

การวิจัย

เรื่อง

ประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศ จี-ไลฟ์ ในการลดปริมาณ
สารก่อภูมิแพ้ในอากาศภายในอาคาร

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ นายแพทย์บุญเจือ ธรณินทร์ พ.บ., Dr.med.

คณะทำงานด้านสารก่อภูมิแพ้และ Aerobiology

สมาคมโรคภูมิแพ้และวิทยาภูมิคุ้มกันแห่งประเทศไทย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท จีอีโวลูชั่น จำกัด ที่ให้ความสนับสนุนในการทำการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ นางสาวจิรนุช ธรณินทร์ ในการสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์, ผู้ช่วยงานวิจัย การเตรียมและจัดทำต้นฉบับ และงานเลขานุการ

บทคัดย่อ

ประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศ จี-ไลฟ์ ในการลดปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศภายในอาคาร

คุณภาพอากาศภายในอาคารที่อยู่อาศัย เป็นสิ่งสำคัญต่อการมีสุขภาพดี การหลีกเลี่ยงหรือการลดปริมาณสารก่อภูมิแพ้ เช่น เกสรพืช สปอร์ของเชื้อรา ฝุ่นละออง และมลพิษในอากาศที่จะถ่ายเทเข้าสู่ในอาคาร เป็นหลักการที่สำคัญต่อการบำบัดรักษาผู้ป่วยโรคภูมิแพ้และโรคระบบทางเดินหายใจต่างๆ

มีการแนะนำเครื่องมือหลายชนิดเพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในห้อง วิศวกรไทยกลุ่มหนึ่งได้ประดิษฐ์เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ เพื่อใช้กับห้องพักอาศัยโดยทั่วไป กระบวนการทำงานของเครื่องมือนี้คล้ายกับระบบการทำงานของเครื่องควบคุมคุณภาพอากาศของห้องผ่าตัดไว้ใช้ในโรงพยาบาล

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือชนิดใหม่นี้ ได้ทำการติดตั้งเครื่องมือที่ห้องซึ่งใช้ประโยชน์ต่างกันจำนวน 6 ห้อง แล้วตรวจวัดสารก่อภูมิแพ้ต่างๆในอากาศ เช่น เกสรพืชชนิดต่างๆ สปอร์ของเชื้อราและแบคทีเรีย โดยใช้เครื่องมือ 2 ชนิด คือ Burkard Air Sampler for Agar Plate, Burkard Personal Volumetric Air Sampler และเครื่องมือตรวจคุณภาพอากาศชนิดอื่น เพื่อวัดปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิภายในและภายนอกห้อง ทำการทดลองก่อนการใช้เครื่องเติมอากาศ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง หลังการใช้เครื่องเติมอากาศอย่างต่อเนื่อง

เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์สามารถลดปริมาณของสารก่อภูมิแพ้ในอากาศภายในห้องได้เฉลี่ยร้อยละ 60, 70 และ 80 หลังจากการใช้เครื่องต่อเนื่องในเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง สามารถควบคุมปริมาณของออกซิเจนในอากาศภายในห้องให้เท่ากับภายนอกห้องตลอดเวลา ไม่มีความเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิภายในห้อง

การปรับปรุงคุณภาพอากาศโดยเครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ สามารถลดปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศชนิดต่างๆดังกล่าวภายในห้อง ทั้งยังสามารถควบคุมคุณภาพอากาศภายในห้องให้อยู่ในสภาพปกติตลอดเวลา

ABSTRACT

Efficacy of G-life Positive Pressure Fresh Air Generator in reducing indoor air aeroallergens

Indoor air quality is essential for healthy living. Avoidance and minimizing important allergens such as pollens, mold spores, dust which contaminated in outdoor air flow in to the room is an important key for the management of allergic and other respiratory diseases.

Quite many instruments are claimed to improve indoor air quality . Recently, a Positive Pressure Fresh Air Generator is innovated by a group of Thai engineers. Its mechanism mimics the clean air system for the operating room in the hospital.

To prove the efficacy of this innovation, the instruments were installed to six rooms of various size and purpose. The allergenic substances, eg., plant pollens, mold spores, bacteria were detected and counted, using the Burkard Air Sampler for Agar plate and the Burkard Personal Volumetric Air Sampler. Other important air quality indicators such as oxygen concentration, relative humidity and temperature were also recorded both indoor and outdoor before and 24, 48 and 72 hours after continuous operation of the machines.

Room air treatment by the Fresh Air Generator can reduce the number of detected aeroallergens by 60, 70 and 80 percents after 24, 48, 72 hours of continuous operations respectively. The indoor oxygen concentration can be controlled to be the same as the concentration outside. The relative humidity and temperature were not affected.

Indoor air treatment by G-Life Positive Pressure Fresh Air Generator is proved to be an effective and useful procedure to minimizing the indoor aeroallergens, other pollutants and can effectively maintain the indoor air quality.

บทนำ

โรคภูมิแพ้เป็นโรคที่พบบ่อยในคนไทย พบได้ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ สถิติของผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ในประเทศไทยในปัจจุบัน มีรายละเอียดดังตารางที่ 1¹

กลุ่มผู้ป่วย	ร้อยละของประชากร
โรคภูมิแพ้ทั้งหมด	40
จมูกอักเสบจากภูมิแพ้	23 – 30
โรคหืด	10 – 15
ภูมิแพ้ทางผิวหนัง	15
แพ้อาหาร	5

ตารางที่ 1 สถิติผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ในประเทศไทย

จากการสำรวจปรากฏว่าจำนวนผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ในประเทศไทยเพิ่มขึ้นตลอดเวลา ดังตารางที่ 2^{2,3}

พ.ศ.	ผู้ป่วย	โรค	ความชุก
2518	ผู้ใหญ่	แพ้อากาศ	12.4
2521	ผู้ใหญ่	แพ้อากาศ	22.7
2522	ผู้ใหญ่	แพ้อากาศ	14.4
2537	เด็ก	หืด	4.2
		แพ้อากาศ	17.9
2538	เด็ก	หืด	13
		แพ้อากาศ	45
2540	ผู้ใหญ่	หืด	10

ตารางที่ 2 ความชุก (prevalence) ของผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ในประเทศไทย (ร้อยละ)

ภาวะการณ์ของโรคภูมิแพ้ในต่างประเทศก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากเช่นเดียวกับที่พบในประเทศไทย ได้มีการสำรวจประชากรยุโรป 10,000 คน พบว่า มีประชากรเป็นโรคแพ้อากาศร้อยละ 23 ใน

จำนวนนี้ส่วนใหญ่ร้อยละ 70 ทราบว่าตัวเองมีอาการของโรคภูมิแพ้ อีกประมาณ ร้อยละ 30 ไม่ทราบว่าตัวเองป่วย จึงมีประมาณร้อยละ 55 ของผู้ป่วยเท่านั้นที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคภูมิแพ้ อีกประมาณร้อยละ 45 ไม่ได้รับการวินิจฉัย ผู้ป่วยทั้งหมดที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคภูมิแพ้มีเพียงร้อยละ 53 เท่านั้นที่ได้รับยาหรือใช้ยารักษา ผู้ป่วยร้อยละ 47 ไม่ได้รับการรักษา⁴

จากการรวบรวมผลการสำรวจสถิติของผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ทั้งต่างประเทศและในประเทศสรุปได้ว่าจำนวนผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ได้เพิ่มขึ้นอย่างมากและรวดเร็ว ภายในระยะเวลา 30 ปี เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 23 ในประชากรประเทศตะวันตก และประมาณร้อยละ 40 – 50 ในประเทศไทย

สาเหตุของโรคภูมิแพ้

1. พันธุกรรม^{5, 6, 7} เป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก หากบิดาหรือมารดาเป็นโรคภูมิแพ้ บุตรจะมีโอกาสเป็นโรคภูมิแพ้ได้ร้อยละ 50 ถ้าบิดาและมารดาเป็นโรคภูมิแพ้ทั้งคู่ บุตรจะมีโอกาสเป็นโรคภูมิแพ้ได้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 75

แม้บิดาและมารดาไม่เป็นโรคภูมิแพ้ทั้งสองฝ่าย บุตรก็มีโอกาสป่วยเป็นโรคภูมิแพ้ได้ร้อยละ 10 - 20 หากสัมผัสกับสารก่อภูมิแพ้เป็นประจำ

2. สิ่งแวดล้อม^{8, 9} เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มีผู้ป่วยโรคภูมิแพ้เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วดังกล่าวแล้ว ทั้งยังทำให้อาการของโรคภูมิแพ้ทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นด้วย

ปัจจัยที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อการเกิดโรคภูมิแพ้มีหลายประการ เช่น การดำรงชีวิตและการเลี้ยงดูเด็ก¹⁰ ที่เปลี่ยนแปลงไปในปัจจุบัน มีผลโดยตรงต่ออุบัติการณ์การเกิดโรคภูมิแพ้ งานวิจัยหลายรายงานแสดงว่าการเลี้ยงดูเด็กตามธรรมชาติ เช่นในชนบท มีโอกาสคลุกคลีกับสิ่งกระตุ้นต่างๆ เช่น เชื้อโรค สารต่างๆ ตามธรรมชาติ ทำให้เกิดภูมิคุ้มกันเพิ่มมากขึ้นกว่าการเลี้ยงดูเด็กแบบประคบประหงม ดูแลรักษาความสะอาดของร่างกายและอาหารเกินความจำเป็น เช่น การเลี้ยงดูเด็กในเมือง

สิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป¹⁰ การดำรงชีวิตที่ทันสมัยในเมืองใหญ่ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ภูมิคุ้มกันในร่างกายเกิดขึ้นน้อย และสัมผัสกับสารก่อภูมิแพ้ในสิ่งแวดล้อมได้มากตลอดเวลาทำให้อาการที่จะเกิดโรคต่างๆ รวมทั้งโรคภูมิแพ้เพิ่มขึ้น⁷

องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการเกิดโรคภูมิแพ้ คือ สารก่อภูมิแพ้ และมลพิษในอากาศ

สารก่อภูมิแพ้ในอากาศ อาจแบ่งออกได้เป็นสารก่อภูมิแพ้ในอากาศ ภายในอาคาร และสารก่อภูมิแพ้ในอากาศนอกอาคาร

สารก่อภูมิแพ้ในอากาศภายในอาคารและที่อยู่อาศัย^{11, 12, 13} ที่สำคัญได้แก่ ตัวไรฝุ่น เศษซากที่เป็นละอองละเอียดของแมลงในบ้านชนิดต่างๆ ที่สำคัญได้แก่ แมลงสาบ แมลงวัน ยุง มด สปอร์ของเชื้อราชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นบริเวณอับชื้นภายในอาคาร เช่น ห้องน้ำ ห้องครัว ขน รังแคของสัตว์เลี้ยงภายในอาคาร ฝุ่นละอองที่เกิดจากเครื่องใช้ภายในห้อง เช่น นุ่น ผ้าฝ้าย ผ้าขนสัตว์

สารก่อภูมิแพ้ในอากาศซึ่งโดยปกติเกิดขึ้นภายนอกอาคาร^{14, 15, 16, 17} แล้วปลิวเข้ามาในอาคาร ที่สำคัญและเป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดโรคภูมิแพ้ ได้แก่ เกสรพืช ได้แก่ เกสรหญ้า เกสรดอกไม้ ไม้ยืนต้น เช่น เกสรหญ้าแพรก หญ้าขน กก วัชพืชต่างๆ เช่น เกสรผักโขม เกสรไม้ยืนต้น เช่น กระจับปี่ สุน สน ทะเล และเกสรดอกไม้ เช่น เบญจมาศ บานชื่น เก๊กฮวย

มลพิษในอากาศ^{18, 19} มีอยู่มากมาย ทั้งที่เป็นฝุ่นละออง สารเคมี รวมถึงก๊าซ และกลิ่นต่างๆ ซึ่งอาจพบได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร มลพิษบางอย่างอาจกระตุ้นให้เกิดอาการแพ้ขึ้นโดยตรง แต่โดยทั่วไปมักเป็นสาเหตุเสริมให้เกิดโรคภูมิแพ้มากขึ้น เกิดอาการบ่อย หรือรุนแรงขึ้น⁸

มลพิษในอากาศอาจแบ่งได้เป็นหลายกลุ่มด้วยกัน^{20, 21, 22} คือ

Photochemical oxidants ได้แก่ ก๊าซโอโซน (O₃) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂)

SO₂ – Particulate matter complex ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) กรดซัลฟูริก (H₂ SO₄) อนุภาคซัลเฟต (SO₄) อนุภาคกรดไนตริก (NO₂) และฝุ่นละอองทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ (complex hydrocarbon particles)

มลพิษอื่นๆ ที่อาจกระตุ้นให้เกิดโรคภูมิแพ้และโรคอื่นๆ เช่น ปอดอักเสบ มะเร็ง และอาการอื่นๆ สารในกลุ่มนี้ได้แก่ ใยหิน (Asbestos) ตะกั่ว ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ฟอรัมาลดีไฮด์ และสารอื่นๆ

การรักษาโรคภูมิแพ้ โดยใช้วิธีควบคุมอาการ ได้แก่ การใช้ยาต่างๆ การฉีดวัคซีน และวิธีการอื่นๆ นั้นส่วนใหญ่มักจะเป็นการบำบัดอาการของโรคภูมิแพ้ที่เกิดขึ้นแล้ว

หลักสำคัญในการป้องกันและลดความรุนแรงของอาการของโรคภูมิแพ้ และลดอุบัติการณ์ของผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ สามารถทำได้โดย **การกำจัดและหลีกเลี่ยงสารก่อภูมิแพ้**

การกำจัดและหลีกเลี่ยงสารก่อภูมิแพ้

หลักในการปฏิบัติที่สำคัญเพื่อควบคุมการเกิดโรคภูมิแพ้ การป้องกันไม่ให้เกิดอาการ หรือทำให้ความรุนแรงของอาการภูมิแพ้ลดน้อยลง ได้แก่ การกำจัดและหลีกเลี่ยงสารก่อภูมิแพ้ โดยหลักการ คือ ลดปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ผู้ป่วยจะได้รับให้น้อยที่สุด หากสามารถลดปริมาณของมลพิษต่างๆ ในอากาศที่เป็นสาเหตุของโรคภูมิแพ้ได้ด้วย ก็ยิ่งจะได้ประโยชน์ในการป้องกันการเกิดอาการของโรคภูมิแพ้ได้ดีขึ้น

ในชีวิตประจำวันของคนทั่วไปมักอยู่ในที่พักอาศัยและอยู่ในห้องนอนวันละประมาณ 10 - 12 ชั่วโมง อยู่ในที่ทำงานประมาณ 8 ชั่วโมง เวลาที่อยู่ภายนอกอาคารตามท้องถนนหรือที่ต่างๆ เพียงประมาณ 4 - 6 ชั่วโมง ดังนั้นคนทั่วไปและผู้ที่มีแนวโน้มจะเป็นโรคภูมิแพ้และผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ จึงมีโอกาสที่จะสัมผัส สารก่อภูมิแพ้ภายในอาคารมากกว่าภายนอกอาคาร หากสามารถลดสารก่อภูมิแพ้และมลพิษในอากาศภายในอาคารลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็จะลดทั้งอุบัติการณ์ การเกิดอาการ และลดความรุนแรงของอาการของโรคภูมิแพ้และลดอุบัติการณ์ของผู้ป่วยได้มาก นอกจากนั้นการที่ผู้ป่วยสามารถนอนหลับพักผ่อนร่างกายอย่างเต็มที่โดยไม่มีอาการภูมิแพ้มารบกวนในเวลากลางคืน ผู้ป่วยจะรู้สึกสบายขึ้น สดชื่นขึ้น เมื่อตื่นนอน ร่างกายจะค่อยๆ แข็งแรงขึ้น ภูมิคุ้มกันโรคดีขึ้น และจะทำให้โรคภูมิแพ้มีโอกาสสามารถบวกรวมชีวิตประจำวันได้น้อยลง

นอกจากจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ป่วยโรคภูมิแพ้โดยตรงแล้ว การลดปริมาณของสารก่อภูมิแพ้และมลพิษภายในอาคารจะช่วยลดอาการอ่อนเพลีย ไม่สบาย ร่างกายไม่แข็งแรง ที่เกิดจากการอาศัยอยู่ในอาคารที่ไม่ถูกสุขลักษณะ ซึ่งเรียกโดยทั่วไปว่า Sick Building Syndrome ซึ่งเป็นกลุ่มอาการของโรคที่เกิดขึ้นเนื่องจากมลพิษต่างๆ ในอาคารสมัยใหม่ ซึ่งมักปิดทึบ อากาศถ่ายเทไม่สะดวก

แต่เดิมมาได้มีการค้นคว้าวิธีที่จะทำให้ให้อากาศภายในห้องปราศจากเชื้อโรคเป็นเวลานานแล้ว เช่น การควบคุมอากาศ และภาวะไร้อากาศของห้องผ่าตัดในโรงพยาบาล ห้องไร้อากาศ ไร้มลพิษ ไรฝุ่น ในกิจกรรมต่างๆ เช่น ห้องปฏิบัติการทางไวรัส จุลชีววิทยา ห้องปฏิบัติการทางชีววิทยา ห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับการผลิตชิ้นส่วนของคอมพิวเตอร์ และอื่นๆ กระบวนการทำงานของเครื่องควบคุมคุณภาพอากาศที่ใช้เหล่านี้ มักมีขนาดใหญ่ และราคาแพงมาก ไม่สะดวกที่จะนำมาใช้ภายในอาคารที่อยู่อาศัย หรืออาคารพาณิชย์ โดยทั่วไป

ได้มีวิศวกรชาวไทยกลุ่มหนึ่งประดิษฐ์เครื่องมือควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารซึ่งมีขนาดเล็ก ติดตั้งและใช้งานกับห้องพักอาศัยและห้องทำงานได้ง่าย และราคาไม่แพงขึ้น และได้จดลิขสิทธิ์ไว้เรียบร้อยแล้ว โดยใช้ชื่อว่า เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ (G-Life Positive Pressure Fresh Air Generator) กระบวนการทำงานของเครื่องมือ เป็นเครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์เข้าสู่ห้องที่ปิดค่อนข้างมิดชิด

ก่อให้เกิดความดันจากอากาศบริสุทธิ์เพิ่มขึ้นในห้อง และผลักดันเอาอากาศ สารก่อภูมิแพ้ และมลพิษต่างๆ ภายในห้องออกไป เมื่อปล่อยให้เครื่องมือทำงานตลอดเวลา ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศ และมลพิษของอากาศภายในห้องจะค่อยๆ ลดลง โดยอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกอาคารซึ่งควบคุมโดยเครื่องมือจะเข้ามาแทนที่

ระบบการทำงานของเครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ มี 3 ระบบ คือ

Fresh Air Plus Dust Free

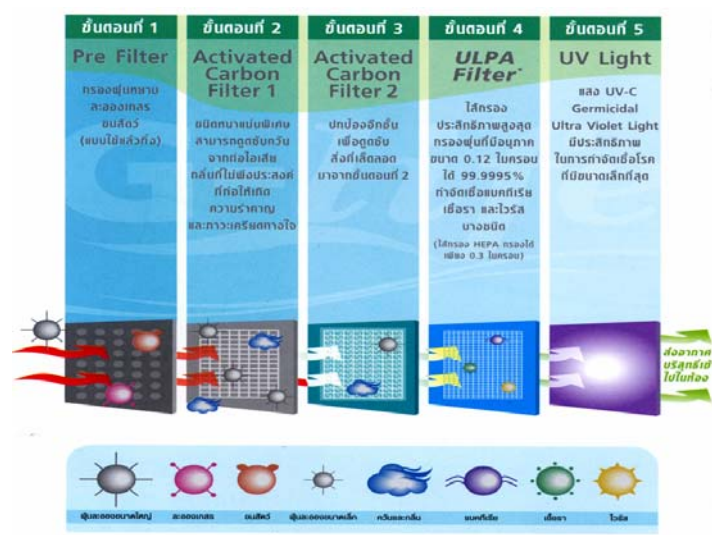
เป็นระบบเติมอากาศบริสุทธิ์ที่ปราศจากกลิ่น กลิ่น และฝุ่นละออง โดยนำอากาศจากภายนอกอาคาร ผ่านขั้นตอนการฟอกกลิ่น กรองฝุ่นและเชื้อโรคภายในตัวเครื่อง แล้วส่งอากาศที่สะอาดบริสุทธิ์เข้าไปในห้อง

PPS (Positive Pressure System)

ระบบที่ทำให้ภายในห้องมีความกดอากาศมากกว่าภายนอก ซึ่งเป็นหลักการในการทำห้องปลอดเชื้อของโรงพยาบาล ระบบนี้จะทำหน้าที่เติมอากาศบริสุทธิ์เข้าไปในห้องตลอดเวลา จนกระทั่งภายในห้องมีความกดอากาศมากกว่าภายนอก ในทันทีที่ภายในห้องมีความกดอากาศเพิ่มขึ้น อากาศส่วนเกินภายในห้องจะไหลออกสู่ภายนอกผ่านชอกประตู หน้าต่าง และรูรั่วต่างๆ ตลอดเวลา จึงทำให้ฝุ่นละออง และมลพิษจากภายนอกห้องไม่สามารถไหลย้อนเข้าไปในห้องได้

รังสี UV-C

ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต ในขั้นตอนสุดท้ายของการทำงาน ก่อนส่งอากาศบริสุทธิ์ออกจากตัวเครื่องสู่ภายในห้อง โดยใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตชนิดพิเศษ (UV-C : Germicidal Ultra Violet) สำหรับฆ่าเชื้อโรคโดยเฉพาะ



รูปที่ 1 หลักการทำงานของเครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเดิมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ในการลดปริมาณของสารก่อภูมิแพ้ในอากาศภายในอาคาร (ห้อง) ที่ติดตั้ง เช่น เกสรพืช เชื้อรา แบคทีเรีย ตลอดจนมลพิษในอากาศ

วัสดุและวิธีการ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างสารก่อภูมิแพ้

1. Portable Air Sampler for Agar Plate เครื่องตรวจวัดชนิดและปริมาณของเชื้อรา และแบคทีเรีย ในอากาศ

เครื่องมือนี้มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ใช้ได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร ด้านบนมีรูขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มม. จำนวน 100 รู ในวงกลมขนาดเท่าจานเพาะเชื้อ (Petri disc) เมื่อเครื่องมือทำงาน จะดูดอากาศผ่านรูดังกล่าวได้ปริมาณ 10 ลิตร ต่อนาที เปิดให้เครื่องมือทำงานครั้งละ 2 นาที สปอร์ของ เชื้อราและแบคทีเรียในอากาศที่ถูกดูดผ่านเครื่องจะติดอยู่กับจานเพาะเชื้อที่วางอยู่ข้างใต้รูดูดอากาศ การทดลองแต่ละครั้งทำงาน 2 วัน โดยใช้จานเพาะเชื้อที่เหมาะสมกับการแบ่งตัวของเชื้อรา และเชื้อ แบคทีเรียได้แก่

1.1 Saboroud dextrose agar with 1 % Streptomycin media สำหรับเชื้อรา

1.2 Blood agar plate สำหรับเชื้อแบคทีเรีย

เก็บจานเพาะเชื้อที่เก็บตัวอย่างในอากาศแล้วไว้ในอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 – 5 วัน แล้วตรวจ นับโคโลนิของเชื้อราและแบคทีเรียบนจานเพาะเชื้อ

2. Personal volumetric Air Sampler เครื่องตรวจชนิดและปริมาณของเกสรพืชและสปอร์ของ เชื้อรา ในอากาศ

เป็นเครื่องมือสำหรับเก็บอนุภาคและสารก่อภูมิแพ้ เช่น เกสรพืช และสปอร์ของเชื้อราในอากาศ ในระยะเวลาสั้นๆ ใช้ได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร เครื่องมือมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีช่องดูด อากาศเข้าที่ด้านบนโดยมอเตอร์ที่สามารถดูดอากาศผ่านช่องเปิดได้ปริมาณ 10 ลิตร ต่อนาที เปิดให้ เครื่องมือทำงานครั้งละ 15 นาที สารก่อภูมิแพ้ในอากาศที่ผ่านเข้าเครื่องจะจับตัวอยู่กับแผ่นสไลด์แก้วที่ เคลือบด้วยเทปขาวเหนียว ย้อมสไลด์ด้วยน้ำยา Calberla* แล้วนำไปตรวจชนิดและปริมาณของสารก่อ ภูมิแพ้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์

* Calberla Solution : Glycerine 5 ml., 95% Alcohol 10 ml., Distilled water 15 ml. Saturated aqueous solution of basic fuchsin 2 gtt.

3. กล้องจุลทรรศน์
4. เครื่องมือวัดความเข้มข้นของออกซิเจนในอากาศ
5. เครื่องบันทึกความกดอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ
6. เครื่องบันทึกอุณหภูมิของอากาศภายในและภายนอกห้อง

สถานที่ติดตั้งและทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์

1. ห้องปฏิบัติการ
2. ห้องนอนเด็ก
3. ห้องสำนักงาน
4. ห้องเนิสเซอร์รี่ของโรงพยาบาล
5. ห้องสมุดของโรงเรียน
6. ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของโรงเรียน

วิธีการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ก่อนการใช้เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์

วัดปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศและคุณภาพอากาศภายในและภายนอกห้อง

ขั้นตอนที่ 2

ในขณะที่ใช้เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ต่อเนื่อง วัดปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศและคุณภาพอากาศภายในและภายนอกห้อง ณ เวลา 0, 6, 12, 18, 24 ชั่วโมง ติดต่อกันเป็นเวลา 3-4 วัน

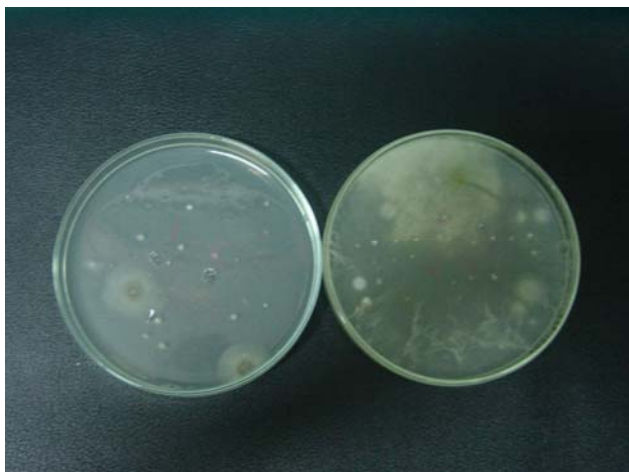
การประเมินผล บันทึกผลที่ได้ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถสูงสุดในการลดปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศภายในอาคาร (ห้อง) ของเครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์
2. ระยะเวลาที่เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ เริ่มลดปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศภายในอาคารหลังจากเครื่องทำงาน
3. ระยะเวลาที่เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ลดปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศภายในอาคารลงได้มากที่สุด
4. เปรียบเทียบปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศภายนอกกับภายในห้องในแต่ละวัน หลังใช้เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์
5. เปรียบเทียบปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศภายในห้อง ในแต่ละช่วงเวลาที่เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ทำงาน

ผลการทดลอง

ปริมาณของเชื้อราและแบคทีเรียในอากาศภายในและภายนอกห้อง เมื่อใช้เครื่องเติมอากาศ
 บริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ดำรวจโดยวิธี Portable Air Sampler for Agar Plate

1. ห้องปฏิบัติการ



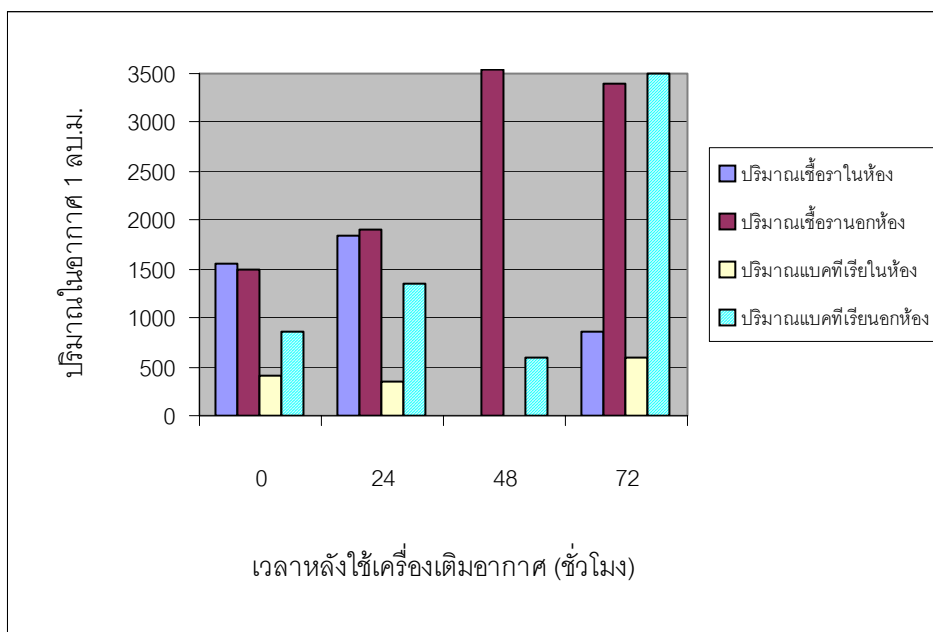
ในห้อง นอกห้อง

เชื้อรา



ในห้อง นอกห้อง

เชื้อแบคทีเรีย

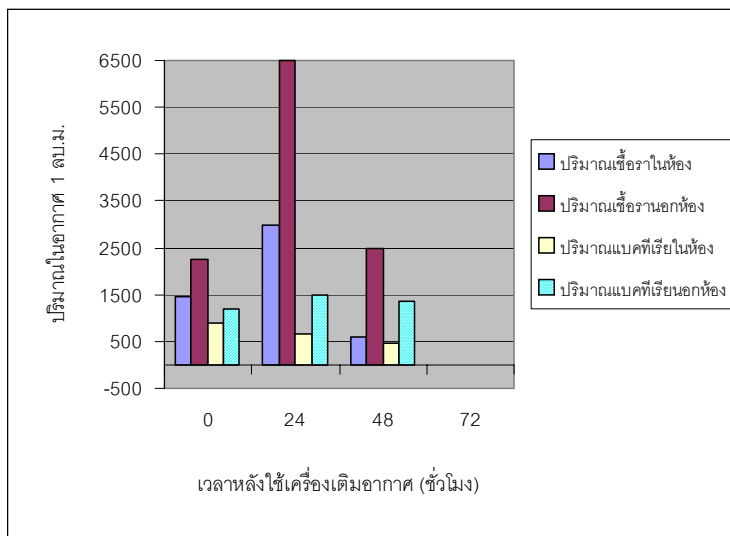
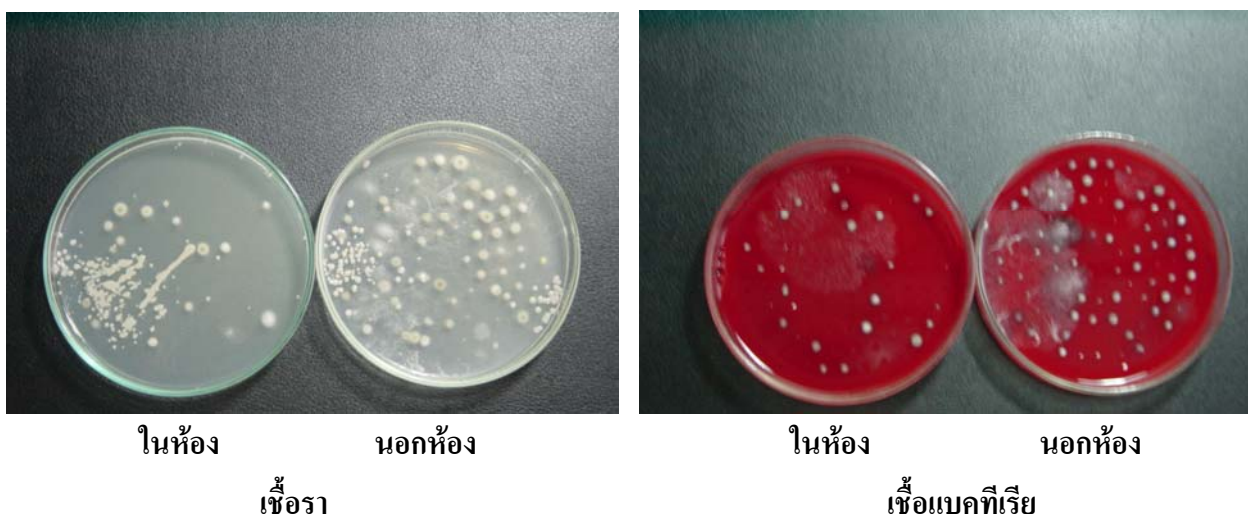


รูปที่ 2 โคลนินของเชื้อราและแบคทีเรียที่ตรวจพบจากเชื้อในอากาศภายในและภายนอกห้อง หลังใช้เครื่องมือ 24 ชั่วโมง และปริมาณที่นับได้ในช่วงเวลาต่างๆ หลังใช้เครื่องมือ

ก่อนใช้เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ในตอนเช้า ตรวจพบปริมาณสปอร์ของเชื้อราภายใน และภายนอกห้องปริมาณเท่าๆกัน ปริมาณของแบคทีเรียภายในห้องน้อยกว่าภายนอก และมีปริมาณเฉลี่ย น้อยกว่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรีย หลังจากใช้เครื่องเติมอากาศไปจนครบ 72 ชั่วโมง ปริมาณของเชื้อรา ภายในห้องเมื่อ 72 ชั่วโมงสูงประมาณ 3500 เซลล์ต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร

การใช้เครื่องเติมอากาศเริ่มควบคุมปริมาณของเชื้อราในอากาศภายในห้องให้ลดต่ำลงได้ชัดเจน หลังใช้เครื่องครบ 48 ชั่วโมง และยังสามารถควบคุมปริมาณของเชื้อราในอากาศภายในห้องได้ตลอดจน สิ้นสุดการทดลองเมื่อครบ 72 ชั่วโมง

2. ห้องนอนเด็ก



รูปที่ 3 โคโลนีของเชื้อราและแบคทีเรียที่ตรวจพบจากเชื้อในอากาศภายในและภายนอกห้อง หลังใช้เครื่องมือ 24 ชั่วโมง และปริมาณที่นับได้ในช่วงเวลาต่างๆ หลังใช้เครื่องมือ

ก่อนใช้เครื่องเติมอากาศบริติช จี-ไลฟ์ ปริมาณสปอร์ของเชื้อราภายในห้องน้อยกว่าภายนอกห้อง ซึ่งมีปริมาณ 2200 สปอร์ ต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร เมื่อใช้เครื่องเติมอากาศ ครบ 24 ชั่วโมง สามารถควบคุมปริมาณของเชื้อราในอากาศภายในห้องให้ต่ำกว่าปริมาณภายนอกห้อง ประมาณครึ่งหนึ่ง (3000 เทียบกับ 6500) ปริมาณของเชื้อราภายนอกห้องเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เมื่อใช้เครื่องเติมอากาศครบ 48 ชั่วโมง ปรากฏว่าปริมาณของเชื้อราภายนอกห้องลดลง เครื่องมือก็สามารถควบคุมปริมาณของเชื้อราในอากาศภายในห้องให้ต่ำลงอีกได้

ปริมาณของแบคทีเรียในอากาศภายนอกห้อง น้อยกว่าปริมาณของของเชื้อรา อย่างไรก็ตาม เครื่องเติมอากาศก็สามารถควบคุมปริมาณแบคทีเรียในอากาศภายในห้องให้ต่ำกว่าภายนอกห้องได้ตลอดเวลา จนครบ 48 ชั่วโมง

