บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษา

5.1 ปริมาณตะกั่วในพืชและดินจากจังหวัดสมุทรปราการ

5.1.1 ปริมาณตะกั่วในพืช

ปริมาณตะกั่วในพืชรวม 49 ชนิด จากจังหวัดสมุทรปราการ มีค่าแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช และตำแหน่งของสถานีเก็บตัวอย่างว่าอยู่ในเขตอุตสาหกรรม หรือในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียง ในพืชส่วนเหนือดินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปกติ แต่ในส่วนใต้ดินมีค่าสูงกว่าปกติเล็กน้อย โดยเปรียบเทียบกับค่าปกติของปริมาณตะกั่วในพืชที่ได้เสนอไว้โดย H.J.M. Bowen, 1973 (อ้างใน B.J.Alloway, 1990)

แต่เมื่อพิจารณาจากค่าพิสัยของผลการศึกษาดังกล่าว ปรากฏว่า ปริมาณตะกั่วในพืชส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดิน มีค่าสูงสุดอยู่ในระดับค่าวิกฤตที่ได้เสนอไว้โดย Kabata-Pendias (1984) ดังตารางที่ 5.1 ซึ่งพบในผักบุ้งและผักเป็ด จากสถานีที่ 40 (พื้นที่เกษตรกรรม) และสถานีที่ 23 (เขตอุตสาหกรรม) ตามลำดับ

จากตารางที่ 5.2 จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดในพืชส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินจากการศึกษาครั้งนี้ มีค่าปริมาณตะกั่วมากกว่าในพืชผักเศรษฐกิจซึ่งปลูกในพื้นที่เกษตรกรรม ที่มีผู้รายงานไว้แล้ว ทั้งในประเทศและต่างประเทศ แสดงให้เห็นว่าพืชตัวอย่างจากพื้นที่ที่ทำการศึกษามีการใช้ตะกั่วในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม มีโอกาสได้รับตะกั่วที่ปนเปื้อนทั้งจากดินและอากาศ มากกว่าพืชจากพื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆโดยทั่วไป

จากตารางที่ 5.3 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยในพืชทั้งส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดิน จากการศึกษาครั้งนี้ มีปริมาณตะกั่วน้อยกว่าในพืชที่มีผู้ศึกษาไว้แล้ว แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของการปนเปื้อนเนื่องจากการจราจร มีความรุนแรงชัดเจนกว่า ทั้งนี้เพราะในการศึกษาครั้งนี้ถือว่าการจราจรไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง เนื่องจากได้เก็บตัวอย่างที่ระยะห่างจากถนน 150-200 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่ตะกั่วจากการจราจรสามารถกระจายไปตกสะสมได้น้อยที่สุด

อย่างไรก็ตามเป็นที่สังเกตว่า ค่าที่รายงานโดย M.H. Wong (1987) นั้นยังมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่วในการศึกษาครั้งนี้ ทั้ง ๆ ที่ตัวอย่างพืชเก็บมาจากตำแหน่งที่ห่างจากถนนใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจราจรในตัวเมืองของฮ่องกงนั้นหนาแน่นมากกว่าบริเวณที่ทำการศึกษาซึ่งเป็นทางหลวงจังหวัด

จากตารางที่ 5.4 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่วทั้งในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของพืช ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าในพืชจากบริเวณที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วอย่างรุนแรงมาก เป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่า อิทธิพลของการปนเปื้อนอย่างรุนแรงนั้นมีแหล่งกำเนิดของตะกั่วโดยตรง (Point Source) แต่การเก็บตัวอย่างครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างกระจายออกไปในพื้นที่ที่ศึกษา

อาจกล่าวได้ว่าปริมาณตะกั่วในพืชจากจังหวัดสมุทรปราการจัดอยู่ในระดับปานกลาง ยังไม่ปรากฏอาการผิดปกติ (Chlorosis) เนื่องจากพิษของตะกั่วที่เกิดขึ้นต่อพืชให้สังเกตเห็น พืชจากบางสถานีเท่านั้น ที่อยู่ในระดับค่าวิกฤตเพียง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้พื้นที่ดินของสถานีเก็บตัวอย่างนั้น และปริมาณตะกั่วที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดในเขตอุตสาหกรรมและบริเวณที่มีการจราจรคับคั่ง ทำให้เกิดการปนเปื้อนสิ่งแวดล้อมทั้งดินและอากาศได้ในระดับสูง พืชสามารถสะสมตะกั่วไว้ทั้งภายในและภายนอกของส่วนเหนือดินและใต้ดินได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการดึงดูดตะกั่วของรากพืช และความทนทานต่อตะกั่วของพืช ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของพืช และระยะห่างระหว่างพืชกับแหล่งกำเนิดของตะกั่ว ดังนั้นจึงไม่ควรปลูกพืชเพื่อการบริโภคใกล้เคียงกับบริเวณเขตอุตสาหกรรมที่ใช้ตะกั่วในการผลิต เพราะพืชที่อยู่ใกล้จากแหล่งกำเนิดของตะกั่วนี้ สามารถปนเปื้อนของตะกั่วได้สูงกว่า

