สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 4

# ผลการศึกษาและอภิปรายผล

## 4.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของใบไม้ประดับ 10 ชนิด

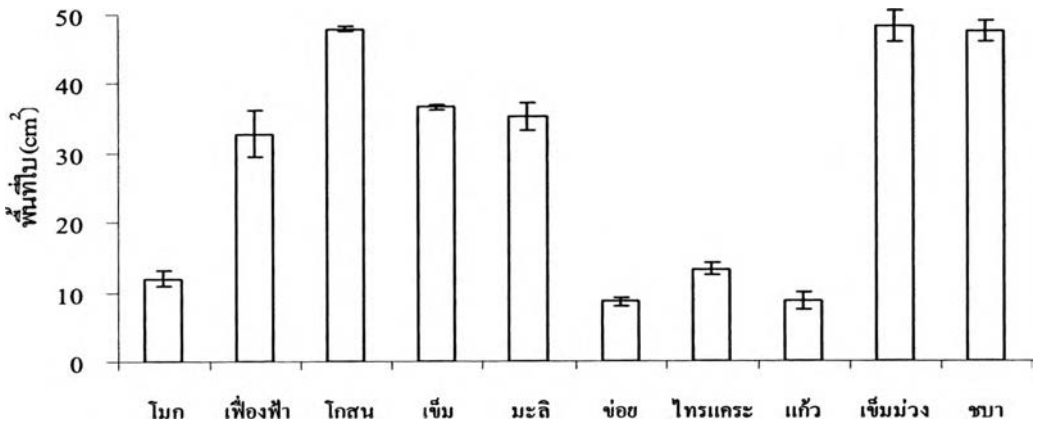
จากการศึกษาใบไม้ประดับ 10 ชนิด ได้แก่ เข็ม (*Ixora* spp.), แก้ว (*Murraya paniculata*), โมก (*Wrigtia religiosa*), เฟื่องฟ้า (*Bougainvillea* spp.), มะลิ (*Jasminum sambac* (L.) Ait.), โกสน (*Codiaeum variegatum*), ไทรแคระ (*Ficus* sp.), ข่อย (*Streblus asper* Lour.),เข็มม่วง (*Pseuderanthemum graciliflorum* (Nees) Ridl.) และชบา (*Hibiscus rosa sinensis* L.) ในพื้นที่บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายน 2550 ซึ่งมีความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศ คือในช่วงสามเดือนแรกมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าช่วงสองเดือนหลัง โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างใบไม้ที่โตเต็มที่ไปวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของใบ จำนวนของแบคทีเรียบนผิวใบของไม้ประดับชนิดต่างๆ ที่ย่อยสลายฟีแนนทรีน ความหลากหลายของแบคทีเรียทั้งหมดบนผิวใบและหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพและเคมีของใบต่อจำนวนของจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีน ผลการศึกษาเป็น ดังนี้

### 4.1.1 ลักษณะทางกายภาพของใบไม้ประดับที่ทำการศึกษา

เนื่องจากมีรายงานว่าไม้ประดับซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มไม้เนื้ออ่อน (nonwoody plant) มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดบนผิวใบมากกว่ากลุ่มไม้เนื้อแข็ง (woody plant) (Yadav และคณะ, 2004; Yadav และคณะ, 2005) ทำให้เลือกศึกษาไม้ประดับซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มไม้เนื้ออ่อนเช่นกัน ลักษณะทางกายภาพของไม้ประดับที่ศึกษา ได้แก่ พื้นที่ใบ และจำนวนขนบนผิวใบทั้งด้านบน (adaxial epidermis) และด้านล่าง (abaxial epidermis) โดยคาดว่าพื้นที่ใบน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนและปริมาณของ PAHs ที่ตกค้างบนใบ นอกจากนี้การศึกษาของ Slaski และคณะ (2000) พบว่ารูปร่างและพื้นที่ของใบมีส่วนสำคัญในการตกค้างของ PAHs ในอากาศ จึงทำให้เลือกศึกษาปัจจัยดังกล่าว จากผลการศึกษาพบว่าใบเข็มม่วง โกสน และชบามีพื้นที่ใบมากเฉลี่ยประมาณ 47.7 ตารางเซนติเมตรต่อใบ และใบข่อยกับใบแก้วมีพื้นที่ใบน้อยเฉลี่ยประมาณ 8.6 ตารางเซนติเมตรต่อใบ ดังแสดงในภาพที่ 4.1

เมื่อนำผลการศึกษาพื้นที่ใบของไม้ประดับในครั้งนี้เปรียบเทียบกับการศึกษาของ Waight (2005) ที่ศึกษาใบไม้บริเวณกรุงเทพมหานครเช่นเดียวกัน พบว่าพื้นที่ใบโมกมีค่าใกล้เคียง

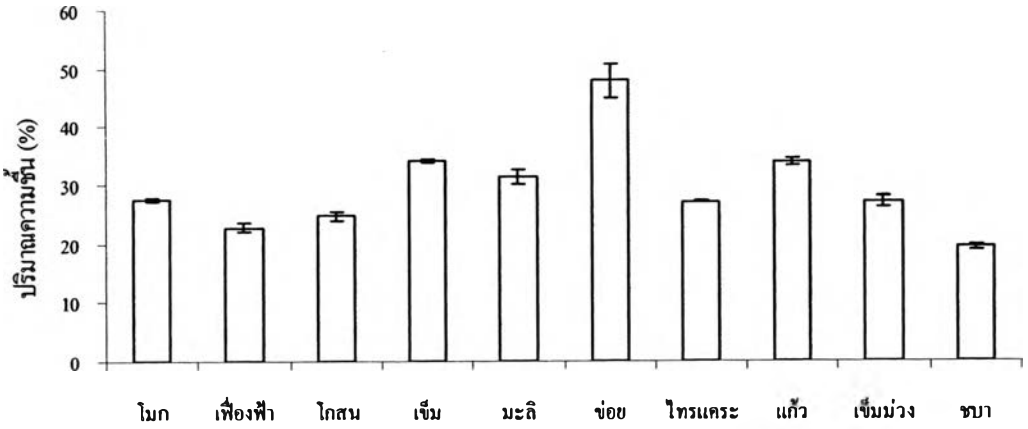
กัน ส่วนพื้นที่ใบเข็มพบว่าจากการศึกษาในครั้งนี้พบพื้นที่ใบน้อยกว่า แต่ใบชบาพบพื้นที่ใบมากกว่า เนื่องมาจากความแตกต่างของสถานที่และเวลาในการเก็บตัวอย่างใบไม้ จากข้อมูลนี้ทำให้ทราบว่าพื้นที่ใบมีความแตกต่างกันได้แม้จะเป็นไม้ประดับชนิดเดียวกัน




**ภาพที่ 4.1** พื้นที่ใบของไม้ประดับ

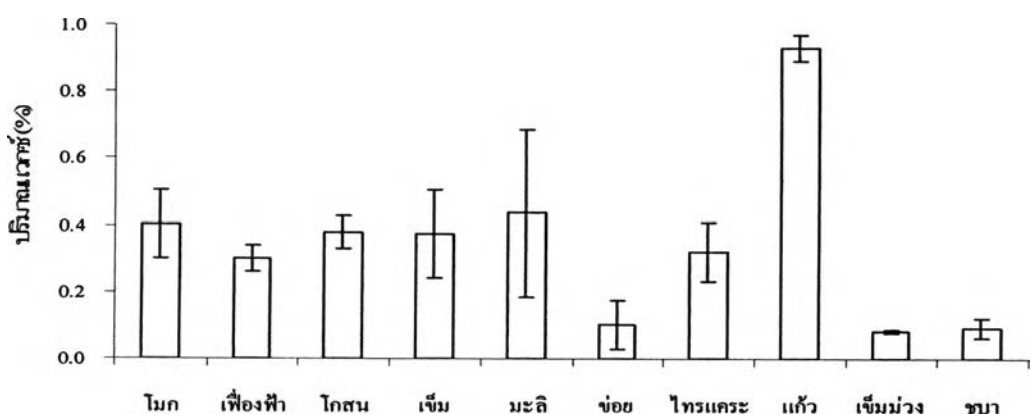
บนใบมีต่อมขนผิวใบที่มีโอกาสให้สารอาหารรั่วไหลออกมาสู่ผิวใบด้านนอก แล้วส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียบนผิวใบ (Wilson และ Lindow, 1994) นอกจากนี้การศึกษาของ Yadav และคณะ (2005) พบว่าจำนวนขนบนผิวใบมีความสัมพันธ์กับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดบนใบไม้ในแถบเมดิเตอร์เรเนียน จึงทำการศึกษาจำนวนขนบนผิวใบทั้งด้านบนและด้านล่าง จากภาพที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าด้านบนและด้านล่างของใบเข็มม่วงมีจำนวนขนบนผิวใบค่อนข้างมากและเป็นใบที่มีจำนวนขนบนผิวใบด้านบนมากที่สุด คือ 130 เส้นต่อตารางเซนติเมตร ส่วนจำนวนขนบนผิวใบด้านล่างพบมากที่สุดบนใบเฟื่องฟ้า คือ 248.3 เส้นต่อตารางเซนติเมตร และไม่พบขนบนผิวใบล่างบนใบโมก นอกจากนี้บนใบไทรแคระไม่พบขนบนผิวใบทั้งด้านบนและด้านล่าง ผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Yadav และคณะ (2005) ที่ส่วนใหญ่พบขนบนผิวใบของต้นไม้ในกลุ่มไม้เนื้ออ่อน ซึ่งเป็นต้นไม้ในกลุ่มเดียวกันกับการศึกษาในครั้งนี้

