

ผลของไทเดียซุรอนต่อการเจริญของต้นอ่อนข้าวโพดในดินต่างที่ปนเปื้อนฟลูออรีน

Effect of thidiazuron on corn seedling growth in fluorene contaminated-alkaline soil

วรารณ์ ชูชัย^{1*}, จตุพร ดอนรอดไพร¹, สายสวาท เม่นสุวรรณ¹, วณิชชา คงตุ้ม¹,
และ นันทพร ศิลป์สมบูรณ์²

Waraporn Chouychai^{1*}, Jaturaporn Donrodpri¹, Saysawat Mensuwan¹, Wanitcha Kongtoom¹,
and Nanthaporn Silsomborn²

บทคัดย่อ: การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มความทนทานของพืชต่อสารมลพิษและเพิ่มประสิทธิภาพในการฟื้นฟูดินด้วยพืช การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของไทเดียซุรอน (TDZ) ต่อการเจริญของต้นอ่อนข้าวโพดในดินต่างที่ปนเปื้อนด้วยฟลูออรีน พบว่า ผลของ TDZ ต่อต้นกล้าข้าวโพดขึ้นกับความเข้มข้นของฟลูออรีนในดิน เมื่อดินมีฟลูออรีน 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม TDZ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ชะลอความยาวราก และลดน้ำหนักสดของยอดแต่ TDZ 1 มิลลิกรัม/ลิตร เพิ่มน้ำหนักสดของรากข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ได้ เมื่อดินมีฟลูออรีน 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม TDZ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ความยาวยอด ความยาวราก น้ำหนักสดของยอดและรากรวมทั้งร้อยละการออกผลลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) TDZ 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร เพิ่มน้ำหนักสดของยอดและรากได้แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ TDZ สามารถกระตุ้นการเจริญของข้าวโพดในดินต่างที่ปนเปื้อนฟลูออรีนได้ที่มีความเข้มข้นระหว่าง 0.1 – 1 มิลลิกรัม/ลิตร ถ้าสูงกว่านี้ จะลดการเจริญเติบโตของพืช

คำสำคัญ: ความเป็นพิษต่อพืช โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

Abstract: Use of plant growth regulators could enhance plant tolerant to pollutant and then increase phytoremediation capacity. The effect of Thidiazuron (TDZ) on corn seedling growth in fluorene contaminated-alkaline soil was studied. The result showed that effect of TDZ on corn seedling depended on fluorene concentration in soil. When there were 10 mg/kg fluorene, 10 mg/l TDZ decreased root length and shoot fresh weight but 1 mg/l TDZ increased root fresh weight significantly. When there were 100 mg/kg fluorene, 10 mg/l TDZ decreased shoot length, root length, fresh weight, and percent of seed germination significantly. TDZ at the lowest concentration did not significantly increase fresh weight of corn seedling. TDZ at the lower concentration (< 1 mg/l) may enhance corn seedling growth in fluorene contaminated alkaline soil whereas higher concentration inhibited corn growth.

Key words: phytotoxicity, plant growth regulator, polycyclic aromatic hydrocarbons

¹สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ 60000

¹Biology Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan 60000

*Corresponding author: E-mail chouychai@yahoo.com

บทนำ

ฟลูออรีน (fluorene) เป็นหนึ่งในสารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (polycyclic aromatic hydrocarbons; PAHs) 16 ตัวที่ต้องรีบกำจัดออกจากสิ่งแวดล้อม มีรายงานว่าฟลูออรีนแสดงความเป็นพิษต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นอ่อนหญ้าไรน์ *Trifolium pretense* และ *Sinapsis alba* (Sverdrup et al., 2003) ความเป็นพิษของสารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนต่อพืชโดยทั่วไป ได้แก่ รบกวนการคายน้ำ การดูดซึมแร่ธาตุของพืช (Witting et al., 2003) ลดความยาวของยอดและราก (Chouychai et al., 2007) ในขณะที่สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชสามารถกระตุ้นความยาว การสะสมน้ำ และการสะสมชีวมวลของพืชได้ การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเพื่อลดความเป็นพิษของสารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนต่อพืช และเพิ่มประสิทธิภาพของการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมด้วยพืชจึงเป็นหัวข้อที่น่าสนใจ

