

รูปที่ 9 ลักษณะเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ที่มี 1 หรือ 2 นิวเคลียส และพบ 1 หรือ 2 ไมโครนิวเคลียส ภาพจากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า



รูปที่ 10 ลักษณะเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ที่พบ 4 นิวเคลียส (multinucleated cell) และพบ 1 ไมโครนิวเคลียส (กำลังขยาย 400 เท่า)

ผลการเหนี่ยวนำการเกิดไมโครนิวเคลียสด้วย cadmium acetate

สารละลายมาตรฐาน cadmium acetate ที่ความเข้มข้น 2, 4 และ 6 ppb ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ตรวจพบได้จากสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมที่เก็บมาจากอากาศทั้งสองพื้นที่ มีผลเหนี่ยวนำให้เกิดไมโครนิวเคลียสเพิ่มสูงขึ้นแตกต่างจาก negative control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทำให้จำนวนร้อยละของไมโครนิวเคลียสที่พบทั้งหมดคือ binucleated cell 1,000 เซลล์เพิ่มขึ้น รวมทั้งจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวที่มีไมโครนิวเคลียสก็เพิ่มขึ้นด้วย แต่ค่าดัชนีการแบ่งตัวของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (NDCI) ได้ผลตรงข้ามกับจำนวนร้อยละของไมโครนิวเคลียส คือเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ cadmium acetate ค่าเฉลี่ยดัชนีการแบ่งตัวของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ลดลง รายละเอียดแสดงในตารางที่ 8

ผลการเหนี่ยวนำการเกิดไมโครนิวเคลียสด้วยสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวม

สารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมที่เก็บอากาศจากบริเวณตลาดวโรรส และบริเวณตลาดหางดง ความเข้มข้น 1, 2 และ 4 $\mu\text{g}/\text{ml}$ สามารถเหนี่ยวนำการเกิดไมโครนิวเคลียสในเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์เพิ่มสูงแตกต่างจาก negative control ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบจำนวนร้อยละของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ที่พบไมโครนิวเคลียสต่อ 1,000 binucleated cell (%BNMN / 1,000 BN) เมื่อเหนี่ยวนำด้วยสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมที่เก็บจากอากาศบริเวณตลาดหางดง (เขตควบคุม) กับสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมที่เก็บอากาศจากบริเวณตลาดวโรรส (เขตศึกษา) พบว่าสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมที่ความเข้มข้น 2 และ 4 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ไม่เหนี่ยวนำการเกิดไมโครนิวเคลียสให้เห็นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมที่ความเข้มข้น 1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.005$) ระหว่างเขตศึกษาและเขตควบคุม ค่าดัชนีการแบ่งตัวของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้น แสดงว่าสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมมีฤทธิ์ยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสูงขึ้น รายละเอียดแสดงในตารางที่ 9

สรุปผลการเหนี่ยวนำไมโครนิวเคลียส

จากผลการทดลองพบว่าสารละลายมาตรฐาน lead acetate และ cadmium acetate รวมทั้งอนุภาคฝุ่นรวม ระดับความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างกระดาษกรองที่เก็บจากอากาศในจังหวัดเชียงใหม่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดไมโครนิวเคลียสเพิ่มสูงขึ้นได้

ตารางที่ 7 ผลการเหนี่ยวนำการเกิดไมโครนิวเคลียสในเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ โดยสารละลายมาตรฐาน **lead acetate** 3 ความเข้มข้นซึ่งเป็นความเข้มข้นของปริมาณตะกั่วที่วัดได้จากตัวอย่างอนุภาคฝุ่นรวมที่เก็บจากอากาศในเมืองเชียงใหม่

| สารที่ทดสอบ | % MN | %BNMN | NDCI |
|--|----------------------|----------------------|-----------------|
| 1. น้ำกลั่น (Negative control) | 0.46 ± 0.11 | 0.46 ± 0.11 | 1.12 ± 0.11 |
| 2. Lead acetate 75 ppb | $0.98 \pm 0.19^*$ | $0.98 \pm 0.19^*$ | 1.14 ± 0.04 |
| 3. Lead acetate 150 ppb | $1.90 \pm 0.53^{**}$ | $1.84 \pm 0.49^{**}$ | 1.09 ± 0.04 |
| 4. Lead acetate 300 ppb | $2.68 \pm 0.82^{**}$ | $2.44 \pm 0.62^{**}$ | 1.06 ± 0.03 |
| 5. Mytomicin C 0.5 μ g/ml (positive control) | $6.22 \pm 1.08^{**}$ | $6.04 \pm 0.92^{**}$ | 1.04 ± 0.05 |

* P< 0.05

** P< 0.005

MN = ไมโครนิวเคลียสที่พบต่อ binucleated cell 1,000 เซลล์

BNMN = จำนวนเซลล์ที่พบไมโครนิวเคลียสต่อ binucleated cell 1,000 เซลล์

NDCI = ดัชนีการแบ่งตัวของเซลล์

ค่าที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบจากเลือดของอาสาสมัคร 5 คน