# ต้นฉบับ หน้าขาดหาย



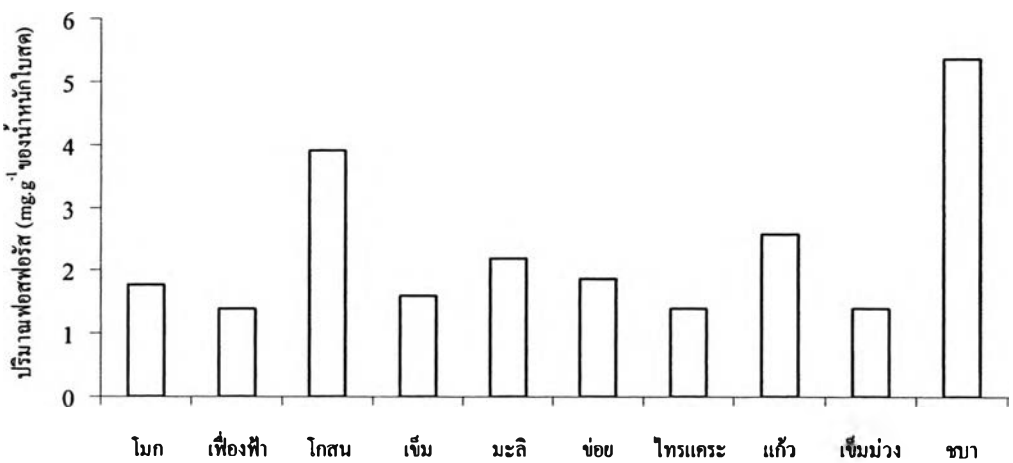

**ภาพที่ 4.3** ปริมาณของความชื้น (%) ของใบไม้ประดับ

ในการศึกษาครั้งนี้สนใจที่จะศึกษาปริมาณแวกซ์ของไม้ประดับ เนื่องจากชั้นคิวติเคิลที่อยู่บนสุดของผิวใบ มีลักษณะเป็นแวกซ์ซึ่งมีสมบัติเป็น hydrophobic และเป็นที่ที่สารมลพิษต่างๆ ในอากาศเกาะติดอยู่ เช่น PAHs (Simonich และ Hites, 1994) ที่สนใจศึกษา จึงคาดว่าปริมาณแวกซ์น่าจะมีความสัมพันธ์กับกลุ่มจุลินทรีย์ที่สนใจศึกษาในครั้งนี้ อย่างไรก็ดีปริมาณแวกซ์ที่พบในการทดลองนี้เป็นปริมาณที่สกัดออกมาได้จากการใช้เฮกเซนเท่านั้น ดังนั้นปริมาณแวกซ์ที่พบจึงไม่ใช่ปริมาณทั้งหมดที่พบในใบ ผลจากการศึกษาปริมาณแวกซ์ของไม้ประดับ 10 ชนิด พบว่า ใบไม้ประดับส่วนใหญ่มีปริมาณแวกซ์ใกล้เคียงกัน และเห็นได้ชัดว่าปริมาณแวกซ์ของใบแก้วมีมากที่สุด คือ 0.94% และพบปริมาณน้อยที่สุดบนใบเข็มม่วง คือ 0.08% ดังแสดงในภาพที่ 4.4 เนื่องมาจากต้นไม้ที่เลือกศึกษาเป็นกลุ่มเดียวกัน เมื่อนำผลการศึกษาของไม้ประดับชนิดเดียวกันกับที่ Waight (2005) ได้ทำการศึกษา พบว่า ปริมาณแวกซ์ที่พบในการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณน้อยกว่า

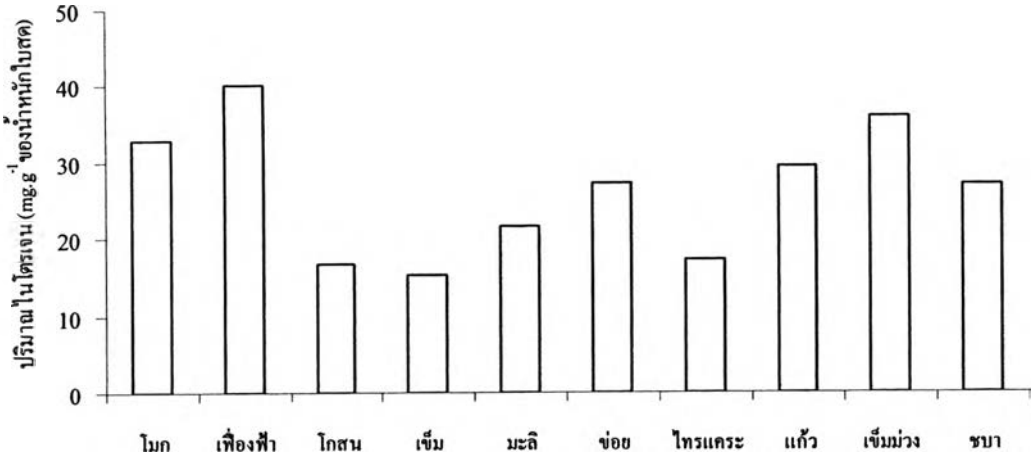



**ภาพที่ 4.4** ปริมาณของแวกซ์ (%) ของใบไม้ประดับ

จากการศึกษาของ Yadav และคณะ (2005) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสและไนโตรเจนที่ใบมีความสัมพันธ์กับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดบนผิวใบ จึงนำปริมาณฟอสฟอรัสและไนโตรเจนมาเป็นปัจจัยในการศึกษา และผลจากการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสที่ใบไม้ประดับ 10 ชนิด พบว่าใบชบาและใบโกสนมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ใบมากต่างจากชนิดอื่นที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ใบอยู่ในช่วงประมาณ 1.4 - 2.6 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักใบแห้ง ดังแสดงในภาพที่ 4.5 ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Yadav และคณะ (2005) ที่พบปริมาณฟอสฟอรัสที่ใบอยู่ในช่วงประมาณ 0.7 - 2.8 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักใบแห้ง ส่วนผลการศึกษาปริมาณไนโตรเจน พบว่าใบเฟื่องฟ้า โมกและเข็มม่วงพบปริมาณไนโตรเจนมากอยู่ในช่วงประมาณ 32 - 40 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักใบแห้ง ส่วนไม้ประดับส่วนใหญ่มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วงประมาณ 15 - 29 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักใบแห้ง ดังแสดงในภาพที่ 4.6 ซึ่งผลที่ได้ใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Yadav และคณะ (2005) ที่พบปริมาณไนโตรเจนที่ใบอยู่ในช่วง 13 – 25 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักใบแห้ง




**ภาพที่ 4.5** ปริมาณฟอสฟอรัสในใบไม้ประดับ




**ภาพที่ 4.6** ปริมาณไนโตรเจนในใบไม้ประดับ

จากการศึกษาโดย Simonich และ Hites (1994) พบการสะสม PAHs ตามส่วนต่างๆ ของพืช โดยพบว่าที่ใบมีปริมาณสะสมมากกว่าที่ส่วนอื่นของ white pine และ sugar maple PAHs ที่สะสมบนผิวใบน่าจะเป็นแหล่งอาหารหลักให้กับกลุ่มจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยฟีแนนทรีนได้ใช้ในการเจริญและเพิ่มจำนวนมากขึ้น PAHs 14 ชนิด ที่ได้ศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ แนพธาลีน อะซีแนพธิลีน ฟลูออรีน ฟีแนนทรีน แอนทราซีน ไพรีน ไครซีน เบนโซ[เอ]แอนทราซีน เบนโซ-[บี]ฟลูออแรนธีน เบนโซ[เค]ฟลูออแรนธีน เบนโซ[เอ]ไพรีน เบนโซ[จี,เอช,ไอ]เพอริลีน อินดิโน-[1,2,3-ซีดี]ไพรีน และไดเบนซ์[เอ,เอช]แอนทราซีน ผลการศึกษาพบว่าบนใบเฟื่องฟ้าพบแนพธาลีนเพียงอย่างเดียว ส่วนใบโกสน เข็มและมะลิพบฟีแนนทรีนและแนพธาลีน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ได้มีความแตกต่างจากการศึกษาของ Kamchanasest และ Satayavibul (2005) ที่ได้ศึกษาการสะสม PAHs 16 ชนิด บนใบของต้นแก้วที่ปลูกริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่น ในกรุงเทพมหานคร พบว่ามีแอนทราซีนตกค้างอยู่ที่ใบมากที่สุดประมาณ 26.12 – 26.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง พบฟลูออรีนและฟีแนนทรีนประมาณ 12.83 – 19.67 และ 13.64 – 15.12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักใบแห้ง ทั้งนี้อากาศบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอาจจะมีปริมาณมลพิษน้อยกว่าบริเวณริมถนนที่ Kamchanasest และ Satayavibul (2005) เลือกเก็บตัวอย่างใบไม้ ทำให้ในการศึกษานี้พบการสะสมของ PAHs บนใบไม้ชนิดต่างๆ เพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ Nakajima และคณะ (1995) ยังรายงานว่าใบไม้ที่เก็บมาจากสถานที่และเวลาต่างกันมีผลต่อปริมาณ PAHs ที่ตกค้างบนใบ

