วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 30(1): 14-24

346144

ผลของกรดอินโดลบิวไทริกต่อการเจริญในระยะต้นกล้าของผักกวางตุ้งที่ปลูกในทรายที่ปนเปื้อนเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต

Influence of Indolebutyric Acid on *Brassica chinensis* Seedling Growth Growing in Endosulfan-sulfate Contaminated Sand

ขนิษฐา สมตระกูล[1*] และมาลียา เครือตราชู[2]

Khanitta Somtrakoon[1*] and Maleeya Kruatrachue[2]

[1]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150

[2]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10400

[1]Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Mahasarakham, Thailand 44150

[2]Department of Biology, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok, Thailand 10400

*Corresponding author: skhanitta@hotmail.com

Abstract

This study was undertaken to evaluate the phytotoxicity of endosulfan-sulfate and effect of a plant growth regulator, indolebutyric acid (IBA), on seedling growth of *Brassica chinensis*. Growth of *B. chinensis* was stimulated by low concentration of endosulfan-sulfate. Shoot length, root length and total chlorophyll content of *B. chinensis* seedling growing in 4 mg/kg dried sand were significantly higher than that grown in uncontaminated sand ($P<0.05$). The toxic effect of endosulfan-sulfate on *B. chinensis* was not obviously, however, highest concentration of endosulfan-sulfate (100 mg/kg dried sand) resulting in decreasing of root fresh weight and total chlorophyll content. Shoot length, fresh weight and dried weight of *B. chinensis* did not affect by the presence of 100 mg/kg of endosulfan-sulfate in sand. Immersed seed of *B. chinensis* in 10 mg/l of IBA did not improve growth and tolerance of *B. chinensis* on endosulfan-sulfate contaminated sand.

Keywords: chinese mustard green, phytotoxicity, auxin, endosulfan-sulfate

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ทดสอบความเป็นพิษของเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตต่อการเจริญในระยะต้นกล้าของกวางตุ้ง ร่วมกับผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต คือ indolebutyric acid (IBA) ต่อการกระตุ้นการเจริญของผักกวางตุ้ง เอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของดิน กระตุ้นการเจริญของกวางตุ้งในระยะต้นกล้า โดยความยาวยอด ความยาวราก และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของกวางตุ้ง สูงกว่ากวางตุ้งที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตไม่แสดงความเป็นพิษต่อต้นกล้ากวางตุ้งอย่างชัดเจน ยกเว้นที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของทราย ส่งผลให้น้ำหนักสดของรากและปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของกวางตุ้ง

ลดลงเท่านั้น แต่ไม่ส่งผลต่อความยาวยอด น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของยอดกวางตุ้งในระยะต้นกล้า การให้สารกระตุ้นการเจริญของพืชในกลุ่มออกซินแก่กวางตุ้งโดยแช่เมล็ดพันธุ์กวางตุ้งในสารละลาย IBA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการศึกษาพบว่า การได้รับ IBA ไม่ช่วยให้กวางตุ้งที่เจริญในดินปนเปื้อนเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตมีความทนทานและมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่ากวางตุ้งที่ไม่ได้รับ IBA

คำสำคัญ: ผักกวางตุ้ง ความเป็นพิษต่อพืช ออกซิน เอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต

คำนำ

เอนโดซัลแฟนเป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ที่นิยมใช้ในการเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิตในประเทศต่างๆ ทั่วโลก ได้แก่ ประเทศในสหภาพยุโรป อินเดีย ออสเตรเลีย แคนาดา สหรัฐอเมริกา เม็กซิโก และอเมริกากลาง บราซิล จีน รวมถึงประเทศไทย (Boonyatumanond *et al.*, 2002; Poolpak *et al.*, 2008; Weber *et al.*, 2010) เอนโดซัลแฟนถูกนำมาใช้ในการเกษตรตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1950 เป็นต้นมา ปัจจุบันได้ถูกห้ามใช้และจำกัดการใช้งานในหลายประเทศ โดยเอนโดซัลแฟนจัดเป็นสารมลพิษอินทรีย์ ที่คงทนในสิ่งแวดล้อมตามรายการของ Stockholm convention ในปี ค.ศ. 2011 (Becker *et al.*, 2011; Weber *et al.*, 2010) ทั้งที่เอนโดซัลแฟนสามารถย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ แต่เนื่องจากคุณสมบัติที่ละลายน้ำต่ำ ทำให้การปนเปื้อนของเอนโดซัลแฟนในสิ่งแวดล้อม มีความคงทนอยู่ในดินและตะกอนได้เป็นเวลาหลายปี (Ramírez-Sandoval *et al.*, 2011) สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและเอนโดซัลแฟน เป็นพิษอย่างรุนแรงต่อแมลงที่ต้องการทำลาย รวมถึงสิ่งมีชีวิตที่มิใช่เป้าหมายในการทำลายด้วย สารนี้เป็นพิษเฉียบพลันต่อปลาและสัตว์น้ำ จากรายงานของ US. EPA. กล่าวว่า เอนโดซัลแฟนจะส่งผลเป็นพิษแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรังต่อสัตว์น้ำที่ระดับความเข้มข้น 0.22 และ 0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และยังเป็นอันตรายต่อระบบสืบพันธุ์ สารพันธุกรรม และระบบประสาทของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เป็นอันตรายต่อพืชโดยส่งผลต่อการงอก การเจริญในระยะต้นกล้าและเนื้อเยื่อของพืชด้วย รวมทั้งมีแนวโน้มสะสมได้ในสิ่งมีชีวิตด้วย (Kumar *et al.*, 2008; Pérez *et al.*, 2008; Vidyasager *et al.*, 2009)

เอนโดซัลแฟนเป็นสารมลพิษที่พบแพร่กระจายทั่วไปในสิ่งแวดล้อม ทั้งเขตเกษตรกรรมและบริเวณที่ห่างไกลจากแหล่งที่มีการใช้งาน (Weber *et al.*, 2010) ส่วนเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตเป็นสารตัวกลางที่เกิดจากการย่อยสลายเอนโดซัลแฟนในดินและตะกอน ระดับความเป็นพิษของสารตัวกลางดังกล่าว ใกล้เคียงกับเอนโดซัลแฟนแต่คงทนในสิ่งแวดล้อม และถูกย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพได้ต่ำกว่าเอนโดซัลแฟน จึงมักตรวจพบเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตร่วมกับเอนโดซัลแฟนในสิ่งแวดล้อมอยู่เสมอ (Castillo *et al.*, 2011; Kumar *et al.*, 2008) โดยพบการปนเปื้อนของเอนโดซัลแฟนและสารตัวกลางที่เกิดจากการย่อยสลายในหลายประเทศทั่วโลกรวมถึงประเทศไทย เช่น การศึกษาของ Poolpak *et al.* (2008) รายงานว่า ระดับของเอนโดซัลแฟนทุกไอโซเมอร์มีค่า 0.5-16.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของดิน ในบริเวณที่มีการทำเกษตรกรรมใกล้กับลุ่มแม่น้ำแม่กลองทางภาคกลางของประเทศไทย นอกจากนี้จากการสำรวจตะกอนบริเวณภาคตะวันออกของอ่าวไทย พบปริมาณแอลฟา-เอนโดซัลแฟนสูงถึง 10-104 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของดินในฤดูแล้งของประเทศไทย (ปิยะวรรณและกานดา, 2549) หรือในประเทศจีนตรวจพบแอลฟา- และเบตา-เอนโดซัลแฟน ร่วมกับเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตในดินจาก 141 สถานี มีค่าที่ระดับต่ำกว่าความสามารถในการตรวจสอบของเครื่องมือจนถึง 19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นต้น (Kataoka *et al.*, 2011)

พืชเป็นแหล่งสะสมออร์กาโนคลอรีนที่สำคัญ รวมทั้งเอนโดซัลแฟน และเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต โดยตรวจพบเอนโดซัลแฟนในเปลือกของตัวอย่างไม้จากทั่วโลก (Pereira *et al.*, 2006; Weber *et al.*, 2010) การปนเปื้อนของเอนโดซัลแฟน และเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตในดินบริเวณพื้นที่ที่มีการทำเกษตรกรรม จึงเป็นปัญหาสำคัญ เนื่องจากส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช และจะส่งผลต่อผลผลิตทางการเกษตรในระยะยาวได้ จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า เอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของดิน มีผลต่อการเจริญระยะต้นกล้าของผักบุ้ง ถั่วพุ่ม และแตงกวา (Somtrakoon and Pratumma, 2012) และยังเป็นพิษต่อการเจริญของข้าวเหนียว คะน้า และข้าวฟ่าง ส่วนเอนโดซัลแฟนเป็นพิษต่อข้าวเจ้า ถั่วฝักยาว และผักกวางตุ้ง (ขนิษฐา และวราภรณ์, 2555)

การได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชก่อนงอก เป็นวิธีการหนึ่งที่จะลดความเป็นพิษต่อพืชได้ โดยทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้นในสภาวะเครียด รวมทั้งอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความทนทานและเพิ่มการสะสมสารมลพิษได้ เช่น ไซโตไคนินช่วยเพิ่มชีวมวลของ *Alyssum murale* ทำให้สามารถสะสมนิกเกิลได้มากขึ้น (Cassina *et al.*, 2011) การได้รับฮอร์โมนจากภายนอก IAA และไคเนตินร่วมกับ EDTA ช่วยเพิ่มการสะสมตะกั่วในลำต้นของถั่วอัลฟาฟา (López *et al.*, 2009) นอกจากนี้ IAA ยังช่วยพัฒนาการของระบบราก เพิ่มชีวมวล และเพิ่มอัตราการคายน้ำของ *Picris divaricata* ซึ่งส่งผลให้พืชดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการสะสมตะกั่วได้ดีขึ้น (Du *et al.*, 2011) นอกจากนั้น การได้รับ IBA ก่อนการงอกช่วยให้ผักกวางตุ้งเจริญในดินที่ปนเปื้อนแอลฟา-เอนโดซัลแฟนได้ดีกว่าการได้รับกรดจิบเบอเรลลิก (Chouychai, 2012) แต่ยังไม่เคยทดสอบผลของ IBA ต่อความเป็นพิษต่อพืชของเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต ดังนั้น ในการศึกษานี้จึงศึกษาความเป็นพิษของสารดังกล่าวต่อผักกวางตุ้ง (*Brassica chinensis*) เปรียบเทียบกับการกระตุ้นเมล็ดด้วย IBA เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมและพื้นที่ทางการเกษตรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมทรายที่ปนเปื้อนเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต

ละลายเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต (บริษัท Dr. Ehrenstorfer GmbH Lot no. 81205 ประเทศเยอรมัน ความบริสุทธิ์ร้อยละ 98.5) ในอะซีโตนแล้วเติมลงทราย ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายในทรายเป็น 0, 4, 10 และ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของทราย ผึ่งทรายที่ผสมแล้วในตู้ควันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อให้ตัวทำละลายระเหยออกไป จากนั้นแบ่งทราย 50 กรัม ใส่ลงในภาชนะพลาสติกที่มีความจุ 120 มิลลิลิตร และปรับความชื้นของทรายให้เป็นร้อยละ 65 โดยน้ำหนักก่อนการทดลอง

การทดสอบความเป็นพิษต่อพืช

การทดสอบความเป็นพิษดัดแปลงจากวิธีของ Kirk *et al.* (2002) โดยแช่เมล็ดพันธุ์กวางตุ้ง (บริษัท เจียไต๋ กรุงเทพฯ) ในสารละลาย IBA ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร (บริษัท Fluka ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วเพาะในถาดพลาสติกที่มีทรายที่ปนเปื้อนเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตแต่ละความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 10 เมล็ด (ทำการทดลองทั้งหมดสามซ้ำ) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้ได้รับแสงธรรมชาติ รดน้ำทุกวันเพื่อรักษาความชื้นในทรายให้คงที่ เมื่อครบกำหนดเวลา 10 วัน บันทึกผลร้อยละการงอก ความยาวราก ความยาวยอด น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าทั้งต้น และปริมาณคลอโรฟิลล์ตามวิธีของ Huang *et al.* (2004) ชุดควบคุมทำเช่นเดียวกันแต่แช่เมล็ดกวางตุ้งในน้ำกลั่น ทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย Two way ANOVA และ LSD test

ผลการทดลอง

ผลของ IBA ต่อความยาวยอด น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของยอด

การเจริญของต้นกล้ากวางตุ้งในทรายปนเปื้อนเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้น 4 10 และ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของทราย มีความยาวยอดมากกว่าต้นกล้ากวางตุ้งที่เจริญในทรายที่ไม่ปนเปื้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยความยาวยอดของต้นกล้ากวางตุ้งมีค่าเท่ากับ 4.68±0.6, 5.4±0.77 และ 4.67±0.58 ซม. ตามลำดับ การใช้เมล็ดพันธุ์ที่ได้รับ IBA ให้ผลไม่แตกต่างจากเมล็ดพันธุ์ที่แช่ในน้ำกลั่น โดยความยาวยอดของต้นกล้ากวางตุ้งเพิ่มขึ้นเมื่อเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต ที่ปนเปื้อนในทรายมีความเข้มข้นสูงขึ้น แต่เมื่อเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่งผลให้ความยาวยอดลดลงเหลือ 4.16±0.50 ซม. แต่ยังเป็นค่าที่มากกว่าการเจริญของต้นกล้ากวางตุ้งในทรายที่ไม่ปนเปื้อน ซึ่งใช้เมล็ดพันธุ์ที่ได้รับ IBA เช่นกัน การใช้เมล็ดพันธุ์กวางตุ้งที่ได้รับ IBA ทำให้ความยาวยอดของต้นกล้ากวางตุ้งที่เพาะในแต่ละระดับความเข้มข้นของเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (Figure 1A)

น้ำหนักสดของยอดต้นกล้ากวางตุ้งที่เจริญในทรายที่ปนเปื้อนเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้น 4, 10 และ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของทราย ไม่แตกต่างจากน้ำหนักสดของต้นกล้ากวางตุ้งที่เจริญในทรายที่ไม่ปนเปื้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) การใช้เมล็ดพันธุ์กวางตุ้งที่ได้รับ IBA ไม่ส่งผลให้น้ำหนักสดของต้นกล้ากวางตุ้งแตกต่างจากเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้รับ IBA ที่ทุกระดับความเข้มข้นของเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต เช่นเดียวกับที่ IBA ไม่ส่งผลให้น้ำหนักแห้งของต้นกล้ากวางตุ้งแตกต่างจากต้นกล้ากวางตุ้งที่ไม่ได้รับ IBA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ($P>0.05$) แต่เอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กระตุ้นการเจริญของต้นกล้ากวางตุ้งได้เล็กน้อย โดยน้ำหนักแห้งที่เพิ่มขึ้นมากกว่ากวางตุ้งที่เจริญในทรายที่ไม่ปนเปื้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ไม่ว่าจะใช้เมล็ดพันธุ์ที่ได้รับ IBA หรือไม่ก็ตาม (Figure 1B และ 1C)

ผลของ IBA ต่อความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของราก

ความยาวรากของต้นกล้ากวางตุ้งเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตเพิ่มขึ้นจาก 4-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของทราย โดยทำให้ความยาวรากมากกว่าการเจริญในทรายที่ไม่ปนเปื้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่การได้รับ IBA ของเมล็ดพันธุ์กวางตุ้งก่อนเพาะไม่ส่งผลให้ความยาวรากของต้นกล้ากวางตุ้งแตกต่างจากเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้รับ IBA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (Figure 2A)

น้ำหนักสดของรากต้นกล้ากวางตุ้งที่เพาะจากเมล็ดที่ได้รับ IBA มีค่าน้อยกว่ากวางตุ้งที่เพาะจากเมล็ดที่ไม่ได้รับ IBA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยน้ำหนักสดของรากต้นกล้ากวางตุ้งที่เพาะจากเมล็ดที่ได้รับ IBA มีค่าเท่ากับ 3, 7 และ 2 มิลลิกรัม เมื่อเจริญในทรายที่ปนเปื้อนเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตความเข้มข้น 4, 10 และ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของทราย ตามลำดับ เอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กระตุ้นให้ต้นกล้ากวางตุ้งที่ไม่ได้รับ IBA มีน้ำหนักสดของรากมากกว่ารากต้นกล้าที่เจริญในทรายที่ไม่ปนเปื้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนในทรายที่ไม่ปนเปื้อน พบว่า ไม่ว่าเมล็ดกวางตุ้งจะได้รับ IBA หรือไม่ก็ตาม ไม่ทำให้น้ำหนักสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่น้ำหนักแห้งของรากต้นกล้ากวางตุ้ง ที่เจริญในทรายปนเปื้อนเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต ที่ระดับความเข้มข้น 4-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของทราย ไม่แตกต่างกันไม่ว่าเมล็ดกวางตุ้งจะได้รับ IBA ก่อนเพาะหรือไม่ก็ตาม ($P>0.05$) (Figure 2B และ 2C)

