

ประสิทธิภาพและการตกค้างของสารโบรมาซิลและไดยูรอนสำหรับการควบคุม วัชพืชในแปลงปลูกสับปะรด

Efficacy and Residues of Bromacil and Diuron for Weed Control in Pineapple Fields

ณัฐยา เรือนแป้น¹ กรรณิการ์ สัจจาพันธ์² และ ทศพล พรพรหม^{1*}

Nathaya Ruanpan¹, Kannika Sajjaphan² and Tosapon Pornprom^{1*}

¹ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

¹Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University,

Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

²ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

²Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author: Email: agrtpp@ku.ac.th

(Received: 13 February 2018; Accepted: 7 May 2018)

Abstract: The widespread use of bromacil and diuron in pineapple fields raises the possibility of residue accumulation following repeated applications. This can impact health, food and environmental safety. Therefore, the objectives of this study were to evaluate the effect of herbicide following repeated applications on pineapple fields and determine the herbicide residues in soil by UPLC-MS/MS. Field experiments were conducted from November 2015 to August 2016 in Chon Buri. The experiment was a RCBD with four replications. The treatments were 1) weed check, 2) hand weeding, 3) bromacil 2,000 + diuron 2,000 g a.i./ ha, and 4) bromacil 5,000 + diuron 2,500 g a.i./ ha. Herbicide applied at 0, 90 and 180 DAP. Evaluation the effect of herbicide for weed control following repeated applications on pineapple fields. With the application of bromacil 2,000 + diuron 2,000 g a.i./ ha was sufficient to provide satisfactory full-season control of several weed species, caused no visible crop injury and had no effect on plant growth but effect on final yield. Bromacil 5,000 + diuron 2,500 g a.i./ ha caused visible crop injury after herbicide applications. The visual injury seen in pineapple after herbicide application was chlorosis and transient and had no effect on plant growth but effect on final yield. In addition, determination of herbicide residues were showed low levels of bromacil and diuron in soil at 90 DAA. The application of bromacil 5,000 + diuron 2,500 g a.i./ ha caused the highest herbicide residues in soil. Bromacil residues were higher than of diuron residues in soil. In the dry season, herbicide residues was showed accumulation in soil. In the rainy season, herbicide residues was not accumulation in soil. The results indicated that after 3 times of application, bromacil 2,000 + diuron 2,000 g a.i./ ha was the optimal dosage for weed control. Herbicide residues were present in soil which are not above the maximum permissible concentration as restricted by the Pollution Control Department.

Keywords: Uracil, phenylurea, herbicide residues, environmental safety

บทคัดย่อ: การใช้โบรมาซิลและไดยูรอนอย่างแพร่หลายในแปลงสับปะรด อาจเกิดการตกค้างสะสมตามปริมาณการใช้สารซ้ำ ๆ ในพื้นที่เดิม ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ความปลอดภัยทางด้านอาหารและสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชในการควบคุมวัชพืช เมื่อมีการใช้สารซ้ำ ๆ มากถึง 3 ครั้ง ในหนึ่งรอบฤดูปลูกสับปะรด และตรวจหาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดิน โดยใช้ UPLC-MS/MS ดำเนินการทดลองในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2558 - สิงหาคม 2559 วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์จำนวน 4 ซ้ำ 4 กรรมวิธี ประกอบด้วย 1) ไม่ควบคุมวัชพืช 2) ควบคุมวัชพืชด้วยการถอนมือ 3) ควบคุมวัชพืชด้วยโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 g a.i./ha 4) ควบคุมวัชพืชด้วยโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 g a.i./ha พ่นสารกำจัดวัชพืชที่ 0, 90 และ 180 วันหลังจากปลูก พบว่า การใช้โบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 g a.i./ha มีประสิทธิภาพควบคุมวัชพืชได้หลายชนิดตลอดฤดูปลูก ไม่พบความเป็นพิษและไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสับปะรด แต่มีผลกระทบต่อผลผลิต ในขณะที่การใช้โบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 g a.i./ha พบว่า มีความเป็นพิษต่อสับปะรด ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต แต่มีผลกระทบต่อผลผลิต การตรวจหาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดิน พบว่า มีสารโบรมาซิลและไดยูรอนตกค้างในดิน ที่ 90 วันหลังจากได้รับสาร สารโบรมาซิลจะตกค้างในดินสูงกว่าไดยูรอน การใช้โบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 g a.i./ha มีปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดินสูงที่สุด ในฤดูแล้งพบปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างสะสมในดินมากขึ้น ในฤดูฝนไม่พบการสะสมของสารกำจัดวัชพืชในดิน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า หลังการใช้สารกำจัดวัชพืชติดต่อกัน 3 ครั้ง การใช้โบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 g a.i./ha เป็นอัตราที่เหมาะสมสำหรับควบคุมวัชพืชในแปลงสับปะรด พบการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดินแต่ไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด

คำสำคัญ: ยูราซิล ฟินิลยูเรีย สารกำจัดวัชพืชตกค้าง ความปลอดภัยทางด้านสิ่งแวดล้อม

คำนำ

สับปะรด (*Ananas comosus* (L.) Merr.) เป็นพืชสำคัญทางเศรษฐกิจปลูกทั่วทุกภาคของประเทศไทย นิยมปลูกกันมากในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี เพชรบุรี กาญจนบุรี ชลบุรี อุทัยธานี เชียงราย และลำปาง ในปี พ.ศ. 2559 มีพื้นที่ปลูก 473,871 ไร่ ได้ผลผลิต 1,843,126 ตัน ผลผลิตต่อไร่ 3,990 กิโลกรัม โดยร้อยละ 80 นำไปใช้เป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูป มีมูลค่าส่งออกผลิตภัณฑ์แปรรูป ปีละประมาณ 20,000 ล้านบาท ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้นำการผลิตและการส่งออกสับปะรดที่สำคัญของโลก โดยมีส่วนแบ่งการตลาดโลก ประมาณร้อยละ 45 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) สับปะรดมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ยาวนาน (18-20 เดือน) จึงทำให้มีช่วงเวลาที่วัชพืชจะเข้ามาทำความเสียหายได้เป็นระยะเวลานาน ระยะเวลาวิกฤติที่สับปะรดไม่ต้องการให้มีวัชพืชขึ้นแข่งขันจะอยู่ในช่วง 1-6 เดือนหลังจากปลูก หากไม่มีการ

ป้องกันกำจัดวัชพืชหรือการกำจัดวัชพืชไม่มีประสิทธิภาพ จะทำให้การเจริญเติบโตของสับปะรดลดลง 19.8 เปอร์เซ็นต์ สับปะรดสูญเสียผลผลิตประมาณ 40-50 เปอร์เซ็นต์ (เกลียวพันธ์ และคณะ, 2545) วัชพืชจึงเป็นปัญหาศัตรูพืชทางการเกษตรที่สำคัญในการผลิตสับปะรด

ในปัจจุบันนี้ เกษตรกรนิยมใช้สารกำจัดวัชพืชมากกว่าใช้แรงงานคนเพราะประหยัดและรวดเร็ว สารกำจัดวัชพืชที่เกษตรกรนิยมนำมาใช้ควบคุมวัชพืชในแปลงสับปะรด คือ การใช้สารไดยูรอน อัตรา 360-448 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สามารถควบคุมวัชพืชใบกว้างได้ดี และการใช้สารโบรมาซิล อัตรา 400-720 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สามารถควบคุมวัชพืชใบแคบได้ดี หรือการใช้สารไดยูรอนร่วมกับโบรมาซิล อัตรา 160-320 + 240-320 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ พ่นทันทีหลังจากปลูกสับปะรด สามารถควบคุมวัชพืชทั้งใบแคบและใบกว้างได้นาน 2-3 เดือน เกษตรกรจึงจำเป็นต้องพ่นสารกำจัดวัชพืชจำนวน 3-4 ครั้ง ในช่วง 8 เดือนหลังจากปลูก การใช้สารป้องกันกำจัดวัชพืชในปริมาณมากเกินไปจนความจำเป็นซ้ำ ๆ

ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ก่อให้เกิดการสะสมและการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดินตามปริมาณและจำนวนครั้งของการใช้สารกำจัดวัชพืช เนื่องจากสารโบรมาซิลและไดยูรอนมีความคงทนในดิน มีครึ่งชีวิตในดินประมาณ 150 และ 90 วัน ตามลำดับ แต่ถ้าใช้ในอัตราสูงจะสามารถคงอยู่ในดินได้ยาวนานมากกว่าหนึ่งปี (EPA, 1996, 2001) จากรายงานการนำเข้าสารกำจัดวัชพืชของไทย มีการนำเข้าสารโบรมาซิลมากกว่า 5 แสนกิโลกรัมต่อปี สารไดยูรอนประมาณ 2.5 ล้านกิโลกรัมต่อปี (กรมวิชาการเกษตร, 2559) เราจึงควรตระหนักถึงการปนเปื้อนสารกำจัดวัชพืชในพื้นที่เพาะปลูก และการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชไปสู่สภาพแวดล้อมอื่น ๆ มีรายงานว่า การใช้สารโบรมาซิล อัตรา 288-544 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ เป็นเวลา 6 ปี ในพื้นที่ปลูกสับปะรดประเทศสหรัฐอเมริกา ตรวจพบการปนเปื้อนสารโบรมาซิลในดิน 105-1,338 นาโนกรัม/กรัม (Alavi *et al.*, 2008; Zhu and Li, 2002) ในขณะที่แหล่งปลูกสับปะรดของประเทศคอสตาริกา ตรวจพบสารโบรมาซิลและไดยูรอน ปริมาณสูงสุด 2,000 นาโนกรัมต่อลิตร ในลุ่มน้ำ Río Jiménez (Echeverría-Sáenz *et al.*, 2012)

หากเกษตรกรยังใช้สารกำจัดวัชพืชอย่างไม่ถูกต้องเหมาะสมจะนำมาซึ่งความเสียหายของผลผลิตสับปะรดและการใช้สารกำจัดวัชพืชในพื้นที่เดิมซ้ำ ๆ อาจเกิดการตกค้างและสะสมของสารกำจัดวัชพืชในดินและสิ่งแวดล้อม ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ความปลอดภัยทางด้านอาหารและสิ่งแวดล้อม มีการรายงานว่า สารไดยูรอนสามารถก่อให้เกิดมะเร็งตับ ไต มะเร็งเต้านม ในสตรี มีผลกระทบต่อระบบสืบพันธุ์ ระบบโลหิต และพัฒนาให้เกิดความเสียหายต่อสุขภาพ สารไดยูรอนก่อให้เกิดมะเร็งกระเพาะปัสสาวะ ไต และต่อมน้ำนมในหนู (Huovinen *et al.*, 2015) เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ มีผลต่อระบบสืบพันธุ์ ระดับฮอร์โมนและการสร้างสเปิร์มในปลานิล (Pereira *et al.*, 2015) มีเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะไปโตแซว (Mansano *et al.*, 2016) สารโบรมาซิลมีความเป็นพิษต่อสาหร่ายสีเขียว (*Chlorella pyrenoidosa*) และแบคทีเรียสังเคราะห์แสง (*Vibrio qinghaiensis* sp.-Q67) (Liu *et al.*, 2013) มีความเป็นพิษต่อมนุษย์ โดยสามารถก่อให้เกิดมะเร็ง มีผลกระทบต่อ

ต่อมไทรอยด์ และต่อมหมวกไต หากสัมผัสโดยตรงจะเกิดการระคายเคืองผิวหนัง ปาก และตา ทำให้น้ำหนักร่างกายลดลงมีได้รับสารอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ผลผลิตสับปะรดและกล้วยส่งออกของประเทศคอสตาริกา ตรวจพบสารไดยูรอนตกค้างแต่ปริมาณที่ตรวจพบต่ำกว่าค่า MRLs (maximum residue limits) ที่สหภาพยุโรปกำหนด (EFSA, 2017) ดังนั้น การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของการใช้สารโบรมาซิลและไดยูรอนในการควบคุมวัชพืช รวมทั้งตรวจสอบการตกค้างของสารโบรมาซิลและไดยูรอนในดินปลูกสับปะรด เมื่อทำการพ่นสารกำจัดวัชพืชติดต่อกันมากถึง 3 ครั้ง (ที่ 0, 90 และ 180 วันหลังจากปลูก) จากศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมวัชพืชที่เป็นปัญหาสำคัญในการผลิตสับปะรดอย่างมีประสิทธิภาพให้กับเกษตรกรในพื้นที่เขตภาคตะวันออกและภาคตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งเป็นพื้นที่หลักในการผลิตสับปะรด และนำไปใช้ในการอธิบายเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านสิ่งแวดล้อมในการผลิตสับปะรดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การประเมินประสิทธิภาพของสารโบรมาซิลและไดยูรอนในการควบคุมวัชพืช

