

งานโศกสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การสลายตัวของเมทธิลพาราไรออนในผักคะน้าที่เก็บรักษาโดยการจุ่มในน้ำ

The Degradation of Methyl parathion in Chinese kale

Which are Dipped in Water



T098993

โดย

นางสาวทัศนีย์ สังข์สม

ช.พ.

ทศ ๒๕๓

๒๕๔๓

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... ๑๑๑๑๓

วัน,เดือน,ปี.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. ๒๕๔๓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ  
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช  
ปริญญา  
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

เรื่อง

การสลายตัวของเมทธิลพาราไรดอนในผักคะน้าที่เก็บรักษาโดยการจุ่มในน้ำ

The Degradation of Methyl parathion in Chinese kale

Which are Dipped in Water

โดย

นางสาวทัศนีย์ สังข์สม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ลักขณา อมรสิน)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.วรเดช จันทรส)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.๒๕๕๕

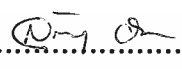
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง : การสลายตัวของเมทริลพาราไรออนในฝักคะน้ำที่เก็บรักษาโดยการจุ่มในน้ำ

โดย : นางสาวทัศนีย์ สังข์สม

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

สาขาวิชา : เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

อาจารย์ที่ปรึกษา : .....  ..... 10 / พค / 2564

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถักขณา อมรสิน)

**บทคัดย่อ**

การศึกษาการสลายตัวของเมทริลพาราไรออนในฝักคะน้ำที่เก็บรักษาโดยการจุ่มในน้ำ ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนตุลาคม 2543 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2544 วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยแบ่งเป็น 3 การทดลอง คือ ไม้ฉีดพ่นสาร (กลุ่มควบคุม) ฉีดพ่นสารในอัตราตามคำแนะนำบนฉลาก (10 มิลลิลิตร/ น้ำ 20 ลิตร ) และฉีดพ่นสารในอัตรา 2 เท่าของคำแนะนำบนฉลาก ( 20 มิลลิลิตร/ น้ำ 20 ลิตร ) ตรวจวิเคราะห์สารตกค้างในวันที่ 0, 1, 3 และ 5 ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี ผลการทดลองพบว่าฝักคะน้ำที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารมีปริมาณการตกค้างของสารแต่ต่ำกว่าค่าปลอดภัยและตรวจพบเฉพาะวันที่ 0 ฝักที่ฉีดพ่นสารในอัตราแนะนำมีปริมาณการตกค้างของสารสูงกว่าค่าปลอดภัยถึงวันที่ 3 โดยที่การตกค้างของฝักคะน้ำในวันที่ 0 แตกต่างจากวันที่ 1 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะแตกต่างจากวันที่ 3 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การตกค้างในวันที่ 3 และ 5 ต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนฝักที่ฉีดพ่นในอัตรา สองเท่าของคำแนะนำบนฉลาก มีปริมาณการตกค้างสูงกว่าค่าปลอดภัยถึงวันที่ 3 โดยที่การตกค้างในวันที่ 0 แตกต่างจากวันที่ 1, 3 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การตกค้างในวันที่ 1 สูงกว่าวันที่ 3 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การตกค้างในวันที่ 3 และ 5 ต่างกันอย่าง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

Title : The Degradation of Methyl parathion in Chinese kale  
Which are Dipped in Water

By : Miss Tassanee Sungsom

Degree : Bachelor of Science in Agriculture

Major Field : Plant Pest Management Technology

Advisor : *Luckana Amonsin* ..... /10 / May / 2001  
(Asst. Professor. Luckana Amonsin)

### Abstract

The study of methyl parathion degradation in Chinese kale which were dipped in water was conducted on October , 2000 to February, 2001. The experiment was designed as completely randomized design (CRD), having three treatments of methyl parathion, as no application (control), sprayed as recommended dose (10 ml / 20 L. of H<sub>2</sub>O) and double dose (20 ml / 20 L of H<sub>2</sub>O). The analysis was done on 0,1,3 and 5 days after dipping in water by using gas chromatography method . The results were found that Chinese kale of control group have methyl parathion residues on 0 day, but lower than the maximum residues limit (MRL). In recommended dose group, methyl parathion residues were higher than the maximum residues limit (MRL) on 0,1 and 3 days. The residues on 0 day have not significant difference from 1 day, but have significance from 3 and 5 days . The residues on 3 days have not significant difference from 5 days. Methyl parathion residues in Chinese kale which were applied as double dose were higher than the MRL on 0, 1 and 3 days. The residues on 0 day have significant difference from 1, 3, and 5 days, and the residues on 1 day were significantly higher than the residues on 3 and 5 days, but the residues on 3 and 5 days have not significance.

## คำนิยม

ในการจัดทำและรวบรวมปัญหาพิเศษฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ลักษณะ อมรสิน ประธานกรรมการที่ปรึกษาที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ ทำให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณจรงค์ศักดิ์ พูนนวน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับวิธีการใช้เครื่องวิเคราะห์ Gas Chromatography และเครื่องมืออื่น ๆ ที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา และสุดท้ายที่ขาดเสียมิได้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่อุปการะทั้งด้านกำลังใจและกำลังทรัพย์ในการศึกษาเป็นอย่างดีตลอดมา

ทัศนีย์ สังข์สม

เมษายน 2544

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ii
คำนิยม.....	iii
สารบัญ.....	iv
สารบัญตาราง.....	v
ตารางผนวก.....	vi
สารบัญภาพ.....	vii
คำนำ.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
ตรวจเอกสาร.....	3
อุปกรณ์และวิธีการ.....	14
ผลการทดลอง.....	19
วิจารณ์ผลการทดลอง.....	22
สรุป.....	23
ข้อเสนอแนะ.....	24
เอกสารอ้างอิง.....	25
ภาคผนวก.....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไซออนในผักคะน้าที่เกี่ยวข้องใน วันที่ 0,1,3 และ5.....	20



## ตารางผนวก

ตารางผนวกที่	หน้า
<p>1. แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนการตกค้างของ เมทธิลพาราไรออนที่สลายตัวในฝักคะน้าที่ฉีดพ่นสารตาม อัตราแนะนำบนฉลากในวันที่ 0,1,3 และ 5 หลังการเก็บรักษาในน้ำ.....</p>	29
<p>2. แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนการตกค้างของ เมทธิลพาราไรออนที่สลายตัวในฝักคะน้าที่ฉีดพ่นสาร ตามอัตราแนะนำบนฉลากในวันที่ 0,1,3 และ 5 หลังการเก็บรักษาในน้ำ.....</p>	30
<p>3. แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนการตกค้างของ เมทธิลพาราไรออนที่สลายตัวในฝักคะน้าที่ฉีดพ่นสาร ตามอัตราแนะนำบนฉลากในวันที่ 0,1,3 และ 5 หลังการเก็บรักษาในน้ำ.....</p>	31

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. แสดงสูตร โครงสร้างของเมทิลพาราไรออน.....	7
2. แสดงส่วนประกอบพื้นฐานการทำงานของเครื่อง gas chromatography.....	13
3. แสดงปริมาณการตกค้างของเมทิลพาราไรออนในผักคะน้าที่เก็บรักษา โดยการจุ่มในน้ำ ในวันที่ 0,1,3 และ 5 หลังการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย .....	21



## คำนำ

คะน้าเป็นผักที่คนไทยรู้จักกันอย่างกว้างขวางอยู่ในตระกูล Cruciferae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica alboglabra* เป็นผักที่นิยมปลูกและบริโภคกันมากทั่วทุกภาคของประเทศไทย เป็นผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบและลำต้น มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียและมีปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เช่น จีน ฮองกง ไต้หวัน มาเลเซีย และ ประเทศไทยเป็นต้น ผักคะน้าเป็นผัก 2 ฤดู แต่ปลูกเป็นผักที่เก็บเกี่ยวฤดูเดียว อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน เวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดคืออยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน คะน้าสามารถขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ระหว่าง 5.5-6.8 และมีความชื้นในดินสูงสม่ำเสมอ คะน้าเป็นผักที่ปลูกง่ายและทำรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกเป็นอย่างดี แต่ก็มีปัญหาสำคัญที่เกษตรกรประสบอยู่เสมอคือ การเข้าทำลายอย่างรุนแรงของแมลงศัตรูผัก เช่น เพลี้ยอ่อน ดั้วหมัดผัก หนอนกระทู้ผัก หนอนใยผัก หนอนกระทู้หอม และแมลงศัตรูพืชอีกหลายชนิดจากการวิจัยการสุ่มสำรวจเก็บตัวอย่างผักจากจังหวัดต่างๆ เช่น นครปฐม อ่างทอง นนทบุรี ปทุมธานี และ ชลบุรี (สมสมัยและคณะ, 2538) พบว่ามีการฉีดพ่นสารเมทิลดีทาร์ตราไอออนในแปลงผักซึ่งใช้ป้องกันกำจัดแมลง ทำให้มีสารพิษตกค้างเกินค่าปลอดภัยที่องค์การอาหารสากลกำหนดไว้โดยเฉพาะถ้ามีการฉีดพ่นเมทิลดีทาร์ตราไอออนในอัตราสูงที่สูงกว่าคำแนะนำบนฉลาก

