



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

บทบาทของการปลูกไม้ป่ายุคาลิปตัส
คามาลดูละนซิส ต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

โดย

นายจงรัก วัชรินทร์รัตน์

กุมภาพันธ์ 2549

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการบทบาทของการปลูกไม้ป่ายูคาลิปตัส
คามาลดูเลนซิส ต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

นายจรงค์ วัชรินทร์รัตน์
หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน
ภาควิชาวนวัฒนวิทยา
คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สนับสนุนโดย
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้ เป็นการนำเสนอผลการศึกษาวิจัย ภายใต้โครงการ “บทบาทของการปลูกสร้างสวนป่ายุคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม” ได้ดำเนินการตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2545 ถึงเดือนสิงหาคม 2546 โดยได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานสนับสนุนกองทุนวิจัย (สกว) และได้รับการสนับสนุนสถานที่ศึกษา ตลอดจนการอำนวยความสะดวกต่าง ๆ จากบริษัทยูคาเทคโนโลยีจำกัด ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณในการสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณอมรพงษ์ หิรัญวงศ์ คุณสะอาด รมรื่นสุขารมย์ คุณทัศนีย์ เอื้อประชาชนนท์ คุณจิราภา เพียรรำลึก นักวิชาการคุณบุญไธร์ จำเริญศรี และคุณพิษณุ เข้มราช ผู้ช่วยนักวิชาการของฝ่ายวิจัย บริษัทยูคาเทคโนโลยี จำกัด ที่ให้การประสานงานอย่างดี ขอขอบคุณ คุณสัญญา พันดวง เจ้าหน้าที่ส่งเสริม บริษัทอะโกรไลน์ จำกัด นิสิตปริญญาโทสาขานวนวัฒนวิทยา ที่ได้ปฏิบัติงานอย่างแข็งขันและมีประสิทธิภาพทั้งงานภาคสนามและในห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

รายงานวิจัยฉบับนี้ เป็นการนำเสนอผลการศึกษาวิจัย ภายใต้โครงการ “บทบาทของการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม” ได้ดำเนินการตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2545 ถึงเดือนสิงหาคม 2546 โดยได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานสนับสนุนกองทุนวิจัย (สกว) และได้รับการสนับสนุนสถานที่ศึกษา จากบริษัทยูคาเทคโนโลยีจำกัด

วัตถุประสงค์ของการจัดทำรายงานฉบับนี้ เพื่อนำเสนอผลการศึกษามหาภาคการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิสต่อสิ่งแวดล้อม โดยเน้นศึกษาในท้องที่จังหวัดฉะเชิงเทรา รายละเอียดของรายงานประกอบด้วยบทต่าง ๆ 4 บท ได้แก่

บทที่ 1 กล่าวถึงความสำคัญและที่มาของการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงระเบียบวิธีวิจัย ซึ่งได้แก่ การศึกษาผลของการปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิสต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน การใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำ การประเมินผลผลิตมวลชีวภาพ การวิเคราะห์ทางการเงินของการลงทุนปลูกไม้ยูคาลิปตัส วัตถุประสงค์ของการศึกษาในรายละเอียดด้วย

บทที่ 3 กล่าวถึงผลการศึกษาของแต่ละส่วน

บทที่ 4 บทสรุปผลการศึกษาการวิจัย

การศึกษาการเติบโต ผลผลิต การใช้น้ำ และคุณสมบัติดิน ของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ชั้นอายุ 1 - 5 ปี ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ต่างกัน ได้แก่ การปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส (Af-plantation) และพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส (Re-plantation) พื้นที่ใช้วิธีตัดแตกหน่อ (Coppice-plantation) ในท้องที่อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา ได้ทำการประมาณหาการเติบโต ผลผลิต ศึกษาการใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำด้วยเครื่องมือ Thermal Dissipation Probe รุ่น TDP-30 ศึกษาคุณสมบัติดิน โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test

ผลการศึกษาพบว่า การเติบโตของเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก ความสูง และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด และผลผลิตส่วนที่เป็นสินค้าได้ของไม้ยูคาลิปตัส เมื่ออายุ 5 ปี ในแปลงปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกมีการเติบโตสูงสุด เท่ากับ 11.33 เซนติเมตร 14.75

เมตร 52.92 ต้นต่อเฮกแตร์ และ 120.63 ต้นต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ อัตราการเติบโตสัมพัทธ์มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น ปริมาณการใช้น้ำในรอบวันของต้นไม้จะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเช้าสูงสุดในเวลาเที่ยงถึงบ่าย ลดลงในเวลาเย็น และต่ำมากในเวลากลางคืน การใช้น้ำในรอบวันสูงสุดในเดือนกรกฎาคม ต่ำสุดในเดือนธันวาคม การใช้น้ำในรอบปี มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามขนาดความโตที่เพิ่มขึ้น ไม้ที่มีขนาดใหญ่สุด พื้นที่กระพี 196.82 ตารางเซนติเมตร ใช้น้ำเฉลี่ย 8.55 ลิตรต่อวัน หรือ 3,119.95 ลิตรต่อปี ไม้ที่มีขนาดเล็กสุดพื้นที่กระพี 12.92 ตารางเซนติเมตร ใช้น้ำ เท่ากับ 1.01 ลิตรต่อวันหรือ 368.71 ลิตรต่อปี การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำพบว่า การใช้น้ำทางเศรษฐกิจ (WUE_{ws}) และ การใช้น้ำทางชีววิทยา (WUE_{wt}) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 และ 5.16 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณการใช้น้ำในของหมู่ไม้ พบว่ามีแนวโน้มการใช้น้ำเพิ่มขึ้นเมื่อชั้นอายุเพิ่มมากขึ้น ประสิทธิภาพการใช้น้ำของหมู่ไม้ ($WUES$) พบว่า $WUES_{ws}$ และ $WUES_{wt}$ มีแนวโน้มลดลงเมื่อชั้นอายุเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของดินระหว่างพื้นที่พบว่าการเปลี่ยนแปลงในแต่ละชั้นอายุ และกระบวนการสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การลงทุนปลูกไม้ยูคาลิปตัสในนั้นพบว่ามีเหมาะสมในการลงทุนในทุกกระบวนการสืบพันธุ์ในช่วงอายุ 3-5 ปี ที่ระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5-15 และเมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวพบว่าอัตราผลตอบแทน B/C ratio, NPV และ IRR จะแปรผันไปตามการเปลี่ยนแปลงของต้นทุน ราคาไม้ และ อายุไม้

Executive summary

The research of the Roles of reforestation of *Eucalyptus camaldulensis* on socio-economic and environment were carried out at Sanam Chai Khet District, Chachoengsao Province, during 18 August 2003-4 July 2004. The budget were supported by The Thailand research fund (TRF) and site study supported by Eucalyptus technology Co., Ltd. The report has 4 Lesson and each part were:

Lesson 1 were summary and background of the research

Lesson 2 Methodology of research technique on growth, yield, water use and soil properties, evaluate water and water use efficiency.

Lesson 3 result of each part of the research

Lesson 4 the conclusion of the research

The study on growth, yield, water use and soil properties of 1-5 years old *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. with different regeneration system, Af-plantation, Re-plantation, and Coppice-plantation were investigated. 45 sample plots were set and diameter at breast height (DBH) and total height of tree (H) were measured to evaluate growth and yield. Thermal Dissipation Probe (Model TDP-30) was used to evaluate water and water use efficiency. In addition, disturbed and undisturbed soil sample at 0-10, 10-30, 30-50 and 50-100 cm in deep of each plot were collected and analyzed. ANOVA and DNMRT were used for statistic analysis. Cabstand benefits were analyzed in term of NPV, B/C ratio and IRR

The results indicated that 5 year old of *E. camaldulensis* in Af-plantation plot showed the best in DBH, H and total aboveground biomass (11.33 cm, 14.75 m and 52.59 ton.ha⁻¹, respectively). Relative growth rate (RGR) gradually decreased based on tree age increasing. Daily water use of trees gradually increased in the morning and showed the highest rate at noon to afternoon and decreased in evening and very low water consumption at night time with maximum on July and minimum on December. Annual water use increased with diameter increasing. Trees with lowest and highest sapwood area (12.29 cm² and 196.2 cm²) had daily and annual water use 1.01 and 8.55 liter.day⁻¹ or 368.71 and 3,119.95 liter.yr⁻¹, respectively. Average water used

efficiency of tree in term of economic (WUE_{ws}) and biology (WUE_{wt}) were 4.66 and 5.16 grams.liter⁻¹, respectively. Water use of stands increased and water use efficiency gradually decreased when ages increased. In addition, soil physical and chemical properties in different age and regeneration system were non-significant different.

Economic returns for 3 - 5 year-old suitable in all regeneration methods at 5-15 % of interest. In addition, B/C ratio, NPV and IRR varied based on cost, wood price and age of tree

รหัสโครงการ : MRG4580007
 ชื่อโครงการ : บทบาทของการปลูกไม้ป่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส
 ต่อเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม
 ชื่อนักวิจัย : นายจรงค์ วัชรินทร์รัตน์ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา
 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 E-mail Address : fforcrw@ku.ac.th
 ระยะเวลาโครงการ : 1 กรกฎาคม 2546 – 30 กรกฎาคม 2547

บทคัดย่อ

การศึกษาการเติบโต ผลผลิต การใช้น้ำ และคุณสมบัติดิน ของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ชั้นอายุ 1 - 5 ปี ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ต่างกัน ได้แก่ การปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส (Af-plantation) และพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส (Re-plantation) พื้นที่ใช้วิธีตัดแตกหน่อ (Coppice-plantation) ในท้องที่อำเภอสนมชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา ได้ทำการประมาณหาการเติบโต ผลผลิต ศึกษาการใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำด้วยเครื่องมือ Thermal Dissipation Probe รุ่น TDP-30 ศึกษาคุณสมบัติดิน โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test

ผลการศึกษาพบว่า การเติบโตของเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก ความสูง และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด และผลผลิตส่วนที่เป็นสินค้าได้ของไม้ยูคาลิปตัส เมื่ออายุ 5 ปี ในแปลงปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกมีการเติบโตสูงสุด เท่ากับ 11.33 เซนติเมตร 14.75 เมตร 52.92 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 120.63 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ อัตราการเติบโตสัมพัทธ์มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น ปริมาณการใช้น้ำในรอบวันของต้นไม้จะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเช้า สูงสุดในเวลาเที่ยงถึงบ่าย ลดลงในเวลาเย็น และต่ำมากในเวลากลางคืน การใช้น้ำในรอบวันสูงสุดในเดือนกรกฎาคม ต่ำสุดในเดือนธันวาคม การใช้น้ำในรอบปี มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามขนาดความโตที่เพิ่มขึ้น ไม้ที่มีขนาดใหญ่สุด พื้นที่กระพี 196.82 ตารางเซนติเมตร ใช้น้ำเฉลี่ย 8.55 ลิตรต่อวัน หรือ 3,119.95 ลิตรต่อปี ไม้ที่มีขนาดเล็กสุดพื้นที่กระพี 12.92 ตารางเซนติเมตร ใช้น้ำเท่ากับ 1.01 ลิตรต่อวันหรือ 368.71 ลิตรต่อปี การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำพบว่า การใช้น้ำทางเศรษฐกิจ (WUE_{ws}) และ การใช้น้ำทางชีววิทยา (WUE_{wt}) มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.66 และ 5.16 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณการใช้น้ำในของหมู่ไม้ พบว่ามีแนวโน้มการใช้น้ำเพิ่มขึ้นเมื่อชันอายุเพิ่มมากขึ้น ประสิทธิภาพการใช้น้ำของหมู่ไม้ ($WUES$) พบว่า $WUES_{ws}$ และ $WUES_{wt}$ มีแนวโน้มลดลงเมื่อชันอายุเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของดินระหว่างพื้นที่พบว่า การเปลี่ยนแปลงในแต่ละชันอายุและกระบวนการสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การลงทุนปลูกไม้ยูคาลิปตัสในนั้นพบว่ามีความเหมาะสมในการลงทุนในทุกกระบวนการสืบพันธุ์ ในช่วงอายุ 3-5 ปี ที่ระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5-15 และเมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวพบว่าอัตราผลตอบแทน B/C NPV และ IRR จะแปรผันไปตามการเปลี่ยนแปลงของต้นทุน ราคาไม้ และ อายุไม้

คำหลัก : การปลูกไม้ป่า, ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส, เศรษฐกิจ สังคม, สิ่งแวดล้อม

Project Code : MRG4580007
Project Title : Roles of reforestation of *Eucalyptus camaldulensis* on -
 socio-economic and environment
Investigator : Mr.Chongrak Wachrinrat Faculty of forestry Department of
 Silviculture
E-mail Address : fforcw@ku.ac.th
Project Period : 1 July 2002 – 30 June 2004

Abstract

The study on growth, yield, water use and soil properties of 1-5 years old *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. with different regeneration system, Af-plantation, Re-plantation, and Coppice-plantation were carried out at Sanam Chai Khet District, Chachoengsao Province, during 18 August 2003–4 July 2004. 45 sample plots were set and diameter at breast height (DBH) and total height of tree (H) were measured to evaluate growth and yield. Thermal Dissipation Probe (Model TDP-30) was used to evaluate water and water use efficiency. In addition, disturbed and undisturbed soil sample at 0-10, 10-30, 30-50 and 50-100 cm in deep of each plot were collected and analyzed. ANOVA and DNMRD were used for statistic analysis.

The results indicated that 5 year old of *E. camaldulensis* in Af-plantation plot showed the best in DBH, H and total aboveground biomass (11.33 cm, 14.75 m and 52.59 ton.ha⁻¹, respectively). Relative growth rate (RGR) gradually decreased based on tree age increasing. Daily water use of trees gradually increased in the morning and showed the highest rate at noon to afternoon and decreased in evening and very low water consumption at night time with maximum on July and minimum on December. Annual water use increased with diameter increasing. Trees with lowest and highest sapwood area (12.29 cm² and 196.2 cm²) had daily and annual water use 1.01 and 8.55 liter.day⁻¹ or 368.71 and 3,119.95 liter.yr⁻¹, respectively. Average water used efficiency of tree in term of economic (WUE_{WS}) and biology (WUE_{WT}) were 4.66 and 5.16 grams.liter⁻¹, respectively. Water use of stands increased and water use efficiency gradually decreased when ages increased. In addition, soil physical and chemical properties in different age and regeneration system were non-significant different.

Economic returns for 3 - 5 year-old suitable in all regeneration methods at 5-15 % of interest. In addition, B/C ratio, NPV and IRR varied based on cost, wood price and age of tree

Keywords : reforestation, *Eucalyptus camaldulensis*, socio-economic, environment

คณะกรรมการ

1. ที่ปรึกษา

ศ.ดร. พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬุ	ภาควิชาวนวัฒนวิทยา	คณะวนศาสตร์
--------------------------	--------------------	-------------

2. คณะผู้วิจัย

อ.ดร. จงรัก วัชรินทร์รัตน์	ภาควิชาวนวัฒนวิทยา	คณะวนศาสตร์
----------------------------	--------------------	-------------

อ. กอบศักดิ์ วันธงไชย	ภาควิชาวนวัฒนวิทยา	คณะวนศาสตร์
-----------------------	--------------------	-------------

อ. สมพร แม่ลิ้ม	ภาควิชาวนวัฒนวิทยา	คณะวนศาสตร์
-----------------	--------------------	-------------

นายวิษณุภาส สังพาลี	ภาควิชาวนวัฒนวิทยา	คณะวนศาสตร์
---------------------	--------------------	-------------

นางสาวระเบียบ ศรีกงพาน	ภาควิชาวนวัฒนวิทยา	คณะวนศาสตร์
------------------------	--------------------	-------------

นางสาวศศิธร หาสิน	ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้	คณะวนศาสตร์
-------------------	-----------------------	-------------

นายกฤษณากรณ์ ปานข้า	ภาควิชาวนวัฒนวิทยา	คณะวนศาสตร์
---------------------	--------------------	-------------

นายณัฐวุฒิ ม่วงทอง	ภาควิชาวนวัฒนวิทยา	คณะวนศาสตร์
--------------------	--------------------	-------------

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(I)I
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	(II)
บทคัดย่อ	(VI)
สารบัญ	(IX)
สารบัญตาราง	(X)
สารบัญภาพ	(XV)
บทที่ 1 ความสำคัญและที่มาของการศึกษา	1
บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย	
ที่ตั้งพื้นที่ศึกษา	4
ลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษา	7
ระยะเวลาในการศึกษา	9
การศึกษาการเติบโต	9
ผลผลิตมวลชีวภาพ	10
การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน	13
การใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำ	16
การวิเคราะห์ทางการเงินของการลงทุนปลูกไม้ยูคาลิปตัส	19
การวิเคราะห์ทางสถิติ	24
บทที่ 3 ผลการศึกษา	
การเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน	25
ผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน	33
การใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส	59
การใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำของหมู่ไม้สวนป่ายูคาลิปตัส	72
คุณสมบัติดิน	80
ผลตอบแทนด้านการเงินของการลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส	110
บทที่ 4 สรุปผลการศึกษา	124
เอกสารอ้างอิงและสิ่งอ้างอิง	129
ภาคผนวก	131

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตำแหน่งแปลงทดลองที่เก็บข้อมูลไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส	6
2	ลักษณะภูมิอากาศในช่วงที่กำลังศึกษาบริเวณตำบลเขาหินซ้อน อำเภอนมสารคาม จังหวัด ฉะเชิงเทรา ระหว่างเดือน สิงหาคม 2545 - กันยายน 2546	7
3	การเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูง (H) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (RGR_{DBH}) และความสูง (RGR_H) ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ ที่ต่างกัน	30
4	ผลผลิตมวลชีวภาพของใบ (W_L) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{WL}) และ อัตราการเติบโตสมบูรณ์ (AGR_{WL}) ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	36
5	ผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่ง (W_B) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{WB}) และ อัตราการเติบโตสมบูรณ์ (AGR_{WB}) ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	40
6	ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (W_S) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{WS}) และ อัตราการเติบโตสมบูรณ์ (AGR_{WS}) ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	44
7	ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (W_T) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{WT}) และอัตราการเติบโตสมบูรณ์ (AGR_{WT}) ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	48
8	ค่าคงที่ของความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุกับผลผลิตมวลชีวภาพของ ลำต้น และผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด ในรูป Logistic Growth Curve	51
9	ผลผลิตส่วนที่เป็นสินค้าได้ ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส อายุ 3-5 ปี ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
10	สัดส่วนน้ำหนักสดที่เป็นร้อยละส่วนที่เป็นสินค้าได้ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสอายุ 3-5 ปี ภายใต้ระบบการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	58
11	การใช้น้ำเฉลี่ยในรอบวัน ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ของไม้ ตัวอย่างทำการศึกษ	62
12	รูปแบบสมการการใช้น้ำในรอบปีของไม้ยูคาลิปตัสอายุ 3 ปี ที่มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 3.98-13.76 เซนติเมตร	69
13	การเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความเพิ่มพูน ของมวลชีวภาพในรอบปี (AGR) การใช้น้ำในรอบปี (Water Use) และประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส (WUE)	72
14	ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี (ล้านลิตรต่อเฮกแตร์ต่อปี) ของไม้ยูคา ลิปตัสภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	74
15	ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี (มิลลิเมตรต่อปี) ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	75
16	ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางเศรษฐกิจของหมู่ไม้ยูคาลิปตัส ($WUES_{ws}$) ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	78
17	ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางชีววิทยาของหมู่ไม้ยูคาลิปตัส ($WUES_{wt}$) ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	79
18	คุณสมบัติทางกายภาพของดินในสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	81
19	ประเภทเนื้อดินที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ในสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสภายใต้ กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	88
20	คุณสมบัติทางเคมีของดินในสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	96
21	แสดงรายละเอียดต้นทุนการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสของเกษตรกร สมาชิกบริษัทอะโกรไลน์ อายุ 1-5 ปี	113

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
22	ต้นทุนเฉลี่ยต่อไร่ของการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสของเกษตรกรสมาชิกบริษัทอะโกรไลน์ อายุ 3-5 ปี	114
23	รายได้เฉลี่ยต่อไร่ของการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสของเกษตรกรสมาชิกบริษัทอะโกรไลน์ อายุ 3-5 ปี	117
24	NPV B/C IRR ของสวนป่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 3-5 ปี ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	118
25	NPV B/C IRR ของสวนป่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 3-5 ปี ตามอัตราดอกเบี้ยและอัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนและราคาไม้ในแปลงปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกป่ายูคาลิปตัส	121
26	NPV B/C IRR ของสวนป่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 3-5 ปี ตามอัตราดอกเบี้ยและอัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนและราคาไม้ในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกป่ายูคาลิปตัส	122
27	NPV B/C IRR ของสวนป่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 3-5 ปี ตามอัตราดอกเบี้ยและอัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนและราคาไม้ในแปลงตัดแตกหน่อ	123

