http://journal.rmutp.ac.th/

การเจริญเติบโตของต้นกล้าบวบเหลี่ยมในดินที่มีการปนเปื้อนร่วมกันระหว่างไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีม

วราภรณ์ ฉุยฉาย[1*] วรรณิศา เสือแก้ว[1] และ ขนิษฐา สมตระกูล[2]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ 60000

[2] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

รับบทความ 27 กุมภาพันธ์ 2017; ตอบรับบทความ 4 พฤษภาคม 2017

บทคัดย่อ

ศึกษาความเป็นพิษร่วมกันของไกลโฟเสตซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชและคาร์เบนดาซีมซึ่งเป็นสารกำจัดเชื้อราที่ปนเปื้อนในดินที่ระดับความเข้มข้น 100-1,000 มก./กก. ต่อการเจริญระยะต้นกล้าของบวบเหลี่ยม ผลปรากฏว่าทั้งไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีมเป็นพิษต่อการเจริญของยอดและรากของต้นกล้าบวบเหลี่ยม โดยมีค่าความเข้มข้นที่ทำให้การเจริญของพืชลดลงร้อยละ 50 ต่อความยาวยอด ความยาวราก น้ำหนักสดของราก และน้ำหนักแห้งของยอดบวบเหลี่ยมสำหรับไกลโฟเสตเป็น 669.4, 413.0, 574.5 และ 241.4 มก./กก. ตามลำดับ และสำหรับคาร์เบนดาซีม เป็น >1,000, 357.8, >1,000 และ 71.4 มก./กก. ตามลำดับ การปนเปื้อนร่วมกันของไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีม มีแนวโน้มหักล้างฤทธิ์กัน ทั้งไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีมทุกระดับความเข้มข้นไม่เป็นพิษต่อระดับคลอโรฟิลล์ในใบเลี้ยงบวบเหลี่ยม

คำสำคัญ : การทดสอบความเป็นพิษ; คาร์เบนดาซีม; สารกำจัดเชื้อรา; สารกำจัดวัชพืช

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +668 9218 4478, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: chouychai@yahoo.com; waraporn.c@nsru.ac.th*

http://journal.rmutp.ac.th/

Growth of Ridge Gourd Seedlings in Glyphosate and Carbendazim Co-Contaminated Soil

Waraporn Chouychai[1*] Wannisa Seokaew[1] and Khanitta Somtrakoon[2]

[1] Faculty of Science and Technology, Nakhonsawan Rajabhat University, Muang, Nakhonsawan, 60000

[2] Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantarawichai, Mahasarakham, 44150

Received 27 February 2017; accepted 4 May 2017

Abstract

The purposes of this research were to assess the combined phytotoxicity of glyphosate and carbendazim, which were normally used as herbicide and fungicide, contaminated in soil as 100-1,000 mg/kg on seedling growth of ridge gourd. Both of glyphosate and carbendazim were toxic to shoot and root growth of ridge gourd seedlings. The 50% effective concentration (EC50) on shoot length, root length, root fresh weight and shoot dried weight of ridge gourd seedlings for glyphosate were 669.4, 413.0, 574.5 and 241.4 mg/kg, respectively whereas for carbendazim were >1,000, 357.8, >1,000 and 71.4 mg/kg, respectively. Co-contamination between glyphosate and carbendazim seemed to be antagonistic effect. Both of glyphosate and carbendazim at all concentration were not toxic to chlorophyll content in cotyledon of ridge gourd seedlings.

