



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

บทบาทของการปลูกไม้ป่ายุคาลิปตัส
คามาลดูละนซิส ต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

โดย

นายจงรัก วัชรินทร์รัตน์

กุมภาพันธ์ 2549

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการบทบาทของการปลูกไม้ป่ายูคาลิปตัส
คามาลดดูแลนชีส 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 DNMRT 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 ตัวอย่างทำการศึกษา	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 ตามาลดูเลนซิส. $Y =$ 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}) ภายใต้กระบวนการสืบทพันธุ์ที่ต่างกัน	78
21	ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางชีววิทยาของหมุ่ไม้ยูคาลิปตัส (WUES _{wt}) ภายใต้กระบวนการสืบทพันธุ์ที่ต่างกัน	79
22	ปริมาณของอนุภาคทราย (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบทพันธุ์ที่ต่างกัน	82
23	ปริมาณของอนุภาคทรายแป้ง (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบทพันธุ์ที่ต่างกัน	84
24	ปริมาณของอนุภาคดินเหนียว (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบทพันธุ์ที่ต่างกัน	86
25	ความหนาแน่นรวมของดิน (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบทพันธุ์ที่ต่างกัน	90
26	ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบทพันธุ์ที่ต่างกัน	92
27	ความพรุนรวมของดิน (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบทพันธุ์ที่ต่างกัน	94
28	ปฏิกิริยาของดินที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบทพันธุ์ที่ต่างกัน	97
29	อินทรีย์วัตถุ (%) ของดินที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบทพันธุ์ที่ต่างกัน	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

แม้ว่าในอดีตมีหลายฝ่ายยังมีข้อโต้แย้งอย่างมากมายเกี่ยวกับการปลูกไม้ยูคาลิปตัส โดยเฉพาะปัญหาในเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากผลผลิตเนื้อไม้ยูคาลิปตัสเป็นที่ต้องการสูงและมีการตลาดที่ค่อนข้างชัดเจน ทำให้พื้นที่ปลูกไม้ยูคาลิปตัสในภาคตะวันออกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามเกี่ยวกับความคุ้มค่าของการปลูกไม้ยูคาลิปตัสนั้นค่อนข้างต่ำแม้ว่าจะมีความพยายามปรับปรุงสายพันธุ์เพื่อให้ได้ผลผลิตในรูปของเนื้อไม้ที่สูงขึ้น 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

ดังนั้นในสถานการณ์ปัจจุบันจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญกับการปลูกสร้างสวนป่าเพราะต้นไม้ในสวนป่าสามารถเปลี่ยนก๊าซ 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 คามาลดูลเลนซิส 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"

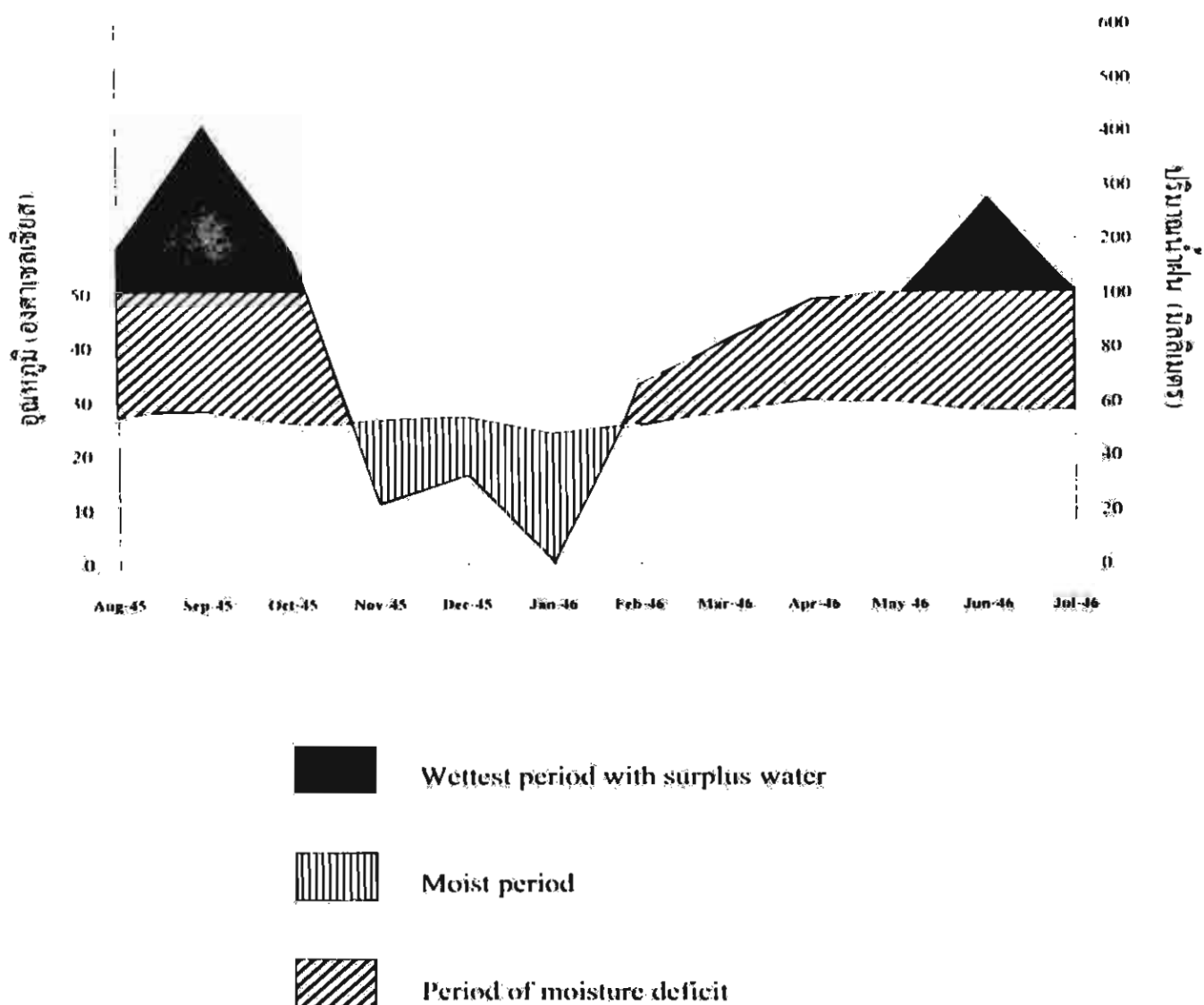
2.2. ลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษา

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 คามาลคูเลนซิส

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

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

เมื่อ WU_d คือ ปริมาณการใช้น้ำในรอบวัน (ลิตรต่อวัน)

A คือ พื้นที่ของกระพี้ของต้นไม้ (ตารางเซนติเมตร)

S_{ti} คือ อัตราการไหลของน้ำที่พืชใช้ในเวลาที่ i เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, 24$ นาฬิกา (เซนติเมตรต่อชั่วโมง)

2.7.2 นำค่าการใช้น้ำในรอบวันของไม้ในแต่ละต้นมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างพื้นที่หน้าตัดส่วนที่เป็นเนื้อไม้ผิวอ่อนจะได้สมการการใช้น้ำของต้นไม้ในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

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 อันจะทำให้เกิดการพิจารณาคัดเลือกโครงการในการลงทุนเป็นไปด้วยความเหมาะสมยิ่งขึ้น ได้แก่

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

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

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 ต้นทุนเพิ่มหรือราคาผลผลิตลดต่ำลงกว่าที่คาดไว้ 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 เมื่อเปรียบเทียบกับทางสถิติผลปรากฏว่ากระบวนการสืบพันธุ์ด้วยกล้ากับการตัดแต่งหน่อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ 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

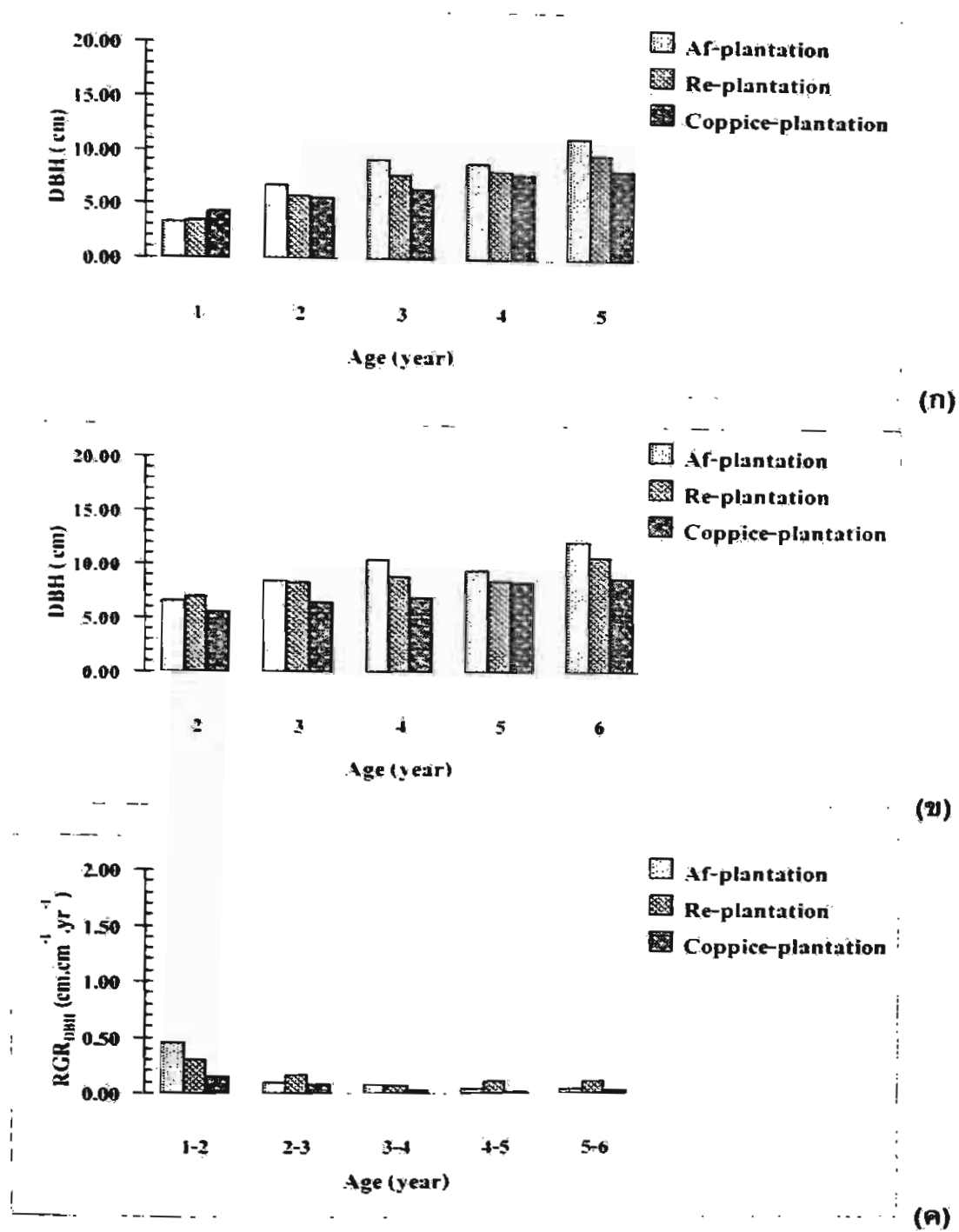
หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดสอบโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

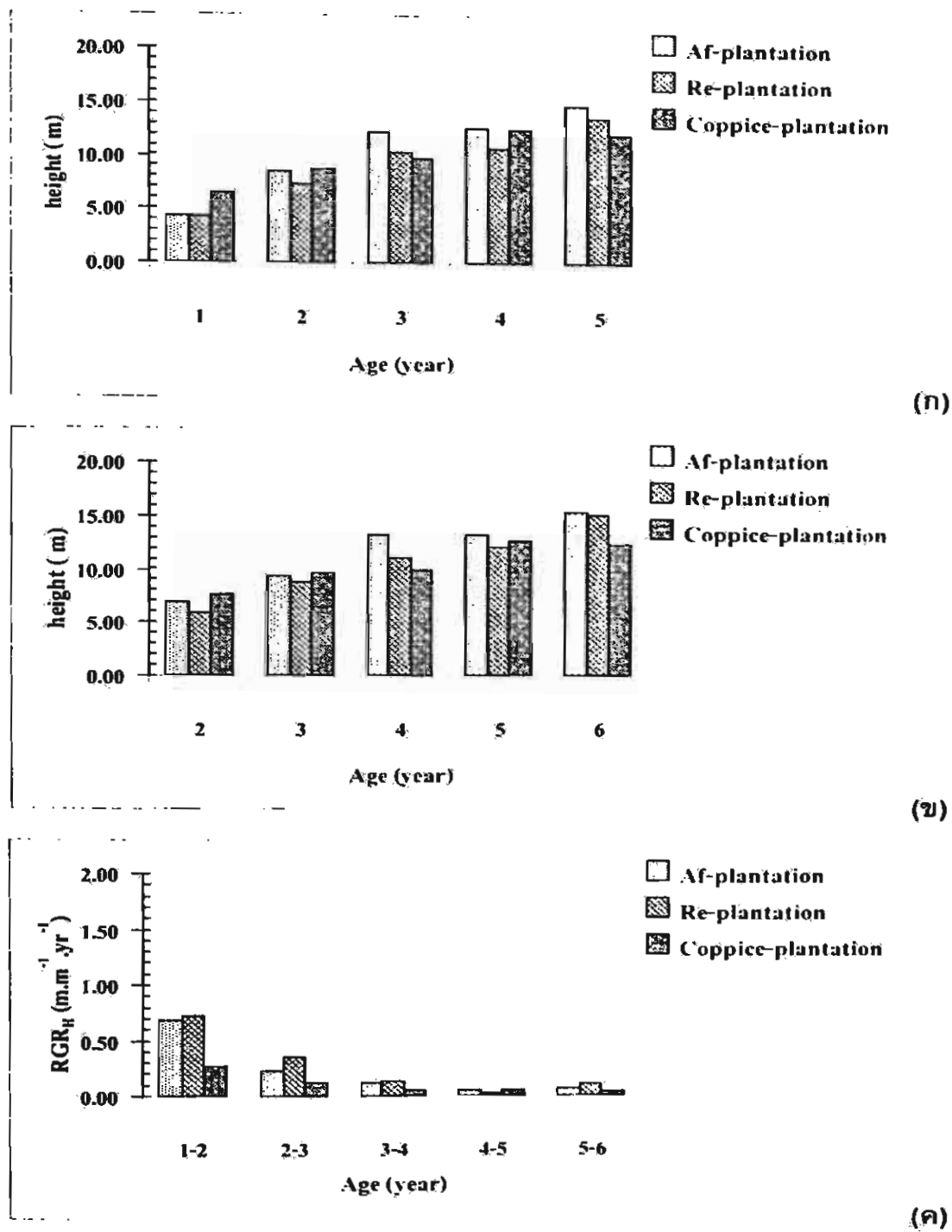
* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** 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 ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันมีผลต่อความแตกต่างกันของผลผลิตมวลชีวภาพของใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 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 (ต้นต่อเฮกตาร์)		อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (กิโลกรัมต่อกิโลกรัมต่อปี)	อัตราการเติบโตสมบูรณ์ (ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี)
		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

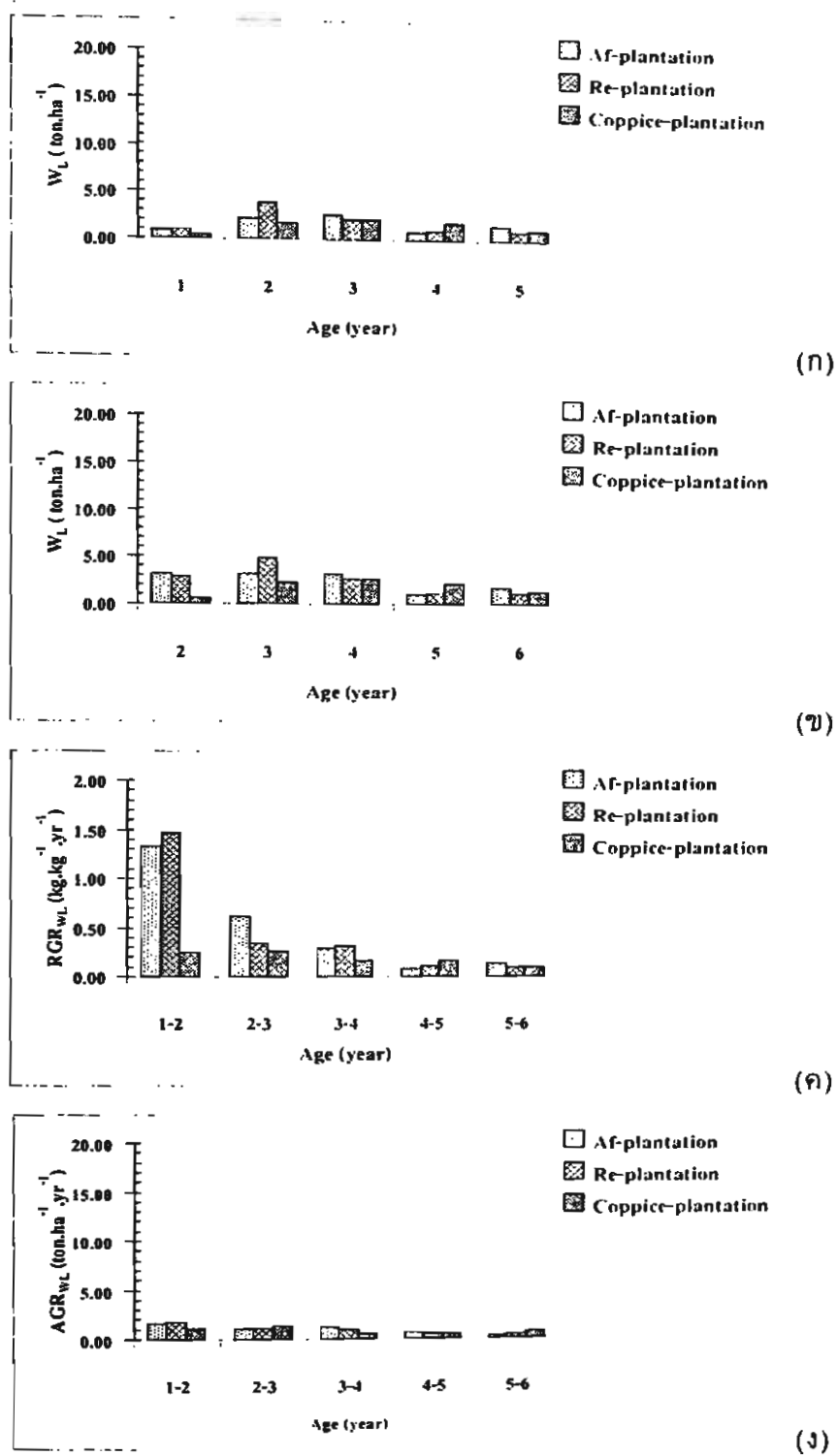
Duncan's New Multiple Range Test

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) ของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

ผลผลิตมวลชีวภาพกิ่ง (W_g)

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

เมื่อวิเคราะห์หาอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนที่เป็นผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่ง (RGR_{wg}) และอัตราการเติบโตสมบูรณ์ในส่วนที่เป็นผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่ง (AGR_{wg}) ผลปรากฏว่า ค่า RGR_{wg} ในชั้นอายุ 1 และ 2 ปี มีค่าสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส เท่ากับ 1.27 และ 0.41 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมต่อปี และมีความแตกต่างกันกับการตัดแต่งหน่ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในชั้นอายุ 1 ปี แต่ในชั้นอายุ 2 ปี นั้นผลปรากฏว่า การปลูกด้วยกล้ามีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส กับการตัดแต่งหน่อจะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นผลมาจากในแปลงที่ตัดแต่งหน่อ 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} มีค่าสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่
 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. 2545	ปี พ.ศ. 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 ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดสอบโดยใช้

Duncan's New multiple Range Test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

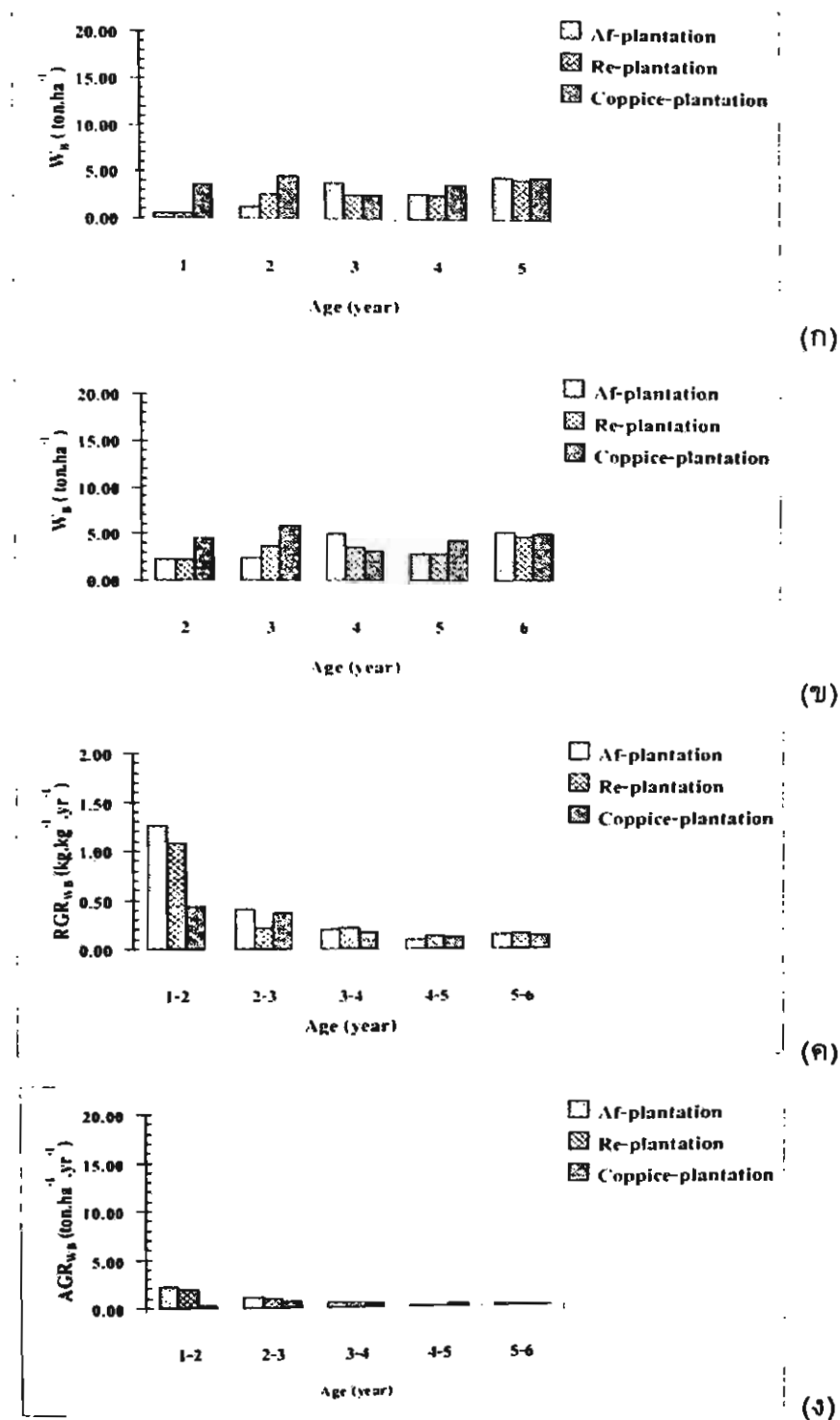
* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

RGR และ AGR เป็นค่าที่แสดงเมื่อไม้มีอายุในปีนั้นๆ ไปยังปีถัดไป

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 และแตกต่างกันกับแปลงที่ตัดตกแต่งหน่ออย่างมีนัยสำคัญในทุกชั้นอายุ เมื่อพิจารณา ค่า AGR_{ws} ผลปรากฏว่าในชั้นอายุ 1 ปี มีค่าสูงสุดในแปลงที่ตัดตกแต่งหน่อ 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 แปลงที่ตัดตกแต่งหน่อและแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แปลงทั้งสองจะแตกต่างกับแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 6 และภาพที่ 10 ซึ่งอัตราการเติบโตสมบูรณ์ ในส่วนที่เป็นผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้นนั้น จะเห็นว่าการตัดตกแต่งหน่อจะมีค่าสูงกว่าการปลูกด้วยกล้าในช่วงปีแรกเท่านั้น ในปี 2-3 ผลปรากฏว่ามีค่าลดลงอย่างชัดเจนซึ่งเป็นผลมาจากการตัดแต่งหน่อออกเป็นบางส่วน และเพิ่มขึ้นในช่วงปีที่ 4-5 อย่างไรก็ตาม อัตราการเติบโตสมบูรณ์ ในส่วนที่เป็นผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้นในแปลงตัดตกแต่งหน่อยังมีค่าที่ต่ำกว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าซึ่งเป็นผลมาจากการเติบโตทางด้านความสูงด้วยเนื่องจากการตัดตกแต่งหน่อผลปรากฏว่าการเติบโตทางความสูงจะมีค่าน้อยกว่าการปลูกด้วยกล้า

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

อายุ (ปี)	กระบวนการสืบพันธุ์	ผลผลิตมวลชีวภาพ ของลำต้น (ต้นต่อเฮกตาร์)		อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (กิโลกรัมต่อกิโลกรัมต่อปี)	อัตราการเติบโตสมบูรณ์ (ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี)
		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

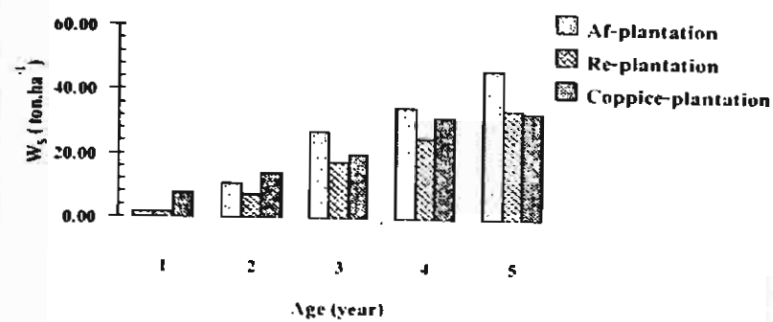
Duncan's New Multiple Range Test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

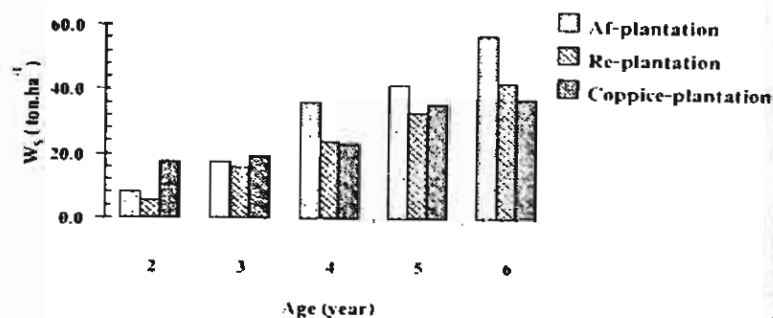
* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

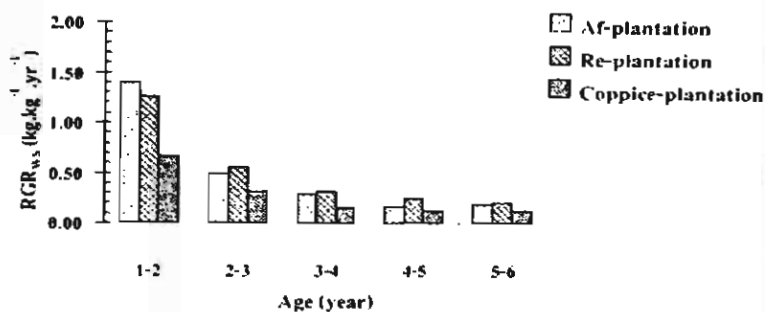
RGR และ AGR เป็นค่าที่แสดงเมื่อไม่มีอายุในปีนั้นๆ ไปยังปีถัดไป