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
1	สมการที่อยู่ในรูป Allometric equation, ($Y = aX^b$) , ใช้ประมาณผลผลิตมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. $Y =$ biomass production (kg), $X = D^2H$: $D =$ Diameter at breast height (cm.), $H =$ Total Height (m.) 132
2	สมการความสัมพันธ์ Allometric equation, ($Y = aX^b$) ใช้ประมาณผลผลิตส่วนที่เป็นสินค้าได้ $Y =$ Economic production (kg) , $X = D^2H$ ($D =$ Diameter at breast height (cm.), $H =$ Total Height (m.) 134
3	ปริมาณของอนุภาคทราย (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน 135
4	ปริมาณของอนุภาคทรายแป้ง (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน 136
5	ปริมาณของอนุภาคดินเหนียว (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน 137
6	ความหนาแน่นรวมของดิน ($g.cm^{-3}$) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน 138
7	ความหนาแน่นอนุภาคดิน ($g.cm^{-3}$) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน 139
8	ความพรุนดิน (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน 140
9	ปฏิกิริยาดิน (pH) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน 141
10	ปริมาณของอินทรีย์วัตถุ (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน 142
11	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ($mg.kg^{-1}$) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน 143

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
11 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg.kg^{-1}) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบทอดที่ ต่างกัน	144
12 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg.kg^{-1}) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบทอดที่ ต่างกัน	145
13 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg.kg^{-1}) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบทอดที่ ต่างกัน	146
14 ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg.kg^{-1}) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบทอดที่ ต่างกัน	147

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนที่แสดงตำแหน่งแปลงทดลองที่เก็บข้อมูลไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส	5
2	ลักษณะภูมิอากาศในช่วงที่ศึกษาบริเวณตำบลเขาหินซ้อน อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดฉะเชิงเทรา ระหว่างเดือน สิงหาคม 2545- กันยายน 2546	8
3	การวัดการเติบโต การตัดฟันไม้ตัวอย่างเพื่อประเมินผลผลิตมวล ชีวภาพ	12
4	การเก็บดินตัวอย่างในแปลงปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส	15
5	กล่องบันทึกข้อมูล DL 2e และการเจาะลำต้นเพื่อติดตั้งเข็มนำ สัญญาณ	18
6	การเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ในปี พ.ศ.2545 (ก) พ.ศ. 2546 (ข) และอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้าน เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (RGR_{DBH}) (ค) ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบทอดที่ต่างกัน	31
7	การเติบโตทางด้านความสูง (H) ในปี พ.ศ.2545 (ก) พ.ศ. 2546 (ข) และอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านความสูง (RGR_H) (ค) ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบทอดที่ ต่างกัน	32
8	ผลผลิตมวลชีวภาพของใบ (W_L) ในปี พ.ศ. 2545 (ก) พ.ศ. 2546 (ข) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{WL}) (ค) และ อัตราการเติบโต สัมบูรณ์ (AGR_{WL}) (ง) ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบทอดที่ต่างกัน	37
9	ผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่ง (W_B) ในปี พ.ศ. 2545 (ก) พ.ศ. 2546 (ข) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{WB}) (ค) และ อัตราการเติบโต สัมบูรณ์ (AGR_{WB}) (ง) ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบทอดที่ต่างกัน	41

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
10	ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (W_s) ในปี พ.ศ. 2545 (ก) พ.ศ. 2546 (ข) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{ws}) (ค) และ อัตราการเติบโตสัมบูรณ์ (AGR_{ws}) (ง) ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	45
11	ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (W_T) ในปี พ.ศ. 2545 (ก) พ.ศ. 2546 (ข) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{wt}) (ค) และอัตราการเติบโตสัมบูรณ์ (AGR_{wt}) (ง) ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	49
12	ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุและผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (W_s) ในรูป Logistic Growth Curve ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	52
13	ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุและผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (W_T) ในรูป Logistic Growth Curve ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	53
14	การใช้น้ำในรอบวันของไม้ยูคาลิปตัส อายุ 3 ปี ในแต่ละช่วงเดือน ที่ทำการศึกษา	63
15	ความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่กระพี้กับการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส ในแต่ละช่วงเดือนที่ทำการศึกษา	64
16	รูปแบบสมการการใช้น้ำในรอบปีของไม้ยูคาลิปตัสอายุ 3 ปี ที่มีขนาดชั้นเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH class) ตั้งแต่ 3.98-13.76 เซนติเมตรโดยวันที่ 1 คือวันเริ่มทำการศึกษาตรงกับวันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2545	66
17	ความสัมพันธ์การใช้น้ำในรอบปีกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ของไม้ยูคาลิปตัสอายุ 3 ปี	70
18	ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี (ล้านลิตรต่อเฮกแตร์ต่อปี) ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	74
19	ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี (มิลลิเมตรต่อปี) ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	75

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางเศรษฐกิจของหมุ่ไม้ยูคาลิปตัส (WUES _{es}) ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	78
21	ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางชีววิทยาของหมุ่ไม้ยูคาลิปตัส (WUES _{wt}) ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	79
22	ปริมาณของอนุภาคทราย (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	82
23	ปริมาณของอนุภาคทรายแป้ง (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	84
24	ปริมาณของอนุภาคดินเหนียว (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	86
25	ความหนาแน่นรวมของดิน (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	90
26	ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	92
27	ความพรุนรวมของดิน (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	94
28	ปฏิกิริยาของดินที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	97
29	อินทรีย์วัตถุ (%) ของดินที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	99

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
30	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบทพันธุ์ที่ต่างกัน	101
31	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบทพันธุ์ที่ต่างกัน	103
32	แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบทพันธุ์ที่ต่างกัน	105
33	แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบทพันธุ์ที่ต่างกัน	107
34	โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบทพันธุ์ที่ต่างกัน	109

1.1 ความสำคัญและที่มาของการศึกษา

ในการจัดการป่าไม้ เพื่อให้เกิดผลผลิตที่ยั่งยืนและตอบสนองต่อความต้องการของประชาชนทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ยาวนาน (sustained yield) นั้น ปัจจุบันรัฐบาลได้ดำเนินในหลายๆ รูปแบบ ทั้งการป้องกันรักษาป่า การฟื้นฟูสภาพป่า และการปลูกสร้างสวนป่า โดยเฉพาะในด้านการปลูกป่าประเทศไทยได้ดำเนินการปลูกป่าทั้งเพื่อเป็นการป้องกันต้นน้ำลำธาร และเพื่อเป็นป่าเศรษฐกิจ โดยในปัจจุบันประเทศไทยได้นำเข้าไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ ถึงปีละมากกว่า 50,000 ล้านบาท (สถิติการป่าไม้, 2543) ซึ่งเป็นสินค้าเกษตรในอันดับต้นๆ ที่ประเทศต้องนำเข้าจากต่างประเทศ สมควรที่รัฐจะต้องริบส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อเศรษฐกิจ ในปัจจุบันรัฐมีโครงการมากมายที่เกี่ยวข้องกับการปลูกป่า เช่น โครงการปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติ โครงการส่งเสริมเกษตรกรปลูกป่า โครงการฟื้นฟูสภาพป่าในพื้นที่ต้นน้ำลำธาร ตลอดจน พื้นที่ป่าปลูกต่างๆ ที่อยู่ในความควบคุมของรัฐบาล ได้แก่ สวนป่าสังกัดกรมป่าไม้ สังกัดองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ สวนป่าบริษัทไม้อัดไทย นอกจากนี้ในภาคเอกชน ก็ได้ดำเนินการ ปลูกป่าอย่างกว้างขวาง ทั้งในรูปขององค์กรขนาดใหญ่และเกษตรกรรายย่อย ซึ่งส่วนใหญ่ได้ดำเนินการปลูกป่าเพื่อการค้าและการลงทุนทางเศรษฐกิจ โดยในปัจจุบันรัฐได้ส่งเสริมให้มีการปลูกป่า โดยได้กำหนดชนิดไม้มากกว่า 50 ชนิด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไม้พื้นเมือง แต่ไม้เหล่านี้ก็ไม่ได้ได้รับความสนใจเท่าที่ควรทั้งนี้ไม่มีตลาดรองรับ บางชนิดเป็นไม้ที่โตค่อนข้างช้า ทำให้ได้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจไม่คุ้มค่ากับการลงทุน โดยไม้ที่มีการปลูกมากที่สุด ได้แก่ ไม้สัก นอกจากนี้ยังมีไม้ชนิดหนึ่งซึ่งปัจจุบันเป็นไม้ที่มีการปลูกอย่างแพร่หลาย แม้ว่าจะไม่ได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐเท่าที่ควร ไม้ดังกล่าวก็คือ ไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งไม้ชนิดนี้เป็นไม้ที่มีการปลูกในเชิงพาณิชย์อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะภาคตะวันออก ทั้งนี้เนื่องจากมีตลาดรองรับอย่างชัดเจน จัดเป็นไม้โตเร็ว และมีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ทั้งการทำเยื่อกระดาษ แผ่นขึ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด เสาค้ำยัน ไม้ค้ำยัน รวมทั้งเป็นไม้ทำฟืนและถ่าน ประกอบกับไม้ชนิดนี้สามารถเติบโตได้อย่างกว้างขวางทั้งในพื้นที่ค่อนข้างแห้งแล้ง โดยประเทศออสเตรเลียซึ่งเป็นถิ่นกำเนิดที่พบไม้ชนิดนี้สามารถพบได้ตั้งแต่ปริมาณน้ำฝน 200-1,250 มิลลิเมตรต่อปี และยังสามารถขึ้นได้ในดินเกือบทุกประเภท ทั้งดินเหนียว ดินทราย และดินเค็ม และยังสามารถทนต่อสภาพน้ำท่วมขังได้เป็นครั้งคราว จึงทำให้ไม้ยูคาลิปตัสได้รับความนิยมอย่างมาก

แม้ว่าในอดีตมีหลายฝ่ายยังมีข้อโต้แย้งอย่างมากมาเกี่ยวกับการปลูกไม้ยูคาลิปตัส โดยเฉพาะปัญหาในเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากผลผลิตเนื้อไม้ยูคาลิปตัสเป็นที่ต้องการสูงและมีการตลาดที่ค่อนข้างชัดเจน ทำให้พื้นที่ปลูกไม้ยูคาลิปตัสในภาคตะวันออกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามเกี่ยวกับความคุ้มค่าของการปลูกไม้ยูคาลิปตสนั้นค่อนข้างต่ำแม้ว่าจะมีความพยายามปรับปรุงสายพันธุ์เพื่อให้ได้ผลผลิตในรูปของเนื้อไม้ที่สูงขึ้น ทำให้มีเกษตรกรเป็นจำนวนมากที่ตัดฟันไม้แล้ว ไม่สนใจที่จะปลูกต่อไป ดังนั้นการศึกษาถึงความคุ้มค่าเพื่อให้เกษตรกรผู้ปลูกป่าได้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงขึ้นและคุ้มค่ากับการลงทุนจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นที่ต้องเร่งดำเนินการ อย่างไรก็ตามในภาพรวมแล้วการปลูกสร้างสวนป่า ก็เป็นวิธีหนึ่ง ซึ่งนอกจากจะได้ไม้เพื่อการใช้สอยในประเทศและลดการตัดไม้ทำลายป่าธรรมชาติ ยังเป็นการสร้างงานให้แก่เกษตรกร ซึ่งจะเป็นผลดีแก่ประเทศชาติ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใส่ใจในปัญหาเหล่านี้

สำหรับในเรื่องสิ่งแวดล้อม แม้ว่าจะมีผลตกเถียงกันมายาวนานถึงผลดี ผลเสียของการปลูกยูคาลิปตัสในเรื่องของผลกระทบต่อดิน และการใช้น้ำของพืชชนิดนี้ แต่ส่วนใหญ่จะอ้างอิงผลการศึกษาจากต่างประเทศในขณะที่ประเทศไทยยังขาดงานวิจัยทางด้านนี้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาผลกระทบต่อดินทั้งคุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีของการปลูกไม้ยูคาลิปตัสให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อยืนยันผลกระทบที่ชัดเจนของการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษามายาวเกี่ยวกับผลกระทบต่อดินและน้ำของการปลูกไม้ยูคาลิปตัสในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ส่วนใหญ่แล้ว มองในรูปของการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในดิน ซึ่งโดยแท้จริงแล้ว การเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุอาหารในดินจะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เนื่องจากปริมาณที่พืชใช้นั้นมีอยู่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุอาหารในดินประกอบ ผลการศึกษาส่วนใหญ่จะทำในพื้นที่ที่ยังมิได้ตัดไม้ยูคาลิปตัสออก ธาตุอาหารจึงยังคงอยู่ในระบบมิได้ถูกนำออกจากพื้นที่ ดังนั้นความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจึงต้องพิจารณาอย่างละเอียดรอบครอบ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการตัดไม้ยูคาลิปตัส ออกหลายครั้ง สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือผลกระทบของการปลูกไม้ชนิดนี้ต่อความชื้นในดิน นอกจากนี้ในเรื่องของการใช้น้ำของไม้ชนิดนี้ก็เป็นเรื่องสำคัญอีกประการหนึ่ง ซึ่งมีข้อถกเถียงกันเป็นอย่างมากเกี่ยวกับการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส

นอกจากนี้ ต้นไม้ในสวนป่ายังมีบทบาทที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ซึ่งมีปริมาณมากขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล (fossil) การทำลายป่าเขตร้อน เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้คาร์บอนถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณเพิ่มขึ้นอันเป็นสาเหตุสำคัญ

ดังนั้นในสถานการณ์ปัจจุบันจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการปลูกสร้างสวนป่าเพราะต้นไม้ในสวนป่าสามารถเปลี่ยนก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) ให้อยู่ในรูปของสารประกอบต่างๆ สะสมอยู่ในส่วนต่างๆ ของต้นไม้ได้ คาร์บอนเป็นธาตุหลักในองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุทุกรูปแบบ การหมุนเวียนเริ่มจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชโดยดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมาทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นคาร์โบไฮเดรตขึ้นมาโดยมีแสง คลอโรฟิลล์และเอนไซม์เป็นตัวทำปฏิกิริยา ได้ผลผลิตคือ คาร์โบไฮเดรตซึ่งอยู่ในรูปของน้ำตาล ส่วนหนึ่งจะใช้เป็นพลังงานในการดำรงชีวิต อีกส่วนหนึ่งพืชสะสมไว้ในรูปของแป้ง หรืออาจนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนหรือไขมัน และเก็บสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช คาร์บอนจะถูกส่งผ่านไปยังสัตว์โดยการเป็นอาหาร สัตว์ที่กินพืชนำคาร์บอนในสารต่างๆ ที่พืชสะสมไว้ไปเปลี่ยนรูปเพื่อใช้ประโยชน์และสะสมไว้ในสัตว์ที่กินพืชนั้น คาร์บอนในสัตว์กินพืชถ่ายทอดไปยังสัตว์กินเนื้อ คาร์บอนในเนื้อเยื่อของพืช สัตว์กินพืช สัตว์กินเนื้อ ถูกนำมาใช้ในการหายใจและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศส่วนหนึ่งและส่วนที่เหลือถูกใช้ไปในการเจริญเติบโตและตกเป็นซากพืชเมื่อตายลง ซากพืชและสัตว์จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียและเชื้อราและมีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศดั้งเดิม ดังนั้นการปลูกสร้างสวนป่า โดยเฉพาะสวนป่าไม้โตเร็ว เช่น ไม้ยูคาลิปตัส จึงมีบทบาทสำคัญในการเก็บกักคาร์บอนไดออกไซด์ ช่วยลดปัญหาในเรื่องของสิ่งแวดล้อม ตลอดจนทำให้ผู้คนที่ไม่เห็นด้วยกับการปลูกป่าไม้ยูคาลิปตัส ได้เห็นผลทางอ้อมของการปลูกไม้ชนิดนี้

2.1. ที่ตั้งพื้นที่ศึกษา

แปลงปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกบริษัทอะโกรไลท์จำกัด อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา มีรายละเอียดดังตารางที่ 1

2.1.1 แปลงศึกษาการเติบโตและผลผลิตได้เลือกพื้นที่ในสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ของเกษตรกรซึ่งเป็นสมาชิกบริษัทอะโกรไลท์ซึ่งมีชั้นอายุ 1-5 ปี ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน ได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส (Af-plantation) แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส (Re-plantation) ระยะปลูก 2 x 3 เมตร และแปลงใช้วิธีตัดแตกหน่อ (Coppice-plantation) ระยะปลูก 3 x 3 เมตร ขนาดแปลง 40 x 40 เมตร ในแต่ละชั้นอายุทำการวางแผน 3 ซ้ำ รวมทั้งหมด 45 แปลง

2.1.2. แปลงศึกษาการใช้น้ำได้เลือกพื้นที่ปลูกไม้ยูคาลิปตัส อายุ 3 ปี ปลูกด้วยกล้าที่ได้มาจากการปักชำ ระยะปลูก 2 x 3 เมตร เลือกต้นไม้ตัวอย่างโดยที่มีการกระจายของเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก จำนวน 9 ต้น เป็นตัวแทนในการวัดการใช้น้ำ

ตารางที่ 1 ตำแหน่งแปลงทดลองที่เก็บข้อมูลไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลินซิส

ลำดับ	อายุ ไม้	ระบบปลูกด้วยกล้า						ระบบตัดแตกหน่อ		
		พื้นที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส			พื้นที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส			รหัสแปลง	Latitude	Longitude
		รหัสแปลง	Latitude	Longitude	รหัสแปลง	Latitude	Longitude			
1	1 ปี	A1R1	13° 38' 32.9"	101° 46' 20.7"	B1R1	13° 38' 55.6"	101° 33' 18.8"	C1R1	13° 39' 30.6"	101° 46' 16.9"
2	1 ปี	A1R2	13° 37' 24.0"	101° 36' 36.3"	B1R2	13° 37' 24.0"	101° 36' 36.3"	C1R2	13° 39' 54.5"	101° 46' 10.8"
3	1 ปี	A1R3	13° 38' 32.9"	101° 46' 20.7"	B1R3	13° 37' 22.7"	101° 34' 24.3"	C1R3	13° 45' 57.4"	101° 38' 11.6"
4	2 ปี	A2R1	13° 39' 48.6"	101° 45' 43.9"	B2R1	13° 39' 40.1"	101° 26' 14.5"	C2R2	-	-
5	2 ปี	A2R2	13° 38' 25.2"	101° 41' 13.0"	B2R2	13° 40' 46.7"	101° 27' 39.7"	C2R3	13° 39' 34.7"	101° 45' 45.2"
6	2 ปี	A2R3	13° 39' 13.1"	101° 35' 57.3"	B2R3	13° 35' 52.2"	101° 45' 22.0"	C2R1	13° 39' 35.6"	101° 46' 16.2"
7	3 ปี	A3R1	13° 37' 24.0"	101° 36' 36.3"	B3R1	13° 36' 09.3"	101° 44' 23.8"	C3R1	13° 39' 56.1"	101° 44' 36.7"
8	3 ปี	A3R3	13° 38' 05.0"	101° 34' 39.9"	B3R2	13° 36' 02.5"	101° 45' 05.2"	C3R2	13° 41' 37.9"	101° 44' 34.2"
9	3 ปี	A3R2	13° 35' 35.6"	101° 49' 35.7"	B3R3	13° 40' 03.5"	101° 46' 13.8"	C3R3	13° 42' 14.8"	101° 45' 54.5"
10	4 ปี	A4R1	13° 37' 44.4"	101° 36' 51.4"	B4R1	13° 43' 34.1"	101° 44' 24.3"	C4R2	13° 39' 44.4"	101° 45' 43.6"
11	4 ปี	A4R3	13° 41' 00.9"	101° 36' 01.6"	B4R2	13° 41' 37.7"	101° 34' 34.5"	C4R1	13° 39' 34.5"	101° 45' 36.1"
12	4 ปี	A4R2	13° 38' 26.4"	101° 36' 47.0"	B4R3	13° 38' 15.5"	101° 30' 11.7"	C4R3	13° 41' 29.7"	101° 45' 07.4"
13	5 ปี	A5R1	13° 36' 40.6"	101° 46' 04.7"	B5R1	13° 41' 00.3"	101° 33' 55.4"	C5R1	-	-
14	5 ปี	A5R2	13° 36' 43.3"	101° 45' 52.6"	B5R2	13° 38' 18.8"	101° 30' 28.2"	C5R2	13° 35' 52.5"	101° 45' 19.0"
15	5 ปี	A5R3	13° 40' 30.7"	101° 45' 01.1"	B5R3	13° 36' 20.8"	101° 52' 23.4"	C5R3	13° 43' 09.7"	101° 45' 43.5"

