**Thesis Title** Daily Levels and Toxicity of Indoor and Outdoor Airborne Particulate Matter (PM2.5) in Chiang Mai City

**Author** Mr. Narongpan Chunram

**Degree** Doctor of Philosophy (Environmental Science)

**Thesis Advisory Committee**

| | |
|---|---|
| Assoc. Prof. Dr. Usanee Vinitketkumnuen | Chairperson |
| Assoc. Prof. Dr. Phongtape Wiwatanadate | Member |
| Assist. Prof. Dr. Somporn Chantara | Member |
| Prof. Richard M. Kamens | Member |


## ABSTRACT

Twenty-four hour measurements of PM2.5 particulate matter have been carried out during the period between the 1st June 2004 and the 31st May 2005 in Chiang Mai City. PM2.5 samples were collected on 47 mm filters, with the use of Airmetric MiniVol® portable air samplers while a meteorological station recorded meteorological data 6 m above the ground, nearby the sampling instrumentation. The monthly averages for indoor PM2.5 mass concentration of residential and workplace buildings ranged from 13.6 to 57.9 $\mu g/m^3$, and 9.9 to 58.5 $\mu g/m^3$, respectively. The corresponding monthly averages for mass concentration of outdoor PM2.5 of two sampling sites ranged from 12.6 to 77.0 $\mu g/m^3$, and 15.1 to 70.0 $\mu g/m^3$. The mass

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

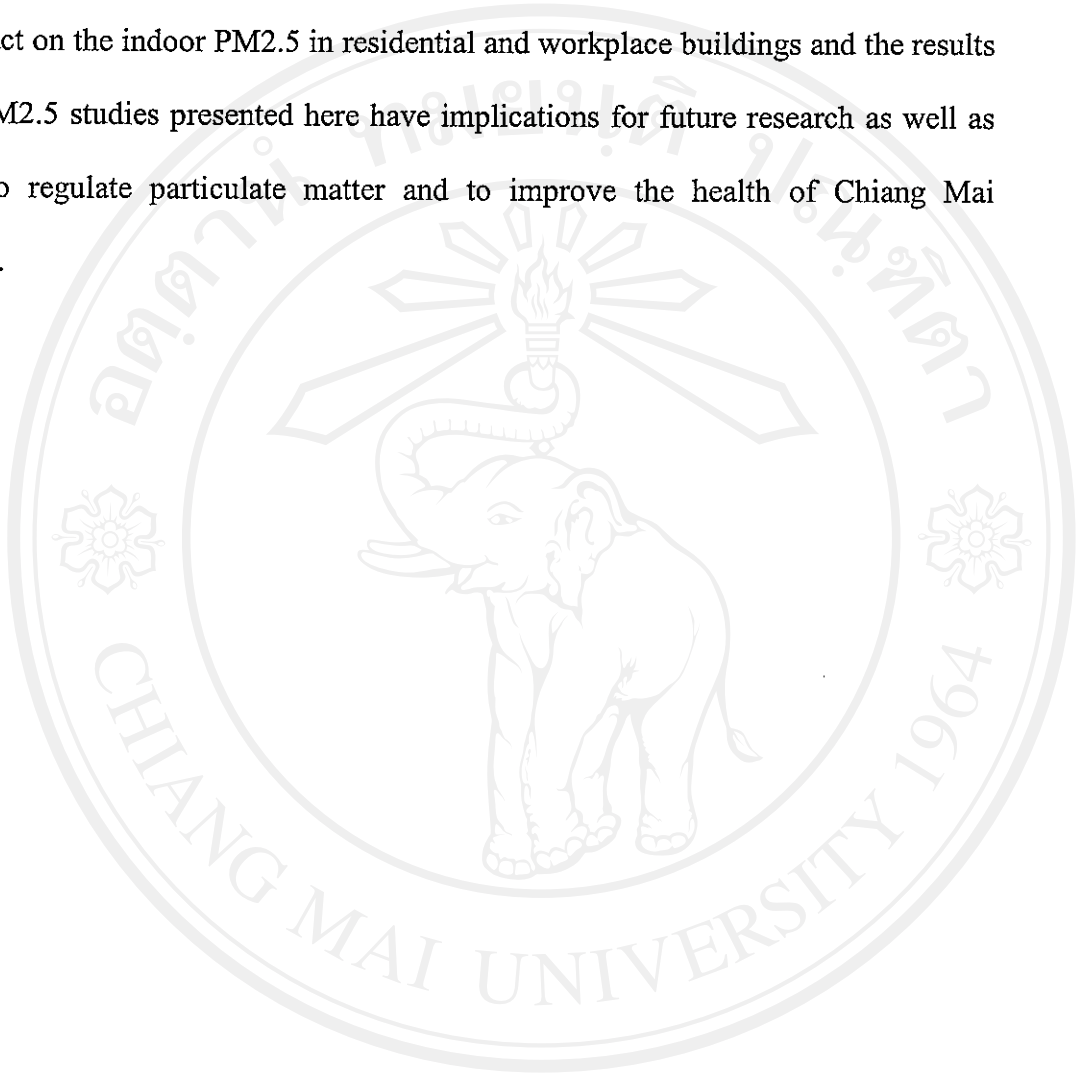
concentrations of indoor and outdoor PM2.5 annual averages in residential buildings (RB) were 29.4 and 36.9 $\mu g/m^3$, and in workplace buildings (WB) were 27.8 and 43.5 $\mu g/m^3$, respectively. The indoor PM2.5 levels more closely follow the outdoor PM2.5 levels in all seasons. Mass concentrations of PM2.5 (24 h average) during the winter and summer season in Chiang Mai were higher than the US Environmental Protection Agency (USEPA), PM2.5, the 24 h standard of 35 $\mu g/m^3$, and the annual PM2.5 of the outdoor and indoor of two sampling sites exceeded the annual standard of 15 $\mu g/m^3$. The indoor PM2.5 levels in sampling sites were sometimes higher than outdoor level; these may be due to individual behavior patterns and indoor activities at the sites.

