

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การสังเคราะห์แสง อัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจน  
และปริมาณการคืนกลับของธาตุอาหารในสวนผลิตหน่อไผ่หมาจู้

Photosynthesis, C-N ratio and the turnover rate in *Dendrocalamus latiflorus*  
plantation

โดย

ลดาวัลย์	พวงจิตร
นิพล	ไชยสาลี
วาทินี	ทองเชตุ
คมสัน	เรืองฤทธิ์สาระกุล
ประนอม	ชุมเรียง

ได้รับการสนับสนุนจาก

มูลนิธิโครงการหลวง

โครงการวิจัยที่ 3035-3336.งบประมาณปี พ.ศ. 2546

## การสังเคราะห์แสง อัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจน และปริมาณการคืนกลับของธาตุอาหารในสวนผลิตหน่อไผ่หมาจู้

### Photosynthesis, C-N ratio and the turnover rate in

### *Dendrocalamus latiflorus* plantation

ลดาวัลย์ พวงจิตร<sup>1</sup> นิพล ไชยสาส์<sup>2</sup> วาทีณี ทองเขต<sup>3</sup>  
คมสัน เรืองฤทธิสาระกุล<sup>4</sup> และประนอม ชุมเรียง<sup>5</sup>

#### คำนำ

ไผ่หมาจู้หรือปัจจุบันมักนิยมเรียกว่า ไผ่หวานอ่างช้าง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Dendrocalamus latiflorus* มีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ทางตอนใต้ของประเทศจีน และทางตอนเหนือของพม่า แต่เป็นไผ่ที่มีการปลูกเพื่อบริโภคหน่อกันอย่างแพร่หลายมากที่สุดในไต้หวัน ในปี พ.ศ. 2529 งานป่าไม้ มูลนิธิโครงการหลวง ได้นำพันธุ์ไผ่ชนิดต่างๆ จำนวน 10 ชนิด จากไต้หวันมาทดลองปลูกเพื่อบริโภคหน่อและใช้ประโยชน์ของลำในการค้าขายไม้ผล ที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ผลการทดลองพบว่า ไผ่หวานอ่างช้างเป็นไผ่ชนิดหนึ่งในจำนวน 5 ชนิด ซึ่งขึ้นได้ดีที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (Thaiutsa, 1996) จากนั้นจึงเริ่มทำการขยายพันธุ์ไผ่ชนิดนี้ทั้งที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และศูนย์/สถานีอื่น ๆ ในเครือข่ายของโครงการหลวง รวมทั้งที่สถานีเกษตรหลวงปางดะซึ่งได้เริ่มทำการปลูกเพื่อผลิตหน่อในเชิงพาณิชย์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 เป็นต้นมา

ความสามารถในการผลิตหน่อของไผ่นั้นเป็นผลมาจากกระบวนการทางสรีรวิทยาและสมดุลของธาตุอาหารภายใน จากการศึกษาของนิพล และคณะ (2545ก) พบว่าไผ่หวานอ่างช้างมีการสังเคราะห์แสงสูงสุดในช่วงเดือนพฤษภาคม และผลผลิตหน่อสูงสุดในช่วงเดือนมิถุนายน แสดงให้เห็นว่าการสร้างอาหารมีผลต่อการผลิตหน่อของไผ่ และเมื่อไผ่มีอายุมากขึ้น มีแนวโน้มว่าจะมีอัตราการสังเคราะห์แสงลดลง อย่างไรก็ตาม การศึกษาดังกล่าวได้ดำเนินการกับไผ่ที่มีอายุเพียง 3 ปี จึงยังไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่ชัดว่าลักษณะทางสรีรวิทยาของไผ่หวานอ่างช้างจะลดลงอย่างต่อเนื่องหรือไม่ การศึกษาที่ต่อเนื่องจะช่วยให้มีความเข้าใจกระบวนการทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการผลิตหน่อมากขึ้น ซึ่งสามารถนำมาช่วยในการจัดการสวนป่าไผ่เพื่อให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ในการจัดการสวนป่าไผ่เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ยั่งยืนนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงปริมาณธาตุอาหารที่หมุนเวียนระหว่างพืชกับดิน เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารส่วนหนึ่งจะต้องสูญเสียไปจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต ธาตุอาหารบางส่วนจะกลับคืนสู่ดินจากการร่วงหล่นของใบ ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการจัดการปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมกับไผ่หวานอ่างช้างต่อไป ผลผลิตหน่อไผ่หวานอ่างช้างที่

<sup>1</sup> ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

<sup>2</sup> สำนักงานป่าไม้จังหวัดเพชรบุรี อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี 76000

<sup>3</sup> สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

<sup>4</sup> สำนักงานป่าไม้จังหวัดกาญจนบุรี อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี 71000

<sup>5</sup> สำนักงานป่าไม้จังหวัดพัทลุง อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง 93000

ผลิตได้ในโครงการหลวงในขณะนี้ยังต่ำกว่าผลผลิตในไต้หวันมาก ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการผลิตหน่อ เพื่อเพิ่มผลผลิตของหน่อตอกอ อันจะนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตของหน่อต่อไร่ของไผ่ชนิดนี้ต่อไป สำหรับวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้ คือ 1) เพื่อศึกษาความสามารถในการสังเคราะห์แสงของไผ่หวานอ่างขางเมื่ออายุต่างๆ กัน และ 2) เพื่อศึกษาการหมุนเวียนของธาตุอาหารเพื่อการจัดการดินให้มีประสิทธิภาพ

## อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ดำเนินการในแปลงไผ่หวานอ่างขางอายุ 5 ปี ปลูกด้วยระยะปลูก 5x5 เมตร (ภาพที่ 1) ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสังเคราะห์แสง การสะสมอาหาร และการผลิตหน่อของไผ่หวานอ่างขางเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการส่งเสริมการปลูกไผ่หวานอ่างขางเพื่อผลิตหน่อ โดยดำเนินการเก็บข้อมูลต่างๆ ดังนี้



ภาพที่ 1. แปลงทดลองไผ่หวานอ่างขางอายุ 5 ปี ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่

### 1. การศึกษาอัตราการสังเคราะห์แสงของใบจากไผ่ที่มีอายุต่างกัน

ทำการสุ่มตัวอย่างไผ่หวานอ่างขาง ซึ่งประกอบด้วยลำไผ่อายุ 1, 2, 3, 4 และ 5 ปี โดยจะเริ่มทำการเก็บข้อมูลเมื่อหน่อไผ่ที่เพิ่งแตกใหม่ในปีที่ทำการศึกษามีใบที่มีขนาดโตเต็มที่คือในราวเดือนมกราคม สุ่มตัวอย่างใบที่มีขนาดโตเต็มที่ และได้รับแสงแดดเต็มที่ ชั้นอายุละ 5 ใบ ทำการวัดอัตราการสังเคราะห์แสงด้วยเครื่อง Portable Photosynthesis System (ADC-LCA4) พร้อมทั้งบันทึกค่าของปัจจัยแวดล้อมต่างๆ บริเวณผิวใบ อันได้แก่ ความเข้มแสง อุณหภูมิผิวใบ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศ โดยในวันที่ทำการศึกษานั้นจะเริ่มทำการวัดอัตราการสังเคราะห์แสงของใบตั้งแต่เวลาพระอาทิตย์ขึ้น (6.00 น.) จนพระอาทิตย์ตก (18.00 น.) ซึ่งจะทำให้ทราบความผันแปรในรอบวันของอัตราการสังเคราะห์แสงของไผ่หวานอ่างขาง ดำเนินการเก็บข้อมูลในเดือนมกราคม (ฤดูแล้ง) และเดือนมิถุนายน (ฤดูฝน) 2546

## 2. ศึกษาการคืนกลับของธาตุอาหารจากการร่วงหล่นของใบ

ดำเนินการศึกษาปริมาณการร่วงหล่นของใบไม้โดยนำตะแกรงเก็บซากพืช (Litter trap) ที่มีขนาด 1 x 1 เมตร โดยให้ส่วนล่างสุดของตะแกรงอยู่ห่างจากพื้นดิน 0.2 เมตร วางตะแกรงไว้ใต้กอไม้จำนวน 5 กอ ทำการเก็บซากพืชในตะแกรงทุกวันสิ้นเดือน แล้วนำมาแยกเป็นเศษซากของไม้ และเศษซากที่ไม่ใช่ไม้ นำไปอบให้แห้งที่ตู้อบอุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักแห้ง จะได้ปริมาณการร่วงหล่นของเศษซากไม้ในแต่ละเดือน สุ่มตัวอย่างเศษซากไม้เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก 5 ธาตุ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม โดยดำเนินการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการภาคิชาวนวัตกรรมวิทยาศาสตร์ ดำเนินการเก็บข้อมูลทุกเดือนต่อเนื่องกันเป็นเวลา 1 ปี

ดำเนินการหาอัตราการย่อยสลายของซากไม้ โดยการนำใบไม้ที่ร่วงหล่น ใส่ในถุงตาข่ายขนาด 30 x 30 เซนติเมตร จำนวน 33 ถุง โดยใส่ใบไม้ที่มีน้ำหนักแห้งเมื่อเริ่มต้นศึกษาถุงละเท่าๆ กัน เท่ากับ 633.18 กรัม หลังจากนั้นนำถุงตะแกรงในลอนทั้งหมดวางไว้ใต้กอไม้ ทำการชั่งน้ำหนักแห้งที่หายไป ในทุกวันสิ้นเดือน คำนวณหาอัตราการย่อยสลายของซากไม้ โดยดำเนินการศึกษาต่อเนื่องเป็นเวลา 1 ปี

## 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการเปรียบเทียบอัตราการสังเคราะห์แสงของใบ ปริมาณคาร์บอน:ไนโตรเจนของใบจากไม้ที่มีอายุต่างๆ กัน โดยใช้ ANOVA ความผันแปรของอัตราการสังเคราะห์แสง ปริมาณการร่วงหล่นของใบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยแวดล้อมตามฤดูกาล และความสัมพันธ์ที่มีต่อการผลิตหน่อ

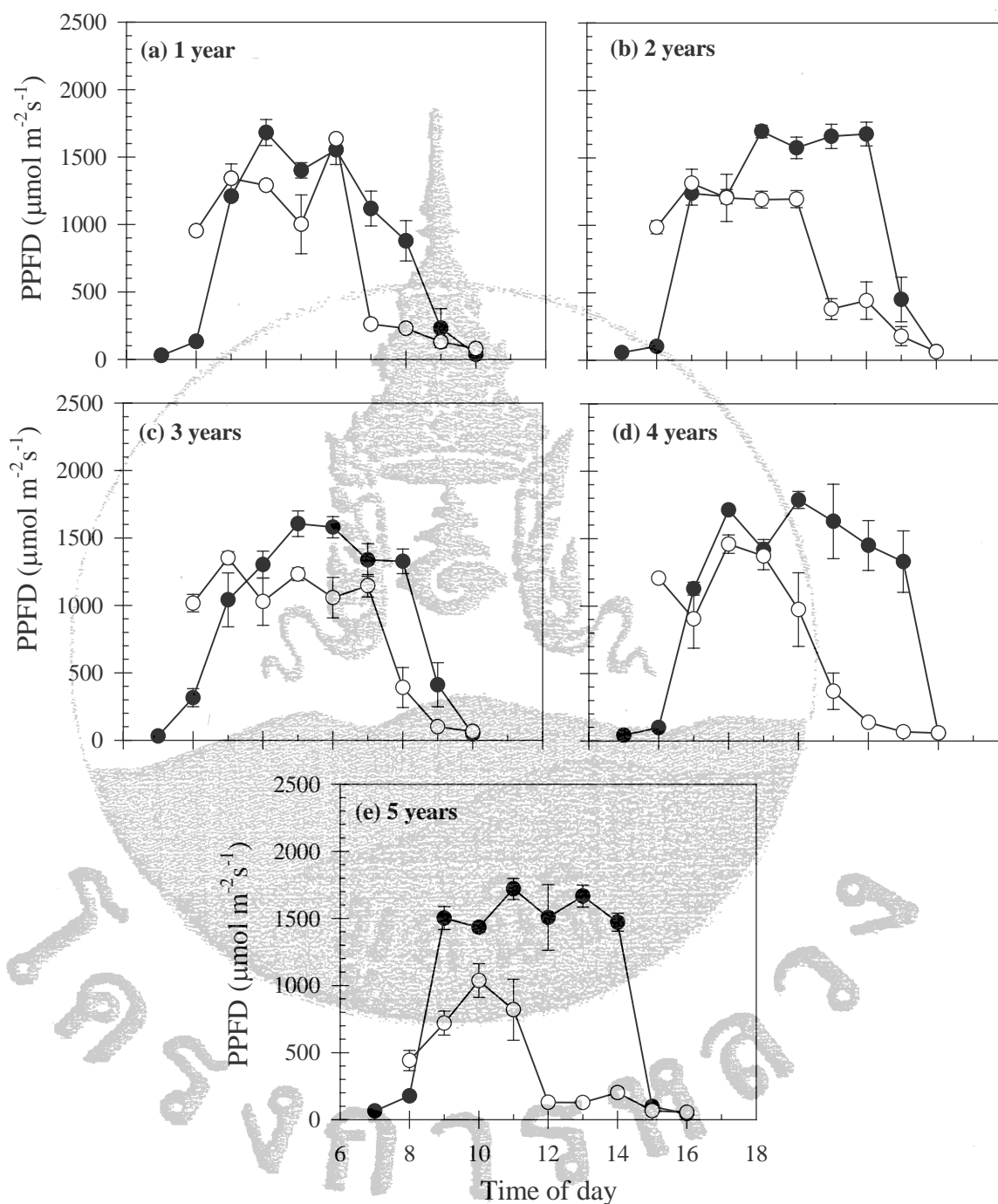
### ผลการศึกษา

#### 1. ลักษณะทางนิเวศวิทยาของไม้หวานอ่างขาว

##### 1.1 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ได้ทำการบันทึกค่าสำหรับการศึกษา ได้แก่ ความเข้มแสง (Photosynthetic Photon Flux Density, PPF) อุณหภูมิอากาศ (Air temperature,  $T_{air}$ ) อุณหภูมิใบ (Leaf temperature,  $T_{leaf}$ ) ความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบและอากาศ (Leaf-to-air vapor pressure difference, LAVPD) ซึ่งพบว่า ปัจจัยทั้งหมดนี้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทั้งในรอบวันและฤดูกาล ( $P < 0.01$ )

ความเข้มแสง (PPFD) จากภาพที่ 2 จะเห็นว่าความเข้มแสงที่ใบไม้ได้รับจะมีค่าต่ำในช่วงเช้า และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 11.00-12.00 น. โดยมีค่าประมาณ 1,600-