ตารางที่ 8 ผลการเหนี่ยวนำการเกิดไมโครนิวเคลียสในเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต โดยสารละลายมาตรฐาน **cadmium acetate** 3 ความเข้มข้นซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นของปริมาณตะกั่วที่วัดได้จากตัวอย่างอนุภาคฝุ่นรวมที่เก็บจากอากาศในเมืองเชียงใหม่

| สารที่ทดสอบ | % MN | %BNMN | NDCI |
|---|----------------------|----------------------|-----------------|
| 1. น้ำกลั่น (Negative control) | 0.46 ± 0.11 | 0.46 ± 0.11 | 1.12 ± 0.11 |
| 2. Cadmium acetate 2 ppb | $1.64 \pm 0.67^*$ | $1.62 \pm 0.64^*$ | 1.12 ± 0.04 |
| 3. Cadmium acetate 4 ppb | $2.06 \pm 0.63^{**}$ | $1.86 \pm 0.45^{**}$ | 1.05 ± 0.02 |
| 4. Cadmium acetate 6 ppb | $3.04 \pm 1.24^*$ | $2.86 \pm 1.07^*$ | 1.02 ± 0.01 |
| 5. Mytomicin C 0.5 μ g/ml (Positive control) | $6.22 \pm 1.08^{**}$ | $6.04 \pm 0.92^{**}$ | 1.04 ± 0.05 |

* $P < 0.05$

** $P < 0.005$

MN = ไมโครนิวเคลียสที่พบต่อ binucleated cell 1,000 เซลล์

BNMN = จำนวนเซลล์ที่พบไมโครนิวเคลียสต่อ binucleated cell 1,000 เซลล์

NDCI = ดัชนีการแบ่งตัวของเซลล์

ค่าที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบจากเลือดของอาสาสมัคร 5 คน

ตารางที่ 9 จำนวนไมโครนิวเคลียสในเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิด หลังการเลี้ยงเซลล์เม็ดเลือดขาวกับสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมที่เก็บจากอากาศบริเวณตลาดทางแดงซึ่งเป็นเขตควบคุมและบริเวณตลาดโรตัสซึ่งเป็นเขตศึกษา

| สารที่ทดสอบ | %MN/1,000BN | | %BNMN /1,000BN | | NDCI | |
|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| | ตลาดทางแดง | ตลาดโรตัส | ตลาดทางแดง | ตลาดโรตัส | ตลาดทางแดง | ตลาดโรตัส |
| TSPs 1 $\mu\text{g/ml}$ | 0.72 ± 0.08 | $1.48 \pm 0.17^*$ | 0.72 ± 0.08 | $1.48 \pm 0.17^*$ | 1.12 ± 0.08 | 1.15 ± 0.03 |
| TSPs 2 $\mu\text{g/ml}$ | 1.56 ± 0.11 | 1.72 ± 0.13 | 1.50 ± 0.18 | 1.66 ± 0.19 | 1.06 ± 0.03 | 1.08 ± 0.01 |
| TSPs 4 $\mu\text{g/ml}$ | 1.84 ± 0.20 | 2.30 ± 0.39 | 1.80 ± 0.21 | 2.20 ± 0.35 | 1.04 ± 0.03 | 1.05 ± 0.02 |

* $P < 0.005$

TSPs = Total suspended particles หรือ อนุภาคฝุ่นรวม

ค่าที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบจากเลือดของอาสาสมัคร 5 คน

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

ปริมาณอนุภาคฝุ่นรวมที่พบในตัวอย่างอากาศที่เก็บจากบริเวณตลาดหางดง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นเขตควบคุมของการศึกษารั้งนี้ มีปริมาณอนุภาคฝุ่นรวมมากกว่าอนุภาคฝุ่นรวมที่เก็บจากอากาศบริเวณตลาดวโรรส อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นเขตศึกษา ทั้งที่บริเวณตลาดวโรรสเป็นบริเวณที่มีรถจักรยานยนต์และรถยนต์แล่นผ่าน มีการจราจรคับคั่งและติดขัดเป็นจำนวนมากกว่า ผลการศึกษารั้งนี้แตกต่างจากการศึกษาของ Buckley และคณะ (1997) ที่ได้ศึกษาปริมาณอนุภาคฝุ่นรวมในเขตเมือง Lower Gio Grande Valley มลรัฐเท็กซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี 1993 พบว่าในเขตเมืองมีปริมาณอนุภาคฝุ่นรวมสูงกว่าเขตนอกเมือง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าแม้บริเวณตลาดวโรรสที่เป็นเขตในเมือง มีจำนวนรถที่มากกว่าบริเวณตลาดหางดงที่เป็นเขตนอกเมือง แต่ส่วนใหญ่รถที่แล่นผ่านเป็นรถจักรยานยนต์ และรถยนต์ 3 และ 4 ล้อ การเคลื่อนตัวของรถช้ามากเพราะการจราจรติดขัด แต่บริเวณตลาดหางดงส่วนใหญ่มีรถยนต์ 4 ล้อขึ้นไปแล่นผ่านเร็วมาก การจราจรไม่ติดขัด จึงทำให้มีการฟุ้งกระจายของอนุภาคฝุ่นรวมบริเวณถนนรอบ ๆ ทำให้อนุภาคฝุ่นรวมเข้าสู่เครื่องเก็บอากาศมากกว่า

