



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วนศาสตร์)

ปริญญา

วนวัฒนวิทยา

สาขา

วนวัฒนวิทยา

ภาควิชา

เรื่อง การเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส
คามาลดูลเลนซิส ในพื้นที่แขวงเวียงจันทน์ ประเทศสาธารณรัฐ ประชาธิปไตย
ประชาชนลาว

Growth, Yield and Investment Return of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.
Plantation in Vientiane Province, Lao People's Democratic Republic

นามผู้วิจัย นายสมอก หน่อเจริญ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(อาจารย์จรัสกร วัชรินทร์รัตน์, วท.ค.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณฑล จำเริญพุกภัย, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์สันติ สุขสะอาด, วท.ค.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณฑล จำเริญพุกภัย, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อวงคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 2 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2549

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส
ในพื้นที่แขวงเวียงจันทน์ ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Growth, Yield and Investment Return of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Plantation in
Vientiane Province, Lao People's Democratic Republic

โดย

นายสมอก หน่อเจริญ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์)

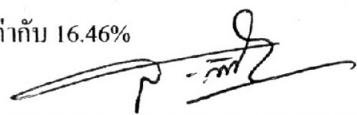
พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-1588-4

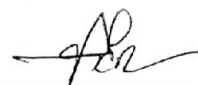
สมอก หน่อเจริญ 2549: การเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน ในพื้นที่แขวงเวียงจันทน์ ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์) สาขาวนวัฒนวิทยา ภาควิชาวนวัฒนวิทยา
ประธานกรรมการที่ปรึกษา: อาจารย์จรงค์ วัชรินทร์รัตน์, Ph.D. 82 หน้า
ISBN 974-16-1588-4

การเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน ได้ดำเนินการในพื้นที่แขวงเวียงจันทน์ ประเทศลาว โดยทำการสำรวจและเก็บข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับสูงเพียงอก ความสูงทั้งหมดของไม้ในแปลงตัวอย่างขนาด 40 x 40 ตารางเมตร ในชั้นอายุ 1-5 ปี ชั้นอายุละ 3 แปลง รวมทั้งหมด 15 แปลง เลือกตัดไม้ตัวอย่างจำนวน 5 ต้น เพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละชั้นอายุ ทำการวัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ ความสูงทั้งหมด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงต่าง ๆ ที่ได้กำหนด และชั่งน้ำหนักสดของตัวอย่างส่วนต่าง ๆ คือ ลำต้น กิ่ง และใบ นำตัวอย่างไปอบแห้ง คำนวณความสัมพันธ์ระหว่างมิติของต้นไม้และผลผลิต ทั้งน้ำหนักสดส่วนที่เป็นสินค้าได้ มวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ และปริมาตรของลำต้น เพื่อประเมินผลผลิต นอกจากนี้ยังได้ดำเนินการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินและความอ่อนไหวของโครงการ

ผลการศึกษาพบว่า การเติบโตของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยของไม้ยูคาลิปตัสในแต่ละชั้นอายุ 1-5 ปี มีค่าเท่ากับ 3.07, 5.53, 7.68, 8.10 และ 9.27 เซนติเมตร ตามลำดับ ความสูงเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 4.17, 7.83, 13.08, 11.70 และ 12.56 เมตร ตามลำดับ น้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ที่อายุ 3-5 ปี เท่ากับ 33.40, 44.82 และ 51.76 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มวลชีวภาพของลำต้น (W_s) เท่ากับ 0.42, 1.19, 2.73, 3.91 และ 4.56 ตันต่อไร่ มวลชีวภาพของกิ่ง (W_g) เท่ากับ 0.10, 0.18, 0.36, 0.65 และ 0.52 ตันต่อไร่ มวลชีวภาพของใบ (W_L) เท่ากับ 0.23, 0.16, 0.24, 0.30 และ 0.34 ตันต่อไร่ มวลชีวภาพรวม (W_T) เท่ากับ 0.74, 1.53, 3.33, 4.86 และ 5.41 ตันต่อไร่ ตามลำดับ การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน พบว่า เมื่อราคาไม้เท่ากับ 600 บาทต่อตันจะให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่ากับการลงทุนในทุกระดับดอกเบี้ยที่กำหนด เมื่อราคาขายไม้เท่ากับ 700 บาทต่อตันจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนในทุกอัตราดอกเบี้ยที่ 7%, 9% และ 11% จะให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 3,792.45, 2,136.01 และ 682.07 บาทต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน (B/C ratio) เท่ากับ 1.17, 1.10 และ 1.03 ตามลำดับ และอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) เท่ากับ 12.06% เมื่อราคาขายไม้เท่ากับ 800 บาทต่อตันจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนในทุกระดับดอกเบี้ยที่กำหนดข้างต้น กล่าวคือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 7,483.51, 5,500.62 และ 3,754.29 บาทต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน (B/C ratio) เท่ากับ 1.33, 1.25 และ 1.18 ตามลำดับ และอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) เท่ากับ 16.46%



ลายมือชื่อนิติ



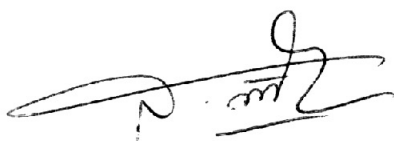
ลายมือชื่อประธานกรรมการ

1 / ๗.๐. / 49

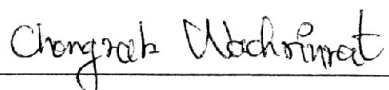
Somok Norchaleun 2006: Growth, Yield and Investment Return of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Plantation in Vientiane Province, Lao People's Democratic Republic. Master of Science (Forestry), Major Field: Silviculture, Department of Silviculture.
Thesis Advisor: Mr.Chongrak Wachrinrat, Ph.D. 82 pages.
ISBN 974-16-1588-4

The study on growth, yield and investment return of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. plantation was carried out at Vientiane province, Lao People's Democratic Republic. Three sample plots (40 x 40 m²) of each age class, 1, 2, 3, 4 and 5 year-old, were set for measuring DBH and height. In each age class, 5 sample trees base on diameter class were selected and harvested. Various tree dimensions in terms of total height, diameter at various height levels and fresh weight of each part e.g. stem, branch and leave of sample trees were measured and weighed. Each part of trees was randomly taken for dry weight calculation. Various dimensions and yields in terms of merchantable fresh weight, biomass of each part and total stem volume were established for yield estimation. In addition, investment return and sensitivity were also analyzed.

The results showed that average DBH and height of 1, 2, 3, 4 and 5 year-old of trees were 3.07, 5.53, 7.68, 8.10 and 9.27 cm; 4.17, 7.83, 13.08, 11.70 and 12.56 m, respectively. The merchantable fresh weight of 3, 4 and 5 year-old of trees was 33.40, 44.82 and 51.76 tons.ha⁻¹, respectively. The biomass of stem (W_s); branch (W_b); leave (W_L) and total (W_T) were 0.42, 1.19, 2.73, 3.91 and 4.56; 0.10, 0.18, 0.36, 0.65 and 0.52; 0.23, 0.16, 0.24, 0.30 and 0.34 and 0.74, 1.53, 3.33, 4.86 and 5.41 tons.ra⁻¹, respectively. Investment return analysis found that non-benefit was evaluated when the log price was 600 baht.ton⁻¹, while NPV and B/C ratio of 7, 9 and 11% were 3,792.45, 2,136.01 and 682.07 baht.ha⁻¹ and 1.17, 1.10 and 1.03, respectively when the log price was 700 baht.ton⁻¹. In addition, NPV and B/C ratio showed the same trend, 7,483.51, 5,500.62 and 3,754.29 baht.ha⁻¹ and 1.33, 1.25 and 1.18, respectively, when log price was 800 baht ton⁻¹. Furthermore, IRR was analyzed as 12.06 and 16.46% when log price was 700 and 800 baht.ton⁻¹, respectively.



Student's signature



Thesis Advisor's signature

1, May, 06

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ ดร. จงรัก วัชรินทร์รัตน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาในการให้คำแนะนำปรึกษาเกี่ยวกับงานวิจัย ตลอดจนตรวจสอบแก้ไข ข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มณฑล จำริญพฤกษ์ ประธานกรรมการวิชาเอก รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ สุขสอาด ประธานกรรมการวิชาการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ หาญวงศ์จิรวัดน์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุก ๆ ท่านที่มีได้กล่าวถึงที่ช่วยให้คำแนะนำแนวทางการศึกษาวิจัย ตลอดจนได้ช่วยกรุณาให้โอกาสและกำลังใจในการศึกษาเรื่อยมา และขอขอบใจน้อง ๆ ปริญญาโทวนวัฒนวิทยาทุกคน ที่ช่วยร่วมทุกข์ ร่วมสุข ในการลงพื้นที่ เก็บข้อมูล ณ ประเทศลาว ในครั้งนี้จนเสร็จสิ้น ลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ พ่อ เขียน หลวงโคต และ พ่อ หุมแพง มะนิกุล ที่กรุณาให้ใช้สถานที่สวนป่าไม้ยูคาลิปตัส เพื่อทำการวัดไม้ และตัดไม้ตัวอย่างมาวิจัยซึ่งเป็นผลสำเร็จในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และภรรยาพร้อมบุตร ที่คอยสนับสนุน ทั้งกำลังใจ กำลังใจ ตลอดจนทุนทรัพย์ ให้ข้าพเจ้าได้ศึกษาจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สมอก หน่อเจริญ

เมษายน 2549

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
การปลูกสร้างสวนป่าในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว)	3
ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส	4
การเติบโต	9
ผลผลิต	11
การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน	15
การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ	18
อุปกรณ์และวิธีการ	19
อุปกรณ์	19
วิธีการ	20
สถานที่ศึกษา	26
ผลและวิจารณ์	30
สรุปข้อเสนอแนะ	68
สรุป	68
ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	73
ภาคผนวก	78

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิของแขวงเวียงจันทร์ในรอบ 15 ปี (ค.ศ. 1990-2004)	28
2	สมการในรูป allometry equation ($Y = aX^b$) ใช้ประมาณผลผลิต ในรูปน้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เมื่อ $Y =$ น้ำหนักสด (กิโลกรัม) $X = D^2H$ ($D =$ ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (เซนติเมตร) $H =$ ความสูงทั้งหมด (เมตร) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	32
3	สมการรูป Allometry ที่ใช้ประมาณค่าผลผลิตมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดย $Y =$ ผลผลิตมวลชีวภาพ(กิโลกรัม), $X = D^2H$ (D คือเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร), $H =$ ความสูงทั้งหมด (เมตร))	34
4	การเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 1-5 ปี	39
5	สมการในรูป Allometric equation, ($Y = aX^b$), ใช้ประมาณผลผลิต ในรูปน้ำหนักสดของลำต้นไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส $Y =$ น้ำหนักสด (กิโลกรัม), $X = D^2H$ ($D =$ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ที่ระดับความสูงเพียงอก (เซนติเมตร), $H =$ ความสูงทั้งหมด (เมตร) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	40
6	ผลผลิตในรูปน้ำหนักสดของส่วนที่เป็นลำต้นทั้งหมดของ ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 1-5 ปี คิดเป็นต่อพื้นที่	43
7	ผลผลิตมวลชีวภาพ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 1-5 ปี	44
8	ค่าใช้จ่าย (Cost) ต่อเฮกแตร์ ในการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในปี ที่ 1-5	49
9	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน ในการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี	50
10	ผลผลิตในรูปน้ำหนักสดของส่วนที่เป็นลำต้นทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 1-5 ปี คิดเป็นต่อพื้นที่	51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	มูลค่าปัจจุบันของรายได้ ณ อัตราดอกเบี้ยระดับต่างๆ ของการปลูกสร้างสวนป่าไม้ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี	51
12	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ได้ต่อต้นทุน (B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) จากการขายไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย 7% (ราคาไม้ 600 บาทต่อตัน)	53
13	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ได้ต่อต้นทุน (B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) จากการขายไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย 9% (ราคาไม้ 600 บาท/ตัน)	54
14	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ได้ต่อต้นทุน (B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) จากการขายไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย 11% (ราคาไม้ 600 บาท/ตัน)	55
15	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ได้ต่อต้นทุน (C ratio/B) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) จากการขายไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย % 7 (ราคาไม้ 700 บาท/ตัน)	57
16	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ได้ต่อต้นทุน (C ratio/B) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) จากการขายไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย % 9 (ราคาไม้ 700 บาท/ตัน)	58
17	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ได้ต่อต้นทุน (C ratio/B) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) จากการขายไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย % 11 (ราคาไม้ 700 บาท/ตัน)	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน (C ratio/B) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)จากการขายไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส อายุ 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย % 7 (ราคาไม้ 800 บาท/ตัน)	61
19	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน(C ratio/B) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)จากการขายไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส อายุ 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย% 9 (ราคาไม้ 800 บาท/ตัน)	62
20	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน (C ratio/B) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)จากการขายไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส อายุ 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย %11 (ราคาไม้ 800 บาท/ตัน)	63
21	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการในอัตราหักลดต่างๆ เมื่อราคาไม้เท่ากับ 600 บาทต่อตัน	65
22	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการในอัตราหักลดต่างๆ เมื่อราคาไม้เท่ากับ 700 บาทต่อตัน	66
23	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการในอัตราหักลดต่างๆ เมื่อราคาไม้เท่ากับ 800 บาทต่อตัน	67
ตารางผนวกที่		
1	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงทั้งหมดของไม้ตัวอย่าง ที่ตัดฟันลงในแต่ละชั้นอายุ	79
2	มวลชีวภาพของลำต้น ใบ และกิ่งของไม้ตัวอย่างในแต่ละชั้นอายุ	80
3	ราคาซื้อไม้ของบริษัทต่าง ๆ ที่เข้าไปดำเนินการในสปป.ลาว	81
4	ค่าใช้จ่ายในการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส คิดเป็นต่อเฮกแตร์	82

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	พื้นที่การศึกษา ณ แขวงเวียงจันทร์ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว	27
2	ลักษณะภูมิอากาศของแขวงเวียงจันทร์ในรอบ15 ปี (ค.ศ. 1990-2004) สร้างตามวิธีการของWalter (1955)	29
3	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับความสูงทั้งหมด	31
4	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณกับความสูง (D^2H) ของไม้ในแต่ละชั้นอายุ	33
5	ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณกับความสูงกับมวลชีวภาพของลำต้นในแต่ละชั้นอายุ	36
6	ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณกับความสูงกับมวลชีวภาพของกิ่งในแต่ละชั้นอายุ	37
7	ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณกับความสูงกับมวลชีวภาพของใบในแต่ละชั้นอายุ	38
8	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับอายุ	40
9	ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับอายุ	40
10	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสดของลำต้นกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณกับความสูง (D^2H)	42
11	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุและผลผลิตที่เป็นน้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้	43
12	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุ และมวลชีวภาพของส่วนลำต้น กิ่ง ใบ และมวลชีวภาพรวมของไม้ยูคาลิปตัส	47

**การเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส
คามาลดูเลนซิส ในพื้นที่แขวงเวียงจันทน์ ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว**

**Growth Yield and Investment Return of *Eucalyptus camaldulensis* Dhnh.
Plantation in Vientiane Province, Lao People's Democratic Republic**

คำนำ

ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) ตั้งอยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 236,800 ตารางกิโลเมตรหรือ 23,680,000 เฮกแตร์ มีพื้นที่ป่าไม้ประมาณ 11,168,000 เฮกแตร์หรือ 47.16 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ประเทศ ประเทศ สปป.ลาว เป็นประเทศที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะทรัพยากรป่าไม้ แต่ในปัจจุบันเนื้อที่ป่าไม้ถูกบุกรุก ส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากการแผ้วถางป่าทำไร่เลื่อนลอยของราษฎรในชนบทประมาณ 300,000 เฮกแตร์ต่อปี (กรมป่าไม้, 2538) และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ เช่น การก่อสร้างถนน เขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำและเขตอุตสาหกรรม ทำให้พื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างรวดเร็ว และทำให้เกิดผลเสียหายนต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของประเทศเป็นอย่างมาก ดังนั้นรัฐบาลจึงได้มีนโยบายส่งเสริมการปลูกป่าเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนไม้ใช้สอยในอนาคต การปลูกสร้างสวนป่าไม้โตเร็วเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาแก้ไขปัญหาดังกล่าว ชนิดไม้ที่ได้รับความนิยมในการปลูกสร้างสวนป่าทั้งภาครัฐและเอกชนในปัจจุบัน ได้แก่ ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ซึ่งเป็นไม้โตเร็ว ที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ได้ดีกว่าไม้ชนิดอื่น และมีการใช้ประโยชน์ได้หลากหลายประเภท

การลงทุนปลูกสร้างสวนป่าถือว่าเป็นธุรกิจที่ต้องใช้ทุนในการดำเนินงานสูงและใช้ระยะเวลาที่ยาวนานกว่าจะได้รับผลผลิตที่ต้องการ นอกจากนี้ในการลงทุนดังกล่าวบางครั้งอาจต้องมีการเสี่ยงในหลายๆ ด้าน เช่น ความไม่แน่นอนของตลาดและราคาไม้ ฟ้าป่า รวมทั้งความเสียหายอันเกิดจากการทำลายของโรคและแมลง เป็นต้น ดังนั้นในการดำเนินงานการปลูกสร้างสวนป่าจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการวางแผนอย่างรัดกุมในทุกๆด้าน ทั้งการคัดเลือกสายพันธุ์ การปลูก การดูแลรักษา ตลอดจนการตัดฟัน และจะต้องมีการศึกษาถึงการเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทนจากการลงทุนเพื่อจะได้ใช้เป็นแนวทางสำหรับการตัดสินใจของผู้ที่จะเข้ามาประกอบการลงทุนในการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเติบโต และผลผลิต ของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส
2. เพื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุนของการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส
3. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการตัดสินใจของผู้ที่จะเข้ามาประกอบการลงทุนในการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

การตรวจเอกสาร

การปลูกสร้างสวนป่าในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว)

หลังจากประเทศได้ประกาศเอกราชและตั้งเป็นประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) ในปี ค.ศ. 1975 เป็นต้นมา รัฐบาลแห่ง สปป.ลาว ได้ดำเนินการพัฒนาการป่าไม้มาโดยตลอด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงปี ค.ศ. 1986 รัฐบาลได้มีนโยบายที่ชัดเจนในการส่งเสริมการปลูกไม้และฟื้นฟูป่าในหลายรูปแบบ มีหน่วยงานต่าง ๆ องค์กร ทั้งภาครัฐและเอกชน รวมทั้งนักลงทุนจากต่างประเทศ การปลูกสร้างสวนป่าใน สปป.ลาว ได้เริ่มปลูกกันมาแต่ปี ค.ศ. 1930 (Tsechalicha and Gilmour, 2000) โดยปลูกไม้สักเป็นส่วนใหญ่ (ไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับปริมาณที่ปลูก จำนวนพื้นที่ปลูก เปอร์เซ็นต์การรอดตาย และรูปแบบของการปลูก) หลังปี ค.ศ. 1975 เป็นต้นมาได้มีการบันทึกเป็นข้อมูลค่อนข้างชัดเจน ซึ่งในช่วงปี ค.ศ. 1975-2003 สามารถปลูกสร้างสวนป่าได้ถึง 129,100 เฮกเตอร์ โดยมีการร่วมลงทุนระหว่างรัฐกับเอกชน องค์กร และบริษัทต่าง ๆ ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ชนิดพันธุ์ไม้ที่นิยมปลูกได้แก่ ยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส สัก ประดู่ มะค่าโมง ดินเบ็ด และไม้อื่น ๆ (ศูนย์ส่งเสริมการปลูกป่าและฟื้นฟูป่า, 2546)

จากนโยบายของนายกรัฐมนตรี กำหนดให้การปลูกไม้เป็นสินค้า ควรเน้นการปลูกไม้โตเร็วซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ท้องถิ่น และไม้ต่างถิ่นควบคู่กับการปลูกไม้สักและไม้เนื้อแข็งอื่น ๆ เพื่อเป็นไม้รอบตัดฟันยาว ซึ่งผลการปลูกป่าในปัจจุบันพบว่า มีพรรณไม้ที่ดำเนินการปลูกอย่างจริงจังในประเทศลาวแล้วทั้งสิ้นประมาณ 30 ชนิด สำหรับการปลูกไม้โตเร็วในเชิงธุรกิจในปัจจุบันและในอนาคต ไม้ยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส กำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส

1. ลักษณะทั่วไป

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) มีชื่อสามัญว่า red gum, murrey red gum, rever gum, rever red gum จัดอยู่ในวงศ์ Myrtaceae ต้นไม้ในสกุลยูคาลิปตัส มีอยู่มากกว่า 700 ชนิด และไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส จัดเป็นชนิดที่นำไปปลูกนอกถิ่นกำเนิดมากที่สุด ไม้ชนิดนี้สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี รวมทั้งระบบรากที่สามารถเติบโตได้อย่างรวดเร็ว รากแก้วยังลึกลงไปใต้ดิน มีประสิทธิภาพในการดูดน้ำที่อยู่ในอนุภาคดินได้ดี ซึ่งทำให้ไม้ชนิดนี้สามารถขึ้นได้ในพื้นที่ที่แห้งแล้งทนต่อสภาพวิกฤตได้หลายอย่าง (Turnbull, 1974) โดยขึ้นได้ในระดับความสูงที่ระดับน้ำทะเล จนถึงที่ระดับความสูงมากกว่า 700 เมตร ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสม สำหรับการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสชนิดนี้ ในเชิงเศรษฐกิจไม่ควรต่ำกว่า 600 มิลลิเมตรต่อปี และในบางท้องที่สามารถขึ้นอยู่ได้ในที่มีน้ำขังเป็นเวลานาน 1-2 เดือน หรือมีฤดูแล้งติดต่อกันเป็นเวลานาน 4-8 เดือน (FAO, 1979; Sardvut, 1970) ดินที่เหมาะสมต่อการเติบโตของไม้ชนิดนี้คือ ดินร่วนปนทราย หรือดินที่มีการระบายน้ำดี ควรมีค่า pH ประมาณ 6-7 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิสประมาณ 27-35 องศาเซลเซียส แต่อย่างไรก็ตามไม้ชนิดนี้ยังสามารถขึ้นในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำถึง -5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงถึง 39 องศาเซลเซียส (National Academy of Science, 1980) ได้อีกด้วย

ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงใหญ่ มีความสูงตั้งแต่ 25-40 เมตร ลำต้นเปลาตรง กิ่งแตกตั้งฉากออกจากลำต้น เปลือกเรียบสีชมพู ขาวหรือครีม ลอกเป็นแผ่นกว้าง ๆ ได้ ใบอ่อนรูปร่างเป็นรูปหอก ใบแก่เรียงตัวสลับกัน มีความกว้าง 1.8-3.0 เซนติเมตร ยาว 10-13 เซนติเมตร ใบส่วนใหญ่ห้อยแขวนลงมา ดอกเป็นรูปกระสวย โดยส่วนล่างเป็นรูปถ้วย มีฝาปิด มีสีขาวหรือครีม ออกดอกเกือบตลอดปี ผลเป็นรูปถ้วย มีขนาดกว้าง 0.5-0.7 เซนติเมตร เมล็ดมีสีน้ำตาลหรือเหลืองมีขนาดยาว 0.1 เซนติเมตร เมล็ดหนัก 1 กรัม มีจำนวนเมล็ดประมาณ 773 เมล็ด (FAO, 1979) หลังจากการออกดอก 4-8 เดือน ผลจึงแก่ ผลส่วนใหญ่แก่ระหว่าง เดือนเมษายน-พฤษภาคม และเดือนสิงหาคม-กันยายนของทุก ๆ ปี (เชียรชัย, 2527) โดยปกติให้เมล็ดประมาณ 2-3 กิโลกรัม ต่อต้น เมล็ด 1 กิโลกรัม สามารถเพาะกล้าไม้ได้ 300,000 กล้า ซึ่งเพียงพอต่อการปลูกสร้างสวนป่า 200 เฮกเตอร์ (Turnbull, 1974) การเก็บเมล็ดต้องกระทำในช่วงที่ผลแก่เต็มที่ ซึ่งมีช่วงเวลาดังนั้นมาก หลังจากนั้นผลจะแตกและเมล็ดหลุดร่วงอย่างรวดเร็ว (กมล, 2527)

2. การคัดเลือกสายพันธุ์

การคัดเลือกสายพันธุ์ของต้นไม้มิให้เหมาะสม กับสภาพสิ่งแวดล้อมก่อนที่จะนำไปปลูกเป็นสิ่งจำเป็นมาก เพราะเมล็ดที่เก็บมาจากต่างท้องที่ การเจริญเติบโต รูปร่าง ลักษณะ ความทนทาน ตลอดจนคุณภาพไม้อย่างแตกต่างกัน ดังนั้นการปลูกควรนำเมล็ดมาจากแหล่งที่มีสภาพภูมิอากาศระดับความสูง เส้นรุ้ง อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน คล้าย ๆ กัน จึงจะได้ผลใกล้เคียงกัน มีการทดสอบถึงแหล่งที่มาของเมล็ด ไม้อยู่คาบิปลัด คามาเลดูเลนซิส และเป็นที่ยอมรับกันว่า แหล่งสายพันธุ์ที่สำคัญในออสเตรเลีย มีอยู่ 3 แหล่ง คือ ถ้านำไปปลูกในท้องถิ่นที่มีอากาศร้อนควรใช้สายพันธุ์จากเมืองแคทเธอริน และเมืองเพทฟอร์ด หากจะนำไปปลูกในท้องถิ่นที่แห้งแล้ง ก็ควรใช้เมล็ดจากแหล่งสายพันธุ์แถบเมืองโบรคเคนฮิลล์ สำหรับแหล่งเมล็ดไม้ในประเทศไทย อยู่กระจายตามศูนย์ทดลองปลูกพรรณไม้ต่าง ๆ ทั่วประเทศ คือ ศูนย์ทดลองปลูกพรรณไม้ ลำปาง-ลำพูน จังหวัดกาญจนบุรี ศูนย์ทดลองปลูกพรรณไม้บ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ ศูนย์ทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ และศูนย์ทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยมุด จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยอยู่ในสังกัดกองบำรุง กรมป่าไม้ (มนตรี และคณะ, 2529) สำหรับในประเทศไทยยังไม่ได้มีการคัดเลือกสายพันธุ์ โดยส่วนใหญ่ได้ดำเนินการจัดหาเมล็ดจากแหล่งเมล็ดในประเทศไทย และประเทศออสเตรเลีย

3. การขยายพันธุ์

ไม้อยู่คาบิปลัดสามารถขยายพันธุ์ได้ทั้งวิธีอาศัยเพศ (เพาะเมล็ด) และไม่อาศัยเพศทั้งนี้ การขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศ โดยการเพาะเมล็ด เพราะเป็นวิธีที่ง่ายสะดวกต่อการปฏิบัติและดูแลรักษา ส่วนการขยายพันธุ์โดยวิธีไม่อาศัยเพศนั้น ในปัจจุบันได้รับความนิยมอย่างมากในประเทศไทย โดยเฉพาะภาคเอกชน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการรักษาลักษณะพันธุ์กรรมของต้นแม่ที่มีลักษณะดีเอาไว้ สำหรับการขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศนั้น ไม้อยู่คาบิปลัด คามาเลดูเลนซิส เป็นไม้ที่ออกดอกตลอดทั้งปี แต่ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของต้นไม้ ผลของไม้นี้จะแตกประมาณเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม และถึงหากถึงเดือนกันยายน การเก็บผลและเมล็ดควรมีความระมัดระวังเพราะอาจจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ดอกที่เกิดขึ้นใหม่และผลที่ยังอ่อนอยู่ (รุ่งเรือง, 2540) ในปัจจุบันกล้าไม้ในประเทศไทยได้จากการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการตัดชำ สำหรับในประเทศไทยซึ่งส่วนใหญ่กล้าไม้ได้จากการขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศ

4. การกำหนดระยะปลูก

ในขั้นตอนของการดำเนินการปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส นั้น จะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ หลายประการ คือ การเพาะกล้าต้องเลือกพื้นที่สำหรับสร้างเรือนเพาะชำ โดยพิจารณาสภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ สภาพดิน แหล่งน้ำ รวมถึงสภาพเศรษฐกิจด้วย ซึ่งสภาพภูมิประเทศควรมีความลาดชันไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ดินควรเป็นดินร่วนปนทราย มีค่า pH ประมาณ 5.5-7.5 มีความลึกพอสมควร และควรระบายน้ำได้ดี การเพาะเมล็ดควรจะทำในระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนกุมภาพันธ์ สำหรับการปลูกล้านั้น ขนาดของกล้าที่เหมาะสมในการย้ายปลูก ควรมีอายุประมาณ 3-5 เดือน สูงประมาณ 25-50 เซนติเมตร การปลูกควรเลือกปลูกหลังวันที่ฝนตกหนัก กลบและกดดินรอบ ๆ ต้น ไม้ให้แน่น ระยะการปลูกจะถี่หรือห่างเท่าใดขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ความต้องการใช้ไม้ในท้องถิ่นเป็นหลัก เช่น ถ้าหากปลูกเพื่อต้องการขายไม้ฟืน และถ่าน ควรใช้รอบหมุนเวียนสั้นไม่เกิน 5 ปี โดยปลูกระยะ 1 x 2 เมตร หรือ 2 x 2 เมตร ถ้าปลูกเพื่อการขายไม้เผาถ่าน และ ไม้ใหญ่ สำหรับใช้ในการก่อสร้าง ทำเฟอร์นิเจอร์ ควรใช้รอบหมุนเวียน 10-15 ปี ระยะปลูก 2 x 3 เมตร 2 x 4 เมตร หรือ 4 x 4 เมตร (พิน, 2528)

5. การบำรุงรักษา

การบำรุงรักษา ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส มีข้อที่จะต้องพิจารณา 2 ประการ คือ

5.1 ปัญหาที่จะต้องคำนึงถึงในระยะแรกของการดูแล

5.1.1 วัชพืช ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส เป็นไม้ที่ต้องการแสง และมีความสามารถแก่งแย่งกับวัชพืชในระยะแรกได้น้อย ดังนั้นการกำจัดวัชพืชอย่างสม่ำเสมอเป็นเรื่องที่จำเป็น

5.1.2 ไฟป่า ในระยะแรกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส มีความทนทานไฟต่ำ การป้องกันไฟจึงเป็นเรื่องหนึ่งที่ผู้ปลูกควรระมัดระวังให้มาก

5.1.3 สัตว์เลี้ยง ปกติทั้งสัตว์เลี้ยงและสัตว์ป่าไม่ชอบกินใบ แต่อันตรายจากสัตว์เลี้ยงที่พบเห็นส่วนใหญ่เกิดขึ้นในระยะที่ต้นไม้อย่างเล็ก พวกสัตว์อาจจะเหยียบย่ำหรือใช้ลำตัวเสียดสีลำต้นทำให้เกิดความเสียหายได้ ดังนั้นไม่ควรนำสัตว์เลี้ยง เข้าไปเลี้ยงในระยะแรกของการปลูก

5.1.4 โรคและแมลง ปัญหานี้มีน้อยเท่าที่พบเห็นในระยะกล้า จะพบโรคเน่ากอดิน และแมลงกัดกินใบบ้างเล็กน้อย เมื่อพบควรรีบฉีดยา หรือจับทำลายเสียก่อน นอกจากนี้อาจจะพบเชื้อราเกิดตามปมข้อกิ่งรอบ ๆ ต้นของไม้ใหญ่ที่ปลูก ทำให้เกิดยางไหล หากพบควรจะตัดและเผาทิ้ง

5.1.5 พวกเหาวัลย์ อันตรายที่พบอีกอย่างหนึ่งคือ เหาวัลย์ ขึ้นพันรัดรอบต้นอ่อน และต้นใหญ่ ทำให้ต้นโอนเอนและคอดก้าง หรือคดงอ บางต้นอาจจะเสียรูปทรง ควรหมั่นดูแลและแกะออก

5.2 การปฏิบัติที่ควรกระทำในระยะแรกเพื่อเร่งการเจริญเติบโต

5.2.1 การใส่ปุ๋ย เมื่อกล้าไม้ที่ปลูกตั้งตัวดีแล้ว การเร่งการเจริญเติบโตเพื่อให้แข่งขันกับวัชพืช โดยการใส่ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ 15-15-15 หรือ 30-20-20 ประมาณ 1 ช้อนกาแฟ โรยรอบ ๆ ห่างจากโคนต้นพร้อมกับพรวนดินรอบ ๆ โคนต้น

5.2.2 การลิดกิ่ง ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส บางสายพันธุ์ จะแตกกิ่งตั้งแต่เป็นต้นขนาดเล็ก โดยกิ่งก้านที่แตกจะมีขนาดใหญ่ทำให้ดูเป็นพุ่ม หากผู้ปลูกต้องการไม้ที่มีลำต้นเปลาตรง ควรหมั่นตรวจดู และลิดกิ่งเสมอ (มนตรี และคณะ, 2529)

6. การใช้ประโยชน์

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส จัดว่าเป็นไม้เนื้อแข็งขนาดใหญ่พอที่จะใช้ประโยชน์มากกว่าใช้ทำไม้ฟืน และเผาถ่านเพียงอย่างเดียว เมื่ออายุครบ 5 ปี โดยประมาณมากกว่า 25% ของจำนวนที่ปลูกทั้งหมด จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกมากกว่า 15 เซนติเมตร ซึ่งสามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้านด้วยกันดังนี้ ด้านพลังงาน ใช้ทำฟืนในครัวเรือน ทำฟืนในอุตสาหกรรม เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ทำถ่าน เป็นต้น ด้านอุตสาหกรรม ที่ใช้ไม้ทำผลิตภัณฑ์ ใช้ทำเยื่อกระดาษ และกระดาษ ไม้บาง เป็นต้น ด้านการก่อสร้าง ใช้ทำเสาบ้าน เสาไฟฟ้า ทำพื้นบ้าน นอกจากนั้นยังใช้ทำเครื่องมือเกษตร ใช้เป็นอาหาร ทำน้ำมันระเหยจากใบ ดอกใช้เลี้ยงผึ้ง (มนตรี และคณะ, 2529) ซึ่งรายละเอียดในการใช้ประโยชน์ไม้แต่ละประเภทมีดังนี้

6.1 ไม้แปรรูป ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส แก่นสีน้ำตาล กระพี้และแก่นต่างสีกัน เนื้อไม้ค่อนข้างละเอียด เสี้ยนสน (interlocked grain) มีความหนาแน่น (density) 980 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความถ่วงจำเพาะ 0.6-0.9 (FAO, 1979) เนื้อไม้แตกร้าวง่ายหากเก็บรักษาไม่ถูกวิธี

การแปรรูปต้องรีบกระทำในขณะสด หลังจากการตัดฟัน เพราะหากปล่อยทิ้งไว้จะแตกร้าว ค่าความแข็งแรงในการตัด (ความสามารถในการรับน้ำหนัก) ในสภาพแห้ง 1,344 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งสูงเท่ากับไม้เนื้อแข็งที่กำหนดไว้ 1,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มีความแข็งแรงสูงถึง 868 กิโลกรัม จึงทำการแปรรูปตกแต่งได้ยาก เสียค่าใช้จ่ายในการแปรรูปและตกแต่งสูงเพราะฟันเลื่อยและใบมีดสึกกร่อนง่าย มีค่าความเหนียวต่ำ ค่าความเหนียวซึ่งวัดจากการเคาะในสภาพแห้ง 2.33 กิโลกรัม-เมตร ต่ำกว่าไม้เนื้อแข็งทั่ว ๆ ไป (สุชาติ, 2528) จากค่าดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เป็นไม้ที่มีความแกร่งสูง เพราะและแตกร้าวได้ง่าย จากค่าทางกายสมบัติและกลสมบัติ ไม้ชนิดนี้จะใช้ประโยชน์ได้ดีในส่วนที่จำกัดเฉพาะไม้หน้าแคบ หากไม้หน้ากว้างจะบิด งอ แตกร้าว เนื่องจากแปรรูป จึงไม่สามารถใช้ได้ดีในงานทั่วไป การที่จะใช้ทำเป็นโครงสร้างใหญ่ ๆ ไม่เหมาะเนื่องจากคุณลักษณะของไม้ไม้คั่นก การใช้ในโครงสร้างขนาดเล็กบางส่วนใช้ได้ดีปานกลาง ซึ่งมีเฉพาะการตกแต่ง เาะ และการตีตะปู เนื้อไม้มีความคงทน มีความทนทานต่อการทำลายของปลวกดี

6.2 เชือกกระดาษ ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มีความหนาแน่นและขนาดของเส้นใย (fiber) อยู่ในช่วงของเนื้อไม้แข็งทั่ว ๆ ไป ซึ่งใช้สำหรับทำเชือกกระดาษ เส้นใยบางและยืดหยุ่นได้ดี ช่วยให้การยึดตัวของกระดาษดี การที่เส้นใยบางทำให้เนื้อไม้มีความทึบแสงสูงจากการศึกษาคุณสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 10 ปี พบว่าเส้นใยมีความยาว 1.1895 มิลลิเมตร ความกว้างของเส้นใย 0.0220 มิลลิเมตร และ fiber lumen กว้าง 0.0150 มิลลิเมตร ซึ่งจากขนาดของเส้นใยแสดงให้เห็นว่าความยาวของเส้นใยอยู่ในช่วงของไม้เนื้อแข็งทั่วไป ผนังเซลล์ของเส้นใยบาง มีแนวโน้มที่จะให้เส้นใยยึดติดกันได้ดีทำให้แรงจับยึดระหว่างเส้นใยสูง จะได้กระดาษที่แข็งแรงและเหนียว (ทัศนีย์ และคณะ, 2525)

6.3 ไม้พินและถ่าน ความต้องการใช้ไม้พินและถ่านอยู่ในระดับสูง ทั้งการใช้ในครัวเรือน อุตสาหกรรม และส่วนบริการสังคม ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จะให้ค่าความร้อนประมาณ 4.78 กิโลแคลอรีต่อกรัม และมีค่าความร้อนของถ่าน 7.35 กิโลแคลอรีต่อกรัม (อรุณ และ วินัย, 2528) ติดไฟได้ดี และมีขี้ถ่านน้อย เนื้อไม้ผึ่งแห้งจะใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ดี

6.4 ไม้เสาเข็ม เสาเข็มเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง โดยเฉพาะในท้องที่ภาคกลางซึ่งเป็นกลุ่มและมีน้ำขังอยู่ทั่วไป การก่อสร้างบ้านเรือน จึงต้องมีการถมที่พร้อมกับการตอกเสาเข็ม เสาเข็มที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จะมีทั้งเสาปูนและเสาไม้ ที่มีขนาดต่าง ๆ สำหรับเสาเข็มที่เป็นไม้ที่นิยมสำหรับก่อสร้างบ้านเรือนที่มีใช้การก่อสร้างตึกใหญ่ หรือ โรงงาน

อุตสาหกรรมเสาเข็มที่เป็นไม้ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนอกจาก ไม้ปาชายเลน ไม้สนประติพัทธ์ และ ไม้ยางพาราแล้ว ไม้ยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส ก็นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และขนาดที่ใช้กันอยู่ทั่วไป คือ เส้นผ่าศูนย์กลางตรงกลางท่อน 3, 4, 5 และ 6 นิ้ว และก็มีมักจะมีความยาว 3, 4, 5 และ 6 เมตร ตามลำดับ (ขวลิต และ สวลี, 2528)

การเติบโต

การเติบโต (growth) คือ ขบวนการสะสมและเพิ่มพูนเซลล์ใหม่ของสิ่งที่มีชีวิต โดยกระบวนการทางธรรมชาติ ตามปกติการเติบโตใช้แสดงถึงการเพิ่มพูนของขนาดและการสร้างส่วนขึ้นมาใหม่ (Toumey, 1947) การเติบโตของต้นไม้มีปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตอยู่ 2 ปัจจัย ซึ่งกระทำร่วมกันระหว่างปัจจัยทางพันธุกรรม (genetic factor) และปัจจัยทางสภาพแวดล้อม (environmental factor) ได้แก่ แสงสว่าง ความชื้น ชนิดและปริมาณก๊าซต่าง ๆ ในอากาศ ลักษณะของดิน โรคและแมลงศัตรูพืช ชนิดและปริมาณธาตุอาหาร (Husch, 1972)

การเติบโตของต้นไม้จะแตกต่างกันไปตามปัจจัยภายในของต้นไม้แต่ละชนิด และอิทธิพลภายนอก ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของต้นไม้ ได้แก่ สารอาหาร สารประกอบพวกไนโตรเจน แกลือแร่ธาตุ ฮอร์โมน วิตามิน และสารอื่น ๆ อีกหลายอย่าง สำหรับต้นไม้การเติบโตมีทั้งทางความยาวและความโต ซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมของเนื้อเจริญ (meristematic tissue) (พงษ์ศักดิ์, 2521) อัตราการเติบโตของต้นไม้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการเติบโตและความสามารถในการใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมนั้น ๆ ของต้นไม้เอง ซึ่งเป็นลักษณะประจำทางพันธุ ปัจจัยแวดล้อมที่สำคัญต่อการเติบโตของต้นไม้ ได้แก่ แสง น้ำ อุณหภูมิ ธาตุอาหารในดิน คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน พืชและสัตว์ต่าง ๆ โดยปัจจัยเหล่านี้มีการกระทำร่วมกันจึงยากต่อการจำแนกได้ว่าปัจจัยใดสำคัญที่สุด แต่เมื่ออยู่ในที่ปัจจัยแวดล้อมเดียวกันแล้วการเติบโตของต้นไม้ จึงขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านพันธุกรรมเป็นสำคัญ Hocker (1979) กล่าวว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเติบโตของต้นไม้แต่ละชนิด ได้แก่ อายุ ความหนาแน่น และสภาพท้องถิ่น

สมบุญ (2536) กล่าวว่า การเติบโต ของพืชเป็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านปริมาณ ซึ่งไม่กลับคืน (irreversible) หมายถึงการเพิ่มขนาด มวลสาร หรือปริมาตรของเซลล์พืชโดยเกิดจากผลรวมของการแบ่งเซลล์และการขยายของเซลล์ การเจริญ (development) เป็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพ หมายถึงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทางลักษณะภายนอกและกายวิภาคภายใน ซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์ มีการจัดแบบแผนของรูปร่างที่

สลับซับซ้อนให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงหน้าที่ (speciation) ของเซลล์ต่าง ๆ ไปเป็นเนื้อเยื่อ และอวัยวะต่อไป (plant morphogenesis) การเติบโตของพืชซึ่งเริ่มจากเซลล์เพียงเซลล์เดียว แต่มีการเจริญและพัฒนาไปเป็นเนื้อเยื่อ หรืออวัยวะที่ต่างกันจำเป็นต้องมีปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตและพัฒนาของพืช ดังกล่าว ได้แก่ ปัจจัยทางพันธุกรรม ปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมภายนอก และปัจจัยภายในของพืช คือ สารเคมี หรือฮอร์โมนที่พืชผลิตขึ้น ปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน โดยพันธุกรรมเป็นตัวกำหนดขอบเขตการเติบโต ส่วนสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอก พืชเป็นตัวกำหนดระดับการเจริญ ส่งผลทำให้พืชมีการเติบโตและพัฒนาไปเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์

การเจริญเติบโตของต้นไม้สามารถแสดงในรูปของ sigmoid curve หรือเส้นกราฟรูปตัว S โดยสามารถแบ่งเส้นกราฟออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง เป็นระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโต (formative period) ปกติช่วงนี้จะสั้น ส่วนที่สองเป็นระยะที่มีการเพิ่มพูนอย่างรวดเร็ว (grand period of growth) ช่วงนี้จะยาวนานกว่าช่วงแรก และส่วนที่สามเป็นระยะที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโตเต็มที่ (period of maturity) ระยะนี้จะมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยแต่เป็นช่วงที่ยาวนานที่สุดและมีความผันแปรมาก เนื่องจากไม้แต่ละชนิดมีช่วงชีวิต (life span) แตกต่างกัน ในการจัดการป่าไม้ ต้นไม้จะถูกตัดฟันด้วยเหตุผลทางเศรษฐกิจ แม้ว่าต้นไม้จะอยู่ในช่วงก่อนสิ้นสุดระยะที่สองก็ตาม และการวัดความเพิ่มพูนหรือการเจริญเติบโต วิธีที่ดีที่สุดวิธีหนึ่งก็คือ การวัดในรูปของน้ำหนักแห้ง (Baker, 1950)

รุ่งเรือง (2540) ได้สรุปผลการศึกษาถึงความหนาแน่นของหมู่ไม้ต่อรูปทรง อัตราการเติบโต และผลผลิตของต้นไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 12 ปี ในแปลงทดลอง 7 ระดับความหนาแน่นที่สวนป่าสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก ความสูงทั้งหมดโดยเฉลี่ย และร้อยละของการรอดตาย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นที่ใช้ปลูกลดลง ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มีอัตราการเติบโตเร็วมาก ถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสมในระยะ 10 ปีแรก ความเพิ่มพูนทางด้านความสูงเฉลี่ย 2 เมตรต่อปี และความเพิ่มพูนความโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 2 เซนติเมตรต่อปี แต่สภาพที่เลวและมีความชื้นน้อย จะมีความเพิ่มพูนทางด้านความสูงเฉลี่ยต่อปีเหลือ 1-1.5 เมตร และความโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกลดลงเหลือ 1-1.5 เซนติเมตรต่อปี (FAO, 1979)

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มีอัตราการเติบโตที่ดีมากเมื่อปลูกในสภาพพื้นที่ที่เหมาะสม ระยะ 10 ปีแรก ความเพิ่มพูนทางด้านความสูงเฉลี่ย 2 เมตรต่อปี และความเพิ่มพูนความโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 2 เซนติเมตรต่อปี ในประเทศไทย เมื่อยูคาลิปตัส ชนิดนี้มีอายุ 5-7 ปี

