



ผลของเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต ที่ปนเปื้อนในดินต่อการเจริญเติบโต ของพืชวงศ์แตงและวงศ์ผักกาด

ชนิษฐา สมตระกุล* สุนันทา ประทุมมา* และวารภรณ์ ฉุยฉาย**

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการปนเปื้อนร่วมกันของสารเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต ในดินต่อการเจริญเติบโตของพืชวงศ์แตงและวงศ์ผักกาด โดยผสมสารชนิดดังกล่าวในอัตราส่วน 1:1 ที่ระดับความเข้มข้น 0.4–40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของดิน ในดินแล้วปลูกผักทอง แตงกวา และผักกาดขาวเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีสารปนเปื้อน หลังจากทดสอบเป็นเวลา 10 วัน วัดร้อยละการงอก ความยาวยอดและราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้า ผลการทดลองพบว่า การปนเปื้อนร่วมกันของสารทดสอบ 2 ชนิดดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อการงอกของพืชทั้ง 3 ชนิด ส่วนผลต่อความยาวยอดและรากนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช โดยผักทองและแตงกวามีความยาวยอดต่ำลงเมื่อระดับความเข้มข้นของการปนเปื้อนสูงขึ้น แต่ผักกาดขาวมีความยาวยอดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>.05$) เมื่อระดับความเข้มข้นของการปนเปื้อนสูงขึ้น ส่วนผลต่อความยาวรากพบว่า ผักทองมีความยาวรากไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>.05$) เมื่อความเข้มข้นของสารทดสอบเพิ่มขึ้นซึ่งให้ผลต่างกับความยาวรากของแตงกวาและผักกาดขาว เมื่อพิจารณาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง พบว่า ไม่มีผลกระทบจากการปนเปื้อนในดินของสารทดสอบทั้งสองชนิดในพืชทั้ง 3 ชนิด จึงสรุปได้ว่า ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งสามชนิดดังกล่าว ดังนั้น สามารถปลูกพืชทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวในดินที่มีการปนเปื้อนของสารทั้ง 2 ชนิดนี้ที่ความเข้มข้นดังกล่าวได้

คำสำคัญ : ความเป็นพิษต่อพืช เอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต เฮปตาคลอร์

* ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

** สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช อ. เมือง จ.นครศรีธรรมราช 60000

อีเมล : chouychai@yahoo.com โทร. 089-2184478



Effect of Heptachlor and Endosulfan Sulfate-Contaminated Soil on Cucurbitaceae and Brassicaceae Plants Growth

Khanitta Somtrakoon* Sununta Pratumma* and Waraporn Chouychai**

Abstract

The effect of heptachlor and endosulfan sulfate co-contaminated soil on seedling growth of Cucurbitaceae and Brassicaceae plants. Heptachlor and endosulfan sulfate were spiked into soil as ratio 1:1 at total concentration ranging from 0.4-4 mg/kg dried soil. Three plants, *Brassica pekinensis*, *Cucurbita moschata* and cucumber were planted in spiked soil compared with non-contaminated soil. After 10 days, percentage of germination, shoot and root length, fresh and dry weight of seedling were measured. The result shown that heptachlor and endosulfan sulfate co-contaminated soil (ratio 1:1) were not toxic to germination of all plant but the effect on shoot and root length depended on plant species. Shoot length of *C. moschata* and cucumber were decreased when concentrations of contaminants were higher but shoot length of *B. pekinensis* was not significantly different. For the effect on root length, root length of *C. moschata* was not significantly different with contrast with root length of cucumber and *B. pekinensis*. The contaminants did not affect to fresh and dry weight of all plant which shown that there were no effect on these plant growth. All plants tested in this experiment could grow in soil contaminated with heptachlor and endosulfan sulfate at this concentration.

