

## ผลของไทเดียซุรอนต่อความเป็นพิษของไกลโฟเสทในผักบุ้งระยะต้นกล้า

### Effect of Thidiazuron on Glyphosate Phytotoxicity in *Ipomoea aquatica* Seedling

วรารณ์ ชูยฉาย<sup>1</sup> กฤษณี เชื้อวงศ์<sup>1</sup> ชาฎิญา ไม้สูงเนิน<sup>1</sup> พรรณิภา กันธามา<sup>1</sup>

จันทิมา อบรมทรัพย์<sup>1</sup> วณิชชา คงตุ้ม<sup>1</sup> และ นันทพร ธรรมพูล<sup>1</sup>

Waraporn Chouychai<sup>1</sup>, Kitsanee Chuawong<sup>1</sup>, Chatiya Maisoongnren<sup>1</sup>, Phannipha Kanthama<sup>1</sup>,

Jantima Obromsub<sup>1</sup>, Wanitcha Kongtoom<sup>1</sup>, and Nanthaporn Thummatoon<sup>1</sup>

#### บทคัดย่อ

ศึกษาผลของไทเดียซุรอน (Thidiazuron: TDZ) ต่อความเป็นพิษของไกลโฟเสทในผักบุ้ง โดยนำเมล็ดผักบุ้งมาแช่ในสารละลายไกลโฟเสทอัตรา 360 มิลลิกรัม/ลิตรเป็นเวลา 1 ชั่วโมงแล้วจึงนำไปแช่ในสารละลาย TDZ อัตรา 0, 1.0, 10.0 มิลลิกรัม/ลิตร หรือสลับกัน รวมทั้งแช่ในสารละลายไกลโฟเสทอัตรา 360 มิลลิกรัม/ลิตร + TDZ ที่อัตรา 10.0 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาเพาะในทรายเป็นเวลา 10 วัน วางแผนการทดลองแบบ CRD ผลปรากฏว่า ลำดับของการได้รับไกลโฟเสทหรือ TDZ ก่อนหลังนั้น ส่งผลที่ชัดเจนเฉพาะต่อความยาวรากของผักบุ้ง โดยการได้รับ TDZ ก่อนไกลโฟเสท จะมีความเป็นพิษต่อความยาวรากของผักบุ้งเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการได้รับไกลโฟเสทก่อน TDZ ยกเว้นที่ความเข้มข้นของ TDZ เป็น 10.0 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนการได้รับไกลโฟเสทผสมกับ TDZ นั้น เป็นพิษต่อการเจริญของต้นกล้าผักบุ้งมากกว่าการได้รับสารเพียงชนิดเดียวอย่างชัดเจน โดยเฉพาะมีผลต่อการลดความยาวรากลง ซึ่งแสดงว่า TDZ ที่ความเข้มข้นต่ำ สามารถหักล้างความเป็นพิษของไกลโฟเสทต่อต้นกล้าผักบุ้งได้ หากได้รับหลังจากที่เมล็ดพืชได้รับไกลโฟเสทแล้ว แต่จะเสริมฤทธิ์ของไกลโฟเสทหากเมล็ดพืชได้รับสารสองชนิดผสมกัน

#### ABSTRACT

The effect of Thidiazuron (TDZ) on glyphosate phytotoxicity in *Ipomoea aquatica* was studied. Seeds of *I. aquatica* were 1) immersed in 360 mg/l glyphosate solution for 1 h and then transferred to 0, 1.0, 10.0 mg/l TDZ 1 or 2) immersed in TDZ solution before immersing in glyphosate solution 3) immersed in 360 mg/l glyphosate + 10.0 mg/l TDZ for 2 h. These seeds were sown in sand and let them grow for 10 days. The series of receiving glyphosate and TDZ affected root length of *I. aquatica* significantly. When seeds were immersed in TDZ before glyphosate, the toxicity to root length were more pronounced than seed that immersed in glyphosate before TDZ, except those at 10.0 mg/l TDZ. Seedlings growth for *I. aquatica* immersed in 360 mg/l glyphosate + 10.0 mg/l TDZ was lower than that in TDZ or Glyphosate alone. TDZ decreased glyphosate phytotoxicity to seedling when seeds were exposed to TDZ after glyphosate, but phytotoxicity of seedlings increased when they were exposed in mixed solution.