ปริมาณอนุภาคฝุ่นรวมที่เก็บได้จากเครื่องเก็บอากาศเครื่องที่ 1 และ 2 ของทั้งเขตศึกษาและเขตควบคุม มีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยพบว่าเครื่องเก็บอากาศเครื่องที่ 1 บริเวณตลาดหางดง ปริมาณอนุภาคฝุ่นรวมมีมากกว่าเครื่องเก็บอากาศเครื่องที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจากว่าบริเวณที่ตั้งของเครื่องเก็บอากาศเครื่องที่ 1 ตั้งอยู่บนทางเท้า และรอบ ๆ บริเวณพื้นดินที่ตั้งเครื่องสามารถเกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นได้ง่าย ซึ่งแตกต่างจากเครื่องเก็บอากาศเครื่องที่ 2 ที่ตั้งอยู่บนทางเท้าเช่นกัน แต่รอบ ๆ บริเวณเป็นพื้นซีเมนต์ ส่วนที่บริเวณตลาดวโรรสพบว่า เครื่องเก็บอากาศเครื่องที่ 1 มีปริมาณอนุภาคฝุ่นรวมน้อยกว่าเครื่องเก็บอากาศเครื่องที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจากจุดตั้งเครื่องเก็บอากาศเครื่องที่ 2 เป็นย่านการค้า มีผู้คนสัญจรผ่านไปมา และอยู่ใกล้ท่ารถสำหรับเดินทางไปต่างอำเภอ เป็นเหตุให้มีการฟุ้งกระจายของอนุภาคฝุ่นรวมเข้าสู่เครื่องเก็บอากาศมากกว่าเครื่องที่ 1 ที่ตั้งอยู่บริเวณทางเท้าริมแม่น้ำปิงซึ่งเป็นที่โล่ง และมีผู้คนสัญจรไปมาน้อยกว่า

หลังจากการเก็บอากาศในแต่ละเขตแล้วได้มีการนำแผ่นกรองที่เก็บอากาศมาสกัดโดยวิธี hot acid extraction ซึ่งประยุกต์จากวิธีของ U.S.EPA และ อรุบลและคณะ (2541) ก่อนนำไปวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณตะกั่วและแคดเมียม โดยได้ทำการทดสอบความแม่นยำในการสกัดได้ % recovery อยู่ระหว่าง 60-80% แสดงว่ามีการสูญเสียตัวอย่างในกระบวนการสกัดค่อนข้างมาก ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดในการใช้กรดไนตริกเข้มข้นกับสารสกัดและระบบการสกัดที่ควรจะเป็น

แบบปิดสนิท แต่การศึกษานี้ไม่ได้ใช้การสกัดแบบระบบปิดสนิทจึงทำให้มีการสูญเสียตัวอย่าง ในระหว่างการสกัดตะกั่วและแคดเมียมไปส่วนหนึ่ง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมพบว่าระดับตะกั่วและแคดเมียมในอากาศ บริเวณตลาดควโรรส สูงกว่าปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในอากาศที่เก็บจากบริเวณตลาดหางดง สอดคล้องกับการศึกษาของ Gerdo1 และคณะ (2002) ที่ศึกษาปริมาณ PAHs, Cd, Pb, Cr, Fe, Ni และ Zn ในอากาศบริเวณย่านชุมชนเมือง พบว่ามีปริมาณสูงกว่าในอากาศเขตชนบท และการ ศึกษาของ Ieradi และคณะ (1996) ที่ทำการศึกษาปริมาณโลหะหนัก ตะกั่ว แคดเมียม และ สังกะสี ในอวัยวะของกบที่อาศัยในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น มีค่าสูงกว่าในกบที่อาศัย บริเวณนอกเมืองที่มีการจราจรเบาบางกว่า

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าระดับของตะกั่วสูงในเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ ทั้งบริเวณ ตลาดควโรรสและบริเวณตลาดหางดง แคดเมียมมีปริมาณสูงในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม และเมษายน ทั้งสองบริเวณ แต่ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในเดือนธันวาคมเพียงเดือนเดียวที่ จากตัวอย่างอากาศบริเวณตลาดหางดง สูงกว่าบริเวณตลาดควโรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะว่าช่วงเดือนแรก ๆ ที่มีการเก็บอากาศมีการก่อสร้างที่บริเวณตลาดหางดง ซึ่งใกล้ กับจุดที่ตั้งเครื่องเก็บอากาศ ส่งผลให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นที่มีการปนเปื้อนตะกั่วและ แคดเมียมจากการก่อสร้างเข้าสู่เครื่องเก็บอากาศ แต่ปริมาณตะกั่วในอากาศยังมีระดับต่ำกว่า เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ ตามที่คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนด ไว้ในปี 2538 ซึ่งระบุว่าค่าเฉลี่ยของตะกั่วในบรรยากาศในเวลา 1 เดือนไม่ควรเกิน 1.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปริมาณตะกั่วที่ค่านี้สันนิษฐานว่าเป็นเพราะมีการงดใช้น้ำมันที่มี ส่วนประกอบของสารตะกั่วในประเทศมานานหลายปีแล้ว จึงทำให้ปริมาณตะกั่วที่พบในอากาศ ในเมืองเชียงใหม่มีน้อยลง ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ รวมถึงปริมาณของแคดเมียมซึ่งมัก รวมอยู่ในแร่ตะกั่วด้วย

