

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

## การเจริญเติบโตของต้นกล้าบวบเหลี่ยมในดินที่มีการปนเปื้อนร่วมกันระหว่างไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซิม

วราภรณ์ ฉวยฉาย<sup>1\*</sup> วรณิศา เสือแก้ว<sup>1</sup> และ ขนิษฐา สมตระกูล<sup>2</sup>

<sup>1</sup> คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ 60000

<sup>2</sup> คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

---

รับบทความ 27 กุมภาพันธ์ 2017; ตอรับบทความ 4 พฤษภาคม 2017

### บทคัดย่อ

ศึกษาความเป็นพิษร่วมกันของไกลโฟเสตซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชและคาร์เบนดาซิมซึ่งเป็นสารกำจัดเชื้อราที่ปนเปื้อนในดินที่ระดับความเข้มข้น 100-1,000 มก./กก. ต่อการเจริญระยะต้นกล้าของบวบเหลี่ยม ผลปรากฏว่าทั้งไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซิมเป็นพิษต่อการเจริญของยอดและรากของต้นกล้าบวบเหลี่ยม โดยมีค่าความเข้มข้นที่ทำให้การเจริญของพืชลดลงร้อยละ 50 ต่อความยาวยอด ความยาวราก น้ำหนักสดของราก และน้ำหนักแห้งของยอดบวบเหลี่ยมสำหรับไกลโฟเสตเป็น 669.4, 413.0, 574.5 และ 241.4 มก./กก. ตามลำดับ และสำหรับคาร์เบนดาซิม เป็น >1,000, 357.8, >1,000 และ 71.4 มก./กก. ตามลำดับ การปนเปื้อนร่วมกันของไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซิม มีแนวโน้มหักล้างฤทธิ์กัน ทั้งไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซิมทุกระดับความเข้มข้นไม่เป็นพิษต่อระดับคลอโรฟิลล์ในใบเลี้ยงบวบเหลี่ยม

**คำสำคัญ :** การทดสอบความเป็นพิษ; คาร์เบนดาซิม; สารกำจัดเชื้อรา; สารกำจัดวัชพืช

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

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

Waraporn Chouychai<sup>1\*</sup> Wannisa Seokaew<sup>1</sup> and Khanitta Somtrakoon<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Science and Technology, Nakhonsawan Rajabhat University, Muang, Nakhonsawan, 60000

<sup>2</sup> 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

## 1. บทนำ

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชในทางการเกษตรอย่างแพร่หลายเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชทั้งในสิ่งแวดล้อมและพืชผลทางการเกษตร สารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้มีหลายกลุ่ม ทั้งสารกำจัดวัชพืช สารกำจัดแมลง และสารกำจัดเชื้อรา การใช้สารกำจัดศัตรูพืชร่วมกันอย่างหลากหลายนี้ทำให้เกิดการปนเปื้อนร่วมกันในดินที่ทำการเกษตรได้ ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในดินนาข้าวของจังหวัดชัยนาท พบการปนเปื้อนร่วมกันระหว่างสารกำจัดวัชพืชหลายชนิด เช่น ไกลโฟเสตซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชและเอนโดซัลแฟนซึ่งเป็นสารกำจัดแมลง [1] การศึกษาความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ในพื้นที่การเกษตรนี้ มีการศึกษาอย่างมากมาย แต่มักเป็นการศึกษาเฉพาะกลุ่ม เช่น การศึกษาความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อพืชเศรษฐกิจ เช่น ดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสต กรัสมอกโซน หรือพาราควอทที่ระดับ 600 450 และ 400 มิลลิกรัมต่อน้ำ 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 การปนเปื้อนร่วมกันระหว่างไกลโฟเสตที่เป็นสารกำจัดวัชพืชกับคลอร์ไพริฟอสที่เป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตที่ความเข้มข้นรวม 1,000 มก./กก. ต่อการเจริญเติบโตระยะต้นกล้าของบวบเหลี่ยมและผักบุ้ง

จีน ให้ผลหักล้างกันต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งสองชนิดดังกล่าว [5]

ไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซิมเป็นสารกำจัดวัชพืชและสารกำจัดเชื้อราที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทางการเกษตร คาร์เบนดาซิมเป็นสารกำจัดเชื้อราที่ออกฤทธิ์แบบดูดซึม พืชดูดซึมผ่านรากและกระจายไปยังเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ได้ นิยมใช้ในการป้องกันและกำจัดเชื้อราในผักและผลไม้หลายชนิด จนมีรายงานว่าพบการตกค้างในผักและผลไม้ต่างๆ เช่น กุยช่าย สตรอเบอร์รี่ และส้มจีน เป็นต้น [6] ไกลโฟเสตเป็นสารกำจัดวัชพืชที่ออกฤทธิ์แบบดูดซึมเช่นกัน การออกฤทธิ์ที่สำคัญคือยับยั้งการสร้างกรดอะมิโนที่มีวงเบนซีนเป็นองค์ประกอบโดยยับยั้งเอนไซม์ในวิถีซิคลิเมต [7] และส่งผลต่อคุณลักษณะของดินโดยทำให้ระดับของโพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินลดลง [8] อย่างไรก็ตาม ความเป็นพิษร่วมกันของไกลโฟเสตซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชและคาร์เบนดาซิมซึ่งเป็นสารกำจัดเชื้อรายังไม่มีการศึกษามาก่อน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการปนเปื้อนร่วมกันระหว่างไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซิม ที่ระดับความเข้มข้นในดินระหว่าง 100-1,000 มก./กก. เปรียบเทียบกับการปนเปื้อนเพียงสารเดียว ต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าบวบเหลี่ยม ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกทั่วไปและมีโอกาสสัมผัสกับการปนเปื้อนร่วมกันของสารกำจัดศัตรูพืชทั้งสองชนิดนี้ได้

## 2. วิธีการศึกษา

เก็บตัวอย่างดินจากตำบลวังหมัน อำเภอดำรงวิทยารัฐ จังหวัดชัยนาท ในพื้นที่ที่ไม่ได้ทำการเกษตร วิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดินที่บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง กรุงเทพฯ ดินที่ใช้ในการทดลองมีค่าพีเอช 6.43 มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 113.56 มก./กก. ไนโตรเจนทั้งหมดน้อยกว่า 0.50 ก./100 ก. น้ำหนักแห้งของดินโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 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

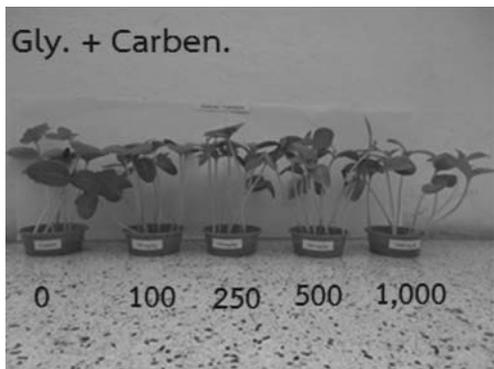
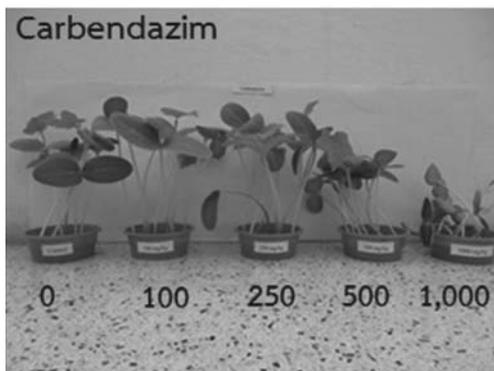
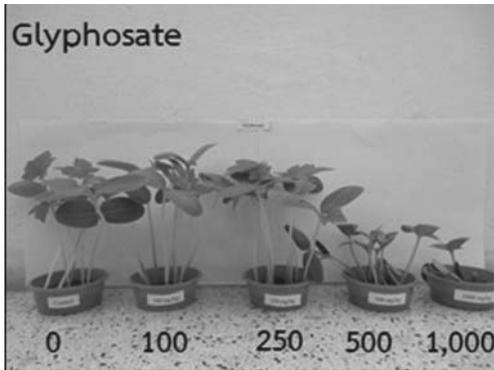
เตรียมดินที่ปนเปื้อนโดยเติมคาร์เบนดาซิม (บริษัท ไฮเทคกรุ๊ป เคมีคอลซัพพลาย จำกัด มีสารออกฤทธิ์ 40%) หรือไกลโฟเสต (บริษัท พาโตเคมีอุตสาหกรรม จำกัด มีสารออกฤทธิ์ 36% ) ลงในดินให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 100, 250, 500, และ 1,000 มก./กก. โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ดินที่เติมน้ำ ใช้เป็นชุดควบคุมที่ 0 มก./กก.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

แช่เมล็ดบวบเหลี่ยม (เมล็ดพันธุ์ทางการค้าของบริษัทเจียไต่ 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 และรดน้ำทุกวันเมื่อครบ 10 วัน นำต้นกล้าที่ออกทั้งหมดมาวัดความยาวของยอดและราก 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 เพื่อประเมินผลรวมของสารมลพิษตามวิธีของ Wang *et al.* [12] และ Chen & Lu [13]

### 3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

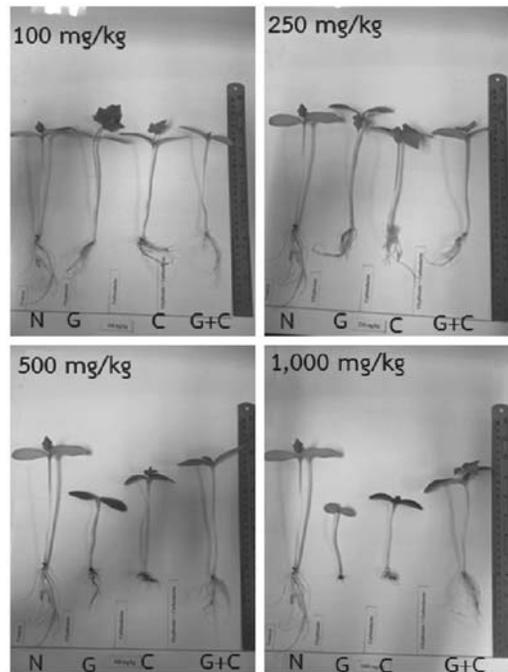
ต้นกล้าบวบเหลี่ยมงอกและเจริญเติบโตได้ในดินที่ปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชทุกชนิด ต้นกล้าบวบเหลี่ยมเกิดใบจริงในต้นที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อน แต่ต้นที่เจริญในดินปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชมีความเข้มข้น 1,000 มก./กก. ส่วนใหญ่จะมีแต่ใบเลี้ยง สารกำจัดศัตรูพืชทุกชนิด ทั้งปนเปื้อนร่วมกันหรือปนเปื้อนชนิดเดียว ทำให้น้ำหนักแห้งของต้นกล้าบวบเหลี่ยมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับต้นที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อน แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อความเข้มข้นในดินสูงขึ้น สารกำจัดศัตรูพืชทุกชนิดไม่มีผลต่อน้ำหนักสด เมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อน เฉพาะไกลโฟเสตความเข้มข้น 500-1,000 มก./กก. และคาร์เบนดาซิมความเข้มข้น 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

ต้นกล้าบวบเหลี่ยมที่เจริญในดินปนเปื้อนไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซิมทั้งปนเปื้อนชนิดเดียวและปนเปื้อนร่วมกัน มีความยาวรากลดลงเมื่อเทียบกับต้นที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การที่คาร์เบนดาซิมเป็นพิษต่อความยาวรากนี้ อาจ



รูปที่ 1 ต้นกล้าบวบเหลี่ยมที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซิม ที่ความเข้มข้นรวมต่างกัน

เป็นเพราะว่าการที่คาร์เบนดาซิมเป็นพืชต่อเชื้อรา โดยยับยั้งการเรียงตัวของเบตาทูลูลินระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสนั้น [14] อาจทำให้รบกวนการแบ่งเซลล์ของรากพืชได้ด้วย น้ำหนักสดของต้นกล้าบวบเหลี่ยมที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนร่วมกันระหว่างไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซิมลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับต้นที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อน ในขณะที่ต้นที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสตหรือคาร์เบนดาซิมจะต่างจากต้นที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อนที่ความเข้มข้น 500 และ 1,000 มก./กก. ขึ้นไปตามลำดับ ส่วนน้ำหนักแห้งของรากไม่มีสารกำจัดศัตรูพืชชนิดใดที่ทำให้น้ำหนักแห้งของรากบวบเหลี่ยมน้อยกว่าต้นที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อน (ตารางที่ 2) ลักษณะของรากที่เจริญในดินปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ กัน แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 เปรียบเทียบต้นกล้าบวบเหลี่ยมในแต่ละความเข้มข้นรวมในดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสตคาร์เบนดาซิมชนิดเดียวและปนเปื้อนร่วมกัน  
 ตัวย่อ: N = ดินไม่ปนเปื้อน  
 G = ดินปนเปื้อนไกลโฟเสต  
 C = ดินปนเปื้อนคาร์เบนดาซิม

เมื่อพิจารณาจากความยาวรากจำเพาะ ส่วนใหญ่แล้วต้นที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชจะมีความยาวรากจำเพาะน้อยกว่าต้นที่เจริญในดินไม่ปนเปื้อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการลดลงของความยาวมากกว่าน้ำหนักแห้ง โดยเฉพาะต้นที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนคาร์เบนดาซิม 500-1,000 มก./กก. ส่วนอัตราส่วนของรากต่อยอดซึ่งใช้บอกประสิทธิภาพการทำงานของรากในการสร้างน้ำหนักแห้งของยอด ซึ่งค่าที่ต่ำจะแสดงประสิทธิภาพของรากสูง [11] ในการศึกษาจะเห็นว่าต้นกล้าบวบเหลี่ยมที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชทุกชนิดมีประสิทธิภาพการ

ทำงานรากลดลง อัตราส่วนของรากต่อยอดของต้นกล้าบวบเหลี่ยมที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นนั้นสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งของยอดที่ลดลง แสดงให้เห็นว่าพืชปรับตัวในดินที่ปนเปื้อนความเข้มข้นสูงโดยการลดการสร้างน้ำหนักแห้งของยอด เพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างยอดและรากขึ้น (ตารางที่ 2) ลักษณะการตอบสนองต่อสารมลพิษเช่นนี้ มีรายงานในการเจริญเติบโตระยะต้นกล้าของข้าวสาลีในดินที่ปนเปื้อนเฮกซะคลอโรไซโคลเฮกเซนที่ความเข้มข้น 5,000-12,500 มก./กก. [10]

**ตารางที่ 1** การเจริญเติบโตของยอดต้นกล้าบวบเหลี่ยมที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซิม ความเข้มข้นรวมต่างๆ 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
<b>ไกลโฟเสต</b>				
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
<b>คาร์เบนดาซิม</b>				
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
<b>ไกลโฟเสต + คาร์เบนดาซิม</b>				
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** การเจริญเติบโตของรากต้นกล้าบวบเหลี่ยมที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซิม 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
<b>ไกลโฟเสต</b>					
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
<b>คาร์เบนดาซิม</b>					
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
<b>ไกลโฟเสต + คาร์เบนดาซิม</b>					
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	คาร์เบนดาซิม	ไกลโฟเสต + คาร์เบนดาซิม
	$EC_{50}$	$EC_{50}$	$EC_{50}$ 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 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเลี้ยงของต้นกล้าบวบเหลี่ยมเจริญในดินที่ปนเปื้อนไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซิม ความเข้มข้นต่างๆ 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
<b>ไกลโฟเสต</b>			
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
<b>คาร์เบนดาซิม</b>			
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
<b>ไกลโฟเสต + คาร์เบนดาซิม</b>			
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

ค่าความเข้มข้นที่ทำให้การเจริญของพืชลดลง ร้อยละ 50 ต่อการเจริญของบวบเหลี่ยมจากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าไกลโฟเสตยับยั้งความยาวยอด และ น้ำหนักสดของรากมากกว่าคาร์เบนดาซิม ในขณะที่ คาร์เบนดาซิมยับยั้งความยาวรากและน้ำหนักแห้งของ ยอดมากกว่าไกลโฟเสต เมื่อพิจารณาจากการออกฤทธิ์ ร่วมกันของไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซิมนั้นเป็นการ หักล้างฤทธิ์กันอย่างชัดเจน ค่า Additive Index ของ สารทั้งสองชนิดต่อความยาวยอด ความยาวราก น้ำหนักสดของราก และน้ำหนักแห้งของยอด มีค่า มากกว่า 1 ทั้งสิ้น (ตารางที่ 3) ความเป็นพิษร่วมกัน ระหว่างไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซิมที่หักล้างฤทธิ์กันนี้ เป็นเช่นเดียวกับการออกฤทธิ์ร่วมกันของไกลโฟเสต และคอร์ไพริฟอสต่อบวบเหลี่ยมและผักบุ้งจีน [5]

การเจริญของต้นกล้าบวบเหลี่ยมในดินที่ปน เปื้อนไกลโฟเสต คาร์เบนดาซิม หรือปนเปื้อนร่วมกัน ระหว่างไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซิมทุกความเข้มข้น รวม ไม่มีผลต่อระดับคลอโรฟิลล์ทุกชนิดในใบเลี้ยง เมื่อเทียบกับต้นที่เจริญในดินไม่ปนเปื้อน (ตารางที่ 4) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาความเป็นพิษ ของไกลโฟเสตที่ปนเปื้อนร่วมกับสังกะสีในดิน ซึ่งไม่มี ผลต่อระดับคลอโรฟิลล์ทุกชนิดในใบของต้นกล้าผัก ขี้หูดและผักบุ้งจีนเช่นกัน [15]

#### 4. สรุป

ทั้งไกลโฟเสตและคาร์เบนดาซิมที่ปนเปื้อนในดิน ต่างเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตระยะต้นกล้าของบวบ เหลี่ยม ทั้งการเจริญของยอดและราก แต่ไม่มีผลต่อ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเลี้ยงของต้นกล้า ความเป็นพิษร่วมกันของสารกำจัดศัตรูพืชทั้งสองชนิดมีแนวโน้มหักล้างฤทธิ์กัน ดังนั้นการใช้การเจริญเติบโตระยะต้นกล้าของพืชประเมินระดับการปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชในพื้นที่จริง จำเป็นต้องพิจารณาถึงโอกาสเกิดการปนเปื้อนร่วมกันด้วย หากมองข้ามการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในดินร่วมกันในพื้นที่นั้น จะทำให้ประเมินระดับการปนเปื้อนโดยพิจารณาจากระดับการเจริญเติบโตของพืชผิดไปได้

## 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับกรวิจัยนี้

## 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 forms 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.