Keywords: Phytotoxicity, Endosulfan-sulfate, Heptachlor

* Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai district, Mahasarakham Province 44150

** Biology Programe, Faculty of Science and Technology, Nakhonsawan Rajabhat University, Moung district, Nakhonsawan Province 60000

บทนำ

ปัญหาการปนเปื้อนสารฆ่าแมลงในดินและพืชผักทางการเกษตรจัดเป็นปัญหาที่สำคัญในประเทศไทย รวมทั้งสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่แม้ส่วนใหญ่จะถูกห้ามใช้มาเป็นเวลานานแล้ว แต่เนื่องจากสารในกลุ่มนี้มีความคงตัวในสิ่งแวดล้อมสูงจึงตรวจพบการปนเปื้อนของสารเหล่านี้ได้ในดิน ดินตะกอน แหล่งน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดินอย่างสม่ำเสมอ (Poolpak *et al.*, 2008; Thapinta and Hudak, 2003) สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ปนเปื้อนในดินนี้ นอกจากจะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตเป้าหมายที่ต้องการควบคุมแล้วยังส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นที่มีใช้สิ่งมีชีวิตเป้าหมายได้ รวมทั้งพืชที่เพาะปลูกในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการใช้สารเคมีในกลุ่มดังกล่าวซึ่งจะทำให้ผลผลิตลดลงได้ ผลกระทบของสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้ที่ปนเปื้อนในดินมีรายงานอย่างต่อเนื่อง เช่น มีการศึกษาพบว่า การปนเปื้อนของลินเดนในดินจะทำให้อัตราการงอกของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวช้าลงได้ ในขณะที่ไม่ส่งผลต่ออัตราการงอกของพืชใบเลี้ยงคู่ พืชตระกูลผักกาดตอบสนองต่อการปนเปื้อนของลินเดนในดินโดยสะสมชีวมวลที่รากเพิ่มขึ้น (Calveno Pereira *et al.*, 2010) แอลฟา-เอนโดซัลแฟนทำให้น้ำหนักสดของผักกวางตุ้งลดลง (วารสารณ ญุฉาย และคณะ, 2553) และทำให้ความยาวรากของผักทองลดลงด้วย (Chouychai and Lee, 2012)

อย่างไรก็ตาม การปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมจริงของสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้จะไม่พบเพียงชนิดเดียว แต่จะพบการปนเปื้อนร่วมกันหลายชนิด ตัวอย่างเช่น ในดินตะกอนบริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม ในปี พ.ศ. 2547-2548 ตรวจพบเฮปตาคลอร์ อีพอกไซด์ในปริมาณ 2.67-152.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของดิน และตรวจพบเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตในปริมาณ 0.05-0.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของดิน (Poolpak *et al.*, 2008) ในปี พ.ศ. 2546 ตรวจพบเฮปตาคลอร์เอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตในน้ำใต้ดินแถบภาคกลางของประเทศไทยในปริมาณ 0.3 ไมโครกรัมต่อลิตร (Thapinta and Hudak, 2003) และในปี พ.ศ. 2547 พบเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตในดินตะกอนแถบชายฝั่งทะเลของประเทศไทยมีปริมาณอยู่ระหว่าง 7-11 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และ 12-16 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ปิยะวรรณ ศรีวิลาศ และกานดา ใจดี, 2549) แต่รายงานเกี่ยวกับความเป็นพิษร่วมกันระหว่างเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตกับเฮปตาคลอร์ที่ปนเปื้อนในดินต่อพืชเศรษฐกิจยังไม่มียางาน

พืชวงศ์แตง (Cucurbitaceae) เช่น แตงกวา บวบ ฟักทอง และแตงโม และพืชวงศ์ผักกาด (Brassicaceae) เช่น ผักกาดขาว คะนํ้า ผักกวางตุ้ง และผักกาดหอม จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในประเทศไทย และมีการใช้พืชวงศ์ผักกาดนี้เป็นพืชทดสอบเกี่ยวกับความเป็นพิษของสารมลพิษต่างๆ (Calveno Pereira *et al.*, 2010; Eom *et al.*, 2007) ในขณะที่พืชวงศ์แตงเป็นพืชที่มีความสามารถในการสะสมสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนหลายชนิด เช่น ฟักทอง บางสายพันธุ์ เช่น *Cucurbita pepo* spp. *pepo* สะสมดีดีทีได้ (Whitefield-Åslund *et al.*, 2010)

และแดงกวาสะสมดีลดรินได้ (Otani and Seike, 2007) เป็นต้น แต่การศึกษาความเป็นพิษของ เอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตร่วมกับเฮปตาคลอร์ต่อพืชทั้งสองวงศ์นี้ยังไม่มีรายงาน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของการปนเปื้อนร่วมกันของสารเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตต่อการเจริญเติบโตของพืชวงศ์แตงและวงศ์ผักกาดต่อการปนเปื้อนร่วมกันของสารเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต ซึ่งเป็นสารฆ่าแมลงที่มักตรวจพบปนเปื้อนในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำพืชกลุ่มนี้ไปใช้ฟื้นฟูดินที่มีการปนเปื้อนของสารมลพิษทางการเกษตรต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

เมล็ดพันธุ์พืชทดสอบ

ใช้เมล็ดพันธุ์ของพืชวงศ์แตง 2 ชนิด ได้แก่ ฟักทอง (*Cucurbita moschata*) แดงกวา (*Cucumis sativus*) และวงศ์ผักกาด 1 ชนิดคือ ผักกาดขาว (*Brassica pekinensis*) โดยเป็นเมล็ดพันธุ์ของบริษัท ฉั่วย่งเซ็ง พันธุ์พืช กรุงเทพฯ ประเทศไทย

ตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลอง

เก็บตัวอย่างดินจากวัดป่ากุแก้ว ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่มีประวัติปนเปื้อนด้วยสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน นำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องแล้วร่อนดินผ่านตะแกรงที่มีขนาดรูพรุน 2 มิลลิเมตร นำดินที่ได้ส่งไปวิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้นทางกายภาพและเคมีของดิน ณ บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาขอนแก่น และตรวจสอบการปนเปื้อนของเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตและเฮปตาคลอร์โดยเครื่อง Gas Chromatography - Mass Spectroscopy ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น QP2010 ประเทศญี่ปุ่น ดินที่ใช้มีคุณสมบัติดังนี้คือ % sand 10.23% silt 15.33% clay 74.44 พีเอช 8.11 ความนำไฟฟ้า 109.5 ไมโครกรัมต่อเซนติเมตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 2.40% ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.29% ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ได้ 58.38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของดิน

การเตรียมดินที่ปนเปื้อนร่วมกันของเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลแฟน ซัลเฟต

ผสมเฮปตาคลอร์ (ความบริสุทธิ์ 99.5% รหัสสินค้า 50511 บริษัท Ehrenstorfer GmbH ประเทศเยอรมัน) และเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต (ความบริสุทธิ์ 98.5% รหัสสินค้า 81205 บริษัท Ehrenstorfer GmbH ประเทศเยอรมัน) ลงในดินที่ผึ่งจนแห้งและทราบน้ำหนักแน่นอน โดยใช้ความเข้มข้นสุดท้ายในดินของเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลแฟน ซัลเฟตเป็น 0 0.4 4 และ 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (อัตราส่วน 1 : 1) ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่อยู่ในขอบเขตที่มีรายงานการปนเปื้อนในดิน

ของประเทศไทยโดยใช้อะซีโตนเป็นตัวทำละลาย หลังจากนั้นฝังดินให้ตัวทำละลายระเหยไปในตัววัน ใช้เวลาประมาณ 48 ชั่วโมง การทดลองในชุดควบคุมจะเตรียมดินเช่นเดียวกับในชุดทดลอง แต่จะเติมอะซีโตนซึ่งเป็นตัวทำละลายลงไปเพียงอย่างเดียวในปริมาณที่เท่ากัน และทิ้งไว้ในสภาพแวดล้อมเดียวกันเพื่อให้อะซีโตนระเหยไป

