



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีวนวัฒน)

ปริญญา

เทคโนโลยีวนวัฒน

วนวัฒนวิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การทดสอบไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิสรุ่นที่สอง บริเวณสถานีฝึกนิสิต
วนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

The Second Generation Test of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. at Wang Nam Khiao
Forestry Student Training Station, Nakhon Ratchasima Province

นามผู้วิจัย นางสาวสุณิส ขอดนาม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์จรงค์ วัชรินทร์รัตน์, วท.ค.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สมศักดิ์ อภิสิทธิ์วานิช, Dr.Agr.Sci.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์สาพิศ ดิลกสัมพันธ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณฑล จำเริญพุกภัย, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การทดสอบไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสรุ่นที่สอง
บริเวณสถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

The Second Generation Test of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. at Wang Nam Khiao Forestry
Student Training Station, Nakhon Ratchasima Province

โดย

นางสาวสุนิสา ยอดนาม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีวนวัฒน)

พ.ศ. 2552

สุณิส ขอดนาม 2552: การทดสอบไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูลเลนซิสรุ่นที่สอง บริเวณสถานีฝักนิสิต
วนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีวนวัฒน์)
สาขาเทคโนโลยีวนวัฒน์ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์จรงค์
วัชรินทร์รัตน์, วท.ค. 134 หน้า

การศึกษาการเติบโต ลักษณะรูปทรง ค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรม และลายพิมพ์ดีเอ็นเอของยูคาลิปตัส
คามาสดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน ในแปลงทดสอบไม้รุ่นที่สอง บริเวณสถานีฝักนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัด
นครราชสีมา ใช้เมล็ดจากสวนเมล็ดพันธุ์รุ่นที่หนึ่งของกรมป่าไม้ 21 ถิ่นกำเนิด และ 1 แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกใน
ประเทศไทย นอกจากนี้ยังเก็บเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย (control) อีก 1 แหล่งเมล็ด รวมทั้งสิ้น 23 ถิ่นกำเนิด/
แหล่งเมล็ด จำนวน 120 สายพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ Latinized row-column design จำนวน 8 ซ้ำ
ผลการศึกษาพบว่า อัตราการรอดตายมีความผันแปรตั้งแต่ร้อยละ 45-100 สายพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดจากแม่พันธุ์รุ่น
ที่หนึ่งจาก Walsh-Mitchell River, Queensland มีการเติบโตดีที่สุด โดยเฉพาะสายพันธุ์ 188 และ 187 จากถิ่น
กำเนิด Healeys Yard นอกจากนี้ สายพันธุ์จากแหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทยที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์แล้ว
ยังมีแนวโน้มการเติบโตทั้งความโตและความสูงอยู่ในกลุ่มสูงสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับแหล่งเมล็ดทั่วไป
ในประเทศไทย ซึ่งแสดงถึงความสำเร็จของการปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทย ในขณะที่ลักษณะ
รูปทรงของต้นไม้มิมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างถิ่นกำเนิด แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทาง
สถิติ ระหว่างสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน การทำลายของแตนฝอยปม มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ
ทางสถิติทั้งระหว่างถิ่นกำเนิดและสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน สายพันธุ์ที่ได้จากสวนเมล็ดพันธุ์รุ่นที่หนึ่ง
นั้น ส่วนใหญ่มีลักษณะลำต้นเปลาตรง กิ่งมีขนาดเล็กกว่าหนึ่งในสามของขนาดลำต้น ไม่แตกง่ามและมีการลิด
กิ่งตามธรรมชาติ เหนือกว่าเมล็ดที่เก็บจากแหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย การถ่ายทอดลักษณะการเติบโตของ
ต้นไม้มิ มีแนวโน้มได้รับอิทธิพลจากพันธุกรรม แต่การถ่ายทอดลักษณะรูปทรงของต้นไม้มิค่อนข้างเป็นผลมาจาก
ปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดยศึกษาจากค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

การศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอของยูคาลิปตัส คามาสดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน โดยใช้เทคนิค AFLP โดยใช้
ไพรเมอร์ 16 คู่ของเอนไซม์ตัดจำเพาะคู่ที่ 1 คือ *TaqI* และ *MseI* และคู่ที่ 2 คือ *BfaI* และ *MseI* ให้แถบดีเอ็นเอ
ทั้งสิ้น 315 แถบ และสามารถแบ่งสายพันธุ์ยูคาลิปตัส คามาสดูลเลนซิส ออกเป็น 5 กลุ่ม โดยใช้เทคนิค UPGMA
มีค่าดัชนีความเหมือนระหว่าง 0.698-0.848 แสดงถึงความแตกต่างภายในกลุ่มตัวอย่างเพียงเล็กน้อย กลุ่มที่ 1, 3
และ 4 เป็นกลุ่มที่มีการเติบโตอยู่ในระดับสูง กลุ่มที่ 2 มีการเติบโตอยู่ในระดับปานกลาง และกลุ่มที่ 5 เป็นกลุ่ม
ที่มีการเติบโตอยู่ในระดับต่ำ อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์ 71 (Petford bridge) และสายพันธุ์ 99 (Emuford) แยกจาก
กลุ่มอื่นอย่างชัดเจน แสดงว่าสายพันธุ์ดังกล่าวแตกต่างจากสายพันธุ์อื่นที่นำมาทดสอบ

Sunis Yodnam 2009: The Second Generation Test of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. at Wang Nam Khiao Forestry Student Training Station, Nakhon Ratchasima Province. Master of Science (Silviculture Technology), Major Field: Silviculture Technology, Department of Silviculture. Thesis Advisor: Mr. Chongrak Wacharinrat, Ph.D. 134 pages.

The study examined the growth and desirable traits of the second generation test of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. at Wang Nam Khiao Forestry Student Training Station, Wang Nam Khiao district, Nakhon Ratchasima province. Latinized row-column design was applied with 120 half-sib families from selected 21 provenances in the first generation seed orchard established by the Royal Forest Department, one improved seed source and one unimproved seed source in Thailand as control. The results showed that the survival rate of 24-month-old *E.camaldulensis* varied between 45-100 %. Families originated from Walsh-Mitchell River, Queensland Region in the first generation seed orchard had superior growth especially families 187 and 188 from Healeys Yard. Families originated from the improved seed source of Thailand were also ranked in the superior group and significantly outperformed those from control, the finding suggest a key success of tree improvement program of *E.camaldulensis* in Thailand. The desirable traits were significantly different among provenances, but not among families, while the resistance to *Leptocybe invarsa* was not significantly different neither among provenance no families. In addition, families selected from seed orchard showed better characteristics e.g. complete persistance, vertical stem, straight, stem small branches and good natural pruning than those from control. For narrow sense heritability estimates, tree growth of *E.camaldulensis* was strongly influenced by genetics but the desirable traits were moderately correlated with environments factors.

Twenty two families with superior growth performance of twenty two provenances were used to study on genetic variation was undertaken using AFLP technique with sixteen AFLP primers combinations between *TaqI* and *MseI*, *BfaI* and *MseI* primer to generate total 315 bands. Similarity index ranging from 0.698-0.848. The cluster analysis was applied using UPGMA and the genetic similarity can be classified 5 groups with the 1st, 3rd and 4th groups were superior in tree growth while the 2nd was intermediate in tree growth and the 5th groups were inferior. Nevertheless, the family no. 71 (Petford Bridge) and no. 99 (Emuford) were genetically distinguished from other families studied.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์จรงค์ วัชรินทร์รัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ให้การช่วยเหลือครบถ้วนทุกประการ ทั้งแนะนำเรื่องการศึกษาและให้โอกาสในการทำงาน ตลอดจนให้คำแนะนำในการใช้ชีวิต รองศาสตราจารย์สมศักดิ์ อภิสิทธิ์วานิช และอาจารย์สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์สันต์ เกตุปราณีต ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย และผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญวงศ์ ไทยอุดคำห์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้ความรู้และคำแนะนำในการวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์ คุณวิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง ที่ให้ความช่วยเหลือและให้ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลทางพันธุกรรมและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิคม แหยมลัก หัวหน้าโครงการการใช้ประโยชน์ไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานทดแทนในการผลิตกระแสไฟฟ้าและแก๊สหุงต้ม ที่ให้การสนับสนุนทุนเพื่อการวิจัย และบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนคุณภาพงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณพี่รานี โพธิ์ปักษ์ ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือมากมาย ในช่วงเวลาของการทำงานควบคู่กับศึกษาปริญญาโท พี่ณัฐฉัตร ม่วงทอง ที่ช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พี่จิบ พี่แดง ณ ศูนย์วิจัยป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดทำเล่มและตีพิมพ์ผลงาน ชมพู่ ที่เป็นพี่ปรึกษาและช่วยเหลือในด้านการเรียนทุกอย่าง พี่สั๊ก พี่เจต พี่หลิม พี่นัม ปุ้ง จอย โบ กิ่ง อู๋ น้องรัชฎา น้องทิพ น้องอีด น้องนาย น้องขวัญ น้องด้อม น้องแตง และน้องๆ อื่นๆ ที่ได้เอื้อนนาม ที่ช่วยเก็บข้อมูลภาคสนามและการช่วยเหลืออีกหลายขั้นตอนในการจัดทำวิทยานิพนธ์ น้องส้ม พี่โอ พี่บุ่ม น้องรัตน์ น้องหมวย น้องดัม น้องนุ ณ ห้องปฏิบัติการพันธุศาสตร์ ภาควิชา พันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการช่วยเหลือทุกๆ ด้านในการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ พี่ๆ น้องๆ นิสิตปริญญาโทภาควิชาวนวัฒนวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้มีส่วนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณพ่อ แม่ ตาและยาย น้องชาย ที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนด้านการศึกษาทุกระดับตลอดมา รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า จนสามารถสำเร็จการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา

สุณิส ขอดนาม

กันยายน 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	32
อุปกรณ์	32
วิธีการ	32
ผลและวิจารณ์	52
สรุปและข้อเสนอแนะ	96
สรุป	96
ข้อเสนอแนะ	97
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	99
ภาคผนวก	109
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	134

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 อัตราการรอดตาย และเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้ยูคาลิปตัสชนิดต่างๆ บริเวณแปลงทดสอบชนิดและถิ่นกำเนิด ณ สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูก สร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา	14
2 ปริมาตรไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน อายุ 24 เดือน ในแปลงทดสอบถิ่นกำเนิด/ สายพันธุ์รุ่นที่หนึ่งของกรมป่าไม้	16
3 ที่มาของเขต ถิ่นกำเนิดและสายพันธุ์ของยูคาลิปตัส ความลาดชัน ในแปลง ทดสอบรุ่นที่สองจำนวน 120 สายพันธุ์	35
4 อัตราการรอดตายของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน อายุ 24 เดือน จำแนกตามถิ่นกำเนิด	53
5 อัตราการรอดตายของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน อายุ 24 เดือน 20 สายพันธุ์ ที่มีอัตราการรอดตายสูงสุด	55
6 เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน อายุ 24 เดือน จำแนกตามถิ่นกำเนิด	58
7 เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความโตที่ระดับซิดดินของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน อายุ 24 เดือน 20 สายพันธุ์ที่มีการเติบโตสูงสุด	60
8 ความสูงทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน อายุ 24 เดือน จำแนกตามถิ่นกำเนิด	63
9 ความสูงทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน อายุ 24 เดือน 20 สายพันธุ์ ที่มีการเติบโตสูงสุด	66
10 ระดับคะแนนการแตกง่ามของลำต้น ไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน อายุ 24 เดือน	70
11 ระดับคะแนนแนวของลำต้น ไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน อายุ 24 เดือน	71
12 ระดับคะแนนความตรงของลำต้น ไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน อายุ 24 เดือน	74
13 ระดับคะแนนขนาดของกิ่ง ไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน อายุ 24 เดือน	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	ระดับคะแนนของกิ่งกับลำต้น ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 24 เดือน	78
15	ระดับคะแนนการติดกิ่งตามธรรมชาติของ ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 24 เดือน	79
16	ระดับคะแนนการทำลายของแตนฝอยปมของ ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 24 เดือน	82
17	ค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรมในด้านต่างๆ ของ ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 24 เดือน	84
18	ไพรเมอร์ 48 คู่ ที่ใช้สร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยใช้เทคนิค AFLP (เอนไซม์ตัดจำเพาะ <i>TaqI</i> และ <i>MseI</i>)	85
19	ไพรเมอร์ 64 คู่ ที่ใช้สร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยใช้เทคนิค AFLP (เอนไซม์ตัดจำเพาะ <i>BfaI</i> และ <i>MseI</i>)	86
20	แถบดีเอ็นเอที่เกิดจากการทำ AFLP ของดีเอ็นเอยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จำนวน 22 สายพันธุ์	88
21	ค่าดัชนีความเหมือน (similarity index) ที่ได้จากการเปรียบเทียบความเหมือนของแถบดีเอ็นเอที่เกิดจากเทคนิค AFLP ของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จำนวน 22 สายพันธุ์	92
22	ผลของการจัดกลุ่มสายพันธุ์ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จำนวน 22 สายพันธุ์ ที่เป็นตัวแทนของ 22 ถิ่นกำเนิด โดยอาศัยค่าดัชนีความเหมือน (similarity index) เท่ากับ 1	95

ตารางผนวกที่

1	สายพันธุ์ที่คัดเลือกมาเป็นตัวแทนของแต่ละถิ่นกำเนิด สำหรับเก็บตัวอย่างใบมาสกัดดีเอ็นเอ และตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ จำนวน 22 สายพันธุ์	110
---	--	-----

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
2 การเติบโต ลักษณะรูปทรง และการทำลายของแตนฝอยปมของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน ทั้ง 120 สายพันธุ์	111
3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่าศูนย์กลางเพียออก และความสูงทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน ทั้ง 120 สายพันธุ์	122
4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความโตที่ระดับซิดดิน และการแตกง่ามของลำต้นไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน ทั้ง 120 สายพันธุ์	122
5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแนวของลำต้น และความตรงของลำต้นไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน ทั้ง 120 สายพันธุ์	122
6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของขนาดของกิ่ง และมุมของกิ่งกับลำต้นของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน ทั้ง 120 สายพันธุ์	123
7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการลิดกิ่งตามธรรมชาติ และการทำลายของแตนฝอยปมของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน ทั้ง 120 สายพันธุ์	123

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ลักษณะทั่วไปของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส	7
2 วงจรการปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิสของประเทศไทย	18
3 แนวทางการปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัสของ Aracruz Cellulose S.A.	21
4 ตัวอย่างการทำ AFLP โดยใช้ไพรเมอร์คู่หนึ่ง	26
5 ที่ตั้งแปลงทดสอบไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิสรุ่นที่สอง บริเวณสถานีฝึกนิสิต วนศาสตร์วังน้ำเขียว อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา	33
6 ผังการวางแผนการทดสอบไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิสรุ่นที่สอง แบบ Latinized row column design	34
7 อัตราการรอดตายของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน จำแนกตามถิ่นกำเนิด	54
8 อัตราการรอดตายของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน 20 สายพันธุ์ ที่มีอัตราการรอดตายสูงสุด	56
9 เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน จำแนกตามถิ่นกำเนิด	59
10 เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน 20 สายพันธุ์ ที่มีการเติบโตสูงสุด	62
11 ความโตที่ระดับขีดดินของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 4-24 เดือน ของ 20 สายพันธุ์ ที่มีการเติบโตสูงสุด	62
12 ความสูงทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน จำแนกตามถิ่นกำเนิด	64
13 ความสูงทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน 20 สายพันธุ์ ที่มีการเติบโตสูงสุด	67
14 ความสูงทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 4-24 เดือน ของ 20 สายพันธุ์ที่มีการเติบโตสูงสุด	68

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
15 ระดับคะแนนลักษณะรูปทรงของต้นไม้อ ด้านการแตกง่ามของลำต้น (ก) และแนวของลำต้น (ข)	72
16 ระดับคะแนนลักษณะรูปทรงของต้นไม้อ ด้านความตรงของลำต้น (ก) และขนาดของกิ่ง (ข)	76
17 ระดับคะแนนลักษณะรูปทรงของต้นไม้อ ด้านมุมของกิ่งกับลำต้น (ก) และการลิดกิ่งตามธรรมชาติ (ข)	80
18 ระดับคะแนนลักษณะการทำลายของแตนฝอยปมจำแนกตามถิ่นกำเนิด	83
19 แถบดีเอ็นเอความเข้มข้น 50 นาโนกรัม ที่ได้จากการสกัดตามวิธีของ Agrawal <i>et.al</i> (2002) (M คือแถบดีเอ็นเอมาตรฐาน 1-33 คือหมายเลขถิ่นกำเนิด)	85
20 Phylogenetic tree ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส ที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม NTSYSpc 2.1 โดยอาศัยข้อมูลจากการวิเคราะห์แถบดีเอ็นเอ	94
ภาพผนวกที่	
1 การวางผังการทดลองและการสุ่มสายพันธุ์ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิสในแปลงทดสอบรุ่นที่สอง (ซ้ำที่ 1-4)	124
2 การวางผังการทดลองและการสุ่มสายพันธุ์ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิสในแปลงทดสอบรุ่นที่สอง (ซ้ำที่ 5-8)	125
3 สภาพพื้นที่แปลงทดสอบไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิสรุ่นที่สอง บริเวณสถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา	126
4 ระดับคะแนน 1-5 คะแนนของการแตกง่ามของลำต้นไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส	126
5 ระดับคะแนน 1-2 คะแนน ของแนวของลำต้นไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส	127
6 ระดับคะแนน 1-4 คะแนน ของความตรงของลำต้นไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส	126

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
6 ระดับคะแนน 1-4 คะแนน ของความตรงของลำดับไมยูลาลิปดัส คามาลดูเลนซิส	127
7 ระดับคะแนน 1-4 คะแนน ของขนาดของกิ่งไมยูลาลิปดัส คามาลดูเลนซิส	128
8 ระดับคะแนน 1-2 คะแนนของมุมของกิ่งกับลำดับของไมยูลาลิปดัส คามาลดูเลนซิส	129
9 ระดับคะแนน 1-2 คะแนนของการลิดกิ่งตามธรรมชาติของไมยูลาลิปดัส คามาลดูเลนซิส	129
10 ระดับคะแนน 1-2 คะแนน ของการทำลายของแตนฝอยปม	130
11 ตัวอย่างสายพันธุ์ยูคาลิปดัส คามาลดูเลนซิส อายุ 24 เดือน ที่เก็บตัวอย่างใบอ่อน เพื่อนำไปสกัดดีเอ็นเอ	131
12 ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของยูคาลิปดัส คามาลดูเลนซิส ที่เกิดจากเทคนิค AFLP โดยใช้ เอนไซม์ตัดจำเพาะ <i>TaqI</i> และ <i>MseI</i> คู่ไพรเมอร์ T-AGC/M-CTC แสดงตัวอย่าง ตำแหน่งแถบดีเอ็นเอที่บอกความแตกต่าง	132
13 ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของยูคาลิปดัส คามาลดูเลนซิส ที่เกิดจากเทคนิค AFLP โดยใช้ เอนไซม์ตัดจำเพาะ <i>BfaI</i> และ <i>MseI</i> คู่ไพรเมอร์ B-CCT/M-CTA แสดงตัวอย่าง ตำแหน่งแถบดีเอ็นเอที่บอกความแตกต่าง	133

การทดสอบไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิสรุ่นที่สอง บริเวณสถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

The Second Generation Test of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. at Wang Nam Khiao Forestry Student Training Station, Nakhon Ratchasima Province

คำนำ

ประเทศไทยได้นำไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส ซึ่งเป็นหนึ่งในไม้ยูคาลิปตัสที่มีการกระจายพันธุ์ทั่วประเทศออสเตรเลีย เข้ามาปลูกตั้งแต่ พ.ศ.2498 และเริ่มได้รับความสนใจและมีผู้นำเข้ามาปลูกแพร่หลายมากขึ้น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2508 โดยได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานระหว่างประเทศ ในการนำเมล็ดยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส จากแหล่งธรรมชาติต่างๆ ของประเทศออสเตรเลียมาสร้างฐานพันธุ์กรรมและปรับปรุงพันธุ์ให้เหมาะสมกับการปลูกสร้างสวนป่าในประเทศไทย ซึ่งการปลูกสร้างสวนป่าจะประสบผลสำเร็จได้นั้น สายพันธุ์ที่คัดเลือกมาใช้ต้องมีคุณภาพ มีการเติบโตและลักษณะรูปทรงของต้นไม้ดี คุณสมบัติของเนื้อไม้ตรงตามความต้องการ มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้ประโยชน์และเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในภาคอุตสาหกรรม นอกจากนี้สายพันธุ์เหล่านั้นจะต้องมีลักษณะทางพันธุกรรม ที่เป็นตัวกำหนดขอบเขตของการเติบโตของต้นไม้ ซึ่งในไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิสแต่ละสายพันธุ์ก็มีการแปรผันทางพันธุกรรมแตกต่างกันไป

ที่ผ่านมากรมป่าไม้ได้ร่วมมือกับ CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) ประเทศออสเตรเลีย ในการปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส โดยจัดสร้างแปลงทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่หนึ่งขึ้นใน 4 ท้องที่ คือ จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดราชบุรี และจังหวัดศรีสะเกษ ต่อมาแปลงทดสอบสายพันธุ์ดังกล่าวได้ปรับปรุงให้เป็นสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ และเก็บเมล็ดพันธุ์เพื่อนำมาทดสอบสายพันธุ์ในรุ่นที่สอง ดังนั้น การวิเคราะห์การเติบโตและประเมินลักษณะรูปทรงของยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส อายุ 24 เดือน ของแปลงทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่สองนี้ เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ลักษณะรูปทรงดี มีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมสูง สำหรับพิจารณาเก็บเมล็ดจากแม่ไม้ในรุ่นที่หนึ่งและในขณะเดียวกันก็ได้สายพันธุ์ที่มีการเติบโตและลักษณะรูปทรงดีในรุ่นที่สองสำหรับนำไปขยายพันธุ์เพื่อผลิตกล้าไม้โดยไม่อาศัยเพศ และเป็นแม่ไม้ในการเก็บเมล็ดในรุ่นต่อไป และนำผลจากการวิเคราะห์การเติบโตและลักษณะรูปทรง คัดเลือกสายพันธุ์ที่เป็นตัวแทนของแต่ละถิ่นกำเนิด ไปตรวจฉายพิมพ์ดีเอ็นเอ

เพื่อทราบความหลากหลายและความแตกต่างทางพันธุกรรมของไม้ยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส ซึ่งผลจากการคัดเลือกสายพันธุ์ในแปลงทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่สองนี้ จะทราบว่าลูกรุ่นที่สองสายพันธุ์ใดที่มีการเติบโต และลักษณะรูปทรงภายนอกดี มีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมและมีความแตกต่างทางพันธุกรรมสูง สำหรับพิจารณาเก็บเมล็ดจากแม่ไม้รุ่นที่หนึ่งและในขณะเดียวกันก็ได้สายพันธุ์ดีในรุ่นที่สองสำหรับเป็นพ่อแม่ในการถ่ายเรณูโดยการควบคุม (control pollination) และนำไปขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ โดยการปักชำและเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ สำหรับการปลูกสร้างสวนป่าขนาดใหญ่ ที่ต้องให้ความสำคัญกับความหลากหลายและความแตกต่างทางพันธุกรรมของสายพันธุ์ เพื่อลดความรุนแรงของการระบาดของโรคและแมลง

วัตถุประสงค์

1. วิเคราะห์และประเมินการเติบโต ลักษณะรูปทรงของต้นไม้ การทำลายของแตนฝอยปม และหาค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส จำนวน 120 สายพันธุ์ ในแปลงทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่สองเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีการเติบโต และลักษณะรูปทรงดี สำหรับขยายพันธุ์เพื่อการปลูกสร้างสวนป่าต่อไป

2. ตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ ของสายพันธุ์ที่เป็นตัวแทนของแต่ละถิ่นกำเนิด โดยใช้เทคนิค AFLP เพื่อทราบความหลากหลายและความแตกต่างทางพันธุกรรม สำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

การตรวจเอกสาร

ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส

ไม้ยูคาลิปตัสมีมากกว่า 700 ชนิด (กรมป่าไม้, 2544) ส่วนใหญ่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปออสเตรเลีย ประเทศไทยได้เริ่มนำยูคาลิปตัสชนิดต่างๆ มาทดลองปลูกประมาณ พ.ศ. 2493 แต่ได้มีการปลูกกันอย่างจริงจัง เมื่อประมาณ พ.ศ. 2508 ปรากฏว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส สามารถเติบโตได้ในแทบทุกสภาพพื้นที่ ตั้งแต่ที่ริมน้ำ ที่ราบน้ำท่วมบางระยะในรอบปี ดินทรายที่มีความแห้งแล้งติดต่อกันเป็นเวลานาน พื้นที่ดินเลวที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 650 มิลลิเมตรต่อปี รวมทั้งพื้นที่ดินเค็ม ดินเปรี้ยว แต่ไม่สามารถเติบโตได้ในดินที่มีหินปูนสูง (กรมป่าไม้, 2544) ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ในถิ่นกำเนิดดั้งเดิมมีการกระจายกว้างขวางมาก ตั้งแต่ละติจูด 14-38 องศาใต้ โดยทั่วไปขึ้นอยู่ในอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 20-35 องศาเซลเซียส ทนทานต่ออุณหภูมิได้สูงสุดในช่วง 29 – 35 องศาเซลเซียส และทนทานต่ออุณหภูมิต่ำได้ถึง -5 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีระหว่าง 225-650 มิลลิเมตร ความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง 30-230 เมตร (National Academy of Science, 1980) ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส เป็นชนิดไม้ที่นิยมนำไปปลูกยังประเทศต่างๆ เนื่องจากสามารถปรับตัวเติบโตได้ดีในสภาพดินทุกประเภท มีลักษณะลำต้นสูงเปลาและมีกิ่งก้านน้อย แตกต่างจากถิ่นกำเนิดเดิมในประเทศออสเตรเลีย เมื่อเทียบกับชนิดอื่นๆ

ลักษณะทั่วไป

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส มีชื่อพ้องคือ *Eucalyptus rostrata* Schlecht และมีชื่อสามัญคือ red gum, river red gum, Murray red gum และ river gum เป็นไม้ยืนต้นที่อยู่ในหมวด (division) Magnoliophyta ชั้น (class) Magnoliopsida ชั้นย่อย (subclass) Rosidae อันดับ (Order) Myrtales วงศ์ (family) Myrtaceae สกุล (genus) *Eucalyptus* สกุลย่อย (subgenus) *Symphyomyrtus* หมู่ (section) *Exsertaria* ชุด (series) *Tereticones* ชนิด (species) *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. (Pryor and Johnson, 1971; Samuel and Arlene, 1987)

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส เป็นไม้ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ โดยปกติมีความสูงประมาณ 25-50 เมตร รูปทรงเปลาตรง กิ่งตั้งฉากกับลำต้น ใบอ่อนมีรูปร่างเป็นรูปหอก ใบอ่อนเรียง

ตัวตรงกันข้าม 3-4 คู่ ใบแก่มีขนาดกว้าง 1.8-3.0 เซนติเมตร ยาว 10-13 เซนติเมตร เรียงตัวสลับกัน ก้านใบมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมมุมที่เป็นกล่ำไม้ ใบส่วนใหญ่จะห้อยแขวนลงมา เปลือกเรียบสีชมพู ครีมนหรือขาว ดอกเป็นแผ่นกว้างๆ ใต้ดอกเป็นรูปกระสวย โดยส่วนล่างเป็นรูปถ้วยมีฝาเปิด ปลายเป็นจอย ก้านดอกประกอบด้วยดอกเล็กๆ 5-10 ดอก มีสีขาวหรือครีมออกดอกเกือบตลอดปี ผลเป็นรูปถ้วยมีขนาด 0.5-0.7 เซนติเมตร ยาว 0.5-0.7 เซนติเมตร ผิวนอกแข็ง เมื่อยังอ่อนอยู่จะมีสีเขียว และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อแก่ เมล็ดมีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร มีสีน้ำตาลหรือสีเหลือง เมล็ด 1 กรัม มีเมล็ดประมาณ 773 เมล็ด (FAO, 1979) (ภาพที่ 1) ระยะการออกดอกของไม้ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส ในออสเตรเลีย ออกดอกในราวเดือนพฤศจิกายน-มกราคม หลังจากการออกดอก 4-8 เดือน ผลจะเริ่มแก่ สำหรับในประเทศไทยสามารถออกดอกได้เกือบตลอดทั้งปี บางต้นมีดอกบาน มีผลอ่อนและผลแก่อยู่ในต้นและกิ่งเดียวกัน ในช่วงเวลาเดียวกัน ส่วนใหญ่ผลแก่ราวเดือน เมษายน-พฤษภาคม และระหว่างเดือนสิงหาคม-กันยายน ทุกปี (เชิรชัย, 2528) ยูคาลิปตัสต้นหนึ่ง ให้เมล็ดได้ถึง 12 กิโลกรัม แต่โดยปกติจะให้เมล็ดประมาณ 2-3 กิโลกรัมต่อต้น (Turnbull, 1974) การเก็บเมล็ดไม้ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส ต้องกระทำระหว่างที่ผลกำลังแก่เต็มที่ ซึ่งเป็นช่วงที่สั้นมาก หลังจากนั้นผลจะแตกและเมล็ดหลุดร่วงอย่างรวดเร็ว (กมล, 2528) ลักษณะเนื้อไม้มีแก่นสีน้ำตาล กระพี้สีน้ำตาลอ่อน เนื้อไม้มีลักษณะค่อนข้างละเอียดเนียนสน บางครั้งบิดไปตามแนวลำต้น เนื้อไม้มีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 0.6-0.9 รากไม้ยูคาลิปตัสมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว รากแก้วสามารถหยั่งลงในดินได้ดี ระบบรากมีประสิทธิภาพสูงในการดูดน้ำจากดิน ทำให้เติบโตดีแม้ในท้องที่แห้งแล้ง (Boland *et al.*, 1985)

การใช้ประโยชน์

ไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ที่สำคัญได้แก่

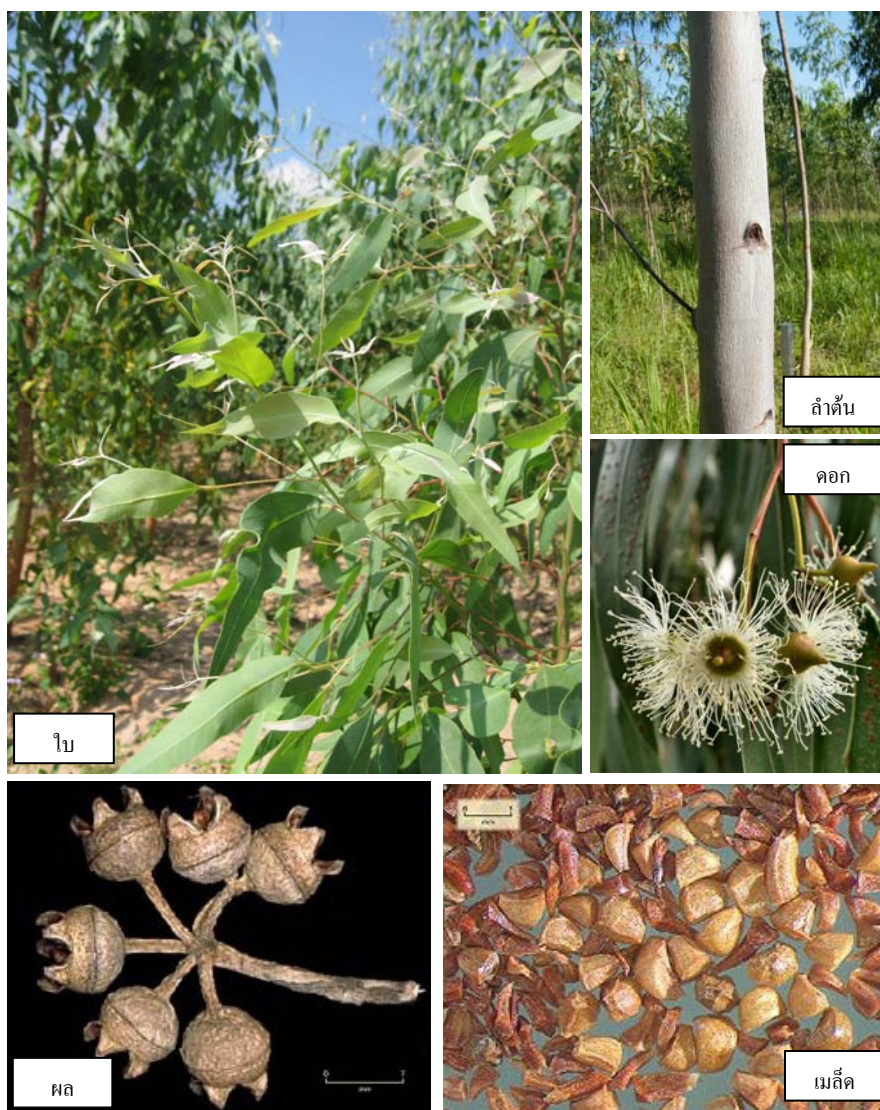
1. เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อและกระดาษ โดยอายุที่เหมาะสมของไม้ยูคาลิปตัสในการผลิตเชื้ออยู่ในช่วง 3-15 ปี (ทัศนีย์ และคณะ, 2530) ไม้ท่อนยูคาลิปตัส 4.5 ต้น สามารถผลิตเชื้อกระดาษได้ประมาณ 1 ตัน (กรมป่าไม้, 2544)
2. อุตสาหกรรมผลิตเยื่อใยสังเคราะห์ ซึ่งเยื่อของไม้ยูคาลิปตัสให้สารเซลลูโลส สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบผสมทำเส้นใยเรยอนแทนเส้นใยฝ้าย (กรมป่าไม้, 2544)

3. อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำไปผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด แผ่นปาร์ติเกิล และแผ่นไม้อัดซีเมนต์ (สุชาติ, 2528)

4. การก่อสร้าง เนื้อไม้มีความทนต่อการทำลายของปลวกได้ดี ใช้ทำเสาและเสาเข็ม ขนาดเล็ก ไม้ค้ำยัน (ชาลิต และสวลี, 2528) แปรรูปเป็นไม้แปรรูปเหลี่ยมต่างๆ ที่สามารถใช้เป็นไม้ โครงสร้างอาคารบ้านเรือน รวมทั้งทำเป็นไม้ส่วนประกอบ เช่น ฝา และพื้นอาคาร (สุธี และอรุณ, 2528)

5. พลังงานเชื้อเพลิงในรูปฟืน ถ่าน และการผลิตกระแสไฟฟ้า (พิทยา, 2530) ไม้ฟืน ยูคาลิปตัสให้ความร้อนประมาณ 4,800 แคลอรีต่อกรัม ส่วนถ่านไม้ยูคาลิปตัสให้พลังงานความร้อน 7,400 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งให้ความร้อนใกล้เคียงกับถ่านไม้โกงกาง ซึ่งจัดว่าเป็นถ่านไม้ชั้นดีที่สุด (อรุณ และวินัย, 2528)

6. การใช้ประโยชน์อื่นๆ ได้แก่ ปลุกเป็นแนวรั้ว แนวกันลม (พิทยา และจักรพล, 2528) ปลุกเพื่อช่วยควบคุมการกร่อนของดิน นอกจากนี้ ส่วนปลายยูคาลิปตัสมักพบเห็ดในช่วงฤดูฝน สามารถนำมารับประทานได้ ใบยูคาลิปตัสนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหย หรือนำสีจากใบมาย้อม เส้นใย (วนิดา และคณะ, 2531) ดอกและเกสรใช้เลี้ยงผึ้ง (มนตรี และคณะ, 2529) และผลิตปุ๋ยหมัก จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส (สมบัติ, 2544)



ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส

ลักษณะรูปทรงของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส และการทำลายของแตนฝอยปม

การคัดเลือกสายพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส เพื่อการปรับปรุงพันธุ์นั้น นอกจากจะพิจารณาการเติบโตทั้งด้านความโตและความสูงแล้ว ลักษณะรูปทรงของต้นไม้ ก็เป็นลักษณะที่สำคัญประการหนึ่งในการคัดเลือก เนื่องจากลักษณะรูปทรงลำต้นที่เปลาตรง ไม่แตกนาง และกิ่งมีขนาดเล็ก จะมีความเหมาะสมต่อการจัดการสวนป่า อีกทั้งสภาพรูปทรงลำต้นที่คดงอและแตกกิ่งก้าน จะทำให้การนำไปใช้ประโยชน์ใช้สอยด้านต่างๆ นอกเหนือจากผลิตเยื่อและกระดาษมีจำกัด

(วิฑูรย์ และคณะ, 2540) ลักษณะรูปทรงของต้นไม้ที่ใช้ในการพิจารณาคัดเลือกสายพันธุ์ของต้นไม้ชนิดใดชนิดหนึ่งนั้น สามารถใช้ลักษณะรูปทรงลำต้น กิ่งก้าน ตลอดจนลักษณะอื่นๆ ที่ต้องการได้ เช่น มุมของกิ่งกับลำต้น (branch angle) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากิ่งนั้นจะมีความทนทานต่อการหักขาดเมื่อได้รับอันตรายจากลมพายุ และความเลี้ยวที่โรคและแมลงจะเข้ามาทำลายหลังจากนั้นมาน้อยเพียงใด โดยปกติแล้ว กิ่งที่ทำมุมกับลำต้นมากกว่า 60 องศา จะหักขาดได้ง่ายกว่ากิ่งที่ทำมุมน้อยกว่า 60 องศา (วิฑูรย์, ม.ป.ป.) การลิดกิ่งตามธรรมชาติ (natural pruning) ซึ่งมีผลต่อการเติบโตของต้นไม้ เนื่องจากอาหารที่สังเคราะห์ได้จากใบ และแร่ธาตุที่ลำเลียงขึ้นมาสู่ลำต้น ไม่ต้องนำมาเลี้ยงกิ่งที่หมดอายุแล้ว ทำให้การเติบโตทางความโตและความสูงเพิ่มขึ้น ประการสำคัญ จะทำให้ไม้ไม่เกิดตำหนิจากปมหรือตาที่เกิดจากกิ่ง (ภาควิชาวนวัฒนวิทยา, 2550) ที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาการเติบโตและรูปทรงของต้นไม้ ได้แก่ การแตกง่าม (axis persistence) แนวของลำต้น (stem vertical) ความตรงของลำต้น (stem straightness) ขนาดของกิ่ง (branch thickness) มุมของกิ่งกับลำต้น (branch angle) และการรบกวนของโรคและแมลง (healthy) เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ยูคาลิปตัส ยูโรฟีลลา (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake) สำหรับปรับปรุงให้เป็นสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา (วิระยุทธ และรัตนะ, 2546) พบว่าการลิดกิ่งตามธรรมชาติระหว่างสายพันธุ์ภายใต้ต้นกำเนิดเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ปริมาตร รูปทรงของลำต้นและกิ่งก้าน แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สาโรจน์ และคณะ (2544) ได้ทดสอบสายพันธุ์ไม้สนคาริเบีย (*Pinus caribaea* Morelet) อายุ 7 ปี ที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ และได้ศึกษาความโตและลักษณะรูปทรงของต้นไม้ด้านความตรงของลำต้น (stem straightness) การแตกง่าม (forking) และการเกิด focktail พบว่าการเติบโตด้านความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความตรงของลำต้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ วิฑูรย์ และคณะ (2542) ได้ศึกษาลักษณะสายพันธุ์รุ่นที่สองของไม้กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth.) อายุ 24 เดือน ที่สถานีบำรุงพันธุ์ไม้ประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยใช้การเติบโตและลักษณะรูปทรงลำต้น (stem form) และกิ่งก้าน (branching characteristics) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปทรงลำต้น และการเติบโตของไม้กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth.) เพื่อให้มีความเหมาะสมแก่การปลูกสร้างสวนป่า และการนำไม้ดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ วิฑูรย์ และคณะ (2540) ศึกษาการเติบโตและลักษณะรูปทรงต้นไม้ ได้แก่ การแตกง่ามของลำต้นและความตรงของลำต้นของไม้อะเคเซีย ออลาโคคาร์ปา (*Acacia aulacocarpa* A. Cunn. Ex Benth.) ในแปลงทดสอบสายพันธุ์อายุ 6 ปี ที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา พบว่าการ

เติบโตทางความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก ปริมาตรและรูปทรงลำต้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะสายพันธุ์จากถิ่นกำเนิดจากภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้ของแม่น้ำโขง แสดงถึงศักยภาพของสายพันธุ์ที่ดีที่สุด และต้นที่ดีที่สุดในแต่ละสายพันธุ์ สำหรับนำไปใช้เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ในรุ่นต่อไป

นอกจากลักษณะรูปทรงของต้นไม้มจะเป็นลักษณะสำคัญในการคัดเลือกสายพันธุ์แล้ว สุขภาพ (healthy) ของต้นไม้มก็เป็นตัวชี้วัดผลสำเร็จของการปรับปรุงพันธุ์ สวนป่าที่ประกอบด้วยชนิดไม้ที่ต้องการและมีการเติบโตรวดเร็ว แต่หากได้รับอันตรายจากโรคและแมลง ก็ถือว่าไม่ประสบความสำเร็จในการจัดการสวนป่า (ภาควิชาวนวัฒนวิทยา, 2550) ไม้ยูคาลิปตัส ก็ประสบปัญหาการระบาดของโรคและแมลงเช่นเดียวกับไม้โตเร็วชนิดอื่นๆ ในช่วง พ.ศ. 2547 เป็นต้นมา ภาคเอกชนผู้ปลูกยูคาลิปตัสรายใหญ่ของประเทศไทย ต่างประสบปัญหาการระบาดของแตนฝอยปม (invasive gall wasp) ทั้งในเรือนเพาะชำและในสวนป่า ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อผลผลิตเนื้อไม้เป็นอย่างมาก ทำให้ทุกภาคส่วนหันมาตระหนักถึงปัญหาการระบาดดังกล่าว แตนฝอยปม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Leptocybe invasa* Fisher & LaSalle จัดอยู่ในวงศ์ Eulophidae อันดับ Hymenoptera เป็นแมลงที่มีขนาดเล็กมาก ลำตัวยาวประมาณ 1.5 มิลลิเมตร สีน้ำตาลแกมดำ สามารถผสมพันธุ์ได้ในตัวเอง สามารถผลิตประชากรได้ปีละ 2-3 รุ่น ช่วงอายุขัยประมาณ 4-5 เดือน ช่วงตัวเต็มวัยสั้นคือใช้เวลาเพียง 5-10 วัน เมื่อเป็นตัวเต็มวัย วางไข่ครั้งละ 80-100 ฟอง ลูกที่ได้ส่วนใหญ่เป็นเพศเมีย จึงเป็นเหตุให้การแพร่กระจายหรือการเพิ่มจำนวนประชากรเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก แตนฝอยปมเป็นแมลงที่จัดอยู่ในกลุ่มแตนเบียนฝอย เป็นแมลงต่างถิ่นมีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศออสเตรเลีย แต่ได้แพร่กระจายระบาดสร้างความเสียหายอย่างหนักแก่สวนป่ายูคาลิปตัส แถบตะวันออกเฉียงกลาง และกลุ่มเมดิเตอร์เรเนียนในราวปี พ.ศ. 2543 แตนฝอยปมเป็นแมลงที่เจาะจงทำลายยูคาลิปตัสอย่างหนัก มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศต่างๆ ได้ดี พฤติกรรมการเข้าทำลายไม้ยูคาลิปตัสของแตนฝอยปมเกิดขึ้นทั้งกับต้นกล้าในเรือนเพาะชำ และต้นไม้ในสวนป่า โดยใช้อวัยวะวางไข่แทงหรือสอดเข้าไปที่เนื้อเยื่อด้านบนของใบหรือก้านใบ และส่งผลเสียหายแก่ต้นยูคาลิปตัสที่เติบโตขึ้นมา โดยลำต้นจะคดงอแตกเป็นพุ่ม เสียรูปทรง ส่งผลต่อไปยังผลผลิตของเนื้อไม้ในสวนป่า (บุญวงศ์, 2549)

การปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่า

การปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่า หมายถึงการดำเนินการใดๆที่ทำให้สามารถเพิ่มผลผลิตทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของสวนป่า ประกอบด้วยการดำเนินงานด้านการผสมพันธุ์ (forest tree breeding) ร่วมกับงานด้านวนวัฒนวิธี (silvicultural practices) ซึ่งอาจเป็นเพียงการเลือกเก็บเมล็ดจากไม้ต้นที่มีลักษณะตามต้องการ จากการถ่ายเรณูโดยธรรมชาติ (open pollination) และการถ่ายเรณูโดยการควบคุม (control pollination) หรือการขยายพันธุ์โดยวิธีไม่อาศัยเพศจากต้นที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์และปลูกทดสอบแล้ว เพื่อผลิตกล้าไม้ แล้วนำมาปลูกโดยวิธีการจัดการและการดำเนินการที่ดี เหมาะสมกับไม้แต่ละชนิด (อภิชาติ และสมเกียรติ, 2535) การปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่าประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้ (วิเชียร, 2542)

ประชากรฐาน (base population)

ประชากรฐานจัดเป็นแหล่งพันธุกรรมไม้ป่าที่นำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ ประกอบด้วยหมู่ไม้ในป่าธรรมชาติ (natural stand) สวนป่า (plantation) สวนอนุรักษ์พันธุ์ (gene conservation plantation) และแปลงทดสอบพันธุ์ไม้ชนิดต่างๆ เพื่อให้มีฐานพันธุกรรม (genetic base) ที่กว้าง

การคัดเลือก (selection)

การคัดเลือกเป็นการนำเอาต้นไม้ที่มีลักษณะดี (plus trees) หรือสายพันธุ์ (family) ที่มีลักษณะดี จากแหล่งพันธุกรรมต่างๆ มาใช้เพื่อการจัดสร้างประชากรเพื่อการขยายพันธุ์ (propagation population) และผสมพันธุ์ (breeding population) เพื่อผลิตสายพันธุ์ดีใหม่ๆ ต่อไป การคัดเลือกเป็นขั้นตอนสำคัญของการปรับปรุงพันธุ์ ในการคัดเลือกนี้ลักษณะต่างๆ ของต้นไม้ที่จะทำการปรับปรุงพันธุ์จะถูกกำหนดขึ้น (selection criteria) ได้แก่การเติบโต (growth) ลักษณะรูปทรง (architecture) และสมบัติของการใช้ประโยชน์ (utilization)

การผสมพันธุ์ (breeding)

การผสมพันธุ์เป็นการสร้างสายพันธุ์หรือลูกผสมใหม่ๆ ที่ดีขึ้นจากกลุ่มที่ได้รับการคัดเลือกไว้ ประกอบด้วยงานด้านต่างๆ (วิเชียร, 2542) ได้แก่

1. เทคนิคการผสมพันธุ์ มีอยู่หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความยากง่ายในเทคนิคการผสมพันธุ์ โดยแบ่งเป็นการถ่ายเรณูโดยธรรมชาติและการถ่ายเรณูโดยการควบคุม

2. การทดสอบลูกไม้ (progeny test) สามารถทำได้ 2 แบบคือการทดสอบลูกไม้จากแม่เดียวกัน (open pollinated/half-sib progeny test) และการทดสอบลูกไม้จากพ่อแม่เดียวกัน (full-sib progeny test) โดยการเก็บเมล็ดพันธุ์แม่ไม้ (plus trees) ที่คัดเลือกได้ หรือจากแม่ไม้ในสวนผสมพันธุ์ที่ได้มีการควบคุมรูปแบบการผสมพันธุ์ (mating design) ต่างๆ แล้วนำมาปลูกทดสอบ ลูกไม้ที่มีลักษณะเด่น สามารถนำมาขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศเพื่อการปลูกสร้างสวนป่าได้ และแม่ไม้ที่ให้ลูกที่มีลักษณะเด่น จะถูกนำไปปลูกเพื่อจัดสร้างเป็นสวนผลิตเมล็ดพันธุ์หรือสวนผสมพันธุ์ต่อไป การทดสอบสายพันธุ์อาจจะต้องทำการทดสอบในหลายๆรุ่น เพื่อให้ได้ลูกหลานที่ดีขึ้นเรื่อยๆ

สายพันธุ์ (family) ในงานด้านปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่า หมายถึง กลุ่มของลูกไม้ (sib) ที่ได้จากการเพาะเมล็ดที่เก็บมาจากต้นแม่เดียวกันหรือ มาจากพ่อ-แม่เดียวกัน ขึ้นอยู่กับว่ามาจากเมล็ดที่เกิดจากการถ่ายเรณูแบบใด เช่น กรณีที่มาจากแม่เดียวกัน หมายถึง จากการถ่ายเรณูโดยธรรมชาติ ทำให้ไม่สามารถรู้ได้ว่าเกสรตัวผู้มาจากต้นใด กล้าไม้ที่ได้ทั้งหมดก็ถือว่าเป็นจาก family เดียวกัน กล้าไม้ที่ได้จะเรียกว่า half-sib progeny ส่วนกล้าไม้ที่มาจากถ่ายเรณูโดยการควบคุม ทำให้ทราบประวัติต้นพ่อและต้นแม่ จะเรียกว่า full-sib progeny เป็นต้น (วิเชียร, 2542)

3. การทดสอบสายต้น (clonal test) หมายถึง การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบต้นไม้ที่คัดเลือกไว้ว่าต้นใดมีคุณภาพทางพันธุกรรมที่จะนำไปปลูกในที่แห่งใดแห่งหนึ่ง ในการทดสอบนั้นต้องให้กล้าไม้ที่ขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศเท่านั้น โดยผลที่ได้จะนำไปคัดเลือกต้นที่เหมาะสม เพื่อนำไปผลิตกล้าไม้โดยวิธีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

การสร้างประชากรเพื่อการขยายพันธุ์ (propagation population)

สายพันธุ์ที่มีลักษณะดีตามความต้องการจากการปรับปรุงพันธุ์ ผ่านการทดสอบและคัดเลือก เพื่อไปสร้างประชากรเพื่อการขยายพันธุ์ (propagation population) ได้แก่ สวนผลิตเมล็ดพันธุ์ (seed orchard) และสวนรวมพันธุ์ (clone bank) และจากสวนขยายพันธุ์จะขยายพันธุ์โดยเมล็ดหรือกิ่งพันธุ์จากแม่ไม้พันธุ์ดีเพื่อไปปลูกสร้างสวนป่าต่อไป (วิฑูรย์, 2549)

1. สวนผลิตเมล็ดพันธุ์ (seed orchard) คือ สวนที่ปลูกขึ้นด้วยต้นไม้มที่มีลักษณะพันธุกรรมที่ดี มีการจัดการอย่างประณีต วัตถุประสงค์เพื่อให้ผลิตเมล็ดที่มีคุณภาพ มีลักษณะทางพันธุกรรมดี โดยนำไม้ที่ได้รับการคัดเลือกแล้วว่ามีลักษณะดีมาปลูกรวมกัน ใช้ผังการปลูกที่เหมาะสม เพื่อลดการผสมเกสรในต้นเดียวกัน หรือต้นที่มาจากแม่ไม้เดียวกัน (Kellison, 1969) สวนผลิตเมล็ดพันธุ์แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ สวนผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกสร้างขึ้นโดยใช้เมล็ดจากแม่ไม้ (seedling seed orchard) และใช้กล้าไม้จากการขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ (clonal seed orchard)

2. สวนรวมพันธุ์ (clone bank) คือ สวนที่ปลูกขึ้นด้วยต้นไม้มที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่ดี ผ่านการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ วัตถุประสงค์เพื่อเก็บรวบรวมสายพันธุ์ด้วยการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เพื่อใช้กิ่งพันธุ์สำหรับการขยายพันธุ์ต่อไป

ค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรม (heritability)

การแปรผันของลักษณะที่เกิดขึ้นของต้นไม้ม เป็นผลเนื่องจากพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม ค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรม สามารถบอกได้ว่าลักษณะที่ปรากฏเป็นผลเนื่องจากพันธุกรรมเท่าใด และจะถูกถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้ในอัตราส่วนเท่าใด (ประดิษฐ์, 2546) วิฑูรย์ และคณะ (2542) ได้ประเมินค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของไม้กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth.) ในการทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่สองบริเวณสถานีบำรุงพรรณไม้ประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ใช้แนวทางวิเคราะห์ของ Williams and Matheson (1994) โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Mixed Model ซึ่งกำหนดให้อิทธิพลของสายพันธุ์ภายใต้ต้นกำเนิดเดียวกัน และ row within replicate effect และ column within replicate effect เป็น random effect ส่วนอิทธิพลของต้นกำเนิดและเขต เป็น fixed effect โดยอาศัยสมการคำนวณ เช่นเดียวกับวีระยุทธ และรัตนะ (2546) ที่วิเคราะห์ค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake) ที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้รูปแบบสมการเดียวกัน

การปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในประเทศไทย

การพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสในประเทศไทย ได้ดำเนินการทั้งหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน โดยการทดสอบและคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง รอบคัด

พื้นสั้น มีอัตราการเติบโตสูง และสายพันธุ์ที่มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ภาครัฐ

การปลูกไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทย เริ่มครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2493 ที่สถานีวิจัยกรมคอกสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ ชนิดที่ปลูก เช่น *Eucalyptus citriodora* Hook., *Eucalyptus saligna* Sm. และ *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden ต่อมาใน พ.ศ. 2508 ประเทศไทยได้เริ่มนำยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส มาปลูกโดยโครงการสำรวจวัตถุดิบเพื่อทำเชื้อและกระดาษ โดยความร่วมมือระหว่างกรมป่าไม้และองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ใน United Nations Development Programme (UNDP) โดยนำไปปลูกทดลองตามภาคต่างๆ คือ สถานีทดลองปลูกพรรณไม้บ่อหลวง-บ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยมุด จังหวัดสุราษฎร์ธานี สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ และสถานีทดลองปลูกพรรณไม้ลำภา-ลำทราย จังหวัดกาญจนบุรี ปรากฏว่าไม้ชนิดนี้เติบโตได้ดีเมื่อเทียบกับยูคาลิปตัสประเภทอื่นๆ ที่นำมาปลูกในขณะนั้น (ถนอม และประเสริฐ, ม.ป.ป.)

พ.ศ. 2516 การปลูกทดลองไม้ยูคาลิปตัสได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นอีก ภายใต้ความร่วมมือระหว่างประเทศไทยและเดนมาร์ก ภายใต้หน่วยงาน Danish International Development Agency (DANIDA) ในการนี้ได้นำไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส จาก 5 ถิ่นกำเนิดในประเทศออสเตรเลียมาทดสอบรวมด้วย (provenance trials) โดยนำไปปลูกทดลองที่จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดชุมพร ปรากฏว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส มีอัตราการรอดตายสูงกว่าไม้อื่นๆ นอกจากนี้ยังได้ข้อมูลเพิ่มเติมอีกว่าไม้ยูคาลิปตัสที่มีถิ่นกำเนิดทางริมฝั่งด้านเหนือของ Ervin River และแถบ Gibb River ทางตะวันตกของออสเตรเลียเป็นถิ่นกำเนิดที่ดีที่สุด (ประสิทธิ์ และอรุณพล, 2529)

พ.ศ. 2521 ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส เริ่มได้รับความสนใจอย่างเด่นชัดจากกลุ่มนักวิชาการป่าไม้ จากผลการวิเคราะห์การรอดตายและการเติบโตของยูคาลิปตัสชนิดต่างๆ ที่ปลูกในแปลงทดสอบชนิดและถิ่นกำเนิด ณ สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (มนตรี, 2529) ปรากฏว่ายูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส มีอัตราการรอดตายและขนาดความโตค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ยูคาลิปตัสชนิดอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราการรอดตาย และเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกของไม้ยูคาลิปตัสชนิดต่างๆ บริเวณแปลงทดสอบชนิดและถิ่นกำเนิด ณ สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา

ชนิดไม้	อัตราการรอดตาย (ร้อยละ)	เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)
<i>Eucalyptus punctata</i> DC.	72.00	20.49
<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake	79.33	18.92
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	86.67	16.29
<i>Eucalyptus tereticornis</i> Sm.	82.67	14.90
<i>Eucalyptus cloeziana</i> F. Muell.	46.67	17.84
<i>Eucalyptus microcarys</i> Hat z.	17.33	13.01
<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maid.	4.67	22.78
<i>Eucalyptus citriodora</i> Hook.	64.00	16.61
<i>Eucalyptus raveretiana</i> F. Muell.	78.67	12.71
<i>Eucalyptus houseana</i> Maiden	16.00	8.78
<i>Eucalyptus deglupta</i> Blume	18.00	11.08

ที่มา: มนตรี (2529)

คณะวนศาสตร์ ได้ดำเนินการวิจัยด้านการปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส โดยได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) คัดเลือกแม่ไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส ลักษณะที่ดี อายุมากกว่า 5 ปี จากทั่วประเทศ นำมาขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และนำมาปลูกทดสอบในหลายพื้นที่สวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ใน พ.ศ. 2534 พบว่าสายต้น (clone) T5 จากสถานีฝักนิสิตวนศาสตร์บางม่วง อำเภอดงตาล จังหวัดพิจิตร มีลักษณะเด่น มีอัตราการเติบโตสูง รูปทรงเปลาตรง ต่อมาเป็นที่รู้จักแพร่หลายและนำไปใช้เป็นฐานพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัสในหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน (บุญวงศ์, 2546)

พ.ศ. 2528 กรมป่าไม้ได้ทำการทดลองปลูกไม้ของประเทศออสเตรเลียหลายชนิด ภายใต้ความร่วมมือกับ Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) ในโครงการ Australian Hardwoods for Fuelwood and Agroforestry รวมทั้งไม้ยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส ซึ่งดำเนินการใน 8 พื้นที่ โดยแบ่งออกเป็น พื้นที่ขึ้น ได้แก่ ทรายทอง (ประจวบคีรีขันธ์) สะแกราษ (นครราชสีมา) เขาสอยดาว (จันทบุรี) และพื้นที่แล้ง ได้แก่ ราชบุรี (ราชบุรี) ห้วยทา (ศรีสะเกษ) ห้วยบง (เชียงใหม่) บ้านโอง (ลำพูน) และทุ่งกุลาร้องไห้ (ร้อยเอ็ด) ผลปรากฏว่า ยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส สามารถเติบโตได้ดีทุกพื้นที่ (Pinyopusarerk, 1989)

ต่อมาใน พ.ศ. 2534 กรมป่าไม้ได้มีการทดสอบถิ่นกำเนิด/สายพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส ภายใต้ความร่วมมือกับ ACIAR โดย Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) ในโครงการ Improving and Sustaining Productivity of *Eucalyptus* in Southeast Asia เพื่อปรับปรุงพันธุ์กรรมไม้ยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิสให้ดีขึ้น พิศาล และวิฑูรย์ (2539) พบว่าการแปรผันการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส ในแปลงทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่หนึ่ง อายุ 24 เดือน ใน 3 แห่ง คือ สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ราชบุรี จังหวัดราชบุรี ศูนย์วนวัฒนวิจัยที่ 5 จังหวัดกำแพงเพชร และสวนป่าลาดกระบัง จังหวัดฉะเชิงเทรา จากแหล่งกำเนิดต่างๆ ในประเทศออสเตรเลียจำนวน 305 สายพันธุ์ จาก 32 ถิ่นกำเนิด และเป็นตัวแทน 5 เขต (region) ใหญ่ๆ ในตอนเหนือของประเทศออสเตรเลีย ได้แก่ Petford, Walsh-Mitchell River Catchment, Other Queensland, Northern Territory และ Western Australia ส่วนอีก 10 สายพันธุ์ ได้มาจากแม่ไม้ที่คัดเลือกจากแปลงปลูกและแปลงทดลองต่างๆ ในประเทศไทย ไม่ทราบแหล่งที่มา ถือเป็น 1 เขต มีความสูงทั้งหมด เส้นผ่าศูนย์กลาง และปริมาตรไม้ต่อต้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ระหว่างเขต ระหว่างถิ่นกำเนิดภายในเขต และระหว่างสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน โดยทั่วไปแล้วถิ่นกำเนิดจาก Queensland โดยเฉพาะจาก Petford Region และจากประเทศไทยดีกว่า ถิ่นกำเนิดจาก Northern Territory และจาก Western Australia (ตารางที่ 2) คาดว่าเกิดขึ้นเนื่องจากสายพันธุ์ที่ใช้ทดลองมีการกระจายทางภูมิศาสตร์ที่กว้างขวาง ปัจจุบันแปลงทดสอบสายพันธุ์ดังกล่าวได้ปรับปรุงให้เป็นสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ และสามารถเก็บเมล็ดเพื่อนำมาทดสอบสายพันธุ์ในรุ่นที่สองได้มากกว่า 100 สายพันธุ์

ตารางที่ 2 ปริมาณไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน อายุ 24 เดือน ในแปลงทดสอบถั่วดำ
/สายพันธุ์พื้นที่หนึ่งของกรมป่าไม้

จังหวัดราชบุรี		จังหวัดฉะเชิงเทรา		จังหวัดกำแพงเพชร	
เขต (region)	ปริมาณเฉลี่ย/ ตัน($10^{-4} \times \text{m}^3$)	เขต (region)	ปริมาณเฉลี่ย/ ตัน($10^{-4} \times \text{m}^3$)	เขต (region)	ปริมาณเฉลี่ย/ ตัน ($10^{-4} \times \text{m}^3$)
Petford	104.40	Walsh-Mitchell	140.50	Walsh-Mitchell	42.60
Petford	103.70	Petford	131.50	Other QTL	42.60
Petford	101.60	Petford	123.40	Other QTL	40.60
Walsh-Mitchell	99.50	Walsh-Mitchell	123.10	Walsh-Mitchell	40.50
Other QTL	98.80	Other QTL	121.50	Petford	38.70
Thai	93.90	Thai	119.70	Other QTL	38.60
Walsh-Mitchell	91.70	Other QTL	118.20	Other QTL	38.10
Petford	91.50	Walsh-Mitchell	110.10	Thailand	36.70
Walsh-Mitchell	90.70	Walsh-Mitchell	107.90	Walsh-Mitchell	35.50
Walsh-Mitchell	90.60	Petford	107.30	Walsh-Mitchell	34.60
Other QTL	90.20	Other QTL	103.30	Petford	32.20
Walsh-Mitchell	89.50	NT	103.30	Petford	32.20
Petford	88.90	Walsh-Mitchell	100.30	Petford	31.20
Petford	87.70	Petford	99.40	Other QTL	30.80
Petford	86.70	Petford	98.50	NT	30.70
Other QTL	86.50	Walsh-Mitchell	97.30	Petford	29.90
Petford	86.40	Petford	96.30	NT	29.80
Other QTL	85.40	Petford	95.90	Other QTL	29.60
Walsh-Mitchell	83.80	Petford	93.90	Petford	29.50
Petford	79.80	Petford	93.00	Petford	28.90
Petford	79.50	NT	87.90	Petford	28.70
Petford	78.40	Petford	87.20	Walsh-Mitchell	28.30
Other QTL	73.30	Petford	82.20	Walsh-Mitchell	27.40
Petford	72.80	Petford	81.10	Petford	27.30
Other QTL	72.40	Other QTL	76.30	WA	26.00
NT	65.10	Other QTL	74.50	WA	25.30
NT	62.40	Other QTL	70.30	Petford	22.40
NT	65.10	Other QTL	74.50	WA	25.30

ตารางที่ 2 (ต่อ)

จังหวัดราชบุรี		จังหวัดฉะเชิงเทรา		จังหวัดกำแพงเพชร	
เขต (region)	ปริมาณเฉลี่ย/ ตัน(10^{-4} x m^3)	เขต (region)	ปริมาณเฉลี่ย/ ตัน(10^{-4} x m^3)	เขต (region)	ปริมาณเฉลี่ย/ ตัน (10^{-4} x m^3)
NT	65.10	Other QTL	74.50	WA	25.30
NT	62.40	Other QTL	70.30	Petford	22.40
NT	61.10	NT	64.30	NT	22.40
WA	59.30	WA	55.00	Petford	22.00
WA	55.40	WA	52.80	NT	21.70

หมายเหตุ NT: Northern Territory

WA: Western Australia

Other QTL: Other Queensland

ที่มา: พิศาล และวิฑูรย์ (2539)

ในปี 2549 คณะวนศาสตร์ได้จัดตั้งแปลงทดสอบสายพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส รุ่นที่สองขึ้น บริเวณสถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว โดยได้รับการสนับสนุนเมล็ดไม้จากสวนผลิต เมล็ดพันธุ์ ที่ดำเนินการโดยกรมป่าไม้ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยวัตถุประสงค์เพื่อต่อยอดงานวิจัย ด้านการปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส และคัดเลือกแม่ไม้สำหรับการขยายพันธุ์ และปรับปรุงพันธุ์ต่อไป และเป็นพื้นที่ในการดำเนินการศึกษาเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ใน ครั้งนี้

แนวทางการปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิสในประเทศไทย ตามยุทธศาสตร์ ของการปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส ซึ่งกำหนดโดย Raymon (1991) และปรับปรุง โดย Eldridge (1995) ซึ่งมีขั้นตอนโดยสรุปดังนี้คือ

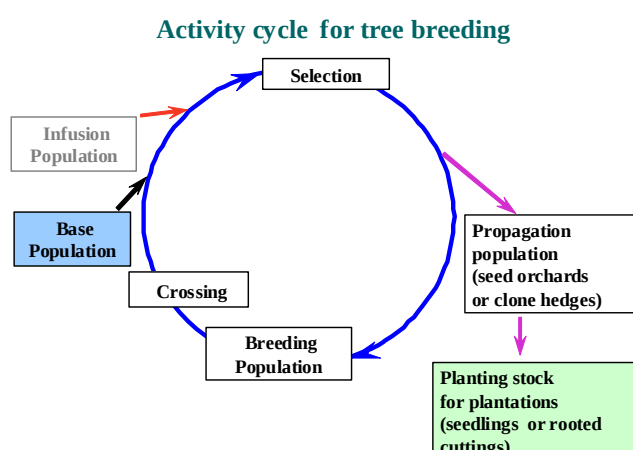
1. การสร้างประชากรฐานเพื่อเป็นฐานพันธุ์กรรม โดยการนำสายพันธุ์จากแหล่งธรรมชาติ หรือจากแหล่งพันธุ์กรรมต่าง ๆ ในประเทศออสเตรเลีย ปาปัวนิวกินี อินโดนีเซีย และที่อื่น ๆ มา ปลุกเพื่อใช้เป็นแหล่งของการคัดเลือกพันธุ์ต่อไป

2. การสร้างประชากรเพื่อการผสมพันธุ์ โดยการปลูกแปลงทดสอบสายพันธุ์ และคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะที่ต้องการ และให้มีการผสมพันธุ์โดยการควบคุม (control pollination) และโดยการผสมพันธุ์แบบธรรมชาติ (open pollination)

3. การสร้างประชากรเพื่อการขยายพันธุ์ โดยสร้างสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ดีสำหรับการผลิตกล้าไม้ หรือสวนผลิตกิ่งพันธุ์ เพื่อผลิตกิ่งพันธุ์ที่มีคุณภาพสำหรับการปักชำ สำหรับการปลูกสร้างสวนไม้โตเร็วทางเศรษฐกิจโดยเมล็ด หรือกิ่งพันธุ์ (clonal forestry) ต่อไป

4. การสร้างประชากรส่วนเพิ่มเติม เมื่อมีการคัดเลือกพันธุ์มากขึ้น จำเป็นต้องมีการเพิ่มฐานพันธุกรรมให้มีความหลากหลายของฐานพันธุกรรมที่เหมาะสม

แนวทางการปรับปรุงพันธุ์ดังกล่าวมีลักษณะเป็นวงจร (cycle) ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งแต่ละรอบของการปรับปรุงพันธุ์จะสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์หรือกิ่งพันธุ์ เพื่อนำไปปลูกสร้างสวนป่า และรอบต่อไป ผลตอบแทนทางพันธุกรรมก็จะพัฒนาสูงขึ้น ไปอีกตามลำดับ เนื่องจากการคัดเลือกพันธุ์ที่ดีไว้และผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ที่ดีด้วยกัน ทั้งนี้จะต้องมีการคำนึงถึงการถดถอยทางพันธุกรรม (inbreed depression) ด้วย โดยการรักษาระดับของความหลากหลายทางพันธุกรรม หรือฐานพันธุกรรมให้กว้างเพียงพอที่จะไม่ให้เกิดการถดถอยทางพันธุกรรมได้



ภาพที่ 2 วงจรการปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส ตามาลคูลเลนซิสของประเทศไทย

ที่มา: Eldridge (1995)

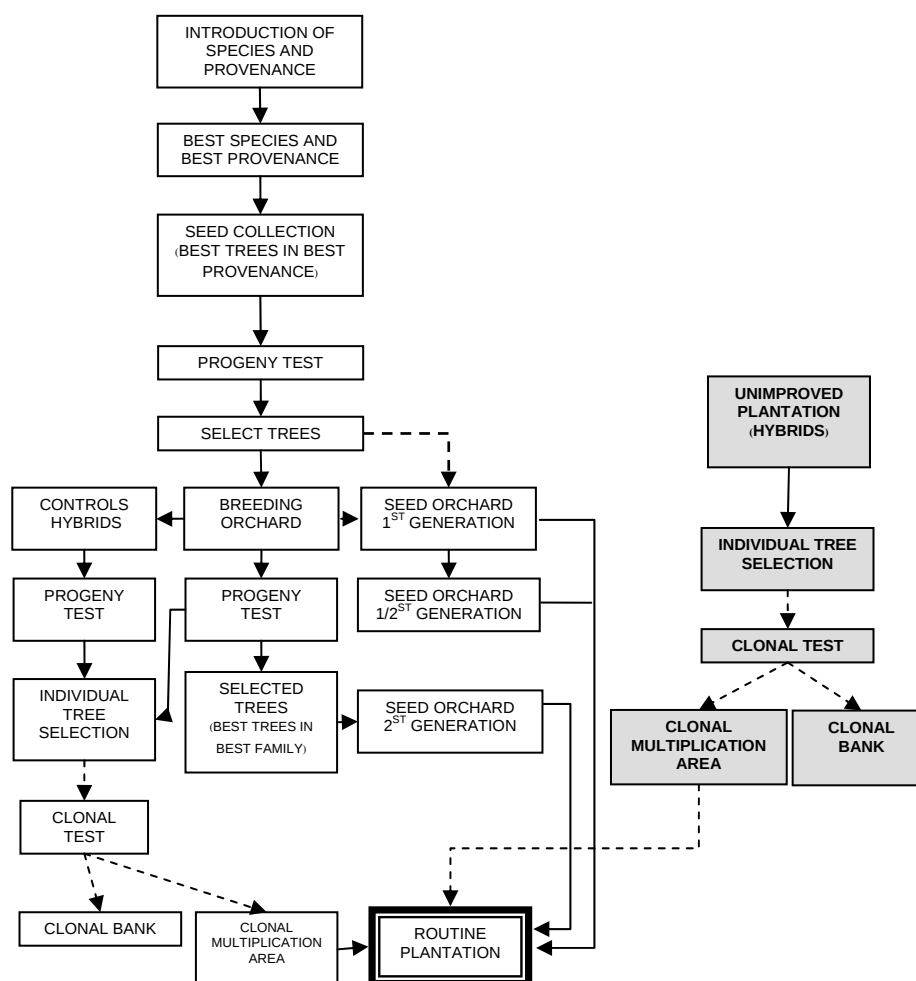
ภาคเอกชน

หน่วยงานภาคเอกชนของไทยเริ่มต้นตัวกับการปลูกไม้ยูคาลิปตัสเชิงพาณิชย์อย่างจริงจังเมื่อประมาณ พ.ศ. 2524 แต่ในช่วงนั้นกำลังประสบปัญหาหาค่าไม้ยูคาลิปตัสต่ำมาก เฉลี่ยเพียงตันละ 350-400 บาท และได้ประสบปัญหาตามมาเกี่ยวกับกระแสข่าวผลกระทบต่อระบบนิเวศ ทำให้ดินเสีย น้ำแห้ง และพืชพรรณอื่นๆ ไม่สามารถขึ้นได้ จนกระทั่ง พ.ศ. 2530 กรมป่าไม้ ร่วมกับสมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ และสมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย ได้จัดให้มีประชุมสัมมนาเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าว และได้ข้อสรุปว่าไม้ยูคาลิปตัสไม่มีผลกระทบในทางลบต่อระบบนิเวศ หลังจากนั้นการปลูกยูคาลิปตัสในเชิงพาณิชย์โดยภาคเอกชนได้ขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งในภาคตะวันออกโดยบริษัทแอ็ดวานซ์ อะโกร จำกัด และบริษัทสยาม-ทรีดีเวลลอปเมนต์ จำกัด ภาคตะวันตกโดยบริษัทสยามฟอเรสทรี จำกัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยบริษัทฟินิกซ์ พัลฟ์แอนเปเปอร์ จำกัด และบริษัท สโตร์เอิน โซประเทศไทย จำกัด ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการป้อนโรงงานอุตสาหกรรมขึ้นไม้สับและอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ โดยส่วนใหญ่ มักใช้ฐานพันธุ์กรรมจากสายต้น T5 จากการปรับปรุงพันธุ์ของคณะวนศาสตร์ เป็นฐานพันธุ์กรรม (บุญวงศ์, 2549)

การผลิตกล้าไม้สำหรับการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส ในปัจจุบันนี้ใช้เทคนิคการปักชำ เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และเพาะเมล็ด คิดเป็นร้อยละ 80, 12 และ 8 ตามลำดับ (Thaiutsa, 2002) ซึ่งสวนป่าที่ปลูกโดยภาคเอกชนเกือบทั้งหมดใช้กล้าไม้ที่ได้จากการปักชำและเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหรือใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน โดยกล้าไม้ที่ได้จากการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศนี้ เรียกว่าสายต้น (clone) (สมปอง, 2539) Zobel (1993) กล่าวว่าผลดีของการปลูกสวนป่ายูคาลิปตัสจากสายต้นนั้น ต้นไม้ที่ปลูกมีการเติบโตที่สม่ำเสมอต่อการจัดการสวนป่า ในปัจจุบัน หน่วยงานภาคเอกชนได้ดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยการผลิตลูกผสม และนิยมใช้ฐานพันธุ์กรรมที่คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์แล้ว นำมาผสมแบบควบคุม โดยใช้แม่ไม้ยูคาลิปตัสสายพันธุ์อื่นๆ นำลูกผสมที่ได้ไปปลูกทดสอบ เมื่อได้สายพันธุ์ที่มีคุณภาพแล้ว ก็จะนำไปขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศต่อไป สุธีร์ และสมคิด (2548) ได้วิเคราะห์การเติบโตของลูกผสมในแปลงทดสอบลูกผสม สวนป่าคลองตะเกรา จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเกิดจากลูกผสมระหว่างสายต้นภายในชนิดเดียวกัน (intraspecific hybrid) ของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และลูกผสมต่างชนิด (interspecific hybrid) ระหว่างยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสกับยูคาลิปตัส ชนิดอื่นๆ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย การปรับปรุงผลผลิตเนื้อไม้ยูคาลิปตัสโดยการสร้างลูกผสม เพื่อผลิตลูกผสมที่มีการ

เดิบโตดี มีคุณภาพเนื้อไม้และมีความต้านทานโรค สำหรับใช้ปลูกสร้างสวนป่าเพื่อผลิตเชื้อกระดาษ โดยได้รับความร่วมมือจากบริษัทเอกชนในการเก็บตัวอย่างและผลิตกล้าลูกผสม (สมคิด และสุธีร์, 2543) นอกจากนี้ พรจันทร์ (2547) ยังได้ศึกษาการทนต่อสภาพการระบายน้ำเลวของยูคาลิปตัส ลูกผสมสายพันธุ์ต่างๆ ซึ่งได้ดำเนินการในแปลงของเกษตรกรที่ใช้กล้าไม้ของภาคเอกชนมาปลูก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลูกผสมที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ ได้ปลูกทดสอบในสภาพพื้นที่แบบต่างๆ ด้วย

สายต้นของไม้ยูคาลิปตัสของบริษัทเอกชน ที่นำมาขยายพันธุ์เพื่อการค้า และปลูกสร้างสวนป่าสำหรับอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ได้มาจากการคัดเลือกกล้าไม้ที่ได้จากการเพาะเมล็ด (ไม้ทราบแหล่งที่มา) จากแปลงปลูกสวนป่า และนำสายพันธุ์ที่ได้มาปลูกทดสอบแม่ไม้ในหลายๆ พื้นที่ และทำการคัดเลือกอีกครั้งเมื่อยูคาลิปตัสอายุ 3 ปี จากนั้นขยายพันธุ์ไม้ที่คัดเลือกได้โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (กองคุ้มครองพันธุ์พืช, 2550) สอดคล้องกับแนวทางการปรับปรุงพันธุ์ของบริษัท Aracruz Cellulose S.A. (ภาพที่ 3) สายต้นของไม้ยูคาลิปตัสดังกล่าว ก็มีการนำไปส่งเสริมปลูกในรูปแบบสวนป่าเชิงพาณิชย์อย่างแพร่หลายในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก ดังได้มีการศึกษาการเดิบโตและการใช้น้ำของยูคาลิปตัสสายพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในรูปแบบสวนป่าชั้นอายุต่างๆ (ณัฐวุฒิ, 2549) และปลูกบนคันนาแถวเดียว (เจษฎา, 2552)



ภาพที่ 3 แนวทางการปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัสของ Aracruz Cellulose S.A.

ที่มา: Eldridge *et al.* (1993)

การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

ดีเอ็นเอเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในเซลล์ทุกเซลล์ในปริมาณเท่ากัน การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ จึงสามารถกระทำได้จากเนื้อเยื่อ ในทุกระยะการเติบโต และทุกสภาพทางสรีรวิทยา โดยไม่ขึ้นกับสภาพแวดล้อม ประกอบกับวิธีตรวจเครื่องหมายดีเอ็นเอแบบต่างๆ มีให้เลือกมากมาย ทำให้การใช้ดีเอ็นเอเป็นเครื่องหมายทำได้อย่างกว้างขวาง และสามารถประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ อย่างไม่จำกัด

เครื่องหมายดีเอ็นเอ

เครื่องหมายดีเอ็นเอ (DNA marker) หมายถึง ดีเอ็นเอที่ใช้เป็นเครื่องหมายบ่งชี้ความจำเพาะของสิ่งมีชีวิตตัวหนึ่ง สายพันธุ์หนึ่ง ชนิดหนึ่ง หรือในระดับต่างชนิด เป็นดีเอ็นเอที่อยู่ตำแหน่งต่างๆ บนโครโมโซม (nuclear DNA) หรือดีเอ็นเอในออร์แกเนลล์ (mitochondrial DNA หรือ chloroplast DNA) การที่สามารถใช้ดีเอ็นเอเป็นเครื่องหมายได้เนื่องจากเกิดการแปรผัน (variation) ของนิวคลีโอไทด์ในโมเลกุลของดีเอ็นเอ หรือเกิดพอลิมอร์ฟิซึม (polymorphism) ของลำดับเบสในโมเลกุลของดีเอ็นเอนั่นเอง (สุรินทร์, 2552)

วิธีตรวจสอบพอลิมอร์ฟิซึมของดีเอ็นเอ (polymorphism DNA) ทำได้โดยการหาลำดับเบสในโมเลกุลของดีเอ็นเอ (DNA sequencing) หรือตรวจสอบโดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ การใช้ดีเอ็นเอเป็นเครื่องหมายบ่งบอกความแตกต่างของสิ่งมีชีวิต มีที่มาจากการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ เป็นวิธีการที่ทำให้เกิดลายพิมพ์ดีเอ็นเอหรือแบบแผนของดีเอ็นเอที่จำเพาะ สามารถตรวจสอบพอลิมอร์ฟิซึมได้ เดิมได้จากการนำดีเอ็นเอทั้งหมดในเซลล์ (genomic DNA) มาตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ แล้วแยกขนาดด้วยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิส ย้ายชิ้นดีเอ็นเอ ที่แยกแล้วทั้งหมดไปยังแผ่นเมมเบรนฟิลเตอร์ (membrane filter) ไฮบริไดซ์กับโพรบ (probe) ซึ่งมาจากดีเอ็นเอส่วนที่เป็นมินิแซทเทลไลต์ สามารถตรวจชิ้นดีเอ็นเอได้จากหลายตำแหน่ง (multi-locus) พร้อมๆ กัน เกิดเป็นลายพิมพ์ที่จำเพาะกับแต่ละบุคคล (Jefferys *et al.*, 1985) มีความหมายเดียวกับคำว่า DNA profiling หรือ DNA typing การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอสามารถใช้ตรวจดีเอ็นเอหลายตำแหน่งพร้อมกัน โดยอาศัยหลักการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยวิธีไฮบริไดเซชัน (hybridization based DNA fingerprinting) และการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยวิธี PCR (polymerase chain reaction) การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยวิธีไฮบริไดเซชัน ทำได้โดยสกัดดีเอ็นเอจากเซลล์ นำมาตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะแล้วแยกขนาดดีเอ็นเอโดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิส ถ่ายดีเอ็นเอลงสู่แผ่นเมมเบรนฟิลเตอร์ แล้วไฮบริไดซ์กับโพรบที่ติดฉลากด้วยสารกัมมันตรังสีหรือสารปลดรังสี ตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นซึ่งจะปรากฏแถบดีเอ็นเอหลายแถบที่มีลักษณะจำเพาะกับแต่ละพันธุ์ เช่น เครื่องหมาย RFLP (restriction fragment length polymorphism) การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยวิธี PCR (PCR based DNA fingerprinting) ทำได้โดยการวิเคราะห์ดีเอ็นเอที่ได้จากกระบวนการเพิ่ม

ปริมาณในหลอดทดลอง (PCR) เพื่อใช้ตรวจดีเอ็นเอซึ่งถ้าเป็นการตรวจดีเอ็นเอที่ตำแหน่งเฉพาะเพียงตำแหน่งเดียวจะใช้ไพรเมอร์ 2 ชนิดที่จำเพาะกับช่วงของดีเอ็นเอหรือยีนหนึ่งๆ โดยต้องทราบลำดับเบสของดีเอ็นเอเป้าหมายก่อนเพื่อตรวจยืนยันว่ามียีนดังกล่าว เช่น ในการถ่ายยีนหรือตรวจสอบพอลิเมอร์พีซีเอ็มระหว่างพันธุ์พืชและสัตว์ ในกรณีที่ตรวจดีเอ็นเอจากหลายตำแหน่งไพรเมอร์ที่ใช้มักจะเป็นชนิดสุ่มรหัสเพียงชนิดเดียวมาใช้เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอให้มีปริมาณเพิ่มขึ้นในบางแห่งเท่านั้น เมื่อดีเอ็นเอมีมากขึ้นก็สามารถนำมาวิเคราะห์โดยวิธีอะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิสและย้อมเห็นแถบดีเอ็นเอบางแถบได้ เรียกวิธีการนี้ว่า Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) สำหรับเทคนิคที่อาศัยหลักการ PCR นี้มีหลายเทคนิคที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ เทคนิค AFLP (amplified fragment length polymorphism) เทคนิค STS (sequence tagged Site) เทคนิค SSCP (single-strand conformation polymorphism) เทคนิค CFLP (cleavase fragment length polymorphism) เทคนิค SSR (simple sequence repeat) (สุรินทร์, 2552)

การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยใช้เทคนิค AFLP

AFLP เป็นเทคนิคเครื่องหมายดีเอ็นเอแบบหนึ่ง กระทำโดยการตรวจชิ้นดีเอ็นเอที่ตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ ที่เพิ่มปริมาณด้วยวิธี PCR ดังนั้นจึงรวมเอาความน่าเชื่อถือของเทคนิค RFLP (restriction fragment length polymorphism) และประสิทธิภาพของ PCR ไว้ด้วยกัน เทคนิค AFLP พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Keygens N.V. ประเทศเนเธอร์แลนด์ และได้จดสิทธิบัตรในปี ค.ศ. 1993 (สุรินทร์, 2545)

การเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอที่มาจากการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ ทำได้โดยการเชื่อมต่อ adapter เข้าที่ปลายของชิ้นดีเอ็นเอต่อจากตำแหน่งตัดจำเพาะของเอนไซม์ โดย adapter เป็นดีเอ็นเอสายคู่สั้นๆ ที่มีปลายด้านหนึ่งเป็นปลายเหนียว เหมือนกับปลายโมเลกุลของดีเอ็นเอที่ตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะที่เลือกใช้ ดังนั้น จึงสามารถเชื่อมต่อชิ้นดีเอ็นเอที่ตัดไว้ได้โดยใช้ปลายเหนียว (sticky end ligation) และจะทำหน้าที่เป็นตำแหน่งที่จับของไพรเมอร์ในการทำ PCR ต่อไป ด้วยวิธีการดังกล่าวนี้ ชิ้นดีเอ็นเอที่ได้จากการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะก็จะสามารถเพิ่มปริมาณขึ้นได้โดยใช้ไพรเมอร์ที่มีลำดับเบสตรงกับส่วนของ adapter รวมกับส่วนของเบสที่ตำแหน่งตัดจำเพาะของเอนไซม์ อย่างไรก็ตาม จำนวนชิ้นดีเอ็นเอที่สามารถเพิ่มปริมาณได้ในคราวเดียวกันมีมาก และไม่สามารถแยกจากกันหรือตรวจสอบโดยวิธีต่างๆ ไป เช่น การทำอิเล็กโทรโฟรีซิส ดังนั้นการสังเคราะห์ไพรเมอร์ในการทำ AFLP จึงเพิ่มเบสที่คัดเลือกเข้าที่ปลาย 3' ต่อจากเบสที่ตำแหน่งตัด

