

## นิพนธ์ต้นฉบับ

## การกักเก็บคาร์บอนของไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกบนคันนาในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา

Carbon Storage of Eucalypts Planted on Paddy Bunds  
in Chachoengsao Provinceสาพิศ ดิลกสัมพันธ<sup>1</sup>Sapit Diloksumpun<sup>1</sup>ศุริยะ สถาพร<sup>2</sup>Duriya Staporn<sup>2</sup><sup>1</sup> คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900 Thailand

e-mail: sapit.d@ku.ac.th

<sup>2</sup> สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900 Thailand

รับต้นฉบับ 4 พฤศจิกายน 2552

รับลงพิมพ์ 21 ธันวาคม 2552

## ABSTRACT

This study investigated the potential to store carbon in the biomass of eucalypt clones planted on paddy bunds in two trials in Chachoengsao province: 1) a clonal trial of four clones; and 2) a spacing trial with five different distances between trees. There were two study sites on farms in each trial. Three years after planting, samples of stems, branches, leaves and roots were taken from six to eight trees in each of the four clones in the clonal trial for an analysis of carbon content. On each study site, the height and diameter at breast height (1.30 m) of all trees were measured. Allometric relationships were used to estimate the biomass of stems, branches, leaves and roots, which then were converted to carbon storage, using the respective carbon content values from the analysis.

Significant differences were observed in the carbon content among tree components (stems, branches, leaves and roots), but not among clones. The difference in carbon content diminished when the tree biomass was converted to carbon storage and as a result, the difference in carbon stored in the biomass was reflected better by the difference in biomass. The carbon stored in the aboveground biomass was significantly different among clones, but not between sites, while the carbon in the total biomass was not significantly different, either among clones or between sites. However, the greatest carbon storage was observed in the clone K58, followed by clone K59, with the values ranging from 6.24 to 6.50 and 4.33 to 6.00 kgC/tree/yr, respectively, depending on the planting site. The result from the spacing trial showed highly significant differences among spacing distances and between sites. K51 planted 2.0 and 2.5 m apart showed the greatest carbon storage per tree, while the 0.5 spacing had the greatest carbon storage per unit area, due to the higher tree density. Overall, the carbon storage potential of eucalypt clones planted on paddy bunds ranged from 11.95 to 51.96 kg CO<sub>2</sub>/tree/y or from 8.03 to 38.39 tCO<sub>2</sub>/ha/yr depending on the clone, spacing and/or site. The findings suggested that matching clones to the site and/or choosing an appropriate spacing could be a useful practice to increase the tree biomass and carbon storage potential in these eucalypt clones.

**Keywords:** eucalypt, clone, spacing, paddy bund, carbon content, carbon storage

## บทคัดย่อ

การศึกษากักเก็บคาร์บอนของไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกบนคันนามีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกบนคันนาในจังหวัดฉะเชิงเทรา สองการทดลอง ได้แก่ การทดสอบสายต้น หรือโคลน (clone) ไม้ยูคาลิปตัส จำนวน 4 สายต้น และการทดสอบระยะปลูก 5 ระยะ ของสายต้น K51 โดยในแต่ละการทดลองดำเนินการศึกษาในพื้นที่เกษตรกร 2 พื้นที่ เมื่อต้นไม้อายุ 3 ปี เก็บตัวอย่างของลำต้น กิ่ง ใบ และราก จำนวน 6-8 ต้นต่อสายต้น เพื่อวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน (carbon content) เก็บข้อมูลความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (1.30 เมตร) ของต้นไม้อย่างครบถ้วนในแต่ละพื้นที่ศึกษา ประเมินค่ามวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ของต้นไม้วัดด้วยสมการแอลโลเมตรี และประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพจากค่ามวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอน

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าปริมาณคาร์บอน มีการแปรผันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างส่วนต่างๆ ของต้นไม้อายุ 3 ปี (ลำต้น กิ่ง ใบ และราก) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสายต้น โดยศักยภาพของการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยูคาลิปตัสขึ้นอยู่กับมวลชีวภาพมากกว่าปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพ โดยการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสายต้น แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่ปลูก ในขณะที่การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งระหว่างสายต้นและพื้นที่ปลูก อย่างไรก็ตาม สายต้น K58 มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมสูงสุด รองลงมาคือ สายต้น K59 โดยมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเท่ากับ 6.24-6.50 และ 4.33-6.00 กิโลกรัม/ต้น/ปี ขึ้นกับพื้นที่ปลูก นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระยะปลูกต่างๆ ของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K51 พบว่า การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างระยะปลูก และระหว่างพื้นที่ปลูก โดยไม้ยูคาลิปตัสระยะปลูก 2.0 และ 2.5 เมตร มีการกักเก็บคาร์บอนต่อต้นสูงสุด แต่ระยะปลูก 0.5 เมตร มีการกักเก็บคาร์บอนต่อพื้นที่สูงสุดเนื่องจากมีจำนวนต้นไม้มากกว่า อาจกล่าวได้ว่าการปลูกไม้ยูคาลิปตัสบนคันนามีการแปรผันในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิระหว่าง 11.95-51.96 กิโลกรัม/ต้น/ปี หรือ 1.28-6.16 ตัน/ไร่/ปี ขึ้นอยู่กับสายต้น ระยะปลูก และ/หรือ พื้นที่ปลูก ดังนั้น การคัดเลือกสายต้นที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูก และ/หรือ การเลือกระยะปลูกที่เหมาะสมจะเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มศักยภาพของการกักเก็บคาร์บอนของการปลูกไม้ยูคาลิปตัสบนคันนา

**คำสำคัญ:** ยูคาลิปตัส สายต้น ระยะปลูก คันนา ปริมาณคาร์บอน การกักเก็บคาร์บอน

## คำนำ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) ที่มีปริมาณมากที่สุดในบรรยากาศ (ในปัจจุบันมีความเข้มข้นถึง 383 ppm) และก่อให้เกิดปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก (greenhouse effect) อันเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน (Levin and Pershing, 2008) ต้นไม้มีบทบาทสำคัญในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) และมีกระบวนการสะสมคาร์บอนที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงในรูปของมวลชีวภาพ (biomass) ทั้งใน

ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน (ลำต้น กิ่ง และใบ) และอยู่ใต้ดิน (ราก) จากรายงานการสำรวจปริมาณก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย พบว่า การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการป่าไม้ลดลงจาก 61.85 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ( $\text{CO}_2$  equivalent) คิดเป็นร้อยละ 21.6 ของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดในปี พ.ศ.2537 เป็น 22.6 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือคิดเป็นร้อยละ 6.6 ของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดในปี พ.ศ. 2548 (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่

สวนป่าของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส และสวนป่าไม้โตเร็วชนิดอื่นๆ ที่มีการเติบโตเร็วจึงทำให้มีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนได้สูง

การปลูกไม้เศรษฐกิจโตเร็วร่วมกับพืชเกษตรรูปแบบต่างๆ เพื่อให้การใช้พื้นที่เกษตรเกิดประโยชน์สูงสุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกไม้ยูคาลิปตัสบนคันนาซึ่งส่วนใหญ่ถูกปล่อยไว้โดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ นอกจากเป็นการเพิ่มรายได้และความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นให้แก่เกษตรกรในชนบท และเพิ่มวัตถุดิบให้แก่อุตสาหกรรมไม้ประเภทต่างๆ ภายในประเทศแล้ว ยังเป็นการช่วยบรรเทาภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อย่างไรก็ตาม การปลูกไม้ยูคาลิปตัสบนคันนาโดยใช้ชนิดหรือพันธุ์กรรม และ/หรือ รูปแบบการปลูกที่แตกต่างกันย่อมให้การเติบโตและผลผลิตที่แตกต่างกันและนำมาซึ่งความแตกต่างของการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ (เสริมพงษ์, 2545; ทศพร และคณะ, 2548; ประดิษฐ์ และคณะ, 2551; สาพิศ และคณะ, 2552) ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของการปลูกไม้ยูคาลิปตัสบนคันนาด้วยสายต้น หรือโคลน (clone) ต่างๆ 4 สายต้น และระยะปลูกต่างๆ 5 ระยะปลูก ตลอดจนเปรียบเทียบความแตกต่างของการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพระหว่างพื้นที่ปลูกในแต่ละการทดลอง