Twenty-four hour air particulate matter samples were extracted with dichloromethane by ultrasonication. The organic extracts of PM2.5 were tested by short-term mutagenicity bioassays using Salmonella tester strains TA98 and TA100, with and without metabolic activation (S9). The study showed that direct mutagenicity with TA98 and TA100 strains in airborne particulate matter extracts, from outdoor and indoor PM2.5 in two sampling sites, was detected during the winter months (October to March). Indirect-acting mutagenicities were detected in both sites in all samples. The mutagenicities became positive, and were higher, in the presence of enzyme activation (S9 mix). To detect apoptosis induction, DNA fragmentation assay was performed. DNA laddering pattern was not found in the A549 cell treated with PM2.5 extracts in all sampling sites throughout the year.

The relationship between the indoor and outdoor air concentrations of PM2.5 was clear. The mutagenic and DNA laddering pattern was not difference between indoor and outdoor samples collected at the same period from residential and

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

workplace buildings which could be attributed to the same sources of airborne responsible for the genotoxicity in the ambient air. In conclusions, the outdoor PM2.5 has impact on the indoor PM2.5 in residential and workplace buildings and the results of the PM2.5 studies presented here have implications for future research as well as efforts to regulate particulate matter and to improve the health of Chiang Mai residents.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์** ระดับรายวันและความเป็นพิษของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็ก (พีเอ็ม2.5) ของอากาศภายในและภายนอกอาคารในเมืองเชียงใหม่

**ผู้เขียน** นาย ณรงค์พันธ์ ฉุนรัมย์

**ปริญญา** วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

**คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์**

| | |
|---|---|
| รศ. ดร. อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณ | ประธานกรรมการ |
| รศ. ดร. นพ. พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช | กรรมการ |
| ผศ. ดร. สมพร จันทระ | กรรมการ |
| ศ. ริชาร์ด คาเมนส์ | กรรมการ |

