

ภาคผนวก ข

การวิจัยการใช้พืชเพื่อลดมลสารในอากาศ โดยวี เสระฐฐภักดี และคณะ

1. ลักษณะเรือนพุ่มของพืชในบริเวณที่มีมลภาวะทางอากาศในกรุงเทพมหานคร

ประสิทธิภาพในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงในพืชนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมหลายประการ (Salisbury and Ross, 1992) ลักษณะเรือนพุ่มของพืชเอง เช่น จำนวนพื้นที่ใบต่อดัน การจัดเรียงตัวของใบ ตลอดจนลักษณะการตั้งของใบก็เป็นปัจจัยที่หนึ่งที่มีผลต่อกระบวนการดังกล่าว ดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index, LAI) เป็นค่าที่สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่ออธิบายถึงการเจริญเติบโตของพืชได้ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใบทั้งต้นและพื้นที่ร่มเงา ผิวดินในสภาพป่าธรรมชาตินั้น ค่าดัชนีพื้นที่ใบจะอยู่ระหว่าง 1-8 ต้นไม้ที่มีลักษณะเรือนพุ่มทึบแน่นอาจมีค่าดัชนีพื้นที่ใบได้ถึง 8 ในทางกลับกัน ถ้าหากต้นไม้มีลักษณะทรงพุ่มโปร่ง ค่าดัชนีพื้นที่ใบอาจลดลงได้ถึง 1 ต้นทานตะวันที่ปลูกในสภาพที่ได้รับแสงเต็มที่อาจมีค่าดัชนีพื้นที่ใบได้ถึง 7 ทั้งนี้ค่า extinction coefficient จะบอกให้ทราบถึงปริมาณการส่องทะลุผ่านของแสงเข้าไปในทรงพุ่มชั้นใน ค่า extinction coefficient ของแสงจึงมีความสัมพันธ์กับดัชนีพื้นที่ใบในการที่จะคำนวณหาความเข้มของแสงที่จุดต่าง ๆ ภายในทรงพุ่ม การศึกษาถึงประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืชจะสามารถนำมาประยุกต์ในการแก้ปัญหาเนื่องจากมลพิษอันเกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเพิ่มขึ้นทุกขณะ โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ที่มีการจราจรคับคั่ง มีผู้อยู่อาศัยแออัดของกรุงเทพมหานคร จนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ แม้ว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะไม่ใช่พิษต่อมนุษย์โดยตรง แต่ในระดับความเข้มข้นที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ นั้นจะมีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) ซึ่งพืชสีเขียวสามารถช่วยมลภาวะดังกล่าวได้ โดยการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง

ผลการศึกษาถึงลักษณะเรือนยอดของพืชในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 25 ชนิด สามารถสรุปดังตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1

เปรียบเทียบ Correction factor, ดัชนีพื้นที่ใบ

(Leaf Area Index, LAI และ Extinction Coefficient) ของพืชชนิดต่าง ๆ

ชนิดพืช	Correction factor	LAI	Extinction coefficient
ชมพูพันธุ์ทิพย์ (Tabebuia rosea DC.)	0.78	8.85	0.60
ชงโค (Bauhinia purpurea Linn.)	0.57	8.60	0.90
ประยงค์ (Aglaia odorata Lour.)	0.59	7.72	0.91
โมกบ้าน (Wrightia religiosa Benth)	0.64	7.51	0.96
เทียนหยด (Duranta erecta L.)	0.55	7.22	0.94
จวง (Cinamomum porrectum Kosterm)	0.65	7.09	0.98
พุดซ้อน (Gardinia collinsae Craib.)	0.61	6.72	0.86
สายหยุด (Desmos chinensis)	0.69	6.31	0.93
อินทนิลน้ำ (Lagerstroemia speciosa Pers.)	0.73	6.10	0.74
พิกุล (Mimusops elengi Linn.)	0.70	5.56	0.90
เทียนกิ่ง (Lawsonia inermis L.)	0.60	5.50	0.87
ชบา (Hibicus rosasinensis L.)	0.60	5.00	0.89
ไทรต่าง (Ficus sp.)	0.64	4.86	0.96
โกศล (Codiaeum variegatum Bl.)	0.67	4.34	0.89
คำเงาะ (Bixa orellana Linn.)	0.65	4.34	0.76
ประดู่ (Prterocarpus indicus Wild)	0.72	3.91	0.80
กระดังงาสงขลา (Canaga odorata Hook)	0.62	3.65	0.29
ทรงบาดาล (Cassia surattensis Burm)	0.78	3.60	0.50
สัก (Tectona grandis L.)	0.78	3.30	0.84
มะขาม (Tamarindus indica L.)	0.76	2.91	0.81

