บทที่ 2

การสำรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะสมบัติและการนำมาใช้ประโยชน์ของตะกั่ว

ตะกั่ว (Lead) เป็นโลหะหนักจัดอยู่ในหมู่ IV A ของตารางธาตุ ใช้สัญลักษณ์ Pb มีน้ำหนักอะตอม 207.2 วาเลนซีได้หลายแบบ เช่น 1,2 และ 4 ซึ่งตะกั่วที่มีวาเลนซี 2 จะเสถียรมากที่สุด ในสภาวะปกติมีสถานะเป็นของแข็ง สีเทาเข้ม เป็นโลหะที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ (327.502 องศาเซลเซียส) อ่อนสามารถทุบ รีด ดึง นำไปหลอม หล่อหรือดัดแปลง ให้มีรูปร่างต่างๆได้ง่าย สามารถผสมกับโลหะต่างๆ เป็นโลหะผสม (Alloys) ได้หลายชนิด รวมทั้งทำปฏิกิริยาทางเคมีเกิดเป็นเกลือของตะกั่วต่างๆได้ นอกจากนี้การละลาย (Solubility) ของตะกั่วนั้นจะไม่ละลายในน้ำ แต่จะละลายได้ในกรดไนตริก (HNO_3) และกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ที่เข้มข้นและร้อน สำหรับลักษณะสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของตะกั่ว แสดงดังตารางที่ 2.1

ตะกั่วสามารถพบได้ตามธรรมชาติ แต่ที่เป็นธาตุอิสระนั้นมีน้อยมาก ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารประกอบ ในแร่ที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ แร่กาลีนา (Galena) ซึ่งเป็นซัลไฟด์ของตะกั่ว (PbS) และยังเป็นองค์ประกอบในแร่อื่นอีกหลายชนิด เช่น Cerrusite ($PbCO_3$) และ Anglesite ($PbSO_4$) เป็นต้น

ตะกั่วในธรรมชาติส่วนใหญ่จะปรากฏอยู่ในแหล่งแร่ที่ฝังลึกลงไป มนุษย์ขุดเจาะนำตะกั่วออกมาจากแหล่งแร่เหล่านั้นเพื่อนำขึ้นมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะทางด้านอุตสาหกรรมการผลิตโลหะตะกั่วเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ อาจแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. ผลิตจากสินแร่ตะกั่ว (Lead Ores) สินแร่ที่สำคัญที่นำมาถลุง ได้แก่ Galena (PbS), Cerrusite ($PbCO_3$) และ Anglesite ($PbSO_4$)

2. ผลิตจากตะกั่วที่ใช้แล้ว (Lead Scrap) โดยนำโลหะตะกั่วที่ใช้แล้วมาถลุง (refining)ใหม่ ที่สำคัญได้แก่ แผ่นตะกั่วในหม้อแบตเตอรี่รถยนต์เก่า (Storage batteries)

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของตะกั่ว

Atomic number	82
Atomic arrangement	Face-centred cubic
Interatomic distance	0.349 nm (3.49 A)
Atomic weight	207.2 (lead derived from radioactive sources may have atomic weights varying from this figure)
Density at 20 C	11343 kg/m^3 (11.84 g/cm^3) (708 lb/ft^3)
Melting point	327.502 C (600.66 K)
Latent heat of fusion	26.2 kJ/kg (6.26 cal/g) (11.27 B.Th.U/lb)
Thermal conductivity 0 C	36 W/(m K)(0.083 cal/(cm s K))
100 C	34 W/(m K)(0.081 cal/(cm s K))
Specific heat (0 C to 100 C)	(127 J/(kg K))0.031 cal/g/C(average)
Coefficient of linear expansion	0.000029/C

(ที่มา : Environmental and Man Vol. Six , The Chemical Environmental J. Lenihan and W. W. Fletcher , 1977 P.65)

ซึ่งมีประมาณ 70 - 80% ของตะกั่วที่ใช้แล้วทั้งหมด (กองตรวจโรงงาน กรมโรงงาน , 2527)

ตะกั่วจากการผลิตได้ถูกนำมาใช้ในวงการอุตสาหกรรม สามารถแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้คือ

1. ตะกั่วโลหะและโลหะผสมของตะกั่ว

เนื่องจากตะกั่วมีสมบัติที่คงทนต่อการผุกร่อนและมีความอ่อนตัว หลอมเหลวได้ง่าย รวมทั้งสามารถป้องกันการแผ่รังสี ตะกั่วจึงใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่อไปนี้ คือใช้เป็นแผ่น Grid หัวขั้วสะพานไฟของหม้อแบตเตอรี่ ทำโลหะบัดกรี ใช้หล่อเป็นตัวพิมพ์ ทำหัวลูกปืน ทำฟิวส์ไฟฟ้า ใช้ตะกั่วหุ้มสายเคเบิล ใช้หล่อเป็นรูปร่างต่างๆ ทำเครื่องประดับใช้เป็นตัวเชื่อมในวงจรอิเลคโทรนิค ใช้เป็นโลหะกันรังสี

2. สารประกอบตะกั่วอนินทรีย์ ตัวอย่างเช่น

ตะกั่วออกไซด์ (Lead oxide)ได้แก่ Lead mono-oxide (PbO) หรือ Litharage ใช้เป็นสารสีเหลืองผสมสีทาบ้าน, Lead di-oxide (PbO_2) ใช้ในอุตสาหกรรมแบตเตอรี่รถยนต์ เป็นขั้วอีเลคโทรด, Lead red oxide (Pb_3O_4) หรือตะกั่วแดงใช้เป็นสีกันสนิม นอกจากนี้ยังใช้ทำ แก้ว crystal ยางและภาชนะเครื่องเคลือบ

ตะกั่วคาร์บอเนต (Lead carbonate, $PbCO_3$) ผสมกับ Lead hydroxide ($Pb(OH)_2$) รวมเรียกว่า White Lead ผสมในฝุ่นสีขาว สีน้ำมัน หมึกพิมพ์ สีพลาสติก ฯลฯ

ตะกั่วซัลเฟต (Lead sulfate, $PbSO_4$) ใช้ในอุตสาหกรรมสี ภาชนะเครื่องเคลือบ และภาชนะพลาสติก ตะกั่ว

ตะกั่วโครเมต (Lead chromate, $PbCrO_4$) หรือ Chromate yellow ใช้ทำสีเหลือง สำหรับผสมในสีน้ำมัน สีพิมพ์ ผงฝุ่นสีเหลือง หมึกพิมพ์

ตะกั่วอะซิเตต (Lead acetate, CH_3COOPb) เป็นเกลือของตะกั่วที่ละลายน้ำได้ดี และใช้ในเครื่องสำอางค์-ครีมใส่ผม

ตะกั่วไนเตรต (Lead nitrate, $Pb(NO_3)_2$) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมยางและพลาสติก

ตะกั่วอาซิเนต (Lead arsenate ,$Pb_3(AsO_4)_2$) และตะกั่วอาเซไนต์ (Lead arcenite) ใช้ในโรงงานผลิตยาฆ่าแมลง และวัชพืชบางชนิด

ตะกั่วซิลิเกต (Lead silicate, $PbSiO_3$) ใช้ผสมในกระเบื้องเคลือบ หรือเซรามิก เพื่อให้เกิดความเป็นเงางามและมีผิวเรียบ

3. สารประกอบตะกั่วอินทรีย์ ตัวอย่างเช่น

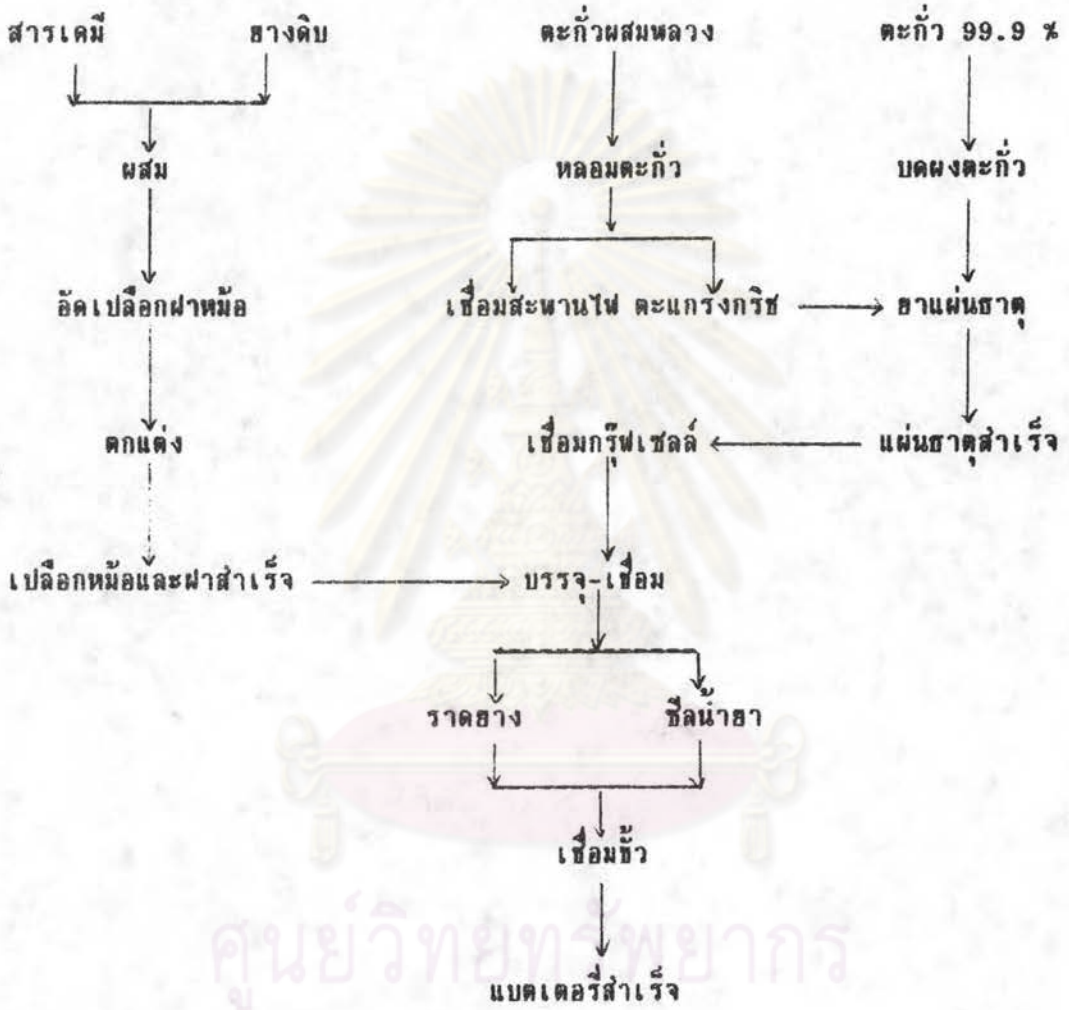
ตะกั่วสเตียเรต (Lead stearate, $Pb(C_{18}H_{35}O_2)$ ใช้ในโรงงานผลิตวานิช แลคเกอร์ น้ำมันหล่อลื่น จารบี และโรงงานผลิตสี

ตะกั่วในรูปสารสังเคราะห์ ได้แก่ Tetraethyl lead (TEL), $Pb(C_2H_5)_4$ และ Tetra-methyl lead (TML), $Pb(CH_3)_4$ ซึ่งใช้ประโยชน์เป็นสารเพิ่มค่าออกเทนของน้ำมันเบนซิน เพื่อป้องกัน antinock ของเครื่องยนต์ ซึ่งจัดเป็นแหล่งแพร่กระจายตะกั่วที่เคลื่อนที่ได้ที่สำคัญที่สุดแหล่งหนึ่งในปัจจุบัน

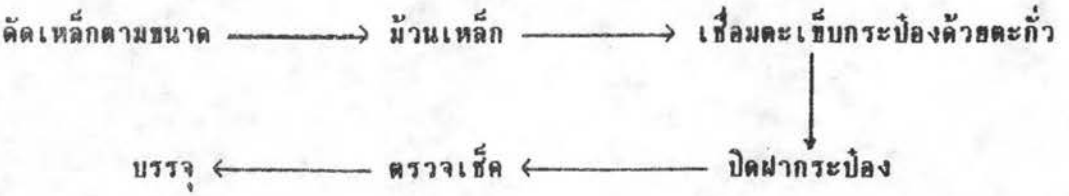
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างแผนภูมิกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมที่ใช้ตะกั่วแต่ละประเภท (สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน กรมแรงงาน กระทรวงมหาดไทย, 2530)

1. แผนภูมิกระบวนการผลิตแบตเตอรี่



2. แผนภูมิกระบวนการผลิตกระป๋อง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. แผนภูมิกระบวนการผลิตเครื่องประดับ

หลอมตะกั่ว (ตะกั่ว 50%,ดีบุกและอื่นๆ 50%) ——> เทลงแบบ ——> ขึ้นงาน

บรรจุ <—— แต่งสี <—— ขุบ <—— ขัด <—— ตกแต่ง (มีการบัดกรี)

4. แผนภูมิกระบวนการขึ้นส่วนอิเลคโทรนิคส์

ทำความสะอาดครั้งแรก (Pre Clean) ——> จุ่มน้ำประสาน (Fluy) ——> ขุบตะกั่ว

(Run electrovert)

ทำความสะอาดครั้งหลัง (Post Clean) <—— หล่อพลาสติกลงบนแผนวงจร (Mold Part)

ทำให้ชิ้นงานเย็น (Bake) ——> ใส่ชิ้นงานสำเร็จในภาชนะบรรจุ (Tube Transfer)

5. แผนภูมิกระบวนการประกอบวิทยุโทรทัศน์

นำตัว ——>บัดกรีขา IC/ตะกั่ว ——>ประกอบวิทยุ/โทรทัศน์ ——>ตรวจเช็ค ——>บรรจุ

6. แผนภูมิกระบวนการหล่อตัวพิมพ์

หลอมแท่งตะกั่วหรือตัวพิมพ์เก่าให้ละลาย ——> หล่อเป็นตัวพิมพ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 ผลกระทบของตะกั่วต่อมนุษย์

ตะกั่วสามารถเข้าสู่มนุษย์ได้จากแหล่งต่างๆ หลายแหล่ง ทั้งจากสิ่งแวดล้อมโดยตรง เนื่องมาจากมีการเจือปนของตะกั่วอยู่ในบรรยากาศ ในน้ำ หรือในดิน อันเป็นผลจากการกระทำของมนุษย์ที่เรียกว่า อันตรายจากสิ่งแวดล้อมเป็นพิษและมนุษย์สามารถรับตะกั่วโดยการรับประทานพืชผักที่มีตะกั่วปนเปื้อนเข้าไป ตะกั่วเป็นสารที่เข้าสู่ร่างกายแล้ว บางส่วนจะถูกสะสมอยู่ในร่างกาย เมื่อมีปริมาณการสะสมอยู่ในระดับสูงเป็นเวลานานๆ จะเกิดอาการเป็นพิษต่อร่างกาย เกิดการเจ็บป่วยขึ้นซึ่งเรียกว่า โรคแห้พิษตะกั่ว

ตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือทางจมูก ปาก และผิวหนัง เมื่อตะกั่วเข้าสู่กระแสเลือดแล้วจะถูกพาไปทั่วร่างกาย สามารถพบตะกั่วได้ในทุกส่วน ตะกั่วส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ในกระดูกถึง 95% ซึ่งประมาณเท่ากับ 6.60 - 7.82 ไมโครกรัมต่อกรัม ลิ้น หัวใจ และสมองมีตะกั่ว 0.05 - 0.09 ไมโครกรัมต่อกรัม ไขรอยด์ กล้ามเนื้อ ปอด กระเพาะ ลำไส้ มีตะกั่ว 0.14 - 0.19 ไมโครกรัมต่อกรัม ไต ม้ามและตับอ่อนมีตะกั่ว 0.65 - 0.80 ไมโครกรัมต่อกรัม เส้นผมมีตะกั่ว 2 - 80 ไมโครกรัมต่อกรัม ตะกั่วสามารถถูกขับจากร่างกายทางไต เหงื่อและสามารถพบตะกั่วในน้ำนมมารดาได้ คนปกติมีตะกั่วในปัสสาวะประมาณ 50 - 80 ไมโครกรัมต่อลิตร กรณีที่ได้รับตะกั่วมากขึ้นอาจพบตะกั่วในปัสสาวะสูงถึง 200 - 500 ไมโครกรัมต่อลิตร เว้นแต่ในรายที่มีความผิดปกติของไตเป็นเหตุให้ขับตะกั่วออกได้น้อยซึ่งจะพบปริมาณตะกั่วในเลือดสูงขึ้น ในเลือดของคนปกติ ผู้ใหญ่ไม่ควรเกินกว่า 40 ไมโครกรัมต่อ 100 ลบ.ซม. จากรายงานการตรวจเลือดของคนปกติ พบว่าคนในเขตเมืองได้ค่าเฉลี่ย 23.6 ไมโครกรัมต่อ 100 ลบ.ซม. ส่วนคนในชนบทได้ค่าเฉลี่ย 16.5 ไมโครกรัมต่อ 100 ลบ.ซม. นอกจากนี้ สมพล กฤตลักษณ์ (2532) ได้กล่าวถึงอันตรายของสารตะกั่วต่อมนุษย์ทางชีวเคมี และสรีระ มีดังนี้คือ

ผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ ตะกั่วจะทำให้สมบัติของเม็ดเลือดแดงเปลี่ยนไป และมีผลให้อายุของเม็ดเลือดแดงสั้นขึ้นกว่าปกติคือน้อยกว่า 120 วัน ตะกั่วสามารถรวมตัวกับ Na/K ATPase บนเยื่อหุ้มเซลล์ของเม็ดเลือดแดงและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และทำให้การเก็บโปแตสเซียมอิออนเข้าเซลล์เป็นไปไม่ได้ ขณะเดียวกันโปแตสเซียมอิออนในเซลล์ก็รั่วออกมาข้างนอก

ผลร้ายต่อการสร้างฮีม (Heme) และฮีโมโปรตีน (Hemoproteins) ตะกั่วสามารถ

ยับยั้งการสร้างฮีมและฮีโมโกลบิน ซึ่งจำเป็นต่อการนำพาออกซิเจนในเม็ดเลือดแดงและผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการสร้างฮีมและฮีโมโปรตีน จะปรากฏให้เห็นก่อนที่จะมีอาการต่อระบบประสาทหรือระบบอื่นๆ ตะกั่วสามารถจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ALAD และ Heme synthetase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญ 2 ตัว ในขั้นตอนการสังเคราะห์ฮีมและฮีโมโกลบินในไขกระดูก

ผลต่อการทำงานของไต การได้รับสารตะกั่วเข้าไปมากๆจนเลือดมีตะกั่วมากกว่า 100 ไมโครกรัมเปอร์เซนต์ จะมีการทำลายเซลล์ของ Renal tube และส่งผลให้มีการขับกรดอะมิโนออกทางปัสสาวะเพิ่มขึ้น (aminoaciduria) การขับน้ำตาลออกทางปัสสาวะมากขึ้น (glucosuria) การขับเกลือฟอสเฟตมากขึ้น (hyperphosphaturia) ความเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะเกิดขึ้นชั่วคราว แล้วก็ปรับเข้าสู่สภาพปกติได้ บางครั้งอาการพิษของตะกั่วจะเกิดร่วมกับโรค gout ทำให้มีอาการปวดตามข้อ ตะกั่วทำให้เกิดการแข็งกระด้าง (sclerosis) และมีเยื่อเหนียวระหว่างเนื้อเยื่อของไต ทำให้ประสิทธิภาพของการกรองลดลงในที่สุดอาจเกิดไตวาย (Renal failure)

ผลต่อสมองและระบบประสาท เด็กที่ได้รับพิษจากตะกั่วอนินทรีย์ หรือผู้ใหญ่ที่ได้รับสารพิษตะกั่วชนิดเตตระเอทธิล (Tetraethyl) จะเกิดภาวะอย่างเดียวกัน คือสมองอักเสบจากพิษตะกั่ว (Lead encephalitis) เนื่องจากมีตะกั่วเข้าไปในเนื้อเยื่อของระบบประสาทแล้วทำลายเซลล์ประสาท ทำให้อาจกลายเป็นใบ้หรือตาบอด เพราะระบบประสาทที่รับความรู้สึกทางหู และทางตาเสื่อมลง การตรวจจะพบว่ามีการบวม เซลล์จำนวนมากถูกทำลายซึ่งอาจเกิดจากพิษตะกั่วที่เข้าไปรบกวนเมตะบอลิสม์ของสมองโดยตรง หรืออาจเกิดจากการอัดแน่นของส่วนสมองที่บวมกับกระโหลกศีรษะก็ได้

ผลต่อกระดูก มีการสะสมของตะกั่วในกระดูกสูง ในเด็กซึ่งอยู่ในระยะที่กำลังเจริญเติบโต จะพบในภาพเอกซเรย์ว่าบริเวณ epiphyses ของกระดูกท่อนยาว ได้แก่ กระดูกแขนและขา รวมทั้งอาจเห็นได้บริเวณกระโหลกศีรษะ จะปรากฏเป็นแถบสีขาว (density) เห็นได้ชัดเจน เชื่อว่าเกิดจากการแทรกของตะกั่วเข้าไปสู่บริเวณที่เจริญงอกของกระดูกเหล่านั้น ลักษณะดังกล่าวพบว่า จะจางหายไปได้โดยใช้เวลา 10 - 15 ปี

ผลต่อระบบสืบพันธุ์ ผู้ที่ได้รับตะกั่วติดต่อกันเป็นเวลา เช่นในคนงาน อาจพบอาการเป็นหมัน ซึ่งมีรายงานว่าเกิดได้ทั้งในชายและหญิง ในชายพบว่าเกิดเนื่องจากมีการสลายของ epithelium ที่ germinal ของอัณฑะ ส่วนในหญิงพบ atrophy ของเยื่อ chorionic หรือ

เกิดจากการหดเกร็งของกล้ามเนื้อในมดลูก

อาการทั่วๆไปของโรคแพ้พิษตะกั่ว แบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

1. การแพ้พิษตะกั่วชนิดเฉียบพลัน (Acute lead poisoning)

มักเกิดจากอุบัติเหตุ กินสารตะกั่วเข้าไปจำนวนมาก ถ้าเป็นตะกั่วชนิดอนินทรีย์ (Inorganic lead) จะมีอาการทั่วไปดังนี้ คือ ปากจะมีรสโลหะ กระหายน้ำ ปวดแสบปวดร้อนในท้อง อาเจียน บางกรณีมีอาการท้องร่วง หรือบางครั้งท้องผูก อุจจาระอาจจะดำและปัสสาวะอาจจะน้อย และอาจตายได้ภายใน 2 - 3 วัน นำโดยมีอาการอ่อนเพลีย เป็นลม และสิ้นสติ สำหรับการแพ้พิษตะกั่วอินทรีย์ จะมีอาการแตกต่างจากพิษตะกั่วอนินทรีย์ โดยส่วนมากมีอาการทางประสาท เช่น หงุดหงิด นอนไม่หลับคลุ้มคลั่ง บ้าคลั่ง เกิดความคิดสับสนและวิกลจริต เพราะสมองถูกทำลายด้วย และในที่สุดอาจถึงตายได้เช่นกัน

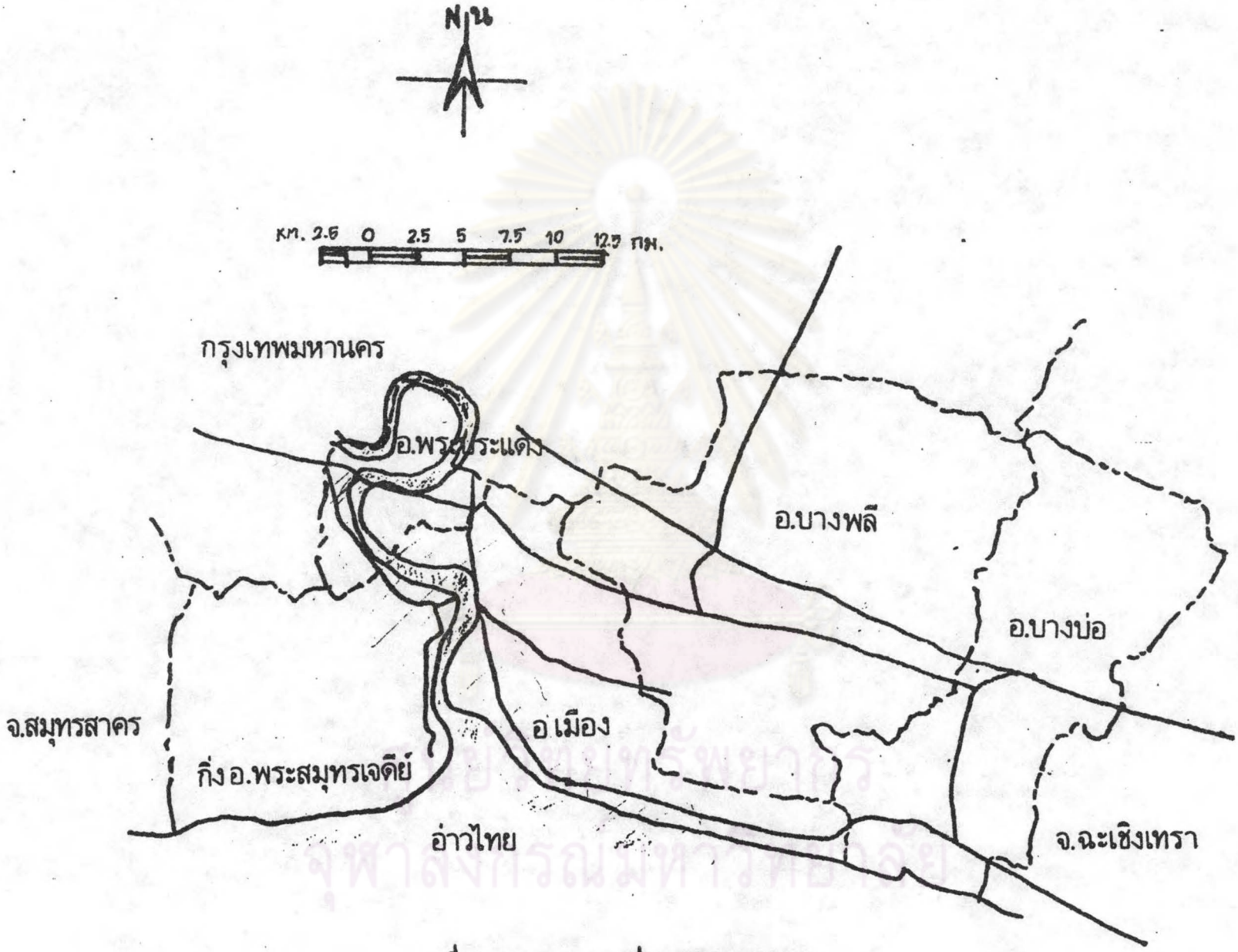
2. การแพ้พิษตะกั่วชนิดเรื้อรัง (Chronic lead poisoning)