Key Words: thidiazuron, glyphosate, cytokinin, *Ipomoea aquatica*

e-mail address: Chouychai@yahoo.com

<sup>1</sup>สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อ.เมือง จ.นครสวรรค์ 60000

<sup>1</sup>Biology programe, Faculty of Science and Technology, Nakhonsawan Rajabhat University, Nakhonsawan Province, 60000

## คำนำ

การใช้สารกำจัดวัชพืชที่ไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและทำให้เกิดผลเสียตามมาหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นการสูญเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น เกิดปัญหามลพิษต่อระบบนิเวศ ทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุล หรือเกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้ และพืชที่ไม่ใช่วัชพืชเป้าหมาย ไกลโฟเสทเป็นสารกำจัดวัชพืชที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย เป็นสารกำจัดวัชพืชประเภทดูดซึม สามารถดูดซึมผ่านทางใบและลำต้น เก็บสะสมไว้ภายในลำต้น ใบ รากพืช ทั้งหมด และภายในเนื้อเยื่อพืชที่กำลังเจริญเติบโต โดยเข้าไปยับยั้งกระบวนการทำงานของเอนไซม์ 5 - enolpyruvylshikimic acid-3-phosphate synthase (EPSPS) ซึ่งเกี่ยวข้องกับสังเคราะห์กรดอะมิโนและสารประกอบอะโรมาติกฟีนอล (Teschmair et al., 2009) นอกจากนี้ ไกลโฟเสทยังลดระดับของแคลเซียม แมงกานีส แมกนีเซียมและเหล็กในเมล็ดและใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ที่ไม่ทนทานต่อไกลโฟเสท (Cakmak et al., 2009)

การได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตช่วยลดความเป็นพิษของสารมลพิษเหล่านั้นต่อพืชได้ โดยเฉพาะสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชกลุ่มไซโตไคนิน ตัวอย่าง เช่น การปลูก *Lupinus termis* แบบไฮโดรโพนิคส์ในสารละลายที่มีไคนินดินร่วมกับทองแดงหรือสังกะสี จะแสดงความเป็นพิษน้อยกว่าพืชที่ได้รับทองแดงหรือสังกะสี อย่างเดียว (Gadallah and El-Enany, 1999) ต้นกล้าข้าวโพดที่ได้รับ 4PU-30 ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่มไซโตไคนินชนิดพินิลยูเรียจะเพิ่มความทนทานต่อไกลโฟเสทโดยเพิ่มน้ำหนักสดของข้าวโพดได้ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และแคโรทีนอยด์ที่ถูกทำลายจากการได้รับไกลโฟเสทด้วย (Sergiev et al., 2006) ไทเดียมูรอน (TDZ) ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่มไซโตไคนินชนิดพินิลยูเรียเช่นกัน สามารถลดความเป็นพิษของสารพิษได้หลายชนิด เช่น การใช้ TDZ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร กับเมล็ดก่อนเพาะในดินที่ปนเปื้อนฟลูออรีน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะช่วยเพิ่มน้ำหนักสดของรากข้าวโพดได้ (วรภรณ์ และคณะ, 2554) และยังช่วยลดความเป็นพิษของนิกเกิลต่อข้าวโพดได้อีกด้วย (Lukatkin et al., 2007)

ดังนั้น ในการทดลองนี้ จึงเป็นการศึกษาผลของการได้รับ TDZ ต่อความเป็นพิษของไกลโฟเสทในต้นกล้าผักบุ้ง โดยเน้นศึกษาที่ผลของการได้รับ TDZ ก่อน หลัง หรือพร้อมกับการได้รับไกลโฟเสทของเมล็ดผักบุ้ง เพื่อตรวจสอบการตอบสนองของการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักบุ้งต่อทั้ง TDZ และไกลโฟเสท

## อุปกรณ์และวิธีการ

### ผลของการได้รับไกลโฟเสทพร้อมๆกับไทเดียมูรอน

เตรียมสารละลายไกลโฟเสท 360 มิลลิกรัม/ลิตร (ไกลโฟเสท 48 มีสารออกฤทธิ์ 36% w/v; บริษัทพาโตเคมิ อุตสาหกรรม จำกัด กรุงเทพฯ) สารละลาย TDZ (Fluka, purity 99%) 10.0 มิลลิกรัม/ลิตร และสารละลายไกลโฟเสท 360 มิลลิกรัม/ลิตร + TDZ 10.0 มิลลิกรัม/ลิตร วางแผนการทดลองแบบปัจจัยเดียว CRD แซ่เมล็ดผักบุ้ง ลงในสารละลายดังต่อไปนี้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (1) สารละลายไกลโฟเสท 360 มิลลิกรัม/ลิตร (2) สารละลาย TDZ 10.0 มิลลิกรัม/ลิตร (3) สารละลายไกลโฟเสท 360 มิลลิกรัม/ลิตร + TDZ 10.0 มิลลิกรัม/ลิตร โดยใช้เมล็ดผักบุ้งที่แช่ในน้ำกลั่น 2 ชั่วโมงเป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ นำเมล็ดผักบุ้งจากแต่ละกรรมวิธีไปเพาะบนถั่วพลาสติกที่ใส่ทรายที่นี้่ง ฆ่าเชื้อแล้ว ถ้วยละ 10 เมล็ด รดน้ำทุกวัน เมื่อครบ 10 วัน บันทึกผล ได้แก่ วัดความยาวของยอดและราก และน้ำหนักสดของยอดและราก ทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย One -way ANOVA และ Tukey's test

### ผลของการได้รับไกลโฟเสทก่อนหรือหลังไทเดี่ยชอรอน

เตรียมสารละลายไกลโฟเสท ความเข้มข้น 360 มิลลิกรัม/ลิตร และสารละลาย TDZ ความเข้มข้น 1.0 และ 10.0 มิลลิกรัม/ลิตร แซเมล็ดผักนึ่ง (บริษัทฉ่วยเซิ่ง จำกัด กรุงเทพฯ) ลงในสารละลายทั้งสองเป็นลำดับดังนี้ 1) แซในน้ำกลั่น 1 ชั่วโมงแล้วแช่ในไกลโฟเสท 1 ชั่วโมง (T0/Gly); 2) แซใน TDZ 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร 1 ชั่วโมงแล้วแช่ในไกลโฟเสท 1 ชั่วโมง (T1.0/Gly); 3) แซใน TDZ 10.0 มิลลิกรัม/ลิตร 1 ชั่วโมงแล้วแช่ในไกลโฟเสท 1 ชั่วโมง (T10.0/Gly); 4) แซในไกลโฟเสท 1 ชั่วโมงแล้วแช่ในน้ำกลั่น 1 ชั่วโมง (Gly/T0); 5) แซในไกลโฟเสท 1 ชั่วโมงแล้วแช่ใน TDZ 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร 1 ชั่วโมง (Gly/T1.0); 6) แซในไกลโฟเสท 1 ชั่วโมงแล้วแช่ใน TDZ 10.0 มิลลิกรัม/ลิตร 1 ชั่วโมง (Gly/T10.0) โดยใช้เมล็ดผักนึ่งที่แช่ในน้ำกลั่น 2 ชั่วโมงเป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ วางแผนการทดลองแบบปัจจัยเดียว CRD

นำเมล็ดผักนึ่งจากแต่ละชุดทดลองไปเพาะบนถาดพลาสติกที่ใส่ทรายที่หนึ่งซ้าแล้ว ด้วยละ 10 เมล็ด รดน้ำทุกวัน เมื่อครบ 10 วัน เก็บผล วัดความยาวของยอดและราก และน้ำหนักสดของยอดและราก ทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย One -way ANOVA และ Tukey's test

### ผลการทดลองและวิจารณ์

เมล็ดผักนึ่งที่แช่ในสารละลายไกลโฟเสทหรือ TDZ ไม่ว่าจะในกรรมวิธีใดไม่มีผลต่อร้อยละการงอกของเมล็ด (ไม่แสดงข้อมูล) รวมทั้งไม่มีผลต่อน้ำหนักสดของรากต้นกล้าผักนึ่งด้วย อย่างไรก็ตาม พบว่าการกระตุ้นเมล็ดด้วย TDZ ทุกอัตราเพียงอย่างเดียวทำให้ความยาวของยอดผักนึ่งเพิ่มขึ้นแต่ทำให้น้ำหนักสดของยอดลดลงเมื่อเทียบกับเมล็ดที่แช่ในน้ำกลั่น ( $P < 0.05$ ) ส่วนเมล็ดที่ได้รับไกลโฟเสทเพียงอย่างเดียว ไม่ทำให้การเจริญเติบโตของยอดผักนึ่งต่างไปจากกรรมวิธีเปรียบเทียบ แต่ถ้าแช่เมล็ดลงในสารละลายผสมที่มีทั้ง TDZ และไกลโฟเสท กลับทำให้ความยาวและน้ำหนักสดของยอดลดลง ( $P < 0.05$ ) ในทางตรงกันข้าม การได้รับ TDZ หรือไกลโฟเสทเพียงอย่างเดียว หรือได้รับทั้งสองอย่างผสมกัน ล้วนทำให้ความยาวรากของต้นกล้าผักนึ่งลดลง เมื่อเทียบกับกรรมวิธีเปรียบเทียบ ( $P < 0.05$ ) โดยการที่แช่เมล็ดลงในสารละลายผสมที่มีทั้ง TDZ และไกลโฟเสททำให้ความยาวรากลดลงมากที่สุด (Table 1)

**Table 1** Effect of glyphosate and TDZ on growth of *Ipomoea aquatica* seedling at 10 days after planting when immerse seeds in each solution for 2 h before planting

Solutions (mg/l)	Shoot length (cm/plant)	Root length (cm/plant)	Shoot fresh weight (mg/plant)	Root fresh weight (mg/plant)
Distilled water	5.5 ± 2.2b*	6.4 ± 2.5a	222.7 ± 80.7a	59.7 ± 30.3a
Gly (360)	6.3 ± 2.4ab	2.6 ± 1.4bc	180.0 ± 61.0ab	90.0 ± 10.0a
TDZ (10)	7.7 ± 2.0a	3.5 ± 1.3b	170.0 ± 50.0b	30.0 ± 13.0a
Gly (360) + TDZ (10)	2.3 ± 0.6c	1.1 ± 0.6c	98.0 ± 21.0c	54.0 ± 4.0a

\* Data was shown as mean ± S.D. Different lowercase letter showed statistically difference ( $P < 0.05$ )

เมื่อศึกษาผลของลำดับการได้รับ TDZ ก่อนหรือหลังการได้รับไกลโฟเสทต่อความเป็นพิษต่อต้นกล้าผักบุ้ง นั้น พบว่าการแช่เมล็ดในไกลโฟเสทก่อน 1 ชั่วโมง แล้วจึงแช่ในน้ำกลั่น 1 ชั่วโมงเท่านั้นที่ทำให้ความยาวยอดของ ต้นกล้าผักบุ้งมากกว่าเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ( $P < 0.05$ ) ในขณะที่การได้รับไกลโฟเสทหลังจากแช่ในน้ำกลั่นหรือ สารละลาย TDZ รวมทั้งการแช่เมล็ดในสารละลายไกลโฟเสทก่อนแล้วจึงไปแช่ในสารละลาย TDZ 10 มิลลิกรัมต่อ ลิตร ทำให้ความยาวรากของต้นกล้าผักบุ้งลดลงจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่ผลของการ แช่เมล็ดในสารละลายไกลโฟเสทก่อนหรือหลังสารละลาย TDZ นี้ ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดของผักบุ้ง ทั้งน้ำหนักสด ของยอดและราก (Table 2)

**Table 2** Effect of series for receiving glyphosate and TDZ on growth of *Ipomoea aquatica* seedling at 10 days after planting when immerse seeds in each solution before planting

Series	Time (h)	Shoot length (cm/plant)	Root length (cm/plant)	Shoot fresh weight (mg/plant)	Root fresh weight (mg/plant)
Distilled water	2	5.5 ± 2.2b*	6.4 ± 2.5a	222.7 ± 80.7a	59.7 ± 30.3a
T0/Gly	1/1	8.0 ± 2.8ab	3.0 ± 1.4b	204.8 ± 74.8a	47.1 ± 15.6a
T1.0/Gly	1/1	5.6 ± 2.4ab	2.1 ± 1.1b	158.0 ± 61.5a	44.1 ± 16.5a
T10.0/Gly	1/1	6.7 ± 2.3ab	3.5 ± 2.2b	216.4 ± 112.7a	43.3 ± 18.3a
Gly/T0	1/1	8.7 ± 3.0a	5.8 ± 2.6a	230.9 ± 90.0a	56.6 ± 14.9a
Gly/T1.0	1/1	8.2 ± 4.0ab	4.2 ± 2.7ab	229.5 ± 114.8a	61.2 ± 28.6a
Gly/T 10.0	1/1	7.8 ± 2.0ab	3.2 ± 1.3b	203.6 ± 48.7a	63.2 ± 22.7a

\* Data was shown as mean ± S.D. Different lowercase letter showed statistically difference ( $P < 0.05$ )

ไทเดี่ยชูรอนเป็นไฮโดรโคโรนที่มีฤทธิ์ทางด้านกระตุ้นการเจริญของยอดได้ดี แต่ถ้าพืชได้รับในระดับความเข้มข้นสูงจะยับยั้งการเจริญของราก และยังกระตุ้นให้พืชสร้างเอทิลีนได้ ซึ่งเป็นเหตุให้พืชอ่อนแอลง (วรภรณ์, 2552) ดังนั้น ในการทดลองนี้ ความยาวรากของต้นกล้าผักบุ้งจึงลดลงเนื่องจากผลกระทบของ TDZ และไกลโฟเสท เมื่อเมล็ดผักบุ้งได้รับไกลโฟเสทก่อน แล้วจึงได้รับ TDZ 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร มีความยาวรากมากกว่าได้รับ TDZ 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร แล้วจึงได้รับไกลโฟเสท แสดงว่าความเป็นพิษที่ไกลโฟเสทส่งผลต่อรากนั้น จะถูกหักล้างจากการที่พืช ได้รับ TDZ ได้ ส่วนผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของยอดนั้นไม่ชัดเจน ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sergiev et al. ซึ่งสารควบคุมการเจริญเติบโตประเภทไฮโดรโคโรนในกลุ่มของฟิโนลยูเรีย (เช่นเดียวกับ TDZ) เช่น 4PU-30 นั้น สามารถลดความเป็นพิษของไกลโฟเสทต่อข้าวโพดได้เช่นกัน (Sergiev et al., 2006)

เมื่อให้พืชได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตก่อนแล้วจึงนำไปปลูกในดินหรือสารละลายที่มีสารพิษ เช่น การใช้ TDZ สามารถลดความเป็นพิษของนิโคตินในข้าวโพด (Lukatkin et al., 2007) หรือเมื่อเมล็ดข้าวโพดได้รับ IBA และกรดจิบเบอเรลลิกสามารถลดความเป็นพิษของดินแดนที่เป็นสารฆ่าแมลงในกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนได้ (ปีท มาพร และคณะ, 2554) หรือผสมสารควบคุมการเจริญเติบโตลงในสารละลายที่มีสารมลพิษโดยตรงแล้วจึงปลูกพืช ลงไป เช่น การที่ปลูก *Sedum alfredii* แบบไฮโดรโพนิคส์ในสารละลายที่มีตะกั่วและ IAA สามารถเพิ่มการสะสม ตะกั่วในพืชได้ (Liu et al., 2007) ซึ่งในการทดลองนี้ การได้รับไกลโฟเสทผสมกับ TDZ หรือได้รับ TDZ ก่อนได้รับ

ไกลโฟเสท ทำให้การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักนึ่งลดลงมากกว่าการได้รับไกลโฟเสทก่อน TDZ ซึ่งผลของรูปแบบการได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการออกฤทธิ์ในพืชในสภาวะที่มีสารพิษนั้น มีรายงานว่าทำให้บราสซิโนสเตอรอยด์แก้ต้นมะเขือเทศที่เจริญในสารละลายธาตุอาหารที่มีฟิฟิแนนทรินทางใบหรือทางรากนั้น ทำให้มะเขือเทศเจริญเติบโตได้ดีกว่าการไม่ได้รับบราสซิโนสเตอรอยด์ทั้งสองวิธี (Ahammed *et al.*, 2012) ซึ่งต่างจากผลของการทดลองนี้ ที่การที่เมล็ดผักนึ่งได้รับ TDZ ผสมกับไกลโฟเสท นอกจากจะไม่ทำให้การเจริญเติบโตดีขึ้นแล้ว ยังส่งผลทำให้การเจริญเติบโตของรากลดลงอีกด้วย