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วในพืชที่พบกับค่าปกติ และค่าวิกฤติที่แสดงผลของความเป็นพิษตะกั่วในพืช

ค่าที่เสนอ	ปริมาณตะกั่ว (ไมโครกรัมต่อกรัมหรือppm)	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าพิสัย
ค่าปกติของปริมาณตะกั่วในพืช (H.J.M. Bowen, 1973)		0.2-20
ค่าวิกฤติที่จะแสดงผลของความเป็นพิษของตะกั่วในพืช (Kabata-Pendias, 1984)		30-300
ค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยในพืชส่วนเหนือดิน	19.82	$\leq$0.02 - 454.00
ค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยในพืชส่วนใต้ดิน	25.56	$\leq$0.02 - 129.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วในพืชที่พบจากการศึกษาครั้งนี้กับในพืชทั่วๆไป

ชื่อผู้ศึกษา	ขอบเขตการศึกษา	ปริมาณตะกั่วในพืช (μg/g หรือ ppm)	
		ค่าเฉลี่ย	ค่าพิสัย
วรวิทย์ ชีวภรณาวิวัฒน์ (2522)	พืชผักเศรษฐกิจหลายชนิดจากจังหวัดต่างๆของประเทศไทย	20.6	
สุธา ภู่สิทธิศักดิ์ (2522)	พืชจากตลาดสด		0.00-113.25
ธีระวุธ ปิ่นทอง (2523)	ผักจากตลาดสด โดยแยกเป็น ผักกินใบ ผักกินผล และผักกินหัว		2.32-8.15 0.22-2.01 1.24-3.25 ตามลำดับ
ทวีศักดิ์ บุณยโชติมงคล และคณะ (2531)	พืชและผักจำนวน 219 ตัวอย่าง จากจังหวัดต่างๆ (ส่วนต้น ดอก ผล ราก และธัญญพืช)	0.76	
Pandaya (1983)	พืชผักและผลไม้จากเมือง Ahmedabad ประเทศอินเดีย		0.20-1.50 1.8-2.5 ตามลำดับ
Eilliv Steninners (1987)	พืชตัวอย่างจากประเทศนอร์เวย์ที่เป็น Dominant species 4 ชนิด ได้แก่ Betula pubescens, Pinus sylvestris, Vaccinium vitis-iddea และ Calluna vulgaris	16 14 11 10 ตามลำดับ	
ค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยในพืชส่วนเหนือดินจากสมุทรปราการ		19.82	≤0.02-454.00
ค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยในพืชส่วนใต้ดินจากสมุทรปราการ		25.56	≤0.02-129.00

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วในพืชที่พบจากการศึกษาครั้งนี้กับในพืชที่มีการปนเปื้อนของตะกั่ว เนื่องจากการจราจร

ชื่อผู้ศึกษา	ขอบเขตการศึกษา	ปริมาณตะกั่วในพืช ($\mu g/g$ หรือ ppm)	
		ค่าเฉลี่ย	ค่าพิสัย
นวลศรี ไชยบัวเทศ	ผักบุ้งและผักคะน้าจากบริเวณ	22.2	
และคณะ (2522)	ริมถนนอโศก-ดินแดง เป็นระยะ	167.0	
	ทาง 20 เมตร	ตามลำดับ	
สุคนธ์ เจียสกุล (2524)	ใบของต้นแคแสด ชมพูพันธ์ทิพย์	662.21	
	จากริมถนนพหลโยธิน และใบ	416.51	
	ของต้นเสลา ต้นหูกวาง จาก	806.56	
	เกาะกลางถนนพระรามที่ 4	698.06	
		ตามลำดับ	
M.H. Wong (1987)	ผักกวางตุ้ง (*Brassica*	47.0	
	parachinensis) ในส่วนใบ	31.0	
	ต้นและรากจากริมถนนระยะ 200	40.0	
	เมตร ในฮ่องกง (เขตเมือง)	ตามลำดับ	
ค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยในพืชส่วนเหนือดินจากสมุทรปราการ		19.82	<0.02 - 454.00
ค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยในพืชส่วนใต้ดินจากสมุทรปราการ		25.56	<0.02 - 129.00

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วในพืชที่พบจากการศึกษาครั้งนี้กับในพืชที่อยู่บริเวณซึ่งมีสารตะกั่วปนเปื้อนอยู่ในระดับสูง

ชื่อผู้ศึกษา	ขอบเขตการศึกษา	ปริมาณตะกั่วในพืช (μg/g หรือ ppm)	
		ค่าเฉลี่ย	ค่าพิสัย
เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต และกัลยา วัฒยากร (2520)	ผักบุ้ง โหระพา และผักกระเฉดจากหนองน้ำข้างถนนที่ถูกถมด้วยกากแบตเตอรี่ในหมู่บ้าน ที่ ต. บางครุ อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ	13.2 36.5 20.8 ตามลำดับ	
นิตยา มหาผล และประนอม ภูวนัตตรัย (2532)	ผักกาดหอมและพืชดอกจากโรงงานถลุงทองแดงเป็นระยะห่าง 150 เมตร	23 71.4 ตามลำดับ	
Ragaini และคณะ (1977)	พืชที่ขึ้นห่างจากโรงงานหลอมโลหะเป็นระยะทาง 0.27, 0.27-2 และ 3.3 ไมล์	10,000 320 ตามลำดับ	540-9,990
ค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยในพืชส่วนเหนือดินจากสมุทรปราการ		19.82	<0.02 - 454.00
ค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยในพืชส่วนใต้ดินจากสมุทรปราการ		25.56	<0.02 - 129.00

5.1.2 ปริมาณตะกั่วในดิน และลักษณะสมบัติทางเคมีของดิน

จากตารางที่ 5.5 จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยของตะกั่วในดินจากจังหวัดสมุทรปราการ และเฉพาะเขตอุตสาหกรรม และพื้นที่เกษตรกรรม มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยปกติที่พบโดยทั่วไป แต่ยังคงอยู่ในช่วงค่าพิสัย และยังคงต่ำกว่าค่าวิกฤต ที่เสนอไว้โดย H.J.M. Bowen (1979) และ A. Kabata-Pendias และ H.Pendias (1984) ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปนเปื้อนของตะกั่วในดินยังไม่ถึงระดับที่แสดงผลกระทบของความเป็นพิษต่อพืช ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะปรากฏของพืชที่สังเกตได้ในขณะที่เก็บตัวอย่างในพื้นที่ที่ศึกษา คือไม่พบอาการผิดปกติ (Chlorosis)

นอกจากนี้ ถ้าพิจารณาในเชิงการเกษตร ค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่วก็ยังคงมีค่าต่ำกว่าค่าที่ยอมให้มีได้เพื่อการเกษตร ที่เสนอไว้โดย Webber, 1984 (อ้างใน อรรณพ หอมจันทร์, 2535) กว่าหนึ่งเท่าตัว น่าจะยังถือว่าในพื้นที่ที่ศึกษา ทั้งในเขตอุตสาหกรรม และพื้นที่เกษตรกรรม ยังคงมีความเสี่ยงต่อการบริโภคพืชผักน้อย

อย่างไรก็ตาม พืชที่ขึ้นติดอยู่กับโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ตะกั่วในกระบวนการผลิตอาจมีความเสี่ยงต่อการบริโภคได้สูงกว่า เพราะเนื่องจากปริมาณตะกั่วในดิน มีค่าอยู่ในช่วงค่าวิกฤตและค่าที่ยอมให้มีได้เพื่อการเกษตร (เกิน 100 ppm.) ได้แก่ สถานีที่ 12 (142 ppm.) สถานีที่ 13 (102 ppm.) และสถานีที่ 23 (157 ppm.) ซึ่งเป็นสถานีเก็บตัวอย่างในเขตอุตสาหกรรมของจังหวัดสมุทรปราการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถานีที่ 23 ซึ่งตั้งอยู่หน้าโรงงานทำแบตเตอรี่ บริเวณนี้พบค่าปริมาณตะกั่วในดินสูงสุดในการศึกษาครั้งนี้ และสถานีที่ 40 (112 ppm) พบปริมาณตะกั่วสูงสุด ในสถานีที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม แต่อยู่ใกล้กับโรงงานทำแผ่นกั้นแบตเตอรี่

ดังนั้นในพื้นที่ที่อยู่ติดกับโรงงานอุตสาหกรรมไม่ควรมีการทำการเกษตรกรรม หรือบริโภคพืชที่ขึ้นในบริเวณดังกล่าว อาจเห็นได้จาก ปริมาณตะกั่วในผักบุ้งที่เก็บมาจากสถานีที่ 40 มีค่าสูงมาก และเป็นค่าสูงสุดของการศึกษาครั้งนี้ เกินกว่าค่าวิกฤตของปริมาณตะกั่วในพืช ผลนี้ได้ชี้ชัดว่าปริมาณตะกั่วมีความสัมพันธ์กับการใช้ที่ดิน กล่าวคือ บริเวณที่มีอุตสาหกรรมที่ใช้ตะกั่วในกระบวนการผลิต ทำให้เกิดการปนเปื้อนตะกั่วในดินและในพืชทั้งส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดิน บริเวณนั้นมากแม้ว่าพื้นที่นั้นจะเป็นพื้นที่เกษตรกรรมก็จริง

ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วในดินที่พบจากการศึกษาครั้งนี้กับค่าปกติ ค่าวิกฤต และค่าที่ยอมให้มีในดินเพื่อการเกษตร

ค่าที่เสนอ	ปริมาณตะกั่วในดิน (μg/g หรือ ppm)	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าพิสัย
ค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยที่พบในดินปกติทั่วไปบนผิวโลก (H.J.M. Bowen, 1979)	15	2-200
ค่าวิกฤติของปริมาณตะกั่วในดิน (A.Kabata-Pendias & H.Pendias, 1984)		100-400
ค่าที่ยอมให้มีในดินเพื่อการเกษตรของประเทศฝรั่งเศสและเยอรมัน (Webber และคณะ, 1984)	100	
ค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย ของดินจากจ.สมุทรปราการ	45.48	19.00-157.00
ค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย ของดินเฉพาะจากเขตอุตสาหกรรม	48.32	20.00-157.00
ค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย ของดินเฉพาะจากพื้นที่เกษตรกรรม	42.00	19.00-112.00

การปนเปื้อนของตะกั่วในดินและในพืชนอกจากมีความสัมพันธ์กับประเภทของการใช้ที่ดินดังกล่าวแล้ว ลักษณะสมบัติทางเคมีของดิน (ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณของกรดฮิวมิค ปริมาณฟอสเฟตในดิน ปริมาณของ Clay ปริมาณของออกไซด์ของเหล็ก ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุของดิน องค์ประกอบทางเคมีต่างๆในดิน อุณหภูมิ และความชื้นในดิน) ก็เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งต่อการสะสมของตะกั่วในดินและมีผลต่อการดูดดึง (Uptake) ตะกั่วในพืชด้วย ซึ่งผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินในเขตอุตสาหกรรม และพื้นที่

เกษตรกรรมไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 4.4) แสดงว่า ความแตกต่างของปริมาณตะกั่วที่พบในดินและพืช ทั้งสองบริเวณนี้ไม่ได้เกิดจากปัจจัยทางเคมีของดิน แต่อาจเนื่องจากลักษณะการใช้ที่ดินและแหล่งกำเนิดการปนเปื้อนมากกว่า

จากการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วกับลักษณะสมบัติทางเคมีของดิน โดยพิจารณาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r_{xy}) แสดงให้เห็นว่าปริมาณตะกั่วในดินตัวอย่างไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะสมบัติทางเคมีของดิน (ดังตารางในภาคผนวก ง-7, ง-8 และ ง-9) แต่เมื่อพิจารณาจากค่า r_{xy} ที่มีค่ามากที่สุดพบว่าปริมาณตะกั่วมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอช (pH)ในเชิงบวกแสดงว่าเมื่อค่า pH มีค่าเพิ่มขึ้น ปริมาณตะกั่วในดินจะเพิ่มขึ้นด้วยหรือในดินที่มีความเป็นเบสสูง (pH สูง) จะมีปริมาณตะกั่วมากกว่าในดินที่มีความเป็นกรด (pH ต่ำ) เนื่องจากค่า pH มีผลต่อการละลายของตะกั่วในดิน ถ้าค่า pH สูง การละลายของตะกั่วในดินจะลดต่ำลง ทำให้ตะกั่วไม่สามารถเคลื่อนที่ไปยังที่อื่นได้บริเวณนั้นจึงมีตะกั่วในปริมาณสูง ในขณะที่บริเวณ pH ต่ำ ตะกั่วจะละลายไปอยู่ในรูปไอออนบวกได้มาก จึงพร้อมที่จะถูกดึงดูดโดยพืชได้ง่าย (Lau and Wong, 1982 อ้างใน ปรีญาพร สุวรรณเกษ,2535)

ค่า pH ที่พบในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.06 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า ค่า pH ที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีคือ 6.5 เสนอไว้โดย Davis,1984 เมื่อนำปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ และปริมาณโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มาประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยใช้เกณฑ์ที่เสนอไว้โดย เล็ก มอญเจริญ, 2522 (อ้างใน อรรณพ หอมจันทร์, 2535)พบว่าเมื่อพิจารณาปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ ดินตัวอย่างจะมีความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับที่สูงมาก แต่เมื่อพิจารณาจากปริมาณโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ดินตัวอย่างจะมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับต่ำ ขาดโปตัสเซียม ในการปลูกพืชควรเติมปุ๋ยที่มีโปตัสเซียมลงไปตามความต้องการของพืชแต่ละชนิด สำหรับค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C) ของดินตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 11.26 มิลลิกรัมสมมูลย์/100 กรัมของดิน มีค่าอยู่ในช่วงของดินเหนียว (Kaolinite 13-15 มิลลิกรัมสมมูลย์/100 กรัมของดิน) แสดงว่าดินตัวอย่างมีเปอร์เซนต์ clay สูง ดังนั้นความสามารถในการดูดซับโลหะตะกั่วไว้ในอนุภาคของดินได้ในปริมาณสูงด้วย และเนื่องจากดินตัวอย่างมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูงตะกั่วในดินจึงไม่ถูกชะล้างออกมาได้โดยง่าย การดูดดึงตะกั่วในพืชก็จะลดลง สามารถลดพิษและปริมาณของตะกั่วในพืชได้

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในดินและในพืชและในดินกับลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา

ตามทฤษฎีกล่าวว่าสภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยพัดพาอนุภาคตะกั่วในอากาศ และในดิน สามารถเคลื่อนกระจายออกไปจากแหล่งกำเนิดได้ ความชื้นและอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมมีผลกระทบต่อศักยภาพของความเป็นพิษ (Toxic Potential) และ เปลี่ยนแปลงความเป็นพิษเฉียบพลันของสารตะกั่ว (Modify Acute Toxicities) ตะกั่วจะมีพิษมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการเกิดปฏิกิริยาและเมตตาบอลิซึมเพิ่มมากขึ้น เซลของสิ่งมีชีวิตจะได้รับอันตรายจากตะกั่วได้มากขึ้น และในพืชอาจสามารถเคลื่อนที่จากรากไปตามส่วนต่างๆของพืชได้มากขึ้น (Viswanathan P.N. และ C.R.Krishna, 1989)

ข้อมูลทางด้านภูมิอากาศของจังหวัดสมุทรปราการ ในช่วงระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง คือ ช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2534 สามารถสรุปได้ดังนี้คือ อุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 27.1 องศาเซลเซียส (สูงสุด 32.6 และต่ำสุด 22.4 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (Relative Humidity) มีค่าเท่ากับ 69% (สูงสุด 87.5% และต่ำสุด 47.2%) ปริมาณน้ำฝน 0.00 มิลลิเมตร ความเร็วลม 3.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ลมสงบ)

ซึ่งในขณะที่เก็บตัวอย่างสำหรับการวิจัยนี้ ลมสงบ และไม่มีฝนตก ตรงกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงทำให้การกระจายของตะกั่วเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และอาจเป็นเหตุให้ปริมาณตะกั่วในดินจากบริเวณเขตอุตสาหกรรม และพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียง ไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จากผลที่ได้นี้เป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าปริมาณตะกั่วในดินมีความสัมพันธ์ กับลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา

อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในพืชพบว่า พืชในเขตอุตสาหกรรมมีปริมาณตะกั่วสูงกว่าในพื้นจากพื้นที่เกษตรกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แสดงว่าสภาพอุตุนิยมวิทยา ไม่เอื้ออำนวยต่อการเคลื่อนกระจายของตะกั่วออกไปได้ไกลจากเขตอุตสาหกรรม ซึ่งทำให้มีปริมาณตะกั่วตกค้างในดิน และฝุ่งกระจายอยู่ในอากาศบริเวณนั้นมาก จึงทำให้มีโอกาสถูกดูดดึงขึ้นไปในพืชได้มากด้วย ผลการวิเคราะห์ที่กล่าวมานี้ สอดคล้องกับลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาในขณะที่ทำการศึกษา ฉะนั้นจึงเห็นได้ชัดว่าปริมาณตะกั่วในพืชมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาด้วย

5.3 ความสัมพันธ์ของปริมาณตะกั่วในพืชกับในดิน และปริมาณตะกั่วในพืชส่วนเหนือดินกับส่วนใต้ดิน

ตะกั่วในดินกระจายไปยังผิวของรากโดยผ่านสาระละลายดิน การเคลื่อนที่ของสารตะกั่วเข้าสู่รากเกิดขึ้นโดยกระบวนการ Passive Diffusion ผ่านเยื่อหุ้มเซล หรือ โดยกระบวนการ Active transfer ซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณตะกั่วและพลังงานศักย์ไฟฟ้า (Electro chemical potential) การเคลื่อนย้ายของโลหะหนักซึ่งยึดเกาะบนอนุภาคดินไปสู่ผิวรากนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ใน 2 ลักษณะ คือการแลกเปลี่ยนโดยสัมผัสโดยตรง (Contact exchange)ระหว่างโลหะหนักที่อยู่บนอนุภาคดินกับโปรตรอนที่อยู่ที่ผิวราก และการแลกเปลี่ยนโดยไม่ได้สัมผัสกัน (Non-contact exchange) ระหว่างโลหะหนักที่อยู่บนอนุภาคดินกับโปรตรอนที่อยู่ที่ผิวราก (Fergussion, 1970) แสดงดังในรูปที่ 5.1 และความสัมพันธ์โลหะหนักที่เกิดขึ้นในระหว่างดินกับพืช แสดงดังรูปที่ 5.2