ภาพที่ 2. ความผันแปรในรอบวันของปริมาณความเข้มแสงที่ผิวใบ (PPFD) ของไผ่หวานอ่างข้างในวันที่ทำการศึกษา ในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม 2546 —○—) และ ฤดูฝน (มิถุนายน 2546 —●—)

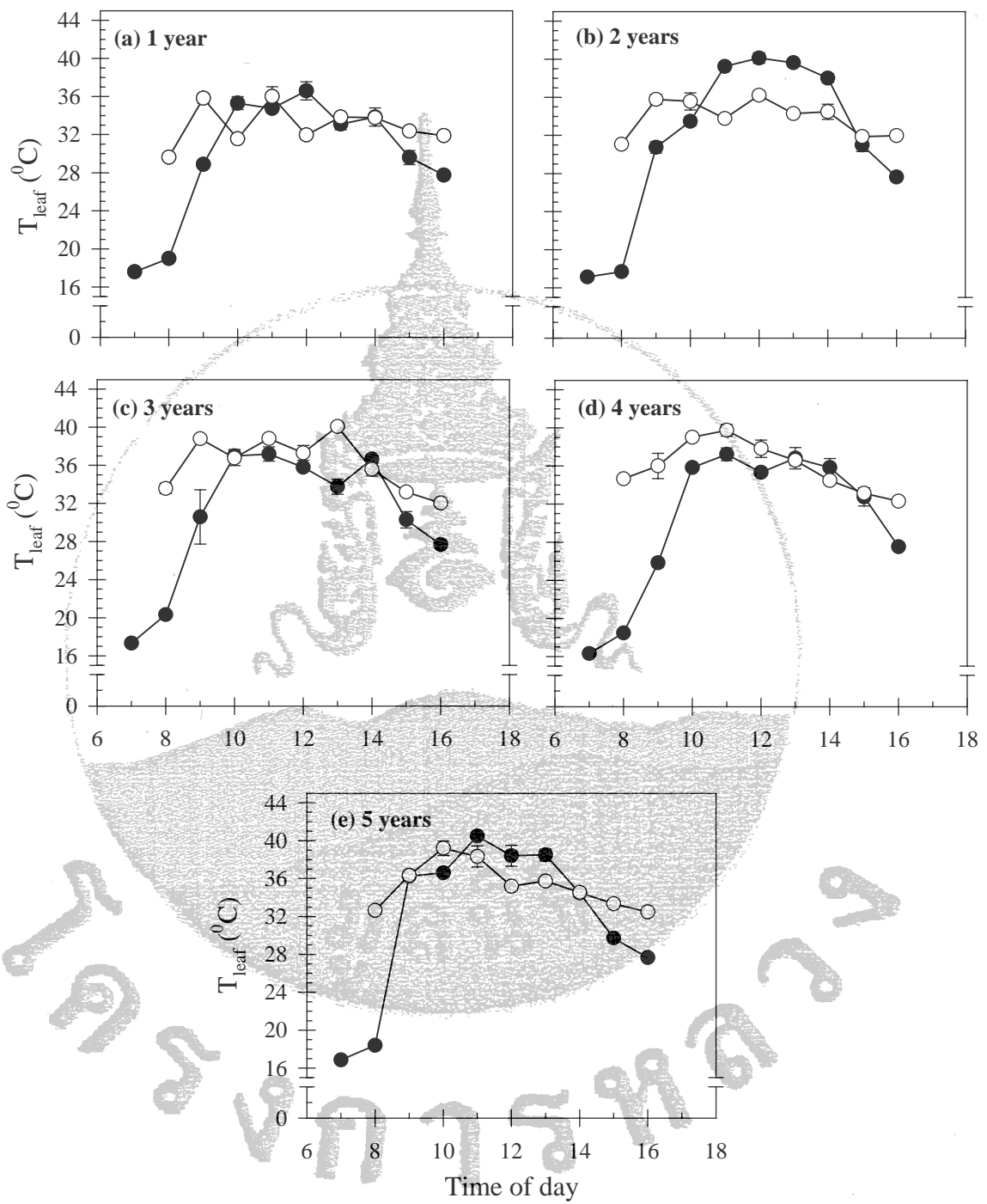
$1,800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  หลังจากนั้น ความเข้มแสงจะมีค่าลดลงจนถึงช่วงเย็นของวัน ความผันแปรของความเข้มแสงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูฝนนั้นเป็นผลเนื่องจากการปกคลุมของเมฆ และเป็นสาเหตุให้ความเข้มแสงในช่วงเวลาดังกล่าวมีค่าต่ำ สำหรับในวันที่ทำการศึกษานั้นพบว่าส่วนใหญ่ ความเข้มแสงที่ใบไม้ได้รับมีค่าสูงกว่า  $500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  นานประมาณ 6-7 ชั่วโมง ซึ่งเกินกว่าจุดอิ่มตัวของแสง (light saturation) สำหรับการสังเคราะห์แสงของไม้ใฝ่หวานอ่างขาว ส่วนใหญ่เป็นช่วงสายถึงบ่ายของวัน เนื่องจากในช่วงเช้าและเย็นนั้นแสงแดดถูกบดบังจากภูเขาและต้นไม้อื่น ที่อยู่รอบๆ แปลงทดลอง อย่างไรก็ตาม แม้ว่าในช่วงฤดูฝนจะมีการปกคลุมของเมฆมาก แต่ความเข้มแสงในฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูแล้งอย่างชัดเจน เนื่องจากในช่วงฤดูแล้งอากาศโดยทั่วไปจะถูกปกคลุมด้วยหมอกควัน

อุณหภูมิอากาศ ( $T_{\text{air}}$ ) และอุณหภูมิใบ ( $T_{\text{leaf}}$ ) ความผันแปรในรอบวันของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิใบมีความคล้ายคลึงกัน แต่แสดงความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในระหว่างฤดูกาล โดยในฤดูแล้ง ทั้งอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิใบมีค่าค่อนข้างคงที่เกือบตลอดทั้งวัน สำหรับในฤดูฝนนั้นทั้งอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิใบมีรูปแบบความผันแปรในรอบวันเช่นเดียวกับความเข้มแสง (ภาพที่ 2 และ 3) โดยภาพรวมทั้ง อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิใบในช่วงฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าในฤดูแล้ง โดยมีค่าต่างกันประมาณ  $3-6 \text{ }^{\circ}\text{C}$  และทั้งอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิใบในช่วงบ่ายมีค่าสูงกว่าในช่วงเช้า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในฤดูแล้งและช่วงบ่ายของวันนั้นใบไม้ได้รับผลกระทบจากความเครียดของอุณหภูมิ (temperature stress) มากกว่าในฤดูฝนและช่วงเช้า ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าส่วนใหญ่อุณหภูมิใบมีค่าสูงกว่า  $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ซึ่งค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิใบที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสงของพันธุ์ไม้ในเขตร้อน (ประนอม, 2542; Atipanumpai, 1989)

ความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศ (LAVPD) จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศมีแนวโน้มของความผันแปรในรอบวันและตามฤดูกาลในรูปแบบเดียวกับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิใบ ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศ ซึ่งจะมีผลต่อการเปิดและปิดของปากใบอันเป็นทางผ่านเข้าและออกของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาลพบว่าในฤดูแล้งจะมีความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศสูงกว่าในช่วงฤดูฝนประมาณร้อยละ 28-32 เนื่องจากในฤดูฝนความชื้นในอากาศจะค่อนข้างสูงจนใกล้เคียงกับใบ

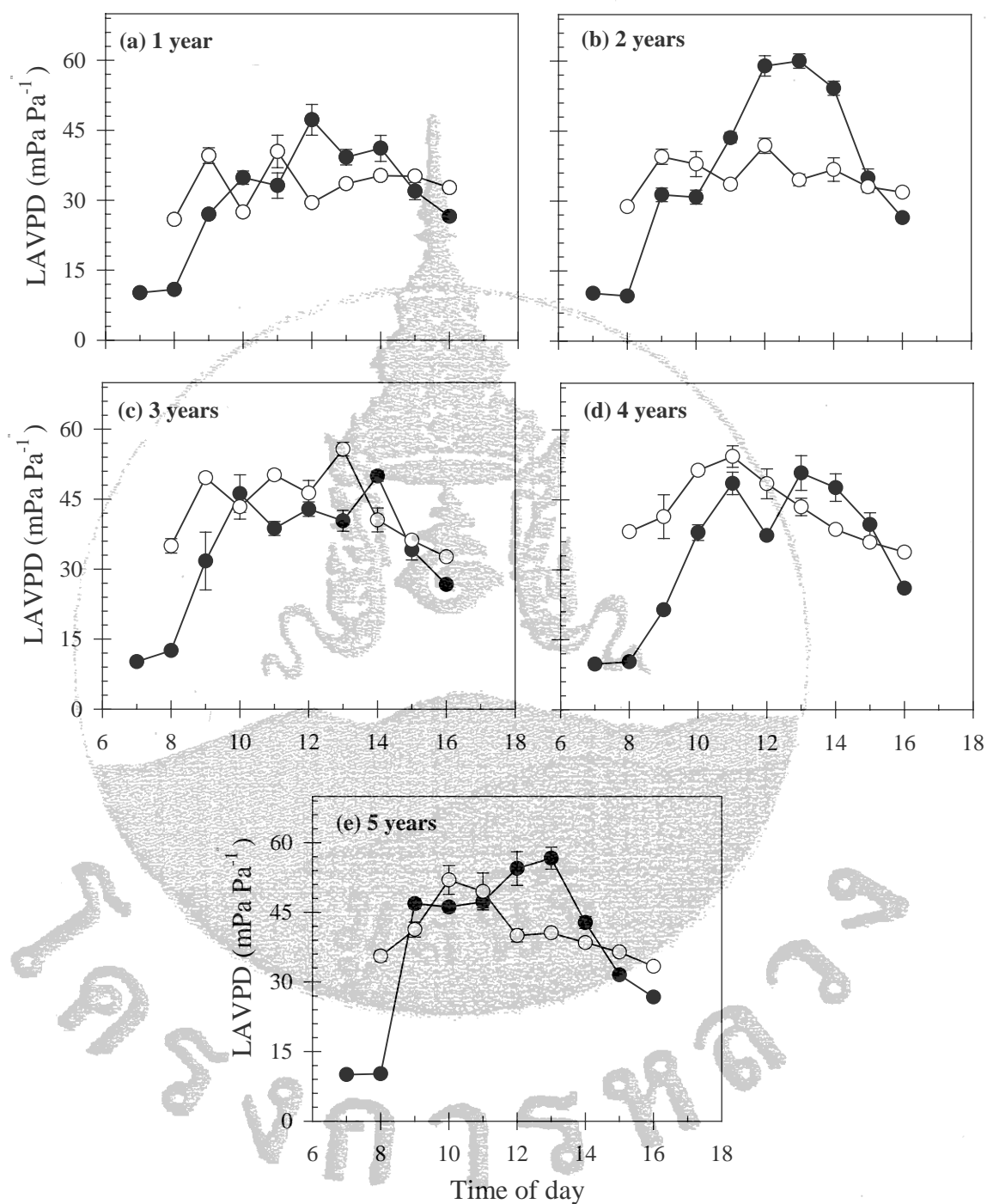
## 1.2 ลักษณะทางสรีรวิทยาของไม้หวานอ่างขาว

การสังเคราะห์แสงสุทธิ (Net photosynthesis,  $A_{\text{net}}$ ) จากภาพที่ 5 ซึ่งแสดงความผันแปรในรอบวันของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของไม้ใฝ่ทั้ง 5 อายุลำ จะเห็นได้ว่าการสังเคราะห์แสงสุทธิมีรูปแบบที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยค่าสูงสุดของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิจะปรากฏในตอนเช้าของวัน (09.00-10.00 น.) ก่อนที่ความเข้มแสงจะมีค่าสูงที่สุด หลังจากนั้นอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิจะมีค่าลดลงไปตลอดทั้งวัน ความผันแปรในรอบวันของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธินี้ มีรูปแบบคล้ายคลึงกับปริมาณความเข้มแสง อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิใบ และความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศ (ภาพที่ 2-4) สำหรับการขึ้นๆ ลงๆ ของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในช่วงระหว่างวัน เป็นผลเนื่องจากการปกคลุมของเมฆ จากความผันแปรในรอบวันที่แสดงในภาพที่ 3-5 จะเห็นได้ว่าอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของไม้ใฝ่หวานอ่างขาวจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิผิวใบมีค่าสูงกว่า  $36 \text{ }^{\circ}\text{C}$  และแม้ว่าความแตกต่างของความ



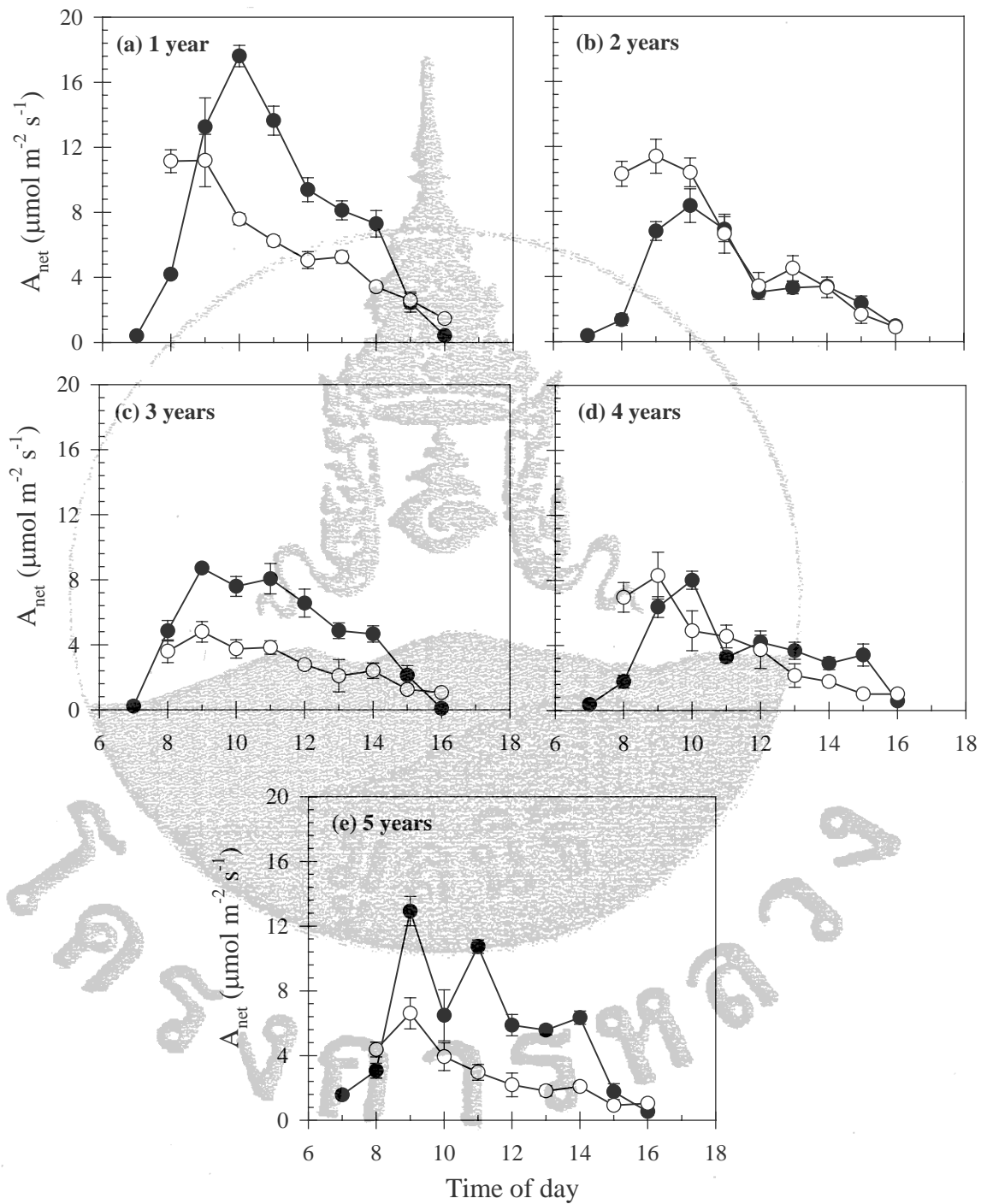
ภาพที่ 3. ความผันแปรในรอบวันของอุณหภูมิผิวใบ ( $T_{leaf}$ ) ของใผ่หวานอ่างขางในวันที่ทำการศึกษา ในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม 2546 —○—) และ ฤดูฝน (มิถุนายน 2546 —●—)