## อุปกรณ์และวิธีการ

### แปลงทดลอง

#### การทดสอบสายต้นไม้ยูคาลิปตัสบนคันนา

การปลูกไม้ยูคาลิปตัสสายต้นต่างๆ บนคันนามีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) มีจำนวนสายต้นที่จำหน่วยทั่วไปเพื่อการค้าทั้งสิ้น 4 สายต้น ซึ่งมีลักษณะทรงพุ่มและการเติบโตที่ต่างกัน ได้แก่ (1) สายต้น K7 ซึ่งพัฒนาพันธุ์จากลูกผสมระหว่าง

ยูคาลิปตัส คามาลดูลินซิส (*Eucalyptus camaldulensis*) และยูคาลิปตัส ดิกลูปต้า (*E. deglupta*) (2) สายต้น K51 ซึ่งพัฒนาพันธุ์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลินซิส (*E. camaldulensis*) ที่ปลูกในประเทศไทย (3) สายต้น K58 ซึ่งพัฒนาพันธุ์มาจากยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา (*E. urophylla*) จากแหล่งเมล็ดในประเทศจีน และ (4) สายต้น K59 ซึ่งพัฒนาพันธุ์มาจากลูกผสมระหว่างไม้ยูคาลิปตัส แกรนด์ซิส (*E. grandis*) แหล่งเมล็ดจากบราซิล และไม้ยูคาลิปตัส แบริสเซียนา (*E. brassiana*) ที่ปลูกในประเทศไทย (กองคุ้มครองพันธุ์พืช, 2549) มีจำนวนบล็อก (block) 4 บล็อก หรือ 4 ซ้ำ โดยทำการปลูกแถวเดียวบนคันนา ระยะปลูก 1 เมตร เมื่อเดือนสิงหาคม 2548 ในพื้นที่ของเกษตรกร 2 พื้นที่ (site) ได้แก่ แปลงที่ 1 ตั้งอยู่ที่บ้านห้วยปลีก ตำบลบ้านช่อง อำเภอนมสาร จันทบุรี และแปลงที่ 2 ตั้งอยู่ที่บ้านหนองกาใน ตำบลคูยาศ อำเภอสนมชัยเขต จันทบุรีต่อไปจะเรียกว่า “แปลงบ้านห้วยปลีก” และแปลงที่ 2 ตั้งอยู่ที่บ้านหนองกาใน ตำบลคูยาศ อำเภอสนมชัยเขต จันทบุรีต่อไปจะเรียกว่า “แปลงบ้านหนองกาใน”

#### การทดสอบระยะปลูกไม้ยูคาลิปตัสบนคันนา

การปลูกไม้ยูคาลิปตัสบนคันนาด้วยระยะต่างๆ มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) เช่นเดียวกัน โดยปลูกยูคาลิปตัสแถวเดียวบนคันนามีระยะปลูก 5 ระยะปลูก ได้แก่ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 เมตร และมีจำนวนบล็อก (block) 3 บล็อก หรือ 3 ซ้ำ ปลูกเมื่อเดือนสิงหาคม 2548 ในพื้นที่ของเกษตรกร 2 พื้นที่ ได้แก่ แปลงที่ 1 ตั้งอยู่ที่บ้านเกาะขุ่น ตำบลเกาะขุ่น อำเภอนมสาร จันทบุรี และแปลงที่ 2 ตั้งอยู่ที่ บ้านหนองนกเอี้ยง ตำบลเขาหินซ้อน อำเภอนมสาร จันทบุรีต่อไปจะเรียกว่า “แปลงบ้านเกาะขุ่น” และแปลงที่ 2 ตั้งอยู่ที่ บ้านหนองนกเอี้ยง ตำบลเขาหินซ้อน อำเภอนมสาร จันทบุรีต่อไปจะเรียกว่า “แปลงบ้านหนองนกเอี้ยง” การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของไม้ยูคาลิปตัส

ศึกษาปริมาณคาร์บอน (carbon content) ในส่วนต่างๆ ของไม้ยูคาลิปตัสอายุ 3 ปี โดยการเก็บตัวอย่างลำต้น กิ่ง ใบ และราก ของทั้ง 4 สายต้น จากแปลงทดสอบ สายต้น ไม้ยูคาลิปตัสบนคันนา จำนวน สายต้นละ 6-8 ต้น ขึ้นอยู่กับการแปรผันของขนาดของต้นไม้ นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในห้องปฏิบัติการโดยวิธี Dumas หรือ dry combustion method

### การประมาณค่ามวลชีวภาพ

ประมาณค่ามวลชีวภาพหรือน้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ทั้งส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน (ลำต้น กิ่ง และใบ) และส่วนที่อยู่ใต้ดิน (ราก) เมื่อไม้ยูคาลิปตัสอายุ 3 ปี โดยใช้สมการแอลโลเมตริก (allometric equations) ของความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพและขนาดของต้นไม้ (เส้นผ่าศูนย์กลางกึ่งกลางเพียงอก และความสูง) จากการศึกษามาก่อน (2552) ดังแสดงใน Table 1

**Table 1** List of allometric equations used to estimate the biomass of 3-year-old eucalypt clones planted on paddy bunds.

| Clone | Biomass                                | Equation                       | R <sup>2</sup> |
|-------|----------------------------------------|--------------------------------|----------------|
| K7    | Stem (W <sub>S</sub> , kg/tree)        | $W_S = 0.0179(D^2H)^{0.9879}$  | 0.9973         |
|       | Branch (W <sub>B</sub> , kg/tree)      | $W_B = 0.0005(D^2H)^{1.1711}$  | 0.9116         |
|       | Leaf (W <sub>L</sub> , kg/tree)        | $W_L = 0.0025(D^2H)^{0.9159}$  | 0.7661         |
|       | Aboveground (W <sub>T</sub> , kg/tree) | $W_T = 0.0209(D^2H)^{0.9919}$  | 0.9964         |
|       | Root (W <sub>R</sub> , kg/tree)        | $W_R = 0.0251(D^2H)^{0.8258}$  | 0.9357         |
| K51   | Stem (W <sub>S</sub> , kg/tree)        | $W_S = 0.0388(D^2H)^{0.8575}$  | 0.9925         |
|       | Branch (W <sub>B</sub> , kg/tree)      | $W_B = 0.0025(D^2H)^{0.9062}$  | 0.9105         |
|       | Leaf (W <sub>L</sub> , kg/tree)        | $W_L = 0.0028(D^2H)^{0.8601}$  | 0.9513         |
|       | Aboveground (W <sub>T</sub> , kg/tree) | $W_T = 0.0444(D^2H)^{0.8608}$  | 0.9934         |
|       | Root (W <sub>R</sub> , kg/tree)        | $W_R = 0.0058(D^2H)^{1.0031}$  | 0.9492         |
| K58   | Stem (W <sub>S</sub> , kg/tree)        | $W_S = 0.0690(D^2H)^{0.8258}$  | 0.9920         |
|       | Branch (W <sub>B</sub> , kg/tree)      | $W_B = 0.00003(D^2H)^{1.6036}$ | 0.9590         |
|       | Leaf (W <sub>L</sub> , kg/tree)        | $W_L = 0.0003(D^2H)^{1.2992}$  | 0.9201         |
|       | Aboveground (W <sub>T</sub> , kg/tree) | $W_T = 0.0362(D^2H)^{0.9496}$  | 0.9959         |
|       | Root (W <sub>R</sub> , kg/tree)        | $W_R = 0.0092(D^2H)^{1.0114}$  | 0.9866         |
| K59   | Stem (W <sub>S</sub> , kg/tree)        | $W_S = 0.0275(D^2H)^{0.9488}$  | 0.9959         |
|       | Branch (W <sub>B</sub> , kg/tree)      | $W_B = 0.0002(D^2H)^{1.3728}$  | 0.9504         |
|       | Leaf (W <sub>L</sub> , kg/tree)        | $W_L = 0.0004(D^2H)^{1.2465}$  | 0.9635         |
|       | Aboveground (W <sub>T</sub> , kg/tree) | $W_T = 0.0212(D^2H)^{1.0185}$  | 0.9934         |
|       | Root (W <sub>R</sub> , kg/tree)        | $W_R = 0.0056(D^2H)^{1.0541}$  | 0.9938         |