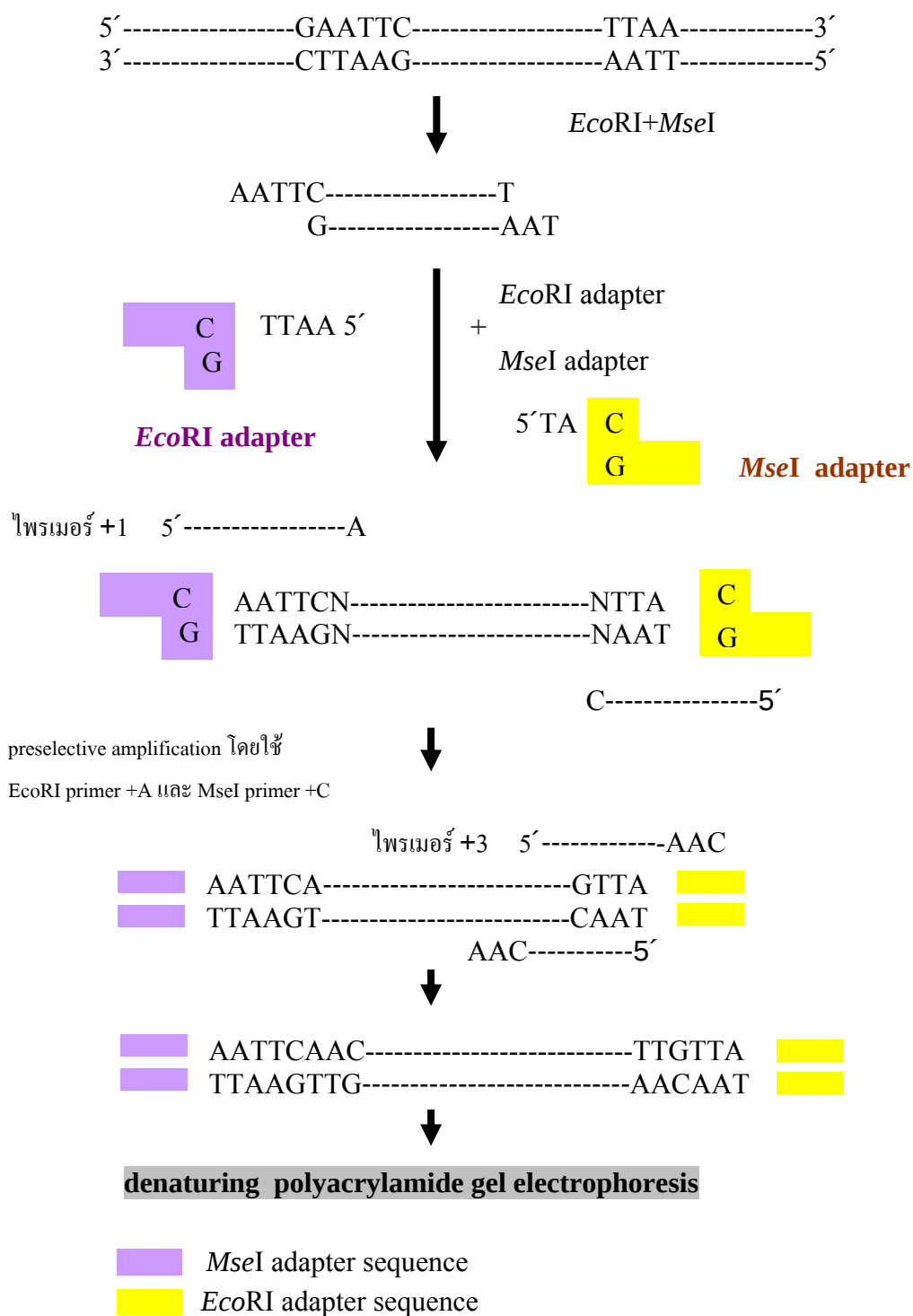
จำเพาะของเอนไซม์ เพื่อให้เลือกจับกับดีเอ็นเอที่มีลำดับเบสส่วนที่อยู่ต่อจากบริเวณตัดจำเพาะเพียงบางส่วนและสามารถกำหนดจำนวนชิ้นดีเอ็นเอที่ต้องการเพิ่มปริมาณได้โดยจำนวนเบสที่เพิ่มเข้าไปนั่นเอง ถ้าดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิตหรือจีโนมที่ศึกษามีส่วนประกอบของเบสทั้ง 4 ชนิด (G, A, C, T) ในสัดส่วนเท่ากัน การเพิ่มเบสเข้าที่ปลาย 3' ของไพรเมอร์เพื่อคัดเลือก 1 เบสจะช่วยลดจำนวนชิ้นดีเอ็นเอที่จะเพิ่มปริมาณเหลือเพียง 1 ใน 4 ของทั้งหมด ถ้าเพิ่มเบสเพื่อคัดเลือก 2 เบส จำนวนชิ้นดีเอ็นเอที่ตรวจสอบได้ก็จะลดลงเหลือ $(1/4)^2$ หรือ 1 ใน 16 ของชิ้นดีเอ็นเอที่ตัดได้ทั้งหมดเท่านั้น ดังนั้น จึงสามารถควบคุมให้เกิดการเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอในจำนวนที่เหมาะสมได้ โดยจำนวนเบสที่เพิ่มเข้าไปแต่ละเบสจะลดปริมาณชิ้นดีเอ็นเอลงเหลือ $(1/4)^n$ ของทั้งหมด (n คือจำนวนเบสสำหรับคัดเลือกที่เพิ่มขึ้น) ในทางปฏิบัติ ต้องการให้มีจำนวนชิ้นดีเอ็นเอในช่วง 50-100 แถบ ซึ่งเป็นช่วงที่สามารถตรวจสอบได้โดยวิธีอิเล็กโทรโฟรีซิสใน denaturing polyacrylamide gel ในสิ่งมีชีวิตที่มีจีโนมขนาดเล็กจะใช้ไพรเมอร์ที่มีการเพิ่มเบสเพื่อคัดเลือกจำนวนน้อย เพราะจำนวนชิ้นดีเอ็นเอที่ได้จากการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะมีจำนวนน้อย ในขณะที่การตรวจดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิตที่มีจีโนมขนาดใหญ่หรือมีความซับซ้อนมาก ต้องใช้ไพรเมอร์ที่มีการเพิ่มเบสเพื่อคัดเลือกจำนวนมากขึ้น เพื่อปรับจำนวนชิ้นดีเอ็นเอที่จะเพิ่มปริมาณให้มีจำนวนพอเหมาะ แบบของแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นจากการทำ PCR โดยใช้ไพรเมอร์คู่หนึ่งๆ เรียกว่าลายพิมพ์ AFLP (AFLP marker) ใช้ศึกษาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตได้เช่นเดียวกับเครื่องหมายดีเอ็นเอแบบอื่นๆ (สุรินทร์, 2545)

วิธีการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยใช้เทคนิค AFLP

1. นำดีเอ็นเอมาตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ 2 ชนิด นิยมใช้เอนไซม์ที่มีตำแหน่งจดจำ 6 คู่เบส ซึ่งจะตัดดีเอ็นเอที่ตำแหน่งห่างกันประมาณ $4^6 (=4,096)$ คู่เบส เรียกว่า rare cutter ร่วมกับเอนไซม์ที่มีตำแหน่งจดจำ 4 คู่เบส ซึ่งจะตัดดีเอ็นเอที่ตำแหน่งห่างกันประมาณ $4^4 (=256)$ คู่เบส เรียกว่า frequent cutter แล้วเชื่อมต่อดีเอ็นเอกับ adapter ของเอนไซม์ทั้งสองชนิด เพื่อให้เป็นที่จับของไพรเมอร์ในการเพิ่มปริมาณโดยวิธี PCR ในขั้นต่อไป การตัดดีเอ็นเอด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ 2 ชนิด จะทำให้ได้ขนาดของชิ้นดีเอ็นเอพอเหมาะ และมีข้อดีอีกหลายประการ ได้แก่ เอนไซม์ตัดจำเพาะที่เป็น frequent cutter จะตัดดีเอ็นเอได้ชิ้นขนาดเล็ก ซึ่งจะเพิ่มปริมาณได้ดีในการทำ PCR และอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับแยกด้วยอิเล็กโทรโฟรีซิส โดยใช้ denaturing polyacrylamide gel การเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ 2 ชนิดในการทำ PCR จะใช้ไพรเมอร์ 2 ชนิดเช่นเดียวกัน ทำให้สามารถเลือกติดฉลากที่ไพรเมอร์ชนิดใดชนิดหนึ่งได้ ในกรณีที่มีการติดฉลากเพียงสายเดียว จะตรวจพบแถบดีเอ็นเอเพียงแถบเดียวทำให้วิเคราะห์ได้ง่ายขึ้น การใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ 2 ชนิด

เอนไซม์ตัดจำเพาะที่ใช้ได้มีหลายชนิด เช่น *EcoRI*, *HindIII*, *PseI*, *BglIII*, *XbaI* (6-cutter) และ *Sse* 83871 (8-cutter) ร่วมกับ *MseI* หรือ *TaqI* ซึ่งเป็น 4-cutter เอนไซม์ *MseI* มีตำแหน่งจดจำเป็น 5'-TTAA-3' และ *TaqI* มีตำแหน่งจดจำเป็น 5'-TCGA-3'

2. การเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอบางส่วนโดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะ ไพรเมอร์ที่ใช้ลำดับเบสทางปลาย 5' เหมือนกับลำดับเบสของ adapter ต่อด้วยลำดับเบสบริเวณจดจำหรือบริเวณตัดจำเพาะของเอนไซม์ และเพิ่มเบสเข้าไปที่ปลาย 3' อีกส่วนหนึ่งเพื่อให้เกิดการคัดเลือกเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบางชิ้น ส่วนของไพรเมอร์ที่เหมือนกับ adapter และบริเวณจดจำของเอนไซม์ เรียกว่า common part ส่วนเบสที่เพิ่มเข้าไปที่ปลาย 3' เรียกว่า selective part จำนวนเบสที่เพิ่มเข้าไปที่ปลาย 3' จะช่วยลดจำนวนชิ้นดีเอ็นเอที่จะเพิ่มปริมาณลง โดยชิ้นดีเอ็นเอที่จะเพิ่มปริมาณได้ต้องมีลำดับเบสที่อยู่ต่อกับตำแหน่งตัดจำเพาะของเอนไซม์สอดคล้องกับเบสที่เพิ่มเข้าไป ถ้าเพิ่มเบสเพื่อคัดเลือกรวมมากขึ้น จำนวนชิ้นดีเอ็นเอที่จะเพิ่มปริมาณจะลดลงประมาณ 4 เท่าต่อทุกๆ เบสที่เพิ่มขึ้น การทำ PCR โดยใช้ไพรเมอร์ที่เพิ่มเบสที่ปลาย 3' มากกว่า 2 เบส จะทำปฏิกิริยาเพิ่มปริมาณ 2 ครั้ง ครั้งแรก เรียกว่า preselective amplification และการทำ PCR ครั้งที่ 2 เรียกว่า selective amplification การทำปฏิกิริยา preselective amplification เป็นการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอต้นแบบให้มากขึ้น และช่วยให้เกิดการคัดเลือกเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอที่ถูกต้อง มีการทดลองเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเพียงครั้งเดียวโดยใช้ไพรเมอร์ที่เพิ่มเบสเพื่อคัดเลือก +1, +2, +3 และ +4 เบส ตามลำดับ พบว่า จำนวนชิ้นดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้ลดลงเป็นลำดับจากการใช้ไพรเมอร์แบบ +1, +2 และ +3 แสดงถึงประสิทธิภาพในการคัดเลือกที่ถูกต้อง แต่ไพรเมอร์ +4 ให้ผลไม่สอดคล้องกัน สามารถตรวจพบแถบดีเอ็นเอจำนวนมากที่ไม่ตรงกับแถบดีเอ็นเอที่เกิดจากการเพิ่มปริมาณโดยไพรเมอร์ +1, +2 และ +3 แสดงว่าเกิดการจับคู่ของเบสที่ไม่ถูกต้อง (mismatch) ในตำแหน่งที่อยู่ห่างจากปลาย 3' 3 เบส หรือเบสคัดเลือกว่าตัวแรกที่อยู่ติดกับตำแหน่งตัดจำเพาะนั่นเอง ในการทดลองต่อมา พบว่าการเพิ่มเบสเพื่อคัดเลือกครั้งเดียว 3 เบส ก็ทำให้เกิดการจับคู่ไม่ถูกต้องของเบสที่เพิ่มขึ้นตัวแรกสุดได้เช่นเดียวกัน แต่เกิดความถี่ต่ำ ดังนั้น ถ้าต้องการเพิ่มเบสเพื่อคัดเลือกตั้งแต่ 3 เบสขึ้นไป จึงต้องใช้วิธีเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ 2 ครั้ง โดยครั้งแรกใช้ไพรเมอร์ที่เพิ่มเบสคัดเลือกเพียง 1-2 เบส และครั้งที่ 2 จึงใช้ไพรเมอร์ที่เพิ่มเบสคัดเลือกต่อจากไพรเมอร์ที่ใช้เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในครั้งแรกอีก 1-2 เบส รวมเบสที่เพิ่มเพื่อการคัดเลือก 3-4 เบสตามต้องการ (สุรินทร์, 2545) (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ตัวอย่างการทำ AFLP โดยใช้ไพรเมอร์คู่หนึ่ง

ที่มา: สุรินทร์ (2545)

ขั้นสุดท้าย คือการวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้โดยการทำอิเล็กโทรโฟรีซิสใน denaturing polyacrylamide gel แบบเดียวกับที่ใช้หาลำดับเบสของดีเอ็นเอ การตรวจแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้น อาจใช้วิธีติดฉลากไพรเมอร์ชนิดใดชนิดหนึ่งด้วยสารกัมมันตรังสี หลังจากทำอิเล็กโทรโฟรีซิสเสร็จแล้ว ตรวจผลโดยการทำออโตเรดิโอกราฟ ใช้หรืออาจใช้วิธีติดฉลากด้วยสารเรืองแสง (fluorescent dye) แล้วตรวจสอบโดยใช้เครื่องหาลำดับเบสอัตโนมัติ แต่เนื่องจากวิธีการเหล่านี้มีข้อจำกัดเกี่ยวกับระบบการทำงานที่ใช้สารกัมมันตรังสี จึงมีการประยุกต์ใช้วิธีย้อมเจลดด้วยซิลเวอร์ไนเตรท (silver staining) ซึ่งให้ผลเป็นที่น่าพอใจ และสามารถทำได้ในห้องปฏิบัติการทางดีเอ็นเอทั่วไป

ความแตกต่างระหว่างลายพิมพ์ AFLP

ลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เกิดจากการทำ AFLP มีลักษณะเป็นลายพิมพ์แบบสุ่ม (random fingerprint) ซึ่งใช้กับดีเอ็นเอใดๆ ก็ได้ ไม่ขึ้นกับขนาดและความซับซ้อนของจีโนม สามารถปรับให้เกิดลายพิมพ์ที่เหมาะสมได้โดยปรับจำนวนเบสคัดเลือกว่าปลาย 3' ของไพรเมอร์ที่ใช้ แม้ว่าวิธีการทำ AFLP จะค่อนข้างยุ่งยาก แต่ผลที่ได้มีค่าดี เพราะสามารถทำซ้ำได้ผลคงเดิม (reproducible) และสามารถเลือกกลุ่มผสมของไพรเมอร์ได้หลายแบบ ทำให้เกิดลายพิมพ์ที่แตกต่างกันจำนวนมาก ในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่แตกต่างกันในแต่ละตัวอย่าง หรือพอลิเมอร์พีซีเอ็มที่เกิดขึ้น มาจากการเปลี่ยนแปลงเบส (point mutation) ที่ตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ทำให้ตำแหน่งจดจำของเอนไซม์หายไปหรือเกิดขึ้นใหม่ หรือการเปลี่ยนแปลงของเบสที่ตำแหน่งติดกับตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ตรงส่วนที่มีการเพิ่มเบสเพื่อคัดเลือกว่าปลาย 3' ของไพรเมอร์ที่ใช้ ทำให้สามารถหรือไม่สามารถเพิ่มปริมาณขึ้นดีเอ็นเอดังกล่าวแล้วแต่กรณี หรือ อาจเกิดจากมีขึ้นดีเอ็นเอสั้นๆ ขาดหายไป หรือสอดแทรกเข้ามา (deletion/insertion) ในระหว่างตำแหน่งจดจำเฉพาะของเอนไซม์ ผลที่เกิดขึ้น คือ การมีแถบดีเอ็นเอหรือไม่มีแถบดีเอ็นเอที่ตำแหน่งนั้นๆ หรือขึ้นดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้มีขนาดเปลี่ยนไป การถ่ายทอดลักษณะของแถบดีเอ็นเอจากการทำ AFLP จึงมีทั้งแบบที่แสดงลักษณะข่ม (dominance) โดยปรากฏเป็นการมีหรือไม่มีแถบดีเอ็นเอ และแบบที่แสดงลักษณะข่มร่วมกัน (codominance) โดยปรากฏเป็นแถบดีเอ็นเอที่มีขนาดต่างกัน โดยทั่วไปจะพบเครื่องหมาย AFLP แบบที่เป็นลักษณะข่มมากกว่า

ข้อดีและข้อด้อยของเทคนิค AFLP

AFLP เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอแบบหนึ่งซึ่งใช้ในการศึกษาทางพันธุศาสตร์ได้แบบเดียวกับเครื่องหมายดีเอ็นเอแบบอื่น เช่น การศึกษาพันธุศาสตร์ประชากร ศึกษาเอกลักษณ์ของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ และใช้ทำแผนที่ของจีโนมได้เป็นอย่างดี (สุรินทร์, 2552)

ข้อดีที่ได้เปรียบกว่าเทคนิคอื่น ได้แก่

1. การวิเคราะห์ดีเอ็นเอ โดยวิธีนี้ไม่ต้องการข้อมูลลำดับเบสของดีเอ็นเอเช่นเดียวกับเทคนิค RAPD จึงทำได้กว้างขวาง
2. ทำให้รวดเร็วและใช้ปริมาณดีเอ็นเอเริ่มต้นจำนวนน้อย โดยอาศัยการเพิ่มปริมาณโดยวิธี PCR จึงมีประสิทธิภาพสูง
3. ในการทำปฏิกิริยาครั้งหนึ่งๆ สามารถตรวจดีเอ็นเอได้หลายตำแหน่ง (multi-locus) พร้อมกัน คือ มี multiplex ratio สูง ในหนึ่งปฏิกิริยาจะให้แถบดีเอ็นเอมากกว่า RAPD ประมาณ 4 เท่า
4. ทำให้เกิดพอลิเมอร์ฟิซึมได้จำนวนมาก จึงสามารถใช้บอกความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตแต่ละตัวอย่างได้ดี ใช้ในการศึกษาเอกลักษณ์ของสิ่งมีชีวิต การจดทะเบียนลิขสิทธิ์ การตรวจสอบความเป็นลูกผสม เป็นต้น
5. ใช้กับสิ่งมีชีวิตที่มีจีโนมขนาดใดก็ได้ โดยการปรับจำนวนเบสที่ใช้คัดเลือกที่ส่วนปลาย 3' ของไพรเมอร์ หรือใช้กับดีเอ็นเอที่โคลนไว้ก็ได้
6. รายงานของ Vos and Kuiper (1997) กล่าวว่าสามารถแยกความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอแบบไฮโมไซกัสและเฮเทโรไซกัสได้ โดยดูจากความเข้มข้นของแถบ จึงวิเคราะห์ผลได้เช่นเดียวกับเครื่องหมายดีเอ็นเอที่แสดงการข้ามร่วมกัน

ข้อดีและข้อจำกัดของ AFLP

1. ค่าใช้จ่ายในการทำ AFLP ค่อนข้างสูง วัสดุหลายอย่างมีราคาแพง วิธีการที่ใช้ค่อนข้างซับซ้อนเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิค RAPD หรือเครื่องหมายไมโครแซทเทลไลต์
2. แอบริเอนเอที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่แสดงการข่มแบบ dominance ซึ่งทำให้วิเคราะห์ผลได้ยากกว่าเครื่องหมายแบบที่เป็น codominance
3. เนื่องจากการทำปฏิกิริยารั้งหนึ่งๆ เกิดแอบริเอนเอจำนวนมาก และมีขนาดใกล้เคียงกัน บางครั้งแอบริเอนเอมีขนาดเท่ากัน อาจมาจากจีนดิเอนเอคนละตำแหน่ง ทำให้การวิเคราะห์ผลคลาดเคลื่อนได้
4. สำหรับสิ่งมีชีวิตที่มีลำดับเบสใกล้เคียงกันมากก็ไม่เหมาะสมเช่นกัน เพราะจะพบแอบริเอนเอที่แตกต่างกันจำนวนน้อย แม้ว่าการทำปฏิกิริยาจะทำให้เกิดแอบริเอนเอจำนวนมากก็ตาม

การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอของพืชโดยใช้เทคนิค AFLP

การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอของพืชโดยใช้เทคนิค AFLP ได้มีการศึกษาอย่างหลากหลาย ได้แก่ Van *et al.* (2001) ใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ *Tru9I* ซึ่งเป็น isochizomer กับเอนไซม์ตัดจำเพาะ *MseI* คู่กับเอนไซม์ตัดจำเพาะ *PstI* ในการศึกษาถั่วในสกุล *Vicia* ในการศึกษาของ Fink *et al.* (2001) ใช้ไพรเมอร์สำหรับเอนไซม์ตัดจำเพาะ *PstI* ที่เพิ่มนิวคลีโอไทด์ 3 ตัวกับไพรเมอร์สำหรับเอนไซม์ตัดจำเพาะ *MseI* ที่เพิ่มนิวคลีโอไทด์ 2-3 ตัว ร่วมกับไพรเมอร์สำหรับเอนไซม์ตัดจำเพาะ *EcoRI* ที่เพิ่มนิวคลีโอไทด์ 3 ตัวกับไพรเมอร์สำหรับเอนไซม์ตัดจำเพาะ *MseI* ที่เพิ่มนิวคลีโอไทด์ 3 ตัว ในการติดตามยีน *gaMS-1* ในข้าวโพดกลายพันธุ์ Rouf *et al.* (2002) ศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของหญ้า tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) โดยใช้ไพรเมอร์สำหรับเอนไซม์ตัดจำเพาะ *EcoRI* ที่เพิ่มนิวคลีโอไทด์ 3 ตัวกับไพรเมอร์สำหรับเอนไซม์ตัดจำเพาะ *MseI* ที่เพิ่มนิวคลีโอไทด์ 3-4 ตัว Nikaido *et al.* (2000) ใช้ไพรเมอร์สำหรับเอนไซม์ตัดจำเพาะ *EcoRI* ที่เพิ่มนิวคลีโอไทด์ 3 ตัวกับไพรเมอร์สำหรับเอนไซม์ตัดจำเพาะ *MseI* ที่เพิ่มนิวคลีโอไทด์ 4-5 ตัว ในการทำแผนที่ยีนของ *Cryptomeria japonica* Negi *et al.* (2000) ได้ผสม *Brassica juncea* ระหว่างพันธุ์ Skoropieka ซึ่งเมล็ดมีเปลือกสีเหลืองกับพันธุ์ RH30 ซึ่งเมล็ดมีเปลือกสีน้ำตาล เมื่อศึกษาโดย

ใช้เทคนิค AFLP ร่วมกับ bulked segregant analysis (BSA) พบว่าสามารถแยกต้นที่เมล็ดมีเปลือกสีเหลืองและสีน้ำตาลออกจากกันได้ในกลุ่มชั่ว F4

การใช้เทคนิคลายพิมพ์ดีเอ็นเอเพื่อคัดเลือกลายพันธุ์ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส

การดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส นั้น ต้องมีการคัดเลือกลายพันธุ์ที่มีอัตราการเติบโตสูง รูปทรงเปลือกตรง มีการระบาดของโรคและแมลงน้อย และสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีที่สุด ลักษณะฟีโนไทป์ (phenotype) เหล่านี้ เป็นผลมาจากลักษณะทางจีโนไทป์ (genotype) และปัจจัยสิ่งแวดล้อม (environment) หากต้องการคัดเลือกลายพันธุ์ที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมสูง สำหรับนำมาใช้ขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ เราสามารถใช้เทคนิคการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ มาช่วยคัดเลือกลายพันธุ์ที่ไม่ใช่สำหรับขยายพันธุ์หรือนำไปปรับปรุงพันธุ์ในขั้นต่อไป ในกรณีไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส จะสามารถช่วยย่นระยะเวลาในการคัดเลือก เนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องระยะเวลาเติบโตและอวัยวะที่ใช้ทดสอบ

ที่ผ่านมาได้มีการใช้เทคนิคลายพิมพ์ดีเอ็นเอในงานด้านการปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส ได้แก่ การจำแนกลายพันธุ์ของยูคาลิปตัส แกรนด์ (Eucalyptus grandis W. Hill ex Maid.) โดยใช้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (Lange, 1993) การประยุกต์ใช้เทคนิคลายพิมพ์ดีเอ็นเอ โดยวิธี RAPD บ่งบอกความเหมือนหรือแตกต่าง ตลอดจนการแปรผันของพืชในสกุลไม้ยูคาลิปตัส (Keil and Griffin, 1994) การศึกษาการแปรผันในไม้ยูคาลิปตัส กลอบูลัส (Eucalyptus globulus Labill.) ที่กระจายในพื้นที่ต่างๆ ในกลุ่มพี่น้องร่วมพ่อแม่ (full-sib) หรือพี่น้องต่างพ่อหรือแม่ (half-sib) และที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งสามารถบ่งบอกความแตกต่างได้อย่างชัดเจนระหว่างลูกที่เกิดจากการผสมตัวเอง และผสมทั้งในถิ่นกำเนิดเดียวกันและต่างถิ่นกำเนิด (Gaiotto et al., 1997) Nesbitt et al. (1997) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคลายพิมพ์ดีเอ็นเอในการประเมินค่าอัตราการผสมข้ามของยูคาลิปตัส ยูโรฟีลลา (Eucalyptus urophylla S.T. Blake) ในประเทศบราซิล นอกจากนี้ สุธีร์ (2543) ได้ตรวจสอบพันธุกรรมของยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส ในลูกที่เกิดจากการผสมตัวเองและการผสมข้ามระหว่างสองสายต้นโดยใช้เทคนิคการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ โดยวิธี RAPD ด้วยไพรเมอร์ 10 ชนิด และพบว่าไพรเมอร์ 6 ชนิดสามารถก่อให้เกิดความแตกต่างของลายพิมพ์ดีเอ็นเอ และจากการวิเคราะห์การถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกสามารถจำแนกลักษณะไฮโมไซกัสและเฮเทอโรไซกัสของแถบดีเอ็นเอ แสดงให้เห็นว่ามีความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมมากกว่าร้อยละ 90 ต่อมาสุธีร์ และสมคิด (2548) ได้ใช้เทคนิคลายพิมพ์ดีเอ็นเอตรวจและยืนยันความเป็นลูกผสมระหว่างยูคาลิปตัส คามาสดู-

คูเลนซิส และยูคาลิปตัส ยูโรฟีลตา (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. x *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake) Marques *et al.* (1998) ศึกษาเครื่องหมาย AFLP ในยูคาลิปตัสลูกผสม (*Eucalyptus globulus* Labill. x *Eucalyptus tereticornis* Sm.) โดยใช้ไพรเมอร์ 30 คู่ ที่สามารถเกาะกับดีเอ็นเอบริเวณที่เป็นตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะ *EcoRI* และ *MseI* เมื่อเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของ *Eucalyptus globulus* Labill, *Eucalyptus tereticornis* Sm. และลูกผสม (F1) พบว่าสามารถตรวจพบแถบดีเอ็นเอที่จำเพาะและเป็นเอกลักษณ์ประจำชนิดได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ Poltri *et al.* (1999) ตรวจสอบเครื่องหมาย AFLP ที่จำเพาะกับลักษณะการทนต่อน้ำค้างแข็ง (frost tolerance) ใน *Eucalyptus dunzii* Maiden จำนวน 55 สายต้น ที่นำเข้าปลูกในประเทศอาร์เจนตินาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988 โดยใช้ไพรเมอร์ 20 คู่ ที่สามารถเกาะกับดีเอ็นเอบริเวณตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะ *EcoRI* และ *MseI* พบว่าไพรเมอร์ทั้ง 2 คู่สามารถจำแนกโคลนที่มีลักษณะทนต่อสภาพเยือกแข็งได้ โดยให้แถบดีเอ็นเอที่เป็น polymorphic marker และ monomorphic marker จำนวน 215 และ 140 แถบ ตามลำดับ

เรวดี และคณะ (2549) ได้พัฒนาเครื่องหมายดีเอ็นเอที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตในยูคาลิปตัสลูกผสม (T5 x A17) จำนวน 20 สายต้นที่ถูกคัดเลือกและแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มการเติบโตดี และกลุ่มการเติบโตช้า จากการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่ได้จากลายพิมพ์ดีเอ็นเอ ชนิด RAPD และ sequence related amplified polymorphism (SRAP) ร่วมกับการให้คะแนนความเจริญ พบว่า กลุ่มที่การเติบโตดีมีคะแนนความเจริญอยู่ระหว่าง 4.67-5.00 และกลุ่มที่การเติบโตช้ามีคะแนนความเจริญอยู่ระหว่าง 1.00-2.33 โดยเปรียบเทียบกับโคลน A17 ที่เป็นตัวควบคุมในกลุ่มที่การเจริญเติบโตดีและโคลน T5 ที่เป็นตัวควบคุมในกลุ่มที่การเติบโตช้า ผลการพัฒนาเครื่องหมายดีเอ็นเอ พบเครื่องหมายดีเอ็นเอที่พัฒนาจากแถบดีเอ็นเอที่คัดเลือกรวมจากเทคนิค SRAP จำนวน 4 ชนิด ที่จำเพาะกับยูคาลิปตัสในกลุ่มที่มีการเติบโตดี คือ เครื่องหมาย RS-3, RS-6, RS-8 และ RS-14 ซึ่งให้แถบดีเอ็นเอขนาด 740, 540, 220 และ 280 คู่เบส ตามลำดับ เมื่อใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอดังกล่าวทั้ง 4 ชนิดในการคัดเลือกโคลนที่มีการเติบโตดีจากประชากรทั้งหมดจะให้ประสิทธิภาพในการคัดเลือกมากกว่าเมื่อคัดเลือกด้วยการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอเพียงชนิดเดียว

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. สายพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส ใช้กล้าไม้ที่เพาะจากเมล็ด จากสวนผลิตเมล็ดพันธุ์รุ่นที่หนึ่ง ที่มีการถ่ายเรณูตามธรรมชาติ (open pollination) ของกรมป่าไม้ จำนวน 110 สายพันธุ์ ซึ่งมาจาก 21 ถิ่นกำเนิด จาก 5 เขต ใหญ่ๆ ทางตอนเหนือของประเทศออสเตรเลีย ได้แก่ Petford Region (Queensland), Walsh-Mitchell River (Queensland), Other Queensland, Northern Territory และ Western Australia และ 5 สายพันธุ์ ซึ่งได้จากแม่ไม้ที่คัดเลือกในประเทศไทย ที่ผ่านการทดสอบสายพันธุ์ในรุ่นที่หนึ่ง ถือเป็น 1 แหล่งเมล็ด นอกจากนี้ยังเก็บเมล็ดจากแหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย อีก 5 สายพันธุ์ ถือเป็น 1 แหล่งเมล็ด เพื่อนำมาเปรียบเทียบ (control) รวมทั้งสิ้น 120 สายพันธุ์ จาก 23 ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด (ตารางที่ 3)

2. อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 เวอร์เนียร์ คาลิเปอร์ (vernier caliper)

2.2 ไม้วัดความสูง (height measuring pole)

2.3 สมุด ปากกา กระดาษ

2.4 คอมพิวเตอร์และชุดโปรแกรมสำเร็จรูป GenStat Discovery Edition 3 และ

NTSYS pc 2.1

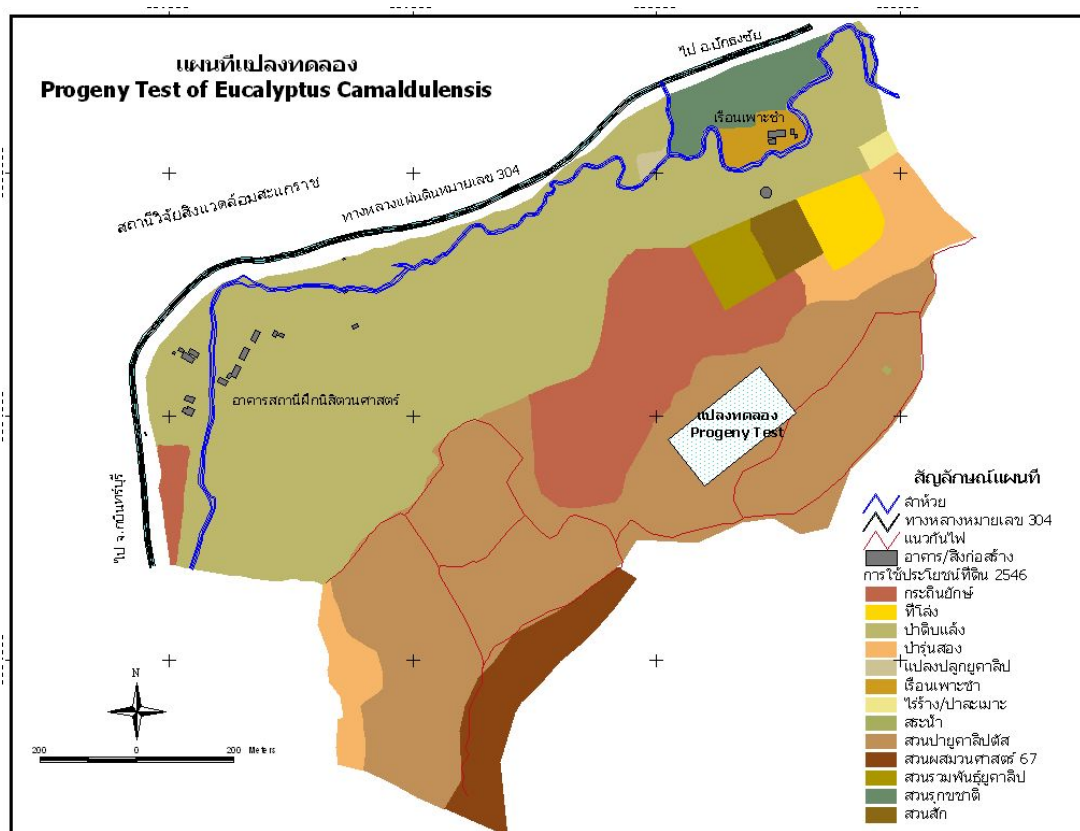
3. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการสกัดดีเอ็นเอ และการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเทคนิค amplified fragment length polymorphism (AFLP)

วิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

แปลงทดสอบไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิสรุ่นที่สอง บริเวณสถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์ วังน้ำเขียว (ภาพที่ 5) ที่มีลักษณะของดิน จัดอยู่ในชุดดินโคราช (Korat series) เนื้อดินเป็น sandy

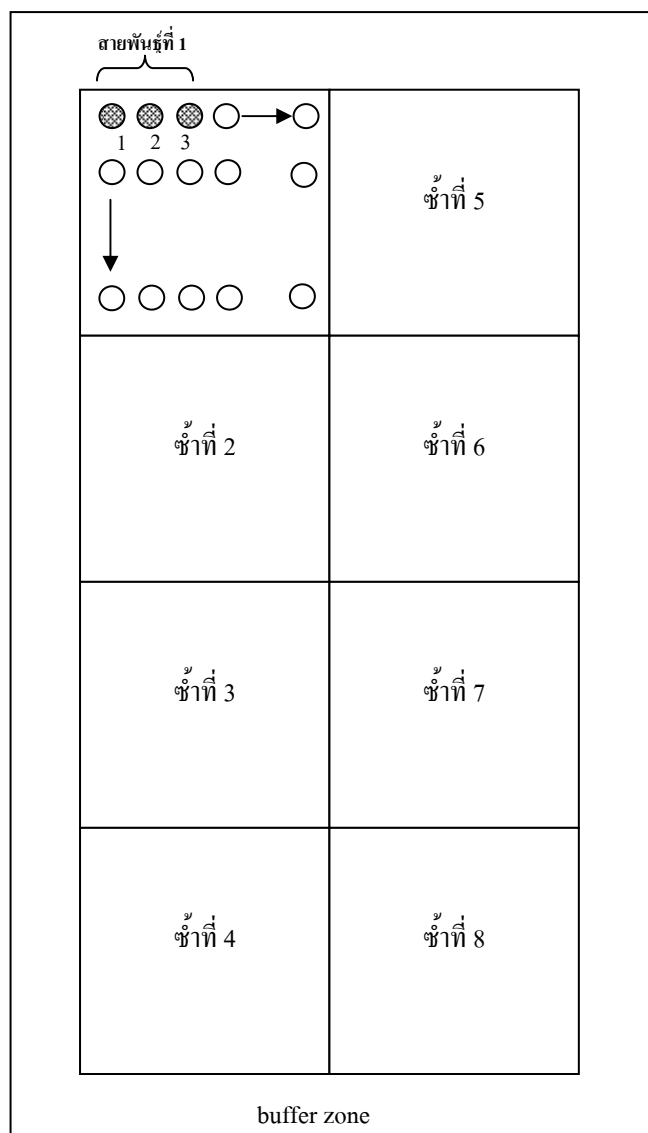
clay loam (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2523) สภาพภูมิอากาศ ฤดูร้อนช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน ฤดูฝน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม และฤดูหนาวในช่วงเดือนพฤศจิกายน-มกราคม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,260.76 มิลลิเมตรต่อปี (โครงการวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า, 2532)



ภาพที่ 5 ที่ตั้งแปลงทดสอบไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลนซิสรุ่นที่สอง บริเวณสถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์
วังน้ำเขียว อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดสอบแบบ Latinized row-column design จำนวน 8 ซ้ำ (replication) ซ้ำละ 3 ต้น รวมทั้งสิ้น 2,880 กล้า (ภาพที่ 6) ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Cyc design (William *et al.*, 2002) ในการสุ่มสายพันธุ์ลงในแปลงทดสอบ (ภาพผนวกที่ 1) ระยะปลูกระหว่างแถว 3.0 เมตร และระหว่างต้น 1.5 เมตร ปลูกเมื่อเดือนกันยายน 2549



ภาพที่ 6 แผนผังการทดสอบไม่ยูคลิปตัส คามาลดูเลนซิสรุ่นที่สอง
แบบ Latinized row column design

ตารางที่ 3 ที่มาของเขต ถิ่นกำเนิด และสายพันธุ์ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส ในแปลงทดสอบรุ่นที่สอง จำนวน 120 สายพันธุ์

ลำดับที่	เขต	ชื่อเขต	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	หมายเลขถิ่นกำเนิด	สายพันธุ์
1	1	Petford Region QLD	Hales Siding	1	64, 65, 67, 68, 69
2	1	Petford Region QLD	Headwaters-Emu Creek	3	104, 106, 107
3	1	Petford Region QLD	Montalbion	4	84, 85, 87, 88, 94, 96
4	1	Petford Region QLD	Emuford	5	76, 79, 80, 81, 99
5	1	Petford Region QLD	Eccles Creek/Tributaries	7	1, 7, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26
6	1	Petford Region QLD	Headwaters-Emureka Creek	8	109
7	1	Petford Region QLD	Eureka Creek/Tributaries	9	33, 35, 50, 51, 52, 54, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 112
8	1	Petford Region QLD	Mishap Creek	10	39, 44, 47
9	2	Walsh-Mitchell River QLD	Petford Bridge	6	71, 72, 144
10	2	Walsh-Mitchell River QLD	Flat Rock Pool	11	129, 130, 135, 137, 139
11	1	Petford Region QLD	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	12	114, 115, 119, 126, 127
12	2	Walsh-Mitchell River QLD	Walsh River Rockwood	13	162, 163
13	2	Walsh-Mitchell River QLD	Petford Bridge	14	145, 149, 150, 154, 155, 156, 158
14	2	Walsh-Mitchell River QLD	Lynd Junction	15	182, 183, 184, 186
15	2	Walsh-Mitchell River QLD	Healeys Yard	16	187, 188, 191, 192, 193, 196, 198, 199, 201, 203

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ลำดับที่	เขต	ชื่อเขต	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	หมายเลขถิ่นกำเนิด	สายพันธุ์
16	2	Walsh-Mitchell River QLD	Palmerlyville	17	172, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181
17	2	Walsh-Mitchell River QLD	Mount Mulgrave	18	164, 166, 170
18	3	Other QLD	Kennedy River	23	211, 217, 218, 219
19	3	Other QLD	Morehead River	24	224, 225, 226, 227, 228, 229
20	4	Northern Territory	Katherine	25	208
21	5	Western Australia	Lannard River	31	209
22	6	Thailand	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศ ไทย	33	232, 234, 236, 244, 246
23	6	Thailand	แหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย (control)	34	991, 992, 995, 996, 997

หมายเหตุ QLD: Queensland

3. การเก็บข้อมูลอัตราการรอดตายและการเติบโต

ศึกษาอัตราการรอดตาย (survival rate) ความสูงทั้งหมด (height) โดยใช้ไม้วัดความสูง และศึกษาความโตที่ระดับซัดดิน (D_0) ทุก 4 เดือน และเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ตั้งแต่อายุ 12 เดือน จนถึงอายุ 24 เดือน โดยใช้เวอร์เนียร์ คาลิเปอร์

4. การประเมินลักษณะของต้นไม้

ประเมินลักษณะรูปทรงของต้นไม้ 6 ลักษณะ และการทำลายของแตนฝอยปม (ภาพผนวกที่ 4-10) เมื่ออายุ 24 เดือน โดยให้คะแนนสูงสุดในลักษณะที่ดีที่สุด (วิระยุทธ และรัตนะ, 2539) ดังนี้

4.1 การแตกง่ามของลำต้น (axis persistence) ระดับคะแนน 1-6 คะแนน

ระดับ 1 : ลำต้นแตกง่ามที่ระดับพื้นดิน

ระดับ 2 : ลำต้นแตกง่ามสูงไม่เกินหนึ่งในสี่ของความสูงลำต้น

ระดับ 3 : ลำต้นแตกง่ามสูงระหว่างหนึ่งในสี่ถึงสองในสี่ของความสูงของลำต้น

ระดับ 4 : ลำต้นแตกง่ามสูงระหว่างสองในสี่ถึงสามในสี่ของความสูงของลำต้น

ระดับ 5 : ลำต้นแตกง่ามสูงกว่าสามในสี่ของความสูงของลำต้น

ระดับ 6 : ไม่มีการแตกง่ามของลำต้นเลย

4.2 แนวของลำต้น (stem vertical) ระดับคะแนน 1-2 คะแนน

ระดับ 1 : ลำต้นเอียงไปทิศทางใดทิศทางหนึ่ง

ระดับ 2 : ลำต้นขึ้นตรงไปตามแนว 90 องศา จากพื้นดิน

4.3 ความตรงของลำต้น (stem straightness) ระดับคะแนน 1-4 คะแนน

ระดับ 1 : ลำต้นคดงอมาก หรือมีลำต้นคดงอมากกว่า 2 แห่ง

ระดับ 2 : ลำต้นคดงอเล็กน้อย หรือมีลำต้นคดงอ น้อยกว่า 2 แห่ง

ระดับ 3 : ลำต้นค่อนข้างตรง โดยมีลำต้นคดงอเล็กน้อย

ระดับ 4 : ลำต้นเปลาตรง

4.4 ขนาดของกิ่ง (branch thickness) ระดับคะแนน 1-4 คะแนน

ระดับ 1 : มีกิ่งที่มีขนาดใหญ่มาก โดยมีกิ่งขนาดใหญ่มากกว่า 2 กิ่งที่มีขนาดความโตมากกว่าหนึ่งในสามของขนาดลำต้น

ระดับ 2 : มีกิ่งที่มีขนาดใหญ่ โดยมีกิ่งขนาดใหญ่ 2 กิ่งที่มีขนาดความโตมากกว่าหนึ่งในสามของขนาดลำต้น

