

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชุดโครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
2. โครงการวิจัย : การศึกษาความรุนแรงของผลกระทบและการเฝ้าระวังสารเคมี
ป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีพิษร้ายแรงหรือมีความคงทนใน
สภาพแวดล้อม
3. กิจกรรม : ศึกษาปัญหาและความรุนแรงของผลกระทบจากการใช้สาร
ป้องกันกำจัดศัตรูพืช
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : การประเมินความเสี่ยงจากการใช้ สารกำจัดแมลงกลุ่ม
Organophosphorus ในพืชผักและไม้ผลต่อผู้ใช้ ผู้บริโภค
และสิ่งแวดล้อม
4. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : ศึกษาการสลายตัวและสะสมของสารกำจัดแมลง กลุ่ม
Organophosphorus ในผลผลิตพืชผักและไม้ผล : ชนิด ethion
ในส้มเขียวหวาน
Study on the Degradation and Accumulation of
Organophosphorus Insecticide in Vegetables and fruits:
ethion in Tangerine
5. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : นางผกาสิณี คล้ายมาลา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ผู้ร่วมงาน : นางสาวปัทมรา คุณเลิศ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นายพนพล มะโนเย็น กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
6. บทคัดย่อ

การสลายตัวและสะสมของสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส (Organophosphorus) ชนิด อีไทออน (ethion) ได้ศึกษาในแปลงปลูกส้มเขียวหวาน (Tangerine, *Citrus reticulata* Blanco) ที่อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี ในปีงบประมาณ 2558 ช่วงเดือนตุลาคม 2557 ถึง กันยายน 2558 สาร ethion เป็นสารกำจัดแมลงที่มีคำแนะนำการใช้ในพืชตระกูลส้ม เกษตรกรเลือกใช้สารกำจัดแมลง ethion เมื่อมีการระบาดของศัตรูพืชเท่านั้น โดยใช้ ethion สูตร 50 % w/v EC ในอัตรา 20 มิลลิลิตร ต่อ น้ำ 20 ลิตร พ่นสารเพียงหนึ่งครั้งในฤดูปลูก ด้วยเครื่องพ่นแบบแรงดันน้ำสูงติดตั้งบนเรือ ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างในส้มเขียวหวาน ที่ระยะเวลาหลังพ่นสาร 2 ชั่วโมง (0 วัน) พบปริมาณสารพิษตกค้าง 0.39 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้อยกว่าค่ากำหนดปริมาณสารพิษตกค้างที่ยอมให้มี Maximum Residue Limits (MRL) ในส้มเปลือกกร่อน ที่

กำหนดไว้ในปริมาณ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ระดับความเสี่ยงของการบริโภคส้มเขียวหวานที่พบสารพิษตกค้างสูงสุด เมื่อกำหนดค่า Acceptable Daily Intake (ADI) เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการบริโภคสูงสุด 204 กรัมต่อคนที่บริโภคต่อวัน ผลประเมินอยู่ในระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ส่วนในน้ำล้างมือของคน

รหัสการทดลอง 03-06-54-05-04-01-02-57

เก็บสัมพบปริมาณสารพิษตกค้างสูง ผลประเมินได้ระดับความเสี่ยงสูง และค่าการสลายตัวของสาร ethion หลังการพ่นสาร ถึง 30 วัน มีค่าครึ่งชีวิต (Half-life) เท่ากับ 19 วัน

Abstract

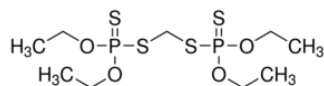
Study on the degradation and accumulation of organophosphorus insecticide: ethion insecticide in Tangerine Orchard (Tangerine, *Citrus reticulata* Blanco) was arranged in profitable field. The Orchard is located in Amphoe Nong Suea, Pathum Thani province. This study made during the fiscal month of October 2014 to September 2015. Ethion insecticide is a substance that has instructions for citrus plant. Farmers use ethion spray once a growing season, use this insecticide only when there is an outbreak of pests. When the Tangerines were a premature fruits, use ethion 50% W/V EC in the rate of 20 milligrams per 20 liter on High Pressure Sprayer mounted on boat. The result showed that, analysis of pesticide residues in fruits after spray residues found 0.39 mg/kg less than the Maximum Residue Limits (MRLs) in the orange peel grids equal to 2 mg/kg. The risk level of consumption of citrus, found residue results in an acceptable level of risk. When configured Acceptable Daily Intake (ADI) of 0.01 mg/kg/day, the consumption per person per body weight per day equal to 204 g/person/day. For the ethion residues from the hand washing water on the worker who collected oranges showed residues were contaminated their hands pose a high-risk level and the degradation time of ethion after sprayed to 30 days, calculated a half-life of ethion is 19 days.

7. คำนำ

อีไธออน (ethion) จัดอยู่ในสารกลุ่ม organophosphate และมีชื่อทางเคมี (IUPAC) คือ *O',O'.O'-tetraethyl S,S'-methylene bis (phosphorothioate)* มีสูตรโมเลกุลคือ $C_9H_{22}O_4P_2S_4$ มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 384.5 จัดเป็นกลุ่มตามกลไกหรือตำแหน่งการออกฤทธิ์ตาม Insecticide Resistance Action Committee; IRAC คือ กลุ่ม 1B ethion เป็นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช และไร ประเภทไม่ดูดซึม จะออกฤทธิ์เมื่อสัมผัสถูกและกิน ค่า LD_{50} ทางปากของหนูเท่ากับ 208 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ตาม

เอกสาร คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูพืช ปี 2553 (กลุ่มกีฏและสัตววิทยา, 2553) ในสูตร 50% EC อัตราการใช้ 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร เพื่อกำจัดเพลี้ยไฟพริก (*Chilli thrips, Scirtothrips dorsalis* Hood) ในส้มเขียวหวาน เมื่อพบการระบาดในระยะแตกใบอ่อน ดอกและผลอ่อน โดยงดพ่นก่อนเก็บเกี่ยว 21 วัน

ส้มเขียวหวาน (Tangerine, *Citrus reticulata* Balanco) เป็นไม้ผลที่ได้รับความนิยมในการบริโภคอย่างมากทั้งภายในประเทศและส่งออกไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ตลาดยังมีความต้องการเพิ่มขึ้นทั้งในด้านเพื่อการบริโภคสดและแปรรูป ในปี 2555 เนื้อที่ยืนต้น ปลูกรวมประเทศ 102,726 ไร่ เนื้อที่ให้ผล 94,293 ไร่ ได้ผลผลิต 185,084 ตัน (ศูนย์ข้อมูลผลไม้ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) แหล่งปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงใหม่ สุโขทัย แพร่ เป็นต้น ในการผลิตส้มที่มีคุณภาพจะต้องมีการจัดการปัญหาโรคและแมลงศัตรูพืช ซึ่งศัตรูพืชที่สำคัญที่ทำให้เกิดความเสียหายมาก คือ เพลี้ยไฟพริก โดยการทำลายของเพลี้ยไฟ จะทำให้เกิดความเสียหายต่อส้ม ทำให้ยอดหงิก ดอกร่วง และไม่ติดผล หรือทำให้ผลส้มเสียหาย ดังนั้น ในปัจจุบันเกษตรกรจึงนิยมใช้ ethion ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟ



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของ ethion

คุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของสาร ethion คือ ละลายน้ำได้น้อย มีการเคลื่อนย้ายต่ำ (low mobility) มีความคงทนสูง (Degradation time (DT) = 390 วัน ที่ pH 9) และออกซิไดส์สู่อากาศได้น้อย สารนี้ออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่นำกระแสประสาท การรับสัมผัสสารนี้ อาจทำให้เกิดการผิดปกติของระบบประสาท การทำงานของระบบกล้ามเนื้อ การเคลื่อนไหวของร่างกาย การรับสารพิษต่อเนื่องยาวนาน จะมีผลต่อการเกิดพิษแบบเรื้อรังได้ การรับสัมผัสสารพิษของเกษตรกร เป็นการรับสารพิษจากการประกอบอาชีพ (occupational exposure) เช่น การผสมสาร การพ่นสาร การเก็บผลผลิต อาจรับสัมผัสผ่านทางหายใจ (inhalation) และทางผิวหนัง (dermal) เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น การศึกษาการสลายตัวและการสะสมของสาร ethion จากการเก็บตัวอย่างผลผลิตส้มและน้ำล้างมือของคนเก็บส้ม อาจบ่งชี้ถึงความเสี่ยงของการรับสัมผัสสารพิษเข้าสู่ร่างกาย จากการสัมผัสสารพิษตกค้างในบริเวณแปลงปลูกส้มหลังการพ่นสารกำจัดแมลง ethion เพื่อนำข้อมูลไปประเมินระดับความเสี่ยงของการรับสัมผัสและการบริโภค

8. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในแปลงทดลอง ได้แก่

1.1 ถูพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่าง

1.2 ปากกาเคมี

- 1.3 ป้ายชื่อตัวอย่าง ป้ายรหัสตัวอย่างสำหรับกำหนดจุดเก็บ
- 1.4 ขวดแก้วใส่น้ำปริมาตร 1 ลิตร สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำล้างมือคนเก็บส้มเขียวหวาน
- 1.5 เครื่องที่มีระบบระบุตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์บนพื้นโลก (Global Positioning System; GPS)
- 1.6 ผลิตภัณฑ์สารกำจัดแมลง ethion สูตร 50 % w/v EC

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

- 2.1 เครื่องแก้วที่ใช้ในการสกัดได้แก่ กระบอกตวง (cylinder), ปีกเกอร์ (beaker) และ ปิเปต (pipette) เป็นต้น
- 2.2 เครื่องแก้วที่ใช้ในการเตรียมสารมาตรฐาน ได้แก่ ขวดปริมาตร (volumetric flask), ปิเปต (volumetric pipette)
- 2.3 เคมีภัณฑ์ชนิดต่างๆ ได้แก่ สารเคมีสำหรับการสกัด การเตรียมสารมาตรฐาน และปรับปริมาตร ตัวอย่าง เช่น ethyl acetate ชนิด analytical grade (AR) และ pesticide grade (PR)
- 2.4 วัสดุวิทยาศาสตร์อื่นๆ เช่น หลอดทดลองพลาสติก ขนาด 2 และ 50 มิลลิลิตร พร้อมฝาปิด กระดาษกรอง ขนาด 0.2 ไมครอน
- 2.5 สารมาตรฐาน ethion ที่มีความบริสุทธิ์สูง
- 2.6 เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เช่น เครื่องชั่งหยาบ, เครื่องชั่งละเอียด (analytical balance), เครื่องปั่นชนิด vortex mixer, เครื่องลดปริมาตรชนิด nitrogen evaporator เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) และเครื่องตรวจวิเคราะห์ Gas Chromatograph ชนิดตัววัด Flame Photometer Detector (GC-FPD)

- วิธีการ

1. การปฏิบัติงานในแปลงทดลอง

ได้แปลงส้มเขียวหวานทดลองที่เหมาะสม ของ นายวีรยุทธ อำโพศรี เลขที่ 38/10 หมู่ 7 ตำบลบึงบา อำเภอนองเสือ จังหวัดปทุมธานี แปลงส้มเขียวหวาน พื้นที่ 2 ไร่ เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ร่องน้ำรอบแปลงลึกประมาณ 2 เมตร ยกร่องปลูก มีร่องน้ำระหว่างแปลงกว้าง 3.5 เมตร แบ่งเป็นแปลงย่อย 2 แถว แปลงย่อยมีขนาดกว้าง 3.5 เมตร ยาว ยาว 400 เมตร มีร่องน้ำคั่นระหว่างแปลงย่อย ในหนึ่งแปลงย่อยปลูกส้ม ประมาณ 100 ต้น แต่ละต้นห่างกัน 3 เมตร ใช้น้ำจากคลองรังสิต

1.1 ลักษณะทางกายภาพของแปลงปลูกส้มเขียวหวาน

- ดินในแปลงเป็นดินร่วนปนดินเหนียว มีอินทรีย์วัตถุสูงปานกลาง มีค่า pH ดิน ประมาณ 5.1 ถึง 6.2
- น้ำในร่องน้ำในแปลง มีค่า pH ระหว่าง 6.9 ถึง 7.2 มีค่า conductivity ระหว่าง 1,300 ถึง 1,600 ไม

โครซีเมน (μS) มีค่า Total Dissolved Solid ระหว่าง 294 ถึง 298 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และค่า Dissolved Oxygen ระหว่าง 5.17 ถึง 6.98 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L)

1.2 สารกำจัดแมลงที่ศึกษา คือ ethion สูตร 50 % w/v EC อัตราการใช้ ethion ใช้อัตราตามที่เกษตรกรที่ใช้ คือ 20 มิลลิลิตร ต่อ น้ำ 20 ลิตร

1.3 เทคนิคการพ่นสารกำจัดแมลง ใช้การพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแรงดันสูงติดตั้งในเรือ

1.4 การดูแลแปลง เกษตรกรรดน้ำแปลงส้มเขียวหวาน วันละหนึ่งครั้ง รดวันเว้นวัน ส่วนวันที่พ่นยาให้เว้นรดน้ำสองวัน

1.5 การเก็บตัวอย่างผลส้มเขียวหวานที่ก่อนพ่นสาร ethion โดยเก็บอย่างน้อย 12 ลูก จากต้นส้ม 4 ต้น ต่อตัวอย่าง จำนวน 7 ตัวอย่าง และเก็บน้ำล้างมือคนเก็บส้ม เพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างเพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างเพื่อใช้เป็นตัวอย่างก่อนพ่นสาร (control sample)

1.6 การเก็บตัวอย่างผลส้มเขียวหวานหลังการพ่น ethion 2 ชั่วโมง โดยเก็บอย่างน้อย 12 ลูก จากต้นส้มเขียวหวาน 4 ต้นต่อตัวอย่าง จำนวน 7 ตัวอย่าง ที่ระยะเวลาภายหลังการพ่นสาร (2 ชั่วโมง) 0 วัน เมื่อพ่นครั้งสุดท้าย เก็บตัวอย่างที่ระยะเวลาภายหลังการพ่นสาร (2 ชั่วโมง) 0 วัน, 1 วัน, 3 วัน, 5 วัน, 7 วัน, 10 วัน, 15 วัน, 20 วัน และ 30 วัน ซึ่งระยะเวลาเก็บเกี่ยวอาจเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสมของพืช และเก็บน้ำล้างมือคนเก็บส้มเขียวหวาน เพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างและระยะเวลาหลังการพ่นสาร พร้อมทั้งบันทึกเวลาที่ใช้ในการเก็บผลส้มในแต่ละครั้ง

1.7 การเก็บตัวอย่างน้ำล้างมือคนเก็บผลส้มเขียวหวานหลังการพ่น 2 ชั่วโมง และระยะเวลาหลังการพ่นสาร พร้อมทั้งบันทึกเวลาที่ใช้ในการเก็บผลส้มในแต่ละครั้ง

2. การปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

2.1 เตรียมสารละลายของสารพิษมาตรฐาน ethion สำหรับใช้เป็น Calibration curve

2.2 ทดสอบประสิทธิภาพของวิธีตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ethion ในตัวอย่างผลส้ม โดยหา % recovery ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และหา Limit of Quantitation (LOQ) ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

2.3 ทดสอบประสิทธิภาพของวิธีตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ethion ในตัวอย่างน้ำ โดยหา % recovery ที่ความเข้มข้น 0.2, 0.5 และ 1.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และหา Limit of Quantitation (LOQ) ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

2.4 สกัดสารพิษตกค้างของ ethion ในตัวอย่างส้มเขียวหวาน ใช้วิธี EN 15662 method โดยใช้ mixer และ centrifuge สกัดด้วยสาร acetonitrile clean-up ด้วย PSA จากนั้นนำไปลดปริมาตรโดยใช้ rotary evaporator ปรับปริมาตรให้แน่นอนด้วย ethyl acetate ตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษด้วยวิเคราะห์เครื่อง Gas Chromatography ชนิดตัวตรวจวัด คือ Flame Photometric Detector (GC-FPD)