**Note:** D: diameter at breast height (cm); H: total height (m).

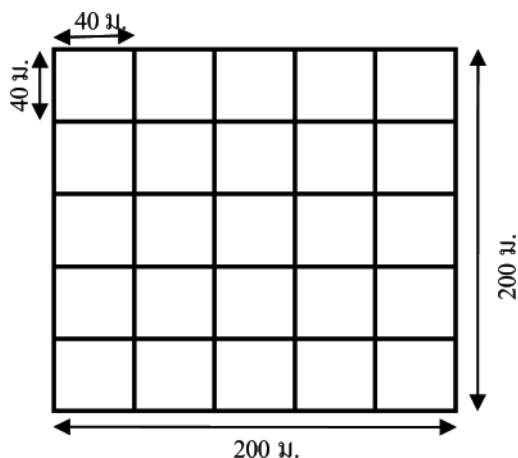
### การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

ประมาณค่าคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ ราก ของไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกในรูปแบบต่างๆ จากปริมาณคาร์บอน (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) ในส่วนต่างๆ ของต้นไม้ที่ได้จากการวิเคราะห์ คำนวณด้วยมวลชีวภาพของไม้ยูคาลิปตัส

วิเคราะห์ความแตกต่างของการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพต่อต้น (1) ระหว่างสายต้นและระหว่างพื้นที่ปลูก และ (2) ระหว่างระยะปลูกและระหว่างพื้นที่ปลูก โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (4x2 factorial in RCBD) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธีการของ Duncan's New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

เปรียบเทียบมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนต่อหน่วยพื้นที่โดยการคำนวณจำนวนต้นไม้ต่อพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดสำหรับการปลูกไม้ยูคาลิปตัสแถวเดียวบนคันนา โดยใช้สูตร

$$T = \frac{[(n+1)am + bn(m+1)]}{sA}$$



เมื่อ  $T$  = จำนวนต้นไม้ต่อไร่

$n$  = จำนวนบล็อก (block) ในแนวนอน

$m$  = จำนวนบล็อก (block) ในแนวตั้ง

$a$  = ความยาวของแปลงย่อยในแนวนอน (เมตร)

$b$  = ความยาวของแปลงย่อยในแนวตั้ง (เมตร)

$s$  = ระยะระหว่างต้น (เมตร)

$A$  = พื้นที่ทั้งหมด (ไร่)

โดยที่กระถางนามีขนาด 1600 ตารางเมตร หรือ 1 ไร่

( $a \times b = 1600$  ตารางเมตร)

จากสูตรการคำนวณข้างต้นหากกำหนดให้เกษตรกรทั่วไปมีพื้นที่นาไร่ละไม่เกิน 25 ไร่ ทำการคำนวณจำนวนต้นไม้มากที่สุดและน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ในแต่ละระยะปลูกเพื่อหาค่าเฉลี่ยของจำนวนต้นไม้ โดยในแต่ละระยะปลูกมีจำนวนต้นไม้มากที่สุดเมื่อ  $m=1$  และ  $n=25$  หรือ  $m=25$  และ  $n=1$  และมีจำนวนต้นไม้ที่น้อยที่สุดเมื่อ  $m=n=5$  (ดังแผนผังข้างต้น) ตัวอย่างเช่น ที่ระยะปลูก 1.0 เมตร มีจำนวนต้นไม้มากที่สุดเท่ากับ 121.6 ต้น และมีจำนวนต้นไม้ที่น้อยที่สุดเท่ากับ 96 ต้น จึงทำให้มีจำนวนต้นไม้เฉลี่ยเท่ากับ 109 ต้น จากการคำนวณดังกล่าว ทำให้การปลูกต้นไม้บนคันนาด้วยระยะระหว่างต้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 เมตร มีจำนวนต้นไม้โดยเฉลี่ยเท่ากับ 218, 109, 73, 55 และ 44 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

### ผลและวิจารณ์

#### ปริมาณคาร์บอนในไม้ยูคาลิปตัส

จากการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในส่วนต่างๆ (ลำต้น กิ่ง ใบ และราก) ของไม้ยูคาลิปตัสทั้ง 4 สายต้น ที่อายุ 3 ปี พบว่า มีแนวโน้มแตกต่างกันระหว่างส่วนของต้นไม้มากกว่าระหว่างสายต้น ส่วนใหญ่แล้วปริมาณคาร์บอนในราก (เฉลี่ยร้อยละ 46.91 ของน้ำหนักแห้ง) มีค่าน้อยกว่าปริมาณคาร์บอนในลำต้น กิ่ง และใบ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 48.36, 49.31 และ 53.23 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Table 2) จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณคาร์บอนในทางสถิติ พบว่า ปริมาณคาร์บอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างส่วนของต้นไม้ ( $p < 0.01$ ) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสายต้น ( $p > 0.05$ )

**Table 2** Carbon content in different parts of the 3-year-old eucalypt clones planted on paddy bunds.

| Clone       | Carbon content (% of dry weight) |                     |                     |                     | Mean         |
|-------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------|
|             | Stem                             | Branch              | Leaf                | Root                |              |
| K7          | 48.50 <sup>bcd</sup>             | 49.64 <sup>d</sup>  | 52.78 <sup>e</sup>  | 47.29 <sup>ab</sup> | <b>49.55</b> |
| K51         | 48.19 <sup>bc</sup>              | 49.27 <sup>cd</sup> | 52.98 <sup>e</sup>  | 46.46 <sup>a</sup>  | <b>49.23</b> |
| K58         | 48.29 <sup>bc</sup>              | 49.20 <sup>cd</sup> | 54.00 <sup>f</sup>  | 47.46 <sup>ab</sup> | <b>49.74</b> |
| K59         | 48.45 <sup>bcd</sup>             | 49.11 <sup>cd</sup> | 53.14 <sup>ef</sup> | 46.42 <sup>a</sup>  | <b>49.28</b> |
| <b>Mean</b> | <b>48.36</b>                     | <b>49.31</b>        | <b>53.23</b>        | <b>46.91</b>        | <b>49.45</b> |

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ความเข้มข้นของคาร์บอนในมวลชีวภาพมีความแตกต่างกันตามชนิดไม้และส่วนของต้นไม้ จากการรวบรวมของสาพิศ (2550) พบว่า พรรณไม้ในป่าธรรมชาติและสวนป่าชนิดต่างๆ ของประเทศไทยมีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพโดยเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 44-55 ของน้ำหนักแห้ง โดย ประดิษฐ์ และคณะ (2551) ศึกษาปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้สัก ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และไม้ยางพารา พบว่า ไม้ยางพารามีปริมาณคาร์บอนสูงที่สุดในทุกส่วน รองลงมาคือ ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และไม้สัก ตามลำดับ โดยที่ปริมาณคาร์บอนในส่วนลำต้น กิ่ง ใบ และรากของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มีค่าเท่ากับร้อยละ 47.75, 47.58, 51.60 และ 48.84 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ ซึ่งปริมาณคาร์บอนในส่วนของลำต้น และกิ่งมีค่าใกล้เคียงกับที่ศึกษาในครั้งนี้ แต่ปริมาณคาร์บอนในใบค่อนข้างต่ำกว่า อาจพอสรุปได้ว่าการศึกษามีปริมาณคาร์บอนในลำต้นไม้ยูคาลิปตัสที่ผ่านมาในประเทศไทยมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งในไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส (เสริมพงศ์, 2545; ทศพร และคณะ, 2548; ประดิษฐ์ และคณะ, 2551; สาพิศ และคณะ, 2552) และไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟีลล่า (ชลธิชา, 2550) แต่ปริมาณคาร์บอนในส่วนของกิ่ง หรือใบอาจมีการแปรผันมากกว่า (Table 2)