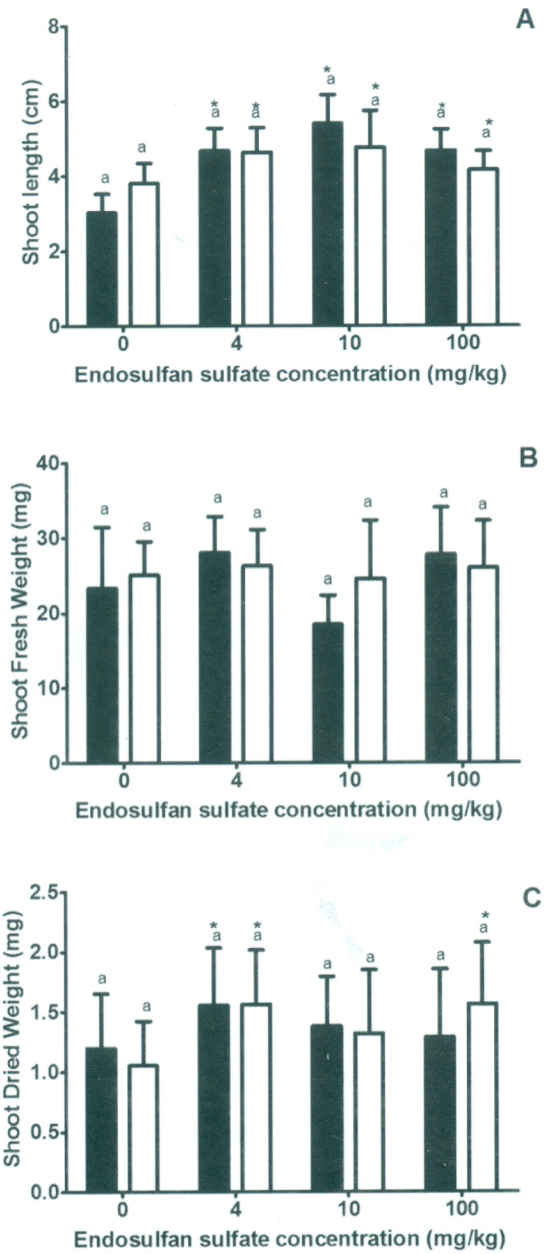

Figure 1 Chinese mustard green seedling growing in endosulfan-sulfate contaminated sand; (A) shoot length, (B) shoot fresh weight and (C) shoot dried weight
Symbol: ■ seed not treated with IBA and □ seed treated with IBA
Different lower case letter showed statistical difference ($P<0.05$) between treat and untreated with IBA; *showed statistical different from the plant growing in non-contaminated sand

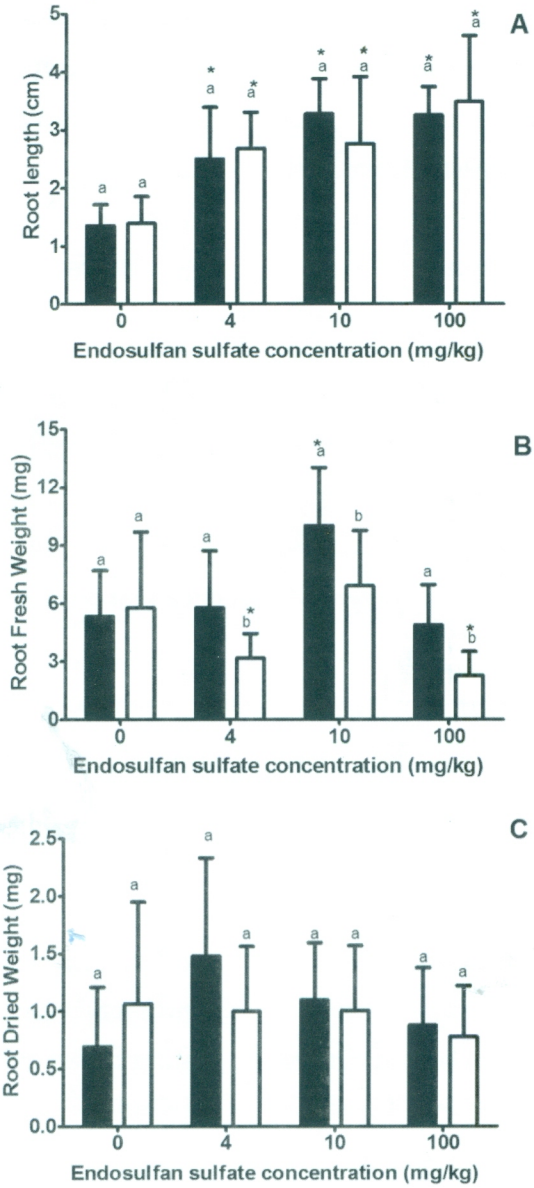

Figure 2 Chinese mustard green seedling growing in endosulfan-sulfate contaminated sand; (A) root length, (B) root fresh weight and (C) root dried weight
Symbol; ■ seed not treated with IBA and □ Seed treated with IBA
Different lower case letter showed statistical difference ($P<0.05$) between treat and untreated with IBA; * showed statistical different from the plant growing in non-contaminated sand

ผลของ IBA ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด

การปนเปื้อนของเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของทราย ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของต้นกล้ากวางตุ้งที่เพาะจากเมล็ดพันธุ์ที่ได้รับ IBA หรือไม่ก็ตาม มีปริมาณสูงกว่าคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของต้นกล้ากวางตุ้งที่เจริญในทรายที่ไม่ปนเปื้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อความเข้มข้นของเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตเพิ่มขึ้น

เป็น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของทราย ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของต้นกล้ากวางตุ้งต่ำกว่าของต้นกล้ากวางตุ้งที่เจริญในทรายที่ไม่ปนเปื้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การได้รับ IBA ไม่ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดแตกต่างจากเมล็ดกวางตุ้งที่ไม่ได้รับ IBA ที่ทุกระดับความเข้มข้นของเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต ($P>0.05$) (Figure 3)

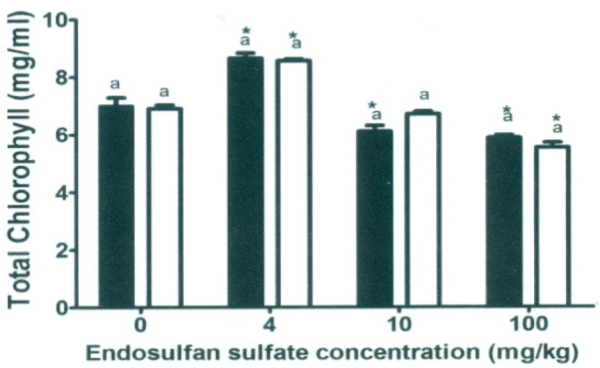

Figure 3 Content of total chlorophyll of chinese mustard green seedling growing in endosulfan-sulfated contaminated soil. Symbol; ■ Seed not treated with IBA and □ Seed treated with IBA Different lower case letter showed statistical difference ($P<0.05$) between treat and untreated with IBA; * showed statistical different from the plant growing in non-contaminated soil

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

เอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตไม่แสดงความเป็นพิษต่อต้นกล้าผักกวางตุ้ง ที่ระดับความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่กระตุ้นการเจริญของยอดและรากยกเว้นที่ระดับความเข้มข้นที่สูงมาก คือ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้น้ำหนักสดของรากและปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลง แต่ไม่ส่งผลต่อการเจริญของยอดทั้งความยาวและน้ำหนัก การตอบสนองต่อความเป็นพิษของเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตเกิดที่รากมากกว่ายอด เนื่องจากรากเป็นส่วนที่สัมผัสกับสารพิษที่ปนเปื้อนในดินโดยตรง รวมทั้งนิยมใช้เป็นดัชนีที่ดีในการชี้วัดความแข็งแรงของต้นกล้าในการสัมผัสกับสารพิษ (Chouychai *et al.*, 2007) เอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตที่ความเข้มข้นสูงเป็นพิษต่อน้ำหนักของราก แต่ไม่เป็นพิษต่อน้ำหนักของยอด เช่นเดียวกับสารในกลุ่มพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ แอนทราซีน เบนโซ[เอ]ไพรีน และฟลูออแรนทีนซึ่งเป็นพิษต่ำต่อน้ำหนักสดของ *Brassica napus* L. เพียงเล็กน้อย แต่เป็นพิษที่รุนแรงต่อน้ำหนักสดของรากมากกว่า (Ren *et al.*, 1996)

นอกจากนี้มีรายงานว่าสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนส่งผลต่อคลอโรฟิลล์เอของสาหร่ายสีเขียว *Scenedesmus quadricauda* Berb 614 โดยที่ความเข้มข้นระดับต่ำ 0.02 หรือ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ของ 2,4-D จะกระตุ้นการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอจึงเพิ่มขึ้น แต่ 2,4-D จะเป็นพิษต่อคลอโรฟิลล์เอที่ระดับความเข้มข้นสูง คือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับผลการศึกษานี้ โดยที่ระดับเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตความเข้มข้นต่ำปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้คลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลง ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลง

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอเช่นกัน (Wong *et al.*, 2000) อย่างไรก็ตามเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟต จัดว่ามีความเป็นพิษต่ำต่อผักกวางตุ้ง ซึ่งเป็นพืชทดสอบในการศึกษานี้ ซึ่งต่างจากแอลฟา-เอนโดซัลแฟน ที่แสดงความเป็นพิษต่อผักกวางตุ้งอย่างชัดเจนที่ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Chouychai, 2012) เนื่องจากเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตอาจอยู่ในรูปของสารมลพิษสะสมในพืช โดยรายงานส่วนใหญ่กล่าวว่า ตรวจพบเอนโดซัลแฟนในพืชทั่วโลกและมักสะสมอยู่ที่บริเวณเปลือกไม้ (Pereira *et al.*, 2006; Weber *et al.*, 2010)

การใช้ฮอร์โมนพืชจากภายนอกในกลุ่มออกซินเพื่อเพิ่มความทนทานของพืช และในการฟื้นฟูสภาพแวดล้อม โดยได้มีรายงานออกมาอย่างต่อเนื่อง ส่วนใหญ่เป็นการใช้กับสารมลพิษที่เป็นโลหะ เช่น การศึกษาของ Du *et al.* (2011) พบว่า การใช้ indole-3-acetic acid จะช่วยให้ *Picris divaricata* สะสมตะกั่วได้ดีขึ้น เนื่องจากพืชมีระบบรากและชีวมวลดีขึ้น โดยการใช้ IAA ความเข้มข้น 100 µM ช่วยให้พืชมีอัตราการคายน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 และตรวจพบตะกั่วที่ใบพืชร้อยละ 37.3 และการศึกษาของ López *et al.* (2009) พบว่า การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช IAA และ kinetin ร่วมกับ EDTA มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายตะกั่ว แมงกานีส และสังกะสี จากดินเข้าสู่ใบของถั่วอัลฟัลฟามากขึ้น ในบางครั้งการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตมีผลเสียต่อพืช และการสะสมโลหะหนักของพืชได้ เช่น ในการศึกษาของ Vamerali *et al.* (2011) รายงานว่า การใช้ IBA ไม่ว่าจะเป็นการฉีดพ่นทางใบหรือการผสม IBA กับวัสดุปลูกโดยตรงกลับลดชีวมวลของแรดิช พันธุ์ Oleiformis ในส่วนของลำต้นที่อยู่เหนือดิน และยังส่งผลให้แรดิชสะสมโลหะหนัก ได้แก่ As, Zn, Cu, Co และ Pb ที่ปนเปื้อนร่วมกันในไพรไรต์ลดลง