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

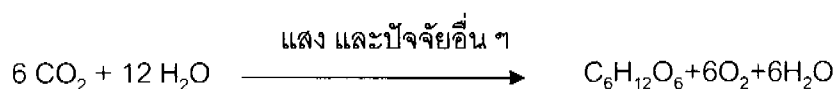
หูกวาง (<i>Terminalia catappa</i>)	0.71	2.40	0.76
มะค่าโมง (<i>Azelia xyocarpa</i> Craib)	0.64	2.27	0.86
ทองหลวงต่าง (<i>Erythrina variegata</i>)	0.50	1.79	0.87
รำเพย (<i>Thevetia peruviana</i> schum)	0.69	1.21	0.31

ที่มา: รวี เสธษฐภักดี และคณะ, 2540, น. 47-54.

จากการศึกษาพบว่า ชมพูพันธุ์ทิพย์ ชงโค ประยงค์ โมกบ้าน เทียนหยด จวง พุดซ้อน สายหยุด อินทนิลน้ำ พิกุล เทียนกิ่ง ขบา ไทรต่าง โกศล คำเงาะ และประดู่ มีลักษณะเรือนยอดที่บมีค่าดัชนีพื้นที่ใบต่อต้น (LAI) มากกว่ากระดังงานสงขลา ทรงบาดาล สัก มะขาม หูกวาง มะค่าโมง ทองหลวงต่าง และรำเพย ส่วนการกระจายของแสงซึ่งวัดจากค่า extinction coefficient นั้นพบว่า มีความแตกต่างกันตามชนิดพืช และจากตารางพบว่า ในกลุ่มพืชที่มีพื้นที่ใบมาก และมีการกระจายตัวของแสงในเรือนยอดได้ดี ได้แก่ ชมพูพันธุ์ทิพย์ ชงโค พุดซ้อน อินทนิลน้ำ พิกุลเทียนกิ่ง ขบา โกศล คำเงาะ และประดู่ ส่วนพืชในกลุ่มหลัง แม้มีการกระจายตัวของแสงในเรือนพุ่มดี แต่จะมีค่าดัชนีพื้นที่ใบน้อย ทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงทั้งเรือนพุ่มจะลดลง

2. พืชช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ

พืชสามารถดูดซับ CO_2 จากอากาศได้โดยอาศัยกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นกระบวนการนำ CO_2 รวมตัวกับน้ำเกิดเป็นก๊าซออกซิเจน (O_2) และน้ำตาล ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) ซึ่งจะถูกพืช



เปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบคาร์บอนต่าง ๆ ที่สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ สามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ได้

CO₂ ที่ถูกเก็บสะสมไว้ในรูปของสารประกอบคาร์บอนนี้ จะถูกปลดปล่อยออกมาในรูป CO₂ สู่อากาศอีกครั้ง เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี/ฟิสิกส์ หรือการย่อยสลายของซากพืชที่ตายลงโดยจุลินทรีย์ ดังนั้น หากต้องการให้ CO₂ ถูกเก็บสะสมไว้ได้นาน ๆ ก็ต้องหาพืชที่มีอายุยาวนาน หรือนำพืชเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น เช่น ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ เครื่องมือเครื่องใช้ หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน fossil source (ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ) เพราะการใช้ fossil source เป็นแหล่งพลังงาน จะปลดปล่อยสารประกอบคาร์บอนที่เก็บไว้เป็นเวลานานหลายล้านปีออกสู่อากาศในรูปของ CO₂ ขณะที่การใช้พืชเป็นแหล่งพลังงานนี้ จะเป็นการหมุนเวียน CO₂ ซึ่งมีอยู่แล้วในอากาศซึ่งไม่เพิ่มปริมาณ CO₂ สุทธิในอากาศแต่อย่างใด

3. อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบพืช

ในเวลากลางวัน ขณะที่พืชดูดซับ CO₂ โดยการสังเคราะห์แสงนั้น พืชก็ต้องปลดปล่อย CO₂ ซึ่งเป็นผลจากการหายใจออกมาด้วย ส่วนในเวลากลางคืน พืชปกติไม่มีการสังเคราะห์แสง จึงปลดปล่อย CO₂ ซึ่งเป็นผลจากการหายใจแต่เพียงอย่างเดียว ดังนั้น อัตราการสังเคราะห์แสงที่นักวิทยาศาสตร์วัดได้จากการเปลี่ยนแปลงปริมาณ CO₂ ในขณะมีแสง จึงจัดเป็นอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ

เนื่องด้วยพืชแต่ละชนิดมีอัตราการสังเคราะห์แสงแตกต่างกัน จึงทำให้มีความสามารถในการลดจำนวน CO₂ ในบรรยากาศได้ต่างกัน จากการทดลองวัดอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดที่ความเข้มแสงสูงของใบพืชในกลุ่มไม้ดอก กลุ่มไม้ประดับ กลุ่มพืชผัก กลุ่มไม้ยืนต้น และกลุ่มพืชอื่นๆ (ตารางผนวกที่ 2) พบว่า มีความแตกต่างกันมาก กล่าวคือในข้าวโพดมีค่า $47.0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ขณะที่ปาล์มสะดิ้อเขียวมีค่าเพียง $1.5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ เท่านั้น ทั้งนี้อัตราการสังเคราะห์แสงของใบพืช นอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดพืชแล้ว ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายประการ ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ปริมาณ CO₂ ธาตุอาหาร ความชื้นและอายุ เป็นต้น

4. แสงและอัตราการสังเคราะห์แสงของใบพืช

ในที่มืดภายใต้สภาพบรรยากาศปกติที่มี CO₂ ประมาณ 340-350 ppm ใบจะปล่อย CO₂ ที่เป็นผลจากการหายใจ ซึ่งอัตราการปล่อย CO₂ จะลดลง เมื่อใบไม่ได้รับแสงเพิ่มขึ้น เพราะ

พืชเริ่มดูดซับ CO_2 เข้าในใบโดยการสังเคราะห์แสง จนกระทั่งความเข้มของแสงถึงจุดที่เรียกว่า light compensation point อัตราการปลดปล่อย CO_2 จากการหายใจจะเท่ากับอัตราการดูดซับ CO_2 จากการสังเคราะห์แสงของใบพืชพอดี ทำให้อัตราการแลกเปลี่ยน CO_2 สุทธิมีค่าเป็นศูนย์

อนึ่ง light compensation point นี้จะแตกต่างกันออกไปในพืชแต่ละชนิด อีกทั้ง ยังขึ้นอยู่กับปริมาณและความเข้มของแสง รวมทั้งอุณหภูมิในระหว่างการเจริญเติบโตของพืชด้วย

เมื่อความเข้มของแสงเพิ่มมากขึ้นจนสูงกว่า light compensation point อัตราการดูดซับ CO_2 ก็จะเพิ่มขึ้นไปด้วย ดังเช่นในต้นรักแรก

การตอบสนองของอัตราการสังเคราะห์แสงของใบต่อการเพิ่มความเข้มของแสงเป็นลักษณะที่มีจุดอิ่มตัว คือ อัตราการสังเคราะห์แสงไม่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อความเข้มของแสงเพิ่มขึ้น

5. ความเข้มข้นของ CO_2 และอัตราการสังเคราะห์แสง

ในสภาพปากใบเปิด เมื่อความเข้มข้นของ CO_2 ในอากาศเพิ่มขึ้น อัตราการสังเคราะห์แสงของใบพืชบางประเภท เช่น ทรงบาดาล จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนในพืชอีกประเภทหนึ่ง เช่น แผลง อัตราการสังเคราะห์แสงของใบจะเพิ่มขึ้นขณะปริมาณ CO_2 มีน้อยเท่านั้น และอัตราการสังเคราะห์แสงจะค่อนข้างคงที่ขณะปริมาณ CO_2 มีมาก ความแตกต่างในการตอบสนองต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้ มีสาเหตุมาจากสรีรวิทยาการสังเคราะห์แสงที่แตกต่างกันของพืชทั้งสองชนิด ทรงบาดาล จัดเป็นพืชประเภท C3 เพราะสารประกอบคงตัวชนิดแรกที่เกิดจากการสังเคราะห์แสงมี 3 คาร์บอน ซึ่งพืชกลุ่มนี้ประกอบไปด้วย พืชที่พบเห็นทั่ว ๆ ไป ซึ่งรวมถึงพืชไร่ พืชสวนส่วนใหญ่ ส่วนแผลงจัดเป็นพืชประเภท C4 เพราะสารประกอบคงตัวชนิดแรกที่เกิดจากการสังเคราะห์แสงมี 4 คาร์บอน พืชกลุ่มนี้ประกอบไปด้วย พืชตระกูลหญ้าเป็นส่วนมาก ทั้งนี้ รวมถึงพืชไร่บางชนิด เช่น ข้าวโพด และอ้อย เป็นต้น

ความแตกต่างในการตอบสนองต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้ อาจมีความสำคัญมากในอนาคต เมื่อปริมาณ CO_2 ในอากาศเพิ่มขึ้นกว่าปัจจุบัน โดยพืชประเภท C3 อาจมีความสามารถในการลดปริมาณ CO_2 ในอากาศได้ดีกว่าพืช C4 มาก

6. ความสามารถของพืชในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ

สามารถคำนวณได้จากผลรวมสุทธิของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชสามารถดูดซับได้โดยขบวนการสังเคราะห์แสง และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชสูญเสียไปโดยขบวนการหายใจ เนื่องด้วยเรือนพุ่มของพืชประกอบไปด้วย ใบเป็นจำนวนมาก และใบเหล่านั้นก็อยู่ในสภาพแวดล้อม (micro-environment) ที่แตกต่างกันออกไป ใบที่อยู่ชั้นบนของเรือนพุ่ม อาจได้รับแสงที่ความเข้มข้นสูงถึงระดับอิ่มตัว ขณะที่ในเวลาเดียวกันใบที่อยู่ชั้นล่างของเรือนพุ่มอาจได้รับแสงที่ความเข้มข้นต่ำกว่า light compensation point

การศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการลดปริมาณ CO_2 ในบรรยากาศของพืชชนิดต่าง ๆ จึงต้องใช้อัตราการสังเคราะห์แสงของเรือนพุ่มเป็นหลักในการพิจารณาอัตราการสังเคราะห์แสงของเรือนพุ่ม คือ ผลรวมของอัตราการสังเคราะห์แสงของใบทั้งหมดในเรือนพุ่มนั่นเอง

เนื่องด้วยการตอบสนองของอัตราการสังเคราะห์แสงของใบพืชต่อความเข้มของแสงเป็นเส้นโค้ง (curvilinear) ที่มีลักษณะอิ่มตัว และปริมาณความเข้มของแสงที่ใบแต่ละใบในเรือนพุ่มได้รับไม่เท่ากัน การตอบสนองของอัตราการสังเคราะห์แสงของเรือนพุ่มต่อแสงจึงเป็นเส้นโค้ง (curvilinear) ด้วย และได้รับอิทธิพลสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณ CO_2 ในอากาศ ทำให้การศึกษ้อัตราการสังเคราะห์แสงของเรือนพุ่มนั้นกระทำได้ยาก และมีความสลับซับซ้อนมาก จึงจำเป็นต้องนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical modeling) เข้ามาช่วยศึกษา โดยทั่วไป แบบจำลองจะคำนวณอัตราการสังเคราะห์แสงของเรือนพุ่มได้จากลักษณะการตอบสนองต่อแสงของอัตราการสังเคราะห์แสง extinction coefficient ดัชนีพื้นที่ใบปริมาณแสง และค่าคงที่อื่น ๆ และแบบจำลองนี้สามารถคำนวณศักยภาพการสังเคราะห์แสงของเรือนพุ่มพืชในสภาพแสงต่าง ๆ ขณะนี้ทางคณะผู้วิจัยได้จัดสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ผู้ใช้สามารถเลือกข้อมูลรายละเอียดของเรือนพุ่มชนิดต่าง ๆ ได้ และจะนำเผยแพร่สู่ประชาชนต่อไป

ตารางที่ ข.2

อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิวัดที่ความเข้มแสงสูง และอัตราการหายใจของพืชบางชนิด

พืช	อัตราการสังเคราะห์แสง ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	พืช	อัตราการสังเคราะห์แสง ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)
<u>กลุ่มไม้ดอก</u>		<u>กลุ่มไม้ยืนต้น</u>	
ดาวเรือง	24.7	เสม็ดแดง	15.7
ชบา	17.6	พิกุล	10.4
แก้ว	14.1	สักทอง	9.1
กุหลาบ	8.7	กระดังงาไทย	8.8
สารภี	4.9	ไทร	3.3
<u>กลุ่มไม้ประดับ</u>		<u>กลุ่มพืชอื่นๆ</u>	
ฤาษีตีนตุ๊กแก	18.8	ข้าวโพด	47.0
เทียนทอง	17.2	ข้าวหอมมะลิ	17.3
ว่านกาบหอย	6.4	แฝก	15.0
เขียวหมื่นปี	3.2	มันสำปะหลัง	13.5
ปาล์มสะตือเขียว	1.5	'KU50'	
ฝรั่งกลมสาลี่	11.6		
<u>กลุ่มพืชผัก</u>			
ผักบุ้งจีน	28.0		
คะน้า	24.2		
มะระจีน	13.6		
แตงกวา	12.2		

ที่มา: รวี เสธษฐภักดี และคณะ, 2540, น. 47-54.