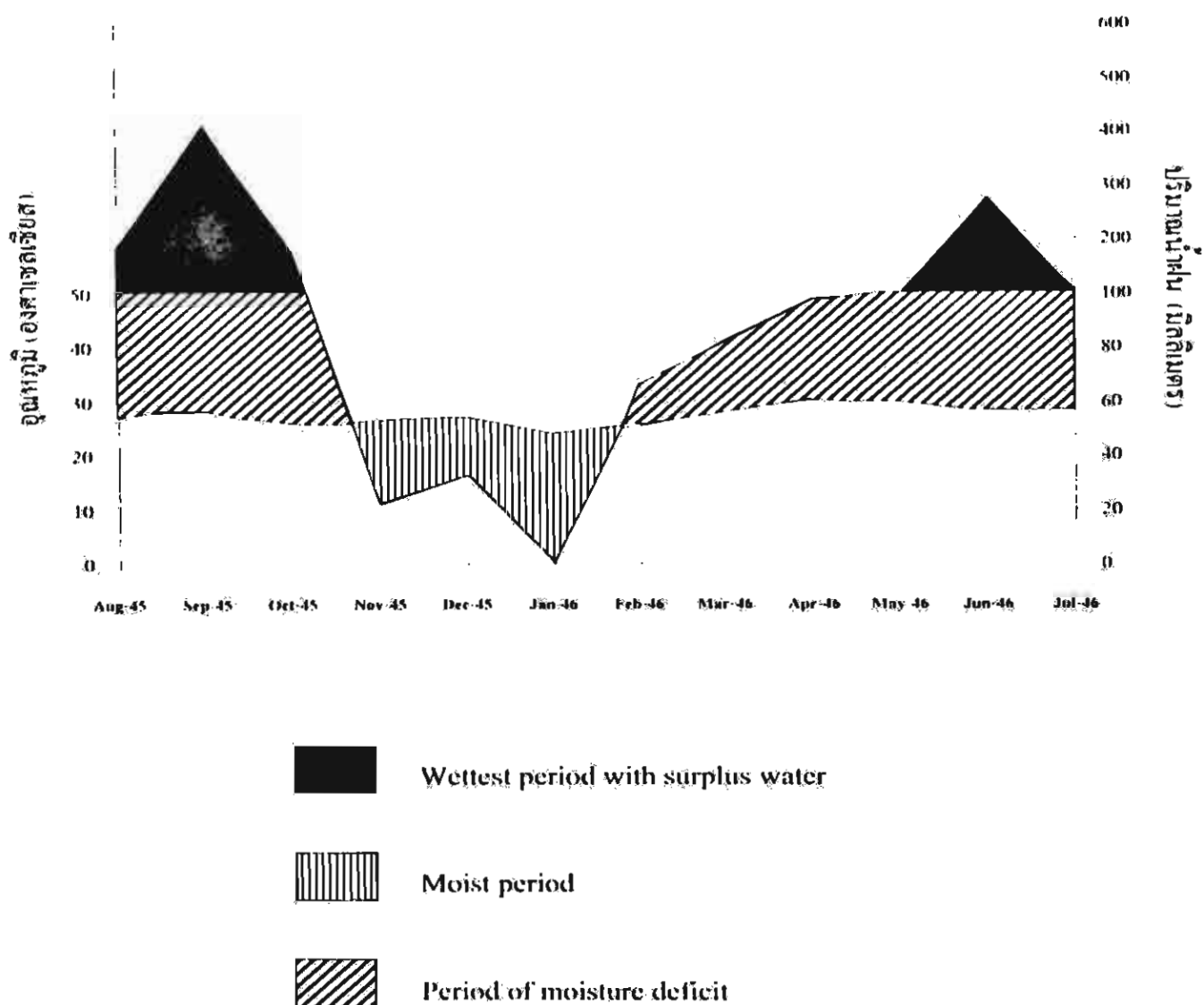
2.2. ลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษา

ลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษาโดยพิจารณาจากข้อมูลลักษณะภูมิอากาศในช่วงระหว่างการศึกษาพบว่า เป็นภูมิอากาศแบบร้อนชื้น โดยมีมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 32.49 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 22.78 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี เท่ากับ 27.36 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดทั้งปีเท่ากับ 1,508.1 มิลลิเมตร ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะภูมิอากาศในช่วงที่กำลังศึกษาบริเวณตำบลเขาหินซ้อน อำเภอพนมสารคาม จังหวัด ฉะเชิงเทรา ระหว่างเดือน สิงหาคม 2545 - กันยายน 2546

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิเฉลี่ย		
		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
สิงหาคม 2545	179.7	30.92	24.06	27.75
กันยายน 2545	400.7	30.53	23.63	28.00
ตุลาคม 2545	174.7	32.39	22.65	25.75
พฤศจิกายน 2545	21.7	32.02	21.90	26.25
ธันวาคม 2545	32.5	32.58	21.21	26.80
มกราคม 2546	0.0	32.26	18.26	23.50
กุมภาพันธ์ 2546	64.3	33.32	21.13	25.25
มีนาคม 2546	82.4	33.27	22.89	28.25
เมษายน 2546	97.7	35.50	24.03	30.25
พฤษภาคม 2546	99.1	33.74	24.94	30.00
มิถุนายน 2546	251.6	32.13	24.50	28.31
กรกฎาคม 2546	103.7	31.24	24.15	28.25
เฉลี่ย		32.49	22.78	27.36
รวม	1,508.1			

ที่มา: ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลเขาหินซ้อน
อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา



ภาพที่ 2 ลักษณะภูมิอากาศในช่วงที่ศึกษาบริเวณตำบลเขาหินซ้อน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ระหว่างเดือน สิงหาคม 2545-กันยายน 2546 (Walter, 1979)

2.3. ระยะเวลาในการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เวลาในการศึกษา 1 ปี โดยเริ่มศึกษาในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2545- และเสร็จสิ้นเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2546

2.4 การศึกษาการเติบโต

2.4.1 การเก็บข้อมูลการเติบโตของต้นไม้ภายในแปลง ได้ทำการเก็บข้อมูล เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงทั้งหมด (H) ของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่างที่ทำการศึกษาโดยทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 2 เดือนจนครบ 1 ปี

2.4.2 วิเคราะห์หาอัตราการเติบโตแบบสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate, RGR) ของ เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงทั้งหมด (H) โดยมีสมการดังนี้

$$RGR\bar{D} = \frac{\ln \bar{D}t_1 - \ln \bar{D}t_0}{t_1 - t_0}$$

$$RGR\bar{H} = \frac{\ln \bar{H}t_1 - \ln \bar{H}t_0}{t_1 - t_0}$$

เมื่อ $\bar{D}$ คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกเฉลี่ย (เซนติเมตร)

$\bar{H}$ คือ ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (เมตร)

t_0 และ t_1 คือ ช่วงระยะเวลาที่ทำการวัดครั้งแรก (t_0) และช่วงระยะเวลาที่วัดครั้งสุดท้าย (t_1)

$\ln$ คือ ล็อกกาลีที่มีฐานธรรมชาติ

2.5 ผลผลิตมวลชีวภาพ

ศึกษาปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (W_s) กิ่ง (W_g) ใบ (W_l) และผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโดยรวม (W_T) โดยทำการตัดไม้ขอบแปลงที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกตามชั้นขนาดความโตที่กำหนด (5 ชั้นขนาดความโต) โดยตัดไม้ในแต่ละชั้นความโตชั้นละ 1 ต้น จำนวนทั้งหมด 5 ต้น และดำเนินการดังนี้

2.5.1 วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับต่าง ๆ ของไม้ตัวอย่างที่ตัดคือ ที่ระดับขีดดิน (D_0) ที่ระดับความสูง 0.30 เมตร ($D_{0.30}$) ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ($D_{1.30}$) และยาวขึ้นไปทุก 2 เมตร จนถึงปลายยอด ที่ระดับได้กึ่งสตกครั้งแรก (D_g) ความสูงทั้งหมด (H) ความสูงถึงระดับกึ่งสตกแรก (H_g)

2.5.2 ตัดทอนลำต้นออกเป็นท่อน ๆ จากโคนต้นจนถึงปลายยอด และทำการแยกส่วนที่เป็นใบ กิ่ง และลำต้น ออกจากกัน

2.5.3 ชั่งน้ำหนักสดของ ลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้ตัวอย่าง

2.5.4 สุ่มเก็บตัวอย่าง ลำต้น กิ่ง และใบ ชั่งน้ำหนักสดเพื่อนำไปอบหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น และคำนวณเป็นน้ำหนักแห้ง

2.5.5 หาปริมาณความชื้นโดยการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสูตร

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

2.5.6 นำเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ได้ไปใช้เปลี่ยนน้ำหนักสดของส่วนต่าง ๆ ในแต่ละท่อน ให้เป็นน้ำหนักแห้ง จากสูตร

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

2.5.7 ประเมินหาผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ของลำต้น โดยใช้สมการความสัมพันธ์ในรูป Allometric Relation ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว คือ ขนาดของ ส่วนต่าง ๆ ที่วัดได้จากต้นไม้เป็นตัวแปรอิสระ (x) และ ปริมาณมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้เป็นตัวแปรตาม (y) โดยมีความสัมพันธ์ คือ $y = ax^h$ หรือ $\log y = \log a + h \log x$ โดยที่ y คือ ปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ หรือปริมาตรของลำต้น x คือ ค่าตัวแปรอิสระ (D²H) ซึ่งใช้ในการประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพและปริมาตรของลำต้น a และ h คือค่าคงที่ของสมการ

2.5.8 วิเคราะห์หาอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate, RGR) ของผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินในแต่ละส่วนเฉลี่ย (กิโลกรัม) โดยมีสมการดังนี้

$$RGR \bar{W} = \frac{\ln \bar{W}_{t_1} - \ln \bar{W}_{t_0}}{t_1 - t_0}$$

เมื่อ $\bar{W}$ คือ ผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน ในแต่ละส่วนเฉลี่ย (กิโลกรัม)
 t_0 และ t_1 คือ ช่วงระยะเวลาที่ทำการวัดครั้งแรก (t_0) และช่วงระยะเวลาที่วัดครั้งสุดท้าย (t_1)
 $\ln$ คือ ล็อกกาลีที่มีฐานธรรมชาติ

2.5.9 วิเคราะห์หาอัตราการเติบโตสัมบูรณ์ (Absolute Growth Rate, AGR) ของผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินในแต่ละส่วนเฉลี่ย (กิโลกรัม) โดยมีสมการดังนี้

$$AGR \bar{W} = \frac{\bar{W}_{t_1} - \bar{W}_{t_0}}{t_1 - t_0}$$

เมื่อ $\bar{W}$ คือ ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินในแต่ละส่วนเฉลี่ย (กิโลกรัม)
 t_0 และ t_1 คือ ช่วงระยะเวลาที่ทำการวัดครั้งแรก (t_0) และช่วงระยะเวลาที่วัดครั้งสุดท้าย (t_1)

2.5.10 ประมาณหาผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้น และผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุ และผลผลิตที่ได้รับในแต่ละชั้นอายุ ในรูป Logistic Growth Curve โดยมีรูปสมการดังนี้

$$y_i = \frac{a}{1 + be^{-cx}}$$

เมื่อ y_i คือ ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้น (W_s) และผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด

x คือ ชั้นอายุ

a , b และ c คือ ค่าคงที่



ภาพที่ 3 การวัดการเติบโต การตัดฟันไม้ตัวอย่างเพื่อประเมินผลผลิตมวลชีวภาพ

2.6 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

เก็บตัวอย่างดินจากแปลงที่ทำการศึกษา ในทุกๆแปลง โดยสุ่มเก็บดินตัวอย่างดินบริเวณ กลางแปลงตัวอย่าง ละ 1 หลุม ขนาด 50 x 50 ตารางเซนติเมตร ลึกประมาณ 100 เซนติเมตร เก็บ ตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 – 10, 10 – 20, 20-30 และ 50-100 เซนติเมตร โดยทำการเก็บตัวอย่าง ดิน 2 รูปแบบคือ

2.6.1 เก็บตัวอย่างดินแบบ Undisturbed Sample เป็นวิธีการเก็บตัวอย่างดินที่ไม่ทำให้ ดินเสียโครงสร้าง ซึ่งจะเก็บด้วยวิธี Core Method ตัวอย่างดินที่ได้จากการเก็บโดยวิธีนี้จะนำไปหา ค่าความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นของอนุภาค เปอร์เซ็นต์ความพรุน เปอร์เซ็นต์ความชื้นใน ห้องปฏิบัติการ

2.6.2 เก็บตัวอย่างดินแบบ Disturbed Sample ซึ่งตัวอย่างดินที่ได้จากการเก็บโดยวิธีนี้ จะนำไปวิเคราะห์หาเนื้อดิน และสมบัติทางเคมีของดิน

2.6.3 วิเคราะห์หาเนื้อดิน (Soil Texture) โดยวิธี Hydrometer Method ซึ่งเป็นวิธีการ ศึกษาเนื้อดินโดยอาศัยความถ่วงจำเพาะของสารละลาย ซึ่งเนื้อดินเป็นสมบัติที่บ่งบอกความละเอียด หรือความหยาบของดิน โดยอยู่ในรูปของสัดส่วนสัมพัทธ์ของกลุ่มอนุภาคที่เป็นทราย (sand) ทราย แป้ง (silt) และดินเหนียว (clay)

2.6.4 ความหนาแน่นรวม (Bulk Density, D_b) ความหนาแน่นอนุภาค (Particle Density, D_p) และความพรุนของดิน (Soil Porosity) วิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ Three Phase Meter (Daiki Rika Kokyo Co. Ltd., 1990) โดยมีการคำนวณข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

$$D_b = \frac{W_{ods}}{V_t}$$

$$D_p = \frac{W_{ods}}{V_s}$$

$$P_i = \frac{V_p}{V_i} \times 100$$

- เมื่อ
- D_b คือ ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
 - D_p คือ ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
 - P_i คือ ความพรุนรวมของดิน (เปอร์เซ็นต์)
 - W_{ods} คือ น้ำหนักอบแห้งของดิน (กรัม)
 - V_i คือ ปริมาตรรวมทั้งหมดของดิน (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
 - V_s คือ ปริมาตรของดิน (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
 - V_p คือ ปริมาตรของช่องว่างในดิน (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

2.6.5 ปฏิกริยาดิน (Soil Reaction, pH) วัดโดยใช้ pH meter ซึ่งใช้อัตราส่วนของดินน้ำ เท่ากับ 1 : 1 โดยน้ำหนัก

2.6.6 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Soil Organic Matter, OM) วิเคราะห์โดยวิธี Rapid Titration Method ของ Walkley และ Black ซึ่งใช้ Reducing Agent ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ทำปฏิกิริยากับ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับอินทรีย์คาร์บอนในดิน

2.6.7 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Availiable P) ที่เป็นประโยชน์ วิเคราะห์โดยใช้วิธี ใช้น้ำยาสกัด Bray II (0.1N HCl + 0.03 N NH_4F) เขย่าเป็นเวลา 60 วินาที จะได้สารละลายที่มีฟอสฟอรัสละลายปนอยู่ด้วยน้ำสารละลายที่สกัดได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น เท่ากับ 882 nm.

2.6.8 ปริมาณโพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ที่แลกเปลี่ยนได้ โดยใช้ Ammonium Acetate (NH_4OAc) 1 N pH 7.0 สกัดจากดินตัวอย่าง จากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณของ exchangeable K Ca Mg และ Na ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer



ภาพที่ 4 การเก็บดินตัวอย่างในแปลงปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

2.7 การใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำ

ศึกษาการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัสจำนวน 9 ต้น ตามชั้นเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) วัดการใช้น้ำตามวิธีของ Granier (1987) ด้วยเครื่องมือ Thermal Dissipation Probe (TDP) รุ่น TDP-30 ผลิตโดย Dynamax Inc, USA ติดตั้งเข็มสัญญาณ (Probe) เข้าไปในบริเวณที่เป็นส่วนของ กระพี้ที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน โดยเครื่องมือ Thermal Dissipation Probe ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ DC 10 โวลต์ และติดตั้งเครื่องมือบันทึกค่าของ Sap Flow ทุก ๆ 10 นาที เป็นระยะเวลาติดต่อกัน 24 ชั่วโมง และทำการวัดทุก ๆ 2 เดือน เป็นจำนวน 6 ครั้ง ในหนึ่งปี และทำการวิเคราะห์การใช้น้ำ

2.7.1 ปริมาณการใช้น้ำของต้นไม้ในรอบวันสามารถหาได้โดยนำค่าของพื้นที่ของ กระพี้ (Sapwood area) หน่วยเป็นตารางเซนติเมตร คูณกับอัตราการไหลของน้ำที่พืชใช้ (Sap flux) หน่วยเป็นเซนติเมตรต่อหน่วยเวลา ซึ่งจะได้ปริมาณน้ำที่พืชใช้ไป (Sap flow) หน่วยเป็นลิตรต่อต้นต่อ หน่วยของเวลาจากสมการ

$$WU_d = \frac{\sum A \times S_{ui}}{1000}$$

เมื่อ WU_d คือ ปริมาณการใช้น้ำในรอบวัน (ลิตรต่อวัน)

A คือ พื้นที่ของกระพี้ของต้นไม้ (ตารางเซนติเมตร)

S_{ui} คือ อัตราการไหลของน้ำที่พืชใช้ในเวลา i ที่ i เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, 24$ นาฬิกา (เซนติเมตรต่อชั่วโมง)

2.7.2 นำค่าการใช้น้ำในรอบวันของไม้ในแต่ละต้นมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง พื้นที่หน้าตัดส่วนที่เป็นเนื้อไม้ผิวอ่อนจะได้สมการการใช้น้ำของต้นไม้ในแต่ละช่วงเวลา ที่ทำการศึกษา

2.7.3 นำสมการที่ได้จากการศึกษาในแต่ละช่วงเวลาไปประมาณหาการใช้น้ำในแต่ละ
ช่วงเวลา

2.7.4 คำนวณหาปริมาณการใช้น้ำในรอบปีของต้นไม้คำนวณได้จากพื้นที่ใต้เส้นกราฟ
ของความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (วัน) กับการใช้น้ำ (ลิตรต่อวัน) ซึ่งเป็นการถดถอยแบบ
โพลีโนเมียล รีเกรสชัน (Polynomial Regression, $y = a + bx + cx^2 \dots$) โดยคำนวณจากสมการ

$$WUy = \int_1^{365} (a + b_1 X_i + b_2 X_i^2 + b_3 X_i^3 + b_4 X_i^4) dx$$

เมื่อ WUy คือ ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี (ลิตรต่อปี)

X_i คือ วันที่ i เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, 365$ วัน (วัน)

a, b_1, b_2, b_3 , และ b_4 คือ ค่าคงที่ของสมการ

2.7.5 นำค่าการใช้น้ำในรอบปีของไม้ในแต่ละต้นมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง
เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) กับการใช้น้ำในรอบปี นำความสัมพันธ์ที่ได้ไปประมาณหาการใช้
น้ำรายต้นในรอบปีของต้นไม้ในพื้นที่ศึกษา

2.7.6 การประมาณหาปริมาณการใช้น้ำของหมู่ไม้ คือผลรวมของปริมาณการใช้น้ำของ
หมู่ไม้ที่ทำการศึกษามาได้จาก

$$WU_{y_{st}} = \sum WU_{y_{ni}} \times N$$

เมื่อ $WU_{y_{st}}$ คือ ปริมาณการใช้น้ำของหมู่ไม้ (ลิตรต่อเฮกแตร์)

$WU_{y_{ni}}$ คือ ปริมาณการใช้น้ำของไม้แต่ละต้นในพื้นที่ทำการศึกษา (ลิตรต่อต้น)

N คือ จำนวนของต้นไม้ทั้งหมดในแต่ละชั้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (ต้น)

2.7.7 คำนวณหาประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Use Efficiency, WUE) โดยเทียบกับ
ปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้นของหมู่ไม้ (W_g) และผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่
อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมดของหมู่ไม้ (W_T) ที่เพิ่มพูนขึ้นในรอบปีดังสมการต่อไปนี้

$$WUES_{ws} = \frac{\Delta W_s}{WU_{y_st}} \times 1000$$

$$WUES_{wt} = \frac{\Delta W_s}{WU_{y_st}} \times 1000$$

เมื่อ $WUES_{ws}$ คือ ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางเศรษฐกิจของต้นไม้ (กรัมต่อลิตร)

$WUES_{wt}$ คือ ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางชีววิทยาของต้นไม้ (กรัมต่อลิตร)

