

การประเมินประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอก สำหรับการควบคุมวัชพืชในแปลงปทุมมาลานนาสโนว์

Evaluation of Pre-emergence Herbicides Efficiency for Weed Control in *Curcuma* Lanna Snow Fields

อภิรัฐ บัณฑิต^{1*} กนกวรรณ ปัญจะมา^{1,3} ชชาติชาย เขียวงามดี²
โสระยา ร่วมรังษี^{1,3} และ ภารดี ธรรมาภิชัย¹
Apirat Bundit^{1*}, Kanokwan Panjama^{1,3}, Chatchai Khiewngamdee²,
Soraya Ruamrungsri^{1,3} and Paradee Thammapichai¹

¹ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

¹Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

²คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

²Faculty of Economics, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

³ศูนย์บริการการพัฒนขยายพันธุ์ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ. หางดง จ. เชียงใหม่ 50230

³H.M. the King's Initiative Centre for Flower and Fruit Propagation, Hang Dong, Chiang Mai 50230, Thailand

*Corresponding author: Email: apirat.b@cmu.ac.th

(Received: 14 May 2021; Accepted: 14 October 2021)

Abstract: Weeds are a major problem for *Curcuma* hybrid cultivation at every growth stage, thereby increasing farmers' cost of labor. Using pre - emergence herbicides may help reduce the cost, but it could have an undesirable impact on plant growth. Therefore, the objective of this research is to assess the effects of pre - emergence herbicide application on *Curcuma* Lanna Snow germination and growth as well as weed control efficiency, including the incremental costs for using each herbicide. The results showed that application of atrazine at 270 g ai/rai, indaziflam at 10 g ai/rai, isoxaflutole + cyprosulfamide at 9.6+9.6 g ai/rai, oxyfluorfen at 47 g ai/rai, pendimethalin at 198 g ai/rai, and sulfentrazone at 115 g ai/rai did not differ significantly and resulted in 74.5 % average weed control efficacy 14 days after application, and did not adversely affect germination, plant height, leaf width, first - leaf unfolding time, and dry weight of *C. Lanna Snow* 21 days after application. However, marginal analysis revealed that using atrazine as a means for weed control is the most economically efficient. Information about germination, plant growth, weed control efficiency, and marginal efficiency of each chemical indicated that atrazine application was the optimum method for weed control in *C. Lanna Snow*.

Keywords: *Curcuma* Lanna Snow, pre-emergence herbicides, weed control

บทคัดย่อ: วัชพืชเป็นปัญหาสำคัญในทุกช่วงระยะการเจริญเติบโตของการปลูกปทุมมา ส่งผลให้เกษตรกรมีต้นทุนด้านแรงงานในการกำจัดวัชพืชที่ค่อนข้างสูง การใช้สารป้องกันกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกช่วยในการลดต้นทุนด้านแรงงานได้ อย่างไรก็ตามการใช้สารกำจัดวัชพืชอาจมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบหลังจากใช้สารป้องกันกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกที่มีต่อการงอกและการเจริญเติบโตของปทุมมาลานนาสโนว์ ตลอดจนการควบคุมวัชพืช รวมถึงวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มของกรรมวิธีการใช้สารแต่ละชนิด ผลการทดลองพบว่า การพ่นสาร atrazine อัตรา 270 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่, indaziflam อัตรา 10 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่, isoxaflutole + cyprosulfamide อัตรา 9.6 + 9.6 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่, oxyfluorfen อัตรา 47 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่, pendimethalin อัตรา 198 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และ sulfentrazone อัตรา 115 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สามารถควบคุมวัชพืชโดยรวม 14 วันหลังพ่นสาร ได้เฉลี่ยเท่ากับ 74.5 % และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยไม่ส่งผลเสียต่อการงอก ความสูง ความกว้างใบ การคลี่ใบแรก และน้ำหนักแห้งของปทุมมาลานนาสโนว์ 21 วันหลังพ่นสาร อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกรรมวิธีการใช้สารป้องกันกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอก พบว่า การพ่นสาร atrazine ให้ผลลัพธ์ที่มีความคุ้มค่ากับต้นทุนมากที่สุด จากข้อมูลพื้นฐานทางด้านการงอกและการเจริญเติบโตของพืช ความสามารถในการควบคุมวัชพืชของสาร และการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกรรมวิธี ซึ่งเห็นว่าควรเลือกใช้สาร atrazine ในการควบคุมวัชพืชก่อนงอกในแปลงปทุมมาลานนาสโนว์

คำสำคัญ: ปทุมมาลานนาสโนว์ สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอก การควบคุมวัชพืช

คำนำ

วัชพืชเป็นศัตรูพืชที่สำคัญในแปลงปลูกพืช โดยส่งผลทำให้ผลผลิตของพืชปลูกลดลงหากมีวิธีการป้องกันกำจัดวัชพืชที่ไม่เหมาะสม (Mahajan and Chauhan, 2021; Pannacci *et al.*, 2020) ซึ่ง Bharty and Kumar (2017) รายงานว่า การป้องกันกำจัดวัชพืชที่ไม่มีประสิทธิภาพส่งผลทำให้ผลผลิตของเหง้าขมิ้น (turmeric rhizome) ลดลง 70 - 80% นอกจากนี้ การแข่งขันของวัชพืชส่งผลทำให้ความยาวของเหง้าขมิ้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับกำจัดวัชพืชด้วยมืออย่างบ่อยครั้ง (Eshetu *et al.*, 2015) ดังนั้น ผลกระทบที่เกิดจากการรบกวนของวัชพืชส่งผลทำให้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตของพืชปลูกลดลงได้

ปทุมมา จัดอยู่ในสกุลขมิ้น (*Curcuma*) ของวงศ์ขิง (Zingiberaceae) เป็นไม้หัว ลำลูกอายุหลายปี มีลำต้นใต้ดินแบบเหง้า (Vichailak, 2005) ปทุมมาเป็นไม้ดอกเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยรองจากกล้วยไม้ โดยประเทศไทยส่งออกหัวพันธุ์ปทุมมาต่อปีประมาณ 2 - 3 ล้านหัว ไปยังประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และเนเธอร์แลนด์ (Kamenetsky and Okubo, 2013)

เกษตรกรนิยมปลูกปทุมมาภายใต้สภาพแปลงปลูก การจัดการแปลงปลูกปทุมมาอย่างเหมาะสมจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพของดอกและหัวพันธุ์ วัชพืชเป็นปัญหาที่สำคัญมากในช่วงแรกของการปลูกปทุมมา ทำให้เกษตรกรสิ้นเปลืองแรงงานในการป้องกันกำจัด โดยทั่วไป เกษตรกรผู้ปลูกปทุมมาไถพรวนดิน เพื่อเตรียมแปลงและกำจัดวัชพืชภายในแปลงปลูก หลังจากนั้นจึงมีการใช้วัสดุคลุมดิน หรือใช้แรงงานคนในการป้องกันกำจัดวัชพืชในแปลงปลูกปทุมมา (Vichailak, 2005) จนถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งวิธีการป้องกันกำจัดวัชพืชที่กล่าวมาข้างต้นนั้น เป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองแรงงานและวัสดุมาก การใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอก (pre-emergence herbicide) เป็นวิธีการป้องกันกำจัดวัชพืชที่มีประสิทธิภาพสูงและสามารถปฏิบัติงานได้รวดเร็ว อาจเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการป้องกันกำจัดวัชพืชในช่วงแรกของการปลูกปทุมมา (Bundit, 2019) มีรายงานว่าการใช้สาร atrazine, metribuzin, oxadiargyl และ pendimethalin เป็นสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกที่สามารถใช้ควบคุมวัชพืชได้ในขมิ้น (Bharty and Kumar, 2017) อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบรายงานการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกภายใต้สภาพแปลงปลูกปทุมมา

ในประเทศไทย ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงทำเพื่อประเมินผลกระทบหลังจากใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกที่มีต่อการงอกและการเติบโตของปทุมมาภายใต้สภาพแปลงปลูก และประเมินความสามารถในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชเพื่อเป็นทางเลือกการใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกสำหรับการป้องกันกำจัดวัชพืชในปทุมมาต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การประเมินผลกระทบต่อปทุมมาและความสามารถในการควบคุมวัชพืชหลังจากใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกภายใต้สภาพแปลงปลูก ดำเนินการการศึกษาวิจัย ณ แปลงทดลองของศูนย์บริการการพัฒนารายพันธุ์ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่อันเนื่องมาจากพระราชดำริอำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนกรกฎาคม - กันยายน พ.ศ. 2562 เตรียมหัวพันธุ์ปทุมมาพันธุ์ลานาสโนว์ (Lanna Snow) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 - 2.5 เซนติเมตร จำนวน 432 หัว ปลูกลงแปลงขนาด 1.2 x 1.5 เมตร ใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 30 x 30 เซนติเมตร จำนวน 12 ต้นต่อแปลงย่อย ควบคุมแปลงด้วยเกลือขาวปริมาณ 2 กิโลกรัมต่อแปลงย่อย และให้น้ำแบบฉีดฝอยสัปดาห์ละ 3 ครั้ง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 9 กรรมวิธี ดัง Table 1 โดยทำการพ่นสารด้วยถังพ่นสารแบบสะพายหลัง (knapsack) ที่มีหัวฉีดรูปพัดรีมเสมอ (flat fan) กำหนดปริมาณน้ำยาต่อพื้นที่ (spray volume) เท่ากับ 80 ลิตรต่อไร่ บันทึกข้อมูลการงอกและการเจริญเติบโตของปทุมมา และการควบคุมวัชพืชของแต่ละกรรมวิธี ดังต่อไปนี้

1) เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวพันธุ์และการเติบโตของปทุมมา

- เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวพันธุ์ ด้วยการนับจำนวนต้นปทุมมาที่โผล่พื้นผิวดิน แล้วจึงนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์การงอกด้วยสมการ (จำนวนหัวที่งอก / จำนวนหัวที่ปลูก) x 100 ที่ 21 วันหลังพ่นสาร

- ความสูงของต้น ด้วยการวัดจากโคนต้นถึงปลายใบที่สูงที่สุดเมื่อรวบใบที่ 21 วันหลังพ่นสาร มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

- ความกว้างใบ ด้วยการวัดจากส่วนที่กว้างที่สุดของแผ่นใบที่ 21 วันหลังพ่นสาร มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

- การคลี่ใบแรก ด้วยการนับจำนวนวันตั้งแต่เริ่มพ่นสารจนกระทั่งปทุมมาใบแรกคลี่ออก มีหน่วยเป็นวัน

Table 1. Herbicide rates and experimental methods used in the *Curcuma* Lanna Snow fields

No.	Treatment	Rate (g ai ³ /rai)
1	Hand weeding (at 1 and 2 WAP ¹)	-
2	Weedy check	-
3	Atrazine 90 % WG	270
4	Diclosulam 84 % WG	12.6
5	Indaziflam 50 % W/V SC	10
6	Isoxaflutole + Cyprosulfamide 24 % + 24% W/V SC ²	9.6 + 9.6
7	Oxyfluorfen 23.5 % W/V EC	47
8	Pendimethalin 33 % W/V EC	198
9	Sulfentrazone 48 % W/V SC	115

¹WAP = week after planting

²Pre - mixed herbicide

³ai = active ingredient

- น้ำหนักแห้งของปทุมมา ด้วยการชั่งน้ำหนัก โดยนำส่วนเหนือดินของต้นปทุมมาที่มีอายุ 21 วัน หลังพ่นสาร ไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 2 สัปดาห์ มี หน่วยเป็นกรัมต่อต้น

2) ความสามารถในการควบคุมวัชพืช

ประเมินจากการควบคุมวัชพืชโดยรวม (total weed; TW) และการควบคุมวัชพืชแต่ละชนิด ประกอบ ด้วย วัชพืชใบกว้าง (broadleaf weed; BL) วัชพืชใบ แคบ (narrow leaf weed; NL) และกก (sedge; SG) โดยการประเมินด้วยสายตา (visual rating) ประยุกต์ตาม วิธีการของ Vanhala *et al.* (2004) มีระดับการประเมินที่ 0 ถึง 100 % ได้แก่ ที่ระดับ 0 % คือไม่สามารถควบคุมวัชพืช ได้, ที่ระดับ 50 % คือควบคุมวัชพืชได้ปานกลาง และที่ ระดับ 100 % คือควบคุมวัชพืชได้ทั้งหมด เปรียบเทียบกับการกำจัดวัชพืชด้วยมือ (hand weeding) และการปล่อย วัชพืชขึ้นรบกวน (weedy check) เก็บบันทึกข้อมูลที่ 7 และ 14 วันหลังการพ่นสาร มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

3) การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลเปอร์เซ็นต์การงอกของหัวพันธุ์และการเจริญเติบโตของปทุมมา และการควบคุมวัชพืช ของแต่ละกรรมวิธี ไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Fisher's protected least significant difference test (LSD test)

4) การวิเคราะห์สัดส่วนการงอกและการควบคุม วัชพืชส่วนเพิ่มต่อต้นทุนส่วนเพิ่มของกรรมวิธี การใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอก

เพื่อทำการระบุว่ากรรมวิธีใดให้ผลลัพธ์ หรือประโยชน์ที่สุดต่อต้นทุนที่เสียไป งานวิจัยนี้ได้ นำเสนอการวิเคราะห์สัดส่วนการงอกและการควบคุม วัชพืชส่วนเพิ่มต่อต้นทุนส่วนเพิ่ม โดยใช้หลักการวิเคราะห์ ส่วนเพิ่ม (marginal analysis) ซึ่งการเปรียบเทียบร้อยละ การเปลี่ยนแปลงของการงอกต่อร้อยละการเปลี่ยนแปลง ของต้นทุน และร้อยละการเปลี่ยนแปลงของการควบคุม วัชพืชต่อร้อยละการเปลี่ยนแปลงของต้นทุน ของแต่ละ กรรมวิธี โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

- การคำนวณต้นทุนรวม ประกอบด้วย ค่าสาร กำจัดวัชพืชแบบก่อนงอก ค่าแรงงาน และค่าดำเนินการ ปลุกและดูแลรักษา ร้อยละการงอกของปทุมมา และ ร้อยละการควบคุมวัชพืช

- กำหนดให้กรรมวิธีการปล่อยวัชพืชขึ้นรบกวน เป็นฐาน (based-line) คำนวณร้อยละต้นทุนรวมส่วนเพิ่ม ร้อยละการงอกส่วนเพิ่ม และร้อยละการควบคุมวัชพืชส่วน เพิ่ม ของแต่ละกรรมวิธีเมื่อเทียบกับกรรมวิธีการปล่อย วัชพืชขึ้นรบกวน ซึ่งการคำนวณมีดังต่อไปนี้

ร้อยละต้นทุนรวมส่วนเพิ่ม คำนวณจากสูตร

$$MC_i = \frac{TC_i - TC_w}{TC_w} \times 100$$

โดย MC_i คือ ร้อยละต้นทุนรวมส่วนเพิ่มของ กรรมวิธี i , TC_i คือ ต้นทุนรวมของกรรมวิธี i และ TC_w คือ ต้นทุนรวมของกรรมวิธีการปล่อยวัชพืชขึ้นรบกวน

ร้อยละการงอกส่วนเพิ่ม และร้อยละการควบคุม วัชพืชส่วนเพิ่ม คำนวณจากสูตร

$$MG_i = G_i - G_w \text{ และ}$$

$$MW_i = W_i - W_w$$

โดย MG_i คือ ร้อยละการงอกส่วนเพิ่ม ของกรรมวิธี i , MW_i คือ ร้อยละการควบคุมวัชพืช ส่วนเพิ่มของกรรมวิธี i , G_i และ W_i คือ ร้อยละ การงอก และร้อยละการควบคุมวัชพืชของกรรมวิธี i ตามลำดับ ซึ่ง G_w และ W_w คือ ร้อยละการงอก และ ร้อยละการควบคุมวัชพืชของกรรมวิธีการปล่อยวัชพืช ขึ้นรบกวน ตามลำดับ

หลังจากนั้น คำนวณและเปรียบเทียบ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของการงอกต่อร้อยละการ เปลี่ยนแปลงของต้นทุน และร้อยละการเปลี่ยนแปลง ของการควบคุมวัชพืชต่อร้อยละการเปลี่ยนแปลง ของต้นทุน โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าทั้งสองค่า ซึ่งทำการกำหนดกรรมวิธีการปล่อยวัชพืชขึ้นรบกวน เป็นฐานในการเปรียบเทียบ โดยค่าตัวเลขมากจะ แสดงถึงผลลัพธ์หรือความคุ้มค่าต่อต้นทุนที่สูงกว่า ของกรรมวิธีการใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกใน การปลูกปทุมมา (Hutchinson, 2017)

ผลการทดลอง

ผลของสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกที่มีต่อการงอกและการเจริญเติบโตของปทุมมา

การศึกษาเปอร์เซ็นต์การงอกของหัวพันธุ์และการเติบโตของปทุมมาที่ 21 วันหลังการพ่นสารพบว่า เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวพันธุ์ ความสูง ความกว้างใบ การคลี่ใบแรก และน้ำหนักแห้งของปทุมมามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวพันธุ์ พบว่าทุกกรรมวิธีส่งผลทำให้ปทุมมามีการงอกไม่แตกต่างจากการกำจัดวัชพืชด้วยมือ อยู่ในช่วง 25.7 - 32.0 % และมีความสูงไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 31.3 - 32.9 เซนติเมตร ตามลำดับ ยกเว้นหลังการพ่นสาร diclosulam ส่งผลให้หัวปทุมมาไม่งอก ส่วนความกว้างใบของปทุมมา พบว่า การพ่นสารกำจัดวัชพืชทุกชนิด

ยกเว้นสาร diclosulam, oxyfluorfen, pendimethalin และ sulfentrazone ส่งผลให้ต้นปทุมมามีความกว้างใบ 5.4 - 5.5 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างจากการกำจัดวัชพืชด้วยมือ (Table 2)

การคลี่ใบแรกของปทุมมา พบว่า การพ่นสารกำจัดวัชพืชทุกชนิดส่งผลทำให้เกิดการคลี่ใบแรกของปทุมมาช่วง 24.3 - 27.3 วันหลังการพ่นสาร การพ่นสาร atrazine ส่งผลทำให้เกิดการคลี่ใบแรกของปทุมมาที่จำนวนวันน้อยที่สุดคือ 22.0 วันหลังการพ่นสาร ในขณะที่จำนวนวันในการคลี่ของใบสำหรับกรรมวิธีอื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน น้ำหนักแห้งของปทุมมา พบว่า การพ่นสารกำจัดวัชพืชทุกชนิดส่งผลทำให้ปทุมมามีน้ำหนักแห้งของลำต้นเหนือดินไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.29 - 0.38 กรัมต่อต้น ยกเว้นหลังการพ่นสาร diclosulam ไม่พบส่วนเหนือดินของต้นปทุมมา (Table 2)

Table 2. Effects of pre - emergence herbicides on mean germination rate and growth of *Curcuma Lanna* Snow at 21 days after application

Treatment	Germination (%)	Plant height (cm)	Leaf width (cm)	First leaf unfold (day)	Dry weight (g)
Hand weeding	27.1 a ²	31.9 a	5.1 b	27.2 a	0.23 a
Weedy check	26.4 a	32.9 a	5.3 ab	25.0 ab	0.33 a
AZ ¹	31.9 a	31.3 a	5.5 ab	22.0 b	0.35 a
DL	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 c	0.00 b
IF	26.4 a	31.8 a	5.5 ab	25.8 ab	0.29 a
IT + CM	28.5 a	31.4 a	5.4 ab	25.8 ab	0.36 a
OF	32.0 a	31.5 a	5.6 a	27.3 a	0.36 a
PL	31.9 a	32.3 a	5.7 a	24.3 ab	0.30 a
SZ	25.7 a	32.4 a	5.6 a	25.8 ab	0.38 a
LSD	8.40	2.41	0.51	5.06	0.15
F - test	*	*	*	*	*
CV (%)	22.67	5.86	7.21	15.46	36.66

¹ AZ = atrazine, DL = diclosulam, IF = indaziflam, IT + CM = isoxaflutole + cyprosulfamide, OF = oxyfluorfen, PL = pendimethalin, SZ = sulfentrazone

² Means within the same column followed by different letters are significantly difference between treatments by LSD test (* $P < 0.05$)

ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกในการควบคุมวัชพืช

การประเมินประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชโดยรวม (TW) พบว่า การควบคุมวัชพืชโดยรวมหลังการพ่นสารแต่ละชนิดที่ 7 วัน มีระดับการประเมินอยู่ในช่วง 82.5 - 90.0 % มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) กับหลังการพ่นสารที่ 14 วัน ซึ่งมีระดับการประเมินอยู่ในช่วง 63.8 - 77.5 % ยกเว้นการพ่นสาร diclosulam ไม่มีความแตกต่างหลังการพ่นสารที่ 7 และ 14 วัน เมื่อประเมินประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชใบกว้าง (BL) พบว่า หลังการพ่นสารแต่ละชนิดที่ 7 วัน มีระดับการประเมินอยู่ในช่วง 95.5 - 100.0 % ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับหลังการพ่นสารที่ 14 วัน มีระดับการประเมินอยู่ในช่วง 97.0 - 99.8 % ยกเว้น การพ่นสาร oxyfluorfen, pendimethalin และ sulfentrazone มีการควบคุมวัชพืชใบกว้างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 14 วันหลังการพ่นสาร ส่วนการประเมินประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชใบแคบ (NL) พบว่า หลังการพ่นสารแต่ละชนิดที่ 7 วัน มีระดับการประเมินอยู่ในช่วง 98.8 - 100.0 % ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับหลังการพ่นสารที่ 14 วัน มีระดับการประเมินอยู่ในช่วง 99.3 - 100.0 % ยกเว้น การพ่นสาร sulfentrazone มีการควบคุมวัชพืชใบแคบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 14 วันหลังการพ่นสาร และการประเมินประสิทธิภาพการควบคุมกก (SG) พบว่า หลังการพ่นสารแต่ละชนิดที่ 7 วัน มีระดับการประเมินอยู่ในช่วง 85.0 - 96.5 % ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับหลังการพ่นสารที่ 14 วัน มีระดับการประเมินอยู่ในช่วง 81.3 - 98.0 % ยกเว้น การพ่นสาร atrazine, indaziflam และ isoxaflutole + cyprosulfamide มีการควบคุมกกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 14 วันหลังการพ่นสาร (Table 3)

พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างระยะเวลาหลังการพ่นและการพ่นสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกแต่ละชนิดต่อประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) การพ่นสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกทุกชนิดมีการควบคุมวัชพืชโดยรวมลดลงที่ 14 วันหลังการพ่นสาร ที่ระดับการประเมินอยู่ในช่วง

63.8 - 77.5 % เมื่อเปรียบเทียบกับที่ 7 วันหลังการพ่นสาร มีระดับการประเมินอยู่ในช่วง 82.5 - 90.0 % ยกเว้นการพ่นสาร diclosulam ที่ไม่พบความแตกต่างหลังการพ่นในวันที่ 7 และ 14 เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชใบกว้าง พบว่า การพ่นสาร oxyfluorfen, pendimethalin และ sulfentrazone มีการควบคุมวัชพืชใบกว้างลดลงที่ 14 วันหลังการพ่นสาร ที่ระดับการประเมินอยู่ในช่วง 82.0 - 87.5 % เมื่อเปรียบเทียบกับที่ 7 วันหลังการพ่นสาร มีระดับการประเมินอยู่ในช่วง 95.5 - 100.0 % ในวัชพืชใบแคบ พบว่า การพ่นสาร sulfentrazone มีการควบคุมวัชพืชใบแคบลดลงที่ 14 วันหลังการพ่นสาร มีระดับการประเมิน 95.5 % เมื่อเปรียบเทียบกับที่ 7 วันหลังการพ่นสาร มีระดับการประเมิน 100.0 % และในต้นกก พบว่า การพ่นสาร atrazine, indaziflam และ isoxaflutole + cyprosulfamide มีการควบคุมต้นกกลดลงที่ 14 วันหลังการพ่นสาร ที่ระดับการประเมินอยู่ในช่วง 73.3 - 81.0 % เมื่อเปรียบเทียบกับที่ 7 วันหลังการพ่นสาร ซึ่งมีระดับการประเมินอยู่ในช่วง 86.3 - 90.3 %

การวิเคราะห์สัดส่วนการงอกและการควบคุมวัชพืชส่วนเพิ่มต่อต้นทุนส่วนเพิ่มของกรรมวิธีการใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอก

การวิเคราะห์สัดส่วนการงอกและการควบคุมวัชพืชส่วนเพิ่มต่อต้นทุนส่วนเพิ่มของสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกด้วยการวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม ผลการศึกษาพบว่า การพ่นสาร atrazine ให้ผลลัพธ์ที่มีความคุ้มค่ากับต้นทุนมากที่สุด ทั้งในแง่ของร้อยละการงอก และร้อยละการควบคุมวัชพืชโดยรวม โดยมีสัดส่วนการงอกและการควบคุมวัชพืชส่วนเพิ่มต่อต้นทุนส่วนเพิ่มคิดเป็น 1.44 กล่าวคือ ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 สามารถเพิ่มอัตราการงอกและอัตราการควบคุมวัชพืชได้เฉลี่ยถึงร้อยละ 1.44 แบ่งเป็นการเพิ่มอัตราการงอกร้อยละ 0.65 และการเพิ่มอัตราการควบคุมวัชพืชร้อยละ 2.24 เมื่อเทียบกับกรรมวิธีการปล่อยวัชพืชขึ้นรกวน (based-case) ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาคือ การพ่นสาร pendimethalin มีอัตราการงอกและอัตราการควบคุมวัชพืชเพิ่มขึ้น

Table 3. Effects of time and experimental methods on weed control efficiency after pre-emergence herbicide application in *Curcuma* Lanna Snow fields

Time	Treatment	Weed control (%)			
		TW ³	BL	NL	SG
7 DAA ¹	Hand weeding	100.0 a ⁴	100.0 a	100.0 a	100.0 a
	Weedy check	70.0 gh	92.8 ab	99.3 a	78.0 efg
	AZ ²	82.5 de	97.5 a	98.8 a	86.3 cd
	DL	96.3 ab	99.8 a	100.0 a	96.5 ab
	IF	86.3 cd	100.0 a	100.0 a	86.3 cd
	IT + CM	90.0 bc	99.8 a	100.0 a	90.3 bc
	OF	88.0 cd	100.0 a	100.0 a	88.0 cd
	PL	82.5 de	97.5 a	100.0 a	85.0 cde
	SZ	85.0 cd	95.5 a	100.0 a	89.5 bc
14 DAA	Hand weeding	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
	Weedy check	45.0 i	76.3 d	92.5 b	76.3 fg
	AZ	70.0 gh	97.5 a	99.3 a	73.3 g
	DL	97.8 a	99.8 a	100.0 a	98.0 a
	IF	73.8 fg	99.5 a	100.0 a	74.3 fg
	IT + CM	77.5 ef	97.0 a	99.5 a	81.0 def
	OF	73.8 fg	87.5 bc	100.0 a	86.3 cd
	PL	68.8 gh	87.5 bc	100.0 a	81.3 def
	SZ	63.8 h	82.0 cd	95.5 b	86.3 cd
F - test (Time X Treatment)		**	**	**	**
LSD ($P < 0.05$)		7.39	7.49	3.15	7.01
CV (%)		4.16	3.89	1.60	3.81

¹DAA = days after application

²AZ = atrazine, DL = diclosulam, IF = indaziflam, IT + CM = isoxaflutole + cyprosulfamide, OF = oxyfluorfen, PL = pendimethalin, SZ = sulfentrazone

³TW = total weed, BL = broadleaf weed, NL = narrowleaf weed, SG = sedges

⁴Means within the same column followed by different letters are significantly difference between treatments by LSD test at $P < 0.01$

ร้อยละ 0.46 และ 1.51 ต่อต้นทุนที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ตามลำดับ โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.98 จะเห็นว่าการพ่นสาร atrazine ให้อัตราการงอกและควบคุมวัชพืชสูงกว่าการพ่นสาร pendimethalin ถึงร้อยละ 32 นอกจากนี้ การพ่นสาร diclosulam ให้อัตราการควบคุมวัชพืชส่วนเพิ่มสูงที่สุดถึงร้อยละ 2.82 อย่างไรก็ดี สารดังกล่าวมีผลยับยั้งการงอกของหัวปทุมมา ทำให้อัตราการงอกส่วนเพิ่มต่ำกว่ากรรมวิธีการปล่อยวัชพืชขึ้นรบกวน ถึงร้อยละ 1.89 ในส่วนของกรรมวิธีการกำจัดวัชพืชโดยการถอน ถึงแม้มีอัตราการควบคุมวัชพืชสูงที่สุด แต่ในแง่ของความคุ้มค่าต่อต้นทุนแล้วอยู่ในระดับต่ำที่สุด เนื่องจากมีต้นทุนที่สูง (Table 4)

วิจารณ์

ผลกระทบหลังจากพ่นสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกแต่ละชนิดที่ 21 วัน พบว่า สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกส่วนใหญ่ไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของหัวพันธุ์ ความสูง ความกว้างใบ การคลี่

ใบแรก และน้ำหนักแห้งของปทุมมา โดยมีเปอร์เซ็นต์การงอกของหัวพันธุ์ ความสูง และน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่การพ่นสาร oxyfluorfen, pendimethalin และ sulfentrazone ส่งผลให้มีค่าเฉลี่ยความกว้างใบมากกว่าการกำจัดวัชพืชด้วยมืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ การพ่นสาร atrazine ส่งผลทำให้ปทุมมาคลี่ใบแรกได้เร็วที่สุดที่ 22 วันหลังปลูก อาจมีความเป็นไปได้ว่า สาร atrazine, pendimethalin และ oxyfluorfen สามารถนำมาใช้ควบคุมวัชพืชในแปลงปลูกพืชที่มีลักษณะคล้ายมันได้ (Bharty and Kumar, 2017) ซึ่งปทุมมาเป็นพืชที่ปลูกขยายพันธุ์ด้วยส่วนลำต้นใต้ดินเช่นเดียวกับมัน จึงสามารถใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกดังกล่าวด้วยอัตราการใช้สารที่ใกล้เคียงกันได้ โดยไม่ส่งผลเสียหายต่อการงอกและการเจริญเติบโตของปทุมมา ยกเว้นการพ่นสาร diclosulam อัตรา 12.6 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ส่งผลยับยั้งต่อการงอกของปทุมมาอย่างสมบูรณ์ กล่าวคือ หัวปทุมมาไม่สามารถงอกและเจริญเติบโตได้หลังมีการพ่นสาร ซึ่งสาร diclosulam จัดอยู่ในกลุ่มสาร triazolopyrimidine มีกลไกการยับยั้ง

Table 4. Marginal analysis for pre - emergence herbicides application in *Curcuma* Lanna Snow fields

Treatments	MC ²	MG ³	MW ⁴	MG to MC ratio	MW to MC ratio	Average
Hand weeding	80.0	0.7	42.5	0.01	0.53	0.27
Weedy check	0.0	0.0	0.0	-	-	-
AZ ¹	8.4	5.5	18.8	0.65	2.24	1.44
DL	14.0	-26.4	39.5	-1.89	2.82	0.47
IF	14.7	0.0	22.5	0.00	1.53	0.77
IT + CM	15.2	2.1	26.3	0.14	1.73	0.93
OF	22.0	5.6	23.4	0.25	1.06	0.66
PL	12.0	5.5	18.1	0.46	1.51	0.98
SZ	24.0	-0.7	16.9	-0.03	0.70	0.34

¹ AZ = atrazine, DL = diclosulam, IF = indaziflam, IT + CM = isoxaflutole + cyprosulfamide, OF = oxyfluorfen, PL = pendimethalin, SZ = sulfentrazone

² MC = percentage change of cost

³ MG = percentage change of germination

⁴ MW = percentage change of weed control

การสังเคราะห์เอนไซม์ acetolactate synthase (ALS) ซึ่งเป็นเอนไซม์หลักที่มีบทบาทในการสังเคราะห์กรดอะมิโนในพืช (Matte *et al.*, 2019) โดยการพ่นสาร diclosulam ที่อัตรา 12.6 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ อาจจะเป็นอัตราการใช้สารที่สูงเกินไปจึงส่งผลกระทบต่อการทำงานของเอนไซม์ที่สำคัญในปทุมมา ทำให้ไม่สามารถงอกและเจริญเติบโตได้ตามปกติหลังได้รับสารในช่วงเวลาดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ควรมีการประเมินผลกระทบหลังจากพ่นสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกที่มีต่อผลผลิตของปทุมมา รวมถึงอัตราการใช้สารที่เหมาะสมต่อการปลูกปทุมมาต่อไป

สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกทุกชนิดมีแนวโน้มในการควบคุมวัชพืชโดยรวม วัชพืชใบกว้าง วัชพืชใบแคบ และกก ลดลง โดยหลังการพ่นสารที่ 7 วัน มีการควบคุมวัชพืชมากกว่าหลังการพ่นสารที่ 14 วัน เนื่องจาก การพ่นสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกภายใต้สภาพแปลงปลูกพืชในช่วงฤดูฝนอาจเกิดการชะล้างโดยน้ำฝน ส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกบริเวณเหนือผิวและใต้ผิวของดิน จึงส่งผลต่อความสามารถในการควบคุมวัชพืช ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Khalil *et al.* (2019) รายงานว่า ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาภายใน 14 วันหลังการพ่นสาร สามารถชะล้างสาร pyroxasulfone ภายในดินได้ ส่งผลทำให้ปริมาณของสาร pyroxasulfone ในดินลดลง อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติของดินที่มีความแตกต่างกันอาจส่งผลกระทบต่อคงอยู่ของสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกแต่ละชนิดได้แตกต่างกันอีกด้วย โดยพบว่า การควบคุมวัชพืชโดยการใช้สาร alachlor และ linuron จะมีความเหมาะสมกับลักษณะดินแบบ peat soil (Rahman *et al.*, 1976) ส่วนการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชแต่ละชนิด พบว่า สารกำจัดวัชพืชทุกชนิดมีการควบคุมวัชพืชโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นการพ่นสาร diclosulam อัตรา 12.6 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีการควบคุมวัชพืชโดยรวมได้มากที่สุดซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการกำจัดวัชพืชด้วยมือ อาจเป็นเพราะ การพ่นสาร diclosulam ที่อัตรา 12.6 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีปริมาณสารออกฤทธิ์ต่อพื้นที่สูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับคำแนะนำการใช้

สาร diclosulam ในการควบคุมวัชพืชในแปลงถั่วเหลือง ซึ่งใช้อัตราเพียง 3.5 และ 4.2 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ (Singh *et al.*, 2009) การใช้ปริมาณสารออกฤทธิ์ต่อพื้นที่ปริมาณที่สูงดังกล่าว จึงส่งผลทำให้สารออกฤทธิ์คงอยู่ในดินได้ยาวนาน ทำให้มีการควบคุมวัชพืชในพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมวัชพืชแต่ละชนิด พบว่าการพ่นสาร atrazine อัตรา 270 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่, diclosulam อัตรา 12.6 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่, indaziflam อัตรา 10 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และ isoxaflutole + cyprosulfamide อัตรา 9.6 + 9.6 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีการควบคุมวัชพืชใบกว้างไม่แตกต่างทางสถิติกับการกำจัดวัชพืชด้วยมือ ส่วนการพ่นสาร atrazine อัตรา 270 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่, diclosulam อัตรา 12.6 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่, indaziflam อัตรา 10 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่, isoxaflutole + cyprosulfamide อัตรา 9.6 + 9.6 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่, oxyfluorfen อัตรา 47 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และ pendimethalin อัตรา 198 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีการควบคุมวัชพืชใบแคบไม่แตกต่างทางสถิติกับการกำจัดวัชพืชด้วยมือ และการพ่นสาร diclosulam อัตรา 12.6 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีการควบคุมต้นกกไม่แตกต่างทางสถิติกับการกำจัดวัชพืชด้วยมือ เนื่องจากสารแต่ละชนิดอาจจะมีความสามารถในการควบคุมวัชพืชแต่ละชนิดได้แตกต่างกัน กล่าวคือ สารบางชนิดมีความสามารถในการควบคุมวัชพืชแต่ละกลุ่มได้โดดเด่นแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินชนิดของสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกเพื่อควบคุมวัชพืชในมันสำปะหลัง โดยพบว่า การใช้สารแต่ละกรรมวิธีด้วยอัตราที่แตกต่างกันส่งผลต่อการควบคุมวัชพืชในกลุ่มที่เป็นวัชพืชใบกว้างและวัชพืชใบแคบได้แตกต่างกัน อีกทั้งการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกขึ้นอยู่กับแหล่งของพื้นที่เพาะปลูกพืชด้วยเช่นกัน (Ekeleme *et al.*, 2020) ดังนั้น ความสามารถในการควบคุมวัชพืชของสารแต่ละชนิดจึงมีความแตกต่างกันได้

จากการประเมินความสามารถในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกแต่ละชนิด

แสดงให้เห็นว่า การพ่นสาร atrazine, indaziflam, isoxaflutole + cyprosulfamide, oxyfluorfen, pendimethalin และ sulfentrazone มีการควบคุมวัชพืชโดยรวมได้ดีใกล้เคียงกันซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีการกำจัดวัชพืชด้วยมือและการปล่อยให้วัชพืชขึ้นรบกวน อย่างไรก็ตาม การพ่นสาร diclosulam อัตรา 12.6 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีการควบคุมวัชพืชโดยรวมได้ดีที่สุด แต่ส่งผลยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของปทุมมา แสดงให้เห็นว่า การพ่นสาร diclosulam ที่อัตราดังกล่าวจึงไม่เหมาะสมกับการควบคุมวัชพืชในแปลงปลูกปทุมมา อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หลังการพ่นสาร แสดงให้เห็นว่า การพ่นสาร atrazine อัตรา 270 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ให้ผลลัพธ์ที่มีความคุ้มค่ากับต้นทุนมากที่สุด ซึ่งข้อมูลพื้นฐานทางด้านการงอกและการเจริญเติบโตของพืช ความสามารถในการควบคุมวัชพืชของสาร และการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกรรมวิธีหลังการพ่นสาร สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดในการตัดสินใจถึงการเลือกวิธีการป้องกันกำจัดวัชพืชได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการประเมินผลที่เกิดจากการใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกที่มีต่อการเจริญเติบโตของปทุมมาในช่วงแรก จึงควรมีการประเมินผลกระทบที่มีต่อผลผลิตดอกและหัวของปทุมมาในอนาคต แต่อย่างไรก็ตาม ปทุมมาที่มีการเจริญเติบโตปกติที่ 21 วัน หลังวันพ่นสาร เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการกำจัดวัชพืชด้วยมือ ยกเว้นการพ่นสาร diclosulam อัตรา 12.6 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ส่งผลให้ปทุมมาที่มีการเจริญเติบโตผิดปกติ จึงเป็นไปได้ว่า การใช้ชนิดและอัตราของสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกที่มีความเหมาะสมจะไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตดอกและหัวของปทุมมาในอนาคต

สรุป

การพ่นสาร atrazine ที่อัตรา 270 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ เพื่อควบคุมวัชพืชหลังการปลูกปทุมมา มีความเหมาะสมมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ

การพ่นสารชนิดอื่น ๆ ทั้งในด้านผลกระทบต่อพืชปลูก ความสามารถในการควบคุมวัชพืช และคุ้มค่ากับต้นทุนในการพ่นสาร อย่างไรก็ตาม การพ่นสาร diclosulam ที่อัตรา 12.6 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีผลยับยั้งการงอกและการเติบโตของปทุมมาอย่างสมบูรณ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์บริการการพัฒนาขยายพันธุ์ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่, ทีมงานวิจัยทางด้านวิทยาการวัชพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และคุณองอาจ ศรีสงคราม บริษัท บาก้า จำกัด ที่สนับสนุนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Bharty, S. and P. Kumar. 2017. Effect of integrated weed management in turmeric (*Curcuma longa* L.) - A review. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 6(Suppl. 1): 707-716.
- Bundit, A. 2019. Evaluation of preemergence herbicide efficacy for weed control in sugarcane field. Journal of Agriculture 35(3): 413-423. (in Thai)
- Ekeleme, F., A. Dixon, G. Atser, S. Hauser, D. Chikoye, P.M. Olorunmaiye, A. Olojede, S. Korie and S. Weller. 2020. Screening preemergence herbicides for weed control in cassava. Weed Technology 34(5): 735-747.
- Eshetu, T., M. Adissu and F. Asfaw. 2015. Effect of weed management methods on the growth and yield of turmeric in Metu, Illubabor, Ethiopia. International Journal of African and Asian Studies 11: 115-119.

- Hossain, M.A. 2005. Agronomic practises for weed control in turmeric (*Curcuma longa* L.). Weed Biology and Management 5: 166-175.
- Hutchinson, E. 2017. Principles of Microeconomics. 1st ed. University of Victoria (Uvic), Canada. 549 p.
- Kamenetsky, R. and H. Okubo. 2013. Ornamental Geophytes: From Basic Science to Sustainable Production. CRC Press, New York. 598 p.
- Khalil, Y., K. Flower, K.H.M. Siddique and P. Ward. 2019. Rainfall affects leaching of pre-emergent herbicide from wheat residue into the soil. PLoS ONE 14(2): e0210219, doi: 10.1371/journal.pone.0210219.
- Matte, W.D., S.D. Cavalieri, C.S. Pereira, F.S. Ikeda and W.B. Costa. 2019. Residual activity of diclosulam applied to soybean on cotton crop in succession. Planta Daninha 37: e019181370, doi: 10.1590/s0100-83582019370100016.
- Mahajan, G. and B.S. Chauhan. 2021. Interference of wild oat (*Avena fatua*) and sterile oat (*Avena sterilis* ssp. *ludoviciana*) in wheat. Weed Science 69(4): 485-491.
- Pannacci, E., M. Farneselli, M. Guiducci and F. Tei. 2020. Mechanical weed control in onion seed production. Crop Protection 135: 105221, doi: 10.1016/j.cropro.2020.105221.
- Rahman, A., B. Burney, J.M. Whitham and B.E. Manson. 1976. A comparison of the activity of herbicides in peat and mineral soils. New Zealand Journal of Experimental Agriculture 4(1): 79-84.
- Singh, S.P., V.P. Singh, R.C. Nainwal, N. Tripathi and A. Kumar. 2009. Efficacy of diclosulam on weeds and yield of soybean. Indian Journal of Weed Science 41(3&4): 170-173.
- Vanhala, P., D. Kurstjens, J. Ascard, A. Bertram, D.C. Cloutier, A. Mead, M. Raffaelli and J. Rasmussen. 2004. Guidelines for physical weed control research: flame weeding, weed harrowing and intra-row cultivation. pp. 194-225. In: Proceedings of the 6th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, Lillehammer.
- Vichailak, O. 2005. Siam Tulip (*Curcuma alismatifolia*). Agricultural Co-operative Federation of Thailand Press, Bangkok. 131 p. (in Thai)
-