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ตามข้างต้นที่ได้กล่าวไปแล้ว ยังพบกลุ่มสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นเบนซีนวงเดียว (monoaromatic) เช่น 1,2,4-ไตรเมทธิลเบนซีน (1,2,4-trimethylbenzene; TMB),1-เอทธิล-2-เมทธิลเบนซีนหรือเอทธิลโทลูอีน (1-ethyl-2-methylbenzene หรือ ethyltoluene) เป็นต้น บนผิวใบของไม้ประดับทุกชนิดที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้อีกด้วย และ

จากผลการศึกษาปริมาณสารอินทรีย์บนใบที่ไม่พบฟีแนนทรีนและแนพธาลีนบนใบไม้ประดับบางชนิด อาจเป็นเพราะว่าสารเหล่านี้จะเกาะติดอยู่กับอนุภาคฝุ่นในอากาศและตกค้างอยู่บนผิวใบ แต่เนื่องจากสภาพอากาศในช่วงที่ทำการศึกษามีอุณหภูมิสูงและมีฝนตกเป็นระยะๆ ทำให้น้ำฝนไปชะล้างฝุ่นออกจากใบไม้ สาร PAHs ที่เกาะอยู่กับฝุ่นจึงถูกชะล้างออกไปพร้อมกันด้วย จากการศึกษาของ Franzaring และ Eerden (2000) พบว่า ถ้าอุณหภูมิในบรรยากาศสูง (ช่วงอุณหภูมิที่ศึกษาประมาณ 0 – 30 องศาเซลเซียส) PAHs ที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยจะเกิดการระเหยกลับไปอยู่ในรูปของก๊าซ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้ที่พบ PAHs ตกค้างบนผิวใบไม้ประดับในปริมาณน้อยและตรวจหาไม่พบบนใบบางชนิด (detection limit 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร) นอกจากนี้ปริมาณ PAHs ที่ถูกสะสมในพืช ยังขึ้นอยู่กับปริมาณแวกซ์ของใบพืชที่กระบวนการสะสมถูกควบคุมโดยอุณหภูมิที่อยู่ล้อมรอบพืชนั้น สมบัติทางกายภาพ คือรูปร่างและสรรีวิทยาของพืช รวมทั้งอัตราการเจริญทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณ PAHs ที่สะสมในพืชแต่ละชนิด

**ตารางที่ 4.1** แสดงชนิดและปริมาณของสารพีเอเอชที่พบบนผิวใบไม้ประดับ

| ชนิดใบไม้ | PAHs (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)* |
|---|---|
| โมก | ND |
| เฟื่องฟ้า | แนพธาลีน(1.85) |
| โกสน | แนพธาลีน(1.31), ฟีแนนทรีน(0.91) |
| เข็ม | แนพธาลีน(0.19), ฟีแนนทรีน(0.36) |
| มะลิ | แนพธาลีน(3.09), ฟีแนนทรีน(1.08) |
| ข่อย | ND |
| ไทรแคระ | ND |
| แก้ว | ND |
| เข็มม่วง | ND |
| ชบา | ND |

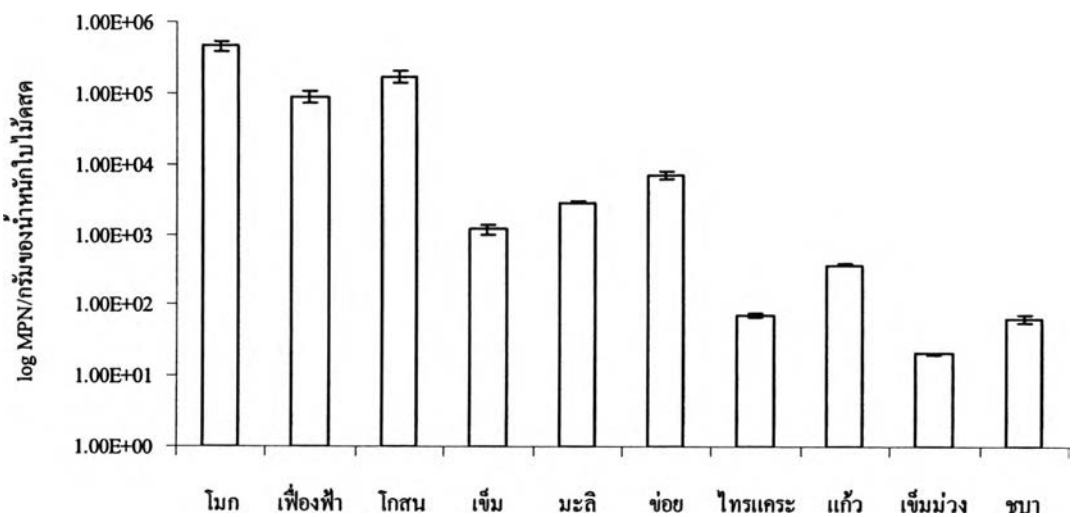
หมายเหตุ ND หมายถึง non detectable ; โดยในมี detection limit ของการวิเคราะห์เท่ากับ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

* หมายถึง ปริมาณสารพีเอเอชที่พบบนผิวใบไม้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของใบไม้สด)

### 4.3 ลักษณะทางชีวภาพของใบไม้ประดับที่ทำการศึกษา

การศึกษาลักษณะทางชีวภาพของไม้ประดับ 10 ชนิด ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนและความหลากหลายของแบคทีเรียบนผิวใบ เหตุผลที่สนใจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายฟีแนนทรีน เพราะคาดว่าจำนวนน่าจะแปรผันตรงกับประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟีแนนทรีนที่ตกค้างอยู่บนใบ และการศึกษาความหลากหลายของแบคทีเรียทั้งหมดบนผิวใบก็เพื่อเป็นการยืนยันว่าบนผิวใบไม้แต่ละชนิดมีความหลากหลายของแบคทีเรียแตกต่างกัน ในการศึกษาจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนใช้การนับจำนวนด้วยวิธี MPN ที่ใช้การสังเกตจากความขุ่นเป็นเกณฑ์ ซึ่งในการทดลองพบว่ามีเส้นใยราเจริญอยู่ด้วย ดังนั้น ความขุ่นที่เห็นจึงเกิดจากการเจริญร่วมกันของแบคทีเรียและรา ทำให้จำนวนที่ได้จากการเทียบตาราง MPN จึงเป็นจำนวนของจุลินทรีย์ที่พบบนผิวใบ

ผลจากการศึกษาพบว่า ไม้ประดับแต่ละชนิดมีจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนแตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าใบโมกมีจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนมากที่สุด คือ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ $4.48 \times 10^5$ MPN ต่อกรัมของน้ำหนักใบไม้สด และใบเข็มม่วงมีจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนน้อยที่สุด คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.3 MPN ต่อกรัมของน้ำหนักใบไม้สด




**ภาพที่ 4.7** จำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบไม้ประดับที่ย่อยสลายฟีแนนทรีน

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาจำนวนแบคทีเรียบนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนของ Waight (2005) พบว่าไม้ประดับชนิดเดียวกัน ได้แก่ เข็ม โมก และชบา ที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างใบไม้ในช่วงเดือนตุลาคม ปี 2005 ในพื้นที่ถนนพญาไท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่ามีจำนวนแบคทีเรีย

อยู่ในช่วงประมาณ $1.3 \times 10^6$ (โมก) – $4.3 \times 10^6$ (เข็ม) CFU ต่อกรัมใบไม้สด ซึ่งมากกว่าผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ จากผลการศึกษาที่ได้จะเห็นว่า พืชชนิดเดียวกันแต่เก็บตัวอย่างในช่วงเวลาที่ต่างกันก็มีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนด้วย นอกจากนี้อาจจะเป็นผลมาจากความแตกต่างของวิธีวิเคราะห์ ซึ่ง Waight (2005) ใช้วิธี plate count ทำให้แบคทีเรียที่พบบางโคโลนีอาจจะไม่ใช่แบคทีเรียย่อยสลายฟีแนนทรีน แต่สามารถเจริญเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อจากกระบวนการ cross feeding หรือจากสารอาหารอื่นที่ปนเปื้อนในวุ้น อย่างไรก็ดีในการศึกษาของ Waight (2005) พบว่าโมกมีจำนวนแบคทีเรียบนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีน อยู่สูงเช่นเดียวกันกับการศึกษาในครั้งนี้

Yadav และคณะ (2004) พบแบคทีเรียบนใบไม้ที่มีน้ำมันหอมระเหย (*Calamintha nepeta*) มีจำนวนสูงถึง $1.4 \times 10^7$ CFU ต่อกรัมใบไม้สด และพวกเขาพบว่าความแตกต่างของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดบนผิวใบขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น รูปร่างของใบ ขนบนผิวใบ รวมถึงระยะเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างด้วยเช่นกัน ต่อมา Yadav และคณะ (2005) ได้ศึกษาพืชชนิดเดิมถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดบนผิวใบ แต่ในการศึกษาครั้งนี้ พวกเขาพบจำนวนแบคทีเรียบนผิวใบมีอยู่ประมาณ $10^3 – 10^4$ CFU ต่อกรัมใบไม้สด ซึ่งน้อยกว่าการศึกษาที่ผ่านมา จากข้อมูลที่ได้ทำให้ทราบว่าจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบมีความจำเพาะต่อพืชแต่ละชนิด และแม้ว่าจะเป็นพืชชนิดเดียวกันก็ยังมีปัจจัยอื่นอีกที่มีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่พบบนใบ เช่น สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

