

ความเป็นพิษของเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตที่ปนเปื้อนในดินต่อการเจริญของพืชเศรษฐกิจใน ระยะต้นกล้า

Phytotoxicity of endosulfan-sulfate contaminated soil on seedling growth of economic crop

ขนิษฐา สมตระกูล^{1*} และ สุนันทา ประทุมมา¹
Khanitta Somtrakoon^{1*} and Sununta Pratumma¹

บทคัดย่อ: เอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตเป็นสารกำจัดศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษ และพบปนเปื้อนในดินบริเวณที่มีการทำเกษตรกรรมของประเทศไทย การศึกษานี้จึงได้ศึกษาความเป็นพิษของเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตต่อพืชทดสอบสามชนิด ได้แก่ ผักกาดขาว ฟักทอง และข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข 6 พบว่าผักกาดขาวและฟักทองมีความทนทานต่อเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตเมื่อพิจารณาจากทุกจุดยุติ เอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตตั้งแต่ 0.4-40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของดิน ไม่ส่งผลต่อร้อยละการงอก ความยาวราก ความยาวยอด น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ($P < 0.05$) เอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตไม่ส่งผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข 6 แต่ส่งผลต่อความยาวยอดและราก โดยเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟต 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของดินทำให้ความยาวยอดและความรากของข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข 6 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น ผักกาดขาวและฟักทองจึงเป็นพืชที่ควรนำไปศึกษาประสิทธิภาพในการนำไปใช้ฟื้นฟูดินทั้งด้านการสะสมเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟต หรือการกระตุ้นการย่อยสลายเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตต่อไป

คำสำคัญ: ออร์แกนโนคลอรีน การเจริญในระยะต้นกล้า การทดสอบความเป็นพิษ

Abstract: Endosulfan-sulfate is toxicity and widely distributed in agricultural soils in Thailand. The endosulfan sulfate tolerant plants were screened with phytotoxicity assay on three plant species including chinese cabbage, squash and sticky rice cv. RD 6. Among three plants tested, chinese cabbage and squash were tolerant to endosulfan sulfate when considered with all endpoint. Concentrations of endosulfan sulfate ranging from 0.4-40 mg kg⁻¹ dry soil did not affect percent of seed germination, shoot length, root length, fresh weight, dry weight and seedling vigor index of chinese cabbage and squash. Sticky rice was the most sensitive crop to endosulfan-sulfate as shoot length was significantly reduced, however, their fresh and dry weight were not affected. Results indicate that chinese cabbage and squash could be used as endosulfan-sulfate phytoremediation, both

¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ถนนวิชัย มหาสารคาม 44150

¹Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150

*Corresponding author: skhanitta@hotmail.com

accumulation and enhancement of bacterial degradation. This needs a further study.

Key words: organochlorine, seedling growth, toxicity testing

บทนำ

เอ็นโดซัลเฟน เป็นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนที่ยังอนุญาตให้มีการใช้งานได้แต่ต้องมีการเฝ้าระวัง โดยอนุญาตให้ใช้ในการควบคุมแมลงในพื้นที่นั้น (ศักดิ์, 2551) เอ็นโดซัลเฟน-ซัลเฟตเป็นเมตาบอไลต์ที่ได้จากการย่อยสลายเอ็นโดซัลเฟนที่มีความคงตัวในดินมากกว่าสารตั้งต้นและเมตาบอไลต์อื่น (Jayashree and Vasudevan, 2007) สารชนิดนี้ถูกตรวจพบว่าเป็นในดินที่ใช้ทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง เช่น พบเอ็นโดซัลเฟน-ซัลเฟต 0.05-0.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในดินตะกอนบริเวณพื้นที่ผิวของกลุ่มน้ำแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม ในปี พ.ศ. 2546-2548 (Poolpak et al., 2008) และ 7-11 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และ 12-16 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ในดินตะกอนทางชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย พ.ศ. 2547 (ปิยะวรรณ และ กานดา, 2549)

การฟื้นฟูดินที่ปนเปื้อนด้วยเอ็นโดซัลเฟน-ซัลเฟตโดยใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายเอ็นโดซัลเฟน-ซัลเฟตประสบความสำเร็จได้ไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากมีโครงสร้างที่คงทนต่อการย่อยสลายและในบางครั้งจุลินทรีย์ไม่สามารถปรับตัวให้รอดชีวิตในสภาพแวดล้อมที่ปนเปื้อนจริงได้ การใช้พืชจึงเป็นหนทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการฟื้นฟูดิน แต่เนื่องจากเคยมีรายงานว่าเอ็นโดซัลเฟนเป็นพืชต่อพืชหลายชนิด (วราภรณ์ และคณะ, 2553; Vidyasagar et al., 2009) จึงจำเป็นต้องคัดเลือกพืชที่มีความทนทานต่อเอ็นโดซัลเฟน-ซัลเฟต โดยเลือกใช้พืชเศรษฐกิจเป็นตัวแทนของพืชจากสามตระกูล ได้แก่ ผักกาดขาว (*Brassica pekinensis*; ตระกูล Brassicaceae) ฟักทอง