ทำการศึกษาในสภาพแปลงปลูกสับปะรดของเกษตรกร ในเขตพื้นที่อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) จำนวน 4 กรรมวิธี (ตารางที่ 1) ทำ 4 ซ้ำ ใช้จุสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ปลูกแบบแถวคู่ระยะระหว่างแถวคู่ 0.50 เมตร แปลงทดลองมีขนาด 5 x 6 เมตร จำนวน 5 ร่อง ระยะปลูก 0.28 x 0.50 เมตร (9,000 ต้นต่อไร่) พ่นสารโบรมาซิล (bromacil; 80% WP) ชื่อการค้า โบรมาเท็กซ์ บริษัท เจียไต่ จำกัด และสารไดยูรอน (diuron; 80% WP) ชื่อการค้า ไอรอน 80 (Airon 80) บริษัท ไอยราเคมีเกษตร จำกัด ครั้งที่ 1 ในวันปลูกสับปะรด (ก่อนวัชพืชงอก) หลังจากปลูกสับปะรด ตามกรรมวิธีทดลองที่ 3 และ 4 (ตารางที่ 1) การพ่นสารกำจัดวัชพืช ครั้งที่ 2 และ 3 ดำเนินการที่ 90 และ 180 วันหลังจากปลูก (หรือวัชพืชมี

Table 1. Weed control treatments used during the experiment

Treatments	Dosage (g a.i./ ha) ¹	Site of action	Application timing
1. Weedy check	-	-	-
2. Hand weeding	-	-	once a month
3. bromacil + diuron	2,000 + 2,000	Photosynthesis inhibitors	Pre-emergence (0 DAP ²) Post-emergence (90 and 180 DAP)
4. bromacil + diuron	5,000 + 2,500	Photosynthesis inhibitors	Pre-emergence (0 DAP) Post-emergence (90 and 180 DAP)

¹ g a.i./ ha = grams active ingredient per hectare (1 ha = 6.25 rai)

² DAP = days after planting

การเจริญเติบโตอยู่ในระยะ 2-4 ใบ) โดยใช้ถังพ่นสารขนาดบรรจุ 20 ลิตร ใช้หัวพ่นรูปพัดรีมเสมอ (flat fan) แรงดัน 1.50 - 3.00 บาร์ ใช้ปริมาณน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ ตอมนยกร่องใส่สารปรับปรุงดิน (dolomite) อัตรา 600 กิโลกรัมต่อไร่ มูลไก่กลบ 1.67 ตันต่อไร่ และปุ๋ยสูตร 15-1-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อสับปะรดอายุได้ 2 เดือน ใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ปริมาณ 17 กรัมต่อต้น จากนั้น 2-3 เดือน จึงใส่อีกครั้ง และใส่ครั้งสุดท้ายเมื่อสับปะรดอายุได้ 8 เดือน การให้น้ำอาศัยน้ำฝน

การบันทึกข้อมูล ประเมินประสิทธิภาพของสารในการควบคุมวัชพืชและความเป็นพิษต่อพืช ที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วันหลังจากได้รับสาร โดยการประเมินด้วยสายตา ให้คะแนนตั้งแต่ระดับ 1 ถึง 9 โดยที่ 1 หมายถึง วัชพืชตายหมด และไม่มีผลต่อพืชปลูก และ 9 หมายถึง ควบคุมวัชพืชไม่ได้เลย และพืชปลูกตาย (Burrill and Locatelli, 1976) สุ่มนับจำนวนชนิดและปริมาณของวัชพืชที่ 30, 60 และ 90 วันหลังจากได้รับสาร โดยใช้ quadrat ขนาด 0.25 ตารางเมตร จำนวน 4 จุดต่อแปลง แล้วคำนวณเป็นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร วัดความสูงของต้นสับปะรด (จากโคนถึงปลายยอด) โดยสุ่มจำนวน 10 ต้นต่อแปลงที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วันหลังจากได้รับสาร และเมื่อสับปะรดถึงอายุเก็บเกี่ยว เก็บข้อมูลน้ำหนักผลผลิตสับปะรด (น้ำหนักต้องไม่ต่ำ 1 กิโลกรัมต่อลูก) คิดเป็นน้ำหนักต่อแปลง แล้วนำมาคำนวณเป็น ต้นต่อเฮกตาร์ นำข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพของสารในการควบคุมวัชพืชและความเป็นพิษต่อพืชมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย โดยใช้ Fisher's

protected LSD test ส่วนความสูงต้นและผลผลิตสับปะรดวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย โดยใช้ Fisher's protected LSD test

2. การตรวจสอบปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดินปลูกสับปะรด โดยใช้ UPLC-MS/MS

การตรวจสอบสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดินปลูกสับปะรด เริ่มจาก สุ่มตัวอย่างดินในแปลง จำนวน 5 จุดต่อแปลง ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ที่ 0 (หลังจากฉีดสาร) และ 90 วันหลังจากได้รับสาร นำตัวอย่างดินมาตรวจหาสารโบรมาซิล (In-house method CH-102-TM based on AOAC, 2007) และไดยูรอน (In-house method CH-104-TM based on AOAC, 2012) ตกค้างในดิน โดยใช้ UPLC-MS/MS ที่ห้องปฏิบัติการของบริษัท Overseas Merchandise Inspection Co., Ltd. (OMIC) กรุงเทพฯ นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย โดยใช้ Fisher's protected LSD test

การเตรียมตัวอย่างดินสำหรับวิเคราะห์ตรวจหาสารโบรมาซิลตกค้างโดยใช้ UPLC-MS/MS เริ่มจากชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัม ใส่ในหลอด centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำ acetonitrile จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าด้วยมือ นาน 1 นาที แล้วเติมน้ำ anhydrous MgSO₄, sodium acetate, trisodium citrate dehydrate และ disodium hydrogen citrate sesquihydrate จำนวน 4, 1, 1 และ 0.5 กรัม ตามลำดับ เขย่าด้วยเครื่อง vortex นาน 1 นาที แล้วนำไป centrifuge ด้วยความเร็ว 3,400 รอบต่อ

นาที่ เป็นเวลา 5 นาที ย้ายสารสกัดส่วนใสจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอด micro centrifuge ขนาด 2 มิลลิลิตร ที่มีสาร anhydrous $MgSO_4$ และ PSA จำนวน 150 และ 25 มิลลิกรัม ตามลำดับ เขย่าด้วยเครื่อง vortex นาน 30 วินาที แล้วนำไป centrifuge ด้วยความเร็ว 3,400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ย้ายสารสกัดส่วนใสเข้าไปในขวด LC โดยผ่านตัวกรองในลอนขนาด 0.22 ไมโครเมตร ตามวิธี In-house method CH-102-TM based on AOAC (2007)

การเตรียมตัวอย่างดินสำหรับวิเคราะห์ตรวจหาสารไดยูรอนตกค้าง โดยการใช้ UPLC-MS/MS เริ่มจากชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัม ใส่ในหลอด centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม formic acid ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าด้วยมือ 5 นาที แล้วเติมสาร $MgSO_4$, NaCl, sodium citrate tribasic dehydrate และ sodium citrate dibasic sesquihydrate จำนวน 4, 1, 1 และ 0.5 กรัม ตามลำดับ เขย่าด้วยมือ 1 นาที นำไป centrifuge ที่ความเร็ว 3,400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ย้ายสารสกัดใสส่วนบนเข้าไปในหลอด centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร ที่มีสาร $MgSO_4$, C18 powder และ Al-N จำนวน 1.5, 0.25 และ 0.10 กรัม ตามลำดับ เขย่า 1 นาที แล้วนำไป centrifuge ที่ความเร็ว 3,400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ย้ายสารสกัดใสส่วนบนเข้าไปในหลอดแก้ว ขนาด 10 มิลลิลิตร และนำไประเหยจนได้สารละลาย 0.5 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่อง nitrogen evaporator ด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 มิลลิลิตร ด้วยสารละลาย mixture A แล้วนำไป sonicate และ swirl นาน 1 นาที ย้ายสารสกัดเข้าไปในขวด LC โดยผ่านตัวกรองในลอนขนาด 0.22 ไมโครเมตร ตามวิธี In-house method CH-104-TM based on AOAC (2012)

การวิเคราะห์สารตกค้าง นำสารละลายตัวอย่างในขวด LC จากการเตรียมตัวอย่างมาทำการตรวจวิเคราะห์ หาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดิน โดยการใช้ UPLC-MS/MS ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ จะถูกบันทึกลงเครื่องคอมพิวเตอร์ และพิมพ์ เป็นเอกสารรายงานในลักษณะของกราฟและนากาแฟที่ได้เปรียบเทียบกับค่าที่บันทึกไว้ใน reference library ซึ่งจะทำให้ทราบถึงชนิด

และปริมาณของสารกำจัดวัชพืชต่าง ๆ ที่ทำการวิเคราะห์ได้โดยมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. การประเมินประสิทธิภาพของสารโบรมาซิลและไดยูรอนในการควบคุมวัชพืช

หลังจากการใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน ครั้งแรก (0 วันหลังจากปลูก) พบว่า การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอนทั้งสองอัตรา สังเกตไม่พบความเป็นพิษต่อสับปะรด และมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) โดยที่ใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ สามารถควบคุมวัชพืชในแปลงสับปะรดได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของสิริชัย และคณะ (2554) รายงานว่า การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,500 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ พบหลังการปลูกสับปะรด (ก่อนวัชพืชงอก) สามารถควบคุมวัชพืชได้ดี และไม่พบความเป็นพิษต่อสับปะรด

การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน ครั้งที่สอง (90 วันหลังจากปลูก) พบว่า การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอนทั้งสองอัตรา มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชแตกต่างกันทางสถิติ ที่ 45, 60, 75 และ 90 วันหลังจากได้รับสาร (ตารางที่ 3)

หลังจากการใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน ครั้งที่สอง พบว่า การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ สามารถควบคุมวัชพืชในแปลงสับปะรดได้ดีที่สุด แต่สังเกตพบความเป็นพิษต่อสับปะรด ใบสับปะรดเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ไม่พบรอยขีด หรือรอยไหม้ ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรด แต่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตสับปะรด ในขณะที่การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ สังเกตไม่พบความเป็นพิษต่อสับปะรด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของถวัลย์ (2557) รายงานว่า การใช้สารไดยูรอนร่วมกับโบรมาซิล อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ พบแบบหลังงอก สามารถ

Table 2. Effect of herbicides application on weed cover and crop injury after the 1st application at 0 day after planting

Treatment	Weed cover score ¹ (Days after application)						Crop injury score ² (Days after application)					
	15	30	45	60	75	90	15	30	45	60	75	90
1. Weedy check	9 a ³	9a	9a	9a	9a	9a	1	1	1	1	1	1
2. Hand weeding	9 a	9a	2b	4b	2b	4b	1	1	1	1	1	1
3. bromacil 2,000 + diuron 2,000 g a.i./ha	2b	1b	1c	1c	1b	2c	1	1	1	1	1	1
4. bromacil 5,000 + diuron 2,500 g a.i./ha	2b	1b	1c	1c	1b	1c	1	1	1	1	1	1
SD	3.50	4.00	3.34	3.27	3.36	3.10	0	0	0	0	0	0
F-test	**	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns

¹ Weed cover score using a scale of 1 to 9 where 1 represents no weed cover, and 9 completely weedy plot² Crop injury score using a scale of 1 to 9 where 1 no effect (all foliage green and alive), and 9 complete kill³ Means with in a column followed by different letter are significantly different according to Fisher's protected LSD test;** = Significant difference at $P < 0.01$; ns = Non significant**Table 3.** Effect of herbicides application on weed cover and crop injury after the 2nd application at 90 days after planting

Treatment	Weed cover score ¹ (Days after application)						Crop injury score ² (Days after application)					
	15	30	45	60	75	90	15	30	45	60	75	90
1. Weedy check	9a ³	9a	9a	9a	9a	9a	1b	1b	1b	1b	1b	1b
2. Hand weeding	3b	3b	2b	3b	2b	3b	1b	1b	1b	1b	1b	1b
3. bromacil 2,000 + diuron 2,000 g a.i./ha	1c	1c	2b	2bc	2b	2bc	1b	1b	1b	1b	1b	1b
4. bromacil 5,000 + diuron 2,500 g a.i./ha	1c	1c	1c	1c	1c	1c	3a	3a	3a	2a	4a	2a
SD	3.30	3.28	3.20	3.16	3.28	3.18	1.00	1.00	1.00	0.43	1.30	0.43
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

¹ Weed cover score using a scale of 1 to 9 where 1 represents no weed cover, and 9 completely weedy plot² Crop injury score using a scale of 1 to 9 where 1 no effect (all foliage green and alive), and 9 complete kill³ Means with in a column followed by different letter are significantly different according to Fisher's protected LSD test;** = Significant difference at $P < 0.01$

ควบคุมวัชพืชอยู่ในเกณฑ์ดี (ระดับ 2-4) สังเกตพบความ
เป็นพิษต่อสับปะรดและส่งผลกระทบท่อผลผลิต

ในขณะที่การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน
ครั้งที่ 3 (ที่ 180 วันหลังจากปลูก) พบว่า การใช้สารโบร-
มาซิลร่วมกับไดยูรอนทั้งสองอัตรา มีประสิทธิภาพในการ
ควบคุมวัชพืชไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ 30, 45, 60, 75

และ 90 วันหลังจากได้รับสาร (ตารางที่ 4) โดยที่การใช้
สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัม
สารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ มีแนวโน้มในการควบคุมวัชพืชได้
ดีกว่าการใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 +
2,000 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ (สามารถควบคุม
วัชพืชได้ 100 เปอร์เซ็นต์) การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับ

Table 4. Effect of herbicides application on weed cover and crop injury after the 3rd application at 180 days after planting

Treatment	Weed cover score ¹ (Days after application)						Crop injury score ² (Days after application)					
	15	30	45	60	75	90	15	30	45	60	75	90
1. Weedy check	9a ³	9a	9a	9a	9a	9a	1b	1b	1	1	1	1
2. Hand weeding	2b	4b	4b	6b	3b	3b	1b	1b	1	1	1	1
3. bromacil 2,000 + diuron 2,000 g a.i./ha	2b	1c	1c	1c	2c	2c	1b	1b	1	1	1	1
4. bromacil 5,000 + diuron 2,500 g a.i./ha	1c	1c	1c	1c	1b	1c	4a	2a	1	1	1	1
SD	3.22	3.27	3.27	3.42	3.13	3.13	1.30	0.56	0	0	0	0
F-test	**	**	**	**	**	**	**	*	ns	ns	ns	ns

¹ Weed cover score using a scale of 1 to 9 where 1 represents no weed cover, and 9 completely weedy plot

² Crop injury score using a scale of 1 to 9 where 1 no effect (all foliage green and alive), and 9 complete kill

³ Means with in a column followed by different letter are significantly different according to Fisher's protected LSD test;

* = Significant difference at $P < 0.05$; ** = Significant difference at $P < 0.01$; ns = Non significant

ไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อ
เฮกตาร์ สังเกตพบความเป็นพิษต่อสับปะรด ใบสับปะรด
เปลี่ยนเป็นสีเหลือง ไม่พบรอยช้ำ หรือรอยไหม้ ที่ 15 และ
30 วันหลังจากได้รับสาร และไม่ส่งผลกระทบต่อ
เจริญเติบโตของต้นสับปะรด ความเป็นพิษที่พบจะลดลง
เรื่อย ๆ ที่ 45 วันหลังจากได้รับสาร สังเกตพบว่าสีของใบ
เปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีเขียวหมดทั้งต้น ในขณะที่หลัง
การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000
กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ สังเกตไม่พบความเป็นพิษต่อ
สับปะรด

จากข้อมูลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จะเห็นได้ว่ามี
ความสอดคล้องกับรายงานของมงคล (2557) กล่าวคือ
การใช้สารไดยูรอนร่วมกับโบรมาซิล อัตรา 5,000 + 2,500
กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ มีประสิทธิภาพในการ
ควบคุมวัชพืชได้ดี (ระดับ 2-6) พบความเป็นพิษต่อ
สับปะรดและส่งผลกระทบท่อผลผลิต (ระดับ 3-6)
นอกจากนี้ Grichar *et al.* (2015) รายงานว่า การใช้สารได
ยูรอน อัตรา 1,120-2,240 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์
พ่นแบบหลังออก มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชใบ
กว้างได้ดี (> 80 เปอร์เซ็นต์) พบความเป็นพิษ และส่งผล
ต่อการเจริญเติบโตของพืชปลูกในช่วง 14-30 วันหลังจาก
ใช้สาร

จากการสุ่มนับจำนวนชนิดของวัชพืช พบวัชพืช
วงศ์หญ้า ได้แก่ ปากควาย (*Dactyloctenium aegyptium*
L.) ตีนกา (*Eleusine indica* L.) ตีนนก (*Digitaria*
sanguinalis L.) ตีนติด (*Brachiaria reptans* L.) ไข่เหา
(*Panicum incomtum* Trin.) และขจรจับ (*Pennisetum*
pedicellatum) วัชพืชใบกว้าง ได้แก่ เบี้ยหิน (*Trianthema*
portulacastrum L.) ขมูตดินหมา (*Ipomoea pes-tigridis*)
ส ะ อี ก (*Ipomoea obscura* (L.) Ker Gawl) ถั่ว ผี
(*Macroptilium lathyroides* (L.) Urb.) ผัก โ ข ม
(*Amaranthus viridis* L.) และ ส าบ ม ่วง (*Praxelis*
clematidea) จำนวนประชากรของวัชพืชวงศ์หญ้าและ
วัชพืชใบกว้างในกรรมวิธีที่ใช้สารกำจัดวัชพืช พบน้อยกว่า
กรรมวิธีที่ไม่ได้ใช้สารกำจัดวัชพืช ที่ 30, 60 และ 90 วัน
หลังจากได้รับสาร (ภาพที่ 1) ที่ 90 วันหลังจากได้รับสาร
จำนวนประชากรของวัชพืชเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระยะที่ 30
และ 60 วันหลังจากได้รับสาร แต่ค่าประสิทธิภาพการ
ควบคุมวัชพืชอยู่ในระดับคะแนน 1-2 จึงถือว่าสามารถ
ควบคุมวัชพืชได้ แสดงให้เห็นว่า การใช้สารโบรมาซิล
ร่วมกับไดยูรอนทั้งสองอัตรามีประสิทธิภาพควบคุมวัชพืช
วัชพืชวงศ์หญ้าและวัชพืชใบกว้างได้หลากหลายชนิด
ตลอดฤดูปลูก

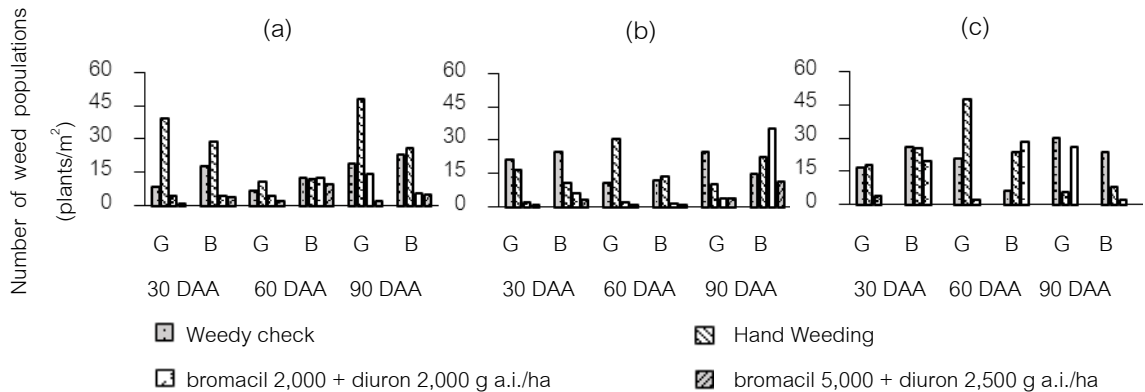


Figure 1. Effect of herbicides application on number weed populations in pineapple fields (a) the 1st herbicide applications (b) the 2nd herbicide applications (c) the 3rd herbicide applications. G is gramineae including goose grass, running grass, fingergrass, crowfoot grass, scandent pani and feather pennisetum. B is broadleaf including horse purslane, morning glory, obscure morning glory, phasey bean, slender amaranth, praxelis. DAA is day after application

กรรมวิธีที่ใช้สารกำจัดวัชพืชทั้งสองอัตราและกรรมวิธีที่กำจัดวัชพืชด้วยมือส่งผลให้ความสูงของต้นสับปะรดไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ได้ควบคุมวัชพืช (ตารางที่ 5) โดยกรรมวิธีที่ไม่ได้ควบคุมวัชพืช ความสูงต้นสับปะรดน้อยที่สุดในขณะที่กรรมวิธีที่ใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ส่งผลให้ผลผลิตของสับปะรดมีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่กำจัดด้วยมือและไม่ได้ควบคุมวัชพืช แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีที่พ่นสารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ การกำจัดวัชพืชด้วยมือมีผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ได้ควบคุมวัชพืชและการพ่นสารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ แต่กรรมวิธีที่ไม่ได้ควบคุมวัชพืชและการพ่นสารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การกำจัดวัชพืชด้วยมือมีผลผลิตต่ำกว่าการใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ อาจเนื่องมาจากหลังการพ่นสารครั้งที่ 3 อยู่ในช่วงฤดูฝน วัชพืชจึงงอกขึ้นใหม่และเจริญเติบโตได้ดี ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชทำได้ไม่ดีเท่ากรรมวิธีที่พ่นสารกำจัดวัชพืช และหลังการพ่นสาร

ครั้งที่ 3 ไปแล้ว 90 วัน ยังอยู่ในช่วงปลายฤดูฝน แต่ไม่ได้มีการกำจัดวัชพืชทุกเดือนแล้ว จึงทำให้ในแปลงทดลองมีวัชพืชมาก จึงอาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตสับปะรดได้ แสดงให้เห็นว่า การใช้สารกำจัดวัชพืชทั้งสองอัตราและการกำจัดวัชพืชด้วยมือ ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้ควบคุมวัชพืช แต่การใช้สารกำจัดวัชพืชทั้งสองอัตรา มีผลกระทบในทางบวกต่อผลผลิตสับปะรด นั่นคือมีผลผลิตของสับปะรดสูงกว่าการกำจัดวัชพืชด้วยมือ

การประเมินประสิทธิภาพของสารโบรมาซิลและไดยูรอนในการควบคุมวัชพืชในการผลิตสับปะรด จากผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะเห็นได้ว่า หลังการใช้สารกำจัดวัชพืช 3 ครั้ง การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ มีประสิทธิภาพควบคุมวัชพืชได้หลากหลายชนิดตลอดฤดูปลูก ไม่พบความเป็นพิษต่อสับปะรด ไม่มีผลกระทบต่อเจริญเติบโตแต่มีผลกระทบในทางบวกต่อผลผลิตสับปะรด นั่นคือมีผลผลิตของสับปะรดสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกำจัดวัชพืชด้วยมือ ส่วนการใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ มีประสิทธิภาพควบคุมวัชพืชได้หลากหลายชนิดตลอดฤดูปลูก สังเกตพบความเป็นพิษต่อสับปะรดเพียงเล็กน้อย ไม่มีผลกระทบต่อเจริญเติบโต

Table 5. Effect of herbicides application on plant height and yield of pineapple

Treatment	Plant height (cm)									Yield (ton/ha)
	1 st application			2 nd application			3 rd application			
	30 DAA ¹	60 DAA	90 DAA	30 DAA	60 DAA	90 DAA	30 DAA	60 DAA	90 DAA	
1. Weedy check	8.22	8.98	10.60 b ²	12.50 c	14.12 b	14.90 b	15.82 b	23.00 b	23.62 b	24.90 c
2. Hand weeding	8.64	9.21	12.18 a	13.40bc	17.32 a	17.85 a	22.20 a	30.35 a	31.28 a	47.99 bc
3. bromacil 2,000 + diuron 2,000 g a.i./ha	8.16	9.42	12.78 a	14.70 a	18.08 a	18.27 a	22.00 a	30.72 a	34.10 a	74.59 a
4. bromacil 5,000 + diuron 2,500 g a.i./ha	8.11	9.47	12.18 a	13.80ab	16.73 a	17.15 a	20.82 a	29.52 a	31.72 a	69.23 ab
C.V. (%)	11.25	6.23	6.29	5.52	6.28	7.97	9.06	12.99	9.04	27.99
LSD	1.49	1.32	1.21	1.20	2.39	2.17	2.93	8.48	4.36	2.26
F-test	ns	ns	**	*	**	*	**	*	**	**

Remarks: 1st application = 0 day after planting; 2nd application = 90 days after planting; and 3rd application = 180 days after planting

¹ DAA = days after application

² Means with in a column followed by different letter are significantly different according to LSD test;

* = Significant difference at $P < 0.05$; ** = Significant difference at $P < 0.01$; ns = Non significant

แต่มีผลกระทบต่อผลผลิตของสับปะรดเมื่อเปรียบเทียบกับ
การไม่ได้ควบคุมวัชพืช ดังนั้น อัตราที่เหมาะสมสำหรับ
ควบคุมพืชในแปลงสับปะรด คือ การใช้สารโบรมาซิล
ร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 กรัมสารออกฤทธิ์
ต่อเฮกตาร์ เนื่องจากไม่พบความเป็นพิษต่อสับปะรด

2. การตรวจสอบปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างใน ดินปลูกสับปะรด โดยใช้ UPLC-MS/MS

การตรวจสอบสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดิน ที่
90 วันหลังจากได้รับสาร พบว่ามี สารโบรมาซิลและไดยู
รอนตกค้างในดิน แต่ไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กรม
ควบคุมมลพิษกำหนด (ตามประกาศคณะกรรมการ
สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2547) เรื่อง กำหนด
มาตรฐานคุณภาพดิน กำหนดให้ในดินมีการปนเปื้อนสาร
กำจัดวัชพืช (อะทราซีน) ต้องไม่เกิน 22 มิลลิกรัมต่อ
กิโลกรัม และไม่ได้ระบุสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นอีกเลย จึง
ใช้เกณฑ์ข้อนี้เป็นสำคัญว่า สารกำจัดวัชพืชในดินต้องพบ
ไม่เกิน 22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โดยพบปริมาณสารโบร
มาซิลตกค้างในดินสูงกว่าสารไดยูรอนเมื่อใช้ในอัตรา
เท่ากัน และการใช้โบรมาซิลร่วมกับไดยูรอนในอัตราสูง
ตรวจพบปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดินสูงกว่าการ

ใช้สารในอัตราต่ำ (ตารางที่ 6) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา
ของ Zhu and Li (2002) รายงานว่า มีการตกค้างของสาร
โบรมาซิลในดินปลูกสับปะรด ปริมาณ 0.105-1.338 และ
0.026-0.473 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระดับความลึก 0-60
และมากกว่า 400 เซนติเมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับการ
ศึกษาวิจัยของ Alavi *et al.* (2008) รายงานว่า การใช้สาร
โบรมาซิลในอัตรา 1,800 และ 2,250 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อ
เฮกตาร์ ที่ 102 วันหลังจากได้รับสาร ตรวจพบสารตกค้าง
ในดิน 1.341 และ 1.374 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ 290
วันหลังจากได้รับสาร พบสารตกค้าง 0.640 และ 0.995
มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ จากการ
ศึกษาวิจัยของมงคล (2557) รายงานว่า การใช้สารไดยู
รอนร่วมกับโบรมาซิล อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออก
ฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ที่ 120 วันหลังจากได้รับสาร พบว่า มี
ปริมาณสารไดยูรอนและโบรมาซิลตกค้างในดินปลูก
สับปะรด 0.021 และ 0.250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ตามลำดับ

ปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้าง ที่ 90 วัน
หลังจากได้รับสาร ครั้งที่ 1 (90 วันหลังจากปลูก) เมื่อ
เปรียบเทียบกับปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้าง ที่ 90 วัน
หลังจากได้รับสาร ครั้งที่ 2 (180 วันหลังจากปลูก) พบว่า

Table 6. Determination of herbicide residues in soil

Treatment	Bromacil residues (mg/kg dry soil)						Diuron residues (mg/kg dry soil)					
	1 st application		2 nd application		3 rd application		1 st application		2 nd application		3 rd application	
	0 DAA ¹	90 DAA	0 DAA	90 DAA	0 DAA	90 DAA	0 DAA	90 DAA	0 DAA	90 DAA	0 DAA	90 DAA
1. Weedy check	0.15 c ²	0.13 c	0.13 b	0.11 c	0.11 c	0.04 c	0.015 c	0.015 c	0.015 c	0.027 c	0.027 c	0.029 b
2. Hand weeding	0.15 c	0.13 c	0.13 b	0.11 c	0.11 c	0.04 c	0.015 c	0.015 c	0.015 c	0.027 c	0.027 c	0.029 b
3. bromacil 2,000 + diuron 2,000 g a.i./ha	0.66 b	0.57 b	10.40 a	3.40 b	10.20 b	0.46 b	0.086 b	0.034 b	0.630 b	0.470 b	7.400 b	0.230 a
4. bromacil 5,000 + diuron 2,500 g a.i./ha	1.40 a	0.79 a	10.70 a	4.90 a	33.80 a	1.10 a	0.110 a	0.041 a	0.800 a	0.620 a	9.600 a	0.230 a
C.V. (%)	1.52	0.73	0.13	0.33	0.06	1.72	6.50	1.01	1.51	1.14	0.23	3.27
LSD	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

Remarks: 1st application = 0 day after planting; 2nd application = 90 days after planting; and 3rd application = 180 days after planting

¹ DAA = days after application

² Means with in a column followed by different letter are significantly different according to Fisher's protected LSD test;

* = Significant difference at $P < 0.05$; ** = Significant difference at $P < 0.01$

ปริมาณการตกค้างของสารโบรมาซิลและไดยูรอนในดินปลูกสับปะรดมีค่าสูงขึ้น (ตารางที่ 6) แสดงให้เห็นว่า สารกำจัดวัชพืชมีการตกค้างสะสมมากขึ้น ในขณะที่ 90 วันหลังจากได้รับสาร ครั้งที่ 3 (270 วันหลังจากปลูก) ปริมาณสารกำจัดวัชพืชมีค่าลดลงต่ำกว่า ที่ 90 วันหลังจากได้สารครั้งที่ 2 แสดงให้เห็นว่า สารกำจัดวัชพืชมีการตกค้างแต่ไม่มีการสะสมเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำชะล้าง (leaching) หรือน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) เคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชออกไปจากดิน เพราะการใช้สารกำจัดวัชพืชครั้งที่ 3 อยู่ในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม - สิงหาคม) แต่การใช้สารกำจัดวัชพืชครั้งที่ 2 และ 1 อยู่ในช่วงฤดูร้อน (กุมภาพันธ์ - พฤษภาคม) และฤดูแล้ง (พฤศจิกายน - กุมภาพันธ์) หรืออาจกล่าวได้ว่าในฤดูแล้งพบปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างสะสมในดินมากขึ้น ในฤดูฝนไม่พบการสะสมของสารกำจัดวัชพืชในดิน

การใช้สารกำจัดวัชพืชซ้ำ ๆ ในพื้นที่เดิมติดต่อกัน 3 ครั้ง จะเห็นได้ว่า การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ตรวจพบค่าสารโบรมาซิลและไดยูรอนตกค้างในดินต่ำกว่า การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ที่ 90 วันหลังจากได้รับสาร

ดังนั้น การลดปริมาณการใช้สารกำจัดวัชพืชจะสามารถช่วยลดปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดินปลูกสับปะรดได้ ในช่วงฤดูร้อนและฤดูแล้งควรลดความถี่ในการใช้สารกำจัดวัชพืชจาก 2-3 เดือนครั้ง เป็น 3-4 เดือนครั้ง โดยหันมาใช้ในการควบคุมวัชพืชด้วยมือแทนในช่วงเดือนที่ 3-4 เป็นการใช้สารกำจัดวัชพืช ร่วมกับการควบคุมวัชพืชด้วยมือ เพื่อลดปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างสะสมมากขึ้น ในช่วงฤดูฝนไม่ควรเพิ่มอัตราการใช้สารกำจัดวัชพืชหรือใช้สารซ้ำหลายครั้ง เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการควบคุมวัชพืช แต่ควรใช้การควบคุมวัชพืชด้วยมือร่วมกับการใช้สารกำจัดวัชพืช เพราะในฤดูฝนเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินสูง จะเกิดการสูญเสียสารกำจัดวัชพืชไปน้ำไหลลงสู่แหล่งน้ำได้สูง หรืออาจนำหญ้าไยงมาใช้คลุมหน้าดิน เพื่อลดการไหลบ่าของหน้าดิน ทั้งนี้การใช้หญ้าไยงในลักษณะของการคลุมด้วยหญ้า ส่งผลทำให้ความหนาแน่นของประชากรวัชพืชในแปลงลดลง (อภิรัฐ และทศพล, 2560) การเพิ่มอัตราการใช้สารจึงเป็นการเพิ่มการปนเปื้อนสารกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำอันเนื่องมาจากการไหลบ่าหน้าดินได้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาวิจัยในขั้นตอนต่อไป จะทำการพิจารณาเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชจากดินในแหล่งปลูก

สับปะรดไปสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยอิทธิพลของน้ำไหลบ่า
หน้าดินและการชะล้างในดิน ผลกระทบของสิ่งมีชีวิตใน
ดินและน้ำที่มีสารกำจัดวัชพืชปนเปื้อน และสุขภาพของ
เกษตรกรต่อไป

สรุป

1. การใช้สารโบมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา
2,000 + 2,000 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ เป็นอัตราที่
เหมาะสมสำหรับควบคุมวัชพืชในแปลงสับปะรด
เนื่องจากมีประสิทธิภาพควบคุมวัชพืชได้หลายชนิดตลอด
ฤดูปลูก ไม่พบความเป็นพิษต่อสับปะรด ไม่มีผลต่อการ
เจริญเติบโต และมีผลผลิตสับปะรดสูงกว่าการกำจัด
วัชพืชด้วยมือ

2. การใช้สารโบมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา
2,000 + 2,000 และ 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อ
เฮกตาร์สำหรับควบคุมวัชพืชในแปลงสับปะรด ที่ 90
หลังจากได้รับสาร ตรวจพบสารโบมาซิลและไดยูรอน
ตกค้างในดิน โดยพบว่าสารโบมาซิลตกค้างในดินสูงกว่า
สารไดยูรอนเมื่อใช้ในอัตราเท่ากัน อย่างไรก็ตาม ค่าที่
ตรวจพบไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษ
กำหนด

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนการ
วิจัยภายใต้แผนงานเสริมสร้างศักยภาพและพัฒนา
นักวิจัยรุ่นใหม่ ตามทิศทางการยุทธศาสตร์การวิจัยและ
นวัตกรรม ประเภทบัณฑิตศึกษา จากสำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2562 รวมทั้ง
โครงการสนับสนุนและส่งเสริมการวิจัยของภาควิชาพืชไร่นา
คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ประจำปี 2562

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2559. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุ
อันตรายทางการเกษตรปี พ.ศ. 2559. (ระบบ

ออนไลน์). แหล่งข้อมูล: [http://www.doa.go.th/ard/FileUpload/hazzard/4.2/Profile%20Import%20of%20Hazardous%20\(B.E.%20%202559\).pdf](http://www.doa.go.th/ard/FileUpload/hazzard/4.2/Profile%20Import%20of%20Hazardous%20(B.E.%20%202559).pdf) (3 สิงหาคม 2560).

เกลียวพันธ์ สุวรรณรักษ์ ไพบุญย์ ฐา และ เสริมศิริ
คงแสงดาว. 2545. การควบคุมสละอิดดอกขาว
เล็ก *Ipomoea obscura* (L.) KG. ในสับปะรด
ด้วยสารกำจัดวัชพืช. หน้า 77-83. ใน: รายงาน
การประชุมวิชาการกองพฤกษศาสตร์และวัชพืช.
กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ถวัลย์ ประมวล. 2557. ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืช
ที่ใช้แบบหลังออกและการวิเคราะห์สารตกค้าง
ในสับปะรด โดยใช้ GC-MS และ LC-MS/MS.
วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต .
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 70 หน้า.

มงคล ศรีเพียงจันทร์. 2557. ทางเลือกของการใช้สารแบบ
หลังออกสำหรับการควบคุมวัชพืชในสับปะรด.
วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต .
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 123
หน้า.

สิริชัย สาธุวิจารณ์ มัลลิกา นวลแก้ว จรรยา มณีโชติ และ
วนิดา ธารถวิล. 2554. ทดสอบประสิทธิภาพใน
การควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชประเภท
ก่อนงอก (pre-emergence) และหลังงอก
(post-emergence) ในสับปะรด. หน้า 189-
201. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2554
เล่มที่ 1. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรม
วิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สารสนเทศ
เศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้าปี 2559. เอกสาร
สถิติการเกษตรเลขที่ 42.สำนักงานเศรษฐกิจ
การเกษตร, กรุงเทพฯ. 111 หน้า.

อภิรัฐ บัณฑิต และ ทศพล พรพรหม. 2560. การประเมิน
คุณลักษณะทางอัลลีโลพาธีจากหญ้าโขงต่อการ
ยับยั้งการเติบโตของวัชพืชในสภาพแปลง.
วารสารเกษตร 33(2): 193-202.

Alavi, G., M. Sanda, B. Loo, R.E. Green and C. Ray.
2008. Movement of bromacil in a Hawaii soil

- under pineapple cultivation – a field study. *Chemosphere* 72: 45-52.
- AOAC. 2007. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, Maryland.
- AOAC. 2012. Official Methods of Analysis of AOAC International. 19th ed. AOAC International, Gaithersburg, Maryland.
- Burrill, J.C. and E. Locatelli. 1976. Field Manual for Weed Control Research. International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, Oregon.
- Echeverría-Sáenz, S., F. Mena, M. Pinnock, C. Ruepert, K. Solano, E. de la Cruz, B. Campos, J. Sánchez-Avila, S. Lacorte and C. Barata. 2012. Environmental hazards of pesticides from pineapple crop production in the Río Jiménez watershed (Caribbean Coast, Costa Rica). *Science of the Total Environment* 440: 106-114.
- EPA. 1996. Reregistration eligibility decision (RED): Bromacil. (Online). Available: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/fs_PC-012301_1-Aug-96.pdf (July 17, 2017).
- EPA. 2001. Environmental risk assessment for the reregistration of diuron. (Online). Available: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/cleared_reviews/csr_PC-035505_27-Aug-01_043.pdf (July 17, 2017).
- EFSA. 2017. The 2015 European Union report on pesticide residues in food. (Online). Available: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2017.4791/epdf> (July 17, 2017).
- Grichar, W.J., P.A. Dotray and C.L. Trostle. 2015. Castor (*Ricinus communis* L.) tolerance and weed control with pre-emergence herbicides. *Industrial Crops and Products* 76: 710-716.
- Huovinen, M., J. Loikkanen, J. Naarala and K. Vähäkangas. 2015. Toxicity of diuron in human cancer cells. *Toxicology in Vitro* 29: 1577-1586.
- Liu, S.-S., C.-L. Wang, J. Zhang, X.-W. Zhu and W. Li. 2013. Combined toxicity of pesticide mixtures on green algae and photobacteria. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 95: 98-103.
- Mansano, A.S., R.A. Moreira, M. Pierozzi, T.M.A. Oliveira, E.M. Vieira, O. Rocha and M.H. Regali-Seleglim. 2016. Effects of diuron and carbofuran pesticides in their pure and commercial forms on *Paramecium caudatum*: The use of protozoan in ecotoxicology. *Environmental Pollution* 213: 160-172.
- Pereira, T.S.B., C.N.P. Boscolo, D.G.H. Silva, S.R. Batlouni, D. Schlenk and E.A. Almeida. 2015. Anti-androgenic activities of diuron and its metabolites in male Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquatic Toxicology* 164: 10-15.
- Zhu Y. and Q.X. Li. 2002. Movement of bromacil and hexazinone in soils of Hawaiian pineapple fields. *Chemosphere* 49: 669-674.