Keywords : Toxicity Testing; Carbendazim; Fungicide; Herbicide

** Corresponding Author. Tel.: +668 9218 4478, E-mail Address: chouychai@yahoo.com; waraporn.c@nsru.ac.th*

1. บทนำ

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชในทางการเกษตรอย่างแพร่หลายเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชทั้งในสิ่งแวดล้อมและพืชผลทางการเกษตร สารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้มีหลายกลุ่ม ทั้งสารกำจัดวัชพืช สารกำจัดแมลง และสารกำจัดเชื้อรา การใช้สารกำจัดศัตรูพืชร่วมกันอย่างหลากหลายนี้ทำให้เกิดการปนเปื้อนร่วมกันในดินที่ทำการเกษตร ได้ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในดินนาข้าวของจังหวัดชัยนาท พบการปนเปื้อนร่วมกันระหว่างสารกำจัดศัตรูพืชหลายชนิด เช่น ไกลโฟเสตซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชและเอนโดซัลแฟนซึ่งเป็นสารกำจัดแมลง [1] การศึกษาความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ในพื้นที่การเกษตรนี้ มีการศึกษาอย่างมากมาย แต่มักเป็นการศึกษาเฉพาะกลุ่ม เช่น การศึกษาความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อพืชเศรษฐกิจ เช่น ดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสต กรัมมอกโซน หรือพาราควอท ที่ระดับ 600 450 และ 400 มิลลิลิตรต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ ซึ่งเป็นปริมาณที่แนะนำตามฉลากของสารกำจัดวัชพืชแต่ละชนิด ไม่มีผลต่อการงอกของข้าวพันธุ์ กข 31 กข 47 และชัยนาท 1 [2] หรือความเป็นพิษของสารกำจัดแมลงต่อพืชเศรษฐกิจ เช่น การปนเปื้อนลินเดนหรือแอลฟาเอนโดซัลแฟนในดินที่ความเข้มข้น 20 มก./กก. ทำให้การเจริญเติบโตของฟักทองลดลงเมื่อเทียบกับต้นที่เจริญในดินไม่ปนเปื้อน [3] แต่การปนเปื้อนร่วมกันระหว่างเอนโดซัลแฟน ซัลเฟตกับเฮปตาคลอร์ที่ความเข้มข้นรวม 40 มก./กก. ไม่เป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพดหวานและข้าวโพดข้าวเหนียว [4] อย่างไรก็ตามการศึกษาความเป็นพิษของการปนเปื้อนร่วมกันของสารกำจัดศัตรูพืชต่างกลุ่มกันมีน้อย เท่าที่มีรายงาน เช่น การปนเปื้อนร่วมกันระหว่างไกลโฟเสตที่เป็นสารกำจัดศัตรูพืชกับคลอร์ไพริฟอสที่เป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตที่ความเข้มข้นรวม 1,000 มก./กก. ต่อการเจริญเติบโตระยะต้นกล้าของบวบเหลี่ยมและผักบุ้งจีน ให้ผลหักล้างกันต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งสองชนิดดังกล่าว [5]

ไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีมเป็นสารกำจัดวัชพืชและสารกำจัดเชื้อราที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทางการเกษตร คาร์เบนดาซีมเป็นสารกำจัดเชื้อราที่ออกฤทธิ์แบบดูดซึม พืชดูดซึมผ่านรากและกระจายไปยังเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ได้ นิยมใช้ในการป้องกันและกำจัดเชื้อราในผักและผลไม้หลายชนิด จนมีรายงานว่าพบการตกค้างในผักและผลไม้ต่างๆ เช่น กุยช่าย สตรอเบอร์รี่ และส้มจีน เป็นต้น [6] ไกลโฟเสตเป็นสารกำจัดวัชพืชที่ออกฤทธิ์แบบดูดซึมเช่นกัน การออกฤทธิ์ที่สำคัญคือยับยั้งการสร้างกรดอะมิโนที่มีวงเบนซีนเป็นองค์ประกอบโดยยับยั้งเอนไซม์ในวิถีชิคิเมต [7] และส่งผลต่อคุณลักษณะของดินโดยทำให้ระดับของโพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินลดลง [8] อย่างไรก็ตาม ความเป็นพิษร่วมกันของไกลโฟเสตซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชและคาร์เบนดาซีมซึ่งเป็นสารกำจัดเชื้อรายังไม่มีการศึกษามาก่อน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการปนเปื้อนร่วมกันระหว่างไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีม ที่ระดับความเข้มข้นในดินระหว่าง 100-1,000 มก./กก. เปรียบเทียบกับการปนเปื้อนเพียงสารเดียว ต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าบวบเหลี่ยม ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกทั่วไปและมีโอกาสสัมผัสกับการปนเปื้อนร่วมกันของสารกำจัดศัตรูพืชทั้งสองชนิดนี้ได้