ชนิดเรื้อรังนี้มักเกิดในกรณีที่ได้รับสารตะกั่วทีละน้อยและสะสมอยู่ในร่างกาย หรือสภาพที่เป็นกลับมาอีก หลังจากได้รับตะกั่วในปริมาณมากจะมีอาการทั่วไปคือ อ่อนเพลีย โลหิตจาง มีเส้นตะกั่วที่ขอบเหงือกสีม่วงคล้ำ ปวดท้องอย่างรุนแรง มีอาการทางประสาท เช่นข้อมือตก อาการทางคลินิคอื่นๆ ที่มีความสำคัญน้อย เช่น ปวดหัว เมื่อยล้า อิดโรย ปวดตามข้อ เบื่ออาหาร หน้าซีด ปวดกล้ามเนื้อ ท้องผูก จะมีอาการท้องเดินเป็นบางครั้ง ถ้าเป็นการแพ้พิษตะกั่วอินทรีย์ จะพบอาการทางประสาท และอาการของระบบทางเดินอาหาร นอนไม่หลับ น้ำหนักลด จะไม่พบอาการปวดท้องแบบ colic เลย ปวดศีรษะ ตาพร่า นอกจากนี้อาจมีอาการคลุ้มคลั่ง และตายได้

2.3 ข้อมูลจังหวัดสมุทรปราการ

จังหวัดสมุทรปราการตั้งอยู่ทางทิศใต้ของกรุงเทพมหานคร และเป็นจังหวัดทางออกของแม่น้ำเจ้าพระยา ภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มและทางตอนใต้บริเวณใกล้ชายฝั่งทะเลเป็นบริเวณที่น้ำทะเลเข้าถึง ประกอบด้วย 4 อำเภอ คืออำเภอเมืองสมุทรปราการ อำเภอบางบ่อ และอำเภอบางพลี และทางฝั่งขวาเป็นที่ตั้งของอำเภอพระประแดง และกิ่งอำเภอพระสมุทรเจดีย์

0195686



รูปที่ 2.1 แสดงแผนที่จังหวัดสมุทรปราการ

จังหวัดสมุทรปราการเป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมมากที่สุดโดยเฉพาะในเขตสมุทรปราการฝั่งขวาตั้งแต่บริเวณทางแยกเข้าสู่อำเภอพระประแดง ไปตามถนนสุขสวัสดิ์ จะมีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่ประกอบกิจการเกี่ยวกับการทอด้าย ย้อมด้าย,ฟอก-ย้อมผ้า,ทอผ้า ทอผ้าขนหนู, และอุตสาหกรรมเคมีเป็นส่วนน้อย

ในเขตจังหวัดสมุทรปราการฝั่งซ้ายจะมีโรงงานอุตสาหกรรมหนาแน่นมากในบริเวณถนนปู่เจ้าสมิงพราย บริเวณปากแม่น้ำและตามแนวชายฝั่งทะเล มีการประกอบกิจการหลายประเภท อาทิเช่น โรงงานทอ-ฟอก-ย้อมผ้า โรงงานฟอกหนัง โรงงานเกี่ยวกับการผลิตอาหาร โรงงานผลิตสี โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับโลหะ เช่น ชุบโลหะ แบตเตอรี่รถยนต์ อะไหล่รถยนต์ และจักรยานยนต์ ประกอบรถยนต์และจักรยานยนต์ เป็นต้น (กองสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2529)

รายชื่อโรงงานที่ใช้ตะกั่วในกระบวนการผลิตในจังหวัดสมุทรปราการแสดงดังในตารางที่ 2.2

สำหรับพื้นที่ของจังหวัดสมุทรปราการส่วนใหญ่จะเป็นที่ราบลุ่ม ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ

1. บริเวณริมเจ้าพระยาทั้ง 2 ฝั่งซึ่งเป็นพื้นที่ราบลุ่มทั้งหมด เหมาะสำหรับการทำนาและทำสวน

2. บริเวณตอนใต้ใกล้ชายฝั่งทะเล น้ำทะเลท่วมถึง และพื้นดินจะเค็มจัดในฤดูแล้ง โดยมากจะเป็นที่ราบลุ่มเหมาะแก่การทำป่าจากและป่าฟืน

3. บริเวณที่ราบกว้างใหญ่ทางเหนือและทางตะวันออก ซึ่งจะเป็นที่กว้างโดยตลอด เหมาะแก่การทำนา นอกจากนี้ยังมีประตูชลประทานหลายแห่ง สำหรับกักกันน้ำเค็มและระบายน้ำจืดในการทำนา (สำนักงานพาณิชย์จังหวัดสมุทรปราการ, 2533)

ตารางที่ 2.2 แสดงรายชื่อโรงงานที่ใช้สารตะกั่วเป็นหลักในการผลิต ในเขตจังหวัดสมุทรปราการ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2529)

ที่	ชื่อโรงงาน (ประกอบกิจการ)	สถานที่ตั้ง
1.	โรงหล่อรัตนประดิษฐ์ (หล่อตะกั่ว)	54 หมู่ 10 ถนนสุขสวัสดิ์ ต.บางครุ อ.พระประแดง
2.	หจก.เสียงชัวหล่อหอมโลหะ (หลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่)	233 หมู่ 3 ซอยประชา ต.ท้ายบ้าน อ.เมือง
3.	บ.ไทยมัลติคอล์ จำกัด (ตะกั่วบัดกรี)	1417 หมู่ 9 ซอยศรีบุญเรือง1 ถนนเทพารักษ์ ต.สำโรงเหนือ อ.เมือง
4.	โรงงานหล่อบางปิ้ง (หลอมเป็นแท่งตะกั่วบัดกรี)	5 หมู่ 1 ถนนสุขุมวิท ต.ท้ายบ้าน อ.เมือง
5.	บ.โตกิโปรดักส์ จำกัด (ทำตะกั่วชนิดขดและชนิดแท่ง)	1545 หมู่ 9 ซอยนารายณ์2 ถนนเทพารักษ์ ต.สำโรงเหนือ อ.เมือง
6.	หจก.ต.เจริญสินอุตสาหกรรม (ทำกล่องหม้อแปลงไฟ)	111 หมู่ 1 ซอยกลับเจริญ2 ถนนสุขสวัสดิ์ ต.ในคลองบางปลากด อ.เมือง
7.	บ.ไทยโซลเดอร์อินดัสตรี จำกัด	11/2 หมู่ 13 ถนนปู่เจ้าสมิงพราย
8.	ร้านนพประดิษฐ์	247/58 ถนนปู่เจ้าสมิงพราย
9.	บ.กิมฮวด จำกัด (ทำแผ่นธาตุ)	87/1 หมู่ 3 ซอยประชา ถนนสุขุมวิท ต.ท้ายบ้าน อ.เมือง
10.	หจก.เอ็งพรชัย (ทำแบตเตอรี่)	16/1 หมู่ 7 ถนนบางนา-ตราด ต.บางแก้ว อ.บางพลี
11.	บ.อัวร์ซ่าแบตเตอรี่ประเทศไทย จก. (ทำแบตเตอรี่)	164 หมู่ 5 ซอยเมฆฟ้าอำนวย ต.ท้ายบ้าน อ.เมือง

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) แสดงรายชื่อโรงงานที่ใช้สารตะกั่วเป็นหลักในการผลิต ในเขตจังหวัดสมุทรปราการ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2529)

ที่	ชื่อโรงงาน (ประกอบกิจการ)	สถานที่ตั้ง
12.	บ.เนชั่นแนลไทย จำกัด (ทำแบตเตอรี่)	166 ถนนสุขุมวิท กม.21 ต.สำโรงเหนือ อ.เมือง
13.	บ.สยามอีเอสแบตเตอรี่ จำกัด (ทำแบตเตอรี่)	78 หมู่ 3 ถนนสุขุมวิท กม.38.8 ต.บางปูใหม่ อ.เมือง
14.	บ.อนันตชัย-โกเบแบตเตอรี่ จก. (ทำแบตเตอรี่)	239 หมู่ 1 ซอยกกลับเจริญ3 ถนนสุขสวัสดิ์ ต.ปากคลองบางปลากด อ.กิ่งพระสมุทรเจดีย์
15.	บ.ไทยแบตเตอรี่อุตสาหกรรม จก. (ทำแบตเตอรี่)	27/1 หมู่ 1 ถนนปู่เจ้าสมิงพราย ต.สำโรงใต้ อ.พระประแดง
16.	บ.สหแอลเอ็มเค จำกัด (ทำแบตเตอรี่)	2/3 หมู่ 10 ถนนเทพารักษ์ กม.15 ต.บางปลา อ.บางพลี
17.	บ.ไทยสตอร์เรจแบตเตอรี่ จก. (ทำแบตเตอรี่)	นิคมอุตสาหกรรมบางปู ต.บางปูใหม่ อ.เมือง
18.	บ.แผ่นกั้นแบตเตอรี่ จก. (ทำแผ่นกั้นแบตเตอรี่)	15 หมู่ 14 ถนนบางนา-ตราด ต.บางพลีใหญ่ อ.บางพลี
19.	บ.ไทยไฟเบอร์กลาส จก. (ทำแผ่นกั้นแบตเตอรี่)	12/4 หมู่ 5 ถนนบางนา-ตราด ต.บางโฉลง อ.บางพลี
20.	บ.CPK อินเวสเมนต์ จก. (ทำแผ่นกั้นแบตเตอรี่)	27/1 หมู่ 1 ซอยสยามไฮโล ถนนปู่เจ้าสมิงพราย ต.สำโรงใต้ อ.พระประแดง

ทรัพยากรที่เกี่ยวกับการเกษตรได้แก่ ที่ดิน ป่าไม้และแหล่งน้ำ

1. ที่ดิน เนื้อที่ถือครองทั้งหมดของจังหวัดสมุทรปราการ 555,912 ไร่นั้น มีเนื้อที่ถือครองเพื่อการเกษตร 228,450 ไร่ โดยเป็นเนื้อที่ทำนา 148,514 ไร่ ปลูกผลไม้และไม้ยืนต้น 78,614 ไร่ และอื่นๆ ลักษณะดินของจังหวัดสมุทรปราการ แบ่งตามแนวลักษณะกลุ่มดินตามประเภทของ Great group แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มดินนา ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 65% ของพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัด และกลุ่มดินพื้นที่ดินเค็มชายฝั่งทะเล ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 35% ของพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัด

2. ป่าชายเลน แบ่งออกเป็น 3 เขต คือ เขตหวงห้าม เขตเศรษฐกิจ ก. และเขตเศรษฐกิจ ข.

3. แหล่งน้ำ ได้แก่ แหล่งน้ำตามธรรมชาติ แหล่งน้ำชลประทาน และน้ำใต้ดิน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2531)

จังหวัดสมุทรปราการมีพื้นที่บางส่วนที่ติดอยู่กับอ่าวไทย ลักษณะภูมิอากาศจึงได้รับอิทธิพลจากลมทะเลตลอดเวลา อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 28.4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 75.9% ปริมาณฝนตลอดทั้งปี 912.0 มิลลิเมตร (กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา, 2533)

จังหวัดสมุทรปราการเป็นจังหวัดที่มีสภาพพื้นที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก เพราะเป็นที่ราบลุ่มปากแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งสภาพดินมีความอุดมสมบูรณ์ มีการปลูกข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของจังหวัด แต่ในขณะเดียวกันภาคอุตสาหกรรม และธุรกิจบ้านจัดสรรที่ดินขยายตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้ที่ดินมีราคาสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เจ้าของที่ดินจึงต้องการขาย หรือทำประโยชน์อย่างอื่นที่ให้ผลตอบแทนสูง ทำให้การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรมีน้อยลง ในปี 2532 มีพื้นที่นาถือครองทั้งสิ้น 125,776 ไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในอำเภอคือ อำเภอบางพลีและอำเภอบางบ่อ นอกจากนี้เกษตรบางส่วนจะมีการทำไร่นาสวนผสมปลูกผลไม้หลายชนิด อาทิเช่น มะพร้าว มะม่วง มะนาว มะขามเปรี้ยว ลิ้นจี่ ขนุน ส้มเขียวหวาน กล้วยหอม กล้วยน้ำว้า ละมุด ชมพู่ ฝรั่ง มะละกอ พุทรา ส้มโอ หมาก ทุเรียน น้อยหน่า กระท้อนห่อ เป็นต้น (สำนักงานพาณิชย์จังหวัดสมุทรปราการ, 2533)

การปลูกพืชผักในจังหวัดสมุทรปราการ จากการสำรวจข้อมูลพื้นฐานระดับหมู่บ้านของจังหวัด ปีการเพาะปลูก 2527/28 พืชผักที่เกษตรกรปลูกเป็นส่วนใหญ่ได้แก่ เห็ด ปลูกกันมากในอำเภอบางพลี เนื่องจากพื้นที่ของอำเภอบางพลีเป็นที่ลุ่ม เกษตรกรมีการปลูกผักกะเฉดกันมาก นอกจากนี้ในอำเภอพระประแดง อำเภอบางบ่อและอำเภอเมืองบางส่วน มีการปลูกพืชผักบางชนิด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2531)

จากข้อมูลสถิติของจังหวัดสมุทรปราการ พบว่าชนิดของพืชผักที่สำคัญที่ปลูกได้แก่ พริก กระเทียม มะเขือเทศ แตงร้าน ถั่วฝักยาว แตงกวา ผักกาดขาว ผักกาดหอม ผักคะน้า ผักบุ้ง (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2528)

2.4 การปนเปื้อนของตะกั่วในสิ่งแวดล้อม จังหวัดสมุทรปราการ

แหล่งที่มาของตะกั่วที่ปนเปื้อนในสิ่งมีชีวิตทั้งมนุษย์ สัตว์และพืชนั้น มาจากแหล่งตามธรรมชาติ (Natural Source) และแหล่งที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่นำตะกั่วขึ้นมาใช้ประโยชน์ในปัจจุบัน (Man-made Source)

ตะกั่วในธรรมชาติที่ปรากฏอยู่ทั่วไปตามพื้นผิวของโลกพบว่าอยู่ในความเข้มข้นประมาณ 13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะอยู่ในดินที่มีความเป็นด่างมากกว่าดินที่เป็นกรด ตะกั่วจะอยู่ในรูปของสารประกอบไม่ละลายน้ำ (Insoluble) และเกลือที่ละลายน้ำได้เล็กน้อย (Slightly soluble) เป็นส่วนมาก เช่น Lead carbonate , Lead phosphate และ Organo lead complex ส่วน Lead oxide , Lead chloride และ Lead sulfate ในธรรมชาติจะมีอยู่น้อย นอกจากนี้ในดินและหินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5 - 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในอากาศ 0.0001 - 0.001 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในน้ำ 1 - 60 ppb. (กิตติ เลกอำพน, 2529) สำหรับตามแหล่งน้ำต่างๆจะพบตะกั่วในระดับที่แตกต่างกันไปตามสถานที่ว่ามีการปลดปล่อยตะกั่วลงในแหล่งน้ำนั้นหรือไม่เช่น ใกล้โรงงานอุตสาหกรรม ใกล้แหล่งแร่ตะกั่ว ซึ่งอาจจะเกิดการชะล้างตะกั่วลงไปในแหล่งน้ำได้

สำหรับแหล่งแร่ตะกั่วในประเทศไทย ที่ได้มีการทำเหมืองแร่ขึ้นมาใช้ประโยชน์นั้น อยู่ที่ตำบลชะแล อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี เมื่อตะกั่วได้ถูกนำออกมาจากแหล่งแร่ส่วนใหญ่

จะนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรม ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เป็นแหล่งที่ปล่อยตะกั่วเข้าสู่สิ่งแวดล้อมและสามารถปนเปื้อนในสิ่งมีชีวิตได้ โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ตะกั่วในการผลิต เช่น โรงงงานอุตสาหกรรมเคมี โรงงานผลิตโลหะ โรงงานผลิตตะปู โรงงานถลุงแร่ตะกั่ว โรงงานถลุงตะกั่วจากแบตเตอรี่ โรงงานผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ โรงกลึง โรงงานผลิตสีทาบ้าน โรงงานผลิตเครื่องเคลือบดินเผา อู่ซ่อมรถ เป็นต้น โรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้หากไม่มีการบำบัดน้ำทิ้ง หรือกำจัดตะกั่วก่อนปล่อยออกสู่ตามแหล่งน้ำตามธรรมชาติ อาจจะทำให้มีตะกั่วปนเปื้อนในแหล่งน้ำ และฟุ้งกระจายในอากาศภายนอกโรงงาน ตะกั่วเหล่านี้จะสามารถปนเปื้อนในสิ่งมีชีวิตได้

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าจังหวัดสมุทรปราการมีโรงงานอุตสาหกรรมหนาแน่น ตะกั่วจากโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้ จะถูกปลดปล่อยออกไปสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้มีการสำรวจปริมาณโลหะตะกั่วในสิ่งแวดล้อมทางน้ำและอากาศ เพื่อเป็นการประเมินและศึกษาคุณภาพและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พอสรุปได้ดังนี้

2.4.1 ตะกั่วในแหล่งน้ำ

ลักษณะทั่วไปของตะกั่วที่พบในแหล่งน้ำ (นัทธีรา ปรีชาหาญ, 2531) ในบริเวณปากแม่น้ำและในน้ำทะเล มีปริมาณตะกั่วรูปแบบต่างๆ ดังนี้

สารประกอบเชิงซ้อน กับคอลลอยด์อนินทรีย์	40 - 80 %
สารประกอบเชิงซ้อน กับคอลลอยด์อินทรีย์	10 - 35 %
อิออนอิสระ	0 - 20 %
สารประกอบเชิงซ้อน กับลิแกนด์อนินทรีย์อื่นๆ	0 - 30 %

ตะกั่วในรูปอิออนอิสระ เป็นรูปที่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาการรวมตัวกับสารตัวอื่น ดังนั้นตะกั่วในรูปนี้จึงเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต แต่ตะกั่วในรูปสารประกอบคอลลอยด์จะไม่เป็นพิษ คอลลอยด์อนินทรีย์เช่น ซิลิกา อะลูมินา แมงกานีสไดออกไซด์ หรือของแข็งอื่นๆ สามารถดูดซับตะกั่วที่เป็นอิออนอิสระได้ ความเป็นพิษจึงน้อยลง ปริมาณตะกั่วในแหล่งน้ำต่างๆนั้น จะมีปริมาณ

มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับว่าแหล่งน้ำนั้นอยู่ใกล้กับแหล่งที่ปล่อยตะกั่วเพียงใด โดยธรรมชาติแล้วจะมีปริมาณตะกั่วน้อย ผลการสำรวจปริมาณตะกั่วในแม่น้ำเจ้าพระยา โดยงานคุณภาพน้ำ กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ สรุปได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณตะกั่วในแม่น้ำเจ้าพระยา ปี พ.ศ.2526-2527
(สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2528)

แม่น้ำ	ปี พ.ศ.	ปริมาณของตะกั่ว	หมายเหตุ
เจ้าพระยา	2526	0.0025 mg./l.	ค่าสูงสุด เดือนเมษายน น้ำลงต่ำสุด บริเวณปากคลองเทเวศร์
		0.0044 mg./l.	ค่าสูงสุดที่ อ.หนุหดีรี จ.นครสวรรค์
	2527	0.0023 mg./l.	ค่าสูงสุดที่ อ.สามโคก จ.ปทุมธานี
		0.0021 mg./l.	ค่าสูงสุดที่เขื่อนเจ้าพระยา จ.ชัยนาท

จากรายงานคุณภาพน้ำและการแก้ไขปัญหา ความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา (ปีพ.ศ.2528-2531) ได้รายงานคุณภาพน้ำโดยเฉลี่ยในแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงน้ำน้อยตั้งแต่ปี พ.ศ.2525-2531 ซึ่งบริเวณระยะทางจากปากแม่น้ำ 7-62 กิโลเมตร จากพระสมุทรเจดีย์สมุทรปราการ ถึง ศาลากลางจังหวัดนนทบุรี (จัดเป็นคุณภาพน้ำประเภทที่ 4) มีค่าปริมาณตะกั่วเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ดังตารางที่ 2.4 ดังนี้

ตารางที่ 2.4 แสดงปริมาณตะกั่วในแม่น้ำเจ้าพระยาจากบริเวณระยะทางจากปากแม่น้ำ 7-62 กิโลเมตร

ปี พ.ศ.	2524	2525	2526	2527	2528	2529	2530	2531
ปริมาณตะกั่ว (มก./ล.)	-	nd.	0.012	0.008	0.0036	0.008	0.012	0.002

แหล่งน้ำโดยเฉพาะต้นน้ำส่วนใหญ่จะพบปริมาณตะกั่วเพียงเล็กน้อย ต่อเมื่อผ่านแหล่งเกษตรกรรม ชุมชนและแหล่งอุตสาหกรรม จะพบปริมาณตะกั่วสูงขึ้น มาตรฐานของน้ำที่ใช้เพื่อการบริโภคไม่ควรมีตะกั่วเกินกว่า 50 ไมโครกรัมต่อลิตร รายงานการสำรวจตะกั่วในแม่น้ำ 15 สาย พ.ศ.2521 ถึง 2531 พบว่าปริมาณตะกั่วเกินกว่ามาตรฐานดังกล่าว 30.6%

ปริมาณตะกั่วในน้ำประปานครหลวงได้รับการตรวจสอบเป็นประจำ พบว่าปริมาณตะกั่วมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 15 ไมโครกรัมต่อลิตร

ตะกอนในแหล่งน้ำต่างๆ พบปริมาณตะกั่วสูง เนื่องจากในรูปของตะกั่วออกไซด์ที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อปะปนและตกตะกอนจึงพบตะกั่วสูงกว่าในน้ำ

ตะกั่วที่เข้าสู่แหล่งน้ำโดยมาจากน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม จะมีโอกาสเข้าสู่ระบบการผลิตน้ำประปาเพื่อเป็นน้ำอุปโภคบริโภคของชุมชน จากมาตราฐานขององค์การอนามัยโลก ได้กำหนดเกณฑ์สูงสุดที่ยอมให้มีตะกั่วได้ 0.05 ppm. และมีมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 พ.ศ.2525 ได้กำหนดค่ามาตรฐานของตะกั่วจากน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม มีค่าไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

ขั้นตอนในการผลิตที่มีการปลดปล่อยตะกั่วทางน้ำทิ้งในโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภท (กุลยา จงศิริลักษณ์, 2530)

อุตสาหกรรมผลิตเป็นสีอินทรีย์ (Organic Pigment Manufacturing)

ขั้นตอน : การล้าง การกรอง น้ำทิ้งจากการล้าง Gas

อุตสาหกรรมผลิตสารอนินทรีย์ (Inorganic Chemical Manufacturing)

ขั้นตอน : การกรอง การเหวี่ยงตะกอน น้ำทิ้งจากการล้าง น้ำทิ้งจากการล้าง Gas การเก็บฝุ่นชนิดเปียก

อุตสาหกรรมผลิตสารอินทรีย์ (Organic Chemical Manufacturing)

ขั้นตอน : น้ำล้าง การกรอง น้ำทิ้งจากการล้าง Gas

อุตสาหกรรมผลิตยา (Pharmaceutical Manufacturing)

ขั้นตอน : การกรอง การแยก การผสม การล้างแก๊ส

อุตสาหกรรมผลิตรีเอเจนท์ (Reagent Manufacturing)

ขั้นตอน : ขบวนการผลิต

อุตสาหกรรมแก้ว (Glass Manufacturing)

ขั้นตอน : การบดและการล้าง การล้างแก๊ส

อุตสาหกรรมโลหะนอนเฟอรัส (Nonferrous Metals Manufacturing)

ขั้นตอน : น้ำล้างแก๊ส การเก็บฝุ่นเปียก

อุตสาหกรรมเหล็กและเครื่องกล (Metallic Goods Manufacturing and Machinery Industry)

ขั้นตอน : การผลิตอิเลคโทรด น้ำทิ้งจากการล้างแก๊ส

ห้องปฏิบัติการสำหรับงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ขั้นตอน : การล้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมที่มีตะกั่วในเขตสมุทรปราการ-ฝั่งซ้าย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2530)

ที่	ชื่อโรงงาน (ประกอบกิจการ)	ปริมาณน้ำทิ้ง (ลบ.ม./วัน)	Influent (mg./l)		Effluent (mg./l)		ประสิทธิภาพ	
			SS	Pb	SS	Pb	SS	Pb
1	บ.ไทยแบตเตอรี่อุตสาหกรรม จก. (แบตเตอรี่)	8	130	4	19	0.2	85	95
2	บ.ซี เอช ออโต้มาร์ท จก. (อะไหล่รถยนต์)	10	125	4	12	0.6	90	85
3	บ.เนชั่นแนลไทย จก. (แบตเตอรี่)	8	2	4	28	0.8	0	80
4	โรงงานกิมฮวด (แบตเตอรี่)	10	150	4	12	0.5	92	87
5	บ.สยาม อีเอส แบตเตอรี่ จก. (แบตเตอรี่)	10	150	4	12	0.6	92	85

จากรายงานผลงานปี 2529-2530 งานแม่น้ำเจ้าพระยา ฝ่ายอนุรักษ์ลำน้ำ และชายฝั่งกองสิ่งแวดล้อมโรงงาน ได้กล่าวถึงโครงการควบคุมโรงงานที่มีน้ำทิ้งเขตเจ้าพระยาตอนล่าง ที่เกี่ยวข้องกับโลหะหนักไว้ดังนี้คือ เขตสมุทรปราการฝั่งซ้าย (อำเภอเมือง อำเภอพระประแดง ด้านถนนปู่เจ้าสมิงพราย ถนนเทพารักษ์ ถนนสุขุมวิทและถนนบางนา-ตราด) มีโรงงานซึ่งมีน้ำทิ้งอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้โดยวิธีทางชีววิทยา น้ำทิ้งประเภทนี้จะไม่มีการเน่าเสียและไม่สูญสลายได้โดยง่าย จะผสมผสานไปอยู่ในแหล่งน้ำซึ่งไม่มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต หากว่าเข้าสู่ร่างกายมากเกินไป เช่น สารตะกั่วจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่

หรือโรงงานหลอมตะกั่ว สังกะสี โครเมี่ยม นิเกิล ทองแดง จากโรงงานชุบโลหะ ฯลฯ งานแม่น้ำเจ้าพระยาได้เล็งเห็นอันตรายจากน้ำทิ้งประเภทนี้ จึงมีเป้าหมายที่จะลดปริมาณสารโลหะหนักจากโรงงานต่างๆ ในเขตความรับผิดชอบด้วยการสำรวจตรวจสอบโรงงานต่างๆ ซึ่งจะมีการสั่งให้สร้างระบบบำจัดน้ำทิ้ง ในกรณีที่ยังไม่มีระบบบำจัดหรือสั่งการปรับปรุงแก้ไขกับโรงงานที่มีระบบกำจัดชำรุด ไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัด ตลอดจนกวดขันให้มีการเดินระบบบำจัดอย่างสม่ำเสมอ และมีประสิทธิภาพด้วยการตรวจสอบและสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารโลหะหนัก ซึ่งขณะนี้มีการตรวจสอบสั่งการแก้ไขโรงงานที่ระบบบำจัดยังไม่มีประสิทธิภาพไปบ้างแล้ว

2.4.2 ตะกั่วในอากาศ

ฝุ่นตะกั่วในบรรยากาศจะถูกแพร่กระจายไปจากแหล่งกำเนิดโดยกระแสลม แล้วในที่สุดฝุ่นเหล่านี้จะตกลงสู่พื้นดิน น้ำ แล้วถูกถ่ายทอดไปยังพืช สัตว์และมาถึงมนุษย์ในที่สุด อัตราความเร็วของตะกั่วในบรรยากาศโดยแรงโน้มถ่วงของโลกอยู่ในระหว่าง 0.1-0.5ซั่วโมง/วินาที นอกจากนี้ฝุ่นตะกั่วในบรรยากาศยังอาจจะถูกชะล้างลงสู่พื้นดินได้โดยฝน สมมติว่าอัตราเร็วในการตกของฝุ่นตะกั่วในบรรยากาศเป็น 0.5 เซนติเมตร/วินาที และความเข้มข้นของฝุ่นตะกั่วในบรรยากาศเป็น 1 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์ต่อเมตร อัตราการสะสมบนพื้นโลกของตะกั่วจากบรรยากาศจะเป็น 15.8×10^{4} ไมโครกรัม/ตารางเมตร/ปี (สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา, 2532)

จากการศึกษาถึงปัญหาของโลหะหนักในอากาศในกรุงเทพมหานคร จากบริเวณสามย่านปทุมวัน เพลินจิต สุขุมวิทจนถึงบริเวณสำโรง พบว่ามีปริมาณตะกั่วตั้งแต่ 0- 600 ไมโครกรัมในหนึ่งลูกบาศก์เมตรอากาศ (เพริศพรรณ คณาธารฆา, 2520) ในบริเวณที่สำรวจนี้มีทั้งที่เป็นที่พักอาศัย และที่เป็นโรงงานและมีการจราจรหนาแน่นมาก แหล่งใหญ่ที่ปล่อยตะกั่วออกมาสู่บรรยากาศในบริเวณดังกล่าวนี้ จะเป็นโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ผลการศึกษาแสดงไว้ดังตารางที่ 2.6

ปริมาณโลหะตะกั่วในอากาศของโรงงานทั่วไป จะมีการกระจายอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน ทั้งนี้จะขึ้นกับชนิดของงานและเครื่องมือที่ใช้ ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ส่วนใหญ่เกิดขึ้น เนื่องมาจากการที่อากาศภายในโรงงานมีความเข้มข้นสูง การออกแบบโรงงานไม่เหมาะสมกับลักษณะที่ทำการใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพต่ำ และการไม่ใช้เครื่องดูดและกรองอากาศ ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่ทำงานเป็นอย่างมาก นอกจากนี้อาจจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของบุคคลที่อยู่บริเวณ

ใกล้เคียงโรงงานนั้น

ตารางที่ 2.6 แสดงปริมาณของตะกั่วในโรงงานต่างๆ (เพริศพรรณ คณาธารา, 2520)

ชนิดของโรงงาน	ช่วงความเข้มข้นของโลหะตะกั่วในอนุภาคที่ผู้ทำงานในโรงงานหายใจเข้าไป(ug/m^3)
โรงงานหล่อหลอมโลหะ	0-ปริมาณน้อยมากวัดให้มีความถูกต้องได้ยาก
โรงงานแผ่นประสาน	0 - 49.6
โรงงานต่อเรือพลาสติก(รวมทั้งรถและทาสีเรือ)	0 - 17.8
โรงงานแบตเตอรี่รถยนต์(อัดแผ่นตะกั่วและบดผงตะกั่ว)	169.9 - 860.2

สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา (2532) ได้กล่าวถึงการสำรวจระดับตะกั่วในบรรยากาศ โดยสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ตั้งแต่ 2526 ได้ทำการตรวจวัดในเขตกรุงเทพมหานครและตามเมืองหลัก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการศึกษาแนวโน้มของระดับตะกั่วในบรรยากาศ และนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการประเมินความรุนแรงของปัญหา เพื่อกำหนดมาตรการป้องกันและเพื่อประกอบการประเมินผลการควบคุมที่ได้ดำเนินการไป

การตรวจวัดปริมาณตะกั่วในบรรยากาศทำโดยใช้เครื่องมือ High Volumn air Sampler ซึ่งดูดอากาศผ่านกระดาษกรองกลาสไฟเบอร์ (Glass fiberfilter) ฝุ่น ที่อยู่ในตัวอย่างอากาศจะถูกกรองไว้บนกระดาษกรอง และนำมาวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วโดยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบถาวรในเขตกรุงเทพมหานคร ของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ มี 7 สถานีดังนี้คือ

1. สำนักงานฯ : ย่านที่อยู่อาศัยในเมือง
2. วิทยาลัยครูจันทร์เกษม : ย่านที่อยู่อาศัยชานเมือง
3. วิทยาลัยครูบ้านสมเด็จเจ้าพระยา : ย่านธุรกิจการค้าและที่อยู่อาศัย
4. ไปรษณีย์ราษฎร์บูรณะ : ย่านอุตสาหกรรม
5. สถาเสาวภา : ย่านธุรกิจการค้า
6. กรมอุตุนิยมวิทยา สุขุมวิท : ย่านที่อยู่อาศัยในเมือง
7. กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา : ย่านอุตสาหกรรม

สำหรับค่าเฉลี่ย (เป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิตใน 1 ปี ของความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของตะกั่วในบรรยากาศ) ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด (ค่าในวงเล็บ) ของความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศ(ไมโครกรัม/ลูกบาศ์กเมตร) ของสถานีที่ 4 และ7 ซึ่งเป็นตัวแทนย่านอุตสาหกรรม ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2526-2531 ดังตารางที่ 2.7

นอกจากนี้ผลการตรวจปริมาณตะกั่วในอากาศของเขตกรุงเทพมหานคร ระหว่าง พ.ศ. 2531 ถึง 2532 ซึ่งทำการตรวจวิเคราะห์โดยสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ และกองอนามัยสิ่งแวดล้อม พบว่ามีตะกั่วอยู่ 0.4 - 7.0 ไมโครกรัมต่อลูกบาศ์กเมตร

จากการศึกษาโลหะหนักตะกั่วในอากาศในสมุทรปราการ โดยจุฑามาศ เกตุทัต (2530) ได้ศึกษาคุณภาพอากาศย่านอุตสาหกรรม ที่ศูนย์อาชีวอนามัยสำโรง ตำบลสำโรงใต้ จังหวัดสมุทรปราการ เป็นตัวแทนคุณภาพอากาศย่านอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นจังหวัดที่มีโรงอุตสาหกรรมตั้งอยู่จำนวนมาก อยู่ห่างจากกลุ่มโรงงานพอสมควร ซึ่งมีการกระจายตัวของสารมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม การตรวจสอบจะบ่งบอกคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของพื้นที่ ไม่อยู่ใกล้ชายฝั่งทะเลจนอิทธิพลของลมบริเวณนั้นมีผลกระทบต่อการตรวจสอบคุณภาพอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาวะที่ลมพัดออกสู่อ่าวไทย

ตารางที่ 2.7 แสดงความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศ (ไมโครกรัม/ลูกบาศ์กเมตร) ของตัวแทนอากาศย่านอุตสาหกรรม ปี พ.ศ.2526-2531 (สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา, 2532)

ปี พ.ศ.	ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว (ไมโครกรัม/ลูกบาศ์กเมตร)	
	สถานีที่ 4	สถานที่ 7
2526	0.35(0.02-1.33)	0.33(0.02-1.20)
2527	0.27(0.08-0.94)	0.67(0.07-3.00)
2528	0.19(0.04-1.05)	0.41(0.01-2.51)
2529	0.29(0.03-1.07)	0.31(0.01-3.06)
2530	0.35(0.01-1.19)	0.50(0.08-2.84)
2531	0.34(0.08-1.02)	0.38(0.03-1.90)

ผลการตรวจสอบคุณภาพอากาศบริเวณย่านอุตสาหกรรม พบว่าระดับความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศบริเวณย่านอุตสาหกรรมในระหว่างปี พ.ศ. 2525-2529 จากการตรวจสอบคุณภาพอากาศอย่างต่อเนื่องเป็นจำนวนทั้งหมด 744 ตัวอย่าง ค่าพิสัยและค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของตะกั่วมีค่า nil-1.52 และ 0.30 ไมโครกรัม/ลูกบาศ์กเมตร ตามลำดับ โดยค่าระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจพบใน 24 ชั่วโมง คือ 1.52 ไมโครกรัม/ลูกบาศ์กเมตร ซึ่งพบในช่วงฤดูอากาศแห้งระหว่างเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม พ.ศ.2522 เมื่อเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของตะกั่วที่ตรวจพบในช่วงเวลาดังกล่าวไม่เคยตรวจ พบว่ามีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพอากาศของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (10 ไมโครกรัม/ลูกบาศ์กเมตร ในเวลา 24 ชั่วโมง)

เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในอากาศย่านอุตสาหกรรมที่ตรวจพบใน

เดือนต่างๆตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม พบว่าระดับความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศ มีค่าใกล้เคียงกัน ในช่วง 0.26-2.35 ไมโครกรัม/ลูกบาศ์กเมตร ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าฤดูกาลไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศย่านอุตสาหกรรม

เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของตะกั่วในอากาศระหว่างปี พ.ศ.2522-2529 พบว่าระดับตะกั่วลดลงจาก 0.95 ไมโครกรัม/ลูกบาศ์กเมตร ในปีพ.ศ.2522 เป็น 0.08 ไมโครกรัม/ลูกบาศ์กเมตร ในปีพ.ศ.2528 และลดลงมากกว่า 10 เท่า แล้วกลับเพิ่มขึ้นเป็น 0.12 ไมโครกรัม/ลูกบศ์กเมตร ในปีพ.ศ.2529 อย่างไรก็ตามสามารถกล่าวได้ว่าระดับความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศย่านอุตสาหกรรมแสดงแนวโน้มลดลง

ทวีสุข พันธุ์เพ็ง (2530) ได้รายงานเกี่ยวกับการปนเปื้อนของสารตะกั่วในสิ่งแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีการใช้สารตะกั่วอนินทรีย์ ได้แก่ โรงงานหลอมตะกั่ว โรงงานหล่อมแท่งตะกั่ว โรงงานผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ มีจำนวน 11 โรงงาน มีคนงานรวม 2,024 คน ในเขตจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมีการดำเนินการเฝ้าระวังโรคพิษตะกั่ว เนื่องจากมีโรงงานที่สารตะกั่วอยู่หนาแน่นกว่าพื้นที่อื่น สำหรับด้านสิ่งแวดล้อมจะใช้ปริมาณสารตะกั่วในอากาศในสถานที่ทำงานเป็นเครื่องชี้วัด มีค่าอยู่ในช่วง 0.002-0.29 mg./m^3 ค่าเฉลี่ย 0.063 mg./m^3 จากจำนวนจุดที่เก็บตัวอย่างทั้งหมด 36 จุด พบว่ามีโรงงงานที่เกินมาตราฐานของกระทรวงมหาดไทย (0.2 mg/m^3) จำนวน 1 ตัวอย่าง คิดเป็น 9.1%

ประเภทโรงงานที่มีปริมาณสารตะกั่วในอากาศมากที่สุดคือ โรงงานหล่อหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ (0.200 mg./m^3) ลักษณะงานที่พบว่ามีค่าเฉลี่ยของปริมาณสารตะกั่วในอากาศสูงเกินกว่า 0.05 mg./m^3 (ค่ามาตรฐานกำหนดโดย OSHA,NIOSH) ได้แก่งานทุบตะกั่วและปัดแผ่น งานเชื่อมหวี ขั้วและสะพาน อบแผ่น บดผงตะกั่ว ฉาบแผ่น และตัดแผ่น

นอกจากนี้ยังได้วัดปริมาณตะกั่วในเลือดและปัสสาวะของคนงานอีกด้วย สำหรับปริมาณตะกั่วในเลือดมีค่าอยู่ในช่วง 8.89-100.83 ไมโครกรัม% ค่าเฉลี่ย 33.49 ไมโครกรัม% เกินมาตรฐาน NIOSH 1975 (60 ไมโครกรัม%) 57 คน จาก 402 คน คิดเป็น 14.2% ส่วนปริมาณตะกั่วในปัสสาวะมีค่าอยู่ในช่วง 15.26-486.53 ไมโครกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย 162.91 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งเกินมาตรฐาน AMA 1971 (120 ไมโครกรัมต่อลิตร) 244 คน จาก 368 คน คิดเป็น68.3% (ทวีสุข พันธุ์เพ็ง, 2530)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 ตะกั่วในดินและในพืช

2.5.1 ตะกั่วในดิน

ดินเป็นแหล่งใหญ่ที่รองรับตะกั่วทิ้งจากแหล่งเคลื่อนที่ การทิ้งขยะจากบ้านเรือน โรงงานทั่วไป และจากการจราจร

ตะกั่วเป็นโลหะหนักที่พบในผิวโลก อัตราเฉลี่ยประมาณ 10 - 15 ppm. ในดินทั่วไปพบว่ามีประมาณ 0 - 150 ppm. และในดินที่มีการทำเกษตรกรรมจะมีปริมาณตะกั่ว 2 - 200 ppm. ในดินที่อยู่ตามธรรมชาติ ส่วนมากจะมีปริมาณตะกั่วค่อนข้างต่ำและยอมรับกันทั่วไปว่ามี 15 ppm. และพบปริมาณสูงกว่านี้ที่ผิวดินที่อยู่ใกล้บริเวณถลุงแร่ตะกั่วหรือแร่อื่นๆ ที่มีตะกั่วปนอยู่

ตะกั่วที่ปนเปื้อนจากการทำเหมืองแร่ การถลุงแร่ และการสกัดแร่ จะมาจากการแพร่กระจายทางอากาศในระหว่างการผลิตหรือจากปล่อง (Stack) ขณะทำการถลุงแร่รวมทั้งในขณะขนย้ายแร่ด้วย ตะกั่วในอากาศก็จะตกสู่พื้นดิน มีผู้ศึกษาว่า การปนเปื้อนของตะกั่วในดินจะมีระยะทางห่างจากปล่องมากกว่าการปนเปื้อนในอากาศ ทั้งนี้เพราะอิทธิพลของลมและความแรง ขนาดอนุภาค และการชะล้างโดยน้ำทั้งจากในอากาศและในดินเอง (WHO, 1977)

ปัญหาตะกั่วที่สะสมในดินมีสาเหตุมาจากไอเสียรถยนต์ ดินใกล้ๆ ถนนในกรุงเทพมีการสะสมตะกั่วในปริมาณสูง โดยเฉพาะจากดินเกาะกลางถนน มีรายงานว่าตะกั่วเหล่านั้นเมื่ออยู่ในดิน จะถูกตรึงในรูปสารประกอบต่างๆ ที่ไม่อยู่ในสภาพที่พืชจะนำไปใช้ ตะกั่วที่สะสมเหล่านี้อาจถูกพัดพาไปกับน้ำในระยะฤดูฝนสู่แม่น้ำลำคลอง (นวลฉวี ไชยวัเทศ และคณะ,2520)

ตะกั่วที่สะสมในดินบริเวณใกล้ถนนที่มีการจราจรคับคั่ง จะมีปริมาณมากกว่าในดินที่ห่างไกลจากถนน 2 - 10 เท่า ปริมาณที่พบมีตั้งแต่ 100 - 3000 ppm. โดยทั่วไปมักศึกษาปริมาณตะกั่วลึกจากหน้าดินประมาณ 0 - 5 เซนติเมตร จนกระทั่งลึก 20 เซนติเมตร การกระจายของตะกั่วจากถนนจะอยู่ในช่วงแคบๆ ทั้งสองข้างถนน

การกระจายของตะกั่วในดินจากถนนเป็นลักษณะ exponential function กับระยะทาง คือปริมาณตะกั่วจะสูงสุดที่บริเวณใกล้กับถนนที่สุด ส่วนที่ห่างออกไปจะน้อยลงจนกระทั่งมีค่าเกือบคงที่

จากอุตสาหกรรมที่ใช้ตะกั่วในการผลิต มีโอกาสที่ตะกั่วปนเปื้อนในดินได้โดยการแพร่

กระจายในอากาศและตกสะสมลงสู่ดิน นอกจากนี้มีการนำแบตเตอรี่ที่ไม่ใช้แล้วนำมาทิ้ง ทำให้ตะกั่วเกิดการรั่วไหลของตะกั่วลงสู่พื้นดินได้อีกด้วย

Nagel,1986 ได้ศึกษาระดับตะกั่วในดิน และในพืช ในเขตอุตสาหกรรมของเยอรมัน พบว่า มีปริมาณตะกั่วในดินสูงมาก 60%ของตะกั่วที่พบจะอยู่ในชั้นดิน 20-100 เซนติเมตรจากผิวดิน ปริมาณตะกั่วที่สูงขึ้นนี้เป็นผลมาจากโรงงานต่างๆที่ใช้ตะกั่วในการผลิต ในสหรัฐอเมริกามีผู้ตรวจพบปริมาณตะกั่วสูงมากในบริเวณโรงงานแบตเตอรี่แห่งหนึ่งในรัฐฟลอริดา ส่วนในอุตสาหกรรมสีก็มีผู้ตรวจพบเช่นเดียวกัน (Martin,Paul Richard and Michael, 1987)

โดยทั่วไปปริมาณตะกั่วในดินชั้นบน (Top soils) อยู่ในช่วง 10-30 ppm. (Tidball, 1976) ความแปรผันของตะกั่วในชั้นดินที่ความลึกต่างๆนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆต่อไปนี้คือ ความลึกจากผิวดิน ปริมาณของ Clay ปริมาณออกไซด์ของเหล็ก ปริมาณของกรดฮิวมิค และปริมาณของอินทรีย์วัตถุ (อำไพวรรณ ดีมาก, 2522)

ปริมาณตะกั่วในดินที่สภาพเป็นด่าง (Alkaline soils) จะมีมากกว่าดินที่สภาพเป็นกรด (Acid soils) ซึ่งพืชจะสามารถดูดดึงตะกั่วจากดินที่สภาพเป็นกรดได้ดีกว่าดินที่สภาพเป็นด่างซึ่งดิน 2 ชนิดนี้จะมีปริมาณของอินทรีย์วัตถุที่แตกต่างกัน (Tidball, 1976)

ตะกั่วเป็นสารที่อาจเพิ่มแบบ Bioconcentration จากวงจรอาหารได้ รวมทั้งการเจือปนในขบวนการผลิตอาหารหลายๆ แบบที่เป็นเหตุให้สารตะกั่วในอาหารสูงขึ้น เช่น พืช และผัก ในบริเวณที่ตะกั่วในดินสูง เป็นต้น (สมนึก กฤตลักษณ์, 2532)

2.5.2 ตะกั่วในพืช

พืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความจำเป็นที่จะต้องมีอาหารสำหรับเจริญเติบโต แต่ด้วยพืชมีกระบวนการสังเคราะห์แสงจึงสามารถสร้างอาหารเองได้ อาหารที่พืชสร้างขึ้นได้แก่ คาร์โบไฮเดรต การเจริญเติบโตและสร้างอาหารในพืชจำเป็นต้องใช้ธาตุอาหาร (Inorganic nutrient) ซึ่งพืชดูดซับมาได้จากดินและในแหล่งน้ำที่พืชอาศัยอยู่แต่ธาตุบางชนิดในสิ่งแวดล้อม พืชสามารถดูดเข้าไปสะสมและก่อให้เกิดโทษได้ อย่างเช่นโลหะตะกั่ว ซึ่งจะไปอยู่ในเนื้อเยื่อของพืชได้ในปริมาณหนึ่ง

ในปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ สารอินทรีย์สามารถรวมตัวกับตะกั่วเป็นสารที่มีองค์ประกอบ

ซับซ้อน ทำให้มีคุณสมบัติสามารถละลายหรือแขวนลอยอยู่ในสารละลายในดินได้ โดยไม่เกิดการตกตะกอน หรือถูกดูดซับและดูดซึมเอาไว้ในดิน ถึงแม้ว่าดินจะทำหน้าที่เป็นตัวลดพิษที่ดีของโลหะหนัก เพราะดินมีอนุภาคคอลลอยด์ซึ่งสามารถดูดซับและดูดซึมโลหะหนักเอาไว้ โดยการใช้ active sites จับยึดโลหะหนักเอาไว้แน่นจนหลุดออกสู่สารละลายในดินได้ยาก แต่ความสามารถดังกล่าวของดินมีขอบเขตจำกัด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของอนุภาคคอลลอยด์ในดิน กับทั้งยังมีปัจจัยอื่นๆ อีกหลายประการ นอกจากนั้นตะกั่วที่ปนเปื้อนเข้าสู่พืชในรูปของอนุภาคตะกั่วที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ ซึ่งจะตกลงสู่ส่วนต่างๆ ของพืช

จากการวิจัยอากาศ น้ำ และดินในเมืองที่มีความหนาแน่นของการจราจรสูงและมีอุตสาหกรรมได้แสดงให้เห็นว่า ตะกั่วมีแนวโน้มสูงขึ้นจากสภาพที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งมีโอกาสที่จะปนเปื้อนสิ่งต่างๆในสิ่งแวดล้อมและเข้าสู่มนุษย์ได้โดยการหายใจ ตะกั่วที่ปนเปื้อนในพืชนั้นอาจมาจากปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืช นอกจากนี้การปนเปื้อนของตะกั่วในพืชอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ อย่างเช่น กรณีของหมู่บ้านที่ถนนถมด้วยกากแบตเตอรี่

จากการสำรวจระดับตะกั่วที่เจือปนของตะกั่วในสิ่งแวดล้อม ของหมู่บ้านในตำบลบางครุ อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต และกัลยา วัฒยากร, 2520) ได้มีการเก็บตัวอย่างสิ่งมีชีวิต ได้แก่พืชชนิดต่างๆ เช่น ผักบุ้ง โหระพา ผักกระเฉด ซึ่งอยู่ในหนองน้ำข้างถนนที่ถูกถมด้วยกากแบตเตอรี่ ระดับตะกั่วในพืชได้สำรวจในโหระพา ที่ขึ้นอยู่บริเวณลานบ้านผู้ป่วยจากพิษตะกั่วพบว่ามีระดับของตะกั่วสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผักบุ้งและผักกระเฉดที่ขึ้นอยู่ในหนองน้ำใกล้ๆกับถนนที่ถูกถมด้วยกากแบตเตอรี่ ปริมาณตะกั่วที่สำรวจพบในพืชทั้งสามชนิดโดยเฉลี่ยในผักบุ้ง โหระพาและผักกระเฉด มีค่า 13.2, 36.5 และ 20.8 ppm. ของน้ำหนักสดตามลำดับ

โลหะหนักต่างๆที่สะสมอยู่ในพืชผักที่เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ต่างๆ ถ้าจะใช้บริโภคไม่ควรมีปริมาณของโลหะสะสมมากเกินกว่าที่ WHO (1972) ได้กำหนดมาตรฐานไว้ว่าโลหะตะกั่วไม่ควรบริโภคเกิน 3,000 ug/week ถ้าปริมาณสูงเกินกว่านี้จะเป็นอันตรายได้ (นิตยา มหาผล และประนอม ภูวนัตตรัย, 2532)

2.5.2.1 บทบาทของตะกั่วในพืช

กิตติ เอกอำพน (2524) ได้กล่าวถึงบทบาทของตะกั่วต่อพืชดังนี้คือ พืชสามารถได้รับตะกั่วจากสิ่งแวดล้อมสองทางคือ ทางรากโดยมีแหล่งมาจากดินในรูปของสารละลายตะกั่วที่อยู่ในดิน และทางใบ ซึ่งมีแหล่งมาจากอนุภาคของตะกั่วที่เจือปนอยู่ในอากาศตกลงสู่ส่วนต่างๆของพืช ซึ่งส่วนใหญ่คือใบ

ตะกั่วจากดินจะถูกรากพืชดูดซึม (absorb)เข้าไปสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของพืชมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นของตะกั่วในสารละลายในดินที่พืชเจริญเติบโตอยู่เพิ่มขึ้น ตะกั่วที่พืชดูดซึมโดยทางรากเข้าไปนี้ จะกระจายไปสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อในอวัยวะส่วนต่างๆของพืชมากน้อยแตกต่างกัน โดยพบว่ามีแนวโน้มเรียงลำดับจากความเข้มข้นมากไปหาความเข้มข้นน้อยดังนี้

ราก >> ลำต้น > ใบ > เมล็ด (Lagerwerft et al., 1973)

แนวโน้มของการสะสมตะกั่วมากในรากนั้น มีผู้สังเกตพบมานานแล้ว เช่น Jones et al. (1973) พบว่าหญ้าที่ปลูกในสารละลายของธาตุอาหารที่มีตะกั่วเจือปน มีตะกั่วในลำต้นเพียง 0.2 - 58.4 ส่วนในล้านส่วนของน้ำหนักแห้ง ในขณะที่ตะกั่วในรากมีมากถึง 5.5 - 5,310 ส่วนในล้านส่วนของน้ำหนักแห้ง ตะกั่วที่ถูกดูดซึมเข้าสู่พืชโดยทางรากนี้จะถูกลำเลียงขึ้นสู่ส่วนต้นได้ค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Pinkerton and Simpson, 1977) ตะกั่วที่ถูกดูดซึมเข้าไปนี้ จะสะสมในเนื้อเยื่อพืชด้วยความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นของตะกั่วในสารละลายธาตุอาหารภายนอกรากเสมอ (Simola, 1976)

ในบรรดาโลหะสำคัญๆ เช่น เหล็ก ทองแดง นิเกิล โคบอลต์ ตะกั่ว และสังกะสีนั้น เมื่อจัดอันดับความสามารถในการดูดซึมโดยรากพืช ตะกั่วมีแนวโน้มถูกดูดซึมโดยทางรากได้มากกว่าโลหะชนิดอื่นๆ หลายชนิด (Puckett et al., 1973)

ตะกั่วในรูปอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ ซึ่งจะค่อยๆตกลงสู่พื้นโลกด้วยแรงโน้มถ่วงนั้น ส่วนหนึ่งจะตกลงสู่ใบพืชเกาะติดอยู่บนใบพืชนั้น โดยส่วนหนึ่งจะถูกพืชดูดซับ (adsorb) เอาไว้ที่ผิวใบ มีส่วนน้อยมากที่พืชสามารถดูดซึม (absorb) เข้าไปภายในใบได้ ฝุ่นตะกั่วที่จับอยู่บนใบพืชนี้ส่วนใหญ่จะหลุดออกไปได้เมื่อโดนน้ำหรือฝนชะล้าง ตะกั่วที่พืชได้รับโดยทางใบจะมีการกระจายไปสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อในอวัยวะส่วนอื่นของพืชได้น้อยมาก ซึ่งก็เป็นพฤติกรรมแบบเดียวกับการดูดซึมตะกั่วโดยทางราก เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะตะกั่วเป็นธาตุที่มีคุณสมบัติเคลื่อนย้ายในพืชได้น้อยมาก

(immobile) ดังนั้นเมื่อตะกั่วถูกดูดซึมโดยเนื้อเยื่อของอวัยวะส่วนใดก็จะยังคงสะสมอยู่ที่นั้นเป็นส่วนใหญ่

จากการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วภายในพืชของไววิทย์ พุทธารี และคณะ (2522) โดยเปรียบเทียบระหว่างสองบริเวณที่มีแหล่งของตะกั่วเจือปนเข้าสู่พืชแตกต่างกัน ผลปรากฏว่าบริเวณที่มีการเจือปนของตะกั่วเข้าสู่พืชทางอากาศ มีผลทำให้ความเข้มข้นของตะกั่วในส่วนต้นสูงกว่าในรากอย่างเห็นได้ชัด บริเวณที่มีตะกั่วเจือปนเข้าสู่พืชทางดิน รากจะมีความเข้มข้นของตะกั่วสะสมอยู่สูงกว่าในต้นอย่างเห็นได้ชัด

ตะกั่วที่ถูกดูดซึมเข้าสู่พืช ส่วนใหญ่จะไปยึดเกาะอยู่กับผนังเซลล์ มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่สามารถกระจายเข้าสู่ไซโตปลาสซึมและช่องว่างภายในเซลล์ มีตะกั่วบางส่วนสามารถแทรกผ่านเมมเบรนของคลอโรพลาสต์เข้าไปจับอยู่บนกรานาได้ (Sharpe and Denny, 1976)

การดูดตะกั่วของรากพืช (อำไพวรรณ คีมาก, 2522)

1. ในธรรมชาติ : รากพืชสามารถดูดตะกั่วจากดินได้ ปริมาณตะกั่วที่ดูดได้ส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ที่บริเวณรากมากกว่าที่จะเคลื่อนขึ้นมาสะสมอยู่ในส่วนที่เหนือดิน

แต่ถ้าพืชนั้นขึ้นอยู่ใกล้ถนนที่มีการจราจรหนาแน่นแล้ว ปริมาณตะกั่วที่สะสมอยู่ที่รากจะน้อยกว่าที่ใบ ทั้งนี้เนื่องจากใบได้รับอนุภาคตะกั่วจากบรรยากาศตกลงมาสะสมอยู่

2. จากการทดลองะการทดลองปลูกพืชในน้ำยา หรือทราย หรือดิน ที่เติมสารละลายตะกั่วที่มีความเข้มข้นต่างๆกัน ปรากฏว่ารากพืชดูดตะกั่วได้เป็นปริมาณมากพอสมควร ปริมาณตะกั่วในรากจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของตะกั่วที่ใช้เติมลงไปในการทดลองนั้น

สารประกอบตะกั่วในรูปที่ละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำปรากฏว่ารากพืชสามารถดูดตะกั่วได้ทั้ง 2 รูป ปกติแล้วในดินจะมีตะกั่วรูปที่ละลายน้ำได้อยู่น้อยมาก ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งรากพืชดูดตะกั่วได้มาก ถ้าดินมีคุณสมบัติดังนี้คือ pH ต่ำ ,มีปริมาณ $CaCO_3$ น้อย มีปริมาณฟอสเฟตน้อย, มีปริมาณซัลเฟตน้อย, มี Chelates เช่น EDTA (ethyenediamine triacetic acid) หรือ Sodium(tri) n-hydroxyethylenediamine triacetate และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อย

ปริมาณการดูดตะกั่วของรากพืชขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบตะกั่วด้วย ตัวอย่างเช่น รากพืชดูด $Pb(NO_3)_2$ ซึ่งละลายน้ำได้ดีมากกว่าจาก $PbCO_3$ ซึ่งละลายน้ำได้น้อย และอัตราการ

ดูดตะกั่วของรากพืชยังจะแตกต่างกันไปตามชนิดพืชอีกด้วยรากพืชจะสามารถดูดตะกั่วได้เป็นปริมาณมาก แต่ก็มีปริมาณตะกั่วเพียงไม่กี่เปอร์เซนต์ของปริมาณตะกั่วในรากที่ถูกลำเลียงขึ้นสู่ลำต้นและใบ ปริมาณตะกั่วที่รากนั้นส่วนมากจะตกตะกอนอยู่ที่ผิวราก การล้างรากสามารถล้างตะกั่วออกมาได้ เช่นถ้าล้างรากด้วยน้ำกลั่นจะล้างเอาตะกั่วออกได้ 19% และถ้าล้างด้วย 0.01 N. Nitric acid จะล้างตะกั่วออกได้ 78% ของปริมาณตะกั่วทั้งหมดในราก

การแทรกซึมของตะกั่วเข้าทางใบในพืชชั้นสูงยังไม่ปรากฏว่าตะกั่วสามารถแทรกซึมเข้าสู่ใบพืชได้ เพราะใบพืชมี Cuticle หนาขวางกั้นอยู่ ส่วนมากอนุภาคตะกั่วจะสะสมทับถมอยู่บนผิวนอกของใบ

การศึกษาเกี่ยวกับการดูดซึมและการกระจายในพืชผักบางชนิด (กิตติ เอกอำพน, 2522) ศึกษาเกี่ยวกับการดูดซึมและการกระจายในพืชผักบางชนิดซึ่งได้แก่ โหระพา (Ocimum basilicum L.) และผักกวางตุ้ง (Brassica chinensis L.) โดยปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีตะกั่วเจือปน ที่ความเข้มข้น 0, 1, 10 และ 100 ppm.เป็นเวลา 30 วัน ผลการศึกษาพบว่า

1. การเพิ่มความเข้มข้นของตะกั่วในสารละลายธาตุอาหารมีผลทำให้การดูดซึมตะกั่วไปสะสมในส่วนต่างๆของพืชทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของตะกั่วมีค่าสูงสุดในรากรองลงมาคือใบและต่ำสุดในลำต้น จำนวนวันที่เพิ่มขึ้นหลังการปลูกเป็นช่วงๆละ 10 วัน ไม่มีผลเพิ่มความเข้มข้นของตะกั่วที่สะสมอยู่ในส่วนต่างๆ ของพืช

2. เมื่อเปรียบเทียบกับพืชที่ไม่ได้รับตะกั่วการเพิ่มความเข้มข้นของตะกั่วในสารละลายธาตุอาหารมีผลลดน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของพืชทั้งสองชนิดเพียงเล็กน้อย จำนวนวันที่เพิ่มขึ้นมีผลลดทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของพืชทั้งสองชนิดนี้พอประมาณ

3. ตะกั่วที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm. และ 100 ppm. ทำให้พืชทั้งสองชนิดเกิดอาการซีดจางที่ใบอ่อน (chlorosis) เล็กน้อย

การสะสมของตะกั่วในพืชผัก (นภวัส บัวสรวง และมนทลี ดชาชีวะ, 2531) ได้ศึกษาการสะสมของตะกั่วในผักบุ้งจีน (Ipomoea reptans P.) ในสารละลายธาตุอาหาร พบว่าโดยในสารละลายมีตะกั่ว 0, 1, 2 และ 5 ppm.พบว่าทุกๆความเข้มข้นของตะกั่วในสัปดาห์แรกจะไม่พบตะกั่วตามส่วนต่างๆของผักบุ้งจีน และในสัปดาห์ต่อมาจะมีการสะสมของตะกั่วเพิ่มขึ้นในทุกส่วนของผักบุ้งจีน ความเข้มข้นของตะกั่วในส่วนรากจะมีการสะสมตะกั่วไว้มากที่สุด รองลงมาคือ

ในใบ ส่วนในลำต้นจะมีการสะสมน้อยที่สุด และเมื่อความเข้มข้นของตะกั่วในสารละลายธาตุอาหารเพิ่มขึ้น การสะสมของตะกั่วก็จะมีเพิ่มมากขึ้นด้วย และไม่พบอาการผิดปกติในผักบุ้งจีน

2.5.2.2 ผลของตะกั่วที่มีต่อพืช

กิตติ เอกล่ำพน (2524) ได้แยกแนวความคิดเห็นเกี่ยวกับผลของตะกั่วที่มีต่อพืช เมื่อมีการสะสมตะกั่วเอาไว้ในเนื้อเยื่อ 3 แนวทาง คือ

1. ความคิดเห็นที่เชื่อว่าตะกั่วมีผลในทางยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช
2. ความคิดเห็นที่เชื่อว่าตะกั่วมีผลในทางช่วยการเจริญเติบโตของพืช
3. ความคิดเห็นที่เชื่อว่าตะกั่วไม่มีผลใดๆ ต่อพืชเลย

แนวความคิดแรกนั้นมีผู้สนับสนุนหลายคน เช่น Davis and Barnes (1973) พบว่าตะกั่วที่ระดับความเข้มข้นภายนอกราก 40 - 4,000 ส่วนในล้านส่วน มีผลลดอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อนสนและเมเปิล Bazzaz et al.(1974) พบว่าการเติมตะกั่วลงในสารละลายธาตุอาหาร มีผลลดการสังเคราะห์แสงและการคายน้ำของข้าวโพด (Zea mays) และถั่วเหลือง (Glycine max) อย่างมาก ทั้งนี้คาดว่าเป็นเพราะตะกั่วมีผลรบกวนการทำงานของปากใบโดยความรุนแรงของผลที่เกิดขึ้นนี้ เป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มข้นของตะกั่วที่เพิ่มขึ้น

ไววิทย์ พุทธารี และคณะ (2522) พบว่าตะกั่วอาจมีผลรบกวนการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด เช่น โหระพาและผักกวางตุ้งมีแนวโน้มลดน้ำหนักลง เมื่อความเข้มข้นของตะกั่วในสารละลายธาตุอาหารภายนอกรากเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามตะกั่วไม่มีผลทำให้พืชมีอาการผิดปกติให้สังเกตเห็นแต่อย่างใด Hassett et al. (1976) พบว่าตะกั่วที่เติมลงในดินที่ปลูกข้าวโพดมีผลยับยั้งการยืดตัวของรากข้าวโพด โดยความรุนแรงของอาการที่เกิดขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของตะกั่วที่เพิ่มขึ้น

ตะกั่วอาจมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับโครงสร้างของเซลล์พืชได้ Simola (1976) พบว่าเซลล์ของสแฟกนั่มมอส (Sphagnum nemoreum) ที่เลี้ยงในอาหารปลอดเชื้อที่มีตะกั่วเจือปนอยู่ 207.19 ส่วนในล้านส่วน จะเกิดอาการพลาสมาเลมมาแยกตัวหลุดออกจากผนังเซลล์ มีการลดพัฒนาการของไทลาคอยด์ ในคลอโรพลาสต์ลงมาก การสร้างแป้งลดลงเกิดการฝ่อของคลอโรพลาสต์ ไมโตคอนเดรีย และไรโบโซม ตะกั่วในความเข้มข้นเพียง 1 ส่วนในล้านส่วน

สามารถทำให้โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ของสาหร่ายพุงชะโด (Ceratophyllum demersum) ผิดปกติไป

นอกจากนี้ Rosen et al. (1977) พบว่าตะกั่วมีผลลดการดูดซึม และการลำเลียงธาตุเหล็ก ทำให้พืชมีธาตุเหล็กน้อยลงไม่พอเพียงกับความต้องการสำหรับสังเคราะห์คลอโรฟิลล์

แนวความคิดที่สองที่เชื่อว่าตะกั่วมีผลช่วยการเจริญเติบโตของพืชนั้น หรือตะกั่วเป็นธาตุอาหารรอง (Micro nutrient) ที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช แต่ไม่มีหลักฐานยืนยันแน่ชัด (กิตติ เอกอำพน , 2524)

ส่วนแนวความคิดที่เชื่อว่าตะกั่วไม่มีผลใดๆ ต่อพืชมีอยู่มาก จากรายงานผลการศึกษาลักษณะของข้าวโพดที่ได้รับตะกั่วในปริมาณ 32 กิโลกรัม/เฮคเตอร์ ของ Baumhardt and Welch (1972) พบว่าตะกั่วไม่มีผลรบกวนการงอกของต้นอ่อน ความสูง และรูปร่างของต้น จำนวนเมล็ด สีฝัก ระยะการสุกของฝัก และการเจริญเติบโตของข้าวโพดแต่อย่างใด Simola (1976) พบว่าตะกั่วเข้มข้น 20 - 207 ส่วนในล้านส่วนในสารละลายธาตุอาหาร ไม่มีผลทำให้ French bean (Phaseolus vulgaris) มีน้ำหนักแห้งลดลงหรือเกิดความผิดปกติใดๆเลย และที่ความเข้มข้น 100 ส่วนในล้านส่วน ต้นอ่อนของพืชพวกแตง (cucumber) ไม่แสดงอาการผิดปกติแต่อย่างใด นอกจากนั้นยังพบว่าพืชบางชนิดสามารถสะสมตะกั่วเอาไว้ในเนื้อเยื่อได้สูงถึง 2,000 ส่วนในล้านส่วนของน้ำหนักแห้ง โดยไม่มีอาการผิดปกติ (กิตติ เอกอำพน, 2524)

ไววิทย์ พุทธารี และคณะ (2522) พบว่าผักเป็ด (Altenanthera sessiles) และหญ้าหนวดปลาดุก (Fimbristylis dichotoma) สามารถขึ้นบนดินที่มีสารตะกั่วโดยตรงได้ โดยผักเป็ดสามารถสะสมตะกั่วเอาไว้ได้สูงถึง 20,951 ส่วนในล้านส่วนของน้ำหนักแห้ง และหญ้าหนวดปลาดุกสามารถสะสมตะกั่วเอาไว้ในต้น 2,278 ส่วนในล้านส่วนของน้ำหนักแห้ง ส่วนในรากสามารถสะสมตะกั่วได้สูงถึง 33,874 ส่วนในล้านส่วนของน้ำหนักแห้ง โดยไม่มีอาการผิดปกติแสดงให้เห็น และผลจากการทดลองปลูกพืช 5 ชนิด คือ กะเพราขาว ตะไคร้ ผักตบชวา พังพวย-ฝรั่ง และมะเขือเทศ ในสารละลายธาตุอาหารที่มีตะกั่วเจือปนอยู่ 1, 10 และ 100 ส่วนในล้านส่วน ปรากฏว่าพืชเหล่านี้สามารถเจริญเติบโตได้โดยปกติไม่แตกต่างไปจากพืชที่เจริญอยู่ในที่ซึ่งไม่มีตะกั่วเจือปนอยู่เลย

พืชหลายชนิดที่ไม่แสดงอาการผิดปกติใดๆออกมาให้สังเกตเห็นได้เลย เมื่อได้รับตะกั่ว กิตติ เอกอำพน (2524)ได้กล่าวถึงสาเหตุ 2 ประการคือ ประการแรกตะกั่วที่ถูกดูดซึมเข้าสู่พืช มีผนังเซลล์เป็นตัวกีดขวางที่แน่นหนา คอยป้องกันการแทรกซึมของตะกั่วเข้าไปภายในเซลล์พืช ตะกั่วจึงถูกกักอยู่ในที่ซึ่งไม่สามารถออกฤทธิ์ได้ ส่วนสาเหตุอีกประการหนึ่งก็คือ ความแตกต่างของความทนทานต่อพิษตะกั่วอันเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของพืชแต่ละชนิด ดังนั้นเมื่อพืชได้รับตะกั่ว จะแสดงพฤติกรรมแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชเป็นสำคัญ

อำไพวรรณ ดีมาก (2522) ได้กล่าวว่าตะกั่วในปริมาณที่มากพอจะเป็นพิษต่อพืช แต่พืชมีความสามารถที่จะปรับตัวเองให้ทนทานต่อพิษตะกั่วได้ พืชชนิดใดที่มีความไว (Sensitive) ต่อพิษตะกั่วก็จะปรับตัวก่อน ส่วนพืชที่ทนทานต่อพิษตะกั่วได้มากกว่าก็จะปรับตัวทีหลัง แต่ถ้าปริมาณตะกั่วมากเกินไปจนเกินขีดความสามารถของการปรับตัวแล้วก็อาจทำให้พืชได้รับอันตรายได้

ความทนทาน (Toterance) ต่อพิษตะกั่วของพืชหมายถึง ความสามารถของโปรโตปลาสซึม ของเซลพืชที่สามารถทนต่อปริมาณตะกั่วในระดับที่เป็นพิษต่อพืชชนิดอื่นๆได้

กลไกของพืชพวกที่ปรับตัวจนสามารถทนทานต่อพิษตะกั่วมากกว่าพืชอีกพวกหนึ่ง สรุปได้ดังนี้

1. มีความสามารถในการดกตะกอนตะกั่วผนังเซลได้มากกว่า
2. มีความสามารถในการกั้นตะกั่วมิให้ตะกั่วเข้าสู่ Metabolic site ได้มากกว่า
3. สามารถเพิ่มปริมาณเอนไซม์ให้สมดุลย์กับปริมาณของเอนไซม์ที่ถูกทำลายไปโดยพิษตะกั่วได้
4. สามารถสร้างเอนไซม์ที่มีความทนทานต่อพิษตะกั่วขึ้นมาได้
5. เปลี่ยนแปลง Metabolic pathway บางตอนไปจากสภาพปกติ และเพิ่มปริมาณของสารที่ช่วยลดพิษของตะกั่ว เช่นสารประกอบของแคลเซียมให้มากขึ้น

ปริมาณตะกั่วที่สะสมอยู่บนและในส่วนต่างๆของพืชข้างถนนมีความแปรผันอย่างมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

1. ระยะทางจากขอบถนน พืชที่ขึ้นอยู่ใกล้ถนนจะมีปริมาณตะกั่วมากกว่าพืชชนิดเดียวกันที่ขึ้นอยู่ห่างไกลจากถนน ปกติแล้วการสะสมตะกั่วบนส่วนต่างๆของพืชจะมีมากที่สุด เมื่อพืชนั้นอยู่ที่บริเวณริมขอบถนน ถ้าห่างจากขอบถนนออกมาเป็นระยะทางมากกว่า 150 เมตร แล้วแทบจะไม่พบความแตกต่างของปริมาณตะกั่วที่สะสมอยู่บนและในส่วนต่างๆของพืชเลย เมื่อเทียบกับพืชชนิด

เดียวกันที่ขึ้นอยู่ในที่ไกลจากถนนมากๆ

2. ส่วนของพืช ส่วนต่างๆของพืชจะได้รับสารตะกั่วจากอากาศไม่เท่ากัน เช่น เมล็ดจะรับปริมาณตะกั่วน้อยกว่าใบ

3. ลักษณะของผิวพืช ในเวลาและระยะทางจากขอบถนนที่เท่ากัน ผิวของพืชที่หยาบและมีขนจะสะสมปริมาณตะกั่วได้มากกว่าผิวของพืชที่เรียบและไม่มีขน

4. ระยะเวลาที่ได้รับตะกั่ว พืชชนิดเดียวกันและขึ้นอยู่ห่างจากขอบถนนเท่าๆกัน ถ้าได้รับตะกั่วเป็นเวลานานกว่าก็จะมีปริมาณตะกั่วมากกว่า

5. จำนวนรถยนต์บนถนน ที่ระยะทางห่างจากขอบถนนเท่าๆกัน พืชที่ขึ้นอยู่ริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่นจะสะสมปริมาณตะกั่วมากกว่าพืชชนิดเดียวกันที่ขึ้นอยู่ริมถนนที่มีการจราจรปานกลาง

6. ทิศทางลม พืชที่ขึ้นอยู่ริมถนนทางด้านใต้ลมจะมีปริมาณตะกั่วมากกว่าพืชชนิดเดียวกันกับพืชที่ขึ้นอยู่ริมถนนทางด้านเหนือลม

ปริมาณตะกั่วที่พืชสะสมเอาไว้ในเนื้อเยื่ออาจไม่ทำให้พืชแสดงอาการได้รับพิษ หรือตายลง แต่ถ้ามีการเก็บเกี่ยวพืชผลไปใช้ประโยชน์ในแง่ของอาหาร ก็จะทำให้ตะกั่วแพร่กระจายเข้าสู่ลูกโซ่อาหาร (food chain) และเกิดการสะสมพิษเพิ่มมากขึ้นๆ (Biological magnification) จนทำให้เกิดอันตรายจากพิษตะกั่ว (กิตติ เลกอำพน, 2524)

สำหรับปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วในพืชชนิดต่างๆที่มีผู้ศึกษาวิจัยสรุปได้ดังตารางที่ 2.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.8 แสดงการศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วในพืชชนิดต่างๆ

เอกสารอ้างอิง	จุดเก็บตัวอย่าง	ชนิดของพืช	ปริมาณตะกั่ว
นวลศรี ไชยบัวเทศ และคณะ (2522)	ระยะ 20 เมตร ห่างจากถนนอโศก -ดินแดง กรุงเทพฯ	ผักคะน้า	167 ppm.ของน.น.แห้ง
		ผักชม	22.2ppm.ของน.น.แห้ง
วรวิทย์ ชีวกรมาภิวัฒน์ (2522)	จังหวัดต่างๆ	ผักเศรษฐกิจ ชนิดต่างๆ	ค่าเฉลี่ย 20.6 ppm. (น้ำหนักแห้ง)
	จ.ธนบุรี	กระเทียม	9.5 ppm.น.น.แห้ง
	จ.ราชบุรี	มะเขือพวง	9.5 ppm.น.น.แห้ง
	จ.สระบุรี	แตงกวา	47.4 ppm.น.น.แห้ง
	-	ผักคะน้า (ลำต้น)	25.6 ppm.น.น.แห้ง
		(ใบ)	18.9 ppm.น.น.แห้ง
ไววิทย์ พุทธารี และคณะ (2522)	ต.บางครุ อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ	กะเพราขาว (ต้น)	93 ppm.ของน.น.แห้ง
		(ราก)	27 ppm.ของน.น.แห้ง
		กะเพราแดง (ต้น)	79 ppm.ของน.น.แห้ง
		(ราก)	0 ppm.ของน.น.แห้ง
		ข่า (ต้น)	1,116ppm.ของน.น.แห้ง
		(ราก)	404 ppm.ของน.น.แห้ง
		ตะไคร้ (ต้น)	402 ppm.ของน.น.แห้ง
		พริกขี้หนู (ต้น)	363 ppm.ของน.น.แห้ง
		(ราก)	240 ppm.ของน.น.แห้ง

ตารางที่ 2.8 (ต่อ) แสดงการศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วในพืชชนิดต่างๆ

เอกสารอ้างอิง	จุดเก็บตัวอย่าง	ชนิดของพืช		ปริมาณตะกั่ว
		พริกชี้ฟ้า	(ต้น)	51 ppm.ของน.น.แห้ง
			(ราก)	27 ppm.ของน.น.แห้ง
		ผักบุ้ง	(ต้น)	5 ppm.ของน.น.แห้ง
		ผักเป็ด	(ต้น)	724 ppm.ของน.น.แห้ง
		ผักเป็ดน้ำ	(ต้น)	0 ppm.ของน.น.แห้ง
		มะกรูด	(ใบ)	332 ppm.ของน.น.แห้ง
		มะละกอ	(ผล)	37 ppm.ของน.น.แห้ง
		หญ้าขน	(ต้น)	13 ppm.ของน.น.แห้ง
	โรงงานไทยประ-	กกขี้หมา	(ต้น)	3,030ppm.ของน.น.แห้ง
	ดิษฐ์โลหะกิจ	ผักเป็ด	(ต้น)	20,951ppm.ของน.น.แห้ง
	จ.สมุทรปราการ	เหงือกปลาหมอ	(ต้น)	97 ppm.ของน.น.แห้ง
		หญ้าหนวดปลาดุก	(ต้น)	2,278ppm.ของน.น.แห้ง
			(ราก)	33,874ppm.ของน.น.แห้ง
	ตลาดสด	ผักบุ้ง	(ต้น)	0 ppm.ของน.น.แห้ง
สุชา ภู่สิทธิศักดิ์	ตลาดสด	ผักคื่นฉ่าย (ผักสด)		99.5-113.35 ug/g
(2522)	(กรุงเทพฯ)	ผักกวางตุ้ง (ขี้เถ้า)		5.03-6.17 ug/g
		ถั่วฝักยาว		0 ug/g
ชีระวุธ ปิ่นทอง	ตลาดสด	ผักกินใบ		2.32-8.15 ug/g
(2523)				โดยน้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 2.8 (ต่อ) แสดงการศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วในพืชชนิดต่างๆ

เอกสารอ้างอิง	จุดเก็บตัวอย่าง	ชนิดของพืช	ปริมาณตะกั่ว
		ผักกินผล	0.22-2.01 โดยน้ำหนักแห้ง
		ผักกินหัว	1.24-3.65 โดยน้ำหนักแห้ง
สุคนธ์ เจียสกุล (2524)	ริมถนนพหลโยธิน เกาะกลางถนน-พระราม 4	ต้นแคแสด (ใบ)	662.21ug/g น.น.แห้ง
		ชมพูพันธ์ทิพย์ (ใบ)	416.51ug/g น.น.แห้ง
		เสลา (ใบ)	806.56ug/g น.น.แห้ง
		หูกวาง (ใบ)	696.06ug/g น.น.แห้ง
อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ (2525)	ถนนบางนา-ตราด (0,5,10 เมตร)	หญ้าขน	23.73 ,22.27 และ 17.45 ppm. ตามลำดับ
ทวีศักดิ์ บุตรโชติมงคล และคณะ (2531)	จังหวัดต่างๆ	พืชและผัก 219 ตัวอย่าง (ต้น ดอก ผล รากหรือ และธัญพืช	ค่าเฉลี่ย 0.76 ppm. (mg/kg)
นิตยามหามล และ ประนอม ภูวนัตรัย (2532)	ห่างจากโรงงาน ถลุงทองแดง เป็น ระยะ 150 เมตร	ผักกาดหอม	23 ppm. ของน.น.แห้ง
		พืชดอก	71.4 ppm. ของน.น.แห้ง