ผลการศึกษาปริมาณแคดเมียมในอากาศแตกต่างจากตะกั่ว คือปริมาณของแคดเมียมใน อากาศที่บริเวณตลาดควโรรส มีค่าสูงกว่าแคดเมียมในบริเวณตลาดหางดงเกือบทุกเดือนที่มีการ เก็บตัวอย่างอากาศมาวิเคราะห์ ทั้งนี้ นอกเหนือจากการที่บริเวณตลาดควโรสมีการจราจรคับคั่ง มี ไอเสียรถยนต์ถูกปล่อยออกมาแล้วอาจเนื่องจาก บริเวณตลาดควโรสอยู่ในเขตเทศบาลนคร เชียงใหม่ที่มีร้านค้าที่เป็นร้านเกษตร ขายปุ๋ย เครื่องปั้นดินเผา พลาสติก อะลูมิเนียมอัลลอยด์ และการเชื่อมโลหะ รวมถึงร้านซ่อมรถมอเตอร์ไซค์ อยู่ด้วย ถึงแม้ว่าร้านเหล่านี้ไม่ได้อยู่ใกล้กับ ตำแหน่งการตั้งเครื่องเก็บอากาศก็ตาม โอกาสที่จะได้รับฝุ่น คาร์บอน และไอระเหยจากการประกอบ อาชีพจากร้านเหล่านี้เป็นไปได้ง่าย เป็นเหตุผลที่พบปริมาณแคดเมียมในบริเวณตลาดควโรรสสูง กว่าบริเวณตลาดหางดง ที่มีจำนวนร้านค้าน้อยกว่า แม้ว่าจะเป็นร้านค้าในลักษณะเดียวกัน

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ได้มีการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อหาปริมาณตะกั่วและแคดเมียม ในช่วงฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2545 ถึงเดือนเมษายน 2546 ซึ่งเป็นระยะเวลาที่มีสภาวะอากาศแปรปรวน เกิดฝนตกเป็นช่วง ๆ เป็นปัญหาและอุปสรรคในการเก็บตัวอย่างอากาศมาก ทำให้ขาดความต่อเนื่องในการเก็บตัวอย่างอากาศในบางครั้ง ถึงแม้ว่าการเก็บอนุภาคฝุ่นได้กระทำหลังวันที่มีฝนตกแล้ว 3 วันก็ตาม นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บอนุภาคฝุ่นรวมหากมีฝนตกเกิดขึ้นจำเป็นต้องปิดเครื่องเก็บอากาศเพื่อความปลอดภัย ซึ่งเกิดขึ้น 2 ครั้งในระหว่างการทำวิจัย จึงอาจมีผลทำให้ได้ปริมาณโลหะที่คลาดเคลื่อนไปบ้าง

นอกจากนี้บริเวณที่ทำการศึกษามีผู้คนพลุกพล่าน ยากต่อการดูแลควบคุมเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ พบว่ามีการเคลื่อนที่ของเครื่องเก็บเล็กน้อยจากการเดินชน รวมถึงการใช้ไฟฟ้าต่อมายังเครื่องมีปัญหาในบางครั้ง เนื่องจากถูกถอดปลั๊กไฟออกในระหว่างที่ผู้วิจัยพักจากการเฝ้าเครื่องด้วยเหตุผลว่าเครื่องเก็บอากาศมีเสียงดังทำให้เกิดความรำคาญ

งานวิจัยมีข้อจำกัดที่สำคัญอีกประการคือมีเครื่องเก็บอากาศเพียง 2 เครื่อง ดังนั้นจึงตั้งเครื่องในแต่ละเขต 2 จุดเพื่อให้เพียงพอต่อการได้ตัวอย่างอนุภาคฝุ่นรวมมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วและแคดเมียม และนำส่วนหนึ่งมาศึกษาการเหนี่ยวนำให้เกิดไมโครนิวเคลียสด้วย จึงทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างอากาศได้พร้อมกันทั้ง 2 เขต หากมีเครื่องเก็บอากาศมากพอก็จะทำให้ผลการวิจัยที่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้อย่างชัดเจนขึ้น