การทดสอบและการประเมินความเป็นพิษต่อพืช

นำดินที่ปนเปื้อนด้วยสารผสมระหว่างเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต 50 กรัม ใส่ลงในภาชนะเมล็ัด และปรับความชื้นของดินที่ระดับ 65% ก่อนการทดลอง หลังจากนั้นแช่เมล็ัดพันธุ์ของพืชทดสอบแต่ละชนิดในน้ำ 3 ชั่วโมง แล้วจึงนำเมล็ัดไปเพาะบนภาชนะเมล็ัดที่มีดินที่ผสมสารออร์กาโนคลอรีนไว้จางละ 10 เมล็ด กดให้เมล็ัดสัมผัสกับดินเต็มที่ รดน้ำทุกวันเป็นเวลา 10 วัน เมื่อครบ 10 วัน นับจำนวนเมล็ัดที่งอกและคำนวณร้อยละการงอก สุ่มต้นกล้าที่มีความสมบูรณ์จากแต่ละหน่วยทดลองๆ ละ 8 ต้น วัดความยาวของยอดและราก (หน่วยเป็นเซนติเมตร) ดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าคำนวณจากสูตร (ความยาวยอด + ความยาวราก) x (ร้อยละการงอก/10) (Ajithkumar *et al.*, 1998) ชั่งน้ำหนักสดของยอดและราก (หน่วยเป็น mg) และน้ำหนักแห้ง โดยนำต้นกล้าที่ชั่งน้ำหนักสดแล้ว ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อนจนน้ำหนักคงที่

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วย ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์ด้วยวิธี Turkey's test

ผล

ความเป็นพิษร่วมกันของเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตต่อพืชทดสอบ 3 ชนิดสรุปได้ดังนี้

1. ผลต่อการงอก

สารผสมระหว่างเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0.4-40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของดิน ไม่ส่งผลต่อการงอกของพืชทดสอบทั้งสามชนิด โดยพืชทดสอบทั้งสามชนิดมีร้อยละการงอกไม่แตกต่างจากการทดลองในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P > .05$) ร้อยละการงอกของผักทอง แตงกวา และผักกาดขาว มีค่าอยู่ระหว่าง 63.3-90.0, 86.7-96.7 และ 86.7-96.7 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

2. ผลต่อความยาวยอดและความยาวราก

เฮปตาคลอร์และเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0.4-40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของดิน ส่งผลต่อความยาวยอดและรากต่างกันไปตามชนิดของพืช โดยดินที่ปนเปื้อนสารทั้งสองชนิด ไม่ทำให้ความยาวยอดของผักกาดขาวแตกต่างจากการทดลองในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > .05$) โดยความยาวยอดของผักกาดขาวมีค่าอยู่ระหว่าง 4.6-5.1 เซนติเมตร ในขณะที่ความยาวยอดของฟักทองและแตงกวาลดลงจากการทดลองในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) เมื่อความเข้มข้นรวมของสารทั้งสองเป็น 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ร้อยละการงอก ความยาว และดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าฟักทอง แตงกวา และผักกาดขาว ที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนร่วมกันระหว่างเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตเป็นระยะเวลา 10 วัน

ความเข้มข้นรวม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	การงอก (%)	ความยาวยอด (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	ดัชนีแข็งแรงของ ต้นกล้า
ฟักทอง				
0	83.30 ± 5.8a ^{1/}	16.0 ± 0.9a	9.1 ± 1.7a	255.8
0.4	90.0 ± 10.0a	15.5 ± 0.6a	8.7 ± 1.5a	268.0
4	63.3 ± 20.8a	15.2 ± 1.3ab	9.1 ± 3.0a	183.7
40	86.7 ± 23.1a	14.3 ± 0.9b	8.5 ± 1.6a	239.2
แตงกวา				
0	96.7 ± 5.78a	13.2 ± 0.9a	6.6 ± 1.4b	190.7
0.4	96.7 ± 5.78a	13.0 ± 0.8ab	9.4 ± 2.0a	215.8
4	86.7 ± 5.7a	12.5 ± 0.8ab	7.9 ± 1.8ab	177.0
40	93.3 ± 5.8a	12.4 ± 0.9b	7.3 ± 1.6b	184.3
ผักกาดขาว				
0	90.0 ± 10a	4.6 ± 0.8a	3.3 ± 1.4b	71.6
0.4	86.7 ± 5.8a	4.8 ± 0.8a	4.4 ± 0.8a	79.3
4	86.7 ± 11.5a	5.2 ± 0.9a	4.0 ± 1.3ab	79.3
40	96.7 ± 5.8a	4.7 ± 0.5a	4.3 ± 1.2ab	86.7