### สรุป

การที่ผักนึ่งได้รับไทเดียมซุรอนก่อนหลังหรือผสมกับไกลโฟเสทในระยะเวลาที่ยังเป็นเมล็ดนั้น ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักนึ่งต่างกัน โดยการได้รับไทเดียมซุรอนผสมกับไกลโฟเสทมีผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของผักนึ่งมากที่สุด ขณะที่การได้รับไกลโฟเสทก่อนแล้วจึงได้รับไทเดียมซุรอนมีผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักนึ่งน้อยที่สุด ซึ่งผลการศึกษานี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตต่อความเป็นพิษของสารพิษในพืช ซึ่งนอกจากจะต้องคำนึงถึงชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมเจริญเติบโตแล้ว ลำดับของการได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตก่อนหรือหลังการสัมผัสสารมลพิษน่าจะเป็นตัวแปรหนึ่งที่ควรพิจารณาเช่นกัน

### เอกสารอ้างอิง

- ปัทมาพร รูปปัทม์, เจริญพงษ์ ชมภูณัฐ, สุชาติ สระทองหน และ วราภรณ์ ฉุยฉาย. 2554. ผลของออกซินและจิบเบอเรลลินต่อความเป็นพิษของดินเหนียวในต้นกล้าข้าวโพดที่ปลูกในดินต่าง. **วารสารเกษตรนเรศวร**. 13 (1), 43 – 49.
- วราภรณ์ ฉุยฉาย. 2552. บทบาทของไทเดียมซุรอนในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา**. 4(2): 123-135.
- วราภรณ์ ฉุยฉาย, จตุพร ดอนรอดไพโร, สายสวาท เม่นสุวรรณ, วณิชชา คงตุ้ม, และ นันทรพร ศิลป์สมบุญ. 2554. ผลของไทเดียมซุรอนต่อการเจริญของต้นอ่อนข้าวโพดในดินต่างที่ปนเปื้อนฟลูออรีน. **แก่นเกษตร**. 39 (พิเศษ), 316 – 320.
- Ahammed, G.J., H. Yuan, J.O. Ogwen, Y. Zhou, X. Xia, W. Mao, K. Shi and J. Yu. 2012. Brassinosteroid alleviates phenanthrene and pyrene phytotoxicity by increasing detoxification activity and photosynthesis in tomato. **Chemosphere** 86: 546 - 555
- Cakmak, I., A. Yazici, Y. Tutus and L. Ozturk. 2009. Glyphosate reduced seed and leaf concentration of calcium, manganese, magnesium, and iron in non-glyphosate resistant soybean. **European Journal of Agronomy** 31: 114- 119
- Chouychai, W. 2012. Effect of some plant growth regulators on lindane and alpha-endosulfan toxicity to *Brassica chinensis*. **Journal of Environmental Biology** 33(4): 811-816.
- Gallah, M.A.A. and A.E. El-Enany. 1999. Role of kinetin in alleviation of copper and zinc toxicity in *Lupinus termis* plants. **Plant Growth Regulation** 29: 151 – 160.

- Liu, D., T. Li, X. Yang, E. Islam, X. Jin and Q. Mahmood. 2007. Enhancement of lead uptake by hyperaccumulator plant species *Sedum alfredii* Hance using EDTA and IAA. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology** 78: 280-283.
- Lukatkin, A.S., N.V. Gracheva, N.N.Grishenkova, P.V. Dukhovskis and A.A. Brazaitite. 2007. Cytokinin-like growth regulators mitigate toxic action of zinc and nickel ions on maize seedlings. **Russian Journal of Plant Physiology** 54(3): 432-439.
- Sergiev, I.G., V. S. Alexieva, S.V. Ivanov, I.I. Moskova and E.N. Karanov. 2006. The phenylurea cytokinin 4PU-30 protects maize plants against glyphosate action. **Pesticide Biochemistry and Physiology**. 85: 139-146
- Tesfamariam, T., S. Bott, I. Cakmak, V. Romheld and G. Neumann. 2009. Glyphosate in the rhizosphere- role of waiting time and different glyphosate binding forms in soils for phytotoxicity to non-target plants. **European Journal of Agronomy**. 31: 126 – 132.