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์ยังมีน้อย ทั้งที่มีรายงานว่า สารอินทรีย์ส่งผลต่อระบบฮอร์โมนภายในพืช เช่น ต้นอ่อนของข้าวที่สัมผัสกับ Hexacyclo chlorohexane จะมีระดับของ IAA ลดลง (Sharada *et al.*, 1999) และปัทมาพร และคณะ (2554) รายงานว่า IBA สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพดที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนลินเดนได้ สอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ ที่มีการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตจากภายนอกในกลุ่มออกซิน ได้แก่ IBA กระตุ้นการเจริญของเมล็ดพันธุ์กวางตุ้ง พบว่า กวางตุ้งที่เพาะจากเมล็ดที่ได้รับ IBA มีการเจริญที่ไม่ต่างกับเมล็ดที่ไม่ได้รับ IBA แสดงว่าเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตไม่ส่งผลรบกวนระดับออกซินภายในของพืช และการกระตุ้นเมล็ดกวางตุ้งด้วยออกซินไม่สามารถเพิ่มความทนทานให้ต้นกล้ากวางตุ้งต่อความเป็นพิษของเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตได้ ซึ่งต่างจากการศึกษาของ Chouychai (2012) ที่รายงานว่า IBA มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความยาวยอดและรากของผักกวางตุ้ง ที่ปลูกในดินปนเปื้อนลินเดน และช่วยเพิ่มน้ำหนักสดของผักกวางตุ้ง ที่ปลูกในดินปนเปื้อนแอลฟา-เอนโดซัลแฟนได้ ความแตกต่างของการออกฤทธิ์ของเอนโดซัลแฟน-ซัลเฟตกับเอนโดซัลแฟนไอโซเมอร์อื่นๆ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของเอนโดซัลแฟนหลังจากเข้าสู่เนื้อเยื่อพืชเป็นสิ่งที่น่าสนใจและควรมีการศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาแห่งประเทศไทย และมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้สนับสนุนทุนพัฒนาศักยภาพการทำวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่ในครั้งนี้ (เลขที่สัญญา MRG5480030)

เอกสารอ้างอิง

ขนิษฐา สมตระกูล และวราภรณ์ ฉุยฉาย. 2555. การปนเปื้อน ความเป็นพิษ และการสะสมในพืชของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน. **ว. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.** 14(2): 35-43.

ปัทมาพร รูปปัทม์ เจริญพงษ์ ชมภูนุช สุชาติ สระทองหน และวราภรณ์ ฉุยฉาย. 2554. ผลของออกซินและจิบเบอเรลลินต่อความเป็นพิษของลินเดนในต้นกล้าข้าวโพดที่ปลูกในดินด่าง. **ว. เกษตรนเรศวร.** 13(1): 43-49.

ปิยะวรรณ ศรีวิลาศ และกานดา ใจดี. 2549. สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย. **ว. วิทยาศาสตร์บูรพา.** 11: 26-39.

Becker, L., M. Scheringer, U. Schenker and K. Hungerbühler. 2011. Assessment of the environmental persistence and long-range transport of endosulfan. **Environ. Pollut.** 159: 1737-1743.

Boonyatumanond, R., A. Jaksakul, P. Puncharoen and M.S. Tabucanon. 2002. Monitoring of organochlorine pesticides residues in green mussels (*Perna viridis*) from the coastal area of Thailand. **Environ. Pollut.** 119: 245-252.

Cassina, L., E.Tassi, E. Morelli, L. Giorgetti, D. Remorini, R.L. Chaney and M. Barbafieri. 2011. Exogenous cytokinin treatments of a Ni hyper-accumulator, *Alyssum murale*, grown in a serpentine soil: implications for phytoextraction. **Int. J. Phytoremediate.** 13(sup.1): 90-101.

Castillo, J.M., J. Casas and E. Romero. 2011. Isolation of an endosulfan-degrading bacterium from a coffee farm soil: persistence and inhibitory effect on its biological functions. **Sci. Total Environ.** 412-413: 20-27.

Chouychai, W. 2012. Effect of some plant growth regulators on lindane and alpha-endosulfan toxicity to *Brassica hinensis*. **J. Environ. Biol.** 33: 811-816.

Chouychai, W., A. Thongkukiatkul, S. Upatham, H. Lee, P. Pokethitiyook and M. Kruatrachue. 2007. Phytotoxicity of crop plants to phenanthrene and pyrene contaminants in acidic soil. **Environ. Toxicol.** 6: 597-604.

Du, R.J., E.K. He, Y.T. Tang, P.J. Hu, R.R. Ying, J.L. Morel and R.L. Qiu, 2011. How phytohormone IAA and chelator EDTA affect lead uptake by Zn/Cd hyper accumulator *Picris divaricata*. **Int. J. Phytoremediate.** 13: 1024-1036.

Huang, X.D., Y. El-Alawi, D.M. Penrose, B.R. Glick and B.M. Greenberg. 2004. Responses of three grass species to creosote during phytoremediation. **Environ. Pollut.** 130: 453-463.

Kataoka, R., K. Takagi and F. Sakakibara. 2011. Biodegradation of endosulfan by *Mortieralla* sp. strain W8 in soil: influence of different substrates on biodegradation. **Chemosphere.** 85: 548-552.

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. **Bioremediat. J.** 6: 57-63.

Kumar, M., C.V. Lakshmi and S. Khanna. 2008. Biodegradation and bioremediation of endosulfan contaminated soil. **Bioresource Technol.** 99: 3116-3122.

López, M.L., J.R. Peralta-Videa, J.G. Parsons, J.L. Gardea-Torresdey and M. Duarte-Gardea. 2009. Effect of indole-3-acetic acid, kinetin and ethylenediaminetetraacetic acid on plant growth and uptake and traslocation of lead, micronutrients and macronutrients in alfalfa plants. **Int. J. Phytoremediate.** 11: 131-149.

Pereira, R.C., M. Camps-Arbestain, B.R. Garrido, F. Macías and C. Monterroso. 2006. Behavior of α-, β-, γ-, and δ-hexachloro cyclohexane in the soil-plant system of a contaminated site. **Environ Pollut**. 144: 210-217.

Pérez, D.J., M.L. Menone, E.L. Camadro and V. Moreno. 2008. Genotoxicity evaluation of the insecticide endosulfan in the wetland macrophyte *Bidens laevis* L. **Environ. Pollut.** 153: 695-698.

Poolpak, T., P. Pokethitiyook, M. Kruatrachue, U. Arjarasirikoon and N. Thanwaniwat. 2008. Residue analysis of organochlorine pesticides in the Mae Klong river of Central Thailand. **J. Hazard. Mater.** 156: 230-239.

Ramírez-Sandoval, M., G.N. Melchor-Partida, S. Muñiz-Hernández, M.I. Girón-Pérez, A.E. Rojas-García, I.M. Medina-Díaz, M.L. Robledo and J.B. Velázquez-Fernández. 2011. Phytoremediatory effect and growth of two species of Ocimum in endosulfan polluted soil. **J. Hazard. Mater.** 192: 388-392.

Ren L., L.F. Zeiler, D.G. Dixon and B.M. Greengerg. 1996. Photoinduced effect of polycyclic aromatic hydrocarbons on *Brassica napus* (canola) during germination and early seedling development. **Ecotox. Environ. Safe.** 33: 73-80.

Sharada, K., B.P. Salimath, S. Shetty, N. Gopalakrishna and K. Karanth. 1999. Indol-3-acetic acid and calmodulin-regulated Ca 2+-ATPase: A target for the phytotoxic action of hexachlorocyclohexane. **Pesticide Sci.** 35: 315-319.

Somtrakoon, K. and S. Pratumma. 2012. Phytotoxicity of heptachlor and endosulfan sulfate contaminants in soils to economic crops. **J. Environ. Biol.** 33: (In press).

Vamerali, T., M. Bandiera, W. Hartley, P. Carletti and G. Mosca. 2011. Assisted phytoremediation of mixed metal(loid)-polluted pyrite waste: effects of foliar and substrate IBA application on fodder radish. **Chemosphere.** 84: 213-219.

Vidyasager, G.M., D. Kotresha, N. Sreenivasa and R. Karnam. 2009. Role of endosulfan in mediating stress responses in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **J. Environ. Biol.** 30(2): 217-220.

Weber, J., C.J. Halsall, D. Muir, C. Teixeira, J. Small, K. Solomon, M. Hermanson, H. Hung and T. Bidleman. 2010. Endosulfan a global pesticide: a review of its fate in the environment and occurrence in the Arctic. **Sci. Total Environ.** 408: 2966-2984.

Wong, P.K. 2000. Effects of 2,4-D, glyphosate and paraquat on growth, photosynthesis, and chlorophyll a synthesis of *Scenedesmus quadricauda* Berb 614. **Chemosphere.** 41: 177-182..