



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วนศาสตร์)

ปริญญา

วนวัฒนวิทยา

วนวัฒนวิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นดินในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า บริเวณสถานีวนวัฒนวิจัย
สะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

Aboveground Carbon Storage in *Eucalyptus urophylla* Plantation at Sakaerat

Silvicultural Research Station, Nakhon Rachasima Province

นามผู้วิจัย นางสาวชลธิดา เชิญขุนทด

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์สศกร ทีจันทิก, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดชาวัลย์ พวงจิตร, D.Sc.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณฑล จำเริญพุกย์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นดินในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า
บริเวณสถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

Aboveground Carbon Storage in *Eucalyptus urophylla* Plantation at Sakaerat Silvicultural
Research Station, Nakhon Rachasima Province

โดย

นางสาวชลธิชา เชิญขุนทด

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์)

พ.ศ. 2550

ชลธิชา เจริญขุนทด 2550: การเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นดินในสวนป่ายูคาลิปตัส
ยูโรฟิลล่า บริเวณสถานีวนวัฒนวิจัยสระเกษราช จังหวัดนครราชสีมา
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์) สาขาวนวัฒนวิทยา
ภาควิชาวนวัฒนวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์สคาร ทีจันทึก,
วท.ค. 78 หน้า

การเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นดินในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า บริเวณสถานีวนวัฒน
วิจัยสระเกษราช จังหวัดนครราชสีมา ดำเนินการในแปลงตัวอย่างขนาดพื้นที่ 40 x 40 ตารางเมตร
ของสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าที่มีระยะปลูก 3 เมตร x 3 เมตร โดยทำการวัดมิติต่างๆ ของต้นไม้
เพื่อนำไปประมาณหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่อายุ 1-5 ปี ด้วยวิธี Stratified clip technique พร้อม
กันนี้ ได้ศึกษาการร่วงหล่นและการสลายตัวของซากพืชในช่วงเวลา 1 ปี และวิเคราะห์ความ
เข้มข้นของคาร์บอนในส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินของต้นไม้และซากพืช

จากการศึกษาพบว่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าที่อายุ 1, 2, 3, 4 และ 5 ปี มีปริมาณมวลชีวภาพ
เหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 11.75, 26.00, 51.81, 77.63 และ 90.94 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ ในสวน
ป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี มีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชทั้งหมดเท่ากับ 7.67 ตัน/
เฮกแตร์/ปี และในช่วงเวลา 1 ปี มีปริมาณการสลายตัวของซากพืชทั้งหมดเท่ากับ 71.31 เปอร์เซ็นต์
ของซากพืชทั้งหมด หรือมีค่าคงที่การสลายตัว (k) เท่ากับ 1.25 ส่วนความเข้มข้นของคาร์บอนใน
ส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ เฉลี่ยเท่ากับ 47.54, 48.93 และ 51.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทำให้
ประมาณการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด ที่อายุ 1, 2, 3, 4 และ 5 ปี มีค่า
เท่ากับ 5.70, 12.56, 24.78, 37.18 และ 43.55 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของ
คาร์บอนในซากพืชส่วนที่เป็นใบจะมีมากที่สุดเท่ากับ 51.01 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ส่วนที่
เป็นดอกผล ส่วนที่เป็นกิ่งและส่วนอื่นๆ ที่มีค่าเท่ากับ 48.46, 48.37 และ 47.51 เปอร์เซ็นต์
ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ทราบว่า ในช่วงเวลา 1 ปี สวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่ามีความ
เพิ่มพูนของปริมาณการสะสมคาร์บอนของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 6.66 ตัน/เฮกแตร์/ปี
และในซากพืชที่ร่วงหล่นเท่ากับ 3.31 ตัน/เฮกแตร์/ปี ส่วนปริมาณคาร์บอนที่สลายตัวจากซากพืช
ที่ร่วงหล่นทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 2.36 ตัน/เฮกแตร์/ปี

Chonthida Chernkhuntod 2007: Aboveground Carbon Storage in *Eucalyptus urophylla* Plantation at Sakaerat Silvicultural Research Station, Nakhon Rachasima Province. Master of Science (Forestry), Major Field: Silviculture, Department of Silviculture. Thesis Advisor: Mr. Sakhan Teejuntuk, Ph.D. 78 pages.

Carbon content in *Eucalyptus urophylla* plantation at Sakaerat Silvicultural Research Station, Nakhon Rachasima Province was carried out in 40 m x 40 m sample plot of 3 m x 3 m in spacing of 1 - 5 years old *Eucalyptus urophylla* plantation. Tree dimensions were measured in the sample plot in order to estimate stem, branch and leaf biomass with stratified clip technique. Besides, litterfall and litter decomposition at 5 years old of *Eucalyptus urophylla* plantation were also studied. Total carbon of each part was analyzed by CN corder model MT – 700.

The results showed that total aboveground biomass of 1, 2, 3, 4 and 5 years old *Eucalyptus urophylla* were 11.75, 26.00, 51.81, 77.63 and 90.94 tonnes/hectare respectively. Mean carbon concentration of stem, branch and leaf of this species were 47.54, 48.93 and 51.32 percents respectively. Therefore, the carbon content of aboveground biomass of 1, 2, 3, 4 and 5 years old of the species were 5.70, 12.56, 24.78, 37.18 and 43.55 tonnes/hectare respectively. In this study, it concluded at 5 years of age the increment of *Eucalyptus urophylla* aboveground biomass was 14.02 tonnes/hectare /year. Total litterfall in this plantation was 7.67 tonnes/hectare/year. 71.31 percents of them could decomposed in a year. Besides, mean carbon concentration of each part had a similar value with the value of it at 1-5 years old. Finally, the carbon increment in aboveground biomass and total litterfall of the plantation were 6.66 and 3.31 tonnes/hectare/year. Furthermore, amount of carbon decomposed from total litterfall in *Eucalyptus urophylla* plantation was 2.36 tonnes/hectare/year.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. สкар ทีจันทีก ประธานกรรมการที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลดาวัลย์ พวงจิตร กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำในงานวิจัยวิทยานิพนธ์ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขทำให้วิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มณฑล จำเริญพฤกษ์ ประธานการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร. คุณิต เวชกิจ ผู้ทรงวุฒิภายนอก ที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณชิตี วิสารตัน หัวหน้าสถานีวิทยุสะแกกราช จังหวัดนครราชสีมา ที่กรุณาให้การสนับสนุนเครื่องมือในการวิจัย ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล และคำแนะนำในการวิจัยวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ เพื่อนวนศาสตร์รุ่นที่ 64 และพี่ๆ น้องๆ นิสิตปริญญาโทภาควิชาวนวัฒนวิทยาทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ พี่อ้อ และบอย ที่คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนทุกสิ่งเสมอมา

ชลธิดา เขิญขุนทด

พฤษภาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	12
สถานที่ทำการวิจัย	12
วิธีการ	14
ผลและวิจารณ์	18
สรุปและข้อเสนอแนะ	37
สรุป	37
ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	39
ภาคผนวก	47

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การเจริญเติบโตของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 1 – 5 ปี	18
2	สมการแสดงความสัมพันธ์ของมวลชีวภาพกับมิติต่างๆ ของต้นไม้	20
3	ปริมาณมวลชีวภาพแยกตามส่วนต่างๆ ในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า	22
4	ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชทั้งหมดและซากพืชส่วนต่างๆ ในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี	24
5	ปริมาณการร่วงหล่นซากพืชในช่วงที่มีฝนและช่วงแล้งของสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี	27
6	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งที่สูญเสียไปและปริมาณการสลายตัว (%) ของซากพืชในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี	29
7	การสลายตัวของซากพืชในช่วงที่มีฝนและช่วงแล้งในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี	31
8	ปริมาณความเข้มข้นคาร์บอนแยกตามส่วนต่างๆ ของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า	32
9	ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในซากพืชยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี	32
10	ปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินแยกตามส่วนต่างๆ ของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า	33
11	ปริมาณคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของซากพืชในช่วงเวลา 1 ปี ของสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า	35
ตารางผนวกที่		
1	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอก (D) และความสูง (H) ของ ไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 1-5 ปี	48
2	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอก (D) ความสูง (H) และมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า ที่ใช้สร้างสมการเพื่อประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน	68

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน (Walter's diagram) ในปี พ.ศ. 2545-2548 แสดงฤดูฝนอยู่ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนตุลาคม และฤดูแล้งในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์	13
2	สวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา	14
3	กระบะรองรับซากพืชและถุงซากพืชที่ใช้ทำการศึกษา	15
4	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอกเฉลี่ย (D) และความสูงเฉลี่ยของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 1 – 5 ปี	19
5	มวลชีวภาพในส่วนลำต้น กิ่ง ใบ และทั้งหมดของสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า ในแต่ละช่วงอายุ	22
6	ปริมาณซากพืชทั้งหมดในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี และป่าดิบแล้งสะแกราช (ชิตติและชลธิดา, 2547)	25
7	ปริมาณการร่วงหล่นรายเดือนของซากพืชทั้งหมดและซากพืชส่วนต่างๆ ในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี	26
8	เปอร์เซ็นต์การร่วงหล่นของซากพืชทั้งหมดและซากพืชส่วนต่างๆ ในช่วงที่มีฝนและช่วงแล้งของสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี	27
9	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของซากพืชยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี ที่ลดลงไปตามระยะเวลา	29
10	การสลายตัวของซากพืชในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี และในป่าดิบแล้งสะแกราช (ชิตติและชลธิดา, 2547)	30
11	ปริมาณคาร์บอนในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และทั้งหมดของสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าในแต่ละช่วงอายุ	34
12	ปริมาณการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและในซากพืช และปริมาณการสลายตัวของคาร์บอนจากซากพืช (ต้น/เสกแตร) ในช่วงระยะเวลา 1 ปี ของสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า; W_A ปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน, W_S ปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของลำต้น, W_B ปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของกิ่ง, W_L ปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของใบ	36

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่

หน้า

- 9 Allometric relation ระหว่างส่วนที่เป็นใบ (W_L) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสอง (D^2) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมด (D^2H) ของยูคาลิปตัส ยูโรฟีลล่า อายุ 4 ปี

78

การเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นดินในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลด้า
บริเวณสถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

**Aboveground Carbon Storage in *Eucalyptus urophylla* Plantation at Sakaerat
Silvicultural Research Station, Nakhon Rachasima Province**

คำนำ

การพัฒนาประเทศไทยในหลายปีที่ผ่านมาทำให้ต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติต่างๆ เป็นอันมาก อาทิ ทรัพยากรน้ำ ดิน แร่ธาตุ เชื้อเพลิง และที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง คือ ทรัพยากรป่าไม้ การใช้ทรัพยากรเหล่านี้ พร้อมการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรหรือการทำเหมืองแร่ กิจกรรมเหล่านี้ล้วนแต่เป็นการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ดังจะเห็นได้จากสถิติในปี พ.ศ. 2542 พบว่า ประเทศไทยมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 155.8 ล้านตันต่อปี ส่วนประเทศที่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด คือ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีการปลดปล่อยถึง 5,584.8 ล้านตันต่อปี รองลงมาได้แก่ จีน ญี่ปุ่น และเยอรมัน ประเทศเหล่านี้ล้วนแต่เป็นประเทศอุตสาหกรรมทั้งสิ้น ทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นอย่างมาก (OEPP, 2000) จากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศนี้ ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ชั้นบรรยากาศของโลก ตรวจจับด้วยก๊าซเรือนกระจก ทำให้กักเก็บความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนผิวโลก ไม่ให้สะท้อนกลับขึ้นสู่อวกาศ เหมือนเรือนกระจกที่ใช้เพาะปลูกต้นไม้ในประเทศเขตร้อน ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านเข้าไปภายในเรือนกระจกได้ แต่ความร้อนยังคงอยู่ภายใน โดยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญมี 6 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ก๊าซไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน (HFCs) ก๊าซเปอร์ฟลูโอโรคาร์บอน (CFCs) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูโอไรด์ (SF₆) โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมและยานยนต์ เพิ่มปริมาณจาก 278 ส่วนในล้านส่วน ก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม เป็น 380 ส่วนในล้านส่วน ทำให้โลกดูดกลืนพลังงานจากดวงอาทิตย์มากกว่าที่สะท้อนหรือแผ่กลับสู่อวกาศ ทำให้พลังงานอยู่ในสภาวะไม่สมดุล ส่งผลให้โลกร้อนขึ้น ความไม่สมดุลของพลังงานมีค่าเท่ากับ 0.85 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งจะทำให้โลกร้อนขึ้น 0.6 องศาเซลเซียสหรือ 1 องศาฟาเรนไฮต์ เมื่อสิ้นสุดศตวรรษนี้

ทั่วโลกได้ตระหนักถึงปัญหาของสภาวะที่โลกร้อนขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทำให้เกิดความร่วมมือเป็นอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) และต่อมาได้มีพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ซึ่งใช้เครื่องมือในการช่วยลดการปลดปล่อยคาร์บอนให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น โดยตั้งเป้าหมายการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 5.2 ของการปลดปล่อยเมื่อปี พ.ศ. 2533 (1990) ในระหว่างปี พ.ศ. 2551-2555 (2008-2012) ซึ่งผ่านกลไกทางการตลาด 3 กลไก คือ 1) การซื้อขายก๊าซเรือนกระจก (Emission Trading, ET) เฉพาะในกลุ่มประเทศ Annex I (ประเทศพัฒนาแล้วในกลุ่ม OECD และ EIT) 2) การดำเนินการร่วม (Joint Implementation, JI) เฉพาะในกลุ่มประเทศ Annex I และ Annex II (ประเทศอุตสาหกรรมในกลุ่ม OECD) และ 3) การทำกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) โดยสมัครใจในกลุ่มประเทศ Non Annex I (ประเทศกำลังพัฒนา) ซึ่งประเทศไทยอยู่ในเงื่อนไขกลไกที่ 3 นี้ และผลการประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาฯ สมัยที่ 6 ครั้งที่ 2 ที่ประชุมเห็นชอบที่จะอนุญาตให้โครงการปลูกป่า Afforestation และ Reforestation เป็นโครงการภายใต้กลไก CDM ในช่วงพันธกรณีแรก (First Commitment Period) พ.ศ. 2551-2555 ด้วย

ในประเทศไทยนอกจากจะมีป่าที่เกิดตามธรรมชาติแล้ว ยังมีการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อนำไม้ไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ โดยเฉพาะไม้สกุลยูคาลิปตัสที่มีการนำมาทดลองปลูกหลายชนิดพันธุ์ ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า เป็นอีกชนิดพันธุ์หนึ่งซึ่งนำเข้ามาทดลองปลูกในประเทศไทย บริเวณสถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช โดยมีการปลูกทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่ 2 แล้ว พบว่า มีการเจริญเติบโตดีมาก จะเห็นได้จากการเจริญเติบโตที่อายุ 6 ปี มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอก 18.96 เซนติเมตร และมีความสูง 19.87 เมตร (ธิติและคณะ, 2546)

ในการศึกษาการเก็บกักคาร์บอนในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า จะทำให้ทราบถึงปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานส่วนหนึ่งในการประมาณการเก็บกักคาร์บอนในสวนป่าของประเทศไทย พร้อมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการสวนป่าให้ได้ประโยชน์ทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทราบปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลด้า อายุ 1-5 ปี
2. เพื่อทราบปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชที่ร่วงหล่นลงสู่พื้นดินและทราบปริมาณการสลายตัวของซากพืชในรอบ 1 ปี
3. เพื่อทราบปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ในซากพืชและปริมาณการสลายตัวของคาร์บอนจากซากพืช

การตรวจเอกสาร

ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake)

ไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า เป็นหนึ่งในสองชนิดของยูคาลิปตัสที่ไม่ได้มีถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติในประเทศออสเตรเลีย แต่มีถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติในประเทศอินโดนีเซียและมีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติอยู่ 7 แหล่งตามเกาะต่างๆ คือ Timor, Flores, Lomblen, Adonara, Pantar, Alor และ Wetar ที่มีความสูงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยต่างกันตั้งแต่ 70 เมตร ใน Wetar จนถึงมากกว่า 1,000 เมตร ใน Timor (Pinyopusarerk *et al.*, 1993) หากขึ้นอยู่ในที่แห้งแล้ง คือ ปริมาณน้ำฝนระหว่าง 750 - 1,200 มิลลิเมตรต่อปี ใบจะมีขนาดใหญ่ เปลือกเรียบ ลำต้นจะมีลักษณะไม่ดี ผลมีขนาดใหญ่ และหากเกิดในที่ชุ่มชื้น คือ ปริมาณน้ำฝนอยู่ระหว่าง 1,100 - 1,500 มิลลิเมตรต่อปี ใบจะแคบ เปลือกไม่เรียบ ลำต้นจะมีลักษณะดี ผลมีขนาดเล็ก ส่วนใหญ่ไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า จะมีความสูงอยู่ระหว่าง 25 - 45 เมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เมตร ไม้ชนิดนี้ได้มีการนำไปปลูกในหลายภูมิภาคของโลกทั้งในเขตร้อนชื้นและกึ่งร้อนชื้น เช่น ในประเทศแควเมอรูน บราซิล ออสเตรเลียและปาปัวนิวกินี (Eldridge *et al.*, 1993) เพื่อผลิตเยื่อกระดาษและเป็นไม้ใช้สอย นอกจากนี้ในประเทศบราซิลได้มีการปลูกผสมระหว่างยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า กับ ยูคาลิปตัส แกรนด์ซิส (*Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden) เป็นพื้นที่จำนวนมาก เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ

มวลชีวภาพของพืช

การประเมินผลผลิตของหมูไผ่นั้นมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน โดยการวัดออกมาในรูปน้ำหนักแห้งนิยมใช้ในการศึกษาความแตกต่างของคุณภาพท้องที่ (Ovington, 1957 ; Baskerville, 1965) โดยใช้ความเพิ่มพูนของลำต้น กิ่ง ใบ และผลของต้นไม้ ความเพิ่มพูนในรูปของน้ำหนักแห้งมีความแน่นอนอนมากกว่าความเพิ่มพูนในรูปของปริมาตร ดังนั้นจึงสามารถเห็นความแตกต่างในรูปน้ำหนักแห้งได้ง่ายเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไป โดยเฉพาะเกี่ยวกับความหนาแน่นของหมูไผ่และองค์ประกอบ (Hocker, 1979)

การประมาณหาผลผลิตของหมู่ไม้ สามารถสรุปได้ 2 วิธี คือ (1) วิธีโดยอ้อม เป็นการวัดหาปริมาณ input และ output หรือส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเติบโต แล้วนำค่าที่ได้ไปประเมินผลผลิตของหมู่ไม้อีกครั้งหนึ่ง และ (2) harvest technique เป็นวิธีการตัดฟันไม้ลงเพื่อหาผลผลิตของหมู่ไม้โดยตรง ส่วนใหญ่ใช้ในการหาผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (net primary production)

สำหรับ harvest technique นั้นสามารถสรุปวิธีการได้ 3 วิธี (Satoo, 1970 ; Whittaker and Woodwell, 1971) คือ

1. mean tree ในกรณีสังคมพืชที่มีชั้นอายุเดียว เช่น สวนป่า ในการเลือกไม้ตัวอย่างจากแปลงเป็นตัวแทนสำหรับแต่ละขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ทำการตัดและชั่งน้ำหนักเฉลี่ย (\bar{w}) ของแต่ละชั้นขนาด นำค่านี้ไปคูณกับจำนวนต้นไม้ทั้งหมดในชั้นนั้นๆ (n) ผลรวมของผลคูณในแต่ละชั้นรวมกันจะเป็นปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมดในแปลง (W) ดังสมการ $W = (\bar{w} * n)$

2. production ratio เป็นวิธีที่ใช้กับไม้พื้นล่างโดยการสุ่มเลือกตัวอย่างให้กระจายทุกชั้นขนาดที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม้ทั้งหมดในแปลง เพื่อหาค่าพื้นที่หน้าตัดของไม้ทั้งหมด (G) วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของไม้ตัวอย่างเพื่อคำนวณหาพื้นที่ของไม้ตัวอย่าง ($\sum g$) ตัดชั่งไม้ตัวอย่างเพื่อหาปริมาณมวลชีวภาพของไม้ตัวอย่าง ($\sum w$) คำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพของไม้ทั้งหมดในแปลงโดยใช้สมการ $W = \frac{\sum w(G)}{\sum g}$

3. dimension analysis เป็นวิธีที่ใช้กับหมู่ไม้ที่มีหลายชั้นอายุ เช่น ป่าธรรมชาติ เป็นการวิเคราะห์สหสัมพันธ์โดยการเลือกไม้ตัวอย่างขนาดต่างๆ กระจายทั้งแปลง เพื่อเป็นตัวแทนในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของส่วนต่างๆ กับมวลชีวภาพของต้นไม้ ผลรวมของมวลชีวภาพที่ประมาณไม้ทุกขนาดจะเป็นค่ามวลชีวภาพของหมู่ไม้นั้นๆ วิธีนี้เหมาะสมสำหรับการศึกษาในแปลงตัวอย่างที่ไม่ต้องการตัดฟันไม้ออกทั้งแปลง โดยได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ครั้งแรกในการหาปริมาณมวลชีวภาพของไม้ในป่าโดย Kittredge (1948) ต่อมา Satoo and Senda (1958) ได้นำมาใช้หาปริมาณมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และราก โดยอาศัยสมการที่เรียก allometric relation ซึ่งมีรูปสมการ ดังนี้

$$y = Ax^h$$

$$\text{หรือ } \log y = \log A + h \log x$$

เมื่อ y คือ ปริมาตรลำต้นหรือมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ของต้นไม้
 x คือ ขนาด (dimension) ที่วัดได้จากต้นไม้
 A และ h คือ ค่าคงที่ของสมการ

