สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การประเมินคุณลักษณะพืชพรรณที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงคุณภาพอากาศ บริเวณพื้นที่คูเมืองเชียงใหม่

ยุพาพักตร อินทุโสภณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการออกแบบและวางแผนสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการออกแบบและวางแผนสิ่งแวดล้อม

ชื่อเรื่อง

การประเมินคุณลักษณะพืชพรรณที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงคุณภาพอากาศ บริเวณพื้นที่ดูเมืองเชียงใหม่

โดย

ยุพาพักตร อินทุโสภณ

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(อาจารย์ ดร.เยาวนิตย์ ธาราฉาย)

วันที่ 15 เดือน ก.ค. พ.ศ. 57

กรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์ศิริชัย หงษ์วิทยากร)

วันที่ 15 เดือน ก.ค. พ.ศ. 57

กรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัชวิชญ์ ติกุล)

วันที่ 15 เดือน ก.ค. พ.ศ. 57

ประธานอาจารย์ประจำหลักสูตร .....

(อาจารย์ ดร.พันธุ์ระวี กองบุญเทียม)

วันที่ 15 เดือน ก.ค. พ.ศ. 57

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จาตุพงศ์ วาฤทธิ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 15 เดือน ก.ค. พ.ศ. 57

ชื่อเรื่อง	การประเมินคุณลักษณะพืชพรรณที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงคุณภาพอากาศบริเวณพื้นที่คูเมืองเชียงใหม่
ชื่อผู้เขียน	นางสาวยุพาพักตร อินทุโสภณ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการออกแบบและวางแผนสิ่งแวดล้อม
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.เยาวนิดย์ ธาราฉาย

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณลักษณะพืชพรรณที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงคุณภาพอากาศในบริเวณพื้นที่คูเมืองชั้นในของจังหวัดเชียงใหม่และเพื่อเป็นแนวทางการเลือกใช้พืชพรรณสำหรับการออกแบบปรับปรุงสภาพแวดล้อมในเมือง โดยสำรวจและเก็บข้อมูลพรรณไม้ยืนต้นจากพื้นที่ศึกษา 11 แห่ง ได้แก่ พรรณไม้บริเวณรอบคูเมือง โรงเรียนยุพราช โรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่ โรงเรียนหอพระ ที่ว่าการอำเภอเมืองเชียงใหม่ หอศิลปวัฒนธรรมเชียงใหม่ วัดเจดีย์หลวง วัดพระสิงห์ วัดพันแหวน วัดหมื่นเงินกอง และ วัดเมธัง ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ – ตุลาคม พ.ศ. 2556 โดยทำการเก็บตัวอย่างใบไม้และลักษณะสัณฐานวิทยาพืช เช่น ความสูง ทรงพุ่ม การผลัดใบ การออกดอก เป็นต้น เพื่อนำไปประเมินคุณลักษณะพืชพรรณในการขจัดมลพิษทางอากาศทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10), คาร์บอนไดออกไซด์, ออกไซด์ของไนโตรเจน และโอโซน เพื่อนำไปประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพและประเมินการเลือกใช้งานทางภูมิทัศน์ ตลอดจนเสนอแนวทางในการจัดการพื้นที่เมืองเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศ

จากการศึกษาพรรณไม้จำนวน 1,968 ต้น จำแนกเป็น 80 ชนิด จาก 32 วงศ์ไม้ต้นที่พบมากที่สุดอยู่ในวงศ์ถั่ว Fabaceae (Leguminosae) มีจำนวน 14 ชนิด รวม 539 ต้น โดยชนิดที่พบมากที่สุดคือ ราชพฤกษ์ และน้อยที่สุดคือ กระถินเทพา วงศ์ที่มีความหนาแน่นของต้นไม้น้อยที่สุดมี 23 วงศ์ วงศ์ละ 1 ชนิด พบว่าพืชในพื้นที่ที่มีคุณลักษณะเหมาะสมในการกักเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กได้แก่ พืชกลุ่มสน พืชที่มีคุณลักษณะเหมาะสมในการดูดซับออกไซด์ของไนโตรเจนและโอโซนได้มากที่สุดมีจำนวน 22 ชนิด ได้แก่ กระทิง ขนุน ตะแบก เป็นต้น จากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพพบว่า โพธิ์ สามารถกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพได้มากที่สุดเท่ากับ 4.70 ตัน รองลงมาคือจามจุรี และสนประดิพัทธิ์ โดยพบว่า พรรณไม้ในบริเวณพื้นที่ศึกษาสามารถช่วยดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 399.46 ตัน จากการประเมินคุณลักษณะพืชพรรณที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงคุณภาพอากาศในบริเวณพื้นที่คูเมืองชั้นในของจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า โพธิ์มี

ความสามารถในการดูดซับมลพิษทั้ง 4 ชนิดได้มากที่สุดรองลงมาคือ จามจุรี สนประดิพัทธิ์ และสารภี นอกจากนี้หากพิจารณาเกณฑ์การปรับปรุงคุณภาพอากาศร่วมกับการใช้งานภูมิทัศน์ในเมือง พบว่า พืชที่มีคุณลักษณะเหมาะสมสำหรับการออกแบบปรับปรุงสภาพแวดล้อมในเมืองมากที่สุด คือ สารภี รองลงมาคือ สาละลังกา อินทนิลน้ำและอินทนิลบก

คำสำคัญ: มลพิษทางอากาศ ต้นไม้ในเมือง คุณภาพสิ่งแวดล้อม ดูเมืองเชียงใหม่

Title	Assessment of Suitable Plant Characteristics for Improvement of Air Quality in Chiangmai's Moat Areas
Author	Miss Yupapak Inthusophon
Degree of	Master of Science in Environmental Design and Planning
Advisory Committee Chairperson	Dr. Yaowanit Tarachai

ABSTRACT

The aim of this study was to assess of suitable plant characteristics for air quality improvement in Chiangmai's moat areas and to be a guideline for the selection of plant species. Data were collected from 11 areas around the moat: Yupparaj school, Anuban Chiangmai school, Horpra school, Amphoe Mueang Chiang Mai district office, Chiangmai City Arts & Cultural Center, Chedi Luang temple, Phra Singh Temple, Phan Waen temple, Muenngenkong temple and Methang temple. The study was conducted from February to October 2013. Tree leave specimens were collected, and plant morphology characteristics such as height, canopy, deciduous and flowering periods were measured and observed for removing PM10, CO_2, NO_x and O_3. In addition, a guideline for urban management aimed to increase the carbon storage and the ways to reduce air pollution were recommended.

It was found that there were 80 tree species belonging to 32 families with a total number of 1,968 trees. The highest tree density was found in the family Fabaceae (Legumonisae) with 539 trees (14 species). *Cassia fistula* L. is the most common tree and *Acacia mangium* Willd. is the least. The needle leave species, *Casuarina* spp., was suitable for capturing PM10. Twenty-two genera that suitable for decreasing ozone and nitrogen oxide such as *Calophyllum inophyllum* L., *Artocarpus heterophyllus* Lam and *Lagerstroemia cuspidata* Wall. The result of tree biomass and carbon stored show that *Ficus religiosa* L. had the greastest carbon storage of 4.70 tonne, respectively follow by *Samanea saman* (Jacq.) Merr. and *Casuarina junghuhniana* Miq. Overall, the total carbon storage of tree in study area were as 399.46 tonne. *Ficus religiosa* L. is the most suitable plant for air quality improvement in Chiangmai's moat area, followed by *Samanea saman* (Jacq.) Merr., *Casuarina junghuhniana* Miq. and *Mammea siamensis* Kosterm.

In addition, both air quality improvement and the criteria of urban tree planting *Mammea siamensis* Kosterm., *Couroupita guianensis* Aubl., *Lagerstroemia speciosa* (L.) Pers. and *Lagerstroemia macrocarpa* Wall. were the samples suitable for urban landscaping.

Keywords: air pollution, urban trees, environmental quality, Chiangmai's moat areas

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดีนั้น เนื่องมาจากความกรุณาจาก อาจารย์ ดร.เยาวนิดย์ ธาราฉาย ที่ได้กรุณาให้ความรู้ อบรม แนะแนวทางในการค้นคว้าทดลอง ให้คำปรึกษา และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ศิริชัย หงส์วิทยากร และ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัชวิชญ์ ดิกุล กรรมการที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.พันธุ์ระวี กองบุญเทียม ประธานกรรมการหลักสูตร และ รองศาสตราจารย์ ตร.สุนทร คำยอง ที่ได้ให้คำแนะนำตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวทุกท่านที่ได้ให้การส่งเสริมในทุกๆด้านเป็นอย่างดีตลอดมา และหากท่านผู้อ่านได้รับประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอยกความชอบนี้ทั้งหมดให้แก่คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับผู้เขียน

ยุพาพักตร อินทุโสภณ

ธันวาคม 2557

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(12)
สารบัญตารางผนวก	(14)
สารบัญภาพผนวก	(15)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
แนวคิดเกี่ยวกับพืชพรรณไม้	4
ความหมายและประเภทของมลพิษในอากาศ	10
เชียงใหม่และมลพิษในอากาศ	17
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	36
วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล	36
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	36
วิธีวิเคราะห์ข้อมูล	38
วิธีการประเมิน	39
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	43
ผลการวิเคราะห์ด้านพรรณไม้	43
ผลการวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพในการขจัดมลพิษ	61
แนวทางการเลือกใช้พืชพรรณเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศในเขตเมือง	77

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 97
สรุปผลการวิจัย 97
ข้อเสนอแนะ 98
บรรณานุกรม 99
ภาคผนวก 105
ภาคผนวก ก การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของแต่ละพื้นที่ศึกษา 106
ภาคผนวก ข ภาพตัวอย่างใบไม้ 124
ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัย 151

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	คุณประโยชน์ของป่าในเมืองต่อสภาพแวดล้อมที่เหมาะแก่การดำรงชีวิต	9
2	แหล่งกำเนิดที่สำคัญและผลกระทบของมลพิษทางอากาศ	10
3	มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป	14
4	ระดับดัชนีคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป	16
5	ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ	17
6	คุณภาพอากาศบริเวณ โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ปี 2556	20
7	ร้อยละและอาการต่างๆ ของผู้ที่ได้รับสารมลพิษ	21
8	ลักษณะการแสดงออกของพืชต่อสารมลพิษแต่ละชนิด	29
9	กระบวนการขจัดมลพิษโดยใช้พืชพรรณ	33
10	ความสามารถของต้นไม้ในการปรับปรุงคุณภาพอากาศ	34
11	พื้นที่สุ่มตัวอย่าง	37
12	คุณลักษณะที่ใช้ในการประเมินพืชพรรณที่มีประสิทธิภาพในการลดมลพิษ	39
13	การประเมินคุณลักษณะและประสิทธิภาพในการลดมลพิษ	39
14	พรรณไม้ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา	44
15	ผลการวิเคราะห์ลักษณะผิวใบของพืชที่มีความสามารถในการลด pm10	47
16	ผลการวิเคราะห์ลักษณะผิวใบของพืชที่มีความสามารถในการลด NO_x และ O_3	48
17	ผลการหาขนาดพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อ 1 ใบ	55
18	ความหนาแน่นของทรงพุ่ม	58
19	การผลัดใบ	60
20	การประเมินประสิทธิภาพในการลดปริมาณ pm10	61
21	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)	65
22	การประเมินประสิทธิภาพในการลดปริมาณ NO_x และ O_3	69

ตาราง		หน้า
23	ค่าคะแนนการประเมินประสิทธิภาพในการดูดซับฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) 80 และมลพิษในสถานะก๊าซ (ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) โอโซน (O_3)) และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ ของพรรณไม้ชนิดต่างๆในพื้นที่ศึกษา	70
24	ผลการประเมินคุณลักษณะพืชพรรณเพื่อการปรับปรุงคุณภาพอากาศ 85 ในเมือง	74
25	การเลือกพืชพรรณสำหรับการออกแบบ	79

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	พื้นที่สุ่มตัวอย่าง	38
2	สนประดิพัทธิ์ กำลังขยาย 3x	49
3	สนฉัตร กำลังขยาย 1x	49
4	สนฉัตร กำลังขยาย 3x	49
5	หลังใบต้นเหลืองอินเดีย กำลังขยาย 2x	50
6	ท้องใบต้นเหลืองอินเดีย กำลังขยาย 2x	50
7	หลังใบ Silver oak กำลังขยาย 3x	50
8	ท้องใบSilver oak กำลังขยาย 4.5x	50
9	หลังใบสัก กำลังขยาย 4.5x	50
10	ท้องใบสัก กำลังขยาย 4.5x	50
11	หลังใบจำปา กำลังขยาย 3x	51
12	ท้องใบจำปา กำลังขยาย 1x	51
13	หลังใบปอบ้าน กำลังขยาย 3.5x	51
14	หลังใบปอบ้าน กำลังขยาย 3x	51
15	หลังใบราชพฤกษ์ กำลังขยาย 1x	51
16	ท้องใบราชพฤกษ์ กำลังขยาย 1x	51
17	หลังใบจามจุรี กำลังขยาย 1x	52
18	ท้องใบจามจุรี กำลังขยาย 1.5x	52
19	หลังใบสตาร์แอปเปิ้ล กำลังขยาย 1x	52
20	ท้องใบสตาร์แอปเปิ้ล กำลังขยาย 1x	52
21	หลังใบทองกวาว กำลังขยาย 1x	52
22	ท้องใบทองกวาว กำลังขยาย 1.5x	52
23	หลังใบกาสะลอง กำลังขยาย 1x	53
24	ท้องใบกาสะลอง กำลังขยาย 4.5x	53
25	หลังใบแคแสด กำลังขยาย 1x	53
26	ท้องใบแคแสด กำลังขยาย 3.5x	53

ภาพ		หน้า
27	หลังใบกระท้อน กำลังขยาย 1x	53
28	ท้องใบกระท้อน กำลังขยาย 1.5x	53
29	ทรงพุ่มทึบ	59
30	ทรงพุ่มปานกลาง	59
31	ทรงพุ่มโปร่ง	59
32	ที่ว่าการอำเภอบริเวณลานจอดรถ	86
33	หอศิลปวัฒนธรรมเชียงใหม่	87
34	โรงเรียนยุพราช	88
35	โรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่	89
36	โรงเรียนหอพระ	90
37	วัดพระสิงห์	91
38	วัดเจดีย์หลวง	92
39	วัดหมื่นเงินกอง	93
40	วัดพันแหวน	94
41	วัดเมธัง	95
42	ถนนคูเมือง	96

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวก		หน้า
1	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพบริเวณคูเมือง	107
2	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพบริเวณโรงเรียนยุพราช	111
3	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพบริเวณโรงเรียนหอพระ	112
4	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพบริเวณโรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่	114
5	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพบริเวณที่ว่าการอำเภอเมือง	115
6	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพบริเวณหอศิลปวัฒนธรรมเมืองเชียงใหม่	116
7	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพบริเวณวัดเจดีย์หลวง	117
8	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพบริเวณวัดพระสิงห์	120
9	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพบริเวณวัดเมธัง	121
10	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพบริเวณวัดพันแหวน	122
11	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพบริเวณวัดหมื่นเงินกอง	123

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวก		หน้า
1	หลังใบ silver oak	125
2	ท้องใบ silver oak	125
3	หลังใบกระถินเทพา	125
4	ท้องใบกระถินเทพา	125
5	หลังใบกระท้อน	125
6	ท้องใบกระท้อน	125
7	หลังใบกระทิง	126
8	ท้องใบกระทิง	126
9	หลังใบกัลปพฤกษ์	126
10	ท้องใบกัลปพฤกษ์	126
11	หลังใบกานพลู	126
12	ท้องใบกานพลู	126
13	หลังใบการบูร	127
14	ท้องใบการบูร	127
15	หลังใบกาสะลอง	127
16	ท้องใบกาสะลอง	127
17	หลังใบกาสะลองคำ	127
18	ท้องใบกาสะลองคำ	127
19	หลังใบขนุน	128
20	ท้องใบขนุน	128
21	หลังใบข่อย	128
22	ท้องใบข่อย	128
23	หลังใบขี้เหล็ก	128
24	ท้องใบขี้เหล็ก	128
25	หลังใบขี้เหล็กอเมริกัน	129
26	ท้องใบขี้เหล็กอเมริกัน	129

ภาพผนวก		หน้า
27	หลังใบคำมอก	129
28	ท้องใบคำมอก	129
29	หลังใบแคนา	129
30	ท้องใบแคนา	129
31	หลังใบแคแสด	130
32	ท้องใบแคแสด	130
33	หลังใบจัน	130
34	ท้องใบจัน	130
35	หลังใบจามจุรี	130
36	ท้องใบจามจุรี	130
37	หลังใบจำปา	131
38	ท้องใบจำปา	131
39	หลังใบจำปี	131
40	ท้องใบจำปี	131
41	หลังใบชงโค	131
42	ท้องใบชงโค	131
43	หลังใบชมพู่	132
44	ท้องใบชมพู่	132
45	หลังใบชมพู่ม่าเหมี่ยว	132
46	ท้องใบชมพู่ม่าเหมี่ยว	132
47	หลังใบตะแบก	132
48	ท้องใบตะแบก	132
49	หลังใบทองกวาว	133
50	ท้องใบทองกวาว	133
51	หลังใบไทร	133
52	ท้องใบไทร	133
53	หลังใบไทรเลียบ	133
54	ท้องใบไทรเลียบ	133

ภาพผนวก หน้า

55	หลังใบไทรอังกฤษ	134
56	ท้องใบไทรอังกฤษ	134
57	หลังใบนนทรี	134
58	ท้องใบนนทรี	134
59	หลังใบบุหงาสาหรี่	134
60	ท้องใบบุหงาสาหรี่	134
61	หลังใบประดู่ป่า	135
62	ท้องใบประดู่ป่า	135
63	หลังใบประดู่บ้าน	135
64	ท้องใบประดู่บ้าน	135
65	หลังใบปอบ้าน	135
66	ท้องใบปอบ้าน	135
67	หลังใบพญาสัตบรรณ	136
68	ท้องใบพญาสัตบรรณ	136
69	หลังใบพลับ	136
70	ท้องใบพลับ	136
71	หลังใบพิกุล	136
72	ท้องใบพิกุล	136
73	หลังใบเพกา	137
74	ท้องใบเพกา	137
75	หลังใบโพธิ์	137
76	ท้องใบโพธิ์	137
77	หลังใบมะกอก	137
78	ท้องใบมะกอก	137
79	หลังใบมะเกี๋ยง	138
80	ท้องใบมะเกี๋ยง	138
81	หลังใบมะขาม	138
82	ท้องใบมะขาม	138

ภาพผนวก		หน้า
83	หลังใบมะขามเทศ	138
84	ท้องใบมะขามเทศ	138
85	หลังใบมะขามป้อม	139
86	ท้องใบมะขามป้อม	139
87	หลังใบมะปราง	139
88	ท้องใบมะปราง	139
89	หลังใบมะเฟือง	139
90	ท้องใบมะเฟือง	139
91	หลังใบมะม่วง	140
92	ท้องใบมะม่วง	140
93	หลังใบมะยม	140
94	ท้องใบมะยม	140
95	หลังใบมะรุม	140
96	ท้องใบมะรุม	140
97	หลังใบมะฮอกกานีใบใหญ่	141
98	ท้องใบมะฮอกกานีใบใหญ่	141
99	หลังใบยางนา	141
100	ท้องใบยางนา	141
101	หลังใบยางอินเดีย	141
102	ท้องใบยางอินเดีย	141
103	หลังใบยูคาลิปตัส	142
104	ท้องใบยูคาลิปตัส	142
105	หลังใบราชพฤกษ์	142
1065	ท้องใบราชพฤกษ์	142
107	หลังใบลำดวน	142
108	ท้องใบลำดวน	142
109	หลังใบลำไย	143
110	ท้องใบลำไย	143
111	หลังใบลีลาวดี	143

ภาพผนวก หน้า

112	ท้องใบลีลาวดี	143
113	หลังใบสตาร์แอปเปิ้ล	143
114	ท้องใบสตาร์แอปเปิ้ล	143
115	ใบสนฉัตร	144
116	ใบสนประดิพัทธิ์	144
117	หลังใบส้มสุก	144
118	ท้องใบส้มสุก	144
119	หลังใบสะเดา	144
120	ท้องใบสะเดา	144
121	หลังใบสัก	145
122	ท้องใบสัก	145
123	หลังใบส้านใหญ่	145
124	ท้องใบส้านใหญ่	145
125	หลังใบสารภี	145
126	ท้องใบสารภี	145
127	หลังใบสาละลังกา	146
128	ท้องใบสาละลังกา	146
129	หลังใบเสลา	146
130	ท้องใบเสลา	146
131	หลังใบแสงจันทร์	146
132	ท้องใบแสงจันทร์	146
133	หลังใบหนวดปลาหมึกยักษ์	147
134	ท้องใบหนวดปลาหมึกยักษ์	147
135	หลังใบหางนกยูงฝรั่ง	147
136	ท้องใบหางนกยูงฝรั่ง	147
137	หลังใบหูกวาง	147
138	ท้องใบหูกวาง	147
139	หลังใบเหลืองเชียงราย	148

ภาพผนวก		หน้า
140	ท้องใบเหลืองเชียงราย	148
141	หลังใบเหลืองปรีดียาธร	148
142	ท้องใบเหลืองปรีดียาธร	148
143	หลังใบเหลืองอินเดีย	148
144	ท้องใบเหลืองอินเดีย	148
145	หลังใบอโศกอินเดีย	149
146	ท้องใบอโศกอินเดีย	149
147	หลังใบอะโวคาโด	149
148	ท้องใบอะโวคาโด	149
149	หลังใบอินทนิลบก	149
150	ท้องใบอินทนิลบก	149
151	หลังใบอินทนิลน้ำ	150
152	ท้องใบอินทนิลน้ำ	150

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาและความเจริญของเมืองมักจะเติบโตขึ้นพร้อมกับการเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและมลพิษ ไม่ว่าจะเป็นเมืองหลวงหรือเมืองใหญ่ในแถบซีกโลกตะวันตกอย่างนิวยอร์ก ลอนดอนและฝรั่งเศส หรือเมืองใหญ่ในซีกโลกตะวันออกอย่างเช่น ปักกิ่ง ฮ่องกง โตเกียว และกรุงเทพฯ มลพิษที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์มากก็คือ มลพิษทางอากาศ ซึ่งนับวันจะทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ ปัจจุบันประเทศไทยกำลังมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจและเมืองขนาดใหญ่ในอนาคต มีแนวโน้มที่จะเกิดปัญหามลภาวะในอากาศ การเตรียมแนวทางต่างๆในการเพิ่มไม้ยืนต้นและพื้นที่สีเขียวให้กับเมืองจึงเป็นสิ่งที่แต่ละเมืองควรจะมีแผนดำเนินงานที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาทางด้านสภาพอากาศพร้อมกับยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้คนที่อาศัยให้ดีขึ้น

จังหวัดเชียงใหม่เป็นเมืองใหญ่ที่สำคัญเมืองหนึ่งของไทยเป็นเมืองที่มีความสำคัญที่เป็นศูนย์กลางการพัฒนาทางภาคเหนือ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาและมีความเจริญมากกว่าอดีต โดยได้พัฒนาจนกลายเป็นศูนย์กลางการค้าการลงทุนของภาคเหนือ มีนักธุรกิจจำนวนมากเข้ามาลงทุนในเชียงใหม่ ตึกสูง สิ่งก่อสร้างและโครงการอสังหาริมทรัพย์เกิดขึ้นมากมาย ผู้คนเปลี่ยนแปลงการดำเนินชีวิต เชียงใหม่กลายเป็นเมืองท่องเที่ยวสำคัญที่มีชื่อของประเทศไทย ทุกปีมีจำนวนนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและต่างประเทศเดินทางเข้ามาเที่ยวเชียงใหม่กว่าหลายล้านคน (จักรพงษ์, 2555) ทำให้เกิดการขยายเส้นทางคมนาคมเพื่อตอบสนองความต้องการ และความสะดวกสบายที่เพิ่มขึ้นจากการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมและปริมาณรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ปัญหาที่ตามมาคือมลพิษทางอากาศ ทั้งจากฝุ่นละออง ไอเสียจากยานพาหนะ โรงงานอุตสาหกรรม การเผาเศษขยะและชีวมวลอื่นๆ ซึ่งทำให้ปัญหามลพิษในอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของเมืองเชียงใหม่ คุณภาพอากาศมีความสำคัญมากต่อการดำรงชีวิตเนื่องจากมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพชีวิตและสุขภาพอนามัยของประชาชน ปัจจุบันพบว่ามีการปลดปล่อยมลพิษออกสู่บรรยากาศเพิ่มมากขึ้นทุกปีตามปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อสุขภาพกายและสุขภาพจิตของประชาชนที่อาศัยอยู่ในเมืองเชียงใหม่ จากสถิติรายงานประจำปีสำนักงาน

สาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่พบว่าประชาชนที่ป่วยเป็นโรคทางเดินหายใจมีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น

แนวทางแก้ไขประการหนึ่งที่มีการพูดถึงอย่างมากก็คือ การเพิ่มพื้นที่สีเขียวหรือปริมาณของต้นไม้ในพื้นที่ชุมชนเมือง ต้นไม้ช่วยในการดักกรองมลพิษออกจากอากาศ จึงมีส่วนช่วยในการบรรเทาปัญหาคุณภาพอากาศในเมืองและยังเป็นแหล่งดูดซับมลพิษทางอากาศที่สำคัญ ความสามารถในการกักเก็บก๊าซและฝุ่นละอองโดยขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของพืช เช่น ลักษณะของใบ ลักษณะกิ่งก้าน ความหนาแน่นและขนาดของทรงพุ่ม ลักษณะและความเข้มข้นของมลพิษและการเคลื่อนที่ของมลพิษในอากาศ (Hanson and Lindborg, 1991) โดยต้นไม้สามารถกรองมลพิษได้ดีที่สุดเมื่ออยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดมลพิษ ยิ่งมีพื้นที่ใบมากเท่าใดก็สามารถกรองมลพิษได้เพิ่มขึ้น ต้นไม้ใหญ่จึงมีประสิทธิภาพมากในการดักกรองมลพิษ ไม้พุ่มและพืชคลุมดินมีประสิทธิภาพในการดักกรองรองลงมา

ต้นไม้ช่วยลดอุณหภูมิอากาศและลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนที่เกิดในเมืองใหญ่ ช่วยให้คุณภาพของอากาศในเมืองดีขึ้นจากการเกิดโอโซนที่น้อยลงเนื่องจากอุณหภูมิที่ต่ำลง การลดอุณหภูมิสูงสุดตอนเที่ยงจากอิทธิพลของต้นไม้มีค่าระหว่าง 0.04^{0}C ถึง 0.2^{0}C ต่อพื้นที่ 1% ของการแผ่พุ่มใบ (Nowak et al., 2002) จากการวิจัยในเขตซาคราเมนโตของแคลิฟอร์เนียพบว่าการปลูกต้นไม้ใหญ่ในเมืองเพิ่มอีกเท่าตัวคือ 5 ล้านต้นจะสามารถช่วยลดอุณหภูมิในช่วงฤดูร้อนได้ถึง 3^{0}C และการลดอุณหภูมิในระดับนี้สามารถลดโอโซนลงได้ 7% และลดวันที่มีหมอกควันลงได้ 50% (Bell and Wheeler, 2006) จะเห็นได้ว่าพืชพรรณในเมืองมีประโยชน์และคุณค่าต่อคุณภาพชีวิตของคนในเมือง ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของพืชพรรณที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพอากาศเพื่อเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการออกแบบวางแผนสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เมืองเพื่อลดมลพิษในอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาศักยภาพของพืชพรรณไม้ในการลดมลพิษและปรับปรุงคุณภาพอากาศ
2. เพื่อเป็นแนวทางเลือกใช้พืชพรรณไม้ที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบปรับปรุงสภาพแวดล้อมในเมือง

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตเชิงพื้นที่

การวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตการศึกษาในเขตพื้นที่คูเมืองชั้นในของเมืองเชียงใหม่ซึ่งมีเนื้อที่ 2.56 ตร.กม. โดยจำแนกตามแนวทางการจัดการพื้นที่สีเขียว ลักษณะการใช้งานและภูมิทัศน์ที่แตกต่างกัน (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ม.ป.ป.) ได้แก่

สถานที่ราชการ ได้แก่ ที่ว่าการอำเภอเมืองเชียงใหม่และหอศิลปวัฒนธรรมเมืองเชียงใหม่

ศาสนสถาน ได้แก่ วัดเจดีย์หลวงวรวิหาร วัดพระสิงห์ วัดพันแหวน วัดหมื่นเงินกอง และวัดเมธัง

สถานศึกษา ได้แก่ โรงเรียนยุพราช โรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่และโรงเรียนหอพระ

ขอบเขตเชิงเนื้อหา

ศึกษาพืชพรรณไม้ท้องถิ่นที่มีประสิทธิภาพในการลดมลพิษทางอากาศของเมืองเชียงใหม่โดยการศึกษา

1. พืชพรรณไม้ปัจจุบันในเขตพื้นที่ศึกษา
2. ปัญหามลพิษของเมืองเชียงใหม่
3. ประเมินศักยภาพของพืชพรรณในการลดมลพิษทางอากาศ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในการศึกษาวิจัยมุ่งเน้นถึง ผลจากการประเมินจากความสามารถของพืชพรรณในการปรับปรุงคุณภาพอากาศและให้ข้อเสนอแนะ ซึ่งคาดว่าจะได้ประโยชน์ ดังนี้

1. เป็นแนวทางในการเลือกใช้ชนิดของพืชพรรณให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่เมือง
2. ทราบถึงคุณลักษณะของพืชพรรณชนิดต่างๆในการลดมลพิษทางอากาศ
3. เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ด้านการออกแบบพื้นที่สีเขียวและการออกแบบภูมิทัศน์เมืองให้เหมาะสมกับลักษณะภูมิอากาศท้องถิ่น

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ในการศึกษาพืชพรรณกับการลดมลพิษอากาศในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ได้ทำการตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งแนวคิดและทฤษฎีที่มีผู้ศึกษาวิจัยไว้ แยกเป็นประเด็นดังนี้

แนวคิดเกี่ยวกับพืชพรรณไม้

ความหมายของพืชพรรณไม้

พืช คือ พันธุ์ไม้ที่เจริญเติบโตอยู่ตามที่ต่างๆ คือ พันธุ์พืชทุกชนิดและส่วนหนึ่งส่วนใดของพืช เช่น ตอ หน่อ กิ่ง ใบ ราก หัว ดอก ผล เมล็ด (สมจิต, 2540)

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้พืชพรรณและการจำแนกเพื่อผลการเลือกใช้

จามรี (ม.ป.ป.) ได้แบ่งแยกพืชพรรณตามลักษณะโครงสร้างโดยพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพ รูปทรง ขนาด ลักษณะการเจริญเติบโต คุณสมบัติของดอก การจัดองค์ประกอบของกิ่ง ก้าน ใบ และลำต้นไว้ดังนี้

1. ประเภทของพืชพรรณไม้

1.1 ไม้ยืนต้น (Tree) หมายถึง พืชที่มีเนื้อไม้มาก เป็นไม้เนื้อแข็ง มีลำต้นเจริญจากตายอดเป็นลำต้นเดี่ยวตั้งตรงขึ้นไปจากพื้นดินระยะหนึ่งแล้วจึงแตกกิ่งก้านสาขาแผ่ออกเป็นทรงพุ่มที่เจริญอยู่ปลายยอดมีความสูงตั้งแต่ 2.5 เมตรขึ้นไปจนถึง 15 เมตร หรือมากกว่า อาจแบ่งออกเป็นสองประเภทคือ ไม้ผลัดใบและไม่ผลัดใบ

1.2 ไม้พุ่ม (Shrub) หมายถึง พืชที่มีเนื้อไม้แต่มีขนาดเล็กกว่าไม้ยืนต้น และแตกกิ่งก้านสาขาในระดับใกล้ผิวดินทำให้ดูเป็นกอหรือเป็นพุ่ม มีอายุนานหลายปี มีความสูงตั้งแต่ 1.00-1.70 เมตร นิยมปลูกเป็นแนวเพื่อใช้ประโยชน์เป็นรั้ว

1.3 ไม้เลื้อย (Lianas) หมายถึง พืชที่ต้องการสิ่งค้ำจุนอาจมีหรือไม่มีเนื้อไม้ ไม้เลื้อยที่พบตามป่าทั่วไปมักมีเถาใหญ่มีเนื้อไม้มาก มีอายุยาว จะอาศัยเลื้อยพันตามต้นไม้ใหญ่

1.4 พืชคลุมดิน (Ground cover) หมายถึง พืชที่มีลำต้นเตี้ย มีการเจริญเติบโตทางแนวราบและเลื้อยปกคลุมดิน มักใช้ปลูกเพื่อคลุมหรือตกแต่งให้สวยงาม ช่วยลดการกัดเซาะ

พังทลายของดิน โดยเฉพาะบริเวณที่มีความลาดชันสูงอีกทั้งยังช่วยคลุมดินเพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของหน้าดินไว้

1.5 พืชล้มลุก (Herbs) หมายถึง พืชที่ไม่มีเนื้อไม้ เป็นไม้เนื้ออ่อนลำต้นไม่แข็งแรงมักมีอายุสั้นโดยมีอายุประมาณไม่เกิน 1 ปี ส่วนใหญ่เป็นไม้ดอกที่มีสีสันหรือใบสวยงาม

2. ช่วงเวลาที่มีใบปกคลุมพิจารณาจากจำนวนปริมาณของใบในช่วงอากาศรอบปีหนึ่งๆ โดยแยกเป็น

2.1 ไม้ผลัดใบ (Deciduous plamts) เป็นที่มีการร่วงหล่นของใบในช่วงเวลาที่สิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสม ซึ่งอาจเป็นอากาศที่ร้อนหรือหนาวเย็นจนเกินไปและจะคงสภาพเช่นนั้นไปจนกว่าอากาศจะมีความพอเหมาะแก่การเจริญเติบโต เช่น อินทนิลน้ำ ใบจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเหลืองหรือแดงแล้วทิ้งใบหมดในฤดูร้อน หางนกยูงฝรั่งทิ้งใบหมดต้นในฤดูร้อน เมื่อถึงฤดูที่พืชผลัดใบหมดต้นแล้วจะมองเห็นแต่รูปทรงของกิ่งก้านและลำต้น

2.2 ไม้ที่มีสีเขียวตลอดปี (Evergreen plants) เป็นพืชพรรณที่มีสีเขียวตลอดปี ในบางกรณีจะมีการหยุดชะงักการเจริญเติบโตในช่วงอากาศหนาวจัดหรือเกิดความแห้งแล้งแต่ไม่ทิ้งใบหมดต้นโดยทั่วไปแล้วจะสามารถเจริญเติบโตได้ตลอดปีโดยไม่มีการผลัดใบ

2.3 ไม้กึ่งผลัดใบ (Semideciduous plant) เป็นพืชพรรณที่มีการผลัดใบเป็นช่วงระยะเวลาโดยมิได้ขึ้นอยู่กับฤดูกาลหรือสภาพอากาศ เช่น อินทนิลน้ำถ้าขึ้นในที่แห้งแล้งจะผลัดใบหมดต้น

2.4 พืชที่มีลำต้นอวบน้ำ (Succulent plants) ลำต้นซึ่งเป็นพืชไม่ผลัดใบแต่ทำหน้าที่แทนใบสีเขียวอยู่ตลอดปี เป็นพืชพรรณที่มีลำต้นอวบหนาแต่ไม่มีใบเหมือนต้นไม้อื่นทั่วไป เช่น แคคตัส กุหลาบหิน เป็นต้น

3. ลักษณะของใบ

3.1 รูปทรงและขนาดของใบ (Leaf Shape & Size)

ใบแผ่กว้าง (Broad leaf) บางครั้งเหมือนกับใบหลายใบมาประกอบกัน แต่โดยแท้จริงแล้วเป็นใบเดี่ยว

ใบเข็ม (Needle leaf) ได้แก่ พืชกลุ่ม สน

ใบแหลม (Spine)ได้แก่ พืชกลุ่ม สน

ใบผอมแหลม (Gramirpid) เช่น หญ้า ไผ่ เป็นต้น

ใบเดี่ยวขนาดเล็ก (Simple leaf) ไทร เป็นต้น

ใบประกอบ (Compound leaf) คูน เป็นต้น

ลำต้นอวบน้ำ (ทำหน้าที่คล้ายใบ) (Succulent stem) ได้แก่ กุหลาบหิน เสมาทอง เป็นต้น

3.2 ผิวสัมผัสของใบไม้ เป็นผลมาจากการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม สภาพอากาศ เช่น เพื่อลดการคายน้ำ โดยแบ่งออกเป็น

ใบที่มีความหนาโดยปกติทั่วไป

ใบขนาดบางละเอียด เช่น เฟิร์น

ใบหนาแข็งและเหนียว

ใบที่อ่อนนุ่มและหนา ใบจะหนามากและมีความสามารถที่จะดูดซึมน้ำไว้ได้มาก เช่น แคคตัส

3.3 รูปทรงของพุ่มใบ (Form) หมายถึง เส้นรอบวงรอบนอกของพุ่มใบเมื่อต้นไม้นั้นโตเต็มที่แล้ว โดยรูปทรงตามธรรมชาติตามหลักการทางพฤกษศาสตร์ จะแบ่งประเภทของรูปร่างเรือนยอดของไม้ยืนต้นโดยทั่วไปออกได้เป็น 6 แบบดังนี้

รูปทรงพุ่มกลม (Globular, round & bushy) แกนทางตั้งและทางนอนเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน เช่น มะม่วง มะปราง ทองกวาว เป็นต้น

รูปยาวหรือรี (Oblong or cylindrical) รูปร่างของลำต้นจะออกทางสูงมากกว่าทางกว้าง เช่น นนทรี จำปี ชมพูพันธุ์ทิพย์ เป็นต้น

รูปทรงร่มหรือยอดแบน (Umbrella shape or Flat-topped) เช่น จามจุรี หางนกยูงฝรั่ง ตะขบ เป็นต้น

รูปทรงกระบอก (Conical) ลักษณะลำต้นสูงขึ้นในแนวตั้งมากกว่าขยายออกทางแนวนอน มีทั้งเป็นรูปเสาและรูปปิรามิด เช่น สนประดิพัทธ์ บุนนาค กระดังงาไทย เป็นต้น

รูปทรงฉัตร (Broken or interrupted) ลักษณะเรือนยอกแยกเป็นชิ้นๆ เกิดช่องว่างระหว่างชั้น เช่น ต้นนุ่น หูกวาง พญาสัตบรรณ เป็นต้น

รูปทรงลู่ห้อยลง (Weeping with drooping twigs) ลักษณะกิ่งก้านจะห้อยลู่ลงหาพื้น กิ่งก้านมักจะยาวและอ่อนช้อย เช่น ต้นหลิว ประดู่ แปรงล้างขวด เป็นต้น

3.4 ความแผ่กว้างของพุ่มใบ (Spread) ความกว้างของพุ่มใบจะเป็นสิ่งช่วยบอกระยะห่างของการปลูกต้นไม้แต่ละต้นเพื่อให้ได้รูปทรงและขนาดเต็มที่ อีกทั้งยังช่วยบอกระยะห่างของการปลูกต้นไม้จากอาคารหรือสิ่งก่อสร้างข้างเคียงด้วย

3.5 ความหนาแน่นของพุ่มใบและกิ่งก้าน (Mass) ความหนาแน่น หมายถึงการรวมกลุ่มกันของใบและกิ่งก้าน ความหนาแน่นอาจดูได้จากอัตราของความทึบและความโปร่งแสง ความทึบหมายถึงส่วนที่เป็นใบ กิ่งกาน และส่วนประกอบอื่นๆของพุ่มใบ ส่วนความโปร่งแสง

หมายถึง พื้นที่ระหว่างใบและกิ่งก้านที่เราสามารถมองผ่านไปเห็นพื้นที่ด้านหลังได้ ความหนาแน่นของพุ่มใบนี้แบ่งออกได้เป็น 3 พวกคือ

หนาทึบ (Dense) มีใบและกิ่งก้านที่แน่นหนาทึบจนไม่สามารถมองทะลุผ่านไปได้ เช่น ขี้เหล็ก พิกุล ประดู่ เป็นต้น ต้นไม้ที่มีใบหนาทึบจะทำให้เกิดร่มเงาได้ดี ทั้งยังใช้เป็นฉากหลังช่วยปิดบังสายตา และช่วยกำบังลมได้ดีอีกด้วย

ปานกลาง (Moderate) มีใบและกิ่งก้านทึบแต่ยังสามารถมองทะลุไปได้บ้าง มีอัตราส่วนความทึบแสงและความโปร่งแสงประมาณ 2:1 หรือ 1:1 เช่น มะขาม กระถินณรงค์ เป็นต้น

โปร่ง (Open) กิ่งก้านแผ่กระจายออก มีใบเป็นจำนวนน้อย มีบริเวณโปร่งที่มองเห็นพื้นที่ด้านหลังได้มาก

ต้นไม้ผลัดใบบางชนิดในเวลาที่ใบเด็มต้นก็จะเป็นไม้ใบหนาทึบ แต่ในบางช่วงที่ร่วงออกหมดก็จะกลายเป็นไม้ที่โปร่งได้

4. การแผ่ของกิ่งก้าน (Branching character) รูปทรงและรูปร่างของต้นไม้มักจะเป็นผลมากจากโครงสร้างของกิ่งก้านหลักซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 8 พวก ได้แก่

4.1 กิ่งหลักตั้งขึ้นหรือเอียงขึ้นเล็กน้อย (Upright) เช่น จามจุรี พิกุล เสลา เป็นต้น

4.2 กิ่งหลักเอียงขึ้นทำมุมประมาณ 45 องศา (Ascending) เช่น หางนกยูง เป็นต้น

4.3 กิ่งหลักเอียงนอนขนาบกับพื้น (Horizontal) เช่น งิ้ว หูกวาง เป็นต้น

4.4 กิ่งหลักโค้งดกลงจากลำต้นและเอียงกลับขึ้นตรงปลายของกิ่ง (Recurving)

4.5 กิ่งหลักเอียงตกลง (Descending) เช่น ไทรย้อย กระดังงาไทย ประดู่เหลือง เป็นต้น

4.6 กิ่งหลักเป็นเสมือนลำต้นหลายอัน (Leggy) มักจะมีใบอยู่ในระดับต่ำ เช่น ไผ่ เป็นต้น

4.7 กิ่งหลักมีรูปทรงไม่แน่นอนไม่เป็นระเบียบ (Picturesque) เป็นรูปทรงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มักจะเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว เช่น สนสองใบ สนสามใบ เป็นต้น

4.8 กิ่งหลักโค้งตกลง (Weeping) เช่น ต้นหลิว แปรงล้างขวด เป็นต้น

พืชพรรณไม้กับสภาพแวดล้อม

พืชพรรณไม้เป็นองค์ประกอบหลักก่อให้เกิดประโยชน์ทางอ้อมหลายประการ ทั้งช่วยปรับภูมิทัศน์ให้สวยงาม ร่มรื่น ให้สถานที่เพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ ออกกำลังกาย และเป็นปอด

ให้แก่ชุมชนทำให้ชุมชนเป็นที่น่าอยู่ พืชพรรณไม้ยังมีคุณประโยชน์และมีคุณค่าแก่มนุษย์และสภาพแวดล้อมในการอยู่อาศัยของมนุษย์มากทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ (ตาราง 1) ได้แก่การสร้างอากาศบริสุทธิ์ การปรับปรุงและการรักษาคุณภาพน้ำ การท่องเที่ยว กิจกรรมกีฬาและนันทนาการ สร้างสุขภาวะที่ดีให้กับมนุษย์ เพิ่มมูลค่าของที่ดิน และย่านพักอาศัย รวมทั้งช่วยส่งเสริมความสัมพันธ์ของชุมชน เป็นต้น

การใช้พืชพรรณภายนอกอาคารช่วยลดความร้อนจากแสงแดดที่ส่งผ่านเข้าสู่อาคารและยังลดความร้อนจากการแผ่รังสีออกสู่อาคารภายนอกด้วยการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการสังเคราะห์แสง พืชพรรณช่วยปรับปรุงคุณภาพอากาศโดยลดคาร์บอนไอออกไซด์ในอากาศภายนอกนำไปสู่การบรรเทาปัญหาก๊าซเรือนกระจกการนำมาใช้ในอาคารที่มีคนอาศัยอยู่มากจะช่วยดูดซับคาร์บอนไอออกไซด์ไปทำให้คุณภาพอากาศดีขึ้นยิ่งมีปริมาณใบมากเท่าใดก็ยิ่งลดลงได้มากเท่านั้นและยังช่วยดูดซับสารพิษที่ฟุ้งกระจายในอากาศ (Volatile organic compound) จากการวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ขององค์การนาซ่า เมื่อปี 1989 โดย Wolverton พบว่า สารพิษที่พบในอาคารทั่วไป ได้แก่ ฟอร์มาลดีไฮด์ เบนซีน ไตรคลอโรเอทธิลีน ถูกขจัดออก 10-90 เปอร์เซ็นต์จากกล่องทดลองระบบปิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพืชที่นำมาใช้ อีกทั้งยังช่วยกรองฝุ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ พืชพรรณสามารถลดการถ่ายเทความร้อนจากการที่ให้ร่มเงาปกป้องความร้อนโดยตรงจากแสงอาทิตย์นำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ไปใช้ในการสังเคราะห์แสงและคายน้ำโดยใบของพืชยิ่งปริมาณใบมากยิ่งเพิ่มประสิทธิภาพมาก การนำพืชพรรณมาใช้กับอาคารเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนอาจทำได้โดยใช้ปกคลุมผนังทึบ ใช้เป็นแผงกันแดด และใช้เป็นสวนหลังคา นอกจากนี้ป่าไม้และพืชพรรณยังช่วยหน่วงน้ำฝนไว้ไม่ให้ไหลล้นหรือท่วมขังโดยการดูดซึมผ่านดินและรากพืช พุ่มใบละเอียดของพืชช่วยกรองฝุ่นละอองได้เป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพ มณฑาทิพย์ (2548: ระบบออนไลน์) กล่าวถึง บทบาทสำคัญของพืชพรรณกับสภาพแวดล้อมมีอยู่ 4 ประการ คือ

1. บทบาทในการปรับสภาพภูมิอากาศให้ดีขึ้น ภูมิอากาศที่มีอิทธิพลต่อชีวิตคนในชุมชนเมืองมากที่สุดคืออุณหภูมิของบรรยากาศที่ร้อนอบอ้าวอันเนื่องมาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และฝุ่นละอองจากการจราจรที่ติดขัดคับคั่ง และความร้อนแรงจากรังสีของดวงอาทิตย์ ต้นไม้ช่วยลดความร้อนแรงของอากาศในเขตชุมชนเมืองลงได้ โดย Miller (1996) ได้รายงานว่าต้นไม้ช่วยลดอุณหภูมิของบรรยากาศในช่วงบ่ายได้ 0.7–1.3 องศาเซลเซียส และลดอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงฤดูร้อนได้ถึง 3.6 องศาเซลเซียส ในขณะที่ Grey and Deneke (2008) กล่าวว่าอุณหภูมิในชุมชนเมืองสูงกว่าในชนบทรอบนอกประมาณ 0.5–1.5 องศาเซลเซียส ยิ่งไปกว่านั้น ผลการศึกษาในเยอรมันดะวันตกยังพบว่า การปลูกไม้ยืนต้นเป็นแนวกว้าง 50–100 เมตร ในตัวเมืองจะช่วยลด

อุณหภูมิของบรรยากาศลงได้ถึง 3.5 องศาเซลเซียส และช่วยเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ขึ้นได้ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ พร้อมกับช่วยกำบังลม ดูดซับเสียง ฝุ่นละออง และก๊าซพิษต่างๆ

2. บทบาททางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บทบาทของไม้ยืนต้นในเขตชุมชนเมืองทางด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ ได้แก่ การช่วยลดมลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง ลดการสะท้อนของรังสีและแสงไฟจากยานพาหนะที่แล่นสวนทางมา ใช้ต้นไม้ตามแนวถนนหนทางช่วยบอกทิศทางการจราจร ป้องกันการพังทลายของดินริมถนนและริมน้ำในเขตเมือง หากพื้นที่สีเขียวประกอบด้วยหมู่ไม้ใหญ่เสมือนหนึ่งเป็นป่าอยู่ในเมืองก็อาจจะทำหน้าที่เป็นต้นน้ำ หรือแหล่งผลิตน้ำแก่ชุมชนเมืองนั้นด้วยก็ได้

3. บทบาททางสถาปัตยกรรม ในแง่สถาปัตยกรรมต้นไม้ที่ปลูกตามริมถนนหนทางบนเกาะกลางถนน หรือในที่ว่างบริเวณอาคารสถานที่ต่างๆ สามารถทำหน้าที่เป็นฉากกาบังทัศนียภาพที่ไม่ต้องการให้บุคคลอื่นเห็น อันก่อให้เกิดความรู้สึกเป็นสัดส่วนส่วนตัวในพื้นที่นั้น ช่วยจำกัดขอบเขตของพื้นที่ไม่ให้ดูเวิ้งว้าง และช่วยหักมุมตัวอาคารหรือขอบถนนให้กลมกลืนกับสภาพแวดล้อมอื่นๆ

4. บทบาทในด้านความสวยงาม ชนิด สีสัน รูปทรง โครงสร้าง และความหลากหลายของหมู่ไม้ที่ประกอบกันขึ้นเป็นพื้นที่สีเขียวก่อให้เกิดความสวยงาม อ่อนช้อย กลมกลืน เหมาะแก่การพักผ่อนหย่อนใจ การมีป่าไม้หรือต้นไม้อยู่ในชุมชนเมืองยังหมายถึงการสร้างสภาพแวดล้อมให้เอื้ออำนวยต่อการอยู่อาศัยและขยายพันธุ์ของสัตว์ป่าบางชนิด เช่น กระรอก กระแต เป็นต้น

ตาราง 1 คุณประโยชน์ของป่าในเมืองต่อสภาพแวดล้อมที่เหมาะแก่การดำรงชีวิต

คุณภาพอากาศ	ความสามารถในการดักกรองและขจัดมลพิษในอากาศ
ภูมิอากาศเฉพาะที่	ควบคุมระดับอุณหภูมิโดยการให้ร่มเงา เพิ่มความชื้นในอากาศ ทำให้อุณหภูมิลดลงและสร้างสภาวะสบาย
การจัดการน้ำ	ช่วงหน่วงน้ำและลดปริมาณน้ำไหลนอง
การประหยัดพลังงาน	ลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเพื่อการปรับอากาศ
มูลค่าที่ดิน	เพิ่มราคาอสังหาริมทรัพย์
สุขภาวะของมนุษย์	เอื้อประโยชน์ต่อกิจกรรมการพักผ่อนและนันทนาการ
ความหลากหลายทางชีวภาพ	สร้างแหล่งที่อยู่อาศัยให้สิ่งมีชีวิตที่หลากหลาย

ตาราง 1 (ต่อ)

คุณภาพอากาศ	ความสามารถในการดักกรองและขจัดมลพิษในอากาศ
การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ	กักเก็บและลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
ภูมิทัศน์	ปิดบังมุมมองที่ไม่สวยงามของถนนและโรงงานอุตสาหกรรม
	สร้างบรรยากาศที่ดีและสวยงาม

ที่มา: Tonneijk and Hoffman (2010)

ความหมายและประเภทของมลพิษในอากาศ

มลพิษทางอากาศ (Air pollution) หมายถึง ภาวะอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณสูงกว่าระดับปกติเป็นเวลานานพอที่จะทำให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์สัตว์พืชหรือทรัพย์สินต่างๆอาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ได้แก่มลพิษจากท่อไอเสียของรถยนต์จากโรงงานอุตสาหกรรมจากขบวนการผลิตจากกิจกรรมด้านการเกษตรจากการระเหยของก๊าซบางชนิดซึ่งเกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียเป็นต้นผลจากการตรวจวัดคุณภาพอากาศในช่วงเกือบ 20 ปีที่ผ่านมาพบว่า คุณภาพทางอากาศในประเทศไทยมีคุณภาพดีขึ้นโดยพิจารณาได้จากค่าสูงสุดของความเข้มข้นของสารมลพิษส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานยกเว้นฝุ่นขนาดเล็กและก๊าซโอโซนทั้งนี้การที่คุณภาพอากาศของประเทศไทยมีคุณภาพดีขึ้นมีสาเหตุมาจากการลดลงของปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในช่วงวิกฤติเศรษฐกิจ มลพิษทางอากาศมีแหล่งกำเนิดมลพิษและผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อมแตกต่างและรุนแรงต่างกันไปทั้งนี้สามารถสรุปได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 แหล่งกำเนิดที่สำคัญและผลกระทบของมลพิษทางอากาศ

มลพิษ	แหล่งกำเนิดที่สำคัญ	ผลกระทบต่อสุขภาพ
PM-10	การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลฝุ่นละออง แขวนลอยคงค้างในถนนฝุ่นจากการก่อสร้างและจากอุตสาหกรรม	PM-10 มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคนอย่างสูงเพราะมีขนาดเล็กจึงสามารถแทรกตัวเข้าไปในปอดได้

ตาราง 2 (ต่อ)

มลพิษ	แหล่งกำเนิดที่สำคัญ	ผลกระทบต่อสุขภาพ
SO_2	การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งส่วนใหญ่คือถ่านหินและน้ำมันและอาจเกิดจากกระบวนการทางอุตสาหกรรมบางชนิด	การสะสมของ SO_2 จำนวนมากอาจทำให้เป็นโรคหอบหืดหรือมีปัญหาเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจนอกจากนี้การรวมตัวกันระหว่าง SO_2และ NO_x เป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดฝนกรด(acid rain) ซึ่งทำให้เกิดดินเปรี้ยวและทำให้น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติต่างๆมีสภาพเป็นกรด
สารตะกั่ว	การเผาไหม้ alkyl lead ที่ผสมอยู่ในน้ำมันเบนซิน	สารตะกั่วเป็นสารอันตรายที่ส่งผลทำลายสมองไตโลหิตระบบประสาทส่วนกลางและระบบสืบพันธุ์โดยเด็กที่ได้รับสารตะกั่วในระดับสูงอาจมีพัฒนาการรับรู้ช้ากว่าปกติและการเจริญเติบโตลดลง
CO	การเผาไหม้ของน้ำมันที่ไม่สมบูรณ์	CO จะเข้าไปขัดขวางปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2) ที่ร่างกายจำเป็นต้องใช้ ดังนั้นผู้ที่มีอาการโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดจึงมีความเสี่ยงสูงจนอาจถึงแก่ชีวิตได้ถ้าได้รับ CO ในระดับสูง
NO_x	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและยังมีบทบาทสำคัญในการก่อตัวของ O_3 และฝุ่นละออง	การรับ NO_x ในระดับต่ำอาจทำให้คนที่มีโรคระบบทางเดินหายใจมีความผิดปกติของปอดและอาจเพิ่มการเจ็บป่วยของโรคระบบทางเดินหายใจในเด็กขณะที่การรับ NO_x เป็นเวลานานอาจเพิ่มความไวที่จะติดเชื้อโรคระบบทางเดินหายใจและทำให้ปอดมีความผิดปกติอย่างถาวร

ตาราง 2 (ต่อ)

มลพิษ	แหล่งกำเนิดที่สำคัญ	ผลกระทบต่อสุขภาพ
O_3	การทำปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds: VOCs) และออกไซด์ของไนโตรเจนโดยมีความร้อนและแสงอาทิตย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	O_3 อาจทำให้เกิดอันตรายเฉียบพลันต่อสุขภาพเช่นความระคายเคืองต่อสายตา จมูกคอทรวงอกหรือมีอาการไอปวดหัว นอกจากนี้ยังอาจทำให้ผลผลิตทางการเกษตรต่ำลง

ที่มา: ธนาคารโลก (2550: ระบบออนไลน์)

วราวุธ (2543: ระบบออนไลน์) กล่าวถึง การเกิดมลพิษทางอากาศไว้ว่าเป็นการคงอยู่ของสิ่งแปดเปื้อน ตั้งแต่หนึ่งสิ่งขึ้นไปในบรรยากาศ ซึ่งมีความเข้มข้นและช่วงเวลาที่เพียงพอที่ทำให้มีผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ชุมชน สัตว์ พืช ทรัพย์สิน หรือรบกวนตาการดำรงชีวิตหรือการพักผ่อนหย่อนใจ

ปราณี (2538) ได้ให้ความหมายของมลภาวะทางอากาศไว้ว่า หมายถึง สภาวะอากาศพิษหรือสมอค (smog) ซึ่งเป็นคำผสมระหว่าง smoke และ fog หมายถึง สภาวะคล้ายหมกควันในอากาศ เนื่องจากมีก๊าซพิษหลายชนิดที่เกิดสะสมกันอยู่ในอากาศ เป็นปัญหาของเมืองอุตสาหกรรมและเมืองที่มีการจราจรคับคั่ง สำหรับแหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญของประเทศไทยแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

1. แหล่งกำเนิดจากยานพาหนะ เนื่องจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วของประเทศจากภาคเกษตรกรรมมาเป็นภาคอุตสาหกรรมทำให้เกิดความเจริญ มีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดความต้องการในการเดินทางและการขนส่งมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดปัญหาจราจรติดขัดและนับวันจะทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะในบริเวณที่ใกล้ถนนที่มีการจราจรติดขัดจะมีปัญหามลพิษทางอากาศที่รุนแรงกว่าในบริเวณที่มีการจราจรคล่องตัว การจราจรที่ติดขัดทำให้รถเคลื่อนตัวได้ด้วยความเร็วที่ต่ำ มีการหยุดและออกตัวบ่อยครั้ง น้ำมันถูกเผาผลาญมากขึ้น เกิดการสันดาปของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์และมีการระบายสารมลพิษทางท่อไอเสียในสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้น โดยสารมลพิษที่ระบายเข้าสู่บรรยากาศที่เกิดจากการคมนาคมขนส่ง ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน สารตะกั่วและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

2. แหล่งกำเนิดจากโรงงานอุตสาหกรรม เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในบรรยากาศและอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในชุมชน โดยทั่วไปหรือก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ เชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับอุตสาหกรรมมีอยู่ 3 ประเภทใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ 1) เชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง 2) เชื้อเพลิงที่เป็นของเหลว ได้แก่ น้ำมันเตา และน้ำมันดีเซล 3) เชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ และก๊าซ LPG สารมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งพบว่ามีปริมาณการระบายออกสู่บรรยากาศเพิ่มมากขึ้นทุกปีตามปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น มลพิษในอากาศทั่วไปที่สำคัญประกอบด้วย

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide: CO) เป็นก๊าซที่ไม่มีสีรสและกลิ่นเบากว่าอากาศทั่วไปเล็กน้อย เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและสารอื่นๆที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิด ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ไฮโดรคาร์บอนและเขม่า ถ้าการเผาไหม้สมบูรณ์จะเกิด คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ก๊าซทั้งสองชนิดเป็นก๊าซที่ดูดความร้อนได้ดีทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เมื่อหายใจเข้าไป ก๊าซนี้จะรวมตัวฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ในเม็ดเลือดแดงได้มากกว่าออกซิเจนถึง 3,624-3,674 เท่า เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (Carboxy haemoglobin : CoHb) ซึ่งลดความสามารถของเลือดในการเป็นตัวนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ โดยทั่วไป องค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เกิด CoHb ในเลือดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศ ที่สูดหายใจเข้าไปและระยะเวลาที่อยู่ในสภาวะนั้น

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxide: NO_2) ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะไนตริกออกไซด์ (NO) และ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เนื่องจากเป็นก๊าซที่มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ และมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตมากกว่า ออกไซด์ของไนโตรเจนตัวอื่น ๆ ไนตริกออกไซด์ (NO) เป็นก๊าซไม่มีสีและกลิ่น ละลายน้ำได้บ้างเล็กน้อย ส่วนไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) มีสภาพเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติ ก๊าซทั้งสองเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ ฟ้าผ่า ฟ้าแลบ ภูเขาไฟระเบิดหรืออาจเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาผลาญเชื้อเพลิง การอุตสาหกรรม เป็นต้น ก๊าซนี้ไม่มีโทษต่อสุขภาพคนโดยตรง แต่ทำให้เกิดหมอกควัน และเมื่อมีปริมาณมากจะรวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็น NO_2ซึ่งทำให้เกิดอาการแสบคอ แสบจมูก ถ้าความเข้มข้นสูงถึง 100 ppm อาจทำให้เสียชีวิตได้ นอกจากนี้เมื่อฝนตกก๊าซ NO_2จะละลายน้ำกลายเป็นกรดไนตริกหรือฝนกรดได้ อย่างไรก็ตามการเกิดก๊าซไนตริกออกไซด์มีอุณหภูมิเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุด ดังนั้น รถยนต์และอุตสาหกรรมจึงเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดก๊าซนี้

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide : SO_2) เป็นก๊าซไม่มีสีไม่ไวไฟที่ระดับความเข้มข้นสูง การสันดาปเชื้อเพลิงเพื่อใช้พลังงานในการดำรงชีพของมวลมนุษย์ซึ่งรวมถึงอุตสาหกรรมทำให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และอนุภาคมลสาร กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ ก็เป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษทั้งสองเช่นกัน ก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และละอองกรด กำมะถัน มีผลต่อระบบประสาทและระบบหายใจ ก่อให้เกิด โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง นอกจากนี้ก๊าซนี้ยังทำให้น้ำฝนที่ตกลงมามีสภาพความเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งจะทำลายระบบนิเวศน์ ป่าไม้ แหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตต่างๆ รวมถึงการกัดกร่อนอาคารและโบราณสถานอีก

ฝุ่นละอองได้แก่สารแขวนลอยในอากาศ เป็นสารที่มีความหลากหลายทางด้านกายภาพ และองค์ประกอบอาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลวก็ได้ ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศรอบ ๆ ตัวเรา เช่น เขม่า ควันดำ ฝุ่นจากดิน ละอองเกสรดอกไม้ สเปรย์และละอองน้ำมัน ขี้เถ้า ฝุ่นละอองจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ มีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอนไปจนถึง ฝุ่นที่ ขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอนโดยทั่วไปจะวัดน้ำหนักของฝุ่นละอองในอากาศที่ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตรโดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมงการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปนี้อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกรมควบคุมมลพิษกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ตาราง 3 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	1 ชม.	ไม่เกิน 30 ppm. (34.2 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 9 ppm. (10.26 มก./ลบ.ม)
ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)	1 ชม.	ไม่เกิน 0.17 ppm. (0.32 มก./ลบ.ม.)
โอโซน (O_3)	1 ปี	ไม่เกิน 0.03 ppm. (0.057 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 0.07 ppm. (0.14 มก./ลบ.ม.)
	1 ชม.	ไม่เกิน 0.3 ppm.(780 มคก./ลบ.ม)
ตะกั่ว (Pb)	1 เดือน	ไม่เกิน 1.5 มคก./ลบ.ม
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100	24 ชม.	ไม่เกิน 0.33 มก./ลบ.ม.
ไมครอน	1 ปี	ไม่เกิน 0.10 มก./ลบ.ม.

ตาราง 3 (ต่อ)

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 มก./ลบ.ม
	1 ปี	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.025 มก./ลบ.ม.

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2551: ระบบออนไลน์)

หมายเหตุ 1. มาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะสั้น (1, 8 และ 24 ชม.) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยอย่างเฉียบพลัน (acute effect)

2. มาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะยาว (1 เดือน และ 1 ปี) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบยาวหรือผลกระทบเรื้อรัง ที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพอนามัย (chronic effect)

สำหรับในประเทศสหรัฐอเมริกา US. EPA (United State Environmental Protection Agency) ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นรวม (Total suspended particulate) และฝุ่น PM10 แต่เนื่องจากมีการศึกษาวิจัยฝุ่นขนาดเล็ก จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม เนื่องจากสามารถผ่านเข้าไประบบทางเดินหายใจส่วนในและมีผลต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม ดังนั้น US. EPA จึงได้มีการยกเลิกค่ามาตรฐานฝุ่นรวมและกำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นขนาดเล็กเป็น 2 ชนิดคือ PM 10 และ PM 2.5

PM 10 ตามคำจำกัดความของ US. EPA หมายถึง ฝุ่นหยาบ (Course particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-10 ไมครอน มีแหล่งกำเนิดจากการจราจรบนถนนที่ไม่ได้ลาดยาง ตามการขนส่ง วัสดุฝุ่นจากกิจกรรมบดย่อยหิน

PM 2.5 ตามคำจำกัดความของ US. EPA หมายถึง ฝุ่นละเอียด (Fine particles) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ฝุ่นละเอียดที่มีแหล่งกำเนิดจากควันเสียของรถยนต์ โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม ควันที่เกิดจากการหุงต้มอาหารโดยใช้ฟืน นอกจากนี้ก๊าซ SO_2 NO_x และสาร VOC จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นในอากาศทำให้เกิดฝุ่นละเอียดได้

ในประเทศไทยมีการให้ความหมายของคำว่าฝุ่นละอองไว้ดังนี้ ฝุ่นละออง หมายถึง ฝุ่นรวม (Total suspended particulate) ซึ่งเป็นฝุ่นขนาดใหญ่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา ส่วนฝุ่นขนาดเล็ก (PM10) หมายถึง ฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา ฝุ่นละออง

ที่เราเห็นลอยฟุ้งอยู่ในอากาศนั้น มีชื่อเรียกเป็นทางการ นั่นคือ Particulate Matter (PM) ซึ่งอาจอยู่ในสภาพของเหลวหรือของแข็งขนาดเล็กที่กระจายอยู่ในอากาศ เช่น อนุภาคต่างๆ เชื้อโรค ฝุ่นละออง จนทำให้เรามองเห็นในภาพกว้าง เป็นลักษณะหมอก หรือควัน อันตรายจากการสูดดมอนุภาคเหล่านี้ขึ้นอยู่กับขนาด ปริมาณ คุณสมบัติทางเคมี และความเป็นพิษของอนุภาคนั้นๆ

ดัชนีคุณภาพอากาศ

ดัชนีคุณภาพอากาศเป็นรูปแบบการนำเสนอข้อมูลข่าวสารคุณภาพอากาศในบรรยากาศอย่างง่าย เพื่อให้ประชาชนสามารถรับรู้และทำความเข้าใจถึงสถานการณ์คุณภาพอากาศในแต่ละพื้นที่ โดยแบ่งเป็น 5 ระดับคือ 1) ดี 2)ปานกลาง 3) มีผลกระทบต่อสุขภาพ 4) มีผลกระทบต่อสุขภาพมาก และ 5) อันตรายซึ่งแต่ละระดับจะใช้สีเป็นสัญลักษณ์เปรียบเทียบระดับของผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย โดยดัชนีคุณภาพอากาศ 100 จะมีค่าเทียบเท่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป หากดัชนีคุณภาพอากาศมีค่าสูงเกินกว่า 100 แสดงว่าค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศมีค่าเกินมาตรฐานและคุณภาพอากาศในวันนั้นจะเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน ค่าดัชนีคุณภาพอากาศคำนวณโดยเทียบจากมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของสารมลพิษทางอากาศ 5 ประเภท ได้แก่ ก๊าซโอโซน (O_3) เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เฉลี่ย 24 ชั่วโมง และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ทั้งนี้ ดัชนีคุณภาพอากาศที่คำนวณได้ของสารมลพิษทางอากาศประเภทใดมีค่าสูงสุด จะใช้เป็นดัชนีคุณภาพอากาศของวันนั้น

ตาราง 4 ระดับดัชนีคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

AQI	ความหมาย	สีที่ใช้	แนวทางการป้องกันผลกระทบ
0-50	คุณภาพดี	ฟ้า	ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
51-100	คุณภาพปานกลาง	เขียว	ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
101-200	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	เหลือง	ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังภายนอกอาคารบุคคลทั่วไปโดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุไม่ควรทำกิจกรรมภายนอกอาคารเป็นเวลานาน
201-300	มีผลกระทบต่อสุขภาพมาก	ส้ม	ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมภายนอกอาคารบุคคลทั่วไปโดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุควรจำกัดการออกกำลังภายนอกอาคาร

ตาราง 4 (ต่อ)

AQI	ความหมาย	สีที่ใช้	แนวทางการป้องกันผลกระทบ
มากกว่า 300	อันตราย	แดง	บุคคลทั่วไปควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังภายนอกอาคาร สำหรับผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจควรอยู่ภายในอาคาร

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2551: ระบบออนไลน์)

ตาราง 5 ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ

AQI	PM10 (24 hr.)	O_3 (1 hr.)		SO_2 (24 hr.)		NO_2 (1 hr.)		CO (8 hr.)	
	µg./m^3	µg./m^3	ppb	µg./m^3	ppb	µg./m^3	ppb	µg./m^3	ppb
50	40	100	51	65	25	160	85	5.13	4.48
100	120	200	100	300	120	320	170	10.26	9.00
200	350	400	203	800	305	1,130	600	17.00	14.84
300	420	800	405	1,600	610	2,260	1,202	34.00	29.69
400	500	1,000	509	2,100	802	3,000	1,594	46.00	40.17
500	600	1,200	611	2,620	1,000	3,750	1,993	57.50	50.21

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2551: ระบบออนไลน์)
หมายเหตุ ไมครอนเป็นหน่วยวัด โดย 10,000 ไมครอน เท่ากับ 1 เซนติเมตร

เชียงใหม่และมลพิษในอากาศ

สภาพภูมิประเทศของจังหวัดเชียงใหม่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสภาพพื้นที่แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ พื้นที่ภูเขา ส่วนใหญ่อยู่ทางทิศเหนือ และทิศตะวันตกของจังหวัด คิดเป็นพื้นที่ประมาณร้อยละ 80 ของพื้นที่จังหวัด เป็นพื้นที่ป่าต้นน้ำลำธาร ไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก พื้นที่ราบลุ่มน้ำและที่ราบเชิงเขา กระจายอยู่ทั่วไประหว่างหุบเขาทอดตัวในแนวเหนือ-ใต้ ปัจจุบันเมืองเชียงใหม่กำลังเผชิญกับปัญหามากมาย เนื่องจากมีโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่จำนวนมาก การขยายตัวของเมืองโดยปราศจากการวางแผนส่งผลให้การตั้งถิ่นฐานเป็นไปอย่างไร้ทิศทางและขาดระเบียบ และปัญหาคุณภาพอากาศ ซึ่งมีสาเหตุมาจากปริมาณฝุ่นละอองที่เกินค่ามาตรฐานอยู่ใน

ระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และมีระดับโอโซนที่สูงเกินไปทำให้จำนวนผู้ป่วยเป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ โรคมะเร็งปอด และโรคหลอดเลือดหัวใจเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงโดยมลพิษทางอากาศจะสูงมากเป็นพิเศษในช่วงฤดูแล้ง (ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม) โดยเป็นผลมาจากการทำการเกษตรแบบถางและเผาในพื้นที่ชนบทและไร่นา

มงคล (2553) ได้กล่าวถึงสถานการณ์หมอกควันของประเทศไทยว่า สถานการณ์หมอกควันในภาคเหนือได้เป็นข่าวไปทั่วโลก ในเดือนมีนาคม 2550 เมื่อมีหมอกควันปกคลุมในหลายพื้นที่ในระดับที่ไม่เคยปรากฏมาก่อน และในวันที่มีหมอกควันปกคลุมพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่มากที่สุด กรมควบคุมมลพิษได้รายงานปริมาณฝุ่นขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมครอน หรือ pm10 ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ณ โรงเรียนยุพราชวิทยาลัยซึ่งตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ได้ถึง 383 ไมโครกรัม ต่อปริมาตรอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าระดับมาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศไทยที่กำหนดไว้ที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงไว้ที่ 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรไปกว่า 3 เท่าตัว นับเป็นสถิติสูงสุดของประเทศไทยเท่าที่ได้มีการตรวจวัดคุณภาพอากาศอย่างเป็นทางการเป็นต้นมา

หมอกควันในภาคเหนือมีที่มาจากหลายแหล่งที่สำคัญคือ ไฟป่า การเผาในที่โล่งและมลพิษจากการใช้ยวดยานพาหนะ หมอกควันในภาคเหนือมักจะเกิดขึ้นในช่วงฤดูหนาวก่อนเข้าสู่ฤดูร้อนซึ่งเป็นช่วงที่สภาพอากาศนิ่ง เนื่องจากความกดอากาศสูงทำให้ฝุ่นละเอียดขนาดเล็กไม่ถูกพัดพาขึ้นไปสู่บรรยากาศระดับสูงได้ แต่จะวนเวียนอยู่ในระดับที่ประชาชนอยู่อาศัยทำให้ได้รับผลกระทบทางสุขภาพที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นกับสุขภาพมิได้เป็นเพียงการระคายเคืองต่อสายตาเท่านั้นแต่อาจเป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจที่มักจะนำไปสู่การเป็นมะเร็งในปอด ซึ่งภาคเหนือเป็นภูมิภาคที่มีสถิติผู้เป็นโรคนี้จนถึงขั้นเสียชีวิตมากที่สุด โดยผลกระทบหลักที่เกิดจากการได้รับหมอกควันมีอยู่ 2 ประการ คือ

ผลกระทบทางด้านสุขภาพผลกระทบทางด้านสุขภาพจากมลพิษทางอากาศโดยทั่วไปได้แก่การรู้สึกระคายเคืองหรือแสบตา การหายใจไม่สะดวก โดยเฉพาะกับผู้ที่เป็นโรคหอบหืดมีความเสี่ยงที่จะมีอาการ ทรุดหนักถึงขั้นเสียชีวิตได้ เนื่องจากขีดความสามารถในการทำงานของปอดลดลงอย่างรวดเร็ว และแม้ว่าอาจ จะไม่เสียชีวิตด้วยโรคหอบหืดแต่ในระยะยาวมักจะเสียชีวิดด้วยโรคมะเร็งปอดโดยเฉพาะในเขตอำเภอสารภีและอำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ในระยะประมาณ 10 ปีที่ผ่านมามีผู้ป่วยเป็นมะเร็งรายใหม่ราย ปีใน อัตรา 40 : 100,000 คน ซึ่งถือว่าสูงเป็น 2 เท่า ของอัตราเฉลี่ยของประเทศไทยที่ตกปี ละ 20 : 100,000 คน

ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจผลกระทบของมลพิษทางอากาศโดยเฉพาะปีที่มีหมอกควันมากกว่า ปกติมีส่วนทำให้รายได้เข้าสู่ภาคธุรกิจท่องเที่ยวลดลงอย่างกะทันหันได้สมาคม

ธุรกิจท่องเที่ยวจังหวัดเชียงใหม่ ได้เคยประมาณการว่าในปัจจุบันมีคนทั่วโลกท่องเที่ยวต่างประเทศไม่ต่ำกว่า 900 ล้านคน ในจำนวนนี้มีผู้มา ท่องเที่ยวในภูมิภาคอาเซียนไม่ต่ำกว่า 60ล้านคน โดยมาท่องเที่ยวที่จังหวัดเชียงใหม่เฉลี่ยปีละ 1.7 ล้านคน นำ รายได้เข้าสู่จังหวัดเชียงใหม่ประมาณปีละ 40,000 ล้านบาท (วรพงศ์, 2552) ช่วงใดที่ประสบปัญหามลพิษทางอากาศ หากจำนวนผู้มาท่องเที่ยวจังหวัดเชียงใหม่ลดลง ก็จะส่งผลถึงภาวะการว่างงานของประชาชนจำนวนมากได้

พงศ์เทพ (2555: ระบบออนไลน์) รายงานว่า ผลการศึกษาทั่วโลกพบว่า หากปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กสูงกว่าค่ามาตรฐานจะมีผลต่อสุขภาพคือ PM10ที่สูงขึ้นกว่าระดับมาตรฐาน 30 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (ค่ามาตรฐานไม่เกิน120ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)ส่งผลให้การตายด้วยโรคระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น 7-20 % การป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น 5.5% การตายและป่วยด้วยโรคหัวใจเพิ่ม 2-5%การตายและป่วยด้วยโรคหัวใจหลอดเลือดเพิ่ม 5.3% ผู้สูงอายุป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจเพิ่ม 17.6 % ผู้สูงอายุป่วยด้วยโรคหัวใจและหลอดเลือดเพิ่ม 7.6% และยังทำให้สมรรถภาพปอดในเด็กลดลง

ตาราง 6 คุณภาพอากาศบริเวณโรงเรียนอุทรราชวิทยาลัย อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ปี 2556

เดือน	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)				ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)				ก๊าซอาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)				ก๊าซอาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)				ก๊าซโอโซน (O_3)				ก๊าซโอโซน (O_3)				ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})				ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 25 ไมครอน ($PM_{2.5}$)			
	ค่าเฉลี่ย 1 ชม. (ppb.)			ค่าเฉลี่ยรายเดือน	ค่าเฉลี่ย 1 ชม. (ppb.)			ค่าเฉลี่ยรายเดือน	ค่าเฉลี่ย 1 ชม. (ppb.)			ค่าเฉลี่ยรายเดือน	ค่าเฉลี่ย 1 ชม. (ppb.)			ค่าเฉลี่ยรายเดือน	ค่าเฉลี่ย 1 ชม. (ppb.)			ค่าเฉลี่ยรายเดือน	ค่าเฉลี่ย 1 ชม. (ppb.)			ค่าเฉลี่ยรายเดือน	ค่าเฉลี่ย 1 ชม. (ppb.)			ค่าเฉลี่ยรายเดือน	ค่าเฉลี่ย 1 ชม. (ppb.)			ค่าเฉลี่ยรายเดือน
	สูงสุด	ต่ำสุด	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		สูงสุด	ต่ำสุด	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		สูงสุด	ต่ำสุด	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		สูงสุด	ต่ำสุด	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		สูงสุด	ต่ำสุด	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		สูงสุด	ต่ำสุด	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		สูงสุด	ต่ำสุด	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		สูงสุด	ต่ำสุด	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
ม.ค.	10	0	0/601	5	75	5	0/694	25	4.90	0.10	0/205**	1.15	2.75	0.29	0/204**	1.12	51	0	0/697	25	61	5	0/715	25	53	56	0/51	60	55	52	6/50	45
ก.พ.	5	0	0/629	2	51	4	0/657	25	4.10	0.00	0/542**	0.99	2.57	0.16	0/552**	1.00	105	0	2/655	29	74	5	4/664	29	109	54	0/28	71	51	21	14/27	50
มี.ค.	11	0	0/556	2	111	5	0/707	30	4.60	0.00	0/457*	0.85	2.70	.09	0/500*	0.85	120	0	7/707	31	56	2	56/757	31	229	22	12/13	109	188	17	15/20*	84
เม.ย.	26	0	0/657	2	78	4	0/656	21	5.00	0.00	0/654	0.85	1.71	0.00	0/655	0.85	99	1	0/655	30	54	6	42/715	30	157	51	9/27	95	112	24	15/27	59
พ.ค.	7	0	0/592*	1	41	2	0/695	12	1.90	0.00	0/695	0.52	1.70	0.11	0/719	0.55	51	0	0/701	28	63	1	0/725	28	73	15	0/31	32	54	17	1/31	26
มิ.ย.	5	0	0/550*	1	46	2	0/654	11	1.40	0.00	0/654	0.45	0.85	0.05	0/720	0.45	62	1	0/655	22	62	1	0/720	22	45	11	0/30	22	32	15	0/29	21
ก.ค.	6	0	0/641	2	56	3	0/710	12	1.60	0.20	0/710	0.57	1.15	0.25	0/744	0.57	46	2	0/711	15	57	3	0/744	15	41	15	0/31	20	26	15	0/31	20
ส.ค.	2	0	0/604	0	25	2	0/694	11	2.60	0.00	0/257**	0.72	2.06	0.01	0/262**	0.71	50	0	0/695	11	56	1	0/715	11	54	10	0/31	22	30	12	0/31	21
ก.ย.	2	0	0/650	1	55	3	0/690	10	2.50	0.05	0/657	0.74	1.69	0.26	0/660	0.74	50	0	0/691	12	57	1	0/711	12	40	10	0/30	20	27	11	0/29	17
ต.ค.	2	0	0/795	1	45	0	0/661	12	2.50	0.02	0/709	0.69	1.55	0.15	0/756	0.69	69	0	0/709	16	52	0	0/756	16	61	6	0/31	55	45	15	0/31	28
พ.ย.	6	0	0/657	1	42	1	0/697	12	2.50	0.00	0/605	0.49	1.25	0.04	0/625	0.49	69	0	0/655	16	46	1	0/720	16	47	19	0/30	32	45	14	0/30	24
ธ.ค.	6	0	0/797	2	61	1	0/715	17	2.50	0.00	0/715	0.50	1.59	0.05	0/744	0.50	76	0	0/715	19	57	1	0/744	19	79	27	0/26	49	62	20	2/31	40
ค่ามาตรฐาน	500			-	170			-	30			-	9			-	100			-	70			-	120			-	50			-

ที่มา: ฝ่ายข้อมูลคุณภาพอากาศ สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง (2557)

ปัจจุบันเมืองเชียงใหม่กำลังเผชิญกับปัญหาคุณภาพอากาศ ซึ่งมีสาเหตุมาจากปริมาณฝุ่นละอองที่เกินค่ามาตรฐานจนอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และมีระดับโอโซนที่สูงเกินไปทำให้จำนวนผู้ป่วยเป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ โรคมะเร็งปอด และโรคหลอดเลือดหัวใจเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงโดยมลพิษทางอากาศจะสูงมากเป็นพิเศษในช่วงฤดูแล้ง (ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม) โดยเป็นผลมาจากการทำการเกษตรแบบถางและเผาในพื้นที่ชนบทและไร่นา จากข้อมูลค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของผลการวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศ (PM10) ของจังหวัดเชียงใหม่ ณ วันที่ 2 มีนาคม 2555 และวันที่ 6 มีนาคม 2555 เวลา 09.00 น. มีค่า PM10 (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) เท่ากับ 0.32 และ 0.13 ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพ แสดงถึงปัญหาฝุ่นละอองของทุกจังหวัดในภาคเหนือมีค่าการวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM 10) ในอากาศเกินค่ามาตรฐานคือ 0.12 ไมโครกรัมซึ่งเป็นระดับที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ

พงศ์เทพ (2551: ระบบออนไลน์) ได้ทำการสำรวจผลกระทบของหมอกควันและไฟป่าต่อสุขภาพจากกลุ่มตัวอย่างในอำเภอเมืองเชียงใหม่ระหว่างวันที่ 1 มกราคม-31 มีนาคม 2551 พบว่า ทุกๆ 1 μg/m3 ของ PM10 ที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีอาการแสบคอเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.10 ทุกๆ 1 ppm ของ CO ที่เพิ่มขึ้นทำให้มีอาการมีน้ำมูก เพิ่มขึ้นร้อยละ 7.83 ทุกๆ 1 ppb ของ SO_2 ที่เพิ่มขึ้นทำให้มีอาการเลือดกำเดาไหลเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.97 ทุกๆ 1 ppb ของโอโซนที่เพิ่มขึ้นทำให้มีอาการน้ำตาไหลเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.37 ทุกๆ 1 ppm ของ CO และ 1 ppbของ NO_2 ที่ระดับ CO (ppm)เพิ่มขึ้น ทำให้มีอาการไอมีเสมหะเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.43 และ0.35 ตามลำดับ ดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงร้อยละและอาการต่างๆของผู้ที่ได้รับสารมลพิษ

สารมลพิษ (หน่วย)	lag	อาการ	ร้อยละอาการที่เพิ่มขึ้น/1 หน่วยสารมลพิษ
PM10 ($\mu g/m^3$)	1	แสบคอ	0.10
PM10 ($\mu g/m^3$)	2	หัวใจ (ชีพจร) เต้นเร็ว	0.06
CO (ppm)	1	มีน้ำมูก	7.83
SO_2 (ppb)	0	เลือดกำเดาไหล	0.97
SO_2 (ppb)	0	ตาแดง	3.23
O_3 (ppb)	2	น้ำตาไหล	0.37
PM10 ($\mu g/m^3$)	1	แสบจมูก	0.09
NO_2 (ppb)	3	แสบจมูก	0.24

ตาราง 7 (ต่อ)

สารมลพิษ (หน่วย)	lag	อาการ	ร้อยละอาการที่เพิ่มขึ้น/1 หน่วยสารมลพิษ
CO (ppm)	1	ไอมีเสมหะ	6.43
NO_2 (ppb)	5	ไอมีเสมหะ	0.35
SO_2 (ppb)	3	แสบหรือคันตา	6.12
NO_2 (ppb)	1	แสบหรือคันตา	0.37

ที่มา: พงศ์เทพ (2551: ระบบออนไลน์)

หมายเหตุ lag เป็นระยะเวลาหน่วง(เป็นจำนวนวัน) ของสารมลพิษต่างๆ ที่มีผลต่อสุขภาพเปรียบเสมือนระยะฟักตัวของโรค เช่นระดับฝุ่นสูงในวันนี้จะยังไม่ก่อให้เกิดอาการทันทีแต่อาจก่อให้เกิดอาการได้ในอีก 3-4 วันข้างหน้า

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แดราย (2550) กล่าวถึง สถานการณ์ฝุ่นละอองในเชียงใหม่ไว้ว่า พื้นที่ที่มีระดับความรุนแรงและ ประสบปัญหาคือ พื้นที่คมนาคมขนส่งกับพื้นที่ชุมชน ช่วงเวลาและช่วงวันที่ปัญหามีความรุนแรงคือ ทุกช่วงเวลาและทุกช่วงวัน ช่วงเดือนปัญหามีความรุนแรงคือ ช่วงเดือนมีนาคม โดยสาเหตุของมลพิษทางอากาศของเชียงใหม่คือ 1)สภาพทางภูมิศาสตร์ ได้แก่ ลักษณะทางภูมิประเทศและลักษณะภูมิอากาศ 2) แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองที่สำคัญ ได้แก่ ชุมชน/ที่พักอาศัย ยานพาหนะ สนามบิน/เครื่องบิน พื้นที่รกร้าง สถานที่ก่อสร้าง เตาเผาศพ และเตาเผาขยะมูลฝอย 3) กิจกรรมหลักที่ส่งผลให้เกิดปัญหาคือ การเผาในที่โล่ง การจราจรและขนส่ง การก่อสร้าง การเผาปิ้งย่างอาหาร การเผาศพ และการขึ้นลงของเครื่องบิน

สุรชัย (2545) ได้ศึกษาถึง ผลของการจราจรต่อความเข้มข้นคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่เขตเมืองเชียงใหม่พบว่าอยู่ในขั้นวิกฤต

ปาลี (2544) ได้ศึกษา การใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพเพื่อติดตามการตรวจสอบมลพิษทางอากาศในเขตตัวเมืองและนอกเมืองจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ตัวอย่างไลเคนที่ย้ายไปในบริเวณตัวเมืองซึ่งมีการจราจรหนาแน่นและมีกิจกรรมของมนุษย์มาก มีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำกว่าตัวอย่างไลเคนที่ย้ายไปในบริเวณนองเมืองซึ่งมีการจราจรที่เบาบางกว่า

แนวคิดการใช้พืชพรรณลดมลพิษในอากาศ

ต้นไม้เป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยเฉพาะการมีพื้นที่สีเขียวขนาดใหญ่ในเมืองมากเท่าใดก็จะสามารถเป็นแหล่งดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญมิให้ปล่อยออกไปสู่ชั้นบรรยากาศได้มากเท่านั้น

การป่าไม้ในเมือง

ป่าไม้ในเมือง (urban forest) หมายถึง กลุ่มของหมู่ไม้หรือพืชพรรณที่อยู่ในหรืออยู่รอบๆบริเวณพื้นที่ที่มีการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์หนาแน่นนับตั้งแต่พื้นที่ชุมชนขนาดเล็กๆในเขตชนบท จนถึงบริเวณพื้นที่มหานครขนาดใหญ่ (Miller, 1996) ป่าไม้ในเมืองพบเห็นได้หลากหลายรูปแบบ เช่น สวนสาธารณะ สวนป่าริมทาง สวนป่าริมคลอง ต้นไม้ตามแนวถนน สวนหย่อมในชุมชน บ้านเรือน วัด โรงเรียน และสถานที่อื่นๆ ที่มีการปลูกต้นไม้เป็นต้น

ประเภทของป่าไม้ในเมืองสามารถจำแนกได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับบทบาท หน้าที่ โครงสร้าง องค์ประกอบ หรือวัตถุ ประสงค์ในการจำแนก ซึ่ง มณฑาทิพย์ (2548: ระบบออนไลน์) ได้จำแนกประเภทป่าไม้ในเมืองออกตามบทบาทหน้าที่ รูปแบบ และลักษณะโครงสร้างของพืชพรรณที่เป็นองค์ประกอบในป่านั้นๆ เป็น 4 ประเภทด้วยกัน คือ

1. ป่าในเมืองเพื่อความรื่นรมย์ (Amenity urban forest) ได้แก่ พื้นที่ทั้งหลายที่ปลูกต้นไม้เพื่อเน้นความรื่นรมย์ เพื่อความเจริญตาเจริญใจเป็นหลัก ทั้งด้านทัศนียภาพและความเพลิดเพลินใจได้เข้าถึงพื้นที่และประกอบกิจกรรมนันทนาการ

2. ป่าในเมืองที่เป็นริ้วยาว (Linear urban forest) ได้แก่ พื้นที่สีเขียวที่ปรากฏควบคู่กันไปเป็นสิ่งที่เป็นแนวริ้วยาว โดยเฉพาะตามแนวเส้นทางขนส่ง เช่น ถนน ทางรถไฟ ลำคลอง

3. ป่าไม้เมืองเพื่ออนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Environmental urban forest) ได้แก่ พื้นที่สีเขียวที่เป็นถิ่นที่อยู่อาศัยกึ่งนิเวศ พื้นที่นี้อาจครอบคลุมพื้นที่ชนบทที่มีอยู่ก่อนที่พื้นที่เมืองขยายไปถึง ในทางกลับกันอาจเป็นพื้นที่ที่เกิดจากกระบวนการธรรมชาติที่เกิดระบบนิเวศใหม่บนพื้นที่ที่ถูกทอดทิ้งหรือพื้นที่ที่ถูกรบกวน

4. ป่าในเมืองเพื่อประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจ (Economic urban forest) เป็นพื้นที่ป่าที่อยู่ในเขตเมืองที่มุ่งประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจและเพื่อประโยชน์ใช้สอยเป็นสำคัญ อาจเป็นพื้นที่

ของรัฐหรือเอกชนก็ได้ซึ่งอาจให้ประโยชน์ในแง่ของความเจริญตาเจริญใจและการพักผ่อนหย่อนใจด้วย รวมทั้งรักษาสภาพแวดล้อมในทางอ้อมด้วย

ประโยชน์ของป่าไม้ในเมืองที่มีผลต่อสภาวะแวดล้อมของเมืองทางนิเวศ

คุณประโยชน์ของต้นไม้ในเมืองนั้นมีมากมายรวมถึงความสวยงาม การลดความร้อน การบรรเทาปรากฏการณ์เกาะความร้อน การลดมลพิษทางอากาศ การลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานด้วยการช่วยบดบัง ช่วยให้ร่มเงาแก่อาคาร การดูดสารพิษประเภทโลหะหนัก ช่วยเพิ่มที่พักพิงแก่สัตว์ต่างๆดลอดจนช่วยบรรเทาปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยรวมให้แก่เมือง

การลดความร้อน บรรเทาภูมิอากาศ การลดแสงสะท้อน การที่มีพื้นที่สีเขียวขนาดใหญ่เป็นจำนวนมากนั้นเป็นปัจจัยหนึ่งในการช่วยลดความรุนแรงของภูมิอากาศในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นในเวลากลางวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะพื้นที่สีเขียวจะใช้พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์และสภาพแวดล้อมในการดำรงชีวิต โดยการดูดเอาน้ำจากใต้ดินขึ้นมาแปลงสภาพให้เป็นไอน้ำผ่านออกทางปากใบ กระบวนการสังเคราะห์แสงดังกล่าวจะต้องใช้พลังงานความร้อนประมาณ 2.3 เมกะจูล (2,200 บีทียู) เพื่อทำให้น้ำ 1 ลิตร เปลี่ยนเป็นไอ ดังนั้นอาจประมาณการได้ว่าในช่วงเวลากลางวัน (12 ชั่วโมง) ถ้าหากต้นไม้ใหญ่ต้นหนึ่งสามารถดูดน้ำจากดินขึ้นมาแล้ว แปลงสภาพน้ำเป็นไอในอัตราประมาณ 65 ลิตรต่อวัน ต้นไม้ต้นนั้นจะมีความสามารถในการลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมเทียบเท่ากับเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตัน หรือประมาณ 12.66 เมกะจูลจ่อชั่วโมง (12,000 บีทียูต่อชั่วโมง)

ประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดที่สุดในแง่เศรษฐกิจได้แก่การปลูกต้นไม้ใหญ่ประเภทผลัดใบที่ด้านตะวันตกเฉียงใต้ของอาคาร เงาของทรงพุ่มจะบังความร้อนจากแสงแดดที่ร้อนจัดในฤดูร้อน และเมื่อถึงฤดูหนาวต้นไม้ที่ทิ้งใบทั้งหมดจะปล่อยให้แสงแดดทะลุมาประทะผนังให้ความอบอุ่นแก่อาคารคิดเป็นเงินค่าประหยัดพลังงานได้มาก

