วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม ปีที่ 5 เล่มที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2552 หน้า 100-117
JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT Volume 5 I Number 2 I July-December 2009

สมรรถภาพการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของสบู่ดำสายพันธุ์ระยอง ที่ปลูกในดินที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม
Growth Performance and Productivity of *Jatropha curcas* Linn., Rayong Variety Planted in Cadmium Contaminated Soil

เพชรไพลิน สุวรรณโชติ[1] ธวัชชัย ศุภดิษฐ์[2] ภัคพงศ์ ปวงสุข[3] และละอองดาว แสงหล้า[4]
Petpailin Suwannachote, Tawadchai Suppadit, Pukkapong Poungsuk , and Laongdown Sangla

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตและผลผลิตของสบู่ดำสายพันธุ์ระยองที่สามารถทนทานต่อการปนเปื้อนของแคดเมียมในดิน เพื่อศึกษาระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินที่สบู่ดำสายพันธุ์ระยองยังคงมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตและยังคงให้ผลผลิต และเพื่อศึกษาปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมทั้งในดินและในส่วนประกอบต่างๆ ของสบู่ดำสายพันธุ์ระยองภายหลังจากการปลูกในดินที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียม

ผลการศึกษา พบว่าสบู่ดำสายพันธุ์ระยองไม่สามารถมีการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่เป็นปกติได้ที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 100 พีพีเอ็ม ขึ้นไป ส่วนปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดินหลังการทดลองมีค่าลดลงจากก่อนการทดลอง อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการปลูกสบู่ดำที่นานขึ้น หรืออาจเกิดจากการดูดซึมของพืช อีกส่วนหนึ่งเกิดจากการชะล้างโดยการรดน้ำและเกิดจากการชะล้างโดยฝน ส่วนปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในส่วนประกอบพืช พบว่าในรากจะมีการสะสมของแคดเมียมมากที่สุด

คำสำคัญ: สบู่ดำ แคดเมียม การปนเปื้อนของแคดเมียมในดิน

[1] นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
Graduate Student, School of Social and Environmental Development, National Institute of Development Administration
[2] รองศาสตราจารย์ คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
Associate Professor, School of Social and Environmental Development, National Institute of Development Administration
[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Assistant Professor, Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
[4] นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
Academics Agriculture (expert), Research Farm in Chiang Mai, Tambon Nong Han, San Sai District, Chiang Mai Province

Abstract

The objectives of this research were to study the growth and productivity of *Jatropha curcas* Linn., Rayong variety which endured to cadmium contaminated soil, study the level of cadmium contamination in soil when the plants maintain normal growth and productivity, and study the quantity of cadmium residue in soil and components of *Jatropha curcas* Linn.

The results illustrated that the *Jatropha curcas* Linn., Rayong variety could not have normal growth and productivity when cadmium contaminations were higher than 100 ppm. The quantity of cadmium residue in soil after experiments were lower which was probably caused by a longer period of planting, or absorption of plant, or wash out from water and rain. The quantity of cadmium residue in components of plant found the highest level in the root.

Keywords: Jatropha curcas Linn, cadmium, cadmium contamination in soil

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนัก อาทิ แคดเมียมในสิ่งแวดล้อมนับวันจะทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ทั้งการปนเปื้อนที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์และการปนเปื้อนตามธรรมชาติในสิ่งแวดล้อม (ธวัชชัย ศุภดิษฐ์, 2548: 253) ดังกรณีตัวอย่าง การเกิดการปนเปื้อนของแคดเมียมในสิ่งแวดล้อมและในผลิตภัณฑ์ เช่น ข้าว สัตว์น้ำ และน้ำดื่ม ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ตาว ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก (พิดาลัด วงศ์พานิช, 2548: 122) ผลกระทบที่เกิดขึ้นได้สร้างความเสียหายแก่ประชาชนที่อาศัยอยู่ในแถบนั้นทั้งในด้านสุขภาพ การประกอบอาชีพ การขายผลผลิต รวมทั้งวิถีชีวิตและความเป็นอยู่ เนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรที่เกษตรกรผลิตได้นั้นไม่ได้รับการยอมรับสำหรับที่จะนำมาบริโภค ซึ่งการปนเปื้อนนั้นอยู่ในระดับอันตรายที่สามารถทำให้เกิดโรค “อิไต อิไต” ได้ ดังที่เคยเกิดขึ้นที่ประเทศญี่ปุ่นมาแล้ว (ธวัชชัย ศุภดิษฐ์, 2546: 93) โดยได้มีการตรวจพบแคดเมียมปนเปื้อนในดินบริเวณนั้นสูงถึง 61-207 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน และในข้าวเปลือกพบการปนเปื้อนจากการสุ่มเก็บถึงร้อยละ 95 และมีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานถึง 25 เท่า (กรมควบคุมมลพิษ, 2547: 32) ดังนั้น การที่จะบำบัดการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินและให้ประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมในสิ่งแวดล้อมนั้นยังคงสามารถประกอบอาชีพด้านการเพาะปลูกพืชตามวิถีชีวิตดั้งเดิมได้ จำเป็นที่จะต้องหาพืชที่มีเงื่อนไขตามข้อกำหนดหลายประการ ได้แก่ ต้องเป็นพืชที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ ให้ผลผลิตได้รวดเร็ว สามารถปลูกได้ง่าย ไม่ใช้เทคโนโลยีในการผลิตที่สูง รวมทั้งต้องไม่สามารถนำมาบริโภคได้โดยตรงเพราะจะทำให้เกิดการแพร่กระจายของแคดเมียมสู่ห่วงโซ่อาหาร ซึ่งจะทำให้เป็นปัญหาที่ไม่จบสิ้น

สบู่ดำ เป็นพืชที่สามารถปลูกได้ในทุกพื้นที่ของประเทศไทย เพราะไม่ต้องการน้ำมาก ทนทานต่อความแห้งแล้งให้ผลผลิตเร็ว นอกจากนั้นกากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันยังสามารถนำมาใช้

ประโยชน์ทางด้านการเกษตรได้อีกด้วย (สมศักดิ์ ศรีสมบุญ, ชาญวิทย์ ม่วงมิตร และสมยศ พิชิตพร, 2548: 132)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ทั้งการปนเปื้อนของแคดเมียมในสิ่งแวดล้อมที่นับวันจะเพิ่มมากขึ้นและปัญหาการขาดแคลนพลังงานภายในประเทศ การศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของสบู่ดำสายพันธุ์ระยองที่ปลูกในดินที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม จะสามารถเป็นประโยชน์ในการนำสบู่ดำมาบำบัดแคดเมียมในดินต่อไป เนื่องจากสบู่ดำเป็นพืชที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับเงื่อนไขความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมตามเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