สำหรับการประมาณค่ามวลชีวภาพโดยอาศัย allometric relation มีข้อควรพิจารณาอยู่ 3 ประการคือ (1) ไม่ควรเลือกไม้ตัวอย่างเฉพาะต้นที่มีลักษณะดีและเติบโตดี เพราะค่าประมาณที่ได้จะมากกว่าความเป็นจริง (2) ไม่ควรเลือกไม้ตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในแปลง เพราะเมื่อนำความสัมพันธ์มาประมาณค่ามวลชีวภาพของไม้ขนาดเล็ก จะทำให้ได้ค่าที่มากกว่าความเป็นจริง และ (3) การใช้ค่าความสูงทั้งหมดของลำต้นมาเป็นตัวแปรอิสระร่วมกับเส้นผ่าศูนย์กลางในรูป D^2H (parabolic volume) จะทำให้ได้ค่าถูกต้องยิ่งขึ้น (Kira and Shidei, 1967) ซึ่งค่า x หรือค่าที่วัดจากต้นไม้ที่นี้อาจวัดได้หลายรูปแบบ เช่น ขนาดของลำต้นตรงส่วนต่างๆ ของต้นไม้ แต่ค่าตัวแปรอิสระร่วมกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสอง (D^2) ในรูป (D^2H) จะทำให้สามารถประมาณค่ามวลชีวภาพลำต้น กิ่ง ราก ได้ดีกว่า เพราะค่า D^2H เป็นค่าโดยประมาณของปริมาตรของลำต้น ซึ่งจะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับมวลชีวภาพหรือน้ำหนัก ส่วนมวลชีวภาพของใบนั้น Shinozaki *et al.* (1964) ได้เสนอทฤษฎีว่าปริมาณของใบจะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับได้กิ่งสดกิ่งแรก (D_B) แต่ในทางปฏิบัติย่อมไม่สะดวกในการวัดขนาดดังกล่าวของต้นไม้ทุกต้นในแปลงทดลอง สำหรับค่า a และ h เป็นค่าคงที่ของสมการ

จากการศึกษาของ Greenland and Kowal (1960) พบว่า มวลชีวภาพทั้งหมดของป่าดิบชื้นใน Ghana มีมากถึง 300 ตัน/เฮกแตร์ แม้ว่าป่าจะถูกรบกวนก็ตาม และจากการศึกษาของนักนิเวศวิทยาชาวญี่ปุ่นในป่าดงดิบที่ต่ำใน Pasoh ทางแถบตะวันตกของมาเลเซีย พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่านี้มีประมาณ 431 ตัน/เฮกแตร์ (Kira *et al.*, 1967) ส่วน Ovington (1962) กล่าวว่า มวลชีวภาพของลำต้นอย่างเดียวในป่าที่มีอายุมาก ในประเทศอังกฤษและเยอรมัน อาจจะมีมวลชีวภาพทั้งหมดสูงถึง 350 ตัน/เฮกแตร์ และ Fujimori (1972) ได้ประมาณว่า ปริมาณมวลชีวภาพของป่าที่มีมากที่สุดมีอยู่ใน Pacific northwest ของประเทศสหรัฐอเมริกา และเมื่อได้ประมาณมวลชีวภาพทั้งหมดของป่าไม้ *Sequoia sempervirens* และป่าไม้ *Pseudotsuga menziesii* ก็พบว่ามียอดมากถึง 2,300 และ 1,600 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ Ogawa *et al.* (1961, 1965) ได้ศึกษาปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมดและตามส่วนต่างๆ ของป่าไม้ชนิดต่างๆ ในประเทศไทย พบว่า ป่าเต็งรังมีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 68.1 ตัน/เฮกแตร์ โดยประกอบด้วยส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 55.0, 11.0 และ 2.1 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ ส่วนในป่าดงดิบชื้น พบว่า มีปริมาณมวล

ชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 330.8 ตัน/เฮกแตร์ โดยเป็นส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 230.0, 93.0 และ 7.8 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ

เสริมพงศ์ (2545) พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในสวนป่ายูคาลิปตัส ความลาดชัน 14 ปี เท่ากับ 97.94 ตัน/เฮกแตร์ ประกอบด้วยส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 79.69, 11.38 และ 6.82 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ ส่วนจักรพล (2528) พบว่า ที่อายุ 4 ปี ยูคาลิปตัส ความลาดชันมีปริมาณมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 58.98, 11.35 และ 5.18 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ ในสวนป่ากระถินเทพา อายุ 5 ปี มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 23.30 ตัน/เฮกแตร์ (Viriyabuncha and Peawsa – ad, 2002) และในสวนป่ากระถินเทพา กระถินณรงค์ แดง พะยูง และประดู่ป่า อายุ 14 ปี มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด เท่ากับ 160.07, 135.13, 60.13, 46.44 และ 36.82 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ (เสริมพงศ์, 2545)

การร่วงหล่นของซากพืช

ซากพืช (Litter) หมายถึง ส่วนของพืชได้แก่ ใบ กิ่ง เปลือก ดอก ผล เมล็ด และรากที่หมดอายุขัย แล้วร่วงหล่นลงมาทับถมรวมกันตามพื้นป่าหรือยังคงอยู่ภายในดิน ซึ่งปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชจะแตกต่างกันไปตามชนิดของหมู่ไม้ อายุของหมู่ไม้ ความหนาแน่นของหมู่ไม้ สภาพภูมิอากาศ (Bray and Gorham, 1964) ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และทิศทางในการรับแสงสว่าง (Tsutsumi *et al.*, 1983)

จากการศึกษาของสรายุทธ (2532) พบว่ากระถินณรงค์อายุ 5 ปี ระยะปลูก 1 เมตร x 2 เมตร มีปริมาณซากพืชเท่ากับ 5.61 ตัน/เฮกแตร์/ปี ในขณะที่สะเดา ขี้เหล็ก ยูคาลิปตัส ความลาดชัน และกระถินยักษ์ ที่ปลูกพร้อมกัน ในพื้นที่เดียวกัน และระยะปลูกเท่ากัน มีปริมาณซากพืชเท่ากับ 4.18, 4.09, 3.06 และ 2.70 ตัน/เฮกแตร์/ปี ตามลำดับ ส่วนธำรง (2527) พบว่า ป่าดิบแล้งสะแกราซมีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชเท่ากับ 8.17 ตัน/เฮกแตร์/ปี และในป่าเต็งรังบริเวณเดียวกันมีปริมาณผลผลิตซากพืชเพียง 4.66 ตัน/เฮกแตร์/ปี (ศิริวัฒน์, 2519) และ 4.67 ตัน/เฮกแตร์/ปี (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2527) พงษ์ศักดิ์ (2538) ได้รวบรวมผลการศึกษาผลผลิตของซากพืชในป่าชนิดต่างๆ ของประเทศไทยพบว่า ปริมาณซากพืชของป่าดิบชื้นมีมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ป่าชายเลน ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ และป่าดิบเขา โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 23.22, 9.32, 8.17, 7.92 และ 6.88 ตัน/เฮกแตร์/ปี ตามลำดับ

สนิทและคณะ (2515) พบว่าหนุ่ไม้ที่มีอายุมากจะมีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชส่วนที่เป็นใบมากกว่าหนุ่ไม้ที่มีอายุน้อย ซึ่งสอดคล้องกับในป่าเขตร้อนของประเทศกัวเตมาลาที่เป็นป่าทดแทนอายุ 1, 3, 4, 5, 6, 9 และ 14 ปี มีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 4.6, 5.8, 6.1, 6.5, 8.0, 8.0 และ 10.0 ต้น/เฮกเตอร์ ตามลำดับ (Ewell, 1976) ส่วนเกษมและคณะ (2515) พบว่าในสวนสักที่มีอายุ 1, 2, 6 และ 8 ปี จะมีปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่นเท่ากับ 2.51, 3.84, 5.49 และ 11.65 ต้น/เฮกเตอร์/ปี ตามลำดับ และ Vitousek (1984) ได้รวบรวมผลการศึกษาระดับปริมาณผลผลิตซากพืชในสวนป่าไม้สน (*Pinus caribea*) พบว่า ไม้สนที่มีอายุ 4, 7, 8 และ 9 ปี จะมีปริมาณผลผลิตของซากพืช 1.9, 5.6, 5.6 และ 6.7 ต้น/เฮกเตอร์/ปี ตามลำดับ ทำให้เห็นว่าแนวโน้มของการร่วงหล่นของซากพืชจะเพิ่มขึ้นตามอายุของหนุ่ไม้ที่เพิ่มขึ้น เมื่อเรื้อนยอดของต้น ไม้มีการปกคลุมที่ชิดกัน ก็จะทำให้การร่วงหล่นของซากพืชมีปริมาณค่อนข้างคงที่ (Bray and Gorham, 1964)

Bray and Gorham (1964) รวบรวมปริมาณผลผลิตของซากพืชในป่าแต่ละชนิดทั่วโลก พบว่าในเขตอัลไพน์ เขตหนาว เขตอบอุ่นและเขตร้อน มีผลผลิตซากพืชเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1.0, 3.5, 5.5 และ 11.0 ต้น/เฮกเตอร์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Ewell (1976) ที่รายงานไว้ว่าในป่าเขตร้อนจะมีอัตราการผลิดของซากพืชสูงกว่าป่าเขตอบอุ่น โดยผลผลิตของซากพืชในป่า Subalpine conifer มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 – 4.90 ต้น/เฮกเตอร์/ปี (Kimura, 1963) แต่ป่าดิบชื้นเขาชอง จังหวัดตรัง มีผลผลิตซากพืชเฉลี่ยถึง 23.22 ต้น/เฮกเตอร์/ปี (Kira *et al.*, 1967) นอกจากนี้ Protor *et al.* (1983) ยังกล่าวไว้ว่า ในเขตภูมิอากาศเดียวกันความแตกต่างของฤดูกาลก็มีผลต่อปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชด้วย เช่น บริเวณป่าดิบแล้งสะแกราช ในรอบปีเดียวกันพบว่าปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชมีมากที่สุดในเดือนเมษายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนเท่ากับ 2.17 ต้น/เฮกเตอร์ และน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝนเท่ากับ 0.17 ต้น/เฮกเตอร์ (เกษม และ สามัคคี, 2523)

Tsutsumi *et al.* (1983) พบว่าในสวนป่าที่ปลูกไม้ *Chamaecyparis obtusa* อายุ 26 ปี จำนวน 4 หนุ่ไม้ จะมีผลผลิตซากพืชเพิ่มขึ้นเมื่อดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น และการรับปริมาณแสงสว่างทางทิศตะวันตกจะทำให้ผลผลิตซากพืชมีปริมาณน้อยกว่าด้านทิศตะวันออก โดยด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือจะมีผลผลิตซากพืชมากที่สุด ในขณะที่ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้มีผลผลิตซากพืชน้อยที่สุด

นอกจากนี้ Nye (1961) ได้สรุปไว้ว่าปริมาณของซากพืชรายปีที่เป็นป่าประเภทเดียวกัน และอยู่ในท้องที่เดียวกัน จะไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนคุณภาพของท้องที่ (Site quality) ที่ต่างกัน ก็จะไม่ส่งผลต่อปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชรายปีเท่าใดนัก (Saito, 1977) แต่จะแตกต่างกันไปใน

ระหว่างปีต่อปีเป็นอันมาก (Bray and Gorham, 1964) ดังนั้นแนวโน้มของปริมาณซากพืชแต่ละปีจะแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน ถึงแม้ว่าทุกปีปัจจัยจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยสภาพภูมิอากาศจะเป็นปัจจัยสำคัญอันดับแรกที่ควบคุมการกระจายของชนิดพันธุ์ไม้ ชนิดหมู่ไม้ ส่วนความอุดมสมบูรณ์ของดินก็เป็นผลมาจากหมู่ไม้ ภูมิอากาศ ลักษณะภูมิประเทศ อายุของหมู่ไม้ เป็นต้น ดังนั้นการประมาณผลผลิตซากพืชจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ให้ถี่ถ้วน รวมถึงปัจจัยภายนอกที่มีอิทธิพลต่อการร่วงหล่นของซากพืช ได้แก่ อุณหภูมิที่สูง อากาศที่แห้งแล้ง ลม ฝนและพายุ (บำรุง, 2526)

การสลายตัวของซากพืช

การย่อยสลาย หรือ Decomposition เป็นกระบวนการที่ทำให้ซากอินทรีย์แตกหักแยกออกจากกันเป็นอนุภาคเล็กๆ จนกระทั่งอยู่ในรูปของธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่ง Mason (1977) ได้แบ่งการย่อยสลายของซากพืชออกเป็น 3 กระบวนการ คือ การชะล้าง (Leaching) เป็นการสลายตัวที่ธาตุอาหารถูกชะไปโดยฝนหรือน้ำที่ไหลผ่าน การผุพัง (Weathering) เป็นการแตกหักของซากพืชโดยปัจจัยทางกายภาพต่างๆ และการกระทำจากสิ่งมีชีวิต (Biological action) เป็นการกระทำจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในดิน โดยอัตราการสลายตัวของซากพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักที่มีอิทธิพล 3 ปัจจัยหลัก คือ (1) ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้น (2) คุณสมบัติของซากพืช มีผลโดยตรงต่อการย่อยสลาย ซึ่งพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของซากพืชแต่ละชนิดจะไม่เหมือนกัน ทำให้อัตราการย่อยสลายไม่เท่ากัน และ (3) กลุ่มผู้ย่อยสลาย เป็นอีกหนึ่งตัวการสำคัญต่อการย่อยสลายซากพืชโดยตรง การมีชนิดและจำนวนผู้ย่อยสลายมากย่อมทำให้มีโอกาสในการย่อยสลายมาก (Waring and Schlesinger, 1985)

ธีรวง (2527) พบว่า ในป่าดิบแล้งสะแกราชมีอัตราการย่อยสลายสูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 74.82 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในป่าดิบแล้งจังหวัดระยองมีอัตราการย่อยสลายสูงสุดในเดือนพฤษภาคม (ทรงธรรม, 2532) ส่วนสาขันธ์ (2540) พบว่าในป่าผสมผลัดใบ ซากใบร่วงมีการย่อยสลายเร็วกว่าใบไม้ ก่อตัวคือ ซากใบร่วงมีอัตราการย่อยสลายเท่ากับ 95.14 เปอร์เซ็นต์ ต่อปี ส่วนซากใบไม้มีอัตราการย่อยสลายเท่ากับ 85.03 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ส่วนการย่อยสลายในสวนป่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส พบว่ามีการย่อยสลายใน 1 ปี เท่ากับ 71.59 เปอร์เซ็นต์ (สุทธาทิพย์, 2539) อัตราการย่อยสลายในช่วงเวลา 6 เดือน ของซากใบกระถินยักษ์เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์

ในขณะที่ซากใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส นนทรี และกระถินณรงค์ มีอัตราการย่อยสลายเท่ากับ 83, 72 และ 51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสวนป่าสะเดามีการย่อยสลายของซากพืชในช่วงเวลา 1 ปี เท่ากับ 63.47 เปอร์เซ็นต์ (เจษฎา, 2544)

นักนิเวศวิทยานิยมพิจารณาและเปรียบเทียบอัตราการย่อยสลายของซากพืชในระบบนิเวศ ด้วยค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) (Perry, 1994) ซึ่งตัวเลขค่าคงที่ของการย่อยสลายที่มีค่าสูง แสดงถึงอัตราการย่อยสลายที่สูง Wieder and Lang (1982) กล่าวว่า การใช้สมการ Single exponential คำนวณค่าคงที่ของการย่อยสลายเป็นวิธีการที่ดีที่สุด ที่แสดงการสูญเสียน้ำหนักของซากพืชภายใต้กาลเวลาที่ผ่านไปได้อย่างถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์ และเป็นไปตามความเป็นจริงในทางชีววิทยา ซึ่ง Olson (1963) ได้แสดงสมการไว้ดังนี้

$$x/x_0 = e^{-kt}$$

$$k = -[\ln(x/x_0)]/t$$

เมื่อ x_0 คือ น้ำหนักแห้งของซากพืชเมื่อเริ่มสลายตัว
 x คือ น้ำหนักแห้งของซากพืชที่เวลา t
 t คือ เวลาที่ใช้ในการย่อยสลายซึ่งนิยามใช้เป็นปี

วัฏจักรคาร์บอน

คาร์บอนไดออกไซด์ มีสูตรทางเคมีว่า CO_2 เป็นสารที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น หนักกว่าอากาศ ประมาณ 1.5 เท่า ในสภาพปกติจะเสถียร เป็นก๊าซเฉื่อย และไม่เป็นพิษ ในอากาศโดยทั่วไป มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ประมาณ 330 ppm (Parker, 1984) แต่ในปัจจุบันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เพิ่มขึ้นเป็นปริมาณ 356 ppm (O'Neill *et al.*, 1997) และอาจเพิ่มปริมาณเป็น 600 ppm ในกลางศตวรรษหน้า (Kozlowski *et al.*, 1991) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแหล่งกำเนิดมาจากการหายใจและการเน่าเปื่อยผุพังของพืชและสัตว์ การเผาไหม้ของไม้ ถ่านหิน น้ำมัน แก๊ส และสารประกอบอื่นๆ ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ จากบ่อน้ำร้อนและภูเขาไฟ จากทะเลหรือมหาสมุทร ซึ่งเป็นแหล่งเก็บกักคาร์บอนไดออกไซด์ที่สำคัญซึ่งเมื่อความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศลดลง คาร์บอนไดออกไซด์จากทะเลก็จะแพร่เข้าสู่บรรยากาศได้ (อักษร, 2521)

การหมุนเวียนคาร์บอนเริ่มจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชโดยการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมาทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นคาร์โบไฮเดรต โดยมีแสง คลอโรฟิลล์ และเอนไซม์เป็นตัวทำปฏิกิริยา ได้ผลผลิตคือคาร์โบไฮเดรตซึ่งอยู่ในรูปของน้ำตาล ส่วนหนึ่งจะใช้เป็นพลังงานในการดำรงชีวิต อีกส่วนหนึ่งพืชสะสมไว้ในรูปของแป้งหรืออาจนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนหรือไขมันและเก็บสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช คาร์บอนจะถูกส่งผ่านไปยังสัตว์โดยการเป็นอาหาร สัตว์ที่กินพืชนำคาร์บอนในสารต่างๆ ที่พืชสะสมไว้ไปเปลี่ยนรูปเพื่อใช้ประโยชน์และสะสมไว้ในสัตว์ที่กินพืชนั้นๆ คาร์บอนในสัตว์กินพืชถ่ายทอดไปยังสัตว์กินเนื้อ คาร์บอนในเนื้อเยื่อของพืช สัตว์กินพืช สัตว์กินเนื้อ ถูกนำมาใช้ในการหายใจและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศส่วนหนึ่ง และส่วนที่เหลือถูกใช้ไปในการเจริญเติบโตและตกเป็นซากพืชเมื่อตายลง ซากพืชและสัตว์จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียและเชื้อรา ซึ่งเป็นการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์กลับคืนสู่บรรยากาศเดิม (อุทิส, 2542)

สาพิศและคณะ (2548) พบว่า ในป่าดิบแล้งสะแกราชมีอัตราการเพิ่มปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในส่วนของมวลชีวภาพเท่ากับ 11.49 ตัน/เฮกเตอร์/ปี โดยแยกเป็นปริมาณคาร์บอนของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินและใต้ดินเท่ากับ 7.81 และ 3.67 ตัน/เฮกเตอร์/ปี ตามลำดับ ส่วนในป่าเบญจพรรณจะมีปริมาณการเพิ่มของคาร์บอนน้อยกว่าในป่าดิบแล้งเท่ากับ 1.80 ตัน/เฮกเตอร์/ปี โดยแยกเป็นปริมาณคาร์บอนของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินและใต้ดินเท่ากับ 1.22 และ 0.57 ตัน/เฮกเตอร์/ปี ตามลำดับ ทศพรและคณะ (2548) พบว่า ปริมาณคาร์บอนในส่วนของมวลชีวภาพทั้งหมดของสวนป่ายูคาลิปตัส ความลาดชัน 4 ปี เท่ากับ 21 ตัน/เฮกเตอร์/ปี โดยประกอบด้วยส่วนที่เป็นเนื้อไม้ (ไม่รวมเปลือก) เปลือก กิ่ง ใบ และราก เท่ากับ 13.6, 2.4, 1.6, 0.3 และ 2.9 ตัน/เฮกเตอร์/ปี ตามลำดับ ในสวนป่ากระถินเทพา กระถินณรงค์ ยูคาลิปตัส ความลาดชัน 14 ปี มีปริมาณคาร์บอนที่เก็บกักไว้ในส่วนของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 75.38, 63.32, 46.38, 28.38, 21.13 และ 17.00 ตัน/เฮกเตอร์/ปี ตามลำดับ (เสริมพงษ์, 2545) ส่วนในสวนป่า *Eucalyptus globulus* อายุ 7 ปี สวนป่า *Eucalyptus globulus* และ *Eucalyptus grandis* อายุ 8 ปี และสวนป่า *Eucalyptus nitens* อายุ 11 ปี มีปริมาณคาร์บอนในส่วนของเนื้อไม้ (ไม่รวมเปลือก) เท่ากับ 49, 50, 50 และ 49% เฉพาะส่วนที่เป็นเปลือกมีค่าเท่ากับ 47, 48, 47 และ 46% ตามลำดับ (Yamada, 2003)