2. วิธีการศึกษา

เก็บตัวอย่างดินจากตำบลวังหมัน อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท ในพื้นที่ที่ไม่ได้ทำการเกษตร วิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดินที่บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง กรุงเทพฯ ดินที่ใช้ในการทดลองมีค่าพีเอช 6.43 มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 113.56 มก./กก. ไนโตรเจนทั้งหมดน้อยกว่า 0.50 ก./100 ก. น้ำหนักแห้งของดิน โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 257.0 ก./100 ก. น้ำหนักแห้งของดิน สารอินทรีย์ในดิน 2.32 ก./100 ก. น้ำหนักแห้งของดิน ดินเป็นดินร่วน มีทราย (Sand) 41.80%

ดินทรายแป้ง (Silt) 39.54% และอนุภาคดินเหนียว (Clay) 18.66% ใช้ดินนี้เป็นดินควบคุม (Control) หรือดินที่ไม่ปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืช

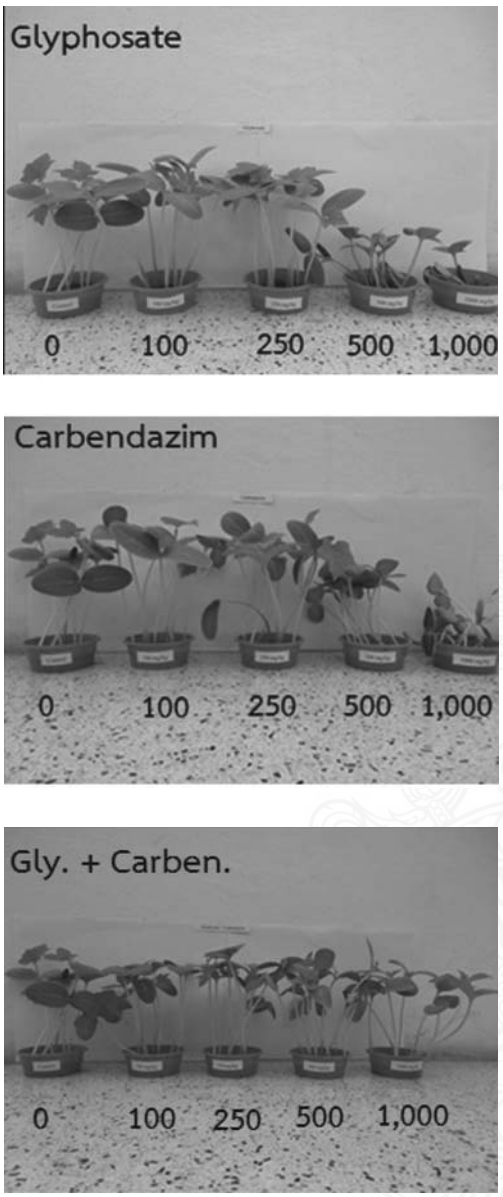
เตรียมดินที่ปนเปื้อนโดยเติมคาร์เบนดาซีม (บริษัท ไฮเทคกรุ๊ป เคมีคอลซับพลาย จำกัด มีสารออกฤทธิ์ 40%) หรือไกลโฟเสต (บริษัท พาโตเคมีอุตสาหกรรม จำกัด มีสารออกฤทธิ์ 36%) ลงในดินให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 100, 250, 500, และ 1,000 มก./กก. โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ดินที่เติมน้ำ ใช้เป็นชุดควบคุมที่ 0 มก./กก. ส่วนดินที่มีการปนเปื้อนร่วมกันจะเติมทั้งไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีมในอัตราส่วน 1:1 ให้มีความเข้มข้นรวมเป็น 100, 250, 500, และ 1,000 มก./กก. ตามลำดับ ปล่อยทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงให้ดินแห้งก่อนจะเพาะเมล็ด

แช่เมล็ดบวบเหลี่ยม (เมล็ดพันธุ์ทางการค้าของบริษัทเจียไต๋ จำกัด กรุงเทพฯ) ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปเพาะบนจานแก้วที่มีดินที่ผสมสารกำจัดศัตรูพืชจานละ 10 เมล็ด จำนวน 3 จานต่อทรีทเมนต์ วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD 2 ปัจจัย 3x5 ปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดสารกำจัดศัตรูพืชมี 3 ระดับ ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับความเข้มข้นมี 5 ระดับ รดน้ำหลังจากปลูกเสร็จ และรดน้ำทุกวัน เมื่อครบ 10 วัน นำต้นกล้าที่งอกทั้งหมดมาวัดความยาวของยอดและราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของยอดและราก วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบตามวิธีของ Huang *et al*. [9] คำนวณความยาวยอดและความยาวรากจำเพาะตามวิธีของ Calvelo Pereira *et al*. [10] และคำนวณอัตราส่วนระหว่างยอดและรากตามวิธีของ Bobeautong *et al*. [11] ทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย Two-way ANOVA และ LSD's test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ประเมินความเข้มข้นที่ทำให้การเจริญของพืชลดลงร้อยละ 50 (EC_{50}) โดยใช้วิธี probit analysis และคำนวณค่า additive index เพื่อประเมินผลร่วมของสารมลพิษตามวิธีของ Wang *et al*. [12] และ Chen & Lu [13]

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

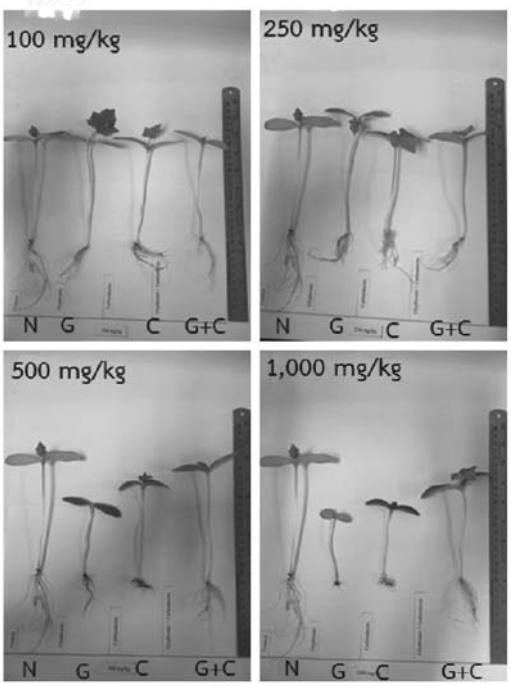
ต้นกล้าบวบเหลี่ยมงอกและเจริญเติบโตได้ในดินที่ปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชทุกชนิด ต้นกล้าบวบเหลี่ยมเกิดใบจริงในต้นที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อน แต่ต้นที่เจริญในดินปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชความเข้มข้น 1,000 มก./กก. ส่วนใหญ่จะมีแต่ใบเลี้ยง สารกำจัดศัตรูพืชทุกชนิด ทั้งปนเปื้อนร่วมกันหรือปนเปื้อนชนิดเดียว ทำให้น้ำหนักแห้งของต้นกล้าบวบเหลี่ยมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับต้นที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อน แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อความเข้มข้นในดินสูงขึ้น สารกำจัดศัตรูพืชทุกชนิดไม่มีผลต่อน้ำหนักสด เมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อน เฉพาะไกลโฟเสตความเข้มข้น 500-1,000 มก./กก. และคาร์เบนดาซีมความเข้มข้น 1,000 มก./กก. เท่านั้น ที่ทำให้ความยาวยอดของบวบเหลี่ยมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับต้นที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อน และที่ความเข้มข้น 500-1,000 มก./กก. ของสารกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดที่ทำให้ความยาวยอดต่างจากต้นที่เจริญในความเข้มข้น 100 มก./กก. แต่ไม่ต่างกันในกรณีของการปนเปื้อนร่วมกัน ความยาวยอดจำเพาะของต้นกล้าบวบเหลี่ยมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในดินที่ปนเปื้อน ยกเว้นต้นที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสต 500-1,000 มก./กก. ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการสร้างน้ำหนักแห้งของยอดลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับความยาวยอดที่ยังใกล้เคียงกัน ส่วนต้นที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสต 500-1,000 มก./กก. นั้นทั้งความยาวยอดและน้ำหนักแห้งต่างลดลงอย่างชัดเจน (ตารางที่ 1) ลักษณะของต้นกล้าบวบเหลี่ยมที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชต่างความเข้มข้นกันแสดงในรูปที่ 1

ต้นกล้าบวบเหลี่ยมที่เจริญในดินปนเปื้อนไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีมทั้งปนเปื้อนชนิดเดียวและปนเปื้อนร่วมกัน มีความยาวรากลดลงเมื่อเทียบกับต้นที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การที่คาร์เบนดาซีมเป็นพิษต่อความยาวรากนี้ อาจ



รูปที่ 1 ต้นกล้าบวบเหลี่ยมที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีม ที่ความเข้มข้นรวมต่างกัน

เป็นเพราะว่าการที่คาร์เบนดาซีมเป็นพิษต่อเชื้อรา โดยยับยั้งการเรียงตัวของเบตาทูบูลินระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสนั้น [14] อาจทำให้รบกวนการแบ่งเซลล์ของรากพืชได้ด้วย น้ำหนักสดของต้นกล้าบวบเหลี่ยมที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนร่วมกันระหว่างไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีมลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับต้นที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อน ในขณะที่ต้นที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสตหรือคาร์เบนดาซีมจะต่างจากต้นที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อนที่ความเข้มข้น 500 และ 1,000 มก./กก. ขึ้นไปตามลำดับ ส่วนน้ำหนักแห้งของรากไม่มีสารกำจัดศัตรูพืชชนิดใดที่ทำให้น้ำหนักแห้งของรากบวบเหลี่ยมน้อยกว่าต้นที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อน (ตารางที่ 2) ลักษณะของรากที่เจริญในดินปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ กัน แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 เปรียบเทียบต้นกล้าบวบเหลี่ยมในแต่ละความเข้มข้นรวมในดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสต คาร์เบนดาซีมชนิดเดียวและปนเปื้อนร่วมกัน
ตัวย่อ: N = ดินไม่ปนเปื้อน
G = ดินปนเปื้อนไกลโฟเสต
C = ดินปนเปื้อนคาร์เบนดาซีม

เมื่อพิจารณาจากความยาวรากจำเพาะ ส่วนใหญ่แล้วต้นที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชจะมีความยาวรากจำเพาะน้อยกว่าต้นที่เจริญในดินไม่ปนเปื้อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการลดลงของความยาวมากกว่าน้ำหนักแห้ง โดยเฉพาะต้นที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนคาร์เบนดาซีม 500-1,000 มก./กก. ส่วนอัตราส่วนของรากต่อยอดซึ่งใช้บอกประสิทธิภาพการทำงานของรากในการสร้างน้ำหนักแห้งของยอด ซึ่งค่าที่ต่ำจะแสดงประสิทธิภาพของรากสูง [11] ในการศึกษานี้จะเห็นว่าต้นกล้าบวบเหลี่ยมที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชทุกชนิดมีประสิทธิภาพการทำงานรากลดลง อัตราส่วนของรากต่อยอดของต้นกล้าบวบเหลี่ยมที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นนั้นสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งของยอดที่ลดลง แสดงให้เห็นว่าพืชปรับตัวในดินที่ปนเปื้อนความเข้มข้นสูงโดยการลดการสร้างน้ำหนักแห้งของยอด เพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างยอดและรากขึ้น (ตารางที่ 2) ลักษณะการตอบสนองต่อสารมลพิษเช่นนี้ มีรายงานในการเจริญเติบโตระยะต้นกล้าของข้าวสาลีในดินที่ปนเปื้อนเฮกซะคลอโรไซโคลเฮกเซนที่ความเข้มข้น 5,000-12,500 มก./กก. [10]

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของยอดต้นกล้าบวบเหลี่ยมที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีมความเข้มข้นรวมต่างๆ กัน เป็นเวลา 10 วัน

ความเข้มข้น (มก./กก.)	ความยาว (cm)	น้ำหนักสด (g)	น้ำหนักแห้ง (g)	ความยาวจำเพาะ (m/g)
ดินไม่ปนเปื้อน	14.0 ± 2.0	0.82 ± 0.4	0.13 ± 0.2	1.04
ไกลโฟเสต				
100	14.9 ± 3.0a	0.84 ± 0.4a	0.07 ± 0.0a*	2.01
250	13.4 ± 3.0a	0.76 ± 0.3a	0.07 ± 0.0a*	1.92
500	6.3 ± 2.0b*	0.68 ± 0.2a	0.06 ± 0.0a*	1.06
1,000	5.7 ± 2.2b*	0.59 ± 0.2a	0.05 ± 0.0a*	1.06
คาร์เบนดาซีม				
100	14.4 ± 2.4a	0.83 ± 0.3a	0.06 ± 0.0a*	2.28
250	14.9 ± 3.0a	0.75 ± 0.2a	0.07 ± 0.0a*	2.19
500	12.8 ± 2.2b	0.80 ± 0.2a	0.06 ± 0.0a*	2.10
1,000	9.5 ± 2.0c*	0.84 ± 0.2a	0.06 ± 0.0a*	1.67
ไกลโฟเสต + คาร์เบนดาซีม				
100	12.7 ± 2.1a	0.80 ± 0.3a	0.06 ± 0.0a*	2.04
250	12.8 ± 2.2a	0.80 ± 0.3a	0.07 ± 0.0a*	1.88
500	13.2 ± 3.0a	0.84 ± 0.3a	0.07 ± 0.0a*	1.63
1,000	13.2 ± 2.1a	0.83 ± 0.2a	0.07 ± 0.0a*	1.79

อักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสารกำจัดศัตรูพืชชนิดเดียวกัน และ * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากดินที่ไม่ปนเปื้อน

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของรากต้นกล้าบวบเหลี่ยมที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีม ความเข้มข้นรวมต่างๆ กัน เป็นเวลา 10 วัน

ความเข้มข้น (มก./กก.)	ความยาว (cm)	น้ำหนักสด (g)	น้ำหนักแห้ง (g)	ความยาวจำเพาะ (m/g)	อัตราส่วนราก/ยอด
ดินไม่ปนเปื้อน	10.5 ± 3.1	0.22 ± 0.1	0.01 ± 0.0	9.05	0.09
ไกลโฟเสต					
100	9.7 ± 2.6a	0.22 ± 0.1a	0.02 ± 0.0a*	5.85	0.22
250	8.2 ± 3.1a*	0.24 ± 0.1a	0.02 ± 0.0a*	4.95	0.24
500	2.3 ± 1.7c*	0.07 ± 0.0b*	0.01 ± 0.0b	2.37	0.17
1,000	3.0 ± 1.9b*	0.07 ± 0.0b*	0.01 ± 0.0b	4.36	0.13
คาร์เบนดาซีม					
100	8.0 ± 2.2a*	0.26 ± 0.1a	0.02 ± 0.0a*	3.76	0.34
250	8.3 ± 3.3a*	0.20 ± 0.1b	0.01 ± 0.0b	5.71	0.21
500	3.7 ± 1.0b*	0.19 ± 0.0b	0.02 ± 0.0a*	2.40	0.25
1,000	1.8 ± 0.5c*	0.11 ± 0.0c*	0.01 ± 0.0b	2.24	0.14
ไกลโฟเสต + คาร์เบนดาซีม					
100	11.4 ± 2.8b	0.19 ± 0.1a*	0.02 ± 0.0a*	7.85	0.23
250	13.3 ± 1.7a*	0.16 ± 0.1a*	0.01 ± 0.0b	10.17	0.19
500	8.5 ± 2.9c*	0.16 ± 0.1a*	0.01 ± 0.0b	6.83	0.17
1,000	6.4 ± 2.1d*	0.16 ± 0.0a*	0.01 ± 0.0b	5.71	0.16

อักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสารกำจัดศัตรูพืชชนิดเดียวกัน และ * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากดินที่ไม่ปนเปื้อน

ตารางที่ 3 ค่าความเข้มข้นที่ทำให้การเจริญของพืชลดลงร้อยละ 50 (EC_{50}) และค่า Additive Index ของสารกำจัดศัตรูพืช (มก./กก. น้ำหนักแห้งของดิน) ต่อความยาวยอด ความยาวราก น้ำหนักสดของราก และน้ำหนักแห้งของยอดของต้นกล้าในดินปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชเป็นเวลา 10 วัน

ลักษณะการเจริญเติบโต	ไกลโฟเสต	คาร์เบนดาซีม	ไกลโฟเสต + คาร์เบนดาซีม	
	EC_{50}	EC_{50}	EC_{50}	Additive Index
ความยาวยอด	669.4	>1,000	>1,000	1.25 (-)
ความยาวราก	413.0	357.8	>1,000	2.61 (-)
น้ำหนักสดของราก	574.5	>1,000	>1,000	1.37 (-)
น้ำหนักแห้งของยอด	241.4	71.4	>1,000	9.07 (-)

