

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้ เป็นการนำเสนอผลการศึกษาวิจัย ภายใต้โครงการ “บทบาทของการปลูกสร้างสวนป่ายุคดิจิทัล คามาลดูเลนซิส ต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม” ได้ดำเนินการตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2545 ถึงเดือนสิงหาคม 2546 โดยได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานสนับสนุนกองทุนวิจัย (สกว) และได้รับการสนับสนุนสถานที่ศึกษา ตลอดจนการอำนวยความสะดวกต่างๆ จากบริษัทยูคาเทคโนโลยีจำกัด ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณในการสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณอมรพงษ์ หิรัญวงศ์ คุณสะอาด รมรินทร์สุขารมย์ คุณทัศนีย์ เอื้อประชาชนนท์ คุณจิราภา เพียรรัลิก นักวิชาการคุณบุญไรร่ จำเริญศรี และคุณพิษณุ เข้มราช ผู้ช่วยนักวิชาการของฝ่ายวิจัย บริษัทยูคาเทคโนโลยี จำกัด ที่ให้การประสานงานอย่างดี ขอขอบคุณ คุณสัญญา พันดวง เจ้าหน้าที่ส่งเสริม บริษัทอะโกรไลน์ จำกัด นิสิตปริญญาโทสาขาวิชาพัฒนวิทยา ที่ได้ปฏิบัติงานอย่างแข็งขันและมีประสิทธิภาพทั้งงานภาคสนามและในห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

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

วัตถุประสงค์ของการจัดทำรายงานฉบับนี้ เพื่อนำเสนอผลการศึกษามหาภาคการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสต่อสิ่งแวดล้อม โดยเน้นศึกษาในท้องที่จังหวัดฉะเชิงเทรา รายละเอียดของรายงานประกอบด้วยบทต่างๆ 4 บท ได้แก่

บทที่ 1 กล่าวถึงความสำคัญและที่มาของการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงระเบียบวิธีวิจัย ซึ่งได้แก่ การศึกษาผลของการปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน การใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำ การประเมินผลผลิตมวลชีวภาพ การวิเคราะห์ทางการเงินของการลงทุนปลูกไม้ยูคาลิปตัส วัตถุประสงค์ของการศึกษาในรายละเอียดด้วย

บทที่ 3 กล่าวถึงผลการศึกษาของแต่ละส่วน

บทที่ 4 บทสรุปผลการศึกษาวิจัย

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 ใช้น้ำเท่ากับ 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 เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของดินระหว่างพื้นที่พบว่า การเปลี่ยนแปลงในแต่ละชั้นอายุ 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

(V)

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
 ชื่อหัวข้อวิจัย : 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) 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 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 เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของดินระหว่างพื้นที่พบว่าการเปลี่ยนแปลงในแต่ละชันอายุและกระบวนการสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

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 : fforcrw@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

คณะทำงาน

1. ที่ปรึกษา

ศ.ดร. พงษ์ศักดิ์ สหุณาพุ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์

2. คณะผู้วิจัย

อ.ดร. จงรัก วัชรินทร์รัตน์ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์

อ. กอบศักดิ์ วันธงไชย ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์

อ. สมพร แม่ลิ้ม ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์

นายวิชัยภูาส สังพาลี ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์

นางสาวระเบียบ ศรีกงพาน ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์

นางสาวศศิธร หาสิน ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์

นายกฤษณากรณ์ ปานขำ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์

นายณัฐวุฒิ ม่วงทอง ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(DI)
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 คามาลดูเลนซิส	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 อำเภอพนมสารคาม 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 ของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 3-5 ปี ภายใต้กระบวนการสีบพันธุ์ที่ต่างกัน	118
25	NPV B/C IRR ของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 3-5 ปี ตามอัตราดอกเบี้ยและอัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนและราคาไม้ในแปลงปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส	121
26	NPV B/C IRR ของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 3-5 ปี ตามอัตราดอกเบี้ยและอัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนและราคาไม้ในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส	122
27	NPV B/C IRR ของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 3-5 ปี ตามอัตราดอกเบี้ยและอัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนและราคาไม้ในแปลงตัดแตกหน่อ	123

สารบัญตาราง (ต่อ)

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

สารบัญตาราง (ต่อ)

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

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนที่แสดงตำแหน่งแปลงทดลองที่เก็บข้อมูลไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส	5
2	ลักษณะภูมิอากาศในช่วงที่ศึกษาบริเวณตำบลเขาหินซ้อน อำเภอ พนมสารคาม 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 คามาลดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	45
11	ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (W_T) ในปี พ.ศ. 2545 (ก) พ.ศ. 2546 (ข) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR_{WT}) (ค) และอัตราการเติบโตสัมบูรณ์ (AGR_{WT}) (ง) ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	49
12	ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุและผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (W_S) ในรูป Logistic Growth Curve ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	52
13	ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุและผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (W_T) ในรูป Logistic Growth Curve ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน	53
14	การใช้น้ำในรอบวันของไม้ยูคาลิปตัส อายุ 3 ปี ในแต่ละช่วงเดือนที่ทำการศึกษ	63
15	ความสัมพันธ์ของพื้นที่ระพี้กับการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส ในแต่ละช่วงเดือนที่ทำการศึกษ	64
16	รูปแบบสมการการใช้น้ำในรอบปีของไม้ยูคาลิปตัสอายุ 3 ปี ที่มีขนาดชั้นเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH class) ตั้งแต่ 3.98-13.76 เซนติเมตรโดยวันที่ 1 คือวันเริ่มทำการศึกษตรงกับวันที่ 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 _{WS}) 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 ภายใต้กระบวนการ สืบพันธุ์ที่ต่างกัน	101
31	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการ สืบพันธุ์ที่ต่างกัน	103
32	แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการ สืบพันธุ์ที่ต่างกัน	105
33	แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการ สืบพันธุ์ที่ต่างกัน	107
34	โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-10 10-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ของไม้ยูคาลิปตัส ภายใต้กระบวนการ สืบพันธุ์ที่ต่างกัน	109