Thai J. For. 14 : 151-160 (1995) วารสารวนศาสตร์ 14 : 151-160 (2538)

อิทธิพลของมลพิษทางอากาศต่อลักษณะโครงสร้างใบและการเจริญเติบโตของกล้าไม้ประดู่บ้าน

EFFECTS OF AIR POLLUTION ON LEAF STRUCTURE AND GROWTH PERFORMANCES OF *PTEROCARPUS INDICUS* WILLD. SEEDLINGS

สาพิศ ร้อยอำแพง[1] Sapit Royampaeng
ลดาวัลย์ พวงจิตร[2] Ladawan Puangchit

ABSTRACT

The present study was aimed at determining the responses of leaf structure and growth performances, i.e. height growth, dry biomass and leaf area of *P. indicus* seedlings exposed to air pollution compared with the controlled ones. The result indicated that there were slight changes in leaf structure of seedlings exposed to air pollution, including leaf thickness, palisade layer thickness, number of palisade cells, and number of trichomes. No statistical differences in stomatal frequency and size as related to air pollution were observed ($p>0.05$). The height growth, total leaf area, and dry biomass of polluted seedlings were reduced significantly. However, there were no statistically significant differences in biomass RGR between controlled and polluted seedlings.

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของมลพิษทางอากาศ ต่อลักษณะโครงสร้างใบและการเจริญเติบโตของกล้าไม้ประดู่บ้าน มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาการตอบสนองของลักษณะโครงสร้างใบและการเจริญเติบโต อันได้แก่ ความสูง น้ำหนักแห้ง และพื้นที่ผิวใบ ของกล้าไม้ประดู่บ้านที่ได้รับมลพิษทางอากาศ เปรียบเทียบกับกล้าไม้ที่ไม่ได้รับมลพิษทางอากาศ ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะโครงสร้างบางประการของใบ ได้แก่ ความหนาของใบ สัดส่วนของ และจำนวนของ palisade parenchyma ตลอดจนจำนวนขนที่ปกคลุมผิวใบ มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับมลพิษทางอากาศระยะหนึ่ง ในขณะที่จำนวนและขนาดของปากใบไม่ได้แสดงการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศแต่อย่างใด สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโต พบว่า กล้าไม้ที่ได้รับมลพิษทางอากาศมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูง พื้นที่ผิวใบ และน้ำหนักแห้ง น้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับกล้าไม้ที่ไม่ได้รับมลพิษทางอากาศ ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) อย่างไรก็ตาม อัตราความเพิ่มพูนเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของกล้าไม้ที่ได้รับและไม่ได้รับมลพิษทางอากาศในการศึกษาครั้งนี้มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

[1] ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กทม. 10900

[2] ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กทม. 10900

คำนำ

การพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของมนุษย์เพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ตลอดจนเพื่อตอบสนองความสะดวกสบายในชีวิตประจำวัน ก่อให้เกิดมลภาวะแก่สิ่งแวดล้อมอย่างมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษทางอากาศ มีหลักฐานเป็นที่แน่ชัดบ่งชี้ว่าในปัจจุบันปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในบรรยากาศของโลกมีการเพิ่มขึ้นในอัตราที่คงที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมืองใหญ่ๆ ซึ่งมีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นและมียานพาหนะคับคั่ง การเผาผลาญเชื้อเพลิงของยานพาหนะต่างๆ ตลอดจนกิจกรรมในโรงงานอุตสาหกรรมก่อให้เกิดการเพิ่มมลภาวะในอากาศ ซึ่งนอกเหนือจากกาซคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว ยังมีกาซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ไนตรัสออกไซด์ (No_x) โอโซน (O_3) สารตะกั่ว และฝุ่นละออง เป็นต้น จากรายงานคุณภาพอากาศและเสียงของกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2534 พบว่าปริมาณสิ่งเจือปนในอากาศ ได้แก่ ฝุ่นละออง กาซคาร์บอนมอนอกไซด์ และสารตะกั่ว ในบริเวณที่มีการจราจรคับคั่ง เช่น สีลม เยาวราช มีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนด (กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, 2534) วิธีการหนึ่งที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศ คือ การเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเขตเมืองใหญ่ๆ หรือรอบเขตโรงงานอุตสาหกรรม โดยการจัดการในรูปแบบต่างๆ เช่น การปลูกต้นไม้ในสวนสาธารณะ บริเวณเกาะกลางถนน และบริเวณริมถนน เป็นต้น เนื่องจากพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นไม้ใหญ่ๆ โดยทั่วไป มีคุณสมบัติในการดูดซับกาซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพื่อนำไปใช้ในขบวนการสังเคราะห์แสง นอกจากนั้นยังปลดปล่อยกาซออกซิเจนออกสู่บรรยากาศ ทำให้คุณภาพอากาศดีขึ้น ซึ่งความสามารถในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้นั้นแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้ (Kramer และ Kozlowski, 1979)