นอกจากนี้ป่าไม้ในเมืองยังให้ประโยชน์ในด้านสุนทรียภาพต้นไม้ใหญ่ให้สีสันผิวสัมผัสและความแตกต่างที่ทำให้สิ่งแข็งที่เป็นรูปเหลี่ยมทรงเรขาคณิตในภูมิทัศน์เมืองให้แลดูอ่อนนุ่มการจัดวางต้นไม้อย่างมีแบบแผนจะช่วยส่งเสริมสัดส่วนของงานสถาปัตยกรรมและเสริมขนาดส่วนของเนื้อที่ใช้สอยภายนอกอาคารให้ดีขึ้น ประโยชน์ด้านสังคม จิตวิทยา นันทนาการ สัตว์พักพิง การมีต้นไม้อยู่ร่วมในสิ่งแวดล้อมจะช่วยลดความเครียดแก่มนุษย์จากการทำงานประจำวันได้ ร่มเงาของต้นไม้ใหญ่และพื้นที่สีเขียวอื่นๆ ในชุมชนเมืองคือสถานที่ที่มนุษย์ใช้เป็นที่พบปะ

สังสรรค์ทางสังคมและเพื่อการพักผ่อน และยังเป็นที่อาศัยพักพิงสำหรับนกทำรังกกไข่และเป็นที่อาศัยขยายพันธุ์และเป็นแหล่งอาหารของสัตว์เมืองอีกหลายชนิด

ประโยชน์ของป่าในเมืองในการปรับปรุงคุณภาพอากาศ

การประหยัดพลังงานในประเทศไทยซึ่งมีภูมิอากาศแบบเขตร้อนชื้นสภาพภูมิอากาศจึงมีอุณหภูมิและความชื้นสูงเกือบตลอดทั้งปี ประกอบกับภาวะอากาศที่ร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในปัจจุบัน ทุกวันนี้มักจะเห็นอาคารบ้านเรือนต่างๆ ติดเครื่องปรับอากาศกันจนดูเป็นเรื่องปกติ โดยเฉพาะในเมืองป่าคอนกรีตทั้งหลาย อาคารบ้านเรือนส่วนใหญ่สร้างตามแบบฝรั่งความร้อนจึงสะสมอยู่ตามถนนและอาคารคอนกรีตทำให้เกิดความร้อน ทางออกคือทุกอาคารบ้านเรือนมักจะเลือกก็คือการติดเครื่องปรับอากาศ เรียกว่ายอมเสียเงินจ่ายค่าไฟฟ้าเพื่อสร้างความเย็นสบายโดยลืมไปว่าความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นมีที่มาจากการสร้างอาคารที่ไม่เหมาะสมและไม่มีร่มไม้ช่วยบังแสงแดด โดยพื้นที่สีเขียวมีส่วนช่วยอย่างมากในการให้ความเย็นแก่อาคารบ้านเรือน ใช้หลักการง่ายๆ ในการคายน้ำ และดูดซับความร้อนในช่วงเวลากลางวัน การให้ร่มเงาบังป้องกันความร้อนและการป้องกันไม่ให้แสงแดดกระทบพื้นผิวอาคาร ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการสะสมความร้อน พื้นที่สีเขียวจึงมีส่วนสำคัญที่ช่วยทำให้อาคารเรือนเย็นสบาย การปลูกต้นไม้บริเวณอาคารเพื่อให้ต้นไม้ช่วยบังแดดผนังอาคาร พบว่าผนังอาคารที่มีต้นไม้ช่วยบังแสงแดดนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าผนังอาคารที่รับแสงแดดโดยตรงถึง 8 องศาเซลเซียส เพราะฉะนั้น หากเรามองแง่ของการประหยัดพลังงานแล้ว นับว่าต้นไม้มีส่วนร่วมในเรื่องนี้เป็นอย่างมาก เพราะทำให้ประหยัดพลังงานบ้านเรือนเย็นสบาย จึงช่วยลดความจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องปรับอากาศ (ฝ่ายประชาสัมพันธ์ สถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2548: ระบบออนไลน์)

การจัดการป่าไม้ในเมืองอย่างเหมาะสมเป็นการช่วยปรับปรุงคุณภาพอากาศของเมืองเนื่องจากป่าในเมืองสามารถช่วยเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในเมืองส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อคุณภาพอากาศในระดับท้องถิ่นและระดับภูมิภาค (Nowak, 1995) อิทธิพลของต้นไม้ใหญ่ต่อสภาพอากาศในเมืองมี 4 ประการ ดังนี้ (Tonneijk and Hoffman, 2010)

1. การดักกรองและขจัดมลพิษในอากาศ ความสามารถของต้นไม้ในการดูดซับทำให้ปริมาณก๊าซที่เป็นพิษและฝุ่นละอองในอากาศของสภาพแวดล้อมลดลง ความสามารถในการดูดซับของต้นไม้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นขององค์ประกอบต่างๆ ลักษณะโครงสร้าง และคุณสมบัติเฉพาะตัวของต้นไม้

2. ส่งผลต่ออุณหภูมิและภูมิอากาศจุลภาค เนื่องจากมลพิษและปฏิกิริยาทางเคมีจากแสงที่ทำให้เกิดโอโซนผิวพื้นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ทรงพุ่มและการคายน้ำของต้นไม้ส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และการดูดซับแผ่รังสีในฤดูร้อนในเมืองลดลง

3. ลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารส่งผลให้การปล่อยมลพิษสู่อากาศอันเนื่องจากการผลิตกระแสไฟฟ้าลดลง โดยการออกแบบและปลูกต้นไม้ในตำแหน่งที่เหมาะสม ร่มเงาของต้นไม้จะช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารเมื่อภายในอาคารใช้พลังงานน้อยลงมลพิษที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าก็จะลดลง

4. การปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยโดยต้นไม้และมลภาวะที่เกิดจากการบำรุงรักษาต้นไม้ ต้นไม้มีการปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยซึ่งช่วยในการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ก่อให้เกิดโอโซนผิวพื้นและคาร์บอนมอนนอกไซด์ สารประกอบอินทรีย์ระเหยหรือไอโซพรีนเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในการเกิดโอโซนพื้นผิวนั้นต้นไม้แต่ละชนิดจะปล่อยออกมาในปริมาณที่แตกต่างกัน ส่วนการปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยโดยต้นไม้นั้นคิดเป็นปริมาณไม่มากนักเมื่อเทียบกับสารประกอบอินทรีย์ระเหยที่ปล่อยจากรถยนต์ การลดอุณหภูมิลานจอดรถด้วยการปลูกต้นไม้ที่ให้ร่มเงาเป็นอีกหนทางหนึ่งที่ช่วยลดการระเหยของสารประกอบอินทรีย์ระเหยจากถังน้ำมันของยานพาหนะที่จอดใต้ร่มไม้ได้

เมืองเดวิส รัฐแคลิฟอร์เนียได้มีการตราข้อบัญญัติให้ลานจอดรถทุกแห่งต้องมีร่มไม้ปกคลุมไม่น้อยกว่า 50% เนื่องจากต้นไม้ใหญ่ที่ให้ร่มเงาสามารถลดการระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงของรถที่จอดใต้ร่มไม้ได้มากทรงพุ่มของต้นไม้สามารถลดอุณหภูมิในบริเวณลานลงอย่างเห็นได้ชัดลานจอดรถที่ไม่มีร่มเงาเทียบได้กับเกาะความร้อนขนาดเล็กแม้ว่าการปล่อยสารไฮโดรคาร์บอนส่วนใหญ่จะออกมาจากปลายท่อไอเสียแต่จากการศึกษาพบว่าไฮโดรคาร์บอนระเหยออกมาจากระบบส่งจ่ายน้ำมันที่มีอยู่ในระบบเครื่องยนต์ในขณะตากแดดที่ร้อนจัดมากถึง 16% การระเหยแบบนี้ประกอบกับการระเหยจากการติดเครื่องยนต์ใน 2-3 นาทีแรกมีผลอย่างมากต่ออากาศระดับจุลภาคในบริเวณนั้นดังนั้นถ้ารถจอดในที่ร่มในลานจอดการระเหยและการปลดปล่อยสารไฮโดรคาร์บอนจะลดลงสืบเนื่องจากคุณประโยชน์ในด้านการลดอุณหภูมิของลานจอดรถด้วยการปลูกต้นไม้ใหญ่ให้ร่มที่ทำให้การระเหยของน้ำมันลดลง (Simpson, 1999)

พืชพรรณเป็นแหล่งดูดซับมลพิษทางอากาศที่สำคัญพืชทุกชนิดล้วนมีส่วนช่วยในการปรับปรุงคุณภาพอากาศ แต่ความสามารถในการกักเก็บก๊าซและฝุ่นละอองของพืชขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของใบ รูปร่างของใบซึ่งเป็นส่วนกรองมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซ เช่น ออกไซด์ของไนโตรเจน และฝุ่นละออง ลักษณะและความเข้มข้นของมลพิษ และการเคลื่อนที่ของมลพิษทางอากาศ ในการปลูกต้นไม้เพื่อลดมลพิษนั้นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของพืชและสรีระวิทยาอื่นๆของ

พืชแต่ละชนิดด้วย เช่นอัตราการเจริญเติบโต ลักษณะของใบ ลักษณะของทรงพุ่ม โดยพืชพรรณจะสามารถดักกรองมลพิษได้ดีที่สุดเมื่ออยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดมลพิษ ยิ่งพืชมีพื้นที่ใบมากเท่าใดก็จะสามารถดักกรองมลพิษได้เพิ่มขึ้นต้นไม้ใหญ่จึงมีประสิทธิภาพในการดักกรองมลพิษมากที่สุด รองลงมาคือไม้พุ่ม และไม้คลุมดิน พืชจะดูดซึมซัลเฟอร์ของออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน และโอโซนผ่านทางปากใบเป็นส่วนใหญ่ โดยใบของพืชจะมีโพรงเป็นโครงข่ายภายในที่เชื่อมต่อกับอากาศภายนอกทางปากใบ โพรงเหล่านี้เป็นที่ดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่เซลใบ และคายออกซิเจนและน้ำออกสู่บรรยากาศโดยรอบ โพรงเหล่านี้ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวภายในใบพืชเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแลกเปลี่ยนก๊าซโดยที่พืชจะดูดซึมและกรองมลพิษได้ดีเมื่ออากาศสามารถถ่ายเทผ่านปากใบได้โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง พืชที่มีใบกว้างและบางมักจะมีจำนวนปากใบมากเมื่อคิดเทียบต่อหน่วยพื้นที่ใบ พืชประเภทนี้จะสามารถดูดซึมและดักกรองมลพิษทางอากาศได้ดี ต้นไม้ใหญ่สามารถขจัดมลพิษออกจากบรรยากาศอย่างมีประสิทธิภาพทางปากใบ (stomata) ซึ่งเป็นรูที่มีอยู่ทั่วไปที่ด้านใต้ของใบไม้โดยดูดซับก๊าซพิษเข้าไปและละลายรวมไปกับน้ำที่มีอยู่ในใบ ต้นไม้บางชนิดอาจอ่อนไหวต่อก๊าซพิษบางชนิด ซึ่งอาจมีผลต่อการเจริญเติบโตบ้าง การพิจารณาคัดเลือกชนิดของพรรณไม้ที่สามารถดูดซับก๊าซพิษบางชนิดได้ดีกว่าจึงเป็นสิ่งจำเป็นต้นไม้มีกระบวนการทำงาน 2 วิธี คือ วิธีแรกต้นไม้จะดูดสารพิษเหล่านั้นเอาไปเก็บไว้ที่ใบแล้วส่งสารพิษเหล่านั้นไปยังราก แล้วพวกมันก็จะเปลี่ยนสารพิษให้กลายเป็นอาหารของมัน และวิธีที่สองต้นไม้มีคายน้ำออกมาเป็นเสมือนปั๊มซึ่งปล่อยไอน้ำออกมาเพื่อจับตัวกับสิ่งสกปรกต่างๆ ในอากาศ และเมื่อสารพิษเหล่านั้นจับตัวกันก็จะตกลงมายังพื้นรอบๆ ราก ของมันและเมื่อถึงเวลาที่มันซึมผ่านมายังดิน มันก็จะดูดเอาสารพิษเหล่านั้นไปเป็นอาหาร การศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ ที่ได้ทำไปทั่วย่านที่เป็นเขตปกครองของนครชิคาโก อย่างกว้างขวางในปี พ.ศ. 2534 พบว่า ต้นไม้ใหญ่สามารถขจัดคาร์บอนโมนอกไซด์ (CO) ได้ 93 ตัน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ได้ 17 ตัน ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ได้ 98 ตันและโอโซน (O_3) ได้มากถึง 210 ตันต่อปี (McPherson et al., 1994)

ต้นไม้ที่ปลูกบริเวณริมถนนได้รับสารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จากยานพาหนะต่างๆ สารมลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมืองที่มีการจราจรหนาแน่นประกอบด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2), โอโซน (ozone), สารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x), โลหะหนักและฝุ่นละออง สารมลพิษเหล่านี้มักมีผลทำให้การสังเคราะห์แสงของพืชลดลง (Kramer and Kozlowski, 1997)

ความสามารถของต้นไม้ในการดักจับฝุ่นละออง

พืชจะดักจับฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ผ่านกระบวนการตกกระทบ (impaction process)ฝุ่นละอองในอากาศพร้อมที่จะตกลงบนผิวใบที่ชื้น หยาบ มีขน หรือผิวใบที่มีประจุไฟฟ้า (Kenneth, 1987) หลังจากที่ฝุ่นละอองตกกระทบใบแล้ว สามารถย้อนกลับไปแขวนลอยในอากาศได้ แต่หากผิวใบมีความเหนียว จะเพิ่มความสามารถในการดักจับฝุ่นละอองได้มากขึ้น โดยพืชตระกูลสนสามารถดักจับฝุ่นละอองได้มาก เนื่องจากโครงสร้างของใบสนมีความละเอียดซับซ้อนกว่าพืชผลัดใบ (Beckett et al., 2000b) นอกจากการดูดซับก๊าซพิษบางชนิดแล้ว ต้นไม้ใหญ่ยังทำหน้าที่เป็นตัวกรองและดักจับอนุภาคที่เป็นอันตรายบางชนิดได้ด้วย อนุภาคจะถูกจับโดยผิวของต้นไม้และผิวของพุ่มใบ อนุภาคเหล่านี้จะเกาะติดตามผิวของต้นไม้ชั่วคราวและจะถูกชะล้างโดยน้ำฝนหรือถูกพัดปลิวออกไปโดยลมที่แรง หรือตกสู่พื้นพร้อมกับการร่วงของใบ แม้ต้นไม้จะเป็นตัวช่วยจับอนุภาคไว้ชั่วคราวก็จริง แต่ข้อดีของมันก็คือการลดปริมาณของอนุภาคมลพิษขนาดเล็กมากที่จะต้องล่องลอยในอากาศเข้าสู่ปอดของมนุษย์โดยตรง การศึกษาระบบนิเวศป่าในเมืองที่นครชิคาโกในปี พ.ศ. 2534 พิสูจน์ให้เห็นว่าต้นไม้ใหญ่สามารถดักจับอนุภาคมลพิษขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรได้ถึงปีละ 234 ตันต้นไม้ใหญ่ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 75 เซนติเมตร สามารถขจัดอนุภาคมลพิษได้มากเป็น 70 เท่า (1.4 กก./ปี) ของต้นไม้ชนิดเดียวกันที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 10 เซนติเมตร (0.02 กก./ปี) (McPherson et al., 1994)

ไม้ยืนต้นสามารถดูดซับผงฝุ่นละเอียดและมลพิษจากอากาศในระหว่างการคายน้ำพร้อมกันทั้งปล่อยออกซิเจนออกมาจึงช่วยทำให้มลพิษในอากาศเบาบางลง นอกจากนี้การดูดความร้อนแฝงระหว่างการคายน้ำก็ยังทำให้อุณหภูมิในบริเวณลดลง เป็นผลให้เกิดหมอกควันลดลง พื้นที่สีเขียวช่วยขจัดผงฝุ่นจากดินทราย เกสรดอกไม้ และละอองควัน โดยผิวใบ กิ่ง ก้าน ที่เป็นตัวจับ และการคายน้ำยังช่วยเพิ่มความชื้นในอากาศทำให้ฝุ่นละอองเล็กๆ ในอากาศชื้นมีน้ำหนักตกลงสู่พื้นเร็วขึ้น ถนนสาธารณะที่ปราศจากต้นไม้จะตรวจพบฝุ่นละอองเป็นจำนวนมากถึง 10,000–20,000 อณู ต่ออากาศ 1 ลิตร เมื่อเทียบกับถนนสภาพเดียวกันในบริเวณใกล้เคียงแต่ร่มรื่นด้วยต้นไม้นับละอองได้เพียง 3,000 อณู ต่อ 1 ลิตรของอากาศ นอกจากนี้ยังพบว่ายังมีพื้นที่สีเขียวที่มีพุ่มไม้หนาแน่นสามารถกรองละอองอากาศได้ และทำให้ปริมาณฝุ่นละอองลดลงเหลือได้ระหว่าง 1 ใน 4 จากปริมาณเดิม (เดชา, 2543)

ต้นไม้สามารถดูดซับมลพิษทางอากาศบางชนิดได้ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ โดยการดูดซับทางใบ ต้นไม้ที่มีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ปานกลาง มีค่าการดูดซับเฉลี่ยประมาณ 12–120 กิโลกรัมคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อตารางกิโลเมตรของพื้นดินต่อวัน (Bidwell and

Fraser, 1972) จากการศึกษาของ Barnes et al. (1996) พบว่า สารพิษจากมลภาวะทางอากาศจะมีผลต่อพืชมากที่สุดในช่วงฤดูหนาวเนื่องจาก กระบวนการกำจัดของเสียของพืชมีอัตราลดลงหรือไม่มีเลย ซึ่งสารพิษที่มีผลต่อพืชได้แก่ สารพวกซัลเฟอร์ แอมโมเนีย และโอโซน เป็นต้น ซึ่งในจำนวนมลสารในอากาศที่มีผลกระทบต่อพืชที่สำคัญคือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ โอโซน และเปอร์รอกซี่อะซิติลไนเตรต เท่าที่ผ่านมา ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืชมากที่สุด รองลงมา คือ ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (ศิริกัลยา และคณะ, 2542)

ศรีวรรณ (2526) ได้ทำการศึกษาการตอบสนองของกล้าไม้ต่อภาวะอากาศพิษบนเกาะกลางถนน โดยทำการศึกษากล้าไม้ จำปี พิกุล ชมพูพันธุ์ทิพย์ และมะลิ พบว่าในบริเวณที่แสดงถึงภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมและมีมลพิษทางอากาศจะเกิดการร่วงของใบมากกว่าปกติ นอกจากนี้ พูลศิริ (2525; สุภัทรา, 2525) ได้ศึกษาผลกระทบของฝุ่นถนนต่อการเจริญเติบโตทางความสูง จำนวนใบ และน้ำหนักแห้ง พบว่าการเติบโตทั้งหมดของกล้าไม้หูกวาง อินทรชิต ชัยพฤกษ์ อินทนิลน้ำ ธรรมบูชา และประดู่บ้านลดลง แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับผลกระทบของสารแต่ละชนิดต่อการแสดงออกของพืชดังแสดงรายละเอียดในตาราง 8

ตาราง 8 ลักษณะการแสดงออกของพืชต่อสารมลพิษแต่ละชนิด

ชนิดสาร	ความรุนแรง	อาการ	ชนิดพืชที่ศึกษา
โอโซน (O_3)	ปานกลาง	มีการเกาะของโอโซนที่บริเวณผิวใบด้านบน ส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ แสดงอาการแก่ก่อนวัย	Alfafa, white pine, Ponderosa pine
	รุนแรง	เกิดอาการใบเฉา ใบไม่มีสี หรือเป็นสีขาว	
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)	ปานกลาง	บริเวณใบหรือระหว่างเส้นใบเกิดเป็นสีเหลืองหรือสีขาว (bleaching) บริเวณระหว่างเส้นใบเกิดเป็นแผลที่เกิด	ฝ้าย ข้าวบาร์เลย์

ตาราง 8 (ต่อ)

ชนิดสาร	ความรุนแรง	อาการ	ชนิดพืชที่ศึกษา
ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)	รุนแรง	จากเซลล์ตายเป็นจุดๆ (necrosis) จนในที่สุดจะเหลือเพียงโครงสร้างของเส้นใบ	ถั่ว มะเขือเทศ ส้ม
ฟลูออไรด์ (Fluorides)	ปานกลาง เป็นการส่งผลแบบต่อเนื่อง	อัตราการเจริญเติบโตต่ำ, ใบจะมีสีซีดขาว เกิดรอยไหม้เป็นจุดๆที่บริเวณใบ	Gladioli พีช องุ่น
เอธิลีน (Ethylene)	ปานกลาง	ใบเกิดการหลุดร่วง	มะเขือเทศ พริกไทย กล้วยไม้ และดอกคาร์เนชั่น

ที่มา: Perkins (1974)

การดูดสารพิษประเภทโลหะหนัก ไม้ยืนต้นมีความสามารถดูดเอาอณูสารที่เป็นโลหะหนักจากอากาศเข้าทางปากใบได้เป็นจำนวนมาก ผลการวิจัยในต่างประเทศพบว่า ต้นไม้ใหญ่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น 30 เซนติเมตร วัดที่ระดับอก (ต้นซูการ์เมเปิล) จะมีความสามารถดูดละอองอณูโลหะหนัก ได้ดังนี้ แคดเมียม 60 มิลลิกรัม/ปี นิเกิล 820 มิลลิกรัม/ปี โครเมียม 140 มิลลิกรัม/ปี ตะกั่ว 5,200 มิลลิกรัม/ปี

การฟื้นฟูสภาพแวดล้อมด้วยพืช (Phytoremediation) คือการใช้กระบวนการทำงานของพืชเพื่อเคลื่อนย้าย เก็บ หรือทำให้สารมลพิษในสิ่งแวดล้อมเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่นน้อยลง กลไกของการฟื้นฟูที่สำคัญได้แก่ (วราภรณ์, 2551)

การสกัดด้วยพืช (Phytoextraction) พืชจะดูดซึมสารพิษจากดินสู่รากของพืชแล้วนำไปสะสมที่ยอดหรือราก โดยสะสมสารจำพวกโลหะหนัก สารประกอบของโลหะหนักและกัมมันตภาพรังสี การใช้พืชสะสมธาตุโลหะหนักมีข้อเสียคือ พืชมักจะสะสมธาตุโลหะได้ดีชนิดเดียว มีการเจริญเติบโตช้าและต้นมีขนาดเล็กกว่าพืชชนิดเดียวกันที่ไม่ได้สะสมโลหะ

การกรองด้วยรากพืช (Rhizofiltration) หรือการดูดซับทางชีวภาพ (Biosorbtion) พืชจะดูดซับหรือตกตะกอนสารพิษด้วยราก หรือดูดซับไว้ในเซลล์ ส่วนใหญ่เป็นพืชน้ำ

การตรึงด้วยพืช (Phytostabilization) พืชดูดซับสารพิษไว้อยู่ในรูปที่เคลื่อนที่ได้น้อยลง หรืออยู่ในรูปที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ไม่ได้ วิธีนี้สามารถใช้ได้ผลเพียงชั่วคราวเท่านั้น เพราะการควบคุมให้โลหะทุกชนิดอยู่ในรูปที่ไม่เคลื่อนที่และไม่เป็นพิษนั้นทำได้ยาก

การทำให้ระเหยด้วยพืช (Phytovolatilization) เป็นการทำให้ธาตุโลหะหรือสารประกอบของโลหะที่ระเหยได้ขึ้นมาจากดินโดยแรงดึงจากการคายน้ำ แล้วปล่อยออกทางใบ เหมาะกับธาตุโลหะที่เมื่ออยู่ในรูปที่เป็นไอแล้วมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตน้อยลง

การย่อยสลายด้วยพืช (Phytodegradation) พืชดูดซึมสารมลพิษเข้าไปในพืชแล้วย่อยสลายหรือเปลี่ยนแปลงด้วยเมตาบอลิซึมของพืชเอง หรือเปลี่ยนเป็นสารที่แบคทีเรียสามารถย่อยสลายต่อไปได้

การกระตุ้นด้วยพืช (Phytostimulation) พืชจะหลั่งสารออกมาจากรากพืชที่ยังมีชีวิตอยู่หรือจากการสลายตัวของรากพืชที่ตายแล้ว เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในดิน หรือเชื้อราไมคอไรซาทำให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารมลพิษได้ดีขึ้น เป็นกระบวนการที่ใช้กับสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้น้อย เช่น ปิโตรเลียม พีเอเอช และพีซีบี

สาพิศ และ ลดาวัลย์ (2537) ได้ศึกษา ลักษณะโครงสร้างของใบและจำนวนของปากใบ และการแลกเปลี่ยนก๊าซของไม้ประดู่บ้าน (*Pterocarpus indicus*) ที่ปลูกในเขตเมือง พบว่าในพื้นที่ที่มีมลภาวะทางอากาศมากจะมีจำนวนของปากใบน้อยกว่าในพื้นที่ที่มีมลภาวะทางอากาศน้อย และนอกจากมลภาวะทางอากาศจะทำให้จำนวนของปากใบลดลงแล้ว ยังมีผลทำให้มีความผันแปรในด้านความยาวและความกว้างของปากใบ แต่ความแตกต่างดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

Royampaeng (1995) ได้ศึกษา ลักษณะโครงสร้างใบและการแลกเปลี่ยนก๊าซของไม้ประดู่บ้านที่ปลูกในกรุงเทพมหานคร ในบริเวณที่มีมลพิษทางอากาศน้อย เปรียบเทียบกับบริเวณที่มีมลพิษทางอากาศมาก พบว่าโครงสร้างบางประการของใบมีการเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละพื้นที่ที่ศึกษา แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซในบริเวณที่มีมลพิษทางอากาศมากจะมีอัตราการสังเคราะห์แสงประจำวันต่ำกว่าในบริเวณที่มีมลพิษทางอากาศน้อย

จากการศึกษาคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้ยืนต้น 5 ชนิด ได้แก่ ประดู่บ้าน ปาล์มน้ำมัน มะฮอกกานีใบใหญ่ เสลา และเหลืองปรีดียาธร พบว่า ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศบริเวณริมถนนในช่วงฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าฤดูแล้ง โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณสูงในช่วงเช้า 6.00 น. แล้วลดลงอยู่ในระดับค่อนข้างคงที่ไปจนถึงเวลา 14.00 น. หลังจากนั้นมี

ปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องไปจนถึงเวลา 18.00 น. อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซของใบไม้ยืนต้นทั้ง 5 ชนิดพบว่า ในช่วงฤดูฝนต้นไม้มีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซสูงกว่าฤดูแล้ง ในช่วงฤดูฝนเหลืองปรีดียาธรมีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซสูงสุดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.65 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$ รองลงมาคือ เสลา มะฮอกกานีใบใหญ่ ปาล์มน้ำมัน และประดู่บ้าน ค่าเฉลี่ย 4.57 3.28 2.05 และ 1.95 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับส่วนในช่วงฤดูแล้งเหลืองปรีดียาธรยังคงมีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 3.11$\mu mol.m^{-2}s^{-1}$ รองลงมาคือ เสลา มะฮอกกานีใบใหญ่ ปาล์มน้ำมัน และประดู่บ้าน อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซของใบไม้มีความสัมพันธ์กับความเข้มแสงและอุณหภูมิ ระดับความเข้มแสงอิ่มตัวอยู่ระหว่าง 800 – 1200 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$ อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 30-40 องซา เซลเซียส (ทัศวรรณ, 2548)

จากการศึกษาชีพลักษณ์ กายวิภาค และความสามารถของใบในการดักจับฝุ่นของประดู่บ้าน ปีป อินทรชิต พบว่าประดู่บ้านมีความสามารถในการดักจับฝุ่นได้ดีกว่าอินทรชิต เนื่องจากอินทรชิดมีช่วงเวลาในการทิ้งใบหมดทั้งต้นประมาณ 2-3 เดือน จึงไม่สามมารถดักจับฝุ่นได้ในช่วงนั้น (แอนนา, 2550)

Beckett et al. (2000b) ศึกษา ผลชนิดและความเร็วลมที่มีผลต่อการดักจับของฝุ่นด้วยต้นไม้ในเขตเมือง โดยได้ทำการศึกษาพืช 5 ชนิด คือ สน (*Pinus nigra* var. *maritima*), cypress (*cupressocyparis leylandii*), เมเปิ้ล (*Acer campestre),* whitebeam (*Sorbus intermedia*) และ poplar (*Populus deltoids trichocarpa Beaupre*) โดยทำการคำนวณการดับจับอนุภาค ความเร็วลม และ stoke number พบว่า พืชที่มีค่าการดักจับมากที่สุดคือ สน โดยมีค่าการดับจับ อนุภาคอยู่ที่ 2.8 % รองลงมาคือ poplar และ เมเปิ้ล โดยมีค่าการดักจับอนุภาคอยู่ที่ 0.12 และ 0.06 % ตามลำดับ

Jun Young et al. (2005) ศึกษา บทบาทของป่าไม้ในกรุงปักกิ่งที่มีผลต่อการลดมลพิษในอากาศ โดยทำการสำรวจและวิเคราะห์ปริมาณป่าในกรุงปักกิ่งจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อสร้างลักษณะของป่าไม้ให้มีคุณภาพต่อการลดมลพิษในอากาศ จากการศึกษาพบว่ามีต้นไม้ในกรุงปักกิ่งจำนวน 2.4 ล้านต้นสามารถลดมลพิษได้ 1,261.4 ตัน และพบว่าสารมลพิษทางอากาศที่ลดลงมากที่สุดคือ ฝุ่น PM10 โดยลดลง 772 ตัน และจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกกักเก็บไว้ในรูปแบบชีวมวลลดลง 0.2 ล้านตัน

Suvarna et al. (2008) ศึกษา ดัชนีความทนทานของพืชชนิดต่างๆ ที่ปลูกในพื้นที่อุตสาหกรรมของเมือง Visakhapatnam โดยเก็บตัวอย่าง ใบไม้ที่เติบโตในเขตอุดสาหกรรมจำนวน 24 ชนิด โดยคำนวณปริมาณ ascorbic acid, chlorophyll, pH และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ สูตรที่ใช้ในการคำนวณคือ APTI= [A (T+P) + R] /10A = Ascorbic acid (มก/ก ของน้ำหนักแห้ง) T= ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มก/ก ของน้ำหนักแห้ง) P= pH ที่สกัดได้จากใบ R= ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อใบ (%) โดยพืชที่มีค่าความทนทานมากที่สุดคือ โพธิ์ (*Ficus religiosa)* โดยมีค่าอยู่ที่ 25.77 รองลงมาคือ

พุทราจีน (*Zizypus jujube*) มีค่าที่ 22.32, มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) มีค่าที่ 18.88 และ คูน (*Cassia fistula*) มีค่าที่ 18.69

Nowak et al. (2006) ศึกษา การใช้ไม้ยืนต้นและไม้พุ่มเพื่อลดมลพิษในอากาศของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยศึกษาจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้รายชั่วโมงของ อุตุนิยมวิทยาและข้อมูลความเข้มข้นของมลพิษจากทั่วสหรัฐอเมริกา ผลการศึกษาพบว่าต้นไม้ในเมืองสามารถช่วยลดมลพิษในอากาศได้ 711,000 ตัน โดยความสามารถในการลดมลพิษขึ้นอยู่กับจำนวนต้นไม้ ความเข้มข้นของมลพิษ และขนาดของใบโดย O_3, SO_2 และ NO_2คำนวณจากค่าความต้านทานของทรงพุ่มรายชั่วโมง โดยใช้สูตร calculated based on a modified hybrid of big leaf and multilayer canopy deposition models $1/R_c = 1/(r_s+r_m) + 1/r_t$ โดย R_cคือ ค่าความต้านทานของทรงพุ่ม r_s คือ ค่าความต้านทานของปากใบ r_mคือ ค่าความต้านทานของ mesophyll r_t คือ ค่าความต้านทานของ cuticular

Scott et al. (1998) ศึกษา ความสามารถของป่าในเมืองซาคราเมนโตในการดูดซับมลพิษในอากาศ โดยใช้ big leaf model (โมเดลรูปแบบการสะสมแห้ง) เพื่อประมาณการดูดซึมของมลพิษ มีสูตร คือ Vd = V(ra + rb + rc) โดย vd คือ ค่าความเร็วจะแสดงเป็นผลรวมผกผันของความต้านทาน ra และ rb คือความต้านทานอากาศพลศาสตร์ rc คือความต้านทานของทรงพุ่ม จากการคำนวณพบว่าป่าในเมืองซาคราเมนโตสามารถดูดซับมลพิษได้ 1,457 เมตริกตัน โดยค่าการดูดซับของโอโซนและฝุ่น PM10มีค่าสูงที่สุด โดยโอโซนถูกดูดซับได้ดีที่สุดในเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม ดูดซับได้ 83.2 และ 83.8 ตัน และฝุ่นดูดซับได้ดีที่สุดในเดือนกันยายนถึงตุลาคม ดูดซับได้ 119.7 และ 130.2 ตันส่วน NO_2 ดูดซับได้ 0.6 ตันต่อวัน

ตาราง 9 กระบวนการขจัดมลพิษโดยใช้พืชพรรณ

ประเภทของมลพิษ	กระบวนการ	ชนิดใบที่เหมาะสม
ออกไซด์ของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน	การดูดซึม	ใบเรียบกว้างของไม้ผลัดใบ
สารประกอบอินทรีย์ระเหย	การดูดซับ	ใบหนาและผิวใบมีลักษณะเป็นไข โดยเฉพาะอย่างยิ่งใบสน
ฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	การตกกระทบ	ใบเรียวเล็ก เช่นใบสน ใบหยาบ มีขน และความเหนียวของไม้ผลัดใบ

ที่มา: Tonneijk and Hoffman (2010)

ลักษณะของต้นไม้ที่มีคุณสมบัติในการปรับปรุงคุณภาพอากาศ

การปลูกต้นไม้เพื่อดูดซับมลพิษนั้น นอกจากการพิจารณาคุณสมบัติของพืชแล้ว ควรพิจารณาจากคุณสมบัติทางสรีระวิทยาของพืชด้วย เช่น

1. ไม้ไม่ผลัดใบมักจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นในการลดมลพิษทางอากาศเนื่องจากสามารถกักเก็บมลพิษไว้ที่บริเวณใบได้นานกว่าไม้ผลัดใบ (Beckett et al., 2000a)

2. ขนาดของต้นไม้จะเป็นตัวกำหนดปริมาณการกักเก็บ CO_2 (Nowak et al., 2002) และขนาดของพื้นที่ผิวเป็นตัวกำหนดการกักเก็บมลพิษเช่นกัน (Beckett et al., 2000b)

3. ลักษณะของใบมีผลต่อการสะสมของมลพิษทางอากาศบนพื้นผิวใบ การวิจัยแสดงว่าที่ใบมีขน ยาง ขุยและหยาบ มีพื้นผิวที่สามารถจับอนุภาคมากกว่าใบที่เรียบ (Beckett et al., 1998; 2000a; 2000b)

4. ถ้าต้นไม้มีความไวต่อมลพิษทางอากาศบางอย่างไม่ควรนำมาใช้อยู่ใกล้กับแหล่งที่มาของมลพิษ (Jun Young et al., 2005)

5. ต้นไม้ที่มีการปล่อยสารระเหยที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ เช่น ไอโซพรีน (isoprene) และโมโนเทอร์พีนส์ (monoterpenes) ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของน้ำมันหอมระเหยและยางไม้สูงและมีการปล่อยละอองเกสรดอกไม้ควรหลีกเลี่ยงในการปลูกเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศ (Jun Young et al., 2005)

นอกจากนี้ต้นไม้ที่จะนำมาลดมลพิษนั้นควรมีความต้านทานต่อโรคและแมลงสูง มีความทนต่อคุณสมบัติของดินในเขตเมือง เช่น การอัดแน่นของดิน อากาศผ่านได้ในปริมาณน้อย มีสารอาหารไม่พอเพียง ฯลฯ (Craul, 1994) และควรเลือกต้นไม้ให้เข้ากับสภาพอากาศและสภาพแวดล้อมของท้องถิ่นนั้นๆ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

ตาราง 10 ความสามารถของต้นไม้ในการปรับปรุงคุณภาพอากาศ

ชนิดของมลพิษ	ลักษณะของพืชพรรณ
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	-ต้นไม้วงศ์สนมีประสิทธิภาพในการขจัดฝุ่นละอองมากกว่าไม้ผลัดใบ -ไม้ผลัดใบที่ผิวหยาบหรือมีขนจะมีประสิทธิภาพมากกว่าต้นไม้ที่ผิวใบเรียบมัน -ไม้ไม่ผลัดใบจะมีประสิทธิภาพดีกว่าไม้ผลัดใบ -พืชพันธุ์ที่มีพื้นที่ผิวใบโดยรวมมากกว่าจะสามารถดักจับฝุ่นละอองได้

ตาราง 10 (ต่อ)

ชนิดของมลพิษ	ลักษณะของพืชพรรณ
ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)	-ไม้ผลัดใบสามารถดูดซับออกไซด์ของไนโตรเจนมากกว่าต้นไม้ในตระกูลสน -ไม้ผลัดใบที่ผิวใบเรียบมันจะมีประสิทธิภาพดีกว่าต้นไม้ที่มีผิวใบหยาบหรือมีขน -ไม้ไม่ผลัดใบสามารถดูดซับออกไซด์ของไนโตรเจนได้มากกว่าไม้ผลัดใบ -พืชที่มีพื้นที่ผิวใบโดยรวมมากกว่าจะสามารถดูดซับออกไซด์ของไนโตรเจนได้มากกว่าพืชพันธุ์ที่มีพื้นที่ผิวใบน้อย
โอโซน (O_3)	-ผลจากการคายน้ำของพืชทำให้อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นลดลงได้ ซึ่งมีผลต่อการยับยั้งการเกิดขึ้นของโอโซนเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะที่ไม่มีพืชอยู่เลย -ต้นไม้ใหญ่และไม้พุ่มสามารถดูดซับก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ได้ในระดับที่แตกต่างกัน โดยไนโตรเจนไดออกไซด์ถูกดูดซับมากเท่าไหร่การเกิดโอโซนก็จะลดลง
โอโซน (O_3)	-ต้นไม้สามารถปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยออกสู่อากาศในปริมาณที่แตกต่างกัน สารประกอบอินทรีย์เหล่านี้มีส่วนในการสร้างโอโซนหากสารประกอบอินทรีย์เหล่านี้ถูกปล่อยออกมามากการเกิดโอโซนก็จะถูกกระตุ้นให้มากขึ้นตามไปด้วย

ที่มา: Tonneijk and Hoffman (2010)

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

คุณลักษณะพืชพรรณที่เหมาะสมสำหรับปรับปรุงคุณภาพอากาศบริเวณพื้นที่คูเมืองเชียงใหม่ เป็นการศึกษาวิจัยที่ต้องเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและการสำรวจในภาคสนามเพื่อเก็บตัวอย่างพืชมาวิเคราะห์ลักษณะที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพอากาศ โดยจำแนกกลุ่มข้อมูลและวิธีการศึกษาได้ ดังต่อไปนี้

ข้อมูลปฐมภูมิ

1. สำรวจและจำแนกชนิดของพืชพรรณในพื้นที่วิจัยและเก็บตัวอย่างของใบ
2. เก็บข้อมูลความสูง เส้นรอบวงลำต้น ลักษณะทรงพุ่ม ขนาดใบและลักษณะผิวใบ
3. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลชนิด ลักษณะและความสมบูรณ์ของพืชในเขตพื้นที่วิจัย

ข้อมูลทุติยภูมิ

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลคุณภาพอากาศในเขตพื้นที่วิจัย
2. ค้นคว้าและสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของชนิดพรรณไม้ที่มีการศึกษาประสิทธิภาพไว้แล้ว
3. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณและการลดมลพิษในอากาศที่มีผู้ทำการศึกษาวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. อุปกรณ์ในการสำรวจภาคสนาม
   1.1 สายวัดเหล็ก (Steel diameter tape) สำหรับวัดขนาดของต้นไม้
   1.2 เครื่องวัดความสูงของต้นไม้ (Haga altimeter)
   1.3 ถุงกระดาษสำหรับเก็บตัวอย่างใบ

2. เครื่องมือวิทยาศาสตร์และห้องปฏิบัติการ

2.1 เครื่องวัดพื้นที่ใบ (Leaf area meter)

2.2 กล้องจุลทรรศน์แบบดิจิตอล (Digital microscope)

วิธีการวิจัย

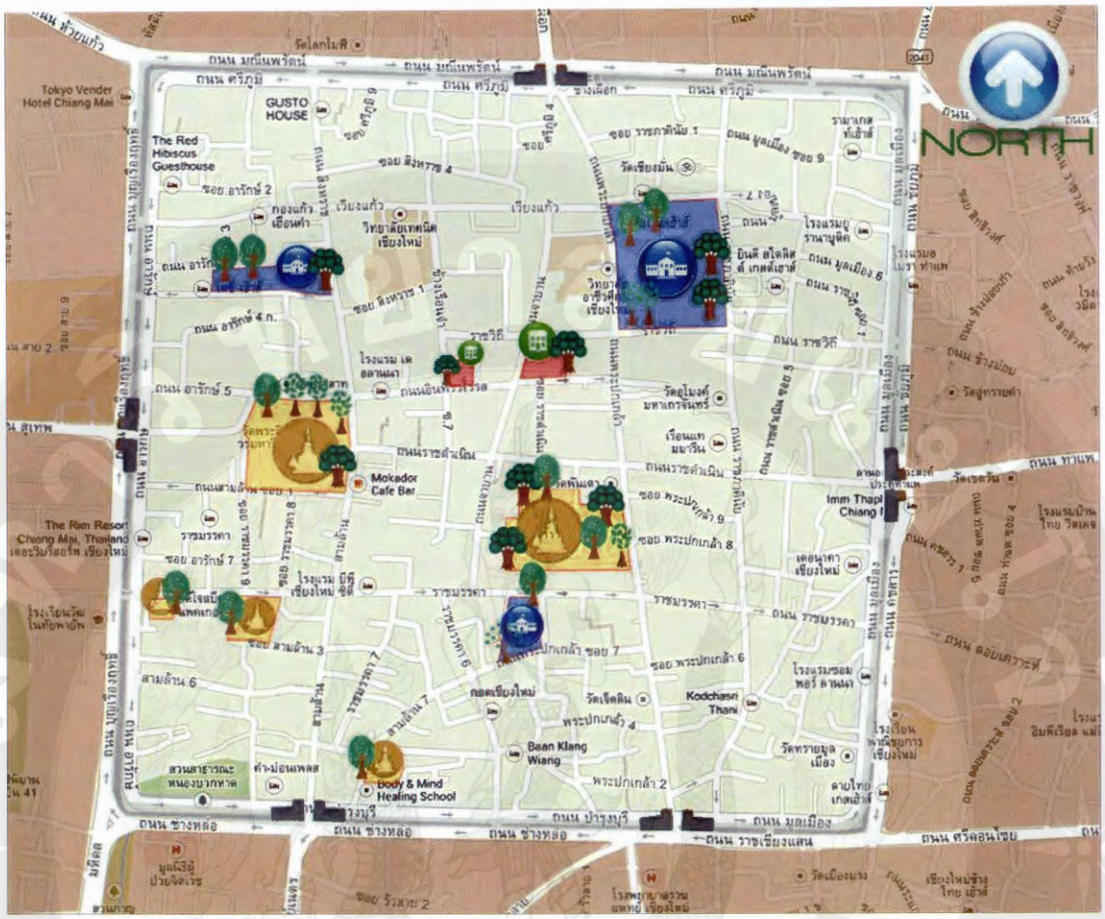
1. เลือกพื้นที่ศึกษาจากลักษณะการใช้งานและภูมิทัศน์ที่แตกต่างกัน ได้แก่ สถานที่ราชการ สถานศึกษา วัด เส้นทางสัญจร (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552)

2. สุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูลพรรณไม้ประเภทไม้ต้น (Tree) โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ จากสถานที่ที่มีการสัญจรในพื้นที่มากและมีผู้คนหนาแน่น และ สถานที่ที่มีการสัญจรน้อยและมีผู้คนเบาบาง

ตาราง 11 พื้นที่สุ่มตัวอย่าง

พื้นที่สุ่มตัวอย่าง	สถานที่ที่มีปริมาณการสัญจรในพื้นที่มากและมีผู้คนหนาแน่น	สถานที่ที่มีปริมาณการสัญจรน้อยและมีผู้คนเบาบาง
สถานที่ราชการ	ที่ว่าการอำเภอ	หอศิลปวัฒนธรรมเมืองเชียงใหม่
สถานศึกษา	โรงเรียนยุพราช โรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่	โรงเรียนหอพระ
ศาสนสถาน	วัดเจดีย์หลวง วัดพระสิงห์	วัดพันแหวน วัดหมื่นเงินกอง วัดเมธัง
เส้นทางสัญจร		รอบคูเมือง

3. จำแนกชนิดและลักษณะของพืชที่ช่วยลดมลพิษ



ภาพ 1 พื้นที่สุ่มตัวอย่าง

หมายเหตุ สีแดง หมายถึง สถานที่ราชการ ได้แก่ ที่ว่าการอำเภอและหอศิลปวัฒนธรรมเมืองเชียงใหม่

สีน้ำเงิน หมายถึง สถานศึกษา ได้แก่ โรงเรียนยุพราช โรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่และโรงเรียนหอพระ

สีเหลือง หมายถึง วัด ได้แก่ วัดเจดีย์หลวง วัดพระสิงห์ วัดพันแหวน วัดหมื่นเงิน-กองและวัดเมธัง

สีเทา หมายถึง เส้นทางสัญจร

วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

อาศัยแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยของผู้ที่ได้ศึกษาไว้มาเป็นแนวทางสำหรับพืชพรรณที่พบในเมืองเชียงใหม่โดยใช้เกณฑ์ของ Tonneijk and Hoffman (2010; Nowak, 1996; Jan Young et al., 2005) โดยสำรวจชนิดและ ศึกษาคุณลักษณะโดยประเมินจากลักษณะต่อไปนี้

ตาราง 12 คุณลักษณะที่ใช้ในการประเมินพืชพรรณที่มีประสิทธิภาพในการลดมลพิษ

ชนิดพืช	ประสิทธิภาพในการลดมลพิษ			
	PM10	**NO_x**	**O_3**	**CO_2**
	-ลักษณะผิวใบ -พื้นที่ผิวใบโดยรวม -การผลัดใบ -ทรงพุ่ม	-ลักษณะผิวใบ -พื้นที่ผิวใบโดยรวม -การผลัดใบ -ทรงพุ่ม	-ลักษณะผิวใบ -พื้นที่ผิวใบโดยรวม -การผลัดใบ -ทรงพุ่ม	-การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

วิธีการประเมิน

1. บันทึกลักษณะเฉพาะของพืชที่มีคุณลักษณะและประสิทธิภาพในการลดฝุ่น PM10, NO_x, O_3 และ CO_2 โดยแบ่งพืชเป็นกลุ่มคะแนนตามลักษณะผิวใบ การผลัดใบ ความหนาแน่นของทรงพุ่มและขนาดพื้นที่ผิวใบ ดังนี้

ตาราง 13 การประเมินคุณลักษณะและประสิทธิภาพในการลดมลพิษ

คุณลักษณะและประสิทธิภาพในการลดมลพิษ		คะแนน
ลักษณะของผิวใบที่มีความสามารถในการลด pm10 (Beckett et al., 1998; 2000; Mcdonald et al., 2007)	ผิวใบมีลักษณะเป็นเกล็ด (พืชกลุ่มสน)	5
	มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังใบและท้องใบ	4
	มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังหรือท้องใบและมีขนปกคลุมบางบริเวณของหลังหรือท้องใบ	3
	มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังหรือท้องใบ	2
	ผิวใบหยาบ มีขนปกคลุมบางบริเวณ	1
ลักษณะของผิวใบที่มีความสามารถในการลด NO_x, O_3 (Misa et al., 2005; Morikawa et al., 1998)	ผิวใบเรียบเป็นมันเงา	5
	ผิวใบหยาบ มีขนปกคลุมบางบริเวณ	4
	มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังหรือท้องใบ	3
	มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังหรือท้องใบและมีขนปกคลุมบางบริเวณของหลังหรือท้องใบ	2
	มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังใบและท้องใบ	1

ตาราง 13 (ต่อ)

คุณลักษณะและประสิทธิภาพในการลดมลพิษ		คะแนน
พื้นที่ใบเฉลี่ย	พื้นที่ใบมากกว่า 100 ตร.ซม.	5
	พื้นที่ใบตั้งแต่ 76 - 100 ตร.ซม.	4
	พื้นที่ใบตั้งแต่ 51 - 75 ตร.ซม.	3
	พื้นที่ใบตั้งแต่ 26 - 50 ตร.ซม.	2
	พื้นที่ใบน้อยกว่า 50 ตร.ซม.	1
ความหนาแน่นของทรงพุ่ม	ทึบ	3
	ปานกลาง	2
	โปร่ง	1
การผลัดใบ	ไม่ผลัดใบ	3
	ผลัดใบตามฤดูกาล (3 เดือน)	2
	ผลัดใบมากกว่า 3 เดือน	1
การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ	กักเก็บคาร์บอนมากกว่า 28 ตัน	5
(Nowak et al., 2002)	กักเก็บคาร์บอนตั้งแต่ 21 – 27 ตัน	4
	กักเก็บคาร์บอนตั้งแต่ 14 – 20 ตัน	3
	กักเก็บคาร์บอนตั้งแต่ 7 – 13 ตัน	2
	กักเก็บคาร์บอนตั้งแต่ 0 – 6 ตัน	1

หมายเหตุ พื้นที่ใบเฉลี่ย = การวัดพื้นที่ผิวของใบโดยเฉลี่ยจาก 10 ใบ

ผิวใบเรียบเป็นมันเงา = ผิวใบที่มีแวกซ์เคลือบ

ผิวใบหยาบ = ผิวใบที่มีขนสั้นๆ กระจายห่างๆ เมื่อสัมผัสรู้สึกสากมือ

มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังหรือท้องใบ = 50% ของพื้นที่ใบ

มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังหรือท้องใบและมีขนปกคลุมบางบริเวณของหลังหรือท้องใบ = 75% ของพื้นที่ใบ

มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังใบและท้องใบ = 100% ของพื้นที่ใบ

ไม่ผลัดใบ = พืชที่ทรงพุ่มมีใบเขียวตลอดปี

2. การหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

2.1 สำรวจชนิดและจำนวนของพรรณไม้ต้นในพื้นที่ศึกษาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอกมากกว่า 4.5 เซนติเมตร เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นไม้ ได้แก่ การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอก (Diameter at breast height, DBH) โดยวัดที่ความสูง 1.30 เมตร เหนือพื้นดินของต้นไม้โดยใช้สายวัดเหล็ก (Steel diameter tape) และวัดความสูงด้วยเครื่องมือวัดความสูง (Haga altimeter)

2.2 ประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในพื้นที่ศึกษาโดยอาศัยความสัมพันธ์ในรูปสมการแอลโลแมตรีในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้สมการมวลชีวภาพของป่าดิบเขาและป่าดิบแล้งในประเทศไทย ซึ่งศึกษาโดย Tsutsumi et al. (1983) มาใช้ในการประมาณมวลชีวภาพของพรรณไม้โดยมีสมการในการคำนวณดังนี้

$$W_S = 0.0509 (D^2H)^{0.919} \qquad r^2 = 0.978$$

$$W_B = 0.00893 (D^2H)^{0.977} \qquad r^2 = 0.890$$

$$W_L = 0.0140 (D^2H)^{0.669} \qquad r^2 = 0.714$$

$$W_R = 0.0313 (D^2H)^{0.805} \qquad r^2 = 0.981$$

ยกเว้นสน ใช้สมการมวลชีวภาพของสนสามใบ ซึ่งศึกษาโดย สมชาย และคณะ (2555) ซึ่งมีสมการในการคำนวณดังนี้

$$W_S = 0.0503 (D^2H)^{0.8775} \qquad r^2 = 0.9749$$

$$W_B = 0.0012 (D^2H)^{1.0996} \qquad r^2 = 0.4982$$

$$W_L = 0.4536 (D^2H)^{0.7933} \qquad r^2 = 0.6324$$

โดยมวลชีวภาพส่วนของรากใช้สมการมวลชีวภาพของป่าดิบเขาและป่าดิบแล้งในประเทศไทย ซึ่งศึกษาโดย Tsutsumi et al. (1983) โดยมีสมการในการคำนวณดังนี้

$$W_R = 0.0313 (D^2H)^{0.805} \qquad r^2 = 0.981$$

โดยที่ W_S = มวลชีวภาพลำต้น (กิโลกรัม)

W_B = มวลชีวภาพกิ่ง (กิโลกรัม)

W_L = มวลชีวภาพใบ (กิโลกรัม)

W_R = มวลชีวภาพราก (กิโลกรัม)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอก (เซนติเมตร)

H = ความสูงของต้นไม้ถึงปลายยอด (เมตร)

2.3 ประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยในส่วนต่างๆ ของต้นไม้ และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพใต้ดินของพรรณไม้ในพื้นที่ศึกษา โดยคำนวณจากปริมาณคาร์บอน (carbon content) ของต้นไม้คูณด้วยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพใต้ดินของต้นไม้ โดยใช้ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 49.9% ในส่วนลำต้น 48.7% ในส่วนกิ่ง 48.3% ในส่วนใบ 48.12% ในส่วนรากและวิเคราะห์การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้ดินของพรรณไม้แต่ละชนิด และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้ดินของพรรณไม้ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา

3. ทำการประเมินโดยแปลงค่าข้อมูลเป็นตัวเลข สรุปค่าประสิทธิภาพการดูดซับมลพิษจากตัวเลขประเมิน

4. จัดทำแผนเสนอแนะการใช้พืชพรรณกับการออกแบบสิ่งแวดล้อมเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศในบริเวณคูเมืองเชียงใหม่

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ด้านพรรณไม้

พรรณไม้ในพื้นที่ศึกษา

ศึกษาความสามารถของพืชพรรณในการขจัดมลพิษและปรับปรุงคุณภาพอากาศในพื้นที่คูเมืองเชียงใหม่ โดยแบ่งเป็นกลุ่มสถานที่ราชการ ได้แก่ ที่ว่าการอำเภอ หอศิลปวัฒนธรรมเมืองเชียงใหม่สถานศึกษา ได้แก่ โรงเรียนยุพราช โรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่ โรงเรียนหอพระ และศาสนสถาน ได้แก่ วัดเจดีย์หลวง วัดพระสิงห์ วัดพันแหวน วัดหมื่นเงินกอง วัดเมธัง ในช่วงเดือนสิงหาคม – มิถุนายน พ.ศ. 2556 พบว่า มีพรรณไม้ประกอบด้วยพรรณไม้พื้นเมืองและพรรณไม้ต่างถิ่น ทั้งหมด 1,968 ต้น จำแนกเป็น 80 ชนิด จาก 32 วงศ์ (ตาราง 13) ชนิดของพรรณไม้ที่มีอยู่ในพื้นที่มากที่สุดคือ วงศ์ Fabaceae (Leguminosae) มีจำนวน 14 ชนิด รวม 539 ต้น รองลงมาคือ วงศ์ Bignoniaceae มีจำนวน 9 ชนิด รวม 259 ต้น และ วงศ์ Moraceae มีจำนวน 7 ชนิด รวม 82 ต้น ส่วนพรรณไม้ที่มีความหนาแน่นในพื้นที่น้อยที่สุดมีจำนวน 23 วงศ์ วงศ์ละ 1 ชนิด 2

ชนิดที่มีจำนวนมากที่สุด คือ ราชพฤกษ์ (*Cassia fistula* L.) จำนวน 212 ต้น (คิดเป็น 10.77% ของจำนวนต้นไม้ทั้งหมด) รองลงมาคือ พิกุล (*Mimusops elengi* L.) จำนวน 211 ต้น (คิดเป็น 10.72% ของจำนวนต้นไม้ทั้งหมด) อินทนิลน้ำ (*Lagerstroemia speciosa* (L.) Pers.) จำนวน 142 ต้น (คิดเป็น 7.22% ของจำนวนต้นไม้ทั้งหมด) ตะแบก (*Lagerstroemia cuspidata* Wall.) จำนวน 127 ต้น (คิดเป็น 6.45% ของจำนวนต้นไม้ทั้งหมด) และประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) จำนวน 119 ต้น (คิดเป็น 6.04% ของจำนวนต้นไม้ทั้งหมด) และชนิดของพรรณไม้ที่มีจำนวนน้อยที่สุด คือ มีจำนวน 1 ชนิด ชนิดละ 1 ต้น ได้แก่ มะกอก ลำดวน ลีลาวดี พลับ สารภี อะโวคาโด ยางอินเดีย แสงจันทร์ มะเฟือง silver oak ตำมอก แก้ว ลิ้นจี่ ปอบ้าน และบุหงาส่าหรี ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจะเห็นได้ว่า ราชพฤกษ์ และ พิกุล มีจำนวนมากที่สุดเนื่องจากปลูกเป็นแนวยาวริมคูเมืองทั้งสี่ด้าน และยังมีปลูกกระจายทั่วไปในบริเวณพื้นที่ศึกษา เนื่องจากราชพฤกษ์เป็นต้นไม้ประจำชาติ นิยมปลูกเป็นไม้ประดับให้ร่มเงา ดอกมีสีสวยงาม และเป็นการปลูกช่วงที่มีการเฉลิมพระเกียรติฯ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในวโรกาสทรงเจริญพระ

ชนมพรรษาครบ 5 รอบ ส่วนพิกุลนิยมปลูกเพื่อให้ร่มเงาเพราะพุ่มใบทึบ ไม่ผลัดใบและดอกหอม แต่เจริญเติบโตช้า (เอื้อมพร, 2544)

ตาราง 14 พรรณไม้ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา

วงศ์	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	จำนวน (ต้น)
Anacardiaceae	มะกอก	*Spondias pinnata* (L.f.) Kurz	1
	มะปราง	*Bouea macrophylla* Griff.	2
	มะม่วง	*Mangifera indica* L.	10
Annonaceae	ลำดวน	*Melodorum fruticosum* Lour.	1
	อโศกอินเดีย	*Polyalthia longifolia* (Sonn.) Thwaites	73
Apocynaceae	พญาสัตบรรณ	*Alstonia scholaris* (L.). R. Br.	4
	ลีลาวดี	*Plumeria* sp.	1
Araliaceae	หนวดปลาหมึกยักษ์	*Schefflera actinophylla* (Endl.) Harms	2
Araucariaceae	สนฉัตร	*Araucaria heterophylla* (Salisb.) Franco	2
Bignoniaceae	กาสะลอง	*Millingtonia hortensis* L.f.	39
	กาสะลองคำ	*Radermachera ignea* (Kurz) Steenis	8
	ชมพูพันธ์ทิพย์	*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.	76
	เพกา	*Oroxylum indicum* (L.) Kurz	15
	เหลืองเชียงราย	*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl.	2
	เหลืองปรีดียาธร	*Tabebuia argentea* Britt.	40
	เหลืองอินเดีย	*Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G.Nicholson	2
	แคแสด	*Spathodea campanulata* P.Beauv.	75
	แคนา	*Dolichandrone serrulata* (DC.) Seem.	2
Casuarinaceae	สนประดิพัทธ์	*Casuarina junghuhniana* Miq.	13
Combretaceae	หูกวาง	*Terminalia catappa* L.	41
Dilleniaceae	ส้านใหญ่	*Dillenia indica* L.	2
Dipterocarpaceae	ยางนา	*Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G.Don	2
Ebenaceae	จัน	*Diospyros decandra* Lour.	2
	พลับ	*Diospyros kaki*.	1
Euphorbiaceae	มะขามป้อม	*Phyllanthus emblica* L.	3

ตาราง 14 (ต่อ)

วงศ์	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	จำนวน (ต้น)
Euphorbiaceae	มะยม	*Phyllanthus acidus* (L.) Skeels	6
Fabaceae	กระถินเทพา	*Acacia mangium* Willd.	2
	กัลปพฤกษ์	*Cassia bakeriana* Craib	16
	ขี้เหล็ก	*Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby	18
	ขี้เหล็กอเมริกัน	*Senna spectabilis* (DC.) Irwin & Barneby	7
	จามจุรี	*Samanea saman* (Jacq.) Merr.	12
	ชงโค	*Bauhinia purpurea* L.	14
	ทองกวาว	*Butea monosperma* (Lam.) Taub.	27
	นนทรี	*Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K.Heyne	93
	ประดู่ป่า	*Pterocarpus macrocarpus* Kurz	119
	ประดู่บ้าน	*Pterocarpus indicus* Willd.	3
	มะขาม	*Tamarindus indica* L.	7
	มะขามเทศ	*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.	4
	ราชพฤกษ์	*Cassia fistula* L.	212
	ส้มสุก	*Saraca indica* L.	5
	หางนกยูงฝรั่ง	*Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf.	112
Guttiferae	กระทิง	*Calophyllum inophyllum* L.	8
	สารภี	*Mammea siamensis* Kosterm.	1
Labiatae	สัก	*Tectona grandis* L.f.	29
Lauraceae	การบูร	*Cinnamomum camphora* (L.) J.Presl.	26
	อะโวคาโด	*Persea americana* Mill.	1
Lecythidaceae	สาละลังกา	*Couroupita guianensis* Aubl.	15
Lythraceae	เสลา	*Lagerstroemia loudonii* Teijsm. & Binn.	55
	ตะแบก	*Lagerstroemia cuspidata* Wall.	127
	อินทนิลบก	*Lagerstroemia macrocarpa* Wall.	102

ตาราง 14 (ต่อ)

วงศ์	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	จำนวน (ต้น)
Lythraceae	อินทนิลน้ำ	*Lagerstroemia speciosa* (L.) Pers.	142
Magnoliaceae	จำปา	*Michelia champaca* L.	21
	จำปี	*Michelia alba* DC.	12
Meliaceae	กระท้อน	*Sandoricum koetjape* (Burm.f.) Merr.	3
	มะฮอกกานีใบใหญ่	*Swietenia macrophylla* King	6
	สะเดา	*Azadirachta indica* Juss. var. *siamensis* Valeton	2
Moraceae	ขนุน	*Artocarpus heterophyllus* Lam	13
	ข่อย	*Streblus asper* Lour.	36
	ยางอินเดีย	*Ficus elastica* Roxb. ex Hornem.	1
	โพธิ์	*Ficus religiosa* L.	4
	ไทร	*Ficus benjamina* L.	20
	ไทรเลียบ	*Ficus glaberrima* Bl.	6
	ไทรอังกฤษ	*Ficus annulata* Bl.	2
Moringaceae	มะรุม	*Moringa oleifera* Lam.	2
Myrtaceae	กานพลู	*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry	3
	ชมพู่	*Syzygium jambos* (L.) Alston	2
	ชมพู่มะเหมี่ยว	*Syzygium malaccense* (L.) Merrill & Perry	2
	มะเกี๋ยง	*Syzygium paniala* Roxb.	2
	ยูคาลิปตัส	*Eucalyptus camaldulensis* Dehn	3
Nyctaginaceae	แสงจันทร์	*Pisonia grandis* R.Br.	1
Oxalidaceae	มะเฟือง	*Averrhoa carambola* L.	1
Proteaceae	Siver oak	*Grevilleaa robusta* A. Cunn. ex R. Br.	1
Rubiaecae	คำมอก	*Gardenia sootepensis* Hutch.	1
Sapindaceae	ลิ้นจี่	*Litchi chinensis* Sonn.	1
	ตะคร้อ	*Schleichera oleosa*	2
	ลำไย	*Dimocarpus longan* Lour.	6
Sapotaceae	สตาร์แอปเปิ้ล	*Chrysophyllum cainito* L.	20
	พิกุล	*Mimusops elengi* L.	211
Sterculiaceae	ปอบ้าน	*Sterculia pexa.*	1
Verbenaceae	บุหงาสาหรี่	*Citharexylum spinosum* L.	1

คุณลักษณะของพืชแต่ละชนิดตามเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพในการลดมลพิษ

จากชนิดพืชที่พบในพื้นที่ศึกษาสามารถนำมาวิเคราะห์ตามเกณฑ์ประสิทธิภาพการลดมลพิษได้ดังนี้

1. ลักษณะของผิวใบที่มีความสามารถในการลด PM10 คือ ผิวใบที่มีลักษณะเป็นเกล็ดและมีขนปกคลุมบริเวณท้องใบและหลังใบ (Beckett et al., 1998; 2000c; Mcdonald et al., 2007)

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ลักษณะผิวใบของพืชที่มีความสามารถในการลด PM10

ลักษณะผิวใบ	คะแนน	ชนิดพรรณไม้
ผิวใบมีลักษณะเป็นเกล็ด	5	สนฉัตร สนประดิพัทธิ์
มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังใบและท้องใบ	4	Siver oak ขี้เหล็กอเมริกัน มะขามเทศ สัก เหลืองเชียงรายเหลืองอินเดีย
มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังหรือท้องใบและมีขนปกคลุมบางบริเวณของหลังหรือท้องใบ	3	จำปา ปอบ้าน ราชพฤกษ์ ยางนา
มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังหรือท้องใบ	2	กัลปพฤกษ์ ขี้เหล็ก จามจุรี จำปี ทองกวาว ประดู่เพกา สตาร์แอปเปิ้ล ส้านใหญ่ หางนกยูงฝรั่ง หูกวาง
ผิวใบหยาบ มีขนปกคลุมบางบริเวณ	1	กระท้อน ข่อย แคแสด ตะคร้อ มะขาม มะเฟือง แสงจันทร์ กาสะลอง คำมอก ชงโค ชมพูพันธ์ทิพย์ ชมพู่ม่าเหมี่ยว บุหงาสาหรี่ พิกุล มะเกี๋ยง ลีลาวดี

2. ลักษณะของผิวใบที่มีความสามารถในการลด NO_x และ O_3 คือ ผิวใบที่มีลักษณะเรียบ เป็นมันเงา (Misa et al., 2005; Morikawa et al., 1998)

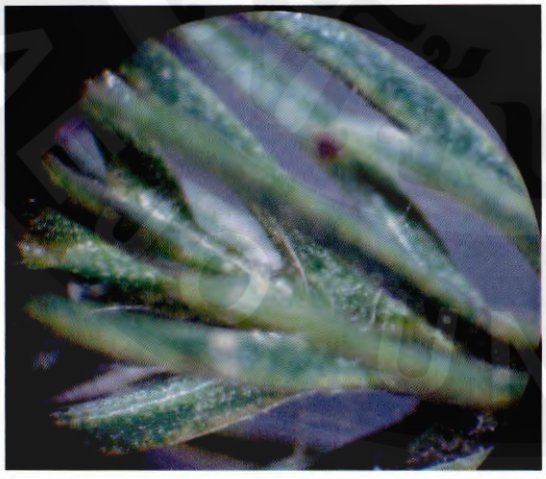
ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์ลักษณะผิวใบของพืชที่มีความสามารถในการลด NO_x และ O_3

ลักษณะผิวใบ	คะแนน	ชนิดพรรณไม้
ผิวใบเรียบเป็นมันเงา	5	กระถินเทพา กระทิง กานพลู การบูร กาสะลองคำ ขนุน แคนา จัน ชมพู่ ตะแบก ไทร ไทรเลียบ ไทรอังกฤษ นนทรี ประดู่เหลือง พญาสัตบรรณ พลับ โพธิ์มะกอก มะขามป้อม มะปราง มะม่วง มะยม มะรุม มะหอกกานีใบใหญ่ ยางอินเดีย ยูคาลิปตัส ลำไย ลิ้นจี่ ส้มสุก สะเดา สารภี สาละลังกา เสลา หนวดปลาหมึกยักษ์ เหลืองปรีดียาธร อโศกอินเดีย อะโวคาโด อินทนิลบก อินทนิลน้ำ ลำดวน
ผิวใบหยาบ มีขนปกคลุมบางบริเวณ	4	กระท้อน ข่อย แคแสด ตะคร้อ มะขาม มะเฟือง แสงจันทร์ กาสะลอง คำมอก ชงโค ชมพูพันธ์ทิพย์ ชมพู่ม่าเหมี่ยว บุหงาสาหรี่ พิกุล มะเกี๋ยง ลีลาวดี
มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังหรือท้องใบ	3	กัลปพฤกษ์ ขี้เหล็ก จามจุรี จำปี ทองกวาว ประดู่ เพกา สตาร์แอปเปิ้ล ส้านใหญ่ หางนกยูงฝรั่ง หูกวาง
มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังหรือท้องใบและมีขนปกคลุมบางบริเวณของหลังหรือท้องใบ	2	จำปา ปอบ้าน ราชพฤกษ์ ยางนา
มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังใบและท้องใบ	1	Siver oak ขี้เหล็กอเมริกัน มะขามเทศ สัก เหลืองเชียงราย เหลืองอินเดีย

ลักษณะผิวใบชนิดต่างๆ

1. ผิวใบมีลักษณะเป็นเกล็ด (พืชกลุ่มสน)

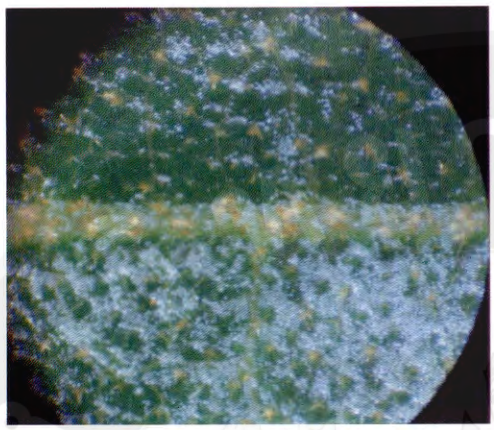
ภาพ 2 สนประดิพัทธิ์ กำลังขยาย 3x



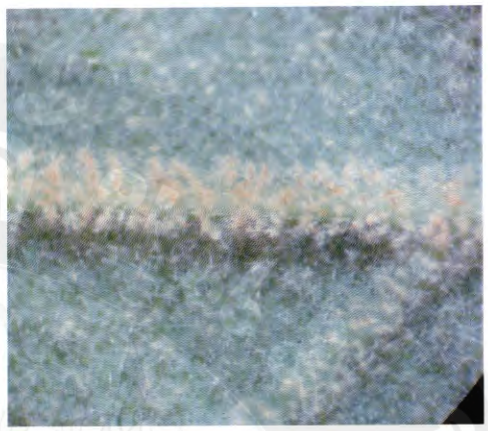
ภาพ 3 สนฉัตร กำลังขยาย 1x

ภาพ 4 สนฉัตร กำลังขยาย 3x

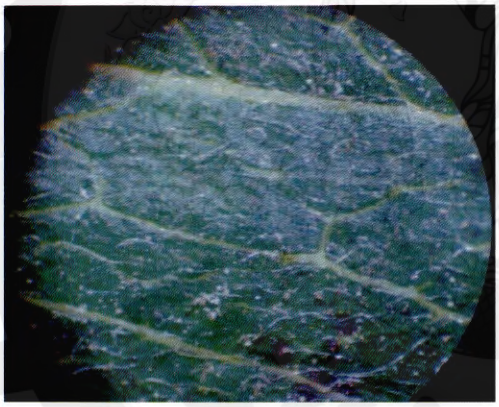
2. มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังใบและท้องใบ



ภาพ 5 หลังใบต้นเหลืองอินเดีย กำลังขยาย 2x

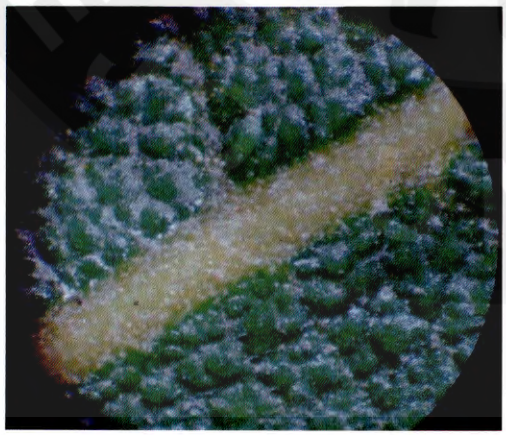


ภาพ 6 ท้องใบต้นเหลืองอินเดีย กำลังขยาย 3x

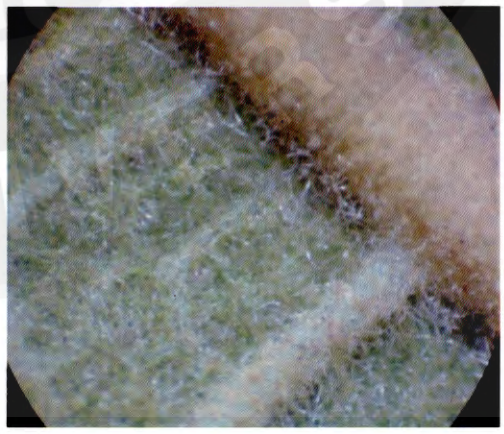


ภาพ 7 หลังใบ Silver oak กำลังขยาย 3x

ภาพ 8 ท้องใบ Silver oak กำลังขยาย 4.5x



ภาพ 9 หลังใบสัก กำลังขยาย 4.5x

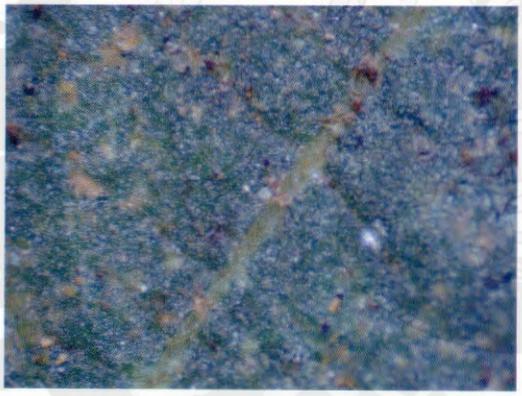


ภาพ 10 ท้องใบสัก กำลังขยาย 4.5x

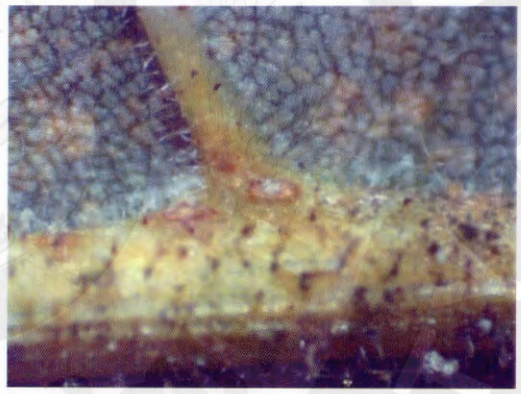
3. มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังหรือท้องใบและมีขนปกคลุมบางบริเวณของหลังหรือท้องใบ

ภาพ 11 หลังใบจำปา กำลังขยาย 3x

ภาพ 12 ท้องใบจำปา กำลังขยาย 1x

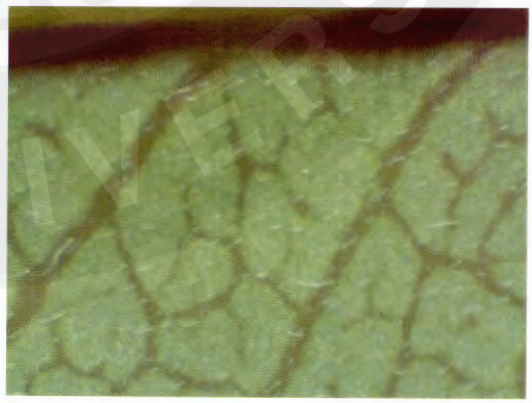


ภาพ 13 หลังใบปอบ้าน กำลังขยาย 3.5x



ภาพ 14 ท้องใบปอบ้าน กำลังขยาย 3x

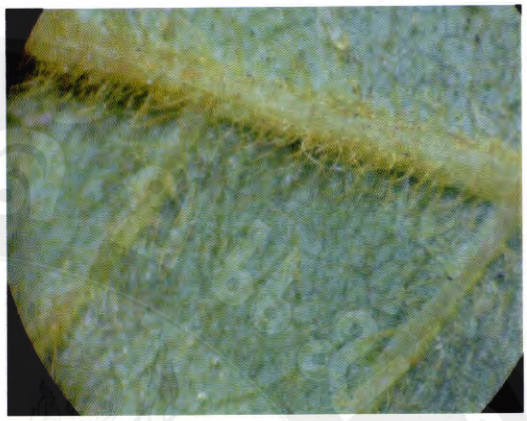
ภาพ 15 หลังใบราชพฤกษ์ กำลังขยาย 1x



ภาพ 16 ท้องใบราชพฤกษ์ กำลังขยาย 1x

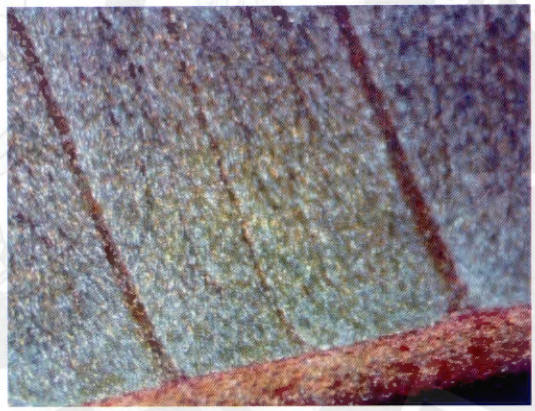
4. มีขนปกคลุมทั่วทั้งหลังหรือท้องใบ

ภาพ 17 หลังใบจามจุรี กำลังขยาย 1x



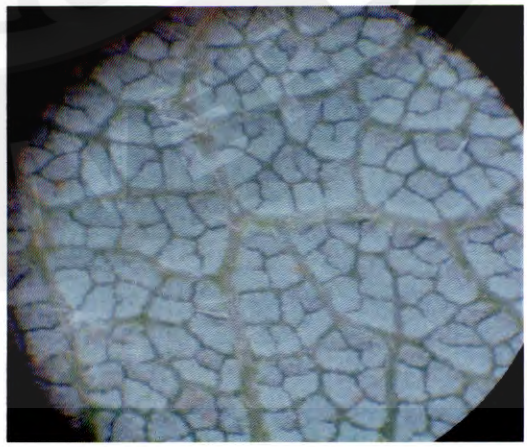
ภาพ 18 ท้องใบจามจุรี กำลังขยาย 1.5x

ภาพ 19 หลังใบสตาร์แอปเปิ้ล กำลังขยาย 1x



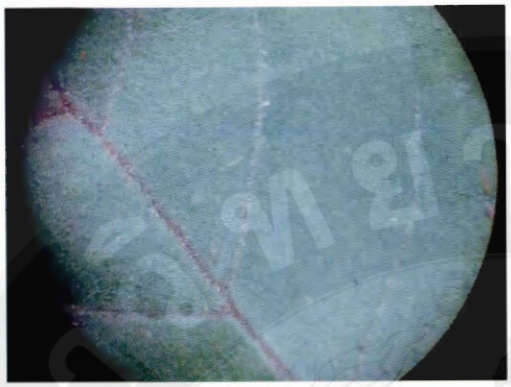
ภาพ 20 ท้องใบสตาร์แอปเปิ้ล กำลังขยาย 1x

ภาพ 21 หลังใบทองกวาว กำลังขยาย 1x



ภาพ 22 ท้องใบทองกวาว กำลังขยาย 1.5x

5. ผิวใบหยาบมีขนปกคลุมบางบริเวณ

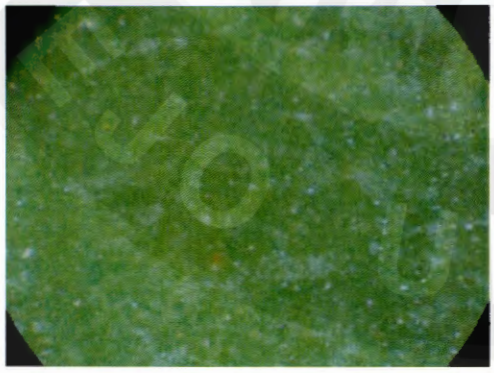


ภาพ 23 หลังใบกาสะลอง กำลังขยาย 1x

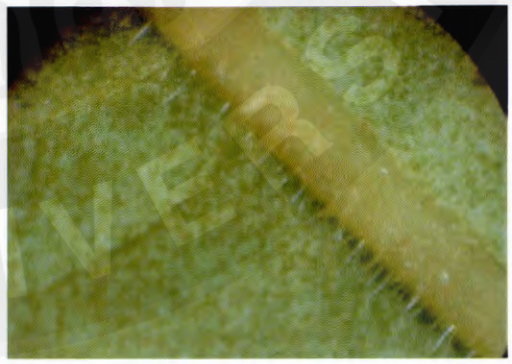
ภาพ 24 ท้องใบกาสะลอง กำลังขยาย 4.5x

ภาพ 25 หลังใบแคแสด กำลังขยาย 1x

ภาพ 26 ท้องใบแคแสด กำลังขยาย 3.5x



ภาพ 27 หลังใบกระท้อน กำลังขยาย 1x

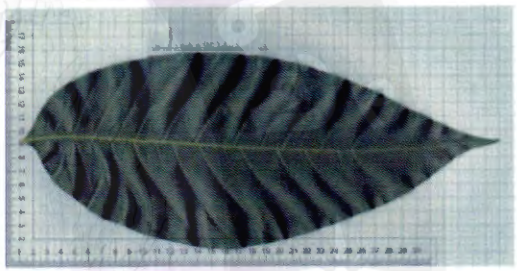
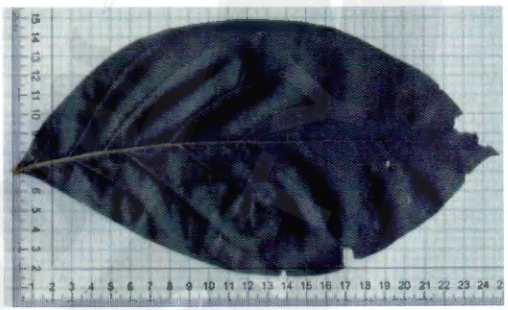


ภาพ 28 ท้องใบกระท้อน กำลังขยาย 1.5x

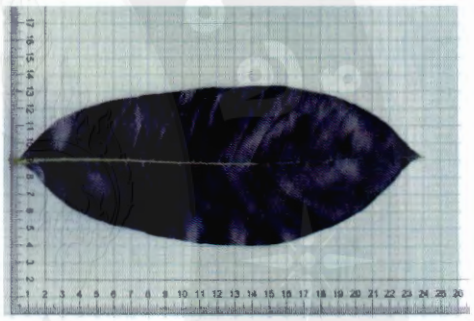
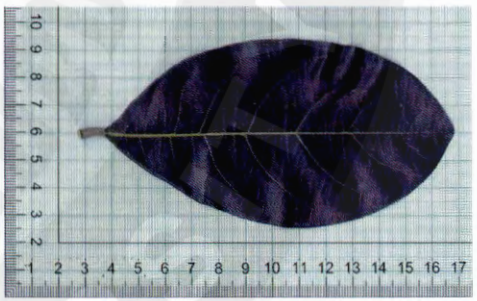
พื้นที่ใบเฉลี่ย

ในการศึกษาพื้นที่ใบเฉลี่ย ผลการวิจัยได้จากการเก็บตัวอย่างพืชพรรณจำนวน 80 ชนิด ชนิดละ 10 ใบ มาทำการตรวจวัดโดยเครื่องวัดพื้นที่ใบ (Leaf area meter) ดังแสดงในตาราง 17 โดยชนิดพืชที่มีพื้นที่ใบต่อหนึ่งใบมากที่สุดคือ สัก โดยมีขนาด 536.75 ตร.ซม.

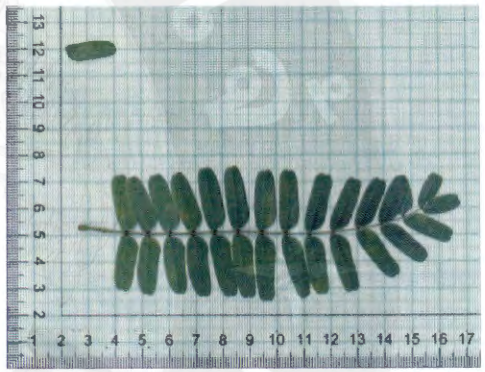
ตาราง 17 ผลการหาขนาดพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อ 1 ใบ

ขนาดพื้นที่ใบ (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ใบ)	คะแนน	ชนิดพรรณไม้	ตัวอย่างพรรณไม้
พื้นที่ใบมากกว่า 100 ตร.ซม.	5	กระท้อน คำมอก จำปี ชมพู่ ชมพู่ม่าเหมี่ยว ทองกวาว ปอบ้าน พลับ โพธิ์ ยางนา ยางอินเดีย ลีลาวดี ส้มสุก สัก ส้านใหญ่ เสลา แสงจันทร์ หูกวาง อินทนิลน้ำ	
พื้นที่ใบตั้งแต่ 76 - 100 ตร.ซม.	4	ชงโค มะฮอกกานีใบใหญ่ สารภี สาละลังกา อะโวคาโด อินทนิลบก	

ตาราง 17 (ต่อ)

ขนาดพื้นที่ใบ (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ใบ)	คะแนน	ชนิดพรรณไม้	ตัวอย่างพรรณไม้
พื้นที่ใบตั้งแต่ 51 - 75 ตร.ซม.	3	กระถินเทพา กระทิง ชมพูพันธ์ทิพย์ ตะแบก สตาร์แอปเปิ้ล หนวดปลาหมึกยักษ์	
พื้นที่ใบตั้งแต่ 26 - 50 ตร.ซม.	2	กาสะลองคำ ขนุน แคนา จัน จำปา ตะคร้อ ไทร เลียบ ไทรอังกฤษ บุหงาสาหรี่ ประดู่ป่า ประดู่บ้าน พญาสัตบรรณ เพกา มะปราง มะม่วง ราชพฤกษ์ ลำไย ลิ้นจี่ สะเดา อโศกอินเดีย	

ตาราง 17 (ต่อ)

ขนาดพื้นที่ใบ (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ใบ)	คะแนน	ชนิดพรรณไม้	ตัวอย่างพรรณไม้
พื้นที่ใบน้อยกว่า 50 ตร.ซม.	1	Siver oak กัลปพฤกษ์ กานพลู การบูร กาสะลองข่อย ขี้เหล็ก ขี้เหล็กอเมริกัน แคแสด จามจุรี ไทรนนทรี พิกุลมะกอก มะเกี๋ยง มะขาม มะขามเทศ มะขามป้อม มะเฟือง มะยม มะรุม ยูคาลิปตัส ลำดวน สนฉัตร สนประดิพัทธิ์ หางนกยูงฝรั่ง เหลืองเชียงราย เหลืองปรีดียาธร เหลืองอินเดีย	

ความหนาแน่นของทรงพุ่ม

เนื่องจากความหนาแน่นของทรงพุ่มมีอิทธิพลต่อความสามารถในการดูดซับมลพิษคือทรงพุ่มทึบมีความหนาแน่นของพุ่มใบมากจึงสามารถกรองฝุ่นได้มาก ดังนั้นการจำแนกกลุ่มพืชพรรณเพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นของทรงพุ่มจึงจำแนกได้เป็น 3 กลุ่มคือ ทรงพุ่มทึบ ทรงพุ่มปานกลาง และทรงพุ่มโปร่ง เอื้อมพร และคณะ (2551)

ตาราง 18 ความหนาแน่นของทรงพุ่ม

ความหนาแน่นของทรงพุ่ม	คะแนน	ชนิดพรรณไม้
ทึบ	3	กระท้อน กระทิง การบูร ขนุน ข่อย ขี้เหล็ก จัน ชมพู่ช มพู่ม่าเหมี่ยว ทองกวาว ไทร นนทรี พิกุล มะขาม มะม่วง มะยม ยางอินเดีย ลำไย ลิ้นจี่ สตาร์แอปเปิ้ล ส้านใหญ่ สารภี อโศกอินเดีย
ปานกลาง	2	กานพลู กาสะลอง กาสะลองคำ ขี้เหล็ก อเมริกัน คำมอก แคนา แคแสด จามจุรี จำปี จำปา ชงโค ชมพูพันธ์ทิพย์ ตะคร้อ ตะแบก ประดู่บ้าน พญาสัตบรรณ พลับโพธิ์ มะกอก มะเกี๋ยง มะปราง มะเฟือง มะฮอกกานีใบใหญ่ ยางนา ยูคาลิปตัส ราชพฤกษ์ ลำดวนลีลาวดี ส้มสุก สะเดา สักสาละลังกา เสลา แสงจันทร์ หางนกยูงฝรั่งเหลืองเชียงราย เหลืองปรีดียาธร เหลืองอินเดีย อะโวคาโด อินทนิลบก อินทนิลน้ำ
โปร่ง	1	Siver oak กระถินเทพา กัลปพฤกษ์ บุหงาสาหรี่ ประดู่ป่า ปอบ้านเพกา มะขามเทศ มะขามป้อม มะรุม สนฉัตร สนประดิพัทธิ์ หนวดปลาหมึกยักษ์ หูกวาง

ตัวอย่างความหนาแน่นของทรงพุ่ม

ภาพ 29 ทรงพุ่มทึบ

ภาพ 30 ทรงพุ่มปานกลาง

ภาพ 31 ทรงพุ่มโปร่ง

การผลัดใบ

เนื่องจากการผลัดใบมีอิทธิพลต่อความสามารถในการดูดซับมลพิษ โดยไม้ไม่ผลัดใบจะมีประสิทธิภาพในการขจัดมลพิษต่างๆ ได้ดีกว่าไม้ผลัดใบ เอื้อมพร และคณะ (2551)

ตาราง 19 การผลัดใบ

การผลัดใบ	คะแนน	พรรณไม้
ไม่ผลัดใบ	3	Siver oak กระถินเทพา กระท้อน กระทิง กานพลู การบูร ขนุน ข่อย ขี้เหล็ก ขี้เหล็กอเมริกัน แคแสด จำปา จำปี ชงโค ชมพู่ ชมพู่ม่าเหมี่ยว นนทรี พญาสัตบรรณ พลับพิกุล มะเกี๋ยง มะขามมะม่วง มะฮอกกานีใบใหญ่ ยาง อินเดีย ยูคาลิปตัส ลำดวน ลำไย ลิ้นจี่สตาร์แอปเปิ้ล สนฉัตร สนประดิพัทธิ์ ส้มสุก สารภี สาละลังกา แสงจันทร์ หนวดปลาหมึกยักษ์ อโศกอินเดีย อะโวคาโด
ผลัดใบตามฤดูกาล (3 เดือน)	2	กัลปพฤกษ์กาสะลองกาสะลองคำคำมอก แคนาจันจามจุรี ชมพูพันธ์ทิพย์ ตะคร้อตะแบกทองกวาวไทรเลียบไทรอังกฤษ บุหงาสาหรี่ ประดู่ป่า ประดู่บ้าน ปอบ้าน เพกา มะกอก มะขามเทศ มะขามป้อม มะยม มะรุม ราชพฤกษ์ ลีลาวดี สะเดา ส้านใหญ่ เสลา หางนกยูงฝรั่ง หูกวาง เหลืองเชียงราย เหลืองปรีดียาธร เหลืองอินเดีย อินทนิลบก อินทนิลน้ำ
ผลัดใบมากกว่า 3 เดือน	1	ไทร โพธิ์ มะปราง มะเฟือง สัก

ผลการวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพในการขจัดมลพิษ

ประสิทธิภาพในการขจัดมลพิษ

1. ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10)

จากการรวมคะแนนคุณลักษณะของพืชแต่ละชนิดตามเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพในการลดปริมาณ PM10 โดยประเมินจากลักษณะผิวใบ พื้นที่ใบ ความหนาแน่นของทรงพุ่ม และการผลัดใบ พบว่าพรรณไม้ที่มีประสิทธิภาพในการขจัดฝุ่นละอองมากที่สุดคือ พืชในกลุ่มสน ดังตาราง

ตาราง 20 การประเมินประสิทธิภาพในการลดปริมาณ PM10

ชื่อสามัญ	5	4	3	2	1
Siver oak		/			
กระถินเทพา				/	
กระท้อน				/	
กระทิง			/		
กัลปพฤกษ์			/		
กานพลู			/		
การบูร			/		
กาสะลอง			/		
กาสะลองคำ				/	
ขนุน			/		
ข่อย			/		
ขี้เหล็ก		/			
ขี้เหล็กอเมริกัน		/			
คำมอก				/	
แคนา				/	
แคแสด			/		
จัน			/		
จามจุรี			/		
จำปา		/			

ตาราง 20 (ต่อ)

ชื่อสามัญ	5	4	3	2	1
จำปี			/		
ชงโค			/		
ชมพู่				/	
ชมพูพันธ์ทิพย์			/		
ชมพู่ม่าเหมี่ยว				/	
ตะคร้อ			/		
ตะแบก				/	
ทองกวาว			/		
ไทร			/		
ไทรเลียบ				/	
ไทรอังกฤษ				/	
นนทรี		/			
บุหงาสาหรี่			/		
ประดู่ป่า			/		
ประดู่บ้าน				/	
ปอบ้าน				/	
พญาสัตบรรณ			/		
พลับ				/	
พิกุล			/		
เพกา			/		
โพธิ์				/	
มะกอก			/		
มะเกี๋ยง			/		
มะขาม			/		
มะขามเทศ		/			
มะขามป้อม				/	
มะปราง				/	
มะเฟือง			/		
มะม่วง			/		
มะยม			/		

ตาราง 20 (ต่อ)

ชื่อสามัญ	5	4	3	2	1
มะรุม			/		
มะฮอกกานีใบใหญ่				/	
ยางนา				/	
ยางอินเดีย				/	
ยูคาลิปตัส			/		
ราชพฤกษ์			/		
ลำดวน				/	
ลำไย			/		
ลิ้นจี่			/		
ลีลาวดี				/	
สตาร์แอปเปิ้ล			/		
สนฉัตร	/				
สนประดิพัทธิ์	/				
ส้มสุก				/	
สะเดา			/		
สัก			/		
ส้านใหญ่			/		
สารภี				/	
สาละลังกา				/	
เสลา				/	
แสงจันทร์				/	
หนวดปลาหมึกยักษ์				/	
หางนกยูงฝรั่ง		/			
หูกวาง				/	
เหลืองเชียงราย		/			
เหลืองปรีดียาธร			/		
เหลืองอินเดีย		/			
อโศกอินเดีย				/	
อะโวคาโด			/		

ตาราง 20 (ต่อ)

ชื่อสามัญ	5	4	3	2	1
อินทนิลบก				/	
อินทนิลน้ำ				/	

หมายเหตุ 5 = ประสิทธิภาพในการลดปริมาณ PM10 ในช่วงคะแนน 14 – 16 คะแนน
4 = ประสิทธิภาพในการลดปริมาณ PM10 ในช่วงคะแนน 10 – 13 คะแนน
3 = ประสิทธิภาพในการลดปริมาณ PM10 ในช่วงคะแนน 9 – 6 คะแนน
2 = ประสิทธิภาพในการลดปริมาณ PM10 ในช่วงคะแนน 5 – 3 คะแนน
1 = ประสิทธิภาพในการลดปริมาณ PM10 ในช่วงคะแนน 0 – 2 คะแนน

จากการศึกษาคุณลักษณะของพืชพรรณที่เหมาะสมกับการดูดซับฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ตามแนวทางของ Beckett et al. (1998; 2000c; Mcdonald et al., 2007) พบว่า พรรณไม้ที่มีประสิทธิภาพในการขจัดฝุ่นละอองมากที่สุดคือ พืชในกลุ่มสน ได้แก่ สนประดิพัทธิ์ และ สนฉัตร ซึ่งเป็นไม้ไม่ผลัดใบ มีผิวใบเรียวแคบและเป็นเกล็ดจึงสามารถกักเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กได้ดี รองลงมาคือ กลุ่มพืชที่ผิวใบหยาบและมีขน มีใบขนาดเล็กจำนวนมากต่อหนึ่งก้าน และเป็นไม้ไม่ผลัดใบ ได้แก่ ขี้เหล็กอเมริกัน นนทรี หางนกยูงฝรั่ง เหลืองเชียงราย และ เหลืองอินเตีย เป็นต้น พรรณไม้ที่มีคุณสมบัติในการขจัดฝุ่นละอองน้อยที่สุดคือ กลุ่มพืชที่ผิวใบมีลักษณะหยาบ เป็นไม้ผลัดใบ มีใบขนาดใหญ่แต่จำนวนใบต่อก้านน้อย และมีพื้นที่ใบน้อย ได้แก่ ชมพูพันธ์ทิพย์ ทองกวาว โพธิ์ มะฮอกกานีใบใหญ่ และ หูกวาง เป็นต้น

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลการศึกษาประสิทธิภาพในการขจัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) จะเห็นได้ว่าพืชในกลุ่มสนสามารถดัดจับฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากโครงสร้างของใบสนมีความละเอียดและซับซ้อนกว่าพืชผลัดใบ (Beckett et al., 2000b)

คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ในการศึกษาประสิทธิภาพของการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์โดยการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (ลำต้น กิ่ง ใบ) และการกักเก็บคาร์บอนในมวล

ชีวภาพใต้ดิน (ราก) จากการใช้สมการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพพบว่า พรรณไม้ที่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพต่อต้นมากที่สุดคือ โพธิ์ โดยมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอน 4,698.09 กิโลกรัม ดังตาราง 21

ตาราง 21 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

ลำดับที่	ชื่อต้นไม้	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด(กิโลกรัม)					
		W_S	W_B	W_L	W_R	W_T	รวม (ตัน)
1	โพธิ์	3,103.53	1,175.18	28.34	391.04	4,698.09	4.70
2	จามจุรี	722.80	245.54	10.52	112.78	1,091.63	1.09
3	ตะคร้อ	183.22	54.96	13.14	109.17	843.67	0.84
4	สารภี	496.48	158.59	8.99	86.43	750.50	0.75
5	สะเดา	483.05	156.42	8.39	82.21	730.06	0.73
6	มะเกี๋ยง	422.96	135.42	7.68	73.51	639.56	0.64
7	ยางอินเดีย	392.63	123.58	7.58	70.37	594.16	0.59
8	สัก	388.74	124.73	7.00	67.30	587.77	0.59
9	สนประดิพรรดิ์	361.34	90.60	13.63	93.23	558.80	0.56
10	ยูคาลิปตัส	305.54	95.02	6.24	56.13	462.92	0.46
11	หนวดปลาหมึกยักษ์	275.98	88.75	4.86	47.42	417.00	0.42
12	ทองกวาว	269.62	84.35	5.46	49.17	408.60	0.41
13	ไทรอังกฤษ	249.65	76.37	5.45	47.31	378.78	0.38
14	ปอบ้าน	230.74	70.23	5.15	44.17	350.29	0.35
15	ประดู่บ้าน	224.19	73.00	3.74	37.59	338.51	0.34
16	ขี้เหล็ก	216.59	67.10	4.59	40.29	328.56	0.33
17	หูกวาง	215.95	66.91	4.58	40.19	327.64	0.33
18	ลิ้นจี่	202.00	60.97	4.67	39.31	306.95	0.31
19	คำมอก	197.65	59.57	4.60	38.57	300.39	0.30
20	แคนา	193.50	58.34	4.51	37.76	294.11	0.29
21	ส้านใหญ่	185.95	57.38	4.00	34.83	282.16	0.28
22	พญาสัตบรรณ	167.21	51.22	3.75	31.87	254.06	0.25
23	สาละลังกา	165.10	50.69	3.71	31.43	250.92	0.25
24	ไทร	161.47	49.84	3.54	30.39	245.24	0.25

ตาราง 21 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อต้นไม้	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด(กิโลกรัม)					
		W_S	W_B	W_L	W_R	W_T	รวม (ต้น)
24	ไทร	**161.47**	**49.84**	**3.54**	30.39		
25	มะขามเทศ	160.67	48.51	3.78	31.39	244.36	0.24
26	นนทรี	158.77	47.40	3.87	31.61	241.65	0.24
27	กระถินเทพา	153.75	45.83	3.78	30.71	234.07	0.23
28	มะฮอกกานีใบใหญ่	150.94	45.84	3.50	29.23	229.52	0.23
29	ประดู่ป่า	148.76	44.84	3.54	29.20	226.35	0.23
30	มะปราง	141.60	42.97	3.27	27.40	215.25	0.22
31	หางนกยูงฝรั่ง	136.14	40.74	3.34	27.11	207.33	0.21
32	บุหงาสาหรี่	131.98	38.78	3.43	27.08	201.26	0.20
33	ลำไย	125.54	36.88	3.27	25.79	191.49	0.19
34	จัน	120.18	35.11	3.20	24.94	183.43	0.18
35	พิกุล	118.08	37.53	2.59	21.74	179.94	0.18
36	มะขาม	115.11	33.98	2.98	23.50	175.57	0.18
37	ชมพูพันทิพย์	113.79	33.82	2.89	22.99	173.49	0.17
38	กัลปพฤกษ์	111.23	32.67	2.93	22.92	169.75	0.17
39	เสลา	109.70	30.72	3.53	24.78	168.74	0.17
40	กระทิง	109.88	32.70	2.77	22.12	167.48	0.17
41	ลีลาวดี	108.89	31.73	2.94	22.73	166.29	0.17
42	อโศกอินเดีย	108.02	31.80	2.84	22.21	164.88	0.16
43	กาสะลอง	104.84	31.26	2.65	21.09	159.84	0.16
44	ไทรเลียบ	101.53	29.36	2.83	21.50	155.21	0.16
45	กาสะลองคำ	99.99	29.31	2.68	20.72	152.71	0.15
46	ยางนา	96.42	28.42	2.53	19.77	147.13	0.15
47	จำปา	95.43	28.19	2.50	19.53	145.66	0.15
48	กระท้อน	93.44	27.15	2.58	19.66	142.83	0.14
49	ชมพู่	30.45	24.46	3.53	22.47	141.77	0.14
50	ข่อย	92.69	27.42	2.46	19.01	141.58	0.14
51	ชมพู่ม่าเหมี่ยว	91.84	26.96	2.45	18.97	140.21	0.14
52	มะม่วง	91.13	26.83	2.43	18.79	139.18	0.14

ตาราง 21 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อต้นไม้	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด(กิโลกรัม)					
		W_S	W_B	W_L	W_R	W_T	รวม (ตัน)
53	เหลืองอินเดีย	89.12	25.55	2.57	19.19	136.44	0.14
54	แคแสด	87.34	25.61	2.36	18.14	133.44	0.13
55	ราชพฤกษ์	87.02	25.51	2.36	18.09	132.98	0.13
56	ส้มสุก	84.59	24.30	2.44	18.17	129.51	0.13
57	กานพลู	79.52	23.22	2.18	16.62	121.54	0.12
58	มะกอก	75.37	21.37	2.28	16.58	115.60	0.12
59	ขนุน	74.85	21.49	2.18	16.13	114.65	0.11
60	มะรุม	74.21	21.36	2.14	15.92	113.64	0.11
61	สคาร์แอปเปิล	73.21	21.00	2.15	15.82	112.18	0.11
62	ชงโค	72.23	20.69	2.15	15.67	110.74	0.11
63	แสงจันทร์	71.36	20.17	2.19	15.80	109.52	0.11
64	อินทนิลน้ำ	58.40	16.55	1.81	12.94	89.69	0.09
65	จำปี	55.94	15.95	1.69	12.25	85.83	0.09
66	ตะแบก	54.71	15.52	1.71	12.13	84.07	0.08
67	อินทนิลบก	54.05	15.37	1.67	11.93	83.03	0.08
68	ลำดวน	45.23	12.42	1.57	10.60	69.83	0.07
69	มะขามป้อม	45.35	12.86	1.40	10.01	69.62	0.07
70	การบูร	42.29	11.58	1.49	9.97	65.33	0.07
71	เพกา	42.03	11.56	1.47	9.85	64.91	0.06
72	ขี้เหล็กอเมริกัน	36.49	9.93	1.33	8.72	56.47	0.06
73	มะเฟือง	35.72	9.66	1.32	8.62	55.32	0.06
74	มะขม	34.68	9.41	1.27	8.33	53.69	0.05
75	เหลืองปรีดียาธร	16.50	4.27	0.75	4.35	25.87	0.03
76	เหลืองเชียงราย	13.85	3.58	0.63	3.67	21.73	0.02
77	พลับ	13.14	3.34	0.64	3.59	20.71	0.02
78	Siver oak	10.79	2.71	0.55	3.02	17.07	0.02

ตาราง 21 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อต้นไม้	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด(กิโลกรัม)					
		W_S	W_B	W_L	W_R	W_T	รวม (ตัน)
79	อโวคาโด	7.26	1.78	0.41	2.13	11.58	0.01
80	สนฉัตร	4.66	0.38	0.18	1.73	6.95	0.01

หมายเหตุ การกักเก็บคาร์บอน มากกว่า 1.09 ตัน = 5 คะแนน
การกักเก็บคาร์บอน 0.82 – 1.09 ตัน = 4 คะแนน
การกักเก็บคาร์บอน 0.55 – 0.81 ตัน = 3 คะแนน
การกักเก็บคาร์บอน 0.27 – 0.54 ตัน = 2 คะแนน
การกักเก็บคาร์บอน 0 – 0.27 ตัน = 1 คะแนน

จากการใช้สมการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเฉลี่ยต่อต้นพบว่าพรรณไม้ที่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดคือ โพธิ์ โดยมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ 4,698.09 กิโลกรัม รองลงมาคือ จามจุรีและ ตะคร้อ ซึ่งมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ 1,091.63 และ 843.67 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนพรรณไม้ที่มีปริมาณการการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพน้อยที่สุดโดยมีค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ 6.95 กิโลกรัม คือ สนฉัตร ทั้งนี้การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ส่วนใหญ่มากจาก ลำต้น กิ่งและใบ ตามลำดับ จากการศึกษายังพบว่าพรรณไม้ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษามีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเท่ากับ 399,467.70 กิโลกรัม คิดเป็น 399.46 ตัน

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการกักเก็บคาร์บอนขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของต้นไม้ที่ปลูก ปัจจัยทางพันธุกรรม และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต และอายุของต้นไม้ชนิดนั้นๆ (เสริมพงษ์, 2545) เช่น โพธิ์ มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุด เนื่องจากมีขนาดลำต้นใหญ่ มีกิ่งก้านและใบมาก แต่มีจำนวนเพียง 4 ต้น จึงสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ทั้งหมด 18.79 ตัน ในขณะที่พิกุลมีการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยต่อต้นจำนวนต้น 0.18 ตันต่อต้น แต่มีจำนวนต้น 211 ต้น ทำให้กักเก็บคาร์บอนได้ 37.97 ตัน และจากตาราง 22 พบว่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพบริเวณโรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าโรงเรียนหอพระที่มีปริมาณต้นไม้มากกว่า

ดังนั้นการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพจะแปรผันตาม ชนิด การเจริญเติบโต จำนวนของต้นไม้ อายุ และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ

ตาราง 22 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพในแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	จำนวนต้นไม้	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ(ตัน)
คูเมือง	1,451	254.82
โรงเรียนยุพราช	130	39.85
โรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่	44	29.80
โรงเรียนหอพระ	116	21.52
วัดเจดีย์หลวง	79	21.01
วัดพระสิงห์	73	18.40
วัดพันแหวน	36	5.03
ที่ว่าการอำเภอเมือง	49	2.84
วัดหมื่นเงินกอง	20	2.61
หอศิลปวัฒนธรรมเชียงใหม่	22	2.00
วัดเมธัง	12	1.60

ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และ โอโซน (O_3)

จากการรวมคะแนนคุณลักษณะของพืชแต่ละชนิดตามเกณฑ์ประเมินประสิทธิภาพในการลดปริมาณ NO_x และ O_3 โดยประเมินจากลักษณะผิวใบ พื้นที่ใบ ความหนาแน่นของทรงพุ่ม และการผลัดใบ พบว่าพรรณไม้ที่มีความสามารถในการดูดซับออกไซด์ของไนโตรเจนและโอโซนได้มากที่สุด คือ กลุ่มพืชที่มีลักษณะผิวใบเรียบมัน มีพื้นที่ผิวใบมาก และเป็นไม้ไม่ผลัดใบดังตาราง 23

ตาราง 23 การประเมินประสิทธิภาพในการลดปริมาณ NO_x และ O_3

ชื่อสามัญ	5	4	3	2	1
Siver oak				/	
กระถินเทพา		/			
กระท้อน	/				
กระทิง	/				
กัลปพฤกษ์				/	
กานพลู		/			
การบูร		/			
กาสะลอง			/		
กาสะลองคำ		/			
ขนุน	/				
ข่อย		/			
ขี้เหล็ก			/		
ขี้เหล็กอเมริกัน				/	
คำมอก		/			
แคนา		/			
แคแสด		/			
จัน		/			
จามจุรี			/		
จำปา			/		
จำปี		/			
ชงโค		/			
ชมพู่	/				
ชมพูพันธ์ทิพย์		/			
ชมพู่ม่าเหมี่ยว	/				
ตะคร้อ		/			

ตาราง 23 (ต่อ)

ชื่อสามัญ	5	4	3	2	1
ตะแบก	/				
ทองกวาว		/			
ไทร		/			
ไทรเลียบ		/			
ไทรอังกฤษ		/			
นนทรี		/			
บุหงาสาหรี่			/		
ประดู่ป่า			/		
ประดู่บ้าน		/			
ปอบ้าน			/		
พญาสัตบรรณ		/			
พลับ	/				
พิกุล		/			
เพกา			/		
โพธิ์	/				
มะกอก		/			
มะเกี๋ยง			/		
มะขาม		/			
มะขามเทศ				/	
มะขามป้อม		/			
มะปราง		/			
มะเฟือง			/		
มะม่วง	/				
มะยม		/			
มะรุม		/			
มะฮอกกานีใบใหญ่	/				

ตาราง 23 (ต่อ)

ชื่อสามัญ	5	4	3	2	1
ยางนา		/			
ยางอินเดีย	/				
ยูคาลิปตัส		/			
ราชพฤกษ์			/		
ลำควน			/		
ลำไย	/				
ลิ้นจี่	/				
ลีลาวดี		/			
สตาร์แอปเปิ้ล		/			
สนฉัตร				/	
สนประดิพัทธิ์				/	
ส้มสุก	/				
สะเดา		/			
สัก			/		
ส้านใหญ่		/			
สารภี	/				
สาละลังกา	/				
เสลา	/				
แสงจันทร์	/				
หนวดปลาหมึกยักษ์		/			
หางนกยูงฝรั่ง			/		
หูกวาง		/			
เหลืองเชียงราย				/	
เหลืองปรีดียาธร		/			
เหลืองอินเดีย				/	
อโศกอินเดีย	/				

ตาราง 23 (ต่อ)

ชื่อสามัญ	5	4	3	2	1
อะโวคาโด	/				
อินทนิลบก	/				
อินทนิลน้ำ	/				

จากการศึกษาคุณลักษณะของพืชพรรณที่เหมาะสมกับการดูดซับออกไซด์ของไนโตรเจนและโอโซน ตามแนวทางของ (Misa et al., 2005; Morikawa et al., 1998) พบว่า พรรณไม้ที่มีความสามารถในการดูดซับออกไซด์ของไนโตรเจนและโอโซนได้มากที่สุด คือ กลุ่มพืชที่มีลักษณะผิวใบเรียบมัน มีพื้นที่ผิวใบมาก และเป็นไม้ไม่ผลัดใบ ได้แก่ ขนุน พญาสัตบรรณ มะม่วง ยางอินเดีย สารภี และ สาละลังกา เป็นต้น ส่วนพรรณไม้ที่มีความสามารถในการดูดซับออกไซด์ของไนโตรเจนและโอโซนได้น้อยที่สุด คือ กลุ่มพืชที่มีผิวใบหยาบหรือมีขน เป็นไม้ผลัดใบ และมีพื้นที่ผิวใบน้อย ได้แก่ กัลปพฤกษ์ กาสะลองคำ มะขามเทศ silver oak และ นนทรี เป็นต้น

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติในการดูดซับมลพิษทั้ง 4 ประเภท พบว่า โพธิ์ มีความสามารถในการดูดซับมลพิษทั้ง 3 ชนิดมากที่สุด รองลงมาคือ จามจุรี สนประดิพัทธิ์ และสารภี ส่วนพืชที่มีความสามารถในการขจัดมลพิษน้อยที่สุดคือ กาสะลองคำ ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการขจัดมลพิษของพืชแต่ละชนิดนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของมลพิษในอากาศ ดังตารางที่ 23 ลักษณะรูปร่างของใบ ความแตกต่างของโครงสร้างใบ จำนวนใบและความหนาแน่นของพุ่มใบ โดยพืชที่มีใบกว้างและบางมักจะมีจำนวนปากใบมากเมื่อเทียบต่อหน่วยพื้นที่ใบ ซึ่งพืชประเภทนี้จะสามารถดูดซึมและดักกรองมลพิษทางอากาศได้ดี รวมถึงการผลัดใบหรือไม่ผลัดใบล้วนส่งผลให้พืชแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการขจัดมลพิษแตกต่างกัน (Beckett et al., 2000a)

ตาราง 24 ค่าคะแนนการประเมินประสิทธิภาพในการดูดซับฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) และมลพิษในสถานะก๊าซ (ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) โอโซน (O_3)) และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ ของพรรณไม้ชนิดต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา

ลำดับที่	ชนิดพืช	การขจัดมลพิษ			รวม
		PM10	CO_2	NO_x, Ozone	
1	Siver oak	4	1	2	7
2	กระถินเทพา	2	1	4	7
3	กระท้อน	2	1	5	8
4	กระทิง	3	1	5	9
5	กัลปพฤกษ์	3	1	2	6
6	กานพลู	3	1	4	8
7	การบูร	3	1	4	8
8	กาสะลอง	3	1	3	7
9	กาสะลองคำ	2	1	2	5
10	ขนุน	2	1	5	8
11	ข่อย	3	1	4	8
12	ขี้เหล็ก	4	2	3	9
13	ขี้เหล็กอเมริกัน	4	1	2	7
14	คำมอก	2	2	4	8
15	แคนา	2	2	4	8
16	แคแสด	4	1	3	8
17	จัน	3	1	4	8
18	จามจุรี	4	4	3	11
19	จำปา	3	1	3	7
20	จำปี	3	1	4	8
21	ชงโค	3	1	5	9
22	ชมพู่	2	1	5	8

ตาราง 24 (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิดพืช	การขจัดมลพิษ			รวม
		PM10	CO_2	NO_x, Ozone	
23	ชมพูพันธ์ทิพย์	2	1	3	6
24	ชมพู่ม่าเหมี่ยว	2	1	5	8
25	ตะคร้อ	3	4	4	11
26	ตะแบก	3	1	3	7
27	ทองกวาว	2	2	4	8
28	ไทร	3	1	4	8
29	ไทรเลียบ	2	1	4	7
30	ไทรอังกฤษ	2	2	4	8
31	นนทรี	4	1	2	7
32	บุหงาสาหรี่	3	1	3	7
33	ประดู่บ้าน	3	2	4	9
34	ประดู่เหลือง	2	2	4	8
35	ปอบ้าน	2	2	3	7
36	พญาสัตบรรณ	2	1	5	8
37	พลับ	2	1	5	8
38	พิกุล	3	1	4	8
39	เพกา	3	1	3	7
40	โพธิ์	2	5	5	12
41	มะกอก	3	1	4	8
42	มะเกี๋ยง	3	3	3	9
43	มะขาม	3	1	4	8
44	มะขามเทศ	4	1	2	7
45	มะขามป้อม	2	1	4	7
46	มะปราง	2	1	4	7
47	มะเฟือง	2	1	3	6

ตาราง 24 (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิดพืช	การขจัดมลพิษ			รวม
		PM10	CO_2	NO_x, Ozone	
48	มะม่วง	3	1	5	9
49	มะยม	3	1	4	8
50	มะรุม	3	1	4	8
51	มะฮอกกานีใบใหญ่	2	1	5	8
52	ยางนา	2	1	4	7
53	ยางอินเดีย	2	3	5	10
54	ยูคาลิปตัส	3	2	4	9
55	ราชพฤกษ์	3	1	3	7
56	ลำดวน	2	1	3	6
57	ลำไย	3	1	5	9
58	ลิ้นจี่	2	2	5	9
59	ลีลาวดี	2	1	4	7
60	สตาร์แอปเปิ้ล	4	1	3	8
61	สนฉัตร	5	1	3	9
62	สนประดิพัทธิ์	5	3	2	10
63	ส้มสุก	2	1	5	8
64	สะเดา	3	3	4	10
65	สัก	2	3	3	8
66	ส้านใหญ่	3	2	4	9
67	สารภี	2	3	5	10
68	สาละลังกา	2	1	5	8
69	เสลา	4	1	3	8
70	แสงจันทร์	2	1	5	8
71	หนวดปลาหมึกยักษ์	2	2	4	8
72	หางนกยูงฝรั่ง	4	1	3	8
73	หูกวาง	2	2	4	8

ตาราง 24 (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิดพืช	การขจัดมลพิษ			รวม
		PM10	CO_2	NO_x, Ozone	
75	เหลืองปรีดียาธร	3	1	4	8
76	เหลืองอินเดีย	4	1	2	7
77	อโศกอินเดีย	3	1	4	8
78	อะโวคาโด	3	1	5	9
79	อินทนิลบก	3	1	5	9
80	อินทนิลน้ำ	3	1	5	9

จากตารางพบว่า พืชแต่ละชนิดมีคุณลักษณะและคุณสมบัติในการดูดซับมลพิษในอากาศได้แตกต่างกันออกไป คุณลักษณะของพืชแต่ละชนิดช่วยให้ความเข้มข้นของมลพิษในบรรยากาศลดลง โดยความสามารถของพืชในการดูดซับมลพิษขึ้นอยู่กับลักษณะของมลพิษ คุณสมบัติของพืชแต่ละชนิด สภาพทางอุตุนิยมวิทยา จากตารางที่ 23 พบว่า โพธิ์มีความสามารถในการดูดซับมลพิษทั้ง 3 ชนิดได้มากที่สุดเนื่องจากคุณลักษณะตามธรรมชาติของโพธิ์เป็นไม้ต้นขนาดใหญ่ทำให้กักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพไว้ได้มาก มีผิวใบเรียบมัน และมีพื้นที่ผิวใบมาก รองลงมาคือ จามจุรีเป็นไม้ต้นขนาดใหญ่ มีเรือนยอดแผ่เป็นพุ่มกว้าง หลังใบเรียบมันเหมาะแก่การดูดซับออกไซด์ของไนโตรเจน และ โอโซน และท้องใบมีขนปกคลุมเหมาะแก่การดักจับฝุ่นละออง ทั้งนี้พืชพรรณจะสามารถดักกรองมลพิษได้ดีที่สุดเมื่ออยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดมลพิษจึงควรมีการเลือกพืชพรรณสำหรับการออกแบบเพื่อปลูกต้นไม้ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่

แนวทางการเลือกใช้พืชพรรณเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศในเขตเมือง

พืชพรรณสามารถดักกรองมลพิษได้ดีที่สุดเมื่ออยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดมลพิษยิ่งพืชมีพื้นที่ใบมากเท่าใดก็จะสามารถดักกรองมลพิษได้เพิ่มขึ้นต้นไม้ใหญ่จึงมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการดักกรองมลพิษ (Tonneijk and Hoffman, 2010) นอกจากการพิจารณาคุณสมบัติของพืชแล้วควรพิจารณาถึงความสามารถในการลดมลพิษ (PM10, NO_x, CO_2, O_3) และประโยชน์ใช้สอยในทางภูมิทัศน์ด้วยโดยควรเป็นพรรณไม้ที่ปลูกง่าย ไม่จำเป็นต้องดูแลรักษามาก มีพุ่มทึบ มีดอกและใบ

สวยงามเพื่อให้ได้พรรณไม้ที่เหมาะกับสภาพภูมิทัศน์ในแต่ละพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพิจารณาจาก

ขนาดของทรงพุ่ม ควรมีใบทรงพุ่มทึบเพื่อให้เกิดร่มเงาป้องกัน แสงแดด ช่วยสร้างบรรยากาศและสิ่งแวดล้อม ทำให้ภูมิอากาศในบริเวณดีขึ้น ช่วยลดมลภาวะที่เป็นพิษ

อัตราการเจริญเติบโต พรรณไม้ที่มีอัตราการเจริญเติบโตช้าดีกว่าพรรณไม้ที่มีการเจริญเติบโตเร็ว เพราะการเจริญเติบโตช้า สะดวกในการดูแลบำรุงรักษา การตัดแต่งกิ่ง และให้ความสวยงามยาวนาน

การผลัดใบ ควรเลือกชนิดที่ไม่ผลัดใบหรือผลัดใบตามฤดูกาล ดีกว่าเลือกชนิดไม้ที่ใบทยอยร่วงตลอดเวลาเพื่อง่ายต่อการดูแลรักษา

โครงสร้างของราก ต้นไม้ใหญ่ควรมีระบบรากลึกทั้งรากค้ำจุน รากแขนงและรากฝอย เพราะจะช่วยพยุงลำต้น หาอาหารได้ในระดับลึกใต้ผิวดิน ไม่ควรเลือกพืชที่โครงสร้างของระบบรากอยู่ระดับผิวพื้นเพราะอาจทำลายพื้นผิวดาดแข็งให้แตกร้าวได้

ความโดดเด่นของดอก ควรเป็นไม้ที่ให้ดอกตลอดทั้งปีโดยมีดอกบานแซมกับใบและบานทน และควรเป็นพรรณไม้ที่ดอกร่วงพร้อมกันดีกว่าทยอยร่วง

ความทนต่อโรคและแมลง ควรเลือกที่มีความทนทานต่อโรคที่ทำให้พืชพรรณชะงักการเจริญเติบโต และแมลงที่ทำลายโดยเฉพาะการทำลายลำต้น กิ่งก้านทำให้ลำต้น กิ่ง และก้านหักทำให้คุณภาพของพรรณไม้ต้นนั้น ๆ ด้อยค่าลงขณะเดียวกันต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษามากขึ้น ทำลายโดยเฉพาะการทำลายลำต้น กิ่งก้านทำให้ลำต้น กิ่ง และก้านหัก อาจเป็นอันตรายแก่คนและทรัพย์สินได้

ตาราง 25 ผลการประเมินคุณลักษณะพืชพรรณเพื่อการปรับปรุงคุณภาพอากาศในเมือง

ชนิดพืช	การขจัดมลพิษ			ประโยชน์ใช้สอยในงานภูมิทัศน์				ความโดดเด่นของดอก	ทนต่อโรค/แมลง	รวม
	PM10	CO_2	NO_x, Ozone	ขนาดทรงพุ่ม	การผลัดใบ	โครงสร้างราก	การเจริญเติบโต			
Siver oak	xxxx	x	xx	x	xxx	xxx	x	x	xxx	19
กระถินเทพา	xx	x	xxxx	xx	xxx	xx	xx	x	xxx	20
กระท้อน	xx	x	xxxxx	xx	xxx	xxx	xx	x	x	20
กระทิง	xxx	x	xxxxx	xx	xxx	xxx	xx	xx	xxx	24
กัลปพฤกษ์	xxx	x	xx	xx	xx	xx	xx	xxx	xxx	20
กานพลู	xxx	x	xxxx	xx	xxx	xxx	xx	x	xx	21
การบูร	xxx	x	xxxx	xx	xxx	xxx	xx	x	xx	21
กาสะลอง	xxx	x	xxx	xx	xx	xxx	x	xx	xxx	20
กาสะลองคำ	xx	x	xx	xx	xx	xxx	x	xx	xxx	18
ขนุน	xx	x	xxxxx	xx	xxx	xx	x	x	xx	19
ข่อย	xxx	x	xxxx	xx	xxx	xxx	xx	x	xxx	22
ขี้เหล็ก	xxxx	xx	xxx	xx	xxx	x	x	xx	xxx	21
ขี้เหล็กอเมริกัน	xxxx	x	xx	xx	xxx	xxx	x	xx	x	19
คำมอก	xx	xx	xxxx	xx	xx	xxx	xx	xxx	xx	22
แคนา	xx	xx	xxxx	xx	xx	xx	x	xx	xx	19

ตาราง 25 (ต่อ)

ชนิดพืช	การขจัดมลพิษ			ประโยชน์ใช้สอยในงานภูมิทัศน์				ความโดดเด่นของดอก	ทนต่อโรค/แมลง	รวม
	PM10	CO_2	NO_x, Ozone	ขนาดทรงพุ่ม	การผลัดใบ	โครงสร้างราก	การเจริญเติบโต			
แคนา	xx	xx	xxxx	xx	xx	xx	x	xx	xx	19
แคแสด	xxxx	x	xxx	xx	xxx	xx	x	xxx	xx	21
จัน	xxx	x	xxxx	xx	xx	xxx	xxx	x	xx	21
จามจุรี	xxxx	xxxx	xxx	xxx	xx	x	x	x	xx	21
จำปา	xxx	x	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	x	xx	21
จำปี	xxx	x	xxxx	xx	xxx	xxx	xxx	x	xx	22
ชงโค	xxx	x	xxxxx	xx	xxx	xxx	xx	xxx	xx	24
ชมพู่	xx	x	xxxxx	xx	xxx	xxx	x	xx	xx	21
ชมพูพันธ์ทิพย์	xx	x	xxx	xxx	xx	xxx	x	xxx	xx	20
ชมพู่ม่าเหมี่ยว	xx	x	xxxxx	xx	xxx	xxx	xxx	xx	xx	23
ตะคร้อ	xxx	xxxx	xxxx	xx	xx	xx	xxx	xxx	xx	25
ตะแบก	xxx	x	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xx	22
ทองกวาว	xx	xx	xxxx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xx	23
ไทร	xxx	x	xxxx	xxx	x	xxx	xxx	x	x	20
ไทรเลียบ	xx	x	xxxx	xx	xx	x	xxx	x	x	17

ตาราง 25 (ต่อ)

ชนิดพืช	การขจัดมลพิษ			ประโยชน์ใช้สอยในงานภูมิทัศน์				ความโดดเด่นของดอก	ทนต่อโรค/แมลง	รวม
	PM10	CO_2	NO_x, Ozone	ขนาดทรงพุ่ม	การผลัดใบ	โครงสร้างราก	การเจริญเติบโต			
ไทรอังกฤษ	xx	xx	xxxx	xx	xx	xx	xx	x	x	18
นนทรี	xxxx	x	xx	xxx	xxx	xxx	x	xx	xx	21
บุหงาสาหรี่	xxx	x	xxx	x	xx	xxx	x	xx	xx	18
ประดู่ป่า	xxx	x	xxxx	xx	xx	xxx	x	xxx	xx	21
ประดู่บ้าน	xx	xx	xxxx	xx	xx	xxx	x	xxx	xx	21
ปอบ้าน	xx	xx	xxx	x	x	xxx	xxx	xxx	xx	20
พญาสัตบรรณ	xx	x	xxxxx	xx	xxx	xxx	x	x	xx	20
พลับ	xx	x	xxxxx	xx	xxx	xxx	xxx	x	xx	22
พิกุล	xxx	x	xxxx	xx	xxx	xxx	xxx	x	xxx	23
เพกา	xxx	x	xxx	xx	xx	xxx	xx	x	xxx	20
โพธิ์	xx	xxxx	xxxxx	xxx	x	xx	xx	x	xx	23
มะกอก	xxx	x	xxxx	x	xx	xxx	x	x	x	17
มะเกี๋ยง	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	x	xx	24
มะขาม	xxx	x	xxxx	xxx	xxx	xxx	xxx	x	xx	23
มะขามเทศ	xxxx	x	xx	xx	xx	xxx	xx	x	xx	19

ตาราง 25 (ต่อ)

ชนิดพืช	การขจัดมลพิษ			ประโยชน์ใช้สอยในงานภูมิทัศน์				ความโดดเด่นของดอก	ทนต่อโรค/แมลง	รวม
	PM10	CO_2	NO_x, Ozone	ขนาดทรงพุ่ม	การผลัดใบ	โครงสร้างราก	การเจริญเติบโต			
มะขามป้อม	xx	x	xxxx	xx	xx	xxx	xxx	x	xx	20
มะปราง	xx	x	xxxx	xx	x	xxx	xxx	x	xx	19
มะเฟือง	xx	x	xxx	xx	x	xxx	xxx	x	x	17
มะม่วง	xxx	x	xxxxx	xx	xxx	xxx	xx	x	xx	22
มะยม	xxx	x	xxxx	x	xx	xxx	x	x	xx	18
มะรุม	xxx	x	xxxx	x	xx	xxx	x	x	xx	18
มะฮอกกานีใบใหญ่	xx	x	xxxxx	xx	xxx	xxx	xx	x	xxx	22
ยางนา	xx	x	xxxx	xxx	xx	x	x	xx	xxx	19
ยางอินเดีย	xx	xxx	xxxxx	xxx	xxx	xx	x	x	xxx	23
ยูคาลิปตัส	xxx	xx	xxxx	xxx	xxx	xx	x	x	x	20
ราชพฤกษ์	xxx	x	xxx	xx	xx	xxx	xx	xxx	x	20
ลำดวน	xxxx	x	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	x	xx	20
ลำไย	xxx	x	xxxxx	xx	xxx	xx	xx	x	x	20
ลิ้นจี่	xx	xx	xxxxx	xx	xxx	xx	xx	x	xx	21
ลีลาวดี	xx	x	xxxx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xx	22

ตาราง 25 (ต่อ)

ชนิดพืช	การขจัดมลพิษ			ประโยชน์ใช้สอยในงานภูมิทัศน์				ความโดดเด่นของดอก	ทนต่อโรค/แมลง	รวม
	PM10	CO_2	NO_x, Ozone	ขนาดทรงพุ่ม	การผลัดใบ	โครงสร้างราก	การเจริญเติบโต			
สตาร์แอปเปิ้ล	xxxx	x	xxx	xx	xxx	xxx	xx	x	x	20
สนฉัตร	xxxxx	x	xxx	x	xxx	xxx	xx	x	xx	21
สนประดิพัทธ์	xxxxx	xxx	xx	xx	xxx	xxx	x	x	xxx	23
ส้มสุก	xx	x	xxxxx	xx	xxx	xxx	xx	xxx	xx	23
สะเดา	xxx	xxx	xxxx	xx	xx	xxx	x	x	xxx	22
สัก	xx	xxx	xxx	xxx	x	xx	x	x	x	17
ส้านใหญ่	xxx	xx	xxxx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	21
สารภี	xx	xxx	xxxxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	27
สาละลังกา	xx	x	xxxxx	xx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	24
เสลา	xxxx	x	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xx	23
แสงจันทร์	xx	x	xxxxx	x	xxx	xxx	xx	x	xx	20
หนวดปลาหมึกยักษ์	xx	xx	xxxx	xx	xxx	xxx	xx	x	xxx	22
หางนกยูงฝรั่ง	xxxx	x	xxx	xxx	xx	x	x	xxx	xx	20
หูกวาง	xx	xx	xxxx	xxx	xx	xx	x	x	xxx	20
เหลืองเชียงราย	xxxx	x	xx	xx	xx	xxx	xx	xxx	xxx	22

ตาราง 25 (ต่อ)

ชนิดพืช	การขจัดมลพิษ			ประโยชน์ใช้สอยในงานภูมิทัศน์				ความโดดเด่น	ทนต่อโรค	รวม
	PM10	CO_2	NO_x, Ozone	ขนาดทรงพุ่ม	การผลัดใบ	โครงสร้างราก	การเจริญเติบโต	ของดอก	/แมลง	
เหลืองปรีดียาธร	xxx	x	xxxx	xx	xx	xxx	xx	xxx	xx	22
เหลืองอินเดีย	xxxx	x	xx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xx	22
อโศกอินเดีย	xxx	x	xxxx	x	xxx	xxx	xx	x	x	19
อะโวคาโด	xxx	x	xxxxx	xx	xxx	xxx	xx	x	xx	22
อินทนิลบก	xxx	x	xxxxx	xx	xx	xxx	xx	xxx	xxx	24
อินทนิลน้ำ	xxx	x	xxxxx	xx	xx	xxx	xx	xxx	xxx	24

หมายเหตุ

ขนาดทรงพุ่ม	x ทรงพุ่มโปร่ง	xx ทรงพุ่มปานกลาง	xxx ทรงพุ่มทึบ
การผลัดใบ	x ผลัดใบมากกว่า 3 เดือน	xx ผลัดใบตามฤดูกาล	xxx ไม่ผลัดใบ
โครงสร้างราก	x รากทำลายพื้นผิวดาดแข็ง	xx รากทำลายพื้นผิวดาดแข็งปานกลาง	xxx รากไม่ทำลายพื้นผิวดาดแข็ง
การเจริญเติบโต	x เจริญเติบโตเร็ว	xx เจริญเติบโตปานกลาง	xxx เจริญเติบโตช้า
ความโดดเด่นของดอก	x ไม่มีดอก	xx ดอกมีลักษณะเล็ก บานแซมกับใบ	xxx ดอกมีสีสด บานพร้อมกันทั้งต้น
ความทนต่อโรคและแมลง	x ไม่ทนต่อโรคและแมลง	xx ทนต่อโรคและแมลงได้ปานกลาง	xxx ทนต่อโรคและแมลงมาก

จากตารางพบว่า พืชที่มีคุณลักษณะเหมาะสมกับการปรับปรุงคุณภาพอากาศในเมือง คือ สารภี เนื่องจากเป็นพรรณไม้ไม่ผลัดใบที่มีลำต้นขนาดใหญ่ มีกิ่งก้านมาก ทรงพุ่มหนาแน่นทำให้สามารถกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพได้มาก มีผิวใบเรียบมันจึงทำให้ดูดซับมลพิษจำพวกโอโซนและออกไซด์ของไนโตรเจนได้ดี อีกทั้งยังเป็นพรรณไม้ที่มีอัตราการเจริญเติบโตช้า ทนต่อโรคและแมลงทำให้ง่ายต่อการบำรุงรักษา อีกทั้งยังมีดอกที่สวยงามและมีกลิ่นหอม

การเลือกพืชพรรณให้เหมาะสมกับการปรับปรุงคุณภาพอากาศในเมือง

ในช่วงวิกฤตจากปัญหาหมอกควันในจังหวัดเชียงใหม่ในช่วงหน้าแล้ง (เดือนธันวาคม–เมษายน) มีค่าฝุ่นละอองที่เกินค่ามาตรฐานเนื่องมาจากในช่วงที่เกิดวิกฤตหมอกควันนั้นเป็นช่วงที่พรรณไม้ส่วนใหญ่มีการผลัดใบทำให้ไม่สามารถช่วยดูดซับฝุ่นละอองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นควรมีการเพิ่มปริมาณและความหลากหลายของพรรณไม้เพื่อเพิ่มความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพอากาศและเพิ่มความสามารถในการลดมลพิษที่แตกต่างกันได้อย่างหลากหลาย โดยควรสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ทั้งนี้การเลือกพืชพรรณให้เหมาะสมกับการปรับปรุงคุณภาพอากาศในเมืองนั้นควรคำนึงถึงสภาพของพื้นที่และกิจกรรมหลักของแต่ละสถานที่

การเลือกพืชพรรณสำหรับการออกแบบบริเวณที่ว่าการอำเภอ

ลักษณะพื้นที่

พื้นที่นอกอาคารมีสภาพร้อนระอุในเวลากลางวัน ขาดร่มเงาบริเวณลานจอดรถ มีฝุ่นละอองและไอเสียจากรถยนต์

ข้อเสนอแนะและแนวทางการเลือกใช้พืชพรรณเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อม

ผู้ใช้พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในวัยทำงาน ควรเป็นต้นไม้ที่มีรูปทรงสวยงาม ไม่รกรุงรัง กิ่งก้านไม่หักเปราะง่าย ควรเลือกไม้ที่มีกลิ่นหอมเพื่อสร้างบรรยากาศสดชื่นให้กับผู้มาใช้บริการ เช่น กระถินเทพา นนทรี กระทิง ชมพูพันธุ์ทิพย์ ตะแบก อินทนิล

ภาพ 32 ที่ว่าการอำเภอบริเวณลานจอดรถ

การเลือกพืชพรรณสำหรับการออกแบบบริเวณหอศิลปวัฒนธรรมเชียงใหม่

ลักษณะพื้นที่

อยู่ติดกับถนนมากถึง 3 ด้าน ลานจอดรถมีร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่เล็กน้อย

ข้อเสนอแนะและแนวทางการเลือกใช้พืชพรรณเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อม

พื้นที่โดยรอบอาคารเป็นทางเท้าและลานจอดรถควรปลูกต้นไม้ที่มีเรือนยอดแผ่ร่มเป็นเงากว้าง มีใบขนาดใหญ่เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บกวาดทำความสะอาด มีกิ่งก้านเหนียวไม่เปราะหักง่ายไม่มีน้ำยางที่จะหยดลงมาทำความเสียหายแก่รถยนต์ เช่น กาสะลอง จำปี สตาร์แอปเปิ้ล ขี้เหล็ก ชงโค ส้มสุก

ภาพ 33 หอศิลปวัฒนธรรมเชียงใหม่

(ก) ด้านขวาของหอศิลปวัฒนธรรมเชียงใหม่

(ข) บริเวณลานจอดรถด้านหลัง

(ค) บริเวณลากจอดรถด้านข้าง

การเลือกพืชพรรณสำหรับการออกแบบบริเวณโรงเรียนยุพราช

ลักษณะพื้นที่

อยู่ใกล้สี่แยกที่มีการจราจรหนาแน่นก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศตลอดทั้งวันและมีค่าสูงเกินมาตรฐานในฤดูแล้ง มีรถเข้าออกภายในโรงเรียนช่วงเช้าและเย็น

ข้อเสนอแนะและแนวทางการเลือกใช้พืชพรรณเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อม

พื้นที่โดยรอบอาคารเป็นทางเท้าและลานจอดรถควรปลูกต้นไม้ที่มีเรือนยอดแผ่ร่มเป็นเงากว้าง มีใบขนาดใหญ่เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บกวาดทำความสะอาด มีกิ่งก้านเหนียวไม่เปราะหัก

ง่ายไม่มีน้ำยางที่จะหยดลงมาทำความเสียหายแก่รถยนต์ เช่น สารภี มะฮอกกานีใบใหญ่ อโศกอินเดีย ราชพฤกษ์ กาสะลอง ตะคร้อ

ภาพ 34 โรงเรียนยุพราช

(ก) ถนนด้านหน้าอาคาร (ข) ที่จอดรถหน้าตึกเรียน

(ค) ถนนทางเข้าด้านหน้า (ง) ที่จอดรถระหว่างอาคารเรียน

การเลือกพืชพรรณสำหรับการออกแบบบริเวณโรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่

ลักษณะพื้นที่

ด้านหน้าโรงเรียนติดถนนสาธารณะซึ่งมีการจราจรหนาแน่นในช่วงเช้าและเย็น ยังขาดต้นไม้ใหญ่ให้ร่มเงาและพื้นที่สีเขียวสำหรับทำกิจกรรม

ข้อเสนอแนะและแนวทางการเลือกใช้พืชพรรณเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อม

ผู้ใช้พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเด็กเล็กควรเลือกต้นไม้ที่ไม่มีหนาม ไม่มีพิษและแมลงรบกวน บริเวณที่ทำกิจกรรมควรปลูกต้นไม้ที่ให้ทั้งความร่มรื่นและมีกลิ่นหอม เช่น ข่อย ไทร อังกฤษ เสลา เหลืองเชียงราย พิกุล ลำดวน

ภาพ 35 โรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่
(ก) สนามเด็กเล่นด้านหน้า (ข) ทางเดินรถภายในโรงเรียน
(ค) หน้าอาคารเรียน

การเลือกพืชพรรณสำหรับการออกแบบบริเวณโรงเรียนหอพระ

ลักษณะพื้นที่

ด้านหน้าโรงเรียนติดถนนสาธารณะ มีรถเข้าออกในเวลาเช้าเย็น ขาดพื้นที่สีเขียวรอบอาคาร

ข้อเสนอแนะและแนวทางการเลือกใช้พืชพรรณเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อม

ผู้ใช้พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นวัยประถมและมัธยมควรเลือกต้นไม้ที่ไม่มีหนาม ไม่มีพิษและแมลงรบกวน ควรปลูกต้นไม้เพื่อลดมลภาวะทางเสียงตามแนวรั้วด้านที่ติดถนน เช่น ไทรอังกฤษ กระถินเทพา ไทรเลียบ ทองกวาว อินทนิลบก กาสะลอง