นอกจากนี้ปัจจัยที่อาจทำให้ตรวจวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมได้มากหรือน้อย ยังขึ้นอยู่กับ สภาพพื้นที่บริเวณที่เก็บอากาศ ปริมาณรถ การถ่ายเทอากาศ และอุณหภูมิ แม้ว่าปริมาณตะกั่วและแคดเมียมที่เก็บได้จากตัวอย่างอากาศทั้งบริเวณตลาดวโรรสและตลาดหางดง จังหวัดเชียงใหม่ มีปริมาณน้อยมาก แต่ก็อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ หากได้รับเข้าสู่ร่างกายอย่างต่อเนื่อง

การศึกษาความผิดปกติของโครโมโซมด้วยวิธีศึกษาการเหนี่ยวนำให้เกิดไมโครนิวเคลียส โดยใช้เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์พบว่า สารละลายมาตรฐานตะกั่วอะซีเตตและแคดเมียมอะซีเตตสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดไมโครนิวเคลียสเพิ่มสูงขึ้นได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Fatur และคณะ (2002) ซึ่งทำการศึกษาความผิดปกติของยีนส์ในเซลล์ตับคน (HepG2) โดยวิธี comet assay และ micronucleus ที่รายงานว่าแคดเมียมคลอไรด์สามารถทำให้เกิดการทำลายดีเอ็นเอใน HepG2 เซลล์ได้ และเหนี่ยวนำให้เกิดไมโครนิวเคลียสในเซลล์เพิ่มสูงขึ้น

จากผลการวิจัยนี้พบว่าสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมที่เก็บได้จากอากาศทั้งบริเวณตลาดวโรรส และตลาดหางดง จังหวัดเชียงใหม่ สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดไมโครนิวเคลียสสูงชันมากกว่าปกติ โดยเพิ่มสูงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Humfrey และคณะ (1996) ที่ศึกษาการเหนี่ยวนำการเกิดไมโครนิวเคลียสโดยสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมตั้งแต่ความเข้ม

ชั้น 1-10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้เซลล์ MCL-5 และการศึกษาของ Ieradi และคณะ (1996) ที่ได้ศึกษาถึงความผิดปกติของยีน โดยใช้วิธีเดียวกัน ได้ผลการทดลองพบว่าหนูที่อาศัยในบริเวณที่มีการจราจรคับคั่งมีความถี่ของการเกิดไมโครนิวเคลียสในเม็ดเลือดแดงสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับหนูที่อาศัยในบริเวณที่มีการจราจรเบาบาง

นอกจากนี้การศึกษาของอุษณีย์ และคณะ (2002) ที่ศึกษาการก่อกลายพันธุ์ของสารสกัดอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 และ 2.5 ไมครอน โดยวิธีทดสอบเอมส์ พบว่ามีผลต่อการกลายพันธุ์ของแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA100 ทั้งแบบโดยตรงและทางอ้อมที่ต้องผ่านการเปลี่ยนแปลงด้วยเอนไซม์ก่อน รวมถึงการศึกษาของ Hsiao และคณะ (2000) ที่ทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดอนุภาคฝุ่นขนาด 2.5 ถึง 10 ไมครอน โดยวิธี Methyl Thiazole Tetrazolium assay (MTT) และ comet assay ซึ่งอนุภาคฝุ่นสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดความเสียหายของดีเอ็นเอได้

ความเข้มข้นของสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมที่ทำการศึกษาในครั้งนี้คือ 1, 2 และ 4 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมที่บริเวณตลาดวโรรสสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดไมโครนิวเคลียสสูงขึ้นได้มากกว่าบริเวณตลาดหางดงทุกความเข้มข้น แต่จะมีเพียงความเข้มข้นเดียวคือ 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรที่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดไมโครนิวเคลียสสูงขึ้นต่างจากเขตควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเกิดจากสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมที่ความเข้มข้นต่ำมีผลต่อการแบ่งตัวของเซลล์เม็ดเลือดขาวได้ดีกว่าสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมที่ความเข้มข้นสูง หรืออีกเหตุผลหนึ่งที่น่าคิดว่าเกิดขึ้นในหลอดทดลองคืออาจมีการตายของเซลล์เมื่อใช้ความเข้มข้นสูงร่วมด้วยทำให้เซลล์ที่มีไมโครนิวเคลียสหลุดหายไป ไม่สามารถนับได้ มีผลทำให้เห็นว่าสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมที่ความเข้มข้นสูงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับ control ตามที่คาดหมายไว้

สารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมที่ส่งผลให้เกิดไมโครนิวเคลียสเพิ่มสูงขึ้นนั้นไม่อาจจะระบุได้ชัดเจนว่าเป็นผลมาจากตะกั่วและแคดเมียมเท่านั้น เนื่องจากในสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมมีโลหะหนักอื่น ๆ นอกเหนือจากตะกั่วและแคดเมียม เช่น สังกะสี แมงกานีส และทองแดง เป็นต้น (อรุบล และคณะ, 2541) อยู่ด้วย รวมถึงสารจำพวกโพลิโอโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่สามารถทำให้ดีเอ็นเอผิดปกติได้