วิธีการใช้พืชบำบัดมลพิษในสิ่งแวดล้อม

ไฟโตรีมีดิเอชั่น (Phytoremediation) หรือการใช้พืชมาช่วยในการบำบัดมลพิษในสิ่งแวดล้อม ถือว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพอย่างยิ่งในการทำความสะอาดดินที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนัก

การนำเอากระบวนการ Phytoremediation มาดูดซับโลหะหนักในประเทศไทย จนถึงปัจจุบันนี้ได้มีงานวิจัยหลายงานที่ศึกษาหาปริมาณโลหะหนักและนำเอาพืชหลายชนิดมาดูดซับสารโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ในดินอากาศและน้ำตัวอย่างเช่นการศึกษาความสามารถของไม้ประดับ 3 ชนิด คือ กระดุมทอง ผักเป็ดเขียว และแพรเซี่ยงไฮ้ ในการดูดซับสารตะกั่วในดิน ผลการทดลองพบว่า ผักเป็ดเขียวมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารตะกั่วได้ดีกว่ากระดุมทองและแพรเซี่ยงไฮ้ โดยการดูดซับสารตะกั่วจะมีค่า 2.87, 2.74 และ 1.93 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ที่ช่วงอายุ 45, 55 และ 65 วันตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณสารตะกั่วที่ตกค้างในแปลงดินทดลองที่มีปริมาณสารตะกั่วเริ่มต้น 0.76 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง พบว่าในแปลงดินทดลองปลูกผักเป็ดเขียวมีค่าปริมาณสารตะกั่วที่ตกค้างต่ำกว่าแปลงดินทดลองปลูกกระดุมทองและแพรเซี่ยงไฮ้ โดยมีค่าเหลืออยู่ 0.42, 0.34 และ 0.32 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ช่วงอายุ 45, 55 และ 65 วัน ตามลำดับ และค่าความเป็นกรด-ด่างในดินที่ช่วงอายุ 45, 55 และ 65 วัน มีค่า 6.60, 6.37 และ 7.40 ตามลำดับ (จงจิตร แสงประจักษ์ และปาวีณา นิวรณุสิต, 2546: บทคัดย่อ) นอกจากนี้การศึกษาถึงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการดูดซับสารตะกั่วในดินโดยใช้พืชตระกูลผักกาดและกะหล่ำ เช่น ผักกาดเขียวกวางตุ้งและผักคะน้าที่ช่วงอายุ 45, 55 และ 65 วัน พบว่า ช่วงอายุ 45 วัน การดูดซับสารตะกั่วจะสูงที่สุด ผักกาดเขียวกวางตุ้งมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารตะกั่วได้ 1.44 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่าผักคะน้า (1.00 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) และการดูดซับจะลดลงเมื่ออายุของผักมากขึ้น (จุรีพร สมพงษ์ และแจ่มจันทร์ บำรุงเกาะ, 2545: บทคัดย่อ)

3. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของสบู่ดำสายพันธุ์ระยองที่สามารถทนทานต่อการปนเปื้อนของแคดเมียมในดิน

2. เพื่อศึกษาระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินที่สบู่ดำสายพันธุ์ระยองที่ยังคงมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตและยังคงให้ผลผลิต

3. เพื่อศึกษาปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมทั้งในดินและในส่วนประกอบต่างๆ ของสบู่ดำสายพันธุ์ระยอง ภายหลังจากการปลูกในดินที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียม

4. วิธีการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 4 ซ้ำ (Replications) ต่อหน่วยทดลอง โดยมีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินเป็นหน่วยทดลอง ดังนี้ หน่วยทดลองที่ 1: มีการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินตามธรรมชาติ หรือระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) (Q0) หน่วยทดลองที่ 2: เพิ่มระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 100 พีพีเอ็ม (Q100) หน่วยทดลองที่ 3: เพิ่มระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 200 พีพีเอ็ม (Q200) หน่วยทดลองที่ 4: เพิ่มระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 300 พีพีเอ็ม (Q300) ทำการเปรียบเทียบสมรรถภาพการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต การปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมทั้งในดินและในส่วนประกอบของพืชที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกัน

สบู่ดำที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ สายพันธุ์ระยอง ซึ่งจะมีถิ่นกำเนิดในแถบจังหวัดระยอง โดยจะทำการคัดเลือกต้นพันธุ์ที่เพาะมาจากเมล็ดพันธุ์สบู่ดำ อายุประมาณ 3 เดือน จำนวน 16 ต้นพันธุ์ ดินที่ในการปลูกสบู่ดำเป็นดินร่วนถึงดินร่วนปนดินเหนียวมีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเทา จัดเป็นชุดดินกระบี่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2549) ทำการเก็บดินโดยขุดดินลึกลงไปประมาณ 15-25 เซนติเมตร เพื่อให้ได้ดินประมาณ 2,400 กิโลกรัม และนำดินที่ได้มากองรวมกันทำการบดและคลุกเคล้าดินให้เข้ากัน จากนั้นทำการแบ่งดินออกเป็น 4 ส่วน เพื่อทำการผสมแคดเมียมคลอไรด์-2.5-ไฮเดรท ($CdCl_2.2.5H_2O$) ในดินแต่ละส่วนให้มีระดับที่ 0, 100, 200 และ 300 มิลลิกรัมต่อต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง และปริมาณแคดเมียมที่ใช้คือ 0, 30.45, 60.90 และ 91.35 กรัมต่อดิน 150 กิโลกรัม ตามลำดับ ทำการสุ่มตัวอย่างดินในดินแต่ละส่วนจำนวน 4 ซ้ำ โดยใส่ดินที่ผสมกับ $CdCl_2.2.5H_2O$ ในแต่ละระดับการปนเปื้อนละ 4 กระถาง รวมทั้งหมด 4 ระดับ เท่ากับ 16 กระถาง กระถางละ 150 กิโลกรัม โดยใช้พื้นที่ทำการวิจัยประมาณ 1 งาน และมีระยะเวลาในการวิจัยประมาณ 1 ปี

การเก็บตัวอย่างดินจะกระทำเป็น 2 ช่วงด้วยกัน คือ เมื่อเริ่มการปลูกสบู่ดำและเมื่อสิ้นสุดการทดลองจำนวนตัวอย่างช่วงละ 4 ตัวอย่าง ซึ่งในการเก็บตัวอย่างดินจะเก็บตัวอย่างดินของสบู่ดำสายพันธุ์ระยองตามระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินที่แตกต่างกันเพื่อวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของแคดเมียมในดินจะส่งตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และจะเก็บตัวอย่างพืชเมื่อสบู่ดำให้ผลผลิตโดยจะนำเมล็ดของสบู่ดำที่ได้แต่ละระดับการปนเปื้อนมาสกัดน้ำมันโดยใช้เครื่องบีบอัดน้ำมันสบู่ดำแบบใช้แรงงานคน ณ ศูนย์ฝึกอบรมปฏิบัติการด้านการจัดการพลังงาน หลังจากนั้นทำการเก็บตัวอย่างน้ำมันและกากสบู่ดำที่ได้ รวมทั้งตัวอย่างของส่วนประกอบพืช ได้แก่ ลำต้น ราก ใบ เมล็ด น้ำมัน และกากสบู่ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในส่วนประกอบพืช โดยจะทำการส่งตัวอย่างพืชไปวิเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจะใช้แบบบันทึกข้อมูลทุกระยะ 2 เดือน ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลสมรรถภาพการเจริญเติบโตในด้านความสูงของต้นสบู่ดำและรัศมีทรงพุ่ม แบบบันทึกข้อมูลที่ระยะ 6 เดือน ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลของจำนวนกิ่งและจำนวนใบ และเมื่อสบู่ดำให้ผลผลิตครั้งแรกจะทำการเก็บข้อมูลในด้านระยะการติดดอก ระยะการติดผล จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลสดและผลแห้งทั้งหมดต่อต้น น้ำหนักสดและแห้งต่อผล และจำนวนเมล็ดต่อผล

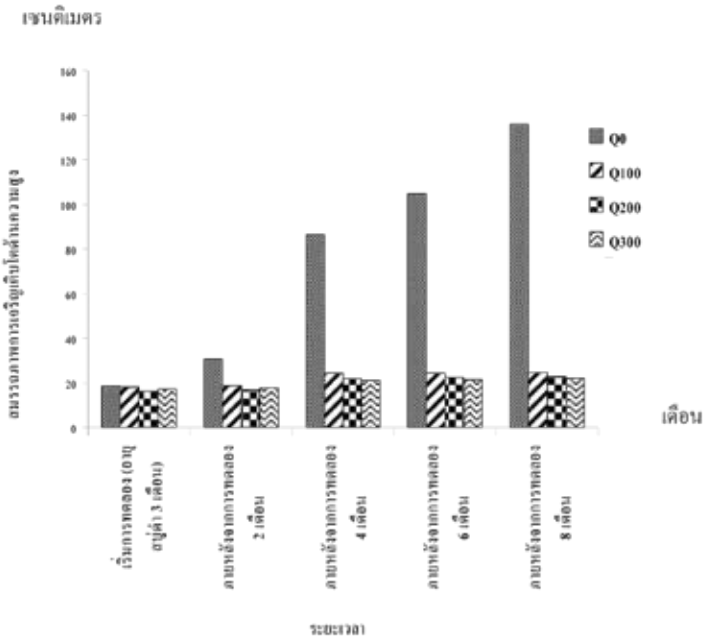
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS เวอร์ชั่น 6.12 (SAS, 1996: 10) ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Analysis of Variance: ANOVA) ของสมรรถภาพการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของสบู่ดำ และการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดินและในส่วนประกอบของพืชที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกัน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองโดยใช้สถิติ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5. ผลการวิจัยและบทวิจารณ์

1. สมรรถภาพการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของสบู่ดำ

จากการทดลองสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านความสูงที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกัน คือ 0, 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม ระยะเวลาทุกระยะเวลา 2 เดือน ดังภาพที่ 1 เมื่อเริ่มการทดลอง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งในหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) จะมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 18.75 เซนติเมตร ต่อทุกระยะเวลา 2 เดือน รองลงมา คือ หน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 100 พีพีเอ็ม (Q100) และ 300 พีพีเอ็ม (Q300) ตามลำดับ โดยมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 18.25 และ 17.50 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 200 พีพีเอ็ม (Q200) จะมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 16.50 เซนติเมตร และนับตั้งแต่ภายหลังจากการทดลอง 2 เดือน เป็นต้นไปจนถึงภายหลังจากการทดลอง 8 เดือน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งภายหลังจากการทดลอง 8 เดือน ในหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) จะมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 136.00 เซนติเมตร หน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 100 พีพีเอ็ม (Q100) และ 200 พีพีเอ็ม (Q200) ตามลำดับ โดยมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 25.08 และ 23.03 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 300 พีพีเอ็ม (Q300) จะมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 22.25 เซนติเมตร ซึ่งทุกหน่วยทดลองจะมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านความสูงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการทดลองที่นานขึ้น จะเห็นได้ว่าหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) จะแตกต่างกับหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม เนื่องจากสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านความสูงของสบู่ดำสายพันธุ์ระยองจะลดลงตามระดับการปนเปื้อนที่เพิ่มสูงขึ้น กล่าวคือ เมื่อระดับการปนเปื้อน

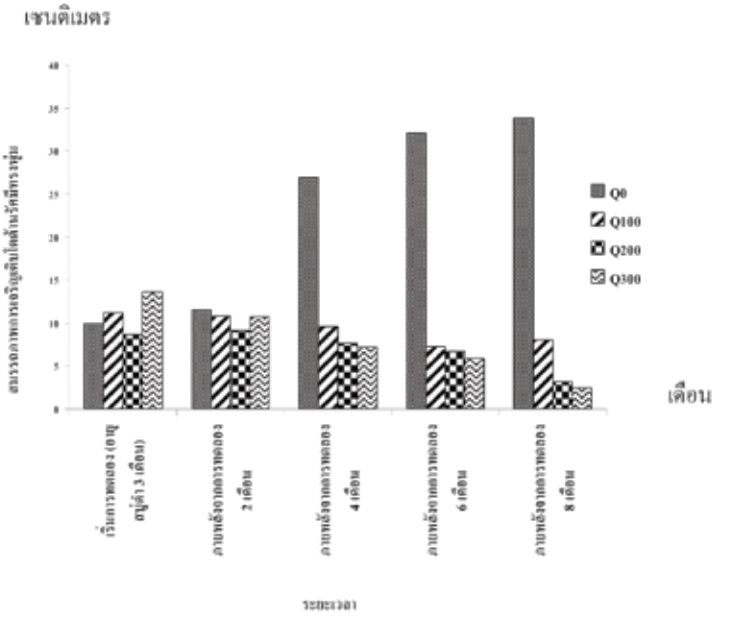
ของแคดเมียมเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านความสูง ทำให้สบู่ดำไม่สามารถมีการเจริญเติบโตด้านความสูงได้ตามปกติ เมื่อเทียบกับหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) สมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านความสูงจะลดลงตามระดับการปนเปื้อนที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลต่อความเป็นพิษของแคดเมียมต่อพืชสูงขึ้นตามไปด้วย ความเป็นพิษของแคดเมียมจะส่งผลต่อพืช ทำให้ต้นแคระแกร็น



ภาพที่ 1 สมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านความสูงของสบู่ดำสายพันธุ์ระยองที่ระดับการปนเปื้อนแตกต่างกัน

จากการทดลองสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านรัศมีทรงพุ่มที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกัน คือ 0, 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม ระยะเวลาทุกระยะเวลา 2 เดือน ดังภาพที่ 2 เมื่อเริ่มการทดลองพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งในหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 300 พีพีเอ็ม (Q300) จะมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านรัศมีทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุดคือ 13.63 เซนติเมตร รองลงมาคือ หน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 100 พีพีเอ็ม (Q100) และ 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) ตามลำดับ โดยมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านรัศมีทรงพุ่มเฉลี่ยเท่ากับ 11.19 และ 10.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 200 พีพีเอ็ม (Q200) จะมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านรัศมีทรงพุ่มเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 8.69 เซนติเมตร และนับตั้งแต่ภายหลังจากการทดลอง 2 เดือน เป็นต้นไปจนถึงภายหลังจากการทดลอง 8 เดือน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมี

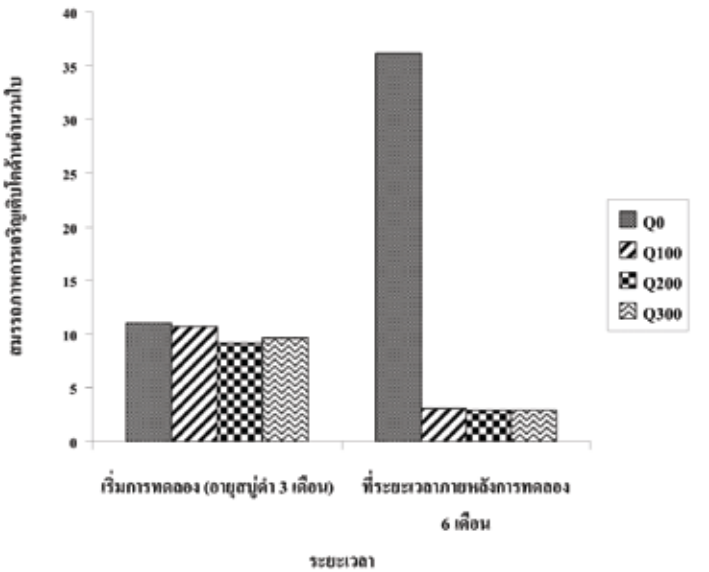
นัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งภายหลังจากการทดลอง 8 เดือน พบว่าในหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) จะมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านรัศมีทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุดคือ 33.81 เซนติเมตร รองลงมาคือ หน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 100 พีพีเอ็ม (Q100) และ 200 พีพีเอ็ม (Q200) ตามลำดับ โดยมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านรัศมีทรงพุ่มเฉลี่ยเท่ากับ 6.06 และ 3.19 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 300 พีพีเอ็ม (Q300) จะมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านรัศมีทรงพุ่มเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.50 เซนติเมตร จะเห็นได้ว่ารัศมีทรงพุ่มของหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) จะแตกต่างกับรัศมีทรงพุ่มของหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม เนื่องจากสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านรัศมีทรงพุ่มของสบู่ดำสายพันธุ์ระยองจะลดลงตามระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่เพิ่มสูงขึ้น กล่าวคือ เมื่อระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านรัศมีทรงพุ่ม ทำให้สบู่ดำไม่สามารถมีการเจริญเติบโตด้านรัศมีทรงพุ่มได้ตามปกติ



ภาพที่ 2 สมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านรัศมีทรงพุ่ม ของสบู่ดำสายพันธุ์ระยองที่ระดับการปนเปื้อนแตกต่างกัน

จากการทดลองสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกัน คือ 0, 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม ที่ระยะเวลาการทดลอง 6 เดือน ดังภาพที่ 3 เมื่อเริ่มการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ ในหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) จะมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุดคือ 11.00 ใบ รองลงมาคือ หน่วยทดลองที่มีระดับ

การปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 100 พีพีเอ็ม (Q100) และ 300 พีพีเอ็ม (Q300) ตามลำดับ โดยมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 10.75 และ 9.65 ใบ ตามลำดับ ส่วนหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 200 พีพีเอ็ม (Q200) จะมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 9.15 ใบ และเมื่อระยะเวลาภายหลังการทดลอง 6 เดือน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กล่าวคือ ในหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) จะมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุดคือ 36.10 ใบ รองลงมาคือ หน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 100 พีพีเอ็ม (Q100) และ 200 พีพีเอ็ม (Q200) ตามลำดับ โดยมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 3.05 และ 2.95 ใบ ตามลำดับ ส่วนหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 300 พีพีเอ็ม (Q300) จะมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.90 ใบ สมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบจะลดลงตามระดับการปนเปื้อนที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลต่อความเป็นพิษของแคดเมียมต่อพืชสูงขึ้นตามไปด้วย ความเป็นพิษของแคดเมียมจะส่งผลต่อพืช ทำให้เกิดอาการใบเหลือง (Chlorsis) ในพืช (Benavides et al., 2005: 16) ซึ่งอาการใบเหลือง (Chlorsis) เกิดจากการที่แคดเมียมเข้าไปทำให้อัตราส่วนระหว่างเหล็กต่อสังกะสีภายในต้นพืชลดลง โดยเข้าไปแย่งจับแทนเหล็กทำให้พืชดูดซึมเหล็กได้น้อยลง (Shrama et al., 2004: 128) และมีความเจริญเติบโตผิดปกติ มีใบอ่อนโดยที่เนื้อเยื่อระหว่างเส้นใบมีสีเหลืองซีด ปลายใบม้วน ใบร่วง และยังมีผลต่อการเปิดปิดปากใบพืช Permeability ของเยื่อหุ้มเซลล์ ยับยั้งการสังเคราะห์แสงของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นสาเหตุให้จำนวนใบของสบู่ดำลดลงตามระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 3 สมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบของสบู่ดำสายพันธุ์ระยองที่ระดับการปนเปื้อนแตกต่างกัน

จากการทดลองสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านจำนวนกิ่งที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกันคือ 0, 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม เมื่อเริ่มการทดลองและระยะเวลาภายหลังการทดลอง 6 เดือน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือไม่มีกิ่งในทุกหน่วยทดลอง

จากการทดลองการให้ผลผลิตของสบู่ดำสายพันธุ์ระยองจะมีการให้ผลผลิตครั้งแรก เมื่อระยะเวลาการทดลอง8เดือนองค์ประกอบของผลผลิตคือด้านจำนวนผลต่อต้นน้ำหนักผลสดทั้งหมดต่อต้น (กรัม) น้ำหนักผลแห้งทั้งหมดต่อต้น (กรัม) น้ำหนักผลสดต่อผล (กรัม) น้ำหนักผลแห้งต่อผล (กรัม) และจำนวนเมล็ดต่อผล ที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกัน คือ 0, 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม ดังตารางที่ 1 พบว่าการให้ผลผลิตของสบู่ดำทั้งในด้านจำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลสดทั้งหมดต่อต้น น้ำหนักผลแห้งทั้งหมดต่อต้น น้ำหนักผลสดต่อผล น้ำหนักผลแห้งต่อผล และจำนวนเมล็ดต่อผล สบู่ดำจะให้ผลผลิตที่หน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) เท่านั้น ส่วนหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม สบู่ดำไม่ให้ผลผลิตเลย

ตารางที่ 1 การให้ผลผลิตของสบู่ดำสายพันธุ์ระยอง ที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกัน

ผลผลิตของสบู่ดำ	หน่วยทดลอง			
	Q0	Q100	Q200	Q300
จำนวนผลต่อต้น (ผล)	11	–	–	–
น้ำหนักผลสดทั้งหมดต่อต้น (กรัม)	154.25	–	–	–
น้ำหนักผลแห้งทั้งหมดต่อต้น (กรัม)	33.75	–	–	–
น้ำหนักผลสดต่อผล (กรัม)	7.72	–	–	–
น้ำหนักผลแห้งต่อผล (กรัม)	1.70	–	–	–
จำนวนเมล็ดต่อผล (ผล)	3	–	–	–

หมายเหตุ: – หมายถึง ไม่ให้ผลผลิต

2. ปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดิน

จากการทดลอง ปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดินของสบู่ดำสายพันธุ์ระยองที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกัน คือ 0, 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 4 เมื่อเริ่มการทดลองพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งในหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 300 พีพีเอ็ม (Q300) จะมีปริมาณการ

ปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดินเฉลี่ยมากที่สุดคือ 302.40 พีพีเอ็ม รองลงมาคือ หน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 200 พีพีเอ็ม (Q200) และหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 100 พีพีเอ็ม (Q100) ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 201.45 และ 105.40 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ส่วนหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) จะมีปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดินเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.50 พีพีเอ็ม เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดินหลังการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เช่นกัน โดยในหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 300 พีพีเอ็ม (Q300) จะมีปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดินเฉลี่ยมากที่สุดคือ 210.30 พีพีเอ็ม รองลงมาคือ หน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 200 พีพีเอ็ม (Q200) และหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 100 พีพีเอ็ม (Q100) ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 121.10 และ 74.40 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ส่วนหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) จะมีปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดินเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.55 พีพีเอ็ม

จะเห็นได้ว่า หน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) ภายหลังการทดลองมีปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดินน้อยมาก ซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงกับการศึกษาของเจนวิทย์ วงษ์ศานุน (2548: 7) กล่าวคือ ในดินบริเวณที่ไม่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมจะมีความเข้มข้นของแคดเมียมเฉลี่ย 0.58 พีพีเอ็ม ซึ่งจะมีค่าต่ำสุด 0.01 พีพีเอ็ม และสูงสุด 2.70 พีพีเอ็ม ส่วนในหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 300 พีพีเอ็ม (Q300) ภายหลังการทดลองพบว่า มีปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดินสูงมากที่สุด โดยปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดินทั้งเมื่อเริ่มการทดลองและหลังการทดลองจะเพิ่มสูงขึ้นตามระดับการเพิ่มการปนเปื้อนของแคดเมียมที่เพิ่มขึ้น

ภายหลังการจากทดลองพบว่า ทุกหน่วยการทดลองมีปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียมน้อยกว่าเมื่อเริ่มการทดลอง เนื่องจากปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดินส่วนหนึ่งจะลงลดตามระยะเวลาในการปลูกสบู่ดำที่นานขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากการดูดซึมของพืช โดยพืชจะดูดซึมแคดเมียมเข้าไปโดยใช้รากของพืช (ศิริลักษณ์ กล้าการขาย, 2548: 38) หรือจากการชะล้างตามธรรมชาติ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร, 2551) โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดการชะล้างของดินคือ น้ำ ลม และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากจุลินทรีย์ในดินตามธรรมชาติจะช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน และจุลินทรีย์ในดินก็สามารถใช้สารเคมีหรือสารพิษบางชนิดเป็นแหล่งของพลังงาน ทำให้สารพิษนั้นลดความเป็นพิษรวมทั้งมีปริมาณลดลง นอกจากนี้สารเคมีหรือสารพิษบางชนิดเป็นธาตุอาหารพืชหรือมีส่วนทำให้ธาตุอาหารในดินเพิ่มมากขึ้นหรือลดลงในปริมาณที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย (มหาวิทยาลัยมหิดล คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้, 2551)

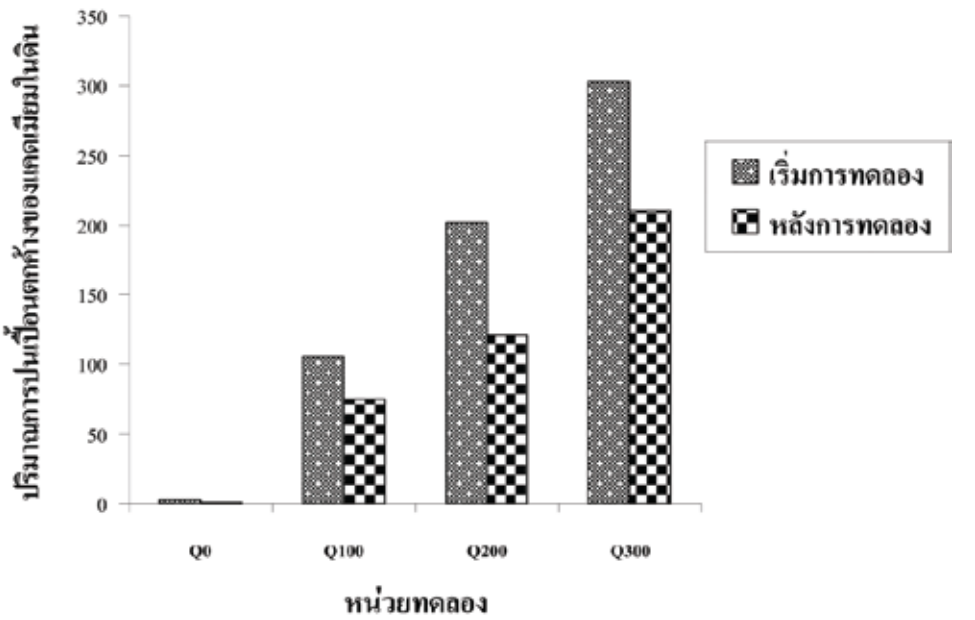
ตารางที่ 2 ปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดินของสบู่ดำสายพันธุ์ระยองที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกัน

ปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดิน (มก./กก.ดิน)	หน่วยทดลอง			
	Q0	Q100	Q200	Q300
เริ่มการทดลอง	2.50^{d}	105.40^{c}	201.45^{b}	302.40^{a}
หลังการทดลอง	0.55^{d}	74.40^{c}	121.10^{b}	210.30^{a}

หมายเหตุ: *abcd ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)*

3. ปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในส่วนประกอบของพืช

จากการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในส่วนประกอบพืชของสบู่ดำสายพันธุ์ระยอง ได้แก่ ลำต้น ราก ใบ เมล็ด น้ำมันสบู่ดำ และกากสบู่ดำ ที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกัน 0, 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม ดังตารางที่ 3 และภาพที่ 5 พบว่าเมื่อระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลต่อปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในลำต้นและรากสูงขึ้นตามไปด้วยในทิศทางเดียวกัน และสาเหตุที่ไม่มีการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในใบ เมล็ด น้ำมันสบู่ดำ และกากสบู่ดำ ที่ระดับการปนเปื้อนที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากสบู่ดำไม่สามารถมีการเจริญเติบโตได้ปกติและไม่สามารถให้ผลผลิตได้ จึงไม่สามารถนำส่วนประกอบของใบ เมล็ด น้ำมันสบู่ดำ และกากสบู่ดำ มาวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของแคดเมียมที่ระดับ 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม ได้ จึงมีข้อเกตว่าบริเวณรากพืชจะสามารถสะสมพิษโดยเฉพาะโลหะหนักได้มากกว่าบริเวณอื่นๆ และพืชที่มีการสะสมแคดเมียมอยู่ในส่วนประกอบของต้นเป็นปริมาณสูงๆ จะแสดงลักษณะที่แตกต่างไปจากพืชทั่วไป เช่นในสายพันธุ์สบู่ดำที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมในระดับการปนเปื้อน 300 พีพีเอ็ม จะมีลักษณะต้นแคระแกรน ก้านใบเล็กและสั้น ใบเล็กและแข็ง ใบอ่อนจะหยิก มีอาการใบเหลือง และใบก็จะร่วง ผิวของลำต้นเป็นมัน รวมทั้งรากจะสั้นและกระจุกตัวอยู่ในวงแคบไม่แผ่ขยาย

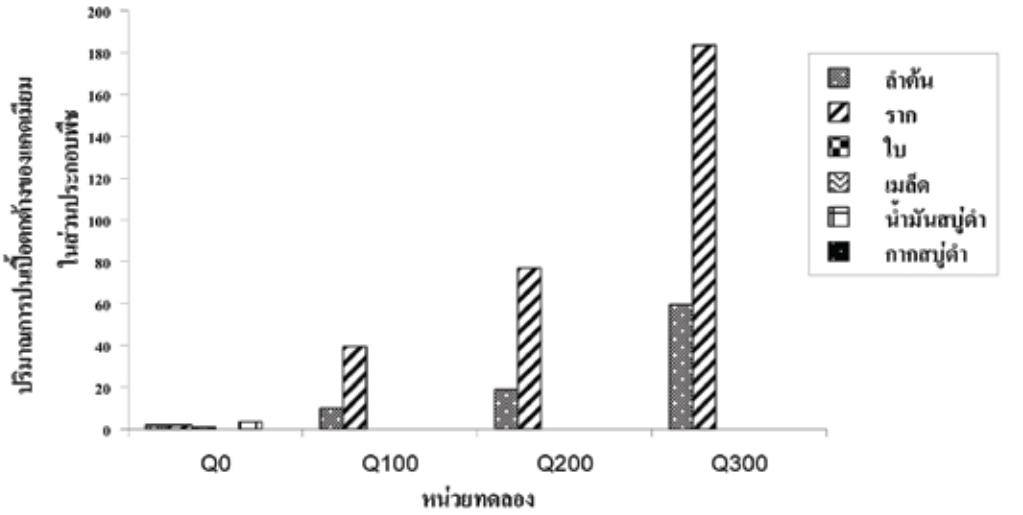


ภาพที่ 4 ปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดิน ของสบู่ดำสายพันธุ์ระยองที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกัน
ภาพที่ 5 ปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียม

ตารางที่ 3 ปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในส่วนประกอบพืช ของสบู่ดำที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกัน

ปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในส่วนประกอบพืช (พีพีเอ็ม)	หน่วยทดลอง			
	Q0	Q100	Q200	Q300
ลำต้น	2.10^{d}	10.20^{c}	19.20^{b}	59.70^{a}
ราก	2.15^{d}	39.50^{c}	77.10^{b}	183.70^{a}
ใบ	1.20	–	–	–
เมล็ด	0.10	–	–	–
น้ำมันสบู่ดำ	3.70	–	–	–
กากสบู่ดำ	0.20	–	–	–

หมายเหตุ: abcd ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
– หมายถึง สบู่ดำไม่ให้ผลผลิต



ในส่วนประกอบพืชของสบู่ดำที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกัน

4. การวิเคราะห์สมบัติของดิน

การวิเคราะห์เนื้อดินโดยการวิเคราะห์อนุภาคทราย (Sand) อนุภาคทรายแป้ง (Silt) และอนุภาคดินเหนียว (Clay) ที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกันคือ 0, 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม แสดงไว้ในตารางที่ 4 และภาพที่ 6 จากการทดลองพบว่า เมื่อเริ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และภายหลังการทดลองพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นกัน โดยมีอนุภาคทรายเมื่อเริ่มการทดลองเปรียบกับหลังการทดลอง พบว่ามีค่าลดลงในทุกระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม ส่วนอนุภาคทรายแป้ง และอนุภาคดินเหนียว เมื่อเริ่มการทดลองเปรียบกับหลังการทดลอง พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นในทุกระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม ซึ่งจัดเป็นเนื้อดินชนิดเดียวกัน คือจัดเป็นกลุ่มดินเนื้อละเอียด ประเภทดินเหนียว (Clay Texture) ซึ่งมีอนุภาคดินเหนียวตั้งแต่ร้อยละ 40 ขึ้นไป (สมบูรณ์ มั่นความดี, 2550) เนื้อดินจะมีความเกี่ยวข้องกับความชื้นของดิน การที่ดินมีเนื้อดินละเอียดโดยเฉพาะมีร้อยละของอนุภาคดินเหนียวสูง จะมีการดูดซึมและดึงดูดโลหะหนัก อาทิ แคดเมียมได้ดีกว่าในดินร่วนและดินทราย เนื่องจากในดินเหนียวจะมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchacity Capacity: C.E.C) สูง (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540: 39)