(*Cucurbita moschata* ; ตระกูล Cucurbitaceae) และข้าวเหนียว (*Oryza sativa* var. *glutinosa* cv. RD 6; ตระกูล Poaceae) ทั้งนี้ เคยมีรายงานมาก่อนว่าพืชในตระกูลดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมที่ปนเปื้อนด้วย ดีดีที หรือเฮปตาคลอร์ (Åslund et al., 2010; Campbell et al., 2009) และพืชที่อยู่ในตระกูลเดียวกันมีแนวโน้มทนทานต่อสารมลพิษได้ใกล้เคียงกัน (Clark et al., 2004)

วิธีการศึกษา

เก็บดินตัวอย่างจากวัดป่าแก้ว ต. ขามเรียง อ. กันทรวิชัย จ. มหาสารคาม โดยเป็นบริเวณที่ไม่มีประวัติการปนเปื้อนด้วยเอ็นโดซัลเฟน-ซัลเฟต ผังดินให้แห้งแล้วร่อนด้วยตะแกรง วิเคราะห์ปริมาณเอ็นโดซัลเฟน ซัลเฟตในดินด้วย GC-MS วิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี ณ บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาขอนแก่น โดยมีปริมาณของอนุภาคดินขนาดทราย 10.23% ทรายแป้ง 15.33% และดินเหนียว 74.44% ค่าความเป็นกรดค่า 8.11 ค่าการนำไฟฟ้า 109.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 2.40% ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.29% และปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ได้ 58.38 mg/kg

การประเมินความเป็นพืชต่อพืชคัดแปลงจากวิธีของ Kirk et al. (2002) โดยละลายเอ็นโดซัลเฟน-ซัลเฟต (ความบริสุทธิ์ 99.5% บริษัท Ehrenstorfer GmbH ประเทศเยอรมัน) ในอะซิโตน แล้วเติมลงในดินโดยให้ความเข้มข้นสุดท้ายในดินเป็น 0.4, 4 และ 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผังดินให้ตัวทำละลายระเหยไปในวันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แบ่งดินที่ผสมใส่ถาดเพาะ

เมล็ดถั่ว 50 กรัม แช่เมล็ดผักกาดขาว ฟักทอง (บริษัทวังช้างพันธุ์พืช กรุงเทพฯ) ข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข.6 ในน้ำ 3 ชั่วโมง แล้วเพาะลงไปตามละ 10 เมล็ด ทำ 3 ซ้ำ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้ได้รับแสงธรรมชาติ รดน้ำทุกวันเพื่อรักษาความชื้นในดินให้คงที่เมื่อครบกำหนดเวลา 10 วัน วัดร้อยละการงอก ความยาวราก ความยาวยอด น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้าทั้งต้น คำนวณดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าโดยใช้สูตร [(ความยาวยอด + ความยาวราก) x (ร้อยละการงอก/10)] (Ajithkumar et al., 1998) ชูควบคุมทำเช่นเดียวกันแต่เดิมอะซีโตนลงไปดินอย่างเดียว เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพรีทรีเมนต์ด้วย One-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วย Turkey's test

ผลการศึกษาและวิจารณ์

เอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตความเข้มข้นตั้งแต่ 0.4-40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมไม่เป็นพิษต่อร้อยละการงอกของพืชทดสอบทั้งสามชนิด และไม่ส่งผลเป็นพิษต่อความยาวยอดและความยาวรากของผักกาดขาวและฟักทอง เอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตตั้งแต่ 0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมขึ้นไปลดความยาวยอดของข้าวเหนียวลง ความยาวรากของข้าวเหนียวลดลงและที่ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมมีผลให้ความยาวรากของข้าวเหนียวลดลงมากที่สุด ($P < 0.05$) (Table 1) เอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตไม่ทำให้ดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าผักกาดขาวและฟักทองเปลี่ยนแปลงไปจากต้นกล้าที่เจริญในดินชูควบคุมมาก แต่เอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟต 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมลดดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าข้าวเหนียวอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับชูควบคุม เอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตทุกระดับความเข้มข้นไม่ส่งผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของพืชทดสอบทุกชนิด น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักกาดขาว ฟักทอง และข้าวเหนียวไม่ต่างไปจากต้นกล้าในชูควบคุม ($P < 0.05$) อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักสดและน้ำหนัก