2.5 สกัดสารพิษตกค้างของ ethion ในตัวอย่างน้ำล้างมือ ประยุกต์จากวิธีสกัดน้ำ (In house method, 2007) ตวงน้ำล้างมือที่วัดปริมาตรแล้ว เช่น วัดได้ 980 มิลลิลิตร เติม ethyl acetate (AR) 100 มิลลิลิตร เขย่าโดยใช้ separatory funnel shaker นาน 3 นาที ตั้งทิ้งไว้แยกชั้น ไซ ethyl acetate ชั้นบน กรองผ่าน anh. sodium sulfate ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยใช้ปริมาตร ethyl acetate (AR) ครั้งละ 50 มิลลิลิตร เก็บชั้นของ ethyl acetate กรองรวมกัน ล้าง separatory funnel ด้วย ethyl acetate (AR) 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง นำไปลดปริมาตรโดยใช้ rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนเกือบแห้ง ปรับปริมาตรด้วย acetonitrile (HPLC) ลดปริมาตรสารสกัดด้วย nitrogen evaporator และปรับปริมาตรให้ได้ 1 มิลลิลิตร - เวลาและสถานที่ เริ่มต้น เดือนกันยายน 2557 – สิ้นสุด เดือนตุลาคม 2558

สถานที่ทำการทดลอง

1. แปลงส้มเขียวหวาน ของ นายวิรัช อัมโพศรี เลขที่ 38/10 หมู่ 7 ตำบลบึงบา อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี
2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยผลกระทบจากการใช้วัตถุมีพิษการเกษตร กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ

9. ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผลส้มเขียวหวาน โดยการหาเปอร์เซ็นต์การกลับคืน (% recovery) ของสาร ethion อยู่ระหว่างร้อยละ 85 – 109 ที่ความเข้มข้น 0.01 – 1.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาณสารพิษต่ำสุดที่วิธีวิเคราะห์สามารถตรวจได้อย่างถูกต้อง (Limit of Quantification ; LOQ) เท่ากับ 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในน้ำล้างมือคนเก็บส้ม เปอร์เซ็นต์การกลับคืน (% recovery) ของสาร ethion อยู่ระหว่างร้อยละ 80 – 85 ที่ความเข้มข้น 0.02 – 1.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาณสารพิษต่ำสุดที่วิธีวิเคราะห์สามารถตรวจได้อย่างถูกต้อง (Limit of Quantification ; LOQ) เท่ากับ 0.04 ไมโครกรัม

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของวิธีตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ethion ในผลส้มและน้ำล้างมือคนเก็บส้ม

ชนิด	%การกลับคืน	ปริมาณความเข้มข้นของ	ปริมาณสารพิษต่ำสุดที่วิธีวิเคราะห์
------	-------------	----------------------	------------------------------------

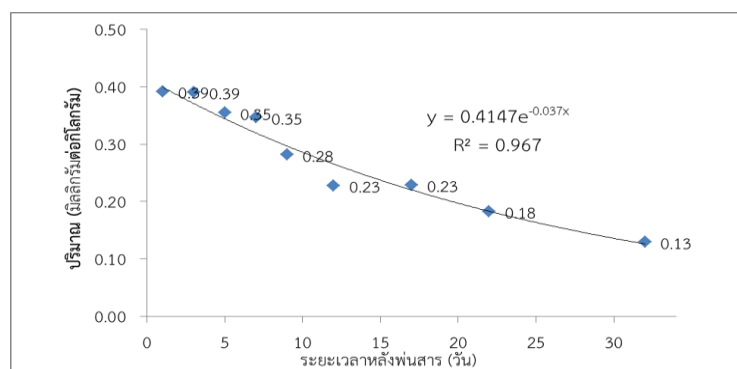
ตัวอย่าง	(% recovery)	ethion (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	สามารถตรวจได้อย่างถูกต้อง (Limit of Quantification ; LOQ)
ส้ม	85 – 109	0.01 – 1.0	0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
น้ำล้างมือ	80 - 85	0.02 – 1.0	0.04 ไมโครกรัม

ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผลส้ม เก็บตัวอย่างที่ 0 วัน (หลังพ่นสาร 1 ชั่วโมง) และหลังพ่นสาร 1 วัน พบปริมาณความเข้มข้นเท่ากับ 0.39 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่เกินค่ากำหนดปริมาณสารพิษตกค้างที่ยอมให้มีได้ (Maximum Residue Limit, MRL) ในส้มเปลือกกร่อน กำหนดปริมาณเท่ากับ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณสารพิษตกค้างที่ตรวจพบหลังพ่นสารไม่เกินค่า MRL จากนั้นตรวจพบปริมาณสารพิษตกค้างลดลงตามระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างหลังการพ่นสาร ethion ที่ระยะเวลาหลังพ่นสาร 3, 5, 7, 10, 15, 20 และ 30 วัน ในปริมาณ 0.35, 0.35, 0.28, 0.23, 0.23, 0.18 และ 0.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยสารพิษ ethion ในผลส้ม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, mg/kg)