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของไม้ประดับยืนต้น ที่ปลูกภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีมลพิษทางอากาศนั้นยังมีการศึกษาอยู่น้อยมาก วัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของมลพิษทางอากาศที่มีต่อลักษณะโครงสร้างของใบและการเจริญเติบโตทางด้านความสูง พื้นที่ผิวใบ และน้ำหนักแห้งของกล้าไม้ประดู่บ้าน ซึ่งเป็นไม้ประดับยืนต้นที่นิยมปลูกมากที่สุดชนิดหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาการตอบสนองของกล้าไม้ประดับยืนต้นที่มีต่อมลพิษทางอากาศ อันจะเป็นแนวทางไปสู่การคัดเลือกชนิดไม้ที่มีความสามารถในการตั้งตัวและเจริญเติบโตได้ดี ตลอดจนมีประสิทธิภาพในการดูดซับกาซคาร์บอนไดออกไซด์สูง ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีมลพิษทางอากาศมาก เช่น เขตกรุงเทพมหานครต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมกล้าไม้

สุ่มตัวอย่างกล้าไม้ประดู่บ้านอายุ 10 เดือน จำนวน 30 ต้น วัดความสูงและชั่งน้ำหนักของกล้าไม้ แบ่งกล้าไม้ออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 15 ต้น กลุ่ม

แรกไม่ได้รับมลพิษทางอากาศ โดยนำกระถางกล้าไม้ไปวางไว้ในเรือนเพาะชำ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และกล้าไม้กลุ่มที่สองได้รับมลพิษทางอากาศ โดยนำกระถางกล้าไม้ไปวางไว้บริเวณเกาะกลางถนนหน้าห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลพลาซา ลาดพร้าว วัดการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและน้ำหนักแห้งของกล้าไม้ก่อนทำการทดลอง หลังจากนั้น 6 เดือน ทำการวัดการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและพื้นที่ผิวใบของกล้าไม้ประดู่บ้านอีกครั้งหนึ่ง การวัดพื้นที่ผิวใบได้ใช้เครื่องมือ LICOR Portable Leaf Area Meter Model 3000A หลังจากนั้น ชั่งน้ำหนักกล้าไม้โดยแยกเป็น ใบ ลำต้น และราก แล้วนำกล้าไม้ไปอบที่อุณหภูมิ 75 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้งแต่ละส่วนของกล้าไม้

การศึกษาลักษณะโครงสร้างใบ

สุ่มตัวอย่างใบที่พัฒนาเต็มที่แล้วจากกล้าไม้ตัวอย่าง กลุ่มละ 3 ต้นๆ ละ 1 ใบ ทำการศึกษาลักษณะโครงสร้างใบโดยวิธีการทำสไลด์ถาวรของ Johansen (1940) วัดความหนาของใบ ความหนาของชั้น palisade parenchyma และ spongy parenchyma และทำการสุ่มตัวอย่างใบของกล้าไม้ตัวอย่างอีกต้นละ 1 ใบ เพื่อศึกษาลักษณะ ขนาด และจำนวนของปากใบ ตลอดจนจำนวนของขนที่ปรากฏบนผิวใบ โดยวิธีการพิมพ์ลายผิวใบด้วยน้ำยาทาเล็บ ในการพิมพ์ลายผิวใบนั้นจะทำเฉพาะผิวด้านหลังของใบ (abaxial) เนื่องจากไม้ประดู่บ้านมีปากใบปรากฏเฉพาะทางด้านหลังของใบเท่านั้น (สาพิศ และ ลดาวัลย์, 2538) โดยแบ่งใบออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนปลาย (apex) ส่วนกลาง (middle) และส่วนฐาน (base) ของใบเพื่อให้การศึกษาลักษณะของปากใบมีการกระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งผิวใบ นับจำนวนและวัดขนาดของปากใบ

ผลและวิจารณ์ผล

ลักษณะโครงสร้างใบ

จากการศึกษาลักษณะโครงสร้างใบของไม้ประดู่บ้านที่ได้รับและไม่ได้รับมลพิษทางอากาศ พบว่า ลักษณะโครงสร้างบางประการของใบ ได้แก่ ความหนาของใบ ความหนาของชั้น palisade parenchyma ความหนาของชั้น spongy parenchyma ตลอดจนสัดส่วนความหนาของชั้น palisade parenchyma และ spongy parenchyma มีความแตกต่างกัน (Table 1) ตัวอย่างใบที่ไม่ได้รับมลพิษทางอากาศจะมีความหนามากกว่าใบที่ได้รับมลพิษทางอากาศ โดยมีความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 156.67 และ 139.33 ไมครอน ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากความหนาของชั้น palisade parenchyma ของใบที่ได้รับมลพิษทางอากาศลดลง และเมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนของความหนาของชั้น palisade parenchyma ต่อความหนาของใบ พบว่ามีค่าเพียง 19.48 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ใบที่ไม่ได้รับมลพิษทางอากาศมีค่าเท่ากับ 30.07 เปอร์เซ็นต์ สำหรับอัตราส่วนของความหนาของชั้น spongy parenchyma ต่อความหนาของใบที่ได้รับมลพิษทางอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (55.84 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับใบที่ไม่ได้รับมลพิษทางอากาศ (45.87 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับโครงสร้างใบของไม้ประดู่บ้านที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ซึ่งปลูกในบริเวณ

Table 1. Some leaf anatomical characteristics (mean ± SD) of *Pterocarpus indicus* seedlings under controlled and polluted conditions

Leaf anatomical characteristics	Treatment		F-value
	Controlled condition	Polluted condition	
Total leaf thickness (μm)	156.67 ± 3.99	139.33 ± 4.95	22.32**
Palisade layer thickness (μm)	47.17 ± 5.36	27.11 ± 0.54	41.64**
Spongy layer thickness (μm)	71.89 ± 4.44	77.83 ± 4.09	2.90^{ns}
Palisade layer percentage (%)	30.07 ± 2.73	19.48 ± 1.02	39.74**
Spongy layer percentage (%)	45.87 ± 1.98	55.84 ± 1.05	59.39**

Significance levels of the F-test: * : $p<0.05$
ns : not significant at $p<0.05$

ต่างๆ ที่มีมลพิษทางอากาศของกรุงเทพมหานคร (สาพิศ และ ลดาวัลย์, 2538) แต่กล้าไม้ประดู่บ้านที่ทำการศึกษาในครั้งนี้นั้น มีความหนาของใบน้อยกว่า แสดงให้เห็นถึงความผันแปรอันเนื่องจากอายุของต้นประดู่บ้าน โดยกล้าไม้จะมีใบบางกว่าต้นที่มีอายุมากและเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว

นอกจากนี้ยังพบว่า ใบที่ได้รับมลพิษทางอากาศจะมี palisade parenchyma เรียงตัวอยู่อย่างหลวมๆ ในขณะที่ใบที่ไม่ได้รับมลพิษทางอากาศจะมีการเรียงตัวอย่างหนาแน่น (Figure 1) ซึ่งปริมาณ palisade cell ที่ลดลงนี้อาจจะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของกล้าไม้ประดู่บ้านลดลง เนื่องจาก palisade cell มี chloroplast เป็นองค์ประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก และการที่จำนวน palisade cell ลดลงจะส่งผลให้ปริมาณ chlorophyll ที่มีอยู่ใน chloroplast ซึ่งจำเป็นต่อขบวนการสังเคราะห์แสง ลดลงไปด้วยเช่นกัน

สำหรับการศึกษาจำนวนขน (trichome) ที่ปกคลุมด้านหลังของใบ พบว่า ใบที่ได้รับมลพิษทางอากาศจะมีขนปกคลุมมากกว่าใบที่ไม่ได้รับมลพิษทางอากาศ โดยมีจำนวนขนที่ปกคลุมด้านหลังใบเฉลี่ยเท่ากับ 11 และ 5 ขน/มม^2 ตามลำดับ (Figure 1 และ Table 2) การเพิ่มขึ้นของจำนวนขนที่ปกคลุมด้านหลังของใบนี้ อาจเนื่องมาจากผลกระทบโดยตรงจากมลพิษทางอากาศ ทำให้ต้นไม้มีการปรับโครงสร้างของใบ โดยการเปลี่ยนเซลมาเป็นขนเพื่อช่วยในการกรองฝุ่นละอองและสิ่งเจือปนอื่นๆ ในอากาศ ตลอดจนช่วยลดการสูญเสียน้ำภายในใบ