ผลการวิจัยนี้พบว่าสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดไมโครนิวเคลียสที่เพิ่มสูงขึ้นได้ทั้งสารสกัดอนุภาคฝุ่นรวมที่เก็บได้จากอากาศบริเวณตลาดวโรรสและบริเวณตลาดหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งพบปริมาณสารตะกั่วและแคดเมียมที่เก็บได้จากตัวอย่างอากาศทั้ง 2 เขตในปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมที่ต่ำกว่ามาตรฐานนี้สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรที่อาศัยอยู่ในบริเวณตลาดหางดง และบริเวณตลาดวโรรสได้ หากได้รับสารพิษเหล่านี้เป็นระยะเวลาานาน เพราะนอกจากอนุภาคฝุ่นรวม ตะกั่ว

และแคดเมียมแล้ว ยังมีสารมลพิษอื่น ๆ ที่อยู่ในอากาศที่สามารถส่งเสริมให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ มีรายงานการวิจัยระบุว่า ตะกั่วในอากาศ 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะส่งเสริมทำให้ตะกั่วในเลือดเพิ่มขึ้น 1-2 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร (สุริรา และคณะ 2544) ปัจจุบันมีการกำหนดระดับตะกั่วในเลือดของผู้ใหญ่ปกติไว้ว่าไม่ควรเกิน 25 ไมโครกรัมต่อเลือดเซซีลิตร ในขณะที่เด็กไม่ควรเกิน 10 ไมโครกรัมต่อเลือดเซซีลิตร เนื่องจากในสิ่งแวดล้อมมีการปนเปื้อนตะกั่วนี้ลดลง

ผลงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าอนุภาคฝุ่นรวมในอากาศทั้งบริเวณตลาดวโรรสและตลาดทางดง จังหวัดเชียงใหม่ มีผลต่อหน่วยพันธุกรรมของมนุษย์ในหลอดทดลอง

The logo of Chiang Mai University is a circular emblem. In the center is a detailed illustration of an elephant standing and facing left. Above the elephant's head is a traditional Thai decorative element, possibly a crown or a ceremonial object. The elephant is surrounded by a circular border containing the university's name in Thai script at the top and 'CHIANG MAI UNIVERSITY 1964' in English at the bottom. There are also decorative floral motifs on either side of the elephant.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บรรณานุกรม

- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข “โครงการรวบรวมจัดเก็บลงผลและประมวลผลข้อมูลมลพิษทางอากาศและข้อมูลสุขภาพของประชาชนในจังหวัดเชียงใหม่”, 2540.
- จูไรรัตน์ เกิดดอนแฝด. ภัยมืดจากสารพิษ. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักอนามัยกรุงเทพมหานคร 2536.
- ทิพวรรณ ประภามณฑล, ทศนัย วงศ์จักร, จีรัง ว่องตระกูล, Zhigang kang, โพธิ์ศรี ลีลาภรณ์, อุดงศิริ ประเสริฐ. การปนเปื้อนของสารตะกั่วในเลือดของเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่. รายงานการวิจัย(สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ)มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2538.
- ไมตรี สุทธิจิตต์. สารพิษรอบตัวเรา : สาเหตุ กลไกการเกิดพิษ โรคมะเร็งและการป้องกัน. โรงพิมพ์ดาว : คอมพิวเตอร์กราฟิก, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2534
- โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ “รายงานผู้ป่วยโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ 2538-2543”, 2543
- วิยะดา แสนศรีมหาชัย, เสริมทรัพย์ วรรณกะวิกิรานต์, วนิดา ศศิวิมลกุล. ระดับตะกั่วในเลือดตำรวจจราจรกรุงเทพมหานคร. วารสารวิชาการสาธารณสุข 2544; 10(1) : 91-6.
- วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, นิตยา มหาผล, ชีระ เกรอด. มลภาวะอากาศ. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2543 :13-49.
- ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, ชิกาโอะ คานา โอกะ, จุฑามาศ เกตุทัต. มลภาวะอากาศ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2544
- สุชีลา ตูลยะเสถียร, โกศล วงศ์สวรรค์, สถิต วงศ์สวรรค์. มลพิษสิ่งแวดล้อม (ปัญหาสังคมไทย). กรุงเทพฯ ฯ:อมรการพิมพ์ 2544 :13-132.
- สำนักงานขนส่งจังหวัดเชียงใหม่ และสาขา. รายงานการจดทะเบียนรถยนต์ และรถจักรยานยนต์ทุกประเภท. กรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม เชียงใหม่. 2543.
- สำนักงานแขวงศรีวิชัย กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย “ข้อมูลใบคำร้องแจ้งการตาย (ท.4) ปี พ.ศ.2540-2544 เชียงใหม่”
- อรุบล โชติพงศ์. การศึกษาปริมาณฝุ่นที่มีผลต่อระบบการหายใจ. รายงานการวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2541.
- อำนาจ มีเวที. การประชุมเชิงปฏิบัติการทดสอบสารก่อกลายพันธุ์สารก่อมะเร็งและสารก่อรูปวิรูปด้วยวิธีการตรวจระยะสั้น. ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2534.