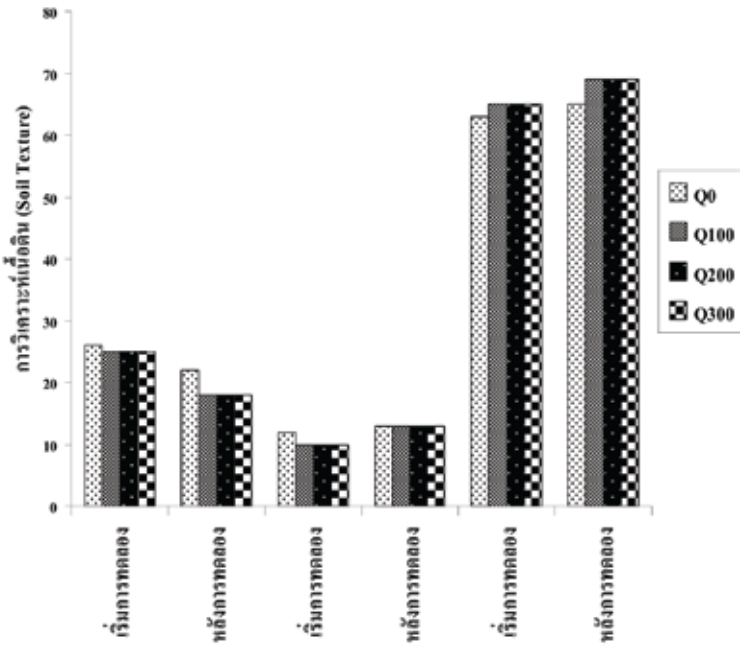
ปริมาณอินทรียวัตถุที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกัน คือ 0, 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม แสดงไว้ในตารางที่ 4 และภาพที่ 7 จากการทดลอง ปริมาณอินทรียวัตถุเมื่อเริ่มการทดลองพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กล่าวคือ ในหน่วยทดลองที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียม 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) (Q0) มีปริมาณอินทรียวัตถุมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.38 รองลงมาคือ หน่วยทดลองที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียม 100 พีพีเอ็ม (Q100) ส่วนในหน่วยทดลองที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียม 200 พีพีเอ็ม (Q200) และ 300 พีพีเอ็ม (Q300) มีปริมาณอินทรียวัตถุน้อยที่สุด ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.35,

0.30 และ 0.30 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณอินทรียวัตถุภายหลังการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กล่าวคือ ในหน่วยทดลองที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียม 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) (Q0) มีปริมาณอินทรียวัตถุมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.40 รองลงมาคือ ที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 100 พีพีเอ็ม (Q100), 200 พีพีเอ็ม (Q200) และ 300 พีพีเอ็ม (Q300) โดยมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเท่ากันคือ ร้อยละ 0.20 สังเกตได้ว่าปริมาณอินทรียวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) แต่ปริมาณอินทรียวัตถุจะมีการเปลี่ยนแปลงลดลงในหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม สาเหตุอาจเนื่องมาจากที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) สบู่ดำสายพันธุ์ระยองมีการเจริญเติบโตที่เป็นปกติมีเศษของใบที่ร่วงหล่นและมีวัชพืชขึ้นในหน่วยทดลอง อาจส่งผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุเมื่อหลังการทดลองที่เพิ่มขึ้นได้ ส่วนในระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่เพิ่มสูงขึ้นนั้นส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสบู่ดำที่ลดลง ทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินลงลงตามไปด้วย อีกทั้งยังไม่มีวัชพืชขึ้นเลย จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุลดลงได้ และอาจเกิดจากการชะล้างของดิน ทั้งทางฝนและน้ำที่ใช้รดสบู่ดำ รวมทั้งทางลมและจุลินทรีย์ในดินตามธรรมชาติจะช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน

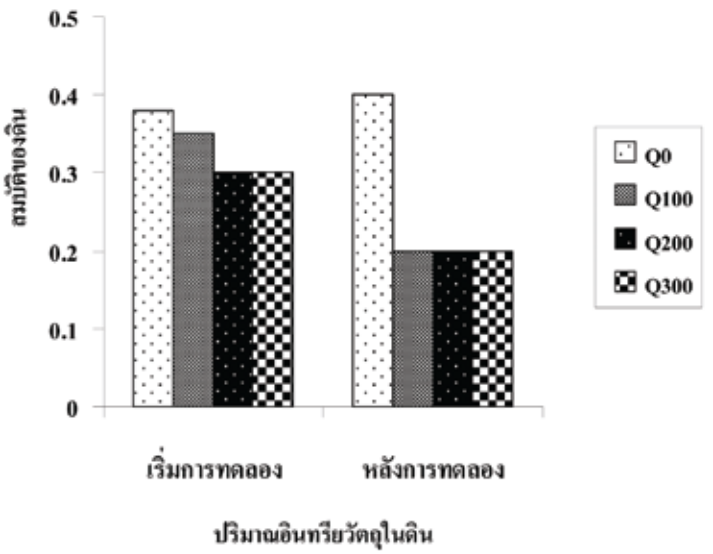
ตารางที่ 4 สมบัติของดินที่มีต่อระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่แตกต่างกัน

สมบัติของดิน	หน่วยทดลอง			
	Q0	Q100	Q200	Q300
เริ่มการทดลอง				
เนื้อดิน (Soil Texture)	ประเภทดินเหนียว (clay texture)			
ทราย (Sand) (ร้อยละ)	26	25	25	25
ทรายแป้ง (Silt) (ร้อยละ)	12	10	10	10
อนุภาคดินเหนียว (Clay) (ร้อยละ)	63	65	65	65
อินทรียวัตถุในดิน (Organic Matter) (ร้อยละ)	0.38	0.35	0.30	0.30
หลังการทดลอง				
เนื้อดิน (Soil Texture)	ประเภทดินเหนียว (clay texture)			
ทราย (Sand) (ร้อยละ)	22	22	18	18
ทรายแป้ง (Silt) (ร้อยละ)	13	13	13	13
อนุภาคดินเหนียว (Clay) (ร้อยละ)	65	69	69	69
อินทรียวัตถุในดิน (Organic Matter) (ร้อยละ)	0.4^{a}	0.20^{b}	0.20^{b}	0.20^{b}

หมายเหตุ: ab ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 6 การวิเคราะห์เนื้อดินเมื่อเริ่มการทดลอง
และหลังการทดลองที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกัน



ภาพที่ 7 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเมื่อเริ่มการทดลอง
และหลังการทดลองที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมแตกต่างกัน

6. สรุปผลการทดลอง

สมรรถภาพการเจริญเติบโตและผลผลิตของสบู่ดำ

ผลของการวิเคราะห์สมรรถภาพการเจริญเติบโตและผลผลิตของสบู่ดำ ด้านความสูง รัศมีทรงพุ่ม จำนวนกิ่ง จำนวนใบ และการให้ผลผลิตของสบู่ดำ ด้านจำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลสดทั้งหมดต่อต้น (กรัม) น้ำหนักผลแห้งทั้งหมดต่อต้น (กรัม) น้ำหนักผลสดต่อผล (กรัม) น้ำหนักผลแห้งต่อผล (กรัม) และจำนวนเมล็ดต่อผล พบว่าสบู่ดำสายพันธุ์ระยองมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านความสูง รัศมีทรงพุ่ม จำนวนกิ่ง จำนวนใบ และการให้ผลผลิตของสบู่ดำ เฉพาะหน่วยทดลองที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) เท่านั้น ส่วนหน่วยทดลองที่มีระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม สบู่ดำมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้านความสูง รัศมีทรงพุ่ม จำนวนกิ่ง จำนวนใบ และการให้ผลผลิตของสบู่ดำ ในทิศทางที่ผกผันกับระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือ ถ้าระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมเพิ่มสูงขึ้น สมรรถภาพการเจริญเติบโตและผลผลิตของสบู่ดำจะลดลง เนื่องจากระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลต่อความเป็นพิษของแคดเมียมต่อพืชสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งความเป็นพิษของแคดเมียมจะส่งผลต่อพืช ทำให้ต้นแคระแกร็น และทำให้เกิดอาการใบเหลืองในพืช

ปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดิน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดินก่อนและหลังการทดลอง พบว่าปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดินหลังการทดลองมีค่าลดลงจากก่อนการทดลอง อาจเนื่องมาจากปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในดินส่วนหนึ่งอาจลงลดตามระยะเวลาในการปลูกสบู่ดำที่นานขึ้น หรืออาจเกิดจากการดูดซึมของพืชอีกส่วนหนึ่งเกิดจากการชะล้าง (Leaching) โดยน้ำ ลม และอีกส่วนหนึ่งอาจเกิดจากจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ

ปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในส่วนประกอบของพืช

ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนตกค้างของแคดเมียมในส่วนประกอบพืช ได้แก่ ลำต้น ราก ใบ เมล็ด น้ำมันสบู่ดำ และกากสบู่ดำ ของสบู่ดำสายพันธุ์ระยอง พบว่าในรากจะมีการสะสมของแคดเมียมได้มากที่สุด รองลงมาจะพบการสะสมของแคดเมียมในลำต้น ส่วนการสะสมของแคดเมียมตกค้างในใบ เมล็ด น้ำมันสบู่ดำ และกากสบู่ดำ มีปริมาณการตกค้างของแคดเมียมในปริมาณที่น้อย สาเหตุอาจเนื่องมาจากสบู่ดำจะมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ระดับการปนเปื้อน 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) เท่านั้น ส่วนที่ระดับการปนเปื้อน 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม ไม่มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต

การวิเคราะห์สมบัติของดิน

ผลการวิเคราะห์สมบัติของดิน ซึ่งชุดดินที่ใช้ในการทดลอง คือชุดดินกระบี่ ซึ่งการวิเคราะห์เนื้อดิน โดยการวิเคราะห์อนุภาคทราย (Sand) อนุภาคทรายแป้ง (Silt) และอนุภาคดินเหนียว (Clay) จัดเป็นกลุ่มดินเนื้อละเอียด ประเภทดินเหนียว (Clay Texture) ซึ่งดินเหนียวจะมีการดูดซึมและดึงดูดแคดเมียมได้ดีกว่าในดินร่วนและดินทราย เนื่องจากในดินเหนียวจะมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C) สูง ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุเมื่อเริ่มการทดลองเปรียบเทียบกับหลัง

การทดลอง พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) แต่ปริมาณอินทรียวัตถุจะมีการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงในระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม 100, 200 และ 300 พีพีเอ็ม

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. 2547. **รายงานผลการตรวจสอบและประเมินการปนเปื้อนของสารแคดเมียมในบริเวณลุ่มน้ำห้วยแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2549. **ความรู้ชุดดินไทย**. ค้นวันที่ 16 สิงหาคม 2549 จากhttp://www.mcc.cmu.ac.th/dinthai/taxonomy_detail.asp?SoilSeries=Kbi.

จงจิตร แสงประจักษ์ และปาวีณา นิวรณุสิต. 2546. **การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับสารตะกั่วในดินโดยใช้ไม้ประดับ**. ปัญหาพิเศษ ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

จุรีพร สมพงษ์ และแจ่มจันทร์ บำรุงเกาะ. 2545. **การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับสารตะกั่วในดินโดยใช้พืช**. ปัญหาพิเศษ ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

เจนวิทย์ วงษ์ศานูน. 2548. **การปนเปื้อนของแคดเมียมในบริเวณลุ่มน้ำห้วยแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวดตาก**. สารนิพนธ์สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะพัฒนาสังคม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

ธวัชชัย ศุภดิษฐ์. 2546. **การจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพมหานคร: หลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อม สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษา สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ธวัชชัย ศุภดิษฐ์. 2548. **สิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยา และการจัดการ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: เพิ่มพูนการพิมพ์.

พิดาลัด วงศ์พานิช. 2548. **การปนเปื้อนของแคดเมียมสู่สิ่งแวดล้อม: กรณีศึกษาลุ่มน้ำห้วยแม่ตาว ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก**. สารนิพนธ์สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะพัฒนาสังคม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร. 2551. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น หน่วยที่ 15 การพังทลายของดิน**. ค้นวันที่ 10 เมษายน 2551 จาก http://203.158.184.2/elearning/SoilScience/unit1502.htm#head3.

มหาวิทยาลัยมหิดล. สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้. 2551. **ปัญหามลพิษทางดิน**. ค้นวันที่ 10 เมษายน 2551 จาก http://www.il.mahidol.ac.th/course/ecology/chapter4/chapter4_soil9.htm.

ศิริลักษณ์ กล้าการขาย. 2548. **การบำบัดแคดเมียมที่ปนเปื้อนในดินโดยใช้หญ้าแฝก**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2540. **ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบูรณ์ มั่นความดี. 2550. **การวิเคราะห์เนื้อดิน**. กลุ่มงานดินด้านวิทยาศาสตร์ สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน. ค้นวันที่ 10 เมษายน 2550 จาก www.geocities.com/soilsciences/soiltest_method/texture_analysis.html.

สมศักดิ์ ศรีสมบุญ, ชาญวิทย์ ม่วงมิตร และสมยศ พิชิตพร. 2548. **การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสบู่ดำ เพื่อใช้เป็นพืชทดแทนพลังงาน**. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร.

Benavides, M.P., Gallego, S.M., and Tomar, M.L. 2005. **Cadmium Toxicity in Plant**. New York: Cadmium Book.

Shrama, S., Kual, S., Metwelly, S., Goyal, K.C., Finkemeier, I., and Dietz, K.J. 2004. Cadmium Toxicity to Barley (Hordeum Vulgare) as Effected by Varying Nutritional Status. **Journal of Plant Science**. 32 (November): 6