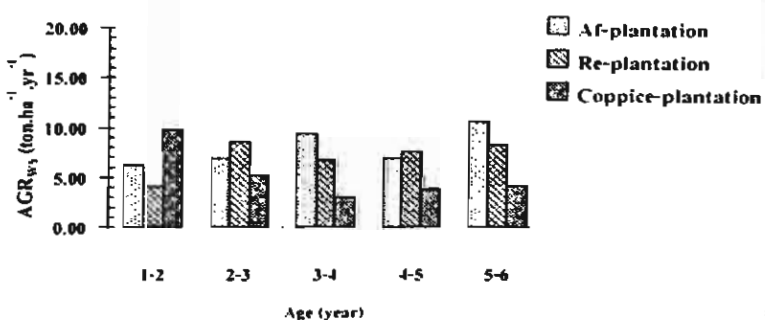
(ก)



(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 กระบวนการสืบพันธุ์ด้วยกล้า แตกต่างกันกับการตัดแตกหน่ออย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติแต่เมื่ออายุ 2 ปี ผลปรากฏว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ 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 ความลาดชันของพื้นที่ปลูกได้ กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

อายุ (ปี)	กระบวนการสืบพันธุ์	ผลผลิตมวลชีวภาพ ขอเหนือพื้นดิน ทั้งหมด (ตันต่อเฮกแตร์)		อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (กิโลกรัมต่อกิโลกรัมต่อปี)	อัตราการเติบโตสมบูรณ์ (ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี)
		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 ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดสอบโดยใช้

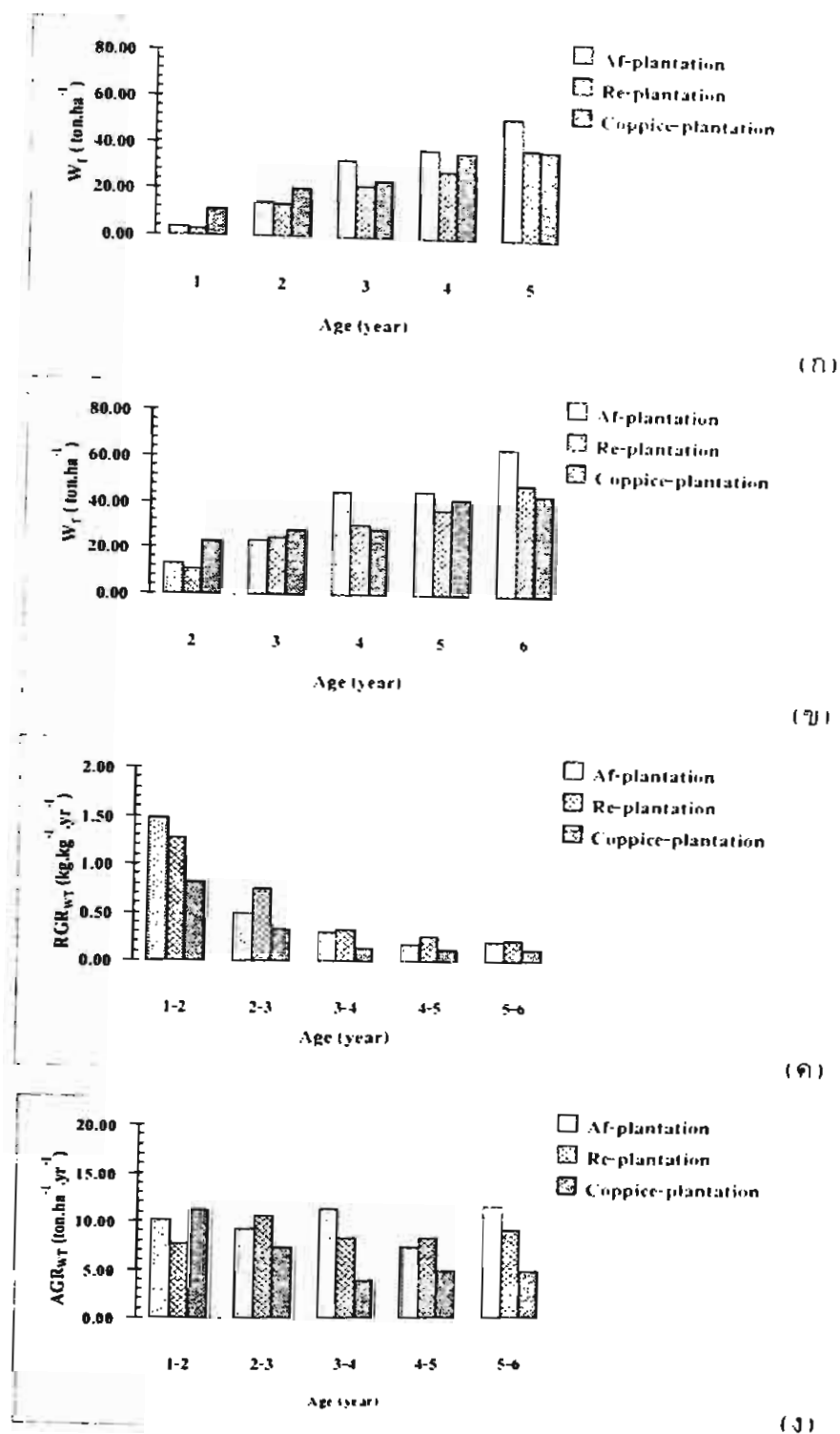
Duncan's New Multiple Range Test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

RGR และ AGR เป็นค่าที่แสดงเมื่อไม้มีอายุในปีนั้นๆ ไปยังปีถัดไป



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

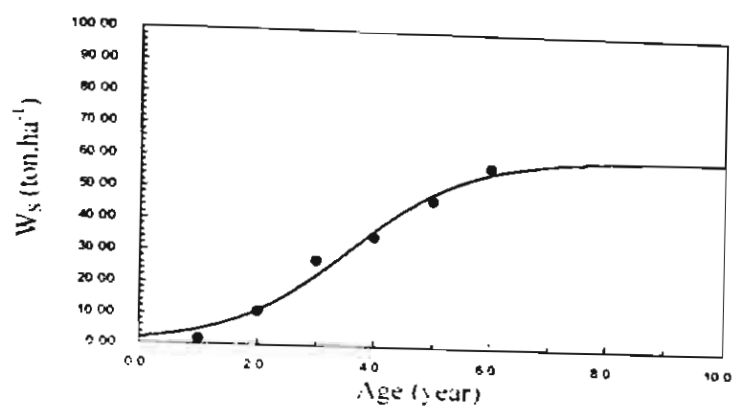
$$y_i = \frac{a}{1 + be^{-cx}}$$

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

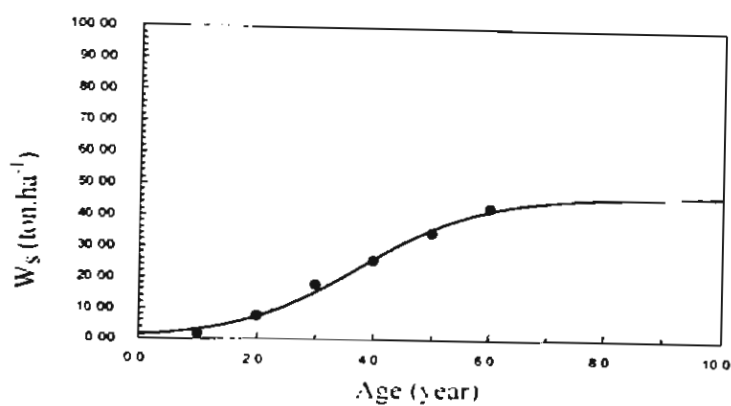
ค่าคงที่ a ที่ได้จากสมการ เป็นค่าผลผลิตมวลชีวภาพที่มีค่าได้สูงสุดเมื่อชั้นอายุเพิ่มมากขึ้นและ จากการศึกษาผลปรากฏว่า ผลผลิตส่วนที่เป็นลำต้นเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้นจะได้รับผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้นสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส 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 จะมีค่าสูงกว่าในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงตัดแตกหน่อ ดังแสดงในตารางที่ 8 ภาพที่ 12 และ 13

ตารางที่ 8 ค่าคงที่ของความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุกับผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น และ
ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด ในรูป Logistic Growth Curve

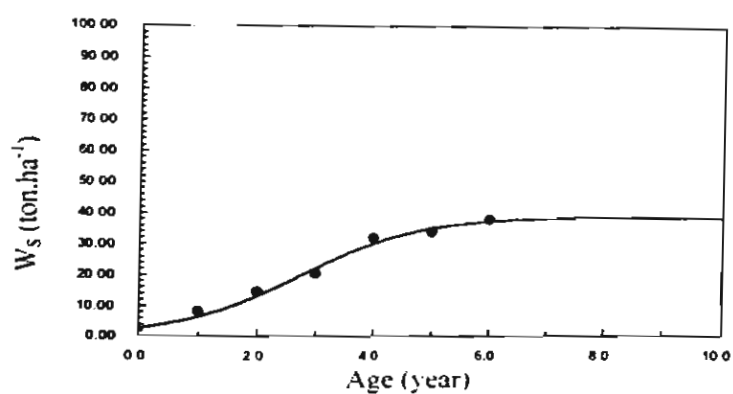
กระบวนการสืบพันธุ์	ค่าคงที่			R ²
	A	B	c	
ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (W _s)				
Af-plantation	61.10	29.83	0.95	0.99
Re-plantation	46.75	33.97	0.94	0.99
Coppice-plantation	38.68	13.23	0.96	0.99
ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (W _T)				
Af-plantation	68.77	22.60	0.90	0.99
Re-plantation	55.02	18.91	0.80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



Af-plantation

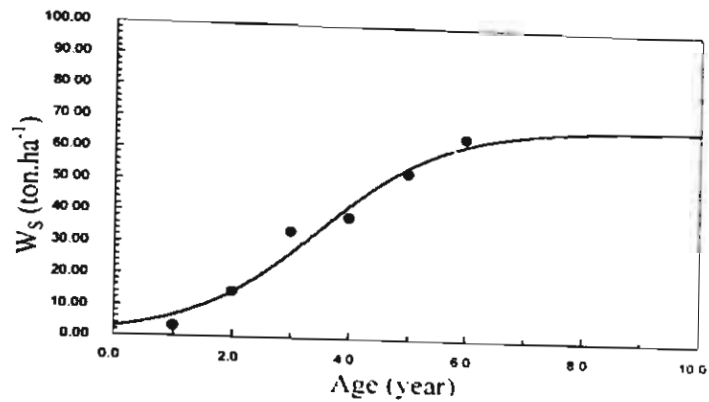


Re-plantation

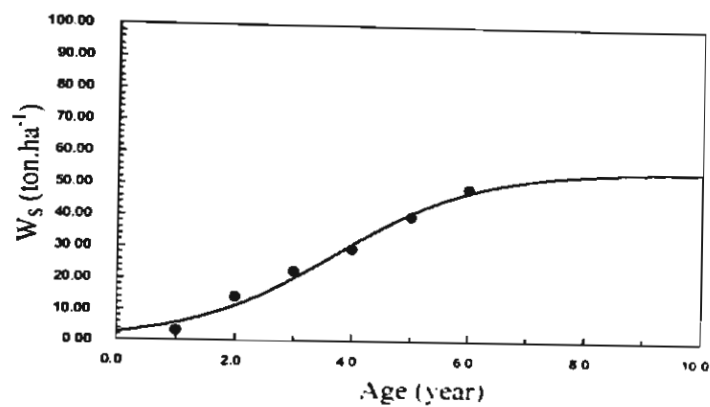


Coppice-plantation

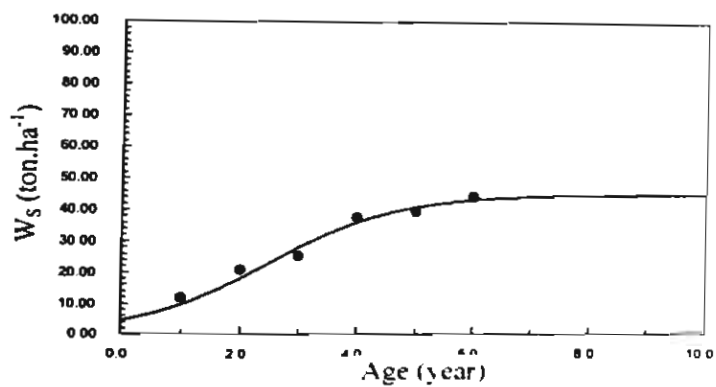
ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุและผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (W_s) ในรูป Logistic Growth Curve ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน



Af-plantation



Re-plantation



Coppice-plantation

ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุและผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (W_t)

ในรูป Logistic Growth Curve ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส 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 เป็นส่วนที่โรงงานไม่รับซื้อในการศึกษาครั้งนี้เพื่อประเมินส่วนที่ไม่สามารถขายได้ 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 เมื่อพิจารณาผล 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

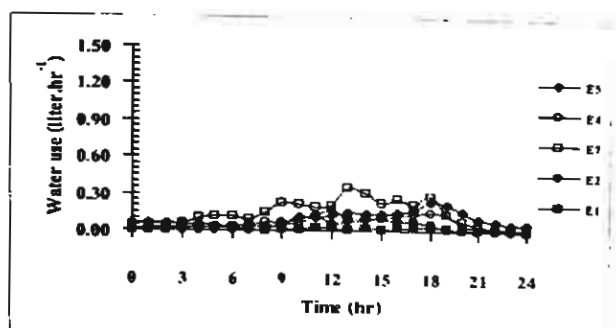
3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กระพี้กับการใช้น้ำ

การใช้น้ำของต้นไม้ในการศึกษาครั้งนี้ประเมินได้จากค่าการใช้น้ำในรอบวันในแต่ละช่วงเวลาเมื่อนำมาหาความสัมพันธ์กับ พื้นที่กระพี้ (Sapwood area) ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้น้ำ ซึ่งต้นไม้เมื่อมีพื้นที่กระพี้เพิ่มมากขึ้นทำให้มีพื้นที่การไหลของของเหลวขึ้นสู่ส่วน

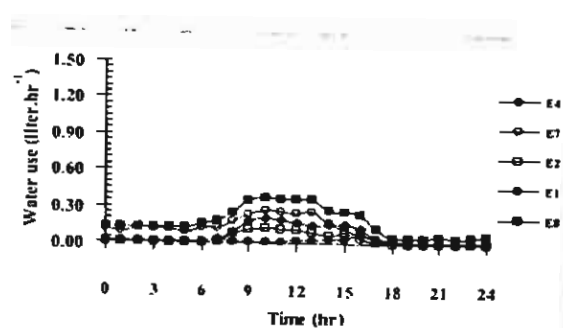
เรือนยอดมากขึ้นและในการศึกษาครั้งนี้พบว่าไม้ยูคาลิปตัส ที่ได้ทำการศึกษาผลปรากฏว่าเนื้อไม้ทั้งหมดยังเป็นกระพี้ และในการศึกษาครั้งนี้ได้ตัดปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นที่มีผลต่อการใช้น้ำออก กล่าวคือพิจารณาเฉพาะพื้นที่กระพี้อย่างเดียว จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของพื้นที่กระพี้ (Sapwood area) กับปริมาณการใช้น้ำที่ไม้ยูคาลิปตัสใช้ไป ในแต่ละช่วงเวลา ผลปรากฏว่ามีความสัมพันธ์ในรูปแบบเชิงยกกำลัง (Power Function) ซึ่งมีรูปแบบการในแต่ละช่วงเวลาในรอบปี ดังแสดงในภาพที่ 15 และในไม้ชนิดอื่นที่ได้มีการศึกษาพบว่าการศึกษาในไม้ดินเปิดที่อายุ 6 ปีความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับการใช้น้ำมีรูปแบบสมการเส้นตรง (จตุพร, 2545) อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้มีไม้ตัวอย่างบางต้นที่ไม่สามารถนำมาหาความสัมพันธ์ได้ในบางช่วงเวลา และไม้ที่นำมาหาความสัมพันธ์ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การใช้ไม้เฉลี่ยในรอบวัน ของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันของไม้ตัวอย่าง
ทำการศึกษา

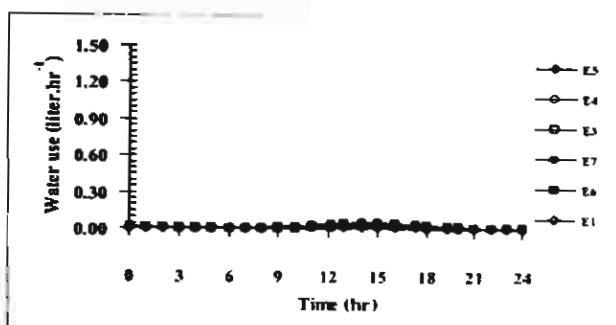
ครั้งที่	หมายเลขต้น	พื้นที่กระพี้ (ตารางเซนติเมตร)	การใช้ไม้เฉลี่ย รอบวัน (ลิตร)	ช่วงเวลา
1	Eu_1	10.05	0.43	สิงหาคม
1	Eu_2	21.38	0.89	สิงหาคม
1	Eu_4	45.98	1.64	สิงหาคม
1	Eu_5	62.55	2.42	สิงหาคม
1	Eu_7	82.70	3.45	สิงหาคม
2	Eu_1	12.12	0.47	ตุลาคม
2	Eu_2	24.06	0.89	ตุลาคม
2	Eu_4	51.49	1.68	ตุลาคม
2	Eu_7	93.27	2.82	ตุลาคม
2	Eu_8	130.43	4.40	ตุลาคม
3	Eu_1	12.92	0.13	ธันวาคม
3	Eu_3	35.06	0.28	ธันวาคม
3	Eu_4	52.31	0.35	ธันวาคม
3	Eu_5	72.75	0.51	ธันวาคม
3	Eu_6	83.78	0.52	ธันวาคม
3	Eu_7	105.18	0.56	ธันวาคม
4	Eu_1	14.37	0.74	มีนาคม
4	Eu_2	27.65	1.28	มีนาคม
4	Eu_3	37.09	1.94	มีนาคม
4	Eu_5	76.65	2.51	มีนาคม
4	Eu_6	92.19	2.73	มีนาคม
4	Eu_9	175.66	4.32	มีนาคม
5	Eu_1	15.80	1.02	พฤษภาคม
5	Eu_2	31.01	3.22	พฤษภาคม
5	Eu_3	39.71	3.46	พฤษภาคม
5	Eu_4	56.04	6.48	พฤษภาคม
5	Eu_6	94.64	7.10	พฤษภาคม
5	Eu_7	116.03	8.93	พฤษภาคม
6	Eu_2	32.43	3.76	กรกฎาคม
6	Eu_3	42.42	4.83	กรกฎาคม
6	Eu_4	58.17	7.05	กรกฎาคม
6	Eu_6	101.62	7.46	กรกฎาคม
6	Eu_8	170.10	8.91	กรกฎาคม
6	Eu_9	196.82	12.70	กรกฎาคม



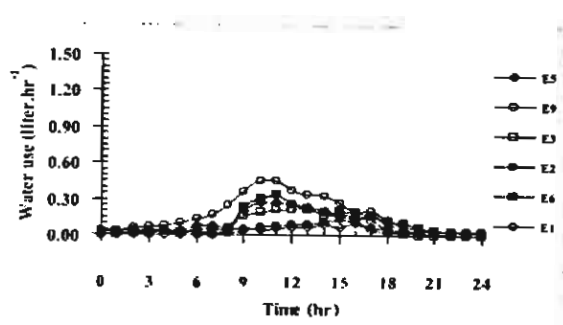
18 สิงหาคม 2545



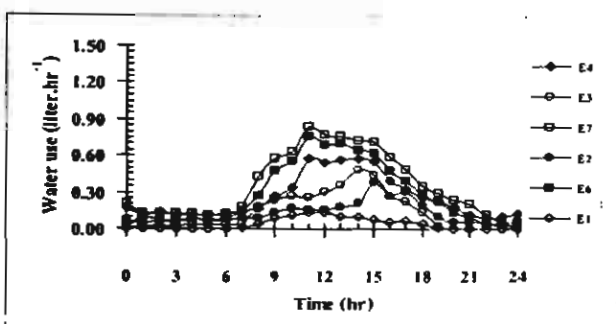
23 ตุลาคม 2545



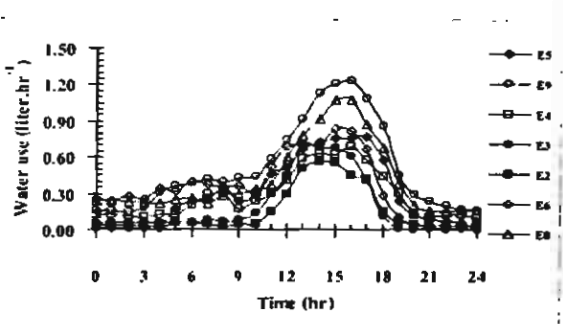
26 ธันวาคม 2545



3 มีนาคม 2546

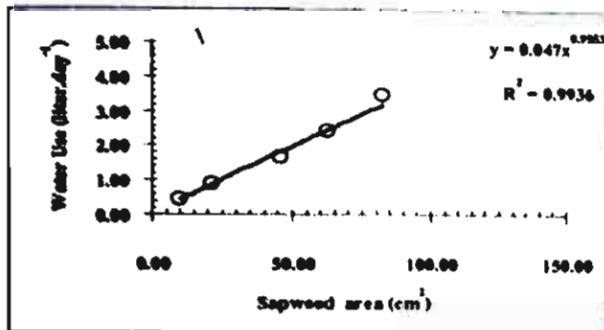


6 พฤษภาคม 2546

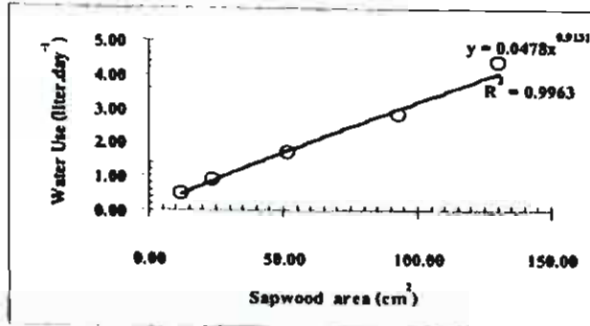


4 กรกฎาคม 2547

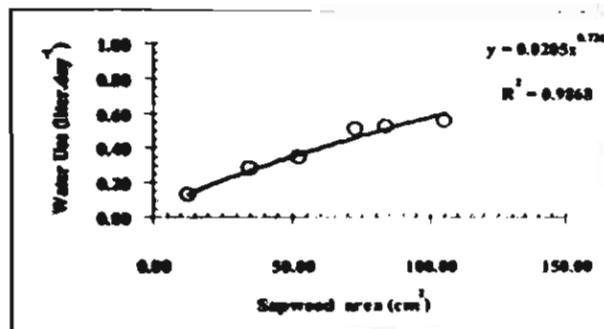
ภาพที่ 14 การใช้น้ำในรอบวันของไม้ยูคาลิปตัส อายุ 3 ปี ในแต่ละช่วงเดือนที่ทำการศึกษา



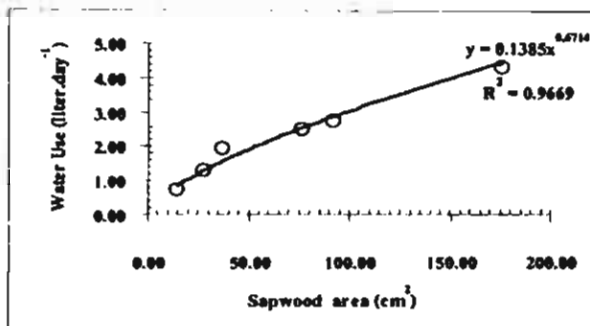
18 สิงหาคม 2545



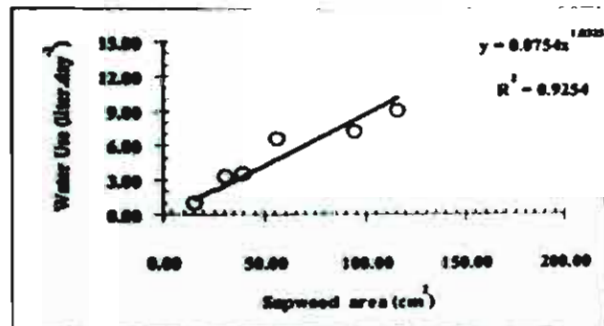
23 ตุลาคม 2545



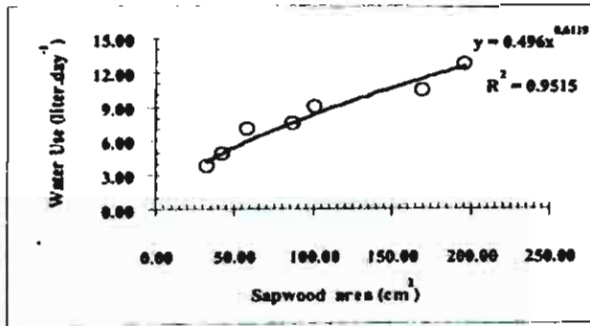
26 ธันวาคม 2545



3 มีนาคม 2546



6 พฤษภาคม 2546

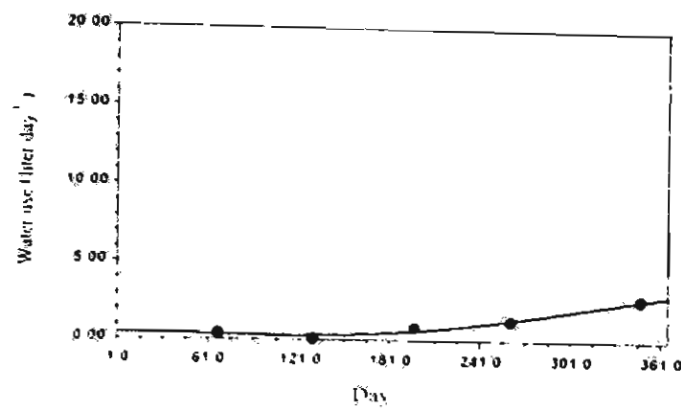


4 กรกฎาคม 2546

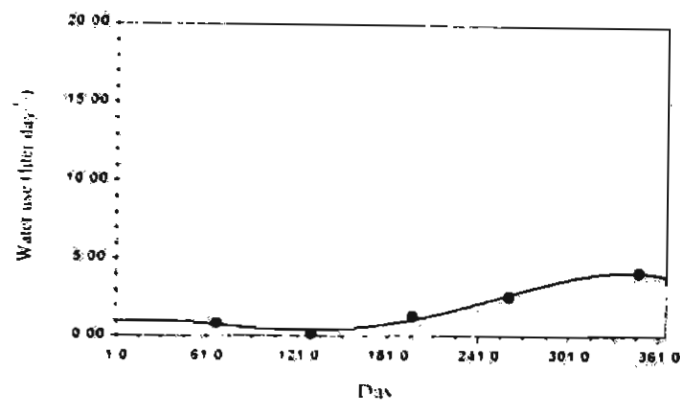
ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ของพื้นที่กระพี้กับการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัสในแต่ละช่วงเดือนที่ทำการศึกษา

3.3 การใช้น้ำในรอบปี

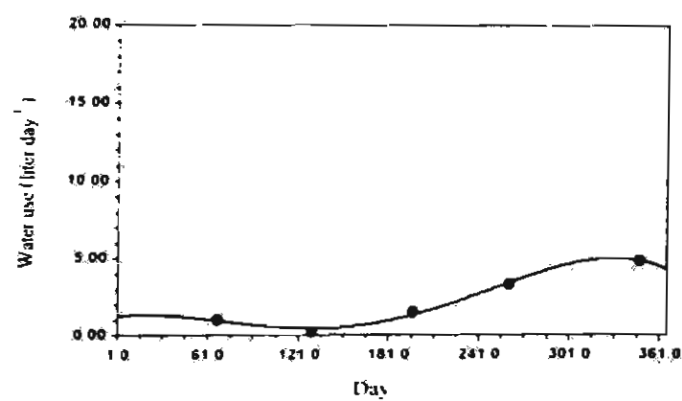
การใช้น้ำของต้นไม้โดยทั่วไปรูปแบบการใช้น้ำของต้นไม้จะมีความผันแปรในแต่ละชนิด ฤดูกาล ในต้นไม้ชนิดเดียวกันก็มีความแตกต่างกันไปในแต่ละต้น จากการศึกษาการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส ผลปรากฏว่ารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำของต้นไม้ (ลิตร) และเวลา (วัน) มีความสัมพันธ์แบบ polynomial ดีกรี 4 ดังแสดงไว้ใน ตารางที่ 12 ภาพที่ 16 เมื่อทำการอินทิเกรตหาพื้นที่ใต้กราฟ จะได้ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี จากการศึกษา ผลปรากฏว่าไม้ยูคาลิปตัส มีการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้นตามขนาดความโตที่เพิ่มขึ้นซึ่งในไม้ต้นที่มีขนาด จากเล็กไปใหญ่ ตั้งแต่ ขนาด 3.98 5.62 6.68 8.05 9.32 10.07 10.66 12.30 และ 13.76 เซนติเมตร หรือการเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงออกเฉลี่ยเท่ากับ 8.94 เซนติเมตร การใช้น้ำในรอบปี เท่ากับ 368.706 645.60 805.76 1,100.61 1,494.09 1,719.64 2,026.87 2,744.13 และ 3,119.95 ลิตรต่อต้นต่อปี หรือเฉลี่ยในรอบปีปริมาณการใช้น้ำเท่ากับ 1558.37 ลิตรต่อต้นต่อปี แนวโน้มการใช้น้ำในรอบปีของไม้ยูคาลิปตัส มีแนวโน้ม ๑ เพิ่มขึ้นจากเดือนกุมภาพันธ์ และไปสูงสุดประมาณเดือนมิถุนายน จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง และมีค่าต่ำสุดในช่วงเดือนธันวาคม จะเห็นได้ว่า ความผันแปรของปริมาณการใช้น้ำการใช้น้ำของ ต้นไม้นั้นจะแตกต่างกันไปตามปริมาณพื้นที่กระพี้ของไม้ และความแตกต่างของฤดูกาล สมบุญ (2544) ได้สรุปไว้ว่า ปัจจัยสิ่งแวดล้อมได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น แสง ลม ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และสภาพของดินมีผลต่อการคายน้ำและการดูดน้ำของพืช ในวันที่มีอุณหภูมิสูง แสงแดดจ้า ลมแรง ความชื้นในบรรยากาศต่ำ พืชจะมีการคายน้ำสูงและมีการดูดน้ำได้มากเพื่อทดแทนน้ำที่สูญเสียไปจากการคายน้ำ



DBH = 3.98 cm.

