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 หมายถึง การรวมกลุ่มกันของใบและกิ่งก้าน 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

ต้นไม้ผลัดใบบางชนิดในเวลาที่ใบเต็มต้นก็จะเป็นไม้ใบหนาทึบ 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 กิ่งหลักเอียงนอนขนานกับพื้น (Horizontal) เช่น จิ๋ว หูกวาง เป็นต้น

4.4 กิ่งหลักโค้งตกลงจากลำต้นและเอียงกลับขึ้นตรงปลายของกิ่ง (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 ผลการศึกษาในเยอรมันตะวันตกยังพบว่า การปลูกไม้ยืนต้นเป็นแนวกว้าง 50–100 เมตร ในตัวเมืองจะช่วยลด

Comment [WU1]: ไม่มีข้อมูลในบรรณานุกรม

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)

Comment [WU2]: ไม่มีข้อมูลในบรรณานุกรม

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)

Comment [WU3]: ไม่มีข้อมูลในบรรณานุกรม

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_2 ซึ่งทำให้เกิดอาการแสบคอ แสบจมูก ถ้าความเข้มข้นสูงถึง 100 ppm อาจทำให้เสียชีวิตได้ นอกจากนี้เมื่อฝนตกก๊าซ NO_2 จะละลายน้ำกลายเป็นกรดไนตริกหรือฝนกรดได้ 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 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.33 มก./ลบ.ม.
	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	ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมภายนอกอาคารบุคคลทั่วไปโดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุควร

จำกัดการออกกำลังภายนอกอาคาร

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 การขยายตัวของเมืองโดยปราศจากการวางแผนส่งผลให้การตั้งถิ่นฐานเป็นไปอย่างไร้ทิศทางและขาด

ระเบียบ และปัญหาคุณภาพอากาศ ซึ่งมีสาเหตุมาจากปริมาณฝุ่นละอองที่เกินค่ามาตรฐานอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ 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 จะไม่เสียชีวิตด้วยโรคหอบหืดแต่ในระยะยาวมักจะเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งปอดโดยเฉพาะในเขตอำเภอสารภีและอำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ในระยะประมาณ 10 ปีที่ผ่านมามีผู้ป่วยเป็นมะเร็งรายใหม่ราย ปีใน อัตรา 40 : 100,000 คน ซึ่งถือว่าสูงเป็น 2 เท่า ของอัตราเฉลี่ยของประเทศไทยที่ตกปี ละ 20 : 100,000 คน

ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจผลกระทบของมลพิษทางอากาศโดยเฉพาะปีที่มีหมอกควันมากกว่า ปกติมีส่วนทำให้รายได้เข้าสู่ภาคธุรกิจท่องเที่ยวลดลงอย่างกะทันหันได้สมาคมธุรกิจท่องเที่ยวจังหวัดเชียงใหม่ 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

Comment [WU4]: ไม่มีข้อมูลในบรรณานุกรม

ตาราง 6 คุณภาพอากาศบริเวณโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ปี 2556

