

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

- 1.แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนากาแฟ
- 2.โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวกาแฟ
- กิจกรรม : วิจัยและพัฒนาการบริหารจัดการศัตรูพืชของกาแฟและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว
- 3.ชื่อการทดลอง(ภาษาไทย) : ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกในสวนกาแฟ

ชื่อการทดลอง(ภาษาอังกฤษ) : Study on Efficacy of post-emergence herbicides in coffee

4.คณะผู้ดำเนินงาน

- หัวหน้าการทดลอง : จริญญา ปันสุภา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
- ผู้ร่วมงาน : เทอดพงษ์ มหาวงศ์ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
- เอกรัตน์ ธนทอง สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
- อุษณีย์ จินตกุล สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
- ผกาสินี คล้ายมาลา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
- ฉัตรตัญญา ชมอาวุธ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่

5.บทคัดย่อ:

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย พื้นที่ปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ส่วนใหญ่อยู่บนดอยทางภาคเหนือ การจัดการวัชพืชจึงเป็นปัญหาสำคัญของการปลูกกาแฟ เนื่องจากพื้นที่ดอยมีฝนตกชุกในฤดูฝน ทำให้มีวัชพืชขึ้นแข่งชัน การจัดการโดยการไถแรงงาน หรือเครื่องจักรกล ทำให้เกษตรกรต้องกำจัดวัชพืชบ่อยครั้ง เกษตรกรโดยส่วนใหญ่จึงใช้สารกำจัดวัชพืช แต่ปัจจุบันสารกำจัดวัชพืชประเภทใช้พ่นหลังวัชพืชงอกที่แนะนำให้เกษตรกรใช้ คือ glyphosate และ glufosinate-ammonium เพียง 2 ชนิดเท่านั้น ดังนั้น งานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกเพื่อควบคุมวัชพืชในกาแฟเป็นทางเลือกให้เกษตรกรได้ใช้สารกำจัดวัชพืชที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชได้ดี ไม่กระทบต่อการเจริญเติบโต และไม่ตกค้างในดินที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยดำเนินการทดลองในเรือนทดลอง กลุ่มวิจัยวัชพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ระหว่างเดือนมกราคม-ตุลาคม พ.ศ. 2560 เพื่อหาสารกำจัดวัชพืชที่ไม่เป็นพิษต่อต้นกาแฟ หรือเป็นพิษเล็กน้อย และไม่ส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโต และนำสารกำจัดวัชพืชดังกล่าวมาทดสอบในสภาพไร่ ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ จำนวน 2 แปลง อำเภอแม่ว่าง และ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมิถุนายน-ตุลาคม พ.ศ. 2563 ผลการทดลองในเรือนทดลอง พบว่า สารกำจัดวัชพืช fluazifop-p-butyl + fomesafen อัตรา

30+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่, clethodim + fomesafen อัตรา 45+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่, fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen อัตรา 22.08+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่, propaquizafop + fomesafen อัตรา 12+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่, propaquizafop + oxyfluorfen อัตรา 12+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่, glufosinate-ammonium + fomesafen อัตรา 105+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และ glufosinate-ammonium + oxyfluorfen อัตรา 105+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ เป็นพิษเล็กน้อยต่อต้นกาแฟ ไม่ส่งผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโต จึงนำมาทดสอบในสภาพไร่ ผลการทดลอง พบว่า ทั้ง 2 แปลง ให้ผลการทดลองไปในทางเดียวกัน โดยพบว่า สารกำจัดวัชพืชทุกชนิดเป็นพิษต่อต้นกาแฟ แต่ไม่กระทบต่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะสารกำจัดวัชพืช glufosinate-ammonium + fomesafen อัตรา 105+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และ glufosinate-ammonium + oxyfluorfen อัตรา 105+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นสาร เช่นเดียวกับการใช้สารกำจัดวัชพืช paraquat, glyphosate และ glufosinate-ammonium

เมื่อเก็บดินที่ระดับความลึก 0-10 และ 10-15 เซนติเมตร จากแปลงปลูกกาแฟ เพื่อตรวจวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชตกค้างในดินหลังการพ่นสาร โดยวิธี Chromatography ผลการตรวจวิเคราะห์พบสารในช่วงปริมาณ ดังนี้ fluazifop-p-butyl 0.04-4.22, fomesafen 0.07-73.43, clethodim 0.92-4.88, fenoxaprop-p-ethyl 0.08-14.89, oxyfluorfen 0.01-115.09, propaquizafop 0.08-6.71, glufosinate 0.08-5.09, glyphosate 0.14-4.99, และ paraquat 0.18-5.98 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีปัจจัยของความชื้นของดิน ปริมาณน้ำฝน และคุณลักษณะของสารเป็นตัวแปรที่สำคัญในการตรวจพบปริมาณสารตกค้างในดิน

Coffee is an important economic crop for Thailand. Arabica coffee is grown in the highlands of northern Thailand. Weed management is a major problem because the highlands receive a great amount of rain during the rainy season causing weeds to compete with the coffee plants. Weed management by manual labor or mechanical means is effective but expensive for most farmers. Hence most farmers must use herbicides for weed control. Currently, only two post-emergent herbicides are recommend for weed control on coffee: glyphosate and glufosinate-ammonium. The objectives of this research were to identify effective post-emergence herbicides which did not negatively affect the growth of coffee plants and did not leave residual herbicides in the soil, resulting in adverse environmental impact. The study was carried out from January to October 2016 under greenhouse conditions in Thai Department of Agriculture Weed Science Group. Afterwards these herbicides were tested on field experiments at the Chiang Mai Royal Agricultural Research Centre, Khun Wang district and Mae Chaem district, Chiang Mai

province from May to October 2017. Two additional field experiments were conducted at Chiang Mai Royal Agricultural Research Center in Mae Wang District and Mae Chaem District, Chiang Mai province between June 2017 and October 2020. Tested herbicides included fluazifop-p-butyl+fomesafen (30 + 50 g ai/rai), clethodim+fomesafen (45 + 50 g ai/rai), fenoxaprop-p-ethyl+oxyfluorfen (22.08 + 24 g ai/rai), propaquizafop+fomesafen (12 + 50 g ai/rai), propaquizafop+ oxyfluorfen (12 + 24 g ai/rai), glufosinate-ammonium+fomesafen (105 + 50 g ai/rai), and glufosinate-ammonium +oxyfluorfen (105+24 g ai/rai). Greenhouse results showed that the post-emergence herbicides were only slightly toxic to coffee and thus did not affect the growth of coffee. Field trials revealed similar results; all herbicide treatments were only slightly toxic to coffee and effective in controlling weeds, especially glufosinate-ammonium +fomesafen (105+50 g ai/rai) and glufosinate-ammonium + oxyfluorfen (105+24 g ai/rai) which could well control till 30 days after spray as well as paraquat, glyphosate and glufosinate-ammonium.

When collecting soil at depths of 0 - 10 and 10-15 centimeters from coffee plantations to analyze soil residues after spraying by chromatography, the results of the analysis showed the substance in the dosage range. fluazifop-p-butyl 0 . 0 4 - 4 . 2 2 , fomesafen 0.07-73.43, clethodim 0.92-4.88, fenoxaprop-p-ethyl 0.08-14.89, oxyfluorfen 0.01-115.09, propaquizafop 0.08-6.71, glufosinate 0.08-5.09, glyphosate 0.14-4.99, and paraquat 0.18-5.98 mg per kilogram, which contains moisture. Soil moisture, rainfall and substance characteristics are important variables in detecting soil residue content.

6. คำนำ

กาแฟเป็นไม้ยืนต้นที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลก โดยมีประเทศมากกว่า 50 ประเทศที่ปลูกกาแฟและเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกกาแฟเป็นอันดับที่ 19 ของโลก พื้นที่ปลูกกาแฟที่สำคัญอยู่ทางภาคใต้ ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีพื้นที่ในการผลิตกาแฟในปี 2557 จำนวน 263,779 ไร่ และในปี 2558 จำนวน 269,596 ไร่ พื้นที่ปลูกกาแฟเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในภาคเหนือ และ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากภาครัฐและเอกชนมีการส่งเสริมให้ปลูกเพิ่มในสวนไม้ผล ไม้ยืนต้นและพื้นที่ป่าชุมชนตั้งแต่ ปี 2554 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558)

การปลูกกาแฟทางภาคเหนือ เป็นกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีบนพื้นที่สูงและอากาศหนาวเย็น ดังนั้นเกษตรกรจึงนิยมปลูกบนดอยหรือพื้นที่เป็นภูเขาสูง ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่มีอากาศชื้นและฝนตกชุก ทำให้การปลูกกาแฟ ประสบกับปัญหาวัชพืชขึ้นรบกวนตลอดทั้งปี หากปล่อยให้วัชพืชขึ้นรบกวนในปริมาณมากๆ จะมีผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของกาแฟ และทำให้ผลผลิต

ลดลง 24-65% (Moraima, *et al.* 2001; Eshetu, 2001) ในช่วง 1-2 ปีแรก ของการปลูกกาแฟ ต้นกาแฟจะอ่อนแอกับการรบกวนของวัชพืชเป็นอย่างมากตรงระหว่างแถวปลูกกาแฟ การเจริญเติบโต และช่วงเวลาการขยายพันธุ์จะได้รับผลกระทบหากไม่มีการกำจัดวัชพืชในช่วงเวลาที่เหมาะสม (Ronchi *et al.*, 2004) และยังเป็นที่อยู่อาศัยของโรค และแมลง ซึ่งจะทำให้เกิดการระบาดของโรค และแมลงเพิ่มมากขึ้น หากไม่มีการป้องกันกำจัดวัชพืช การจัดการวัชพืชของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟทางภาคเหนือ เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้สารกำจัดวัชพืชเป็นวิธีจัดการวัชพืช เนื่องจากสามารถควบคุมวัชพืชได้ดี และไม่ต้องกำจัดวัชพืชบ่อยครั้งเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจัดการวัชพืชโดยใช้แรงงาน ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองแรงงาน เวลา และประกอบกับค่าแรงงานแพง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง เกษตรกรจึงหันมาใช้สารกำจัดวัชพืชเพิ่มมากขึ้น แต่สารกำจัดวัชพืชที่แนะนำให้เกษตรกรใช้ มีไม่กี่ชนิดที่แนะนำให้เกษตรกรใช้(กลุ่มวิจัยวัชพืช, 2554) ได้แก่ glyphosate, paraquat และ glufosinate-ammonium และ ณ ปัจจุบัน สารกำจัดวัชพืช paraquat นั้นได้ถูกยกเลิกการใช้ในประเทศไทย ทำให้เกษตรกรมีสารกำจัดวัชพืชที่ใช้เพียง 2 ชนิด คือ glyphosate และ glufosinate-ammonium ดังนั้น ควรศึกษาหาสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก เพื่อเป็นทางเลือกให้เกษตรกรได้ใช้กำจัดวัชพืชในสวนกาแฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันมีสารกำจัดวัชพืชชนิดใหม่ๆหลากหลายชนิดที่สามารถควบคุมวัชพืชได้ดี สารกำจัดวัชพืช fluazifop-p-butyl และ clethodim เป็นสารกำจัดวัชพืชแบบเลือกทำลายและสามารถควบคุมวัชพืชในสวนกาแฟได้ เช่น ปิ่นนกลี (Bidens Pilosa) , ทหารกล้า (Galinsoga parviflora) สารกำจัดวัชพืช fomesafen, flazasulfuron และ oxyfluorfen ก็มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในกาแฟได้ดีเช่นเดียวกัน และการนำสารกำจัดวัชพืชมาผสมกัน (tank-mix) เช่น fluazifop-p-butyl + fomesafen สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชได้มากขึ้น (Ronchi *et al.*, 2004) อีกทั้ง มีความปลอดภัยต่อมนุษย์ และสภาพแวดล้อมมากขึ้น จึงควรนำสารกำจัดวัชพืชเหล่านั้นมาทดสอบประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชเพื่อหาสารกำจัดวัชพืชที่เหมาะสม สามารถควบคุมวัชพืชได้ดี ไม่เป็นอันตรายต่อต้นกาแฟ และสภาพแวดล้อม

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

- ต้นกาแฟ อายุประมาณ 6 เดือน
- สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก ได้แก่ quizalofop-p-tefuryl 4% EC, fluazifop-p-butyl 15% EC, clethodim 24 % EC, fenoxaprop-p-ethyl 6.9 %EC, propaquizafop 10% EC, fomesafen 25% EC, haloxyfop-R-mehtyl 10.8% EC, glufosinate 15% SL
- เครื่องพ่นสารกำจัดวัชพืชแบบสะพายหลัง (knapsack sprayer) หัวฉีดแบบแรงปะทะ (flood-jet nozzle)
- ดิน ปุ๋ยมูลวัว แกลบเผา แกลบดิบ

- กระจกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร
- ป้ายแปลง และถุงกระดาษ
- กระจกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร
- เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่อง Gas chromatography, High Performance Liquid Chromatography, Centrifuge, Vacuum rotary evaporator, Electronic balance, Reciprocal shaker, Nitrogen evaporator, Vortex mixer เป็นต้น
- เครื่องแก้วและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ได้แก่ burette, buchner funnel, round bottom flask, erlenmeyer flask volumetric flask, pipette, petri dish เป็นต้น
- สารเคมี ได้แก่ acetone (AR grade) acetonitrile (HPLC grade), ethyl acetate (AR grade), disodium tetra borate decahydrate (AR grade), potassium dihydrogen phosphate (AR grade), potassium hydroxide (AR grade), Fmoc-Cl, Octane-2-ol(octanol), cation exchange resin, sulfuric acid, sodium chloride, ammonium chloride, sodium sulfate เป็นต้น
- สารมาตรฐานความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 95% ได้แก่ fluazifop-p-butyl, fomesafen, fenoxaprop-p-ethyl, oxyfluorfen, propaquizafop, glufosinate, glyphosate และ paraquat
- วัสดุวิทยาศาสตร์ ได้แก่ Nylon membrane filter, PVDF membrane filter filter paper N0. 42, Solid Phases Extraction (SPE), อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินและถุงพลาสติกใส่ตัวอย่าง เป็นต้น

วิธีดำเนินการทดลอง

1. ทดสอบประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก

ขั้นตอนที่ 1 ทดสอบความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกในเรือนทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ 22 กรรมวิธี ประกอบด้วย

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. fluazifop-p-butyl+fomesafen | อัตรา 30+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 2. fluazifop-p-butyl+oxyfluorfen | อัตรา 30+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 3. fluazifop-p-butyl+flumioxazin | อัตรา 30+15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 4. clethodim+fomesafen | อัตรา 45+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |

5. clethodim+oxyfluorfen	อัตรา 45+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
6. clethodim+flumioxazin	อัตรา 45+15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
7. quizalofop-p-tefuryl+fomesafen	อัตรา 20+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
8. quizalofop-p-tefuryl+oxyfluorfen	อัตรา 20+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
9. quizalofop-p-tefuryl+flumioxazin	อัตรา 20+15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
10. fenoxaprop-p-ethyl+fomesafen	อัตรา 22.08+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
11. fenoxaprop-p-ethyl+oxyfluorfen	อัตรา 22.08+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
12. fenoxaprop-p-ethyl+flumioxazin	อัตรา 22.08+15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
13. glufosinate-ammonium+fomesafen	อัตรา 105+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
14. glufosinate-ammonium+oxyfluorfen	อัตรา 105+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
15. glufosinate-ammonium+flumioxazin	อัตรา 105+15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
16. propaquizafop+fomesafen	อัตรา 12+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
17. propaquizafop + oxyfluorfen	อัตรา 12+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
18. propaquizafop + flumioxazin	อัตรา 12+15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
19. haloxyfop-R-mehtyl + fomesafen	อัตรา 25.92+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
20. haloxyfop-R-mehtyl + oxyfluorfen	อัตรา 25.92+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
21. haloxyfop-R-mehtyl + flumioxazin	อัตรา 25.92+15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
22. ไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช	

วิธีปฏิบัติการทดลอง

นำต้นกล้ากาแฟ อายุประมาณ 6 เดือน มีจำนวนใบประมาณ 7 คู่ใบ ปลูกในกระถาง หนึ่งต้นต่อกระถาง ขี้ละ 3 ต้น จำนวน 81 กระถาง โดยใช้ดินผสมระหว่างแกลบดิบ แกลบเผา ขี้วัว และดิน ในอัตรา 1:1 หลังจากปลูกลงในกระถางทำการพ่นสารกำจัดวัชพืชตามกรรมวิธีการทดลอง โดยพ่นคลุมทับลงบนต้นกล้ากาแฟ ในขณะที่พ่นใช้อุปกรณ์กันละอองสารกำจัดวัชพืชไม่ให้เกิดการฟุ้งกระจาย ใช้เครื่องพ่นแบบสะพายหลัง (knapsack sprayer) หัวฉีดแบบแรงปะทะ (flood-jet nozzle) อัตราน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ หลังจากนั้นที่ระยะ 7, 15, 30, 45 และ 60 วันหลังพ่นสาร ประเมินความเป็นพิษด้วยสายตาตามระบบ 0-10 ตามลักษณะที่ปรากฏ (0 = normal, 1-3 = slightly toxic, 4-6 = moderately toxic, 7-9 = severely toxic และ 10 = completely killed) (Truelove, 1977) และที่ระยะ 90 วันหลังปลูกเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ

การบันทึกข้อมูล

1. ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้นกาแฟ
2. ความสูงต้น จำนวนใบ ความยาวใบ เส้นรอบวง ขนาดทรงพุ่ม และน้ำหนักสดของต้นกาแฟ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของความสูงต้น จำนวนใบ ความยาวใบ เส้นรอบวง ขนาดทรงพุ่ม และ น้ำหนักสด ของต้นกาแฟ

สถานที่ทำการทดลอง

กลุ่มวิจัยวัชพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกของกาแฟในสภาพแปลง

นำสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกที่ทดสอบในเรือนทดลอง (ขั้นตอนที่ 1) ชนิดที่ไม่เป็นอันตรายต่อต้นกาแฟ หรือเป็นพิษเพียงเล็กน้อย ได้แก่ fluazifop-p-butyl + fomesafen, clethodim +fomesafen, fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen, propaquizafop + fomesafen, propaquizafop + oxyfluorfen, glufosinate +fomesafen, glufosinate + oxyfluorfen ทดสอบในสภาพไร่ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่เกษตรกรใช้คือ glyphosate, paraquat และ glufosinate - ammonium

แบบและวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ 12 กรรมวิธี ประกอบด้วย

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. fluazifop-p-butyl + fomesafen | อัตรา 30+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 2. clethodim +fomesafen | อัตรา 45+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 3. fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen | อัตรา 22.08+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 4. propaquizafop + fomesafen | อัตรา 12+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 5. propaquizafop + oxyfluorfen | อัตรา 12+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 6. glufosinate-ammonium +fomesafen | อัตรา 105+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 7. glufosinate-ammonium + oxyfluorfen | อัตรา 105+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 8. glyphosate | อัตรา 480 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 9. paraquat | อัตรา 240 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 10. glufosinate -ammonium | อัตรา 150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 11. กรรมวิธีกำจัดวัชพืชด้วยแรงงาน | |
| 12. ไม่กำจัดวัชพืช | |

วิธีปฏิบัติการทดลอง

นำต้นกล้ากาแฟ ปลูกในพื้นที่ โดยมีระยะปลูก 2x2 เมตร ขนาดหลุมปลูก 50x50x50 เซนติเมตร รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยสูตร 0-3-0 อัตรา 100 กรัม/หลุม และปุ๋ยคอก 5 กิโลกรัม/หลุม ให้น้ำตามธรรมชาติ และทำการแบ่งแปลงย่อยขนาด 8x6 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลงย่อย 4 เมตร แปลงวัดผล ขนาด 4x2 เมตร หลังจากนั้น ประมาณ 20 วันหลังปลูก ทำการพ่นสารกำจัดวัชพืชตามกรรมวิธีการทดลอง ในขณะที่

พ่นใช้อุปกรณ์กันละอองสารกำจัดวัชพืชไม่ให้เกิดการฟุ้งกระจาย ใช้เครื่องพ่นแบบสะพายหลัง (knapsack sprayer) หัวฉีดแบบแรงปะทะ(flood-jet nozzle) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ ทำการพ่นสารกำจัดวัชพืชตามกรรมวิธีการทดลองตลอดช่วงฤดูปลูก 3 ปี การพ่นสารกำจัดวัชพืชครั้งถัดไปต้องให้วัชพืชมีความหนาแน่นมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่จึงทำการพ่น ในการพ่นสารกำจัดวัชพืชแต่ละครั้งทำการเก็บข้อมูลความเป็นพิษต่อต้นกาแฟและประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช และเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นกาแฟในปีสุดท้ายของการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

- 1.ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้นกาแฟที่ระยะ 15, 30 และ 60 วันหลังพ่นสารกำจัดวัชพืช
- 2.ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังพ่นสารกำจัดวัชพืช
- 3.น้ำหนักแห้งของวัชพืชที่ระยะ 30 วันหลังพ่นสารกำจัดวัชพืช
4. ความสูง ความยาวใบ ความกว้างใบ ความกว้างทรงพุ่ม และเส้นรอบวงของต้นกาแฟ ที่ระยะ 1,2 และ 3 ปี

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักแห้งวัชพืช ความสูง ความยาวใบ ความกว้างใบ ความกว้างทรงพุ่ม และเส้นรอบวงของต้นกาแฟ

สถานที่ทำการทดลอง

สถานีเกษตรหลวงเชียงใหม่ ตำบลแม่วิน อำเภอแม่วาง และตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

2. วิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดิน

การวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืช แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 วิธี คือ วิธี Chromatography และ วิธี Bioassy

1. การวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดิน โดยวิธี Chromatography

- วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. ศึกษาวิธีวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืช 9 ชนิด ได้แก่ fluazifop-p-butyl, fomesafen, clethodim, fenoxaprop-p-ethyl, oxyfluorfen, propaquizafop, glufosinate, glyphosate, และ paraquat ในดิน จากวิธีทดสอบที่ได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์ที่ใช้ในปัจจุบัน หรือ วิธีวิเคราะห์รวม หรือ ตามวิธีมาตรฐานจากเอกสารต่างๆ

2. เลือกวิธีทดสอบที่มีความเหมาะสม สำหรับนำมาใช้เป็นวิธีสกัดและตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างดิน หลังการพ่นสารกำจัดวัชพืชในสภาพแปลง

3. เตรียมวัสดุอุปกรณ์ สารเคมี สารมาตรฐาน ตัวอย่าง และเครื่องมือตรวจวิเคราะห์โดยวิธี Chromatography เช่น Gas Chromatography (GC) และ High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

4. เตรียมสารมาตรฐานที่มีความบริสุทธิ์สูง ในระดับความเข้มข้นต่างๆ เพื่อใช้เป็นสารละลายมาตรฐาน

5. ทดสอบประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ และสภาวะเครื่องมือของวิธีทดสอบโดยให้ผลทดสอบ % recovery, Limit of detection (LOD) และ Limit of determination (LOQ) อยู่ในเกณฑ์การยอมรับ ตาม AOAC guideline

6. สุ่มเก็บตัวอย่างดินในสภาพไร่ ของกรรมวิธีต่างๆ ทั้งก่อนและหลังพ่นสารกำจัดวัชพืชที่ 0, 7, 20, 30, 60 และ 120 วัน โดยเก็บที่ระดับความลึก 0-10, 10-15 เซนติเมตร จากผิวดิน ระดับละ 10 จุด นำมาคลุกกัน อย่างน้อย 5 ตัวอย่าง ปริมาณต่อตัวอย่าง ไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัม แช่วั่งน้ำแข็งระหว่างนำส่ง ตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง พร้อมบันทึกรายละเอียดของตัวอย่าง

7. สกัดตัวอย่าง และตรวจวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชชนิดต่างๆ ตามวิธีทดสอบ และเทคนิคของ เครื่องมือวิเคราะห์ที่มีความจำเพาะเจาะจง

7.1 วิธีทดสอบสารกำจัดวัชพืช fluazifop-p-butyl, fomesafen, fenoxaprop-p-ethyl, oxyfluorfen, propaquizafop ในดิน (พงค์ศรีและคณะ, 2549 และ EPA method GRM 044.03A, 2010)

7.2 วิธีทดสอบสารกำจัดวัชพืช paraquat ในดิน (ดัดแปลงจาก Kennedy, 1986)

7.3 วิธีทดสอบสารกำจัดวัชพืช glyphosate และ glufosinate ในดิน (ดัดแปลงจาก Le Bot, B. *et al.*, 2002 และ Anastassiades, M., *et al.*, 2007)

- การบันทึกข้อมูล

1. ปริมาณสารพิษตกค้างที่พบในดิน หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) หลังการพ่นสารกำจัดวัชพืชประเภทต่างๆ ของแต่ละกรรมวิธีที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพสาร ในสภาพแปลง

- วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ของสารพิษตกค้างที่พบในตัวอย่างเปรียบเทียบแต่ละกรรมวิธีที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพสารในสภาพแปลง

- สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยผลกระทบจากการใช้วัตถุเคมีทางการเกษตร กลุ่มวิจัยวัตถุเคมีทางการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

- เวลาและสถานที่

เดือนกันยายน พ.ศ. 2559-ตุลาคม พ.ศ. 2563

2.ศึกษาผลตกค้างสารกำจัดวัชพืชในดิน โดยวิธี Bioassy

- วิธีปฏิบัติการทดลอง

สุ่มเก็บตัวอย่างดินในสภาพไร่ในแต่ละกรรมวิธีในขั้นตอนที่ 2 โดยสุ่มเก็บดินที่ระยะ 20 และ 60 วันหลังพ่นสาร ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร จากผิวดิน จำนวน 5 จุด นำมาคลุกกัน ในแต่ละกรรมวิธี แล้วนำไปใส่กระถาง จำนวน 5 กระถางในแต่ละกรรมวิธี และหยอดเมล็ดข้าวโพดลงในกระถางละ 5 เมล็ด คูแตรรดน้ำ ให้พืชปลูกงอก แล้วถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อกระถางที่ระยะ 5 วันหลังปลูก หลังจากนั้นประมาณ 2 เดือน วัดความสูงและตัดต้นข้าวโพดชดดิน นำไปหาน้ำหนักสดต่อต้น

การบันทึกข้อมูล

ความสูง และน้ำหนักสดของข้าวโพดที่ระยะ 2 เดือนหลังปลูก

- วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ความสูง และน้ำหนักสด

สถานที่ทำการทดลอง

กลุ่มวิจัยวัชพืช สำนักพัฒนาการอารักขาพืช

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 การทดลองในเรือนทดลอง

ดำเนินการทดลองในปี 2560

8.1.1 ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกต่อต้นกาแพ

หลังจากพ่นสารกำจัดวัชพืชตามกรรมวิธีการทดลอง ที่ระยะ 7 วันหลังพ่น พบว่าสารกำจัดวัชพืชในทุกกรรมวิธีการทดลองเป็นพิษต่อต้นกาแพในระยะ 7 วันหลังพ่นสาร โดยมีความเป็นพิษเล็กน้อยจนถึงเป็นพิษในระดับปานกลาง สารกำจัดวัชพืชในกรรมวิธีการทดลองโดยส่วนใหญ่เป็นพิษเล็กน้อยโดยทำให้ใบกาแพเป็นแผลเป็นจุดเหลือง (chlorosis) ไม่ทำให้ใบไหม้ แต่พบสารกำจัดวัชพืชที่เป็นพิษปานกลางได้แก่ fluazifop-p-butyl + flumioxazin , clethodim + flumioxazin , quizalofop-p-tefuryl + flumioxazin, fenoxaprop-p-ethyl + flumioxazin , glufosinate + flumioxazin , propaquizafop + flumioxazin และ haloxyfop-R-mehtyl + flumioxazin ทำให้ต้นกาแพใบไหม้ และแห้งตาย หลังจากนั้นที่ระยะ 30 หลังพ่นสารกำจัดวัชพืช ทุกกรรมวิธีการทดลองไม่พบอาการเป็นพิษ ใบที่งอกขึ้นมาใหม่มีการเจริญเติบโตเป็นปกติ จะเห็นได้ว่าคุณสมบัติที่มีสารกำจัดวัชพืช flumioxazin เป็นพิษรุนแรงสูงกว่าคุณสมบัติที่มีสารกำจัดวัชพืช fomesafen และ oxyfluorfen (Figure 1 และ Table 1)

8.1.2 ผลของสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแพ

การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ หลังจากพ่นสารกำจัดวัชพืชในแต่ละกรรมวิธี (Table 2) พบว่า ทุกกรรมวิธีในการทดลองให้ความสูง และ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ขนาดทรงพุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จำนวนใบ และน้ำหนักสด แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า กรรมวิธีการพ่นสารกำจัดวัชพืช fluazifop-p-butyl + flumioxazin มีจำนวนใบต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นสาร fenoxaprop-p-ethyl + fomesafen, quizalofop-p-tefuryl + fomesafen และ propaquizafop + fomesafen ที่มีจำนวนใบมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และกรรมวิธีการพ่นสาร fluazifop-p-butyl + flumioxazin ให้น้ำหนักสดน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่นๆ

8.2 การทดลองในสภาพแปลง

ดำเนินการทดลองพ่นสารกำจัดวัชพืชเป็นเวลา 2 ปีในปี 2561-2562

8.2.1 ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้นกาแฟ

จากการประเมินความเป็นพิษต่อต้นกาแฟในการพ่นสารกำจัดวัชพืชโดยพ่นสารกำจัดวัชพืช 3 ครั้งตั้งแต่เดือนมิถุนายน -ธันวาคม พ.ศ. 2561 ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงฤดูฝน มีวัชพืชขึ้นทำให้ต้องมีการกำจัดวัชพืชในช่วงเวลาดังกล่าว และการพ่นสารกำจัดวัชพืชในทุกกรรมวิธีในการทดลองให้ผลไปในทางเดียวกันทั้ง 2 แปลงการทดลอง (Table 3 และ Table 4) พบว่า ที่ระยะ 15 วันหลังพ่นสารกำจัดวัชพืช มีความเป็นพิษต่อต้นกาแฟโดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับเล็กน้อยจากการประเมินด้วยสายตา ซึ่งแสดงอาการใบไหม้บางส่วนบนผิวใบ ยกเว้นสารกำจัดวัชพืช glyphosate และ paraquat แสดงอาการเป็นพิษรุนแรง ทำให้ต้นกาแฟใบไหม้ทั้งต้น เนื่องจากในขณะที่พ่นนั้นละอองสารไปสัมผัสกับต้นกาแฟ เช่นเดียวกับการพ่นสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่น แต่หลังจากนั้นที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร ไม่พบอาการเป็นพิษ ยกเว้นการพ่นสารกำจัดวัชพืช glyphosate ยังพบอาการเป็นพิษต่อต้นกาแฟ แสดงอาการความเป็นพิษอยู่ในระดับปานกลาง โดยใบอ่อนของต้นกาแฟที่เจริญเติบโตที่ขึ้นมาใหม่ใบเหลืองและใบมีขนาดเล็ก (Figure 2) และในปี 2562 ได้ทำการพ่นสารกำจัดวัชพืชอีก 3 ครั้งในช่วงเดือนมิถุนายน-พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ผลการประเมินความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้นกาแฟด้วยสายตา พบว่า ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกันในปี 2561 ทั้ง 2 แปลงการทดลอง (Table 5 และ Table 6) Clebson *et al.* (2016) พบว่าการใช้สารกำจัดวัชพืช saflufenacil พ่นแบบเดี่ยว และ ผสมกับสารกำจัดวัชพืช glyphosate ไม่พบความเป็นพิษกับต้นกาแฟและส้ม การใช้ในพื้นที่ดินทรายก็ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต ทำให้สารกำจัดวัชพืช saflufenacil ใช้ร่วมกับสารกำจัดวัชพืช glyphosate ในการควบคุมวัชพืชได้หลายชนิดมากขึ้นในสวนกาแฟ โดยไม่เป็นพิษและไม่ส่งผลต่อพัฒนาการของต้นกาแฟ Elvin G. (2016) พบว่า สารกำจัดวัชพืช glyphosate ซึ่งใช้ในอัตรา 2.35 L/ha สามารถควบคุมได้ดีมาก และดีกว่าสารกำจัดวัชพืช paraquat และ dalapon และ สารกำจัดวัชพืช dalapon ไม่สามารถควบคุมวัชพืชใบกว้างได้

8.2.2 ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืช

หลังจากพ่นสารกำจัดวัชพืชในแต่ละครั้ง ได้ประเมินประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชด้วยสายตาที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังพ่นสาร พบว่า การพ่นสารกำจัดวัชพืชในปี 2561 ทั้ง 3 ครั้งทั้ง 2 แปลงให้ผลไปในทางเดียวกัน (Table 7 และ 8) โดยกรรมวิธีที่พ่นสารกำจัดวัชพืช glufosinate-amonium+fomesafen, glufosinate-amonium+oxyfluorfen และสารเปรียบเทียบ glyphosate, paraquat และ glufosinate-amonium มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีที่ระยะ 30 วันหลังพ่นสาร หลังจากนั้นที่ระยะ 60 วันหลังพ่น ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชลดลงมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในระดับปานกลาง สอดคล้องกับน้ำหนักแห้งของวัชพืชที่มีกรรมวิธีการพ่นสาร glufosinate-amonium+fomesafen และ glufosinate-amonium+ oxyfluorfen มีน้ำหนักแห้งของวัชพืชน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นที่มีการพ่นสารกำจัดวัชพืชยกเว้นการพ่นสารเปรียบเทียบ glyphosate, paraquat และ glufosinate-amonium (Table 9 และ Table 10)เช่นเดียวกับประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในปี 2562 การพ่นสารกำจัดวัชพืชทั้ง 3 ครั้ง (Table 11 และ 12) พบว่า กรรมวิธีการพ่นสารกำจัดวัชพืช glufosinate-amonium+fomesafen และ glufosinate-amonium+oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นสาร เช่นเดียวกับการพ่นสารเปรียบเทียบ glyphosate, paraquat และ glufosinate-amonium ส่วนสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นในกรรมวิธีการทดลองโดยส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ปานกลาง ที่ระยะ 30 หลังพ่นสาร และที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชลดลงที่ระดับเล็กน้อยเท่านั้น สอดคล้องกับน้ำหนักแห้ง พบว่ากรรมวิธีการพ่นสาร glufosinate-amonium+fomesafen และ glufosinate-amonium+oxyfluorfen มีน้ำหนักแห้งของวัชพืชน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น และไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีกำจัดวัชพืชด้วยแรงงาน (Table 13 และ 14)

8.2.3 การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ และผลผลิต

หลังจากพ่นสารกำจัดวัชพืช ได้ดำเนินการวัดการเจริญเติบโตของต้นกาแฟที่อายุ 1 ปี (Table 15 และ 16) พบว่า กรรมวิธีที่มีการพ่นสารกำจัดวัชพืช กรรมวิธีกำจัดวัชพืชด้วยมือ และกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืช ให้ความสูงต้น เส้นรอบวง ความกว้างใบ ความยาวใบ และขนาดทรงพุ่มของต้นกาแฟ ในแปลงการทดลองที่อำเภอแม่วาง โดยส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าการพ่นสารกำจัดวัชพืช glyphosate ให้ความสูง ความกว้างใบ ความยาวใบ และขนาดทรงพุ่มของต้นกาแฟ ต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น เนื่องจากการพ่นสารกำจัดวัชพืช glyphosate เป็นพิษต่อต้นกาแฟ มีผลต่อการเจริญของใบที่ออกขึ้นมาใหม่ ส่วนผลการเจริญเติบโตแปลงการทดลองที่อำเภอแม่แจ่ม กลับพบว่าการพ่นสารกำจัดวัชพืช paraquat ให้เส้นรอบวง และขนาดทรงพุ่มต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งก็พบว่าสารกำจัดวัชพืช paraquat เป็นพิษต่อต้นกาแฟเช่นกัน จะเห็นได้ว่าทั้งสองแปลงพบกรรมวิธีที่พ่นสารกำจัด

วัชพืช glyphosate และ paraquat ให้ผลแตกต่างกันเนื่องจากขณะที่พ่นละอองสารไปสัมผัสต่อต้นกาแพ ในปริมาณที่ต่างกันทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตของแต่ละแปลงแตกต่างกัน เช่นเดียวกับผลการเจริญเติบโตของต้นกาแพที่อายุ 2 ปี (Table 17 และ 18) พบว่า แปลงแม่วาง กรรมวิธีพ่นสารกำจัดวัชพืช glyphosate ให้ขนาดทรงพุ่มต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการกำจัดวัชพืชวิธีอื่น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการไม่กำจัดวัชพืช ส่วนแปลงการทดลองที่อำเภอแม่จอน กรรมวิธีพ่นสารกำจัดวัชพืช paraquat และ glyphosate โดยส่วนใหญ่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแพ โดยเฉพาะให้เส้นรอบวง และขนาดทรงพุ่ม ต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นกรรมวิธีที่ไม่กำจัดวัชพืช และการเจริญเติบโตของต้นกาแพอายุ 3 ปี (Table 19 และ 20) ยังพบว่ากรรมวิธีพ่นสารกำจัดวัชพืช paraquat และ glyphosate ให้เส้นรอบวง และขนาดทรงพุ่ม ต่ำกว่ากรรมวิธีที่มีพ่นสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นในการทดลอง และไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช นอกจากนั้นได้เก็บผลผลิตของต้นกาแพเมื่อกาแพมีอายุ 3 ปี พบว่า กรรมวิธีที่มีการพ่นสารกำจัดวัชพืช glufosinate-amonium + fomesafen และ glufosinate-amonium + oxyfluorfen ให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีอื่น และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืช แต่ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีกรรมกำจัดวัชพืชด้วยแรงงาน เนื่องจากประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีกว่ากรรมวิธีพ่นสารชนิดอื่นในการทดลอง และความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชอยู่ในระดับเล็กน้อย ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อผลการเจริญเติบโต ซึ่งทั้งสองแปลงให้ผลการทดลองไปในทางเดียวกัน

8.2.4 การวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดิน

เมื่อเก็บดินที่ระดับความลึก 0-10 และ 10-15 เซนติเมตร จากแปลงปลูกกาแพ จำนวน 2 ในอำเภอแม่แจ่ม ผลการตรวจวิเคราะห์พบสารในช่วงปริมาณ ดังนี้ fluazifop-p-butyl 0.04-4.22, fomesafen 0.07-67.28, clethodim 2.86, fenoxaprop-p-ethyl 0.08-3.22, oxyfluorfen 0.01-115.09, propaquizafop 0.09-6.71, glufosinate 0.08-5.09, glyphosate 0.16-4.99, และ paraquat 0.32-5.98 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

แปลงกาแพในอำเภอแม่วาง ผลการตรวจวิเคราะห์พบสารในช่วงปริมาณ ดังนี้ fluazifop-p-butyl 0.07-2.94, fomesafen 0.09-73.43, clethodim 0.92-4.88, fenoxaprop-p-ethyl 0.09-14.89, oxyfluorfen 0.01-13.51, propaquizafop 0.08-5.61, glufosinate 0.08-3.97, glyphosate 0.14-2.55, และ paraquat 0.18-5.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

สารบางชนิด เช่น clethodim และ propaquizafop จะไม่ค่อยพบการตกค้างในตัวอย่างดิน เนื่องจากเป็นสารที่มีการสลายตัวได้เร็ว (Table 8.2.4, PPDB, 2007)

Table 8.2.4 Physical Properties and Breakdown of Chemical in Soil (PPDB, 2007)

Herbicide name	Substance group	Herbicide Resistance Classification (HRAC)	Soil degradation (days) (aerobic)	Interpretation
fluzifop-p-butyl (C ₁₉ H ₂₀ F ₃ NO ₄)	Aryloxyphenoxypropionate	A	EU dossier Field studies DT ₅₀ range: 2.1-38.0 days, DT ₉₀ range 12-126 days	Non-persistent
fomesafen (C ₁₅ H ₁₀ ClF ₃ N ₂ O ₆ S)	Organochlorine	E	EU dossier field studies DT ₅₀ range 59-112 days	Moderately persistent
clethodim (C ₁₇ H ₂₆ ClNO ₃ S)	Cyclohexanedione	A	EU dossier lab studies DT ₅₀ range 0.17-3.04 days, DT ₉₀ range 0.76- 8.50 days; field studies: DT ₅₀ 3 days	Non-persistent
fenoxaprop-p-ethyl (C ₁₈ H ₁₆ ClNO ₅)	Aryloxyphenoxypropionate	A	EU 2018 dossier lab studies DT ₅₀ (normalised) range 0.07- 1.4 days, DT ₉₀ range 0.24-6.1 days, Soils=8; Other sources: 10.5 days (DW4)	Non-persistent
oxyfluorfen (C ₁₅ H ₁₁ ClF ₃ NO ₄)	Diphenyl ether	E	EU dossier Lab studies	Moderately persistent

Herbicide name	Substance group	Herbicide Resistance Classification (HRAC)	Soil degradation (days) (aerobic)	Interpretation
			DT ₅₀ range 62-438 days; DT ₉₀ range 231-1771 days, Field data DT ₅₀ range 31-172 days, DT ₉₀ range 274-571 days; Other literature data DT ₅₀ 30-60 days	
propaquizafop (C ₂₂ H ₂₂ ClN ₃ O ₅)	Aryloxyphenoxypropionate	A	EU dossier lab study DT ₅₀ 0.09 to <3 days, field studies DT ₅₀ range 15-215 days, DT ₉₀ range 2-56 days; Other field studies DT ₅₀ range 15-26 days for spring applications	Moderately persistent
glufosinate-ammonium (C ₅ H ₁₅ N ₂ O ₄ P)	Phosphinic acid	H	U dossier lab studies DT ₅₀ range 6-11 days, DT ₉₀ range 19-35	Non-persistent

Herbicide name	Substance group	Herbicide Resistance Classification (HRAC)	Soil degradation (days) (aerobic)	Interpretation
			days; Other sources: DT ₅₀ 16 days (DW4); 3-10 days (Q3 lab), 7-20 (Q3 field)	
glyphosate (C ₃ H ₈ NO ₅ P)	Phosphonoglycine	G	EU Dossier (2015) Lab studies DT ₅₀ range 1.0-67.7 days, DT ₉₀ range 9.3-1661 days, Soils=15; field studies DT ₅₀ range 5.7-40.9 days, DT ₉₀ range 66.9-386.6 days, Soils = 8	Non-persistent
paraquat dichloride (C ₁₂ H ₁₄ Cl ₂ N ₂)	Quarternary ammonium compound	D	DT ₅₀ (field) = 365 General literature DT ₅₀ up to 20 years Stable and persistent	Very persistent

Remark: < 30 = Non-persistent, 30 - 100 = Moderately persistent, 100 - 365 = Persistent, > 365 = Very persistent

8.2.5 ศึกษาผลตกค้างสารกำจัดวัชพืชในดิน โดยวิธี Bioassy

จากการเก็บดินหลังพ่นสารกำจัดวัชพืชในแต่ละครั้ง โดยเก็บที่ระยะ 20 และ 60 วันหลังพ่นสารกำจัดวัชพืชและนำชุดดินดังกล่าวมาปลูกข้าวโพดในเรือนทดลอง พบว่า การพ่นสารกำจัดวัชพืชในแต่ละครั้ง ในแต่ละกรรมวิธีการทดลองไม่พบว่าปริมาณสารกำจัดวัชพืชที่ตกค้างอยู่ในดินจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดในด้านความสูง และน้ำหนักของต้นข้าวโพด เนื่องจากผลจากการทดลอง แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีที่มีการพ่นสารกำจัดวัชพืช ให้ความสูง และน้ำหนักของต้นข้าวโพดไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืชและกรรมวิธีไม่กรรมกำจัดวัชพืช (Table 21 และ 22)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สารกำจัดวัชพืช glufosinate-amonium + fomesafen และ glufosinate-amonium + oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นสาร ไม่ส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ และจากการตรวจสอบสารตกค้างในดินพบว่าปริมาณการตกค้างของสารทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสารในระดับต่ำ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากสภาพอากาศ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นของดิน ค่าความเป็นกรดต่างของดิน และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาสลายตัวของสารหลังการพ่นสารกำจัดวัชพืช จากการศึกษาของ Naveet Kaur and Makhan S. Bhullar (2015) พบว่า จากการทดสอบพ่นสาร oxyfluorfen อัตรา 0.17 และ 0.23 กก./เอเคอร์ ทันทีหลังปลูกถั่ว และกระเทียม และได้ตรวจสอบหาสาร oxyfluorfen ตกค้างที่ระยะ 0, 7, 15, 30, 45 และ 60 วันหลังพ่นสาร พบสาร oxyfluorfen ตกค้างแต่อยู่ในระดับต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ระยะ 45 วัน หลังพ่น

การใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกในสวนกาแฟ ต้องพ่นระหว่างแถวปลูกต้นกาแฟ โดยพ่นไม่ให้ละอองสารไปสัมผัสใบและต้นกาแฟ หากพ่นคลุมลงบนต้นกาแฟจะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโต และควรพ่นในระยะวัชพืชมีจำนวนใบ 3-5 ใบ หรือวัชพืชมีความสูงไม่เกิน 15 เซนติเมตร Scot Nelson (2008) พบว่า การใช้สารกำจัดวัชพืช glyphosate ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชแบบไม่เลือกทำลาย ซึ่งดูดซึมเข้าวัชพืชผ่านใบ และส่วนที่เป็นสีเขียว หากพ่นละอองสัมผัสกับต้นกาแฟจะทำให้ต้นกาแฟมีลักษณะผิดปกติ ขยายกิ่งน้อยลง ใบปิดงอ หรือมีอาการใบซีดและเหลือง ขนาดใบเล็กลง และต้นกาแฟชะงักการเจริญเติบโต

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลจากการทดลองสามารถที่จะแนะนำให้เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟในกลุ่มเกษตรกรภาคเหนือให้ใช้สารกำจัดวัชพืชอย่างมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในสวนกาแฟ และสารเหล่านั้นไม่ตกค้างในดิน และไม่ส่งผลกระทบต่อพืชปลูกชนิดอื่น

11. คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อำเภอแม่วาง และอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินงานทดลองเป็นอย่างดี ทำให้งานทดลองครั้งนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

12. เอกสารอ้างอิง

- พงศ์ศรี ไบอดุลย์, มลิสรา เวชยานนท์, บังอร ธารพล, ธวัชชัย หงษ์ตระกูล. 2549. การพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืช alachlor, bromacil, fenoxaprop-p-ethyl, oxyfluorfen, picloram และ pretilachlor ในดิน โดยวิธี Gas Chromatography. ใน ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2549. กลุ่มวิจัยวัชพืชมีการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. 119-130 น.
- Anastassiades, M., Tassdelen, B., Scherbaum, E., Stajnbaher, D. 2007. Recent developments in QuEChERS methodology for pesticide multiresidue analysis. In: Ohkawa H, Miyagawa H, Lee PW (eds), Pesticide chemistry: Crop protection, public health, environmental safety. Wiley-VCH, Weinheim.
- Christensen, H. B., Poulson, M. E., Herrmann, S. and Granby, K. 2008. Analysis of glyphosate in cereals. Danish Institute for Food and Veterinary Research.
- Clebson Gomes Goncalves, Antonio Carlos Da Silva Junior, Maria Renata Rocha Pereira, Sidnei Roberto Marchi and Dagoberto Martins. 2016. Selectivity of Saflufenacil applied singly and in combination with Glyphosate on coffee and citrus crops. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/301224616_Selectivity_of_saflufenacil_applied_singly_and_in_combination_with_glyphosate_on_coffee_and_citrus_crops
- Elvin G. Boneta Garcia. 1982. Effect of three Post-Emergence Herbicide on Coffee Growth and Weed Control. [Online]. Available: Effect of Three Post-Emergence Herbicides on Coffee Growth and Weed Control | The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico (upr.edu)
- Kennedy, S. H. 1986. Paraquat. ICI Jealott's Hill Research Station.
- Le Bot, B., Coliaux, K., Pelle, D., Brines, C., Seux, R., Clément, M. 2002. Optimization and performance evaluation of the analysis of glyphosate and AMPA in water by HPLC with fluorescence detection. Chromatographia. 56, p. 161-164.
- Navneet Kaur and Makhan S. Bhullar. 2015. Harvest time residues of pendimethalin and oxyfluorfen in vegetables and soil in sugarcane-based intercropping system. Environ Monit Assess (2015) 187:221

PPDB. 2007. THE PPDB Ato Z List of Herbicide *in* Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. [Online]. Available https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz_herb.htm. (January 2020)

Ronchi, C.P. and Silva, A.A..2004. Weed control in young coffee plantations through post-emergence herbicide application onto total area. *Plant Daninha* V.22, n.4, p.607-615, 2004.

Scot Nelson. 2008. Glyphosate Herbicide Injury to Coffee. Cooperative Extension Service. University of Hawaii. *Plant Disease* Nov.2008.