ภาพ 36 โรงเรียนหอพระ

(ก) ด้านหน้าอาคารเรียน (ข) ทางเดินรถภายในโรงเรียน

การเลือกพืชพรรณสำหรับการออกแบบบริเวณวัดพระสิงห์

ลักษณะพื้นที่

มีนักท่องเที่ยวเข้าออกตลอดเวลา ขาดแนวไม้พุ่มสองข้างทาง ขาดร่มเงาของไม้ใหญ่บริเวณด้านหน้าทางเข้าซึ่งมีรถเข้าออกตลอดเวลา มีฝุ่นละอองและไอเสียรถยนต์จากถนนใหญ่ด้านหน้าวัด

ข้อเสนอแนะและแนวทางการเลือกใช้พืชพรรณเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อม

ควรเลือกพรรณไม้ยืนต้นที่ให้ร่มเงามาก ทรงพุ่มแผ่กว้างสร้างความร่มรื่นและสวยงามกับสถานที่ โดยควรคำนึงถึงภาระในการดูแลรักษา การใช้ประโยชน์ และความหมายตามความเชื่อทางศาสนา สะเดา จำปา จัน แคแสด สาละลังกา คำมอก

ภาพ 37 วัดพระสิงห์

(ก) ด้านหน้าวัด (ข) ลานจอดรถด้านหน้าวัด

(ค) ทางเดินรถหน้ากุฏิ (ง) ลานจอดรถบริเวณโรงเรียนธรรมราชศึกษา

การเลือกพืชพรรณสำหรับการออกแบบบริเวณวัดเจดีย์หลวง

ลักษณะพื้นที่

มีนักท่องเที่ยวเข้าออกตลอดเวลา ขาดพื้นที่สีเขียวบริเวณทางเดิน ขาดร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ ด้านหน้าติดถนนสาธารณะทำให้มีฝุ่นละอองและไอเสียรถยนต์

ข้อเสนอแนะและแนวทางการเลือกใช้พืชพรรณเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อม

ควรเลือกพรรณไม้ยืนต้นที่สร้างความร่มรื่นและสวยงามกับสถานที่ มีลักษณะทรงพุ่มสวยงาม โดยควรคำนึงถึงภาระในการดูแลรักษา การใช้ประโยชน์ และความหมายตามความเชื่อทางศาสนา เช่น โพธิ์ บุหงาส่าหรี พญาสัตบรรณ ปอบ้าน อินทนิลน้ำ ประดู่ป่า

ภาพ 38 วัดเจดีย์หลวง

(ก) ด้านหน้าเจดีย์ (ข) ลานจอดรถด้านหน้า

(ค) ลานจอดรถด้านข้าง (ง) ถนนด้านหน้าเจดีย์

การเลือกพืชพรรณสำหรับการออกแบบบริเวณวัดหมื่นเงินกอง

ลักษณะพื้นที่

เป็นวัดขนาดเล็กไม่มีผู้คนพลุกพล่าน ด้านหน้าและด้านข้างติดถนนสาธารณะ มีโรงเรียนวัดหมื่นเงินกองอยู่ในเขตวัด ขาดพื้นที่สีเขียว

ข้อเสนอแนะและแนวทางการเลือกใช้พืชพรรณเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อม

ควรเลือกพรรณไม้ยืนต้นที่สร้างความร่มรื่นและสวยงามกับสถานที่ มีลักษณะทรงพุ่มสวยงาม โดยควรคำนึงถึงภาระในการดูแลรักษา การใช้ประโยชน์ และความหมายตามความเชื่อทางศาสนา เช่น ส้านใหญ่ ลิ้นจี่ จำปี เสลา เหลืองอินเดีย ลีลาวดี

ภาพ 39 วัดหมื่นเงินกอง
(ก) ถนนด้านข้างอุโบสถ (ข) ถนนด้านหน้าอุโบสถ
(ค) ที่จอดรถบริเวณโรงเรียนวัดหมื่นเงินกอง

การเลือกพืชพรรณสำหรับการออกแบบบริเวณวัดพันแหวน

ลักษณะพื้นที่

มีร่มเงาของต้นไม้ใหญ่ ไม่มีผู้คนพลุกพล่าน ขาดพื้นที่สีเขียวจากถนนใหญ่ด้านหน้าวัด

ข้อเสนอแนะและแนวทางการเลือกใช้พืชพรรณเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อม

ควรเลือกพรรณไม้ยืนต้นที่สร้างความร่มรื่นและสวยงามกับสถานที่ มีลักษณะทรงพุ่มสวยงาม โดยควรคำนึงถึงภาระในการดูแลรักษา การใช้ประโยชน์ และความหมายตามความเชื่อทางศาสนา เช่น การบูร มะขามเทศ หูกวาง ส้มสุก กัลปพฤกษ์ กาสะลองคำ

ภาพ 40 วัดพันแหวน

(ก) ลานจอดรถด้านหน้าวัด (ข) ถนนด้านข้างเจดีย์

การเลือกพืชพรรณสำหรับการออกแบบบริเวณวัดเมธัง

ลักษณะพื้นที่

เป็นวัดขนาดเล็กไม่มีผู้คนพลุกพล่าน ขาดร่มเงาบริเวณลานจอดรถ ด้านหน้าติดถนนสาธารณะ

ข้อเสนอแนะและแนวทางการเลือกใช้พืชพรรณเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อม

ควรเลือกพรรณไม้ยืนต้นที่สร้างความร่มรื่นและสวยงามกับสถานที่ มีลักษณะทรงพุ่มสวยงาม โดยควรคำนึงถึงภาระในการดูแลรักษา การใช้ประโยชน์ และความหมายตามความเชื่อทางศาสนา เช่น ไทรอังกฤษ จำปา อโศกอินเดีย ประดู่บ้าน ลำดวน เหลืองปรีดียาธร

ภาพ 41 วัดเมธัง

(ก) ที่เก็บของด้านข้างอุโบสถ (ข) ลานจอดรถด้านข้างอุโบสถ

(ค) ลานจอดรถด้านหน้าวัด

การเลือกพืชพรรณสำหรับการออกแบบบริเวณคูเมือง

ลักษณะพื้นที่

เป็นพื้นที่ริ้วสีเขียวริมถนนมีไม้ใหญ่เป็นระยะ รากของต้นไม้บางชนิดทำลายโครงสร้างพื้นผิวถนนและกีดขวางทางเท้า

ข้อเสนอแนะและแนวทางการเลือกใช้พืชพรรณเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อม

ควรปลูกพรรณไม้ที่ทนต่อมลพิษทางอากาศและฝุ่นละออง ทนต่อความร้อน ไม่ผลัดใบ ปลูกได้ง่าย และไม่ควรมีขนาดใหญ่และสูงเกินไป ไม่มีผลร่วงหล่นเป็นอันตรายต่อยานพาหนะและผู้สัญจรไปมา รวมทั้งมีระบบรากหยั่งลึกไม่ทำลายพื้นผิวสัญจร เช่น สนประดิพัทธ์ สารภี แคแสด อินทนิลน้ำ ราชพฤกษ์ เหลืองเชียงราย

ภาพ 42 ถนนคูเมือง

(ก) ริ้วต้นไม้บริเวณแจ่งกู่เฮือง (ข) บริเวณประตูท่าแพ

(ค) ริ้วต้นไม้บริเวณแจ่งขะต้ำ (ง) ริ้วต้นไม้บริเวณแจ่งหัวริน

MAEJO UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษา การประเมินคุณลักษณะพืชพรรณไม้ที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงคุณภาพอากาศบริเวณพื้นที่คูเมืองเชียงใหม่ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาพรรณไม้ในบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า ประกอบด้วยพรรณไม้พื้นเมืองและพรรณไม้ต่างถิ่น จำนวนทั้งหมด 1,968 ต้น จำแนกเป็น 80 ชนิด จาก 32 วงศ์

2. การขจัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) พบว่า พรรณไม้ที่มีประสิทธิภาพในการขจัดฝุ่นละอองมากที่สุดคือ พืชกลุ่มสน เนื่องจากผิวใบเรียวแคบและเป็นเกล็ดและเป็นไม้ไม่ผลัดใบ ได้แก่ สนประดิพัทธ์ และ สนฉัตร

3. การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ขึ้นอยู่กับมวลชีวภาพของต้นไม้ซึ่งมีการแปรผันตามชนิด ขนาด และจำนวนต้นไม้ของชนิดนั้นๆ โดยโพธิ์มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพมากที่สุด ทั้งหมด และพรรณไม้ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษามีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ 399.46 ตัน โดยการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพบริเวณคูเมืองมีมากที่สุด คิดเป็น 63.79% ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด และน้อยที่สุดบริเวณวัดเมธัง โดยมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพคิดเป็น 0.4 % ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา

4. พรรณไม้ที่มีความสามารถในการดูดซับออกไซด์ของไนโตรเจนและโอโซนได้มากที่สุด กลุ่มพืชที่มีลักษณะผิวใบเรียบมัน มีพื้นที่ผิวใบมาก และเป็นไม้ไม่ผลัดใบเช่น ขนุน พญาสัตบรรณ มะม่วง ยางอินเดีย สารภี สาละลังกา เป็นต้น

5. การประเมินคุณลักษณะพืชพรรณที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงคุณภาพอากาศบริเวณพื้นที่คูเมืองเชียงใหม่ควรปลูกพรรณไม้ในกลุ่มไม้ต้นที่มีการเติบโตช้า หรือมีอายุยืนยาว เช่น ราชพฤกษ์ ขี้เหล็กอเมริกัน พิกุล เนื่องจากเป็นไม้ที่ทนต่อมลพิษทางอากาศและความร้อน กิ่งก้านเหนียวไม่เปราะหักง่าย ไม่มีน้ำยางที่จะหยดลงมาทำความเสียหายแก่ผู้สัญจรและรถยนต์ รวมทั้งมีระบบรากหยั่งลึกที่ไม่ทำลายพื้นผิวจราจร

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาพืชกลุ่มสน มีคุณลักษณะในการขจัดฝุ่นละอองได้ดีแต่เนื่องจากข้อเสียของพืชกลุ่มนี้คือมีใบขนาดเล็ก ลักษณะเป็นเส้นมีความเหนียวทำให้ทำความสะอาดยากหากปลูกในพื้นที่เมือง ทำให้เก็บทำความสะอาดยากเมื่อตกลงมา จากสภาพพื้นที่จึงควรปลูกต้นไม้ประเภทไม่ผลัดใบ ที่มีผิวใบหยาบและมีขน และปลูกไม้ที่มีลักษณะผิวใบเรียบ กว้างเพื่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนไดออกไซด์และโอโซน ทั้งนี้ควรเป็นไม้ที่มีลำต้นขนาดใหญ่โตเร็ว มีอายุยืนยาว มีกิ่งก้านมาก และทรงพุ่มทึบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอน และควรมีการเว้นระยะของแนวต้นไม้ให้มีลักษณะโปร่งเพื่อให้ใบได้สัมผัสกับมลพิษในอากาศมากขึ้น นอกจากนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับฝุ่นละอองควรปลูกพืชหลายระดับ ปลูกต้นไม้ใหญ่ผสมกับไม้พุ่มชนิดต่างๆเพื่อช่วยขจัดมลพิษบริเวณใต้ต้นไม้ใหญ่และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณของฝุ่นละอองและมลพิษต่างๆที่พืชดูดซับได้เพื่อนำมาแก้ปัญหามลพิษอากาศในอนาคต

นอกจากนี้การเลือกใช้พืชพรรณเพื่อลดมลพิษในอากาศนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงสภาพของพื้นที่และการใช้ประโยชน์ของกิจกรรมของแต่ละสถานที่ เช่น ต้นโพธิ์เป็นต้นไม้ที่มีความสามารถในการดูดซับมลพิษชนิดต่างๆได้ดี แต่มีข้อจำกัดในเรื่องพื้นที่ปลูกเนื่องจากขนาดของลำต้น ทรงพุ่ม และรูปทรงที่มีขนาดใหญ่ทำให้ไม่เหมาะสมกับพื้นที่แคบ และมีระบบรากที่สร้างความเสียหายแก่พื้นผิวถนน หรือต้นหางนกยูงฝรั่งที่มีความสามารถดักจับฝุ่นได้ดี มีทรงพุ่มแผ่กว้างให้ร่มเงาได้ดีเหมาะสำหรับปลูกริมถนน แต่เนื่องจากระบบรากที่ใหญ่ทำให้เกิดความเสียหายแก่ถนน และมีใบขนาดเล็ก มีจำนวนมาก ยากแก่การจัดการ จึงควรปลูกในสวนสาธารณะที่มีบริเวณกว้าง ดังนั้นการเลือกใช้พรรณไม้สำหรับภูมิทัศน์ในเมืองจะต้องคำนึงถึงภาระในการดูแลรักษาและการใช้ประโยชน์จากพื้นที่นั้นๆ ด้วย

ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่จะทำวิจัยต่อไปควรศึกษาพรรณพืชที่นอกเหนือจากงานวิจัยเพื่อให้เกิดความหลากหลายในการเลือกใช้พืชพรรณให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ โดยควรศึกษาทั้งไม้พุ่มและไม้คลุมดินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดมลพิษ หรือนำข้อมูลจากงานวิจัยไปปรับใช้ในการเลือกใช้พืชพรรณที่เหมาะสมกับการออกแบบภูมิทัศน์เพื่อลดมลพิษ

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2555. มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_airsnd01.html (20 กรกฎาคม 2555).

คณะวนศาสตร์. 2553. **การศึกษาลักษณะของพรรณไม้ ปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้**. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 152 น.

แดทราย ชีพธรรม. 2550. **การจัดการสิ่งแวดล้อมด้านปัญหาฝุ่นละอองของประชาชนและหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 215 น.

จักรพงษ์ คำบุญเรือง. 2555. มองเชียงใหม่: จากอดีตราชธานีสู่เมืองท่องเที่ยวอันศิวิไลท์. **เดลินิวส์** 31 มีนาคม: 12.

จามรี อาระยานิมิตสกุล. ม.ป.ป. **การจำแนกพืชพรรณเพื่อการเลือกใช้**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 19 น.

เดชา บุญค้ำ. 2543. **ต้นไม้ใหญ่ในการก่อสร้างและพัฒนาเมือง**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 486 น.

ทัศวรรณ สัมพันธารักษ์. 2548. **คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของใบไม้ยืนต้นบางชนิดที่ปลูกในพื้นที่เมือง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 89 น.

ธนาคารโลก. 2550. **การจัดลำดับความสำคัญของปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.thaienvimonitor.net/Concept/priority5.htm (10 สิงหาคม 2555).

บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์, มณฑล จำเริญพฤกษ์, ดำรง พิพัฒนวัฒนากุล และ ดวงใจ ศุขเฉลิม. 2543. **ต้นไม้บนถนนในกรุงเทพมหานคร**. กรุงเทพฯ: อักษรสยามการพิมพ์. 67 น.

ปาลี ทรัพย์ศรี. 2544. **การใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพเพื่อติดตามการตรวจสอบมลพิษทางอากาศในเขตตัวเมืองและนอกเมืองจังหวัดเชียงใหม่ พ.ศ. 2544**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 155 น.

ปราณี พันธุมสินไชย. 2538. **มลพิษอุตสาหกรรมเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮาส์. 253 น.

ฝ่ายประชาสัมพันธ์ สถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2548. **ส่องโลกพลังงาน หนังสือพิมพ์ไทยนิวส์ "ต้นไม้" สร้างสภาวะสบาย ประหยัดพลังงาน.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://teenet.cmu.ac.th/emac/emacnews_newspaper_details.php?id=77 (10 สิงหาคม 2555).

พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช. 2551. ผลกระทบของหมอกควันและไฟป่าต่อสุขภาพ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.pcd.go.th/count/mgtdl.cfm?FileName=Date4_3_Smog.pdf (6 สิงหาคม 2555).

_____. 2555. **ข่าวรอบสัปดาห์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.prcmu.cmu.ac.th/scoop_detail.php?sco_sub_id=356 (10 สิงหาคม 2555).

พูลศิริ กิจวรรณ. 2525. **ผลกระทบของฝุ่นถนนที่มีต่อการเจริญเติบโตของไม้หูกวาง อินทรชิต และชัยพฤกษ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 98 น.

มณฑาทิพย์ โสมมีชัย. 2548. การป่าไม้ในเมือง (Urban Forestry). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://course.ku.ac.th/Ims/files/resources_file/.../a.urban_forestry.pdf (8 สิงหาคม 2555).

วรพงศ์ หมู่ชาวใต้. 2552. รายงานการประชุมเรื่องท่องเที่ยวเมืองเชียงใหม่. อ้างโดย สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ม.ป.ป. **แผนการปฏิบัติการเชิงนโยบายด้านการจัดการพื้นที่สีเขียวชุมชนเมืองอย่างยั่งยืน.** กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 35 น.

วราภรณ์ ฉุยฉาย. 2551. การฟื้นฟูสภาพแวดล้อมด้วยพืช: Phytoremediation. **วารสารวิชาการราชภัฏตะวันตก** 3(1): 134-145.

วราวุธ เสือดี. 2543. ความรู้เบื้องต้นมลพิษทางอากาศ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://sut.ac.th/im/data/LecAP5.pdf (20 กรกฎาคม 2555).

วัชระ มั่งวิทิตกุล. 2546. **สภาวะแวดล้อมของบ้านกับการประหยัดพลังงาน.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและพลังงานกระทรวงพลังงาน. 80 น.

ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, ชิคาโอะ คานาโอกะ และ จุฑามาศ เกตุทัต. 2542. **มลภาวะทางอากาศ.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 102 น.

ศรีวรรณ โฉมเฉลา. 2526. **การตอบสนองของพืชต่อภาวะอากาศพิษ 1. การเจริญเติบโตของพืชบางชนิดบนเกาะกลางถนน.** กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 95 น.

สมจิต โยธะคง. 2540. **วัสดุพืชพรรณในการปรับปรุงภูมิทัศน์.** กรุงเทพฯ: บ วงตะวัน. 264 น.

สมชาย นองเนือง, สุนทร คำยอง, เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง และ นิวัติ อนงค์รักษ์. 2555. การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ในสวนป่าสนสามใบ. **หน่วยการจัดการต้นน้ำบ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่** 31(2): 1-15.

สมศักดิ์ วนัสสกุล. 2545. สิ่งที่ควรรู้รอบรั้วเมืองกรุง. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.forest.go.th/private/dmdocuments/e12.doc (9 สิงหาคม 2555)

สาพิศ ดิลกสัมพันธ์. 2550. การกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้กับภาวะโลกร้อน. **วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ** 22(3): 40-49.

สาพิศ ร้อยอำแพง และ ลดาวัลย์ พวงจิตร. 2538. ลักษณะทางกายวิภาคของใบและการแลกเปลี่ยนก๊าซของไม้ประดู่ที่ปลูกในกรุงเทพฯ. น. 79-95. ใน **รายงานการประชุมการป่าไม้แห่งชาติประจำปี 2538**. ณ โรงแรมวังใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี. 21-25 พฤศจิกายน 2537. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2552. **การจัดการพื้นที่สีเขียวชุมชนเมืองอย่างยั่งยืน**. กรุงเทพฯ: กองสิ่งแวดล้อมชุมชนและพื้นที่เฉพาะ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 108 น.

สุนันทา ขจรศรีชล. 2531. **ลักษณะทางนิเวศวิทยาบางประการของป่าสนธรรมชาติ บริเวณโครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ อ. แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 134 น.

สุภัทรา แย้มศิริ. 2525. **ผลกระทบของฝุ่นถนนที่มีต่อการเจริญเติบโตของไม้อินทนิลน้ำ ธรรมบูชา และประดู่บ้าน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 132 น.

สุรชัย คำจิณะ. 2545. **ผลของการจราจรต่อความเข้มข้นคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่เขตเมืองเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 285 น.

เสริมพงษ์ นวลงาม. 2545. **บทบาทของการปลูกสร้างสวนป่าต่อการกักเก็บคาร์บอนและคุณสมบัติของดินบางประการที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จ.นครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 99 น.

เอื้อมพร วีสมหมาย. 2544. **พฤกษาพันธ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เอช เอน กรุ๊ป. 640 น.

เอื้อมพร วีสมหมาย และ ปณิธาน แก้วดวงเทียน. 2547. **ไม้ป่ายืนต้นของไทย 1**. กรุงเทพฯ: เอช เอน กรุ๊ป. 652 น.

เอื้อมพร วีสมหมาย, ศศิยา ศิริพานิช, อลิศรา มีนะกนิษฐ และ ณัฏฐ พิชกรรม. 2551. **พรรณไม้ในงานภูมิสถาปัตยกรรม 1**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: เอช เอน กรุ๊ป. 404 น.

แอนนา เขียวชอุ่ม. 2550. **ชีพลักษณ์ กายวิภาค และความสามารถของใบในการดักจับฝุ่นของไม้ยืนต้นบางชนิดในเขตเมือง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 87 น.

Barnes, J. D., Hull, M. R. and A. W. Davison. 1996. Impacts of Air Pollutants and Elevated Carbon Dioxide on Plants in Winter time. pp. 135-166. In M. Yunus and M. Iqbal (eds.). **Plant Response to Air Pollution**. Chichester, UK.: John Wiley & Sons.

Beckett, K. P., Freer Smith, P. H. and G. Taylor. 1998. Urban woodlands: their role in reducing the effects of particulate pollution. **Environmental Pollution** 99: 347-260.

_____. 2000a. Effective tree species for local air quality management. **Journal of Arboriculture** 26: 12–18.

_____. 2000b. Particulate pollution capture by urban trees: effect of species and windspeed. **Global Change Biology** 6(8): 995-1003.

_____. 2000c. The capture of particulate pollution by trees at five contrasting urban sites. **Arboricultural Journal** 24: 209–230.

Bell, R. and J. Wheeler. 2006. **Urban Forestry Toolkit for Local Governments**. Bonn, Germany: ICLEI. 87 p.

Bidwell, R. G. S. and D. E. Fraser. 1972. Carbon monoxide uptake and metabolism by leaves. **Canadian Journal of Botany** 50(7): 1435-1439.

Craul, P. J. 1994. Soil compaction on heavily used sites. **Journal of Arboriculture** 20: 69–74.

Grey, G. W. and F. J. Deneke. 2008. The Contribution of Woodlands to the Environment. **Forest Policies and Social Change in England** 8(2): 48-53.

Hanson, P. J. and S. E. Lindberg. 1991. Dry deposition of reactive nitrogen compounds: A review of leaf, canopy and non-foliar measurements. **Atmospheric Environment**. 25(8): 1615–1634.

Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC. 2006. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Japan: IGES. 475 p.

Jun Young, Joe McBride, Jin Xing Zhou and Zhenyuan Sun. 2005. The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. **Urban forestry & Urban greening** 3 (2005): 65-78.

Kenneth, P. 1987. **Aeolian Dust and Dust Deposits**. Cambridge, UK.: Cambridge University Press. 334 p.

Kramer, P. J. and T. T. Kozlowski. 1979. **Physiology of Woody Plants**. Orlando, Florida: Academic Press. 811 p.

Mcdonald, A. G., Bealey, W. J., Fowler, D., Dragosits, U., Skiba, U., Smith, R. I., Donovan, R. G., Brett, H. E., Hewitt, C. N. and E. Nemitz. 2007. Quantifying the effect or urban tree planting on concentration and depositions of PM10 in two UK conurbations. **Atmospheric Environment** 41 (2007): 8455-8467.

McPherson, E. G., Nowak, D. J. and A. R. Rowan. 1994. Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project. Gen. Tech: Northeastern Forest Experiment Station. 201 p.

McPherson, E. G., Simpson, J. R. and K. I. Scott. 1999. Actualizing microclimate and air quality benefits with parking lot tree shade ordinances. **Wetter und Leben** 43(2): 1-14.

Miller, R. W. 1996. **Urban Forestry Planning and Managing Urban Greenspaces**. USA: Prentice Hall. 502 p.

Misa, T., Higakia, A., Nohnoa, M., Kamadaa, M, Okamurac, Y., Matsuic, K., Kitanic, S. and H. Morikawaa. 2005. Differential assimilation of nitrogen dioxide by 70 taxa of roadside trees at an urban pollution level. **Chemosphere** 61, 5(November): 633–639.

Morikawa, H., Higaki, A., Nohno, M., Takahashi, M., Kamada, M., Nakata, M., Toyohara, G., Okamura, Y., Matsui, K., Kitani, S., Fujita, K., Irifune, K. and N. Goshima. 1998. More than a 600-fold variation in nitrogen dioxide assimilation among 217 plant taxa Plant. **Cell & Environment** 21, 2(February): 180–190.

Nowak, D. J. 1996. Estimating leaf area and leaf biomass of open-grow deciduous urban tree. **Science** 42: 504-507.

Nowak, D, J., Daniel, E. C. and J. C. Stevens. 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. **Urban forestry & Urban greening** 4(2006): 115-123.

Nowak, D. J., Stevens, J. C., Susan, M. S. and J. L. Christopher. 2002. Effects of urban tree management and species selection on atmospheric carbon dioxide. **Journal of Arboriculture** 28: 113–122.

Perkins, H. C. 1994. **Air pollution**. New York: McGraw-Hill. 182 p.

Royampaeng, S. 1995. **Effects of Air Pollution on Some Physiological and Morphological Characteristics of *Pterocarpus indicus* Wild**. Master thesis, Kasetsart University. 87 p.

Scott, K. I., Mcpherson, E. G. and J. R. Simpson. 1998. Air pollutant uptake by Sacramento's urban forest. **Journal of Arboriculture** 24, 4(July): 244-234.

Scott, K. I., Simpson, J. R. and E. G. Mcpherson. 1999. Effects of tree cover on parking lot microclimate and air quality. **Arboriculture** 25: 129-142.

Suvarna, P. L., Lalitha, K. S. and N. Srinivas. 2008. Air pollution tolerance index of various plant species growing in industrial areas. **The Ecoscan** 2(2): 203-206.

Tonneijk, F. and M. Hoffman. 2010. **เมืองสีเขียว การบรรเทามลพิษทางอากาศสำหรับเมืองเชียงใหม่**. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 62 น.

Tsutusmi T., Yoda, K., Sahunalu, P. Dhanmanonda, P. and B. Prachiyo. 1983. Forest: Felling, Burning and Regeneration. p.13-62. In Kyuma, K. and C. Pairintra. 1983. **Shifting Cultivation: An experiment at Nam Phrom, Thailand and its implications for upland farming in the monsoon Tropics**. Kyoto: Kyoto University.

Wolverton, B. C., Johnson, A. and K. Bounds. 1989. **Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement**. Mitchellville, MD.: Plants for Clean Air Council.

Wolverton Environmental Services, Inc. 2012. Nasa and Indoor Air Pollution. [Online]. Available http://www.wolvertonenvironmental.com /air.htm (8 August 2012).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ศึกษา

ตารางผนวก 1 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเฉลี่ยบริเวณคูเมือง

ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
เสลา	55	71.07	7.82	55.02	15.41	1.77	12.44	84.64
เหลืองเชียงราย	1	51.70	6.00	22.70	5.97	0.95	5.79	35.41
เหลืองปรีดียาธร	1	56.50	7.00	30.79	8.25	1.19	7.57	47.79
แคแสด	70	78.09	8.21	77.49	22.48	2.18	16.41	118.56
แคนา	2	116.60	12.00	193.50	58.34	4.51	37.76	294.11
แสงจันทร์	1	83.50	8.00	71.36	20.17	2.19	15.80	109.52
โพธิ์	3	220.83	10.67	623.51	205.46	10.07	102.60	941.64
ไทร	7	98.47	8.14	102.73	29.93	2.80	21.49	156.94
ไทรเลียบ	6	100.95	8.00	101.53	29.36	2.83	21.50	155.21
กระท้อน	3	98.43	7.00	93.44	27.15	2.58	19.66	142.83
กระทิง	2	69.90	7.00	45.35	12.53	1.55	10.52	69.95
กัลปพฤกษ์	16	94.63	9.25	111.23	32.67	2.93	22.92	169.75
กานพลู	1	100.20	15.00	177.78	53.23	4.26	35.15	270.42
การบูร	26	77.62	5.19	42.29	11.58	1.49	9.97	65.33
กาสะลอง	10	86.96	8.00	85.22	24.60	2.41	18.15	130.38
กาสะลองคำ	8	84.83	9.88	99.99	29.31	2.68	20.72	152.71

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
ขนุน	2	90.25	8.50	97.53	28.42	2.66	20.40	149.01
ข่อย	36	84.83	8.28	92.69	27.42	2.46	19.01	141.58
ขี้เหล็ก	2	126.50	8.50	196.27	60.20	4.32	37.17	297.96
ขี้เหล็กอเมริกัน	7	60.64	7.29	36.49	9.93	1.33	8.72	56.47
จามจุรี	10	179.82	10.50	474.53	155.02	8.04	79.63	717.22
จำปา	15	81.29	11.80	116.52	34.70	2.94	23.45	177.62
จำปี	2	83.65	10.50	91.25	26.33	2.58	19.44	139.60
ชงโค	7	77.17	8.57	77.22	22.30	2.20	16.46	118.17
ชมพู่	1	52.50	8.00	30.41	8.14	1.18	7.49	47.22
ชมพูพันธุ์ทิพย์	67	95.60	8.63	117.96	35.18	2.96	23.68	179.78
ตะแบก	117	69.76	7.14	53.62	15.20	1.68	11.91	82.42
ตะคร้อ	2	72.50	29.60	183.22	54.96	4.35	36.09	278.63
ทองกวาว	19	109.07	9.89	150.24	44.84	3.68	29.97	228.73
นนทรี	93	114.06	9.89	158.77	47.40	3.87	31.61	241.65
ประดู่ป่า	58	110.30	9.07	157.00	47.59	3.67	30.52	238.76
พญาสัตบรรณ	83	108.25	12.17	204.94	63.27	4.41	38.40	311.02

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
พิกุล	185	91.59	7.26	117.16	37.41	2.56	21.47	178.61
มะเกี๋ยง	1	95.00	7.00	80.01	22.78	2.38	17.47	122.64
มะขาม	5	89.20	7.20	72.28	20.56	2.17	15.83	110.85
มะขามเทศ	3	85.83	10.33	99.03	28.72	2.74	20.88	151.38
มะม่วง	4	87.05	8.00	78.22	22.32	2.32	17.02	119.87
มะยม	2	51.95	6.00	26.51	7.14	1.02	6.48	41.16
มะรุม	2	75.55	8.50	74.21	21.36	2.14	15.92	113.64
มะฮอกกานีใบใหญ่	2	71.90	7.00	61.25	17.54	1.81	13.28	93.89
ยางนา	2	77.90	9.50	96.42	28.42	2.53	19.77	147.13
ยูคาลิปตัส	2	137.35	18.00	375.33	117.80	7.33	67.64	568.11
ราชพฤกษ์	191	77.92	9.05	84.10	24.59	2.31	17.58	128.58
สตาร์แอปเปิล	20	77.58	7.55	64.02	18.11	1.97	14.18	98.28
สนประดิพรรดิ์	13	189.41	15.00	384.21	96.78	14.49	98.92	594.40
สัก	12	107.48	12.50	341.79	111.74	5.74	57.15	516.42
ส้าน	1	54.50	7.00	28.81	7.69	1.13	7.14	44.78
หางนกยูงฝรั่ง	108	107.47	8.44	133.71	39.97	3.30	26.68	203.66

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
หูกวาง	23	99.46	8.61	117.39	34.61	3.04	23.99	179.03
อินทนิลน้ำ	142	73.33	7.06	56.61	16.01	1.77	12.59	86.99
			รวม					9,850.44

ตารางผนวก 2 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเฉลี่ยบริเวณโรงเรียนยุพราช

ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
แคแสด	2	127.50	20.00	370.87	116.78	7.18	66.50	561.33
กาสะลอง	6	48.32	7.17	27.76	7.55	1.03	6.68	43.02
จามจุรี	1	155.00	20.00	516.34	165.35	9.25	89.45	780.39
ชงโค	2	41.75	5.00	13.00	3.30	0.63	3.55	20.49
ชมพูพันธ์ทิพย์	1	95.70	10.00	112.56	32.74	3.05	23.55	171.91
ตะแบก	6	66.22	7.67	48.81	13.59	1.61	11.16	75.17
ทองกวาว	6	209.18	12.83	596.19	192.75	10.26	101.38	900.58
ประดู่ป่า	7	166.27	12.00	368.69	115.64	7.23	66.54	558.11
พญาสัตบรรณ	1	201.50	20.00	836.31	276.08	13.14	136.47	1,262.00
พิกุล	1	85.90	10.00	92.29	26.51	2.64	19.79	141.23
ราชพฤกษ์	7	99.67	18.57	229.96	70.57	5.00	43.43	348.97
ส้มสุก	3	106.87	7.33	106.29	30.89	2.90	22.30	162.39
สัก	17	129.12	22.53	421.88	133.89	7.89	74.47	638.14
หูกวาง	10	158.05	10.40	292.27	90.36	6.10	54.26	442.99
อโศกอินเดีย	57	75.27	12.74	90.55	26.05	2.59	19.39	138.58
อินทนิลน้ำ	3	61.20	7.67	44.04	12.23	1.48	10.14	67.89
							รวม	6313.18

ตารางผนวก 3 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเฉลี่ยบริเวณโรงเรียนหอพระ

ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
ไทร	1	80.60	9.00	74.52	21.12	2.26	16.41	114.31
กระถินเทพา	2	101.65	12.00	153.75	45.83	3.78	30.71	234.07
กาสะลอง	4	105.43	12.00	166.63	50.01	3.98	32.85	253.48
ขนุน	1	70.70	7.00	46.49	12.79	1.60	10.86	71.74
ขี้เหล็ก	14	92.29	14.36	168.19	51.08	3.86	32.50	255.63
จำปา	1	40.30	12.00	27.15	7.22	1.08	6.78	42.23
จำปี	1	34.50	12.00	20.41	5.33	0.88	5.28	31.89
ชงโค	4	71.60	8.00	56.18	15.84	1.78	12.56	86.36
ชมพูพันธ์ทิพย์	8	65.60	13.88	78.98	22.56	2.33	17.15	121.02
ตะแบก	4	363.80	34.00	381.44	111.00	10.48	80.06	582.98
ทองกวาว	2	147.10	18.00	424.04	134.53	7.94	74.89	641.40
ประดู่ป่า	27	81.83	12.11	111.45	32.80	2.92	22.88	170.04
พญาสัตบรรณ	22	80.89	11.50	99.37	28.94	2.71	20.79	151.81
พิกุล	3	57.57	10.33	46.19	12.73	1.58	10.75	71.26
มะเกี๋ยง	1	179.10	20.00	673.44	219.30	11.23	112.88	1,016.84
ยูคาลิปตัส	1	124.60	9.00	165.95	49.47	4.05	33.10	252.56

ตารางผนวก 3 (ต่อ)

ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
ราชพฤกษ์	8	66.14	7.88	49.02	13.68	1.60	11.15	75.45
หนวดปลาหมึกยักษ์	1	207.50	12.00	551.96	177.50	9.71	94.83	834.00
หางนกยูงฝรั่ง	1	115.50	25.00	369.14	115.73	7.25	66.67	558.79
หูกวาง	1	165.80	15.00	448.63	142.39	8.35	79.09	678.46
อโศกอินเดีย	9	61.03	14.44	67.48	19.05	2.09	14.99	103.61
			รวม					6,347.92

ตารางผนวก 4 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเฉลี่ยบริเวณโรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่

ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
เหลืองอินเดีย	1	105.40	7.00	96.85	27.90	2.74	20.65	148.14
แคแสด	1	114.50	13.00	199.19	60.06	4.62	38.83	302.71
โพธิ์	1	800.00	20.00	10,543.57	4,084.36	83.16	1,256.37	15,967.46
ไทร	8	115.38	9.50	217.16	68.17	4.39	39.45	329.17
ไทรอังกฤษ	2	141.35	11.00	249.65	76.37	5.45	47.31	378.78
กระทิง	1	57.00	9.00	39.42	10.73	1.42	9.40	60.97
กาสะลอง	2	156.00	13.50	366.96	115.12	7.19	66.21	555.49
จามจุรี	1	500.00	15.00	3,411.90	1,230.86	36.58	467.64	5,146.97
จำปา	2	61.45	10.50	58.35	16.47	1.83	13.00	89.65
จำปี	3	60.00	8.67	51.28	14.42	1.63	11.50	78.82
พญาสัตบรรณ	11	93.32	9.73	110.50	32.34	2.95	22.90	168.69
พิกุล	3	25.70	5.67	6.16	1.50	0.36	1.83	9.86
ลำดวน	1	53.20	12.00	45.23	12.42	1.57	10.60	69.83
ลีลาวดี	1	82.10	7.00	61.19	17.13	1.96	13.81	94.08
หางนกยูงฝรั่ง	2	113.00	10.50	156.73	46.57	3.88	31.46	238.63
อินทนิลน้ำ	4	96.83	10.50	118.82	34.81	3.14	24.54	181.31
							รวม	23,820.56

ตารางผนวก 5 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเฉลี่ยบริเวณที่ว่าการอำเภอเมือง

ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
เหลืองปรีดียาธร	39	46.25	5.04	16.13	4.17	0.73	4.27	25.30
ไทร	1	217.20	12.00	600.31	194.07	10.32	102.07	906.78
กาสะลอง	1	65.90	10.00	56.70	15.79	1.85	12.92	87.26
ราชพฤกษ์	1	64.90	6.00	34.47	9.31	1.29	8.35	53.42
ลำไย	2	112.60	10.00	152.33	45.19	3.80	30.68	232.00
หางนกยูงฝรั่ง	1	72.30	8.00	54.76	15.22	1.81	12.53	84.32
หูกวาง	1	98.20	8.00	96.14	27.69	2.72	20.52	147.06
อินทนิลบก	3	51.43	6.00	22.53	5.92	0.95	5.75	35.15
			รวม					1,571.31

ตารางผนวก 6 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเฉลี่ยบริเวณหอศิลปวัฒนธรรมเมืองเชียงใหม่

ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
ส้มสุก	1	85.50	6.00	57.22	15.95	1.87	13.02	88.05
กาสะลอง	14	77.43	7.73	68.68	19.66	2.04	14.90	105.28
สาละลังกา	1	97.50	10.00	116.48	33.95	3.13	24.27	177.84
พิกุล	1	31.30	6.00	9.02	2.24	0.49	2.58	14.33
Siver oak	1	34.50	6.00	10.79	2.71	0.55	3.02	17.07
เหลืองเชียงราย	1	27.80	4.00	5.00	1.19	0.32	1.54	8.05
เหลืองอินเดีย	1	89.70	8.00	81.40	23.20	2.41	17.73	124.74
พิกุล	1	58.80	8.00	37.46	10.16	1.37	8.98	57.97
ไทร	1	39.00	6.00	13.52	3.44	0.65	3.68	21.29
			รวม					614.64

ตารางผนวก 7 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเฉลี่ยบริเวณวัดเจดีย์หลวง

ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
เพกา	1	59.80	11.00	51.77	14.34	1.73	11.93	79.77
แคแสด	1	82.70	11.00	93.95	27.02	2.68	20.11	143.74
ไทร	1	51.90	5.00	19.33	5.03	0.85	5.03	30.24
กานพลู	2	56.75	6.50	30.39	8.22	1.14	7.36	47.11
กาสะลอง	2	119.70	15.50	319.85	101.37	6.12	56.83	484.16
ขนุน	1	92.10	12.00	124.03	36.30	3.28	25.65	189.25
ขี้เหล็ก	1	175.50	23.00	737.68	241.60	12.00	122.26	1,113.55
จัน	1	86.80	12.00	111.23	32.33	3.03	23.31	169.90
จำปา	3	51.70	7.33	37.43	10.45	1.25	8.55	57.68
จำปี	5	58.24	9.00	58.94	16.99	1.71	12.63	90.27
ชมพู่	1	60.70	6.00	30.48	8.17	1.18	7.50	47.33
ชมพู่ม่าเหมี่ยว	2	72.80	10.50	91.84	26.96	2.45	18.97	140.21
ประดู่บ้าน	1	200.10	16.00	672.57	219.00	11.22	112.76	1,015.54
ประดู่ป่า	6	91.37	13.67	142.13	42.24	3.54	28.56	216.48
พญาสัตบรรณ	2	113.85	16.00	241.60	73.88	5.29	45.85	366.62
พิกุล	10	93.95	10.20	166.40	51.87	3.54	30.80	252.60

ตารางผนวก 7 (ต่อ)

ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
มะเกี๋ยง	1	210.70	13.00	611.04	197.76	10.46	103.67	922.93
มะเฟือง	1	57.30	8.00	35.72	9.66	1.32	8.62	55.32
มะขาม	1	150.50	10.00	258.69	79.30	5.59	48.83	392.41
มะขามป้อม	2	58.55	14.00	67.65	19.22	2.05	14.87	103.80
มะปราง	2	92.45	10.00	141.60	42.97	3.27	27.40	215.25
มะม่วง	2	66.05	10.50	58.82	16.42	1.90	13.34	90.49
มะยม	1	59.60	7.00	33.96	9.16	1.28	8.25	52.65
มะหอกกานีใบใหญ่	2	139.75	11.00	280.48	87.69	5.67	51.14	424.98
ราชพฤกษ์	5	83.36	7.60	69.60	19.72	2.12	15.35	106.80
ลำไย	2	92.75	12.50	131.20	38.56	3.41	26.91	200.07
สตาร์แอปเปิล	1	150.00	10.00	257.11	78.79	5.57	48.56	390.03
สนประดิพรรดิ์	1	71.20	14.00	64.13	10.19	2.44	19.18	95.95
ส้มสุก	1	76.70	6.00	46.86	12.90	1.61	10.93	72.31
สะเดา	1	166.10	28.00	798.80	262.94	12.71	131.09	1,205.54
ส้าน	1	160.20	12.00	343.08	107.07	6.87	62.53	519.55
สารภี	1	175.20	15.00	496.48	158.59	8.99	86.43	750.50

ตารางผนวก 7 (ต่อ)

ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
สาละลังกา	9	101.79	11.89	203.35	63.58	4.23	37.35	308.51
หูกวาง	2	178.30	13.00	458.99	146.35	8.41	80.27	694.02
อินทนิลบก	3	74.23	12.67	102.81	30.31	2.69	21.06	156.88
			รวม					11,202.44

ตารางผนวก 8 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเฉลี่ยบริเวณวัดพระสิงห์

ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
เพกา	1	85.30	11.00	99.45	28.70	2.79	21.13	152.07
กระทิง	2	63.55	11.00	81.81	23.96	2.21	16.98	124.96
ขนุน	1	76.20	10.00	74.04	20.98	2.25	16.32	113.59
ขี้เหล็ก	1	120.50	26.00	413.69	130.63	7.87	73.66	625.86
ประดู่ป่า	21	105.27	7.00	102.58	29.91	2.78	21.42	156.70
ปอบ้าน	1	102.60	19.00	230.74	70.23	5.15	44.17	350.29
พญาสัตบรรณ	30	77.35	9.63	110.37	33.48	2.63	21.55	168.03
พิกุล	3	128.40	15.33	348.04	110.74	6.53	61.32	526.63
มะเกี๋ยง	1	131.20	17.00	327.35	101.85	6.64	60.01	495.84
มะขามเทศ	1	148.90	14.00	345.57	107.89	6.91	62.92	523.29
มะม่วง	1	125.50	21.00	366.34	114.80	7.21	66.22	554.57
สนฉัตร	2	23.40	6.50	4.66	0.38	0.18	1.73	6.95
สาละลังกา	3	94.77	11.33	125.65	36.87	3.29	25.86	191.66
หูกวาง	2	222.90	16.50	844.99	279.81	13.15	137.16	1,275.11
อโศกอินเดีย	2	136.45	26.00	520.09	166.63	9.30	90.01	786.04
อินทนิลบก	1	140.40	22.00	469.90	149.58	8.64	82.36	710.49
			รวม					6,762.08

ตารางผนวก 9 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเฉลี่ยบริเวณวัดเมธัง

ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
เพกา	1	66.80	16.00	89.53	25.67	2.58	19.28	137.06
แคแสด	1	95.50	8.00	91.34	26.22	2.62	19.62	139.79
กระทิง	1	66.50	11.00	62.93	17.64	2.00	14.15	96.73
ขนุน	1	57.70	10.00	44.41	12.18	1.55	10.43	68.58
จำปี	1	58.90	4.00	19.87	5.18	0.86	5.16	31.07
พิกุล	1	77.50	10.00	76.38	21.68	2.30	16.77	117.14
มะกอก	1	81.10	9.00	75.37	21.37	2.28	16.58	115.60
มะฮอกกานีใบใหญ่	2	75.05	16.00	111.09	32.30	3.02	23.28	169.69
สาละลังกา	1	95.10	9.00	101.00	29.18	2.82	21.42	154.42
อโศกอินเดีย	1	127.20	13.00	241.67	73.77	5.32	46.00	366.76
อินทนิลบก	1	50.70	5.00	18.52	4.81	0.82	4.85	28.99
							รวม	1,425.83

ตารางผนวก 10 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเฉลี่ยบริเวณวัดพันแหวน

ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
เพกา	12	51.33	8.50	31.57	8.50	1.20	7.69	48.97
กระทิง	2	131.05	13.50	261.18	80.14	5.63	49.21	396.16
ขนุน	4	79.93	11.25	95.71	27.84	2.63	20.10	146.29
คำมอก	1	130.00	10.00	197.65	59.57	4.60	38.57	300.39
จัน	1	84.20	15.00	129.13	37.89	3.37	26.57	196.95
ชงโค	1	115.50	10.00	159.03	47.28	3.93	31.88	242.12
พลับ	1	38.40	6.00	13.14	3.34	0.64	3.59	20.71
มะม่วง	3	59.07	7.33	38.13	10.46	1.35	8.99	58.93
มะยม	1	59.20	7.00	33.55	9.04	1.26	8.16	52.01
ลำไย	2	84.70	10.00	93.10	26.89	2.62	19.79	142.39
ลีลาวดี	2	103.40	10.00	131.78	38.80	3.40	26.95	200.93
หูกวาง	2	53.60	10.00	39.31	10.72	1.41	9.34	60.78
อโวคาโด	1	27.80	6.00	7.26	1.78	0.41	2.13	11.58
อโศกอินเดีย	3	123.43	15.00	276.79	85.87	5.73	51.13	419.53
							รวม	2,297.73

ตารางผนวก 11 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเฉลี่ยบริเวณวัดหมื่นเงินกอง

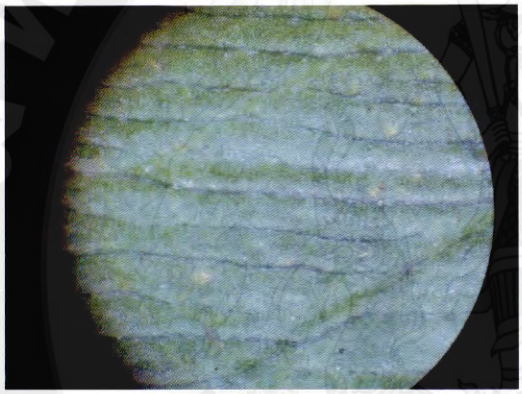
ชื่อต้นไม้	จำนวน	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (m.)	การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิด (กิโลกรัม)				
				W_S	W_B	W_L	W_R	W_T
ไทร	1	75.00	9.00	65.28	18.35	2.05	14.62	100.29
ขนุน	3	53.67	8.67	35.36	9.64	1.28	8.43	54.72
บุหงาสาหรี่	1	99.50	11.00	131.98	38.78	3.43	27.08	201.26
พญาสัตบรรณ	1	61.10	8.00	40.19	10.96	1.44	9.56	62.15
พิกุล	3	72.70	7.33	52.93	14.75	1.74	12.07	81.49
มะขาม	1	140.50	8.00	185.71	55.75	4.39	36.52	282.38
มะขามป้อม	1	9.80	4.00	0.74	0.16	0.08	0.29	1.26
มะยม	2	67.40	7.50	43.76	12.00	1.53	10.29	67.58
ยางอินเดีย	1	154.20	15.00	392.63	123.58	7.58	70.37	594.16
ลิ้นจี่	1	104.00	16.00	202.00	60.97	4.67	39.31	306.95
ลีลาวดี	1	113.40	7.00	110.79	32.19	3.02	23.23	169.23
สะเดา	1	113.20	11.00	167.29	49.89	4.07	33.33	254.59
สาละลังกา	1	81.10	6.00	51.92	14.38	1.74	11.96	80.01
อโศกอินเดีย	1	19.70	7.00	4.44	1.05	0.29	1.39	7.17
อินทนิลบก	1	26.00	4.00	4.42	1.05	0.29	1.38	7.14
							รวม	2,270.37

ภาคผนวก ข

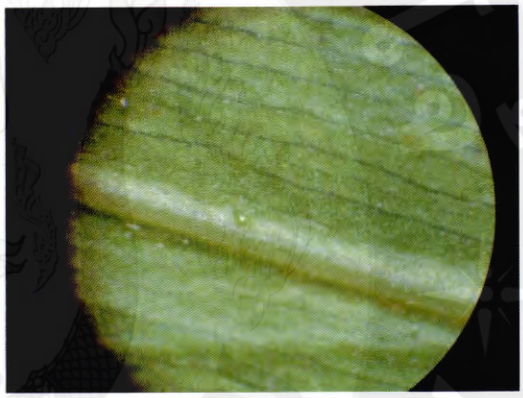
ภาพตัวอย่างใบไม้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์
แบบดิจิตอล (Digital Microscope)
ที่กำลังขยาย 4.5 เท่า

ภาพผนวก 1 หลังใบ silver oak

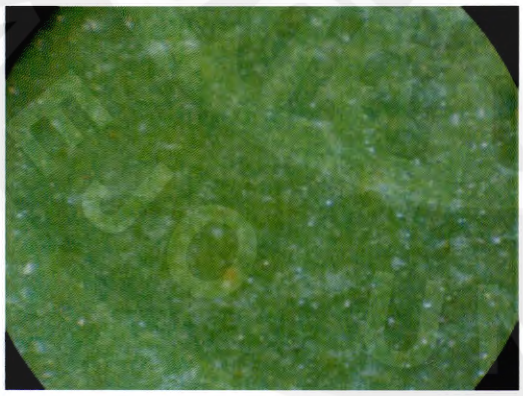
ภาพผนวก 2 ท้องใบ silver oak



ภาพผนวก 3 หลังใบกระถินเทพา



ภาพผนวก 4 ท้องใบกระถินเทพา

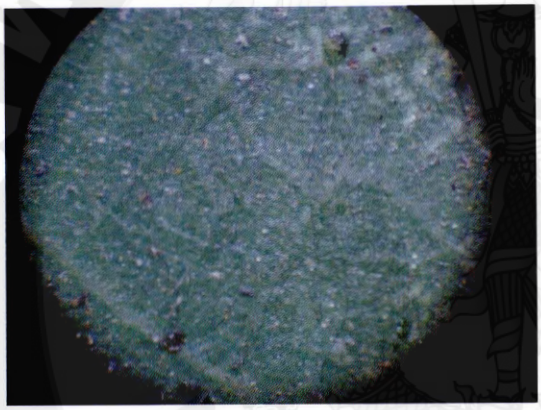


ภาพผนวก 5 หลังใบกระท้อน

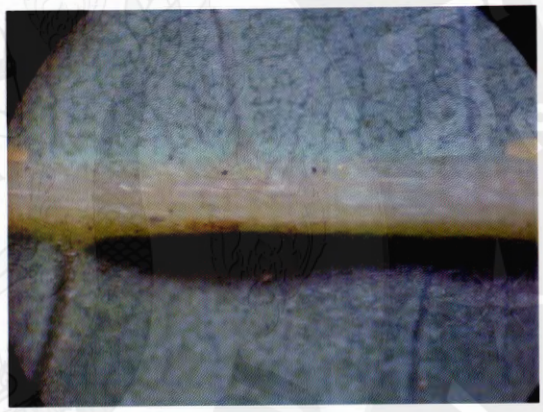
ภาพผนวก 6 ท้องใบกระท้อน

ภาพผนวก 7 หลังใบกระทิง

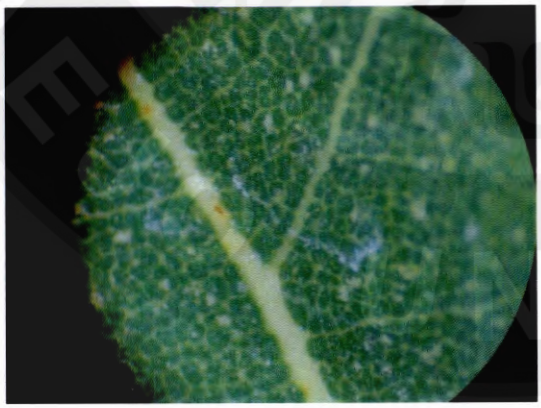
ภาพผนวก 8 ท้องใบกระทิง



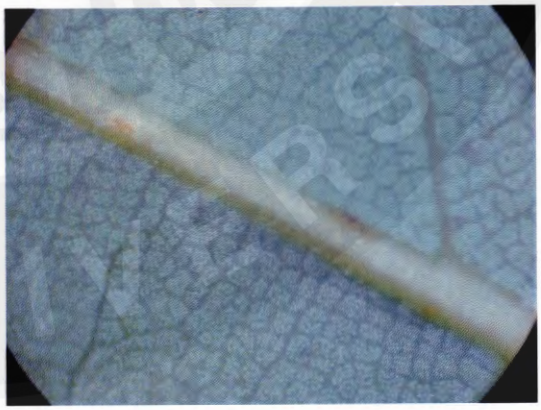
ภาพผนวก 9 หลังใบกัลปพฤกษ์



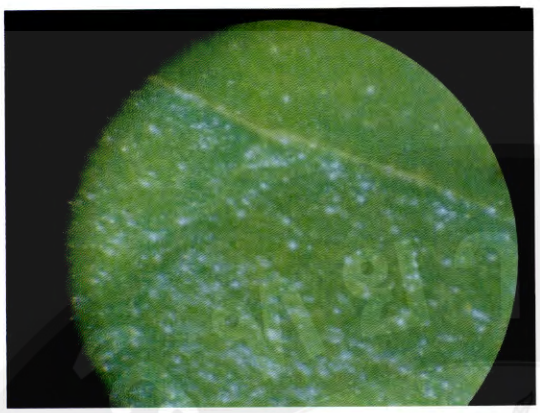
ภาพผนวก 10 ท้องใบกัลปพฤกษ์



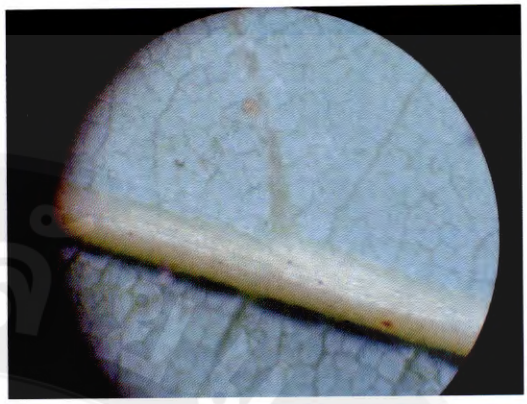
ภาพผนวก 11 หลังใบกานพลู



ภาพผนวก 12 ท้องใบกานพลู



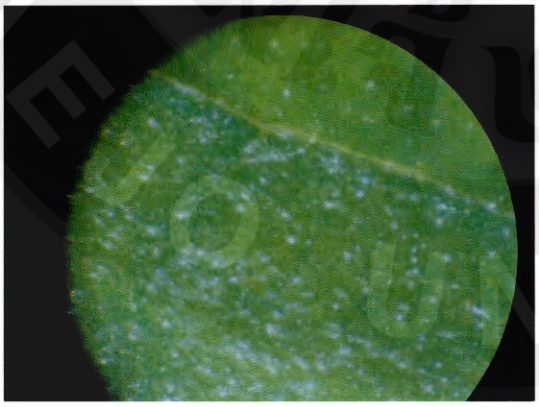
ภาพผนวก 13 หลังใบการบูร



ภาพผนวก 14 ท้องใบการบูร

ภาพผนวก 15 หลังใบกาสะลอง

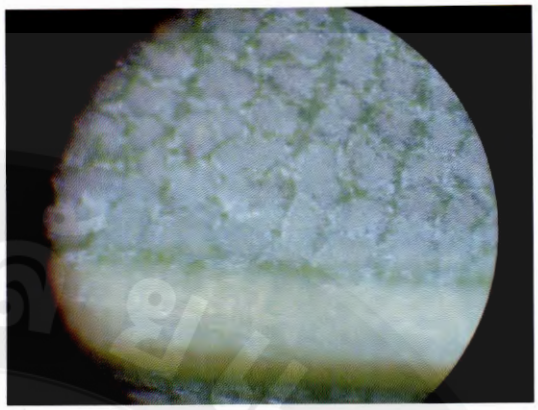
ภาพผนวก 16 ท้องใบกาสะลอง



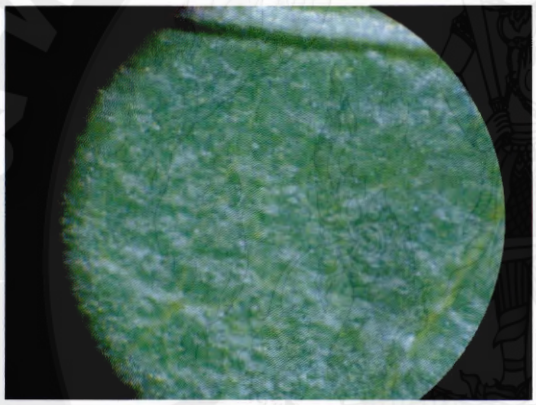
ภาพผนวก 17 หลังใบกาสะลองคำ

ภาพผนวก 18 ท้องใบกาสะลองคำ

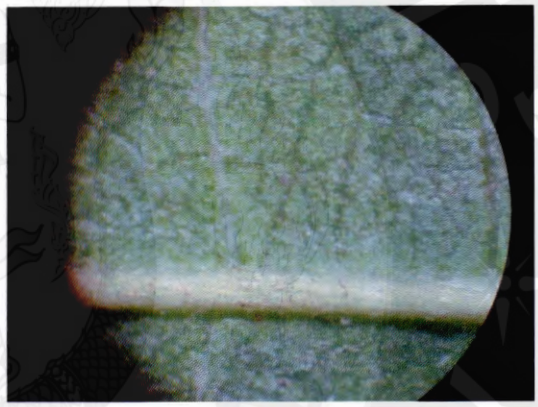
ภาพผนวก 19 หลังใบขนุน



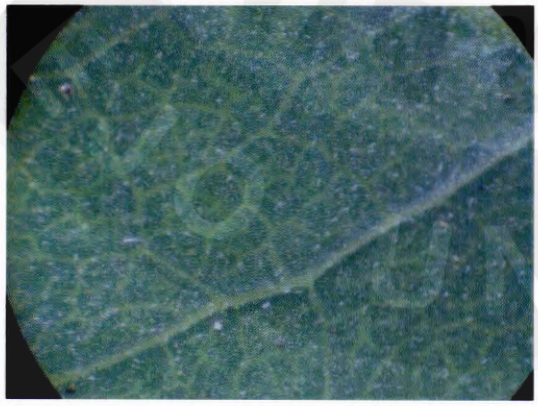
ภาพผนวก 20 ท้องใบขนุน



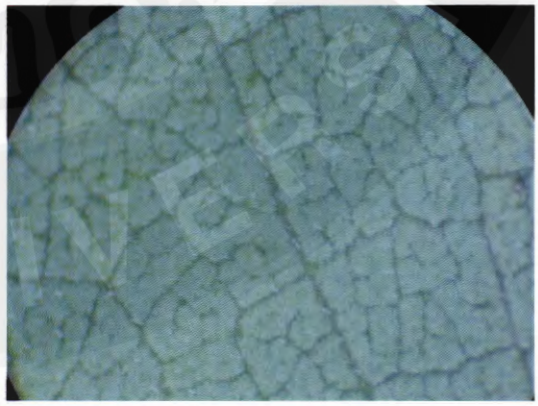
ภาพผนวก 21 หลังใบข่อย



ภาพผนวก 22 ท้องใบข่อย

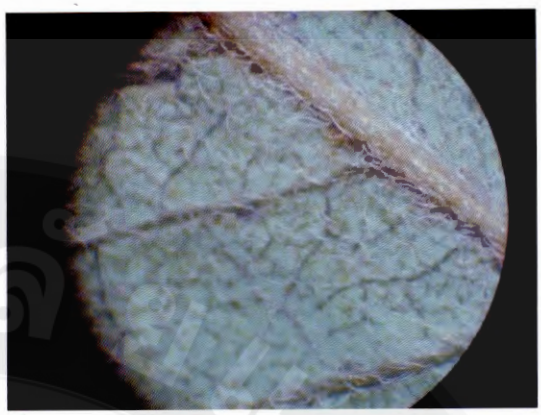


ภาพผนวก 23 หลังใบขี้เหล็ก



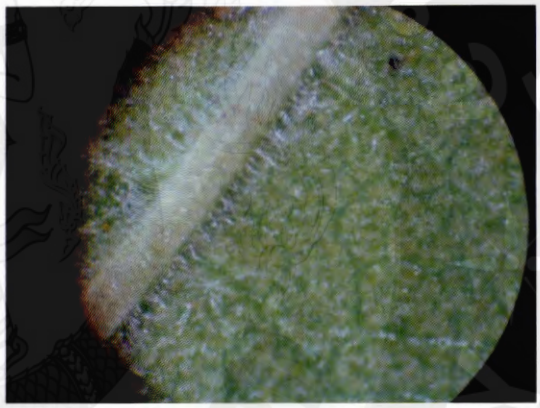
ภาพผนวก 24 ท้องใบขี้เหล็ก

ภาพผนวก 25 หลังใบขี้เหล็กอเมริกัน

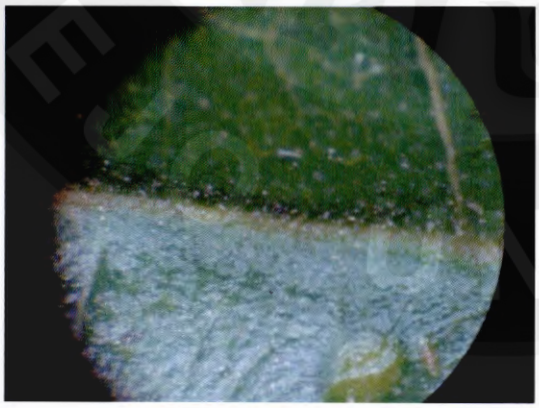


ภาพผนวก 26 ท้องใบขี้เหล็กอเมริกัน

ภาพผนวก 27 หลังใบคำมอก



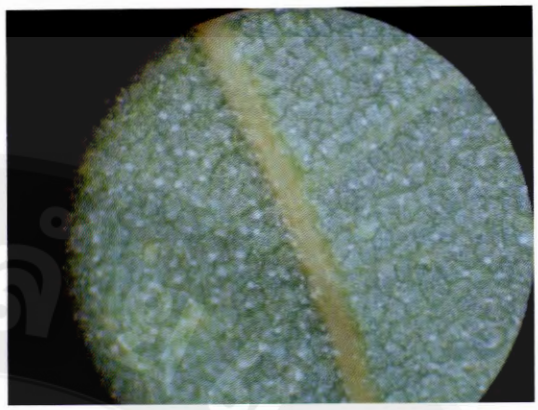
ภาพผนวก 28 ท้องใบคำมอก



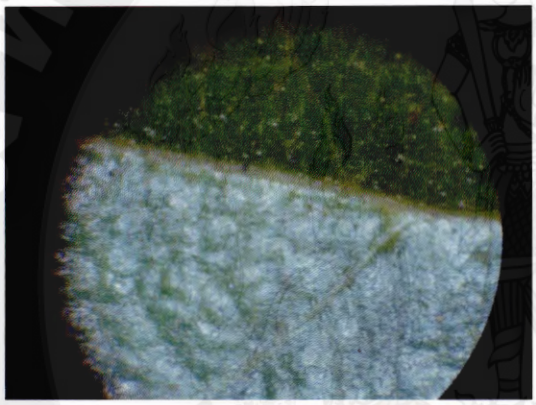
ภาพผนวก 29 หลังใบแคนา

ภาพผนวก 30 ท้องใบแคนา

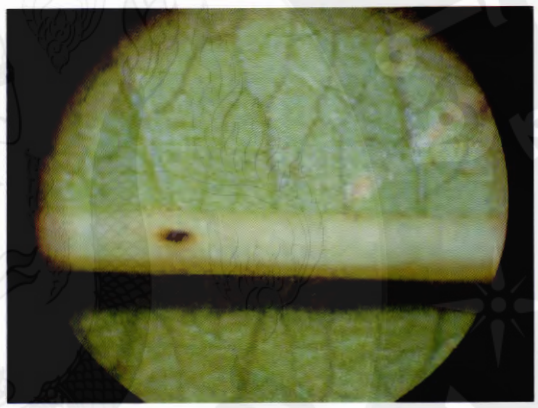
ภาพผนวก 31 หลังใบแคแสด



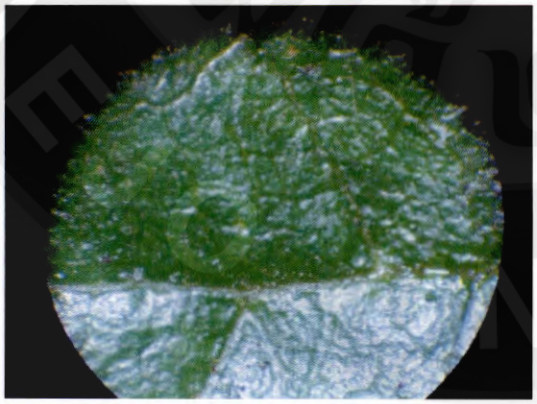
ภาพผนวก 32 ท้องใบแคแสด



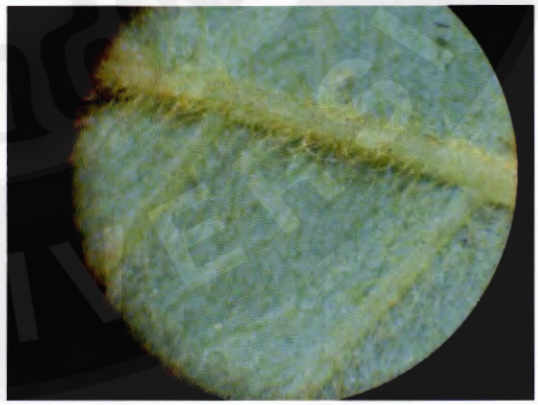
ภาพผนวก 33 หลังใบจัน



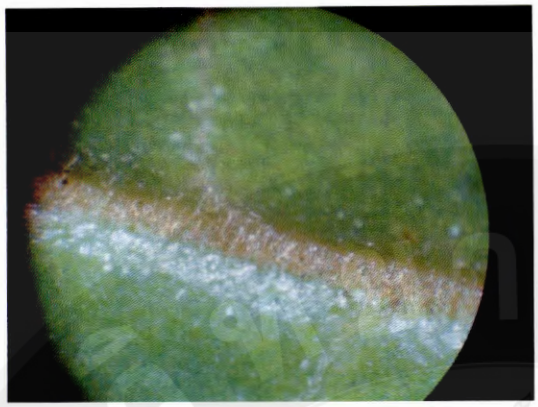
ภาพผนวก 34 ท้องใบจัน



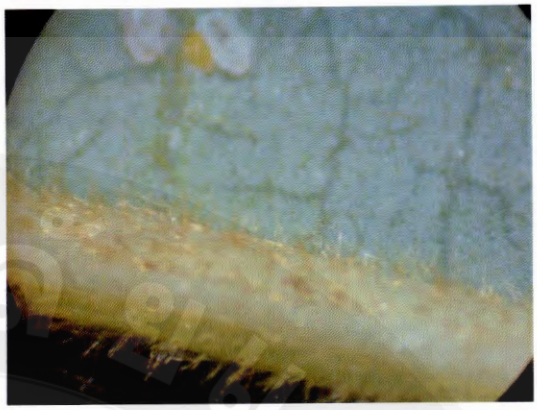
ภาพผนวก 35 หลังใบจามจุรี



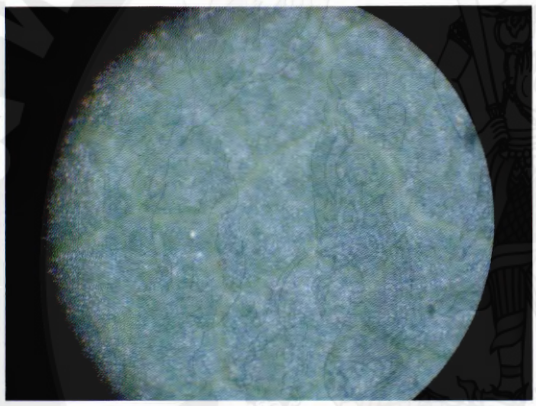
ภาพผนวก 36 ท้องใบจามจุรี



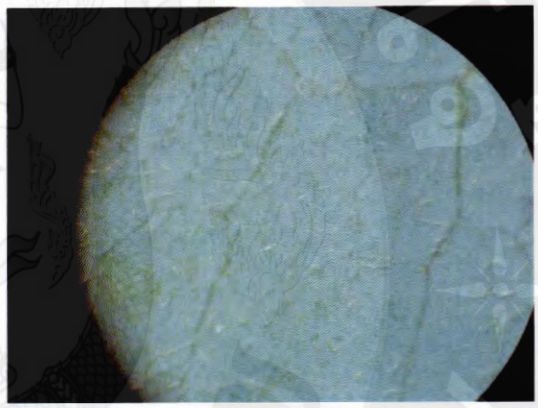
ภาพผนวก 37 หลังใบจำปา



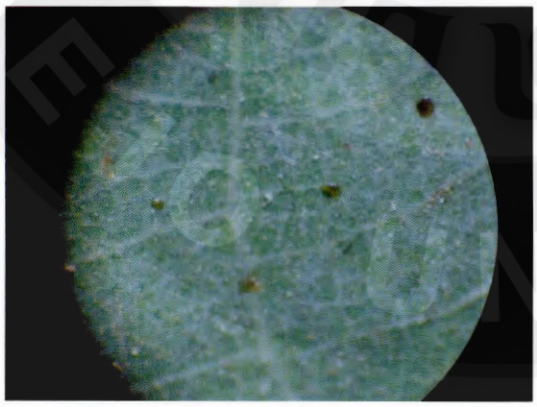
ภาพผนวก 38 ท้องใบจำปา



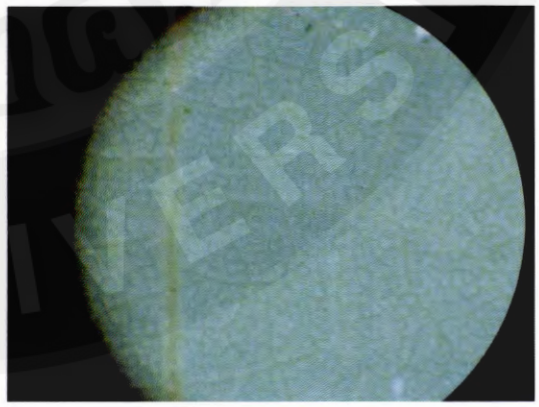
ภาพผนวก 39 หลังใบจำปี



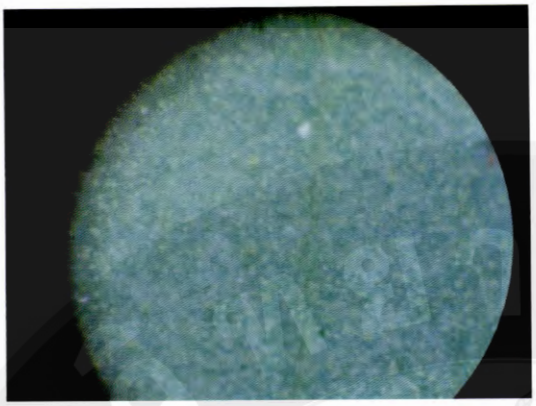
ภาพผนวก 40 ท้องใบจำปี



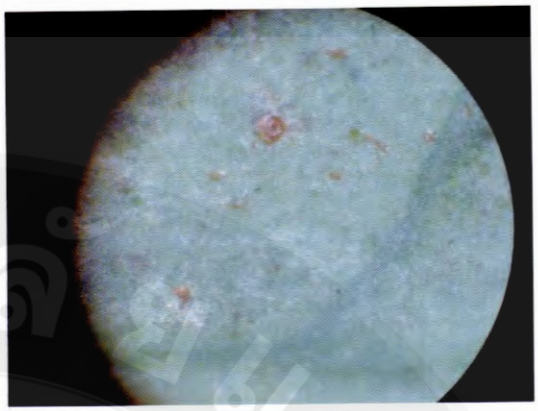
ภาพผนวก 41 หลังใบชงโค



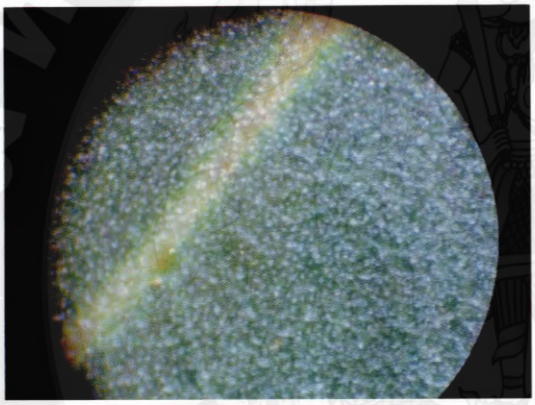
ภาพผนวก 42 ท้องใบชงโค



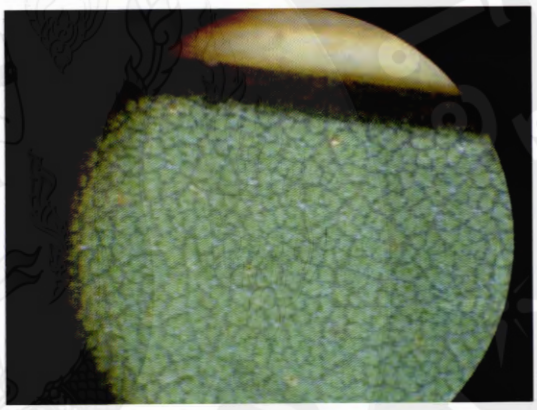
ภาพผนวก 43 หลังใบชมพู่



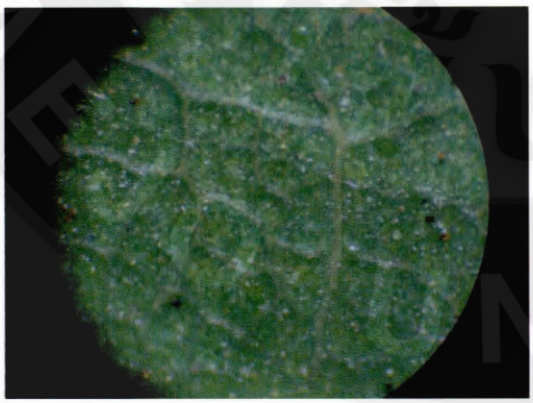
ภาพผนวก 44 ท้องใบชมพู่



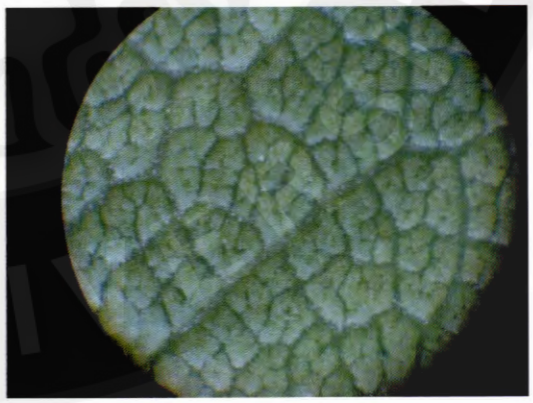
ภาพผนวก 45 หลังใบชมพู่ม่าเหมี่ยว



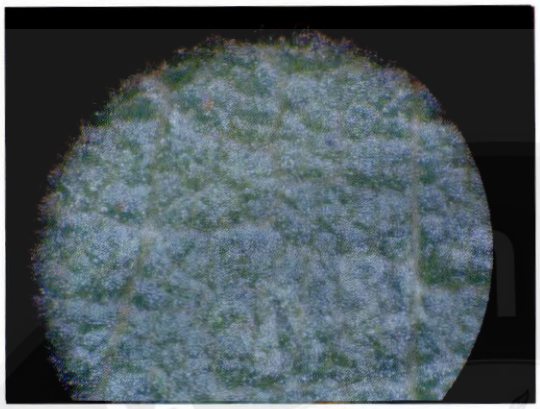
ภาพผนวก 46 ท้องใบชมพู่ม่าเหมี่ยว



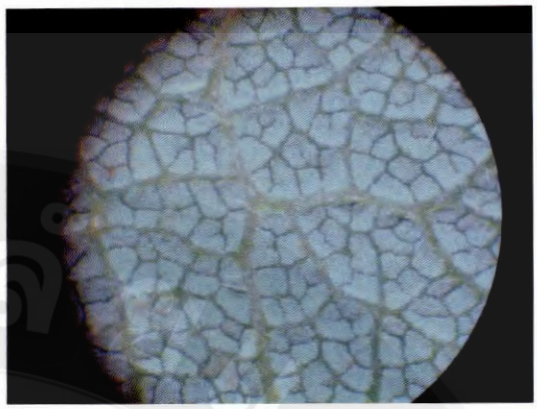
ภาพผนวก 47 หลังใบตะแบก



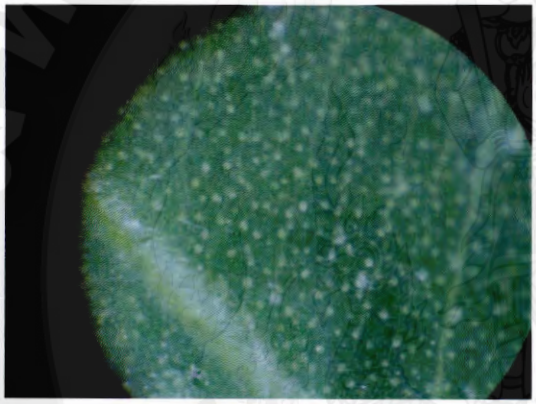
ภาพผนวก 48 ท้องใบตะแบก



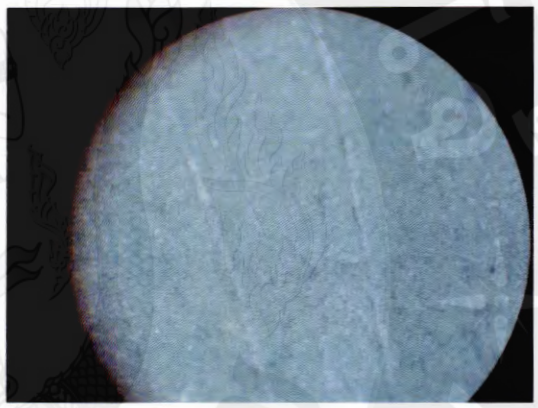
ภาพผนวก 49 หลังใบทองกวาว



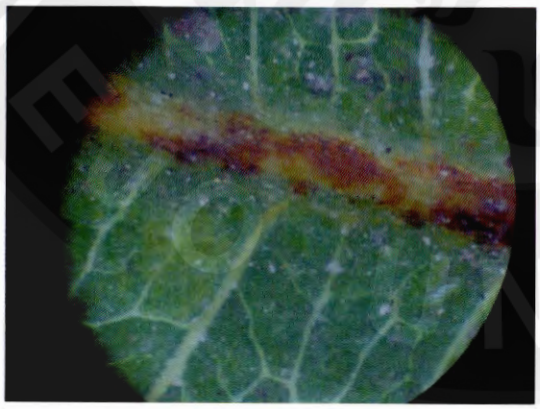
ภาพผนวก 50 ท้องใบทองกวาว



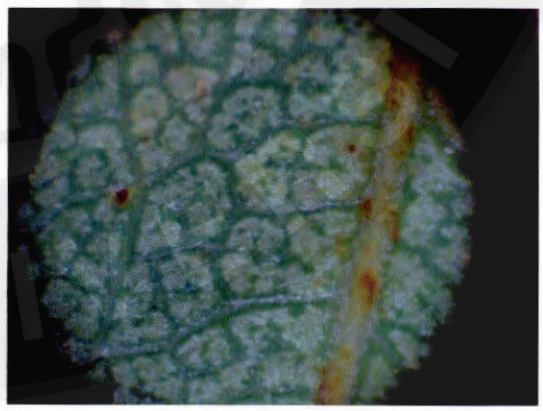
ภาพผนวก 51 หลังใบไทร



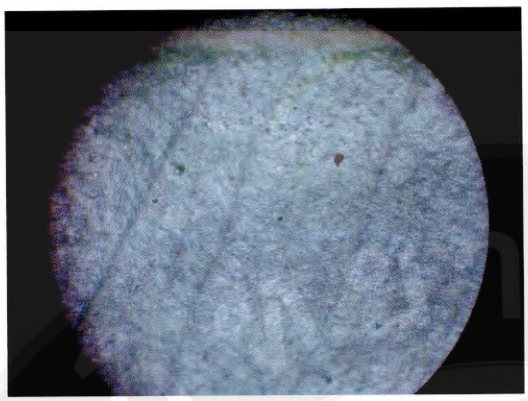
ภาพผนวก 52 ท้องใบไทร



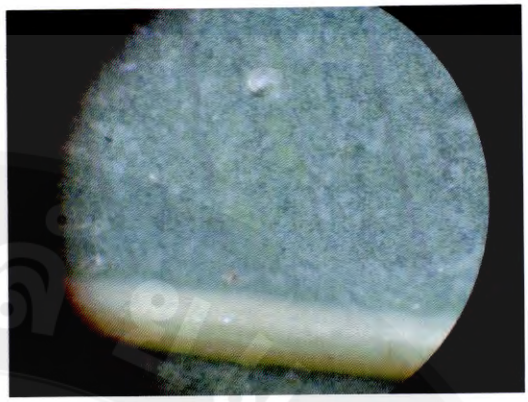
ภาพผนวก 53 หลังใบไทรเลียบ



ภาพผนวก 54 ท้องใบไทรเลียบ

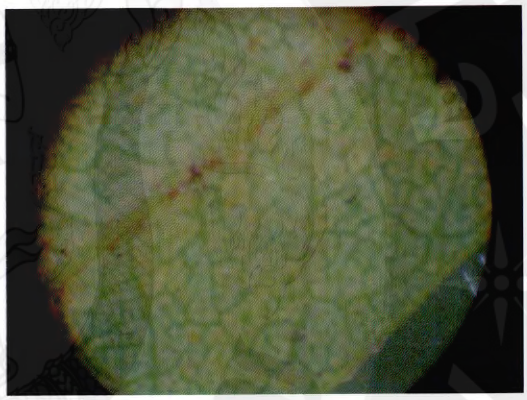


ภาพผนวก 55 หลังใบไทรอังกฤษ

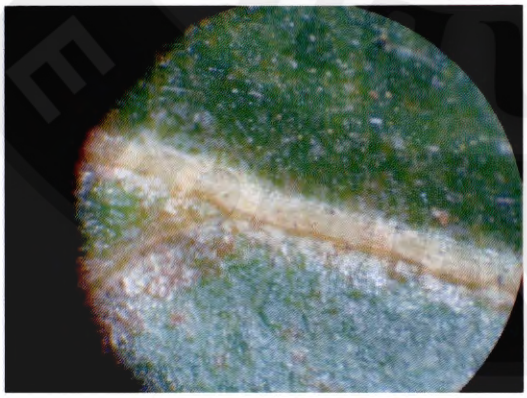


ภาพผนวก 56 ท้องใบไทรอังกฤษ

ภาพผนวก 57 หลังใบนนทรี

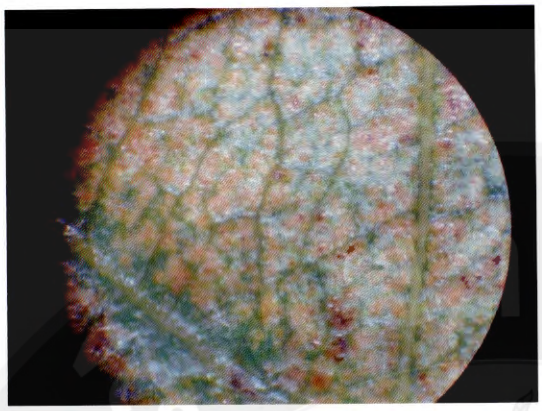


ภาพผนวก 58 ท้องใบนนทรี



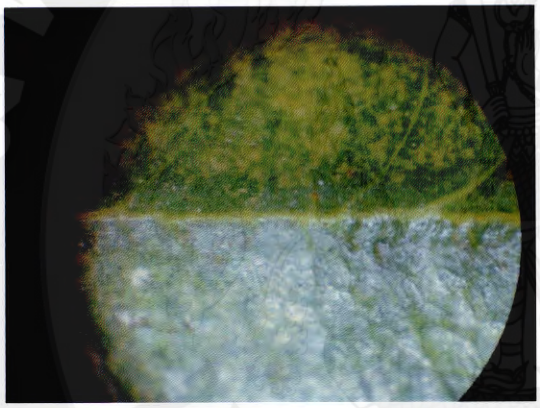
ภาพผนวก 59 หลังใบบุหงาสาหรี่

ภาพผนวก 60 ท้องใบบุหงาสาหรี่

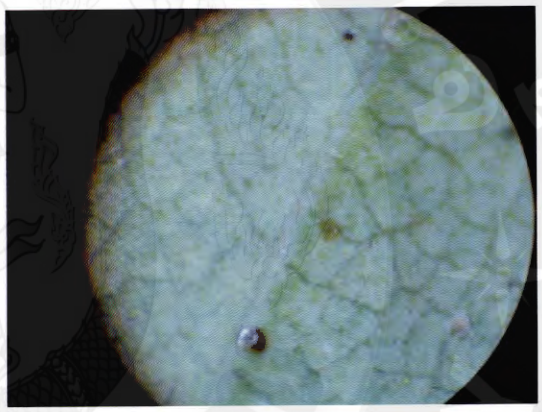


ภาพผนวก 61 หลังใบประดู่ป่า

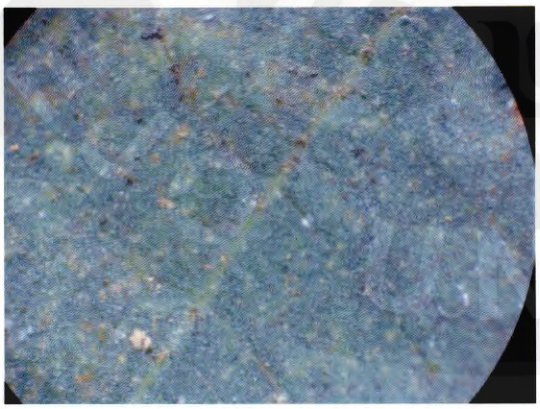
ภาพผนวก 62 ท้องใบประดู่ป่า



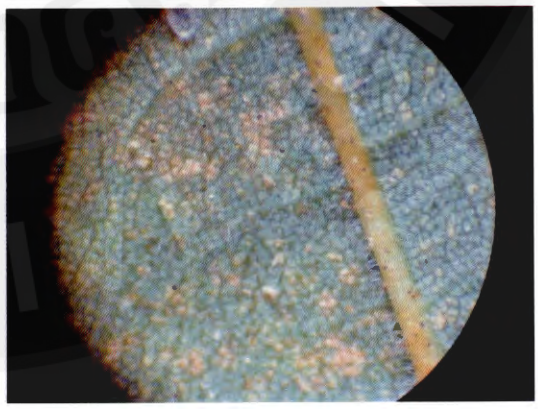
ภาพผนวก 63 หลังใบประดู่บ้าน



ภาพผนวก 64 ท้องใบประดู่บ้าน

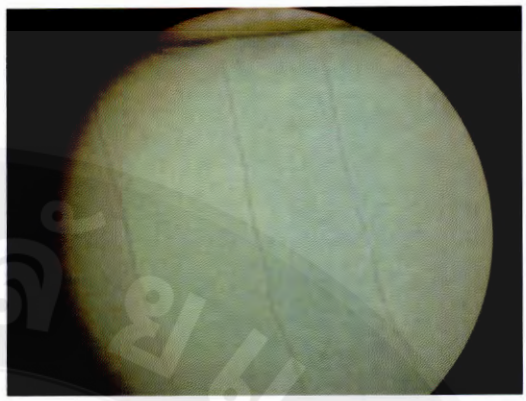


ภาพผนวก 65 หลังใบปอบ้าน

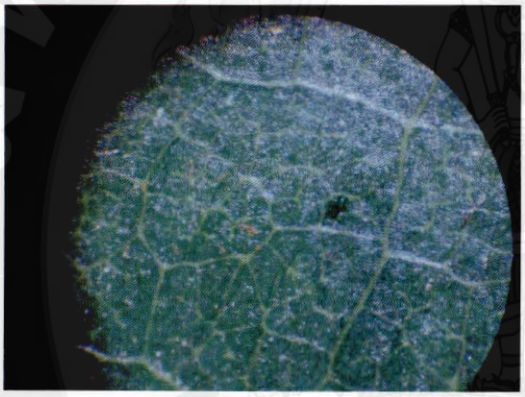


ภาพผนวก 66 ท้องใบปอบ้าน

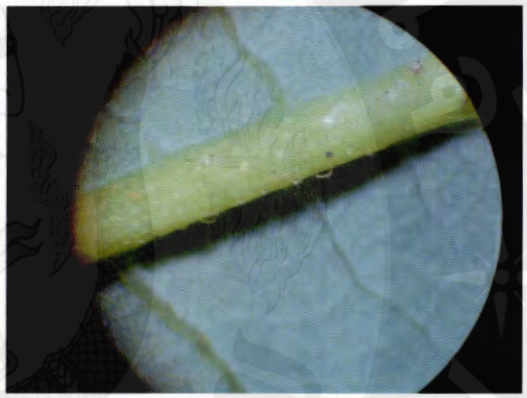
ภาพผนวก 67 หลังใบพญาสัตบรรณ



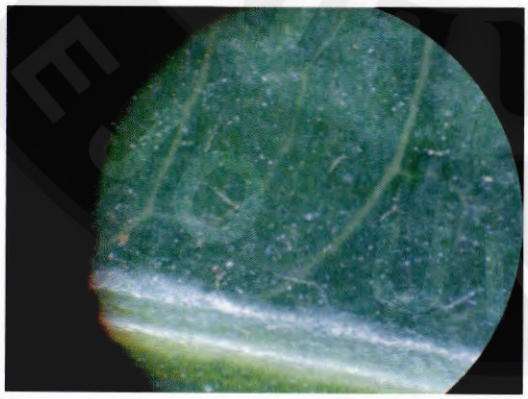
ภาพผนวก 68 ท้องใบพญาสัตบรรณ



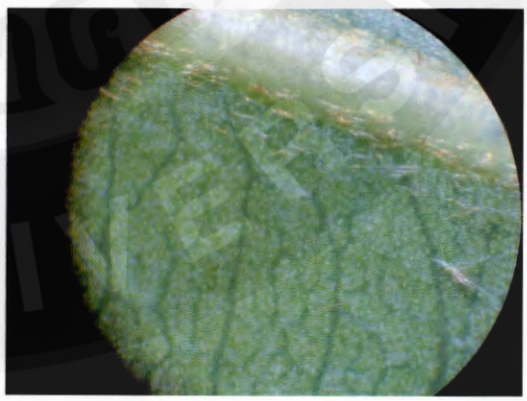
ภาพผนวก 69 หลังใบพลับ



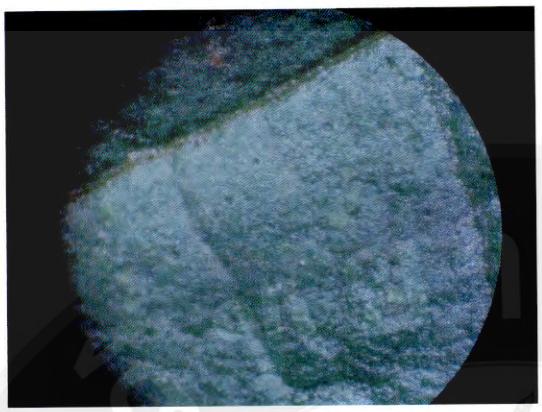
ภาพผนวก 70 ท้องใบพลับ



ภาพผนวก 71 หลังใบพิกุล



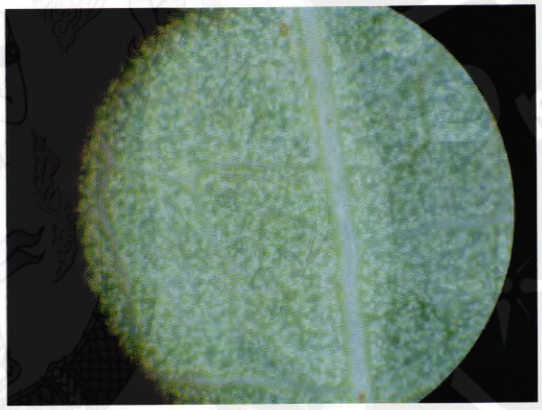
ภาพผนวก 72 ท้องใบพิกุล



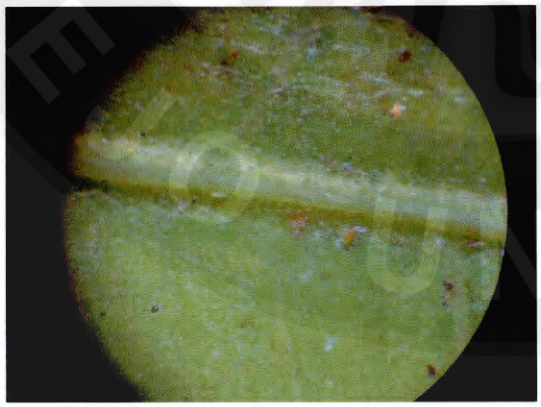
ภาพผนวก 73 หลังใบเพกา

ภาพผนวก 74 ท้องใบเพกา

ภาพผนวก 75 หลังใบโพธิ์



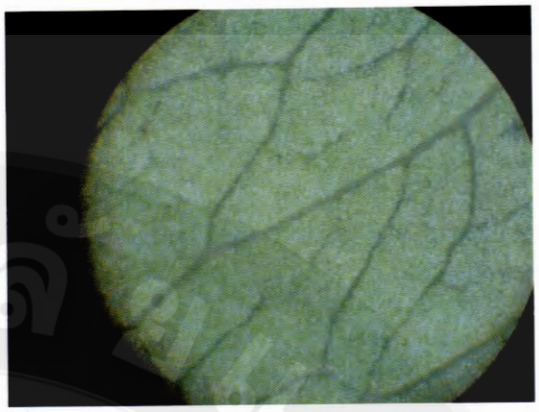
ภาพผนวก 76 ท้องใบโพธิ์



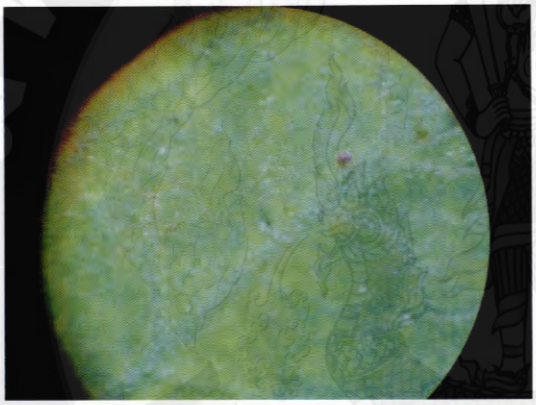
ภาพผนวก 77 หลังใบมะกอก

ภาพผนวก 78 ท้องใบมะกอก

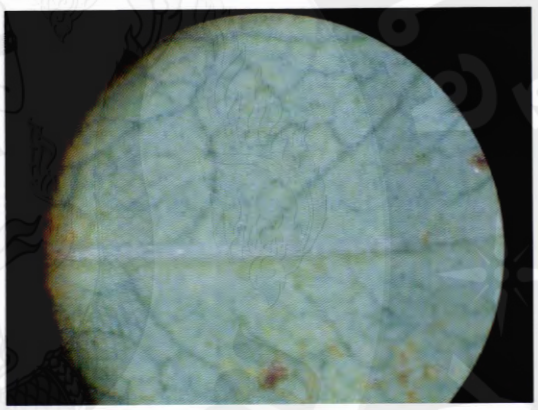
ภาพผนวก 79 หลังใบมะเกี๋ยง



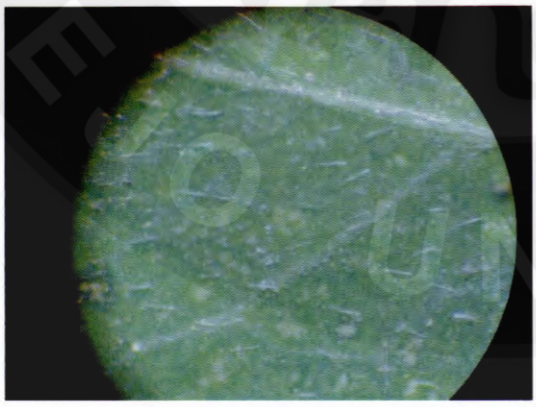
ภาพผนวก 80 ท้องใบมะเกี๋ยง



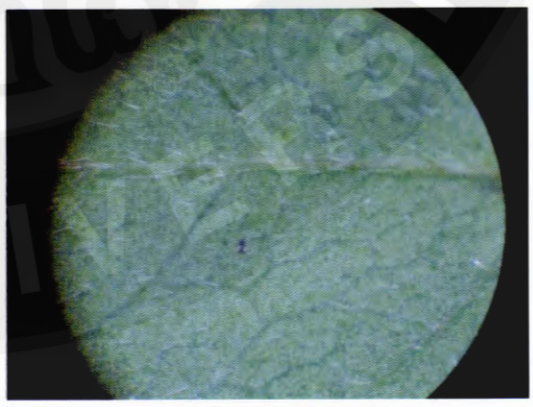
ภาพผนวก 81 หลังใบมะขาม



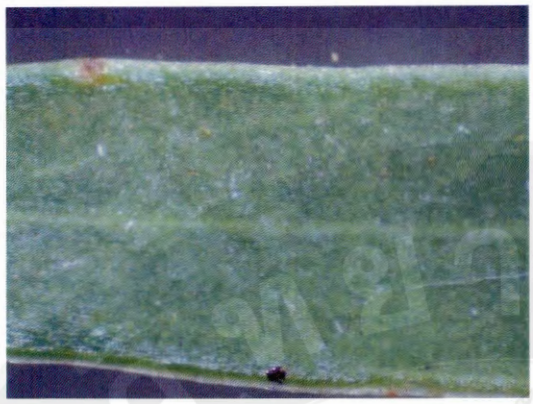
ภาพผนวก 82 ท้องใบมะขาม



ภาพผนวก 83 หลังใบมะขามเทศ

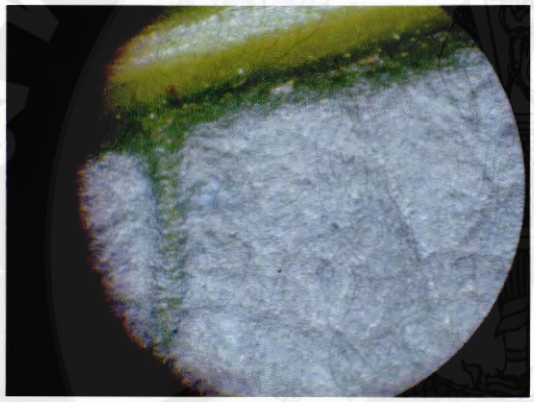


ภาพผนวก 84 ท้องใบมะขามเทศ

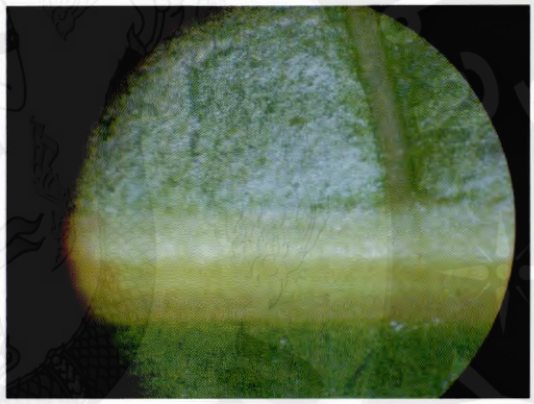


ภาพผนวก 85 หลังใบมะขามป้อม

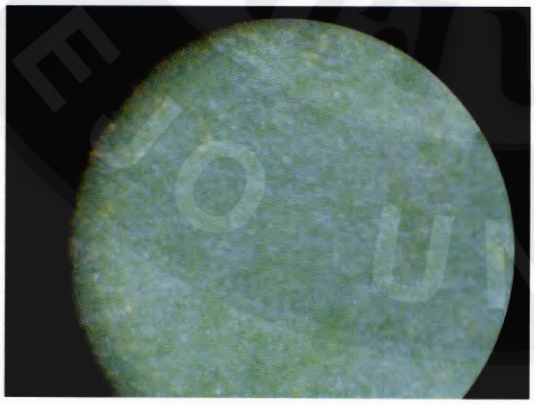
ภาพผนวก 86 ท้องใบมะขามป้อม



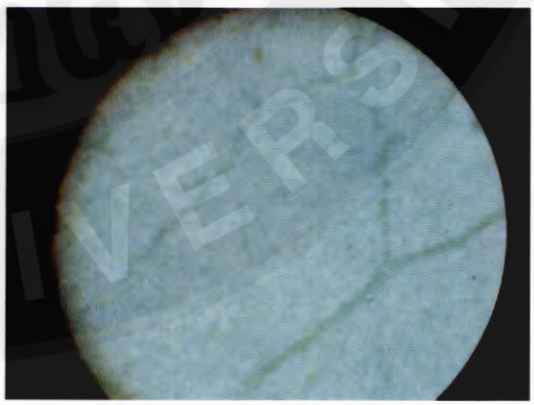
ภาพผนวก 87 หลังใบมะปราง



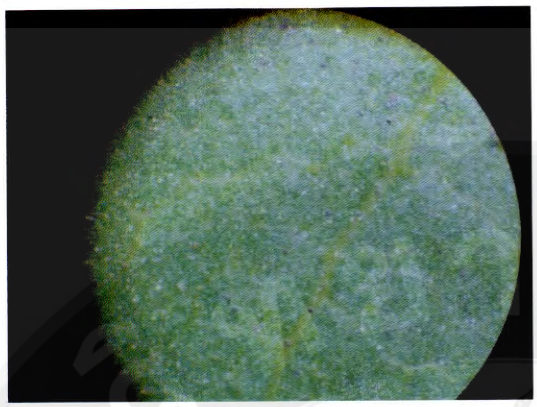
ภาพผนวก 88 ท้องใบมะปราง



ภาพผนวก 89 หลังใบมะเฟือง



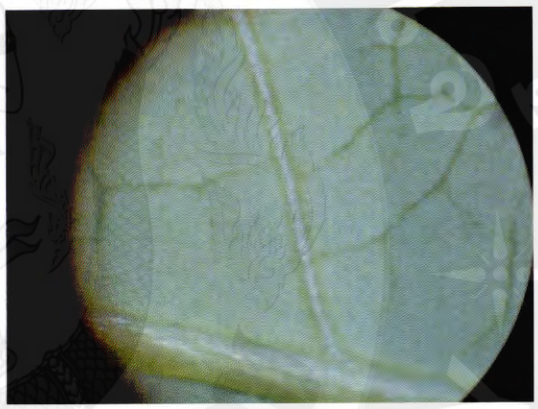
ภาพผนวก 90 ท้องใบมะเฟือง



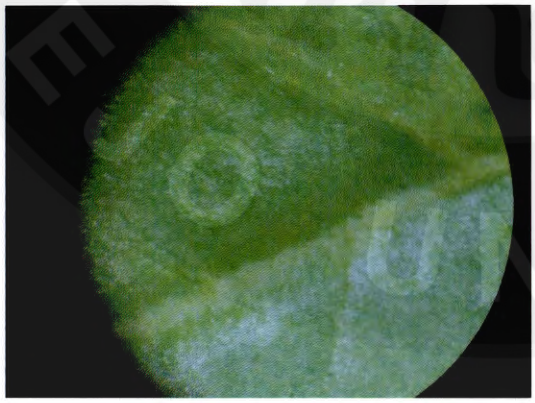
ภาพผนวก 91 หลังใบมะม่วง

ภาพผนวก 92 ท้องใบมะม่วง

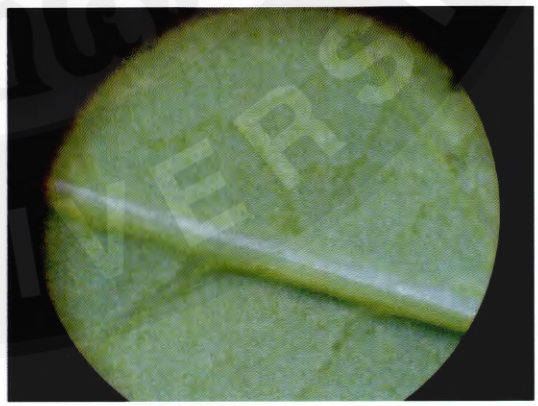
ภาพผนวก 93 หลังใบมะยม



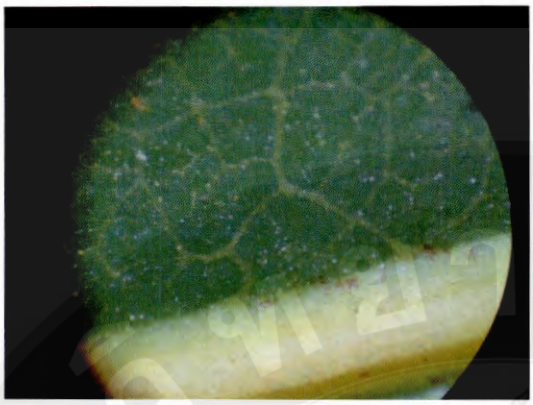
ภาพผนวก 94 ท้องใบมะยม



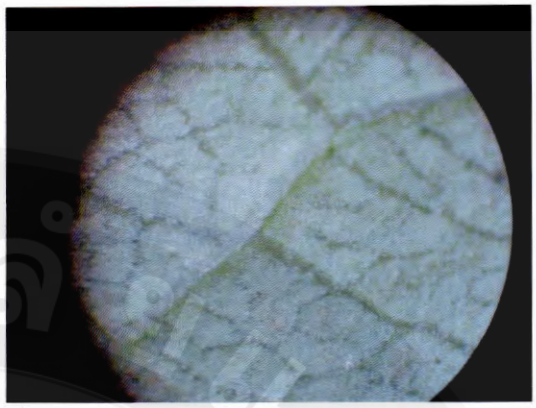
ภาพผนวก 95 หลังใบมะรุม



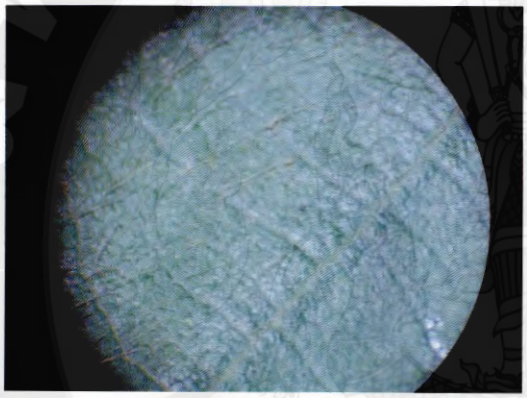
ภาพผนวก 96 ท้องใบมะรุม



ภาพผนวก 97 หลังใบมะฮอกกานีใบใหญ่

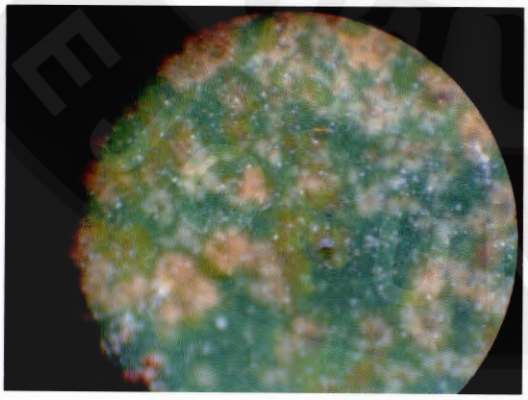


ภาพผนวก 98 ท้องใบมะฮอกกานีใบใหญ่



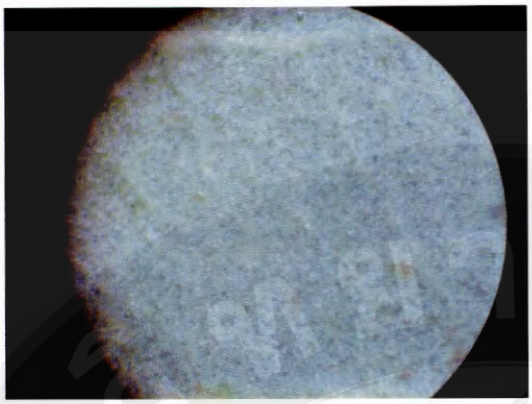
ภาพผนวก 99 หลังใบยางนา

ภาพผนวก 100 ท้องใบยางนา

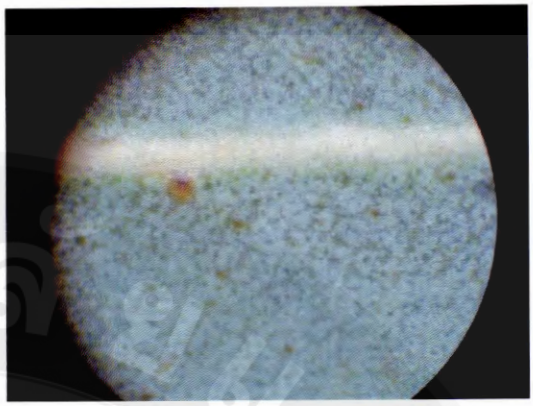


ภาพผนวก 101 หลังใบยางอินเดีย

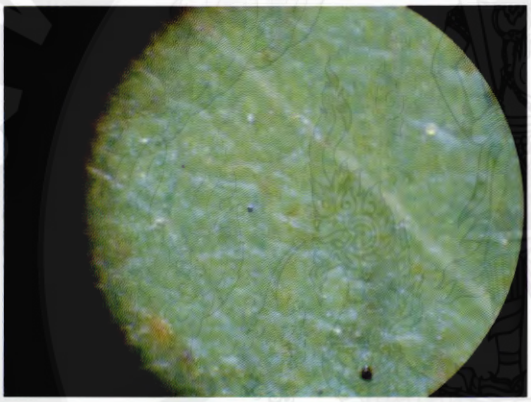
ภาพผนวก 102 ท้องใบยางอินเดีย



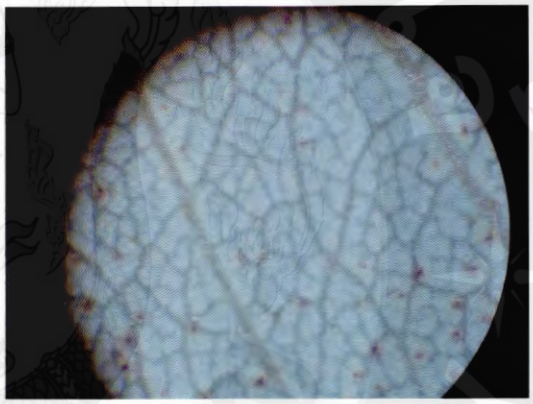
ภาพผนวก 103 หลังใบยูคาลิปตัส



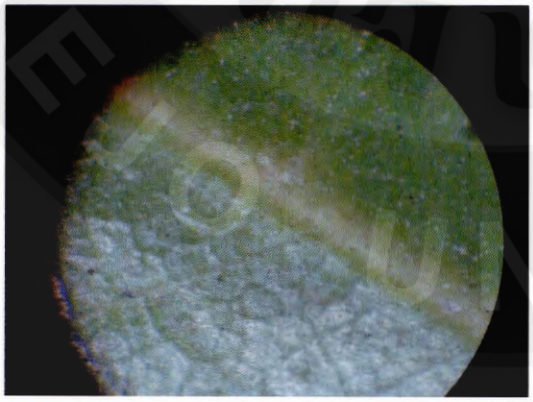
ภาพผนวก 104 ท้องใบยูคาลิปตัส



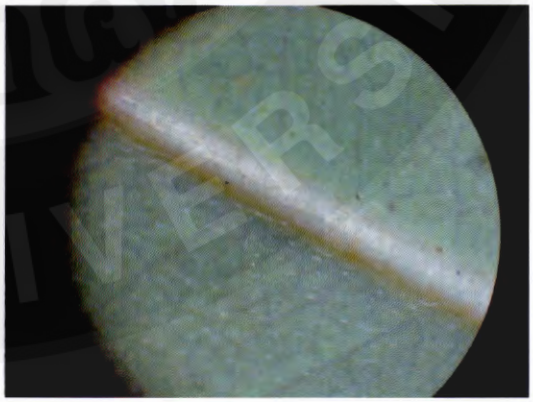
ภาพผนวก 105 หลังใบราชพฤกษ์



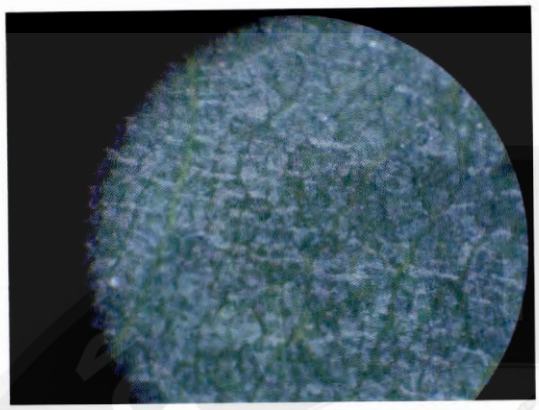
ภาพผนวก 106 ท้องใบราชพฤกษ์



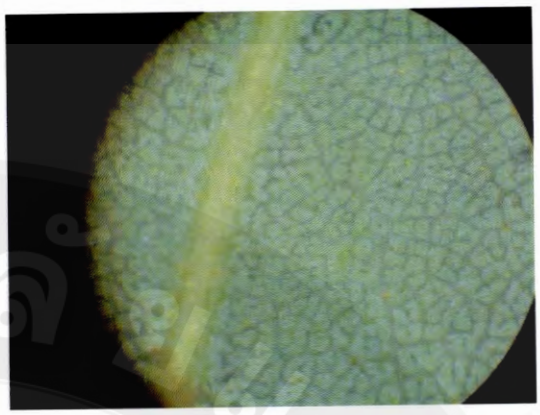
ภาพผนวก 107 หลังใบลำดวน



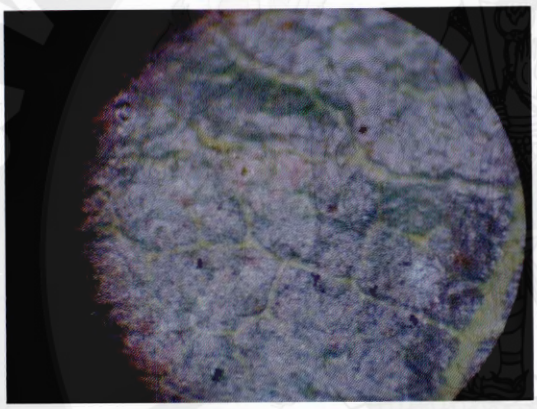
ภาพผนวก 108 ท้องใบลำดวน



ภาพผนวก 109 หลังใบลำไย

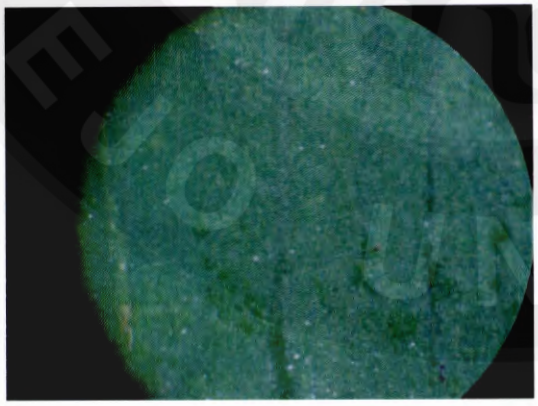


ภาพผนวก 110 ท้องใบลำไย

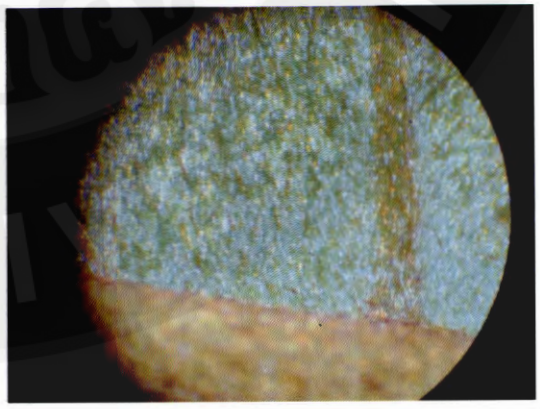


ภาพผนวก 111 หลังใบลีลาวดี

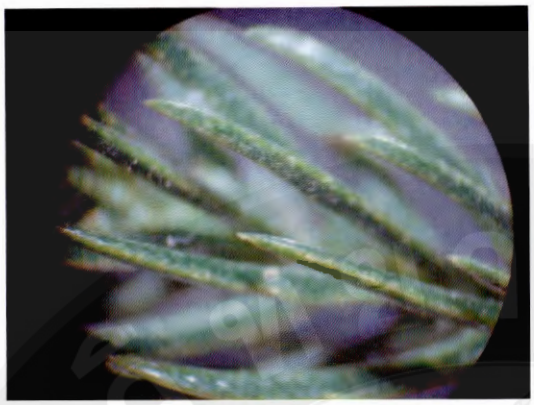
ภาพผนวก 112 ท้องใบลีลาวดี



ภาพผนวก 113 หลังใบสตาร์แอปเปิ้ล

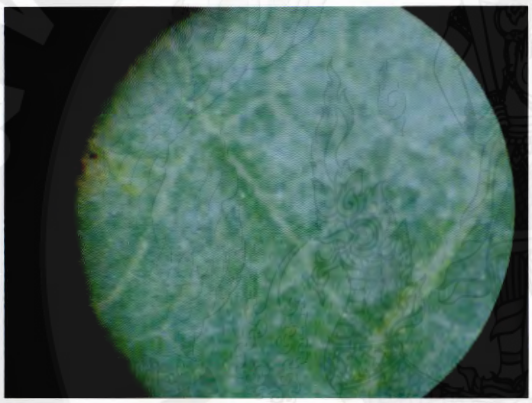


ภาพผนวก 114 ท้องใบสตาร์แอปเปิ้ล

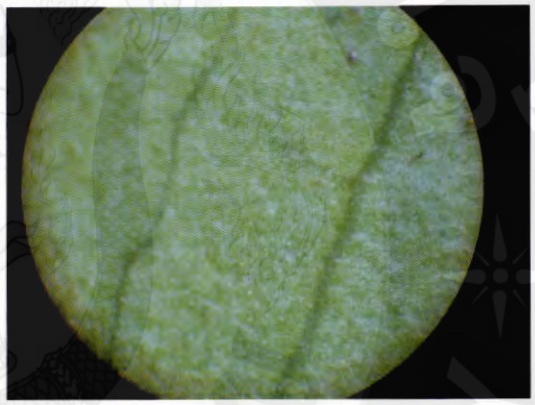


ภาพผนวก 115 ใบสนฉัตร

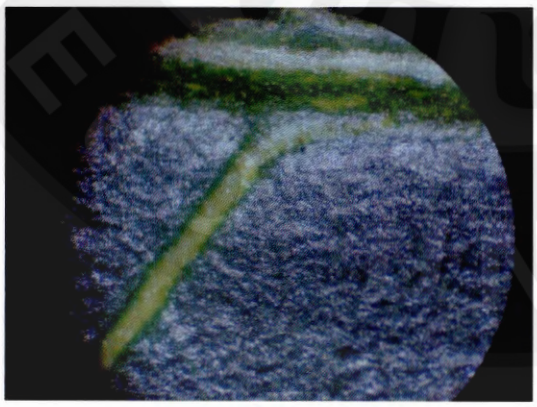
ภาพผนวก 116 ใบสนประดิพัทธ์



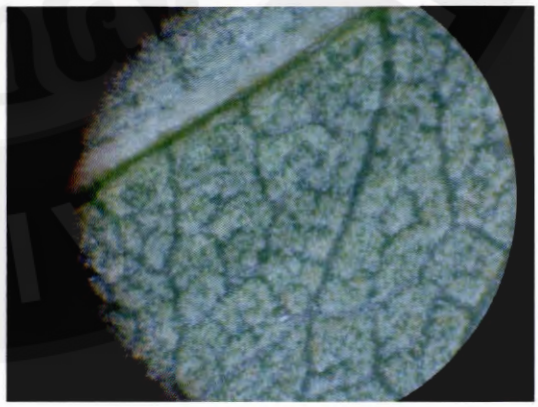
ภาพผนวก 117 หลังใบส้มสุก



ภาพผนวก 118 ท้องใบส้มสุก



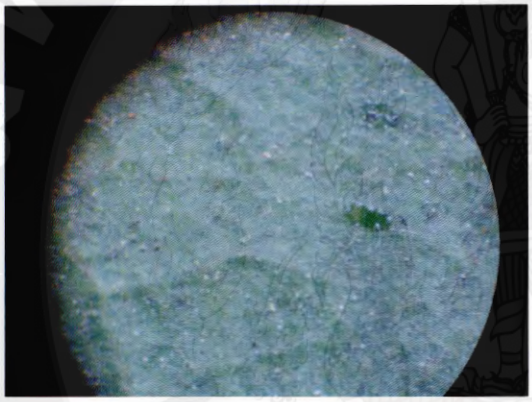
ภาพผนวก 119 หลังใบสะเดา



ภาพผนวก 120 ท้องใบสะเดา

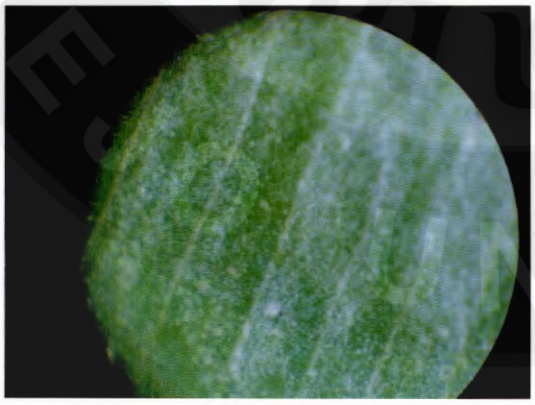
ภาพผนวก 121 หลังใบสัก

ภาพผนวก 122 ท้องใบสัก



ภาพผนวก 123 หลังใบส้านใหญ่

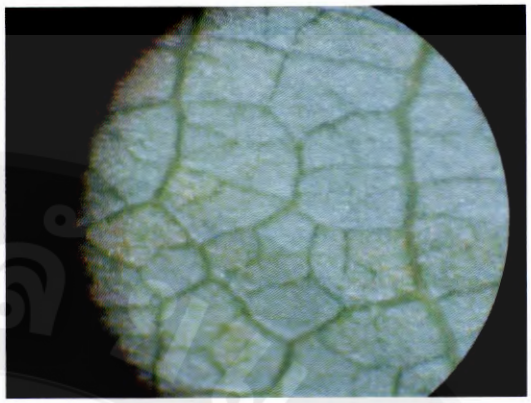
ภาพผนวก 124 ท้องใบส้านใหญ่



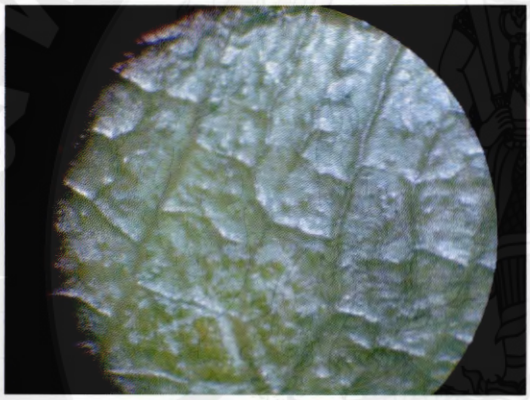
ภาพผนวก 125 หลังใบสารภี

ภาพผนวก 126 ท้องใบสารภี

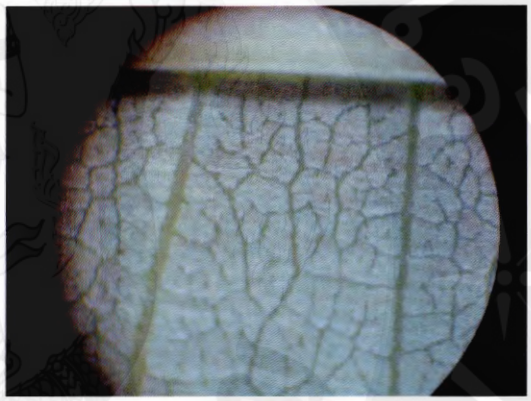
ภาพผนวก 127 หลังใบสาละลังกา



ภาพผนวก 128 ท้องใบสาละลังกา

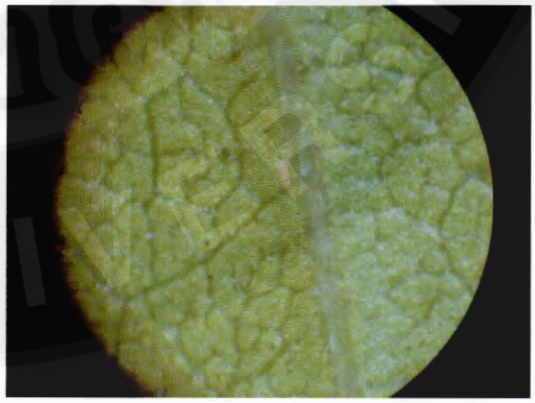


ภาพผนวก 129 หลังใบเสลา

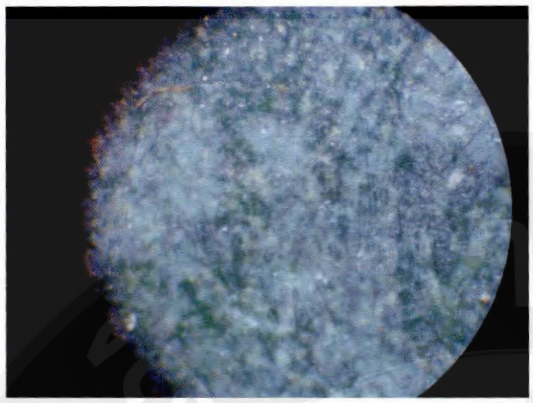


ภาพผนวก 130 ท้องใบเสลา

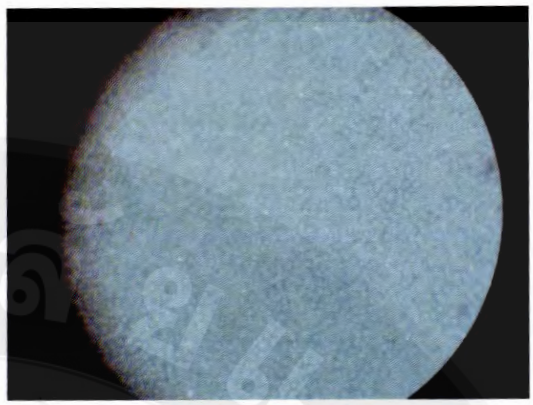
ภาพผนวก 131 หลังใบแสงจันทร์



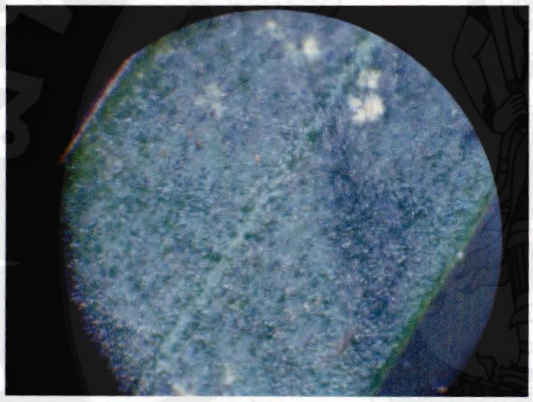
ภาพผนวก 132 ท้องใบแสงจันทร์



ภาพผนวก 133 หลังใบหนวดปลาหมึกยักษ์

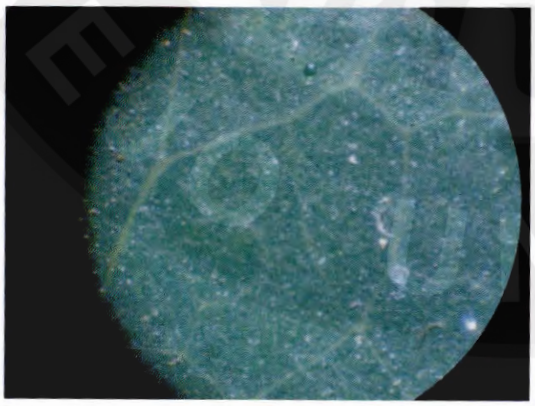


ภาพผนวก 134 ท้องใบหนวดปลาหมึกยักษ์

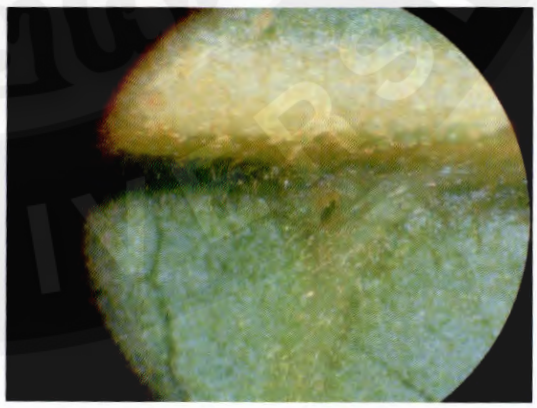


ภาพผนวก 135 หลังใบหางนกยูงฝรั่ง

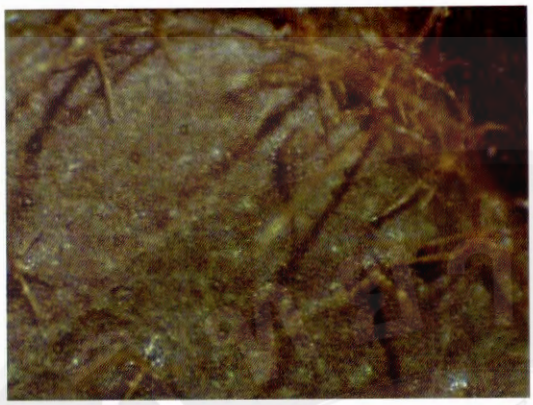
ภาพผนวก 136 ท้องใบหางนกยูงฝรั่ง



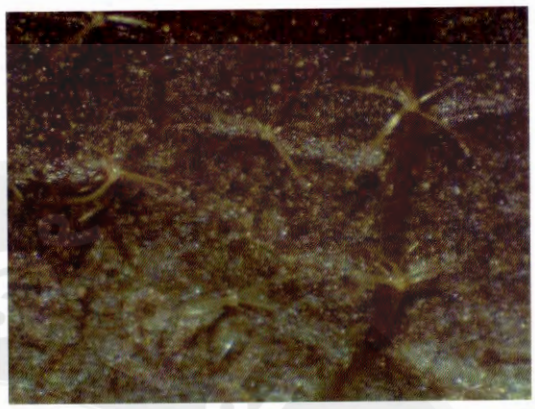
ภาพผนวก 137 หลังใบหูกวาง



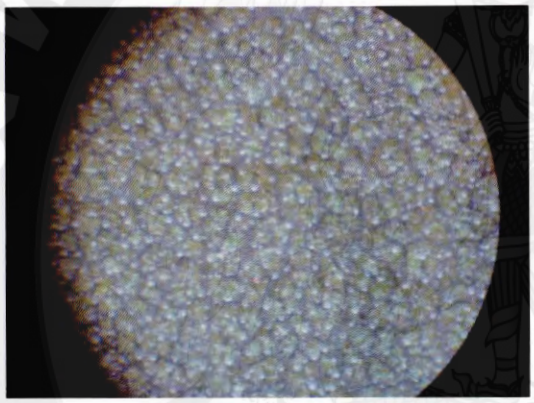
ภาพผนวก 138 ท้องใบหูกวาง



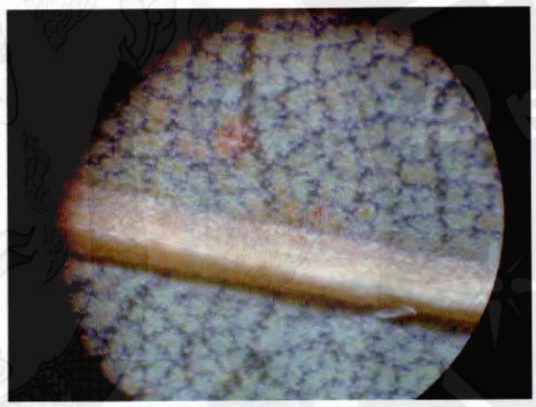
ภาพผนวก 139 หลังใบเหลืองเชียงราย



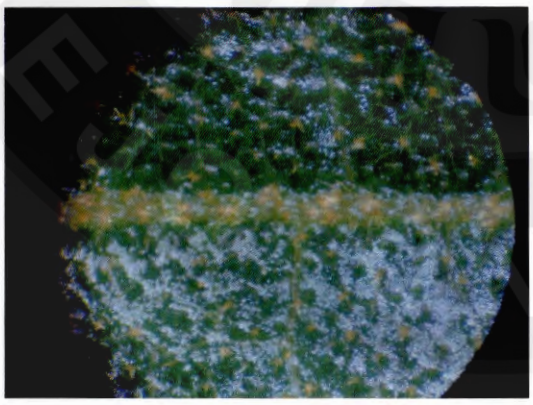
ภาพผนวก 140 ท้องใบเหลืองเชียงราย



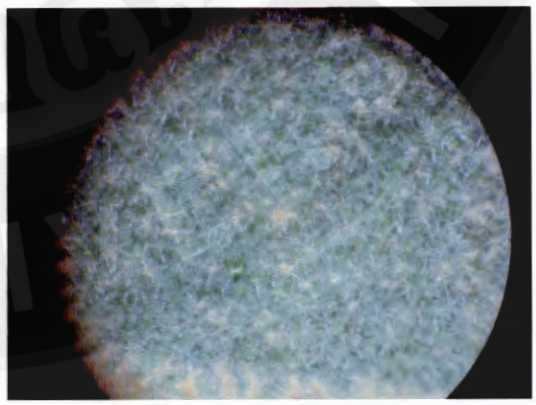
ภาพผนวก 141 หลังใบเหลืองปรีดียาธร



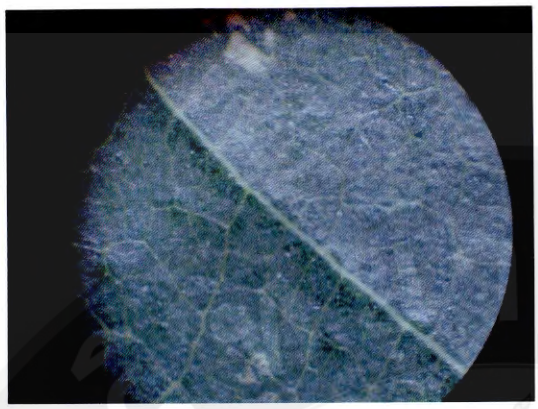
ภาพผนวก 142 ท้องใบเหลืองปรีดียาธร



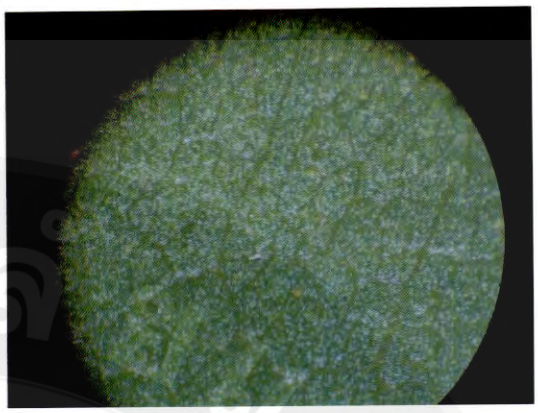
ภาพผนวก 143 หลังใบเหลืองอินเดีย



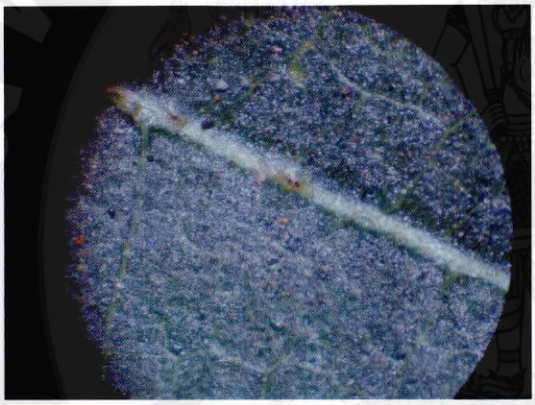
ภาพผนวก 144 ท้องใบเหลืองอินเดีย



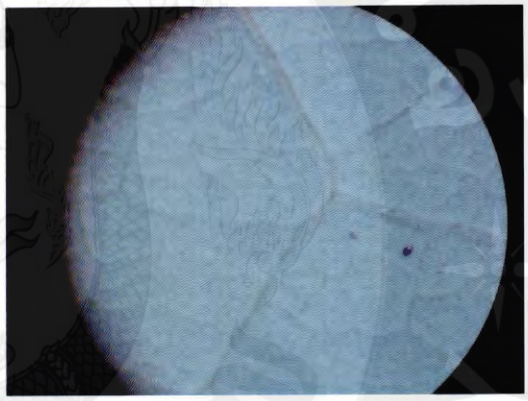
ภาพผนวก 145 หลังใบอโศกอินเดีย



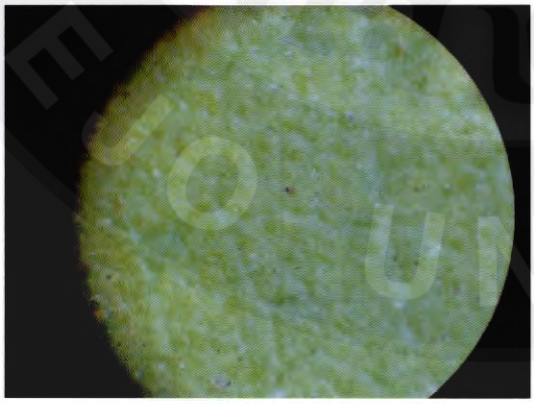
ภาพผนวก 146 ท้องใบอโศกอินเดีย



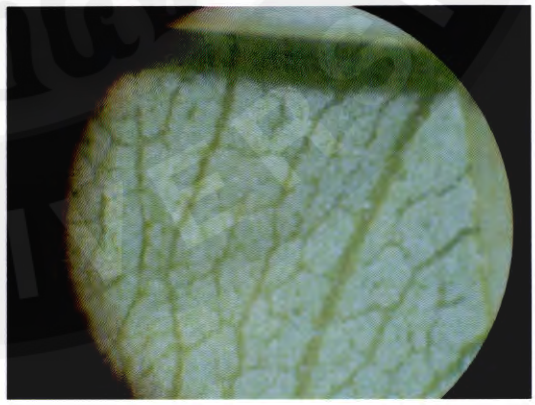
ภาพผนวก 147 หลังใบอะโวคาโด



ภาพผนวก 148 ท้องใบอะโวคาโด



ภาพผนวก 149 หลังใบอินทนิลบก



ภาพผนวก 150 ท้องใบอินทนิลบก

ภาพผนวก 151 หลังใบอินทนิลน้ำ

ภาพผนวก 152 ท้องใบอินทนิลน้ำ

ภาคผนวก ค

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวยุพาพักตร อินทุโสภณ	
เกิดเมื่อ	16 ตุลาคม 2528	
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2540 – 2543	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเรยีนาเชลีวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่
	พ.ศ. 2544 – 2546	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์ วิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่
	พ.ศ. 2547 – 2550	ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่