### การทดสอบสายต้นไม้ยูคาลิปตัสบนคันนา

#### มวลชีวภาพ

จากการศึกษามวลชีวภาพของไม้ยูคาลิปตัสสายต้นต่างๆ ที่ปลูกบนคันนา เมื่ออายุ 3 ปี พบว่า ในแปลงบ้านห้วยปลีก สายต้น K58 มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพรวมสูงสุด ในขณะที่สายต้น K7, K59 และ K51 มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพรวมค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยมวลชีวภาพรวมของสายต้น K58 มีค่าเท่ากับ 38.53 กิโลกรัม/ต้น หรือคิดเป็นมวลชีวภาพรวม 4.16 ตัน/ไร่ ในขณะที่แปลงบ้านหนองกาใน ถึงแม้สายต้น K58 มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพรวมสูงสุด แต่มีค่าใกล้เคียงกับสายต้น K59 ทั้งที่ในช่วงปีแรกสายต้น K59 ถูกแตนฝอยปม (*Leptocybe invasa*) เข้าทำลายทำให้การเติบโตหยุดชะงัก แต่สายต้น K59 มีการฟื้นตัวและเติบโตอย่างรวดเร็วหลังจากเมื่ออายุ 2 ปี รองลงมาคือสายต้น K7 และ K51 โดยสายต้น K58 และ K59 มีมวลชีวภาพรวมเมื่ออายุ 3 ปี เท่ากับ 40.17 และ 37.48 กิโลกรัม/ต้น หรือคิดเป็นมวลชีวภาพรวม 4.34 และ 4.05 ตัน/ไร่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสายต้น ( $p < 0.05$ ) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่ ( $p > 0.05$ ) ในขณะที่มวลชีวภาพรวมมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งระหว่างสายต้นและระหว่างพื้นที่ ( $p > 0.05$ ) (Table 3)

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (mean annual increment, MAI) ของมวลชีวภาพหรือน้ำหนักแห้ง พบว่า สายต้น K58 มีความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพรวมสูงสุดมีค่าเท่ากับ 12.84-13.39

กิโลกรัม/ต้น/ปี หรือ 1.39-1.45 ตัน/ไร่/ปี รองลงมาคือ สายต้น K59, K7 และ K51 ตามลำดับ โดยความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของน้ำหนักแห้งรวมของไม้ยูคาลิปตัสมีค่าเท่ากับ 9.72 กิโลกรัม/ต้น/ปี หรือ 1.05 ตัน/ไร่/ปี (Table 3)

**Table 3** Tree biomass and carbon storage in biomass of 3-year-old eucalypt clones planted on paddy bunds.

| Clone                  | Aboveground         |         |        | Total              |         |        | MAI          |            |           |
|------------------------|---------------------|---------|--------|--------------------|---------|--------|--------------|------------|-----------|
|                        | (kg/tree)           | (t/rai) | (t/ha) | (kg/tree)          | (t/rai) | (t/ha) | (kg/tree/yr) | (t/rai/yr) | (t/ha/yr) |
| <b>Biomass</b>         |                     |         |        |                    |         |        |              |            |           |
| Site I Ban Nhong Kanai |                     |         |        |                    |         |        |              |            |           |
| K7                     | 16.46 <sup>ab</sup> | 1.79    | 11.21  | 22.85 <sup>a</sup> | 2.47    | 15.44  | 7.62         | 0.82       | 5.13      |
| K51                    | 15.06 <sup>a</sup>  | 1.64    | 10.26  | 20.33 <sup>a</sup> | 2.20    | 13.75  | 6.78         | 0.73       | 4.56      |
| K58                    | 27.48 <sup>ab</sup> | 3.00    | 18.72  | 38.53 <sup>a</sup> | 4.16    | 26.00  | 12.84        | 1.39       | 8.69      |
| K59                    | 17.73 <sup>ab</sup> | 1.93    | 12.08  | 27.00 <sup>a</sup> | 2.92    | 18.25  | 9.00         | 0.97       | 6.06      |
| Site II Ban Huai Pleek |                     |         |        |                    |         |        |              |            |           |
| K7                     | 18.77 <sup>ab</sup> | 2.05    | 12.79  | 25.96 <sup>a</sup> | 2.8     | 17.50  | 8.65         | 0.93       | 5.81      |
| K51                    | 15.44 <sup>a</sup>  | 1.68    | 10.52  | 20.86 <sup>a</sup> | 2.25    | 14.06  | 6.95         | 0.75       | 4.69      |
| K58                    | 28.64 <sup>b</sup>  | 3.12    | 19.51  | 40.17 <sup>a</sup> | 4.34    | 27.13  | 13.39        | 1.45       | 9.06      |
| K59                    | 23.77 <sup>ab</sup> | 2.59    | 16.19  | 37.48 <sup>a</sup> | 4.05    | 25.31  | 12.49        | 1.35       | 8.44      |
| <b>Carbon storage</b>  |                     |         |        |                    |         |        |              |            |           |
| Site I Ban Nhong Kanai |                     |         |        |                    |         |        |              |            |           |
| K7                     | 8.05 <sup>ab</sup>  | 0.88    | 5.48   | 11.07 <sup>a</sup> | 1.20    | 7.50   | 3.69         | 0.40       | 2.50      |
| K51                    | 7.32 <sup>a</sup>   | 0.80    | 4.99   | 9.77 <sup>a</sup>  | 1.05    | 6.56   | 3.26         | 0.35       | 2.19      |
| K58                    | 13.46 <sup>ab</sup> | 1.47    | 9.17   | 18.73 <sup>a</sup> | 2.02    | 12.63  | 6.24         | 0.67       | 4.19      |
| K59                    | 8.68 <sup>ab</sup>  | 0.95    | 5.91   | 12.98 <sup>a</sup> | 1.40    | 8.75   | 4.33         | 0.47       | 2.94      |
| Site II Ban Huai Pleek |                     |         |        |                    |         |        |              |            |           |
| K7                     | 9.18 <sup>ab</sup>  | 1.00    | 6.25   | 12.58 <sup>a</sup> | 1.36    | 8.50   | 4.19         | 0.45       | 2.81      |
| K51                    | 7.50 <sup>a</sup>   | 0.82    | 5.11   | 10.02 <sup>a</sup> | 1.08    | 6.75   | 3.34         | 0.36       | 2.25      |
| K58                    | 14.02 <sup>c</sup>  | 1.53    | 9.55   | 19.52 <sup>a</sup> | 2.11    | 13.19  | 6.51         | 0.70       | 4.38      |
| K59                    | 11.64 <sup>ab</sup> | 1.27    | 7.93   | 18.01 <sup>a</sup> | 1.94    | 12.13  | 6.00         | 0.65       | 4.06      |

**Note:** 1 ha = 6.25 rai

#### การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ชนิดใดๆ ขึ้นอยู่กับมวลชีวภาพ และปริมาณคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของต้นไม้ แต่ความแตกต่างระหว่างสายต้นของปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพส่วนต่างๆ มีน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับความแตกต่างของมวลชีวภาพ ดังนั้น ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของสาย

ต้นต่างๆ จึงขึ้นอยู่กับมวลชีวภาพเป็นสำคัญ จากการประเมินการกักเก็บคาร์บอน พบว่า การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพมีแนวโน้มเช่นเดียวกับมวลชีวภาพ สายต้น K58 มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และมวลชีวภาพรวมมากที่สุด ในทั้ง 2 พื้นที่ โดยไม้ยูคาลิปตัสสายต้นอื่นๆ ในแปลงบ้านห้วยปลีก มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและ

มวลชีวภาพรวมใกล้เคียงกัน แต่ในแปลงบ้านหนองกาในสายต้น K59 มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพรวมรองลงมา ถึงแม้ในช่วงแรกได้รับผลกระทบจากการเข้าทำลายของแตนฝอยปมดั่งที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น แต่สายต้น K59 มีอัตราการเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงหลังทำให้การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมเมื่ออายุ 3 ปี มีค่าใกล้เคียงกับสายต้น K58 ที่ปลูกในพื้นที่เดียวกัน และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างในทางสถิติ พบว่า การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสายต้น ( $p < 0.05$ ) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่ปลูก ( $p > 0.05$ ) ในขณะที่การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งระหว่างสายต้นและพื้นที่ปลูก ( $p > 0.05$ ) (Table 3) ทั้งนี้ ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของสายต้น K58 และ K59 น่าจะมีสาเหตุมาจากสมบัติทางด้านสรีรวิทยาที่มีประสิทธิภาพในการใช้น้ำของใบสูง และ/หรือ มีสัดส่วนของมวลชีวภาพของใบมากกว่าสายต้นอื่นๆ ซึ่งทำให้มีการเติบโตและมวลชีวภาพสูง (ข้อมูลไม่ได้นำเสนอในที่นี้)

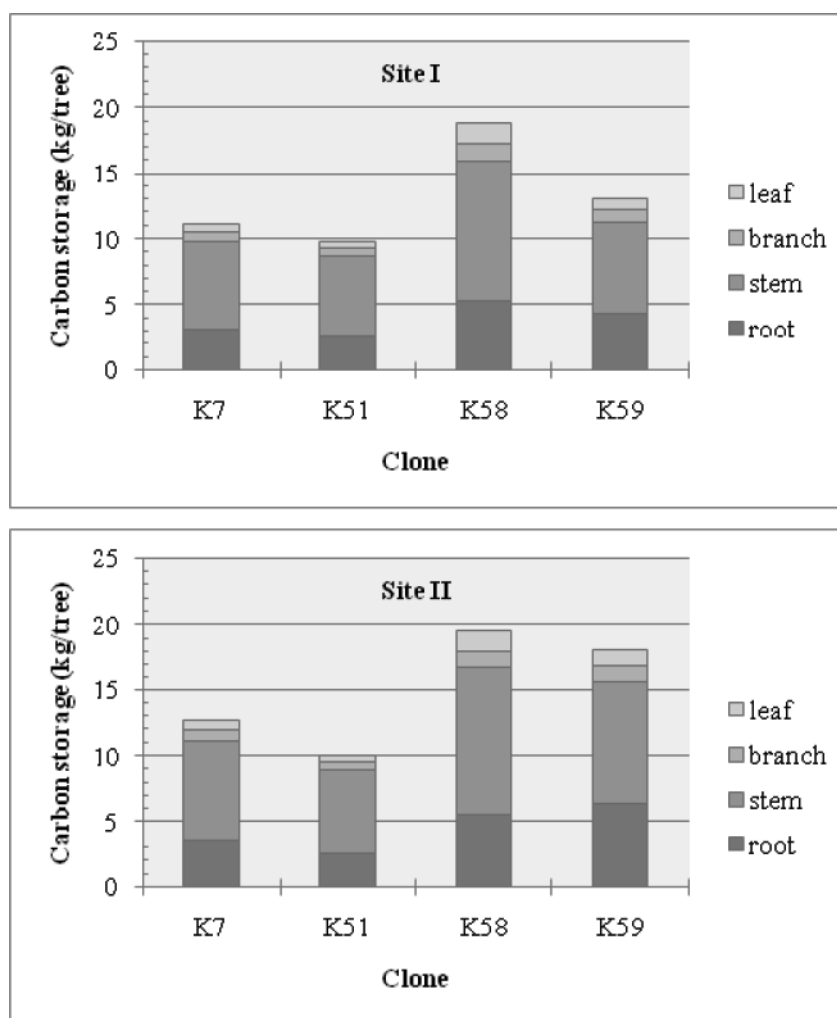
เมื่อเปรียบเทียบความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวม พบว่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของการกักเก็บคาร์บอนรวมของไม้ยูคาลิปตัสมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.70 กิโลกรัม/ต้น/ปี หรือ 0.51 ตัน/ไร่/ปี โดยสายต้น K58 มีความเพิ่มพูนของการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพสูงสุด มีค่าเท่ากับ 6.24-6.51 กิโลกรัม/ต้น/ปี หรือ 0.67-0.70 ตัน/ไร่/ปี รองลงมาคือสายต้น K59, K7 และ K51 ตามลำดับ (Table 3) หรืออาจกล่าวได้ว่าการปลูกไม้ยูคาลิปตัสบนคันนาสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้สุทธิถึง 11.95-23.87 กิโลกรัม/ต้น/ปี หรือ 1.28-2.57 ตัน/ไร่/ปี ขึ้นอยู่กับสายต้นที่นำมาใช้ และ/หรือ พื้นที่ปลูก

ความแตกต่างของการกักเก็บคาร์บอนระหว่างสายต้นเป็นผลเนื่องมาจากความแปรผันของมวลชีวภาพจากปัจจัยทางพันธุกรรมของต้นไม้มทั้งในระดับชนิด สายพันธุ์ และสายต้น จากการศึกษาของ

Bernardo *et al.* (1998) พบว่า ในระยะปลูก 3 x 3 เมตร เท่ากัน มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส (*E. camaldulensis*) ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา (*E. urophylla*) และยูคาลิปตัส เพลลิตา (*E. pellita*) มีค่าแตกต่างกัน โดยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลามีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมากที่สุด ในขณะที่ พรจันท์ (2547) พบว่าความสามารถในการปรับตัวและการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จำนวน 60 สายต้น อายุ 4 ปี ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีการระบายน้ำแล้ว จังหวัดราชบุรี แตกต่างกันไปตามสายต้น ซึ่งความแตกต่างของการเติบโตดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

เป็นที่น่าสังเกตว่า สายต้น K58 และ K59 นอกจากจะมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมสูงแล้วยังมีการกักเก็บคาร์บอนทั้งในกิ่งและใบเป็นสัดส่วนที่มากด้วยเช่นกัน (ประมาณร้อยละ 20 ของการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน) เนื่องจากสายต้น K58 มีพื้นฐานทางพันธุกรรมมาจากยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา ซึ่งมีลักษณะทรงพุ่มใหญ่และแน่นทึบ เช่นเดียวกับสายต้น K59 ซึ่งมีการปรับปรุงพันธุ์มาจากลูกผสมยูคาลิปตัส แกรนด์ซิส (*E. grandis*) และยูคาลิปตัส แบรสเซียนา (*E. brassiana*) ตรงข้ามกับสายต้น K7 และ K51 มีการกักเก็บคาร์บอนในกิ่งและใบเป็นสัดส่วนน้อยใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 16 และ 14 ของการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ตามลำดับ) เนื่องจากทั้งสองสายต้นมีพื้นฐานทางพันธุกรรมจากยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่มีทรงพุ่มขนาดเล็กและโปร่งบาง นอกจากนี้ยังพบว่าสายต้น K59 มีการกักเก็บคาร์บอนในรากเป็นสัดส่วนที่สูง (ร้อยละ 50-55 ของการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน) เมื่อเปรียบเทียบกับสายต้นอื่นๆ ซึ่งมีค่าเพียงร้อยละ 33-39 ของการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (Figure 1) แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของสัดส่วนของการกักเก็บคาร์บอน (carbon allocation) ในยูคาลิปตัส ทั้ง 4 สายต้นนี้ อันเนื่องมาจากความแตกต่างของลักษณะรูปทรงลำต้นและเรือนยอด ซึ่งเป็นลักษณะที่มีการถ่ายทอดทางพันธุกรรม





**Figure 1** Carbon allocation of 3-year-old eucalypt clones planted on paddy bunds at Ban Nhong Kanai (Site I) and Ban Huai Pleek (Site II).

