ประสิทธิภาพและการตรวจหาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในการผลิตถั่วเหลืองฝักสด

Efficiency and Determination the Residue of Herbicides in Green Soybean Production

วัชรศักดิ์ สุขเจริญวิภารัตน์ [1/] ดรุพัน แสนศิริพันธ์ [2/] ทศพล พรพรหม [1/]

Watcharasak Sukcharoenvipharat [1/] Daruphun Sansiriphun [2/] Tosapon Pornprom [1/]

ABSTRACT

Studies on efficiency and determination the residue of herbicides in green soybean (*Glycine max* L. Merr. variety No 75) production were carried out in the field experiment, Mae On subdistrict and the laboratory of Lanna Agro Industry Co., Ltd., Saraphi district, Chiang Mai province, in early rainy season during May, 2006 - July, 2008. Herbicides namely acetochlor, alachlor, clomazone, isoxaflutole, metribuzin, oxadiazon, pendimethalin, clomazone + pendimethalin and metribuzin + pendimethalin were applied to evaluate the efficacy for weed control. All pre-emergence herbicides had variable weed controls in green soybean. Metribuzin, pendimethalin, and metribuzin + pendimethalin showed the best efficacy and no yield reduction. No visible crop injury was observed after alachlor, clomazone, metribuzin, pendimethalin, clomazone + pendimethalin and metribuzin + pendimethalin application, while acetochlor, isoxaflutole and oxadiazon caused visible crop injury to green soybean. The herbicide residues in crop yield were determined using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). No herbicide residues was detected in crop yield (or MRLs < 0.01 ppm) for all herbicides used in the study. From these results, it was found that metribuzin at 84 g a.i./ rai was sufficient to provide satisfactory full-season control of several weed species. In addition, pendimethalin at 165 g a.i./ rai, and metribuzin at 56 g a.i./ rai + pendimethalin at 148.5 g a.i./ rai should be provided a similar level of weed control as an alternative to reduce herbicide dosage use, and further increased for the food safety in green soybean production.

Key words: Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS), green soybean, herbicide residues

[1/] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[1/] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen district, Nakhon Pathom province 73140

[2/] บริษัทลานนาเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด อ.สารภี จ.เชียงใหม่ 50140

[2/] Lanna Agro Industry Co., Ltd., Saraphi district, Chiang Mai province 50140

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพ และการตรวจหาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในการผลิตถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์เลขที่ 75 โดยดำเนินการที่แปลงปลูกพืชทดลองในเขตกิ่ง อ.แม่ออน และห้องปฏิบัติการของบริษัทลานนาเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด อ.สารภี จ.เชียงใหม่ ในช่วงต้นฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2549 - กรกฎาคม พ.ศ. 2551 การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกชนิดต่าง ๆ ได้แก่ acetochlor, alachlor, clomazone, isoxaflutole, metribuzin, oxadiazon, pendimethalin, clomazone + pendimethalin และ metribuzin + pendimethalin ในการควบคุมวัชพืช พบว่าการใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ผลที่แตกต่างกัน โดยที่การใช้สาร metribuzin, pendimethalin และ metribuzin + pendimethalin มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีที่สุด และให้ผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสดมากกว่าการใช้สารกำจัดวัชพืชชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะ metribuzin 84 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีที่สุด นอกจากนี้การใช้สาร pendimethalin 165 ก.สารออกฤทธิ์/ไร่ และ metribuzin 56 ก.สารออกฤทธิ์/ไร่ + pendimethalin 148.5 ก.สารออกฤทธิ์/ไร่ สามารถนำมาใช้ทดแทนสลับกันได้ เพื่อเป็นการลดอัตราการใช้สารกำจัดวัชพืช โดยที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีในระดับใกล้เคียงกัน เมื่อมีการใช้สาร alachlor, clomazone, metribuzin, pendimethalin, clomazone + pendimethalin และ metribuzin + pendimethalin ถั่วเหลืองฝักสดไม่แสดงอาการได้รับพิษ ในขณะที่การใช้สาร acetochlor, isoxaflutole และ oxadiazon ถั่วเหลืองฝักสดแสดงอาการได้รับพิษ ต่อมาได้ทำการตรวจหาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในผลผลิตถั่วเหลืองฝักสด โดยการใช้ Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) พบว่าไม่มีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชทุกชนิดที่นำมาใช้ในการทดสอบ ในผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด (หรือมีค่า MRLs < 0.01 ppm)

คำหลัก: แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิทรี (GC-MS) ถั่วเหลืองฝักสด สารกำจัดวัชพืชตกค้าง

คำนำ

ในปัจจุบันนี้การผลิตถั่วเหลืองฝักสด (*Glycine max* L. Merr) เพื่อการส่งออกของประเทศไทย มีปัญหาเกี่ยวกับมาตรฐานของผลผลิตถั่วเหลืองฝักสดที่ไม่ตรงตามความต้องการของประเทศคู่ค้า ซึ่งต้องการถั่วเหลืองฝักสดที่มีเมล็ดนุ่ม มีรสหวาน กลิ่นหอมและมีคุณค่าทางอาหารสูง นอกจากนี้ยังมีปัญหาทางด้านศัตรูพืชทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ เช่น โรคพืช แมลงศัตรูพืชและวัชพืช เป็นต้น ซึ่งจะต้องมีการพัฒนาทางด้านการจัดการศัตรูพืช ในการผลิตถั่วเหลืองฝักสดที่ถูกวิธีภายใต้ระบบเกษตรดีที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มศักยภาพและปริมาณการผลิตถั่วเหลืองฝักสดให้มีคุณภาพ ตรงตามมาตรฐานของประเทศคู่ค้า ตลอดจนควรมีการ

พิจารณาเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านอาหารและสิ่งแวดล้อม (food and environmental safety) โดยทางประเทศญี่ปุ่นที่เป็นตลาดหลักในการนำเข้าได้มีการกำหนดให้ใช้ระบบ positive list ของสารกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตรที่ใช้ในการผลิตถั่วเหลืองฝักสดขึ้นมาโดยระดับที่ใช้เป็นมาตรฐานคือ การกำหนดปริมาณสารพิษตกค้าง (maximum residue limit, MRLs) ต้องไม่เกิน 0.01 ppm ในถั่วเหลืองฝักสดที่จะนำเข้าในประเทศ (Srisombun and Shanmungasundaram, 2001)

ในการพิจารณาเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านอาหารและสิ่งแวดล้อมนั้น มีหลายแนวทางที่เป็นไปได้ เช่น การใช้สารกำจัดวัชพืชตามฉลากคำแนะนำ การเลือกใช้สารกำจัดวัชพืชที่อายุการออกฤทธิ์สั้น และลดการใช้หรือใช้เท่าที่จำเป็น สารกำจัดวัชพืชจะปนเปื้อนในดินได้มากหรือน้อยขึ้นกับชนิดและวิธีการใช้ของสาร โดยเฉพาะการใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกซึ่งพ่นลงสู่ดินโดยตรง จึงมีโอกาสที่จะปนเปื้อนในดินได้มาก เมื่อพ่นสารลงบนดินแล้วสารจะถูกดูดซับไว้โดยเม็ดดิน บางส่วนสามารถเคลื่อนย้ายได้ทั้งในแนวดิ่งตามชั้นของดินและแนวนอน และต้นพืชสามารถดูดซับสารกำจัดวัชพืชที่ตกค้างจากดินสู่ต้นพืชได้ (นิพนธ์, 2548) แต่สิ่งแวดล้อมเองก็ส่งผลต่อการสลายตัวของสารกำจัดวัชพืชได้เร็วขึ้น ซึ่งได้มีรายงานการวิจัยว่าแสงแดดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิผลต่อการสลายตัวของสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม triazine, urea และ thiolcarbamate ที่อยู่บนผิวดินได้ (Lanyi and Dinya, 2005) นอกจากนี้ยังพบว่า จุลินทรีย์บางชนิดในดินมีความสามารถในการย่อยสลายสาร pendimethalin ในดินได้ (Kulshrestha *et al.*, 2000) เนื่องจากผู้บริโภคมีความวิตกเกี่ยวกับผลตกค้างของการใช้สารกำจัดวัชพืชในผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการผลิตเพื่อการส่งออก ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการพิจารณาเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านอาหารเพื่อควบคุมคุณภาพและป้องกันการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในผลผลิตถั่วเหลืองฝักสด ให้ต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสารพิษตกค้างตามมาตรฐาน MRLs ซึ่ง Pena และคณะ (2002) ได้ทำการตรวจวิเคราะห์หาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในส้มและหน่อไม้ฝรั่ง โดยการใช้ Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) พบว่ามีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม phenylurea 5 ชนิด ได้แก่ chlorbromuron, fluometuron, linuron, metobromuron และ monolinuron โดยพบสาร chlorbromuron ในปริมาณมากที่สุด แสดงว่าในการเลือกใช้สารกำจัดพืชสำหรับการผลิตถั่วเหลืองฝักสดนั้น ควรมีการพิจารณาเลือกใช้สารกำจัดวัชพืชที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี ไม่ส่งผลกระทบต่อพืชปลูก และมีค่า MRLs ไม่สูงเกินกว่าค่าที่ระบุไว้ใน positive list ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพ ของการใช้สารกำจัดวัชพืชชนิดต่าง ๆ ในการควบคุมวัชพืชสำหรับการผลิตถั่วเหลืองฝักสด และตรวจหาปริมาณของสารกำจัดวัชพืชชนิดต่าง ๆ ที่อาจจะมีผลตกค้างในผลผลิตถั่วเหลืองฝักสด โดยการใช้ GC-MS เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาเกี่ยวกับความปลอดภัย

ทางด้านอาหาร (food safety) ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกในการควบคุมวัชพืช

ปลูกถั่วเหลืองฝักสดในสภาพแปลงปลูกพืชทดลองของบริษัทลานนาเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด ที่กิ่ง อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ ในช่วงต้นฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2549 – กรกฎาคม พ.ศ. 2551 ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 21.9 - 34.1 °ซ. และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 6.0 - 8.7 มม. โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB ทำ 3 ซ้ำ 11 กรรมวิธี แปลงทดลองขนาด 2 x 4 ตร.ม. ก่อนปลูกรองพื้นด้วยปุ๋ยสูตร 12-24-12 ($N-P_2O_5-K_2O$) อัตรา 25-50 กก./ไร่ ผสมปุ๋ยสูตร 0-0-60 ($N-P_2O_5-K_2O$) อัตรา 10 กก./ไร่ ใช้เมล็ดถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์เลขที่ 75 ใช้ระยะปลูก 50 x 20 ซม. หยอด 2-3 เมล็ด/หลุม จากนั้นพ่นสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอก (pre-emergence) ชนิดต่าง ๆ (Table 1) ทันทีหลังจากทำการปลูกถั่วเหลืองฝักสดเสร็จโดยใช้ปริมาณน้ำ 80 ล./ไร่ ตามกรรมวิธีต่อไปนี้

บันทึกผลการทดลอง ที่ 7, 14, 21 และ 30 วันหลังพ่นสาร โดยทำการประเมินระดับในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืช ที่ตั้งมาตรฐานไว้ว่า 1 = ไม่มีวัชพืชปกคลุม หรือสามารถควบคุมวัชพืชได้ประมาณ 90% ของพื้นที่ และ 9 = วัชพืชปกคลุมเต็มพื้นที่ หรือสามารถควบคุมวัชพืชได้ประมาณ 0 % ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อพืชปลูก โดยที่ 1 = มีพิษ

Table 1. Weed control treatments with their chemical groups

Treatment	Chemical group	Rate (g ai/ rai)
Control	-	-
Hand weeding (at 15, 30, 45 DAS[1/])	-	-
Acetochlor 50% EC	Chloroacetamides	300
Alachlor 10% EC	Chloroacetamides	75
Clomazone 48% EC	soxazolidinones	172.8
Isoxaflutole 75% WG	Isoxazoles	12
Metribuzin 70% WP	Triazines	84
Oxadiazon 25% EC	Oxadiazoles	160
Pendimethalin 33% EC	Dinitroanilines	165
Clomazone 48% EC + pendimethalin 33% EC	Isoxazolidinones+ dinitroanilines	153.6 + 148.5
Metribuzin 70% WP + pendimethalin 33% EC	Triazines + dinitroanilines	56 + 148.5

[1/] DAS = days after seeding

ต่อพืชปลูกน้อยมาก และ 9 = มีพิษต่อพืชปลูกมากที่สุด การเจริญเติบโต ผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด รวมทั้งพิจารณาต้นทุนของการใช้สารกำจัดวัชพืชในแต่ละชนิด ซึ่งสามารถคำนวณจากราคาต้นทุนของสารกำจัดวัชพืช/หน่วย โดยที่ราคาสาร acechlor 380 บาท/ 1,000 มล. alachlor 130 บาท/ 500 มล. clomazone 490 บาท/ 500 มล. isoxaflutole 175 บาท/ 20 ก. metribuzin 250 บาท/ 250 ก. oxadiazon 485 บาท/ 1,000 มล. และ pendimethalin 270 บาท/ 1,000 มล. เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้พ่นสาร และค่าแรงงานที่ใช้สำหรับการควบคุมวัชพืช (handweeding) ในการปลูกถั่วเหลืองฝักสดในการทำงาน 1 วัน หรือ 8 ชม. ทำการ ในอัตรา 150 บาท/คน ที่ จ.เชียงใหม่ จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ และใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistical Analysis System (SAS)

การตรวจหาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในผลผลิตถั่วเหลืองฝักสดโดยการใช้ GC-MS

การเตรียมตัวอย่างพืชโดยนำตัวอย่างพืชที่น้ำหนัก 300 ก. สุ่มเก็บจากแปลงทดสอบแล้วปั่นพอละเอียด ตักใส่ถุงที่เตรียมไว้ ตัวอย่างละ 20 ก. ใส่ flask ขนาด 500 มล. เติมสาร sodium chloride 7 ก. 1M phosphate buffer ปริมาตร 10 มล. และ acetronitrile ปริมาตร 60 มล. ผสมกัน เสร็จแล้วนำตัวอย่างใน flask ปั่นให้ละเอียดอีกครั้งด้วยเครื่อง homogenizer ที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาทีเป็นเวลา 5 นาที แล้วกรองผ่านชุดกรอง buchner ที่ต่อเข้ากับ filtering flask ขนาด 500 มล. และ vacuum pump ต่อมาละลาย celite 15 ก. กับ acetronitrile ปริมาตร 50 มล. แล้วกรองผ่านชุดกรอง buchner ต่อมาเทสารละลายที่กรองได้ลงใน separatory funnel ขนาด 2,000 มล. แล้วปิดฝา separatory funnel นำเข้าเครื่อง shaker ประมาณ 10 นาที แล้ววางทิ้งไว้ประมาณ 15–20 นาที เพื่อให้สารละลายแยกชั้น และเปิดวาล์วด้านล่างเอาชั้นน้ำและ sodium chloride ที่อยู่ด้านล่างออกจนถึงชั้น emulsion เติมสาร dichloromethane ปริมาตร 40 มล. ไขน้ำออกแล้วนำตัวอย่างใส่ flat bottom round flask เติม 0.1 diethyleneglycol ใน acetone หลังจากนั้นนำ flat bottom round flask ไประเหยด้วย rotary evaporator จนเกือบจะแห้ง ใช้ nitrogen gas เป่าให้แห้ง และใช้ 20% methanol in acetone ล้างสารละลายที่แห้งติดด้านใน flat bottom round flask ด้วยหรือเขย่าในเครื่อง ultrasonic เก็บตัวอย่างและปรับปริมาตรให้ได้ 10 มล. ต่อมาดูดสารละลายมา 2 มล. แล้วเติม 0.1 diethyleneglycol ปริมาตร 1 มล. นำไประเหยด้วย rotary evaporator ให้แห้ง ล้างสารละลายที่แห้งติดด้านใน flat bottom round flask อีกครั้งด้วย acetone แล้วดูดตัวอย่างใส่หลอดขนาดเล็กที่ใช้สำหรับเครื่อง GC-MS

การวิเคราะห์หาสารกำจัดวัชพืชตกค้าง

โดยนำสารละลายในหลอดตัวอย่างขนาดเล็กจากการเตรียมตัวอย่าง มาทำการตรวจวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชตกค้างในถั่วเหลืองฝักสด ด้วย GC-MS ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ได้ถูกบันทึกลงเครื่องคอมพิวเตอร์ และพิมพ์ออกมาเป็นเอกสารรายงานการตรวจสารกำจัดศัตรูพืช ในลักษณะของกราฟ และนำกราฟที่ได้เปรียบเทียบกับค่าที่บันทึกไว้ใน reference library ซึ่งจะทำให้ทราบถึงชนิด และปริมาณของสารกำจัดวัชพืชต่าง ๆ ที่ทำการวิเคราะห์ได้ โดยมีหน่วยเป็น ppm

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกในการควบคุมวัชพืช

สารกำจัดวัชพืชทุกชนิดและการใช้แรงงาน ในการควบคุมวัชพืช สำหรับการผลิตถั่วเหลืองฝักสด พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไม่ควบคุมวัชพืช สามารถควบคุมวัชพืช เช่น หญ้าตีนกา (*Euleusine indica* (L.) Gaerth.) ผักโขม (*Amaranthus gracillis* L.) และกกทราย (*Cyperus iria* L.) เป็นต้น ได้ในเกณฑ์ที่ดีมากที่ระดับ 1-2 กล่าวคือ มีระดับความสามารถในการควบคุมวัชพืชได้ประมาณ 80-90% ของพื้นที่ ซึ่งมีความแตกต่างจากสิ่งทดลองชุดควบคุมที่ไม่ได้พ่นสาร (Table 2) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากระดับความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชที่มีต่อต้นถั่วเหลืองฝักสด พบว่าการใช้สาร acetochlor, isoxaflutole และ oxadiazon พืชปลูกจะแสดงอาการได้รับพิษ และมีผลต่อผลผลิตของพืชปลูกที่ระดับ 2-9 ซึ่งแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของสารกำจัดวัชพืช สำหรับการใช้สาร alachlor, clomazone, metribuzin, pendimethalin, clomazone + pendimethalin และ metribuzin + pendimethalin พืชปลูกไม่แสดงอาการได้รับพิษคะแนนอยู่ที่ระดับ 1 การใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกชนิดต่าง ๆ ไม่มีผลกระทบต่อพืชปลูก (Table 3) เมื่อพิจารณาผลของสารกำจัดวัชพืชต่อการเปลี่ยนแปลงความสูงของถั่วเหลืองฝักสดที่ 30 วันหลังพ่นสาร และผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด พบว่าการใช้สาร metribuzin 84 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสูงของถั่วเหลืองฝักสดน้อยที่สุด และช่วยทำให้เพิ่มปริมาณของผลผลิตที่จำหน่ายได้สูงสุดที่ 1,889.76 กก./ไร่ รองลงมาได้แก่ การใช้สาร pendimethalin 165 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ได้ผลผลิต 1,687.20 กก./ไร่ และการใช้สาร metribuzin อัตรา 56 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ + pendimethalin อัตรา 148.5 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ได้ผลผลิต 1,658.08 กก./ไร่ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุมซึ่งได้เพียง 570.56 กก./ไร่ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากต้นทุนในการใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกชนิดต่าง ๆ สำหรับการควบคุมวัชพืช พบว่าการใช้สาร metribuzin และ pendimethalin มีต้นทุนในการใช้สารกำจัดวัชพืชที่ถูกกว่าการใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกชนิดอื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนในการใช้สารกำจัดวัชพืชทุกชนิดที่ใช้ในการทดลอง แสดงว่าต้นทุนในการใช้สารกำจัดวัชพืชทุกชนิด มีค่าตั้งแต่ 120-353 บาท/ไร่ ซึ่งต่ำกว่าต้นทุนในการใช้แรงงานคนที่ 750 บาท/ไร่ สำหรับการควบคุมวัชพืช (Table 4)

Table 2. Effect of pre-emergence application of herbicides on weed control in early rainy season

Treatment	Weed cover score[1/] (days after application)			
	7	14	21	30
Control	9	9	9	9
Hand weeding (15, 30, 45, DAS[2/])	9	9	3	7
Acetochlor 300 g ai/ rai	2	2	2	2
Alachlor 75 g ai/ rai	1	1	2	2
Clomazone 172.8 g ai/ rai	1	1	1	2
Isoxaflutole 12 g ai/ rai	1	1	1	1
Metribuzin 84 g ai/ rai	1	1	1	1
Oxadiazon 160 g ai/ rai	1	1	2	2
Pendimethalin 165 g ai/ rai	1	1	1	1
Clomazone 153.6 g ai/ rai + pendimethalin 148.5 g ai/ rai	1	1	1	1
Metribuzin 56 g ai/ rai + pendimethalin 148.5 g ai/ rai	1	1	1	1

[1/] Weed cover score using a scale of 1-9 where 1 represents no weed cover and 9 = completely weedy plot

[2/] DAS = days after seeding

Remarks:

Grasses: *Brachiaria mutica* (Frossk.) Stapf., *Brachiaria reptans* (L.) Gard & C.E. Hubb., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Dactyloctenium aegyptium* (L.) P. Beauv., *Digitaria ciliaris* Retz. Koel., *Echinochloa colona* (L.) Link, *Echinochloa crus – galli* (L.) Beauv., *Eleusine indica* (L.) Gaertn., *Leptochloa chinensis* (L.) Nees, *Panicum repens* (L.) and *Rhynchelytrum repens* (Wild) C.E. Hubb.

Broadleaf weeds: *Ageratum conizoides* L., *Amaranthus gracilis* L., *Alternanthera sessilis* L. DC., *Boerhavia diffusa* L., *Borreria laevis* (Lamk) Griseb., *Chromolaena odorata* L. R.M.King & H.Robins., *Eclipta prostrata* L. L., *Euphorbia heterophylla* L., *Euphorbia hirta* L., *Heliotropium indicum* L., *Mimosa invisa* Mart. Ex Colla, *Phyllanthus niruri* L. auct. Non L., *Trianthema portulacastrum* L., *Tridax procumbens* L. and *Vernonia cinerea* (L.) Less.

Sedges: *Cyperus iria* L. and *Cyperus rotundus* L.

การใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกมีข้อสังเกตว่า ในช่วงต้นฤดูฝนที่ยังคงมีแสงแดดมาก ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 21.9 - 34.1 °ซ. จึงส่งผลทำให้สารกำจัดวัชพืชที่ยังคงอยู่ในบริเวณผิวดินมีการสลายตัวได้เร็วขึ้น เนื่องจากแสงแดดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิผลต่อการสลายตัวของสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม triazine, urea และ thiolcarbamate ที่อยู่บนผิวดินได้ (Lanyi and Dinya, 2005) แสงแดดสามารถเปลี่ยนโมเลกุลของสารกำจัดวัชพืชได้ ซึ่งเป็นการสลายตัวของสารกำจัดวัชพืชออกจากดินในลักษณะหนึ่ง จึงมีผลให้เห็นความแตกต่างของประสิทธิภาพในการ

Table 3. Effect of pre-emergence application of herbicides on crop injury in early rainy season

Treatment	Crop injury score[1/] (days after application)			
	7	14	21	30
Control	1	1	1	1
Hand weeding (at 15, 30, 45 DAS[2/])	1	1	1	1
Acetochlor 300 g ai/ rai	2	6	2	2
Alachlor 75 g ai/ rai	1	1	1	1
Clomazone 172.8 g ai/ rai	1	1	1	1
Isoxaflutole 12 g ai/ rai	1	9	9	9
Metribuzin 84 g ai/ rai	1	1	1	1
Oxadiazon 160 g ai/ rai	6	7	3	2
Pendimethalin 165 g ai/ rai	1	1	1	1
Clomazone 153.6 g ai/ rai + pendimethalin 148.5 g ai/ rai	1	1	1	1
Metribuzin 56 g ai/ rai + pendimethalin 148.5 g ai/ rai	1	1	1	1

[1/] Crop injury score using a scale of 1-9 where 1 represents least injured plants and 9 = most injured plants

[2/] DAS = days after sowing

ควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกแต่ละชนิด แต่พบว่าการใช้สาร metribuzin อัตรา 84 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ มีระดับในการควบคุมวัชพืชได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Hartzler (2002) ที่พบว่าสาร metribuzin มีความสามารถในการซึมผ่านผิวดินได้มากกว่าสาร alachlor โดยที่สาร metribuzin ที่ตรวจพบที่ระดับความลึก 22.5 - 30 ซม. ในขณะที่สาร alachlor ตรวจพบที่ระดับความลึกเพียง 7.5 - 15 ซม. นอกจากนี้การที่สาร metribuzin มีค่าสัมประสิทธิ์บ่งชี้การดูดซับสารของดินเป็นศูนย์ เมื่อเทียบกับสาร pendimethalin ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์บ่งชี้การดูดซับสารของดินที่สูงกว่า ทำให้เชื่อว่าสาร metribuzin มีการซึมผ่านผิวดินได้ก่อนที่จะถูกย่อยสลายโดยแสง ส่วนการใช้สาร pendimethalin ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับสารกำจัดวัชพืชของดินสูงมาก การที่ฝนตกในช่วงต้นฤดูฝน มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 6.0-8.7 มล. ไม่มีผลต่อการซึมผ่านผิวดินของสาร pendimethalin มีผลให้สารกำจัดวัชพืชยังคงอยู่ที่ผิวดินชั้นบนมาก ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Koger และคณะ (2006) ที่ได้รายงานว่า การที่มีฝนตกหลังการพ่น

Table 4. Effect of pre-emergence application of herbicides on plant height, crop yield of green soybean and cost for weed control in early rainy season

Treatment	Plant height (% of control)[1/]	Yield (kg/ rai)	Cost (baht/ rai)
Control	100 a[2/]	570.56 d	-
Hand weeding (at 15, 30, 45 DAS[2/])	101.01 a	1,088.96 c	750
Acetochlor 300 g ai/ rai	73.07 e	1,229.12 c	228
Alachlor 75 g ai/ rai	95.19 b	1,612.48 b	194.9
Clomazone 172.8 g ai/ rai	91.78 c	1,516.16 b	352.8
Isoxaflutole 12 g ai/ rai	35.78 f	1,108.16 c	140
Metribuzin 84 g ai/ rai	99.75 a	1,889.76 a	120
Oxadiazon 160 g ai/ rai	80.78 d	1,222.24 c	310.4
Pendimethalin 165 g ai/ rai	99.30 a	1,687.20 ab	135
Clomazone 153.6 g ai/ rai + pendimethalin 148.5 g ai/ rai	96.05 b	1,468.64 b	750
Metribuzin 56 g ai/ rai + pendimethalin 148.5 g ai/ rai	99.15 a	1,658.08 ab	228
F-test	**	**	
CV (%)	**1.02**	**6.97**	

[1/] Plant height = sample of plant height x 100/ control of plant height

[2/] DAS = days after seeding.

** = highly significant

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 1% level by DMRT.

สาร pendimethalin ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช และไม่แสดงความเป็นพิษต่อพืชปลูก นอกจากนั้นการใช้สาร pendimethalin ผสมกับสารชนิดอื่น ๆ เช่น clomazone และ metribuzin สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pannacci และคณะ (2007) ซึ่งพบว่าการใช้สาร pendimethalin อัตรา 147.36 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ + linuron อัตรา 86.4 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ และ aclonifen 144 ก. สารออกฤทธิ์/

ไร่ และ pendimethalin อัตรา 122.88 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ + imazetabenz 64 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในแปลงทานตะวันได้เป็นที่น่าพอใจมากกว่าการใช้สาร pendimethalin เพียงอย่างเดียว แสดงว่าการใช้สารกำจัดวัชพืชสำหรับการควบคุมวัชพืชในการผลิตถั่วเหลืองฝักสดนั้น นอกจากจะสามารถเลือกใช้สาร metribuzin อัตรา 84 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ และ pendimethalin อัตรา 165 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ เพียงอย่างเดียวได้แล้ว ยังสามารถเลือกใช้สารผสมระหว่าง metribuzin อัตรา 56 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ + pendimethalin อัตรา 148.5 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ นำมาใช้ทดแทนสลับเพื่อเป็นการลดอัตราการใช้สารกำจัดวัชพืช โดยที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีในระดับใกล้เคียงกัน และถั่วเหลืองฝักสดจะไม่แสดงอาการได้รับพิษจากการใช้สารกำจัดวัชพืชดังกล่าว

การตรวจหาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในผลผลิตถั่วเหลืองฝักสดโดยการใช้ GC-MS

การใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกชนิดต่าง ๆ ได้แก่ สาร acetochlor, alachlor, clomazone, isoxaflutole, metribuzin, oxadiazon, pendimethalin, clomazone + pendimethalin และ metribuzin + pendimethalin ไม่พบว่ามีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในผลผลิตถั่วเหลืองฝักสด (Table 5) เมื่อพิจารณาปริมาณของสารกำจัดวัชพืชตกค้างในผลผลิตถั่วเหลืองฝักสดจากกราฟโครมาโตแกรมที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์โดยการใช้ GC-MS ที่มีค่า detection limited 0.01 ซึ่งได้พิจารณาจากความสูง peak ของเส้นกราฟที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน (standard) ของสารกำจัดวัชพืชที่เวลานั้น ๆ เมื่อพบความสูงของ peak สูงกว่าระดับปกติ จึงทำการตรวจสอบพื้นที่ใต้เส้นกราฟซึ่งแตกตัวให้เส้นกราฟที่แสดงน้ำหนักโมเลกุลของสารจำนวน 3 เส้น ทำการปรียบเทียบน้ำหนักโมเลกุลของสารจากกราฟที่ได้กับค่ามาตรฐานของสารกำจัดวัชพืชชนิดนั้น ๆ หากเส้นกราฟที่แสดงน้ำหนักโมเลกุลมีเส้นใดเส้นหนึ่งไม่ตรงกับค่ามาตรฐาน แสดงว่าไม่ใช่สารกำจัดวัชพืชชนิดนั้น จากการตรวจหาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในการทดลอง ไม่พบว่ามีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในผลผลิตถั่วเหลืองฝักสดที่พ่นสาร metribuzin (Figure 1) และ pendimethalin (Figure 2) ส่วนการตรวจการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกชนิดอื่น ๆ ในการทดลองนั้น ไม่พบว่ามีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในผลผลิตถั่วเหลืองฝักสดเช่นกัน (ไม่ได้แสดงข้อมูล) กล่าวคือ ไม่พบว่ามีความสูงของ peak เส้นกราฟ จากตัวอย่างพืชในทุกสิ่งทดลองที่พ่นสารกำจัดวัชพืชที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของสารกำจัดวัชพืชในการทดลอง แสดงว่าหลังจากที่มีการใช้สารกำจัดวัชพืชชนิดต่าง ๆ ดังกล่าวนี้ ไม่มีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชทุกชนิดในผลผลิตถั่วเหลืองฝักสด (หรือมีค่า MRLs < 0.01 ppm)

ในการตรวจหาสารกำจัดวัชพืชที่อาจจะมีการตกค้างในผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสดนั้น

เป็นการควบคุมคุณภาพของผลผลิตและความปลอดภัยจากการปนเปื้อนของสารกำจัดวัชพืชในถั่วเหลืองฝักสด จากการศึกษาเกี่ยวกับสารกำจัดวัชพืชตกค้างในผักและผลไม้ที่ส่งออก โดย Pena และคณะ (2002) ได้ทำการตรวจวิเคราะห์หาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในส้ม และหน่อไม้ฝรั่ง โดยการใช้ GC-MS พบว่ามีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม phenylurea 5 ชนิด ได้แก่ chlorbromuron, fluometuron, linuron, metobromuron และ monolinuron โดยพบสาร chlorbromuron ในปริมาณมากที่สุด เช่นเดียวกับการศึกษาของ Guardia-Rubio และคณะ (2007) ได้ทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างในมะกอกโดยการใช้ GC-MS พบว่าสามารถตรวจพบปริมาณของสารกำจัดวัชพืชได้หลายชนิด ได้แก่ diuron, simazine, atrazine, terbuthylazine, heptachlor และ terbutryn โดยที่ตรวจพบสาร heptachlor มากที่สุด นอกจากนี้ Gabaldon และคณะ (2002) ได้ทำการตรวจวิเคราะห์หาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในมะเขือเทศโดยการใช้ GC-MS พบว่าเมื่อใช้ MeOH เป็นตัวทำละลายจะพบปริมาณสาร alachlor 82-99% ส่วนการใช้ acetone เป็นตัวทำละลายจะพบสาร alachlor 101-141% ซึ่งสาร acetone เป็นตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำ มีผลให้สกัดสาร alachlor ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์จากตัวอย่างมะเขือเทศได้มากกว่า แสดงว่าการตรวจหาสารกำจัดวัชพืชที่ตกค้างในผลผลิตถั่วเหลืองฝักสดโดยการใช้ GC-MS มีความสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาการจัดการวัชพืชในการผลิตถั่ว

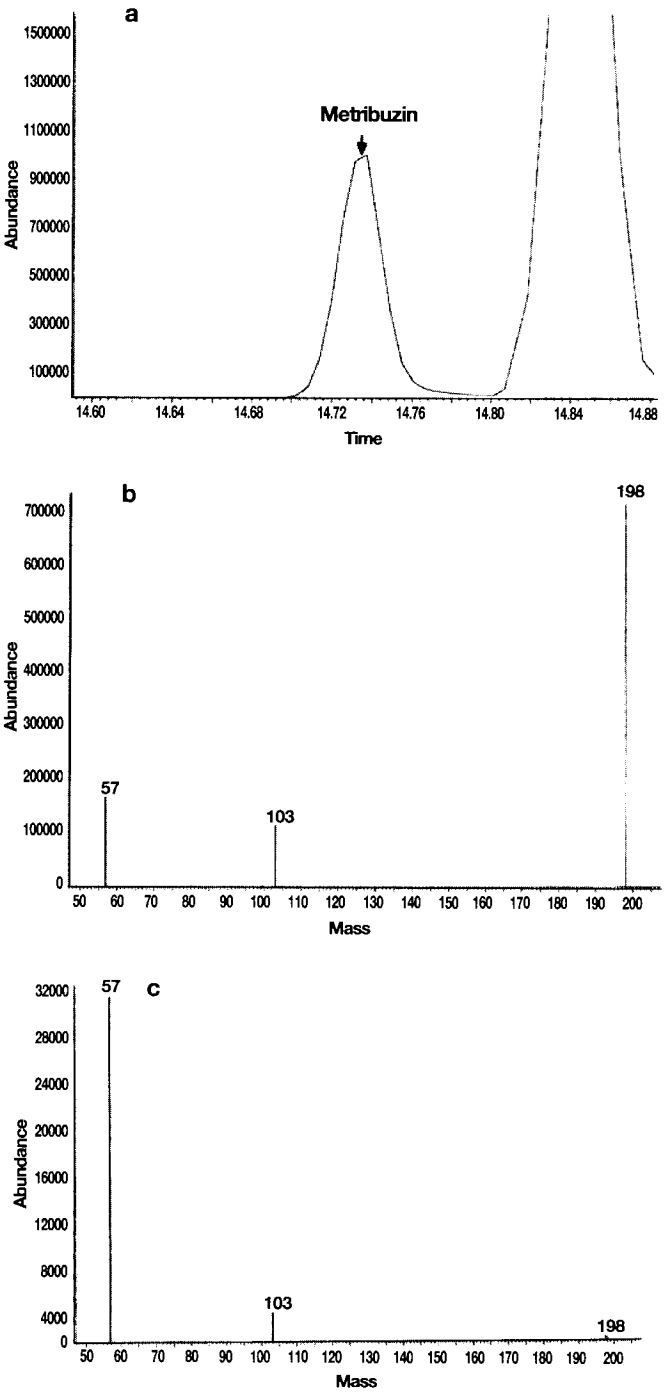

Figure 1. Determination of metribuzin residues in green soybean using GC-MS, a = chromatogram of metribuzin standard, b = mass pattern of metribuzin standard, and c = mass pattern of metribuzin sample

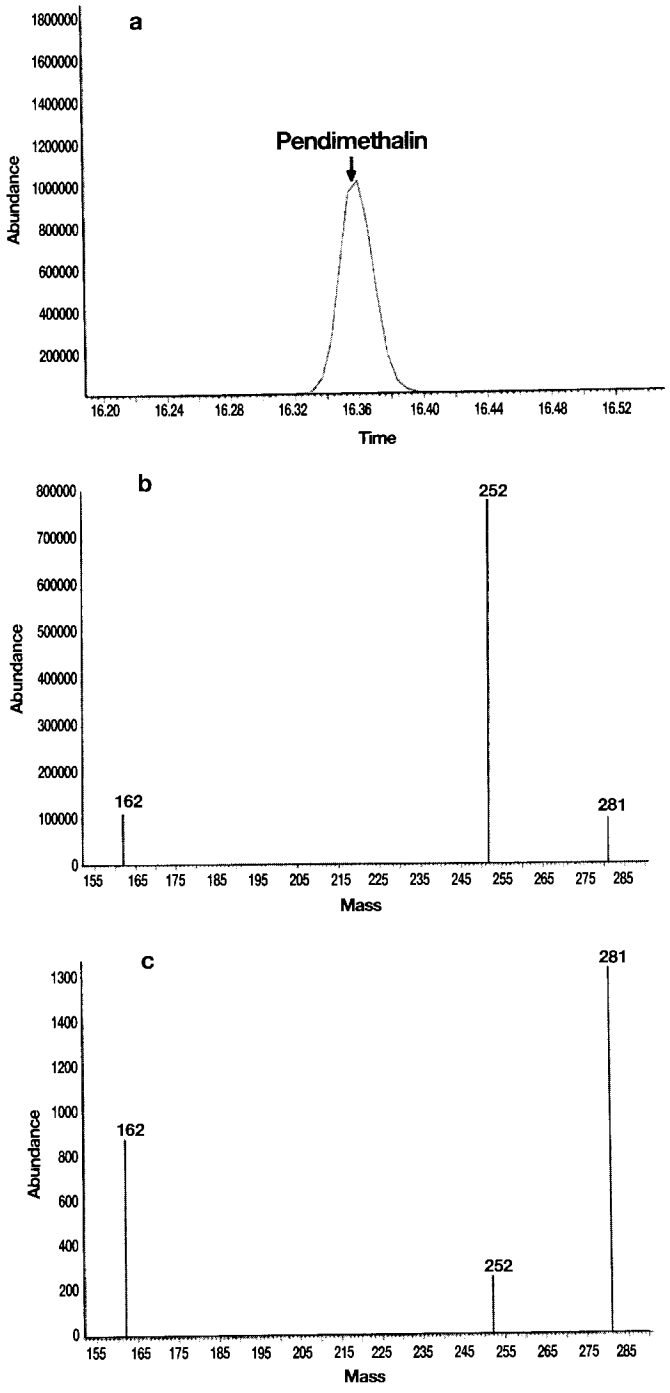

Figure 2. Determination of pendimethalin residues in green soybean using GC-MS, a = chromatogram of pendimethalin standard, b = mass pattern of pendimethalin standard and c = mass pattern of pendimethalin sample

Table 5. Determination of herbicide residues in green soybean using GC-MS in early rainy season

Treatment	Herbicide residues[1/]
Control	ND
Hand weeding (at 15, 30, 45 DAS[2/])	ND
Acetochlor 300 g ai/ rai	ND
Alachlor 75 g ai/ rai	ND
Clomazone 172.8 g ai/ rai	ND
Isoxaflutole 12 g ai/ rai	ND
Metribuzin 84 g ai/ rai	ND
Oxadiazon 160 g ai/ rai	ND
Pendimethalin 165 g ai/ rai	ND
Clomazone 153.6 g ai/ rai + pendimethalin 148.5 g ai/ rai	ND
Metribuzin 56 g ai/ rai + pendimethalin 148.5 g ai/ rai	ND

[1/] ND = not detected (detection limited = 0.01)

[2/] DAS = days after seeding

เหลืองฝักสดสำหรับการส่งออก ส่งผลให้มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานของประเทศคู่ค้าต่อไป

ผลการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกได้อย่างเหมาะสมในการจัดการวัชพืชสำหรับการผลิตถั่วเหลืองฝักสด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ได้แก่ จ.เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง ลำพูน แพร่ น่านและพะเยา ซึ่งปลูกเป็นพืชหลักในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน รวมทั้งในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางตอนบน ได้แก่ จ. กำแพงเพชร พิจิตร เพชรบูรณ์

และพิษณุโลก ซึ่งมีการปลูกเป็นพืชรองและบำรุงดิน หลังจากการทำนาในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งจะช่วยในการกำจัดวัชพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการป้องกันหรือลดความเสียหายของถั่วเหลืองฝักสดที่อาจจะเกิดจากการใช้สารกำจัดวัชพืช นับว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยทำให้เกษตรกรผู้ผลิตถั่วเหลืองฝักสด สามารถเลือกใช้สารกำจัดวัชพืชได้อย่างถูกวิธี ภายใต้ระบบเกษตรดีที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามในการพัฒนาการจัดการวัชพืชสำหรับการผลิตถั่วเหลืองฝักสด ควรมีการศึกษาวิจัยร่วมกับการพัฒนาการจัดการศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ เช่น โรคพืช และแมลงศัตรูพืช เป็นต้น เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการศัตรูพืชให้ครอบคลุมในระบบการผลิตถั่วเหลืองฝักสดได้ตลอดฤดูกาลปลูก และควรมีการพัฒนาเกี่ยวกับการใช้สารผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติในการควบคุมวัชพืช เพื่อนำมาใช้สลับหรือทดแทนการใช้สารกำจัดวัชพืชในการผลิตถั่วเหลืองฝักสดได้ ซึ่งจะส่งผลให้มีความปลอดภัยทางด้านอาหารและสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นต่อไป

สรุปผลการทดลอง

1. ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้สารกำจัดวัชพืชชนิดต่าง ๆ ในการควบคุมวัชพืชสำหรับการผลิตถั่วเหลืองฝักสด พบว่าการใช้สาร metribuzin อัตรา 84 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ มีระดับในการควบคุมวัชพืชได้ดีที่สุด การใช้สาร pendimethalin อัตรา 165 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ และ/หรือ metribuzin อัตรา 56 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ + pendimethalin อัตรา 148.5 ก. สารออกฤทธิ์/ไร่ สามารถนำมาใช้ทดแทนสลับกันได้ โดยที่มีระดับในการควบคุมวัชพืชได้ดีใกล้เคียงกัน และถั่วเหลืองฝักสดจะไม่แสดงอาการเป็นพิษ

2. ตรวจปริมาณของสารกำจัดวัชพืชชนิดต่าง ๆ ที่ตกค้างในผลผลิตถั่วเหลืองฝักสด โดยการใช้ GC-MS ไม่พบว่ามีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชทุกชนิดในผลผลิตถั่วเหลืองฝักสด (หรือมีค่า MRLs < 0.01 ppm) ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีอย่างหนึ่งในการอธิบายเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านอาหารได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และบริษัทลานนาเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านการตรวจวิเคราะห์หาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในถั่วเหลืองฝักสด

เอกสารอ้างอิง

นิพนธ์ เอี่ยมสุภาษิต. 2548. *การสำรวจองค์ความรู้ด้านสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในมิติสิ่งแวดล้อม*. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 92 หน้า.

Hartzler, B. 2002. *Absorption of Soil-Applied Herbicides.* Department of Agronomy, Lowa State University. Available: http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/2002/soilabsorption.htm, 2/2/2006.

Gabaldon, J. A., J.M. Cascales, A. Maquieira

and R. Puchades. 2002. Rapid trace analysis of alachlor in water and vegetable samples. *J. of Chromatography A* 963: 125-136.

Guardia-Rubio, M., R.M. Machal-Lopez, M.J. Aroya-Canada and A. Ruiz-Medina. 2007. Determination of pesticide in olive by gas chromatography using different detection system. *J. of Chromatography A* 1145: 195-203.

Koger, C.H., T.W. Walker and L.J. Krutz. 2006. Response of three rice (*Oryza sativa*) cultivars to pendimethalin application, planting depth, and rainfall. *Crop Protection* 25: 684-689.

Kulshrestha, G., S.B. Singh, S.P. Lal and N.T. Yaduraju. 2000. Effect of long-term field application of pendimethalin : enhanced degradation in soil. *Pest Manage. Sci.* 56 : 202-206.

Lanyi, K. and Z. Dinya. 2005. Photodegradation study for assessing the environmental fate of some triazine-, urea- and thiolcarbamate-type herbicides. *Microchemical J.* 80: 79-87.

Pannacci, E., F. Graziani and G. Covarelli. 2007. Use of herbicide mixtures for pre and post-emergence weed control in sunflower (*Helianthus annuus*). *Crop Protection* 26: 1150-1157.

Pena, F., S. Cardenas, M. Gallego and M. Valcarcel. 2002. Analysis of phenylurea herbicides from plants by GC/MS. *Talanta* 56: 727-734.

Srisombun, S. and S. Shanmungasundaram. 2001. The history of vegetable soybean development, current status and future development in Thailand. Pages 183-186. *In: The Second International Vegetable Soybean Conference.* Washington State University, Pullman, WA, USA.