ไทเดียซุรอน (thidiazuron; TDZ) มีชื่อทางเคมีว่า N-phenyl-N'-1,2,3-thidiazol-5-yl urea เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เป็นสารสังเคราะห์ซึ่งออกฤทธิ์ต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ใกล้เคียงกับไซโตไคนิน TDZ แสดงผลกระตุ้นให้พืชหลายชนิดเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาได้ดี แม้จะใช้ในความเข้มข้นต่ำ และใช้เวลาในการกระตุ้นสั้นกว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดอื่นๆ (วรารักษ์, 2552) มีรายงานว่า การกระตุ้นเมล็ดข้าวโพดด้วยไทเดียซุรอนก่อนสัมผัสกับโลหะหนักทำให้ความเป็นพิษของโลหะหนักต่อข้าวโพดลดลง โดย TDZ ลดความเป็นพิษของนิกเกิลได้ดีกว่าโลหะหนักตัวอื่นๆ (Lukatkin et al., 2007) แต่ผลของ TDZ ต่อความเป็นพิษของสารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนต่อพืชยังไม่มีการศึกษา ความเป็นกรด-ด่างของดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการฟื้นฟูดินที่ปนเปื้อน PAHs โดยดินที่มีความเป็นกรด-ด่างสูง (pH 10.0) จะยับยั้งการย่อยสลาย PAHs

โดยจุลินทรีย์ในดิน (Betancur-Galvis et al., 2006) และยังมีผลทำให้เกิดการขาดธาตุอาหารในพืช เช่น ฟอสฟอรัส เหล็ก และสังกะสี (Clark et al., 1996) ซึ่งจะส่งผลต่อการตอบสนองต่อสารมลพิษในดินของพืชด้วย ชูดินบางชูดินในจังหวัดนครสวรรค์ เช่น ชูดินตาคลี เป็นดินที่มีความเป็นกรด-ด่างสูง ซึ่งหากดินเหล่านี้เกิดการปนเปื้อน PAHs ผลของความเป็นกรด-ด่างของดินต่อความสำเร็จของการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมด้วยพืชจะเป็นสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณา

ในการศึกษานี้ จึงทดสอบผลของ TDZ ต่อความเป็นพิษของฟลูออรีนต่อข้าวโพดระยะต้นกล้า ซึ่งข้าวโพดเป็นพืชที่เคยมีรายงานมาก่อนว่าสามารถเจริญในดินที่ปนเปื้อนสารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนได้ (Chouychai et al., 2007) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำ TDZ ไปเพิ่มความทนทานของพืชระหว่างการฟื้นฟูดิน ด่างที่ปนเปื้อนสารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนด้วยพืชต่อไป

วิธีการศึกษา

เก็บตัวอย่างดินที่คาดว่าไม่มีประวัติปนเปื้อน PAHs จากศูนย์การศึกษาเกษตรเขาแรด ภาควิชาเทคโนโลยีเกษตร คณะเทคโนโลยีเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ส่งตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีและกายภาพของดินที่ บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง กรุงเทพฯ โดยดินเป็นดินด่าง ความเป็นกรด-ด่าง 8.9 ฟอสฟอรัส น้อยกว่า 0.29 g/100 g ไนโตรเจนทั้งหมด 0.21 g/100 g โพแทสเซียม 0.13 g/100 g และอินทรีย์วัตถุ 1.78 g/100 g

การทดสอบความเป็นพิษต่อพืชใช้ตามวิธีของ Chouychai et al. (2007) โดยละลายฟลูออรีน (Fluka) แล้วละลายด้วยอะซิโตน จากนั้นจึงเติมลงในดินให้ได้ความเข้มข้นเป็น 10, 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ดินที่เติมเฉพาะอะซิโตน ใช้เป็นชุดควบคุมที่ 0