Comment [WU5]: หน้านี้ เดี๋ยวจะทำตารางให้ค่ะ

เดือน	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)				ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)				ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)				ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)				ก๊าซโอโซน (O_3)				ก๊าซโอโซน (O_3)				ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})				ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 25 ไมครอน (PM_{25})			
	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	ครั้ง> std.		สูงสุด	ต่ำสุด	ครั้ง> std.		สูงสุด	ต่ำสุด	ครั้ง> std.		สูงสุด	ต่ำสุด	ครั้ง> std.		สูงสุด	ต่ำสุด	ครั้ง> std.		สูงสุด	ต่ำสุด	ครั้ง> std.		สูงสุด	ต่ำสุด	ครั้ง> std.		สูงสุด	ต่ำสุด	ครั้ง> std.		สูงสุด	ต่ำสุด	ครั้ง> std.	
ม.ค.	10	0	0/601	3	73	5	0/694	23	4.90	0.10	0/203**	1.15	2.73	0.29	0/204**	1.12	81	0	0/697	25	61	5	0/713	25	83	36	0/31	60	55	32	6/30	45
ก.พ.	8	0	0/629	2	81	4	0/637	23	4.10	0.00	0/342**	0.99	2.37	0.16	0/352**	1.00	108	0	2/635	29	74	8	4/664	29	109	34	0/28	71	81	21	14/27	50
มี.ค.	11	0	0/586	2	111	5	0/707	30	4.60	0.00	0/487*	0.85	2.70	.09	0/500*	0.85	120	0	7/707	31	86	2	36/737	31	229	22	12/13	109	188	17	15/20*	84
เม.ย.	26	0	0/687	2	78	4	0/686	21	3.00	0.00	0/654	0.83	1.71	0.00	0/683	0.83	99	1	0/685	38	84	6	42/718	38	157	31	9/27	93	112	24	15/27	59
พ.ค.	7	0	0/398*	1	41	2	0/698	12	1.90	0.00	0/698	0.52	1.70	0.11	0/719	0.53	81	0	0/701	28	63	1	0/723	28	73	18	0/31	32	54	17	1/31	26
มิ.ย.	5	0	0/550*	1	46	2	0/684	11	1.40	0.00	0/684	0.48	0.85	0.03	0/720	0.48	68	1	0/688	22	62	1	0/720	22	43	11	0/30	22	32	15	0/29	21
ก.ค.	6	0	0/641	2	36	3	0/710	12	1.60	0.20	0/710	0.57	1.18	0.23	0/744	0.57	46	2	0/711	15	37	3	0/744	15	41	13	0/31	20	26	15	0/31	20
ส.ค.	2	0	0/604	0	28	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	36	1	0/718	11	34	10	0/31	22	30	12	0/31	21
ก.ย.	2	0	0/680	1	35	3	0/680	10	2.30	0.08	0/637	0.74	1.69	0.26	0/660	0.74	50	0	0/681	12	37	1	0/711	12	40	10	0/30	20	27	11	0/29	17
ต.ค.	2	0	0/798	1	45	0	0/568	12	2.30	0.02	0/709	0.69	1.33	0.13	0/736	0.69	69	0	0/709	16	52	0	0/736	16	61	6	0/31	35	48	13	0/31	28
พ.ย.	6	0	0/687	1	42	1	0/687	12	2.30	0.00	0/603	0.49	1.28	0.04	0/623	0.49	69	0	0/688	16	46	1	0/720	16	47	19	0/30	32	43	14	0/30	24
ธ.ค.	6	0	0/797	2	61	1	0/713	17	2.50	0.00	0/713	0.50	1.39	0.03	0/744	0.50	76	0	0/713	19	57	1	0/744	19	79	27	0/26	49	68	20	8/31	40
ค่ามาตรฐาน	300		-		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 ที่มีผลต่อสุขภาพ เปรียบเสมือนระยะฟักตัวของโรค เช่นระดับฝุ่นสูงในวันนี้จะยังไม่ก่อให้เกิดอาการทันทีแต่อาจก่อให้เกิดอาการได้ในอีก 3-4 วันข้างหน้า

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แคราย (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 ช่วยเพิ่มที่พักพิงแก่สัตว์ต่างๆตลอดจนช่วยบรรเทาปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยรวมให้แก่เมือง

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 เรียกว่ายอมเสียเงินจ่ายค่าไฟฟ้าเพื่อสร้างความเย็นสบาย โดยลืมไปว่าความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นมีที่มาจากการสร้างอาคารที่ไม่เหมาะสมและไม่มีร่มไม้ช่วยบังแสงแดด 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

Comment [WU6]: ไม่มีข้อมูลในบรรณานุกรม

Comment [WU7]: หมายถึงของ Tonneijk, F. and M. Hoffman. 2010 รึเปล่าคะ

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)

Comment [WU8]: ไม่มีข้อมูลในบรรณานุกรม

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 ที่เป็นตัวจับและการคายน้ำยังช่วยเพิ่มความชื้นในอากาศทำให้ฝุ่นละอองเล็กๆ 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

Comment [WU9]: a หรือ b หรือ c ดูจากบรรณานุกรมค่ะ ปีซ้ำกัน ใส่ a หรือ b หรือ c ค่ะ

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)

Comment [WU10]: ไม่มีข้อมูลในบรรณานุกรม

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
	ปานกลาง		
ฟลูออไรด์ (Fluorides)	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) เป็นการทำให้ธาตุโลหะหรือสารประกอบของโลหะที่ระเหยได้ขึ้นมาจากดิน โดยแรงดึงจากการคายน้ำ 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 เนื่องจากอินทรชิตมีช่วงเวลาในการทิ้งใบหมดทั้งต้นประมาณ 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

Comment [WU11]: ไม่มีข้อมูลในบรรณานุกรม

Suvarna et al. (2008) ศึกษา ดัชนีความทนทานของพืชชนิดต่างๆ ที่ปลูกในพื้นที่อุตสาหกรรมของเมือง Visakhapatnam โดยเก็บตัวอย่าง ใบไม้ที่เติบโตในเขตอุตสาหกรรมจำนวน 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

Comment [WU12]: ไม่มีข้อมูลในบรรณานุกรม

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)

Comment [WU13]: ไม่มีข้อมูลในบรรณานุกรม

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

Comment [WU14]: ไม่มีข้อมูลในบรรณานุกรม

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)