นอกจากนี้ Ercolani (1991) พบว่าแบคทีเรียบนผิวใบ Olive มีจำนวนและชนิดของจุลินทรีย์ความแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลาของปีและอายุของใบ โดยชนิดของจุลินทรีย์จะต่ำที่สุดในระหว่างเดือนที่อบอุ่นถึงช่วงเดือนที่แห้งแล้ง และจะมีความหลากหลายสูงที่สุดในระหว่างช่วงเดือนที่หนาวถึงเดือนที่ฝนตก ใบพืชที่มีอายุน้อยจะมีชนิดของจุลินทรีย์มากกว่าใบที่มีอายุมาก เมื่อเก็บที่เวลาเดียวกัน

จากผลการศึกษาจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนของไม้ประดับทั้ง 10 ชนิด ได้นำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มไม้ประดับออกเป็น 3 กลุ่มและคัดเลือกตัวแทนกลุ่มละชนิดเพื่อนำไปศึกษาต่อในขั้นต่อไป ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่มีจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนสูง ($10^4$ - $10^5$ MPN ต่อกรัมของน้ำหนักใบไม้สด) ได้แก่ โมก เฟื่องฟ้า และโกสน โดยให้โมกเป็นตัวแทนกลุ่ม

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนกลาง ($10^3$ MPN ต่อกรัมของน้ำหนักใบไม้สด) ได้แก่ เข็ม มะลิและข่อย โดยให้เข็มเป็นตัวแทนกลุ่ม

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนต่ำ ($\leq 10^2$ MPN ต่อกรัมของน้ำหนักใบไม้สด) ได้แก่ ไทรแคระ แก้ว ชบาและเข็มม่วง โดยให้ชบาเป็นตัวแทนกลุ่ม

การศึกษาสำรวจความหลากหลายของแบคทีเรียบนใบไม้ด้วยการใช้วิธี denaturing gradient gel eletrophoresis (DGGE) ของ 16S rRNA gene ทำให้พบความซับซ้อนของกลุ่มจุลินทรีย์บนใบไม้มากกว่าการใช้วิธี conventional culture-based ซึ่งเป็นผลดีต่อการศึกษาด้านความหลากหลายของแบคทีเรีย เนื่องจากแบคทีเรียบางชนิดไม่สามารถเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อ แต่สามารถตรวจพบได้ด้วยวิธี DGGE (Yang และคณะ, 2001) ในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการสำรวจความหลากหลายของแบคทีเรียทั้งหมดบนใบไม้ประดับ 10 ชนิด ด้วยวิธี PCR-DGGE (polymerase chain reaction-denaturing gradient gel electrophoresis) ของ 16S rRNA gene พบว่าบนผิวใบของไม้ประดับต่างชนิดกันมีชนิดของประชากรแบคทีเรียแตกต่างกัน ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค นอกจากนี้ได้คำนวณหาความหลากหลายของแบคทีเรียบนใบไม้แต่ละชนิดจากโปรไฟล์ของ DGGE ได้ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าใบไทรแคระมีความหลากหลายของแบคทีเรียบนผิวใบสูงที่สุด ซึ่งใกล้เคียงกับใบโกสนที่มีค่า Shannon diversity index เท่ากับ 0.99 และ 0.98 ตามลำดับ ส่วนไม้ประดับที่มีความหลากหลายของแบคทีเรียบนผิวใบต่ำที่สุด คือ ใบชบา มีค่า Shannon diversity index เท่ากับ 0.58

ในการศึกษาความหลากหลายของแบคทีเรียบนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนจะต้องใช้ตัวอย่างแบคทีเรียจากหลอด MPN ของการศึกษาจำนวนจุลินทรีย์ในช่วงแรก แต่เนื่องจากพบจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนน้อย ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น จึงเป็นผลให้ไม่สามารถนำตัวอย่างมาศึกษาต่อในขั้นหาความหลากหลายของแบคทีเรียบนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนได้ เพราะตะกอนแบคทีเรียที่ได้จากการเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MS ที่มีปริมาณฟีแนนทรีนเข้มข้นสุดท้ายเป็น 100 มิลลิกรัมต่อลิตรในหลอดทดลอง MPN ที่เขย่านาน 20 วัน ได้ตะกอนเซลล์ประมาณ 60 มิลลิกรัม ซึ่งในการทดลองเพื่อจะสกัดดีเอ็นเอของแบคทีเรียจะได้ผลก็ต่อเมื่อมีตะกอนเซลล์ประมาณ 200 มิลลิกรัม จึงทำให้ไม่สามารถศึกษาความหลากหลายของแบคทีเรียบนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนได้

# ต้นฉบับ หน้าขาดหาย

นัยสำคัญที่ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ แสดงว่าถ้าพบจำนวนขนบนผิวใบมาก โดยเฉพาะด้านล่างของใบก็มีแนวโน้มที่จะพบปริมาณไนโตรเจนในใบมากตามไปด้วย

**ตารางที่ 4.3** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (R) ระหว่างลักษณะทางกายภาพและเคมีของใบไม้ประดับ 10 ชนิด

| | ปริมาณแวกซ์ (%) | ปริมาณความชื้น (%) | พื้นที่ใบ | ขนผิวใบด้านล่าง | ขนผิวใบด้านบน | ปริมาณไนโตรเจน | ปริมาณฟอสฟอรัส |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ปริมาณแวกซ์ (%)** | 1 | 0.113 | -0.385* | -0.292 | 0.361 | -0.107 | -0.068 |
| **ปริมาณความชื้น(%)** | 0.113 | 1 | -0.573** | -0.259 | -0.032 | -0.153 | -0.402* |
| **พื้นที่ใบ** | -0.385* | -0.573** | 1 | 0.472** | 0.205 | -0.077 | 0.438* |
| **ขนผิวใบด้านล่าง** | -0.292 | -0.259 | 0.472** | 1 | 0.496** | 0.544** | -0.326 |
| **ขนผิวใบด้านบน** | 0.361 | -0.032 | 0.205 | 0.496** | 1 | 0.420* | -0.384* |
| **ปริมาณไนโตรเจน** | -0.107 | -0.153 | -0.077 | 0.544** | 0.420* | 1 | -0.216 |
| **ปริมาณฟอสฟอรัส** | -0.068 | -0.402* | 0.438* | -0.326 | -0.384* | -0.216 | 1 |

หมายเหตุ * แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลักษณะทางกายภาพและเคมีของใบไม้ประดับที่มีความสัมพันธ์แบบตรงกันข้าม พบว่า ระหว่างพื้นที่ใบกับปริมาณแวกซ์ (%) มีความสัมพันธ์กันไม่มากนัก (R = -0.385) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และพื้นที่ใบกับปริมาณความชื้น (%) ก็มีความสัมพันธ์กันดี (R = -0. 573) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณแวกซ์ (%) และปริมาณความชื้น (%) ไม่ได้แปรผันตามขนาดของพื้นที่ใบ และพบว่าปริมาณความชื้น (%) และจำนวนขนบนผิวด้านบนของใบไม้ประดับบางชนิดไม่ได้แปรผันตามปริมาณฟอสฟอรัสในใบ (R = -0.402, R = -0.384) อย่างมีนัยนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

### 4.1.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของใบไม้

จากข้อมูลที่ได้การศึกษาลักษณะทางกายและเคมีของใบไม้ประดับ นำมาหาความสัมพันธ์กับจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีน โดยทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดที่หนึ่งเป็นการแบ่งกลุ่มไม้ประดับออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนมากกว่า $10^4$ MPN ต่อกรัมของใบไม้สด และกลุ่มที่มีจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนน้อยกว่าหรือเท่ากับ $10^4$ MPN ต่อกรัมของใบไม้สด และชุดข้อมูลที่สองเป็นการนำข้อมูลของไม้ประดับทั้ง 10 ชนิดมาวิเคราะห์ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ให้สอดคล้องกับจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนที่มีความแตกต่างกันได้ โดยข้อมูลทั้งสองชุดใช้การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation)

#### 4.1.5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของใบไม้ประดับที่แบ่งเป็น 2 กลุ่ม

เมื่อนำข้อมูลลักษณะทางกายภาพและเคมีที่ได้จากการศึกษาไม้ประดับแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนมากกว่า $10^4$ MPN ต่อกรัมของใบไม้สดและน้อยกว่าหรือเท่ากับ$10^4$ MPN ต่อกรัมของใบไม้สด มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (R) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพและทางเคมีต่อจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนของไม้ประดับในแต่ละกลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า กลุ่มไม้ประดับที่มีจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนมากกว่า $10^4$ MPN ต่อกรัมของใบไม้สด (คิดเป็น 30% ของไม้ประดับที่ทำการศึกษาในครั้งนี้) มีความสัมพันธ์กับปริมาณแวกซ์ (%) ของใบไม้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($r = 0.757$) และกลุ่มไม้ประดับที่มีจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนน้อยกว่าหรือเท่ากับ $10^4$ MPN ต่อกรัมของใบไม้สด (คิดเป็น70% ของไม้ประดับที่ทำการศึกษาในครั้งนี้) มีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้น (%) ของใบไม้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($r = 0.664$)

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (R) ระหว่างลักษณะทางกายและเคมีต่อจำนวนแบคทีเรียบนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนของไม้ประดับ

| ลักษณะของไม้ประดับที่ศึกษา | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (R) | | |
|---|---|---|---|
| | ไม้ประดับที่มีจำนวนแบคทีเรีย > $10^4$ MPN ต่อกรัมของน้ำหนักใบไม้สด | ไม้ประดับที่มีจำนวนแบคทีเรีย ≤ $10^4$ MPN ต่อกรัมของน้ำหนักใบไม้สด | ไม้ประดับทั้ง 10 ชนิด |
| **ลักษณะทางกายภาพ** | | | |
| พื้นที่ใบ | -0.315 | -0.284 | -0.103 |
| จำนวนขนบนผิวใบด้านบน | 0.13 | -0.151 | -0.014 |
| จำนวนขนบนผิวใบด้านล่าง | -0.307 | -0.154 | -0.086 |
| **ลักษณะทางเคมี** | | | |
| ปริมาณแวกซ์ (%) | 0.757* | -0.071 | 0.129 |
| ปริมาณความชื้น (%) | 0.555 | 0.664** | -0.112 |
| ปริมาณไนโตรเจน | 0.003 | -0.013 | 0.147 |
| ปริมาณฟอสฟอรัส | -0.081 | -0.147 | -0.032 |
| **ลักษณะทางชีวภาพ** | | | |
| ความหลากหลายของแบคทีเรียทั้งหมด | -0.275 | -0.218 | -0.152 |

หมายเหตุ * แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

เหตุผลที่ปริมาณแวกซ์มีความสัมพันธ์กับจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่มีค่ามากกว่า $10^4$ MPN ต่อกรัมของใบไม้สด เนื่องมาจากบนผิวใบไม้จะมีชั้นที่เคลือบด้วยแวกซ์หรือเรียกว่าชั้นคิวติเคิลซึ่งเป็นที่รองรับสารมลพิษทางอากาศ แวกซ์มีลักษณะเหมือนกับไขมันมีสมบัติเป็น lipophilic ซึ่งเป็นที่สะสมของ PAHs บนใบไม้ (Librando และคณะ, 2002) โดยปริมาณที่สะสมขึ้นอยู่กับสมบัติด้านองค์ประกอบและการดูดซึมของคิวติเคิล ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับอายุใบ เวลา และสภาวะแวดล้อมที่อยู่รอบต้นไม้นั้น (Slaski และ Xiaomei, 2000) จึงคาดว่า PAHs ที่เกาะติดอยู่กับชั้นแวกซ์บนผิวใบไม้ จะส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีน ทั้งนี้ผลการศึกษาหาปริมาณสาร PAHs บนผิวใบไม้ของไม้ประดับในกลุ่มนี้ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบฟีแนนทรีน

และแนพธาลีนบนผิวใบโกสน พบแนพธาลีนบนผิวใบเฟื่องฟ้า โดยสารเหล่านี้เกาะติดอยู่กับแวกซ์และจุลินทรีย์กลุ่มนี้น่าใช้เป็นแหล่งอาหารในการเจริญเติบโตได้ จึงทำให้พบจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่มีมากกว่า $10^4$ MPN ต่อกรัมของใบไม้สด ซึ่งมีจำนวนมากกว่าไม้ประดับอีกกลุ่มหนึ่ง

จากการศึกษาของ Bakker และคณะ (2000) พบว่า สารมลพิษในอากาศมีการสะสมอยู่สองสภาวะ ดังนี้

1. ภาวะสมดุล โดยพืชสะสมสารเหล่านี้ แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณและส่วนประกอบของแวกซ์ของใบพืชแต่ละชนิด และอุณหภูมิมีผลกระทบอย่างมาก

2. ภาวะไม่สมดุล โดยพืชสะสมสารได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับอายุ พื้นที่และโครงสร้างของใบพืชแต่ละชนิด และอุณหภูมิไม่ค่อยมีผลกระทบ เพราะต้องอาศัยเวลา โดยเฉพาะ กระแสลมมีผลกระทบต่อการเพิ่มการปนเปื้อนเมื่อแรงลมเพิ่มและลดความหนาของชั้น laminar boundary ลง

จะเห็นได้ว่าสภาพแวดล้อมรอบต้นไม้ทั้งในภาวะสมดุลและไม่สมดุลมีผลต่อการสะสมสารมลพิษในอากาศ ซึ่งก็ย่อมส่งผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่ใช้สารมลพิษเป็นแหล่งอาหารด้วยเช่นกัน

อย่างไรก็ดีจากการวิเคราะห์ทางสถิติของไม้ประดับส่วนใหญ่ (70%) พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนน้อยกว่าหรือเท่ากับ $10^4$ MPN ต่อกรัมของใบไม้สด Lindow และ Brandl (2003) พบว่าน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ น้ำทั้งในรูปของน้ำฝนหรือหยดน้ำค้างมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่บนผิวใบ จากการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นว่าจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนค่อนข้างน้อยซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาปริมาณความชื้นที่พบค่าเฉลี่ยของไม้ประดับ 10 ชนิด เท่ากับ 31% เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ Yadav และคณะ (2005) พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดบนผิวใบของพืชในแถบเมดิเตอร์เรเนียน จากการวิจัยของพวกเขา พบว่าปริมาณความชื้นของใบที่มากกว่าร้อยละ 73 จะพบการสร้างโคโลนีของแบคทีเรียบนผิวใบสูง ($10^4$-$10^5$ CFU $g^{-1}$) เห็นได้ชัดว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้น (%) ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ต่ำกว่าผลการศึกษาของ Yadav และคณะ (2005) มาก และอาจเป็นเพราะจุลินทรีย์มีความจำเพาะต่อชนิดของพืชด้วย

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของไม้ประดับในกลุ่มนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแวกซ์กับจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีน เนื่องจากแวกซ์เป็นที่สะสม PAHs ในอากาศ จากการหาปริมาณ PAHs บนใบ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่ามีปริมาณตั้งแต่ตรวจไม่พบจนถึงพบน้อยมากบนผิวใบ ดังนั้นบนใบของไม้ประดับในกลุ่มนี้มีแหล่งอาหารให้กลุ่มจุลินทรีย์กลุ่มนี้เจริญได้ไม่ดีเท่ากับกลุ่มที่มีจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนมากกว่า $10^4$ MPN

ต่อกรัมของใบไม้สด จึงทำให้พบจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนได้ไม่มากนักบนใบไม้ประดับชนิดที่ศึกษา

ปัจจัยทั้งลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางเคมีของพืชเอง รวมถึงสภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างมาศึกษา ล้วนมีผลต่อการเจริญหรือจำนวนของจุลินทรีย์บนผิวใบ (Yadav และคณะ, 2004) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ปริมาณความชื้นของใบไม้จึงไม่ใช่ปัจจัยหลักปัจจัยเดียวที่จะนำมาใช้ตัดสินจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีน และการที่พบจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีน อาจเป็นเพราะมีปรับตัวของจุลินทรีย์บนใบจากสารที่พืชปล่อยออกมาสู่ผิวใบด้านนอก เช่น ฮอร์โมน เป็นต้น และบนผิวใบไม้ก็มีกลุ่มจุลินทรีย์อยู่มากมาย และแต่ละกลุ่มมีการสร้างสารต่างๆ ที่อาจมีผลต่อการเจริญซึ่งกันและกัน ยกตัวอย่างเช่น จุลินทรีย์บนใบเจริญเพิ่มขึ้นโดยใช้ไซริงโกไมซิน (syringomycin) ที่พืชปล่อยออกมาสู่ภายนอกผิวใบเป็นอาหาร รวมทั้งจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่บนผิวใบปล่อยสารลดแรงตึงผิว (biosurfactant) ที่ส่งผลต่อการเจริญและการกระจายตัวบนผิวใบ (Lindow และ Brandl, 2003)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายของแบคทีเรียทั้งหมดบนผิวใบกับจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนของทั้งสองกลุ่ม พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งน่าจะเป็นเพราะว่าในการศึกษาความหลากหลายเป็นข้อมูลของสังคมแบคทีเรียทั้งหมดบนผิวใบ แต่แบคทีเรียที่ย่อยสลายฟีแนนทรีน น่าจะเป็นเพียงประชากรส่วนน้อยของสังคมแบคทีเรียบนผิวใบเท่านั้น จึงทำให้ความหลากหลายของแบคทีเรียทั้งหมดบนผิวใบกับจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนไม่มีความสัมพันธ์กัน

#### 4.1.5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของใบไม้ประดับ 10 ชนิด

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลของไม้ประดับทั้ง 10 ชนิด รวมกัน พบว่าลักษณะทางกายภาพและเคมีของใบไม้ประดับกับจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 อาจจะเนื่องมาจากจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนที่พบมีความจำเพาะ (specific) ต่อชนิดของไม้ประดับ ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพและเคมีที่หลากหลาย หรืออาจจะขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ เช่น ลักษณะของผิวใบ รูปร่างของใบ และการจัดเรียงตัวของใบ เป็นต้น ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้มีความคล้ายคลึงกับกับการศึกษาของ Waight และคณะ (2007) ที่ศึกษาพบว่าลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ พื้นที่ใบ ลักษณะผิวใบ การจัดเรียงตัวของใบและน้ำหนักของใบ และลักษณะทางเคมี ได้แก่ ปริมาณแวกซ์ และปริมาณความชื้น ไม่มีความสัมพันธ์

กับจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนของไม้ประดับ 6 ชนิด ได้แก่ เข็ม (*Ixora* spp.), โมก (*Wrigtia religiosa*), ชบา (*Hibiscus rosa sinensis* L.) กุหลาบแก้ว (*Pereskia grandiflora* Haw.), พลับพลึง (*Hymenocalis littoralis* Salisb.) และ ลิ้นกระบือ (*Excoecaria cochinchinensis*) ในกรุงเทพมหานคร

จากการศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ของปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสกับจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีน เนื่องจากคาดว่าน่าจะเป็นแหล่งสารอาหารของจุลินทรีย์บนผิวใบ แต่ก็พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ จากการศึกษาของ Yadav และคณะ (2005) พบการสร้างโคโลนีของแบคทีเรียทั้งหมดบนผิวใบไม้ในแถบเมดิเตอร์เรเนียนไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนที่พบในใบไม้ ซึ่งตรงกับผลการทดลองในครั้งนี้ แต่จากการศึกษาของพวกเขา พบว่าจำนวนแบคทีเรียบนผิวใบไม้จะมีมากขึ้น เมื่อที่ใบมีปริมาณฟอสฟอรัสมากกว่า 1.34 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักใบแห้ง ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาในครั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการศึกษาของพวกเขาเป็นการหาจำนวนแบคทีเรียทั่วไปบนผิวใบไม้ในแถบเมดิเตอร์เรเนียน ซึ่งไม่ได้มีความจำเพาะต่อชนิดของแบคทีเรียมากเช่นในการศึกษาครั้งนี้ นอกจากนั้นพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษายังมีความแตกต่างกันทั้ง สภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ ซึ่งเป็นผลให้ผลการทดลองมีความแตกต่างกันได้ แต่ก็อาจมีอีกหลายปัจจัยที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนของจำนวนแบคทีเรียบนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีน จากการศึกษาของ Lindow และ Brandl (2003) พบว่าปริมาณแบคทีเรียบนใบขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ลักษณะทางกายภาพของใบไม้ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของทั้งอุณหภูมิและความชื้น ในบางสภาวะที่แห้งมากและมีอุณหภูมิสูงมาก และอาจมีอีกหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นด้วย

จากผลการศึกษาความหลากหลายของแบคทีเรียทั้งหมดบนผิวใบจะเห็นได้ว่าค่าความหลากของแบคทีเรียทั้งหมดบนผิวใบไม่มีความสัมพันธ์กับจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนของไม้ประดับทั้ง 10 ชนิด จากผลของใบโมกมีค่า Shannon diversity index เท่ากับ 0.65 และจากข้อมูลในตารางที่ 4.2 จะเห็นว่ามีค่าน้อยเป็นอันดับสอง แต่จากผลการศึกษาจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนกลับมีมากกว่าไม้ประดับชนิดอื่น ซึ่งหมายความว่าบนใบโมกมีชนิดของจุลินทรีย์น้อยแต่มีจำนวนมากนั่นเอง ซึ่งตรงกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายของแบคทีเรียทั้งหมดบนผิวใบกับจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีน

## 4.2 เปรียบเทียบการลดลงของฟีแนนทรีนที่สะสมบนผิวใบของไม้ประดับที่มีจำนวนของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนแตกต่างกัน

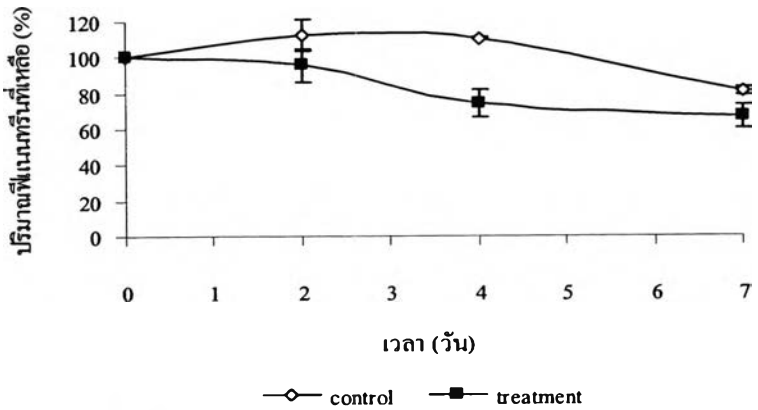
การศึกษาในขั้นตอนนี้ เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ทำการทดลองภายในบีกเกอร์ โดยนำไม้ประดับที่ผ่านการคัดเลือกแล้วในข้อ 4.1.3 ได้แก่ โมก เข็ม และชบา ซึ่งเป็นตัวแทนไม้ประดับที่มีจำนวนของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนกลุ่มสูง คือ $10^4$ - $10^5$ MPN ต่อกรัมของน้ำหนักใบไม้สด กลุ่มกลาง คือ $10^3$ MPN ต่อกรัมของน้ำหนักใบไม้สด และกลุ่มต่ำ คือ $\leq 10^2$ MPN ต่อกรัมของน้ำหนักใบไม้สด ตามลำดับ การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนแรกเป็นการติดตามปริมาณฟีแนนทรีนและจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนที่ความเข้มข้นเริ่มต้นบนใบเท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเก็บตัวอย่างใบไม้มาวิเคราะห์ผลในวันแรก วันที่ 0, 2, 4 และ 7 จากนั้นทดลองต่อในส่วนที่สองเป็นการศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์บนผิวใบในการย่อยสลายฟีแนนทรีน โดยใส่ฟีแนนทรีนเข้มข้นเริ่มต้นที่ 50 , 100 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ลงไปบนใบ และทำการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ในวันแรกและวันที่ 4 ของการทดลอง

### 4.2.1 การติดตามปริมาณฟีแนนทรีนและจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนที่เวลาต่างกัน

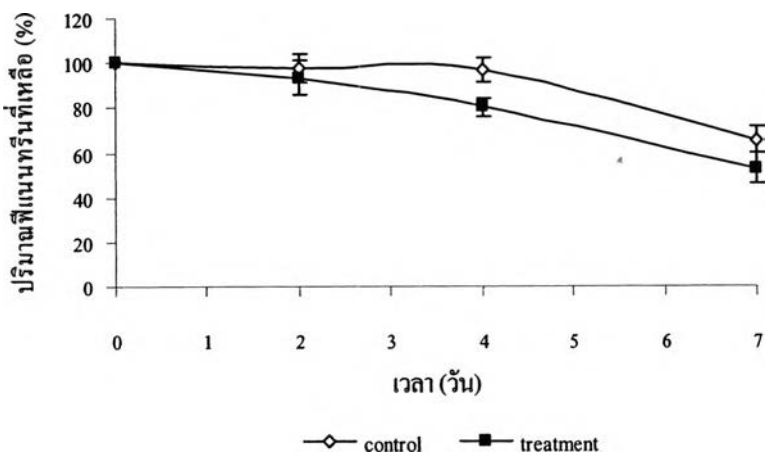
การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฟีแนนทรีนบนผิวใบของไม้ประดับที่ความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมใบไม้ ทำการทดลอง 2 ชุด ได้แก่ ชุดที่หนึ่ง เป็นชุดทดลองที่ใบไม้มีจุลินทรีย์บนผิวใบตามธรรมชาติ ส่วนชุดที่สองจะเป็นชุดควบคุมที่มีการกำจัดจุลินทรีย์บนผิวใบไม้ก่อนจะทำการทดลอง โดยมีระยะเวลาที่ทำการศึกษา 1 สัปดาห์ และเก็บตัวอย่างใบไม้ในวันแรก และวันที่ 2, 4 และ 7 มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลืออยู่บนใบและจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีน ผลการทดลองของใบไม้ประดับที่ศึกษาทั้ง 3 ชนิด พบว่าชุดทดลองของไม้ประดับมีปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือน้อยกว่าชุดควบคุม แต่ที่ชุดควบคุมมีปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือบนผิวใบลดลงตามระยะเวลา เนื่องจากในการทดลองใช้เอทธานอล 70% แช่ใบไม้นาน 5 นาทีก่อนทำการทดลอง ซึ่งอาจจะทำให้ไม่สามารถกำจัดจุลินทรีย์บนผิวใบได้ทั้งหมด เมื่อระยะเวลาผ่านไปจึงเกิดการย่อยสลายฟีแนนทรีนของจุลินทรีย์ที่ทนต่อเอทธานอล 70% นอกจากนั้นฟีแนนทรีนอาจซึมเข้าไปอยู่ภายในใบทำให้พบปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือบนผิวใบค่อยๆ ลดลงและจากผลการทดลองชุดนี้ทำให้ทราบได้ว่าปริมาณฟีแนนทรีนที่พบมาจากบนผิวใบไม้ เพราะในส่วนที่ซึมอยู่ภายในใบไม่สามารถสกัดออกมาได้ซึ่งเห็นจากผลการทดลองที่พบปริมาณฟีแนนทรีนค่อยๆ ลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป

ผลการทดลองของใบโมกดังแสดงในภาพที่ 4.8 จะเห็นว่าชุดทดลองมีปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือเฉลี่ยเป็น 67% น้อยกว่าชุดควบคุมที่มีปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือเฉลี่ยเป็น 81% ผลการทดลองของใบเข็มจะเห็นว่าชุดทดลองที่มีจุลินทรีย์อยู่บนผิวใบเข็มย่อยสลายฟีแนนทรีนได้ในระยะเวลาที่ทำการศึกษา 1 สัปดาห์ ปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือเฉลี่ยเป็น 67% น้อยกว่าชุดควบคุมที่มีปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือเฉลี่ยเป็น 82% ดังแสดงในภาพที่ 4.9 ผลการทดลองของใบชบาก็เช่นเดียวกัน ชุดทดลองที่มีจุลินทรีย์อยู่บนผิวใบชบาย่อยสลายฟีแนนทรีนได้ พบปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือเฉลี่ยเป็น 67% น้อยกว่าชุดควบคุมที่ไม่มีจุลินทรีย์บนผิวใบซึ่งมีปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือเฉลี่ยเป็น 74% ดังแสดงในภาพที่ 4.10 จากผลปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือของไม้ประดับทั้ง 3 ชนิด จะเห็นว่าค่าใกล้เคียงกัน และจากรูปแบบของกราฟจะเห็นได้ว่า ในการทดลองวันที่ 4 จะมีความแตกต่างของปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือมากกว่าในการทดลองของวันอื่น จึงทำให้เลือกระยะเวลาที่จะศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยสลายปริมาณฟีแนนทรีนโดยจุลินทรีย์บนผิวใบในการทดลองของส่วนที่สองเป็นการเก็บตัวอย่างใบไม้มาหาปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือในวันแรกและวันที่ 4 ของการทดลอง