ตารางที่ 4 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเลี้ยงของต้นกล้าบวบเหลี่ยมเจริญในดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีมความเข้มข้นต่างๆ กัน เป็นเวลา 10 วัน

ความเข้มข้น (มก./กก.)	คลอโรฟิลล์เอ (mg/ml)	คลอโรฟิลล์บี (mg/ml)	คลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/ml)
ดินไม่ปนเปื้อน	24.8 ± 3.9	11.3 ± 3.4	37.4 ± 3.8
ไกลโฟเสต			
100	26.8 ± 2.3a	13.6 ± 2.3a	41.9 ± 4.6a
250	28.8 ± 1.7a	14.1 ± 1.3a	44.4 ± 3.1a
500	32.7 ± 0.0a	16.9 ± 0.0a	51.3 ± 0.0a
1,000	22.2 ± 11.1a	11.9 ± 5.3a	35.3 ± 16.9a
คาร์เบนดาซีม			
100	29.2 ± 2.3a	14.1 ± 1.2a	44.8 ± 3.7a
250	28.6 ± 3.2a	13.9 ± 1.7a	44.0 ± 5.0a
500	26.4 ± 5.0a	13.0 ± 3.0a	40.8 ± 8.2a
1,000	30.0 ± 2.3a	14.9 ± 0.8a	46.4 ± 3.1a
ไกลโฟเสต + คาร์เบนดาซีม			
100	31.1 ± 0.5a	15.9 ± 0.7a	48.6 ± 1.1a
250	28.8 ± 3.1a	13.9 ± 2.5a	44.2 ± 5.7a
500	29.2 ± 2.3a	13.8 ± 1.0a	44.5 ± 3.5a
1,000	30.1 ± 3.3a	15.2 ± 2.3a	46.8 ± 5.7a

อักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสารกำจัดศัตรูพืชชนิดเดียวกัน และ * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากดินที่ไม่ปนเปื้อน

ค่าความเข้มข้นที่ทำให้การเจริญของพืชลดลงร้อยละ 50 ต่อการเจริญของบวบเหลี่ยมจากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าไกลโฟเสตยับยั้งความยาวยอด และน้ำหนักสดของรากมากกว่าคาร์เบนดาซีม ในขณะที่คาร์เบนดาซีมยับยั้งความยาวรากและน้ำหนักแห้งของยอดมากกว่าไกลโฟเสต เมื่อพิจารณาจากการออกฤทธิ์ร่วมกันของไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีมนั้นเป็นการหักล้างฤทธิ์กันอย่างชัดเจน ค่า Additive Index ของสารทั้งสองชนิดต่อความยาวยอด ความยาวราก น้ำหนักสดของราก และน้ำหนักแห้งของยอด มีค่ามากกว่า 1 ทั้งสิ้น (ตารางที่ 3) ความเป็นพิษร่วมกันระหว่างไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีมที่หักล้างฤทธิ์กันนี้เป็นเช่นเดียวกับการออกฤทธิ์ร่วมกันของไกลโฟเสตและคอร์ไพริฟอสต่อบวบเหลี่ยมและผักบุ้งจีน [5]

การเจริญของต้นกล้าบวบเหลี่ยมในดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสต คาร์เบนดาซีม หรือปนเปื้อนร่วมกันระหว่างไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีมทุกความเข้มข้นรวม ไม่มีผลต่อระดับคลอโรฟิลล์ทุกชนิดในใบเลี้ยงเมื่อเทียบกับต้นที่เจริญในดินไม่ปนเปื้อน (ตารางที่ 4) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาความเป็นพิษของไกลโฟเสตที่ปนเปื้อนร่วมกับสังกะสีในดิน ซึ่งไม่มีผลต่อระดับคลอโรฟิลล์ทุกชนิดในใบของต้นกล้าผักขี้หูดและผักบุ้งจีนเช่นกัน [15]