US EPA. 2010. Method GRM 044.03A [Online]. Available <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-03/documents/49193106-fluazifop-ilv-soil.pdf>. (October 2018)

13.ภาคผนวก



fluazifop-p-butyl + flumioxazin

clethodim + flumioxazin



quizalofop-p-tefuryl+flumioxazin

fenoxaprop-p-ethyl + flumioxazin



glufosinate-ammonium +flumioxazin

propaquizafop + flumioxazin



haloxyfop + flumioxazin

Figure 1. Herbicides injury on coffee at 15 days after application



Figure 2. Glyphosate injury on coffee at 60 day after application

Table 1 Effect of herbicide (tank-mix) on phytotoxicity of coffee at 7, 15 and 30 days after application in 2017, greenhouse

Treatment	Rate (g ai/rai)	Phytotoxicity Rating ^a		
		7 DAA ^b	15 DAA	30 DAA
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	1	0	0
fluazifop-p-butyl + oxyfluorfen	30+24	2	0	0
fluazifop-p-butyl + flumioxazin	30+15	6	6	0

clethodim +fomesafen	45+50	1	0	0
clethodim + oxyfluorfen	45+24	2	0	0
clethodim + flumioxazin	45+15	5	5	0
quizalofop- p-tefuryl + fomesafen	20+50	2	2	0
quizalofop- p-tefuryl + oxyfluorfen	20+24	2	2	0
quizalofop- p-tefuryl + flumioxazin	20+15	3	4	0
fenoxaprop-p-ethyl + fomesafen	22.08+50	2	0	0
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	1	0	0
fenoxaprop-p-ethyl + flumioxazin	22.08+15	5	5	0
glufosinate-ammonium +fomesafen	105+50	2	2	0
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	2	2	0
glufosinate-ammonium +flumioxazin	105+15	6	6	0
propaquizafop + fomesafen	12+50	1	0	0
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	1	0	0
propaquizafop + flumioxazin	12+15	4	4	0
haloxyfop R-mehtyl + fomesafen	25.92+50	2	3	0
haloxyfop R-mehtyl + oxyfluorfen	25.92+24	2	2	0
haloxyfop R-mehtyl + flumioxazin	25.92+15	6	5	0
control	-	0	0	0

^a Phytotoxicity rating was assessed by visual rate from 0-10, 0 = normal 1-3 = slightly toxic 4-6 = moderately 7-9 = severely toxic 10 =completely killed

^b Day after application

Table 2 Effect of herbicides on growth of coffee tree in greenhouse

กรรมวิธี	Rate (g ai/rai)	Height (cm.)	Leaf number	Circumference (cm.)	Bush (cm.)	Fresh weight (g)
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	36.6 a	31.9 abc	1.5 a	27.0 a	31.5 a
fluazifop-p-butyl + oxyfluorfen	30+24	35.2 a	30.5 abc	1.5 a	27.5 a	32.3 a
fluazifop-p-butyl + flumioxazin	30+15	32.0 a	25.0 c	1.4 a	27.3 a	24.0 b
clethodim +fomesafen	45+50	38.8 a	32.1 abc	1.8 a	29.4 a	39.5 a
clethodim + oxyfluorfen	45+24	37.9 a	33.2 abc	1.5 a	26.7 a	35.2 a
clethodim + flumioxazin	45+15	36.8 a	29.9 abc	1.5 a	27.0 a	33.2 a
quizalofop-p-tefuryl+ fomesafen	20+50	38.8 a	36.0 ab	1.7 a	29.2 a	41.1 a
quizalofop-p-tefuryl+ oxyfluorfen	20+24	37.8 a	32.2 abc	1.6 a	26.9 a	35.1 a
quizalofop-p-tefuryl+flumioxazin	20+15	36.8 a	28.9 abc	1.5 a	25.0 a	31.5 a
fenoxaprop-p-ethyl + fomesafen	22.08+50	34.1 a	34.1 ab	1.6 a	30.3 a	40.2 a
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	38.4 a	30.3 abc	1.6 a	28.1 a	35.7 a
fenoxaprop-p-ethyl + flumioxazin	22.08+15	37.6 a	30.3 abc	1.5 a	29.4 a	35.3 a
glufosinate-ammonium +fomesafen	105+50	37.6 a	28.4 bc	1.5 a	28.8 a	36.3 a
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	37.5 a	29.4 abc	1.6 a	28.4 a	33.8 a
glufosinate-ammonium +flumioxazin	105+15	38.2 a	29.6 abc	1.7 a	27.0 a	34.1 a
propaquizafop + fomesafen	12+50	39.2 a	37.1 a	1.6 a	29.3 a	42.8 a
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	38.2 a	28.8 abc	1.6 a	29.0 a	33.2 a
propaquizafop + flumioxazin	12+15	37.2 a	36.6 ab	1.6 a	28.8 a	41.8 a
haloxyfop-R-mehtyl + fomesafen	25.92+50	36.9 a	32.9 abc	1.6 a	28.2 a	35.9 a
haloxyfop-R-mehtyl + oxyfluorfen	25.92+24	37.1 a	29.7 abc	1.5 a	27.9 a	32.4 a
haloxyfop R-mehtyl + flumioxazin	25.92+15	38.4 a	31.8 abc	1.7 a	25.7 a	35.5 a

control	-	36.6 a	29.1 abc	1.5 a	26.8 a	31.0 a
C.V. (%)		8.68	13.39	17.04	11.68	13.98

Means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT

Table 3 Effect of herbicides on phytotoxicity of coffee at 15, 30 and 60 days after each application in 2018, Mae Wang district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Phytotoxicity Rating ^a								
		1 st Application (July 5, 2018)			2 nd Application (August 30, 2018)			3 rd Application (December 21, 2018)		
		15DAA ^b	30 DAA	60 DAA	15 DAA	30 DAA	60 DAA	15 DAA	30 DAA	60 DAA
		fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	1	0	0	2	0	0	1
clethodim + fomesafen	45+50	1	0	0	2	0	0	1	0	0
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	1	0	0	1	0	0	1	0	0
propaquizafop + fomesafen	12+50	1	0	0	1	0	0	1	0	0
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	1	0	0	1	0	0	1	0	0
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	2	2	0	6	5	0	3	2	0
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	2	2	0	3	2	0	3	2	0
glyphosate	480	3	3	3	5	5	5	5	5	5
paraquat	240	8	8	0	5	5	0	8	7	0
glufosinate-ammonium	105	2	2	0	3	2	0	3	2	0
hand weeding	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Weedy check	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0

^a Phytotoxicity rating was assessed by visual rate from 0-10, 0 = normal 1-3 = slightly toxic 4-6 = moderately 7-9 = severely toxic 10 =completely killed

^b Day after application

Table 4 Effect of herbicides on phytotoxicity of coffee at 15, 30 and 60 days after each application in 2018, Mae Chaem district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Phytotoxicity Rating ^a								
		1 st Application (July 5, 2018)			2 nd Application (August 30, 2018)			3 rd Application (December 21, 2018)		
		15 DAA ^b	30 DAA	60 DAA	15 DAA	30 DAA	60 DAA	15 DAA	30 DAA	60 DAA
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	1	0	0	2	0	0	1	0	0
clethodim + fomesafen	45+50	1	0	0	2	0	0	1	0	0
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	1	0	0	1	0	0	1	0	0
propaquizafop + fomesafen	12+50	1	0	0	1	0	0	1	0	0
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	1	0	0	1	0	0	1	0	0
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	4	3	0	4	4	0	3	2	0
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	2	2	0	0	0	0	3	2	0
glyphosate	480	5	4	4	5	5	5	5	5	5
paraquat	240	8	8	0	7	7	0	8	7	0
glufosinate-ammonium	105	2	2	0	3	2	0	3	2	0
hand weeding	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Weedy check	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0

^a Phytotoxicity rating was assessed by visual rate from 0-10, 0 = normal 1-3 = slightly toxic 4-6 = moderately 7-9 = severely toxic 10 =completely killed

^b Day after application

Table 5 Effect of herbicides on phytotoxicity of coffee at 15, 30 and 60 days after each application in 2019, Mae Wang district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Phytotoxicity Rating ^a								
		4 st Application (July 5, 2019)			5 th Application (August 30, 2019)			6 th Application (December 21, 2019)		
		15 DAA ^b	30 DAA	60 DAA	15 DAA	30 DAA	60 DAA	15 DAA	30 DAA	60 DAA
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	2	0	0	2	0	0	1	0	0
clethodim + fomesafen	45+50	2	0	0	2	0	0	1	0	0
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	2	0	0	1	0	0	1	0	0
propaquizafop + fomesafen	12+50	2	0	0	1	0	0	1	0	0
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	2	0	0	1	0	0	1	0	0
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	4	3	0	4	4	0	3	3	0
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	3	2	0	0	0	0	3	3	0
glyphosate	480	5	5	5	5	5	5	5	5	5
paraquat	240	8	8	0	7	7	0	8	7	0
glufosinate-ammonium	105	3	2	0	3	2	0	3	2	0
hand weeding	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Weedy check	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0

^a Phytotoxicity rating was assessed by visual rate from 0-10, 0 = normal 1-3 = slightly toxic 4-6 = moderately 7-9 = severely toxic 10 =completely killed

^b Day after application

Table 6 Effect of herbicides on phytotoxicity of coffee at 15, 30 and 60 days after each application in 2019, Mae Chaem district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Phytotoxicity Rating ^a								
		4 st Application (July 25, 2019)			5 th Application (September 25, 2019)			6 th Application (December 21, 2019)		
		15 DAA ^b	30 DAA	60 DAA	15 DAA	30 DAA	60 DAA	15 DAA	30 DAA	60 DAA
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	2	0	0	2	0	0	2	0	0
clethodim + fomesafen	45+50	2	0	0	2	0	0	2	0	0
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	2	0	0	1	0	0	2	0	0
propaquizafop + fomesafen	12+50	2	0	0	1	0	0	1	0	0
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	2	0	0	1	0	0	1	0	0
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	4	4	0	4	4	0	3	3	0
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	3	2	0	0	0	0	3	3	0
glyphosate	480	6	5	5	5	5	5	6	5	5
paraquat	240	8	8	0	8	7	0	8	8	0
glufosinate-ammonium	105	3	2	0	3	2	0	3	2	0
hand weeding	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Weedy check	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0

^a Phytotoxicity rating was assessed by visual rate from 0-10, 0 = normal 1-3 = slightly toxic 4-6 = moderately 7-9 = severely toxic 10 = completely killed

^b Day after application

Table 7 Efficacy of herbicides on weed control in coffee at 30 and 60 days after each application in 2018, Mea Wang district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Weed control ^a					
		1 st Application (July 5, 2018)		2 nd Application (August 30, 2018)		3 rd Application (December 21, 2018)	
		30 DAA ^b	60 DAA	30 DAA	60 DAA	30 DAA	60 DAA
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	5	2	5	2	5	4
clethodim + fomesafen	45+50	6	4	5	4	3	2
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	6	5	5	3	3	2
propaquizafop + fomesafen	12+50	6	4	4	4	2	2
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	8	6	4	5	3	2
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	7	6	8	6	9	6
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	8	7	8	7	7	6
glyphosate	480	8	6	7	7	8	6
paraquat	240	9	6	9	6	9	6
glufosinate-ammonium	105	7	5	6	4	7	5
hand weeding	-	10	10	10	10	10	10
Weedy check	-	0	0	0	0	0	0

^a 0 = no control 1-3 = slightly control, 4-6 = moderately control, 7-9 = good control, 10 = completely control ^b Day After Application

^b Day After Application

Table 8 Efficacy of herbicides on weed control in coffee at 30 and 60 days after each application in 2018, Mea Chaem district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Weed control ^a					
		1 st Application (July 5, 2018)		2 nd Application (August 30, 2018)		3 rd Application (December 21, 2018)	
		30 DAA ^b	60 DAA	30 DAA	60 DAA	30 DAA	60 DAA
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	5	1	5	3	1	1
clethodim + fomesafen	45+50	5	2	4	3	1	1
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	7	6	7	5	3	3
propaquizafop + fomesafen	12+50	5	1	4	3	3	1
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	6	5	6	4	3	1
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	8	5	9	6	9	6
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	9	6	9	6	9	7
glyphosate	480	7	6	9	6	9	6
paraquat	240	9	5	9	6	8	5
glufosinate-ammonium	105	7	4	9	6	9	6
hand weeding	-	10	10	10	10	10	10
Weedy check	-	0	0	0	0	0	0

^a 0 = no control 1-3 = slightly control, 4-6 = moderately control, 7-9 = good control, 10 = completely control

^b Day After Application

Table 9 Effect of herbicides on weed dry weight at 30 days after each application in 2018, Khun Wang district, Chiang Mai province

Treatment	rate (g ai rai ⁻¹)	Dry weight of weeds, 30 DAA ^b		
		1 st Application (July 5, 2018)	2 nd Application (August 30, 2018)	3 rd Application (December 21, 2018)
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	77.0 b ^a	131.9 c	97.07 b
clethodim + fomesafen	45+50	87.5 b	87.2 b	176.8 c
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	72.7 b	116.0 bc	159.7 c
propaquizafop + fomesafen	12+50	97.9 b	148.1 c	202.1 d
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	74.8 b	175.0 c	191.4 cd
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	46.8 ab	39.2 ab	37.6 a
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	29.3 a	44.2 ab	67.6 b
glyphosate	480	27.9 a	49.9 ab	55.8 ab
paraquat	240	9.5 a	15.6 a	25.8 a
glufosinate-ammonium	105	54.2 ab	25.8 ab	48.4 ab
hand weeding	-	0 a	0 a	0 a
Weedy check	-	116.8 c	292.6 d	222.9 d
C.V. (%)		91.5	81.2	73.4

^a Means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT

^b Day After Application

Table 10 Effect of herbicides on weed dry weight at 30 days after each application in 2018, Mea Chaem, Chiang Mai province

Treatment	rate (g ai rai ⁻¹)	Dry weight of weeds, 30 DAA		
		1 st Application (July 5, 2018)	2 nd Application (August 30, 2018)	3 rd Application (December 21, 2018)
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	70.8 c	52.1 bc	231.9 d
clethodim + fomesafen	45+50	47.1 ab	75.6 c	240.8 d
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	24.5 ab	22.4 a	168.3 c
propaquizafop + fomesafen	12+50	76.5 c	73.9 c	34.4 b
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	40.1 ab	38.5 bc	19.5 b
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	25.7 ab	0.7 a	9.8 a
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	11.2 a	0 a	1.7 a
glyphosate	480	54.6 bc	2.6 a	0.3 a
paraquat	240	19.4 ab	0 a	9.7 a
glufosinate-ammonium	105	56.7 bc	3.2 a	1.3 a
hand weeding	-	0 a	32.9 bc	0 a
Weedy check	-	123.2 d	136.6 d	227.2 d
C.V. (%)		61.5	74.8	85.2

Means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT

Table 11 Efficacy of herbicides on weed control in coffee at 30 and 60 days after each application in 2019, Mea Wang district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Weed control ^a					
		4 th Application (July 5, 2019)		5 th Application (August 30, 2019)		6 th Application (December 21, 2019)	
		30 DAA ^b	60 DAA	30 DAA	60 DAA	30 DAA	60 DAA
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	2	2	1	1	1	1
clethodim + fomesafen	45+50	3	2	1	2	5	1
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	3	2	2	2	4	1
propaquizafop + fomesafen	12+50	3	3	1	1	1	1
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	2	2	3	3	1	1
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	8	6	7	6	8	6
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	7	5	8	6	7	6
glyphosate	480	9	5	8	5	7	6
paraquat	240	9	6	8	5	8	7
glufosinate-ammonium	105	8	6	6	5	7	6
hand weeding	-	10	10	10	10	10	10
Weedy check	-	0	0	0	0	0	0

^a 0 = no control 1-3 = slightly control, 4-6 = moderately control, 7-9 = good control, 10 = completely control

^b Day After Application

Table 12 Efficacy of herbicides on weed control in coffee at 30 and 60 days after each application in 2019, Mea Chaem district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Weed control ^a					
		4 th Application (July 5, 2019)		5 th Application (August 30, 2019)		6 th Application (December 21, 2019)	
		30 DAA ^b	60 DAA	30 DAA	60 DAA	30 DAA	60 DAA
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	1	0	1	0	1	0
clethodim + fomesafen	45+50	3	1	1	1	1	1
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	1	1	1	1	1	1
propaquizafop + fomesafen	12+50	2	1	2	1	2	1
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	1	1	2	0	2	1
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	7	6	9	6	8	5
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	9	7	9	6	8	6
glyphosate	480	9	7	9	6	8	6
paraquat	240	8	6	8	5	8	5
glufosinate-ammonium	105	9	6	9	6	8	6
hand weeding	-	10	10	10	10	10	10
Weedy check	-	0	0	0	0	0	0

^a 0 = no control 1-3 = slightly control, 4-6 = moderately control, 7-9 = good control, 10 = completely control

^b Day After Application

Table 13 Effect of herbicides on weed dry weight at 30 days after each application in 2019, Mea Wang, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Dry weight of weeds, 30 DAA ^b		
		4 th Application (July 5, 2019)	5 th Application (August 30, 2019)	6 th Application (December 21, 2019)
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	167.1 cd ^a	113.0 c	217.4 d
clethodim + fomesafen	45+50	159.7 cd	181.0 cd	133.5 c
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	176.8 c	157.9 cd	111.7 c
propaquizafop + fomesafen	12+50	102.1 c	269.1 d	202.4 d
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	191.4 d	193.9 cd	180.4 cd
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	57.6 ab	0.6 a	22.7 ab
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	67.7 ab	6.3 ab	32.5 ab
glyphosate	480	1.8 a	9.0 ab	48.0 ab
paraquat	240	25.8 ab	16.7 ab	18.7 ab
glufosinate-ammonium	105	18.4 ab	50.0 bc	51.0 ab
hand weeding	-	0 a	0 a	0 a
Weedy check	-	222.9 d	277.9 d	236.3 d
C.V. (%)		75.3	94.1	124.9

^a Means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT

^b Day After Application

Table 14 Effect of herbicides on weed dry weight at 30 days after each application in 2019, Mea Chaem, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Dry weight of weeds, 30 DAA ^a		
		4 th Application (July 5, 2019)	5 th Application (August 30, 2019)	6 th Application (December 21, 2019)
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	140.8 c	127.8 cd	130.1 c
clethodim + fomesafen	45+50	131.9 c	140.3 d	155.5 c
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	134.4 c	135.0 d	143.3 c
propaquizafop + fomesafen	12+50	118.3 c	122.2 cd	141.1 c
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	119.5 c	147.3 d	155.7 c
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	9.8 ab	0 a	11.9 ab
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	1.7 a	0 a	6.4 a
glyphosate	480	0.3 a	0 a	21.0 ab
paraquat	240	9.7 ab	10.3 ab	25.6 ab
glufosinate-ammonium	105	0.8 a	0 a	23.2 ab
hand weeding	-	0 a	0 a	0 a
Weedy check	-	127.2 c	150.1 d	147.2 c
C.V. (%)		88.2	72.3	79.3

^a Means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT

^b Day After Application

Table 15 Height, circumference, bush, leaf width, leaf length and fresh weight of 1 age year coffee after application in Mae Wang district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Height (cm.)	circumference (cm.)	Leaf width (cm.)	Leaf length (cm.)	Bush (cm.)
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	51.9 a	2.8 ab	6.1 a	12.5 a	50.2 a
clethodim + fomesafen	45+50	46.3 ab	3.0 a	6.2 a	12.7 a	44.1 ab
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	45.8 ab	2.7 ab	6.3 a	12.3 a	40.9 ab
propaquizafop + fomesafen	12+50	48.9 ab	2.8 ab	6.3 a	12.0 a	44.1 ab
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	45.5 ab	2.5 abc	6.3 a	12.6 a	43.9 ab
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	42.9 ab	2.1 c	6.3 a	12.0 a	36.3 b
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	46.7 ab	2.5 abc	5.9 a	12.3 a	41.6 ab
glyphosate	480	42.2 b	2.1 c	5.0 b	9.9 b	36.1 b
paraquat	240	43.3 ab	2.4 bc	5.7 ab	12.7 a	43.8 ab
glufosinate-ammonium	105	49.6 ab	2.8 ab	6.3 a	13.5 a	50.2 a
hand weeding	-	43.7 ab	2.4 bc	5.8 a	12.2 a	39.3 ab
Weedy check	-	47.8 ab	2.4 bc	6.2 a	11.6 ab	39.8 ab
C.V. (%)		9.9	9.04	8.2	8.7	15.9

Means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT

Table 16 Height, circumference, bush, leaf width, leaf length and fresh weight of 1 age year coffee after application in Mea Chaem district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Height (cm.)	circumference (cm.)	Leaf width (cm.)	Leaf length (cm.)	Bush (cm.)
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	40.0 a	2.0 a	5.1 a	10.3 ab	35.5 a
clethodim + fomesafen	45+50	35.3 a	1.9 a	5.5 a	12.2 a	37.8 a
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	41.6 a	2.0 a	5.1 a	11.3 ab	35.6 a
propaquizafop + fomesafen	12+50	36.9 a	1.9 a	5.7 a	12.3 a	34.4 a
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	42.0 a	2.1 a	5.1 a	11.4 ab	33.6 ab
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	36.3 a	1.8 a	5.5 a	11.3 ab	33.0 ab
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	39.7 a	1.7 a	4.8 a	9.3 b	22.9 b
glyphosate	480	36.2 a	1.9 a	4.9 a	10.9 ab	28.9 ab
paraquat	240	28.9 a	0.7 b	5.9 a	11.4 ab	15.3 c
glufosinate-ammonium	105	43.3 a	2.0 a	5.2 a	11.7 a	32.4 ab
hand weeding	-	35.7 a	2.0 a	4.9 a	10.7 ab	29.6 ab
Weedy check	-	34.6 a	1.8 a	5.5 a	11.7 a	33.8 ab
C.V. (%)		23.4	22.6	12.4	18.8	19.1

Means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT

Table 17 Height, circumference, bush, leaf width, leaf length and fresh weight of 2 age year coffee after application in Mae Wang district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Height (cm.)	circumference (cm.)	Leaf width (cm.)	Leaf length (cm.)	Bush (cm.)
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	81.0 a	5.0 abc	6.3 bcd	13.4 b	57.9 abcd
clethodim + fomesafen	45+50	66.1 ab	5.1 ab	6.9 ab	13.8 b	59.1 abcd
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	62.2 ab	4.7 abcd	7.0 a	14.1 b	52.6 abcd
propaquizafop + fomesafen	12+50	73.0 ab	5.0 abc	6.7 abc	13.6 b	60.9 abcd
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	66.1 ab	4.9 abcd	6.9 ab	13.5 b	61.8 abc
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	60.1 ab	4.8 abcd	6.0 d	18.2 a	51.1 abcd
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	70.3 ab	4.8 abcd	5.8 d	11.8 b	67.6 ab
glyphosate	480	56.8 ab	3.8 cd	5.8 d	11.8 b	41.9 e
paraquat	240	48.9 b	4.4 abcd	6.1 cd	13.3 b	54.1 abcd
glufosinate-ammonium	105	76.0 ab	5.6 a	6.4 abcd	12.8 b	74.7 a
hand weeding	-	88.4 a	3.8 cd	6.1 cd	11.7 b	45.5 abcd
Weedy check	-	66.0 ab	3.7 d	5.9 d	11.9 b	44.6 de
C.V. (%)		49	14.57	5.7	12.5	15.5

Means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT

Table 18 Height, circumference, bush, leaf width, leaf length and fresh weight of 2 age year coffee after application in Mea Chaem district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai raī ⁻¹)	Height (cm.)	circumference (cm.)	Leaf width (cm.)	Leaf length (cm.)	Bush (cm.)
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	56.8 abc	3.4 abc	5.6 ab	11.4 a	44.7 bc
clethodim + fomesafen	45+50	60.9 a	3.8 ab	6.0 a	12.2 a	52.5 ab
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	59.6 ab	3.4 abc	5.9 a	11.9 a	48.8 abc
propaquizafop + fomesafen	12+50	55.4 abc	3.3 abc	5.8 a	11.6 a	47.7 abc
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	57.8 abc	3.0 bc	6.1 a	11.9 a	43.7 bc
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	51.4 abcd	4.1 a	6.2 a	12.4 a	58.0 a
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	48.6 bcd	3.0 bc	6.0 a	11.9 a	41.1 bc
glyphosate	480	43.8 d	2.5 de	4.9 bc	11.2 a	32.4 de
paraquat	240	40.5 d	2.1 e	4.3 c	8.6 b	26.7 e
glufosinate-ammonium	105	57.7 abc	3.3 abc	6.2 a	11.8 a	50.5 abc
hand weeding	-	48.4 bcd	3.0 bc	5.7 ab	10.8 a	43.4 bc
Weedy check	-	47.3 cd	2.5 de	5.7 ab	11.7 a	39.3 cde
C.V. (%)		11.6	14.1	8.19	8.3	13.8

Means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT

Table 19 Height, circumference, bush, leaf width, leaf length and fresh weight of 3 age year coffee after application in Mae Wang district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Height (cm.)	circumference (cm.)	Leaf width (cm.)	Leaf length (cm.)	Bush (cm.)	yield (kg.)
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30 + 50	105.6 ab	8.4 ab	6.3 ab	14.3 abc	111.9 a	1.3 a
clethodim + fomesafen	45 + 50	98.9 ab	7.7 abc	6.3 ab	14.4 abc	93.9 ab	0.5 b
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08 + 24	96.7 ab	7.5 abc	6.8 ab	15.3 ab	99.4 ab	1.0 ab
propaquizafop + fomesafen	12 + 50	103.3 ab	7.5 abc	6.2 ab	14.4 abc	96.7 ab	0.3 b
propaquizafop + oxyfluorfen	12 + 24	102.2 ab	7.8 abc	7.0 ab	15.5 ab	110.3 a	0.9 b
glufosinate-ammonium + fomesafen	105 + 50	93.3 ab	7.7 abc	6.0 ab	14.0 bc	107.2 ab	1.8 a
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105 + 24	112.2 a	8.6 a	7.3 a	15.0ab	116.7 a	1.6 a
glyphosate	480	80.0 b	6.4 bc	5.7 b	12.7 c	79.4 bc	0.8 b
paraquat	240	96.7 ab	6.8 abc	6.7 ab	15.0 ab	61.4 bc	0.2 b
glufosinate-ammonium	105	104.4 ab	8.6 a	6.9 ab	16.5 a	122.2 a	1.5 a
hand weeding	-	91.7 ab	7.1 abc	6.8 ab	14.9 ab	96.9 ab	1.4 a
Weedy check	-	90.0 ab	6.0 c	5.9 ab	13.7 bc	57.8 c	0.1 b
C.V. (%)		14.4	15.2	11.1	7.7	16.1	46.5

Means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT

Table 20 Height, circumference, bush, leaf width, leaf length and fresh weight of 3 age year coffee after application in Mae Cheam district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Height (cm.)	circumference (cm.)	Leaf width (cm.)	Leaf length (cm.)	Bush (cm.)	yield (kg.)
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30 + 50	96.7 abcd	7.0 ab	6.6 a	14.0 ab	92.8 a	1.3 ab
clethodim + fomesafen	45 + 50	98.9 abc	6.7 abc	6.7 a	14.5 a	79.4 a	1.0 ab
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08 + 24	92.2 abcd	5.7 bcd	6.4 ab	14.2 ab	81.7 a	0.9 ab
propaquizafop + fomesafen	12 + 50	110.0 a	7.2 ab	6.7 a	14.5 a	90.6 a	1.2 ab
propaquizafop + oxyfluorfen	12 + 24	98.9 abc	6.1 bcd	6.7 a	14.2 ab	84.4 a	0.7 b
glufosinate-ammonium + fomesafen	105 + 50	112.2 a	8.3 a	7.0 a	14.8 a	92.2 a	2.7 a
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105 + 24	95.6 abcd	6.2 bcd	6.9 a	14.9 a	96.7 a	1.7 ab
glyphosate	480	77.2 d	4.7 de	6.8 a	13.9 ab	77.2 ab	0.2 b
paraquat	240	55.0 e	3.7 e	5.5 b	12.0 b	42.8 b	0.1 b
glufosinate-ammonium	105	106.7 ab	6.8 abc	6.7 a	14.4 a	85.0 a	1.1 ab
hand weeding	-	86.7 bcd	5.2 cde	6.2 ab	13.2 ab	91.7 a	1.2 ab
Weedy check	-	78.9 cd	4.8 de	6.4 ab	14.0 ab	57.5 b	0.2 b
C.V. (%)		11.9	14.8	8.1	8.3	26.4	65.2

Means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT

Table 21 Height and fresh weight of corn which from soil sample was applied herbicides at 20 and 30 day after application in 2018, Mae Wang district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	soil after 1 st Application (July 5, 2018)				soil after 2 nd Application (August 30, 2018)				soil after 3 rd Application (December 21, 2018)			
		20 DAA ^b		60 DAA		20 DAA		60 DAA		20 DAA		60 DAA	
		Height	Fresh Weight	Height	Fresh Weight	Height	Fresh Weight	Height	Fresh Weight	Height	Fresh Weight	Height	Fresh Weight
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	74.0 a ^a	7.6 a	74.5 a	16.0 a	80.7 ab	50.1 ab	61.3 ab	31.9 a	22.0 b	39.0 a	26.8 ab	24.3 a
clethodim + fomesafen	45+50	70.3 a	8.9 a	67.2 a	16.0 a	85.4 ab	55.8 ab	46.3 b	23.3 a	30.7 ab	32.7 a	19.4 b	17.1 a
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	67.3 a	12.3 a	86.4 a	24.3 a	87.3 ab	39.5 b	94.3 a	50.4 a	75.7 a	52.5 a	29.7 ab	23.0 a
propaquizafop + fomesafen	12+50	70.0 a	11.7 a	83.3 a	18.7 a	96.0 ab	57.9 ab	52.3 b	23.5 a	36.3 ab	33.5 a	31.2 ab	24.3 a
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	73.3 a	12.4 a	102.7 a	32.9 a	60.0 ab	39.9 b	59.0 ab	44.7 a	27.7 ab	49.3 a	38.3 a	26.8 a
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	66.0 a	6.3 a	76.0 a	11.5 a	62.3 ab	56.3 ab	46.7 b	21.0 a	51.0 ab	31.2 a	23.2 ab	15.8 a
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	76.3 a	13.3 a	114.1 a	32.1 a	63.0 ab	46.1 b	66.3 ab	38.7 a	55.0 ab	49.0 a	29.6 ab	23.3 a
glyphosate	480	67.7 a	5.2 a	76.3 a	20.2 a	63.3 ab	33.6 b	63.5 ab	30.0 a	56.0 ab	49.4 a	28.2 ab	20.1 a
paraquat	240	77.0 a	10.9 a	102.7 a	21.5 a	68.0 ab	44.3 b	73.3 ab	27.3 a	30. ab	37.3 a	26.5 ab	22.5 a
glufosinate-ammonium	105	68.0 a	11.9 a	101.0 a	28.5 a	134.0 a	99.5 a	64.0 ab	41.0 a	64.0 ab	43.6 a	24.8 ab	19.0 a
hand weeding	-	75.3 a	11.1 a	90.0 a	29.0 a	52.0 b	44.1 b	73.3 ab	33.8 a	51.7 ab	30.8 a	16.4 b	15.1 a
Weedy check	-	59.3 a	6.9 a	93.0 a	23.8 a	93.3 ab	62.6 ab	44.0 b	23.9 a	39.7 ab	40.3 a	23.7 ab	22.2 a
C.V. (%)		14.8	42.7	34.3	55	49.9	50.4	30.5	63.1	55.7	87	29.2	97.5

^a Means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT

^b Day after application

Table 22 Height and fresh weight of corn which from soil was applied herbicides at 20 and 30 day after application in 2018, Mae Cheam district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	soil after 1 st Application (July 25, 2018)				soil after 2 nd Application (September 25, 2018)				soil after 3 rd Application (December 21,,2018)			
		20 DAA ^{b/}		60 DAA		20 DAA		60 DAA		20 DAA		60 DAA	
		Height	Fresh Weight	Height	Fresh Weight	Height	Fresh Weight	Height	Fresh Weight	Height	Fresh Weight	Height	Fresh Weight
fluazifop-p-butyl + fomesafen	30+50	64.3 ab ^{a/}	24.7 ab	21.7 a	5.8 a	19.8 ab	9.4 a	19.9 a	40.0 b	18.7 b	28.5 a	20.3 a	15.3 a
clethodim + fomesafen	45+50	80.3 a	20.5 b	20.8 a	6.4 a	18.5 ab	7.5 a	19.3 a	66.7 ab	25.7 ab	24.6 a	26.8 a	19.4 a
fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	22.08+24	32.0 bc	22.0 ab	22.0 a	5.4 a	21.0 ab	9.3 a	25.2 a	49.0 b	21.7 b	20.9 a	29.3 a	12.8 a
propaquizafop + fomesafen	12+50	35.3 bc	31.6 a	33.3 a	12.0 a	19.3 ab	7.1 a	23.5 a	35.3 b	55.0 ab	37.6 a	23.1 a	14.7 a
propaquizafop + oxyfluorfen	12+24	66.0 ab	21.5 ab	29.0 a	13.5 a	19.3 ab	6.9 a	24.4 a	87.5 a	44.7 ab	29.5 a	23.7 a	11.6 a
glufosinate-ammonium + fomesafen	105+50	49.7 abc	18.9 b	27.5 a	9.1 a	21.8 ab	9.5 a	21.0 a	58.3 ab	52.7 ab	27. 1a	26.1 a	11.3 a
glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	105+24	46.0 abc	16.7 b	31.7 a	11.6 a	14.6 ab	4.6 a	28.5 a	65.7 ab	41.3 ab	28.2 a	25.4 a	10.2 a
glyphosate	480	50.0 abc	19.8 b	12.0 a	1.8 a	12.1 b	11.6 a	30.0 a	70.0 ab	42.7 ab	29.3 a	30.4 a	16.6 a
paraquat	240	73.3 ab	18.7 b	21.4 a	4.3 a	19.2 ab	6.8 a	27.3 a	69.3 ab	54.0 ab	33.0 a	23.9 a	17.0 a
glufosinate-ammonium	105	36.7 bc	17.2 b	33.9 a	8.3 a	23.8 a	10.5 a	24.0 a	65.0 ab	70.0 a	35.8 a	32.7 a	15.5 a
hand weeding	-	69.7 ab	25.9 ab	31.5 a	12.9 a	21.2 ab	9.7 a	23.8 a	35.0 b	37.0 ab	26.1 a	29.5 a	11.1 a
Weedy check	-	16.3 c	16.5 b	17.0 a	5.1 a	19.2 ab	9.7 a	20.9 a	61.5 ab	49.3 ab	30.4 a	29.7 a	17.0 a
C.V. (%)		43.2	27.1	46.2	84.3	26.1	56.7	63.1	33.4	53.7	83.3	24	51.3

^a Means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT

^b Day after application

Table 23 Range of pesticide residue found from soil after each application in 2018-2019, Mea Cheam district, Chiang Mai province

Treatment	pesticide	Pesticide residue								
		1 st Application (July 5, 2018)					2 nd Application (August 30, 2018)			
		0 DAA	22 DAA	37 DAA	44 DAA	63 DAA	0 DAA	22 DAA	55 DAA	
1. fluazifop-p-butyl + fomesafen	fluazifop-p-butyl	ND	0.18-0.37	ND	0.31-0.37	0.04-0.09	3.05-4.22	0.98-1.55	0.13-0.17	
	fomesafen	ND	1.98-2.40	3.91-6.03	1.66-2.03	ND	0.27-0.50	0.07-7.73	0.89-1.35	
2. clethodim + fomesafen	clethodim	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	fomesafen	nd	0.47-1.06	ND	1.12-1.57	ND	0.25-0.61	0.90-17.23	0.43-0.74	
3. fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	fenox.-p-ethyl	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.08-3.22	0.13-0.14	
	oxyfluorfen	ND	ND -0.15	0.14-0.20	0.05-0.07	ND	5.72-6.68	0.06-0.76	0.01-0.14	
4. propaquizafop + fomesafen	propaquizafop	ND	ND-0.13	ND-2.22	0.26-4.08	ND	0.13-1.54	0.88-1.50	2.79-3.19	
	fomesafen	ND	ND-1.77	ND	ND-0.25	0.07-0.08	1.68-2.78	0.68-2.08	0.11-0.14	
5. propaquizafop + oxyfluorfen	propaquizafop	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	oxyfluorfen	ND	ND-0.25	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
6. glufosinate -ammonium + fomesafen	glufos -ammo.	ND	ND	ND	0.72-1.28	ND	0.08-1.05	0.16-1.19	ND-0.21	
	fomesafen	ND	ND-0.26	ND	ND	0.04-0.09	1.01-3.01	1.33-2.81	0.29-0.50	
7. glufosinate -ammonium + oxyfluorfen	glufos -ammo.	ND-0.18	ND-0.97	ND-0.45	0.09-0.23	ND-0.15	0.16-0.87	0.34-0.96	ND -0.17	
	oxyfluorfen	0.04-0.31	ND-0.25	ND-0.10	0.58-0.91	0.56-0.14	1.76-2.73	0.15-4.81	0.31-0.35	
8. glyphosate	glyphosate	ND-0.25	0.17-0.22	0.21-0.28	0.16-0.17	0.18-0.19	ND-0.19	0.74-1.29	0.53-0.79	
9. paraquat	paraquat	0.83-1.11	1.14-1.49	0.32-0.68	0.43-0.45	0.46-0.54	1.28-4.25	ND-1.36	0.45-0.79	
10. glufosinate -ammonium	glufos -ammo	0.17-0.24	0.15-0.20	ND	ND-0.19	ND	ND-1.32	0.40-0.79	ND	
11. hand weeding	hand weeding	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
12. Weedy check	Weedy check	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

Remark: ND = not detected

Table 24 Range of pesticide residue from soil after each application in 2018-2019, Mea Cheam district, Chiang Mai province

Treatment	pesticide	Pesticide residue						
		3 rd Application (December 21, 2018)					4 th Application (Jun 20, 2019)	
		0 DAA	28 DAA	68 DAA	120 DAA	158DAA	0 DAA	30 DAA
1. fluazifop-p-butyl + fomesafen	fluazifop-p-butyl	2.16-2.86	0.44-0.53	0.12-0.15	ND	ND	ND-0.36	ND
	fomesafen	0.14-8.25	3.02-3.71	0.95-1.24	ND	ND	ND	ND
2. clethodim + fomesafen	clethodim	ND-2.86	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	fomesafen	0.24-3.15	1.29-1.54	0.51-0.61	ND	ND	ND	ND
3. fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	fenox.-p-ethyl	0.15-0.20	0.09-2.78	0.11-0.61	ND	ND	0.21-1.83	ND-0.16
	oxyfluorfen	1.49-2.09	0.09-0.11	ND	0.10-0.70	0.11-2.31	0.01-0.09	0.01-0.16
4. propaquizafop + fomesafen	propaquizafop	1.15-1.72	0.30-0.36	0.09-0.12	2.41-5.18	2.68-6.71	ND	ND
	fomesafen	0.57-0.79	2.41-2.82	2.57-2.69	18.37-27.76	15.37-67.28	ND	ND
5. propaquizafop + oxyfluorfen	propaquizafop	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	oxyfluorfen	ND	ND	ND	0.07-2.21	0.07-2.64	0.05-0.17	0.07
6. glufosinate-ammonium + fomesafen	glufos -ammo.	ND -0.16	ND-0.23	ND-0.29	ND	ND	0.09-0.15	ND-0.25
	fomesafen	2.83-3.26	0.27-0.86	0.26-0.42	11.47-16.52	11.22-13.51	ND-0.06	ND-0.06
7. glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	glufos -ammo.	0.17-3.21	1.23-1.68	0.65-0.82	0.52-0.94	ND	ND-1.28	ND-0.11
	oxyfluorfen	1.30-1.71	0.29-1.03	0.27-0.28	0.41-0.48	0.44-0.67	ND	ND-0.08
8. glyphosate	glyphosate	ND-0.58	ND-0.81	ND-0.76	0.46-0.78	ND-0.19	0.17-1.19	0.34-1.03
9. paraquat	paraquat	0.83-1.02	1.26-1.44	1.03-3.89	0.46-0.70	0.83-1.52	0.61-0.96	0.85-1.32
10. glufosinate-ammonium	glufos -ammo	0.18-5.09	1.07-2.56	0.36-0.85	0.17-0.22	ND	0.27-2.03	0.34-1.02
11. hand weeding	hand weeding	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12. Weedy check	Weedy check	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Remark: ND = not detected

Table 25 Range of pesticide residue from soil after each application in 2018-2019, Mea Cheam district, Chiang Mai province

Treatment	Pesticide residue						
	pesticide	5 th Application (August 23, 2018)			6 th Application (October 17, 2019)		
		0 DAA	27 DAA	57 DAA	0 DAA	35 DAA	67 DAA
1. fluazifop-p-butyl + fomesafen	fluazifop-p-butyl	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	fomesafen	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2. clethodim + fomesafen	clethodim	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	fomesafen	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3. fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	fenox.-p-ethyl	ND	ND	ND	ND	ND-0.10	ND
	oxyfluorfen	ND-14.28	32.05-34.81	ND	2.78-55.67	0.05-0.88	ND
4. propaquizafop + fomesafen	propaquizafop	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	fomesafen	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5. propaquizafop + oxyfluorfen	propaquizafop	ND-1.67	ND	ND	ND	ND	ND
	oxyfluorfen	ND-53.61	1.07-8.00	0.59-2.73	0.28-21.26	0.01-0.09	ND
6. glufosinate-ammonium + fomesafen	glufos -ammo.	ND-1.36	0.75-0.92	ND-0.23	0.10-0.54	0.26-0.77	0.19-0.27
	fomesafen	1.28-1.45	ND-7.70	ND	ND	ND	ND
7. glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	glufos -ammo.	0.34-2.03	ND-0.98	0.22-0.37	0.53-3.48	0.24-0.99	0.45-0.76
	oxyfluorfen	0.12-0.45	0.58-1.26	46.45-115.09	10.33-15.63	0.18-0.25	ND
8. glyphosate	glyphosate	0.27-1.09	0.98-4.99	0.76-0.85	0.62-3.75	0.98-2.09	0.21-0.47
9. paraquat	paraquat	1.64-3.43	1.50-5.98	0.93-1.38	0.80-1.43	1.48-2.04	0.84-1.18
10. glufosinate-ammonium	glufos -ammo	0.23-1.97	0.94-3.08	ND-0.32	0.25-2.89	0.32-2.01	0.17-0.45
11. hand weeding	hand weeding	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12. Weedy check	Weedy check	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Remark: ND = not detected

Table 26 Range of pesticide residue found from soil after each application in 2018-2019, Khun Wang district, Chiang Mai province

Treatment	pesticide	Pesticide residue								
		1 st Application (July 5, 2018)				2 nd Application (August 30, 2018)				
		0 DAA	20 DAA	41 DAA	55 DAA	0 DAA	7 DAA	20 DAA	49 DAA	82 DAA
1. fluazifop-p-butyl + fomesafen	fluazifop-p-butyl	ND	0.07-0.13	ND	ND	ND	2.38-2.94	0.84-1.21	0.15-0.16	ND
	fomesafen	ND	4.02-6.63	ND	ND	3.62-15.81	0.57-0.74	0.09-8.51	ND	ND
2. clethodim + fomesafen	clethodim	ND-4.88	ND	ND	ND	ND-0.92	ND	ND	ND	ND
	fomesafen	ND-17.95	3.32-11.84	ND	ND	3.31-4.49	0.44-1.29	0.26-3.40	ND	ND
3. fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	fenox.-p-ethyl	ND	ND	ND	ND	ND	0.40-0.72	0.18-14.89	ND	ND
	oxyfluorfen	0.12-ND	ND -0.04	ND-0.02	ND	ND -0.02	1.40-1.87	0.34-0.48	ND	ND
4. propaquizafop + fomesafen	propaquizafop	ND	0.59-0.17	ND	ND	ND	1.83-2.81	0.85-1.15	ND	ND
	fomesafen	2.47-11.81	6.84-7.23	ND	ND	2.08-56.42	2.45-3.38	0.87-1.17	0.17-0.87	ND
5. propaquizafop + oxyfluorfen	propaquizafop	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	oxyfluorfen	ND-0.08	ND	ND	ND	ND -0.12	ND-0.02	ND	ND	ND
6. glufosinate-ammonium + fomesafen	glufos -ammo.	ND-0.98	ND-0.77	ND	ND	0.22-1.04	1.58-3.97	0.981.49	0.74-0.77	ND
	fomesafen	13.06-18.78	ND	5.29-18.93	ND	12.32-12.49	2.91-3.45	2.04-2.48	Nd-0.13	ND
7. glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	glufos -ammo.	ND-0.30	ND-0.90	0.42-0.59	ND	0.39-0.88	1.25-1.97	0.68-1.30	ND-0.35	ND
	oxyfluorfen	ND-0.06	ND-0.02	ND	ND	1.75-5.19	2.86-3.62	1.46-2.32	ND-1.18	ND
8. glyphosate	glyphosate	ND-0.84	ND-0.62	ND	ND	0.17-1.02	0.49-1.94	0.74-0.85	0.20-0.29	ND
9. paraquat	paraquat	0.79-0.82	1.61-1.86	0.53-1.69	0.18-0.19	1.24-2.48	1.45-3.29	0.78-0.94	0.60-0.78	0.71-1.76
10. glufosinate-ammonium	glufos -ammo	ND-0.25	ND-0.40	ND-0.36	ND-0.14	0.29-1.84	0.98-2.97	1.04-1.63	0.32-0.81	ND-0.15
11. hand weeding	hand weeding	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12. Weedy check	Weedy check	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Remark: ND = not detected

Table 27 Range of pesticide residue from soil after each application in 2018-2019, Khun Wang district, Chiang Mai province

Treatment	pesticide	Pesticide residue						
		3 rd Application (December 21, 2018)					4 th Application (Jun 20, 2019)	
		0 DAA	28 DAA	68 DAA	120 DAA	158 DAA	0 DAA	30 DAA
1. fluazifop-p-butyl + fomesafen	fluazifop-p-butyl	1.47-2.24	0.55-0.71	0.12	ND	ND	ND	ND
	fomesafen	3.65-5.64	2.86-3.59	1.01-1.03	ND	ND	ND	ND
2. clethodim + fomesafen	clethodim	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	fomesafen	0.10-2.85	1.64-4.57	0.44-0.53	ND	ND	ND	ND
3. fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	fenox.-p-ethyl	ND-7.33	0.12-2.89	0.09-0.10	ND-0.10	ND	ND-1.35	0.09-0.15
	oxyfluorfen	1.12-1.52	0.12-0.14	ND	0.09-1.35	0.11-1.68	0.10-0.20	ND
4. propaquizafop + fomesafen	propaquizafop	ND-1.20	0.29-0.48	0.08-0.11	2.24-5.61	ND	ND	ND
	fomesafen	0.15-0.45	0.30-0.36	2.29-2.50	17.10-32.14	28.58-73.43	ND	ND
5. propaquizafop + oxyfluorfen	propaquizafop	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	oxyfluorfen	ND	0.34-0.56	1.24-1.41	0.07-1.92	0.08-2.80	0.10-0.20	0.03-0.08
6. glufosinate-ammonium + fomesafen	glufos -ammo.	0.43-1.04	0.78-0.95	0.45-0.57	ND-0.22	ND	0.08-1.69	0.78-1.02
	fomesafen	1.812.37	0.73-1.46	0.37-0.39	14.59-16.60	13.79-14.59	ND	ND-0.07
7. glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	glufos -ammo.	0.27-2.03	0.86-0.95	ND	ND	ND	0.35-0.94	0.52-0.84
	oxyfluorfen	1.04-1.45	0.91-1.39	0.22-0.27	0.29-0.43	0.72-13.51	0.10-0.11	ND-0.11
8. glyphosate	glyphosate	0.29-2.55	0.77-0.93	0.45-0.84	ND-0.17	ND	0.19-2.01	0.93-1.08
9. paraquat	paraquat	1.64-1.75	1.25-2.00	2.71-3.96	4.08-5.80	1.10-2.34	1.66-4.03	1.31-1.39
10. glufosinate-ammonium	glufos -ammo	0.26-2.91	0.93-1.46	0.56-0.87	ND	ND	0.37-1.75	0.39-0.98
11. hand weeding	hand weeding	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12. Weedy check	Weedy check	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Remark: ND = not detected

Table 28 Range of pesticide residue from soil after each application in 2018-2019, Khun Wang district, Chiang Mai province

Treatment	Pesticide residue						
	pesticide	5 th Application (August 23, 2019)			6 th Application (October 18, 2019)		
		0 DAA	27 DAA	56 DAA	0 DAA	34DAA	68 DAA
1. fluazifop-p-butyl + fomesafen	fluazifop-p-butyl	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	fomesafen	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2. clethodim + fomesafen	clethodim	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	fomesafen	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3. fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen	fenox.-p-ethyl	ND	ND-0.10	ND	ND	ND	ND
	oxyfluorfen	ND	ND-0.09	ND-1.01	ND	ND-0.04	ND
4. propaquizafop + fomesafen	propaquizafop	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	fomesafen	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5. propaquizafop + oxyfluorfen	propaquizafop	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	oxyfluorfen	0.06-1.36	0.01-0.05	0.09-0.52	ND-1.04	ND-0.05	ND
6. glufosinate-ammonium + fomesafen	glufos -ammo.	0.16-0.95	0.54-0.57	0.34-0.38	ND-1.05	0.21-0.36	ND
	fomesafen	ND	ND	ND	ND	ND	ND
7. glufosinate-ammonium + oxyfluorfen	glufos -ammo.	0.23-1.25	0.92-0.96	0.43-0.55	0.19-1.03	ND-0.38	ND
	oxyfluorfen	0.62-1.93	ND-0.04	0.17-9.14	0.01-0.05	ND-0.10	ND
8. glyphosate	glyphosate	0.54-1.95	0.87-0.99	0.22-0.32	0.24-1.65	0.20-0.7	ND-0.14
9. paraquat	paraquat	1.29-1.61	2.00-2.39	0.71-0.87	1.72-3.07	2.37-2.65	1.61-1.97
10. glufosinate-ammonium	glufos -ammo	ND-1.03	0.44-0.67	ND-0.32	ND-0.94	0.21-0.46	ND -0.24
11. hand weeding	hand weeding	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12. Weedy check	Weedy check	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Remark: ND = not detected