## บทคัดย่อ

การตรวจวัดหาระดับรายวันของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็ก 2.5 ไมโครเมตร (พีเอ็ม2.5) โดยน้ำหนักในอากาศเมืองเชียงใหม่ ได้ดำเนินการระหว่างเดือนมิถุนายน 2547 ถึง เดือนพฤษภาคม 2548 อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กถูกเก็บด้วยกระดาษกรองที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 47 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องเก็บอากาศขนาดเล็ก ส่วนข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่ระดับความสูงจากพื้น 6 เมตร ได้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาภาคเหนือที่อยู่ใกล้กับจุดเก็บตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยรายเดือนของอนุภาคฝุ่นขนาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เล็ก(พีเอ็ม2.5) โดยน้ำหนัก ภายในอาคารของอาคารที่พักอาศัยและอาคารที่ทำงานอยู่ในช่วง 13.6 ถึง 57.9 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 9.9 ถึง 58.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยรายเดือนของอนุภาคฝุ่นภายนอกอาคาร อาคารที่พักอาศัยและอาคารที่ทำงานอยู่ในช่วง 12.6 ถึง 77.0 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 15.1 ถึง 70.0 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยรายปีของอนุภาคฝุ่นภายในและภายนอกอาคารของอาคารที่พักอาศัยเท่ากับ 29.4 และ 36.9 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และอาคารที่ทำงานเท่ากับ 27.8 และ 43.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ระดับรายวันของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กภายในอาคารมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงตามระดับรายวันของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กภายนอกอาคารในทุกฤดูกาล ค่าที่วัดได้ในช่วงฤดูหนาวมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้โดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา โดยค่าเฉลี่ยรายวัน (24 ชั่วโมง) กำหนดไว้ไม่เกิน 35 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ยรายปีของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กภายนอกและภายในอาคารมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยรายปีที่กำหนดไว้ที่ 15 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ยังพบว่าในบางช่วงเวลาระดับรายวันของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กภายในอาคารจะมีค่ามากกว่าระดับรายวันของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กภายนอกอาคาร ซึ่งอาจจะมาจากรูปแบบและกิจกรรมภายในอาคารของแต่ละพื้นที่

ทำการสกัดแผ่นกรองเก็บอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กด้วยสารตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน โดยใช้เครื่องแรงสั่นสะเทือนด้วยความถี่สูง ผลจากการศึกษาฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ต่อเชื้อแบคทีเรีย*สัลโมเนลลา ธัยฟิมิวเรียม* สายพันธุ์ TA98 และ TA100 ในภาวะที่มีหรือไม่มีการกระตุ้นด้วยเอนซัยม์ พบว่ามีผลต่อการกลายพันธุ์ของแบคทีเรียดังกล่าวทั้งแบบโดยตรงและโดยผ่านเอนซัยม์ โดยตรวจพบฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์มากที่สุดในช่วงฤดูหนาวทั้งอากาศภายนอกและภายในอาคาร และจากผลการตรวจวัดการแตกหักของดีเอ็นเอโดยการทำ DNA ladder ของสารสกัดจากอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อากาศภายในและภายนอกอาคารสารสกัดของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็ก ไม่สามารถเหนี่ยวนำให้เซลล์ปอด (A549) เกิดการตายแบบอะพอพโตซิส ตลอดช่วงที่ทำการศึกษา

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับรายวันของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็ก (พีเอ็ม2.5) ของอากาศภายในและภายนอกอาคารมีความชัดเจน นอกจากนี้พบว่าฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์ของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็ก (พีเอ็ม2.5)ไม่มีความแตกต่างกัน ที่เก็บตัวอย่างมาจากอากาศภายในและภายนอกอาคารในช่วงเวลาเดียวกันซึ่งอาจเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กเป็นแหล่งเดียวกัน และสารสกัดของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กที่ระดับความเข้มข้น 70 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่สามารถเหนี่ยวนำให้เซลล์ปอด (A549) เกิดการตายแบบอะพอพโตซิส โดยสรุปอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กภายนอกอาคารมีผลกระทบต่ออนุภาคฝุ่นภายในอาคารทั้งบริเวณอาคารที่พักอาศัยและอาคารที่ทำงาน อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กภายในอาคารที่ระดับความเข้มข้นสูงๆ อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพต่อผู้ที่อยู่อาศัยและทำงานภายในอาคารได้ โดยเฉพาะอากาศภายในอาคารที่มีสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศจะมีผลต่อสุขภาพของผู้คนในบริเวณนั้นๆ ซึ่งควรจะได้ทำการศึกษาและวิจัยเพิ่มเติมต่อไปอีก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved