

ผลทางอัลลีโลพาธีของสารสกัดป็นนกไล่ (*Bidens pilosa* L.) ต่อการงอกและการเจริญของต้นอ่อนข้าววัชพืช (*Oryza sativa* f. *spontanea* Roshev.) และไมยราบเลื้อย (*Mimosa diplotricha* C.Wright ex Sauvalle)

Allelopathic Activity of Hairy Beggarticks (*Bidens pilosa* L.) Extracts on Germination and Seedling Growth of Weedy Rice (*Oryza sativa* f. *spontanea* Roshev.) and Creeping Sensitive Plant (*Mimosa diplotricha* C.Wright ex Sauvalle)

พรธิตา เดชโคบุตร¹ และ กุลชา ชयरพ^{2*}
Pontita Dedkobut¹ and Kullacha Chayarop^{2*}

¹ สาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

¹ Division of Plant Protection, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

² ศูนย์วิจัยความหลากหลายทางชีวภาพและการใช้ประโยชน์แห่งมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (BURC-MJU) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² Biodiversity and Utilization Research Center of Maejo University (BURC-MJU), Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: kullacha_cy@mju.ac.th

(Received: 22 June 2022; Revised: 26 November 2022; Accepted: 19 January 2023)

Abstract

In this study, hairy beggarticks (*Bidens pilosa* L.), a common weed and a member of Asteraceae family was investigated for its allelopathic activity against weedy rice (*Oryza sativa* f. *spontanea* Roshev.) and creeping sensitive plant (*Mimosa diplotricha* C.Wright ex Sauvalle). The extractions were done with 2 solvents, 80% ethanol and dichloromethane, then 4 concentrations (5, 10, 25, and 50 mg mL⁻¹) of each extract were prepared to test with seeds of weedy rice and creeping sensitive plant. The experiment was designed by completely randomized design (CRD) with 4 replications and 25 seeds in each replication. After 1 week, germinated seeds were counted, shoot and root length of seedling were measured. Seed vigor index, percentage of germination, and percentage of shoot length and root length inhibition were calculated.

Our results reveal that 50 mg mL⁻¹ of 80% ethanol extract was the most effective extract which inhibits germination and seedling growth of weedy rice with the percentage of shoot length and root length inhibition of 66.39% and 85.96%, respectively. In contrast, dichloromethane extract (50 mg mL⁻¹) shows more strong allelopathic activity against creeping sensitive plant than ethanolic extract, with

the percentage of shoot length and root length inhibition of 95.14% and 83.80%, respectively. It is suggested that the allelochemicals from hairy beggarticks which are responsible for germination and growth inhibitory effects were different groups of compound. This might lead to the development of extraction method of allelochemicals from hairy beggarticks which could be utilized as natural herbicide in weed control in the future.

Keywords: Allelopathy, *Bidens pilosa*, *Mimosa diplotricha*, *Oryza sativa* f. *spontanea*

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้านี้ได้นำ ปิ่นนกกไส้ (*Bidens pilosa* L.) วัชพืชในวงศ์ Asteraceae มาศึกษาผลต่อการงอกและการเจริญของต้นอ่อนข้าววัชพืช (*Oryza sativa* f. *spontanea* Roshev.) และไมยราบเลื้อย (*Mimosa diplotricha* C.Wright ex Sauvalle) โดยสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ เอทานอล 80% และไดคลอโรมีเทน ใช้สารสกัด 4 ความเข้มข้น (5, 10, 25 และ 50 mg mL⁻¹) ทดสอบกับเมล็ดวัชพืชทดสอบทั้ง 2 ชนิด โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) และทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้เมล็ดพืชทดสอบ 25 เมล็ด สังเกตการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ นับจำนวนเมล็ดที่งอก วัดความยาวลำต้นและราก คำนวณดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้า เปอร์เซ็นต์การงอก และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวลำต้นและราก

จากการทดลองพบว่า สารสกัดเอทานอล 80% ความเข้มข้น 50 mg mL⁻¹ สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญของต้นอ่อนข้าววัชพืชได้ดีที่สุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวลำต้นและราก เท่ากับ 66.39% และ 85.96% ตามลำดับ แต่เมื่อทดสอบกับไมยราบเลื้อยพบว่า สารสกัดไดคลอโรมีเทน 50 mg mL⁻¹ สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญของต้นอ่อนไมยราบเลื้อยได้ดีที่สุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวลำต้นและราก เท่ากับ 95.14% และ 83.80% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า สารอัลลีโลเคมีคอลในปิ่นนกกไส้ที่ยับยั้งการงอกและการเจริญของข้าววัชพืชและไมยราบเลื้อยอาจเป็นสารคนละกลุ่ม ซึ่งผลการทดลองที่ได้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์ทางอัลลีโลพาทิจจากปิ่นนกกไส้ เพื่อใช้ทดแทนสารเคมีกำจัดวัชพืชในอนาคต

คำสำคัญ: อัลลีโลพาทิจ ปิ่นนกกไส้ ไมยราบเลื้อย ข้าววัชพืช

คำนำ

วัชพืช จัดเป็นศัตรูพืชสำคัญทางการเกษตร เนื่องจากมีความสามารถในการแก่งแย่งแข่งขันกับพืชปลูก สามารถเพิ่มจำนวนประชากร และเข้าครอบครองพื้นที่ได้อย่างรวดเร็ว หากปราศจากการป้องกันกำจัดอย่างเหมาะสม จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตเป็นอย่างมาก (Jabran *et al.*, 2015) โดยเฉลี่ยแล้ว วัชพืชทำให้ผลผลิตของพืชปลูกทั่วโลกลดลงได้มากถึง 34 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นอัตราที่สูงกว่าผลกระทบจากศัตรูพืชประเภทอื่น (Oerke, 2005) การควบคุมวัชพืชด้วยสารเคมีกำจัดวัชพืชเป็นวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูง อย่างไรก็ตาม เมล็ดวัชพืชที่สะสมอยู่ในดิน และเมล็ดวัชพืชที่แพร่กระจายเข้ามาในพื้นที่เพาะปลูก จะสามารถงอกขึ้นมารบกวนพืชปลูกได้ในทุกระยะของการผลิต ดังนั้น เกษตรกรจึงจำเป็นต้องดำเนินการควบคุมวัชพืชตลอดฤดูปลูกเพื่อให้ได้

ปริมาณผลผลิตสูงสุด (Poonpaiboonpipat *et al.*, 2013) การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา ยาวนาน ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้งาน เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม และทำให้วัชพืชเกิดการปรับตัวต้านทานต่อสารกำจัดวัชพืช (Beckie and Tardif, 2012) ซึ่งจำนวนประชากรของวัชพืชต้านทานสารกำจัดวัชพืชนั้นมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นอีกในอนาคต แต่กลับไม่มีการค้นพบสารกำจัดวัชพืชที่มีกลไกการออกฤทธิ์ใหม่ ๆ เลยนับตั้งแต่คริสต์ทศวรรษ 1980 (Westwood *et al.*, 2018)

อัลลีโลพาทิจ (Allelopathy) เป็นปรากฏการณ์ที่พืชปลดปล่อยสารทุติยภูมิ ซึ่งสารที่ปลดปล่อยออกมาจะส่งผลกระทบต่อการงอก พัฒนาการของเมล็ดพืช และการเจริญเติบโตของต้นพืชที่อยู่ใกล้เคียงโดยสารที่ถูกปลดปล่อยออกมาเรียกว่า “อัลลีโลเคมีคอล (Allelochemicals)” (ดวงพร และรังสิต, 2544) ซึ่งสารเหล่านี้อาจจะมีศักยภาพ

จะนำมาใช้เป็นสารควบคุมหรือกำจัดวัชพืชได้ในปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยเพื่อนำสารอัลลิเลเคมีคอลมาใช้ในการควบคุมวัชพืชทดแทนสารเคมี นำไปสู่การลดการปนเปื้อนของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมได้ วัชพืชหลายชนิดมีคุณสมบัติที่สามารถสร้างและปลดปล่อยสารอัลลิเลเคมีคอลเพื่อยับยั้งการเจริญของพืชชนิดอื่นได้ตามธรรมชาติ เช่น ปิ่นนกลั้ (*Bidens pilosa* L.) พืชวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) ซึ่งเป็นวัชพืชต่างถิ่นที่เข้ามาระบาดในประเทศไทย และมักพบตามที่รกร้างทั่วไปที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ (Figure 1) ปัจจุบันมีงานวิจัยพบว่าปิ่นนกลั้สามารถยับยั้งการเจริญของวัชพืชได้หลายชนิด เช่น กกขนาก (*Cyperus difformis* L.), กระถิน (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit), ขาเขียด (*Monochoria vaginalis* (Burm.f.) C.Presl), ผักปลาบนา (*Commelina diffusa* Burm.f.), ผักปอดนา (*Sphenoclea zeylanica* Gaertn.) หนวดปลาตุก (*Fimbristylis miliacea* (L.) Vahl), หญ้าข้าววน

(*Echinochloa crus-galli* (L.) P.Beauv), หญ้าดอกขาว (*Leptochloa chinensis* (L.) Nees), หญ้าปากควาย (*Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd.) แห้วหนู (*Cyperus rotundus* L.) (Hong *et al.*, 2004; Hsueh *et al.*, 2020; Khanh *et al.*, 2009; Poonpaiboonpipattana, 2015) โดยมีรายงานว่าสารสำคัญที่มีผลทางอัลลิเลพาธิ์ที่พบในปิ่นนกลั้ ได้แก่ สารในกลุ่ม Polyacetylenes ซึ่งพบได้ในทุกส่วนของต้นปิ่นนกลั้ โดยมี Phenylheptatriyne (PHT) เป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนสารกลุ่ม Terpenoids ที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ Limonene, 4-terpineol, β -linalool, β -pinene, β -pinene, Sabinene เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีกลุ่มของสารประกอบ Phenolics ที่พบในใบ ลำต้น และรากของปิ่นนกลั้ เช่น Salicylic acid, Vanillin *p*-Hydroxybenzoic acid, Caffeic acid, *p*-Coumaric acid, Ferulic acid เป็นต้น (Khanh *et al.*, 2009)



Figure 1 *Bidens pilosa* L. (A) infestation in abandoned area of Maejo University's farm, (B) leaves, (C) inflorescences, and (D) mature fruits

การศึกษารังนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลทางอัลลีโลพาธิของสารสกัดป็นนงไล่ต่อการออกและการเจริญของต้นอ่อนข้าววัชพืช (*Oryza sativa* f. *spontanea* Roshev.) และไมยราบเลื้อย (*Mimosa diplotricha* C. Wright ex Sauvalle) โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้ตัวทำลาย 2 ชนิด เพื่อเป็นแนวทางในการนำสารจากธรรมชาติมาใช้ทดแทนสารเคมีในการควบคุมวัชพืช ซึ่งการใช้ประโยชน์จากสารธรรมชาติจากพืชอาจเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่เกษตรกรสามารถนำมาใช้เพื่อลดการปนเปื้อนของสารเคมี เพื่อให้ผลผลิตทางการเกษตรมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังเป็นการนำเอาวัชพืชที่ขึ้นตามไร่ร้างมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบและสารสกัดป็นนงไล่

ดำเนินการเก็บรวบรวมป็นนงไล่ทั้งต้น ทั้งส่วนเหนือดินและราก ในช่วงเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม พ.ศ. 2563 จากพื้นที่ภายในบริเวณมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ นำต้นป็นนงไล่ทุกส่วนที่รวบรวมมาได้ทั้งหมดมาล้างให้สะอาด ผึ่งลมให้แห้ง ชั่งน้ำหนักสด (Fresh weight; FW) ก่อนนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้ง (Dry weight; DW) หลังจากอบ นำชิ้นส่วนแห้งของป็นนงไล่ไปย่อยขนาดด้วยเครื่องบดแบบค้อน (Hammer mill) ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 30 mesh บรรจุผงแห้งลงในถุงพลาสติก มัดปากถุงให้แน่น เก็บให้พ้นแสงในที่แห้งที่อุณหภูมิห้อง คำนวณปริมาณความชื้น (Müller and Heindl, 2006) ดังสมการ:

$$\text{Moisture content (\%)} = (\text{FW} - \text{DW}) / \text{FW} \times 100$$

ทำการสกัดผงป็นนงไล่ด้วยวิธีการหมักแช่ในภาชนะปิด (Maceration) (รัตนนา, 2550) โดยใช้ตัวทำลายที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และไดคลอโรมีเทน ในอัตราส่วน น้ำหนักแห้ง : ตัวทำลาย = 1 : 10 (w/v) โดยนำผงแห้งของป็นนงไล่ปริมาณ 200 กรัม ใส่ในโหลแก้วมีฝาปิด (ความจุ 5 ลิตร) เติมน้ำเอทานอล หรือไดคลอโรมีเทนให้พอท่วม คนให้ผงแห้งสัมผัสกับตัวทำลายจนทั่ว แล้วจึงเติมตัวทำลายจนครบ 2,000 มิลลิลิตร คนให้ทั่วอีกครั้งก่อนปิดฝาภาชนะให้สนิท ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ

ห้องเป็นเวลา 7 วัน โดยทุก 24 ชั่วโมงจะทำการเปิดฝาภาชนะแล้วคนให้ตัวทำลายและผงพืชมีการเคลื่อนที่เป็นเวลาประมาณ 1 นาที เมื่อครบ 7 วัน กรองสารสกัดด้วยผ้าขาวบาง นำกากไปสกัดซ้ำด้วยตัวทำลายชนิดเดิมเป็นเวลา 3 วัน กรองเอากากออก นำสารสกัดเจือจางที่ได้มารวมกัน แล้วนำไประเหยตัวทำลายด้วยเครื่องระเหยแห้งลดความดัน (Rotary evaporator) ซึ่งน้ำหนักสารสกัดแห้งที่ได้ แล้วนำไปคำนวณเป็นร้อยละ (Percent yield) ต่อน้ำหนักแห้งของผงป็นนงไล่ (g/100 g DW) นำสารสกัดแห้งใส่ในขวดสีชา ปิดฝาให้สนิท เก็บในตู้เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2. การทดสอบผลทางอัลลีโลพาธิของสารสกัดป็นนงไล่

รวบรวมเมล็ดวัชพืชทดสอบ โดยตัวอย่างเมล็ดข้าววัชพืช (*Oryza sativa* f. *spontanea* Roshev.) ได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.เจนจิรา หม่องอัน ตัวอย่างเมล็ดไมยราบเลื้อย (*Mimosa diplotricha* C. Wright ex Sauvalle) เก็บจากพื้นที่ภายในบริเวณมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ คัดเลือกเมล็ดวัชพืชที่สมบูรณ์ ทำลายระยะพักตัวของเมล็ดไมยราบเลื้อยโดยการตัดเปลือกหุ้มเมล็ดออกเล็กน้อย ส่วนเมล็ดข้าววัชพืชไม่มีการทำลายระยะพักตัว จากนั้นจึงแช่น้ำประปาทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แช่เมล็ดในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ซับเมล็ดให้แห้ง ก่อนนำไปทดสอบกับสารสกัดป็นนงไล่

เตรียมสารสกัดเอทานอล และสารสกัดไดคลอโรมีเทนอย่างละ 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 5, 10, 25 และ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (mg mL⁻¹) โดยเจือจางสารสกัดในน้ำกลั่น ซึ่งในการเจือจางสารสกัดไดคลอโรมีเทนจะใช้น้ำกลั่นที่มีการเติม tween-80 จำนวน 5 หยด ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร กรองตะกอนออกให้เหลือแค่สารละลายใส นำไปทดสอบกับเมล็ดวัชพืช โดยวางกระดาษกรอง Whatman No.1 ลงบนจานเพาะ (Petri dish) เส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร เติมน้ำทดสอบจานละ 2 มิลลิลิตร วางเมล็ดพืชทดสอบที่เตรียมไว้ลงไปในกระดาษกรองจานละ 25 เมล็ด วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ ใช้น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุมของสารสกัดเอทานอล และน้ำกลั่นผสม tween-80 (5 หยดต่อ 100 มิลลิลิตร) เป็นชุดควบคุมของ

สารสกัดไดคลอโรมีเทน ตั้ง Petri dish ที่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในบริเวณที่ได้รับแสงเท่า ๆ กัน เป็นเวลา 7 วัน โดยในวันที่ 4 ของการทดลอง เติมสารทดสอบจานละ 2 มิลลิลิตร เมื่อครบ 7 วัน บันทึกจำนวนเมล็ดวัชพืชที่งอก นำเมล็ดที่งอก มาวัดความยาวลำต้น (Shoot length; SL) และความยาวราก (Root length; RL) นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์การงอก (Germination percentage; %G) ดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้า (Seedling vigor index) และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวลำต้น (%SL Inhibition) และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวราก (%RL Inhibition) ดังนี้

$\%G = (\text{จำนวนเมล็ดวัชพืชที่งอก} / \text{จำนวนเมล็ดวัชพืชทั้งหมด}) \times 100;$

$\text{Seedling vigor index} = \%G \times (SL + RL);$

$\%SL \text{ Inhibition} = [1 - (SL_{\text{treatment}} / SL_{\text{control}})] \times 100;$

$\%RL \text{ Inhibition} = [1 - (RL_{\text{treatment}} / RL_{\text{control}})] \times 100;$

(โดย treatment = กลุ่มที่ได้รับสารสกัด; control = กลุ่มควบคุม)

ดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้า (Seedling vigor index) จะมีค่ามาก เมื่อเมล็ดวัชพืชทดสอบมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูง ลำต้นและรากอ่อนที่งอกออกมาจะมีการเจริญเติบโตตามปกติ หากเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวลำต้นหรือรากของต้นอ่อนลดลง ก็จะส่งผลให้ดัชนีความแข็งแรงมีค่าน้อยลงด้วย ซึ่งการลดลงของความยาวลำต้น และความยาวราก จะถูกคำนวณออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวลำต้น (%SL Inhibition) และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวราก (%RL Inhibition) ตามลำดับ หากความยาวลำต้นหรือรากของกลุ่มที่ได้รับสารสกัดลดลงต่ำกว่ากลุ่มควบคุม เปอร์เซ็นต์การยับยั้งจะมีค่าเป็นบวก หากความยาวเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม เปอร์เซ็นต์การยับยั้งจะมีค่าเป็นลบ โดยเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของกลุ่มควบคุมจะมีค่าเท่ากับศูนย์

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดจากการทดลองจะถูกนำมาทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธี LSD และ Tukey HSD

รวมถึงวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับค่าเฉลี่ยของข้อมูล จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากการทดสอบด้วยสารสกัดต่างชนิดกันด้วยวิธี Independent t-test โดยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม IBM SPSS statistics v. 28

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. วัตถุประสงค์และสารสกัดพืชนกไล่

จากการเตรียมวัตถุดิบพืชนกไล่ สามารถคำนวณปริมาณความชื้นของส่วนใบ ลำต้นและรากรวมกันได้เท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสด แสดงว่าเป็นนกไล่สด 1 กิโลกรัม เมื่อนำมาอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จะได้น้ำหนักแห้ง 200 กรัม และเมื่อสกัดผงแห้งด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และไดคลอโรมีเทน ได้น้ำหนักสารสกัด 12.08 กรัม และ 5.80 กรัม ตามลำดับ เมื่อคำนวณเป็นร้อยละ (Percent yield) ต่อน้ำหนักแห้งของพืชนกไล่ สารสกัดเอทานอล คิดเป็น 6.04 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง และสารสกัดไดคลอโรมีเทน 2.90 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง

2. ผลทางอัลลีโลพาธีของสารสกัดพืชนกไล่ต่อเมล็ดวัชพืชทดสอบ

เมื่อนำสารสกัดพืชนกไล่มาทดสอบกับเมล็ดวัชพืชในหึ่งทดลอง พบว่าสารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้นสูงสุด (50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวลำต้น ความยาวราก และดัชนีความแข็งแรงของเมล็ดวัชพืชต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนที่ความเข้มข้น 10 และ 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีผลทำให้ความยาวลำต้นและดัชนีความแข็งแรงต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่สารสกัดไดคลอโรมีเทนทุกความเข้มข้น ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกและความยาวรากไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่มีผลทำให้ความยาวลำต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และทำให้ดัชนีความแข็งแรงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเข้มข้น 25 และ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) แสดงให้เห็นความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับตัวแปร ซึ่งส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมาก ($r = -0.842$ ถึง -0.950)

ยกเว้นความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดไดคลอโรมีเทนกับเปอร์เซ็นต์การออก และความยาวลำต้นที่มีความสัมพันธ์กันน้อย ($r = -0.345$ และ -0.478 ตามลำดับ) (Table 1) ความยาวของลำต้นและรากที่ลดลง เมื่อนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง พบว่าสารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวของลำต้นและแบบขึ้นกับความเข้มข้น โดยความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งความยาวลำต้นและรากสูงสุด เท่ากับ 66.39 เปอร์เซ็นต์ และ 85.96 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดไดคลอโรมีเทน มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวของลำต้นและแบบไม่ขึ้นกับความเข้มข้น โดยความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวลำต้นสูงสุดถึง 66.89 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวรากสูงสุดได้ 41.27 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า สารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์จากปิ่นนงไส้ สามารถยับยั้งการงอก และการเจริญของต้นอ่อนข้าววัชพืช รวมถึงส่งผลให้ดัชนีความแข็งแรงลดลง ในขณะที่สารสกัดไดคลอโรมีเทนนั้นไม่สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญของรากข้าววัชพืชได้ แต่สามารถยับยั้ง

การเจริญของลำต้น ทำให้ดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าลดลงได้ ซึ่งการที่สารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์แสดงผลทางอัลลีโลพาธีต่อข้าววัชพืชได้ดีกว่าสารสกัดไดคลอโรมีเทนนั้น แสดงให้เห็นว่าเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์อาจเป็นตัวทำลายที่เหมาะสมในการสกัดสารที่ออกฤทธิ์ทางอัลลีโลพาธีต่อข้าววัชพืช ซึ่งสันนิษฐานว่าในสารสกัดเอทานอลอาจมีสารออกฤทธิ์หลากหลายกลุ่ม และมีกลไกการออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันไป จึงส่งผลให้การงอกและการเจริญของต้นอ่อนข้าววัชพืชลดลงได้ ส่วนสารออกฤทธิ์ที่ละลายออกมากับไดคลอโรมีเทนนั้น อาจเป็นกลุ่มที่มีกลไกการออกฤทธิ์โดยยับยั้งการเจริญของลำต้นเป็นหลัก จึงสามารถยับยั้งการเจริญของลำต้นได้สูงสุด ที่ความเข้มข้นต่ำ (10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ในขณะที่ยับยั้งความยาวรากได้เพียง 41.27 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้นสูงสุด (50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) นอกจากนี้ ที่ความเข้มข้น 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดไดคลอโรมีเทนมีผลทำให้ความยาวรากเพิ่มขึ้นจากกลุ่มควบคุม (Table 1) เมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งจึงมีค่าเป็นลบ (Figure 2B)

Table 1 Growth parameters of weedy rice (*O. sativa* f. *spontanea*) treated with various concentration of *B. pilosa* ethanolic and dichloromethane extracts

Treatment group	Concentration (mg mL ⁻¹)	Growth parameters			
		Germination (%)	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Seedling vigor index
Control		81.33 ± 18.04	2.40 ± 0.56	4.10 ± 0.77	520.60 ± 103.30
80% Ethanolic extract	5	74.67 ± 8.33	1.57 ± 0.19	3.59 ± 0.74	389.56 ± 103.30
	10	74.67 ± 6.11	1.30 ± 0.50*	3.02 ± 0.34	319.73 ± 32.21*
	25	74.67 ± 10.07	0.97 ± 0.81*	3.13 ± 0.46	305.09 ± 47.28*
	50	56.00 ± 22.27*	0.72 ± 0.30*	0.53 ± 0.49*	81.10 ± 79.92*
	Correlation coefficient (r)	-0.931	-0.842	-0.950	-0.949
Control (+tween80)		78.67 ± 15.14	1.89 ± 0.54	2.99 ± 0.71	396.18 ± 179.90

Table 1 Growth parameters of weedy rice (*O. sativa* f. *spontanea*) treated with various concentration of *B. pilosa* ethanolic and dichloromethane extracts (Cont.)

Treatment group	Concentration (mg mL ⁻¹)	Growth parameters			
		Germination (%)	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Seedling vigor index
Dichloromethane extract	5	64.00 ± 10.58	1.73 ± 0.43	3.42 ± 0.55	336.36 ± 119.70
	10	77.33 ± 2.31	0.56 ± 0.24 [#]	3.03 ± 0.64	277.81 ± 56.93
	25	66.67 ± 15.14	1.04 ± 0.90	2.39 ± 0.57	218.46 ± 31.87 [#]
	50	69.33 ± 10.07	1.01 ± 0.82	1.88 ± 1.26	203.16 ± 135.63 [#]
Correlation coefficient (r)		-0.345	-0.478	-0.931	-0.872

Remarks: Data were presented as a mean ± S.D.; * significant different from control and [#] significant different from control (+tween80) at $p < 0.05$ according to LSD test.

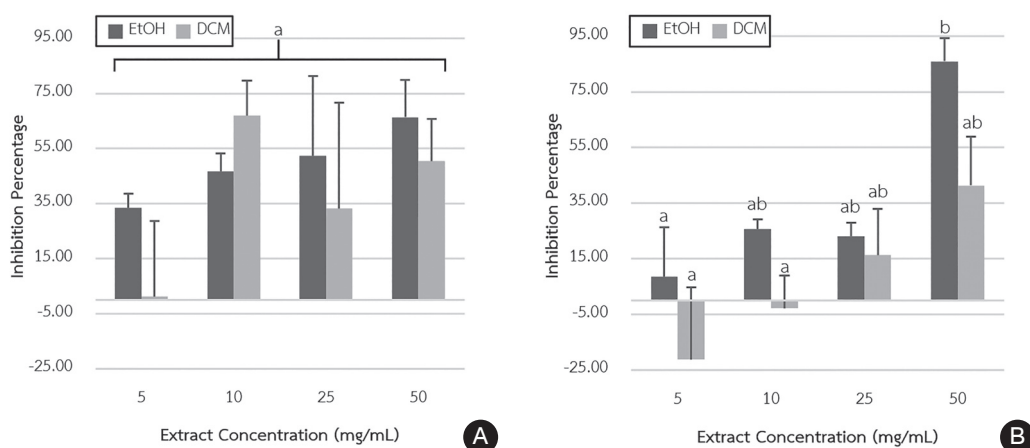


Figure 2 Inhibition percentage of various concentration of *B. pilosa* ethanolic (EtOH) and dichloromethane (DCM) extracts on (A) shoot growth and (B) root growth of weedy rice (*O. sativa* f. *spontanea*). Data were presented as a mean ± S.E.; means with different alphabet were significantly different at $p < 0.05$ according to Tukey HSD test

เมื่อทำการทดสอบผลของสารสกัดปื้นนกไล่ต่อ การออกของเมล็ดไมยราบเลื้อยในห้องทดลอง พบว่าสารสกัด เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้น 10, 25 และ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และสารสกัดไดคลอโรมีเทนทุกความ เข้มข้น ทำให้เปอร์เซ็นต์การออกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ และเมื่อวัดความยาวรากและลำต้นของต้นอ่อน พบว่า สารสกัดทั้งสองชนิดทุกความเข้มข้น ทำให้ความยาวลำต้น

และดัชนีความแข็งแรงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน ผลต่อความยาวรากนั้นแตกต่างกัน สารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ มีเพียงความเข้มข้นเดียว (50 มิลลิกรัมต่อ มิลลิลิตร) ที่ทำให้ความยาวรากของไมยราบเลื้อยต่ำกว่ากลุ่ม ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สารสกัดไดคลอโรมีเทน ทุกความเข้มข้นทำให้ความยาวรากของไมยราบเลื้อยลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)

แสดงให้เห็นความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับตัวแปร ซึ่งระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ กับทุกตัวแปรนั้นมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมาก ($r = -0.843$ ถึง -0.954) ขณะที่ความเข้มข้นของสารสกัดไดคลอโรมีเทนมีความสัมพันธ์เชิงลบกับตัวแปรต่าง ๆ น้อยกว่าสารสกัดเอทานอล ($r = -0.678$ ถึง -0.842) (Table 2) เมื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของลำต้นและราก พบว่าสารสกัดทั้งสองชนิดมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวของลำต้นและแบบขึ้นกับความเข้มข้น โดยสารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งความยาวลำต้นและรากสูงสุด เท่ากับ 88.29 เปอร์เซ็นต์ และ 81.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารสกัดไดคลอโรมีเทน ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งความยาวลำต้นและรากสูงสุด เท่ากับ 95.14 เปอร์เซ็นต์ และ 83.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 3) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า สารสกัดทั้งสองชนิดสามารถยับยั้งการงอก และการเจริญของต้นอ่อนไมยราบเลื้อยได้ เมื่อสังเกตจากเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวรากและลำต้น จะพบว่าสารสกัดไดคลอโรมีเทนมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่สูงกว่าสารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ในความเข้มข้นต่ำ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลทางอัลลีโลพาธิ์ต่อข้าววัชพืชแล้ว จะเห็นว่าสารสกัดไดคลอโรมีเทนนั้นไม่ค่อยแสดงฤทธิ์ยับยั้งการงอกและการเจริญของต้นอ่อนข้าววัชพืชมากนัก แสดงว่าไมยราบเลื้อยมีการตอบสนองต่อสารสกัดไดคลอโรมีเทนแตกต่างจากข้าววัชพืช ในขณะที่เดียวกันสารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญได้ทั้งข้าววัชพืชและไมยราบเลื้อย สันนิษฐานได้ว่าในสารสกัดทั้งสองชนิดมีองค์ประกอบของสารอัลลีโลพาธิ์แตกต่างกัน และมีกลไกการออกฤทธิ์ที่แตกต่างกัน

มีรายงานว่าในสารสกัดจากรากของปิ่นนงไล่ เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี Gas chromatography พบสารประกอบ Phenolics จำนวน 15 ชนิด ได้แก่ Pyrocatechin, Salicylic acid, *p*-Vinylguaiacol, Dimethoxyphenol,

Eugenol, 4-Ethyl-1,2-benzenediol, *iso*-Vanillin, 2-Hydroxy-6-methylbenzaldehyde, Vanillin, Vanillic acid, *p*-Hydroxybenzoic acid, Protocatechuic acid, *p*-Coumaric acid, Ferulic acid และ Caffeic acid ซึ่งสารที่พบในปริมาณมากที่สุดคือ Caffeic acid (Deba *et al.*, 2007) สารประกอบ Phenolics เหล่านี้อาจเป็นสารออกฤทธิ์ทางอัลลีโลพาธิ์ของปิ่นนงไล่ เนื่องจากสามารถทำให้เกิดความเสียหายต่อรากพืชได้ เช่น Salicylic acid มีกลไกการออกฤทธิ์โดยการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของรากพืช ขณะที่ Caffeic acid สามารถลดปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก และโมลิบดีนัม (Einhellig, 1995) ส่วน Ferulic acid และ *p*-Coumaric acid สามารถยับยั้งการดูดซึมไนโตรเจน และลดการทำงานของเอนไซม์ H^+ -ATPase ในเยื่อหุ้มเซลล์ (Hsueh *et al.*, 2020) ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้พบว่า สารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการงอก และลดความยาวรากของต้นอ่อนข้าววัชพืชและไมยราบเลื้อยได้ดี จึงอาจเป็นไปได้ว่าในสารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ของปิ่นนงไล่ มีองค์ประกอบของสารกลุ่ม Phenolics ดังกล่าว ซึ่งต้องมีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางพฤกษเคมี และศึกษาสารออกฤทธิ์ทางอัลลีโลพาธิ์ของสารสกัดต่อไป ส่วนในสารสกัดไดคลอโรมีเทนนั้น อาจมีองค์ประกอบที่แตกต่างออกไป ซึ่งจากรายงานการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารสกัดไดคลอโรมีเทนจากใบของปิ่นนงไล่ด้วยวิธี GC-MS พบองค์ประกอบทางพฤกษเคมี 24 ชนิด โดยเป็นสารในกลุ่ม Polyacylenes และ Sesquiterpenes (Grombone-Guaratini *et al.*, 2005) จึงมีความเป็นไปได้ว่าสารสกัดไดคลอโรมีเทนในการศึกษาครั้งนี้อาจประกอบด้วยสารกลุ่มดังกล่าว ซึ่งมีรายงานว่าสารกลุ่ม Polyacylenes พบได้ในทุกส่วนของต้นปิ่นนงไล่โดยมี Phenylheptatriene (PHT) เป็นองค์ประกอบหลัก (Khanh *et al.*, 2009) และจะแสดงความเป็นพิษต่อเยื่อหุ้มเซลล์เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสง (Campbell *et al.*, 1982)

Table 2 Growth parameters of creeping sensitive plant (*M. diplotricha*) treated with various concentration of *B. pilosa* ethanolic and dichloromethane extracts

Treatment group	Concentration (mg mL ⁻¹)	Growth parameters			
		Germination (%)	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Seedling vigor index
Control	—	98.67 ± 2.31	3.13 ± 0.18	2.41 ± 0.27	545.94 ± 22.43
80% Ethanolic extract	5	96.00 ± 4.00	2.29 ± 0.04*	2.03 ± 0.22	414.69 ± 24.87*
	10	70.67 ± 4.62*	1.92 ± 0.22*	2.15 ± 0.27	288.20 ± 34.29*
	25	77.33 ± 10.07*	1.88 ± 0.13*	1.88 ± 0.23	288.47 ± 12.85*
	50	60.00 ± 0.00*	0.37 ± 0.20*	0.46 ± 0.31*	49.92 ± 30.76*
	Correlation coefficient (r)	-0.843	-0.947	-0.954	-0.938
Control (+tween80)	—	100.00 ± 0.00	2.99 ± 0.20	2.27 ± 0.31	526.93 ± 47.67
Dichloromethane extract	5	70.67 ± 4.62 [#]	0.82 ± 0.56 [#]	1.18 ± 1.09 [#]	137.77 ± 104.86 [#]
	10	73.33 ± 6.11 [#]	0.68 ± 0.4 [#]	1.15 ± 1.07 [#]	139.31 ± 117.98 [#]
	25	57.33 ± 6.11 [#]	0.26 ± 0.18 [#]	0.80 ± 0.62 [#]	61.15 ± 32.41 [#]
	50	60.00 ± 0.00 [#]	0.15 ± 0.06 [#]	0.37 ± 0.05 [#]	30.88 ± 3.46 [#]
	Correlation coefficient (r)	-0.720	-0.678	-0.842	-0.679

Remarks: Data were presented as a mean ± S.D.; * show significant difference from control and [#] show significant difference from control (+tween80) at $p < 0.05$ according to LSD test.

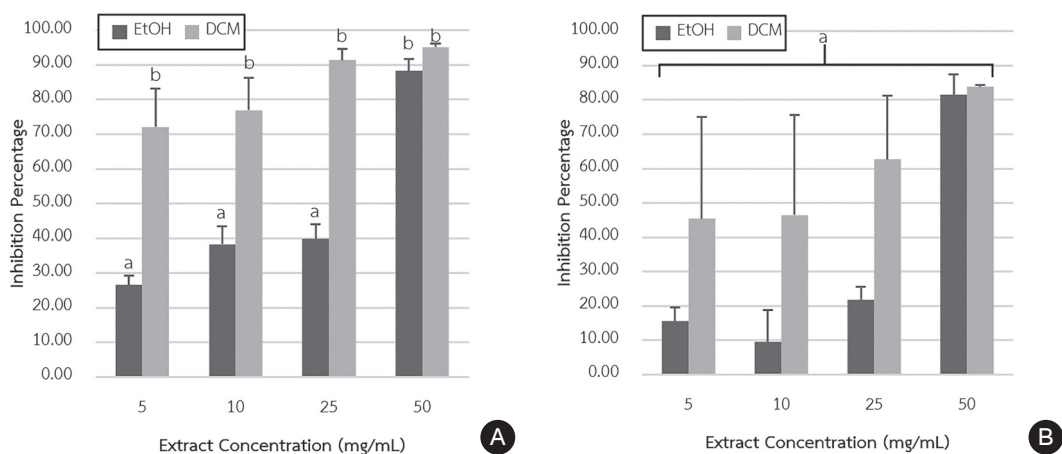


Figure 3 Inhibition percentage of various concentration of *B. pilosa* ethanolic (EtOH) and dichloromethane (DCM) extracts on (A) shoot growth and (B) root growth of creeping sensitive plant (*M. diplotricha*). Data were presented as a mean ± S.E.; means with different alphabet were significantly different at $p < 0.05$ according to Tukey HSD test

สรุปผลวิจัย

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากปิ่นนงไต้สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนข้าววัชพืช และไมยราบเลื้อยได้ โดยสารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จะยับยั้งการเจริญของลำต้นและรากข้าววัชพืชได้ดีที่สุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวลำต้นและราก เท่ากับ 66.39 เปอร์เซ็นต์ และ 85.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารสกัดไคคลอโรมีเทน 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จะยับยั้งการเจริญของลำต้นและรากไมยราบเลื้อยได้ดีที่สุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวลำต้นและราก เท่ากับ 95.14 เปอร์เซ็นต์ และ 83.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสารออกฤทธิ์ทางอัลลีโลพาธีในปิ่นนงไต้สามารถยับยั้งการเจริญของข้าววัชพืชและไมยราบเลื้อยจนจะเป็นสารคนละกลุ่ม

อย่างไรก็ตาม สารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ก็สามารถยับยั้งการเจริญของลำต้นและรากไมยราบเลื้อยได้ดีเช่นกัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวลำต้นและราก เท่ากับ 88.29 เปอร์เซ็นต์ และ 81.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้น สารกลุ่มที่ละลายออกมาได้ดีในเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถยับยั้งการงอกและการเจริญของของพืชทดสอบทั้งสองชนิดได้ในขณะที่ไคคลอโรมีเทนจะแสดงผลทางอัลลีโลพาธีต่อไมยราบเลื้อยมากกว่าข้าววัชพืชอย่างชัดเจน ผลการทดลองในครั้งนี้สามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนายุทธศาสตร์การสกัดสารออกฤทธิ์ทางอัลลีโลพาธีจากปิ่นนงไต้ เพื่อเป็นทางเลือกในการใช้ทดแทนสารเคมีกำจัดวัชพืชในอนาคต ซึ่งจะนำไปสู่การลดการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช ลดการปนเปื้อนของสารเคมีในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม และลดโอกาสที่วัชพืชเกิดการปรับตัวต้านทานต่อสารกำจัดวัชพืช

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้อำนวยความสะดวกด้านสถานที่ และอุปกรณ์ในการทำวิจัย และขอขอบคุณ ผศ.ดร.เจนจิรา หม่องอ้น สาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร ที่ได้อนุเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดข้าววัชพืชในการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

- ดวงพร สุวรรณกุล และรังสิต สุวรรณเขตนินคม. 2544. วัชพืชในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- รัตน อินทรานุปรณ์. 2550. การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- Beckie, H.J., and F.J. Tardif. 2012. Herbicide cross resistance in weeds. *Crop Protection* 35(1): 15-28.
- Campbell, G., J.D.H. Lambert, T. Arnason and G.H.N. Towers. 1982. Allelopathic properties of α -terthienyl and phenylheptatriene, naturally occurring compounds from species of asteraceae. *Journal of Chemical Ecology* 8(6): 961-972.
- Deba, F., T.D. Xuan, M. Yasuda and S. Tawata. 2007. Herbicidal and fungicidal activities and identification of potential phytotoxins from *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Scherff. *Weed Biology And Management* 7(2): 77-83.
- Einhellig, F.A. 1995. Mechanism of action of allelochemicals in allelopathy. pp. 96-116. In: Inderjit, K.M.M. Dakshini, and F.A. Einhellig (eds.) *Allelopathy, Organisms, Processes and Applications*. ACS Publications. Washington DC, USA.
- Grombone-Guaratini, M.T., K.L. Silva-Brandao, V.N. Solferini, J. Semir and J.R. Trigo. 2005. Sesquiterpene and polyacetylene profile of the *Bidens pilosa* complex (Asteraceae: Heliantheae) from Southeast of Brazil. *Biochemical Systematics and Ecology* 33(5): 479-486.
- Hong, N.H., T.D. Xuan, T. Eiji and T.D. Khanh. 2004. Paddy weed control by higher plants from Southeast Asia. *Crop Protection* 23(3): 255-261.

- Hsueh, M.-T., C. Fan and W.L. Chang. 2020. Allelopathic effects of *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch. Bip. on the tuber sprouting and seedling growth of *Cyperus rotundus* L. Plants 9(6): 742.
- Jabran, K., G. Mahajan, V. Sardana and B.S. Chauhan. 2015. Allelopathy for weed control in agricultural systems. Crop Protection 72(1): 57-65.
- Khanh, T., L. Cong, T. Xuan, Y. Uezato, F. Deba, T. Toyama and S. Tawata. 2009. Allelopathic plants: 20. Hairy beggarticks (*Bidens pilosa* L.). Allelopathy Journal 24(1): 243-259.
- Müller, J., and A. Heindl. 2006. Drying of medicinal plants. Frontis 17(1): 237-252.
- Oerke, E. 2005. Crop losses to pests. The Journal of Agricultural Science 144(1): 31-43.
- Poonpaiboonpipat, T., U. Pangnakorn, U. Suvunnamek, M. Teerarak, P. Charoenying and C. Laosinwattana. 2013. Phytotoxic effects of essential oil from *Cymbopogon citratus* and its physiological mechanisms on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). Industrial Crops and Products 41: 403-407.
- Poonpaiboonpipattana, T. 2015. Allelopathic effects of *Bidens pilosa* var. *radiata* and its preliminary utilization to control weeds in rice. International Journal of Agricultural Technology 11(8): 1875-1886.
- Westwood, J.H., R. Charudattan, S.O. Duke, S.A. Fennimore, P. Marrone, D.C. Slaughter, C. Swanton and R. Zollinger. 2018. Weed management in 2050: perspectives on the future of weed science. Weed Science 66(3): 275-285.