4. สรุป

ทั้งไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซีมที่ปนเปื้อนในดินต่างเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตระยะต้นกล้าของบวบเหลี่ยม ทั้งการเจริญของยอดและราก แต่ไม่มีผลต่อ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเลี้ยงของต้นกล้า ความเป็นพิษร่วมกันของสารกำจัดศัตรูพืชทั้งสองชนิดมีแนวโน้มหักล้างฤทธิ์กัน ดังนั้นการใช้การเจริญเติบโตระยะต้นกล้าของพืชประเมินระดับการปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชในพื้นที่จริง จำเป็นต้องพิจารณาถึงโอกาสเกิดการปนเปื้อนร่วมกันด้วย หากมองข้ามการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในดินร่วมกันในพื้นที่นั้น จะทำให้ประเมินระดับการปนเปื้อนโดยพิจารณาจากระดับการเจริญเติบโตของพืชผิดไปได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] P. Wattanasunthorn, and C. Amornsanguansin,"Detections of pesticide and herbicides residues in soil samples from paddy fields in Chainat province," *Academic Journal Uttaradit Rajabhat University*, vol. 11 no. 2, pp. 245-258, 2016.

[2] R. Puttha, and P. Oupkeaw, "Effect of herbicides contaminated soil on seed germination and seedling growth of commercial rice," *Khonkean Agricultural Journal*. vol. 45, suppl. no.1, pp. 249-254, 2017.

[3] W. Chouychai, and H. Lee, "Phytotoxicity assays of crop plants to lindane and alpha-endosulfan contaminant in alkaline Thai soil," *International Journal of Agriculture and Biology*, vol. 14, pp. 734-738. 2012.

[4] K. Somtrakoon, and S. Pratumma, "Phytotoxicity of heptachlor and endosulfan sulfate contaminants in soils to economic crops," *Journal of Environmental Biology*, vol. 33, pp. 1097-1101, 2012.

[5] Somtrakoon, K., Rakjab, B., & Chouychai, W. (2017). Co-toxicity of glyphosate and chorpyrifos on seedling growth of ridge gourd and water morning glory. *Journal of Agricultural Research and Extension*, *34*(1): in press.

[6] C. Ngamsakpasert, A. Suriyawong, S. Supothina, and P. Chuaybamroong, "Reduction of carbendazim in chinese chives and re-absorption from washing solution using methods of department of agriculture," *Journal of Science and Technology,* vol. 24 no. 4, pp. 628-640, 2016.

[7] T. Tesfamariam, S. Bott, I. Cakmak, V. Romheld, and G. Neumann, "Glyphosate in the rhizosphere- role of waiting time and different glyphosate binding froms in soils for phytotoxicity to non-target plants," *European Journal of Agronomy*, vol. 31, pp. 126-132, 2009.

[8] W. Siriwong, "Effect of glyphosate application on soil properties," *KKU Science Journal*, vol. 42, no. 1, pp. 176-190, 2014.

[9] X. Huang, Y. El-Alawi, D. M. Penrose, B. R. Glick, and B. M. Greenberg, "Response of three grass species to creosote during phytoremediation,"*Environmental*

Pollution, vol. 130, pp. 453-363, 2004.

[10] R. C. Calvelo Pereira, C. Monterroso, and F. Macias, "Phytotoxicity of hexachlorocyclohexane: Effect on germination and early growth of different plant species," Chemosphere, vol. 79, pp. 326-333. 2010.

[11] T. Bobeautong, N. Insalud, W. Sungpalee, and C. Atnaseo, "Effect of phosphorus level on rice root development," *Khonkean Agricultural Journal*, vol. 45, suppl. no. 1, pp. 997-1002, 2017.

[12] L. Wang, B. Zheng, and W. Meng, "Photo-induced toxicity of four polycyclic aromatic hydrocarbons, singly and in combination to the marine diatom *Phaeodactylum tricornutum*," Ecotoxicological and Environmental Safety, vol. 71, pp. 465-472, 2008.

[13] C. Chen, and C. Lu, "An analysis of the combine effect of organic toxicants," Science of the Total Environment, vol. 289, pp. 123-132, 2002.

[14] Z. Zhu, F. Zhou, J. Li, F. Zhu, and H. Ma, "Carbendazim resistance in field isolates of *Sclerotinia sclerotiorum* in China and its management," Crop Protection, vol. 81, pp. 115-121, 2016.

[15] S. Jaiyen, K. Somtrakoon, and W. Chouychai, "Combined phytotoxicity of zinc and glyphosate on chlorophyll content in seedling leaves of *Raphanus sativus* and *Ipomoea aquatica*," in *Proceeding of 9th Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Conference*. 2016, pp. 442-444.