ระยะเวลาหลังพ่นสาร	ปริมาณสารพิษ ethion ในผลส้ม (mg/kg)	
	ก่อนพ่น (N=10)	หลังพ่น (N=10)
0 วัน	0	0.39 ± 0.21
1 วัน	0	0.39 ± 0.17
3 วัน	0	0.35 ± 0.13
5 วัน	0	0.35 ± 0.07
7 วัน	0	0.28 ± 0.06
10 วัน	0	0.23 ± 0.06
15 วัน	0	0.23 ± 0.06
20 วัน	0	0.18 ± 0.06
30 วัน	0	0.13 ± 0.06

หมายเหตุ ค่า MRL ในส้มเปลือกกร่อน เท่ากับ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (มกษ.9002-2556)



ภาพที่ 2 ระยะเวลาการสลายตัวของสารพิษตกค้าง ethion ในผลส้ม เก็บตัวอย่างหลังพ่นสารที่ 0 ถึง 30 วัน

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยปริมาณสารพิษตกค้าง ethion ในตัวอย่างผลส้มเขียวหวาน สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการสลายตัวของสารพิษตกค้างกับระยะเวลาภายหลังการพ่นสาร แล้วคำนวณค่าการสลายตัวของ ethion โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารพิษตกค้างกับระยะเวลาหลังการพ่นสารในแต่ละช่วงวันที่เก็บตัวอย่าง ในรูปแบบสมการ Exponential; $y = ae^{bx}$ หรือ $y = \ln a + bx$ โดยที่ y = ปริมาณสารพิษตกค้างในผลส้มเขียวหวาน

a = ค่า intercept

b = ค่า slope

x = ระยะเวลาการสลายตัว (วัน)

คำนวณระยะเวลาครึ่งชีวิตในผลส้มเขียวหวาน ที่สารพิษ ethion สลายตัวจนมีปริมาณลดลงครึ่งหนึ่ง (half-life, $t_{1/2}$) ด้วยสมการ $t_{1/2} = -0.693/b$ จากภาพที่ 2 จะได้ค่า b เท่ากับ -0.037 เมื่อคำนวณโดยแทนค่า b ในสมการ การคำนวณ ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ค่า half-life } (t_{1/2}) \text{ ethion ในส้มเขียวหวาน} &= -0.693/-0.037 \\ &= 18.73 \text{ วัน หรือ เท่ากับ 19 วัน}\end{aligned}$$

คำนวณได้ค่าครึ่งชีวิต (half-life, $t_{1/2}$) ของ ethion ในผลส้มเขียวหวาน เท่ากับ 18.73 วันหรือ เท่ากับ 19 วัน แสดงว่า การพ่นสาร ethion ด้วยเครื่องพ่นแรงดันน้ำสูง ในอัตรา 20 มิลลิลิตร ต่อ น้ำ 20 ลิตร พบปริมาณสารพิษตกค้างในผลส้มเขียวหวานที่ 0 และ 1 วัน เท่ากับ 0.39 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณสารพิษตกค้างที่พบสูงสุด จากนั้นสารพิษตกค้างจะสลายตัวจนมีปริมาณลดลงครึ่งหนึ่ง โดยใช้ระยะเวลานานกว่าสองสัปดาห์ ถ้านำข้อมูลปริมาณสารพิษตกค้างไปคำนวณการสลายตัวแบบ exponential ในผลส้มเขียวหวานแต่ละวัน โดยใช้สมการในภาพที่ 2 สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}y &= 0.4147e^{-0.037x} \\ y &= \ln (0.4147) + (-0.037x) \\ y &= (-0.8802) + (-0.037x)\end{aligned}$$

เมื่อคำนวณระยะเวลาการสลายตัวของ ethion ในส้มเขียวหวาน จะได้ผลการคำนวณ ดังตารางที่ 3 หากมีการบริโภคส้ม ภายหลังการพ่นที่ 0 วัน ซึ่งมีปริมาณสารพิษตกค้าง เท่ากับ 0.39 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่ตกค้างสูงสุด เมื่อข้อมูลการบริโภคส้มเขียวหวานผลสด จากคาเปอร์เซนตไทล์ที่ 97.5 ของปริมาณอาหารที่บริโภคเฉพาะผู้ที่บริโภค (eater only) ในแต่ละช่วงอายุ หน่วยเป็นกรัมต่อคนที่บริโภคต่อวัน ตั้งแต่อายุ 3 ปีถึง 65 ปี ขึ้นไป เท่ากับ 136.00 - 204.00 กรัมต่อคนที่บริโภคต่อวัน (มกอช.,2549) หากนำปริมาณที่บริโภคสูงสุดคือ 204.00 กรัมต่อคนที่บริโภคต่อวัน และน้ำหนักต่อผู้บริโภค 53.54 กิโลกรัม มาคำนวณจะพบว่า การรับสัมผัสสารพิษจากการบริโภคส้มเขียวหวานที่ปนเปื้อนสาร ethion ภายหลังการพ่นที่ 0 วัน เข้าสู่ร่างกาย ปริมาณ

0.41 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน (mg/kg BW/day) เมื่อค่า Reference Dose (RfD) เท่ากับ 0.0005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ปริมาณการรับสัมผัสที่คำนวณได้และผลการประเมินความเสี่ยงอยู่ในระดับเสี่ยง ดังในตารางภาคผนวกที่ 1 และ 2

ส่วนผลการวิเคราะห์น้ำล้างมือคนเก็บส้ม พบการตกค้างสูงสุด หลังการพ่นสารที่ 0 วัน (หลังพ่นสาร 1 ชั่วโมง) พบว่า น้ำล้างมือของคนเก็บส้มคนที่ 1 และคนเก็บส้มคนที่ 2 มีปริมาณความเข้มข้น 441.50 และ 592.50 ไมโครกรัม ตามลำดับ โดยปริมาณการปนเปื้อนที่มือของคนเก็บส้ม มีปริมาณลดลงระยะเวลาตามการสลายตัวของสารพิษตกค้าง ethion ในผลส้ม ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการตรวจวิเคราะห์สารพิษ ethion ในน้ำล้างมือคนเก็บผลส้ม (ไมโครกรัม, µg)

ระยะเวลาหลังพ่นสาร	ปริมาณสารพิษ ethion บริเวณมือคนเก็บส้ม (ไมโครกรัม, µg)	
	คนเก็บส้ม 1	คนเก็บส้ม 2
Control	4.10 ± 1.41	4.50 ± 0.10
0 วัน	441.50 ± 17.68	592.50 ± 53.03
1 วัน	289.50 ± 12.02	328.50 ± 101.12
3 วัน	122.0 ± 26.87	156.50 ± 38.89
5 วัน	58.0 ± 19.8	45.50 ± 9.19
7 วัน	50.20 ± 4.2	48.40 ± 2.8
10 วัน	41.0 ± 1.41	74.0 ± 8.49
15 วัน	39.5 ± 6.36	64.0 ± 2.83
20 วัน	40.0 ± 2.83	57.50 ± 7.78
30 วัน	39.0 ± 1.41	52.50 ± 0.71

เมื่อนำข้อมูลปริมาณการปนเปื้อนของสารพิษตกค้าง ethion ในน้ำล้างมือ ดังแสดงในตารางที่ 4 มาคำนวณปริมาณปนเปื้อนที่สัมผัสร่างกาย สำหรับสาร ethion กำหนดค่า % Absorption ที่ค่า Default Dermal Absorption เท่ากับ 100 ไม่เหมาะสมในการคำนวณ (US. EPA, 1996) จึงใช้ % Dermal Absorption of Pesticide in Human ของ ethion เท่ากับ 3.3 (Utah State University Extension, 2003) ในการคำนวณ MOE ของงานวิจัยนี้ ซึ่ง US. EPA. (1996) กำหนดการคำนวณได้ค่า MOE น้อยกว่า 100 ว่า อยู่ในระดับที่มีความเสี่ยง (Risk) ค่า MOE เกินกว่า 100 จัดระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ไม่มีความเสี่ยง (Not exceed the Agency Risk concern) (EPA, 2001) แล้วคำนวณระดับความเสี่ยงของการปนเปื้อนบริเวณมือคนเก็บส้มเขียวหวาน คำนวณค่าขอบเขตความปลอดภัย (Margin of Exposure, MOE) โดยเทียบปริมาณการรับสัมผัส กับค่าสูงสุดของปริมาณสารพิษที่ใช้ในการทดลองกับสัตว์ทดลองโดยไม่ทำให้เกิดผลอันไม่พึงประสงค์ทางพิษวิทยา (No Observed Adverse Effect Level, NOAEL) โดยใช้ค่า Dermal NOAEL ของ ethion ในกระต่ายเท่ากับ 0.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน (mg/kg bw /day) มีเกณฑ์กำหนดให้ค่า MOE น้อยกว่า 100 อยู่ในระดับที่มีความเสี่ยง (Risk) ค่า MOE เกิน 100 อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (Accept Risk) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ระดับความเสี่ยงของการปนเปื้อน ethion ในน้ำล้างมือของคนเก็บส้ม ในแปลงส้มเขียวหวาน

ระยะเวลา หลังพ่นสาร	ผู้ปฏิบัติงาน	mg/kg bw/day	% Absorption	Absorbed Dose mg/kg bw/day (exposure)	NOAEL mg/kg bw /day	MOE = NOAEL ÷ exposure	ระดับ ความเสี่ยง
Control	คนเก็บส้ม 1	0.002093	3.3	0.002093	0.8	115.82	Accept
	คนเก็บส้ม 2	0.001894	3.3	0.001894	0.8	127.99	Accept
0 วัน	คนเก็บส้ม 1	0.22544	3.3	0.22544	0.8	1.07	Risk
	คนเก็บส้ม 2	0.24947	3.3	0.24947	0.8	0.97	Risk
1 วัน	คนเก็บส้ม 1	0.14783	3.3	0.14783	0.8	1.64	Risk
	คนเก็บส้ม 2	0.13831	3.3	0.13831	0.8	1.75	Risk
3 วัน	คนเก็บส้ม 1	0.06230	3.3	0.06230	0.8	3.89	Risk
	คนเก็บส้ม 2	0.06589	3.3	0.06589	0.8	3.68	Risk
5 วัน	คนเก็บส้ม 1	0.02962	3.3	0.02962	0.8	8.18	Risk
	คนเก็บส้ม 2	0.01916	3.3	0.01916	0.8	12.65	Risk
7 วัน	คนเก็บส้ม 1	0.02563	3.3	0.02563	0.8	9.46	Risk
	คนเก็บส้ม 2	0.02038	3.3	0.02038	0.8	11.89	Risk
10 วัน	คนเก็บส้ม 1	0.02094	3.3	0.02094	0.8	11.58	Risk
	คนเก็บส้ม 2	0.03116	3.3	0.03116	0.8	7.78	Risk
15 วัน	คนเก็บส้ม 1	0.02017	3.3	0.02017	0.8	12.02	Risk
	คนเก็บส้ม 2	0.02695	3.3	0.02695	0.8	8.99	Risk
20 วัน	คนเก็บส้ม 1	0.02043	3.3	0.02043	0.8	11.87	Risk
	คนเก็บส้ม 2	0.02421	3.3	0.02421	0.8	10.01	Risk
30 วัน	คนเก็บส้ม 1	0.01991	3.3	0.01991	0.8	12.18	Risk
	คนเก็บส้ม 2	0.02211	3.3	0.02211	0.8	10.96	Risk

หมายเหตุ NOAEL = No Observed Adverse Effect Level คือ ค่าสูงสุดของปริมาณสารพิษที่ใช้ในการทดลองกับสัตว์ทดลอง

โดยไม่ทำให้เกิดผลอันไม่พึงประสงค์ทางพิษวิทยา

คนเก็บส้ม 1 น้ำหนัก 47 กิโลกรัม คนเก็บส้ม 2 น้ำหนัก 57 กิโลกรัม

10. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาการสลายตัวและสะสมของสารกำจัดแมลง ethion ในส้มเขียวหวาน โดยใช้ ethion สูตร 50 % w/v EC ในอัตรา 20 มิลลิลิตร ต่อ น้ำ 20 ลิตร พ่นสารเพียงหนึ่งในฤดูปลูก ด้วยเครื่องพ่นแบบ แรงดันน้ำสูงติดตั้งบนเรือ พบว่า ปริมาณสารพิษตกค้างในส้ม มีค่าน้อยกว่าค่ากำหนดปริมาณสารพิษตกค้างที่ยอมให้มี Maximum Residue Limits (MRL) ในส้มเปลือกกร่อน ที่กำหนดไว้ในปริมาณ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และระดับความเสี่ยงของการบริโภคส้มเขียวหวานที่พบสารพิษตกค้างสูงสุด ผลประเมินอยู่ในระดับมีความเสี่ยง ส่วนในน้ำล้างมือของคนเก็บส้มพบปริมาณสารพิษตกค้างสูง ผลประเมินได้ระดับเสี่ยง และค่าการสลายตัวของสารกำจัดแมลง ethion บนผิวส้มมีการสลายตัวอย่างช้าๆ การรับสัมผัสจากการเก็บผลส้ม ทำให้ผู้เก็บส้มมีโอกาสเสี่ยงสูงที่จะได้รับการปนเปื้อนของสารเข้าสู่ร่างกายทางผิวหนังและการหายใจ จึงควรสวมถุงมือและอุปกรณ์

ป้องกันส่วนบุคคลเพื่อลดความเสี่ยงในขณะปฏิบัติงาน สำหรับการจัดการเชิงนโยบายสำหรับสาร ethion เพื่อการเข้มงวดในการใช้สารที่มีความเสี่ยงต่อผู้ใช้ ผู้บริโภคเสนอว่า ควรมีการเพิ่มชื่อสาร ethion ให้อยู่ในบัญชีรายชื่อสารกลุ่มเฝ้าระวัง (Watch-list) ของกรมวิชาการเกษตรต่อไป

11. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

11.1 ได้ข้อมูลความเสี่ยงจากการใช้สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส ชนิด ethion ในส้มเขียวหวานต่อผู้ใช้ ผู้บริโภค และ สิ่งแวดล้อม

11.2 เพื่อเป็นข้อมูลแนวทางสำหรับกรมวิชาการเกษตร ในการพิจารณาบริหารจัดการควบคุมการใช้วัตถุมีพิษที่มีอันตรายให้มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ ผู้บริโภค และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

11.3 เผยแพร่ผลงานวิจัยเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อในการศึกษาด้านผลกระทบของวัตถุมีพิษการเกษตร และ ถ่ายทอด ความรู้แก่นักศึกษา นักวิจัยในหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

12. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

ขอขอบคุณเกษตรกรแปลงสัมมนาวิทยุทธ อำโพธิ์ศรี และครอบครัว รวมทั้งนักวิชาการในกลุ่มงานวิจัยผลกระทบจากการใช้วัตถุมีพิษการเกษตรทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่ง และทำให้งานวิจัยเรื่องนี้สำเร็จด้วยดี

13. เอกสารอ้างอิง

ศูนย์ข้อมูลผลไม้. 2556. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สืบค้นจาก :

www.oae.go.th/fruits/index.php/oranges-data [ต.ค. 2557].

มกอช. 2549. ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย (Food Consumption Data of Thailand). สำนัก

มาตรฐานสินค้าและระบบคุณภาพ และ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. พิมพ์ครั้งที่

1. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

มกอช. 2556. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกษ. 9002-2556: สารพิษตกค้าง :ปริมาณ สารพิษ

ตกค้างสูงสุด. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. กระทรวงเกษตรและ

สหกรณ์. [เอกสารออนไลน์] www.acfs.go.th [พ.ย. 2557].

IRAC. 2015. IRAC Mode of Action Classification Scheme version 8.0. December 2015.

Mac Bean, C., ed. 2012. A World Compendium: The Pesticide Manual. 16th edition. The British

Crop Protection Council (BCPC). UK.

14. ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 ภาพผลส้มเขียวหวาน ในแปลงทดลอง

ตารางผนวกที่ 1 ระยะเวลาการสลายตัวของ ethion ในส้มเขียวหวานเมื่อคำนวณตามสมการแบบ exponential

Day (x)	a	lna	b	bx	lna+bx	Y (residue)
0	0.4147	-0.8802	-0.037	0	-0.8802	0.41
1	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.037	-0.9172	0.40
2	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.074	-0.9542	0.39
3	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.111	-0.9912	0.37
4	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.148	-1.0282	0.36
5	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.185	-1.0652	0.34
6	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.222	-1.1022	0.33
7	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.259	-1.1392	0.32
8	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.296	-1.1762	0.31
9	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.333	-1.2132	0.30
10	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.37	-1.2502	0.29
11	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.407	-1.2872	0.28
12	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.444	-1.3242	0.27
13	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.481	-1.3612	0.26

Day (x)	a	lna	b	bx	lna+bx	Y (residue)
14	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.518	-1.3982	0.25
15	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.555	-1.4352	0.24
16	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.592	-1.4722	0.23
17	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.629	-1.5092	0.22
18	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.666	-1.5462	0.21
19	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.703	-1.5832	0.21
20	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.74	-1.6202	0.20
21	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.777	-1.6572	0.19
22	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.814	-1.6942	0.18
23	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.851	-1.7312	0.18
24	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.888	-1.7682	0.17
25	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.925	-1.8052	0.16
26	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.962	-1.8422	0.16
27	0.4147	-0.8802	-0.037	-0.999	-1.8792	0.15
28	0.4147	-0.8802	-0.037	-1.036	-1.9162	0.15
29	0.4147	-0.8802	-0.037	-1.073	-1.9532	0.14
30	1.4147	-0.8802	-0.037	-1.11	-1.9902	0.14

ตารางผนวกที่ 2 ความเสี่ยงจากการบริโภคส้มเขียวหวานที่ปนเปื้อน ethion ภายหลังการพ่นในระยะเวลาต่าง ๆ

Day	y (residual)	Consumption	Potential	Body	Dose	RfD	% Consump	Risk	HQ
	mg/kg	(kg) (204 g)	Exposure (mg)	Weight (kg)	(mg/kgBW/day)	mg/kg/day	/RfD	Level	
0	0.4147	0.204	0.0846	53.54	0.00158	0.0005	316.0209	Risk	3.16
1	0.3996	0.204	0.0815	53.54	0.00152	0.0005	304.5418	Risk	3.05
2	0.3851	0.204	0.0786	53.54	0.00147	0.0005	293.4797	Risk	2.93
3	0.3711	0.204	0.0757	53.54	0.00141	0.0005	282.8193	Risk	2.83
4	0.3577	0.204	0.0730	53.54	0.00136	0.0005	272.5462	Risk	2.73
5	0.3447	0.204	0.0703	53.54	0.00131	0.0005	262.6463	Risk	2.63
6	0.3321	0.204	0.0678	53.54	0.00127	0.0005	253.1060	Risk	2.53
7	0.3201	0.204	0.0653	53.54	0.00122	0.0005	243.9122	Risk	2.44
8	0.3084	0.204	0.0629	53.54	0.00118	0.0005	235.0524	Risk	2.35
9	0.2972	0.204	0.0606	53.54	0.00113	0.0005	226.5144	Risk	2.27

10	0.2864	0.204	0.0584	53.54	0.00109	0.0005	218.2865	Risk	2.18
11	0.2760	0.204	0.0563	53.54	0.00105	0.0005	210.3575	Risk	2.10
12	0.2660	0.204	0.0543	53.54	0.00101	0.0005	202.7165	Risk	2.03
13	0.2564	0.204	0.0523	53.54	0.00098	0.0005	195.3530	Risk	1.95
14	0.2470	0.204	0.0504	53.54	0.00094	0.0005	188.2571	Risk	1.88
15	0.2381	0.204	0.0486	53.54	0.00091	0.0005	181.4188	Risk	1.81
16	0.2294	0.204	0.0468	53.54	0.00087	0.0005	174.8290	Risk	1.75
17	0.2211	0.204	0.0451	53.54	0.00084	0.0005	168.4785	Risk	1.68
18	0.2131	0.204	0.0435	53.54	0.00081	0.0005	162.3587	Risk	1.62
19	0.2053	0.204	0.0419	53.54	0.00078	0.0005	156.4612	Risk	1.56
20	0.1979	0.204	0.0404	53.54	0.00075	0.0005	150.7780	Risk	1.51
21	0.1907	0.204	0.0389	53.54	0.00073	0.0005	145.3011	Risk	1.45
22	0.1837	0.204	0.0375	53.54	0.00070	0.0005	140.0232	Risk	1.40
23	0.1771	0.204	0.0361	53.54	0.00067	0.0005	134.9370	Risk	1.35
24	0.1706	0.204	0.0348	53.54	0.00065	0.0005	130.0356	Risk	1.30
25	0.1644	0.204	0.0335	53.54	0.00063	0.0005	125.3122	Risk	1.25
26	0.1585	0.204	0.0323	53.54	0.00060	0.0005	120.7604	Risk	1.21
27	0.1527	0.204	0.0312	53.54	0.00058	0.0005	116.3739	Risk	1.16
28	0.1472	0.204	0.0300	53.54	0.00056	0.0005	112.1468	Risk	1.12
29	0.1418	0.204	0.0289	53.54	0.00054	0.0005	108.0732	Risk	1.08
30	0.1367	0.204	0.0279	53.54	0.00052	0.0005	104.1475	Risk	1.04
31	0.1315	0.204	0.0268	53.54	0.00050	0.0005	100.2219	Accept	1.00
32	0.1264	0.204	0.0258	53.54	0.00048	0.0005	96.2962	Accept	0.96
