

หัวข้อวิจัย	การประยุกต์ใช้พืชในการบำบัดโหลอื่นและเอทิลเบนซินในอาคาร
ผู้ดำเนินการวิจัย	ดร.ปารินดา สุขสบาย และ รศ.ดร.ไพฑิพย์ ชีระเวชญาน
หน่วยงาน	หลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อมเมืองและอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ปีพ.ศ.	2558

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อเพื่อคัดกรองพืชในการบำบัดโหลอื่น และเอทิลเบนซินของอากาศภายในอาคาร โดยพืชที่ใช้ทดลอง 12 ชนิด โดยเป็นพืชประเภท CAM 6 ชนิด ได้แก่ ว่านหางจระเข้ ครีปลาพาห ลั่นมั่งกรขอบทอง ลั่นมั่งกรเขียว ลั่นมั่งกรจักรพรรดิ และกุหลาบหิน และ พืช C3 6 ชนิด ได้แก่ กวนอิมทอง กวนอิมเงิน โกสน เศรษฐีเรือนนอก หางหงษ์ และเพชรน้ำหนึ่ง ผลการทดลองพบว่าพืชที่สามารถบำบัดโหลอื่นได้ดีที่สุดในพืช CAM และ C3 คือ ลั่นมั่งกรขอบทองบำบัดโหลอื่นได้ 86.01% และ เพชรน้ำหนึ่งบำบัดได้ 83.18 % ตามลำดับ ส่วนพืช CAM และ C3 ที่สามารถบำบัดเอทิลเบนซินได้ดีที่สุดคือ ต้นลั่นมั่งกรจักรพรรดิ (91.83%) และต้นเศรษฐีเรือนนอก (92.67 %) ตามลำดับ และจากการศึกษาพบว่าปริมาณแก๊สและจำนวนปากใบของพืช CAM และ พืช C3 ไม่มีมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการบำบัดโหลอื่นและเอทิลเบนซิน นอกจากนี้การทดลองยังได้วัดค่าการสังเคราะห์แสงของพืช CAM และ C3 หลังจากที่พืชเหล่านี้ได้ผ่านการบำบัดโหลอื่นแล้ว เปรียบเทียบกับพืชที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดโหลอื่น (กลุ่มควบคุม) พบว่าค่าการสังเคราะห์แสงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองของต้นพืชทั้ง 12 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ขณะที่การสังเคราะห์แสงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ผ่านการบำบัดเอทิลเบนซิน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะพืช กุหลาบหิน กวนอิมทอง หางหงษ์ และโกสน แผลผลการทดลองพบว่า พืชทั้ง 4 ชนิดนี้ มีประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซินค่อนข้างต่ำ

การทดลองยังเปรียบเทียบชนิดของพืชชนิด CAM , ชนิด C3 และพืช C3 + CAM ปลูกลงในสภาวะปกติ สภาวะมีแสง สภาวะไม่มีแสง ต่อประสิทธิภาพการบำบัดโหลอื่น ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดโหลอื่นของพืชที่มีอยู่ร่วมกันระหว่าง เพชรน้ำหนึ่ง 1 ต้น (C3) รวมกับ ลั่นมั่งกรขอบทอง 1 ต้น (CAM) โดยปลูกลงในสภาวะปกติ สภาวะมีแสง สภาวะไม่มีแสง จะมีประสิทธิภาพการบำบัดโหลอื่นสูงกว่าการปลูกพืช CAM หรือ C3 เพียงชนิดเดียว โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดโหลอื่นมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 49.06, 55.06 และ 52.73 ที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมงสำหรับการปลูกในระบบปกติ มีแสง และไม่มีแสง ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการบำบัดเอทิลเบนซินพบว่า เมื่อมีการปลูกพืชในสภาวะปกติ ประสิทธิภาพในการบำบัดเอทิลเบนซินสูงสุด เมื่อมีการปลูกพืชร่วมกันระหว่าง เศรษฐีเรือนนอก 1 ต้น (C3) รวมกับ ลั่นมั่งกรเขียว 1 ต้น (CAM) โดยมีประสิทธิภาพบำบัดเอทิลเบนซินสูงสุดร้อยละ 81.89 ที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง ส่วนเมื่อปลูกพืชในสภาวะมีแสง การปลูกต้นเศรษฐีเรือนนอก ชนิดเดียวอย่างละ 1 ต้นมีประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซินสูงสุด คือ ร้อยละ 64.20 ส่วนเมื่อปลูกพืชในสภาวะที่ไม่มีแสง การปลูกต้นลั่นมั่งกรเขียว ชนิดเดียวอย่างละ 1 ต้นมีประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซินสูงสุด คือ ร้อยละ 52.70

Research Title : Application of plants for toluene and ethylbenzene removal indoor air