ระดับ 3 : มีกิ่งขนาดเล็ก โดยมีกิ่งขนาดใหญ่ 1 กิ่งที่มีขนาดความโตมากกว่าหนึ่งในสามของขนาดลำต้น

ระดับ 4 : มีกิ่งขนาดเล็กมาก โดยมีกิ่งทั่วไปมีขนาดความโตน้อยกว่าหนึ่งในสามของขนาดลำต้น

4.5 การลิดกิ่งตามธรรมชาติ (natural pruning) ระดับคะแนน 1-2 คะแนน

ระดับ 1 : ไม่ลิดกิ่งเองตามธรรมชาติ

ระดับ 2 : ลิดกิ่งเองตามธรรมชาติ

4.6 มุมของกิ่งกับลำต้น (branch angle) ระดับคะแนน 1-2 คะแนน

ระดับ 1 : มีมุมของกิ่งกับลำต้นมากกว่า 60 องศา

ระดับ 2 : มีมุมของกิ่งกับลำต้นน้อยกว่า 60 องศา

4.7 การทำลายของแตนฝอยปม ระดับคะแนน 1-2 คะแนน

ระดับ 1 : พบการทำลายของแตนฝอยปม

ระดับ 2 : ไม่พบการทำลายของแตนฝอยปม

5. การคัดเลือกสายพันธุ์สำหรับนำมาตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

คัดเลือกสายพันธุ์ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกสูงสุดของแต่ละถิ่นกำเนิดที่มาจากแม่รุ่นที่หนึ่ง (ตารางผนวกที่ 1) จำนวน 22 สายพันธุ์ จาก 22 ถิ่นกำเนิด เพื่อนำมาสกัดดีเอ็นเอ และตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (ภาพผนวกที่ 11) โดยไม่ได้นำสายพันธุ์จากแหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย (control) มาตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ เพราะสายพันธุ์ที่เก็บเมล็ดจากแหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย (control) มาจากหลายๆ แหล่งจนไม่สามารถจะจัดให้อยู่เป็นกลุ่มเดียวกันได้ และถือว่าสายพันธุ์ทั้ง

22 สายพันธุ์ดังกล่าวนี้ จะเป็นตัวแทนที่สามารถแบ่งกลุ่มไมยคาลิปัส คามาเลกุลเลนซิส ในแปลงทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่สองได้

6. การสกัดดีเอ็นเอ

การสกัดดีเอ็นเอ จากไมยคาลิปัส คามาเลกุลเลนซิส ประยุกต์วิธีของ Agrawal *et al.* (1992) โดยมีขั้นตอนดังนี้

6.1 นำไมยคาลิปัส คามาเลกุลเลนซิส ประมาณ 0.2 กรัม (ใช้ใบอ่อนที่โตพอสมควร) ใส่ลงในโกร่ง เติมน้ำในโตรจนเหลวระเหยไปจนหมด แล้วจึงถ่ายผงใบลงในหลอดเข็นตริฟิวจขนาด 1.5 มิลลิลิตร ที่มี extraction buffer 0.7 มิลลิลิตร และ 2-mercaptoethanol 1.5 ไมโครลิตร ที่อุ่นไว้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

6.2 บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยกลับหลอดไปมา 2-3 ครั้งทุก 10 นาที

6.3 นำหลอดมาไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 5 นาที เพื่อให้อุณหภูมิลดลง แล้วเติมคลอโรฟอร์ม:ไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ (24:1) 700 ไมโครลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยกลับหลอดไปมาเบาๆ

6.4 นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,500 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อแยกชั้นน้ำและคลอโรฟอร์มออกจากกัน

6.5 ใช้ไมโครปิเปตต์ดูดสารละลายส่วนบนใส่ในหลอดใหม่ เติมน้ำไอโซโพรพานอล 500 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันเบาๆ นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ข้ามคืน

6.6 นำออกมาปั่นเหวี่ยงที่ 12,500 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

6.7 เทส่วนน้ำทิ้ง เติมน้ำ washing buffer 500 ไมโครลิตร เคา่ข้างหลอดเบาๆ เพื่อละลายเกล็ดออกจากโมเลกุลของดีเอ็นเอ

6.8 นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,500 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

6.9 เทส่วนน้ำทิ้ง คั่วหลอดบนกระดาษซับให้แห้งหรือปล่อยให้แห้งในอากาศ แล้วละลายตะกอนใน RNase buffer 200 ไมโครลิตร

6.10 เติม Rnase A (10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) 2 ไมโครลิตร บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ซ้ำมกีน

6.11 สกัดเอนไซม์ Rnase A และโปรตีนที่อาจหลงเหลืออยู่ออกไปด้วยฟีนอล: คลอโรฟอร์ม : ไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ (25:24:1) 200 ไมโครลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยกลับหลอดไปมา

6.12 นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,500 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

6.13 คುದสารละลายใสส่วนบนใส่ในหลอดใหม่ สกัดซ้ำด้วยคลอโรฟอร์ม:ไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ (24:1) 200 ไมโครลิตร โดยทำเหมือนกับข้อ 11-12 เพื่อกำจัดฟีนอลที่อาจติดอยู่ออกไป เนื่องจากฟีนอลมีผลยับยั้ง การทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น เอนไซม์ตัดจำเพาะ และ DNA polymerase เป็นต้น

6.14 คุดสารละลายใสส่วนบนใส่ในหลอดใหม่ เติมโซเดียมอะซิเตทเข้มข้น 3 โมลาร์ pH 5.2 10 ไมโครลิตร และ absolute ethanol 400 ไมโครลิตร เพื่อตกตะกอนดีเอ็นเอเข้า เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ซ้ำมกีน

6.15 นำออกมาปั่นเหวี่ยงที่ 12,500 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

6.16 เทส่วนน้ำทิ้ง ล้างตะกอนด้วยเอทานอลร้อยละ 70 ปริมาตร 500 ไมโครลิตร นำไปปั่นเหวี่ยง ที่ 12,500 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

6.17 เทส่วนน้ำทิ้งไป คว่ำหลอดลงบนกระดาษซับให้แห้งหรือปล่อยให้แห้งในอากาศ แล้วละลายตะกอนใน TE buffer 20 ไมโครลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะใช้ต่อไป

7. การวัดปริมาณและคุณภาพดีเอ็นเอ

7.1 การวัดปริมาณและคุณภาพของสารละลายดีเอ็นเอ ใช้วิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสง นำสารละลายดีเอ็นเอที่ละลายอยู่ใน TE buffer 6 ไมโครลิตร เจือจางในน้ำกลั่นนิ่งมาเชื้อ 294 ไมโครลิตร ใช้ น้ำกลั่นนิ่งมาเชื้อเป็นมาตรฐาน (blank) วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายดีเอ็นเอที่เจือจางแล้วที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร และ 280 นาโนเมตร นำผลที่ได้มาคำนวณความเข้มข้นของสารละลายดีเอ็นเอจากสูตร ดังนี้

$$\text{ความเข้มข้นของดีเอ็นเอ (นาโนกรัม/ไมโครลิตร)} = A_{260} \times 50 \times \text{dilution}$$

ตรวจสอบคุณภาพโดยดูอัตราส่วนของค่า A_{260}/A_{280} ค่าที่ได้มีค่าระหว่าง 1.6-1.8 แสดงว่าดีเอ็นเอที่สกัดได้นั้นเป็นดีเอ็นเอเกลียวคู่บริสุทธิ์ ถ้าได้ค่าน้อยกว่า 1.6 แสดงว่ามีโปรตีนปะปนอยู่ในสารละลาย ถ้าค่าที่คำนวณได้มากกว่า 1.8 แสดงว่าในสารละลายดีเอ็นเอมีอาร์เอ็นเอปนอยู่

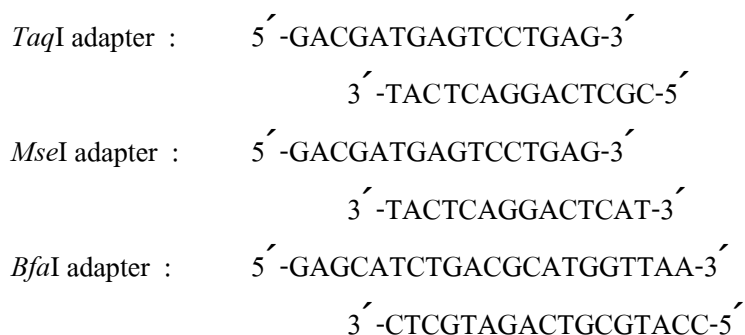
7.2 การแยกขนาดดีเอ็นเอด้วยวิธีอะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส ชั่งผงอะกาโรส 0.8 กรัม ใส่ลงในบัฟเฟอร์ TAE (Tris-base 4.84 กรัม, glacial acetic acid 1.15 มิลลิลิตร, 0.5 M EDTA pH 8.0 2 มิลลิลิตร) 100 มิลลิลิตร ละลายผงอะกาโรส โดยใช้เครื่องไมโครเวฟ รอให้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เทลงในพิมพ์ให้เจลหนาประมาณ 3-5 มิลลิเมตร ปล่อยให้อะกาโรสเย็นลงจนแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้เวลาประมาณ 30 นาที ผสมสารละลายดีเอ็นเอกับโหลดคิงบัฟเฟอร์ (6x loading buffer ประกอบด้วย bromphenol blue ร้อยละ 0.25 , xylene cyano ร้อยละ 10.25, glycerol ร้อยละ 30) ในอัตราส่วน 5 ต่อ 1 และโหลดคิงบัฟเฟอร์เคลื่อนที่ไปได้ระยะทางที่เหมาะสม จึงปิดกระแสไฟฟ้า นำแผ่นเจลไปย้อมในสารละลายเอธิเดียม โบรไมด์ (ethidium bromide 0.5 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร) นาน 10-15 นาที ล้างแผ่นเจลด้วยน้ำประปา 5 นาที นำแผ่นเจลไปส่องดูภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต บันทึกภาพ เปรียบเทียบความเรืองแสงของแถบดีเอ็นเอกับดีเอ็นเอมาตรฐาน

8. การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยใช้เทคนิค AFLP

การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเทคนิค AFLP ประยุกต์จาก Vos *et al.* (1995) มีขั้นตอนดังนี้

8.1 การตัดดีเอ็นเอด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะและการเชื่อมต่อกับ adapter

8.1.1 การตัดดีเอ็นเอด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ (ใช้ *TaqI* กับ *MseI* และ *BfaI* กับ *MseI*)
นำดีเอ็นเอที่ต้องการละลายใน ultra pure water ความเข้มข้น 50 นาโนกรัม/ไมโครลิตร มาตัดด้วย
เอนไซม์ตัดจำเพาะ *TaqI* (20 U/ไมโครลิตร) และ *MseI* (20 U/ไมโครลิตร) และตัดด้วยเอนไซม์ตัด
จำเพาะ *BfaI* และ *MseI* ซึ่งมีลำดับเบสของ adapter ของเอนไซม์ดังนี้



เอนไซม์ตัดจำเพาะคู่ที่ 1 *TaqI* กับ *MseI*

ใส่ดีเอ็นเอและสารละลายแต่ละชนิดในหลอดขนาด 1.5 มิลลิลิตร ดังนี้

สารละลายดีเอ็นเอ (50 นาโนกรัม/ไมโครลิตร)	5.00	ไมโครลิตร
10x reaction buffer	2.50	ไมโครลิตร
BSA	0.125	ไมโครลิตร
เอนไซม์ <i>TaqI</i>	0.125	ไมโครลิตร
น้ำกลั่น	12.25	ไมโครลิตร
ปริมาตรรวม	<u>20.00</u>	ไมโครลิตร

บ่มไว้ใน hot bath อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ข้ามคืน หลังจากนั้น นำออกมาใส่

5x reaction buffer	5.00	ไมโครลิตร
เอนไซม์ <i>Mse</i> I (10 U/ ไมโครลิตร)	0.25	ไมโครลิตร
ปริมาตรรวม	<u>25.25</u>	ไมโครลิตร

บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ซ้ำมกีน

เอนไซม์ตัดจำเพาะคู่ที่ 2 *Bfa*I และ *Mse*I

สารละลายดีเอ็นเอ (50 นาโนกรัม/ไมโครลิตร)	5.00	ไมโครลิตร
10x reaction buffer	2.50	ไมโครลิตร
BSA	0.25	ไมโครลิตร
เอนไซม์ <i>Bfa</i> I (5 U/ไมโครลิตร)	0.50	ไมโครลิตร
เอนไซม์ <i>Mse</i> I (10 U/ไมโครลิตร)	0.25	ไมโครลิตร
น้ำกลั่น	16.50	ไมโครลิตร
ปริมาตรรวม	<u>25.00</u>	ไมโครลิตร

8.1.2 การเชื่อมต่อดีเอ็นเอเข้ากับ adapter นำดีเอ็นเอที่ตัดไว้ในข้อ 8.1.1 มาเติมสารต่างๆ

ดังนี้

เอนไซม์ตัดจำเพาะคู่ที่ 1 *Taq*I และ *Mse*I

ดีเอ็นเอที่ตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ	25.25	ไมโครลิตร
<i>Taq</i> I adapter (5 พิโคโมล/ ไมโครลิตร)	4.00	ไมโครลิตร
<i>Mse</i> I adapter (5 พิโคโมล/ ไมโครลิตร)	4.00	ไมโครลิตร
5x T4 ligase buffer	5.00	ไมโครลิตร
T4 DNA ligase (1 U/ ไมโครลิตร)	1.00	ไมโครลิตร
น้ำกลั่น	11.00	ไมโครลิตร
ปริมาตรรวม	<u>50.25</u>	ไมโครลิตร

เอนไซม์ตัดจำเพาะคู่ที่ 2 *BfaI* และ *MseI*

ดีเอ็นเอที่ตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ	25.00	ไมโครลิตร
<i>TaqI</i> adapter (5 พิโคโมล/ ไมโครลิตร)	4.00	ไมโครลิตร
<i>MseI</i> adapter (5 พิโคโมล/ ไมโครลิตร)	4.00	ไมโครลิตร
5x T4 ligase buffer	5.00	ไมโครลิตร
T4 DNA ligase (1 U/ ไมโครลิตร)	1.00	ไมโครลิตร
น้ำกลั่น	11.00	ไมโครลิตร
ปริมาตรรวม	<u>50.00</u>	ไมโครลิตร

บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และบ่มต่อที่อุณหภูมิห้องหรือที่อุณหภูมิห้อง 20 องศาเซลเซียส อีก 2 ชั่วโมง (1x T4 ligase buffer ประกอบด้วย 1 mM ATP, 10 mM Tris-HCl pH 7.5, 10 mM magnesium acetate, 50 mM potassium acetate, 5 mM DTT และ BSA 50 นาโนกรัม/ไมโครลิตร)

8.2 การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยวิธี PCR

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอจะทำ 2 ขั้น คือ preselective amplification และ selective amplification โดยใช้ไพรเมอร์ที่เพิ่มเบสเพื่อคัดเลือกรายงานมากขึ้น ลำดับเบสของไพรเมอร์ที่ใช้คือ

คู่ที่ 1

TaqI primer +1 (T-A) : 5'-GATGAGTCCTGAGCGAA-3'

MseI primer +1 (T-A) : 5'-GATGAGTCCTGAGTAAC-3'

คู่ที่ 2

BfaI primer +1 (T-A) : 5'-GATGAGTCCTGAGTAG-3'

MseI primer +1 (T-A) : 5'-GATGAGTCCTGAGTAAC-3'

8.2.1 การทำ preselective amplification นำดีเอ็นเอจากข้อ 7.1.2 มาทำปฏิกิริยาโดยใส่สารต่างๆ ดังนี้ (ส่วนที่เหลือเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส)

เอนไซม์ตัดจำเพาะคู่ที่ 1 *TaqI* และ *MseI*

ดีเอ็นเอที่ได้จากข้อ 7.1.2	2.00	ไมโครลิตร
primer T-A (5 พิโคโมล/ ไมโครลิตร)	1.00	ไมโครลิตร
primer M-C (5 พิโคโมล/ ไมโครลิตร)	1.00	ไมโครลิตร
dNTP (2 mM)	2.50	ไมโครลิตร
10x PCR buffer (+20 mM Mg ²⁺)	2.50	ไมโครลิตร
<i>Taq</i> polymerase (5U/ ไมโครลิตร)	0.10	ไมโครลิตร
น้ำกลั่น	15.90	ไมโครลิตร
ปริมาตรรวม	<u>25.00</u>	ไมโครลิตร

เอนไซม์ตัดจำเพาะคู่ที่ 2 *BfaI* และ *MseI*

ดีเอ็นเอที่ได้จากข้อ 7.1.2	2.00	ไมโครลิตร
primer C (5 พิโคโมล/ ไมโครลิตร)	1.00	ไมโครลิตร
primer M-C (5 พิโคโมล/ ไมโครลิตร)	1.00	ไมโครลิตร
dNTP (2 mM)	2.50	ไมโครลิตร
10x PCR buffer (+20 mM Mg ²⁺)	2.50	ไมโครลิตร
<i>Taq</i> polymerase (5U/ ไมโครลิตร)	0.10	ไมโครลิตร
น้ำกลั่น	15.90	ไมโครลิตร
ปริมาตรรวม	<u>25.00</u>	ไมโครลิตร

ทำปฏิกิริยาเพิ่มปริมาณโดยโปรแกรม

94 องศาเซลเซียส	30 วินาที
56 องศาเซลเซียส	60 วินาที
72 องศาเซลเซียส	60 วินาที

ทำซ้ำจำนวน 30 รอบ

แบ่งส่วนของสารละลายมาทำอิเล็กโทรโฟรีซิสโดยใช้อะกาโรสเจล ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ส่วนที่เหลือเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อตรวจสอบผลโดยย้อมเจลด้วยเอธิเดียมโบรไมด์จะพบรอยยาว (smear) ในช่วงขนาดไม่เกิน 1 กิโลเบส นำตัวอย่างที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แบ่งบางส่วนมาทำให้เจือจาง 20 เท่าด้วยน้ำกลั่น สำหรับเป็นต้นแบบในการเพิ่มปริมาณขั้นที่ 2 ส่วนที่เหลือเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

8.2.2 การทำ selective amplification เติมสารต่างๆ ดังนี้

เอนไซม์ตัดจำเพาะคู่ที่ 1 *TaqI* และ *MseI*

ดีเอ็นเอที่ทำให้เจือจางแล้วจากข้อ 8.2.1	5.00	ไมโครลิตร
primer T-ACT (5 พิโคโมล/ ไมโครลิตร)	1.00	ไมโครลิตร
primer M-CAA (5 พิโคโมล/ ไมโครลิตร)	1.00	ไมโครลิตร
dNTP mix (2mM)	2.00	ไมโครลิตร
10x PCR buffer	2.00	ไมโครลิตร
<i>Taq</i> polymerase (5U/ ไมโครลิตร)	0.10	ไมโครลิตร
น้ำกลั่น	8.90	ไมโครลิตร
ปริมาตรรวม	<u>20.00</u>	ไมโครลิตร

เอนไซม์ตัดจำเพาะคู่ที่ 2 *BfaI* และ *MseI*

ดีเอ็นเอที่ทำให้เจือจางแล้วจากข้อ 8.2.1	5.00	ไมโครลิตร
primer B-ACT (5 พิโคโมล/ ไมโครลิตร)	1.00	ไมโครลิตร
primer M-CAA (5 พิโคโมล/ ไมโครลิตร)	1.00	ไมโครลิตร
dNTP mix (2mM)	2.00	ไมโครลิตร
10x PCR buffer	2.00	ไมโครลิตร
<i>Taq</i> polymerase (5U/ ไมโครลิตร)	0.10	ไมโครลิตร
น้ำกลั่น	8.90	ไมโครลิตร
ปริมาตรรวม	<u>20.00</u>	ไมโครลิตร

ทำปฏิกิริยาเพิ่มปริมาณโดยโปรแกรม touch down

94 องศาเซลเซียส	30 วินาที
65 องศาเซลเซียส	30 วินาที
72 องศาเซลเซียส	60 วินาที

ลดอุณหภูมิในขั้น annealing (65 องศาเซลเซียส) ลงรอบละ 0.7 องศาเซลเซียส
จำนวน 12 รอบ และต่อด้วย

94 องศาเซลเซียส	30 วินาที
56 องศาเซลเซียส	30 วินาที
72 องศาเซลเซียส	60 วินาที

ทำซ้ำจำนวน 30 รอบ

เมื่อจบปฏิกิริยา PCR แล้ว นำมาเติม AFLP loading buffer 20 ไมโครลิตร นำไปปั่นที่
อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วแช่ในน้ำแข็งทันที พร้อมทำอิเล็กโทรโฟริซิส

8.3 การแยกดีเอ็นเอโดย denaturing polyacrylamide gel

8.3.1 การเตรียมกระจกสำหรับเทเจล

ก. นำแผ่นกระจกสำหรับเตรียมเจลมาล้างให้สะอาด แล้วเช็ดด้วยเอทานอล
ร้อยละ 95 ให้สะอาดทั้ง 2 แผ่น

ข. เช็ดกระจกแผ่นหลังด้วย blind silane (blind silane 1 ไมโครลิตร, glacial
acetic acid 2.5 ไมโครลิตร และเอทานอลร้อยละ 95 500 ไมโครลิตร) เพื่อให้เจลเกาะติดกับกระจก

ค. กระจกแผ่นหน้าที่มีลักษณะเป็นหุกระด้าย เช็ดให้ทั่วด้วย repel silane เพื่อ
ไม่ให้เจลเกาะติดกระจก ปล่อยให้แห้งประมาณ 5-10 นาที

ง. นำกระจกทั้ง 2 แผ่นมาประกอบเข้าชุด โดยวาง spacer ไว้ทั้งสองข้างเพื่อให้
เกิดช่องว่างระหว่างกระจกทั้งสอง โดยหันด้านที่ทา blind silane และ repel silane เข้าหากัน ใช้คลิป

หนีบยึดให้อยู่คงที่ ใช้เทปกาวติดกระจกด้านล่างเพื่อกันไม่ให้เจลรั่วซึมออกมา ก่อนใช้คลิปปหนีบอีกครั้งหนึ่ง

8.3.2. การเตรียมโพลีอะครีลาไมด์เจล ใช้เจลเข้มข้นร้อยละ 6 (acrylamide : bisacrylamide = 19:1, 7.5 M urea) โดยมีส่วนผสมดังนี้

acrylamide (19:1) ร้อยละ 30	3.00	มิลลิลิตร
5x TBE	3.00	มิลลิลิตร
ยูเรีย	6.75	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	3.75	มิลลิลิตร
APS ร้อยละ 10	150.00	ไมโครลิตร
TERMED	7.50	ไมโครลิตร

ผสมอะครีลาไมด์ บัฟเฟอร์ TBE น้ำ และยูเรียในบีกเกอร์หรือขวดรูปชมพู่ เขย่าเบาๆ ในอ่างน้ำอุ่นอุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส ให้อุณหภูมิละลายหมด รอจนอุณหภูมิลดลงประมาณเท่าอุณหภูมิห้อง จึงเติม APS ร้อยละ 10 และ TERMED เขย่าให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกันอย่างรวดเร็ว ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ เทเจลลงใส่ลงในช่องระหว่างกระจกจนเต็ม แล้วใส่หัวลงในด้านบนวางกระจกในแนวระดับ ปล่อยให้เจลแข็งตัวประมาณ 2 ชั่วโมง

8.4 การทำอิเล็กโทรโฟริซิส

8.4.1 เมื่อเจลแข็งตัวดีแล้ว ใช้น้ำล้างกระจกด้านนอกให้สะอาด ดึงหัวออก แกะเทปออก และประกอบกระจกเข้ากับชุดอิเล็กโทรโฟริซิส เติมน้ำบัฟเฟอร์ TBE ลงในช่องด้านบนและช่องด้านล่าง ระวังอย่าให้มีฟองอากาศอยู่ใต้กระจก

8.4.2 ต่อสายไฟเข้ากับเครื่อง ทำ pre-run 30 นาที ใช้ความต่างศักย์ 300 โวลต์

8.4.3 ปิดเครื่อง ใช้เข็มฉีดยาดูดบัฟเฟอร์มาล้างผิวหน้าของเจลและล้างยูเรียที่อยู่ในช่องหัวแต่ละช่องให้หมด

8.4.4 หยอดตัวอย่างดีเอ็นเอ 7 ไมโครลิตรลงในช่องแต่ละช่อง

8.4.5 เปิดเครื่องโดยใช้ความต่างศักย์เท่าเดิมเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง จนกว่าสี xylene cyanol (สีที่อยู่ด้านบน) จะเคลื่อนที่ลงมาประมาณ 2 ใน 3 ส่วนของเจล

8.4.6 ปิดเครื่อง ดูดบัฟเฟอร์จากช่องด้านบนออก นำกระจกออกจากเครื่อง แยกกระจกทั้งสองแผ่นออกจากกัน เจลจะติดอยู่กับกระจกแผ่นหลังที่เป็นแผ่นสีเหลืองไม่มีหู นำเจลไปย้อมด้วยซิลเวอร์ไนเตรท

8.5 การตรวจสอบแถบดีเอ็นเอโดยวิธีพลอตริงส์

8.5.1 นำกระจกที่มีเจลติดอยู่มาแช่ในสารละลาย fixative (acetic acid ร้อยละ 10) นาน 5 นาที เช็ดเบาๆ บนเครื่องแช่

8.5.2 นำกระจกใส่ลงในสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท (silver nitrate ร้อยละ 0.2) เพื่อย้อมเจลเป็นเวลา 5-7 นาที

8.5.3 นำแผ่นเจลออกจุ่มลงในน้ำกลั่นอย่างรวดเร็วเพื่อล้างซิลเวอร์ที่มากเกินไปออก ในขั้นตอนนี้ไม่ควรเกิน 5 วินาที เพราะถ้าล้างนานซิลเวอร์จะหลุดหมด ต้องย้อมใหม่

8.5.4 นำแผ่นเจลใส่ในสารละลาย developer ที่เตรียมใหม่ๆ และแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แช่อย่างสม่ำเสมอ 5-10 นาที หรือจนกว่าจะเห็นแถบดีเอ็นเอชัดเจน (developer= sodium hydroxide ร้อยละ 2.5, formaldehyde ร้อยละ 0.02 2 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร)

8.5.5 หยุดปฏิกิริยาโดยนำแผ่นเจลใส่ในสารละลาย fixative (acetic acid ร้อยละ 10) นาน 5 นาที

8.5.6 นำขึ้นไปผึ่งให้แห้งในอากาศ

8.6 การอ่านผลจากการวิเคราะห์ AFLP ตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอของยูคาลิปตัส ความลาด-
ดูเลนซิส นำมาเป็นข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ผลหาความสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรม โดยเปรียบเทียบ
แถบดีเอ็นเอที่ตำแหน่งเดียวกันของทุกตัวอย่างดีเอ็นเอ แถบดีเอ็นเอที่ปรากฏให้สัญลักษณ์ “1”
และแถบดีเอ็นเอที่ไม่ปรากฏให้สัญลักษณ์ “0”

9. การวิเคราะห์ข้อมูล

9.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยต่างๆ ได้แก่ อัตราการรอดตาย ความโตที่ระดับ
ชิดดิน เส้นผ่าศูนย์กลางเพิงอก ความสูงทั้งหมด ลักษณะรูปทรงของต้นไม้ทั้ง 6 ลักษณะ และการ
ทำลายของแตนฝอยปม ระหว่างสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน และระหว่างถิ่นกำเนิด โดยใช้วิธี
วิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of variance (ANOVA) โดยใช้ค่าทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น
ร้อยละ 95 และจัดกลุ่มความแตกต่างโดยวิธี Least significance difference (LSD) และพิจารณา
20 สายพันธุ์แรก ที่มีค่ามากที่สุดของแต่ละลักษณะ ได้แก่ อัตราการรอดตาย การเติบโตทางความโต
และความสูง เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการปรับปรุงพันธุ์และใช้ประโยชน์อื่นๆ เป็นกลุ่มแรก

9.2 การหาค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรม (heritability, h^2) ของการเติบโตและลักษณะ
รูปทรงของต้นไม้ โดยใช้สูตร (William *et al.*, 1984) ดังนี้

$$h^2 = \frac{\sigma_f^2/r}{\sigma_f^2 + \sigma_m^2 + \sigma_t^2}$$

σ_f^2 = ความแปรปรวนสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน

σ_m^2 = ความแปรปรวนระหว่าง plot ภายใน row และ column

σ_t^2 = ความแปรปรวนระหว่างต้นภายใน plot

r = Coefficient of Relationship (0.25)

h^2 = ค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

9.3 นำข้อมูลแถบดีเอ็นเอที่ได้มาเปรียบเทียบหาความเหมือน และความแตกต่างทาง
พันธุกรรม ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ NTSYS pc 2.1 (Numerical Taxonomy and Multivariate
Analysis System) เพื่อคำนวณความสัมพันธ์และสร้าง phylogenetic tree เพื่อบ่งบอกความใกล้ชิด

และความแตกต่างทางพันธุกรรมของยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิสทั้ง 22 สายพันธุ์ โดยคำนวณค่าความเหมือนทางพันธุกรรม (similarity index) ด้วยวิธีของ Nei and Li (1979) จากสูตร

$$GS = 2N_{ij}$$

GS = Genetic similarity

N_{ij} = จำนวนแถบดีเอ็นเอที่พบทั้งในตัวอย่างที่ I และ j

N_i = จำนวนแถบดีเอ็นเอที่พบในตัวอย่างที่ i

N_j = จำนวนแถบดีเอ็นเอที่พบในตัวอย่างที่ j

สร้าง phylogenetic tree โดยนำข้อมูลที่ได้จากค่า Genetic similarity โดยวิธีการคำนวณแบบ UPGMA (unweighted pair group method using arithmetic average)

ผลและวิจารณ์

การศึกษาการรอดตาย การเติบโต ลักษณะรูปทรงของต้นไม้ การทำลายของเตนฝอยปม ค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของยูคาลิปตัส ความลาดชันของลำต้น จำนวน 120 สายพันธุ์ บริเวณสถานี ฟิสิกส์สวนพฤกษศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา และวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของยูคาลิปตัส ความลาดชันของลำต้น จำนวน 22 สายพันธุ์ เพื่อเป็นตัวแทนของ 22 ถิ่นกำเนิด ปรากฏผลดังนี้

1. อัตราการรอดตายของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันของลำต้น อายุ 24 เดือน

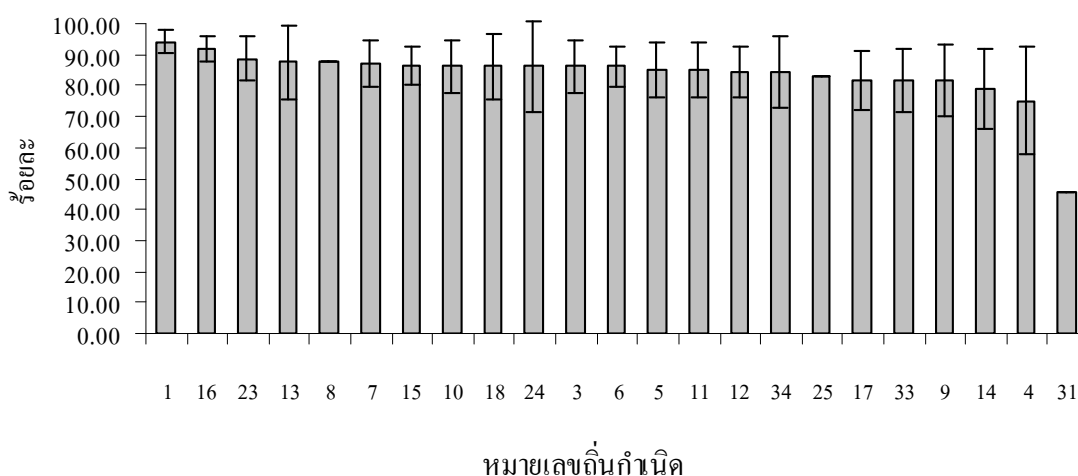
จากการทดสอบสายพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันของลำต้นที่สอง พบว่าอัตราการรอดตาย เมื่ออายุ 24 เดือน ในระหว่างถิ่นกำเนิด (ตารางที่ 4) และระหว่างสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน (ตารางที่ 5) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สายพันธุ์ทั้ง 23 ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด มีอัตราการรอดตายร้อยละ 84.67-94.17 เรียงลำดับจากการรอดตายมากที่สุดได้แก่ Hales Siding, Healeys Yard, Kennedy River, Walsh River Rockwood, Headwaters-Emureka Creek, Eccles Creek/Tributaries, Lynd Junction, Mishap Creek, Mount Mulgrave, Morehead River, Headwaters-Emu Creek, Petford Bridge (6), Emuford, Flat Rock Pool, Walsh River-Walsh Emu Creek Junction, แหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย (control), Katherine, Palmerlyville, แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย, Eureka Creek/Tributaries, Petford Bridge (14), Montalbion และ Lannard River ตามลำดับ (ภาพที่ 7) ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบสายพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันของลำต้นที่หนึ่งของกรมป่าไม้ ที่พบว่าถิ่นกำเนิดจากเขต Petford Region, Queensland มีความเด่นของการรอดตายและการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้ดีกว่าถิ่นกำเนิด Northern Territory และ Western Australia (พิศาล และ วิฑูรย์, 2539) ซึ่งจากการทดสอบสายพันธุ์ครั้งนี้ พบว่าสายพันธุ์จากแม่พันธุ์ที่หนึ่งถิ่นกำเนิด Lannard River จาก Western Australia มีอัตราการรอดตายไม่ถึงร้อยละ 50 ซึ่งต่ำกว่าสายพันธุ์จากถิ่นกำเนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 อัตราการรอดตายของไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส อายุ 24 เดือน จำแนกตามถิ่นกำเนิด

ลำดับที่	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	ถิ่นกำเนิด/แหล่งกำเนิด	อัตราการรอดตาย (ร้อยละ)	
1	1	Hales Siding	94.17 ± 3.73	a
2	16	Healeys Yard	91.67 ± 3.93	ab
3	23	Kennedy River	88.54 ± 7.12	abc
4	13	Walsh River Rockwood	87.50 ± 11.79	abcd
5	8	Headwaters-Emureka Creek	87.50 ± 0.00	abcd
6	7	Eccles Creek/Tributaries	87.22 ± 7.46	abcde
7	15	Lynd Junction	86.46 ± 16.09	abcdef
8	10	Mishap Creek	86.11 ± 8.67	abcdef
9	18	Mount Mulgrave	86.11 ± 10.49	abcdef
10	24	Morehead River	86.11 ± 14.35	abcdef
11	3	Headwaters-Emu Creek	86.11 ± 8.67	abcdef
12	6	Petford Bridge	86.11 ± 6.36	abcdef
13	5	Emuford	85.00 ± 9.13	abcdef
14	11	Flat Rock Pool	85.00 ± 8.64	abcdef
15	12	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	84.17 ± 8.01	bcdefg
16	34	แหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย (control)	84.17 ± 11.56	bcdefg
17	25	Katherine	83.33 ± 0.00	bcdefg
18	17	Palmerlyville	81.77 ± 9.43	cdefg
19	33	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย	81.67 ± 10.03	cdefg
20	9	Eureka Creek/Tributaries	81.41 ± 11.49	cdefg
21	14	Petford Bridge	79.17 ± 12.95	defg
22	4	Montalbion	75.00 ± 17.48	fg
23	31	Lannard River	45.83 ± 0.00	g
F-value			2.63**	

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 99 โดยวิธี LSD



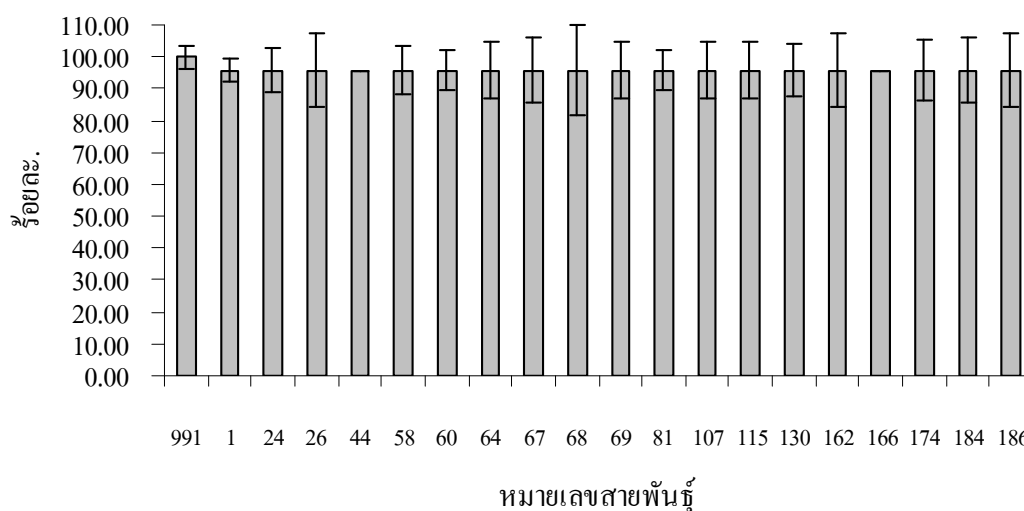
ภาพที่ 7 อัตราการรอดตายของไม้น้ำปลาปลัดขิก คามาสดูเลนซิส อายุ 24 เดือน จำแนกตามถิ่นกำเนิด

เมื่อพิจารณาสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกันที่มีอัตราการรอดตายมากที่สุด 20 อันดับแรก พบว่าสายพันธุ์ 991 จากแหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย มีอัตราการรอดตายสูงสุดร้อยละ 100 (ตารางที่ 5) แต่ค่าเฉลี่ยของอัตราการรอดตายของแหล่งเมล็ดทั่วไปค่อนข้างต่ำ (ร้อยละ 84.17) แสดงให้เห็นว่า การรอดตายของสายพันธุ์ที่เก็บเมล็ดจากแหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย มีการแปรผันสูง อย่างไรก็ตาม อัตราการรอดตายของสายพันธุ์ 991 แสดงถึงการปรับตัวให้เข้ากับสภาพพื้นที่ของประเทศไทยได้ดี และค่อนข้างมีความแตกต่างจากสายพันธุ์อื่นๆ ที่เก็บเมล็ดจากแหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย อัตราการรอดตายนี้อาจมีสาเหตุอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น ความแข็งแรงของกล้าไม้เริ่มต้น และปัจจัยด้านโรคและแมลง อย่างไรก็ตามทั้ง 20 สายพันธุ์ดังกล่าวก็มีอัตราการรอดตายจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ได้แก่สายพันธุ์ 991, 1, 24, 26, 44, 58, 60, 64, 67, 68, 69, 81, 107, 115, 130, 162, 166, 174, 184 และ 186 ตามลำดับ (ภาพที่ 8) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ได้จากแม่รุ่นที่หนึ่งจาก Petford Region ของ Queensland ถึง 13 สายพันธุ์ ซึ่งการนำเมล็ดเข้ามาปลูกในประเทศไทยในระยะเริ่มแรกจากเขตดังกล่าว มีการปรับตัวและอัตราการรอดตายค่อนข้างสูง (เทพประสิทธิ์ และ สดภาพร, 2540)

ตารางที่ 5 อัตราการรอดตายของไม้ยูคาลิปตัส กามาเลนซิส อายุ 24 เดือน 20 สายพันธุ์
ที่มีอัตราการรอดตายสูงสุด

ลำดับที่	สายพันธุ์	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	ถิ่นกำเนิด/แหล่งกำเนิด	อัตราการรอดตาย (ร้อยละ)	
1	991	34	แหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย (control)	100.00	a
2	1	7	Eccles Creek/Tributaries	95.83	ab
3	24	7	Eccles Creek/Tributaries	95.83	ab
4	26	7	Eccles Creek/Tributaries	95.83	ab
5	44	10	Mishap Creek	95.83	ab
6	58	9	Eureka Creek/Tributaries	95.83	ab
7	60	9	Eureka Creek/Tributaries	95.83	ab
8	64	1	Hales Siding	95.83	ab
9	67	1	Hales Siding	95.83	ab
10	68	1	Hales Siding	95.83	ab
11	69	1	Hales Siding	95.83	ab
12	81	5	Emuford	95.83	ab
13	107	3	Headwaters-Emu Creek	95.83	ab
14	115	12	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	95.83	ab
15	130	11	Flat Rock Pool	95.83	ab
16	162	13	Walsh River Rockwood	95.83	ab
17	166	18	Mount Mulgrave	95.83	ab
18	174	17	Palmerlyville	95.83	ab
19	184	15	Lynd Junction	95.83	ab
20	186	15	Lynd Junction	95.83	ab
F-value ทั้ง 120 สายพันธุ์				2.63**	

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความ
เชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 99 โดยวิธี LSD



ภาพที่ 8 อัตราการรอดตายของไม้น้ำคาลิปดัส คามาเลดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน 20 สายพันธุ์
ที่มีอัตราการรอดตายสูงสุด

2. การเติบโตทางความโต

จากการศึกษาพบว่า เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกของไม้น้ำคาลิปดัส คามาเลดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งระหว่างถิ่นกำเนิด (ตารางที่ 6) และระหว่างสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน (ตารางที่ 7) สายพันธุ์ทั้ง 23 ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกระหว่าง 4.39-5.37 เซนติเมตร มี 16 ถิ่นกำเนิด จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ Mount Mulgrave, Lynd Junction, Morehead River, Petford Bridge (14), Petford Bridge (6), แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย, Kennedy River, Healeys Yard, Flat Rock Pool, Eureka Creek/Tributaries, Eccles Creek/Tributaries, Katherine, Lannard River, Mishap Creek, Emuford และ Walsh River Rockwood โดย 8 ถิ่นกำเนิดมาจากเขต Walsh-Mitchell River, Queensland และเพียง 4 ถิ่นกำเนิดจาก Petford Region, Queensland ซึ่งค่อนข้างแตกต่างจากการทดสอบถิ่นกำเนิด/สายพันธุ์รุ่นที่หนึ่งที่ผ่านมาของประเทศไทย ที่พบว่าถิ่นกำเนิดในเขต Petford Region ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ และทำให้มีการนำเมล็ดจากแหล่งนี้มาปลูกทั่วไปในประเทศไทย (พิศาล และวิฑูรย์, 2539) ดังนั้น การคัดเลือกสายพันธุ์ที่มาจากเขต Petford Region นั้น อาจต้องพิจารณาเฉพาะเจาะจงในระดับถิ่นกำเนิดหรือสายพันธุ์ที่มีการเติบโตดี เนื่องจากสายพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดมาจากเขต Petford Region มีการแปรผันของการเติบโตสูง ซึ่งจากผลการศึกษา ผู้ศึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะว่า การเลือกใช้เมล็ดคาลิปดัส คามาเลดูลเลนซิสจากเขต Petford Region นั้น