มีความสูงประมาณ 15-20 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ประมาณ 14-20 เซนติเมตร จากรายงานของ มณฑิ (2528) พบว่า ต้นไม้ชนิดนี้ ที่ปลูกระยะ 4 x 4 เมตร เมื่ออายุ 5 ปี มีความสูงเฉลี่ย 14.2 เมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก 12.77 เซนติเมตร ผลผลิต 7.80 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และจากการศึกษาของ จงรัก (2538) ที่สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น พบว่า ไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส ที่ปลูกระยะ 2 x 8 ตารางเมตร เมื่อมีอายุ 13 ปี ความสูง 18.11 เมตร และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 15.01 เซนติเมตร โดยมีน้ำหนักสดของส่วนที่ใช้เป็นสินค้าได้เท่ากับ 9.5796 ตัน/ไร่

ผลผลิต

Davis (1966) ได้ให้ความหมายของคำว่า ผลผลิต (yield) ไว้ 2 ความหมาย คือ ผลผลิต หมายถึง กระแสผลผลิตทางป่าไม้ ไม่ว่าจะวัดเป็นหน่วยปริมาตรหรือมูลค่า ซึ่งเราตัดฟันมาจากป่าแห่งหนึ่ง ในช่วงระยะเวลาที่กำหนดให้ และอีกความหมายหนึ่ง ผลผลิตหมายถึงปริมาตรหรือปริมาณอย่างอื่นของผลผลิตป่าไม้ที่มีอยู่จริง หรือมองเห็นได้ว่ามันเกิดอยู่ในหมู่ไม้หนึ่งในเวลาที่กำหนดให้ ซึ่งเราจะตัดออกมาหรือไม่ก็ตาม

Spurr (1952) กล่าวว่า ผลผลิต หมายถึง จำนวนหรือปริมาณทั้งหมดที่สามารถตัดฟันได้จริงในเวลาที่กำหนด ซึ่งปริมาณทั้งหมดของหมู่ไม้ในเวลาที่กำหนดใด ๆ ก็คือ ผลผลิตของหมู่ไม้นั้น ๆ โดยที่ตลอดระยะเวลาของการเจริญเติบโตตั้งแต่เริ่มต้น จนถึงอายุที่กำหนดไม่ได้มีการตัดสาขาขายระยะไม้ออกไป และผลผลิตของหมู่ไม้จะผันแปรไปตามปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดไม้ องค์ประกอบของหมู่ไม้ คุณภาพแหล่งไม้ ชัยอายุ ความหนาแน่น การรบกวนจากภายนอก และการปฏิบัติทางวนวัฒนวิทยา

การวัดผลผลิตในป่าไม้นั้นส่วนใหญ่อาจวัดได้ดังนี้ (Toumey, 1947)

1. การวัดผลผลิตในรูปมวลชีวภาพ

มวลชีวภาพ (Biomass) หมายถึง มวลของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในระบบนิเวศต่อหน่วยพื้นที่ มวลชีวภาพดังกล่าวประกอบไปด้วยมวลของพืชสีเขียวที่สร้างขึ้นจากขบวนการสังเคราะห์แสงรวมกับมวลของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศนั้นในรูปน้ำหนักแห้ง ซึ่งอาจมีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ หรือในรูปของพลังงานซึ่งมีหน่วยเป็นแคลอรี (Odum, 1963) สามารถวัดออกมาเป็นน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่ต่อเวลา ซึ่งมีวิธีการหลาย

แบบ เช่น การวัดการไหลเวียนของพลังงาน (energy flow) ผ่านระบบนิเวศหรือจากการประมาณ โดยอ้อม เช่น จากปริมาณของสิ่งที่ผลิต จากวัตถุดิบที่ใช้ หรือผลตอบแทนที่ได้ แต่โดยทั่วไปนิยมที่จะหาออกมาในรูปของน้ำหนักแห้ง มีหน่วยเป็นตันต่อเฮกแตร์ (Ogawa and Kira, 1977)

การศึกษาเกี่ยวกับการประมาณมวลชีวภาพของป่าไม้สามารถทำได้ 2 วิธีคือ การชั่งน้ำหนักทั้งหมด โดยการตัดพืชทุกชนิดที่มีอยู่ในพื้นที่ออกทั้งหมด แล้วนำไปอบเพื่อหาน้ำหนักแห้ง การวัดผลผลิตทางชีวภาพของป่าโดยวิธีการตัดฟันต้นไม้ลง (harvest method) ในช่วงเวลาต่างๆ กัน ทำการชั่งน้ำหนักหาผลผลิตทางชีวภาพของส่วนต่างๆ ของต้นไม้ที่ออกมาเป็นน้ำหนักแห้ง โดยการนำต้นไม้หรือส่วนของต้นไม้ที่ตัดฟันไปทำการอบแห้งให้ได้น้ำหนักแห้งคงที่ แล้วคำนวณน้ำหนักแห้งของต้นไม้ต่อหน่วยพื้นที่ต่อหน่วยเวลา โดยแยกเป็นน้ำหนักของลำต้น กิ่งและใบ เพื่อประโยชน์ในการศึกษาปริมาณการกระจายของมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ตามระดับความสูงของต้นไม้ วิธีการตัดฟันและชั่งน้ำหนักของต้นไม้เพื่อศึกษามวลชีวภาพแบบนี้เรียกว่า Stratified clip technique ซึ่งเป็นเทคนิคอย่างง่ายในการตัดฟันส่วนของต้นไม้ตัวอย่างออกเป็นชั้น ๆ ในแนวราบ โดยใช้ช่วงความหนาของชั้นเท่า ๆ กัน การใช้เทคนิคนี้กับสังคมพืชพรรณไม้ป่าต้องใช้แรงงานมาก ทำให้ทราบถึงคุณสมบัติทางสัณฐานและสรีระวิทยาของใบไม้และเนื้อไม้ ที่แตกต่างกันไปตามตำแหน่งที่อยู่ภายในที่ว่างในป่า หรือตามปริมาณความเข้มข้นของแสงอาทิตย์ในบริเวณที่พรรณไม้ขึ้นอยู่ (Monsi and Saeki, 1953) ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือ ชั่งน้ำหนักบางส่วนของพืชนำมาหาความสัมพันธ์กับมิติ (dimension) ของส่วนต่างๆ ของพืช (Kira and Shidei, 1967) วิธีการนี้เรียกว่า allometric method ซึ่งมีรูปแบบสมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$Y = AX^h$$

$$\text{หรือ } \log Y = \log A + h \log X$$

เมื่อ Y กับ X เป็นตัวแปรที่วัดได้โดยตรงจากตัวอย่าง โดย Y เป็นตัวแปรตาม และ X เป็นตัวแปรอิสระ ในการศึกษากรณีไม้ยืนต้น ค่า Y จะเป็นน้ำหนักของลำต้น กิ่ง ใบ หรือส่วนอื่นๆ ของไม้ยืนต้น ค่า X จะเป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น ส่วนค่า A และ h เป็นค่าคงที่ของสมการ

Kira and Shidei (1967) พบว่า การนำความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (H) มาเป็นตัวแปรอิสระร่วมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอกยกกำลังสอง (D^2) ในรูป D^2H จะทำให้สามารถ

ประมาณค่ามวลชีวภาพของลำต้นได้อย่างถูกต้อง เพราะค่า D^2H เป็นค่าโดยประมาณของปริมาตรลำต้น ซึ่งจะสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับมวลชีวภาพหรือน้ำหนักแห้ง แต่ในกรณีมวลชีวภาพของกิ่งและใบนั้น Shinozaki *et al.* (1964) พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับได้กิ่งสดกิ่งแรก (D_b) ซึ่งสามารถใช้ D_b เป็นตัวแปรอิสระในการประมาณมวลชีวภาพของกิ่งและใบ แทน D^2H ได้อย่างถูกต้อง แต่อาจไม่สะดวกในทางปฏิบัติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พงษ์ศักดิ์ และคณะ (2524) ที่พบว่าประมาณมวลชีวภาพของกิ่งไม้เลียนอาจประมาณได้จากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับได้กิ่งสดกิ่งแรกได้อย่างถูกต้องแม่นยำ แต่เมื่อคำนึงถึงหลักปฏิบัติแล้วการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร จะง่ายกว่าการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับได้กิ่งสดกิ่งแรก ส่วนค่า A และ h ในสมการนี้จะแตกต่างกันไปตามชนิดไม้หรือชนิดหมู่ไม้ เนื่องจากมีความแตกต่างในเรื่องอายุของหมู่ไม้ ความหนาแน่นของหมู่ไม้ การแพร่กระจายของหมู่ไม้และสถานะแวดล้อม การใช้สมการเหล่านี้ทำการประมาณหามวลชีวภาพของป่านั้น อาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้จากปัจจัยเหล่านี้

การประมาณมวลชีวภาพโดยอาศัยวิธี allometric relation นั้น Whittaker and Woodwell (1971) ได้สรุปข้อเสนอนี้ไว้ 3 ประการ คือ (1) การเลือกต้นไม้ตัวอย่างไม่ควรเลือกเฉพาะต้นที่มีลักษณะดีทั้งในด้านรูปร่างและการเจริญเติบโต เพราะจะทำให้การประมาณค่ามวลชีวภาพของต้นไม้ทั้งหมดในแปลง โดยใช้สมการหาความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ค่ามากเกินความเป็นจริง (2) การประมาณค่ามวลชีวภาพอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้อย่างมาก ถ้าเลือกต้นไม้ตัวอย่างขนาดใหญ่ที่สุดในแปลง เพราะเมื่อนำความสัมพันธ์มาประมาณค่ามวลชีวภาพของไม้ขนาดเล็ก จะทำให้ได้ค่าที่มากกว่าความเป็นจริง (3) การแก้ไขความคลาดเคลื่อนเหล่านี้ให้ลดน้อยลงไปได้โดยนำเอาความสูงของต้นไม้มาเป็นตัวแปรอิสระร่วมกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอย่างเดียวในรูปของ parabolic volume (D^2H) จะทำให้ถูกต้องชัดเจนยิ่งขึ้น

การกระจายของมวลชีวภาพในกลุ่มของหมู่ไม้อาจแสดงได้โดยอาศัยภาพ profile diagraph ซึ่งเรียกว่าไดอะแกรมโครงสร้างของผลผลิต (production structure diagraph) ซึ่งได้จากการตัดฟันไม้ลงโดยอาศัยวิธีการที่เรียกว่า Stratified lip technique และบอกปริมาณมวลชีวภาพในรูปความหนาแน่นของมวลชีวภาพ (biomass density) ซึ่งหามาได้โดยการหาปริมาณมวลชีวภาพของส่วนลำต้น กิ่งสด กิ่งแห้ง และใบ ด้วยหน่วยพื้นที่หลัก เช่น เฮกแตร์ และความสูงของช่วงชั้นของลำต้นที่ตัดทอนในแนวราบ ในการศึกษาปริมาณผลผลิตและโครงสร้างของผลผลิตในระบบนิเวศของพืชพรรณใด ๆ มักจะแบ่งส่วนของสังคมพืชออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่มีหน้าที่ในการสังเคราะห์แสง (photosynthetic part) ได้แก่ ใบ หรือส่วนที่มีสีเขียวของพืช กับส่วนที่ไม่มี

หน้าที่ในการสังเคราะห์แสง (non-photosynthetic part) ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ราก หรือส่วนที่ไม่มีสีเขียว จากการทำ Stratified clip technique เมื่อนำปริมาณมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง ใบ มาเขียนเป็นภาพแสดงการกระจายมวลชีวภาพในแนวตั้งตามระดับความสูง โดยให้ส่วนที่มีหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงอยู่ทางด้านซ้ายมือ และส่วนที่ไม่มีหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงอยู่ทางขวามือ จะได้ไคอะแกรมดังกล่าว จะเห็นว่าปริมาณมวลชีวภาพของส่วนที่มีหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงกับปริมาณมวลชีวภาพของส่วนที่ไม่มีหน้าที่ในการสังเคราะห์แสง มีลักษณะการเรียงตัวในแนวตั้งได้อย่างชัดเจน

Monsi and Saeki (1953) จำแนกประเภทโครงสร้างของผลผลิตเป็น 2 ประเภทคือ (1) herb type จะมีมวลชีวภาพของใบมากในตอนบน ๆ ของเรือนยอด (2) grass type จะมีมวลชีวภาพของใบกระจายลดหลั่นจากระดับบนสุดลงไปตามด้านล่างและจะมีมวลชีวภาพของใบมากที่สุด ในชั้นใดชั้นหนึ่งบริเวณต่างๆ ของเรือนยอดสำหรับในสังคมพืชป่าเท่านั้น ส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างของการกระจายมวลชีวภาพใบในแนวตั้งคล้ายคลึงกับ herb type อย่างไรก็ตาม สำหรับไม้ยูคาลิปตัสแล้วส่วนใหญ่ในประเทศไทย และประเทศลาวซึ่งขายกันโดยใช้น้ำหนักสด (Fresh Weight) แม้ว่าจะเป็นผลผลิตที่มีความผันแปรตามฤดูกาล แต่มีความสะดวกในการชั่ง และประเมินมูลค่าไม้

2. ผลผลิตในรูปปริมาตรของต้นไม้

การประมาณหาผลผลิตในรูปปริมาตรของหมู่ไม้ ต้องหาปริมาตรไม้รายต้นเสียก่อน แล้วรวมกันเป็นปริมาตรของหมู่ไม้ ซึ่งในการคำนวณหาปริมาตรของลำต้นไม้ นั้น Gartner and Beuschel (1962) กล่าวว่าปริมาตรของไม้ตัวอย่างที่โค่นลงมาวัด โดยวิธี relative section method จะเหมาะสมที่สุดเพราะลำต้นของไม้จะถูกแบ่งออกเป็นท่อนๆ เท่ากัน ดังนั้นการวัดหาปริมาตรจากท่อนสั้นๆ แต่ละท่อนแล้วนำมารวมกันเป็นปริมาตรไม้ทั้งลำต้น

สูตรเรขาคณิตที่ใช้โดยทั่วไปในการประเมินปริมาตรไม้ สงคราม (2526)

$$1. \text{ Smalian's Formula : } V = \frac{g_b + g_u}{2} L$$

$$2. \text{ Huber's Formula : } V = g_m L$$

3. Newfon Simpson's Formula:
$$V = \frac{g_b + 4g_m + g_u}{6} L$$

เมื่อ V = ปริมาตรของท่อนซุง
 g_b = พื้นที่หน้าตัดที่โคนท่อน
 g_m = พื้นที่หน้าตัดที่กลางท่อน
 g_u = พื้นที่หน้าตัดที่ปลายท่อน
 L = ความยาวของท่อน

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน

การประเมินผลสำเร็จของการปลูกสร้างสวนป่า เป็นการวิเคราะห์ผลตอบแทนในรูปตัวเงินเฉลี่ยต่อพื้นที่สวนป่า 1 เฮกแตร์ โดยมีเกณฑ์การวัด 3 วิธีด้วยกัน (วิไลลักษณ์ และคณะ, 2528) คือ

1. อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน (Benefit-cost ratio : B/C ratio) คือการเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลได้กับต้นทุนที่ใช้ดำเนินการ ณ อัตราดอกเบี้ยหนึ่ง ซึ่งมีสูตรดังนี้

$$B / C \text{ ratio} = \frac{\sum_{t=1}^n B_t (1 + i)^{-t}}{\sum_{t=1}^n C_t (1 + i)^{-t}}$$

เมื่อ B_t = ผลได้ในปีที่ t
 C_t = ต้นทุนในปีที่ t
 i = อัตราดอกเบี้ย
 t = ปีที่ 1, 2,n โดย n คือระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

เงื่อนไขในการตัดสินใจจะลงทุน คือ $B/C \text{ ratio} > 1$

2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value : NPV) เป็นการหามูลค่าปัจจุบันของผลกำไรของโครงการ ณ อัตราดอกเบี้ยหนึ่ง สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$NPV = \frac{\sum_{t=1}^n (B_t - C_t)}{(1 + i)^t}$$

เมื่อ B_t = ผลได้ในปีที่ t
 C_t = ต้นทุนในปีที่ t
 i = อัตราดอกเบี้ย
 t = ปีที่ 1, 2,n โดย n คือระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

เงื่อนไขการตัดสินใจจะลงทุน คือ $NPV > 0$

3. อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal rate of return : IRR) เป็นผลตอบแทนที่ได้รับตลอดระยะเวลาของการลงทุน โดยทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลได้มีค่าเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน ในการสร้างสวนปลูกป่า IRR หมายถึงอัตรารายได้ซึ่งเกิดขึ้นจากต้นทุนทั้งหมดที่ลงทุนไปจนถึงวันเวลาตัดฟันไม้ออกมาใช้ ซึ่งเป็นรูปสมการ ดังนี้

$$IRR = \frac{\sum_{t=1}^n (B_t - C_t)}{(1 + R)^t} = 0$$

เมื่อ B_t = รายได้จากการปลูกป่าในปีที่ t
 C_t = ต้นทุนที่เกิดจากการปลูกสร้างสวนป่าในปีที่ t
 R = ผลตอบแทนของโครงการ
 t = ปีที่ 1, 2,n โดย n คือระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

ต้นทุนในการปลูกสร้างสวนป่าเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นทุก ๆ ปีตั้งแต่ปีแรกจนถึงปีสุดท้ายที่สิ้นสุดโครงการ ดังนั้นมูลค่าต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละปีจึงไม่สามารถที่จะรวมกันเข้าเป็นต้นทุนรวมเพราะจะมีต้นทุนเกี่ยวกับดอกเบี้ยมาเกี่ยวข้อง ดังนั้นก่อนอื่นต้องนำต้นทุนในแต่ละปีมาคำนวณเป็นมูลค่าปัจจุบันเสียก่อน โดยใช้สูตร ดังนี้

$$C_0 = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

- เมื่อ C_0 = มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวมเฉลี่ยต่อไร่
 C_t = มูลค่าของต้นทุนในปีที่ t
 i = อัตราดอกเบี้ย
 t = ปีที่ 0, 1, 2, n โดยที่ n คือระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

รายได้จากการปลูกสร้างสวนป่า ในส่วนนี้จะประเมินรายได้จากสวนป่าเฉพาะรายได้ทางตรง คือเป็นรายได้จากการขายไม้ที่ทำการเมื่อถึงรอบตัดฟัน คำนวณโดยเอาปริมาตร คูณกับระดับราคาของไม้ยืนต้น นำรายได้ที่ได้รับนั้นมาคำนวณเป็นมูลค่าปัจจุบันเช่นเดียวกับต้นทุนใช้สูตร ดังนี้

$$B_0 = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}$$

- เมื่อ B_0 = มูลค่าปัจจุบันของรายได้รวมเฉลี่ยต่อไร่
 B_t = มูลค่าของรายได้ในปีที่ t
 i = อัตราดอกเบี้ย
 t = ปีที่ 0, 1, 2, n โดยที่ n คือระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

สำหรับต้นทุน (C_t) ประกอบไปด้วย

1. ต้นทุนการปลูกป่า หมายถึงต้นทุนที่ใช้ในการปลูกสร้างสวนป่าแปลงใหม่ รวมทั้งการบำรุงรักษาในปีต่อ ๆ ไป ซึ่งได้แก่ ต้นทุนคงที่ ประกอบด้วย สิ่งก่อสร้าง ยานพาหนะ การสร้างสาธารณูปโภค และการเตรียมกล้าไม้
2. ต้นทุนในการดำเนินงาน ประกอบด้วย การเตรียมพื้นที่ การปลูกและบำรุงสวน และค่าจ้างและเงินเดือน

3. ต้นทุนที่เกิดจากค่าดอกเบี้ยที่สูงเกินไปเนื่องจากการเลื่อนการตัดไม้ไปอีก 1 ปี

4. ค่าเช่าดิน

ผลได้หรือรายได้ที่ได้จากไม้ที่ตัด B_t หาได้จาก

(ราคาของไม้ (ต่อตัน)) $\times$ (น้ำหนักของไม้ในปีที่ตัดฟัน)–(ต้นทุนในการทำไม้ออกจากพื้นที่)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (sensitivity analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบว่า หากผลตอบแทนที่ใช้วิเคราะห์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมจะทำให้ค่าดัชนีชี้วัดต่างๆ เช่น มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน (B/C) และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการลงทุน (IRR) ในการลงทุนเพื่อปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ความคาดเดาได้ มี การเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจต่อการเลือกการลงทุนในการปลูกสร้างสวนป่า เพราะการลงทุนในกิจการสวนป่าเป็นการลงทุนในระยะยาว ดังนั้นในบางคั้งนักลงทุนอาจต้องเผชิญกับความเสี่ยงและความไม่แน่นอน (risk and uncertainly) ซึ่งการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการลงทุนนี้ จะอยู่ภายใต้ข้อสมมติให้รายได้และค่าใช้จ่ายเปลี่ยนแปลงดังนี้

1. ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 โดยกำหนดให้รายได้คงที่
2. รายได้ลดลงร้อยละ 10 โดยกำหนดให้ต้นทุนคงที่
3. ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และรายได้ลดลงร้อยละ 10

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1: 100,000
2. Diameter tape (เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง)
3. เทปวัดระยะขนาด 50 เมตร
4. เครื่องมือวัดความสูง ประกอบด้วยไม้วัดความสูง (measuring pole) และ Haga altimeter
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก 3 กิโลกรัม, 12 กิโลกรัม และ 60 กิโลกรัม
6. มีดลิดกิ่งและเลื่อย
7. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างพืช เช่น ถุงพลาสติก ขางรัด ปากกา กระสอบ
8. แบบฟอร์มที่ใช้ในบันทึกข้อมูลและเครื่องเขียนต่างๆ
9. เครื่องคิดเลข
10. คอมพิวเตอร์วิเคราะห์ข้อมูล
11. กล้องถ่ายภาพดิจิทัล
12. ตู้อบตัวอย่างพืช
13. เครื่องชั่งดิจิทัล

วิธีการ

1. การเก็บข้อมูลภาคสนาม

แปลงปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นแปลงของเกษตรกรรายใหญ่ ตั้งอยู่ในพื้นที่แขวงเวียงจันทน์ ซึ่งเดิมพื้นที่เป็นป่าดิบแล้ง ต่อมาถูกบุกรุกเพื่อใช้พื้นที่ในการทำเกษตรกรรม ปัจจุบันมีการปลูกสร้างสวนป่าไม้หลายชนิด ซึ่งไม้หลักคือยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในการศึกษาจะเลือกแปลงที่มีอายุ 1-5 ปี (ครบอายุตัดฟัน) ซึ่งจะทำให้การเก็บข้อมูลดังนี้

1.1 การวางแผนแปลงตัวอย่างเก็บข้อมูล

ทำการวางแผนแปลงตัวอย่างขนาด 40x40 เมตร เพื่อวัดการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในทุกชั้นอายุที่ศึกษา ได้แก่ อายุ 1, 2, 3, 4 และ 5 ปี ชั้นอายุละ 3 แปลง รวมทั้งหมด 15 แปลง โดยเลือกพื้นที่ที่มีลักษณะและสภาพใกล้เคียงกัน

1.2 การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและข้อมูลอื่นๆ ของแปลงตัวอย่าง

1.2.1 บันทึกอายุไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสและระยะปลูก ในทุกแปลงตัวอย่าง

1.2.2 วัดความสูงทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสในแปลงตัวอย่าง โดยใช้ Haga altimeter

1.2.3 วัดขนาดความโต โดยทำการวัดขนาดของเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (GBH) ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ทุกต้นในแปลงและนำขนาดเส้นรอบวงที่วัดได้มาคำนวณเป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (DBH) โดยใช้สูตรดังนี้

$$DBH = \frac{GBH}{\pi}$$

เมื่อ	DBH	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร(เซนติเมตร)
	GBH	คือ	ขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30เมตร(เซนติเมตร)
	π	คือ	ค่าคงที่เท่ากับ3.1416

1.3 การตัดฟันไม้ตัวอย่างโดยวิธี Stratified clip technique เพื่อนำไปประเมินหาผลผลิตมวลชีวภาพ

1.3.1 จากข้อมูลการเจริญเติบโตที่วัดได้ นำค่าเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรของไม้ทุกต้นในแต่ละชั้นอายุ มาจัดแบ่งชั้นออกเป็น 5 ชั้นขนาดความโต (ควรวัดไม้ตัวอย่างอย่างน้อย 5 ต้น) เพื่อหาขนาดของตัวอย่างไม้ที่ต้องการตัดฟันลง และให้ไม้ตัวอย่างมีขนาดกระจายในแต่ละขนาดความโตต่าง ๆ โดยมีวิธีการดังนี้

$$\frac{DBH_{\max} - DBH_{\min}}{5} = \text{Class Interval}$$

เมื่อ $DBH_{(\max)}$ = ค่าสูงสุดของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร
 $DBH_{(\min)}$ = ค่าต่ำสุดของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร
 Class Interval = ความกว้างของแต่ละชั้นขนาดความโต

1.3.2 ทำการตัดไม้ตัวอย่างในแต่ละชั้นความโตชั้นละ 1 ต้น ในแต่ละชั้นอายุ (ชั้นอายุละ 5 ต้น) รวมจำนวนทั้งหมด 15 ต้น หรือเรียกวิธีนี้ว่า stratified clip technique และดำเนินการดังนี้

1.3.2.1 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับต่างๆ ของไม้ตัวอย่างที่ตัดคือ ที่ระดับชิดดิน (D_0) ที่ระดับความสูง 0.30 เมตร (D_{30}) ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ($D_{1.30}$) และยาวขึ้นไปทุก 2 เมตรจนถึงปลายยอด ที่ระดับได้กิ่งสดกิ่งแรก (D_B) ความสูงทั้งหมด (H) ความสูงถึงระดับกิ่งสดกิ่งแรก (H_B)

1.3.2.2 ตัดทอนลำต้นออกเป็นท่อนๆ จากโคนต้นจนถึงปลายยอด และทำการแยกส่วนที่เป็นใบ กิ่ง และลำต้น ออกจากกัน แล้วนำไปชั่งน้ำหนักสด และบันทึกไว้

1.3.2.3 สุ่มเก็บตัวอย่าง ลำต้น กิ่ง และใบ นำไปชั่งน้ำหนักสด แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักของตัวอย่างอยู่ในระดับคงที่แล้วนำมาชั่งอีกครั้ง

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 การคำนวณมวลชีวภาพของไม้ตัวอย่าง

2.1.1 หาปริมาณความชื้นของตัวอย่างโดยการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$

2.1.2 นำเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ได้ในแต่ละส่วนไปใช้เปลี่ยนน้ำหนักสดของส่วนต่างๆ ในแต่ละท่อนให้เป็นน้ำหนักแห้ง ตามสูตร

$$\text{น้ำหนักแห้ง} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสด}}{\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} + 100}$$

2.2 การหาสมการเพื่อประเมินผลผลิต

2.2.1 หาความสัมพันธ์ระหว่างความสูง (H) กับเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (D) โดยนำค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกกับความสูงมาหาความสัมพันธ์ โดยอาศัยสมการ allometric relation คือ

$$Y = a X^h$$

โดย D = เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

H = ความสูงของไม้ทั้งหมด (เมตร)

a และ h = ค่าคงที่ของสมการ

2.2.2 หาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ที่อยู่เหนือพื้นดินได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ กับเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณความสูง (D^2H) ในรูป allometric relation คือ $Y = aX^h$ หรือ $\log a + h \log x$ โดย Y คือ มวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ที่ประมาณหา X คือ D^2H และ A ,h คือ ค่าคงที่

2.2.3 หาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสดของส่วนที่เป็นลำต้น โดยแบ่งเป็นตามชั้นอายุ กับเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณความสูง (D^2H) ในรูป allometric relation คือ $Y = AX^h$ โดย Y คือน้ำหนักสดลำต้นของไม้ และ X คือ (D^2H) และ A, h คือค่าคงที่

2.3 นำสมการความสัมพันธ์ที่ได้ ไปคำนวณผลผลิตไม้ยูคาลิปตัส คำนวณดูเลนซิสต่อพื้นที่

2.4 นำข้อมูลการเติบโต ผลผลิต และอายุของไม้ยูคาลิปตัส มาสร้างแบบจำลองการเติบโต (growth model) ในรูป Logistic growth curve ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

$$W = \frac{a}{1 + be^{-ct}}$$

โดย W = การเติบโตหรือผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส
 a = ค่าการเติบโตหรือผลผลิตสูงสุด
 t = อายุ (ปี)
 b, c = ค่าคงที่

2.5 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน ใช้หลักเกณฑ์การวัดความเหมาะสมของการลงทุน 3 วิธีด้วยกัน คือ

2.5.1 อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน (Benefit-cost ratio) หรือ B/C ratio

$$B/C \text{ ratio} = \frac{\sum_{t=1}^n B_t (1+i)^{-t}}{\sum_{t=1}^n C_t (1+i)^{-t}}$$

เมื่อ B_t = ผลได้ในปีที่ t
 C_t = ต้นทุนในปีที่ t
 i = อัตราดอกเบี้ย
 t = ปีที่ 1, 2, ..., n โดย n คือระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

เงื่อนไขในการตัดสินใจจะลงทุน คือ B/C ratio > 1

2.5.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value) หรือ NPV

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{(B_t + C_t)}{(1+i)^t}$$

เมื่อ B_t = ผลได้ในปีที่ t

C_t = ต้นทุนในปีที่ t

i = อัตราดอกเบี้ย

t = ปีที่ 1, 2, ..., n โดย n คือระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

เงื่อนไขการตัดสินใจจะลงทุน คือ $NPV > 0$

2.5.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return) หรือ IRR

$$IRR = \sum_{t=1}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+R)^t} = 0$$

เมื่อ B_t = ผลได้ในปีที่ t

C_t = ต้นทุนในปีที่ t

R = ผลตอบแทนของโครงการ

t = ปีที่ 1, 2, ..., n โดย n คือระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

2.6 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (sensitivity analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบว่า หากผลตอบแทนที่ใช้วิเคราะห์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมจะทำให้ค่าดัชนีชี้วัดต่างๆ เช่น มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน (B/C) และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการลงทุน (IRR) ในการลงทุนเพื่อปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจต่อการเลือกการลงทุนในการปลูกสร้างสวนป่า เพราะการลงทุนในกิจการสวนป่าเป็นการลงทุนในระยะยาว ดังนั้นในบางครั้งนักลงทุนอาจต้อง

เผชิญกับความเสี่ยงและความไม่แน่นอน (risk and uncertainly) ซึ่งการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการลงทุนนี้ จะอยู่ภายใต้ข้อสมมติให้รายได้และค่าใช้จ่ายเปลี่ยนแปลงดังนี้

2.6.1 ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 โดยกำหนดให้รายได้คงที่

2.6.2 รายได้ลดลงร้อยละ 10 โดยกำหนดให้ต้นทุนคงที่

2.6.3 ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และรายได้ลดลงร้อยละ 10

3. การรวบรวมข้อมูลต้นทุน

3.1 ต้นทุนการปลูกป่า หมายถึง ต้นทุนที่ใช้ในการปลูกสร้างสวนป่าแปลงใหม่รวมทั้งการบำรุงรักษาในปีต่อไป ซึ่งได้แก่ การเตรียมกล้าไม้ การเตรียมพื้นที่ การปลูก การบำรุงรักษา ค่าจ้าง เงินเดือน และค่าเช่าดิน

4. รายได้จากการขายไม้

รายได้จากการขายไม้ = (ราคาของไม้ (ต่อตัน)) X (น้ำหนักของไม้ในปีที่ตัดฟัน)

5. ระยะเวลาที่ศึกษา

เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2548 ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2548

สถานที่ศึกษา

สวนปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิสที่แขวงเวียงจันทน์ ประเทศสาธารณรัฐ ประชาธิปไตยประชาชนลาว ปลูกเมื่อ ปี ค.ศ. 1999-2004 มีเนื้อที่สวนป่า 250 เฮกเตอร์ ระยะปลูก 2 x 3 เมตร

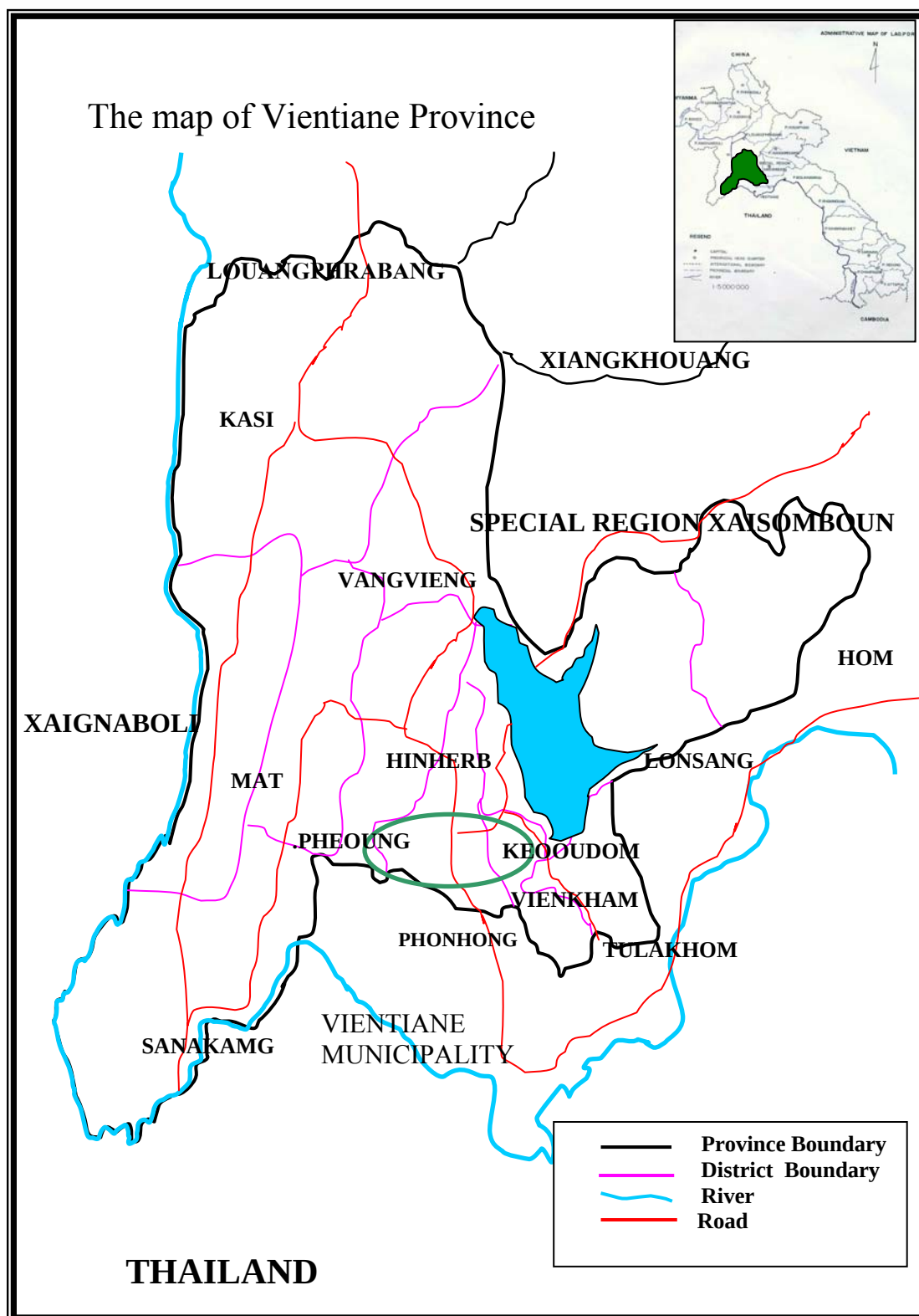
1. ลักษณะพื้นที่ศึกษา

แขวงเวียงจันทน์ตั้งอยู่ภาคกลาง ของประเทศ ห่างจากนครหลวงเวียงจันทน์ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 70 กิโลเมตร มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 1,852,600 เฮกเตอร์ มีพื้นที่ป่าไม้ปกคลุมประมาณ 504,900 เฮกเตอร์ มีพื้นที่สวนปลูกประมาณ 12,329 เฮกเตอร์ และมีอาณาเขตติดต่อ ดังนี้ (ภาพที่ 1)

ทิศเหนือ	ติดกับแขวงหลวงพระบาง
ทิศใต้	ติดกับนครหลวงเวียงจันทน์
ทิศตะวันออก	ติดกับเขตพิศตไสยสมบูรณ์ และแขวงบรคำไซ
ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ติดกับแขวงไซยบุรี
ทิศตะวันตกเฉียงใต้	ติดกับจังหวัดเลย ประเทศไทย

แขวงเวียงจันทน์มีประชากรทั้งหมดประมาณ 341,287 คน ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพด้านการเกษตร นับถือศาสนาพุทธ แบ่งเขตการปกครองออกเป็น 12 เมือง ได้แก่

เมืองเวียงคำ เมืองโพนโฮง เมืองทุละคม เมืองแก้วอุดม เมืองแมด เมืองกาสิ เมืองวังเวียง เองหินเหิบ เมืองเฟื่อง เมืองชนะคาม เมืองฮ่ม และเมืองล้องชา



ภาพที่ 1 พื้นที่การศึกษา ณ แขวงเวียงจันทน์ ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

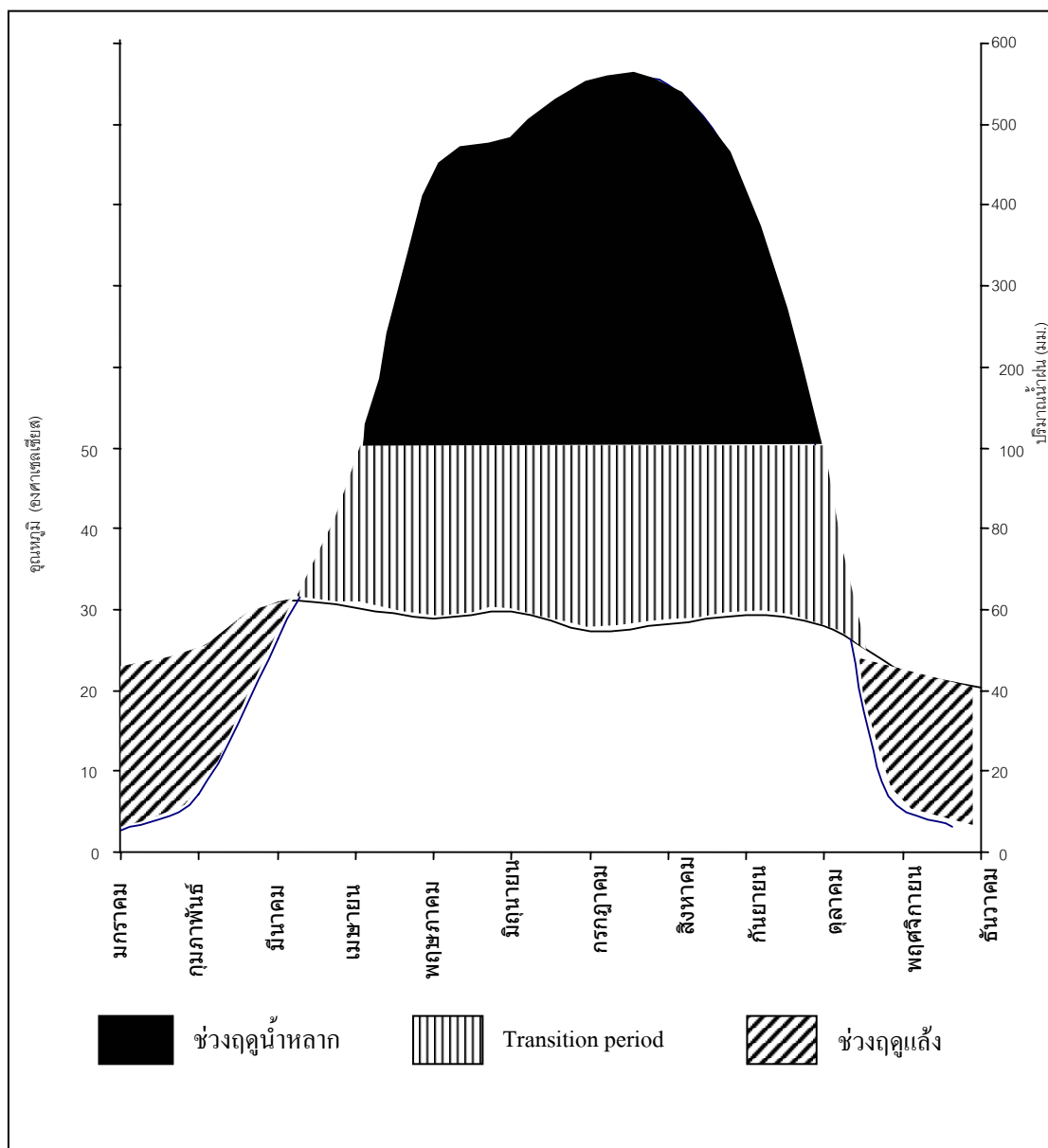
2. ลักษณะภูมิอากาศ

แขวงเวียงจันทน์อยู่ในภูมิอากาศเขตร้อน ฤดูฝนเริ่มแต่กลางเดือนเมษายน ถึง ต้นเดือนตุลาคม ฤดูหนาวเริ่มแต่กลางเดือนตุลาคม ถึง กลางเดือนกุมภาพันธ์ ฤดูร้อนเริ่มแต่ปลายเดือนกุมภาพันธ์ ถึง กลางเดือนเมษายน

ลักษณะภูมิอากาศจากข้อมูลลักษณะภูมิอากาศในช่วง 15 ปี (ค.ศ. 1990-2004) มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 29.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 24.5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีเท่ากับ 26.8 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดปีเท่ากับ 2,410 มิลลิเมตร แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 และกราฟแสดงลักษณะภูมิอากาศ ตามวิธีของ Walter (1955) ดังภาพที่ 2

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิของแขวงเวียงจันทน์ในรอบ 15 ปี (ค.ศ. 1990-2004)

เดือน	ปริมาณน้ำฝน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	(มม.)	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
มกราคม	5.5	26.4	18.3	22.3
กุมภาพันธ์	14.4	28.5	21.7	25.1
มีนาคม	52.6	33.9	27.9	30.9
เมษายน	93.8	32.4	27.8	30.1
พฤษภาคม	365.4	30.8	26.9	28.8
มิถุนายน	403.7	31.5	28.1	29.8
กรกฎาคม	459.6	28.2	26.2	27.2
สิงหาคม	495.1	29.4	26.9	28.1
กันยายน	368.4	30.8	28.1	29.4
ตุลาคม	128.1	29.5	26.3	27.9
พฤศจิกายน	17.3	26.4	18.3	22.3
ธันวาคม	6.2	23.0	17.6	20.3
เฉลี่ย (รวม)	2,410	29.2	24.5	26.8



ภาพที่ 2 ลักษณะภูมิอากาศของแขวงเวียงจันทน์ในรอบ 15 ปี (ค.ศ. 1990-2004) สร้างตามวิธีการของ Walter (1955)

ผลและวิจารณ์

การศึกษาเรื่องการเติบโต ผลผลิตและผลตอบแทน ได้ดำเนินการดังนี้

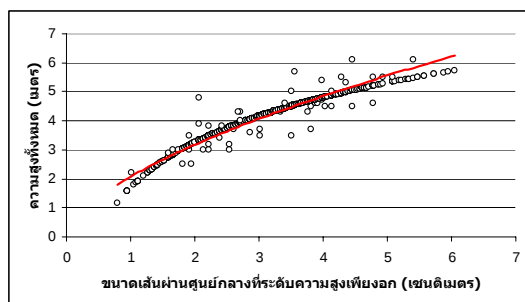
1. ความสัมพันธ์ระหว่างมิติต่างๆ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

การศึกษาเรื่องการเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทน ได้ดำเนินการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของมิติต่างๆ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

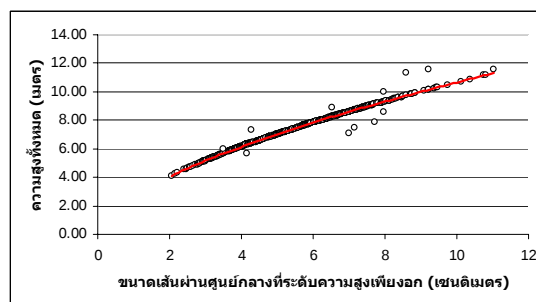
1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับความสูงทั้งหมด

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับความสูงทั้งหมดสามารถประเมินได้จากสมการความสัมพันธ์ในรูป Allometry คือ $Y = aX^b$ เมื่อ Y คือความสูงทั้งหมด (เมตร), X คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (เซนติเมตร) เมื่อนำค่าเฉลี่ยของทั้งสองตัวแปรในแต่ละชั้นอายุ มาหาความสัมพันธ์ทำให้ได้สมการและลักษณะความสัมพันธ์ดังแสดงในภาพที่ 3

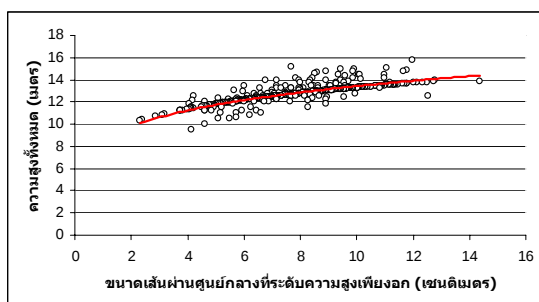
จากภาพที่ 3 พบว่า ในช่วง 2 ปีแรก ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรกับความสูงทั้งหมด มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญในปีที่ 1 และมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งในปีที่ 2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อไม้ยูคาลิปตัส มีขนาดความโตเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความสูงทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วยนั่นเอง ต่อมาในปีที่ 3, 4 และ 5 ตัวแปรทั้งสองกลับมีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าเมื่อขนาดความโตของไม้เพิ่มขึ้น ไม่จำเป็นที่ความสูงจะต้องเพิ่มขึ้นตามเสมอไป ซึ่งเป็นผลมาจากเมื่อไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สามารถตั้งตัวและขึ้นอยู่ในพื้นที่ได้แล้ว ถึงระยะเวลานึง ซึ่งในที่นี้คือที่อายุ 3 ปี จะเริ่มแก่งแย่งแข่งขันและเริ่มเห็นความแตกต่างของการเติบโตและผลผลิตที่ได้รับ