3. ห้องสำนักงาน



ในห้อง

นอกห้อง

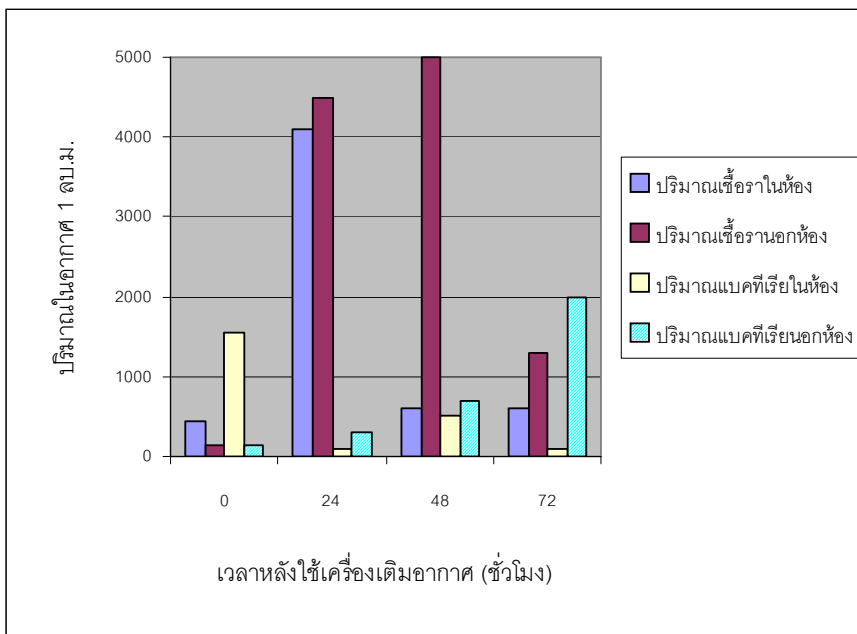
เชื้อรา



ในห้อง

นอกห้อง

เชื้อแบคทีเรีย

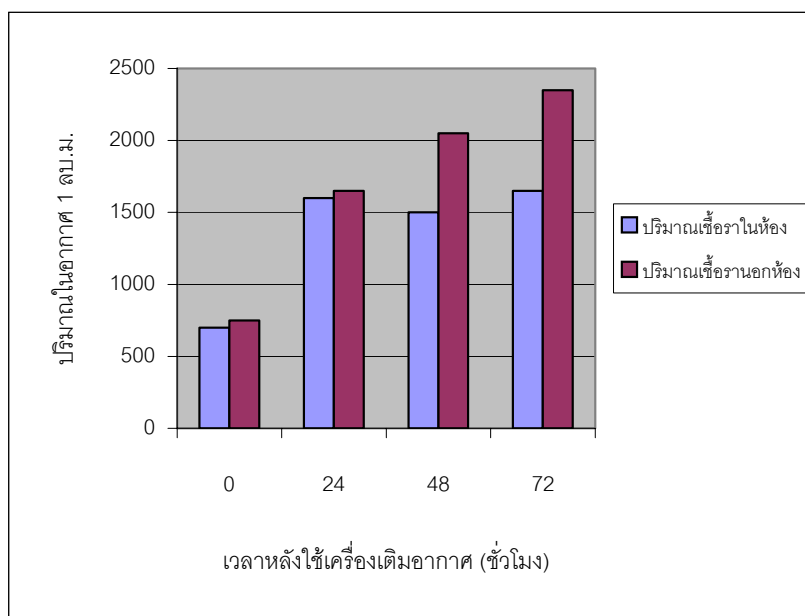
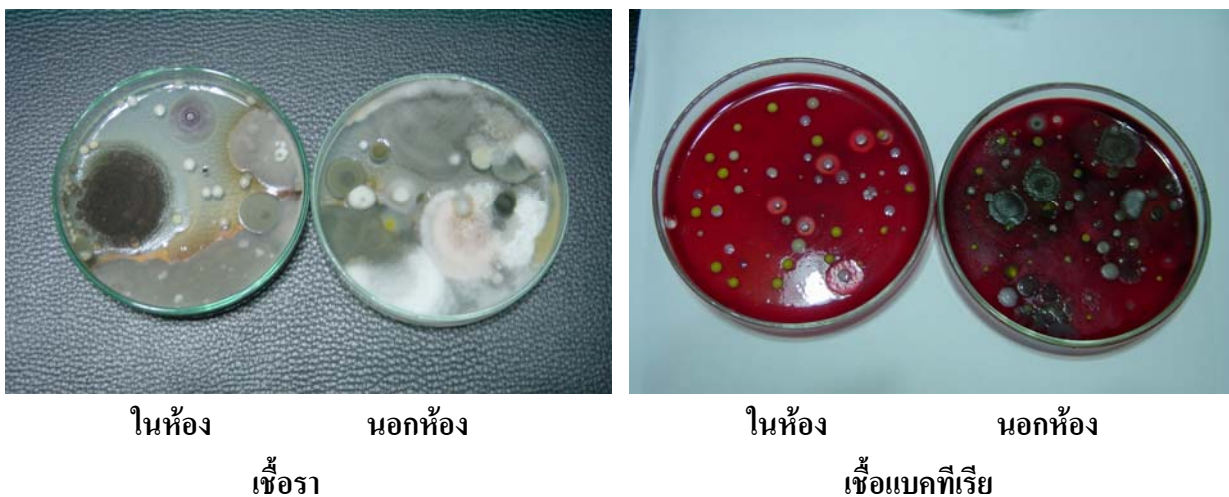


รูปที่ 4 โคลนินของเชื้อราและแบคทีเรียที่ตรวจพบจากเชื้อในอากาศภายในและภายนอกห้อง หลังใช้เครื่องมือ 24 ชั่วโมง และปริมาณที่นับได้ในช่วงเวลาต่างๆ หลังใช้เครื่องมือ

เมื่อเริ่มใช้เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ปริมาณของเชื้อราในอากาศภายนอกห้องค่อนข้างน้อย (100 สปอร์ / ลบ.ม.) เมื่อเทียบกับปริมาณในอากาศภายในห้องซึ่งสูงกว่า (400 สปอร์ / ลบ.ม.) ปริมาณของเชื้อราเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ 24 ชั่วโมง และลดปริมาณลงเมื่อครบ 72 ชั่วโมง เครื่องเติมอากาศสามารถลดปริมาณของเชื้อราของอากาศภายในห้องลงต่ำกว่าภายนอกห้องอย่างชัดเจน เมื่อทำงานครบ 48 ชั่วโมง และสามารถควบคุมปริมาณของเชื้อราภายในห้องให้อยู่ในระดับต่ำ เมื่อครบ 72 ชั่วโมง

ปริมาณของแบคทีเรียในอากาศทั้งภายในห้องและภายนอกห้องต่ำกว่าปริมาณของเชื้อราเกือบทุกช่วงเวลาที่ทดลอง เครื่องเติมอากาศสามารถควบคุมปริมาณของแบคทีเรียในอากาศภายในห้องให้อยู่ต่ำกว่าปริมาณภายนอกห้องได้ตลอดเวลา

4. ห้องนิสเซอร์ของโรงพยาบาล



รูปที่ 5 โคลนของเชื้อราและแบคทีเรียที่ตรวจพบจากเชื้อในอากาศภายในและภายนอกห้อง หลังใช้เครื่องมือ 24 ชั่วโมง และปริมาณที่นับได้ในช่วงเวลาต่างๆ หลังใช้เครื่องมือ

ปริมาณของเชื้อราในอากาศภายในและภายนอกห้องมีประมาณเท่ากันคือ 700-750 สปอร์ / ลบ.ม. ปริมาณของเชื้อราในอากาศภายนอกห้องไม่สูงมากประมาณ 2000 สปอร์ /ลบ.ม. เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ สามารถควบคุมปริมาณของเชื้อราในอากาศภายในห้องให้อยู่ในระดับต่ำกว่าปริมาณในอากาศภายนอกห้อง ปริมาณที่ลดลงเพียงร้อยละ 25

5. ห้องสมุดของโรงเรียน



ในห้อง

นอกห้อง

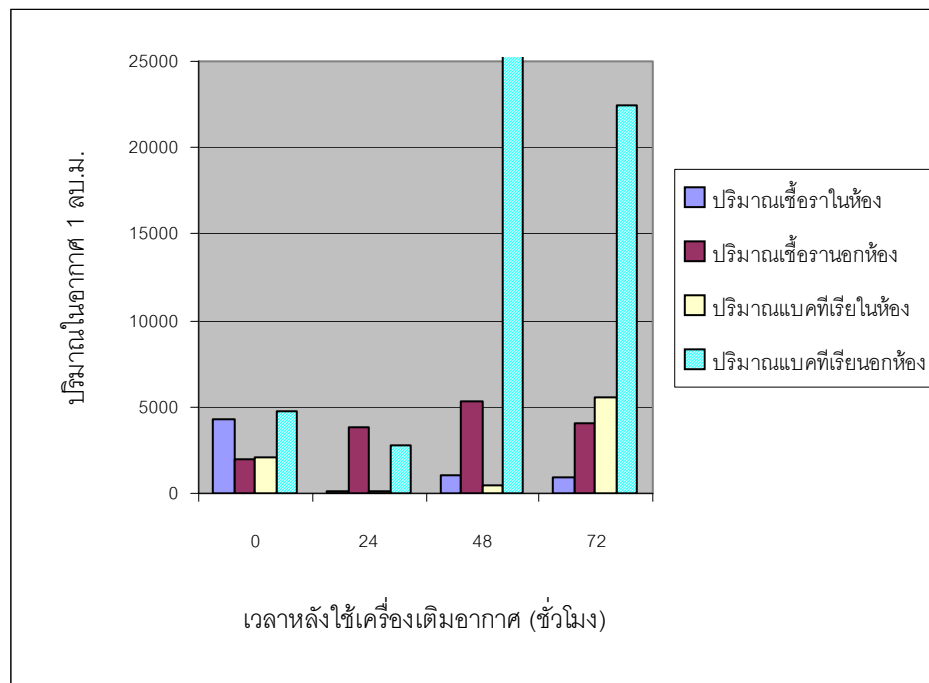
เชื้อรา



ในห้อง

นอกห้อง

เชื้อแบคทีเรีย



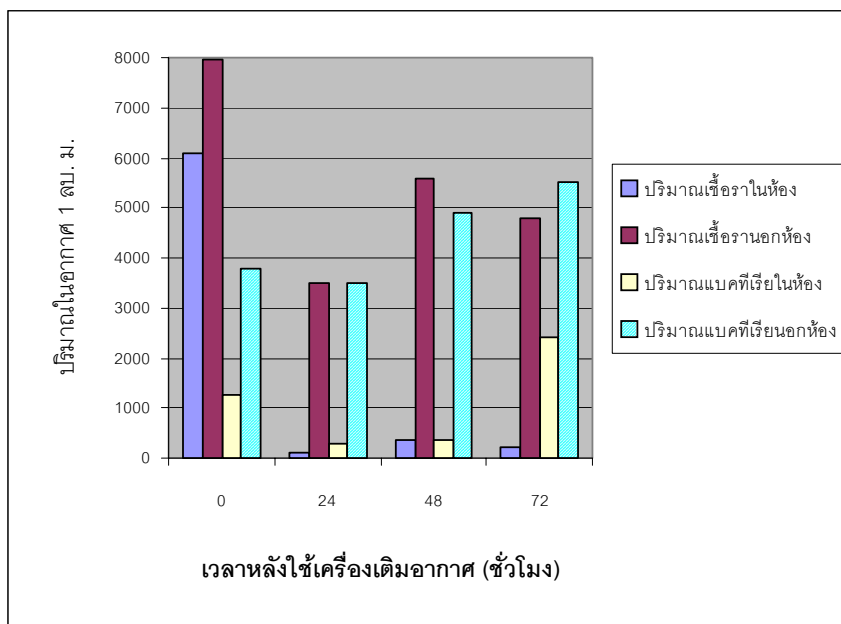
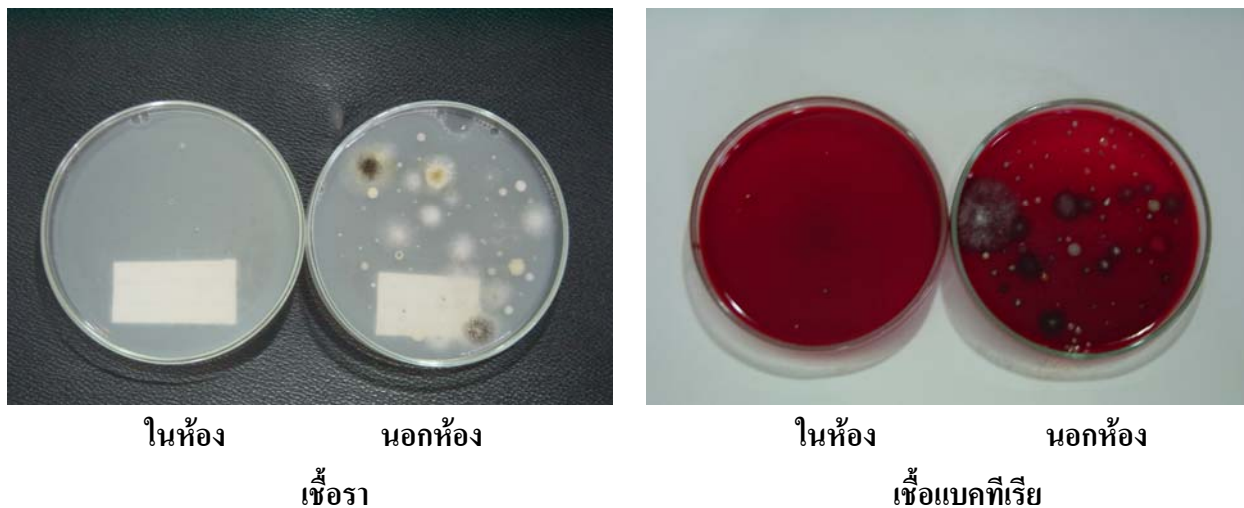
รูปที่ 6 โคลนินของเชื้อราและแบคทีเรียที่ตรวจพบจากเชื้อในอากาศภายในและภายนอกห้อง หลังใช้เครื่องมือ 24 ชั่วโมง และปริมาณที่นับได้ในช่วงเวลาต่างๆ หลังใช้เครื่องมือ

ปริมาณของเชื้อราในอากาศภายในห้องวัดได้ประมาณ 4500 สปอร์ / คบ.ม. เมื่อเริ่มเครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ในขณะที่ปริมาณของเชื้อราในอากาศภายนอกห้องวัดได้ต่ำกว่าประมาณ 2000 สปอร์ / คบ.ม. หลังจากเครื่องทำงานครบ 24 ชั่วโมง เครื่องเติมอากาศสามารถควบคุมปริมาณของเชื้อรา

ภายในห้องให้อยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่สปอร์ของเชื้อราในอากาศภายนอกห้องยังคงสูงอยู่ และควบคุมปริมาณของเชื้อราให้อยู่ในระดับต่ำได้ต่อไปจนครบ 72 ชั่วโมง

เครื่องเติมอากาศสามารถควบคุมปริมาณของแบคทีเรียในอากาศภายในห้องให้อยู่ในระดับต่ำได้ตลอดการทดลองเมื่อเทียบกับปริมาณแบคทีเรียในอากาศภายนอกห้องที่เพิ่มสูงขึ้นมากในชั่วโมงที่ 48 และ 72 (25,000 เซลล์ / ลบ.ม. ในชั่วโมงที่ 48 และ 22,000 เซลล์ / ลบ.ม. ในชั่วโมงที่ 72)

6. ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของโรงเรียน



รูปที่ 7 โคลินิของเชื้อราและแบคทีเรียที่ตรวจพบจากเชื้อในอากาศภายในและภายนอกห้อง หลังใช้เครื่องมือ 24 ชั่วโมง และปริมาณที่นับได้ในช่วงเวลาต่างๆ หลังใช้เครื่องมือ

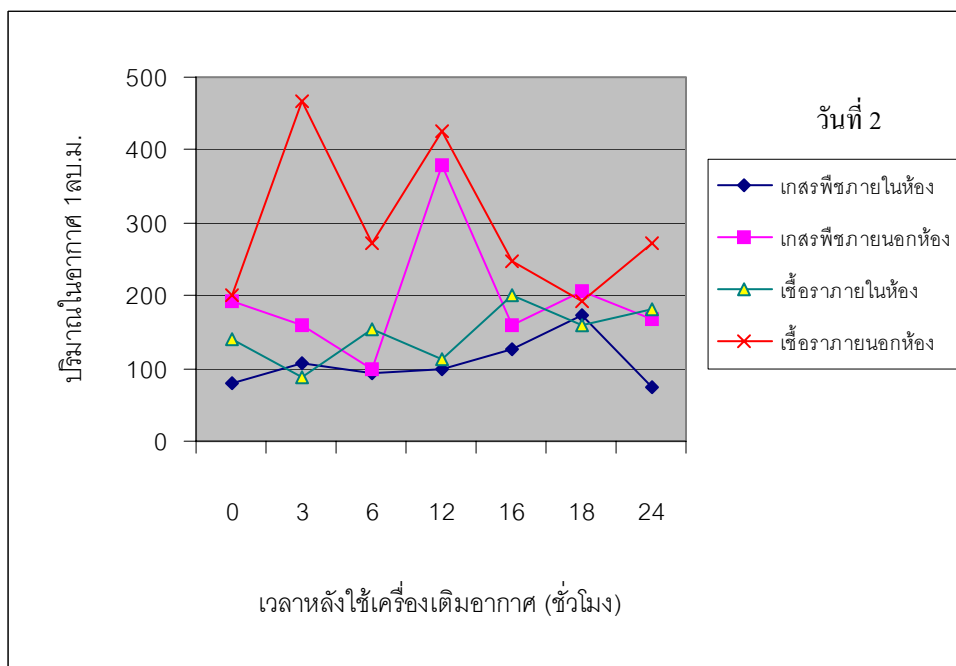
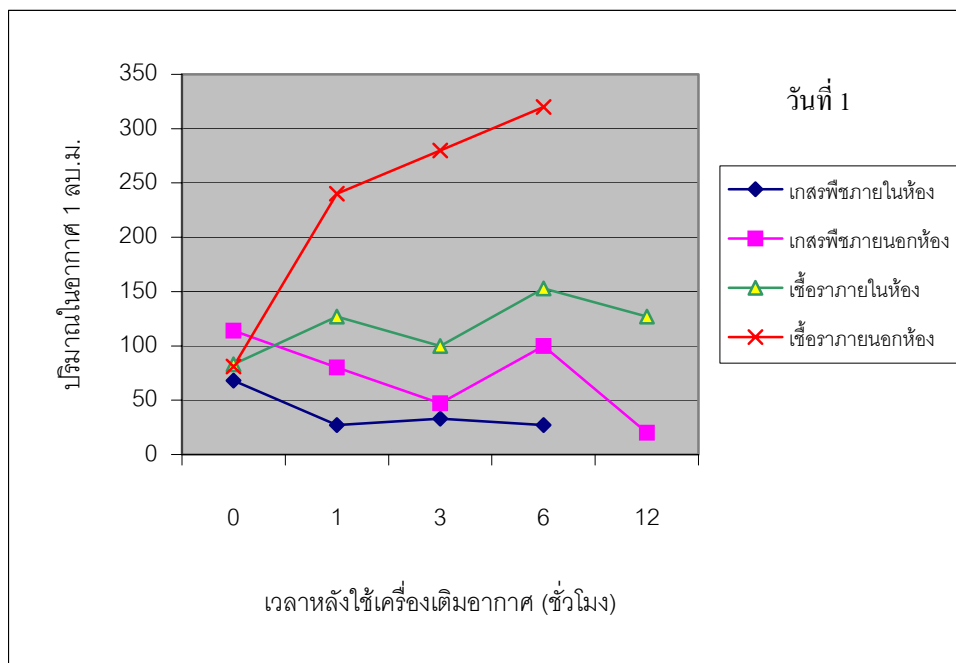
ก่อนใช้เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ปริมาณของเชื้อราในอากาศภายในและภายนอกห้อง
ห้องมีประมาณค่อนข้างสูง (6000-8000 สปอร์ / ลบ.ม.) หลังจากใช้เครื่องเติมอากาศไปเพียง 24 ชั่วโมง
สามารถควบคุมปริมาณเชื้อราในอากาศภายในห้องได้ต่ำมากเมื่อเทียบกับปริมาณภายนอกห้องซึ่งยังสูงถึง
3600 สปอร์ / ลบ.ม. และสามารถควบคุมปริมาณของเชื้อราในอากาศภายในห้องได้ต่ำคงที่อยู่ตลอดเวลา
จนครบ 72 ชั่วโมง ในขณะที่ปริมาณของเชื้อราในอากาศภายนอกห้องสูงถึง 3600-4800 สปอร์ / ลบ.ม.

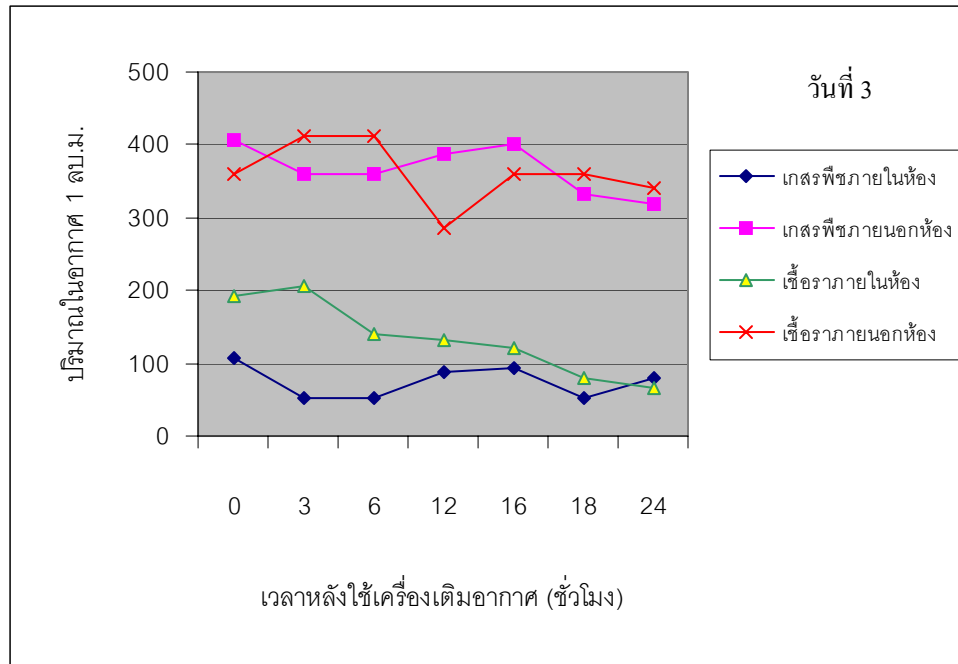
ปริมาณของแบคทีเรียในอากาศภายในห้องต่ำกว่าภายนอกห้อง (1200 เทียบกับ 3800 เซลล์ / ลบ.
ม.) ตั้งแต่เริ่มใช้เครื่องเติมอากาศและสามารถควบคุมปริมาณของแบคทีเรียในอากาศภายในห้องให้ต่ำกว่า
ภายนอกห้องได้ตลอดการทดลอง

ปริมาณแอสปาร์ทามและซอร์บิทในอากาศภายในและภายนอกอาคารเมื่อใช้เครื่องเติมอากาศ
บริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ดำรงโดยวิธี Burkard Personal volumetric Air Sampler

1. ห้องปฏิบัติการ

รูปที่ 8 ปริมาณของแอสปาร์ทามและซอร์บิทในอากาศภายในและภายนอกห้องสำรวจในวันที่ 1, 2 และ 3



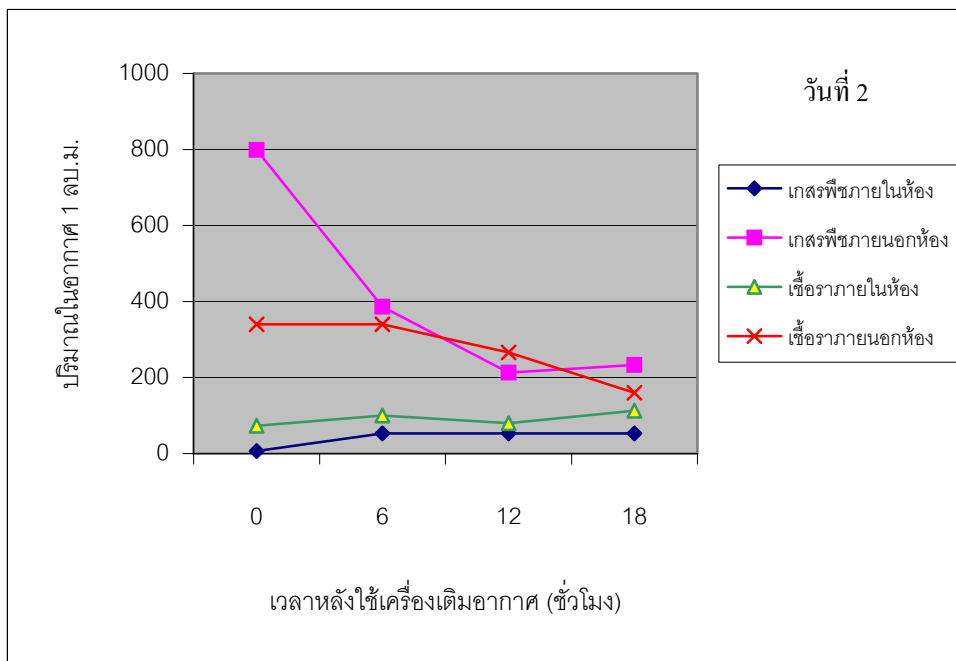
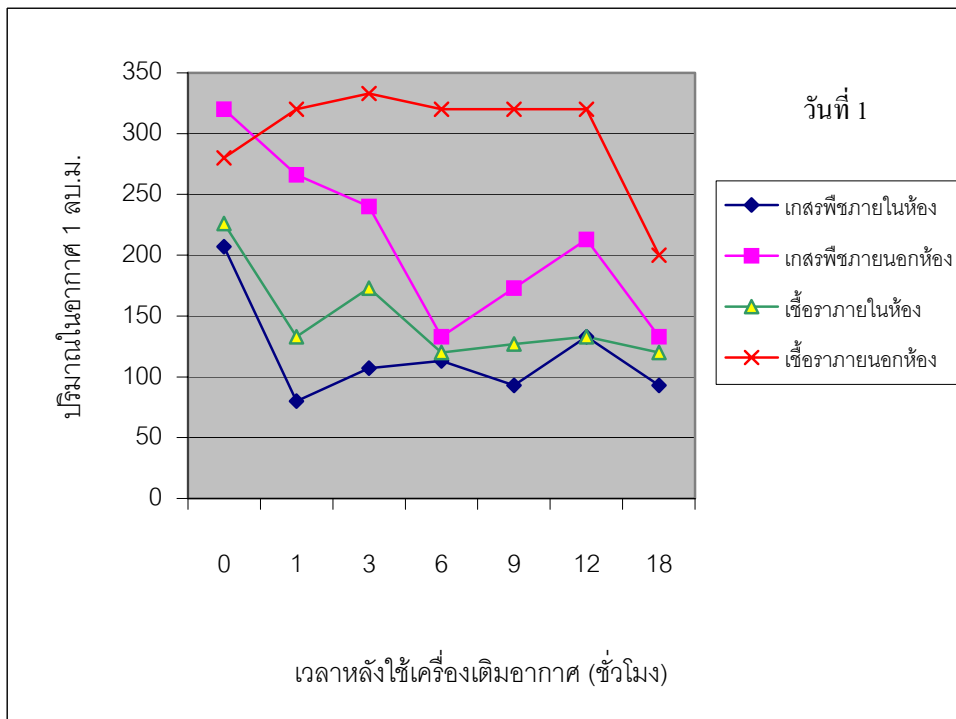


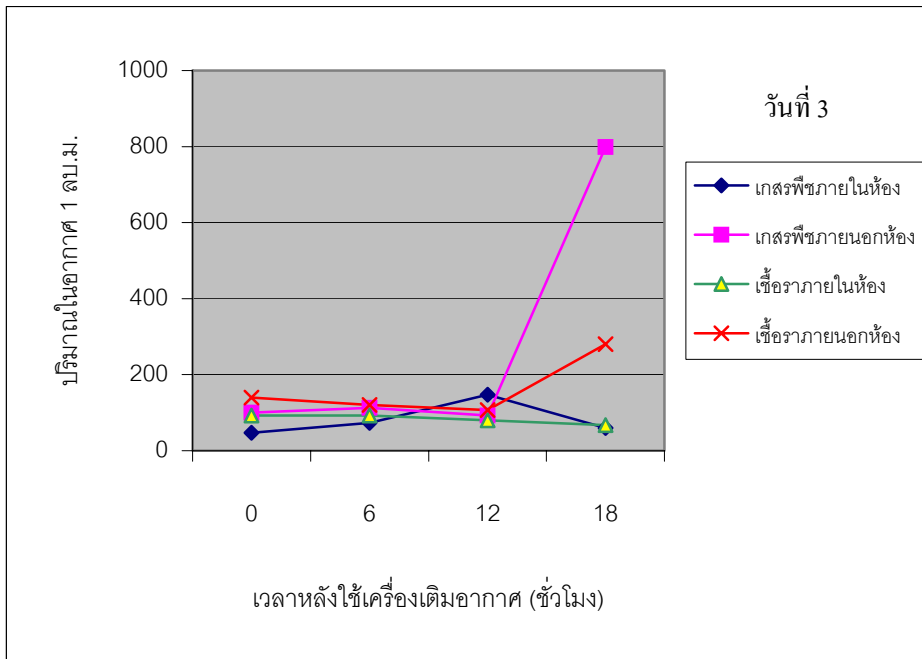
เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ สามารถควบคุมปริมาณของเกสรพืชรวมในอากาศภายในห้องให้ต่ำกว่าช่วงคงที่อยู่ที่ประมาณ 30 เกรนต่อ ลบ.ม. ได้ตลอดเวลา 6 ชั่วโมง ในขณะที่ปริมาณเกสรพืชภายนอกห้องมีประมาณ 120-50 เกรน ตลอดเวลา 12 ชั่วโมง

สปอร์ของเชื้อราในอากาศภายนอกห้องสูงขึ้นมากประมาณ 250-340 สปอร์ ต่อ ลบ.ม. ภายในระยะเวลา 6 ชั่วโมง เครื่องเติมอากาศสามารถควบคุมปริมาณเชื้อราในอากาศภายในห้องให้ต่ำกว่าที่ประมาณ 100-150 สปอร์ ต่อ ลบ.ม. และไม่ว่าปริมาณของเกสรพืชและเชื้อราในอากาศภายนอกห้องจะเปลี่ยนแปลงโดยเพิ่มปริมาณขึ้นตลอดเวลาจนครบ 24 ชั่วโมง การใช้เครื่องเติมอากาศก็สามารถควบคุมปริมาณของเกสรพืชและเชื้อราในอากาศภายในห้องให้ต่ำกว่าช่วงคงที่ที่ประมาณ 100 สปอร์ ต่อ ลบ.ม. (เกสรพืช) และ 150 สปอร์ ต่อ ลบ.ม. (เชื้อรา) อยู่ตลอด 72 ชั่วโมง

2. ห้องนอนเด็ก

รูปที่ 9 ปริมาณของเกสรพืชและเชื้อราในอากาศภายในและภายนอกห้องสำรวจในวันที่ 1, 2 และ 3



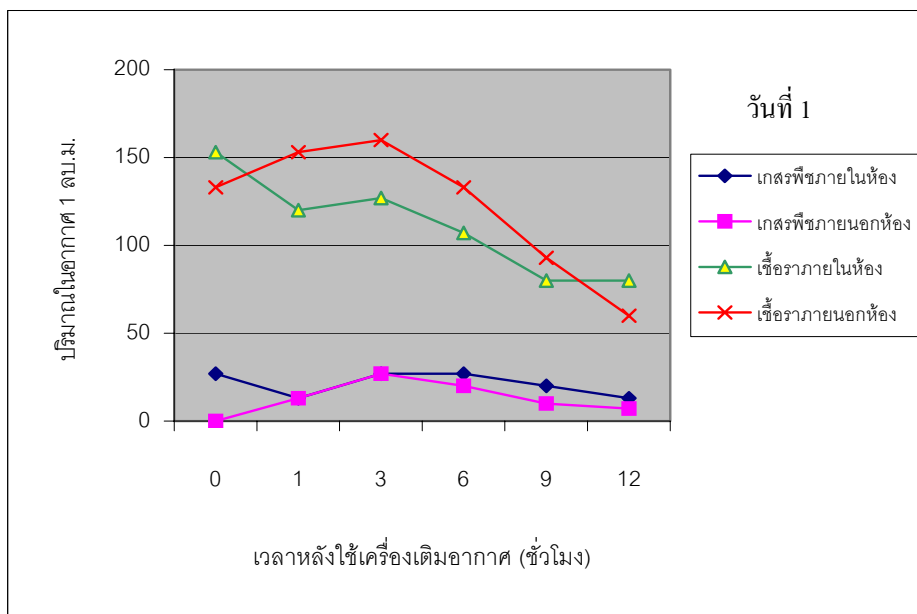


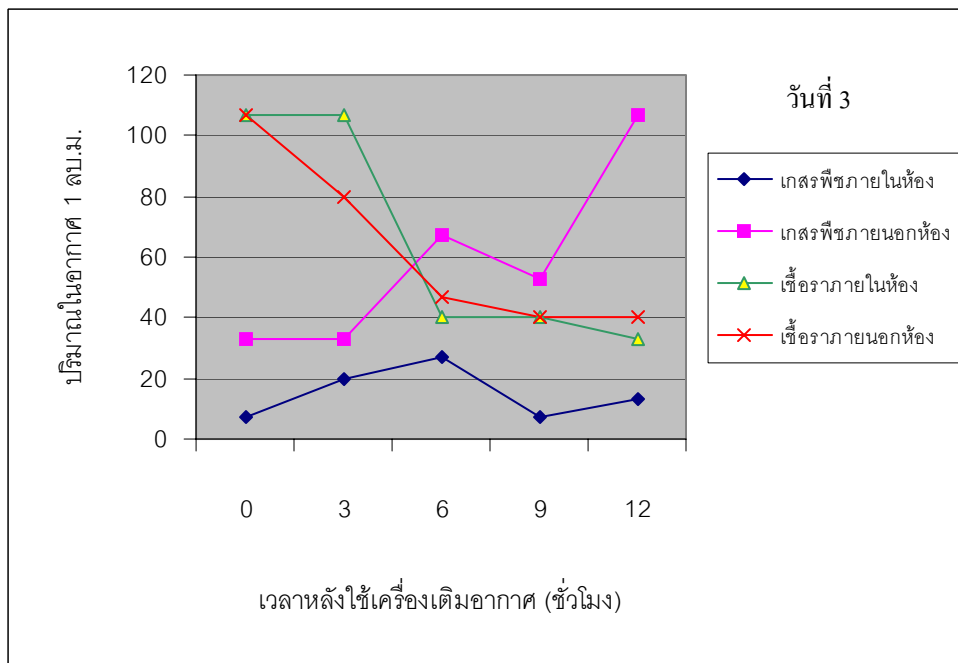
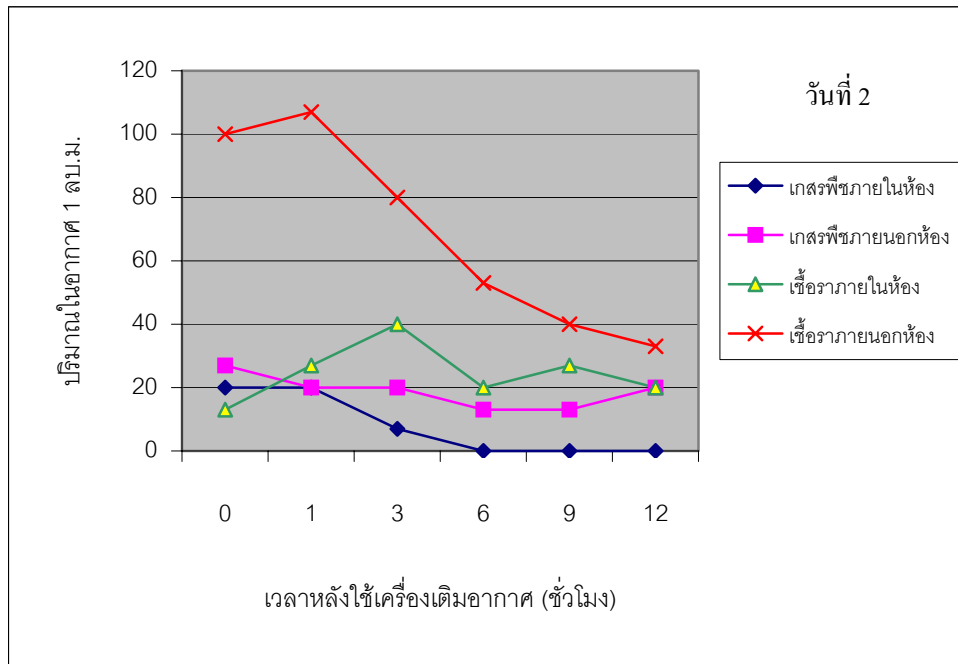
ก่อนใช้เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ปริมาณของเกสรพืชและเชื้อราในอากาศภายในห้องและนอกห้องมีปริมาณใกล้เคียงกัน (เกสรพืช 210-230 เกรน ต่อ ลบ.ม. เชื้อรา 320-280 สปอร์ ต่อ ลบ.ม.)