^{1/} ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กตัวเดียวกันในแต่ละคอลัมน์ของพืชแต่ละชนิดแสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > .05$)

ความเข้มข้นรวมของสารผสมระหว่างเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลเฟน-ซัลเฟตทุกระดับความเข้มข้น (0.4-40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของดิน) ไม่ทำให้ความยาวรากของพืชทองแดงแตกต่างไปจากการทดลองในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>.05$) ในขณะที่ความเข้มข้นรวมในระดับ 0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของดิน ทำให้ความยาวรากของแตงกวาและผักกาดขาวเพิ่มขึ้นได้ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นรวมของสารผสมเป็น 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้ความยาวรากของแตงกวาและผักกาดขาวลดลงมา แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม ($P>.05$) (ตารางที่ 1) แสดงว่าผลร่วมระหว่างเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลเฟน-ซัลเฟตกระตุ้นการเจริญของรากให้ยาวขึ้นได้

3. ผลต่อดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้า

ผลร่วมระหว่างเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลเฟน-ซัลเฟตที่ทุกระดับความเข้มข้นทำให้ค่าดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าพืชทองแดง และผักกาดขาว มีแนวโน้มใกล้เคียงกับชุดควบคุม โดยพืชทองแดง และผักกาดขาว มีค่าดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าอยู่ระหว่าง 183.7-268.0 177.0-215.8 และ 71.6-86.7 ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะค่าดัชนีความแข็งแรงคำนวณมาจากร้อยละการออก ความยาวยอด และความยาวราก ซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากความเป็นพิษร่วมกันของสารทั้งสองชนิด

4. ผลต่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด

สารผสมระหว่างเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลเฟน-ซัลเฟตที่ทุกระดับความเข้มข้นไม่ส่งผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของพืชทองแดงและแตงกวา อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสดของพืชทองแดงและแตงกวามีค่าอยู่ระหว่าง 0.05-0.06 และ 0.04-0.05 ตามลำดับ สารผสมทั้งสองที่ทุกระดับความเข้มข้นรวมไม่ทำให้น้ำหนักแห้งของผักกาดขาวแตกต่างไปจากการทดลองในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ทำให้น้ำหนักสดของผักกาดขาวเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ความเข้มข้นรวมเป็น 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 น้ำหนักของต้นกล้าพืชทองแดงกวา และผักกาดขาวที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนร่วมกันระหว่างเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตเป็นระยะเวลา 10 วัน

ความเข้มข้นรวม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	น้ำหนักของพืชทั้งต้น		
	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักแห้ง/ น้ำหนักสด
พืชทองแดง			
0	1.53 ± 0.23a ^{1/}	0.09 ± 0.01a	0.06
0.4	1.51 ± 0.21a	0.09 ± 0.01a	0.06
4	1.51 ± 0.20a	0.08 ± 0.01a	0.05
40	1.46 ± 0.22a	0.08 ± 0.01a	0.06
ผักกาดขาว			
0	0.56 ± 0.10a	0.03 ± 0.01a	0.05
0.4	0.55 ± 0.08a	0.02 ± 0.01a	0.05
4	0.53 ± 0.09a	0.02 ± 0.01a	0.04
40	0.51 ± 0.07a	0.02 ± 0.00a	0.05
ผักกาดขาว			
0	0.10 ± 0.02b	0.005 ± 0.00a	0.05
0.4	0.11 ± 0.02ab	0.005 ± 0.00a	0.04
4	0.12 ± 0.02a	0.005 ± 0.00a	0.04
40	0.11 ± 0.02ab	0.005 ± 0.00a	0.04