ภาพที่ 4. ความผันแปรในรอบวันของความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศ (LAVPD) ของไผ่หวานอ่างขางในวันที่ทำการศึกษา ในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม 2546 —○—) และ ฤดูฝน (มิถุนายน 2546 —●—)





ภาพที่ 5. ความผันแปรในรอบวันของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ ( $A_{net}$ ) ของไผ่หวานอ่างขาง อายุ 1-5 ปี ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่ ในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม 2546 -○-) และฤดูฝน (มิถุนายน 2546 -●-)

ต้นไทรระหว่างผิวใบกับอากาศจะมีค่าค่อนข้างสูง และเป็นปัจจัยแวดล้อมที่สำคัญประการหนึ่งที่มีผลทำให้ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิลดลงในช่วงเที่ยงวัน (midday depression) แต่กลับไม่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของไม้ไผ่หวานอ่างขางมีค่าลดลงแต่อย่างใด

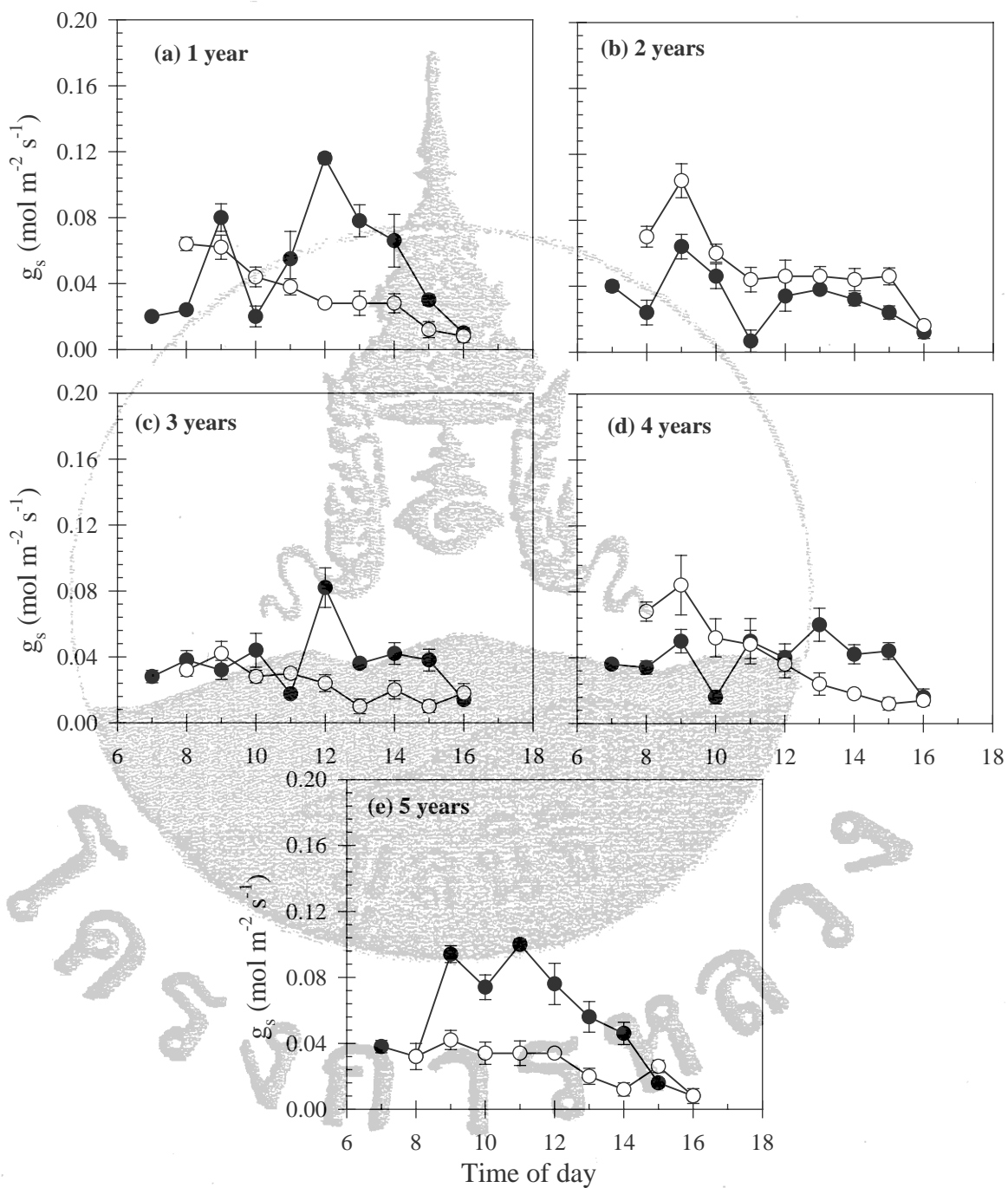
ค่าสูงสุดของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ มีค่าระหว่าง 8-18  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  โดยภาพรวมใบของไม้ไผ่อายุ 1 ปี จะมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด ( $17.78 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) และมีค่าน้อยที่สุดในใบของไม้ไผ่อายุ 3 ปี ( $5.68 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) สำหรับค่าเฉลี่ยของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในรอบวันมีค่าอยู่ระหว่าง 3-8  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างอายุลำของไผ่ ซึ่งลำไผ่อายุ 1 ปี จะมีค่าเฉลี่ยของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในรอบวันสูงที่สุด ส่วนลำไผ่อายุ 4 ปีมีค่าเฉลี่ยของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิต่ำที่สุด (ตารางที่ 1) โดยส่วนใหญ่ ในฤดูฝนจะมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงกว่าในฤดูแล้ง ยกเว้นในไม้ไผ่อายุ 2 และ 4 ปี ที่ให้ผลในทางตรงข้าม

ตารางที่ 1. อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด และอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของไม้หวานอ่างขางอายุ 1-5 ปี ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่

อายุลำ (ปี)	อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )		อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเฉลี่ย ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	
	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
1	$13.22 \pm 0.58^a$	$17.78 \pm 0.57^a$	$5.99 \pm 0.53^a$	$7.67 \pm 0.83^a$
2	$12.72 \pm 0.62^a$	$9.32 \pm 0.62^c$	$5.84 \pm 0.62^a$	$3.68 \pm 0.40^c$
3	$5.68 \pm 0.20^d$	$9.45 \pm 0.36^c$	$2.84 \pm 0.24^b$	$4.73 \pm 0.46^{bc}$
4	$9.56 \pm 0.40^b$	$8.37 \pm 0.42^c$	$3.82 \pm 0.45^b$	$3.45 \pm 0.35^c$
5	$7.18 \pm 0.46^c$	$13.23 \pm 0.70^b$	$2.88 \pm 0.31^b$	$5.48 \pm 0.58^b$

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวตั้งที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ  $p < 0.05$

ค่าการชักนำการเปิดของปากใบ (stomatal conductance,  $g_s$ ) จากภาพที่ 6 จะเห็นว่าความผันแปรในรอบวันของค่าการชักนำการเปิดของปากใบในฤดูฝนมีรูปแบบที่ไม่ค่อยแน่นอนแตกต่างไปตามอายุของลำไผ่ และผิดไปจากรูปแบบความผันแปรของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิอย่างชัดเจน ส่วนในฤดูแล้งนั้นค่าการชักนำการเปิดของปากใบในช่วงเช้ามีค่าสูง และจะมีค่าค่อยๆ ลดลงจนถึงช่วงเย็นของวัน โดยภาพรวมแล้วค่าการชักนำการเปิดของปากใบของใบไผ่จากลำอายุ 1 ปีมีค่ามากที่สุด และมีค่าน้อยที่สุดในใบไผ่จากลำอายุ 3 ปี เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาลปรากฏว่าค่าการชักนำการเปิดของปากใบในฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในฤดูแล้งประมาณร้อยละ 20-32 ยกเว้นในลำไผ่อายุ 2 และ 4 ปี (ตารางที่ 2) แนวโน้มของความแตกต่างนี้เป็นไปในทำนองเดียวกับอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อปากใบมีการเปิดมาก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็สามารถแพร่กระจายเข้าไปในใบไผ่ได้มากขึ้น มีผลทำให้การสังเคราะห์แสงเกิดได้มากขึ้นด้วย



ภาพที่ 6. ความผันแปรในรอบวันของค่าการชักนำการเปิดของปากใบ ( $g_s$ ) ของใ้หวานอ่างซาง อายุ 1-5 ปี ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่ ในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม 2546 —○—) และฤดูฝน (มิถุนายน 2546 —●—)

ตารางที่ 2. ค่าการชักนำการเปิดของปากใบสูงสุด และค่าการชักนำการเปิดของปากใบเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของไผ่หวานอ่างอายุ 1-5 ปี ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่

อายุลำ (ปี)	ค่าการชักนำการเปิดของปากใบสูงสุด ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )		ค่าการชักนำการเปิดของปากใบเฉลี่ย ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	
	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
1	$0.072 \pm 0.005^b$	$0.142 \pm 0.016^a$	$0.035 \pm 0.003^b$	$0.050 \pm 0.006^a$
2	$0.106 \pm 0.009^a$	$0.068 \pm 0.006^c$	$0.053 \pm 0.004^a$	$0.033 \pm 0.003^c$
3	$0.048 \pm 0.004^{bc}$	$0.086 \pm 0.010^{bc}$	$0.024 \pm 0.002^c$	$0.037 \pm 0.003^{bc}$
4	$0.098 \pm 0.008^a$	$0.074 \pm 0.004^c$	$0.039 \pm 0.004^b$	$0.039 \pm 0.003^{bc}$
5	$0.058 \pm 0.004^c$	$0.104 \pm 0.002^b$	$0.024 \pm 0.003^c$	$0.046 \pm 0.004^a$

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวตั้งที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ  $p < 0.05$

### 1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิกับความเข้มแสง

จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าการตอบสนองของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิต่อความเข้มแสงมีรูปแบบที่ไม่เป็นเส้นตรง (non-linear correlation) ซึ่งในที่นี้ประมาณความสัมพันธ์ด้วย asymptotic exponential equation ตามแบบของ Boote and Loomis (1991) จากภาพที่ 7 จะเห็นว่าอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อใบไม้ได้รับแสงในระยะแรก ความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งใบไม้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด และจะเริ่มมีค่าคงที่แม้ว่าความเข้มแสงจะเพิ่มมากขึ้น และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิและความเข้มแสงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระหว่างฤดูกาล

ในทั้งสองฤดูกาล ใบไม้ของลำอายุ 1 ปี มีจุดอิ่มตัวของแสงและอัตราการสังเคราะห์แสงที่จุดอิ่มตัวของแสง (light-saturated photosynthesis,  $A_{\text{sat}}$ ) สูงกว่าใบไม้จากลำอายุอื่นๆ (ตารางที่ 3) โดยใบของลำอายุ 1 ปีมีค่าจุดอิ่มตัวของแสงอยู่ระหว่าง  $800-1,000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ในฤดูแล้ง และไม่สามารถหาจุดอิ่มตัวของแสงได้ในฤดูฝน เนื่องจากอัตราการสังเคราะห์แสงยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นลักษณะที่พบในพืชที่มีการสังเคราะห์แสงเป็นแบบ C4 ในขณะที่ใบของลำอายุอื่นๆ มีจุดอิ่มตัวของแสงอยู่ระหว่าง  $500-800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ในทั้งสองฤดูกาล อย่างไรก็ตาม ความอิ่มตัวของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธินี้อาจเป็นผลเนื่องจากปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ นอกเหนือจากปริมาณแสงก็ได้

ในฤดูแล้งนั้น ใบไม้ของลำอายุ 3 และ 5 ปีมีค่าอัตราการสังเคราะห์แสงอิ่มตัวลดลงประมาณร้อยละ 39-45 ของค่าอัตราการสังเคราะห์แสงอิ่มตัวที่พบในฤดูฝน เช่นเดียวกับการหายใจในที่มืด (dark respiration) ซึ่งตรงข้ามกับค่าความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจอยู่ในภาวะสมดุล (light compensation point,  $\text{PPFD}_c$ ) ในขณะที่อัตราการสังเคราะห์แสงอิ่มตัวของใบจากลำอายุ 2 และ 4 ปี ในฤดูฝนกลับมีค่าลดลงประมาณร้อยละ 34-42 ของค่าอัตราการสังเคราะห์แสงอิ่มตัวที่พบในฤดูแล้ง สำหรับค่า ประสิทธิภาพการใช้แสง (quantum yield) ของไม้ไผ่ทั้งห้าอายุลำมีค่าลดลงในช่วงฤดูแล้งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่พบในฤดูฝน

ตารางที่ 3. ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ และความเข้มแสงของไม้หวานอ่างอายุ 1-5 ปี ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่

อายุลำ (ปี)	$A_{sat}$		$\phi$		$R_d$		PPFD <sub>c</sub>		$r^2$	
	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน
1	11.76	17.37	0.017	0.023	1.87	2.33	41	31	0.67	0.64
2	11.82	6.96	0.032	0.038	2.37	1.58	43	40	0.53	0.63
3	4.68	8.49	0.035	0.054	1.23	2.07	38	31	0.36	0.66
4	7.23	5.52	0.040	0.056	1.54	1.75	21	36	0.52	0.72
5	5.88	9.55	0.022	0.040	1.35	1.50	30	25	0.49	0.60

หมายเหตุ:  $A_{sat}$  = อัตราการสังเคราะห์แสงอิ่มตัว ( $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )

$\phi$  = ประสิทธิภาพการใช้แสง (quantum yield)

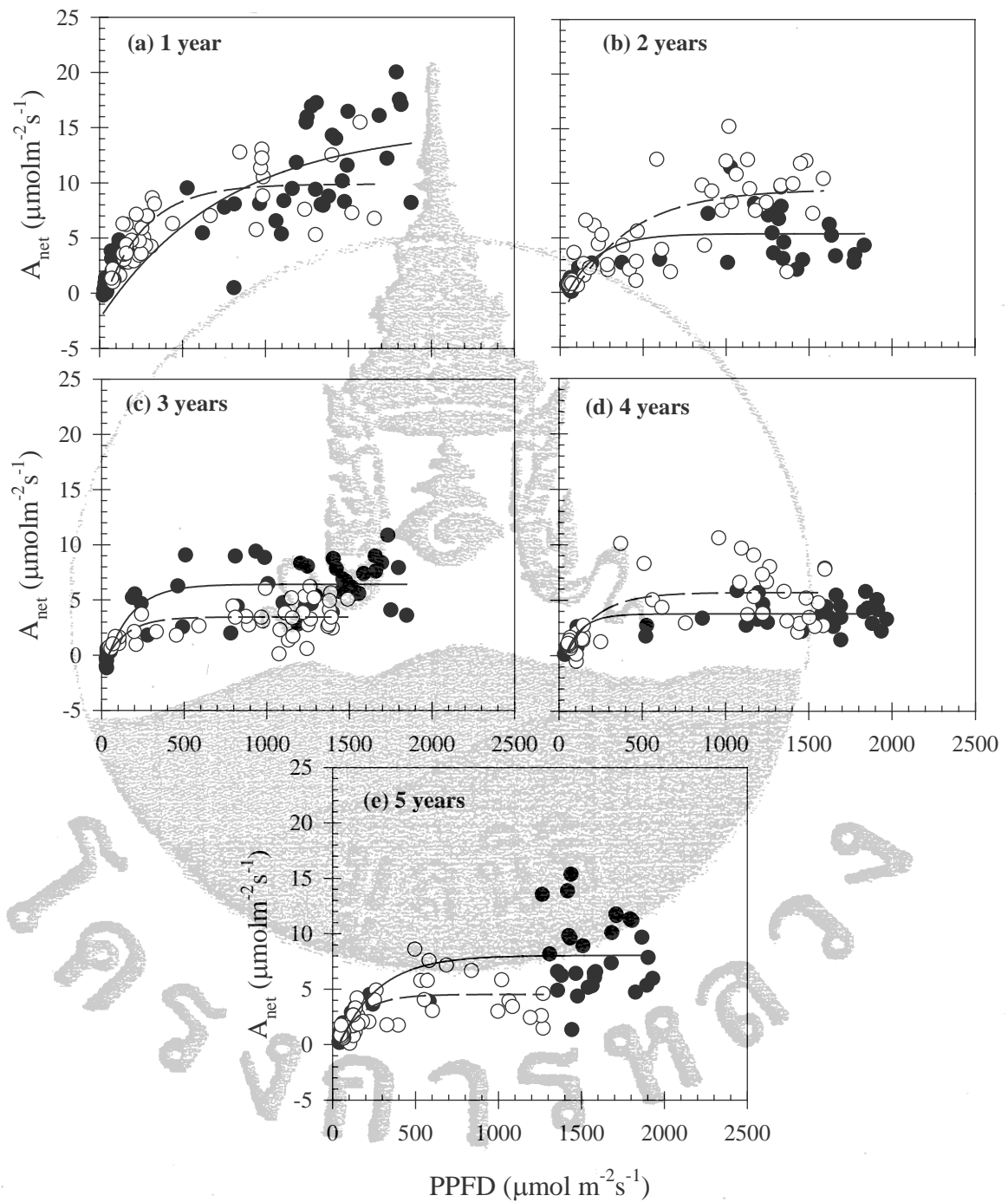
$R_d$  = อัตราการหายใจในที่มืด ( $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )

PPFD<sub>c</sub> = ความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซอยู่ในภาวะสมดุล ( $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )

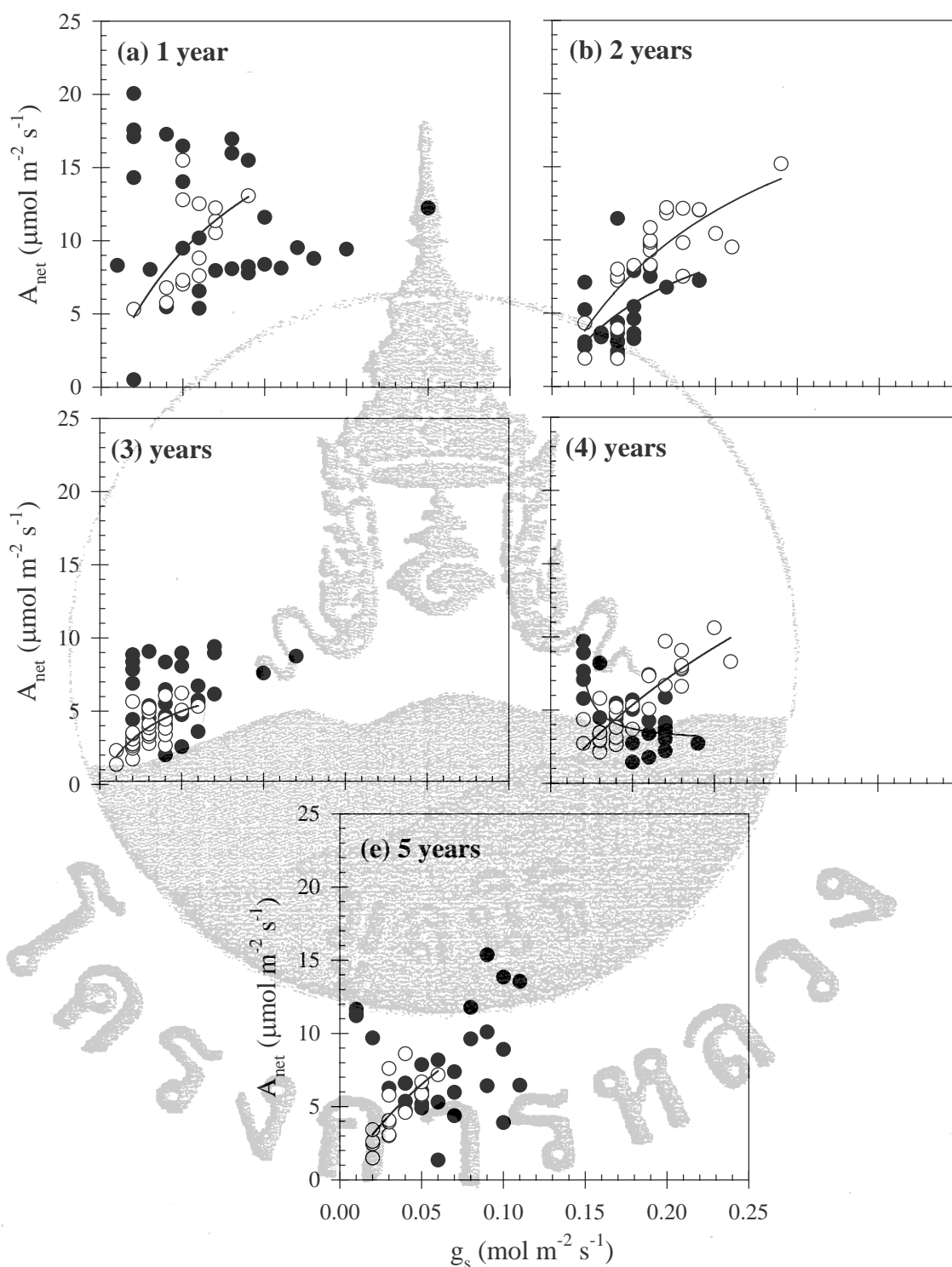
#### 1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ ค่าการชักนำการเปิดปากใบ และ ความแตกต่างของความดันไอระหว่างใบกับบรรยากาศ

จากภาพที่ 8 ซึ่งได้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ และค่าการชักนำการเปิดปากใบพบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับค่าการชักนำการเปิดปากใบแบบไม่เป็นเส้นตรง (non-linear) และมีความผันแปรระหว่างฤดูกาล สำหรับสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ดังแสดงในตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ และค่าการชักนำการเปิดปากใบ ปรากฏชัดเจนกว่าในฤดูแล้ง เมื่อเปรียบเทียบกับในฤดูฝน ซึ่งในฤดูฝนนั้นความสัมพันธ์นี้ค่อนข้างน้อยมาก นอกจากนี้ความสัมพันธ์ของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ และค่าการชักนำการเปิดปากใบ นี้ กลับมีทิศทางตรงกันข้ามกันในลำไ้อายุ 4 ปีที่ทำการศึกษาในฤดูฝนด้วย ซึ่งจากตารางที่ 4 นี้แสดงให้เห็นว่าค่าการชักนำการเปิดปากใบค่าเดียวกันจะส่งผลให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในฤดูแล้งสูงกว่าในฤดูฝน และอาจชี้ให้เห็นว่าในฤดูแล้งนี้จะมีประสิทธิภาพในการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) สูงกว่าในฤดูฝนด้วย

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซและความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศ นั้นพบว่า เมื่อความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มว่าจะทำให้ทั้งอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ และค่าการชักนำการเปิดปากใบมีค่าลดลง (ภาพที่ 9) แต่เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์แล้วส่วนใหญ่ ทั้งอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ และค่าการชักนำการเปิดปากใบของไม้หวานอ่างไม่มีความสัมพันธ์กับความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศ ( $r^2$  มีค่าต่ำมาก) แสดงว่าค่าความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศไม่ใช่ค่าสัมประสิทธิ์ที่สามารถอธิบายความผันแปรของการสังเคราะห์แสงและการเปิด-ปิดของปากใบของไม้หวานอ่าง ซึ่งแตกต่างจากที่ Ishizuka and Puangchit (1995) รายงานว่าค่าความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศมีความสัมพันธ์อย่างมากกับอัตราการสังเคราะห์แสงของพรรณไม้ในป่าเบญจพรรณ จ. กาญจนบุรี



ภาพที่ 7. การตอบสนองของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ ( $A_{net}$ ) ต่อความเข้มแสง (PPFD) ของไผ่หวาน อ่างขาง อายุ 1-5 ปี ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่ เมื่ออุณหภูมิผิวใบ <math>< 36\text{ }^{\circ}\text{C}</math> ในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม 2546  $\text{--}\text{O}\text{--}$ ) และฤดูฝน (มิถุนายน 2546  $\text{--}\text{●}\text{--}$ )

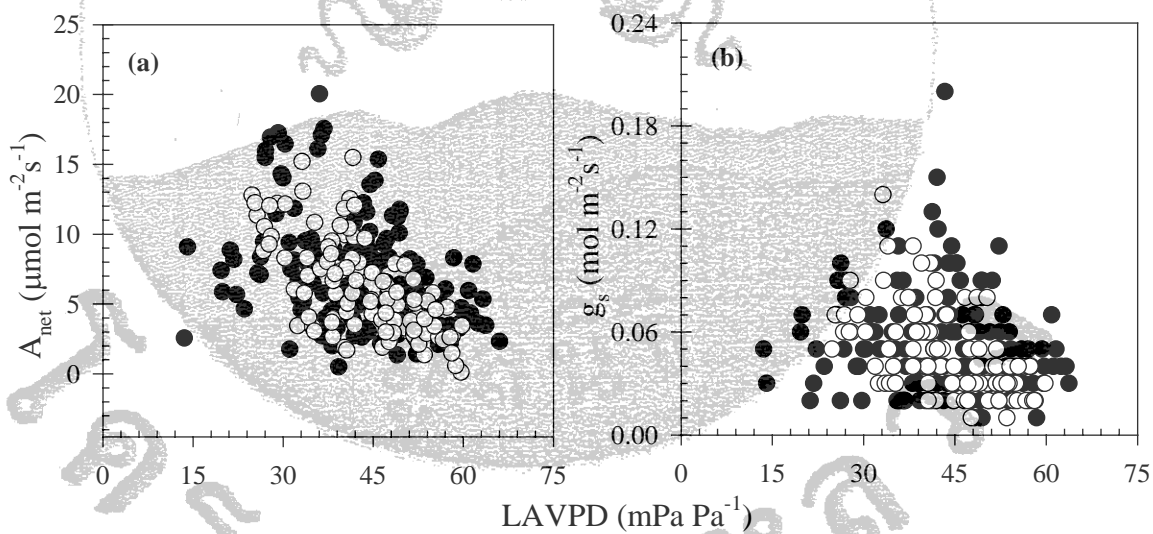


ภาพที่ 8. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ ( $A_{net}$ ) และค่าการชักนำการเปิดปากใบ ( $g_s$ ) ของไผ่หวานอ่างขาง อายุ 1-5 ปี ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่ เมื่อความเข้มแสงที่ผิวใบ  $>500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม 2546  $\circ$ ) และฤดูฝน (มิถุนายน 2546  $\bullet$ )



ตารางที่ 4. ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ ( $A_{net}$ ) และค่าการชักนำการเปิดของปากใบ ( $g_s$ ) ของไม้หวานอ่างขางอายุ 1-5 ปี ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่ เมื่อความเข้มข้นที่ผิวใบมากกว่า  $500 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  สมการที่ใช้ในการประเมินคือ  $A_{net} = (a \cdot g_s) / (b + g_s)$

อายุลำ (ปี)	ฤดูแล้ง (มกราคม 2546)			ฤดูฝน (มิถุนายน 2546)		
	a	b	$r^2$	a	b	$r^2$
1	25.59	0.09	0.38	-	-	-
2	26.10	0.12	0.68	14.49	0.08	0.21
3	8.54	0.03	0.44	-	-	-
4	34.97	0.28	0.74	2.77	-0.01	0.43
5	24.88	0.14	0.52	-	-	-



ภาพที่ 9. ความสัมพันธ์ระหว่าง (a) อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ ( $A_{net}$ ) และ (b) ค่าการชักนำการเปิดปากใบ ( $g_s$ ) กับค่าความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศ (LAVPD) ของไม้หวานอ่างขาง อายุ 1-5 ปี ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่ ในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม 2546 —○—) และฤดูฝน (มิถุนายน 2546 —●—)

## 2. การคืนกลับของธาตุอาหารจากการร่วงหล่นของใบ

### 2.1 ผลผลิตของเศษซากใบ

จากการศึกษาการร่วงหล่นของใบโดยการวางตะแกรงเก็บซากพืชขนาด 1 x 1 เมตร จำนวน 5 อัน ในบริเวณแปลงปลูกไผ่หวานอ่างช้าง และได้ทำการเก็บซากพืชในตะแกรงทุกเดือน พร้อมทั้งทำการแยกเป็นเศษซากของไผ่และเศษซากที่ไม่ใช่ไผ่ นำตัวอย่างเศษซากพืชไปอบแห้งและชั่งน้ำหนักแห้ง ปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งพบว่า ปริมาณของซากพืชเกือบทั้งหมดเป็นส่วนของใบไผ่ และปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชมีความผันแปรไปในแต่ละเดือน โดยในช่วงฤดูแล้งจะมีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชมากกว่าในช่วงฤดูฝน ซึ่งปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชมากที่สุดในเดือนมีนาคม คิดเป็น 456.94 กรัมต่อตารางเมตร หรือ 4.57 ตันต่อเฮกเตอร์ และมีค่าน้อยที่สุดในเดือนกันยายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน คิดเป็น 51.70 กรัมต่อตารางเมตร หรือ 0.52 ตันต่อเฮกเตอร์ โดยมีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชตลอดทั้งปีทั้งหมดเท่ากับ 2,606.67 กรัมต่อตารางเมตร หรือคิดเป็นปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชเท่ากับ 26.07 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี ซึ่งนับว่าเป็นปริมาณการร่วงหล่นที่สูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตของซากพืชของป่าดิบแล้งสะแกราช เท่ากับ 8.17 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี โดยเป็นเศษซากใบประมาณ 70 % (ธำรง, 2527) ป่าเบญจพรรณสถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง มีผลผลิตของซากพืชเท่ากับ 5.01 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี (ลดาวลีย์, 2544) และสวนป่าสะเดา เท่ากับ 3.1-7.8 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี (เจษฎา, 2544) หรืออาจกล่าวได้ว่าปริมาณการร่วงหล่นของใบไผ่หวานอ่างช้างมากกว่าในป่าธรรมชาติ 3-5 เท่า ซึ่งใบที่ร่วงหล่นลงมานี้ เป็นผลผลิตที่พืชสร้างขึ้น และต้องสูญเสียไปอันเนื่องมาจากการร่วงหล่น อย่างไรก็ตามหากปล่อยใบไม้เหล่านี้ไว้ในพื้นที่ก็จะเกิดการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารกลับคืนสู่ดิน

ตารางที่ 5. ปริมาณการร่วงหล่นของใบไผ่หวานอ่างช้างรายเดือน ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่

เดือน/ปี	น้ำหนักแห้ง	
	กรัม/ตารางเมตร	ตัน/เฮกเตอร์
กุมภาพันธ์ 2546	425.35	4.25
มีนาคม 2546	456.94	4.56
เมษายน 2546	394.16	3.94
พฤษภาคม 2546	330.37	3.30
มิถุนายน 2546	106.70	1.06
กรกฎาคม 2546	66.30	0.66
สิงหาคม 2546	54.91	0.54
กันยายน 2546	51.70	0.51
ตุลาคม 2546	77.19	0.77
พฤศจิกายน 2546	122.35	1.22
ธันวาคม 2546	273.82	2.74
มกราคม 2547	246.88	2.47
รวม	2,606.67	26.07

## 2.2 อัตราการย่อยสลายของเศษซากใบ

การย่อยสลายของซากใบไม้ พิจารณาจากน้ำหนักแห้งที่หายไปของใบไม้ที่ใส่ในถุงตาข่ายในแต่ละเดือน เมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของการย่อยสลาย จะได้อัตราการย่อยสลายของใบไม้หวานอย่างข้างดั่งแสดงในตารางที่ 6 โดยพบว่า เมื่อเวลาผ่านไปน้ำหนักแห้งของใบไม้จะมีค่าลดลงไปเรื่อยๆ เมื่อทำการศึกษาครบ 1 ปี ซากใบไม้ถูกย่อยสลายไปทั้งหมด 61.47 % หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ใบไม้จะถูกย่อยสลายในปีแรกเท่ากับ 61.47 % ส่วนอีก 38.53 % จะถูกย่อยสลายในปีต่อไป ดังนั้น ค่าประมาณของการปลดปล่อยของธาตุอาหารก็จะเท่ากับ 61.47 % ของปริมาณธาตุอาหารที่ปล่อยคืนสู่ดินในรูปของใบที่ร่วงหล่น ซึ่งจากอัตราการย่อยสลายดังกล่าว ใบไม้หวานอย่างข้างน่าจะสามารถย่อยสลายได้หมดภายในเวลา 2 ปี ซึ่งใกล้เคียงกับใบสะเดา (เจษฎา, 2544) แต่ช้ากว่าใบกระถินยักษ์ (Petmark, 1983) ใบยูคาลิปตัส (สุทธาทิพย์, 2539) และใบไม้ (สายัณห์, 2540) โดยปกติ ความสามารถในการสลายตัวของซากพืชในเขตร้อนจะเร็วกว่าเขตอบอุ่น และเขตหนาว เนื่องจากอัตราการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินจะขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ การถ่ายเทอากาศ ระดับความชื้นในดิน ความเป็นกรดเป็นด่าง และยังขึ้นอยู่กับสารประกอบอินทรีย์ในพืชอันได้แก่สัดส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมด (C/N ratio) ด้วย

อัตราการย่อยสลายยังแตกต่างกันในแต่ละเดือน โดยอัตราการย่อยสลายจะค่อนข้างสูงในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งเป็นช่วงที่ไผ่มีการทิ้งใบมาก ซึ่งการย่อยสลายใบในช่วงแรกจะเป็นไปได้เร็วกว่าในช่วงหลังเนื่องจากในช่วงแรกจะเป็นการย่อยสลายสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก ส่วนในช่วงหลังนั้นจะเหลือแต่สารประกอบที่ย่อยสลายยาก เช่น ลิกนิน เป็นต้น

ตารางที่ 6. การย่อยสลายของใบไม้หวานอย่างข้างรายเดือน ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่

เดือน	อัตราการย่อยสลายสะสม (%)	อัตราการย่อยสลายต่อเดือน (%)
มีนาคม 2546	0.93	0.93
เมษายน 2546	14.91	13.98
พฤษภาคม 2546	28.49	13.58
มิถุนายน 2546	37.12	8.63
กรกฎาคม 2546	37.36	0.24
สิงหาคม 2546	48.84	11.48
กันยายน 2546	48.99	0.15
ตุลาคม 2546	49.28	0.29
พฤศจิกายน 2546	58.75	9.47
ธันวาคม 2546	60.33	1.58
มกราคม 2547	60.78	0.45
กุมภาพันธ์ 2547	61.47	0.69

### 2.3 ปริมาณธาตุอาหารในเศษซากใบ

จากการสุ่มตัวอย่างเศษซากใบของไผ่หวานอ่างช้างแล้วทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักจำนวน 6 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และ แมกนีเซียม (Mg) ปรากฏผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์) แต่ละชนิดในซากไผ่หวานอ่างช้างมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันในแต่ละเดือน โดยมีปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนสูงที่สุด ประมาณ 40 % ของน้ำหนักแห้งของเศษซากใบไผ่ สำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารชนิดอื่นนั้นค่อนข้างต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัส ซึ่งจากตารางที่ 7 สามารถเรียงลำดับความเข้มข้นของธาตุอาหาร เมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งของซากใบไผ่ จากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คาร์บอน > ไนโตรเจน > โพแทสเซียม > แคลเซียม > แมกนีเซียม > ฟอสฟอรัส โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.44, 0.84, 0.74, 0.63, 0.33 และ 0.01 % ตามลำดับ ซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเศษซากใบสะเดา ที่มีปริมาณความเข้มข้นของ ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.18, 1.50, 0.80, 0.63 และ 0.08 % ตามลำดับ (เจษฎา, 2544) แสดงว่าไผ่หวานอ่างช้างมีการดึงธาตุอาหารกลับเข้าสู่ลำไผ่ ก่อนที่จะมีการทิ้งใบ

ตารางที่ 7. ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบที่ร่วงหล่นของไผ่หวานอ่างช้าง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่

เดือน	ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (%)						C/N
	C	N	P	K	Ca	Mg	
มิถุนายน 2546	39.02	0.62	0.01	0.34	0.37	0.22	62.94
กรกฎาคม 2546	36.45	0.98	0.02	0.71	0.65	0.38	37.19
สิงหาคม 2546	38.10	0.91	0.01	0.53	0.81	0.31	41.87
กันยายน 2546	37.29	1.05	0.01	0.50	0.89	0.33	35.52
ตุลาคม 2546	38.00	0.87	0.01	0.48	0.75	0.33	43.68
พฤศจิกายน 2546	36.55	0.74	0.01	1.09	0.68	0.40	49.39
ธันวาคม 2546	36.48	0.64	0.01	1.59	0.36	0.27	57.00
มกราคม 2547	37.62	0.93	0.01	0.65	0.57	0.43	40.45
เฉลี่ย	37.44	0.84	0.01	0.74	0.63	0.33	46.01

## 2.4 การสูญเสียธาตุอาหารจากการร่วงหล่นของใบ

จากข้อมูลปริมาณการร่วงหล่นของใบ และปริมาณธาตุอาหารในเศษซากใบที่ได้จากการวิเคราะห์ สามารถคำนวณอัตราการสูญเสียธาตุอาหารของไผ่หวานอ่างช้างอันเนื่องมาจากการร่วงหล่นของใบ ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8. อัตราการสูญเสียธาตุอาหารจากการร่วงหล่นของใบไผ่หวานอ่างช้าง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่

เดือน	อัตราการสูญเสียธาตุอาหาร (กิโลกรัม/เฮคแตร์)					
	C	N	P	K	Ca	Mg
กุมภาพันธ์ 2546	1,591.20	35.70	0.43	31.45	26.78	14.03
มีนาคม 2546	1,707.26	38.30	0.46	33.74	28.73	15.05
เมษายน 2546	1,475.14	33.10	0.39	29.16	24.82	13.00
พฤษภาคม 2546	1,235.52	27.72	0.33	24.42	20.79	10.89
มิถุนายน 2546	396.86	8.90	0.11	7.84	6.68	3.50
กรกฎาคม 2546	247.10	5.54	0.07	4.88	4.16	2.18
สิงหาคม 2546	202.18	4.54	0.05	4.00	3.40	1.78
กันยายน 2546	190.94	4.28	0.05	3.77	3.21	1.68
ตุลาคม 2546	288.29	6.47	0.08	5.70	4.85	2.54
พฤศจิกายน 2546	456.77	10.25	0.12	9.03	7.69	4.03
ธันวาคม 2546	1,025.86	23.02	0.27	20.28	17.26	9.04
มกราคม 2547	924.77	20.75	0.25	18.28	15.56	8.15
เฉลี่ย	9,741.89	218.57	2.60	192.55	163.93	85.87

อัตราการสูญเสียธาตุอาหารอันเนื่องมาจากการร่วงหล่นของใบไผ่หวานอ่าง พบว่า มีการสูญเสียคาร์บอนมากที่สุดเท่ากับ 9,741.89 กิโลกรัม/เฮคแตร์/ปี อย่างไรก็ตาม คาร์บอนเป็นธาตุที่พืชสังเคราะห์ได้จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นธาตุที่มีปริมาณไม่จำกัดในธรรมชาติ สำหรับการสูญเสีย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม มีค่าเท่ากับ 218.57, 2.60, 192.55, 163.93, และ 85.87 กิโลกรัม/เฮคแตร์/ปี ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการสูญเสียเนื่องจากการร่วงหล่นของใบในป่าดิบแล้ง (อึ้ง, 2527) และสวนป่าไม้สะเดา (เจษฎา, 2544) แม้ว่าไผ่หวานอ่างช้างจะมีกระบวนการดึงธาตุอาหารกลับก่อนการทิ้งใบ แต่เนื่องจากไผ่หวานอ่างช้างมีการทิ้งใบจำนวนมาก อัตราการสูญเสียธาตุอาหารจึงค่อนข้างสูงมากด้วย ซึ่งการสูญเสียธาตุอาหารจากต้นนี้เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการหมุนเวียนธาตุอาหาร เนื่องจากธาตุอาหารเหล่านี้เมื่อถูกย่อยสลาย พืชจะสามารถดูดกลับไปใช้ได้

## 2.5 การปลดปล่อยธาตุอาหารที่ได้จากการสลายตัวของใบที่ร่วงหล่น

จากข้อมูลการย่อยสลายของใบที่ร่วงหล่น และปริมาณธาตุอาหารในเศษซากใบที่ได้จากการวิเคราะห์ สามารถคำนวณอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารของใบไผ่หวานอ่างขางลงสู่ดิน โดยพบว่าใบไผ่หวานอ่างขางจะมีอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารจากการสลายตัวของใบ ดังนี้ คือ คาร์บอน 5,988.34, ไนโตรเจน 134.35, ฟอสฟอรัส 1.59, โพแทสเซียม 118.36, แคลเซียม 100.77, และ แมกนีเซียม 52.78 กิโลกรัม/เฮกตาร์/ปี หรือมีการปลดปล่อยธาตุอาหารเรียงตามลำดับดังนี้ คาร์บอน > ไนโตรเจน > โพแทสเซียม > แคลเซียม > แมกนีเซียม > ฟอสฟอรัส การปลดปล่อยธาตุอาหารจากการร่วงหล่นของใบไผ่หวานอ่างขางมีค่าค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับสวนป่าไม้สะเดา (เกษฎา, 2544) เนื่องจากใบไผ่หวานอ่างขางมีปริมาณการร่วงหล่นของใบมาก และมีอัตราการสลายตัวในระดับปานกลาง (61.74 %)

### วิจารณ์ผล

ความผันแปรของประสิทธิภาพในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์หรือการสังเคราะห์แสงนอกจากขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในของพืชแล้วนั้นยังมีเป็นผลมาจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น ความเข้มแสง ความชื้นในดินและอากาศ อุณหภูมิ เป็นต้น โดยทั่วไปแล้ว ความเข้มแสงเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดความผันแปรของอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวัน (diurnal variation) ในขณะที่ความชื้นในดินและในอากาศ และอุณหภูมิก่อให้เกิดความแตกต่างของอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละฤดูกาล (seasonal variation) จากการศึกษาพบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ ( $A_{net}$ ) ของไผ่หวานอ่างขางมีความผันแปรทั้งในรอบวันและตามฤดูกาล ( $P < 0.01$ ) ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิผิวใบ การชักนำการเปิดปากใบ และความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศ มีความแตกต่างกัน ผลที่ได้รับเป็นไปในทำนองเดียวกันกับในไม้ยืนต้นพื้นเมืองหลายชนิดของไทยที่เคยมีรายงานมาก่อนหน้านี้ด้วย (สาพิศ และ ลดาวัลย์, 2539; ประนอม, 2542; Chaisalee, 2000; Royampaeng, 2001) การเพิ่มขึ้นของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในช่วงเช้าจนถึงประมาณ 10.00 น. นั้นเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของความเข้มแสง และอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิปรากฏค่าสูงสุดก่อนที่ความเข้มแสงจะมีค่าสูงสุด ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นรูปแบบของความผันแปรในรอบวันของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของพรรณไม้ในเขตร้อน และยังแสดงให้เห็นว่าช่วงเช้าเป็นช่วงเวลาที่ไม่มีความมีประสิทธิภาพในการดูดซับแสงได้เต็มที่ (Ackerly and Bazzaz, 1995) นอกจากนี้ช่วงเช้าเป็นช่วงที่ปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงและการเปิด-ปิดของปากใบ เช่น อุณหภูมิผิวใบ และความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศไม่ถูกจำกัด จึงส่งผลให้ในช่วงเช้ามักจะมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ และการชักนำการเปิดปากใบสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงบ่าย เช่นเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้ อย่างไรก็ตามการลดลงของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในช่วงบ่าย อาจจะไม่ได้อาจเกิดจากการถูกจำกัดของปากใบ (stomatal limitation) ทั้งนี้เนื่องจากสัดส่วนระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์และอากาศ ( $C_i/C_a$ ) ไม่ลดลง แต่การมีอุณหภูมิผิวใบในช่วงบ่ายค่อนข้างสูง ( $> 33^\circ\text{C}$ ) อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในช่วงบ่ายมีค่าลดลง

มีการศึกษามากมายที่แสดงให้เห็นว่าอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิมีความแตกต่างกันระหว่างชนิดไม้ (ลดาวัลย์, 2544; Royampaeng, 2001) ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยทางพันธุกรรมมีบทบาทสำคัญที่ก่อให้เกิด

ความผันแปรของประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้ สำหรับการศึกษานี้ในไฟหวาน อ่างช้างที่ผ่านมาของนิพล และคณะ (2545) พบว่า การปฏิบัติต่อกอไฟด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การให้น้ำ หรือการคลุมดินด้วยวัสดุต่างๆ ไม่ได้ทำให้ลักษณะทางสรีรวิทยาของไฟหวานอ่างช้างแตกต่างกัน ในขณะที่เดียวกันลักษณะทางสรีรวิทยาก็ไม่แสดงความแตกต่างกันตามอายุของลำไฟเมื่ออายุ 1-3 ปี (นิพล และ คณะ, 2545) แต่มีแนวโน้มให้เห็นว่าลำไฟที่มีอายุ 3 ปี มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิลดลง เช่นเดียวกับ ผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ที่ใบจากลำอายุ 1 ปี จะมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด และมีแนวโน้มว่าเมื่อไฟมีอายุมากขึ้นจะมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิลดลงโดยเฉพาะในฤดูแล้ง ทั้งนี้อาจเนื่องจากไม้ ไฟอายุ 1 ปี ใบส่วนใหญ่จะเป็นใบที่แตกใหม่ทำให้มีอายุของใบค่อนข้างน้อยกว่า ซึ่งเป็นใบที่กำลังมีกิจกรรม สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับใบของลำไฟอายุอื่นๆ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากความผันแปรของอัตราการ สังเคราะห์แสงสุทธิระหว่างใบค่อนข้างสูง อาจทำให้เปรียบเทียบอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิค่อนข้างลำบาก และทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในรอบวันที่ทำการศึกษาค้างนี้มีค่าอยู่ระหว่าง  $3-8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  เท่านั้น แลค่าสูงสุดของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของไม้ไฟหวานอ่างช้างมีค่าระหว่าง  $8-18 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าสูงสุดของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในไม้ป่าเขตร้อนและไม้โตเร็ว หลายชนิด ที่มีค่าระหว่าง  $4-15$  และ  $13-16 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ตามลำดับ (Ishida *et al.*, 1996) ซึ่งการมีค่า อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงอาจมีผลทำให้ไฟหวานอ่างช้างมีอัตราการเจริญเติบโตที่รวดเร็วด้วย

กิจกรรมของใบที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนก๊าซ อันได้แก่อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ และ การชักนำการเปิดปากใบ ( $g_s$ ) ของไม้ไฟหวานอ่างช้างในช่วงฤดูแล้งมีค่าต่ำกว่าในฤดูฝนอย่างเห็นได้ชัด โดยมีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซเพียงประมาณครึ่งหนึ่งของอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซในฤดูฝน ยกเว้นในลำไฟ อายุ 2 และ 4 ปี ที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซในช่วงฤดูแล้งสูงกว่าในช่วงฤดูฝน ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกับ การศึกษาของนิพล และคณะ (2545) โดยทั่วไปแล้วกิจกรรมการสังเคราะห์แสงของใบมีค่าลดลง ในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงฤดูแล้งอุณหภูมิอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ทำให้ความแตกต่างของ ความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศมีค่าสูง ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมสำหรับการแลกเปลี่ยนก๊าซของพรรณไม้ใน เขตร้อน นอกจากนี้การลดลงของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในช่วงฤดูแล้งอาจเกิดจากการปิดของปากใบ บางส่วน (partial stomatal closure) เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ สังเกตได้จากค่าการชักนำการเปิดปากใบที่ ลดลงจนเกือบเป็นศูนย์ในฤดูนี้ ต้นไม้จึงไม่สามารถแลกเปลี่ยนก๊าซได้อย่างเต็มที่ การปิดของปากใบนี้อาจ เป็นการตอบสนองต่อภาวะการขาดน้ำในบริเวณรอบๆ ราก (root zone) ของต้นไม้ และ/หรือ การตอบสนองต่อการลดลงของความชื้นในบรรยากาศ นอกจากนี้อัตราส่วนของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนได ออกไซด์ภายในเซลล์และอากาศ ในช่วงฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่าในช่วงฤดูฝน ประมาณร้อยละ 22-53 ก็แสดง ให้เห็นว่ากระบวนการสังเคราะห์แสงถูกจำกัดด้วยปากใบที่ปิดมากกว่าในช่วงฤดูแล้งด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับ ฤดูฝน อย่างไรก็ตาม การปิดของปากใบในสภาวะที่มีน้ำจำกัดนี้แม้ว่าจะทำให้การสังเคราะห์แสงและการ คายน้ำของไฟหวานอ่างช้างลดลงตามไปด้วย แต่ก็ยังเป็นวิธีการหนึ่งในการรักษาน้ำภายในต้นไม้ได้อย่างดีผล นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิผิวใบในฤดูแล้งนี้ก็มีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิมีค่าลดลงด้วย เนื่องจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงจะทำงานได้ช้าลงในที่มีอุณหภูมิสูง ซึ่งการ ผสมผสานของอุณหภูมิที่สูงและภาวะความเครียดจากน้ำ (water stress) จะส่งผลให้ต้นไม้เกิดกระบวนการ ยับยั้งการสังเคราะห์แสง (photoinhibition)



ปัจจัยแสงมีอิทธิพลโดยตรงต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณเพราะต้นไม้ต้องใช้พลังงานแสงมาช่วยผลักดันปฏิกิริยาเคมีในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยทั่วไปแล้วอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของต้นไม้จะไม่เพิ่มมากขึ้น เมื่อความเข้มแสงเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัวของแสง ซึ่งถือเป็นอัตราการสังเคราะห์แสงอิ่มตัว ( $A_{sat}$ ) ของไม้ชนิดนั้น หลังจากนั้นอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิจะมีค่าค่อนข้างคงที่หรือลดลง แม้ว่าความเข้มแสงจะยังคงเพิ่มขึ้น ซึ่ง Long and Hällgren (1993) กล่าวว่า การตอบสนองของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของต้นไม้ต่อการเพิ่มของความเข้มแสงมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง (curvilinear) สำหรับไม้ป่าที่พบว่าการสังเคราะห์แสงสุทธิจะเริ่มคงที่เมื่อความเข้มแสงมีค่าระหว่าง  $600 - 1,200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  หรือประมาณ 1 ใน 3 ของความเข้มแสงแดดเต็มที่ (Kozłowski and Pallardy, 1997) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ ( $500 - 1,000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) อย่างไรก็ตาม ในฤดูฝนไม้สามารถหาจุดอิ่มตัวของแสงของใบได้จากลำอายุ 1 ปี ได้ เนื่องจากไม้ไผ่หวานอาจบางเป็นพืชที่มีลักษณะการสังเคราะห์แสงแบบซี 4 ( $C_4$ ) ซึ่งเป็นพืชที่มีประสิทธิภาพในการใช้แสงสูง โดยเมื่อความเข้มของแสงเพิ่มขึ้น อัตราการสังเคราะห์แสงของพืชเหล่านี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยทั่วไปแล้วการตอบสนองของการสังเคราะห์แสงต่อความเข้มแสงมีความผันแปรขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของใบในช่วงพัฒนาการของใบ จากการศึกษาพบว่าทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝนใบไผ่จากลำอายุ 1 ปี มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด และมีแนวโน้มว่าเมื่อลำไผ่มีอายุมากขึ้นจะมีค่าอัตราการสังเคราะห์แสงอิ่มตัวลดลงด้วย

ในฤดูแล้ง ลำไผ่อายุ 3 และ 5 ปี มีอัตราการสังเคราะห์แสงอิ่มตัวลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอัตราการสังเคราะห์แสงอิ่มตัวที่พบในฤดูฝน ซึ่งตรงกันข้ามกับความเข้มแสงสมดุล (light compensation) ที่มีค่าเพิ่มขึ้น และการเพิ่มขึ้นดังกล่าวนี้ไม่ได้มีความสัมพันธ์กับการหายใจในที่มืด อาจเป็นไปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของความเข้มแสงสมดุลอาจเกี่ยวข้องกับปัจจัยอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดการลดลงของประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงในภาวะขาดน้ำที่พบในฤดูแล้ง จากการศึกษาพบว่าผลผลิตแสง (quantum yield) ของไม้ไผ่ทั้งห้าอายุลำมีค่าลดลงในช่วงฤดูแล้งเช่นกัน ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพในการใช้แสงในระดับความเข้มแสงต่ำ โดยปกติจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างใบที่ได้รับแสงเต็มที่ (sun leaf) และใบในที่ร่ม (shade leaf) โดยใบในที่ร่มจะมีค่าผลผลิตแสงสูงกว่าใบที่ได้รับแสง กล่าวคือ ใบในที่ร่มจะมีประสิทธิภาพในการใช้แสงในระดับความเข้มแสงต่ำได้ดีกว่าใบที่ได้รับแสง ในขณะที่ใบที่ได้รับแสงจะมีประสิทธิภาพในการใช้แสงในระดับความเข้มแสงสูงได้ดีกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะใบในที่ร่มจะมีการปรับตัวให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์มาก เพื่อเพิ่มศักยภาพในการดูดซับแสง ดังตัวอย่างการศึกษาของสาพิศ (2545) การมีค่า quantum yield ที่ต่ำนี้อาจจะเป็นกลไก photoinhibition ที่ช่วยป้องกันศูนย์กลางในการเกิดปฏิกิริยาของการสังเคราะห์แสง (reaction center) จากการได้รับแสงมากเกินไป (Osmond and Chow, 1988)

การชักนำการเปิดของปากใบ ( $g_s$ ) มีความสำคัญต่อการแพร่กระจายของก๊าซผ่านเข้าออกใบในระหว่างที่มีการสังเคราะห์แสงและการคายน้ำ Farguhar and Sharkey (1982) กล่าวว่า การชักนำการเปิดของปากใบมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการสังเคราะห์แสง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการชักนำการเปิดของปากใบมีความผันแปรขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่น แสง ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศ เป็นต้น (Körner, 1994) และจะมีผลทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิและการชักนำการเปิดของปากใบมีความผันแปรไปด้วย จากการศึกษาพบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับการชักนำการเปิดของปาก

ใบ โดยเฉพาะในฤดูแล้ง ซึ่งผลที่ได้รับนี้ก็คล้ายคลึงกับไม้ในเขตร้อนชนิดอื่น (Chaisalee, 2000) อย่างไรก็ตามกลับไม่พบความสัมพันธ์ของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ และการชักนำการเปิดของปากใบที่ทำการศึกษาในฤดูฝน ซึ่งอาจเนื่องมาจากการกระจายของข้อมูลกว้างมากและอาจมีปัจจัยแวดล้อมอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย นอกจากนี้ความสัมพันธ์ของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิและการชักนำการเปิดของปากใบก็มีทิศทางตรงข้ามในลำไผ่อายุ 4 ปี ที่ทำการศึกษาในฤดูฝน เนื่องจากโดยปกติในเมื่อปริมาณความเข้มแสงมากขึ้นเกินจุดอิ่มตัวของแสงไปแล้วนั้น อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิจะมีค่าค่อนข้างคงที่ แต่การชักนำการเปิดของปากใบยังคงเพิ่มมากขึ้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพที่มีความชื้นในบรรยากาศต่ำ และ/หรือมีความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศมาก

ความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์แสงผ่านทางปากใบ โดยไปควบคุมความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่องว่างระหว่างเซลล์ (Ci) การเพิ่มขึ้นของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศนี้ยังไปทำให้ชลลศกย์ในชั้นมิโซฟิลล์และผิวใบลดลงตามไปด้วย จากการศึกษามากมายแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มขึ้นของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศมีผลทำให้ทั้งอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ และการชักนำการเปิดของปากใบของพันธุ์ไม้ลดลง (Prior et al., 1997a; Prior et al., 1997b) ซึ่งจะผันแปรไปตามชนิดของพันธุ์ไม้ ในการศึกษาครั้งนี้จะเห็นได้ว่าอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิและการชักนำการเปิดของปากใบมีแนวโน้มลดลงเมื่อความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าทั้งอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ และการชักนำการเปิดของปากใบไม่มีความสัมพันธ์กับความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศ ซึ่งผลที่ได้มีความสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาในไม้หวานอย่างขางของนิพล และคณะ (2545ข) และการศึกษาของ Fordyce et al. (1997) ในไม้ *Allosyncarpia ternata* สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ส่วนหนึ่งอาจเนื่องมาจากตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาน้อยเกินไป นอกจากนี้การวิจัยบางเรื่องก็ชี้ให้เห็นว่าปากใบจะมีการตอบสนองต่อความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศมากขึ้นเมื่อการชักนำการเปิดของปากใบมีค่าสูง (Graham and Running, 1984) สำหรับการวิจัยในไม้ผากมัน ของ Ishizuka and Puangchit (2000) พบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิจะมีค่าลดลงเมื่อความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวใบกับอากาศ มีค่าประมาณ  $35-40 \text{ mPa Pa}^{-1}$

ซากพืช (Litter) หมายถึงส่วนของพืชที่ตายแล้วร่วงหล่นอยู่บนพื้นดิน อันได้แก่ ส่วนของใบ เปลือก ดอก ผล และเมล็ด โดยปกติการหาปริมาณซากพืชมักจะหาในรูปของน้ำหนักแห้งของซากพืชที่ร่วงหล่นมาใน litter trap ภายในช่วงเวลาที่กำหนด การประเมินการร่วงหล่นของซากพืชนี้เพื่อประเมินการสูญเสียผลผลิตที่พืชสร้างขึ้นอันเนื่องมาจากการตาย อย่างไรก็ตาม ปริมาณการร่วงหล่นที่ได้จากการเก็บซากพืชใน litter trap นี้จะได้ค่าต่ำกว่าค่าที่เป็นจริง เนื่องจากซากพืชบางส่วนเมื่อหล่นลงมาแล้วจะค้างอยู่ตามยอดไม้ที่อยู่ในระดับต่ำลงมา (hanging litter) ซึ่งซากพืชเหล่านี้ อาจมีการย่อยสลายก่อนที่จะร่วงหล่นลงมา อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ได้คำนึงถึงปริมาณที่สูญเสียไปจาก hanging litter เหล่านี้

ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชมีความผันแปรไปขึ้นกับลักษณะโครงสร้างของสังคมพืช อายุของหมู่ไม้ และสภาพภูมิอากาศ (Tanner, 1980) ปริมาณของซากพืชนี้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการศึกษาผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิและมีบทบาทในการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากสังคมพืชไปสู่ดิน จากการศึกษาพบว่า

ปริมาณการร่วงหล่นของใบไผ่หวานอ่างขางมีค่า 26.07 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี ซึ่งมีค่าสูงกว่าปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชที่พบในป่าเขตร้อนของแถบเอเชีย (3.4-12.0 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี) ที่เคยมีการศึกษามา (Proctor *et al.*, 1983; Rai and Proctor, 1986) รวมทั้งในป่าของไทย เช่น ป่าดิบแล้ง บริเวณสถานีวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.71 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี (เกษม และสามัคคี, 2523) และ 7.63 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี บริเวณลุ่มน้ำพรม จังหวัดชัยภูมิ (มณฑล, 2524) การที่ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชในการศึกษาดังนี้มีค่าสูงอาจเนื่องมาจากสวนป่าไผ่มีระบบการจัดการแบบเป็นกอ มีระยะห่างระหว่างกอมาก การวาง litter trap จะวางอยู่ในตำแหน่งกลางระหว่างกอไผ่ซึ่งซากพืชสามารถร่วงหล่นมาได้จากหลายกอ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชมีความแตกต่างกันในแต่ละปี ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ และผู้ทำการวิจัยได้ดำเนินการศึกษาปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชนี้ต่อเนื่องอีก 1 ปี เพื่อให้สามารถเข้าใจและอธิบายลักษณะโครงสร้างของระบบนิเวศได้อย่างชัดเจน

มีการวิจัยมากมายที่แสดงให้เห็นว่าการร่วงหล่นของซากพืชในป่าบกจะเกิดขึ้นมากที่สุดในช่วงที่พรรณไม้มีการผลัดใบหรือทิ้งใบ ซึ่งมักเป็นช่วงฤดูแล้ง (มีการขาดน้ำ) (ลดาวัลย์, 2544; Rai and Proctor, 1986, Bunyavejchewin, 2001; Bunyavejchewin and Nuyim, 2001) เช่นเดียวกับผลการศึกษาในครั้งนี้ ทั้งนี้เนื่องจากการผลัดใบเป็นวิธีการหนึ่งเพื่อการหลีกเลี่ยงและลดการสูญเสียน้ำของพืชในฤดูแล้ง สำหรับในป่าพรุหรือป่าโกงกางมีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชสูงในฤดูฝน (ช่วงที่มีน้ำท่วม) เช่น ป่าเสม็ดขาวในพื้นที่พรุบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส (Tange *et al.*, 2001) ป่าโกงกางในป่าป่วนิวิกินี (Leach and Burgin, 1985) ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมารายงานว่าความเครียดจากน้ำ (น้ำท่วม และ/หรือ การขาดน้ำ) จะชักนำให้เกิดการร่วงหล่นของใบในพืช (Kozłowski and Pallardy, 1997) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้องค์ประกอบของซากพืชที่พบเกือบทั้งหมดเป็นส่วนของใบ

ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบไผ่หวานอ่างขางเมื่อคิดปริมาณเป็นกิโลกรัมแล้วก็อยู่ในพิสัยของความเข้มข้นของธาตุอาหารในซากพืชของป่าเขตร้อนจากการศึกษาของ Dantas and Phillipson (1989) ซึ่งพบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุอาหารในซากพืชของพรรณไม้ในป่าเขตร้อนของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมมี มีค่าเฉลี่ย (พิสัย) เป็น 87.7 (44-110), 4.4 (1.2-7.0), 24.9 (17-33), 100.7 (13-290) และ 17.9 (9-24) กิโลกรัม/เฮกแตร์/ปี ตามลำดับ แม้ว่าสวนป่าไผ่หวานอ่างขางมีปริมาณธาตุอาหารบางชนิดต่ำ ซึ่งอาจมีผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินน้อยกว่าด้วยก็ได้ การใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตจึงอาจมีความจำเป็น แต่การที่ไผ่หวานอ่างขางมีการเจริญเติบโตและคงไว้ซึ่งการสร้างผลผลิตที่ดีได้ อาจเนื่องจากการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารบางชนิดไปไว้ในใบได้ตลอดเวลา แม้ว่าใบจะมีอายุมากแล้วก็ตาม โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารที่ถูกทำลายไปยังใบ เพื่อทำหน้าที่รักษาให้ใบคงสภาพของการทำงานในกิจกรรมต่างๆ ให้เป็นไปตามปกติ ที่ผ่านมามีหลักฐานจากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนในใบที่มีการพัฒนาในที่ที่ได้รับแสงเต็มที่ก็เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง (Hirose and Werger, 1987) ทั้งนี้พืชจะมีการจัดสรรปริมาณไนโตรเจนในใบเพื่อรักษามูลในกระบวนการ carboxylation และปริมาณไนโตรเจนที่พืชใช้ในกระบวนการนี้มีความสัมพันธ์กับความเข้มแสง (Chen *et al.*, 1993) ในพืชเกษตรบางชนิดธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียมจะมีปริมาณความเข้มข้นลดลง เมื่อพืชมีการเจริญเติบโตมากขึ้น (Osadi, 1995) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กิจกรรมของใบลดลง

โดยทั่วไปปริมาณธาตุอาหารมีค่ามากที่สุดไนโบ แต่พรรณไม้สามารถสะสมธาตุอาหารได้หลายส่วน เช่น ไบ เปลือก ลำต้น เป็นต้น Negi *et al.*, (1990) พบว่า ไนไม้สัก ที่ประเทศอินเดีย ไนโตรเจนและ ฟอสฟอรัส จะมีมากที่สุดไนโบ (1.65 และ 0.11 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง) โปตัสเซียมมีมากที่สุดไนราก (1.60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง) แคลเซียมมีมากที่สุดไนเปลือก (2.16 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง) และแมกนีเซียมมีมากที่สุดไนโบและเปลือก (0.17 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ Tsutsumi *et al.* (1983) พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมไม่มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับขนาดของต้นไม้

Isagi *et al.* (1997) ศึกษาผลผลิตสุทธิและการหมุนเวียนคาร์บอนในป่าไผ่ขน (*Phyllostachys pubescens*) พบว่าประมาณร้อยละ 34 ของผลผลิตที่ผลิตได้จะถูกสะสมอยู่ที่ส่วนเหง้าของไผ่ ซึ่งอาหารนี้ ปกติจะถูกนำมาใช้ในการผลิตหน่อใหม่ ๆ โดยทั่วไปในขณะที่หน่อไผ่ถูกเก็บเกี่ยวออกไป ปริมาณธาตุอาหาร บางส่วนจะถูกสูญเสียออกไปจากพื้นที่ ในขณะที่ธาตุอาหารบางส่วนจะกลับคืนสู่ดินจากเศษใบที่ร่วงหล่น Shanmughavel and Francis (1995) พบว่าในส่วนป่าไผ่ *Bambusa bambos* ที่ประเทศอินเดียจะมีปริมาณ ธาตุอาหารในดินเพิ่มมากขึ้นจากการร่วงหล่นของใบไม้ปีละ 10 % โดยมีอัตราส่วนของการเพิ่มขึ้นของธาตุ อาหารต่าง ๆ เรียงตามลำดับดังนี้ โปตัสเซียม > ไนโตรเจน > แมกนีเซียม > แคลเซียม > ฟอสฟอรัส สำหรับ ซึ่งมีแนวโน้มคล้ายคลึงกับในส่วนป่าไผ่หวานอ่างขางด้วย การศึกษาการหมุนเวียนของธาตุอาหารเหล่านี้จะ ช่วยให้สามารถปรับปรุงดิน การใส่ปุ๋ย ตลอดจนการจัดการทางด้านวนวัฒนวิธีอื่น ๆ ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการ จัดการสวนป่าไผ่เพื่อให้สามารถผลิตหน่อได้ในเวลาที่ต้องการ และให้ผลผลิตสูงสุด

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของธาตุอาหารเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง พบว่า ปริมาณธาตุ อาหารส่วนใหญ่ (ยกเว้นแมกนีเซียม) ในซากไผ่หวานอ่างขางที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าความ เข้มข้นของธาตุอาหารในซากเคี่ยมคะนองและตะเคียนหิน ที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัด นครราชสีมา (Bunyavejchewin, 2001) ซากพืชโกงกางใบเล็กที่จังหวัดตรัง (Bunyavejchewin and Nuyim, 2001) ตัวอย่างเช่น ปริมาณธาตุไนโตรเจน (0.84 %) มีค่าต่ำกว่าที่พบในซากเคี่ยมคะนอง (1.16 %) ตะเคียนหิน (1.15 %) จากการศึกษา พบว่า ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน > โปตัสเซียม > แคลเซียม > แมกนีเซียม > ฟอสฟอรัส ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารในกล้าไม้กระถินเทพา (Atipanumpai, 1989) ป่าดิบแล้งที่ห้วยหินดาศ และที่สะแกราช (ทรงธรรม, 2532)

นอกจากนี้ยังปรากฏว่าปริมาณธาตุอาหารอยู่ในช่วงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่ำกว่าในพรรณไม้ อื่น ตัวอย่างเช่น ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.62-1.05 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าต่ำ กว่าไนไม้ซ้อที่อยู่ในช่วง 1.39-2.10 และอาจมีค่าต่างกันตามตำแหน่งของเรือนยอด (Evans, 1979) หรือ แม้ในกล้าไม้กระถินเทพาที่อยู่ในช่วง 1.92-2.66 (ยุภา, 2535) 1.99-2.74 (Atipanumpai, 1989) เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งความเข้มข้นของธาตุอาหารนั้นมีความแตกต่างไปตามชนิดของเนื้อเยื่อ ชนิด ของป่า และองค์ประกอบของชนิดพรรณไม้ (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2527)

โดยปกติไผ่จะมีการแตกหน่อจากเหง้าให้ลำใหม่ได้เองตามธรรมชาติ วิสุทธิ (2539) กล่าวว่าลำไผ่ ที่มีอายุ 1-2 ปี มีความแข็งแรงมากที่สุดในการผลิตหน่อ ลำไผ่ที่มีอายุเพิ่มมากขึ้น จะมีพลังในการแตกหน่อ

ลดลง จากการศึกษาการแตกหน่อของไผ่ขน (*Phyllostachys pubescens*) ของ Li et al. (1998) พบว่า ผลผลิตของหน่อจะแตกต่างกันในแต่ละปี โดยจะมีผลผลิตมากและน้อยสลับกันไปในแต่ละปี นอกจากนี้ยังพบว่าผลผลิตของหน่อจะมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ผิวใบของหน่อใหม่ที่เกิดขึ้น โดยไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณหน่อที่ถูกเก็บเกี่ยว

สำหรับในไผ่หวานอ่างซาง Thaiutsa (2000) พบว่าผลผลิตหน่อของไผ่หวานอ่างซางจะผันแปรแตกต่างกันตามอายุของลำ ปริมาณน้ำฝนรายเดือนและการจัดการ กอไผ่หวานอ่างซางที่มีการจัดการอย่างประณีต จะมีผลผลิตมากขึ้นเมื่ออายุลำมากขึ้น โดยมีอัตราส่วนของผลผลิตหน่อเมื่ออายุ 1-3 ปี เท่ากับ 1 : 3 : 5 ตามลำดับ เมื่ออายุ 3 ปี จะมีผลผลิตเท่ากับ 18,012 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ อย่างไรก็ตาม การศึกษาผลผลิตหน่อในช่วงอายุลำที่มากขึ้น รวมทั้งปริมาณหน่อที่เกิดขึ้นแยกตามอายุลำของไผ่ยังมีการศึกษากันน้อยมาก จากข้อมูลของสถานีเกษตรหลวงปางดะที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าผลผลิตหน่อของไผ่หวานอ่างซางมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน โดยไผ่หวานอ่างซางจะให้ผลผลิตหน่อมากที่สุดในช่วงฤดูฝน (ประมาณเดือนกรกฎาคม-กันยายน) ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสูงด้วย ส่วนในช่วงฤดูแล้งจะให้ผลผลิตหน่อค่อนข้างน้อย อย่างไรก็ตามผลผลิตหน่อของไผ่หวานอ่างซางในแต่ละช่วงเดือนของฤดูฝนแต่ละปียังมีความแตกต่างกันด้วย ดังนั้นการให้น้ำแก่กอไผ่ก่อนช่วงฤดูฝนเล็กน้อยอาจกระตุ้นให้ไผ่มีการแตกหน่อในระยะต้นได้ นอกจากนี้รุ่งนภาและคณะ (2544) แนะนำการให้น้ำควบคู่ไปกับการใส่ปุ๋ยแก่กอไผ่อย่างสม่ำเสมอ นอกจากจะทำให้เกิดผลผลิตหน่อเร็วแล้ว ยังทำให้เกิดหน่อปริมาณมากและให้ผลผลิตตลอดในช่วงฤดูฝนด้วย จากการศึกษาในครั้งนี้นี้ยังพบว่าปริมาณผลผลิตหน่อไผ่หวานอ่างซางยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณการร่วงหล่นของซากพืช (โดยเฉพาะใบ) ด้วย โดยปริมาณผลผลิตของหน่อไผ่จะมากในช่วงเวลาที่มีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชน้อย ทั้งนี้อาจมีความเกี่ยวข้องกับการสะสมปริมาณธาตุอาหารจากใบเพื่อใช้ในกระบวนการสร้างหน่อ การศึกษาเพื่อให้ทราบถึงกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการจัดการไผ่เพื่อให้สามารถผลิตหน่อได้ในเวลาที่ต้องการ และให้ผลผลิตสูงสุด

### สรุปและข้อเสนอแนะ

กล่าวโดยสรุปว่าการศึกษาความสามารถในการสังเคราะห์แสงของลำไผ่หวานอ่างซางที่มีอายุต่างๆ กัน จะสามารถใช้ช่วยในการตัดสินใจในการจัดการกอไผ่เพื่อให้ได้ผลผลิตหน่อต่อกอมากที่สุด เนื่องจากการเก็บลำไผ่ที่มีความสามารถในการสังเคราะห์แสงได้น้อย อาจส่งผลให้ผลผลิตหน่อของไผ่ลดลง เนื่องจากอาหารส่วนหนึ่งถูกนำมาใช้ในการรักษาลำไผ่ ทำให้อาหารที่นำไปใช้ในการผลิตหน่อลดลง นอกจากนี้ความเข้าใจในเรื่องอัตราส่วนของคาร์บอน:ไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตของหน่อ และการหมุนเวียนของปริมาณธาตุอาหารในดิน จะช่วยให้สามารถจัดการเรื่องธาตุอาหารในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการประหยัดแรงงานและค่าใช้จ่ายหากมีการปลูกสร้างสวนป่าไผ่หวานอ่างซางเพื่อผลิตหน่อในเชิงพาณิชย์ต่อไป อย่างไรก็ตามเนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้นี้ยังไม่ได้ดำเนินการในการหาพื้นที่ผิวใบ ทำให้ไม่สามารถประเมินปริมาณคาร์บอนที่พืชสร้างขึ้น นอกจากนี้ยังไม่ได้มีการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในส่วนอื่นๆ ของไผ่ ทำให้ไม่สามารถบอกถึงการหมุนเวียนของธาตุอาหารในสวนไผ่หวานอ่างซาง ซึ่งจะได้ทำการศึกษาในปีต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง การสังเคราะห์แสง อัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจน และปริมาณการคืนกลับของธาตุอาหารในสวนผลิตหน่อไผ่หมาจู้ รหัสโครงการ 3035-3336 ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง ประจำปีงบประมาณ 2546 ผลงานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลงได้ด้วยความร่วมมือจากหลายฝ่าย ผู้ทำการวิจัยใคร่ขอขอบคุณ คุณสมาน ณ ลำปาง และเจ้าหน้าที่ของสถานีเกษตรหลวงปางดะที่ช่วยเหลือในด้านการเก็บข้อมูล อาหารและที่พัก ตลอดจนมูลนิธิโครงการหลวงที่อำนวยความสะดวกในเรื่องยานพาหนะ

## เอกสารอ้างอิง

- เกษม จันทรแก้ว และสามัคคี บุญยะวัฒน์. 2523. การสะสมของซากพืชและธาตุอาหารของป่าดิบแล้ง สะแกราช. รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 66. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เจษฎา พันสถา. 2544. การหมุนเวียนของธาตุอาหารในสวนป่าไม้สะเดา ที่ปลูกด้วยระดับความหนาแน่นต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทรงธรรม สุขสว่าง. 2532. การหมุนเวียนธาตุอาหารของป่าดิบแล้งบริเวณสถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำห้วยหินลาด จังหวัดระยอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธำรง ชินสุขใจประเสริฐ. 2527. การหมุนเวียนของธาตุอาหารในป่าดิบแล้งสะแกราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นิพล ไชยสาส์ วาทีณี ทองเชตุ ประนอม ชุมเรียง ลดาวัลย์ พวงจิตร และ บุญวงศ์ ไทยอุตสาห. 2545ข. ลักษณะทางนิเวศรีระที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงและการผลิตหน่อของไผ่หมาจู้, น. 237-247. ใน การสัมมนาทางวิชาการประจำปีของมูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่.
- ประนอม ผาสุข. 2542. ความผันแปรตามฤดูกาลของโครงสร้างเรือนยอดและอัตราการสังเคราะห์แสงของพรรณไม้เด่น 3 ชนิดในป่าเบญจพรรณ จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปราณีต. 2527. การหมุนเวียนของธาตุอาหารในป่าเต็งรัง สะแกราช. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ. 85 น.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬุ บุญวงศ์ ไทยอุตสาห สมศักดิ์ สุขวงศ์ สนิท อักษรแก้ว และสันต์ เกตุนิพล ไชยสาส์ วาทีณี ทองเชตุ ประนอม ชุมเรียง ลดาวัลย์ พวงจิตร และ บุญวงศ์ ไทยอุตสาห. 2545ก. การสังเคราะห์แสงและชลศกย์ในใบของไผ่หวานอ่างช้างที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่, น. 357-369. ใน การสัมมนาทางวนวัฒนวิทยาครั้งที่ 7. กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ.
- มณฑล จำเริญฤกษ์. 2524. ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของป่าดิบแล้งบริเวณลุ่มน้ำพรม จังหวัดชัยภูมิ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ยุภา รามอินทร์. 2535. อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและวัสดุเพาะชำต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้กระถินเทพา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- รุ่งนภา พัฒนวิบูลย์ บุญฤทธิ์ ภูริยากร และวัลย์พร สถิตวิบูลย์. 2544. ไผ่ไผ่ในประเทศไทย. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. 120 น.

- ลดาวลัย พวงจิตร์. 2544. คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณชีวมวลของพรรณไม้เขตร้อนภายใต้สภาพแวดล้อมต่างๆ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. 40 น.
- วิสุทธิ สุวรรณภินันท์. 2539. ระบบวนวัฒน. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 161 น.
- สาพิศ ร้อยอำแพง และลดาวลัย พวงจิตร์. 2539. ลักษณะทางกายวิภาคของใบและการแลกเปลี่ยนก๊าซของไม้ประดับที่ปลูกในกรุงเทพมหานคร, น. 79-95. ใน รายงานการประชุมการป่าไม้แห่งชาติ ประจำปี 2538. 20-24 พฤศจิกายน 2538. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สาพิศ ร้อยอำแพง. 2545. ลักษณะโครงสร้างของเรือนยอดและความผันแปรของคุณสมบัติของใบที่อยู่ในเรือนยอดของลูกผสมตามธรรมชาติของกระถินเทพาและกระถินณรงค์, น. 174-191. ใน รายงานวนวัฒนวิจัย ปี 2545. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- สุทธาทิพย์ จุติภักดิ์เตชา. 2539. การหมุนเวียนของธาตุอาหารในสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกด้วยระดับความหนาแน่นต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Ackerly, D.D. and F.A. Bazzaz. 1995. Seedling crown orientation and interception of diffuse radiation in tropical forest gaps. *Ecol.* 76: 1134-1146.
- Atipanumpai, L. 1989. *Acacia mangium*: Studies on the genetic variation in ecological and physiological characteristics of a fast-growing plantation tree species. *Acta For. Fenn.* 206. 92 p.
- Boote, K.J. and R.S. Loomis. 1991. The prediction of canopy assimilation, pp. 109-139. In K.J. Boote and R.S. Loomis (eds.). *Modeling Crop Photosynthesis from Biochemistry to Canopy*. CSSA Special Publication No. 19 (CSSA:Madison).
- Bunyavejchewin, S. 2001. Ecological studies of tropical semi-evergreen rain forest at Sakaerat, Nakhon Ratchasima, northeast Thailand, II. Litterfall, pp. 15-27. In *Silvicultural Research Report 2001*. Royal Forest Department, Bangkok.
- Bunyavejchewin, S. and T. Nuyim. 2001. Litterfall production in a primary mangrove, *Rhizophora apiculata* forest in southeast Thailand, pp. 28-38. In *Silvicultural Research Report 2001*. Royal Forest Department, Bangkok.
- Chaisalee, N. 2000. Leaf morphology, gas exchange characteristics and water deficit responses of four tropical tree species. M.S. Thesis. Kasetsart University, Bangkok.
- Chen, J.L., J.F. Reynolds, P.C. Harley and J.D. Tenhunen. 1993. Coordination theory of leaf nitrogen distribution in a canopy. *Oecologia* 93: 169-178.
- Dantas, M. and J. Phillipson. 1989. Litterfall and litter nutrient content in primary and secondary Amazonian 'terra firme' rain forest. *J. Trop. Ecol.* 5: 27-36.
- Evans, J. 1979. The effects of leaf position and leaf age in foliar analysis of *Gmelina arborea*. *Plant and Soil* 52: 547-552.
- Farquhar, G.D. and T.D. Sharkey. 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 33: 314-345.



- Fordyce, I.R., G.A. Duff and D. Eamus. 1997. The water relations of *Allosyncarpia ternata* (Myrtaceae) at contrasting sites in the monsoon tropics of northern Australia. *Aust. J. Bot.* 45: 259-274.
- Graham, J.S. and S.W. Running. 1984. Relative control of air temperature and water status on seasonal transpiration on *Pinus contorta*. *Can. J. For. Res.* 14: 833-838.
- Hirose, T. and M.J.A. Werger. 1987. Maximizing daily canopy photosynthesis with respect to the leaf nitrogen allocation pattern in the canopy. *Oecologia (Berlin)* 72: 1610-1618.
- Isagi, Y., T. Kawahara, K. Komo and H. Ito. 1997. Net production and carbon cycling in a bamboo *Phyllostachys pubescens* stand. *Plant Ecol.* 130: 41-52.
- Ishida, A., T. Toma, Y. Matsumoto, S.K. Yap and Y. Maruyama. 1996. Diurnal changes in leaf gas exchange characteristics in the uppermost canopy of a rain forest tree, *Dryobalanops aromatica* Gaertn.f. *Tree Physiol.* 16: 779-785.
- Ishizuka, M. and L. Puangchit. 1995. Photosynthetic capacity of some component tree in the tropical monsoon forest, pp. 75-83. *In Proceedings of the International of Tropical Forest Ecosystems by El Nino and others.* 7-10 February 1995, Kanchanaburi, Thailand.
- Körner, Ch. 1994. Leaf diffusive conductances in the major vegetation types of the globe, pp. 463-490. *In E.-D. Schulze and M.M. Caldwell (eds.). Ecophysiology of Photosynthesis: Ecological Studies, Vol. 100.* Springer-Verlag, Berlin.
- Kozlowski, T.T. and S.G. Pallardy. 1997. *Physiology of woody plants.* Academic Press Inc., New York. 411 p.
- Leach, G.J. and S. Burgin. 1985. Litter production and seasonality of mangroves in Papua New Guinea. *Aquat. Bot.* 23: 215-224.
- Li, R., M.J.A. Werger, H.J. Daring and Z.C. Zhong. 1998. Biennial variation in production of new shoots in groves of giant bamboo *Phyllostachys pubescens* in Sichuan, China. *Plant Ecol.* 135: 103-112.
- Long, S.P. and J-E. Hällgren. 1993. Measurement of CO<sub>2</sub> assimilation rate by plants in the field and the laboratory, pp.129-165. *In D.O. Hall, J.M.O. Scurlock, H.R. Bolhàr-Nordenkampf, R.C. Leegood and S.P. Long (eds.). Photosynthesis and Production in a Changing Environment : A Field and Laboratory Manual.* Chapman & Hall, London.
- Negi, J.D.S., V.K. Bahuguna and D.C. Sharma. 1990. Biomass production and distribution of nutrients in 20 years old teak (*Tectona grandis*) and gamar (*Gmelia arborea*) plantation in Tripura. *The Indian Forester* 16: 681-686.
- Osadi, M. 1995. Ontogenetic changes of N, P and K contents in individual leaves of field crops. *Soil Sci. Plant Nutr.* 41: 429-438.

- Osmond, C.B. and W.S. Chow. 1988. Ecology of photosynthesis in the sun and shade: Summary and prognostications. *Aust. J. Plant Physiol.* 15: 1-9.
- Petmak, P. 1983. Primary productivity, nutrient cycling and organic matter turnover of tree plantations after agricultural intercropping practices in northeast Thailand. Ph.D. Thesis, University of the Philippines at Los Banos, Los Banos.
- Prior, L.D., D. Eamus and G.A. Duff. 1997a. Seasonal trends in carbon assimilation, stomatal conductance, pre-dawn leaf water potential and growth in *Terminalia ferdinandiana*, a deciduous tree of northern Australian savannas. *Aust. J. Bot.* 45: 53-69.
- Prior, L.D., D. Eamus and G.A. Duff. 1997b. Seasonal and diurnal patterns of carbon assimilation, stomatal conductance and leaf water potential in *Eucalyptus tetrodonta* saplings in a wet-dry savanna in northern Australia. *Aust. J. Bot.* 45: 241-258.
- Proctor, J., J.M. Anderson, S.C.L. Fogden and H.W. Vallack. 1983. Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gunung Mulu National Park, Sarawak. II. Litterfall, litter standing crop and preliminary observations on herbivory. *J. Ecol.* 71: 261-283.
- Rai, S.N. and J. Proctor. 1986. Ecological studies on four rain forests in Karnataka, India. II. Litterfall. *J. Ecol.* 74: 455-463.
- Royampaeng, S. 2001. Physiology of intraspecific and interspecific hybrids of *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. Ph.D. Thesis. Northern Territory University, Darwin, Australia.
- Shanmughavel, P. and K. Francis. 1997. Balance and turnover of nutrient in bamboo plantation (*Bambusa bambos*) of different ages. *Bio. and Fert. of Soil Abst.* 25(1): 69-74.
- Tange, T., T. Kawazoe, T. Yamanoshita, Y. Morikawa and T. Nuyim. 2001. Biomass production of *Melaleuca cajuputi* forest degraded peat swamp of southeast Thailand, pp. 39-48. *In* Silvicultural Research Report 2001. Royal Forest Department, Bangkok.
- Tanner, E.V.J. 1980. Litterfall in montane rain forests of Jamaica and its relation to climate. *J. Ecol.* 68: 833-848.
- Thaiutsa, B. 1996. An Overview of Highland Reforestation Project at Angkhang, Chiangmai, pp. 1-6. *In* Highland Forestry of the Royal Project Foundation, A Workshop Proc. (Chung & Thaiutsa eds.). Taiwan Forestry Research Institute, Taipei.
- Thaiutsa, B. 2000. Bamboo plantation of the Royal Project, pp. 1-5. *In* Proceedings of the International Symposium BAMBOO2000 (L. Puangchit, B. Thaiutsa and S. Thammincha, eds.). Kasetsart University, Thailand.
- Tsutsumi, T., K. Yoda, P. Sahunalu, P. Dhanmanonda and B. Prachiyo. 1983. Forest: Felling, Burning and Regeneration, pp. 13-62. *In* K. Kyuma and C. Pairintra (eds.). Shifting cultivation. A report of cooperative research between Thai-Japanese University.