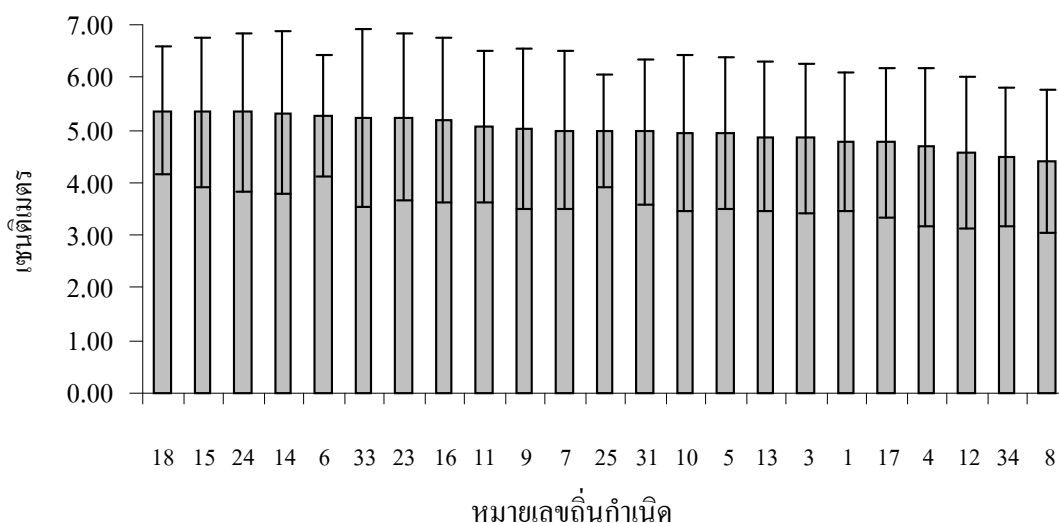
มีความจำเป็นต้องพิจารณาเฉพาะลงไปในกลุ่มกำเนิดที่ต้องการ จากการศึกษาพบว่าสายพันธุ์จากแม่รุ่นที่หนึ่ง ที่มีที่มาจากเขต Other Queensland ทั้ง 2 กลุ่มกำเนิด จัดอยู่ในกลุ่มที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกมากที่สุดด้วย นอกจากนี้ เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกของสายพันธุ์ที่มีที่มาจากแหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทยที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์จากแม่รุ่นที่หนึ่ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสายพันธุ์ที่เก็บเมล็ดจากแหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย ที่ไม่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ ถือเป็นความสำเร็จของการปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ซึ่งหากมีการเก็บเมล็ดจากแหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย เพื่อนำไปปลูกสร้างสวนป่านั้น ควรให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการพิจารณาคัดเลือกแหล่งเมล็ดที่มีคุณภาพ และมีความหลากหลายทางพันธุกรรม เพราะผลผลิตที่ได้จากสวนป่านั้นอาจไม่คุ้มค่า หากเก็บเมล็ดจากแม่ไม้ที่ไม่มีคุณภาพ

อย่างไรก็ตาม ถ้าเปรียบเทียบการศึกษารุ่นนี้กับการศึกษาของณัฐวุฒิ (2548) ที่ศึกษาการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สายต้น K51 อายุ 24 เดือน ในรูปแบบสวนป่าเชิงพาณิชย์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ระยะปลูก 2X3 เมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 5.77 เซนติเมตร ขณะที่การศึกษการเติบโตของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สายต้น K51 อายุ 24 เดือน ที่ปลูกบนคันนาเดิม แฉกเดียว ระยะห่างระหว่างต้น 1 เมตร จังหวัดฉะเชิงเทรา (เจษฎา, 2552) มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 7.81 เซนติเมตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการศึกษารุ่นนี้ พบว่าการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในการทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่สองนี้ มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับสวนป่าเชิงพาณิชย์ของหน่วยงานเอกชน แต่การเติบโตทางความโตของสายพันธุ์ใน 20 อันดับแรกที่มีการเติบโตสูงสุด (5.69-6.04 เซนติเมตร) ยังน้อยกว่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกบนคันนา ทั้งนี้เนื่องจากความหนาแน่นของหมู่ไม้ สอดคล้องกับการศึกษาของพงศ์ศักดิ์ และคณะ (2530) ที่พบว่าการเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกของไม้ยูคาลิปตัสในสวนป่าที่มีความหนาแน่นน้อย หรือมีระยะปลูกห่างจะน้อยกว่าสวนป่าที่มีความหนาแน่นมาก ประการสำคัญ กล้าไม้ในการศึกษารุ่นนี้เป็นกล้าที่เพาะจากเมล็ด ซึ่งต้องอาศัยระยะเวลาดังตัว แตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมาที่เป็นกล้าไม้จากการขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ ที่มีความสามารถในการเติบโตระยะแรกดีกว่า ทำให้การเติบโตในช่วงอายุ 24 เดือนนี้อาจต่ำกว่าก็ได้

ตารางที่ 6 เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกของไม้ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส อายุ 24 เดือน จำแนกตาม
ถิ่นกำเนิด

ลำดับที่	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	ถิ่นกำเนิด/แหล่งกำเนิด	เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)
1	18	Mount Mulgrave	5.37 ± 1.22 a
2	15	Lynd Junction	5.34 ± 1.42 a
3	24	Morehead River	5.34 ± 1.49 a
4	14	Petford Bridge	5.33 ± 1.54 a
5	6	Petford Bridge	5.27 ± 1.15 a
6	33	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย	5.24 ± 1.68 a
7	23	Kennedy River	5.24 ± 1.58 a
8	16	Healeys Yard	5.18 ± 1.56 a
9	11	Flat Rock Pool	5.07 ± 1.45 abc
10	9	Eureka Creek/Tributaries	5.03 ± 1.52 abc
11	7	Eccles Creek/Tributaries	5.00 ± 1.50 abcd
12	25	Katherine	4.98 ± 1.07 abcd
13	31	Lannard River	4.97 ± 1.38 abcd
14	10	Mishap Creek	4.94 ± 1.48 abcd
15	5	Emuford	4.93 ± 1.44 abcd
16	13	Walsh River Rockwood	4.87 ± 1.43 abcde
17	8	Headwaters-Emu Creek	4.84 ± 1.41 bcde
18	1	Hales Siding	4.77 ± 1.31 cdef
19	17	Palmerlyville	4.76 ± 1.42 cdef
20	4	Montalbion	4.68 ± 1.50 defg
21	12	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	4.57 ± 1.46 efg
22	34	แหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย (control)	4.49 ± 1.30 fg
23	8	Headwaters-Emureka Creek	4.39 ± 1.36 g
F-value			2.70**

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความ
เชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 99 โดยวิธี LSD



ภาพที่ 9 เส้นผ่านศูนย์กลางเพียออกของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 24 เดือน จำแนกตาม
ฉันทำเนด

เมื่อพิจารณาเฉพาะสายพันธุ์ที่อยู่ในกลุ่มที่มีการเติบโตสูงสุด 20 อันดับแรก (ตารางที่ 7) มีค่าระหว่าง 8.09-8.55 เซนติเมตร ได้แก่สายพันธุ์ 188, 187, 219, 61, 60, 182, 236, 203, 184, 227, 19, 26, 155, 129, 145, 130, 232, 166, 7 และสายพันธุ์ 228 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของการเติบโตของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสในการทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่หนึ่งของกรมป่าไม้ จังหวัดฉะเชิงเทรา อายุ 24 เดือน ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียออกเฉลี่ย 6.1 เซนติเมตร (พิศาลและวิฑูรย์, 2539) จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีถึง 3 สายพันธุ์ที่ได้จากแม่รุ่นที่หนึ่งจากฉันทำเนด Healeys Yard ซึ่งอยู่ในเขต Walsh-Mitchell River, Queensland ได้แก่สายพันธุ์ 188, 187 และ 203 แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์จากฉันทำเนดดังกล่าว (ภาพที่ 10) มีการแปรผันน้อย สายพันธุ์ 188, 187 นี้ยังเป็นสายพันธุ์ที่มีการเติบโตสูงสุด สอดคล้องกับการศึกษาของพิศาล และวิฑูรย์ (2539) ที่พบว่าเมล็ดจากฉันทำเนดดังกล่าว มีการเติบโตดีในการทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่หนึ่ง นอกจากนี้ ยังมีสายพันธุ์ 60 และ 61 จากฉันทำเนด Eureka Creek/Tributaries สายพันธุ์ 19, 26 และ 7 จากฉันทำเนด Eccles Creek/Tributaries จากเขต Petford Region สายพันธุ์ 155 และ 145 จากฉันทำเนด Petford Bridge (14) สายพันธุ์ 182 และ 184 จากฉันทำเนด Lynd Junction และสายพันธุ์ 227 และ 228 จาก Kennedy River ในเขต Other Queensland ก็มีการเติบโตอยู่ในอันดับสูงสุดเช่นกัน แสดงว่าสายพันธุ์ที่มาจากบางฉันทำเนดในเขต Petford Region ของ Queensland ยังคงมีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมด้านการเติบโตได้ดีในรุ่นลูก นอกจากนี้ สายพันธุ์จากแหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศ

ไทย ที่ผ่านการทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่หนึ่ง ยังจัดอยู่ในกลุ่ม 20 สายพันธุ์ ถึง 2 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 236 และ 232 ซึ่งถือว่าเป็นผลสำเร็จของการปรับปรุงพันธุ์เช่นเดียวกับสายพันธุ์อื่นๆ ที่อยู่ภายใต้แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย ดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น

สายพันธุ์ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงออกสูงสุด 20 อันดับแรก ถือว่ามีศักยภาพที่จะสามารถนำไปพัฒนาต่อยอด เพื่อการขยายพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์ในขั้นถัดไป จึงได้พิจารณาอัตราการเติบโตที่ระดับชิดดิน ที่มีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องมาตั้งแต่กล้าไม้อายุ 4 เดือน นำค่าเฉลี่ยความโตที่ระดับชิดดินมาสร้างกราฟ (ภาพที่ 11) จะเห็นได้ว่าความโตที่ระดับชิดดินของไม้ในกลุ่มเติบโตดี 20 สายพันธุ์แรก จะมีความชันของกราฟเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือมีความชันของการเติบโตในช่วงอายุ 8-16 เดือนมากที่สุด ซึ่งลักษณะการเติบโตของไม้ในกลุ่มที่มีอัตราการเติบโต 20 อันดับแรกนี้ แสดงถึงการเติบโตสูงเมื่อไม้มีอายุมากกว่า 8 เดือน ซึ่งเป็นผลดีต่อการนำสายพันธุ์ไปปลูกสร้างสวนป่า เนื่องจากสามารถเติบโตปกคลุมหญ้าและวัชพืช ทำให้ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัด นอกจากนี้ หากต้นไม้มีแนวโน้มการเติบโตและความแข็งแรงในระยะแรกสูง ก็จะเป็นผลดีต่อการเติบโตในระยะต่อไป เนื่องจากโรคและแมลงจะเข้าทำลายได้น้อย

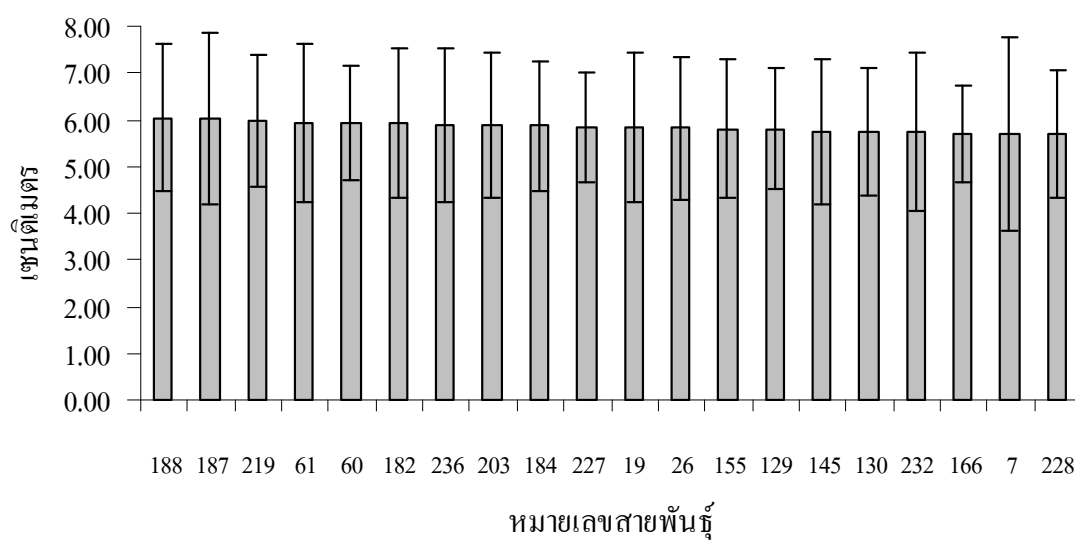
ตารางที่ 7 เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงออก และความโตที่ระดับชิดดินของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 24 เดือน 20 สายพันธุ์ที่มีการเติบโตสูงสุด

ลำดับ ที่	สายพันธุ์	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	ถิ่นกำเนิด /แหล่งเมล็ด	เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงออก (เซนติเมตร)	ความโตที่ระดับชิดดิน (เซนติเมตร)
1	188	16	Healeys Yard	6.04 ± 1.56 a	8.41±1.82 ab
2	187	16	Healeys Yard	6.01 ± 1.83 ab	8.22±2.26 ab
3	219	23	Kennedy River	6.00 ± 1.41 ab	8.17±1.75 ab
4	61	9	Eureka	5.94 ± 1.71 ab	8.48±2.23 ab
			Creek/Tributaries		
5	60	9	Eureka	5.93 ± 1.21 ab	8.55±1.19 ab
			Creek/Tributaries		
6	182	15	Lynd Junction	5.93 ± 1.60 ab	8.24±1.75 ab
7	236	33	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือก ในประเทศไทย	5.89 ± 1.66 ab	8.06±1.89 ab
8	203	16	Healeys Yard	5.88 ± 1.54 ab	8.30±1.63 ab
9	184	15	Lynd Junction	5.86 ± 1.38 ab	8.25±1.89 ab

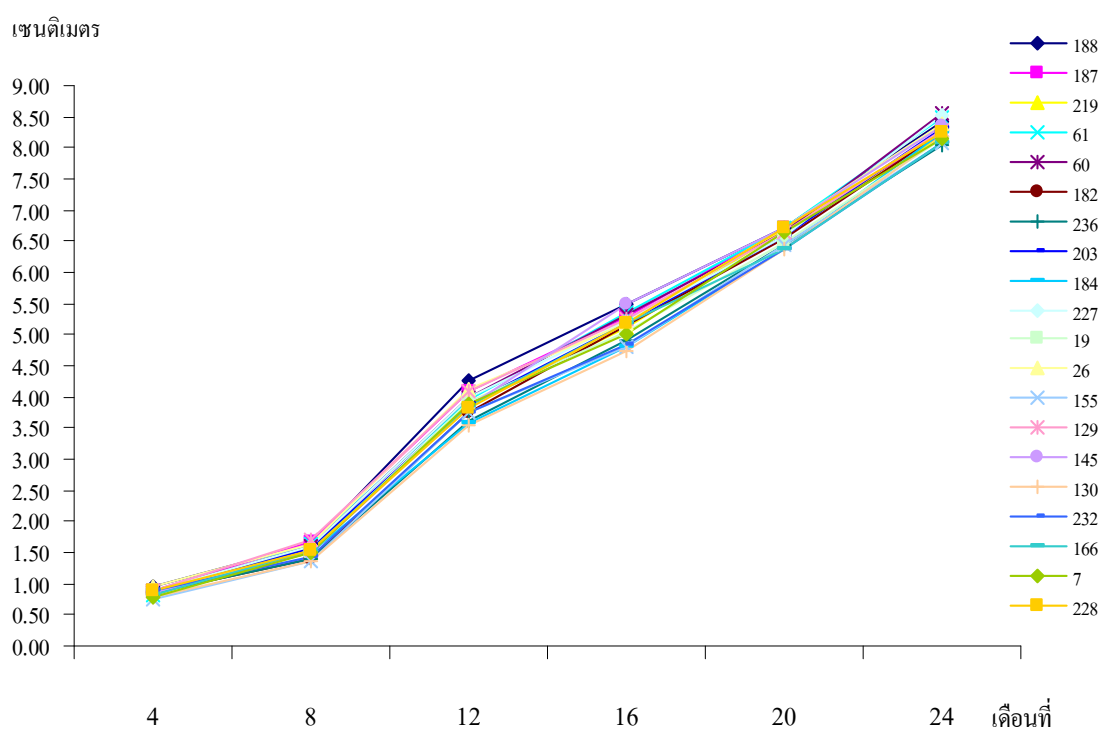
ตารางที่ 7 (ต่อ)

ลำดับ ที่	สายพันธุ์	หมายเลข ถื่นกำเนิด	ถื่นกำเนิด /แหล่งเมล็ด	เส้นผ่าศูนย์กลางเพียง อก(เซนติเมตร)		ความโตที่ระดับซัดดิน (เซนติเมตร)	
10	227	24	Morehead River	5.84 ± 1.18	ab	8.51±2.06	ab
11	19	7	Eccles Creek/Tributaries	5.83 ± 1.58	ab	8.15±2.06	ab
12	26	7	Eccles Creek/Tributaries	5.82 ± 1.54	ab	8.38±1.59	ab
13	155	14	Petford Bridge	5.81 ± 1.47	ab	8.09±1.83	ab
14	129	11	Flat Rock Pool	5.80 ± 1.29	ab	8.28±1.65	ab
15	145	14	Petford Bridge	5.73 ± 1.55	ab	8.35±2.16	ab
16	130	11	Flat Rock Pool	5.73 ± 1.37	ab	8.17±1.62	ab
17	232	33	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือก ในประเทศไทย	5.73 ± 1.69	ab	8.07±1.33	ab
18	166	18	Mount Mulgrave	5.69 ± 1.04	ab	8.08±2.65	ab
19	7	7	Eccles Creek/Tributaries	5.69 ± 2.08	ab	8.15±1.77	ab
20	228	24	Morehead River	5.69 ± 1.35	ab	8.27±2.02	ab
F-value ทั้ง 120 สายพันธุ์				2.32**		2.40**	

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความ
เชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 99 โดยวิธี LSD



ภาพที่ 10 เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้อยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 24 เดือน 20 สายพันธุ์ที่มีการเติบโตสูงสุด



ภาพที่ 11 ความโตที่ระดับซิดดินของไม้อยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 4-24 เดือนของ 20 สายพันธุ์ที่มีการเติบโตสูงสุด

3. การเติบโตทางความสูง

จากการศึกษาพบว่า ความสูงทั้งหมดของลำต้นไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งระหว่างถิ่นกำเนิด และระหว่างสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน ความสูงทั้งหมดของสายพันธุ์จาก 23 ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด มีค่าระหว่าง 5.62-6.73 เมตร (ตารางที่ 8) โดยความสูงทั้งหมดค่อนข้างสอดคล้องกับเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก พบว่ามี 6 ถิ่นกำเนิดที่มีความสูงทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ได้แก่ Lynd Junction, แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย, Morehead River, Mount Mulgrave, Healeys Yard และ Petford Bridge ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าสายพันธุ์ภายใต้แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย มีความสูงทั้งหมดมากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับความสูงทั้งหมดของสายพันธุ์ภายใต้แหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย ที่มีความสูงทั้งหมดอยู่ในกลุ่มที่มีความสูงน้อยที่สุด (ภาพที่ 12)

ตารางที่ 8 ความสูงทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส อายุ 24 เดือน จำแนกตามถิ่นกำเนิด

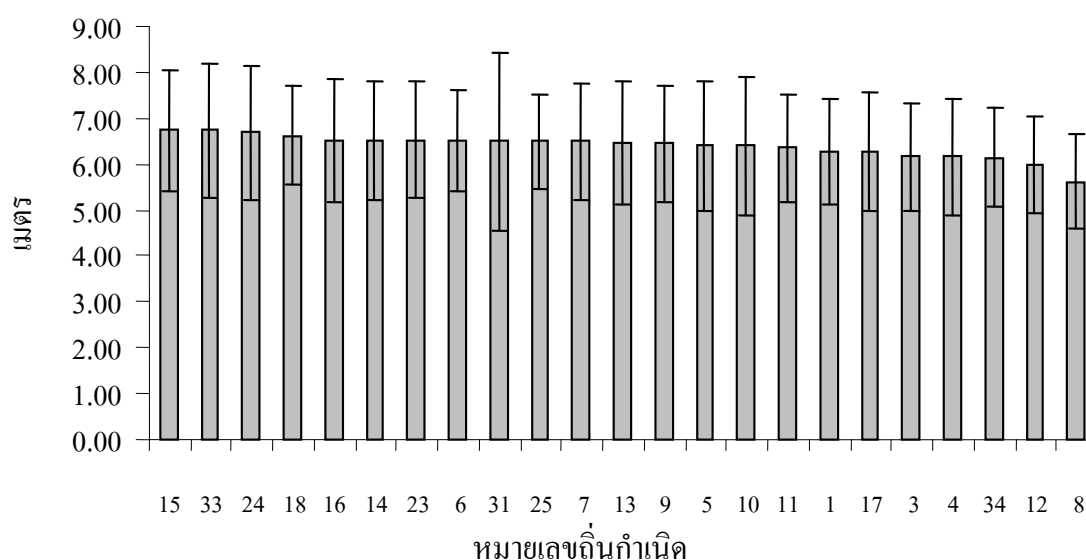
ลำดับที่	หมายเลขถิ่นกำเนิด	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	ความสูงทั้งหมด (เมตร)
1	15	Lynd Junction	6.73±1.32 a
2	33	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย	6.73±1.47 a
3	24	Morehead River	6.68±1.44 a
4	18	Mount Mulgrave	6.62±1.09 ab
5	16	Healeys Yard	6.53±1.34 ab
6	14	Petford Bridge	6.53±1.29 ab
7	23	Kennedy River	6.52±1.27 bc
8	6	Petford Bridge	6.51±1.10 bc
9	31	Lannard River	6.50±1.93 bc
10	25	Katherine	6.49±1.03 bc
11	7	Eccles Creek/Tributaries	6.49±1.26 bc
12	13	Walsh River Rockwood	6.46±1.32 bc
13	9	Eureka Creek/Tributaries	6.45±1.26 bc
14	5	Emuford	6.40±1.40 bc
15	10	Mishap Creek	6.40±1.52 bc
16	11	Flat Rock Pool	6.35±1.17 bc
17	1	Hales Siding	6.28±1.14 c

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ลำดับที่	หมายเลขถิ่นกำเนิด	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	ความสูงทั้งหมด (เมตร)
18	17	Palmerlyville	6.27±1.28 c
19	3	Headwaters-Emu Creek	6.16±1.16 cd
20	4	Montalbion	6.16±1.26 cd
21	34	แหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย (control)	6.15±1.08 cd
22	12	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	5.98±1.06 cd
23	8	Headwaters-Emureka Creek	5.62±1.03 d
F-value			2.45**

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 99 โดยวิธี LSD



ภาพที่ 12 ความสูงทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส คามาเลนซิส อายุ 24 เดือน จำแนกตามถิ่นกำเนิด

ความแตกต่างของความสูงทั้งหมดระหว่างสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน พบว่าสายพันธุ์ที่มีความสูงทั้งหมดมากที่สุด 20 อันดับแรก (ตารางที่ 9) ได้แก่ สายพันธุ์ 236 ที่ได้จากแม่ไม้รุ่นที่หนึ่งจากแหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย มีความสูงทั้งหมดมากที่สุด มีค่า 6.91 เมตร

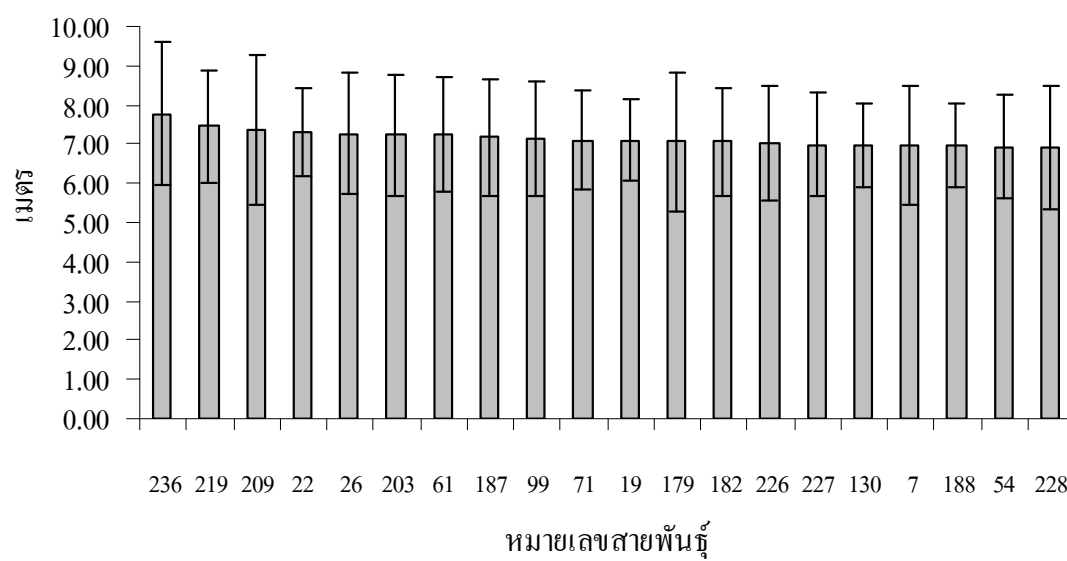
รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ 219, 209, 22, 26, 203, 61, 187, 99, 71, 19, 179, 182, 226, 227, 130, 7, 188, 54 และสายพันธุ์ 228 มีความสูงทั้งหมดตั้งแต่ 6.77-6.91 เมตร (ภาพที่ 13) แต่ทั้ง 20 สายพันธุ์ มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกับการเติบโตทาง ความโต เมื่อพิจารณาสายพันธุ์จากแม่ไม้รุ่นที่หนึ่ง พบว่า สายพันธุ์ที่มีความสูงทั้งหมดสูงสุด 20 อันดับแรก มาจากแม่ไม้รุ่นที่หนึ่งจากถิ่นกำเนิด Eccles Creek/Tributaries ได้แก่อสายพันธุ์ 22, 26, 19 และสายพันธุ์ 7 สายพันธุ์จากแม่ไม้รุ่นที่หนึ่ง ถิ่นกำเนิด Healeys Yard ได้แก่อสายพันธุ์ 203, 187 และ 188 สายพันธุ์จากแม่ไม้รุ่นที่หนึ่ง ถิ่นกำเนิด Morehead River ได้แก่อสายพันธุ์ 226, 228 และ 227 สายพันธุ์จากแม่ไม้รุ่นที่หนึ่ง ถิ่นกำเนิด Eureka Creek/Tributaries ได้แก่อสายพันธุ์ 61 และ 54 สายพันธุ์ จากแม่ไม้รุ่นที่หนึ่ง ถิ่นกำเนิด Kennedy River ได้แก่อสายพันธุ์ 219 สายพันธุ์จากแม่ไม้รุ่นที่หนึ่ง ถิ่นกำเนิด Lannard River ได้แก่อสายพันธุ์ 209 สายพันธุ์จากแม่ไม้รุ่นที่หนึ่ง ถิ่นกำเนิด Lynd Junction ได้แก่อสายพันธุ์ 182 สายพันธุ์จากแม่ไม้รุ่นที่หนึ่ง ถิ่นกำเนิด Palmeryville ได้แก่อสายพันธุ์ 179

เมื่อเปรียบเทียบความสูงทั้งหมดเฉลี่ยของการศึกษาในครั้งนี้ กับการทดสอบสายพันธุ์ ยูคาลิปตัส ความลาดชันของพื้นที่หนึ่งของกรมป่าไม้ จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ของสายพันธุ์ในรุ่นที่สองนี้ ในแต่ละถิ่นกำเนิด มีค่าระหว่าง 5.62-6.73 เมตร และสายพันธุ์ที่จัดอยู่ใน กลุ่มที่มีความสูงทั้งหมดมากที่สุด 20 อันดับแรก มีความสูงทั้งหมด 6.91-7.77 เมตร ส่วนความ สูงทั้งหมดเฉลี่ยของสายพันธุ์ในรุ่นที่หนึ่งในแต่ละถิ่นกำเนิด มีค่า 8.5 เมตร และสายพันธุ์ที่จัดอยู่ใน กลุ่มที่มีความสูงทั้งหมดมากที่สุด มีความสูงทั้งหมด 9.5 เมตร (พิศาล และวิฑูรย์, 2539) เมื่อ เปรียบเทียบกับยูคาลิปตัส ความลาดชัน สายต้น K51 ของสวนป่าภาคเอกชนที่ปลูกในรูปแบบ สวนป่าเชิงพาณิชย์ ระยะปลูก 2X3 เมตร จังหวัดฉะเชิงเทรา เฉลี่ย 7.40 เมตร (ณัฐวุฒิ, 2548) และ ความสูงทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น 51 ที่ปลูกบนคันนาแถวเดียว ระยะห่างระหว่างต้น 1 เมตร ในท้องที่จังหวัดฉะเชิงเทรา เฉลี่ย 7.33 เมตร ถือว่าความสูงทั้งหมดของสายพันธุ์ในรุ่นที่ สอง ที่ทำการศึกษานี้มีความสูงทั้งหมดอยู่ในระดับปกติ อย่างไรก็ตาม ยังมีบางสายพันธุ์ที่มาจากแม่ ไม้รุ่นที่หนึ่งที่มีความสูงทั้งหมดค่อนข้างต่ำ ทำให้ค่าเฉลี่ยทุกถิ่นกำเนิดอาจมีค่าต่ำลง

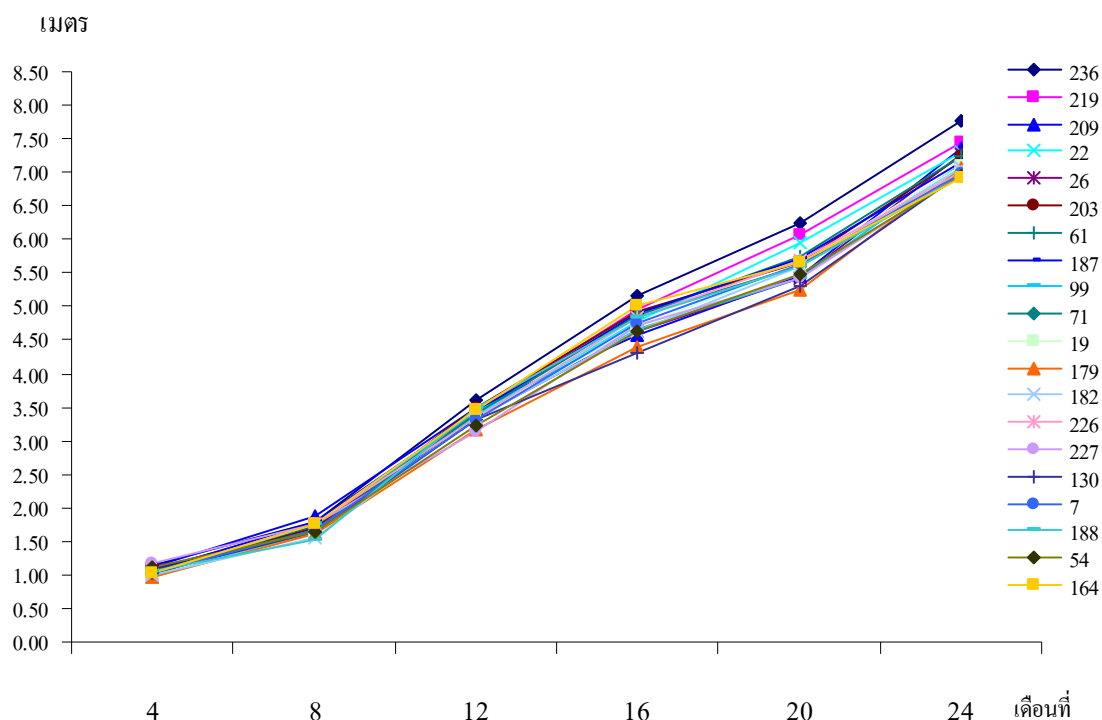
ตารางที่ 9 ความสูงทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส คามาเลดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน 20 สายพันธุ์ที่มีการเติบโตสูงสุด

ลำดับที่	สายพันธุ์	หมายเลขกิ่งก้าน	กิ่งก้าน/แหล่งเมล็ด	ความสูงทั้งหมด (เมตร)	
1	236	33	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย	7.77±1.82	a
2	219	23	Kennedy River	7.45±1.42	ab
3	209	31	Lannard River	7.36±1.93	bc
4	22	7	Eccles Creek/Tributaries	7.31±1.11	bcd
5	26	7	Eccles Creek/Tributaries	7.27±1.53	bcd
6	203	16	Healeys Yard	7.23±1.54	bcd
7	61	9	Eureka Creek/Tributaries	7.23±1.47	bcd
8	187	16	Healeys Yard	7.17±1.47	bcd
9	99	5	Emuford	7.12±1.46	bcd
10	71	6	Petford Bridge	7.10±1.27	bcd
11	19	7	Eccles Creek/Tributaries	7.08±1.04	bcd
12	179	17	Palmerlyville	7.06±1.75	bcd
13	182	15	Lynd Junction	7.05±1.37	bcd
14	226	24	Morehead River	7.02±1.45	bcd
15	227	24	Morehead River	6.98±1.31	bcd
16	130	11	Flat Rock Pool	6.96±1.09	bcd
17	7	7	Eccles Creek/Tributaries	6.96±1.51	bcd
18	188	16	Healeys Yard	6.96±1.07	bcd
19	54	9	Eureka Creek/Tributaries	6.94±1.34	bcd
20	228	24	Morehead River	6.91±1.59	bcd
F-value ทั้ง 120 สายพันธุ์				2.45**	

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความ
เชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 99 โดยวิธี LSD



ภาพที่ 13 ความสูงทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 24 เดือน 20 สายพันธุ์ที่มีการเติบโตสูงสุด



ภาพที่ 14 ความสูงทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน อายุ 4-24 เดือน ของ 20 สายพันธุ์ที่มีการเติบโตสูงสุด

4. ลักษณะรูปทรงของต้นไม้และการทำลายของแตนฝอยปม

การศึกษาพบว่าลักษณะรูปทรงของต้นไม้ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างถิ่นกำเนิด ยกเว้นแนวของลำต้นและขนาดของกิ่ง แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน การทำลายของแตนฝอยปม มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างถิ่นกำเนิด และระหว่างสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน ที่ผ่านมามีการศึกษาลักษณะรูปทรงลำต้นของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake) ในแปลงทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิดที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมาในขณะนั้น พบว่าลักษณะรูปทรงไม้มีความแตกต่างทางสถิติทั้งในระหว่างถิ่นกำเนิดและสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน ยกเว้นความตรงของลำต้น ที่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างถิ่นกำเนิด แต่ไม่แตกต่างระหว่างสายพันธุ์ภายในถิ่นกำเนิดเดียวกัน (วีระยุทธ และรัตนะ, 2546) ซึ่งค่อนข้างสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้

การแตกง่ามของลำต้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างถิ่นกำเนิด สายพันธุ์จากแม่ไม้รุ่นที่หนึ่ง แทบทุกถิ่นกำเนิดไม่มีการแตกง่ามของลำต้นเลย ยกเว้นสายพันธุ์จาก ถิ่นกำเนิด Lannard River (ภาพที่ 15 ก) มีการแตกง่ามในระดับความสูงระหว่างสองในสี่ถึงสามใน สี่ของความสูงลำต้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการคัดเลือกสายพันธุ์ในถิ่นกำเนิดดังกล่าวนี้ ให้เหลือ เพียง 1 สายพันธุ์ จากการทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่หนึ่ง นอกจากนี้สายพันธุ์จากแหล่งเมล็ดทั่วไปใน ประเทศไทย ยังมีแนวโน้มการแตกง่ามของลำต้นมากกว่าสายพันธุ์ที่ผ่านการทดสอบสายพันธุ์ใน รุ่นที่หนึ่ง และอาจไม่เหมาะสมหากต้องการนำสายพันธุ์จากแหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย มาปลูกสร้างสวนป่าเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านเนื้อไม้หรือไม้แปรรูป นอกจากนี้จากการประเมิน ยังพบว่า ต้นไม้ที่ได้รับความเสียหายตั้งแต่ระยะกล้าไม้ มีโอกาสที่จะแตกนางมากกว่ากล้าไม้ที่ แข็งแรงสมบูรณ์ (ตารางที่ 10)

แนวของลำต้น มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งระหว่างถิ่นกำเนิด และ สายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน อย่างไรก็ตาม พบว่าทุกถิ่นกำเนิดที่นำมาทดสอบสายพันธุ์นี้ มี ลักษณะลำต้นขึ้นตรงตามแนว 90 องศา จากพื้นดิน (ภาพที่ 15 ข) ยกเว้นบางถิ่นกำเนิดจะมีลักษณะ ที่ลำต้นเอียงไปทิศทางใดทิศทางหนึ่ง แต่พบเป็นจำนวนน้อย และมีความแตกต่างอย่างไม่มี นัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 10 ระดับคะแนนการแตกง่ามของลำต้นไม้ยูคาลิปตัส คามาเลนซิส อายุ 24 เดือน

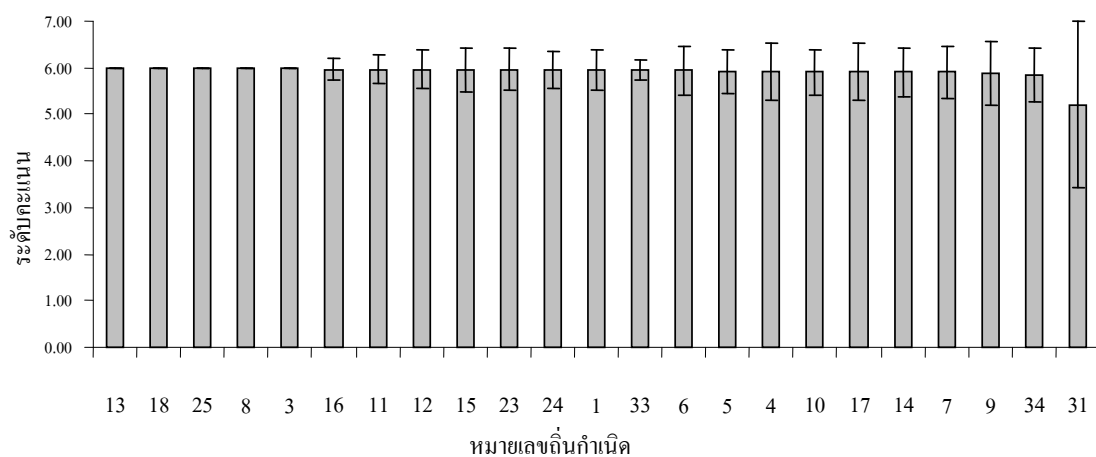
ลำดับที่	หมายเลขถีนกำเนิด	ถีนกำเนิด/แหล่งเมล็ด	คะแนนการแตกง่าม
1	13	Walsh River Rockwood	6.00±0.00 a
2	18	Mount Mulgrave	6.00±0.00 a
3	25	Katherine	6.00±0.00 a
4	8	Headwaters-Emureka Creek	6.00±0.00 a
5	3	Headwaters-Emu Creek	6.00±0.00 a
6	16	Healeys Yard	5.97±0.24 a
7	11	Flat Rock Pool	5.97±0.32 a
8	12	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	5.97±0.42 a
9	15	Lynd Junction	5.96±0.46 a
10	23	Kennedy River	5.96±0.45 a
11	24	Morehead River	5.95±0.41 a
12	1	Hales Siding	5.95±0.44 a
13	33	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย	5.95±0.21 a
14	6	Petford Bridge	5.94±0.52 a
15	5	Emuford	5.93±0.47 a
16	4	Montalbion	5.92±0.61 a
17	10	Mishap Creek	5.91±0.48 a
18	17	Palmerlyville	5.91±0.62 a
19	14	Petford Bridge	5.90±0.53 a
20	7	Eccles Creek/Tributaries	5.90±0.56 a
21	9	Eureka Creek/Tributaries	5.88±0.68 a
22	34	แหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย (control)	5.85±0.59 a
23	31	Lannard River	5.20±1.79 b
F-value			6.10**

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความ
เชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 99 โดยวิธี LSD

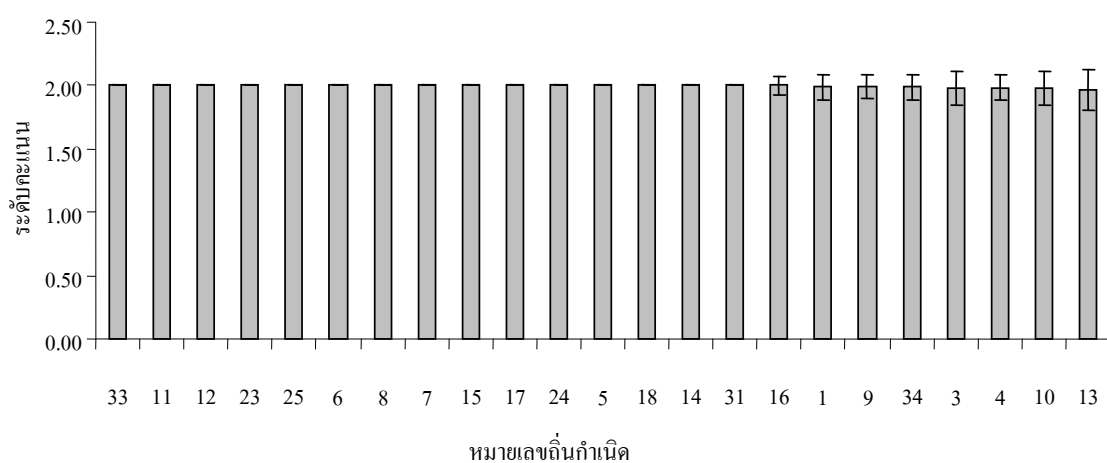
ตารางที่ 11 ระดับคะแนนแนวของลำต้นไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 24 เดือน

ลำดับที่	หมายเลขถักถัก	ถักถัก/แหล่งเมล็ด	คะแนนแนวของลำต้น
1	33	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย	2.00±0.00 a
2	11	Flat Rock Pool	2.00±0.00 a
3	12	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	2.00±0.00 a
4	23	Kennedy River	2.00±0.00 a
5	25	Katherine	2.00±0.00 a
6	6	Petford Bridge	2.00±0.00 a
7	8	Headwaters-Emureka Creek	2.00±0.00 a
8	7	Eccles Creek/Tributaries	2.00±0.00 a
9	15	Lynd Junction	2.00±0.00 a
10	17	Palmerlyville	2.00±0.00 a
11	24	Morehead River	2.00±0.00 a
12	5	Emuford	2.00±0.00 a
13	18	Mt. Mulgrave	2.00±0.00 a
14	14	Petford Bridge	2.00±0.00 a
15	31	Lannard River	2.00±0.00 a
16	16	Healeys Yard	2.00±0.07 a
17	1	Hales Siding	1.99±0.10 a
18	9	Eureka Creek/Tributaries	1.99±0.09 a
19	34	แหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย (control)	1.99±0.10 a
20	3	Headwaters-Emu Creek	1.98±0.13 a
21	4	Montalbion	1.98±0.10 a
22	10	Mishap Creek	1.98±0.13 a
23	13	Walsh River Rockwood	1.97±0.16 a
F-value			0.63 ^{ns}

หมายเหตุ ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



(ก)



(ข)

ภาพที่ 15 ระดับคะแนนลักษณะรูปทรงของต้นไม้ ด้านการแตกง่ามของลำต้น (ก)
และแนวของลำต้น (ข)