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการสลายตัวของเมทิลพาราไรดอนในผักคะน้าที่เก็บรักษาโดยการจุ่มในน้ำ
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการตกค้างของเมทิลพาราไรดอนในผักคะน้า ซึ่งเก็บรักษาโดยการจุ่มในน้ำในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 หลังการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย
3. เพื่อหาแนวทางในการบริโภคผักคะน้าที่ฉีดพ่นด้วยเมทิลพาราไรดอนอย่างปลอดภัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจเอกสาร

คะน้าเป็นผักที่คนไทยรู้จักกันดี อยู่ในตระกูล Cruciferae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica alboglabra* เป็นผักที่นิยมปลูกและบริโภคกันมากทั่วทุกภาคของประเทศไทย เป็นผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบและลำต้น ไม่ใช่เนื้อมะเข็มของไทยเท่านั้นแม้แต่หลายประเทศในทวีปเอเชียก็นิยมเช่นกัน เช่น ประเทศจีน ได้หวัน ฮองกง และมาเลเซีย (อุดม, 2529) ผักคะน้ามีลักษณะใบกลม ขนาดของต้นสูงประมาณ 35 - 50 เซนติเมตร เป็นผัก 2 ถดู แต่ปลูกเป็นผักที่เก็บเกี่ยวในฤดูเดียว อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45 - 55 วัน ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีในแหล่งที่มีน้ำอย่างเพียงพอ แต่ช่วงเวลาปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน (ทศพร, 2531) เนื่องจากผักคะน้าเป็นผักที่สามารถปลูกได้ตลอดปี จึงทำให้เกิดการระบาดของแมลงศัตรูพืชหลายชนิด เช่น หนอนใยผัก หนอนชอนใบ เพลี้ยอ่อน ดั้วหมัดผัก และแมลงอื่นๆ อีกมากมาย ดังนั้นเกษตรกรจำเป็นต้องมีการป้องกันกำจัด เพื่อไม่ให้ผลผลิตถูกทำลาย หรือถูกทำลายน้อยที่สุด การใช้สารพิษทางการเกษตรฉีดพ่นผักก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เกษตรกรเลือกใช้ เนื่องจากเป็นวิธีการที่สะดวกและเห็นผลอย่างรวดเร็ว การใช้สารพิษทางการเกษตรในปัจจุบัน มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย และบ่อยครั้งที่สารพิษทางการเกษตร เช่น ออร์แกโนฟอสเฟต ออร์แกโนคลอรีน และคาร์บาเมต เป็นต้น ให้ผลกระทบมากกว่าที่ผู้ใช้ต้องการ

เนื่องจากการปลูกผักคะน้าตลอดทั้งปีอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูพืชรวมทั้งแมลงคือยา จึงต้องใช้สารกำจัดแมลงศัตรูพืชเกินกว่าที่กำหนด และบ่อยครั้งเกินความจำเป็น การที่เกษตรกรไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำของฉลาก และเกษตรกรทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตก่อนที่สารพิษจะสลายตัวเป็นสาเหตุที่ทำให้มีสารพิษตกค้างในพืชผัก (อุดมลักษณ์, 2535)

### ความเป็นไปของวัตถุมีพิษในดิน

วัตถุมีพิษในดินจะเปลี่ยนแปลงเนื่องจากขบวนการต่างๆ ได้แก่ การถูกดูดยึดโดยอนุภาคดิน การเคลื่อนย้าย แพร่กระจายและการย่อยสลาย ซึ่งขบวนการต่างๆ พอดีสรุปได้ดังนี้

#### 1. การดูดยึดโดยอนุภาคดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดซับ (adsorption) วัสดุที่มีพิษโดยอนุภาคดิน มีบทบาทสำคัญต่อสภาวะและพฤติกรรมของวัสดุที่มีพิษโดยมีผลต่อการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจาย การระเหยกลายเป็นไอและการสลายตัวของวัสดุที่มีพิษในดิน ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับโดยอนุภาคดินได้แก่สมบัติทางเคมีของวัสดุที่มีพิษ ปริมาณอนุภาคดินเหนียว (Clay) อินทรีย์วัตถุในดิน ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ขนาดของอนุภาคดิน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของดิน (CEC) และอุณหภูมิ

สมบัติของดินที่มีบทบาทสำคัญต่อการถูกดูดซับ คือ ปริมาณอนุภาคดินเหนียวและปริมาณอินทรีย์วัตถุ พบว่าถ้าปริมาณสารอินทรีย์ที่ระดับ 6 % ทั้งอนุภาคดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุจะมีบทบาทในการดูดซับ หากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงการดูดซับส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ผิวของอินทรีย์วัตถุ สำหรับด้านวัสดุที่มีพิษนั้นสมบัติที่มีบทบาทต่อการดูดซับ คือ ลักษณะโครงสร้างขนาดของโมเลกุล ความเป็นกรดเป็นด่าง การละลายน้ำและความมีขี้ของสาร

## 2. การเคลื่อนย้ายของวัสดุที่มีพิษในดิน

วัสดุที่มีพิษอาจมีการเคลื่อนย้ายโดยระเหยกลายเป็นไอหรือการเคลื่อนย้ายไปโดยมีน้ำเป็นตัวพาทำให้เกิดการแพร่กระจายของวัสดุที่มีพิษในดิน รวมทั้งแพร่กระจายไปยังสิ่งแวดล้อมอื่นได้ ซึ่งลักษณะของการเคลื่อนย้ายมีดังนี้

### 2.1 การระเหยกลายเป็นไอ

การระเหยกลายเป็นไอขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณ น้ำในดิน การเคลื่อนที่ของอากาศ สมบัติของวัสดุที่มีพิษและสมบัติของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณอนุภาคดินเหนียวและ pH ของดิน ได้มีการศึกษามากมายที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการระเหยของวัสดุที่มีพิษในดินกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินว่ามีทิศทางในทางกลับกัน คือ เมื่ออินทรีย์วัตถุในดินสูงการระเหยจะน้อยลง เนื่องจากเกิดการดูดซึม (absorption) วัสดุที่มีพิษโดยอินทรีย์วัตถุ

### 2.2 การชะล้างด้วยน้ำ

เป็นการเคลื่อนที่ของวัสดุที่มีพิษโดยการไหลไปกับน้ำจากการไหลบ่าหน้าดิน (run off) หรือการเคลื่อนที่ในดินในแนวตั้ง (leaching) ปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับการชะล้างของวัสดุที่มีพิษในดิน ได้แก่ สมบัติการละลายน้ำของวัสดุที่มีพิษ ปริมาณน้ำฝน การดูดซับวัสดุที่มีพิษกับดิน ลักษณะ

ของเนื้อดิน รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ เช่น การป้องกันการเกิดการชะล้างพังทลายของดินจะส่งผลต่อการลดการเคลื่อนย้ายของวัตถุมีพิษจากการไหลบ่าหน้าดิน Wauchope (1978) กล่าวว่า วัตถุมีพิษที่ละลายน้ำได้มากกว่า 10 ppm ส่วนใหญ่จะเคลื่อนย้ายได้โดยการละลายน้ำ สำหรับวัตถุมีพิษที่ละลายน้ำได้น้อยกว่า ส่วนใหญ่จะถูกดูดซับโดยอนุภาคดินจึงถูกเคลื่อนย้ายไปโดยวิธี การไหลบ่าหน้าดินพร้อมกับการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน (erosion) แต่การศึกษาที่เกี่ยวข้องพบว่าการเคลื่อนย้ายของวัตถุมีพิษโดยน้ำไหลบ่าบนหน้าดิน มีความสำคัญทางด้านสิ่งแวดล้อมน้อย เพราะวัตถุมีพิษส่วนใหญ่เคลื่อนย้ายในปริมาณน้อยกว่า 0.5 % ของวัตถุมีพิษที่ใช้ไป จากการศึกษาพบว่า สารกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต ส่วนใหญ่มีการเคลื่อนย้ายน้อยมาก เนื่องจากถูกดูดซับอยู่กับอนุภาคดิน

### 3. การสลายตัวของวัตถุมีพิษ

วัตถุมีพิษในดินจะมีการสลายตัวโดยขบวนการต่างๆ ทำให้การตกค้างของวัตถุมีพิษลดลง ซึ่งขบวนการสลายตัวสามารถสรุปได้ดังนี้

#### 3.1 การสลายตัวโดยแสง

แสงแดดที่มีความยาวคลื่น 290-450 nm. โดยเฉพาะอย่างยิ่งแสงอุลตราไวโอเล็ต(UV) มีพลังงานเพียงพอที่ทำให้วัตถุมีพิษส่วนมากเกิดการสลายตัว (photodecomposition) ที่บริเวณผิวน้ำหน้าดิน Herbert และ Miller (1990) พบว่าการสลายตัวโดยแสงของวัตถุมีพิษจำกัดอยู่ที่ผิวน้ำดินลึกลงไปเพียง 1 หรือ 2 มิลลิเมตรเท่านั้น การเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยแสงขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ได้รับแสง ความเข้มและความยาวคลื่นแสง สมบัติของวัตถุมีพิษ สมบัติตัวกลางที่วัตถุมีพิษยึดเกาะชนิดตัวทำละลายของวัตถุมีพิษ สมบัติความเป็นกรดเป็นด่างของตัวทำละลาย รวมทั้งตัวกระตุ้นที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา เช่น สารอินทรีย์ในดินมักดูดซับแสงในช่วงคลื่น UV ได้ดีจะกระตุ้นให้วัตถุมีพิษเกิดการสลายตัวโดยแสงมากขึ้น

#### 3.2 การสลายตัวทางเคมี

ขบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นได้แก่ ปฏิกิริยา Hydrolysis oxidation และ Reduction เป็นต้น ซึ่งปฏิกิริยาส่วนมากจะเกิดขึ้นโดยมีน้ำเป็นตัวกลางหรือเป็นตัวทำปฏิกิริยาโดยที่ขบวนการปกติเกิดขึ้นเสมอ คือปฏิกิริยา Hydrolysis และ Oxidation ทั้งนี้ปฏิกิริยาต่างๆอาจถูกเร่ง(catalyzed)โดย

ปัจจัยต่างๆ เช่น ผิวหน้าของอนุภาคดินเหนียว(clay surface) ไอออนของโลหะ ออกไซด์ของโลหะ และสารอินทรีย์ในดิน เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา Hydrolysis ได้แก่ pH อุณหภูมิ ความชื้น และสมบัติของวัสดุที่มีผลรวมทั้งสมบัติของดินด้วย

### 3.3 การสลายตัวโดยขบวนการทางชีววิทยา

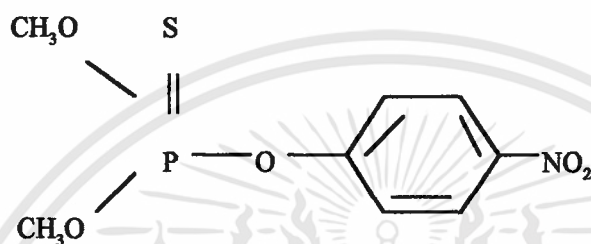
จุลินทรีย์ในดิน ได้แก่ bacteria fungi และ actinomycete มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายวัสดุที่มีพิษในดิน ซึ่งจุลินทรีย์จะมีระบบเอนไซม์ เพื่อเปลี่ยนแปลงวัสดุที่มีพิษมาเป็นประโยชน์ในด้านธาตุอาหารและแหล่งพลังงานทั้งนี้การใช้ประโยชน์อาจเป็นในรูปของแหล่งคาร์บอน ไนโตรเจน หรือธาตุอาหาร

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในดินที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของวัสดุที่มีพิษในดินได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น การถ่ายเทอากาศ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุและสมบัติของวัสดุที่มีพิษ ซึ่งจากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิทุกๆ  $10^{\circ}\text{C}$  ทำให้อัตราการสลายตัวของวัสดุที่มีพิษโดยจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเป็น 2.5-3 เท่าและอัตราการสลายตัวจะเพิ่มขึ้นด้วยเมื่อเพิ่มความชื้นของดินจากสภาพแห้งแล้งไปจนถึงจุดความชื้นของดินทั้งนี้ในสภาพแปลงปลูกพืชอุณหภูมิและความชื้น มักมีการเปลี่ยนแปลงเสมอซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออัตราการสลายตัวของวัสดุที่มีพิษด้วย

การสลายตัวของวัสดุที่มีพิษโดยจุลินทรีย์ในดินมีความสำคัญต่อการคงสภาพหรือการตกค้างของวัสดุที่มีพิษอย่างยิ่ง นอกจากนี้ปัจจัยด้านต่างๆที่มีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ดังกล่าวมาแล้ว ชนิดของวัสดุที่มีพิษ อัตราการใช้และจำนวนครั้งที่ใช้ก็มีส่วนในการส่งเสริมหรือลดอัตราการสลายตัวของจุลินทรีย์ได้ โดยวัสดุที่มีพิษบางชนิดอาจทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ที่ใช้ย่อยเฉพาะวัสดุที่มีพิษชนิดนั้นๆมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการสลายตัวของวัสดุที่มีพิษที่ใช้ในครั้งต่อไปเพิ่มขึ้นหรือวัสดุที่มีพิษบางชนิดอาจไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายวัสดุที่มีพิษ ทำให้อัตราการย่อยสลายเป็นไปได้ช้าทำให้วัสดุที่มีพิษตกค้างอยู่ได้นาน (พินดา, 2538)

## เมทิลพาราไรธอน (Methyl parathion)

เมทิลพาราไรธอนมีชื่อทางเคมี คือ O, O-Dimethyl-O-4-nitrophenyl phosphorothioate ชื่อสามัญ คือ เมทิล พาราไรธอน (methyl parathion) พาราไรธอน เมทิล (parathion methyl) เมทต้าฟอส (metaphos) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่1 แสดงสูตรโครงสร้างของเมทิลพาราไรธอน

ที่มา : Metcalf, R.L. 1994

เป็นสารกำจัดแมลงและไรชนิดไม่ดูดซึม จัดอยู่ในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต มีฤทธิ์ทางสัมผัสและทางหายใจ เป็นสารที่ยับยั้งเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส (acetylcholinesterase) ใช้ป้องกันกำจัดเพลี้ยในไม้ผลและผัก กำจัดแมลงปากดูดและแมลงปากกัด รวมทั้งไรในพืชหลายชนิด เช่น ฝ้าย ข้าว ถั่ว หอม กล้วยพืช ไม้ประดับ ข้าวโพด พืช แอปเปิ้ล และแพร์ นอกจากนี้ยังมีการฉีดพ่นสารนี้ลงดินเพื่อควบคุมแมลงในดิน ในประเทศฟิลิปปินส์ได้ห้ามใช้สารนี้ในด้านเกษตรกรรม

จากการค้นพบสารพาราไรธอนของ Dr. Schrader นักเคมีผู้มีชื่อเสียงชาวเยอรมัน สารพาราไรธอนได้ถูกจำหน่ายในท้องตลาด ภายใต้ที่ชื่อว่า "โฟลิดอล ดี 605" และด้วยเหตุที่มีประโยชน์ในการทำลายแมลงศัตรูพืชอย่างกว้างขวาง ทำให้โฟลิดอล ดี 605 มีการพัฒนาปรับปรุงขึ้นมาใหม่ ได้เมทิลพาราไรธอน โดยบริษัทผู้ผลิตเมทิลพาราไรธอนออกจำหน่ายมีอยู่หลายบริษัท ซึ่งจะใช้ชื่อทางการค้าแตกต่างกันไป เช่น ดาลฟ์ (Dalf) โฟลิดอล เอ็ม (Folidol M) ในตรอกซ์ 80 และเทคไวซา (Tekwaisa) (วิเชียร, 2535) แต่ชื่อทางการค้าที่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย คือ Folidol M (ปรีชา, 2530) เมทิลพาราไรธอนที่ผลิตในท้องตลาด มีทั้งชนิดน้ำมัน ความเข้มข้นสูง (2 ปอนด์ / แกลลอน) ชนิดผงละลายน้ำได้ และชนิดผงใช้พ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สมบัติทางเคมี

เมทิลปาราไรออน เป็นของเหลวสีน้ำตาล มีกลิ่นคล้ายกระเทียม สามารถละลายได้ดีใน alcohol ketone และ aromatic hydrocarbons ไม่ละลายน้ำ มีจุดหลอมเหลวที่ 35-36 °C จะสลายตัวได้เร็วเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 140 องศาเซลเซียส หรือผสมกับด่าง

## การออกฤทธิ์ของเมทิลปาราไรออน

เมทิลปาราไรออนเป็นสารที่คงสภาพอยู่ในดินได้ชั่วระยะสั้น ๆ การสลายตัวเกิดจากการ oxidation demethylation และ hydrolysis เกิดเป็นกรด phosphoric และ *p*-nitrophenol เชื่อกันว่าสารนี้เคลื่อนที่ในดินได้น้อยมากและไม่มีแนวโน้มที่จะซึมลงไปปนเปื้อนน้ำใต้ดิน อย่างไรก็ตาม สารนี้สามารถคงสภาพอยู่ในน้ำที่เป็นกลางได้หลายวัน แต่ในน้ำที่เป็นด่างจะสลายตัวอย่างรวดเร็ว

## ความเป็นพิษของเมทิลปาราไรออน

สารนี้เป็นสารที่มีพิษสูงมากต่อ ผีเสื้อ นก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและเป็นพิษต่อปลา ซึ่งมีค่า LD<sub>50</sub> ทางปาก (หนูขาว) ประมาณ 9 - 25 มก./กก. ทางผิวหนัง (กระต่าย) 300 - 40 มก./กก. เชื่อว่าสารนี้ไม่สะสมในสิ่งมีชีวิตแต่เป็นพิษต่อพืชบางชนิด เช่น ฝ้าย ข้าวฟ่าง ไม้ประดับ ใบของพืช ตระกูลแตง แอปเปิ้ล และพืช อาการพิษที่เกิดกับพืชเหล่านี้มักไม่มีความสำคัญ ถ้าหากใช้ตามคำแนะนำมักไม่มีผลเสียเกิดขึ้น พืชที่ผ่านการฉีดพ่นสารควรทิ้งระยะเวลาภายหลังการฉีดพ่นจนถึงระยะเวลาการเก็บเกี่ยวอย่างน้อย 15 วัน ควรเลือกใช้ส่วนผสมชนิด encapsulate เพราะจะมีพิษน้อยกว่าสูตรผสมที่ใช้ทั่วไป 6 - 10 เท่า ระยะเวลาการกลับเข้าสู่แปลงเพาะปลูก กำหนดไว้ 48 ชั่วโมง