W_s คือ ปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้นที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 1 ปี (กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี)

W_t คือ ปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมดที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 1 ปี (กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี)

WU_{y_st} คือ ปริมาณการใช้น้ำของต้นไม้ทั้งหมดในช่วงเวลา 1 ปี (ลิตรต่อเฮกแตร์ต่อปี)



ภาพที่ 5 กล่องบันทึกข้อมูล DL 2e และการเจาะลำต้นเพื่อติดตั้งเข็มนำสัญญาณ

2.8 การวิเคราะห์ทางการเงินของการลงทุนปลูกไม้ยูคาลิปตัส

การจัดสรรทรัพยากรการผลิตจำเป็นที่จะต้องให้หลักเศรษฐศาสตร์เข้ามาช่วยตัดสินใจว่าควรจะใช้ทรัพยากรแต่ละอย่างในจำนวนเท่าใดจึงจะได้กำไรหรือผลตอบแทนสูงสุด โดยทำการประเมินหรือการวิเคราะห์โครงการ จุดที่สำคัญในการประเมินโครงการก็คือ การเปลี่ยนแปลงในต้นทุน หรือค่าใช้จ่ายในการลงทุนและผลได้หรือผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ ซึ่งจะเกิดขึ้นในแต่ละปีตลอดอายุของโครงการ

วัตถุประสงค์ของการประเมินโครงการก็เพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้ของโครงการ ถ้าเป็นการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจ (Economic Analysis) ก็เพื่อให้ทราบถึงผลตอบแทนต่อส่วนรวมของโครงการ และในที่นี้จะเป็นการวิเคราะห์ทางการเงิน (Financial Analysis) เพื่อพิจารณาว่าโครงการไหนจะก่อให้เกิดผลตอบแทนมากกว่าการลงทุน แล้วถือว่าโครงการนั้นมีความเป็นไปได้ในการพิจารณาเปรียบเทียบการประเมินโครงการ ผู้ผลิตจะตัดสินใจเลือกโครงการที่ให้ผลตอบแทนจากการลงทุนสูงสุดเป็นสำคัญ ซึ่งในการประเมินโครงการจะประกอบด้วยการพิจารณาทางด้านต้นทุนและผลได้หรือผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

2.8.1 ผลได้ (Benefits) หมายถึง ผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุน ผลได้ที่ได้รับจะแตกต่างกันไปแล้วแต่ประเภทของโครงการ ผลได้ทั่วไป ได้แก่ ผลได้ที่เป็นรายได้ หรือผลได้ที่ได้รับเป็นตัวเงินและผลได้ที่ได้รับในรูปของการลดต้นทุน ผลได้ประกอบด้วย

1) ผลได้ทางตรง (Direct Benefits) หรือผลได้ขั้นต้น (Primary Benefits) หมายถึง มูลค่าของสินค้าหรือบริการที่ผลิตได้โดยตรงจากโครงการ ซึ่งในกรณีของการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ได้แก่ รายได้จากการขายไม้

2) ผลได้ทางอ้อม (Indirect Benefits) หรือผลได้ขั้นรอง (Secondary Benefits) หมายถึง มูลค่าของสินค้าหรือบริการที่ได้เพิ่มขึ้นจากกิจกรรมส่วนควบอื่นๆ หรือเป็นผลได้ที่เกิดขึ้นภายนอกโครงการ ซึ่งเช่น รายได้ของอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากการใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบ

นอกจากนี้ ผลไดยังจำแนกได้เป็น ผลได้ที่วัดเป็นตัวเงิน (Tangible Benefits) เช่น มูลค่าของผลผลิต และผลได้ที่วัดเป็นตัวเงินไม่ได้ เช่น ผลได้ทางด้านการฟื้นฟูสภาพป่าไม้ในด้านการอนุรักษ์ การกระจายรายได้และชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของชาวชนบท

2.8.2 ต้นทุน (Costs) หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการลงทุนดำเนินโครงการ รวมทั้งค่าเสียโอกาส ประเภทของต้นทุน ประกอบด้วย

1) ต้นทุนทางตรง (Direct Costs) หรือ ต้นทุนขั้นต้น (Primary Costs) หมายถึง มูลค่าของการใช้สิ่งที่ใส่เข้าไปเพื่อการติดตั้ง ดำเนินการ และการบำรุงรักษาโครงการ ค่าใช้จ่ายประเภทนี้จึงเป็นค่าใช้จ่ายโดยตรงของโครงการ ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายทางด้านลงทุนและการดำเนินงาน ซึ่งในกรณีของการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ได้แก่ ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มเตรียมการเพาะปลูก การดูแลรักษาสวนป่าจนครบกำหนดตัดฟันไม้ขาย

2) ต้นทุนทางอ้อม (Indirect Costs) หรือ ต้นทุนขั้นรอง (Secondary Costs) หมายถึงค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกิดขึ้นจากการมีโครงการ ค่าใช้จ่ายประเภทนี้มักจะเกิดขึ้นกับบุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่อยู่ภายนอกโครงการซึ่งได้แก่ ผลเสียภายนอก

นอกจากนี้ ต้นทุนยังจำแนกได้เป็น ต้นทุนที่วัดเป็นตัวเงินได้ (Tangible Costs) และ ต้นทุนที่วัดเป็นตัวเงินไม่ได้ (Intangible Costs)

2.8.3 การประเมินโครงการ ได้ดำเนินการกำหนดและคำนวณค่าต่าง ๆ ดังนี้

1) คำนวณหาผลประโยชน์ หรือผลได้ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการและต้นทุนที่คาดว่าจะเกิดขึ้น โดยพิจารณาตลอดอายุของโครงการ

2) กำหนดอัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสมให้เป็นอัตราส่วนลด (Discount Rate) เพื่อเปลี่ยนค่าในอนาคตของต้นทุนและผลประโยชน์หรือผลได้ให้เป็นมูลค่าในปัจจุบัน ผู้วิเคราะห์จะต้องตัดสินใจเลือกใช้อัตราใดอัตราหนึ่งใน 3 อัตรา ได้แก่

- ก) ค่าเสียโอกาสของทุน (Opportunity Cost of Capital)
- ข) อัตรากู้ยืม (Borrowing Rate)
- ค) อัตราผลตอบแทนของสังคม (Social Rate of Return)

ทั้งนี้ในการเลือกอัตราส่วนลดที่เหมาะสมจะต้องใช้อัตรากู้ยืมในการวิเคราะห์ทางการเงินสำหรับโครงการที่ต้องกู้เงินมาลงทุน ส่วนในการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจ กำหนดให้ใช้ค่าเสียโอกาสของทุนในประเทศกำลังพัฒนาทั้งหลายจะมีค่าระหว่างร้อยละ 8 – 15 หรือเฉลี่ยประมาณร้อยละ 12

3) เครื่องชี้คุณค่าทางเศรษฐกิจ ของโครงการที่ใช้ในการตัดสินใจดำเนินการว่าโครงการมีความเหมาะสมกับการลงทุนหรือไม่นั้น มีวิธีการประเมินอยู่หลายวิธี ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ 3 วิธีเพื่อพิจารณาถึงผลผลิตภาพของโครงการ ขนาดของโครงการ และผลผลิตภาพของการลงทุน อันจะทำให้เกิดการพิจารณาคัดเลือกโครงการในการลงทุนเป็นไปได้อย่างเหมาะสมยิ่งขึ้น ได้แก่

ก) **Benefit – Cost Ratio (B/C ratio)** หรืออัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน เป็นการเปรียบเทียบระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลได้แลต้นทุนที่เกิดขึ้น โดยมีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$B/C = \sum_{t=1}^n B_t(1+i)^{-t} - \sum_{t=0}^n C_t(1+i)^{-t}$$

B_t = ผลได้ในปีที่ t

C_t = ต้นทุนในปีที่ t

i = อัตราส่วนลด

t = ปีที่ 1, 2,, n โดย n คือ ระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

เกณฑ์ใช้ในการตัดสินใจในการลงทุน คือ $B/C > 1$ การวิเคราะห์โครงการโดยทั่วไป นิยมใช้อัตราส่วนของผลได้ต่อต้นทุนเป็นดัชนีเพื่อแสดงให้เห็นถึงผลผลิตภาพของโครงการ (Project Productivity)

ข) Net Present Value (NPV) หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เป็นการหามูลค่าปัจจุบันของโครงการว่า ผลกำไรจากการลงทุนมีมูลค่าในปัจจุบันเป็นเท่าไรโดยใช้อัตราดอกเบี้ยอัตราใดอัตราหนึ่งเป็นตัวหักลด มูลค่าปัจจุบันสุทธิหาได้จากสูตรการคำนวณ ดังนี้

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

หรือ

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

B_t = ผลได้ในปีที่ t

C_t = ต้นทุนในปีที่ t

i = อัตราส่วนลด

t = ปีที่ 1, 2,, n โดย n คือ ระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

เกณฑ์ใช้ในการตัดสินใจในการลงทุน คือ $NPV > 0$ หรือมีค่าเป็นบวก

ค) Internal Rate of Return (IRR) หรืออัตราผลตอบแทนของโครงการเป็นผลตอบแทนซึ่งอยู่ในรูปของร้อยละที่เกิดจากการลงทุนในโครงการ ซึ่งอัตราผลตอบแทนดังกล่าวก็คือ อัตราส่วนลดที่จะทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลได้มีค่าเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิของกระแสเงินสดมีค่าเป็นศูนย์พอดี ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

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

B_t = ผลได้ในปีที่ t

C_t = ต้นทุนในปีที่ t

R = อัตราผลตอบแทนของโครงการ

t = ปีที่ 1, 2,, n โดย n คือ ระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

สำหรับค่า IRR คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$IRR = L.D.R. + (H.D.R. - L.D.R. \cdot \frac{P.W. \text{ at } L.D.R.}{P.W. \text{ at } L.D.R. - P.W. \text{ at } H.D.R.})$$

IRR = อัตราผลตอบแทนของโครงการ

L.D.R. = Lower Discount Rate เป็นอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก

H.D.R. = Higher Discount Rate เป็นอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ

P.W. at L.R.D. = มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก

P.W. at H.D.R. = มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ

เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาในการยอมรับโครงการ คือ เมื่อ $IRR > \text{ค่าเสียโอกาสของทุน}$ หรือ $IRR > \text{อัตราดอกเบี้ยเงินกู้}$

การใช้อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ เป็นวิธีการวัดผลของโครงการอีกวิธีหนึ่ง ที่นิยมใช้กันมาก ซึ่งสามารถชี้ให้เห็นถึงผลิตภาพของทุน (Cost Productivity) โครงการใดที่มีอัตราผลตอบแทนภายในโครงการสูงก็จัดไว้ในอันดับต้น ส่วนโครงการใดที่มีอัตราผลตอบแทนภายในโครงการต่ำวกาก็จัดไว้ในอันดับถัดไป

2.8.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis)

ความอ่อนไหวของโครงการ หมายถึง ความแปรปรวนหรือความไม่แน่นอนของโครงการที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากความผิดพลาดในการประเมินต้นทุนและหรือความผิดพลาดจากการคาดคะเนผลได้ โดยวิธีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ เป็นการกำหนดล่วงหน้าว่าจะเกิดอะไรขึ้นในอนาคต ซึ่งย่อมมีโอกาสผันผวนได้มาก ดังนั้นในการวิเคราะห์ที่ทำขึ้นอย่างระมัดระวังนั้นจะสามารถบอกได้ว่า ถ้ามีบางสิ่งบางอย่างเปลี่ยนไปจากที่กำหนดไว้เดิม เช่น ต้นทุนเพิ่มหรือราคาผลผลิตลดต่ำกว่าที่คาดไว้ ผลได้หรือผลตอบแทนของโครงการจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการนี้ เพื่อให้ผู้มีหน้าที่ตัดสินใจเลือกโครงการได้

พิจารณาถึงความเสี่ยงภัยอันเนื่องมาจากความผันแปรของตัวแปรต่าง ๆ เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ

2.9 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเติบโต อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ และ อัตราการเติบโตสัมบูรณ์ ทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก ความสูงทั้งหมด ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น ผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่ง ผลผลิตมวลชีวภาพของใบ และผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด ของผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น ผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่ง ผลผลิตมวลชีวภาพของใบ และผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด ปริมาณการใช้น้ำในรอบวัน ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี และคุณสมบัติของดิน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

บทที่ 3

ผลการศึกษา

การศึกษาการเติบโต ผลผลิต การใช้น้ำ และคุณสมบัติดิน ของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส ได้ศึกษาในพื้นที่สวนป่าที่มีกระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน 2 รูปแบบ คือ 1) การปลูกด้วยกล้า ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส (Af-plantation) พื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส (Re-plantation) 2) การตัดแตกหน่อ (Coppice-plantation) มีระยะปลูก 2 x 3 เมตร ขนาดแปลง 40 x 40 เมตร โดยทำการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2545-2546 สวนป่ามีอายุระหว่าง 1 - 5 ปี และศึกษาการใช้น้ำในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส (Af-plantation) อายุ 3 ปี ปรากฏผลดังนี้

1. การเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส

ศึกษาการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส จากแปลงตัวอย่างทั้งหมด 45 แปลง ทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (DBH) และสุ่มวัดความสูงทั้งหมด (H) ของไม้ยูคาลิปตัสทุก ๆ ชั้นอายุ ระหว่าง ปี พ.ศ. 2545 - 2546 วิเคราะห์การเติบโตโดยใช้ค่าอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate; RGR) ซึ่งมีตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (RGR_{DBH}) และความสูงทั้งหมด (RGR_H) ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน ซึ่งได้แก่ การปลูกด้วยกล้า และการตัดแตกหน่อ ผลปรากฏดังนี้

1.1 การเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก

การวิเคราะห์การเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกของไม้ในชั้นอายุ 1 ปี ผลปรากฏว่าแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าสูงสุด รองลงมาเป็นแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 4.30 3.42 และ 3.29 เซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบผลทางสถิติปรากฏว่า กระบวนการสืบพันธุ์มีผลต่อการเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกอย่างไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ และในแปลงตัดแตกหน่อ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาการตัดแตกหน่อแบบแถวเว้นแถว ที่ระยะปลูก 2x2 และ 2x4 เมตร ใน ชั้นอายุ 1 ปี ของ สันติรักษ์ (2539) ผลปรากฏว่า เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าถึง 3.33 และ 2.71 เท่า

ตามลำดับ ในชั้นอายุ 2 และ 3 ปี จากการวิเคราะห์ผลปรากฏว่า แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด เท่ากับ 6.74 และ 9.22 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส เท่ากับ 5.77 และ 7.75 เซนติเมตร และแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 5.67 และ 6.53 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่า ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ปลูกด้วยกล้ามีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน ผลปรากฏว่าระหว่างแปลงที่ตัดแตกหน่อและแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมา แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะแตกต่างกับแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกมาก่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในชั้นอายุ 4 และ 5 ปี จากการวิเคราะห์ผลปรากฏว่า แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูก ไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุดในทุกชั้นอายุ เท่ากับ 8.89 และ 11.33 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส เท่ากับ 8.17 และ 9.74 เซนติเมตร และแปลงที่ตัดแตกหน่อ มีค่าต่ำสุดในทุกชั้นอายุ เท่ากับ 7.87 และ 8.36 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่าในชั้นอายุ 4 ปี มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในชั้นอายุ 5 ปี ภายใต้วิธีการสืบพันธุ์ที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสกับแปลงที่ตัดแตกหน่อ ส่วนแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสกับแปลงที่ตัดแตกหน่อ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังแสดงใน ตารางที่ 3 และภาพที่ 6 อย่างไรก็ตามแปลงที่ตัดแตกหน่อ โดยภาพรวมแล้วมีแนวโน้มที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกจะเล็กกว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าสาเหตุสำคัญประการหนึ่งคือ แปลงแตกหน่อโดยส่วนใหญ่จะมีจำนวนหน่อมากกว่า 2 หน่อขึ้นไป

จากการวิเคราะห์อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (RGR_{DBH}) ในชั้นอายุ 1 2 และ 3 ปี ผลปรากฏว่าค่า RGR_{DBH} ของไม้ในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.72 0.35 และ 0.13 เซนติเมตรต่อเซนติเมตรต่อปี รองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส เท่ากับ 0.69 0.29 และ 0.13 เซนติเมตรต่อเซนติเมตรต่อปี และแปลงที่ตัดแตกหน่อ มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 0.27 0.12 และ 0.06 เซนติเมตรต่อเซนติเมตรต่อปี ในชั้นอายุ 4 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่า RGR_{DBH} สูงสุด รองลงมาได้แก่ แปลงที่ตัดแตกหน่อ และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.06 0.05 และ 0.03 เซนติเมตรต่อเซนติเมตรต่อปี ชั้นอายุ 5 ปี ในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่า RGR_{DBH} สูงสุดรองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่าน

การปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงตัดแต่งหน่อมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.11 0.07 และ 0.05 เซนติเมตรต่อเซนติเมตรต่อปี และเมื่อเปรียบเทียบกับทางสถิติในชั้นอายุ 1-4 ปี ผลปรากฏว่า ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันมีผลต่อค่าของ RGR_{DBH} อย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นในชั้นอายุ 2 ปี และ 4 ปี เท่านั้นที่ผลปรากฏว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ที่สามารถจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับการตัดแต่งหน่อได้ ตามลำดับ ดังแสดงใน ตารางที่ 3 และภาพที่ 6 ซึ่งความแตกต่างระหว่างระบบการสืบพันธุ์เดียวกันนั้นเป็นผลมาจากสภาพความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในพื้นที่มากกว่า เนื่องจากพื้นที่ที่มีการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมาก่อนนั้น ไม้ยูคาลิปตัสมีส่วนช่วยในการปรับปรุงดินให้ดีขึ้น ในชั้นอายุ 5 ปี ผลปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตามชั้นอายุแล้วค่า RGR_{DBH} มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ กฤษณาภรณ์ (2545) ในไม้ต่างถิ่น 3 ชนิดได้แก่ เมเปิลหอมจันทร์ทองใต้หวัน และกระถินดอย อายุ 20 ปี ที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ผลปรากฏว่าค่า RGR_{DBH} ของไม้ยูคาลิปตัสเมื่อครบรอบตัดฟันที่อายุ 5 ปี มีค่าสูงกว่าไม้ต่างถิ่นทั้ง 3 ชนิดอยู่ประมาณ 3.33 5.79 และ 6.11 เท่าตามลำดับ

1.2 การเติบโตทางด้านความสูง

จากการวิเคราะห์การเติบโตทางด้านความสูง ของไม้ ในชั้นอายุ 1 ปี ผลปรากฏว่าแปลงที่ตัดแต่งหน่อ มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ปลูกในพื้นที่ที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่า ต่ำสุดเท่ากับ 6.53 4.39 และ 4.33 เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับทางสถิติผลปรากฏว่ากระบวนการสืบพันธุ์ด้วยการตัดแต่งหน่อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ และการปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงว่าการปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ศึกษาปัจจัยทางด้านพื้นที่ที่ไม่มีผลต่อความสูงเฉลี่ยของไม้ยูคาลิปตัสที่อายุ 1 ปี แต่การใช้วิธี ตัดแต่งหน่อนั้นมีผลต่อความสูงในช่วงอายุ 1 ปี ซึ่งเป็นผลมาจากระบบรากที่แข็งแรงและปริมาณธาตุอาหารที่สะสมอยู่ในชั้นเรือนราก และการมีหน่อจำนวนมากส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันทางด้านความสูง และจากการศึกษาการตัดแต่งหน่อของไม้ยูคาลิปตัส ของ สันติรักษ์ (2539) ผลปรากฏว่าจำนวนหน่อภายหลังจากการตัดฟัน 1 ปี ที่มีมากกว่าจะมีผลต่อการเติบโตทางด้านความสูงที่มากกว่าการเหลือจำนวนหน่อไว้น้อยกว่า ในชั้นอายุ 2 ปี จากการวิเคราะห์ผลปรากฏว่าในแปลงที่ตัดแต่งหน่อมีค่าความสูงเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 8.82 8.52 และ 7.40 เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับผลปรากฏว่า