ความตรงของลำต้น จากการศึกษพบว่า สายพันธุ์ที่ได้จากแม่ไม้รุ่นที่หนึ่งจากถิ่นกำเนิดที่มีความตรงของลำต้นมากที่สุด ได้แก่ Mt. Mulgrave, Lynd Junction, Mishap Creek, Kenedy River, Petford Bridge (6) และ Headwaters-Emureka Creek (ตารางที่ 12) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากสายพันธุ์จากถิ่นกำเนิดอื่นๆ นอกจากนี้ สายพันธุ์จากแหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย และสายพันธุ์จากแม่รุ่นที่หนึ่ง ถิ่นกำเนิด Walsh River Rockwood มีความคดงของลำต้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถิ่นกำเนิดอื่นๆ (ภาพที่ 16 ก)

ขนาดของกิ่ง เนื่องจากการใช้ประโยชน์ลำต้นของไม้ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส มีความหลากหลาย เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้างและไม้แปรรูป หากกิ่งมีขนาดใหญ่ ก็จะทำให้การลิดกิ่งตามธรรมชาติเป็นไปได้ยาก และเกิดค้ำหนิขึ้นในเนื้อไม้ ทำให้เนื้อไม้มีคุณภาพลดลง จากการศึกษพบว่า ขนาดของกิ่งในระหว่างถิ่นกำเนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 13) โดยถิ่นกำเนิด Petford Bridge (6), Headwaters-Emureka Creek, Lynd Junction, แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย และแหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย มีกิ่งขนาดเล็กแตกต่างจากสายพันธุ์จากแม่รุ่นที่หนึ่งที่มีที่มาจากถิ่นกำเนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 16 ข)

ตารางที่ 12 ระดับคะแนนความตรงของลำต้น ไม้ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส อายุ 24 เดือน

ลำดับที่	หมายเลขถื่นกำเนิด	ถื่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	คะแนนความตรงของลำต้น
1	18	Mount Mulgrave	3.56±0.60 a
2	15	Lynd Junction	3.53±0.62 a
3	10	Mishap Creek	3.41±0.62 ab
4	23	Kennedy River	3.32±0.78 ab
5	6	Petford Bridge	3.29±0.76 bcd
6	8	Headwaters-Emureka Creek	3.29±0.60 bcd
7	16	Healeys Yard	3.28±0.71 bcd
8	14	Petford Bridge	3.28±0.68 bcd
9	4	Montalbion	3.28±0.68 bcd
10	24	Morehead River	3.26±0.75 cd
11	11	Flat Rock Pool	3.23±0.77 cd
12	7	Eccles Creek/Tributaries	3.23±0.75 cd
13	3	Headwaters-Emu Creek	3.20±0.78 cd
14	17	Palmerlyville	3.19±0.77 cde
15	5	Emuford	3.18±0.71 def
16	9	Eureka Creek/Tributaries	3.18±0.72 def
17	1	Hales Siding	3.17±0.78 def
18	25	Katherine	3.17±0.67 def
19	31	Lannard River	3.16±0.84 ef
20	33	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย	3.13±0.73 f
21	12	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	3.12±0.82 f
22	34	แหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย (control)	3.04±0.76 g
23	13	Walsh River Rockwood	3.01±0.86 g
F-value			2.18**

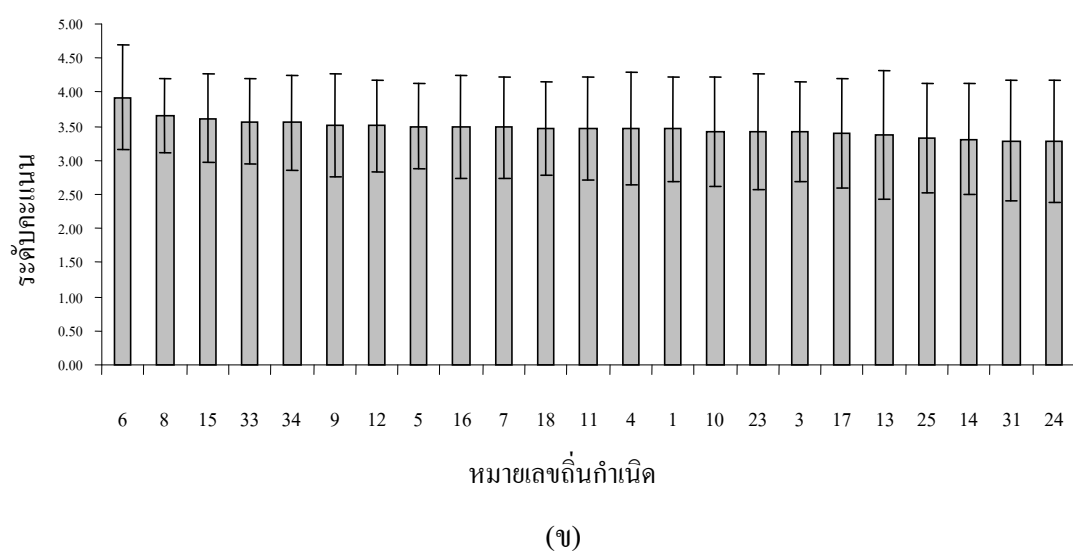
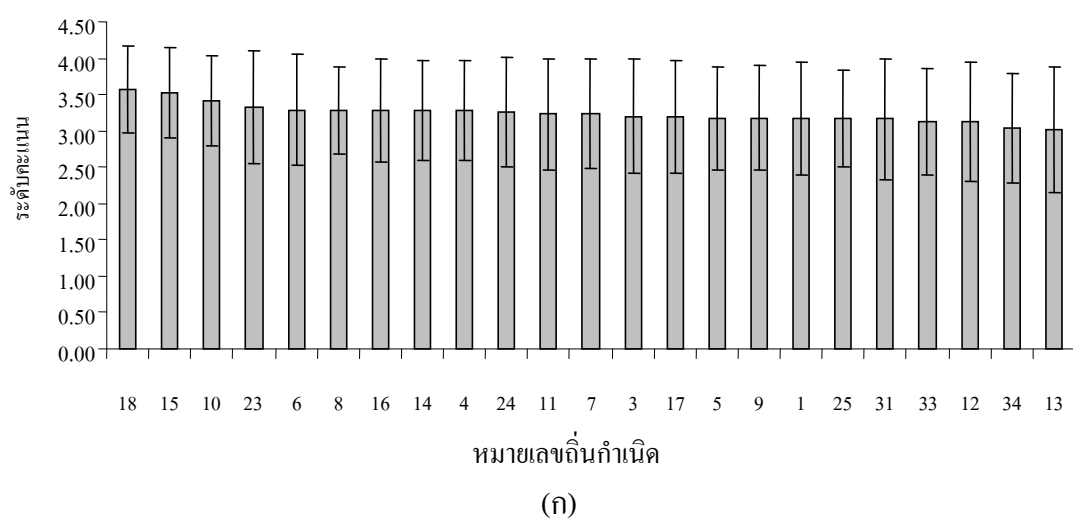
หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 99 โดยวิธี LSD

ตารางที่ 13 ระดับคะแนนขนาดของกิ่งไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส อายุ 24 เดือน

ลำดับที่	หมายเลขกิ่งก้าน	กิ่งก้าน/แหล่งเมล็ด	คะแนนขนาดของกิ่ง
1	6	Petford Bridge	3.92±0.77 a
2	8	Headwaters-Emureka Creek	3.65±0.54 a
3	15	Lynd Junction	3.62±0.64 a
4	33	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย	3.57±0.63 ab
5	34	แหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย	3.55±0.69 ab
6	9	Eureka Creek/Tributaries	3.52±0.76 b
7	12	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	3.51±0.67 b
8	5	Emuford	3.50±0.62 b
9	16	Healeys Yard	3.49±0.75 b
10	7	Eccles Creek/Tributaries	3.48±0.74 b
11	18	Mount Mulgrave	3.47±0.69 b
12	11	Flat Rock Pool	3.47±0.76 b
13	4	Montalbion	3.47±0.83 b
14	1	Hales Siding	3.46±0.77 b
15	10	Mishap Creek	3.42±0.81 b
16	23	Kennedy River	3.42±0.86 b
17	3	Headwaters-Emu Creek	3.42±0.74 b
18	17	Palmerlyville	3.39±0.80 bc
19	13	Walsh River Rockwood	3.37±0.94 bc
20	25	Katherine	3.33±0.80 c
21	6	Petford Bridge	3.31±0.82 cd
22	31	Lannard River	3.29±0.89 cd
23	24	Morehead River	3.28±0.90 cd
F-value			1.48**

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความ
เชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 99 โดยวิธี LSD



ภาพที่ 16 ระดับคะแนนลักษณะรูปทรงของต้นไม้ ด้านความตรงของลำต้น(ก)
และขนาดของกิ่ง (ข)

จากการประเมินลักษณะมูมของกิ่งกับลำต้น พบว่า มูมของกิ่งกับลำต้นระหว่างถิ่นกำเนิดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน พบว่าสายพันธุ์จากแม่รุ่นที่หนึ่งถิ่นกำเนิด Walsh River Rockwood, แหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย (control) , Lynd Junction , Headwaters-Emureka Creek , Healeys Yard และ Flat Rock Pool มีมูมของกิ่งใกล้เคียงกับ 60 องศา (ภาพที่ 17 ก) ซึ่งสามารถต้านทานแรงลมได้มากกว่า (ตารางที่ 14)

จากการประเมินการลิดกิ่งตามธรรมชาติ พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละถิ่นกำเนิด (ตารางที่ 15) สายพันธุ์จากแม่รุ่นที่หนึ่ง 5 ถิ่นกำเนิด ได้แก่ Lannard River, Headwaters-Emureka Creek, Petford Bridge (6), Mount Mulgrave และ Petford Bridge (14) มีการลิดกิ่งตามธรรมชาติมากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากถิ่นกำเนิดอื่นๆ สายพันธุ์จากแม่รุ่นที่หนึ่งจากถิ่นกำเนิดดังกล่าว มีความเหมาะสมต่อการคัดเลือกไปใช้เพื่อการปลูกสร้างสวนป่าเชิงพาณิชย์ ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการสวนป่า และลดค่าใช้จ่ายในการลิดกิ่ง (pruning) ตลอดจนให้ผลผลิตเนื้อไม้ที่มีคุณภาพ ไม่มีตำหนิภายในเนื้อไม้ (ภาพที่ 17 ข)

ตารางที่ 14 ระดับคะแนนของกิ้งก่ากับลำต้นไม้ยูคาลิปตัส ความเคลื่อนไหว อายุ 24 เดือน

ลำดับที่	หมายเลขถิ่นกำเนิด	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	คะแนนของกิ้งก่ากับลำต้น
1	31	Lannard River	1.57±0.55 a
2	8	Headwaters-Emureka Creek	1.56±0.50 a
3	6	Petford Bridge	1.51±0.50 a
4	18	Mount Mulgrave	1.51±0.50 a
5	14	Petford Bridge	1.47±0.50 a
6	24	Morehead River	1.42±0.50 b
7	9	Eureka Creek/Tributaries	1.41±0.49 b
8	1	Hales Siding	1.40±0.49 b
9	3	Headwaters-Emu Creek	1.38±0.50 bc
10	4	Montalbion	1.38±0.48 bc
11	17	Palmerlyville	1.37±0.48 bc
12	15	Lynd Junction	1.37±0.49 bc
13	7	Eccles Creek/Tributaries	1.36±0.48 bc
14	10	Mishap Creek	1.36±0.50 bc
15	34	แหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย (control)	1.36±0.47 bc
16	5	Emuford	1.35±0.48 bc
17	33	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย	1.35±0.49 bc
18	16	Healeys Yard	1.34±0.48 bc
19	23	Kennedy River	1.33±0.48 bc
20	25	Katherine	1.33±0.49 bc
21	13	Walsh River Rockwood	1.31±0.46 bc
22	12	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	1.26±0.43 bc
23	11	Flat Rock Pool	1.25±0.43 c
F-value			1.59*

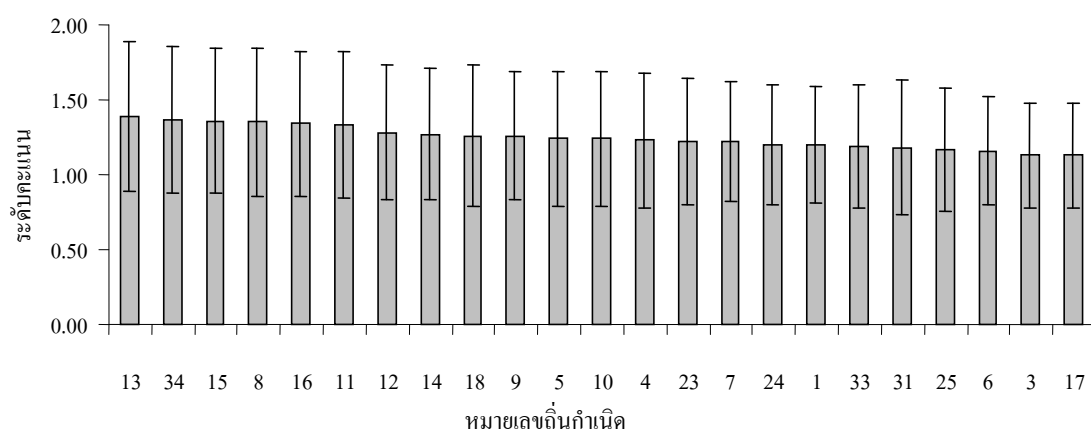
หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความ
เชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95 โดยวิธี LSD

ตารางที่ 15 ระดับคะแนนการลิดกึ่งตามธรรมชาติ ของไม้ยูคาลิปตัส กามาเลนซิส อายุ 24 เดือน

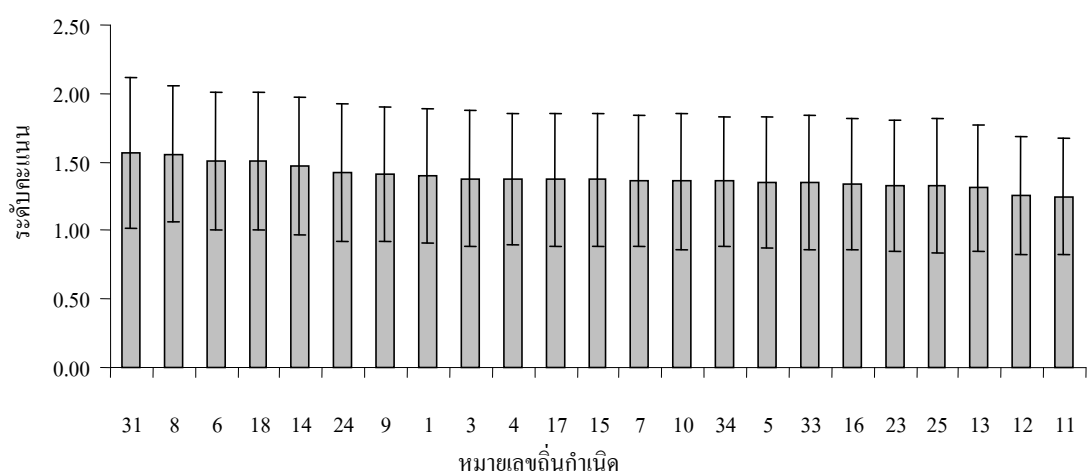
ลำดับที่	หมายเลขถักถัก	ถักถัก/แหล่งเมสส์	คะแนนการลิดกึ่งตามธรรมชาติ
1	13	Walsh River Rockwood	1.39±0.50 a
2	34	แหล่งเมสส์ทั่วไปในประเทศไทย (control)	1.37±0.49 a
3	15	Lynd Junction	1.36±0.48 a
4	8	Headwaters-Emureka Creek	1.35±0.50 a
5	16	Healeys Yard	1.34±0.48 a
6	11	Flat Rock Pool	1.33±0.49 a
7	12	Walsh River- Walsh Emu Creek Junction	1.28±0.45 ab
8	14	Petford Bridge	1.27±0.44 ab
9	18	Mount Mulgrave	1.26±0.47 abc
10	9	Eureka Creek/Tributaries	1.26±0.43 abc
11	5	Emuford	1.24±0.45 abc
12	10	Mishap Creek	1.24±0.45 abc
13	4	Montalbion	1.23±0.45 abc
14	23	Kennedy River	1.22±0.42 abc
15	7	Eccles Creek/Tributaries	1.22±0.40 abc
16	24	Morehead River	1.20±0.40 abc
17	1	Hales Siding	1.20±0.39 abc
18	33	แหล่งเมสส์ที่คัดเลือกในประเทศไทย	1.19±0.41 abc
19	31	Lannard River	1.18±0.45 abc
20	25	Katherine	1.17±0.41 abc
21	6	Petford Bridge	1.16±0.36 bc
22	3	Headwaters-Emu Creek	1.13±0.35 bc
23	17	Palmerlyville	1.13±0.35 c
F-value			2.13**

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95 โดยวิธี LSD



(ก)



(ข)

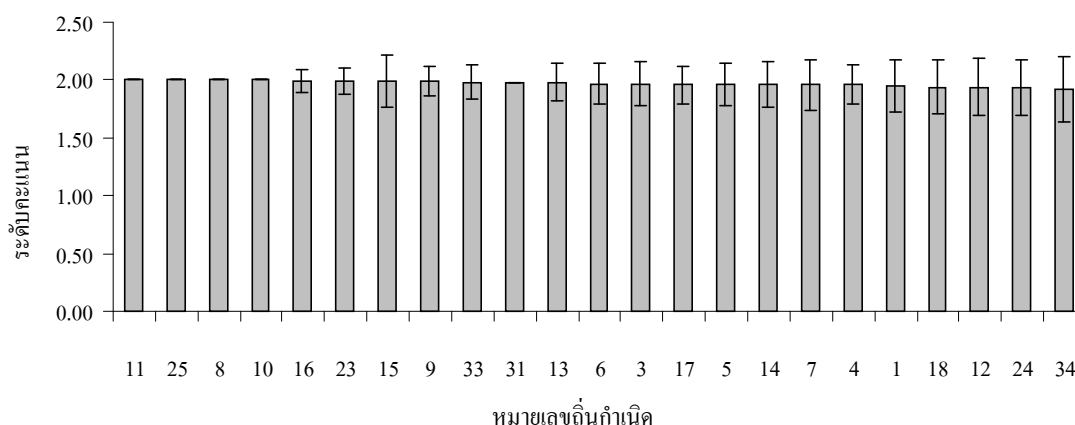
ภาพที่ 17 ระดับคะแนนลักษณะรูปทรงของต้น ไม้ด้านมุมของกิ่งกับลำต้น (ก)
และการลิดกิ่งตามธรรมชาติ (ข)

การทำลายของแตนฝอยปมของไม้ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส อายุ 24 เดือน มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งระหว่างถิ่นกำเนิด และระหว่างสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน อย่างไรก็ตาม พบว่า ทุกถิ่นกำเนิดมีแนวโน้มพบการทำลายของแตนฝอยปมไม่รุนแรงนัก ทั้งนี้เนื่องจากกล้าไม้ที่นำมาใช้ในการทดสอบสายพันธุ์นี้ มีความแตกต่างทั้งลักษณะภายนอกและลักษณะทางพันธุกรรม ทำให้การระบาดไม่สม่ำเสมอและก่อความเสียหายให้แก่ต้นไม้ไม่มากนัก ประกอบกับช่วงเวลาที่ทำการศึกษาด้านไม้มีอายุ 24 เดือน ซึ่งได้พ้นระยะของการถูกทำลายไปแล้ว ดังที่ ดร. เดชา วิวัฒน์วิทยา กล่าวว่า การระบาดของแตนฝอยปมจะสร้างความเสียหายให้แก่กล้าไม้ในเรือนเพาะชำหรือแปลงยูคาลิปตัสที่ตัดให้แตกหน่อมากกว่าไม้ใหญ่ในสวนป่าต่างๆ ไป (บุญวงศ์, 2549) อย่างไรก็ตาม ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส ที่มีถิ่นกำเนิดจาก Flat Rock Pool, Katherine, Headwaters-Emureka Creek และ Mishap Creek ไม่พบการทำลายของแตนฝอยปม (ตารางที่ 16) ซึ่งนับว่าเป็นถิ่นกำเนิดที่มีความต้านทานต่อการระบาดของแมลงชนิดนี้ สำหรับเมล็ดจากแหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย (control), ถิ่นกำเนิด Morehead River, Montalbion และ Walsh River-Walsh Emu Creek Junction มีแนวโน้มการถูกแตนฝอยปมทำลายมากที่สุด (ภาพที่ 18)

ตารางที่ 16 ระดับคะแนนการทำลายของแตนฝอยปมของไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส
อายุ 24 เดือน

ลำดับที่	หมายเลขถิ่นกำเนิด	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	คะแนนการทำลายของแตนฝอยปม	
1	11	Flat Rock Pool	2.00±0.00	a
2	25	Katherine	2.00±0.00	a
3	8	Headwaters-Emureka Creek	2.00±0.00	a
4	10	Mishap Creek	2.00±0.00	a
5	16	Healeys Yard	1.99±0.10	a
6	23	Kennedy River	1.99±0.11	a
7	15	Lynd Junction	1.99±0.23	a
8	9	Eureka Creek/Tributaries	1.99±0.13	a
9	33	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย	1.98±0.15	a
10	31	Lannard River	1.98±0.00	a
11	13	Walsh River Rockwood	1.98±0.16	a
12	6	Petford Bridge	1.97±0.18	a
13	3	Headwaters-Emu Creek	1.97±0.19	a
14	17	Palmerlyville	1.96±0.16	a
15	5	Emuford	1.96±0.18	a
16	14	Petford Bridge	1.96±0.20	a
17	7	Eccles Creek/Tributaries	1.96±0.22	a
18	4	Montalbion	1.96±0.17	a
19	1	Hales Siding	1.95±0.22	a
20	18	Mount Mulgrave	1.94±0.23	a
21	12	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	1.94±0.25	a
22	24	Morehead River	1.94±0.24	a
23	34	แหล่งเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย	1.92±0.28	a
F-value			0.06 ^{ns}	

หมายเหตุ ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 18 ระดับคะแนนลักษณะการทำลายของแตนฝอยปมจำแนกตามถิ่นกำเนิด

5. ค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

โดยทั่วไป ลักษณะการเติบโตของต้นไม้จะขึ้นกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมและปัจจัยพันธุกรรม จากการศึกษาพบว่า ค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะการเติบโตทางความโตและความสูงทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส คามาเลกูลเลนซิส อายุ 24 เดือน พบว่า มีอิทธิพลมาจากพันธุกรรมร้อยละ 24.75 และ 29.92 ตามลำดับ (ตารางที่ 14) ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงกว่าการศึกษาที่ผ่านมา ที่พบว่า ยูคาลิปตัส คามาเลกูลเลนซิส จะมีค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของการเติบโตไม่เกินร้อยละ 20 (Eldridge, 1993) เมื่อเปรียบเทียบค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของความโตและความสูงทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟีลลา (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake) อายุ 9 ปี ซึ่งเป็นการศึกษาสายพันธุ์จากการทดสอบลูกไม้จากแม่เดียวกัน (open pollinated/half-sib progeny test) เช่นเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรม มีค่าค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 21 และ 34 ตามลำดับ แสดงถึงลักษณะการเติบโตมีส่วนมาจากพันธุกรรม (วิระยุทธ และรัตนะ, 2546) ค่าอัตราพันธุกรรมยังบ่งบอกถึงความสำเร็จของการปรับปรุงพันธุ์ เนื่องจากลักษณะที่แสดงออก เป็นผลมาจากพันธุกรรม ทำให้การคัดเลือกสายพันธุ์มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น สำหรับการถ่ายทอดลักษณะรูปทรงของต้นไม้ ค่อนข้างเป็นผลมาจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมมากกว่าพันธุกรรม พบว่าความตรงของลำต้น และขนาดของกิ่ง มีแนวโน้มเป็นผลมาจากพันธุกรรมค่อนข้างสูงกว่ามุมของกิ่ง และการลิดกิ่งตามธรรมชาติ ในขณะที่การทำลายของแตนฝอยปม การแตกนาง และแนวของลำต้น มีค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรมน้อยมาก อย่างไรก็ตาม การประเมินลักษณะรูปทรงของต้นไม้ เป็นลักษณะคุณภาพ (qualitative) ที่ผู้ทำการศึกษาเป็นผู้ให้คะแนน ประกอบกับเป็นการคัดเลือกในรุ่นที่สอง จึง

ทำให้การแปรผันทางด้านลักษณะรูปทรงมีน้อย ทำให้การเปรียบเทียบค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรมมีค่าค่อนข้างต่ำ

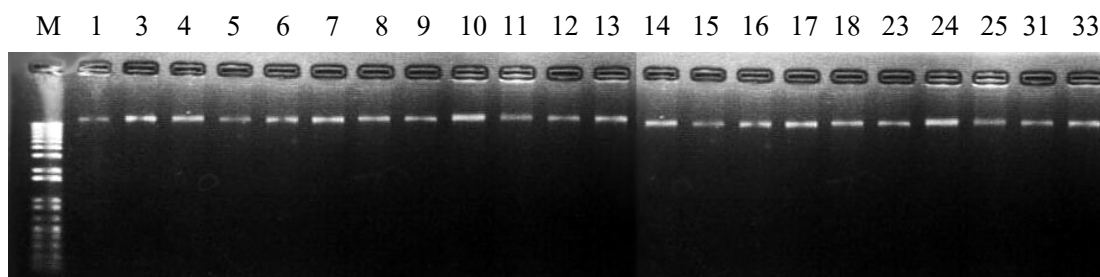
ตารางที่ 17 ค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรมในด้านต่างๆ ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส อายุ 24 เดือน

ลักษณะที่ศึกษา	ค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรม (ร้อยละ)
เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก	24.75
ความสูงทั้งหมด	29.92
การแตกง่ามของลำต้น	0.00
แนวของลำต้น	0.13
ความตรงของลำต้น	17.71
ขนาดของกิ่ง	13.39
มุมของกิ่งกับลำต้น	10.77
การลิดกิ่งตามธรรมชาติ	10.51
การทำลายของแตนฝอยปม	5.74

6. การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยใช้เทคนิค AFLP

6.1 การสกัดดีเอ็นเอของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส 22 สายพันธุ์ จาก 22 ถิ่นกำเนิด

นำดีเอ็นเอที่ได้จากการสกัดตามวิธีของ Agrawal *et al.* (1992) มาวัดปริมาณและคุณภาพของสารละลายดีเอ็นเอ และคำนวณความเข้มข้นของสารละลายดีเอ็นเอ จากนั้นนำสารละลายดีเอ็นเอมาละลายใน ultra pure water ให้ได้ความเข้มข้น 50 นาโนกรัม/ไมโครลิตร และนำมาแยกขนาดดีเอ็นเอด้วยวิธีอะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 แอบริเอ็นเอความเข้มข้น 50 นาโนกรัม ที่ได้จากการสกัดตามวิธีของ Agrawal *et al.* (2002) (M คือ แอบริเอ็นเอมาตรฐาน 1-33 คือหมายเลขถินกำเนิด)

6.2 การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอของไม้ยูคาลิปตัส ความหลากหลายของสายพันธุ์ 22 สายพันธุ์ ตัวแทนจาก 22 ถิ่นกำเนิดทั่วประเทศออสเตรเลีย ด้วยเทคนิค AFLP โดยใช้ไพรเมอร์ 48 คู่ ของ เอนไซม์ตัดจำเพาะ *TaqI* และ *MseI* และใช้ไพรเมอร์ 64 คู่ ของเอนไซม์ตัดจำเพาะ *BfaI* และ *MseI* และพบว่าไพรเมอร์ทั้งหมด 16 คู่ ที่ให้แอบริเอ็นเอที่แตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์ (ตารางที่ 18 และ 19) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของนฤมล (2547) ที่สร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอของยูคาลิปตัส ความหลากหลายของสายพันธุ์ ยูคาลิปตัส เทเรติกอร์นิส (*Eucalyptus tereticornis* Sm.) และยูคาลิปตัสลูกผสมระหว่าง ชนิดทั้งสองโดยใช้เทคนิคการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยไพรเมอร์สำหรับ AFLP และพบว่าเทคนิคนี้ สามารถสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่จำเพาะกับยูคาลิปตัสได้

ตารางที่ 18 ไพรเมอร์ 48 คู่ ที่ใช้สร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอของยูคาลิปตัส ความหลากหลาย โดยใช้ เทคนิค AFLP (เอนไซม์ตัดจำเพาะ *TaqI* และ *MseI*)

ไพรเมอร์สำหรับ	ไพรเมอร์สำหรับ <i>MseI</i> adapter							
<i>TaqI</i> adapter	M-CAA	M-CAC	M-CAG	M-CAT	M-CTA	M-CTC	M-CTG	M-CTT
T-ACT	X	X						
T-AGA		X	X					
T-AGC								
T-AGT					X	X		
T-ATG						X	X	
T-ACG								

หมายเหตุ X: ลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ให้แอบริเอ็นเอที่แตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์

ตารางที่ 19 ไพรมเมอร์ 64 คู่ ที่ใช้สร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอของยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส โดยใช้เทคนิค AFLP (เอนไซม์ตัดจำเพาะ *BfaI* และ *MseI*)

ไพรมเมอร์สำหรับ	ไพรมเมอร์สำหรับ <i>MseI</i> adapter							
<i>BfaI</i> adapter	M-CAA	M-CAC	M-CAG	M-CAT	M-CTA	M-CTC	M-CTG	M-CTT
B-CGT								
B-CGC		X						X
B-CTC			X			X		
B-CTT					X			
B-CCT				X	X			
B-CAT								
B-CCC		X						
B-CAC								

หมายเหตุ X: ลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ให้แถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์

จากการใช้ไพรมเมอร์ทั้งสิ้น 112 คู่ พบว่ามีคู่ไพรมเมอร์ที่สามารถเพิ่มจำนวนชิ้นดีเอ็นเอได้ดีจำนวน 16 คู่ เมื่อนำชิ้นดีเอ็นเอที่ได้จากการเพิ่มปริมาณจากขั้นตอน selective amplification มาแยกขนาดด้วยการทำอิเล็กโตรโฟรีซิสใน denaturing polyacrylamide gel แล้วย้อมเจลด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท จนปรากฏเป็นลายพิมพ์ดีเอ็นเอ เมื่อพิจารณาแถบดีเอ็นเอที่เกิดจากไพรมเมอร์ทั้ง 16 คู่ พบว่าให้แถบดีเอ็นเอที่มีขนาดต่างๆ จำนวนทั้งสิ้น 315 แถบ โดยเฉลี่ยเท่ากับ 19.7 แถบ ดีเอ็นเอต่อคู่ไพรมเมอร์ เป็นแถบดีเอ็นเอที่เหมือนกัน 144 แถบ และแถบดีเอ็นเอที่เป็นพอลิมอร์ฟิซึมจำนวน 183 แถบ ซึ่งเห็นได้ว่าเกิดแถบดีเอ็นเอที่เป็นพอลิมอร์ฟิซึมเฉลี่ย 12 แถบต่อคู่ไพรมเมอร์ คิดเป็นร้อยละ 58.06 (ตารางที่ 20) แสดงว่า ในสายพันธุ์ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส ที่นำมาวิเคราะห์ครั้งนี้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมค่อนข้างสูง และสามารถนำข้อมูลความหลากหลายไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาสายพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัสต่อไปในอนาคตได้ โดยสามารถใช้เป็นแม่ไม้สำหรับการปรับปรุงพันธุ์โดยการถ่ายเรณูโดยการควบคุม สุทัศน์ (2539) กล่าวว่า การเลือกใช้สายพันธุ์พ่อแม่หรือเชื้อพันธุกรรม (germplasm) นั้นมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงพันธุ์พืชอย่างมาก เพื่อให้ได้สายพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะดี มีฐานพันธุกรรมกว้าง ควรเลือกใช้สายพันธุ์พ่อแม่ที่มีความแปรปรวนสูง ทำนองเดียวกับกฤษฎา (2544) ที่กล่าวว่า การสร้างพันธุ์ลูกผสมเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง พันธุ์พ่อแม่ที่ใช้ควรมีความแตกต่างทางพันธุกรรม

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เกิดจากไพรเมอร์ของเอนไซม์ตัดจำเพาะคู่ที่ 1 ได้แก่ *TaqI* และ *MseI* (ภาพผนวกที่ 12) มีแถบดีเอ็นเอที่เหมือนกันถึง 123 แถบ จาก 174 แถบ คิดเป็นพอลิมอร์ฟิซึมร้อยละ 29.31 ซึ่งแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นค่อนข้างไม่มีความแตกต่าง ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจาก ตัวอย่างที่นำมาศึกษาเป็นยูคาลิปตัสชนิดเดียวกัน (ตารางผนวกที่ 1) ผลการศึกษา ดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sale *et al.* (1996) ที่ใช้เทคนิคอาร์เอพีดีในการหาความแตกต่างของ *Eucalyptus risdonii* Hook.f. และ *E. amygdalina* Labill. ซึ่งพบว่าแถบดีเอ็นเอส่วนใหญ่ที่ปรากฏในลายพิมพ์ดีเอ็นเอของยูคาลิปตัสทั้งสองชนิดจะเหมือนกัน และมีแถบดีเอ็นเอบางแถบที่แตกต่างกัน ทั้งที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ต่างจากลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เกิดจากไพรเมอร์ของเอนไซม์ตัดจำเพาะคู่ที่ 2 ได้แก่ *BfaI* และ *MseI* (ภาพผนวกที่ 13) ที่มีแถบดีเอ็นเอที่เหมือนกันเพียง 21 แถบ จาก 141 แถบ คิดเป็นพอลิมอร์ฟิซึมร้อยละ 93.62 จากความแตกต่างของลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นจากเทคนิค AFLP ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่างสายพันธุ์ยูคาลิปตัส ความคลาดเคลื่อนซิสที่นำมาทดสอบ อาจเกิดขึ้นจากการขาดหายไปของเบสที่ตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะ เช่น การเพิ่มขึ้นหรือขาดหายไปของดีเอ็นเอ การเกิดตำแหน่งจดจำเพิ่มขึ้น หรือมีการจัดเรียงตัวใหม่ภายในตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะ มีผลทำให้ขนาดของชิ้นดีเอ็นเอที่สังเคราะห์ได้เปลี่ยนแปลงไป (Kokotovic *et al.*, 1999)

ตารางที่ 20 แถบดีเอ็นเอที่เกิดจากการทำ AFLP ของดีเอ็นเอยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส จำนวน 22 สายพันธุ์

ไพรเมอร์	จำนวนแถบ ดีเอ็นเอ ที่แตกต่าง	จำนวนแถบ ดีเอ็นเอ ที่เหมือนกัน	จำนวนแถบ ดีเอ็นเอ ทั้งหมด	ร้อยละของ พอลิเมอร์ไฟซึม
T-ACT/M-CAA	5	12	17	29.41
T-AGA/M-CAC	8	14	22	36.36
T-AGT/M-CTA	9	13	22	40.91
T-ATG/M-CTG	3	13	16	18.75
T-ACT/M-CAC	6	19	25	24.00
T-AGA/M-CAG	6	23	29	20.69
T-AGC/M-CTC	11	23	34	32.35
T-ATG/M-CTC	3	6	9	33.33
รวม	51	123	174	
B-CGC/M-CAC	23	3	26	88.46
B-CTC/M-CAG	10	3	13	76.92
B-CCT/M-CTA	12	2	14	85.71
B-CCC/M-CAC	16	1	17	94.12
B-CCT/M-CAT	19	4	23	82.61
B-CTT/M-CTA	13	2	15	86.67
B-CTC/M-CTC	18	2	20	90.00
B-CGC/M-CTG	21	4	25	84.00
รวม	132	21	141	
รวมทั้งสิ้น	183	144	315	

6.3 การจำแนกความหลากหลายทางพันธุกรรมของไม้อูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

จากการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เกิดจากเทคนิค AFLP ได้จำนวนแถบดีเอ็นเอ 315 แถบ ที่แสดงความแตกต่างกันในสายพันธุ์ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส 22 สายพันธุ์ ที่เป็นตัวแทนของ 22 ถิ่นกำเนิด วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี cluster analysis ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ NTSYSpc 2.1 เพื่อคำนวณดัชนีความเหมือนด้วยวิธี UPGMA จัดกลุ่มตัวอย่างและแสดงผลในรูปของ phylogenetic tree จากลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้จากการทำ AFLP จำนวนแถบดีเอ็นเอที่ใช้ในการคำนวณทั้งสิ้น 315 แถบ มีดัชนีความเหมือน (similarity index) ดังแสดงในตารางที่ 21 และ phylogenetic tree ดังแสดงในภาพที่ 20 พบว่าที่ค่าดัชนีความเหมือน (similarity index) เท่ากับ 1 สามารถจำแนกสายพันธุ์ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จำนวน 22 สายพันธุ์ ที่เป็นตัวแทนของ 22 ถิ่นกำเนิด ได้เป็น 5 กลุ่ม (ตารางที่ 22) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย 1 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 71 (Petford Bridge, 6)

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย 1 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 99 (Emuford)

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย 5 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 177 (Palmerlyville) สายพันธุ์ 188 (Healeys Yard) สายพันธุ์ 182 (Lynd Junction) สายพันธุ์ 114 (Walsh River-Walsh Emu Creek Junction) สายพันธุ์ 137 (Flat Rock Pool) ภายในกลุ่มมีค่าดัชนีความเหมือนระหว่าง 0.721-0.794

กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วย 8 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 223 (Morehead River) สายพันธุ์ 234 (คัดเลือกจากประเทศไทย) สายพันธุ์ 209 (Lannard River) สายพันธุ์ 208 (Katherine) สายพันธุ์ 219 (Kennedy River) สายพันธุ์ 166 (Mt. Mulgrave) สายพันธุ์ 155 (Petford Bridge, 14) สายพันธุ์ 47 (Mishap Creek) ภายในกลุ่มมีค่าดัชนีความเหมือนระหว่าง 0.724-0.848

กลุ่มที่ 5 ประกอบด้วย 7 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 162 (Walsh River Rockwood) สายพันธุ์ 88 (Montalbion) สายพันธุ์ 61 (Eureka Creek/Tributaries) สายพันธุ์ 109 (Headwaters-Emureka Creek) สายพันธุ์ 19 (Eccles Creek/Tributaries) สายพันธุ์ 104 (Headwaters-Emu Creek) และสายพันธุ์ 69 (Hales Siding) ภายในกลุ่มมีค่าดัชนีความเหมือนระหว่าง 0.698-0.829

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความเหมือนภายในกลุ่ม พบว่า แต่ละกลุ่มมีค่าดัชนีความเหมือนค่อนข้างสูง แม้ว่าจะสามารถบอกความแตกต่างของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่นำมาทดสอบได้ แต่ค่าดัชนีความเหมือนที่สูงนี้ แสดงถึงความแตกต่างภายในกลุ่มตัวอย่างที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยในทางตรงข้ามกัน สายพันธุ์ 71 (Petford bridge, 6) สายพันธุ์ 99 (Emuford) และสายพันธุ์ 177 (Palmerlyville) แยกจากกลุ่มอื่นอย่างชัดเจน แสดงว่าทั้งสามสายพันธุ์แตกต่างจากสายพันธุ์อื่นที่นำมาทดสอบอย่างชัดเจน

จากผลการจัดกลุ่มตัวอย่างสายพันธุ์ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทั้ง 5 กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มนั้น มิได้มีที่มาจากถิ่นกำเนิดดั้งเดิมของแม่รุ่นที่หนึ่งเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดที่เก็บจากสวนผลิตเมล็ดพันธุ์นั้น เป็นเมล็ดที่เก็บจากแม่ไม้ที่มีการถ่ายเรณูตามธรรมชาติ ซึ่งไม่สามารถทราบได้ว่าเมล็ดที่เก็บได้นั้นเกิดจากการผสมระหว่างต้นแม่ที่เก็บเมล็ด กับต้นพ่อต้นใด หรือมีการผสมตัวเอง (self pollination) (ราชบัณฑิตยสถาน, 2547) เมื่อพิจารณาสายพันธุ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 ได้แก่ สายพันธุ์ 71 ที่เป็นตัวแทนของถิ่นกำเนิด Petford Bridge (6) เพียงสายพันธุ์เดียว และถือว่ามีความแตกต่างทางพันธุกรรมจากสายพันธุ์จากถิ่นกำเนิดอื่นๆ ค่อนข้างสูง โดยมีค่าดัชนีความเหมือนกับกลุ่มอื่นๆ ตั้งแต่ 0.629-0.749 และเป็นที่น่าสังเกตว่าสายพันธุ์ที่เป็นตัวแทนของถิ่นกำเนิด Petford Bridge (14) มีค่าดัชนีความเหมือนกับสายพันธุ์ที่เป็นตัวแทนของ Petford Bridge (6) 0.625 ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ แสดงถึงความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ที่ค่อนข้างสูง ทั้งๆ ที่เป็นถิ่นกำเนิดชื่อเดียวกัน แต่ในสภาพธรรมชาติ มีความห่างไกลมาก ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมา ที่พบว่าการเติบโตของกล้าไม้จากเมล็ดที่นำเข้ามาจากประเทศออสเตรเลีย ถิ่นกำเนิด Petford Bridge มีการแปรผันสูง ทั้งที่มีการเติบโตดี และการเติบโตค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการนำเข้าเมล็ดเพื่อนำเข้ามาปลูกสร้างสวนป่าในประเทศไทย ควรพิจารณาอย่างละเอียด อย่างไรก็ตาม การเติบโตทางความโตเฉลี่ยของสายพันธุ์ที่มีที่มาจากถิ่นกำเนิดทั้ง 14 และ 6 ของ Petford Bridge ในการศึกษาครั้งนี้ ก็มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สายพันธุ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ 2 มีเพียงสายพันธุ์เดียวคือสายพันธุ์ 99 ที่เป็นตัวแทนถิ่นกำเนิด Emuford ซึ่งอยู่ในเขต Petford Region จากการศึกษาการเติบโต พบว่าสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิด Emuford มีการเติบโตในระดับปานกลาง โดยเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก ค่อนข้างมีการแปรผันสูง ตั้งแต่ 4.06-5.60 เซนติเมตร

สายพันธุ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ 3 มี 5 สายพันธุ์ จาก 5 ถิ่นกำเนิด ที่อยู่ในเขต Walsh-Mitchell River, Queensland ยกเว้นสายพันธุ์ 114 ที่มีที่มาจากถิ่นกำเนิดที่อยู่ในเขต Petford Region สายพันธุ์ 182 กับสายพันธุ์ 114 มีค่าดัชนีความเหมือนมากที่สุดที่จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน มีค่า 0.794 สายพันธุ์ ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกันกับสายพันธุ์ในกลุ่มที่ 3 นี้ มีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางความโตอยู่ในกลุ่มที่มีอันดับสูงสุดถึง 3 ถิ่นกำเนิด ได้แก่ Lynd Junction, Healeys Yard และ Flat Rock Pool และยังเป็นสายพันธุ์ที่มีการเติบโตทางความโตอยู่ใน 20 อันดับแรกด้วย เมื่อพิจารณาความสูงทั้งหมดของลำต้นระหว่างถิ่นกำเนิด พบว่าสายพันธุ์ในกลุ่มที่ 3 นี้ จัดอยู่ในกลุ่มที่มีการเติบโตทางความสูงมากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกลุ่มอื่นๆ

กลุ่มที่ 4 มีจำนวนสายพันธุ์ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิสมากที่สุดถึง 8 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 234 จากแม่รุ่นที่หนึ่งที่คัดเลือกจากแหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย และสายพันธุ์ 209 ตัวแทนถิ่นกำเนิด Lannard River ที่อยู่ในเขต Western Australia มีดัชนีความเหมือนมากที่สุดในระหว่างสายพันธุ์ที่เป็นตัวแทนของแต่ละถิ่นกำเนิด มีค่า 0.848 นอกจากนี้ ทั้งสองสายพันธุ์ยังมีความเหมือนกับสายพันธุ์ 208 (Katherine) ที่อยู่ในเขต Northern Territory โดยมีค่าความเหมือนกันสูง มีค่า 0.80 ซึ่งอาจสันนิษฐานได้ว่าสายพันธุ์ที่เป็นตัวแทนแหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทยที่นำมาตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอนี้ อาจนำเมล็ดมาจากถิ่นกำเนิดจาก Western Australia หรือ Northern Territory ก็เป็นไปได้ เมื่อพิจารณาสายพันธุ์ที่เป็นตัวแทนของถิ่นกำเนิดในกลุ่มที่ 4 ร่วมกับการเติบโต พบว่า สายพันธุ์ที่มีที่มาจากถิ่นกำเนิดในกลุ่มที่ 4 นี้ จัดอยู่ในกลุ่มที่มีการเติบโตมากที่สุด ทั้ง 8 สายพันธุ์ แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

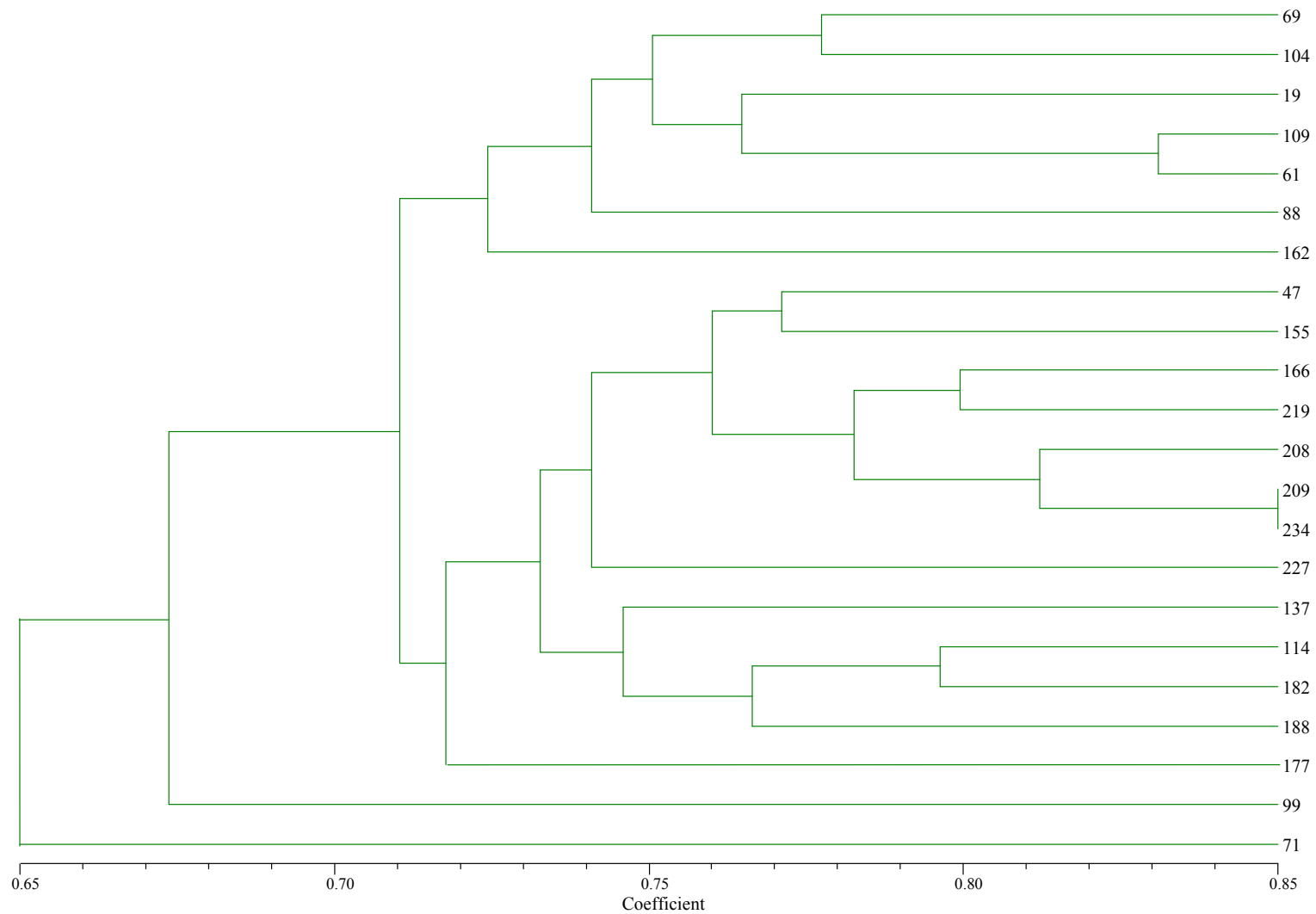
กลุ่มที่ 5 มีจำนวนสายพันธุ์ที่เป็นสมาชิกของกลุ่ม 7 สายพันธุ์ โดย 6 สายพันธุ์ ได้จากแม่รุ่นที่หนึ่งที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขต Petford Region ส่วนอีก 1 สายพันธุ์ ได้แก่สายพันธุ์ 162 ได้จากแม่รุ่นที่หนึ่งที่มีถิ่นกำเนิด Walsh River Rockwood อยู่ในเขต Walsh-Mitchell River, Queensland สายพันธุ์ 61 ตัวแทนถิ่นกำเนิด Eureka Creek/Tributaries และสายพันธุ์ 109 ตัวแทนถิ่นกำเนิด Headwaters-Emureka Creek มีค่าดัชนีความเหมือน 0.829 ซึ่งถือว่ามีความแตกต่างทางพันธุกรรมต่ำ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาสายพันธุ์ที่เป็นตัวแทนของแต่ละถิ่นกำเนิด ในกลุ่มที่ 5 กับความสัมพันธ์กับการเติบโต พบว่ากลุ่มที่ 1, 3 และ 4 เป็นสายพันธุ์ที่เป็นตัวแทนของถิ่นกำเนิดที่มีการเติบโตอยู่ในกลุ่มสูงสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกลุ่มที่ 5 ที่เป็นกลุ่มของสายพันธุ์ที่เป็นตัวแทนของถิ่นกำเนิดที่มีการเติบโตน้อยที่สุด

ตารางที่ 21 ค่าดัชนีความเหมือน (similarity index) ที่ได้จากการเปรียบเทียบความเหมือนของแถบ
ดีเอ็นเอที่เกิดจากเทคนิค AFLP ของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จำนวน 22 สายพันธุ์

สายพันธุ์	69	104	88	99	71	19	109	61	47	137	114	162
69	1.000											
104	0.775	1.000										
88	0.746	0.737	1.000									
99	0.686	0.702	0.679	1.000								
71	0.651	0.629	0.651	0.641	1.000							
19	0.740	0.730	0.733	0.698	0.651	1.000						
109	0.743	0.771	0.743	0.714	0.641	0.768	1.000					
61	0.749	0.752	0.730	0.702	0.660	0.756	0.829	1.000				
47	0.749	0.752	0.698	0.657	0.635	0.711	0.746	0.759	1.000			
137	0.676	0.711	0.676	0.660	0.651	0.670	0.692	0.749	0.756	1.000		
114	0.730	0.733	0.717	0.702	0.698	0.686	0.727	0.740	0.746	0.768	1.000	
162	0.698	0.721	0.705	0.676	0.610	0.730	0.746	0.727	0.721	0.717	0.683	1.000
155	0.721	0.705	0.695	0.673	0.625	0.714	0.762	0.737	0.768	0.727	0.743	0.756
182	0.714	0.717	0.702	0.673	0.670	0.708	0.749	0.730	0.743	0.740	0.794	0.743
188	0.695	0.679	0.683	0.679	0.632	0.695	0.711	0.724	0.730	0.721	0.749	0.730
177	0.629	0.670	0.686	0.651	0.654	0.705	0.683	0.702	0.689	0.724	0.733	0.714
166	0.663	0.705	0.683	0.667	0.638	0.733	0.762	0.737	0.762	0.721	0.730	0.679
219	0.689	0.711	0.702	0.648	0.651	0.708	0.743	0.717	0.775	0.695	0.737	0.724
223	0.702	0.705	0.670	0.629	0.663	0.689	0.711	0.705	0.724	0.727	0.730	0.686
208	0.698	0.695	0.698	0.619	0.654	0.686	0.695	0.676	0.727	0.717	0.708	0.702
209	0.708	0.698	0.670	0.641	0.632	0.708	0.698	0.705	0.768	0.695	0.705	0.692
234	0.689	0.711	0.657	0.648	0.638	0.683	0.724	0.717	0.756	0.702	0.730	0.711

ตารางที่ 21 (ต่อ)

สายพันธุ์	155	182	188	177	166	219	223	208	209	234
155	1.000									
182	0.740	1.000								
188	0.714	0.778	1.000							
177	0.724	0.724	0.717	1.000						
166	0.746	0.752	0.740	0.737	1.000					
219	0.771	0.765	0.740	0.717	0.797	1.000				
223	0.721	0.740	0.727	0.705	0.733	0.759	1.000			
208	0.737	0.730	0.730	0.702	0.762	0.787	0.756	1.000		
209	0.765	0.708	0.733	0.692	0.771	0.790	0.740	0.819	1.000	
234	0.765	0.752	0.733	0.711	0.778	0.790	0.733	0.800	0.848	1.000



ภาพที่ 20 Phylogenetic tree ของไม้ยูคาลิปตัส กามาเลนซิส ที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม NTSYSpc 2.1 โดยอาศัยข้อมูลจากการวิเคราะห์แอมป์ดีเอ็นเอ

ตารางที่ 22 ผลของการจัดกลุ่มสายพันธุ์ยูคาลิปตัส ตามาตดูเลนซิส จำนวน 22 สายพันธุ์ ที่เป็น
ตัวแทนของ 22 ถิ่นกำเนิด โดยอาศัยค่าดัชนีความเหมือน (similarity index) เท่ากับ 1

กลุ่ม ที่	เขต (Region)	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	สาย พันธุ์
1	Walsh-Mitchell River QLD	Petford Bridge	6	71
2	Petford Region QLD	Emuford	5	99
3	Walsh-Mitchell River QLD	Palmerlyville	17	177
	Walsh-Mitchell River QLD	Healeys Yard	16	188
	Walsh-Mitchell River QLD	Lynd Junction	15	182
	Petford Region QLD	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	12	114
	Walsh-Mitchell River QLD	Flat Rock Pool	11	137
	Other QLD	Morehead River	24	223
4	Thailand	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกในประเทศไทย	33	234
	Western Australia	Lannard River	31	209
	Northern Territory	Katherine	25	208
	Other QLD	Kennedy River	23	219
	Walsh-Mitchell River QLD	Mt. Mulgrave	18	166
	Walsh-Mitchell River QLD	Petford Bridge	14	155
	Petford Region QLD	Mishap Creek	10	47
	Walsh-Mitchell River QLD	Walsh River Rockwood	13	162
5	Petford Region QLD	Montalbion	4	88
	Petford Region QLD	Eureka Creek/tributaries	9	61
	Petford Region QLD	Headwaters-Emureka Creek	8	109
	Petford Region QLD	Eccles Creek/tributaries	7	19
	Petford Region QLD	Headwaters-Emu Creek	3	104
	Petford Region QLD	Hales Siding	1	69

หมายเหตุ QLD: Queensland

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ผลการศึกษาการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันของพื้นที่สอง อายุ 24 เดือน จำนวน 120 สายพันธุ์ บริเวณสถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา สามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

1. อัตราการรอดตาย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทั้งระหว่างถิ่นกำเนิด และสายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน โดยมีการแปรผันตั้งแต่ร้อยละ 75-100 สายพันธุ์จากเขต Petford, Queensland มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด

2. การเติบโตของสายพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดต่างๆ จากเขต Walsh-Mitchell River Queensland มีการเติบโตดีที่สุด โดยเฉพาะสายพันธุ์ 188 และ 187 จากถิ่นกำเนิด Healeys Yard ที่มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักกันดี นอกจากนี้สายพันธุ์ที่คัดเลือกในประเทศไทย ที่ผ่านการทดสอบสายพันธุ์ในรุ่นที่หนึ่งมาแล้ว มีการเติบโตทั้งความโตและความสูงจัดอยู่ในกลุ่มสูงสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสายพันธุ์ที่เก็บเมล็ดทั่วไปในประเทศไทย แสดงถึงความสำเร็จของการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งผลการทดสอบรุ่นที่สองนี้ จะเป็นการยืนยันศักยภาพของแม่ไม้ในรุ่นที่หนึ่งสำหรับการเก็บเมล็ดมาเพาะชำกล้าไม้ ตลอดจนได้สายพันธุ์รุ่นที่สองที่มีการเติบโตและลักษณะรูปทรงดี ไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์สำหรับการปลูกสร้างสวนป่า

3. ลักษณะรูปทรงของต้นไม้ที่ได้จากการเก็บเมล็ดจากแปลงทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่หนึ่งนั้นมีลักษณะที่ดี ลำต้นเปลาตรง กิ่งมีขนาดไม่เกิน 1/3 ของขนาดลำต้น ส่วนใหญ่ไม่แตกนางและมีการลิดกิ่งตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม พบว่าเมล็ดที่เก็บทั่วไป ซึ่งไม่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์นั้น มีการเติบโตและลักษณะรูปทรงลำต้นด้อยกว่าเมล็ดจากสวนผลิตเมล็ดพันธุ์รุ่นที่หนึ่งของกรมป่าไม้ ดังนั้นการเลือกใช้เมล็ดเหล่านั้นควรพิจารณาให้รอบคอบเป็นพิเศษ

4. ค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรม พบว่าลักษณะการเติบโตของต้นไม้ มีแนวโน้มได้รับอิทธิพลมาจากพันธุกรรม แต่การถ่ายทอดลักษณะรูปทรงของต้นไม้ ก่อนข้างเป็นผลมาจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมมากกว่าพันธุกรรม โดยศึกษาจากค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

5. การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยเทคนิค AFLP ของสายพันธุ์ที่มีการเติบโตทางความโตสูงสุดเพื่อเป็นตัวแทนของถิ่นกำเนิด 22 ถิ่นกำเนิด โดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ *TaqI* และ *MseI* กับเอนไซม์ตัดจำเพาะ *BfaI* และ *MseI* พบว่ามีไพรเมอร์ 16 คู่ ที่ให้แถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์ ให้แถบดีเอ็นเอที่มีขนาดต่างๆ จำนวนทั้งสิ้น 315 แถบ วิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เกิดจากเทคนิค AFLP ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณดัชนีความเหมือนด้วยวิธี UPGMA สามารถแบ่งสายพันธุ์ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ โดยมีค่าดัชนีความเหมือนอยู่ระหว่าง 0.698-0.848 ซึ่งเป็นค่าค่อนข้างสูง แสดงถึงความแตกต่างภายในกลุ่มตัวอย่างเพียงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาสายพันธุ์ในกลุ่มที่ 1, 3 และ 4 พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเติบโต โดยจัดอยู่ในกลุ่มที่มีการเติบโตสูงสุด กลุ่มที่ 2 มีการเติบโตอยู่ในระดับปานกลาง และกลุ่มที่ 5 เป็นกลุ่มที่มีการเติบโตอยู่ในระดับต่ำที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสายพันธุ์ที่มีที่มาจากถิ่นกำเนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตามสายพันธุ์ 71 (Petford bridge, 6) และสายพันธุ์ 99 (Emuford) แยกจากกลุ่มอื่นอย่างชัดเจน แสดงว่าสายพันธุ์ดังกล่าวแตกต่างจากสายพันธุ์อื่นที่นำมาทดสอบอย่างชัดเจน

ดังนั้นการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมสูง สำหรับนำไปใช้ประโยชน์ในการผสมพันธุ์แบบควบคุม ลดความเสี่ยงของการเกิดลักษณะด้อยจากการผสมชิด ตลอดจนการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เพื่อลดความรุนแรงของการระบาดของโรคและแมลงในกรณีที่ปลูกเป็นผืนใหญ่ นอกจากนี้ ผลการศึกษา สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกและปรับปรุงแปลงทดสอบสายพันธุ์ดังกล่าวให้เป็นสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ และสวนผลิตกิ่งพันธุ์ (hedge orchard) สำหรับการผลิตกล้าไม้ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ผลจากการศึกษานี้ สามารถนำข้อมูลการเติบโต ลักษณะรูปทรงของต้นไม้ ค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรม ของสายพันธุ์ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จำนวน 120 สายพันธุ์ และลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสายพันธุ์ที่มีการเติบโตสูงสุดที่เป็นตัวแทนของแต่ละถิ่นกำเนิดจำนวน 22 สายพันธุ์ ไปใช้สำหรับการคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการปรับปรุงพันธุ์และการปลูกสร้างสวนป่า ได้แก่ สามารถคัดเลือกเพื่อนำไปขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเพื่อการผลิตกล้าไม้จำนวนมาก หรือใช้เป็นแม่ไม้สำหรับเก็บเมล็ดเพื่อใช้ในการปลูกสร้างสวนป่า นอกจากนี้หากต้องการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ในขั้นต่อไป ก็สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ดังกล่าวไปเป็นพ่อแม่พันธุ์สำหรับการถ่ายเรณูโดยการควบคุม

2. การศึกษาการเติบโตและลักษณะรูปทรงของต้นไม้ ตลอดจนการวิเคราะห์ค่าการ
ถ่ายทอดทางพันธุกรรม ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเมื่ออายุคลิप्तส ความลาดดูเลนซิสอายุมากขึ้น หรือเก็บ
ข้อมูลการเติบโตต่อเนื่องทุกปี เพื่อประกอบการคัดเลือกสายพันธุ์ไปใช้ประโยชน์ในอนาคต

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2544. **ปรับปรุงพันธุ์พืช: ความหลากหลายทางแนวคิด.**

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กมล วิศุกกาญจน์. 2528. การเก็บเมล็ดไม้ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส, น. 46-55. ใน **รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส, 30 ตุลาคม – 1 พฤศจิกายน 2527.** กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

กรมป่าไม้. 2544. **ไม้ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส.** ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

กองคุ้มครองพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร. 2550. **ยูคาลิปตัส K7.** กองคุ้มครองพันธุ์พืช.

แหล่งที่มา: <http://www.doa.go.go.th/pvp/plantrubrong/43tabian.doc>, 2 ตุลาคม 2551

โครงการวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า. 2532. **การวางแผนและเทคนิคในการปลูกสร้างและบำรุงรักษาสวนป่า.** กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

เจษฎา วงศ์พรหม. 2552. **การใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส 4 สายต้น ที่ปลูกบนคันนา จังหวัดฉะเชิงเทรา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชลิต อรุณพัฒน์พงศ์ และ สวลี ลาขโรจน์. 2528. การศึกษาแนวโน้มการใช้ไม้ และการตลาดในอนาคต, น. 258-282. ใน **รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส, 30 ตุลาคม–1 พฤศจิกายน 2527.** กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ณัฐวุฒิ ม่วงทอง. 2548. **การเติบโต ผลผลิต การใช้น้ำ และคุณสมบัติดินของสวนป่ายูคาลิปตัส คามาเลเดนซิส.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ถนนม เปรมรัศมี และ ประเสริฐ โพธิ์ปักษ์. ม.ป.ป. ผลการทดลองปลูกพรรณไม้โครงการสำรวจ
วัตถุประสงค์เพื่อทำเชื้อและกระดาศ. รายงานผลการปฏิบัติงานทดลองปลูกพรรณไม้ใน
โครงการโครงการสำรวจวัตถุประสงค์เพื่อทำเชื้อและกระดาศ. กรมป่าไม้.

เทพประสิทธิ์ ฌ นคร และ สถาพร ตันทเจริญกิจ. 2540. การทดสอบถิ่นกำเนิดไม้ยูคาลิปตัส
คามาลดูเลนซิส. รายงานการวิจัย. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ รัตวานิช, อรรณพ อภิชาติบุตร และ เพ็ญศรี นามประเสริฐ. 2530. การผลิตเชื้อซัลเฟตจาก
ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

เชียรชัย พรอมมูล. 2528. การเก็บเมล็ดไม้และอัตราการงอกของเมล็ดไม้ยูคาลิปตัส
คามาลดูเลนซิส, น.70-89. ใน รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส 30
ตุลาคม – 1 พฤศจิกายน 2527. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

นฤมล ธนาคันต์. 2547. การตรวจสอบยูคาลิปตัสด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอและการถ่ายยีน HAL2
เข้าสู่ยูคาลิปตัสผสม *Eucalyptus camaldulensis* X *E. tereticornis*. วิทยานิพนธ์
ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญวงศ์ ไทยอุดคำห์. 2537. อดีต ปัจจุบัน และอนาคตไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทย. สักทอง 12
(4): 6-13.

_____. 2546. บทนำ. น.3. ใน รายงานฉบับสมบูรณ์ : ศักยภาพของพื้นที่เพื่อรองรับการปลูกไม้
ยูคาลิปตัส. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อ้างถึง ปรีชา เจริญ
เกียรติกุล. 2545. กลยุทธ์การเพิ่มความสามารถของรัฐกิจเชื้อและกระดาศในประเทศไทยใน
การส่งเสริมการปลูกไม้ยูคาลิปตัส : กรณีศึกษาเกษตรกรรายใหญ่. รายงานการศึกษาค้นคว้า
ด้วยตนเอง. วิทยาลัยบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (บริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2549. โรคและแมลงเป็นปัญหาของไม้ยูคาลิปตัสในวันนี้. ไม่ลองไม่รู้. บริษัท นครินทร์
มีเดีย. กรุงเทพฯ.

ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ. 2546. พันธุศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประสิทธิ์ สะอาดวู และ อรรถพล ตูลารักษ์. 2529. การเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกในพื้นที่แห้งแล้ง, น 14-25. ใน รายงานผลงานวิจัย 2527-2528 เล่ม 1. ฝ่ายวนวัฒนวิจัย กองบำรุง กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬุ, บุญญฤทธิ์ ภูริยากร, วิสุทธิ สุวรรณภินันท์ และ ชุบ เข็มนาถ. 2523. การเสื่อมคุณภาพของดินจากการทำลายป่าสะแกราช. รายงานวนศาสตร์วิจัยเล่มที่ 68.

_____, พิตยา เพชรมาก, จักรพล จักรพลวรฤทธิ์ และ ปรีชา ธรรมานนท์, 2530. ผลของความหนาแน่นของการปลูกป่าต่อผลผลิตของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกเพื่อการประยุตระบบวนเกษตร. วารสารวนศาสตร์ 6(3): 213-238.

พรจันทร์ นุสบา. 2547. การเติบโตและลักษณะที่แสดงออกของไม้ยูคาลิปตัสสายพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีการระบายน้ำแล้ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิตยา หิรัญพันธุ์. 2530. ผลผลิตของไม้พื้ขนาดเล็กจากการตัดสางขยายระยะ สวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. และ จักรพล จักรพลวรฤทธิ์. 2528. การปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยระบบวนเกษตร, น. 125-141. ใน รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส 30 ตุลาคม-1 พฤศจิกายน 2527. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

พิศาล วสุวานิช และ วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. 2539. ความผันแปรการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากถิ่นกำเนิดต่างๆ ในแปลงทดสอบถิ่นกำเนิด/สายพันธุ์ในประเทศไทย, น. 121-140. ใน รายงานการประชุมวิชาการการป่าไม้แห่งชาติ ประจำปี 2538 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 20-24 พฤศจิกายน 2538. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

พิศาล วสุวานิช และ วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. 2540. ความผันแปรการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส ในแปลงทดสอบถิ่นกำเนิด/สายพันธุ์อายุ 24 เดือนในประเทศไทย, เอกสารผลงานวิจัย. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ภาควิชาวนวัฒนวิทยา. 2550. วนวัฒนวิทยา พื้นฐานเพื่อการปลูกป่า. กองทุนจัดพิมพ์ตำราภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มนตรี สนิทประชากร, สมศักดิ์ มนต์ศรีสุขใส และ สัมฤทธิ์ กิตติธรรกุล. 2529. การปลูกยูคาลิปตัสในประเทศไทย. สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2547. ศัพท์ป่าไม้ อังกฤษ-ไทย ไทย-อังกฤษ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. ศักดิ์โสภณการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เรวดี กรประชา, เสาวนีย์ พุทธิธาดา, อรุณี อิงคากุล และ สมศักดิ์ อภิสิทธิ์วานิช. 2549. การพัฒนาเครื่องหมาย SCAR สำหรับคัดเลือดยูคาลิปตัสลูกผสมระหว่าง T5 x A17. ใน รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 (สาขาวิทยาศาสตร์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วนิดา สุพรรณเสณี, สมควร สวัสดิชิต และ ประเชิญ สร้อยทองคำ. 2531. สีสรรมาติจากพืชและสัตว์ในประเทศไทย. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

วิเชียร สุมนต์กุล. 2542. หลักการปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่าเบื้องต้น. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. ม.ป.ป. การพัฒนาพันธุ์ไม้โตเร็วของกรมป่าไม้เพื่อการปลูกสวนป่าเชิงเศรษฐกิจ. ส่วนวนวัฒนวิจัย กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

_____, คงศักดิ์ ภิญโญภูษากฤษ์ และ รัตนะ ไทงาม. 2540. ลักษณะการเติบโต และรูปทรงลำต้นของไม้อะเคเซีย ออตาโคคาร์ปา ในแปลงทดสอบสายพันธุ์ที่อายุ 6 ปี ในประเทศไทย. เอกสารผลงานวิจัย. ส่วนวนวัฒนวิจัย กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง, คงศักดิ์ ภิญโญภษาฤกษ์, สุรัชย์ ปราณศิลป์ และ รัตนะ ไทยงาม. 2542.

ลักษณะสายพันธุ์รุ่นที่สองของการปรับปรุงพันธุ์ไม้กระถินณรงค์. เอกสารผลงานวิจัย.

ส่วนวนวัฒนวิจัย กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

วีระยุทธ กุลพรพันธ์ และ รัตนะ ไทยงาม. 2546. การทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิดของไม้

ยูคาลิปตัส ยูโรฟีลลา ที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา.

เอกสารผลงานวิจัย. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

สมคิด สิริพัฒน์ดิลก และ สุธีร์ ดวงใจ. 2543. การปรับปรุงผลผลิตเนื้อไม้ยูคาลิปตัส โดยสร้าง

ลูกผสม. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนอุดหนุน มก. ประจำปี 2541-2543.

ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมบัติ งามเสมอ. 2544. การผลิตปุ๋ยหมักจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส. สยามปริสาร 3 (7): 8-10.

สมปอง เตชะโต. 2539. เทคโนโลยีชีวภาพของพืชปลูก. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะ

ทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา.

สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล, สมชาย นองเนื่อง และ อำไพ พรธิแสงสุวรรณ. 2544. การทดสอบสาย

พันธุ์ไม้สนคาริเบียอายุ 7 ปี. เอกสารผลงานวิจัย. ส่วนวนวัฒนวิจัย กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สุธี วิสุทธิเทพกุล และ อรุณ ชมชาญ. 2528. คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ไม้ยูคาลิปตัส

คามาลดูเลนซิส ในลักษณะไม้แปรรูป, 241-248. ใน รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส

คามาลดูเลนซิส 30 ตุลาคม – 1 พฤศจิกายน 2527. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สุธีร์ ดวงใจ. 2543. การตรวจสอบพันธุ์กรรมไม้ยูคาลิปตัส ด้วยลายพิมพ์ดีเอ็นเอ. วิทยานิพนธ์

ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____ และ สมคิด สิริพัฒน์ดิลก. 2548. การพิสูจน์ลูกผสมของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

และยูคาลิปตัส ยูโรฟีลลา โดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ. วารสารวนศาสตร์ 24: 13-25.

สุรินทร์ ปิยะโชคนากุล. 2545. **จีโนมและเครื่องหมายดีเอ็นเอ ปฏิบัติการอาร์เอฟดีและเอเอฟแอลพี**. ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2552. **เครื่องหมายดีเอ็นเอ จากพื้นฐานสู่การประยุกต์**. ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุชาติ ไทยเพ็ชร. 2528. คุณสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และการใช้ประโยชน์, น. 222-224. ใน **รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส, 30 ตุลาคม-1 พฤศจิกายน 2527**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์. 2539. **การปรับปรุงพันธุ์พืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อภิชาติ ขาวสอาด และ สมเกียรติ จันทร์ไพแสง. 2535. แนวทางการปรับปรุงพันธุ์ไม้สักในประเทศไทย, น. 83-99. ใน **สัมมนา 50 ปี สวนสักห้วยทาก เฉลิมพระเกียรติ 60 พรรษามหาราชนี 5-8 สิงหาคม 2535**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

อรุณ ชมชาญ และ วินัย ปัญญาธัญญะ. 2528. ไม้ยูคาลิปตัสกับการผลิตถ่าน, น. 249-257. ใน **รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส, 30 ตุลาคม - 1 พฤศจิกายน 2527**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

Agrawal, G.R., R.N. Pandey and V.P. Agrawal. 1992. Isolation of DNA from *Choerospondias asillaris* leaves. **Biotech. Biodiv. Lett.** 2: 19-24.

Boland, D.J., M.I.H. Brooker, G.M. Chippendale, N. Hall, B.P.M. Hyland, R.D. and D.A. Johnston. 1985. *Eucalyptus* for Planting. **FAO Forestry Series No. 11**. FAO, Rome.

Eldridge, K., J. Davidson, C.E. Harwood and G. van Wyk, 1993. **Eucalyptus Domestication and Breeding**. Clarendon, Oxford.

- Eldridge, K. 1995. **Breeding Plan for *Eucalyptus camaldulensis* in Thailand 1995 Revision.** CSIRO-Division of Forestry, Canberra.
- FAO. 1979. Eucalyptus for Planting. **FAO Forestry Series No. 11.** FAO, Rome.
- Fink, R., E. Gatti, L. Gianfranceschi, A. Gallavotti, P.G. Isaac, M. Sari-Gorla and M.E. Pe. 2001. Localization and fine mapping of gaMS-1, a male gametophytic mutant of maize. **Sex Plant Reprod.** 14: 95-99.
- Gaiotto, F.A., M. Bramucci and D. Grattapaglia. 1997. Estimation of outcrossing rate in a breeding population of *Eucalyptus urophylla* with dominant RAPD and AFLP markers. **Theor. Appl. Genet.** 95 (5-6): 842-849.
- Jeffreys, A.J., V. Wilson and S.L. Thein. 1985. Hypervariable minisatellite regions in human DNA. **Nature.** 314: 67-73.
- Keil, M. and A.R. Griffin. 1994. Use of random amplified polymorphic DNA (RAPD) marker in the discrimination and verification of genotype in *Eucalyptus*. **Theor. Appl. Genet.** 89: 442-450.
- Kellison, R.C. 1969. Application of Genetics, Racial Variation, and Adaptation to Tree Improvement, FAO – North Carolina State. **Forest Tree Improvement Training Centre**, Lecture Notes. School of Forest Resources, North Carolina State University at Raleigh.
- Kokotovic, B., N.F. Friis, J.S. Jensen and P. Ahrens. 1999. Amplified fragment length polymorphism fingerprint of Mycoplasma species. **J. Clin. Microbiol.** 37: 3300-3307.
- Lange, W.J. de., B.D. Wingfield, C.D. Viljoen, M.J. Wingfield and W.J. de Lange. 1993. RAPD fingerprinting to identify *Eucalyptus grandis* clones. **S. Afr. Forest J.** 67: 47-50.

- Luangviriyasaeng, V. 2003. Eucalyptus planting in Thailand, pp. 28-31. *In*: J. Turnbull (ed.) Eucalyptus in Asia. **Proceeding of the International Symposium. Zhanjiang, Guangdong Province, P.R. China April 7-11, 2003.**
- Marques, C.M., J.A. Araujo, J.G. Ferreira, R. Whetten, D.M. O'Malley, B.-H. Liu and R. Sederoff. 1998. AFLP genetic maps of *Eucalyptus globulus* and *E. tereticornis*. **Theor. Appl. Genet.** 96: 727-737.
- National Academy of Science. 1980. **Firewood Crop: Shrub and Tree Species of Energy Production.** Woshington D.C.
- Negi, M.S., M. Devic, M. Delseny and M. Lakshmikumaran. 2000. Identification of AFLP fragments linked to seed coat colour in *Brassica juncea* and conversion to a SCAR marker for rapid selection. **Theor. Appl. Genet.** 101: 146-152.
- Nei, M. and W. Li. 1979. Methemathical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. **Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.** 76: 5269-5273.
- Nesbitt, K.A., B.M. Potts, R.E. Valliancourt, A.K. West and J.B. Reid. 1997. Fingerprinting and pedigree analysis in *Eucalyptus globulus* using RAPDs. **Silae Genet.** 46(1):6-11.
- Nikaido, A.M., T. Ujino, H. Iwata, K. Yoshimura, H. Yoshimura, Y. Suyama, M. Murai, K. Nagasaka and Y. Tsumura. 2000. AFLP and CAPS linkage maps of *Cryptomeria japonica*. **Theor. Appl. Genet.** 100: 825-831.
- Pinyopusareerk, K. 1989. Growth and Survival of Australia Tree Species in Field Trials in Thailand. *In* D.J. Boland, ed. Trees for the Tropics-growing Australian multipurpose trees and shrubs in developing counties. **ACIAR Monograph No. 10**, 109-127.

Poltri, S.M., N. Zelener, G. Lopez, J.R. Traverso, D. Lijavetzky, E. Suarez and H. Hopp.

1999. Genetic relationships between introduced genotypes of *Eucalyptus dunnii* using silver stained AFLP markers, P167. *In Plant & Animal Genome VII Conference*. Town & Country Hotel, San Diego, CA.

Pryor, L.D. and L.A.S. Johnson. 1971. A Classification of the *Eucalyptus*. p. 5. *Cited*

K. Eldridge, J. Davidson, C. Harwood and G. van Wyk. *Eucalyptus Domestication and Breeding*. Clarendon Press, Oxford.

Raymond, C. A. 1991. *Eucalyptus camaldulensis –a breeding for Thailand ACIAR Project 8808*. CSIRO-Division of Forestry, Hobart.

Rouf Mian, M.A., A. A. Hopkins and J. C. Zwonitzer. 2002. Determination of Genetic Diversity in Tall Fescue with AFLP Markers. *Crop Sci.* 42: 944-950.

Sale, M.M., B.M. Potts. A.K. West and J.B. Reid. 1996. Molecular differentiation with in and between *Eucalyptus risdonii*, *E. amygdolina* and their hybrid using RAPD marker. *Aust. J. Bot.* 44: 559-569

Samuel, B.J.Jr. and E.L. Arlene. 1987. *Plant Systematics*. McGraw–Hill, Inc., Singapore.

Sneath, P.H.A. and R.R. Sokal. 1973. *Numerical Taxonomy*. Freeman, San Francisco.

Thaiutsa, B. 2002. Silvicultural Management of Private *Eucalyptus* Plantations for Wood Chips in Thailand, pp. 404-413. *In* R. Wei and D. Xu, eds. **Proceedings of the International Symposium : Eucalyptus Plantations Research, Management and Development, 1-6 September 2002, Guangzhou, China**. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore.

Turnbull, J.W. 1974. An outstanding provenance of river red gum. **Inst. For Aust. Newsl.** 15 (4): 1-23.

Van de Wouw, M., N. Maxted, K. Chabane and B.V. Ford-Lloyd. 2001. Molecular taxonomy of *Vicia* ser. *Vicia* based on Amplified Fragment Length Polymorphisms. **Plant Syst. Evol.** 229: 91-105.

Vos, P., R. Hogers, M. Bleeker, M. Rijans, T. Van de Lee, M. Hornes, A. Frijters, J. Pot, J. Peleman, M. Kuiper and M. Zabeau. 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. **Nucleic Acids Res.** 23 : 4407-4414.

_____. and M. Kuiper. 1997. AFLP analysis, pp. 115-131. *In* C. Anolles and Gresshoff, eds. **DNA Markers. Protocols, Applications and Overviews.** Wiley-Liss, Inc., New York.

Williams, E. R., S. Heng, K.M. Aken, A. Nguyen and C.E. Hardwood. 2002. **DataPlus Version 2. Productivity Software for Experimenters.** CSIRO, Canberra.

_____, A.C. Matheson and C. E. Harwood. 1994. **Experimental Design and Improvement for Tree Improvement.** CSIRO, Canberra.

Zobel, B. and J. Talbert, 1984. **Applied Forest Tree Improvement.** John Wiley and Sons, New York.

_____. 1993. Clonal forestry in the eucalyptus, pp. 139-148. *In* M.R. A Huja and W.J. Libby, eds. **Clonal Forestry II, Conservation and Application.** Springer Verlag Berlin, Heidelberg.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 สายพันธุ์ที่คัดเลือกมาเป็นตัวแทนของแต่ละถิ่นกำเนิด สำหรับเก็บตัวอย่างใบมา
สกัดดีเอ็นเอ และตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ จำนวน 22 สายพันธุ์

เขต	ชื่อเขต	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	สายพันธุ์
1	Petford Region QLD	Hales Siding	1	69
1	Petford Region QLD	Headwaters-Emu Creek	3	104
1	Petford Region QLD	Montalbion	4	88
1	Petford Region QLD	Emuford	5	99
2	Walsh-Mitchell River QLD	Petford Bridge	6	71
1	Petford Region QLD	Eccles Creek/Tributaries	7	19
1	Petford Region QLD	Headwaters-Emureka Ck	8	109
1	Petford Region QLD	Eureka Creek/Tributaries	9	61
1	Petford Region QLD	Mishap Creek	10	47
2	Walsh-Mitchell River QLD	Flat Rock Pool	11	137
1	Petford Region QLD	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	12	114
2	Walsh-Mitchell River QLD	Walsh River Rockwood	13	162
2	Walsh-Mitchell River QLD	Petford Bridge	14	155
2	Walsh-Mitchell River QLD	Lynd Junction	15	182
2	Walsh-Mitchell River QLD	Healeys Yard	16	188
2	Walsh-Mitchell River QLD	Palmerlyville	17	177
2	Walsh-Mitchell River QLD	Mount Mulgrave	18	166
3	Other QLD	Kennedy River	23	219
3	Other QLD	Morehead River	24	227
4	Northern Territory	Katherine	25	208
5	Western Australia	Lannard River	31	209
6	Thailand	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกใน ประเทศไทย	33	234

หมายเหตุ QLD: Queensland

ตารางผนวกที่ 2 การเติบโต ลักษณะรูปทรง และการทำลายของแตนฟอยปมของไม้ยูคาลิปตัส ความหลากหลายของแมลง 24 เดือน ทั้ง 120 สายพันธุ์

ลำดับ ที่	สาย พันธุ์	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	เส้นผ่าศูนย์กลาง กลางเพียออก (เซนติเมตร)		ความสูง ทั้งหมด (เมตร)	อัตราการ รอดตาย (ร้อยละ)	ลักษณะรูปทรงของต้นไม้และการทำลายของแตนฝอยปม						
								1	2	3	4	5	6	7
1	188	Healeys Yard	16	6.04±1.56	a	6.96±1.07	95.83	6.00	2.00	3.64	3.39	1.24	1.58	2.00
2	187	Healeys Yard	16	6.01±1.83	a	7.17±1.47	100.00	6.00	1.88	3.29	3.38	1.23	1.42	2.00
3	219	Kennedy River	23	6.00±1.41	a	7.45±1.42	95.83	6.00	2.00	3.38	3.48	1.38	1.35	2.00
4	61	Eureka Creek/Tributaries	9	5.94±1.71	ab	7.23±1.47	100.00	6.00	2.00	3.19	3.44	1.19	1.40	2.00
5	60	Eureka Creek/Tributaries	9	5.93±1.21	ab	6.85±0.87	100.00	5.88	2.00	3.10	3.46	1.15	1.29	2.00
6	182	Lynd Junction	15	5.93±1.60	ab	7.05±1.37	100.00	6.00	2.00	3.49	3.94	1.40	1.41	2.00
7	203	Healeys Yard	16	5.88±1.54	ab	7.23±1.54	95.83	6.00	2.00	3.17	3.54	1.25	1.17	2.00
8	184	Lynd Junction	15	5.86±1.38	ab	6.87±1.35	100.00	6.00	2.00	3.23	3.29	1.38	1.44	2.00
9	227	Morehead River	24	5.84±1.18	ab	6.98±1.31	87.50	5.75	2.00	3.50	3.52	1.04	1.58	2.00
10	19	Eccles Creek/Tributaries	7	5.83±1.58	ab	7.08±1.04	100.00	6.00	2.00	3.38	3.67	1.04	1.23	1.96
11	26	Eccles Creek/Tributaries	7	5.82±1.54	ab	7.27±1.53	95.83	6.00	2.00	3.40	3.17	1.13	1.21	1.94
12	155	Petford Bridge	14	5.81±1.47	ab	6.81±1.14	87.50	5.72	2.00	3.30	3.36	1.30	1.40	1.93
13	114	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	12	5.80±1.63	ab	5.71±1.35	91.67	6.00	2.00	2.90	3.44	1.31	1.48	1.94

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	สาย พันธุ์	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	เส้นผ่าศูนย์ กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูง ทั้งหมด (เมตร)	อัตราการ รอดตาย (ร้อยละ)	ลักษณะรูปทรงของต้นไม้และการทำลายของแตนฝอยปม						
							1	2	3	4	5	6	7
14	145	Petford Bridge	14	5.73±1.55 ab	6.86±1.30	87.50	5.88	2.00	3.23	3.04	1.08	1.35	1.88
15	115	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	12	5.73±1.71 ab	6.38±1.15	83.33	6.00	2.00	3.00	3.27	1.27	1.40	1.83
16	234	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกใน ประเทศไทย	33	5.73±1.56 ab	6.64±1.39	95.83	5.75	2.00	3.10	3.50	1.17	1.21	2.00
17	166	Mount Mulgrave	18	5.69±1.04 ab	6.77±0.90	95.83	6.00	2.00	3.54	3.63	1.19	1.69	2.00
18	7	Eccles Creek/Tributaries	7	5.69±2.08 ab	6.96±1.51	91.67	5.99	2.00	3.65	3.54	1.38	1.40	2.00
19	228	Morehead River	24	5.69±1.35 ab	6.91±1.59	100.00	6.00	2.00	3.54	3.58	1.37	1.58	2.00
20	229	Morehead River	24	5.68±1.55 ab	6.76±1.35	95.83	6.00	2.00	3.29	3.40	1.15	1.29	1.88
21	226	Morehead River	24	5.64±1.66 ab	7.02±1.45	100.00	6.00	2.00	3.27	3.00	1.35	1.38	2.00
22	162	Walsh River Rockwood	13	5.64±1.55 ab	6.90±1.40	100.00	6.00	2.00	3.25	3.27	1.29	1.52	2.00
23	218	Kennedy River	23	5.62±1.88 ab	6.43±1.09	75.00	6.00	2.00	3.50	3.42	1.00	1.42	1.96
24	99	Emuford	5	5.61±1.34 ab	7.12±1.46	100.00	5.64	2.00	3.16	3.53	1.32	1.29	2.00
25	22	Eccles Creek/Tributaries	7	5.58±1.24 ab	7.31±1.11	91.67	6.00	2.00	3.29	3.63	1.19	1.27	1.92