Researcher : Dr. Parinda Suksabye, Asso.Prof.Dr. Paitip Thiravetyan

Organization : Urban and Industrial Environmental Management Program, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit Rajabhat University

Year: 2015

The objective of this research is to uptake the toluene and ethylbenzene by twelve plant species. There are divided into 2 plants types such as CAM plant (6 species) and C3 plants (6 species). The CAM plant species were *Aloe vera*, *Sansevieria masoniana*, *Sansevieria trifasciata*, *Sansevieria hyacinthoides*, *Sansevieria ehrenbergii* and *Kalanchoe blossfeldiana*, while C3 species were *Dracaena deremensis* 'Lemon lime', *Dracaena sanderiana*, *Codiaeum variegatum*, *Chlorophytum comosum*, *Cordyline fruticosa* and *Aglaonema commutatum*. The highest toluene removal of CAM and C3 plant species were found in *S. trifasciata* (86.01 %) and *A. commutatum* (83.18 %), respectively. while the ethylbenzene removal from air for CAM and C3 plant species were with *S. ehrenbergii* (91.83%) and *C. comosum* (92.67%), respectively. The results also found that the toluene removal rates did not appear to be correlated with the amount of wax and number of stomata for CAM and C3 plants. Chlorophyll fluorescence or FV/FM ratio in toluene exposed plants showed no significant between the control and treated plants, whereas plants exposed to ethylbenzene showed significant different or those parameter, specifically in *Kalanchoe blossfeldiana*, *Dracaena deremensis*, , *Cordyline fruticosa* and *Codiaeum variegatum*.

The comparison the CAM plant species (2 plants) , C3 plant species (2 plants) and C3 (1 plants) + CAM (1 plant) plant speices grown in various conditions such the normal , light and dark system were examined. The results found that the highest toluene removal was *A. commutatum* (C3, 1 plant) + *S. trifasciata* (CAM, 1 plant) grown together under all normal, dark and light conditions. The efficiency of toluene removal was 49.06%, 55.06 % and 52.73 % at 72 h. for normal, light and dark system, respectively. In addition, the highest ethybenzene removal in normal system was *C. comosum* (C3,1 plants) + *S.hyacinthoides* (CAM, 1 plant) grown together under mormal system (efficiency of ethybenzene removal =81.89 % at 72 h.). 2 plants of *C. comosum* grown in light system condition were the highest ethybenzene removal (64.20 % at 72 h.) For dark system, the best ethybenzene removal was 2 plants of *S. hyacinthoides* grown together (50.70 % at 72 h.).

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จด้วยดีผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ได้กรุณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัยแก่โครงการวิจัย และขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่ให้การประสานงานแก่โครงการทำให้โครงการวิจัยสำเร็จตามวัตถุประสงค์และนอกจากนี้ขอขอบคุณ รศ.ดร.ไพฑิพย์ อีร์เวชญาณ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการดำเนินงานวิจัยตลอดจนแก้ปัญหาต่างๆอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติ Remediation สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในการให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ในการทดลองรวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ Remediation ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ดร. ปารินดา สุขสบาย
2558

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
 บทที่ 1 บทนำ	 1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	3
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	3
ประโยชน์ที่ได้คาดว่าจะได้รับ	3
 บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	 4
มลพิษทางอากาศภายในอาคาร	4
ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	4
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	5
ค่ามาตรฐานของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	6
โพลูอิน	7
ประโยชน์ของโพลูอินในอุตสาหกรรม	8
ผลกระทบของโพลูอินต่อมนุษย์	9
เอทิลเบนซีน	10
ประโยชน์ของเอทิลเบนซีนในอุตสาหกรรม	11
ผลกระทบต่อเอทิลเบนซีนต่อสุขภาพ	11
วิธีบำบัดอากาศ	11
พืช CAM พืช C3 และ พืช C4	13
การบำบัดสิ่งแวดล้อมโดยพืช	17
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
กรอบแนวคิดของงานวิจัย	20

บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย	23
	เครื่องมือและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	23
	สารเคมีและพืชที่ใช้ในงานวิจัย	24
	การเตรียมพืช	24
	การเตรียมโหลอื่นและเอทิลเบนซินในการทดลอง	25
	การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดโหลอื่นและเอทิลเบนซินด้วยพืช CAM และ C3	26
	การสกัดแว็กซ์จากพืช CAM และ C3	27
	การนับจำนวนปากใบพืช CAM และ C3	28
	ผลของระบบการปลูกพืช C3 , CAM และ พืช C3+CAM ในสภาวะปกติ	
	สภาวะไม่มีแสง สภาวะมีแสงต่อประสิทธิภาพการบำบัดโหลอื่นและเอทิลเบนซิน	28
	การวิเคราะห์โหลอื่นและเอทิลเบนซินด้วย GC	29
	การวิเคราะห์ทางสถิติ	30
	สถานที่ทำการทดลอง	30
บทที่ 4	ผลการวิจัย	31
	ประสิทธิภาพการบำบัดโหลอื่นของพืช CAM และ C3	31
	การสังเคราะห์แสงพืช CAM และ C3 ก่อนและหลังบำบัดโหลอื่น	35
	ความสัมพันธ์ของปริมาณแว็กซ์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดโหลอื่น	41
	ความสัมพันธ์ของปริมาณปากใบต่อประสิทธิภาพการบำบัดโหลอื่น	43
	เปรียบเทียบชนิดของพืช CAM, C3 และ C3+CAM สภาวะปกติ, ไม่มีแสง มีแสง	
	ต่อประสิทธิภาพการบำบัดโหลอื่น	45
	ลักษณะของปากใบพืช CAM, C3 เมื่อบำบัดโหลอื่นในสภาวะ ไม่มีแสง และมีแสง	49
	ประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซินของพืช CAM และ C3	51
	การสังเคราะห์แสงพืช CAM และ C3 ก่อนและหลังบำบัดเอทิลเบนซิน	54
	ความสัมพันธ์ของปริมาณแว็กซ์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซิน	60
	ความสัมพันธ์ของปริมาณปากใบต่อประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซิน	62
	เปรียบเทียบชนิดของพืช CAM, C3 และ C3+CAM สภาวะปกติ, ไม่มีแสง มีแสง	
	ต่อประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซิน	64
	ลักษณะของปากใบพืช CAM, C3 เมื่อบำบัดเอทิลเบนซินในสภาวะไม่มีแสงและมีแสง	68
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	70
	สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล	70
	ข้อเสนอแนะ	72

บรรณานุกรม	73
บรรณานุกรมภาษาไทย	73
บรรณานุกรมภาษาอังกฤษ	73
 ภาคผนวก	76
ภาคผนวก ก	77
ภาคผนวก ข	98
ภาคผนวก ค	117
 ประวัติผู้วิจัย	121

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สารมลพิษที่เป็นแหล่งสำคัญในอาคาร	4
2.2 มาตรฐานของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศทั่วไปเป็นเวลา 1 ปี	6
2.3 ค่ามาตรฐานสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศของหน่วยงานต่างๆ	7
2.4 ปริมาณที่ได้รับและผลกระทบต่อร่างกาย	9
2.5 วัสดุที่มีองค์ประกอบของเอทิลเบนซิน	10
2.6 เปรียบเทียบพืช C3 ,C4และ พืชCAM	17
3.1 ชื่อพืชที่ใช้ในการทดลอง	24
4.1 ประสิทธิภาพในการบำบัดโทลูอินของพืช CAM และ C3 ที่ 24 ชั่วโมง	32
4.2 ประสิทธิภาพในการบำบัดโทลูอินของพืช CAM และ C3 ที่ 48 ชั่วโมง	33
4.3 ประสิทธิภาพในการบำบัดโทลูอินของพืช CAM และ C3 ที่ 72 ชั่วโมง	35
4.4 การสังเคราะห์แสงของพืช CAM และ C3 เมื่อบำบัดด้วยโทลูอิน	36
4.5 ปริมาณแก๊สของ CAM และ พืช C3 ต่อประสิทธิภาพการบำบัดโทลูอิน	41
4.6 จำนวนปากใบของพืช CAM และ พืช C3 ต่อประสิทธิภาพการบำบัดโทลูอิน	43
4.7 ประสิทธิภาพการบำบัดโทลูอินในสภาวะปกติเป็นเวลา 24, 48 ,72 ชม.	46
4.8 ประสิทธิภาพการบำบัดโทลูอินในสภาวะมีแสงเป็นเวลา 24,48,72 ชม.	47
4.9 ประสิทธิภาพการบำบัดโทลูอินในสภาวะไม่มีแสงเป็นเวลา 24,48,72 ชม.	47
4.10 ประสิทธิภาพในการบำบัดเอทิลเบนซินของพืช CAM และ C3 ที่ 24 ชั่วโมง	51
4.11 ประสิทธิภาพในการบำบัดเอทิลเบนซินของพืช CAM และ C3 ที่ 48 ชั่วโมง	53
4.12 ประสิทธิภาพในการบำบัดเอทิลเบนซินของพืช CAM และ C3 ที่ 72 ชั่วโมง	54
4.13 การสังเคราะห์แสงของพืช CAM และ C3 เมื่อบำบัดด้วยเอทิลเบนซิน	55
4.14 ปริมาณแก๊สของ CAM และ พืช C3 ต่อประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซิน	60
4.15 จำนวนปากใบของพืช CAM และ พืช C3 ต่อประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซิน	62
4.16 ประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซินในสภาวะปกติเป็นเวลา 24, 48, 72 ชม.	62
4.17 ประสิทธิภาพการบำบัดโทลูอินในสภาวะมีแสงเป็นเวลา 24,48, 72 ชม.	63
4.18 ประสิทธิภาพการบำบัดโทลูอินในสภาวะไม่มีแสงมีแสงเป็นเวลา 24, 48, 72 ชม.	64

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของโกลูอิน	8
2.2 การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช CAM ครั้งที่ 1 ในเวลากลางคืน	13
2.3 การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช CAM ครั้งที่ 2 ในเวลากลางวัน	14
2.4 เปรียบเทียบกลไกการตรึง CO ₂ ในพืช C3 พืช C4 และพืช	16
2.5 กลไกการทำงานของ phytoextraction	18
2.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย	22
3.1 หุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ นำมาใส่โหลสุญญากาศ	27
3.2 เครื่อง GC	27
3.3 การสกัดแว็กซ์	28
3.4 ระบบการปลูกพืช ชนิดC3 , ชนิดCAM และ พืชC3 + พืชCAM ในสภาวะปกติ มีแสง และสภาวะไม่มีแสง	29
4.1 ประสิทธิภาพในการบำบัดโกลูอินของพืช CAM และ C3 ที่ 24 ชั่วโมง	31
4.2 ประสิทธิภาพในการบำบัดโกลูอินของพืช CAM และ C3 ที่ 48 ชั่วโมง	33
4.3 ประสิทธิภาพในการบำบัดโกลูอินของพืช CAM และ C3 ที่ 72 ชั่วโมง	34
4.4 เปรียบเทียบลักษณะของพืชกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ผ่านการบำบัดโกลูอิน	37
4.5 ความสัมพันธ์ของปริมาณแว็กซ์ของพืช CAM กับประสิทธิภาพการบำบัดโกลูอิน ในรูปสมการเชิงเส้น	42
4.6 ความสัมพันธ์ของปริมาณแว็กซ์ของพืช C3 กับประสิทธิภาพการบำบัดโกลูอิน ในรูปสมการเชิงเส้น	42
4.7 ความสัมพันธ์ของปริมาณปากใบของพืช CAM กับประสิทธิภาพการบำบัดโกลูอิน ในรูปสมการเชิงเส้น	44
4.8 ความสัมพันธ์ของปริมาณปากใบของพืช C3 กับประสิทธิภาพการบำบัดโกลูอิน ในรูปสมการเชิงเส้น	44
4.9 ประสิทธิภาพการบำบัดโกลูอินในสภาวะปกติ	46
4.10 ประสิทธิภาพการบำบัดโกลูอินในสภาวะมีแสง	47
4.11 ประสิทธิภาพการบำบัดโกลูอินในสภาวะไม่มีแสง	48
4.12 ปากใบต้นเพชรน้ำหนึ่งและลิ้นมังกรขอบทองเมื่อปลูกภายใต้แสง 24 ชม. และมี 24 ชม.	50
4.13 ประสิทธิภาพในการบำบัดเอทิลเบนซีนของพืช CAM และ C3 ที่ 24 ชั่วโมง	51
4.14 ประสิทธิภาพในการบำบัดเอทิลเบนซีนของพืช CAM และ C3 ที่ 48 ชั่วโมง	52
4.15 ประสิทธิภาพในการบำบัดเอทิลเบนซีนของพืช CAM และ C3 ที่ 72 ชั่วโมง	53

4.16	เปรียบเทียบลักษณะของพืชกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ผ่านการบำบัดเอทิลเบนซิน	56
4.17	ความสัมพันธ์ของปริมาณแว็กซ์ของพืช CAM กับประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซิน ในรูปสมการเชิงเส้น	61
4.18	ความสัมพันธ์ของปริมาณแว็กซ์ของพืช C3 กับประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซิน ในรูปสมการเชิงเส้น	61
4.19	ความสัมพันธ์ของปริมาณปากใบของพืช CAM กับประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซิน ในรูปสมการเชิงเส้น	63
4.20	ความสัมพันธ์ของปริมาณปากใบของพืช C3 กับประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซิน ในรูปสมการเชิงเส้น	63
4.21	ประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซินในสภาวะปกติ	64
4.22	ประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซินในสภาวะมีแสง	66
4.23	ประสิทธิภาพการบำบัดเอทิลเบนซินในสภาวะไม่มีแสง	67
4.24	ปากใบต้นเศรษฐีเรือนนอกและลั่นทมกรเขียวเมื่อปลูกภายใต้แสง 24 ชม. และ มืด 24 ชม.	69