มิลลิกรัม/กิโลกรัม ผึ่งดินไว้ 24 ชั่วโมงเพื่อให้อะซิโตนระเหยไปให้หมดก่อนใช้เพาะเมล็ด

แช่เมล็ดข้าวโพด (*Zea mays*) (บริษัททำโลหอง จำกัด กรุงเทพฯ) ในสารละลาย TDZ ความเข้มข้น 0.1, 1.0, 10.0 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 3 ชั่วโมงแล้วจึงนำไปเพาะบนจานแก้วที่มีดินที่ผสมฟลูออรีนไว้ จานละ 6-7 เมล็ด ใช้เมล็ดข้าวโพดที่แช่ในน้ำกลั่น 3 ชั่วโมงเช่นกัน เพาะในดินที่มีฟลูออรีน 0, 10, 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เป็นชุดควบคุม เมื่อครบ 10 วัน บันทึกร้อยละการงอก สุ่มต้นกล้าที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน 8 ต้นมาวัดความยาวของราก และน้ำหนักสดของยอดและราก ทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย One-way ANOVA และ Tukey's test

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ในดินที่ไม่มีการปนเปื้อนของฟลูออรีน TDZ ทุกความเข้มข้นไม่มีผลต่อการเจริญของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแม้จะมีแนวโน้มเพิ่มความยาวและน้ำหนักสดของยอดได้ แต่ในดินที่มีฟลูออรีน 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่า TDZ ไม่มีผลต่อร้อยละการงอกและความยาวยอด TDZ ที่ความเข้มข้นสูงสุด (10 มิลลิกรัม/ลิตร) ยับยั้งความยาวราก และลดน้ำหนักสดของยอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) TDZ 1 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้น้ำหนักสดของรากข้าวโพดเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ได้ (Table 1).

เมื่อความเข้มข้นของฟลูออรีนในดินเพิ่มขึ้นเป็น 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่า TDZ แสดงผลในทางลบต่อการเจริญของต้นอ่อนข้าวโพดยิ่งขึ้น โดย TDZ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ความยาวยอด ความยาวราก น้ำหนักสดของยอดและรากรวมทั้งร้อยละการงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) TDZ 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร เพิ่มน้ำหนักสดของยอดและรากได้แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

TDZ มีผลรบกวนเมแทบอลิซึมของฮอร์โมนในพืชหลายกลุ่มทั้งออกซิน เอทิลีน และจิบเบอเรลลิน ถั่วลิสงที่ได้รับ TDZ จะมีระดับของออกซินภายในพืชสูงขึ้น และการที่ TDZ ชักนำให้พืชสร้างเอทิลีนได้ทำให้ TDZ ความเข้มข้นสูงยับยั้งการเจริญของพืช (Murthy et al., 1998) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า TDZ ความเข้มข้นต่ำ จะส่งเสริมการเจริญของข้าวโพดได้ดีกว่า TDZ ความเข้มข้นสูง และเมื่อความเข้มข้นของฟลูออรีนในดินสูงขึ้น ความเข้มข้นของ TDZ ที่เพิ่มน้ำหนักสดของข้าวโพดได้จะลดลง แสดงว่า TDZ ความเข้มข้นสูงอาจจะทำให้เกิดสภาวะกดดันภายในพืช ทำให้พืชมีความอ่อนแอ จึงทนทานต่อสารมลพิษในดินได้น้อยลง จากการศึกษาผลของ TDZ กับความเป็นพิษของโลหะหนักต่อพืช โดยใช้ TDZ ความเข้มข้นเดียวคือ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร TDZ ทำให้ความยาวยอดและรากของข้าวโพดเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับข้าวโพดที่ได้รับน้ำอย่างเดียวก แต่เมื่อข้าวโพดสัมผัสกับนิกเกิลหรือสังกะสีหลังจากสัมผัสกับ TDZ จะทำให้ความยาวยอดและรากลดลงเมื่อความเข้มข้นของโลหะหนักมากขึ้น แต่ยังมีค่ามากกว่าข้าวโพดที่สัมผัสกับโลหะหนักอย่างเดียวโดยไม่ได้อสัมผัสกับ TDZ มาก่อน (Lukatkin et al., 2007) ดังนั้น ความเข้มข้นของ TDZ ที่ใช้ในการทดลองนี้ค่อนข้างสูง ทำให้การเจริญของข้าวโพดลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ TDZ จึงควรทดสอบผลของ TDZ ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ต่อการเจริญของข้าวโพดในดินที่ปนเปื้อน PAHs ต่อไป

หากพิจารณาในด้านความเป็นพิษของฟลูออรีนในดินต่างเทียบกับความเป็นพิษของ PAHs ต่อพืชในดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่างๆกันแล้ว จะเห็นได้ว่าความเป็นพิษของฟลูออรีนในดินต่างต่ำกว่าความเป็นพิษของฟิแนนทรีนและไพรีนที่ปนเปื้อนในดินกรด โดยฟิแนนทรีน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในดินกรด (อินทรียัตถ์ 0.99%) ลดความยาวรากของข้าวโพดลง 30% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Chouychai et al., 2007) แต่ในการศึกษานี้พบว่า ฟลูออรีน 100

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในดินต่าง (อินทรีย์วัตถุ 1.78%) เพิ่มความยาวรากของข้าวโพด 45% (Table 1) ความเป็นกรด-ด่างของดินจึงน่าจะมีผลต่อความเป็นพิษของ PAHs ต่อพืชน้อยกว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงจะยึดเกาะโมเลกุลของ PAHs ไว้กับดินได้ดี ความเป็นพิษต่อพืชจึงลดลง ตัวอย่างเช่น ความเป็นพิษของ PAHs ที่ปนเปื้อนในดินทรายต่อทานตะวันจะมากกว่า PAHs ที่ปนเปื้อนในดินเหนียว เมื่อมีความเข้มข้นเท่ากัน (Maliszewska-Kordybach and Smreczak., 2000)

สรุป

TDZ ความเข้มข้นต่ำสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นอ่อนข้าวโพดในดินที่ปนเปื้อนฟลูออรีนได้โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาด้วยน้ำหนักสด โดยการใช้ TDZ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรจะเพิ่มการเจริญเติบโตของรากข้าวโพดในดินต่างที่ปนเปื้อนฟลูออรีน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมได้ดีที่สุด แต่เนื่องจากเมื่อความเข้มข้นของฟลูออรีนสูงขึ้น ผลของการกระตุ้นจะลดลง จึงควรทดสอบกับ TDZ ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร ว่าสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของข้าวโพดดีขึ้นหรือไม่

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

เอกสารอ้างอิง

วารกรณ์ นุชฉาย. 2552. บทบาทของไทเดียวรอนกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 4 : 123-135.

- Betancur-Galvis, L.A., D. Alvarez-Bernal, A.C. Ramos-Valdivia, and L. Dendooven, 2006. Bioremediation of polycyclic aromatic hydrocarbon-contaminated saline-alkaline soils of the former Lake Texcoco. *Chemosphere*. 62 : 1749 – 1760.
- Chouychai, W., A. Thongkukiatkul, S. Upatham, H. Lee, P. Pokethitiyook, and M. Kruatrachue. 2007. Phytotoxicity assay of crop plants to phenanthrene and pyrene contaminants in acidic soil. *Environ. Toxicol.* 22 : 597-604.
- Clark, R.B. and S.K. Zeto. 1996. Growth and root colonization of mycorrhizal maize grown on acid and alkaline soil. *Soil Biol. Biochem.* 28 : 1505-1511.
- 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 J Plant Physiol.* 54 : 432 – 439.
- Maliszewska-Kordybach, B., and B. Smreczak. 2000. Ecotoxicological activity of soils polluted with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) - Effect on plants. *Environ. Technol.* 21 : 1099-1110.
- Murthy, B.N.S., S.J. Murch, and P.K. Saxena. 1998. Thidiazuron: A potent regulator of *in vitro* plant morphogenesis. *In Vitro Cell Dev Biol Plant.* 34 : 267-275.
- Sverdrup, L.E., P.H. Krogh, T. Nielsen, C. Kjaer, and J. Stenessen. 2003. Toxicity of eight polycyclic aromatic hydrocarbons to red clover (*Trifolium pretense*) ryegrass (*Lolium perenne*) and mustard (*Sinapsis alba*). *Chemosphere* 53 : 993-1003.