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	สาย พันธุ์	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	เส้นผ่าศูนย์กลาง กิ่งก้านเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูง ทั้งหมด (เมตร)	อัตราการ รอดตาย (ร้อยละ)	ลักษณะรูปทรงของต้นไม้และการทำลายของแตนฝอยปม						
							1	2	3	4	5	6	7
26	149	Petford Bridge	14	5.55±1.34 ab	6.50±1.20	100.00	5.96	2.00	3.40	3.42	1.04	1.60	2.00
27	54	Eureka Creek/Tributaries	9	5.53±1.38 ab	6.94±1.34	75.00	5.88	2.00	3.00	3.58	1.29	1.52	1.96
28	71	Petford Bridge	6	5.53±1.15 ab	7.10±1.27	95.83	6.00	2.00	2.71	4.86	1.31	1.23	2.00
29	11	Eccles Creek/Tributaries	7	5.51±1.50 ab	6.88±1.30	100.00	6.00	2.00	3.44	3.25	1.44	1.35	2.00
30	56	Eureka Creek/Tributaries	9	5.49±1.33 ab	6.61±1.26	100.00	6.00	2.00	3.15	3.48	1.04	1.69	2.00
31	199	Healeys Yard	16	5.49±1.45 ab	6.78±1.33	95.83	6.00	2.00	3.33	3.56	1.48	1.19	2.00
32	47	Mishap Creek	10	5.45±1.64 ab	6.89±1.75	95.83	5.81	1.94	3.25	3.25	1.25	1.25	2.00
33	209	Lannard River	31	5.45±1.38 ab	7.36±1.93	83.33	4.67	2.00	2.84	3.34	1.33	1.33	1.98
34	232	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกใน ประเทศไทย	33	5.45±1.69 ab	6.76±1.49	75.00	6.00	2.00	3.08	3.48	1.25	1.54	1.92
35	158	Petford Bridge	14	5.44±1.63 ab	6.63±1.45	100.00	5.75	2.00	3.33	3.15	1.33	1.54	1.96
36	192	Healeys Yard	16	5.38±0.88 ab	6.87±1.01	95.83	5.96	2.00	3.31	3.75	1.38	1.13	2.00
37	16	Eccles Creek/Tributaries	7	5.34±1.42 ab	6.68±1.26	95.83	6.00	2.00	3.17	3.48	1.13	1.25	1.94

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	สาย พันธุ์	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	เส้นผ่าศูนย์กลาง กิ่งก้าน (เซนติเมตร)	ความสูง ทั้งหมด (เมตร)	อัตราการ รอดตาย (ร้อยละ)	ลักษณะรูปทรงของต้นไม้และการทำลายของแตนฝอยปม						
							1	2	3	4	5	6	7
38	104	Headwaters-Emu Creek	3	5.31±1.64 ab	6.65±1.14	87.50	6.00	2.00	3.19	3.52	1.08	1.38	1.92
39	79	Emuford	5	5.31±1.45 ab	6.60±1.28	83.33	6.00	2.00	3.46	3.35	1.27	1.48	1.94
40	170	Mount Mulgrave	18	5.29±1.33 ab	6.19±1.21	95.83	6.00	2.00	3.60	3.48	1.25	1.33	1.83
41	62	Eureka Creek/Tributaries	9	5.27±1.69 ab	6.46±1.57	87.50	5.76	2.00	3.51	3.50	1.20	1.58	1.96
42	72	Petford Bridge	6	5.25±1.19 ab	6.23±0.75	91.67	5.83	2.00	3.42	3.33	1.08	1.69	2.00
43	58	Eureka Creek/Tributaries	9	5.25±1.60 ab	6.82±1.33	95.83	6.00	2.00	3.31	3.77	1.29	1.21	2.00
44	88	Montalbion	4	5.24±1.59 ab	6.41±1.22	75.00	5.83	2.00	3.42	3.48	1.31	1.65	2.00
45	69	Hales Siding	1	5.23±1.40 ab	6.68±1.13	95.83	6.00	1.96	3.17	3.56	1.10	1.46	2.00
46	177	Palmerlyville	17	5.22±1.55 ab	6.27±0.88	87.50	5.78	2.00	2.93	3.10	1.11	1.72	1.99
47	236	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกใน ประเทศไทย	33	5.22±1.66 ab	7.77±1.82	100.00	6.00	2.00	3.19	3.54	1.17	1.33	2.00
48	64	Hales Siding	1	5.21±1.45 ab	6.78±1.21	100.00	6.00	2.00	3.17	3.50	1.29	1.37	1.94
49	150	Petford Bridge	14	5.21±1.47 ab	6.40±1.39	100.00	6.00	2.00	3.25	3.29	1.31	1.46	1.94

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	สาย พันธุ์	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	เส้นผ่าศูนย์ กลางเพียงอก (เซนติเมตร)		ความสูง ทั้งหมด (เมตร)	อัตราการ รอดตาย (ร้อยละ)	ลักษณะรูปทรงของต้นไม้และการทำลายของแตนฝอยปม						
								1	2	3	4	5	6	7
50	164	Mount Mulgrave	18	5.20±1.16	ab	6.91±1.10	95.83	6.01	2.00	3.61	3.34	1.37	1.51	2.00
51	52	Eureka Creek/Tributaries	9	5.18±1.45	ab	6.76±1.21	91.67	6.00	2.00	3.46	3.77	1.15	1.27	1.96
52	196	Healeys Yard	16	5.18±1.68	ab	6.87±1.56	100.00	5.96	2.00	3.29	3.48	1.37	1.25	1.96
53	84	Montalbion	4	5.18±1.73	ab	6.37±1.23	91.67	6.00	2.00	2.90	3.42	1.33	1.25	1.96
54	244	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกใน ประเทศไทย	33	5.17±2.07	ab	6.45±1.48	91.67	6.00	2.00	3.31	3.79	1.38	1.54	2.00
55	112	Eureka Creek/Tributaries	9	5.16±1.05	ab	6.57±1.11	100.00	6.00	2.00	3.10	3.54	1.38	1.35	2.00
56	17	Eccles Creek/Tributaries	7	5.14±1.37	ab	6.51±1.24	95.83	5.29	2.00	3.23	3.63	1.17	1.31	1.96
57	224	Morehead River	24	5.13±1.37	ab	6.82±1.43	91.67	6.01	2.00	3.37	3.26	1.26	1.51	1.86
58	156	Petford Bridge	14	5.12±1.34	ab	6.71±1.06	91.67	5.99	2.00	3.32	3.40	1.31	1.51	2.00
59	1	Eccles Creek/Tributaries	7	5.12±1.27	ab	6.30±0.98	95.83	6.00	2.00	3.50	3.52	1.31	1.35	2.00
60	87	Montalbion	4	5.11±1.52	ab	6.46±1.50	95.83	6.01	2.00	3.14	3.45	1.15	1.29	1.92
61	127	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	12	5.11±1.30	ab	5.63±1.01	95.83	6.00	2.00	3.31	3.46	1.17	1.17	1.94

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	สาย พันธุ์	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	เส้นผ่าศูนย์กลาง กิ่งก้าน (เซนติเมตร)	ความสูง ทั้งหมด (เมตร)	อัตราการ รอดตาย (ร้อยละ)	ลักษณะรูปทรงของต้นไม้และการทำลายของแตนฝอยปม						
							1	2	3	4	5	6	7
62	65	Hales Siding	1	5.10±1.48 ab	6.58±1.37	95.83	5.83	2.00	3.27	3.40	1.33	1.56	1.79
63	13	Eccles Creek/ Tributaries	7	5.09±1.30 ab	6.43±1.04	87.50	6.00	2.00	3.19	3.25	1.17	1.48	1.92
64	44	Mishap Creek	10	5.08±1.52 ab	6.30±1.61	95.83	5.92	2.00	3.63	3.42	1.38	1.38	2.00
65	172	Palmerlyville	17	5.07±1.70 ab	6.40±1.67	87.50	5.44	2.00	2.97	3.36	1.14	1.51	1.94
66	183	Lynd Junction	15	5.06±1.64 ab	6.62±1.41	79.17	6.00	2.00	3.67	3.73	1.31	1.35	2.00
67	211	Kennedy River	23	5.05±1.14 ab	6.58±0.94	91.67	6.00	2.00	3.06	3.63	1.23	1.15	2.00
68	137	Flat Rock Pool	11	5.03±1.27 ab	5.64±0.93	100.00	6.00	2.00	3.37	3.49	1.09	1.07	2.00
69	144	Petford Bridge	6	5.02±1.10 ab	6.21±0.99	91.67	6.00	2.00	3.75	3.58	1.08	1.63	1.92
70	154	Petford Bridge	14	5.02±1.94 ab	6.29±1.39	83.33	6.00	2.00	3.21	3.58	1.45	1.45	2.00
71	178	Palmerlyville	17	5.01±1.45 ab	6.36±1.10	91.67	6.01	2.00	3.23	3.38	1.30	1.51	2.00
72	193	Healeys Yard	16	5.00±1.35 ab	6.27±1.03	91.67	6.00	2.00	3.50	3.60	1.56	1.58	2.00
73	80	Emuford	5	4.99±1.41 ab	6.57±1.05	83.33	6.00	2.00	2.90	3.60	1.40	1.29	2.00

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	สาย พันธุ์	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	เส้นผ่าศูนย์กลาง กิ่งก้าน/กิ่งก้าน (เซนติเมตร)	ความสูง ทั้งหมด (เมตร)	อัตราการ รอดตาย (ร้อยละ)	ลักษณะรูปทรงของต้นไม้และการทำลายของแตนฝอยปม						
							1	2	3	4	5	6	7
74	997	แหล่งเมล็ดทั่วไปใน ประเทศไทย	34	4.99±1.10 ab	6.38±1.10	91.67	6.00	2.00	3.33	3.67	1.54	1.38	1.81
75	107	Headwaters-Emu Creek	3	4.96±1.17 b	6.01±0.96	95.83	6.00	2.00	3.31	3.50	1.06	1.62	2.00
76	191	Healeys Yard	16	4.95±1.43 b	6.16±1.05	95.83	6.00	2.00	2.92	3.23	1.31	1.27	2.00
76	191	Healeys Yard	16	4.95±1.43 b	6.16±1.05	95.83	6.00	2.00	2.92	3.23	1.31	1.27	2.00
77	179	Palmerlyville	17	4.93±1.68 b	7.06±1.75	87.50	6.00	2.00	3.21	3.46	1.17	1.29	2.00
78	180	Palmerlyville	17	4.93±0.97 b	6.16±0.85	91.67	6.00	2.00	3.35	3.21	1.04	1.25	2.00
79	208	Katherine	25	4.93±1.07 b	6.46±1.03	100.00	6.00	2.00	3.19	3.33	1.19	1.31	2.00
80	201	Healeys Yard	16	4.93±1.40 b	6.13±1.31	87.50	6.00	2.00	3.15	3.38	1.48	1.29	2.00
81	174	Palmerlyville	17	4.91±1.45 b	6.07±1.01	95.83	5.67	2.00	3.42	3.27	1.25	1.26	1.92
82	15	Eccles Creek/Tributaries	7	4.88±1.35 bc	6.39±1.17	91.67	6.00	2.00	3.31	3.54	1.37	1.40	2.00
83	24	Eccles Creek/Tributaries	7	4.84±1.38 bc	6.35±1.25	91.67	6.00	2.00	3.29	3.63	1.21	1.52	1.96
84	186	Lynd Junction	15	4.83±1.10 bc	6.48±1.27	100.00	6.00	2.00	3.69	3.60	1.46	1.23	1.94

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	สาย พันธุ์	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	เส้นผ่าศูนย์กลาง กลางเพียงอก (เซนติเมตร)		ความสูง ทั้งหมด (เมตร)	อัตราการ รอดตาย (ร้อยละ)	ลักษณะรูปทรงของต้นไม้และการทำลายของแตนฝอยปม						
								1	2	3	4	5	6	7
85	139	Flat Rock Pool	11	4.82±1.60	bc	6.26±1.59	91.67	6.00	2.00	3.35	3.46	1.21	1.27	2.00
86	130	Flat Rock Pool	11	4.81±1.37	bc	6.96±1.09	100.00	6.00	2.00	3.21	3.42	1.27	1.21	2.00
87	119	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	12	4.71±1.19	bc	5.91±0.91	91.67	6.00	2.00	3.19	3.77	1.38	1.13	2.00
88	991	แหล่งเมล็ดทั่วไปใน ประเทศไทย	34	4.71±0.88	bc	6.13±0.69	87.50	5.91	2.00	3.08	3.27	1.35	1.47	2.00
89	76	Emuford	5	4.70±1.46	bc	6.55±1.64	95.83	6.00	2.00	3.00	3.42	1.08	1.38	1.87
90	51	Eureka Creek/Tributaries	9	4.68±1.09	bc	6.32±0.75	83.33	5.99	2.00	3.14	3.28	1.18	1.08	2.00
91	106	Headwaters-Emu Creek	3	4.67±1.39	bc	6.15±1.32	100.00	6.00	1.95	3.32	3.24	1.27	1.22	2.00
92	995	แหล่งเมล็ดทั่วไปใน ประเทศไทย	34	4.66±1.81	bc	6.17±1.21	91.67	6.00	2.00	2.90	3.79	1.15	1.35	1.94
93	67	Hales Siding	1	4.65±1.09	bc	6.00±0.96	100.00	6.00	2.00	3.23	3.48	1.13	1.38	2.00
94	50	Eureka Creek/Tributaries	9	4.63±1.32	bc	6.06±1.07	87.50	5.75	2.00	3.13	3.48	1.37	1.48	2.00
95	94	Montalbion	4	4.61±1.37	bc	6.11±1.09	87.50	6.00	1.88	3.17	3.40	1.29	1.31	2.00

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	สาย พันธุ์	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	เส้นผ่าศูนย์กลาง กลางเพียงอก (เซนติเมตร)		ความสูง ทั้งหมด (เมตร)	อัตราการ รอดตาย (ร้อยละ)	ลักษณะรูปทรงของต้นไม้และการทำลายของแตนฝอยปม						
								1	2	3	4	5	6	7
96	85	Montalbion	4	4.58±1.35	bc	6.26±1.56	91.67	5.86	2.00	3.35	3.12	1.33	1.37	2.00
97	163	Walsh River Rockwood	13	4.56±1.21	bc	6.30±1.23	95.83	6.01	1.93	2.85	3.45	1.49	1.16	1.96
98	23	Eccles Creek	7	4.52±1.50	bc	5.89±1.09	87.50	5.99	2.00	3.14	3.76	1.09	1.64	2.00
99	996	/Tributaries แหล่งเมล็ดทั่วไปใน ประเทศไทย	34	4.52±1.32	bc	6.68±1.31	79.17	6.00	2.00	2.92	3.51	1.40	1.27	1.85
100	246	แหล่งเมล็ดที่คัดเลือกใน ประเทศไทย	33	4.49±1.10	bc	6.35±0.88	95.83	6.00	2.00	3.00	3.44	1.06	1.10	2.00
101	57	Eureka Creek/Tributaries	9	4.49±1.71	bc	6.33±1.40	87.50	6.00	1.88	2.50	3.52	1.40	1.31	1.94
102	12	Eccles Creek/Tributaries	7	4.48±1.70	bc	6.16±1.31	100.00	6.00	2.00	3.13	3.29	1.29	1.33	1.96
103	126	Walsh River-Walsh Emu Creek Junction	12	4.47±1.37	bc	6.45±0.81	95.83	5.83	2.00	3.44	3.60	1.29	1.17	2.00
104	109	Headwaters-Emureka Creek	8	4.39±1.36	bc	5.62±1.03	100.00	6.00	2.00	3.29	3.65	1.35	1.56	2.00
105	39	Mishap Creek	10	4.38±1.20	bc	6.04±1.11	83.33	6.00	2.00	3.31	3.56	1.04	1.46	2.00

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	สาย พันธุ์	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	เส้นผ่าศูนย์กลาง กิ่งก้าน	(เซนติเมตร)	ความสูง ทั้งหมด (เมตร)	อัตราการ รอดตาย (ร้อยละ)	ลักษณะรูปทรงของต้นไม้และการทำลายของแตนฝอยปม						
								1	2	3	4	5	6	7
106	181	Palmerlyville	17	4.38±1.38	bc	5.96±1.34	95.83	6.01	2.00	3.09	3.67	0.99	1.01	2.00
107	217	Kennedy River	23	4.32±1.51	bc	5.64±0.96	95.83	5.75	2.00	3.29	3.15	1.25	1.33	2.00
108	176	Palmerlyville	17	4.29±1.04	bc	6.29±1.20	91.67	6.00	2.00	3.14	3.63	1.04	1.58	1.88
109	18	Eccles Creek/Tributaries	7	4.28±1.34	bc	6.07±1.28	83.33	6.00	2.00	2.69	3.62	1.12	1.23	1.90
110	96	Montalbion	4	4.28±1.09	bc	6.18±0.76	100.00	6.02	2.00	3.72	4.00	0.97	1.27	1.75
111	135	Flat Rock Pool	11	4.24±1.27	bc	6.39±0.93	95.83	6.00	2.00	3.13	3.50	1.52	1.33	2.00
112	225	Morehead River	24	4.21±1.33	bc	5.71±1.27	79.17	5.88	2.00	2.58	2.92	1.08	1.23	1.90
113	25	Eccles Creek/ Tributaries	7	4.19±1.22	bc	5.89±1.01	83.33	5.92	2.00	2.63	2.98	1.08	1.29	1.92
114	68	Hales Siding	1	4.18±0.93	bc	5.78±0.89	100.00	6.00	2.00	3.21	3.44	1.08	1.29	2.00
115	129	Flat Rock Pool	11	4.09±1.29	bc	6.74±1.04	95.83	5.96	2.00	3.40	3.33	1.58	1.29	2.00
116	81	Emuford	5	4.06±0.96	bc	5.35±0.74	95.83	6.00	2.00	3.25	3.58	1.19	1.29	2.00
117	33	Eureka Creek/Tributaries	9	4.04±2.06	bc	5.91±1.14	95.83	5.99	2.00	3.31	3.96	1.54	1.65	2.01

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	สาย พันธุ์	ถิ่นกำเนิด/แหล่งเมล็ด	หมายเลข ถิ่นกำเนิด	เส้นผ่าศูนย์กลาง กลางเพียงอก (เซนติเมตร)		ความสูง ทั้งหมด (เมตร)	อัตราการ รอดตาย (ร้อยละ)	ลักษณะรูปทรงของต้น ไม้และการทำลายของแตนฝอยปม						
								1	2	3	4	5	6	7
118	35	Eureka Creek/Tributaries	9	3.98±1.54	c	5.69±1.22	95.83	5.78	2.00	3.44	3.53	1.36	1.56	1.98
119	992	แหล่งเมล็ดทั่วไปใน ประเทศไทย	34	3.89±1.06	c	5.86±1.08	87.50	6.00	1.94	2.79	3.50	1.33	1.19	2.00
120	198	Healeys Yard	16	3.78±1.46	c	5.56±1.39	100.00	5.57	2.00	3.00	3.63	1.06	1.32	1.96
F-value		ถิ่นกำเนิด		2.70**		2.45**								
		สายพันธุ์ภายใต้ถิ่นกำเนิดเดียวกัน		2.32**		2.17**	2.27**							

หมายเหตุ ลักษณะรูปทรงของต้น ไม้และการทำลายของแตนฝอยปม

- | | | | |
|---|-----------------------|---|--------------------|
| 1 | การแตกง่ามของลำต้น | 2 | แนวของลำต้น |
| 3 | ความตรงของลำต้น | 4 | ขนาดของกิ่ง |
| 5 | การลิดกิ่งตามธรรมชาติ | 6 | มุมของกิ่งกับลำต้น |
| 7 | การทำลายของแตนฝอยปม | | |

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงทั้งหมด
ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 24 เดือน ทั้ง 120 สายพันธุ์

Source of variation	d.f.	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก			ความสูงทั้งหมด		
		s.s.	m.s.	F	s.s.	m.s.	F
Rep stratum	7	479.476	68.497	23.35	963.533	137.648	61.50
Rep.Family stratum							
prov	22	174.442	7.929	2.70**	120.847	5.493	2.45**
Family.prov.	97	660.977	6.814	2.32**	470.089	4.846	2.17**
Total	2115	4432.998			3356.76		

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความโตที่ระดับซิดดิน และการแตกง่ามของ
ลำต้นไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 24 เดือน ทั้ง 120 สายพันธุ์

Source of variation	d.f.	ความโตที่ระดับซิดดิน			ความยาวของแกนลำต้น		
		s.s.	m.s.	F	s.s.	m.s.	F
Rep stratum	7	1514.970	216.424	50.47	2.4186	0.346	1.09
Rep.Family stratum							
prov	22	263.287	11.968	2.79**	42.451	1.929	6.10**
Family.prov.	97	999.324	10.302	2.40**	36.948	0.381	1.20 ^{ns}
Total	2115	7120.383			386.965		

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแนวของลำต้น และความตรงของลำต้น
ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 24 เดือน ทั้ง 120 สายพันธุ์

Source of variation	d.f.	แนวของลำต้น			ความตรงของลำต้น		
		s.s.	m.s.	F	s.s.	m.s.	F
Rep stratum	7	0.128	0.019	1.40	303.840	43.406	56.08
Rep.Family stratum							
prov	22	0.183	0.008	0.63 ^{ns}	37.052	1.684	2.18**
Family.prov.	97	1.263	0.013	1.00 ^{ns}	123.833	1.277	1.65**
Total	2115	8.962			1136.629		

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของขนาดของกิ่ง และมุมของกิ่งกับลำต้น
ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 24 เดือน ทั้ง 120 สายพันธุ์

Source of variation	d.f.	ขนาดของกิ่ง			มุมของกิ่งกับลำต้น		
		s.s.	s.s.	s.s.	s.s.	m.s.	F
Rep stratum	7	817.387	38.146	38.146	38.146	3.545	12.29
Rep.Family stratum							
prov	22	12.279	12.279	12.279	13.534	0.615	2.13**
Family.prov.	97	55.278	55.278	55.278	41.621	0.429	1.49**
Total	2115	494.292	494.292	494.292	405.113		

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการลิดกิ่งตามธรรมชาติ และการทำลายของ
แตนฝอยปมของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 24 เดือน ทั้ง 120 สายพันธุ์

Source of variation	d.f.	การลิดกิ่งตามธรรมชาติ			การทำลายของแตนฝอยปม		
		s.s.	3.545	12.29	s.s.	m.s.	F
Rep stratum	7	24.818			5.585	0.798	17.83
Rep.Family stratum							
prov	13.534	13.534	0.615	2.13**	1.491	0.068	1.51 ^{ns}
Family.prov.	41.621	41.621	0.429	1.49**	7.172	0.074	1.65**
Total	405.113	405.113			66.878		

	แถว	คอลัมภ์									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ชั้น 1	1	192	145	22	51	174	47	96	164	1	183
	2	154	997	94	172	186	17	50	72	229	211
	3	176	24	129	218	62	203	162	995	112	155
	4	163	181	56	199	156	109	81	7	991	15
	5	16	60	992	137	191	228	67	184	177	106
	6	84	234	187	35	107	158	179	54	12	227
	7	68	130	246	80	115	23	198	150	104	58
	8	44	193	139	114	166	61	25	226	219	88
	9	57	126	76	244	87	180	182	69	188	26
	10	217	99	209	11	236	127	149	196	64	85
	11	170	224	65	71	19	996	33	178	79	144
	12	208	13	39	225	135	232	119	18	52	201
ชั้น 2	1	177	58	192	23	234	137	166	64	149	109
	2	236	112	19	88	150	81	119	183	187	172
	3	227	25	126	69	992	156	203	135	99	57
	4	50	228	79	209	47	188	174	244	33	24
	5	107	179	225	997	26	104	51	129	65	196
	6	12	145	96	208	201	72	80	226	130	39
	7	193	164	176	155	52	186	94	996	11	67
	8	76	144	54	199	229	170	106	16	218	232
	9	184	35	158	181	162	15	18	211	61	224
	10	68	127	182	1	87	995	154	56	163	139
	11	7	991	71	62	85	180	44	198	17	217
	12	114	191	246	219	22	60	13	84	178	115
ชั้น 3	1	191	71	1	68	84	172	166	51	996	158
	2	52	211	109	178	67	170	992	88	236	13
	3	184	156	65	99	127	56	201	246	23	176
	4	47	112	15	217	61	25	225	154	199	234
	5	114	139	186	26	106	991	174	196	226	50
	6	129	208	193	997	96	150	7	85	44	164
	7	224	79	119	62	177	203	76	12	162	22
	8	144	179	229	188	19	219	57	33	81	995
	9	69	17	232	39	187	107	149	163	94	137
	10	244	11	181	135	72	183	115	228	54	87
	11	218	60	35	80	24	126	104	64	145	198
	12	16	192	58	182	155	227	130	18	180	209
ชั้น 4	1	196	149	57	174	219	996	126	232	7	47
	2	17	199	217	88	150	182	39	50	228	179
	3	130	106	991	234	11	201	76	178	96	62
	4	35	144	158	25	163	236	26	85	166	992
	5	22	172	227	52	135	15	33	192	186	68
	6	54	12	114	139	119	218	191	104	181	170
	7	177	56	198	71	79	229	145	129	69	18
	8	997	19	208	65	87	51	137	13	203	156
	9	81	112	72	23	224	164	64	107	60	127
	10	109	99	1	184	187	44	211	155	80	225
	11	183	995	94	84	180	24	61	67	246	193
	12	154	115	162	188	58	209	176	226	16	244

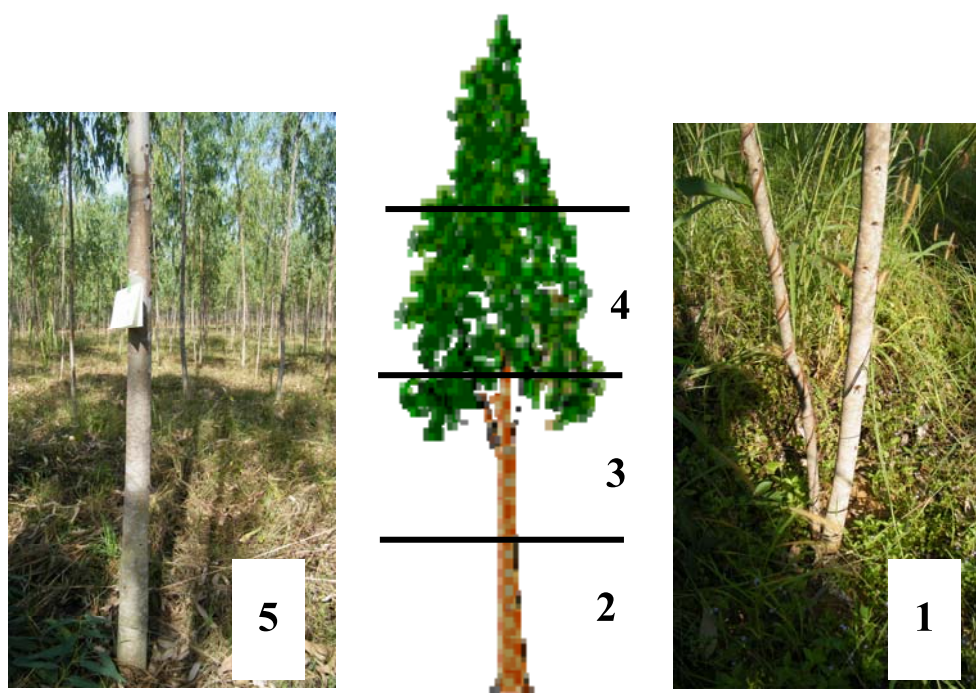
ภาพผนวกที่ 1 การวางแผนการทดลองและการสุ่มสายพันธุ์ยูคาลิปตัส คามาตูลเลนซิส
รุ่นที่สอง (ซ้ำที่ 1-4)

		คอลัมภ์									
	แถว	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ซ้ำ 5	1	115	71	18	64	209	99	44	187	179	232
	2	198	130	35	114	225	996	52	87	39	19
	3	88	26	201	58	234	139	170	33	69	11
	4	80	219	208	182	76	244	196	25	127	178
	5	65	236	180	13	144	119	107	226	79	57
	6	15	56	126	193	217	72	149	997	16	166
	7	224	94	135	156	61	85	24	174	106	188
	8	54	995	67	172	186	203	211	1	104	145
	9	154	191	50	992	81	176	23	218	227	183
	10	47	177	112	17	192	7	246	158	51	162
	11	164	228	163	84	150	62	181	109	22	129
	12	991	155	184	96	12	229	137	60	199	68
ซ้ำ 6	1	163	61	193	71	180	68	145	115	16	229
	2	114	201	80	217	170	155	17	181	67	54
	3	1	44	162	246	191	76	127	224	130	11
	4	39	186	56	164	158	226	199	218	87	18
	5	72	139	232	62	182	35	15	94	176	84
	6	234	178	137	33	7	119	209	183	51	198
	7	24	227	112	177	65	19	85	50	109	992
	8	58	997	69	13	99	47	219	23	188	107
	9	81	64	22	187	129	172	57	156	225	88
	10	203	79	174	104	228	60	135	26	991	149
	11	166	244	211	12	52	196	96	995	150	144
	12	179	25	154	996	106	208	184	192	236	126
ซ้ำ 7	1	187	119	997	130	96	11	154	244	228	219
	2	104	106	139	47	150	64	181	193	19	182
	3	109	145	72	163	227	115	57	13	218	137
	4	144	188	149	1	60	178	67	39	88	35
	5	126	17	80	995	18	229	191	33	58	94
	6	51	87	180	211	232	81	992	155	198	16
	7	209	69	183	107	192	24	71	54	135	179
	8	7	84	52	199	26	208	99	991	177	224
	9	156	217	196	176	996	184	79	166	22	61
	10	172	246	12	62	65	158	226	112	44	201
	11	162	225	127	25	174	56	234	186	170	85
	12	68	50	236	129	114	203	15	23	76	164
ซ้ำ 8	1	208	99	81	1	69	109	198	139	244	61
	2	181	183	155	71	12	44	225	58	203	84
	3	193	18	72	170	211	79	60	87	65	209
	4	127	137	191	180	54	114	997	24	226	112
	5	107	16	224	64	119	56	184	80	19	104
	6	150	199	135	50	178	35	106	162	15	166
	7	22	158	68	201	991	88	232	219	126	176
	8	33	62	992	115	228	7	172	192	94	236
	9	57	67	246	154	85	995	26	186	179	47
	10	996	76	17	96	234	188	163	149	52	227
	11	218	229	25	39	156	13	164	177	130	196
	12	182	174	51	144	187	145	23	129	217	11

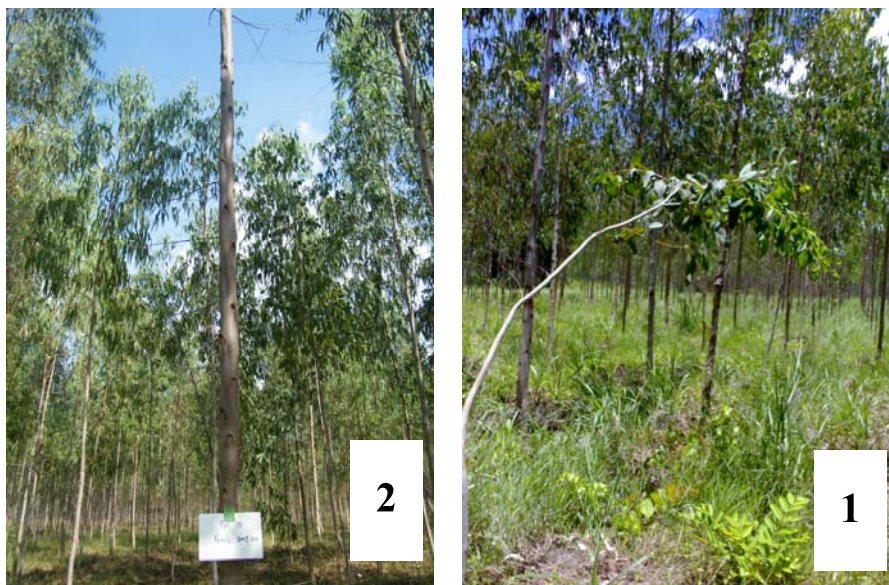
ภาพผนวกที่ 2 การวางผังการทดลองและการสุ่มสายพันธุ์ยูคาลิปตัส คามาสดูลเลนซิส
ในแปลงทดสอบรุ่นที่สอง (ซ้ำที่ 5-8)



ภาพผนวกที่ 3 สภาพพื้นที่แปลงทดสอบไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิสรุ่นที่สอง บริเวณสถานี
ฟิสิกส์สวนศาสตร์วังน้ำเขียว อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา



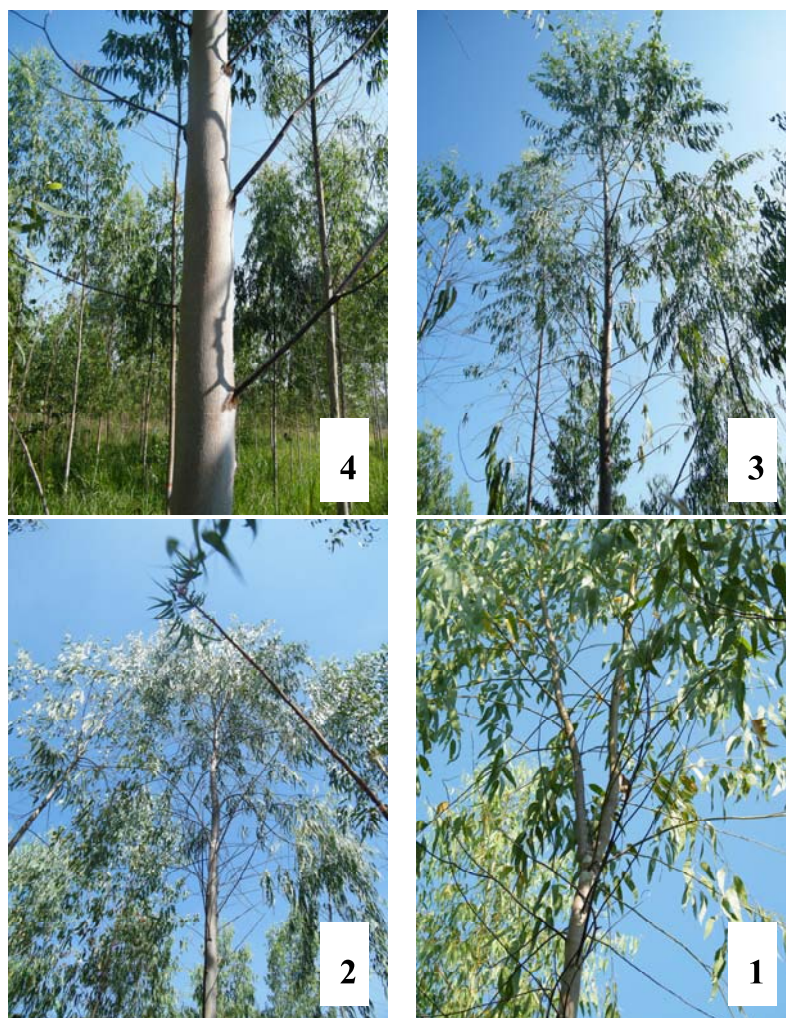
ภาพผนวกที่ 4 ระดับคะแนน 1-5 คะแนนของการแตก่างของลำต้นไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส



ภาพผนวกที่ 5 ระดับคะแนน 1-2 คะแนนของแนวของลำต้น ไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส



ภาพผนวกที่ 6 ระดับคะแนน 1-4 คะแนน ของความตรงของลำต้น ไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส



ภาพผนวกที่ 7 ระดับคะแนน 1-4 คะแนนของขนาดของกิ่งไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส



ภาพผนวกที่ 8 ระดับคะแนน 1-2 คะแนน ของมดของกิ่งก้านลำต้นของไม้ยูคาลิปตัส
คามาลดูเลนซิส



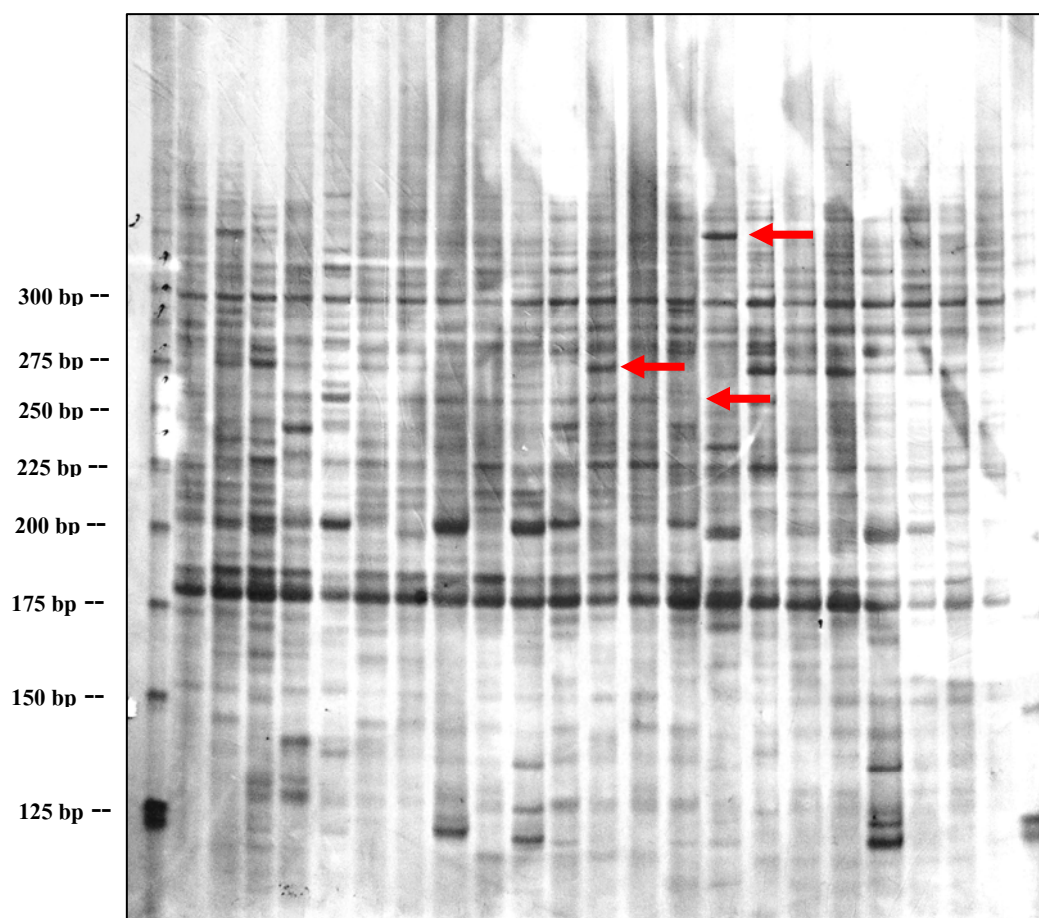
ภาพผนวกที่ 9 ระดับคะแนน 1-2 คะแนน การกัดกินตามธรรมชาติของไม้ยูคาลิปตัส
คามาลดูเลนซิส



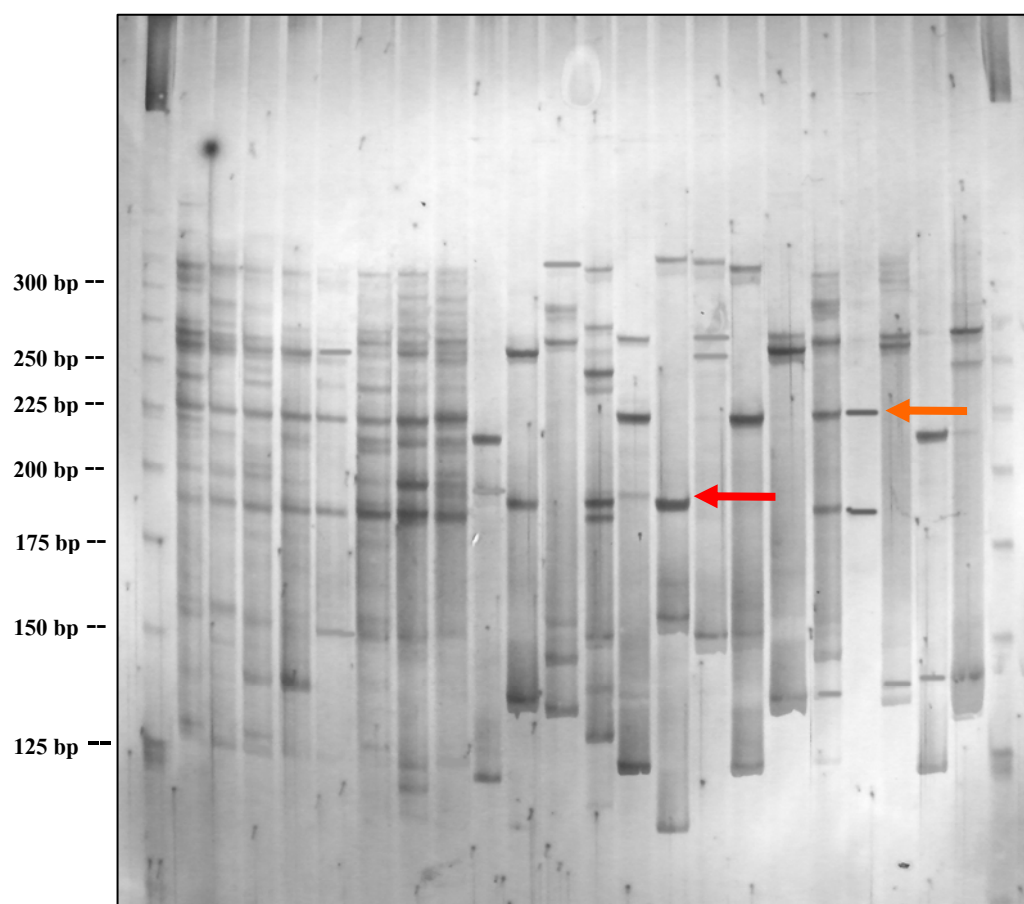
ภาพผนวกที่ 10 ระดับคะแนน 1-2 คะแนน ของการทำลายของแตนฝอยปม



ภาพผนวกที่ 11 ตัวอย่างสายพันธุ์ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส อายุ 24 เดือน ที่เก็บตัวอย่างใบอ่อน เพื่อนำไปสกัดดีเอ็นเอ



ภาพผนวกที่ 12 ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ที่เกิดจากเทคนิค AFLP โดยใช้ เอนไซม์ตัดจำเพาะ *TaqI* และ *MseI* คู่ไพรเมอร์ T-AGC/M-CTC แสดงตัวอย่าง ตำแหน่งแถบดีเอ็นเอที่บอกความแตกต่าง



ภาพผนวกที่ 13 ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของยูคลิปตัส คามาสดูลเลนซิส ที่เกิดจากเทคนิค AFLP โดยใช้ เอนไซม์ตัดจำเพาะ *Bfa*I และ *Mse*I คู่ไพรเมอร์ B-CCT/M-CTA แสดงตัวอย่าง ตำแหน่งแถบดีเอ็นเอที่บอกความแตกต่าง

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวสุณิสา ยอดนาม
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 24 กันยายน 2524
สถานที่เกิด	นครราชสีมา
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วนศาสตร์)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิชาการป่าไม้ปฏิบัติการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนคุณภาพงานวิจัย พ.ศ. 2551 ทุนสนับสนุนการวิจัย จากโครงการการใช้ประโยชน์ไม้ โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้า และแก๊สหุงต้ม