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพระหว่าง 2 พื้นที่ พบว่า มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน ยกเว้น สายต้น K59 ที่มีการกักเก็บคาร์บอนของมวลชีวภาพรวมในแปลงบ้านหนองกาในมากกว่าในแปลงบ้านห้วยปลีกถึงร้อยละ 45 (Table 3) ถึงแม้ว่าความแตกต่างระหว่างพื้นที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม จากการศึกษาของชัยรัตน์ (2542) พบว่าการเติบโตและมวลชีวภาพของไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส อายุ 5 ปี ในสวนป่าต่างๆ ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ นอกจากจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรมคือสายต้น

แล้วยังมีความแตกต่างกันไปตามพื้นที่ โดยพบว่าสายต้นที่มีการเติบโตดีที่สุดในสวนป่าใดสวนป่าหนึ่งแต่มีการเติบโตไม่ดีในสวนป่าอื่นๆ ซึ่งมีสาเหตุมาจากอิทธิพลร่วมของพื้นที่ (site interaction) ที่พบโดยทั่วไป และก่อให้เกิดการแปรผันของมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ แต่การศึกษารั้งนี้ ไม่พบอิทธิพลร่วมของพื้นที่แต่อย่างใด อย่างไรก็ตาม การเลือกชนิด หรือสายพันธุ์ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (site matching) นับเป็นแนวทางสำคัญของการปลูกไม้เพื่อให้มีการเติบโตและปรับตัวในพื้นที่ได้ดี ตลอดจนให้

ผลผลิตได้ตามที่ต้องการ

### การทดสอบระยะปลูกไม้ยูคาลิปตัสบนคันนา

#### มวลชีวภาพ

เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K51 อายุ 3 ปี ที่ปลูกบนคันนา ด้วยระยะต่างๆ 5 ระยะ ของทั้งสองแปลง พบว่า ไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกด้วยระยะ 2.0 และ 2.5 เมตร มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินต่อต้นและมวลชีวภาพรวมต่อต้นสูงสุด ในขณะที่ไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกด้วยระยะที่แคบกว่าให้มวลชีวภาพน้อยลงตามลำดับ ยกเว้น ในแปลงบ้านเกาะขนุน ไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกด้วยระยะ 1.0 เมตร มีมวลชีวภาพสูงกว่าที่ระยะ 1.5 เมตร และในแปลงบ้านหนองนกเอี้ยง ไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกด้วยระยะ 2.0 เมตร มีมวลชีวภาพสูงกว่าที่ระยะ 2.5 เมตร โดยความแตกต่างของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพรวมมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างระยะปลูก ( $p < 0.01$ ) นอกจากนี้ยังพบว่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (ลำต้น กิ่ง และใบ) ต่อต้น และมวลชีวภาพรวม (ลำต้น กิ่ง ใบ และราก) ต่อต้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างพื้นที่ ( $p < 0.01$ ) โดยไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกในแปลงบ้านหนองนกเอี้ยงทุกระยะปลูกมีมวลชีวภาพสูงเป็นสองเท่าของแปลงบ้านเกาะขนุน (Table 4) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพต่อหน่วยพื้นที่นาพบว่า ไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกด้วยระยะที่แคบกว่า (มีจำนวนต้นต่อพื้นที่มากกว่า) มีมวลชีวภาพสูงกว่า

#### การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

จากการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยูคาลิปตัส อายุ 3 ปี ที่ปลูกด้วยระยะต่างๆ ของทั้งสองแปลง พบว่า การกักเก็บคาร์บอนมีความแปรผันตามชีวภาพ กล่าวคือ ไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกด้วยระยะห่างมากทำให้มีมวลชีวภาพต่อต้นสูง จึงมีการกักเก็บคาร์บอนต่อต้นสูงด้วยเช่นกัน โดยความแตกต่างของการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือ

พื้นดินและในมวลชีวภาพรวมมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างระยะปลูก ( $p < 0.01$ ) ในแปลงบ้านเกาะขนุน ไม้ยูคาลิปตัสที่มีระยะปลูก 2.5 เมตร มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพรวมและความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีต่อต้นสูงที่สุด รองลงมาคือระยะปลูก 2.0 เมตร 1.0 เมตร 1.5 เมตร และ 0.5 เมตร ตามลำดับ ในขณะที่ในแปลงบ้านหนองนกเอี้ยง ไม้ยูคาลิปตัสที่มีระยะปลูก 2.0 เมตร และ 2.5 เมตร มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (28.28 และ 29.98 กิโลกรัม/ต้น) และมวลชีวภาพรวม (40.00 และ 42.50 กิโลกรัมต่อต้น) สูงที่สุดใกล้เคียงกัน รองลงมาคือระยะปลูก 1.5 เมตร 1.0 เมตร และ 0.5 เมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bernardo *et al.* (1998) พบว่า ระยะปลูกที่เพิ่มขึ้นของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส มีผลทำให้มวลชีวภาพเหนือพื้นดินต่อต้นมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ความแตกต่างของมวลชีวภาพระหว่างระยะปลูกมีมากขึ้นเมื่อต้นไม้มีอายุเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพมีผลโดยตรงต่อการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

อย่างไรก็ตาม การปลูกด้วยระยะแคบถึงแม้จะให้ผลผลิตต่อต้นต่ำ แต่ผลผลิตต่อพื้นที่สูงกว่าการปลูกด้วยระยะกว้างเนื่องจากจำนวนต้นต่อพื้นที่มากกว่าจากการรวบรวมข้อมูล โดย ชิงชัย (2550) พบว่า มวลชีวภาพและความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของมวลชีวภาพของไม้โตเร็ว 3 ชนิด ได้แก่ ไม้กระถินเทพา ไม้กระถินยักษ์ และไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มีการแปรผันตามระยะปลูก โดยระยะปลูก 1 x 1 เมตร (ความหนาแน่น 1600 ต้นต่อไร่) มีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีต่อพื้นที่สูงสุด รองลงมาคือ ระยะปลูก 1 x 2 เมตร (ความหนาแน่น 800 ต้นต่อไร่) 2 x 2 เมตร (ความหนาแน่น 400 ต้นต่อไร่) 2 x 3 เมตร (ความหนาแน่น 267 ต้นต่อไร่) และ 4 x 4 เมตร (ความหนาแน่น 100 ต้นต่อไร่) ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาค้างนี้ ที่พบว่าไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกบนคันนาด้วยระยะปลูก 0.5 เมตร (218 ต้นต่อไร่)

**Table 4** Tree biomass and carbon storage in biomass of 3-year-old eucalypt clones planted on paddy bunds with different spacings.