กระบวนการสืบพันธุ์ที่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันคือการตัดแตกหน่อและการปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกมาก่อน มีค่าการเติบโตทางความสูงไม่แตกต่างกัน แต่จะแตกต่างกันกับการปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งระหว่างกระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันนั้นเป็นผลมาจากการตัดแตกหน่อให้เหลือจำนวนน้อยลงจะส่งผลต่อการเติบโตทางด้านความสูงเพิ่มมากขึ้นเมื่ออายุหน่อเพิ่มมากขึ้นในช่วง 1-2 ปีแรก (สันติรักษ์, 2539) ในชั้นอายุ 3 ปี จากการวิเคราะห์ ผลปรากฏว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด และในแปลงที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่ารองลงมา ส่วนแปลงตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 12.28 10.29 และ 9.71 เมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างกระบวนการสืบพันธุ์ด้วยกล้า ผลปรากฏว่ามีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกระบวนการสืบพันธุ์ด้วยการตัดแตกหน่อกับการปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ และแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติกับการปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส อย่างไรก็ตามในแปลงที่ตัดแตกหน่อมีความสูงต่ำสุดเป็นผลมาจากลักษณะรูปทรงของลำต้นและมีจำนวนหน่อต่อต้นมากกว่า 2 หน่อขึ้นไป ในชั้นอายุ 4 และ 5 ปี จากการวิเคราะห์ผลปรากฏว่าการเติบโตทางความสูงเฉลี่ยในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูก มีค่าสูงสุดเท่ากับ 12.73 และ 14.75 เมตร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติผลปรากฏว่า ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ต่างกัน และกระบวนการสืบพันธุ์เดียวกันคือการปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ต่างกัน มีผลต่อการเติบโตทางความสูงของไม้ยูคาลิปตัส ในช่วงอายุของไม้ยูคาลิปตัสที่ชั้นอายุ 4 และ 5 ปี อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการวิเคราะห์อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านความสูง (RGR_H) ผลปรากฏว่า ในชั้นอายุ 1 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่า RGR_H สูงสุด รองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 0.46 0.30 และ 0.16 เมตรต่อเมตรต่อปี ในชั้นอายุ 2 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 0.17 0.1 และ 0.08 เมตรต่อเมตรต่อปี ตามลำดับ ในชั้นอายุ 3 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 0.08 0.07 และ 0.03 เมตรต่อเมตรต่อปี ในชั้นอายุ 4 และ 5 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.04 และ 0.04 เมตรต่อเมตรต่อปี รองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วย

กล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส โดยมีค่าเท่ากับ 0.11 และ 0.10 เมตรต่อเมตรต่อปี และแปลงตัดแตกหน่อ มีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.02 และ 0.03 เมตรต่อเมตรต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่า RGR_{II} ในชั้นอายุ 1-4 ปี มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาในชั้นอายุ 1 2 และ 4 ปี นั้นกระบวนการสืบพันธุ์ด้วยกล้ามีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกและไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ในชั้นอายุ 3 ปี นั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ และในชั้นอายุ 5 ปี ผลปรากฏว่า RGR_{II} มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 7 อย่างไรก็ตามแนวโน้มอัตราการเติบโตสัมพันธ์ทางด้านความสูงมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 3 การเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูง (H) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (RGR_{DBH}) และความสูง (RGR_H) ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

อายุ (ปี)	กระบวนการสืบพันธุ์	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)			ความสูง (เมตร)		
		ปี พ.ศ. 2545	ปี พ.ศ. 2546	อัตราการ เติบโต สัมพัทธ์	ปี พ.ศ. 2545	ปี พ.ศ. 2546	อัตราการ เติบโต สัมพัทธ์
1	Af-plantation	3.29	6.54 ab	0.69 b	4.39 ab	6.90 ab	0.46 b
	Re-plantation	3.42	6.97 b	0.72 b	4.33 a	5.86 a	0.30 a
	Coppice-plantation	4.30	5.64 a	0.27 a	6.53 b	7.61 b	0.16 a
	F-Test	3.50 ns	3.65*	13.00**	30.88**	7.18*	13.08**
2	Af-plantation	6.74 b	8.43 b	0.23 ab	8.52 b	9.37 b	0.10 a
	Re-plantation	5.77 a	8.26 b	0.35 b	7.40 a	8.76 a	0.17 b
	Coppice-plantation	5.67 a	6.41 a	0.12 a	8.82 b	9.59 b	0.08 a
	F-Test	12.47**	6.83*	7.91*	56.08**	29.25**	9.97**
3	Af-plantation	9.22 b	10.47 c	0.13 b	12.28 b	13.28 b	0.08 b
	Re-plantation	7.75 a	8.93 b	0.14 b	10.29 a	11.09 a	0.07 b
	Coppice-plantation	6.53 a	6.91 a	0.06 a	9.71 a	9.93 a	0.03 a
	F-Test	12.61**	16.85**	12.69**	19.40**	24.57**	3.70*
4	Af-plantation	8.89	9.45	0.06 b	12.73	13.24	0.04 a
	Re-plantation	8.17	8.47	0.03 a	10.83	12.03	0.11 b
	Coppice-plantation	7.87	8.25	0.05 ab	12.45	12.68	0.02 a
	F-Test	0.68 ns	0.91 ns	3.77*	3.05 ns	1.65 ns	6.93*
5	Af-plantation	11.33 b	12.16 b	0.07	14.75	15.33 b	0.04
	Re-plantation	9.74 ab	10.74 ab	0.11	13.67	15.07 b	0.10
	Coppice-plantation	8.36 a	8.76a	0.05	12.02	12.41 a	0.03
	F-Test	4.37*	6.47*	0.44 ns	3.46 ns	9.01*	1.52 ns

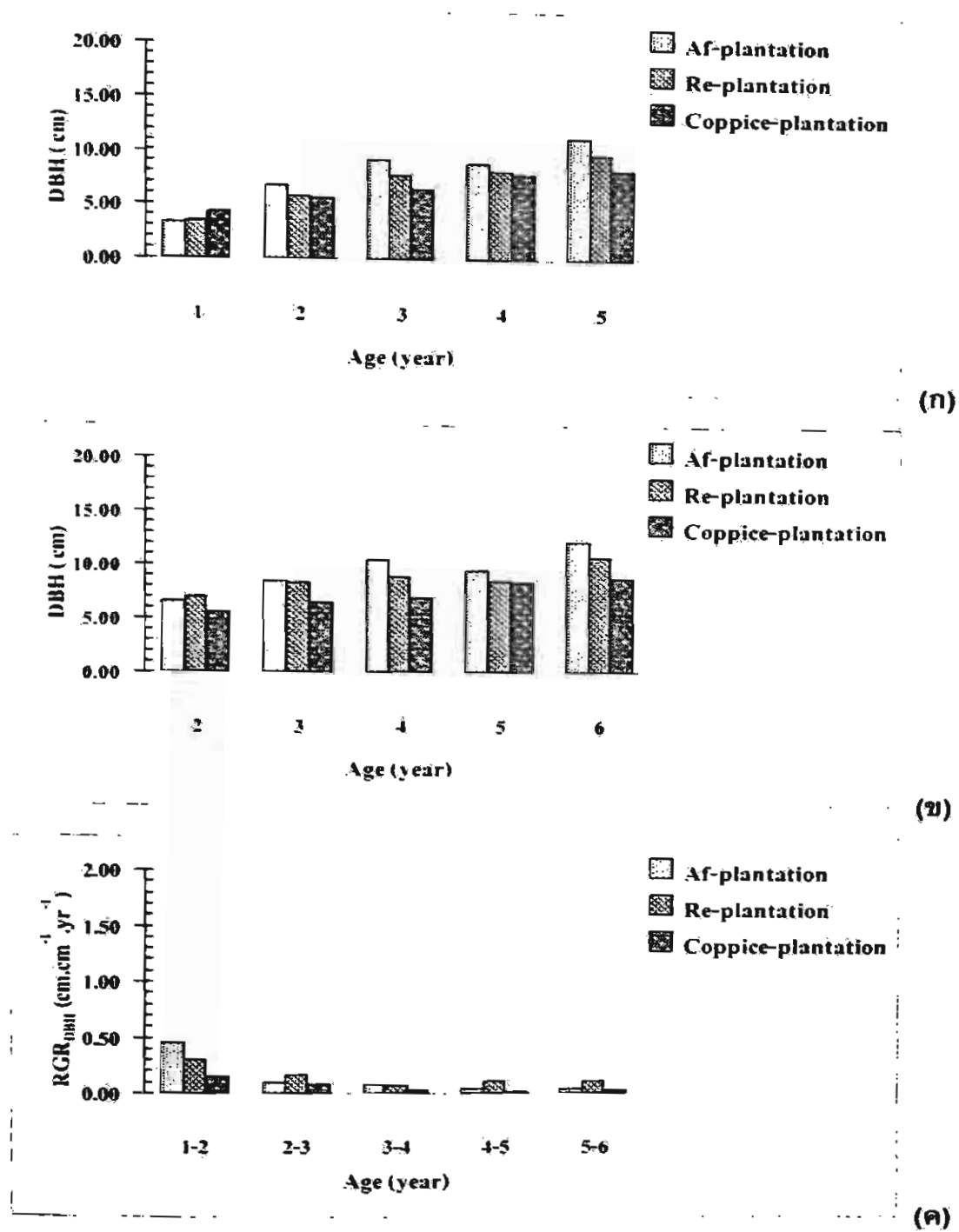
หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างทางสถิติ จากการทดสอบโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

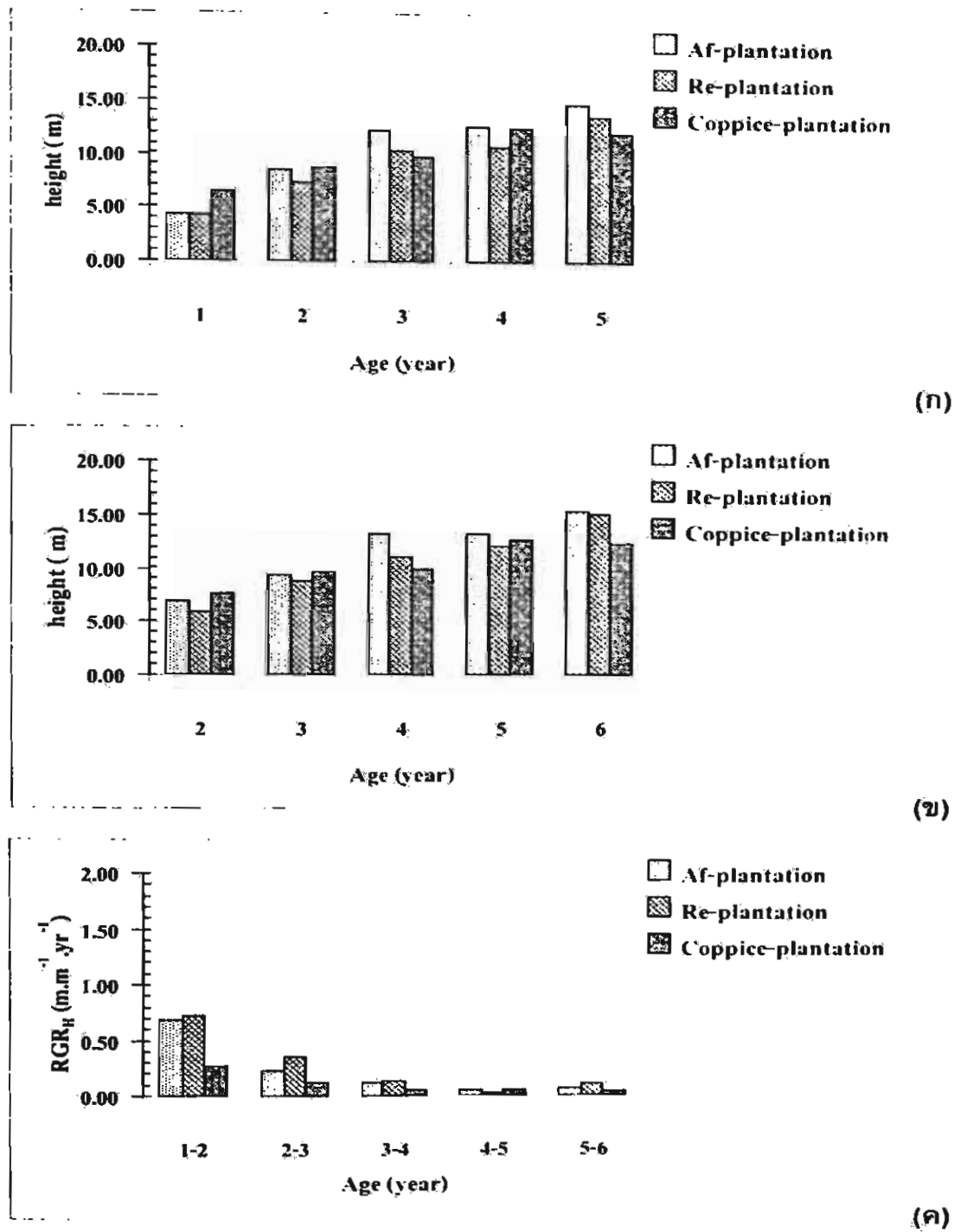
* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

RGR เป็นค่าที่แสดงเมื่อไม่มีอายุในปีนั้นๆ ไปยังปีถัดไป



ภาพที่ 6 การเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ในปี พ.ศ.2545 (ก) พ.ศ. 2546(ข) และอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (RGR_{DBH}) (ค) ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน



ภาพที่ 7 การเติบโตทางด้านความสูง (H) ในปี พ.ศ.2545 (ก) พ.ศ. 2546 (ข) และอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านความสูง (RGR_H) (ค) ของไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

2. ผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน

2.1 การประมาณหาผลผลิตมวลชีวภาพ

จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดหรือมิติต่าง ๆ ของต้นไม้กับผลผลิตมวลชีวภาพของใบ (W_L) ผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่ง (W_B) ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (W_S) และ ผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_T) โดยอาศัยสมการ Allometric Relation ซึ่งสมการที่ได้สามารถใช้ในการประมาณผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ โดยแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1

2.2 ผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินต่อพื้นที่

การศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพได้ทำการวิเคราะห์หา ผลผลิตมวลชีวภาพ (Biomass) ส่วนที่เป็นมวลชีวภาพของลำต้น (W_S) กิ่ง (W_B) ใบ (W_L) และผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (W_T) วิเคราะห์หาอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate; RGR) ในส่วนที่เป็นผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (RGR_{WS}) กิ่ง (RGR_{WB}) ใบ (RGR_{WL}) และผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (RGR_{WT}) และวิเคราะห์หาอัตราการเติบโตสมบูรณ์ (Absolute Growth Rate, AGR) ในส่วนที่เป็นผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (AGR_{WS}) กิ่ง (AGR_{WB}) ใบ (AGR_{WL}) และผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (AGR_{WT}) ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน ในชั้นอายุ 1 – 5 ปี ผลปรากฏว่า

ผลผลิตมวลชีวภาพของใบ (W_L)

จากการวิเคราะห์ผลผลิตมวลชีวภาพของใบ (W_L) ปรากฏว่าในชั้นอายุ 1 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 0.97 0.88 และ 0.41 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติ ผลปรากฏว่าภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันมีผลต่อความแตกต่างของผลผลิตมวลชีวภาพของใบอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในชั้นอายุ 2 ปี จากการวิเคราะห์ ผลปรากฏว่าในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อ มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 3.95 2.14 และ

1.67 ดันต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่า ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันมีผลต่อความแตกต่างกันของผลผลิตมวลชีวภาพใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในแปลงที่ปลูกด้วยกล้ามีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกและไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในชั้นอายุ 3 ปี จากการวิเคราะห์ ผลปรากฏว่า ในแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 2.56 2.17 และ 2.11 ดันต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติ ผลปรากฏว่า กระบวนการสืบพันธุ์มีผลต่อความแตกต่างของผลผลิตมวลชีวภาพของใบอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในชั้นอายุ 4 ปี ผลจากการวิเคราะห์ปรากฏว่าแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกมีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 1.94 1.03 และ 0.91 ดันต่อเฮกเตอร์ เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่า กระบวนการสืบพันธุ์มีผลต่อความแตกต่างของมวลชีวภาพของใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ ในชั้นอายุ 5 ปี ผลจากการวิเคราะห์ปรากฏว่าในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกมาก่อนมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ตัดแตกหน่อ และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 1.53 1.14 และ 0.94 ดันต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติ ผลปรากฏว่ากระบวนการสืบพันธุ์มีผลต่อความแตกต่างของผลผลิตมวลชีวภาพของใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 8 และจากการศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพของใบ ผลปรากฏว่ามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในช่วงตั้งแต่ชั้นอายุ 1-3 ปี หลังจากนั้นจะมีแนวโน้มลดลงในช่วงอายุ 4-5 ปี นั้นเป็นผลมาจากในช่วงแรกนั้นต้นไม้มีเรือนยอดที่ยังไม่ชิดติดกันทำให้ปริมาณใบมีมาก แต่เมื่ออายุมากขึ้นเรือนยอดเริ่มชิดติดกันปริมาณใบจะมีมากอยู่บริเวณส่วนบนเรือนยอดปริมาณใบจึงมีจำนวนลดน้อยลง

เมื่อวิเคราะห์หาอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนที่เป็นผลผลิตมวลชีวภาพของใบ (RGR_{wl}) และอัตราการเติบโตสมบูรณ์ในส่วนที่เป็นผลผลิตมวลชีวภาพของใบ (AGR_{wl}) ผลปรากฏว่า ค่า RGR_{wl} ในชั้นอายุ 1 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด ในชั้นอายุ 2 ปี มีค่าสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ชั้นอายุ 3 ปี มีค่าสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ชั้นอายุ 4 ปี มีค่าสูงสุดในแปลงตัดแตกหน่อ และชั้นอายุ 5 ปี มีค่าสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าเท่ากับ 1.47 0.61 0.32 0.16 และ 0.14 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมต่อปี ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น และภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันผลปรากฏว่า ค่า RGR_{wl} มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ในช่วง 1-3 ปี เท่านั้น เมื่ออายุ 4-5 ปี ผลปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่า AGR_{net} ผลปรากฏว่าในชั้นอายุ 1 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด ชั้นอายุ 2 ปี แปลงตัดแตกหน่อมีค่าสูงสุด ชั้นอายุ 3 และ 4 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด ชั้นอายุ 5 ปี แปลงตัดแตกหน่อมีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1.80 1.33 1.26 0.67 และ 0.63 ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี ซึ่งมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น และภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน ในชั้นอายุ 1 2 4 และ 5 ปี ผลปรากฏว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และชั้นอายุ 3 ปีเท่านั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 8

ตารางที่ 4 ผลผลิตมวลชีวภาพของใบ (W_L) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{WL}) และ อัตราการเติบโตสมบูรณ์ (AGR_{WL}) ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันของสปีดภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

อายุ (ปี)	กระบวนการสืบพันธุ์	ผลผลิตมวลชีวภาพ ของใบ (ตันต่อเฮกตาร์)		อัตราการเติบโตสะสมพัทธ์ (กิโลกรัมต่อกิโลกรัมต่อปี)	อัตราการเติบโตสะสมบูรณ์ (ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี)
		ปี พ.ศ. 2545	ปี พ.ศ. 2546		
1	Af-plantation	0.88	3.10 b	1.32 b	1.65
	Re-plantation	0.97	2.83 b	1.47 b	1.80
	Coppice-plantation	0.41	0.63 a	0.24 a	1.03
	F -Test	11.72 ns.	2.45*	142.38**	0.86 ns
2	Af-plantation	2.14 a	3.20 a	0.61 b	1.14
	Re-plantation	3.95 b	4.90 b	0.35 a	1.09
	Coppice-plantation	1.67 a	2.37 a	0.27 a	1.33
	F -Test	14.66**	12.80**	6.11*	0.28 ns
3	Af-plantation	2.56	3.17	0.29 ab	1.26 b
	Re-plantation	2.11	2.60	0.32 b	0.96 ab
	Coppice-plantation	2.17	2.60	0.17 a	0.49 a
	F -Test	3.35 ns	4.78 ns	3.59*	5.79*
4	Af-plantation	0.91 a	1.00 a	0.09	0.67
	Re-plantation	1.03 a	1.20 a	0.11	0.50
	Coppice-plantation	1.94 b	2.20 b	0.16	0.48
	F -Test	14.72**	6.58**	0.53 ns	0.16 ns
5	Af-plantation	1.53 c	1.77 b	0.14	0.24
	Re-plantation	0.94 a	1.13 a	0.09	0.37
	Coppice-plantation	1.14 b	1.30 a	0.10	0.63
	F -Test	0.34**	0.24**	0.29 ns	1.25 ns