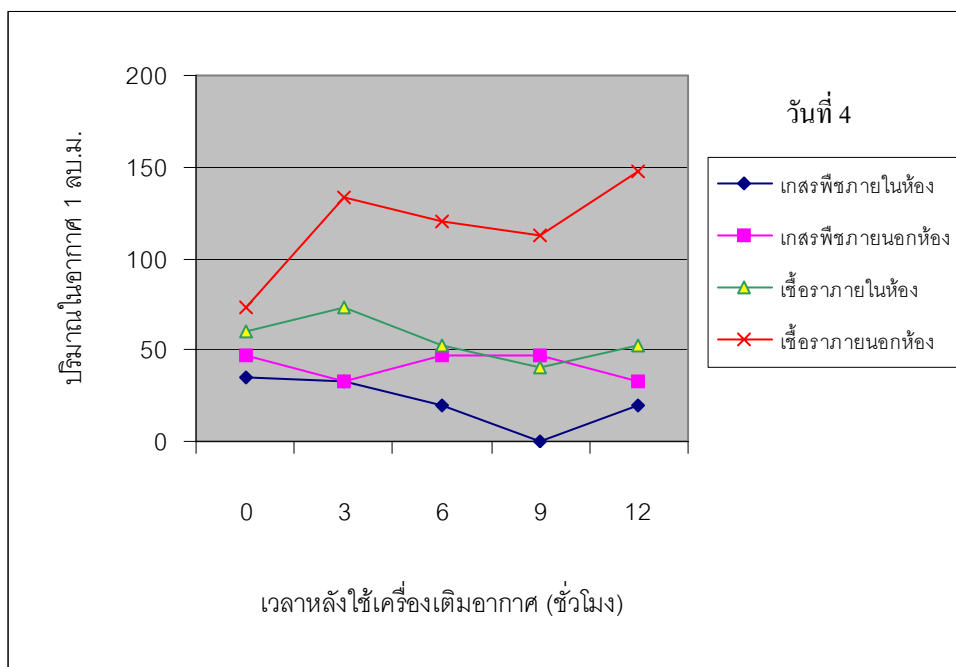
หลังใช้เครื่องเติมอากาศเพียง 1 ชั่วโมง ปริมาณเกสรพืชและเชื้อราในอากาศภายในห้องลดลงอย่างชัดเจน เมื่อเทียบกับปริมาณอากาศภายนอกห้อง และสามารถควบคุมให้ปริมาณค่าคงที่ตลอด 3 วันที่ใช้เครื่องเติมอากาศ

3. ห้องสำนักงาน

รูปที่ 10 ปริมาณของเกสรพืชและเชื้อราในอากาศภายในและภายนอกห้อง สํารวจในวันที่ 1, 2, 3 และ 4



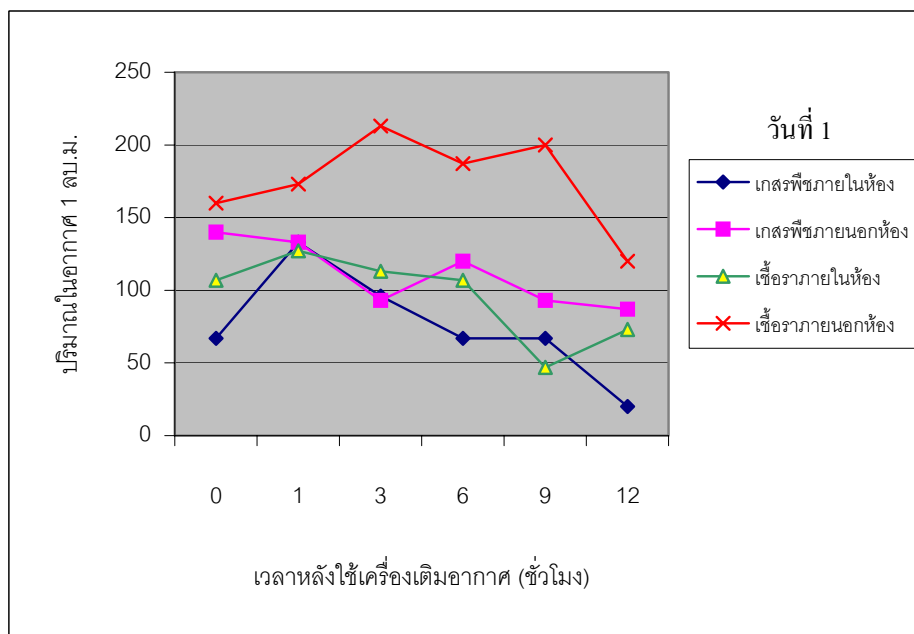


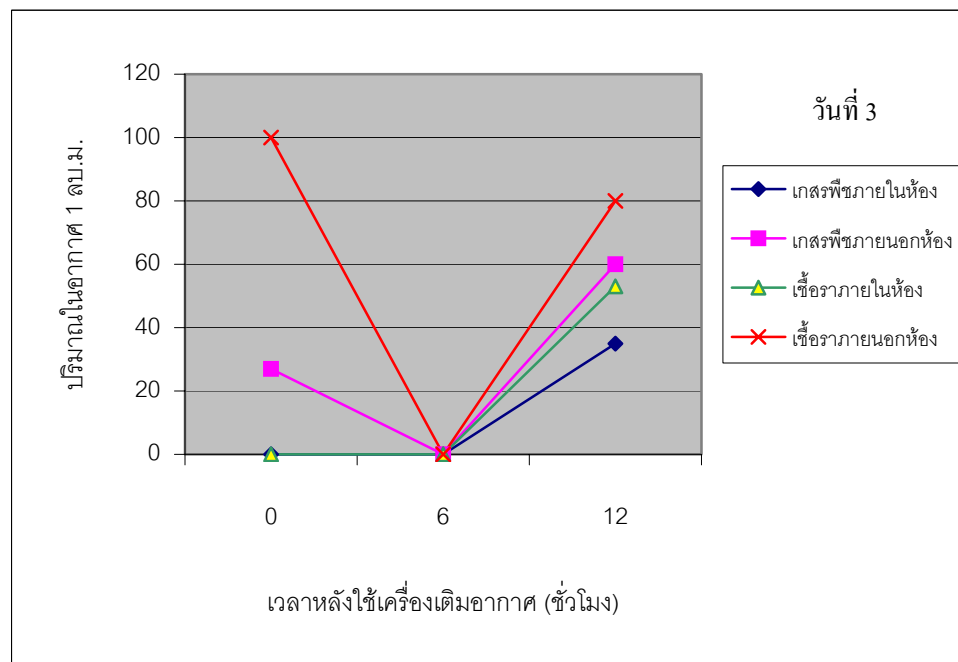
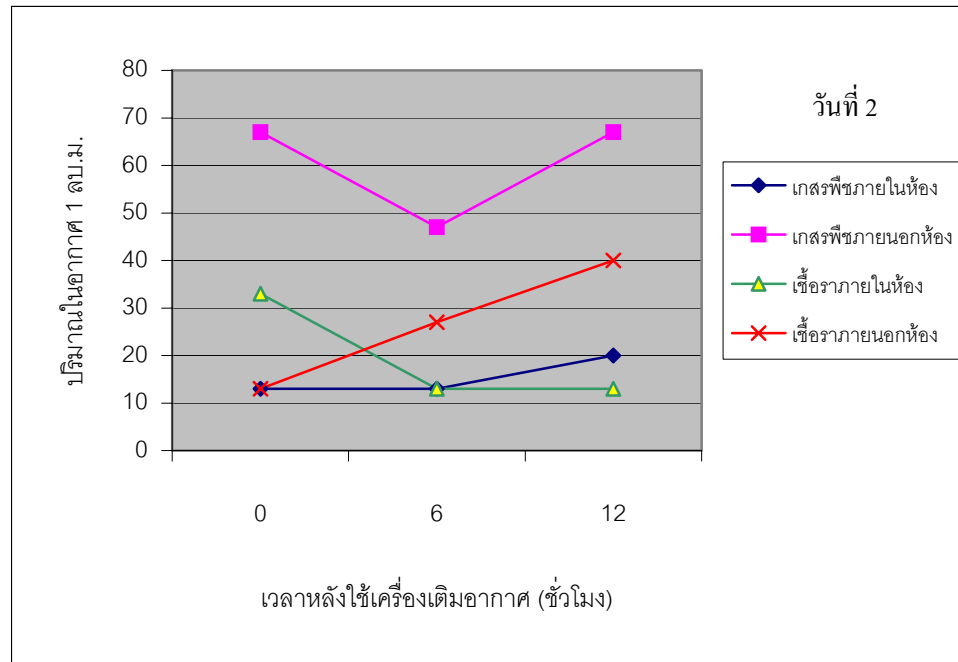


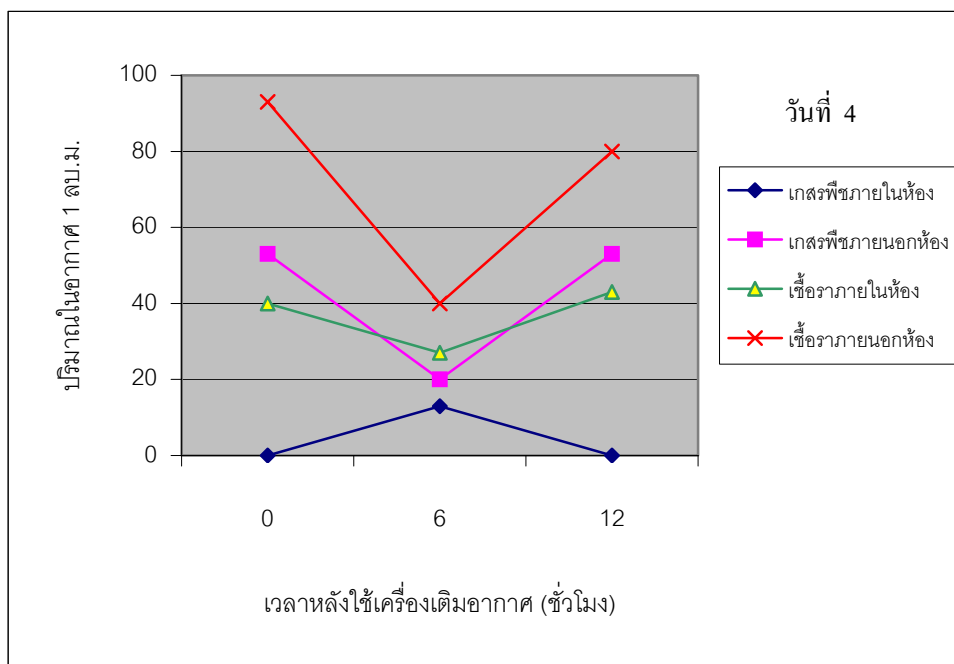
เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลพี สามารถควบคุมปริมาณของเกสรพิษและเชื้อราในอากาศภายในห้องให้ต่ำกว่าภายนอกห้องได้ไม่ชัดเจนนักใน 12 ชั่วโมงแรกของวันที่ 1 ในวันที่ 2 3 และวันที่ 4 ของการใช้เครื่องเติมอากาศ ปริมาณของเกสรพิษและเชื้อราในอากาศภายในห้องถูกควบคุมให้อยู่ในปริมาณต่ำตลอดเวลา ในขณะที่ปริมาณของสารก่อภูมิแพ้ทั้ง 2 ชนิดในอากาศภายนอกห้องอยู่ในระดับสูงมากและมีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

4. ห้องนิสเซอร์ของโรงพยาบาล

รูปที่ 11 ปริมาณของเกสรพิษและเชื้อราในอากาศภายในและภายนอกห้อง สํารวจในวันที่ 1, 2, 3 และ 4





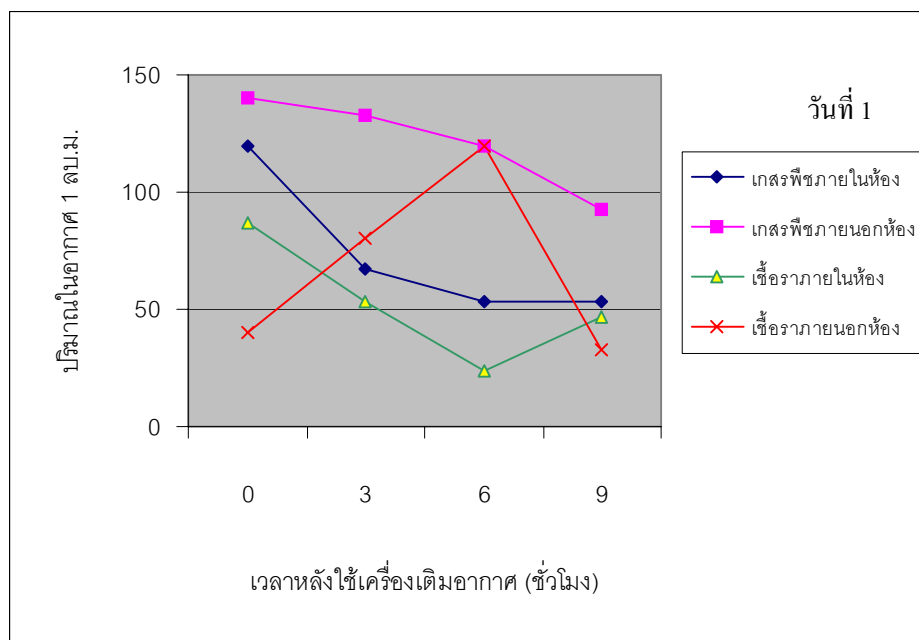


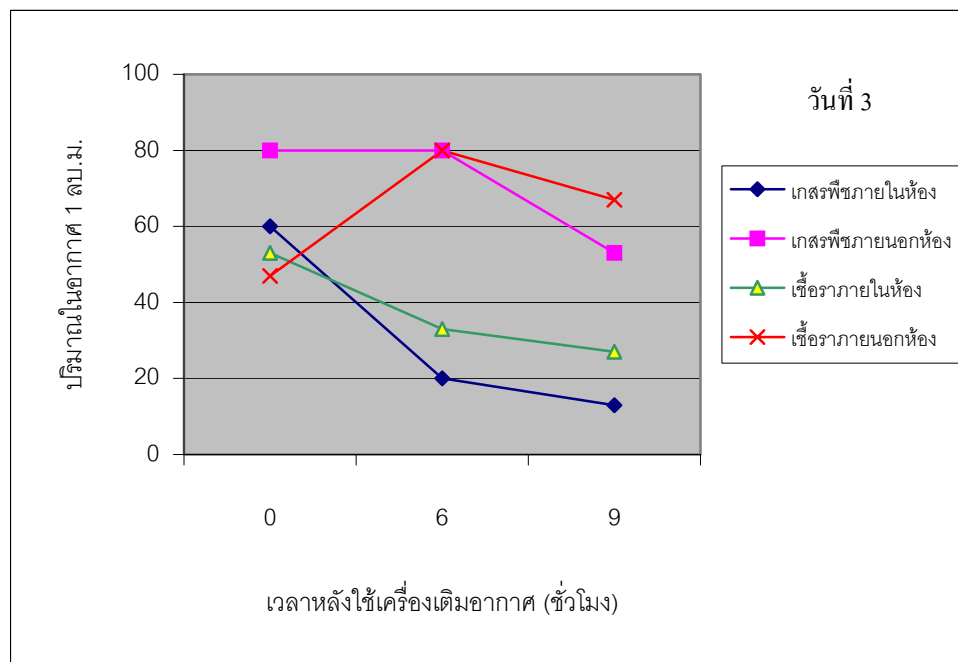
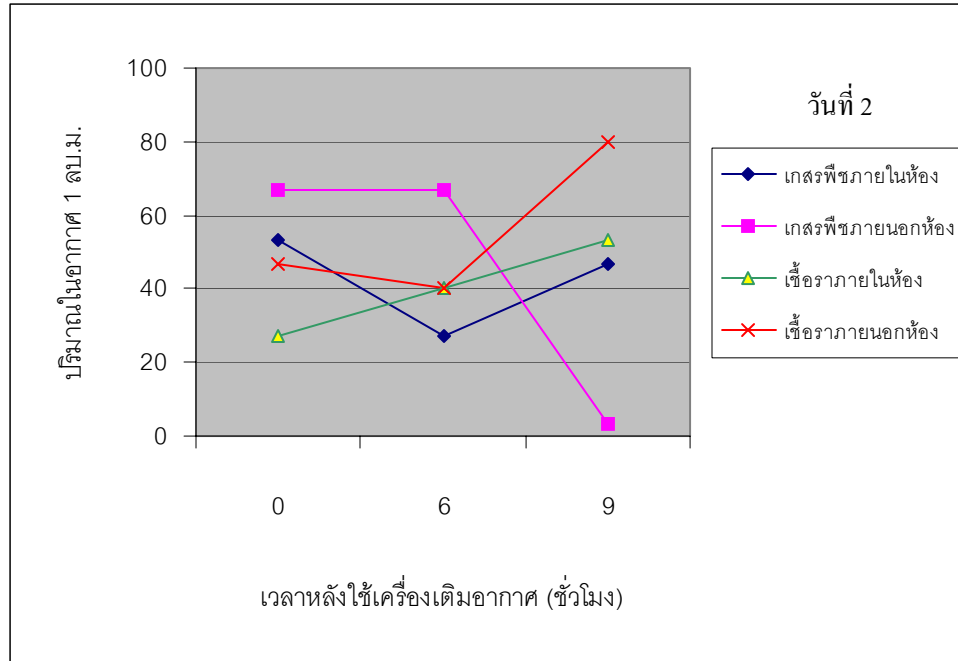
ในวันแรกของการใช้เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ แม้ปริมาณเกสรพืชในอากาศภายนอกห้องจะไม่สูงนัก เครื่องเติมอากาศก็ยังสามารถควบคุมปริมาณเกสรพืชในอากาศภายในห้องให้ต่ำกว่าภายนอกห้องได้ตลอดเวลา ปริมาณเชื้อราในอากาศภายในห้องถูกควบคุมให้อยู่ในระดับต่ำมากเมื่อเทียบกับปริมาณเชื้อราในอากาศภายนอกห้องซึ่งค่อนข้างสูง

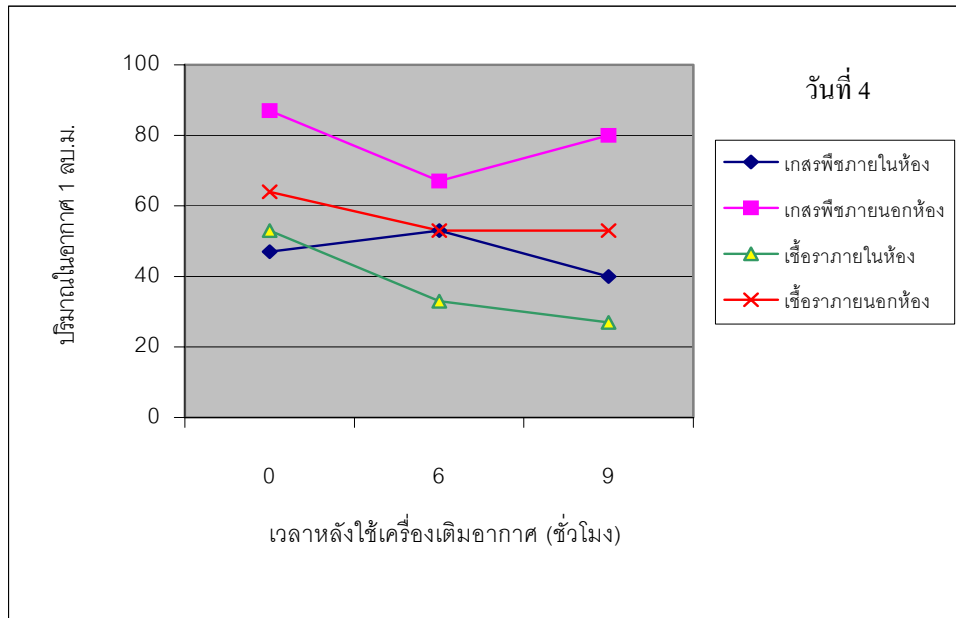
ปรากฏการณ์เช่นนี้พบได้เช่นเดียวกันเมื่อใช้เครื่องเติมอากาศติดต่อกันไปในวันที่ 2, 3 และวันที่ 4

5. ห้องสมุดของโรงเรียน

รูปที่ 12 ปริมาณของเกสรพืชและเชื้อราในอากาศภายในและภายนอกห้อง สํารวจในวันที่ 1, 2, 3 และ 4



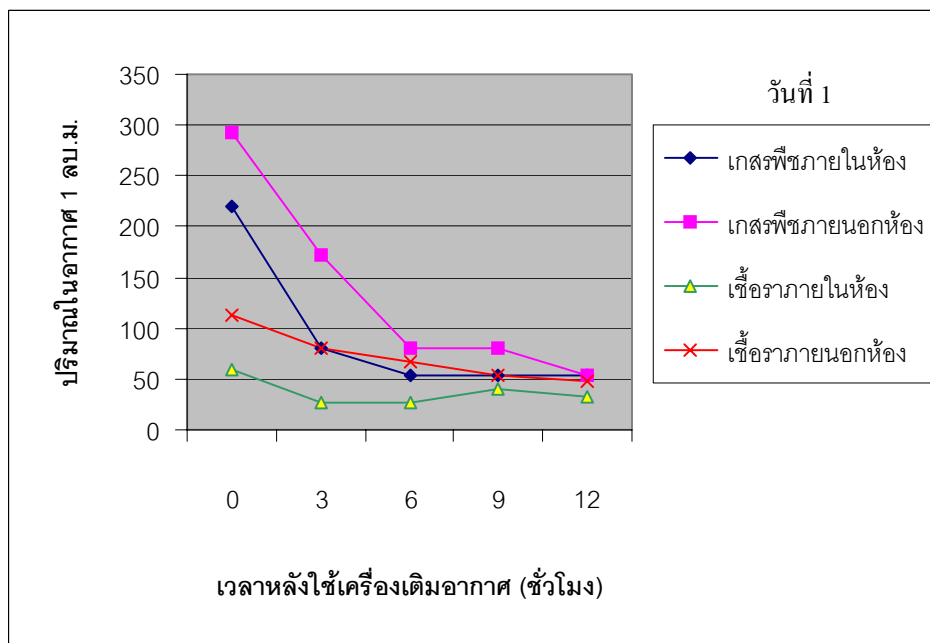


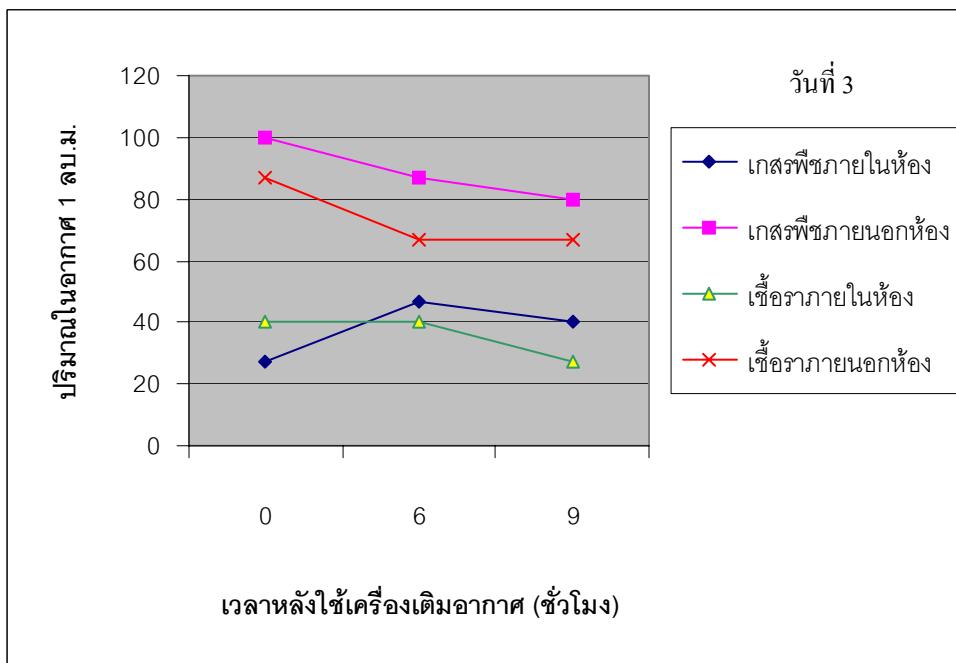
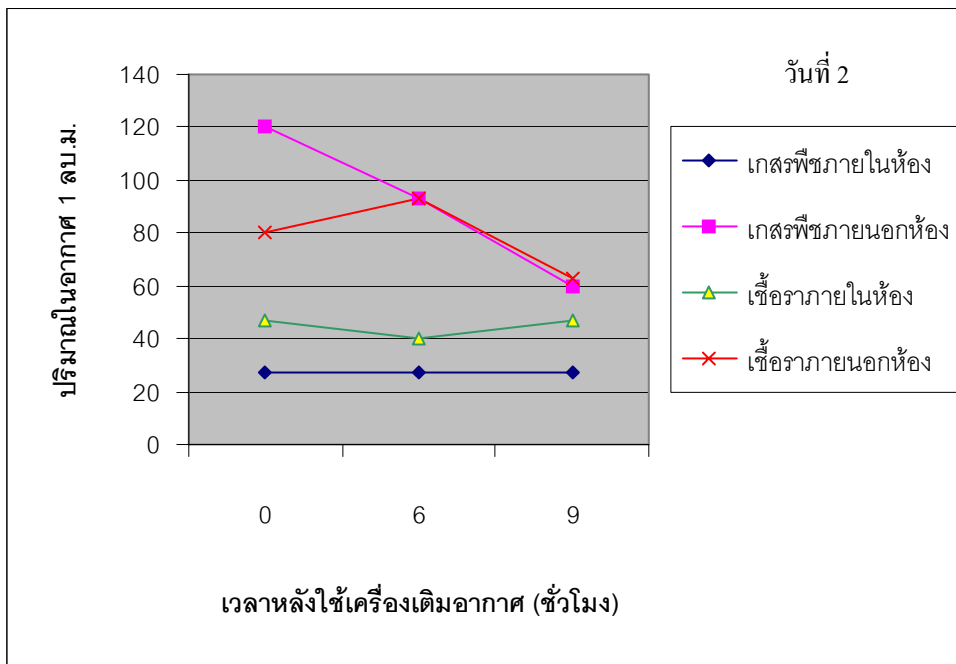


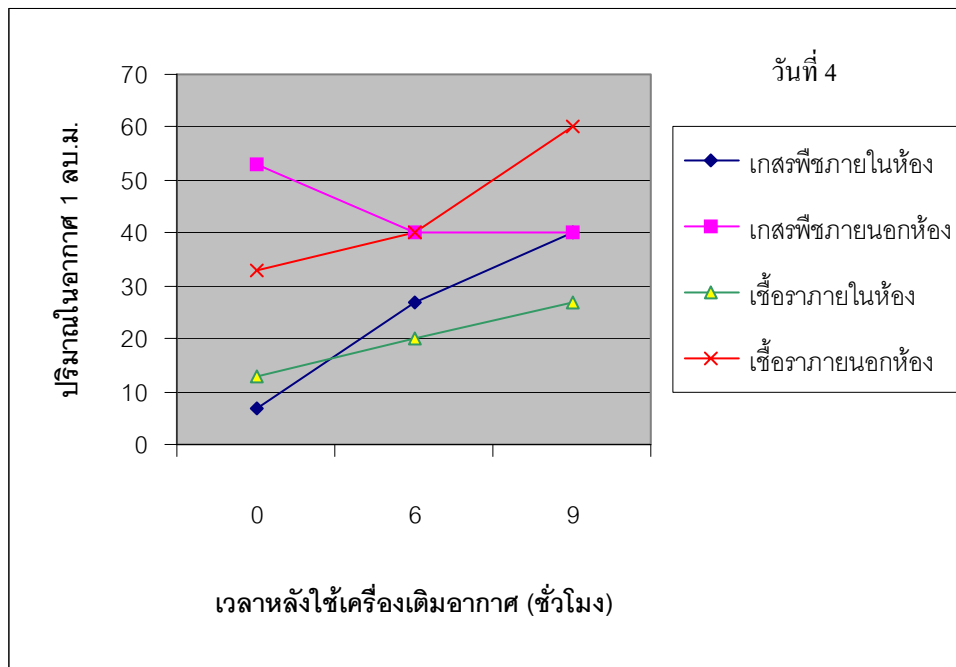
ก่อนใช้เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ในวันแรก ปริมาณของสารก่อภูมิแพ้ทั้ง 2 กลุ่ม อยู่ในระดับที่สูง ใกล้เคียงกันระหว่างอากาศภายในและภายนอกห้อง หลังจากใช้เครื่องเติมอากาศติดต่อกัน 3 ชั่วโมง ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศลดลงชัดเจน และสามารถควบคุมปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศภายในห้องให้อยู่ในระดับต่ำได้ตลอด 12 ชั่วโมง เมื่อใช้เครื่องเติมอากาศติดต่อกันในวันที่ 2, 3 และวันที่ 4 เครื่องมือก็ยังมีประสิทธิภาพในการควบคุมปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศภายในห้องให้ต่ำกว่าภายนอกห้องได้ตลอดเวลา

6. ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของโรงเรียน

รูปที่ 13 ปริมาณของเกสรพืชและเชื้อราในอากาศภายในและภายนอกห้อง ดำรงไว้ในวันที่ 1, 2, 3 และ 4







ก่อนใช้เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ เกสรพืชในอากาศภายในและภายนอกนอกห้องมีปริมาณสูงใกล้เคียงกัน (230 เทียบกับ 290 เกรน / ลบ.ม.) ปริมาณของเชื้อราในอากาศมีน้อยกว่าปริมาณของเกสรพืชในอากาศภายนอกห้อง และลดต่ำลงตลอดเวลาเมื่อวัดที่ 3 และ 6 ชั่วโมง หลังใช้เครื่อง และมีปริมาณน้อยลงที่ ไปตลอด 12 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามเครื่องเติมอากาศก็ยังสามารถควบคุมปริมาณเกสรพืชในอากาศภายในห้องให้อยู่ในระดับต่ำอยู่เสมอ ปรากฏการณ์นี้พบได้เช่นเดียวกับกรณีของเชื้อราในอากาศ

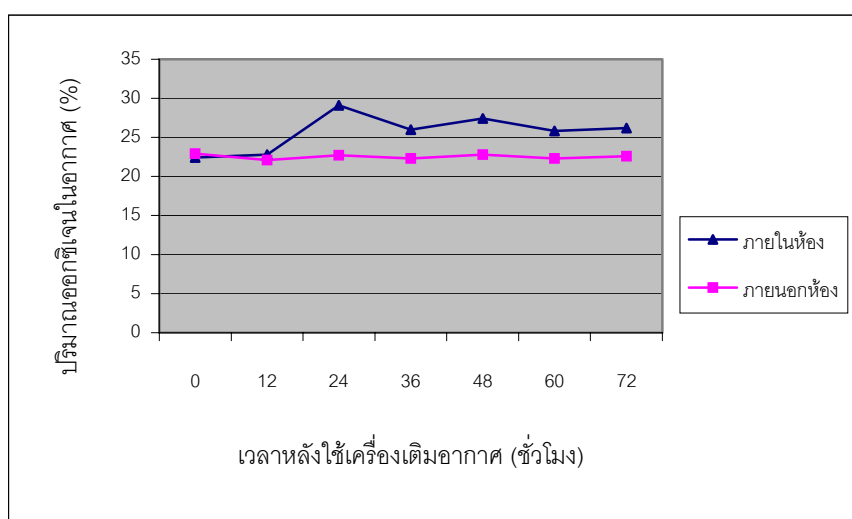
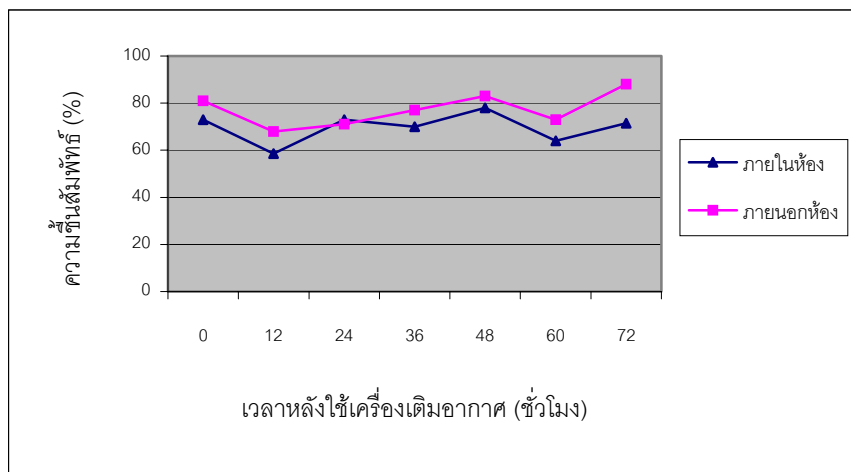
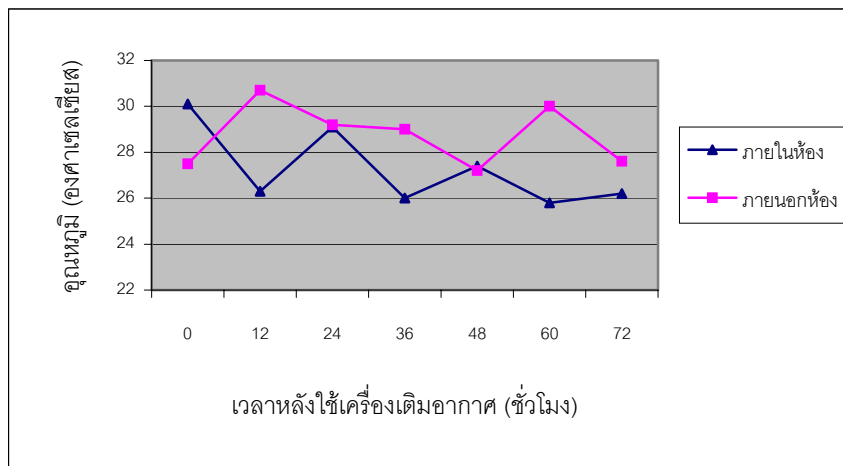
เกสรพืชในอากาศภายนอกห้องในช่วงเช้ามืดมีปริมาณสูง และค่อยลดลงเมื่อเวลาผ่านไป เมื่อเริ่มตรวจวัดในตอนเช้าของวันที่ 2, 3 และวันที่ 4 การให้เครื่องเติมอากาศทำงานตลอดเวลาสามารถควบคุมให้ปริมาณเกสรพืชในอากาศภายในห้องต่ำกว่าภายนอกห้องได้มากทั้งในการวัดในเวลาเช้าและเวลาต่อมาของวันที่ 2, 3 และวันที่ 4

ถึงแม้ว่าปริมาณสปอร์ของเชื้อราในอากาศภายนอกห้องจะสูงค่อนข้างคงที่ตลอดเวลาทั้งในวันที่ 2, 3 และวันที่ 4 ปริมาณสปอร์ของเชื้อราในอากาศภายในห้องก็ถูกควบคุมให้อยู่ในระดับต่ำกว่าภายนอกห้องค่อนข้างคงที่ทั้ง 4 วัน

การควบคุมคุณภาพของอากาศภายในห้องโดยเครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์

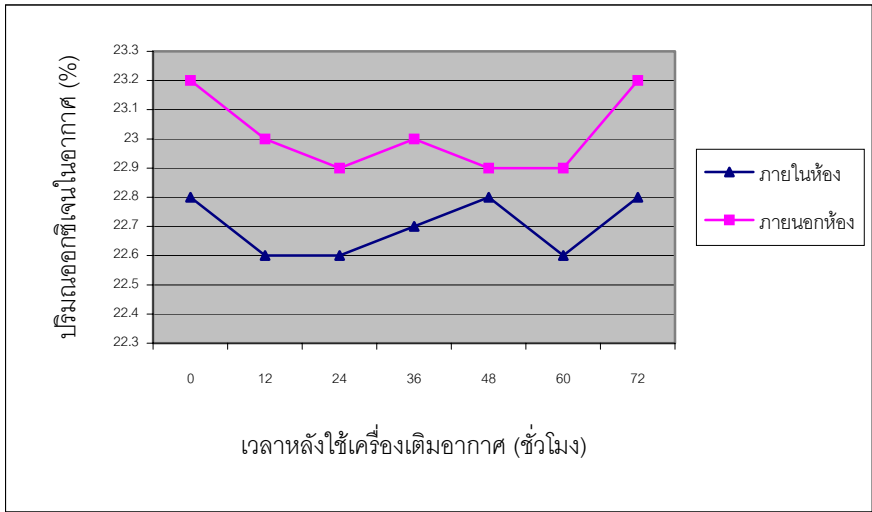
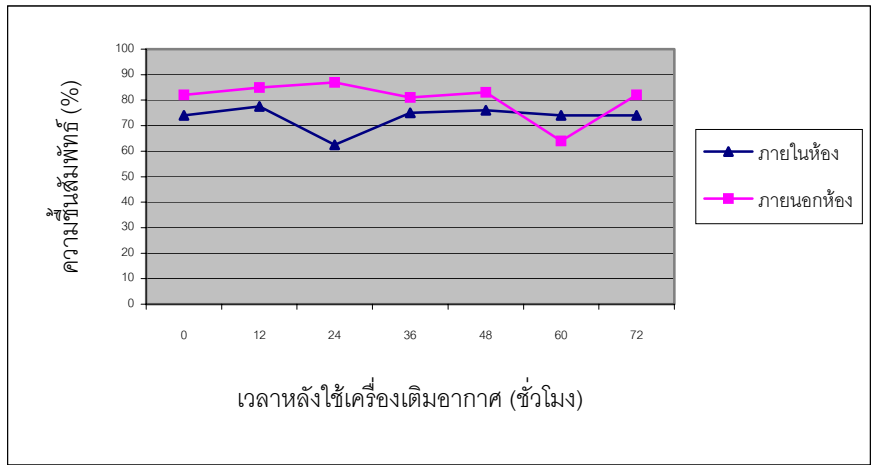
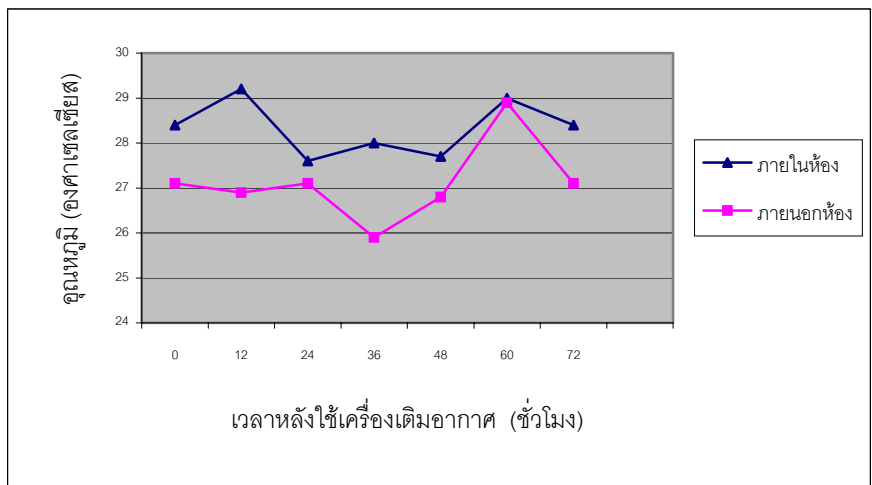
1. ห้องปฏิบัติการ