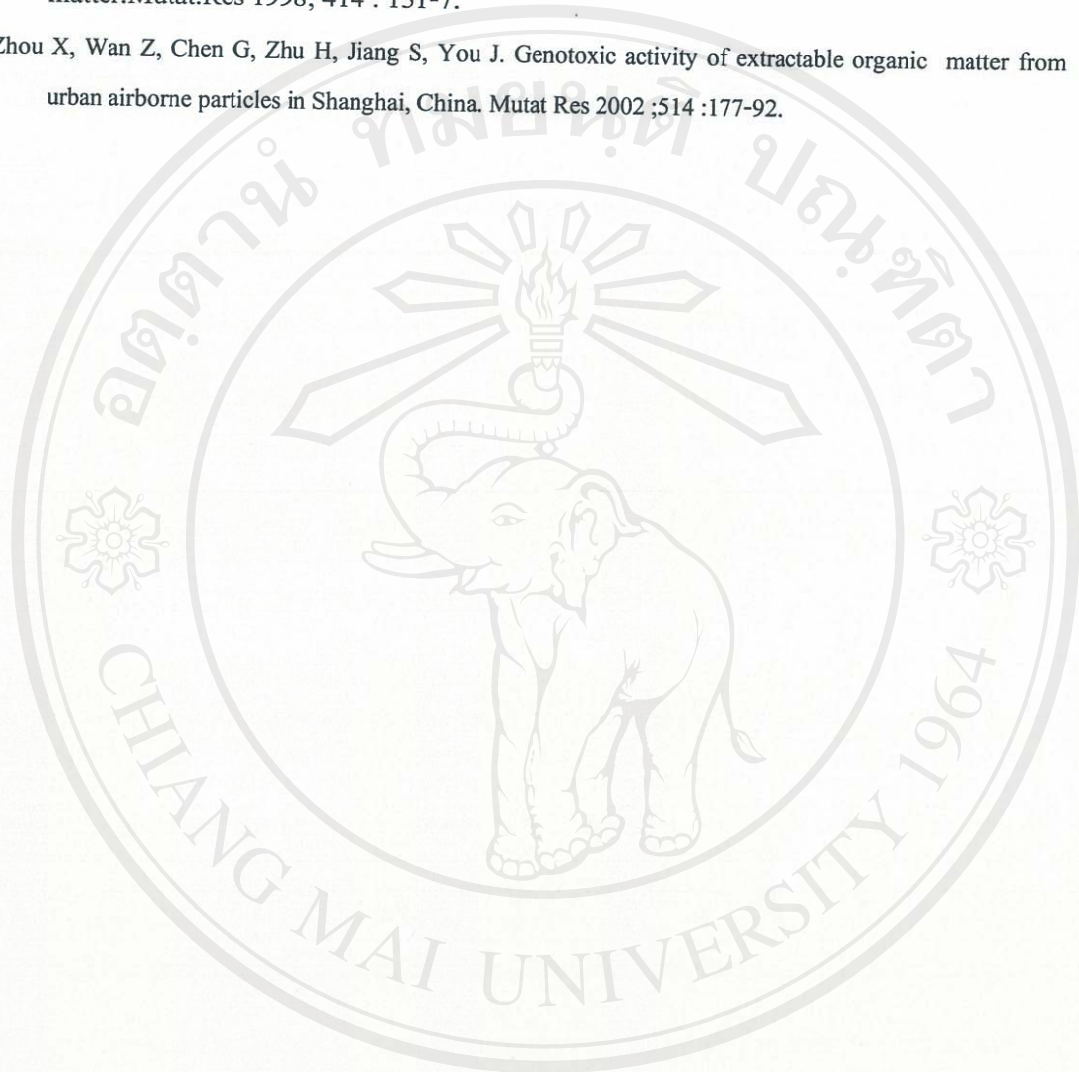
- Appleton J, Lee K.M, Sawicka Kapusta K, Damek M, Cooke M. The heavy metal content of the teeth of the bank vole (*Clethrionomys glareolus*) as an exposure marker of environmental pollution in Poland. *Environ Pollut* 2000; 110 : 441-9.
- Buckley T.J, Liddle J, Akland G, Ashley D.L, Paschal D.C, Burse V.M, et al. Environmental and Biomarker measurements in nine homes in the Lower Rio Grand Valley: multimedia results for pesticides, metals, PAHs, and VOCs. *Environ Int* 1997; 23 (5) : 705-32.
- Dmuchowski W., Bytnerowicz A. Monitoring Environmental Pollution in Poland by Chemical Analysis of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Needles. *Environ Pollut* 1995; 87 : 87-104.
- Fatur T., Tusek M., Falnoga I., Scancar J., Lah T.T., Filipic M. DNA damage and Metallothionein synthesis in human hepatoma cells (HepG2) exposed to cadmium. *Food Chem Tox* 2002.
- Fenech, Michael. The in vitro micronucleus technique. *Mutat Res* 2000; 455 : 81-95.
- Fortoul TI, Osorio LS, Tovar AT, Salazar D, Castilla ME, Olaiz-Fernandez G. Metals in lung tissue from autopsy cases in Mexico City residents: comparison of cases from the 1950s and the 1980s. *Environ Health Perspect* 1996; 104(6) : 630-2.
- Geimaraes E.T., Domingos M., Alves E.S., Caldini Jr N., Lobo D.J.A., Lichtenfels A.J.F.C., Saldiva P.H.N. Detection of the genotoxicity of air pollutants in and around the city of Sao Paulo (Brazil) with the Tradescantia-micronucleus (Trad-MCN) assay. *Environ Exp Bot* 2000; 44 : 1-8.
- Gerdol R, Bragazza L, Marchesini R, Medici A, Pedrini P, Benedetti S, Bovolenta A, Coppi S. Use of moss (*Tortula muralis* Hedw.) for monitoring organic and inorganic air pollution in urban and rural sites in Northern Italy. *Atmos Environ* 2002; 36 : 4069-4075.
- Hsiao W.L. Wendy, Mo Z, Fang M, Shi X, Wang F. Cytotoxicity of PM 2.5 and PM 2.5-10 ambient air pollutions assessed by the MTT and Comet assays. *Mutat Res* 2000; 471 : 45-55.
- Humfrey C.D.N., Levy L.S., Faux S.P. Potential Carcinogenicity of foundry fumes : a comparative in vivo-in vitro study. *Food Chem Tox* 1996; 34 : 1103-11.
- Ieradi L.A., Cristaldi M, Mascanzoni D, Cardarelli E, Grossi R, Campanella L. Genetic Damage in Urban Mice Exposed to Traffic Pollution. *Environ Pollut* 1996; 93 : 323-8.
- Kubova J, Hanakova V, Meaved J, Stresko V. Determination of lead and cadmium in human hair by atomic absorption spectrometric procedures after solid phase extraction. *Anal Chim Acta* 1997; 329-34.

- Schilderman PA, Hoogewerff JA, van Schooten FJ, Maas LM, Moonen EJ, van Os BJ, et al. Possible relevance of pigeons as an indicator species for monitoring air pollution. *Environ Health Perspect* 1997; 105(3) : 322-30.
- Seoane A.I., Dulout F.N. Genotoxic ability of cadmium, chromium and nickel salts studied by kinetochore staining in the cytokinesis-blocked micronucleus assay. *Mutat Res* 2001; 490 : 99-106.
- Silarug N, Sawanpanyalert P, Bovornkitti S. Lung Cancer Prevalence in Thailand. *J Environ Med* 2000; 2 : 257-61.
- Thompson David R, Dowding John E. Site-Specific Heavy Metal Concentration in Blood of South Island Pied Oystercatchers *Haematopus ostralegus finschi* from the Auckland Region, New Zealand. *Mar Pollut Bull* 1999; 38 : 202-6.
- U.S.Environmental Protection Agency. Selection, Preparation and Extraction of Filter Material. 1999a.
- U.S.Environmental Protection Agency. Determination of Metals in Ambient Particulate Matter Using Atomic Absorption (AA) Spectroscopy. 1999b.
- Vaglenov A, Creus A, Laltchev S, Petkova V, Pavlova S, Marcos R. Occupational Exposure to lead and Induction of Genetic Damage. *Environ Health Perspect* 2001; 109(3) :295-8.
- Viksna A, Selin Lindgren E. Determination of lead and cadmium in whole blood of mothers and their babies. *Anal Chim Acta* 1997; 353 : 307-11.
- Vinitketkumnuen U, Kalayanamitra K, Chewonarin T, Kamens R. Particulate matter, PM 10 & PM 2.5 levels, and airborne mutagenicity in Chiang Mai, Thailand. *Mutat Res* 2002; 519 : 121-31.
- Wang C.X , Zhu W, Peng An and Guichreit R. Comparative studies on the concentration of rare earth elements and heavy metals in the atmospheric particulate matter in Beijing, china , and in Delft, the Netherlands. *Environ Int* 2001; 26 : 309-13.
- Wasiak W, Ciszewska W, Ciszewski A. Hair analysis Part 1: Differential pulse anodic stripping voltammetric determination of lead,cadmium,zinc and copper in human hair samples of persons in permanent contact with a polluted workplace environment. *Anal Chim Acta* 1996; 335 : 201-7.
- World Health Organization. Environmental Health Criteria 165 Inorganic Lead. Finland:Vammala; 1995a.
- World Health Organization. Environmental Health Criteria 134 Cadmium. Finland:Vammala;

1995b.

Zhou W, Ye S. Effect of two new lubricants on the mutagenicity of scooter exhaust particulate matter. *Mutat. Res* 1998; 414 : 131-7.

Zhou X, Wan Z, Chen G, Zhu H, Jiang S, You J. Genotoxic activity of extractable organic matter from urban airborne particles in Shanghai, China. *Mutat Res* 2002 ;514 :177-92.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved