

1. แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนากาแฟ
2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การผลิตและ
วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวกาแฟ
- กิจกรรม : วิจัยและพัฒนาการบริหารจัดการศัตรูพืชของกาแฟและวิทยาการหลังการเก็บ
เกี่ยว
3. ชื่อการทดลอง(ภาษาไทย) : การจัดการวัชพืชในสวนกาแฟอาราบิก้า: ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืช
ประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในสวนกาแฟ

ชื่อการทดลอง(ภาษาอังกฤษ) : Weed management in coffee tree: Study on Efficacy of Pre-
mergence herbicides

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	: จริญญา ปิ่นสุภา	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
ผู้ร่วมงาน	: เทอดพงษ์ มหาวงศ์	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
	อุษณีย์ จินดากุล	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
	ผกาสินี คล้ายมาลา	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
	ฉัตรดนตา ชุ่มอาวุธ	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่

5. บทคัดย่อ :

ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชในสวนกาแฟ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี ไม่กระทบต่อการเจริญต่อต้นกาแฟ และไม่ตกค้างในดินที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดำเนินการทดลองในเรือนทดลอง กลุ่มวิจัยวัชพืช ระหว่างเดือนมกราคม-ตุลาคม พ.ศ. 2560 เพื่อหาสารกำจัดวัชพืชที่ไม่เป็นพิษต่อต้นกาแฟ หรือเป็นพิษเล็กน้อย และไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้แรงงาน และนำสารกำจัดวัชพืชดังกล่าวมาทดสอบในสภาพไร่ ณ สถานีเกษตรหลวงเชียงใหม่ ตำบลแม่วีน อำเภอแม่วาง และตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2561 ผลการทดลองในเรือนทดลอง พบว่า สารกำจัดวัชพืช acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxyfluorfen และ alachlor อัตรา 250, 264, 192, 24 และ 384 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ตามลำดับ ไม่เป็นพิษต่อต้นกาแฟ และ oxadiazon อัตรา 120 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ เป็นพิษเล็กน้อย จึงไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้แรงงานของต้นกาแฟ หลังจากนั้นนำสารกำจัดวัชพืชดังกล่าวมาทดสอบในสภาพไร่ ผลการทดลองพบว่า ทั้ง 2 แปลง ให้ผลการทดลองไปในทางเดียวกัน โดยพบว่าสารกำจัดวัชพืชทุกชนิดในการทดลอง ไม่พบอาการเป็นพิษต่อต้นกาแฟ และมี

ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี โดยเฉพาะสารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี จนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร ส่วนผลการวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชตกค้างในดิน โดยใช้เครื่องมือตรวจวิเคราะห์โดยวิธี Gas Chromatography พบปริมาณการตกค้างในดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร จากการตรวจวิเคราะห์สาร acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxadiazon oxyfluorfen, alachlor หลังการพ่นสารที่ 0 วัน พบปริมาณ 1.84, 0.55, 0.01, 0.03, 0.03, 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อเก็บดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ตรวจวิเคราะห์สาร acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxadiazon oxyfluorfen, alachlor หลังการพ่นสารที่ 81 วัน ปริมาณสารลดลงจนเหลือเท่ากับ 0.01, 0.02, <0.01, <0.01, 0.01, <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีปัจจัยของความชื้นและปริมาณน้ำฝน เป็นตัวแปรที่สำคัญในการตรวจวิเคราะห์พบปริมาณสารตกค้างในดินในการทดลองนี้ โดยปริมาณของสารกำจัดวัชพืชที่ตกค้างอยู่ในดินไม่ส่งผลกระทบการเจริญเติบโตต่อพืชปลูกชนิดอื่น เช่น ข้าวโพด

Abstract

The study on efficacy of pre-emergence herbicides was implemented under weed management in coffee project. The experiment was conducted to investigate the efficacy of pre-emergence herbicides for weed control in coffee. The objectives of the research were to seek effective pre-emergence herbicides which did not affect the growth of coffee trees as well as leave non-residual herbicides in the soil, resulting in the environmental impact. The study was carried out from January to October 2016 under greenhouse condition in order to obtain normal or slightly toxicity of pre-emergence herbicides. These herbicides, afterwards, were tested on field experiment at Chiang Mai Royal Agricultural Research Centre, Khun Wang district and Mae Chaem district, Chiang Mai province from May to October 2017. The results in the greenhouse showed that the pre-emergence herbicides including acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxyfluorfen, and alachlor at 250, 264, 192, 24, and 384 g ai/rai respectively were not toxic to coffee. Oxadiazon at the rate of 120 g ai/rai was slightly toxic to coffee and thus did not affect the growth of coffee. These herbicides, subsequently, were implemented in the field experiment. The results revealed that both fields gain the same results; all herbicide treatments were not toxic to coffee and effective to control weeds especially acetochlor and oxyfluorfen which could well control till 60 days after spray. The assessment of herbicide residue in the soil was executed, using a gas chromatography analysis tool. The results showed that the amount of herbicides

residues in soil at a depth of 0 – 10 cm at 0 day after applied: acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxadiazon oxyfluorfen, contained 1.84, 0.55, 0.01, 0.03, 0.03, 0.03 mg/kg respectively. At the same depth of the soil, the herbicides were also analyzed after 81 days of application. The results showed that these herbicides residues decreased: acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxadiazon oxyfluorfen, alachlor at rate of 0.01, 0.02, <0.01, <0.01, 0.01, <0.01 mg/kg respectively. The humidity and the intensity of rainfall play a vital role as the parameter in the analysis for herbicides residue in the soil. Additionally, the amount of herbicide residue in the soil did not affect the growth of other crops such as corns.

6. คำนำ

พื้นที่ปลูกกาแฟที่เหมาะสม ส่วนใหญ่จะอยู่บนพื้นที่ที่มีความสูงในระดับตั้งแต่ 700 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลขึ้นไป ซึ่งจะอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ นอกจากนั้นยังมีสภาพอากาศหนาวเย็น และมีความชื้นสูง (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2560) ดังนั้นพื้นที่ทางภาคเหนือจึงมีความเหมาะที่จะปลูกกาแฟ โดยเฉพาะกาแฟพันธุ์อาราบิก้าซึ่งเป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีบนพื้นที่สูงและอากาศหนาวเย็น เกษตรกรนิยมปลูกบนดอยหรือที่เป็นภูเขาสูง ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่มีอากาศชื้นและฝนตกชุก ทำให้การปลูกกาแฟ ประสบกับปัญหาวัชพืชขึ้นรบกวนตลอดทั้งปี หากปล่อยให้วัชพืชขึ้นรบกวนในปริมาณมากๆ จะมีผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของกาแฟ และทำให้ผลผลิตลดลง 24-65 เปอร์เซ็นต์ (Moraima, et al 2001; Eshetu, 2001) และยังเป็นที่อยู่อาศัยของโรค และแมลง ซึ่งจะทำให้เกิดการระบาดของโรค และแมลงเพิ่มมากขึ้น หากไม่มีการป้องกันกำจัดวัชพืช การจัดการวัชพืชของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟทางภาคเหนือ เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้สารกำจัดวัชพืชเป็นวิธีจัดการวัชพืช เนื่องจากสามารถควบคุมวัชพืชได้ดี และไม่ต้องกำจัดวัชพืชบ่อยครั้งเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการวัชพืชโดยใช้แรงงาน ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองแรงงาน เวลา และประกอบกับค่าแรงงานแพง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง เกษตรกรจึงหันมาใช้สารกำจัดวัชพืชเพิ่มมากขึ้น แต่สารกำจัดวัชพืชที่แนะนำให้เกษตรกรใช้ ประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก ณ ปัจจุบันมีไม่กี่ชนิดที่แนะนำให้เกษตรกรใช้ (กลุ่มวิจัยวัชพืช, 2554) และยังเป็นชนิดเดิมๆที่แนะนำให้เกษตรกรใช้ในปี 2538 จากหนังสือคำแนะนำการควบคุมวัชพืช ได้แก่ atrazine, metribuzine และ alachlor เป็นสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก

ปัจจุบันมีสารกำจัดวัชพืชชนิดใหม่ๆหลากหลายชนิดที่สามารถควบคุมวัชพืชได้ดี มีความปลอดภัยต่อมนุษย์ และสภาพแวดล้อมมากขึ้น จึงควรนำสารกำจัดวัชพืชเหล่านั้นมาทดสอบประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชเพื่อหาสารกำจัดวัชพืชที่เหมาะสม สามารถควบคุมวัชพืชได้ดี ไม่เป็นอันตรายต่อต้นกาแฟ และสภาพแวดล้อม

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

- ต้นกาแฟ พันธุ์อาราบิก้า
- สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก ได้แก่ acetochlor 50%EC, pendimethalin 33% EC, s-metolachlor 96% EC, oxadiazon 25% EC, oxyfluorfen 23.5% EC, alachlor 48%EC, hezaxinone 25% SL, flumioxazin 50% WP, metribuzine 70% EC
- เครื่องพ่นสารกำจัดวัชพืชแบบสะพายหลัง (knapsack sprayer) หัวฉีดแบบแรงปะทะ (flood-jet nozzle)
- ดิน ปุ๋ยมูลวัว แกลบเผา แกลบดิบ
- กระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร
- ป้ายแปลง และถุงกระดาษ

- วิธีการ

ขั้นตอนที่ 1 ทดสอบความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในเรือนทดลอง

กรรมวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำ 10 กรรมวิธี ประกอบด้วย

- | | | |
|--------------------------|-------|---------------------------|
| 1. acetochlor | อัตรา | 250 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 2. pendimethalin | อัตรา | 264 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 3. s-metolachlor | อัตรา | 192 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 4. oxadiazon | อัตรา | 120 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 5. oxyfluorfen | อัตรา | 24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 6. alachlor | อัตรา | 384 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 7. hezaxinone | อัตรา | 125 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 8. flumioxazin | อัตรา | 15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 9. metribuzine | อัตรา | 105 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ |
| 10. ไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช | | |

วิธีปฏิบัติการทดลอง

นำต้นกล้ากาแฟ อายุประมาณ 6 เดือน มีจำนวนใบประมาณ 7 คู่ใบ ปลูกลงในกระถาง หนึ่งต้นต่อกระถาง ซ้ำละ 3 ต้น จำนวน 90 กระถาง โดยใช้ดินผสมระหว่างแกลบดิบ แกลบเผา ชีวู และดิน ในอัตรา 1:1 หลังจากปลูกลงในกระถางทำการพ่นสารกำจัดวัชพืชตามกรรมวิธีการทดลอง แต่ละชนิดพ่น คลุมทับต้นกล้ากาแฟ 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

การบันทึกของมูล

1. ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้นกาแฟ
2. ความสูงต้น จำนวนใบ เส้นรอบวง ขนาดทรงพุ่ม และน้ำหนักสดของต้นกาแฟ
3. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของ ความสูงต้น จำนวนใบ เส้นรอบวง ขนาดทรงพุ่ม และน้ำหนักสดของต้นกาแฟ

- เวลาและสถานที่

เดือนมกราคม-ตุลาคม พ.ศ.2560 กลุ่มวิจัยวัชพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกของกาแฟในสภาพแปลง

แบบและวิธีการทดลอง

นำสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกที่ทดสอบได้ในการทดลองในเรือนทดลอง (ขั้นตอนที่ 1) ชนิดที่ไม่เป็นอันตรายต่อต้นกาแฟ หรือเป็นพิษเพียงเล็กน้อย ได้แก่ acetochlor 50% EC, pendimethalin 33% EC, s-metolachlor 96% EC, oxydiazon 25% EC, oxyfluorfen 23.5% EC มาทดสอบในสภาพไร่ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่เกษตรกรใช้คือ alachlor 50%EC อัตรา 300 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่

แบบการวิจัย (Research Design)

วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ 8 กรรมวิธี ประกอบด้วย

- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| 1. acetochlor 50% EC | อัตรา 250 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ |
| 2. pendimethalin 33% EC | อัตรา 264 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ |
| 3. s-metolachlor 96% EC | อัตรา 192 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ |
| 4. oxydiazon 25% EC | อัตรา 120 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ |
| 5. oxyfluorfen 23.5% EC | อัตรา 24 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ |
| 6. alachlor 50%EC | อัตรา 312 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ |
| 7. กำจัดวัชพืชด้วยแรงงาน | |
| 8. ไม่กำจัดวัชพืช | |

วิธีปฏิบัติการทดลอง

นำต้นกล้ากาแฟ ปลูกลงในพื้นที่ โดยมีระยะปลูก 2x2 เมตร ขนาดหลุมปลูก 50x50x50 เซนติเมตร รองก้นหลุมด้วย ปุ๋ยฟอสเฟตสูตร 0-3-0 อัตรา 100 กรัม/หลุม และปุ๋ยคอก 5 กิโลกรัม/หลุม ให้น้ำตามธรรมชาติ และทำการแบ่งแปลงย่อยขนาด 8x6 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลงย่อย 4 เมตร แปลงวัดผล ขนาด 4x2 เมตร หลังจากนั้น ประมาณ 2 วันหลังปลูก ทำการพ่นสารกำจัดวัชพืชตามกรรมวิธีการทดลอง ในขณะที่พ่นใช้อุปกรณ์กันละอองสารกำจัดวัชพืชไม่ให้เกิดการฟุ้งกระจาย ใช้เครื่องพ่นแบบสะพายหลัง (knapsack sprayer) หัวฉีดแบบแรงปะทะ (flood-jet nozzle) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ หลังจากพ่นสารกำจัดวัชพืชตามกรรมวิธีการทดลองที่ระยะ 7, 15 และ

30 วันหลังพ่นสาร ประเมินความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้านกาแฟ ด้วยสายตาตามระบบ 0-10 ตามลักษณะที่ปรากฏ (0 = normal, 1-3 = slightly toxic, 4-6 = moderately toxic, 7-9 = severely toxic และ 10 = completely killed) (Truelove, 1977) และที่ระยะ 15, 30 และ 60 วันหลังพ่นสาร ประเมินประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชด้วยสายตาตามระบบ 0-10 ตามลักษณะที่ปรากฏ (0 = no control, 1-3 = slightly control, 4-6 = moderately control, 7-9 = good control, 10 = completely control) (Truelove, 1977) และเก็บน้ำหนักแห้งของวัชพืชในแต่ละแปลงย่อย จำนวน 4 จุดๆ ละ 0.25 ตารางเมตร ที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังพ่นสาร หลังจากนั้นที่ระยะ 90 วันหลังปลูกเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ

การบันทึกข้อมูล

1. ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้านกาแฟ
2. ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืช
3. น้ำหนักแห้งของวัชพืชต่อพื้นที่
4. ความสูงต้น จำนวนใบ ความยาวใบ
5. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของ ความสูงต้น เส้นรอบวง ความกว้างใบ ความยาวใบ และ ขนาดทรงพุ่ม

- เวลาและสถานที่

เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2561 ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อำเภอแม่แตง และอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดินและน้ำ

การวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืช แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 วิธี คือ วิธี Bioassay และ วิธี Chromatography

1. ศึกษาผลตกค้างสารกำจัดวัชพืชในดิน โดยวิธี Bioassay

วิธีปฏิบัติการทดลอง

สุ่มเก็บตัวอย่างดินในสภาพไร่ ในแต่ละกรรมวิธีในขั้นตอนที่ 2 โดยสุ่มเก็บดินที่ระยะ 40 และ 60 วันหลังพ่นสาร ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร จากผิวดิน จำนวน 5 จุด นำมาคลุกกัน ในแต่ละกรรมวิธี แล้วนำใส่กระถาง จำนวน 5 กระถางในแต่ละกรรมวิธี และหยอดเมล็ดข้าวโพดลงในกระถางละ 5 เมล็ด ดูแลรดน้ำ ให้พืชปลูกงอก แล้วถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อกระถาง หลังจากนั้นประมาณ 2 เดือน วัดความสูงและตัดต้นข้าวโพดขึ้นดิน นำไปหาน้ำหนักสด

การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกลักษณะความเป็นพิษ
 2. บันทึกน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง
- วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง
- เวลาและสถานที่

กลุ่มวิจัยวัชพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2561

2 การวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดินและน้ำ โดยวิธี Gas Chromatography

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. ศึกษาวิธีวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืช oxyfluorfen, oxadiazon, acetochlor, s-metolachlor, alachlor, pendimethalin, และน้ำ จากวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างในดินและน้ำ โดยใช้ Ethyl acetate method ในการสกัดตัวอย่าง
2. เลือกวิธีทดสอบที่มีความเหมาะสม สำหรับนำมาใช้เป็นวิธีสกัดและตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างหลังการพ่นสารกำจัดวัชพืชในสภาพแปลง
3. เตรียมอุปกรณ์ สารเคมี สารมาตรฐาน ตัวอย่าง และตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography (Electron Capture Detector, ECD)
4. เตรียมสารมาตรฐานที่มีความบริสุทธิ์สูง ในระดับความเข้มข้นต่างๆ เพื่อใช้เป็นสารละลายมาตรฐาน
5. ทดสอบประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ และสภาวะเครื่องมือของวิธีทดสอบโดยให้ผลทดสอบ ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การกลับคืนของสาร (% recovery) ในดินของสารกำจัดวัชพืช acetochlor, pendimethalin s-metolachlor, oxadiazon, oxyfluorfen และ alachlor เท่ากับ 90.57%, 108.99%, 90.89%, 105.88%, 96.98% และ 90.23% ตามลำดับ
6. สุ่มเก็บตัวอย่างดินในสภาพไร่ ของกรรมวิธีต่างๆ ทั้งก่อนและที่ 0, 19, 40, 60, 75 และ 81 วัน หลังพ่นสารกำจัดวัชพืช โดยเก็บที่ระดับความลึก 0-10, 10-20 เซนติเมตร จากผิวดิน ระดับละ 10 จุด นำมาคลุกกัน อย่างน้อย 5 ตัวอย่าง ปริมาณต่อตัวอย่าง ไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัม แخذน้ำแข็งระหว่างนำส่งตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง พร้อมบันทึกรายละเอียดของตัวอย่าง
7. สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน หรือแหล่งน้ำที่ใช้ทางการเกษตร หรือลำคลอง หรือแม่น้ำ บริเวณใกล้เคียงพื้นที่แปลงทดลอง อย่างน้อย 5 ตัวอย่าง ปริมาณต่อตัวอย่าง ไม่น้อยกว่า 4 ลิตร นำตัวอย่างแช่ถังน้ำแข็งระหว่างนำส่งตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง พร้อมบันทึกรายละเอียดของตัวอย่าง
8. สกัดตัวอย่าง และตรวจวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชชนิดต่างๆ ตามวิธีทดสอบ และเทคนิคของเครื่องมือวิเคราะห์ที่มีความจำเพาะเจาะจง

การบันทึกข้อมูล

1. ปริมาณสารพิษตกค้างที่พบในดิน หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) ในน้ำ หน่วยเป็น ไมโครกรัมต่อลิตร ($\mu\text{g/L}$) หลังการพ่นสารกำจัดวัชพืชประเภทต่างๆ ของแต่ละกรรมวิธีที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพสาร ในสภาพแปลง
2. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของสารพิษตกค้างที่พบในตัวอย่างเปรียบเทียบแต่ละกรรมวิธีที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพสารในสภาพแปลง

- เวลาและสถานที่

เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2561 ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยผลกระทบจากการใช้วัตถุมีพิษ
การเกษตร กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองในเรือนทดลอง

ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้านกาแฟ

หลังจากพ่นสารกำจัดวัชพืชตามกรรมวิธีการทดลองที่ระยะ 7 วันหลังพ่นพบว่า สารกำจัดวัชพืช oxadiazon, hexazinone, flumioxazin และ metribuzine เป็นพิษต่อต้านกาแฟ จากการประเมินความเป็นพิษด้วยสายตา สารกำจัดวัชพืช oxadiazon เป็นพิษเล็กน้อยต่อต้านกาแฟ แสดงอาการเป็นพิษบนใบกาแฟ ใบมีอาการสีเหลืองเป็นจุดบนแผ่นใบในส่วนของใบอ่อน แต่ใบแก่ไม่พบอาการเป็นพิษ เช่นเดียวกับสารกำจัดวัชพืช flumioxazin ที่เป็นพิษที่ใบอ่อน ใบมีอาการไหม้แต่เป็นระดับความเป็นพิษรุนแรงกว่าสารกำจัดวัชพืช oxadiazon ส่วนสารกำจัดวัชพืช hexazinone ต้นกาแฟแสดงอาการใบไหม้สีดำนบนแผ่นใบแก่แต่ไม่พบบนใบอ่อนเป็นพิษอยู่ในระดับปานกลางจากการประเมินด้วยสายตาแต่สารกำจัดวัชพืช metribuzine เป็นพิษรุนแรงทำให้ต้นกาแฟมีอาการใบไหม้ที่ปลายใบและขอบใบเป็นพิษใบแก่มากกว่าใบอ่อน (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 1) หลังจากนั้นระดับความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืช oxadiazon, flumioxazin และ metribuzine ยกเว้น hexazinone ที่พบว่าอาการที่ใบไหม้ที่ระยะ 7 วันหลังพ่นสารทำให้ต้นกาแฟใบร่วง แต่ไม่ทำให้ต้นกาแฟตายและใบที่ออกใหม่ไม่พบอาการความเป็นพิษ (ภาพที่ 2 และ 3) ส่วนสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นๆ ไม่เป็นพิษต่อต้านกาแฟ

การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ

ส่วนการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ (ตารางที่ 2) หลังจากพ่นสารกำจัดวัชพืชในแต่ละกรรมวิธี พบว่า ทุกกรรมวิธีที่มีการพ่นสารกำจัดวัชพืช ให้ความสูง จำนวนใบ เส้นรอบวง ขนาดทรงพุ่ม และน้ำหนักสดไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช (control) ยกเว้น กรรมวิธีการพ่นสารกำจัดวัชพืช hexazinone ให้จำนวนใบ เส้นรอบวง และน้ำหนักสดของต้นกาแฟ แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช ซึ่งจะเห็นว่าสารกำจัดวัชพืช hexazinone เป็นพิษต่อต้านกาแฟ จึงส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ

การทดลองในสภาพแปลง

ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้านกาแฟ

จากการประเมินความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืช acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxadiazon, oxyfluorfen และ alachlor ด้วยสายตาที่ระยะ 15 30 45 และ 60 วันหลังพ่นสาร ในแปลงทดลองอำเภอแม่วาง และอำเภอแม่แจ่ม (ตารางที่ 3 และ 4) ไม่พบอาการเป็นพิษต่อต้านกาแฟ แต่ในเรือนทดลองพบว่า สารกำจัดวัชพืช oxadiazon เป็นพิษเล็กน้อยต่อต้านกาแฟ เนื่องจากการพ่นสารกำจัดวัชพืชในสภาพแปลงนั้น หลังจากพ่นแล้วมีฝนตก จึงทำให้ไม่พบความเป็นพิษต่อต้านกาแฟ โดยทั่วไปสภาพพื้นที่ปลูกกาแฟบนดอย เกษตรกรส่วนใหญ่จะปลูกในช่วงหน้าฝน ทำให้ต้นกาแฟได้รับน้ำฝนเพื่อการเจริญเติบโต

ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช

ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชทุกชนิด ในแปลงทดลองอำเภอมะนัง และอำเภอมะนัง ไปในทางเดียวกัน ได้แก่ สารกำจัดวัชพืช acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxadiazon, oxyfluorfen และ alachlor มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี โดยเฉพาะสารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร (ตารางที่ 5 และ 6) และสอดคล้องกับน้ำหนักแห้งของวัชพืชที่พบในแปลงน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืช และพบว่าที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร สารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีน้ำหนักแห้งของวัชพืช ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีกำจัดวัชพืชด้วยแรงงาน และน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืช วัชพืชที่พบในแปลงได้แก่ สาบร่างสาบกา (*Ageratum conyzoides*) สาบหมา (*Eupatorium adenophorum*) กระดุมใบใหญ่ (*Borreria latifolia*) ผักปราบ (*Commelina benghalensis*) *Polygonum nepalense* (ไม่มีชื่อไทย) และหญ้าบาน่า (ลูกผสมระหว่าง *Pennisetum purpureum* X *Pennisetum glaucum*)

การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ

หลังจากพ่นสารที่ระยะ 90 วันหลังพ่น เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ ผลการทดลองทั้งสองแปลงไปในทางเดียวกัน โดยพบว่า การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ ในด้านความสูง เส้นรอบวง ความกว้างใบ ความยาวใบ และขนาดทรงพุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีกำจัดวัชพืชด้วยแรงงาน และกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืช (ตารางที่ 7 และ 8)

ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดิน

จากการวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชตกค้างในดิน ได้แก่ acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxadiazon, oxyfluorfen, และ alachlor ในตัวอย่างดินแปลงทดลอง อำเภอมะนัง และอำเภอมะนัง เก็บตัวอย่างดิน 2 ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร 10-20 เซนติเมตร ก่อนพ่นสารและหลังการพ่นสารตามระยะเวลาหลังการพ่นสาร 0-81 วัน ตรวจวิเคราะห์สารตกค้างโดยวิธี Gas Chromatography ด้วยเครื่อง Gas Chromatography, Electron Capture Detector (GC-ECD) ดังตารางที่ 5 และ 6 ผลการวิเคราะห์พบว่า ก่อนทำการทดลองทั้งสองแปลงไม่พบสารกำจัดวัชพืช oxadiazon และ oxyfluorfen ตกค้างอยู่ในดิน ส่วนสาร acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor และ alachlor ก่อนทำการทดลองพบว่ามีสารตกค้างอยู่ในดินอยู่แล้ว โดยส่วนใหญ่น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม และหลังจากมีใช้สารกำจัดวัชพืชดังกล่าว และวิเคราะห์ผลการตกค้างจนถึงระยะ 81 วันหลังพ่นสาร พบปริมาณการตกค้างในดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร จากการตรวจวิเคราะห์สาร acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxadiazon oxyfluorfen, alachlor หลังการพ่นสารที่ 0 วัน พบปริมาณ 1.84, 0.55, 0.01, 0.03, 0.03, 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อเก็บดินที่ระดับ

ความลึก 0-10 เซนติเมตร ตรวจวิเคราะห์สาร acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxadiazon oxyfluorfen, alachlor หลังการพ่นสารที่ 81 วัน ปริมาณสารลดลงจนเหลือเท่ากับ 0.01, 0.02, <0.01, <0.01, 0.01, <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยมีปัจจัยของความชื้นและปริมาณน้ำฝน เป็นตัวแปรที่สำคัญในการตรวจวิเคราะห์พบปริมาณสารตกค้างในดิน

ผลการตรวจวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชชนิดใช้ก่อนวัชพืชงอก (Pre-emergence) ได้แก่ acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxadiazon, oxyfluorfen, และ alachlor ในตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำในพื้นที่อำเภอแม่แจ่มของสารกำจัดวัชพืช oxadiazon และ oxyfluorfen ตรวจไม่พบตกค้างในน้ำ (Not detected, ND) acetochlor พบปริมาณ 0.07-0.20 ไมโครกรัมต่อลิตร pendimethalin พบปริมาณ 0.03-0.15 ไมโครกรัมต่อลิตร, s-metolachlor พบปริมาณ ND-0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร, alachlor พบปริมาณ 0.02-0.07 ไมโครกรัมต่อลิตร ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำในพื้นที่อำเภอแม่แจ่ม พบสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืช acetochlor ปริมาณ 0.02-0.39 ไมโครกรัมต่อลิตร pendimethalin ปริมาณ 0.02-0.69 ไมโครกรัมต่อลิตร, s-metolachlor ปริมาณ ND-0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร, alachlor ปริมาณ 0.01-0.04 ไมโครกรัมต่อลิตร oxadiazon ปริมาณ 0.01-0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร, และ oxyfluorfen ปริมาณ ND-0.04 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยปริมาณการตกค้างของสารโดยส่วนใหญ่ พบปริมาณต่ำๆ น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม โดยเฉพาะในสารกำจัดวัชพืช oxyfluorfen, s-metolachlor และ alachlor (ตารางที่ 8 และ 9)

ค่าการสลายตัวในดินของสาร คำนวณจากสมการ exponential ของสารพิษที่ตรวจพบและระยะเวลาหลังพ่นสาร ซึ่งได้ ค่า Soil half-life เทียบกับค่า Soil half-life ของ OSU Extension Pesticide Database (NIPC, 1994) การบ่งชี้ความคงทนของสารในดิน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ สารไม่คงทน (non-persistent) สารสลายตัวโดยมีความเข้มข้นลดลงเป็นครึ่งหนึ่งใช้เวลาไม่น้อยกว่า 30 วัน สารคงทนปานกลาง (moderately persistent) สารสลายตัวโดยมีความเข้มข้นลดลงเป็นครึ่งหนึ่งใช้เวลาระหว่าง 30-100 วัน สารคงทน (persistent) สารสลายตัวโดยมีความเข้มข้นลดลงเป็นครึ่งหนึ่งใช้เวลามากกว่า 100 วัน โดยมีปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างของความคงทนของสารในดินในแต่ละงานวิจัยมาจากพื้นที่ ชนิดของดิน และฤดูกาล (NPIC, 1994) รวมทั้งข้อมูลใน Pesticide Properties Database (PPDB, 2007) การสลายตัวในดินที่ลดลงครึ่งหนึ่ง (Degradation Time, DT₅₀) แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ สารไม่คงทน (non-persistent) สารสลายตัวโดยมีความเข้มข้นลดลงเป็นครึ่งหนึ่งใช้เวลาไม่น้อยกว่า 30 วัน สารคงทนปานกลาง (moderately persistent) สารสลายตัวโดยมีความเข้มข้นลดลงเป็นครึ่งหนึ่งใช้เวลาระหว่าง 30-100 วัน สารคงทน (persistent) สารสลายตัวโดยมีความเข้มข้นลดลงเป็นครึ่งหนึ่งใช้เวลามากกว่า 100-365 สารคงทนมาก (very persistent) สารสลายตัวโดยมีความเข้มข้นลดลงเป็นครึ่งหนึ่งใช้เวลามากกว่า 365 ซึ่งค่าการสลายตัวในดินของสารแต่ละชนิด สรุปได้ดังนี้ (ตารางที่ 11)

ค่าการสลายตัวในดินของสาร half-life ของ acetochlor จากการคำนวณในการทดลองนี้ อยู่ระหว่าง 15.4 ถึง 34.65 วัน ค่าการสลายตัวในดิน half-life 15 วัน (NIPC, 1994) DT₅₀ (field studies) 12.1 วัน (PPDB, 2007) สารนี้ถูกดูดซับด้วยอนุภาคดินได้น้อย ซึ่งความคงทนในดินแตกต่างกันไปตามชนิดของดิน สภาพแวดล้อมและค่าอินทรีย์วัตถุในดิน (Exttoxnet, 1996)

ค่า half-life ของ pendimethalin จากการคำนวณในการทดลองนี้ อยู่ระหว่าง 17.32-25.67 วัน ค่าการสลายตัวในดิน half-life 90 วัน DT_{50} (field studies) 100.6 วัน (PPDB, 2007) สารนี้จะถูกดูดซับด้วยอนุภาคดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุในดินได้ดี ไม่ปนเปื้อนลงสู่ลำน้ำใต้ดิน (Extoxnet, 1993)

ค่า half-life ของ s-metolachlor จากการคำนวณในการทดลองนี้ ได้ 16.11 วัน ค่าการสลายตัวในดิน (field studies) DT_{50} 21 วัน สารกำจัดวัชพืช s-metolachlor อาจปนเปื้อนลงสู่ลำน้ำใต้ดิน (PPDB, 2007)

ค่า half-life ของ oxadiazon จากการคำนวณในการทดลองนี้ อยู่ระหว่าง 28.77-33 วัน ค่าการสลายตัวในดิน half-life 60 วัน (NIPC, 1994) DT_{50} (field) 165 วัน (PPDB, 2007)

ค่า half-life ของ oxyfluorfen จากการคำนวณในการทดลองนี้ อยู่ระหว่าง 38.5-40.76 วัน ค่าการสลายตัวในดิน half-life 35 วัน (NIPC, 1994) DT_{50} (field) 73 วัน (PPDB, 2007) สารนี้จะถูกดูดซับด้วยอนุภาคดินได้ดี ไม่ปนเปื้อนลงสู่ลำน้ำใต้ดิน (Extoxnet, 1993)

ค่า half-life ของ alachlor จากการคำนวณในการทดลองนี้ อยู่ระหว่าง 17.33-22.35 วัน half-life 23-66 วัน (Mendes, et al. 2017) ค่าการสลายตัวในดิน DT_{50} (field) 14 วัน (PPDB, 2007) สารนี้มีความคงทนต่ำในดิน (low persistent) การสลายตัวในดินส่วนใหญ่เกิดจากจุลินทรีย์ดิน เคลื่อนย้ายในดินทรายได้ อาจปนเปื้อนลงสู่ลำน้ำใต้ดิน (Extoxnet, 1996) สารนี้ถูกยกเลิกการใช้ในประเทศกลุ่มสหภาพยุโรป ตั้งแต่ปี 2006 ในสหรัฐอเมริกาจัดอยู่ในกลุ่มสารกำจัดวัชพืชที่จำกัดการใช้ (Restricted-Use Herbicide)

นอกจากนี้ยังนำดินในแปลงทดลองทั้ง 2 แปลง มาวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชตกค้างโดยวิธี Bioassay เก็บดินที่ระยะ 40 และ 60 วันหลังพ่น ระดับความลึกไม่เกิน 15 เซนติเมตร นำมาปลูกข้าวโพด จากการทดลองจะเห็นว่า ปริมาณสารกำจัดวัชพืชที่ตกค้างอยู่ในดินในทุกกรรมวิธีไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด เนื่องจากการเจริญเติบโตทางด้านความสูง และน้ำหนักสดของข้าวโพดในดินที่มีการใช้สารกำจัดวัชพืช ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับดินที่ไม่ใช้สารกำจัดวัชพืช ได้แก่ กรรมวิธีกำจัดวัชพืชด้วยแรงงาน และกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืช

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร และไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญต่อต้นกาแฟ และพบปริมาณการตกค้างของสารทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสารน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

การใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในสวนกาแฟ ควรที่จะทำการศึกษาก่อนว่าพื้นที่นั้นเดิมที่มีวัชพืชประเภทใบแคบหรือประเภทใบกว้างเป็นหลัก หากพบว่าวัชพืชใบแคบเป็นหลักควรใช้สารกำจัดวัชพืช acetochlor เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชใบแคบได้ดีกว่าใบกว้าง และหากพบวัชพืชในพื้นที่นั้นมีวัชพืชใบกว้างเป็นหลักควรใช้สารกำจัดวัชพืช oxyfluorfen เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชใบกว้างได้ดีกว่าใบแคบ

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลจากการทดลองสามารถที่จะแนะนำให้เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟในกลุ่มเกษตรกรภาคเหนือให้ใช้สารกำจัดวัชพืชอย่างมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในสวนกาแฟ และสารเหล่านั้นไม่ตกค้างในดิน และไม่ส่งผลกระทบต่อพืชปลูกชนิดอื่น

11. คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อำเภอแม่แตง และอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินงานทดลองเป็นอย่างดี ทำให้งานทดลองครั้งนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

12. เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยวัชพืช 2554. คำแนะนำการควบคุมวัชพืชและการใช้สารกำจัดวัชพืช. กลุ่มวิจัยวัชพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 149 หน้า.

สิรินาฏ พรศิริประทาน. 2557. การส่งออกผักและผลไม้สดไทยไปสหภาพยุโรป. สถาบันระหว่างประเทศเพื่อการค้าและพัฒนา(ITD). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล. <http://lib.dtc.ac.th/articleต่อkitchenต่อar2011-040-exporttoeu.pdf> (10 มกราคม 2558)

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2560. การปลูกและการดูแลรักษา. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล. <http://www.arda.or.th/kasetinfo/south/coffee/controller/01-04.php> (8 ตุลาคม 2560)

Eshetu T. 2001. Weed flora and weed control practices in coffee. [Online]. Available <http://www.scielo.br/scielo.php>. (June 2015)

Extoxnet. 1996. Acetochlor. [Online]. Available <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/24d-captan/acetochlor-ext.html>. (November 2018)

Extoxnet 1993. Oxyfluorfen. [Online]. Available <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/metiram-propoxur/oxyfluorfen-ext.html>. (November 2018)

Extoxnet 1993. Pendimethalin. [Online]. Available <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/metiram-propoxur/pendimethalin-ext.html>. (November 2018)

Moraima, G. S. 2001. A contribution to determine critical levels of weed interference in coffee crops of Monagas state, Venezuela. Bioagro, v. 12, p. 63-70, 2000.

Mendes, F. K., Hall, K.E., Spokas, K. A., Koskinen, and Tornisiello, V. L. 2017. Evaluating Agricultural Management Effects on Alachlor Availability: Tillage, Green Manure, and Biochar. Agronomy 2017, 7, 64: doi:10.3390/agronomy7040064 [Online]. Available http://www.res.mdpi.com/agronomy-70-00064/article_deploy/agronomy-07-00064-v2.pdf. (November 2018)

NIPC. 1994. OSU Extension Pesticide Properties Database, National Pesticide Information Center. [Online]. Available <http://npic.orst.edu/ingred/ppdmove.htm>. (November 2018)

PPDB. 2007. Acetochlor in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire.
 [Online]. Available <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/12.htm>.
 (November 2018)

PPDB. 2007. Alachlor in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire.
 [Online]. Available <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/17.htm>. (November 2018)

PPDB. 2007. S-metholachlor in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire.
 [Online]. Available <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/1027.htm>.
 (November 2018)

PPDB. 2007. Pendimethalin in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire.
 [Online]. Available <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/511.htm>.
 (November 2018)

PPDB. 2007. Oxadiazon in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire.
 [Online]. Available <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/496.htm>.
 (November 2018)

PPDB. 2007. Oxyfluorfen in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire.
 [Online]. Available <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/502.htm>.
 (November 2018)

13. ภาคผนวก

Table 1. Effect of herbicides on phytotoxicity of coffee at 7, 15 and 30 days after treatment in the greenhouse.

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Phytotoxicity Rating		
		7 DAT	15 DAT	30 DAT
1. Acetochlor 50%EC	250	0	0	0
2. Pendimethalin 33% EC	264	0	0	0

3. S-metolachlor 96% EC	192	0	0	0
4. Oxadiazon 25% EC	120	2	2	0
5. Oxyfluorfen 23.5% EC	24	0	0	0
6. Alachlor 48%EC	384	0	0	0
7. Hezaxinone 25% SL	125	4	7	7
8. Flumioxazin 50% WP	15	5	4	3
9. Metribuzine 70% EC	105	6	4	4
10. Nontreated	-	0	0	0

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

Table 2. Height, leaf number, circumference, bush, and fresh weight of coffee at 90 days after treatment in the greenhouse.

Treatment	rate (g ai rai ⁻¹)	Height (cm.)	leaf number	Circumference (cm.)	Bush (cm.)	fresh weight (g.)
1.Acetochlor 50% EC	250	41.8 a	46.1 a	1.7 a	30.4 a	46.2 a
2.Pendimetaline 33% EC	264	39.5 a	34.2 abc	1.6 a	25.2 ab	45.0 a
3.S-metolachlor 96% EC	192	41.3 a	42.6 ab	1.7 a	26.4 ab	47.6 a
4.Oxadiazone 25% EC	120	38.2 a	41.3 ab	1.6 a	27.7 ab	52.5 a
5.Oxyfluorfen 23.5% EC	24	35.9 a	40.6 ab	1.6 a	25.8 ab	43.9 ab
6.Alachlor 48% EC	384	39.7 a	40.3 ab	1.6 a	26.8 ab	45.5 a
7.Hexazinone 25 SL	125	30.9 a	15.1 d	1.0 b	20.4 b	13.5 b
8. Flumioxzine 50% WP	15	37.6 a	34.3 abc	1.6 a	24.8 ab	39.9 ab
9. Metribuzine 70% EC	105	37.4 a	29.9 bc	1.5 ab	24.6 ab	34.7 ab
10 Nontreated	-	40.7 a	41 ab	1.7 a	24.1 b	50.9 a
CV(%)		23.53	21.55	20.4	12.4	34.62

Means within columns followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Figure 1. Phytotoxicity symptoms of coffee, at 7 days after treatment



oxadiazon 25% EC



hezaxinone 25% SL



flumioxazin 50% WP



metribuzine 70% EC

Figure 2. Phytotoxicity symptoms of coffee, at 15 days after treatment



oxadiazon 25% EC



hezaxinone 25% SL



flumioxazin 50% WP

metribuzine 70% EC

Figure 3. Phytotoxicity symptoms of coffee, at 30 days after treatment



oxadiazon 25% EC



hezaxinone 25% SL



flumioxazin 50% WP



metribuzine 70% EC

Table 3. Effect of herbicides on phytotoxicity of coffee at 15, 30, 45 and 60 days after treatment in Khun Wang district, Chiang Mai province

Treatment	rate (g ai rai ⁻¹)	Phytotoxicity Rating			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	60 DAT
Acetochlor	250	0	0	0	0
Pendimethalin	264	0	0	0	0
S-metolachlor	192	0	0	0	0
Oxadiazon	120	0	0	0	0
Oxyfluorfen	24	0	0	0	0
Alachlor	312	0	0	0	0
Hand weeding	-	0	0	0	0
Nontreated	-	0	0	0	0

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

Table 4. Effect of herbicides on phytotoxicity of coffee at 15, 30, 45 and 60 days after treatment in Mae Chaem district, Chiang Mai province

Treatment	rate (g ai rai ⁻¹)	Phytotoxicity Rating			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	60 DAT
Acetochlor	250	0	0	0	0
Pendimethalin	264	0	0	0	0
S-metolachlor	192	0	0	0	0
Oxadiazon	120	0	0	0	0
Oxyfluorfen	24	0	0	0	0
Alachlor	312	0	0	0	0
Hand weeding	-	0	0	0	0
Nontreated	-	0	0	0	0

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

Table 5. Efficacy of herbicides on weed control in coffee at 15, 30, 45 and 60 days after treatment and dry weight of weeds in Khun Wang district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Weed control ^{1/}				Dry weight of weeds (g/m ²)
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	60 DAT	
Acetochlor	250	10	9	8	8	0 a ^{2/}
Pendimethalin	264	10	8	7	6	13 b
S-metolachlor	192	10	8	7	7	9.24 ab
Oxadiazon	120	10	9	7	6	14.24 b
Oxyfluorfen	24	10	9.5	8	8	0.96 a
Alachlor	312	10	9	8	7	7.42 ab
Hand weeding	-	10	10	10	8	3.11 ab
Nontreated	-	0	0	0	0	20.93 c
CV(%)						89.16

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

^{2/} Means within columns followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 6. Efficacy of herbicides on weed control in coffee at 15, 30, 45 and 60 days after treatment and dry weight of weeds in Mae Chaem district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Weed control ^{1/}				Dry weight of weeds (g/m ²)
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	60 DAT	
acetochlor	250	9	9	8	7	5.36 a ^{2/}
pendimethalin	264	8	7	7	6	13.18 ab
s-metolachlor	192	8	7	7	6	11.74 ab
oxadiazon	120	9	9	9	6	17.12 ab
oxyfluorfen	24	9	9	9	8	1.15 a
alachlor	312	8	8	7	6	21.32 bc
Hand weeding	-	10	10	8	7	5.07 a
Nontreated	-	0	0	0	0	29.39 c
CV(%)						56.4

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

^{2/} Means within columns followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 7. Height, circumference, leaf wide, leaf length and bush of coffee, in Khun Wang district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Height	Circumference	Leaf wide	Leaf length	Bush
Acetochlor 50% EC	250	34.7 ab	2.0 a	5.3 a	12.1 a	37.8 ab
Pendimethalin 33% EC	264	35.3 ab	1.9 a	5.4 a	12.5 a	36.8 b
S-metolachlor 96% EC	192	32.6 ab	2.0 a	5.1 a	12.8 a	37.2 ab
Oxadiazon 25% EC	120	31.2 b	2.0 a	5.3 a	13.1 a	37.0 b
Oxyfluorfen 23.5% EC	24	36.3 a	1.9 a	4.9 a	12.7 a	39.9 ab
Alachlor 50% EC	312	35.1 ab	2.1 a	5.0 a	12.5 a	39.8 ab
Hand weeding	-	36.0 a	2.0 a	5.1 a	12.4 a	43.1 a
Nontreated	-	36.2 a	1.9 a	4.9 a	11.7 a	36.3 b
CV(%)		7.04	6.84	8.67	10.99	8.1

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

Table 8. Height, Circumference, Leaf wide, Leaf wide and Bush of coffee, in Mae Chaem district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	Height	Circumference	Leaf wide	Leaf length	Bush
Acetochlor 50% EC	250	28.0 ab	1.7 a	4.5 a	10.6 a	25.0 a
Pendimethalin 33% EC	264	29.6 ab	1.5 a	4.3 a	10.6 a	24.0 a
S-metolachlor 96% EC	192	28.0 ab	1.5 a	4.5 a	10.8 a	22.1 a
Oxadiazon 25% EC	120	28.9 ab	1.5 a	4.6 a	10.8 a	25.0 a
Oxyfluorfen 23.5% EC	24	30.3 ab	1.6 a	4.7 a	10.9 a	24.3 a
Alachlor 50% EC	312	25.7 b	1.6 a	4.7 a	10.9 a	25.1 a
Hand weeding	-	31.4 ab	1.6 a	5.2 a	12.7 a	25.6 a
Nontreated	-	33.8 a	1.6 a	4.7 a	11.4 a	24.0 a
CV(%)		13.3	9.95	10.29	10.73	8.90

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

Table 9. The results of the analysis of pre-emergence herbicides residues in the soil in experimental plots, Khun Wang district, Chiang Mai province

Herbicide	Depth	Herbicides Residues (mg/kg)					
	(cm.)	Acetochlor	Pendimethalin	S-metolachlor	Oxadiazon	Oxyfluorfen	Alachlor
BA	0-10 cm.	0.01	<0.01	<0.01	ND	ND	0.06
	10-20 cm.	0.02	0.03	<0.01	ND	ND	0.09
0 DAA	0-10 cm.	0.48	1.66	0.05	0.25	0.04	0.45
	10-20 cm.	0.23	0.28	<0.01	0.03	<0.01	0.03
19 DAA	0-10 cm.	0.04	0.42	<0.01	0.22	0.01	0.01
	10-20 cm.	0.03	ND	<0.01	0.39	<0.01	0.02
40 DAA	0-10 cm.	0.17	1.93	0.01	0.02	<0.01	<0.01
	10-20 cm.	0.04	0.05	<0.01	0.01	<0.01	<0.01
60 DAA	0-10 cm.	0.25	0.05	<0.01	0.02	0.01	0.03
	10-20 cm.	0.04	0.03	<0.01	<0.01	0.01	0.01
75 DAA	0-10 cm.	0.09	0.46	0.01	0.43	0.01	0.02
	10-20 cm.	0.02	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
81 DAA	0-10 cm.	0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
	10-20 cm.	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Remark : BA: Before Application DAA: Day After Application ND: Not detected

Table 10. The results of the analysis of pre-emergence herbicides residues in the soil in experimental plots, Mae Chaem district, Chiang Mai province

Herbicide	Depth	Herbicides Residues (mg/kg)					
		Acetochlor	Pendimethalin	S-metolachlor	Oxadiazon	Oxyfluorfen	Alachlor
BA	0-10 cm.	<0.01	<0.01	ND	ND	ND	<0.01
	10-20 cm.	ND	ND	ND	ND	ND	<0.01
0 DAA	0-10 cm.	1.84	0.55	0.01	0.03	0.03	0.03
	10-20 cm.	ND	0.05	ND	ND	0.01	<0.01
19 DAA	0-10 cm.	0.12	0.12	<0.01	0.06	0.01	0.01
	10-20 cm.	0.02	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
40 DAA	0-10 cm.	0.13	1.05	<0.01	<0.01	0.03	<0.01
	10-20 cm.	0.04	<0.01	ND	ND	ND	ND
60 DAA	0-10 cm.	0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	10-20 cm.	<0.01	<0.01	<0.01	ND	<0.01	<0.01
75 DAA	0-10 cm.	0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01
	10-20 cm.	0.01	0.27	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
81 DAA	0-10 cm.	0.09	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	10-20 cm.	0.01	0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01

Remark : BA: Before Application DAA: Day After Application ND: Not detected

Table 11. The equation of decomposition and the half-life (day) of each pre-emergence herbicides after application

Herbicide	Khun Wang district	Half-life (Day)	Mae Chaem district	Half-life (Day)	Half-life (Day) (NIPC,1994)	DT ₅₀ (Day) (PPDB, 2007)
Acetochlor	$y = 0.2536e^{-0.02x}$	34.65	$y = 0.6805e^{-0.045x}$	15.4	15	12.1
Pendimethalin	$y = 1.8332e^{-0.04x}$	17.32	$y = 0.4811e^{-0.027x}$	25.67	90	100.6
S-metolachlor	$y = 0.0284e^{-0.043x}$	16.11	$y = 0.013e^{-0.043x}$	16.11	-	21
Oxadiazon	$y = 0.1838e^{-0.024x}$	28.87	$y = 0.0296e^{-0.021x}$	33	60	165
Oxyfluorfen	$y = 0.0246e^{-0.018x}$	38.5	$y = 0.0225e^{-0.017x}$	40.76	35	73
Alachlor	$y = 0.0234e^{-0.031x}$	22.35	$y = 0.0234e^{-0.031x}$	17.33	-	14

Table 12. Effect of herbicides residues in soil from 40 and 60 day after treatment on corn, in Khun Wang district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	40 day after treatment		60 day after treatment	
		height	fresh weight	height	fresh weight
Acetochlor 50% EC	250	55.3 a	5.5 b	77.7 abc	25.3 ab
Pendimethalin 33% EC	264	64.7 a	7.7 ab	83.7 ab	24.8 ab
S-metolachlor 96% EC	192	61.7 a	13.3 a	90.3 a	44.0 a
Oxadiazon 25% EC	120	62.0 a	11.0 ab	77.7 abc	24.8 ab
Oxyfluorfen 23.5% EC	24	62.0 a	5.9 b	57.0 c	20.4 b
Alachlor 50% EC	312	62.7 a	10.1 ab	67.3 abc	23.3 ab
Hand weeding	-	64.3 a	10.0 ab	63.3 bc	21.4 b
Nontreated	-	56.7 a	7.1 ab	67.0 abc	19.4 b
CV(%)		7.7	41	18.3	44.2

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

Table 13. Effect of herbicides residues in soil from 40 and 60 day after treatment on corn, in Mae Chaem district, Chiang Mai province

Treatment	Rate (g ai rai ⁻¹)	40 day after treatment		60 day after treatment	
		height	fresh weight	height	fresh weight
acetochlor 50% EC	250	56.0 a	4.6 a	51.3 a	18.9 a
pendimethalin 33% EC	264	55.0 a	6.4 a	47 a	12.4 a
s-metolachlor 96% EC	192	55.0 a	7.8 a	58.3 a	19.8 a
oxadiazon 25% EC	120	55.3 a	6.6 a	48.0 a	12.8 a
oxyfluorfen 23.5% EC	24	52.0 a	4.0 a	52.7 a	14.6 a
alachlor 50% EC	312	50.7 a	4.0 a	53.3 a	15.1 a
Hand weeding	-	53.3 a	5.8 a	49.0 a	10.7 a
Nontreated	-	50.7 a	5.4 a	52.3 a	16.1 a
CV(%)		13.9	47.6	18.7	35.1

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