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดสอบโดยใช้

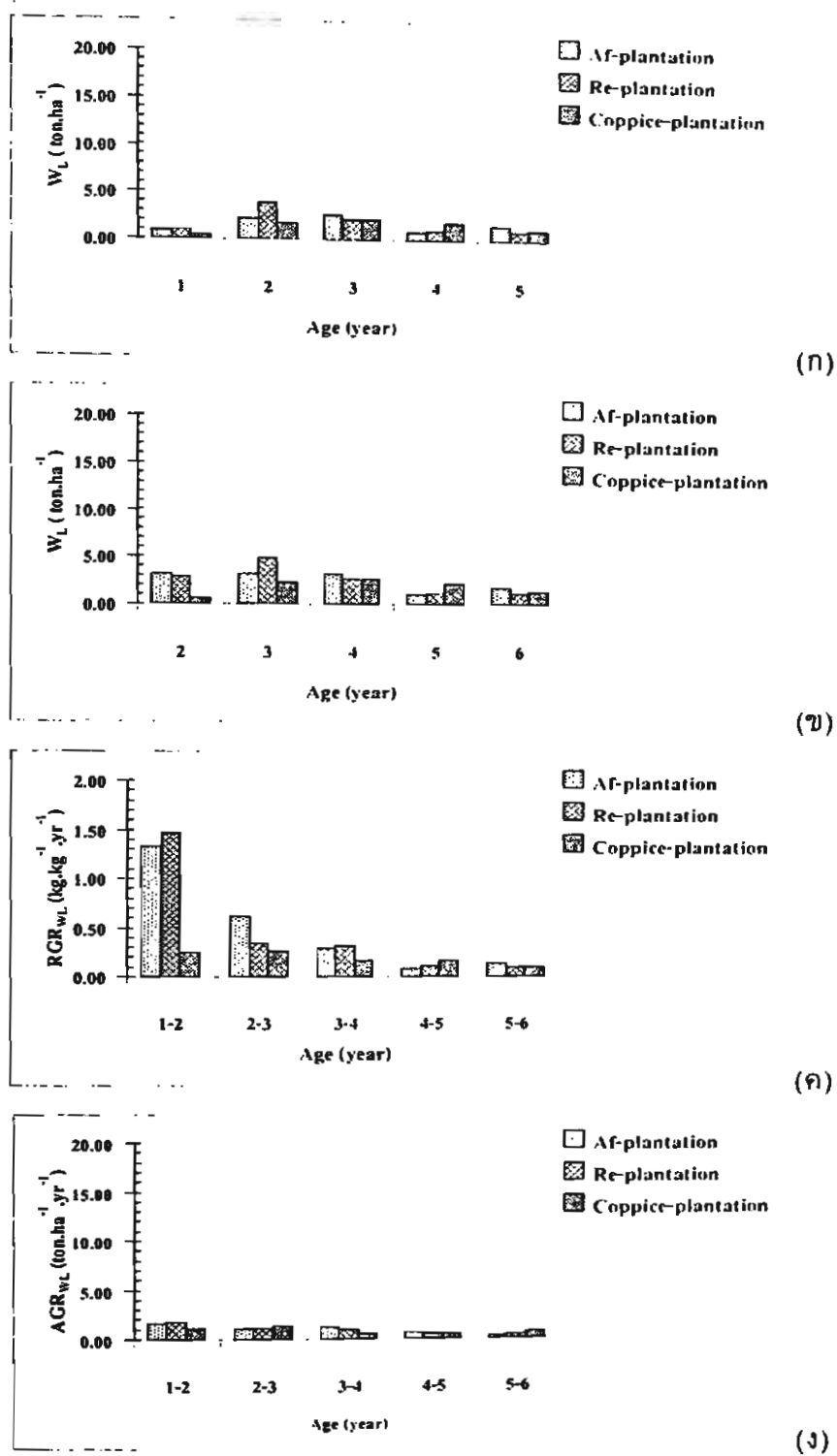
Duncan's New Multiple Range Test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

RGR และ AGR เป็นค่าที่แสดงเมื่อไม้มีอายุในปีนั้นๆ ไปยังปีถัดไป



ภาพที่ 8 ผลผลิตมวลชีวภาพของใบ(W_L) ในปี พ.ศ. 2545 (ก) พ.ศ. 2546 (ข) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{WL}) (ค) และอัตราการเติบโตสมบูรณ์ (AGR_{WL}) (ง) ของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

ผลผลิตมวลชีวภาพกิ่ง (W_g)

จากการวิเคราะห์ผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่ง (W_g) ในชั้นอายุ 1 ปี ผลปรากฏว่าในแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าสูงสุด รองลงมาเป็นแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าน้อยสุด เท่ากับ 3.58 0.60 และ 0.54 ตันต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ ในชั้นอายุ 2 ปี จากการวิเคราะห์ผลปรากฏว่า ผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่งมีแนวโน้มเหมือนกับในแปลงชั้นอายุ 1 ปี แปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าสูงสุด รองลงมาเป็นแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 4.61 2.58 และ 1.34 ตันต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ ชั้นอายุ 3 ปี ผลจากการวิเคราะห์ปรากฏว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่ แปลงที่ตัดแตกหน่อและแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าต่ำสุดโดยมีค่าเท่ากับ 3.82 2.65 และ 2.58 ตันต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ ชั้นอายุ 4 ปี จากการวิเคราะห์ผลปรากฏว่า ในแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่ามวลชีวภาพของกิ่งสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และไม่เคยปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 3.67 2.70 และ 2.55 ตันต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ ชั้นอายุ 5 ปี ผลจากการวิเคราะห์ ปรากฏว่าในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาเป็นแปลงที่ตัดแตกหน่อ และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าต่ำสุด ซึ่งผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่งที่ได้ศึกษาในครั้งนี้ปรากฏว่า ในชั้นอายุ 1 2 และ 4 ปี นั้นแปลงที่สับพันธุ์ด้วยกล้า และแปลงที่ตัดแตกหน่อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในชั้นอายุ 3 และ 5 ปี นั้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 5 และภาพที่ 9 และในแปลงที่ตัดแตกหน่อผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในช่วง 1-2 ปีแรก ลดลงในช่วงปีที่ 3 และเพิ่มขึ้นในปีที่ 4 และ 5 นั้นมีสาเหตุมาจากการตัดแต่งหน่อทำให้ผลผลิตมวลชีวภาพกิ่งลดลง

เมื่อวิเคราะห์หาอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนที่เป็นผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่ง (RGR_{wg}) และอัตราการเติบโตสัมบูรณ์ในส่วนที่เป็นผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่ง (AGR_{wg}) ผลปรากฏว่า ค่า RGR_{wg} ในชั้นอายุ 1 และ 2 ปี มีค่าสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส เท่ากับ 1.27 และ 0.41 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมต่อปี และมีความแตกต่างกันกับการตัดแตกหน่ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในชั้นอายุ 1 ปี แต่ในชั้นอายุ 2 ปี นั้นผลปรากฏว่า การปลูกด้วยกล้ามีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส กับการตัดแตกหน่อจะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นผลมาจากในแปลงที่ตัดแตกหน่อ มีการตัดแต่งหน่อ

ออกเป็นบางส่วน ส่งผลให้ผลผลิตมวลชีวภาพของกิ้งมีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์เพิ่มมากขึ้น ใน
 ชั้นอายุ 3 4 และ 5 ปี ผลปรากฏว่า การปลูกด้วยกล้าที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด
 ทุกชั้นอายุ มีค่า RGR_{wb} เท่ากับ 0.22 0.14 และ 0.16 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมต่อปี และภายใต้
 กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติผลปรากฏว่าค่า RGR_{wb} แตกต่างกันอย่างไม่มี
 นัยสำคัญทางสถิติ และ RGR_{wb} มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีอายุเพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาค่า
 AGR_{wb} ผลปรากฏว่า ชั้นอายุ 1-5 ปี นั้นค่า AGR_{wb} มีค่าสูงสุด ในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่
 ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ยกเว้นในชั้นอายุ 4 ปี ค่า AGR_{wb} มีค่าสูงสุด แปลงที่ตัด
 แดกหน่อ มีค่าเท่ากับ 2.24 1.07 0.59 0.28 และ 0.25 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี ซึ่งมีแนวโน้ม
 ลดลงเมื่อมีอายุเพิ่มมากขึ้น และภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันนั้นจากการวิเคราะห์ค่า
 AGR_{wb} ทางสถิติผลปรากฏว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในช่วงปีแรกเท่านั้น เมื่ออายุ 2-5 ปี
 ผลปรากฏว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 5 และภาพที่ 9

ตารางที่ 5 ผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่ง (W_B) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{WB}) และ อัตราการเติบโตสมบูรณ์ (AGR_{WB}) ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

อายุ (ปี)	กระบวนการสืบพันธุ์	ผลผลิตมวลชีวภาพ ของกิ่ง (ต้นต่อเฮกตาร์)		อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (กิโลกรัมต่อกิโลกรัมต่อปี)	อัตราการเติบโตสมบูรณ์ (ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี)
		ปี พ.ศ.	ปี พ.ศ.		
		2545	2546		
1	Af-plantation	0.60 a	2.27	0.60 a	2.24 b
	Re-plantation	0.54 a	2.30	0.54 a	1.86 b
	Coppice-plantation	3.58 b	4.60	3.58 b	0.24 a
	F -Test	3.12**	8.30 ns	3.12**	12.00**
2	Af-plantation	1.34 a	2.47 a	1.34 a	1.07
	Re-plantation	2.58 a	3.70 a	2.58 a	0.97
	Coppice-plantation	4.61 b	5.97 b	4.61 b	0.71
	F -Test	27.10**	18.00**	27.10**	3.45 ns
3	Af-plantation	3.82	5.07 b	3.82	0.59
	Re-plantation	2.58	3.53 ab	2.58	0.50
	Coppice-plantation	2.65	3.13 a	2.65	0.41
	F -Test	1.02 ns	1.60*	1.02 ns	1.80 ns
4	Af-plantation	2.70 a	2.93 a	2.70 a	0.09
	Re-plantation	2.55 a	2.90 a	2.55 a	0.18
	Coppice-plantation	3.67 b	4.30 b	3.67 b	0.28
	F -Test	95.33**	28.62*	95.33**	1.16 ns
5	Af-plantation	4.55	5.23	4.55	0.25
	Re-plantation	4.31	4.80	4.31	0.19
	Coppice-plantation	4.63	5.10	4.63	0.17
	F -Test	28.59 ns	12.65 ns	28.59 ns	0.15 ns

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดสอบโดยใช้

Duncan's New multiple Range Test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

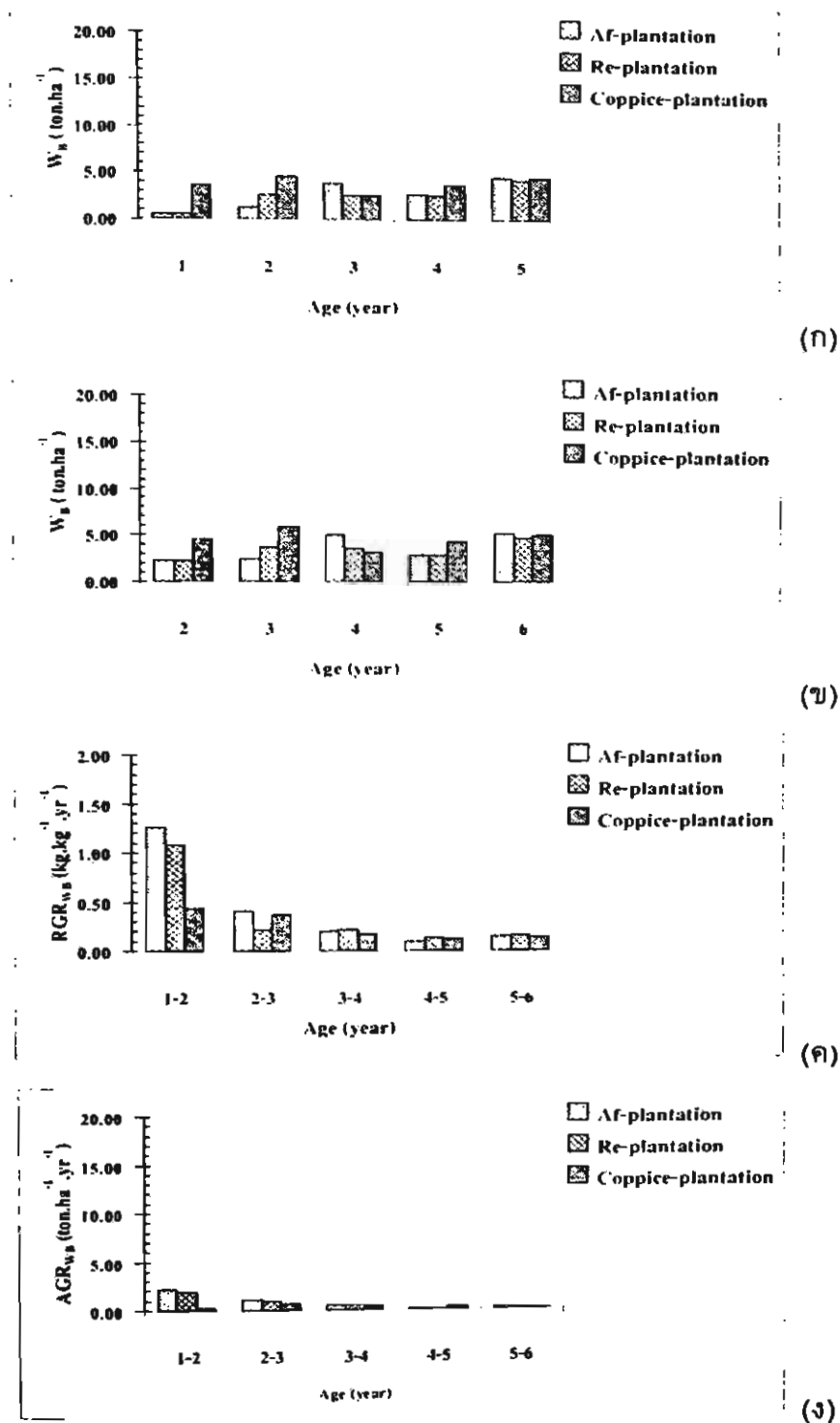
* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

RGR และ AGR เป็นค่าที่แสดงเมื่อไม้มีอายุในปีนั้นๆ ไปยังปีถัดไป

ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (W_s)

จากการวิเคราะห์ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (W_s) ในชั้นอายุ 1 ปี ผลปรากฏว่า ในแปลงที่ตัดแตกหน่อ มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าที่ปลูกในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ให้ผลผลิตมวลชีวภาพต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 7.81 1.83 และ 1.58 ตันต่อเฮกเตอร์ ซึ่งกระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันมีผลต่อมวลชีวภาพในส่วนที่เป็นลำต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้นที่ต่างกันนั้นเกิดจากการที่ความสามารถในการเติบโตของไม้ที่ไว้หน่อมีมากกว่าและมีจำนวนหน่อที่มากด้วย ส่วนผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้นระหว่างแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และพื้นที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในชั้นอายุ 2 ปี จากการวิเคราะห์ผลปรากฏว่าแปลงที่ตัดแตกหน่อ มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูก และแปลงที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 14.34 10.76 และ 7.44 ตันต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ ซึ่งแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีความแตกต่างกันกับแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสกับแปลงที่ตัดแตกหน่อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในชั้นอายุ 3 และ 4 ปี จากการวิเคราะห์ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้นผลปรากฏว่าในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 27.21 และ 34.79 ตันต่อเฮกเตอร์ รองลงมาเป็นแปลงที่ตัดแตกหน่อ เท่ากับ 20.21 และ 31.87 ตันต่อเฮกเตอร์ และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 17.53 และ 25.64 ตันต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ ซึ่งในชั้นอายุ 3 ปี ภายใต้วิธีการสืบพันธุ์ของไม้ยูคาลิปตัสไม่ว่าจะปลูกด้วยกล้า หรือตัดแตกหน่อ ผลปรากฏว่าผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในชั้นอายุ 4 ปี ผลปรากฏว่า แปลงที่ปลูกด้วยกล้ามีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนแปลงที่ตัดแตกหน่อนั้นมีความแตกต่างกันกับแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และแตกต่างกันกับแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส อย่างไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ ชั้นอายุ 5 ปี ผลจากการวิเคราะห์ปรากฏว่าในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด และพื้นที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่ารองลงมา ส่วนแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 46.84 34.38 และ 33.52 ตันต่อเฮกเตอร์ ซึ่งแปลงที่ปลูกด้วยกล้ามีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ปลูก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนแปลงที่ตัดแตกหน่อมีความแตกต่างกันกับแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการ



ภาพที่ 9 ผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่ง (W_B) ในปี พ.ศ. 2545 (ก) พ.ศ. 2546 (ข) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{WB}) (ค) และ อัตราการเติบโตสมบูรณ์ (AGR_{WB}) (ง) ของไม้ยูคาลิปตัส ตามลาดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

ปลูกไม้ยูคาลิปตัส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และแตกต่างกันกับแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส อย่างไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 6 และภาพที่ 10

เมื่อวิเคราะห์หาอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (RGR_{ws}) และอัตราการเติบโตสมบูรณ์ของผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (AGR_{ws}) ผลปรากฏว่า RGR_{ws} ในชั้นอายุ 1 ปี มีค่าสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ชั้นอายุ 2-5 ปี ผลปรากฏว่ามีค่าสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าเท่ากับ 1.48 0.75 0.33 0.26 และ 0.22 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมต่อปี และแตกต่างกันกับแปลงที่ตัดแต่งหน่ออย่างมีนัยสำคัญในทุกชั้นอายุ เมื่อพิจารณา ค่า AGR_{ws} ผลปรากฏว่าในชั้นอายุ 1 ปี มีค่าสูงสุดในแปลงที่ตัดแต่งหน่อ เท่ากับ 9.82 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี ในชั้นอายุ 2 ปี มีค่าสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส เท่ากับ 8.50 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี ในชั้นอายุ 3 ปี มีค่าสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส เท่ากับ 9.36 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี ในชั้นอายุ 4 ปี มีค่าสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส เท่ากับ 7.56 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี และในชั้นอายุ 5 ปี มีค่าสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส เท่ากับ 10.61 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่าในชั้นอายุ 1 3 และ 4 ปี ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในชั้นอายุ 2 ปี แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และในชั้นอายุ 5 ปีนั้น แปลงที่ตัดแต่งหน่อและแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แปลงทั้งสองจะแตกต่างกับแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 6 และภาพที่ 10 ซึ่งอัตราการเติบโตสมบูรณ์ ในส่วนที่เป็นผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้นนั้น จะเห็นว่าการตัดแต่งหน่อจะมีค่าสูงกว่าการปลูกด้วยกล้าในช่วงปีแรกเท่านั้น ในปี 2-3 ผลปรากฏว่ามีค่าลดลงอย่างชัดเจนซึ่งเป็นผลมาจากการตัดแต่งหน่อออกเป็นบางส่วน และเพิ่มขึ้นในช่วงปีที่ 4-5 อย่างไรก็ตาม อัตราการเติบโตสมบูรณ์ ในส่วนที่เป็นผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้นในแปลงตัดแต่งหน่อยังมีค่าที่ต่ำกว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าซึ่งเป็นผลมาจากการเติบโตทางความสูงด้วยเนื่องจากการตัดแต่งหน่อผลปรากฏว่าการเติบโตทางความสูงจะมีค่าน้อยกว่าการปลูกด้วยกล้า

ตารางที่ 6 ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (W_s) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{ws}) และ อัตราการเติบโตสมบูรณ์ (AGR_{ws}) ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันของพื้นที่ ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

อายุ (ปี)	กระบวนการสืบพันธุ์	ผลผลิตมวลชีวภาพ ของลำต้น (ตันต่อเฮกตาร์)		อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (กิโลกรัมต่อกิโลกรัมต่อปี)	อัตราการเติบโตสมบูรณ์ (ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี)
		ปี พ.ศ.	ปี พ.ศ.		
		2545	2546		
1	Af-plantation	1.83 a	8.1 a	1.48 c	6.27 a
	Re-plantation	1.58 a	5.6 a	1.27 b	4.03 a
	Coppice-plantation	7.81 b	17.6 b	0.82 a	9.82 b
	F -Test	10.94**	6.9**	60.91**	4.30*
2	Af-plantation	10.76 ab	17.7	0.49 a	6.93
	Re-plantation	7.44 a	16.0	0.75 b	8.50
	Coppice-plantation	14.34 b	19.6	0.33 a	5.27
	F -Test	5.14*	0.9 ns	9.98**	2.75 ns
3	Af-plantation	27.10	36.5	0.30 b	9.36 b
	Re-plantation	17.53	24.4	0.33 b	6.82 ab
	Coppice-plantation	20.21	23.2	0.14 a	2.98 a
	F -Test	3.47 ns	4.6 ns	5.97*	7.15*
4	Af-plantation	34.79 b	41.7 b	0.18 b	6.90 b
	Re-plantation	25.64 a	13.48 ha	0.26 c	7.65 b
	Coppice-plantation	31.87 b	35.8 a	0.12 a	3.93 a
	F -Test	8.25*	6.6**	26.09**	24.90**
5	Af-plantation	46.84 b	57.4 b	0.20 b	10.61 b
	Re-plantation	34.38 a	42.7 a	0.22 b	8.33 a
	Coppice-plantation	33.52 a	37.7 a	0.12 a	4.20 a
	F -Test	10.88**	16.0**	18.95**	34.32*

