17435

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การสลายตัวของเมทธิลพาราไธออนในผักคะน้าในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 หลังการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย

The Degradation of Methyl parathion in Chinese Kale on 0, 1, 3, 5 and 7 days After the Last Application.

T099102

โดย

นางสาวศิรประภา ปานจรูญรัตน์

Miss. Siraprapa Pancharoonrat.

ปพ.
ศ 4391
2543

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....99102
วัน,เดือน,ปี.....15 JUN 2000

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

ปริญญา

วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

เรื่อง

การสลายตัวของเมทธิลพาราไธออนในผักคะน้าในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 หลังการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย

The Degradation of Methyl parathion in Chinese Kale on 0, 1, 3, 5 and 7 days After the Last Application.

โดย

นางสาวศิรประภา ปานจรูญรัตน์

Miss. Siraprapa Pancharoonrat.

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ลักขณา อมรสิน)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรเดช จันทรสร)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

วันที่ ๒๒ เดือน ก.ค. พ.ศ. ๒๕๕๔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง	:	**การสลายตัวของเมทธิลพาราไธออนในผักคะน้าในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 หลังการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย**
โดย	:	**นางสาวศิรประภา ปานจรูญรัตน์**
ชื่อปริญญา	:	**วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)**
สาขาวิชา	:	**เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช**
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	**..... ...../...../.....**
		(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ลักขณา อมรสิน)

บทคัดย่อ

การศึกษาการสลายตัวของเมทธิลพาราไธออนในผักคะน้าซึ่งดำเนินการทดลองระหว่างเดือนตุลาคม 2543 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2544 วางแผนการการทดลองแบบ CRD มี 3 การทดลองคือ ไม่ฉีดพ่นสาร ฉีดพ่นสารในอัตราตามคำแนะนำบนฉลาก (10 มิลลิลิตร / น้ำ 20 ลิตร) และฉีดพ่นสารในอัตราสองเท่าของคำแนะนำบนฉลาก (20 มิลลิลิตร / น้ำ 20 ลิตร) ตรวจวิเคราะห์สารสกัดจากตัวอย่างผักในวันที่ 0, 1, 3 , 5 และ 7 หลังจากการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี ผลการตรวจวิเคราะห์พบว่า การฉีดพ่นในอัตราแนะนำจะมีปริมาณการตกค้างของสารสูงกว่าค่าปลอดภัยในวันที่ 0 และวันที่ 1 ผักที่ฉีดพ่นในอัตราสองเท่าของคำแนะนำมีปริมาณสารตกค้างสูงกว่าค่าปลอดภัยวันที่ 0 - 3 ผักที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารพบปริมาณการตกค้างสูงกว่ากว่าค่าปลอดภัยในวันที่ 0 และสูงกว่าวันอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผักที่ฉีดพ่นในอัตราคำแนะนำมีปริมาณการตกค้างในวันที่ 0 สูงกว่าวันที่ 1, 3, 5 และ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่การตกค้างในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผักที่ฉีดพ่นในอัตราสองเท่าของคำแนะนำปริมาณการตกค้างในวันที่ 0 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวันที่ 1, 3, 5 และ 7 ปริมาณสารตกค้างในวันที่ 1 และ 3 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การตกค้างในวันที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวันที่ 5 และ 7 และการตกค้างในวันที่ 3, 5, และ 7 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : The Degradation of Methyl parathion in Chinese kale on 0, 1, 3, 5 and 7 days After the Last Application

By : Miss Siraprapa Pancharoonrat

Degree : Bachelor of Science in Agriculture

Major : Field Plant Pest Management Technology

Advisor : Luckana Amonsin ..... 4 / May / 2001

(Asst. Professor. Luckana Amonsin)

Abstract

The study of methyl parathion degradation in Chinese kale was conducted on October, 2000 to February, 2001. The experiment was designed as completely random designed (CRD), having 3 treatments of methyl parathion as no application (control), sprayed as recommended dose (10 ml. / 20 L. H_20) and double dose (20 ml. / 20 L. H_20). Gas chromatography method was used for the analysis which was done on 0, 1, 3, 5 and 7 days after the last application. The results were found that methyl parathion residues in Chinese kale which sprayed as recommended dose were higher than the maximum residues limit (MRL) on 0 - 1 days. Methyl parathion residues of Chinese kale which were sprayed as double dose were higher than the MRL on 0, 1 and 3 days. Chinese kale in control group were found methyl parathion residues which were higher than the MRL on 0 day and have significant difference form the other days. Methyl parathion residues on 0 day of recommended dose group were significant difference form 1, 3, 5 and 7 days, but the residues on 1, 3, 5 and 7 days were not significant difference. Methyl parathion residues of double dose group on 0 day were significant difference form 1, 3, 5 and 7 days, the residues on I day were not significant from 3 days but were significant difference form 5 and 7 days. mean while, the residues on 3, 5 and 7 days have not significance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการจัดทำและรวบรวมปัญหาพิเศษฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ลักขณา อมรสิน ประธานกรรมการที่ปรึกษาที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ ทำให้สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างดี

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืชที่ให้ความอนุเคราะห์ ด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ

ขอขอบคุณ คุณจรงค์ศักดิ์ พุมนวน นักวิทยาศาสตร์ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช ที่กรุณาช่วยเหลือให้คำแนะนำในการใช้เครื่องวิเคราะห์ Gas Chromatography และ เครื่องมืออื่น ๆ รวมทั้งเพื่อน ๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และพี่ชาย ที่ให้การอุปการะทั้งด้านกำลังใจและกำลังทรัพย์ในการศึกษาเป็นอย่างดีตลอดมา

ศิรประภา ปานจรูญรัตน์

เมษายน 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....i

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ii

คำนิยม.....iii

สารบัญ.....iv

สารบัญตาราง..... v

สารบัญตารางผนวก..... vi

สารบัญภาพ..... vii

คำนำ..... 1

วัตถุประสงค์.....2

การตรวจเอกสาร.....3

อุปกรณ์และวิธีการ.....14

ผลการทดลอง.....19

วิจารณ์ผลการทดลอง.....22

สรุป.....23

ข้อเสนอแนะ.....24

เอกสารอ้างอิง.....25

ภาคผนวก.....27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1. ปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไธออนในผักคะน้าที่เก็บเกี่ยว
ในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7.....20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวก

ตารางผนวกที่ หน้า

1. แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนการตกค้างของเมทธิลพาราไธออน ที่สลายตัวในผักคะน้า ที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 หลังจากฉีดพ่นครั้งสุดท้าย.....28
2. แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนการตกค้างของเมทธิลพาราไธออน ที่สลายตัวในผักคะน้า ที่ฉีดพ่นตามอัตราแนะนำบนฉลากในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 หลังจากฉีดพ่นครั้งสุดท้าย.....29
3. แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนการตกค้างของเมทธิลพาราไธออน ที่สลายตัวในผักคะน้า ที่ฉีดพ่นตามอัตรา สองเท่าของคำแนะนำบนฉลากในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 หลังจากฉีดพ่นครั้งสุดท้าย.....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1. แสดงสูตรโครงสร้างของเมทธิลพาราไธออน.....7
2 . แสดงส่วนประกอบพื้นฐานการทำงานของเครื่อง gas chromatography.....12
3 . แสดงปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไธออนในผักคะน้าที่เก็บเกี่ยว
ในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 หลังการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย.....21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ผักคะน้า (*Brassica alborglabra*) เป็นผักที่รู้จักกันดีและนิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวาง โดยจะรับประทานส่วนของใบและลำต้น คะน้ามีการเพาะปลูกทั่วทุกภาคของประเทศไทย เนื่องจากเป็นผักที่ปลูกได้ง่ายและทำรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกเป็นอย่างดี สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งที่เกษตรกรผู้ปลูกต้องประสบอยู่เสมอๆ คือในช่วงเดือนพฤษภาคม-กันยายน ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน จะมีการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผัก เช่น เพลี้ยอ่อน ด้วงหมัดผัก หนอนกระทู้ผัก หนอนใยผัก หนอนกระทู้หอม และแมลงศัตรูพืชอีกหลายชนิดอย่างรุนแรง ทำให้ผลผลิตเสียหาย โดยแมลงดังกล่าวจะกัดกินใบเป็นรูพรุน ดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบผักทำให้ใบผักเสียหาย ทำให้คุณลักษณะของลำต้นและพื้นที่ใบของผักคะน้าลดลง ไม่เป็นที่ต้องการของตลาดและผู้บริโภค ส่วนตัวหนอนจะเจาะเข้าทำลายลำต้นทำให้ต้นคะน้าเหี่ยวและเฉาตายในที่สุด ดังนั้นเกษตรกรผู้ปลูกจึงต้องหาวิธีป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูต่างๆ วิธีการที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ก็คือ การใช้สารฆ่าแมลงฉีดพ่นไปที่ผัก ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงเป็นอย่างดี เกษตรกรผู้ปลูกผักคะน้านิยมใช้เมทธิลพาราไธออนในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชในแปลงผักคะน้า และเนื่องจากเกษตรกรทำการฉีดพ่นสารเคมีในปริมาณมาก รวมทั้งมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตก่อนกำหนดที่สารเคมีจะสลายตัว จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาพิษตกค้างในผักคะน้า ซึ่งทำให้มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้บริโภค ด้วยเหตุนี้จึงศึกษาหาระยะเวลาการสลายตัวของเมทธิลพาราไธออนเพื่อหาระยะเวลาที่เมทธิลพาราไทออนสลายตัวจนอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหาระยะเวลาการสลายตัวของเมทธิลพาราไธออนในผักคะน้า
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไธออนในผักคะน้า ในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 หลังจากการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย
3. เพื่อหาแนวทางในการบริโภคผักคะน้าอย่างปลอดภัยหลังจากฉีดพ่นด้วยเมทธิลพาราไธออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ผักคะน้าเป็นผักที่นิยมบริโภคกันมาก โดยบริโภคส่วนของใบและลำต้น ผักคะน้ามีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย และปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซีย จีนและไทย (อุดม, 2529) ผักคะน้าอยู่ในตระกูล Cruciferae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica alboglabra* ลักษณะโดยทั่วๆ ไปเป็นผักอายุ 2 ฤดู แต่มักนิยมปลูกเป็นผักที่เก็บเกี่ยวฤดูเดียว สามารถขึ้นได้ในสภาพดินเกือบทุกชนิดที่มีความสมบูรณ์ มีความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ระหว่าง 5.5-6.8 อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน ปลูกได้ทุกฤดู แต่ช่วงเวลาที่ปลูกผักคะน้าได้ผลดีที่สุด คือ ช่วงเดือนตุลาคม-เมษายน (ทศพร, 2531) เนื่องจากผักคะน้าเป็นผักที่สามารถปลูกได้ตลอดปี จึงทำให้เกิดการระบาดของแมลงศัตรูพืชหลายชนิด เช่น หนอนใยผัก หนอนชอนใบ เพลี้ยอ่อน ด้วงหมัดผัก และแมลงอื่นๆ อีกมากมาย ดังนั้นเกษตรกรจำเป็นต้องมีการป้องกันกำจัดเพื่อไม่ให้ผลผลิตถูกทำลาย หรือถูกทำลายน้อยที่สุด การใช้สารพิษทางการเกษตรในการฉีดพ่นผักก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เกษตรกรเลือกใช้ เนื่องจากเป็นวิธีการที่สะดวกและเห็นผลได้อย่างรวดเร็ว การใช้สารพิษทางการเกษตรในปัจจุบัน มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย และก็มีบ่อยครั้งที่สารพิษทางการเกษตร เช่น ประเภทออร์แกโนฟอสเฟต ออร์แกโนคลอรีน และคาร์บาเมต เป็นต้น ก็ให้ผลกระทบมากกว่าที่ผู้ใช้ต้องการ

เนื่องจากมีการปลูกผักตลอดทั้งปีอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูพืช รวมทั้งแมลงดื้อยา จึงต้องใช้สารกำจัดแมลงศัตรูพืชเกินกว่าที่กำหนด และใช้บ่อยครั้งเกินความจำเป็น การที่เกษตรกรไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำของฉลาก และเกษตรกรทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตก่อนที่สารพิษจะสลายตัวไป จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้มีสารพิษตกค้างในพืชผัก (อุดมลักษณ์, 2535)

ความเป็นไปของวัตถุมีพิษในดิน

วัตถุมีพิษในดินจะเปลี่ยนแปลงเนื่องจากขบวนการต่างๆ ได้แก่ การถูกดูดยึดวัตถุมีพิษโดยอนุภาคดิน การเคลื่อนย้าย แพร่กระจายและการย่อยสลาย ซึ่งขบวนการต่างๆ พอจะสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การดูดยึดโดยอนุภาคดิน

การดูดยึด (adsorption) วัตถุมีพิษโดยอนุภาคดิน มีบทบาทสำคัญต่อสภาวะและพฤติกรรมของวัตถุมีพิษโดยมีผลต่อการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายของสาร การระเหยกลายเป็นไอและการสลายตัวของวัตถุมีพิษในดิน ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการดูดยึดโดยอนุภาคดินได้แก่คุณสมบัติทางเคมีของวัตถุมีพิษ ปริมาณอนุภาคดินเหนียว (Clay) อินทรีย์วัตถุในดิน ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ขนาดของอนุภาคดิน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของดิน (CEC) และอุณหภูมิ

คุณสมบัติที่มีบทบาทสำคัญต่อการถูกดูดยึด คือ ปริมาณอนุภาคดินเหนียวและปริมาณอินทรีย์วัตถุ พบว่าถ้าปริมาณสารอินทรีย์ที่ระดับ 6 % ทั้งอนุภาคดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุจะมีบทบาทในการดูดยึด หากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงการดูดยึดส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ผิวของอินทรีย์วัตถุ สำหรับด้านวัตถุมีพิษนั้นสมบัติที่มีบทบาทต่อการดูดยึด คือ ลักษณะโครงสร้าง ขนาดของโมเลกุล ความเป็นกรดเป็นด่าง การละลายน้ำและความมีขั้วของสาร

2. การเคลื่อนย้ายของวัตถุมีพิษในดิน

วัตถุมีพิษอาจมีการเคลื่อนย้ายโดยระเหยกลายเป็นไอหรือการเคลื่อนย้ายไปโดยมีน้ำเป็นตัวพาทำให้เกิดการแพร่กระจายของวัตถุมีพิษในดิน รวมทั้งแพร่กระจายไปยังสิ่งแวดล้อมอื่นได้ ซึ่งลักษณะของการเคลื่อนย้ายมีดังนี้

2.1 การระเหยกลายเป็นไอ

การระเหยกลายเป็นไอขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำในดิน การเคลื่อนที่ของอากาศ สมบัติของวัตถุมีพิษและสมบัติของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณอนุภาคดินเหนียวและ pH ของดิน ได้มีการศึกษามากมายที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการระเหยของวัตถุมีพิษในดินกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินว่ามีทิศทางในทางกลับกัน คือ เมื่ออินทรีย์วัตถุในดินสูงการระเหยจะน้อยลง เนื่องจากเกิดการดูดซึม (absorption) วัตถุมีพิษโดยอินทรีย์วัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การชะล้างโดยน้ำ

เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุมีพิษจากการไหลไปกับน้ำโดยการไหล่บ่าหน้าดิน (run off) หรือการเคลื่อนที่ในดินในแนวดิ่ง (leaching) ปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับการชะล้างของวัตถุมีพิษในดิน ได้แก่ สมบัติการละลายน้ำของวัตถุมีพิษ ปริมาณน้ำฝน การดูดยึดวัตถุมีพิษกับดิน ลักษณะของเนื้อดิน รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ เช่นการป้องกันการเกิดการชะล้างพังทลายของดินจะส่งผลต่อการลดการเคลื่อนย้ายของวัตถุมีพิษจากการไหลบ่าหน้าดิน Wauchope (1978) กล่าวว่าวัตถุมีพิษที่ละลายน้ำได้มากกว่า 10 ppm ส่วนใหญ่จะเคลื่อนย้ายได้โดยการละลายน้ำ สำหรับวัตถุมีพิษที่ละลายได้น้อยกว่า ส่วนใหญ่จะถูกดูดยึดกับอนุภาคดินจึงถูกเคลื่อนย้ายไปโดยวิธีการไหลบ่าหน้าดินพร้อมกับการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน (erosion) แต่การศึกษาที่เกี่ยวข้องพบว่าการเคลื่อนย้ายของวัตถุมีพิษโดยน้ำไหลบ่าหน้าดิน มีความสำคัญทางด้านสิ่งแวดล้อมน้อยเพราะวัตถุมีพิษส่วนใหญ่เคลื่อนย้ายในปริมาณน้อยกว่า 0.5 % ของวัตถุมีพิษที่ใช้ไป จากการศึกษาพบว่าสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ส่วนใหญ่มีการเคลื่อนย้ายน้อยมากเนื่องจากถูกดูดยึดอยู่กับอนุภาคดิน

3. การสลายตัวของวัตถุมีพิษ

วัตถุมีพิษในดินจะมีการสลายตัวโดยขบวนการต่างๆ ทำให้การตกค้างของวัตถุมีพิษลดลง ซึ่งขบวนการสลายตัวสามารถสรุปได้ดังนี้

3.1 การสลายตัวโดยแสง

แสงแดดที่มีความยาวคลื่น 290-450 nm. โดยเฉพาะอย่างยิ่งแสงอุลตร้าไวโอเลต (UV) มีพลังงานเพียงพอที่ทำให้วัตถุมีพิษส่วนมากเกิดการสลายตัว (photodecomposition) ที่บริเวณผิวหน้าดิน Herbert และ Miller (1990) พบว่าการสลายตัวโดยแสงของวัตถุมีพิษจำกัดอยู่ที่ผิวหน้าดินลึกลงไปเพียง 1 หรือ 2 มิลลิเมตรเท่านั้น การเกิดปฏิกิริยาสลายตัวด้วยแสงขึ้นกับระยะเวลาที่ได้รับแสง ความเข้มและความยาวคลื่นแสง สมบัติของวัตถุมีพิษ สมบัติตัวกลางที่วัตถุมีพิษยึดเกาะ ชนิดตัวทำละลายของวัตถุมีพิษ สมบัติความเป็นกรดเป็นด่างของตัวทำละลาย รวมทั้งตัวกระตุ้นที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา เช่น สารอินทรีย์ในดินมักดูดซึมแสงในช่วงคลื่น UV ได้ดีจะกระตุ้นให้วัตถุมีพิษเกิดการสลายตัวโดยแสงมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การสลายตัวทางเคมี

ขบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นได้แก่ ปฏิกิริยา hydrolysis oxidation และ reduction เป็นต้น ซึ่งปฏิกิริยาส่วนมากจะเกิดขึ้นโดยมีน้ำเป็นตัวกลางหรือเป็นตัวทำปฏิกิริยา โดยที่ขบวนการปกติที่เกิดขึ้นเสมอ คือ ปฏิกิริยา hydrolysis และ oxidation ทั้งนี้ปฏิกิริยาต่างๆ อาจถูกเร่ง (catalyzed) โดยปัจจัยต่างๆ เช่น ผิวหน้าของอนุภาคดินเหนียว (clay surfaces) ไอออนของโลหะ ออกไซด์ของโลหะ และสารอินทรีย์ในดินเป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา hidrolysis ได้แก่ pH อุณหภูมิ ความชื้น และสมบัติของวัตถุมีพิษรวมทั้งสมบัติของดินด้วย

3.3 การสลายตัวโดยขบวนการทางชีววิทยา

จุลินทรีย์ในดิน ได้แก่ bacteria fungi และ actinomycete มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายวัตถุมีพิษในดิน ซึ่งจุลินทรีย์จะมีระบบเอนไซม์เพื่อเปลี่ยนแปลงวัตถุมีพิษมาเป็นประโยชน์ในด้านธาตุอาหารและแหล่งพลังงาน ทั้งนี้การใช้ประโยชน์อาจเป็นในรูปของแหล่งคาร์บอน ไนโตรเจน หรือธาตุอาหาร

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในดินที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของวัตถุมีพิษในดินได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น การถ่ายเทอากาศ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และสมบัติของวัตถุมีพิษ ซึ่งจากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิทุก 10 $^{\circ}C$ ทำให้อัตราการสลายตัวของวัตถุมีพิษโดยจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเป็น 2.5-3 เท่า และอัตราการสลายตัวจะเพิ่มขึ้นด้วยเมื่อเพิ่มความชื้นของดินจากสภาพแห้งแล้งไปจนถึงจุดความชื้นของดิน ทั้งนี้ในสภาพแปลงปลูกพืช อุณหภูมิและความชื้น มักมีการเปลี่ยนแปลงเสมอๆ ซึ่งจะส่งผลต่อการสลายตัวของวัตถุมีพิษด้วย

การสลายตัวของวัตถุมีพิษโดยจุลินทรีย์ในดินมีความสำคัญต่อการคงสภาพหรือการตกค้างของวัตถุมีพิษอย่างยิ่ง นอกจากปัจจัยด้านต่างๆที่มีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ดังที่กล่าวมาแล้ว ชนิดของวัตถุมีพิษ อัตราการใช้ และจำนวนครั้งที่ใช้ก็มีส่วนในการส่งเสริมหรือลดอัตราการสลายตัวของจุลินทรีย์ได้ โดยวัตถุมีพิษบางชนิดอาจทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ที่ใช้ย่อยเฉพาะวัตถุมีพิษชนิดนั้นๆมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการสลายตัวของวัตถุมีพิษที่ใช้ในครั้งต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

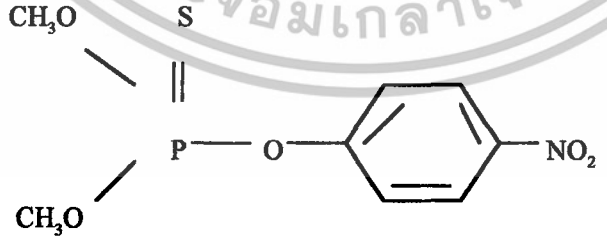
ไปเพิ่มขึ้น หรือวัตถุมีพิษบางชนิดอาจไปยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายวัตถุมีพิษ ทำให้การย่อยสลายเป็นไปได้ช้า ทำให้วัตถุมีพิษตกค้างอยู่ได้นาน (พนิดา, 2538)

เมทธิลพาราไธออน (Methyl parathion)

ชื่อทางเคมี O,O – Dimethyl – O – p – nitrophenyl phosphorothionate มีสูตรโครงสร้างเคมีแสดงในรูปที่ 1

ชื่อสามัญ เมทธิล พาราไธออน (methyl parathion) พาราไธออน เมทธิล (parathion methyl) เมทต้าฟอส (metaphos)

จากการค้นพบสารพาราไธออนของ Dr. Schrader นักเคมีผู้มีชื่อเสียงชาวเยอรมัน สารพาราไธออนได้ถูกจำหน่ายในท้องตลาด ภายใต้ชื่อว่า " โฟลิดอล ดี 605 " และด้วยเหตุที่มีประสิทธิภาพในการทำลายแมลงศัตรูพืชอย่างกว้างขวาง ทำให้โฟลิดอล ดี 605 มีการพัฒนาปรับปรุงขึ้นมาใหม่ได้เมทธิลพาราไธออน โดยบริษัทผู้ผลิตเมทธิลพาราไธออนออกจำหน่ายมีอยู่หลายบริษัท ซึ่งจะใช้ชื่อทางการค้าแตกต่างกันไป เช่น ดาล์ฟ (Dalf) โฟลิดอล เอ็ม (Folidol M) ไนตรอกซ์ 80 และเท็คไวซา(Tekwaisa) (วิเชียร, 2535) แต่ชื่อทางการค้าที่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย คือ Folidol M (ปรีชา, 2530) เมทธิลพาราไธออนที่ผลิตในท้องตลาด มีทั้งชนิดน้ำมัน ความเข้มข้นสูง(2 ปอนด์ / แกลลอน) ชนิดผงละลายน้ำได้และชนิดผงใช้พ่น



