



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พืชไร่)

ปริญญา

พืชไร่

พืชไร่นา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง

ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังงอก
และการวิเคราะห์สารตกค้างในสับปะรด โดยใช้ GC-MS และ LC-MS/MS

Efficacy of Post-Emergence Herbicide and Its Residue Analysis in Pineapple
by GC-MS and LC-MS/MS

نامผู้วิจัย

นายถวัลย์ ประมวล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ทศพล พรพรหม, Ph.D)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์นวรรตน์ อุดมประเสริฐ, Ph.D)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชเนษฎ์ ม้าลำพอง, Ph.D)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังออก
และการวิเคราะห์สารตกค้างในสับปะรด โดยใช้ GC-MS และ LC-MS/MS

Efficacy of Post-Emergence Herbicide
and Its Residue Analysis in Pineapple by GC-MS and LC-MS/MS

โดย

นายถวัลย์ ประมวล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ถวัลย์ ประมวล 2557: ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังออกและการวิเคราะห์สารตกค้างในสับปะรด โดยใช้ GC-MS และ LC-MS/MS ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่) สาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ทศพล พรพรหม, Ph.D. 71 หน้า

การผลิตสับปะรดเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพตามมาตรฐานโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยการผลิตที่สำคัญหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาเกี่ยวกับวัชพืชและการจัดการวัชพืช หากไม่สามารถควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาจส่งผลทำให้ผลผลิตเสียหายและมีการตกค้างของสารในผลผลิตสับปะรด การศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาทั้งในสภาพแปลงทดลองและห้องปฏิบัติการ ตั้งแต่เดือนกันยายน 2554 ถึงมกราคม 2556 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการใช้สารกำจัดวัชพืชแบบหลังออกในการควบคุมวัชพืช และตรวจวิเคราะห์หาสารตกค้างในการผลิตสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย วางแผนการทดลองแบบ RCBD 7 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ พบว่า ที่ 15, 30, 45 และ 60 วันหลังจากพ่นสาร การใช้สารฉีดพ่นหลังวัชพืชงอกแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในสับปะรดที่แตกต่างกัน โดยที่ใช้สาร penoxsulam อัตรา 18.75 + fluazifop-P-butyl อัตรา 150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ และสาร penoxsulam อัตรา 12.5 + haloxyfop-R-methyl อัตรา 84.4 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ไม่มีความเป็นพิษต่อพืชปลูก และมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี ในระยะการเติบโตของวัชพืชที่ไม่เกิน 4 ใบ ซึ่งวัชพืชหลักที่สามารถควบคุมได้ดี คือ หญ้ากีนี่ (*Panicum maximum* J.) หญ้าตีนติด (*Brachiaria reptans* L.) หญ้าสามม่วง (*Praxelis clematidea* R.M. King) และผักโขม (*Amaranthus viridis* L.) เป็นต้น นอกจากนี้ การใช้สาร penoxsulam อัตรา 12.75 + haloxyfop-R-methyl 84.4 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีในระดับที่ใกล้เคียงกัน ไม่มีผลกระทบต่อการเติบโตและการให้ผลผลิตของสับปะรด จากนั้น ทำการเก็บตัวอย่างสับปะรด ที่ 7 วันก่อนการเก็บเกี่ยว (หรือ 11 เดือนหลังจากพ่นสาร) เพื่อวิเคราะห์ตรวจหาปริมาณสารตกค้างในสับปะรด โดยใช้วิธี GC-MS และ LC-MS/MS พบว่า ไม่มีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชทุกชนิดที่นำมาใช้ทดสอบในผลผลิตของสับปะรด โดยที่มีค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (หรือ MRLs < 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีอย่างหนึ่งในการอธิบายเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านอาหารได้ จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้สาร penoxsulam อัตรา 18.75 + fluazifop-P-butyl อัตรา 150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ สามารถนำมาใช้สลับกับการใช้สาร penoxsulam อัตรา 12.5 + haloxyfop-R-methyl อัตรา 84.4 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ โดยที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีในระดับที่ใกล้เคียงกัน ไม่มีผลกระทบต่อการเติบโตและการให้ผลผลิต ตลอดจนไม่มีการตกค้างของสารในสับปะรด ส่งผลทำให้การผลิตสับปะรดมีความปลอดภัยทางด้านอาหารมากยิ่งขึ้นต่อไป

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Thawan Pramaul 2014: Efficacy of Post-Emergence Herbicide and Its Residue Analysis in Pineapple by GC-MS and LC-MS/MS. Master of Science (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Associate Professor Tosapon Pornprom, Ph.D. 71 pages.

Development of pineapple production capable of high yield and good quality, for industrial use and the export market, is based on several factors of crop production, in particular: weed problems and the way in which they are managed. It is estimated that if this is unable to control weeds, resulted in crop yield loss and herbicide residue in pineapple production. In this study, field and laboratory experiments were conducted during the period September 2011 – January 2013, in order to evaluate the effect of post-emergence application of herbicides to the cultivar Pattawia pineapple. A randomized complete block design (RCBD) with seven treatment and four replications was used in the experiment. The results showed that all post emergence herbicides achieved variable levels of weed control in pineapples, 15, 30, 45, and 60 days after application (DAP). Application of penoxsulam 18.75 + fluazifop-P-butyl 150 g a.i./ha and penoxsulam at 12.5 + haloxyfop-R-methyl 84.4 g a.i./ha produced an excellent outcome in terms of weed control at the four leaf stage of weeds, no phytotoxic effect on the growth and crop yield of the pineapple. The main weeds which it was able to control were: Guinea grass (*Panicum maximum* J.); Running grass (*Brachiaria reptans* L.); Praxellis (*Praxelis clematidea* R.M. King) and Calalu (*Amaranthus viridis* L.). Furthermore, application of penoxsulam at 12.5 + haloxyfop-R-methyl 84.4 g a.i./ha demonstrated a similar level of effectiveness concerning weed control, and no phytotoxic effect on the growth and crop yield of the pineapple was evident. Pineapple sampling was conducted at 7 days before harvest (or 11 months after herbicide application) and the herbicides residue were determined using GC-MS and LC-MS/MS methods. Analysis showed that no significant herbicides residues on crop yields (or MRLs < 0.01 mg/ kg) were caused by any of the herbicides used in this study. As a result, the findings of this study revealed that application of penoxsulam 18.75 + fluazifop-P-butyl 150 g a.i./ha was sufficient to provide satisfactory full season control of several weed species. In addition, penoxsulam at 12.5 + haloxyfop-R-methyl 84.4 g a.i./ha can provide a similar level of weed control, with no phytotoxic effect on the growth and crop yield, and no significant herbicide residue on the pineapple thereby increasing food safety in pineapple production.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ทศพล พรพรหม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ให้ความกรุณาช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.นวรรตน์ อุดมประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์ ดร.วิจิตร ใจอารีย์ ประธานในการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย รวมทั้งรองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้ให้ความกรุณาช่วยเหลือ ให้คำแนะนำในการตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นต่อไป

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สนธิชัย จันทน์เปรม รองศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ จอมพัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑามาศ ร่มแก้ว ตลอดจนคณาจารย์ในภาควิชาพืชไร่นาทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ และคำแนะนำต่างๆ รวมทั้งให้ความกรุณาตลอดมา

ขอขอบคุณบริษัทดาวโอโกร ประเทศไทย จำกัด ที่ให้การสนับสนุนในการศึกษาวิจัยและกรุณาให้ความช่วยเหลือในด้านใช้สถานที่ ตลอดจนอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้ความอบอุ่นกำลังใจ และการสนับสนุนการศึกษาของข้าพเจ้า มาโดยตลอด

ถวัลย์ ประมวล
มิถุนายน 2557

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	22
อุปกรณ์	22
วิธีการ	24
ผลและวิจารณ์	30
สรุปและข้อเสนอแนะ	57
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	58
ภาคผนวก	64
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	71

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	ลักษณะประจำพันธุ์ของสับปะรด พันธุ์ปัตตาเวีย
2	ชนิดของสารป้องกันกำจัดวัชพืชและอัตราของสารที่ใช้ในการทดลอง
3	Conditions of GC-MS
4	Conditions of LC-MS/MS
5	จำนวนประชากรของวัชพืชใบกว้างและวงศ์หญ้า ที่ 15 วันหลังจากพ่นสาร
6	จำนวนประชากรของวัชพืชใบกว้างและวงศ์หญ้า ที่ 30 วันหลังจากพ่นสาร
7	จำนวนประชากรของวัชพืชใบกว้างและวงศ์หญ้า ที่ 45 วันหลังจากพ่นสาร
8	จำนวนประชากรของวัชพืชใบกว้างและวงศ์หญ้า ที่ 60 วันหลังจากพ่นสาร
9	ระดับในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังออกต่างชนิด ที่ 15 30 45 และ 60 วันหลังจากพ่นสาร
10	ระดับความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังออกต่างชนิดที่มีต่อสับปะรด ที่ 15 30 45 และ 60 วันหลังจากพ่นสาร
11	ผลของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังออกต่างชนิดที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความสูง ผลผลิต และต้นทุนการใช้สาร
12	การตรวจหาปริมาณของสารกำจัดวัชพืชหลายชนิดที่ตกค้างในผลผลิตสับปะรด โดยใช้วิธี GC-MS และ LC-MS/MS
ตารางผนวกที่	
1	ต้นทุนของการใช้สารกำจัดวัชพืชในแต่ละชนิดสำหรับการควบคุมวัชพืชในการ ผลิตสับปะรด
2	ชนิดวัชพืชที่พบในแปลงผลิตสับปะรด ในเขตพื้นที่อำเภอปรางบุรี จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์
3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนประชากรวัชพืชใบกว้างและวงศ์หญ้า ที่ 15 วันหลังจากพ่นสาร

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนประชากรวัยพีชใบกว้างและวงศ์หญ้า ที่ 30 วันหลังจากพ่นสาร	67
5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนประชากรวัยพีชใบกว้างและวงศ์หญ้า ที่ 45 วันหลังจากพ่นสาร	67
6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนประชากรวัยพีชใบกว้างและวงศ์หญ้า ที่ 60 วันหลังจากพ่นสาร	68
7	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงต้นสับปะรด ที่ 30 วันหลังจากพ่นสาร	69
8	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงต้นสับปะรด ที่ 90 วันหลังจากพ่นสาร	69
9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตสับปะรด เมื่อสับปะรดมีอายุได้ 14 เดือน (หรือที่ 11 เดือนหลังจากพ่นสาร)	70

สารบัญภาพ

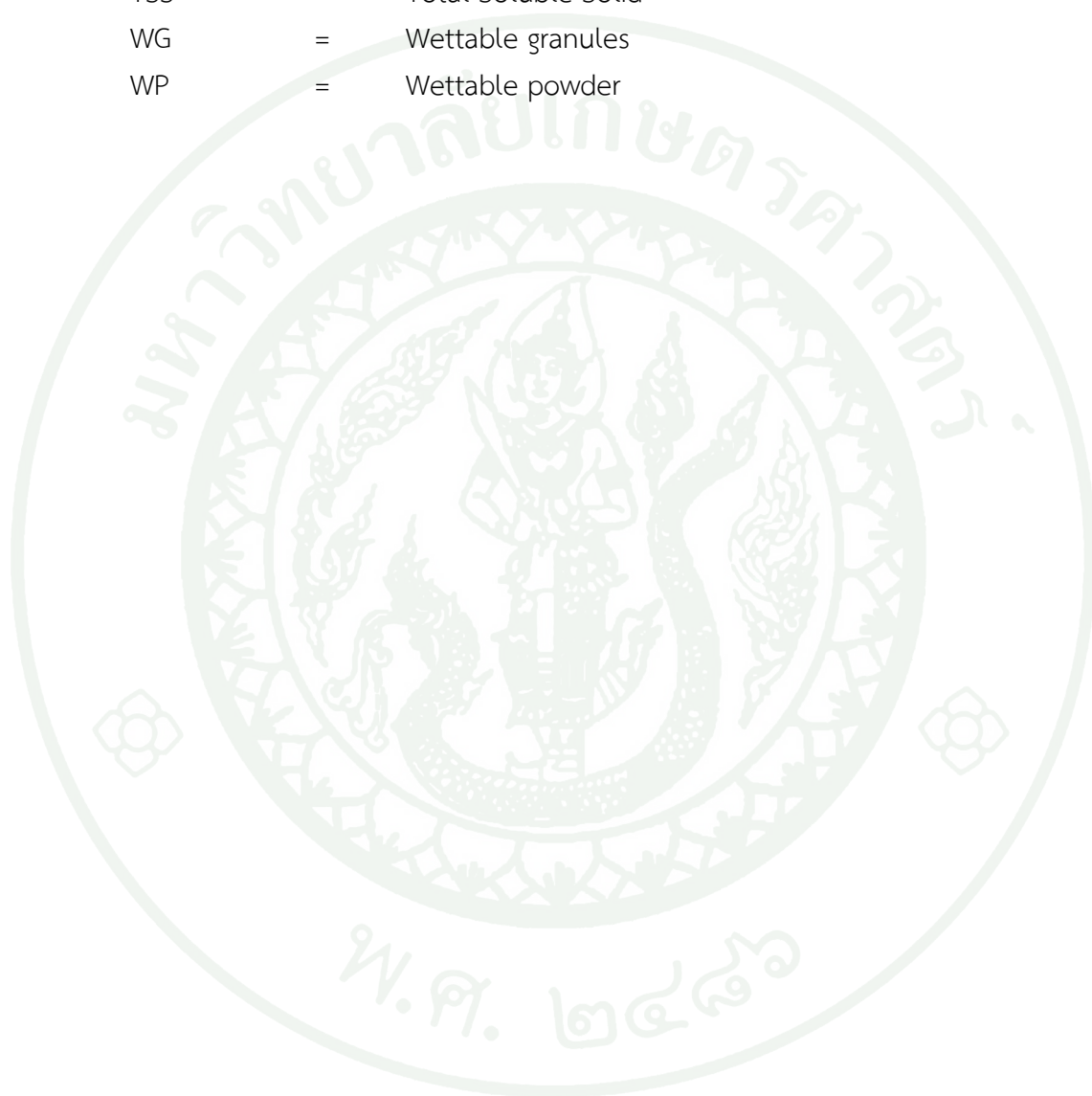
ภาพที่	หน้า
1 การเจริญเติบโตของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ระยะต่างๆ โดยที่ ระยะที่ 1 เป็นระยะที่ปลูกสับปะรด จนถึงระยะที่สับปะรดกำลังเจริญเติบโต (ที่ 1-210 วันหลังจากปลูก) ระยะที่ 2 เป็นระยะที่สับปะรดกำลังออกดอก จนถึงแสดงตาดอก (ที่ 210-365 วันหลังจากปลูก) ระยะที่ 3 และระยะที่ 4 เป็นระยะที่สับปะรดเริ่มออกผล จนถึงระยะเก็บเกี่ยว (ที่ 455 วันหลังจากปลูก)	4
2 โครงสร้างทางเคมีของสารป้องกันกำจัดวัชพืช ametryn	9
3 โครงสร้างทางเคมีของสารป้องกันกำจัดวัชพืช bromacil	10
4 โครงสร้างทางเคมีของสารป้องกันกำจัดวัชพืช cyhalofop-butyl	11
5 โครงสร้างทางเคมีของสารป้องกันกำจัดวัชพืช diuron	12
6 โครงสร้างทางเคมีของสารป้องกันกำจัดวัชพืช fluazifop-p-butyl	13
7 โครงสร้างทางเคมีของสารป้องกันกำจัดวัชพืช haloxyfop-R-methyl	14
8 โครงสร้างทางเคมีของสารป้องกันกำจัดวัชพืช penoxsulam	15
9 ขั้นตอนการทำงานของ Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)	17
10 ขั้นตอนการทำงานของ Liquid Chromatography-Mass Spectrometry/Mass Spectrometry (LC-MS/MS)	19
11 การตรวจหาปริมาณสาร ametryn ที่ตกค้างในผลผลิตสับปะรด โดยใช้วิธี GC-MS	46
12 การตรวจหาปริมาณสาร cyhalofop-butyl ที่ตกค้างในผลผลิตสับปะรด โดยใช้วิธี GC-MS	47
13 การตรวจหาปริมาณสาร fluacifop-butyl ที่ตกค้างในผลผลิตสับปะรด โดยใช้วิธี GC-MS	48
14 การตรวจหาปริมาณสาร penoxsulam ที่ตกค้างในผลผลิตสับปะรด โดยใช้วิธี LC-MS/MS	50
15 การตรวจหาปริมาณสาร haloxyfop-R-methyl ที่ตกค้างในผลผลิตสับปะรด โดยใช้วิธี LC-MS/MS	51

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ACCase	=	Acetyl CoA Carboxylase
ADI	=	Acceptable daily intake
a.i.	=	Active ingredient
ALS	=	Acetolactate synthase
APP	=	Aryloxyphenoxypropionate
ATP	=	Adenosine triphosphate
C.V.	=	Coefficient of variation
°C	=	Degree celcius
DAA	=	Days after application
DAP	=	Days after planting
EC	=	Emulsifiable concentrates
GC-MS	=	Gas Chromatograph-Mass Spectrometry
ha	=	Hectare
Kg	=	Kilogram
LC-MS/MS	=	Liquid Chromatography–Mass Spectrometry/Mass Spectrometry
MRLs	=	Maximum residue limits
Mg	=	Milligram
mg/kg	=	milligram per kilogram
NADPH	=	Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate (reduced)
N.D.	=	Not Detected
¹ O ₂	=	Singlet oxygen
OD	=	Oil dispersion
PDA	=	Potato dextrose agar
PD	=	Phytoene desaturase
pH	=	Potential of Hydrogen ion
ppm	=	part per million
PS II	=	Photosystem II
RCBD	=	Randomized Complete Block Design

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

RT	=	Retention time
TA	=	Titrateable Acid
TSS	=	Total Soluble Solid
WG	=	Wettable granules
WP	=	Wettable powder



ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังออก
และการวิเคราะห์สารตกค้างในสับปะรด โดยใช้ GC-MS และ LC-MS/MS

Efficacy of Post-Emergence Herbicide and Its Residue Analysis
in Pineapple by GC-MS and LC-MS/MS

คำนำ

สับปะรด (*Ananas comosus* L.) เป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย มีแหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในเขตจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และเพชรบุรี เป็นต้น ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับการจัดให้เป็นเขตเศรษฐกิจสำหรับการผลิตสับปะรดโรงงาน ในปัจจุบันนี้ ประเทศไทยมีปริมาณการผลิตและการส่งออกสับปะรดเป็นรายใหญ่ของโลก โดยเฉพาะในรูปของสับปะรดกระป๋อง มีปริมาณการส่งออกปีละประมาณ 600,000 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 16,000 ล้านบาท และในรูปน้ำสับปะรดเข้มข้น มีปริมาณการส่งออกปีละประมาณ 500,000 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 6,500 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) นับเป็นรายได้เข้าประเทศที่สูงมากเมื่อเทียบกับสินค้าเกษตรชนิดอื่นๆ

การผลิตสับปะรดเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพตามมาตรฐานโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปและส่งออกผลผลิตสด จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น การคัดเลือกพันธุ์พืชให้เหมาะสมกับแหล่งปลูกและผู้บริโภค การเขตกรรม และการจัดการศัตรูพืชที่เหมาะสม เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับเรื่องวัชพืชนั้น นับว่าเป็นปัญหาศัตรูพืชชนิดหนึ่งที่สำคัญมาก เนื่องจากวัชพืชจะแย่งน้ำและอาหารจากต้นสับปะรด ขึ้นปกคลุมบังแสง เป็นที่หลบซ่อนของแมลงศัตรูและหนู เชื้อสาเหตุโรคพืชหลายชนิด (Tadesse *et al.*, 2007) มีผลกระทบไปถึงปริมาณและคุณภาพของผลผลิตสับปะรด หากไม่มีการกำจัดวัชพืชเลยตลอดฤดูปลูก จะสูญเสียผลผลิตได้มากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ในปัจจุบันนี้เกษตรกรนิยมนำสารป้องกันกำจัดวัชพืชมาใช้ในการควบคุมวัชพืชในไร่สับปะรดมากกว่าวิธีอื่นๆ เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงและประหยัดต้นทุน รวมทั้งมีการปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ที่จะช่วยลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องอย่างต่อเนื่อง (Kendle, 2009) เพื่อให้การผลิตและการส่งออกสับปะรดของประเทศไทยสามารถแข่งขันในตลาดโลก ในแต่ละขั้นตอนการผลิตให้สอดคล้องกับกฎระเบียบและมาตรฐานสินค้าตามที่ประเทศคู่ค้าต้องการ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันนี้สถานการณ์การส่งออกสับปะรดของประเทศไทยมีการแข่งขันภายใต้ข้อกำหนดการค้าโลกและสหภาพยุโรป ซึ่งได้มีการเน้นมาตรการทางด้านสุขอนามัย ผลกระทบต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม จึงจำเป็นที่จะต้องมีการพิจารณาเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านอาหารและสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดในอาหาร (Maximum Residue Limits, MRLs)

เนื่องจากสับปะรดเป็นพืชที่มีอายุเก็บเกี่ยวนาน 15-18 เดือน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ จึงทำให้มีช่วงเวลาที่วัชพืชจะเข้ามาทำความเสียหายได้มาก ซึ่งระยะเวลาวิกฤตที่สับปะรดต้องการไม่ให้มีวัชพืชขึ้นแข่งขัน จะอยู่ในช่วง 1-4 เดือนแรกหลังจากปลูก เพื่อให้มีการควบคุมวัชพืชได้ยาวนานขึ้น เกษตรกรอาจจะต้องนำสารกำจัดวัชพืชมาใช้ในการควบคุมวัชพืช 2-3 ครั้งต่อการปลูกหนึ่งฤดู ด้วยเหตุที่สับปะรดเป็นพืชที่ค่อนข้างทนทานต่อสารกำจัดวัชพืช วิธีการใช้สารกำจัดวัชพืชเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ตามเป้าหมายนั้น ควรจะต้องมีการพิจารณาปัจจัยหลายอย่างประกอบกัน เช่น การเลือกใช้สาร อัตราการใช้สาร ช่วงเวลาที่ใช้สาร ชนิดวัชพืช และอายุของวัชพืช เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชในการควบคุมวัชพืชจะดีที่สุดที่สอดคล้องกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมในขณะที่พ่นและภายหลังพ่นสาร หากปฏิบัติตามคำแนะนำอย่างเคร่งครัดการใช้สารกำจัดวัชพืชก็จะมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมวัชพืช สับปะรดจะมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องจนถึงเก็บเกี่ยว ในปัจจุบันนี้การใช้สารฉีดพ่นหลังวัชพืชงอก (post-emergence herbicides) สำหรับการควบคุมวัชพืชในสับปะรด ยังมีข้อจำกัดอยู่มาก เกษตรกรยังมีการใช้สารเคมีไม่ถูกต้อง ทำให้ไม่สามารถควบคุมวัชพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากขึ้น อาจส่งผลทำให้ผลผลิตได้รับความเสียหาย และมีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในผลผลิตสับปะรดและสิ่งแวดล้อมตามมา จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการวิจัยและพัฒนาเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช และลดต้นทุนการผลิตสับปะรด ดังนั้น การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการใช้สารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังงอกในการควบคุมวัชพืชในการผลิตสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ตลอดจนตรวจวิเคราะห์หาสารกำจัดวัชพืชที่อาจมีการตกค้างในผลผลิตของสับปะรด โดยใช้วิธี Gas Chromatograph-Mass Spectrometry (GC-MS) และ Liquid Chromatography-Mass Spectrometry/Mass Spectrometry (LC-MS/MS) โดยคาดว่า จะสามารถเลือกใช้สารฉีดพ่นที่ใช้แบบหลังงอก ในการควบคุมวัชพืชในการผลิตสับปะรด ที่มีประสิทธิภาพสูง ไม่เป็นพิษต่อพืชปลูก ไม่มีผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต ตลอดจนไม่มีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในสับปะรด เป็นการช่วยป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการตกค้างของสารป้องกันกำจัดวัชพืชในการผลิตสับปะรด ทำให้ประเทศไทยสามารถส่งออกสับปะรดได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าในทางเศรษฐกิจจากภาคการเกษตรที่จะนำรายได้เข้าประเทศไทยต่อไป

วัตถุประสงค์

1. ทำการประเมินประสิทธิภาพของการใช้สารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังงอก (post-emergence) ในการควบคุมวัชพืช เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมวัชพืชที่เป็นปัญหาสำคัญในการผลิตสับปะรด
2. ทำการตรวจวิเคราะห์หาสารป้องกันกำจัดวัชพืชที่อาจจะมีการตกค้างในผลผลิตของสับปะรด โดยใช้วิธีแก๊สโครมาโทกราฟี แมสสเปกโตรเมทรี (Gas Chromatography-Mass Spectrometry, GC-MS) และลิควิดโครมาโทกราฟี แมสสเปกโตรเมทรี/ แมสสเปกโตรเมทรี (Liquid Chromatography-Mass Spectrometry/Mass Spectrometry, LC-MS/MS) พิจารณาจากค่าปริมาณสารตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limits, MRLs) เพื่อที่จะนำไปใช้ในการอธิบายเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านอาหารต่อไป

การตรวจเอกสาร

1. สับปะรด

สับปะรด (*Ananas comosus* L. Merr.) อยู่ในวงศ์ Bromeliaceae เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีอายุหลายปี เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่พุ่มใบกว้างและสูงประมาณ 100 เซนติเมตร ระบบรากเป็นแบบรากฝอย ประกอบด้วยราก adventitious root เป็นจำนวนมาก เกิดจากจุดกำเนิดราก ซึ่งมีอยู่ทั่วไปตามมุมใบของลำต้นทั้งส่วนที่อยู่ใต้ผิวดินและส่วนที่อยู่เหนือผิวดินเรียกว่า รากมุมใบ ใบ มีลักษณะเรียวยาว และเป็นร่องโค้ง การเรียงตัวของใบเป็นลักษณะเวียนรอบลำต้น ดอก ช่อดอกของสับปะรดแต่ละช่อมีดอกย่อย 100-200 ดอก ดอกย่อยของแต่ละดอกเป็นดอกสมบูรณ์ ผลสับปะรดเป็นผลรวมที่ส่วนบนสุดของผลเป็นกลุ่มของใบซึ่งเจริญไปพร้อมๆ กับผลและพัฒนาเป็นจุดต่อไป ถ้าผลสับปะรดมีขนาดใหญ่จะมีรูปร่างเป็นแบบกรวย ถ้าผลมีขนาดปานกลางมักจะมีรูปร่างแบบทรงกระบอก และถ้าผลมีขนาดเล็กมักจะมีรูปร่างเป็นแบบทรงกลม (ภาพที่ 1)

ระยะที่ 1

ระยะที่ 2

ระยะที่ 3

ระยะที่ 4



Vegetative	Flowering	Fruit development and harvest
1 – 210 วันหลังจากปลูก	210 – 365 วันหลังจากปลูก	455 วันหลังจากปลูก

ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ระยะต่างๆ โดยที่ระยะที่ 1 เป็นระยะที่ปลูกสับปะรด จนถึงระยะที่สับปะรดกำลังเจริญเติบโต (ที่ 1-210 วันหลังจากปลูก) ระยะที่ 2 เป็นระยะที่สับปะรดกำลังออกดอก จนถึงแสดงตาดอก (ที่ 210-365 วันหลังจากปลูก) ระยะที่ 3 และระยะที่ 4 เป็นระยะที่สับปะรดเริ่มออกผล จนถึงระยะเก็บเกี่ยว (ที่ 455 วันหลังจากปลูก)

โดยทั่วไปสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสับปะรด คือ สภาพที่มีแสงแดดจัดโดยเฉพาอย่างยิ่งในช่วงการเจริญเติบโตก่อนออกดอก อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสับปะรดอยู่ในช่วง 20-32 องศาเซลเซียส พื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกส่วนมากเป็นดินที่มีเนื้อหยาบ เช่น ดินทราย ดินร่วน ดินร่วนปนทราย โดยมี pH อยู่ในช่วง 4.5-5.5 ความลาดเอียงของพื้นที่ที่เหมาะสม 1-2 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่ที่มีความลาดเอียงสูง 10-15 เปอร์เซ็นต์ ก็อาจใช้ปลูกสับปะรดได้ดีแต่ต้องมีการจัดเตรียมพื้นที่ระบายน้ำให้เหมาะสม (จินดารัฐ และ นรณ, 2547) การปลูกส่วนใหญ่นิยมกระทำในช่วงที่ไม่มีฝนตกชุก เช่น ในฤดูแล้งต้นฤดูฝน และปลายฤดูฝน ควรเตรียมดินให้เสร็จในเดือนธันวาคม และปลูกในเดือนมกราคม-เมษายน ซึ่งมีแสงแดดจ้า และไม่มีฝนชุก แต่ดินยังมีความชุ่มชื้นเพียงพอแก่การเจริญเติบโตในระยะแรกอยู่ สำหรับการเก็บเกี่ยวสับปะรดใช้เวลาในการเจริญเติบโตตั้งแต่การบังคับผลจนถึงระยะเก็บเกี่ยว 150-165 วัน โดยโรงงานผลิตสับปะรดกระป๋องมักจะมีมาตรฐานต่อการเปลี่ยนสีของผล ซึ่งมาตรฐานของแต่ละโรงงานอาจจะแตกต่างกันไปได้ ผลที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อการที่เก็บเกี่ยวส่งโรงงานควรมีความสุก 30-50 เปอร์เซ็นต์

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันแพร่หลายที่สุด เนื่องจากเป็นที่นิยมของตลาดผู้บริโภค และโรงงานสับปะรดกระป๋อง ซึ่งเป็นสับปะรดเพียงพันธุ์เดียวในปัจจุบันที่เหมาะสมสำหรับส่งโรงงานอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง ใบมีสีเขียวเข้มและเป็นร่องตรงกลาง ขอบใบเรียบไม่มีหนามหรือมีหนามเพียงเล็กน้อย บริเวณปลายใบผิวใบด้านบนเป็นมันเงา ส่วนใต้ใบจะมีสีเทาเงิน ตรงบริเวณกลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ผลมีขนาดปานกลางถึงใหญ่ ผลหนักประมาณ 1-2.5 กิโลกรัม รูปทรงของผลเป็นทรงกระบอก ปลายผลมีลูกขนาดเล็กเพียงลูกเดียว มีตาต้นไม่เป็นร่อง เปลือกผลเมื่อดิบมีสีเขียวคล้ำ เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มบริเวณส่วนล่างของผลประมาณครึ่งผลเนื้อแน่นละเอียด มีเยื่อใยปานกลางฉ่ำน้ำ รสชาติหวาน กลิ่นหอม เป็นพันธุ์ที่ทนทานต่อสภาพแห้งแล้งและขาดน้ำได้ดี

2. ปัญหาวัชพืชในการผลิตสับปะรด

ในปัจจุบันนี้ปัญหาหลักที่สำคัญในการผลิตสับปะรด ได้แก่ ผลผลิตต่อไร่ต่ำ ต้นทุนการผลิตสูง การกระจายตัวของผลผลิตไม่สม่ำเสมอ ทำให้ราคาผลผลิตไม่เสถียรภาพ พันธุ์ปลูกมีการพัฒนาพันธุ์น้อยมาก มีการเสื่อมคุณลักษณะอันเนื่องมาจากการกลายพันธุ์หรือการเสื่อมถอยทางพันธุกรรม (กรมวิชาการเกษตร, 2012) และการป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ เช่น โรคพืช แมลงศัตรูพืช และวัชพืช เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับเรื่องวัชพืชนั้น นับว่าเป็นปัญหาศัตรูพืชชนิดหนึ่งที่สำคัญมาก เพราะมีผลกระทบไปถึงปริมาณและคุณภาพของผลผลิตสับปะรด เนื่องจากสับปะรดเป็นพืชที่มีอายุเก็บเกี่ยวนาน 15-18 เดือน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ซึ่งระยะเวลาวิกฤติที่สับปะรดต้องการไม่ให้วัชพืชขึ้นแข่งขัน จะอยู่ในช่วง 1-4 เดือนแรกหลังจากปลูก จึงทำให้มีช่วงเวลาที่วัชพืชจะเข้ามาทำความเสียหายมีโอกาสมากขึ้นได้มาก โดยวัชพืชจะแย่งน้ำแย่งอาหารจากสับปะรด ขึ้นปกคลุมบังแสง เป็นที่หลบซ่อนของแมลงศัตรูและหนู และเป็นที่อาศัยของเชื้อสาเหตุโรคพืชหลายชนิด (Tadesse *et al.*, 2007)

วัชพืชที่เป็นปัญหาหลักในการผลิตสับปะรด แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. **วัชพืชใบแคบ** ได้แก่ หญ้ากีนี หญ้าตีนติด หญ้าปากควาย หญ้าบุง หญ้าคา หญ้าหวาย หญ้ารงนก หญ้าตีนกา และหญ้าขจรจบดอกเล็ก เป็นต้น

2. **วัชพืชใบกว้าง** ได้แก่ หญ้าสาบม่วง ผักยาง กระต่ายจาม ผักโขม ผักโขมหนาม สาบเสือ ตีนตุ๊กแก สาบแร้งสาบกา น้ำนมราชสีห์ และเถาเลื้อย เช่น สะอึก เป็นต้น

3. **วัชพืชพวงกก** ได้แก่ แห้วหมู และกกสามเหลี่ยมเล็ก เป็นต้น

ในช่วงที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาวิจัยในแหล่งปลูกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย เพื่ออุตสาหกรรมแปรรูป ที่รายงานว่า หากไม่กำจัดวัชพืชอาจทำให้สูญเสียผลผลิตได้มากถึง 64.3-80.8 เปอร์เซ็นต์ ความสูญเสียของผลผลิตสับปะรด ขึ้นกับชนิดวัชพืช และองค์ประกอบสิ่งแวดล้อม เช่น ความสมบูรณ์ของดิน ความชื้น หรือปริมาณน้ำฝน หากปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชมีความเหมาะสมมาก ย่อมมีผลดีต่อการเจริญเติบโตของวัชพืช (เกลียวพันธ์, 2551) เช่นเดียวกัน เกลียวพันธ์ และคณะ (2545) ที่รายงานว่า การเจริญเติบโตของสับปะรดลดลง 19.8 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตเสียหาย 55.8 เปอร์เซ็นต์ ถ้าในช่วง 4 เดือนแรก ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ต้องกำจัดวัชพืชพวกใบเถาเลื้อย หากการกำจัดวัชพืชไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลทำให้ผลผลิตของสับปะรดลดลง 40-50 เปอร์เซ็นต์

วิธีการควบคุมวัชพืชในสับปะรด แบ่งออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

1. **การกำจัดวัชพืชโดยไม่ใช้สารกำจัดวัชพืช** สับปะรดเป็นพืชอายุหลายฤดูหรือพืชข้ามปี การปลูกสับปะรดเพียงครั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวได้มากถึง 2-3 ครั้ง คือ เป็นสับปะรดต้นปลูก 1 ครั้ง สับปะรดต้นต่อ 1-2 ครั้ง ดังนั้น วิธีการควบคุมวัชพืชในสับปะรด จึงต้องมีการจัดการวัชพืชอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้แปลงปลูกปราศจากวัชพืช ไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนในการเตรียมดิน การเลือกกำหนดปลูก การกำหนดจำนวนต้นต่อไร่ การกำหนดเวลาใส่ปุ๋ย การกำจัดวัชพืชด้วยแรงงานคน และการใช้วัสดุคลุม

2. **การกำจัดวัชพืชโดยใช้สารกำจัดวัชพืช** การใช้สารกำจัดวัชพืช เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสำหรับการกำจัดวัชพืชในไร่สับปะรด ผู้ปฏิบัติต้องรู้จักการใช้สารกำจัดวัชพืชแต่ละชนิด รู้ช่วงเวลาที่ใช้ วิธีการใช้อย่างถูกต้องและเหมาะสม จึงจะได้ผลดีที่สุด วิธีการควบคุมวัชพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะช่วยให้สับปะรดมีการเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง (ภาพที่ 1) หากมีปัจจัยอื่นประกอบกันอย่างเหมาะสม เช่น ไม่แห้งแล้งเกินไป มีการให้ปุ๋ยตามความต้องการ จะสามารถบังคับดอกได้ตามกำหนด การประมาณการระดับการผลิต และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้อย่างแน่นอน

วิธีการใช้สารกำจัดวัชพืชเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ตามเป้าหมายนั้น ควรจะต้องมีการพิจารณาปัจจัยหลายอย่างประกอบกัน เช่น การเลือกใช้สาร อัตราการใช้สาร

ช่วงเวลาที่ใช้สาร ชนิดวัชพืช และอายุของวัชพืช เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชในการควบคุมวัชพืชจะดีที่สุด ขึ้นกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมในขณะที่พ่นและภายหลังพ่นสาร หากปฏิบัติตามคำแนะนำอย่างเคร่งครัด การใช้สารกำจัดวัชพืชก็จะมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมวัชพืช สับปะรดจะมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องจนถึงเก็บเกี่ยว ในปัจจุบันนี้เกษตรกรนิยมนำสารกำจัดวัชพืชมาใช้ในการควบคุมวัชพืชในไร่สับปะรดมากกว่าวิธีการอื่นๆ เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมวัชพืชในไร่สับปะรด โดยที่สามารถนำมาใช้ฉีดพ่นแบบก่อนวัชพืชงอก (Pre-emergence) เช่น สารไดยูรอน อัตรา 400 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ เป็นต้น หรือใช้ฉีดพ่นแบบหลังวัชพืชงอก (Post-emergence) เช่น สารอะมิทรีน อัตรา 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และสารโบรมาซิล อัตรา 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ เป็นต้น (Othniel, 2011)

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวิธีการควบคุมวัชพืชในไร่สับปะรดโดยการใช้สารฉีดพ่นก่อนวัชพืชงอก เพื่อควบคุมวัชพืชที่งอกจากเมล็ด โดยที่ Evans (1981) ได้รายงานว่าการใช้สาร hexazinone อัตรา 0.5 ถึง 1 กิโลกรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ และไดยูรอน อัตรา 1 ถึง 4 กิโลกรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ที่ 2 เดือนหลังจากปลูกพืช สามารถควบคุมวัชพืชวงศ์หญ้า เช่น หญ้าตีนนก (*Digitaria sanguinalis* L.) และหญ้าตีนกา (*Elusine indica* L.) ได้มากถึง 90 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ สิริชัย และคณะ (2554) ที่รายงานว่าการใช้สาร bromacil อัตรา 560 + diuron อัตรา 560 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่พบว่า ที่ 60 วันหลังจากพ่นสาร สามารถควบคุมวัชพืชได้ดี และไม่เป็นพิษต่อสับปะรด โดยวัชพืชหลักที่สามารถควบคุมได้ คือ หญ้าตีนนก (*Digitaria sanguinalis* L. Scop.) หญ้าขนเล็ก (*Brachiaria distachya* Stapf.) หญ้าปากควาย (*Dactyloctenium aegyptium* L.) และผักยาง (*Euphorbia heterophylla* L.) เป็นต้น

ส่วนการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวิธีการควบคุมวัชพืชในไร่สับปะรดโดยการใช้สารฉีดพ่นหลังวัชพืชงอก เพื่อกำจัดต้นอ่อนของวัชพืชที่ขึ้นอยู่นั้น โดยที่ Dhuria and Leela (1972) ได้รายงานว่าการใช้สาร bromacil และ diuron อัตรา 3 ถึง 4 กิโลกรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ หรือใช้ผสมกันชนิดละ 2 กิโลกรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ สามารถควบคุมวัชพืชใบแคบและใบกว้าง ได้นาน 4 เดือน ในการควบคุมวัชพืชของสารที่ใช้ฉีดพ่นหลังวัชพืชงอก ที่ระยะ 60 วันหลังจากพ่นสาร นอกจากนี้ สิริชัย และคณะ (2554) ได้รายงานว่าการพ่นสาร bromacil อัตรา 400 + atrazine อัตรา 400 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และ bromacil อัตรา 400 + diuron อัตรา 400 + ametryn อัตรา 400 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สามารถควบคุมวัชพืชได้ดี และไม่เป็นพิษต่อสับปะรด วัชพืชหลักที่สามารถควบคุมได้ คือ หญ้ากีนี่ (*Panicum maximum* J.) หญ้าปากควาย (*Dactyloctenium aegyptium* L.) ครามขน (*Indigofera hirsute* L.) สาบม่วง (*Praxelis clematidea* R.M. King.) และผักยาง (*Euphorbia heterophylla* L.) เป็นต้น

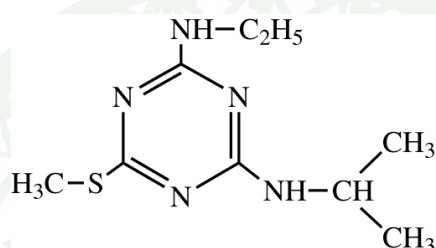
ในปัจจุบันนี้ การใช้สารฉีดพ่นหลังวัชพืชงอกสำหรับการควบคุมวัชพืชในสับปะรด ยังมีข้อจำกัดอยู่มาก กล่าวคือ เกษตรกรยังมีการใช้สารเคมีไม่ถูกต้อง ทำให้ไม่สามารถควบคุมวัชพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากขึ้น อาจจะส่งผลทำให้ผลผลิตได้รับความเสียหาย และมี

การตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในผลผลิตสับปะรดและสิ่งแวดล้อมตามมา จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการวิจัยและพัฒนาการใช้สารฉีดพ่นหลังวัชพืชงอกสำหรับการควบคุมวัชพืชในสับปะรด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในไร่สับปะรด โดยที่สับปะรดสามารถเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่องจนถึงเก็บเกี่ยว ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้ จึงหาแนวทางพัฒนาการใช้สารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังงอกในการควบคุมวัชพืชที่เป็นปัญหาสำคัญในการผลิตสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย โดยคาดว่า จะสามารถเลือกใช้สารแบบหลังงอกสำหรับการควบคุมวัชพืชในการผลิตสับปะรด ที่มีประสิทธิภาพสูง ไม่เป็นพิษต่อพืชปลูก ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต ตลอดจนไม่มีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในสับปะรด เป็นการช่วยป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการตกค้างของสารป้องกันกำจัดวัชพืชในการผลิตสับปะรด ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการกำจัดวัชพืชสำหรับการผลิตสับปะรดในสภาพไร่ให้กับเกษตรกรผู้ผลิตในพื้นที่เขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งเป็นพื้นที่หลักในการผลิตสับปะรด ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี กาญจนบุรี และเพชรบุรี เป็นต้น รวมทั้งในพื้นที่เขตภาคตะวันออกได้แก่ จังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา ตราด และระยอง เป็นต้น ทำให้ประเทศไทยสามารถส่งออกสับปะรดไปยังตลาดโลกได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าในทางเศรษฐกิจจากภาคการเกษตรที่จะนำรายได้เข้าประเทศไทยต่อไป

3. สารป้องกันกำจัดวัชพืช

3.1 อามิทรีน (ametryn)

เริ่มนำเข้ามาใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1956 จัดอยู่ในกลุ่ม Triazine เป็นสารที่ยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์แสง มีชื่อทางเคมีว่า N-ethyl-N'-(1-methylethyl)-6-(methylthio)-1,3,5-triazine-2,4-diamine มีน้ำหนักโมเลกุล 227.33 (ภาพที่ 2) และมีชื่อการค้า ได้แก่ Gesapex และ Amephyt เป็นต้น (China Shenghua Agrochemical Group, 2005)



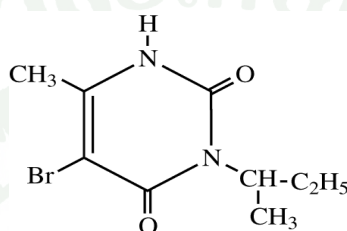
ภาพที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของสารป้องกันกำจัดวัชพืช ametryn

กลไกการทำลายพืช: เข้าสู่พืชโดยการดูดซึมเข้าทางใบและราก เมื่อเข้าสู่พืชจะเคลื่อนย้ายผ่าน xylem แล้วไปสะสมตามบริเวณจุดเจริญ โดยที่สารจะเข้าไปยึดเกาะจับกับโปรตีนที่อยู่ในระบบ PS II ภายใน thylakoid membrane ของคลอโรพลาสต์ และแย่งรับอิเล็กตรอนกับ Q_B ทำให้ Plastoquinone ไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็น hydroplastoquinone ได้ จึงไม่สามารถสร้าง ATP และ NADPH ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทางเคมีที่จะนำไปใช้ในกระบวนการ CO_2 fixation ของเซลล์พืชต่อไป พืชที่อ่อนแอจะแสดงอาการซีดเหลืองภายใน 2-3 วัน จากนั้น จะแสดงอาการแห้งไหม้ ในเนื้อเยื่อพืชที่มีอายุมากจะแสดงอาการมากกว่าเนื้อเยื่อที่อายุน้อย (ทศพล, 2554)

การใช้ทางเกษตร: เป็นสารกำจัดวัชพืชที่สามารถใช้ฉีดพ่นได้ทั้งก่อนวัชพืชงอก และหลังวัชพืชงอก ใช้สำหรับควบคุมวัชพืชใบกว้างและวัชพืชวงศ์หญ้าอายุฤดูเดียว ในสับปะรด ข้าวโพด โดยรัฐฟลอริดามีการนำไปใช้ในสวนองุ่น ในฮาวายมีการนำไปผสมกับสาร diuron แนะนำให้ใช้ในไร่อ้อย (รังสิต, 2547) สารสามารถย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน มีค่าครึ่งชีวิต 70-250 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของดิน และสภาพอากาศ (ทศพล, 2554)

3.2 โบรมาซิล (bromacil)

เริ่มนำเข้ามาใช้ในปี ค.ศ. 1961 จัดอยู่ในกลุ่ม Uracil เป็นสารที่ยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์แสง มีชื่อทางเคมีว่า 5-Bromo-6-methyl-3-(1-methylpropyl)-2,4(1H,3H)-pyrimidine dione มีน้ำหนักโมเลกุล ในรูปกรด 261.12 (ภาพที่ 3) และในรูปเกลือลิเทียม 267.05 และมีชื่อการค้า ได้แก่ Hyvar X และ Borea เป็นต้น



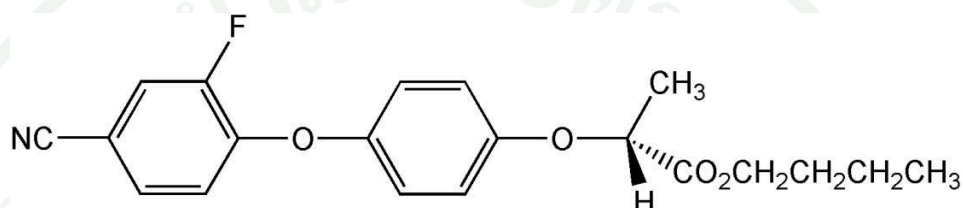
ภาพที่ 3 โครงสร้างทางเคมีของสารป้องกันกำจัดวัชพืช bromacil

กลไกการทำลายพืช: ดูดซึมเข้าทำลายพืชทางรากเป็นส่วนใหญ่แต่อาจเข้าสู่ใบพืชได้บ้างสารโบรมาซิลมีการเคลื่อนย้ายใน apoplast จะเคลื่อนที่ผ่าน xylem กลไกในการทำลายของสารโบรมาซิล ยับยั้งการเคลื่อนย้ายของอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง ในระบบ PS II ทำให้การสังเคราะห์แสงของพืชหยุดชะงักลงไป แต่เชื่อว่าตำแหน่งที่สารเข้าไปยับยั้งนั้นไม่ใช่ตำแหน่งเดียวกันซึ่งพืชตายเนื่องจากออกซิเจนที่เป็นพิษ (1O_2) ที่ถูกสร้างขึ้นหลังจากการยับยั้งการขนส่งอิเล็กตรอนในระบบ PS II จะทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ภายในเซลล์พืช ทำให้พืชตายได้อย่างรวดเร็ว (ทศพล, 2554)

การใช้ทางเกษตร: เป็นสารประเภทเลือกทำลาย มีการใช้เป็นทั้งสารที่ใช้แบบก่อนงอก และแบบหลังงอก ซึ่งสามารถฉีดพ่นโดยผสมน้ำ หรือการใช้รูปของเม็ด (granule) นิยมนำไปใช้ในพืชปลูก สับปะรดและพื้นที่ที่ไม่ได้ทำการเกษตร ใช้สำหรับควบคุมวัชพืชชนิดต่างๆ เช่น หญ้าแพรก หญ้าข้าวหนวด หญ้าปากควาย หญ้ารงนก สาบเสือ ผักโขม ผักเบี้ยใหญ่ แห้วหมู รวมทั้งวัชพืชวงศ์หญ้าชนิดอื่นๆ และวัชพืชใบกว้างทั้งอายุฤดูเดียวและข้ามปี ตลอดจนวัชพืชพวงวงศ์กกด้วย (ทศพล, 2554) โดยปกติสาร bromacil เป็นสารกำจัดวัชพืชที่มีความคงทนในดินนาน ในอัตราการใช้ปกติ อาจมีความคงทนในดินนานประมาณ 6 เดือน ถึง 2 ปี (ทศพล, 2554)

3.3 ไซฮาโลฟอป-บิวทิล (cyhalofop-butyl)

เริ่มนำเข้ามาใช้ในปี ค.ศ. 2002 โดยบริษัท Dow AgroScience จัดอยู่ในกลุ่ม Aryloxyphenoxypropionate (APP) เป็นสารที่ยับยั้งการสังเคราะห์ไขมัน มีชื่อทางเคมีว่า 2-[4-(4-cyano-2-fluorophenoxy) phenoxy]propionic acid, butyl ester (R) มีน้ำหนักโมเลกุล 357.38 (ภาพที่ 4) และมีชื่อการค้า ได้แก่ Crandstan และ Clincher เป็นต้น (Dow AgroSciences, 2003)



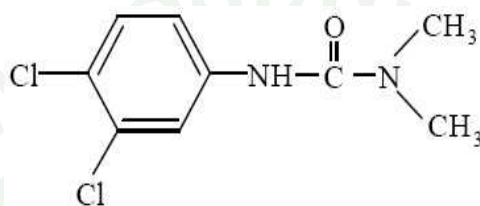
ภาพที่ 4 โครงสร้างทางเคมีของสารป้องกันกำจัดวัชพืช cyhalofop-butyl

กลไกการทำลายพืช: เข้าสู่ต้นพืชทางใบ เมื่อเข้าสู่ต้นพืชแล้วสารเคลื่อนย้ายได้ทั่วต้นพืชโดยผ่านทั้ง xylem และ phloem แล้วไปสะสมอยู่ที่เนื้อเยื่อเจริญ เช่น ที่ยอดอ่อน ตาข้าง และปลายราก สารจะเข้าไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Acetyl CoA Carboxylase (ACCase) ซึ่งอยู่ใน stroma ภายใน chloroplast ทำหน้าที่สังเคราะห์ไขมันในพืชวงศ์หญ้า โดยพืชจะมีใบอ่อนเป็นสีเหลือง การเจริญเติบโตหยุดชะงัก ต่อมาปลายยอดจะแห้งตาย รวมทั้งเนื้อเยื่อเจริญอื่นๆ ทั้งที่ใบและราก ซึ่งตายทั้งต้นในเวลาต่อมา ที่ 1-3 สัปดาห์หลังจากพ่นสาร (ทศพล, 2554)

การใช้ทางเกษตร: เป็นสารประเภทเลือกทำลายโดยใช้แบบก่อนงอก ใช้ควบคุมวัชพืชวงศ์หญ้า เช่น หญ้าข้าวนก หญ้าดอกขาว และหญ้าดอกแดง ในอัตรา 160 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ โดยในข้าวจะแสดงอาการได้รับพิษน้อยมาก ควรใช้ร่วมกับสารอื่นที่ควบคุมใบเลี้ยงคู่และกก แต่การผสมร่วมกับสารอื่นในถังเพื่อฉีดพ่นพร้อมกัน อาจเกิดปฏิกิริยาหักล้างขึ้นจึงต้องระมัดระวัง (รังสิต, 2547) สาร cyhalofop-butyl จะย่อยสลายในดินอย่างรวดเร็ว สารสามารถย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน มีค่าครึ่งชีวิต 2-3 วัน ในดินและในดินที่มีน้ำอยู่ (Dow AgroSciences, 2008)

3.4 ไดยูรอน (diuron)

เริ่มนำเข้ามาใช้ในปี ค.ศ. 1950 ที่รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา จัดอยู่ในกลุ่ม Urea เป็นสารที่ยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์แสง มีชื่อทางเคมีว่า N-(3, 4-dichlorophenyl)-N, N-dimethylurea มีน้ำหนักโมเลกุล 233.10 (ภาพที่ 5) และมีชื่อการค้า ได้แก่ karmex และ Crisuron (Crystal) เป็นต้น (ทศพล, 2554)



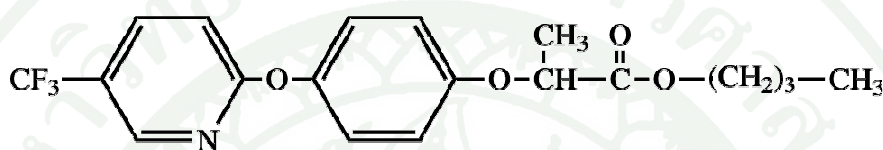
ภาพที่ 5 โครงสร้างทางเคมีของสารป้องกันกำจัดวัชพืช diuron

กลไกการทำลายพืช: ไดยูรอน จะถูกซึมเข้าสู่พืชโดยผ่านทางราก เคลื่อนย้ายในพืชแบบ apoplast โดยการผ่านทางเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ (xylem) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ขึ้นไปสู่ส่วนด้านบนของต้นพืช กลไกการทำลายในพืช สารจะเข้าไปยับยั้งปฏิกิริยาการเคลื่อนย้ายของอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง PS II ในพืชที่บริเวณ Q_A ไป Q_B ในตำแหน่งที่ 1 และ 2 ภายใน thylakoid membrane ทำให้พืชไม่สามารถสร้าง ATP และ NADPH โดยอาการที่พืชแสดงหลังจากได้รับสาร คือ มีอาการใบเปื่อยและชำ ต่อมาจะมีสีน้ำตาล เริ่มจากปลายใบไปสู่ก้านใบ การใช้ฉีดพ่นก่อนวัชพืชงอกพบว่า ไม่ได้ยับยั้งความงอก แต่เมื่อต้นกล้างอกแล้ว 2-3 วัน จะมีอาการเหลืองแห้งตาย (ทศพล, 2554)

การใช้ทางเกษตร: เป็นสารประเภทเลือกทำลาย ใช้ฉีดพ่นก่อนวัชพืชงอก หรือแบบหลังงอก ที่ฉีดโดยตรงไปที่วัชพืช (direct-post emergence) สามารถควบคุมวัชพืชชนิดต่างๆ เช่น หญ้า ตีนนก หญ้าตีนกา ผักเบี้ยใหญ่ ผักโขม วัชพืชวงศ์หญ้าชนิดอื่นๆ และวัชพืชใบกว้าง ในสับปะรด และ อ้อย เป็นต้น (รังสิต, 2547) โดยปกติสาร diuron เป็นสารที่มีความคงทนในดินยาวนาน ขึ้นอยู่กับสภาพดิน และการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน การใช้สาร diuron ในอัตราปกติ จะมีความคงทนในดินนาน 4-12 เดือน (ทศพล, 2554)

3.5 ฟลูอซิฟอป-พี-บิวทิล (fluazifop-P-butyl)

เริ่มนำเข้ามาใช้ในปี ค.ศ. 1986 เป็นสารกำจัดวัชพืชที่ยับยั้งการสร้างไขมัน จัดอยู่ในกลุ่ม Aryloxyphenoxypropionate เป็นสารที่ยับยั้งการสังเคราะห์ไขมัน Fluazifop-P-butyl มีชื่อทางเคมีว่า (R)-2-[4[445-(trifluoro-methyl)-2-pyridinyl]oxy]-phenoxy] propanoate มีน้ำหนักโมเลกุล 383.4 (ภาพที่ 6) และมีชื่อการค้า ได้แก่ Tornado และ Fusilade Five เป็นต้น (Ago Care Chemical, 2002)



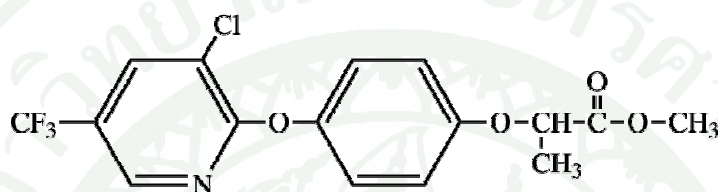
ภาพที่ 6 โครงสร้างทางเคมีของสารป้องกันกำจัดวัชพืช fluazifop-P-butyl

กลไกการทำลายพืช: จะดูดซึมได้อย่างรวดเร็วโดยผ่านทางใบ ต้องการระยะปลอดฝนนาน 4-6 ชั่วโมง สารจะถูก metabolized ไปเป็น fluazifop ได้อย่างรวดเร็วในพืช สารเคลื่อนย้ายผ่านทั้ง phloem และ xylem การเคลื่อนย้ายใน phloem จากใบไปสู่ส่วนของ rhizome และ stolon จะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Acetyl CoA Carboxylase (ACCase) ซึ่งอยู่ใน stroma ภายใน chloroplast ทำหน้าที่สังเคราะห์ไขมันในวงศ์หญ้า ทำให้ควบคุมวัชพืชวงศ์หญ้าอายุข้ามปีได้มีประสิทธิภาพ แต่การเคลื่อนย้ายสารจากใบโดยเริ่มแรกใบจะเป็นสีเหลืองแล้วจะแสดงอาการแห้งไหม้ โดยเริ่มจากใบที่ยังอ่อนในเวลาไม่กี่วันหลังจากใช้สาร และแพร่ไปจนทั่วทุกใบภายใน 2 สัปดาห์ (ทศพล, 2554)

การใช้ทางเกษตร: เป็นสารชนิดเลือกทำลาย ใช้ฉีดพ่นหลังวัชพืชงอก หรือพืชปลูกงอก สำหรับควบคุมวัชพืชวงศ์หญ้าปีเดียวและข้ามปี เช่น หญ้าข้าวนก หญ้าตีนกา หญ้าชันกาด หญ้าหมาจิ้งจอก หญ้าพง เป็นต้น จะไม่มีผลต่อพืชใบกว้าง นอกจากนี้ยังใช้ควบคุมธัญพืชที่ขึ้นเองและวัชพืชวงศ์หญ้าชนิดอื่นๆ ในซูการ์บีท มันฝรั่ง ฝ้าย สับปะรด กล้วย ส้ม สตรอเบอร์รี่ กาแฟ ไม้ประดับ และพืชผักชนิดต่างๆ ตลอดจนพื้นที่ที่ไถคราดทิ้งไว้ โดยไม่ได้ปลูกพืชหรือพื้นที่ว่างเปล่า เป็นสารที่เคลื่อนย้ายได้น้อยในดิน และไม่ถูกชะล้างไป จะย่อยสลายรวดเร็วในดินที่ชื้น มีค่าครึ่งชีวิตน้อยกว่า 1 สัปดาห์ ผลตกค้างในดินที่จะเป็นพิษต่อพืชขึ้นอยู่กับชนิดของดินและปริมาณที่ฝนตก (ทศพล, 2554)

3.6 ฮาโลซีฟอป-อาร์-เมทิล (haloxyfop-R-methyl)

เริ่มนำเข้ามาใช้ในปี ค.ศ. 1985 โดยบริษัท Dow AgroSciences จัดอยู่ในกลุ่ม Aryloxyphenoxypropionate เป็นสารที่ยับยั้งการสังเคราะห์ไขมัน Haloxyfop มีชื่อทางเคมีว่า (R)-2-[4-(3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridyloxy)phenoxy] มีน้ำหนักโมเลกุล 361.7 (ภาพที่ 7) และมีชื่อการค้า ได้แก่ Verdict และ Gallant เป็นต้น

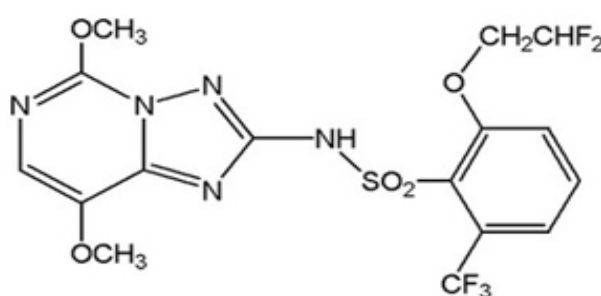


ภาพที่ 7 โครงสร้างทางเคมีของสารป้องกันกำจัดวัชพืช haloxyfop-R-methyl

กลไกการทำลายพืช: สารจะเข้าสู่พืชทางรากและใบของพืช จะมีการเคลื่อนย้ายผ่านทาง xylem และ phloem ไปสะสมบริเวณจุดเจริญ จะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Acetyl CoA Carboxylase (ACCase) ซึ่งทำหน้าที่สังเคราะห์ไขมันในวงค์หุ้มเอนไซม์ชนิดนี้อยู่ใน stroma ภายใน chloroplast อาการที่พืชแสดงว่าได้รับสารพิษจากสาร คือ ใบอ่อนจะมีสีเหลือง การเจริญเติบโตหยุดชะงัก ต่อมาปลายยอดจะแห้งตาย รวมทั้งเนื้อเยื่อเจริญอื่นๆ ทั้งที่ใบและราก

การใช้ทางเกษตร: เป็นสารประเภทเลือกทำลาย ใช้ฉีดพ่นหลังวัชพืชงอก สำหรับควบคุมวัชพืชวงศ์หญ้าฤดูเดียวและวัชพืชหลายฤดูในละหุ่ง ชูการ์บีท มันฝรั่ง ถั่วเหลือง สับปะรด ถั่วฝักยาว ผลไม้ยืนต้น ส้ม สตรอเบอร์รี่ ทานตะวัน กาแฟ ไม้ประดับ กระเทียม และพืชผักชนิดต่างๆ ตลอดจนในพื้นที่ว่างเปล่า ในอัตรา 104-208 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ (Crop Protection Compendium, 2009) เป็นสารที่สามารถย่อยสลายได้รวดเร็วในพืช ดิน และน้ำ ซึ่งจะถูกละลายโดยจุลินทรีย์ในดิน มีค่าครึ่งชีวิต 6-133 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพดิน และสภาพภูมิอากาศ (Dow AgroSciences, 2000)

เริ่มนำเข้ามาใช้ในปี ค.ศ. 2002 โดยบริษัท Dow AgroSciences จัดอยู่ในกลุ่ม Trizolopyrimidine sulfonamide เป็นสารที่ยับยั้งการสังเคราะห์กรดอะมิโน มีชื่อทางเคมีว่า 2-(2,2-difluoroethoxy)-N-(5,8dimethoxy[1,2,4]triazolo[1,5-c]pyrimidin-2-yl)-6-(trifluoromethyl) benzenesulfonamide มีน้ำหนักโมเลกุล 483.373 (ภาพที่ 8) และมีชื่อการค้า ได้แก่ Granite และ Viper เป็นต้น (Dow AgroScience, 2009)



ภาพที่ 8 โครงสร้างทางเคมีของสารป้องกันกำจัดวัชพืช penoxulam

กลไกการทำลายพืช: เข้าสู่พืชทางใบโดยผ่าน cuticle สามารถเคลื่อนย้ายในพืชได้โดยผ่านได้ทั้ง xylem และ phloem กลไกการเข้าทำลายของสาร จะเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ acetolactate synthase (ALS) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ควบคุมการสังเคราะห์กรดอะมิโนพวก leucine, isoleucine และ valine สารจะเข้าไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ALS ส่งผลทำให้พืชไม่สามารถสังเคราะห์กรดอะมิโนเหล่านี้ขึ้นมาได้ เมื่อวัชพืชได้รับสารจะเกิดอาการแคระแกร็น ใบอ่อนสีม่วง ที่บริเวณเส้นกลางใบเกิดสีแดงขึ้น เกิดอาการ necrosis และการเจริญของระบบรากจะลดลงได้ด้วย (ทศพล, 2554)

การใช้ทางเกษตร: เป็นสารประเภทเลือกทำลาย ใช้ฉีดพ่นหลังวัชพืชงอก สามารถควบคุมวัชพืชใบกว้าง และวงศ์หญ้าได้หลายชนิดในนาข้าว ในอัตรา 14-20 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ควบคุมวัชพืชใบกว้างชนิดต่างๆ ในสนามหญ้า ในอัตรา 2.4-28 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเอเคอร์ (Yi and Richard, 2004) สารจะย่อยสลายได้รวดเร็วโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน มีค่าครึ่งชีวิต 22-58 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของดิน และสภาพภูมิอากาศ (Wisconsin Department of Natural Resources, 2012)

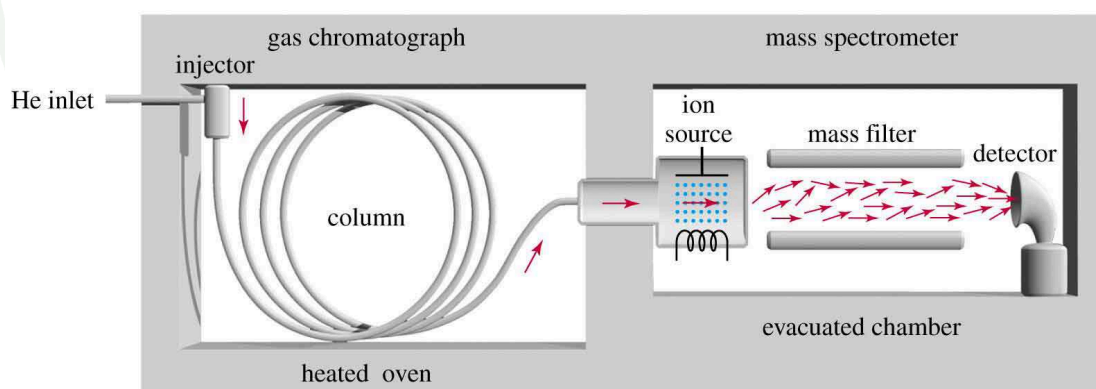
4. ความปลอดภัยทางด้านอาหารและสิ่งแวดล้อมในการผลิตสับปะรด

ในการพิจารณาเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านอาหารและสิ่งแวดล้อม มักจะนิยมใช้ค่าปริมาณสารตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limits, MRLs) เป็นตัวประเมินชี้วัด โดยที่ ค่า MRLs คือ ระดับปริมาณสารเคมีที่เป็นพิษ (chemical hazard) เช่น สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช (pesticides) สารพิษที่สร้างจากเชื้อรา (mycotoxin) ซึ่งตกค้างสูงสุดที่ยอมรับได้ในอาหารมนุษย์และอาหารสัตว์ ค่า MRLs มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมสารพิษตกค้างต่อกิโลกรัมสินค้าเกษตร (mg/kg) (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2556)

ค่า MRLs ใช้เพื่อเป็นเกณฑ์ในการค้าขาย ว่าจะต้องไม่มีปริมาณสารตกค้างของสารพิษ โดยปกติจะกำหนดไว้ในระดับที่ต่ำกว่าระดับความปลอดภัยของสารพิษตกค้างที่ร่างกายสามารถรับได้ในแต่ละวันตลอดชีวิต ในทางวิทยาศาสตร์ เรียกว่า ค่า ADI (Acceptable Daily Intake) ดังนั้น ค่า MRLs จึงไม่ใช่ค่าที่ชี้ถึงระดับความปลอดภัย แต่เป็นค่าที่ใช้ในการค้า โดยการกำหนดค่า MRLs อยู่บนพื้นฐานของการประเมินข้อมูลที่มีบูรณ์ครบถ้วน และอยู่บนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ โดยจะมีคณะผู้เชี่ยวชาญทางด้านสารพิษตกค้างเป็นผู้ประเมินข้อมูลทั้งทางด้านสารพิษตกค้างในอาหาร ผลผลิตเกษตรและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนด้านคุณสมบัติและพิษวิทยาของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช (ฝ่ายข้อมูลเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, 2555)

สารป้องกันกำจัดวัชพืชที่ตรวจพบในผลไม้ส่งออกจากประเทศไทย พบว่า สารป้องกันกำจัดวัชพืชที่ห้ามใช้ในประเทศหรือห้ามใช้ในพืชบางชนิดยังไม่มีกำหนดค่า MRLs สำหรับการตรวจหาสารเคมีกำจัดวัชพืชตกค้างให้ครอบคลุมพืชผักผลไม้หลากหลายชนิดในตลาดภายในประเทศ อีกทั้งความอ่อนแอและระบบการควบคุมการขึ้นทะเบียน การควบคุมผู้จัดจำหน่ายและการขาดการให้ความรู้ และข้อมูลที่เพียงพอต่อเกษตรกร โดยการตกค้างและผลผลิตสับปะรดและการปนเปื้อนยังคงปรากฏอยู่อย่างต่อเนื่อง การพิจารณาเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านอาหาร (food safety) ในการผลิตสับปะรดนั้น เพื่อไม่ให้ผลผลิตของสับปะรดมีอันตรายต่อผู้บริโภคปะปนมาด้วย โดยผลตกค้างของสารป้องกันกำจัดวัชพืชในพืชมักจะปรากฏอยู่ใน 3 รูปแบบ คือ 1) ผลตกค้างอิสระที่สามารถสกัดได้โดยง่าย 2) ผลตกค้างอยู่ร่วมกันกับส่วนประกอบต่างๆ ของพืชซึ่งสามารถสกัดได้ และ 3) ผลตกค้างที่ไม่สามารถสกัดได้ กลายเป็นส่วนประกอบของพืช หรือ bounce residue สารตกค้างชนิดสุดท้ายนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและระยะเวลาหลังจากการใช้สารเพื่อเพิ่มคุณภาพของผลผลิตสับปะรด ซึ่งสิ่งที่ปนเปื้อนสามารถตรวจสอบได้จากการวิเคราะห์ โดยการใช้วิธี GC-MS และ LC-MS/MS

GC-MS เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับวิเคราะห์หาองค์ประกอบต่างๆ ที่มีอยู่ในสารตัวอย่างได้อย่างค่อนข้างแม่นยำ โดยอาศัยการเปรียบเทียบ fingerprint ของเลขมวล (mass number) ของสารตัวอย่างนั้นๆ กับข้อมูลมาตรฐานที่มีอยู่ และสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งแบบทั่วไปและแบบเฉพาะเจาะจง โดยที่ให้ sensitivity ที่สูง สามารถบ่งชี้ถึงชนิดขององค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างได้ นอกจากนี้ยังสามารถทำการวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงปริมาณ (quantitative analysis) และเชิงคุณภาพ (qualitative analysis) จึงนับว่า GC-MS เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูงที่นิยมนำมาใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์หาสารต่างๆ ในตัวอย่าง โดยหลักการของ GC-MS นั้น เริ่มจากการนำตัวอย่างฉีดเข้าเครื่อง GC สำหรับองค์ประกอบที่สำคัญของเครื่อง GC สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ Injector, Oven และ Detector โดยที่สารก็จะถูกแยกออกเป็นองค์ประกอบต่างๆ ในสารตัวอย่างโดยอาศัยหลักของความชอบที่แตกต่างกันขององค์ประกอบในตัวอย่างที่มีต่อเฟส 2 เฟส คือ Stationary phase และ Mobile phase เมื่อผ่านเข้าสู่ column ที่อยู่ใน oven จากนั้นองค์ประกอบใดที่ถูกแยกออกมาจาก column ก่อน ก็จะไปในส่วนของเครื่อง MS ซึ่งมีสถานะเป็นสุญญากาศก่อน แล้วเข้าไปเจอกับ ion source ซึ่งจะทำหน้าที่ไอออไนซ์โมเลกุลที่ผ่านเข้ามาให้กลายเป็นประจุ จากนั้นประจุเหล่านี้ก็จะเดินทางผ่านเครื่องคัดแยกแยกแยะขนาดของประจุ (mass analyzer) เพื่อดูว่าประจุเหล่านั้นประกอบไปด้วยขนาดมวลเท่าใดบ้าง ก่อนที่จะเดินทางเข้าสู่เครื่องตรวจวัด (detector) เพื่อทำการตรวจหาปริมาณของประจุ แล้วแปลผลออกมาเป็นปริมาณขององค์ประกอบแต่ละตัวที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง (ภาพที่ 9) (ดวงกมล, 2547)

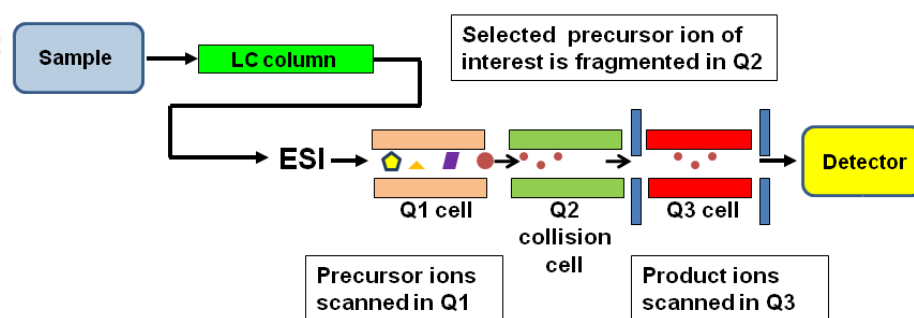


ภาพที่ 9 ขั้นตอนการทำงานของ GC-MS (Jana *et al.*, 2007)

จากการศึกษาการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันมะกอก โดยใช้วิธี GC-MS พบว่า การใช้ acetronitride เป็นตัวทำละลาย ทำให้ตรวจพบสาร Traizine ได้ 92.98 เปอร์เซ็นต์ สารoxyfluofen และสาร norfrurazone ได้ 98 เปอร์เซ็นต์ และสาร diuron ตรวจพบสารได้ 102เปอร์เซ็นต์ โดยที่ ตรวจพบสาร diuron ได้ในปริมาณมากที่สุด (Maria *et al.*, 2007) ส่วนการตรวจวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชกลุ่ม methoxyurea โดยตรวจพบสาร 3 ชนิด ได้แก่ monolinuron, linuron และ chlorbomuron ในมันฝรั่ง โดยตรวจพบสารได้ 84-95 เปอร์เซ็นต์ในแป้งมันฝรั่งและตรวจพบสารได้ 86-101 เปอร์เซ็นต์ ในมันฝรั่งสด (Escuderos *et al.*, 2003)สำหรับการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผักกะหล่ำปลีที่ยังไม่ได้ล้างน้ำ พบว่า สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช lambda-cyhalothrin, cypermethrin, fenvalerate และ deltamethrin มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.135, 0.468, 0.687 และ 0.104 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีผักกะหล่ำปลีส่วนน้อย (ไม่เกินร้อยละ 10) ที่พบสารพิษตกค้างเกินค่าเกณฑ์ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRLs) ในทำนองเดียวกันผลการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผักกาดขาวที่ยังไม่ได้ล้างน้ำพบ lambda-cyhalothrin, cypermethrin, fenvalerate และ deltamethrin มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.122, 0.535, 0.403 และ 0.268 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีผักกาดขาวส่วนน้อย (ไม่เกินร้อยละ 10) ที่พบสารพิษตกค้างเกินค่าเกณฑ์ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (วนิดา, 2556) จากการตรวจวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชตกค้างในกระเทียม พบสารทั้งหมด 16 ชนิด โดยตรวจพบสารที่ระดับ 69.0-105.4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ค่า LOQ อยู่ในปริมาณที่ 0.003-0.015 mg/kg (Zilei, 2007) สำหรับการตรวจการวิเคราะห์ตัวอย่างข้าวโพดที่ 30 วันหลังจากพ่นสาร พบสาร acetochlor อยู่ในช่วงปริมาณตกค้างต่ำสุดที่ 0.0029-0.0032 mg/kg และช่วงปริมาณตกค้างสูงสุดอยู่ที่ 0.0047-0.0073 mg/kg ตามลำดับ (Irina, 2012) สำหรับการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างผลผลิตพืชหัวและตัวอย่างผลผลิตถั่ว ทำให้ตรวจพบสาร atrazine และ 2,4-D ที่ปริมาณ 0.04 mg/kg และ 0.02 mg/kg ตามลำดับ โดยที่ตรวจพบสาร paraquat ในผลผลิตมันสำปะหลังที่สูงกว่าระดับปกติ (John, 2013) นอกจากนี้ การตรวจวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม Phenylurea จากส้ม และหน่อไม้ฝรั่ง โดยใช้ GC-MS โดยตรวจพบปริมาณสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม Phenylurea ได้ 5 ชนิด ได้แก่ chrobomuron, flumeturon, linuron, metrobronulon และ monolinuron โดยที่ตรวจพบสาร chrobomuron ได้ในปริมาณมากที่สุด (Pena *et al.*, 2002)

สำหรับหลักการของ LC-MS/MS เป็นเครื่องมือวิเคราะห์หาองค์ประกอบในของผสม โดยใช้หลักการแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟี ที่ใช้ของเหลวเป็นตัวพาสารตัวอย่างเข้าสู่คอลัมน์ จากนั้นสารที่ออกจากคอลัมน์ จะเข้าสู่แมสสเปกโตรมิเตอร์ ซึ่งเป็นตัวตรวจวัด โดยใช้หลักการทำให้สารแตกตัวเป็นไอออนในสถานะที่เป็นสุญญากาศ วัดค่ามวลต่อประจุ (m/z) แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้กับข้อมูลของสารมาตรฐาน โดยที่ MRM คือ Multiple Reaction Monitoring เป็นหลักการที่นำมาใช้ในระบบของ MS-MS โดยจะมี Collision Induced Dissociation Region คั่นกลางระหว่าง MS ทั้งสองตัว กรณี LC-MS/MS จะมีส่วนที่เป็น Analyzer 2 ตัว ที่แยกออกจากกัน ด้วย CID สารละลายที่ออกจากระบบของ HPLC ผ่านขั้นตอนการเกิดไอออน แล้วแต่การเลือกกว่าจะเป็น ESI และ APCI จากนั้นเข้าไปสู่ MS 1 ใช้เป็นส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์มวลที่มี sensitivity ดี ใช้ตรวจวัดวิเคราะห์ใน

เทคนิค MS ที่มี Mass Analyzer เพียงตัวเดียว Collision Induced Dissociation Region: CID ใช้เป็นส่วนที่ทำให้สารเกิดการแตกหัก (fragmentation) เป็นส่วนย่อยๆ โดยใช้แก๊สอาร์กอนเป็นตัวชน MS 2 จะมีส่วนของ collision cell เพิ่มขึ้นสามารถสลับไปมาระหว่าง MS กับ MS-MS ตัวอย่างเช่น Daughter Ion Spectrum ใช้ในการวิเคราะห์บอกโครงสร้างของพวกโปรตีน ใช้ในการเลือกไอออน เช่น ต้องการวิเคราะห์สารด้วยเทคนิค ESI positive mode สนใจ Mass ที่ m/z 609 ดังนั้นเลือก Daughter Ion ที่ m/z 609 หมายความว่า MS1 จะยอมให้ m/z 609 เท่านั้น ผ่านเข้ามา m/z 609 จะเข้าไปใน collision cell เกิดการแตกตัวเป็น fragment ion เข้าสู่ MS 2 ดังนั้น MS 2 จะทำหน้าที่แยกไอออนจาก m/z 100-650 Parent Ion Spectrum จะใช้ในการบ่งบอกโครงสร้างของสารตัวอย่างใช้เป็นการยืนยันผลของ Daughter Ion Scan (ภาพที่ 10) ตัวอย่างเช่น เลือก parent ion m/z 195 หมายความว่า MS1 จะทำหน้าที่แยกไอออนจาก m/z 50-650 MS 2 จะยอมให้ m/z 195 เท่านั้น ผ่านเข้ามา Multiple Reaction Monitoring (André and Nadia, 2010)



ภาพที่ 10 ขั้นตอนการทำงานของ LC-MS/MS (Grebe *et al.*, 2011)

จากการศึกษาของสารกลุ่ม Traizine และ Chloroacetanilides ในตัวอย่างดินที่ระดับความลึกดิน 0 - 30 เซนติเมตร พบว่า การใช้ acetone เป็นตัวทำละลาย ทำให้ตรวจพบสาร didemethyl-isoproturon ได้ 85 เปอร์เซ็นต์ (Thiery *et al.*, 2005) ส่วนการวิเคราะห์สารตกค้างในข้าวสาร พบว่า มีการตกค้างของสาร cyhalofop butyl และ kreoxim methyl ที่การใช้สาร acetone เป็นตัวทำละลายที่ 30 ug/kg (Lucia *et al.*, 2011) การตรวจวัดสารกำจัดแมลงที่ตกค้างในมังคุด โดยใช้วิธี LC-MS/MS ของสารกำจัดในกลุ่มคาร์บาเมต จำนวน 12 ชนิด และกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ที่มีสภาพขั้วสูง จำนวน 8 ชนิด โดยประเมินจากค่าร้อยละของการคืนกลับการทดสอบซ้ำ ชีตจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด พบว่า สารกลุ่มคาร์บาเมตมีค่าร้อยละของการคืนกลับในช่วง 66-116 และสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่มีความเป็นขั้วสูงมีค่าร้อยละการคืนกลับ 75-97 (วนิสา, 2552)

จากการศึกษาของรังสิต และคณะ (2552) ได้รายงานว่าการใช้สาร atrazine และ diuron ในอัตรา 400 และ 800 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ โดยฉีดพ่นก่อนวัชพืชงอก จากนั้น ตรวจวิเคราะห์สารตกค้าง โดยวิธี LC-MS/MS พบว่า ไม่มีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชทั้ง 2 ชนิดในน้ำอ้อยและน้ำเชื่อม รวมทั้งการใช้สารฉีดพ่นหลังวัชพืชงอกทั้ง 2 ชนิดนั้น ไม่มีผลตกค้างในดินที่ระดับความลึก 0-15, 16-30 และ 31-45 เซนติเมตร เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย รวมไปถึงการฉีดพ่นสารแบบหลังงอก พบว่า สาร ametryn อัตรา 4,000 และ 800 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และ 2,4-D อัตรา 200 และ 400 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ จากนั้น ตรวจวิเคราะห์สารตกค้าง โดยวิธี LC-MS/MS พบว่า ไม่มีผลตกค้างของสารกำจัดวัชพืชทั้ง 2 ชนิดในน้ำอ้อยและน้ำเชื่อม แสดงให้เห็นว่า สารถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดินหรือแสงแดด จึงอาจทำให้สารไม่มีผลตกค้างในต้นพืชดังนั้น เมื่อเก็บเกี่ยวอ้อย จึงตรวจไม่พบสาร

ในปัจจุบันนี้ ได้มีการนำเทคนิคหลายอย่างมาใช้สำหรับวิเคราะห์หาองค์ประกอบต่างๆ ที่มีอยู่ในสารที่เราสนใจ ซึ่ง GC-MS และ LC-MS/MS ก็เป็นเทคนิคหนึ่งที่เริ่มนิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้นในขณะนี้ เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถทำนายชนิดขององค์ประกอบที่มีอยู่ในสารได้อย่างค่อนข้างแม่นยำโดยอาศัยการเปรียบเทียบ fingerprint ของเลขมวล (mass number) ของสารตัวอย่างนั้นๆ กับข้อมูลที่มีอยู่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบสารตกค้างเหล่านี้ด้วยวิธีการตรวจสอบที่ให้ผลการตรวจสอบที่ถูกต้อง แม่นยำ และสามารถตรวจวิเคราะห์หาสารตกค้างได้ครั้งละหลายตัวอย่างในเวลาเดียวกัน เพื่อให้ผลวิเคราะห์มีคุณภาพดีน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้ในการตรวจวิเคราะห์เพื่อควบคุมคุณภาพผลผลิตให้เป็นไปตามกฎหมายรวมทั้งสามารถใช้ตรวจหาปริมาณเพื่อทราบสถานการณ์การตกค้างและประเมินความเสี่ยงการได้รับสัมผัสสารได้ต่อไป

เนื่องจากผู้บริโภคมีความกังวลเกี่ยวกับผลตกค้างของการใช้สารเคมีในผลิตภัณฑ์ของ สับปะรด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออก ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงได้ พิจารณาเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านอาหาร สำหรับการควบคุมคุณภาพของผลผลิตและความปลอดภัยจากการปนเปื้อนของสารกำจัดวัชพืชในสับปะรด จะทำพิจารณาโดยใช้ GC-MS และ LC-MS/MS พิจารณาจากค่า MRLs ซึ่งเป็นแนวทางในการป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการตกค้าง ในผลผลิตส่งผลทำให้ประเทศไทยสามารถทำการส่งออกสับปะรดได้มากยิ่งขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่า ในทางเศรษฐกิจ จากภาคเกษตรที่จะนำรายได้เข้าประเทศไทยต่อไป ซึ่งจะสอดคล้องกับกฎระเบียบ และมาตรฐานสินค้าตามที่ประเทศคู่ค้าต้องการ เพื่อส่วนแบ่งทางการตลาดโลกให้มากขึ้น รวมทั้ง หาทางขยายไปสู่ตลาดใหม่ๆ ได้อีกต่อไป

ปัญหาเกี่ยวกับเรื่องวัชพืชนั้น หากไม่สามารถควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาจส่งผลทำให้ผลผลิตเสียหาย และมีการตกค้างของสารในผลผลิตสับปะรดและสิ่งแวดล้อมตามมา ดังนั้น จาก การประเมินประสิทธิภาพของสารที่ใช้แบบหลังออกในการควบคุมวัชพืช ตลอดจนทำการตรวจ วิเคราะห์หาสารที่อาจจะมีการตกค้างในผลผลิตสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย โดยการใช้วิธี GC-MS และ LC-MS/MS โดยเชื่อว่า จะได้สารกำจัดวัชพืชที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมวัชพืช ไม่เป็นพิษต่อ พืชปลูก ไม่มีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์และการให้ผลผลิต ตลอดจนไม่มีการตกค้างของสารใน สับปะรด ซึ่งจะช่วยป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการตกค้างของสารป้องกันกำจัดวัชพืชในการผลิต สับปะรด นอกจากนี้ ยังเป็นการพัฒนารูปแบบที่เหมาะสมของการจัดการวัชพืชในการผลิตสับปะรด ได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพในเชิงการค้าต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. สับปะรด พันธุ์ปัตตาเวีย (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ลักษณะประจำพันธุ์ของสับปะรด พันธุ์ปัตตาเวีย (จิราพรรณ, 2548)

ส่วนประกอบของต้น	ลักษณะประจำพันธุ์
ลำต้น	มีทรงพุ่มใหญ่ มีความสูงตั้งแต่ 93-102 เซนติเมตร
ใบ	มีสีเขียวเข้ม เป็นร่องตรงกลาง ขอบใบเรียบไม่มีหนามหรือมีเพียงเล็กน้อย บริเวณปลายใบ ผิวใบด้านบนเป็นเงา เมื่อเติบโตเต็มที่มีประมาณ 80 ใบ ใบที่ยาวที่สุด มีความยาว 80-100 เซนติเมตร และกว้าง 4-5 เซนติเมตร
ดอก	ช่อดอกมีดอกย่อยประมาณ 150 ดอก แต่เปลี่ยนแปลงไปได้มากตามสภาพ ความสมบูรณ์ของต้นและสิ่งแวดล้อม กลีบดอกมีสีม่วงอมน้ำเงิน
ผล	มีผลขนาดกลางไปถึงใหญ่ น้ำหนักประมาณ 1-2.5 กิโลกรัม รูปทรงของผล เป็นทรงกระบอก ปลายผลมีจุกขนาดเล็กเพียงจุกเดียว มีตาต้นไม่เป็นร่อง เปลือกผลเมื่อดิบมีสีเขียวคล้ำ เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มบริเวณ ส่วนล่างของผลประมาณครึ่งผล เนื้อแน่นละเอียด มีเยื่อใยปานกลาง ฉ่ำน้ำ รสชาติหวาน กลิ่นหอม แกนผลค่อนข้างใหญ่

2. สารป้องกันกำจัดวัชพืชที่ใช้ในการทดลอง (ตารางที่ 2)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทำแปลงทดลอง

- 3.1 ตลับเมตร
- 3.2 ไม้ปักแปลง
- 3.3 ไม้วัดความสูง
- 3.4 กระบอกตวง
- 3.5 หลอดฉีดยา
- 3.6 เครื่องชั่งแบบละเอียด
- 3.7 ถังผสมสารป้องกันกำจัดวัชพืช
- 3.8 ถังฉีดพ่นสารขนาดบรรจุ 20 ลิตร
- 3.9 หัวฉีด รูปพัดรีมเสมอ (flat fan)
- 3.10 quadrat ขนาด 1 x 1 เมตร
- 3.11 หน้ากากป้องกันสาร
- 3.12 รองเท้าบูท
- 3.13 ถุงมือ

4. ชุดอุปกรณ์ประกอบการตรวจวิเคราะห์สารตกค้าง

- 4.1 GC-MS
- 4.2 LC-MS/MS
- 4.3 vacuum pump (SA55JXHIP-4698 CAT. G230CX, Switzerland)
- 4.4 homogenizer (UltraTurrex, Switzerland)
- 4.5 rotary evaporator (V501, Switzerland)
- 4.6 Ultra Sonic (SM575D, USA)
- 4.7 Blender (Pyrex, USA),
- 4.8 filtering flask (Pyrex, USA)
- 4.9 volumetric flask (Pyrex, USA)
- 4.10 flat bottom round flask (Pyrex, USA)
- 4.11 beaker (Pyrex, USA)
- 4.12 cylinder (Pyrex, USA)

วิธีการ

การทดลองที่ 1 การประเมินประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังออกในสับปะรด

การศึกษาดำเนินในสภาพแปลงปลูกพืชทดลองของ บริษัท ดาวโอโกร ประเทศไทย จำกัด ในเขตพื้นที่ตำบลวังกกอง อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในระหว่างเดือนกันยายน 2554 ถึง พฤศจิกายน 2555 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) มีจำนวน 7 กรรมวิธี ทำ 4 ซ้ำ เตรียมแปลงปลูกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (ตารางที่ 1) ตัดต้น และปักตอ สับปะรดเก่าทิ้งไว้ 1 เดือน ไถดิน 1 ครั้ง ตากดิน 10 วัน พรุน 1 ครั้ง ยกแปลงสูง 0.15 เมตร ทำแนวปลูกเป็นแถวคู่ ระยะปลูก 0.25 x 0.50 x 1.00 เมตร การปรับปรุงดินทำโดยใส่ปุ๋ยรองพื้น ด้วยปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยคอก จำนวน 1 ตันผสมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตสูตร 0-3-0 ในอัตรา 50-100 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยครั้งแรก ใส่เมื่อสับปะรดอายุได้ 3 เดือน หรือใส่หลังฝนแรกหลังปลูกด้วยสูตร 21-0-0 โดยแบ่งใส่ 2-3 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 2-3 เดือน การให้ปุ๋ยทางใบให้ปุ๋ยรองพื้นสูตร 16-20-0 และให้ปุ๋ยบริเวณกาบใบล่างของต้น ด้วยปุ๋ยเคมีสูตรส่วน 2 : 1 : 3 หรือ 3 : 1 : 4 เช่น สูตร 12-6-15 หรือ 12-4-18 หรือ 13-13-21 ให้ 2 ครั้งๆ ละ 10-15 กรัมต่อต้น ครั้งแรกหลังปลูก 1-3 เดือน ครั้งต่อมาห่างกัน 2-3 เดือน หากไม่ได้ให้ปุ๋ยรองพื้นจะให้ปุ๋ยทางกาบใบล่างของต้นก็ได้แต่เพิ่มจำนวนเป็น 3 ครั้ง เมื่อสับปะรดมีใบสีเขียวชัดเจน เนื่องจากได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอ ให้พ่นปุ๋ยทางใบเสริมด้วยปุ๋ยเคมีสูตร 23-0-30 ผสมน้ำเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ อัตรา 75 มิลลิลิตรต่อต้น จำนวน 3 ครั้ง คือระยะก่อนบังคับดอก 30 วัน 5 วัน และหลังบังคับดอก 20 วัน และการให้น้ำไม่จำเป็นต้องให้น้ำ ถ้ามีปริมาณน้ำฝนสม่ำเสมอตลอดฤดูฝน ในฤดูแล้งหรือฝนทิ้งช่วง ควรให้น้ำต้นสับปะรดที่กำลังเจริญเติบโต สัปดาห์ละ 1-2 ลิตรต่อต้น หลังใส่ปุ๋ยครั้งสุดท้าย ถ้าไม่มีฝนต้องให้น้ำเพื่อให้ต้นสับปะรดใช้ปุ๋ยให้หมด ควรให้น้ำก่อนและหลังการออกดอกหยุดให้น้ำก่อนเก็บเกี่ยว 15-30 วัน หลังจากทำการปลูกสับปะรดเสร็จ ฉีดพ่นสารก่อนวัชพืชงอก ได้แก่ bromacil อัตรา 240 ผสมกับ diuron 400 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการพ่นสาร 80 ลิตรต่อไร่ ด้วยเครื่องมือพ่นสารแบบสพายหลังขนาดบรรจุ 20 ลิตร ใช้หัวฉีดรูปพัดรีมเสมอ (flat fan) เมื่อสับปะรดมีอายุได้ 3 เดือนหลังจากปลูก พ่นสารที่ใช้แบบหลังวัชพืชงอกชนิดต่างๆ (ตารางที่ 2) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้ควบคุมวัชพืช (Weedy control) และกำจัดวัชพืชด้วยมือ (ที่ 30 วัน และ 60 วันหลังจากปลูก)

ตารางที่ 2 ชนิดและอัตราของการใช้สารป้องกันกำจัดวัชพืช ในการทดลองที่ 1

Herbicides	Dosage (g a.i./ ha ¹)	Site of action	MRLs ² (mg/ kg)
1. Weedy control	–	–	–
2. Hand weeding (30 and 60 DAP ³)	–	–	–
3. penoxulam 2.5% OD	12.5	Amino acid synthesis inhibitors	0.05
+ haloxyfop-R-methyl 10.8% EC	+ 84.4	Lipid synthesis inhibitors	+ 0.05
4. penoxsulam 2.5% OD	18.75	Lipid synthesis inhibitors	0.05
+ fluazifop-P-butyl 15% EC	+ 150	Lipid synthesis inhibitors	+ 0.05
5. (penoxsulam	60	Amino acid synthesis inhibitors	0.05
+ cyhalofop-butyl) 6% OD	+ 84.4	Lipid synthesis inhibitors	+ 0.05
+ haloxyfop-R-methyl 10.8% EC		Lipid synthesis inhibitors	
6. ametryn 80% WG	2,500	Photosynthesis inhibitors	0.05
+ haloxyfop-R-methyl 10.8% EC	+ 84.4	Lipid synthesis inhibitors	+ 0.05
7. diuron 80% WP	5,000	Photosynthesis inhibitors	0.8
+ bromazil 80% WP	+ 2,500	Photosynthesis inhibitors	+ 0.07

¹พื้นที่ 1 เฮกตาร์ = 6.25 ไร่

²MRLs = Maximum Residue Limits (The Japan Food Chemical Research Founda, 2007)

³DAP = Days after planting

a.i. = active ingredient; EC = emulsifiable concentrate; OD = oil dispersion;

WG = wettable granules; WP = wettable powder

การบันทึกผล

1. จำนวนชนิดและปริมาณของวัชพืชในแปลงทดลองหลังจากพ่นสารที่ 15, 30, 45 และ 60 วัน จากการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ quadrat ขนาด 1×1 เมตร จำนวน 2 จุดต่อแปลงย่อย

2. การประเมินประสิทธิภาพของการใช้สารกำจัดวัชพืชในการควบคุมวัชพืช โดยการประเมินด้วยสายตา ให้คะแนนระดับ 1-9 โดยที่ 1 = วัชพืชตายหมด; 2-3 = ควบคุมได้ดี; 4-6 = ควบคุมได้ปานกลาง; 7-8 = ควบคุมได้น้อยมาก; และ 9 = ควบคุมไม่ได้ (Burrill *et al.*, 1976)

3. การประเมินระดับความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อสับปะรด ที่ 15, 30, 45 และ 60 วันหลังจากพ่นสาร ให้คะแนนระดับ 1-9 โดยที่ 1 = ไม่มีผลต่อพืชปลูก; 2-3 = แสดงอาการเป็นพิษเล็กน้อย; 4-6 = แสดงอาการเป็นพิษปานกลาง; 7-8 = แสดงอาการเป็นพิษรุนแรง; และ 9 = พืชปลูกตาย (Burrill *et al.*, 1976)

4. ความสูงต้นสับปะรด (จากโคนต้นถึงปลายยอด) โดยสุ่มจำนวน 10 ต้นของแต่ละแปลงย่อยที่ 30 60 และ 90 วันหลังจากพ่นสาร

5. น้ำหนักของผลผลิตสับปะรด ที่ 7 วันก่อนเก็บเกี่ยว

6. ต้นทุนในการใช้สารกำจัดวัชพืช (บาทต่อไร่) แต่ละชนิดสำหรับการควบคุมวัชพืชในสับปะรด

จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ RCBD เมื่อพบว่า ความแตกต่างกันทางสถิติจึงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป R version 3.1.1

การทดลองที่ 2 การวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชตกค้างในสับปะรดโดยใช้ GC-MS และ LC-MS/MS

การศึกษาในสภาพห้องปฏิบัติการทดลองของบริษัทโอมีคประเทศไทย จำกัด เขตคันนายาว จังหวัดกรุงเทพมหานคร ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงมกราคม 2556 โดยทำการสุ่มตัวอย่างสับปะรดที่ 7 วันก่อนการเก็บเกี่ยว (อายุ 14 เดือนหลังจากปลูก หรือที่ 11 เดือนหลังจากพ่นสาร) มาทำการวิเคราะห์ตรวจหาสารกำจัดวัชพืชที่อาจจะมีการตกค้างในผลผลิตของสับปะรด โดยการใช้ GC-MS (ตารางที่ 3) และ LC-MS/MS (ตารางที่ 4)

การเตรียมตัวอย่างพืชสำหรับวิเคราะห์ตรวจหาสารตกค้างโดยใช้ GC-MS: ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1. สุ่มเก็บตัวอย่างสับปะรดจากแปลงทดลองที่พ่นสารจากในแต่ละกรรมวิธี ตัวอย่างละ 300 กรัม ปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด ตักใส่ถุงที่เตรียมไว้ตัวอย่างละ 20 กรัม ใส่ flask ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำ sodium chloride 7 กรัม 1 M phosphate buffer ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และ acetonitrile ปริมาตร 60 มิลลิลิตร ผสมกัน นำตัวอย่างใน flask ไปปั่นให้ละเอียดอีกครั้ง ด้วยเครื่อง homogenizer ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที
2. กรองผ่านชุดกรอง buchner ที่ต่อเข้ากับ filtering flask ขนาด 500 มิลลิลิตร และ vacuum pump
3. ละลาย celite 15 กรัม กับ acetonitrile ปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วกรองผ่านชุดกรอง buchner เทสารละลายที่กรองได้ลงใน separatory funnel ขนาด 2,000 มิลลิลิตร แล้วปิดฝา separatory funnel
4. นำเข้าเครื่อง shaker ประมาณ 10 นาที วางทิ้งไว้ประมาณ 15-20 นาที เพื่อให้สารละลายแยกชั้น ระหว่างนี้เปิดฝา separatory funnel ด้านบนทิ้งไว้ เปิดวาล์วด้านล่าง เพื่อไขเอาชั้นน้ำ และ sodium chloride ที่อยู่ด้านล่างออกจนถึงชั้น emulsion เติมน้ำ dichloromethane ปริมาตร 40 มิลลิลิตร แล้วไขน้ำออก
5. นำตัวอย่างใส่ flat bottom round flask เติมน้ำ 0.1 diethelenglycol ใน acetone แล้วนำ flat bottom round flask ไประเหยด้วย rotary evaporator จนแห้ง หรือถ้าเกือบจะแห้ง ใช้ nitrogen gas เป่าให้แห้ง ใช้ methanol in acetone 20 เปอร์เซ็นต์ ล้างสารละลายที่แห้งติดบริเวณผิวด้านใน flat bottom round flask หรือเขย่าในเครื่อง ultrasonic เก็บตัวอย่าง และปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร

6. คูดสารละลายมา 2 มิลลิลิตร แล้วเติม 0.1 diethelene glycol ปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำไประเหยด้วย rotary evaporator ให้แห้ง ล้างสารละลายที่แห้งติดบริเวณผิวด้านใน flat bottom round flask อีกครั้ง ด้วย acetone

7. คูดใส่หลอดตัวอย่างขนาดเล็กที่ใช้สำหรับเครื่อง GC-MS

การวิเคราะห์สารตกค้าง: นำสารละลายในหลอดตัวอย่างขนาดเล็กจากการเตรียมตัวอย่างมา ทำการตรวจวิเคราะห์หาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในสับปะรด โดยใช้ GC-MS ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะถูกบันทึกลงเครื่องคอมพิวเตอร์และพิมพ์เป็นเอกสารรายงานในลักษณะของกราฟและนำกราฟที่ได้ เปรียบเทียบกับค่าที่บันทึกไว้ใน reference library ซึ่งจะทำให้ทราบถึงชนิดและปริมาณของสารกำจัดวัชพืชต่างๆ ที่ทำการวิเคราะห์ได้ โดยมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

ตารางที่ 3 Condition of GC-MS

GC-MS	Condition
GC:	6890, Agilent Technologies
MS:	5975, Agilent Technologies
Column:	DB5-MS, 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 micron, equivalent, equivalent, J&W, Agilent Technologies
MSD transfer line:	280 °C
Flow rate:	1.0 mL/min
Injection volume:	5.0 µL
Run time:	27.80 min
MSD mode:	SIM
GCMS software:	Chemstation, Agilent

การเตรียมตัวอย่างพืชสำหรับตรวจวิเคราะห์โดยใช้ LC-MS/MS: ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1. นำตัวอย่างพืชที่สุ่มเก็บจากแปลงทดลองที่ปนสารจากในแต่ละกรรมวิธี มาน้ำหนักประมาณ 300 กรัม ล้างขูดแก้วด้วย acetone จำนวน 2 ครั้ง

2. แบ่งสารที่เป็นประเภทเดียวกันไว้ในเครื่อง polypulylen centrifuge tuber โดยแบ่งตัวอย่างไว้ประมาณ 10 ± 0.05 กรัม เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน โดยการผสมจะต้องรักษาให้ความเข้มข้นอยู่ที่ 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระดับ working standard

3. เติม acetonitrile 20 มิลลิลิตร ปิดหลอดและเขย่าด้วยมือเป็นเวลา 1 นาที ตามด้วยการเติม anhydrous MgSO_4 จำนวน 4 ± 0.2 กรัม sodium acetate จำนวน 1.00 ± 0.5 กรัม เติม trisodium citrate dehydrate จำนวน 1.00 ± 0.5 กรัม และเติม disodium hydrogen citrate sesquihydrate จำนวน 0.50 ± 0.03 กรัม และวนหลอดเป็นเวลา 1 นาที เข้าหลอด centrifuge 3,400 รอบ เป็นเวลา 5 นาที

4. ทำการกรองด้วย CAN layer ภายในหลอด 2 มิลลิลิตร ให้ได้จำนวน 1 มิลลิลิตร microcentrifuge ที่ความจุ 0.025 ± 0.01 กรัม และ PSA 0.15 ± 0.01 กรัม ทำการ centrifuge 3,400 รอบ เป็นเวลา 5 นาที

5. ทำการกรองทะลุผ่าน ภายในท่อ LC 0.2 μm ด้วยตัวกรอง nylon

การวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชตกค้าง: นำสารละลายในหลอดตัวอย่างขนาดเล็กจากการเตรียมตัวอย่างมาทำการตรวจวิเคราะห์หาสารตกค้างในสัปดาห์แรก โดยการใช้ LC-MS/MS ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะถูกบันทึกลงเครื่องคอมพิวเตอร์และพิมพ์เป็นเอกสารรายงานการตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืชในลักษณะของกราฟและนำกราฟที่ได้ เปรียบเทียบกับค่าที่บันทึกไว้ใน reference library ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงชนิดและปริมาณของสารกำจัดวัชพืชต่างๆ ที่ทำการวิเคราะห์ได้โดยมีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

ตารางที่ 4 Condition of LC-MS/MS

LC-MS/ MS	Condition
Column:	UPLC BEH Shield RP18 2.1 mm x 100 x 1.7 μm , Waters
Flow rate:	0.25 mL / min
Column temp:	40 °C
Run time:	12.0 mins
Injection volume:	5 μL
Ionization mode:	ESI in positive mode/ negative mode
Extractor:	3 V
RF lens:	0 V
Source temperature:	150 °C
Desolvation temperature:	500 °C
Cone gas flow:	30 L/hr
Desolvation gas flow:	800 L/hr
Collision gas pressure:	3.26×10^{-3}
Retention times, ions and MRM groups:	in Appendix 1
Software:	Masslynx 4.1

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การประเมินประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังออกในสับปะรด

การศึกษาประสิทธิภาพของสารที่ใช้ฉีดพ่นหลังวัชพืชงอกในการควบคุมวัชพืชในแปลงสับปะรดโดยทำการประเมินประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชในการควบคุมวัชพืช การประเมินระดับความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อสับปะรด ความสูงต้นสับปะรด ผลผลิตของสับปะรด และต้นทุนค่าใช้จ่ายในการใช้สารกำจัดวัชพืช ซึ่งผลการทดลองมีดังนี้

1.1 การประเมินประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชในการควบคุมวัชพืช

การประเมินประสิทธิภาพของสารที่ใช้ฉีดพ่นหลังวัชพืชงอกในการควบคุมวัชพืช ทำการสุ่มนับจำนวนวัชพืชจากพื้นที่ 1 ตารางเมตร ที่ 15 30 45 และ 60 วันหลังจากพ่นสาร เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนและชนิดวัชพืชจากพื้นที่ 1 ตารางเมตร (ตารางผนวกที่ 3-6) พบว่า การใช้สารกำจัดวัชพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์ แสดงให้เห็นว่า จำนวนของวัชพืชวงศ์หญ้า ใบกว้าง และกก ในสิ่งทดลองที่ฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชมีความแตกต่างจากสิ่งทดลองที่ไม่ได้ฉีดพ่นสาร โดยมีจำนวนประชากรของวัชพืชวงศ์หญ้าและใบกว้างที่ขึ้นในแปลงทดลองมากกว่ากรรมวิธีที่มีการใช้สารกำจัดวัชพืชในการควบคุมวัชพืชสำหรับการผลิตสับปะรด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้ควบคุมวัชพืช (Weedy control) และกำจัดวัชพืชด้วยมือ (ที่ 30 วัน และ 60 วันหลังจากปลูก)

เมื่อพิจารณาจากจำนวนประชากรวัชพืชของกรรมวิธีที่มีการใช้สารกำจัดวัชพืช ที่ 15 วันหลังจากพ่นสาร พบว่า จำนวนประชากรของวัชพืชวงศ์หญ้าและใบกว้างน้อยกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใช้สารกำจัดวัชพืช (ตารางที่ 5) เมื่อพิจารณาที่ 30 45 และ 60 วันหลังจากพ่นสาร จำนวนประชากรของวัชพืชวงศ์หญ้าและใบกว้าง มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น (ตารางที่ 6-8) กล่าวคือ ในแปลงสับปะรดที่ได้รับสารกำจัดวัชพืชจะมีจำนวนวัชพืชทุกชนิดน้อยกว่าในแปลงสับปะรดที่ไม่ได้รับสารกำจัดวัชพืช โดยที่ 45 และ 60 วันหลังจากพ่นสาร พบว่า การใช้สาร ametryn + haloxyfop-R-methyl และ diuron + bromacil มีจำนวนประชากรของวัชพืชวงศ์หญ้าและใบกว้างที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับระยะที่ 15 และ 30 วันหลังจากพ่นสาร เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ควบคุมวัชพืช สามารถควบคุมวัชพืช เช่น หญ้ากีนี่ (*Panicum maximum* J.) หญ้าตีนติด (*Brachiaria reptans* L.) หญ้าสามม่วง (*Praxelis clematidea* R.M. King) และผักโขม (*Amaranthus viridis* L.) เป็นต้น

จากการประเมินประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังออกในการควบคุมวัชพืช แสดงถึงความพอใจในภาพรวมของการควบคุมวัชพืช เมื่อพิจารณาระดับในการควบคุมวัชพืช หลังจากที่ใช้แบบหลังออกต่างชนิด ที่ 15 30 45 และ 60 วันหลังจากพ่นสาร โดยทำการประเมินด้วยสายตา

ให้คะแนนระดับ 1-9 (โดยที่ 1 = วัชพืชตายหมด และ 9 = ควบคุมไม่ได้เลย) พบว่า ในแปลงชุดควบคุมกรรมวิธีที่ไม่มีการใช้สารกำจัดวัชพืช (control) ซึ่งเป็นระดับที่ไม่สามารถควบคุมวัชพืชได้ (หรือควบคุมวัชพืชได้ 0 เปอร์เซ็นต์) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สารกำจัดวัชพืชทุกชนิดสามารถควบคุมวัชพืชอยู่ในเกณฑ์ที่ดี (ระดับ 2-4) กล่าวคือ มีระดับความสามารถในการควบคุมวัชพืชได้มากถึง 70-90 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 9) ของพื้นที่ โดยการใช้สาร penoxsulam อัตรา 18.75 + fluazifop-P-butyl อัตรา 150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชให้ผลเป็นที่น่าพอใจมากที่สุด เช่นเดียวกับ Anucha *et al.* (1999) ได้รายงานว่าการใช้สาร quinclorac อัตรา 93.75 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ สาร bromacil อัตรา 3,600 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ และสาร dicamba อัตรา 480 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมสะอึกดอกขาวเล็กในสับปะรดได้ดีที่สุด ตามลำดับ

ตารางที่ 5 จำนวนประชากรของวัชพืชใบกว้างและวงศ์หญ้า ที่ 15 วันหลังจากพ่นสาร

สารกำจัดวัชพืช	อัตรา (g a.i./ ha ¹)	ชนิดวัชพืช (จำนวนต้น/ตารางเมตร)		
		วงศ์หญ้า ²	ใบกว้าง ³	รวม
1. Weedy control	–	8.50 a ⁴	15.75 a	11.25 a
2. Hand weeding (30, 60 DAP ⁵)	–	7.50 ab	4.50 bc	7.50 ab
3. penoxsulam + haloxyfop-R-methyl	12.5 + 84.4	3.25 cd	3.00 cd	3.25 bc
4. penoxsulam + fluazifop-P-butyl	18.75 + 150	2.75 cd	0.75 de	2.75 c
5. (penoxsulam + cyhalofop-butyl) + haloxyfop-R-methyl	60 + 84.4	4.25 bc	5.75 b	4.25 bc
6. ametryn + haloxyfop-R-methyl	2,500 + 84.4	0.00 d	0.00 e	0.00 c
7. diuron + bromacil	5,000 + 2,500	0.00 d	0.00 e	0.00 c
F-test		**	**	**
C.V. (%)		58.82	38.19	77.05

¹พื้นที่ 1 เฮกตาร์ = 6.25 ไร่

²วัชพืชวงศ์หญ้า: *Panicum maximum* (J.), *Brachiaria reptans* (L.), *Dactyloctenium aegyptium* (L.)

³วัชพืชใบกว้าง: *Praxelis clematidea* R.M. King., *Amaranthus viridis* (L.)

⁴ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

⁵DAP = Days after planting

ตารางที่ 6 จำนวนประชากรของวัชพืชใบกว้างและวงศ์หญ้า ที่ 30 วันหลังจากพ่นสาร

สารกำจัดวัชพืช	อัตรา (g a.i./ ha ¹)	ชนิดวัชพืช (จำนวนต้น/ตารางเมตร)		
		วงศ์หญ้า ²	ใบกว้าง ³	รวม
1. Weedy control	–	12.00 a ⁴	14.50 a	17.50 a
2. Hand weeding (30, 60 DAP ⁵)	–	0.00 c	5.00 b	5.00 b
3. penoxsulam + haloxyfop-R-methyl	12.5 + 84.4	4.00 b	3.00 bc	3.00 c
4. penoxsulam + fluazifop-P-butyl	18.75 + 150	3.25 b	1.00 c	1.00 d
5. (penoxsulam + cyhalofop-butyl) + haloxyfop-R-methyl	60 + 84.4	5.25 b	5.75 b	5.75 b
6. ametryn + haloxyfop-R-methyl	2,500 + 84.4	0.00 c	0.00 c	0.00 d
7. diuron + bromacil	5,000 + 2,500	0.00 c	0.00 c	0.00 d
F-test		**	**	**
C.V. (%)		47.04	57.19	24.57

¹พื้นที่ 1 เฮกตาร์ = 6.25 ไร่

²วัชพืชวงศ์หญ้า: *Panicum maximum* (J.), *Brachiaria reptans* (L.), *Dactyloctenium aegyptium* (L.)

³วัชพืชใบกว้าง: *Praxelis clematidea* R.M. King., *Amaranthus viridis* (L.)

⁴ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

⁵DAP = Days after planting

ตารางที่ 7 จำนวนประชากรของวัชพืชใบกว้างและวงศ์หญ้า ที่ 45 วันหลังจากพ่นสาร

สารกำจัดวัชพืช	อัตรา (g a.i./ ha ¹)	ชนิดวัชพืช (จำนวนต้น/ตารางเมตร)		
		วงศ์หญ้า ²	ใบกว้าง ³	รวม
1. Weedy control	—	14.00 a ⁴	17.75 a	31.75 a
2. Hand weeding (30, 60 DAP ⁵)	—	4.75 b	7.00 b	11.75 b
3. penoxsulam + haloxyfop-R-methyl	12.5 + 84.4	4.75 b	4.00 b	8.75 b
4. penoxsulam + fluazifop-P-butyl	18.75 + 150	5.25 b	4.75 b	10.00 b
5. (penoxsulam + cyhalofop-butyl) + haloxyfop-R-methyl	60 + 84.4	5.50 b	6.75 b	12.25 b
6. ametryn + haloxyfop-R-methyl	2,500 + 84.4	3.00 b	5.25 b	8.25 b
7. diuron + bromacil	5,000 + 2,500	3.75 b	4.75 b	8.50 b
F-test		**	**	**
C.V. (%)		40.81	43.73	35.95

¹พื้นที่ 1 เฮกตาร์ = 6.25 ไร่

²วัชพืชวงศ์หญ้า: *Panicum maximum* (J.), *Brachiaria reptans* (L.), *Dactyloctenium aegyptium* (L.)

³วัชพืชใบกว้าง: *Praxelis clematidea* R.M. King., *Amaranthus viridis* (L.)

⁴ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

⁵DAP = Days after planting

ตารางที่ 8 จำนวนประชากรของวัชพืชใบกว้างและวงศ์หญ้า ที่ 60 วันหลังจากพ่นสาร

สารกำจัดวัชพืช	อัตรา (g a.i./ ha ¹)	ชนิดวัชพืช (จำนวนต้น/ตารางเมตร)		
		วงศ์หญ้า ²	ใบกว้าง ³	รวม
1. Weedy control	–	12.25 a ⁴	19.50 a	31.75 a
2. Hand weeding (30, 60 DAP ⁵)	–	3.00 b	2.25 b	5.25 c
3. penoxsulam + haloxyfop-R-methyl	12.5 + 84.4	6.25 b	4.75 b	11.00 b
4. penoxsulam + fluazifop-P-butyl	18.75 + 150	5.75 b	4.50 b	10.25 b
5. (penoxsulam + cyhalofop-butyl) + haloxyfop-R-methyl	60 + 84.4	6.25 b	7.00 b	13.25 b
6. ametryn + haloxyfop-R-methyl	2,500 + 84.4	7.25 ab	5.75 b	13.00 b
7. diuron + bromacil	5,000 + 2,500	6.50 b	7.00 b	13.50 b
F-test		**	**	**
C.V. (%)		50.51	30.17	23.28

¹พื้นที่ 1 เฮกตาร์ = 6.25 ไร่

²วัชพืชวงศ์หญ้า: *Panicum maximum* (J.), *Brachiaria reptans* (L.), *Dactyloctenium aegyptium* (L.)

³วัชพืชใบกว้าง: *Praxelis clematidea* R.M. King., *Amaranthus viridis* (L.)

⁴ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

⁵DAP = Days after planting

ตารางที่ 9 ระดับในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังออกต่างชนิด ที่ 15 30 45 และ 60 วันหลังจากพ่นสาร

สารกำจัดวัชพืช	อัตรา (g a.i./ ha ²)	ระดับการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืช ¹			
		15 DAA ³	30 DAA	45 DAA	60 DAA
1. Weedy control	–	9	9	9	9
2. Hand weeding (30, 60 DAP ⁵)	–	9	2	9	2
3. penoxsulam + haloxyfop-R-methyl	12.5 + 84.4	2	2	4	6
4. penoxsulam + fluazifop-P-butyl	18.75 + 150	2	2	4	6
5. (penoxsulam + cyhalofop-butyl) + haloxyfop-R-methyl	60 + 84.4	3	4	6	7
6. ametryn + haloxyfop-R-methyl	2,500 + 84.4	2	2	4	6
7. diuron + bromacil	5,000 + 2,500	2	2	3	5

¹ระดับในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืช โดยที่ 1 = วัชพืชตายหมด และ 9 = ควบคุมไม่ได้เลย

²พื้นที่ 1 เฮกตาร์ = 6.25 ไร่

³DAA = Days after application

⁴DAP = Days after planting

1.2 การประเมินระดับความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อสับปะรด

จากการประเมินระดับความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อสับปะรด ที่ 15 30 45 และ 60 วันหลังจากพ่นสาร ให้คะแนนระดับความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อพืชปลูก โดยที่ 1 = ไม่มีผลต่อพืชปลูก และ 9 = พืชปลูกตายอย่างสมบูรณ์ พบว่า การใช้สาร ametryn + haloxyfop-R-methyl และ diuron + bromacil พืชปลูกจะแสดงอาการได้รับพิษ และมีผลต่อผลผลิตของพืชปลูกที่ระดับ 2-6 ซึ่งแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของสารกำจัดวัชพืชและระยะเวลาหลังจากได้รับสาร สำหรับการใส่สาร penoxsulam + fluazifop-P-butyl, penoxsulam + haloxyfop-R-methyl, (penoxsulam + cyhalofop-butyl) + haloxyfop-R-methyl พืชปลูกไม่แสดงอาการได้รับพิษ คะแนนอยู่ที่ระดับ 1 การใช้สารกำจัดวัชพืชชนิดต่างๆ ไม่มีผลกระทบต่อพืชปลูก (ตารางที่ 10) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Leonado *et al.* (2012) ที่รายงานว่า การใช้สาร fluazifop-P-butyl และ atrazine + S-metolachlor ในสับปะรด พืชปลูกไม่แสดงอาการได้รับพิษจากการใช้สาร และไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพผลิต นอกจากนี้ Anucha *et al.* (1999) ได้รายงานว่า การใช้สาร quinclorac และ dicamba สับปะรดแสดงอาการได้รับพิษ โดยจะมีอาการต้นแคระและใบจะมีลักษณะผิดปกติ จากนั้น ที่ 3 เดือนหลังการพ่นสาร สับปะรดจะมีการเจริญเติบโตได้เป็นปกติต่อไป

จากรายงานการศึกษาวิจัยของสิริชัย และคณะ (2554) ได้รายงานว่า การพ่นสาร bromacil อัตรา 560 + diuron อัตรา 560 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ก่อนการปลูกสับปะรด สามารถควบคุมวัชพืชได้ดี และสารกำจัดวัชพืชไม่เป็นพิษต่อสับปะรด ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชแบบหลังออก พบว่า การพ่นสาร bromacil อัตรา 400 + atrazine อัตรา 400 และ bromacil อัตรา 400 + diuron อัตรา 400+ ametryn อัตรา 400 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สามารถควบคุมวัชพืชได้ดี และสารกำจัดวัชพืชไม่เป็นพิษต่อสับปะรด

ตารางที่ 10 ระดับความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังออกต่างชนิดที่มีต่อสับปะรด
ที่ 15 30 45 และ 60 วันหลังจากพ่นสาร

สารกำจัดวัชพืช	อัตรา (g a.i./ ha ²)	ระดับความเป็นพิษต่อพืชปลูก ¹			
		15 DAA ³	30 DAA	45 DAA	60 DAA
1. Weedy control	–	1	1	1	1
2. Hand weeding (30, 60 DAP ⁴)	–	1	1	1	1
3. penoxsulam + haloxyfop-R-methyl	12.5 + 84.4	1	1	1	1
4. penoxsulam + fluazifop-P-butyl	18.75 + 150	1	1	1	1
5. (penoxsulam + cyhalofop-butyl) + haloxyfop-R-methyl	60 + 84.4	1	1	1	1
6. ametryn + haloxyfop-R-methyl	2,500 + 84.4	6	5	4	2
7. diuron + bromacil	5,000 + 2,500	6	5	4	2

¹ระดับความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อพืชปลูก โดยที่ 1 = ไม่มีผลต่อพืชปลูก และ 9 = พืชปลูกตายอย่างสมบูรณ์

²พื้นที่ 1 เฮกตาร์ = 6.25 ไร่

³DAA = Days after application

⁴DAP = Days after planting

1.3 การประเมินความสูงต้นสับปะรด

จากการวัดความสูงของต้นสับปะรด โดยสุ่มจากจำนวน 10 ต้นของแต่ละแปลงย่อยที่ 30 60 และ 90 วันหลังจากพ่นสาร เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงต้นสับปะรด ที่ 30 และ 90 วันหลังจากพ่นสาร (ตารางผนวกที่ 7-8) พบว่า ความสูงของต้นสับปะรดที่ฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้สาร penoxsulam อัตรา 18.75 + fluazifop-P-butyl อัตรา 150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสูงต้นสับปะรดน้อยที่สุด รองลงมา ได้แก่ การใช้สาร penoxsulam 12.5 + haloxyfop-R-methyl อัตรา 84.4 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ เมื่อพิจารณาความสูงต้นสับปะรด ที่ 30 60 และ 90 วันหลังจากการปลูก พบว่า สับปะรดมีการเปลี่ยนแปลงความสูงต้นสับปะรดที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 11)

จากการศึกษาของ Ronchi *et al.* (2004) ได้รายงานว่าการใช้สาร fluazifop-P-butyl และ fluazifop-P-butyl ร่วมกับการใช้สารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นๆ นั้น พบว่า ความสูงของต้นกาแฟไม่ได้รับผลกระทบหรือได้รับเพียงเล็กน้อยจากการได้รับสาร โดยมีความสูงที่ระดับปกติหรือผิดปกติเพียงเล็กน้อย ที่ 30 วันหลังจากพ่นสาร นอกจากนี้ จากการศึกษาของ Magani *et al.* (2012) ได้รายงานว่าการใช้สาร fluazifop-P-butyl อัตรา 150, 220, 300 และ 700 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ในงา พบว่า มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสูงของต้นงาน้อยที่สุด โดยที่ชุดควบคุมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสูงของต้นงามากที่สุด การใช้สาร penoxsulam อัตรา 18.75 + fluazifop-P-butyl อัตรา 150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสูงต้นสับปะรดน้อยที่สุด

1.4 การประเมินผลผลิตสับปะรด

จากการวัดน้ำหนักของผลผลิตสับปะรด ที่ 7 วันก่อนเก็บเกี่ยว เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตสับปะรด เมื่อสับปะรดมีอายุได้ 14 เดือน (ตารางผนวกที่ 9) พบว่า ผลผลิตของการใช้สารกำจัดวัชพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กรรมวิธีที่ไม่มีการใช้สารกำจัดวัชพืช ส่งผลให้ได้ผลผลิตต่ำกว่ากรรมวิธีที่มีการใช้สารกำจัดวัชพืช (ตารางที่ 11) โดยที่การใช้สาร penoxsulam อัตรา 18.75 + fluazifop-P-butyl อัตรา 150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ให้ผลผลิตได้มากถึง 3,545 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ การใช้สาร (penoxsulam + cyhalofop-butyl) อัตรา 60 + haloxyfop-R-methyl อัตรา 84.4 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ได้ผลผลิต 3,465 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใช้สาร (penoxsulam + cyhalofop-butyl) อัตรา 60 + haloxyfop-R-methyl อัตรา 84.4 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์, สาร diuron อัตรา 5,000 + bromacil อัตรา 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์, สาร ametryn อัตรา 2,500 + haloxyfop-R-methyl อัตรา 84.4 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ให้ผลผลิต 3,465, 3,210, 3,325 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้

ควบคุมวัชพืช และกำจัดวัชพืชด้วยมือ (ที่ 30 และ 60 วันหลังจากปลูก) ซึ่งได้ผลผลิต 2,125 และ 3,075 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

จากการศึกษาของ Magani *et al.* (2012) ได้รายงานว่าการใช้สาร fluazifop-P-butyl ที่อัตรา 150, 220, 300 และ 700 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ให้จำนวนผลผลิตที่สูงกว่ากรรมวิธีที่เป็นชุดควบคุม นอกจากนี้ การศึกษาของ Tadesse *et al.* (2007) ได้รายงานว่าการแข่งขันของวัชพืชในแปลงสับปะรด ส่งผลทำให้น้ำหนักของผลผลิตสับปะรดและการเจริญเติบโตหยุดชะงัก ซึ่งเมื่อมีการจัดการวัชพืชด้วยกรรมวิธีการปลูกพืชคลุมดินร่วมกับการกำจัดวัชพืชด้วยการใช้แรงงานคนและการฉีดพ่นด้วยสาร ทำให้การเจริญเติบโตของสับปะรดและน้ำหนักผลผลิตสับปะรดสูงขึ้นกว่าแปลงสับปะรดที่ไม่ได้มีการควบคุมวัชพืช โดยที่กรรมวิธีที่ใช้สารในการควบคุมวัชพืชทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้ควบคุมวัชพืช และกำจัดวัชพืชด้วยมือ (ที่ 30 วัน และ 60 วันหลังจากปลูก)

1.5 การประเมินต้นทุนการผลิต

จากการประเมินต้นทุนการผลิตสับปะรด เมื่อพิจารณาในส่วนของการใช้สารกำจัดวัชพืชที่เป็นต้นทุน (บาทต่อไร่) ของการใช้สารกำจัดวัชพืชแต่ละชนิดในการควบคุมวัชพืชในสับปะรด จะเห็นได้ว่า วิธีการกำจัดวัชพืชโดยการใช้สารกำจัดวัชพืช มีต้นทุนค่าใช้จ่าย ตั้งแต่ 551-1,235 บาทต่อไร่ ซึ่งถูกกว่าการใช้แรงงานคนในการกำจัดวัชพืชด้วยมือ (ที่ 30 วัน และ 60 วันหลังจากปลูก) ซึ่งจะต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นค่าแรงงานคนมากถึง 1,450 บาทต่อไร่ สำหรับการควบคุมวัชพืชในสับปะรด (ตารางผนวกที่ 1 และตารางที่ 11) เช่นเดียวกับการศึกษาวิจัยของ Magani *et al.* (2012) ได้รายงานว่าการใช้สาร fluazifop-P-butyl อัตรา 150, 220, 300 และ 700 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ สำหรับการควบคุมวัชพืชในต้นงา พบว่า การใช้สารกำจัดวัชพืชมีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าการใช้แรงงานคน จะเห็นได้ว่า วิธีการกำจัดวัชพืชโดยการใช้สารกำจัดวัชพืชมีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าการใช้แรงงานคน

ตารางที่ 11 ผลของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังออกต่างชนิดที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความสูง
ผลผลิตและต้นทุนการใช้สาร

สารกำจัดวัชพืช	อัตรา (g a.i./ha ¹)	ความสูง (ซม.)		ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)	ต้นทุน (บาท/ไร่)
		30 DAA ²	90 DAA		
1. Weedy control	-	41.00 d ⁴	57.50 b	2,125 c	-
2. Hand weeding (30, 60 DAP ³)	-	42.75 c	59.25 b	3,075 b	1,450
3. penoxsulam + haloxyfop-R-methyl	12.5 + 84.4	43.00 bc	62.50 a	3,545 a	1,235
4. penoxsulam + fluazifop-P-butyl	18.75 + 150	44.25 ab	62.75 a	3,565 a	915
5. (penoxsulam + cyhalofop-butyl) + haloxyfop-R-methyl	60 + 84.4	44.75 a	62.50 a	3,465 a	1,150
6. ametryn + haloxyfop-R-methyl	2,500 + 84.4	41.25 d	57.25 b	3,210 ab	555
7. diuron + bromacil	5,000 + 2,500	41.00 d	58.50 b	3,325 ab	551
F-test		**	**	**	
C.V. (%)		1.86	2.18	3.42	

¹พื้นที่ 1 เฮกตาร์ = 6.25 ไร่

²DAA = Days after application

³DAP = Days after planting

⁴ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

จากการประเมินประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังงอกในการควบคุมวัชพืชในสับปะรดนั้น พบว่า การใช้สาร penoxsulam อัตรา 18.75 + fluazifop-P-butyl อัตรา 150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ มีระดับในการควบคุมวัชพืชได้ดีที่ระยะเติบโตของวัชพืชที่ไม่เกิน 4 ใบ ซึ่งสอดคล้องกับ Jason *et al.* (2010) ที่รายงานว่าการใช้สาร penoxsulam ผสมกับสารชนิดอื่นๆ เช่น quinclorac และ propanil สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ยิ่งขึ้น เช่นเดียวกับสิริชัย และคณะ (2554) ได้รายงานว่าการใช้สารฉีดพ่นหลังวัชพืชงอกในสับปะรดที่ 60 วันหลังจากพ่นสาร bromacil อัตรา 400 + ametryn อัตรา 400 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และ bromacil อัตรา 400 + diuron อัตรา 400 + ametryn อัตรา 400 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สามารถควบคุมวัชพืชได้ดี ซึ่งวัชพืชที่สามารถควบคุมได้ คือ หญ้ากีนี่ หญ้าปากควาย สาบม่วง และผักยาง นอกจากนี้ Anucha *et al.* (1999) ได้รายงานว่าการใช้สาร quinclorac อัตรา 93.75 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ การใช้สาร bromacil อัตรา 3,600 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ และการใช้สาร dicamba อัตรา 480 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการควบคุมสะอึกดอกขาวเล็กในสับปะรดได้ดีที่สุด ตามลำดับ โดยที่การใช้สาร quinclorac และ dicamba สับปะรดจะแสดงอาการได้รับพิษ โดยมีอาการต้นแคระ และใบมีลักษณะผิดปกติ หลังจากการใช้สารเป็นระยะเวลา 3 เดือน สับปะรดจะสามารถเจริญเติบโตได้เป็นปกติ

จากการศึกษาในครั้งนี้ ชี้ให้เห็นว่า ที่ 3 เดือนหลังจากปลูก การใช้สาร penoxsulam (ซึ่งเป็นสารที่ยับยั้งการสังเคราะห์กรดอะมิโน) อัตรา 18.75 + fluazifop-P-butyl (ซึ่งเป็นสารที่ยับยั้งการสังเคราะห์กรดไขมัน) อัตรา 150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ โดยฉีดพ่นหลังวัชพืชงอก จะมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในการผลิตสับปะรดได้ดี รองลงมา ได้แก่ การใช้สาร penoxsulam อัตรา 12.5 + haloxyfop-R-methyl (ซึ่งเป็นสารที่ยับยั้งการสังเคราะห์กรดไขมัน) อัตรา 84.4 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ และ penoxsulam + cyhalofop-butyl (ซึ่งเป็นสารที่ยับยั้งการสังเคราะห์กรดไขมัน) อัตรา 60 + haloxyfop-R-methyl อัตรา 84.4 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ สามารถควบคุมวัชพืช เช่น หญ้ากีนี่ (*Panicum maximum* J.) หญ้าตีนติด (*Brachiaria reptans* L.) หญ้าสาบม่วง (*Praxelis clematidea* R.M. King) และผักโขม (*Amaranthus viridis* L.) เป็นต้น โดยสามารถเลือกใช้ชนิดของสารกำจัดวัชพืชที่มีกลไกการทำลายที่แตกต่างกันในช่วงต้นนี้ นำมาใช้หมุนเวียนสลับทดแทนกันได้ เพื่อเป็นการช่วยป้องกันปัญหาการเกิดวัชพืชที่ต้านทานสารกำจัดวัชพืช โดยที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีในระดับใกล้เคียงกัน และสับปะรดจะไม่แสดงอาการได้รับพิษจากการใช้สารกำจัดวัชพืชดังกล่าวนี้

การผลิตสับปะรดเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตามมาตรฐานโรงงานอุตสาหกรรมนั้น มีปัจจัยการผลิตที่เกี่ยวข้องหลายประการ เช่น การเตรียมพันธุ์ วัสดุปลูก และการจัดการศัตรูพืช เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาเกี่ยวกับวัชพืชนั้น หากไม่สามารถทำการควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว อาจจะส่งผลทำให้ผลผลิตสับปะรดได้รับความเสียหาย นอกจากนี้ ยังเป็นแนวทางในการช่วยลดอัตราการใช้สารกำจัดวัชพืชหลายๆ ชนิดลงไปได้ (reduce total herbicide usage) ซึ่งสถานการณ์ของการผลิตสินค้าทางการเกษตรในปัจจุบันนี้ ปัญหาการตกค้างของสารเคมีในผลผลิตทางการเกษตร

ได้กลายเป็นประเด็นปัญหาที่สำคัญของสินค้าทางการเกษตร ซึ่งได้มีการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดในอาหาร (Maximum Residue Limits, MRLs) ในการส่งออกสับปะรดของแต่ละประเทศ เพื่อให้สินค้าไทยสามารถแข่งขันได้ในตลาดโลก และปัญหาเกี่ยวกับการผลิตให้สอดคล้องกับกฎระเบียบและมาตรฐานสินค้าใหม่ตามที่ประเทศคู่ค้าต้องการ แต่ปัจจุบันมีการแข่งขันภายใต้องค์การการค้าโลกและสหภาพยุโรปมีการเน้นมาตรการด้านสุขอนามัย ดังนั้น แนวทางในการพัฒนาการใช้สารกำจัดวัชพืชในการผลิตสับปะรดเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชตามเป้าหมายนั้น การศึกษาวิจัยในขั้นตอนต่อไป จึงควรมีการพิจารณาเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านอาหาร โดยทำการตรวจวิเคราะห์หาสารกำจัดวัชพืชที่อาจจะมีการตกค้างในผลผลิตของสับปะรด โดยการใช้วิธี GC-MS และ LC-MS/MS ซึ่งจะพิจารณาจากค่า MRLs เพื่อช่วยป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในผลผลิตสับปะรด และช่วยลดผลกระทบที่อาจเกิดจากการใช้สารป้องกันกำจัดวัชพืชได้อย่างยั่งยืนต่อไป

การทดลองที่ 2 การวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชตกค้างในสับปะรดโดยใช้ GC-MS และ LC-MS/MS

ในการตรวจวิเคราะห์หาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในสับปะรด โดยทำการสุ่มตัวอย่างผลผลิตสับปะรดที่อายุ 7 วันก่อนการเก็บเกี่ยว (หรือที่อายุ 14 เดือน หรือ 11 เดือนหลังจากพ่นสาร) จากนั้นทำการวิเคราะห์ตัวอย่างของสาร ametryn, fluazifop-P-butyl, cyhalofop-butyl, diuron และ bromacil โดยใช้วิธี GC-MS และทำการวิเคราะห์ตัวอย่างของสาร penoxsulam และ haloxyfop-R-methyl โดยใช้วิธี LC-MS/MS ซึ่งผลการทดลอง มีดังนี้

2.1 การวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชตกค้างในสับปะรดโดยใช้ GC-MS

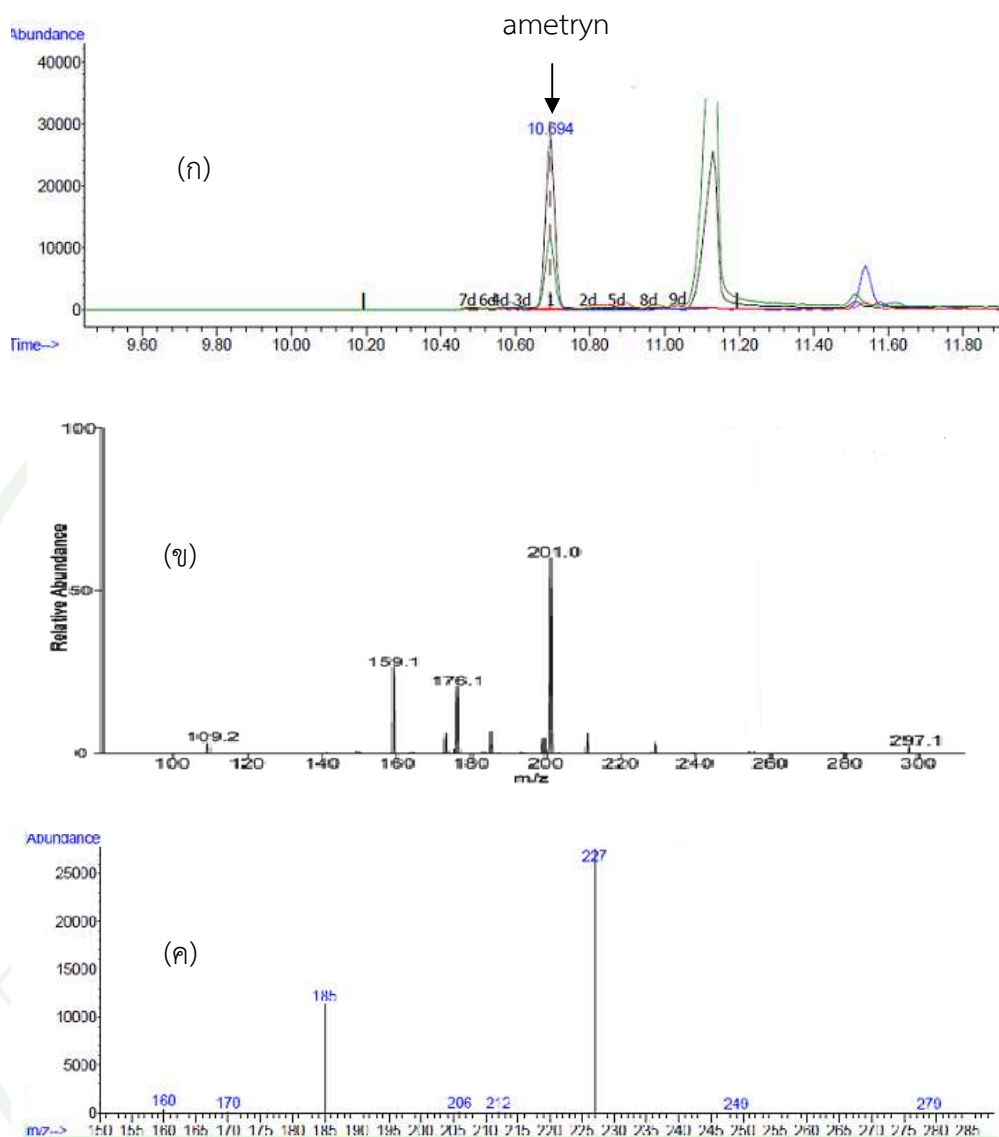
การควบคุมคุณภาพของผลผลิตและความปลอดภัยจากการปนเปื้อนของสารกำจัดวัชพืชในสับปะรด ในการวิเคราะห์หาสารกำจัดวัชพืชที่อาจจะมีการตกค้างในผลผลิตของสับปะรด ได้ทำการตรวจหาปริมาณสาร ametryn, fluazifop-P-butyl, cyhalofop-butyl, diuron และ bromacil ที่ตกค้างในผลผลิตสับปะรด โดยใช้ GC-MS ซึ่งผลการตรวจวิเคราะห์หาสารตกค้างจากตัวอย่างผลผลิตสับปะรดที่อายุ 7 วันก่อนการเก็บเกี่ยว ไม่พบว่าการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในผลผลิตสับปะรด เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองที่ไม่ได้นิฉัตพ่นสาร ในการตรวจวิเคราะห์หาสารกำจัดวัชพืชที่อาจจะมีการตกค้างโดยใช้ GC-MS เมื่อมีการพิจารณาปริมาณของสารกำจัดวัชพืชตกค้างในผลผลิตของสับปะรดจากโครมาโตแกรมที่ได้ ซึ่งพิจารณาจากความสูง peak ของเส้นกราฟที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน (standard) ของสารกำจัดวัชพืชที่เวลานั้นๆ เมื่อพบความสูงของ peak สูงกว่าระดับปกติ จึงทำการตรวจสอบพื้นที่ใต้เส้นกราฟ ซึ่งแตกตัวให้เส้นกราฟที่แสดงน้ำหนักโมเลกุลของสาร ทำการเปรียบเทียบน้ำหนักโมเลกุลของสารจากกราฟที่ได้กับค่ามาตรฐานของสาร แสดงว่า ไม่ใช่สารกำจัดวัชพืชชนิดนั้น

จากการตรวจวิเคราะห์โครมาโตแกรมที่ได้จาก standard ของสาร ametryn (ภาพที่ 11 ก) โดยพิจารณาความสูง peak ของเส้นกราฟที่ใกล้เคียงกับ standard ของสาร ametryn (ภาพที่ 11 ข) พบว่า ความสูง peak ของเส้นกราฟสูงกว่าระดับปกติจึงทำการพิจารณาจากพื้นที่ใต้กราฟที่แสดงน้ำหนักโมเลกุลจำนวน 3 เส้นของสาร ametryn (ภาพที่ 11 ค) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ standard แล้วไม่ตรงกันและเมื่อใช้ในการควบคุมวัชพืชแบบหลังออกซึ่งมีระยะเวลานานประมาณ 12-14 เดือนถึงจะเก็บเกี่ยวได้ จึงทำให้สารอาจจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์หรือแสงแดด ดังนั้นจึงไม่พบว่ามีสารกำจัดวัชพืชตกค้างในผลผลิตของสับปะรด

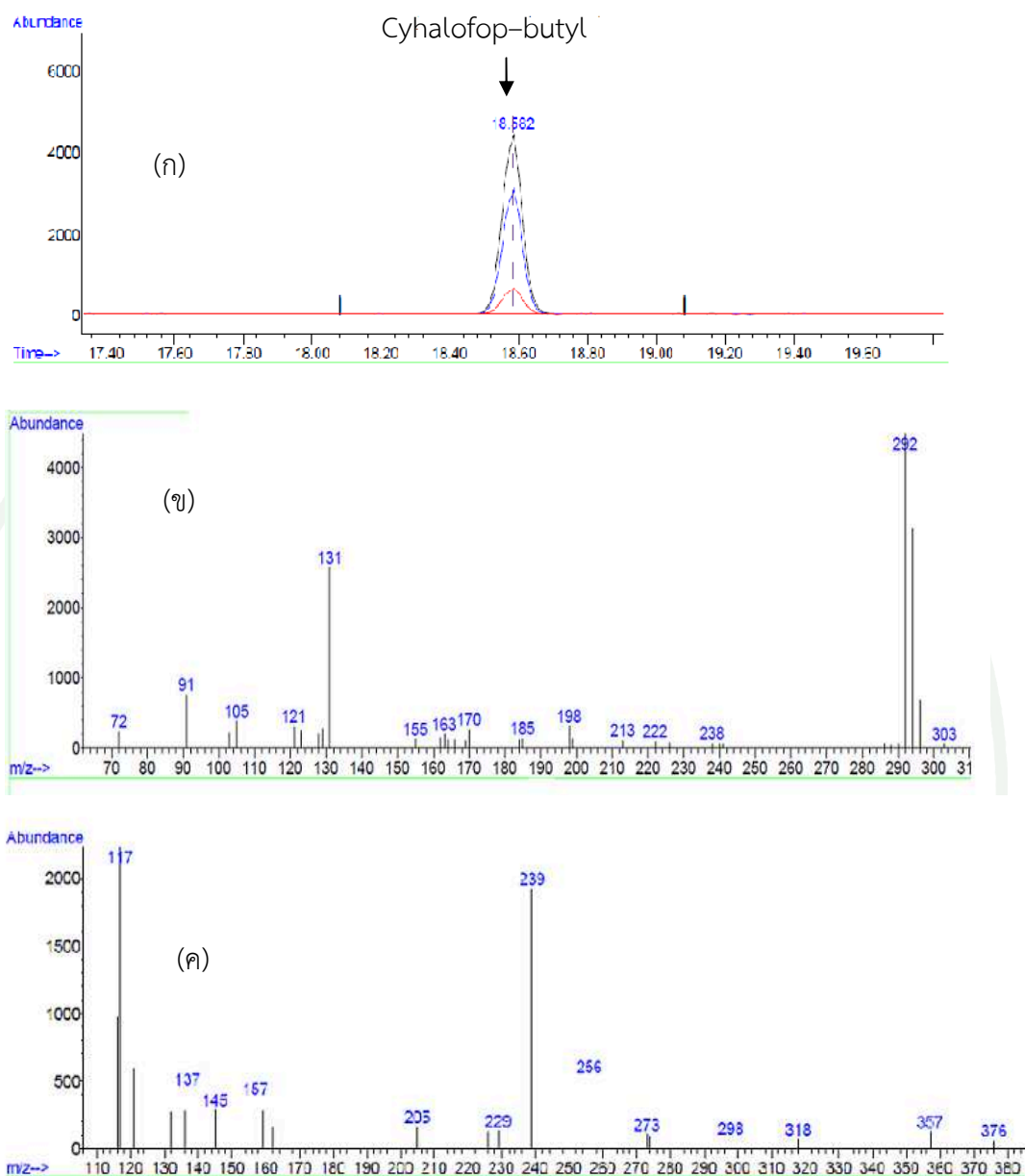
จากการตรวจวิเคราะห์โครมาโตแกรมที่ได้จาก standard ของสาร cyhalofop-butyl (ภาพที่ 12 ก) โดยพิจารณาความสูง peak ของเส้นกราฟที่ใกล้เคียงกับ standard ของสาร cyhalofop-butyl (ภาพที่ 12 ข) ที่เวลานั้นๆ พบว่า ความสูง peak ของเส้นกราฟสูงกว่าระดับปกติ จึงทำการพิจารณาจากพื้นที่ใต้กราฟที่แสดงน้ำหนักโมเลกุลจำนวน 3 เส้นของสาร cyhalofop-butyl (ภาพที่ 12 ค) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ standard แล้วไม่ตรงกัน และเมื่อใช้ในการควบคุมวัชพืช

แบบหลังงอก ซึ่งมีระยะเวลานานประมาณ 12-14 เดือนถึงจะเก็บเกี่ยวได้ ทำให้สารอาจจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์หรือแสงแดด จึงไม่พบว่ามีสารกำจัดวัชพืชตกค้างในผลผลิตของสับปะรด ดังนั้น จึงไม่พบว่ามีสารกำจัดวัชพืชตกค้างในผลผลิตของสับปะรด

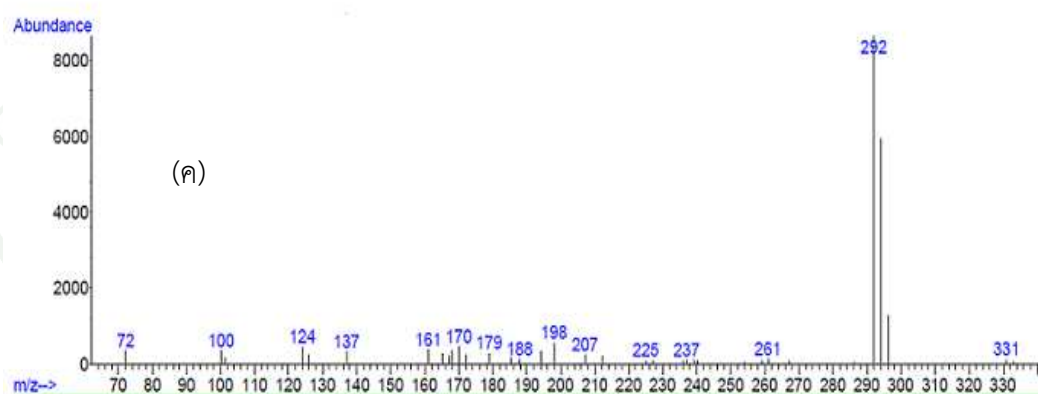
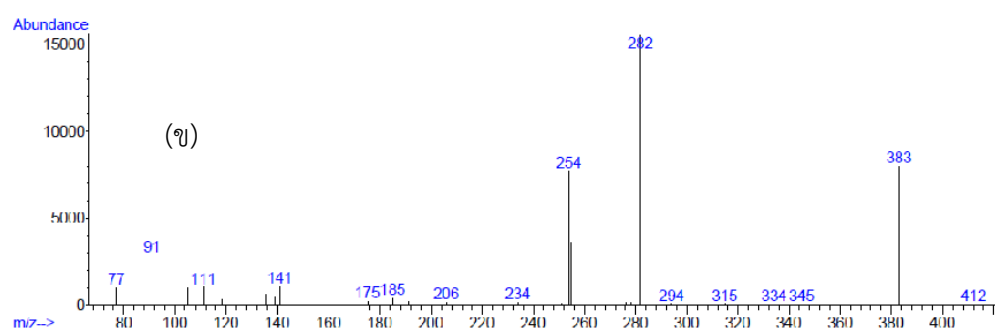
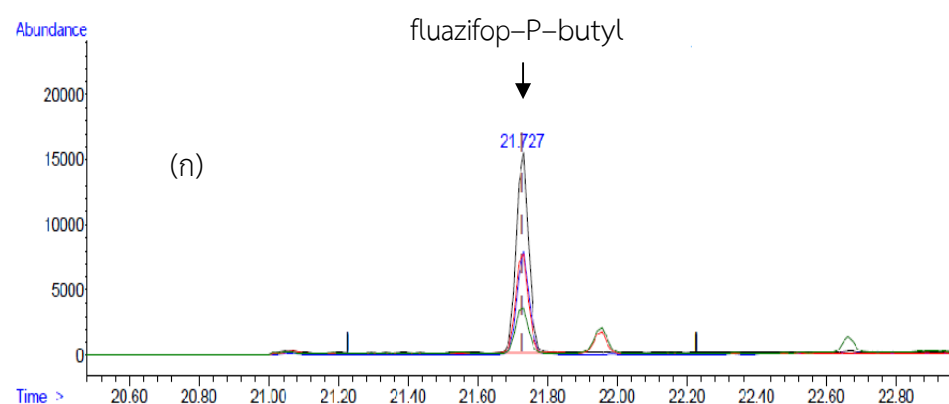
จากการตรวจวิเคราะห์โครมาโตแกรมที่ได้จาก standard ของสาร fluazifop-P-butyl (ภาพที่ 13 ก) โดยพิจารณาความสูง peak ของเส้นกราฟที่ใกล้เคียงกับ standard ของสาร fluazifop-P-butyl (ภาพที่ 13 ข) ที่เวลานั้นๆ พบว่า ความสูง peak ของเส้นกราฟสูงกว่าระดับปกติจึงทำการพิจารณาจากพื้นที่ใต้กราฟที่แสดงน้ำหนักโมเลกุลจำนวน 3 เส้นของสาร fluazifop-P-butyl (ภาพที่ 13 ค) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ standard แล้วไม่ตรงกันและเมื่อใช้ในการควบคุมวัชพืชแบบหลังงอก ซึ่งมีระยะเวลานานประมาณ 12-14 เดือนถึงจะเก็บเกี่ยวได้ ทำให้สารอาจจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์หรือแสงแดด จึงไม่พบว่ามีสารกำจัดวัชพืชตกค้างในผลผลิตของสับปะรด ดังนั้น จึงไม่พบว่ามีสารกำจัดวัชพืชตกค้างในผลผลิตของสับปะรด



ภาพที่ 11 การตรวจหาปริมาณสาร ametryn ที่ตกค้างในผลผลิตสับปะรด โดยใช้ GC-MS
 (ก) โครมาโตแกรมที่ได้จาก standard ของสาร ametryn
 (ข) น้ำหนักโมเลกุลที่ได้จาก standard ของสาร ametryn
 (ค) น้ำหนักโมเลกุลที่ได้จากตัวอย่างพืช ในสิ่งทดลองที่ได้รับสาร ametryn



ภาพที่ 12 การตรวจหาปริมาณสาร cyhalofop-butyl ที่ตกค้างในผลผลิตสับปะรด โดยใช้ GC- MS
 (ก) โครมาโตแกรมที่ได้จาก standard ของสาร cyhalofop-butyl
 (ข) น้ำหนักโมเลกุลที่ได้จาก standard ของสาร cyhalofop-butyl
 (ค) น้ำหนักโมเลกุลที่ได้จากตัวอย่างพืช ในสิ่งทดลองที่ได้รับสาร cyhalofop-butyl



ภาพที่ 13 การตรวจหาปริมาณสาร fluazifop-P-butyl ที่ตกค้างในผลผลิตสับปะรด โดยใช้ GC-MS
 (ก) โครมาโตแกรมที่ได้จาก standard ของสาร fluazifop-P-butyl
 (ข) น้ำหนักโมเลกุลที่ได้จาก standard ของสาร fluazifop-P-butyl
 (ค) น้ำหนักโมเลกุลที่ได้จากตัวอย่างพืช ในสิ่งทดลองที่ได้รับสาร fluazifop-P-butyl

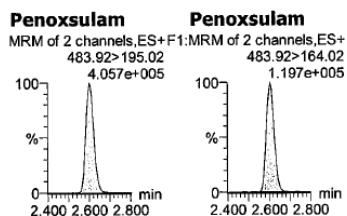
2.2 การวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชตกค้างในสับปะรดโดยใช้ LC-MS/MS

ในการวิเคราะห์หาสารกำจัดวัชพืชที่อาจจะมีการตกค้างในผลผลิตของสับปะรด ได้ทำการวิเคราะห์จากตัวอย่างของสาร penoxsulam และสาร haloxyfop-R-methyl โดยการใช้วิธี LC-MS/MS ทำการพิจารณาจากค่า RT และ ค่า Ion Ratio ซึ่งแสดงคุณสมบัติของสารแต่ละชนิด จากการตรวจวิเคราะห์หาสาร penoxsulam และ haloxyfop-R-methyl ที่อาจจะมีการตกค้างในผลผลิตของสับปะรด (ภาพที่ 14 และ 15) พบว่า ไม่มีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชทั้ง 2 ชนิด ส่วนการตรวจหาการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชแบบหลังออกชนิดอื่นๆ ไม่พบว่ามีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในผลผลิตสับปะรดเช่นกัน (ไม่ได้แสดงข้อมูล) กล่าวคือ ไม่พบว่ามีค่าความสูงของ peak เส้นกราฟจากตัวอย่างในทุกสิ่งทดลองที่พ่นสารกำจัดวัชพืชที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของสารกำจัดวัชพืชในการทดลอง จากการทดลองชี้ให้เห็นว่า หลังจากที่มีการใช้สารกำจัดวัชพืชชนิดต่างๆดังกล่าวนี้ ไม่มีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชทุกชนิดในผลผลิตสับปะรด (หรือมีค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

จากการตรวจหาปริมาณการตกค้างของสาร penoxsulam และการทดสอบซ้ำ เพื่อยืนยันหาสารที่ตกค้างในผลผลิตสับปะรด โดยการใช้วิธี LC-MS/MS เมื่อพิจารณาจากค่า RT และ ค่า Ion Ratio ไม่พบว่ามีค่าความสูงของ peak เส้นกราฟของค่า RT และ ค่า Ion Ratio จากตัวอย่างในทุกสิ่งทดลองที่พ่นสารกำจัดวัชพืชที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของสาร penoxsulam จึงไม่พบว่ามีสารกำจัดวัชพืชตกค้างในผลผลิตของสับปะรด ดังนั้น จึงไม่พบว่ามีสาร penoxsulam ตกค้างในผลผลิตของสับปะรด (ภาพที่ 14)

จากการตรวจหาปริมาณการตกค้างของสาร haloxyfop-R-methyl และการทดสอบซ้ำ เพื่อยืนยันหาสารที่ตกค้างในผลผลิตสับปะรด โดยการใช้วิธี LC-MS/MS เมื่อพิจารณาจากค่า RT และ ค่า Ion Ratio ไม่พบการแสดงความสูงของ peak เส้นกราฟของค่า RT และ ค่า Ion Ratio จากตัวอย่างในทุกสิ่งทดลองที่พ่นสารกำจัดวัชพืชที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของสาร haloxyfop-R-methyl จึงไม่พบว่ามีสารกำจัดวัชพืชตกค้างในผลผลิตของสับปะรด ดังนั้นแสดงให้เห็นว่า ไม่พบว่ามีสาร haloxyfop-R-methyl ตกค้างในผลผลิตของสับปะรด (ภาพที่ 15)

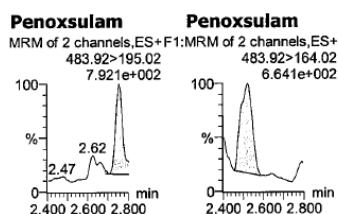
Name: 10-08-12-45, Date: 08-Oct-2012, Time: 23:11:43, Description: blank /Pineapple, ID: mtx 0.05 ppm, Vial: 1:18



(ก)

#	Name	Quan Trace	Sample ID	Std. Conc	RT	Area	1° Area	Ratio	S/N	ppm	%Rec
52	Penoxsulam	483.92>195.02	mtx 0.05 ppm	0.050	2.60	20110	5362	0.27	0	0.0472	94

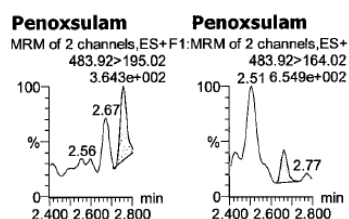
Name: 10-08-12-54, Date: 09-Oct-2012, Time: 00:32:32, Description: Pineapple, ID: 59-12260 dup, Vial: 1:26



(ข)

#	Name	Quan Trace	Sample ID	Std. Conc	RT	Area	1° Area	Ratio	S/N	ppm	%Rec
52	Penoxsulam	483.92>195.02	59-12260 dup		2.76	29	37	1.28	0	0.0011	

Name: 10-08-12-53, Date: 09-Oct-2012, Time: 00:23:35, Description: Pineapple, ID: 59-12260, Vial: 1:25



(ค)

#	Name	Quan Trace	Sample ID	Std. Conc	RT	Area	1° Area	Ratio	S/N	ppm	%Rec
52	Penoxsulam	483.92>195.02	59-12260		2.76	9	7	0.80	0	0.0011	

ภาพที่ 14 การตรวจหาปริมาณสาร penoxsulam ที่ตกค้างในผลผลิตสับปะรด

โดยใช้ LC-MS/MS

(ก) โครมาโตแกรมที่ได้จาก standard ของสาร penoxsulam

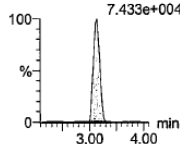
(ข) โครมาโตแกรมที่ได้จาก sample ของสาร penoxsulam

(ค) โครมาโตแกรมที่ได้จากการทดลองซ้ำ sample ของสาร penoxsulam

Name: 10-09-12_07, Date: 09-Oct-2012, Time: 15:23:05, ID: mtx 0.05 ppm, Description: Pineapple, Vial: 1:3

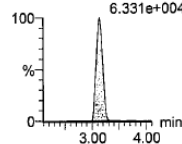
Haloxypop free acid

F1:M/RM of 8 channels, ES+
362.20>90.88
7.433e+004



Haloxypop free acid

F1:M/RM of 8 channels, ES+
362.20>316.17
6.331e+004



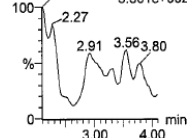
(ก)

Name	Quan Trace	ID	Std. Conc	RT	Area	1° Area	1° Ratio (Actual)	S/N	Conc.	%Rec
Haloxypop free acid	362.20>90.88	mtx 0.05 ppm	0.050	3.14	10236	8780	0.86	2109	0.052	104

Name: 10-09-12_12, Date: 09-Oct-2012, Time: 16:08:24, ID: 59-12261, Description: Pineapple, Vial: 1:8

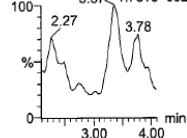
Haloxypop free acid

F1:M/RM of 8 channels, ES+
362.20>90.88
3.301e+002



Haloxypop free acid

F1:M/RM of 8 channels, ES+
362.20>316.17
1.731e+002



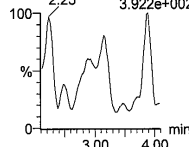
(ข)

Name	Quan Trace	ID	Std. Conc	RT	Area	1° Area	1° Ratio (Actual)	S/N	Conc.	%Rec
Haloxypop free acid	362.20>90.88	59-12261								

Name: 10-09-12_13, Date: 09-Oct-2012, Time: 16:17:28, ID: 59-12261 dup, Description: Pineapple, Vial: 1:9

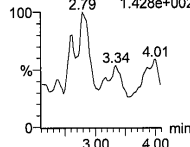
Haloxypop free acid

F1:M/RM of 8 channels, ES+
362.20>90.88
3.922e+002



Haloxypop free acid

F1:M/RM of 8 channels, ES+
362.20>316.17
1.428e+002



(ค)

Name	Quan Trace	ID	Std. Conc	RT	Area	1° Area	1° Ratio (Actual)	S/N	Conc.	%Rec
Haloxypop free acid	362.20>90.88	59-12261 dup								

ภาพที่ 15 การตรวจหาปริมาณสาร haloxypop-R-methyl ที่ตกค้างในผลผลิตสับปะรด

โดยใช้ LC-MS/MS

(ก) โครมาโตแกรมที่ได้จาก standard ของสาร haloxypop-R-methyl

(ข) โครมาโตแกรมที่ได้จาก sample ของสาร haloxypop-R-methyl

(ค) โครมาโตแกรมที่ได้จากการทดลองซ้ำ sample ของสาร haloxypop-R-methyl

การตรวจวิเคราะห์หาสารตกค้างจากตัวอย่างผลผลิตสับปะรดในสภาพห้องปฏิบัติการ ซึ่งแสดงผลเป็นค่าร้อยละของการคืนกลับ (recovery) จากการเติมสารมาตรฐานลงในตัวอย่าง จากผลการวิเคราะห์สารตกค้าง พบว่า มีค่าร้อยละของการคืนกลับ (recovery) ได้มากถึง 95 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่า วิธีการที่นำมาใช้ในการตรวจวิเคราะห์หาสารตกค้างนั้น เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและความถูกต้องแม่นยำสูง

การวิเคราะห์หาสารกำจัดวัชพืชที่อาจจะมีการตกค้างในผลผลิตของสับปะรด ได้ทำการวิเคราะห์จากตัวอย่างพืช ในสิ่งทดลองที่ได้รับสาร penoxsulam + fluazifop-P-butyl, penoxsulam + fluazifop-P-butyl, penoxsulam + cyhalofop-butyl + haloxyfop-R-methyl, ametryn + haloxyfop-R-methyl และ diuron + bromacil โดยการใช้วิธี GC-MS และ LC-MS/MS พบว่า การตกค้างของสารชนิดต่างๆ ในข้างต้นนี้ มีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่มีการกำหนดไว้ในแต่ละชนิดของสารกำจัดวัชพืช แสดงให้เห็นว่า ไม่มีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในผลผลิตสับปะรด เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองที่ไม่ได้ฉีดพ่นสาร (หรือมีค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โดยที่ค่ามาตรฐานที่ได้มีการกำหนดไว้ของสารในแต่ละชนิด โดยการใช้วิธี GC-MS ประกอบด้วย สาร ametryn, fluazifop-P-butyl, cyhalofop-butyl, diuron และ bromacil ซึ่งมีค่า MRLs < 0.05, 0.05, 0.05, 0.8 และ 0.07 ตามลำดับ (ตารางที่ 12) สำหรับการตรวจวิเคราะห์สารตกค้างโดยใช้ LC-MS/MS จากตัวอย่างของสาร penoxsulam และ haloxyfop-R-methyl ซึ่งสารแต่ละชนิดมีค่ามาตรฐาน MRLs < 0.05 และ 0.05 ตามลำดับ (ตารางที่ 12) จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า สารชนิดต่างๆ ที่ทำการตรวจหา มีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่มีการกำหนดไว้ในแต่ละชนิดของสารกำจัดวัชพืช

การตรวจหาสารตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร โดยการใช้วิธี GC-MS และ LC-MS/MS เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถทำนายชนิดขององค์ประกอบที่มีอยู่ในสารได้อย่างค่อนข้างแม่นยำ โดยอาศัยการเปรียบเทียบ fingerprint ของเลขมวล (mass number) ของสารตัวอย่างนั้นๆ กับข้อมูลที่มีอยู่ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการตรวจวิเคราะห์หาสารตกค้างเหล่านี้ ด้วยวิธีการตรวจสอบที่ให้ผลการตรวจสอบที่ถูกต้องแม่นยำ สามารถตรวจวิเคราะห์หาสารตกค้างได้ครั้งละหลายตัวอย่างในเวลาเดียวกัน เพื่อให้ผลการตรวจวิเคราะห์มีประสิทธิภาพและความถูกต้องแม่นยำสูง และสามารถนำไปใช้ในการตรวจวิเคราะห์เพื่อควบคุมคุณภาพผลผลิตให้เป็นไปตามกฎหมาย ซึ่งเป็นการช่วยลดความเสี่ยงจากความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับการส่งออกของผลผลิตทางการเกษตร นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในระดับมาตรฐานสากล และช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้แก่ประเทศที่ผลิตสินค้าส่งออกอีกทางหนึ่งด้วย

ตารางที่ 12 การตรวจหาปริมาณของสารกำจัดวัชพืชชนิดต่างๆ ที่ตกค้างในผลผลิตสับปะรด
โดยใช้ GC-MS และ LC-MS/MS

สารกำจัดวัชพืช	วิธีการ	ปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้าง ¹	MRLs ²
		(mg/ kg)	(mg/ kg)
1. Weedy control	GC-MS	N.D.	-
2. Hand weeding (30, 60 DAP ³)	GC-MS	N.D.	-
3. penoxsulam 12.5 g a.i./ha	LC-MS/MS		0.05
+ haloxyfop-R-methyl 84.4 g a.i./ha	LC-MS/MS	N.D.	0.05
4. penoxsulam 18.75 g a.i./ha	LC-MS/MS		0.05
+ fluazifop-P-butyl 150 g a.i./ha	GC-MS	N.D.	0.05
5. (penoxsulam	LC-MS/MS		0.05
+ cyhalofop-butyl) 60 g a.i./ha	GC-MS	N.D.	0.05
+ haloxyfop-R-methyl 84.4 g a.i./ha	LC-MS/MS		0.05
6. ametryn 2,500 g a.i./ha	GC-MS		0.05
+ haloxyfop-R-methyl 84.4 g a.i./ha	LC-MS/MS	N.D.	0.05
7. diuron 5,000 g a.i./ha	GC-MS		0.8
+ bromacil 2,500 g a.i./ha	GC-MS	N.D.	0.07

¹N.D. = Not Detected (Detection limited < 0.01 mg/kg).

²MRLs = Maximum Residue Limits (The Japan Food Chemical Research Founda, 2007)

³DAP = Days after planting.

จากการศึกษาของรังสิตและคณะ (2552) ได้รายงานว่าการพ่นสาร atrazine และ diuron อัตรา 400 และ 800 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ แบบก่อนงอกในอ้อย มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี ที่ 60 วันหลังจากพ่นสาร โดยที่ใช้สาร diuron ในอัตรา 800 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ทำให้อ้อยชะงักการเจริญเติบโต จากนั้น ได้ทำการวิเคราะห์หาสารตกค้างโดยวิธี LC-MS/MS พบว่าไม่มีผลตกค้างของสารกำจัดวัชพืชทั้ง 2 ชนิดในน้ำอ้อยและน้ำเชื่อม ตลอดจนไม่พบว่ามีสารตกค้างของสารในดินที่ระดับความลึก 0-15, 16-30 และ 31-45 เซนติเมตร เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย ส่วนการศึกษาการฉีดพ่นสารแบบหลังงอกในอ้อย พบว่า การใช้สาร ametryn อัตรา 4,000 และ 800 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และ 2,4-D อัตรา 200 และ 400 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย เมื่อประเมินที่ 2 เดือนหลังการปลูกอ้อย คือ อ้อยมีความสูงใกล้เคียงกันทุกกรรมวิธีที่ใช้ทดลอง ซึ่งจากการวิเคราะห์สารตกค้างโดยวิธี LC-MS/MS พบว่า ไม่มีผลตกค้างของสารกำจัดวัชพืชทั้ง 2 ชนิดในน้ำอ้อยและน้ำเชื่อม รวมทั้งไม่มีผลตกค้างในดินที่ระดับความลึก 0-15, 16-30 และ 31-45 เซนติเมตร เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย แสดงให้เห็นว่า สารถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดินหรือแสงแดด จึงอาจทำให้สารไม่มีผลตกค้างในต้นพืช ดังนั้นเมื่อเก็บเกี่ยวอ้อย จึงตรวจไม่พบสาร จากการศึกษาสามารถแนะนำให้เกษตรกรใช้สารกำจัดวัชพืชอย่างถูกวิธี และหลีกเลี่ยงการใช้สารที่มีผลตกค้างนาน และเมื่อมีการใช้สารอย่างถูกต้องทำให้ผู้บริโภคมีความปลอดภัยจากสารกำจัดวัชพืชในการบริโภคผลผลิต

การวิเคราะห์สารตกค้างของข้าวสารโดยวิธี LC-MS/MS พบว่า สามารถทำการตรวจพบการตกค้างของสาร cyhalofop-butyl และ kreoxim methyl ที่มีการใช้สาร acetone เป็นตัวทำละลายที่ 30 ug/kg (Lucia *et al.*, 2011) นอกจากนี้ Santilio *et al.* (2011) ได้รายงานว่าการใช้สารกำจัดวัชพืชกลุ่ม acidic ซึ่งทำการศึกษา 9 ชนิด ได้แก่ สาร 2,4-D, dichlorprop, dichlorprop-p, fluazifop-P-butyl, fluroxypyr, MCPA, mecoprop and mecoprop-p ในผลผลิตธัญพืช ซึ่งทำการวิเคราะห์โดยวิธี LC-MS/MS นั้น พบว่า มีผลการตกค้างของสารกลุ่มนี้น้อยกว่าระดับปริมาณ LOQ ตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ปลอดภัย และไม่พบการตกค้างของสารในผลผลิตธัญพืช ส่วนการศึกษาของ Tomas *et al* (2007) ได้รายงานว่าการวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืช isoproturon ในเมล็ดปอปปี้ โดยวิธี LC-MS/MS พบว่า มีระดับการตกค้างของสารอยู่ที่ระดับต่ำกว่า 0.01 mg/kg และมีระดับค่าร้อยละของการคืนกลับ(recovery) ที่ 84 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองนี้ ซึ่งให้เห็นว่า ไม่มีการตกค้างของสาร penoxsulam และ haloxyfop-R-methyl ในผลผลิตสับปะรด ส่วนการตรวจหาการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชแบบหลังงอกชนิดอื่นๆ ไม่พบว่ามีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในผลผลิตสับปะรดเช่นกัน

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดการวัชพืชในสับปะรดของ Tadesse *et al* (2007) ได้รายงานว่าการแข่งขันของวัชพืชในแปลงสับปะรดนั้น ส่งผลทำให้น้ำหนักของผลผลิตสับปะรดและการเจริญเติบโตนั้นหยุดชะงัก ซึ่งเมื่อมีการจัดการวัชพืชด้วยกรรมวิธีการปลูกพืชคลุมดินร่วมกับการกำจัดวัชพืชด้วยการใช้แรงงานคนและการฉีดพ่นด้วยสาร ทำให้การเจริญเติบโตของสับปะรดและ

น้ำหนักผลผลิตสับปะรดสูงขึ้นกว่าแปลงสับปะรดที่ไม่ได้มีการควบคุมวัชพืชนอกจากนี้ เริงนภรณ์ และคณะ (2554) ได้รายงานไว้ว่า หลังจากปลูกสับปะรดประมาณ 14 เดือนแปลงทดลองของที่ฉีดพ่นด้วยสาร bromacil 100 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร และ diuron 250 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร พบว่า ไม่มีการตกค้างของสาร bromacil และ diuron ในผลสับปะรดจากแปลงควบคุมและแปลงทดลอง ต่อมา สุพจน์ และคณะ (2555) ได้ศึกษาผลของเอทธิพอนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย โดยการฉีดพ่นเอทธิพอน (48% W/V) ที่ระดับความเข้มข้น 0 125 250 และ 500 ppm รอบผลสับปะรดที่มีอายุ 14 16 18 และ 20 สัปดาห์หลังการเกิดดอก พบว่า เอทธิพอนที่ระดับความเข้มข้น 0 125 และ 250 ppm ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลรวมสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำคั้น (pH) เอทธิพอนที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลทำให้ปริมาณ Total Soluble Solid (TSS) อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA น้ำหนักความกว้าง ความยาว และเส้นผ่าศูนย์กลางแกนผลเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณ Titratable Acid (TA) ลดลง และการฉีดพ่นเอทธิพอนทุกๆ ระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในน้ำคั้นจากผลทุกระยะการเจริญเติบโต

