ว.วิชาการ กษ. 11 : 45 - 48 (2536)

วัฏจักรของแคดเมียมในเชิงนิเวศวิทยา

Ecology of Cadmium Cycle

ปรีดา พากเพียร สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์
พิชิต พงษ์สกุล และ วิศิษฐ์ โชลิตกุล
Preeda Parkpian Surasit Attajarusit
Pichit Pongsakul and Wisit Cholitkul

Abstract

Garden vegetables grown in Cadmium contaminated soils tended to absorb and accumulated Cadmium at higher levels than did tuber and fruit crops. Like other toxic heavy metals, Cadmium caused potential health hazard to human. Therefore, natural and artificial Cadmium sources including its control regulations for food chain and ecological protection were discussed.

Keywords : Cadmium, vegetables, phosphate fertilizers, garden soils

บทคัดย่อ

พืชผักสวนครัวที่ใช้ใบบริโภค เมื่อปลูกในดินที่มีแคดเมียมปนเปื้อนจะดูดดึงเอาธาตุนี้ขึ้นมาสะสมอยู่ในระดับที่สูงกว่าพืชหัวและผลไม้ แคดเมียมเมื่อเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์หรือสัตว์จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพเช่นเดียวกันกับธาตุโลหะหนักชนิดอื่น ๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงกล่าวถึงแหล่งที่มาของแคดเมียมรวมทั้งมาตรการป้องกันและแก้ไขเพื่อตัดมลพิษของธาตุนี้ออกไปจากวงจรการผลิตอาหารและเป็นการพิทักษ์ระบบนิเวศอีกทางหนึ่ง

คำหลัก : แคดเมียม พืชผัก ปุ๋ยฟอสเฟต ดินสวนผัก

กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม. 10900

Soil Science Division, Department of Agriculture, Chatuchack, Bangkok 10900

แคดเมียม (Cd) เป็นธาตุโลหะหนักอีกชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาวะแวดล้อม และสะสมอยู่ในร่างกายของสิ่งมีชีวิต เนื่องจากแคดเมียนมีพฤติกรรมทางเคมีที่คล้ายคลึงกันมากกับสังกะสี แคดเมียมจึงสามารถเข้าแทนที่สังกะสีได้ในระดับหนึ่งในเอนไซม์ (enzymes) หลายชนิดซึ่งพบอยู่ในพืชและสัตว์ และมีสังกะสีเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้แคดเมียมเป็นธาตุที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายในดิน พืชที่ปลูกโดยทั่วไปจึงดูดดึงแคดเมียมขึ้นไปสะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ได้ค่อนข้างสูงกว่าโลหะหนักธาตุอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นปรอท โครเมียม นิกเกิล หรือทองแดง ด้วยเหตุดังกล่าวแคดเมียมจึงมีศักยภาพสูงในการเคลื่อนย้ายจากดินเข้าสู่พืชและไปสะสมอยู่ในร่างกายของคนเราที่บริโภคพืช เช่น ผัก ผลไม้ต่าง ๆ เป็นอาหาร รวมทั้งธัญพืชที่จำเป็นได้แก่ ข้าว ข้าวสาลี เป็นต้น

ถึงแม้ว่าแคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำต่าง ๆ ถ้าหากมีปริมาณน้อย จะไม่ออกฤทธิ์อย่างเด่นชัด แต่จะเข้าไปสะสมอยู่ในสัตว์น้ำ เช่น ปลา ปู กุ้ง หอย รวมทั้งพืชน้ำบางชนิดการสะสมของแคดเมียมในสัตว์และพืชน้ำเหล่านี้จะทำให้ผู้บริโภคสัตว์และพืชดังกล่าวได้รับแคดเมียมสะสมไว้ในร่างกาย และไม่สามารถจะกำจัดออกไปได้ด้วยระบบการขับถ่าย การได้รับสารจำพวกโลหะหนัก เช่น แคดเมียม อาจเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยเช่น โรคความดันโลหิตสูงและอาจกระตุ้นการเกิดมะเร็งได้อีกด้วย (Roberts *et al.* 1974)

แหล่งที่มาของแคดเมียม

แคดเมียมที่สะสมอยู่ในดินถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตนั้น ปัจจุบันจำแนกตามแหล่งที่มาที่สำคัญได้ดังนี้

1. เป็นองค์ประกอบของวัตถุต้นกำเนิดดินที่มีแคดเมียมในปริมาณสูงโดยธรรมชาติ

2. มาจากการปนเปื้อนของมลพิษที่ตกหรือปล่อยกลับลงสู่ดิน เฉพาะแคดเมียมในส่วนนี้เท่านั้นที่กำลังได้รับความสนใจเพราะเป็นปัญหาใหญ่ต่อระบบนิเวศในปัจจุบัน ซึ่งจะต้องรีบเร่งหาทางป้องกันและกำจัดออกไปโดยทั่วไปพบว่าแหล่งของมลพิษที่มีสารประกอบแคดเมียมปนเปื้อนมีดังต่อไปนี้

2.1 ปุ๋ยเคมีที่ให้กับพืชทางดินเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยฟอสฟอรัส (หินฟอสเฟตและซูเปอร์ฟอสเฟต) ซึ่งทำมาจากหินฟอสเฟตที่ขุดมาจากแหล่งที่มีแคดเมียมอยู่ในหินชนิดนั้นสูง เช่น จากประเทศเซเนกัล ทวีปอาฟริกา จากรัฐเท็กซัส และนอร์ทแคโรไลนา ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2 การเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากยวดยานพาหนะที่สัญจรไปมาบนท้องถนน

2.3 อุตสาหกรรมหลายประเภท เช่นโรงงานผลิตยางรถยนต์ ผลิตแบตเตอรี่ ผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งใช้น้ำมันเตาถ่านหินและก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง รวมทั้งโรงงานเผากำจัดขยะ

2.4 การขัดสีของยางรถยนต์กับพื้นถนน ทำให้แคดเมียมปนเปื้อนอยู่ในอากาศ ในประเทศสหรัฐอเมริกามีตัวเลขประเมินไว้สูงถึง 6,000 กิโลกรัมต่อปี เพราะเหตุนี้ดินบริเวณริมถนนตลอดจนพืช ผักและผลไม้ในบริเวณนั้นมักจะมีแคดเมียมสะสมสูงกว่าที่พบจากแหล่งอื่น ๆ (Boon and Soltanpour 1992)

การควบคุมแคดเมียมในวงจรการผลิตอาหาร

เนื่องจากพืชหลาย ๆ ชนิดดูดดึงแคดเมียมได้ดี รวมทั้งพืชที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ จึงไม่น่าแปลกประหลาดที่น้ำนมและนมผงมีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ (Langerwerff and Brower 1974) ซึ่งรายงานดังกล่าวถึงแม้จะเป็นข้อมูลจากต่างประเทศ แต่ก็สะท้อนให้เห็นว่าสารชนิดนี้เข้าไปปนเปื้อนอยู่ในอาหารได้หลายชนิดดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

ถ้าหากจะแยกปริมาณแคดเมียมที่สะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืช พบว่าทั้งตะกั่วและแคดเมียมสะสมอยู่ในระดับสูงในใบและสะสมอยู่ในระดับปานกลางที่รากหรือหัว ส่วนในผลไม้ประเภทพืชผักพบในระดับต่ำสุด กล่าวคือ ระดับของแคดเมียมในใบจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.6-12.0 ppm (ส่วนในล้านส่วน) และในราก 0.5-6.0 ppm และในผลไม้ประเภทพืชผัก 0.5-2.5 ppm ตามลำดับ (Boon and Soltanpour 1992)

ส่วนในดินนั้นโดยธรรมชาติมักมีแคดเมียมเพียงเล็กน้อย แต่ดินที่มีแคดเมียมสูงมีสาเหตุจากการปนเปื้อนนั่นเอง ตัวอย่างเช่น ดินสวนครัวจากประเทศแคนาดามีแคดเมียมทั้งหมดในดิน (total Cd) ระหว่าง 4.0-27.0 ppm แต่ดินจากประเทศสหรัฐอเมริกากลับพบสูงถึง 44 ppm อย่างไรก็ตามแคดเมียมทั้งหมดในดิน ไม่ได้บอกถึงระดับความเป็นพิษอย่างเด่นชัดเท่ากับรูป

(form) ของแคดเมียมที่อยู่ในสารละลายในดิน ซึ่งจะเป็นแคดเมียมรูปที่พืชดูดดึงได้โดยตรงและมีความสัมพันธ์กับส่วนที่สะสมในพืชเป็นอย่างมาก และเป็นที่น่าสังเกตอีกอย่างหนึ่งว่าดินที่ได้รับโลหะหนัก เช่น ตะกั่วและแคดเมียมในปริมาณสูงพืชกลับดูดดึงโลหะหนักเข้าไปสะสมในลำต้นได้ในอัตราที่ต่ำกว่าในดินที่ได้รับโลหะหนักดังกล่าวในปริมาณต่ำ

ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการสะสมของตะกั่วและแคดเมียมในพืชผักหลายชนิดในต่างประเทศยืนยันได้ว่าพืชต่างชนิดกันมีอัตราการดูดดึงโลหะหนักแตกต่างกัน (Table 1)

วิธีการปฏิบัติที่มักใช้แนะนำกันโดยทั่วไปเพื่อลดระดับของแคดเมียมที่ปนเปื้อนในระบบนิเวศมีดังนี้

1. ลดระดับของแคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหารโดยการลดระดับของแคดเมียมในรูปสารละลายให้ต่ำลงด้วยการปรับ pH ของดินให้มีสภาพเป็นด่างโดยการใส่ปูนหรือหินปูนบด แคดเมียมจะตกตะกอนในรูปแคดเมียมคาร์บอเนต ($CdCO_3$) แคดเมียมฟอสเฟต ($CdHPO_4$) และแคดเมียมซัลเฟต ($CdSO_4$) ซึ่งพืชไม่สามารถดูดดึงขึ้นไปในลำต้นได้ จึงเป็นการตัดแคดเมียมออกจากวงจรการผลิตพืช นอกจากนี้ทางแก้ที่นิยมปฏิบัติอีกวิธีหนึ่งได้แก่การเลือกปลูกพืชบางชนิดที่ดูดซึมโลหะหนักต่ำ เพราะพืชต่างชนิดกันมีศักยภาพรวมทั้งระบบรากที่จะใช้ดูดดึงธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดินขึ้นไปสะสมได้แตกต่างกันออกไป

2. แยกประเภทของขยะที่มีแคดเมียมปนเปื้อนออกก่อนที่จะมีการเผาทำลาย เช่น ยางรถยนต์และผลิตภัณฑ์ยางประเภทต่าง ๆ รวมทั้งส่งเสริมให้มีการนำวัสดุดังกล่าวนำกลับมาใช้ใหม่อีก (recycle)

3. ออกมาตรการ คำเตือน ตลอดจนคำแนะนำให้เลือกใช้ปุ๋ยหรือสั่งปุ๋ยนำเข้าชนิดที่มีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ต่ำที่สุด

4. ตรวจวัดปริมาณการปลดปล่อย (regulate) แคดเมียมจากภาคอุตสาหกรรมอย่างสม่ำเสมอ

5. ส่งเสริมให้ภาคอุตสาหกรรมมีโรงงานที่ปลอดจากสารพิษที่ปลดปล่อยทางอากาศ มาตรการนี้เป็นการลดแคดเมียมที่ได้ผลมากเนื่องจากโลหะหนักตัวนี้แปรสภาพเป็นสารระเหยได้ง่ายเช่นเดียวกันกับปรอท

Table 1 Heavy metal contamination in garden vegetables. (Davies and Ginnever 1979, Spitler and Feder 1979)

Sample type	Lead (Pb) ppm	Cadmium (Cd) ppm	Location
Lettuce	30-50	9-34	Colorado, USA
Carrots	4-18	0.4-1.0	Kansas, USA
Cabbage	BDL*	-	Colorado, USA
Tomato	85	28	Toronto, Cannada
Onion top	BDL	BDL	Colorado, USA
Onion	BDL	BDL	Colorado, USA
Broccoli	BDL	BDL	Colorado, USA

* BDL = below detection limit

สรุป

แคดเมียมเมื่อเข้าสู่ร่างกายของคนเราจะเกิดการสะสมจนเกิดพิษ เช่นเดียวกันกับธาตุโลหะหนักอื่น ๆ สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการบริโภคอาหารที่มีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่สูงนั่นเอง ดังนั้นการป้องกันจึงมุ่งเน้นที่การลดระดับของแคดเมียมที่มีอยู่ในดิน น้ำ และบรรยากาศ ในกลุ่มของพืชผักที่ใช้ใบบริโภคต้องระวังเป็นพิเศษเพราะแคดเมียมสะสมในใบผักสูงกว่าส่วนอื่น ๆ ของพืช นอกจากนี้การนำเอาปุ๋ยฟอสเฟตซึ่งได้จากหินฟอสเฟตมาใช้ควรมีการระมัดระวังโดยเฉพาะ เพราะปุ๋ยดังกล่าวอาจมีโลหะหนักปนเปื้อนอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อระบบนิเวศ มาตรการลดการปนเปื้อนของแคดเมียมที่สำคัญ คือ ลดปริมาณสารละลายของแคดเมียมในดินโดยการปรับสภาพดินให้เป็นด่าง การแยกประเภทของขยะเพื่อทำลาย การนำวัสดุกลับมาใช้อีก (recycle) และการควบคุมการปลดปล่อยแคดเมียม จากโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะการปลดปล่อยทางอากาศ

เอกสารอ้างอิง

Boon, D.Y. and P.N. Soltanpour. 1992. Lead, Cadmium and Zinc contamination of Aspen garden soils and vegetation. *J. Environ. Qual.* 21:82-86.

Davies, B.E. and R.C. Ginnever. 1979. Trace metal contamination of soils and vegetables in Shiphan, Somerset. *J. Agric. Sci.* 93 : 753-756.

Langerwerff, J.V. and D.L. Brower. 1974. Effect of a smelter on the agricultural conditions in the surrounding environment, *In* D.D. Hemphill (Ed.), Trace substances in environmental health-VIII Univ. of Missouri, p. 208-212.

Roberts, T.M., T.C. Hutchison, J. Pociage, A. Chattopodhyan, R.E. Jervis, J. Vanloon and D.K. Parkinson. 1974. Lead contamination around secondary smelters : Estimation of dispersal and accumulation by humans. *Science* 186 : 1120-1122.

Spitler, T.M. and W.A. Feder. 1979. A study of soil contamination and plant lead uptake in Boston urban gardens. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 10 : 1195-1210.