การประเมินความเสี่ยงของการไหลเวียนของยีนจากพืชจำลองพันธุ์ไปสู่พืชและจุลชีพในดิน

นายประเสริฐ ชาติกานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-03-0001-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RISKS ASSESSMENT OF THE GENE FLOW FROM TRANSGENIC PLANTS TO PLANTS AND SOIL MICROORGANISMS

Mr. Prasert Jatikanond

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science
Inter-Departmental Program in Environmental Science
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2000

ISBN 974-03-0001-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินความเสี่ยงของการไหลเวียนของยีนจากพืชจำลองพันธุ์ไปสู่พืชและจุลชีพในดิน
โดย	นายประเสริฐ ชาติกานนท์
สหสาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ปิยะศักดิ์ ชอุ่มพฤกษ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. ปิยะศักดิ์ ชอุ่มพฤกษ์)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

กรรมการ

(ดร. ศิราวุธ กลิ่นบุหงา)

ประเสริฐ ชาติกานนท์ : การประเมินความเสี่ยงของการไหลเวียนของยีนจากพืชจำลองพันธุ์ไปสู่พืชและจุลชีพในดิน. (RISKS ASSESSMENT OF THE GENE FLOW FROM TRANSGENIC PLANTS TO PLANTS AND SOIL MICROORGANISMS) อ. ที่ปรึกษา : ดร.ปิยะศักดิ์ ชอุ่มพฤกษ์, 107 หน้า. ISBN 974-03-0001-4.

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์นี้เพื่อศึกษาความเป็นไปในการปนพันธุ์ถั่วเหลืองจำลองพันธุ์สู่ระบบการปลูก และศึกษาผลกระทบของพืชจำลองพันธุ์ต่อสิ่งแวดล้อมบางประการในพื้นที่ศึกษาเขตภาคกลางตอนบนและภาคเหนือของประเทศไทย(จ. เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ สุโขทัย เลย เชียงใหม่) โดยอาศัยแนวคิดนำชุดตรวจสอบอย่างง่ายบนพื้นฐานของการตรวจยีนในบริเวณแกนหลักของ CaMV 35S โปรโมเตอร์ มาประยุกต์ใช้ในการสำหรับใช้ตรวจสอบการไหลเวียนของยีนจากพืชจำลองพันธุ์ไปสู่พืชตระกูลถั่วชนิดที่พบในแปลงปลูก ทดสอบการแพร่กระจาย ตลอดจนอายุของละอองเรณูที่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในสภาพแวดล้อม การไหลเวียนของยีนจากพืชจำลองพันธุ์ไปสู่จุลชีพในลำไส้ผึ้งและแมลงในกลุ่ม Pollinator อื่นๆ การไหลเวียนของยีนจากพืชจำลองพันธุ์ไปสู่จุลินทรีย์ในดินและเชื้อไรโซเบียมในระบบพึ่งพาอาศัยในปมราก ตลอดจนความคงตัวอยู่ของพลาสมิด DNA ในชุดดินตัวแทน 5 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินกำแพงแสน ชุดดินทรายบางบอน ชุดดินรังสิต ชุดดินวาริน และชุดดินชัยบาดาล ภายใต้สภาพแวดล้อมกึ่งปิด

เมื่อนำเทคนิคการทดสอบชิ้นส่วนดีเอ็นเอ ณ. บริเวณ 35S โปรโมเตอร์มาประยุกต์ใช้ พบถั่วเหลืองที่จำหน่ายในท้องตลาดในกรุงเทพฯ เป็นถั่วเหลืองนำเข้าและเป็นถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ที่มีอัตราการงอกแปรผันอยู่ระหว่าง 20.8-70.8% จึงมีโอกาสปนพันธุ์สู่ระบบผลิต การตรวจสอบการปนพันธุ์ถั่วเหลืองในพื้นที่ปลูกในเขตภาคกลางตอนบนและภาคเหนือตอนล่างพบการปนพันธุ์ผลการศึกษาพบว่าชุดตรวจสอบอย่างง่ายในการศึกษาพัฒนาขึ้นเพื่อตรวจสอบแกนหลักของยีนจากพืชจำลองพันธุ์สามารถตรวจสอบได้เป็นอย่างดีและเมื่อนำชุดตรวจสอบมาใช้ทดสอบตัวอย่างถั่วเหลือง ในเขตภาคกลางตอนบนและภาคเหนือพบว่าปัจจุบันถั่วจำลองพันธุ์มีการกระจายตัวไปสู่มือเกษตรกรทั้งในรูปผลผลิตและเมล็ดพันธุ์ พบถั่วเหลืองจำลองพันธุ์มีการปนเปื้อนอยู่ในตลาดเมล็ดพันธุ์และแปลงปลูกของเกษตรกรจำนวน 25 ตัวอย่างจาก 38 ตัวอย่าง โดยถั่วเหลืองดังกล่าวมีอัตราการงอกสูงสามารถใช้หมุนเวียนในระบบการผลิตได้ ในเบื้องต้นพบความเป็นไปได้ที่จะเกิดการปนพันธุ์โดยคนและแมลงผสมเกสรจำพวกผึ้ง การศึกษาการไหลเวียนของยีน พบว่าชิ้นส่วนดีเอ็นเอจากถั่วเหลืองจำลองพันธุ์สามารถถ่ายทอดไปสู่แบคทีเรียในดิน แบคทีเรียในปมราก ในลำไส้ผึ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารผงถั่วเหลืองจำลองพันธุ์บดละเอียด และสามารถตรวจสอบการคงสภาพของดีเอ็นเอในชุดดินทั้ง 5 ชุด (ชุดดินทรายมาบบอน ชุดดินชัยบาดาล ชุดดินวาริน ชุดดินกำแพงเพชร ชุดดินรังสิต) เป็นเวลาอย่างน้อย 84 วัน

ภาควิชา สหสาขา
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
ปีการศึกษา 2543

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

4072302523 : MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE MAJOR
KEY WORD: GMOs / SOYBEAN / 35S PROMOTER / TRANSGENIC PLANTS / RISKS ASSESSMENT

PRASERT JATIKANOND : .RISKS ASSESSMENT OF THE GENE FLOW FROM TRANSGENIC PLANTS TO PLANTS AND SOIL MICROORGANISMS. THESIS ADVISOR: PIYASAK CHAUMPLEUK, Ph.D., 107 pp. ISBN 974-03-0001-4.

The studies on the feasibility of mingling of soybean seeds and grain with genetically modified soybean, the integration of those soybeans with the soybean production system and the effect of genetically modified soybean to environment were carried out at sites located in upper central part and northern part of Thailand (Petchaboon, Nakornsawan, Sukhothai, Loei and Cheangmai). These were done based on the application of a simple PCR technique of detecting of DNA element in cauliflower mosaic virus 35S promoter for the monitoring of the gene flow from genetically modified soybeans to plant and legume and their pollen and pollen distribution, to bacteria in digestive tract of some insect pollinators, to soil bacteria and the symbionts, and to the stability of DNA molecule in 5 representative soils, Khampaengsaen, Bangborn, Rungsit Varin and Chaibadan in plastic pots

When the DNA detection technique was applied, results showed that soybean grain from markets were imported one and were mingling with genetically modified soybean with their germination ratio varied from 20.8 to 70.8%. This indicated the feasibility of these grain integrating into the agricultural system. The investigation of soybean seeds and grain from planting area in upper central and northern part revealed the mingling of genetically modified one of 25 samples from 38 samples with their high germination ratio enough to be circulated within the soybean production system. It was possible that the mingling of the genetically modified soybean was due to the inappropriate handling by human or the natural crossing among varieties by insect pollinators. In gene flow studies, the DNA bands corresponding with 35S DNA fragment were identified in soil bacteria, in nodule bacteria, in bacteria living in digestive tract of bee fed with the genetically modified soybean powder. DNA bands were also remained in the representative soil series at 84 days after application.

Department INTER - DEPARTMENT
Field of study ENVIRONMENTAL SCIENCE
Academic year 2000

Student 's signature .....
Advisor 's signature .....
Co-advisor 's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลงมิได้หากปราศจากความช่วยเหลือจากบุคคล และหน่วยงานต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ปิยะศักดิ์ ชอุ่มพฤกษ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ศาสราจารย์ ดร. สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ คุณสุรชัย ลีห์พิทักรัตน์ และ อาจารย์พรทิวา กัญยะวงษ์หา รวมถึงผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่สามารถออกนาม ณ. ที่นี้ ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ แนะนำและให้คำปรึกษา ทั้งหมด รวมทั้งเพื่อนและทุกท่าน พี่น้องที่ให้ความช่วยเหลือตลอดมาในระหว่างการศึกษาจนทำให้การทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณกรมวิทยาศาสตร์ทหารบกที่ให้โอกาสผู้วิจัยลาศึกษาจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา และเนื่องจากทุนวิจัยบางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

บทที่	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์การศึกษา	4
บทที่ 2 สอบสวนเอกสาร	7
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	23
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล	36
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	86
รายการอ้างอิง	93
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	103
ประวัติผู้เขียน	107

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่1 แสดงชนิดพืชจำลองพันธุ์ลักษณะเป้าหมายและสัดส่วนที่ได้รับอนุญาตให้ผลิตเป็นการค้าจนถึงปี พ.ศ.2542	2
ตารางที่ 2 แสดงวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบสิ่งมีชีวิตจำลองพันธุ์	14
ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์การงอกของถั่วเหลืองที่ตรวจสอบแล้วว่าเป็นถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ตามระยะเวลาต่างๆนับจากการซื้อเมล็ดถั่วเหลืองจากตลาดสามย่าน	40
ตารางที่ 4 แสดงเปอร์เซ็นต์การงอกของถั่วเหลืองที่ผ่านการตรวจสอบแล้วว่าเป็นถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ ตามระยะเวลาต่างๆนับจากได้เมล็ดพันธุ์จากเกษตรกรผู้ปลูกใน จ.เชียงใหม่	44
ตารางที่ 5 ผลการสำรวจถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ และกทม. ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 7-9 ม.ค. 43	47
ตารางที่ 6 ผลการสำรวจถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ ครั้งที่ 2 ในเขตพื้นที่ภาคเหนือและจังหวัดเลย ระหว่างวันที่ 13-16 พ.ค. 43	48
ตารางที่ 7 แสดงความสูงและน้ำหนักของถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ และถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 ที่ปลูกในบริเวณพื้นที่ จ.เชียงใหม่ ในช่วง เดือนสิงหาคม ถึง ตุลาคม 2543	51
ตารางที่ 8 แสดงความสูงและน้ำหนักทั้งฝักของถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ ที่ปลูกในช่วงฤดูกาลที่ต่างกันในพื้นที่ จ.เชียงใหม่ (ซ้ายถั่วเหลืองพันธุ์ GMO ที่ปลูกในช่วงวันสั้น : ขวาถั่วเหลืองพันธุ์ GMO ที่ปลูกในช่วงวันยาว)	52
ตารางที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักผลผลิตของถั่วเหลืองสจ.5และถั่วเหลืองจำลองพันธุ์	53
ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบความสูงของถั่วเหลือง สจ.5และถั่วเหลืองจำลองพันธุ์	53
ตารางที่11 แสดงการเปรียบเทียบความสูงของถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ที่ปลูกในช่วงวันสั้นและวันยาว	53
ตารางที่12แสดงการเปรียบเทียบผลผลิตของถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ที่ปลูกในช่วงวันสั้นและวันยาว	53
ตารางที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของถั่วเหลืองและการเกิดปมราก	54

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 14 แสดงระยะทางที่ละอองเรณูถั่วเหลืองสามารถไปได้ด้วยลม	56
ตารางที่ 15 แสดงจำนวนชนิดเชื้อจุลชีพที่พบจากดินบริเวณรอบรากถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ แยกตามลักษณะ Colony	60
ตารางที่ 16 แสดงผลการไหลออกของยีนจากถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ไปสู่จุลชีพในรากพืชตระกูลถั่ว	64
ตารางที่ 17 แสดงรายชื่อแมลงบางชนิดที่พบในบริเวณแปลงถั่วเหลืองจำลองพันธุ์	66
ตารางที่ 18 แสดงผลการไหลออกของยีนจากถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ต่อแมลงในกลุ่มผสมเกสรที่เกี่ยวข้องกับละอองเรณู และน้ำหวานจากดอกของถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ในสภาพธรรมชาติ	68
ตารางที่ 19 แสดงผลการไหลออกของยีนจากถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ไปสู่จุลชีพในลำไส้ผึ้งโพรง	71
ตารางที่ 20 แสดงการคงสภาพของพลาสมิตดีเอ็นเอ pCAMBIA 1301 จากเชื้อแบคทีเรีย (*Agrobacterium tumefaciences*) ในชุดดินทั้ง 5 ชุด ภายใต้สภาพแวดล้อมของ กทม.ทำการศึกษาตั้งแต่วันที่ 4 มี.ค.43 จนครบ 140 วัน	74

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
ภาพที่ 1 ชนิดและสัดส่วนของพืชจำลองพันธุ์ที่สำคัญที่สร้างขึ้นในปัจจุบัน เปอร์เซ็นต์ตัวอย่างคำนวณจากจำนวนตัวอย่างของพืชแต่ละชนิด เทียบกับจำนวนสิ่งมีชีวิตจำลองพันธุ์ทั้งหมด	9
ภาพที่ 2 ประเทศที่มีการทดสอบสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมภาคสนาม	9
ภาพที่ 3 โครงสร้างของชุดยีน	12
ภาพที่ 4 แสดงภูมิประเทศบริเวณโดยรอบแปลงปลูกถั่วเหลือง ในจังหวัดเชียงใหม่ (24 กันยายน 2543)	26
ภาพที่ 5 แสดงผลการตรวจสอบสภาพความเหมือนของช่วงลำดับเบสที่มีความเหมาะสม	37
ภาพที่ 6 แสดงความไว (Sensitivity) ในการทดสอบโดยการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วย ไพรเมอร์	38
ภาพที่ 7 ผลการทดลองเพิ่มปริมาณดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์	39
ภาพที่ 8 แสดงพื้นที่เก็บตัวอย่างและพื้นที่การสำรวจการแพร่กระจายของถั่วเหลืองจำลองพันธุ์	39
ภาพที่ 9 เปอร์เซ็นต์การงอกของถั่วเหลืองจากตลาดสามย่าน ณ.ระยะเวลาต่างๆ หลังจากการซื้อเมล็ดโดยถั่วเหลืองทั้งหมดเป็นถั่วเหลืองจำลองพันธุ์	40
ภาพที่ 10 แสดงพื้นที่เก็บตัวอย่างและพื้นที่การสำรวจการปนเปื้อนระหว่างพันธุ์ถั่วเหลือง	43
ภาพที่ 11 เปอร์เซ็นต์การงอกของถั่วเหลือง ตามระยะเวลาต่างๆนับจากได้เมล็ดพันธุ์ จากเกษตรกรผู้ปลูกใน จ.เชียงใหม่ ถั่วเหลืองดังกล่าวผ่านการตรวจสอบแล้ว ว่าเป็นถั่วเหลืองจำลองพันธุ์	45
ภาพที่ 12 ผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์ที่ได้จากการตรวจสอบ ตัวแทนตัวอย่างถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ที่สุ่มเก็บตัวอย่างจากแหล่งผลิตเขตภาคเหนือ	45
ภาพที่13 ผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์ที่ได้ จากการตรวจสอบ ตัวแทนของตัวอย่างถั่วเหลืองที่สุ่มเก็บตัวอย่างในเขตภาคเหนือ	46
ภาพที่14 แสดงผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์ จากถั่วเหลือง ตัวอย่างหมายเลข 11, 37,38,39,15,16 เรียงลำดับจากซ้ายไปขวา	46
ภาพที่ 15 แสดงพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองทั้ง 2 พันธุ์ที่ใช้ในการศึกษา	49
ภาพที่ 16 แสดงลักษณะต้นและดอกของถั่วเหลืองทั้ง 2 สายพันธุ์ ในแปลงปลูก จ. เชียงใหม่ ที่ใช้ในการศึกษา	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
ภาพที่ 17 แสดงความแตกต่างของผลผลิตถั่วเหลืองที่ปลูกในช่วงเดือนสิงหาคมถึง ตุลาคม 2543 (ซ้าย พันธุ์ สจ.4 , ขวา GMOs)	50
ภาพที่ 18 ผลการตรวจสอบความเป็นถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ของต้นและเมล็ดถั่วเหลืองที่ได้จากเกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่	50
ภาพที่ 19 แสดงปมรากของถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่ จ.เชียงใหม่ ในช่วงเดือนสิงหาคม ถึง ตุลาคม 2543	54
ภาพที่ 20 ลักษณะของละอองเรณูถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่ จ.เชียงใหม่ นอกฤดูกาลเพาะปลูก	55
ภาพที่ 21 แสดงตัวอย่างผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์ จากผลผลิตถั่วเหลืองสจ.5 จำนวน 14 ตัวอย่าง	56
ภาพที่ 22 แสดงตัวอย่างผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์ จากผลผลิตถั่วเหลืองสจ.5 จำนวน 14 ตัวอย่าง	57
ภาพที่ 23 ผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ35S โปรโมเตอร์ จากใบต้นถั่วลิสงและไมยราบที่ใช้ในการติดตามการไหลของยีนจากถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ไปสู่วัชพืชตระกูลถั่วและจุลชีพในปมรากวัชพืชตระกูลถั่ว	58
ภาพที่ 24 แสดงผลการตรวจสอบผลผลิตจากถั่วลิสงที่พบในแปลงปลูกถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ ด้วยการทำ Gel electrophoresis ตรวจหาแถบดีเอนเอภายในบริเวณ35S โปรโมเตอร์	58
ภาพที่ 25 จุลินทรีย์จากดินแปลงปลูกถั่วเหลืองจำลองพันธุ์	59
ภาพที่ 26 ผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์ ของจุลชีพในดินบริเวณแปลงปลูกถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ และแปลงปลูกถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 ก่อนการปลูกถั่วเหลืองดังกล่าว	60
ภาพที่ 27 ผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์ ของจุลชีพในดินบริเวณรอบรากต้นถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ ในระยะถั่วเหลืองออกดอก	61
ภาพที่ 28 แสดงตัวอย่างผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์ จากไรโซเบียมปมรากถั่วเหลืองจำลองพันธุ์จำนวน 11 ตัวอย่าง	61
ภาพที่ 29 แสดงตัวอย่างผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์ จากไรโซเบียมปมรากถั่วลิสงจำนวน 9 ตัวอย่าง	62

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
ภาพที 30 แสดงตัวอย่างผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์จากไรโซเบียมปมรากไมยราบ	63
ภาพที 31 แสดงตัวอย่างผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์จาก ไรโซเบียมปมรากถั่วสจ.5 แปลงข้างเคียงแปลงถั่วเหลืองจำลองพันธุ์	63
ภาพที่ 32 แสดงปมรากของถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ (ซ้าย และ กลาง) และปมรากของถั่วลิสง(ขวา)ที่เป็นวัชพืชในแปลงปลูกถั่วเหลืองจำลองพันธุ์	64
ภาพที่ 33 แสดงลักษณะของเชื้อไรโซเบียมจากปมรากถั่วเหลือง	64
ภาพที่ 34 แสดงตัวอย่างแมลงที่พบในบริเวณแปลงปลูกถั่วเหลืองจำลองพันธุ์	65
ภาพที่ 35 แสดงแมลงที่พบการเริ่มวงชีวิตบนต้นถั่วเหลืองจำลองพันธุ์	65
ภาพที่ 36 แสดงแมลงผสมเกสรบางชนิดที่จับได้จากแปลงปลูกถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ในจ.เชียงใหม่	66
ภาพที่ 37 แสดงตัวอย่างผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์จากจุลชีพในลำไส้ตัวอย่างแมลงจากแปลงถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ และแปลงถั่วเหลืองสจ.5	67
ภาพที่ 38 แสดงตัวอย่างผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์จากจุลชีพในลำไส้ตัวอย่างแมลงจากแปลงปลูกถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ จ.เชียงใหม่	67
ภาพที่ 39 แสดงการให้อาหารแป้งถั่วเหลืองผสมน้ำผึ้งแก่ผึ้งโพรงไทย ที่ใช้ในการศึกษา	69
ภาพที่ 40 แสดงบริเวณสถานที่เลี้ยงผึ้งโพรงที่ใช้ในการศึกษา	69
ภาพที่ 41 แสดงตัวอย่างผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์จากจุลชีพในลำไส้ผึ้งโพรงกลุ่มที่1 และกลุ่มที่ 2 ที่ทดลองให้อาหารแป้งถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ เทียบกับกลุ่มแป้งถั่วเหลืองธรรมดา	69
ภาพที่ 42 แสดงตัวอย่างผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์จากจุลชีพในลำไส้ผึ้งโพรงกลุ่มที่1 ที่ทดลองให้อาหารแป้งถั่วเหลืองจำลองพันธุ์ เรียงลำดับจากซ้ายไปขวาดังนี้ จุลชีพลำไส้ผึ้งจำนวน 9 ตัวอย่าง	70
ภาพที่ 43 แสดงตัวอย่างผลการตรวจแถบดีเอนเอภายในบริเวณ 35S โปรโมเตอร์จากจุลชีพในลำไส้ผึ้งโพรงกลุ่มที่1 ที่ทดลองให้อาหารแป้งถั่วเหลืองจำลองพันธุ์	70
ภาพที่ 44 แสดงลักษณะเซลล์ลำไส้ผึ้ง (กำลังขยาย 400x) กลุ่มที่เลี้ยงด้วยแป้งถั่วเหลืองจำลองพันธุ์เทียบกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยแป้งถั่วเหลืองธรรมดา	72

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
ภาพที่ 45 แสดงพลาสมิดดีเอ็นเอที่ใช้ในขั้นตอนการคงสภาพอยู่ของพลาสมิดดีเอ็นเอ ในดินทั้ง 5 ชุดดิน	73
ภาพที่ 46 แสดงลักษณะของชุดดินที่ใช้ในการศึกษา 1.ชุดดินกำแพงแสน 2. ชุดดินทรายมาบบอน 3. ชุดดินรังสิต 4.ชุดดินวาริน และ 5. ชุดดินชัยบาดาน เรียงลำดับจากขวาไปซ้าย	73
ภาพที่ 47 แสดงตัวอย่างผลการคงสภาพอยู่ของพลาสมิดดีเอ็นเอ ในดินทั้ง 5 ชุดดิน	74