ภาพที่ 1. แสดงสูตรโครงสร้างของเมทธิลพาราไธออน

ที่มา : Clive. 1994. A World Compendium The Pesticide Manual.771-772.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติทางเคมี

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

การออกฤทธิ์ของเมทธิลพาราไธออน

เมทธิลพาราไธออนเป็นสารที่คงสภาพอยู่ในดินในช่วงระยะเวลาสั้นๆ การสลายตัวเกิดจากปฏิกิริยา oxidation, demethylation และ hydrolysis ได้กรด phosphoric และ p-nitrophenol สารเมทธิลพาราไธออนเคลื่อนที่ในดินได้น้อยมาก และไม่มีแนวโน้มที่จะซึมลงไปปนเปื้อนน้ำใต้ดิน แต่อย่างไรก็ตามสารเมทธิลพาราไธออนสามารถคงอยู่ในน้ำที่เป็นกลาง แต่จะสลายตัวได้อย่างรวดเร็วในน้ำที่เป็นด่าง (พนิดา, 2538)

สำหรับอัตราการใช้ที่เหมาะสมจะแตกต่างกันไป ตามชนิดของแมลงศัตรูพืชและตามชนิดของผัก พืชผักโดยทั่วๆ ไป ใช้ในอัตรา 10-20 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 20 ลิตร (ประมาณ 1-2 ช้อนแกงต่อน้ำ 1 ปีบ) พ่นให้ทั่วทั้งต้นพืชที่พบแมลงระบาดอยู่ ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ใช้ในอัตรา 40-55 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 20 ลิตร (ประมาณ 4-5 ช้อนแกงต่อน้ำ 1 ปีบ) ฉีดพ่นให้ทั่วต้นพืชที่พบแมลงระบาดอยู่ (พิสิฐ, 2535)

ความเป็นพิษของเมทธิลพาราไธออน

เมทธิลพาราไธออนเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางปาก ทางผิวหนัง และทางหายใจ การปฏิบัติงานในบริเวณที่อับลม และอุณหภูมิสูงจะส่งเสริมให้มีอันตรายมากขึ้น (จันทร์ทิพย์, 2535) เมทธิลพาราไธออน จัดเป็นสารพิษระดับที่ได้รับเพียงไม่ถึง 1 ช้อนชา ก็อาจทำให้เสียชีวิตได้ (ประยูร, 2535) ผู้ป่วยที่ได้รับสารพิษจะมีอาการพิษเกิดขึ้นภายใน 1-4 ชั่วโมงหลังจากได้รับสาร พิษเฉียบพลัน เมทธิลพาราไธออนมีค่า LD_{50} ทางปาก(หนูขาว) เท่ากับ 9-25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทางผิวหนัง (กระต่าย) เท่ากับ 300-400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (สิริวัฒน์, 2523) มีความเป็นพิษต่อสัตว์ชนิดอื่นๆ ที่ไม่ใช่แมลงศัตรูพืช เช่น มีพิษสูงมากต่อผึ้ง นก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และเป็นพิษต่อปลาไส้เดือน เมื่อสัตว์เหล่านี้ได้รับสารเมทธิลพาราไธออน ก็จะถ่ายทอดมาสู่มนุษย์ (รัตนา, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมทธิลพาราไธออนสลายตัวได้ง่าย แต่มีพิษสูง เป็นพิษต่อพืชบางชนิด เช่น ฝ้าย ข้าวฟ่าง ไม้ดอกไม้ประดับ พืชตระกูลแตง แต่อาการพิษที่เกิดกับพืชเหล่านี้มักไม่มีความสำคัญ (มาโนช, 2532) ทั้งนี้หากใช้ตามคำแนะนำจะไม่มีผลเสียเกิดขึ้น พืชที่ผ่านการฉีดพ่นสารเมทธิลพาราไธออนควรทิ้งระยะเวลาเก็บเกี่ยวอย่างน้อย 14 วัน (ค้วน, 2534) ระยะเวลาที่ควรทิ้งไว้ก่อนเก็บเกี่ยว หลังจากฉีดสารฆ่าแมลงครั้งสุดท้ายเป็นสิ่งที่ควรได้คำนึงให้มากที่สุด เพื่อทิ้งระยะเวลาให้สารฆ่าแมลงได้สลายตัวก่อน สารฆ่าแมลงสามารถสลายตัวได้เร็วที่สุดในพืชที่ยังมีชีวิตอยู่ เนื่องจากน้ำย่อยและปฏิกิริยาทางเคมีในพืช (ขวัญชัย, 2527)

การเป็นพิษเนื่องจากเมทธิลพาราไธออนมีสาเหตุ 3 ประการ คือ

1. เกิดจากการปฏิบัติงานขณะฉีดพ่น
2. เกิดจากการกินผัก ผลไม้และอาหารที่มีการปนเปื้อนของเมทธิลพาราไธออน
3. เกิดจากการกินเพื่อฆ่าตัวตาย

อาการพิษจากเมทธิลพาราไธออน

สารเมทธิลพาราไธออนเป็นสารสังเคราะห์ที่มี Functional group คล้ายกับอะเซตธิลโคลิน ซึ่งเป็นสารที่ทำหน้าที่ถ่ายทอด หรือเป็นสื่อในการนำข้อมูลถ่ายทอดไปยังเซลล์ประสาทต่างๆ ดังนั้นเมทธิลพาราไธออนจึงสามารถมีปฏิกิริยาทางชีวเคมี โดยตรงกับเอ็นไซม์อะเซตธิลโคลินเอสเทอเรส มีผลต่อการทำงานของระบบประสาท ไม่ว่าจะเป็นสัตว์เลือดอุ่นหรือแมลง (สุปราณี, 2536) ผู้ป่วยที่ได้รับสารเมทธิลพาราไธออน จะรู้สึกแน่นหน้าอก มึนงง ม่านตาหด คลื่นไส้ อาเจียน ปวดเกร็งในช่องท้อง ท้องเดิน กล้ามเนื้อกระตุก น้ำลายไหลยืด (ปกรณ์, 2526)

อาการพิษเนื่องจากการสะสมของอะเซตธิลโคลิน ในระบบประสาทแบ่งเป็น 3 ลักษณะอาการ (พาลาภ, 2537) คือ

1. อาการพิษแบบมัสคารินิค (muscarinic effects)
2. อาการพิษแบบนิโคตินิค (nicotinic effects)
3. อาการพิษที่ระบบประสาทส่วนกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาการพิษแบบมัสคารินิค (muscarinic effects)

มีอาการเบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเดิน น้ำตาไหล หัวใจเต้นเร็ว ม่านตาหด มีเสมหะและเหงื่อออกมาก หลอดลมบีบตัว ทำให้เกิดอาการไอ

อาการพิษแบบนิโคตินิค (nicotinic effects)

มีอาการสั่น ต่อมีอาการอ่อนเพลีย และเป็นอัมพาต

อาการพิษที่ระบบประสาทส่วนกลาง

ระยะแรกระบบประสาทส่วนกลางจะถูกกระตุ้น แต่ระยะหลังถูกกดทำให้เกิดอาการชัก สับสน กระวนกระวาย และหมดสติ ถ้าอาการรุนแรงอาจถึงตายได้ เนื่องจากระบบประสาทล้มเหลว