## ประโยชน์ของเมทิลปาราไรออน

ใช้กำจัดแมลงได้ทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งแมลงที่ทำลายผักต่างๆ ข้าว กาแฟ ชา ส้ม อ้อย ยาสูบ กลัวย ฝ้าย สับปะรด ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วลิสง สตอเบอร์รี่ มันฝรั่ง องุ่น ไม้ผล พืชสวนและไม้ดอกไม้ประดับทั่วไป เช่น แมลงศัตรูพืชที่เป็นหนอนผีเสื้อ หนอนกอกชนิดต่าง ๆ เช่น หนอนกอกสีชมพู หนอนม้วนใบ หนอนกระทู้ หนอนใยผัก หนอนคืบ หนอนเจาะสมออเมริกัน

หอนอกกัดกินใบ แมลงปากดูด ได้แก่ เพลี้ยอ่อน เพลี้ยจักจั่น เพลี้ยหอย เพลี้ยไฟ และแมลงชนิดอื่น ๆ เช่น บั่ว ดั่งตืด มวนต่าง ๆ และแมลงหัวขาว

### ข้อควรระวังในการใช้

หลีกเลี่ยงอย่าให้เข้าตา ถูกผิวหนังและเข้าปาก

### ข้อควรระวังในการเก็บ

อย่าเก็บใกล้กับอาหาร เครื่องดื่ม และเก็บในที่ห่างจากเด็กและสัตว์เลี้ยง

### การเกิดพิษ

มีสาเหตุ 3 ประการ คือ

- 1 เกิดจากการปฏิบัติงานฉีดพ่น
- 2 เกิดจากการกินพืชที่มีสารปนเปื้อน
- 3 เกิดจากการกินที่งูจใจมาตัวตาย

**อาการพิษจากเมทิลพาราไรออน** ภายหลังจากที่ได้รับพิษเข้าไปแล้ว 1 - 4 ชั่วโมง อาการจึงจะปรากฏขึ้น อาการพิษเกิดขึ้นเนื่องจากการสะสมของอะเซติลโคลีนในระบบประสาท แบ่งเป็น 3 ลักษณะอาการ (พาลาภ, 2537) คือ

1. อาการพิษแบบมัสคารินิก (mascarimic effects)
2. อาการพิษแบบนิโคตินิก (nicotinic effects)
3. อาการพิษที่ระบบประสาทส่วนกลาง

#### อาการพิษแบบมัสคารินิก (mascarimic effects)

มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง น้ำลาย น้ำตา เสมหะและเหงื่อออกมาก หลอดลมบีบตัวทำให้เกิดอาการไอ ม่านตาหรี่ หัวใจเต้นเร็ว

#### อาการพิษแบบนิโคตินิก (nicotinic effects)

มีอาการสั่น ต่อมามีอาการอ่อนเพลีย และเป็นอัมพาต

#### อาการพิษที่ระบบประสาทส่วนกลาง

ระยะแรกระบบประสาทส่วนกลางจะถูกกระตุ้น แต่ระยะหลังถูกกดทำให้เกิดอาการชัก สับสน กระวนกระวาย และหมดสติ ถ้าอาการรุนแรงอาจถึงตายได้เนื่องจากระบบประสาทล้มเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การแก้พิษ

ถ้าถูกผิวหนัง ให้รีบล้างด้วยน้ำสบู่ ถ้าเข้าตา ให้รีบล้างตาด้วยน้ำสะอาดนานอย่างน้อย 15 นาที ถ้าเข้าปากหรือกลืนกินเข้าไป ควรรีบนำส่งแพทย์

## สำหรับแพทย์

ยาแก้พิษ คือ อะโทรปีนซัลเฟต โดยใช้ฉีดเข้าเส้นเลือดดำ (iv) ขนาด 2-4 มก ฉีดซ้ำทุก 10-15 นาที จนอาการดีขึ้น ยา 2-PAM เป็นยาแก้พิษที่ใช้ร่วมกับอะโทรปีนได้ ห้ามใช้ Morphine, Theophyllin และ Aminophylline.

## ข้อควรระวังเกี่ยวกับการใช้เมทริลพาราธอน

- ระยะเวลาที่ใช้ก่อนการเก็บเกี่ยว คือ 14 วัน
- เป็นพิษต่อผึ้ง ปลา กุ้ง และปู
- ห้ามบุคคลที่ไม่สวมใส่เครื่องป้องกันเข้าไปในพื้นที่ที่ฉีดพ่นแล้วอย่างน้อย 48 ชั่วโมง
- ไม่มีความคงตัวในดิน

## Gas Chromatography

เป็นเครื่องมือที่ใช้แยก และวิเคราะห์สารทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ เทคนิคของ Gas Chromatography คือ แยกของผสมให้เป็น gas phase ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ แล้วผ่านไปยังคอลัมน์ที่บรรจุด้วยเฟสคงที่ (stationary phase) มาสัมผัสกับตัวกลางที่อยู่กับที่นั้น ซึ่งสารแต่ละชนิดมีพฤติกรรมในการแยกตัว (partition) ต่างกัน ทำให้เมื่อเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) พาสารเคลื่อนที่ผ่านไปตามเฟสคงที่ในช่วงเวลาหนึ่งๆ สารแต่ละตัวจะถูกแยกจากกันได้ในเวลาที่ต่างกัน Gas Chromatography แบ่งตาม เฟสคงที่ เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ

### 1. Gas – Solid Chromatography (GSC.)

ใช้เฟสคงที่ที่เป็นของแข็ง เป็นตัว adsorbed สารที่เป็นแก๊ส โดยไม่มีสารอื่นเคลือบอยู่ และเป็นโมเลกุลเล็กๆ เพราะฉะนั้นในคอลัมน์จะบรรจุด้วย active solids ที่มีโมเลกุล เป็น sieves เช่น Silica gel, alumina, activated carbon เป็นต้น

## 2. Gas – Liquid Chromatography (GLC.)

สารผสมจะสามารถแยกออกจากกันได้ ด้วยการกระจายตัวที่ต่างกันของแก๊ส ระหว่าง เฟสคงที่มีของเหลว (Liquid phase) ฉาบอยู่บนของแข็ง (Solid support )ในลักษณะ เป็นแผ่นฟิล์มบางๆกับ เฟสเคลื่อนที่หรือมีค่า partition : coefficient ต่างกัน Gas Chromatography ชนิดที่มีของเหลวเป็น stationary phase มีความสำคัญมากกว่า GSC ทั้งนี้ นับตั้งแต่ Martin และ James ได้เสนอรายงานแนะนำ Gas – Liquid Chromatography เป็นครั้งแรก ในค.ศ. 1952 ก็ได้พัฒนามาพร้อมกับให้มีการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยต่างๆ เช่น เคมี ชีววิทยา ตลอดจนงานทางด้านวิศวกรรม

### ส่วนประกอบของเครื่อง Gas Chromatography

เครื่อง Gas Chromatography โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญดังรูปที่ 2 ทั้งนี้เครื่องจะทำงานโดย carrier gas ที่ทำหน้าที่เป็น เฟสเคลื่อนที่ซึ่งจะถูกทำให้ไหลเข้าไปในคอลัมน์ เมื่อสารผสมที่จะถูกวิเคราะห์ถูกฉีด (inject) เข้าที่ส่วนที่ใช้ฉีดสาร (injection part) สารนั้นจะถูกพาเข้าไปในคอลัมน์ ซึ่งต่อกับเครื่องตรวจวัด (detector) เครื่องตรวจวัดจะทำหน้าที่ให้สัญญาณเมื่อได้รับสารที่ออกจากคอลัมน์ และส่งสัญญาณต่อไปยังเครื่องบันทึกข้อมูล (recorder) ซึ่งจะบันทึกข้อมูลออกมาเพื่อนำไปแปลผล ส่วนประกอบที่สำคัญของ Gas Chromatography จะมีลักษณะและคุณสมบัติ ดังนี้

**Carrier Gas** : ทำหน้าที่นำสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ผ่านเข้าไปในคอลัมน์ไปยังเครื่องตรวจวัด แก๊สที่ใช้เป็น carrier gas ต้องมีคุณสมบัติเป็นแก๊สเฉื่อย มีมวลโมเลกุลต่ำ และมีความจุความร้อนสูง carrier gas ที่นิยมใช้ คือ ไนโตรเจน ( $N_2$ ) และฮีเลียม (He) การใช้แก๊สเป็นเฟสเคลื่อนที่ นี้ทำให้ความสมดุลระหว่างสองตัวกลางเป็นไปอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ Gas Chromatography เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูง

**Column** : ถือเป็นหัวใจของเครื่อง Gas Chromatography ทั้งนี้เพราะกระบวนการแยกสารจะเกิดขึ้นที่คอลัมน์ ลักษณะทั่วไปของคอลัมน์จะประกอบด้วยสองส่วนคือ หลอดหรือท่อ (tubing) และ stationary phase ที่บรรจุอยู่ภายใน ในกรณีที่คอลัมน์มีลักษณะเป็นหลอดแก้วหรือโลหะ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 – 3.5 มม. และ stationary phase มีลักษณะเป็นของเหลวที่

เคลือบอยู่บน solid support ที่มีลักษณะเป็นเม็ดๆ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.15 – 0.25 มม. เรียกคอลัมน์ชนิดนี้ว่า packed column นอกจากนี้ column ยังมีชนิด Capillary column ซึ่งเป็นคอลัมน์แบบท่อเปิด liquid stationary phase จะถูกเคลือบเป็นชั้นบางๆที่ผนังด้านใน มีความหนา 0.1-1 ไมโครอน มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเล็กมาก 0.1-0.5 มิลลิเมตร เนื่องจากเป็นคอลัมน์แบบท่อเปิด จึงสามารถมีความยาวของคอลัมน์ได้มากกว่า packed column เพราะว่ามี back pressure น้อยกว่า คอลัมน์ชนิดนี้จะจุ stationary phase ได้น้อยกว่า packed column มาก จึงใช้ตัวอย่างที่มีขนาดน้อยๆ เท่านั้น

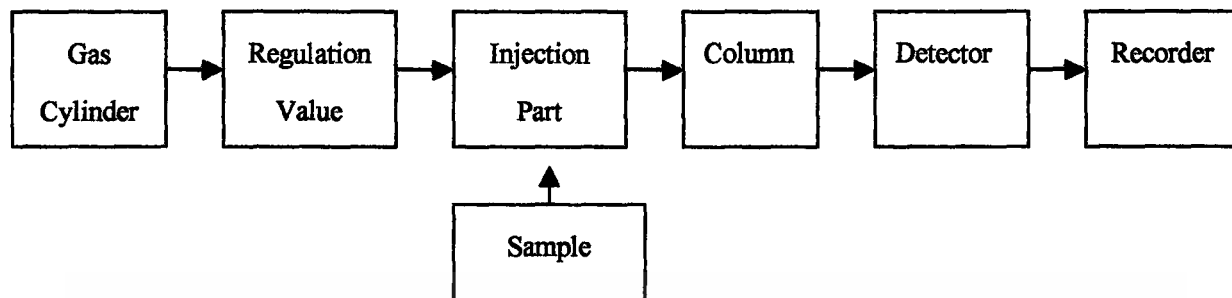
Capillary column แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

1. คอลัมน์แบบ wcto (Wall - coated open tubular) เป็นคอลัมน์ที่ได้จากการเคลือบผนังของคอลัมน์ด้วย liquid stationary phase
2. คอลัมน์แบบ plot (porous layer open tubular) ผนังภายในท่อเปิด จะเคลือบด้วยตัวดูดซับ (adsorbent) แต่ถ้าเคลือบด้วยตัวดูดซับที่มี liquid phase ด้วยเรียกคอลัมน์ชนิดนี้ว่า scot (support coated open tubular)

ผนังของ capillary column ส่วนใหญ่ที่นิยมใช้จะทำมาจากแก้ว และ fused silica (ทำมาจากซิลิกาออกไซด์ที่เคลือบด้วย poly - amide)

ประสิทธิภาพของ capillary column นี้จะสูงมากกว่า packed column การแยกสารก็จะดีใช้เวลาน้อยกว่า อุณหภูมิที่ใช้ก็จะต่ำกว่าใน packed column และ flow rate ของ carrier gas ที่ใช้กับ capillary column น้อยกว่าใน packed column โดยทั่วไปใช้เพียง 0.5 - 4 ml/ min. สำหรับ nitrogen และ 1 - 10 ml/ min. สำหรับ helium

Injection part: เป็นส่วนที่ใช้ฉีดสารเข้าสู่คอลัมน์ ในกรณี packed column ซึ่งสามารถรับปริมาณสารตัวอย่างได้มาก ระบบจะไม่ยุ่งยาก สามารถฉีดสารเข้าสู่คอลัมน์ได้ โดยใช้เข็ม (micro syringe) ฉีดสารตัวอย่างเข้าไปใน injector part การตั้งอุณหภูมิที่ injector part ต้องตั้งให้สูงกว่าจุดเดือดของสารตัวอย่าง



ภาพที่ 2 แสดงส่วนประกอบพื้นฐานการทำงานของเครื่อง gas chromatography

### ประโยชน์

1. ให้ผลการตรวจวิเคราะห์อย่างรวดเร็ว
2. ใช้ตัวอย่างน้อย
3. เชื้อถือได้
4. อ่านผลได้ง่าย
5. อายุการใช้งานนาน

### การประยุกต์ใช้

1. สามารถแยกสารผสมได้หลายชนิด รวมทั้งสารที่คล้ายคลึงกันและสารที่มีส่วนประกอบเหมือนกันได้
2. วิธีการใช้ จะใช้ได้กับตัวอย่างหลายชนิด
3. ใช้ศึกษาโครงสร้างของสารเคมีตามปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ
4. ใช้ในการเตรียมการทดลองตลอดจนการวิเคราะห์สารในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การวิเคราะห์คุณภาพอาหาร การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช และสารพิษต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม รวมทั้งการศึกษาทางสิ่งแวดล้อม เช่น สารมลภาวะในอากาศ แหล่งน้ำ และดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์และสารเคมี

#### 1. อุปกรณ์ในการปลูกผัก

-ดิน

-แปลงปลูกขนาด 1.5 x 4.5 เมตร

-ปุ๋ยสูตร 16-16-16

-ปุ๋ยยูเรีย

-ปุ๋ยคอก

-เมล็ดพันธุ์ผักคะน้า( คะน้าใบ )

-สารฆ่าแมลงเมทิลดิวโนสไฮดรอกไซด์ 50% w/v(BC) ของบริษัท เทพสยาม จำกัด

-เครื่องฉีดพ่นสาร

#### 2. อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

##### 2.1 เครื่องแก้วและอุปกรณ์อื่นๆ

- ตู้อบ (hot air oven)

- เครื่องชั่ง (balance) 2 ตำแหน่ง

- เครื่องปั่น (blender)

- เครื่องลดปริมาตรอุณหภูมิต่ำ (flash evaporator)

- เครื่อง Gas Liquid Chromatography (GLC,GC) ยี่ห้อ shimadzu รุ่น 14 A

- แท่งแก้ว (stirring rod)

- กรวยแก้ว (funnel)

- บีกเกอร์ (beaker)

- กระจกวูล (glass wool)

- หลอดหยด (dropper)

- ขวดก้นกลม (evaporating flask and receiving flask)

- กระบอกตวง (cylinder)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขวดใส่สาร (vial)
- ขาตั้ง (stand)
- ปิเปต (pipette) ขนาด 0.2 และ 1.0 ml.
- ออโตปิเปต (autopipette) ขนาด 200-1000  $\mu$ l

## 2.2 สารเคมี

- ethyl acetate (A.R. grade, FLUKA)
- sodium sulfate ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) (A.R. grade, MERCK)
- standard methyl parathion เข้มข้น 0.72206 ppm.

## วิธีการทดลอง

### 1. การปลูกผัก

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) มี 3 วิธีการ ดังนี้ คือ

วิธีที่ 1 ไม่ฉีดพ่นสารเมทธิลพาราไรธอน (Control)

วิธีที่ 2 ฉีดพ่นสารเมทธิลพาราไรธอนในอัตราคำแนะนำบนฉลาก (Recommended Dose) คือ 10 ml./น้ำ 20 L.

วิธีที่ 3 ฉีดพ่นสารเมทธิลพาราไรธอนในอัตราสองเท่าของคำแนะนำบนฉลาก (Double Dose) คือ 20 ml./ น้ำ 20 L.

สถานที่ทำการทดลองคือบริเวณโรงเรียนเพาะชำของภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช ปลูกผักทดลองจำนวน 3 แปลง ปลูกผักโดยการบรรจุดินใส่ในแปลงทดลองขนาด 1.5 x 4.5 เมตร ให้เกือบเต็ม หลังจากนั้นทำการย่อยดินให้ละเอียดแล้วผสมปุ๋ยคอก ปลูกคะน้าวันที่ 17 ตุลาคม 2543 โดยโรยเป็นแถว ระยะระหว่างแถวห่าง 40 เซนติเมตร กลบดินหนา 0.5 เซนติเมตร เมื่อผักอายุได้ 17 วัน (3 พ.ย.2543) แยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น

## การปฏิบัติและบำรุงรักษา

1. รดน้ำวันละ 1 ครั้ง
2. พรวนดินสัปดาห์ละ 1 ครั้ง
3. ใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-16 ทุกๆ 15 วันโดยการหว่านให้ทั่วแปลง
4. ใส่ปุ๋ยยูเรียทุกๆ 5 วัน ในขนาดเข้มข้น 5 %
5. กำจัดวัชพืชโดยการถอนทิ้ง

## การใส่ปุ๋ย

ใส่ปุ๋ยครั้งแรก เมื่อผักคะน้าอายุ 5 วันหลังจากแยกถอน (8 พ.ย. 2543) และเมื่ออายุ 8 วันหลังแยกถอน (16 พ.ย. 2543) ฉีดพ่นเมทิลพาราไรออนครั้งแรกในอัตราความเข้มข้น 10 ml/น้ำ 20 L. (Recommended Dose) ในแปลงที่ 2 และ Double Dose ใช้ความเข้มข้น 20 ml/ น้ำ 20 L. ในแปลงที่ 3 หลังจากนั้นจะฉีดพ่นสารทุกๆ 7 วัน และฉีดพ่นครั้งสุดท้ายเมื่อผักอายุ 46 วัน (1 ธ.ค. 2543)

## 2. การเก็บตัวอย่างผัก

สุ่มเก็บตัวอย่างผักคะน้าในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 หลังจากฉีดพ่นเมทิลพาราไรออนครั้งสุดท้าย นำตัวอย่างผักคะน้าที่เก็บในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 มาทำการสกัดแยกสารทันที ในวันที่เก็บโดยในวันที่ 0 เก็บผักมาทดสอบหลังฉีดพ่นสารครั้งสุดท้ายได้ 1 ชั่วโมง

## 3. วิธีการสกัดสารจากตัวอย่างผัก

หั่นตัวอย่างผักให้ละเอียดซึ่งให้ได้  $50 \pm 0.5$  กรัม ใส่ในโถปั่น เติม ethyl acetate 100 ml. และ sodium sulfate 50 กรัม (sodium sulfate ก่อนนำมาใช้ต้องอบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ  $100^{\circ}\text{C}$  นาน 90 นาที ก่อน เพื่อกำจัดความชื้น) บั๊นนาน 3 นาที แล้วนำไปกรองผ่าน sodium sulfate เก็บสารละลายที่กรองได้เป็นส่วนที่ 1 จากนั้นเติม ethyl acetate 50 ml. และ sodium sulfate 25 กรัม ลงในส่วนที่เหลือจากการกรอง บั๊นนาน 3 นาที นำไปกรองผ่าน sodium sulfate เก็บสารละลายที่กรองได้เป็นส่วนที่ 2 เติม ethyl acetate 50 ml และ sodium sulfate 25 กรัม ลงในส่วนที่เหลือจากการ

กรอง บั่นอีก 3 นาที นำมากรองผ่าน sodium sulfate กับสารละลายที่กรองได้เป็นส่วนที่ 3 นำสารละลายที่กรองได้ทั้ง 3 ส่วนมารวมกัน แล้วนำไปลดปริมาตรด้วยเครื่องลดปริมาตรอุณหภูมิต่ำ (Flash evaporator) ที่อุณหภูมิ 60°C ให้เหลือปริมาตร 5 ml. ใส่ใน vial แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

#### 4. การตรวจวิเคราะห์หาเมทธิลพาราไฮออนโดยใช้เครื่อง Gas Chromatography

##### 4.1 ข้อกำหนดของเครื่อง GC เพื่อการตรวจวิเคราะห์

เครื่องตรวจวัด (detector) :	ชนิด Flame Photometric Detector (FPD)
Column :	ใช้ packing column ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ยาว 2.1 เมตร บรรจุด้วย 3 % OV-1 on 80/100 support silicon supelcoport
Temperature :	column 210°C injector 250°C detector 260°C
Carrier gas :	N <sub>2</sub> 50 ml/min. H <sub>2</sub> 35 ml/min. Air 100 ml/min.

##### 4.2 การฉีดสารเพื่อตรวจวิเคราะห์

Calibrate peak ของสารมาตรฐาน (standard) โดยการฉีดสารมาตรฐานจนได้ค่า Retention time และความเข้มข้นของสารมาตรฐานคงที่ แล้วจึงฉีดสารสกัดจากตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์และหาปริมาณ

- หมายเหตุ - ต้อง calibrate สารมาตรฐานทุกวันก่อนทำการฉีดสารสกัดจากตัวอย่างฝึก
- ถ้า peak ของสารสกัดตัวอย่างที่ได้ มีลักษณะหัวตัด จะต้องทำการเจือจาง (dilution) สารสกัดตัวอย่างด้วย ethyl acetate

### 5. การคำนวณปริมาณทั้งหมดของเมทิลพาราไฮดรอน จากการสกัดตัวอย่าง

นำค่าความเข้มข้นของเมทิลพาราไฮดรอน ที่ได้จากเครื่องมาทำการคำนวณหาปริมาณการตกค้างดังนี้ ปริมาณการตกค้างของเมทิลพาราไฮดรอน =  $(A \times V) / W$

A = ค่าปริมาณการตกค้างที่คำนวณจากเครื่อง (ppm)

V = ปริมาตรที่ปรับจากสารสกัดตัวอย่าง (adjust volumn, 5 ml.)

W = น้ำหนักของตัวอย่างผักที่ใช้สกัด (g.)



## ผลการทดลอง

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไรออนในผักคะน้าที่เก็บรักษาโดยการจุ่มในน้ำ พบว่าปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไรออนในวันที่ 0, 1, 3 และ 5 หลังการเก็บรักษาโดยการจุ่มในน้ำ ในผักที่ไม่ฉีดพ่นสาร คือ 0.1563, 0.0000, 0.0000, 0.0000 พีพีเอ็มตามลำดับ ซึ่งปริมาณการตกค้างจะต่างกันอย่างไรไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไรออนในคะน้าที่ฉีดพ่นในอัตราแนะนำในวันที่ 0, 1, 3 และ 5 หลังการเก็บรักษาโดยการจุ่มในน้ำ คือ 9.6136, 7.2643, 1.1312 และ 0.4269 พีพีเอ็มตามลำดับ ซึ่งปริมาณการตกค้างในวันที่ 0 และ 1 สูงกว่าในวันที่ 3 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การตกค้างในวันที่ 0 และ 1 แตกต่างอย่างไรไม่มีนัยสำคัญทางสถิติและการตกค้างในวันที่ 3 และ 5 ต่างกันอย่างไรไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไรออนในคะน้าที่ฉีดพ่นในอัตราสองเท่าของคำแนะนำ คือ 67.0624, 42.7796, 6.6668 และ 0.5564 พีพีเอ็มตามลำดับซึ่งการตกค้างในวันที่ 0 จะสูงกว่าการตกค้างในวันที่ 1, 3 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและการตกค้างในวันที่ 1 สูงกว่าวันที่ 3 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การตกค้างในวันที่ 3 และ 5 ต่างกันอย่างไรไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ปริมาณการตกค้างในผักที่ฉีดพ่นในอัตราตามคำแนะนำบนฉลากจะสูงกว่าค่าปลอดภัยถึงวันที่ 3 ส่วนผักที่ฉีดพ่นในอัตราสองเท่าของคำแนะนำบนฉลากจะมีปริมาณการตกค้างเกินค่าปลอดภัยถึงวันที่ 5 และในกลุ่มที่ไม่ฉีดพ่นสารมีปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไรออนต่ำกว่าค่าปลอดภัยตั้งแต่วันที่ 0 - 5 (ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 1) ทั้งนี้ไม่มีข้อมูลของการทดลองในวันที่ 7 เพราะผักตัวอย่างเน่าไม่สามารถนำมาทดสอบได้

ตารางที่ 1 ปริมาณการตกค้างของเมพริลพาราไรซอนในผักคะน้าที่เก็บเกี่ยวในวันที่ 0, 1, 3, และ 5  
หลังการเก็บรักษาโดยการจุ่มในน้ำ

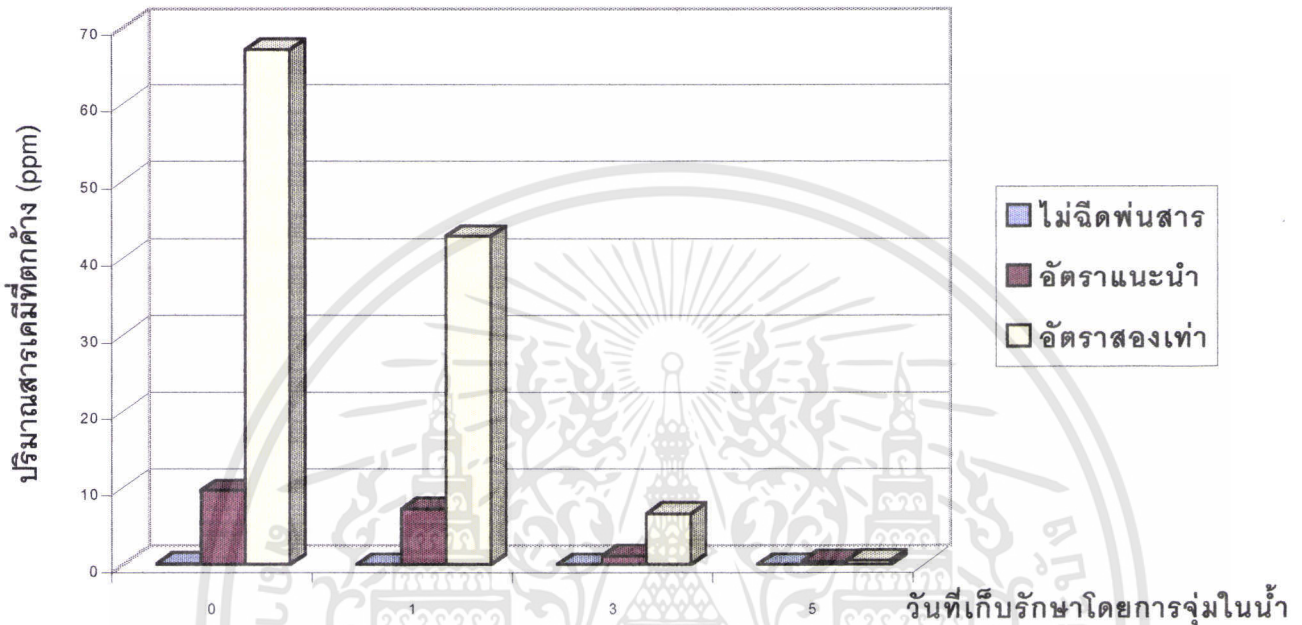
วันที่เก็บเกี่ยว	ปริมาณการตกค้าง (พีพีเอ็ม) 1/		
	ไม่ฉีดพ่นสาร	อัตราแนะนำ	อัตรา 2 เท่า
0	0.1563a	9.6136*a	67.0624*a
1	0.0000a	7.2643*a	42.7796*b
3	0.0000a	1.1312*b	6.6668*c
5	0.0000a	0.4269b	0.5467 c
7	-	-	-

1/ ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ

\* หมายถึง ปริมาณสารพิษเกินค่ากำหนด MRL [Codex (1995) กำหนดให้พาราไรซอนในผัก  
ต่างๆ (ยกเว้น แครอต) เท่ากับ 0.7 ppm ]

- ไม่มีข้อมูลในวันที่ 7

- ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ  
ทางสถิติ อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.05  
โดยDMRT



ภาพที่ 3 ปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไธออนในผักคะน้าที่เก็บรักษาโดยการจุ่มในน้ำ ในวันที่ 0, 1, 3 และ 5 หลังการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองในวันที่ 7 ไม่มีเนื่องมาจากความผิดพลาดของผู้ทดลองที่เก็บตัวอย่างไว้ทำการทดลองไม่พอ และเนื่องจากวิธีการเก็บรักษาผักโดยการจุ่มในน้ำเป็นเวลาหลายวัน ทำให้ผักเน่าเสียเป็นเหตุให้ไม่มีผักเพียงพอในการทดลองวันที่ 7 สำหรับข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่า ในวันที่ 0 (1 ชั่วโมงหลังการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย) พบการตกค้างของเมทิลพาราไธออนในผักคะน้าที่ไม่มีการฉีดพ่นสาร ซึ่งอาจเนื่องมาจากเกิดการปนเปื้อนของละอองสารขณะทำการฉีดพ่นในแปลงที่ฉีดพ่นในอัตราแนะนำบนฉลากและแปลงที่ฉีดพ่นในอัตราสองเท่าของคำแนะนำบนฉลาก เพราะแปลงทั้งสามอยู่ใกล้กันหรืออาจเกิดจากละอองสารที่เกาะบนดินและใบผักคะน้าซึ่งได้รับการฉีดพ่นด้วยเมทิลพาราไธออนถูกพัดพาไปปนเปื้อนโดยลม และอาจปนเปื้อนจากน้ำที่ใช้รดผัก เนื่องจากน้ำที่ใช้รดผักเป็นน้ำซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับแปลงปลูก

ในระหว่างการเก็บรักษาผักคะน้าโดยการจุ่มในน้ำผักคะน้าจะแสดงลักษณะอาการเหลืองใบร่วงและเน่า อาจเป็นเพราะสารเคมีต่างๆ ถูกชะล้างออกมาจากผัก ทำให้น้ำเน่าส่งผลให้ผักแสดงอาการเหลือง ใบร่วงและเน่า โดยที่ผักที่ฉีดพ่นในอัตราสองเท่าของคำแนะนำบนฉลากจะแสดงลักษณะอาการมากที่สุดรองลงมาคือ ผักที่ฉีดพ่นในอัตราตามคำแนะนำบนฉลากและผักที่ไม่ฉีดพ่นสาร ตามลำดับ การตรวจพบปริมาณการตกค้างในวันที่ 1 สูงกว่าวันที่ 3 และ 5 มากอาจเนื่องจากในวันแรกๆ ตัวอย่างผักมีมากทำให้แออัดในภาชนะที่จุ่มผักมีผลให้การสลายตัวโดยการระเหยมีน้อยหรือไม่มีจึงทำให้มีปริมาณการตกค้างสูงมากส่วนในวันที่ 3 และ 5 จำนวนผักถูกนำไปใช้วิเคราะห์มากขึ้นทำให้ความแออัดลดลง จึงอาจมีการสลายตัวโดยการระเหยเพิ่มขึ้น

## สรุปผลการทดลอง

ปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไรออนในฝักคะน้าที่ฉีดพ่นในอัตราที่แนะนำสูงกว่าค่าปลอดภัย (MRL) ในวันที่ 0 - 3 โดยวันที่ 0 และ 1 ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่หารตกค้างในวันที่ 0 และ 1 ต่างจากวันที่ 3 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วันที่ 3 และ 5 ต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนที่ฉีดพ่นในอัตราสองเท่าของคำแนะนำมีปริมาณการตกค้างสูงกว่าค่าความปลอดภัย (MRL) ในวันที่ 0 - 3 โดยในวันที่ 0 จะสูงกว่าวันที่ 1, 3 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วันที่ 1 สูงกว่าวันที่ 3 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่วันที่ 3 และ 5 ต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติและพบการตกค้างของเมทธิลพาราไรออนในฝักคะน้าที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารในวันที่ 0 แต่มีปริมาณต่ำกว่าค่าปลอดภัย

## ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าคะน้ำที่ฉีดพ่นในอัตราแนะนำบนฉลากเมื่อนำมาเก็บรักษาโดยการจุ่มในน้ำควรรีโศคหลังจากเก็บไว้แล้ว 3 วันเป็นอย่างน้อยจึงจะปลอดภัย ส่วนคะน้ำที่ฉีดพ่นในอัตรา สองเท่าของคำแนะนำบนฉลากควรรีโศคหลังจากเก็บไว้อย่างน้อย 5 วัน จึงจะปลอดภัย ต่อการรีโศค ทั้งนี้ผักที่ไม่มีการฉีดพ่นสามารถรีโศคได้ทันทีหลังการเก็บเกี่ยว ในการทดลองครั้งนี้ไม่มีการล้างผักก่อนนำมาวิเคราะห์ ดังนั้นหากมีการใช้วิธีต่างๆเช่น ล้างผักด้วยน้ำไหลผ่านการแช่ผักในน้ำโซดา การแช่ผักในน้ำส้มสายชู การแช่ในน้ำต่างหัทิม อาจช่วยลดปริมาณการตกค้างของสารซึ่งอาจปลอดภัยต่อการรีโศค จากบทความของนิตยา(2538) ซึ่งอ้างถึงการศึกษาของ ศิวาภรณ์และคณะ ที่ศึกษาวิธีการลดปริมาณสารกำจัดแมลง 8 ชนิดในผักคะน้ำพบว่า การล้างด้วยน้ำต่างหัทิม 0.01% จะสามารถลดปริมาณการตกค้างของเมทิลพาราไรออนได้ 48.3% การล้างด้วยน้ำส้มสายชู 0.5% จะสามารถลดปริมาณการตกค้างของเมทิลพาราไรออนได้ 27.0% การล้างด้วยน้ำขาวข้าว 50% จะสามารถลดปริมาณการตกค้างของเมทิลพาราไรออนได้ 26.9% การล้างด้วยน้ำซีเต้า 5% จะสามารถลดปริมาณการตกค้างของเมทิลพาราไรออนได้ 39.6% การแช่ในน้ำจะสามารถลดปริมาณการตกค้างของเมทิลพาราไรออนได้ 43.9% และ การล้างด้วยน้ำที่ไหลจากก๊อก 2 นาที จะสามารถลดปริมาณการตกค้างของเมทิลพาราไรออนได้ 29.9%

## เอกสารอ้างอิง

- ขวัญชัย สมบัติ .2527. ยาฆ่าแมลง .ภาควิชากีฏวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .275หน้า.
- คำนวณ ชาวหนู. 2537. โภชนศาสตร์. พิมพ์ดี กรุงเทพฯ. 510 หน้า.
- จันทร์ทิพย์ อังศรีสกุล. 2535. ปัญหาและการลดอันตรายจากสารพิษทางการเกษตร. ข่าวสาร  
 วัตถุ มีพิษ. 19(2) : 74-77.
- ดวงภา บานชื่น และ ชนินันท์ พรสุริยา. 2541. การลดปริมาณเมทิลพาราไฮดรอนในผักคะน้าโดย  
 การล้างในน้ำก๊อก แช่น้ำ ล้างน้ำโดยใช้มีด และ การแช่ในสารละลายโซเดียมโบ  
 คาร์บอเนต. รายงานปัญหาพิเศษ. ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะ  
 เทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 24 หน้า.
- ทศพร แจ้งจรรย์. 2531. ผักฤดูหนาวและผักตระกูลกะหล่ำ .มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 155 หน้า.
- นิตยา วีระกุล .2538. การลดปริมาณสารพิษตกค้าง. ข่าวสารวัตถุมีพิษ .22(1): 16-25.
- นิตยา วีระกุล. 2539. วัตถุอันตรายทางการเกษตรกับสิ่งแวดล้อม ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 23(3) :139-140.
- ปกรณ สุเมธานุรักษ์กุล. 2526. ยาฆ่าแมลงกับพิษภัยต่อสุขภาพ. คณะสาธารณสุขศาสตร์.  
 มหาวิทยาลัยมหิดล. 26 หน้า.
- ประยูร ดีมา. 2522. วัตถุมีพิษที่ใช้ในการเกษตรกับสาธารณสุข. กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตร  
 และสหกรณ์. 523 หน้า.
- ประยูร ดีมา. 2535. เอกสารวิชาการยาป้องกันกำจัดศัตรูพืช ศัตรูมนุษย์และสัตว์. กรมวิชาการ  
 เกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 325 หน้า.
- ปรีชา พุทธิปรีชาพงษ์. 2530. ยาฆ่าแมลง. สหมิตรออฟเซตกรุงเทพฯ. 150 หน้า.
- พนิดา ไชยยันต์บุญ. 2538. ความเป็นไปและพฤติกรรมของวัตถุมีพิษได้ดิน. ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 22  
 (4) : 191-195.
- พาลาภ สิงห์เสนี. 2537. พิษของยาฆ่าแมลงต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์  
 มหาวิทยาลัย. หน้า 51-53.
- พิสิฐ วงษ์วัฒน์. 2535. คู่มือการใช้สารพิษทางการเกษตรและในบ้านเรือน. เรือนแก้วการพิมพ์  
 กรุงเทพฯ. 145 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

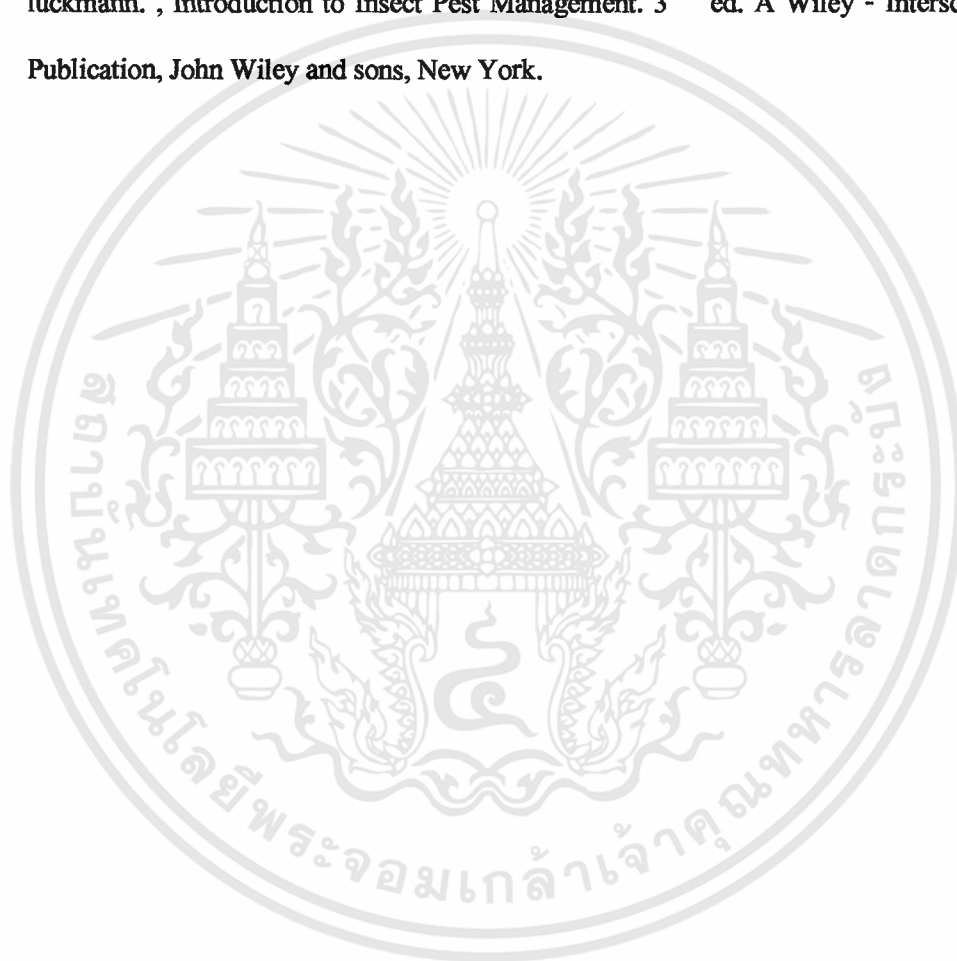
- มานิช ทองเจียม. 2522. หลักการนำไปปฏิบัติก่อนการเก็บเกี่ยวพืชผัก. เทคโนโลยี. 10(31) : 8-12
- รัตนา สิตะยัง. 2539. วัตถุมีพืช. นสพ. กสิกร. 69(1) : 8-12
- ลักขณา อมรสิน. 2541. คู่มือประกอบการปฏิบัติการวิชาพืชวิทยาสิ่งแวดล้อม. ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 37-41.
- วิเชียร ณัฐวัฒนานนท์. 2525. ชื่อสามัญและชื่อทางการค้าของวัตถุมีพืชทางการเกษตร. ชุมชนการเกษตร. 5(44) : 1-13.
- สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ. 2523. ยาม่าแมลง. นำอักษรการพิมพ์ กรุงเทพฯ. 164 หน้า.
- สมสมัย ปาลสกุล, ศิริพันธ์ สุขมาก และ บัญญัติ ดำรงค์ . 2538. การประชุมวิชาการ กองวัตถุมีพืชการเกษตร ครั้งที่ 1 . กองวัตถุมีพืชการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. หน้า 96 - 104 .
- สุกัญญา มหาธีรานนท์. 2534. แนะนำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ : Gas-Liquid Chromatograph. ข่าวศูนย์ฯ. 4(3) : 20-22.
- สุปราณี อิมพิทักษ์. 2536. การวิเคราะห์พืชตกค้างในผักโดยวิธีซีวเคมี. ข่าวสารวัตถุมีพืช. 20(3): 119-123.
- สุภาณี พิมพ์สมาน .2537. สารฆ่าแมลง.โครงการตำราและเอกสารทางวิชาการ. คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 169 หน้า.
- สุนทร เรืองเกษม . 2539. คะน้า. คู่มือการปลูกผัก. หน้า 23-31.
- สุพัตรา ศรีมุข, สุภาวดี มีนาภา. 2540. การสลายตัวของเมวินฟอสในผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักกาดหอม ผักบุ้งจีน หลังการฉีดพ่นในขนาดตามคำแนะนำบนฉลากและขนาดสองเท่าของคำแนะนำบนฉลาก. ปัญหาพิเศษ ปริญญาตรี. ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 40 หน้า.
- อรุณรักษ์ พ่วงผล . 2542 . เกษตรเศรษฐกิจในครัวเรือน. พืชผักสวนครัวเสริมรายได้ . โรงพิมพ์. อักษรไทย. 110 หน้า
- อุดม โกสัยสุก. 2539. การปลูกผักกินใบ. อักษรบัณฑิตกรุงเทพฯ. 34 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุดมลักษณ์ อุ่่นจิตติววรรณะ. 2535. สารพิษ. ข่าวสารวัดภูมิพิษ. 19(1) : 46-47.

Codex Alimentarius Commission, Joint FAO/WHO Food standard programme. Codex committee on Pesticide, Residues Twenty-seven session. Part A.1, A.2. The Hague, The Nethulards, 24 April, 1 May 1995, 179 pp.

Metcalf, R.L. 1994. Insecticides in Pest Management. pp.245-314. In : Metcalf, R.L. and W.H. luckmann. , Introduction to Insect Pest Management. 3<sup>rd</sup> ed. A Wiley - Interscience Publication, John Wiley and sons, New York.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนการตกค้างของเมทิลดีพาราไฮดรอนที่  
สลายตัวในผักคะน้าที่ฉีดพ่นสารตามอัตราแนะนำบนฉลากในวันที่ 0, 1, 3  
และ 5 หลังการเก็บรักษาในน้ำ

Analysis of Variances

Source	df	ss	ms	f	f.05	f.01
Treatment	3	5.502	1.834	1.000	4.07	7.59
Ex.Error	8	14.672	1.834			
Total	11	20.174	1.834			

GRAND MEAN = 0.390941666666667

CV = 346.41%

LSD.05 = 2.54986

LSD.01 = 3.709791

DUNCAN'S MULTIPL-RANGE TEST

NAME ID MEANRANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

c01 1.563767 A

c11 0 A

c31 0 A

c51 0 A

NAME ID MEANRANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

c01 1.563767 A

c11 0 A

c31 0 A

c51 0 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 2** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนการตกค้างของเมทิลดีพาราไรออนที่  
สลายตัวในผักคะน้าที่ฉีดพ่นสารตามอัตราแนะนำบนฉลากในวันที่ 0, 1,  
3 และ 5 หลังการเก็บรักษาในน้ำ

Analysis of Variance						
Source	df	ss	ms	f	f.05	f.01
Treatment	3	184.923	61.641	24.515	4.07	7.59
Ex.Error	8	20.115	2.514			
Total	11	205.039	18.640			

GRAND MEAN = 4.610516666666666

CV=34.39%

LSD.05=2.985606

LSD.01=4.34376

NAME ID MEANRANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

r01 9.613667 A

r11 7.264333 A

r31 1.1372 B

r51 0.4268567 B

NAME ID MEANRANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

r01 9.613667 A

r11 7.264333 A

r31 1.1372 B

r51 0.4268567 B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 3** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนการตกค้างของเมทธิลพาราไธออนที่  
สลายตัวในผักคะน้าที่ฉีดพ่นสารตามอัตราแนะนำบนฉลากในวันที่ 0, 1,  
3 และ 5 หลังการเก็บรักษาในน้ำ

**Analysis of Variances**

Source	df	ss	ms	f	f.05	f.01
Treatment	3	8840.128	2946.709	59.319	4.07	7.59
Ex.Error	8	397.405	49.676			
Total	11	9237.532	839.776			

GRAND MEAN = 29.2638666666667  
 CV = 24.08%  
 LSD.05 = 13.27044  
 LSD.01 = 19.30717

**DUNCAN'S MULTIPL-RANGE TEST**

**NAME ID MEANRANKED AT PROBABILITY LEVEL .01**

d01 67.0624 A  
 d11 42.7796 B  
 d31 6.6668 C  
 d51 0.5466667 C

**NAME ID MEANRANKED AT PROBABILITY LEVEL .05**

d01 67.0624 A  
 d11 42.7796 B  
 d31 6.6668 C  
 d51 0.5466667 C