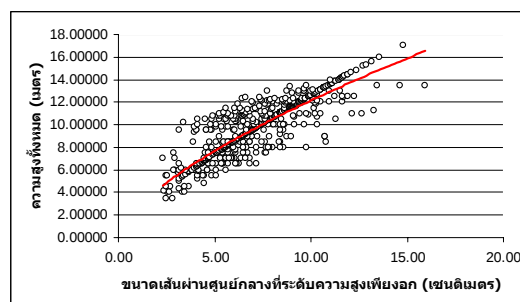
อายุ 1 ปี : $H = 2.0742(DBH)^{0.613}$, $R^2 = 0.9546$



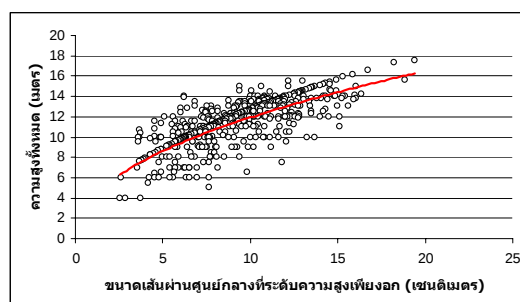
อายุ 2 ปี : $H = 2.654(DBH)^{0.6036}$, $R^2 = 0.9915$



อายุ 3 ปี : $H = 8.5837(DBH)^{0.1942}$, $R^2 = 0.7022$



อายุ 4 ปี : $H = 2.6462(DBH)^{0.6619}$, $R^2 = 0.7232$



อายุ 5 ปี : $H = 4.0604(DBH)^{0.4681}$, $R^2 = 0.5264$

ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับความสูงทั้งหมด

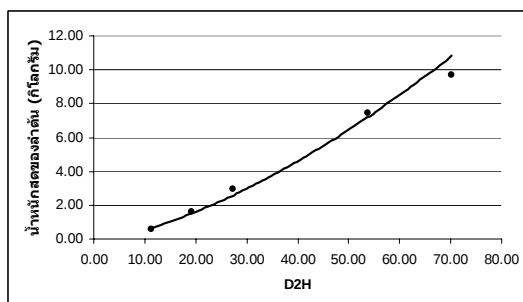
1.2 ความสัมพันธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกยกกำลังสองคูณความสูง กับ น้ำหนักสดของส่วนที่เป็นสินค้าได้

จากข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกและความสูงทั้งหมด กับน้ำหนักสดของส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ (ตารางภาคผนวกที่ 1) สามารถประมาณผลผลิตของลำต้นส่วนที่เป็นสินค้าได้ ในครั้งนี้ได้โดยใช้สมการในรูป allometric relation ($Y = aX^b$) หาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสดของลำต้น (W_s) กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ยกกำลังสองคูณกับความสูงทั้งหมด (D^2H) ซึ่งสร้างขึ้นจากการตัดฟันไม้ตัวอย่าง จำนวน 5 ต้น กระจายตามชั้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกของแต่ละชั้นที่ได้แบ่งชั้นไว้จากไม้ในแปลงตัวอย่าง จำนวน 3 แปลง จาก 5 ชั้นอายุ ซึ่งสมการประมาณผลผลิตในรูปของน้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2

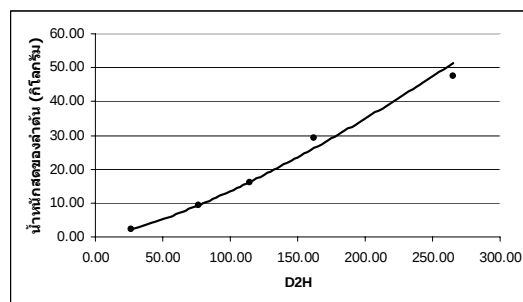
ตารางที่ 2 สมการในรูป Allometric equation, ($Y = aX^b$), ใช้ประมาณผลผลิตในรูปน้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน 10% เมื่อ $Y =$ น้ำหนักสด (กิโลกรัม), $X = D^2H$ ($D =$ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงออก (เซนติเมตร), $H =$ ความสูงทั้งหมด (เมตร) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

อายุ	ความสัมพันธ์	R^2
1	$Y = 0.0788 (D^2H)^{0.9304}$	0.9880
2	$Y = 0.08923 (D^2H)^{0.88160}$	0.9940
3	$Y = 0.39009 (D^2H)^{0.67323}$	0.9839
4	$Y = 0.7706 (D^2H)^{0.91491}$	0.9940
5	$Y = 0.08987 (D^2H)^{0.89672}$	0.9999

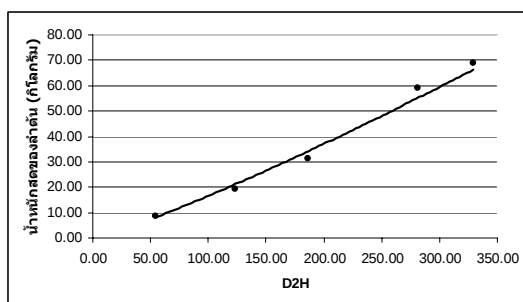
จากสมการประมาณน้ำหนักสดของส่วนลำต้นที่ทำเป็นสินค้าได้ ในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าค่าน้ำหนักสดของลำต้นมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกยกกำลังสองคูณกับความสูงในปีที่ 1 และปีที่ 2-4 มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง จึงสามารถนำค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกยกกำลังสองคูณกับความสูง ไปใช้ประเมินน้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้อย่างถูกต้อง และเมื่อนำสมการที่ได้ประเมินหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสดของลำต้นกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกยกกำลังสองคูณกับความสูง ของไม้ในแต่ละชั้นอายุ มีผลดังแสดงในภาพที่ 4



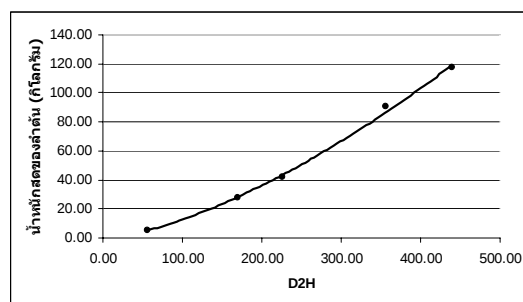
อายุ 1 ปี



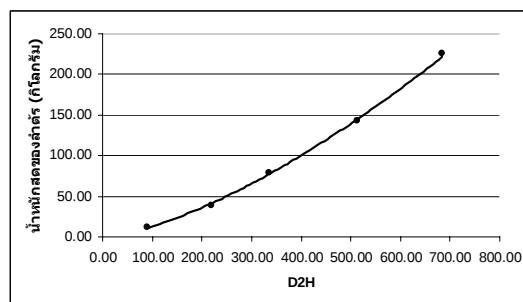
อายุ 2 ปี



อายุ 3 ปี



อายุ 4 ปี



อายุ 5 ปี

ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณกับความสูง (D^2H) ของไม้ในแต่ละชั้นอายุ

1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณกับความสูงกับมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบ ในแต่ละชั้นอายุ

ในการศึกษาทางด้านป่าไม้ การวัดผลผลิตของป่านิยมวัดออกมาในรูปของมวลชีวภาพหรือน้ำหนักแห้ง เพราะเป็นค่าที่คงที่และไม่มีอิทธิพลของน้ำมาทำให้ค่าน้ำหนักที่ได้มีความผันแปรเหมือนกับการวัดออกมาในรูปของน้ำหนักสด

การศึกษาในส่วนของผลผลิตมวลชีวภาพได้ทำการวิเคราะห์ผลผลิตมวลชีวภาพ (biomass) ในส่วนที่เป็นมวลชีวภาพของลำต้น (W_s), กิ่ง (W_b) และใบ (W_l) และมวลชีวภาพรวม (W_T) ของไม้ยูคาลิปตัส ชั้นอายุ 1–5 ปี ซึ่งในการตัดไม้ตัวอย่างแล้วนำตัวอย่างของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ไปอบแห้งแล้วหาค่าน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพออกมาได้ค่าดังแสดงในตารางผนวกที่ 2 ซึ่งสามารถนำค่าที่ได้ไปหาสมการเพื่อประเมินค่ามวลชีวภาพของส่วนต่างๆ โดยสมการที่ใช้จะมีความสัมพันธ์แบบ allometry ($Y = aX^b$) ซึ่งได้สมการดังแสดงในตารางที่ 3

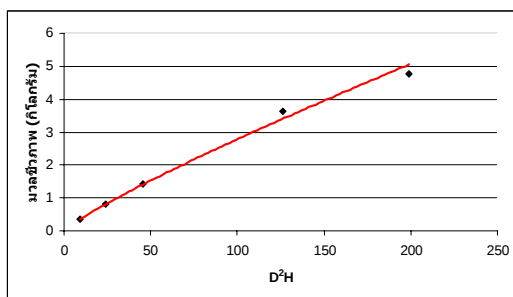
ตารางที่ 3 สมการรูป Allometry ที่ใช้ประมาณค่าผลผลิตมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของไม้ ยูคาลิปตัส คามาเลกูลเลนซิส โดย Y = ผลผลิตมวลชีวภาพ (กิโลกรัม), $X = D^2H$ (D คือเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร), H = ความสูงทั้งหมด (เมตร))

อายุ	ส่วนของต้นไม้	ความสัมพันธ์	สัมประสิทธิ์ตัวกำหนด(R^2)
1	ลำต้น	$Y = 0.04995 (D^2H)^{0.87384}$	0.9948
	กิ่ง	$Y = 0.00714 (D^2H)^{0.99999}$	0.9735
	ใบ	$Y = 0.08439 (D^2H)^{0.59253}$	0.9565
2	ลำต้น	$Y = 0.05667 (D^2H)^{0.84212}$	0.9982
	กิ่ง	$Y = 0.01737 (D^2H)^{0.72401}$	0.9060
	ใบ	$Y = 0.02381 (D^2H)^{0.64755}$	0.8788
3	ลำต้น	$Y = 0.18336 (D^2H)^{0.68518}$	0.9715
	กิ่ง	$Y = 0.03906 (D^2H)^{0.61703}$	0.9782
	ใบ	$Y = 0.00683 (D^2H)^{0.81197}$	0.9650
4	ลำต้น	$Y = 0.04592 (D^2H)^{0.90224}$	0.9959
	กิ่ง	$Y = 0.00023 (D^2H)^{1.40026}$	0.9956
	ใบ	$Y = 0.00011 (D^2H)^{1.39238}$	0.9875

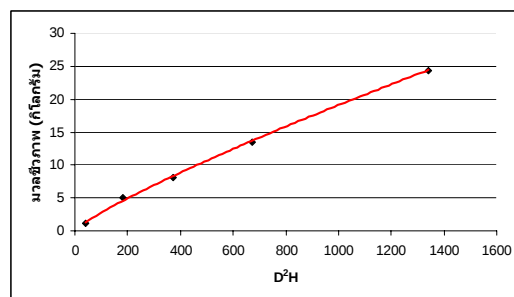
ตารางที่ 3 (ต่อ)

อายุ	ส่วนของต้นไม้	ความสัมพันธ์	สัมประสิทธิ์ตัวกำหนด(R ²)
5	ลำต้น	$Y = 0.04509 (D^2H)^{0.90924}$	0.9983
	กิ่ง	$Y = 0.00003 (D^2H)^{1.59915}$	0.9948
	ใบ	$Y = 0.00801 (D^2H)^{0.79103}$	0.9822

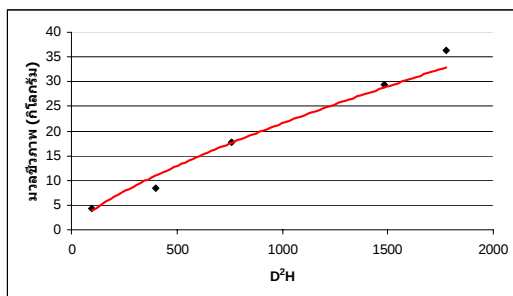
จากสมการในตารางที่ 3 สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออก ยกกำลังสองคูณกับความสูงกับมวลชีวภาพของลำต้น กิ่งและใบ ในแต่ละชั้นอายุ ดังภาพที่ 5-7 ซึ่งพบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกยกกำลังสองคูณกับความสูงมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบ โดยจะเห็นว่า เมื่ออายุเพิ่มขึ้นผลผลิตมวลชีวภาพของ ลำต้น กิ่ง และใบจะมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่ออายุถึง 5 ปี การเพิ่มขึ้นของผลผลิตยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อไป



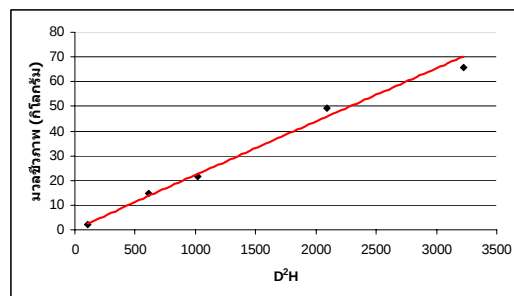
อายุ 1 ปี



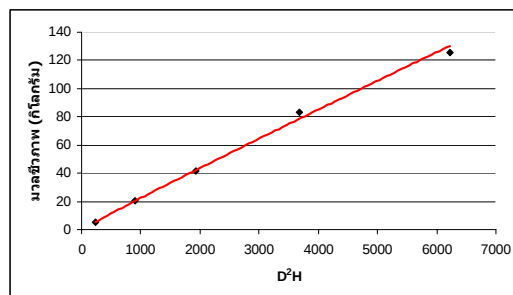
อายุ 2 ปี



อายุ 3 ปี

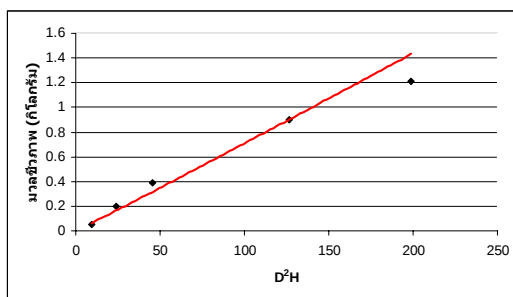


อายุ 4 ปี

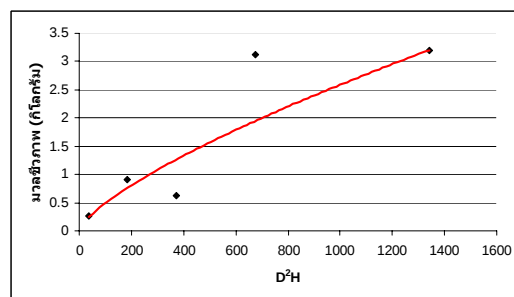


อายุ 5 ปี

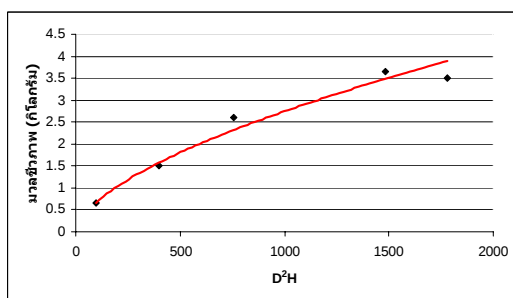
ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกกกำลังสองคูณกับความสูงกับ
มวลดชีวภาพของลำต้นในแต่ละชั้นอายุ



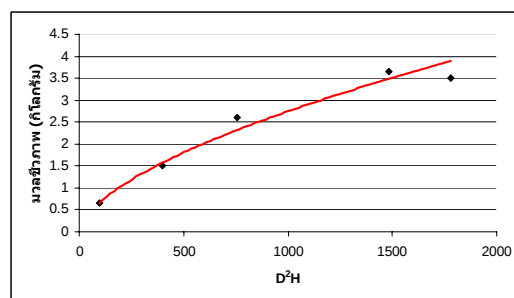
อายุ 1 ปี



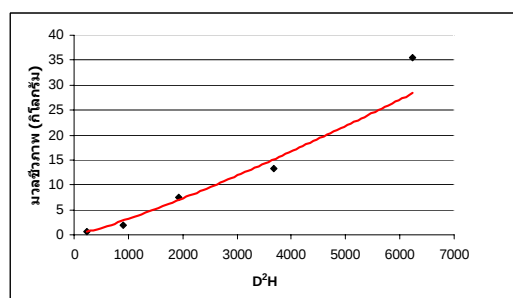
อายุ 2 ปี



อายุ 3 ปี

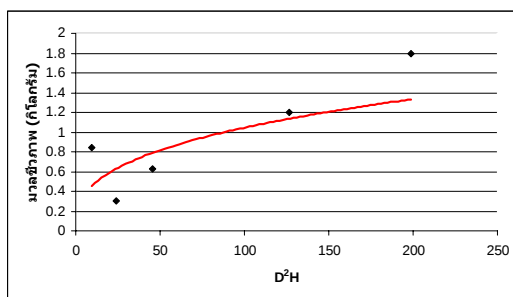


อายุ 4 ปี

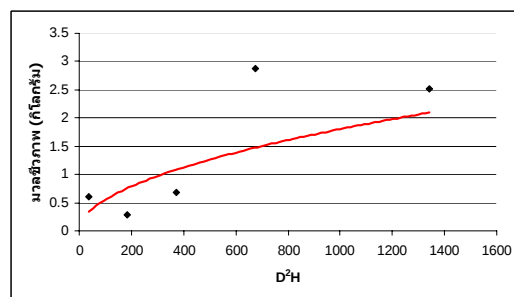


อายุ 5 ปี

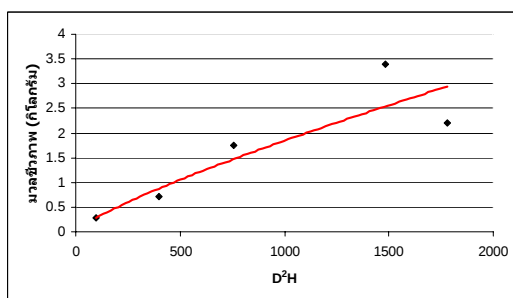
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกยกกำลังสองคูณกับความสูงกับ มวลชีวภาพของกิ่งในแต่ละชั้นอายุ



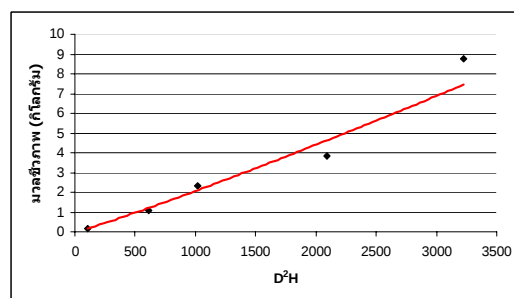
อายุ 1 ปี



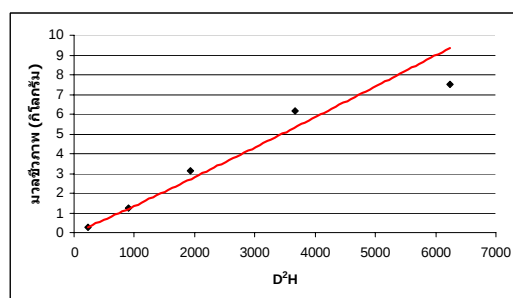
อายุ 2 ปี



อายุ 3 ปี



อายุ 4 ปี



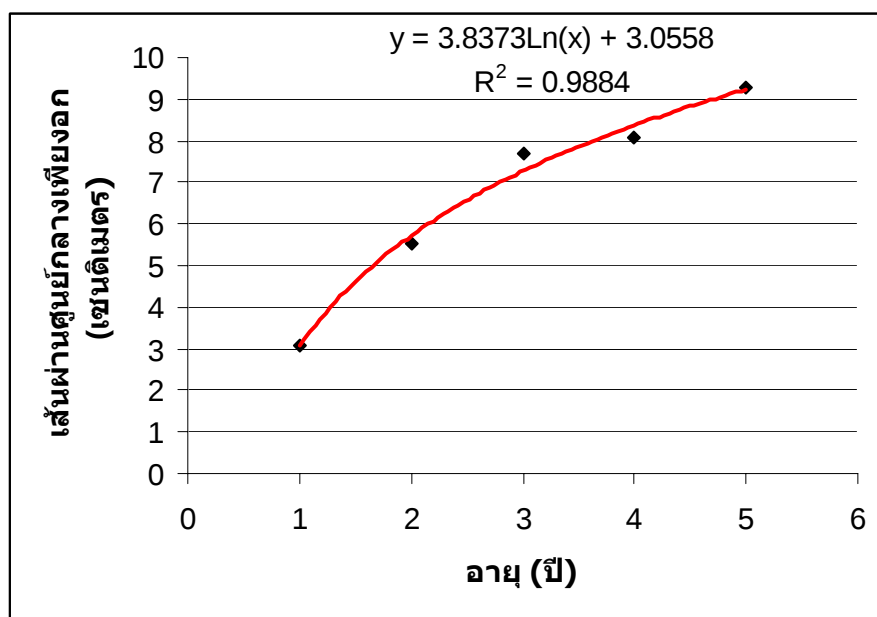
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกยกกำลังสองคูณกับความสูงกับ มวลชีวภาพของใบในแต่ละชั้นอายุ

2. การเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

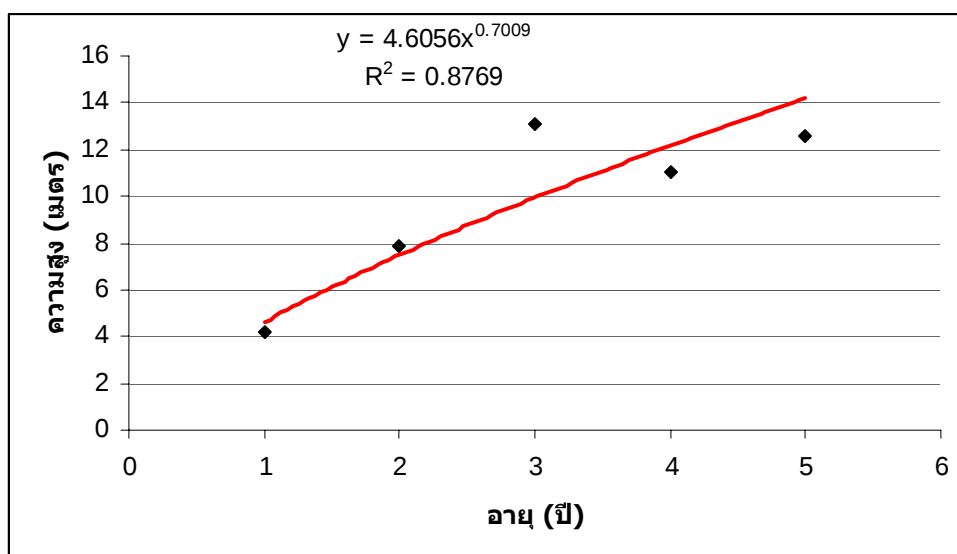
การศึกษาการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ใน 5 ชั้นอายุ ได้แก่ อายุ 1, 2, 3, 4 และ 5 ปี แสดงดังตารางที่ 4 โดยทุกแปลงปลูกด้วยระยะห่างเท่ากันคือ 2x3 เมตร จากค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรและค่าเฉลี่ยของความสูง พบว่าการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัสมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในระยะ 3 ปีแรก โดยมีการเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-2.5 เซนติเมตร และมีการเพิ่มขึ้นของความสูง 3.66 และ 5.25 เมตร ในปี 2 และ 3 ตามลำดับ และพบว่าในปีที่ 3 การเจริญเติบโตทั้งสองมิตีมีค่าสูงสุด และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยสำหรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใน 2 ปีหลัง (ภาพที่ 8) สำหรับความสูงพบว่ามีค่าลดลง ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากความแตกต่างของพื้นที่ที่ทำให้ค่าความสูงของไม้อายุ 4 และ 5 ปี มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของความสูงในไม้อายุ 3 ปี (ภาพที่ 9) จากผลการเจริญเติบโตสามารถพิจารณาได้ว่าการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในพื้นที่ศึกษา จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 3 ปีแรกและหลังจากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วง 2 ปีหลัง และสาเหตุที่ในช่วงปีที่ 3 พบว่าค่าความสูงมีค่าสูงกว่าในปีที่ 4 และ 5 มีสาเหตุมาจากในปีที่ 4 และ 5 มีการแก่งแย่งแข่งขันของไม้ในแปลงมากขึ้น ทำให้ความสูงมีความแตกต่างขึ้นมามากอย่างชัดเจน

ตารางที่ 4 การเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 1-5 ปี

อายุ	ระยะปลูก (เมตรxเมตร)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูง (เมตร)
1	2x3	73.08	3.07	4.17
2	2x3	69.49	5.53	7.83
3	2x3	57.31	7.68	13.08
4	2x3	74.62	8.10	11.07
5	2x3	63.21	9.27	12.56



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับอายุ



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับอายุ

3. ผลผลิต

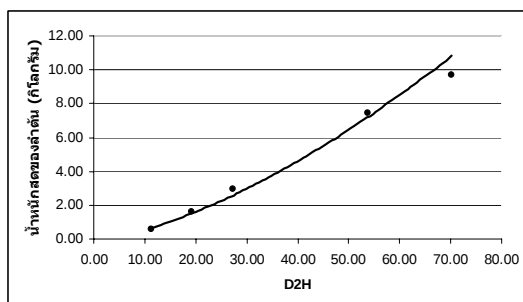
3.1 ผลผลิตน้ำหนักสดของลำต้นที่ทำเป็นสินค้าได้

จากข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูง (ตารางภาคผนวกที่ 1) สามารถประมาณผลผลิตของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส ในครั้งนี้ได้โดยใช้สมการในรูป allometric relation ($Y = aX^b$) หาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสดของลำต้น (W_s) กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ยกกำลังสองคูณกับความสูงทั้งหมด ซึ่งสร้างขึ้นจากการตัดฟันไม้ตัวอย่าง จำนวน 5 ต้น กระจายตามชั้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของแต่ละชั้นที่ได้แบ่งชั้นไว้จากไม้ในแปลงตัวอย่าง จำนวน 3 แปลง จาก 5 ชั้นอายุ ซึ่งสมการแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5

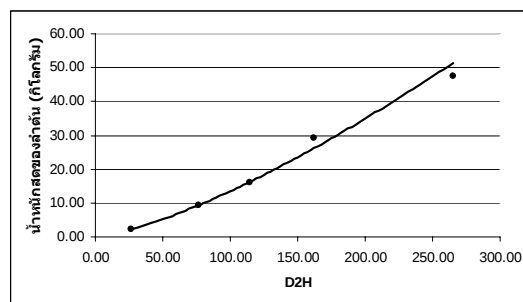
ตารางที่ 5 สมการในรูป Allometric equation, ($Y = aX^b$), ใช้ประมาณผลผลิตในรูปน้ำหนักสดของลำต้นไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส $Y =$ น้ำหนักสด (กิโลกรัม), $X = D^2H$ ($D =$ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (เซนติเมตร), $H =$ ความสูงทั้งหมด (เมตร) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

อายุ	ความสัมพันธ์	R^2
1	$Y = 0.0788 (D^2H)^{0.9304}$	0.9880
2	$Y = 0.08923 (D^2H)^{0.88160}$	0.9940
3	$Y = 0.39009 (D^2H)^{0.67323}$	0.9839
4	$Y = 0.7706 (D^2H)^{0.91491}$	0.9940
5	$Y = 0.08987 (D^2H)^{0.89672}$	0.9999

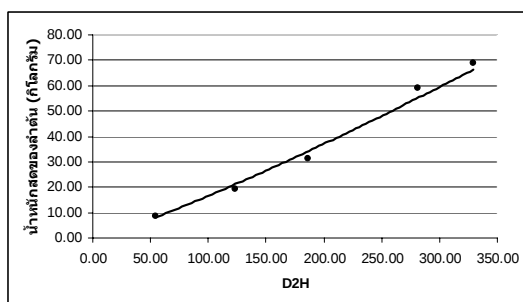
จากสมการประมาณน้ำหนักสดของส่วนลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ แสดงให้เห็นว่าค่าน้ำหนักสดของลำต้นมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณกับความสูงในปีที่ 1 และปีที่ 2-4 มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง จึงสามารถนำค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณกับความสูง ไปใช้ประเมินน้ำหนักสดของลำต้นได้อย่างถูกต้อง และเมื่อนำสมการที่ได้ประเมินหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสดของลำต้นกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณกับความสูง ของไม้ในแต่ละชั้นอายุ ผลดังแสดงในภาพที่ 10



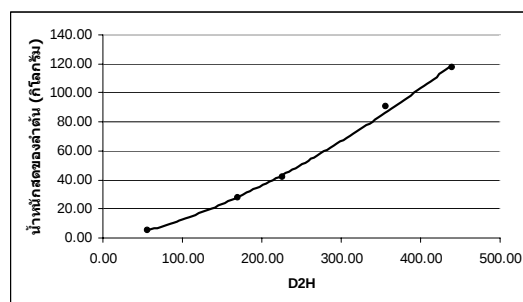
อายุ 1 ปี



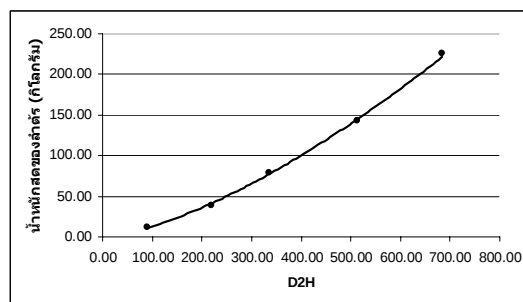
อายุ 2 ปี



อายุ 3 ปี



อายุ 4 ปี



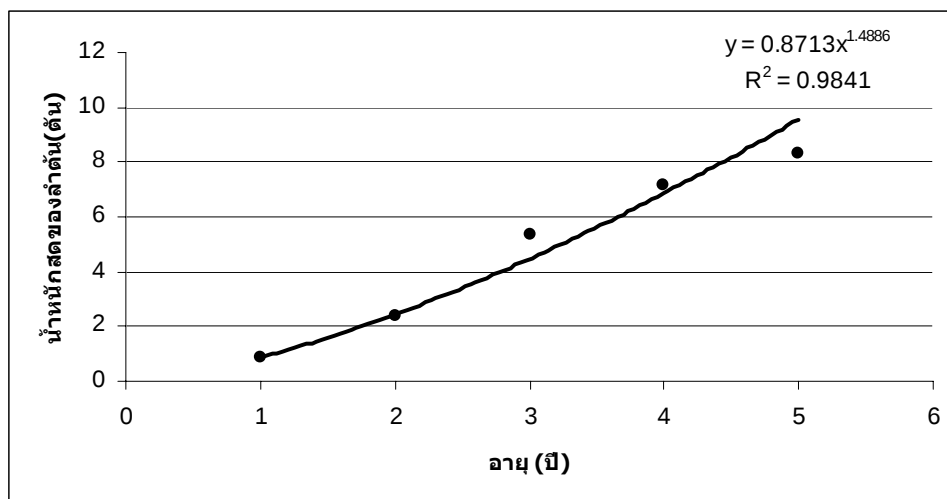
อายุ 5 ปี

ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสดของลำต้นกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกกกำลังสองคูณกับความสูง (D^2H) ของไม้ในแต่ละชั้นอายุ

นาสมการที่ได้ไปใช้ประเมินผลผลิตน้ำหนักรสของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ ในแต่ละชั้นอายุ ของไม้ทั้งหมดที่ศึกษา สามารถประเมินค่าน้ำหนักรสของลำต้นต่อพื้นที่ดังแสดงในตารางที่ 6 และนำมาหาความสัมพันธ์กับอายุดังแสดงในภาพที่ 11

ตารางที่ 6 ผลผลิตในรูปน้ำหนักรสของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ ของไม้ยูคาลิปตัส
คามาลดูเลนซิส อายุ 1-5 ปี คิดเป็นต่อพื้นที่

อายุ (ปี)	น้ำหนักรสของลำต้นส่วนที่ทำเป็น สินค้าได้ (ตันต่อไร่)	น้ำหนักรสของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ (ตันต่อเฮกเตอร์)
1	0.8360	5.2250
2	2.3544	14.7150
3	5.3451	33.4069
4	7.1713	44.8206
5	8.2830	51.7687



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุและผลผลิตที่เป็นน้ำหนักรสของลำต้น ส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้

สำหรับความสัมพันธ์ของผลผลิตในรูปน้ำหนักรสของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสกับอายุ พบว่าในช่วงอายุ 1 ปี ถึง 2 ปี มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักรสประมาณ 9.5 ตันต่อเฮกเตอร์ และในปีต่อมามีการเพิ่มขึ้นถึง 2 เท่าของปีก่อน (18.6 ตันต่อเฮกเตอร์) แสดงให้เห็นว่าในปีที่ 3 เป็นช่วงที่ยูคาลิปตัสที่ศึกษา มีการเจริญเติบโตสูงสุด และในปีต่อ ๆ ก็ยังมี

การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดและจะมีอัตราน้อยกว่าในปีที่ 3 คือ เพิ่มขึ้น 11.4 และ 6.9 ตันต่อเฮกแตร์ ในปีที่ 4 และ 5 ตามลำดับ และหลังจากปีที่ 5 เส้นกราฟยังแสดงแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นต่อไป

3.2 ผลผลิตมวลชีวภาพ

ในการศึกษาทางด้านป่าไม้ การวัดผลผลิตของป่านิยมวัดออกมาในรูปของมวลชีวภาพ หรือน้ำหนักแห้ง เพราะเป็นค่าที่คงที่และไม่มีอิทธิพลของน้ำมาทำให้ค่าน้ำหนักที่ได้มีความผันแปรเหมือนกับการวัดออกมาในรูปของน้ำหนักสด

การศึกษาในส่วนของผลผลิตมวลชีวภาพได้ทำการวิเคราะห์ผลผลิตมวลชีวภาพ (biomass) ในส่วนที่เป็นมวลชีวภาพของลำต้น (W_S) กิ่ง (W_B) และใบ (W_L) และมวลชีวภาพรวม (W_T) ของไม้ ยูคาลิปตัส ชั้นอายุ 1–5 ปี ซึ่งในการตัดไม้ตัวอย่างแล้วนำตัวอย่างของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ไปอบแห้งแล้วหาน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพออกมาได้ค่าดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 2 ซึ่งสามารถนำค่าที่ได้ไปหาสมการเพื่อประเมินค่ามวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ โดยสมการที่ใช้จะมีความสัมพันธ์แบบ allometry ($Y = aX^b$) ซึ่งได้สมการดังแสดงในตารางที่ 3

เมื่อนำสมการที่ได้ ไปประเมินผลผลิตมวลชีวภาพของส่วน ๆ ของไม้ยูคาลิปตัสในแปลงศึกษา สามารถคำนวณค่ามวลชีวภาพของส่วน ๆ ต่างออกมาในรูปผลผลิตต่อพื้นที่ ได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลผลิตมวลชีวภาพ ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน อายุ 1-5 ปี

อายุ (ปี)	มวลชีวภาพ (ตันต่อไร่)			
	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม
1	0.4199	0.1011	0.2285	0.7495
2	1.1851	0.1821	0.1603	1.5275
3	2.7262	0.3647	0.2423	3.3333
4	3.9131	0.6529	0.2952	4.8613
5	4.5539	0.5205	0.3421	5.4165

3.2.1 มวลชีวภาพลำต้น

จากการวิเคราะห์มวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้นของไม้ในแปลงพบว่า ไม้อายุ 1-5 ปี มีมวลชีวภาพเท่ากับ 0.41, 1.18, 2.72, 3.91 และ 4.55 ตันต่อไร่ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 7 ในขณะที่ ญัฐวุฒิ (2548) ที่ศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า ไม้อายุ 1-5 ปี มีมวลชีวภาพของลำต้นเท่ากับ 0.29, 1.72, 4.33, 5.56 และ 7.49 ตันต่อไร่ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในปีแรกเท่านั้นที่มีมวลชีวภาพของลำต้นมากกว่าการศึกษาของ ญัฐวุฒิ (2548) เนื่องจากมีการจัดการทั้งการกำจัดวัชพืชและการใส่ปุ๋ยในช่วงปีแรกของการปลูก แต่ไม้ที่อายุ 2-5 ปี จะมีมวลชีวภาพน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการการปลูกในประเทศลาวยังใช้กล้าไม้ที่ได้จากการเพาะเมล็ดที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ แต่สำหรับในประเทศไทยการปรับปรุงพันธุ์ยูคาลิปตัสเพื่อเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น

3.2.2 มวลชีวภาพกิ่ง

จากการศึกษามวลชีวภาพของส่วนที่เป็นกิ่งของไม้ยูคาลิปตัสในทุก ๆ ชั้นอายุ พบว่าในอายุ 1-5 ปี มีมวลชีวภาพของกิ่งเท่ากับ 0.10, 0.18, 0.36, 0.65 และ 0.52 ตันต่อไร่ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่ามวลชีวภาพของกิ่งมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอายุ เช่นเดียวกับการศึกษาของ ญัฐวุฒิ (2548) ที่ศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่งยูคาลิปตัส ในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า ไม้อายุ 1-5 ปี มีมวลชีวภาพของกิ่งเท่ากับ 0.10, 0.21, 0.61, 0.43 และ 0.72 ตันต่อไร่ ตามลำดับ

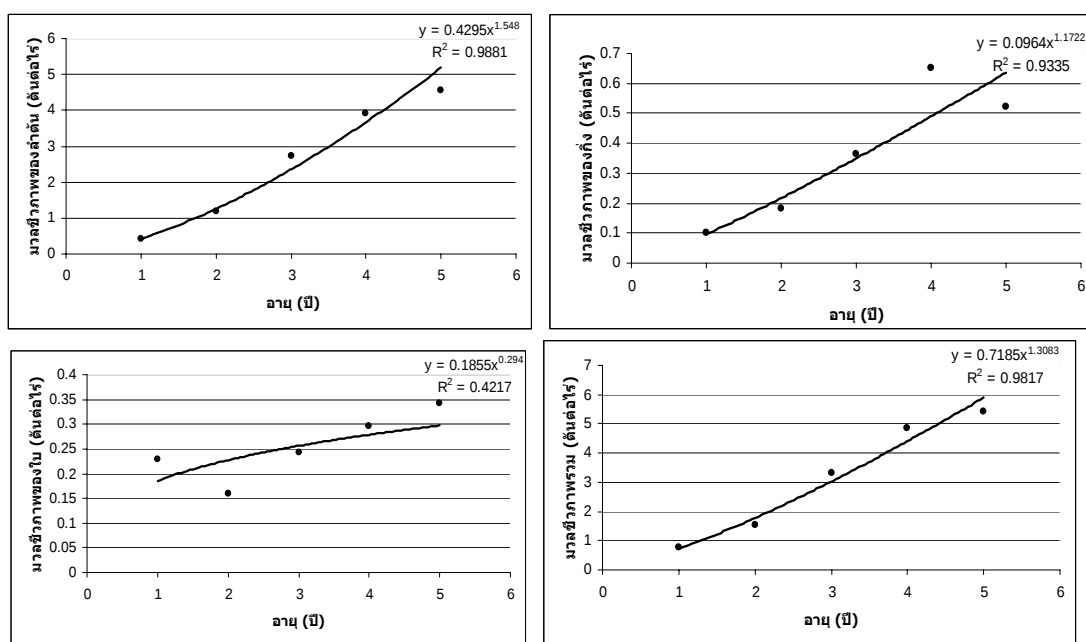
3.2.3 มวลชีวภาพของใบ

จากการศึกษามวลชีวภาพของส่วนที่เป็นใบของไม้ยูคาลิปตัส ในทุก ๆ ชั้นอายุ พบว่าในอายุ 1-5 ปี มีมวลชีวภาพของใบเท่ากับ 0.22, 0.16, 0.24, 0.29 และ 0.34 ตันต่อไร่ตามลำดับดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 7 ญัฐวุฒิ (2548) ที่ศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพของใบยูคาลิปตัสในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าที่ไม้อายุ 1-5 ปี มีมวลชีวภาพของใบเท่ากับ 0.14, 0.34, 0.40, 0.14 และ 0.24 ตันต่อไร่ตามลำดับ ซึ่งในปีแรก และปีที่ 4-5 จะมีมวลชีวภาพของใบน้อยกว่าในการศึกษาครั้งนี้ ในช่วงอายุปีที่ 2-3 จะมีมวลชีวภาพมากกว่าในการศึกษาครั้งนี้ แต่การศึกษาของ อำไพ (2547) ในพื้นที่สวนป่าของเกษตรกรในโครงการปลูกไม้ลาเวนเดอร์ พบว่าไม้อายุ 1-5 ปี มีมวลชีวภาพเท่ากับ 0.07, 0.18, 0.23, 0.22 และ 0.28 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งในปีแรกมีมวลชีวภาพน้อยกว่าในการศึกษาครั้งนี้ แต่ในชั้นอายุ 2-5 ปีมีมวลชีวภาพใกล้เคียงกัน

3.2.4 ผลผลิตมวลชีวภาพรวม

ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส จากการวิเคราะห์พบว่าในชั้นอายุ 1-5 ปี มีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 0.74, 1.52, 3.33, 4.86, และ 5.41 ตันต่อไร่ ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 7 การศึกษาของณัฐวุฒิ (2548) มีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 0.52, 2.27, 5.35, 6.14 และ 8.46 ตันต่อไร่ตามลำดับ ซึ่งสามารถเห็นได้ว่าการศึกษารุ่นนี้ในปีแรกจะมีมวลชีวภาพรวมมากกว่าของณัฐวุฒิ (2548) แต่อายุ 2-5 ปี จะมีมวลชีวภาพรวมน้อยกว่าของ ณัฐวุฒิ (2548) การศึกษาของ อำไพ (2547) ในพื้นที่สวนป่าของเกษตรกรในโครงการปลูกไม้ลาเวนเดอร์ พบว่าอายุ 1-5 ปีมีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 0.23, 1.07, 2.43, 6.08 และ 9.34 ตันต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาครั้งนี้จะเห็นได้ว่ามวลชีวภาพรวมของอำไพ (2547) ในปีที่ 1-3 จะมีน้อยกว่าการศึกษารุ่นนี้ และในปีที่ 4-5 จะมีมากกว่า

จากผลผลิตมวลชีวภาพในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และผลผลิตมวลชีวภาพรวม พบว่าในปีแรกมีมวลชีวภาพมากกว่าการศึกษาของ ณัฐวุฒิ (2548) และอำไพ (2547) แต่ในปีที่ 2-5 กลับมีมวลชีวภาพน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากในปีแรก แปลงที่ใช้ศึกษามีการจัดอย่างอย่างประณีต เช่นมีการกำจัดวัชพืช หลายครั้ง และมีการใส่ปุ๋ย เพื่อเร่งการเติบโต แต่ในปีที่ 2-5 ไม่มีการกำจัดวัชพืช และไม่มีการใส่ปุ๋ย ทำให้ในปีที่ 2-5 มีผลผลิตมวลชีวภาพมีค่าน้อย ตลอดจนกล้าไม้ซึ่งได้จากการเพาะเมล็ดที่ยังไม่ผ่านกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ ทำให้ได้ผลผลิตที่ต่ำ และจากผลการศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และมวลชีวภาพรวม นำมาหาสมการความสัมพันธ์ ทำให้ได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และมวลชีวภาพรวม กับ อายุ แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุ และมวลชีวภาพของส่วนลำต้น กิ่ง ใบ และมวลชีวภาพรวม
ของไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส

4. ผลตอบแทนทางการเงิน

4.1 ต้นทุนในการดำเนินการปลูกสร้างสวนป่า

ต้นทุนในการดำเนินการปลูกสร้างสวนป่าโดยปฏิบัติตามความเป็นจริงของด้านราคาสินค้า และค่าแรงในเวลาที่สร้างสวนป่าอยู่ในแขวงเวียงจันทน์ ซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการปลูกสร้างสวนป่าในปีแรก และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสวนเดิม อายุ 2-4 ปี เริ่มตัดเมื่อมีอายุ 5 ปี สำหรับรายละเอียดค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการปลูกสร้างสวนป่าแต่ละปีได้แสดงไว้ในตารางที่ 8 และจากนั้นแปลงค่าใช้จ่ายดังกล่าวให้อยู่ในรูปของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (PVC) ดังแสดงในตารางที่ 19 โดยใช้อัตราดอกเบี้ย 3 ระดับ คือ 7% 9% และ 11% โดยที่นำค่าใช้จ่ายในปีที่ 1-5 มาคำนวณแล้วรวมกันจะได้ คือ เมื่ออัตราดอกเบี้ย 7% 9% และ 11% มูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 22,044.78 21,416.24 และ 20,823.44 บาท ตามลำดับ

ตารางที่ 8 ค่าใช้จ่าย (Cost) ต่อเฮกเตอร์ ในการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส ในปีที่ 1-5

รายการ	ปีที่ 1		ปีที่ 2		ปีที่ 3		ปีที่ 4		ปีที่ 5	
	กิบ	บาท	กิบ	บาท	กิบ	บาท	กิบ	บาท	กิบ	บาท
1. ค่าเช่าที่	30,000	113.20	30,000	113.20	30,000	113.20	30,000	113.20	30,000	113.20
2. ค่าเตรียมพื้นที่										
บุกเบิก	350,000	1,320.70								
ไถ	650,000	2,452.80								
เก็บริม สุมเผา	265,000	1,000.00								
3. ค่ากล้าไม้และเพิ่ม 20%	399,800	1,508.60								
4. ค่าขนส่งกล้า	99,950	377.20								
5. ค่าปลูกและปลูกซ่อม	199,900	754.30								
6. ค่าทำรั้วลวดหนาม	1,650,000	6,226.40								
7. ค่ากำจัดวัชพืช	200,000	754.70	220,000	830.20	240,000	905.70	265,000	1,000.00		
8. ค่าปุ๋ย	140,000	528.30								
9. ค่าแรงใส่ปุ๋ย	83,300	314.30								
10. ค่าแนวกันไฟ	400,000	1,509.40	400,000	1,509.40	400,000	1,509.40	400,000	1,509.40		
รวม	4,467,950	16,860.10	650,000	2,452.80	670,000	2,528.30	695,000	2,622.60	30,000	113.20

หมายเหตุ 1 บาท เท่ากับ 265 กิบ

ตารางที่ 9 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน ในการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี

ปีที่	ต้นทุน (บาท)	มูลค่าปัจจุบัน ณ อัตราดอกเบี้ยต่างๆ		
		7%	9%	11%
1	16,860.10	15,757.10	15,467.98	15,189.27
2	2,452.80	2,142.37	2,064.47	1,990.74
3	2,528.30	2,063.84	1,952.31	1,848.67
4	2,622.60	2,000.76	1,857.91	1,727.58
5	113.20	80.71	73.57	67.18
รวม	24,577.00	22,044.78	21,416.24	20,823.44

4.2 รายได้จากการปลูกสร้างสวนป่า

รายได้จากการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เป็นรายได้ที่ได้รับจากการขายไม้เป็นราคาเหมาซื้อในสวนป่าโดยผู้รับเหมารับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการตัดฟัน และการขนส่งในรูปของน้ำหนักสด โดยกำหนดเป็น 3 ราคา คือ 600 700 และ 800 บาทต่อตัน และแปลงค่าให้อยู่ในรูปของมูลค่าปัจจุบัน ณ อัตราดอกเบี้ย 7% 9% และ 11% ซึ่งรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 10 และ 11 ซึ่งผลการคำนวณรายได้ และมูลค่าปัจจุบันของผลได้จากสวนป่าในปีที่ 1-5 พบว่า เมื่อราคาขายไม้เท่ากับ 600 บาทต่อตัน อัตราดอกเบี้ย 7% 9% และ 11% จะมีรายได้เท่ากับ 31,061.22 บาท และมีมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 22,146.22, 20,187.66 และ 18,433.32 บาทตามลำดับ เมื่อราคาขายไม้เท่ากับ 700 บาทต่อตัน อัตราดอกเบี้ย 7% 9% และ 11% จะมีรายได้เท่ากับ 36,238.09 บาท และมีมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 25,837.26, 23,552.27 และ 21,505.54 บาทตามลำดับ เมื่อราคาขายไม้เท่ากับ 800 บาทต่อตัน อัตราดอกเบี้ย 7% 9% และ 11% จะมีรายได้เท่ากับ 41,414.96 บาท และมีมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 29,528.29, 26,916.88 และ 24,577.76 บาทตามลำดับ

ตารางที่ 10 ผลผลิตในรูปน้ำหนักรากและรายได้ของการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส
คามาลดูเลนซิส อายุ 1-5 ปี

อายุ (ปี)	น้ำหนักรากที่เป็นสินค้าได้ (ตันต่อเฮกเตอร์)	ราคาไม้ (บาทต่อตัน)		
		600	700	800
1	5.2250	3,135.00	3,657.50	4,180.00
2	14.7150	8,829.00	10,300.50	11,772.00
3	33.4069	20,044.13	23,384.81	26,725.50
4	44.8206	26,892.38	31,374.44	35,856.50
5	51.7687	31,061.22	36,238.09	41,414.96

ตารางที่ 11 มูลค่าปัจจุบันของรายได้ ณ อัตราดอกเบี้ยระดับต่างๆ ของการปลูกสร้างสวนป่าไม้
ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี

ราคาขายไม้ (บาท/ตัน)	น้ำหนักรากที่เป็น สินค้า(ตัน/เฮกเตอร์)	รายได้ (บาท)	มูลค่าปัจจุบัน ณ อัตราดอกเบี้ยต่างๆ		
			7%	9%	11%
600	51.7687	31,061.22	22,146.22	20,187.66	18,433.32
700	51.7687	36,238.09	25,837.26	23,552.27	21,505.54
800	51.7687	41,414.96	29,528.29	26,916.88	24,577.76

4.3 การประเมินผลตอบแทนของการปลูกสร้างสวนป่า

การประเมินผลตอบแทนของการสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสในที่นี้ได้
ใช้วิธีการประเมินผล 3 วิธีด้วยกัน คือ

4.3.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

4.3.2 อัตราส่วนผลได้ต่อดัชนีทุน(B/C ratio)

4.3.3 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR)

จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุนในการปลูกสร้างสวนป่าจะมีความสัมพันธ์กับอัตราดอกเบี้ยในแต่ละระดับราคา เมื่ออัตราดอกเบี้ยมีระดับสูงขึ้นจะทำให้มูลค่าของผลได้ และต้นทุนลดลง ซึ่งหมายความว่า เมื่อต้องการมีกำไรก็ควรหาแหล่งทุนที่มีอัตราดอกเบี้ยต่ำ และในขณะเดียวกันความเสี่ยงในด้านราคาของไม้ยังส่งผลกระทบต่อโดยตรงอีกด้วย ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดราคาขายไม้ไว้ที่ 600, 700 และ 800 บาทต่อตัน และอัตราดอกเบี้ยไว้ที่ 7% 9% และ 11% ดังนี้

เมื่อราคาขายไม้เท่ากับ 600 บาทต่อตัน จะให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ในทุกระดับอัตราดอกเบี้ยที่ได้กำหนดไว้ 7% 9% และ 11% เนื่องจากว่าอัตราผลได้ต่อต้นทุน (B/C ratio) มีมูลค่าน้อยกว่า 1 และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าติดลบทั้งหมด สำหรับค่าอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) มีค่าเท่ากับ 6.93% หมายความว่าถ้าต้องการลงทุน ผู้ประกอบการสามารถกู้เงินมาลงทุนได้โดยอัตราดอกเบี้ยที่กู้จะต้องน้อยกว่า 6.93% การลงทุนครั้งนี้ถึงจะได้กำไร ดังแสดงในตารางที่ 12-14

ตารางที่ 12 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) จากการขายไม้ยูคาลิปตัส
คามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย 7% (ราคาไม้ 600 บาทต่อตัน)

ปี	รายได้	ต้นทุน	รายได้/ต้นทุน	อัตราดอกเบี้ย 7%	มูลค่าปัจจุบัน ของผลได้	มูลค่าปัจจุบัน ของต้นทุน	NPV	B/C ratio	IRR
1	0	16,860.10	- 16,860.10	0.935		15,757.10	-15,757.10		
2	0	2,452.80	- 2,452.80	0.873		2,142.37	- 2,142.37		
3	0	2,528.30	- 2,528.30	0.816		2,063.84	- 2,063.84		
4	0	2,622.60	- 2,622.60	0.763		2,000.76	- 2,000.76		
5	31,061.22	113.2	30,948.02	0.713	22,146.22	80.71	22,065.51		
รวม	31,061.22	24,577.00	6,484.22		22,146.22	22,044.78	101.42	1.005	6.93

ตารางที่ 13 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน (B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) จากการขายไม้ยูคาลิปตัส
คามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย 9% (ราคาไม้ 600 บาท/ตัน)

ปี	รายได้	ต้นทุน	รายได้/ต้นทุน	อัตราดอกเบี้ย 9%	มูลค่าปัจจุบัน ของผลได้	มูลค่าปัจจุบัน ของต้นทุน	NPV	B/C ratio	IRR
1	0	16,860.10	- 16,860.10	0.917		15,467.98	- 15,467.98		
2	0	2,452.80	- 2,452.80	0.842		2,064.47	- 2,064.47		
3	0	2,528.30	- 2,528.30	0.772		1,952.31	- 1,952.31		
4	0	2,622.60	- 2,622.60	0.708		1,857.91	- 1,857.91		
5	31,061.22	113.2	30,948.02	0.650	20,187.66	73.57	20,114.08		
รวม	31,061.22	24,577.00	6,484.22		20,187.66	21,416.24	- 1,228.59	0.943	6.93

ตารางที่ 14 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) จากการขายไม้ยูคาลิปตัส
 ความลาดชัน 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย 11% (ราคาไม้ 600 บาท/ตัน)

ปี	รายได้	ต้นทุน	รายได้/ต้นทุน	อัตราดอกเบี้ย 11%	มูลค่าปัจจุบัน ของผลได้	มูลค่าปัจจุบัน ของต้นทุน	NPV	B/C ratio	IRR
1	0	16,860.10	- 16,860.10	0.900		15,189.27	-15,189.27		
2	0	2,452.80	- 2,452.80	0.812		1,990.74	- 1,990.74		
3	0	2,528.30	- 2,528.30	0.731		1,848.67	- 1,848.67		
4	0	2,622.60	- 2,622.60	0.659		1,727.58	- 1,727.58		
5	31,061.22	113.2	30,948.02	0.593	18,433.32	67.18	18,366.14		
รวม	31,061.22	24,577.00	6,484.22		18,433.32	20,823.44	-2,390.14	0.885	6.93

เมื่อราคาขายไม้เท่ากับ 700 บาทต่อตัน ที่อัตราดอกเบี้ย 7% จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 3,792.45 บาทต่อเฮกเตอร์ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเท่ากับ 1.17

ที่อัตราดอกเบี้ย 9% จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 2,136.01 บาทต่อเฮกเตอร์ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเท่ากับ 1.10

ที่อัตราดอกเบี้ย 11% จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 682.07 บาทต่อเฮกเตอร์ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเท่ากับ 1.03

ในราคาขายไม้เท่ากับ 700 บาทต่อตัน ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุน ในทุกระดับอัตราดอกเบี้ยดังรายละเอียดในตารางที่ 15-17

ตารางที่ 15 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน(B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนใน(IRR)จากการขายไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส อายุ 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย 7 % (ราคาไม้ 700 บาท/ตัน)

ปี	รายได้	ต้นทุน	รายได้/ต้นทุน	อัตราดอกเบี้ย 7%	มูลค่าปัจจุบัน ของผลได้	มูลค่าปัจจุบัน ของต้นทุน	NPV	B/C ratio	IRR
1	0	16,860.10	-16,860.10	0.935		15,757.10	- 15,757.10		
2	0	2,452.80	- 2,452.80	0.873		2,142.37	- 2,142.37		
3	0	2,528.30	- 2,528.30	0.816		2,063.84	- 2,063.84		
4	0	2,622.60	- 2,622.60	0.763		2,000.76	- 2,000.76		
5	36,238.09	113.2	36,124.89	0.713	25,837.26	80.71	25,756.54		
รวม	36,238.09	24,577.00	11,661.09		25,837.26	22,044.78	3,792.45	1.17	12.06

ตารางที่ 16 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน(B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR)จากการขายไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส อายุ 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย 9 % (ราคาไม้ 700 บาท/ตัน)

ปี	รายได้	ต้นทุน	รายได้/ต้นทุน	อัตราดอกเบี้ย 9%	มูลค่าปัจจุบัน ของผลได้	มูลค่าปัจจุบัน ของต้นทุน	NPV	B/C ratio	IRR
1	0	16,860.10	- 16,860.10	0.917		15,467.98	- 15,467.98		
2	0	2,452.80	- 2,452.80	0.842		2,064.47	- 2,064.47		
3	0	2,528.30	- 2,528.30	0.772		1,952.31	- 1,952.31		
4	0	2,622.60	- 2,622.60	0.708		1,857.91	- 1,857.91		
5	36,238.09	113.2	36,124.89	0.650	23,552.27	73.57	23,478.69		
รวม	36,238.09	24,577.00	11,661.09		23,552.27	21,416.24	2,136.01	1.10	12.06

ตารางที่ 17 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน(B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนใน(IRR) จากการขายไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส อายุ 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย 11 % (ราคาไม้ 700 บาท/ตัน)

ปี	รายได้	ต้นทุน	รายได้/ต้นทุน	อัตราดอกเบี้ย 11%	มูลค่าปัจจุบัน ของผลได้	มูลค่าปัจจุบัน ของต้นทุน	NPV	B/C ratio	IRR
1	0	16,860.10	-16,860.10	0.900		15,189.27	- 15,189.27		
2	0	2,452.80	- 2,452.80	0.812		1,990.74	- 1,990.74		
3	0	2,528.30	- 2,528.30	0.731		1,848.67	- 1,848.67		
4	0	2,622.60	- 2,622.60	0.659		1,727.58	- 1,727.58		
5	36,238.09	113.2	36,124.89	0.593	21,505.54	67.18	21,438.36		
รวม	36,238.09	24,577.00	11,661.09		21,505.54	20,823.44	682.07	1.03	12.06

เมื่อราคาขายไม้เท่ากับ 800 บาทต่อตัน จะให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุน ในทุกระดับ อัตราดอกเบี้ย ดังนี้

ที่อัตราดอกเบี้ย 7% จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 7,483.51 บาทต่อเฮกเตอร์ อัตราส่วน
ผลได้ต่อต้นทุนเท่ากับ 1.33

ที่อัตราดอกเบี้ย 9% จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 5,500.62 บาทต่อเฮกเตอร์ อัตราส่วน
ผลได้ต่อต้นทุนเท่ากับ 1.25

ที่อัตราดอกเบี้ย 11% จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 3,754.29 บาทต่อเฮกเตอร์ อัตราส่วน
ผลได้ต่อต้นทุนเท่ากับ 1.18

อัตราผลตอบแทนของโครงการจะมีค่าเท่ากับ 16.46% เมื่อขายไม้ราคา 800 บาทต่อตัน
ดังรายละเอียดในตารางที่ 18-20

ตารางที่ 18 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) อัตราส่วนผลได้ต่อดัชนีทุน(B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนใน(IRR) จากการขายไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส อายุ 5 ปีของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย 7 % (ราคาไม้ 800 บาท/ตัน)

ปี	รายได้	ต้นทุน	รายได้/ต้นทุน	อัตราดอกเบี้ย 7%	มูลค่าปัจจุบัน ของผลได้	มูลค่าปัจจุบัน ของต้นทุน	NPV	B/C ratio	IRR
1	0	16,860.10	- 16,860.10	0.935		15,757.10	- 15,757.10		
2	0	2,452.80	- 2,452.80	0.873		2,142.37	- 2,142.37		
3	0	2,528.30	- 2,528.30	0.816		2,063.84	-2,063.84		
4	0	2,622.60	- 2,622.60	0.763		2,000.76	-2,000.76		
5	41,414.96	113.2	41,301.76	0.713	29,528.29	80.71	29,447.58		
รวม	41,414.96	24,577.00	16,837.96		29,528.29	22,044.78	7,483.51	1.33	16.46

ตารางที่ 19 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน(B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR) จากการขายไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส อายุ 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย 9 % (ราคาไม้ 800 บาท/ตัน)

ปี	รายได้	ต้นทุน	รายได้/ต้นทุน	อัตราดอกเบี้ย 9%	มูลค่าปัจจุบัน ของผลได้	มูลค่าปัจจุบัน ของต้นทุน	NPV	B/C ratio	IRR
1	0	16,860.10	- 16,860.10	0.917		15,467.98	- 15,467.98		
2	0	2,452.80	- 2,452.80	0.842		2,064.47	- 2,064.47		
3	0	2,528.30	- 2,528.30	0.772		1,952.31	- 1,952.31		
4	0	2,622.60	- 2,622.60	0.708		1,857.91	- 1,857.91		
5	41,414.96	113.2	41,301.76	0.65	26,916.88	73.57	26,843.31		
รวม	41,414.96	24,577.00	16,837.96		26,916.88	21,416.24	5,500.62	1.25	16.46

ตารางที่ 20 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน(B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR) จากการขายไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันเฉลี่ย 5 ปี ของแขวงเวียงจันทน์ เมื่ออัตราดอกเบี้ย 11% (ราคาไม้ 800 บาท/ตัน)

ปี	รายได้	ต้นทุน	รายได้/ต้นทุน	อัตราดอกเบี้ย 11%	มูลค่าปัจจุบัน ของผลได้	มูลค่าปัจจุบัน ของต้นทุน	NPV	B/C ratio	IRR
1	0	16,860.10	-16,860.10	0.900		15,189.27	- 15,189.27		
2	0	2,452.80	- 2,452.80	0.812		1,990.74	- 1,990.74		
3	0	2,528.30	- 2,528.30	0.731		1,848.67	-1,848.67		
4	0	2,622.60	- 2,622.60	0.659		1,727.58	-1,727.58		
5	41,414.96	113.2	41,301.76	0.593	24,577.76	67.18	24,510.58		
รวม	41,414.96	24,577.00	16,837.96		24,577.76	20,823.44	3,754.29	1.18	16.46

5. ความอ่อนไหวของโครงการ

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ เป็นการวิเคราะห์ถึงความไม่แน่นอนอันเนื่องมาจากความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งของโครงการ เช่น การเปลี่ยนแปลงผลประโยชน์หรือรายได้ทั้งหมดที่เกิดจากโครงการ อันเนื่องมาจากความไม่แน่นอนของราคาสินค้าและปริมาณของผลผลิต และการเปลี่ยนแปลงต้นทุนทั้งหมดของโครงการ การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรข้างต้นจะมีผลกระทบต่อค่าของ B/C ratio, NPV และ IRR ที่ใช้ในการประเมินโครงการ การใช้การเปลี่ยนแปลงของราคาผลผลิตของโครงการและค่าใช้จ่ายที่เป็นตัวเงิน มาใช้ประกอบในการประเมินโครงการนั้นกระทำได้ยาก การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการนั้นนิยมใช้ตัวแปรของรายได้และต้นทุน ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดให้

1. ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 โดยกำหนดให้รายได้คงที่
2. รายได้ลดลงร้อยละ 10 โดยกำหนดให้ต้นทุนคงที่
3. ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และรายได้ลดลงร้อยละ 10

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว ดำเนินการเพื่อพิจารณาว่าเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงจากตัวแปรที่เกี่ยวข้องแล้ว ผลตอบแทนของโครงการยังคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ โดยพิจารณาว่าค่า B/C ratio มีค่ามากกว่า 1 และ NPV มีค่าเป็นบวก โดยพิจารณา 3 กรณีคือเมื่อราคาไม้เท่ากับ 600, 700 และ 800 บาทต่อตัน แสดงดังตารางที่ 21, 22 และ 23 ตามลำดับ

จากการศึกษาพบว่าที่ราคาไม้ 600 บาทต่อตัน การเปลี่ยนแปลงตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้ง 3 กรณีในอัตราหักลด 7%, 9% และ 11% นั้น ให้ค่าตอบแทนของโครงการไม่คุ้มค่ากับการลงทุน โดยพิจารณาได้จากค่า B/C ratio ที่มีค่าน้อยกว่า 1 และค่า NPV มีค่าติดลบในทุกกรณี

ที่ราคาไม้ 700 บาทต่อตันพบว่าที่อัตราหักลด 7% ในการเปลี่ยนแปลง 2 กรณีคือ ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้คงที่ กับรายได้ลดลง 10% และต้นทุนคงที่ การลงทุนมีโอกาสเป็นไปได้ เนื่องจากค่า B/C ratio ที่ได้พบว่ามีค่ามากกว่า 1 และค่า NPV มีค่าเป็นบวก แต่ในกรณีอื่นให้ค่าตอบแทนของโครงการไม่คุ้มค่ากับการลงทุน โดยพิจารณาได้จากค่า B/C ratio ที่มีค่าน้อยกว่า 1 และค่า NPV มีค่าติดลบในทุกกรณี

ที่ราคาไม้ 800 บาทต่อตันพบว่า ทุกกรณีในอัตราหักลด 7%, 9% และ 11% การลงทุนมีโอกาเป็นไปได้ เนื่องจากค่า B/C ratio ที่ได้พบว่ามีค่ามากกว่า 1 และค่า NPV มีค่าเป็นบวก ยกเว้น ที่อัตราดอกเบี้ย 11% ในกรณีต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้ลดลง 10% ที่ให้ค่าตอบแทนของโครงการไม่คุ้มค่ากับการลงทุน เพียงกรณีเดียว และสามารถคำนวณผลตอบแทนภายในได้ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการในอัตราหักลดต่างๆ เมื่อราคาไม้เท่ากับ 600 บาทต่อตัน

อัตราหัก ลด	การเปลี่ยนแปลง	B/C ratio	NPV	IRR
7%	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้คงที่	0.91	-2,103.05	-
	รายได้ลดลง 10% และต้นทุนคงที่	0.90	-2,113.19	-
	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้ลดลง 10%	0.82	-4,317.67	-
9%	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้คงที่	0.85	-3,370.21	-
	รายได้ลดลง 10% และต้นทุนคงที่	0.84	-3,247.35	-
	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้ลดลง 10%	0.77	-5,388.98	-
11%	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้คงที่	0.80	-4,472.48	-
	รายได้ลดลง 10% และต้นทุนคงที่	0.79	-4,233.47	-
	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้ลดลง 10%	0.72	-6,315.82	-

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการในอัตราหักลดต่างๆ เมื่อราคาไม้เท่ากับ 700 บาทต่อตัน

อัตราหัก ลด	การเปลี่ยนแปลง	B/C ratio	NPV	IRR
7%	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้คงที่	1.06	1,587.97	8.99
	รายได้ลดลง 10% และต้นทุนคงที่	1.05	1,208.73	8.69
	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้ลดลง 10%	0.95	-995.74	-
9%	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้คงที่	1.00	-5.60	-
	รายได้ลดลง 10% และต้นทุนคงที่	0.99	-219.20	-
	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้ลดลง 10%	0.90	-2,360.83	-
11%	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้คงที่	0.93	-1,400.26	-
	รายได้ลดลง 10% และต้นทุนคงที่	0.92	-1,468.47	-
	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้ลดลง 10%	0.84	-3,550.82	-

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการในอัตราหักลดต่างๆ เมื่อราคาไม้เท่ากับ 800 บาทต่อตัน

อัตราหัก ลด	การเปลี่ยนแปลง	B/C ratio	NPV	IRR
7%	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้คงที่	1.21	5,279.01	13.32
	รายได้ลดลง 10% และต้นทุนคงที่	1.20	4,530.66	12.95
	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้ลดลง 10%	1.09	2,326.18	9.91
9%	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้คงที่	1.14	3,359.00	13.32
	รายได้ลดลง 10% และต้นทุนคงที่	1.13	2,808.94	12.95
	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้ลดลง 10%	1.02	667.31	9.91
11%	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้คงที่	1.07	1,671.95	13.32
	รายได้ลดลง 10% และต้นทุนคงที่	1.06	2,196.52	12.95
	ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้ลดลง 10%	0.96	-785.84	-

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ความสัมพันธ์ระหว่างมิติต่างๆ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส

1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับความสูงทั้งหมด

ในช่วง 2 ปีแรก ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรกับความสูงทั้งหมด มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญในปีที่ 1 และมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งในปีที่ 2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อไม้ยูคาลิปตัส มีขนาดความโตเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความสูงทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วยนั่นเอง ต่อมาในปีที่ 3, 4 และ 5 ตัวแปรทั้งสองกลับมีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าเมื่อขนาดความโตของไม้เพิ่มขึ้น ไม่จำเป็นที่ความสูงจะต้องเพิ่มขึ้นตามเสมอไป ซึ่งเป็นผลมาจากเมื่อไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส สามารถตั้งตัวและขึ้นอยู่ในพื้นที่ได้แล้ว ถึงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งในที่นี้คือที่อายุ 3 ปี จะเริ่มแก่งแย่งแข่งขันและเริ่มเห็นความแตกต่างของการเติบโตและผลผลิตที่ได้รับ

1.2 ความสัมพันธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณความสูง กับ น้ำหนักสดของส่วนที่เป็นสินค้าได้

น้ำหนักสดของลำต้นมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณความสูงในปีที่ 1 และปีที่ 2-4 มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งจึงสามารถนำค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณความสูง ไปใช้ประเมินน้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้อย่างถูกต้อง

1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณความสูงกับมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบ ในแต่ละชั้นอายุ

เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณความสูงมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสัมพันธ์กับผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบ โดยจะเห็นว่า เมื่ออายุเพิ่มขึ้นผลผลิตมวล

ชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบจะมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่ออายุถึง 5 ปี การเพิ่มขึ้นของผลผลิตยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อไป

2. การเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

การเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัสมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในระยะ 3 ปีแรก โดยมีการเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-2.5 เซนติเมตร และมีการเพิ่มขึ้นของความสูง 3.66 และ 5.25 เมตร ในปี ที่ 2 และ 3 ตามลำดับ และพบว่าในปีที่ 3 การเจริญเติบโตทั้งสองมิตี มีค่าสูงสุด และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยสำหรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใน 2 ปีหลัง สำหรับความสูงพบว่ามีการลดลง ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากความแตกต่างของพื้นที่ที่ทำให้ค่าความสูงของไม้ อายุ 4 และ 5 ปี มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของความสูงในไม้ อายุ 3

3. ผลผลิต

3.1 ผลผลิตน้ำหนักรากของลำต้นที่ทำเป็นสินค้าได้

สำหรับผลผลิตในรูปน้ำหนักรากของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส พบว่าในช่วงอายุ 1 ปี ถึง 2 ปี มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักรากประมาณ 9.5 ตันต่อเฮกเตอร์ และในปีต่อมา มีการเพิ่มขึ้นถึง 2 เท่าของปีก่อน (18.6 ตันต่อเฮกเตอร์) แสดงให้เห็นว่า ในปี ที่ 3 เป็นช่วงที่ยูคาลิปตัส ที่ศึกษา มีการเจริญเติบโตสูงสุด และในปีต่อๆ ก็ยังมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักรากและมีอัตราน้อยกว่าในปีที่ 3 คือเพิ่มขึ้น 11.4 และ 6.9 ตันต่อเฮกเตอร์ ในปี ที่ 4 และ 5 ตามลำดับ และหลังจากปีที่ 5 ผลผลิตน้ำหนักรากยังมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นต่อไป

3.2 ผลผลิตมวลชีวภาพ

3.2.1 มวลชีวภาพลำต้น ไม้ อายุ 1-5 ปี มีมวลชีวภาพเท่ากับ 0.41, 1.18, 2.72, 3.91 และ 4.55 ตันต่อไร่ ตามลำดับ

3.2.2 มวลชีวภาพของกิ่ง ไม้ อายุ 1-5 ปี พบว่า มีมวลชีวภาพของกิ่งเท่ากับ 0.10, 0.18, 0.36, 0.65 และ 0.52 ตันต่อไร่ ตามลำดับ

3.2.3 มวลชีวภาพของใบ ไม้อายุ 1-5 ปี มีมวลชีวภาพของใบเท่ากับ 0.22, 0.16, 0.24, 0.29 และ 0.34 ตันต่อไร่ ตามลำดับ

3.2.4 ผลผลิตมวลชีวภาพรวม จากการวิเคราะห์พบว่าในชั้นอายุ 1-5 ปี มีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 0.74, 1.52, 3.33, 4.86, และ 5.41 ตันต่อไร่ ตามลำดับ

4. ผลตอบแทนทางการเงิน

4.1 ต้นทุนในการดำเนินการปลูกสร้างสวนป่า

ต้นทุนในการดำเนินการปลูกสร้างสวนป่าประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการปลูกสร้างสวนป่าในปีแรก และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสวนเดิม อายุ 2-4 ปี เริ่มตัดเมื่อมีอายุ 5 ปี สำหรับรายละเอียดค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการปลูกสร้างสวนป่าแต่ละปี และจากนั้นแปลงค่าใช้จ่ายดังกล่าวให้อยู่ในรูปของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (PVC) โดยใช้อัตราดอกเบี้ย 3 ระดับ คือ 7% 9% และ 11% โดยที่นำค่าใช้จ่ายในปีที่ 1-5 มาคำนวณแล้วรวมกันจะได้ คือ เมื่ออัตราดอกเบี้ย 7% 9% และ 11% มูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 22,044.78 21,416.24 และ 20,823.44 บาท ตามลำดับ

4.2 รายได้จากการปลูกสร้างสวนป่า

รายได้จากการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาเลกูลเลนซิส เป็นรายได้ที่ได้รับจากการขายไม้เป็นราคาเหมาซื้อในสวนป่าโดยผู้รับเหมารับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการตัดฟัน และการขนส่งในรูปของน้ำหนักสด โดยกำหนดเป็น 3 ราคา คือ 600 700 และ 800 บาทต่อตัน ผลการคำนวณรายได้ และมูลค่าปัจจุบันของผลได้จากสวนป่าในปีที่ 1-5 พบว่า เมื่อราคาขายไม้เท่ากับ 600 บาทต่อตัน อัตราดอกเบี้ย 7% 9% และ 11% จะมีรายได้เท่ากับ 31,061.22 บาท และมีมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 22,146.22, 20,187.66 และ 18,433.32 บาทตามลำดับ เมื่อราคาขายไม้เท่ากับ 700 บาทต่อตัน อัตราดอกเบี้ย 7% 9% และ 11% จะมีรายได้ เท่ากับ 36,238.09 บาท และมีมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 25,837.26, 23,552.27 และ 21,505.54 บาทตามลำดับ เมื่อราคาขายไม้เท่ากับ 800 บาทต่อตัน อัตราดอกเบี้ย 7% 9% และ 11% จะมีรายได้เท่ากับ 41,414.96 บาท และมีมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 29,528.29, 26,916.88 และ 24,577.76 บาท ตามลำดับ

4.3 การประเมินผลตอบแทนของการปลูกสร้างสวนป่า

เมื่อราคาขายไม้เท่ากับ 600 บาทต่อตัน จะให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ในทุกระดับอัตราดอกเบี้ยที่ได้กำหนดไว้ 7% 9% และ 11% เนื่องจากว่าอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (BC ratio) มีมูลค่าน้อยกว่า 1 และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าติดลบทั้งหมด สำหรับค่าอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) มีค่าเท่ากับ 6.93% หมายความว่าถ้าต้องการลงทุน ผู้ประกอบการสามารถกู้เงินมาลงทุนได้โดยอัตราดอกเบี้ยที่จะต้องน้อยกว่า 6.93% การลงทุนครั้งนี้ถึงจะได้กำไร

เมื่อราคาขายไม้เท่ากับ 700 บาทต่อตัน ที่อัตราดอกเบี้ย 7% จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 3,792.45 บาทต่อเฮกเตอร์ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 1.17 ที่อัตราดอกเบี้ย 9% จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 2,136.01 บาทต่อเฮกเตอร์ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 1.10 ที่อัตราดอกเบี้ย 11% จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 682.07 บาทต่อเฮกเตอร์ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 1.03

เมื่อราคาขายไม้เท่ากับ 800 บาทต่อตัน จะให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุน ในทุกระดับอัตราดอกเบี้ย

5. ความอ่อนไหวของโครงการ

ที่ราคาไม้ 700 บาทต่อตันพบว่าที่อัตราหักลด 7% ในการเปลี่ยนแปลง 2 กรณีคือ ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้คงที่ กับรายได้ลดลง 10% และต้นทุนคงที่ การลงทุนมีโอกาสเป็นไปได้ เนื่องจากค่า B/C ratio ที่ได้พบว่ามีค่ามากกว่า 1 และค่า NPV มีค่าเป็นบวก แต่ในกรณีอื่นให้ค่าตอบแทนของโครงการไม่คุ้มค่ากับการลงทุน โดยพิจารณาได้จากค่า B/C ratio ที่มีค่าน้อยกว่า 1 และค่า NPV มีค่าติดลบในทุกกรณี

ที่ราคาไม้ 800 บาทต่อตันพบว่า ทุกกรณีในอัตราหักลด 7%, 9% และ 11% การลงทุนมีโอกาสเป็นไปได้ เนื่องจากค่า B/C ratio ที่ได้พบว่ามีค่ามากกว่า 1 และค่า NPV มีค่าเป็นบวก ยกเว้น ที่อัตราดอกเบี้ย 11% ในกรณีต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% และรายได้ลดลง 10% ที่ให้ค่าตอบแทนของโครงการไม่คุ้มค่ากับการลงทุน เพียงกรณีเดียว

ข้อเสนอแนะ

1. การประเมินผลผลิตในรูปของน้ำหนักรวมในการศึกษาครั้งนี้ จะเห็นได้ว่า ได้ผลผลิตต่ำ ไม่คุ้มกับการลงทุนเมื่อนำมาคิดผลตอบแทนทางการเงิน เพราะฉะนั้น ควรมีการปรับปรุงพันธุ์ การบำรุงรักษา การปลูกซ่อม การกำจัดวัชพืช และการใส่ปุ๋ย อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้รับผลผลิตสูงขึ้น
2. เพื่อส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าให้ประสบผลสำเร็จ รัฐควรมีกองทุนสนับสนุนให้เข้าเข้าถึงเกษตรกรรายย่อยให้มากขึ้นด้วยรูปแบบลดดอกเบี้ยเงินกู้ให้ต่ำกว่าที่เป็นอยู่ (7%) หรือให้เงินกู้ปลอดดอกเบี้ย และมีนโยบายประกันราคาไม้ ซึ่งจะเป็นการสร้างเชื่อมั่นให้กับผู้เป็นเจ้าของสวนป่า
3. เพื่อบรรเทาสภาพขาดทุน และได้มีเงินหมุนเวียนในระยะเวลาอันรวดเร็ว เจ้าของสวนควรหาทางเพิ่มรายได้โดยการปลูกสร้างสวนป่าในระบบวนเกษตร ด้วยการปลูกพืชเกษตรเสริมในพื้นที่สวนป่า ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืชได้บางส่วน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กมล วิศุภกาญจน์. 2538. การเก็บเมล็ดไม้มัลลิกาปัดส คามาลดูเลนซิส. น. 46-55. ใน รายงานการ
สัมมนา ไม้มัลลิกาปัดส คามาลดูเลนซิส, 30 ตุลาคม-1 พฤศจิกายน 2527. กรมป่าไม้,
กรุงเทพฯ.
- กรมป่าไม้. 2548. รวมแผนยุทธศาสตร์ของเข่งป่าไม้. กระทรวงกลาโหมและป่าไม้. ส.ป.ป.
ลาว.
- จรงค์ วัชรินทร์รัตน์. 2538. การเจริญเติบโตของไม้มัลลิกาปัดส คามาลดูเลนซิส อายุ 13 ปีในท้องที่
ต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชลิต อรุณีพัฒน์พงศ์ และสวลี ลาขโรจน์. 2528. การศึกษาการใช้ไม้และการตลาดในอนาคต,
น. 258-283. ใน รายงานการสัมมนา ไม้มัลลิกาปัดส คามาลดูเลนซิส, 30 ตุลาคม-1
พฤศจิกายน 2527. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ทักษิณ รัตวานิช, อรรณพ อภิชาติบุตร และ เพ็ญศรี นามประเสริฐ. 2525. การผลิตเยื่อซัลเฟตจาก
ไม้มัลลิกาปัดส คามาลดูเลนซิส. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- เชิรชัย พรอมมูล. 2527. การเก็บเมล็ดไม้และอัตราการงอกของเมล็ดไม้มัลลิกาปัดส คามาลดูเลนซิส,
น. 70-89. ใน รายงานสัมมนาไม้มัลลิกาปัดส คามาลดูเลนซิส, 30 ตุลาคม-1 พฤศจิกายน 2527.
กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ณัฐวดี ม่วงทอง. 2548. การเติบโต ผลผลิต การใช้น้ำและคุณสมบัติดิน ของสวนป่าไม้มัลลิกาปัดส
คามาลดูเลนซิส. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู. 2521. การเจริญเติบโตของต้นไม้มัลลิกา. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.

พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬ, ปรีชา ธรรมานนท์, วิสุทธิ สุวรรณภินันท์ และ บัณฑิต ประไพโย. 2524.

ผลผลิตขั้นปฐมภูมิของสวนป่าในระบบวนวัฒน์-เกษตรในประเทศไทย 1. ผลผลิตขั้นปฐมภูมิของสวนป่าไม้เลื้อยที่ปลูกควบกับมันสำปะหลัง จังหวัดกาฬสินธุ์. รายงานวนศาสตร์วิจัยเล่มที่ 78. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิณ เกื้อกุล. 2528. **เทคนิคการเพาะชำกล้าไม้ยูคาลิปตัส**, น. 90-104. ใน รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส ณ ห้องประชุมกรมป่าไม้ กรุงเทพมหานคร 30 ต.ค.-1 พ.ย. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

มณฑิ โพธิ์ทัย. 2528. **คู่มือการปลูกไม้ยูคาลิปตัส**. องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

มนตรี สนิทประชากร, สมศักดิ์ มนต์ศรีสุขใส และ สัมฤทธิ์ กิตติธรกุล. 2529. **การปลูกไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทย**. สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

รุ่งเรือง พูลศิริ. 2540. **ผลของความหนาแน่นของหมู่ไม้ต่อรูปทรง อัตราการเจริญเติบโต และผลผลิตของสวนป่า ไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิไลลักษณ์ ไทยอุดต่าห์, ปรีดา ฉันทะกุล และ สมพงษ์ อรพินธ์. 2528. **รายงานผลการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ต้นทุน-กำไรของการปลูกสร้างสวนป่า (Cost-Benefit Analysis of Reforestation).** (อัดสำเนา)

สงคราม ธรรมมิญช. 2526. **วิธีสุมตัวอย่างทรัพยากรป่าไม้**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุชาติ ไทยเพ็ชร. 2528. **คุณสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส และการใช้ประโยชน์**. ใน สราวุธ จารุวรรณสถิต. 2534. **ปัญหาพิเศษเรื่องผลผลิตไม้ในสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้: กรณีศึกษาสวนป่าในท้องที่ภาคตะวันตก**.

ศูนย์ส่งเสริมการปลูกป่าและฟื้นฟูป่า. 2546. **สังรวมสถิติการปลูกไม้ในประเทศไทย.**

กระทรวงกลาโหม และป่าไม้. ส.ป.ป.ลาว.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2536. **สรีรวิทยาของพืช.** ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรุณ ชมชาญ และ วินัย ปัญญาธัญญะ. 2528. **ไม้ยูคาลิปตัสกับการผลิตถ่าน,** น. 249-256.

ใน รายงานสัมนา ไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส, 30 ตุลาคม – 1 พฤศจิกายน 2527.

กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

อำไพ พันทะวง. 2547. **การเติบโตและผลผลิตของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส ของโครงการปลูกไม้ลาว-เอตีปี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Baker, F.S. 1950. **Principle of Silviculture.** McGraw Hill Book Company, Inc., New York.

Davis, K. P. 1966. **Forest Management: Regulation and Valuation.** 2nd. ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.

FAO. 1979. **Eucalyptus for planting.** FAO Forestry Series No.11. FAO, Rome.

Gartner, E.J.G. and G.K. Beuschel. 1962. **Forest Inventory of the Northeastern Region.** F.A.O. Report to the Government of Thailand.

Hocker, H.W., Jr. 1979. **Introduction of Forest Biology.** John Wiler & Sons Inc., New York.

Husch, B., C.I. Miller and T.W. Beers. 1972. **Forest Mensuration.** The Ronald Press Company, New York.

Kira, T. and T. Shidei. 1967. Primary Production and Turnover of Organic Matter in Different Ecosystems of the Western Pacific. **J. Ecol.** 17:70-87

- Monsi, M. and T. Saeki. 1953. **Über den Lichtfaktor inden Pflanzengesell Schaften und Seine Bedeutung fur die Stoffproduktion.** อ้างโดย พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬุ. ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่า. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- National Academy of Sciences. 1980. **Firewood Crop: Shrub and tree Species of Energy production.** Washington, D.C.
- Odum, E.P. 1963. **Fundamental of Ecology.** Half, Reinhart & Winston Inc., New York.
- Ogawa, H. and T. Kira. 1977. **Method of Estimating Forest Biomass.** JIPB Synthesis : 16. The University of Tokyo Press, Tokyo.
- Sardvut, P. 1970. **Growth studies of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. With particular emphasis on provenance.** M.Sc. Thesis, Aust. Nat. Univ.
- Shinozaki, K., K. Yoda, K. Hozumi and T. Kira. 1964. "A Quantitative Analysis of Plant Form : The Pipe Model theory. I". **Basic Analysis. Jap. J. Ecol.** 14 : 97-105 p.
- Spurr, S.H. 1952. **Forest Inventory.** The Ronald press Co., New York.
- Turnbull, J.W. 1974. "An outstanding provenance of river red gum". **Inst. For Aust. Newsl.** 15(4): 1-23
- Toumey, J.W. 1947. **Foundations of Silviculture.** John Wiley & Sons Inc., New York.
- Tsechalicha, X and D.A. Gimour. 2000. **Forest Rehabilitation in Lao P.D.R. Issues and Constraints.** Cited Tropical Forest Action Plan (TFAP). 1990. Government of Lao PDR/Ministry of Agriculture and Forestry. Vientiane.

Walter, H. 1955. **Klimagramme als Mittel Zue Beuteilung der Klimverhalthiss fur Okologische, Vegetationskundliche and Landwirt Schafliche Zweche. Ber. Dtsch. Not. Ges.** 68 : 331.344.

Whittaker, R.H. and G.H. Woodwell. 1971. **Measurement of Net Primary Production of Forest.** UNESCO, Paris.

Whittaker, R.H. and G.M. Woodwell. 1971. **Measuremeent of Net Primary Production of Forest.** UNESCO, Proc. Brussell Symp. on Productivity of Forest Ecosystem. UNESCO, Paris.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงทั้งหมดของไม้ตัวอย่างที่ตัด
 ฟันลงในแต่ละชั้นอายุ

อายุ (ปี)	ต้นที่	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (ซม.)	ความสูงทั้งหมด (เมตร)	น้ำหนักสดของส่วนที่ทำ เป็นสินค้าได้ (กก.)
1	1	1.69	3.34	0.60
	2	2.51	3.8	1.60
	3	3.34	4.08	2.92
	4	4.71	5.7	7.46
	5	5.67	6.2	9.70
2	1	2.86	4.7	2.17
	2	4.77	8	9.46
	3	6.53	8.8	16.00
	4	8.34	9.7	29.14
	5	10.12	13.1	47.44
3	1	3.57	7.6	8.72
	2	6.53	9.42	19.15
	3	8.12	11.5	31.35
	4	10.57	13.3	59.22
	5	10.82	15.2	68.75
4	1	3.69	7.6	5.35
	2	7.23	11.8	27.95
	3	9.04	12.52	42.23
	4	11.78	15.1	90.80
	5	14.67	15	117.60
5	1	5.25	8.6	11.52
	2	8.28	13.27	39.30
	3	11.49	14.59	79.20
	4	14.32	17.92	142.90
	5	18.24	18.75	226.50

ตารางผนวกที่ 2 มวลชีวภาพของลำต้น ใบ และกิ่งของไม้ตัวอย่างในแต่ละชั้นอายุ

อายุ	ต้นที่	มวลชีวภาพ (กิโลกรัม)			
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม
1	1	0.36	0.05	0.84	1.25
	2	0.80	0.20	0.30	1.31
	3	1.42	0.39	0.63	2.45
	4	3.64	0.90	1.20	5.74
	5	4.77	1.21	1.79	7.77
2	1	1.20	0.26	0.61	2.07
	2	4.98	0.91	0.28	6.17
	3	8.07	0.62	0.69	9.38
	4	13.53	3.12	2.87	19.52
	5	0.00	0.00	0.00	0.00
3	1	4.39	0.66	0.29	5.34
	2	8.50	1.50	0.71	10.71
	3	17.79	2.61	1.76	22.16
	4	29.36	3.66	3.39	36.42
	5	36.37	3.51	2.20	42.08
4	1	2.32	0.27	0.18	2.78
	2	14.84	1.84	1.09	17.78
	3	21.65	4.71	2.31	28.67
	4	49.24	9.25	3.85	62.33
	5	65.58	19.04	8.73	93.34
5	1	5.61	0.71	0.27	6.59
	2	20.54	2.00	1.24	23.77
	3	41.53	7.40	3.11	52.05
	4	83.33	13.19	6.15	102.67
	5	125.31	35.41	7.53	168.26

ตารางผนวกที่ 3 ราคาซื้อไม้ของบริษัทต่างๆ ที่เข้าไปดำเนินการในสปป.ลาว

ลำดับ	ชื่อบริษัท	ราคา (บาทต่อตัน)
1	ฟินิกซ์	600
2	บุรพา	560
3	ทองคูณปลูกไม้และซื้อไม้	500
4	ไฮโย AA	500

ตารางผนวกที่ 4 ค่าใช้จ่ายในการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ตามลาดูเลนซิส คิดเป็นต่อเฮกแตร์

ลำดับ	รายการ	จำนวนหน่วย x ราคา (กิบ)	ราคารวม (กิบ)
1	ค่าเช่าที่	5 ปี x 30,000 กิบต่อปี	150,000
2	ค่าเตรียมพื้นที่		
	- บุกเบิก		350,000
	- ไถ		650,000
	- เก็บริบ สุมเผา		265,000
3	ค่ากล้าไม้	1,999 กล้า x 200 กิบ	399,800
4	ค่าขนส่งกล้าและเพิ่ม 20%	1,999 กล้า x 50 กิบ	99,950
5	ค่าปลูกและค่าปลูกซ่อม	1,999 กล้า x 100 กิบ	199,900
6	ค่าทำรั้วสวน		
	- ค่าหลักรั้ว	2,000 หลัก x 3,000 กิบ	600,000
	- ค่าสวน	13 ไร่ x 70,000 กิบ	910,000
	- ค่าตะปู	10 กิโลกรัม x 5,000 กิบ	50,000
	- ค่าแรงทำรั้ว		90,000
7	ค่ากำจัดวัชพืช	4 ปี x 70,000 กิบ	925,000
8	ค่าปุ๋ย	2 ไร่ x 70,000 กิบ	140,000
9	ค่าแรงใส่ปุ๋ย	1,666 กล้า x 50 กิบ	83,300
10	ค่าทำแนวกันไฟ	400 เมตร x 1,000 กิบ x 4 ปี	1,600,000
รวม			6,512,950