จากการเปรียบเทียบจำนวนและขนาดของปากใบของกล้าไม้ประดู่บ้านที่ได้รับและไม่ได้รับมลพิษทางอากาศ พบว่ามีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน ดังแสดงใน Table 2 โดยจำนวนของปากใบเฉลี่ยเท่ากับ 161 และ 159 ปากใบ/มม^2 และปากใบมีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 25.55 และ 26.48 ไมครอน ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของ สาพิศ และ ลดาวัลย์ (2538) ที่ทำการศึกษากับไม้ประดู่บ้านที่ปลูกในพื้นที่ต่างๆ ของกรุงเทพมหานคร ซึ่งปกติแล้ว ความผันแปรของจำนวนและขนาดของปากใบนั้นจะได้รับอิทธิพลโดยตรงจากลักษณะทางพันธุกรรมของต้นไม้มากกว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อม (Wood, 1934)

อย่างไรก็ตาม การปรับโครงสร้างบางประ-

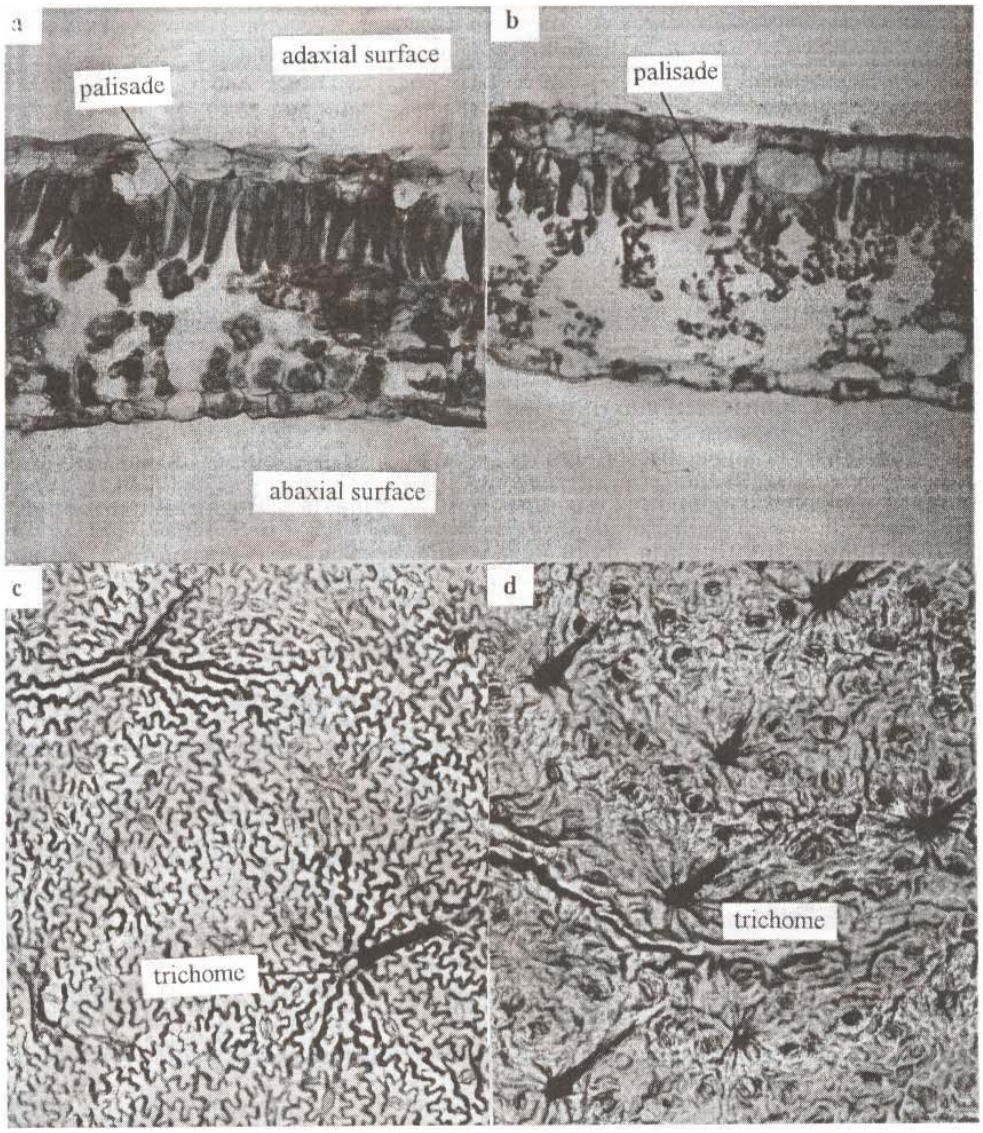

Figure 1. Leaf structure of *P. indicus* seedlings, transection of controlled leaf, x720 (a); transection of polluted leaf, x720 (b); imprint on the abaxial surface of controlled leaf, x360 (c); imprint on the abaxial surface of polluted leaf, x360 (d).

Table 2. Trichome frequency, stomatal frequency and stomatal size (mean ± SD) of *P. indicus* seedlings under controlled and polluted conditions

Epidermal chracteristics	Treatment		F-value
	Controlled condition	Polluted condition	
Trichome number/mm^2	5.40 ± 1.41	11.03 ± 2.40	61.38**
Stomatal number/mm^2	158.93 ± 10.31	161.39 ± 20.49	0.17 ns
Stomatal size (μm)	26.48 ± 0.83	25.55 ± 1.59	4.01 ns

Significance levels of the F-test: * : $p<0.05$
ns : not significant at $p<0.05$

การของใบประดู่บ้าน ได้แก่ ความหนาของใบ ความหนาของ palisade parencyma จำนวนขนที่ปกคลุมใบ ฯลฯ นอกจากจะเป็นผลกระทบโดยตรงจากมลพิษทางอากาศแล้ว อาจจะเป็นผลกระทบเนื่องมาจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น แสง ปริมาณน้ำในดิน ความชื้นในอากาศ เป็นต้น อิทธิพลร่วมของปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ น่าจะได้มีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

การเจริญเติบโตทางความสูง