การแก้พิษและการรักษา

- สารพิษถูกผิวหนัง ให้ล้างด้วยน้ำกับสบู่ ชำระล้างร่างกายให้สะอาด
- สารพิษเข้าตา ให้รีบล้างด้วยน้ำสะอาด
- สารพิษเข้าปาก ต้องทำให้อาเจียนโดยเร็ว โดยการล้วงคอ หรือให้ดื่มน้ำเกลือ (เกลือ 1 ช้อนโต๊ะต่อน้ำอุ่น 1 แก้ว) รีบนำผู้ป่วยส่งแพทย์ พร้อมด้วยภาชนะบรรจุสารพิษนั้น อย่าให้อาหารกับผู้ป่วยที่หมดสติ หากมีอาการตามัว ปวดเกร็งในช่องท้อง และแน่นหน้าอก ควรรีบให้ atropine 1/100 เกรน (0.65 มิลลิกรัม) 2 เม็ด ทันที (จันทร์ทิพย์, 2531)

คำแนะนำสำหรับแพทย์

สำหรับผู้ใหญ่ฉีด atropine ขนาด 2-4 มก. ทางเส้นเลือดดำ (IV) และฉีดซ้ำในขนาด 2 มก. ทุก 10-15 นาที จนอาการพิษลดลง อาจให้ 2-PAM ขนาด 1 มก. จำนวน 20 มิลลิลิตร ทางเส้นเลือดดำ(IV) ห้ามใช้ morphine theohylline หรือ aminophylline แก่ผู้ป่วย (ประยูร, 2535)

Gas Chromatography

เป็นเครื่องมือที่ใช้แยกและวิเคราะห์สารทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ เทคนิคของ Gas Chromatography คือแยกของผสมให้เป็น gas phase ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ แล้วผ่านไปยังคอลัมน์ที่บรรจุด้วยเฟสคงที่ (stationary phase) มาสัมผัสกับตัวกลางที่อยู่กับที่นั้น ซึ่งสารแต่ละชนิดมีพฤติกรรมใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแยกตัว (partition) ต่างกัน ทำให้เมื่อเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) พาสารเคลื่อนที่ผ่านไปตามเฟสคงที่ ในช่วงเวลาหนึ่งๆ สารแต่ละตัวจะถูกแยกจากกันได้ในเวลาที่ต่างกัน

Gas Chromatography แบ่งตาม stationary phase เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ

1. Gas – Solid Chromatography (GSC.)

ใช้เฟสคงที่ ที่เป็นของแข็ง เป็นตัว adsorbed สารที่เป็นแก๊ส โดยไม่มีสารอื่นเคลือบอยู่ และเป็นโมเลกุลเล็กๆ เพราะฉะนั้นในคอลัมน์จะบรรจุด้วย active solids ซึ่งมีโมเลกุลเป็น sieves หรือ porous polymers เช่น Silica gel, alumina, activated carbon เป็นต้น

2. Gas – Liquid Chromatography (GLC.)

สารผสมจะสามารถแยกออกจากกันได้ ด้วยการกระจายตัวที่ต่างกันของแก๊สระหว่าง เฟสคงที่ที่เป็นของเหลว (Liquid phase) ฉาบอยู่บนของแข็ง (Solid support)ในลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ กับ เฟสเคลื่อนที่ หรือมีค่า partition : coeficient ต่างกัน Gas Chromatography ชนิดที่มีของเหลวเป็น เฟสคงที่ มีความสำคัญมากกว่า GSC ทั้งนี้นับตั้งแต่ Martin และ James ได้เสนอรายงานแนะนำ Gas – Liquid Chromatography เป็นครั้งแรก ในค.ศ. 1952 ก็ได้พัฒนามาพร้อมกับให้มีการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยต่างๆ เช่น เคมี ชีววิทยา ตลอดจนงานทางด้านวิศวกรรม

ส่วนประกอบของเครื่อง Gas Chromatography

เครื่อง Gas Chromatography โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญดังภาพที่ 2 ทั้งนี้เครื่องจะทำงานโดย carrier gas ที่ทำหน้าที่เป็น เฟสเคลื่อนที่ ซึ่งจะถูกทำให้ไหลเข้าไปในคอลัมน์ เมื่อสารผสมที่จะถูกวิเคราะห์ถูกฉีด (inject) เข้าที่ส่วนที่ใช้ฉีดสาร (injection part) สารนั้นจะถูกพาเข้าไปในคอลัมน์ ซึ่งต่อกับเครื่องตรวจวัด (detector) เครื่องตรวจวัดจะทำหน้าที่ให้สัญญาณเมื่อได้รับสารที่ออกจากคอลัมน์ และส่งสัญญาณต่อไปยังเครื่องบันทึกข้อมูล (recorder) ซึ่งจะบันทึกข้อมูลออกมาเพื่อนำไปแปลผล ส่วนประกอบที่สำคัญของ Gas Chromatography จะมีลักษณะและสมบัติ ดังนี้

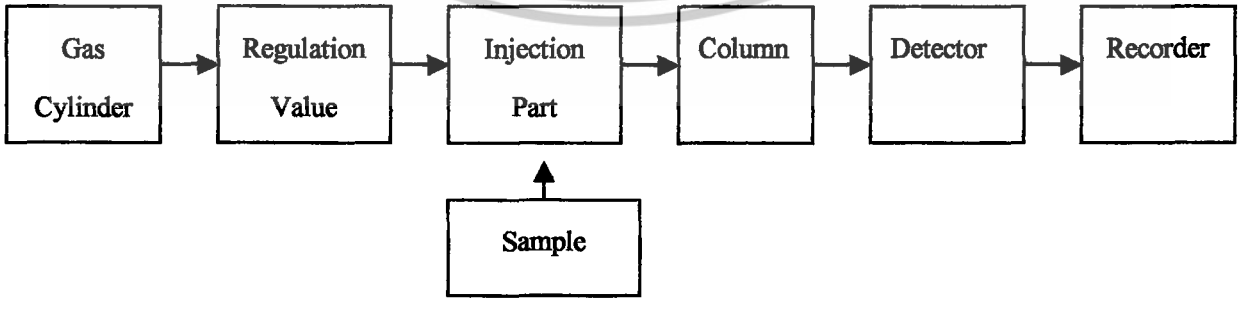
Carrier Gas : ทำหน้าที่นำสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ผ่านเข้าไปในคอลัมน์ไปยังเครื่องตรวจวัด แก๊สที่ใช้เป็น carrier gas ต้องมีคุณสมบัติเป็นแก๊สเฉื่อย มีมวลโมเลกุลต่ำ และมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความจุความร้อนสูง carrier gas ที่นิยมใช้ คือ ไนโตรเจน (N_2) และฮีเลียม (He) การใช้แก๊สเป็นเฟตเคลื่อนที่นี้ทำให้ความสมดุลระหว่างสองตัวกลางเป็นไปอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ Gas Chromatography เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูง

Column : ถือเป็นหัวใจของเครื่อง Gas Chromatography ทั้งนี้เพราะกระบวนการแยกสารจะเกิดขึ้นที่คอลัมน์ ลักษณะทั่วไปของคอลัมน์จะประกอบด้วยสองส่วนคือ หลอดหรือท่อ (tubing) และ stationary phase ที่บรรจุอยู่ภายใน ในกรณีที่คอลัมน์มีลักษณะเป็นหลอดแก้วหรือโลหะ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 – 3.5 มม. และ เฟตคงที่ มีลักษณะเป็นของเหลวที่เคลือบอยู่บน solid support ที่มีลักษณะเป็นเม็ดๆ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.15 – 0.25 มม. เรียกคอลัมน์ชนิดนี้ว่า packed column และนอกจากนี้ยังมี Capillary column หรือ Open tubular column ซึ่งเป็นคอลัมน์แบบเปิด liguid stationary phase จะถูกเคลือบเป็นชั้นบางๆ ที่ผนังด้านในหนา 0.1 - 1 ไมโครอน มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.1 - 0.5 มิลลิเมตร ผนังของ Capillary column ส่วนใหญ่ที่นิยมทำมาจากแก้ว และ fused silica ประสิทธิภาพของ Capillary column สูงกว่า packed column เช่นใช้สารตัวอย่างที่มีปริมาณน้อยในการตรวจวิเคราะห์ ใช้เวลาในการแยกสารน้อยและอุณหภูมิที่ใช้ก็จะต่ำกว่าใน packed column เป็นต้น

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



ภาพที่2. แสดงส่วนประกอบพื้นฐานการทำงานของเครื่อง gas chromatography

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์

1. **ให้ผลการตรวจวิเคราะห์อย่างรวดเร็ว**
2. **ใช้ตัวอย่างน้อย**
3. **เชื่อถือได้**
4. อ่านผลได้ง่าย
5. อายุการใช้งานนาน

การประยุกต์ใช้

1. **สามารถแยกสารผสมได้หลายชนิด รวมทั้งสารที่คล้ายคลึงกันและสารที่มีส่วนประกอบเหมือนกันได้**
2. **วิธีการใช้ จะใช้ได้กับตัวอย่างหลายชนิด**
3. **วิเคราะห์ได้ทั้งปริมาณและคุณภาพสูง แม่นยำ**
4. **ใช้ศึกษาโครงสร้างของสารเคมีตามปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ**
5. **ใช้ในการเตรียมการทดลองตลอดจนการวิเคราะห์สารในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การวิเคราะห์ คุณภาพอาหาร การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช และสารพิษต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม รวมทั้งการศึกษาทางสิ่งแวดล้อม เช่น สารมลภาวะในอากาศ แหล่งน้ำและดิน (สุกัญญา, 2534)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์ในการปลูกผัก
   - ดิน
   - แปลงปลูกขนาด 1.5 x 4.5 เมตร
   - ปุ๋ยสูตร 16-16-16
   - ปุ๋ยยูเรีย
   - ปุ๋ยคอก
   - เมล็ดพันธุ์ผักคะน้า(คะน้าใบ)
   - สารฆ่าแมลงเมทธิลพาราไธออน 50% w/v(EC) 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)
   - กลาสวูล (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 μl

2.2 สารเคมี

- ethyl acetate (A.R. grade, FLUKA)
- sodium sulfate ($Na_2 SO_4$) (A.R. grade, MERCK)
- standard methyl parathion เข้มข้น 0.72206 ppm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. การปลูกผัก

วางแผนการทดลองแบบ completely random designed (CRD) มี 3 วิธีการ ดังนี้ คือ

วิธีที่ 1 ไม่ฉีดพ่นสารเมทธิลพาราไธออน (Control)

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

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

สถานที่ทำการทดลองคือบริเวณ โรงเรือนเพาะชำของภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช ปลูกผักทดลองจำนวน 3 แปลง ปลูกผักโดยการบรรจุดินใส่ในแปลงทดลองขนาด 1.5 x 4.5 เมตร ให้เกือบเต็มหลังจากนั้นทำการย่อยดินให้ละเอียดแล้วผสมปุ๋ยคอก ปลูกคะน้าวันที่ 17 ตุลาคม 2543 หยอดเมล็ดลงแปลงโดยโรยเป็นแถวระยะระหว่างแถวห่าง 40 เซนติเมตร กลบดินหนา 0.5 เซนติเมตรเมื่อต้นกล้าอายุได้ 17 วัน (3 พ.ย. 2543) แยกต้นกล้าไม่ให้หนาแน่นเกินไป

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใส่ปุ๋ยและการฉีดพ่นสารเมทธิลพาราไธออน

ใส่ปุ๋ยครั้งแรก เมื่อผักคะน้าอายุ 5 วันหลังจากแยกปลูก (8 พ.ย. 2543) และใส่ต่อไปทุก 15 วันและเมื่ออายุ 8 วันหลังแยกปลูก (16 พ.ย. 2543) ทำการฉีดพ่นเมทธิลพาราไธออนครั้งแรกในอัตราความเข้มข้น 10 ml./น้ำ 20 L. (Recommended Dose) ในแปลงที่ฉีดพ่นตามคำแนะนำบนฉลาก และ (Double Dose) ใช้ความเข้มข้น 20 ml./ น้ำ 20 L. ในแปลงที่ฉีดพ่นในอัตรา 2 เท่าของคำแนะนำบนฉลาก หลังจากนั้นจะฉีดพ่นสารทุกๆ 7 วัน และฉีดพ่นครั้งสุดท้ายเมื่อผักอายุ 45 วัน (1 ธันวาคม 2543)

2. การเก็บตัวอย่างผัก

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

3. วิธีการสกัดสารจากตัวอย่างผัก

หั่นตัวอย่างผักให้ละเอียดชั่งให้ได้ 50 $\pm$ 0.5 กรัม ใส่ในโถปั่น เติม ethyl acetate 100 ml. และ sodium sulfate 50 กรัม(sodium sulfate ก่อนนำมาใช้ต้องอบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 100°C นาน 90 นาทีก่อน เพื่อกำจัดความชื้น) ปั่นนาน 3 นาทีแล้วนำไปกรองผ่าน sodium sulfate เก็บสารละลายที่กรองได้เป็นส่วนที่ 1 จากนั้นเติม ethyl acetate 50 ml. และ sodium sulfate 25 กรัม ลงในส่วนที่เหลือจากการกรอง ปั่นนาน 3 นาที นำไปกรองผ่าน sodium sulfate เก็บสารละลายที่กรองได้เป็นส่วนที่ 2 เติม ethyl acetate 50 ml และ sodium sulfate 25 กรัม ลงในส่วนที่เหลือจากการกรอง ปั่นอีก 3 นาที นำมากรองผ่าน sodium sulfate เก็บสารละลายที่กรองได้เป็นส่วนที่ 3 นำสารละลายที่กรองได้ทั้ง 3 ส่วนมารวมกัน แล้วนำไปลดปริมาตรด้วยเครื่องลดปริมาตรอุณหภูมิต่ำ (Flash evaporator) ที่อุณหภูมิ 60° C ให้เหลือปริมาตร 5 ml. ใส่ใน vial แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
99102

4. การตรวจวิเคราะห์หาเมทธิลพาราไธออนโดยใช้เครื่อง 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_2 50 ml/min.
H_2 35 ml/min.
Air 100 ml/min.

4.2 การฉีดสารเพื่อตรวจวิเคราะห์

Calibrate peak ของ สารมาตรฐาน(standard) จนกว่าค่า Retention time และความเข้มข้นคงที่และตรงกับความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่เตรียมแล้วจึงฉีดสารสกัดจากตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์และหาปริมาณ

หมายเหตุ - ต้อง calibrate standard ทุกวันก่อนทำการฉีดสารสกัดจากตัวอย่างผัก
- ถ้า peak ของสารตัวอย่างที่ได้ มีลักษณะหัวตัด จะต้องทำการเจือจาง (dilution) สารสกัดตัวอย่างลงด้วย ethyl acetate

5. การคำนวณปริมาณทั้งหมดของเมทธิลพาราไธออน จากการสกัดตัวอย่าง

นำค่าความเข้มข้นของเมทธิลพาราไธออน ที่ได้จากเครื่องมาทำการคำนวณหาปริมาณการตกค้างดังนี้ ปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไธออน = (A x V) / W

A = ค่าปริมาณการตกค้างที่คำนวณจากเครื่อง (ppm)

V = ปริมาตรที่ปรับจากสารสกัดตัวอย่าง (adjust volumn, 5 ml.)

W = น้ำหนักของตัวอย่างผักที่ใช้สกัด (g.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไธออนที่ตรวจพบในผักคะน้าที่เก็บเกี่ยวในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 หลังจากฉีดพ่นครั้งสุดท้ายพบว่าผักที่ไม่ได้ฉีดพ่นสาร (ควบคุม) มีปริมาณการตกค้างดังนี้ คือ 8.48, 0.156, 0.00, 0.00 และ 0.00 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ซึ่งปริมาณการตกค้าง ในวันที่ 0 สูงกว่าปริมาณการตกค้างในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ปริมาณการตกค้างในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ปริมาณการตกค้างในผักคะน้าที่ฉีดพ่นในอัตราตามคำแนะนำบนฉลาก (Recommended Dose) คือ 11.116, 1.223, 0.586, 0.00 และ 0.00 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และในอัตราสองเท่าของการแนะนำบนฉลาก (Double Dose) คือ 67.066, 12.84, 4.603, 0.00 และ 0.00 พีพีเอ็ม ตามลำดับ โดยปริมาณการตกค้างในวันที่ 0 ของผักทั้ง 2 กลุ่ม สูงกว่าวันอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณการตกค้างในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 ของผักคะน้าที่ฉีดพ่นในอัตราตามคำแนะนำบนฉลาก (Recommended Dose)มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในอัตราสองเท่าของการแนะนำบนฉลาก (Double Dose) มีปริมาณสารตกค้างของเมทธิลพาราไธออนในวันที่ 1 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ กับวันที่ 3 แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวันที่ 5 และ 7 ส่วนการตกค้างในวันที่ 3, 5 และ 7 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ในผักคะน้าที่ฉีดพ่นในอัตราแนะนำบนฉลากและอัตราสองเท่าของคำแนะนำบนฉลากมีปริมาณการตกค้างเกินค่าความปลอดภัยถึงวันที่ 1 และ 3 ตามลำดับ ส่วนในกลุ่มที่ไม่ได้มีการฉีดพ่นสารจะมีปริมาณสารตกค้างต่ำกว่าค่าปลอดภัยตั้งแต่วันที่ 1 ดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1. ปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไธออนในผักคะน้าที่เก็บเกี่ยวในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 หลังการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย

วันที่เก็บเกี่ยว	ปริมาณการตกค้าง (ppm) 1/		
	ไม่ฉีดพ่นสาร	อัตราแนะนำ	อัตรา 2 เท่า
0	8.48* a	11.116* a	67.066*a
1	0.156 b	1.223* b	12.84* b
3	0.00 b	0.586 b	4.603* bc
5	0.00 b	0.00 b	0.00 c
7	0.00 b	0.00 b	0.00 c

1/ ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ

* หมายถึง ปริมาณสารพิษที่ตรวจพบเกินค่ากำหนด MRL (Codex,1995. กำหนดให้มีพาราไธออนในผักทุกชนิด ยกเว้น แครอต เท่ากับ 0.7 พีพีเอ็ม)

ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่มีความเชื่อมั่น 0.05 % โดย DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17435

ภาพที่3. ปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไธออนในผักคะน้าที่เก็บเกี่ยวในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 หลังการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

วิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

วิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไธออนในผักคะน้าที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารอาจเกิดจากการปนเปื้อนของสารขณะทำการฉีดพ่นในแปลงที่ฉีดในอัตราคำแนะนำบนฉลากและแปลงที่ฉีดพ่นอัตราสองเท่าเนื่องจากทั้งสามอยู่ใกล้กัน รวมทั้งอาจเกิดจากละอองสารที่เกาะบนใบและต้นคะน้าถูกพัดพาไปปนเปื้อนโดยลมและจากน้ำที่ใช้รดผักเนื่องจากใช้น้ำคลองซึ่งอยู่ใกล้กับแปลงปลูก อย่างไรก็ตาม ปริมาณการตกค้างยังอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าปลอดภัย (MRL) คือไม่เกิน 0.7 พีพีเอ็ม (Codex,1995) ตั้งแต่วันที่ 1

จากการทดลองพบว่าในวันที่ 0 ปริมาณสารพิษตกค้างสูงมาก แต่ในวันที่ 1 ปริมาณการตกค้างลดลงมาก อาจเนื่องมาจากในวันที่ 0 จะเก็บผักมาทดสอบหลังจากฉีดพ่น 1 ชั่วโมง ซึ่งสารที่ฉีดพ่นยังคงตกค้างบนใบและลำต้นจำนวนมากและยังไม่สลายตัว การที่ปริมาณสารพิษตกค้างในวันที่ 1 ลดลงไปมาก อาจเป็นผลจากการรดน้ำผักทำให้เมทธิลพาราไธออนที่เกาะตามผิวใบและลำต้นของคะน้าถูกน้ำที่รดผักชะออกจากต้นและใบไปตกที่พื้นดิน ทำให้ผลที่วิเคราะห์ได้ในวันที่ 0 และวันที่ 1 วันแตกต่างกันอย่างมาก ส่วนปริมาณการตกค้างที่ตรวจวิเคราะห์พบ ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 แตกต่างกันไม่มากเหมือนวันที่ 0 และ 1 อาจเป็นเพราะปริมาณสารที่เกาะบนใบและลำต้นของผักคะน้าถูกชะล้างโดยน้ำไปแล้วตั้งแต่วันที่ 1 จึงไม่เหลือสารที่เกาะบนใบและลำต้นผักคะน้าหรือเหลือน้อยมากจึงตรวจพบในปริมาณที่ไม่สูงนักและพบในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากเหมือนวันที่ 0 และวันที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

ผักคะน้าที่ฉีดพ่นด้วย เมทธิลพาราไธออน ในอัตราคำแนะนำมีปริมาณการตกค้างของเมทธิลพาราไธออน สูงกว่าค่าปลอดภัยตั้งแต่วันที่ 0 - 1 ผักที่ฉีดพ่นในอัตราสองเท่าของคำแนะนำมีการตกค้างของสารสูงกว่าค่าปลอดภัยตั้งแต่วันที่ 0 - 3 ผักคะน้าที่ไม่ได้ฉีดพ่นสาร ตรวจพบปริมาณเมทธิลพาราไธออนในวันที่ 0 และวันที่ 1 โดยสารตกค้างในวันที่ 0 สูงกว่าค่าปลอดภัย ทั้งนี้สารตกค้างในวันที่ 0 สูงกว่าการตกค้างในวันอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การตกค้างในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผักที่ฉีดพ่นตามอัตราคำแนะนำบนฉลากในวันที่ 0 มีปริมาณสารตกค้างแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวันที่ 1, 3, 5และ 7 แต่ปริมาณการตกค้างในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผักที่ฉีดพ่นในอัตราสองเท่าของคำแนะนำบนฉลาก วันที่ 0 มีปริมาณสารตกค้างแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวันที่ 1, 3, 5 และ 7 ปริมาณตกค้างในวันที่ 1 และ 3แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การตกค้างในวันที่ 1 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับวันที่ 5 และ 7 ทั้งนี้การตกค้างในวันที่ 3, 5 และ 7 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

การใช้สารฆ่าแมลงเมทธิลพาราไธออนเพื่อควบคุมและกำจัดแมลงควรใช้ตามอัตราที่แนะนำบนฉลาก เพราะจะทำให้มีการตกค้างของสารน้อยกว่าการใช้ในอัตราสองเท่าของคำแนะนำมาก นอกจากนี้เมทธิลพาราไธออนเป็นสารที่มีพิษร้ายแรง การใช้ปริมาณสูงจะไม่ปลอดภัยต่อผู้ใช้ อาจทำให้เกิดการเจ็บป่วยและอาจถึงตายได้ และควรเก็บเกี่ยวพืชหลังจากการฉีดพ่นสารครั้งสุดท้ายอย่างน้อย 5 วันขึ้นไป เพราะจะทำให้ปริมาณสารตกค้างต่ำกว่าค่าปลอดภัย และนอกจากนี้เพื่อเพิ่มความปลอดภัย และความมั่นใจของผู้บริโภค ควรทราบถึงวิธีการลดปริมาณสารพิษตกค้างในพืชผักเหล่านั้นก่อนนำมาบริโภค เช่น การแช่ผักในน้ำสะอาดจำนวนมากซึ่งต้องใช้เวลานานพอสมควร การแช่ในน้ำส้มสายชูผสมน้ำ การแช่ในน้ำโซดา หรือ การล้างด้วยน้ำที่ไหลผ่านที่มีความแรงพอประมาณ เป็นต้น ซึ่งจากบทความของนิตยา (2538) อ้างถึงการศึกษาของศิวาภรณ์และคณะซึ่งได้ศึกษาวิธีการลดปริมาณสารกำจัดแมลง 8 ชนิด ด้วยวิธีต่างๆ คือ การล้างด้วยด่างทับทิม 0.01 % น้ำส้มสายชู 0.5 % น้ำซาวข้าว 50 % น้ำขี้เถ้า 5 % แช่น้ำและน้ำไหลจากก๊อก 2 นาที สามารถลดปริมาณการตกค้างของพาราไธออนลงได้ร้อยละ 48.3, 27.0, 26.9, 39.6, 43.9 และ 29.9 ตามลำดับ ในปัจจุบันนอกจากพืชผักเป็นที่นิยมในการบริโภคและเป็นพืชสำคัญทางเศรษฐกิจแล้ว ผู้บริโภคยังมีความต้องการพืชผักที่ปลอดสารพิษมากขึ้นด้วย ซึ่งผู้บริโภคไม่สามารถที่จะตรวจสอบด้วยตนเองได้ว่ามีสารพิษตกค้างอะไรบ้าง ปริมาณเท่าใด จึงควรใช้วิธีดังกล่าวข้างต้นมาใช้ลดปริมาณเมทธิลพาราไธออนที่ตกค้างในผักคะน้า โดยเลือกวิธีที่สามารถลดปริมาณสารพิษได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ขวัญชัย สมบัติ. 2527. ยาฆ่าแมลง. ภาควิชากีฏวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 275 หน้า.

ค้วน ขาวหนู. 2537. โภชนศาสตร์. พิมพ์ดี, กรุงเทพฯ. 510 หน้า.

จันทร์ทิพย์ ธำรงศรีสกุล. 2531. วัตถุมีพิษทางการเกษตร, ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 15(3) : 128-131.

จันทร์ทิพย์ ธำรงศรีสกุล. 2535. ปัญหาและการลดอันตรายจากสารพิษทางการเกษตร, ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 19(2) : 74-77.

ดวงนภา บานชื่น และ ชนินันท์ พรสุริยา. 2541. การลดปริมาณเมทธิลพาราไธออนในผักคะน้าโดยการล้างในน้ำก๊อก แช่ในน้ำ ล้างน้ำโดยใช้มือถู และการแช่ในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช. คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 24 หน้า.

ทศพร แข้งจำรัส. 2531. ผักฤดูหนาวและผักตระกูลกระหล่ำ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 155 หน้า.

นิตยา วีระกุล. 2538. การลดปริมาณสารพิษตกค้างของเมทธิลพาราไธออนในผักคะน้า, ข่าวสารวัตถุมีพิษ.22(1) : 16-25.

นิตยา วีระกุล. 2539. วัตถุอันตรายทางการเกษตรกับสิ่งแวดล้อม, ข่าวสารวัตถุพิษ. 23(3) : 139-140.

ปกรณ์ สุเมธานุรักษกุล. 2526. สารฆ่าแมลงกับพิษภัยต่อสุขภาพ. คณะสาธารณสุขศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ. 26 หน้า.

ประยูร ดีมา. 2522. วัตถุมีพิษที่ใช้ในการเกษตรกับสาธารณสุข. กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 523 หน้า.

ประยูร ดีมา. 2535. เอกสารวิชาการยาป้องกันกำจัดศัตรูพืช ศัตรูมนุษย์และสัตว์. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 325 หน้า.

ปรีชา พุทธิปรีชาพงษ์. 2530. ยาฆ่าแมลง. สหมิตรออฟเซท, กรุงเทพฯ. 150 หน้า.

พนิดา ไชยยันต์บูรณ์. 2538. ความเป็นไปและพฤติกรรมของวัตถุมีพิษใต้ดิน, ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 22 (4) : 191-195.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พาลาภ สิงหเสนี. 2537. พิษของยาฆ่าแมลงต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 51-53. หน้า

พิสิฐ วงษ์วัฒนะ. 2535. คู่มือการใช้สารพิษทางการเกษตรและในบ้านเรือน. เรือนแก้วการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 145 หน้า.

ลักขณา อมรสิน. 2541. คู่มือประกอบการปฏิบัติการวิชาพิษวิทยาสิ่งแวดล้อม. ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 37-41.

วิเชียร ณัฐวัฒนานนท์. 2525. ชื่อสามัญและชื่อทางการค้าของวัตถุมีพิษทางการเกษตร. ชุมชนการเกษตร. 5(44) : 1-13.

สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ. 2523. ยาฆ่าแมลง. นำอักษรการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 164 หน้า.

สุกัญญา มหาธีรานนท์. 2534. แนะนำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ : Gas-Liquid Chromatograph. ข่าวศูนย์ฯ. 4(3) : 20-22.

สุปราณี อิ่มพิทักษ์. 2536. การวิเคราะห์พิษตกค้างในผักโดยวิธีชีวเคมี, ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 20(3) : 119-123.

สุพัตรา ศรีมุกข์ และ สุภาวดี มีนาภา. 2540. การสลายตัวของเมวินฟอสในผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักกาดหอม ผักบุ้งจีน หลังการฉีดพ่นในขนาดตามคำแนะนำบนฉลากและขนาดสองเท่าของคำแนะนำบนฉลาก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 40 หน้า.

อุดม โกสัยสุก. 2539. การปลูกผักกินใบ. อักษรบัณฑิต, กรุงเทพฯ. 34 หน้า.

อุดมลักษณ์ อุ่นจิตติวรรธนะ. 2535. สารพิษ, ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 19(1) : 46-47.

Clive, T. 1994. A World Compendium The Pesticide Manual. British Crop Protection Council .Farnham. The Bath Press.Bath, United Kingdom, 771-772 pp.

Codex Alimentarius Commission. 1995. Codex committee on pesticide resiudes. Twenty - seventh session. PartA.1 and A.2. 24 April - 1 May. Hague, the Netherlands. 179 pp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนการตกค้างของเมทธิลพาราไธออนที่สลายตัวในผักคะน้าที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 หลังการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย

Analysis of Variance

Source	df	ss	ms	f	f.05	f.01
Treatment	4	171.050	42.762	44.916**	3.48	5.99
Ex.Error	10	9.520	0.952			
Total	14	180.570	12.898			

GRAND MEAN	=	1.7273
CV	=	56.49 %
LSD.05	=	1.775
LSD.01	=	2.524

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
	C01	8.48	A
	C11	0.1566	B
	C31	0	B
	C51	0	B
	C71	0	B

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
	C01	8.48 A	
	C11	0.1566 B	
	C31	0 B	
	C51	0 B	
	C71	0 B	

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนการตกค้างของเมทธิลพาราไธออนที่สลายตัวในผักคะน้าที่ฉีดพ่นสารตามอัตราแนะนำบนฉลากในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 หลังการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย

Analysis of Variances

Source	df	ss	ms	f	f.05	f.01
Treatment	4	276.004	69.001	16.938**	3.48	5.99
Ex.Error	10	40.737	4.074			
Total	14	316.741	22.624			

GRAND MEAN	=	2.5853
CV	=	78.07 %
LSD.05	=	3.6716
LSD.01	=	5.2224

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
	r01	11.1166	A
	r11	1.2233	B
	r31	0.5866	B
	r51	0	B
	r71	0	B

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
	r01	11.1166	A
	r11	1.2233	B
	r31	0.5866	B
	r51	0	B
	r71	0	B

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนการตกค้างของเมทธิลพาราไธออนที่สลายตัวในผักคะน้าที่ฉีดพ่นสารอัตรา 2 เท่าของคำแนะนำบนฉลากในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 หลังการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย

Analysis of Variances

Source	df	ss	ms	f	f.05	f.01
Treatment	4	9766.818	2441.705	71.159**	3.48	5.99
Ex.Error	10	343.134	34.313			
Total	14	10109.951	722.139			

GRAND MEAN	=	16.902
CV	=	34.66 %
LSD.05	=	10.6561
LSD.01	=	15.1568

DUNCAN'S MULTIPL-RANGE TEST

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
	d01	67.0666	A
	d11	12.84	B
	d31	4.6033	B
	d51	0	B
	d71	0	B

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
d01		67.95033	A
d11		19.5802	B
d31		2.6686	BC
d51		1.924167	C
d71		.7387334	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้