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ทำการวิจัย

ที่ตั้ง

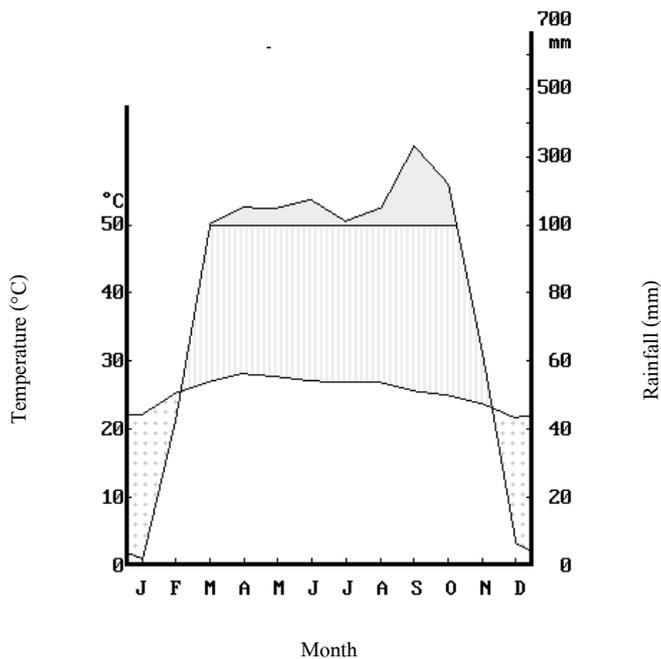
สถานีวนวัฒนวิจัยสระแกราช ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ $14^{\circ} 27' - 14^{\circ} 33'$ เหนือและเส้นแวงที่ $101^{\circ} 53' - 101^{\circ} 56'$ ตะวันออกในเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าเขาภูหลวง บ้านห้วยน้ำเค็ม ตำบลอุดมทรัพย์ อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา อยู่ทางด้านขวามือของทางหลวงหมายเลข 304 จากอำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา กับอำเภออินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ระยะทางห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 280 กิโลเมตร

ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยภูเขาที่มีระดับความลาดชันปานกลาง โดยมีเนินเขาเตี้ย ๆ และที่ราบอยู่บ้างเล็กน้อย มีความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง 200 – 700 เมตร พื้นที่มีความลาดชันไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 30 – 45 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีห้วยน้ำเค็มและห้วยเปะที่มีน้ำไหลเฉพาะบางฤดู โดยจะไม่มีน้ำไหลในฤดูแล้ง

ลักษณะดินฟ้าอากาศ

พื้นที่ของสถานีวนวัฒนวิจัยสระแกราชนี้อยู่ภายใต้อิทธิพลลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งพัดพาเอากระแสความอบอุ่นและความชื้นเข้ามาทำให้เกิดฝนตก 2 ช่วงด้วยกัน คือ ช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนตุลาคม และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะทำให้อากาศหนาวเย็นและแห้งในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน (Walter's diagram) ในปี พ.ศ. 2545-2548 แสดงฤดูฝนอยู่ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนตุลาคม และฤดูแล้งในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์

ลักษณะดิน

ดินมีวัตถุต้นกำเนิดเป็นหินทรายและมีหินดินดานปะปนเล็กน้อยเป็นดิน Red yellow podzolic และ Great soil group มีการเรียงตัวชั้นดินแบบ $A_1-A_2-B_1$ มีการระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง อยู่ในกลุ่มย่อย Slightly dry red yellow podzolic soil type มีความลึกประมาณ 40-60 เซนติเมตร ดินชั้นบนและดินชั้นล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาลแก่ถึงน้ำตาลเข้มหรือแดงปนเหลือง เป็นกรดเล็กน้อยถึงปานกลางมีค่าประมาณ 5.65 - 6.09 มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ไม่ดีและคุณสมบัติทางเคมีอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

วิธีการ

การเลือกพื้นที่และการวางแผนตัวอย่าง

ทำการศึกษาในพื้นที่แปลงทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่ 2 (2nd Progeny test) ของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า โดยมีทั้งหมด 60 สายพันธุ์ (Family) โดยนำเมล็ดของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า มาจากแปลงปลูกทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่ 1 จำนวนทั้งหมด 121 สายพันธุ์ที่ปลูกเมื่อปี พ.ศ. 2533 ซึ่งได้รับการสนับสนุนเมล็ดพันธุ์จาก Australian Tree Seed Centre , CSIRO ประเทศออสเตรเลีย ที่เก็บจากแม่ไม้ลักษณะดีจากป่าธรรมชาติ 8 ถิ่นกำเนิดของประเทศอินโดนีเซีย ได้แก่ Mandiri, Mt Lewotobi, Mt Egon, Bangat, Wairteban, Iling Gele, Andalan และ Jawagahar โดยปลูกในเดือนสิงหาคม 2545 มีผังการทดลองเป็นแบบ Alpha design จำนวน 8 ซ้ำ (Replication) โดยใน 1 ซ้ำจะปลูกทั้งหมด 60 สายพันธุ์ ๆ ละ 4 ต้น โดยปลูกต่อเนื่องกันไปด้วยระยะปลูก 3 เมตร และมีระยะห่างระหว่างแถว 3 เมตร พร้อมกันนี้ก็มีการแผ้วถางวัชพืชปีละ 3-4 ครั้ง เพื่อป้องกันไฟไหม้และลดการแก่งแย่งของวัชพืชที่จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า ตลอดจนมีการทำรั้วลวดหนามเพื่อป้องกันฝูงวัวควายเข้าไปเหยียบย่ำในแปลงทดลองดังกล่าว (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 สวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา

วางแผนตัวอย่างขนาด 40 x 40 เมตร² (1 ไร่) จำนวน 1 แปลง จากนั้นสุ่มวางกระบะรองรับซากพืชที่ทำจากเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีความกว้าง 1 เมตร ความยาว 1 เมตร และความสูงของตาข่ายไนลอนสีฟ้าที่อยู่ด้านล่าง 0.30 เมตร ด้านบนของกรอบเปิดโล่งไว้ โดยตั้งกระบะอยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 0.50 เมตร จำนวน 12 กระบะ ในบริเวณแปลงทดลองที่สุ่มเลือกไว้ จากนั้นวางถุงซากพืชที่ทำจากตาข่ายไนลอนสีฟ้าขนาด 50 x 50 เซนติเมตร ที่บรรจุใบซากพืช 92.09 กรัม จำนวน 36 ถุง ลงบนพื้นสวนป่าที่เลือกไว้ โดยกำหนดจุดที่จะวางจำนวน 3 จุดๆ ละ 12 ถุง (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 กระบะรองรับซากพืชและถุงซากพืชที่ใช้ทำการศึกษา

การเก็บข้อมูล

มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

การประมาณหามวลชีวภาพ ที่อายุ 1, 2, 3, 4 และ 5 ปี ทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (D) และความสูง (H) ของไม้ทุกต้นที่อยู่ในแปลง ทำการจัดชั้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก แล้วหามวลชีวภาพของต้นไม้โดยเลือกตัดต้นไม้บริเวณขอบแปลงที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับขีดดินใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับขีดดินในแต่ละชั้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ ทำการตัดไม้ตัวอย่างที่อายุ 1 และ 2 ปี จำนวนชั้นอายุละ 10 ต้น และอายุ 4 ปี จำนวน 20 ต้น โดยการตัดต้นไม้จะต้องตัดขีดดิน หลังจากนั้นทำการวัดไม้ตัวอย่างแต่ละต้น ดังนี้ วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (D) และยาวขึ้นไปทุกๆ 1 เมตร จนถึงปลาย

ยอด ที่ระดับใต้กิ่งสดกิ่งแรก (D_B) ความสูงถึงระดับกิ่งสดกิ่งแรก (H_B) และความสูงทั้งหมด (H_T) จากนั้นตัดทอนลำต้นออกเป็นท่อนๆ ตั้งแต่ระดับ 30 เซนติเมตรจาก โคนและตัดทอน ไม้ยาวท่อนละ 1 เมตร จนตลอดความยาวของลำต้น นำท่อนไม้แต่ละท่อนมาชั่งน้ำหนักสดของส่วนต่างๆ คือ ลำต้น กิ่ง ใบ จากนั้นนำตัวอย่างของส่วนต่างๆ มาอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักแห้ง

การร่วงหล่นและการสลายตัวของซากพืช

การศึกษาการร่วงหล่นและการสลายตัวของซากพืชดำเนินการโดยทำการเก็บรวบรวมซากพืชทั้งหมดจากกระบะรองรับซากพืชจำนวน 12 กระบะ และถุงซากพืชจุดละ 1 ถุง ที่ตั้งและวางไว้ในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า ในวันที่ 30 หรือ 31 ของทุกเดือน เป็นระยะเวลา 1 ปี จากนั้นนำซากพืชที่เก็บมาในทุกเดือนไปผึ่งลมให้แห้ง เพื่อเตรียมการคัดแยกประเภทของซากพืช และซากใบพืชที่เหลือในถุงซากพืชนำมาล้าง แล้วผึ่งให้แห้ง เตรียมนำไปอบ เพื่อหาน้ำหนักแห้งที่เหลืออยู่ต่อไป ทำการคัดแยกซากพืชจากทุกกระบะรองรับซากพืช โดยกำหนดให้เป็น 4 ประเภท กล่าวคือ (1) ซากพืชส่วนที่เป็นใบ (2) ส่วนที่เป็นกิ่ง (3) ส่วนที่เป็นดอกและผล และ (4) ส่วนอื่นๆ

การวิเคราะห์ข้อมูล

มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

สมการที่ใช้ประมาณมวลชีวภาพของไม้ในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า หาได้จากความสัมพันธ์ในรูปแอลโลเมตรี ดังสูตร

$$y = Ax^h$$

$$\text{หรือ } \log y = \log A + h \log x$$

เมื่อ y คือ ปริมาตรลำต้นหรือมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ของต้นไม้
 x คือ ขนาด (dimension) ที่วัดได้จากต้นไม้
 A และ h คือ ค่าคงที่ของสมการ

การร่ว่งหล่นและการสลายตัวของซากพืช

นำซากพืชที่คัดแยกออกเป็นประเภทต่างๆ และซากใบพืชที่เหลืออยู่ในถุงพีชซากใส่ถุงกระดาษ เพื่อนำไปซังและบันทึกน้ำหนักสดของซากพืชแต่ละถุง แล้วทำการสุ่มเลือกตัวอย่างซากพืชแต่ละประเภทของแต่ละชนิดไปซังและบันทึกน้ำหนักสดไว้ หลังจากนั้นนำตัวอย่างดังกล่าวในแต่ละถุงไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 – 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 – 72 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ เพื่อนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของซากพืชแต่ละประเภทของทุกชนิดและนำค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของแต่ละตัวอย่างที่ได้ไปเปลี่ยนน้ำหนักสดของปริมาณซากพืชทั้งหมดของแต่ละประเภทที่ซังไว้แล้วเป็นน้ำหนักแห้ง ตามสูตรดังต่อไปนี้

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

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

การวิเคราะห์คาร์บอนในพีช

การวิเคราะห์คาร์บอนในพีช นำตัวอย่างพืชที่เก็บมาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง แล้วบดให้เป็นผงละเอียดขนาดที่ผ่านตะแกรง 40 เมช และก่อนการวิเคราะห์ควรอบตัวอย่างพืชอีกครั้งหนึ่งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง และทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาคาร์บอนทั้งหมดด้วยเครื่อง CN corder model MT – 700

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติของความเข้มข้นของคาร์บอนในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบในแต่ละช่วงอายุ และความเข้มข้นของคาร์บอนในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ถ้าหากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test

ผลและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า

จากการศึกษาพบว่า ที่อายุ 1 ปี ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอกเฉลี่ยเท่ากับ 6.66 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 7.50 เมตร (ตารางที่ 1) ซึ่งได้ค่ามากกว่าที่อายุเดียวกันของ *Eucalyptus pellita* (3.7 เซนติเมตร และ 3.3 เมตร) ที่ศึกษาในประเทศอินโดนีเซีย (Hardiyanto, 2003)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 1 – 5 ปี

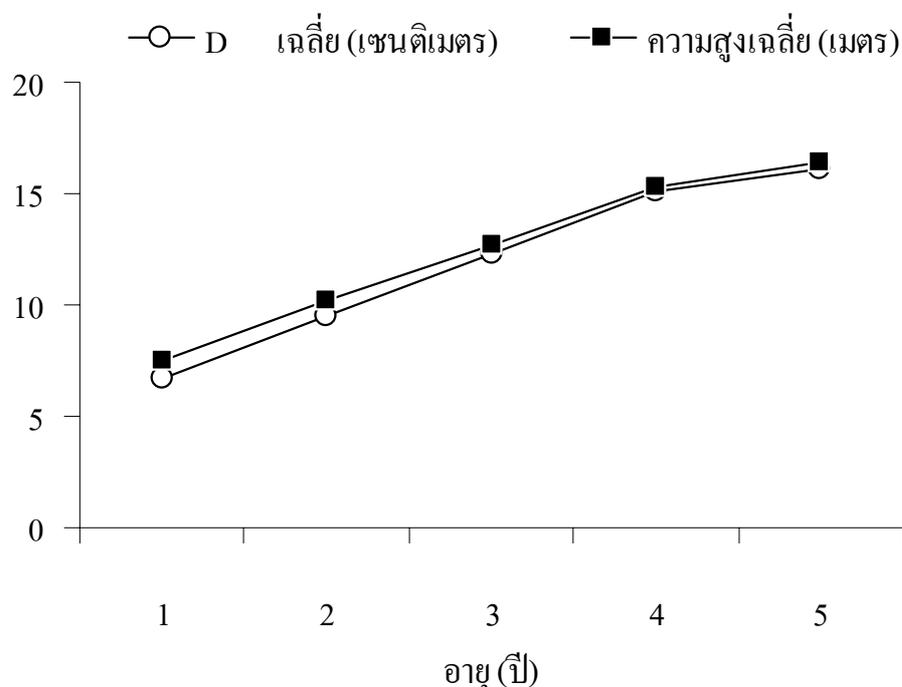
อายุ (ปี)	D เฉลี่ย (เซนติเมตร)	ความสูงเฉลี่ย (เมตร)	ความเพิ่มพูนเฉลี่ย	
			D (เซนติเมตร/ปี)	ความสูง (เมตร/ปี)
1	6.66	7.50	-	-
2	9.55	10.18	2.89	2.68
3	12.32	12.75	2.77	2.57
4	15.10	15.32	2.78	2.57
5	16.08	16.36	0.98	1.04

หมายเหตุ D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอก (1.30 เมตร)

เมื่อเวลาผ่านไป 1 ปี พบว่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่ามีความเพิ่มพูนทางด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอกเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.89 เซนติเมตร/ปี และทางด้านความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 2.68 เมตร/ปี ทำให้ที่อายุ 2 ปี นี้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอกเฉลี่ยเท่ากับ 9.55 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 10.18 เมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Jiamin *et al.* (2003) ที่ศึกษาการทดสอบ progeny รุ่นที่ 2 ของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า ในประเทศจีน ได้ค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอกเฉลี่ยเท่ากับ 9.50 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 8.40 เมตร

ที่อายุ 3 และ 4 ปี ความเพิ่มพูนทั้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอกเฉลี่ยและความสูงเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน (2.77, 2.78 เซนติเมตร/ปี และ 2.57, 2.57 เมตร/ปี) แต่จะน้อยกว่าความเพิ่มพูนในปีที่ 2 และมากกว่าการศึกษาของ Jiamin *et al.* (2003) ที่พบว่า ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าอายุ 3 ปี มีความเพิ่มพูนทางด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอก เท่ากับ 2.00 เซนติเมตร/ปี และความสูง เท่ากับ 2.1 เมตร/ปี ตามลำดับ

ในปีที่ 5 ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่ามีความเพิ่มพูนทั้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอกเฉลี่ยและความสูงเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 0.98 เซนติเมตร/ปี และ 1.04 เมตร/ปี ตามลำดับ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอกเฉลี่ย (D) และความสูงเฉลี่ยของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 1 – 5 ปี

ทั้งนี้เนื่องจากที่อายุ 5 ปีนี้ พุ่มเรือนยอดและเรือนรากได้แผ่ขยายจนชิดกัน ทำให้เกิดการแก่งแย่งแสง น้ำ และธาตุอาหารซึ่งกันและกัน เป็นเหตุให้การเจริญเติบโตทั้งทางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอกและความสูงในช่วงอายุนี้อลดลง ดังนั้นหากต้องการให้ต้นไม้มีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง ที่อายุ 5 ปีนี้จึงควรมีการตัดขยายระยะ (thinning) ต้นไม้ในแปลง

บางส่วนออก เพื่อลดการแก่งแย่งระหว่างต้นไม้ และส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นไม้ที่เหลืออยู่ต่อไป

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า

การสร้างสมการเพื่อประมาณหามวลชีวภาพของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า ใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมิติ (Dimension) ต่างๆ ของต้นไม้ตัวอย่าง ซึ่งได้แก่ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (H) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอก (D) กับปริมาณ มวลชีวภาพของลำต้น (W_S) มวลชีวภาพของกิ่ง (W_B) และมวลชีวภาพของใบ (W_L) ของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า โดยอาศัยรูปแบบของสมการ Allometric relation ได้สมการดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมการแสดงความสัมพันธ์ของมวลชีวภาพกับมิติต่างๆ ของต้นไม้

อายุ (ปี)	สมการ	R ²
1	$W_S = 0.0378 (D^2)^{1.3399}$	0.9859
	$W_B = 0.0126 (D^2)^{1.2648}$	0.9392
	$W_L = 0.0645 (D^2)^{0.8350}$	0.8504
2	$W_S = 0.0138 (D^2 H)^{1.0197}$	0.9778
	$W_B = 0.0049 (D^2)^{1.4634}$	0.8175
	$W_L = 0.0155 (D^2)^{1.1997}$	0.9158
4	$W_S = 0.0226 (D^2 H)^{0.9672}$	0.9901
	$W_B = 0.0046 (D^2)^{1.3457}$	0.9045
	$W_L = 0.0038 (D^2)^{1.2490}$	0.8949

หมายเหตุ W_S = มวลชีวภาพของลำต้น W_B = มวลชีวภาพของกิ่ง
 W_L = มวลชีวภาพของใบ R^2 = ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด
D = เส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอก (เซนติเมตร) H = ความสูง (เมตร)

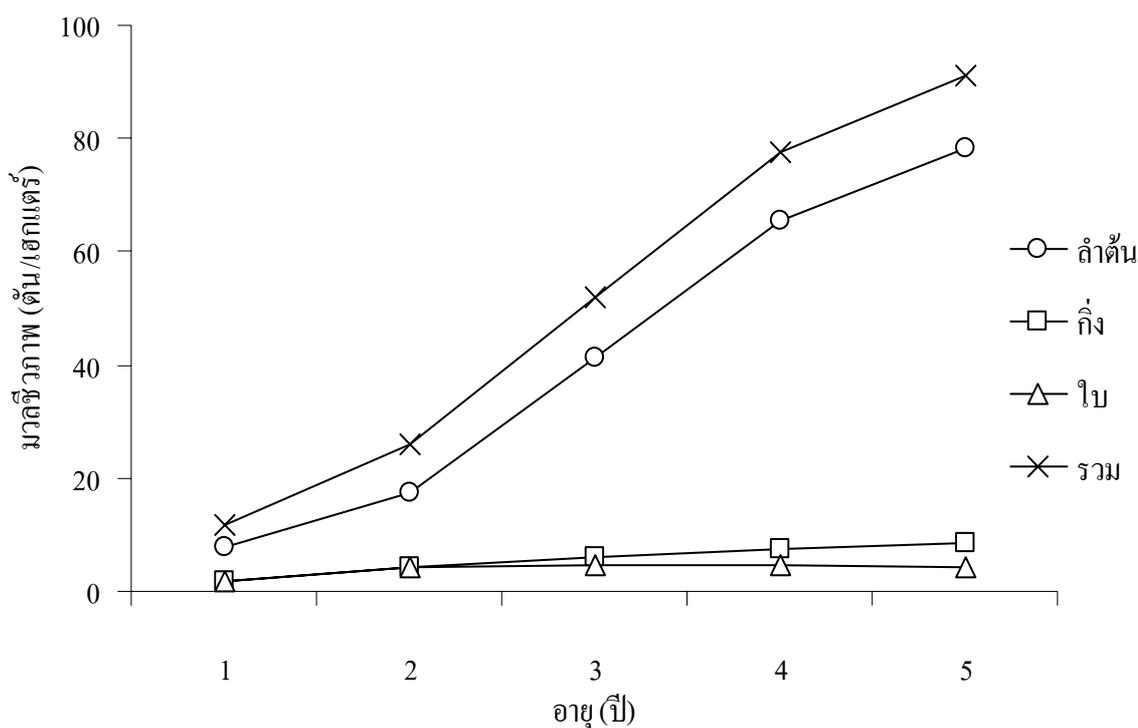
เมื่อใช้สมการประมาณค่ามวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า พบว่า ที่อายุ 1 ปี ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่ามีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 11.75 ตัน/เฮกเตอร์ แบ่งเป็นส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 7.94, 1.94 และ 1.94 ตัน/เฮกเตอร์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) และเมื่ออายุ 2 ปี ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่ามีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 26.00 ตัน/เฮกเตอร์ ซึ่งเพิ่มพูนจากปีที่ 1 เท่ากับ 14.25 ตัน/เฮกเตอร์ โดยแบ่งความเพิ่มพูนตามส่วนต่างๆ คือ ลำต้น กิ่ง และ ใบ เท่ากับ 9.50, 2.44 และ 2.25 ตัน/เฮกเตอร์ ส่วนที่อายุ 3 และ 4 ปี มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 51.81 และ 77.63 ตัน/เฮกเตอร์ ตามลำดับ โดยความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของทั้งสองปีมีค่าเท่ากัน คือ 25.81 ตัน/เฮกเตอร์ ซึ่งเมื่อพิจารณาความเพิ่มพูนเฉลี่ยตามส่วนต่างๆ พบว่า ความเพิ่มพูนเฉลี่ยในส่วนของลำต้นมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนความเพิ่มพูนในส่วนของกิ่งที่อายุ 4 ปี (1.92 ตัน/เฮกเตอร์) จะมียค่ามากกว่าที่อายุ 3 ปี (1.56 ตัน/เฮกเตอร์) แต่ในส่วนของใบ ความเพิ่มพูนเฉลี่ยที่อายุ 3 ปี (0.31 ตัน/เฮกเตอร์) จะมากกว่าที่อายุ 4 ปี (0.25 ตัน/เฮกเตอร์) ส่วนที่อายุ 5 ปี พบว่ามีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 90.94 ตัน/เฮกเตอร์ แบ่งเป็นส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 78.25, 8.56 และ 4.13 ตัน/เฮกเตอร์ ตามลำดับ ซึ่งในปีที่ 5 นี้ความเพิ่มพูนเฉลี่ยทั้งหมดและความเพิ่มพูนในส่วนต่างๆ มีค่าลดลง โดยความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมีค่าเท่ากับ 13.31 ตัน/เฮกเตอร์

