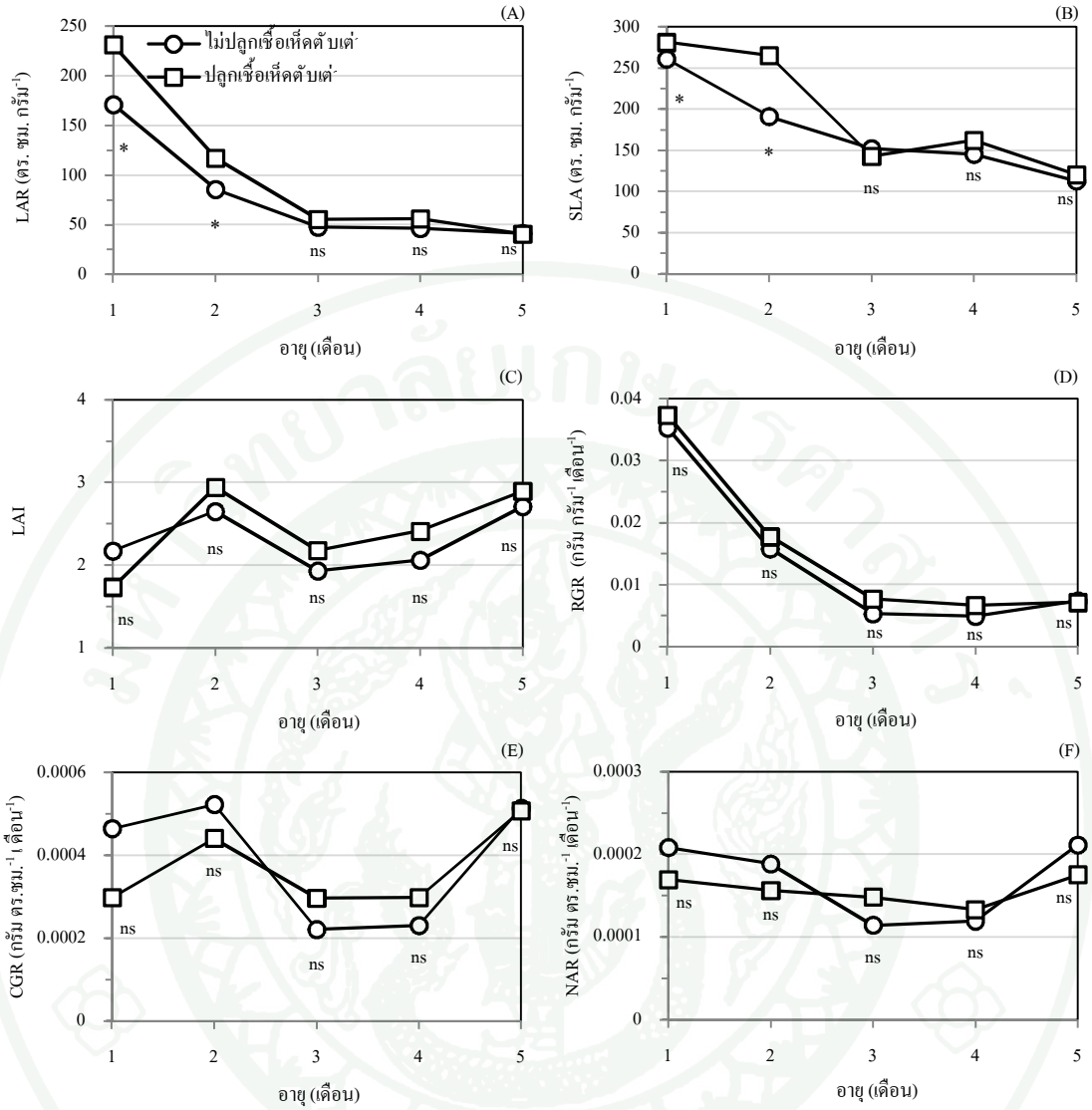
'แป้นสีทอง' ไม่มีผลต่อ CGR โดยในช่วง 2 เดือนแรก CGR เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ต่อมาลดลงและมีค่าค่อนข้างคงที่ เฉลี่ย 2.6 x10^{-4} กรัม ตารางเซนติเมตร$^{-1}$ เดือน$^{-1}$ ตั้งแต่เดือนที่ 3 จากนั้นเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยต้นปลูกเชื้อเห็ดและต้นควบคุมมีค่า CGR เฉลี่ย 5.11x10^{-4} กรัม ตารางเซนติเมตร$^{-1}$ เดือน$^{-1}$ (ภาพที่ 12E และ ตารางผนวกที่ 10)

ส่วนประสิทธิภาพการสร้างมวลแห้งต่อพื้นที่ใบในช่วงเวลาหนึ่ง (Net Assimilation Rate: NAR) เป็นดัชนีบ่งชี้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของใบ พบว่าเชื้อเห็ดตับเต่าไม่มีผลต่อค่า NAR ของต้นกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' โดยในช่วง 2 เดือนแรก NAR ค่อนข้างคงที่ เฉลี่ย 1.80 x10^{-4} กรัม ตารางเซนติเมตร^{1} ต่อมาลดลงและเพิ่มขึ้นอีกครั้งในเดือนสุดท้ายของการทดลอง โดยต้นปลูกเชื้อเห็ดและต้นควบคุมมีค่า NAR เฉลี่ย 1.93 x10^{-4} กรัม ตารางเซนติเมตร^{1} เดือน$^{-1}$ (ภาพที่ 12F และ ตารางผนวกที่ 10)

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าต้นกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่ามีค่าสัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งรวมทั้งต้น (LAR) และสัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งใบ (SLA) มากกว่าต้นควบคุมแต่แตกต่างกัน เฉพาะช่วง 2 เดือนแรก อาจเนื่องมาจากช่วงแรกของการเติบโตต้นปลูกเชื้อเห็ดมีมวลแห้งรวมทั้งต้นและมวลแห้งใบน้อยกว่าต้นควบคุม ส่วนค่า LAR และ SLA ลดลงตามอายุของต้นกล้าที่เพิ่มขึ้น อาจเพราะเมื่อต้นกล้าฝรั่งเติบโต สร้างลำต้น ใบ และรากมากรวมทั้งสะสมอาหารในส่วนดังกล่าวมากขึ้น ใบหนาขึ้นจึงส่งผลให้ LAR และ SLA ลดลง

ต้นกล้าฝรั่งที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า มีค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) อัตราการเจริญเติบโตของพืช (CGR) และประสิทธิภาพการสร้างมวลแห้งต่อพื้นที่ใบในช่วงเวลาหนึ่ง (NAR) มากกว่าต้นควบคุม อาจเพราะการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าช่วยส่งเสริมให้ต้นกล้าฝรั่งแตกคู่ใบใหม่มากขึ้น ส่งผลให้ต้นกล้ามีพื้นที่ใบมากกว่าต้นควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าพื้นที่ใบลดลง ในเดือนที่ 3 (ภาพที่ 8E และ ตารางผนวกที่ 3) อาจเนื่องมาจากการขาดไนโตรเจน ส่งผลให้ค่า LAI CGR และ NAR ลดลงเช่นเดียวกัน ส่วนการที่ LAI RGR CGR และ NAR เพิ่มขึ้นในเดือนสุดท้ายของการทดลอง อาจเป็นผลมาจากต้นกล้าฝรั่งมีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ค่า LAI เพิ่มขึ้น ประกอบกับการทดลองนี้สุ่มเก็บตัวอย่างมวลชีวภาพของต้นกล้าทุก ๆ เดือน ดังนั้นการบังแสงระหว่างต้นจึงลดลง เป็นผลให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของใบ (NAR) ค่า RGR และ CGR เพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 องค์ประกอบการเติบโตได้แก่ (A) สัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งรวมทั้งต้น(LAR) (B) สัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งใบ (SLA) (C) ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) (D) อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์(RGR) (E) อัตราการเจริญเติบโตของพืชและ (F) ประสิทธิภาพการสร้างมวลแห้งต่อพื้นที่ใบในช่วงเวลาหนึ่ง(NAR) ของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ภายหลังการย้ายปลูกเป็นเวลา 1 2 3 4 และ 5 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 5 ศึกษาความทนทานของต้นกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ภายหลังปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าต่อไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*)

จากการวัดความสูง ขนาดลำต้น มวลแห้งต้น มวลแห้งรากเปอร์เซ็นต์เอ็คโตไมคอร์ไรซา จำนวนปม จำนวนกลุ่มไข่ การเกิดโรค และระดับความทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปมของรากฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ภายหลังการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า อายุ 3 เดือน และใส่ไส้เดือนฝอยรากปม เป็นเวลา 2 เดือน พบว่า

การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าไม่มีผลต่อความสูงของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' โดยต้นที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดและต้นควบคุม มีความสูงไม่แตกต่างกัน เฉลี่ย 11.68 เซนติเมตร ในขณะที่การใส่ไส้เดือนฝอยรากปมจำนวนมากขึ้น ส่งผลให้ความสูงลดลง แต่ต้นปลูกเชื้อเห็ดมีความสูงลดลงน้อยกว่าต้นควบคุม ในขณะที่ขนาดลำต้น มวลแห้งต้นและราก ของต้นกล้าฝรั่งทุกทรีทเมนต์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 0.16 เซนติเมตร 0.20 และ 0.12 กรัม ตามลำดับส่วนเปอร์เซ็นต์เอ็คโตไมคอร์ไรซาลดลงตามจำนวนไส้เดือนฝอยที่ใส่มากขึ้น (ภาพที่ 13 และ ตารางที่ 6)

ส่วนจำนวนปม จำนวนกลุ่มไข่ การเกิดโรค และระดับความทนทานของรากต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปมพบว่าเชื้อเห็ดตับเต่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมโรครากปม โดยต้นปลูกเชื้อเห็ด มีจำนวนปมและกลุ่มไข่ลดลง ประมาณ 25 ปม และ 10 กลุ่มไข่ (เปรียบเทียบกับต้นควบคุม) ส่งผลให้การเกิดโรคลดลงและรากทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปมระดับปานกลาง (ภาพที่ 14 และ ตารางที่ 6) ซึ่งการที่รากของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่ามีความทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปมมากขึ้น อาจเพราะเส้นใยของเห็ดตับเต่าที่เจริญอยู่รอบราก ผลิตสารทุติยภูมิหรือสารปฏิชีวนะที่เป็นพิษต่อไส้เดือนฝอยรากปม หรือสารปฏิชีวนะดังกล่าวมีส่วนทำให้รากสูญเสียคุณสมบัติในการล่อหรือดึงดูดไส้เดือนฝอย (จิระเดช, 2549) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของน้ำทิพย์ (2553) พบว่าการรดน้ำกรองจากเส้นใยเห็ดตับเต่าให้กับต้นกล้าพริกขี้หนูลูกผสม 'ซุปเปอร์ฮอท' สามารถลดจำนวนปมและกลุ่มไข่ของไส้เดือนฝอยรากปมได้แต่ผลจากการทดลองนี้เป็นที่น่าสังเกตว่าการใส่ไส้เดือนฝอยรากปมจำนวนมากขึ้นไม่มีผลต่อความสูง เปอร์เซ็นต์เอ็คโตไมคอร์ซา จำนวนปม จำนวนกลุ่มไข่ การเกิดโรคและระดับความทนทานของรากต่อไส้เดือนฝอยรากปม อาจเพราะต้นกล้าฝรั่งที่ใช้ทดลองมีขนาดเล็กดังนั้นหากใช้ต้นกล้าที่มีอายุมากกว่า 3 เดือน และใช้เวลาในการศึกษานานขึ้น อาจเห็นผลของเชื้อเห็ดตับเต่าในการส่งเสริมให้ต้นกล้าฝรั่งทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปมชัดเจนยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการทดสอบความทนทานโรครากปมครั้งนี้อาจมีความคลาดเคลื่อนเพราะต้นกล้าฝรั่งที่ใช้ทดสอบได้มาจากการเพาะเมล็ดจากผลที่เก็บมาจากต้นฝรั่งหลายต้น ซึ่งอาจเป็นต้นผสมตัวเองหรือผสมข้าม แต่ในธรรมชาติการผสมข้ามเกิดขึ้นประมาณ4-5 เปอร์เซ็นต์ (สุนิสา, 2545) ดังนั้นต้นกล้าฝรั่งที่ได้จึงมีความแปรปรวนน้อย นอกจากนี้จากการตรวจสอบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูง ขนาดลำต้น มวลแห้งต้น มวลแห้งราก เปอร์เซ็นต์เอ็คโตไมคอร์ไรซา จำนวนปมและกลุ่มไข่ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวน้อย ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าต้นกล้าฝรั่งที่ใช้ในการทดลองนี้มีลักษณะทางฟีโนไทป์(phenotype) ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามหากต้องการผลการทดสอบความทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปมชัดเจนยิ่งขึ้นควรใช้เมล็ดฝรั่งที่ดอกบานก่อนระยะดอกบาน แล้วปล่อยให้ผสมตัวเอง (self-pollinated) จนติดผล (เมทินี, 2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ความสูง ขนาดลำต้น มวลแห้งต้น มวลแห้งรากเปอร์เซ็นต์เอ็คโตไมคอร์ไรซา จำนวนปม จำนวนกลุ่มไข่ การเกิดโรคและระดับความทนทานของรากฝรั่ง 'แป้นสีทอง' ต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม ภายหลังปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า อายุ3 เดือน และใส่ไส้เดือนฝอยรากปม เป็นเวลา 2 เดือน

ทรีทเมนต์	ความสูง (เซนติเมตร)	ขนาดลำต้น (เซนติเมตร)	มวลแห้ง (กรัม)		เอ็คโตไมคอร์ไรซา (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนปม (ปม)	จำนวนกลุ่มไข่ (กลุ่มไข่)	การเกิดโรค	ระดับความทนทานของราก
			ต้น	ราก					
T1	11.87±3.9 a[1/]	0.17±0.04	0.26±0.05	0.12±0.05	0 c[2/]	0.0 c[3/]	0.0 d[4/]	0.0	
T2	8.28±2.2 bc	0.16±0.05	0.17±0.10	0.11±0.05	0 c	48.0±13.5 a	26.6 ±3.1 ab	4.0	อ่อนแอ
T3	6.85±1.7 c	0.14±0.05	0.15±0.09	0.12±0.04	0 c	56.6±12.3 a	29.2±7.1 a	4.0	อ่อนแอ
T4	11.48 ±2.9 a	0.18±0.02	0.24±0.02	0.12±0.01	65±0.7 a	0.0 c	0.0 d	0.0	
T5	10.70±2.8 ab	0.17±0.01	0.20±0.02	0.11±0.01	55±0.7 ab	20.8±1.9 b	16.6±5.4 c	3.0	ทนทานปานกลาง
T6	8.93±1.8 abc	0.16±0.02	0.17±0.06	0.11±0.01	40±1.4 b	29.0±4.1 b	19.8±4.8 bc	3.2	ทนทานปานกลาง
F-test	**	ns	ns	ns	**	**	**	-	-
% C.V.	27.40	20.65	46.97	32.68	26.52	40.02	37.95	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

หมายเหตุ - ไม่วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

± ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[1/ 2/ 3/ 4/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

T1 คือ ต้นควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า)

T2 คือ ต้นควบคุม + ไส้เดือนฝอยรากปม 200 ตัว/ถ้วย

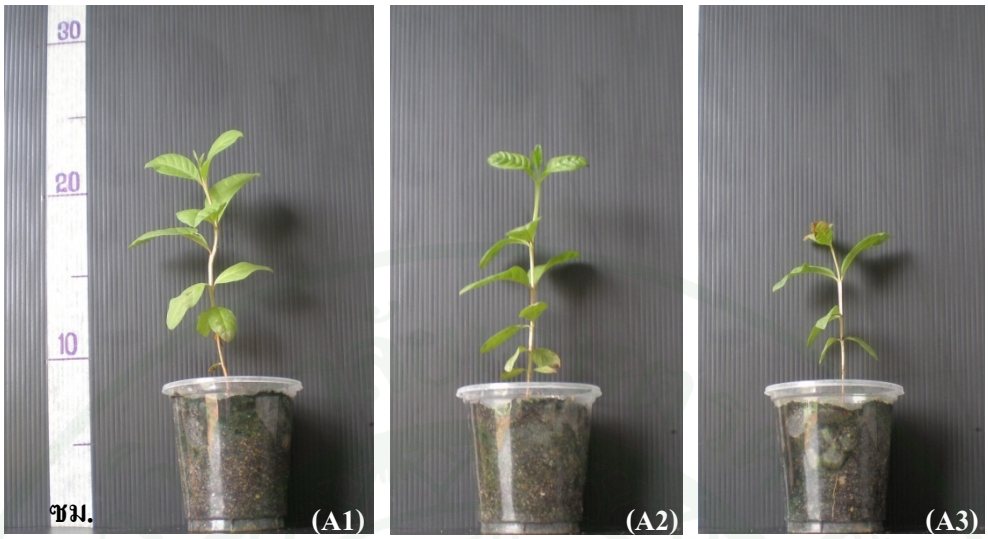
T3 คือ ต้นควบคุม + ไส้เดือนฝอยรากปม 400 ตัว/ถ้วย

T4 คือ ต้นปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า

T5 คือ ต้นปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า+ ไส้เดือนฝอยรากปม 200 ตัว/ถ้วย

T6 คือ ต้นปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า+ ไส้เดือนฝอยรากปม 400 ตัว/ถ้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

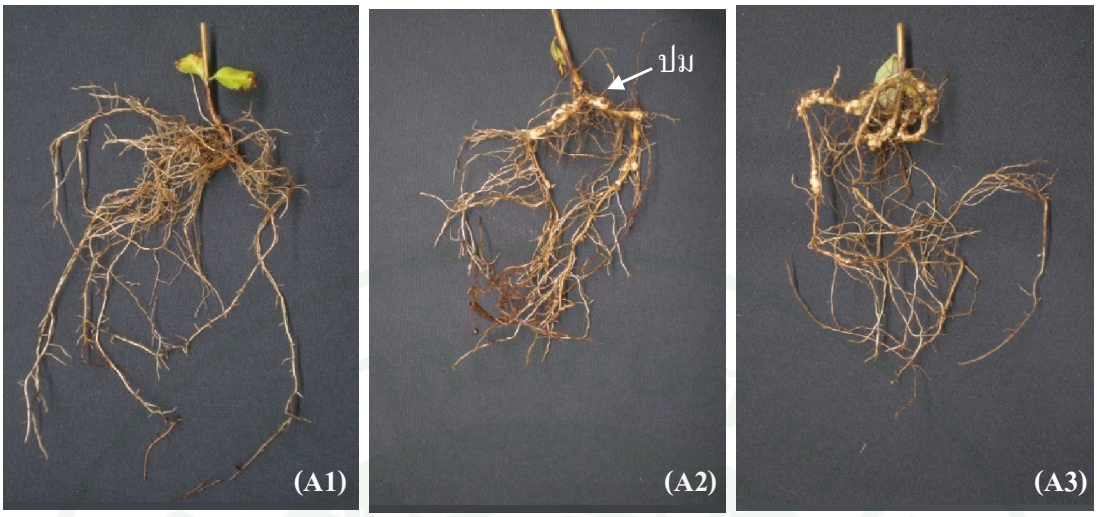


(A) ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(ต้นควบคุม)

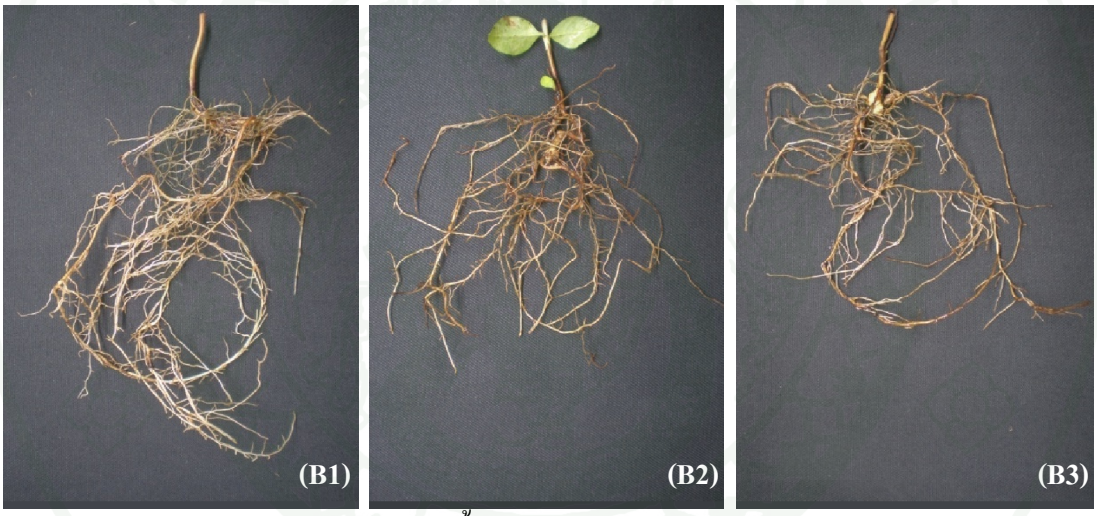
(B) ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า

ภาพที่ 13 ต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(A) และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า (B) ภายหลังใส่ไส้เดือนฝอยรากปม 0 200 และ 400 ตัว/ถ้วย [(A1, B1) (A2, B2) และ (A3, B3)] เป็นเวลา 2 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(A) ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(ต้นควบคุม)



(B) ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า

ภาพที่ 14 รากของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(A) และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า (B) ภายหลังใส่ไส้เดือนฝอยรากปม0 200 และ 400 ตัว/ถ้วย [(A1, B1) (A2, B2) และ (A3, B3)] เป็นเวลา 2 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุป

ศึกษาการผลิตต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ร่วมกับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าในสภาพปลอดเชื้อตลอดจนการเติบโตและความทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*) พบว่า

การผลิตต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ในสภาพปลอดเชื้อ โดยวิธีการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดฝรั่งด้วยสารละลายคลอรอกซ์ ความเข้มข้น 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 วัน ไม่พบการปนเปื้อน หลังจากย้ายเมล็ดฝรั่งดังกล่าวเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เป็นเวลา 28 วัน พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความงอก 60-67 เปอร์เซ็นต์

ตัดและย้ายส่วนยอดและข้อของกล้าฝรั่ง 'แป้นสีทอง' เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 1 2 3 และ 4 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 30 และ 60 พบว่าส่วนข้อมีจำนวนยอดแตกใหม่มากกว่าส่วนยอด ในช่วง 30 วันแรก ต่อมาส่วนยอดและข้อมีจำนวนยอดแตกใหม่ไม่แตกต่างกัน เมื่ออายุ 60 วัน การแตกยอดใหม่ของส่วนยอดต้องได้รับ BA ความเข้มข้นสูงตั้งแต่ 2 มิลลิกรัม/ลิตร ขึ้นไป และ BA ความเข้มข้นสูง มีแนวโน้มทำให้จำนวนยอดแตกใหม่จากส่วนยอดและข้อเพิ่มขึ้น แต่ความยาวยอดลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าส่วนยอดที่เลี้ยงบนอาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัม/ลิตร รวมทั้งส่วนยอดและข้อในอาหารชุดควบคุม มีจำนวนยอดและความยาวยอดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 4.2 ยอด/ชิ้นส่วนพืช และ 3.82 เซนติเมตร ตามลำดับ

การศึกษาผลของความเข้มข้นของ NAA ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.1 0.15 และ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร ต่อการเกิดรากต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' พบว่า NAA ไม่มีผลต่อการออกราก โดยมีจำนวนรากเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ เท่ากับ 2.25 ราก/ชิ้นส่วนพืช แต่ความเข้มข้นของ NAA ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความยาวรากลดลง โดยต้นกล้าที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ½ MS ไม่เติม NAA รากมีความยาวมากที่สุด เท่ากับ 3.51 เซนติเมตร

การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าให้กับกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่ารากของต้นกล้าฝรั่งดังกล่าวแตกแขนงมากขึ้น แบบ monopodial-pinnate รากสั้น สีน้ำตาลเข้ม เมื่อตรวจสอบโครงสร้างภายในของราก พบเส้นใยเห็ดสีน้ำตาลปริมาณมากเจริญแผ่กระจายอยู่รอบราก นอกจากนี้เส้นใยดังกล่าวยังอัดกันเป็นเนื้อเยื่อ pseudoparenchyma เรียกว่า แผ่นเมนเทิล ในขณะที่รากที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดดังกล่าว บริเวณผิวรากไม่มีเส้นใยเห็ด สีน้ำตาลปนแดง ส่วนการเติบโตและมวลชีวภาพของต้นกล้าฝรั่งภายหลังการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นเวลา 5 เดือน พบว่าต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่ามีการเติบโตทางด้านความสูง พื้นที่ใบ มวลแห้งรวมทั้งต้น มวลแห้งส่วนเหนือดิน มวลแห้งต้น มวลแห้งใบ มวลแห้งส่วนใต้ดิน และมวลแห้งรากเล็ก มากกว่าต้นควบคุม เมื่อคำนวณองค์ประกอบการเติบโต พบว่าต้นปลูกเชื้อเห็ดมีค่าสัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งรวมทั้งต้น (LAR) สัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งใบ(SAL) ดัชนีพื้นที่ใบ(LAI) อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) อัตราการเจริญของพืชปลูก(CGR) และประสิทธิภาพการสร้างมวลแห้งต่อพื้นที่ใบ(NAR) ไม่แตกต่างกัน

ส่วนการศึกษาความทนทานของกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ภายหลังปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าต่อไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* พบว่าเชื้อเห็ดตับเต่าไม่มีผลต่อความสูง ขนาดลำต้น มวลแห้งต้นและราก ภายหลังการใส่ไส้เดือนฝอย อายุ2 เดือน แต่เห็ดดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรครากปม โดยต้นปลูกเชื้อเห็ดมีจำนวนปมและกลุ่มไข่ลดลง ประมาณ 25 ปม และ 10 กลุ่มไข่ ส่งผลให้การเกิดโรคลดลงและรากฝรั่งทนทานต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปมระดับปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2546. **เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสวน** กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จิระเดช แจ่มสว่าง. 2549. **การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี.** ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2541. **มะกอกน้ำกับเห็ดตับเต่า.** ภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทนุวงศ์ แสงเทียน. 2534. **เอ็คโตไมคอร์ไรซาในไม้ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb.) และผลที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

น้ำทิพย์ราชวงษ์. 2553. **ประสิทธิภาพของน้ำกรองจากเส้นใยเห็ดตับเต่า (*Boletus colossus* Heim.) ในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*).** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บดินทร์ แดงสง่า. 2547. **พันธุ์ฝรั่งต้านทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม(*Meloidogyne incognita*).** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญยืน กิจวิจารณ์. 2547. **เทคโนโลยีเบื้องต้นการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อพัฒนาพันธุ์พืช** โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา ขอนแก่น.

ประชา ลี้ประเสริฐ. 2535. **ไส้เดือนฝอยศัตรูพืช.** ภาควิชาโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พรพิมล เที่ยงธรรม. 2538. **การเพาะเลี้ยงกฤษณาในสภาพปลอดเชื้อ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พีรเดช ทองอำไพ. 2546. สารควบคุมชีวภาพของพืช, น. 128-144. *ใน* จริงแท้ ศิริพานิช, ผู้รวบรวม **หลักการพืชสวน**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

เพ็ญพิชญา เตียว. 2553. มก.พัฒนาสุดยอดฝรั่ง2 พันธุ์ ผลรสชาติอร่อยกับทนไส้เดือนฝอย **ข่าวการศึกษา.** แหล่งที่มา: http://thairecent.com/Education/2010/739269/, 25 ตุลาคม 2553.

ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์. 2531. **การปลูกฝรั่งเพื่ออุตสาหกรรม.** ฟันนี่พลับบลิชชิ่ง กรุงเทพฯ.

มัทนา วานิชย์. 2551. **ศักยภาพของเชื้อราบางชนิดในการควบคุมไส้เดือนฝอย (*Meloidogyne incognita* Chitwood).** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เมทินี พลอยเปลี่ยนแสง. 2553. **การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปมในฝรั่ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. **ธาตุอาหารพืช.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุพา มงคลสุข, รุ่งอรุณ สุ่มแก้ว, ปฏิมา ลิขิตธรรมนิตย์, พนิดา วงษ์แหวน และ วิลาสินี กวีกิจธรรมกุล. 2550. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกฤษณา(*Aquilaria crassna*), น. 532-538. *ใน* **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่45 (สาขาพืช).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2539. **เห็ดกินได้และเห็ดมีพิษในประเทศไทย** อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง,กรุงเทพฯ.

วิจิตร วังใน. 2552. **ธาตุอาหารกับการผลิตพืชผล** วี.บี.บุ๊คเซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศลิษา สุวรรณภักดิ์. 2547. **ผลของราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับแบคทีเรียในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*) โดยชีววิธีในมะเขือเทศ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิวพงศ์ จำรัสพันธ์ 2546. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏอุดรธานี, อุดรธานี.

ศุภวรรณ ห่วงมาก. 2544. **พันธุ์ฝรั่งต้านทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม*Meloidogyne incognita*.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมชาย สุขะกูล. 2549. **ไส้เดือนฝอยศัตรูพืชและการควบคุม.** ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม.

สัมฤทธ์ เฟื่องจันทร์. 2538. **เทคโนโลยีไม้ผล.** ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สาวิตรี วีระเสถียร. 2550. **การพัฒนาเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ยูคาลิปตัส** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____, ประภาพร ตั้งกิจโชติ และ กวิศร์ วานิชกุล. 2553. ธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ายูคาลิปตัสภายหลังการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า **ว. วิทย์. กษ.** 41 (3/1) (พิเศษ): 201-204.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. **สถิติการเกษตรของไทยปี 2551.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สืบศักดิ์ สนธิรัตน์. 2532. **โรคพืชที่เกิดจากไส้เดือนฝอย.** ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

_____ และ สมชาย สุขะกูล. 2527. มาตรฐานการวัดการเป็นโรครากปมเกิดจากไส้เดือนฝอยของพืชผัก **ว. โรคพืช** 4 (1-3): 22-27.

สุนิสา สุขสว่าง. 2545. **ปริมาณการผสมข้ามของฝรั่ง (*Psidium guava* L.) ในแปลงทดสอบพันธุ์.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุพินญา คำขจร. 2540. **การขยายพันธุ์มะตูมโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรัสวดี เผือกสกนธิ์. 2532. **สวนฝรั่ง.** ศูนย์ผลิตตำราเกษตรเพื่อชนบท, นนทบุรี.

อนงค์ จันทร์ศรีกุล และ อัจฉรา พยัพพานนท์ 2530. ตับเต่าเห็ดที่ควรพัฒนา **ว. กสิกร** 60 (5): 441-445.

_____, อุทัยวรรณ แสงวนิช และ นันทินี ศรีจุมปา. 2543. เห็ดราเอ็กโตไมคอร์ไรซา. **ว. กสิกร** 73 (3): 236-248.

อมรศรี ขุนอินทร์. 2548. **อิทธิพลของเห็ดบางชนิดที่มีผลต่อไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนันต์ หิรัญสาลี. 2529. **ไส้เดือนฝอยศัตรูพืช.** ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

อนิวรรต เฉลิมพงษ์. 2542. การเปลี่ยนแปลงด้านความหลากหลายทางชีวภาพของเห็ดราไมคอร์ไรซ่าและเห็ดราที่ทำให้ไม้ผุในพื้นที่ป่าต้นน้ำภาคตะวันตกของประเทศไทย **ว. วนศาสตร์ 18 (1): 9-29.**

อภิชาติ วรรณวิจิตร. 2547. เทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร. **สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน** เล่มที่ 28 (2547): 127-155.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุทัยวรรณ แสงวณิช. 2537. เอคโตไมคอร์ไรซาของไม้ป่า. 21: 192-199. *ใน* ประพันธ์ จิระมงคล, บรรณาธิการ. **เรื่องน่ารู้สำหรับประชาชน**. บริษัทเอช เอ็น กรุ๊ป จำกัด กรุงเทพฯ.

_____. 2547. ศักยภาพของเห็ดป่าในการเพิ่มรายได้ของเกษตรกรในระบบวนเกษตร **เอกสารประกอบการบรรยายในการประชุมวิชาการวนเกษตร ครั้งที่1**. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

Cabral, R.A.F., J. Telis-Romero, V.R.N. Telis, A.L. Gabas and J.R.D. Finzer. 2007. Effect of apparent viscosity on fluidized bed drying process parameters of guava pulp. **Food Eng.** 80: 1096-1106.

Hunt, R. 1990. **Basic Growth Analysis: Plant Growth Analysis for Beginners**. Unwin Hyman, Ltd., London.

Lim, Y.Y., T.T. Lim and J.J. Tee. 2007. Antioxidant properties of several tropical fruits: a comparative study. **Food Chem.** 103: 1003-1008.

Loh, C.S. and A.N. Rao. 1989. Clonal propagation of guava (*Psidium guajava* L.) from seedlings and grafted plants and adventitious shoot formation *in vitro*. **Scientia Hort.** 39: 31-39.

Macfall, J.S. 1992. Effects of ectomycorrhizae on biogeochemistry and soil structure, pp. 213-238. *In* F.L. Pfleger and R.G. Linderman, eds. **Mycorrhizae and Plant Health**. APS Press, Minnesota.

Mishra, D.S., J.P. Tiwari and S. Lal. 2007. *In vitro* cloning of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Pant Prabhat. **Acta Hort.** 735: 127-132.

Murashige, T. 1974. Plant propagation thought tissue culture. **Annal Rev. Plant Physiol.** 25: 135-166.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. **Physiol Plant.** 15: 473-497.

Papadatou, P., C.A. Pontikis, E. Ephtimiadou and M. Lydaki. 1990. Rapid multiplication of guava seedlings by *in vitro* shoot tip culture. **Scientia Hort.** 45: 99-103.

Radford, P.J. 1967. Growth analysis formulae-their use and abuse. **Crop Sci.** 7: 171-175.

Smith, S.E. and J.R. David. 1997. **Mycorrhizal Symbiosis.** Academic Press, New York.

Statistic Analysis System. 2002. **SAS User's Guide: Statistic.** SAS Institute INC., North Carolina.

Williamson, B. and I.J. Alexander. 1975. Acid phosphatases localized in the sheath of beech mycorrhiza. **Soil Biol. Biochem.** 7: 195-198.

Wu, Q.C. and R.X. Xia. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. **J. Plant Physiol.** 163: 417-425.

_____, Y.N. Zou and X.H. He. 2011. Differences of hyphal and soil phosphatase activities in drought-stressed mycorrhizal trifoliate orange (*Poncirus trifoliata*) seedlings. **Scientia Hort.** 129 (2011): 294-298.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ความสูงและความกว้างทรงพุ่มของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูก เป็นเวลา0 1 2 3 4 และ 5 เดือน

ทรีทเมนต์	ความสูง (เซนติเมตร) ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)						ความกว้างทรงพุ่ม(เซนติเมตร) ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	6.37	26.18	43.63	59.53	69.13	88.50	6.27	17.65	17.00	16.17	20.25	21.50
ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	5.91	23.15	44.50	60.00	80.38	97.50	5.92	16.45	17.94	17.75	22.25	22.50
t-test	ns	ns	ns	ns	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

*,** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ขนาดลำต้นและจำนวนคู่ใบของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูกเป็นเวลา 0 1 2 3 4 และ 5 เดือน

ทรีทเมนต์	ขนาดลำต้น(เซนติเมตร) ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)						จำนวนคู่ใบ(คู่ใบ/ต้น) ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	0.11	0.43	0.51	0.62	0.73	0.88	0	5.10	2.75	3.33	3.25	3.00
ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	0.14	0.33	0.56	0.61	0.70	0.81	0	4.80	3.25	4.00	3.75	4.00
t-test	ns	**	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ - ไม่วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 พื้นที่ใบและค่าดัชนีความเขียวใบของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูก เป็นเวลา0 1 2 3 4 และ 5 เดือน

ทรีทเมนต์	พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)						ดัชนีความเขียวใบ (SPAD unit) ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	39.46	438.03	659.54	534.77	722.12	1070.29	28.50	32.59	27.53	26.11	30.36	31.85
ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	36.62	365.38	808.02	671.57	1020.28	1325.60	28.70	33.38	27.39	26.87	31.63	33.10
t-test	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 มวลแห้งรวมทั้งต้นและมวลแห้งรวมส่วนเหนือดินของต้นกล้าฝรั่งเป็นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าและย้ายปลูก เป็นเวลา0 1 2 3 4 และ 5 เดือน

ทรีทเมนต์	มวลแห้งรวมทั้งต้น(กรัม) ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)						มวลแห้งรวมส่วนเหนือดิน (กรัม) ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	0.22	2.59	7.66	11.25	15.90	26.65	0.19	2.20	5.56	7.70	11.05	20.70
ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	0.15	1.99	6.80	11.80	18.55	30.60	0.11	1.60	4.85	8.30	13.65	23.60
t-test	ns	ns	*	ns	*	*	*	*	*	ns	**	*

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

*,** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 มวลแห้งต้นและมวลแห้งใบของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูก เป็นเวลา0 1 2 3 4 และ 5 เดือน

ทรีทเมนต์	มวลแห้งต้น (กรัม) ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)						มวลแห้งใบ (กรัม) ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	0.02	0.50	2.20	3.95	5.70	11.10	0.17	1.70	3.45	3.75	5.35	9.60
ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	0.02	0.30	1.85	3.80	7.00	13.20	0.09	1.30	3.00	4.50	6.65	10.40
t-test	ns	ns	ns	ns	**	*	ns	ns	ns	ns	*	*

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

*,** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 มวลแห้งรวมส่วนใต้ดินและมวลแห้งรากใหญ่ของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูก เป็นเวลา0 1 2 3 4 และ 5 เดือน

ทรีทเมนต์	มวลแห้งรวมส่วนใต้ดิน (กรัม) ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)						มวลแห้งรากใหญ่ (กรัม) ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	0.03	0.39	2.10	3.55	4.85	5.95	0.02	0.19	1.45	2.05	3.20	4.05
ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	0.04	0.39	1.95	3.50	4.90	6.70	0.03	0.19	0.90	1.95	3.15	4.30
t-test	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	ns

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 มวลแห้งรากเล็กและสัดส่วนยอดต่อรากของต้นกล้าฝรั่งแป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูก เป็นเวลา0 1 2 3 4 และ 5 เดือน

ทรีทเมนต์	มวลแห้งรากเล็ก (กรัม) ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)						สัดส่วนยอดต่อราก ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	0.01	0.20	0.65	1.50	1.65	1.90	6.30	5.64	2.64	2.17	2.28	3.48
ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	0.01	0.20	1.05	1.55	1.75	2.70	2.75	4.10	2.49	2.37	2.79	3.37
t-test	ns	ns	*	ns	ns	**	**	*	ns	ns	*	ns

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

*,** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 สัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งรวมทั้งต้นและสัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งใบของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูก เป็นเวลา 1 2 3 4 และ 5 เดือน

ทรีทเมนต์	สัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งรวมทั้งต้น (ตารางเซนติเมตร กรัม$^{-1}$) ภายหลังการย้ายปลูก (เดือน)					สัดส่วนพื้นที่ใบต่อมวลแห้งใบ (ตารางเซนติเมตร กรัม$^{-1}$) ภายหลังการย้ายปลูก (เดือน)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	171.29	85.84	47.73	46.38	41.53	260.95	191.26	152.22	145.43	112.95
ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	231.41	117.45	55.72	56.04	40.88	281.07	265.13	143.16	161.94	120.29
t-test	*	*	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 ดัชนีพื้นที่ใบและอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าและย้ายปลูก เป็นเวลา 1 2 3 4 และ 5 เดือน

ทรีทเมนต์	ดัชนีพื้นที่ใบ ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)					อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์(กรัม กรัม$^{-1}$ เดือน$^{-1}$) X 10^{-3} ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	2.18	2.65	1.93	2.06	2.71	35.28	15.82	5.35	4.94	7.41
ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	1.74	2.94	2.18	2.41	2.90	37.35	17.76	7.72	6.70	7.17
t-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 อัตราการเจริญเติบโตของพืชและประสิทธิภาพการสร้างมวลแห้งต่อของต้นกล้าฝรั่ง'แป้นสีทอง' ที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า และย้ายปลูกเป็นเวลา 1 2 3 4 และ 5 เดือน

ทรีทเมนต์	อัตราการเจริญเติบโตของพืช (กรัม ตารางเซนติเมตร$^{-1}$เดือน$^{-1}$) X 10^{-4} ภายหลังการปลูกเชื้อ(เดือน)					net assimilation rate (กรัม ตารางเซนติเมตร$^{-1}$ เดือน$^{-1}$) X 10^{-4} ภายหลังการย้ายปลูก(เดือน)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	4.65	5.23	2.21	2.31	5.14	2.08	1.88	1.14	1.19	2.11
ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า	2.98	4.41	2.97	2.98	5.08	1.69	1.56	1.48	1.33	1.75
t-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวปานทิพย์ ขันวิชัย
วัน เดือน ปี ที่เกิด	22 มีนาคม พ.ศ. 2528
สถานที่เกิด	อำเภอดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	- เสนอผลงานวิจัยเรื่อง “การผลิตต้นกล้าฝรั่ง‘แป้นสีทอง’ร่วมกับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า(*Boletus colossus* Heim.) ในสภาพปลอดเชื้อ” ภาคโปสเตอร์ การประชุมวิชาการครั้งที่8 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน พ.ศ. 2554 - เสนอผลงานวิจัยเรื่อง “ผลของเชื้อเห็ดตับเต่า (*Boletus colossus* Heim.) ไอโซเลทต่างๆ ต่อการเติบโตทางกิ่งใบและมวลชีวภาพของต้นกล้าฝรั่ง‘Okinawa’” ภาคโปสเตอร์ การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่50 พ.ศ. 2555
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์