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดสอบโดยใช้

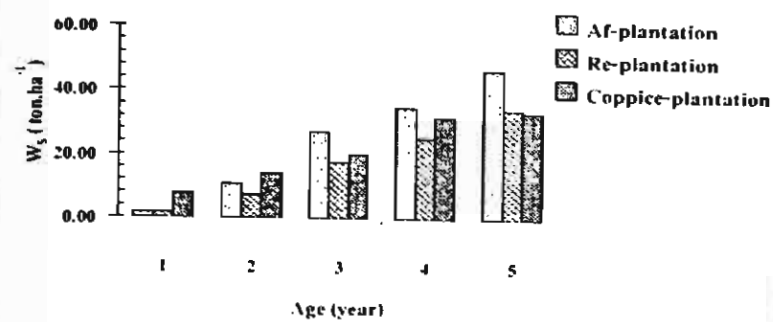
Duncan's New Multiple Range Test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

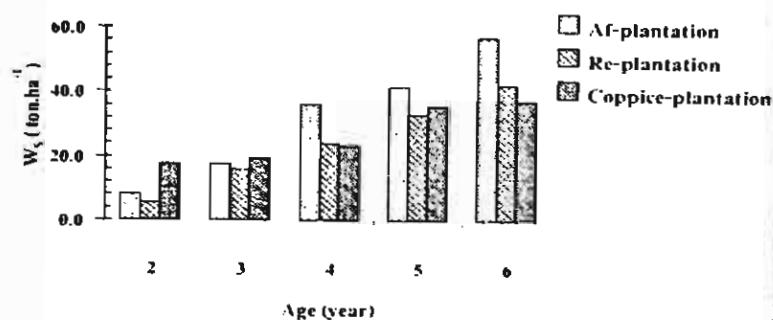
* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

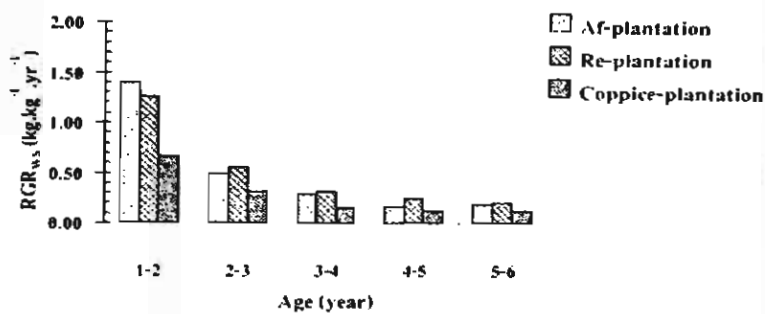
RGR และ AGR เป็นค่าที่แสดงเมื่อไม่มีอายุในปีนั้นๆ ไปยังปีถัดไป



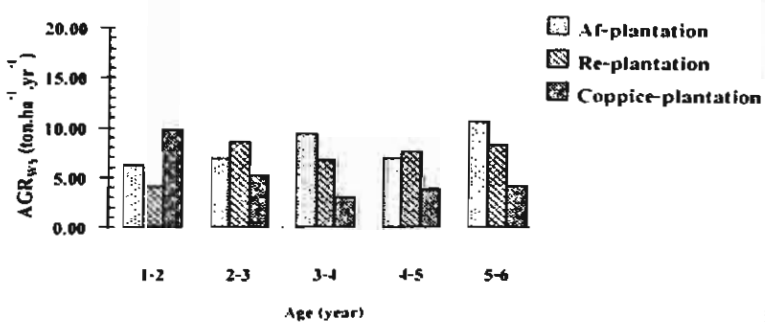
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 10 ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (W_s) ในปี พ.ศ. 2545 (ก) พ.ศ. 2546 (ข) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{ws}) (ค) และ อัตราการเติบโตสมบูรณ์ (AGR_{ws}) (ง) ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (W_T)

ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (W_T) จากการวิเคราะห์ผลปรากฏว่า ในชั้นอายุ 1 และ 2 ปี แปลงที่ตัดแตกหน่อ มีค่าสูงสุด เท่ากับ 11.79 และ 20.62 ต้นต่อเฮกแตร์ รองลงมา ได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมาก่อน โดยมีค่าเท่ากับ 3.31 และ 14.24 ต้นต่อเฮกแตร์ และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าน้อยสุด โดยมีค่าเท่ากับ 3.10 และ 13.98 ต้นต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ในชั้นอายุ 1 ปี เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติ ผลปรากฏว่า กระบวนการสืบพันธุ์ด้วยกล้าแตกต่างกันกับการตัดแตกหน่ออย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติแต่เมื่ออายุ 2 ปี ผลปรากฏว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในชั้นอายุ 3 และ 4 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด เท่ากับ 33.48 และ 38.40 ต้นต่อเฮกแตร์ รองลงมาได้แก่ แปลงที่ตัดแตกหน่อ เท่ากับ 25.03 และ 37.47 ต้นต่อเฮกแตร์ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกมีค่าน้อยสุด เท่ากับ 22.23 และ 29.21 ต้นต่อเฮกแตร์ ในชั้นอายุ 3 ปี นั้นพบว่ากระบวนการสืบพันธุ์ด้วยกล้าและตัดแตกหน่อมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ เมื่ออายุ 4 ปี พบว่า แปลงที่ตัดแตกหน่อและแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส จะมีความแตกต่างกันระหว่างกระบวนการสืบพันธุ์ด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และการตัดแตกหน่อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในชั้นอายุ 5 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด เท่ากับ 64.43 ต้นต่อเฮกแตร์ รองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส เท่ากับ 48.63 ต้นต่อเฮกแตร์ และแปลงที่ตัดแตกหน่อ มีค่าน้อยสุด เท่ากับ 44.13 ต้นต่อเฮกแตร์ เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง การใช้วิธีตัดแตกหน่อและการปลูกด้วยกล้าในพื้นที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะมีความแตกต่างกันกับการปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 7 และภาพที่ 11

เมื่อวิเคราะห์หาอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (RGR_{WT}) และอัตราการเติบโตสมบูรณ์ของผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (AGR_{WT}) ผลปรากฏว่าค่า RGR_{WT} ในชั้นอายุ 1 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด และในชั้นอายุ 2-5 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด เท่ากับ 1.40 0.56 0.32 0.24 และ 0.21 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมต่อปี ซึ่งค่า RGR_{WT} มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ด้วยกล้าใน

ชั้นอายุ 1 และ 4 ปี มีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ด้วยกล้า และตัดแต่งหน่อผลปรากฏว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชั้นอายุ เมื่อพิจารณา ค่า AGR_{wr} ผลปรากฏว่าในชั้นอายุ 1 ปี แปลงตัดแต่งหน่อมีค่าสูงสุด ในชั้นอายุ 2 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด ชั้นอายุ 3 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุดในชั้นอายุ 4 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด และชั้นอายุ 5 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด เท่ากับ 11.09 10.56 11.20 8.20 และ 11.53 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งในชั้นอายุ 1 และ 2 ปี ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันนั้นมีความแตกต่างกันของค่า AGR_{wr} อย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่ในชั้นอายุ 3-5 ปีนั้น ผลปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 7 และภาพที่ 11

ตารางที่ 7 ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (W_T) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{WT}) และอัตราการเติบโตสมบูรณ์ (AGR_{WT}) ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

อายุ (ปี)	กระบวนการสืบพันธุ์	ผลผลิตมวลชีวภาพ ขอเหนือพื้นดิน ทั้งหมด (ต้นต่อเฮกแตร์)		อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (กิโลกรัมต่อกิโลกรัมต่อปี)	อัตราการเติบโตสมบูรณ์ (ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี)
		ปี พ.ศ.	ปี พ.ศ.		
		2545	2546		
1	Af-plantation	3.31 a	13.47	1.40 c	10.16
	Re-plantation	3.10 a	10.80	1.26 b	7.69
	Coppice-plantation	11.79 b	22.90	0.67 a	11.09
	F -Test	8.95*	3.21 ns	89.56**	0.77 ns
2	Af-plantation	14.24	23.40	0.49 ab	9.14
	Re-plantation	13.98	24.53	0.56 b	10.56
	Coppice-plantation	20.62	27.97	0.32 a	7.31
	F -Test	3.04 ns	0.83 ns	4.49*	1.77 ns
3	Af-plantation	33.48	44.70 b	0.29 b	11.20 b
	Re-plantation	22.23	30.50 ab	0.32 b	8.29 ab
	Coppice-plantation	25.03	28.90 a	0.15 a	3.88 a
	F -Test	3.23 ns	4.41*	5.07*	6.68*
4	Af-plantation	38.40 b	45.63 b	0.17 a	7.23 b
	Re-plantation	29.21 a	37.40 a	0.24 b	8.20 b
	Coppice-plantation	37.47 b	42.30 b	0.12 a	4.83 a
	F -Test	8.09*	4.39*	17.91**	8.08*
5	Af-plantation	52.92 b	64.43 b	0.20 b	11.53 b
	Re-plantation	39.63 a	48.63 a	0.21 b	9.01b
	Coppice-plantation	39.29 a	44.13 a	0.12 a	4.84 a
	F -Test	11.19**	18.04**	8.60*	18.38**

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดสอบโดยใช้

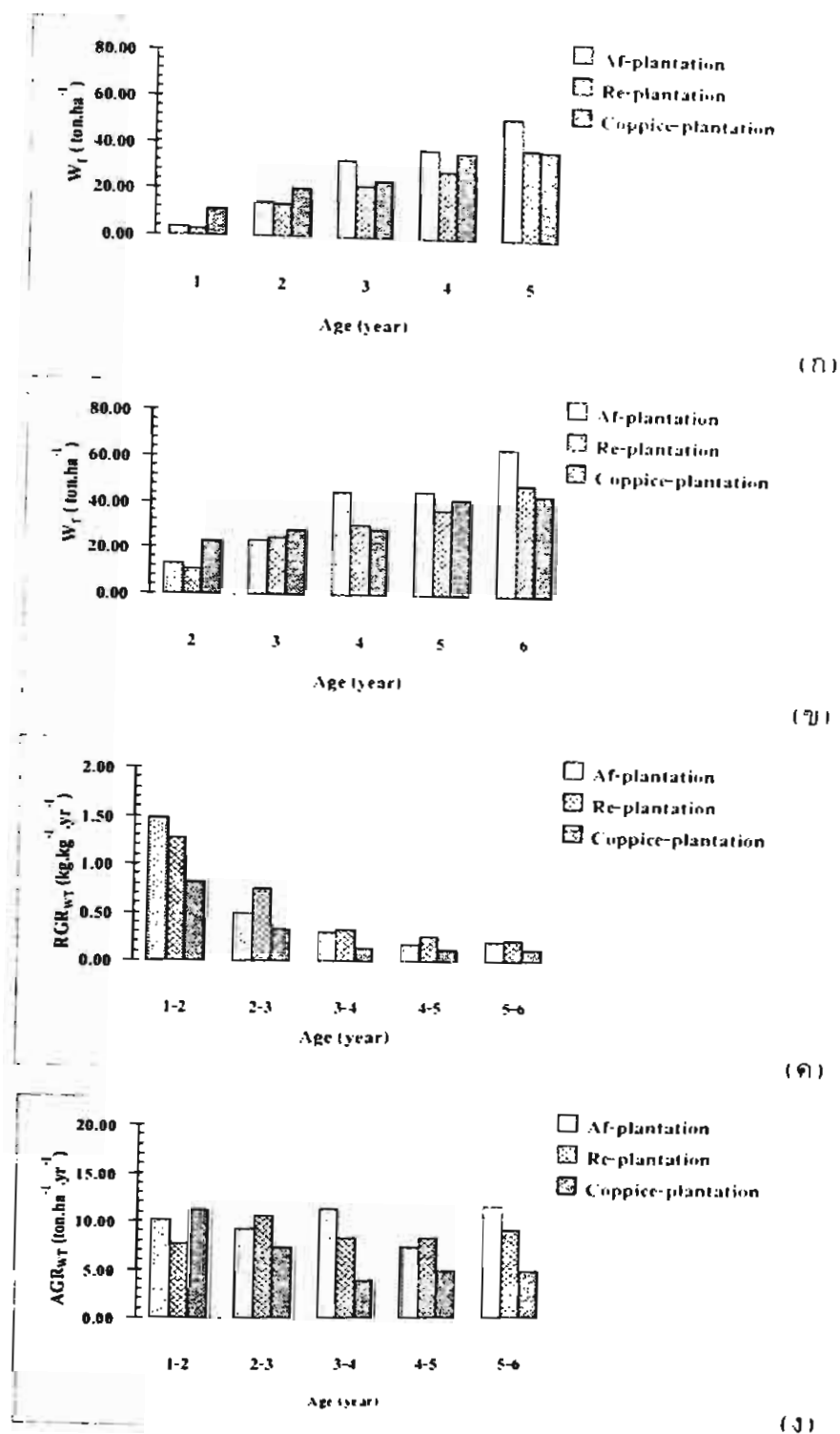
Duncan's New Multiple Range Test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

RGR และ AGR เป็นค่าที่แสดงเมื่อไม้มีอายุในปีนั้นๆ ไปยังปีถัดไป



ภาพที่ 11 ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (W_t) ในปี พ.ศ. 2545 (ก) พ.ศ. 2546 (ข) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{wt}) (ค) และอัตราการเติบโตสมบูรณ์ (AGR_{wt}) (ง) ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุและผลผลิตมวลชีวภาพ

ทำการศึกษาประมาณผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น และมวลชีวภาพทั้งหมดเหนือพื้นดิน โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุ และผลผลิตที่ได้รับในแต่ละชั้นอายุ ในรูป Logistic Growth Curve โดยมีรูปสมการดังนี้

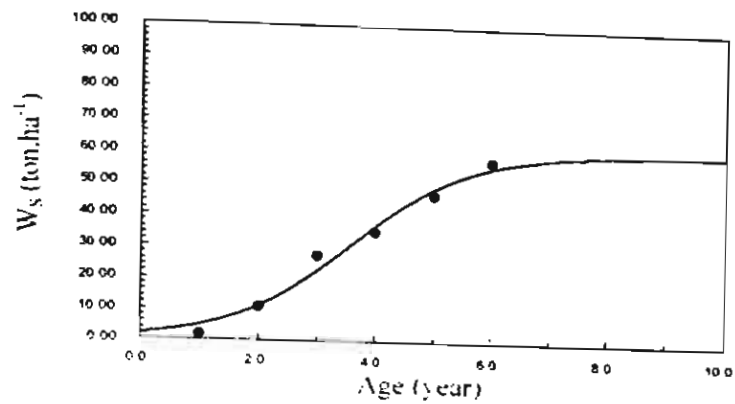
$$y_i = \frac{a}{1 + be^{-cx}}$$

เมื่อ y_i = ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น(W_{st}) และผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (W_{gt})
 x = ชั้นอายุ
 a , b และ c ค่าคงที่

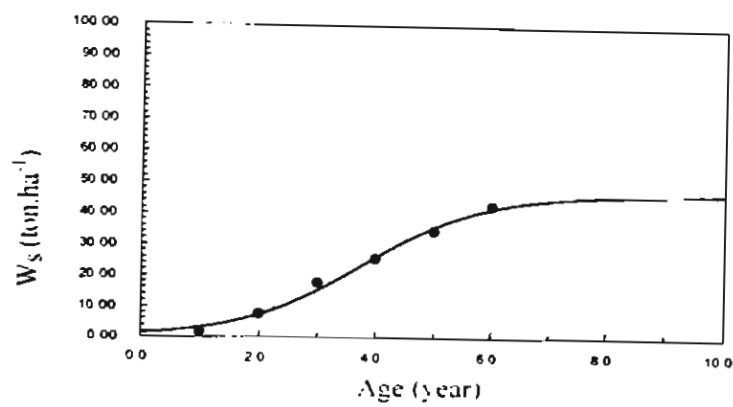
ค่าคงที่ a ที่ได้จากสมการ เป็นค่าผลผลิตมวลชีวภาพที่มีค่าได้สูงสุดเมื่อชั้นอายุเพิ่มมากขึ้นและ จากการศึกษาผลปรากฏว่า ผลผลิตส่วนที่เป็นลำต้นเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้นจะได้รับผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้นสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 61.10 46.75 และ 38.68 ดันต่อเฮกเตอร์ ส่วนผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้นมีค่าเท่ากับ 68.77 55.02 และ 44.75 ดันต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ และว่าผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้นนั้นมีความเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงอายุ 1-4 ปี ในทุกพื้นที่ศึกษา และในช่วงอายุ 4-6 ปี นั้นจะเห็นว่าในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส จะมีค่าสูงกว่าในพื้นที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงตัดแตกหน่อ ดังแสดงในตารางที่ 8 ภาพที่ 12 และ 13

ตารางที่ 8 ค่าคงที่ของความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุกับผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น และ
ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด ในรูป Logistic Growth Curve

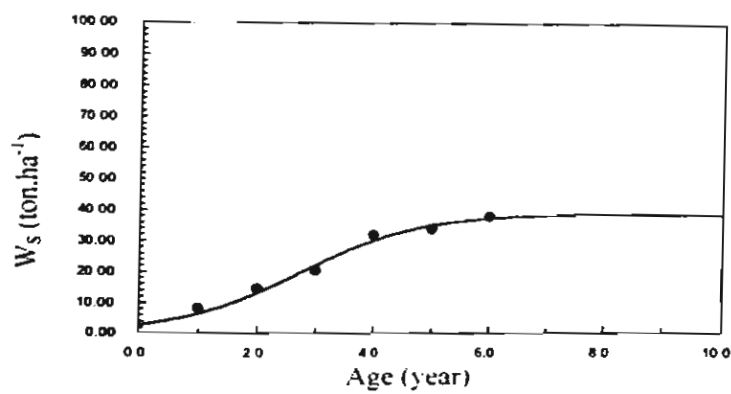
กระบวนการสืบพันธุ์	ค่าคงที่			R ²
	A	B	c	
ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (W _s)				
Af-plantation	61.10	29.83	0.95	0.99
Re-plantation	46.75	33.97	0.94	0.99
Coppice-plantation	38.68	13.23	0.96	0.99
ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (W _T)				
Af-plantation	68.77	22.60	0.90	0.99
Re-plantation	55.02	18.91	0.80	0.99
Coppice-plantation	44.75	8.95	0.90	0.99



Af-plantation

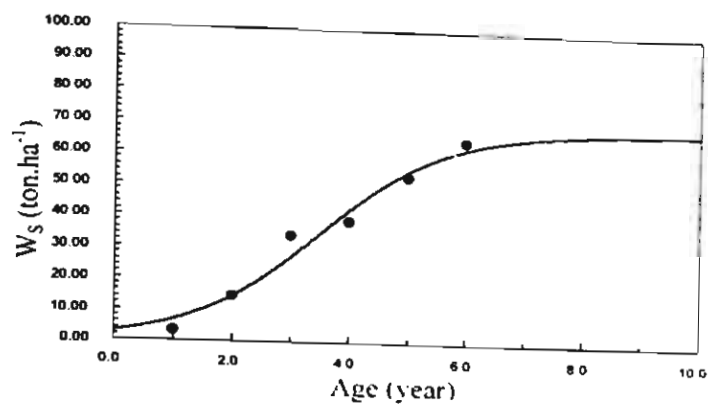


Re-plantation

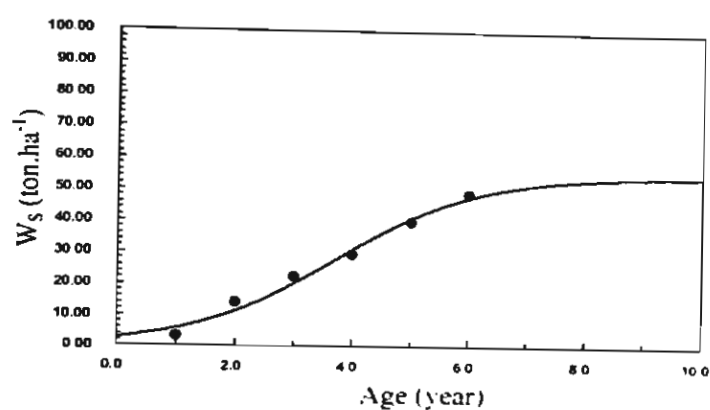


Coppice-plantation

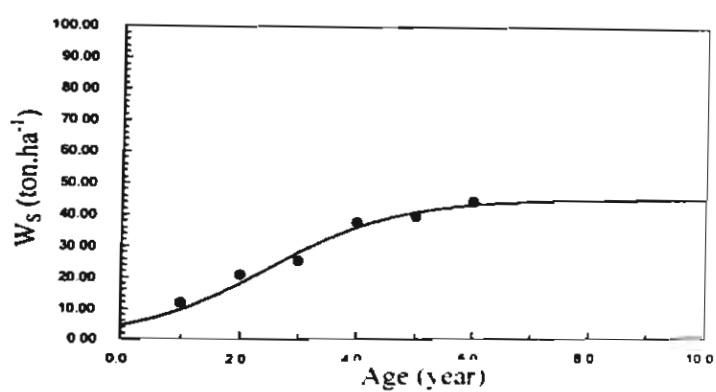
ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุและผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (W_s) ในรูป Logistic Growth Curve ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน



Af-plantation



Re-plantation



Coppice-plantation

ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุและผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (W_t)

ในรูป Logistic Growth Curve ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ภายใต้กระบวนการ
สืบพันธุ์ที่ต่างกัน

2.4 ผลผลิตในส่วนที่เป็นสินค้าได้

ผลผลิตส่วนที่เป็นสินค้าได้ที่คิดเป็นน้ำหนักสด ในการศึกษาครั้งนี้ทำการประเมินส่วนที่เป็นสินค้าได้ที่โรงงานรับซื้อในราคาประกัน ทำการประมาณหาส่วนที่เป็นไม้ชั้นคุณภาพที่ 1 (เส้นผ่าศูนย์กลางที่ปลายท่อนมากกว่า 2.5 นิ้ว) ส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ทั้งหมด (เส้นผ่าศูนย์กลางปลายท่อนมากกว่า 1 นิ้ว) ซึ่งทำการประเมินได้จากการหาส่วนที่เป็นสินค้าได้ทั้งหมดลบกับน้ำหนักสดของไม้ชั้นคุณภาพที่ 1 และส่วนที่เป็นเศษไม้ปลายไม้ ในชั้นอายุของไม้ยูคาลิปตัสที่ชั้นอายุ 3 4 และ 5 ปี ทำการประเมินน้ำหนักสดด้วยสมการที่สร้างขึ้นโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสดของ กับ ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกยกกำลังสองที่คูณกับความสูงทั้งหมด (D^2H) (ตารางผนวกที่ 2)

ไม้ชั้นคุณภาพที่ 1 (เส้นผ่าศูนย์กลางที่ปลายท่อนมากกว่า 2.5 นิ้ว)

การประเมินผลผลิตส่วนที่เป็นสินค้าได้ ในชั้นอายุ 3 ปี ปรากฏว่าน้ำหนักสดส่วนที่เป็นสินค้า ในแปลงปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาเป็นแปลงปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงตัดแตกหน่อ ให้ผลผลิตต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 56.13 38.69 และ 17.56 ตันต่อเฮกตาร์ เมื่อเปรียบเทียบกับในทางสถิติพบว่าภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ด้วยกล้ามีความแตกต่างกันกับการตัดแตกหน่ออย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ และภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์เดียวกันต่างพื้นที่กันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ ในชั้นอายุ 4 ปี จากการวิเคราะห์ผลปรากฏว่าแปลงปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงตัดแตกหน่อ และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 58.38 38.81 และ 44.56 ตันต่อเฮกตาร์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับในทางสถิติพบว่าภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันมีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างไม่มีนัยสำคัญในชั้นอายุ 5 ปี จากการวิเคราะห์ปรากฏว่าในแปลงปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 111.38 62.75 และ 55.31 ตันต่อเฮกตาร์ เมื่อเปรียบเทียบกับพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 9

ไม้คุณภาพชั้นที่ 2

ในชั้นอายุ 3 ปี จากการวิเคราะห์ส่วนที่เป็นสินค้าได้ที่เป็นไม้คุณภาพชั้น 2 ปรากฏว่าในแปลงที่ตัดแตกหน่อ มีน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วยกล้า

ในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 27.56 15.50 และ 12.25 ต้นต่อเฮกตาร์ เมื่อเปรียบเทียบกับในทางสถิติผลปรากฏว่าภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ด้วยกล้าและการตัดแตกหน่อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ในชั้นอายุ 4 ปี ผลปรากฏว่าในแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยปลูกไม้ยูคาลิปตัสและแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 22.63 16.19 และ 13.88 ต้นต่อเฮกตาร์ เมื่อเปรียบเทียบกับในทางสถิติผลปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกันกับในชั้นอายุ 3 ปี ในชั้นอายุ 5 ปี พบว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ตัดแตกหน่อ และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 21.00 16.88 และ 9.25 ต้นต่อเฮกตาร์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับในทางสถิติพบว่าแปลงปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงตัดแตกหน่อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ แต่ทั้งสองแตกต่างกันกับแปลงปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 9

ไม้คุณภาพชั้น 3

ไม้ชั้นคุณภาพชั้น 3 เป็นส่วนที่โรงงานไม่รับซื้อในการศึกษารั้งนี้เพื่อประเมินส่วนที่ไม่สามารถขายได้ จากการศึกษาพบว่าในชั้นอายุ 3 ปีนั้นแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงตัดแตกหน่อ และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่เคยปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าน้อยสุด เท่ากับ 2.94 2.88 และ 2.19 ต้นต่อเฮกตาร์ เมื่อเปรียบเทียบกับในทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างไม่มีนัยสำคัญ ชั้นอายุ 4 ปี พบว่าในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.81 2.75 และ 1.69 ต้นต่อเฮกตาร์ เมื่อนำไปเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติพบว่าภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ด้วยกล้ามีความแตกต่างกันกับการตัดแตกหน่ออย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ชั้นอายุ 5 ปี พบว่าแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าพื้นที่ที่ไม่เคยปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 7.31 4.63 และ 2.06 ต้นต่อเฮกตาร์ เมื่อเปรียบเทียบกับพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลผลิตส่วนที่เป็นสินค้าได้ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 3-5 ปี ภายใต้
กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

อายุ	แปลง	ผลผลิตส่วนที่เป็นสินค้าได้ (ตันต่อเฮกแตร์)				
		น้ำหนักสด ทั้งหมด	น้ำหนักสด ส่วนที่เป็น สินค้าได้	ชั้น คุณภาพที่ (1)	ชั้น คุณภาพที่ (2)	ชั้น คุณภาพที่ (3)
3	Af-plantation	74.56	71.63	56.13 a	15.50 b	2.94
	Re-plantation	53.13	50.94	38.69 ab	12.25 b	2.19
	Coppice-plantation	48.06	45.19	17.56 b	27.56 a	2.88
F-Value		2.37 ns	2.51 ns	6.06 *	16.20**	1.19 ns
4	Af-plantation	77.31	74.63	58.38	16.19 b	2.75 a
	Re-plantation	55.44	52.69	38.81	13.88 b	2.81 a
	Coppice-plantation	68.88	67.19	44.56	22.63 a	1.69 b
F-Value		4.19 ns	4.63 ns	3.64 ns	8.55 **	6.43 **
5	Af-plantation	122.75	120.63	111.38	9.25 b	2.06
	Re-plantation	88.38	83.81	62.75	21.00 a	4.63
	Coppice-plantation	79.50	72.19	55.31	16.88 b	7.31
F-Value		2.15 ns	2.67 ns	3.78 ns	5.18 *	4.10 ns

หมายเหตุ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการ
เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น
95%

เมื่อพิจารณาเป็นจำนวนร้อยละของไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้พบว่า

ไม้ชั้นคุณภาพที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบเป็นร้อยละของไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ตามชั้นคุณภาพต่อพื้นที่ ผลปรากฏว่า ในชั้นอายุ 3 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมา เป็นแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงตัดแตกหน่อ มีค่าต่ำสุด เท่ากับ ร้อยละ 74.06 72.29 และ 36.75 ตามลำดับ ในชั้นอายุ 4 ปีพบว่า ในแปลงที่ตัดแตกหน่อ มีค่าร้อยละของไม้เพิ่มมากขึ้นโดยแปลงที่ทำการปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงตัดแตกหน่อ มีค่าต่ำสุด เท่ากับ ร้อยละ 75.17 69.48 และ 64.50 ตามลำดับ ในชั้นอายุ 5 ปี แปลงปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงตัดแตกหน่อและแปลงปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าน้อยสุดเท่ากับ ร้อยละ 90.57 70.19 และ 69.32 9 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 10

ไม้คุณภาพชั้นที่ 2

ในชั้นอายุ 3 ปี พบว่าในแปลงที่ตัดแตกหน่อมีจำนวนร้อยละของไม้คุณภาพชั้น 2 มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าน้อยสุด เท่ากับ ร้อยละ 7.29 23.60 และ 21.91 ตามลำดับ ในชั้นอายุ 4 ปี พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับชั้นอายุ 3 ปี คือแปลงที่ตัดแตกหน่อ มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าน้อยสุด เท่ากับ ร้อยละ 33.02 25.44 และ 21.31 ตามลำดับ ชั้นอายุ 5 ปี พบว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่ แปลงตัดแตกหน่อ และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าน้อยสุด เท่ากับ ร้อยละ 24.97 21.21 และ 7.73 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 10

ไม้คุณภาพชั้น 3

ผลจากการวิเคราะห์ปรากฏว่าในชั้นอายุ 3 ปีแปลงตัดแตกหน่อ มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าน้อยสุด เท่ากับร้อยละ 5.96 4.11 และ 4.03 ตามลำดับ ในชั้นอายุ 4 ปี พบว่าในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ผ่านการปลูกไม้ยูคา

ลิปติสมีค่าสูงสุดรองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อ มีค่าต่ำสุด เท่ากับ ร้อยละ 5.09 3.51 และ 2.47 ตามลำดับ ในชั้นอายุ 5 ปี แปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าสูงสุดรองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ผ่านการปลูก ไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าต่ำสุด เท่ากับ ร้อย ละ 8.70 5.71 และ 1.70 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 สัดส่วนน้ำหนักสดที่เป็นร้อยละส่วนที่เป็นสินค้าได้ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน อายุ 3-5 ปี ภายใต้ระบบการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

อายุ	แปลง	ร้อยละส่วนที่เป็นสินค้าได้				
		น้ำหนักสด	น้ำหนักสด	ชั้น	ชั้น	ชั้น
		ทั้งหมด	ส่วนที่เป็น	คุณภาพที่	คุณภาพที่	คุณภาพที่
			สินค้าได้	(1)	(2)	(3)
3	Af-plantation	100	96.04	74.06	21.91	4.03
	Re-plantation	100	95.86	72.29	23.60	4.11
	Coppice-plantation	100	93.99	36.75	57.29	5.96
4	Af-plantation	100	96.48	75.17	21.31	3.52
	Re-plantation	100	94.96	69.48	25.44	5.09
	Coppice-plantation	100	97.53	64.50	33.02	2.47
5	Af-plantation	100	98.30	90.57	7.73	1.71
	Re-plantation	100	94.80	69.32	24.97	5.76
	Coppice-plantation	100	90.77	70.09	21.21	8.70

จากศึกษาการเติบโตและมวลชีวภาพ และผลผลิตส่วนที่เป็นสินค้าได้ปรากฏว่า ผลจากการนำระบบการสืบพันธุ์ไปปฏิบัติกับไม้ในสวนป่ายูคาลิปตัสในพื้นที่เกษตรกรรมนั้น มีผล ต่อมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ คือ กิ่ง ใบ ลำต้น ในช่วง 1-2 ปีแรกเท่านั้น เมื่อพิจารณามวล ชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้น จะมีค่าเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปีภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน แปลงที่ ตัดแตกหน่อจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 2 ปีแรก แต่เมื่อถึงรอบตัดฟันแปลงที่สืบพันธุ์ด้วย กล้า กลับมีค่ามากกว่า มวลชีวภาพของกิ่งมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้นทุกๆ ปีเหมือนกับลำต้น แต่มวลชีวภาพของใบนั้นกลับแตกต่างไปจากลำต้นและกิ่ง เนื่องจากจะมีค่า เพิ่มขึ้นในช่วงปีแรกจนถึงปีที่ 2 -3 หลังจากนั้นจะมีค่าลดลงในปีต่อๆ มา ซึ่งเป็นผลมาจาก ระยะปลูกเนื่องจากเมื่ออายุเริ่มเข้าสู่ปีที่ 3 เรือนยอดปกคลุมเต็มพื้นที่ ผลผลิตส่วนที่เป็นสินค้า

ได้โดยภาพรวมแล้วมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุ เมื่อพิจารณาตามชั้นคุณภาพไม้ พบว่าไม้ชั้นคุณภาพที่ 1 นั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุ และสัดส่วนร้อยละมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ภายใต้ระบบการสืบพันธุ์ที่ต่างกันนั้นปรากฏว่าไม่พบความแตกต่างทางสถิติของผลผลิตของไม้ชั้นคุณภาพที่ 1

อย่างไรก็ตามในแปลงที่ปลูกด้วยกล้ายังมีค่าสูงกว่า และในแปลงที่ปลูกด้วยกล้ายภายใต้สภาพพื้นที่ต่างกันพบว่าในพื้นที่ที่ไม่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ให้ผลผลิตที่สูงกว่าซึ่งเป็นผลมาจากความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ ส่วนไม้ชั้นคุณภาพที่ 2 นั้น พบว่าเมื่ออายุเพิ่มขึ้นก็มีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อพิจารณาสัดส่วนร้อยละของไม้ชั้นคุณภาพที่ 2 กลับมีค่าลดลงซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มอายุตัดฟันจะทำให้ได้ไม้ที่มีคุณภาพที่มีคุณภาพเพิ่มขึ้น สำหรับส่วนที่เป็นเศษไม้ปลายไม้นั้นรูปแบบการเปลี่ยนแปลงเหมือนกับไม้คุณภาพชั้นที่ 2

3. การใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษากการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัสอายุ 3 ปี ในแปลงที่ปลูกด้วยกล้ายในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสที่มีขนาดความโตแตกต่างกัน ใช้วิธีการวัดค่าการเคลื่อนที่ของของเหลวภายในลำต้น (Sap Flow) ด้วยเครื่องมือ Thermal Dissipation Probe (TDP) รุ่น TDP-30 ผลิตโดย Dynamax Inc, USA โดยติดตั้งเข็มสัญญาณ (Probe) เข้าไปในบริเวณที่เป็นส่วนของกระพี้ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ได้ผลการศึกษาดังนี้

3.1 การใช้น้ำในรอบวัน

จากผลการวิเคราะห์การใช้น้ำปรากฏว่า ไม้ยูคาลิปตัสที่มีขนาดความโตแตกต่างกัน มีลักษณะหรือแนวโน้มของการใช้น้ำที่คล้ายคลึงกันกล่าวคือ ปริมาณการใช้น้ำของต้นไม้จะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาเช้าและสูงสุดในช่วงเวลาเที่ยง ถึงบ่าย หลังจากนั้นต้นไม้จะลดปริมาณการใช้น้ำในช่วงเวลาเย็นและต่ำสุดในช่วงกลางคืน การใช้น้ำในรอบวันมีความผันแปรไปในแต่ละช่วงเดือนที่ทำการการศึกษา โดยพบว่าปริมาณการใช้น้ำในรอบวันสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนมีการใช้น้ำมากที่สุดในต้นไม้ที่มีขนาดพื้นที่กระพี้ 196.82 ตารางเซนติเมตร โดยมีค่าเท่ากับ 12.70 ลิตรต่อวัน หรือเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 8.85 ลิตรต่อวัน และปริมาณการใช้น้ำในรอบวันเฉลี่ยต่ำสุด พบในเดือนธันวาคม ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด ในต้นไม้ที่มีขนาดพื้นที่กระพี้ 12.92 ตารางเซนติเมตร มีอัตราการใช้น้ำ 0.13 ลิตรต่อวัน หรือเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 1.01 ลิตรต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 11 และ ภาพที่ 14 ซึ่งในช่วงเดือน กรกฎาคม ที่มีการใช้น้ำมากนั้นอาจมี

สาเหตุมาจากในช่วงเวลาดังกล่าวช่วงฤดูฝนแต่ปริมาณการตกของฝนจะมีน้อยกว่าปกติและเป็นช่วงท้องฟ้าเปิด ทำให้ช่วงดังกล่าวต้นไม้ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้สูงทำให้มีการคายน้ำทางใบเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีการใช้น้ำสูงขึ้นด้วย และเมื่อพิจารณาในช่วงเดือน สิงหาคม และ ตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนเหมือนกันแต่ปริมาณการใช้น้ำโดยภาพรวมจะมีค่าต่ำกว่าซึ่งก็สัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนที่ตกมาในพื้นที่และช่วงดังกล่าวท้องฟ้าปิดทำให้กิจกรรมการสังเคราะห์แสง ของต้นไม้ลดลงส่งผลให้การใช้น้ำโดยภาพรวมมีค่าต่ำกว่า และในช่วงเดือนธันวาคม ต้นไม้ที่ได้ศึกษามีการใช้น้ำโดยภาพรวมต่ำสุด ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นฤดูแล้ง ในพื้นที่ฝนที่ตกลงมามีน้อย ส่งผลให้การใช้น้ำในรอบวันต่ำแต่อย่างไรก็ตามต้นไม้ยังมีการใช้น้ำ และเป็นที่น่าสังเกตว่าในช่วงดังกล่าวอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจะมีค่าต่ำกว่าปกติ โดยมีค่าอยู่ประมาณ 23-26 องศาเซลเซียส ซึ่งน่าจะเป็นไปได้ว่าต้นไม้ที่ศึกษาตอบสนองต่ออุณหภูมิ เนื่องจากการเติบโตของพืชขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย ซึ่งอุณหภูมิที่ต่างกัน 2-3 องศาเซลเซียส สามารถนำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงอัตราการเติบโตของพืชได้อย่างเด่นชัด (วงจันทร์, 2535) และอุณหภูมิในพื้นที่ศึกษาเฉลี่ยรายปี มีค่าเท่ากับ 27.36 องศาเซลเซียส ซึ่งช่วงดังกล่าวน่าจะส่งผลให้การคายน้ำลดลง และการใช้น้ำก็ลดลงด้วยตามลำดับด้วย

แนวโน้มการใช้น้ำของต้นไม้แต่ละต้นขึ้นอยู่กับขนาดของกระพี้ โดยต้นไม้ที่มีพื้นที่ของกระพี้มากจะมีปริมาณการใช้น้ำมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา ในไม้สัก (*Tectona grandis*) ผลปรากฏว่าไม่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกมากก็จะส่งผลให้มีพื้นที่ของกระพี้มาก และจะมีค่า Sap Flow สูง (คมสัน, 2543) และ Larcher (1995) พบว่าพื้นที่กระพี้ มีอิทธิพลมากต่อ Sap Flow เนื่องจากพื้นที่กระพี้เป็นบริเวณที่ประกอบด้วย ท่อน้ำ(xylem) เป็นจำนวนมาก ที่คอยทำหน้าที่ลำเลียงน้ำ สารอินทรีย์ และวัตถุดิบซึ่งเป็นสารละลาย จากรากขึ้นสู่ส่วนบนของลำต้น นอกจากนี้ รุ่งเรือง (2537) พบว่าต้นยูคาลิปตัสขนาดพื้นที่กระพี้ 36.44 ตารางเซนติเมตร มีค่า Sap Flow เฉลี่ย 14.13 ลิตรต่อวัน ขณะที่ต้นยูคาลิปตัสที่มีขนาดพื้นที่กระพี้ 148.26 ตารางเซนติเมตร มีค่า Sap Flow เฉลี่ย 48.24 ลิตรต่อวัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาครั้งนี้ผลปรากฏว่าอัตราการใช้น้ำสูงสุดในต้นไม้ที่มีขนาดพื้นที่กระพี้ 196.82 ตารางเซนติเมตร มีการใช้น้ำน้อยกว่าไม้ยูคาลิปตัสที่มีขนาดพื้นที่กระพี้ 148.26 ตารางเซนติเมตร ประมาณ 3.80 เท่า

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กระพี้กับการใช้น้ำ

การใช้น้ำของต้นไม้ในการศึกษาครั้งนี้ประเมินได้จากค่าการใช้น้ำในรอบวันในแต่ละช่วงเวลาเมื่อนำมาหาความสัมพันธ์กับ พื้นที่กระพี้ (Sapwood area) ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้น้ำ ซึ่งต้นไม้เมื่อมีพื้นที่กระพี้เพิ่มมากขึ้นทำให้มีพื้นที่การไหลของของเหลวขึ้นสู่ส่วน