แห้งของพืชทั้งสามชนิดมีแนวโน้มคงที่ในดินที่มีและไม่มีเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟต

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนหลายชนิด รวมทั้งเอ็นโดซัลแฟนและอนุพันธ์มีรายงานว่าเป็นพิษต่อพืชหลายชนิดเช่น เอ็นโดซัลแฟนเป็นพิษต่อการแบ่งตัวของเนื้อเยื่อเจริญปลายรากของ *Bidens laevis* (Perez et al., 2008) ลดน้ำหนักสดของกวางตุ้งและข้าวฟ่าง (วราภรณ์ และคณะ, 2553; Vidyasagar et al., 2009) และชักนำให้มีกรสร้างเอนไซม์ที่ตอบสนองต่อสภาวะเครียดใน *Myriophyllum quitense* ซึ่งเป็นพืชน้ำ (Menone et al., 2008) ในการศึกษาครั้งนี้ ผักกาดขาวและฟักทองเป็นพืชที่มีความทนทานต่อความเป็นพิษของเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตได้ดี โดยที่ระดับความเข้มข้นของเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตตั้งแต่ 0.4-40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมไม่ส่งผลเป็นพิษทั้งต่อการยืดยาวและการสะสมน้ำหนักของพืชทั้งสอง ส่วนข้าวเหนียวเป็นพืชที่ไวต่อความเป็นพิษของเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตมากที่สุด โดยเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตส่งผลต่อการยืดยาวของข้าวเหนียวมากกว่าการสะสมน้ำหนัก ซึ่งต่างจากรายงานของ วราภรณ์ และคณะ (2553) และ Vidyasagar et al. (2009) ที่พบว่าเอ็นโดซัลแฟนเป็นพิษต่อน้ำหนักสดของผักกวางตุ้งและข้าวฟ่างตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เอ็นโดซัลแฟนเคยมีรายงานว่าเป็นพิษต่อการแบ่งตัวของเนื้อเยื่อเจริญปลายรากของ *Bidens laevis* (Perez et al., 2008) จึงอาจจะส่งผลต่อการแบ่งเซลล์ของข้าวเหนียวด้วย นอกจากนี้ การปนเปื้อนร่วมกันของลินเดนและอัลฟา-เอ็นโดซัลแฟนเป็นพิษต่อการเจริญของข้าวเจ้าโดยสารทั้งสองลดความยาวรากและน้ำหนักสดของต้นกล้าข้าว (Chompunut et al., 2010)

สรุปและข้อเสนอแนะ

พืชที่มีแนวโน้มทนทานเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตได้ คือ ผักกาดขาวและฟักทอง เนื่องจากพืชทั้งสองทนทานต่อความเป็นพิษของเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตได้ไม่ว่าจะพิจารณาจากจุดใดก็ตาม ส่วนพืชที่ไวต่อเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตมากที่สุด ได้แก่ ข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข.6 โดยเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตเป็นพิษต่อความยาวรากและความยาวยอดของข้าวเหนียวแต่ไม่มีผลต่อทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ดังนั้น ผักกาดขาวและฟักทองจึงเป็นพืชที่ควรนำไปศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับกลไกและประสิทธิภาพในการกำจัดเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟต ทั้งโดยการกระตุ้นการย่อยสลายเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตหรือการสะสมเอ็นโดซัลแฟน-ซัลเฟตไว้ในชีวมวล

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนและส่งเสริมการวิจัย เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ของอาจารย์ ประจำปีงบประมาณ 2553 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม Prof. Dr. Hung Lee, School of Environmental Science, University of Guelph ประเทศแคนาดา และ ดร.วราภรณ์ นุชฉาย สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ปิยะวรรณ ศรีวิลาส และ กานดา ใจดี. 2549. สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 11 : 26-39.

วราภรณ์ นุชฉาย เจริญพงษ์ ชมภูณัฐ สุชาติ สระทองहन และปัทมาพร รูปปัทม์. 2553. ความ

เป็นพิษของลินเดนและเอ็นโดซัลแฟนที่ตกค้างในดินต่อการเจริญระยะต้นกล้าของถั่วฝักยาวและผักกวางตุ้ง. ใน รายงานการประชุมวิชาการเกษตรครั้งที่ 11. 25-26 มกราคม 2553. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 425-428.

ศักดิ์ ศรีนิเวศน์. สถาบันบริหารศัตรูพืชโดยชีวภาพ. http://www.doae.go.th/report/sukda/hoy_hit.html สืบค้นข้อมูลวันที่ 11 สิงหาคม 2551.