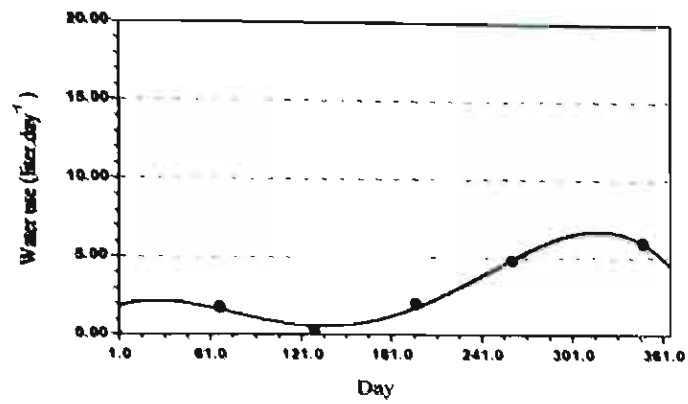


DBH = 5.62 cm.

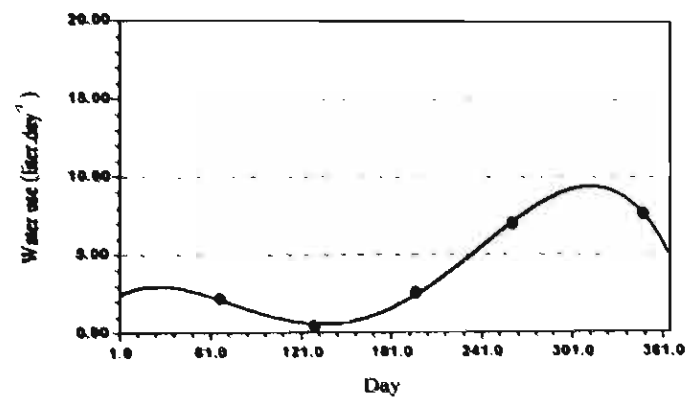


DBH = 6.68 cm.

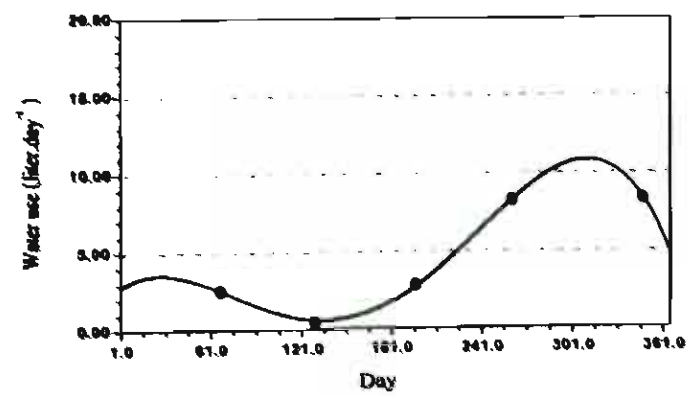
ภาพที่ 16 รูปแบบสมการการใช้น้ำในรอบปีของไม้ยูคาลิปตัสอายุ 3 ปี ที่มีขนาดชั้นเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH class) ตั้งแต่ 3.98-13.76 เซนติเมตรโดยวันที่ 1 คือวันเริ่มทำการศึกษาดตรงกับวันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2545



DBH = 8.05 cm.

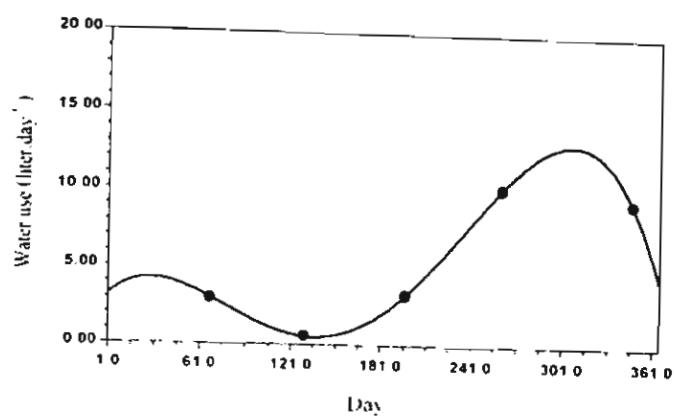


DBH = 9.32 cm.

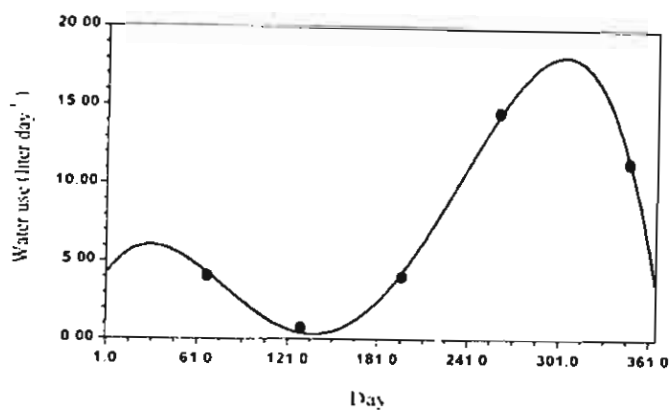


DBH = 10.07 cm.

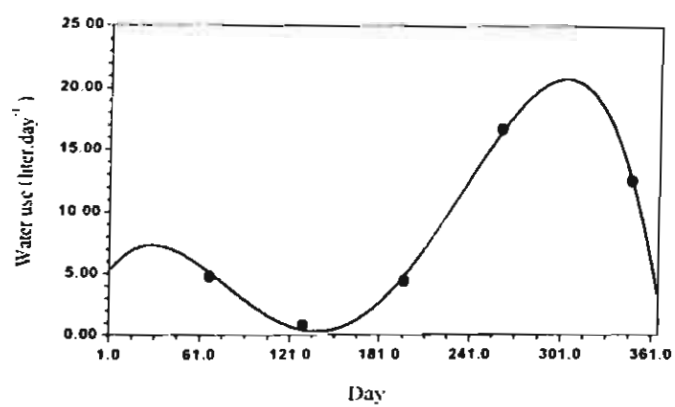
ภาพที่ 16 (ต่อ)



DBH = 10.66 cm.



DBH = 12.30 cm.



DBH = 13.76 cm.

ภาพที่ 16 (ต่อ)

ตารางที่ 12 รูปแบบสมการการใช้น้ำในรอบปีของไม้ยูคาลิปตัสอายุ 3 ปี ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกขนาดตั้งแต่ 3.98-13.76 เซนติเมตร

เส้นผ่าศูนย์กลาง เพียงอก (เซนติเมตร)	รูปแบบสมการ	R ²
3.98	$Y = 0.2484 + (1.1854)X - (1974 \times 10^{-4})X^2 - (6.6374 \times 10^{-7})X^3 + (5.816 \times 10^{-10})X^4$	0.8199
5.62	$Y = 0.5650 + (6.3399 \times 10^{-2})X - (1.0918 \times 10^{-1})X^2 + (5.6797 \times 10^{-6})X^3 - (8.6013 \times 10^{-9})X^4$	0.9663
6.68	$Y = 0.5997 + (0.1318)X - (2.0581 \times 10^{-1})X^2 + (1.0107 \times 10^{-5})X^3 - (1.4893 \times 10^{-8})X^4$	0.9687
8.05	$Y = 0.5467 + (7.9548 \times 10^{-2})X - (1.4060 \times 10^{-1})X^2 + (7.6327 \times 10^{-6})X^3 - (1.1641 \times 10^{-8})X^4$	0.9955
9.32	$Y = 0.8798 + (0.3088)X - (5.2840 \times 10^{-1})X^2 + (2.7369 \times 10^{-5})X^3 - (4.1657 \times 10^{-8})X^4$	0.9935
10.07	$Y = 1.4295 + (0.1487)X - (2.3228 \times 10^{-1})X^2 + (1.1060 \times 10^{-5})X^3 - (1.5563 \times 10^{-8})X^4$	0.9569
10.66	$Y = 3.0965 + (9.2182 \times 10^{-2})X - (2.1281 \times 10^{-1})X^2 + (1.2310 \times 10^{-5})X^3 - (1.9578 \times 10^{-8})X^4$	0.9999
12.30	$Y = 3.9139 + (0.1707)X - (0.2920 \times 10^{-1})X^2 + (4.119 \times 10^{-6})X^3 - (2.0001 \times 10^{-8})X^4$	0.8199
13.76	$Y = 3.8347 + (0.1141)X - (2.2304 \times 10^{-1})X^2 + (1.1998 \times 10^{-5})X^3 - (1.7853 \times 10^{-8})X^4$	0.9246

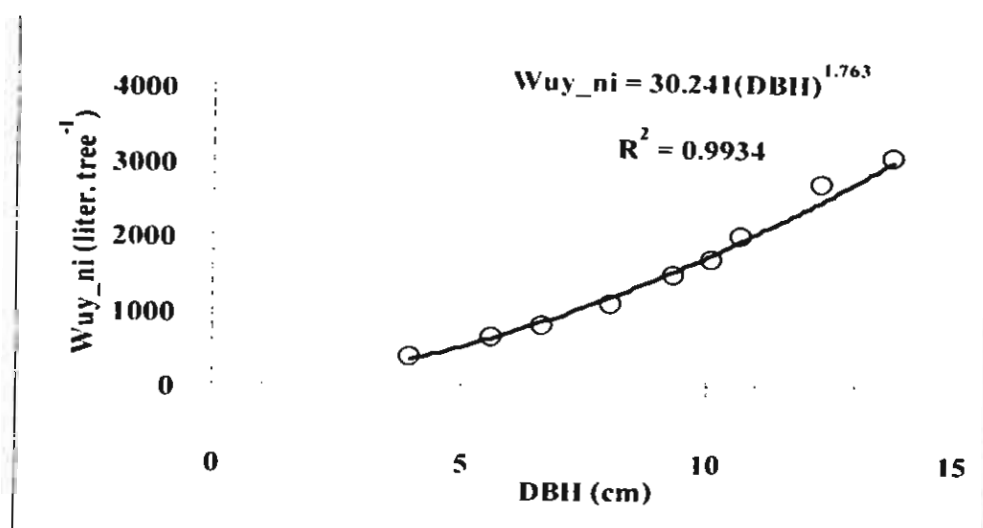
หมายเหตุ Y = ปริมาณการใช้น้ำในรอบปีของต้นไม้ (ลิตร)

X = จำนวนวัน (วัน) นับจากวันที่เริ่มศึกษา คือ 18 สิงหาคม 2545

เมื่อหาความสัมพันธ์การใช้น้ำในรอบปีกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกจะได้สมการการใช้น้ำรายต้นของไม้ยูคาลิปตัสในรอบปีมีความสัมพันธ์ในรูปแบบเชิงยกกำลัง (Power Function) โดยมีรูปสมการ

$$Wuy_ni = 30.241(DBH)^{1.763} \quad R^2 = 0.9934$$

เมื่อ Wuy_ni คือ ปริมาณการใช้น้ำของไม้แต่ละต้นในพื้นที่ทำการศึกษา (ลิตรต่อต้น)



ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์การใช้น้ำในรอบปีกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก ของไม้ยูคาลิปตัส อายุ 3 ปี

3.4 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Use Efficiency ; WUE) จะพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำกับผลผลิตมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผลผลิตมีความหมายอยู่ด้วยกัน 2 ด้านคือ ผลผลิตด้านเศรษฐกิจ (Economic Yield) และผลผลิตในทางชีววิทยา (Biological Yield) โดยผลผลิตด้านเศรษฐกิจนั้น จะพิจารณาประสิทธิภาพการใช้น้ำในการสร้างเนื้อไม้ใน ส่วนผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น หรือเรียกว่า ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางด้านเศรษฐกิจ (WUE_{ws}) ส่วนผลผลิตในทางชีววิทยานั้น พิจารณาประสิทธิภาพการใช้น้ำในการสร้างผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงซึ่งครั้งนี้จะใช้มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด ที่เพิ่มพูนขึ้นในรอบ

หนึ่งปี หรือเรียกว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำทางด้านชีววิทยา (WUE_{wt}) จากการศึกษา ผลปรากฏว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำทางด้านเศรษฐกิจ (WUE_{ws}) และ ประสิทธิภาพการใช้น้ำในทางด้านชีววิทยา (WUE_{wt}) มีสูงสุดเท่ากับ 6.03 และ 6.54 กรัมต่อลิตร ในต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 12.30 เซนติเมตร และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.09 และ 3.43 กรัมต่อลิตร ในต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก เท่ากับ 8.05 เซนติเมตร และโดยเฉลี่ยแล้ว มีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำทางด้านเศรษฐกิจ (WUE_{ws}) และประสิทธิภาพการใช้น้ำทางด้านชีววิทยา (WUE_{wt}) และเท่ากับ 4.66 และ 5.16 กรัมต่อลิตร ซึ่งจะเห็นว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้ที่ได้ศึกษานั้นไม่ได้มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามชั้นขนาดความโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกเพียงอย่างเดียว เนื่องจากต้องนำความเพิ่มพูนของผลผลิตในส่วนต่าง ๆ และปริมาณน้ำที่ใช้ไปในช่วงเวลาเดียวกันมาคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้น้ำ และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ กฤษณากรณ์ (2547) ที่ได้ศึกษาการใช้น้ำ ในไม้ต่างถิ่น 3 ชนิด ได้แก่ กระดินดอย จันทร์ทองใต้หวัน และ เมเปิลหอม ผลปรากฏว่าภายหลังการตัดสาขายาระยะแล้ว มี WUE_{ws} เท่ากับ 2.44 1.00 และ 3.71 กรัมต่อลิตร และ WUE_{wt} เท่ากับ 3.51 1.69 และ 6.83 กรัมต่อลิตร ผลปรากฏว่า WUE_{ws} มีค่าสูงกว่าไม้ต่างถิ่นทั้ง 3 ชนิด แต่ WUE_{wt} ของไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงกว่าไม้ต่างถิ่น 2 ชนิด คือ กระดินดอย และ จันทร์ทองใต้หวัน ภายหลังจากการตัดสาขายาระยะแล้ว ยกเว้นไม้เมเปิลหอมชนิดเดียวที่มีค่าสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนระหว่าง WUE_{ws} และ WUE_{wt} ของไม้ยูคาลิปตัสที่มีค่าต่ำสุด และสูงสุดผลปรากฏว่ามีค่าเท่ากับ ร้อยละ 99 และ 92 ตามลำดับ ซึ่งนั่นหมายความว่าไม้ยูคาลิปตัสที่มีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำมีแนวโน้มที่จะใช้น้ำในการเพิ่มพูนผลิตในส่วนที่เป็นเนื้อไม้สูงกว่าไม้ยูคาลิปตัส ที่มีประสิทธิภาพการใช้น้ำที่สูงกว่า ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 การเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพในรอบปี (AGR) การใช้น้ำในรอบปี (Water Use) และประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส (WUE)

EU_No.	DBH (cm)	AGR _{ws} (kg.yr. ⁻¹)	AGR _{wt} (kg.yr. ⁻¹)	Water Use (liter.yr. ⁻¹)	WUE _{ws} (g.liter ⁻¹)	WUE _{wt} (g.liter ⁻¹)
1	3.98	1.50	1.75	368.71	4.65	5.41
2	5.62	2.72	3.08	645.60	4.71	5.34
3	6.68	2.84	3.18	805.76	3.92	4.39
4	8.05	3.06	3.40	1,100.61	3.09	3.43
5	9.32	6.26	6.88	1,494.09	4.58	5.04
6	10.07	7.22	7.91	1,719.64	4.59	5.02
7	10.66	9.79	10.69	2,026.87	5.24	5.72
8	12.30	15.42	16.72	2,744.13	6.03	6.54
9	13.76	14.94	16.14	3,119.95	5.12	5.53
Average	8.94	7.08	7.75	1,558.37	4.66	5.16

4. การใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำของหมุ่ไม้สวนป่าไม้ยูคาลิปตัส

4.1 การใช้น้ำในรอบปี

การใช้น้ำในของหมุ่ไม้ได้ทำการประเมินการใช้น้ำในรอบปีโดยนำขนาดความโตที่ระดับเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกไปแทนค่าในสมการ

$$Wuy_{ni} = 30.241(DBH)^{1.763} \quad R^2 = 0.9934$$

เมื่อ Wuy_{ni} คือ ปริมาณการใช้น้ำของไม้แต่ละต้นในหมุ่ไม้ที่ทำการศึกษา (ลิตรต่อต้น)

จากการวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี ของหมูไม้ไผ่ยุคาลิปตัส ในชั้นอายุ 1 ปี ผลปรากฏว่าแปลงที่ตัดแตกหน่อ มีค่าสูงสุด รองลงมาคือแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยุคาลิปตัส และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยุคาลิปตัส มีค่าต่ำสุด เท่า 1.57 1.14 และ 1.06 ล้านลิตรต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือ 156.86 114 23 และ 105.61 มิลลิเมตรต่อปี ในชั้นอายุ 2 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยุคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยุคาลิปตัส และแปลงตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 1.83 1.67 และ 1.31 ล้านลิตรต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือ 183.41 167.33 และ 131.21 มิลลิเมตรต่อปี ในชั้นอายุ 3 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยุคาลิปตัสมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยุคาลิปตัส และแปลงตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 2.51 2.02 และ 1.39 ล้านลิตรต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือ 251.08 201.99 และ 139.03 มิลลิเมตรต่อปี ในชั้นอายุ 4 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยุคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่ แปลงที่ตัดแตกหน่อและแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยุคาลิปตัสมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 2.26 1.71 และ 1.66 ล้านลิตรต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือ 225.77 171.21 และ 165.95 มิลลิเมตรต่อปี ในชั้นอายุ 5 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยุคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยุคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 2.50 2.50 และ 1.97 ล้านลิตรต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือ 250.32 250.27 และ 197.47 มิลลิเมตรต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่าภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่แตกต่างกันปริมาณการใช้น้ำของหมูไม้ไผ่ในชั้นอายุ 1 2 และ 5 ปี แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในชั้นอายุ 3 และ 4 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในชั้นอายุ 3 ปี นั้นแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยุคาลิปตัส แตกต่างกับกับแปลงที่ตัดแตกหน่ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยุคาลิปตัสแตกต่างกันกับแปลงทั้งสองอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และชั้นอายุ 4 ปี นั้นแปลงที่ตัดแตกหน่อกับแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยุคาลิปตัสแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทั้งสองแปลงจะแตกต่างกับแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยุคาลิปตัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 14 15 และภาพที่ 18 19 ตามลำดับ

ตารางที่ 14 ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี (ล้านลิตรต่อเฮกแตร์ต่อปี) ของไม้ยูคาลิปตัสภายใต้
กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

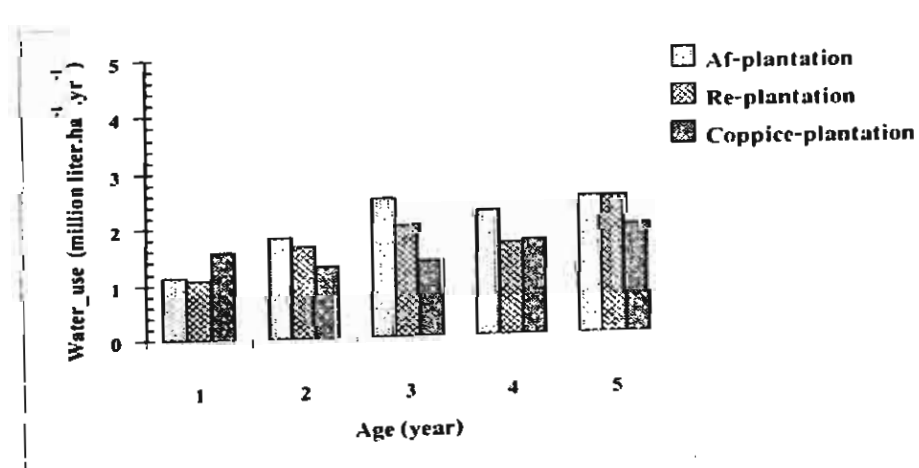
กระบวนการสืบพันธุ์	ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี (ล้านลิตรต่อเฮกแตร์ต่อปี)				
	อายุ (ปี)				
	1	2	3	4	5
Af-plantation	1.14	1.83	2.51 a	2.26 a	2.50
Re-plantation	1.06	1.67	2.02 ab	1.66 b	2.50
Coppice-plantation	1.57	1.31	1.39 b	1.71 b	1.97
F -Test	1.03 ns	4.29 ns	7.54*	18.54**	3.84 ns

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการ
ทดสอบโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95
เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99
เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 18 ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี (ล้านลิตรต่อเฮกแตร์ต่อปี) ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้
กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

ตารางที่ 15 ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี (มิลลิเมตรต่อปี) ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการ
สืบพันธุ์ที่ต่างกัน

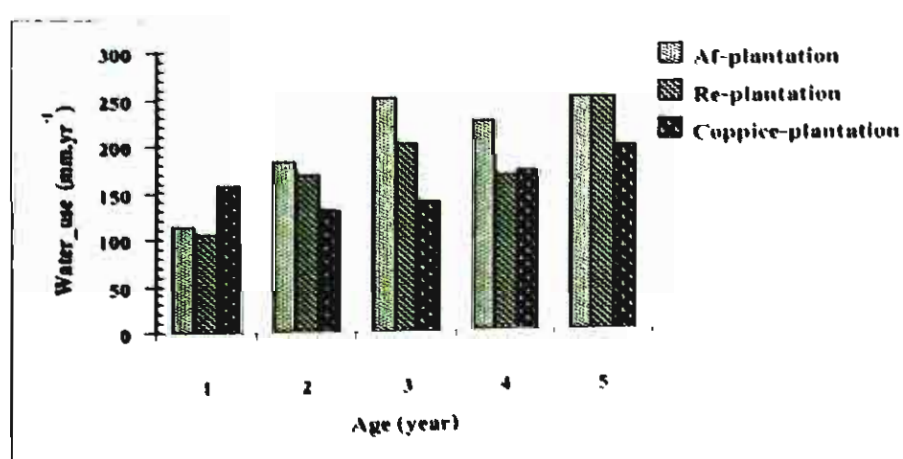
กระบวนการสืบพันธุ์	ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี (มิลลิเมตรต่อปี)				
	อายุ (ปี)				
	1	2	3	4	5
Af-plantation	114.23	183.41	251.06a	225.77a	250.32
Re-plantation	105.61	167.33	201.99ab	165.95b	250.27
Coppice-plantation	156.86	131.21	139.03b	171.21b	197.47
F -Test	1.03 ns	4.29 ns	754*	18.54**	3.84 ns

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการ
ทดสอบโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95
เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99
เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 19 ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี (มิลลิเมตรต่อปี)ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการ
สืบพันธุ์ที่ต่างกัน

4.2 ประสิทธิภาพการใช้น้ำของหมุ่ไม้ยูคาลิปตัส (Water use Efficiency of Stand, WUES)

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำของหมุ่ไม้ยูคาลิปตัสมีความจำเป็นต้องทราบผลผลิตมวลชีวภาพที่เพิ่มพูนขึ้นในรอบปี และทราบการใช้น้ำในรอบปี ถึงจะสามารถประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำได้ การประมาณหาประสิทธิภาพการใช้น้ำของหมุ่ไม้ (Water Use Efficiency of Stand, WUES) ในการศึกษาครั้งนี้ทำการเปรียบเทียบกับ ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้นของหมุ่ไม้ (W_s) และผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดของหมุ่ไม้ (W_T) ที่เพิ่มพูนขึ้นในรอบปีกับปริมาณน้ำที่หมุ่ไม้ใช้ไปในรอบปี

ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางเศรษฐกิจของหมุ่ไม้ ($WUES_{ws}$)

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางเศรษฐกิจของหมุ่ไม้ ($WUES_{ws}$) ผลปรากฏว่าชั้นอายุ 1 ปี แปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 3.68 6.40 และ 5.48 กรัมต่อลิตร ในชั้นอายุ 2 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาคือแปลงที่ตัดแตกหน่อ 5.02 4.14 และ 3.77 กรัมต่อลิตร ในชั้นอายุ 3 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุด 3.70 3.42 และ 2.13 กรัมต่อลิตร ในชั้นอายุ 4 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาคือแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกมาก่อน และแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 4.63 3.06 และ 2.32 กรัมต่อลิตร ในชั้นอายุ 5 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงสุด รองลงมาคือแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อ มีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำสุด 4.24 3.36 และ 2.13 กรัมต่อลิตร ดังแสดงในตารางที่ 16 และภาพที่ 20

จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำทางด้านเศรษฐกิจนั้น แปลงที่ใช้ระบบการสืบพันธุ์แบบตัดแตกหน่อ มีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำกว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้า โดยเฉพาะในชั้นอายุ 3-5 ปี ส่วนแปลงที่ปลูกด้วยกล้านั้นมีการใช้น้ำดีกว่าอย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในแต่ละชั้นอายุผล ปรากฏว่าในชั้นอายุ 2 และ 3 ปี ประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้ทุก ๆ แปลงมีความ

แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่ในชั้นอายุ 4 และ 5 ปีนั้นประสิทธิภาพการใช้น้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัสในการศึกษาคครั้งนี้ผลปรากฏว่าในทุก ๆ พื้นที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีอายุเพิ่มมากขึ้น

ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางชีววิทยาของหมุ่ไม้ (WUES_{WT})

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางชีววิทยาของหมุ่ไม้ ผลปรากฏว่าในชั้นอายุ 1 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีประสิทธิภาพการใช้น้ำ สูงสุด รองลงมาได้แก่แปลงที่ตัดแตกหน่อ และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 8.88 7.16 และ 7.02 ในชั้นอายุ 2 ปี ผลปรากฏว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาคือแปลงที่ตัดแตกหน่อ และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 5.86 5.47 และ 4.96 ในชั้นอายุ 3 ปี ผลปรากฏว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสและแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 4.43 4.16 และ 2.77 ในชั้นอายุ 4 ปี ผลปรากฏว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาคือแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และพื้นที่ใช้ระบบตัดแตกหน่อต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 4.92, 3.21 และ 2.85 ในชั้นอายุ 5 ปี ผลปรากฏว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด รองลงมาคือแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และพื้นที่ใช้ระบบตัดแตกหน่อ มีค่าต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 4.61 3.60 และ 2.46 ดังแสดงในตารางที่ 17 และภาพที่ 21 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำทางด้านชีววิทยานั้น แปลงที่ใช้ระบบการสืบพันธุ์แบบตัดแตกหน่อ มีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำกว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้า โดยเฉพาะในชั้น อายุ 3-5 ปี ส่วนแปลงที่ปลูกด้วยกล้านั้นมีการใช้น้ำดีกว่าอย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในแต่ละชั้นอายุผล ปรากฏว่าในชั้นอายุ 2 และ 3 ปี ประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้ทุก ๆ แปลงมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่ในชั้นอายุ 4 และ 5 ปีนั้น ประสิทธิภาพการใช้น้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และประสิทธิภาพการใช้น้ำทางด้านชีววิทยาของไม้ยูคาลิปตัสในการศึกษาคครั้งนี้ผลปรากฏว่าในทุก ๆ พื้นที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีอายุเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 16 ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางเศรษฐกิจของหมูไม้ยูคาลิปตัส (WUE_{ws}) ภายใต้
กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

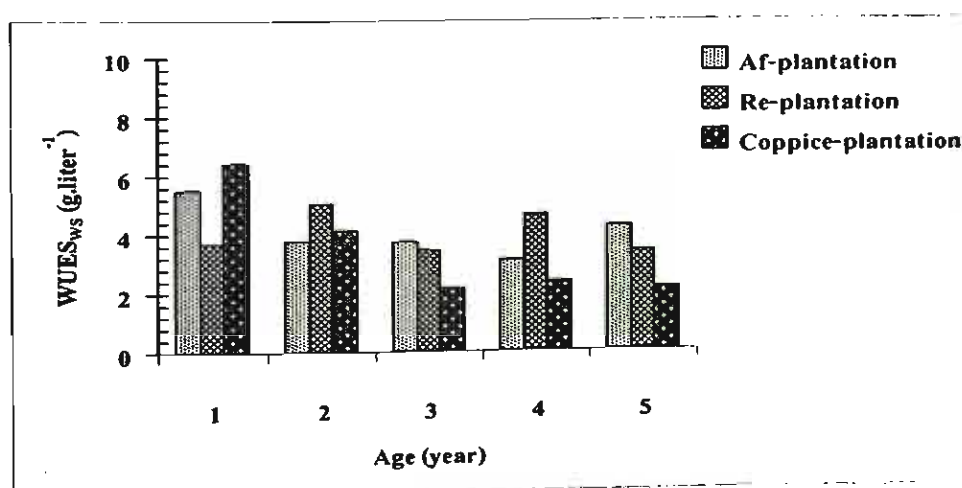
กระบวนการสืบพันธุ์	ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางเศรษฐกิจ (กรัมต่อลิตร)				
	อายุ (ปี)				
	1	2	3	4	5
Af-plantation	5.48a	3.77	3.70	3.06b	4.24a
Re-plantation	3.68b	5.02	3.42	4.63a	3.36b
Coppice-plantation	6.40a	4.14	2.13	2.32b	2.13c
F –Test	16.47**	1.89ns	3.05ns	23.24**	20.71**

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการ
ทดสอบโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95
เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99
เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 20 ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางเศรษฐกิจของหมูไม้ยูคาลิปตัส (WUE_{ws}) ภายใต้
กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

ตารางที่ 17 ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางด้านชีววิทยาของหมุ่ไม้ยูคาลิปตัส ($WUES_{WT}$) ภายใต้
กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

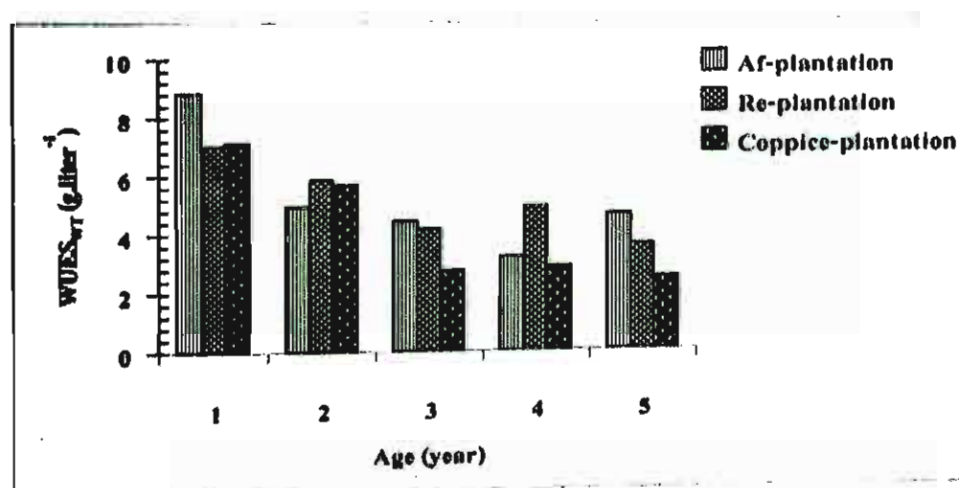
กระบวนการสืบพันธุ์	ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางด้านชีววิทยา				
	อายุ (ปี)				
	1	2	3	4	5
Af-plantation	8.88a	4.96	4.43	3.21b	4.61a
Re-plantation	7.02b	5.86	4.16	4.92a	3.60b
Coppice-plantation	7.16b	5.74	2.77	2.85b	2.46c
F -Test	5.22*	0.49ns	2.39ns	13.46**	18.28**

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการ
ทดสอบโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95
เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99
เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 21 ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางชีววิทยาของหมุ่ไม้ยูคาลิปตัส ($WUES_{WT}$) ภายใต้
กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

5. คุณสมบัติดิน

การศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของดินในแปลงปลูกไม้ยูคาลิปตัสภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันนั้น สามารถแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) สมบัติทางกายภาพ อันได้แก่ ปริมาณอนุภาคทราย ปริมาณอนุภาคทรายแป้ง ปริมาณอนุภาคดินเหนียว ลักษณะของเนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ความหนาแน่นอนุภาคของดิน ความพรุนรวมของดิน และ 2) คุณสมบัติทางเคมี อันได้แก่ ปฏิกริยาของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณของโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดิน โดยปรากฏผลการศึกษาดังนี้

5.1 สมบัติทางกายภาพ

5.1.1 ปริมาณอนุภาคทราย (Sand)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณอนุภาคทรายในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส พื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อ ผลปรากฏว่าปริมาณอนุภาคทราย มีค่าอยู่ระหว่าง 50.53-74.51 32.90-71.31 และ 38.53-67.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงใน ตารางผนวกที่ 3 และภาพที่ 22 เมื่อพิจารณาปริมาณอนุภาคทรายเฉลี่ย ผลปรากฏว่า แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุดรองลงมาได้แก่ แปลงที่ตัดแตกหน่อ และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และ มีค่าต่ำสุดทุกระดับความลึกที่ศึกษา เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่าภายใต้ระบบการสืบพันธุ์ที่ต่างกันปริมาณอนุภาคทรายในแต่ละแปลงที่ศึกษาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 18 ปริมาณอนุภาคทรายในพื้นที่ที่ปลูกด้วยกล้าที่มีค่าสูงนั้นโดยส่วนใหญ่มีการไถพรวนในช่วงเตรียมพื้นที่ปลูกทำให้อนุภาคทรายฟุ้งกระจาย ส่วนพื้นที่ใช้ระบบตัดแตกหน่อ นั้น มีค่าต่ำกว่าเนื่องจากไม่ได้มีการไถพรวนภายหลังการตัดฟันไม้ออกในรอบแรก และเมื่อมีการตัดฟันในรอบที่สองและทำการปลูกใหม่ปริมาณอนุภาคทรายมีค่าต่ำสุดน่าจะเป็นผลมาจากการชะล้างที่เกิดจากฝนทำให้อนุภาคทรายมีค่าต่ำลง และปริมาณการสะสมอินทรีย์วัตถุมากขึ้นทำให้สัดส่วนปริมาณอนุภาคทรายมีค่าลดลง

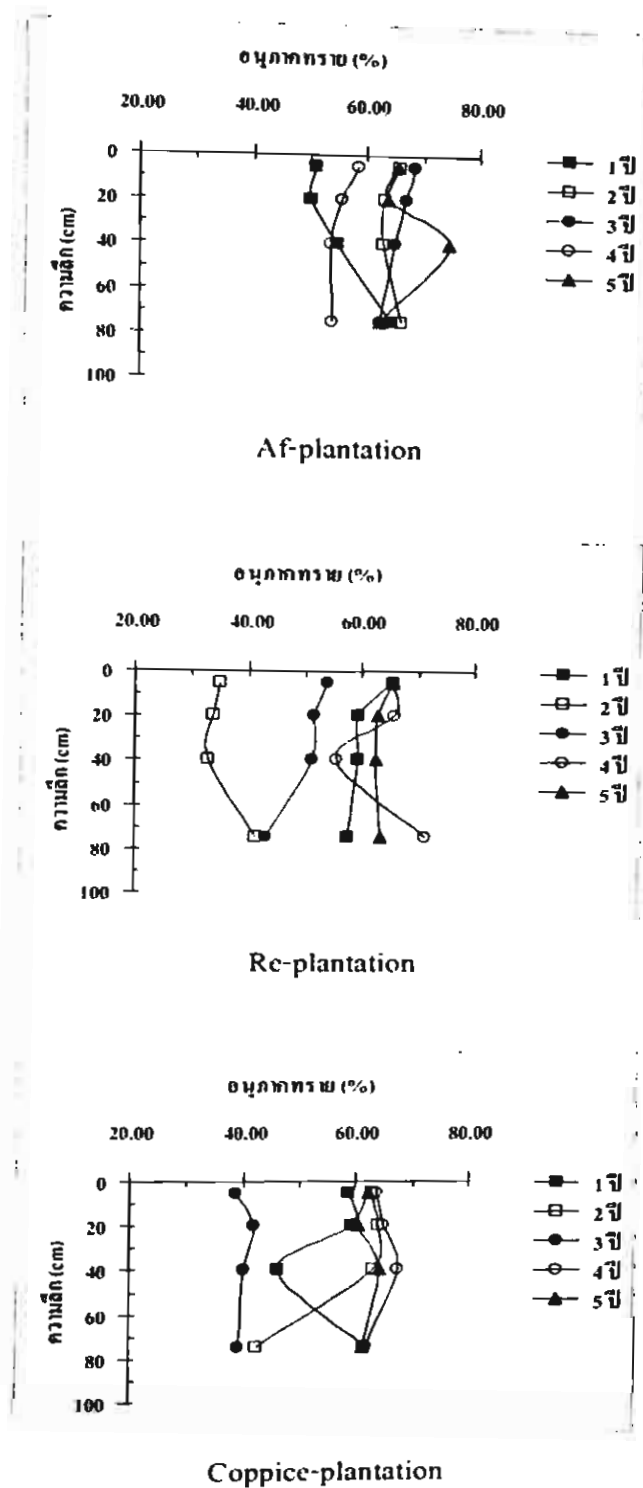
ตารางที่ 18 คุณสมบัติทางกายภาพของดินในสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

ระดับความลึก (เซนติเมตร)	กระบวนการสืบพันธุ์	% อนุภาค			BD (g cm ⁻³)	PD (g cm ⁻³)	Pore (%)
		ทราย	ทรายแป้ง	ดินเหนียว			
0-10	At-plantation	61.84	17.96	20.20	1.44	2.25	35.96
	Re-plantation	56.97	24.81	18.21	1.43	2.34	38.24
	Coppice-plantation	57.20	23.49	19.31	1.36	2.37	42.15
F-test		0.58ns	2.47ns	0.27ns	0.99ns	0.74ns	3.12ns
10-30	At-plantation	59.81	18.24	21.95	1.57	2.30	31.48
	Re-plantation	54.61	24.13	21.26	1.61	2.42	32.67
	Coppice-plantation	58.13	20.79	21.08	1.59	2.41	33.27
F-test		0.60ns	1.54ns	0.05ns	0.31ns	0.88ns	0.19ns
30-50	At-plantation	62.04	15.46	22.50	1.62	2.33	29.23
	Re-plantation	52.33	22.66	25.01	1.66	2.48	31.91
	Coppice-plantation	56.30	19.18	24.52	1.64	2.55	34.74
F-test		1.68ns	2.2 ns	0.34ns	0.5 ns	2.42ns	1.78ns
50-100	At-plantation	61.75	16.86	21.39	1.63	2.35	30.53b
	Re-plantation	55.27	17.61	27.12	1.68	2.43	30.27b
	Coppice-plantation	57.30	17.25	25.46	1.62	2.50	35.64a
F-test		1.45ns	0.06ns	1.90ns	1.40ns	2.12ns	7.76*

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดสอบโดยใช้ Duncan's new multiple range test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ

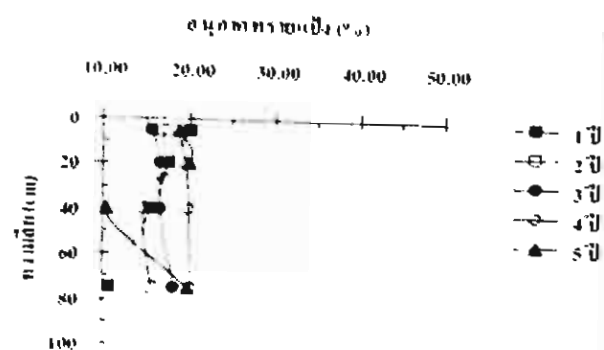
* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



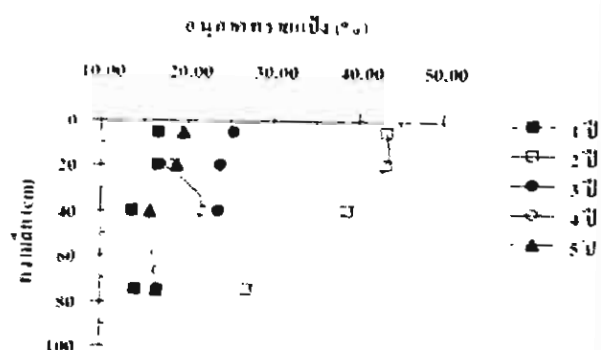
ภาพที่ 22 ปริมาณของอนุภาคทราย (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

5.1.2 ปริมาณอนุภาคทอเยนัง (SAR)

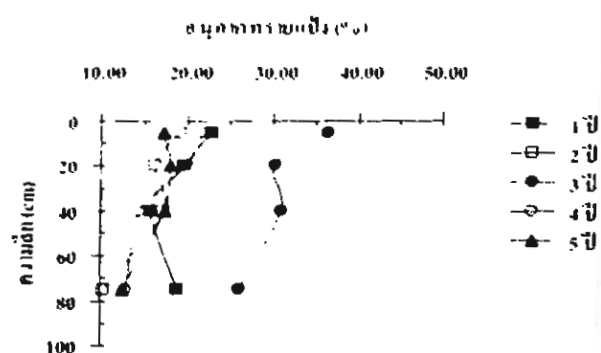
จากการวิเคราะห์หาปริมาณอนุภาคทอเยนังในแสงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส พื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแสงที่ตัดแตกหน่อ ผลปรากฏว่าปริมาณอนุภาคทอเยนัง มีค่าอยู่ระหว่าง 10.72-20.03 13.65-43.41 และ 10.36-36.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางตารางผนวกที่ 4 และภาพที่ 23 เมื่อพิจารณาปริมาณอนุภาคทอเยนังเฉลี่ย โดยภาพรวมแล้ว ผลปรากฏว่า แสงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่ แสงที่ตัดแตกหน่อ และแสงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีต่ำสุด ในทุกระดับความลึก เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติ ผลปรากฏว่าพบได้ว่าการสืบพันธุ์ที่ต่างกันปริมาณอนุภาคทอเยนังในแต่แสงที่ห่อหุ้มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 18



Af-plantation



Re-plantation

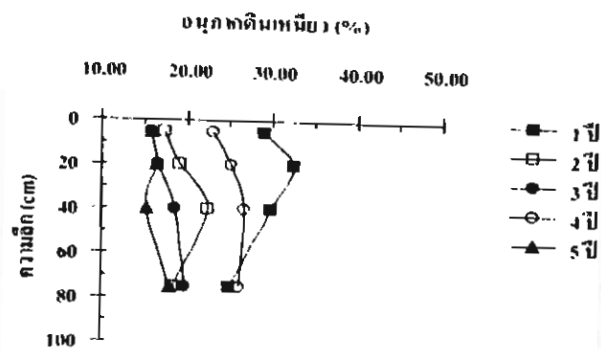


Coppice-plantation

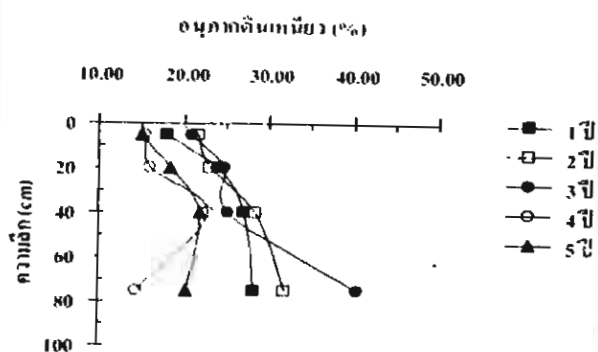
ภาพที่ 23 ปริมาณของอนูกาทรายแป้ง (%) ที่ระดับความสูง 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

5.1.3 ปริมาณอนุภาคดินเหนียว (Clay)

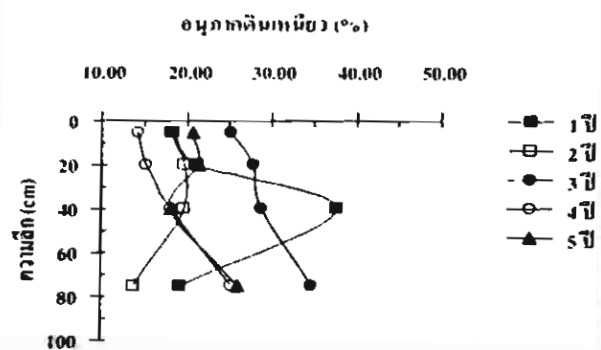
อนุภาคในกลุ่มขนาดดินเหนียวมีบทบาทมากที่สุดในการควบคุมหรือกำหนดคุณสมบัติของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) จากการวิเคราะห์หาปริมาณอนุภาคดินเหนียวในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส พื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อ ผลปรากฏว่าปริมาณอนุภาคดินมีค่าอยู่ระหว่าง 15.16-32.45 14.55-40.46 และ 13.97-37.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางผนวกที่ 5 และภาพที่ 24 เมื่อพิจารณาปริมาณอนุภาคดินเหนียวเฉลี่ย โดยภาพรวมแล้ว ที่ระดับความลึก 0-10 และ 10-30 เซนติเมตรในพื้นที่ที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด แต่ที่ระดับความลึก 30-50 และ 50-100 เซนติเมตรนั้น ในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกมาแล้วมีค่าสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับทางสถิติ ผลปรากฏว่าภายใต้ระบบการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน ปริมาณอนุภาคดินเหนียวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระดับความลึก ดังแสดงในตารางที่ 18 เมื่อพิจารณาตามระดับความลึกผลปรากฏว่าอนุภาคดินเหนียวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกดินในทุกพื้นที่ และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่เคยผ่านการปลูกมาแล้วที่มีการสะสมอนุภาคดินเหนียวในดินที่ระดับลึกมากขึ้น น่าจะเป็นผลมาจากการเตรียมพื้นที่ปลูกโดยการไถพรวนมากกว่าแปลงอื่นๆ ทำให้อนุภาคดินเหนียวในส่วนประกอบดินมีการฟุ้งกระจายขึ้นมาอยู่ด้านบนและเมื่อชั้นอายุมากขึ้นอนุภาคดินเหนียวที่อยู่ด้านบนเคลื่อนที่ลงไปกับน้ำที่ซึมลงไปในหน้าตัดดิน (Percolation water) และไปตกตะกอนสะสมอยู่ในดินชั้นล่าง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) และทำให้มีการสะสมในดินชั้นล่างเพิ่มมากขึ้นด้วย



Af-plantation



Re-plantation



Coppice-plantation

ภาพที่ 24 ปริมาณของอนุภาคดินเหนียว (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

5.1.4 ประเภทเนื้อดิน

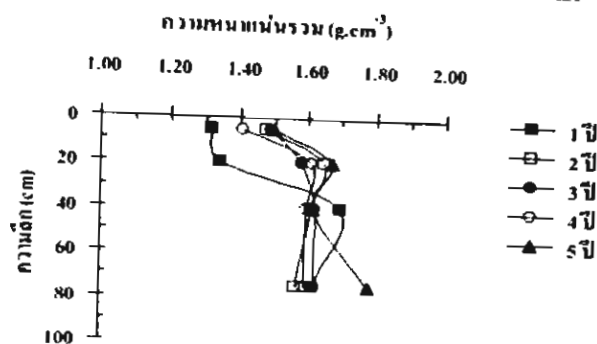
จากการจำแนกประเภทเนื้อดินในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส พื้นที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อ ชั้นอายุ 1-5 ปี มีประเภทเนื้อดินทั้งหมด 7 ประเภท โดยในดินชั้นบน (ความลึก 0-10 เซนติเมตร) จะมีเนื้อดิน 4 ประเภทได้แก่ ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินทรายปนร่วน ดินร่วนปนทราย ดินร่วน ส่วนดินชั้นล่าง (ความลึก 10-100 เซนติเมตร) มีทั้งหมด 7 ประเภท ได้แก่ ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทราย ดินทรายปนร่วน ดินร่วนปนทราย ดินร่วน ดินร่วนปนเหนียว และดินเหนียว ดังแสดงในตารางที่ 19 ซึ่งโดยปกติแล้วเนื้อดินเป็นคุณสมบัติที่มีความเสถียรสูง มีการเปลี่ยนแปลงได้ยากมากภายใต้สภาวะปกติ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) แต่จากการศึกษาครั้งนี้เนื้อดินมีความหลากหลายมากซึ่งอาจเป็นผลมาจากวัตถุต้นกำเนิดดิน บริเวณแปลงที่ศึกษามีการไถพรวนพื้นที่ในการเตรียมพื้นที่ปลูกและการไถพรวนในการกำจัดวัชพืช

**ตารางที่ 19 ประเภทเนื้อดินที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ในสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ตามาลาดูเลนซิสภายใต้กระบวนการ
สืบพันธุ์ที่ต่างกัน**

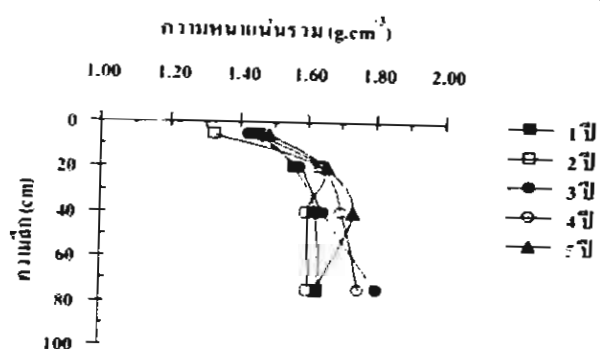
พื้นที่	ระดับความ ลึก (เซนติเมตร)	ประเภทเนื้อดิน				
		อายุ (ปี)				
		1	2	3	4	5
Af-plantation	0-10	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วนปนทราย
	10-30	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วนปนทราย
	30-50	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วนปนเหนียว	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วนปนทราย
	50-100	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วน	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วนปนทราย
Re-plantation	0-10	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนทราย	ดินทรายปนร่วน	ดินร่วนปนทราย
	10-30	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วน	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินทรายปนร่วน	ดินร่วนปนทราย
	30-50	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินทรายปนร่วน	ดินร่วนปนทราย
	50-100	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วนปนเหนียว	ดินเหนียว	ดินทรายปนร่วน	ดินร่วนเหนียวปนทราย
Coppice-plantation	0-10	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วน	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนทราย
	10-30	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วน	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนทราย
	30-50	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วน	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนทราย
	50-100	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วนปนเหนียว	ดินเหนียวปนทราย	ดินร่วนปนทราย

5.1.5 ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density)

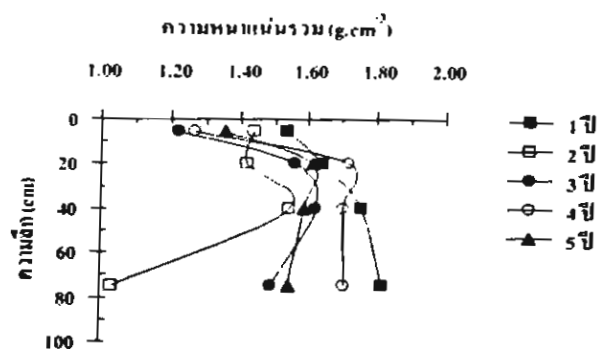
จากการวิเคราะห์หาความหนาแน่นรวมของดิน ในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส พื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อ ผลปรากฏว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 1.32-1.77, 1.32-1.80 และ 1.27-1.82 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ ดังแสดงในตารางผนวกที่ 6 และภาพที่ 25 เมื่อพิจารณาความหนาแน่นรวมของดินเฉลี่ยโดยภาพรวมแล้วผลปรากฏว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุดในชั้นดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร แต่ที่ระดับลึก 10-30, 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกมาแล้วมีค่าสูงสุดทุกระดับความลึก เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่าภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันความหนาแน่นรวมของดิน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาดินชั้น 0-10 เซนติเมตร ผลปรากฏว่าในแปลงที่ตัดแตกหน่อมีความหนาแน่นรวมของดินต่ำกว่าแปลงอื่นๆ เท่ากับ 1.36 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งน่าจะมีผลมาจากปริมาณอินทรีย์วัตถุ ที่มีการสะสมในบริเวณดินชั้นบน และเมื่อพิจารณาแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกและไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ผลปรากฏว่าความหนาแน่นรวมของดินในชั้นนี้มีค่าใกล้เคียงกันมาก เท่ากับ 1.44 และ 1.43 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 18 และมีค่าใกล้เคียงกันกับ ดินชั้นบนที่มีการปลูกป่าเป็นเวลา 10 ปี ซึ่งมีความหนาแน่นรวมอยู่ระหว่าง 1.18-1.48 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ศิริภา และคณิงกิจ, 2540) และที่ระดับความลึกเพิ่มมากขึ้นผลปรากฏว่าความหนาแน่นรวมมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่และโดยเฉพาะพื้นที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีแนวโน้มที่สูงกว่าพื้นที่อื่น ๆ ซึ่งน่าจะมีผลมาจากการไถเตรียมพื้นที่ปลูกทำให้ดินชั้นล่างมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น และจากการศึกษาความหนาแน่นรวมของดินในการปลูกสร้างสวนป่าผลปรากฏว่าทุกระดับความลึกของดินมีความแตกต่างกัน (เสริมพงศ์, 2545)



Af-plantation



Re-plantation

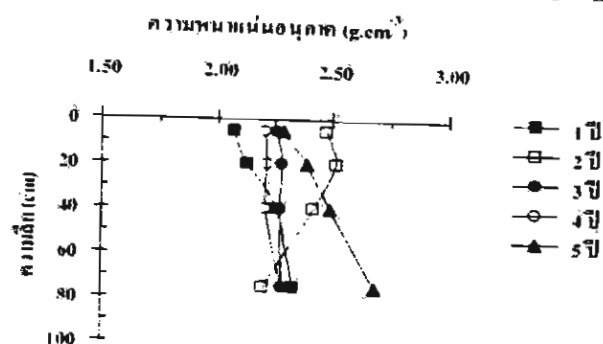


Coppice-plantation

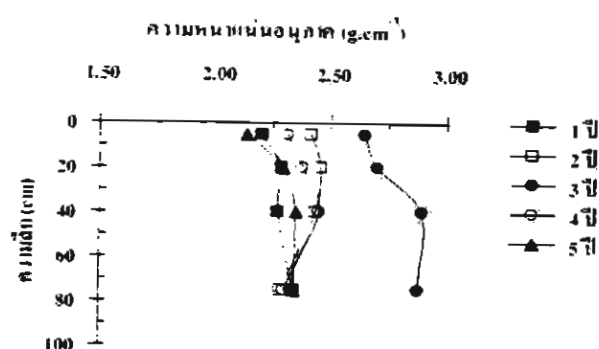
ภาพที่ 25 ความหนาแน่นรวมของดิน(%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

5.1.6 ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (particle density)

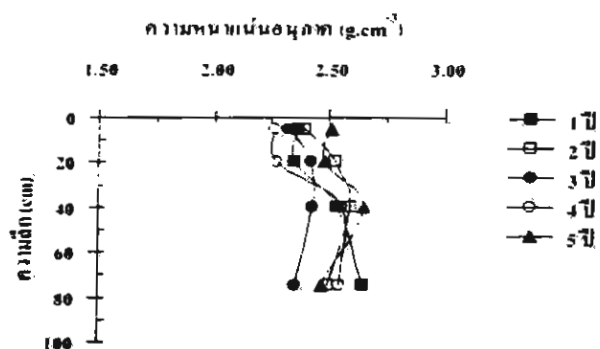
จากการวิเคราะห์หาความหนาแน่นอนุภาคของดิน ในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส พื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ใช้วิธีตัดแตกหน่อ ผลปรากฏว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 2.07-2.67, 2.13-2.89 และ 2.26-2.63 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงใน ตารางผนวกที่ 7 และภาพที่ 26 เมื่อพิจารณาความหนาแน่นอนุภาคของดินเฉลี่ยโดยภาพรวมแล้วผลปรากฏว่าแปลงที่แตกหน่อค่าสูงสุดในชั้นดินที่ระดับความลึก 0-10, 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร เท่ากับ 2.37, 2.55 และ 2.50 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ยกเว้นที่ระดับลึก 10-30 เซนติเมตร แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่เคยผ่านการปลูกมาแล้วมีค่าสูงสุด เท่ากับ 2.42 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่าภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันความหนาแน่นรวมของดินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 18 เมื่อพิจารณาตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นผลปรากฏว่าความหนาแน่นอนุภาคดินมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่ทำการศึกษา



Af-plantation



Re-plantation

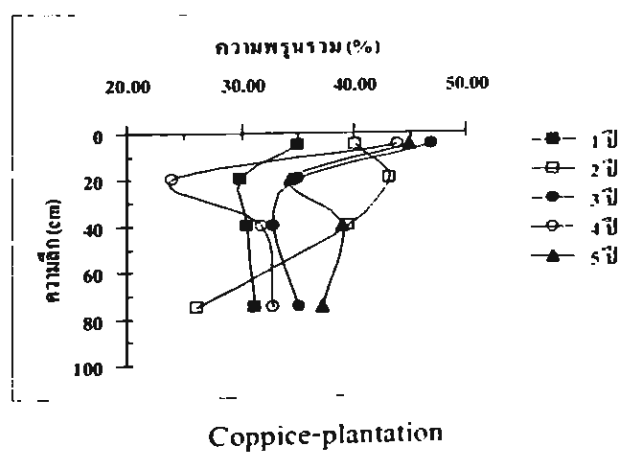
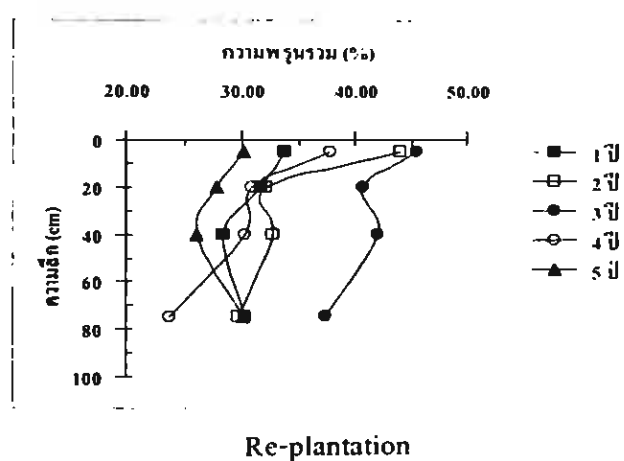
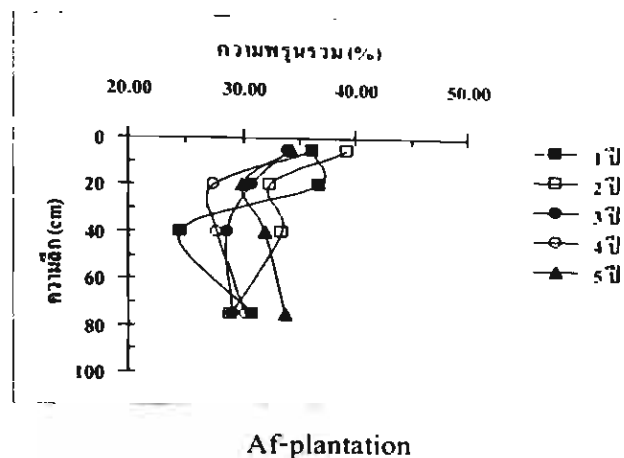


Coppice-plantation

ภาพที่ 26 ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบทอดที่ต่างกัน

5.1.7 ความพรุนรวมของดิน (soil porosity)

ความพรุนดินเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณช่องว่างของดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นรวมและความหนาแน่นอนุภาคดิน จากการวิเคราะห์หาค่าความพรุนรวมของดิน ในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อ ผลปรากฏว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 24.57-39.28, 23.74-44.13 และ 23.97-46.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ตารางผนวกที่ 8 และภาพที่ 27 เมื่อพิจารณาค่าความพรุนรวมของดินเฉลี่ยโดยภาพรวมแล้วผลปรากฏว่าแปลงที่ตัดแตกหน่อค่าสูงสุดในชั้นดินที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร เท่ากับ 42.15 33.27 34.74 35.64 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่าภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันความหนาแน่นรวมของดินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 18 เมื่อพิจารณาตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นผลปรากฏว่าความพรุนรวมของดิน มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่ศึกษา ความพรุนรวมของดินที่ ลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นซึ่งอาจกล่าวได้ว่ามีผลมาจากอินทรีย์วัตถุในดินส่วนมากจะสะสมในดินชั้นบนของชั้นดินประกอบกับดินที่อยู่ลึกลงไปต้องรองรับน้ำหนักของดินส่วนที่อยู่เหนือขึ้นไปทำให้ความพรุนรวมของดินชั้นล่างมีค่าน้อยกว่าด้านบน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) อย่างไรก็ตามการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสโดยวิธีตัดแตกหน่อมีแนวโน้ม ในการเพิ่มความพรุนให้กับดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ สูงกว่าการปลูกด้วยกล้าเนื่องจากไม่กิจกรรมจากการไถพรวนในการเตรียมพื้นที่ในรอบตัดพื้นที่ 2 แต่การปลูกด้วยกล้ามีการไถพรวน และการสะสมอินทรีย์วัตถุพื้นแปลงที่ตัดแตกหน่อในดิน



ภาพที่ 27 ความพรุนรวมของดิน (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

5.2 คุณสมบัติทางเคมี

5.2.1 ปฏิกริยาของดิน (soil reaction)

ปฏิกริยาของดินหรือ pH ของดินเป็นสมบัติที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการทางเคมีและชีวภาพในดิน ปฏิกริยาของดินจะนำไปพิจารณาถึงการเกิดความเป็นพิษหรือการขาดธาตุอาหารต่างๆในดิน จากการวิเคราะห์หาปฏิกริยาของดินในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส พื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อ ผลปรากฏว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 5.34-6.70 4.57-5.79 และ 4.82- 6.16 ตามลำดับ ตารางผนวกที่ 9 และภาพที่ 28 เมื่อพิจารณาค่าปฏิกริยาของดินเฉลี่ยโดยภาพรวมแล้วผลปรากฏว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสค่าสูงสุดในชั้นดินที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร เท่ากับ 5.88 6.02 6.18 และ 5.89 เมื่อเปรียบเทียบกับทางสถิติผลปรากฏว่าภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ด้วยกล้าที่ปลูกในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส กับพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ และการปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสและการตัดแตกหน่อเมื่อเปรียบเทียบกับทางสถิติผลปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระดับชั้นความลึกที่ศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 20 เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ เสริมพงศ์ (2545) ที่ได้ทำการศึกษาในพื้นที่สวนป่าไม้ยูคาลิปตัสอายุ 14 ปี ผลปรากฏว่ามีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.19-4.46 เมื่อพิจารณาตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นผลปรากฏว่า pH มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่ จะเห็นว่าแนวโน้มการลดลงของค่า pH สอดคล้องกับรายงานของ ศิริภาและคณิกิจ (2540) ที่ได้รายงานว่าการปลูกป่า 10 ปี pH ของดินมีค่าลดลง ซึ่งสาเหตุที่ลดลงนั้นเกิดจากการชะล้างโดยน้ำฝนที่ตกลงมาและไหลผ่านชั้นดินพวก basic cation ถูกพัดพาให้สูญหายไปเพราะเมื่อน้ำฝนไหลซึมผ่านดินอยู่นั้นจะละลายเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่มีอยู่ในดินเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก ทำให้น้ำที่ซึมผ่านดินมีปฏิกริยาเป็นกรดเมื่อกระบวนการนี้ดำเนินไปนานเข้าจนในที่สุดเมื่อพื้นผิวอนุภาคของดินมี H^+ มากขึ้น และมีปริมาณสูงกว่า basic cation ก็จะทำให้ดินมีปฏิกริยาเป็นกรด และนอกจากนี้ยังมีสาเหตุอื่นๆ เช่น เมื่ออินทรีย์วัตถุในดินเน่าเปื่อยลง จะมี organic acid ต่าง ๆ เกิดขึ้น กรดเหล่านี้เมื่อเกิดขึ้นในดินจะทำให้ดินเป็นกรดเพราะ H^+ จากกรดเข้าไปใส่ที่พวกไอออนบวกทำให้ดินเป็นกรดได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

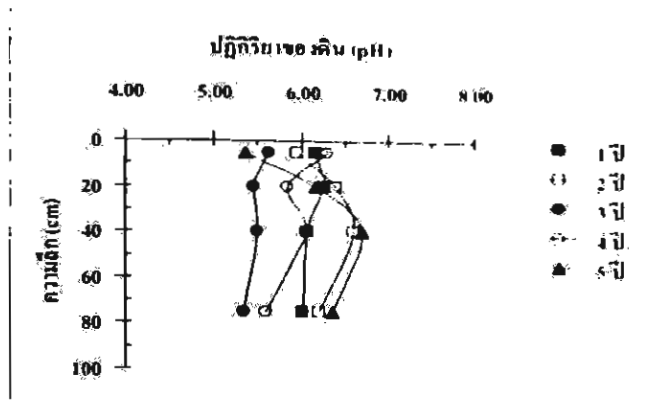
ตารางที่ 20 คุณสมบัติทางเคมีของดินในสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูละหนีสภายใต้กระบวนการสับพันธุ์ที่ต่างกัน

ระดับความลึก (เซนติเมตร)	กระบวนการสับพันธุ์	pH	OM (%)	Available P (mg.kg ⁻¹)	Exchangeable bases			
					K (mg.kg ⁻¹)	Ca (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)	Na (mg.kg ⁻¹)
0-10	Af-plantation	5.88a	1.18	7.52	21.76	196.47	67.07	11.09
	Re-plantation	5.30b	1.20	10.41	15.37	109.84	47.39	15.78
	Coppice-plantation	5.26b	1.32	5.99	19.18	153.48	79.39	12.61
F-test		5.51**	0.44ns	0.76ns	0.72ns	0.57ns	1.60ns	1.54ns
10-30	Af-plantation	6.02a	0.95	4.34	10.88	210.10	57.05	14.08
	Re-plantation	5.23b	0.67	3.72	6.26	81.53	43.03	13.82
	Coppice-plantation	5.41b	0.85	3.19	8.93	148.38	65.47	13.88
F-test		7.56**	2.33ns	0.62ns	2.21ns	1.06ns	0.83ns	0.01ns
30-50	Af-plantation	6.18a	0.48	1.76	8.08	216.30	40.86	12.19
	Re-plantation	5.36b	0.47	1.69	5.89	85.47	51.50	14.49
	Coppice-plantation	5.59b	0.48	1.88	7.84	102.91	66.20	11.72
F-test		4.83**	0.01ns	0.09ns	0.87ns	2.28ns	0.49ns	0.90ns
50-100	Af-plantation	5.89a	0.52	1.60	6.47	151.58a	38.33	10.36
	Re-plantation	5.12b	0.30	1.20	7.09	38.40b	60.69	12.56
	Coppice-plantation	5.25b	0.46	1.21	9.49	72.15b	101.47	13.16
F-test		5.61**	2.29ns	0.94ns	1.03ns	10.61**	3.91ns	2.46ns

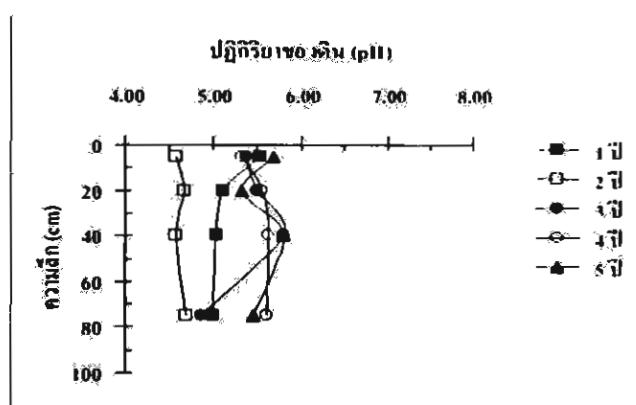
หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดสอบโดยใช้ Duncan's new multiple range test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

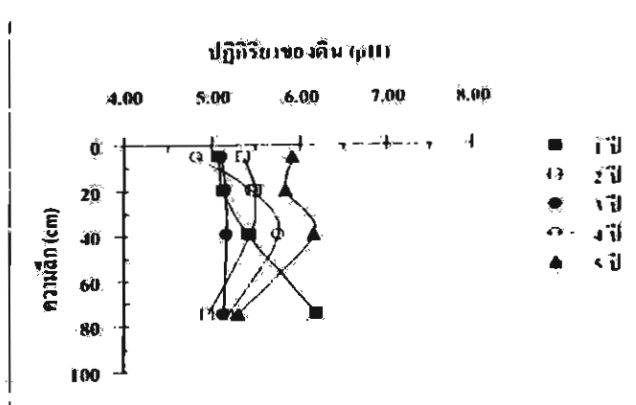
** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์



Af-plantation



Re-plantation

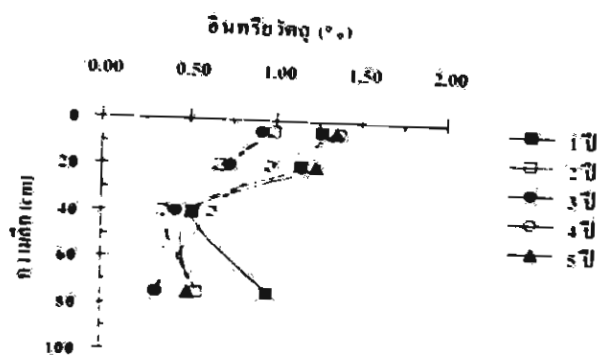


Coppice-plantation

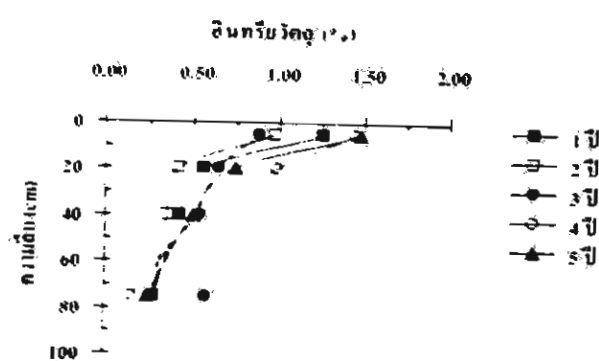
ภาพที่ 28 ปฏิกิริยาของดินที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร
ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

5.2.2 อินทรีย์วัตถุ (organic matter)

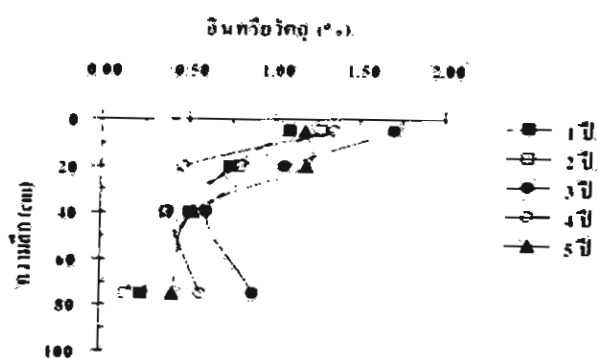
จากการหาวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส พื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อ ผลปรากฏว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.31-1.37 0.16-1.45 และ 0.16-1.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางผนวกที่ 10 และภาพที่ 29 เมื่อพิจารณาปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยโดยภาพรวมแล้วผลปรากฏว่าแปลงที่ตัดแตกหน่อ ที่ระดับความลึก 0-10 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.32 เปอร์เซ็นต์ และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุดที่ระดับความลึก 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร เท่ากับ 0.95 0.46 และ 0.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่าภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในพื้นที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 20 เมื่อพิจารณาตามระดับความลึกผลปรากฏว่ามีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุในช่วงปีแรก ๆ ที่ลดลงอาจเป็นผลมาจากในช่วงเริ่มปลูกการปกคลุมของเรือนยอดมีค่าน้อยอยู่ดังนั้นจึงมีการชะล้างสูง แต่ในช่วงอายุ 3-5 ปี มีแนวโน้มของการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุซึ่งอาจจะมาจากเป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่มีการปกคลุมเรือนยอดมากขึ้น มีการปลดปล่อยเศษซากพืชสู่ผิวดินมากขึ้นการชะล้างก็น้อยลง และปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีแนวโน้มที่มีค่าลดลงตามระดับความลึก น่าจะมีสาเหตุมาจากการที่ ดินบนมีการทับถมของเศษซากพืช ทำให้มีการสะสมของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน



Af-plantation



Re-plantation

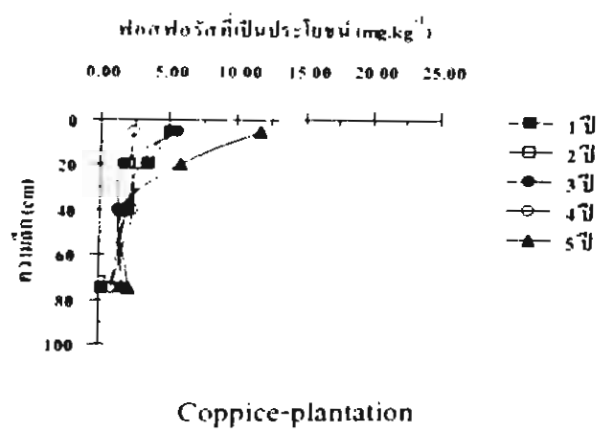
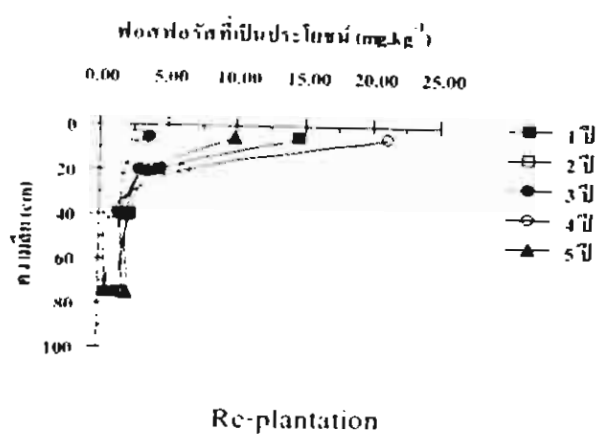
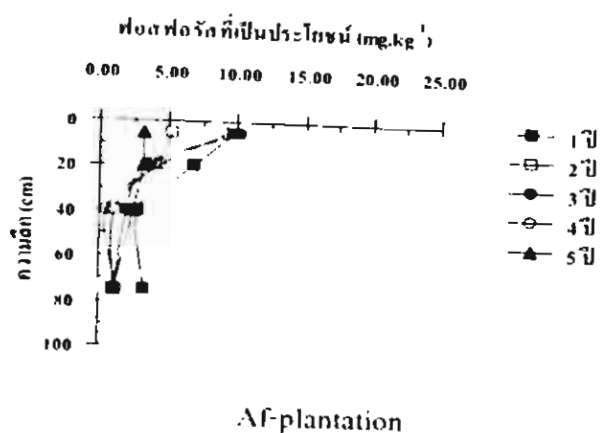


Coppice-plantation

ภาพที่ 29 อินทรีย์วัตถุ (%) ของดินที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร
ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

5.2.3 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus)

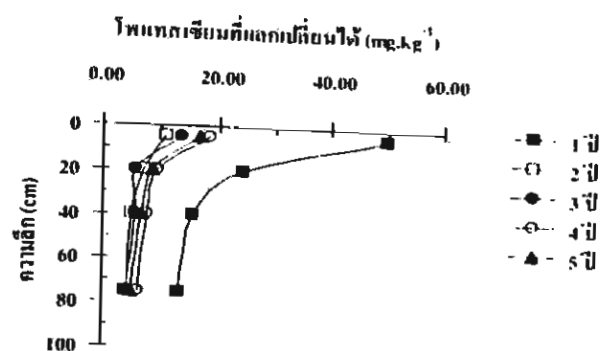
จากการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส พื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อ ผลปรากฏว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.44-10.23 0.48-21.13 และ 0.30-11.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ดังแสดงในตารางผนวกที่ 11 และภาพที่ 30 เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยโดยภาพรวมแล้วผลปรากฏว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุดในชั้นดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร และแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมาก่อนมีค่าสูงสุดในชั้นดินที่ระดับความลึก 10-30 30-50 เซนติเมตร และแปลงตัดแตกหน่อมีค่าสูงสุดในชั้นดินที่ระดับความลึก 50-100 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับเท่ากับ 10.40 4.34 1.88 และ 1.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่าภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 20 อย่างไรก็ตาม ปริมาณฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่ได้รับมาจากวัตถุดิบกำเนิดดินที่เป็นอินทรีย์วัตถุ และอินทรีย์วัตถุ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) แต่ในพื้นที่ศึกษาวัตถุดิบกำเนิดดินโดยภาพรวมแล้วมีความใกล้เคียงกัน ดังนั้นในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่เคยผ่านการปลูกมาแล้วน่าจะมีการสะสมของอินทรีย์วัตถุในปริมาณที่มากกว่าทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีแนวโน้มที่สูงกว่าพื้นที่อื่น ๆ เสริมพงศ์ (2545) ได้ศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 14 ปี ผลปรากฏว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่ระดับความลึก 0-5 5-10 10-20 และ 20-30 เซนติเมตรมีค่าเท่ากับ 11.33 8.93 8.02 และ 6.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งผลปรากฏว่าการศึกษาดังนี้ในพื้นที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่เคยผ่านการปลูกมาก่อนที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วมีค่าใกล้เคียงกับ (10.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาตามระดับความลึกผลปรากฏว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่ศึกษา



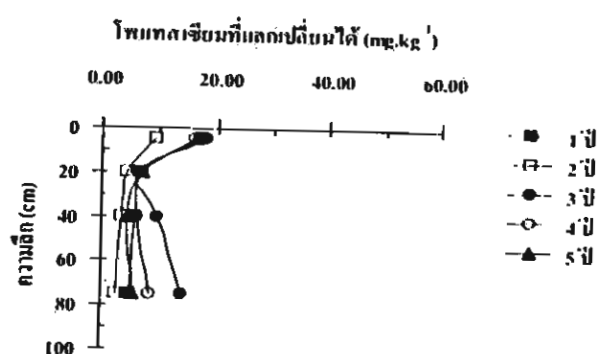
ภาพที่ 30 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบทพันธุ์ที่ต่างกัน

5.2.4 โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable potassium)

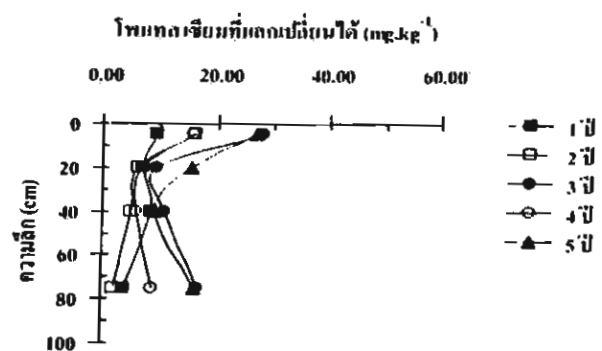
จากการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส พื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ดัดแปลงดิน ผลปรากฏว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 3.93-49.90 2.59-18.20 และ 5.81-28.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ดังแสดงในตารางผนวกที่ 12 และภาพที่ 31 เมื่อพิจารณาปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เฉลี่ยโดยภาพรวมแล้วผลปรากฏว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุดในชั้นดินที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 21.76 10.88 8.08 และ 9.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 20 เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่าภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาตามระดับความลึกผลปรากฏว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสและพื้นที่ที่ใช้ระบบดัดแปลงดินมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกช่วงประมาณ 0-50 เซนติเมตรและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นที่ระดับความลึกประมาณ 50-100 เซนติเมตร ส่วนในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมาก่อนมีแนวโน้มลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้นทุกระดับ



Af-plantation



Re-plantation

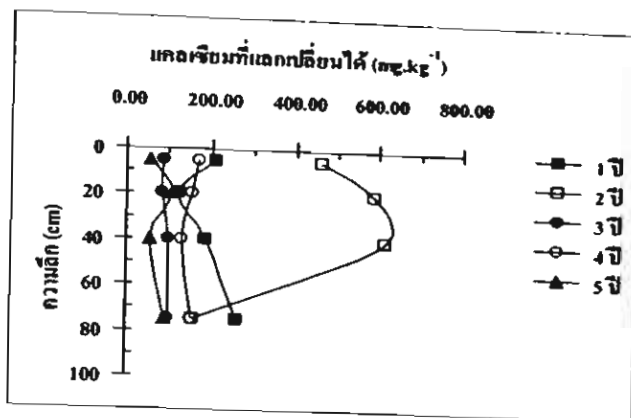


Coppice-plantation

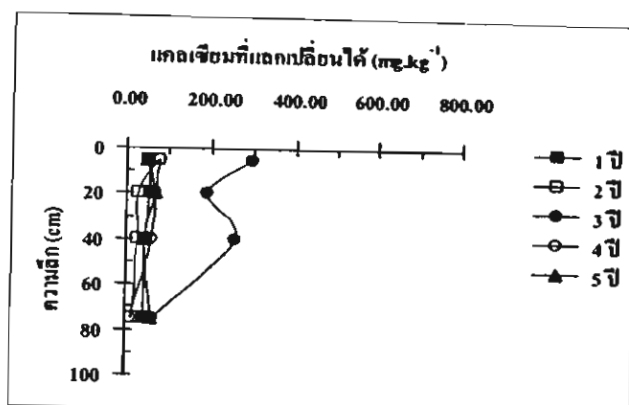
ภาพที่ 31 โพแทสเซียมที่แยกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

5.2.5 แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable calcium)

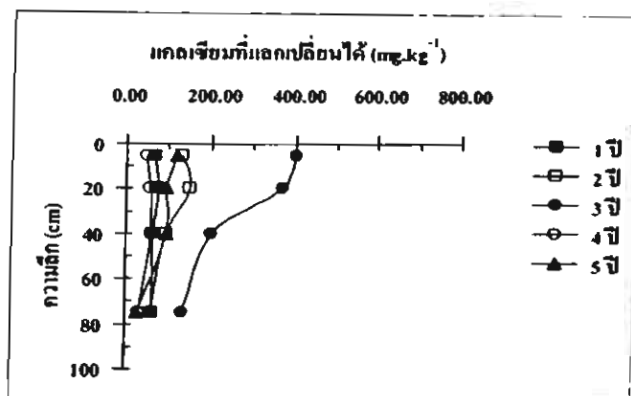
จากการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส พื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อ ผลปรากฏว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 56.61-614.07 12.64-295.17 และ 27.36-402.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ตารางผนวกที่ 13 และภาพที่ 32 เมื่อพิจารณาค่าแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เฉลี่ยโดยภาพรวมแล้วผลปรากฏว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าสูงสุดในชั้นดินที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 196.47 210.10 216.30 และ 151.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 20 เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่าภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 และ 30-50 เซนติเมตร แต่ที่ระดับความลึก 50-100 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการใช้ประโยชน์พื้นที่ในการปลูกไม้ยูคาลิปตัสผลปรากฏว่าในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกมาแล้วมีแนวโน้มการลดลงของปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่าแปลงตัดแตกหน่อ อาจจะเป็นผลมาจากการตัดฟันไม้ออกจากพื้นที่ เนื่องจากในส่วนที่เป็นลำต้นผลปรากฏว่ามีความเข้มข้นของแคลเซียมสูงสุด มีค่าประมาณ ร้อยละ 0.725 ของมวลชีวภาพ (สุทธาทิพย์, 2539) เมื่อพิจารณาตามระดับความลึก ผลปรากฏว่าปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น ซึ่งในดินชั้นบนนั้นเศษซากพืชที่ร่วงหล่นโดยเฉพาะใบเป็นส่วนที่ร่วงหล่นมากที่สุด และแคลเซียมเป็นธาตุอาหารที่สลายตัวได้ช้า อีกทั้งเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ และเสริมสร้างความแข็งแรงของเซลล์ จึงมีการชะล้างสู่เนื้อดินชั้นล่างได้น้อย (สุทธาทิพย์, 2539)



Af-plantation



Re-plantation

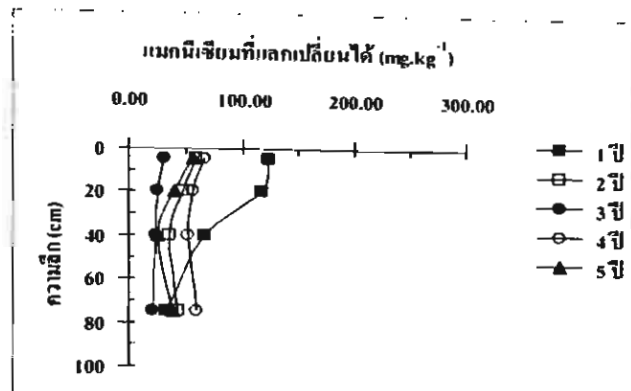


Coppice-plantation

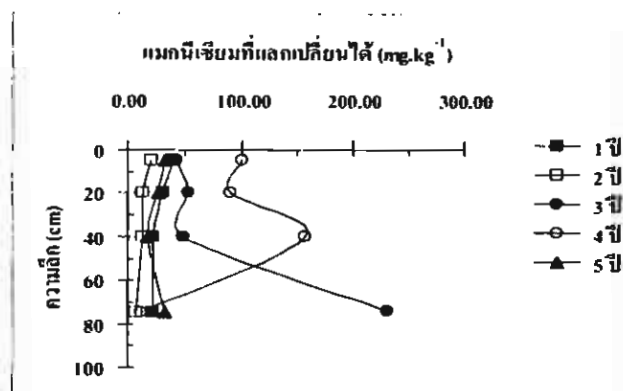
ภาพที่ 32 แกละเขียมที่แตกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร
ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

5.2.6 แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable magnesium)

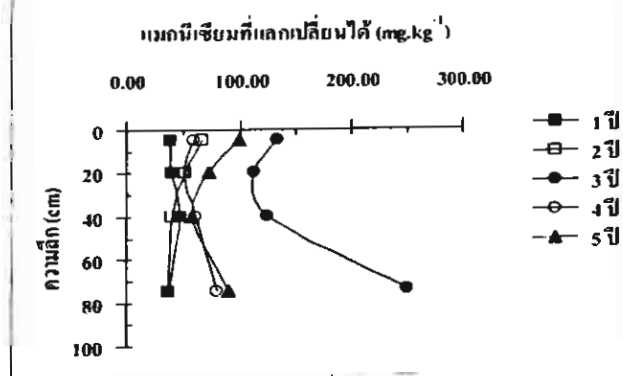
จากการวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส พื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อ ผลปรากฏว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 20.13-122.64 7.11-230.40 และ 36.26-250.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ดังแสดงในตารางผนวกที่ 14 และภาพที่ 33 เมื่อพิจารณาปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เฉลี่ยโดยภาพรวมแล้วผลปรากฏว่าแปลงที่ตัดแตกหน่อ มีค่าสูงสุดในชั้นดินที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 79.39 65.47 66.20 และ 101.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 20 เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่าภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยภาพรวมมีค่าสูงในแปลงตัดแตกหน่อ ปริมาณการปลดปล่อยแมกนีเซียมจากส่วนใบของไม้ยูคาลิปตัสที่ร่วงหล่น เนื่องจากปริมาณแมกนีเซียมในส่วนต่างๆ ของต้นไม้มีความเข้มข้นอยู่ที่ใบสูงถึงร้อยละ 0.238 (สุทธิพิศ, 2539) และในแปลงตัดแตกหน่อมีช่วงเวลาการสะสมของใบมากกว่าแปลงศึกษาอื่นทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าแปลงอื่น ๆ



Af-plantation



Re-plantation

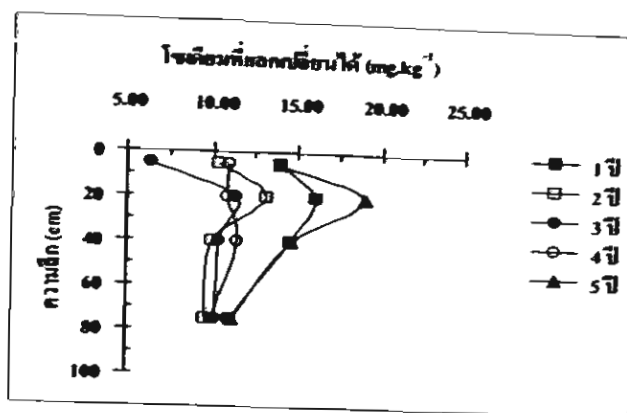


Coppice-plantation

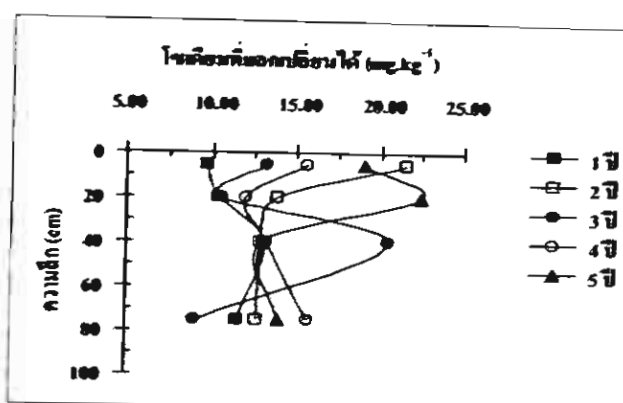
ภาพที่ 33 แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

5.2.7 โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable sodium)

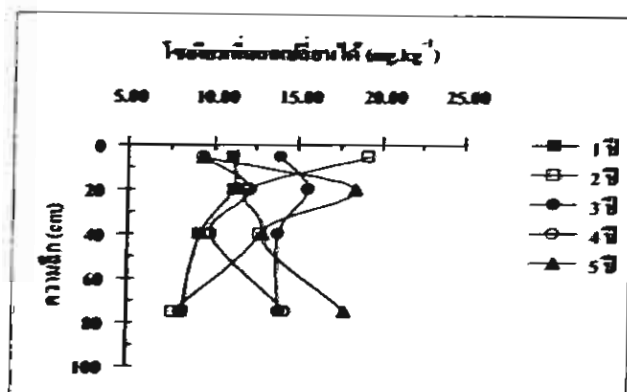
จากการวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส พื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ใช้วิธีตัดแตกหน่อ ผลปรากฏว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 6.32-18.97 8.94-22.33 และ 7.71-18.39 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ตารางผนวกที่ 15 และภาพที่ 34 เมื่อพิจารณาปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้เฉลี่ยโดยภาพรวมผลปรากฏว่าแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุดในชั้นดินที่ระดับความลึก 0-10 และ 30-50 เซนติเมตร แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุดในชั้นดินระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร และแปลงตัดแตกหน่อมีค่าสูงสุดในชั้นดินที่ระดับความลึก 50-100 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับเท่ากับ 15.78 14.41 14.08 และ 13.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 20 เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติผลปรากฏว่าภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ



Af-plantation



Re-plantation



Coppice-plantation

ภาพที่ 34 ไส้เคียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

5. ผลตอบแทนด้านการเงินจากการลงทุนปลูกสร้างสวนป่ายุคาลิปตัส

ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ 3 วิธีเพื่อพิจารณาถึงผลิตภาพของโครงการ ขนาดของโครงการ และผลิตภาพของการลงทุน อันจะทำให้เกิดการพิจารณาคัดเลือกโครงการในการลงทุนเป็นไปได้ ด้วยความเหมาะสมยิ่งขึ้น ได้แก่

Benefit – Cost Ratio (B/C ratio) หรืออัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน เป็นการเปรียบเทียบระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลได้และต้นทุนที่เกิดขึ้น โดยมีสูตรคำนวณ ดังนี้

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

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 นิยมใช้อัตราส่วนของผลได้ต่อต้นทุนเป็นดัชนีเพื่อแสดงให้เห็นถึงผลิตภาพของโครงการ (Project Productivity)

Net Present Value (NPV) หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เป็นการหามูลค่าปัจจุบันของโครงการ ว่า ผลกำไรจากการลงทุนมีมูลค่าในปัจจุบันเป็นเท่า โดยใช้อัตราดอกเบี้ยอัตราใดอัตราหนึ่งเป็นตัวหักลด มูลค่าปัจจุบันสุทธิหาได้จากสูตรการคำนวณดังนี้

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

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

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

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

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.D.R. = มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก

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

เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาในการยอมรับโครงการ คือ เมื่อ $IRR >$ ค่าเสียโอกาสของทุน หรือ $IRR >$ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้

การใช้อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ เป็นวิธีการวัดผลของโครงการอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมาก ซึ่งสามารถชี้ให้เห็นถึงผลิตภาพของทุน (Cost Productivity) โครงการใดที่มีอัตรา

ผลตอบแทนภายในโครงการสูงก็จัดไว้ในอันดับต้น ส่วนโครงการใดที่มีอัตราผลตอบแทนภายในโครงการต่ำกว่าก็จัดไว้ในอันดับถัดไป

ในการวิเคราะห์ผลสำเร็จของการลงทุนในการปลูกสร้างสวนป่าโดยทั่วไป จะคำนวณหาผลตอบแทนด้านการเงินเฉลี่ยต่อไร่ ซึ่งในที่นี้จะเป็นการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน(B/C) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) ของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสในแต่ละชั้นอายุ ชั้นคุณภาพพื้นที่และระยะปลูก และได้กำหนดอัตราดอกเบี้ยขึ้น 4 ระดับ คือ 5 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์

5.1 ต้นทุนเฉลี่ยต่อไร่ของการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส

ต้นทุน หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการลงทุนดำเนินโครงการ รวมทั้งค่าเสียโอกาส ในการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาเฉพาะต้นทุนทางตรง (Direct Costs) หรือ ต้นทุนขั้นต้น (Primary Costs) ซึ่งก็คือ มูลค่าของการใช้สิ่งทีใส่เข้าไปเพื่อการดำเนินการ และการบำรุงรักษาโครงการ ค่าใช้จ่ายประเภทนี้เป็นค่าใช้จ่ายโดยตรงของโครงการ ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายทางด้านลงทุนและการดำเนินงาน ซึ่งในกรณีของการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ได้แก่ ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มเตรียมการเพาะปลูก การดูแลรักษาสวนป่าจนครบกำหนดตัดฟันไม้ขาย ส่วนต้นทุนทางอ้อม (Indirect Costs) หรือ ต้นทุนขั้นรอง (Secondary Costs) หมายถึงค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกิดขึ้นจากการมีโครงการ ค่าใช้จ่ายประเภทนี้มักจะเกิดขึ้นกับบุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่อยู่ภายนอกโครงการซึ่งได้แก่ ผลเสียภายนอกในการศึกษาครั้งนี้ไม่นำมาพิจารณา

ต้นทุนในการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสในครั้งนี้ จำแนกออกเป็น 3 หมวด ได้แก่

- 1) ค่าเช่าที่ดิน
- 2) ค่าจ้างแรงงานในการเตรียมพื้นที่วางแผนปลูก ปลูก ปลูกซ่อม ใส่ปุ๋ย และ

ถางวัชพืช

- 3) ค่าวัสดุ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับกล้าไม้ ไม้หลักที่ใช้กำหนดตำแหน่งที่จะปลูก

และใส่ปุ๋ย

รายละเอียดเกี่ยวกับต้นทุนการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส เฉลี่ยต่อไร่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตั้งแต่ปีที่ 1-5 ในแต่ละระยะได้แสดงไว้ในตารางที่ 21 และ 22

ตารางที่ 21 แสดงรายละเอียดต้นทุนการปลูกสร้างสวนป่ามูลค่าผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรสมาชิกบริษัทอะโกรไชน์ อายุ 1-5 ปี

รายการ	ปีที่1			ปีที่2			ปีที่3			ปีที่4			ปีที่5		
	Af.	Re.	Cop.	Af.	Re.	Cop.	Af.	Re.	Cop.	Af.	Re.	Cop.	Af.	Re.	Cop.
1. ค่าเช่าที่	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
2. ค่าจ้างแรงงาน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เตรียมพื้นที่	620	620	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ค่ากำจัดตอเดิม	0	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
วางแผนปลูก	234	234	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ค่าไถกันไฟ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
ปลูก	120	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ใส่ปุ๋ย	245	245	220	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
กลบโคนเก็บ ความชื้น	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ทางวิจัยพืช	600	600	600	415	415	415	25	25	25	25	25	25	25	25	25
ปลูกซ่อม	175	175	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3. ค่าวัสดุ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
กล้าไม้	700	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ปุ๋ย	150	150	150	150	150	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 22 ต้นทุนเฉลี่ยต่อไร่ของการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสของเกษตรกรสมาชิกบริษัทอะโกรโคโน 3-5 ปี

แปลง	อายุ	ต้นทุน (บาทต่อไร่)	อัตราดอกเบี้ย (%)			
			5	10	15	20
New Plantation	3	3620.00	3364.76	3141.62	2945.10	2770.83
	4	3801.00	3532.99	3298.70	3092.35	2909.38
	5	3982.00	3701.23	3455.79	3239.61	3047.92
Re Plantation	3	3870.00	3602.85	3368.90	3162.49	2979.17
	4	4063.50	3782.99	3537.34	3320.61	3128.13
	5	4257.00	3963.14	3705.79	3478.74	3277.08
Coppices Plantation	3	2110.00	1926.66	1768.90	1632.05	1512.50
	4	2215.50	2022.99	1857.34	1713.66	1588.13
	5	2321.00	2119.33	1945.79	1795.26	1663.75

จากตารางที่ 21 และ 22 จะชี้ให้เห็นว่าต้นทุนในการปลูกสร้างสวนปาล์มในครั้งนี้นั้นในช่วงปีที่ 1 จะมีต้นทุนสูงในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าเนื่องจากกล้าไม่มีราคาที่สูง และต้องเสียค่าเตรียมพื้นที่ และในแปลงที่เคยผ่านการปลูกมาแล้วจะมีค่าต้นทุนสูงสุดเนื่องจากต้องเสียค่าสารเคมีในการกำจัดกอ ที่มีในพื้นที่ด้วย และต้นทุนจะลดลงตามลำดับในปีต่อ ๆ ไป ส่วนปีที่จะนำมาวิเคราะห์การเงินในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้อายุ 3-5 มาวิเคราะห์ผลทางการเงินซึ่งต้นทุนส่วนใหญ่ก็จะมีค่าสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ผ่านการลงทุนมาแล้ว รองลงมาคือแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยปลูกมาก่อนและแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าต้นทุนต่ำสุด

5.2 รายได้เฉลี่ยต่อไร่ของการปลูกสร้างสวนปาล์ม

รายได้ในที่นี้ หมายถึง ผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุนได้แก่ ผลได้ทางตรง (Direct Benefits) หรือผลได้ขั้นต้น (Primary Benefits) ซึ่งในกรณีของการปลูกสร้างสวนปาล์มได้แก่ รายได้จากการขายไม้ ส่วนผลได้ทางอ้อม (Indirect Benefits) หรือผลได้ขั้นรอง (Secondary Benefits) ได้แก่ มูลค่าของสินค้าหรือบริการที่ได้เพิ่มขึ้นจากกิจกรรมส่วนควบอื่นๆ หรือเป็นผลได้ที่เกิดขึ้นภายนอกโครงการ ซึ่งเช่น รายได้ของอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากการใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ทำการประเมิน

นอกจากนี้ ผลได้ยังจำแนกได้เป็น ผลได้ที่วัดเป็นตัวเงิน (Tangible Benefits) เช่น มูลค่าของผลผลิต และผลได้ที่วัดเป็นตัวเงินไม่ได้ เช่น ผลได้ทางด้าน การฟื้นฟูสภาพป่าไม้ในด้านการอนุรักษ์ การกระจายรายได้และชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น

รายได้เฉลี่ยต่อไร่จากสร้างสวนปาล์มยูคาลิปตัสหาได้จากผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่คูณด้วยราคาของไม้ยูคาลิปตัส ตามปกติไม้ยูคาลิปตัสจะซื้อขายกันโดยการชั่งน้ำหนัก ดังนั้นราคาจึงมีหน่วยเป็นบาทต่อดัน ไม้ยูคาลิปตัสจะมีขนาดโคพอที่จะจำหน่ายเป็นสินค้าได้เมื่อมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตรงปลายท่อนตั้งแต่ 2.5 นิ้วขึ้นไป โดยจะใช้เวลาอย่างน้อย 3 ปี ในที่นี้เป็นการคำนวณหารายได้เฉลี่ยต่อไร่ ใน 3 ชั้นอายุ คือ 3 4 และ 5 ปี แต่ละชั้นอายุประกอบด้วย ไม้ชั้นคุณภาพที่ 1 (เส้นผ่าศูนย์กลางที่ปลายท่อนมากกว่า 2.5 นิ้ว) ราคาซื้อขายตันละ 1,200 บาท ส่วนไม้ชั้นคุณภาพชั้นที่ 2 (เส้นผ่าศูนย์กลางที่ปลายท่อนมากกว่า 1 นิ้วและที่โคนท่อน 2.5 นิ้ว) ราคาตันละ 900 บาทแต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการหักส่วนที่เป็นค่าใช้จ่ายในการตัดและขนส่งออกตันละ 300 บาท ดังนั้นเมื่อคิดหักลดและเหลือราคาไม้สุทธิคือ ตันละ 900 และ 600 บาท ในแต่ละชั้นคุณภาพไม้ตามลำดับ

จากผลการศึกษาพบว่าการลงทุนปลูกไม้ยูคาลิปตัสในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส นั้นผลปรากฏว่าในทุกชั้นอายุมีความเหมาะสมในการลงทุน เมื่อวิเคราะห์ มูลค่าปัจจุบัน

สุทธิอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนอัตราผลตอบแทนของโครงการที่ระดับอัตราดอกเบี้ยต่าง ๆ ตั้งแต่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 ถึง 20 บาทต่อปี ในชั้นอายุ 3 และ 4 ปี นั้นพบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนไม่ค่อยต่างกันมากนักแต่ในชั้นอายุ 5 ปีนั้น จะสูงกว่า ดังนั้นถ้ามีความจำเป็นในการตัดไม้ขายควรจะดำเนินการตัดเมื่อไม้อายุ 3 ปี แต่ถ้าต้องการมูลค่าเพิ่มควรไว้จนครบ 5 ปี อัตราผลตอบแทนของโครงการที่ระดับอัตราดอกเบี้ยต่าง ๆ ตั้งแต่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 ถึง 20 บาทต่อปี ในชั้นอายุ 3 4 และ 5 ปี นั้นพบว่า อัตราผลตอบแทนของโครงการมีค่าสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยทุกระดับที่ทำการศึกษา นั่นคือมีความเหมาะสมในการลงทุนทุก ๆ ชั้นอายุตั้งแต่ 3-5 ปี และในชั้นอายุ 3 ปี มีความเหมาะสมในการลงทุนและตัดฟันไม้ออกมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 23 และ 24

ในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสนั้นผลปรากฏว่าในชั้นอายุ 3 ปีนั้นมีระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 เท่านั้นที่เหมาะสมกับการลงทุนเนื่องจากเมื่อพิจารณาที่ระดับดอกเบี้ยอื่น ๆ แล้วมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนนั้นไม่เหมาะสม และอัตราผลตอบแทนของโครงการ ก็มีค่าค่อนข้างต่ำ (7.27) และในชั้นอายุ 4 ปี นั้นผลปรากฏว่าไม่เหมาะสมกับการลงทุน เนื่องจาก มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนอัตราผลตอบแทนของโครงการที่ได้จากการวิเคราะห์ไม่เหมาะสมกับการลงทุนทุก ๆ ระดับอัตราดอกเบี้ยที่ได้กำหนดไว้ ในชั้นอายุ 5 ปี นั้นผลปรากฏว่าระดับอัตราดอกเบี้ยที่ระดับร้อยละ 15 ยังสามารถลงทุนได้ แต่ถ้าระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 20 จะไม่เหมาะสมกับการลงทุน เมื่ออัตราอัตราผลตอบแทนของโครงการ อยู่ที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 17.36 และในชั้นอายุ 5 ปีมีความเหมาะสมในการลงทุนและตัดฟันไม้ออกมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 23 และ 24

ในแปลงตัดแควหน่อนั้นผลการวิเคราะห์ผลปรากฏว่าชั้นอายุ 3 -5 ปี มีความเหมาะสมในการลงทุน เมื่อวิเคราะห์ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน อัตราผลตอบแทนของโครงการที่ระดับอัตราดอกเบี้ยต่าง ๆ พบว่ายังคุ้มค่าในการลงทุนและในชั้นอายุ 3 ปีนั้นผลการวิเคราะห์พบว่าผลตอบแทนในรูปของ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน อัตราผลตอบแทนของโครงการ ข้นข้างต่ำ แต่ในชั้นอายุ 4 และ 5 ปีนั้น พบว่ามีความแตกต่างกันไม่มากนักในชั้นอายุ 4 ปี มีความเหมาะสมในการลงทุนและตัดฟันไม้ออกมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 23 และ 24

ตารางที่ 23 รายได้เฉลี่ยต่อไร่ของการปลูกสร้างสวนปาล์มภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับพื้นที่ไร่ละ 3-5 ปี

แปลง	อายุ	รายได้ (บาทต่อไร่)	อัตราดอกเบี้ย (%)		
			5	10	20
New Plantation	3	8973.20	7751.39	6741.7	5192.826
	4	10019.20	8242.817	6843.246	4831.788
	5	14092.81	11042.09	8750.527	5663.585
Re Plantation	3	6198.27	5354.298	4656.851	3586.961
	4	6606.88	5435.498	4512.589	3186.189
	5	11106.27	8702.052	6896.119	4463.36
Coppices Plantation	3	4273.83	3691.896	3210.993	2473.282
	4	7646.83	6291.07	5222.891	3687.709
	5	8934.58	7000.475	5547.669	3590.606

ตารางที่ 24 NPV B/C IRR ของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ตามลาดูเลนทิส อายุ 3-5 ปี ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ต่างกัน

แปลง	อัตรา ดอกเบี้ย	อายุ 3 ปี		อายุ 4 ปี		อายุ 5 ปี	
		NPV	B/C	IRR	NPV	B/C	IRR
New Plantation	5	2803.24	1.57		2815.03	1.52	1.88
	10	2109.30	1.46		1812.65	1.36	1.62
	15	1546.71	1.36	42.05	1041.86	1.22	28.19
	20	1087.80	1.26		445.61	1.10	1.23
Re Plantation	5	168.05	1.03		-230.38	0.96	1.42
	10	-202.82	0.96		-745.28	0.86	1.23
	15	-495.24	0.89	7.27	-1126.53	0.77	3.35
	20	-726.40	0.83		-1408.32	0.69	1.06
Coppices Plantation	5	623.74	1.20		2743.28	1.77	0.92
	10	373.14	1.13		1986.84	1.61	1.75
	15	173.32	1.07	20.33	1401.98	1.47	33.04
	20	13.26	1.01		946.53	1.35	1.54
							1.36
							27.64
							1.21

5.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis)

ความอ่อนไหวของโครงการ หมายถึง ความแปรปรวนหรือความไม่แน่นอนของโครงการที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากความผิดพลาดในการประเมินต้นทุนและหรือความผิดพลาดจากการคาดคะเนผลได้ โดยวิธีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ เป็นการกำหนดล่วงหน้าว่าจะเกิดอะไรขึ้นในอนาคต ซึ่งย่อมมีโอกาสผันผวนได้มาก ดังนั้นในการวิเคราะห์ที่ทำขึ้นอย่างระมัดระวังนั้นจะสามารถบอกได้ว่า ถ้ามีบางสิ่งบางอย่างเปลี่ยนไปจากที่กำหนดไว้เดิม เช่น ต้นทุนเพิ่ม หรือราคาผลผลิตลดต่ำกว่าที่คาดไว้ ผลได้หรือผลตอบแทนของโครงการจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการนี้ เพื่อให้ผู้มีหน้าที่ตัดสินใจเลือกโครงการได้พิจารณาถึงความเสี่ยงภัยอันเนื่องมาจากความผันแปรของตัวแปรต่าง ๆ เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ ได้กำหนดความอ่อนไหวของโครงการดังนี้

1. ต้นทุนเพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ ราคาไม้คงที่
2. ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ ราคาไม้คงที่
3. ต้นทุนเพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ ราคาไม้เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์
4. ต้นทุนเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ ราคาไม้เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์

แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส

จากผลการศึกษาพบว่าในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสเมื่อต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 หรือร้อยละ 10 ราคาไม้ คงที่ เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 การลงทุนในโครงการนี้ยังมีความเหมาะสมในการลงทุนทุก ๆ ชั้นอายุที่ทำการศึกษาและที่เหมาะสมและให้ผลประโยชน์สูงสุดคือที่ระดับอายุ 5 ปี ดอกเบี้ยร้อยละ 5 ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และราคาไม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 มีความเหมาะสมในการลงทุนมากที่สุดเพราะ ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน อัตราผลตอบแทนของโครงการสูงที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 25

แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส

จากผลการศึกษาพบว่าในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ผลปรากฏว่าเมื่อต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และราคาไม้คงที่ นั้นเมื่อพิจารณา ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน อัตราผลตอบแทนของโครงการสูงที่สุดจะมีความเหมาะสมในการลงทุนที่ระดับอายุ 5 ปี และอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 และ 10 เท่านั้น ส่วนกรณีอื่น ๆ ขาดทุนทุกกรณี

ในชั้นอายุ 3 ปี พบว่า เมื่อต้นทุนไม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ราคาและราคาไม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ที่ระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 เหมาะสมต่อการลงทุนส่วนระดับดอกเบี้ยอื่น ๆ ไม่เหมาะสมต่อการลงทุน ในชั้นอายุ 4 ปี ไม่เหมาะสมในการลงทุนทุกกรณี ในชั้นอายุ 5 ปีนั้นที่ระดับดอกเบี้ยร้อยละ 20 ไม่เหมาะสมต่อการลงทุน เมื่อต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ราคาไม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ในชั้นอายุ 3 ปี นั้นที่ระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 และ 10 เหมาะสมต่อการลงทุน ในชั้นอายุ 4 ปี ที่ระดับดอกเบี้ยร้อยละ 5 เหมาะสมต่อการลงทุนส่วนในชั้นอายุ 5 ปี นั้นที่ระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5-15 นั้นเหมาะสม ถ้าอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 20 จะคุ้มทุนพอดี

เมื่อต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และราคาไม้คงที่พบว่าในชั้นอายุ 3 และ 4 ปี ไม่มีความเหมาะสมในการลงทุนทุกกรณี ส่วนในชั้นอายุ 5 ปี ที่ระดับดอกเบี้ยร้อยละ 5 และ 10 จะมีความเหมาะสมในการลงทุน และถ้าราคาไม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และ ร้อยละ 10 ในชั้นอายุ 3 ปี นั้นที่ระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 เท่านั้นที่มีคุ้มกับการลงทุนคือค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนมีค่าเท่ากับ 1 ส่วนระดับดอกเบี้ยอื่น ๆ ยังไม่เหมาะสมในชั้นอายุ 4 ปี ไม่มีความเหมาะสมกับการลงทุนทุก ๆ กรณีส่วนในชั้นอายุ 5 ปีนั้นมีความเหมาะสมกับการลงทุนที่ระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5-15 เท่านั้นที่ระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 20 ไม่มีความเหมาะสมในการลงทุน และเมื่อพิจารณาทุก ๆ กรณีที่ทำการศึกษา ผลปรากฏว่าไม้ระดับอายุ 5 ปี ต้นทุนเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 5 ราคาไม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และที่ระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 มีความเหมาะสมในการลงทุนมากที่สุดสำหรับแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ดังแสดงในตารางที่ 26

แปลงตัดแตกหน่อ

จากผลการศึกษาพบว่าในแปลงตัดแตกหน่อ เมื่อต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ราคาไม้คงที่ และที่ระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5-15 มีความเหมาะสมในการลงทุน เมื่อราคาไม้เพิ่มขึ้น ร้อยละ 5 และ 10 พบว่ามีความเหมาะสมในการลงทุนทุกกรณีที่ทำการศึกษา และเมื่อต้นทุนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10 ราคาไม้คงที่ ในชั้นอายุ 3 ปีที่ระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 15 และ 20 ไม่เหมาะสมกับการลงทุน ส่วนที่ระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 และ 10 มีความเหมาะสมกับการลงทุน เมื่อราคาไม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 พบว่าในชั้นอายุ 3 ปีที่ระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 20 ไม่มีความเหมาะสมในการลงทุน ส่วนระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 - 15 มีความเหมาะสมในการลงทุน เมื่อราคาไม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 พบว่ามีความเหมาะสมในการลงทุนทุกกรณีที่ทำการศึกษา และเมื่อพิจารณาทุก ๆ กรณีที่ทำการศึกษาความอ่อนไหวของโครงการผลปรากฏว่าไม้ที่ระดับอายุ 5 ปี เมื่อต้นทุนเพิ่มขึ้นอัตรา ร้อยละ 10 และราคาไม้เพิ่มขึ้นอัตราร้อยละ 10 ที่ระดับอัตราดอกเบี้ย ร้อยละ 5 มีความเหมาะสมที่สุดในการลงทุนมากที่สุดสำหรับแปลงตัดแตกหน่อดังแสดงในตารางที่ 27

ตารางที่ 25 NPV B/C IRR ของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน 3-5 ปี ตามอัตราดอกเบี้ยและอัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนและราคาไม้ในแปลงปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส

ต้นทุนเพิ่มร้อยละ 5										
อายุ	อัตราดอกเบี้ย	ราคาไม้คงที่			ราคาไม้เพิ่มร้อยละ 5			ราคาไม้เพิ่มร้อยละ 10		
		NPV	B/C	IRR	NPV	B/C	IRR	NPV	B/C	IRR
3 ปี	5	2555.83	1.49		3091.02	1.59		3626.20	1.70	
	10	1877.68	1.39	30.45	2343.16	1.48	33.74	2808.63	1.58	36.64
	15	1329.05	1.29		1736.41	1.38		2143.77	1.47	
	20	882.55	1.20		1241.08	1.29		1599.62	1.37	
4 ปี	5	2543.64	1.45		3111.09	1.55		3678.55	1.65	
	10	1561.12	1.30	22.38	2032.23	1.38	25.50	2503.33	1.47	28.24
	15	807.53	1.16		1201.89	1.24		1596.26	1.32	
	20	226.30	1.05		558.93	1.12		891.56	1.19	
5 ปี	5	4863.27	1.79		5610.27	1.91		6357.27	2.03	
	10	3088.31	1.55	26.40	3680.28	1.65	28.82	4272.26	1.75	30.95
	15	1781.29	1.34		2255.29	1.43		2729.29	1.52	
	20	812.09	1.17		1195.23	1.25		1578.38	1.33	
ต้นทุนเพิ่มร้อยละ 10										
3 ปี	5	2308.42	1.42		2843.61	1.52		3378.80	1.62	
	10	1646.06	1.32	28.02	2111.54	1.41	31.47	2577.01	1.51	41.76
	15	1111.38	1.23		1518.74	1.32		1926.11	1.40	
	20	677.30	1.15		1035.83	1.23		1394.37	1.31	
4 ปี	5	2272.25	1.38		2839.70	1.48		3407.16	1.57	
	10	1309.59	1.24	20.07	1780.70	1.32	23.34	2251.80	1.41	26.21
	15	573.20	1.11		967.56	1.19		1361.92	1.26	
	20	6.99	1.00		339.62	1.07		672.26	1.14	
5 ปี	5	4569.04	1.71		5316.05	1.82		6063.05	1.94	
	10	2818.68	1.48	24.58	3410.65	1.57	27.12	4002.63	1.67	29.35
	15	1532.47	1.28		2006.47	1.37		2480.47	1.45	
	20	581.07	1.11		964.21	1.19		1347.35	1.27	

ตารางที่ 26 NPV B/C IRR ของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 3-5 ปี ตามอัตราดอกเบี้ยและอัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนและราคาไม้ในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส

ต้นทุนเพิ่มร้อยละ 5										
อายุ	อัตราดอกเบี้ย	ราคาไม้คงที่			ราคาไม้เพิ่มร้อยละ 5			ราคาไม้เพิ่มร้อยละ 10		
		NPV	B/C	IRR	NPV	B/C	IRR	NPV	B/C	IRR
3 ปี	5	-91.26	0.98		279.45	1.05		650.16	1.12	
	10	-445.80	0.94	3.99	-123.38	0.98	8.47	199.05	1.04	12.78
	15	-723.78	0.85		-441.61	0.91		-159.43	0.97	
	20	-942.06	0.79		-693.71	0.85		-445.37	0.90	
4 ปี	5	-513.68	0.91		-241.90	0.96		242.75	1.04	
	10	-1008.17	0.82	1.18	-782.54	0.86	3.35	-380.18	0.93	6.95
	15	-1371.73	0.73		-1182.86	0.77		-846.04	0.84	
	20	-1638.05	0.66		-1478.74	0.69		-1194.64	0.75	
5 ปี	5	2273.24	1.35		2874.19	1.45		3475.14	1.54	
	10	995.26	1.17	15.51	1471.50	1.25	18.00	1947.73	1.33	20.08
	15	68.19	1.01		449.52	1.08		830.84	1.15	
	20	-606.88	0.88		-298.65	0.94		9.58	1.00	
ต้นทุนเพิ่มร้อยละ 10										
3 ปี	5	-350.57	0.94		20.14	1.00		390.85	1.07	
	10	-688.79	0.87	0.97	-366.36	0.93	5.26	-43.94	0.99	9.49
	15	-952.31	0.81		-670.14	0.87		-387.97	0.92	
	20	-1157.73	0.76		-909.38	0.81		-661.03	0.86	
4 ปี	5	-796.97	0.87		-525.20	0.92		-40.54	0.99	
	10	-1271.06	0.78	0.00	-1045.43	0.82	1.29	-643.07	0.89	4.75
	15	-1616.93	0.70		-1428.06	0.74		-1091.24	0.80	
	20	-1867.77	0.63		-1708.46	0.66		-1424.37	0.72	
5 ปี	5	1967.11	1.29		2568.05	1.38		3169.00	1.47	
	10	714.27	1.12	13.94	1190.50	1.19	16.30	1666.74	1.27	18.56
	15	-191.50	0.97		189.82	1.03		571.15	1.10	
	20	-848.32	0.84		-540.09	0.90		-231.86	0.96	

ตารางที่ 27 NPV B/C IRR ของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน 3-5 ปี ตามอัตราดอกเบี้ยและอัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนและราคาไม้ในแปลงตัดแรกหน่อ

ต้นทุนเพิ่มร้อยละ 5										
อายุ	อัตราดอกเบี้ย	ราคาไม้คงที่			ราคาไม้เพิ่มร้อยละ 5			ราคาไม้เพิ่มร้อยละ 10		
		NPV	B/C	IRR	NPV	B/C	IRR	NPV	B/C	IRR
3 ปี	5	470.34	1.15		738.75	1.23		1007.16	1.31	
	10	231.25	1.08	16.37	464.70	1.16	21.62	698.15	1.23	25.42
	15	41.48	1.01		245.79	1.09		450.09	1.16	
	20	-109.74	0.96		70.07	1.03		249.89	1.10	
4 ปี	5	2565.89	1.69		3004.29	1.81		3442.70	1.92	
	10	1825.04	1.54	31.15	2189.01	1.64	33.74	2552.97	1.75	36.01
	15	1253.47	1.40		1558.15	1.50		1862.83	1.60	
	20	809.47	1.28		1066.46	1.37		1323.44	1.46	
5 ปี	5	2795.66	1.66		3281.13	1.78		3766.60	1.90	
	10	1769.72	1.47	25.80	2154.44	1.57	28.31	2539.16	1.67	30.52
	15	1019.09	1.30		1327.14	1.39		1635.18	1.48	
	20	466.36	1.15		715.36	1.23		964.36	1.31	
ต้นทุนเพิ่มร้อยละ 10										
3 ปี	5	316.93	1.09		585.34	1.17		853.75	1.25	
	10	89.36	1.03	12.49	322.81	1.10	18.41	556.26	1.18	25.51
	15	-90.36	0.97		113.95	1.04		318.25	1.11	
	20	-232.74	0.91		-52.93	0.98		126.89	1.05	
4 ปี	5	2388.50	1.61		2826.91	1.72		3265.31	1.84	
	10	1663.24	1.47	29.27	2027.20	1.57	31.97	2391.17	1.67	34.35
	15	1104.97	1.34		1409.64	1.43		1714.32	1.52	
	20	672.42	1.22		929.40	1.31		1186.38	1.39	
5 ปี	5	2595.43	1.59		3080.90	1.70		3566.37	1.81	
	10	1589.82	1.40	23.95	1974.54	1.50	26.58	2359.26	1.60	28.90
	15	856.09	1.24		1164.14	1.37		1472.19	1.41	
	20	317.59	1.10		566.59	1.21		815.59	1.25	

การเติบโตทางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก ในชั้นอายุ 1 ปี นั้นแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าสูงสุด ในชั้นอายุ 2 3 4 และ 5 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุด มีค่าเท่ากับ 4.30 6.74 9.22 8.89 และ 11.33 เซนติเมตรตามลำดับ ความสูงทั้งหมด ชั้นอายุ 1 และ 2 ปี ในแปลงที่ใช้ระบบตัดแตกหน่อ มีค่าการเติบโตทางความสูงสูงสุด ในชั้นอายุ 3 4 และ 5 ปี แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.39 8.52 12.28 12.73 และ 14.75 เมตรซึ่งนั้นแสดงว่าผลของกระบวนการสืบพันธุ์แบบตัดแตกหน่อนั้นมีผลต่อการเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก และความสูง ในช่วงปีแรก ๆ เท่านั้น เมื่อครบรอบตัดฟันกระบวนการสืบพันธุ์ด้วยกล้ามีการเติบโตได้ดีกว่า

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้นใน ชั้น อายุ 1 และ 2 ปี แปลงที่ตัดแตกหน่อให้ผลผลิตมวลชีวภาพสูงสุด ชั้นอายุ 3 4 และ 5 ปี พื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมาก่อนมีค่าสูงสุดในทุก ๆ ชั้นอายุ มีค่าเท่ากับ 7.81 14.35 27.10 34.79 และ 46.85 ตันต่อเฮกแตร์ตามลำดับ ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด ในชั้นอายุ 1 และ 2 ปี พื้นที่ที่ใช้ระบบตัดแตกหน่อมีค่าสูงสุด ชั้นอายุ 3 4 และ 5 ปี พื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสมาก่อนมีค่าสูงสุด 11.79 20.62 33.48 38.40 และ 52.92 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุ และผลผลิตที่ได้รับในแต่ละชั้นอายุ อยู่ในรูป Logistic Growth Curve ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้นและผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดมีปริมาณมากขึ้นเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้นและเริ่มคงที่ช่วงอายุประมาณ 8-10 ปี ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้นสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส รองลงมาได้แก่แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และแปลงที่ตัดแตกหน่อมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 61.10 46.75 และ 38.68 ตันต่อเฮกแตร์ ส่วนผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดนั้นมีรูปแบบเช่นเดียวกันกับผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น มีค่าเท่ากับ 68.77 55.02 และ 44.75 ตันต่อเฮกแตร์

อัตราการเติบโตสัมพัทธ์มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น โดยมีค่า RGR_H RGR_{ws} RGR_{wl} RGR_{wb} และ RGR_{wt} สูงสุดในชั้นอายุ 1 ปี ในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าเท่ากับ 0.46 1.48 1.27 1.32 และ 1.40 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมต่อปี ยกเว้น

RGR_{DBH} มีค่าสูงสุดในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าเท่ากับ 0.72 กิโลกรัมต่อกิโลกรัม ต่อปี อัตราการเติบโตสมบูรณ์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในชั้นอายุเพิ่มมากขึ้น ในชั้นอายุ 5 ปี AGR_{wl} มีค่าสูงสุดในแปลงที่ตัดแตกหน่อ AGR_{wb} AGR_{ws} และ AGR_{wt} และ มีค่าสูงสุดในแปลงที่ปลูกด้วย กล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีค่า เท่ากับ 0.63 0.25 10.61 และ 11.53 ต้นต่อ แยกแตรต่อปี

ผลผลิตส่วนที่เป็นสินค้าได้นั้นพิจารณาในรูปของน้ำหนักสด โดยแบ่งชั้นคุณภาพไม้ ออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ คือไม้ชั้นที่ 1 ไม้ชั้นที่ 2 และเศษไม้ปลายไม้เป็นคุณภาพชั้นที่ 3 และเมื่อ พิจารณาในชั้นอายุผลปรากฏว่าการเพิ่มพูนของน้ำหนักส่วนที่เป็นไม้ชั้นคุณภาพชั้น 1 นั้นเพิ่มขึ้น ตามอายุ ในช่วงอายุ 3 ปีนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ด้วยกล้าและตัด แยกหน่อ แต่เมื่ออายุผ่านช่วงนี้ไปแล้วพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ผลต่อผลผลิตในไม้คุณภาพชั้นที่ 1 ในชั้นอายุ 3 4 และ 5 ปี มีค่าสูงสุดในพื้นที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคา ลิปตัส เท่ากับ 56.13 58.38 และ 111.38 ต้นต่อเฮกแตร์ตามลำดับ ในขณะที่เดียวกันไม้คุณภาพ ชั้นที่ 2 นั้นจะมีปริมาณค่อนข้างคงที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ยกเว้นในแปลงที่ตัดแตกหน่อ ที่มีการ ลดลงอย่างชัดเจนจากช่วงอายุ 3 – 5 ปี ส่วนเศษไม้ปลายไม้เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างชั้นอายุ 3-5 ปี

การใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส จะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาเช้าและสูงสุดในช่วงเวลาเที่ยงถึงบ่าย หลังจากนั้นต้นไม้จะลดปริมาณการใช้น้ำลงในช่วงเวลาเย็นและต่ำสุดในช่วงกลางคืน การใช้น้ำในมี ความผันแปรไปในแต่ละช่วงการใช้น้ำในรอบวันสูงสุดในเดือนกรกฎาคม การใช้น้ำในรอบวันต่ำสุด ในเดือนธันวาคม การใช้น้ำในรอบปี มีการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้นตามขนาดความโตที่เพิ่มขึ้นจากขนาด เล็กไปใหญ่ ไม้ที่มีขนาดใหญ่สุด พื้นที่กระพี 196.82 ตารางเซนติเมตรใช้น้ำเฉลี่ย 8.55 ลิตรต่อวัน และ 3119.95 ลิตรต่อปี ไม้ที่มีขนาดเล็กสุดพื้นที่กระพี 12.92 ตารางเซนติเมตรใช้น้ำ เท่ากับ 1.01 ลิตรต่อวันและ 368.71 ลิตรต่อปี แนวโน้มการใช้น้ำในรอบปีของไม้ยูคาลิปตัส มีแนวโน้ม เพิ่มขึ้น จากเดือนกุมภาพันธ์ และไป สูงสุดประมาณเดือนมิถุนายน จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง และมีค่าต่ำสุด ในช่วงเดือนธันวาคม การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำพบว่าการใช้ทางเศรษฐกิจ (WUE_{ws}) และ การใช้น้ำทางชีววิทยา (WUE_{wt}) มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.66 และ 5.16 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ปริมาณการใช้น้ำของหมุ่ไม้ผลปรากฏว่ามีแนวโน้มการใช้น้ำเพิ่มขึ้นเมื่อชันอายุเพิ่มมากขึ้น ในชันอายุ 1 มีการใช้น้ำมากสุดในแปลงที่ตัดแตกหน่อ ส่วนชันอายุ 2 3 4 และ 5 ปีนั้นมีการใช้น้ำสูงที่สุดในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส มีการใช้น้ำเท่ากับ 1.57 1.83 2.51 2.26 และ 2.50 ล้านลิตรต่อปี ตามลำดับ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของหมุ่ไม้ทางเศรษฐกิจ ($WUES_{ws}$) และทางชีววิทยา ($WUES_{wt}$) มีแนวโน้มลดลงเมื่อชันอายุเพิ่มมากขึ้น $WUES_{ws}$ มีค่าสูงที่สุดในแปลงที่ตัดแตกหน่อ ในชันอายุ 1 ปี และต่ำสุดในแปลงที่ตัดแตกหน่อชันอายุ 3 และ 5 ปี เท่ากับ 6.40 และ 2.13 กรัมต่อลิตร $WUES_{wt}$ มีค่าสูงที่สุดในพื้นที่ใช้ระบบตัดแตกหน่อชันอายุ 1 ปี และต่ำสุดในพื้นที่ใช้ระบบตัดแตกหน่อชันอายุ 5 ปี เท่ากับ 7.16 และ 2.46 กรัมต่อลิตร

คุณสมบัติดินทางด้านกายภาพและทางเคมี นั้นภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกันนั้นโดยภาพรวมแล้วมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อความลึกเพิ่มมากขึ้นผลปรากฏว่าปริมาณอนุภาคทราย ปริมาณอนุภาคทรายแป้ง ความพรุนรวมของดินมีแนวโน้มลดลง ส่วนปริมาณอนุภาคดินเหนียว ความหนาแน่นรวมของดิน ความหนาแน่นอนุภาคของดิน มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ประเภทเนื้อดินมีทั้งหมด 7 ประเภท ได้แก่ ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทราย ดินทรายปนร่วน ดินร่วนปนทราย ดินร่วน ดินร่วนปนเหนียว และดินเหนียว คุณสมบัติทางเคมีนั้นเมื่อความลึกเพิ่มมากขึ้นผลปรากฏว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณของโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีแนวโน้มลดลง ยกเว้นปฏิกิริยาดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ผลตอบแทนด้านการเงินจากการลงทุนปลูกสร้างสวนปาล์มคาลิปตัสต้นทุนเฉลี่ยต่อไร่ของการปลูกสร้างสวนปาล์มคาลิปตัสนั้นเมื่ออายุ 5 ปี มีค่าสูงที่สุดในพื้นที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสเท่ากับ 4,257 บาทต่อไร่ และต้นทุนในการปลูกสร้างสวนปาล์มคาลิปตัสในช่วงปีที่ 1 จะมีต้นทุนสูงในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าเนื่องจากกล้าไม่มีราคาที่สูง และต้องเสียค่าเตรียมพื้นที่ และในแปลงที่เคยผ่านการปลูกมาแล้วจะมีต้นทุนสูงที่สุดเนื่องจากต้องเสียค่าสารเคมีในการกำจัดดอ ที่มีในพื้นที่

การลงทุนปลูกไม้ยูคาลิปตัสในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสนั้น ทุกชันอายุมีความเหมาะสมในการลงทุน ในแปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัสนั้นชันอายุ 3 ปี มีระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 เท่านั้นที่เหมาะสมกับการลงทุน ชันอายุ 4 ปี นั้นไม่เหมาะสมกับการลงทุน เนื่องจาก มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนอัตรา

ผลตอบแทนของโครงการที่ได้จากการวิเคราะห์ไม่เหมาะสมกับการลงทุนทุก ๆ ระดับของอัตราดอกเบี้ยที่ได้กำหนดไว้ในชั้นอายุ 5 ปี นั้นที่ระดับอัตราดอกเบี้ยที่ระดับร้อยละ 15 ยังสามารถลงทุนได้ แต่ถ้าระดับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 20 จะไม่เหมาะสมกับการลงทุน ในแปลงตัดตกแต่งหน่อนั้น ปรากฏว่าชั้นอายุ 3 -5 ปี มีความเหมาะสมในการลงทุน

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการด้านการเงินของการลงทุนปลูกสร้างสวนป่า ยูคาลิปตัส จะเห็นว่าอัตราผลตอบแทนทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ B/C NPV และ IRR จะแปรผันไปตามการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆ ได้ดังนี้

- 1) เมื่อต้นทุนเพิ่มขึ้น อัตราดอกเบี้ยและราคางูที่ จะมีผลทำให้ค่าของ B/C NPV และ IRR ลดลง และเมื่อราคาเพิ่มขึ้นก็ทำให้ค่า B/C NPV และ IRR เพิ่มขึ้น
- 2) เมื่อราคาไม้เพิ่มขึ้น อัตราดอกเบี้ยและต้นทุนคงที่ จะมีผลทำให้ค่าของ B/C NPV และ IRR เพิ่มขึ้น และถ้าต้นทุนเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า B/C NPV และ IRR ลดลง
- 3) เมื่ออายุของไม้เพิ่มขึ้นในแต่ละระดับของอัตราดอกเบี้ย ต้นทุนและราคาไม้จะมีผลทำให้ค่าของ B/C NPV และ IRR เพิ่มขึ้น

ไม้ยูคาลิปตัสที่มีอายุระหว่าง 3 - 5 ปี อยู่ในช่วงที่มีอัตราการเจริญเติบโตหรือมีความเพิ่มพูนในอัตราเร่ง ซึ่งจะมีผลทำให้รายได้เพิ่มขึ้นจากเนื้อไม้ที่เพิ่มพูนขึ้น และรายได้ที่เพิ่มขึ้นรายปีนี้มีมูลค่าสูงกว่าต้นทุนรายปี ทำให้อัตราผลตอบแทนในรูปของจะ B/C NPV และ IRR เพิ่มขึ้น ถ้ายาวระยะรอบหมุนเวียนตัดฟัน โดยปล่อยให้ต้นไม้อายุเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ อัตราความเพิ่มพูนของเนื้อไม้ในปีหลังๆ จะลดลงซึ่งจะมีผลทำให้อัตราผลตอบแทนลดลงด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาในครั้งนี้ได้ศึกษาในแปลงปลูกไม้ยูคาลิปตัสภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ปลูกด้วยกล้า และตัดตกแต่งหน่อ ชั้นอายุ 1-5 ปี ในการคัดเลือกแปลงศึกษาได้คัดเลือกแปลงที่มีอายุต่างกันเพื่อศึกษา ข้อมูลที่ได้มาความแม่นยำอาจมีค่าถูกต้องน้อยกว่า ซึ่งถ้าได้คัดเลือกแปลงที่มีอายุตั้งแต่เริ่มต้นปลูกและติดตามเก็บข้อมูลจนครบรอบตัดฟันข้อมูลที่ได้จะมีความแม่นยำมากขึ้น

2. แปลงไม้ยูคาลิปตัสที่ศึกษารั้วนี้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งการจัดการพื้นที่มีความปรารถนาที่แตกต่างกันซึ่งถ้าให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องยิ่งขึ้นควรมีแผนการจัดการและมีการตรวจเช็คการจัดการพื้นที่ให้อยู่ในมาตรฐานการจัดการที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

3. การศึกษาการใช้น้ำมีข้อจำกัดในเรื่องมือการศึกษาและเวลาการเก็บข้อมูลไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ทุกสภาพพื้นที่ทำให้การประเมินการใช้น้ำอาจมีค่าผิดพลาดได้ และในการเก็บข้อมูลการใช้น้ำควรมีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับความชื้นดิน ความเร็วลม ปริมาณความเข้มแสง และอุณหภูมิในเวลาเดียวกันเพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำ

4. การศึกษาในครั้งนี้ผลที่ได้พบว่าไม้ยูคาลิปตัสมีการใช้น้ำตลอดทั้งปีและมีประสิทธิภาพการใช้น้ำในการสร้างผลผลิตมวลชีวภาพสูงกว่าไม้ชนิดอื่น ๆ หลายชนิด ดังนั้นจึงเป็นไม้ที่เหมาะสมที่จะส่งเสริมปลูกในพื้นที่ค่อนข้างแห้งแล้ง

5. ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ด้วยวิธีการตัดแตกหน่อควรมีการตัดฟันในช่วงอายุประมาณ 3 ปีเนื่องจากในช่วงอายุ 4-5 ปี อัตราการเติบโตสมบูรณ์มีค่าต่ำกว่าการปลูกด้วยกล้าและประสิทธิภาพการใช้น้ำค่อนข้างต่ำ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กฤษณากรณ์ ปานข้า. 2547. ผลของการตัดสาขายายระยะต่อการเติบโต การใช้น้ำและคุณสมบัติดินบางประการของสวนป่าไม้ต่างถิ่นในที่สูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กรมป่าไม้. 2543. สถิติการป่าไม้ของประเทศไทย 2543. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- คมสัน เรืองฤทธิ์สารกุล. 2543. ความผันแปรตามฤดูกาลของดัชนีพื้นที่ผิวใบ ความเข้มแสงสัมพัทธ์และ SAP FLOW ของไม้สักในสวนป่าอายุ 19 ปี ที่ผ่านการตัดสาขายายระยะด้วยวิธีการต่าง ๆ ณ สวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จตุพร ป่วนปันคำ. 2545. การใช้น้ำของไม้ตีนเป็ด อายุ 6 ปี ในพื้นที่สถานีวิจัยวนเกษตรตรวด อำเภอเมือง จังหวัดตรวด. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- รุ่งเรือง เลิศศิริวรกุล. 2537. การวัดปริมาณน้ำที่พืชใช้เพื่อการวางมาตรฐานการปลูกพืชลดระดับน้ำใต้ดินเค็มพื้นที่จังหวัดขอนแก่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย, น. 217-240. ใน การประชุมวิชาการเรื่อง เทคโนโลยีกับการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ วันที่ 19-20 สิงหาคม 2537. โรงแรมโฆษะ, ขอนแก่น.
- ศิริภา โพธิ์พินิจ และคณิงกิจ ลิ้มตระกูล. 2540. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินป่าไม้ภายหลังการปลูกป่า 10 ปี. เอกสารทางวิชาการ กลุ่มปฐพีวิทยาป่าไม้. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สันติรักษ์ สาลี. 2539. ผลของการตัดแต่งหน่อต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของหน่อในสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ที่ตัดให้แตกหน่อแบบแถวเว้นแถว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสริมพงศ์ นวลงาม และจรงค์ วัชรินทร์รัตน์. 2545. บทบาทของการปลูกสร้างสวนป่าต่อการกักเก็บคาร์บอนที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา. วารสารวนศาสตร์ 19-21: 96-103

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2538. สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Daiki Rika Kogyo Co. Ltd. 1990. **Three phase meter DIK-1121: Measurement of soil actual volume.** Tokyo, Japan.

Granier, A. 1987. Evaluation of transpiration in a Douglass-fir stand by means of sap flow measurements. **Tree Physiol.** 3 : 309-320.

Larcher, W. 1995. **Physiological Plant Ecology.** Springer, Germany.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 สมการที่อยู่ในรูป Allometric equation. ($Y = aX^b$) . ใช้ประมาณผลผลิตมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลทูเลนซิส. Y = biomass production (kg) . $X = D^2H$: D = Diameter at breast height (cm.), H = Total Height (m.)

แปลง	อายุ	ส่วนของต้นไม้	ความสัมพันธ์	R^2
Af-plantation	1	Stem	$Y = 0.0338 (D^2H)^{0.8406}$	0.9942
		Branch	$y = 0.0163 (D^2H)^{0.7446}$	0.9744
		Leaf	$y = 0.0278 (D^2H)^{0.7096}$	0.9284
Af-plantation	2	Stem	$Y = 0.0248 (D^2H)^{0.9205}$	0.9919
		Branch	$y = 0.0008 (D^2H)^{1.1449}$	0.9914
		Leaf	$y = 0.0141 (D^2H)^{0.7459}$	0.987
Af-plantation	3	Stem	$Y = 0.0318 (D^2H)^{0.8973}$	1
		Branch	$y = 0.0057 (D^2H)^{0.8631}$	0.9498
		Leaf	$y = 0.0203 (D^2H)^{0.6257}$	0.8791
Af-plantation	4	Stem	$Y = 0.0174 (D^2H)^{1.0118}$	0.9992
		Branch	$y = 0.041 (D^2H)^{0.531}$	0.9321
		Leaf	$y = 0.0094 (D^2H)^{0.5843}$	0.875
Af-plantation	5	Stem	$Y = 0.0343 (D^2H)^{0.9281}$	0.9994
		Branch	$y = 0.0108 (D^2H)^{0.7732}$	0.9584
		Leaf	$y = 0.0022 (D^2H)^{0.8384}$	0.9461
Re-plantation	1	Stem	$Y = 0.0401 (D^2H)^{0.8023}$	0.9997
		Branch	$y = 0.0079 (D^2H)^{0.9327}$	0.8673
		Leaf	$y = 0.0419 (D^2H)^{0.6744}$	0.9071
Re-plantation	2	Stem	$Y = 0.0318 (D^2H)^{0.8817}$	0.9993
		Branch	$y = 0.004 (D^2H)^{0.975}$	0.9823
		Leaf	$y = 0.0289 (D^2H)^{0.6887}$	0.9742
Re-plantation	3	Stem	$Y = 0.0231 (D^2H)^{0.9387}$	0.9979
		Branch	$y = 0.0042 (D^2H)^{0.9068}$	0.9607
		Leaf	$y = 0.0222 (D^2H)^{0.6217}$	0.8114

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แปลง	อายุ	ส่วนของต้นไม้	ความสัมพันธ์	R ²
Re-plantation	4	Stem	$Y = 0.0482 (D^2H)^{0.8765}$	0.9981
		Branch	$y = 0.0317(D^2H)^{0.6511}$	0.9071
		Leaf	$y = 0.0059 (D^2H)^{0.7164}$	0.9224
Re-plantation	5	Stem	$Y = 0.0364 (D^2H)^{0.8881}$	0.9985
		Branch	$y = 0.2362(D^2H)^{0.1101}$	0.9385
		Leaf	$y = 0.0071 (D^2H)^{0.6218}$	0.922
Coppice-plantation	1	Stem	$Y = 0.0305 (D^2H)^{0.9254}$	0.9898
		Branch	$y = 0.0046(D^2H)^{0.9227}$	0.9841
		Leaf	$y = 0.0221 (D^2H)^{0.7753}$	0.9213
Coppice-plantation	2	Stem	$Y = 0.0292 (D^2H)^{0.9511}$	0.9992
		Branch	$y = 0.0142(D^2H)^{0.7775}$	0.9409
		Leaf	$y = 0.0017 (D^2H)^{1.0637}$	0.8971
Coppice-plantation	3	Stem	$Y = 0.0348 (D^2H)^{0.9469}$	0.9981
		Branch	$y = 0.0012(D^2H)^{1.156}$	0.9606
		Leaf	$y = 0.0008 (D^2H)^{1.1879}$	0.9761
Coppice-plantation	4	Stem	$Y = 0.0620 (D^2H)^{0.8571}$	0.9929
		Branch	$y = 0.0011(D^2H)^{1.1262}$	0.9782
		Leaf	$y = 0.0018 (D^2H)^{0.9638}$	0.9401
Coppice-plantation	5	Stem	$Y = 0.0342 (D^2H)^{0.9301}$	0.9981
		Branch	$y = 0.0135(D^2H)^{0.7829}$	0.9463
		Leaf	$y = 0.0015 (D^2H)^{0.9178}$	0.9675

ตารางผนวกที่ 2 สมการความสัมพันธ์ Allometric equation, ($Y = aX^b$) ใช้ประมาณผลผลิตส่วนที่เป็นสินค้าได้ $Y =$ Economic production (kg) , $X = D^2H$ (D = Diameter at breight height (cm.), H= Total Height (m.)

แปลง	อายุ	ส่วนของต้นไม้	ความสัมพันธ์	R2
Af-plantation	3	Grade_1 Stem	$Y = 0.00830(D2H)1.1827$	0.9549
		Grade_2 Stem	$Y = 0.0771 (D2H)0.9029$	0.9985
		Total Stem	$Y = 0.08820 (D2H)0.8896$	1
Af-plantation	4	Grade_1 Stem	$Y = 0.00620(D2H)1.2308$	0.9857
		Grade_2 Stem	$Y = 0.0432 (D2H)0.9937$	0.9985
		Total Stem	$Y = 0.04380 (D2H)0.9968$	0.9991
Af-plantation	5	Grade_1 Stem	$Y = 0.01250(D2H)1.1445$	1
		Grade_2 Stem	$Y = 0.05610 (D2H)0.9618$	0.9995
		Total Stem	$Y = 0.05810 (D2H)0.9595$	0.9996
Re-plantation	3	Grade_1 Stem	$Y = 0.01030(D2H)1.1696$	0.9867
		Grade_2 Stem	$Y = 0.0649 (D2H)0.9336$	0.9935
		Total Stem	$Y = 0.06400 (D2H)0.9412$	0.9982
Re-plantation	4	Grade_1 Stem	$Y = 0.00360(D2H)1.2975$	0.9631
		Grade_2 Stem	$Y = 0.0461 (D2H)0.9814$	0.9919
		Total Stem	$Y = 0.05670 (D2H)0.9593$	0.9981
Re-plantation	5	Grade_1 Stem	$Y = 0.0004(D2H)1.8815$	0.9368
		Grade_2 Stem	$Y = 0.0338 (D2H)1.0179$	0.9995
		Total Stem	$Y = 0.06860 (D2H)0.9297$	0.9989
Coppice-plantation	3	Grade_1 Stem	$Y = 0.08400(D2H)0.7621$	0.5322
		Grade_2 Stem	$Y = 0.0741 (D2H)0.9277$	0.9928
		Total Stem	$Y = 0.07100 (D2H)0.9439$	0.9973
Coppice-plantation	4	Grade_1 Stem	$Y = 0.00190(D2H)1.3832$	0.9905
		Grade_2 Stem	$Y = 0.1188 (D2H)0.8573$	0.9915
		Total Stem	$Y = 0.01264 (D2H)0.852$	0.9931
Coppice-plantation	5	Grade_1 Stem	$Y = 0.00330(D2H)1.3144$	0.8891
		Grade_2 Stem	$Y = 0.0646 (D2H)0.9411$	0.9922
		Total Stem	$Y = 0.08410 (D2H)0.9113$	0.9989

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณของอนุภาคทราย (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

กระบวนการสืบพันธุ์	ระดับความลึก (เซนติเมตร)	อายุ (ปี)				
		1	2	3	4	5
Af-plantation	0-10	51.00	65.84	68.47	58.36	65.55a
	10-30	50.03	63.19	66.83	55.41	63.57a
	30-50	54.55	62.92	64.83	53.41	74.51b
	50-100	64.40	66.09	62.17	53.83	62.24a
F-test		0.90ns	0.06ns	0.52ns	0.83ns	6.12*
Re-plantation	0-10	65.45	34.93	53.70	65.45	65.33
	10-30	59.31	33.71	51.49	65.79	62.75
	30-50	59.31	32.90	51.25	55.55	62.64
	50-100	57.59	41.21	42.95	71.31	63.31
F-test		0.46ns	0.11ns	1.93ns	0.22ns	0.04ns
Coppice-plantation	0-10	58.81	62.68	38.53	63.81	62.16
	10-30	59.23	64.09	41.91	64.85	60.57
	30-50	46.35	63.15	40.18	67.45	64.38
	50-100	61.66	42.34	39.19	61.85	61.36
F-test		3.06ns	0.95ns	0.06ns	0.32ns	0.06ns

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการ

ทดสอบโดยใช้ Duncan's new multiple range test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณของอนุภาคทรายแป้ง (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

กระบวนการสืบพันธุ์	ระดับความลึก (เซนติเมตร)	อายุ (ปี)				
		1	2	3	4	5
Af-plantation	0-10	20.03b	16.80	15.69	18.57	18.69
	10-30	17.53b	17.62	16.57	19.53	19.95
	30-50	15.71ab	14.69	16.57	19.98	10.33
	50-100	10.72a	15.60	18.19	20.01	19.80
F-test		4.40*	0.25ns	0.07ns	0.17ns	3.61ns
Re-plantation	0-10	16.57	43.41	25.38	19.16	19.54
	10-30	16.67	43.29	23.72	18.15	18.81
	30-50	13.65	38.69	23.62	21.73	15.60
	50-100	14.07	26.81	16.59	14.15	16.41
F-test		0.33ns	0.83ns	1.65ns	0.18ns	0.12ns
Coppice-plantation	0-10	22.89	19.20	36.34	21.89	17.15
	10-30	19.61	16.26	30.23	19.84	18.00
	30-50	15.86	17.22	30.94	14.43	17.45
	50-100	19.02	10.36	26.03	12.89	12.57
F-test		1.42ns	1.57ns	0.77ns	3.12ns	1.10ns

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการ

ทดสอบโดยใช้ Duncan's new multiple range test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณของอนุภาคดินเหนียว (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

กระบวนการสืบพันธุ์	ระดับความลึก (เซนติเมตร)	อายุ (ปี)				
		1	2	3	4	5
Af-plantation	0-10	28.97	17.36	15.83	23.07	15.76
	10-30	32.45	19.19	16.59	25.07	16.47
	30-50	29.73	22.39	18.59	26.61	15.16
	50-100	24.88	18.31	19.64	26.16	17.96
F-test		0.21ns	0.22ns	0.77ns	0.37ns	0.56ns
Re-plantation	0-10	17.97	21.67	20.91	15.39	15.13
	10-30	24.02	23.00	24.79	16.07	18.44
	30-50	27.05	28.41	25.13	22.72	21.76
	50-100	28.33	31.97	40.46	14.55	20.28
F-test		0.55ns	1.85ns	18.87ns	0.30ns	0.47ns
Coppice-plantation	0-10	18.30	18.13	25.13	14.31	20.69
	10-30	21.17	19.65	27.86	15.31	21.43
	30-50	37.78	19.63	28.89	18.12	18.17
	50-100	19.32	13.97	34.79	25.26	26.07
F-test		2.79ns	0.52ns	1.16ns	1.50ns	0.43ns

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการ

ทดสอบโดยใช้ Duncan's new multiple range test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95
เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99
เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 6 ความหนาแน่นรวมของดิน (g.cm^{-3}) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

กระบวนการสืบพันธุ์	ระดับความลึก (เซนติเมตร)	อายุ (ปี)				
		1	2	3	4	5
Af-plantation	0-10	1.32a	1.47	1.49	1.41	1.50a
	10-30	1.34a	1.64	1.58	1.61	1.67bc
	30-50	1.69b	1.60	1.62	1.59	1.62ab
	50-100	1.61b	1.56	1.62	1.59	1.77c
F-test		6.92**	2.83ns	0.33ns	1.79ns	8.79**
Re-plantation	0-10	1.46	1.32a	1.43a	1.44	1.49
	10-30	1.56	1.64b	1.58ab	1.64	1.66
	30-50	1.62	1.60b	1.64bc	1.70	1.74
	50-100	1.63	1.61b	1.80c	1.75	1.63
F-test		1.90ns	5.12*	7.32**	1.74ns	2.42ns
Coppice-plantation	0-10	1.54a	1.44	1.22a	1.27	1.35a
	10-30	1.64ab	1.42	1.56b	1.72	1.62b
	30-50	1.75bc	1.54	1.62b	1.70	1.59b
	50-100	1.82c	1.04	1.49b	1.71	1.55b
F-test		6.38*	0.63ns	20.14**	12.27**	4.74**

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการ

ทดสอบโดยใช้ Duncan's new multiple range test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 7 ความหนาแน่นอนุภาคดิน (g.cm^{-3}) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

กระบวนการสืบพันธุ์	ระดับความลึก (เซนติเมตร)	อายุ (ปี)				
		1	2	3	4	5
Af-plantation	0-10	2.07	2.47	2.25	2.20	2.28a
	10-30	2.13	2.52	2.27	2.21	2.39a
	30-50	2.26	2.41	2.27	2.20	2.49ab
	50-100	2.33	2.20	2.28	2.27	2.67b
F-test		1.55ns	0.41ns	0.10ns	0.63ns	7.02**
Re-plantation	0-10	2.19	2.41	2.64	2.31	2.13
	10-30	2.28	2.46	2.70	2.38	2.29
	30-50	2.27	2.43	2.89	2.45	2.34
	50-100	2.34	2.29	2.88	2.30	2.34
F-test		2.85ns	0.14ns	0.33ns	0.40ns	2.23ns
Coppice-plantation	0-10	2.36a	2.39	2.32	2.26	2.50
	10-30	2.34a	2.53	2.42	2.27	2.48
	30-50	2.53ab	2.59	2.43	2.56	2.65
	50-100	2.65b	2.50	2.35	2.54	2.47
F-test		4.26*	0.19ns	0.13ns	1.44ns	0.15ns

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการ

ทดสอบโดยใช้ Duncan's new multiple range test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95
เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99
เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 8 ความพรุนดิน (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

กระบวนการสืบพันธุ์	ระดับความลึก (เซนติเมตร)	อายุ (ปี)				
		1	2	3	4	5
Af-plantation	0-10	36.14	39.28	34.01	36.11	34.24
	10-30	36.79	32.42	30.84	27.46	29.91
	30-50	24.57	33.34	28.58	27.66	31.98
	50-100	30.81	28.94	29.05	30.16	33.69
F-test		1.87ns	0.75ns	0.39ns	2.45ns	2.99ns
Re-plantation	0-10	33.73	44.13	45.45	37.81b	30.10
	10-30	31.72	32.20	40.74	30.88ba	27.83
	30-50	28.39	32.70	42.06	30.30ab	26.11
	50-100	30.30	29.77	37.34	23.74a	30.19
F-test		1.08ns	1.05ns	0.61ns	4.04*	0.45ns
Coppice-plantation	0-10	35.03	40.06	46.90	43.85	44.89
	10-30	29.85	43.22	34.97	23.97	34.32
	30-50	30.54	39.58	32.86	31.82	38.88
	50-100	31.26	26.15	35.17	32.85	37.22
F-test		1.56ns	0.85ns	5.24*	3.22ns	0.85ns

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการ

ทดสอบโดยใช้ Duncan's new multiple range test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 9 ปฏิกริยาดิน (pH) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

กระบวนการสืบพันธุ์	ระดับความลึก (เซนติเมตร)	อายุ (ปี)				
		1	2	3	4	5
Af-plantation	0-10	6.17	5.95	5.62	6.30	5.36a
	10-30	6.27	6.40	5.45	5.84	6.16ab
	30-50	6.07	6.61	5.50	6.04	6.70b
	50-100	6.00	6.20	5.34	5.58	6.35b
F-test		1.05ns	0.62ns	0.05ns	0.16ns	4.61*
Re-plantation	0-10	5.54	4.57	5.37	5.32	5.69
	10-30	5.10	4.68	5.49	5.55	5.33
	30-50	5.03	4.57	5.79	5.62	5.79
	50-100	5.00	4.70	4.86	5.60	5.45
F-test		0.29ns	0.09ns	3.48ns	0.21ns	0.50ns
Coppice-plantation	0-10	5.07a	5.37	5.11	4.82	5.92
	10-30	5.12a	5.49	5.14	5.45	5.83
	30-50	5.41a	5.43	5.16	5.77	6.16
	50-100	6.21b	2.95	5.14	5.19	5.30
F-test		14.96**	2.32ns	0.00ns	2.84ns	2.82ns

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดสอบโดยใช้ Duncan's new multiple range test
 ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
 * หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 10 ปริมาณของอินทรีย์วัตถุ (%) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

กระบวนการสืบพันธุ์	ระดับความลึก (เซนติเมตร)	อายุ (ปี)				
		1	2	3	4	5
Af-plantation	0-10	1.27b	0.99	0.92c	1.37b	1.35b
	10-30	1.15b	0.68	0.73bc	0.97ab	1.23b
	30-50	0.52a	0.34	0.42ab	0.63ab	0.51a
	50-100	0.95b	0.55	0.32a	0.31a	0.49a
F-test		8.04**	2.99ns	5.37*	3.48*	8.96**
Re-plantation	0-10	1.25b	0.97b	0.87	1.45b	1.46b
	10-30	0.56a	0.41a	0.65	0.99ab	0.74a
	30-50	0.42a	0.36a	0.54	0.54ab	0.50a
	50-100	0.28a	0.28a	0.57	0.16a	0.24a
F-test		22.12**	7.23**	0.40ns	4.05*	11.49**
Coppice-plantation	0-10	1.09b	1.27b	1.71	1.35b	1.17
	10-30	0.74ab	0.80ab	1.06	0.47a	1.18
	30-50	0.51a	0.37a	0.61	0.38a	0.53
	50-100	0.24a	0.16a	0.89	0.58a	0.42
F-test		4.70*	3.91*	2.69ns	23.25**	2.61ns

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดสอบโดยใช้ Duncan's new multiple range test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 11 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg.kg^{-1}) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

กระบวนการสืบพันธุ์	ระดับความลึก (เซนติเมตร)	อายุ (ปี)				
		1	2	3	4	5
Af-plantation	0-10	9.74	5.25	10.23	9.23	3.16
	10-30	6.84	4.05	3.34	4.33	3.15
	30-50	2.85	1.12	1.93	0.44	2.43
	50-100	3.32	1.12	1.11	1.28	1.15
F-test		1.16ns	0.59ns	1.16ns	1.60ns	8.48ns
Re-plantation	0-10	14.57	2.84	3.69	21.13	9.83
	10-30	4.31	1.79	2.87	6.17	3.47
	30-50	2.35	1.61	1.61	0.89	2.02
	50-100	1.16	1.85	0.50	0.48	2.01
F-test		5.10*	3.17ns	3.61ns	3.84ns	1.56ns
Coppice-plantation	0-10	5.26b	5.05	5.61b	2.46	11.60
	10-30	3.51ab	2.88	1.65a	2.15	5.78
	30-50	2.09ab	1.98	1.33a	2.41	1.57
	50-100	0.30a	0.83	1.75a	0.83	2.14
F-test		4.06*	3.46ns	4.43*	0.50ns	0.73ns

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดสอบโดยใช้ Duncan's new multiple range test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg.kg^{-1}) ที่ระดับความลึก 0-10
10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบทอดที่
ต่างกัน

กระบวนการสืบทอด	ระดับความลึก (เซนติเมตร)	อายุ (ปี)				
		1	2	3	4	5
Af-plantation	0-10	49.90	10.72b	13.42	18.29	16.47b
	10-30	24.04	7.02ab	5.58	9.31	8.45a
	30-50	15.43	5.04a	5.64	7.63	6.63a
	50-100	13.06	3.93a	4.13	6.16	5.08a
F-test		2.81ns	4.33*	2.21ns	0.82ns	7.17**
Re-plantation	0-10	17.03b	9.45b	18.20	15.99	16.17
	10-30	6.70a	4.37a	6.03	7.10	7.12
	30-50	5.87a	3.46a	9.61	6.15	4.33
	50-100	4.87a	2.59a	13.88	8.48	5.62
F-test		4.47*	5.07*	2.99ns	2.02ns	1.46ns
Coppice-plantation	0-10	9.31	15.95b	28.09	15.73b	26.83
	10-30	6.89	6.21a	9.43	6.56a	15.58
	30-50	8.47	4.95a	10.89	5.81a	9.09
	50-100	3.86	1.97a	16.49	8.61a	16.00
F-test		0.88ns	5.88*	1.17ns	5.84*	1.69ns

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดสอบโดยใช้ Duncan's new multiple range test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 13 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg.kg^{-1}) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

กระบวนการสืบพันธุ์	ระดับความลึก (เซนติเมตร)	อายุ (ปี)				
		1	2	3	4	5
Af-plantation	0-10	209.89	461.74	86.01	167.74	56.99
	10-30	122.90	588.90	81.33	151.73	105.65
	30-50	183.96	614.07	96.61	130.24	56.61
	50-100	259.20	156.91	98.37	154.19	89.24
F-test		1.59ns	0.47ns	0.09ns	0.05ns	1.88ns
Re-plantation	0-10	50.93	75.73	295.17	80.70	46.67
	10-30	54.67	27.53	189.65	68.13	67.69
	30-50	42.47	28.77	254.57	58.01	43.53
	50-100	42.35	15.47	61.78	12.64	59.77
F-test		0.27ns	2.74ns	1.09ns	1.39ns	0.28ns
Coppice-plantation	0-10	66.52	131.81	402.67	48.17	118.22
	10-30	73.50	149.47	369.96	55.87	93.11
	30-50	64.62	93.77	201.68	61.05	93.45
	50-100	61.44	58.19	132.51	32.62	27.36
F-test		0.21ns	0.64ns	0.36ns	0.66ns	0.64ns

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการ

ทดสอบโดยใช้ Duncan's new multiple range test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 14 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg.kg^{-1}) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

กระบวนการสืบพันธุ์	ระดับความลึก (เซนติเมตร)	อายุ (ปี)				
		1	2	3	4	5
Af-plantation	0-10	122.64	59.50	30.69	65.99	56.55b
	10-30	116.59	47.49	25.29	55.67	40.23ab
	30-50	67.17	35.60	23.78	52.29	25.45a
	50-100	31.94	42.65	20.13	59.08	37.86ab
F-test		2.94ns	0.83ns	1.17ns	0.17ns	4.96*
Re-plantation	0-10	40.53b	20.70	42.97a	99.85	32.91
	10-30	31.59ab	12.97	53.55a	90.17	26.87
	30-50	21.97b	12.79	49.49a	156.06	17.21
	50-100	22.25b	7.11	230.40b	11.61	32.09
F-test		4.60*	0.87ns	47.07**	0.68ns	0.41ns
Coppice-plantation	0-10	38.67	66.63	132.70	59.43	99.50
	10-30	40.60	51.59	111.87	50.41	72.88
	30-50	47.71	40.58	124.34	61.16	57.21
	50-100	36.26	36.97	250.13	80.09	90.23
F-test		0.32ns	0.69ns	0.84ns	0.30ns	0.23ns

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดสอบโดยใช้ Duncan's new multiple range test

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 15 ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg.kg^{-1}) ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน

กระบวนการสืบพันธุ์	ระดับความลึก (เซนติเมตร)	อายุ (ปี)				
		1	2	3	4	5
Af-plantation	0-10	13.91	10.35	6.32	10.93	13.92
	10-30	16.09	13.14	11.35	10.85	18.97
	30-50	14.56	9.98	10.39	11.39	14.63
	50-100	0.95	0.55	0.32	0.31	0.49
F-test		0.53ns	1.01ns	1.08ns	0.44ns	1.18ns
Re-plantation	0-10	9.64	21.52	13.15	15.61	18.97
	10-30	10.35	13.81	10.57	12.03	22.33
	30-50	13.07	12.83	20.47	13.11	12.96
	50-100	0.28	0.28	0.57	0.16	0.24
F-test		1.84ns	2.18ns	0.82ns	0.21ns	0.34ns
Coppice-plantation	0-10	11.16	19.21	13.94	9.34	9.41
	10-30	11.23	12.00	15.54	12.23	18.39
	30-50	9.16	12.79	13.87	9.89	12.89
	50-100	8.16	7.71	13.90	14.27	17.84
F-test		2.10ns	0.84ns	0.47ns	1.37ns	1.43ns

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดสอบโดยใช้ Duncan's new multiple range test
 ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
 * หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์