^{1/} ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กตัวเดียวกันในแต่ละคอลัมน์ของพืชแต่ละชนิดแสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P> .05)

อภิปรายผล

ในการศึกษาความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนต่อพืชนั้น มีการเจริญเติบโตของพืชหลายแบบที่ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความเป็นพิษ ร้อยละการงอกของพืชเป็นดัชนีที่ได้รับผลกระทบน้อยในกรณีที่พืชนั้นทนทานต่อสารมลพิษนั้นๆ ได้ดี เช่น การปนเปื้อนของเฮกซะคลอโรไซโคลเฮกเซน (HCH) ในดิน โดย HCH ไม่ทำให้อัตราการงอกของพืชที่ทนทานได้แก่ ข้าวไรย์ ข้าวโอ๊ต เทอร์นิบซึ่งเป็นพืชในสกุล *Brassica* และ *Phaseolus vulgaris* ลดลง แต่จะทำให้อัตราการงอกช้าลงเท่านั้น และส่งผลต่อการงอกของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมากกว่าพืชใบเลี้ยงคู่ (Calveno Pereira *et al.*, 2010) ในการศึกษาที่ดินที่ปนเปื้อนด้วยเฮปตาคลอรัลและเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตไม่มีผลต่อการงอกของพืชทดสอบ ซึ่งไม่ต่างจากความเป็นพิษของเฮปตาคลอรัลหรือเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตในดินเพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้นรวมเท่ากัน ที่ไม่ส่งผลต่อการงอกของผักกาดขาวและผักทอง (ชนิษฐา สมตระกูล และสุนันทา ประทุมมา, 2554ก; 2554ข) การที่สารผสมระหว่างเฮปตาคลอรัลและเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตไม่ส่งผลต่อการงอกของพืชนี้อาจเนื่องมาจากพืชที่เลือกใช้เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ อีกทั้งผักกาดขาวเป็นพืชในวงศ์ผักกาดเช่นเดียวกับเทอร์นิบที่เป็นพืชที่ทนทาน (Calveno Pereira *et al.*, 2010) ซึ่งการงอกของพืชในวงศ์ผักกาดนี้มีรายงานว่าไม่ได้รับผลกระทบจากดินที่ปนเปื้อน PAHs (Sverdrup *et al.*, 2003; 2007) แต่ไวต่อการปนเปื้อนของ Acridine (Gissel-Nielsen and Nielsen, 1996)

เฮปตาคลอรัลหรือเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตที่ปนเปื้อนในดินเพียงอย่างเดียวที่ระดับความเข้มข้นของสารทดสอบตั้งแต่ 0.4-40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่ทำให้ความยาวยอดและรากของผักทองและผักกาดขาวลดลง (ชนิษฐา สมตระกูล และสุนันทา ประทุมมา, 2554ก; 2554ข) ในขณะที่ผลรวมของเฮปตาคลอรัลและเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตในการศึกษานี้จะทำให้ความยาวยอดของผักทองลดลงแต่ไม่ส่งผลต่อความยาวยอดของผักกาดขาว ทั้งนี้ความยาวยอดของพืชในวงศ์ผักกาดไม่ไวต่อสารมลพิษในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน เช่น ความยาวยอดของเทอร์นิบสั้นลงที่ระดับความเข้มข้นของ HCH ตั้งแต่ 1,250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมขึ้นไป ส่วนความยาวรากสั้นลงเมื่อมี HCH ในดินมากกว่า 5,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมขึ้นไป ซึ่งสูงกว่าระดับความเข้มข้นที่ใช้การทดสอบนี้มาก (Calveno Pereira *et al.*, 2010)