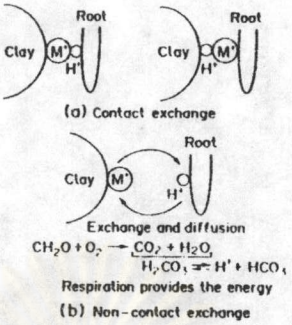
สำหรับการศึกษาครั้งนี้เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในพืชแต่ละส่วนกับปริมาณตะกั่วในดิน พบว่ามีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าเมื่อปริมาณตะกั่วในดินเพิ่มขึ้นปริมาณตะกั่วในพืชทั้งส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย และเมื่อนำปริมาณตะกั่วในพืชชนิดที่เป็นอาหารในส่วนเหนือดินกับปริมาณตะกั่วในดิน มาวิเคราะห์โดยสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายพบว่าสมการที่ดีที่สุด มีความสัมพันธ์แบบ Exponential model คือ

$$\ln Y = \ln(4.029543) + 0.025945\ X \quad (r_{xy} = 0.739)$$

โดยที่ปริมาณตะกั่วในดินเป็นตัวแปรอิสระ และปริมาณตะกั่วในพืชส่วนเหนือดินเป็นตัวแปรตาม

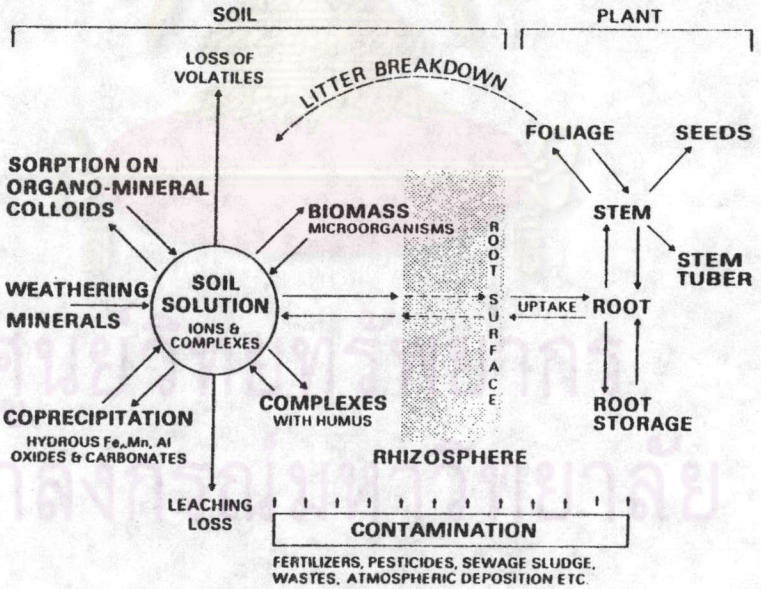
ดังนั้นในการศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วในดินที่มีผลต่อการดูดดึงของตะกั่วโดยพืช อาจวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในพืชเพียงอย่างเดียวก็ได้ แต่ต้องมีการศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีของดินประกอบด้วย อาทิเช่น ค่า pH เนื่องจาก pH ของดินมีผลต่อการละลายของตะกั่วให้อยู่ในรูปอิออนบวก และพืชจึงจะสามารถดูดดึงเข้าไปสะสมไว้ภายในได้

อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อการดูดดึงและสะสมตะกั่วจากดินเข้าสู่พืช นอกจากปริมาณตะกั่วในดินแล้ว ยังมีปัจจัยที่สำคัญอื่นอีกได้แก่ ลักษณะสมบัติของดิน (เช่น อุณหภูมิ ค่า pH ค่า C.E.C ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ความชื้นของดิน) ความแตกต่างระหว่างชนิดของพืช ความทนทานต่อความเป็นพิษของตะกั่วในพืช ขนาดของพืช ระบบราก ชนิดของใบ พลังงานที่พืชใช้ในการดูดดึงโลหะหนักแต่ละชนิดเข้าสู่รากและใบชนิดและรูปทางเคมีของตะกั่ว ปฏิกิริยาของตะกั่วที่เกิดขึ้นกับธาตุหรือสารเคมีอื่นๆ (ปฏิกิริยาเสริมหรือหักล้างกัน) และสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งฤดูกาล



รูปที่ 5.1 แสดงการเคลื่อนย้ายโลหะหนักเข้าสู่รากพืช

ที่มา : Jack E. Fergusson. The Heavy elements:Chemistry, Environmental Impact and Health Effects ,1990. P.380



รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ของโลหะหนักที่เกิดขึ้นระหว่างดินกับพืช

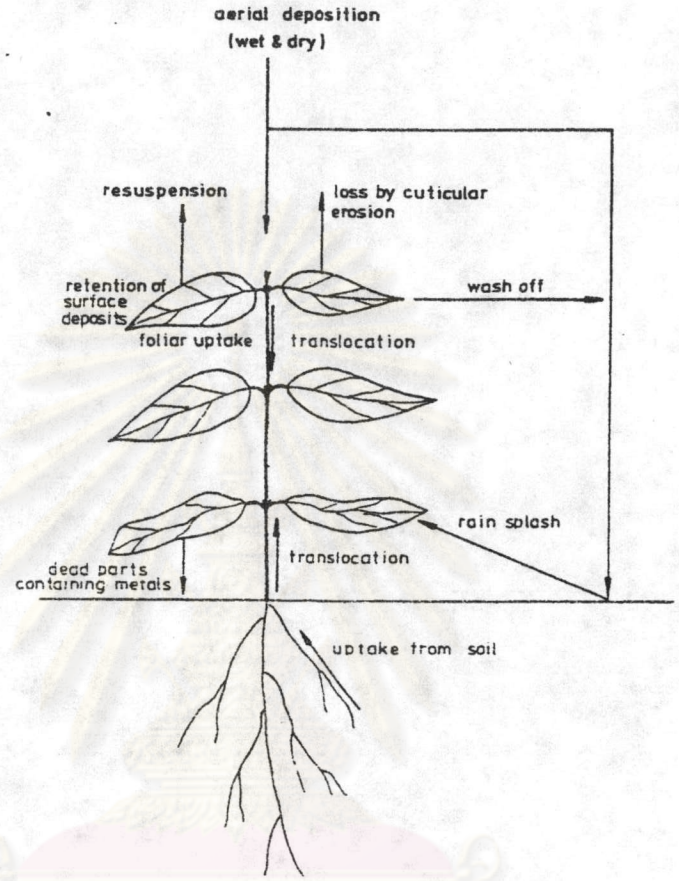
ที่มา : B.J. Alloway. Heavy metals in soils, 1990. P.20

การดูดดึงของตะกั่วของพืชจากดินสามารถประมาณได้ด้วยค่า Biological absorption coefficient (BAC) โดยหาได้จาก ค่า BAC = $[M_p]/[M_s]$ โดยที่ $[M_p]$ คือปริมาณตะกั่วในพืช และ $[M_s]$ คือปริมาณตะกั่วในดิน (Brooks,1983) พืชตัวอย่างจากสมุทรปราการในส่วนเหนือดินมีค่า BAC เฉลี่ย = 0.40 และในส่วนใต้ดินมีค่า BAC เฉลี่ย = 0.54 (ดังแสดงในตารางที่ 4.7) ในพืชส่วนใต้ดินมีค่า BAC มากกว่าในส่วนเหนือดิน แสดงว่าในส่วนใต้ดินของพืชมีการดูดดึงตะกั่วมาสะสมไว้ในปริมาณที่สูงกว่าในส่วนเหนือดินของพืช โดยแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช

ปริมาณตะกั่วในส่วนเหนือดินกับในส่วนใต้ดินของพืชตัวอย่างจากเขตอุตสาหกรรม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 โดยปริมาณตะกั่วในพืชส่วนใต้ดินมีค่าสูงกว่าในพืชส่วนเหนือดิน และยังพบว่ามีความสัมพันธ์กันเชิงบวก (ค่า r_{xy} =0.692) คือเมื่อปริมาณตะกั่วในพืชส่วนใต้ดินเพิ่มขึ้นปริมาณตะกั่วในพืชในส่วนเหนือดินก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่พืชตัวอย่างจากพื้นที่เกษตรกรรมไม่พบความแตกต่างและความสัมพันธ์ดังกล่าว เหตุที่เป็นดังนี้อาจเนื่องมาจากพืชตัวอย่างจากจังหวัดสมุทรปราการ มีโอกาสสะสมตะกั่วได้จากดินโดยการดูดดึงของรากพืชและจากอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ จะตกลงสู่ใบของพืชด้วยแรงโน้มถ่วงและเกาะติดอยู่บนใบพืชนั้น มีการกระจายไปสะสมอยู่ในส่วนอื่นๆได้น้อยมาก ทั้งนี้เป็นเพราะตะกั่วมีคุณสมบัติเคลื่อนที่ไปในพืชได้น้อย ดังนั้นเมื่อตะกั่วถูกดูดซึมโดยเนื้อเยื่อส่วนใด ก็จะยังคงสะสมอยู่ที่นั้นเป็นส่วนใหญ่ (Martin and Coughtrey, 1982) ในรูปที่ 5.3 ได้แสดงแหล่งกำเนิดและทิศทางของตะกั่วเข้าสู่พืชส่วนต่างๆ กลไกของการเคลื่อนที่ของตะกั่ว (Translocation) จากรากไปสู่ยอดหรือจากยอดมารากนั้น ยังสรุปแน่นอนไม่ได้ (Culture และ Rains, 1974)

และอาจพิจารณาเปรียบเทียบได้จากค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างปริมาณตะกั่วในพืชส่วนเหนือดินต่อในพืชส่วนใต้ดิน (มีค่าเท่ากับ 2.10) ดังตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าปริมาณตะกั่วในพืชส่วนใต้ดินมีค่าสูงกว่าในส่วนเหนือดินเช่นเดียวกับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาที่ผ่านมาว่า พืชสะสมตะกั่วไว้ในส่วนต่างๆได้ไม่เท่ากัน คือ ราก > ใบ,ลำต้น (กิตติ เอกอำพน, 2524 ; Jones et al., 1973 ; Lagerweft et al.,1973 และ Pinkerton & Simpson, 1977)

นอกจากนี้จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r_{xy}) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในพืชกับเปอร์เซนต์ความชื้นของพืช และปริมาณตะกั่วในพืชส่วนใต้ดินกับความยาวราก พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน



รูปที่ 5.3 แสดงแหล่งกำเนิดและทิศทางของตะกั่วเข้าสู่พืชส่วนต่างๆ

ที่มา : M.H. Martin และ P.J. Coughtrey. Biological Monitoring of heavy metal pollution:land and air , 1982. P.85

5.4 การเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วในพืชส่วนที่ใช้เป็นอาหารกับค่ามาตรฐานการปนเปื้อนของสารตะกั่วในอาหาร

มาตรฐานสารพิษในอาหารแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ 1. มาตรฐานอาหารบางชนิดที่มีสารพิษตกค้าง และ 2. มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน ซึ่งสารปนเปื้อนหมายความถึงสารปนเปื้อนกับอาหารโดยไม่ตั้งใจ แต่เป็นผลซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิต กรรมวิธีการผลิต โรงงาน หรือสถานที่ผลิต การดูแลรักษา การบรรจุ การขนส่ง และการเก็บรักษา หรือเกิดเนื่องจากการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อม และหมายความรวมถึงชิ้นส่วนจากแมลงและสัตว์ หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ สำหรับปริมาณตะกั่วในอาหาร มีค่ามาตรฐานการปนเปื้อนได้ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (เว้นแต่อาหารที่มีสารปนเปื้อนตามธรรมชาติในปริมาณสูงให้มีได้ตามที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 80 (พ.ศ.2522) ออกความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 ตีพิมพ์ลงในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 101 ตอนที่ 34 ฉบับลงวันที่ 16 มิถุนายน 2527

การศึกษาครั้งนี้ได้นำค่าปริมาณตะกั่วเฉพาะในพืชชนิดที่ใช้เป็นอาหารในส่วนเหนือดินมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานดังกล่าวข้างต้น พบว่าปริมาณตะกั่วในพืชนิดที่ใช้เป็นอาหารในส่วนเหนือดินจากเขตอุตสาหกรรมมีค่าเกินมาตรฐาน ในขณะที่ปริมาณตะกั่วในพืชชนิดที่ใช้เป็นอาหารในส่วนเหนือดิน จากพื้นที่เกษตรกรรมมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานดังกล่าวที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ที่ 0.05 และถ้าพิจารณาจากตัวอย่างพืชชนิดที่ใช้เป็นอาหารทั้งหมดจาก 2 บริเวณ พบว่ามีปริมาณตะกั่วเกินค่ามาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข (1 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง)

ปริมาณตะกั่วที่พบในพืชตัวอย่างเกินกว่าค่ามาตรฐานนี้อาจเป็นผลมากจากการสะสมของตะกั่วจากอากาศ บนผิวนอกของส่วนใบหรือส่วนเหนือดิน ซึ่งนอกเหนือไปจากการดูดดึง (uptake) ตะกั่วที่มีอยู่ในดิน มีรายงานว่าเมื่อนำตัวอย่างพืชมาล้างด้วยน้ำประปา ปริมาณตะกั่วในพืชจะลดลงได้ เนื่องจากน้ำสามารถได้ชะล้างตะกั่วที่ติดอยู่ผิวนอกของพืชออกได้ (กิตติ เอกอำนน, 2524) และจากการศึกษาปริมาณตะกั่วที่ถูกชะล้างออกจากผิวใบ ของต้นแคแสด ชมพูพันธ์ทิพย์ เสลาและหูกวาง พบว่า เปอร์เซนต์การถูกชะล้างเป็น 19.93, 38.63, 22.18 และ 24.31 ตามลำดับ (สุคนธ์ เจียสกุล, 2524)