Ajithkumar, P.U., K.P. Gangadhar, P. Manilal, and A.A.M. Kunhi. 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.

Åslund, M.L.W., A.L. Lunney, A. Rutter, and B.A. Zeeb. 2010. Effects of amendments on the uptake and distribution of DDT in *Cucurbita pepo* spp. pepo plants. Environ Pollut. 158 : 508-513.

Bhalerao, T.S., and P.R. Puranik. 2007. Biodegradation of organochlorine pesticides, endosulfan, by a fungal soil isolated, *Aspergillus niger*. Inter Biodeter Biodeg. 59 : 315-321.

Campbell, S., A.S. Arakaki, and Q.X. Li. 2009. Phytoremediation of heptachlor and heptachlor epoxide in soil by Cucurbitaceae. Inter J Phytoremed. 11 : 28-38.

Chompunut, J., S. Sathonghon, and W. Chouychai. 2010. Co-toxicity of lindane and alpha-endosulfan contaminants in alkaline soil to rice seedling. In Proceeding of 6th Naresuan Research Conference, July 29 – 31, 2010. Naresuan University. pp. 390-399.

- Clark, J., L.S.Ortego, and A. Fairbrother 2004. Source of variability in plant toxicity testing. *Chemosphere*. 57 : 1599-1612.
- Jayashree, R. and N. Vasudevan 2007. Persistence and distribution of endosulfan under field condition. *Environ Monit. Assess.* 131 : 475–487.
- Kirk, J.L., J.N. Klironomos, H. Lee, and J.T. Trevors. 2002. Phytotoxicity assay to assess plant species for phytoremediation of petroleum-contaminated soil. *Bioremed J.* 6 : 57-63.
- Menone, M.L., S.F. Pesce, M.P. Díaz, V.J. Moreno, and D.A. Wunderlin. 2008. Endosulfan induces oxidative stress and changes on detoxication enzymes in the aquaphyte *Myriophyllum quitense*. *Phytochem.* 69 : 1150–1157.
- Pérez, D.J., M.L. Menone, E.L. Camadro, and V.J. Moreno. 2008. Genotoxicity evaluation of the insecticide endosulfan in the wetland macrophyte *Bidens laevis* L. *Environ Pollut.* 153 : 695– 698.
- Vidyasagar, G.M., D. Kotresh, W. Sreenivasa, and R. Karnam. 2009. Role of endosulfan in mediating stress response in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *J Environ Biol.* 30 : 217–220.

Table 1 Growth of seedling grown on various concentrations of endosulfan-sulfate contaminated soil

Concentration (mg/kg)	Seed germination (%)	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Plant weight	
				Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Chinese cabbage					
0	86.7 ± 15.3a	6.5 ± 0.7a	3.6 ± 0.8a	0.06 ± 0.01a	0.004 ± 0.001a
0.4	86.7± 5.8a	6.4 ± 0.8a	3.0 ± 0.8a	0.06 ± 0.01a	0.003± 0.001a
4	93.3 ± 11.5a	6.0 ± 0.9a	2.9 ± 0.9a	0.05 ± 0.01a	0.003± 0.001a
40	90.0 ± 10.0a	6.3 ± 0.8a	3.0 ± 0.6a	0.05 ± 0.01a	0.003± 0.001a
Squash					
0	70.0 ± 20.0a	17.8 ± 1.8a	8.6 ± 1.3a	0.75 ± 0.12a	0.06 ± 0.01a
0.4	70.0 ± 20.0a	17.5 ± 1.7a	9.7 ± 2.5a	0.72 ± 0.15a	0.06 ± 0.01a
4	63.3 ± 11.5a	17.6 ± 3.1a	8.3 ± 2.7a	0.69 ± 0.23a	0.06 ± 0.01a
40	66.7 ± 5.8a	17.9 ± 1.9a	8.6 ± 3.3a	0.70 ± 0.21a	0.06 ± 0.01a
Sticky rice					
0	90.0 ± 10.0a	15.6± 2.6a	12.2 ± 1.3a	0.13 ± 0.01a	0.02 ± 0.002a
0.4	96.7 ± 5.8a	14.4 ± 1.8ab	11.8 ± 2.0a	0.13 ± 0.01a	0.02 ± 0.002a
4	93.3 ± 11.5a	13.8 ± 1.5b	11.3 ± 0.8ab	0.13± 0.01a	0.02 ± 0.002a
40	93.3 ± 5.8a	14.2 ± 1.2ab	10.3 ± 2.0b	0.13 ± 0.01a	0.02 ± 0.003a

Means of each crop within the same column with different letters differ significantly (P<0.05) by Turkeys's test