การที่น้ำหนักสดของผักกาดขาวเพิ่มขึ้น จัดเป็นการตอบสนองต่อความเครียดจากสารมลพิษลักษณะหนึ่ง โดยพืชจะเร่งสร้างเนื้อเยื่อมาซ่อมแซมส่วนที่ถูกทำลายไปทำให้ชีวมวลของพืชเพิ่มขึ้นได้ (Calveno Pereira *et al.*, 2010) อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสดของผักกาดขาวเพียงชนิดเดียวที่ลดลงเมื่อมีเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตร่วมกับเฮปตาคลอรัลในดิน การเพิ่มขึ้นของค่านี้บ่งชี้ถึงการสะสมน้ำภายในชีวมวลมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการที่น้ำหนักแห้งของผักกาดขาวไม่แตกต่างกันแต่น้ำหนักสดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในดินที่มีสารมลพิษ การตอบสนองของน้ำหนักสดของพืชในวงศ์ผักกาดต่อความเป็นพิษของสารมลพิษอินทรีย์

ที่ไม่ละลายน้ำนั้น มีรายงานว่าเบนโซเอไพรีนที่ความเข้มข้นระดับต่ำ (10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้งของดิน) กระตุ้นการเจริญของ *Brassica alba* แต่เมื่อความเข้มข้นของเบนโซเอไพรีน สูงขึ้นเป็น 470 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของดิน จะทำให้การเจริญของพืชลดลงได้ (Sverdrup *et al.*, 2007) แต่ในการศึกษานี้พบว่า ทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมิใช่การเจริญเติบโตที่ไวต่อการปนเปื้อนด้วยสารผสมระหว่างเฮปตาคลอร์และเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต

การปนเปื้อนร่วมกันระหว่างสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนหลายชนิดถือเป็น สิ่งที่พบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมที่ปนเปื้อนจริง โดยเฉพาะการปนเปื้อนร่วมกันระหว่างเฮปตาคลอร์ และเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต การศึกษาการตอบสนองของพืชต่อความเป็นพิษร่วมของสารทั้งสอง ต่อพืชจะทำให้ได้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ในการเลือกชนิดพืชมาใช้ในการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมที่ ปนเปื้อนด้วยสารในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน และยังใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนเพาะปลูกพืชในบริเวณ ที่ปนเปื้อนอีกด้วยเมื่อเปรียบเทียบความเป็นพิษของเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตร่วมกับเฮปตาคลอร์ กับการศึกษาก่อนหน้านี้ในดินที่มีเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตหรือเฮปตาคลอร์อย่างเดียว พบว่า รูปแบบ การตอบสนองต่อความเป็นพิษไม่แตกต่างกันและไม่พบการหักล้างฤทธิ์หรือเสริมฤทธิ์ระหว่าง สารพิษทั้งสองชนิดอย่างชัดเจน การตอบสนองต่อความเป็นพิษร่วมกันของเอนโดซัลแฟน- ซัลเฟตและเฮปตาคลอร์ของพืชทองเห็นได้จากความยาวยอดลดลงเมื่อความเข้มข้นรวมเป็น 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนแดงกวานั้นจะลดลงทั้งความยาวยอดและความยาวรากที่ความ เข้มข้นเดียวกัน ผักกาดขาวมีการตอบสนองที่ต่างไปคือ ความยาวรากเพิ่มขึ้นที่ความเข้มข้นรวม เป็น 0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเมื่อมีสารทั้งสองชนิดในดิน ดังนั้น พืชวงศ์ ผักกาดจึงมีความน่าสนใจในการนำไปใช้ฟื้นฟูดินที่ปนเปื้อนสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ซึ่งต้องศึกษาในรายละเอียดต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนและส่งเสริมการวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ของ อาจารย์ ประจักษ์ประมาณ 2553 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และ Prof. Dr. Hung Lee, School of Environmental Science, University of Guelph ประเทศแคนาดาที่ให้คำแนะนำ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- ชนิษฐา สมตระกูล และสุนันทา ประทุมมา. (2554ก). ความเป็นพิษของเฮปตาคลอไรด์ต่อการงอกและการเจริญในระยะต้นกล้าของพืชผัก. *รายงานการประชุมวิชาการพฤกษศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5*, 30 มีนาคม-1 เมษายน 2554.
กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชนิษฐา สมตระกูล และสุนันทา ประทุมมา. (2554ข). ความเป็นพิษของเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตที่ปนเปื้อนในดินต่อการเจริญของพืชเศรษฐกิจในระยะต้นกล้า. *แก่นเกษตร*, 39, 295-299.
- ปิยะวรรณ ศรีวิลาศ และกานดา ใจดี. (2549). สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย. *ว. วิทยาศาสตร์ บุรพา*, 11, 26-39.
- วรารณณ์ ฉุยฉาย เจริญพงษ์ ชมพูนุช สุชาติ สระทองหน และปัทมาพร รูปปัทม์. (2553). ความเป็นพิษของลินเดนและเอ็นโดซัลแฟนที่ตกค้างในดินต่อการเจริญระยะต้นกล้าของถั่วฝักยาวและผักกวางตุ้ง. *รายงานการประชุมวิชาการเกษตรครั้งที่ 11 (หน้า 425-428)*, 25-25 มกราคม 2553. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Ajithkumar, P. U., Gangadhar, K. P., Manilal P. and Kunhi, A. A. M. (1998). Soil inoculation with *Pseudomonas aeruginosa* 3MT eliminates the inhibitory effect of 3-chloro- and 4-chlorobenzoate on tomato seed germination. *Soil Biol. Biochem*, 30, 1053-1059.
- Calveno Pereira, R. C., Monterroso, C. and Macías, F. (2010). Phytotoxicity of hexachlorocyclohexane: Effect on germination and early growth of different plant species. *Chemosphere*, 79, 326-333.
- Chouychai, W. and Lee, H. (2012). Phytotoxicity assay of crop plants to lindane and alpha-endosulfan contaminants in alkaline Thai soil. *Int. J. Agri. Biol*, 14, 734 - 738.
- Eom, I. C., Rast, C., Veber, A. M. and Vasseur, P. (2007). Ecotoxicology of a polycyclic aromatic hydrocarbon-contaminated soil. *Ecotoxicol. Environ. Safe*, 67, 190-205.
- Gissel-Nielsen, G. and Nielsen, T. (1996). Phytotoxicity of acridine, an important representative of a group of tar and creosote contaminants, N-PAC compounds. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 8, 243-249.
- Otani, T. and Seike, N. (2007). Rootstock control of fruit dieldrin concentration in grafted cucumber (*Cucumis sativus*). *J. Pesticide Sci*, 32, 235-242.

- Poolpak, T., Pokethitiyook, P., Krautrachue, M., Arjarasirikoon, U. and Thanwaniwat, N. (2008). Residues analysis of organochlorine pesticides in the Mae Klong river of central Thailand. *J. Hazard. Mat*, 156, 230-239.
- Sverdrup, L. E., Krogh, P. H., Nielsen, T., Kjaer, C. and Stenessen, J. (2003). Toxicity of eight polycyclic aromatic hydrocarbons to red clover (*Trifolium pratense*) ryegrass (*Lolium perenne*) and mustard (*Sinapsis alba*). *Chemosphere*, 53, 993-1003.
- Sverdrup, L. E., Hagen, S. B., Krogh, P. H. and van Gestel, C. A. M. (2007). Benzo[a]pyrene shows low toxicity to three species of terrestrial plants, two soil invertebrates, and soil-nitrifying bacteria. *Ecotoxicol. Environ. Safe*, 66, 362-368.
- Thapinta, A. and Hudak, P.F. (2003). Use of geographic information systems for assessing groundwater pollution potential by pesticides in central Thailand. *Environ. Int*, 29, 87-93.
- Whitefield-Åslund, M. L. W., Lunney, A. L., Rutterand, A. and Zeeb, B. A. (2010). Effects of amendments on the uptake and distribution of DDT in *Cucurbita pepo* spp. *pepo* plants. *Environ. Pollut*, 158, 508-513.