รูปที่ 14 คุณภาพของอากาศภายในและภายนอกห้อง



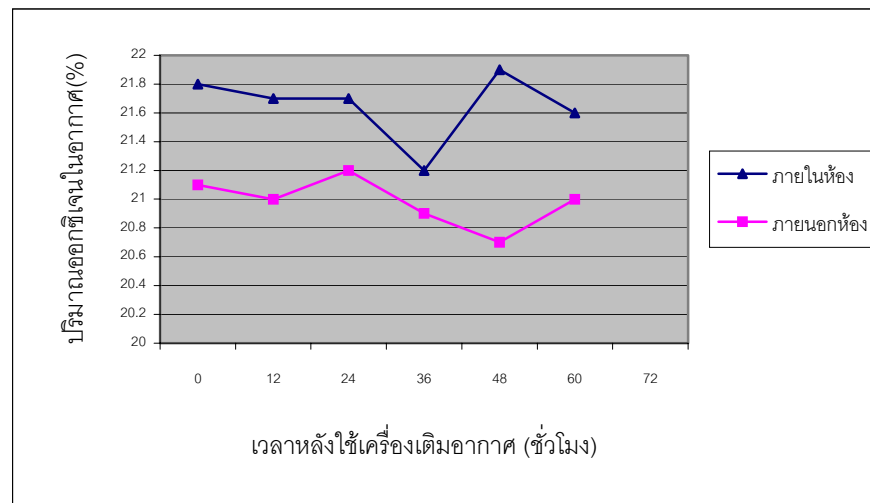
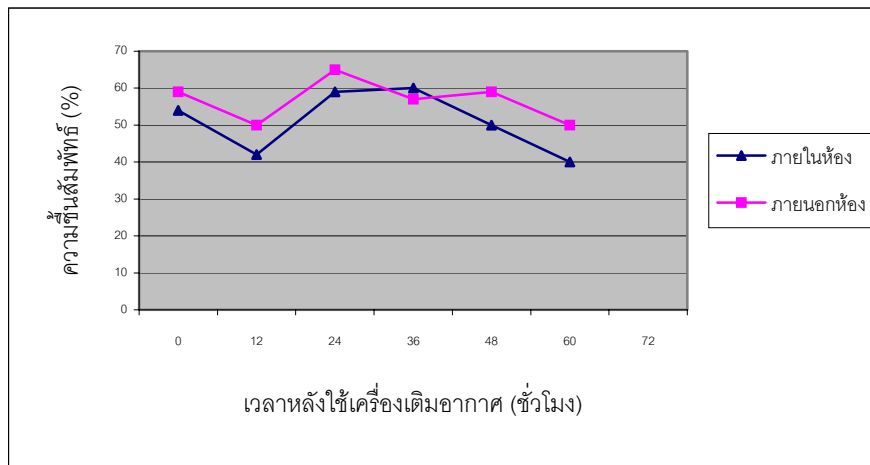
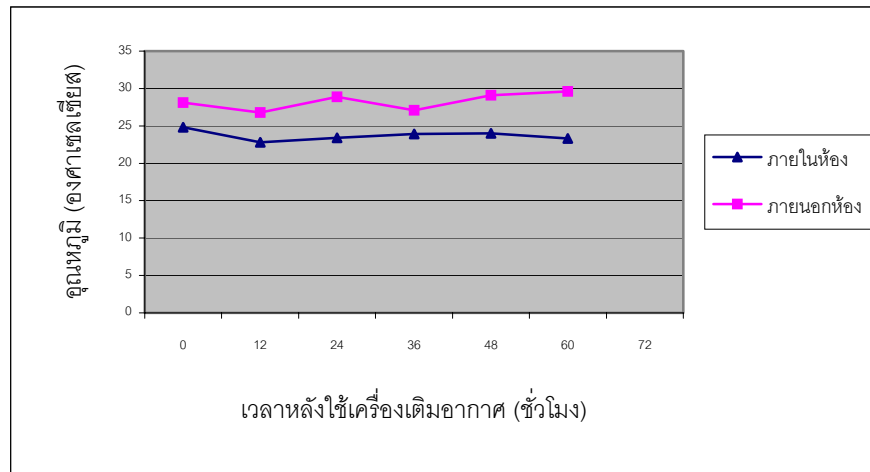
2. ห้องนอนเด็ก

รูปที่ 15 คุณภาพของอากาศภายในและภายนอกห้อง



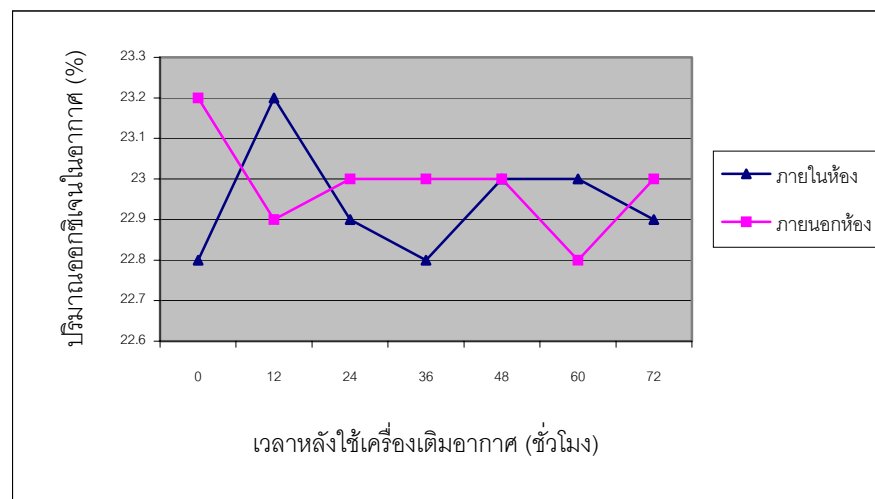
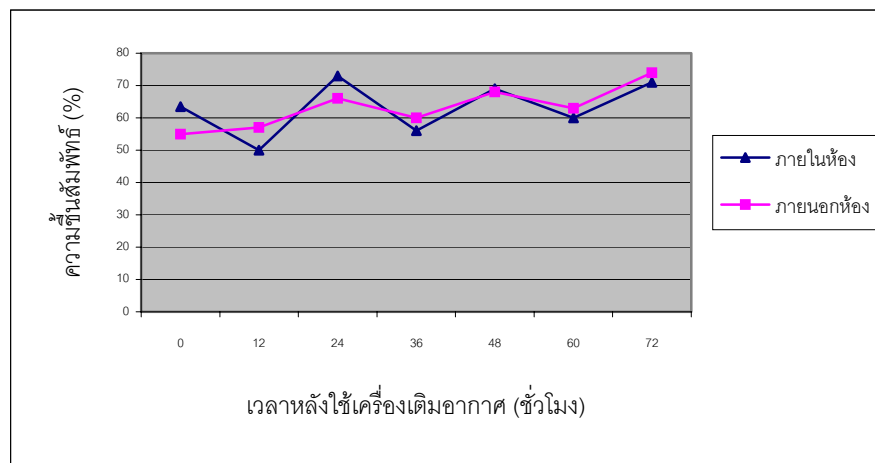
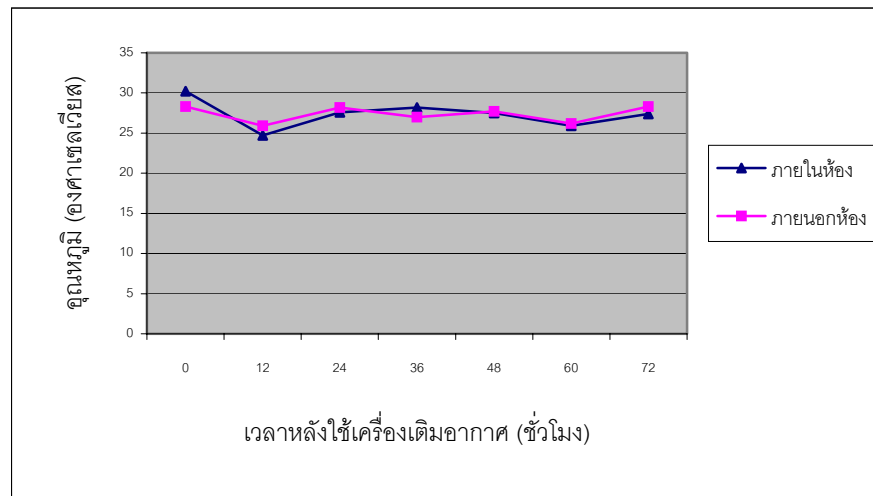
3. ห้องสำนักงาน

รูปที่ 16 คุณภาพของอากาศภายในและภายนอกห้อง



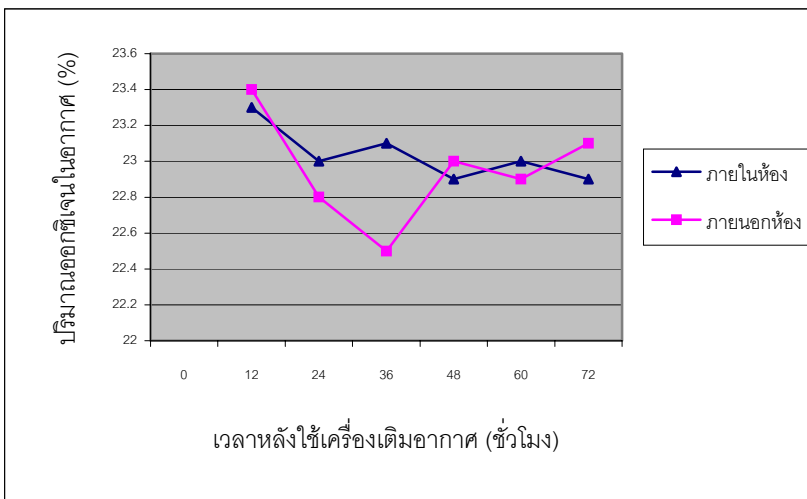
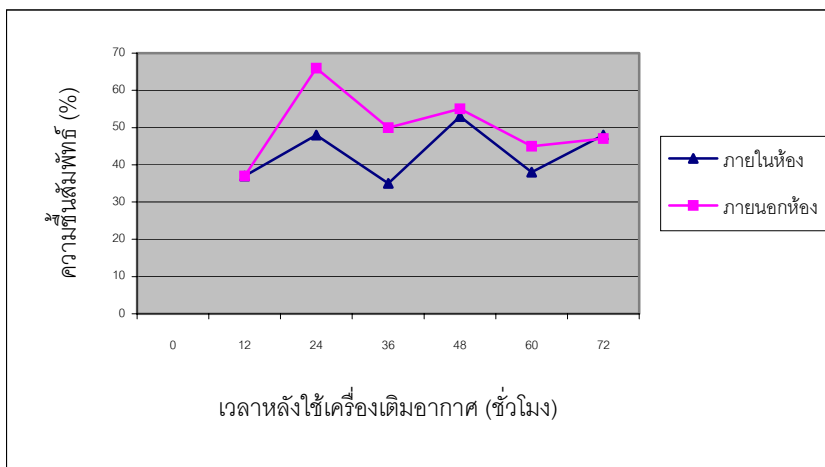
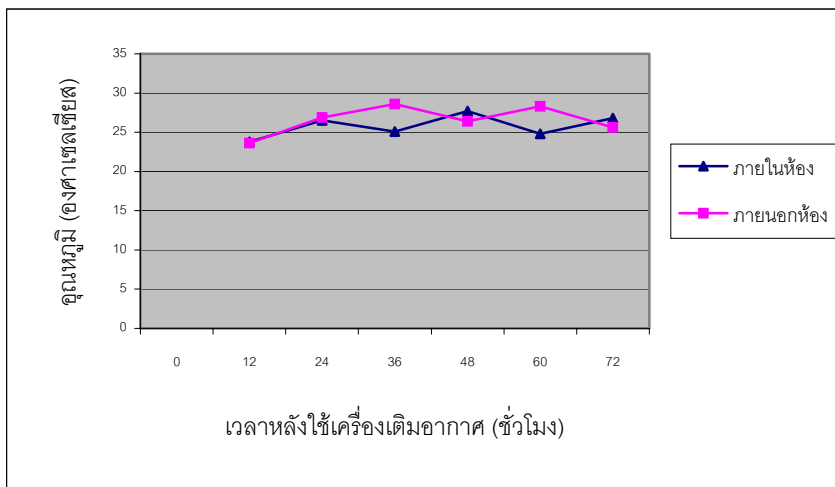
4. ห้องเนสเซอร์

รูปที่ 17 คุณภาพของอากาศภายในและภายนอกห้อง



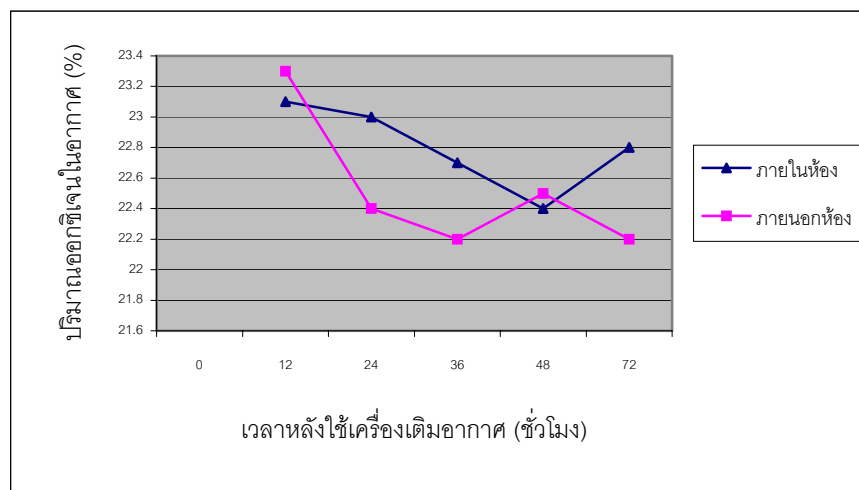
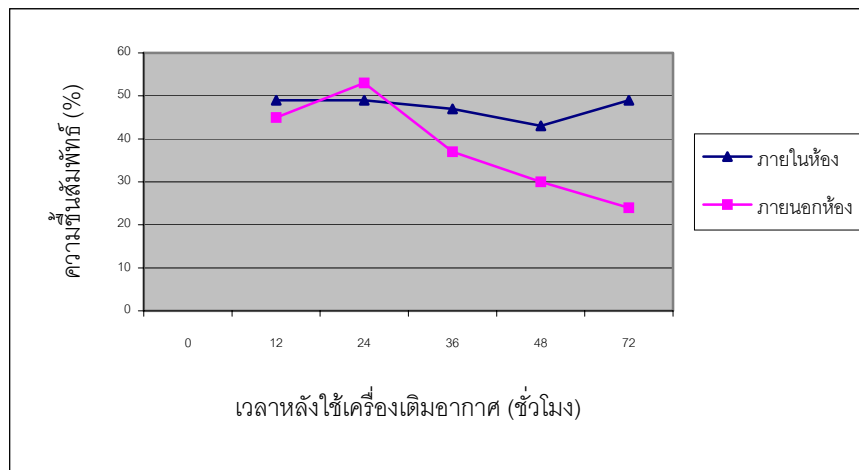
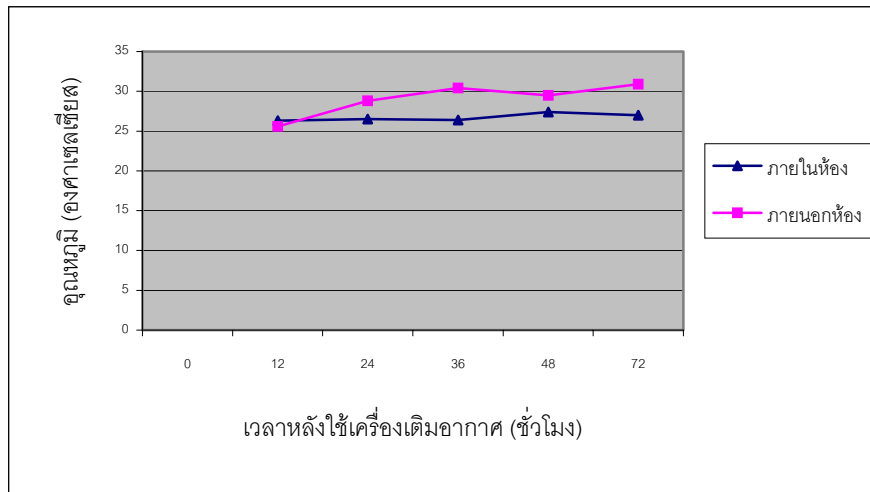
5. ห้องสมุดของโรงเรียน

รูปที่ 18 คุณภาพของอากาศภายในและภายนอกห้อง



6. ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของโรงเรียน

รูปที่ 19 คุณภาพของอากาศภายในและภายนอกห้อง



อุณหภูมิ

อุณหภูมิภายในห้องทุกห้องจะถูกควบคุมให้คงที่ตลอดเวลา เมื่ออยู่ในสภาพเดียวกัน คือ เมื่อใช้และไม่ใช้เครื่องปรับอากาศเหมือนกัน เมื่อมีการใช้เครื่องปรับอากาศอุณหภูมิของอากาศภายในห้องจะต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอกห้อง

ความชื้นสัมพัทธ์

เมื่อไม่ใช้เครื่องปรับอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้องมักจะไม่ได้แตกต่างกันขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงทางสภาพอากาศภายนอกห้อง เช่น อากาศครึ้ม ฝนตก ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องจะต่ำกว่า

เครื่องปรับอากาศเมื่อใช้ร่วมกันกับเครื่องเดิมอากาศสามารถลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องลงได้

ความเข้มข้นของออกซิเจนในอากาศ

การใช้เครื่องเดิมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ สามารถควบคุมปริมาณของออกซิเจนในอากาศภายในห้องให้คงที่โดยการเติมอากาศภายนอกห้องเข้าไป แม้จะมีจำนวนคน (นักเรียน) ภายในห้องเพิ่มมากขึ้นก็ไม่ทำให้ปริมาณของออกซิเจนในอากาศภายในห้องลดลงเมื่อเทียบกับอากาศภายนอกห้อง

วิจารณ์

การเติมอากาศภายนอกที่ผ่านกระบวนการกรองอย่างละเอียดและทำลายเชื้อโดยวิธีการต่างๆ เช่น การใช้รังสี UV-C เข้าไปในห้องที่ปิดค่อนข้างนานอากาศบริสุทธิ์จะเข้าไปอยู่ในห้อง และไล่อากาศภายในห้องและมลพิษในอากาศต่างๆ เช่น ฝุ่นละออง กลิ่น สารเคมี รวมไปถึงสารก่อภูมิแพ้ชนิดต่างๆ เช่น เกสรพืช สปอร์ของเชื้อรา ที่มีอยู่ในอากาศภายในห้อง รวมไปถึงสารก่อภูมิแพ้ภายในห้องอื่นๆ เช่น ผงละอองของซากแมลงในบ้าน ฝุ่น รังแคของคน สัตว์เลี้ยง ออกไป จากห้องโดยผ่านทางชอกผนังและทางระบายอากาศอื่นๆ เมื่อใช้เครื่องมีนี้ติดต่อกันตลอดเวลา สารก่อภูมิแพ้ต่างๆ ในอากาศภายในห้องจึงลดน้อยลง ผู้อาศัยก็จะสัมผัสสารก่อภูมิแพ้น้อยลง เป็นการหลีกเลี่ยงสารก่อภูมิแพ้ที่น่าจะได้ผลดี

เกสรพืชโดยทั่วไปจะมีปริมาณสูงในอากาศในช่วงเช้า ตั้งแต่ 7 นาฬิกา ถึงประมาณ 11 นาฬิกา เนื่องจากความชื้นที่ดอกไม้ได้รับในตอนกลางคืน และมีแสงแดดเริ่มให้ความอบอุ่น ทำให้ดอกไม้ทั่วๆ ไปบานและกระจายเกสรไปตามสายลมในช่วงเวลานี้ ปริมาณเกสรพืชในอากาศมีกวดในช่วงสายและช่วงบ่ายหลัง 12 นาฬิกา รูปแบบของการกระจายเกสรดังกล่าวนี้พบได้ในการสำรวจปริมาณเกสรพืชครั้งนี้นี้ในเกือบทุกตำแหน่ง และพบเด่นชัดในการสำรวจที่ห้องสมุดของโรงเรียนในแหล่งที่ 5