เมื่อพิจารณาความเพิ่มพูนในส่วนต่างๆ พบว่า ที่อายุ 2, 3 และ 4 ปี สัดส่วนของความเพิ่มพูน คือ ลำต้น > กิ่ง > ใบ แต่ความเพิ่มพูนของลำต้นจะเพิ่มขึ้นเกือบ 3 เท่าของปีที่ 2 ในขณะที่ความเพิ่มพูนในกิ่งและใบกลับลดลง ส่วนที่อายุ 5 ปี ความเพิ่มพูนของทุกส่วนลดลง (ภาพที่ 5)

Baker *et al.* (2003) ศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าในประเทศจีน พบว่า ที่อายุ 2, 3, 4 และ 5 ปี มีค่าเท่ากับ 25.52, 40.1, 58.3 และ 81.9 ตัน/เฮกเตอร์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการศึกษาในครั้งนี้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Bernardo *et al.* (1998) ที่ทำการศึกษาคล้ายคลึงกันนี้ในบราซิล พบว่า ที่อายุ 41 เดือน ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 42.8 ตัน/เฮกเตอร์ แบ่งเป็นส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 26.7, 7.8 และ 8.3 ตัน/เฮกเตอร์ ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ปริมาณมวลชีวภาพแยกตามส่วนต่างๆ ในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า

อายุ (ปี)	มวลชีวภาพ (ตัน/เฮกเตอร์)				ความเพิ่มพูนเฉลี่ยของ มวลชีวภาพ (ตัน/เฮกเตอร์/ปี)
	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม	
1	7.94	1.94	1.94	11.75	-
2	17.44	4.38	4.19	26.00	14.25
3	41.38	5.94	4.50	51.81	25.81
4	65.31	7.56	4.75	77.63	25.81
5	78.25	8.56	4.13	90.94	13.31



ภาพที่ 5 มวลชีวภาพในส่วนลำต้น กิ่ง ใบ และทั้งหมดของสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า ในแต่ละช่วงอายุ

การร่วงหล่นของซากพืชในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าอายุ 5 ปี

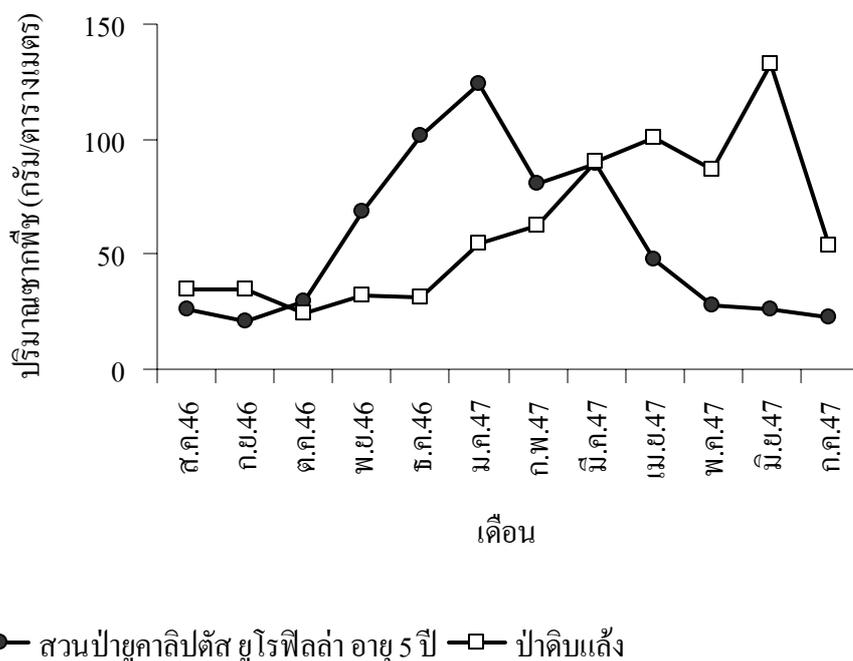
การร่วงหล่นของซากพืชทั้งหมดของสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี พบว่า มีปริมาณการร่วงหล่นเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 6.63 ตัน/เฮกแตร์ (ตารางที่ 4) ซึ่งมีปริมาณมากกว่าสวนป่ากระถินณรงค์ สะเดา ยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส กระถินยักษ์ และจี่เหล็ก ที่มีอายุเท่ากัน (สรายุทธ, 2532) แต่มีปริมาณน้อยกว่าสวนป่าอะคาเซีย ออลาโคคาร์ป้าที่อยู่ในพื้นที่เดียวกันและอายุเท่ากัน (ชิตติและคณะ, 2547) และบริเวณที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่านี้เคยเป็นป่าดิบแล้งมาก่อน เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณซากพืชของป่าดิบแล้งในพื้นที่ใกล้เคียงก็พบว่าปริมาณน้อยกว่า (ภาพที่ 6) โดยในป่าดิบแล้งมีปริมาณซากพืชรายปีเท่ากับ 7.67 ตัน/เฮกแตร์ (ชิตติและชลธิดา, 2547) ซึ่งความแตกต่างของปริมาณซากพืชของป่าทั้งสองนี้เกิดจากความแตกต่างของชนิดของหญ้าไม้ ความหนาแน่นของหญ้าไม้ อายุของหญ้าไม้ และในสวนป่ามีการจัดการทางวนวัฒนวิทยานั่นเอง (Bray and Gorham, 1964) เมื่อพิจารณาส่วนต่างๆ ของซากพืช ก็พบว่าซากพืชส่วนที่เป็นใบมีปริมาณการร่วงหล่นเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 3.74 ตัน/เฮกแตร์/ปี หรือ 56.38 เปอร์เซ็นต์ของซากพืชทั้งหมด และส่วนของซากพืชที่มีปริมาณรองลงมาได้แก่ ซากพืชส่วนอื่นๆ ซากพืชส่วนที่เป็นกิ่ง และซากพืชส่วนที่เป็นดอกและผล ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 1.34, 0.91 และ 0.64 ตัน/เฮกแตร์/ปี ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

จากการศึกษาพบว่าซากพืชทั้งหมดมีปริมาณการร่วงหล่นมากที่สุดในเดือนมกราคม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 124.15 กรัม/ตารางเมตร และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนกันยายนเฉลี่ยเท่ากับ 20.65 กรัม/ตารางเมตร ส่วนซากพืชส่วนที่เป็นใบจะมีปริมาณการร่วงหล่นเฉลี่ยมากที่สุดในเดือนมกราคมเท่ากับ 108.02 กรัม/ตารางเมตร และในเดือนมิถุนายนจะมีปริมาณการร่วงหล่นเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 8.27 กรัม/ตารางเมตร ซึ่งซากพืชส่วนที่เป็นใบจะมีแนวโน้มของการร่วงหล่นเหมือนกับปริมาณซากพืชทั้งหมด ซึ่งน่าจะกล่าวได้ว่าซากพืชส่วนที่เป็นใบเป็นตัวกำหนดปริมาณซากพืชทั้งหมดในสวนป่า ส่วนปริมาณซากพืชส่วนที่เป็นกิ่งพบว่ามีการร่วงหล่นเฉลี่ยมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ และน้อยที่สุดในเดือนกันยายน ส่วนปริมาณการร่วงหล่นเฉลี่ยของซากพืชส่วนที่เป็นดอกและผลจะมากที่สุดในเดือนมีนาคมเท่ากับ 15.94 กรัม/ตารางเมตร และน้อยที่สุดในเดือนตุลาคมเท่ากับ 1.10 กรัม/ตารางเมตร และในเดือนกุมภาพันธ์จะมีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชส่วนอื่นๆ เฉลี่ยมากที่สุด และน้อยที่สุดในเดือนกรกฎาคม (ตารางที่ 4 และ ภาพที่ 7)

ตารางที่ 4 ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชทั้งหมดและซากพืชส่วนต่างๆ ในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟีลล่า อายุ 5 ปี

ระยะเวลา (เดือน)	ส่วนต่างๆ ของซากพืช (กรัมต่อตารางเมตร)				
	ใบ	กิ่ง	ดอกและผล	อื่นๆ	รวม
สิงหาคม 2546	10.52	4.10	5.40	5.56	25.58
กันยายน 2546	11.00	0.93	1.49	7.23	20.65
ตุลาคม 2546	15.44	4.52	1.10	8.07	29.13
พฤศจิกายน 2546	52.10	7.14	1.68	7.96	68.86
ธันวาคม 2546	77.36	10.0	1.52	12.10	101.04
มกราคม 2547	108.02	5.68	4.06	6.39	124.15
กุมภาพันธ์ 2547	21.34	24.78	11.76	23.12	81.00
มีนาคม 2547	35.24	16.31	15.94	21.47	88.96
เมษายน 2547	10.69	8.09	6.61	22.52	47.92
พฤษภาคม 2547	12.98	3.08	3.86	7.54	27.46
มิถุนายน 2547	8.27	4.36	5.45	7.96	26.04
กรกฎาคม 2547	10.79	2.63	4.87	3.84	22.12
รวม (กรัมต่อตารางเมตร)	373.75	91.68	63.74	133.76	662.91
รวม (ต้นต่อเฮกแตร์)	3.74	0.91	0.64	1.34	6.63
เปอร์เซ็นต์การร่วงหล่น	56.38	13.83	9.61	20.18	100.00
F - value	67.38**	7.89**	15.20**	3.04**	25.94**

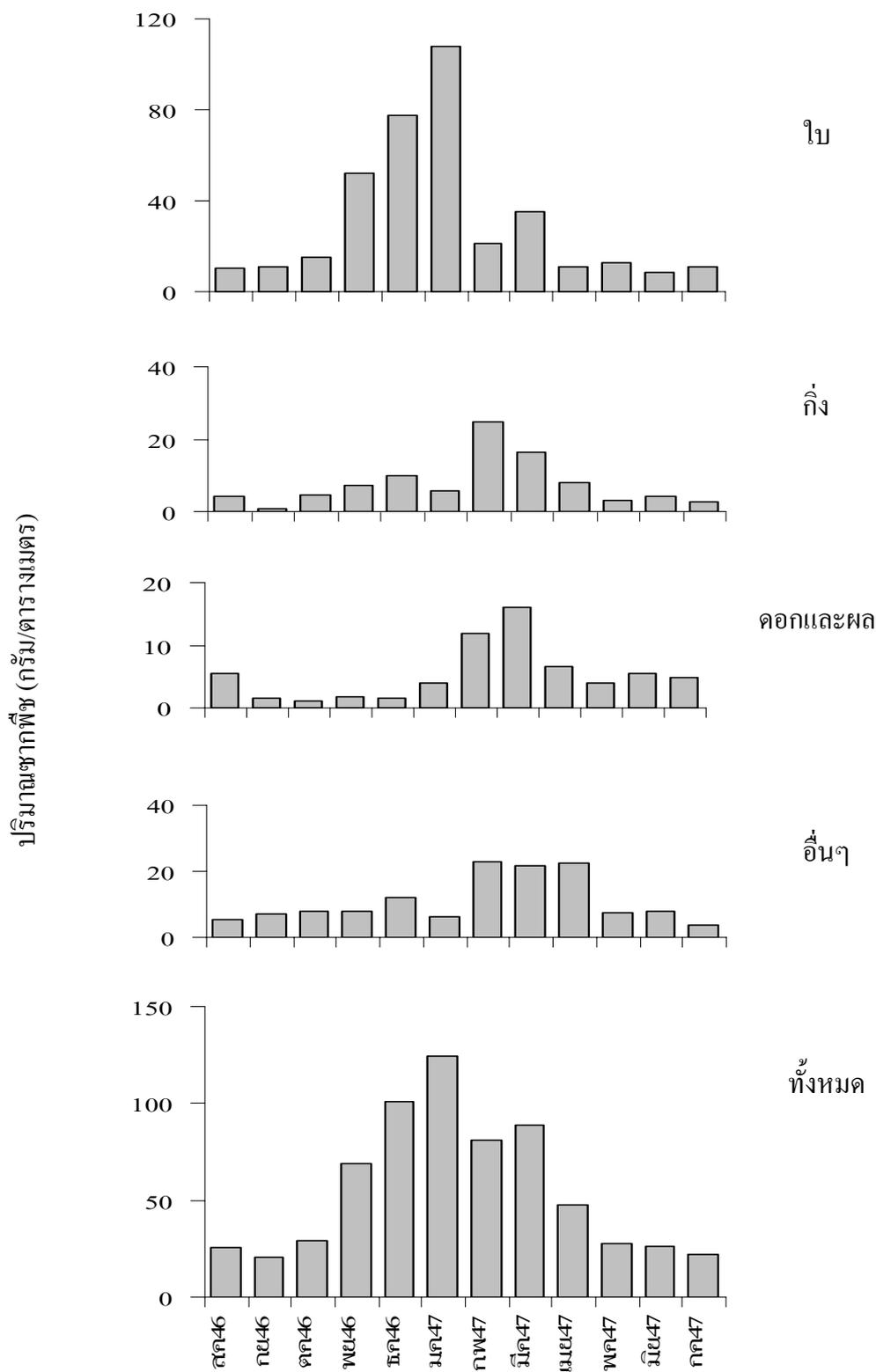
หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



● สวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี □ ป่าดิบแล้ง

ภาพที่ 6 ปริมาณซากพืชทั้งหมดในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี และป่าดิบแล้ง
สะแกราช (ชิตติและชลธิดา, 2547)

เมื่อพิจารณาการร่วงหล่นของซากพืชเป็นช่วงที่มีฝน (ในเดือนนั้นๆ มีปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ 100 มิลลิเมตรขึ้นไป) ได้แก่ ในช่วงเดือนเมษายนถึงตุลาคม และช่วงแล้ง (ในเดือนนั้นๆ ไม่มีฝน หรือมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 100 มิลลิเมตร) ได้แก่ ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม พบว่าในช่วงแล้งจะมีปริมาณการร่วงหล่นมากที่สุดเท่ากับ 464.03 กรัม/ตารางเมตร หรือ 70.00 เปอร์เซ็นต์ของซากพืชทั้งหมด และปริมาณซากพืชส่วนที่เป็นใบและกิ่งในช่วงแล้งมีมากกว่าช่วงที่มีฝน คือ ในช่วงแล้งจะมีปริมาณซากพืชส่วนที่เป็นใบเท่ากับ 294.06 กรัม/ตารางเมตร หรือ 78.68 เปอร์เซ็นต์ของซากพืชส่วนที่เป็นใบทั้งหมด และซากพืชส่วนที่เป็นกิ่งในช่วงแล้งเท่ากับ 63.97 เปอร์เซ็นต์ของซากพืชส่วนที่เป็นกิ่งทั้งหมด เพราะว่าเป็นช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่แห้งแล้ง มีปริมาณน้ำฝนน้อย เมื่อต้นไม้ขาดแคลนน้ำมากเป็นเวลานานจะทำให้มีการทิ้งใบ เพื่อลดการสูญเสียน้ำ ส่วนซากพืชส่วนที่เป็นดอกและผล และซากพืชส่วนอื่นๆ ในช่วงแล้งจะมีปริมาณซากพืชมากกว่าช่วงที่มีฝนเช่นกัน แต่มีความแตกต่างกันไม่มากนัก (ตารางที่ 5 และ ภาพที่ 8)

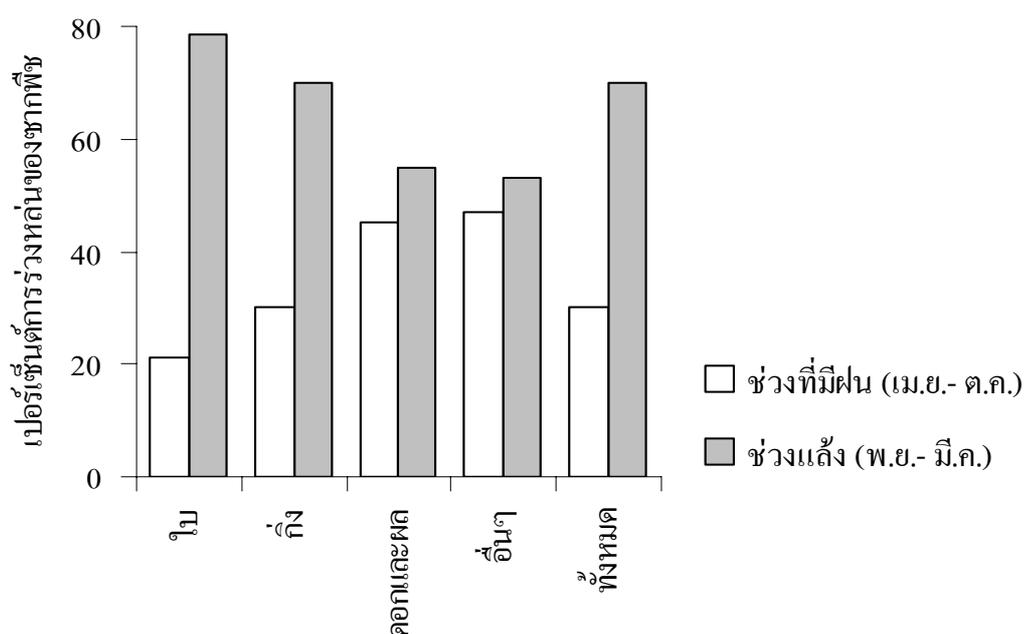


ภาพที่ 7 ปริมาณการร่วกล่นรายเดือนของซากฟิชทั้งหมดและซากฟิชส่วนต่างๆ ใน สวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี

ตารางที่ 5 ปริมาณการร่วงหล่นซากพืชในช่วงที่มีฝนและช่วงแล้งของสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี

ช่วงเวลา	ส่วนต่างๆ ของซากพืช (กรัม/ตารางเมตร)				รวม
	ใบ	กิ่ง	ดอกและผล	อื่นๆ	
ช่วงที่มีฝน (เม.ย.- ต.ค.)	79.69	27.71	28.78	62.72	198.90
	(21.32)	(30.22)	(45.15)	(46.89)	(30.00)
ช่วงแล้ง (พ.ย.- มี.ค.)	294.06	63.97	34.96	71.04	464.03
	(78.68)	(69.78)	(54.85)	(53.11)	(70.00)

หมายเหตุ () เปอร์เซ็นต์การร่วงหล่น



ภาพที่ 8 เปอร์เซ็นต์การร่วงหล่นของซากพืชทั้งหมดและซากพืชส่วนต่างๆ ในช่วงที่มีฝนและช่วงแล้งของสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี

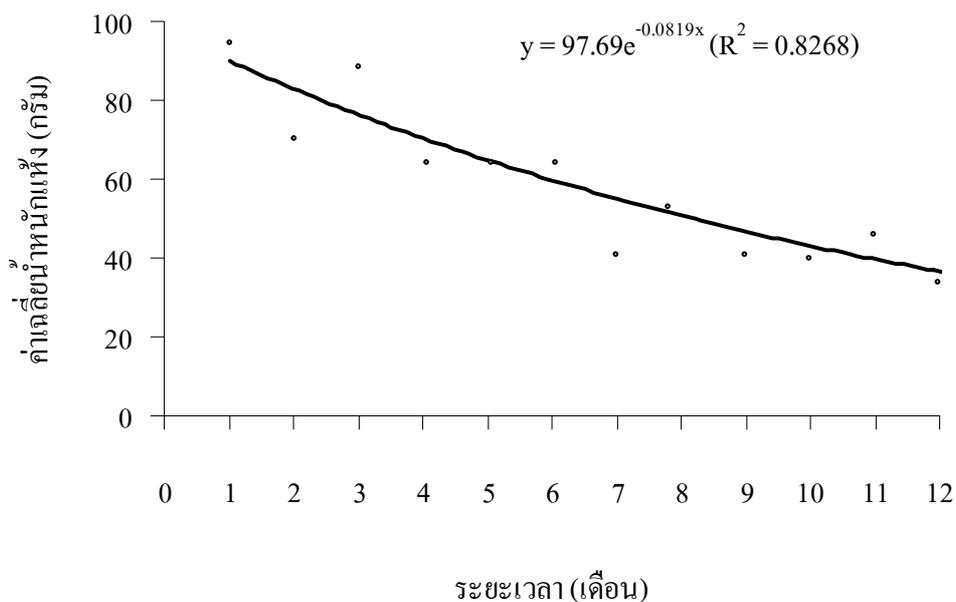
เมื่อนำค่าปริมาณการร่วงหล่นทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางสถิติก็พบว่าในแต่ละเดือนมีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญยิ่ง ทำให้เห็นว่าปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชทั้งหมดในแต่ละเดือนในช่วงเวลาเดียวกันทั้งในช่วงที่มีฝนและช่วงแล้งต่างก็มีความผันแปร ลักษณะเช่นนี้สามารถอธิบายได้

ว่า ต้นไม้เมื่อเข้าสู่ช่วงแล้งจะมีการปรับตัวเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ดังนั้นเมื่อเข้าสู่ช่วงที่ไม่มีน้ำหรือมีน้ำน้อย ต้นไม้จะทยอยทิ้งส่วนต่างๆ โดยเฉพาะใบ และจะมีปริมาณการร่วงหล่นสูงสุดในช่วงหนึ่ง และจะลดลงไป เนื่องจากได้ทิ้งส่วนต่างๆ ไปทั้งหมดหรือเกือบหมดนั่นเอง จากนั้นเมื่อเข้าสู่ฤดูฝน ต้นไม้ได้รับน้ำ ก็จะเข้าสู่ช่วงการเจริญเติบโตของต้นไม้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าต้นไม้ในช่วงนี้จะมีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืช น้อยถึงน้อยที่สุด และเมื่อเข้าสู่ช่วงแล้งอีกครั้ง ต้นไม้ก็จะทิ้งส่วนต่างๆ เพื่อปรับตัวให้มีชีวิตรอดเหมือนเช่นเดิม และจะวนเวียนลักษณะเช่นนี้ไปทุกปี ตามลักษณะปัจจัยต่างๆ เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิดิน ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำฝน และปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และเมื่อนำค่าปริมาณการร่วงหล่นของส่วนที่เป็นใบ กิ่ง ดอกและผล และส่วนอื่นๆ มาวิเคราะห์ทางสถิติก็พบว่าในแต่ละเดือนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เช่นเดียวกับซากพืชทั้งหมด

การสลายตัวของซากพืช

การเปลี่ยนแปลงซากพืชของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี แสดงในภาพที่ 9 ซึ่งภาพนี้แสดงปริมาณซากพืชที่ลดลงไปตามระยะเวลา โดยมีปริมาณการสลายตัวทั้งหมด 71.31 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า $k = 1.25$ (ตารางที่ 6) ดังนั้นในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี ที่มีปริมาณการร่วงหล่นรายปีเท่ากับ 6.63 ตัน/เฮกแตร์ ก็จะมีปริมาณการสลายตัวของซากพืชเท่ากับ 4.66 ตัน/เฮกแตร์/ปี

ในช่วง 3 เดือนแรกมีปริมาณการสลายตัวประมาณ 41.62 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6) ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Wild (1992) และ Hernandez *et al.* (1992) ที่พบว่าการสลายตัวมวลชีวภาพของใบใน 4 เดือนแรกเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ จากปรากฏการณ์นี้สามารถอธิบายกระบวนการสลายตัวเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกจะเป็นกระบวนการที่รวดเร็ว ส่วนการสลายตัวในขั้นตอนที่สองนั้นจะค่อนข้างช้ากว่าขั้นตอนแรกเมื่อเริ่มต้นใน 3 เดือนถัดมา การอธิบายเช่นนี้ก็เพราะว่าในพืชนั้นมีองค์ประกอบทางเคมีที่หลากหลาย และองค์ประกอบเหล่านี้ก็จะมีส่วนที่ค่อนข้างสลายตัวได้ง่ายหรือเป็นส่วนที่พร้อมต่อการสลายตัวอยู่เสมอ และส่วนที่ค่อนข้างสลายตัวได้ยากหรือเป็นส่วนที่มีการต่อต้านการสลายตัวอยู่มาก (Bunnell and Tait, 1974)



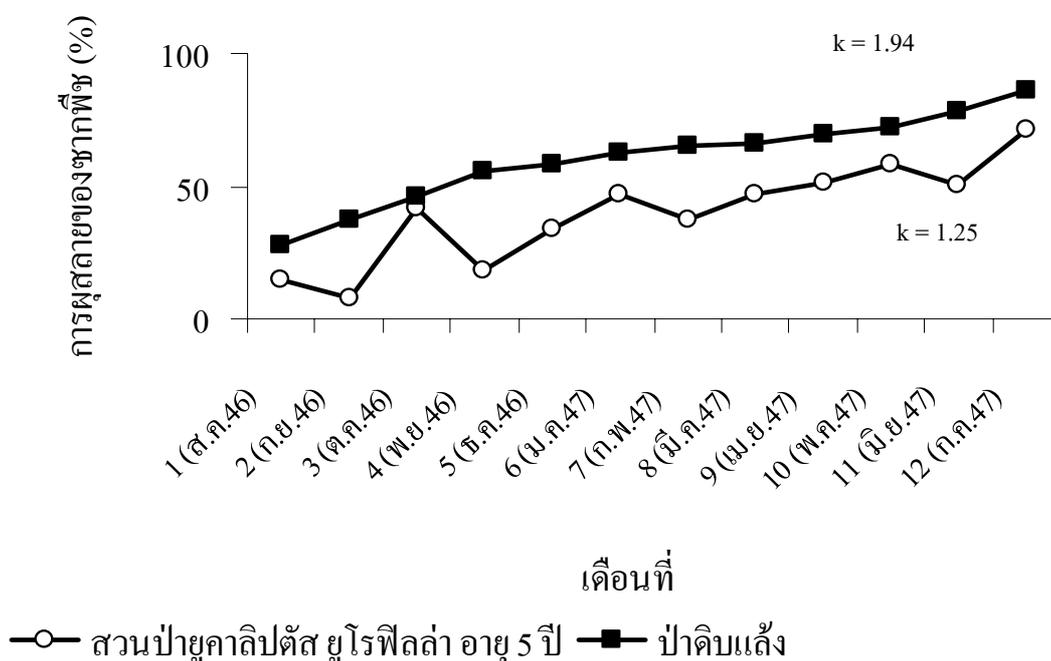
ภาพที่ 9 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของซากพืชยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี ที่ลดลงไปตามระยะเวลา

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งที่สูญเสียไปและปริมาณการสลายตัว (%) ของซากพืชในสวนป่า ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี

ระยะเวลา (เดือน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งที่สูญเสียไป (กรัม)	ปริมาณการสลายตัว (%)
1 (ส.ค.46)	13.55	14.71
2 (ก.ย.46)	6.87	7.46
3 (ต.ค.46)	38.33	41.62
4 (พ.ย.46)	16.55	17.97
5 (ธ.ค.46)	31.32	34.01
6 (ม.ค.47)	43.57	47.31
7 (ก.พ.47)	34.65	37.63
8 (มี.ค.47)	43.05	46.75
9 (เม.ย.47)	47.57	51.66
10 (พ.ค.47)	53.95	58.58
11 (มิ.ย.47)	46.57	50.57
12 (ก.ค.47)	65.67	71.31
ค่าคงที่การสลายตัว (k) ต่อปี	1.25	-

ปริมาณการสลายตัวของซากพืชในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปีนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับในป่าดิบแล้งบริเวณใกล้เคียงก็พบว่าปริมาณการสลายตัวน้อยกว่า โดยในป่าดิบแล้งมีปริมาณการสลายตัวถึง 85.67 เปอร์เซ็นต์ต่อปี และมีค่าคงที่การสลายตัว (k) เท่ากับ 1.94 (ธิตติและชลธิชา, 2547) ทั้งนี้เนื่องจากในป่าดิบแล้งมีปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสมกับผู้ย่อยสลายมากกว่า เช่น ปริมาณความชื้น อุณหภูมิ ปริมาณแสง เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ทำให้ป่าดิบแล้งเป็นแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมต่อพวกจุลินทรีย์ แมลง สัตว์ต่างๆ ทั้งที่มีขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่ช่วยในการย่อยสลาย (ภาพที่ 10)

เมื่อพิจารณาการสลายตัวของซากใบยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า ในช่วงที่มีฝน (เดือนเมษายนถึงตุลาคม) และในช่วงแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม) พบว่า ในช่วงที่มีฝนจะมีปริมาณการสลายตัวของซากพืชมากกว่าในช่วงแล้ง โดยมีปริมาณการสลายตัวเท่ากับ 42.56 กรัม หรือ 64.81 เปอร์เซ็นต์ของการสลายตัวทั้งหมด (ตารางที่ 7) ทั้งนี้เพราะในช่วงที่มีฝนจะมีความชื้นสูง เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์หรือสิ่งมีชีวิตที่ช่วยในการย่อยสลาย ทำให้การย่อยสลายซากพืชในช่วงนี้มีอัตราสูง



ภาพที่ 10 การสลายตัวของซากพืชในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี และในป่าดิบแล้ง สะแกราช (ธิตติและชลธิชา, 2547)

ตารางที่ 7 การสลายตัวของซากพืชในช่วงที่มีฝนและช่วงแล้งในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี

ช่วงเวลา	ปริมาณการผุสลาย (กรัม)	การผุสลาย (%)
ช่วงที่มีฝน (เม.ย.- ต.ค.)	42.56	64.81
ช่วงแล้ง (พ.ย.- มี.ค.)	23.11	35.19
รวม	65.67	100.00

ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า

จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า ได้ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนที่เก็บกักอยู่ในส่วนต่างๆ ของพืช ดังตารางที่ 8 จากการทดสอบทางสถิติพบว่า ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของต้นไม้ในแต่ละช่วงอายุ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ มีความเข้มข้นของคาร์บอนเฉลี่ย 47.54, 48.93 และ 51.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการศึกษาของ Yamada (2003) ที่พบว่า *Eucalyptus globulus* อายุ 7 ปี *Eucalyptus globulus* และ *Eucalyptus grandis* อายุ 8 ปี และ *Eucalyptus nitens* อายุ 11 ปี มีปริมาณคาร์บอนในส่วนของเนื้อไม้ เท่ากับ 49, 50, 50 และ 49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากการทดสอบค่าทางสถิติพบว่า ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนในแต่ละช่วงอายุ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ส่วนปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในซากพืชส่วนที่เป็นใบจะมีมากที่สุดเท่ากับ 51.01 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ส่วนที่เป็นดอกและผล ส่วนที่เป็นกิ่งและส่วนอื่นๆ ที่มีค่าเท่ากับ 48.46, 48.37 และ 47.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า

จากการศึกษาพบว่า ที่อายุ 1 ปี ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่ามีการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 5.70 ตัน/เฮกเตอร์ แบ่งเป็นส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบเท่ากับ 3.75, 0.95 และ 1.00 ตัน/เฮกเตอร์ ตามลำดับ ส่วนที่อายุ 2 ปี พบว่าส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ มีการสะสมคาร์บอนเพิ่มขึ้น มีค่าเท่ากับ 8.28, 2.14 และ 2.14 ตัน/เฮกเตอร์ ตามลำดับ และที่อายุ 3 ปี มีการสะสมคาร์บอนในส่วนของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด 24.78 ตัน/เฮกเตอร์ โดยเป็นส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 19.78, 2.68 และ 2.32 ตัน/เฮกเตอร์ ตามลำดับ ส่วนคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่อายุ

ตารางที่ 8 ปริมาณความเข้มข้นคาร์บอนแยกตามส่วนต่างๆ ของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า

อายุ (ปี)	ความเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์)			F value
	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	
1	47.25	48.93	51.75	37.41**
2	47.48	48.91	50.97	61.28**
3	47.80	48.92	51.63	57.82**
4	47.56	49.02	51.00	67.71**
5	47.61	48.89	51.25	88.79**
F value	1.10 ^{ns}	1.17 ^{ns}	1.23 ^{ns}	

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

^{ns} แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 9 ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในซากพืชยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 5 ปี

ส่วนต่างๆ ของต้นไม้	ความเข้มข้นของคาร์บอน (%)
กิ่ง	48.37
ใบ	51.01
ดอกและผล	48.46
อื่นๆ	47.51

4 ปี มีปริมาณเพิ่มขึ้นเท่ากับ 31.06, 3.70 และ 2.42 ตัน/เฮกเตอร์ ทำให้มีปริมาณรวมทั้งหมดเท่ากับ 37.18 ตัน/เฮกเตอร์ ส่วนที่อายุ 5 ปี ปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 43.55 ตัน/เฮกเตอร์ (ตารางที่ 10)

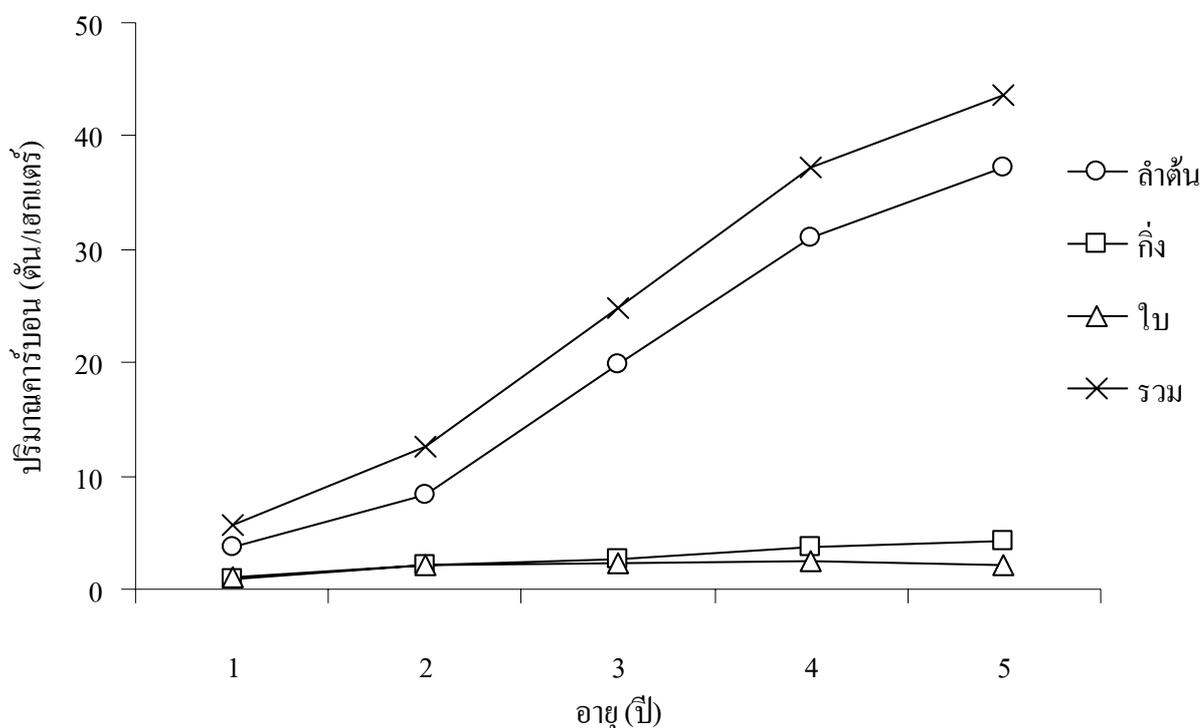
เมื่อพิจารณาความความเพิ่มพูนของคาร์บอนในแต่ละปีพบว่า ที่อายุ 4 ปี ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า จะมีความเพิ่มพูนของคาร์บอนมากที่สุด เท่ากับ 12.40 ตัน/เฮกเตอร์/ปี รองลงมาได้แก่ ที่อายุ 3, 2 และ 5 ปี มีค่าเท่ากับ 12.22, 6.86 และ 6.37 ตัน/เฮกเตอร์/ปี ตามลำดับ (ภาพที่ 11) จะเห็นได้ว่า เมื่อ

อายุมากขึ้นยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าจะแนวโน้มของการเก็บกักคาร์บอนในส่วนของลำต้นมากกว่าใน ส่วนของใบ และกิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากการเจริญเติบโตของต้นไม้ในช่วงแรกจะมีการพัฒนาทางด้าน ความสูงมากกว่าทางด้านข้างหรือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง แต่เมื่อต้นไม้พัฒนาทางด้านความสูงใน ระดับหนึ่งแล้ว ก็จะไม่ค่อยเจริญเติบโตทางด้านนี้ และเริ่มที่จะพัฒนาทางด้านข้าง หรือเริ่มเก็บ สะสมอาหารในลำต้นนั่นเอง

ตารางที่ 10 ปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินแยกตามส่วนต่างๆ ของ ไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า

อายุ (ปี)	ปริมาณคาร์บอน (ตัน/เฮกเตอร์)				ความเพิ่มพูนเฉลี่ยของ คาร์บอน (ตัน/เฮกเตอร์/ปี)
	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม	
1	3.75	0.95	1.00	5.70	-
2	8.28	2.14	2.14	12.56	6.86
3	19.78	2.68	2.32	24.78	12.22
4	31.06	3.70	2.42	37.18	12.40
5	37.25	4.18	2.12	43.55	6.37

สาพิศและคณะ (2548) พบว่า ในป่าดิบแล้งสะแกราชมีอัตราการเพิ่มปริมาณคาร์บอน ทั้งหมดในส่วนของที่อยู่เหนือพื้นดินเท่ากับ 7.81 ตัน/เฮกเตอร์/ปี ซึ่งมีปริมาณมากกว่าที่อายุ 2 และ 5 ปี แต่จะน้อยกว่าที่อายุ 3 และ 4 ปีของการศึกษาในครั้งนี้ ส่วนการศึกษาของทศพรและคณะ (2548) พบว่า ปริมาณคาร์บอนในส่วนของมวลชีวภาพทั้งหมดในสวนป่ายูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส อายุ 4 ปี มีค่าเท่ากับ 21 ตัน/เฮกเตอร์ ซึ่งได้ค่าน้อยกว่าที่อายุ 4 ปีของการศึกษาในครั้งนี้



ภาพที่ 11 ปริมาณคาร์บอนในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และทั้งหมดของสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า ในแต่ละช่วงอายุ

ปริมาณคาร์บอนในซากพืชที่ร่วงหล่นในรอบ 1 ปี

จากการศึกษาพบว่า ในช่วงระยะเวลา 1 ปี สวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่ามีปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในซากพืชที่ร่วงหล่นเท่ากับ 3.31 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี โดยจะสะสมอยู่ในซากพืชส่วนที่เป็นใบมากที่สุดเท่ากับ 1.91 ตัน/เฮกแตร์ต่อปี รองลงมาได้แก่ ซากพืชส่วนอื่นๆ ส่วนที่เป็นกิ่ง และส่วนที่เป็นดอกและผล ที่มีค่าเท่ากับ 0.64, 0.45 และ 0.31 ตัน/เฮกแตร์/ปี ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ปริมาณคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของซากพืชในช่วงเวลา 1 ปี ของสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า

ส่วนต่างๆ ของซากพืช	ปริมาณคาร์บอน (ตัน/เฮกแตร์)
กิ่ง	0.45
ใบ	1.91
ดอกและผล	0.31
อื่นๆ	0.64
รวม	3.31

ปริมาณการสลายตัวของคาร์บอนจากซากพืชในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าอายุ 5 ปี

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณคาร์บอนที่สลายตัวจากซากพืชที่ร่วงหล่นทั้งหมดเท่ากับ 2.36 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี

สามารถสรุปภาพรวมของปริมาณการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ในส่วน ของซากพืชที่ร่วงหล่น ตลอดจนปริมาณการสลายตัวของคาร์บอนจากซากพืชที่ร่วงหล่น ในช่วง ระยะเวลา 1 ปี ได้ดังภาพที่ 12

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาการเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นดินในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า บริเวณสถานีวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา สามารถสรุปได้ดังนี้

ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า ที่อายุ 1, 2, 3, 4 และ 5 ปี มีค่าเท่ากับ 11.75, 26.00, 51.81, 77.63 และ 90.94 ตัน/เฮกเตอร์ โดยที่อายุ 3 และ 4 ปี มีปริมาณความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมากที่สุด เท่ากับ 25.81 ตัน/เฮกเตอร์ เมื่อต้นไม้มีอายุมากขึ้นจะมีแนวโน้มการสะสมมวลชีวภาพในส่วนของลำต้นมากกว่าในส่วนของกิ่งและใบ

ส่วนปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชทั้งหมดเท่ากับ 7.67 ตัน/เฮกเตอร์/ปี โดยเป็นส่วนของ กิ่ง ใบ ดอกผล และส่วนอื่นๆ เท่ากับ 0.92, 3.73, 0.64 และ 1.34 ตัน/เฮกเตอร์/ปี ตามลำดับ ส่วนปริมาณการผุสลายทั้งหมดของซากพืชยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า พบว่ามีค่าเท่ากับ 65.67 กรัม/ปี หรือ 71.31 เปอร์เซ็นต์ของซากพืชทั้งหมด และมีค่า $k = 1.25$ ในช่วงที่มีฝนจะมีปริมาณการผุสลายของซากพืชมากกว่าในช่วงแล้ง โดยมีปริมาณการผุสลายเท่ากับ 42.56 กรัม หรือ 64.81 เปอร์เซ็นต์ของการผุสลายทั้งหมด

ส่วนปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ ที่อายุ 1, 2, 3, 4 และ 5 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 47.54, 48.93 และ 51.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าค่าเฉลี่ยของทั้งสามส่วนนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในซากพืชส่วนที่เป็นใบจะมีมากที่สุดเท่ากับ 51.01 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ส่วนที่เป็นดอกผล ส่วนที่เป็นกิ่งและส่วนอื่นๆ ที่มีค่าเท่ากับ 48.46, 48.37 และ 47.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ในส่วนของปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า ที่อายุ 1, 2, 3, 4 และ 5 ปี มีค่าเท่ากับ 5.70, 12.56, 24.78, 37.18 และ 43.55 ตัน/เฮกเตอร์ ตามลำดับ โดยที่อายุ 4 ปี มีปริมาณความเพิ่มพูนของคาร์บอนมากที่สุด เท่ากับ 12.40 ตัน/เฮกเตอร์ และน้อยที่สุดที่อายุ 5 ปี เท่ากับ 6.37 ตัน/เฮกเตอร์ จากการศึกษา พบว่า การเก็บกักคาร์บอนในแต่ละ

ปีจะเป็นไปตามปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน กล่าวคือ ถ้าหาก ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่ามีการเติบโตดี ก็จะทำให้เกิดการสะสมคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของต้นไม้มากยิ่งขึ้น ตามไปด้วย

และในซากพืชที่ร่วงหล่นมีค่าเท่ากับ 3.31 ตัน/เฮกแตร์ต่อปี โดยสะสมอยู่ในซากพืชส่วนที่เป็นใบมากที่สุดเท่ากับ 1.91 ตัน/เฮกแตร์ต่อปี รองลงมาได้แก่ ซากพืชส่วนอื่นๆ ส่วนที่เป็นกิ่ง และส่วนที่เป็นดอกและผล ที่มีค่าเท่ากับ 0.64, 0.45 และ 0.31 ตัน/เฮกแตร์/ปี ตามลำดับ และปริมาณคาร์บอนที่สลายตัวจากซากพืชที่ร่วงหล่นทั้งหมดเท่ากับ 2.36 ตัน/เฮกแตร์/ปี

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องเพื่อคูแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงการเก็บกักคาร์บอนในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า
2. ควรมีการศึกษากการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพใต้พื้นดินและในดินร่วมด้วย เพื่อให้ได้ค่าการเก็บกักคาร์บอนในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าอย่างแท้จริง

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เกษม จันทร์แก้ว, ชูบ เข็มขนาด และ ทวี แก้วละเอียด. 2515. การศึกษาอินทรีย์วัตถุในสวนสัก.

รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 23. คณะวนศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว และ สามัคคี บุญยะวัฒน์. 2523. การสะสมของซากพืชและธาตุอาหารของป่าดิบ

แล้งสะแกราช. รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 66. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จักรพล จักรพลวรฤทธิ์. 2528. ผลของความหนาแน่นต่อผลผลิตของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เจษฎา พันธสา. 2544. การหมุนเวียนของธาตุอาหารในสวนป่าไม้สะเดาที่ปลูกด้วยระดับความ

หนาแน่นต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทรงธรรม สุขสว่าง. 2532. การหมุนเวียนธาตุอาหารของป่าดิบแล้งบริเวณสถานีวิจัยเพื่อรักษาต้น

น้ำห้วยหินลาด จังหวัดระยอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทศพร วัชรานุกร ชิงชัย วิริยะบัญชา และกันตินันท์ ผิวสะอาด. 2548. การประมาณปริมาณการสะสม

ของคาร์บอนในต้นไม้ในสวนป่าเพื่อการอุตสาหกรรมในประเทศไทย, หน้า 137 – 157. ใน รายงานการประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ “ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต” วันที่ 4 – 5 สิงหาคม พ.ศ. 2548. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช และ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ธิดิ วิสารัตน์ เจริญ ช้างสีสังข์ และ ชลธิดา เจริญขุนทด. 2547. ผลผลิตของซากพืชในสวนป่าที่มีอายุ

ต่างกัน. เอกสารวิชาการป่าไม้ เล่มที่ 4 สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.

- ชิตติ วิสารัตน์ ชลธิดา เชิญขุนทด รัตนะ ไทยงาม และวิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. 2546. ยูคาลิปตัส ทางเลือก. เอกสารวิชาการป่าไม้ เล่มที่ 1. สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- ชิตติ วิสารัตน์ และ ชลธิดา เชิญขุนทด. 2547. ผลผลิตของซากพืชในป่าดิบแล้งสะแกราช. เอกสาร วิชาการป่าไม้ เล่มที่ 5 สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- ธีรารัง ชินสุขใจประเสริฐ. 2527. การหมุนเวียนธาตุอาหารของป่าดิบแล้งสะแกราช. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บำรุง กูหา. 2526. ผลผลิตและอัตราการสลายตัวของซากพืชในป่าชายเลน บริเวณใกล้พื้นที่ทำเหมืองแร่และป่าชายเลนธรรมชาติ จังหวัดระนอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู. 2538. ผลผลิตและการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้. คณะวนศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู บุญวงศ์ ไทยอุดมสำห สัมศักดิ์ สุขวงศ์ สนิท อักษรแก้ว และ สันต์ เกตุปราณีต. 2527. การหมุนเวียนธาตุอาหารในป่าเต็งรังสะแกราช. คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศิริวัฒน์ เผ่าวงศา. 2519. การร่วงหล่นและปริมาณธาตุอาหารของซากพืชในป่าเต็งรัง. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สนิท อักษรแก้ว ชุบ เข็มมาม และ ทวี แก้วละเอียด . 2515. การศึกษาอินทรีย์วัตถุในสวนสัก. รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 15. กรุงเทพฯ : คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สราวุธ บุญยะเวชชีวิน. 2532. ผลผลิตปฐมภูมิสุทธิส่วนเหนือพื้นดิน ผลผลิต ไม้พินและคุณสมบัติ ของถ่านของพันธุ์ไม้ 5 ชนิด. วารสารวนศาสตร์ 8 (1) : 60 – 69.

สาพิศ ดิลกสัมพันธ, ธิดิ วิสารัตน์, สำเรึง ปานอุทัย, ภาณุมาศ ลาตปาละ, สิริรัตน์ จันท์มหัสเธิยร และศุภรัตน์ สำราญ. 2548. วัฏจักรคาร์บอนในป่าดิบแล้งสะแกราชและป่าเบญจพรรณ ลุ่มน้ำแม่กลอง, หน้า 77 – 94. ใน รายงานการประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทางด้านป่าไม้ “ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต” วันที่ 4 – 5 สิงหาคม พ.ศ. 2548. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช และ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สายัณฑ์ สมฤทธิ์ผล. 2540. การย่อยสลายของซากใบไม้และใบรังในป่าผสมผลัดใบและราที่ย่อย สลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุทธาทิพย์ จุติศักดิ์เดชา. 2539. การหมุนเวียนของธาตุอาหารในสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันที่ปลูกด้วยระดับความหนาแน่นต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เสริมพงศ์ นวลงาม. 2545. บทบาทของการปลูกสร้างสวนป่าต่อการเก็บกักคาร์บอนและคุณสมบัติ ของดินบางประการ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อักษร ศรีเปล่ง. 2521. พฤษศาสตร์ทั่วไป. ภาควิชาชีววิทยา สาขาพฤษศาสตร์ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุทิศ ภูอินทร์. 2542. นิเวศวิทยาพื้นฐานเพื่อการป่าไม้. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Baker, T., J. Morris, M. Duncan, Z. Ningnan, Y. Zengjiang, H. Zhihong and C. Guowei. 2003. Tree and stand growth and biomass relationships for *Eucalyptus urophylla* and E. 12ABL on the Leizhou Peninsula Guangdong Province, China. In **Eucalypts in Asia, Proceedings of an international conference held in Zhanjiang, Guangdong, People's Republic of China, 7–11 April 2003.**

- Baskerville, G.L. 1965. Dry matter production in immature balsum fir stands. **For. Sci. Monogr.** 9: 1 – 42.
- 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(1998): 1 – 13.
- Bray, J.R. and E. Gorham. 1964 . Litter production in forests of the world. **Adv. Ecol.** 2 : 101-157.
- Bunnell, F.L., Tait, D.E.N., 1974. **Mathematical simulation models of decomposition.** Soil Organisms and decomposition in Tundra Biome Steering Committee, Stockholm.
- Eldridge, K., J. Davidson, C.Harwood and G.van Wyk.1993. **Eucalypt Domestication and Breeding.** Oxford university press inc., New York. 288p.
- Ewell, J. J. 1976. Litterfall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatamala. **J. Ecol.** 64 : 293 – 308.
- Fujimori, T. 1972. Discussion about the large forest biomass on the Pacific Northwest in U.S.A. **J. Jap. For. Soc.** 54: 230 – 233.
- Greenland, D.J. and J.L.M. Kowal. 1960. Nutrient content of the moist tropical forest of Ghana. **Plant & Soil.** 12: 154 – 174.
- Hardiyanto, E.B. 2003. Growth and genetic improvement of *Eucalyptus pellita* in south Sumatra, Indonesia. *In Eucalypts in Asia, Proceedings of an International Conference held in Zhanjiang, Guangdong, People’s Republic of China, 7–11 April 2003.*

Hernandez, J.M., Sante Regina, Y., Gallardo, J.F., 1992. Dinamica de la descomposicion de la hojarasca forestal en bosques de la Cuenca del Duero (Provincia de Zamora):

Modelizacion de la perdida de peso. **Arid Soil Res. Rehab.** 6 : 339 – 395.

Hocker, H.W., Jr. 1979. **Introduction to Forest Biology.** John Wiley & Sons., New York.

Jiamin, X., L. Guanyou, L. Zhaohua, B. Jiayu, L. Guphuan and W. Shangming. 2003. Progeny test of open-pollinated families of *Eucalyptus urophylla* on multiple sites. **In Eucalypts in Asia, Proceedings of an International Conference held in Zhanjiang, Guangdong, People's Republic of China, 7–11 April 2003.**

Kimura M. 1963. Dynamics of vegetation in relation to soil development in northern Yatsugatake mountains. **Jap. J. Bot.** 18 : 255 – 287.

Kira, T. and T. Shidei. 1967. Primary production and turnover to organic matter in different forest ecosystems of trees and stands. **J. For.** 42: 905 – 912.

Kira, T., H. Ogawa, K. Yoda and K. Ogino. 1967 . Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. VI. Dry matter production with special reference to the Khao Chong rain forest. **Nature and Life in Southeast Asia** 5 : 149-174.

Kittredge, J. 1948. **Forest Influences.** McGraw – Hill Book Co., Inc., New York.

Kozlowski, T.T., P.J. Kramer and S.G. Pallardy. 1991. **The Physiologic Ecology of Woody Plants.** Academic Press, Inc. San Diego.

Mason, C.F. 1977. **Decomposition.** Edward Arnold, London. 58 p.

- Nye, P. H. 1961 . Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. **Plant & Soil.** 13 : 333-346.
- Ogawa, H., K. Yoda and T. Kira. 1961. A preliminary survey on the vegetation of Thailand. **Nature and Life in Southeast Asia.** 1: 21 - 157.
- Ogawa, H., K. Yoda and T. Kira. 1965. Comparative ecological study on three main types of forest vegetation in Thailand. I. Structure and floristic composition. **Nature and Life in Southeast Asia.** 4: 1 - 80.
- Olson, J. S. 1963. Energy storage and the balance of Producers and decomposers in ecological system. **Ecol.** 44 (2): 322-331.
- O' Neill, A., J. Slingo and G. Jenkins. 1997. Climate change. **Natural Environment Research Council.** Available source: <http://www.nerc.au.uk/press/climate.html>, May 20, 2006.
- OEPP. 2000. **Thailand's national greenhouse gas inventory** . Office of Environmental Policy and Planning, Ministry of Science, Technology and Environment, Bangkok.
- Ovington, J.D. 1957. Dry matter production by *Pinus sylvestris*. **Ann. Bot.** 21: 288 – 314.
- Ovington, J.D. 1962. Quantitative ecology and the woodland ecosystem concept, pp. 103 – 192. **In Advanced in ecological research. (J. B. Cragg ed.)**. Academic Press, London.
- Parker, S.P. 1984. **McGraw – Hill concise encyclopedia of science and technology**. McGraw – Hill, Inc. New York.
- Perry, D. A. 1994. **Forest Ecosystems**. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.

- Pinyopusarerk, K., B.V.Gunn, E.R.Williams and L.D.Pryor.1993. Comparative geographical variation in seedling of three closely related red maloganies, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus pellita* and *Eucalyptus scias* . **Aus. J. Bot.** 41 :23-24.
- Proctor, J., J.M.Anderson, S.C.L.Fogden and H.W.Vallack. 1983. Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gunung Mula National Park, Sarawak : II. Litterfall, litter standing crop and preliminary observations on herbivory. **J. Ecol.** 71: 261 – 283.
- Saito, H. 1977 . Litterfall. **JIBP Syn.** 16 : 65-75.
- Satoo, T. 1970. A Synthesis of Studies of by the Harvest Method : Primary Production Relation in the Temperate Deciduous Forest of Japan, pp. 55 – 72. *In* D.E. Reichle (ed.). **Analysis of Temperate Forest Ecosystems.** Springer Verlag., New York.
- Satoo, T. and M. Senda. 1958. **Materials for the studies of growth in stand.** IV. Amount of leaves and production of wood in young plantation of *Chameacyparis obtuse*. Bull. Tokyo Univ. For. 54: 7 – 100.
- Shinozaki, K., K. Yoda, K. Hozomi and T. Kira. 1964. A quantitative analysis of plant form: the pipe model theory. I. Basic Analysis. **Jap. J. Ecol.** 14: 97 – 105.
- Tsutsumi, T., Y. Nishitani and Y. Kirimura. 1983. On the effect of soil fertility on the rate and the nutrient element concentration of litterfall in a forest. **Jap. J. Ecol.** 33:313-322.
- Viriyabuncha, C. and K. Peawsa – ad. 2002. **Assessment of the potentiality of re – afforestation activities in climate change mitigation.** Annual report April, 2001 – March, 2002. Silviculture research division. Forest research office, Royal forest department. Thailand.
- Vitousek, P.M. 1984. Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forest. **Ecol.** 65(1): 285-298.

- Waring, R. H. and W. H. Schlesinger. 1985. **Forest Ecosystems: Concept and Management**. Academic Press, Inc., Orlando, Florida.
- Whittaker, R.H. and G.M. Woodwell. 1971. **Measurement of net primary production of forest**. UNESCO, Proc. Brussels Symp. On Productivity of Forest Ecosystems. UNESCO, Paris.
- Wieder, R. K. and G. E. Lang. 1982. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecol.** 63 (6): 1636-1642.
- Wild, A., 1992. **Condiciones del suelo y desarrollo de las plants segun Russell**. Mundi-Prensa (Eds.) Madrid, Espana.
- Yamada, M. 2003. Removal of nutrient by harvesting in commercial plantation, pp. 66 – 69. *In* **Proceedings of the joint meeting for the cooperative research project on “ecological impact assessment of tropical plantation forest on the environments” 26 November 2002**. Bangkok, Thailand.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอก (D) และความสูง (H) ของไม้
ยูคาลิปตัส ยูโรฟีลล่า อายุ 1-5 ปี

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
1	5.0	6.19
1	5.5	6.19
1	3.7	4.19
1	4.4	5.19
1	4.7	6.80
1	7.0	7.43
1	9.1	9.00
1	6.8	8.00
1	10.3	11.34
1	11.2	10.80
1	5.9	7.90
1	7.0	7.16
1	4.6	6.42
1	7.5	7.42
1	7.0	7.42
1	7.1	8.98
1	8.4	8.98
1	5.9	5.63
1	5.8	5.80
1	4.9	5.71
1	6.4	7.53
1	4.7	5.36
1	5.2	6.68
1	5.9	6.91

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
1	4.4	5.81
1	5.3	6.54
1	3.3	4.52
1	4.2	5.06
1	2.0	3.40
1	7.3	7.54
1	8.1	7.74
1	5.0	5.95
1	6.7	7.67
1	8.0	8.67
1	5.9	7.37
1	9.5	9.24
1	8.8	8.67
1	9.4	9.32
1	9.6	9.13
1	8.3	8.65
1	6.6	7.54
1	7.7	8.30
1	5.6	6.51
1	7.1	7.40
1	5.1	7.30
1	7.4	7.60
1	8.6	8.85
1	9.1	10.01
1	9.0	9.67

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
1	6.5	7.23
1	6.0	4.75
1	8.8	7.35
1	5.5	7.20
1	6.2	7.40
1	8.9	8.59
1	8.1	8.28
1	3.6	5.79
1	5.2	5.76
1	7.0	7.88
1	8.3	9.20
1	7.6	8.13
1	3.3	4.13
1	7.2	8.90
1	9.5	10.21
1	7.4	9.88
1	7.9	7.87
1	4.0	6.30
1	5.4	6.93
1	8.1	7.90
1	1.0	1.75
1	8.5	7.98
1	7.2	7.90
1	6.4	7.85
1	5.0	6.40

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
1	4.9	7.58
1	7.3	7.77
1	7.0	7.77
1	7.7	9.00
1	8.5	9.29
1	7.4	9.29
1	8.8	8.38
1	6.5	8.38
1	4.3	6.01
1	7.3	8.47
1	7.0	7.23
1	5.8	6.11
1	3.6	5.42
1	4.4	5.42
1	6.4	7.10
1	3.3	4.30
1	6.2	5.28
1	6.1	8.99
1	7.7	8.46
1	8.3	9.21
1	9.9	11.12
1	8.0	10.00
1	8.1	9.60
1	7.5	8.54
1	7.6	9.05

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
2	8.9	8.20
2	8.3	8.50
2	7.0	7.67
2	7.3	9.80
2	9.9	10.70
2	12.1	12.20
2	9.2	10.50
2	13.1	12.40
2	13.6	13.70
2	7.8	10.30
2	9.4	9.80
2	10.0	10.40
2	9.8	10.40
2	9.6	12.10
2	11.2	11.90
2	8.2	8.40
2	8.8	7.70
2	7.9	8.60
2	9.6	11.20
2	7.4	8.40
2	7.7	10.00
2	9.7	9.60
2	8.2	9.80
2	7.2	7.80
2	11.4	10.00

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
2	10.6	9.80
2	9.2	10.50
2	10.4	10.60
2	7.6	9.50
2	11.4	11.00
2	10.2	11.50
2	11.5	11.60
2	11.8	11.50
2	10.8	11.70
2	8.5	9.90
2	10.0	10.60
2	8.0	8.40
2	9.9	9.00
2	7.2	9.80
2	9.8	9.30
2	11.5	11.50
2	11.4	12.80
2	11.2	12.50
2	9.1	9.80
2	7.4	8.60
2	11.1	10.10
2	7.6	9.60
2	8.8	10.00
2	10.9	11.20
2	11.0	11.10

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
2	8.4	8.40
2	9.4	8.72
2	10.6	11.31
2	9.9	9.46
2	9.1	10.36
2	7.9	9.47
2	11.4	10.96
2	9.2	11.60
2	9.6	10.86
2	10.7	9.89
2	11.1	9.83
2	9.5	9.47
2	8.6	10.34
2	9.4	10.49
2	8.7	9.38
2	9.3	10.33
2	10.9	11.54
2	8.8	10.78
2	10.9	10.04
2	8.6	10.75
2	7.2	9.06
2	9.6	11.05
2	9.3	9.33
2	8.1	8.87
2	7.6	7.86

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
2	9.7	9.72
2	8.6	7.36
2	8.4	10.36
2	10.0	10.36
2	10.3	10.87
2	8.6	8.34
2	12.4	12.32
2	10.0	11.34
2	10.2	11.34
2	9.1	10.42
2	10.1	10.36
2	10.3	11.02
2	9.1	9.67
2	9.3	11.02
2	11.6	10.93
2	7.1	8.38
2	10.4	9.67
2	9.3	10.00
2	8.5	9.83
2	8.9	10.41
2	7.6	9.26
2	7.9	9.02
2	9.2	10.06
2	12.3	10.86
2	11.9	12.72

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
3	11.6	10.77
3	11.0	11.07
3	9.7	10.24
3	10.0	12.37
3	12.6	13.27
3	14.8	14.77
3	11.9	13.07
3	15.8	14.97
3	16.3	16.27
3	10.5	12.87
3	12.1	12.37
3	12.7	12.97
3	12.5	12.97
3	12.3	14.67
3	13.9	14.47
3	10.9	10.97
3	11.5	10.27
3	10.6	11.17
3	12.3	13.77
3	10.1	10.97
3	10.4	12.57
3	12.4	12.17
3	10.9	12.37
3	9.9	10.37
3	14.1	12.57

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
3	13.3	12.37
3	11.9	13.07
3	13.1	13.17
3	10.3	12.07
3	14.1	13.57
3	12.9	14.07
3	14.2	14.17
3	14.5	14.07
3	13.5	14.27
3	11.2	12.47
3	12.7	13.17
3	10.7	10.97
3	12.6	11.57
3	9.9	12.37
3	12.5	11.87
3	14.2	14.07
3	14.1	15.37
3	13.9	15.07
3	11.8	12.37
3	10.1	11.17
3	13.8	12.67
3	10.3	12.17
3	11.5	12.57
3	13.6	13.77
3	13.7	13.67

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
3	11.1	10.97
3	12.1	11.29
3	13.3	13.88
3	12.6	12.03
3	11.8	12.93
3	10.6	12.04
3	14.1	13.53
3	11.9	14.17
3	12.3	13.43
3	13.4	12.46
3	13.8	12.40
3	12.2	12.04
3	11.3	12.91
3	12.1	13.06
3	11.4	11.95
3	12.0	12.90
3	13.6	14.11
3	11.5	13.35
3	13.6	12.61
3	11.3	13.32
3	9.9	11.63
3	12.3	13.62
3	12.0	11.90
3	10.8	11.44
3	10.3	10.43

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
3	12.4	12.29
3	11.3	9.93
3	11.1	12.93
3	12.7	12.93
3	13.0	13.44
3	11.3	10.91
3	15.1	14.89
3	12.7	13.91
3	12.9	13.91
3	11.8	12.99
3	12.8	12.93
3	13.0	13.59
3	11.8	12.24
3	12.0	13.59
3	14.3	13.50
3	9.8	10.95
3	13.1	12.24
3	12.0	12.57
3	11.2	12.40
3	11.6	12.98
3	10.3	11.83
3	10.6	11.59
3	11.9	12.63
3	15.0	13.43
3	14.6	15.29

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
4	15.3	17.10
4	18.7	17.50
4	16.8	14.80
4	14.3	15.20
4	12.0	14.40
4	18.5	18.00
4	17.8	16.20
4	10.4	13.60
4	14.9	14.80
4	13.5	14.90
4	15.3	15.00
4	16.6	16.30
4	16.7	15.30
4	16.0	16.00
4	9.7	12.30
4	14.5	13.20
4	15.7	15.70
4	13.2	14.80
4	13.3	15.50
4	12.9	15.80
4	14.6	15.10
4	13.4	15.50
4	18.3	17.00
4	17.1	16.20
4	15.5	16.00

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
4	15.1	14.40
4	17.2	17.40
4	14.3	15.90
4	16.3	16.20
4	17.6	15.00
4	17.9	17.00
4	18.3	17.00
4	15.5	15.30
4	16.3	15.30
4	12.4	15.40
4	12.1	14.50
4	19.3	15.00
4	12.0	12.50
4	17.1	14.80
4	16.8	13.00
4	15.0	14.00
4	17.8	14.80
4	12.9	13.30
4	20.3	16.10
4	14.3	15.30
4	13.8	16.10
4	16.5	16.60
4	16.9	16.50
4	12.6	12.80
4	15.2	15.10

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
4	17.4	14.80
4	12.2	14.30
4	17.0	17.20
4	15.4	14.30
4	14.5	15.60
4	14.9	15.70
4	17.5	16.50
4	13.9	14.70
4	15.2	14.80
4	13.2	14.70
4	13.3	14.90
4	20.7	15.90
4	16.3	15.70
4	14.9	16.10
4	18.8	15.60
4	15.2	15.40
4	12.8	13.90
4	14.5	14.00
4	15.5	15.40
4	15.3	14.80
4	14.5	13.90
4	14.6	15.10
4	14.4	14.30
4	14.9	14.20
4	17.0	15.00