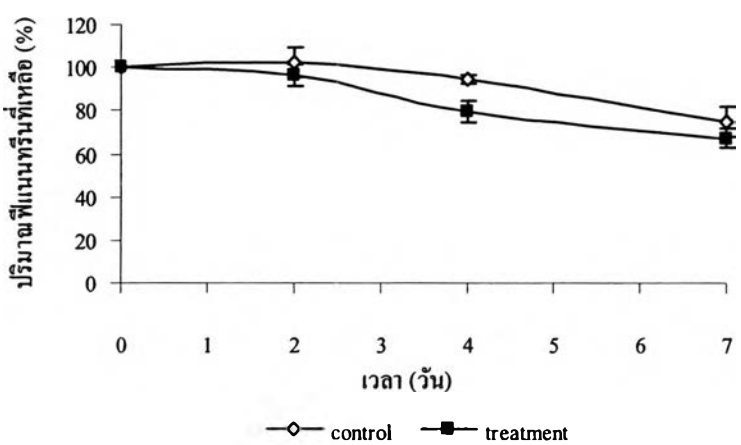
จากการนำผลการติดตามปริมาณฟีแนนทรีนไปหาอัตราการย่อยสลายฟีแนนทรีนของจุลินทรีย์บนผิวใบที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมใบไม้ พบว่าชุดทดลองของไม้ประดับทั้ง 3 ชนิด มีอัตราการย่อยสลายฟีแนนทรีนของจุลินทรีย์บนผิวใบดีกว่าชุดควบคุม และพบว่าชุดทดลองมีอัตราการย่อยสลายฟีแนนทรีนของจุลินทรีย์บนผิวใบอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 2 – 4 ของการทดลอง และชุดควบคุมใช้เวลาในการย่อยสลายฟีแนนทรีนของจุลินทรีย์บนผิวใบช้ากว่าชุดทดลอง โดยมีอัตราการย่อยสลายฟีแนนทรีนของจุลินทรีย์บนผิวใบเร็วในช่วงวันที่ 4 – 7 ของการทดลอง แต่อย่างไรก็ตาม อัตราการย่อยสลายฟีแนนทรีนของจุลินทรีย์บนผิวใบของชุดควบคุมก็ยังต่ำกว่าของชุดทดลอง โดยจุลินทรีย์บนใบโมกและเข็มมีอัตราการย่อยสลายฟีแนนทรีนเท่ากัน คือ 8.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (เข็มมีจำนวนจุลินทรีย์ $1.1 \times 10^3$ MPN ต่อกรัมใบไม้สด และโมกมีจำนวนจุลินทรีย์ $4.5 \times 10^5$ MPN ต่อกรัมใบไม้สด) ซึ่งเป็นอัตราที่เร็วกว่าที่พบบนใบชบาที่มีอัตราการย่อยสลายฟีแนนทรีนของจุลินทรีย์บนผิวใบเท่ากับ 7.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (มีจำนวนจุลินทรีย์ 60.7 MPN ต่อกรัมใบไม้สด) เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนที่บนผิวใบ เห็นชัดว่าบนใบชบามีจำนวนน้อยที่สุด แสดงว่าจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนแปรผันตรงกับอัตราการย่อยสลายฟีแนนทรีนของจุลินทรีย์บนผิวใบที่มีความเข้มข้นของฟีแนนทรีนเริ่มต้น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมใบไม้




**ภาพที่ 4.8** ปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือ (%) บนผิวใบโมกของชุดทดลองและชุดควบคุม ในระยะเวลา 0-7 วัน




**ภาพที่ 4.9** ปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือ (%) บนผิวใบเข็มของชุดทดลองและชุดควบคุม ในระยะเวลา 0-7 วัน

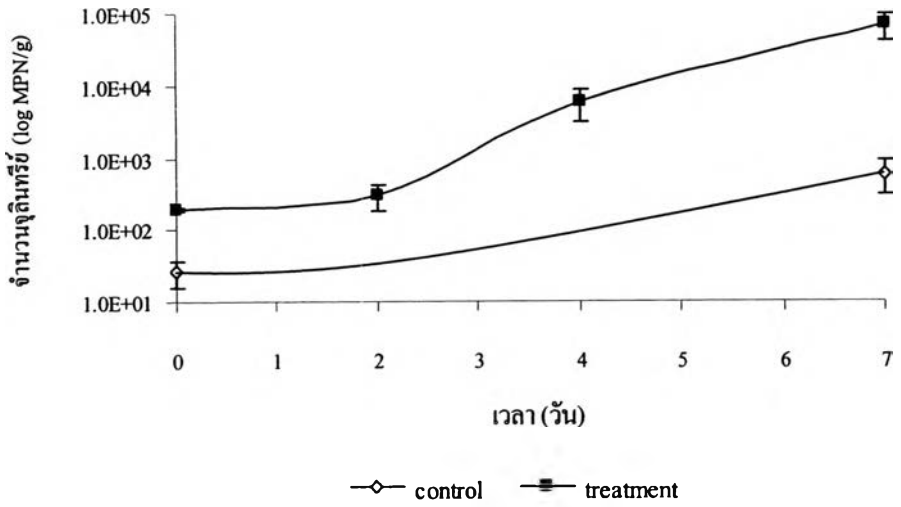



**ภาพที่ 4.10** ปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือ (%) บนผิวใบชบาของชุดทดลองและชุดควบคุม ในระยะเวลา 0-7 วัน

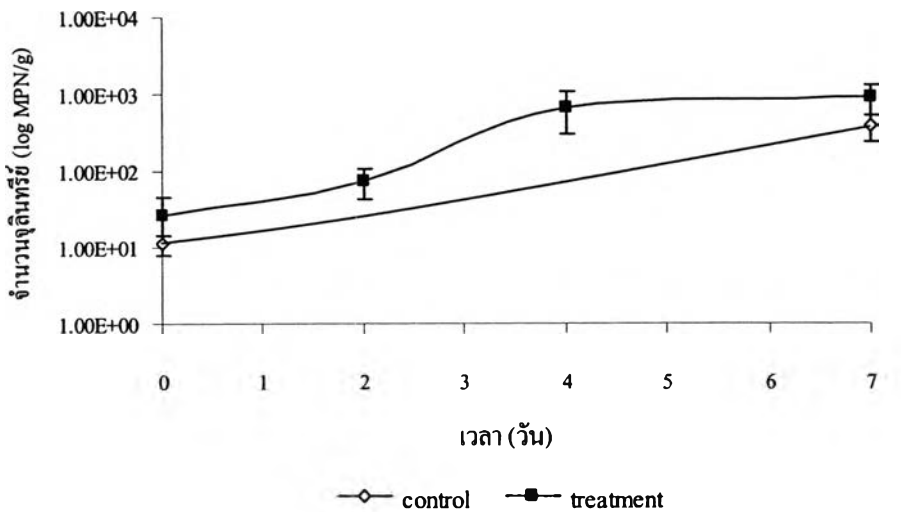
ผลการติดตามจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนที่ความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมใบไม้ บนใบของไม้ประดับ 3 ชนิด ได้แก่ โมก เข็มและชบา ทำการเก็บตัวอย่างใบไม้มาหาจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนด้วยวิธี MPN พบว่าโมกและเข็ม มีจำนวนจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนบนผิวใบของชุดทดลองสูงกว่าชุดควบคุม ส่วนผลชุดควบคุมและทดลองของชบาใกล้เคียงกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.11 จากการสังเกตผลของใบโมกพบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนเริ่มต้นน้อยกว่าผลที่ได้จากการศึกษาในข้อที่ 4.1.3 อาจเนื่องมาจากความแตกต่างกันของระยะเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างใบไม้ของการทดลอง ช่วงที่ศึกษาในขั้นนี้เป็นฤดูฝนทำให้ใบโมกมีโอกาสถูกน้ำฝนชะล้างบนผิวใบสูงกว่าการทดลองในช่วงแรก จึงเป็นผลให้จำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนน้อยลงได้

จากกราฟจะเห็นว่าในช่วงแรก จุลินทรีย์ค่อยๆ เพิ่มจำนวนขึ้นจนถึงในวันที่ 4 ของการทดลองมีการเพิ่มขยายจำนวนมากขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องจนถึงวัน 7 วัน พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์บนใบโมกที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนมากถึง $6.90 \times 10^4$ MPN ต่อกรัมของใบไม้สด ซึ่งเมื่อเทียบกับเข็มและชบา พบว่าบนใบโมกก็ยังคงพบจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนมากที่สุด เช่นเดียวกันกับผลการศึกษาในข้อ 4.1.3 ส่วนผลการทดลองของใบเข็ม ดังแสดงในภาพที่ 4.12 พบว่าระยะแรกจุลินทรีย์ค่อยๆ มีการเพิ่มจำนวนและเพิ่มมากขึ้นในวันที่ 4 ของการทดลอง ต่อจากนั้นจำนวนจุลินทรีย์จะค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 7 พบจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนมีจำนวนเท่ากับ $8.87 \times 10^2$ MPN ต่อกรัมของใบไม้สด และผลการทดลองของใบชบา ดังแสดงในภาพที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าจำนวนจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนค่อยๆ เพิ่มทีละน้อยตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงวันที่ 7 ของการทดลองและมีจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนเท่ากับ $6.73 \times 10^2$ MPN ต่อกรัมของใบไม้สด

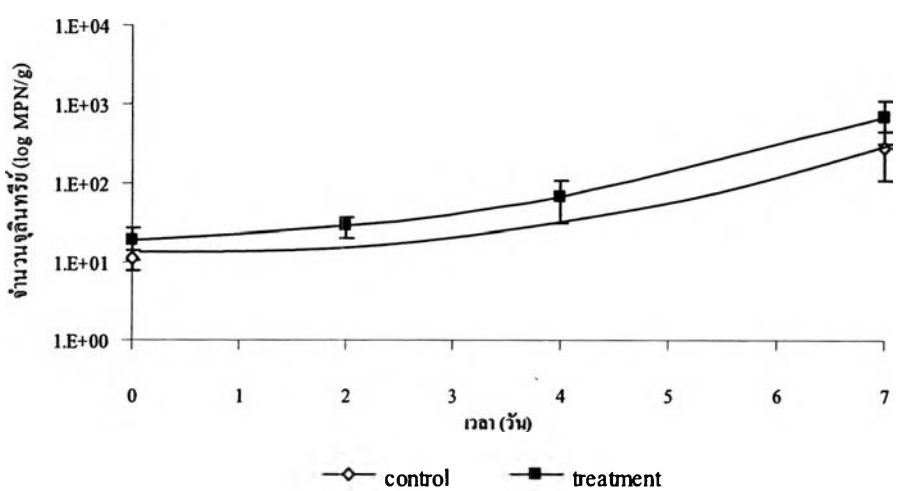
ผลจากการสังเกตกราฟปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือและกราฟจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบโมกและเข็มที่ย่อยสลายฟีแนนทรีน เห็นได้ว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือกับจำนวนจุลินทรีย์บนใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนโดยเฉพาะในช่วง 4 วันแรกของการทดลอง ดังนี้ จำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนแปรผันตามระยะเวลาและปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือแปรผกผันกับระยะเวลา คือ เมื่อระยะเวลามากขึ้น ปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือบนใบน้อยลง แต่จะพบว่าจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนเพิ่มมากขึ้น โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ที่อยู่บนใบโมกและเข็มน่าจะสามารถใช้ฟีแนนทรีนเป็นแหล่งอาหารและพลังงานในการเจริญ แล้วเพิ่มจำนวนมากขึ้นตามระยะเวลา




**ภาพที่ 4.11** จำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบโมกที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนในระยะเวลา 0-7 วัน



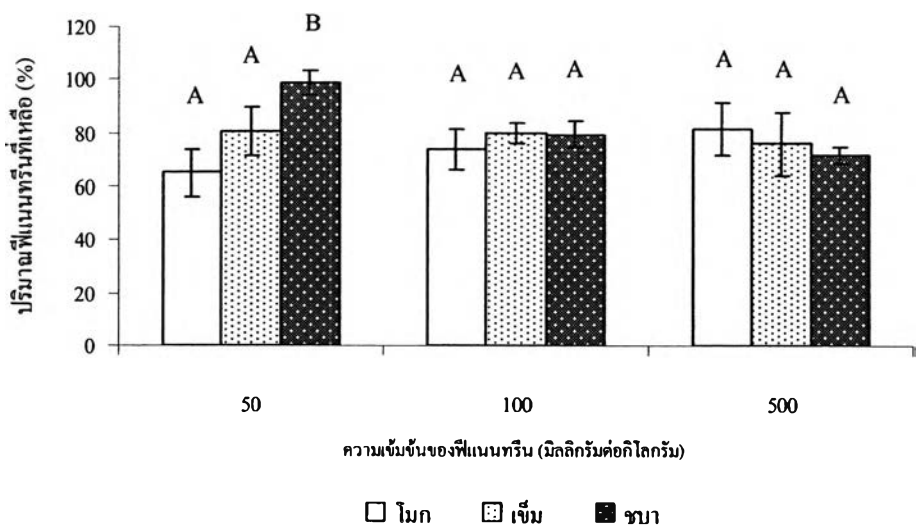

**ภาพที่ 4.12** แสดงจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบเข็มที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนในระยะเวลา 0-7 วัน




**ภาพที่ 4.13** จำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบชบาที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนในระยะเวลา 0-7 วัน

### 4.2.2 การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายฟีแนนทรีนของจุลินทรีย์บนผิวใบที่มีความเข้มข้นของฟีแนนทรีนเริ่มต้นต่างกัน

การทดลองในส่วนที่สอง เป็นการติดตามปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือ (%) จากที่มีความเข้มข้นของฟีแนนทรีนบนผิวใบไม้เริ่มต้นเป็น 50, 100 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยทำการศึกษาเช่นเดียวกันกับชุดทดลองในการทดลองข้อ 4.2.1 แต่ใช้ระยะเวลาการทดลองทั้งสิ้น 4 วัน ผลการทดลองของไม้ประดับทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ โมก เข็ม และชบา ที่เป็นตัวแทนกลุ่มไม้ประดับที่มีจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนกลุ่มสูง คือ $10^4$ - $10^5$ MPN ต่อกรัมของน้ำหนักใบไม้สด กลุ่มกลาง คือ $10^3$ MPN ต่อกรัมของน้ำหนักใบไม้สด และกลุ่มต่ำ $\leq 10^2$ MPN ต่อกรัมของน้ำหนักใบไม้สด ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4.14 ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นบนผิวใบไม้เป็น 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า ปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือบนใบโมกต่ำที่สุด คือ 65% และ 74% ตามลำดับ ส่วนผลการทดลองที่ความเข้มข้นสุดท้ายบนผิวใบ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเห็นได้ว่าค่าปริมาณฟีแนนทรีนบนผิวใบชบาเหลือน้อยที่สุด คือ 71%




หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ภาพที่ 4.14** ปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือ (%) บนผิวใบโมก เข็ม และชบา หลังจากทำการทดลองเป็นเวลา 4 วัน โดยเปรียบเทียบความเข้มข้นของฟีแนนทรีนเริ่มต้นที่ 50, 100 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมใบไม้

เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟีแนนทรีนของจุลินทรีย์บนผิวใบไม้ประดับทั้ง 3 ชนิด ด้วยการหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี one – way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังแสดงในภาพที่ 4.1.4 แสดงความแตกต่างระหว่างไม้ประดับ 3 ชนิดที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน โดยสังเกตจากอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน พบว่าที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมใบไม้ ใบชบามีความแตกต่างจากใบไม้ประดับชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือมีปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือบนใบมากกว่าโมกและ แสดงว่าจุลินทรีย์บนใบชบามีประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟีแนนทรีนได้น้อยกว่าจุลินทรีย์บนใบโมกและใบเข็ม จากผลการศึกษาในข้างต้นสอดคล้องกับการศึกษาจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนที่พบว่าบนใบชบามีจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนน้อยกว่าโมกและเข็ม ส่วนที่ความเข้มข้น 100 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมใบไม้ ไม่พบความแตกต่างไม้ประดับทั้ง 3 ชนิด อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า ที่ระดับความเข้มข้นมากกว่าหรือเท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมใบไม้ จุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนของไม้ประดับทั้ง 3 ชนิดมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟีแนนทรีนบนใบได้ไม่แตกต่างกัน

จากการศึกษาของ Waight และคณะ (2007) ได้ศึกษาการย่อยสลายฟีแนนทรีนของจุลินทรีย์บนใบไม้ โดยทำการติดตามปริมาณฟีแนนทรีน (%) ที่เหลือบนใบด้วยการทำการทดลอง 2 แบบ คือ นำใบไม้ใส่ในบีกเกอร์ (เช่นเดียวกันกับการทดลองในครั้งนี้) และใช้ต้นไม้ปลูกในกระถางมาศึกษา ผลการศึกษาพบว่า ทั้งสองแบบมีปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลือบนใบน้อยลงและผลการทดลองที่ใช้ต้นไม้ที่ปลูกในกระถางมีปริมาณฟีแนนทรีนที่เหลืออยู่น้อยกว่าชุดทดลองที่ทำในบีกเกอร์ แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ที่อยู่ตามส่วนต่างๆ และเมทาบอลิซึมของต้นไม้มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟีแนนทรีนได้ดีกว่าจุลินทรีย์ที่อยู่บนใบไม้ จากข้อมูลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ต้นไม้สามารถลดสารลดมลพิษในอากาศได้จริง และจากผลการศึกษาในครั้งนี้ ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพและเคมีต่อจำนวนจุลินทรีย์บนผิวใบที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนของไม้ประดับที่นิยมปลูกทั่วไป 10 ชนิด และยังพบว่าไม้ประดับแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟีแนนทรีนของจุลินทรีย์บนใบได้มากน้อยต่างกัน ซึ่งข้อมูลที่ได้เหล่านี้จะนำไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกปลูกต้นไม้ชนิดที่มีประสิทธิภาพในการลดมลพิษทางอากาศต่อไป