Witting, R., H. Ballach, and A. Kuhn. 2003.
Exposure of the root of *Populus nigra* L.
cv. Loenen to PAHs and its effect on

growth and water balance. Environ Sci
Pollut Res. 10 : 235-244.

Table 1 Effect of TDZ on shoot and root growth of 10-day old corn seedlings grown on various concentrations of fluorene contaminated alkaline soil (Mean $\pm$ S.D.).

Fluorene (mg/kg)	TDZ (mg/l)	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Shoot fresh weight (mg)	Root fresh weight (mg)	% seed germination
0	0	4.6 $\pm$ 2.9a*	3.1 $\pm$ 2.0a	119.1 $\pm$ 62.5a	73.2 $\pm$ 42.3a	75 $\pm$ 7.1a
	0.1	4.2 $\pm$ 1.8a	2.6 $\pm$ 1.6a	107.8 $\pm$ 59.7a	74.7 $\pm$ 59.6a	60 $\pm$ 17.3a
	1.0	6.2 $\pm$ 2.4a	3.0 $\pm$ 1.5a	181.0 $\pm$ 79.4a	100.9 $\pm$ 41.4a	83 $\pm$ 10.8a
	10	6.6 $\pm$ 1.7a	3.2 $\pm$ 2.3a	169.3 $\pm$ 64.0a	70.3 $\pm$ 25.1a	43 $\pm$ 7.9a
10	0	7.1 $\pm$ 2.6a	4.6 $\pm$ 1.0a	157.8 $\pm$ 62.3ab	80.6 $\pm$ 28.7b	73 $\pm$ 18.9a
	0.1	9.3 $\pm$ 2.1a	4.8 $\pm$ 1.0a	250.0 $\pm$ 65.5a	122.7 $\pm$ 43.0ab	63 $\pm$ 15.1a
	1.0	8.2 $\pm$ 4.7a	4.9 $\pm$ 2.7a	240.9 $\pm$ 144.7a	172.0 $\pm$ 121.0a	63 $\pm$ 15.1a
	10	5.7 $\pm$ 0.9a	1.1 $\pm$ 0.7b	103.6 $\pm$ 39.2b	31.8 $\pm$ 11.6bc	63 $\pm$ 15.1a
100	0	10.5 $\pm$ 1.7a	4.5 $\pm$ 1.2a	285.4 $\pm$ 61.8a	128.6 $\pm$ 44.4a	73 $\pm$ 11.5a
	0.1	11.6 $\pm$ 3.0a	5.5 $\pm$ 2.0a	367.8 $\pm$ 158.0a	146.5 $\pm$ 88.3a	70 $\pm$ 16.4a
	1.0	7.6 $\pm$ 4.5ab	4.7 $\pm$ 2.5a	227.6 $\pm$ 191.4a	98.2 $\pm$ 57.7a	57 $\pm$ 11.5a
	10	2.1 $\pm$ 1.3b	0.9 $\pm$ 0.3b	37.3 $\pm$ 35.7b	22.9 $\pm$ 6.6b	27 $\pm$ 10.8b

* Mean within the same column of each fluorene concentration with different letters are significantly different ($P < 0.05$) by

Tukey's test