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
4	16.3	14.90
4	15.5	16.50
4	12.0	15.50
4	14.2	14.10
4	18.5	15.90
4	13.2	13.80
4	13.8	16.10
4	15.7	14.40
4	14.7	15.00
4	13.8	14.30
4	15.8	14.60
4	15.4	14.00
4	18.3	13.90
4	17.7	14.40
4	12.0	12.60
4	16.3	16.60
4	16.6	16.90
4	11.6	13.50
4	15.2	15.20
4	8.1	11.60
4	17.4	16.20
4	15.5	16.00
4	18.0	17.00
4	16.2	16.00
4	12.1	13.60

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
5	15.9	17.90
5	20.0	17.90
5	17.4	16.50
5	15.3	16.50
5	12.8	17.00
5	19.2	18.00
5	18.8	17.30
5	10.6	14.90
5	8.4	13.60
5	15.5	13.20
5	14.9	16.00
5	16.6	16.20
5	17.3	16.00
5	17.4	16.50
5	16.5	12.50
5	10.2	15.97
5	16.1	20.14
5	16.7	20.48
5	14.3	19.06
5	14.4	19.12
5	14.1	18.93
5	15.5	19.79
5	14.7	19.31
5	19.5	21.89
5	18.2	21.26

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
5	16.0	16.80
5	18.2	18.30
5	15.2	18.20
5	17.4	18.10
5	19.3	15.70
5	19.4	17.00
5	19.3	18.80
5	16.4	16.20
5	17.4	17.30
5	13.2	15.70
5	13.1	15.80
5	20.6	22.39
5	13.3	18.40
5	18.8	21.56
5	17.9	21.11
5	16.2	20.20
5	19.7	21.98
5	14.5	19.19
5	22.9	23.36
5	14.8	19.37
5	14.9	19.43
5	18.2	21.26
5	18.2	21.26
5	13.8	18.73
5	17.4	20.85

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
5	18.3	16.80
5	12.8	16.40
5	17.9	17.60
5	15.8	15.60
5	15.2	17.80
5	15.7	17.50
5	18.4	18.00
5	14.3	16.30
5	16.0	17.60
5	14.6	17.60
5	14.1	16.70
5	17.9	21.11
5	15.4	19.74
5	19.3	21.80
5	16.3	20.25
5	13.4	18.46
5	15.4	19.74
5	16.2	20.20
5	16.7	20.48
5	15.6	19.85
5	15.7	19.91
5	15.9	20.03
5	16.2	20.20
5	18.5	21.41
5	14.7	19.31

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

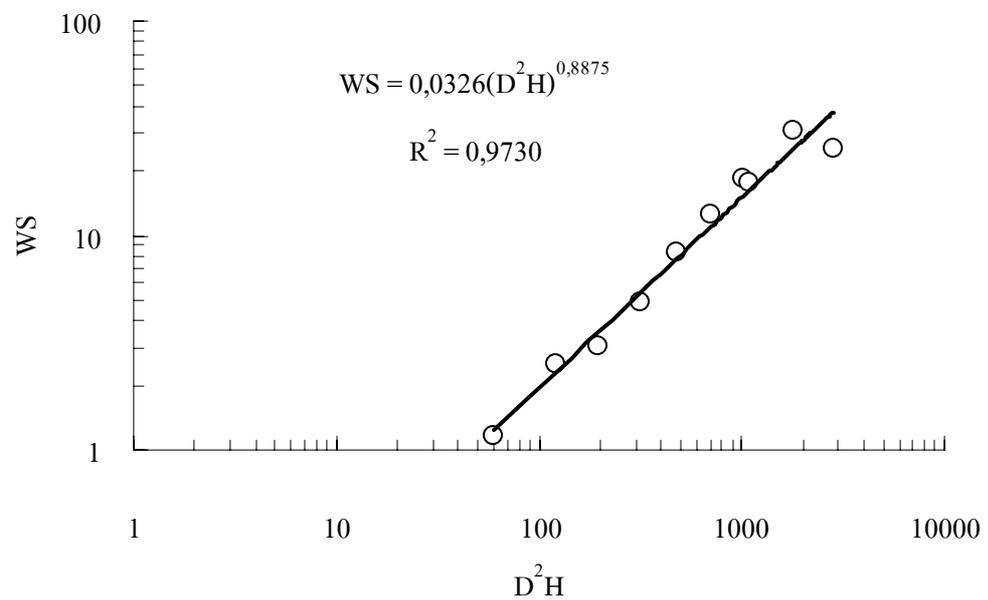
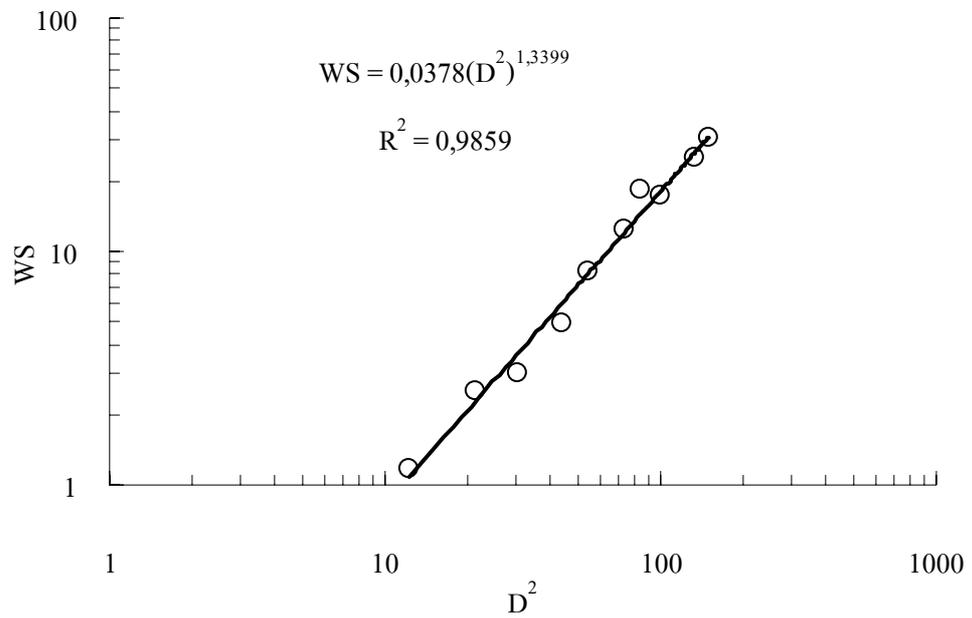
อายุ (ปี)	D (cm)	H(cm)
5	17.0	16.90
5	15.7	17.40
5	12.5	17.50
5	14.9	16.80
5	19.4	17.00
5	13.7	16.10
5	15.0	17.10
5	16.6	16.00
5	15.1	15.40
5	14.3	16.00
5	16.8	16.00
5	17.6	20.95
5	21.0	22.57
5	19.7	21.98
5	13.8	18.73
5	16.9	20.58
5	17.4	20.85
5	12.1	17.53
5	16.5	20.37
5	9.2	15.03
5	17.9	21.11
5	16.4	20.31
5	19.9	22.08
5	17.1	20.69
5	13.4	18.46

ตารางผนวกที่ 2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอก (D) ความสูง (H) และมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟีลล่า ที่ใช้สร้างสมการเพื่อประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

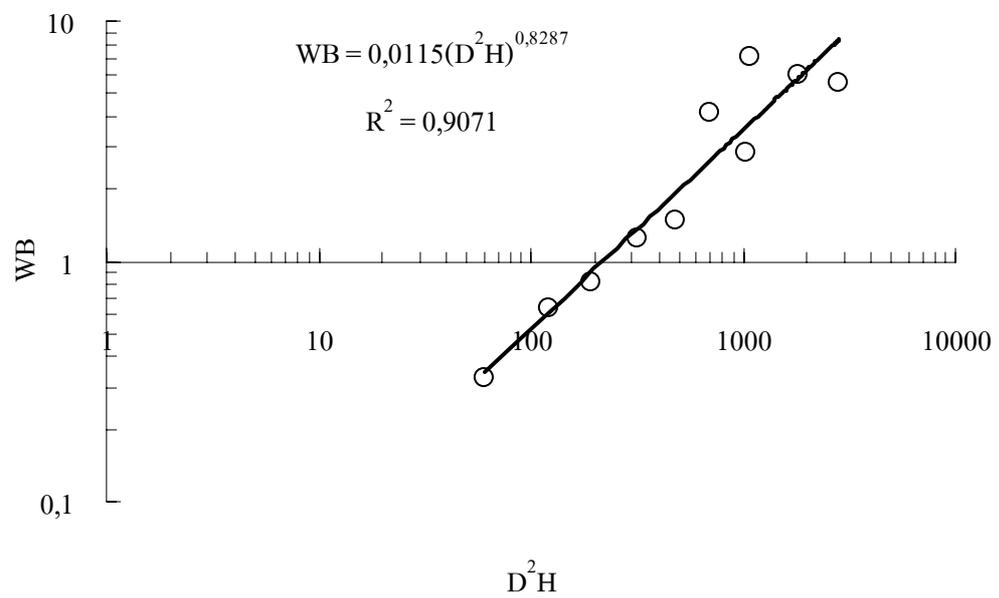
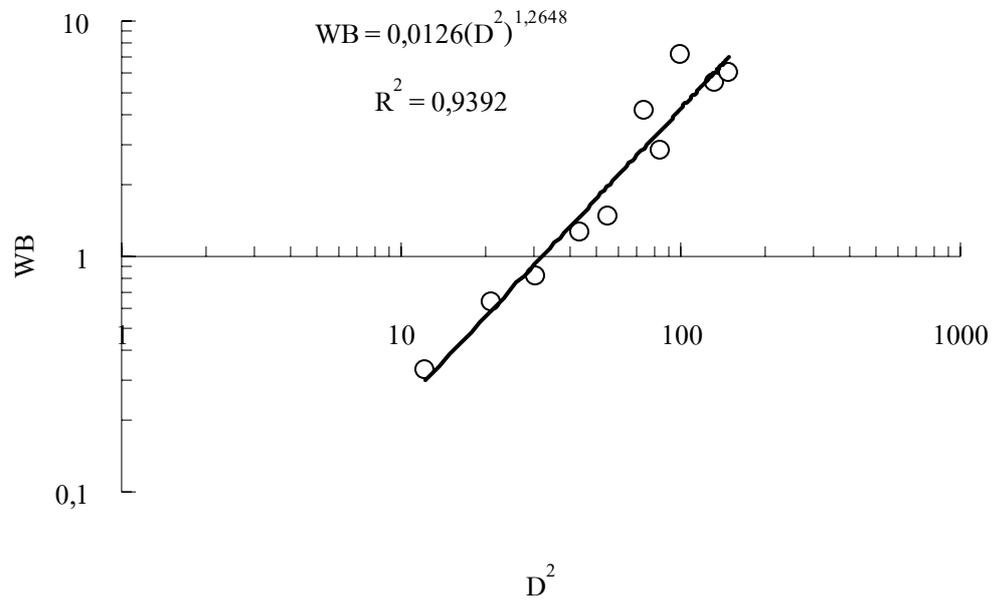
อายุ (ปี)	ลำดับที่	D (cm)	H(cm)	D ²	D ² H	WS	WB	WL
1	1	7.40	8.80	54.76	481.89	8.26	1.48	1.53
1	2	11.50	21.38	132.25	2827.51	25.35	5.51	4.32
1	3	8.60	9.46	73.96	699.66	12.39	4.16	3.15
1	4	6.60	7.26	43.56	316.25	4.88	1.25	1.16
1	5	9.20	12.10	84.64	1024.14	18.46	2.81	2.34
1	6	3.50	4.93	12.25	60.39	1.17	0.33	0.41
1	7	10.00	10.81	100.00	1081.00	17.49	7.12	2.24
1	8	12.20	12.17	148.84	1811.38	30.57	6.02	4.86
1	9	5.50	6.42	30.25	194.21	3.02	0.82	1.04
1	10	4.60	5.79	21.16	122.52	2.50	0.64	1.49
2	1	5.10	7.70	26.01	200.28	2.97	0.56	1.00
2	2	6.00	8.54	36.00	307.44	5.21	0.71	1.09
2	3	10.00	12.42	100.00	1242.00	20.31	3.34	4.13
2	4	10.50	11.01	110.25	1213.85	18.78	6.74	5.42
2	5	9.00	11.58	81.00	937.98	18.01	3.03	2.71
2	6	9.50	10.06	90.25	907.92	12.80	2.43	3.74
2	7	7.00	7.40	49.00	362.60	5.06	2.87	1.37
2	8	7.50	9.28	56.25	522.00	8.88	2.07	1.99
2	9	8.00	10.52	64.00	673.28	10.27	1.45	1.61
2	10	10.40	10.69	108.16	1156.23	16.91	5.23	4.35

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

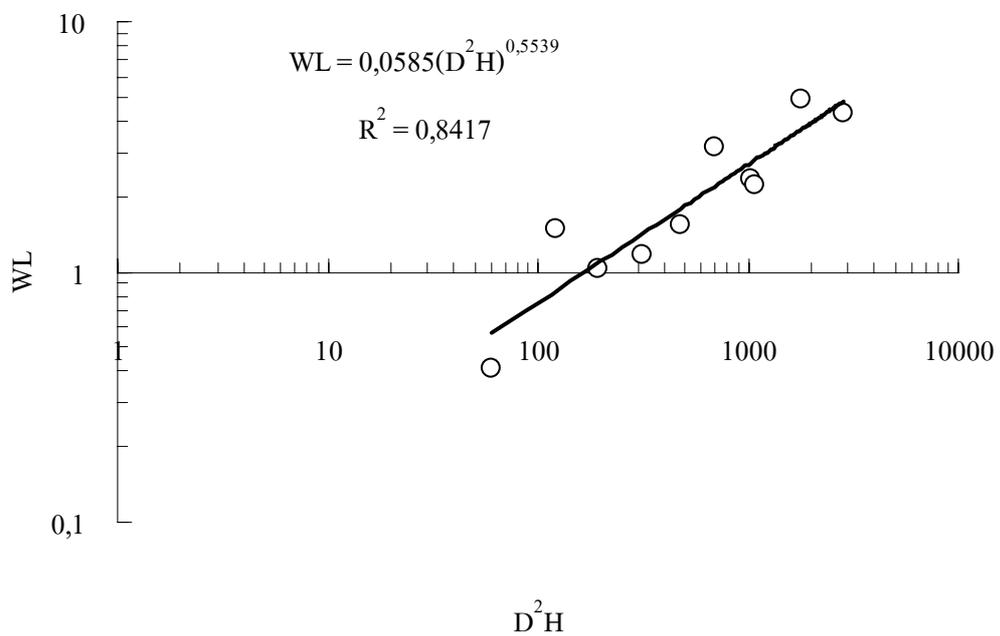
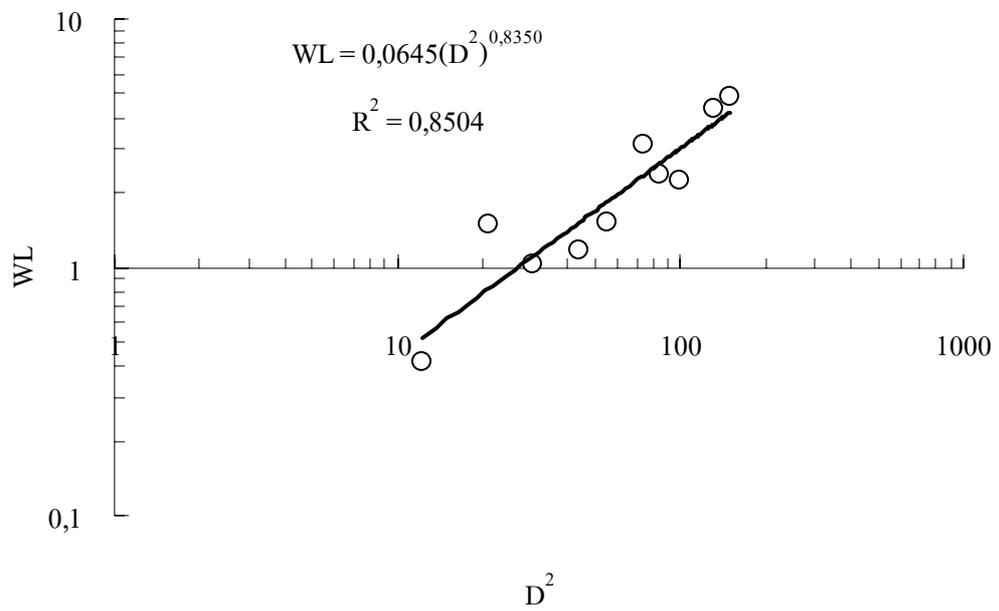
อายุ (ปี)	ลำดับที่	D (cm)	H(cm)	D ²	D ² H	WS	WB	WL
4	1	13.00	20.67	169.00	3493.23	63.46	5.35	1.98
4	2	16.70	20.99	278.89	5853.90	93.15	7.21	4.54
4	3	18.20	22.60	331.24	7486.02	141.64	7.81	5.35
4	4	19.70	23.41	388.09	9085.19	167.96	12.18	6.21
4	5	7.80	12.00	60.84	730.08	14.46	1.52	0.51
4	6	17.90	20.60	320.41	6600.45	116.78	15.30	6.31
4	7	16.00	17.96	256.00	4597.76	67.11	8.30	3.37
4	8	16.80	21.10	282.24	5955.26	105.66	5.44	3.24
4	9	14.90	21.56	222.01	4786.54	83.62	5.78	3.20
4	10	13.00	20.05	169.00	3388.45	54.51	2.57	1.42
4	11	14.00	19.70	196.00	3861.20	77.64	5.89	2.60
4	12	10.10	16.64	102.01	1697.45	35.24	2.44	1.23
4	13	12.00	16.27	144.00	2342.88	37.93	8.74	5.45
4	14	5.70	10.02	32.49	325.55	5.85	0.53	0.48
4	15	7.70	12.30	59.29	729.27	12.14	1.05	0.65
4	16	8.90	15.45	79.21	1223.79	20.09	1.03	0.55
4	17	24.20	23.28	585.64	13633.70	189.95	22.13	12.09
4	18	20.50	20.45	420.25	8594.11	145.51	18.22	7.50
4	19	11.00	16.33	121.00	1975.93	34.98	3.14	1.12
4	20	19.00	20.80	361.00	7508.80	135.01	14.42	5.88



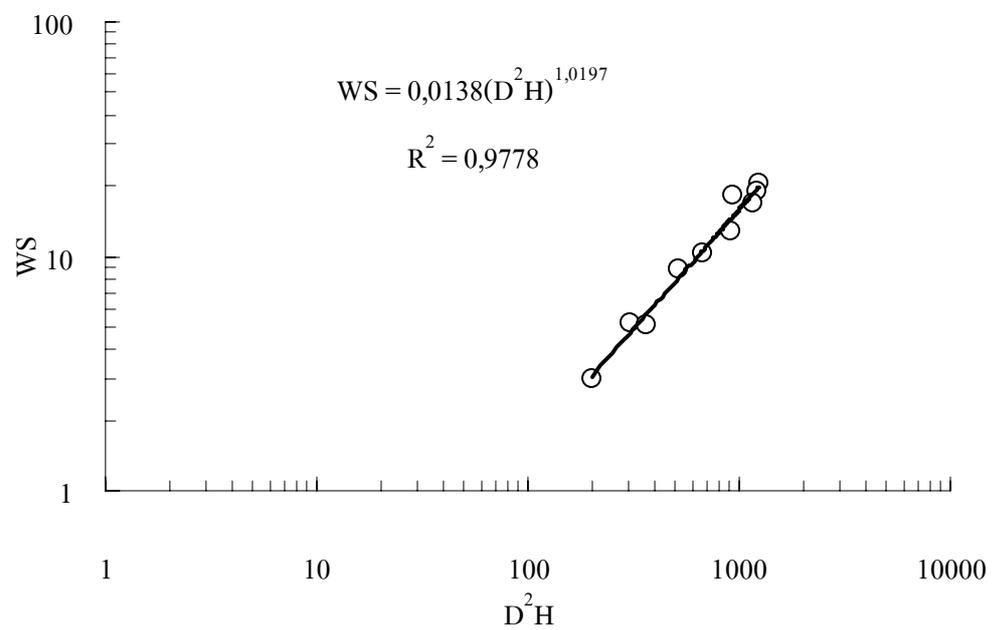
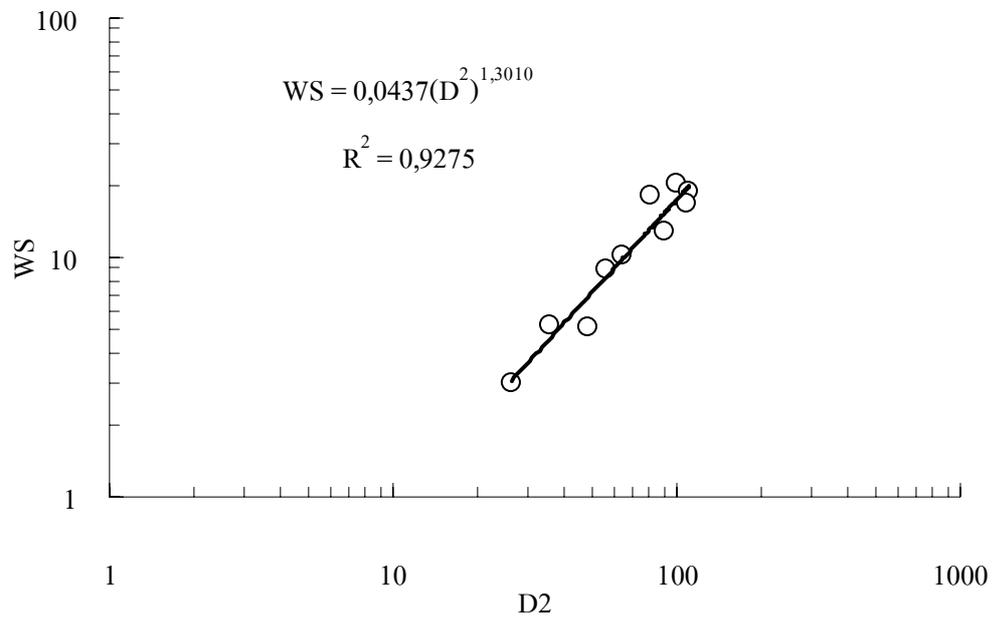
ภาพผนวกที่ 1 Allometric relation ระหว่างส่วนที่เป็นลำต้น (W_s) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสอง (D^2) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมด (D^2H) ของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 1 ปี



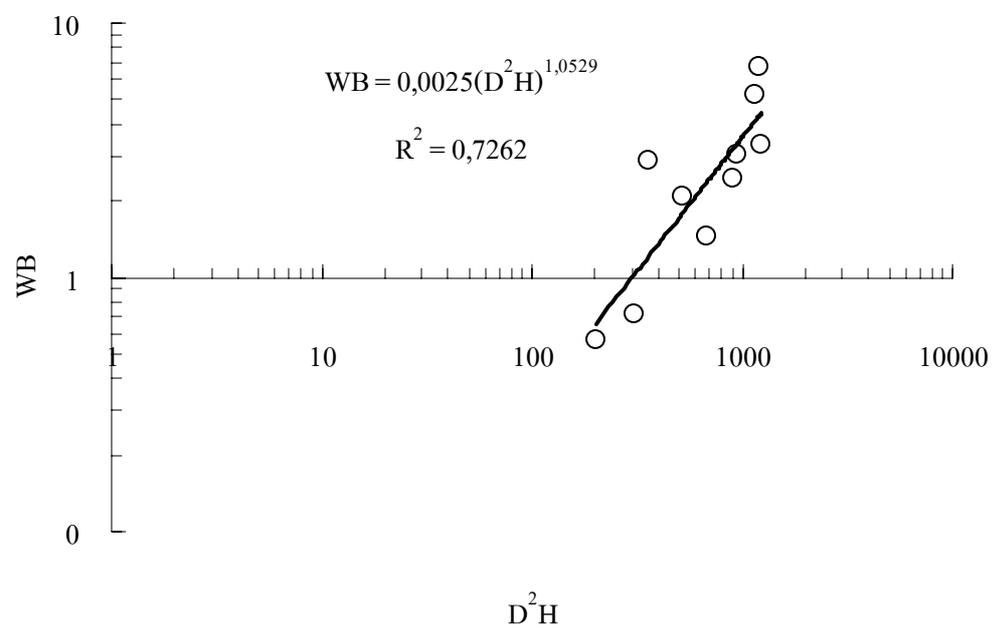
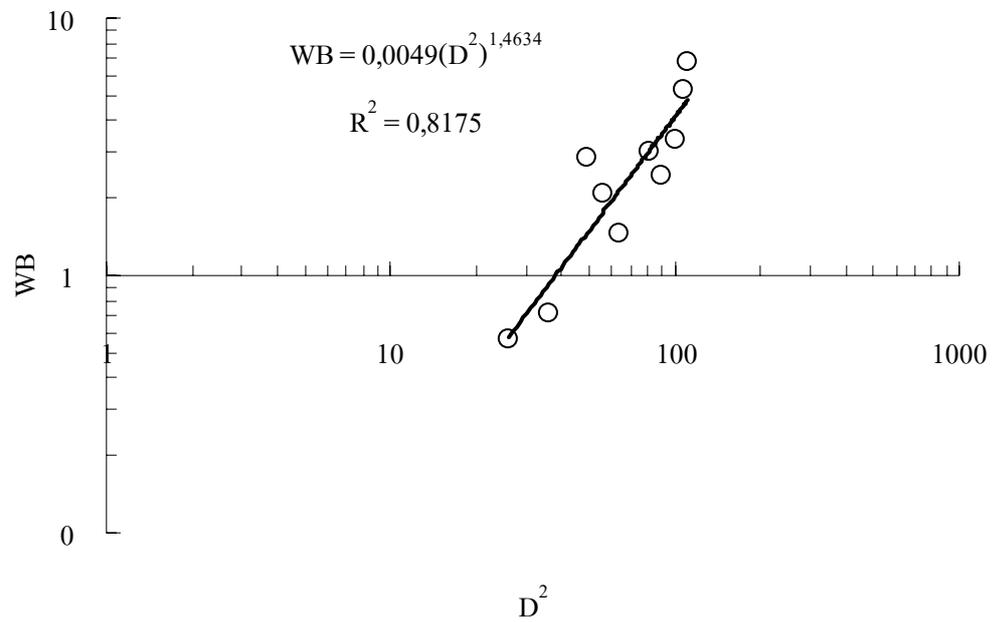
ภาพผนวกที่ 2 Allometric relation ระหว่างส่วนที่เป็นกิ่ง (W_B) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสอง (D^2) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมด (D^2H) ของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 1 ปี



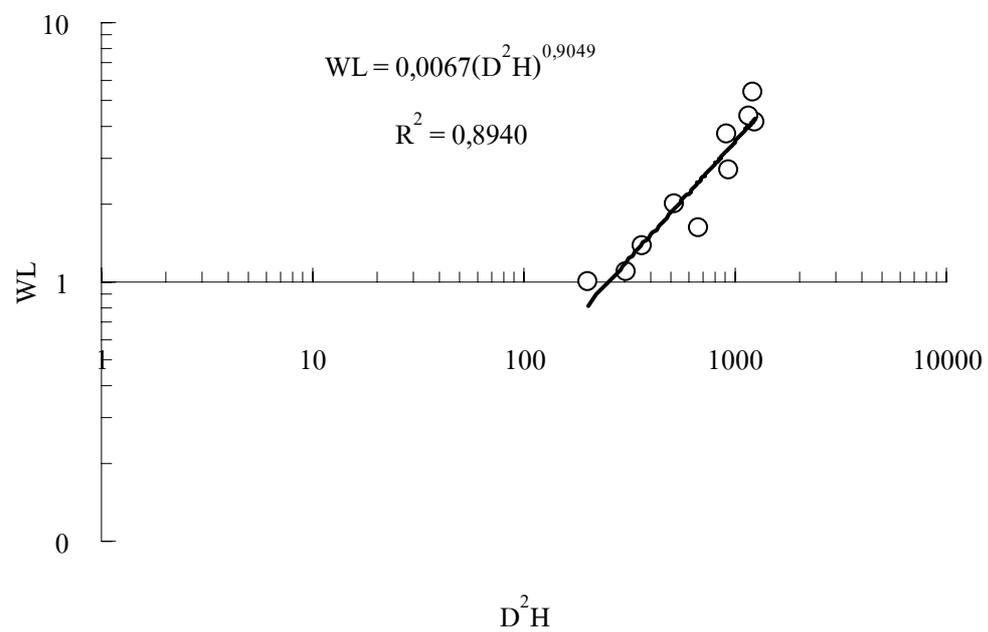
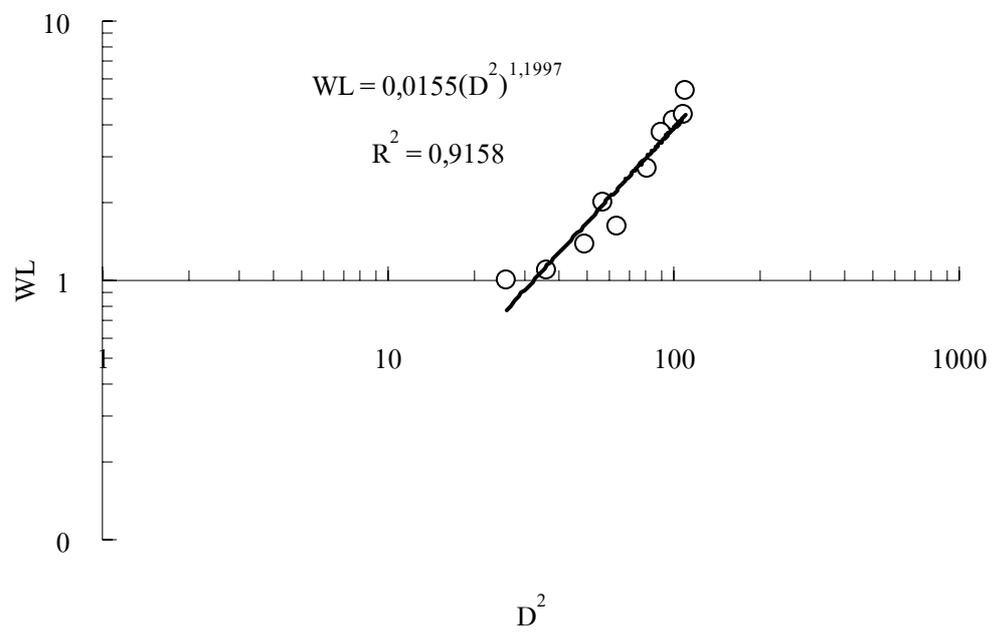
ภาพผนวกที่ 3 Allometric relation ระหว่างส่วนที่เป็นใบ (WL) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสอง (D²) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมด (D²H) ของยูคาลิปตัส ยูโรฟีลล่า อายุ 1 ปี



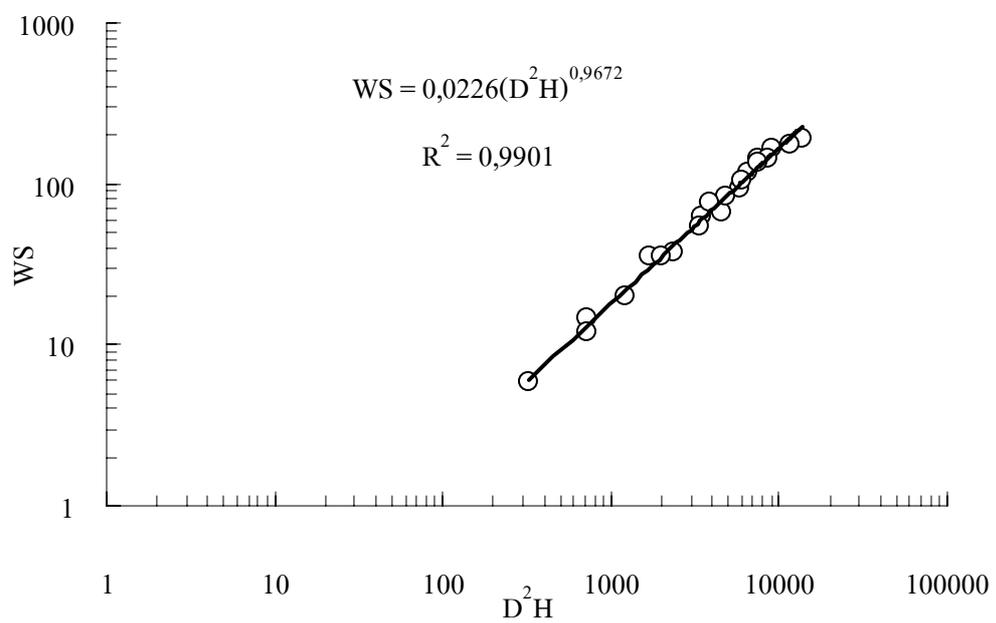
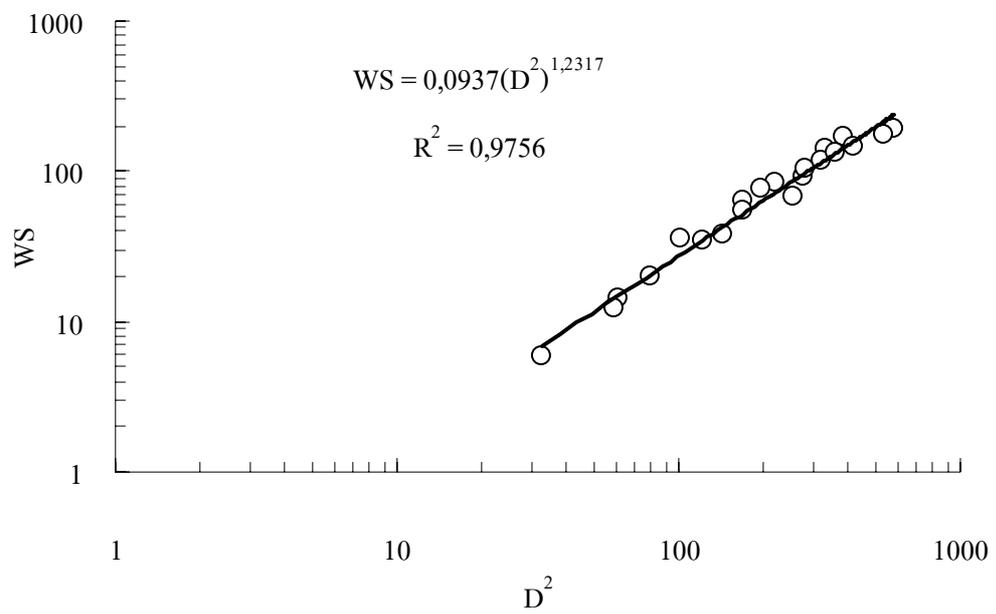
ภาพผนวกที่ 4 Allometric relation ระหว่างส่วนที่เป็นลำต้น (W_s) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสอง (D^2) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมด (D^2H) ของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 2 ปี



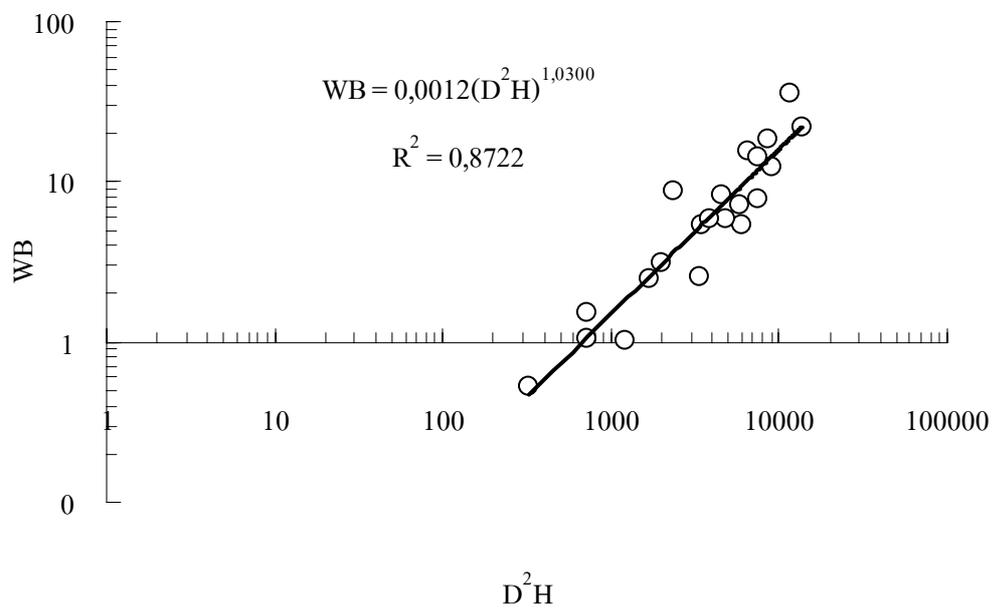
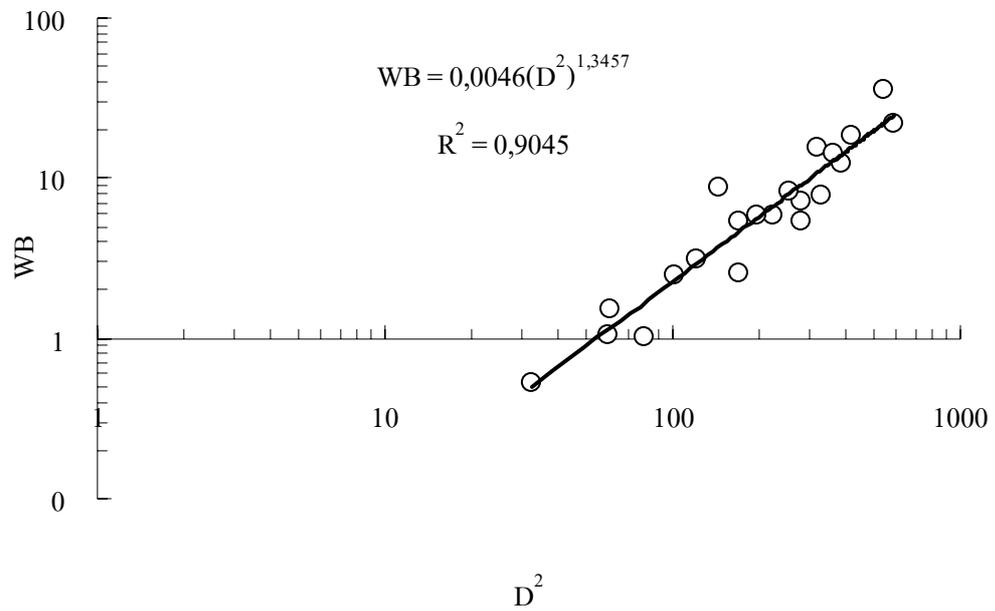
ภาพผนวกที่ 5 Allometric relation ระหว่างส่วนที่เป็นกิ่ง (W_B) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสอง (D^2) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมด (D^2H) ของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 2 ปี



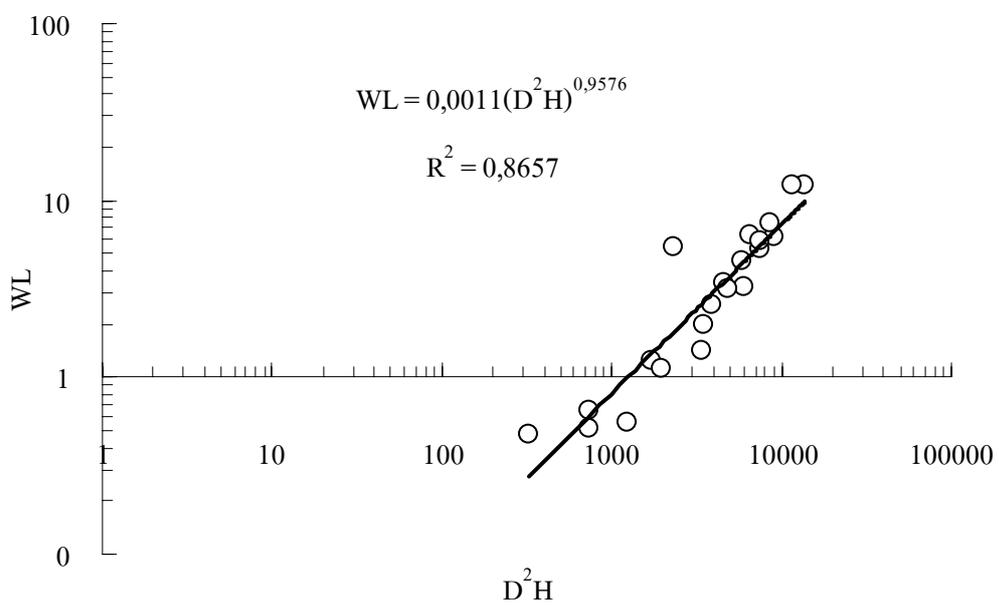
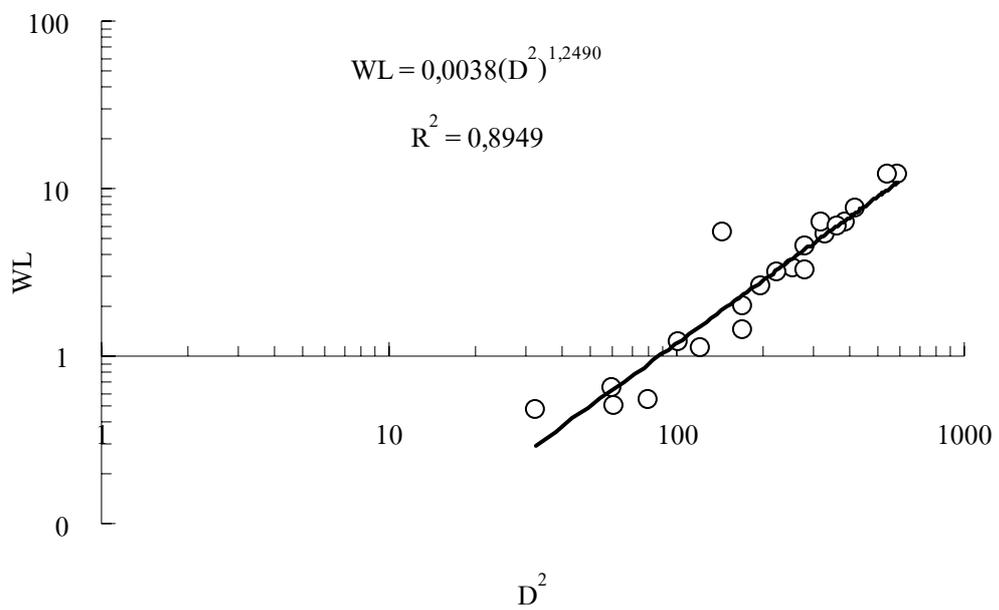
ภาพผนวกที่ 6 Allometric relation ระหว่างส่วนที่เป็นใบ (WL) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสอง (D²) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมด (D²H) ของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 2 ปี



ภาพผนวกที่ 7 Allometric relation ระหว่างส่วนที่เป็นลำต้น (W_s) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสอง (D^2) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมด (D^2H) ของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 4 ปี



ภาพผนวกที่ 8 Allometric relation ระหว่างส่วนที่เป็นกิ่ง (W_B) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสอง (D^2) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมด (D^2H) ของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 4 ปี



ภาพผนวกที่ 9 Allometric relation ระหว่างส่วนที่เป็นใบ (WL) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสอง (D²) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมด (D²H) ของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลด้า อายุ 4 ปี

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวชลธิชา เขิญขุนทด
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 22 ตุลาคม 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดนครราชสีมา
ประวัติการศึกษา	ระดับปริญญาตรี วิชาเอกวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิชาการป่าไม้
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์