เนื่องจากการเจริญงอกงามของพืชในเขตรอบปี เช่น ประเทศไทย²³ และบรรดาประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นการเจริญงอกงามสม่ำเสมอตลอดปี (perennial) การสำรวจเกสรพืชในการวิจัยจึงพบปริมาณเกสรพืชในอากาศสูงทุกแห่งไม่ว่าจะเป็นการสำรวจในช่วงเวลาใดของปี

การเปลี่ยนแปลงของลักษณะอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความแรงของลม และปริมาณฝน มีอิทธิพลต่อปริมาณของเกสรพืชในอากาศ ดังจะเห็นได้ชัดในการสำรวจที่ห้องเนิสเซอร์รี่ วันที่ 2 ฝนที่ตกเวลา 11.00-12.00 น. ทำให้ปริมาณของเกสรพืชในอากาศลดต่ำลงในระยะนั้นอย่างชัดเจน หากเปรียบเทียบกับปริมาณของเกสรพืชในอากาศในการสำรวจห้องเลี้ยงเด็กในวันแรก ซึ่งมีปริมาณไม่เปลี่ยนแปลงลดลงมาก แต่จะค่อยลดลงตามระยะเวลาของวันดังได้กล่าวแล้ว

ปริมาณเกสรพืชในอากาศภายในห้องบางห้องที่ทดลองมีปริมาณสูงและพบได้ตลอดเวลา ไม่สามารถขับออกไปให้หมดได้ ทั้งนี้เนื่องจากอาจมีการปลูกไม้ประดับภายในห้อง การเปิดประตูห้องเข้าออกบ่อยๆ ก็มีผลทำให้สารก่อภูมิแพ้จากอากาศภายนอกปลิวเข้ามาภายในห้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีปริมาณของพืชปลูกหรือหรือขึ้นอยู่ติดกับห้องนั้นมากๆ

รูปแบบการกระจายของสปอร์ของเชื้อราในอากาศแตกต่างกับการกระจายของเกสรพืชโดยสปอร์ของเชื้อราจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มมากขึ้น^{24, 25} ดังจะเห็นได้ชัดเจนในรูปแบบการกระจายของเชื้อราในห้องเนิสเซอร์รี่ ในวันที่ 1 และที่ 2 โดยปกติแล้วปริมาณของเชื้อราในอากาศภายนอกห้องจะคงที่ตลอดวัน อากาศชื้น ฝนตก จะทำให้ปริมาณเชื้อราในอากาศเพิ่มขึ้นได้เป็นช่วงๆ

ปริมาณของสปอร์ของเชื้อราในอากาศภายในห้องแม้โดยทั่วไปจะพบในปริมาณที่ต่ำกว่าปริมาณที่พบในอากาศภายนอกห้อง แต่ในช่วงก่อนใช้เครื่องเติมอากาศ และในบางช่วงของวัน ปริมาณสปอร์ของเชื้อราในอากาศภายในห้องอาจสูงได้ ทั้งนี้เพราะอาจมีแหล่งกำเนิดเชื้อราภายในห้องอยู่เอง เช่น เกิดจากบริเวณอับชื้นภายในห้อง การเปิดประตูห้องบ่อยๆก็ทำให้ปริมาณสปอร์ของเชื้อราปลิวจากอากาศภายนอกมาเพิ่มปริมาณภายในห้องได้

จากการทดลองใช้เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ในห้องต่างๆ ทั้ง 6 ห้อง ได้ผลในการทำงานเดียวกันว่า ไม่ว่าปริมาณเกสรพืชหรือสปอร์ของเชื้อราในอากาศภายนอกห้องมีมากน้อยเพียงใดเปลี่ยนแปลงอย่างไร เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ก็สามารถควบคุมและลดปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่สำคัญทั้ง 2 ชนิด ลงได้มากอย่างชัดเจน ดังตารางที่ 3 และ 4

ห้องที่	เวลา								
	1	3	6	12	24	36	48	60	72
1	66.3	29.8	73		58.3	73.7	65.3	81.7	75
2	70	55.4	15	37.6	99.1	75.1	53	36.7	85
3	0	0	(-35)	-85.7	25.9	100	78.8	87.9	25.5
4	0	(-3.22)	44.2	77	80.6	70.2	100	41.7	100
5		49.6	55.8	43	20.9		25	75.5	46
6		53.8	33.8	0	77.5	55	73	50	86.8
ค่าเฉลี่ย \bar{X}	68.2	47.2	44.36	52.5	60.4	60.1	74.8	62.3	81.3

ตารางที่ 3 ปริมาณเกสรพืชในอากาศภายในห้องที่ลดลงหลังใช้เครื่องเติมอากาศ (ร้อยละ)

ห้องที่	เวลา								
	1	3	6	12	24	36	48	60	72
1	47	64.3	58.2		30	73.5	34.1	53.5	80.3
2	58.4	48.1	62.5	58.4	78.5	69.9	33.6	25.2	76.1
3	21.6	20.6	19.6	(-33.3)	87	39.4	0	17.5	17.8
4	26.6	47	42.8	39.2		67.5	100	33.8	57
5		33.8	80	(-42.4)	42.6	33.8	(-12.76)	59.7	17.2
6		66.3	59.7	29.8	41.3	25.4	54	59.7	60.6
ค่าเฉลี่ย \bar{X}	38.4	46.7	53.8	42.5	55.9	51.9	44.3	41.6	51.5

ตารางที่ 4 ปริมาณเชื้อราในอากาศภายในห้องที่ลดลงหลังใช้เครื่องเติมอากาศ (ร้อยละ)

ประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ^{26, 27}

การสำรวจโดยใช้เครื่องมือ Portable Air Sampler for Agar Plate สามารถสำรวจรายละเอียดของชนิด และปริมาณของเชื้อรา และแบคทีเรียในอากาศได้ดี แต่ไม่สามารถสำรวจปริมาณของเกสรพืชในอากาศได้ในเวลาเดียวกัน ความรุนแรงในการก่อให้เกิดอาการของโรคภูมิแพ้โดยแบคทีเรียชนิดต่างๆ มักไม่รุนแรง และไม่มีผลสำคัญ และจำเพาะเท่าสปอร์ของเชื้อราชนิดต่างๆ การสำรวจโดยวิธีนี้จึงได้รายละเอียดเกี่ยวกับสารก่อภูมิแพ้ในอากาศไม่ครบถ้วน แต่หากเป็นการสำรวจคุณภาพของอากาศโดยรวม เช่น การวัดมลพิษในอากาศ วิธีการสำรวจวิธีนี้จะให้รายละเอียดได้เพิ่มมากขึ้น หากใช้ร่วมกันกับเครื่องมือ Burkard Personal Volumetric Air Sampler ร่วมกัน

การสำรวจโดยใช้เครื่องมือ Burkard Personal Volumetric Air Sampler สามารถตรวจสอบสารก่อภูมิแพ้ในอากาศได้ทั้งชนิดและปริมาณของเชื้อราในอากาศ และละอองเกสรพืช การทดลองนี้จึงให้ประโยชน์มากในด้านการตรวจสอบสารก่อภูมิแพ้ แต่จะได้ข้อมูลไม่ครบถ้วน หากเป็นการสำรวจคุณภาพอากาศหรือสำรวจมลพิษในอากาศโดยรวม

ดังนั้น การสำรวจคุณภาพอากาศที่ต้องการข้อมูลโดยละเอียดจึงต้องอาศัยประสิทธิภาพของเครื่องมือหลายๆ ชนิดในขณะเดียวกัน หากเป็นการสำรวจหาข้อมูลเกี่ยวกับสารก่อภูมิแพ้ในอากาศภายในและหรือภายนอกอาคาร การใช้เครื่องมือ Burkard Personal Volumetric Air Sampler จะได้ประโยชน์กว่า ทั้งนี้ผู้วิจัยจะต้องมีความรู้ความสามารถในการตรวจแยกชนิดของทั้งเกสรพืชและสปอร์ของเชื้อรา

พอสมควร

สรุป

ได้ทำการวิจัยประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ (G-Life Positive Pressure Fresh Air Generator) ในการลดปริมาณสารก่อภูมิแพ้ ได้แก่ เกสรพืช เชื้อรา แบคทีเรียในอากาศ ภายในห้องที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ กัน รวม 6 ห้อง โดยใช้เครื่องมือ Portable Air Sampler for Agar Plate ตรวจสอบวัดปริมาณเชื้อราและแบคทีเรียในอากาศ และเครื่องมือ Burkard Personal Volumetric Air Sampler เพื่อตรวจสอบวัดปริมาณของเกสรพืชและสปอร์ของเชื้อราในอากาศ โดยเปรียบเทียบกันระหว่างอากาศภายในและภายนอกห้อง ผลการวิจัยพบว่า เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศภายในห้องได้ชัดเจนภายในเวลา 24 ชั่วโมง โดยลดปริมาณของ เกสรพืชลงได้เฉลี่ยร้อยละ 60, 75 และ 80 ลดปริมาณสปอร์ของเชื้อราลงได้เฉลี่ยร้อยละ 56, 45 และ 52 เมื่อใช้ติดต่อกันเป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับค่าที่วัดได้ในอากาศภายนอกห้อง ทั้งยังสามารถควบคุมคุณภาพของอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มข้นของออกซิเจน ให้อยู่ในระดับปกติตลอดการทดลอง

ภาคผนวก

ประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ในการลดปริมาณของสารก่อภูมิแพ้ตัวไรฝุ่น Der p1, Der f1

ไรฝุ่นเป็นสารก่อภูมิแพ้ที่สำคัญที่พบในอากาศภายในอาคาร เป็นสาเหตุของการเกิดโรคภูมิแพ้ในระบบหายใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โรคจมูกอักเสบจากภูมิแพ้ ได้ประมาณร้อยละ 50-70

จากสมมติฐานที่ว่าเครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ทำงานโดยเติมอากาศบริสุทธิ์เข้าสู่ห้องที่ปิดก่อนข้างทึบ ดังนั้น เมื่อใช้เครื่องมือนี้เป็นระยะเวลาพอสมควร จะทำให้ความดันของอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น มีผลให้สารก่อภูมิแพ้ในอากาศภายในห้องลดลง โดย

1. ป้องกันไม่ให้อากาศภายนอกห้องที่มีความดันปกติซึ่งมีสารก่อภูมิแพ้อยู่ เข้ามาในห้อง
2. ไต่เอาสารก่อภูมิแพ้ในอากาศที่อยู่ในห้องออกไปจากห้อง

ดังนั้น การใช้เครื่องเติมอากาศตลอดเวลาจะทำให้สารก่อภูมิแพ้ภายในห้องลดลงได้

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ในการลดปริมาณสารก่อภูมิแพ้ตัวไรฝุ่นที่สำคัญ คือสาร Der p1 และ Der f1

วิธีการวิจัย

หลังการติดตั้งและใช้เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ต่อเนื่องตลอดเวลา เก็บฝุ่นบนที่นอนในห้องโดยใช้เครื่องดูดฝุ่นบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร ครั้งละ 5 นาที เก็บตัวอย่างสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 1 เดือน ต่อไปเก็บทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน และเก็บครั้งสุดท้ายเมื่อครบเดือนที่ 3 นำฝุ่นที่เก็บได้ในแต่ละครั้งไปสกัดแยกสารก่อภูมิแพ้ตัวไรฝุ่น Der p1 และ Der f1 แล้ววัดปริมาณสารก่อภูมิแพ้สำคัญทั้ง 2 ชนิด โดยวิธี ELISA

ผลการทดลอง

ชื่อตัวอย่าง	Der p 1 (ug/g of dust)	Der f 1 (ug/g of dust)
ฝุ่น 1 1.6.49	< 2	< 2
ฝุ่น 2 8.6.49	< 2	< 2
ฝุ่น 3 15.6.49	2.4	< 2
ฝุ่น 4 22.6.49	0.9	< 2
ฝุ่น 5 29.6.49	1.9	< 2
ฝุ่น 6 13.7.49	1.5	< 2
ฝุ่น 7 27.7.49	1.1	< 2
ฝุ่น 8 1.9.49	0.5	< 2

ตารางปริมาณสารก่อภูมิแพ้ Der p1 และ Der f1 หลังใช้เครื่องเติมอากาศ

วิจารณ์

องค์การอนามัยโลกได้กำหนดค่ามาตรฐานไว้ว่า สารก่อภูมิแพ้ไรฝุ่น (Der p1 และ Der f1) ในปริมาณมากกว่า 2 ไมโครกรัม ในฝุ่น 1 กรัม สามารถกระตุ้นร่างกายให้เกิดอาการภูมิแพ้ได้ (sensitization level) และมากกว่า 10 ไมโครกรัม ในฝุ่น 1 กรัม อาจทำให้เกิดการจับหืดเฉียบพลัน (acute asthma)

ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ไรฝุ่น Der p1 และ Der f1 ที่วัดได้ส่วนใหญ่อยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่จะก่อให้เกิดอาการของการแพ้ไรฝุ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารก่อภูมิแพ้ Der f1 ไม่มีตัวอย่างใดที่มีค่าเกิน 2 มก. ในฝุ่น 1 กรัม เลย สำหรับสารก่อภูมิแพ้ Der p1 มีค่าในตัวอย่างที่ 3, 5 และ 6 เป็น 2.4, 1.9 และ 1.5 มก. ในฝุ่น 1 กรัม

แม้ว่าผลที่ได้จะบ่งว่า เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ อาจมีประสิทธิภาพควบคุมให้ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ไรฝุ่นที่สำคัญ คือ Der p1 และ Der f1 อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ ที่จะก่อให้เกิดโรคได้ แต่ก็ยังไม่สามารถสรุปผลได้ เนื่องจาก

1. จำนวนห้องที่ทำการทดลองน้อยเกินกว่าที่จะมีนัยสำคัญ
2. มีการใช้ห้องนอนที่ทำการทดลองน้อยกว่าปกติ

ข้อเสนอแนะ

การที่จะสรุปผลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ ว่าสามารถลดปริมาณสารก่อภูมิแพ้ไรฝุ่น Der p1 และ Der f1 ในห้องนอนได้อย่างชัดเจน ควรปฏิบัติดังนี้

1. เพิ่มจำนวนห้องนอนที่ใช้ทดลองให้มากขึ้น (อย่างน้อย 6 ห้อง)
2. ควบคุมการใช้ห้องนอนแต่ละห้องให้เป็นไปตามปกติ

สรุป

ยังไม่สามารถสรุปผลการวิจัยว่า เครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ จี-ไลฟ์ มีประสิทธิภาพควบคุม (หรือลด) ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ไรฝุ่นได้ เนื่องจากตัวอย่างห้องนอนที่ทำการวิจัยน้อยและไม่มีการควบคุมการใช้ห้องนอนให้เป็นไปตามปกติ

เอกสารอ้างอิง

1. พยงค์ บุญญฤทธิ์พงษ์, มนตรี ตู้จินดา, กัมปนาท พलगกุล และคณะ. ความชุกของโรคภูมิแพ้ในเด็กไทย. วารสารกุมารแพทย์ 2533;29:24-32.
2. Prevalence of asthma. In: Lenfent C, ed. Global initiative for asthma management and prevention. NHLBI/WHO workshop report. NIH/NHLBI publication no. 95-3659, Jan 1995;11-8.
3. Vichyanond P. Jirapongsananurak O, Visitsuntorn N, Tuchinda M. Prevalence of asthma, rhinitis, and eczema in children from the Bangkok area using the ISAAC questionnaires. J Med Assoc Thai 1998;81:175-84.
4. Durham S R et al. Eu J All Clin Imm 2002; 57; 239-40: S 73.
5. Rajika G. Essential of atopic dermatitis, Berlin, 1989, Springer-Verlag.
6. Cooke RA, Vender Veer A Jr. Human sensitization. J Immunol 1916;1:201.
7. Tips RL. A study of the inheritance of atopic hypersensitivity in man. A, J Hum Genet 1954;6:328.
8. ISAAC Steering Committee. Worldwide variation in prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivities and atopic dermatitis: ISAAC. The international study of asthma and allergies in Childhood. Lancet 1998; 351: 1225-1232.
9. Wahn U. What drives the allergic march? Allergy 2000; 55: 591-599.
10. Kulig M. et al. Natural course of sensitization to food and inhalant allergens during the first 6 years of life. J Allergy Clin Immunol 1999; 103: 1173-1179.
11. Ledford DK. Indoor allergens. J Allergy Clin Immunol 1994;94:327-34.
12. Hart BJ. The biology of allergenic domestic mites, an update. Clin Rev Allergy Immunol 1995;55:272-86
13. Wongsathuaythong S, Lakshana P. House dust mite survey in Bangkok and other provinces in Thailand. J Med Assoc Thailand 1972;55:272-86.
14. Dhorraintra B, Bunnag C, Limsuvan S. Survey of atmospheric pollens in various provinces of Thailand. In: Boehm G, Leuschner RM, eds. Advances in Aerobiology. Proceedings of the 3rd International Conference on Aerobiology, August 6-9, 1986. Basel, Switzerland. Basel: Birkhauser Verlag, 1987:65-8.
15. Bunnag C, Dhorraintra B, Limsuvan S, Jaroenchasri P. Ferns and their allergenic importance: skin and nasal provocation tests to fern spore extract in allergic and non-allergic patients. Ann Allergy 1989;62:554-8.

16. Bunnag C, Dhorraintra B, Plangpatanapanichya A. A comparative study of the incidence of indoor and outdoor mold spores in Bangkok, Thailand. *Ann Allergy* 1982;48:333-9.
17. Dhorraintra B, Bunnag C, Limsuvan S. Survey of airborne fungal spores in Thailand. *Allergy* 1988;8:51-5.
18. Schwartz J, Slater D, Larson TV, et al. Particulate air pollution and hospital emergency room visits for asthma in Seattle. *Am Rev Respir Dis* 1993;147:826-31.
19. Pierson WE, Koenig JQ. Respiratory effects of air pollution on allergic disease. *J Allergy Clin Immunol* 1992;90:557-66.
20. Waller RE. Atmospheric pollution. *Chest* 1989;96:363s-78s.
21. Koenig JQ, Pierson WE, Bierman CW. The effect of atmosphere air pollution. *Immunol Allergy Clin North Am* 1990; 10:463-81.
22. กรมควบคุมมลพิษ. ข้อมูลสถานการณ์และการจัดการปัญหาหมอกพิษทางอากาศและเสียง ปี 2548.
23. Dhorraintra B, Bunnag C, Limsuvan S. Airborne pollen in Bangkok Metropolis: I. Incidence and seasonal variation. *Siriraj Hosp Gaz* 1985;38:773-81.
24. Ingold CT. Fungal spores: their liberation and dispersal. Oxford: Clarendon Press, 1971.
25. Southworth D. Biology of airborne fungal spores. *Ann Allergy* 1974; 32:1-22.
26. Operating instruction for the Rotorod Sampler. California: Ted Brown Associates, 1978.
27. Hasnain SM, Katelaris C, Newbegin E, Singh AB. Aeroallergen monitoring standard for the Asian Pacific Region, a WAO manual. 2008