การใช้สารกำจัดวัชพืชที่มีปริมาณและความเข้มข้นที่ค่อนข้างสูง และใช้อย่างไม่ถูกวิธีในการเพาะปลูก ส่งผลให้ผู้บริโภคมีความกังวลเกี่ยวกับผลตกค้างของการใช้สารเคมีในผลิตภัณฑ์ของสับปะรด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออก ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้ จึงได้พิจารณาเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านอาหาร สำหรับการควบคุมคุณภาพของผลผลิตและความปลอดภัยจากการปนเปื้อนของสารกำจัดวัชพืชในสับปะรด โดยการใช้วิธี GC-MS และ LC-MS/MS ในการตรวจสอบสารกำจัดวัชพืชที่อาจจะมีการตกค้างในผลผลิตของสับปะรดนั้น เป็นการควบคุมคุณภาพผลผลิตและความปลอดภัยจากการปนเปื้อนของสารกำจัดวัชพืชในสับปะรด โดยพิจารณาจากค่าปริมาณสารตกค้างสูงสุด (MRLs) ทำการสุ่มตัวอย่างสับปะรดที่อายุ 7 วันก่อนการเก็บเกี่ยว (หรือที่อายุ 14 เดือน หรือ 11 เดือนหลังจากพ่นสาร) จากตัวอย่างในทุกสิ่งทดลองที่พ่นสารกำจัดวัชพืช นำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างในสับปะรด โดยใช้ GC-MS และ LC-MS/MS พบว่า ไม่มีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชทุกชนิดที่นำมาใช้ทดสอบในผลผลิตของสับปะรด (หรือมีค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โดยที่มีค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่มีการกำหนดไว้ในแต่ละชนิดของสารกำจัดวัชพืช แสดงให้เห็นว่า หลังจากที่มีการใช้สารกำจัดวัชพืชชนิดต่างๆ ดังกล่าวนี้นี้ ไม่มีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชทุกชนิดในผลผลิตสับปะรด ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีในการอธิบายเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านอาหารได้ จากการศึกษาในครั้งนี้ การใช้สาร penoxulam อัตรา 18.75 + fluazifop-P-butyl อัตรา 150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ สามารถนำมาใช้ทดแทนหรือสลับกับการใช้สาร penoxulam อัตรา 12.5 + haloxyfop-R-methyl อัตรา 84.4 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ไม่มีผลกระทบต่อการใช้และการให้ผลผลิตตลอดจนไม่มีการตกค้างของสารในสับปะรด ส่งผลให้การผลิตสับปะรดมีความปลอดภัยทางด้านอาหารมากยิ่งขึ้น ทำให้ผู้บริโภคมีความปลอดภัยจากสารกำจัดวัชพืชในการบริโภคผลผลิตสับปะรดต่อไป

โดยทั่วไปปัญหาหลักที่สำคัญในการผลิตสับปะรด ได้แก่ ผลผลิตต่อไร่ต่ำ ต้นทุนการผลิตสูง การกระจายตัวของผลผลิตไม่สม่ำเสมอ ทำให้ราคาผลผลิตไม่เสถียรภาพ พันธุ์ที่ใช้ปลูกมีการพัฒนาพันธุ์น้อยมาก มีการเสื่อมคุณลักษณะจากการกลายพันธุ์หรือการเสื่อมถอยทางพันธุกรรม และการป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาเรื่องวัชพืช ถือว่าเป็นปัญหาที่สำคัญมาก เพราะมีผลกระทบไปถึงปริมาณและคุณภาพของผลผลิตสับปะรด เนื่องจากสับปะรดเป็นพืชที่มีอายุเก็บเกี่ยวนานจึงทำให้มีช่วงเวลาที่วัชพืชจะเข้ามาทำความเสียหายได้มาก หากไม่สามารถควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว อาจจะส่งผลทำให้ผลผลิตเสียหาย และมีการตกค้างของสารในผลผลิตสับปะรด ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ จึงได้ทำการประเมินประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชของการใช้สารแบบหลังงอก ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ไม่มีผลกระทบต่อการเติบโตและการให้ผลผลิตของสับปะรด โดยที่สับปะรดสามารถเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่องจนถึงเก็บเกี่ยว และไม่มี การตกค้างของสารในผลผลิตสับปะรด ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการกำจัดวัชพืชสำหรับการผลิตสับปะรดให้แก่เกษตรกรในแหล่งปลูกที่สำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ที่ได้รับการจัดให้เป็นเขตเศรษฐกิจสำหรับสับปะรด ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และเพชรบุรี เป็นต้นรวมทั้งในพื้นที่เขตภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดชลบุรี และระยอง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ควรมีการวางแผนร่วมกันระหว่างเกษตรกร โรงงาน และราคาการตลาด เพื่อให้อุตสาหกรรมสับปะรดมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบที่ได้คุณภาพตามมาตรฐานโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปและการส่งออกผลผลิตสับปะรดสด ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของตลาดผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ ส่งผลทำให้ประเทศไทยสามารถทำการส่งออกสับปะรดได้มากยิ่งขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่าในทางเศรษฐกิจจากภาคการเกษตรที่จะนำรายได้เข้าประเทศไทย ตลอดจนสอดคล้องกับกฎระเบียบและมาตรฐานสินค้าตามที่ประเทศคู่ค้าต้องการ เพื่อส่วนแบ่งทางการตลาดโลกให้มากขึ้น รวมทั้งหาทางขยายไปสู่ตลาดใหม่ๆ ได้อีกต่อไป

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การใช้สาร penoxsulam อัตรา 18.75 + fluazifop-P-butyl อัตรา 150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ หรือ penoxsulam อัตรา 12.75 + haloxyfop-R-methyl อัตรา 84.4 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ พ่นสารหลังวัชพืชงอก เมื่อสับปะรดอายุ 3 เดือนหลังจากปลูก หรือในระหว่างการเติบโตของวัชพืชที่ไม่เกิน 4 ใบ สามารถนำมาใช้ทดแทนหรือสลับกันได้ โดยที่มีระดับในการควบคุมวัชพืชได้ดีใกล้เคียงกัน ไม่มีผลกระทบต่อการเติบโต และการให้ผลผลิตของสับปะรด

2. การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างในสับปะรด โดยใช้ GC-MS และ LC-MS/MS ไม่พบว่าการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในผลผลิตสับปะรด (หรือมีค่า MRLs < 0.01 mg/kg) ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีอย่างหนึ่งในการอธิบายเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านอาหารได้

ข้อเสนอแนะ

1. สามารถแนะนำให้เกษตรกรใช้สารกำจัดวัชพืชอย่างถูกวิธี หลีกเลี่ยงการใช้สารที่มีผลตกค้างนาน เมื่อมีการใช้สารอย่างถูกต้อง ทำให้ผู้บริโภคมีความปลอดภัยจากสารกำจัดวัชพืชในการบริโภคผลผลิต

2. การพัฒนาการจัดการวัชพืชในการผลิตสับปะรดเป็นแนวทางการจัดการวัชพืชโดยการใช้สารกำจัดวัชพืชที่มีข้อกำหนดเพิ่มมากขึ้น จึงควรมีการถ่ายทอดความรู้แก่ผู้ผลิตสับปะรดอย่างครอบคลุมและชัดเจน เพื่อให้อุตสาหกรรมสับปะรดมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นระบบที่ได้คุณภาพตามมาตรฐานโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปและส่งออกผลผลิตสับปะรดสด

3. ควรมีการพัฒนาการจัดการวัชพืชร่วมกับการจัดการโรคและแมลงศัตรูพืช เพื่อให้จัดการกับศัตรูพืชในการผลิตสับปะรดได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดฤดูกาลผลิต นอกจากนี้ควรมีการผลิตสับปะรดโดยคำนึงถึงความปลอดภัยด้านอาหารและสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น เพื่อสอดคล้องกับความต้องการของตลาดผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2009. **สับปะรด**. แหล่งที่มา: <http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=39>, 20 มกราคม 2555.
- เกลียวพันธ์ สุวรรณรักษ์. 2551. **การจัดการศัตรูพืชเพื่อผลิตสับปะรดคุณภาพ**. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- เกลียวพันธ์ สุวรรณรักษ์, ไพบุลย์ รุ่งจำ และ เสริมศิริ คงแสงดาว. 2545. การควบคุมสะเก็ดดอกขาวเล็ก (*Ipomoea obscura* L.) ใน สับปะรดด้วยสารกำจัดวัชพืช, น. 77-83. ใน **รายงานการประชุมวิชาการกองพฤกษศาสตร์และวัชพืช**. กรมวิชาการเกษตร. วันที่ 15-17 พฤษภาคม 2545 ณ พาวเลีย่น รีมแคว รีสอร์ท, กาญจนบุรี.
- ดวงกมล อมรศักดิ์โสภณ. 2547. GC-MS ในวิจัยเภสัชเคมีภัณฑ์. แหล่งที่มา: <http://www.gpo.or.th/rdi/htmls/gc.html>, 28 กรกฎาคม 2547.
- จินดารัฐ วีระวุฒิ และ นรณ วรามิตร. 2547. **พืชเศรษฐกิจ**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จิราพรรณ คล้ายกิจจา. 2548. **สับปะรด**. สำนักพิมพ์เกษตรสยามบุ๊คส์, กรุงเทพฯ.
- ทศพล พรพรหม. 2554. **สารป้องกันกำจัดวัชพืช: หลักการและกลไกการทำลายพืช**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ฝ่ายข้อมูลเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. 2555. การกำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRLs). ใน **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเพื่อเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ปี 2555**. เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, กรุงเทพฯ
- วนิดา จันทรสม. 2556. การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการล้างผักกะหล่ำปลีและผักกาดขาวเพื่อลดปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มไพรีทรอยด์. *Thammasat Medical Journal* 13 (1): 71-77.
- วนิดา มีเจริญ. 2552. **การเตรียมตัวอย่างเพื่อตรวจวัดสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในมังคุดคุณภาพส่งออกโดยลิควิดโครมาโทกราฟี-แทนเดมแมสสเปกโตรเมทรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

- รังสิต สุวรรณเขตนิคม. 2547. **สารป้องกันกำจัดวัชพืช: พื้นฐานและวิธีการใช้**. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- รังสิต สุวรรณเขตนิคม. 2009. **รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการสร้างองค์ความรู้และพัฒนาได้อ้อยภายใต้แผนแม่บทโครงการสร้างพื้นฐานทางปัญญาโครงการระยะยาว**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพฯ.
- เรจินกรณ์ โหม่พวง, สมชาติ หาญวงษา, ยรรยง เอลิมแสน, ศุภรัตน์ ทองฟัก และ นันทยา เก่งเขตร์ กิจ.2554. ผลตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในสับปะรดและแปลงปลูกสับปะรด. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 42: 257-260.
- สุพจน์ เชื้ออุลา, มาลี ณ นคร, ศศิธร พุทธิรักษ์, งามนิจ ชื่นบุญงาม, นิรันดร์ จันทวงศ์ และ สมศักดิ์ อภิสิริวานิช. 2555. การเปลี่ยนแปลงขนาดและคุณภาพผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ฉีดพ่นด้วยเอทธิพอนที่ระยะต่างๆ ของการเจริญเติบโตของผล, น. 275-282. ใน **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42: (สาขาพืช สาขาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2556. **สารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. ประกาศคณะกรรมการมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ**. มกษ. 9002-2556.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2556**. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- สิริชัย สาธุวิจารณ์, มัลลิกา นวลแก้ว, จรรยา มณีโชติ และ วนิดา ธารถวิล. 2554. ทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนงอก (pre-emergence) และหลังงอก (post-emergence) ในสับปะรด, น. 189-201. ใน **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2554**. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- Andre, S. and P. Nadia. 2010. **Intelligent Use of Retention Time during Multiple Reaction Monitoring for Faster and Extended Compound Screening with Higher Sensitivity and Better Reproducibility**. AB SCIEX Concord, Ontario (Canada).
- Agro Care Chemical. 2002. **Fluazifop-P-butyl**. Available Source : <http://www.agocare.com.cn>, February 15, 2011.

- Anucha, J and R. Suwanketnikom. 1999. Effect of some herbicides on small-white flower morningglory (*Ipomoea obscura* L. Ker-Gawl) control in pineapple. **The 17th Asian-Pacific Weed Science Society Conference: Weeds and Environmental Impact** .22-27 Nov 1999: 680-684.
- Burrill, J.C. and E. Locatelli. 1976. **Field manual for weed control research.** **International Plant Protection Center.** Oregon State University Corvallis. Oregon, USA.
- China Shenghua Group Agrochemical Group. 2005. **Ametryn.** Available Source: <http://www.agrofar.com/sdp/75827/4/pl-1064104/0-533486/HERBICIDES.html>, February 10, 2011.
- Crop Protection Compendium. 2009. **Haloxypop.** Available Source: <http://www.cabi.org/cpc/default.aspx?site=161&page=4201>, February 15, 2011.
- Dhuria, H.S. and D. Leela. 1972. Chemical weed control in pineapple variety. **Horticultural Science Abstracts** 42: 309-310.
- Dow AgroSciences. 2000. **Gallant NFH herbicide.** Dow AgroSciences. New Zealand. 7 pages.
- Dow AgroSciences. 2003. **California department of pesticide regulation.** Dow AgroSciences: 7 pages.
- Dow AgroSciences. 2008. **Clincher 10% EC.** Dow AgroSciences, India. 4 pages
- Dow AgroSciences. 2009. **Penoxsulam broad spectrum herbicide for turf global technical bulletin.** Dow AgroSciences: 12 pages.
- Escuderos, M., M.L., S. Delgado, S. Rubio and L.M. Polo-Diez. 2003. Direct determination of monolinuron, linuron and chlorbomuron residues in potato samples by gas chromatography with nitrogen-phosphorus detection. **Journal of Chromatography A.** 1011: 143-153.

- Evans, A.W. 1987. **Selective herbicide for pineapple.crops**. United states patent. 10 page.
- Grebe, S.K. and R.J. Singh. 2011. LC-MS/MS in the Clinical Laboratory-Where to From Here?. **Clinical Biochemistry**. 32(1): 5-31.
- Irina, C., M. Cara and G. Jitareanu. 2012. Dissipation of Acetochlor and Residue Analysis in Plants and Soil under Field Conditions. **Seria Agronomie** 55(2): 165-168.
- Jana, H. and T. Yajka. 2007. **Gas chromatography–Mass spectrometry (GC–MS). Faculty of Food and Biochemical Technology**. Department of Food Chemistry and Analysis Prague, Czech Republic.
- Jason, K. N., S.K. Bangarwa, R. C. Scott, J. Still, G.M. Griffith. 2010. Use of propanil and quinclorac tank mixtures for broadleaf weed control on rice (*Oryza sativa*) levees. **Crop Protection** 29: 255–259
- John, S.G., E.O. Ekanem, H.M. Adamu and I.Y. Chindo. 2013. Analysis of Herbicide Residues and Organic Priority Pollutants in Selected Root and Leafy Vegetable Crops in Plateau State, Nigeria. **World Journal of Analytical Chemistry** 2: 23-28.
- Kendle, W. 2009. Pineapple levy set for implementation at the end of 2008/09. Horticulture Australia Limited Level 7. Available Source: www.horticulture.com.au, January 10, 2010.
- Leonardo, C.B.M., V.M. Maia, M.H.M Lima, I. Aspiazu and R.F. Peggoraro. 2012. Growth, Production and Quality of Pineapple in Response to Herbicide Use. **Rev Bras. Frutic. Jaboticabal SP** 34: 799-805.
- Lucia, P., V. Cesio, H. Heinzen and A.R. Fernandez-Alba. 2011. Evaluation of various QuEChERS based methods for the analysis of herbicides and other commonly used pesticides in polished rice by LC–MS/MS. **Talanta** 83: 1613–1622.

- Magani, E.I., P.A. Shave and T. Avav. 2012. Evaluation of Fluazifop-P-Butyl and Propanil for Weed Control in Sesame (*Sesamum indicum* L.) in Southern Guinea Savanna, Nigeria. **American Journal of Experimental Agriculture** 2(4): 680-689.
- Maria, A.A., V. Borav, F. Lafont, A. Marinas, J.M. Maarinas, J.M. Moreno and F.J. Urbano. 2007. **Spectrometry. Food Chemistry** 105: 855-861.
- Othniel, C. 2011. **Pineapple Production and Post Harvest Handling. Farmers Manual**. Available Source: http://www.newgmc.com/gmc_docs/Farmers_Manual/pineapple.pdf, August 12, 2013.
- Pena, F.S., C.M. Gallego and M. Valcarcel. 2002. Analysis of phenylurea herbicides from plants by GC/MS. **Talanta** 56: 727-734.
- Ronchi, C.P. and E. Silva. 2004. Weed Control in Young Coffee Plantations Throught Post-Emergence Herbicide Application on to Onto Total Area. **Planta Daninha Viçosa-MG** 22(4): 607-615.
- Santilio, A., P. Stefanelli, S. Girolimetti, and R. Dommarco. 2011. Determination of acidic herbicides in cereals by QuEChERS extraction and LC/MS/MS. **Journal of Environmental Science and Health** 46(6): 535-543.
- Tadesse, E., W. Tefera. and T. Kebede. 2007. Effect of weed Management on pineapple growth and yield. **Ethiopian Journal of Weed Management** 1(1): 29-40.
- The E-Pesticide Manual. 2009. **Crop protection compendium**. Available Source: www.cabi.org, August 20, 2010.
- The Japan Food Chemical Research Foundation. 2007. **Positive List System for Agricultural Chemical Residues in Foods**. Available Source: <http://www.ffcr.or.jp/zaidan/ffcrhome.nsf/pages/MRLs-p>, January 15, 2014.

- Thierry, D., S. Bristeau, R. Jeannot, C. Mouvet and N. Baran. 2005. Determination of chloroacetanilides, triazines and phenylureas and some of their metabolites in soils by pressurised liquid extraction, GC-MS/MS, LC-MS and LC-MS/MS. **Journal of Chromatography A**. 1067: 225-233.
- Tomus, K., J. Poustka and J. Hajslova. 2007. HPLC-MS/MS Method for Analysis of Isoproturon in Difficult Matrix: Poppy Seeds. **Czech Journal of Food Sciences** 26(2): 146-152.
- Wisconsin Department of Natural Resources. 2012. **Penoxsulam Chemical Fact Sheet**. U.S.A.
- Yi, K.M. and R. Man. 2004. Weed control efficacy and phytotoxicity of penoxsulam SC by foliar application in transplants rice paddy in Korea. **Weed Science** 24(3): 192-198.
- Zilei, C., H. Zhang, B. Liu, G. Yang, H.Y.A. Enein, W. Wang, R. Ding, H. Du and H. Li. 2007. Determination of Herbicide Residues in Garlic by GC-MS. **Chromatographia** 66: 887-891.



ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ต้นทุนของการใช้สารกำจัดวัชพืชในแต่ละชนิดสำหรับการควบคุมวัชพืชใน
ผลผลิตสับปะรด

สารกำจัดวัชพืช	Dosage (g a .i./ha)	ราคา/ หน่วย
1. Weedy control	-	-
2. Hand weeding (30, 60 DAP)	-	600 บาท/ วัน
3. penoxulam 2.5% OD	12.5	645 บาท/ 500 มิลลิลิตร
+ haloxyfop-R-methyl 10.8% EC	+ 84.4	600 บาท/ 500 มิลลิลิตร
4. penoxsulam 2.5% OD	18.75	645 บาท/ 500 มิลลิลิตร
+ fluazifop-P-butyl 15% EC	+ 150	325 บาท/ 500 มิลลิลิตร
5. (penoxsulam	60	645 บาท/ 500 มิลลิลิตร
+ cyhalofop-butyl) 6% OD	+ 84.4	600 บาท/ 500 มิลลิลิตร
+ haloxyfop-R-methyl 10.8% EC		
6. ametryn 80% WG	2,500	230 บาท/ 1,000 มิลลิลิตร
+ haloxyfop-R-methyl 10.8% EC	+ 84.4	600 บาท/ 500 มิลลิลิตร
7. diuron 80% WP	5,000	275 บาท/ 1,000 มิลลิลิตร
+ bromazil 80% WP	+ 2,500	275 บาท/ 1,000 มิลลิลิตร

*ค่าแรงงานสำหรับการควบคุมวัชพืชในการผลิตสับปะรดในการทำงาน 1 วัน หรือ 8 ชั่วโมง
ทำการในอัตรา 300 บาท/ คน ที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (ปี 2554-2555)

ตารางผนวกที่ 2 ชนิดวัชพืชที่พบในแปลงผลิตสับปะรด ในเขตพื้นที่อำเภอปรางบุรี จังหวัด
ประจวบคีรีขันธ์

ชนิดวัชพืช	จำนวนวัชพืชต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร	
	30 DAA	60 DAA
วัชพืชใบแคบ:		
หญ้ากีนี่ (<i>Panicum maximum</i> J.)	43	74
หญ้าตีนติด (<i>Brachiaria reptans</i> L.)	28	65
หญ้าปากกควาย (<i>Dactyloctenium aegyptium</i> L.)	27	58
วัชพืชใบกว้าง:		
สาบม่วง (<i>Praxelis clematidea</i> R.M. King)	34	162
ผักโขม (<i>Amaranthus viridis</i> L.)	33	93

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนประชากรวัชพืชใบกว้างและวงศ์หญ้า
ที่ 15 วันหลังจากพ่นสาร

SOV	d.f.	SS	MS	F-value
Replications	3	58.6	1.92	0.16
Herbicides	6	395.4	6.47	0.09 **
Error	18	183.4	10.19	
Total	27	637.43		

C.V. = 77.05%

**มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนประชากรวัชพืชใบกว้างและวงศ์หญ้า
ที่ 30 วันหลังจากพ่นสาร

SOV	d.f.	SS	MS	F-value
Block	3	0.7	0.23	0.18
Herbicides	6	902.9	150.49	1.94 **
Error	18	23.1	1.28	
Total	27	976.7		

C.V. = 24.57%

**มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนประชากรวัชพืชใบกว้างและวงศ์หญ้า
ที่ 45 วันหลังจากพ่นสาร

SOV	d.f.	SS	MS	F-value
Replications	3	111.5	37.18	1.69
Herbicides	6	1694.2	282.37	1.17 **
Error	18	395.2	21.96	
Total	27	2,200.96		

C.V. = 35.95%

**มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนประชากรวัชพืชใบกว้างและวงศ์หญ้า
ที่ 60 วันหลังจากพ่นสาร

SOV	d.f.	SS	MS	F-value
Replications	3	12.9	4.29	0.20
Herbicides	6	1666.0	277.67	5.87 **
Error	18	191.1	10.62	
Total	27	1870		

C.V. = 23.28%

**มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ชนิดของวัชพืชในแปลงสับปะรด ได้แก่

วัชพืชวงศ์หญ้า: *Panicum maximum* J., *Brachiaria reptans* L.,
Dactyloctenium aegyptium L.,

วัชพืชใบกว้าง: *Praxelis clematidea*, *Scoparia dulcis* L., *Amaranthus viridis* L.

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงต้นสับปะรด ที่ 30 วันหลังจากพ่นสาร

SOV	d.f.	SS	MS	F-value
Replications	3	9.54	3.18	0.15
Herbicides	6	146.71	24.45	3.29 **
Error	18	30.71	1.71	
Total	27	72.86		

C.V. = 1.86%

**มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงต้นสับปะรด ที่ 90 วันหลังจากพ่นสาร

SOV	d.f.	SS	MS	F-value
Replications	3	9.54	3.18	0.17
Herbicides	6	146.71	24.45	5.47 **
Error	18	30.71	1.71	
Total	27	762.11		

C.V. = 2.18%

**มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตสับปะรด เมื่อสับปะรดมีอายุได้ 14 เดือน (หรือที่ 11 เดือนหลังจากพ่นสาร)

SOV	d.f.	SS	MS	F-value
Replications	3	34286.0	11,429	0.49
Herbicides	6	1,974,286.0	329,048	1.11 **
Error	18	245,714.0	13,651	
Total	27	8,254,285.7		

C.V. = 3.42%

**มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ -นามสกุล	นายถวัลย์ ประมวล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	8 กันยายน พ.ศ. 2529
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วิทยาศาสตร์บัณฑิต) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน พ.ศ. 2552
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักงานเกษตรอำเภอบางเลน อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม