เมืองสีเขียว
Urban green

การบรรเทามลพิษทางอากาศ สำหรับเมืองเชียงใหม่

Relief for the city With focus on Chiang Mai, Thailand

WAGENINGEN UR

Holland.

Pioneers in international business

Marco H.A. Hoffman, MSc (1964) is botanist at the Applied Plant Research of Wageningen UR (The Netherlands). He finished his study biology at Wageningen University 1991. As part of his study he worked at the Institute of Wood-science in Bangkok. Actually he is involved at several plant variety experiments to test trees, shrubs and perennials for use in private gardens and/or urban green. He also studies the functionality of ornamental, e.g. plants for use underneath trees, fragrance plants and use of plants for improving air quality. He is also an international authority on nomenclature of plants. He gives many lectures and wrote many scientific articles and technical magazines.

Alfred E.G. Tonneijck is educated as a plant physiologist and phytopathologist, he is currently working as a senior consultant and researcher at Expertise Centre Triple E — Economy, Ecology and Experience- in Arnhem, The Netherlands. He is involved in studies to assess the positive effects of urban green space to the environment quantitatively with respect to among others air quality, water management, temperature and human health. These benefits are also being evaluated in economic terms. He renders advice to green managers of various Dutch cities to incorporate the environmental and economic benefits of urban forests in their plans. He gives many lectures on 'The green city' and is an author of more than 100 publications in the form of scientific and technical papers, congress proceedings and book chapters.

เมืองสีเขียว
Urban green

การบรรเทามลพิษทางอากาศ สำหรับเมืองเชียงใหม่

Relief for the city With focus on Chiang Mai, Thailand

WAGENINGEN UR
For quality of life

Holland.
Pioneers in international business

Message from The Netherlands Ambassador

Today, more than half of the world's population lives in urban areas. Growth rates of urbanization have been unprecedented. When it comes to urban investment, green in the cities does not generally get the same consideration as highways, convention centers, and downtown office towers. But research proves that the value of green in the city and parks is undervalued. Green in and around the city increases home values. They improve citizens' health. They fight pollution. They attract tourists. They stimulate integration among the people.

The Netherlands has been one of the founding developers of the Green City Philosophy. The Green City Philosophy is based on the concept that plants can bring social, economic and environmental benefits. Plants reach right to the very heart of the matter – plants and trees are key to our sense of well being, our sense of belonging to a place, to being at home. They are an antidote to our increasingly disjointed and rootless lives.

When participating in the Royal Flora Ratchaphruek, the Netherlands started to present the Green City Philosophy in Chiang Mai. The first cooperation seminar received a very positive feedback and it was decided to continue. The cooperation with our Thai partners like Chiang Mai University and authorities and ONEP is excellent and exemplary. I am happy to see this booklet as another illustration of our cooperation.

Our embassy in Bangkok is located in an oasis of green in the busy city centre. So every day my staff and I experience the enjoyments and benefits, no doubt, of working in a green area. We are very fortunate! Making cities and the country more greener is an important goal. It will constantly be a challenge to convince decision makers that green in our direct living environment has a positive effect on the health and social interaction of residents, on tourism and the environment. Last but not least it has a positive effect on profits.

I am happy to see that from the Thai side this concept is also attracting a lot of attention. I see excellent possibilities for both our countries to continue to work together in this field. Thailand and the Netherlands are complementary in many ways. By cooperating in the field of business, education and at a government level we can create a win-win situation with more green in the city!

Tjaco T. van den Hout
Netherlands Ambassador to Thailand

สาส์นจากเลขาธิการสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้รับเกียรติจากสถานทูตเนเธอร์แลนด์ประจำประเทศไทย ในการเข้าร่วมดำเนินโครงการ "Green City Development Project" ตามหลักปรัชญาเมืองสีเขียว (Green City Philosophy) ในฐานะหน่วยประสานการดำเนินโครงการฯ ในระดับประเทศ ร่วมกับเทศบาลนครเชียงใหม่ซึ่งเป็นพื้นที่นำร่องโครงการฯ และสถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งเป็นหน่วยประสานการดำเนินโครงการฯ ในระดับพื้นที่ เพื่อดำเนินการร่วมกับผู้เกี่ยวข้องในการพัฒนาแนวคิดสู่การเป็นเมืองสีเขียวผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม รวมทั้ง เสริมสร้างศักยภาพแก่ภาคส่วนต่างๆ ในการเผยแพร่องค์ความรู้ที่ได้จากประสบการณ์การพัฒนาเมืองสีเขียวของประเทศเนเธอร์แลนด์ เพื่อจุดประกายแนวคิดการพัฒนาเมืองสีเขียวและการใช้พืชพรรณสำหรับขจัดมลพิษ รวมทั้ง ปรับปรุงคุณภาพอากาศในเมืองที่เป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งในระดับส่วนกลางและส่วนท้องถิ่น และภาคส่วนต่างๆ ได้ใช้เป็นแนวทางพัฒนาพื้นที่สีเขียวของเมือง/ชุมชน

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ขอขอบคุณสถานทูตเนเธอร์แลนด์ประจำประเทศไทยที่ถ่ายทอดองค์ความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับคุณค่าของพื้นที่สีเขียวในเมือง และร่วมผลักดันให้เกิดการเพิ่มพื้นที่สีเขียวเมือง/ชุมชนในประเทศไทย และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ในการรักษาสมดุลทางระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมของเมือง รวมทั้ง หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ประชาชน และชุมชนในพื้นที่เมือง สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อพัฒนาเมืองสีเขียวให้ยั่งยืนสืบไป

นางมิ่งขวัญ วิชยารังสฤษดิ์
เลขาธิการ
สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

สาส์นจากนายกเทศมนตรีนครเชียงใหม่

ถึงแม้ว่าในปัจจุบันความนิยม และความสนใจในเรื่องของความเป็นสีเขียวในพื้นที่เขตเมือง ด้วยการเพิ่มและปรับปรุงสวนสาธารณะ การปลูกต้นไม้ และการอนุรักษ์ต้นไม้ใหญ่เพิ่มมากขึ้น แต่เทศบาลนครเชียงใหม่ยังคงก้าวต่อไปที่จะรักษาพื้นที่สีเขียวภายในเมืองไว้ การเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้แก่เมืองเพื่อช่วยบรรเทาภาวะความเครียดให้แก่ผู้คนที่อยู่ในเขตเมือง อีกทั้งจะช่วยบรรเทาปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ลดปริมาณ ฝุ่นละออง และลดอุณหภูมิในเขตเมือง

เทศบาลนครเชียงใหม่ มีนโยบายสำคัญในการมุ่งผลักดันให้เมืองเชียงใหม่เป็นเมืองน่าอยู่อย่างแท้จริง เดินหน้าสู่ความเป็นเมืองสีเขียวอย่างยั่งยืน ภายใต้กรอบการดำเนินงานด้านการพัฒนาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ส่งเสริมให้เยาวชนและชุมชนห่วงใยและใส่ใจสิ่งแวดล้อม มุ่งลดมลพิษในเขตเมือง ลดการใช้พลังงาน การเพิ่มพื้นที่สีเขียว และอนุรักษ์ต้นไม้ใหญ่ โดยเน้นการมีส่วนร่วมของคนในสังคม เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตชาวเชียงใหม่ให้ดีขึ้นบนพื้นฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ภายใต้กรอบแนวคิดเมืองสีเขียว เทศบาลนครเชียงใหม่ ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลประเทศเนเธอร์แลนด์ ซึ่งเป็นประเทศที่มีแนวคิดการสร้างเมืองที่มีการออกแบบโดยใช้หลักปรัชญาเมืองสีเขียว ด้วยการลดพื้นที่ปลูกสร้างอาคารที่อยู่อาศัย และสร้างพื้นที่สวนสาธารณะเพื่อเป็นปอดให้แก่เมือง จากความสำเร็จ องค์ความรู้ และประสบการณ์ของประเทศเนเธอร์แลนด์ จึงได้ถูกนำมาถ่ายทอดสู่เมืองเชียงใหม่ โดยได้ส่งผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม ร่วมกันปรับปรุง วางแผน ในการพัฒนาให้เมืองเชียงใหม่เป็นเมืองสีเขียว

ในนามของเทศบาลนครเชียงใหม่ ขอขอบคุณรัฐบาลประเทศเนเธอร์แลนด์ที่ได้ให้การส่งเสริมและสนับสนุน ตลอดจนถ่ายทอดองค์ความรู้และประสบการณ์ให้แก่เมืองเชียงใหม่ เพื่อเป็นแนวทางในการผลักดันให้เชียงใหม่ก้าวไปสู่เมืองน่าอยู่อย่างยั่งยืนต่อไป

นายทัศนัย บูรณุปกรณ์
นายกเทศมนตรีนครเชียงใหม่

สาส์นจากอธิการบดี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่รู้สึกเป็นเกียรติอย่างยิ่ง ที่ได้รับเชิญจากสถานทูตเนเธอร์แลนด์ประจำประเทศไทยให้เป็นองค์กรหนึ่งในการร่วมดำเนินงานโครงการเมืองสีเขียวเนเธอร์แลนด์-เชียงใหม่ (Netherlands-Chiang Mai Green City 2008 Project) ซึ่งได้นำความรู้และประสบการณ์ด้านการจัดการเมืองโดยใช้ปรัชญาเมืองสีเขียว (Green City Philosophy) ซึ่งเน้นการลดพลังงาน การลดมลพิษด้านต่างๆ และการเพิ่มพื้นที่สีเขียวโดยเฉพาะการปลูกต้นไม้ใหญ่ มาแนะนำให้คนเชียงใหม่ได้รู้จัก ซึ่ง ดร. ดวงจันทร์ อาภาวัชรุตม์ เจริญเมือง นักวิจัยประจำสถาบันวิจัยสังคม ได้เป็นคณะทำงานในส่วนของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เมื่อองค์ความรู้นี้ได้ถูกนำมาสรุปไว้ในหนังสือ เมืองสีเขียว การบรรเทามลพิษทางอากาศสำหรับเมืองเชียงใหม่ (Urban Green Relief for the City with Focus on Chiang Mai, Thailand) ผมจึงมั่นใจว่าหนังสือเล่มนี้จะสามารถเผยแพร่แนวคิดเมืองสีเขียวได้อย่างแพร่หลาย และหวังว่านี่เป็นเพียงจุดเริ่มต้นที่จะทำให้ความร่วมมือของพวกเราก้าวต่อไปในทางที่จะทำให้กระบวนการทำให้เชียงใหม่เป็นเมืองสีเขียวเป็นจริง ให้เมืองของเราอยู่สบาย และมีความยั่งยืน ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่นับวันจะรุนแรงขึ้น

ศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์
อธิการบดี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สารบัญ

1. เมืองเชียงใหม่ 10
1.1 เมืองสมัยใหม่ 11
1.2 ความรุนแรงของปัญหามลพิษทางอากาศ 12

2. ประโยชน์ของพืชพรรณในเมือง 14
2.1 ความเป็นเมือง 14
2.2 พืชพรรณในเมือง 17

3. คุณภาพอากาศและป่าในเมือง 18
3.1 คุณภาพอากาศในเมือง 19
3.2 แหล่งปล่อยมลพิษทางอากาศในเมือง 20
3.3 การควบคุมมลพิษทางอากาศ 22
3.4 ประโยชน์ของป่าในเมืองในการปรับปรุงคุณภาพอากาศ 22

4. การขจัดมลพิษทางอากาศโดยการใช้พืชพรรณ 28
4.1 พืชพรรณและการขจัดมลพิษทางอากาศ 28
4.2 การดูดซึมมลพิษในรูปของก๊าซโดยพืชพรรณ 30
4.3 การขจัดฝุ่นละอองโดยพืชพรรณ 31
4.4 ความสามารถในการขจัดมลพิษของป่าในเมือง 32

5. ความสามารถของต้นไม้ใหญ่และไม้พุ่ม ในการปรับปรุงคุณภาพอากาศ 34
5.1 การเลือกชนิดพันธุ์พืชให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ 35
5.2 การประมาณความสามารถในการขจัดมลพิษของพืชพรรณ 36
5.3 ฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน 37
5.4 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) 38
5.5 โอโซน (OZONE) 38
5.6 ประสิทธิภาพของต้นไม้ใหญ่พันธุ์ต่างๆ 39
5.7 ประสิทธิภาพของไม้พุ่มและไม้เลื้อยพันธุ์ต่างๆ 45

6. การจัดการป่าในเมืองเพื่อการปรับปรุงคุณภาพอากาศ 50
6.1 การจัดการป่าในเมือง 50
6.2 การเลือกพื้นที่ปลูกป่าในเมือง 52
6.3 ผลของพืชพรรณต่อความเร็วและทิศทางของลม 52
6.4 ความสำคัญของความโปร่งของป่าในเมือง 55
6.5 ปรากฏการณ์อุโมงค์สีเขียว (Green tunnel effect) 55
6.6 ทางเลือกอื่นของโครงสร้างสีเขียวเพื่อการปรับปรุงคุณภาพอากาศ 57

บรรณานุกรม 61

บทที่ 1

เมืองเชียงใหม่

The city of Chiang Mai

1.1 เมืองสมัยใหม่

จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีความสำคัญอันดับ 2 ของประเทศไทย ในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่มีประชากรประมาณ 150,000 คน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ ("เมืองเชียงใหม่") ปัจจุบันความเจริญของเมืองได้ขยายตัวไปยังพื้นที่โดยรอบ ทำให้ประชากรในเขตอำเภอเมืองเพิ่มขึ้นเกือบ 1 ล้านคน ซึ่งมากกว่าครึ่งหนึ่งของประชากรทั้งหมดในจังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเวลาที่ผ่านมาไม่นาน เมืองเชียงใหม่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนกลายเป็นเมืองที่ทันสมัย ประกอบกับมีสถานที่ท่องเที่ยวหลากหลายที่ดึงดูดให้นักท่องเที่ยวมาเยือนกว่า 1 ล้านคนต่อปี นอกจากนั้นความสำคัญของเมืองเชียงใหม่ที่สืบทอดกันมาตามประวัติศาสตร์อันยาวนาน โดยมีพื้นฐานจากการเลือกชัยภูมิที่ตั้งเมืองบนริมฝั่งแม่น้ำปิงทำให้เชียงใหม่เป็นเส้นทางการค้าที่สำคัญ รวมทั้งเป็นศูนย์กลางทางศิลปหัตถกรรมและงานฝีมือ เช่น ร่ม อัญมณี เครื่องเงิน และงานแกะสลักไม้มาแต่ในอดีตก่อนที่เชียงใหม่จะมีนักท่องเที่ยวต่างชาติเข้ามาเยือนเป็นจำนวนมาก จนกลายเป็นศูนย์กลางการท่องที่ยวเช่นในปัจจุบัน (Charoenmuang, 2007)

1.2 ความรุนแรงของปัญหามลพิษทางอากาศ

ปัจจุบันเมืองเชียงใหม่กำลังเผชิญกับปัญหามากมาย โดยเฉพาะปัญหาจากโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่จำนวนมาก การขยายตัวของเมืองโดยปราศจากการวางแผน ส่งผลให้การตั้งถิ่นฐานเป็นไปอย่างไร้ทิศทางและขาดระเบียบ การมีระบบขนส่งมวลชนที่เป็นวิถีของชุมชน และปัญหาคุณภาพอากาศ ซึ่งมีสาเหตุมาจากปริมาณฝุ่นละอองเกินค่ามาตรฐาน (ตารางที่ 1) จนอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และมีระดับโอโซนที่สูงเกินไป ทำให้จำนวนผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ โรคหลอดเลือดหัวใจ และมะเร็งปอดเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงมากจนน่าตกใจ ทั้งนี้ แหล่งปล่อยมลพิษทางอากาศเกิดจากการจราจร และการเผาใบไม้หรือชีวมวลอื่นๆ โดยมลพิษทางอากาศจะสูงมากเป็นพิเศษโดยในช่วงฤดูแล้ง (ตั้งแต่พฤศจิกายนถึงมีนาคม) ซึ่งตัวการสำคัญของปัญหามลพิษอากาศส่วนหนึ่งเกิดจากการทำการเกษตรแบบถางและเผาแบบดั้งเดิมในพื้นที่ชนบทและไร่นา นอกจากนี้ในฤดูแล้งระหว่างเดือนกุมภาพันธ์และเมษายน เชื่อว่าจะได้ขี้เถ้ามาเป็นปุ๋ยเพื่อบำรุงดินในช่วงไถพรวน และจากสภาพภูมิประเทศของเมืองเชียงใหม่ซึ่งตั้งอยู่ในหุบเขา ส่งผลให้ไม่มีการไหลเวียนของอากาศ นอกจากนั้นพื้นที่สีเขียวในเมืองเชียงใหม่กำลังเผชิญกับแรงกดดันจากการก่อสร้างและการขยายตัวของพื้นที่เมือง เมืองเชียงใหม่จึงตั้งเป้าหมายในการดำเนินงานเพื่อลดปัญหามลพิษทางอากาศ ดังนี้ (BRON OPZOEKEN):

1. ร่วมกันรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น
2. ปรับปรุงคุณภาพอากาศให้ได้ร้อยละ 90 ของดัชนีคุณภาพอากาศรายวัน
3. ส่งเสริมการวางผังเมือง การเพิ่มพื้นที่สีเขียว และเสริมสร้างความเข้มแข็งให้ชุมชนในท้องถิ่น และเครือข่ายในการปกป้องและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติและวัฒนธรรม

ตารางที่ 1 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

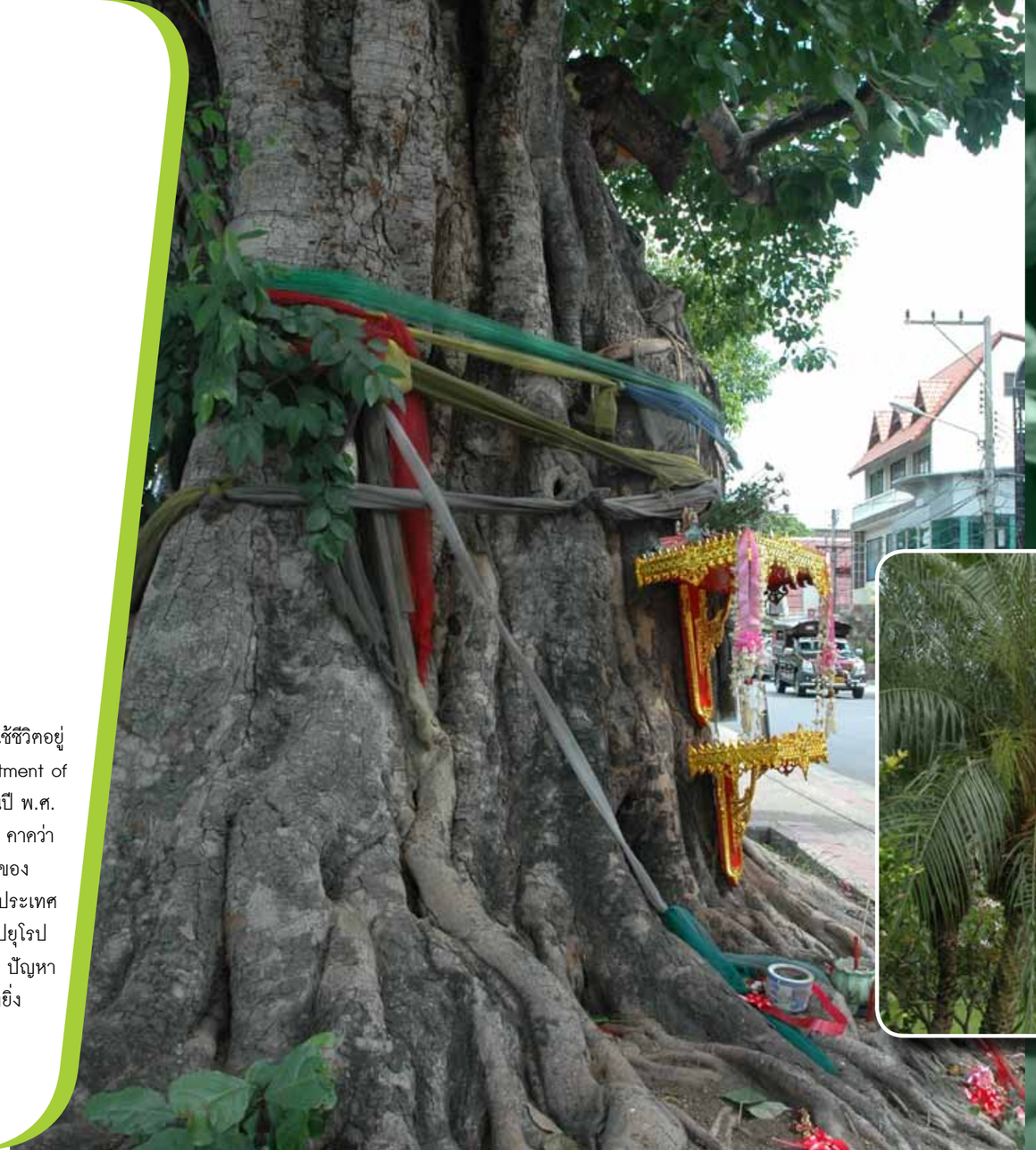
สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
1.คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	1 ชั่วโมง	ไม่เกิน 30 ppm.(34.2 มก./ลบ.ม.)
	8 ชั่วโมง	ไม่เกิน 9 ppm.(10.26 มก./ลบ.ม.)
2.ออกไซด์ของไนโตรเจน(NO_x)	1 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.17ppm.(0.32 มก./ลบ.ม.)
3.โอโซน (O_3)	1 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.10 ppm.(0.20 มก./ลบ.ม.)
	8 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.07 ppm.(0.14 มก./ลบ.ม.)
4.ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)	1 ปี	ไม่เกิน 0.04 ppm.(0.10 มก./ลบ.ม.)
	24 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.12 ppm.(0.30 มก./ลบ.ม.)
	1 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.30ppm.(780 มคก./ลบ.ม.)
5. ตะกั่ว	1เดือน	ไม่เกิน 1.5 มคก./ลบ.ม.
6. ฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM-10)	24 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.12 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม.
7. ฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน	24 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.33 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.10 มก./ลบ.ม.

หมายเหตุ *ppm หมายถึง ส่วนในล้านส่วน*

บทที่ 2

ประโยชน์ของพืชพรรณในเมือง

Benefits of urban vegetation



2.1 ความเป็นเมือง

ในอนาคตคนกับเมืองจะมีความสัมพันธ์กันมากขึ้น มนุษย์จะใช้ชีวิตอยู่ในเมืองมากขึ้น จากเดิมที่เคยอยู่ในชนบท (United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division, 2004) ในปี พ.ศ. 2549 ประชากรของโลกมากกว่าครึ่งหนึ่งจะอาศัยและใช้ชีวิตในเมือง คาดว่าในปี พ.ศ. 2593 ประชากรที่อาศัยอยู่ในเมืองจะมีเกือบสองในสามของประชากรโลก การเปลี่ยนแปลงทางประชากรดังกล่าวจะเกิดขึ้นในประเทศอุตสาหกรรมตะวันตก ปัจจุบันกว่าร้อยละ 75 ของประชากรในทวีปยุโรปและอเมริกาเหนืออาศัยอยู่ในเมือง ในอีกสองสามทศวรรษข้างหน้า ปัญหาประชากรดังกล่าวจะเกิดขึ้นในประเทศกำลังพัฒนาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเอเชีย

ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ กำลังเผชิญกับความท้าทายจากการเติบโตอย่างรวดเร็วทางเศรษฐกิจและการขยายตัวของเมือง อัตราการขยายตัวของประชากรระหว่างปี พ.ศ. 2534 – 2543 สูงกว่าอัตราการขยายตัวเฉลี่ยของโลกเพียงเล็กน้อย (UNEP, 2004) ประเทศที่มีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็วไปพร้อมกับการขยายตัวของเมือง ได้แก่ ไทย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ และ อินโดนีเซีย คาดว่าในปี พ.ศ. 2558 ภูมิภาคนี้จะมีการพัฒนาของมหานคร 3 แห่งที่มีประชากรมากกว่า 10 ล้านคน ได้แก่ กรุงเทพมหานคร กรุงจาการ์ตาร์ และกรุงมะนิลา ในขณะที่ยังมีอีกหลายเมืองต้องเผชิญกับภาวะสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมที่เรื้อรัง เช่น อุณหภูมิที่สูงขึ้น น้ำท่วม มลภาวะทางอากาศและมลภาวะทางน้ำ ส่งผลกระทบทางลบต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนทั้งทางกายภาพและสุขภาพจิต

ตลอด 50 ปีที่ผ่านมา มนุษย์ตระหนักถึงการแก้ไขปัญหาดังกล่าวมากขึ้น ด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและทรัพยากร การจัดการขยะของเมือง รวมทั้งเปลี่ยนแปลงรูปแบบการพัฒนาเมืองโดยลดปริมาณโครงสร้างพื้นฐานซึ่งเป็นสิ่งปลูกสร้างที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ หรือโครงสร้าง"ทึบน้ำ" (gray infrastructure) เช่น อาคาร ถนน พื้นคาดแข็ง และเพิ่มโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว (green infrastructure) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มจำนวนต้นไม้ (Carreiro, 2008) การสร้างเมืองที่ยั่งยืนและอำนวยสุขภาวะที่ดีให้แก่ประชาชนเป็นเรื่องที่มีความจำเป็น ทางออกของปัญหาที่ท้าทายนี้จำเป็นต้องพิจารณาเรื่องประโยชน์ที่จะได้รับและการอำนวยประโยชน์ที่พึงได้จากบริเวณที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติและกึ่งธรรมชาติ ภายในเมืองและโดยรอบเมืองด้วย

2.2 พืชพรรณในเมือง

สิ่งแวดล้อมโดยรอบตัวเราสามารถพบพืชพรรณชนิดต่างๆ ได้ทั่วไป ทำให้เราหลงลืมความสำคัญและคุณค่าของพืชพรรณไป หากปราศจากพืชพรรณสิ่งมีชีวิตบนโลกคงไม่สามารถอยู่รอดได้ คุณค่าของพืชพรรณไม่ได้มีเฉพาะเพื่อการประดับตกแต่ง และเพื่อเพลิดเพลิน (นันทนาการ) พืชพรรณในเมือง หรือ "ป่าในเมือง" มีประโยชน์นานัปการต่อประชาชนของเมือง ทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ (ตารางที่ 2) ได้แก่ การสร้างอากาศบริสุทธิ์ การปรับปรุงและรักษาคุณภาพน้ำ การท่องเที่ยว กิจกรรมกีฬาและนันทนาการ สร้างสุขภาวะที่ดีให้กับมนุษย์ เพิ่มมูลค่าของที่ดิน และย่านที่พักอาศัย รวมทั้งช่วยส่งเสริมความสัมพันธ์ของชุมชน เป็นต้น คุณประโยชน์ของป่าในเมืองในแง่สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจมักถูกมองข้าม รวมทั้งผู้มีหน้าที่บริหาร จัดการและดูแลบำรุงรักษาพื้นที่สีเขียวในเมืองยังขาดเครื่องมือ เพื่อประกอบการตัดสินใจบริหารจัดการพื้นที่ให้เป็นไปอย่างเหมาะสมและสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุด

ในสหรัฐอเมริกาและยุโรปประชาชนตื่นตัวและให้ความสนใจเรื่องการใช้พืชพรรณในเมืองโดยเฉพาะด้านการปรับปรุงคุณภาพอากาศด้วยต้นไม้ใหญ่ สาเหตุสำคัญของการเกิดมลพิษทางอากาศทั้งในเมืองและพื้นที่โดยรอบ คือ การจราจรที่เพิ่มขึ้นบนท้องถนน ทำให้คุณภาพอากาศในเมืองไม่เป็นไปตามมาตรฐานสากลคุณภาพอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษจากฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM-10) และออกไซด์ของไนโตรเจน เรื่องนี้มีข้อพิสูจน์บ่งชัดว่าต้นไม้มีประสิทธิภาพดักกรองมลพิษเหล่านี้ออกจากอากาศ ต้นไม้จึงมีส่วนช่วยบรรเทาปัญหาคุณภาพอากาศในเมือง

ตารางที่ 2 ตารางสรุปคุณประโยชน์ของป่าในเมืองต่อสภาพแวดล้อมที่เหมาะแก่การดำรงชีวิต

คุณภาพอากาศ	สามารถดักกรองและขจัดมลพิษในอากาศ
ภูมิอากาศระดับรุลภาค	ควบคุมระดับอุณหภูมิ โดยการให้ร่มเงา เพิ่มความชื้นในอากาศทำให้อุณหภูมิลดลงและสร้างสภาวะสบาย
การจัดการน้ำ	ช่วยหน่วงน้ำและลดปริมาณน้ำไหลนอง
การประหยัดพลังงาน	ลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเพื่อการปรับอากาศ
มูลค่าที่ดิน	เพิ่มราคาอสังหาริมทรัพย์
สุขภาวะของมนุษย์	เอื้อประโยชน์ต่อกิจกรรมการพักผ่อนและนันทนาการ
ความหลากหลายทางชีวภาพ	สร้างแหล่งที่อยู่อาศัยให้สิ่งมีชีวิตที่หลากหลาย
การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ	เก็บกักและลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
ภูมิทัศน์	ปิดบังมุมมองที่ไม่สวยงามของถนนและโรงงานอุตสาหกรรม สร้างบรรยากาศที่ดีและสวยงาม

คุณภาพอากาศและป่าในเมือง

Air Quality and urban forests

3.1 คุณภาพอากาศในเมือง

มลภาวะทางอากาศก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพที่ร้ายแรง โดยเฉพาะมลพิษทางอากาศเป็นสาเหตุทำให้โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจต่างๆ มีความรุนแรงขึ้น ได้แก่ โรคปอดบวม โรคหืด โรคหลอดลมอักเสบ และวัณโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเด็กและผู้สูงอายุเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงต่อโรคหืด การขยายตัวของเขตเมืองและเขตอุตสาหกรรมที่เพิ่มมากขึ้น ปัญหามลภาวะทางอากาศกลายเป็นปัญหาร้ายแรงของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ภูมิภาคนี้เป็นหนึ่งในห้าภูมิภาคที่เป็นจุดวิกฤตของปรากฏการณ์ "เมฆสีน้ำตาลในชั้นบรรยากาศ" (Atmospheric Brown Cloud – ABC) ของโลก ภูมิภาคอื่นที่เป็นจุดวิกฤต ได้แก่ เอเชียตะวันออก ที่ราบลุ่มแม่น้ำคงคาในเอเชียใต้ แอฟริกาตอนใต้ และเขตลุ่มน้ำอเมซอน (Ramanathan et al., 2008)

การขยายตัวอย่างรวดเร็วของกลุ่มเมฆสีน้ำตาลในชั้นบรรยากาศ เป็นผลจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวภาพที่ใช้ในครัวเรือน การเผาชีวมวลหรือเศษซากสิ่งมีชีวิตกลางแจ้งตามไร่นา และเชื้อเพลิงจากฟอสซิล (น้ำมันเชื้อเพลิง) ซึ่งพบได้ในทุกภูมิภาคด้านใต้ลมที่มีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น

ปรากฏการณ์กลุ่มเมฆสีน้ำตาลในชั้นบรรยากาศ (ABC) ประกอบด้วยสารมลพิษในอากาศ และฝุ่นละออง เช่น ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2), แอมโมเนีย (NH_3), รวมถึงก๊าซอินทรีย์และกรดต่างๆ อีกมากมายกว่าร้อยชนิด ผลจากปรากฏการณ์กลุ่มเมฆสีน้ำตาลในชั้นบรรยากาศนำไปสู่ผลกระทบด้านลบที่รุนแรงมากขึ้นต่อสุขภาพของมนุษย์ ทรัพยากรน้ำ พืชผลทางการเกษตร และการเพิ่มขึ้นของปริมาณโอโซนผิวพื้น (O_3)

พื้นที่เขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มลภาวะทางอากาศ ในเมืองเป็นปัญหาสำคัญโดยเฉพาะในเมืองใหญ่ เช่น กรุงเทพมหานคร กรุงมะนิลา กรุงฮานอย นครโฮจิมินห์ และกรุงกัวลาลัมเปอร์ เช่นเดียวกับเมืองขนาดรองลงมา เช่น สุราบายาและบันดุงในประเทศอินโดนีเซีย เซบูและดาวาวในประเทศฟิลิปปินส์ หรือเชียงใหม่และหาดใหญ่ในประเทศไทย (UNEP, 2004) มลพิษทางอากาศที่น่าวิตกเป็นอย่างยิ่งของเมืองเหล่านี้ เกิดจากภาวะความเข้มข้นของฝุ่นละออง ตามมาด้วยภาวะเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2), และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มลพิษทางอากาศที่สำคัญในเมือง และแหล่งที่มาของมลพิษทางอากาศ สรุปได้ดังตารางที่ 3

3.2 แหล่งปล่อยมลพิษทางอากาศในเมือง

แหล่งปล่อยมลพิษทางอากาศสูงสุดตามเมืองต่างๆ ทั่วโลกมาจากการจราจรขนส่งทางบก ในประเทศที่พัฒนาแล้ว การปล่อยมลพิษทางอากาศจากแหล่งอื่นๆ เช่น ภาคอุตสาหกรรม และภาคครัวเรือนมีปริมาณลดลงในขณะที่ยังคงเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหามลพิษทางอากาศในประเทศกำลังพัฒนา ปริมาณรถยนต์ที่เพิ่มมากขึ้นแต่ยังคงใช้เทคโนโลยีที่ล้าหลังเป็นแหล่งปล่อยมลพิษในปริมาณมาก เขตอุตสาหกรรมตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมและมักตั้งอยู่ใกล้แหล่งที่พักอาศัย เป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาวะของประชาชนในพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงงานอุตสาหกรรมที่การควบคุมหรือขจัดมลพิษไร้ซึ่งประสิทธิภาพ

รถยนต์เป็นแหล่งปล่อยมลพิษทางอากาศที่สำคัญ สามารถปล่อยไอเสียซึ่งมีองค์ประกอบของฝุ่นละอองที่มีขนาดต้นกำเนิด และองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน เช่น ฝุ่นละอองเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 10 ไมครอน (0.01 มม.) หรือเล็กกว่า (PM10) และฝุ่นละอองเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2.5 ไมครอน (0.0025 มม.) หรือเล็กกว่า (PM2.5) ฝุ่นละอองเหล่านี้ประกอบด้วยสารพิษต่างๆ มากมายประเภทโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว (Pb), สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu), แมงกานีส (Mn), โครเมียม (Cr) และสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ฝุ่นละอองจึงเป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญของเมืองที่ส่งผลต่อสุขภาพของประชาชน งานวิจัยทางการแพทย์ระบุว่าผลกระทบทางลบต่อสุขภาวะของมนุษย์จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อขนาดของกลุ่มฝุ่นละอองมีขนาดเล็กลง จึงเป็นที่มาของการศึกษาชนิดของพันธุ์ไม้ที่สามารถดักจับฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

นอกจากรถยนต์จะปล่อยไอเสียซึ่งมีองค์ประกอบของฝุ่นละอองแล้วยังปลดปล่อยมลพิษอื่นที่มีความเข้มข้นสูง เช่น ไนโตรเจนไดออกไซด์ และสารประกอบอินทรีย์ระเหย สารทั้งสองชนิดทำปฏิกิริยาทางเคมี เมื่อถูกแสงแดดภายใต้

อุณหภูมิสูงก่อให้เกิดโอโซนผิวพื้น ความเข้มข้นของโอโซนผิวพื้นที่เกิดขึ้นจะยิ่งมีความเข้มข้นสูงขึ้นในฤดูร้อน ที่เรียกกันว่าหมอกควันฤดูร้อน (summer smog) และเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์เช่นเดียวกับฝุ่นละออง

3.3 การควบคุมมลพิษทางอากาศ

การลดปริมาณสารมลพิษในอากาศต้องดำเนินการด้วยการลดที่แหล่งกำเนิดของมลพิษ เพื่อบรรเทาปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานและแนวทางปฏิบัติเพื่อลดมลพิษทางอากาศขึ้น ตารางที่ 4 แสดงภาพรวมแนวปฏิบัติของปัจจุบันโดยองค์การอนามัยโลก (อ้างถึงใน Sokhi and Kitwiroon, 2008) แนวปฏิบัติที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลกดังกล่าวไม่มีภาระผูกมัดใดๆ ในทางกฎหมาย เพื่อให้บรรลุตามแนวปฏิบัติที่กำหนด จำเป็นต้องกำหนดยุทธศาสตร์และมาตรการเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับชาติ และระดับภูมิภาค

แม้ว่าแนวปฏิบัติต่างๆ ที่กำหนดไว้เป็นการเริ่มต้นที่ดี แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าเมื่อปฏิบัติตามแนวทางเหล่านี้แล้ว ประชาชนไม่ต้องเผชิญกับปัญหาที่เกิดจากมลพิษอีก การลดมลพิษให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพเป็นเรื่องที่ท้าทาย และเป็นภารกิจที่ต้องพิจารณาดำเนินการอย่างจริงจัง แม้ว่าในทางปฏิบัติอาจล้มเหลวและปริมาณความเข้มข้นของมลพิษยังคงเกินกว่าค่าที่กำหนด แต่การลดปริมาณฝุ่นละอองเป็นเรื่องสำคัญในแง่ประโยชน์ต่อสุขภาวะของประชาชนโดยรวม

3.4 ประโยชน์ของป่าในเมืองในการปรับปรุงคุณภาพอากาศ

การจัดการป่าในเมืองอย่างเหมาะสมเป็นเพียงหนึ่งในมาตรการเสริมเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพอากาศของเมือง

เนื่องจากป่าในเมืองสามารถช่วยเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในเมือง ส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อคุณภาพอากาศทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับภูมิภาค (Nowak, 1995) อิทธิพลของต้นไม้ใหญ่ต่อสภาพอากาศในเมือง มี 4 ประการ ดังนี้

1 การดักกรองและขจัดมลพิษในอากาศ

ความสามารถของต้นไม้ในการดูดซับ ทำให้ปริมาณก๊าซที่เป็นพิษและฝุ่นละอองในอากาศและสภาพแวดล้อมลดลง ความสามารถในการดูดซับของต้นไม้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติและความเข้มข้นขององค์ประกอบต่างๆ รวมทั้ง ลักษณะโครงสร้างและคุณสมบัติเฉพาะตัวของต้นไม้ (พืชพรรณ) รายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจะกล่าวในบทต่อไป

2 ส่งผลต่ออุณหภูมิและภูมิอากาศจุลภาค

ทรงพุ่มและการคายน้ำของต้นไม้ส่งผลต่ออุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และการดูดซับการแผ่รังสี ในฤดูร้อนต้นไม้ช่วยทำให้อากาศเย็นลง ทำให้ปรากฏการณ์โดมความร้อนในเมืองลดลง ต้นไม้ยังช่วยปรับปรุงคุณภาพอากาศ เนื่องจากมลพิษและปฏิกริยาทางเคมีจากแสงที่ทำให้เกิดโอโซนผิวพื้นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ กล่าวคือยิ่งอุณหภูมิลดต่ำลง การเกิดโอโซนผิวพื้นก็จะลดลง

3 ลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารส่งผลให้การปล่อยมลพิษสู่อากาศอันเนื่องจากการผลิตกระแสไฟฟ้าลดลง

ร่มเงาของต้นไม้ช่วยลดการใช้พลังงานในอาคาร รวมทั้งช่วยลดอุณหภูมิในฤดูร้อน และป้องกันลมหนาวในฤดูหนาว คุณลักษณะและประโยชน์ดังกล่าวสามารถสร้างขึ้นได้โดยการออกแบบและกำหนดตำแหน่งของต้นไม้ที่จะปลูกโดยรอบอาคารอย่างเหมาะสม เมื่อภายในอาคารใช้พลังงานน้อยลง มลพิษที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าก็จะลดลง คุณภาพอากาศโดยรวมก็ดีขึ้น

4 การปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยโดยต้นไม้และมลภาวะที่เกิดจากการบำรุงรักษาต้นไม้

ต้นไม้มีการปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยซึ่งช่วยในการเกิดปฏิกริยาเคมีที่ก่อให้เกิดโอโซนผิวพื้นและคาร์บอนมอนอกไซด์ สารประกอบอินทรีย์ระเหยหรือไอโซพรีน เป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในการเกิดโอโซนผิวพื้นนั้น ต้นไม้แต่ละชนิดจะปล่อยออกมาในปริมาณที่แตกต่างกัน การดูแลบำรุงรักษาต้นไม้โดยทั่วไปใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง (จากฟอสซิล) จำนวนมาก ส่งผลให้เกิดมลพิษอาทิ ฝุ่นละออง ออกไซด์ของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และสารประกอบอินทรีย์ระเหย ฯลฯ ประเด็นต่างๆ เหล่านี้จำเป็นต้องนำมาร่วมพิจารณาเพื่อประเมินประสิทธิภาพของป่าในเมืองต่อคุณภาพอากาศของเมือง การเกิดโอโซนผิวพื้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่วนการปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยโดยต้นไม้นั้นคิดเป็นปริมาณไม่มากนักเมื่อเทียบกับสารประกอบอินทรีย์ระเหยที่ปล่อยจากรถยนต์ การลดอุณหภูมิลานจอดรถด้วยการปลูกต้นไม้ที่ให้ร่มเงาเป็นอีกหนทางหนึ่งที่ช่วยลดการระเหยของสารประกอบอินทรีย์ระเหยจากถังน้ำมันของยานพาหนะที่จอดใต้ร่มไม้ได้

ตารางที่ 3 มลพิษที่สำคัญและแหล่งกำเนิดมลพิษในพื้นที่เมือง

สารมลพิษ	แหล่งกำเนิดมลพิษในพื้นที่เมือง
คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	ภายนอกอาคาร: ส่วนใหญ่จากการจราจรบนท้องถนน โรงงานอุตสาหกรรม ภายในอาคาร: การปรุงอาหาร เครื่องทำความร้อน หม้อต้มความร้อน การสูบบุหรี่ และยาสูบในรูปอื่นๆ
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	ภายนอกอาคาร: จากโรงงานอุตสาหกรรมและการจราจร กิจกรรมการดำรงชีวิต ภายในอาคาร: การปรุงอาหาร เครื่องทำความร้อน หม้อต้มความร้อน การสูบบุหรี่ และยาสูบในรูปอื่นๆ
ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)	ภายนอกอาคาร: จากโรงงานอุตสาหกรรม และการจราจร ภายในอาคาร: การปรุงอาหาร เครื่องทำความร้อน หม้อต้มความร้อน การสูบบุหรี่ และยาสูบในรูปอื่นๆ
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)	ภายนอกอาคาร: ส่วนใหญ่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า และโรงถลุงแร่ ภายในอาคาร: เครื่องทำความร้อนที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง
สารประกอบอินทรีย์ระเหย (VOCs)	ภายนอกอาคาร: จากการจราจรบนท้องถนน และโรงงานอุตสาหกรรม การระเหยของเชื้อเพลิง ตัวทำละลายต่างๆ ยากำจัดวัชพืช ภายในอาคาร: สี ตัวทำละลาย กาว การสูบบุหรี่และ ยาสูบในรูปอื่นๆ
ฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM-10)	ภายนอกอาคาร: จากการจราจรบนท้องถนน โรงงานอุตสาหกรรม การก่อสร้าง ฝุ่นละอองแขวนลอยในอากาศ ดิน ภายในอาคาร: ฝุ่นละอองในอาคาร การปรุงอาหาร เครื่องทำความร้อน หม้อต้มความร้อน
ฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM-2.5)	โดยมากมาจากภายนอกอาคาร: จากการจราจรบนท้องถนน และโรงงานอุตสาหกรรม ปฏิกริยาทุติยภูมิของละอองของเหลว และการขนส่งระยะไกล
โอโซน (O_3)	โดยมากมาจากภายนอกอาคาร: การเกิดปฏิกริยาเคมีที่เกิดจากแสงอาทิตย์กับสารเคมี เช่น ออกไซด์ของไนโตรเจน และ สารประกอบอินทรีย์ระเหย

ตารางที่ 4 คุณภาพอากาศที่เสนอโดยองค์การอนามัยโลก (Sokhi, Kitwiroon, 2008)

สารมลพิษ	ข้อเสนอแนะคุณภาพอากาศโดยองค์การอนามัยโลก	
	ค่าเฉลี่ยถ่วงเวลา	ระยะเวลาเฉลี่ย
ฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10)	50 มคก./ลบ.ม.	24 ชั่วโมง
	20 มคก./ลบ.ม.	1 ปี
ฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)	25 มคก./ลบ.ม.	24 ชั่วโมง
	10 มคก./ลบ.ม.	1 ปี
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)	500 มคก./ลบ.ม.	10 นาที
	20 มคก./ลบ.ม.	24 ชั่วโมง
	50 มคก./ลบ.ม.	1 ปี
ไนโตรเจนไดออกไซด์(NO_2)	200 มคก./ลบ.ม.	1 ชั่วโมง
	40 มคก./ลบ.ม.	1 ปี
	120 มคก./ลบ.ม.	8 ชั่วโมง
คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	100 มคก./ลบ.ม.	15 นาที
	60 มคก./ลบ.ม.	30 นาที
	30 มคก./ลบ.ม.	1 ชั่วโมง
	10 มคก./ลบ.ม.	8 ชั่วโมง
โอโซน (O_3)	100 มคก./ลบ.ม.	8 ชั่วโมง

บทที่ 4

การขจัดมลพิษทางอากาศโดยการใช้พืชพรรณ

Air pollution removal by vegetation

4.1 พืชพรรณและการขจัดมลพิษทางอากาศ

พืชพรรณเป็นแหล่ง "ดูดซับ" มลพิษทางอากาศที่สำคัญ ความสามารถในการกักเก็บก๊าซและฝุ่นละอองของพืชขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของใบ ลักษณะและความเข้มข้นของมลพิษ และการเคลื่อนที่ของมลพิษทางอากาศ (Hanson and Lindberg, 1991) มลพิษในระดับพื้นดิน เช่น จากการจราจร ความเข้มข้นของการสะสมมลพิษจะค่อยๆ ลดลงตามระยะทางในบริเวณใต้ทิศทางลม พืชพรรณสามารถดักกรองมลพิษได้ดีที่สุดเมื่ออยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดมลพิษ ยิ่งพืชมีพื้นที่ใบมากเท่าใด ก็จะสามารถดักกรองมลพิษได้เพิ่มขึ้น ต้นไม้ใหญ่จึงมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการดักกรองมลพิษ ส่วนไม้พุ่มและไม้คลุมดิน มีประสิทธิภาพในการดักกรองมลพิษในระดับรองลงมา การพิจารณาปลูกต้นไม้เพื่อดูดซับมลพิษอย่างมีประสิทธิภาพตลอดปี นอกจากพิจารณาจากคุณสมบัติของพืชแล้ว ควรนำคุณสมบัติทางสรีระวิทยาอื่น ๆ ของพืชแต่ละชนิดมาประกอบการพิจารณาด้วย เช่น อัตราการเจริญเติบโต ลักษณะของใบ เช่น ใบแบบเข็ม การผลัดใบหรือไม่ผลัดใบ

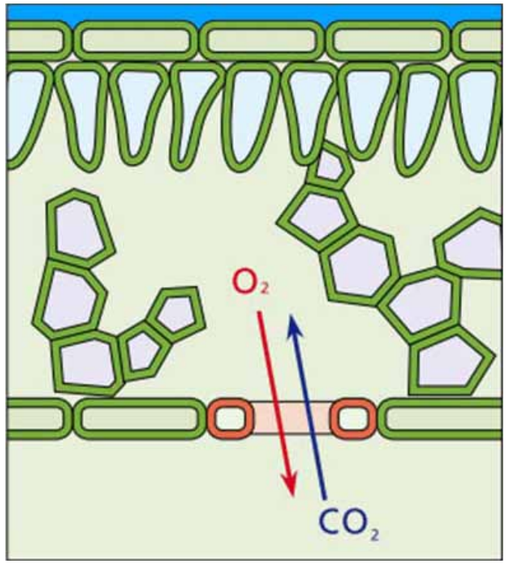
พื้นที่ที่มีต้นไม้หนาแน่น เช่น ป่า สามารถกักเก็บฝุ่นละอองจากบรรยากาศได้มากกว่าพื้นที่ที่มีแต่ต้นไม้หรือพืชอายุสั้น 2 ถึง 16 เท่า (Bradshaw et al., 1995).

4.2 การดูดซึมมลพิษในรูปของก๊าซโดยพืชพรรณ

พืชดูดซึมก๊าซในบรรยากาศผ่านทางปากใบ (stomata) และผิวใบ (cuticles) (ภาพที่ 1) ผิวใบเป็นชั้นที่อยู่ด้านนอกสุดของใบ มีไขเคลือบอยู่เพื่อป้องกันไม่ให้ใบของพืชสูญเสียน้ำมากเกินไป ส่วนปากใบเป็นรูอยู่ด้านใต้ของใบ สามารถเปิดปิดได้ พืชจึงสามารถแลกเปลี่ยนก๊าซกับบรรยากาศโดยรอบได้อย่างต่อเนื่อง

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน และโอโซนเข้าสู่พืชโดยกระบวนการ "ดูดซึม" (absorption) ผ่านทางปากใบเป็นส่วนใหญ่ ใบของพืชมีโพรงเป็นโครงข่ายภายในที่เชื่อมต่อกับอากาศภายนอกทางปากใบ (ภาพที่ 1) โพรงเหล่านี้เป็นที่ดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่เซลใบ และคายออกซิเจนและน้ำออกสู่บรรยากาศโดยรอบ โพรงเหล่านี้ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวภายในใบพืช เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแลกเปลี่ยนก๊าซ

การดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชจำเป็นต้องมีอากาศไหลผ่านใบปริมาณมาก รวมทั้ง องค์ประกอบอื่นในอากาศ ก๊าซพิษจากการจราจรก็ถูกดูดซึมด้วยกระบวนการเดียวกัน เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน และโอโซนละลายได้ง่ายในน้ำ จึง



ภาพที่ 1 แสดงการแลกเปลี่ยนก๊าซผ่านทางปากใบซึ่งอยู่ด้านท้องใบ โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกดูดเข้าไปและปล่อยก๊าซออกซิเจนออกมา ส่วนผิวใบซึ่งอยู่ด้านบนของใบแสดงเป็นสีน้ำเงิน

ถูกดูดซับและผ่านกระบวนการดูดซึมของใบได้ง่ายเช่นกัน ปากใบของพืชจะเปิดช่วงกลางวันและปิดในช่วงกลางคืน ความสามารถในการดูดซึมและคักกรองมลพิษในเวลากลางวันจึงดีกว่าในช่วงกลางคืน พืชจะดูดซึมและคักกรองมลพิษได้ดีในกรณีที่อากาศสามารถถ่ายเทผ่านปากใบได้โดยปราศจากสิ่งกีดขวาง พืชที่มีใบกว้างและบางมักมีจำนวนปากใบมากเมื่อคิดเทียบต่อหน่วยพื้นที่ใบ พืชประเภทนี้สามารถดูดซึมและคักกรองมลพิษทางอากาศได้ดี ทำนองเดียวกับพืชที่มีพื้นที่ใบมากเมื่อคิดเทียบต่อหน่วยพื้นที่

อย่างไรก็ตามพืชพรรณก็มีขีดจำกัดในการรับก๊าซที่เป็นสารพิษ อีกทั้งพืชอาจได้รับอันตรายจากสารพิษได้เช่นกัน เนื่องจากการแลกเปลี่ยนก๊าซทางปากใบทำให้สารพิษสามารถเข้าสู่โครงสร้างภายในของพืช เมื่อสารพิษที่เข้าไปมีปริมาณมากเกินกว่าขีดความสามารถในการขจัดสารพิษหรือการเผาผลาญสารพิษด้วยกลไกภายในของพืช สารพิษดังกล่าวก็จะเป็นอันตรายต่อพืช พืชแต่ละชนิดสามารถตอบสนองต่อมลพิษในอากาศได้แตกต่างกัน จึงควรพิจารณาเลือกชนิดของพันธุ์พืชที่สามารถเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นของมลพิษในอากาศสูง

สารประกอบอินทรีย์ประเภท โพลีคลอริเนตไบฟีนิล (polychlorinated biphenyls -PCBs) ไดออกซิน (dioxins) และฟูแรน (furans) จะถูกดักจับไว้ด้วยผิวใบของพืชด้วยกระบวนการ "ดูดซับ" (absorption) ผิวใบทำหน้าที่เป็นที่พักของสารเหล่านี้ เพื่อแลกเปลี่ยนสารเหล่านี้อย่างช้าๆ ภายในโครงสร้างของใบ การดูดซับของผิวใบเกิดขึ้นตลอดเวลา แม้ในเวลากลางคืน ในขณะที่ปากใบของพืชปิดและใบไม่มีการทำงานในเวลากลางคืน เป็นความแตกต่างอย่างชัดเจนเรื่องการทำงานของผิวใบและปากใบ ผิวใบของพันธุ์พืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ต้นไม้ที่มีใบหนาแน่น ผิวใบมีลักษณะหนาและเป็นไข สามารถดูดซับสารประกอบอินทรีย์ได้ดี พืชที่มีลักษณะดังกล่าว ได้แก่ สน (conifer) เป็นต้น

4.3 การขจัดฝุ่นละอองโดยพืชพรรณ

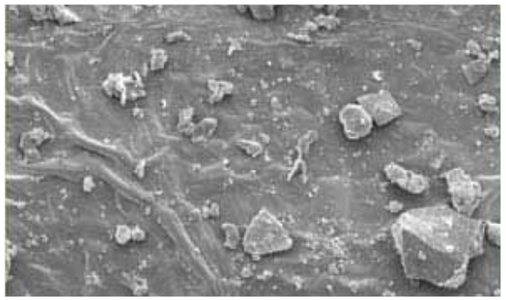
ฝุ่นละอองจะตกลงบนใบพืชหรือถูกพัดพาเข้ามาสู่ใบ ใบของพืชจะดักจับฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ผ่านกระบวนการการตกกระทบ (impaction processes) ฝุ่นละอองในอากาศพร้อมที่จะตกลงบนผิวใบที่ชื้น หยาบ มีขน

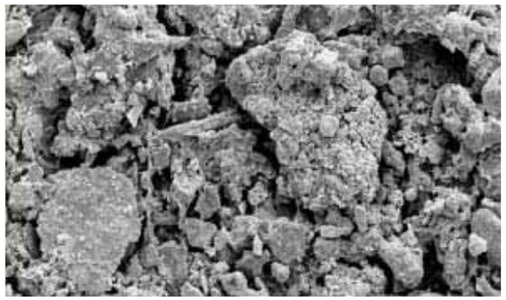
หรือผิวใบที่มีประจุไฟฟ้า (Pye, 1987) หลังจากฝุ่นละอองตกกระทบใบแล้ว สามารถย้อนกลับไปสู่สภาวะแขวนลอยในอากาศได้ แต่หากผิวใบมีความเหนียวจะเพิ่มความสามารถในการดักจับฝุ่นละอองได้มากขึ้น และต้องใช้แรงจำนวนมากในการทำให้ฝุ่นละอองหลุดออกจากผิวของใบ

พืชพรรณทุกชนิดสามารถดักจับฝุ่นละอองได้ พืชตระกูลสนสามารถดักจับฝุ่นละอองได้มาก แต่สามารถดูดซับก๊าซจากบรรยากาศได้น้อยกว่าพืชใบกว้างที่ผลัดใบ ต้นสนสามารถดักจับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน10 ไมครอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากโครงสร้างของใบสนมีความละเอียดและซับซ้อนกว่าพืชผลัดใบ (Beckett et al., 2000) นอกจากใบที่เล็กเรียวเหมือนเข็ม เช่น ใบสน และใบไม้อื่นแล้ว ลำต้นและกิ่งก้าน ที่โครงสร้างพันกันอย่างสลับซับซ้อนก็มีส่วนช่วยในการดักจับฝุ่นละอองเช่นกัน เนื่องจากฝุ่นละอองไม่ได้เข้าสู่ภายในของใบและไม่ผ่านกระบวนการสลับซับซ้อนของใบเหมือนอย่างก๊าซ แต่จะถูกดักจับไว้ที่ผิวของใบและส่วนต่างๆ ของต้นไม้ ดังนั้น ไม่ว่าใบไม้จะยังคงเขียวสดหรือเริ่มเหี่ยวแห้ง ใบยังคงสามารถดักจับฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนไปได้เรื่อยๆ ตราบเท่าที่ใบยังคงสัมผัสกับอากาศที่มีสิ่งเจือปนและไม่หลุดล่วงไป (ภาพที่ 2) ฝุ่นละอองบางส่วนจะถูกดักจับอยู่บนใบในขณะที่อีกส่วนสามารถหลุดออกไปได้หากถูกพัดด้วยแรงลมหรือถูกชะล้างด้วยน้ำฝน เมื่อฝุ่นละอองตกลงบนดินก็จะถูกชะล้างด้วยน้ำลงสู่ระบบระบายน้ำหรือจับตัวตัวผสมอยู่ในดินต่อไป

4.4 ความสามารถในการขจัดมลพิษของป่าในเมือง

ต้นไม้ใหญ่ในเมืองโดยทั่วไปสามารถดักจับฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน10 ไมครอน ได้ประมาณ 100 กรัม ต้นไม้ใหญ่ในกรุงปักกิ่งโดยเฉลี่ยสามารถดักจับฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ได้ประมาณ 300 กรัม ในแต่ละปี (Yang et al., 2005) ความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในกรุงปักกิ่ง มีปริมาณสูงกว่ามหานครโดยทั่วไป การดักจับฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่กิน 10 ไมครอนจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของฝุ่นละออง ต้นไม้ที่โตเต็มที่ในบางประเทศ เช่น ประเทศเนเธอร์แลนด์ สามารถดักจับฝุ่นละอองได้ถึง 1.4 กิโลกรัม (Tonneijck, 2008)





ภาพที่ 2 ฝุ่นละอองบนใบของต้นพาร์ธีโนซิซัส (เวอร์จิเนียเถา) ในเดือนมิถุนายน (ซ้าย) และในเดือนตุลาคม (ขวา) (M. ThÖnnessen, 2005)

จากการคำนวณความสามารถในการดักจับฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ของป่าในเมืองตามเมืองต่างๆ ในสหรัฐอเมริกา พบว่าป่าในเมืองสามารถดักจับมลพิษได้ปริมาณหลายร้อยตันต่อปี (Nowak et al., 2006) การคำนวณแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการขจัดมลพิษโดยรวมของต้นไม้ที่มีอยู่ในเมืองโดยทั่วไปต่ำกว่าร้อยละ 1 เมื่อเทียบกับสภาวะที่ไม่มีต้นไม้ การขยายพื้นที่ที่ปกคลุมไปด้วยต้นไม้ในเมืองมีประโยชน์ในการช่วยขจัดมลพิษ จากการคำนวณล่าสุดของเมืองกลาสโกว์และภูมิภาคตอนกลางด้านตะวันตกของสหราชอาณาจักร พบว่าเมื่อปริมาณของพื้นที่ที่ถูกปกคลุมไปด้วยต้นไม้เพิ่มมากขึ้น สามารถช่วยขจัดมลพิษของอากาศได้เพิ่ม ความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเมืองลดลงอย่างเห็นได้ชัด (McDonald et al, 2007)

ความสามารถของต้นไม้ ในการดักจับฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 1 ไมครอน ในปัจจุบันพบว่ายังมีข้อมูลไม่มากพอ มีเพียงการศึกษาของ Freer-Smith และคณะ (2005) ซึ่งคำนวณอัตราการสะสมของฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 1 ไมครอน ของต้นไม้ 5 ชนิด (2 ชนิดเป็นประเภทสน และ 3 ชนิดเป็นประเภทไม้ผลัดใบ) ในพื้นที่ทดลองสองแห่ง พบว่าอัตราการสะสมขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้ ขนาดของฝุ่นละออง และตำแหน่งของต้นไม้ ผู้ทำการศึกษาสรุปว่าอัตราการสะสมของฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 1 ไมครอน สูงกว่าของขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน งานวิจัยในอนาคตควรเน้นการศึกษาความสามารถของต้นไม้ในการดักจับฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และไม่เกิน 1 ไมครอน มากกว่าการดักจับฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน เพื่อนำความรู้ดังกล่าวมาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 5 กระบวนการการขจัดมลพิษในอากาศโดยพืชพรรณ

ประเภทของมลพิษ	กระบวนการ	ชนิดใบที่เหมาะสม
ออกไซด์ของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน	การดูดซึม	ใบเรียบกว้างของไม้ผลัดใบ
สารประกอบอินทรีย์ระเหย (โพลีคลอริเนต (พีซีบี) ไบฟีนิล ไดออกซิน ฟูแรน)	การดูดซับ	ใบหนาและผิวใบมีลักษณะเป็นไข โดยเฉพาะอย่างยิ่งใบสน
ฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	การตกกระทบ	ใบเรียวเล็ก เช่น ใบสน ใบหยาบ มีขน และเหนียวของไม้ผลัดใบ

บทที่ 5

ความสามารถของต้นไม้ใหญ่และไม้พุ่มในการปรับปรุงคุณภาพอากาศ

Effectiveness of trees and shrubs for improving air quality

5.1 การเลือกชนิดพันธุ์พืชให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ใหญ่และไม้พุ่มที่สามารถนำมาใช้สร้างพื้นที่สีเขียวและการสร้างป่าในเมือง พืชแต่ละชนิดมีคุณลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน กล่าวคือ พืชชนิดหนึ่งสามารถขจัดมลพิษอากาศอย่างใดอย่างหนึ่งได้มากกว่าพืชอีกชนิด การเลือกชนิดพันธุ์พืชให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ จึงเป็นหลักการที่สำคัญสำหรับการออกแบบเพื่อปลูกต้นไม้อย่างเหมาะสม

พืชที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ได้ดีที่สุด จะสามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะเดียวกันพืชพรรณที่ได้ไม่รับการดูแลบำรุงรักษาอย่างถูกต้องและปลูกในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ย่อมไม่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการขจัดมลพิษในอากาศด้อยลง ดังนั้น การปรับปรุงคุณภาพอากาศอย่างเป็นระบบจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเลือกใช้ต้นไม้ที่มีความสมบูรณ์และมีคุณภาพ

5.2 การประมาณความสามารถในการขจัดมลพิษของพืชพันธุ์

พืชทุกชนิดล้วนมีส่วนช่วยปรับปรุงคุณภาพอากาศ แต่ประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพอากาศของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของมลพิษอากาศ ลักษณะรูปร่างของใบซึ่งเป็นส่วนกรองมลพิษอากาศทั้งที่เป็นก๊าซ เช่น ออกไซด์ของไนโตรเจน และฝุ่นละออง นอกจากนั้นความแตกต่างของโครงสร้างใบ จำนวนใบและความหนาแน่นของพุ่มใบ รวมทั้ง การผลัดใบหรือไม่ผลัดใบในช่วงเวลาของปี ล้วนแต่ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการขจัดมลพิษของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน ข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของต้นไม้ใหญ่และไม้พุ่มชนิดต่างๆ ในการปรับปรุงคุณภาพอากาศที่ถูกต้องแม่นยำยังขาดแคลน มีพืช (ที่ไม่ใช่พืชเขตร้อนชื้น) เพียงไม่กี่ชนิดที่ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพอากาศในเชิงปริมาณ (Beckett et al., 2000;Takahashi et al., 2005)

เนื่องด้วยข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการขจัดมลพิษของพืชแต่ละชนิดมีอยู่อย่างจำกัด Hiemstra et al. (2008) และ Hoffman and Hiemstra (2008) จึงได้มีการประมาณประสิทธิภาพของต้นไม้แบบเทียบเคียงกับต้นไม้ใหญ่และไม้พุ่มตามเมืองต่างๆ ของประเทศเนเธอร์แลนด์ บนฐานข้อมูลของโครงสร้างใบและกิ่งก้านสาขา โดยนำมาใช้ประมาณความสามารถในการขจัดมลพิษของพืชเขตร้อนชื้นในจังหวัดเชียงใหม่ ดังข้อมูลปรากฏในตารางที่ 6 และ 7 ซึ่งแสดงการประมาณประสิทธิภาพของต้นไม้แบบเทียบเคียงของพืชแต่ละชนิดตามคุณลักษณะของใบ และ

การแสดงประสิทธิภาพที่ต่างกันของพืชแต่ละชนิด พืชทุกชนิดล้วนสามารถช่วยลดปริมาณมลพิษอากาศในปริมาณที่มากน้อยแตกต่างกัน ข้อมูลต่างๆ ที่ปรากฏในตารางเป็นข้อมูลที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ โดยได้รับความร่วมมือ จาก ดร.เยาวนิตย์ ธาราฉาย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และเป็นข้อมูลที่ไม่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในเชิงปริมาณ

5.3 ฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพแบบเทียบเคียงของพืชที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มีดังนี้

-ต้นไม้ในตระกูลสน (Conifers) มีประสิทธิภาพในการขจัดฝุ่นละอองมากกว่าไม้ผลัดใบ (deciduous trees)

-ไม้ผลัดใบที่ผิวใบหยาบหรือมีขน จะมีประสิทธิภาพมากกว่าต้นไม้ที่มีผิวใบเรียบมัน

-ไม้ไม่ผลัดใบจะมีประสิทธิภาพดีกว่าไม้ผลัดใบ

-พืชพันธุ์ที่มีพื้นที่ผิวใบโดยรวมมากกว่าจะสามารถดักจับฝุ่นละอองได้มากกว่าพืชพันธุ์ที่มีพื้นที่ผิวใบน้อยกว่า ต้นไม้ใหญ่จึงมีประสิทธิภาพสูงกว่าไม้พุ่มขนาดเล็ก

-พืชพันธุ์ที่มีพื้นที่ผิวใบโดยรวมมากกว่าจะสามารถดักจับฝุ่นละอองได้มากกว่าพืชพันธุ์ที่มีพื้นที่ผิวใบน้อยกว่า ดังนั้นต้นไม้ใหญ่และไม้พุ่มที่มีใบขนาดเล็กจำนวนมากจึงมีประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นละอองสูงกว่าต้นไม้ที่มีใบขนาดใหญ่แต่มีจำนวนใบน้อย

ปัจจุบัน ยังไม่มีข้อมูลยืนยันว่าฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนก่อให้เกิดอันตรายแก่พืช ในการเลือกชนิดพืชที่จะนำมาใช้จึงไม่มีการพิจารณาในประเด็นนี้ ค่าของประสิทธิภาพที่แสดงในตารางมีค่าตั้งแต่ระดับ 1 (X) (ประสิทธิภาพต่ำสุด) ถึง ระดับ 5 (XXXXX) (ประสิทธิภาพสูงสุด)

5.4 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO x)

หลักเกณฑ์เพื่อประเมินประสิทธิภาพแบบเทียบเคียงของพืชที่เกี่ยวข้องกับออกไซด์ของไนโตรเจน มีดังนี้

-ไม้ผลัดใบสามารถดูดซับออกไซด์ของไนโตรเจนมากกว่าต้นไม้ในตระกูลสน

-ไม้ผลัดใบที่ผิวใบเรียบมันจะมีประสิทธิภาพดีกว่าต้นไม้ที่มีผิวใบหยาบหรือมีขน

-ไม้ไม่ผลัดใบสามารถดูดซับออกไซด์ของไนโตรเจนได้มากกว่าไม้ผลัดใบ

-พืชพันธุ์ที่มีพื้นที่ผิวใบโดยรวมมากกว่าจะสามารถดูดซับออกไซด์ของไนโตรเจน ได้มากกว่าพืชพันธุ์ที่มีพื้นที่ผิวใบน้อย ต้นไม้ใหญ่จึงมีประสิทธิภาพดีกว่าไม้พุ่มขนาดเล็ก

ออกไซด์ของไนโตรเจนสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อพืชได้ แต่ยังไม่มีข้อมูลยืนยันเรื่องของความอ่อนไหวของพืชในเขตร้อนชื้นต่อออกไซด์ของไนโตรเจน ทั้งนี้ ค่าของประสิทธิภาพที่แสดงในตาราง มีค่าตั้งแต่ระดับ 1(X) (ประสิทธิภาพต่ำสุด) ถึง ระดับ 5 (XXXXX) (ประสิทธิภาพสูงสุด)

5.5 โอโซน (OZONE)

ผลกระทบของต้นไม้ต่อโอโซนนั้นค่อนข้างซับซ้อนมาก โอโซนเกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจน และสารประกอบอินทรีย์ระเหยทำปฏิกิริยาในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงและมีแสงอาทิตย์ ดังนั้น ในสภาวะดังกล่าวต้นไม้จึงมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของโอโซน ดังนี้

- ผลจากการคายน้ำของพืชทำให้อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นลดลงได้ ซึ่งมีผลต่อการยับยั้งการเกิดขึ้นของโอโซน เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะที่ไม่มีพืชอยู่เลย

- ต้นไม้ใหญ่และไม้พุ่มสามารถดูดซับก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ได้ในระดับที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 6 และ 7) โดยไนโตรเจนไดออกไซด์ถูกดูดซับมากเท่าไหร่การเกิดโอโซนก็จะลดลง

- ต้นไม้ใหญ่และไม้พุ่มสามารถดูดซับโอโซนได้มากน้อยแตกต่างกันไป

- ต้นไม้สามารถปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยออกสู่อากาศ ในปริมาณที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 5 และ 6) ซึ่งสารประกอบอินทรีย์เหล่านี้มีส่วนในการสร้างโอโซน หากสารประกอบอินทรีย์เหล่านี้ถูกปล่อยออกมามาก การเกิดโอโซนก็จะถูกกระตุ้นให้เกิดมากขึ้นตามไปด้วย

การประมาณประสิทธิภาพของต้นไม้ใหญ่และไม้พุ่มในการดูดซับโอโซน จะประมาณควบคู่ไปกับการดูดซับไนโตรเจนไดออกไซด์เนื่องจากมีกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน ทั้งนี้ ค่าของประสิทธิภาพที่แสดงในตาราง มีค่าตั้งแต่ระดับ 1 (X) (ประสิทธิภาพต่ำสุด) ถึง ระดับ 5 (XXXXX) (ประสิทธิภาพสูงสุด)

5.6 ประสิทธิภาพของต้นไม้ใหญ่ชนิดต่างๆ

การประมาณประสิทธิภาพในการขจัดฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และมลพิษในสถานะก๊าซ (ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) และ โอโซน (OZONE)) ของต้นไม้ใหญ่ชนิดต่างๆ ที่สำคัญในจังหวัดเชียงใหม่ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 การประมาณประสิทธิภาพในการขจัดฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และมลพิษในสถานะก๊าซ (ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) และ โอโซน (OZONE)) ของต้นไม้ใหญ่ชนิดต่างๆ ที่สำคัญในจังหวัดเชียงใหม่ (ค่าในแต่ละช่องไม่มีความสัมพันธ์กัน)

ชื่อไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่ออังกฤษ	ประเภท	PM10	NOx & Ozone
ยี่เข่ง	*Lagerstroemia indica*	Crape myrtle	ไม้ใหญ่/ไม้พุ่ม	XX	XXX
ลีลาวดี ขาวและแดง	*Plumeria obtusa & rubra*	Plumeria	ไม้ใหญ่/ไม้พุ่ม	XX	XXXX
กระถินณรงค์	*Acacia auriculiformis*	Black Wattle	ไม้ใหญ่	XXX	XXXX
พญาสัตบรรณ	*Alstonia scholaris*	Devil tree	ไม้ใหญ่	XX	XXXXX
ขนุน	*Arctocarpus heterophyllus*	Jackfruit	ไม้ใหญ่	XX	XXXXX
มะเฟือง	*Averrhoa carambola*	Star fruit	ไม้ใหญ่	XX	XXX
ชงโค และ เสี้ยวขาว	*Bauhinia purpurea & variegata (a.o.)*	Orchid tree	ไม้ใหญ่	XXX	XXXXX
ทองกวาว	*Butea monosperma*	Flame of the forest	ไม้ใหญ่	XX	XXXX
แปรงล้างขวด	*Callistemon lanceolatus*	Bottle brush	ไม้ใหญ่	XXXX	XX
กระดังงาไทย	*Cananga odorata*	Perfume tree	ไม้ใหญ่	XX	XXXXX
มะละกอ	*Carica papaya*	Papaya	ไม้ใหญ่	X	XXX
ราชพฤกษ์ และ สุวรรณพฤกษ์	*Cassia fistula & spectabilis (a.o.)*	Golden shower	ไม้ใหญ่	XX	XXX
สนทะเล	*Casuarina equisetifolia (a.o.)*	Australian pine	ไม้ใหญ่	XXXXX	XX
สตาร์แอปเปิลหรือแอปเปิ้ลเมืองสีเขียว	*Chrysophyllum cainito*	Star Apple	ไม้ใหญ่	XXXX	XXX
สตาร์แอปเปิลหรือแอปเปิ้ลเมืองสีม่วง	*Chrysophyllum oliviforme*	Satin leaf	ไม้ใหญ่	XXXX	XX
มะพร้าว	*Cocos nucifera*	Coconut	ไม้ใหญ่	XX	XXX
ตีนเป็ดฝรั่ง	*Crescentia alata*	Gourd tree	ไม้ใหญ่	XXX	XXX
หางนกยูงฝรั่ง	*Delonix regia*	Flamboyant tree	ไม้ใหญ่	XXXX	XX
มะพลับไทย	*Diospyros malabarica (a.o.)*	Ebony	ไม้ใหญ่	XX	XXXX
ยูคาลิปตัส	*Eucalyptus camaldulensis (a.o.)*	Eucalyptus	ไม้ใหญ่	XXX	XXXX
กันเกรา	*Fagrea fragrans*	Ironwood	ไม้ใหญ่	XXX	XXXX
เดื่อห้า	*Ficus auriculata*	Roxburgh fig	ไม้ใหญ่	XX	XXXX
กร่าง	*Ficus benghalensis*	Indian banyan	ไม้ใหญ่	XXX	XXXX
ไทรย้อยใบแหลม	*Ficus benjamina*	Golden Fig	ไม้ใหญ่	XXX	XXXX
ยางอินเดีย	*Ficus elastica*	Indian rubber fig	ไม้ใหญ่	XX	XXXXX
ไทรย้อยใบทู่	*Ficus microcarpa*	Banyan tree	ไม้ใหญ่	XXX	XXXX
โพธิ์	*Ficus religiosa*	Sacred Fig tree	ไม้ใหญ่	XX	XXXX
มังคุด	*Garcinia sp.*	Mangosteen	ไม้ใหญ่	XX	XXXXX

ชื่อไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่ออังกฤษ	ประเภท	PM10	NOx & Ozone
ตะเคียนทอง	*Hopea odorata*	Chengal	ไม้ใหญ่	XXXX	XXX
ศรีตรังดอกขาว และ ศรีตรัง	*Jacaranda mimosaefolia / filicifolia*	Jacaranda	ไม้ใหญ่	XXXX	XX
ตะแบก	*Lagerstroemia floribunda*	Crape myrtle	ไม้ใหญ่	XXX	XXX
อินทนิล	*Lagerstroemia speciosa*	Queens crape myrtle	ไม้ใหญ่	XXX	XXXX
เสลา	*Lagerstroemia tomentosa*	Crape myrtle	ไม้ใหญ่	XXXX	XXX
เสลาเปลือกหนา	*Lagerstroemia villosa*	Crape myrtle	ไม้ใหญ่	XXXX	XXX
ลิ้นจี่	*Litchi chinensis*	Litchi	ไม้ใหญ่	XX	XXXXX
กะลอ	*Macaranga denticulata*	Macaranga	ไม้ใหญ่	XXX	XXXX
เลี่ยน	*Melia azedarach (a.o.)*	Persian lilac	ไม้ใหญ่	XX	XX
จำปี และ จำปา	*Michellia alba & champaca (a.o.)*	White chempaka	ไม้ใหญ่	XXX	XXXX
แซะ	*Millettia atropurpurea*	Purple millettia	ไม้ใหญ่	XX	XXXX
พิกุล	*Mimusops elengi (a.o.)*	Spanish cherry	ไม้ใหญ่	XXX	XXXX
เงาะ	*Nephelium lappaceum*	Rambutan	ไม้ใหญ่	XX	XXXX
นนทรี	*Peltophorum pterocarpum*	Copper pod	ไม้ใหญ่	XXXX	XX
สนสามใบ และ สนสองใบ	*Pinus kesiya & merkusii*	Pine	ไม้ใหญ่	XXXXX	XXX
แสงจันทร์	*Pisonia grandis*	Moonlight Tree	ไม้ใหญ่	XX	XXXXX
อโศกอินเดีย	*Polyalthia longifolia 'Pandurata' (a.o.)*	Mast Tree	ไม้ใหญ่	XXX	XXXX
ประดู่บ้าน	*Pterocarpus indicus*	Burmese rosewood	ไม้ใหญ่	XXX	XXXX
ปาล์มขวด	*Roystonea regia*	Royal palm	ไม้ใหญ่	X	XXX
หลิว	*Salix babylonica*	Weeping willow	ไม้ใหญ่	XXX	XXXX
จามจุรี	*Samanea saman*	Monkeypod tree; Rain Tree	ไม้ใหญ่	XXXX	XXX
หนวดปลาหมึก	*Schefflera actinophylla*	Umbrella tree	ไม้ใหญ่	XX	XXXX
แคแสด	*Spathodea campanulata*	African tulip tree	ไม้ใหญ่	XXXX	XXX
มะฮอกกานีใบใหญ่ และ มะฮอกกานีใบเล็ก	*Swietenia macrophylla & mahogany*	Mahogany	ไม้ใหญ่	XX	XXXX
ชมพู่	*Syzigium aqueum (Eugenia aquea)*	Rose apple	ไม้ใหญ่	XX	XXXXX
เมา, กะเมา, ขะเม่า, ยามูยีมมา, หว้าคง	*Syzygium grande*	Rose apple	ไม้ใหญ่	XX	XXXXX
ชมพูพันธ์ทิพย์	*Tabebuia rosea (a.o.)*	Trumpet tree	ไม้ใหญ่	XX	XXX
มะขาม	*Tamarindus indica*	Tamarind	ไม้ใหญ่	XXX	XXXX
สัก	*Tectona grandis*	Teak	ไม้ใหญ่	X	XXX
หูกวาง และ หูกระจง	*Terminalia catappa & ivorensis*	Umbrella tree	ไม้ใหญ่	XX	XXXX
สนฉัตร	*Araucaria heterophylla*	Norfolk Island pine	ไม้ใหญ่ / สน	XXXXX	XXX
พญาไม้ใบเล็ก สนใบพาย สนใบเล็ก หรือ พญาไม้ใบเล็ก	*Podocarpus podostachyus*	Sea teak	ไม้ใหญ่ / สน	XXXX	XXX

หมายเหตุ *ระดับ 1 (X) (ประสิทธิภาพต่ำสุด) ถึง ระดับ 5 (XXXXX) (ประสิทธิภาพสูงสุด)*

5.7 ประสิทธิภาพของไม้พุ่ม และไม้เลื้อยพันธุ์ต่างๆ

การประมาณประสิทธิภาพในการขจัดฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และมลพิษในสถานะก๊าซ (ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และโอโซน (OZONE)) ของไม้พุ่ม และไม้เลื้อยพันธุ์ต่างๆ ที่สำคัญในเชียงใหม่ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 การประมาณประสิทธิภาพในการขจัดฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และมลพิษในสถานะก๊าซ (ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) และโอโซน (OZONE)) ของไม้พุ่ม และไม้เลื้อยพันธุ์ต่างๆ ที่สำคัญในเชียงใหม่ (ค่าในแต่ละช่องไม่ได้มีความสัมพันธ์กัน)

ชื่อไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่ออังกฤษ	ประเภท	PM_{10}	NO_x & ozone
พวงชมพู	*Antigonon leptopus*	Mexican creeper	ไม้เลื้อย	XX	XXX
มังกรคาบแก้ว	*Clerodendrum thomsonae*	Bleeding heart	ไม้เลื้อย	XX	XXX
อัญชัน	*Clitoria ternatea*	Butterfly pea	ไม้เลื้อย	XX	XXX
มะเดื่อเถา	*Ficus pumila*	Creeping fig	ไม้เลื้อย	XXX	XXX
มะลิเลื้อย และ มะลิลา	*Jasminum multiflorum & sambac*	Jasmine	ไม้เลื้อย	XX	XXX
เล็บวิฬาร์	*Macfadyena unguis-cati*	Cat's claw vine	ไม้เลื้อย	XXX	XXX
บานบุรีสีม่วงอ่อน หรือ คาวประดับ / อมรเบิกฟ้า	*Mandevilla splendens & amabilis*	Mandevilla	ไม้เลื้อย	XX	XX
พลูแฉก, พลูฉีก	*Monstera deliciosa*	Splitleaf Philodendron	ไม้เลื้อย	X	XXXXX
เล็บมือนาง	*Quisqualis indica*	Rangoon Creeper	ไม้เลื้อย	XX	XXX
พวงหยก	*Strongylodon macrobotrys*	Jade vine	ไม้เลื้อย	XX	XXX
แววตา / สร้อยอินทนิล / รางจืด	*Thunbergia alata / grandiflora / laurifolia*	Black eyed susan	ไม้เลื้อย	XX	XXX
พลับพลึง	*Crinum asiaticum*	Crinum lily	ไม้ล้มลุก	X	XXX
กล้วย	*Musa sp.*	Banana	ไม้ล้มลุก	X	XXXXX
ฤๅษีผสม	*Solenostemon scutellarioides*	Coleus	ไม้ล้มลุก	XX	XX
ซิการ์ฟลาวเวอร์	*Cuphea ignea*	Cigar flower	ไม้พุ่ม	X	XXX
เก๊ียวเกล้า, หางกระรอก,หางกระรอกแดง,หางลิง,หางแมว	*Acalypha hispida*	Red Hot Cat's Tail	ไม้พุ่ม	XX	XXX
หูปลาช่อน	*Acalypha wilkesiana*	Painted copper leaf	ไม้พุ่ม	X	XXX
ชวนชม	*Adenium obesum*	Mock Azalea	ไม้พุ่ม	X	XX
ไผ่	*Bambusa spp. (and other bamboos)*	Bamboo	ไม้พุ่ม	XXX	XXX

ชื่อไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่ออังกฤษ	ประเภท	PM_{10}	NO_x & ozone
คำแสด	*Bixa orellana*	Annatto Tree	ไม้พุ่ม	XX	XXX
สโนว์ บูช	*Breynia disticha (a.o.)*	Snow Bush	ไม้พุ่ม	XX	XX
หางนกยูงไทย	*Caesalpinia pulcherrima*	Pride of Barbados	ไม้พุ่ม	XXXX	XX
พู่ชมพู	*Calliandra haematocephala*	Pink powder puff	ไม้พุ่ม	XXXX	XX
ราตรี	*Cestrum nocturnum*	Queen of the night	ไม้พุ่ม	XX	XXX
โกสน	*Codiaeum variegatum*	Croton	ไม้พุ่ม	X	XXX
หมากผู้หมากเมีย	*Cordyline sp.*	Cabbage tree	ไม้พุ่ม	X	XXX
หลิวไต้หวัน	*Cuphea hyssopifolia*	False heather	ไม้พุ่ม	XX	XX
ซองออฟอินเดีย	*Dracaena reflexa (a.o.)*	Song of India	ไม้พุ่ม	X	XXX
เทียนหยด	*Duranta repens*	Golden dew drop	ไม้พุ่ม	X	XXX
เล็บครุฑทอง	*Euodia ridleyi*	Euodia	ไม้พุ่ม	XX	XX
คริสต์มาส	*Euphorbia pulcherrima*	Poinsettia	ไม้พุ่ม	X	XXX
ลิ้นกระบือ	*Excoecaria cochinchinensis*	Picara	ไม้พุ่ม	X	XX
พวงทองต้น	*Galphimia gracilis*	Shower of gold	ไม้พุ่ม	XX	XXX
พุดน้ำบุษย์	*Gardenia carcinata & tubifera*	Gardenia	ไม้พุ่ม	XXX	XXX
พุดซ้อน	*Gardenia jasminoides*	Cape gardenia	ไม้พุ่ม	XX	XXX
พุดตาน	*Hibiscus mutabilis*	Cooton rose	ไม้พุ่ม	XX	XXX
ชบา, ใหม่, ใหม่แดง	*Hibiscus rosa-sinensis*	Shoe flower	ไม้พุ่ม	X	XXX
ปอทะเล	*Hibiscus tiliaceus*	Mahaut	ไม้พุ่ม	XXX	XXX
พุดทุ่ง	*Holarrhena densiflora*	Jasmine tree	ไม้พุ่ม	XXX	XX
เข็มฝรั่ง	*Ixora coccinea (a.o.)*	Flame of the woods	ไม้พุ่ม	XX	XXX
ปัตตาเวีย	*Jatropha integerrima*	Physicnut	ไม้พุ่ม	X	XXX
หนุมานนั่งแท่น	*Jatropha podagrica*	Gout stalk	ไม้พุ่ม	X	XXX
ผกากรอง	*Lantana camara (cv's)*	Cloth of gold	ไม้พุ่ม	XX	XX
ชบาร่ม	*Malvaviscus penduliflorus*	Turk's Cap	ไม้พุ่ม	X	XXX
มันสำปะหลัง	*Manihot esculenta*	Cassava	ไม้พุ่ม	XX	XXX
แก้ว	*Murraya acuminata / paniculata*	Orange jessamine	ไม้พุ่ม	XXX	XXX
คอนญ่าควีนสิริกิติ์	*Mussaenda philippica*	White mussaenda	ไม้พุ่ม	XX	XXX
ยี่โถ	*Nerium oleander & indicum*	Oleander	ไม้พุ่ม	XX	XXX

ชื่อไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่ออังกฤษ	ประเภท	PM_{10}	NO_x & ozone
แสยก / เคียะไกให้	*Pedilanthus tithymaloides*	Jew bush	ไม้พุ่ม	XX	XX
สิบสองปันนา	*Phoenix roebelinii*	Date palm	ไม้พุ่ม	XX	XXX
กุหลาบไพร	*Pittosporum tobira*	Tobira	ไม้พุ่ม	XX	XXX
ครุฑกนก / เล็บครุฑ / ครุฑกระทง	*Polyscias filicifolia & fruticosa & scutellaria*	Fern-leaf Aralia	ไม้พุ่ม	XX	XXX
จั๋งญี่ปุ่น	*Rhapis excelsa*	Lady palm	ไม้พุ่ม	X	XXX
ประทัดจีน	*Russelia equisetiformis*	Coral plant	ไม้พุ่ม	XX	XX
เอื้องทอง	*Sanchezia speciosa*	Sanchezia	ไม้พุ่ม	X	XXXX
หนวดปลาหมึกแคระ	*Schefflera arboricola*	Dwarf umbrella tree	ไม้พุ่ม	XX	XXX
มะเขือต้น	*Solanum wrightii*	Potato tree	ไม้พุ่ม	XX	XXX
พุดจีบ	*Tabernaemontana divaricata*	Crape jasmine	ไม้พุ่ม	XX	XXX
รำเพย	*Thevetia peruviana*	Yellow oleander	ไม้พุ่ม	XX	XXX
โมก	*Wrightia religiosa*	Water jasmine	ไม้พุ่ม	XX	XX
บานบุรีสีเหลือง	*Allamanda cathartica*	Yellow allamanda	ไม้พุ่ม/ไม้เลื้อย	X	XXXX
เฟื่องฟ้า	*Bougainvillea (spp. & cv's)*	Bougainvillea	ไม้พุ่ม/ไม้เลื้อย	XX	XX
พวงคราม	*Petrea volubilis*	Purple wreath	ไม้พุ่ม/ไม้เลื้อย	XX	XXX
สนดินสอ	*Cupressus sempervirens (a.o.)*	Ciper	ไม้พุ่ม/ไม้เลื้อย	XXXX	XXX
สนหางสิงห์	*Platycladus orientalis*	Oriental Thuja	ไม้พุ่ม/ไม้เลื้อย	XXXX	XXX
พิลังกาสา,รามใหญ่, ลังพิสา, ปีอนา	*Ardisia elliptica (a.o.)*	Marlberry	ไม้พุ่ม/ไม้ใหญ่	XX	XXXX
กรรณิการ์	*Erytrina variegate*	Coral tree	ไม้พุ่ม/ไม้ใหญ่	XXX	XXX
ข่อย	*Streblus asper*	Toothbrush tree	ไม้พุ่ม/ไม้ใหญ่	XXX	XXXX
แคง	*Syzygium campanulatum*	Jambos	ไม้พุ่ม/ไม้ใหญ่	XX	XXX
ทองอุไร	*Tecoma stans*	Yellow trumpet flower	ไม้พุ่ม/ไม้ใหญ่	XXXX	XX

หมายเหตุ *ระดับ 1 (X) (ประสิทธิภาพต่ำสุด) ถึง ระดับ 5 (XXXXX) (ประสิทธิภาพสูงสุด)*

บทที่ 6

การจัดการป่าในเมือง เพื่อการปรับปรุงคุณภาพอากาศ

Urban forest management to improve air quality

6.1 การจัดการป่าในเมือง

ความสามารถในการขจัดก๊าซที่เป็นพิษและฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นคุณลักษณะตามธรรมชาติของพืชที่ช่วยให้บรรยากาศโดยรอบมีความเข้มข้นของมลพิษน้อยลง ขีดความสามารถของพืชพรรณในการดักจับมลพิษในอากาศขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ลักษณะและความเข้มข้นของมลพิษ คุณสมบัติของพืชแต่ละชนิด ความรุนแรงของปัญหา และสภาพทางอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับขีดความสามารถในการขจัดมลพิษได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 ส่วนในบทที่ 5 กล่าวถึงการประเมินประสิทธิภาพแบบเทียบเคียงของพืชพันธุ์ชนิดต่างๆ ในการขจัดก๊าซและฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน สำหรับในบทที่ 6 จะเน้นเรื่องการจัดการป่าในเมืองที่เหมาะสม การออกแบบและการดูแลบำรุงพืชพรรณในเมือง เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการขจัดก๊าซและฝุ่นละออง

6.2 การเลือกพื้นที่ปลูกป่าในเมือง

ความเข้มข้นของมลพิษเกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิดมลพิษโดยเฉพาะการปล่อยมลพิษในระดับพื้นดิน เช่น มลพิษที่เกิดจากยวดยานพาหนะบนทางหลวงและบนถนนที่มีการจราจรคับคั่ง พืชพรรณที่มีความสามารถในการดูดซับสารมลพิษสูงจะช่วยลดความเข้มข้นของมลพิษบริเวณรอบๆ แหล่งกำเนิดมลพิษได้ แต่การลดมลพิษโดยพืชพรรณเป็นการป้องกันหรือลดมลพิษเฉพาะบริเวณ เช่น บริเวณถนนที่มีการจราจรคับคั่งดังกล่าว และจะเกิดขึ้นเฉพาะด้านของต้นไม้ที่อับลมเท่านั้น การป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยการเลือกพื้นที่ปลูกต้นไม้เสริมเป็นแนวที่สองในระยะห่างออกไปประมาณ 100-150 เมตร ไม่ควรปลูกต้นไม้ติดกับแหล่งปล่อยมลพิษ เพียงเพราะว่าต้นไม้นั้นมีขีดความสามารถในการดักจับมลพิษปริมาณมาก แต่ควรเลือกปลูกบนพื้นที่ที่อ่อนไหวหรือเปราะบาง เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล หรือสถานพักฟื้นผู้สูงอายุ รวมทั้งพิจารณาปลูกในพื้นที่ทั่วไปอื่นๆ แม้ว่าอาจไม่เป็นพื้นที่ที่มีความเปราะบางหรือพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดมลพิษ ทั้งนี้เนื่องจากต้นไม้ใหญ่ในเมืองเป็นตัวดูดซับมลพิษทางอากาศที่ดี จึงมีประโยชน์ในฐานะเป็นตัวกรองมลพิษ ช่วยลดความเข้มข้นของมลพิษในอากาศได้

6.3 ผลของพืชพรรณต่อความเร็วและทิศทางของลม

พืชพรรณเป็นสิ่งกีดขวางทางกายภาพต่อความเร็วและทิศทางของลม ต้นไม้จึงถูกนำมาใช้เพื่อเป็นแนวกำบังลม การลดความเร็วและการเปลี่ยนทิศทางของลมมีผลต่อประสิทธิภาพของต้นไม้ใหญ่ในการขจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศ การเปลี่ยนแปลงของลมที่เกิดขึ้นในแต่ละบริเวณส่งผลโดยตรงกับความเข้มข้นของมลพิษอากาศของบริเวณพื้นที่โดยรอบที่ปลูกต้นไม้ เนื่องจากบริเวณพื้นที่ปลูกต้นไม้มีอิทธิพลต่อการผสมกันของมลพิษกับอากาศในบริเวณใกล้เคียง

ในพื้นที่ที่เป็นป่าไม้ อาจมีลมน้อยมากหรือไม่มีเลย ในขณะที่พื้นที่ภายนอกมีลมกรรโชกแรง พื้นที่ป่าไม้ก่อให้เกิดแนวกันลมขึ้น โดยอากาศบริเวณชายป่าลมจะถูกยกตัวให้ลอยขึ้นสูงและลอยข้ามผืนป่าไป แทนที่จะพัดผ่านเข้าไปด้านในของพื้นที่ป่า พื้นที่ชายป่าจึงทำหน้าที่เสมือนแนวบังลมที่แข็งแกร่ง

ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลมรอบๆ ผืนป่า ความเร็วลมจะเริ่มลดลงก่อนถึงบริเวณชายป่า ความเร็วของกระแสลมจะกลับสู่สภาวะปกติภายในระยะทางอันสั้นตามแนวของกระแสลมที่พัดมา แนวบังลมจากผืนป่าสามารถปกป้องพื้นที่โดยครอบคลุมอาณาบริเวณเพียงเล็กน้อย (นับจากชายขอบของผืนป่า)

ภาพที่ 3 กระแสลมเหนือป่า โดยลมพัดมาจากทางด้านซ้ายและยกตัวขึ้นเหนือป่า จากนั้นก็ลอยต่ำลง ณ อีกด้านหนึ่งของผืนป่าไม่ไกลจากชายป่าอีกด้านหนึ่ง บริเวณสีเขียวคือพื้นที่ที่ได้รับการปกป้องจากกระแสลม

ปรากฏการณ์เช่นเดียวกันนี้เกิดกับแนวบังลมตามธรรมชาติที่มีความหนาแน่นมาก รวมทั้งกำแพงกันเสียง

การปลูกต้นไม้เป็นแถวเดี่ยวจะให้ผลที่ต่างออกไปโดยเฉพาะเมื่อระหว่างแถวต้นไม้มีช่องว่าง ไม่ว่าช่องว่างดังกล่าวจะกว้างมากหรือน้อยก็ตาม กระแสลมบางส่วนยังคงสามารถแทรกผ่านแถวของต้นไม้ไปได้บ้าง โดยผ่านช่องว่างดังกล่าว ปรากฏการณ์จะตรงกันข้ามกับแนวบังลมที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ป่าไม้หรือมีต้นไม้ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น (ผืนป่า) แนวบังลมที่เป็นต้นไม้แถวเดี่ยวนั้นสามารถลดความเร็วลมได้เพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับแนวบังลมที่เป็นแบบผืนป่า แต่ระยะทาง (หลังแนวบังลม) ที่ความเร็วของกระแสลมลดลงก่อนที่จะกลับเข้าสู่ความเร็วลมตามปรกตินั้นมีระยะหรือครอบคลุมบริเวณยาวกว่า เมื่อเทียบกับแนวบังลมที่มีต้นไม้หนาแน่น หรือ พื้นที่ป่าไม้ พูดง่ายๆ ก็คือ บริเวณพื้นที่ด้านหลังที่ได้รับการปกป้องด้วยแนวบังลมจะครอบคลุมพื้นที่กว้างขวางกว่า บริเวณด้านหลังของแนวบังลมดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่ความเร็วลมลดลง โดยทั่วไปพื้นที่ที่ได้รับการปกป้องจากกระแสลมที่ลดลงหลังแนวต้นไม้ใหญ่มีระยะประมาณ 15-20 เท่าของความสูงต้นไม้ในแถว การที่ความเร็วของลมลดลงในพื้นที่ดังกล่าวจึงส่งผลให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของสิ่งเจือปนในอากาศได้

ภาพที่ 4 กระแสลมโดยรอบแถวต้นไม้ที่ลมสามารถแทรกผ่านได้ โดยลมพัดมาจากด้านซ้าย ส่วนสีเขียวคือพื้นที่ที่ลมถูกลดความเร็วลง โดยมีระยะประมาณ 15-20 เท่าของความสูงต้นไม้

6.4 ความสำคัญของความโปร่งของป่าในเมือง

ต้นไม้ใหญ่บริเวณชายขอบป่าจะสัมผัสกับความเข้มข้นของมลพิษที่สูงกว่าและมีประสิทธิภาพในการขจัดสิ่งเจือปนในอากาศได้มากกว่าต้นไม้ใหญ่ที่อยู่ใจกลางป่า เนื่องจากอิทธิพลของแนวบังลมที่เกิดขึ้นบริเวณชายขอบของป่า ใบของต้นไม้ใหญ่ที่อยู่ใจกลางป่าไม่ได้สัมผัสกับอากาศที่ปนเปื้อน ต้นไม้ใหญ่ที่ขึ้นอยู่เดี่ยวๆ จะมีประสิทธิภาพในการลดมลพิษได้มากกว่าต้นไม้ที่ถูกบดบังอยู่ใจกลางป่า จึงเป็นที่มาของการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในรูปแบบการปลูกต้นไม้แถวเดี่ยวเป็นแนวเส้นตรงแทนที่จะปลูกแบบเป็นป่าทึบ

เนื่องจากช่วยลดมลพิษในบริเวณที่เฉพาะเจาะจงได้มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามป่าไม้ยังคงมีความสำคัญในการขจัดมลพิษ เนื่องจากป่าไม้ครอบคลุมพื้นที่ที่กว้างขวางกว่า จึงเหมาะกับการลดมลพิษในบรรยากาศโดยทั่วๆไป

ปัจจัยสำคัญของประสิทธิภาพการกรองอากาศโดยต้นไม้ใหญ่ คือการที่ใบมีโอกาสสัมผัสกับอากาศที่เป็นพิษ ถ้าหากต้นไม้ขึ้นอยู่ในบริเวณที่มลภาวะทางอากาศสามารถไหลเวียนได้ ย่อมมีประสิทธิภาพในการขจัดมลพิษได้มากกว่าต้นไม้ที่ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น นอกจากนั้นโครงสร้างของแนวต้นไม้ใหญ่ หรือการเว้นระยะของแนวต้นไม้หรือกลุ่มต้นไม้ที่มีลักษณะโปร่ง ใบไม้จะมีโอกาสสัมผัสอากาศจึงขจัดมลพิษในอากาศได้มากกว่าเมื่อเทียบกับโครงสร้างที่มีความหนาแน่นสูง หรือแนวต้นไม้ หรือกลุ่มต้นไม้ที่อยู่ติดกันอย่างหนาแน่น โครงสร้างของเรือนยอดที่มีความโปร่ง ใบไม้จะมีโอกาสสัมผัสกับอากาศที่ปนเปื้อนมากขึ้น จึงขจัดมลพิษในอากาศได้มากขึ้น สำหรับกรณีของไม้ใหญ่ที่ไม่มีกิ่งก้านด้านล่างลมจะพัดผ่านด้านใต้กิ่งที่มีอยู่โดยไม่มีการกรองสิ่งปนเปื้อนในอากาศ ดังนั้นการปลูกไม้พุ่มเพิ่มเติมจะสามารถช่วยขจัดมลพิษจากอากาศบริเวณใต้ต้นไม้ใหญ่ ซึ่งจากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าความโปร่งของโครงสร้างสีเขียวหรือพื้นที่สีเขียวเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากเป็นวิธีที่จะทำให้เรือนยอดต้นไม้ใหญ่มีอากาศไหลผ่าน ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในการขจัดมลพิษในอากาศ

ในการประเมินว่าเรือนยอดมีความโปร่งมากน้อยเพียงใดนั้น สามารถประเมินได้ด้วยสายตาโดยการมองท้องฟ้าผ่านใต้เรือนยอด หากสามารถมองเห็นท้องฟ้าได้มากแสดงว่ามีความโปร่งมาก ซึ่งเราเรียกการประเมินวิธีนี้ว่า "ความโปร่งทางสายตา" (Optical porosity)

6.5 ปรากฏการณ์อุโมงค์สีเขียว (Green tunnel effect)

การกรองก๊าซและฝุ่นละอองโดยต้นไม้ใหญ่อาจไม่ทำให้ความเข้มข้นของมลพิษในบริเวณที่ต้นไม้ใหญ่เหล่านั้นเจริญเติบโตอยู่มีปริมาณลดลงเสมอไป เนื่องจากต้นไม้ใหญ่อยู่ตามริมถนนนอกจากจะทำหน้าที่กรองอากาศแล้ว ในเวลา

เดียวกันต้นไม้เหล่านี้ก็ทำให้ความเร็วของลมลดลง ทำให้ก๊าซพิษผสมกับอากาศได้น้อยกว่า เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ไม่มีต้นไม้ใหญ่อยู่เลย อิทธิพลจากการความเข้มข้นของมลพิษที่เพิ่มขึ้นสาเหตุจากความเร็วลมที่ลดลงร่วมกับความเข้มข้นของมลพิษที่ลดลงเนื่องจากการกรองโดยต้นไม้ใหญ่ พบว่า บ่อยครั้งที่พบความเข้มข้นของมลพิษมีค่าสูง ณ บริเวณที่ต้นไม้ใหญ่ยืนต้นอยู่ โดยเฉพาะกรณีที่ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) ในบริเวณที่ต้นไม้มีความโปร่งน้อยกว่าร้อยละ 40 แน่นอนว่าพื้นที่สีเขียวสามารถช่วยดักจับและขจัดฝุ่นละอองจากอากาศได้อย่างไม่มีข้อสงสัย

ความเข้มข้นของมลพิษที่เพิ่มขึ้น โดยมีสาเหตุจากความเร็วของกระแสลมที่ลดลงเนื่องจากต้นไม้ใหญ่นี้ เรียกว่า "ปรากฏการณ์อุโมงค์สีเขียว" (Green tunnel effect) ภายใต้สภาวะดังกล่าวการแพร่กระจายของฝุ่นละออง โดยเฉพาะอย่างยิ่งฝุ่นละอองขนาดเล็กจะถูกจำกัด ในขณะที่ความสามารถในการกรองของต้นไม้ใหญ่ไม่สามารถชดเชยได้ ปรากฏการณ์อุโมงค์สีเขียวสามารถป้องกันได้โดยการทำให้ต้นไม้ใหญ่มีความโปร่งที่เหมาะสม (มากกว่าร้อยละ 40) สามารถปฏิบัติได้โดยเลือกชนิดพืชพันธุ์ที่เหมาะสม มีทรงพุ่มค่อนข้างเปิดหรือไม่แน่นจนเกินไป ตามด้วยมีการบริหารจัดการที่ถูกต้อง

ปรากฏการณ์อุโมงค์สีเขียวจะเกิดขึ้นในระยะ 100 -150 เมตรจากแนวถนน ในบริเวณที่ไอเสียถูกปล่อยออกมาแต่ยังไม่รวมตัวกับอากาศโดยรอบอย่างเต็มที่ ภายใต้สภาพแวดล้อมของค่าเฉลี่ยทางอุตุนิยมวิทยา (สภาพภูมิอากาศปรกติ) คาดว่าโครงสร้างสีเขียว หรือ พื้นที่สีเขียว สามารถดักจับฝุ่นละอองได้มากที่สุดประมาณร้อยละ 15-20 ของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) โครงสร้างสีเขียวที่มีความโปร่งที่เหมาะสมสามารถลดความเข้มข้นของ

ไนโตรเจนไดออกไซด์ได้เต็มที่ถึงร้อยละ 10 (Wesseling, 2004)

6.6 ทางเลือกอื่นของโครงสร้างสีเขียว เพื่อการปรับปรุงคุณภาพอากาศ

การมีต้นไม้ใหญ่อาจช่วยเรื่องการกรองอากาศ แต่ก็ไม่แน่เสมอไปว่าช่วยลดความเข้มข้นของมลพิษในที่ที่ต้นไม้ใหญ่นั้นยืนต้น ในพื้นที่ที่ใกล้แหล่งกำเนิดมลพิษ อาจเกิดปรากฏการณ์อุโมงค์สีเขียวทำให้ความเร็วของกระแสลมลดลง ส่งผลให้ความเข้มข้นของมลพิษในบริเวณดังกล่าวมีค่าสูงเกินกว่าความสามรถในการกรองของต้นไม้ และในบางครั้งพื้นที่ก็มีขนาดเล็กเกินกว่าที่จะปลูกต้นไม้ได้ วิธีแก้ปัญหาก็โดยการใช้ไม้เลื้อยหรือกำแพงสีเขียว (green wall) และหลังคาสีเขียว (green roof) ซึ่งผนังสีเขียวหรือหลังคาสีเขียวเหล่านี้จะไม่ทำให้ความเร็วของลมลดลง จึงไม่ทำให้ความเข้มข้นของมลพิษเพิ่มมากขึ้นในบริเวณใกล้ถนน ผนังสีเขียวหรือหลังคาสีเขียว ช่วยขจัดมลพิษอากาศ ประโยชน์ของหลังคาสีเขียวประเภทต่างๆ กำลังได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น

ในทวีปยุโรปผู้คนกำลังให้ความสนใจอย่างมากในเรื่องของการปลูกไม้เลื้อยบนผนังหรือกำแพงตามริมถนนเพื่อดักจับฝุ่นละออง ไม้เลื้อยหลายชนิดที่มีพื้นที่ใบรวมกันถึง 3-8 ตารางเมตรต่อทุกหนึ่งตารางเมตรของพื้นที่บนผนังหรือกำแพง สามารถดักจับฝุ่นละอองได้ถึง 6 กรัม (Dunnett and Kingsbury, 2004) ในกรณีที่กำแพงที่ไม่มีสิ่งใดปกคลุม ไม้เลื้อยพันธุ์ต่างๆ จะช่วยเพิ่มพื้นที่เพื่อการกรองฝุ่นละอองได้อย่างน่าทึ่ง กำแพงที่ปกคลุมด้วยพรรณไม้ยังช่วยเรื่องความสวยงามและทัศนียภาพที่ดีของเมืองอีกด้วย

แนวทางในการจัดการพืชพรรณในเมือง

1. เพิ่มปริมาณพืชพรรณเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการกรองอากาศ
2. สร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะกับการเจริญเติบโตของพืชพรรณ เนื่องจากพืชพรรณที่สมบูรณ์และเจริญเติบโตดีจะมีประสิทธิภาพในการขจัดมลพิษมากที่สุด
3. ดูแลบำรุงรักษาเพื่อให้มั่นใจได้ว่าต้นไม้ใหญ่และไม้พุ่มจะสามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่
4. ปลูกต้นไม้ใหญ่และไม้พุ่มที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของเมืองได้ดีและต้องการการดูแลรักษาน้อย
5. ปลูกพืชพรรณหลากหลายชนิดเพื่อให้สามารถดูดซับมลพิษที่แตกต่างกันได้อย่างหลากหลายและครอบคลุม
6. ปลูกต้นไม้ตระกูลสน และต้นไม้ประเภทไม่ผลัดใบ ที่มีใบหยาบและมีขน เพื่อการดักจับฝุ่นละออง
7. ปลูกต้นไม้ใหญ่และไม้พุ่มที่มีใบเรียบและกว้างเพื่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนไดออกไซด์และโอโซน
8. ไม่ปลูกพืชพรรณที่มีความไวและเปราะบางต่อมลพิษในอากาศ
9. ลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดูแลรักษาพืชพรรณ เพื่อลดปริมาณการปล่อยสารมลพิษ
10. ปลูกต้นไม้ใหญ่ให้ร่มเงาในลานจอดรถ เพื่อลดการปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหย (VOCs)
11. ปลูกต้นไม้ใหญ่ในพื้นที่ที่มีมลพิษมากหรือพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรสูง เพื่อการใช้ประโยชน์สูงสุดจากการปรับปรุงคุณภาพอากาศของต้นไม้ใหญ่
12. ปลูกต้นไม้ใหญ่ ไม้เลื้อย หรือสร้างสวนหลังคา เพื่อการประหยัดพลังงานในอาคาร ซึ่งจะช่วยให้มีการลดการปล่อยมลพิษที่โรงผลิตไฟฟ้า เนื่องจากมีความต้องการในการใช้กระแสไฟฟ้าลดลง

แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันที่แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ

1. การจัดการให้เรือนยอดของต้นไม้มีความโปร่งทางสายตาร้อยละ 50 โดยการเลือกชนิดพืชพันธุ์ที่เหมาะสม หรือการตัดแต่ง เพื่อทำให้อากาศที่มีสารปนเปื้อนสามารถไหลผ่านได้
2. เลือกตำแหน่งปลูกต้นไม้ใหญ่ให้เหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิดการลดความเร็วของลม จนเกิดเป็นปรากฏการณ์อุโมงค์สีเขียว (Green tunnel effect)
3. ผสมผสานต้นไม้ใหญ่ที่มีทรงพุ่มกว้างกับไม้ชั้นล่างที่ประกอบไปด้วยไม้พุ่มชนิดต่างๆ หรือปลูกพืชหลายระดับ เพื่อให้มีโครงสร้างของใบที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซและฝุ่นละอองในทุกระดับ
4. ปลูกต้นไม้ใหญ่เป็นแถวตั้งฉากกับทิศทางที่ลมพัดเอาอากาศที่มีมลพิษเข้ามาในบริเวณเท่าที่สามารถทำได้ และทำในลักษณะเดียวกันนี้ให้มากที่สุดทั่วทั้งบริเวณ
5. ป้องกันไม่ให้มีการรบกวนการไหลของอากาศ บริเวณด้านข้างที่ใกล้กับแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ
6. นอกจากการปลูกต้นไม้ใหญ่ในบริเวณพื้นที่ที่ใกล้หรือพื้นที่โดยรอบแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการดักจับมลพิษแล้ว ยังควรปลูกต้นไม้ใหญ่ในพื้นที่ที่มีความเปราะบาง เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล หรือสถานพักฟื้นผู้สูงอายุด้วย เนื่องจากพืชพรรณในเมืองที่ไม่ได้ปลูกใกล้แหล่งกำเนิดมลพิษก็ยังสามารถช่วยลดมลพิษในบรรยากาศโดยทั่วๆไปได้
7. ใช้โครงสร้างสีเขียวทางเลือกอื่น เช่น กำแพงสีเขียวและหลังคาสีเขียว ในพื้นที่ที่แคบและไม่มีพื้นที่เพียงพอสำหรับปลูกต้นไม้ใหญ่ รวมทั้งในพื้นที่ที่ต้นไม้จะส่งผลให้เกิดการจำกัดการไหลเวียนของอากาศ

บรรณานุกรม

Beckett, K.P., Freer-Smith, P.H., Taylor, G., 2000. Particulate pollution capture by urban trees: effect of species and windspeed. Global Change Biology 6, 995-1003.

Bradshaw, A., Hunt, B., Walmsley, T., 1995. Trees in de urban landscape: principles and practice. E & FN Spon, London.

Carreiro, M.M., 2008. Introduction: The Growth of Cities and Urban Forestry. In: Carreiro, M.M., Song, Y.S., Wu, J., (Eds), Ecology, Planning and Management of Urban Forests. International Perspectives, Springer Series on Environmental Management, ??? pp 3-9.

Charoenmuang, D.A., 2007. Sustainable cities in Chiang Mai: A case of a city in a valley.Urban Studies Section, Social Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand, ISBN 978-974-672-293-3.

Freer-Smith, P.H., Beckett, K.P., Taylor, G., 2005. Deposition velocities to Sorbus aria, Acer campestre, Populus deltoides X trichocarpa 'Beaupre´', Pinus nigra and X Cupressocyparis leylandii for coarse, fine and ultra-fine particles in the urban environment. Environmental Pollution 133, 157-167.

Hanson, P.J. , Lindberg, S.E., 1991. Dry deposition of reactive nitrogen compounds: A review of leaf, canopy and non-foliar measurements. Atmospheric Environment 25A: 1615-1634.

Hiemstra, J. A., E. Schoenmaker & A,E.G. Tonneijck, 2008. Bomen: een verademing voor de stad. Brochure Plant Publicity Holland (in Dutch)

Hoffman, M. and J. Hiemstra, 2008. "Schatting van de effectiviteit van de belangrijkste soorten om de concentraties van fijnstof, stikstofdioxiden en ozon, en enkele groeikenmerken : special fijnstof." Boomzorg : vakblad voor boomverzorging en boombeheer in de openbare ruimte(1): 70-73. (in Dutch)

Houben, B., Jongbloed, F., Kroon, T., Prins, M., Terhürne, R., 2006. Bos als fijnstoffilter. Een literatuurstudie. Rapport van Gelderssch Landschap en Geldersche Kasteelen, Arnhem (in Dutch).

Jun Yang, J., McBride, J., Zhou, J., Sun, Z., 2005. The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. Urban Forestry & Urban Greening 3, 65—78.

McDonald, A.G., Bealey, W.J., Fowler, D., Dragosits, U., Skiba, U., Smith, R.I., Donovan, R.G., Brett, H.E., Hewitt, C.N., Nemitz, E., 2007. Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM_{10} in two UK conurbations. Atmospheric Environment 41: 8455—8467.

McDonald, A.G., Bealey, W.J., Fowler, D., Dragosits, U., Skiba, U., Smith, R.I., Donovan, R.G., Brett, H.E., Hewitt, C.N., Nemitz, E., 2007. Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM_{10} in two UK conurbations. Atmospheric Environment 41: 8455—8467.

Nowak, D.J. 1995. Trees pollute? A "TREE" explains it all. In: Kollin, C., Barratt, M. (Eds), Proceedings of the Seventh National Urban Forestry Conference. American Forests, Washington DC, pp. 28-30.

Nowak, D.J., 2000. The interactions between urban forests and global climate change. In: Abdollahi, K., Ning, Z.H., Appeaning, A. (Eds), Global Climate Change and the Urban Forest. GCRCC and Franklin Press, Baton Rouge, LA, USA, pp. 31-44.

Nowak, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.C., 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban Forestry and Urban Greening 4:115-123

Nowak, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.C., 2006b. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban Forestry and Urban Greening 4:115-123

Pye, K., 1987. Aeolian Dust and Dust Deposits. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Ramanathan, V. et al., 2008. Atmospheric Brown Clouds: Regional Assessment Report with Focus on Asia. Summary. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

Sokhi, R.S., Kitwiroon, N., 2008. Air Pollution in Urban Areas. In: Sokhi, R.S. (Ed.), World Atlas of Atmospheric Pollution. Anthem Press, London and New York, UK and USA, ISBN 978-1-84331-289-5, pp. 19-34.

Takahashi, M., Higaki, A., Nohno, M., Kamada, M., Okamura, Y., Matsui, K., Kitani, S., Morikawa, H. , 2005. Differential assimilation of nitrogen dioxide by 70 taxa of roadside trees at an urban pollution level. Chemosphere, vol. 61, 633-639.

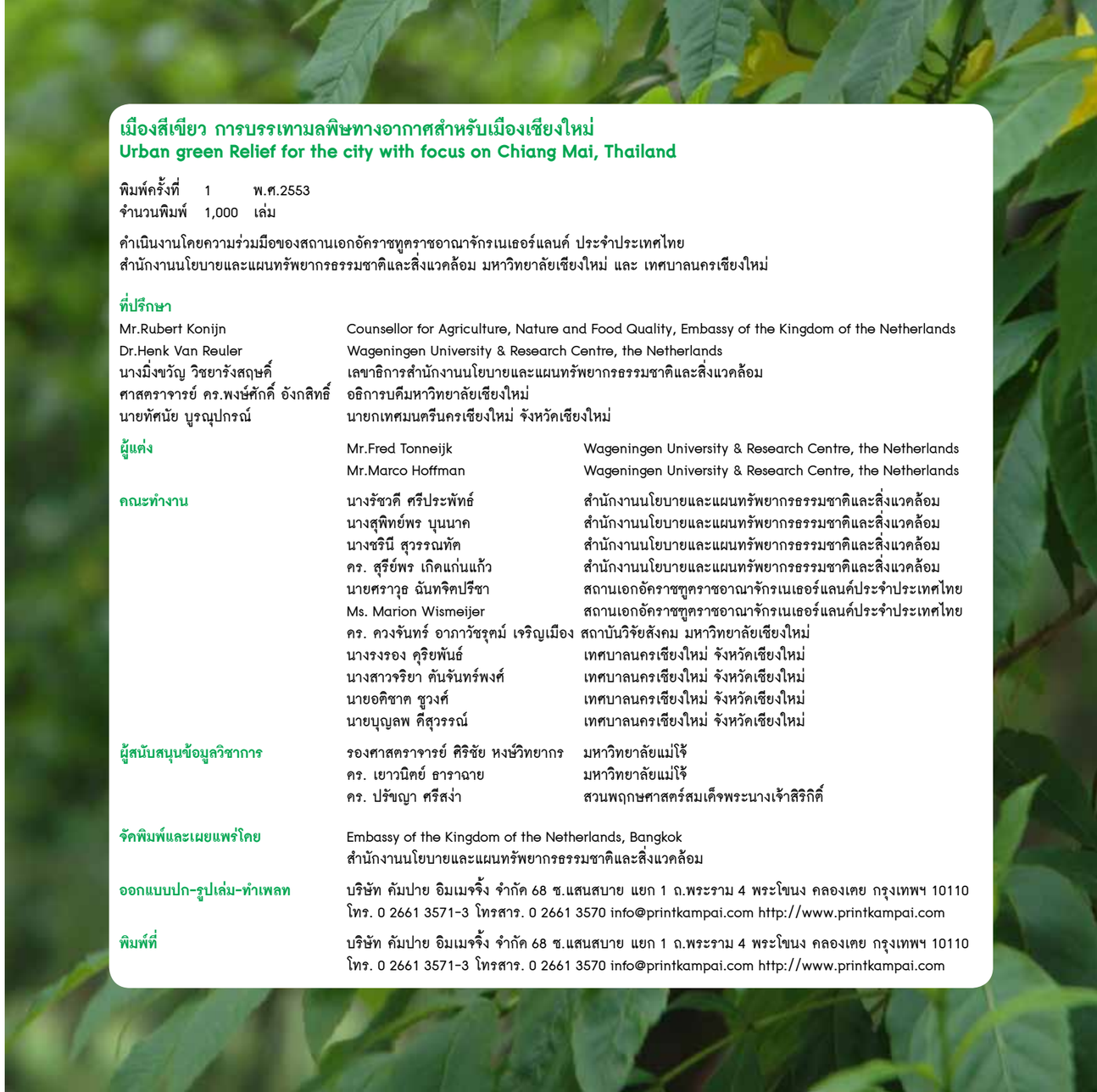
Thönnessen, M., 2005. Feinstaub und Innerstädtisches Grün. Eine Übersicht, April 2005.

Tonneijck, A.E.G., 2008. Stadsbomen voor een goede luchtkwaliteit. Congresboek Nederlandse Boominfodag 6 november 2008, 8-13. (in Dutch)

UNEP, 2004. Environmental Indicators South East Asia. United Nations Environment Programme, Regional Resource Centre for Asia and the Pacific. United Nations Environment Programme, ISBN: 92-807-2473-8, JOB No. DRC / 0558/ BA.

United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division, 2004. World Population Prospects: The 2004 Revision, Volume III: Analytical Report, United Nations, New York.

Wesseling, J.P., Duyzer, J., Tonneijck, A.E.G., van Dijk, C.J., 2004. Effecten van groenelementen op NO2 en PM_{10}-concentraties in de buitenlucht, TNO-Rapport R 2004/383, september 2004 (in Dutch).



เมืองสีเขียว การบรรเทามลพิษทางอากาศสำหรับเมืองเชียงใหม่
Urban green Relief for the city with focus on Chiang Mai, Thailand

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ.2553
จำนวนพิมพ์ 1,000 เล่ม

ดำเนินงานโดยความร่วมมือของสถานเอกอัคราชทูตราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ ประจำประเทศไทย
สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ เทศบาลนครเชียงใหม่

ที่ปรึกษา

Mr.Rubert Konijn	Counsellor for Agriculture, Nature and Food Quality, Embassy of the Kingdom of the Netherlands
Dr.Henk Van Reuler	Wageningen University & Research Centre, the Netherlands
นางมิ่งขวัญ วิชยารังสฤษดิ์	เลขาธิการสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
ศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์	อธิการบดีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
นายทัศนัย บูรณุปกรณ์	นายกเทศมนตรีนครเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

ผู้แต่ง

Mr.Fred Tonneijk	Wageningen University & Research Centre, the Netherlands
Mr.Marco Hoffman	Wageningen University & Research Centre, the Netherlands

คณะทำงาน

นางรัชวดี ศรีประพัทธ์	สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
นางสุพิทย์พร บุนนาค	สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
นางชรินี สุวรรณทัต	สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
ดร. สุรีย์พร เกิดแก่นแก้ว	สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
นายศราวุธ ฉันทจิตปรีชา	สถานเอกอัคราชทูตราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ประจำประเทศไทย
Ms. Marion Wismeijer	สถานเอกอัคราชทูตราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ประจำประเทศไทย
ดร. ดวงจันทร์ อาภาวัชรุตม์ เจริญเมือง	สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
นางรงรอง คุริยพันธ์	เทศบาลนครเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
นางสาวจริยา ตันจันทร์พงศ์	เทศบาลนครเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
นายอดิชาต ชูวงศ์	เทศบาลนครเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
นายบุญลพ ดีสุวรรณ์	เทศบาลนครเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

ผู้สนับสนุนข้อมูลวิชาการ

รองศาสตราจารย์ ศิริชัย หงษ์วิทยากร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ดร. เยาวนิตย์ ธาราฉาย	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ดร. ปรัชญา ศรีสง่า	สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์

จัดพิมพ์และเผยแพร่โดย

Embassy of the Kingdom of the Netherlands, Bangkok
สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ออกแบบปก-รูปเล่ม-ทำเพลท

บริษัท คัมปาย อิมเมจจิ้ง จำกัด 68 ซ.แสนสบาย แยก 1 ถ.พระราม 4 พระโขนง คลองเตย กรุงเทพฯ 10110
โทร. 0 2661 3571-3 โทรสาร. 0 2661 3570 info@printkampai.com http://www.printkampai.com

พิมพ์ที่

บริษัท คัมปาย อิมเมจจิ้ง จำกัด 68 ซ.แสนสบาย แยก 1 ถ.พระราม 4 พระโขนง คลองเตย กรุงเทพฯ 10110
โทร. 0 2661 3571-3 โทรสาร. 0 2661 3570 info@printkampai.com http://www.printkampai.com

Office of Counsellor for Agriculture, Nature and Food Quality (LNV)
Embassy of the Kingdom of the Netherlands

15, Soi Tonson, Ploenchit Rd., Pathumwan, BANGKOK, THAILAND 1033 0
Tel : +66(0)2 3095290 Fax : +66(0)2 3095295
E-mail ban-lnv@minuza.nl
www.mfa.nl/ban

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
60/1 ซอยพิบูลวัฒนา 7 ถนนพระรามที่ 6
แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400
โทร. 0 2265 6573-4 โทรสาร 0 2265 6573
http://www.onep.go.th