| Spacing                     | Aboveground         |         |        | Total               |         |        | MAI          |            |           |
|-----------------------------|---------------------|---------|--------|---------------------|---------|--------|--------------|------------|-----------|
|                             | (kg/tree)           | (t/rai) | (t/ha) | (kg/tree)           | (t/rai) | (t/ha) | (kg/tree/yr) | (t/rai/yr) | (t/ha/yr) |
| Biomass                     |                     |         |        |                     |         |        |              |            |           |
| Site I Koh Khanon           |                     |         |        |                     |         |        |              |            |           |
| 0.5 m                       | 17.72 <sup>a</sup>  | 3.86    | 24.14  | 24.06 <sup>a</sup>  | 5.25    | 32.78  | 8.02         | 1.75       | 10.93     |
| 1.0 m                       | 26.98 <sup>ab</sup> | 2.91    | 18.21  | 37.52 <sup>ab</sup> | 4.05    | 25.33  | 12.51        | 1.35       | 8.44      |
| 1.5 m                       | 20.93 <sup>a</sup>  | 1.53    | 9.55   | 28.64 <sup>a</sup>  | 2.09    | 13.07  | 9.55         | 0.70       | 4.36      |
| 2.0 m                       | 28.33 <sup>ab</sup> | 1.56    | 9.74   | 39.24 <sup>ab</sup> | 2.16    | 13.49  | 13.08        | 0.72       | 4.50      |
| 2.5 m                       | 32.64 <sup>ab</sup> | 1.44    | 8.98   | 45.57 <sup>ab</sup> | 2.00    | 12.53  | 15.19        | 0.67       | 4.18      |
| Site II Ban Nhong Nok-eiang |                     |         |        |                     |         |        |              |            |           |
| 0.5 m                       | 34.38 <sup>ab</sup> | 7.49    | 46.84  | 48.08 <sup>ab</sup> | 10.48   | 65.50  | 16.03        | 3.49       | 21.83     |
| 1.0 m                       | 40.64 <sup>bc</sup> | 4.39    | 27.43  | 57.26 <sup>bc</sup> | 6.18    | 38.65  | 19.09        | 2.06       | 12.88     |
| 1.5 m                       | 53.77 <sup>cd</sup> | 3.93    | 24.53  | 76.68 <sup>cd</sup> | 5.60    | 34.99  | 25.56        | 1.87       | 11.66     |
| 2.0 m                       | 61.72 <sup>d</sup>  | 3.39    | 21.22  | 88.66 <sup>d</sup>  | 4.88    | 30.48  | 29.55        | 1.63       | 10.16     |
| 2.5 m                       | 58.22 <sup>d</sup>  | 2.56    | 16.01  | 83.44 <sup>d</sup>  | 3.67    | 22.95  | 27.81        | 1.22       | 7.65      |
| Carbon storage              |                     |         |        |                     |         |        |              |            |           |
| Site I Koh Khanon           |                     |         |        |                     |         |        |              |            |           |
| 0.5 m                       | 8.61 <sup>a</sup>   | 1.88    | 11.73  | 11.55 <sup>a</sup>  | 2.52    | 15.74  | 3.85         | 0.84       | 5.25      |
| 1.0 m                       | 13.11 <sup>ab</sup> | 1.42    | 8.85   | 18.01 <sup>ab</sup> | 1.94    | 12.15  | 6.00         | 0.65       | 4.05      |
| 1.5 m                       | 10.17 <sup>a</sup>  | 0.74    | 4.64   | 13.75 <sup>a</sup>  | 1.00    | 6.27   | 4.58         | 0.33       | 2.09      |
| 2.0 m                       | 13.77 <sup>ab</sup> | 0.76    | 4.73   | 18.83 <sup>ab</sup> | 1.04    | 6.47   | 6.28         | 0.35       | 2.16      |
| 2.5 m                       | 15.86 <sup>ab</sup> | 0.70    | 4.36   | 21.86 <sup>ab</sup> | 0.96    | 6.01   | 7.29         | 0.32       | 2.00      |
| Site II Ban Nhong Nok-eiang |                     |         |        |                     |         |        |              |            |           |
| 0.5 m                       | 16.70 <sup>ab</sup> | 3.64    | 22.75  | 23.06 <sup>ab</sup> | 5.03    | 31.42  | 7.69         | 1.68       | 10.47     |
| 1.0 m                       | 19.74 <sup>bc</sup> | 2.13    | 13.33  | 27.47 <sup>bc</sup> | 2.97    | 18.54  | 9.16         | 0.99       | 6.18      |
| 1.5 m                       | 26.12 <sup>cd</sup> | 1.91    | 11.92  | 36.77 <sup>cd</sup> | 2.68    | 16.77  | 12.26        | 0.89       | 5.59      |
| 2.0 m                       | 29.98 <sup>d</sup>  | 1.65    | 10.31  | 42.50 <sup>d</sup>  | 2.34    | 14.61  | 14.17        | 0.78       | 4.87      |
| 2.5 m                       | 28.28 <sup>d</sup>  | 1.24    | 7.78   | 40.00 <sup>d</sup>  | 1.76    | 11.00  | 13.33        | 0.59       | 3.67      |

**Note:** 1 ha = 6.25 rai

มีมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีต่อพื้นที่มากที่สุด ในขณะที่ไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกบนคันนาด้วยระยะปลูก 2.5 เมตร (44 ต้นต่อไร่) มีค่าต่ำสุดเนื่องจากมีจำนวนต้นน้อยกว่า (Table 4) อย่างไรก็ตาม ในการปลูกไม้ยูคาลิปตัสบนคันนาด้วยระยะปลูกต่างๆ นอกจากจะพิจารณาระยะปลูกที่ให้ผลผลิตสูงแล้วยังจำเป็นต้องพิจารณาถึงระยะปลูกที่เหมาะสมและความสะดวกแก่การจัดการต้นไม้และนาข้าวด้วยเช่นกัน ถึงแม้ระยะปลูก 0.5 เมตร ให้ผลผลิต

ต่อพื้นที่สูงสุดแต่เป็นระยะปลูกที่แคบเกินไปทำให้ไม่สะดวกในการจัดการ เกษตรกรจึงนิยมระยะปลูก 1.0 เมตร หรือ 1.5 เมตร ถึงแม้จะให้ผลผลิตต่ำกว่าก็ตาม นอกจากนี้ยังพบว่า การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพรวมของไม้ยูคาลิปตัสทุกระยะปลูกในแปลงบ้านหนองนกเอี้ยงมีค่าเป็นสองเท่าของแปลงบ้านเกาะขนุน โดยแปลงบ้านหนองนกเอี้ยงระยะปลูก 2.0 เมตร มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมต่อต้นสูงสุดถึง 42.50 กิโลกรัม/ต้น

หรือคิดเป็นความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 14.17 กิโลกรัม ต่อต้นต่อปี หรือที่ระยะปลูก 0.5 เมตร มีการกักเก็บ คาร์บอนในมวลชีวภาพรวมต่อพื้นที่สูงสุดถึง 5.03 ตันต่อไร่ หรือคิดเป็นความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1.68 ตัน ต่อไร่ต่อปี ในขณะที่ระยะปลูกเดียวกันของแปลง บ้านเกาะขนุนมีค่าเพียง 18.83 กิโลกรัม/ต้น หรือ 2.52 ตันต่อไร่ ตามลำดับ หรืออาจกล่าวได้ว่าการปลูกไม้ ยูคาลิปตัสบนดินนาสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้สุทธิสูงสุดถึง 51.96 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี หรือ 6.16 ตันต่อไร่ต่อปี ขึ้นอยู่กับระยะปลูก และ/หรือ พื้นที่ปลูก ทั้งนี้ ความแตกต่างระหว่างพื้นที่ปลูกดังกล่าวมีนัยสำคัญ ยิ่งทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) นอกจากนี้ยังพบว่า การกักเก็บ คาร์บอนของระยะปลูก 1 เมตร ในแปลงหนองนกเอี้ยง มีค่าเกือบเป็น 3 เท่าของสายต้น K51 ในแปลงทดสอบ สายต้นซึ่งระยะปลูก 1 เมตร เช่นกัน ทั้งนี้ความแตกต่าง ระหว่างพื้นที่ดังกล่าวอาจมีสาเหตุมาจากความแตกต่าง ของลักษณะพื้นที่ โดยลักษณะดินของแปลงบ้านหนอง นกเอี้ยงเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam-loamy sand) ซึ่งเป็นดินที่เหมาะสมแก่การเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน และสายต้น K51 จากการศึกษาของ Diloksumpun (2008) ซึ่งทำการวิเคราะห์ผลผลิตไม้ ยูคาลิปตัสของชุดดินต่างๆ ในจังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า ผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัสมีลักษณะแปรผันในเชิงลบ กับปริมาณอนุภาคของดินเหนียว กล่าวคือ ในพื้นที่ที่มีอนุภาคดินเหนียวมากทำให้ไม้ยูคาลิปตัสมีผลผลิตต่ำ ดังนั้น ในแปลงบ้านเกาะขนุนดินมีลักษณะเป็นดินร่วน ปนดินเหนียว (clay loam) จึงอาจไม่เหมาะต่อการ เติบโตของไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกทำให้ผลผลิตต่ำกว่า แปลงบ้านหนองนกเอี้ยง

## สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาชี้ให้เห็นความแปรผันของการ เติบโต มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนในมวล ชีวภาพอันเนื่องมาจากความแปรผันของปัจจัยทาง พันธุกรรม รูปแบบการปลูก และลักษณะพื้นที่ โดย

ความแตกต่างของการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพ ของการปลูกไม้ยูคาลิปตัสสายต้นต่างๆ ขึ้นอยู่กับมวล ชีวภาพของไม้ยูคาลิปตัสเป็นสำคัญ ดังนั้น การปลูก ไม้ยูคาลิปตัสเพื่อให้สามารถกักเก็บคาร์บอนได้มาก ควรเลือกสายต้นต่างๆ ให้เหมาะสมกับพื้นที่ทำให้ สามารถปรับตัวและเติบโตได้ดี ตลอดจนมีผลผลิตสูง แต่การปลูกไม้ยูคาลิปตัสในระบบวนเกษตรยังควร ต้องคำนึงรูปแบบการปลูกที่เหมาะสมต่อการจัดการ และผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อพืชเกษตรที่อาจเกิดจาก การแย่งแย่งในระบบวนเกษตร อย่างไรก็ตาม การปลูก ไม้ยูคาลิปตัสแถวเดียวบนดินนา เป็นรูปแบบวนเกษตร ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อลักษณะทางนิเวศสรีรวิทยา และผลผลิตของข้าวไม่น้อยกว่าการปลูกในระบบวน เกษตรอื่นๆ เนื่องจากการแย่งแย่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ทั้งทางเรือนยอด (เช่น แสงสว่าง) และทางเรือนราก (เช่น น้ำ ธาตุอาหาร) มีน้อย

## คำนิยม

งานวิจัยเรื่องนี้เป็นส่วนหนึ่งของชุดโครงการ วิจัยเรื่องการวิจัยบูรณาการแก้ปัญหาความยากจน โดย การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินโดยปลูกไม้โตเร็ว ซึ่งมี ดร.บุญวงศ์ ไทยอุดสาห์ เป็นหัวหน้าชุดโครงการ วิจัย ดร. นิคม แหลมสั๊ก ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นผู้ประสาน งานวิจัย ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุน สนับสนุนการวิจัย (สกว.) ภายใต้การสนับสนุนการ ปฏิบัติงานภาคสนามของบริษัท พี ซี เอส แมเนจเม้นท์ จำกัด บริษัทสมาชิคส่งเสริม จำกัด และบริษัทยูคา ลิปตัสเทคโนโลยี จำกัด

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กองคุ้มครองพันธุ์พืช. 2549. ประกาศคำขอพันธุ์พืช ขึ้นทะเบียน. แหล่งที่มา <http://as.doa.go.th/pvp/newpp1.htm>, 14 มิถุนายน 2550.

- เจษฎา วงศ์พรหม. 2552. การใช้ประโยชน์ของไม้ยูคาลิปตัสสาย  
ต้นต่างๆ ที่ปลูกบนคันนา จังหวัดฉะเชิงเทรา.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตร  
ศาสตร์.
- ชลธิชา เขียวขุนทด. 2550. การเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นดิน  
ในสวนยูคาลิปตัสยุโรปโต บริเวณสถานี  
วนวัฒนวิจัยสระเกษ จังหวัดนครราชสีมา.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตร  
ศาสตร์.
- ชัยรัตน์ อร่ามศรี. 2542. การวิเคราะห์การเติบโตของสาย  
ต้นยูคาลิปตัส ความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ปี. วิทยา  
นิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชิงชัย วิริยะบัญชา. 2550. การศึกษาการปลูกไม้โตเร็ว  
สำหรับใช้ผลิตไฟฟ้าในชุมชน. น. 164-207.  
ใน การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย โรงไฟฟ้า  
ต้นแบบชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบ  
ครบวงจร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ทศพร วัชรานุกร, ชิงชัย วิริยะบัญชา และกันดินันท์  
ผิวสะอาด. 2548. การประมาณปริมาณการ  
สะสมของคาร์บอนในต้นไม้ในสวนป่าเพื่อ  
การอุตสาหกรรมในประเทศไทย. น. 137-157.  
ใน รายงานการประชุม การเปลี่ยนแปลงสภาพ  
ภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ “ศักยภาพของป่าไม้  
ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต”. กรมอุทยาน  
แห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาศูวรรณ, ศาพิศ ดิลกสัมพันธ. 2551. การศึกษา  
ประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์  
ของพรรณไม้ป่าบางชนิดในบริเวณศูนย์ศึกษา  
การพัฒนากุพาน้อยเนื่องมาจากพระราชดำริ  
จังหวัดสกลนคร. III การกักเก็บคาร์บอนใน  
มวลชีวภาพ. รายงานการวิจัย. กรมอุทยานแห่ง  
ชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- พรจันทร์ บุญบา. 2547. การเติบโตและลักษณะที่แสดง  
ออกของไม้ยูคาลิปตัสสายต้นต่างๆ ที่ปลูกใน  
พื้นที่ที่มีการระบายน้ำเร็ว จังหวัดราชบุรี. วิทยา  
นิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศาศิต ดิลกสัมพันธ. 2550. การกักเก็บคาร์บอนของ  
ป่าไม้กับสภาวะโลกร้อน. วารสารอนุรักษ์ดิน  
และน้ำ 22(3): 40-49.
- ศาศิต ดิลกสัมพันธ, ภาณุมาศ ลาตปาละ และอมรรัตน์  
สะสีสังข์. 2552. การศึกษาและประเมินการ  
ดูดซับและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์  
ของไม้โตเร็วชนิดต่างๆ. ใน รายงานฉบับสมบูรณ์  
โครงการการศึกษาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์  
ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กของชุมชน.  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและ  
สิ่งแวดล้อม. 2551. ยุทธศาสตร์แห่งชาติว่าด้วย  
การจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ  
พ.ศ. 2551-2555. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ  
สิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- เสริมพงศ์ นวลงาม. 2545. บทบาทของการปลูกสร้าง  
สวนป่าต่อการกักเก็บคาร์บอนและคุณสมบัติ  
ของดินบางประการที่สถานีวิจัยและฝึกอบรม  
การปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตร  
ศาสตร์.
- Bernardo, A.L., M.G.F. Reis, G.G. Reis, R.B. Harrison  
and D.J. Firme. 1998. Effect of spacing on  
growth and biomass distribution in *Eucalyptus*  
*camaldulensis*, *E. pellita* and *E. urophylla*  
plantation in southeastern Brazil. **For. Eco.  
and Manage.** 104: 1-13.
- Diloksumpun, P. 2008. Decision support system for  
eucalypt plantation investment in Chachoengsao  
province. **Thai J. For.** 27: 28-40.
- Levin, K. and J. Pershing. 2008. **WRI Issue Brief:  
Climate Science 2007- Major New Discoveries.**  
World Resources Institute, Washington, DC.