Table 3 แสดงความสูงเฉลี่ยของกล้าไม้ประดู่บ้านในขณะเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง จะเห็นได้ว่าเมื่อเริ่มต้นการทดลองความสูงเฉลี่ยของกล้าไม้ทั้ง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกันเล็กน้อย แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความสูงเฉลี่ยของกล้าไม้ที่ไม่ได้รับมลพิษทางอากาศมีค่ามากกว่ากล้าไม้ที่ได้รับมลพิษทางอากาศ โดยมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 149.20 และ 87.00 ซม ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบความเพิ่มพูนเฉลี่ย (Relative Growth Rate, RGR) ทางความสูงของกล้าไม้ที่ได้รับและไม่ได้รับมลพิษทางอากาศ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.049 และ 0.119 ซม/ซม/เดือน ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวนี้มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยทั่วไปแล้ว สารมลพิษที่ปะปนอยู่ในอากาศจะส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตที่ลดลงนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารมลพิษ ตลอดจนระยะเวลาที่กล้าไม้ได้รับสารมลพิษ Kozlowski และ Constantinidou (1986) ได้รวบรวมผลงานวิจัยมากมายที่แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของกล้าไม้หลายชนิดลดลงเนื่องจากได้รับสารมลพิษในอากาศ เช่น SO_2 O_3 No_x และฝุ่นละออง ซึ่งนอกเหนือจากการเจริญเติบโตทางความสูงของกล้าไม้แล้ว การเจริญเติบโตทางความสูงและทางความโตของต้นไม้ใหญ่ที่ได้รับอิทธิพลจากมลพิษทางอากาศ น่าจะมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป

พื้นที่ผิวใบ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ผิวใบของกล้าไม้ประดู่บ้าน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าพื้นที่ผิวใบเฉลี่ยของกล้าไม้ที่ได้รับและไม่ได้รับมลพิษทางอากาศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยพื้นที่ผิวใบเฉลี่ยของกล้าไม้ที่ได้รับ และไม่ได้รับมลพิษทางอากาศ

Table 3. The average height growth and relative growth rate (mean ± SD) of *P. indicus* seedlings under controlled and polluted conditions

Height growth (cm)	Controlled condition	Polluted condition	F-value
Beginning (April 10, 1994)	73.20 ± 7.37	66.12 ± 15.24	0.88 ns
End (October 12, 1994)	149.20 ± 9.31	87.00 ± 8.00	128.36 **
RGR (cm cm^{-1} m^{-1})	0.12 ± 0.01	0.05 ± 0.03	24.17 **

Significance level of the F-test: ** : $p<0.01$
ns : not significant at $p<0.05$

มีค่าเท่ากับ 780 และ 2,114 ตร.ซม ต่อต้น ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งการลดลงของพื้นที่ผิวใบของกล้าไม้ที่ได้รับมลพิษทางอากาศอาจเกิดเนื่องจากมลพิษทางอากาศส่งผลกระทบโดยตรงต่อใบของกล้าไม้ โดยยับยั้งการเกิดใบ (leaf formation) ยับยั้งการขยายขนาดของใบ (leaf expansion) และเร่งการหลุดร่วงของใบ (leaf abscission) ผลกระทบดังกล่าวนี้ทำให้จำนวนและขนาดของใบของกล้าไม้ที่ได้รับมลพิษทางอากาศลดลง ซึ่งจะส่งผลให้พื้นที่ผิวใบรวมของกล้าไม้ลดลงด้วยเช่นกัน สำหรับการศึกษาครั้งนี้พบว่าการที่พื้นที่ผิวใบของกล้าไม้ที่ได้รับมลพิษทางอากาศลดลงเนื่องจากการลดลงของจำนวนและขนาดของใบ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kozlowski และคณะ (1991) ที่พบว่าอัตราการขยายขนาดของใบของกล้าไม้ป่าหลายชนิดลดลงเนื่องจากได้รับมลพิษทางอากาศ นอกจากนี้ Kozlowski และ Constantinidou (1986) ได้แนะนำว่า การศึกษาอิทธิพลของมลพิษทางอากาศต่อการเจริญเติบโตของใบควรศึกษาในช่วง cotyledon stage เพราะการเจริญเติบโตของใบในช่วงเวลาดังกล่าว ไวต่อการตอบสนองต่อมลพิษทางอากาศมากที่สุด

น้ำหนักแห้ง

น้ำหนักแห้งของกล้าไม้ประดู่บ้านที่ได้รับและไม่ได้รับมลพิษทางอากาศ แสดงใน Table 5 ขณะเริ่มต้นการทดลองน้ำหนักแห้งของกล้าไม้ทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันเล็กน้อย แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองน้ำหนักแห้งของกล้าไม้ที่ได้รับและไม่ได้รับมลพิษทางอากาศมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) น้ำหนักแห้งของกล้าไม้ที่ได้รับมลพิษทางอากาศมีค่าน้อยกว่ากล้าไม้ที่ไม่ได้รับมลพิษทางอากาศ โดยน้ำหนักแห้งรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.94 และ 76.48 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบการตอบสนองของผลผลิตมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ของกล้าไม้ต่อมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ราก ลำต้น และใบ พบว่าน้ำหนักแห้งของทุกๆ ส่วนของกล้าไม้ที่ได้รับมลพิษทางอากาศมีค่าน้อยกว่ากล้าไม้ที่ไม่ได้รับมลพิษทางอากาศ น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของราก ลำต้น และใบของกล้าไม้ที่ได้รับมลพิษทางอากาศมีค่าเท่ากับ 9.89, 15.92 และ 10.04 กรัมต่อต้น ในขณะที่กล้าไม้ที่ไม่ได้รับมลพิษทางอากาศมีค่าเท่ากับ 21.04, 38.54 และ 16.90 กรัมต่อต้น ตาม

Table 4. The average total leaf area (mean ± SD) of *P. indicus* seedlings under controlled and polluted conditions

Treatment	Total leaf area (cm^2/seedling)
Controlled condition	2,114 ± 510
Polluted condition	780 ± 328
F-value	24.20 **

Significance level of the F-test: ** : $p<0.01$

ลำดับ จะสังเกตเห็นว่าน้ำหนักแห้งของลำต้นไวต่อการตอบสนองต่อมลพิษทางอากาศมากกว่าน้ำหนักแห้งของส่วนอื่นๆ ของกล้าไม้ (Table 5) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบความเพิ่มพูนเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของกล้าไม้ทั้งสองกลุ่ม พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยความเพิ่มพูนเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของกล้าไม้ที่ได้รับมลพิษทางอากาศมีค่าเท่ากับ 0.224 กรัม/กรัม/เดือน ในขณะที่กล้าไม้ที่ไม่ได้รับมลพิษทางอากาศมีค่าเท่ากับ 0.302 กรัม/กรัม/เดือน

โดยทั่วไปแล้ว การเปลี่ยนแปลงของน้ำแห้งหรือผลผลิตมวลชีวภาพจะเป็นตัวแปรที่ดีที่ใช้ในการประเมินการตอบสนองของการเจริญเติบโตของกล้าไม้ต่อมลพิษทางอากาศ (Constantinidou และ Kozlowski, 1979) จากผลการศึกษาครั้งนี้บ่งชี้ว่าผลผลิตมวลชีวภาพของกล้าไม้ประดู่บ้านไวต่อการตอบสนองต่อมลพิษทางอากาศ ไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักแห้งของใบ น้ำหนักแห้งของลำต้น น้ำหนักแห้งของราก หรือน้ำหนักแห้งรวมก็ตาม อาจเป็นไปได้ว่าในระยะแรกกล้าไม้ประดู่บ้านกำลังพยายามปรับตัวเพื่อให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีมลพิษทางอากาศ ทำให้การเจริญเติบโตในระยะแรกไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร อย่างไรก็ตาม การเจริญเติบโตของกล้าไม้ประดู่บ้านในระยะยาวน่าจะมีแนวโน้มที่ดีขึ้น สังเกตจากความเพิ่มพูนเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของกล้าไม้ที่ได้รับมลพิษทางอากาศ มีแนวโน้มใกล้เคียงกับกล้าไม้ที่ไม่ได้รับมลพิษทางอากาศ

Table 5. The average dry biomass (mean ± SD) of *P. indicus* seedlings under controlled and polluted conditions

Dry biomass (g/seedling)	Controlled condition	Polluted condition	F-value
Beginning (April 10, 1994)	12.88 ± 3.85	10.12 ± 4.61	1.06 ns
End (October 12, 1994)			
Roots	21.04 ± 4.46	8.98 ± 1.97	30.54 **
Shoots	38.54 ± 4.99	15.92 ± 3.33	71.14 **
Leaves	16.90 ± 2.25	10.04 ± 1.70	29.65 **
Total	76.48 ± 10.06	34.94 ± 5.27	66.87 **
RGR ($g\ g^{-1}\ m^{-1}$)	0.30 ± 0.058	0.22 ± 0.11	2.04 ns

Significance levels of the F-test: ** : $p<0.01$
ns : not significant at $p<0.05$

สรุป

ไม้ประดู่บ้านมีการตอบสนองต่อมลพิษทางอากาศในระยะที่เป็นกล้าไม้มากว่าในระยะที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ทั้งการตอบสนองของลักษณะโครงสร้างของใบและการเจริญเติบโต ซึ่งในการศึกษาอิทธิพลของมลพิษทางอากาศต่อลักษณะโครงสร้างใบและการเจริญเติบโตของกล้าไม้ประดู่บ้านครั้งนี้ กระทำในช่วงเวลาสั้นๆ เท่านั้น ซึ่งในระยะแรกการตั้งตัวของกล้าไม้ประดู่บ้านที่ได้รับมลพิษทางอากาศอาจจะไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากกำลังอยู่ในช่วงการปรับตัวเพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม แต่เมื่อสังเกตจากค่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของกล้าไม้ที่ได้รับมลพิษทางอากาศเปรียบเทียบกับกล้าไม้ที่ไม่ได้รับมลพิษทางอากาศทางอากาศ ประกอบกับการพยายามปรับโครงสร้างของใบบางประการของกล้าไม้ประดู่บ้านที่ได้รับมลพิษ คาดว่ากล้าไม้ประดู่บ้านที่ได้รับมลพิษทางอากาศน่าจะประสบผลสำเร็จในการตั้งตัวและการเจริญเติบโตในระยะยาว

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการตอบสนองของตัวแปรต่างๆ ในการเจริญเติบโตของกล้าไม้ประดู่บ้าน อันได้แก่ ความสูง พื้นที่ผิวใบ และน้ำหนักแห้ง ต่อมลพิษทางอากาศแล้ว สรุปได้ว่าการเจริญเติบโตทางความสูงมีความไวต่อการตอบสนองมากกว่าตัวแปรชนิดอื่นๆ โดยภาพรวมแล้วลักษณะการเจริญเติบโตดังกล่าว เป็นตัวแปรที่ดีในการวัดการตอบสนองของกล้าไม้ประดู่บ้านต่อมลพิษทางอากาศ และน่าจะเป็นตัวแปรที่ดีในการศึกษาการตอบสนองต่อมลพิษทางอากาศของกล้าไม้ชนิดอื่นๆ ที่นิยมปลูกในกรุงเทพมหานคร เช่น พิกุล อินทนิล ชมพูพันธุ์ทิพย์ ฯลฯ ควรที่จะได้มีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป เพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกพันธุ์ไม้ที่มีศักยภาพเหมาะสมสำหรับปลูกในพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศมากเช่น กรุงเทพมหานคร ต่อไป

คำนิยม

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ "การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพันธุ์ไม้ประดับที่ปลูกในเขตเมือง" ซึ่งได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.สุรีย์ ภูมิภมร และ ดร.สมคิด สิริพัฒนดิลก ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยเหลือในการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณ ดร. อุทัยวรรณ แสงวณิช ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่อง Portable Leaf Area Meter และภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาลักษณะโครงสร้างของใบ

เอกสารอ้างอิง

กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. 2534. รายงานคุณภาพอากาศและเสียงของกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2534. กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ. 25 หน้า.

สาพิศ ร้อยอำแพง และ ลดาวัลย์ พวงจิตร. 2538. ลักษณะโครงสร้างใบและการแลกเปลี่ยนกาซของไม้ประดู่บ้านที่ปลูกในกรุงเทพมหานคร. เอกสารเสนอในที่ประชุมการป่าไม้ประจำปี

2538, 20-24 พฤศจิกายน 2538, หอประชุมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 12 หน้า.

Bennett, J.P., P. Rassat, P. Berrang and D.F. Karnosky. 1992. Relationships between leaf anatomy and ozone sensitivity of *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. and *Prunus serotina* Ehrh. Env. Exp. Bot. 32 (1) : 33-41.

Constantinidou, H.A. and T.T. Kozlowski. 1979. Effects of sulfur dioxide and ozone on *Ulnus americana* seedlings. II. Visible injury and growth. Can. J. Bot. 57 : 170-175.

Johansen, D.A. 1940. Plant Microtechniques. McGraw-Hill Book, New York. 523 p.

Kozlowski, T.T. and H.A. Constantinidou. 1986. Responses of woody plants to environmental pollution. Part I. Sources and types of pollutants and plant responses. For. Abstr. 47 : 5-51.

Kozlowski, T.T., P.J. Kramer and S.G. Pallardy. 1991. The Physiogical Ecology of Woody Plants. Academic Press, New York. 657 p.

Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski. 1979. Physiology of Woody Plants. Academic Press, New York. 811 p.

Wood, J.G. 1934. The physiology of xeromorphytism in Australian plants, the stomatal frequencies, transpiration and osmotic pressures of scherophyll and tomentose succulent leaved plants. *Cited by* L. Atipanumpai. *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.

THAI JOURNAL OF FORESTRY

Volume 14 Number 2, July-December 1995

ISSN 0857-1724

Early growth of *Acacia auriculiformis* progeny trials
.....Vitoon Luangviriyasaeng, Khongsak Pinyopusarerk, Kiatkong Pitpreecha, Apisit Simsiri and Bopit Kiatvuttinand 81

Diffused light conditions in canopy gaps in a dry dipterocarp forest at Sakaerat, Northeastern Thailand
..... Pricha Dhanmanonda 94

Strength properties and drying characteristics of *Eucalyptus* wood grown in Bangladesh
.....M.F. Kabir, D.K. Bhattacharjee and M.A. Sattar 103

Effect of time, temperature and alkali to sulfate cooks of *Eucalyptus camaldulensis*
..... Preecha Kiatgrajai 110

Effects of spacing and pruning intensity on growth and yield of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. plantation
..... Pongsak Sahunalu, Pricha Dhanmanonda, Buared Prachaiyo and Kanit Muangnil 118

Natural durability of timbers to brown rot fungus [*Glocophyllum sepiarium* (FR) Karst]
..... Arunee Veenin 131

Vegetative propagation of *Aquilaria crassna* by stem cutting
..... Sarayudh Bunyavejchewin 137

Field experiment on *Rhizophora* planting in mud flat area, Khung Krabaen Bay
..... Vipak Jintana, Cherdsak Liewlaksaneeyanawin and Akira Komiyama 143

Effects of air pollution on leaf structure and growth performances of *Pterocarpus indicus* Willd. seedlings
..... Sapit Royampaeng and Ladawan Puangchit 151

THE OFFICIAL JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY KASETSART UNVERSITY

PUBLISHED BY FORESTRY RESEARCH CENTER KASETSART UNIVERSITY BANGKOK 10903 THAILAND