ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม | วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง อาทราซีนตกค้างในดินตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์

Atrazine Residues in Soil Sediment in Huaykapo Watershed, Nam Nao District, Phetchabun Province

นามผู้วิจัย นางน้ำเย็น ศิริพัฒน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์คณิตา ตังคณานุรักษ์. วท.ม.)

ประธานสาขาวิชา .....

(ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่..... **เดือน**..... **พ.ศ.**.....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

อาทราซีนตกค้างในดินตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์

Atrazine Residues in Soil Sediment in Huaykapo Watershed, Nam Nao District, Phetchabun Province

โดย

นางน้ำเย็น ศิริพัฒน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
พ.ศ. 2552

น้ำเย็น ศิริพัฒน์ 2552: อาทราซีนตกค้างในดินตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ
อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
(วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
หลัก: รองศาสตราจารย์นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์, Ph.D. 107 หน้า

อาทราซีนเป็นสารกำจัดวัชพืชที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการกำจัดวัชพืชในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ การปนเปื้อนของอาทราซีนและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ ในงานวิจัยนี้ เป็นการตรวจวัดอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนจากพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะเป็นระยะเวลา 4 เดือน คือ เดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม และพฤศจิกายน พ.ศ.2551 โดยมีการเก็บตัวอย่างแบบผสมรวมจาก 15 จุดเก็บ ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะและวิเคราะห์ความเข้มข้นของอาทราซีนด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง

ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินตะกอนทั้ง 4 เดือน ได้แก่ ค่าร้อยละของอนุภาคอินทรียวัตถุ อนุภาคดินทราย อนุภาคทรายแป้ง ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ความอิ่มตัวด้วยเบส และค่า pH พบว่าดินตะกอนทั้ง 4 เดือนมีคุณสมบัติเหล่านี้ใกล้เคียงกัน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณอาทราซีนตกค้าง ทั้ง 4 เดือน พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 44.9 26.0 8.0 และ 30.4 ไมโครกรัม/ กิโลกรัม ตามลำดับ แสดงให้เห็นในช่วงน้ำท่าน้อยคือเดือนสิงหาคมและพฤศจิกายน มีอาทราซีนตกค้างเฉลี่ยเท่ากับ 38.4 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าในช่วงน้ำท่ามากคือเดือน กันยายน และตุลาคม ซึ่งอาทราซีนตกค้างเฉลี่ยเท่ากับ 17.2 ไมโครกรัม/กิโลกรัม เพราะว่าในช่วงเดือน สิงหาคมและพฤศจิกายน เป็นช่วงฤดูที่มีการเริ่มปลูกข้าวโพด เกษตรกรเริ่มมีการเตรียมดินไถพรวนและมีการใช้อาทราซีนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ แต่ค่าของอาทราซีนที่ตรวจพบนั้นไม่เกินค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด (22ไมโครกรัม/กิโลกรัม)

/ /

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Namyen Siripat 2009: Atrazine Residues in Soil Sediment in Huaykapo Watershed, Nam Nao District, Phetchabun Province. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, College of Environment. Thesis Advisor: Associate Professor Nipon Tungkananuruk, Ph.D. 107 pages.

Atrazine is the widely used herbicide in corn filed in Huaykapo watershed, Nam Nao District, Phetchabun province. The atrazine contamination will effect both the environment and human health. In this research, the determination of atrazine residues in soil sediment from Huaykapo Watershed introvert type 4 month (August , September , October and November 2008) was conducted by composite sampling from 15 station in Huaykapo watershed and using high performance liquid chromatography to measure the atrazine concentration.

The percentage of organic matter, sand, slit, clay and base saturation, cation exchange capacity and pH of 4 month soil sediment were investigated and found that in each value of each month the nearly values were obtained.

The results of atrazine residues determination showed that on August, September, October and November 2008 had values at average 44.9, 26.0, 8.4 and 30.4 μg/kg, respectively. It was observed that in low water quantities on August and November had average atrazine residues (38.4 μg/kg) higher than in high water quantities on September and October (17.2 μg/kg). Because of in the period august and November was the season that started cultivating corn, the agriculturist started the plow loosens the soil and blow a atrazine. Consequently the contents of atrazine residues in Huaykapo watershed were agreement with the accepted value (22 mg/kg) from Pollution Control Department.

_____ _____ ___ / ___ / ____

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ดร. นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้สละเวลาให้การช่วยเหลือ ให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์คณิตา ตังคณานุรักษ์ ที่ได้กรุณาให้ความรู้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรอนงณ์ ผิวนิล ที่ได้สละเวลา ให้ความรู้ คำแนะนำ และให้การช่วยเหลือสนับสนุนทุนในการวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำการศึกษาวิจัย รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณ พี่ๆ และน้องๆ เจ้าหน้าที่วิทยาลัยสิ่งแวดล้อมที่ให้การช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างในการการทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณกลุ่มงานวิจัยวัตถุมีพิษทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ สถานที่ทำการศึกษาวิจัย รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณ พี่ๆ และน้องๆ ข้าราชการและลูกจ้าง กลุ่มงานวิจัยวัตถุมีพิษทางการเกษตร ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา และ ช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือในการทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ที่ได้ให้ความเมตตา กรุณา อบรมสั่งสอน ให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน รวมทั้งขอขอบคุณครอบครัว ที่เป็นกำลังใจมาโดยตลอด ขอขอบคุณ พี่ๆ และน้องๆรุ่นที่ 31 ที่เป็นกำลังใจให้และให้คำปรึกษาในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

น้ำเย็น ศิริพัฒน์

ตุลาคม 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	20
อุปกรณ์	20
วิธีการ	22
ผลและวิจารณ์	34
สรุปและข้อเสนอแนะ	58
สรุป	58
ข้อเสนอแนะ	60
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	61
ภาคผนวก	67
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	107

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความคงทนของสารกำจัดศัตรูพืชในดิน	7
2	ชื่อวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่มีการนำเข้าสูงสุด 10 อันดับแรก ในระหว่าง ปี พ.ศ. 2548-2550	8
3	คุณภาพดินตะกอนเฉลี่ยบริเวณลุ่มน้ำห้วยกะโปะ พ.ศ. 2551	43
4	ความเข้มข้นเฉลี่ยของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วย กะโปะของเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	51
5	ความแตกต่างของความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนของช่วง ฤดูที่มีน้ำท่าน้อยและช่วงฤดูที่มีน้ำท่ามาก พ.ศ. 2551	53
6	ค่าเฉลี่ยของร้อยละการคืนกลับของวิธีวิเคราะห์	57
7	ผลของค่าความเที่ยง LOD และ LOQ	57

ตารางผนวกที่

1	อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอน ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551	74
2	อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอน ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2551	75
3	อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอน ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2551	76
4	อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2551	77
5	อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอน ในช่วงเดือนที่มีน้ำท่าน้อย พ.ศ. 2551	78
6	อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอน ในช่วงเดือนที่มีน้ำท่ามาก พ.ศ. 2551	79
7	ค่าเฉลี่ยร้อยละของอนุภาคดินเหนียวในดินตะกอนของเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	80
8	ค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนของของเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	81
9	ค่าเฉลี่ยร้อยละของความจุในการแลกเปลี่ยนประจุของดินตะกอนของเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	82

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
10	ค่าเฉลี่ย pH ของดินตะกอนในเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	83
11	ค่าเฉลี่ยร้อยละของอนุภาคดินทรายของดินตะกอนของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	84
12	ค่าเฉลี่ยร้อยละของอนุภาคทรายแป้งในดินตะกอนของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	85
13	ค่าเฉลี่ยร้อยละของความอิ่มตัวด้วยเบสในดินตะกอนของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	86
14	แสดงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์การเติมสารมาตรฐานทั้งหมด 7 ซ้ำ	88
15	ค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับ (%Recovery)ของอาทราซีน (พ.ศ. 2551)	93
16	แสดงเกณฑ์การยอมรับค่าความถูกต้องของการวิเคราะห์ Recovery ที่ความเข้มข้น ต่างๆ ตาม (The AOAC manual for the Peer-Verified Method Program)	93
17	แสดงค่า expected % RSDr ที่คำนวณจาก Horwitz's equation (RSD)ที่ความเข้มข้นต่างๆ	95
18	เกณฑ์การยอมรับที่ The AOAC manual for the Peer Versified Methode program (1993) และ Codex กับ EU ที่กำหนดค่า HORRAT ไว้ดังนี้	95
19	ค่ากำหนดปริมาณสูงสุดของสารอาทราซีนที่ให้มีได้ในดิน (Maximum Allowable Concentration)	96

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะกราฟน้ำไหล (hydrograph)ของลุ่มน้ำห้วยกะโปะซึ่งเป็นข้อมูลสะสมในคาบ 30 ปี	6
2	สูตรโครงสร้างของอาทราซีน	9
3	เมตาบอไลท์ของอาทราซีน คือ Desethylatrazine Hydroyatrazine และ Deisopropylatrazine	12
4	ไร่ข้าวโพดและข้าวโพด ที่เกษตรกรปลูกบริเวณลุ่มน้ำห้วยกะโปะ	22
5	จุดเก็บตัวอย่างดินตะกอนบริเวณลุ่มน้ำห้วยกะโปะ ตำบลหลักด่าน อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์	23
6	ตัวอย่างจุดเก็บดินตะกอน	26
7	การเก็บตัวอย่างดินตะกอนและลักษณะของดินตะกอน	27
8	เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography HPLC): Agilent 1100	30
9	ตัวอย่างของขั้นตอนการวิเคราะห์ดินตะกอน	31
10	ค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนเปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	36
11	ค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนเปรียบเทียบเป็นรายเดือนของเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	36
12	ค่าเฉลี่ย pH ในดินตะกอนเปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ของเดือน สิงหาคม- พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	37
13	ค่าเฉลี่ย pH ในดินตะกอนเปรียบเทียบเป็นรายเดือน ของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	37
14	ค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณอนุภาคดินเหนียวในดินตะกอน เปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	38
15	ค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณอนุภาคดินเหนียวในดินตะกอน เปรียบเทียบเป็นรายเดือนของเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	39

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	ค่าเฉลี่ยร้อยละความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินตะกอน เปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	39
17	ค่าเฉลี่ยร้อยละความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินตะกอน เปรียบเทียบเป็นรายเดือนของ เดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	40
18	ค่าเฉลี่ยร้อยละของอนุภาคดินทรายในดินตะกอนเปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของ เดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	40
19	ค่าเฉลี่ยร้อยละของอนุภาคดินทรายในดินตะกอนเปรียบเทียบเป็นรายเดือนของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	41
20	ค่าเฉลี่ยร้อยละของอนุภาคดินทรายในดินตะกอนเปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	41
21	ค่าเฉลี่ยร้อยละของอนุภาคทรายแป้งในดินตะกอนเปรียบเทียบเป็นรายเดือนของเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	42
22	ค่าเฉลี่ย ร้อยละของการอิ่มตัวด้วยเบสในดินตะกอนเปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของ เดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	42
23	ค่าเฉลี่ยร้อยละของการอิ่มตัวด้วยเบสในดินตะกอนเปรียบเทียบเป็นรายเดือนของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	43
24	กราฟมาตรฐานของอาทราซีนที่ใช้ในดินตะกอน	44
25	โครมาโทแกรมของสารมาตรฐานอาทราซีนที่ความเข้มข้น1 มิลลิกรัม/ลิตร	44
26	โครมาโทแกรมของอาทราซีนในสารละลายตัวอย่างดินตะกอน	45
27	ความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551	46
28	ความเข้มข้นของสารอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของเดือนกันยายน พ.ศ. 2551	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
29	ความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของเดือนตุลาคม พ.ศ. 2551	48
30	ความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2551	50
31	ความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนแต่ละจุดเก็บ ตัวอย่างของช่วงเดือนที่มีน้ำท่ามาก พ.ศ. 2551	52
32	ความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนแต่ละจุดเก็บ ตัวอย่างของช่วงเดือนที่มีน้ำท่าน้อย พ.ศ. 2551	54
33	อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอน ในเขตลุ่มน้ำห้วยกะโปะในช่วงเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน และจุดเก็บตัวอย่างในแต่ละเดือน พ.ศ.2551	55
34	ความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนระหว่างช่วงฤดูที่มีน้ำท่าน้อยและน้ำท่ามาก พ.ศ. 2551	55
35	ปริมาณเฉลี่ยความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนในแต่ละเดือน พ.ศ. 2551	56

ภาพผนวกที่

1	โครมาโทแกรมของสารมาตรฐาน	97
2	โครมาโทแกรม Recovery	98
3	โครมาโทแกรมตัวอย่างที่ตรวจพบอาทราซีนในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551	99
4	โครมาโทแกรมตัวอย่างที่ตรวจพบอาทราซีนในเดือนกันยายน พ.ศ. 2551	101
5	โครมาโทแกรมตัวอย่างที่ตรวจพบอาทราซีนในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2551	102
6	โครมาโทแกรมตัวอย่างที่ตรวจพบสาร อาทราซีนในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2551	104

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Cmol/kg	=	centimol/kg
CEC	=	Cation Exchange Capacity
EPA	=	Environmental Protection Agency
HPLC	=	High Performance Liquid Chromatograph
MCL	=	Maximum Contaminant Level
OM	=	Organic matter
OW	=	Office of Water
pH	=	Positive Potential of The Hydrogen Ions

อาทราซีนตกค้างในดินตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์

Atrazine Residues in Soil Sediment in Huaykapo Watershed, Nam Nao District, Phetchabun Province

คำนำ

เกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ มีการทำไร่ข้าวโพด เลี้ยงสัตว์เป็นอาชีพหลัก เพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิตและลดความเสียหายต่อผลผลิตที่อาจเกิดขึ้น เนื่องจากศัตรูพืชจึงมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะอาทราซีน อาจทำให้มีสารตกค้างของอาทราซีนในสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของชีวิตและสุขภาพของประชาชนและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ จากสถิติการนำเข้าอาทราซีนในช่วงปี พ.ศ.2547-2550 ปริมาณการนำเข้าได้เพิ่มสูงขึ้นทุกปี และมีการนำเข้าสูงติดอันดับหนึ่งในสิบ (กรมวิชาการเกษตร, 2550)

อาทราซีนละลายได้ดีในน้ำ และสามารถยึดเกาะอยู่กับดินและดินตะกอนในแหล่งพื้นที่ที่มีการใช้อาทราซีนอย่างเช่นแหล่งเกษตรกรรมมีการใช้อาทราซีนในการฉีดพ่นเพื่อกำจัดศัตรูพืชในแปลงเกษตร อาทราซีนจึงถูกชะล้างและไหลลงสู่แหล่งน้ำค่อนข้างมาก อาทราซีนมีความคงสภาพในสิ่งแวดล้อมได้นานสลายตัวยากและตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม การสลายตัวของอาทราซีนทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปจากสารเดิม และจากการศึกษาการสลายตัวและการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารรูปอื่นของอาทราซีนโดยการใช้ คาร์บอน 14 พบว่า อาทราซีนสามารถคงสภาพอยู่ในรูปสารพิษที่จับแน่นกับอนุภาคของพืชหรือดิน(bound residues)ได้มากถึงร้อยละ 50 ของปริมาณเริ่มต้นเป็นเวลายาวนานถึง 9 ปี(ภิญญา, 2545; Capriel, *et al.* 1985)ทั้งนี้ในปี ค.ศ. 1991 หน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา ได้แก่ Environmental Protection Agency (EPA) และ Office of Water (OW) ได้ร่วมกันกำหนดเกณฑ์ความปลอดภัยสำหรับน้ำดื่ม(Maximum Contaminant Level, MCL) โดยกำหนดว่าน้ำดื่มต้องมีอาทราซีนไม่เกิน 3 ไมโครกรัม/ลิตร

อาทราซีนจะถูกเมตาบอไลท์เป็นสารประกอบไฮดรอกซิลอาทราซีน และ คลอริเนต อาทราซีนโดยที่ไฮดรอกซิลอาทราซีนเป็นเมตาบอไลท์ที่พบเป็นองค์ประกอบหลักในพืช ส่วน คลอริเนต

อาทราซีนเป็นเมตาบอไลท์ที่พบในดินและน้ำ ส่วนพิษที่เกิดจากไฮดรอกซิลอาทราซีนจะถูกส่งผ่านทางอาหารโดยการรับประทานพืชและสัตว์ที่กินพืชเป็นอาหาร

อาทราซีนทำให้เกิดมะเร็งของต่อมน้ำนม (mammary gland cancer) ในหนูทดลอง และพบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างปริมาณการได้รับอาทราซีน และอัตราการเกิดมะเร็งเต้านมที่สูงขึ้น จึงทำให้ หน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาให้ความสนใจในการตรวจวิเคราะห์หาระดับอาทราซีนในแหล่งน้ำและดิน

การศึกษาปริมาณอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ ซึ่งพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะนั้นมีการปลูกข้าวโพด เลี้ยงสัตว์และมีการใช้สารกำจัดวัชพืชเป็นจำนวนมาก ดังนั้นโอกาสที่จะทำให้เกิดการตกค้างในสิ่งแวดล้อมจึงมีมาก เมื่อเกิดการตกค้างในน้ำและดินตะกอนจึงมีส่วนทำให้สัตว์น้ำ พืชน้ำ และสัตว์หน้าดินมีการตกค้างของสารพิษไปด้วย เมื่อประชาชนในเขตพื้นที่นำสัตว์น้ำ และ พืชน้ำ ไปบริโภคอาจมีสารพิษสะสมในร่างกายและทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพร่างกายได้ ลุ่มน้ำห้วยกะโปะเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำคุณภาพชั้นหนึ่งบี มีสภาพป่าส่วนใหญ่ได้ถูกทำลาย ดัดแปลง หรือเปลี่ยนแปลงไปเพื่อพัฒนาการใช้ที่ดินรูปแบบอื่นก่อนหน้าปี พ.ศ. 2525 และการใช้ที่ดินหรือการพัฒนารูปแบบต่างๆ ที่ดำเนินการไปแล้วจะต้องมีมาตรการควบคุมเป็นพิเศษ ดังนั้น จึงได้มีการตรวจวิเคราะห์อาทราซีนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ ซึ่งมีการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคโครมาโทรกราฟี ของเหลวแบบสมรรถนะสูงร่วมกับวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายในดินตะกอน เพื่อให้ได้ข้อมูลของสารตกค้างในสิ่งแวดล้อมของสารเคมีกลุ่มนี้ และความปลอดภัยต่อประชาชน ในเขตพื้นที่ ที่มีความเสี่ยงต่อสารพิษทางการเกษตร เพื่อนำข้อมูลที่ได้นำไปแก้ไขและควบคุมการใช้วัตถุมีพิษทางการเกษตรต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืช อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนรวมทั้งคุณภาพของดินตะกอนบางประการ ในบริเวณลุ่มน้ำห้วยกะโปะ อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์

2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของดินตะกอนบางประการของลุ่มน้ำห้วยกะโปะ อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์

3. เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเสนอแนวทางในการควบคุมการใช้สารและการจัดการสิ่งแวดล้อมต่อไป

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำห้วยกะโปะ

1.1 ภูมิประเทศ

ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ เป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำเลย ปรากฏอยู่ในแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 50,000 ลำดับชุด L7018 ระวาง 5342IV อำเภอน้ำหนาว ระหว่างพิกัด ที่ 1877900-1880800 เหนือ และ 0768600-0771650 ตะวันออก ลุ่มน้ำห้วยกะโปะมีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 4.66 ตารางกิโลเมตร (2,912.5 ไร่) มีอาณาเขตโดยรอบดังนี้

- ทิศเหนือ จรด พื้นที่เกษตรกรรมและบ้านห้วยกะโปะ
- ทิศใต้ จรด พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยผาลา ภูน้ำริน และลุ่มน้ำย่อยห้วยขอนแก่น
- ทิศตะวันออก จรด พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยผาลา แม่น้ำเลย
- ทิศตะวันตก จรด พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยขอนแก่น บ้านหลักด่านและ บ้านโนนชาด

1.2 อุตุนิยมวิทยา

ความกดอากาศ เฉลี่ยในรอบ 30 ปี มีค่า 1,009.3 เฮกโตปาสคาล โดยมีค่าความกดอากาศสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1,005.5 เฮกโตปาสคาล ในเดือนกรกฎาคมอุณหภูมิมีค่ารายเดือนอยู่ระหว่าง 23.5-29.0 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดในเดือนธันวาคม และสูงสุดในเดือนเมษายน มีค่าเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 26.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนมีค่าระหว่าง 63.0 – 84.0 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดคือเดือนกุมภาพันธ์และสูงสุดคือเดือนสิงหาคม ค่าความชื้นสัมพัทธ์รวมทั้งปีเฉลี่ย 73.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการระเหยรายเดือนมีค่าแรงผันระหว่าง 122.7-165.0 มิลลิเมตร ปริมาณการระเหยทั้งปีมีค่าเท่ากับ 1,660.1 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1044.3 มิลลิเมตร โดยในเดือนสิงหาคมมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.4 มิลลิเมตร และพบว่าจำนวนวันที่ฝนตกรวมทั้งปีเท่ากับ 118.1 วัน ทิศทางและความเร็วลม ทิศทางเป็นลมจากทิศทางเหนือในช่วงเดือนตุลาคม และเป็นลมจากทิศใต้ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกันยายน ลมจากทิศตะวันตกในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคมซึ่งความเร็วลมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.8-1.8 นอต ช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ช่วงน้ำหลากอยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนตุลาคม

โดยมีน้ำฝนมากที่สุดในเดือนสิงหาคม และช่วงน้ำแล้งเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนเมษายน โดยมีน้ำฝนน้อยที่สุดในเดือนมกราคม(กองบันชาการทหารสูงสุด, 2550)

1.3 สถานะทางกายภาพของลุ่มน้ำ

1.3.1 ลักษณะทั่วไปของลุ่มน้ำ

ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ มีเนื้อที่รวม 5.03 ตารางกิโลเมตร มีความลาดชันเฉลี่ย 18 % สภาพการใช้ที่ดินบริเวณนี้ปกคลุมไปด้วยป่าเบญจพรรณและมีการบุกรุกทำไร่ข้าวโพดเป็นจำนวนมาก รองลงมาคือข้าวไร่และสวนมะขามหวาน

1.3.2 จำนวน ชนิด และรูปแบบของลำธาร

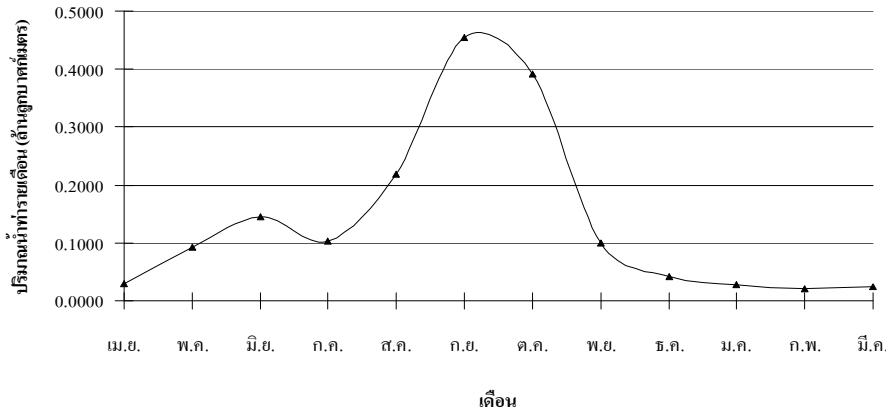
รูปแบบของลำธาร (stream pattern) เป็นแบบ dendrite คือมีลักษณะของลำธารภายในพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นคล้ายเส้น vein ของใบไม้ ซึ่งเป็นแบบของลำธารที่แตกกิ่งก้านสาขาออกไปแบบมีทิศทางไม่แน่นอน เนื่องจากสภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาและมีภูเขาสูงต่ำสลับกันไป ประกอบกับลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นหินแกรนิตซึ่งมีองค์ประกอบไม่สม่ำเสมอ ทำให้น้ำไหลไปได้ทุกทิศทางและแยกสาขาออกไป ชนิดของลำธาร (stream type) ของลุ่มน้ำทั้งสองเป็นชนิด intermittent stream ซึ่งเป็นลำธารที่มีน้ำไหลไม่ตลอดปี น้ำจะแห้งในฤดูแล้ง จากการสำรวจภาคสนาม พบว่า ในฤดูแล้งบริเวณต้นน้ำจะไม่มีน้ำไหล แต่ก็ยังมีน้ำขังอยู่ในลำธารเป็นบางช่วงและมีความชุ่มชื้นอยู่ ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ มีจำนวนลำธาร 2 สาย มีทางระบายน้ำตามธรรมชาติเป็นลักษณะของร่องน้ำถาวร

1.3.3 ความหนาแน่นของลำธาร

ความหนาแน่นของลำธาร (stream density) คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนลำธาร (first order) ของลุ่มน้ำต่ำพื้นที่ลุ่มน้ำ ถ้าพื้นที่ลุ่มน้ำมีความหนาแน่นของลำธารมากแสดงว่ามีความสามารถในการระบายน้ำดี จากการศึกษา พบว่า ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ มีความหนาแน่นของลำธารเท่ากับ 0.43 ลำธารต่อตารางกิโลเมตร

1.3.4 ความหนาแน่นของการระบายน้ำ

ความหนาแน่นของการระบายน้ำ (drainage density) คือ อัตราส่วนระหว่างความยาวทั้งหมดของลำน้ำต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นค่าที่บอกถึงความสามารถในการระบายน้ำของลุ่มน้ำ โดยทั่วไปแล้ว พื้นที่ที่มีความยาวของลำน้ำมาก และมีความหนาแน่นของลำธารมากพื้นที่ลุ่มน้ำก็จะมีความสามารถในการระบายน้ำดี ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ มีความหนาแน่นของการระบายน้ำเท่ากับ 2.20 กิโลเมตรต่อตารางกิโลเมตร ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ มีพื้นที่รับน้ำ 4.66 ตารางกิโลเมตรมีศักยภาพในการให้น้ำท่าเฉลี่ยรายปี 1.65 ล้าน ลบ.ม. มีปริมาณน้ำในลำธารในช่วงน้ำหลากประมาณ 1.4353 ล้าน ลบ.ม. และในช่วงแล้งมีปริมาณน้ำในลำธารประมาณ 0.2147 ล้าน ลบ.ม.คิดเป็นร้อยละ 87 และ 13 ของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี ในเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าสูงสุด คือ เดือนกันยายน มีค่าเท่ากับ 0.4546 ล้าน ลบ.ม. และในเดือนที่ปริมาณน้ำท่าต่ำสุดคือเดือนกุมภาพันธ์ มีค่าเท่ากับ 0.0215 ล้าน ลบ.ม.



ภาพที่ 1 ลักษณะกราฟน้ำไหล (hydrograph)ของลุ่มน้ำห้วยกะโปะซึ่งเป็นข้อมูลสะสมในคาบ 30 ปี
ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2550)

1.4 เกษตรกรรม

ในปีที่ผ่านมาพืชไร่ที่อายุสั้น ที่เกษตรกรในเขตพื้นที่ อำเภอน้ำหนาวปลูกมากเป็นอันดับหนึ่ง คือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เกษตรกรที่ปลูกพืชไร่ชนิดนี้มีอยู่ 109 ครัวเรือน พื้นที่เพาะปลูกในหมู่บ้านทั้งหมด 1,443 ไร่ ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นหลัก และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ การสุ่มแบบสำรวจโดยใช้แบบสอบถาม เกษตรกรที่ใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชร้อยละ 85.71 ไม่ใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืช ร้อยละ 13.24 (กองบัญชาการทหารสูงสุด, 2550)

2. สารกำจัดวัชพืช

สารกำจัดวัชพืช (herbicide) หมายถึง สารเคมีชนิดใด ๆ ก็ตามที่นำมาใช้เพื่อฆ่าทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืชไม่ว่าจะเป็นในขณะที่วัชพืชงอกขึ้นมาแล้วหรือเป็นเมล็ดอยู่ตลอดจนชิ้นส่วนต่างๆ ของวัชพืชที่ขยายพันธุ์ได้ทั้งที่อยู่ในดินหรือบนดิน สารกำจัดวัชพืชเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมจึงถูกผลักดันให้มีการใช้น้อยลงทั่วโลก (ธวัชชัย, 2540; ดวงพร, 2543; สุพัตรา, 2548)

ความคงทนของสารกำจัดศัตรูพืชในดินก็คือ ผลรวมของปฏิกิริยาต่าง ๆ การเคลื่อนย้ายลงสู่ดิน และการแตกตัวของสารเคมีที่ทำให้เกิดสารพิษชนิดใหม่แล้วไปสะสมในดินซึ่งแตกต่างกันตามชนิดของสาร ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความคงทนของสารกำจัดศัตรูพืชในดิน

ชนิดของสารเคมี	เวลาในการแตกตัวของสาร
Arsenic	ไม่สลายตัว
Chlorinated hydrocarbon	2-5 ปี
Insecticides(เช่น ดีดีที คอลเดน ดีลดริน)	1-2 ปี
Triazine herbicide (เช่น โมนิวรอน ไดยูรอน)	2-12 เดือน
Phenoxy herbicides(2,4-D,2,4,5-T)	1-12 เดือน
Organophosphate insecticide (เช่น มาลาไทออน ไดอะซีนอน)	1-8 อาทิตย์
Carbamate insecticides and herbicides (เช่น บาร์เบร CIPC)	2-8 อาทิตย์

ที่มา: Brady (1990)

ข้อมูลจากตารางที่ 2 แสดงวัตถุอันตรายที่มีการนำเข้าสูงสุด 10 อันดับแรก ในระหว่างปี 2548-2550 มีทั้งหมด 12 ชนิด ได้แก่ไกลโฟเสท ไอโสโพรพิลามีนซอล (glyphosate opropylamine salt), 2,4 - ดีโซเดียม ซอล (2,4 – D sodium salt) เมทามิโดฟอส (methamidophos) อาทราซีน (Atrazine) อาเมทริน(ametryn),พาราไทออน เมทิล (parathion methyl), แมนคอเซป (mancozeb), เอ็นโดซัลแฟน (endosulfan),พาราควอท ไดคลอไรด์ (paraquat dichloride) บิวทาคลอ

ซัลเฟอร์(butachor sulfur), คลอไพริฟอส (chlorpyrifos) จะเห็นว่ามีสารที่มีความเป็นพิษหรือเป็นอันตรายสูงจำนวน 6 ชนิดได้แก่ methamidophos, อาทราซีน, parathion methyl, endosulfan, paraquat dichloride, และ butachlor ซึ่งปัจจุบันมีการประกาศห้ามใช้แล้ว

ตารางที่ 2 ชื่อวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่มีการนำเข้าสูงสุด 10 อันดับแรก ในระหว่างปี พ.ศ.2548-2550

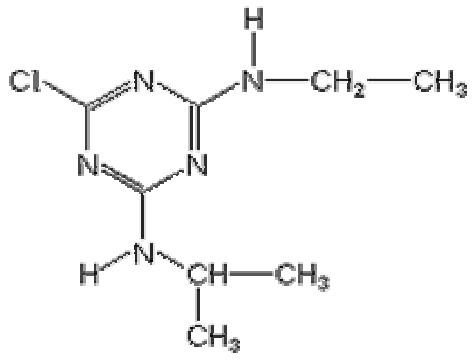
ที่	พ.ศ. 2548		พ.ศ. 2549		พ.ศ. 2550	
	ชื่อสารเคมี	ปริมาณ กก.	ชื่อสารเคมี	ปริมาณ กก.	ชื่อสารเคมี	ปริมาณ กก.
1	Glyphosate	21,311,657.35	Glyphosate	17,187,769	Glyphosate isopropylamonium	34,983,316.0
2	2,4-D acide	5,051,34.04	Paraquat dichlorde	14,020,451.5	Paraquat dichlorde	16,862,134.0
3	Cabofuran	4,293,175.00	Glyphosate isopropylamonium	5,602,185.00	Abamectin	4,481,920.0
4	Atazine	**2,398,300.00**	Glyphosate isopropylamin salt	4,908,133.00	Cabofuran	4,405,328.0
5	Abamectin	1,795,198.00	Cabofuran	4,691,696.00	2,4-D sodium salt	4,038,400.0
6	Mancozeb	1,692,335.00	Abamectin	3,732,764.00	Ametryn	3,963,496.0
7	Cartap hydrochloride	1,570,862.00	2,4-D sodium salt	3,340,700.00	Atazine	**3,686,650.0**
8	Ametryn	1,562,475.00	Atazine	**2,839,161.00**	2,4-D dimethyl ammonium	2,744,469.0
9	Diuron	1,499,829.00	Ametryn	2,030,041.50	Mancozeb	2,249,315.0
10	Alachlor	1,189,939.00	2,4 –D dimethyl ammonium	1,984,059.20	Butachlor	2,006,775.92

ที่มา: สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร(2550)

2.1 อาทราซีน

อาทราซีน เป็นสารวัชพืชในกลุ่มไทรอาซีน ชนิดเลือกทำลายก่อนงอก (pre-emergence) และหลังงอก (early post-emergence) ซึ่งใช้สำหรับควบคุมวัชพืช สามารถควบคุมวัชพืชใบกว้างและวัชพืชวงศ์หญ้าในไร่ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย สัปปะรด ส้ม กล้วยและใช้เป็นสารไม่เลือกทำลายในพื้นที่ที่ไม่ได้ทำการเกษตร ซึ่งอาจจะเป็นพิษกับพืชปลูกหลายชนิด เช่น ผัก ถั่วลิสง และถั่วเหลือง เป็นต้น (ทศพล, 2545; สุพัตรา, 2548)

สูตรทางเคมี



Atrazine

ภาพที่ 2 สูตรโครงสร้างของ อาทราซีน

ที่มา: The Royal society of Chemistry (1991)

ชื่อทางเคมี : (2-Chloro-4-ethylamino-6-isopropylamino-1,3,5-triazine)

สูตรโมเลกุล : $C_8H_{14}ClN_5$

ชื่อเคมีทั่วไป : Isobutylmercaptan

น้ำหนักโมเลกุล : 215.69

ลักษณะทางกายภาพ : ผลึกสีขาว

จุดหลอมเหลวและจุดเดือด : 175 - 177 องศาเซลเซียส

สภาพการละลาย : ละลายน้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และละลายได้ในไดเมทิล ซัลฟอกไซด์ (dimethyl sulfoxide) คลอโรฟอร์ม(chloroform) เอทิลอะซิเทต เมทานอล และไดเอทิล

อีเทอร์ เท่ากับ 28, 183, 52, 28, 18, 12, มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส(The Royal society of Chemistry, 1991) ตามลำดับ

2.1.1 พฤติกรรมของอาทราซีนในพืช

กลไกการเข้าทำลายวัชพืชของอาทราซีนเริ่มจากการถูกดูดซึมเข้าทางรากหรือทางใบของวัชพืช แต่การเข้าทำลายทางใบนั้นมีน้อยกว่าทางราก หลังจากดูดซึมแล้วสารจะเคลื่อนย้ายทางท่อน้ำของวัชพืช สะสมบริเวณเนื้อเยื่อเจริญ(apical meriste) และใบของวัชพืช จากนั้นจะออกฤทธิ์ทำลายวัชพืชโดยมีผลต่อการยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งทำให้ใบมีสีเหลืองและแห้งตายไปในที่สุด(Van-Rensen, 1989)การสลายตัวของสารในพืชที่ต้านทาน เกิดจากกระบวนการไฮดรอกซิเลชัน(hydroxylation) และคอนจูเกชั่น (conjugation)กลายเป็นไฮดรอกซีอาทราซีน (hydroxyatrazine) และคอนจูเกตกรดอะมิโน(amino acid conjugate) (WSSA, 1979) แต่ในกรณีที่ใช้ในไร่ข้าวโพดนั้นจะไม่แสดงอาการผิดปกติเนื่องจากข้าวโพดเป็นพืชที่ต้านทานอาทราซีนได้ เพราะสารประกอบพวกไซคลิก ไฮดรอกซาเมท(cyclic hydroxamate) ในข้าวโพดสามารถเปลี่ยนรูปอาทราซีน ให้กลายเป็น ไฮดรอกซีอาทราซีน ซึ่งเป็นสารไม่เป็นพิษ (non-toxic) ในเวลารวดเร็ว แต่ในบางกรณี ถ้าปริมาณของยามากเกินกว่าจะเปลี่ยนรูปได้หมด ข้าวโพดก็อาจจะแสดงอาการผิดปกติเช่นเดียวกับพืชอื่น สำหรับถั่วพุ่มเป็นพืชที่มีความไวต่ออาทราซีนมาก ต้นถั่วอายุ 15 วันจะสามารถดูดซึมสารได้รวดเร็วกว่าข้าวโพดถึง 2 เท่า และปริมาณสารที่ถูกดูดเข้าไปนั้นจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากถั่วไม่มีสารพวกไฮดรอกซาเมท อย่างในข้าวโพด (สุมิตร, 2510)ในพืชที่มีความทนทานต่อสารพิษนั้นจะมีการย่อยสารพิษ ได้สารที่ไม่มีฤทธิ์ ส่วนพืชที่ถูกทำลายเนื่องจากเกิดภาวะพร่องคลอโรฟิลล์เรียกว่าคลอโรซีส ส่วนในสัตว์ สารพิษทั้งหมดถูกย่อยแล้วขับถ่ายออกทางปัสสาวะได้มากกว่าร้อยละ 50 และทางอุจจาระร้อยละ 33 (กรมวิชาการเกษตร, 2542; The Royal society of Chemistry, 1991)

2.1.2 พฤติกรรมของอาทราซีนในดิน

อาทราซีนเป็นสารกำจัดวัชพืชที่มีใบกว้าง (broad leaed weeds)ใช้กันมากในการปลูกข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อยและสับปะรด สารพิษอาทราซีนสามารถคงสภาพอยู่ได้นานถึง 6 - 12 เดือน หลังจากฉีดพ่นไปครั้งเดียว (Capriel and Haisch, 1984) อาทราซีนร้อยละ 83 จะสะสมอยู่ในดิน และเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของเมทาโบไลท์ โดยปฏิกิริยา เอ็น-ดีอัลคิเลชัน (N-dealkylation) และไฮโดรไลซีส (hydrolysis) นอกจากนั้นยังมีบางส่วนปะปนอยู่กับ กรดฮิวมิน

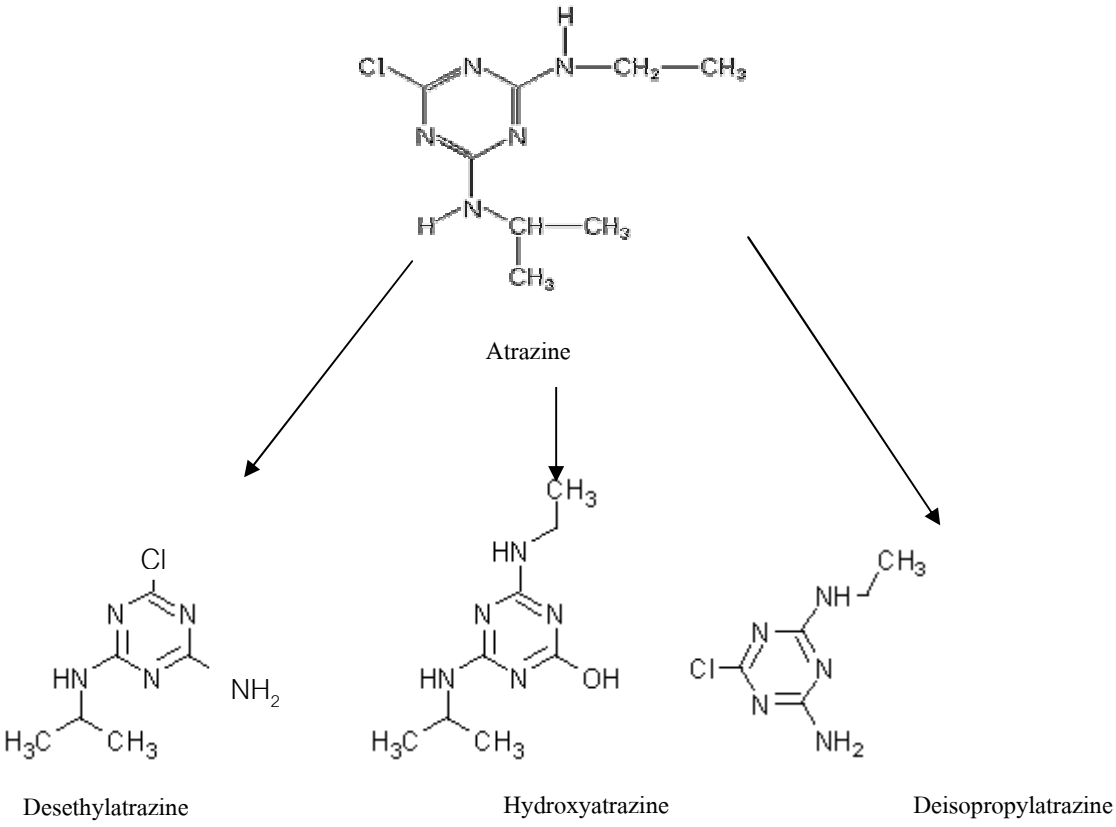
(humin acid) กรดฮิวมิค (humic acid) และกรดฟูวิก (fuvic acid) (Capriel and Haisch, 1984; Khan, 1982)

อาทราซีนที่ตกค้างในดินมีครึ่งชีวิตประมาณ 6 – 10 สัปดาห์ และจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดิน ได้ไฮดรอกซีอาทราซีน หลังการใช้ 0.5 กก./ไร่ มีระยะเวลาการออกฤทธิ์ในดินนาน 5-7 เดือน (กรมวิชาการเกษตร, 2542; The Royal society of Chemistry, 1991)กระบวนการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (metabolism)ของอาทราซีนในดินประกอบไปด้วยปฏิกิริยาดีอัลคิเลชัน (Capriel and Haisch, 1984; Kaufman and Kearney, 1970) ปฏิกิริยาไฮดรอกซิลเลชัน และกระบวนการแตกตัวของวงแหวน (ring cleavate) ความเป็นพิษของอาทราซีนต่อพืชจะลดน้อยลงถ้าเกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิลเลชั่นที่ตำแหน่งที่สองของสูตรโครงสร้าง(Kaufman and Blake, 1970) ของอาทราซีนที่ฉีดพ่นลงไปในดินจะถูกเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในรูปของเมทาโบไลท์ คือ เดสเอทิลอาทราซีน (desethyl atrazine) (DEA) มากกว่าดีไอโซโพริลอาทราซีน(deisopropyl atrazine) (DIA) (Siron *et al*, 1973) ดังนั้นในการปลูกพืชแบบหมุนเวียนอายุสั้นจึงต้องคำนึงถึงพืชที่ปลูกในฤดูถัดไปด้วย

การดูดซับของอาทราซีนขึ้นอยู่กับสมบัติดินถ้าดินนั้นมีอนุภาคของดินเหนียว (clay) และอินทรีวัตถุ (organic matter) สูงจะสามารถดูดซับโมเลกุลของอาทราซีนไว้ได้มากกว่าดินที่มีสมบัติดังกล่าวต่ำกว่า การเคลื่อนย้ายและการชะล้างสารลงสู่ดินชั้นล่างจะเกิดขึ้นได้น้อยหากสภาพดินมีการดูดซับสูง แต่การดูดซับของอาทราซีนในดินไม่ใช่การดูดซับถาวร เพราะดินสามารถที่จะปลดปล่อยสารที่ดูดซับออกมาได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมภายนอกด้วย เช่น อุณหภูมิ ความชื้นและปฏิกิริยาของดิน ถ้าดินอยู่ในสภาพที่แห้งและอากาศเย็น ประกอบกับดินเป็นกรดจะทำให้การดูดซับของ อาทราซีน ยาวนานกว่าปกติ ส่วนการสลายตัวของสารชนิดนี้ในดินเกิดจากกระบวนการทางกายภาพ เช่น การสลายตัวโดยแสง และการระเหย แต่เกิดน้อยเมื่ออยู่ในสภาพพื้นที่โดยปรกติทั่วไป ส่วนการเกิดกระบวนการทางเคมี และชีวภาพเกิดจาก จุลินทรีย์ดินพวก แอคโนไมวีสสามารถย่อยสลายอาทราซีนได้ (WSSA, 1979) การสลายตัวของอาทราซีนขึ้นกับปริมาณของจุลินทรีย์ในดินส่วนสารกลุ่มไทรอาซีนจะสลายตัวถ้าได้รับแสง(photodecomposition) สำหรับไทรอาซีนละลายน้ำได้ง่ายและแตกตัวง่ายเมื่อเกิดปฏิกิริยากับจุลินทรีย์ (มัณฑณีย์, 2544)

2.1.3 การเปลี่ยนรูปของอาทราซีน

อาทราซีนสามารถเปลี่ยนรูปเป็น เดสเอทิลอาทราซีน (desethyl Atrazine) และดีไอโซโพริลอาทราซีน (deisopropyl Atrazine) ได้โดยการสลายตัวโดยแสงและการสลายตัวโดยการย่อยของจุลินทรีย์(biotictransformation) ส่วนสาร ไฮดรอกซีอาทราซีนเป็นสารที่เกิดจากกระบวนการทางเคมีในดิน (Albanis *et al*., 1998)



ภาพที่ 3 เมตาบอไลท์ของ อาทราซีน คือ Desethylatrazine Hydroyatrazine และ Deisopropylatrazine

2.1.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความคงทนของอาทราซีนในดิน

การดูดซึมของรากพืชซึ่งเป็นเหตุให้ปริมาณยาในดินลดลงไปแล้ว ยังจะต้องมีปัจจัยอื่นที่ควบคุมการสูญเสียของตัวยาในดินหลังจากการฉีดพ่นได้ (สุมิตร, 2510) ดังนี้

ก. การชะล้าง (leaching) น้ำที่ใช้รดให้แก่ต้นพืช รวมทั้งน้ำฝนที่ตกลงมาในระหว่างการทดลอง เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการชะล้างสารเคมีทำให้อาทราซีนแพร่กระจายหรือซึมลงไปในดินชั้นล่าง เป็นการลดปริมาณและความเข้มข้นของสารที่บริเวณผิวหน้าดิน

ข. เนื้อดิน (soil texture) มีความเกี่ยวข้องในการดูดยึดสารเคมีเนื้อดินที่ใช้ในการทดลองนี้จัดอยู่ในประเภทดินทรายแป้ง (clay loam) มีการยึดเกาะตัวได้ดีกว่าพวกดินทรายแต่น้อยกว่าดินเหนียว การชะล้างตัวสารจากอนุภาคดินประเภทนี้ไม่ค่อยรวดเร็วนัก ความคงทนของสารพิษในดินจึงอยู่ได้เป็นเวลานาน

2.1.5 กระบวนการที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาทราซีนในดิน มีอยู่ 3 กระบวนการหลัก ได้แก่

ก. กระบวนการทางกายภาพ

1) การระเหย (volatility) สู่บรรยากาศโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เป็นการเคลื่อนย้ายของอาทราซีนสู่บรรยากาศในรูปของแก๊สโดยมีความดันไอของสารเคมีเป็นปัจจัยที่สำคัญ กล่าวคือ การที่ความดันไอสูงก็จะทำให้เกิดการระเหยขึ้นสูงตามไปด้วย และ สภาพอากาศที่ร้อน แสงแดดจัดและลมแรง การระเหยเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดการสูญเสียโมเลกุลของอาทราซีน (ธวัชชัย, 2540)

2) การชะล้าง (leaching) หรือการเคลื่อนย้ายผ่านดินในรูปของเหลว เป็นการเคลื่อนย้ายของสารกำจัดวัชพืชเนื่องจากอิทธิพลของการไหลของน้ำภายในหน้าตัดดิน ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียของสารเนื่องจากการระเหยได้และยังทำให้สารเคลื่อนย้ายไปสัมผัสวัชพืช แต่ในขณะเดียวกันการชะล้างก็อาจก่อให้เกิดการสะสมของอาทราซีนในดินชั้นล่างและน้ำใต้ดิน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการชะล้าง ได้แก่ โครงสร้างของดิน เนื้อดิน ปริมาณน้ำในดิน ความสามารถในการละลายน้ำของสาร และการดูดซับกับอนุภาคดิน เป็นต้น (Brady and Ray, 2002)

3) การเคลื่อนย้ายไปกับอนุภาคดิน ซึ่งเกิดจากการกร่อนของดินโดยน้ำและลม เป็นการเคลื่อนย้ายของอาทราซีนออกจากพื้นที่เป้าหมาย โดยติดไปกับอนุภาคของดินขนาดเล็กที่มีการเคลื่อนย้ายจากพื้นที่เดิม เนื่องจากอิทธิพลของดินและน้ำก่อให้เกิดการสูญเสียสารกำจัดวัชพืช และยังเป็นสาเหตุของการปนเปื้อนอาทราซีนในดินและแหล่งน้ำผิวดิน

4) การถูกชะลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน เนื่องจากการไหลบ่าหน้าดิน(runoff)เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณอาทราซีนในดิน เนื่องจากอิทธิพลของการไหลของน้ำบนผิวดินและยังเป็นสาเหตุของการปนเปื้อนสารกำจัดวัชพืชในดินและแหล่งน้ำผิวดิน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการชะสารลงสู่น้ำผิวดินได้แก่ โครงสร้างของดิน เนื้อดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ และการดูดซับของสารระหว่างอนุภาคดิน

5) การดูดซับโดยพืชหรือสัตว์ในดินและเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารในท้ายที่สุด พืชในที่นี้หมายถึงวัชพืช หรือพืชปลูกที่ดูดซับเอาอาทราซีนเข้าไป และมีการเคลื่อนย้ายสารสู่ระบบการถ่ายทอดพลังงานในห่วงโซ่อาหาร โดยการบริโภคต่อๆไป ในลำดับของโซ่อาหาร นอกจากนี้แล้วการย่อยสลายสารกำจัดวัชพืชโดยสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในดินก็เป็นสาเหตุหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารกำจัดวัชพืชในดิน (Brady and Ray, 2002)

ข. กระบวนการทางเคมี

1) การสลายตัวโดยแสง (photodecomposition) เกิดเนื่องจากรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าหรือแสงซึ่งอาจจะเกิดจากการทำปฏิกิริยากับแสงที่อาทราซีนดูดซับมาโดยตรง หรือแสงไปเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยากับสารเคมีอื่น พลังงานในแสงแดดเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงโมเลกุลของสารกำจัดวัชพืช และส่วนใหญ่เกิดในสภาพที่มีแสงแดดจัด และสารกำจัดวัชพืชเป็นชนิดที่ทำปฏิกิริยากับแสง โดยปรกติแล้วในสภาพไร่นา เป็นการยากที่จะแยกการสลายตัวโดยแสงออกจากกระบวนการอื่น ในสภาพไร่นา เช่นการระเหย การสลายตัวด้วยปฏิกิริยาเคมี และการสลายตัวโดยจุลินทรีย์ (ธวัชชัย, 2540)

2) การดูดซับโดยอนุภาคดิน (adsorption) คือการเกาะยึดกันระหว่างไอออนหรือโมเลกุลของอาทราซีนกับองค์ประกอบของดิน เช่น แร่องค์ประกอบดิน ไอออน และอินทรียวัตถุในดิน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับของสารกำจัดวัชพืชในดิน ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปฏิกิริยาดิน เนื้อดิน ชนิดและปริมาณแร่ดินเหนียว และอินทรียวัตถุในดิน เป็นต้น โดย

อุณหภูมิสูงจะก่อให้เกิดการระเหยของสาร ที่ทำให้เกิดการดูดซับอาทราซีนในดินน้อยลง สารจะถูกดูดซับในสภาพที่ดินแห้งได้มากกว่าสภาพที่ดินชื้น ดินที่เป็นกรดจะดูดซับสารได้มากกว่าดินที่เป็นเบส สารกำจัดวัชพืชมีประจุเป็นบวกดูดซับดินเหนียวได้ดีกว่าดินทราย (Wild, 1993)

3) การแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) เป็นการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากไอออนหรือโมเลกุลของสารกำจัดวัชพืชมีการแลกเปลี่ยนไอออนของธาตุต่างๆ ที่อยู่บนผิวอนุภาคดิน หรือสารละลายในดินซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดวัชพืชและประจุที่อยู่บนผิวอนุภาคดิน

4) การเกิดปฏิกิริยาเคมีในดิน (chemical decomposition) กระบวนการเปลี่ยนแปลงของสารกำจัดวัชพืชที่ไม่มีสิ่งมีชีวิตมาเกี่ยวข้องบางทีจะถูกจัดในกลุ่มการเปลี่ยนรูปมวลสารอชีวนะในดิน (abiotic transformation) กระบวนการนี้มีปฏิกิริยาที่สำคัญ เช่น ออกซิเดชัน รีดักชันและไฮโดรไลซีส เป็นต้น ตัวอย่างเช่น กระบวนการ ไฮโดรไลซีส ที่เกิดกับกลุ่ม อาทราซีนในสภาพ ความเป็นกรด-เบส ต่ำหรือดินเป็นกรดก่อให้เกิดเกลือที่ไม่ละลายน้ำหรือเกิดสารประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อน (ธวัชชัย, 2540)

ค. กระบวนการทางชีวภาพ

การย่อยสลายอาทราซีนโดยจุลินทรีย์ดินนั้นนับว่าเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญมากต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอาทราซีนในสภาพแวดล้อม เนื่องจากจุลินทรีย์ดินบางชนิดสามารถที่จะย่อยสารกำจัดวัชพืชได้อย่างรวดเร็ว ให้กลายเป็นองค์ประกอบที่ไม่มีพิษ จุลินทรีย์ดินที่มีบทบาทมากในการย่อยสลายสารกำจัดวัชพืชในดิน ได้แก่ เชื้อราแอคติโนไมซีสและแบคทีเรีย ปัจจัยที่จะทำให้เกิดบทบาทของจุลินทรีย์ในดิน และการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในดิน ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณออกซิเจน (ธวัชชัย, 2540)

2.1.6 การแพร่กระจายของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในน้ำและดินตะกอน

เกษมและนิพนธ์ (2517) ได้แบ่งตะกอนออกเป็น 2 ชนิดคือ ตะกอนแขวนลอย (suspended sediment) ซึ่งเป็นตะกอนที่มีขนาดเล็กมีทั้งเป็นสารอินทรีย์ ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำและสามารถพัดพาไปได้ไกล ส่วนตะกอนก้นลำธาร (bed load sediment) เป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่มีน้ำหนักมากจะถูกพัดพาไปตามท้องน้ำ เช่น กรวด ทราย และทรายแป้ง โดยพวกทรายจะตกตะกอนก่อน ตามด้วย ทรายแป้งหยาบ ทรายแป้งละเอียด และดินเหนียวตามลำดับ

ศิวาภรณ์ และคณะ (2545) ได้ตรวจพบอาทราซีนในน้ำ ได้แก่ อาทราซีน สารอะเมทริน (ametrin) และสารเมทริบูซีน (metribuzine) บริเวณภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2543 ช่วงฤดูฝนพบอาทราซีนและสารอาเมทรินในปริมาณ 0.02-18.9 ไมโครกรัม/ลิตร และช่วงฤดูแล้ง ปี พ.ศ. 2544 พบอาทราซีนในปริมาณ 0.5-4.0 ไมโครกรัม/ลิตร

สุพัตรา (2548) และ Gfrerer *et al.* (2002) รายงานว่า สารเคมีทางการเกษตรพบได้ทั้งในน้ำไหลบ่าหน้าดินและดินตะกอน แต่ถ้าองค์ประกอบของดินเป็นอนุภาคของดินเหนียวและมีอินทรียวัตถุมาก สารเคมีทางการเกษตรจะดูดซับที่ผิวดินได้มากกว่าตกค้างอยู่ในดิน ถ้าปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นมีไม่มากพอที่จะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินสารเคมีทางการเกษตรจะตกค้างอยู่ในดิน โดยเคลื่อนย้ายลงสู่ชั้นที่ลึกลงไป ทำให้สารเคมีทางการเกษตรที่ละลายมากับน้ำไหลบ่าหน้าดินเกิดขึ้นน้อยมาก การไหลบ่าหน้าดินจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญในการนำพาสารเคมีทางการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำ (กนกรส 2546; Pionke and Chester 1973)

ประภัสรา (2532) รายงานว่า อนุภาคของดินที่มีสารเคมีทางการเกษตรจะแขวนลอยไหลบ่าไปกับกระแสน้ำและสามารถตกตะกอนลงสู่ท้องน้ำได้เมื่อมีการรวมตัวของอนุภาคดินใหญ่ขึ้นโดยจะตกลงสู่พื้นท้องน้ำได้ดีเมื่อน้ำนิ่ง ดังนั้นสารเคมีทางการเกษตรส่วนใหญ่ที่ตกค้างในแหล่งน้ำจะสะสมอยู่ในดินตะกอนหรือโคลนในท้องน้ำ ซึ่งสามารถตรวจพบสารเคมีทางการเกษตรได้ในปริมาณที่สูงกว่าในตัวอย่างน้ำ 10-100 เท่า หรืออาจมากกว่านั้น สารเคมีทางการเกษตรที่สะสมในตะกอนนี้ บางส่วนจะสลายตัวโดยจุลินทรีย์ย่อยสลายโดยสภาวะไร้ออกซิเจน บางส่วนจะสะสมในพืชและสัตว์ที่ดำรงชีวิตอยู่ในท้องน้ำ (benthoses) แต่ส่วนใหญ่มีการตกค้างในตะกอนท้องน้ำของแหล่งน้ำต่อไปเป็นเวลานาน สารเคมีทางการเกษตรนั้นจะสลายตัวหมดไปโดยใช้เวลาตั้งแต่ 3 เดือน ถึง 30 ปี ขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีเป็นสำคัญ

การแพร่กระจายของสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในน้ำท่าและดินตะกอนในลุ่มน้ำสายหลักของประเทศไทย ภิญญาและคณะ(2545) รายงานว่า ในปี พ.ศ. 2536-2542 พบสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส กลุ่มคาร์บาเมท กลุ่มไพรีทอยด์ กลุ่มไทรอาซีน สารพาราควอทและสารเฮดโดนัล(2,4 - D)ในแม่น้ำสายหลัก ในดินตะกอนตรวจพบสารกลุ่มเดียวกับในแหล่งน้ำยกเว้นสารกลุ่มไพรีทอยด์ที่ตรวจไม่พบซึ่งปริมาณสารที่ตรวจพบส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับต่ำ โดยพบกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในแหล่งน้ำมากที่สุด คือในน้ำร้อยละ 40 ในดินตะกอนร้อยละ 46 ส่วนสารกลุ่มอื่นๆ พบตั้งแต่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 20 โดยในปี พ.ศ.

2539 พบสารกลุ่มอาทราซีนในพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งมีการปลูกพืชไร่ เช่น ไร่อ้อย ถั่ว ข้าวโพด และข้าวฟ่างในแม่น้ำแม่กลองปริมาณระหว่าง น้อยกว่า 0.01-6.63 ไมโครกรัม/ลิตร และในดินตะกอนน้อยกว่า 0.01-0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในปี พ.ศ. 2540 พบสารกลุ่มไทรอาซีนในแม่น้ำป่าสัก ปริมาณระหว่าง น้อยกว่า 0.01-0.57 ไมโครกรัม/ลิตร และในดินตะกอนน้อยกว่า 0.01-0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในปี พ.ศ. 2542 ตรวจพบสารกำจัดวัชพืชกลุ่มไทรอาซีนได้แก่ อาทราซีนและสารอะมิทรินในแม่น้ำอูน ปริมาณระหว่าง น้อยกว่า 0.01 -0.95 ไมโครกรัม/ลิตร และ ในดินตะกอนน้อยกว่า 0.01-1.17 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

2.1.7 ปัจจัยภายในดินและน้ำที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับและการตกค้างของสารอาทราซีนในสิ่งแวดล้อม

ก. เนื้อของดิน

เนื้อของดินเกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของอนุภาคของดิน และเกี่ยวข้องกับการดูดซับสารด้วยเนื่องจากเนื้อแต่ละชนิดของดินจะมีพื้นที่ผิวที่แตกต่างกัน Oliveira *et al*. (2001) ได้ศึกษาศักยภาพการดูดซับสารกำจัดวัชพืชอาทราซีนและอะลาคลอร์ของดินประเทศบลาซิล ที่มีเนื้อดินต่างกัน ได้แก่ ดินเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนป่นทราย ดินทรายปนร่วน และดินทราย พบว่า ดินเหนียวมีปริมาณการดูดซับอาทราซีนมากที่สุด

ข. ขนาดของเม็ดดิน

Desutter *et al*. (2003) ศึกษาอิทธิพลของขนาดเม็ดดินต่อการดูดซับและปลดปล่อยอาทราซีนในดินตะกอนลมหอบ พบว่า เม็ดดินขนาดเล็กสามารถดูดซับอาทราซีนได้น้อยกว่าเม็ดดินที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากเม็ดดินใหญ่มีพื้นที่ผิวดูดซับมากกว่า ทั้งพื้นที่ผิวภายนอกและพื้นที่ผิวภายในของอนุภาคซึ่งประกอบกันเป็นขนาดใหญ่

ค. ปริมาณน้ำฝนและน้ำในดิน

น้ำฝนก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งทางสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารภายในดินและการเคลื่อนย้ายของมวลสารต่างๆSprague *et al.* (2000) ได้ศึกษาการดูดซับและการเคลื่อนย้ายของอาทราซีนในดินที่ได้รับปริมาณน้ำฝนที่ต่างกัน พบว่าการดูดซับ

ของอาทราซีนลดลงตามความลึกของดิน หรือเมื่อความหนาแน่นและความชื้นของดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากพื้นที่ผิวดูดซับและปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่ลดลงเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น การเคลื่อนย้ายของอาทราซีนส่วนใหญ่เกิดกับสารส่วนที่ดูดซับกับคอลลอยด์ดินที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ความชื้นของดินจะเป็นตัวควบคุมกลไกการส่งผ่านการเคลื่อนย้ายของน้ำในดินและของสารที่สะสมอยู่ภายในดินและน้ำ

ง. ปริมาณอินทรียวัตถุภายในดิน

ปริมาณของอินทรียวัตถุในดินนั้นก็มีอิทธิพลต่อการดูดซับของสารเคมีในดิน Konda *et al*. (2003) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซับอาทราซีนในดินกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน พบว่า ค่าคงที่การดูดซับอาทราซีนของดินมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน กล่าวคือ ดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูง สามารถดึงดูดอาทราซีนไว้ในดินได้สูงกว่าดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำ

2.1.8 ความเป็นพิษของอาทราซีน

องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา(United State Environmental Protection Agency, U.S.EPA.) จัดให้อาทราซีนอยู่ในกลุ่มสารอินทรีย์ที่ก่อให้เกิดมะเร็ง โดย U.S.EPA. ให้ความสำคัญในการประเมินถึงความเสี่ยงที่อาจส่งผลต่อมนุษย์และมีผลต่อระบบนิเวศน์โดยได้จัดตั้งโครงการค้นคว้าวิจัยที่มีชื่อว่า ซินเจนทา (syngenta) เพื่อดำเนินการในการ ประกาศพิจารณายกเลิกการใช้อาทราซีน

อาทราซีนมีค่า LD_{50} ทางปากในหนูพุก (rat) 508 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในหนูเล็ก(mice) 945 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในกระต่าย 1,160 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สำหรับทางผิวหนังในหนูพุกมากกว่า 3,100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และในกระต่าย 8,160 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในมนุษย์และสัตว์เลียงลูกด้วยนม เมื่อได้รับที่ความเข้มข้นสูง จะเกิดการคลื่นเหียนอาเจียน ท้องร่วง กล้ามเนื้อล้า และน้ำลายฟูมปาก ไอของอาทราซีนทำให้เกิดการระคายเคืองตา ผิวหนัง ระบบอวัยวะ หายใจ ปานกลาง แต่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมเนื่องจากการย่อยสลายอาทราซีนภายในร่างกายและขับออกจากร่างกายในรูปยูเรีย (ทศพล, 2545)

พิษทางการหายใจ 1 ชั่วโมง มีค่ามากกว่า 0.71 มิลลิกรัม/อากาศ 1 ลิตร พิษเรื้อรัง 2 ปี (no – effect level) มีค่า 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัมเป็นพิษต่อปลา (กรมวิชาการเกษตร, 2542; The Royal society of Chemistry, 1991)

2.1.9 ค่ามาตรฐานการปนเปื้อนของอาทราซีน

ค่ามาตรฐานคุณภาพดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 พ.ศ.2547 ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 ได้กำหนดให้มีอาทราซีนในดินไม่เกิน 22 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่าง ดินตะกอน

1.1 ถุงพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างดินตะกอน

1.2 อุปกรณ์สำหรับเก็บดินตะกอน ได้แก่ พลั่วสเตนเลส

2. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

2.1 เครื่องโครมาโทกราฟแบบของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatograph, HPLC) Agilent รุ่น 1100 series ของบริษัท Agilent Technology , pump gradient SP 930 D,ใช้ UV- detector ชนิด diode array detector

2.2 คอลัมน์ (column) C18 ขนาด 50×4.6 mm i.d. , 3 µm ของบริษัท Vertical

2.3 เครื่องเขย่า (ultrasonic bath) ของบริษัท Branson Bandelin Sonorex supper รุ่น B-42

2.4 เครื่องลดปริมาตร (rotary evaporator) ของบริษัท Bucth Rotavapor Switzerland รุ่น R-200

2.5 เครื่องชั่งทศนิยม 5 ตำแหน่ง ของบริษัท Metler, Metler Toledo รุ่น AB104- S/FACT

2.6 เตาเผาความร้อนสูง (high temperature furnace) รุ่น CSF 1200 , carbolite furnaces

2.7 กระดาษกรอง ความละเอียด 47 nm

2.8 แผ่นกรองไนลอน ความละเอียด 0.2 µm

2.9 โถดูดความชื้น

2.10 เครื่องแก้ว

3. สารเคมีในห้องปฏิบัติการ

3.1 สารมาตรฐานอาทราซีน (atrazine, $C_8H_{14}ClN_5$) ของบริษัท Supelco ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.9

3.2 อะซิโทรไนไทรล์ (acetronitrile, CH_3CN) grade HPLC ของบริษัท Lab-Scan

3.3 เอทิลอะซิเทต (ethyl acetate, $C_4H_8O_2$) grade PR ของบริษัท Carlo Erba Quallty Since

3.4 น้ำปราศจากไอออน (deionized water) grade HPLC ของบริษัท Fisher Scientific

3.5 โซเดียมซัลเฟต (sodium sulphate, Na_2SO_4) ของบริษัท Carloerba Quallty Since

วิธีการ

1. ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำห้วยกะโปะ

1.1 ศึกษาข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร

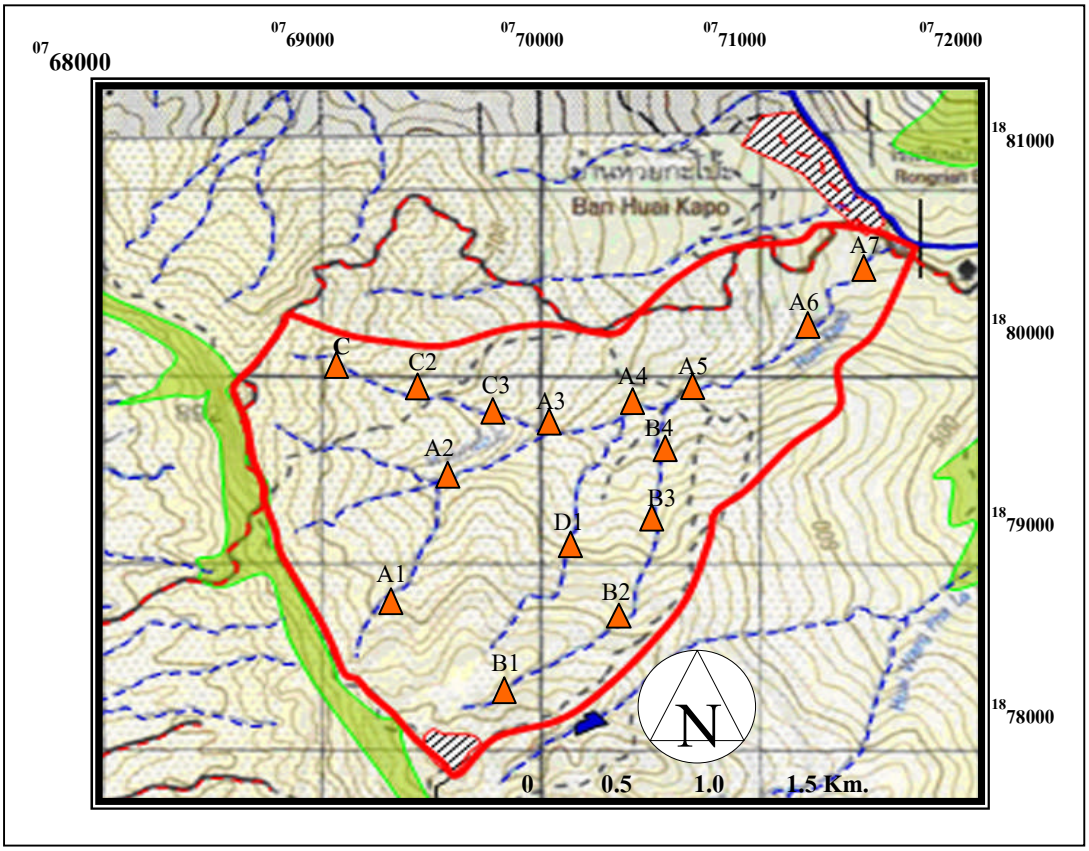
1.2 ศึกษาสภาพของพื้นที่จริงโดยการสำรวจพื้นที่ลุ่มน้ำของหมู่บ้าน และกำหนดจุดเก็บตัวอย่างของดินตะกอน

1.3 ศึกษาระบบการเกษตรโดยการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่ เพื่อทราบถึงชนิดของพืชที่ปลูก ระบบการปลูกพืช ศัตรูพืชและการควบคุม การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช (ชนิด อัตราการใช้ ช่วงเวลาการใช้ และความถี่) และอื่นๆ โดยเกษตรกรตัวอย่างที่ทำการสัมภาษณ์ คือ เกษตรกรที่อยู่ในเขตพื้นที่หมู่บ้านห้วยกะโปะ

1.4 ศึกษาช่วงฤดูของการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ

1.5 ศึกษาถึงช่วงฤดูกาลเพื่อศึกษาถึงปริมาณของน้ำฝนของเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ

ภาพที่ 4 ไร่ข้าวโพด และข้าวโพด ที่เกษตรกรปลูกบริเวณลุ่มน้ำห้วยกะโปะ



หมายเหตุ ▲คือจุดเก็บดินตะกอน

ภาพที่ 5 จุดเก็บตัวอย่างดินตะกอนบริเวณลุ่มน้ำห้วยกะโปะ ตำบลหลักด่าน อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์

ลักษณะทางกายภาพของแต่ละจุดเก็บตัวอย่างดินตะกอน

จุดเก็บดินตะกอน A1 มีพิกัดที่ 47Q0769141/1878498 ฝั่งซ้ายเป็นป่าชั้นสองผสมป่าปลูก ฝั่งขวามีการปลูก ข้าวไร่ และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ลักษณะของตะกอนท้องน้ำเป็นทราย แป้งสีแดง มีวัชพืช น้ำมีสีขาวขุ่น

จุดเก็บดินตะกอน A2 มีพิกัดที่ 47Q0769528/1879448 ทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวาเป็นไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ น้ำมี ลักษณะใสในน้ำมีเศษใบไม้ ลักษณะของดินตะกอนท้องน้ำ เป็นทรายสีแดงมี กรวดหินและมี เศษใบไม้ใต้ท้องน้ำ

จุดเก็บดินตะกอน A3 มีพิกัดที่ 47Q0770708/1879937 ทั้งสองฝั่งเป็นไร่ข้าวโพด น้ำสีเหลืองขุ่น ลักษณะของตะกอนท้องน้ำเป็นทรายสีแดง ฝั่งซ้ายเป็นไผ่ ฝั่งขวาเป็นไร่ข้าวโพด สามารถพบไผ่ด้านข้างตลอดแนวลำน้ำ

จุดเก็บดินตะกอน A4 มีพิกัดที่ 47Q0770409/1879802 ลักษณะของลำน้ำมีหินก้อนใหญ่ในลำน้ำ มีชั้นหินคล้ายน้ำตก ทั้งสองฝั่งเป็นไร่ข้าวโพด น้ำสีเหลืองขุ่นลักษณะตะกอนท้องน้ำเป็นทรายสีแดง

จุดเก็บดินตะกอน A5 มีพิกัดที่ 47Q0770708/1879937 ทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของลำน้ำเป็นไร่ข้าวโพด น้ำมีสีเหลืองขุ่นลักษณะดินตะกอนท้องน้ำเป็นทรายสีแดง สามารถพบไผ่ด้านข้างตลอดแนวลำน้ำ

จุดเก็บดินตะกอน A6 มีพิกัดที่ 47Q0770965/1880043 ลักษณะของลำน้ำเป็นลำธารน้ำตก มีหินก้อนเล็กก้อนใหญ่ ด้านขวาเป็นป่าไผ่ ข้าวไร่ และไร่ข้าวโพด ด้านซ้ายเป็นป่ากล้วย ถัดขึ้นไปเป็นไร่ข้าวโพด ลักษณะของน้ำมีสีเหลืองขุ่น ลักษณะของตะกอนท้องน้ำมีใบไม้ทับถม และเป็นตะกอนทรายสีแดง

จุดเก็บดินตะกอน A7 มีพิกัดที่ 47Q0771269/1880432 ลักษณะของลำน้ำเป็น ลำธารน้ำตก น้ำมีสีขาวขุ่น มีหินขนาดใหญ่ ลักษณะของดินตะกอนท้องน้ำเป็นทรายแดง ด้านข้างฝั่งซ้ายและฝั่งขวา เป็นป่า ผสม และไร่ข้าวโพด

จุดเก็บดินตะกอน B1 มีพิกัดที่ 47Q0769803/1878269 ลักษณะของน้ำในลำธารค่อนข้างใส ลักษณะของดินตะกอนท้องน้ำเป็นทรายสีแดง มีใบไม้ทับถม ด้านข้างทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวา เป็นป่าไผ่ ถัดขึ้นไปเป็นไร่ข้าวโพด

จุดเก็บดินตะกอน B2 มีพิกัดที่ 47Q0770259/1878577 ลักษณะของลำน้ำเป็นร่องหิน ด้านข้างทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวา เป็นไร่ข้าวโพด มีปลา และสาหร่าย ลักษณะน้ำมีสีขาวขุ่น ลักษณะของดินตะกอนท้องน้ำเป็นทรายแดง

จุดเก็บดินตะกอน B3 มีพิกัดที่ 47Q0770509/1879167 ลักษณะของลำน้ำเป็นลำธารมีหินก้อนใหญ่กระจายเต็มลำน้ำ ฝั่งซ้ายเป็นไร่ข้าวโพด ฝั่งขวาเป็นป่าไผ่ น้ำ มีสีขาวขุ่น ลักษณะของดินตะกอนท้องน้ำเป็นทรายสีแดง

จุดเก็บดินตะกอน B4 มีพิกัดที่ 47Q0770585/1879711 ลักษณะของลำน้ำเป็นธารน้ำตกมีน้ำไหลแรง มีหินก้อน เล็ก ใหญ่ น้ำมีสีขาวขุ่น ลักษณะของดินตะกอนท้องน้ำเป็นทรายแดง ริมน้ำเป็นป่าไผ่ทั้งสองข้าง เหนือริมน้ำเป็นไร่ข้าวโพด

จุดเก็บดินตะกอน C1 มีพิกัดที่ 47Q0768916/1880081 ลำน้ำมีลักษณะเป็นลำธาร ลักษณะของดินตะกอนท้องน้ำเป็นตะกอนทรายสีแดง มีเศษใบไม้ทับถม และมีก้อนหินกระจายเต็มลำน้ำ น้ำมีลักษณะใส ไม่มีสี ฝั่งซ้ายเป็นป่าไผ่ ด้านบนปลูกข้าวโพด ด้านขวาเป็นไร่ข้าวโพด

จุดเก็บดินตะกอน C2 มีพิกัดที่ 47Q0769574/1879873 ลักษณะของลำน้ำมีโขดหิน เล็ก ใหญ่กระจายเต็มลำน้ำ น้ำมีสีขาวขุ่น ลักษณะของดินตะกอนท้องน้ำเป็นตะกอนทรายสีแดง มีเศษใบไม้ทับถม ฝั่งซ้ายเป็นป่าผสม ด้านบนปลูกข้าวโพด ด้านขวาเป็นไร่ข้าวโพด

จุดเก็บดินตะกอน C3 มีพิกัดที่ 47Q0769927/1879756 ลักษณะของลำน้ำเป็นลำธารน้ำตกมีน้ำที่ลอดออกมาจากร่องน้ำขนาดใหญ่มีน้ำไหลแรง น้ำมีสีขาวขุ่น ลักษณะของดินตะกอนท้องน้ำเป็นทรายสีแดง มีเศษใบไม้เล็กน้อย ด้านข้างทั้งสองฝั่งเป็นไร่ข้าวโพด

จุดเก็บดินตะกอน D1 มีพิกัดที่ 47Q0770163/1879339ลักษณะของลำน้ำเป็นลำธารน้ำตก มีโขดหินก้อนใหญ่กระจายเต็มลำน้ำ น้ำมีสีขาวขุ่น ด้านข้างทั้งสองฝั่งเป็นป่าไผ่ ลักษณะของดินตะกอนท้องน้ำเป็นทรายแดง และพบมอสขึ้นบนหิน

ภาพที่ 6 ตัวอย่างจุดเก็บดินตะกอน

2. การเก็บตัวอย่างดินตะกอน

วิธีเก็บและรักษาตัวอย่างดินตะกอน

สุ่มเก็บตัวอย่างดินตะกอนในลำน้ำห้วยกะโปะโดยใช้เครื่องมือชนิดพลั่วสแตนเลส ตักเฉพาะส่วนผิวหน้าของตะกอนซึ่งเกิดจากการตกค้างสะสมของตะกอนในน้ำแบบการเก็บตัวอย่างแบบผสมรวม(composite sampling) ใส่ลงในถุงพลาสติกใสชั้นแรกและชั้นที่สองด้วยถุงพลาสติกสีดำ ให้ได้น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม ติดฉลากระบุชนิดของตัวอย่าง หมายเลขตัวอย่าง สถานที่เก็บตัวอย่าง วัน เดือน ปี ที่เก็บ และเก็บรักษาโดยการนำตัวอย่างดินตะกอนลงแช่ในถังน้ำแข็งและรักษาอุณหภูมิความเย็นในถังน้ำแข็งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระหว่างการทำงานและการเดินทาง เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและชีววิทยา

ภาพที่ 7 การเก็บตัวอย่างดินตะกอน และลักษณะของดินตะกอน

3. การเตรียมตัวอย่างดินตะกอน

นำตัวอย่างดินตะกอนมาผึ่งลมให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง บดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 mm คลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วสุ่มตัวอย่างดินตะกอนมาทำการวิเคราะห์ นำตัวอย่างที่ได้เก็บไว้ในขวดแก้วที่มีฝาปิดสนิทกันความชื้น แบ่งตัวอย่างมาชั่งเพื่อหาความชื้น นำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ตามวิธีการของทัศนีย์และจงรักษ์(2542)และนำตัวอย่างที่เหลือเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4. การเตรียมสารละลาย

4.1 สารละลายมาตรฐานอาทราซีน

สารละลายมาตรฐาน อาทราซีน เข้มข้น 1000 มิลลิกรัม/ลิตร โดยชั่งสารมาตรฐานอาทราซีน 0.01000 กรัม ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10.00 มิลลิลิตร ละลายด้วย อะซิโทไนไทรล์ grade HPLC และปรับปริมาตรให้ได้ 10.00 มิลลิลิตร ได้ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัม/ลิตร เตรียมสารละลายมาตรฐานอาทราซีนเข้มข้น100.00 มิลลิกรัม/ลิตร จากความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัม/ลิตร เตรียมสารละลายมาตรฐานอาทราซีนเข้มข้น 50.00 มิลลิกรัม/ลิตร จากความเข้มข้น 100.00 มิลลิกรัม/ลิตร เตรียมสารละลายมาตรฐานอาทราซีนเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/ลิตร จากความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร และเตรียมสารละลายมาตรฐานอาทราซีนเข้มข้น 0.05, 0.10 , 0.50 , 1.00 และ 2.00 มิลลิกรัม/ลิตร จากความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/ลิตร

4.2 สารละลายเฟสเคลื่อนที่

โดยนำสารละลายอะซิโทรไนไทรล์ grade HPLC มากรองผ่าน Filter Membrane ขนาด0.45 μm โดยการประกอบเข้ากับชุดเครื่องกรองตัวทำละลาย เก็บสารละลายที่กรองได้ไว้ในขวด และนำน้ำ grade HPLC มากรองผ่าน Filter Membrane ขนาด 0.45 μm โดยการประกอบเข้ากับชุดเครื่องกรองตัวทำละลาย เก็บสารละลายที่กรองได้ไว้ในขวดสีชา

5. การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินตะกอน

5.1 ชั่งตะกอนที่บดละเอียดแล้ว 20 กรัม ใส่ ถ้วยกระเบื้อง ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน จดบันทึกน้ำหนักรวมของ ถ้วยกระเบื้อง และตะกอน (W) และ นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5.2 นำ ถ้วยกระเบื้อง ออกจากตู้อบ ใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งให้เย็นและ ชั่ง ถ้วยกระเบื้องและตะกอน บันทึกน้ำหนัก

5.3 นำไปอบในตู้อบอีก 2 ชั่วโมง ทำซ้ำข้อ 5.2 ถ้าน้ำหนักที่ชั่งครั้งแรกและครั้งนี้ห่างกันเกิน 1 % ของน้ำหนักที่หายไป ให้นำไปอบใหม่อีก 2 ชั่วโมงและทำซ้ำตามข้อ 5.3 จนน้ำหนักคงที่

5.4 บันทึกน้ำหนักสุดท้ายที่เป็นน้ำหนักของ ถ้วยกระเบื้อง และตะกอนที่คงที่ (W1)แล้ว คำนวณร้อยละความชื้นในตะกอนจากสมการต่อไปนี้

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{W - W1}{20-(W - W1)} \times 100$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักรวมของ ถ้วยกระเบื้อง และตะกอนก่อนอบ หน่วยเป็น กรัม

W1 คือ น้ำหนักรวมของ ถ้วยกระเบื้อง และตะกอนหลังอบครั้งสุดท้าย หน่วยเป็น กรัม

6. การเตรียมกราฟมาตรฐานอาทราซีน

นำสารมาตรฐานอาทราซีนที่เตรียมได้ในข้อ 4.1 มาฉีดเข้าเครื่อง (HPLC) ตามสภาวะเครื่องต่อไปนี้

คอลัมน์ : UPS C18 ขนาด 50×4.6 mm i.d., 3 µm

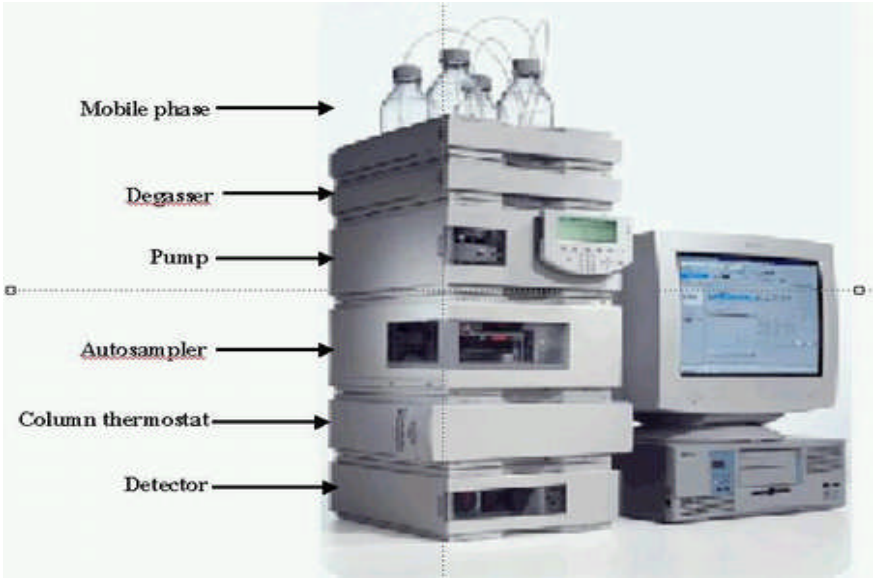
เฟสเคลื่อนที่ : อะซิโทรไนไทรล์ : น้ำ (60 : 40)

อัตราการไหล : 1 ไมโครลิตร/นาที

ตัวตรวจวัด :ใช้ UV- Vis detector ชนิด diode array detector ที่ความยาวคลื่น 220 nm

ปริมาตรที่ฉีด : 20 ไมโครลิตร

โดยพลอตกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานอาทราซีน(แกน X) และพื้นที่ใต้พีคเฉลี่ย(แกน Y) จากการคำนวณระหว่างสมการเส้นถดถอย โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด



ภาพที่ 8 เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography HPLC): Agilent 1100

7. การวิเคราะห์ปริมาณอาทราซีนตกค้างในดินตะกอน

การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ อาทราซีน ที่ตกค้างในดินตะกอนในครั้งนี้ จะทำการสกัด โดยดัดแปลงจากวิธีของ พงศ์ศรี, 2544; In house method of Agricultural Toxic Substances division 1996

7.1 ชั่งตัวอย่างตะกอน 20 ± 0.05 กรัม ใส่ใน ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้มีความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์ และเติมสารละลายเอทิลอะซิเทต grade PR 75 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่อง อุลตร้าโซนิค 25 นาที

7.2 นำมากรองสารละลายผ่านโซเดียมซัลเฟตและกระดาษกรองขนาดความละเอียด 47 nm ลงในขวดก้นกลม ขนาด 250 มิลลิลิตร ให้ได้ปริมาตร 50.00 มิลลิลิตร

7.3 นำไปลดปริมาตรด้วยเครื่องลดปริมาตรจนเกือบแห้ง จากนั้นนำไปปรับปริมาตรด้วยอะซิโทรไนไทรล์ grade HPLC ให้ได้ปริมาตร 5.00 มิลลิลิตร

7.4 นำสารละลายมากรองผ่านแผ่นกรองไนลอนที่มีความละเอียด 0.20 μm นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณอาทราซีน ด้วยเครื่อง HPLC

ภาพที่ 9 ขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวอย่าง

7.5 เทียบหาความเข้มข้นของอาทราซีนจากกราฟมาตรฐานที่เตรียมได้จากข้อ 6 คำนวณสัดส่วนของอาทราซีนตัวอย่างดินตะกอนจากสมการดังต่อไปนี้

การคำนวณค่าความต่างของการวิเคราะห์ (Multiplier)

ความเข้มข้นจริงของอาทราซีนในตัวอย่างจากการวิเคราะห์ = Cs × Multiplier

Cs = ความเข้มข้นที่ได้จากการเทียบกราฟมาตรฐานระหว่างพื้นที่ใต้พีคของสารตัวอย่างและพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐาน

$$\text{Multiplier} = \frac{\text{ปริมาตรสุดท้าย}}{\text{ปริมาตรของสารละลายที่ใช้}}$$

8. การทดสอบความใช้ได้ของวิธี

8.1 การคำนวณหาค่า (Limit of Detection , LOD) และ (Limit of Quantiation, LOQ) โดยชั่งตัวอย่างดินตะกอน 20 ± 0.05 กรัม เติมสารมาตรฐานอาทราซีนให้ได้ความเข้มข้น 0.05 0.10 และ 0.50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทำการวิเคราะห์ตามวิธีการที่ระดับความเข้มข้นละ 7 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

8.2 นำค่าที่ได้มาพลอตกราฟระหว่างค่า SD และค่าความเข้มข้นของอาทราซีนเฉลี่ย ลากเส้นกราฟตัดแกน y จะได้ค่า S_b คำนวณค่า LOD และ LOQ จากสมการต่อไปนี้

$$LOD = 3\ s_b$$

$$LOQ = 10\ s_b$$

8.3 ประเมินความถูกต้อง (accuracy) และความเที่ยง (precision)

8.3.1 ประเมินความถูกต้องได้จากค่าร้อยละการคืนกลับหาโดยการชั่งตัวอย่างดินตะกอน 20 ± 0.05 กรัม เติมสารมาตรฐาน อาทราซีนให้ได้ความเข้มข้น 0.05 0.10 และ 0.50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทำการวิเคราะห์ตามวิธีการที่ระดับความเข้มข้นละ 7 ซ้ำ

จากสูตร $$\% \text{ Recovery} = \frac{(C1 - C2)}{C3} \times 100$$

C1 = ความเข้มข้นของสารในตัวอย่างที่เติมสารละลายมาตรฐาน (spiked sample)

C2 = ความเข้มข้นของตัวอย่าง (unsipked sample)

C3 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เติมจริงในทางทฤษฎี

8.3.2. ประเมินความเที่ยง ได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ที่ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยทำการวิเคราะห์ ซ้ำ 7 ครั้ง

$$\% \text{ RSD} = \frac{SD \times 100}{\overline{X}}$$

8.3.3. ประเมินความเที่ยงโดยใช้สมการ Horwitz ในลักษณะของ Repeatability

Horwitz equation

Reproducbility ; $\% RSD_R = 2^{(1-0.5\log C)}$

Repeatability ; $\% RSD_r = 0.66 \times 2^{(1-0.5\log C)}$

โดยที่ C เป็น Concentration ratio (ไม่มีหน่วย)\

$\%\ RSD_R$ = ค่า RSD จากการทดสอบต่างห้องปฏิบัติการต่างวันกัน (Reproducibility) จัดเป็น Predicted RSD

$\%\ RSD_r$ = ค่า RSD จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการเดียวกันวันเดียวกัน (Repeatability) จัดเป็น Predicted RSD

$$HORRAT = \frac{\%\ RSD_{LAB}}{\%\ RSD_{predicted}}$$

ค่า HORRAT ที่ยอมรับได้อยู่ในช่วง ≤ 2 ตาม เกณฑ์การยอมรับของ The AOAC manual for the Peer Versified Methode program (1993) Codex และ EU

9. สถานที่ทำการวิจัย

ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ ตำบลหลักด่าน อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์โดยมีจุดเก็บน้ำและดินตะกอนดังภาพที่ 5 และ 6 ห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

10. ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาในการทำการวิจัย เริ่มตั้งแต่ เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551 ถึงเดือน พฤษภาคม 2552 รวมเป็นใช้ระยะเวลาทั้งหมด 10 เดือน

ผลและวิจารณ์

จากการสำรวจและสอบถามเกษตรกร ที่อยู่บริเวณลุ่นน้ำห้วยกะโปะ จำนวน 40 ครัวเรือน พบว่า ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ทำไร่ ปลูกพืชไร่ ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 84 มีรายได้เฉลี่ย 50,000-100,000 บาทต่อครัวเรือน/ปี ไม่ประกอบอาชีพเสริมคิดเป็นร้อยละ 66.2 ประกอบอาชีพรับคิดเป็นร้อยละ 15 น้ำที่ใช้ในการเกษตรคือ น้ำฝนและแหล่งน้ำธรรมชาติ จากการสอบถามจากเกษตรกรมีการใช้พันธุ์ข้าวโพดในการปลูกคิดเป็นร้อยละดังนี้ พันธุ์ Decarb 959 ร้อยละ 34.62 พันธุ์ CPDK 88 ร้อยละ 29.49 พันธุ์ D 80 ร้อยละ 14.10 พันธุ์ Big 919 ร้อยละ 14.82 ซึ่งเกษตรกรมีระยะเวลาในการปลูกดังนี้ เริ่มตั้งแต่เดือน มิถุนายน ถึงเดือน ตุลาคม ใช้ระยะเวลา 5-7 เดือน และมีการเริ่มปลูกรอบใหม่ใน ช่วง เดือนพฤศจิกายนเกษตรกรบางส่วนจะมีการเตรียมพื้นที่ในการปลูกรอบใหม่ จากการสอบถามประวัติการปลูกข้าวโพดของเกษตรกร พบว่า ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา 1 ครัวเรือนมีการใช้พื้นที่ในการปลูกข้าวโพด 10-50 ไร่ และปัจจุบันก็ยังพบว่ามีการใช้พื้นที่เท่าเดิมไม่มีการขยายพื้นที่คือใช้พื้นที่ 10-50 ไร่ /ครัวเรือน

ในการปลูกข้าวโพดจากการสอบถามเกษตรกรจะมีช่วงระยะเวลาของการใส่ปุ๋ย คือในช่วงของการเตรียมดิน คือช่วงเดือน มิถุนายน จะใช้ปุ๋ยสูตร 16-20-0 และ 16-0-0 รองลงมาคือ สูตร 15-15-15 ในช่วงเดือน มิถุนายน ถึง กรกฎาคม เมื่อข้าวโพดอายุได้ 1 เดือน ใช้ปุ๋ยสูตร 46 - 0 - 0 และ 15-15-15 ในช่วงเดือน กรกาคมถึงเดือนสิงหาคมข้าวโพดอายุได้ 2 เดือนใช้ปุ๋ยสูตร 46 - 0 -0 และก่อนการเก็บเกี่ยวใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 มีอัตราการใช้คือ สูตร 16-20-0 ใช้ ตั้งแต่ 50 กิโลกรัม/ไร่ ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ใช้ในอัตรา 25-40 กิโลกรัม/ไร่

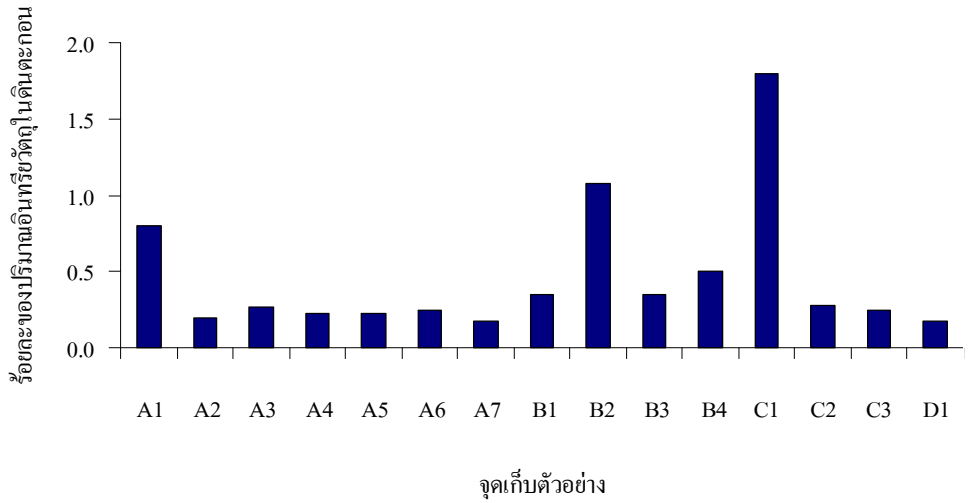
การใช้สารกำจัดศัตรูพืชพบว่า มีการใช้สาร พาราครอต 0.5 ลิตรต่อไร่ ไกโฟเสท ใช้เดือนละครั้ง กรัมม๊อกโซน ใช้ 2 ลิตร/ไร่ ซีโร่ และ อาทราซีน 80 ใช้ 30-40 ลิตร/ไร่ อาทราซีน 90 ใช้ 0.2 กิโลกรัม/ไร่

พบว่าแมลงศัตรูพืชส่วนใหญ่ คือหนู มีการใช้สารเคมีในการกำจัดคือ ซิงฟอสไฟร์ มีอัตราการใช้คือ 0.4 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมา คือ ตั๊กแตน ด้วงเจาะข้าวโพด กระแต จิ้งหรีด หนอน มด และส่วนใหญ่ไม่มีการใช้สารสารกำจัดแมลงศัตรูพืช

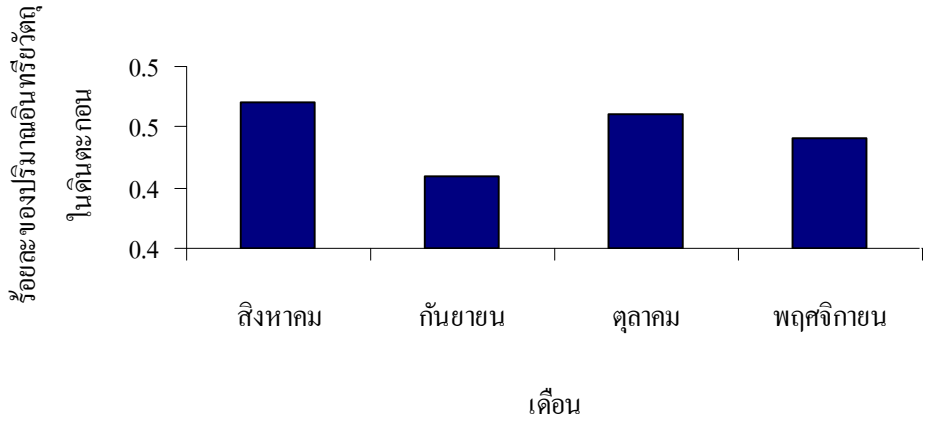
ผลการศึกษาการคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินตะกอน

การศึกษาความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยเก็บตัวอย่างดินตะกอนจากจุดเก็บตัวอย่าง(สถานี) ในช่วงฤดู น้ำมากและน้ำน้อย ในช่วงเดือน สิงหาคม กันยายน ตุลาคม และเดือน พฤศจิกายน พ. ศ. 2551 ทั้งหมด 15 จุดเก็บ โดยมีจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 60 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ รวมเป็น 180 ตัวอย่างโดยมีดัชนีคุณภาพที่ตรวจวิเคราะห์คือความเข้มข้นของอาทราซีนในดินตะกอน รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อความเข้มข้นของอาทราซีน ได้แก่ ร้อยละของอนุภาคดินเหนียว (%Clay) ร้อยละอนุภาคดินทราย (%Sand), ร้อยละของปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Organic matter,%OM) ร้อยละของ อนุภาคทรายตะกอนหรืออนุภาคทรายแป้ง (%Silt) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity, CEC)ร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบส (Base Saturation Percentage, %BS) และค่า pH ดังแสดงในตารางที่ 3 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลความเข้มข้นของอาทราซีน

ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน จากตารางที่ 3 ปริมาณของอินทรียวัตถุที่พบในดินตะกอนทั้งสี่เดือนมีปริมาณที่น้อยและใกล้เคียงกัน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.41- 0.47 จากการศึกษาของ สุพัตรา (2548); Kond *el al* (2002) รายงานว่าถ้าองค์ประกอบของดินมีปริมาณของอินทรียวัตถุมากการดูดซับของสารเคมีทางการเกษตรก็จะมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการดูดซับ อาทราซีน ในดินตะกอนจึงเกิดขึ้นได้น้อย แต่การเพิ่มขึ้นและลดลงของอาทราซีนในดินตะกอนในช่วง เดือน สิงหาคม กันยายน ตุลาคม และ พฤศจิกายน นั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับร้อยละของปริมาณอินทรียวัตถุเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยในสิ่งแวดล้อม จากการสำรวจปริมาณการใช้อาทราซีน ในการฉีดพ่นมีปริมาณที่มาก จึงทำให้มีการตรวจพบอาทราซีน ที่มีความเข้มข้นมากในเดือนที่มีการใช้สารกำจัดวัชพืชอาทราซีนในปริมาณที่มากคือช่วงเดือนสิงหาคม และเดือน พฤศจิกายน สังเกตได้จากตารางที่ 4 แต่ค่าความเข้มข้นที่ตรวจพบนั้นยังไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดว่าให้มีอาทราซีน ได้ในดินพื้นที่การเกษตรเท่ากับ 22 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในดินตะกอนมีปริมาณของอินทรียวัตถุที่ต่ำ การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอาทราซีนในไร่ข้าวโพดจึงมีความเข้มข้นที่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด และปริมาณของอินทรียวัตถุในดินตะกอนมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ จากภาพที่ 10 มีการเปรียบเทียบเป็นรายจุดเก็บตัวอย่าง และภาพที่ 11 มีการเปรียบเทียบเป็นค่าเฉลี่ยรายเดือน ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยในสิ่งแวดล้อมที่ทำให้อาทราซีนเกิดการสลายตัวในสิ่งแวดล้อมและทำให้ตรวจพบในปริมาณที่ไม่เกินค่ามาตรฐาน ดังกล่าวข้างต้น



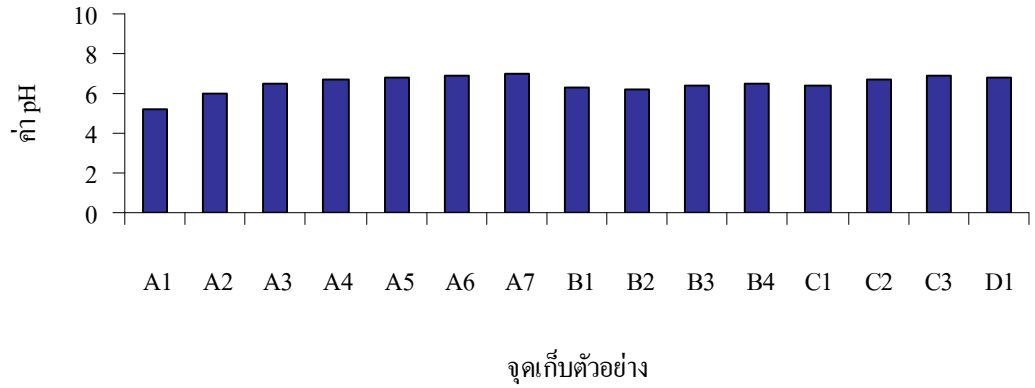
ภาพที่ 10 ค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนเปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551



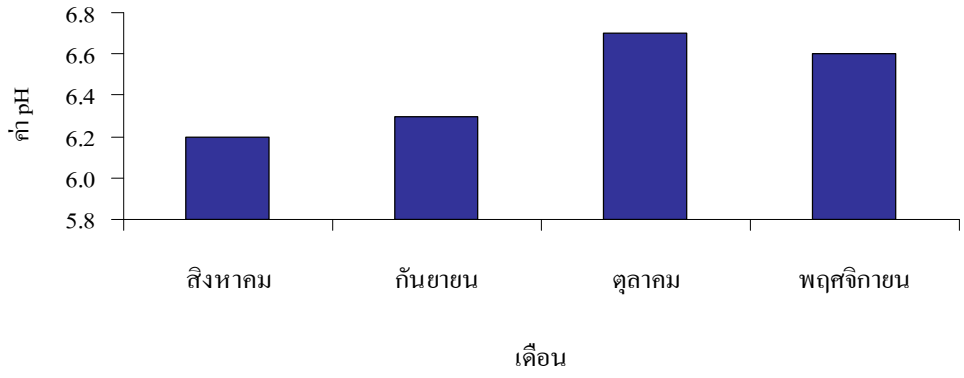
ภาพที่ 11 ค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนเปรียบเทียบเป็นรายเดือนของเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

จากค่า pH ที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างดินตะกอน (ตารางที่ 3) ค่า pH ของดินตะกอนในเดือน สิงหาคม กันยายน ตุลาคม และพฤศจิกายน ได้ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.20 - 6.70 ซึ่งมีค่าเป็นกรดอ่อน จากการศึกษาของ Oliveira *et al.* (2001) ได้รายงานว่า ดินที่มีค่า pH ต่ำหรือมีค่าความเป็นกรดมาก จะสามารถดูดซับอาทราซีน ในดินได้ดีกว่าดินที่มีค่า pH สูงหรือมีค่าความเป็นเบสสูง ประกอบกับการศึกษาของ สุชาดา (2548)และBeck and Jones (1996) ได้รายงานว่า ดินที่มีสภาพ

ความเป็นเบสมาก มีความสามารถในการจะดูดซับอาทราซีนได้น้อยจากผลตรวจวิเคราะห์การตกค้างของ อาทราซีนในดินตะกอนมีค่าที่ต่ำ และต่ำกว่าค่ามาตรฐานแต่ยังตรวจพบการตกค้างอยู่ อาจเนื่องมาจากดินตะกอนยังมีค่าความเป็นกรดที่ต่ำ จึงมีการพบการตกค้างของอาทราซีน ในดินตะกอนอยู่ เพราะดินตะกอนยังมีความสามารถในการดูดซับอาทราซีนไว้ได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะหลายปัจจัยในสิ่งแวดล้อมดังได้กล่าวมาแล้ว จากภาพที่ 12 และ 13 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์ที่เปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและเป็นรายเดือน ข้อมูลที่ได้ในแต่ละเดือนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ

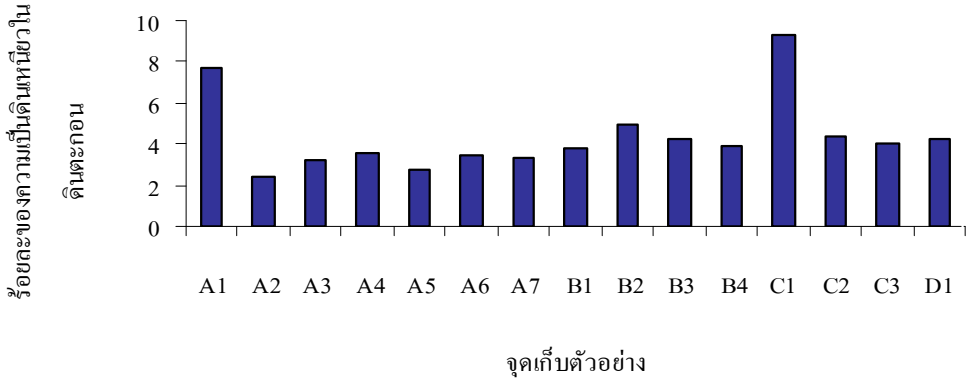


ภาพที่ 12 ค่าเฉลี่ย pH ในดินตะกอนเปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ของเดือนสิงหาคม- พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

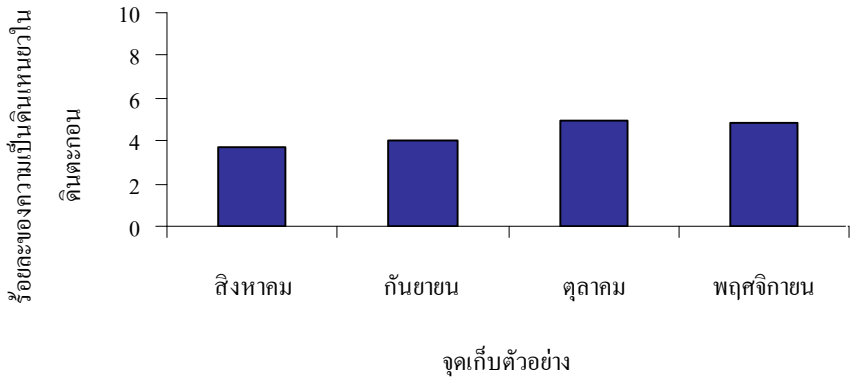


ภาพที่ 13 ค่าเฉลี่ย pH ในดินตะกอนเปรียบเทียบเป็นรายเดือนของเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

จากการวิเคราะห์หาร้อยละของปริมาณดินเหนียวในดินตะกอน จากตารางที่ 3 ได้ค่าเฉลี่ยของเดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม และ พฤศจิกายน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง ร้อยละ 3.20-4.93 ซึ่งเป็นค่าที่มีปริมาณของดินเหนียวน้อย และจากลักษณะของดินตะกอนบริเวณลุ่มน้ำห้วยกะโปะมีลักษณะเป็นดินทราย จากการศึกษาของพัฒนเดช (2529) รายงานว่า ดินที่มีอนุภาคของดินเหนียวเป็นส่วนประกอบอยู่ร้อยละ 30-80 จะมีความสามารถในการดูดซับอาทราซีน ไว้ได้เกือบทั้งหมด ดังนั้น การดูดซับอาทราซีนของดินตะกอนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะจึงเกิดขึ้นได้น้อย(Wild, 1993) เนื่องจากคุณสมบัติของดินตะกอนที่มีปริมาณของดินเหนียวต่ำ ถึงแม้ว่าจะมีการสำรวจพบว่ามีการใช้สารกำจัดวัชพืชอาทราซีนเป็นจำนวนมาก การตกค้างของอาทราซีนที่ตรวจพบนั้นยังอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด จากร้อยละของปริมาณดินเหนียวในดินตะกอนในแต่ละเดือนและแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง เมื่อนำมาเปรียบเทียบได้ดังภาพที่ 14 และ 15 ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ

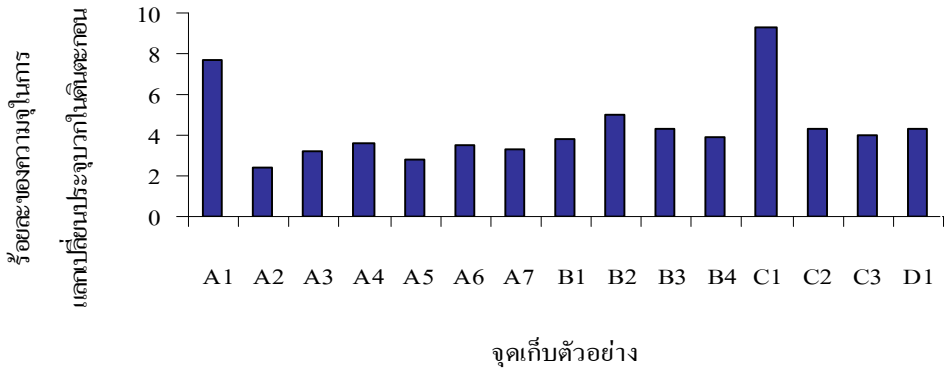


ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณอนุภาคดินเหนียวในดินตะกอน เปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

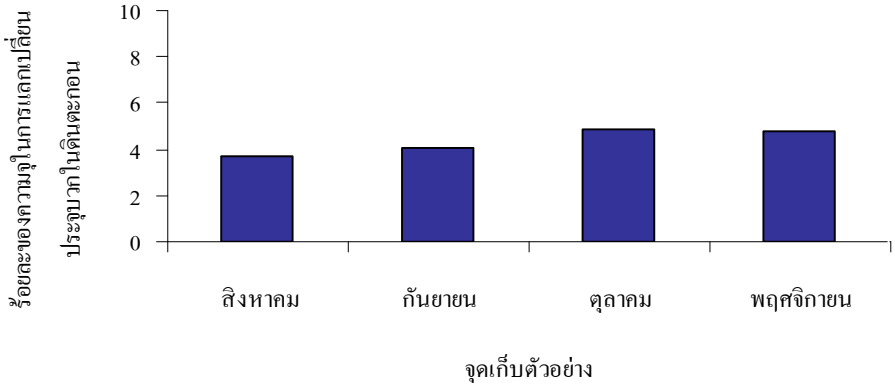


ภาพที่ 15 ค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณอนุภาคดินเหนียวในดินตะกอน เปรียบเทียบเป็นรายเดือน ของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

จากผลการศึกษาค่าร้อยละความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินตะกอน(ตารางที่3) มีค่าเฉลี่ยของเดือน สิงหาคม กันยายน ตุลาคม และ พฤศจิกายน อยู่ในช่วงร้อยละ 3.66-4.90 Cmol/kg ซึ่งจะมีผลต่อการแลกเปลี่ยนประจุของอาทราซีนบริเวณผิวหน้าของดินตะกอนทำให้มีการดูดซับอาทราซีนเอาไว้ ถ้าค่าที่ได้มีปริมาณที่มากก็จะทำให้มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุได้ดีและดูดซับอาทราซีนได้ดี(สุชาดา, 2548; Wild, 1993) ส่วนค่าความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินตะกอนที่ได้ถือว่าเป็นค่าที่ต่ำจากค่าที่ได้ในแต่ละเดือนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติและเมื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาเปรียบเทียบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและเป็นรายเดือน ได้ดังภาพที่ 16 และ17

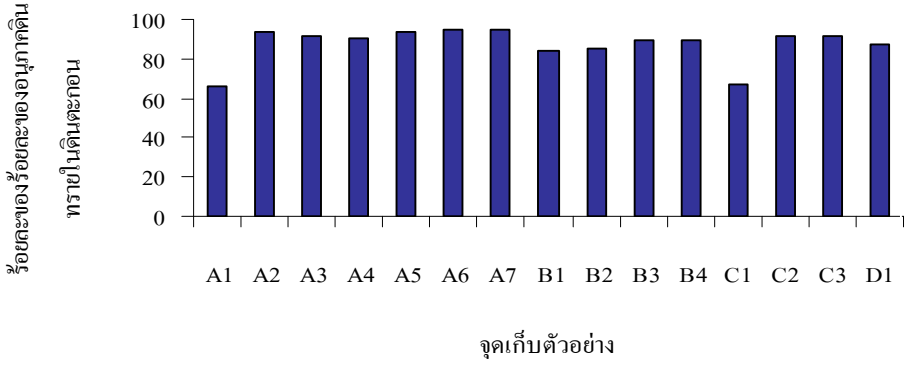


ภาพที่ 16 ค่าเฉลี่ยร้อยละความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินตะกอนเปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของ เดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

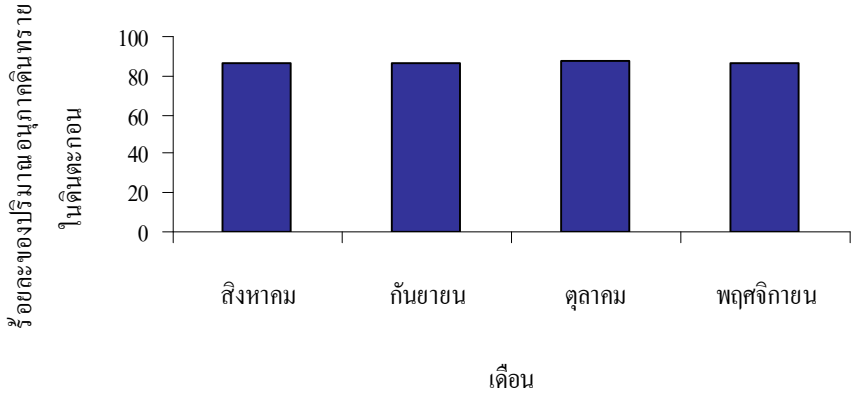


ภาพที่ 17 ค่าเฉลี่ยร้อยละความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินตะกอนเปรียบเทียบเป็นรายเดือนของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

จากผลการศึกษาร้อยละของอนุภาคดินทรายในดินตะกอน(ตารางที่3) มีค่าเฉลี่ยของเดือน สิงหาคม กันยายน ตุลาคม และพฤศจิกายน อยู่ในช่วง ร้อยละ 87-88 จากผลการศึกษาแสดงว่าดินตะกอนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะมีสภาพเป็นดินทรายที่สูงจึงทำให้มีผลต่อความสามารถในการดูดซับอาทราซีน ได้น้อยเนื่องจากดินทรายเป็นดินที่เกาะตัวกันไม่แน่น ระบายน้ำและอากาศได้ดีมากอุ้มน้ำได้น้อยพังทลายง่ายมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำความสามารถในการจับยึดธาตุอาหารมีอยู่น้อยมากและการดูดซับอาทราซีนก็น้อยเช่นกัน จากผลการศึกษาค่าร้อยละของอนุภาคดินทรายในดินตะกอนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะของเดือน สิงหาคม กันยายน ตุลาคม และ พฤศจิกายน นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ และค่าที่ได้นำมาเปรียบเทียบกันในรายจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุดและเป็นรายเดือนดังแสดงในภาพที่ 18 และ 19

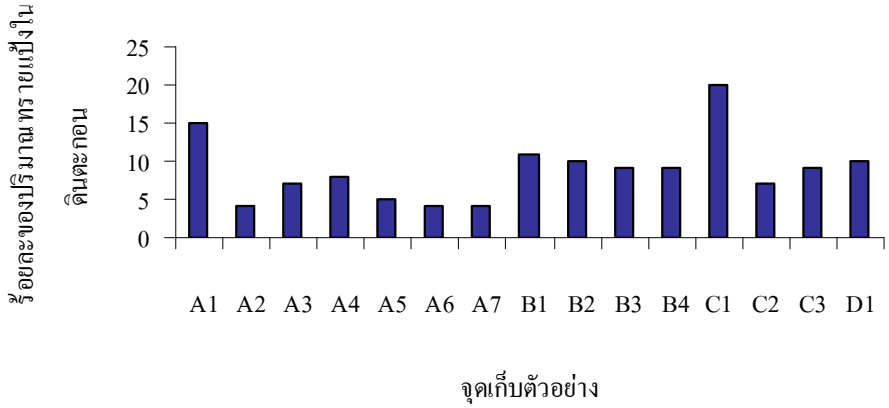


ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ยร้อยละของอนุภาคดินทรายในดินตะกอนเปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของ เดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

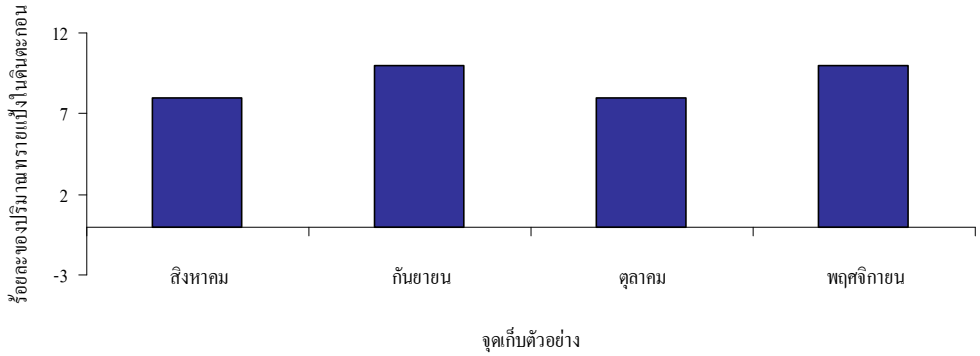


ภาพที่ 19 ค่าเฉลี่ยร้อยละของอนุภาคดินทรายในดินตะกอนเปรียบเทียบเป็นรายเดือนของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

จากการตรวจวิเคราะห์ร้อยละของอนุภาคทรายแป้งในดินตะกอนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะของเดือน สิงหาคม กันยายน ตุลาคม และ พฤศจิกายน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 8-10 (ตารางที่ 3) จากการตรวจวิเคราะห์ที่ได้เป็นค่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วตะกอนในเขตพื้นที่จะเป็นดินทรายมากกว่า ส่วนคุณสมบัติของตะกอนทรายแป้งนั้น มีความเหนียวเล็กน้อย และยึดติดกับอนุภาคอื่นได้เล็กน้อย ความสามารถในการดูดซับอาทราซีนก็อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำเนื่องจากมีการเกาะตัวกันไม่แน่นมีคุณสมบัติเหมือนกับดินทราย ค่าที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ และได้มีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนดังภาพที่ 20 และ 21

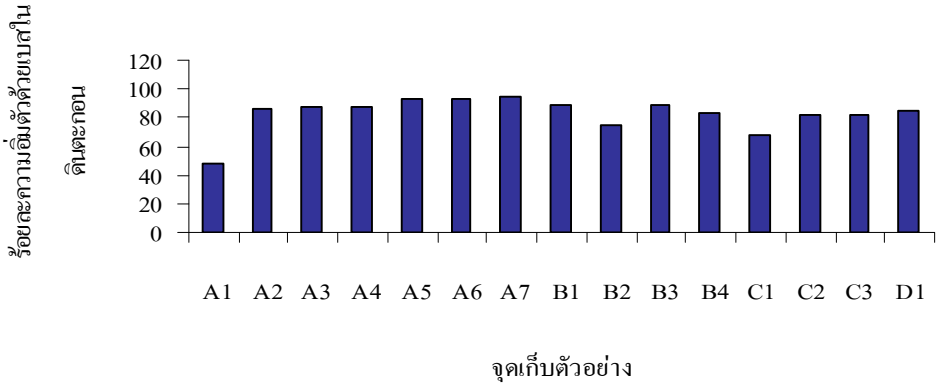


ภาพที่ 20 ค่าเฉลี่ย ร้อยละของอนุภาคดินทรายในดินตะกอนเปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของ เดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

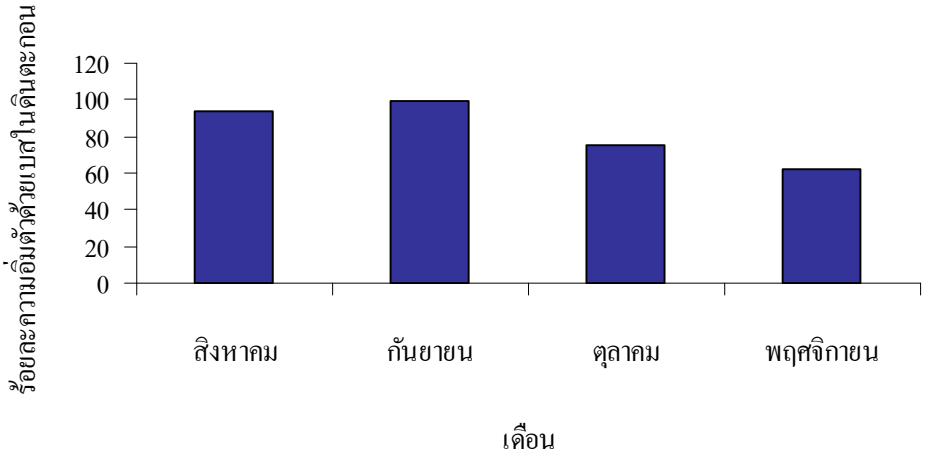


ภาพที่ 21 ค่าเฉลี่ยร้อยละของอนุภาคทรายแป้งในดินตะกอนเปรียบเทียบเป็นรายเดือน ของ เดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

จากผลการศึกษาร้อยละของความอิ่มตัวด้วยเบสของดินตะกอน (ตารางที่ 3) ได้ค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วงร้อยละ 62.02-99.50 และค่าที่วิเคราะห์ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติซึ่งดินตะกอนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะที่มีสภาพความอิ่มตัวด้วยเบสที่สูงนั้นจากการศึกษาของสุชาดา(2548) และOliveira *et al*. (2001) รายงานว่า ดินที่มีสภาพความเป็นกรดสูงจะดูดซับอาทราซีน ได้ดีกว่าดินที่มีสภาพความเป็นกรดที่ต่ำหรือมีสภาพความเป็นเบสที่สูง ดังนั้นดินตะกอนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะที่มีสภาพความอิ่มตัวด้วยเบสที่สูงจึงมีส่วนทำให้ความสามารถในการดูดซับอาทราซีนได้น้อยลงแต่ทั้งนี้ความสามารถในการดูดซับอาทราซีนก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยในสิ่งแวดล้อมหลายอย่างดังได้กล่าวมาแล้วเมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบเป็นรายเดือนและแต่ละจุดเก็บตัวอย่างได้ดังภาพที่ 22 และ 23



ภาพที่ 22 ค่าเฉลี่ยร้อยละของความอิ่มตัวด้วยเบสในดินตะกอนเปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ของ เดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

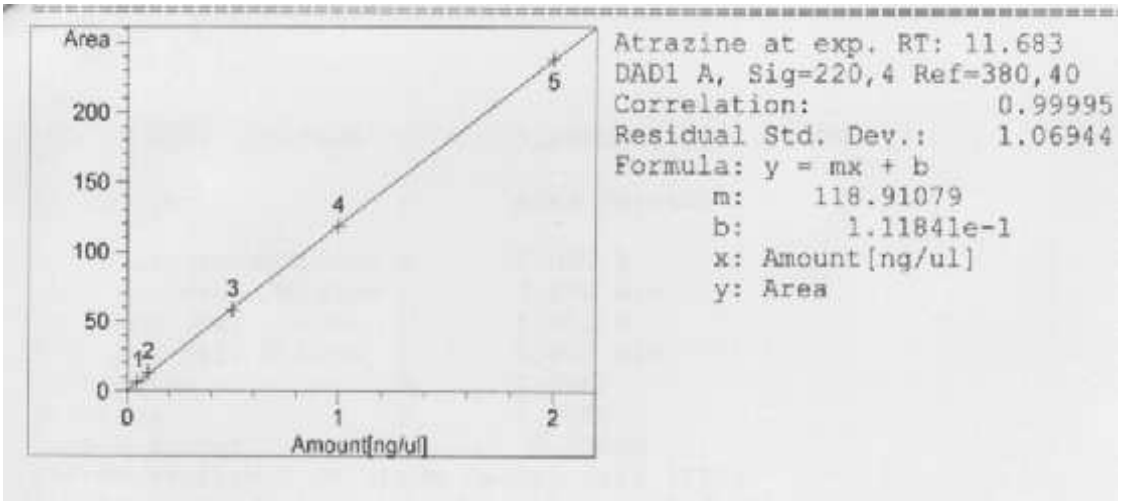


ภาพที่ 23 ค่าเฉลี่ยร้อยละของความอิ่มตัวด้วยเบสในดินตะกอนเปรียบเทียบเป็นรายเดือนของเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

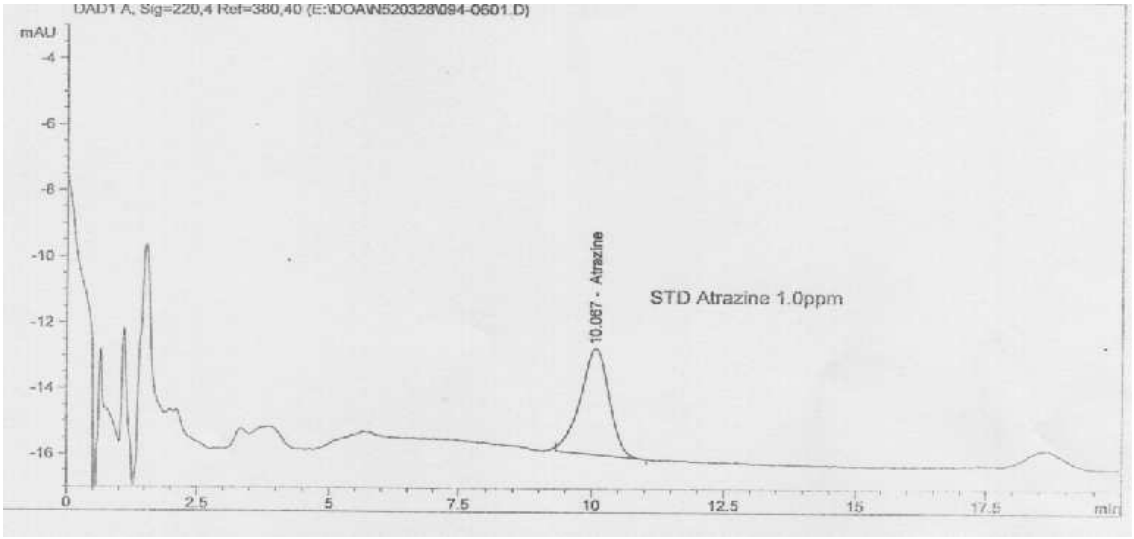
ตารางที่ 3 คุณภาพดินตะกอนเฉลี่ยบริเวณลุ่มน้ำห้วยกะโปะ พ.ศ. 2551

คุณภาพดินตะกอนที่ตรวจวิเคราะห์	ผลการตรวจวิเคราะห์			
	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
1.อินทรียวัตถุ (%)	0.47	0.41	0.46	0.44
2.อนุภาคดินเหนียว(%)	4.93	3.20	4.40	3.60
3.pH	6.20	6.30	6.70	6.60
4.ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cmol/kg)	3.66	4.01	4.90	4.80
5.อนุภาคดินทราย (%)	87.00	87.00	88.00	87.00
6.อนุภาคทรายแป้ง(%)	8.00	10.00	8.00	10.0
7.ความอิ่มตัวด้วยเบส(%)	93.58	99.50	75.71	62.02

ผลการเตรียมกราฟมาตรฐาน

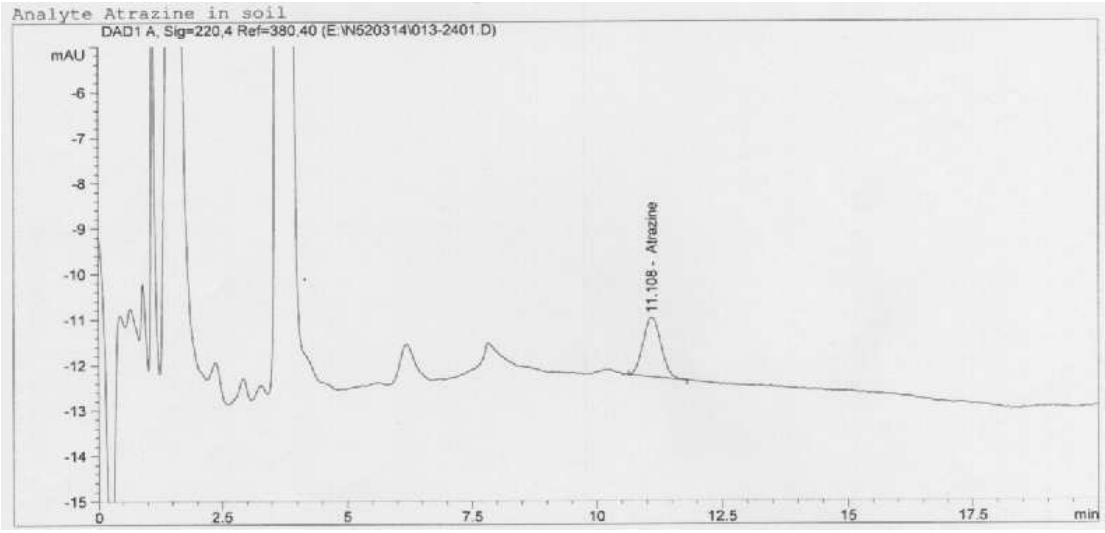


ภาพที่ 24 กราฟมาตรฐานของอาทราซีนที่ใช้ในดินตะกอน



ภาพที่ 25 โครมาโทแกรมของสารมาตรฐานอาทราซีนที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/ลิตร

เมื่อนำสารละลายตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC แล้วเทียบค่ากราฟมาตรฐานที่ได้ดังภาพที่ 24.จะได้โครมาโทแกรมดังภาพที่ 26



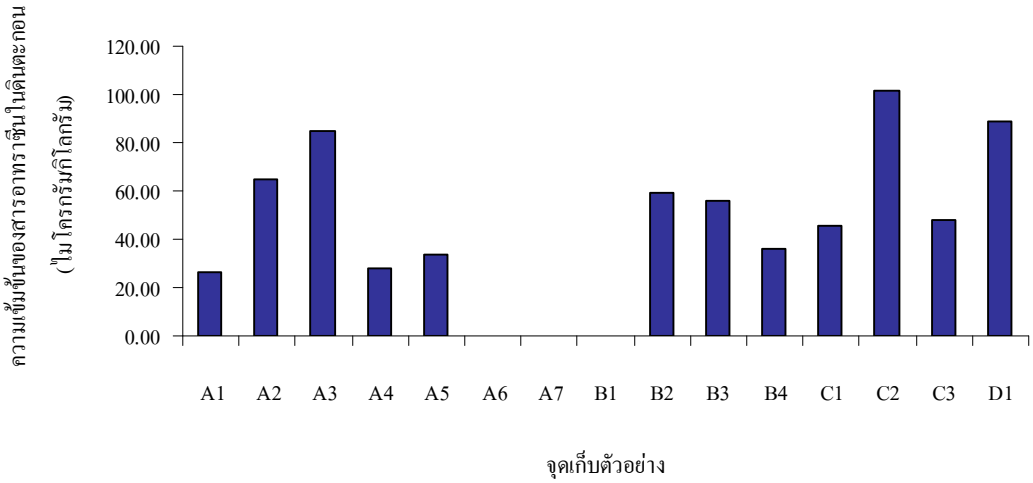
ภาพที่ 26 โครมาโทแกรมของอาทราซีนในสารละลายตัวอย่างดินตะกอน

ผลการวิเคราะห์อาทราซีนในดินตะกอนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ

การศึกษาหาความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะจำนวน 15 จุดเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูน้ำมากและฤดูน้ำน้อยระหว่างช่วงเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน รวมจำนวนตัวอย่าง 60 ตัวอย่าง ในการวิเคราะห์ 3 ซ้ำรวมทั้งหมด 180 ตัวอย่าง จากผล การศึกษา พบว่า มีอาทราซีนตกค้างในดินตะกอนจำนวน 129 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 71.7

จากผลการศึกษาการตกค้างของอาทราซีนใน เดือนสิงหาคม มีปริมาณความเข้มข้นของสารตกค้างอาทราซีนในดินตะกอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 44.9 ไมโครกรัม/กิโลกรัม มีความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 101.4 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ดังแสดงรายละเอียดในการเปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่างในภาพที่ 27 ซึ่งเป็นเดือนที่มีสารตกค้างอาทราซีนในดินตะกอนมากกว่าเดือน กันยายน ตุลาคม และพฤศจิกายน เนื่องจากเดือนสิงหาคมเป็นช่วงต้นฤดูฝนเกิดการชะล้างหน้าดินมากที่สุดในเดือนนี้ และยังเป็นช่วงที่เกษตรกรส่วนใหญ่เตรียมดินมีการไถพรวน เพื่อทำการเกษตรและมีการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชอาทราซีนมากในช่วงนี้เมื่อมีฝนตกเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินเกิดการชะหน้าดินที่พังทลายได้ง่ายเกิดการพัดพาตะกอนลงสู่แหล่งน้ำเป็นตะกอนแขวนลอยและตกลงสู่พื้นท้องน้ำ(สนทยา, 2551)ทำให้อาทราซีนที่ยึดเกาะกับดินตะกอนที่ตกลงสู่พื้นท้องน้ำในช่วงต้นฤดูฝนมีความเข้มข้นที่สูง ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ ศรินทิพย์(2525) ที่รายงานว่า วัตถุมีพิษที่ถูกดูดซับเอาไว้กับดินชั้นบนจะลงสู่แหล่งน้ำได้เมื่อดินถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝน หรือมีน้ำไหลบ่าหน้าดินมีการชะอนุภาคของดินที่ถูกดูดซับสารพิษไว้ ลงสู่แหล่งน้ำในรูปของสารแขวนลอยและในที่สุดจะ

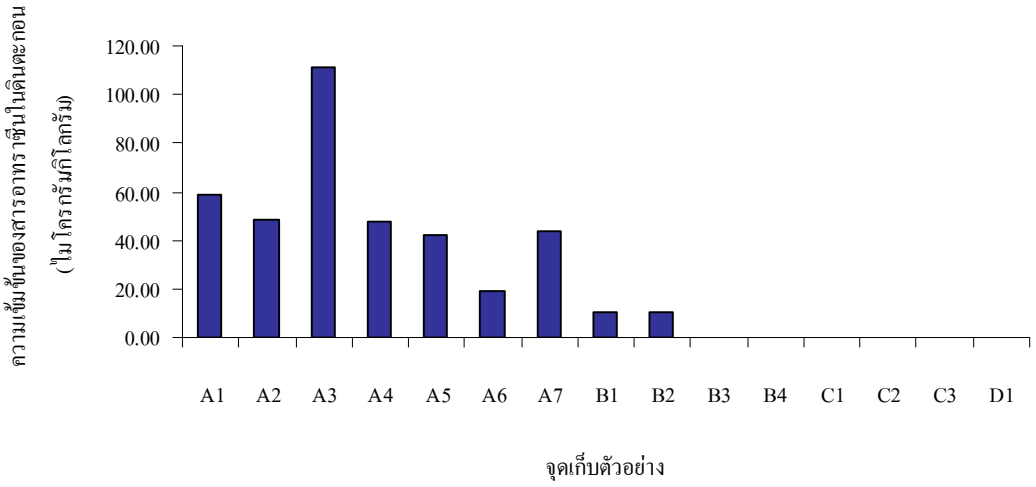
ตกตะกอนลงสู่พื้นท้องน้ำ การชะล้างหน้าดินอย่างรวดเร็วของกระแสน้ำและความเร็วของกระแสน้ำ จะมีผลต่อการตกตะกอนโดยความเร็วจะเป็นตัวกำหนดเวลาที่ต่างกันในการตกตะกอนของตะกอนขนาดใหญ่และขนาดเล็ก (Mclusky, 1974; สนทยา, 2551) รวมทั้งพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรที่เมื่อใช้น้ำในแหล่งน้ำในการผสมอาทราซีน การชะล้างอุปกรณ์ในการฉีดพ่นอาทราซีนลงสู่แหล่งน้ำ การทิ้งเศษที่บรรจุอาทราซีนไว้บริเวณใกล้กับแหล่งน้ำ เมื่อมีฝนตกก็จะเกิดการชะล้างและชะตะกอนที่ปนเปื้อนอาทราซีนลงสู่แหล่งน้ำในช่วงเดือนสิงหาคมในปริมาณที่มาก การตรวจสอบการปนเปื้อนของอาทราซีนในดินตะกอนของเดือนสิงหาคมจึงมากว่าเดือน กันยายน ตุลาคม และพฤศจิกายน ที่มีการเก็บตัวอย่างมาตรวจสอบ แต่อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของอาทราซีนในดินตะกอนยัง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 25 พ.ศ.2547 ออกตามในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 เรื่องมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม กำหนดให้มีอาทราซีนไม่เกิน 22 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)



ภาพที่ 27 ความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551

จากผลการศึกษาสารตกค้างอาทราซีนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะในเดือนกันยายน มีปริมาณความเข้มข้นของสารตกค้างอาทราซีนในดินตะกอนเฉลี่ยเท่ากับ 26.0 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 111.6 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ในเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำท่ามากที่สุด จากลักษณะของแหล่งน้ำเป็นลำธารน้ำตก น้ำไหลเร็ว มีความกว้างและ

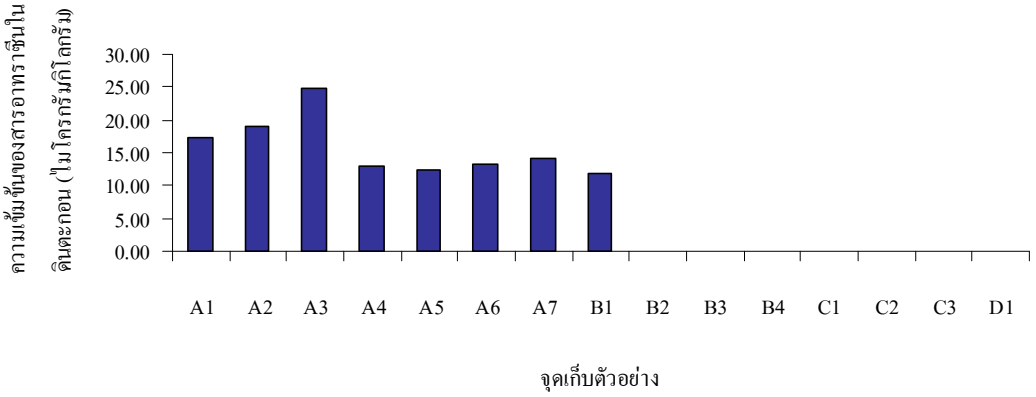
ความชันสูง ดังนั้นเมื่อมีปริมาณน้ำท่ามาก การไหลของน้ำเร็ว จึงเกิดการพัดพาตะกอนที่อยู่พื้นท้องน้ำและตะกอนแขวนลอยไปอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ความเข้มข้นของอาทราซีนในดินตะกอนของเดือนกันยายนมีความเข้มข้นลดลง (ดังภาพที่ 13) ประกอบกับดินตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะเป็นดินร่วนปนทราย มีปริมาณของดินเหนียวน้อยจึงดูดซับวัตถุมีพิษได้ไม่คงทน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของศรินทิพย์ (2525) ที่รายงานว่า ระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนพฤศจิกายน ความเข้มข้นของอาทราซีนในดินตะกอนจะลดลง เนื่องจากน้ำในลำธารของเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน มีปริมาณที่สูงขึ้นมาก อาจจะมีการชะสารที่ดินตะกอนดูดซับไว้ออกไปได้มาก จึงทำให้ตรวจพบอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนได้น้อย และยังสอดคล้องการการศึกษาของวิภา (2542) ที่กล่าวเอาไว้ว่า ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายนมีการตรวจพบสารพิษตกค้างในน้ำและดินตะกอนที่ความเข้มข้นต่ำมากหรือเกือบจะตรวจไม่พบสารตกค้างเลย เนื่องจากมีความเร็วของกระแสน้ำไหลพัดพาเอาสารพิษออกไปกับกระแสน้ำ รวมทั้งกระแสน้ำได้ชะล้างสารพิษในตะกอนออกไปด้วยจึงทำให้ตรวจพบสารพิษในปริมาณที่ต่ำมาก และความเข้มข้นในเดือนกันยายนได้นำมาเปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่างดังรายละเอียดในภาพที่ 28



ภาพที่ 28 ความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของเดือนกันยายน พ.ศ. 2551

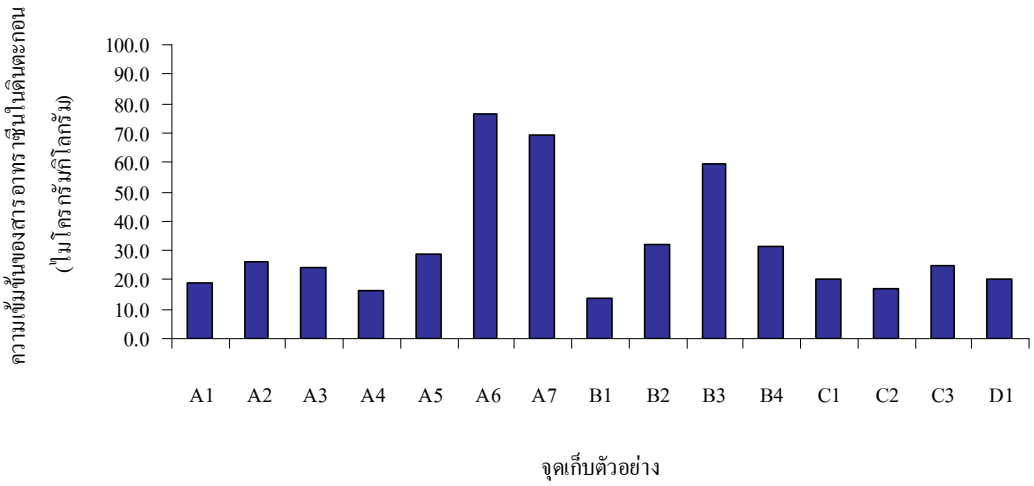
จากการศึกษาสารตกค้างอาทราซีนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะในเดือนตุลาคม มีปริมาณความเข้มข้นของสารตกค้างอาทราซีนในดินตะกอนเฉลี่ยเท่ากับ 4.4 ไมโครกรัม/กิโลกรัม มีค่าความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 24.7 ไมโครกรัม/กิโลกรัม จากผลการตรวจวิเคราะห์ในเดือนตุลาคมได้แสดงการเปรียบเทียบดังรายละเอียดในภาพที่ 29 ซึ่งในเดือนตุลาคม เป็นช่วงกลางฤดูฝน

ปริมาณน้ำท่ายังมีปริมาณที่มากอยู่ กระแสน้ำได้พัดพาตะกอนและอาทราซีนที่ยึดเกาะกับอนุภาคของตะกอนไปกับกระแสน้ำที่ไหลเร็ว และแรง จึงส่งผลให้ในช่วงเดือนตุลาคม ตรวจพบปริมาณความเข้มข้นของอาทราซีนตกค้างในตะกอนได้น้อย ประกอบกับในเดือนตุลาคมเป็นช่วงที่ข้าวโพดใกล้จะเก็บผลผลิต ซึ่งเกษตรกรจะใช้ปุ๋ยในการบำรุงข้าวโพดในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว ส่งผลให้การใช้อาทราซีนในการฉีดพ่นเพื่อกำจัดศัตรูพืชในช่วงนี้น้อยกว่าเดือนสิงหาคม และพฤศจิกายน ซึ่งจะสอดคล้องกับการศึกษาของ สุพัตรา (2548) ที่รายงานว่า เมื่อจำนวนวันหลังการปลูกผ่านไปอาทราซีนในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลง หมายความว่า เมื่อฉีดพ่นอาทราซีน แล้วอาทราซีนจะถูกดูดซับอยู่กับดิน เมื่อฝนตกหนักเกินที่ดินจะซึมซับน้ำได้ทั้งหมด อิทธิพลของน้ำไหลบ่าหน้าดินก็จะชะล้างและพัดพาอาทราซีนที่ยึดเกาะอยู่กับตะกอนลงสู่แหล่งน้ำ โดยอิทธิพลของน้ำฝนที่ตกแต่ละครั้งตามมา และเมื่อหลังการฉีดอาทราซีนผ่านพ่นไป จึงทำให้ปริมาณอาทราซีนในดินตะกอนลดลง ซึ่งช่วงเดือนสิงหาคมเป็นช่วงที่มีการฉีดพ่นอาทราซีนในปริมาณมาก และความเข้มข้นของการตกค้างในดินตะกอนก็จะต่ำลงในช่วงของเดือนกันยายน และในช่วงของเดือนตุลาคมก็จะมีความเข้มข้นที่ต่ำลงอีก ตามระยะเวลาของการฉีดพ่น ดังนั้นความเข้มข้นของอาทราซีนในช่วงเดือนตุลาคมต่ำกว่าเดือนกันยายนและสิงหาคมแต่ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยในสิ่งแวดล้อมอีกหลายปัจจัยที่อาจมีส่วนทำให้ความเข้มข้นของอาทราซีนมีความเข้มข้นที่ต่ำในช่วงเดือนตุลาคม เช่น ลักษณะของดินตะกอนที่เป็นดินทรายทำให้การดูดซับสารไม่คงทน การเปลี่ยนรูปเป็นสารตัวอื่น การสลายตัวในสิ่งแวดล้อม และการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆในดินตะกอน เป็นต้น



ภาพที่ 29 แสดงกราฟเปรียบเทียบความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของเดือนตุลาคม พ.ศ. 2551

จากการศึกษาการตกค้างของอาทราซีนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะในเดือน พฤศจิกายน ปริมาณความเข้มข้นของอาทราซีนในดินตะกอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.3 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และค่าความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 76.9 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และจากผลการศึกษาในเดือนพฤศจิกายน ได้มีการเปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บตัวอย่างดังรายละเอียดในภาพที่ 30ในช่วง เดือนพฤศจิกายนเป็นฤดูปลายฝนต้นหนาวปริมาณของน้ำท่า และปริมาณน้ำฝนที่น้อยกว่าทุกเดือนที่มีการเก็บตัวอย่าง ความเข้มข้นของอาทราซีนในดินตะกอนที่ตรวจพบมีความเข้มข้นที่มากขึ้นเป็นอันดับสองรองจากเดือนสิงหาคม เนื่องจากเป็นช่วงที่เกษตรกรบางส่วน มีการไถพรวนเพื่อเตรียมดิน และทำการเพาะปลูกข้าวโพดในรอบใหม่อีกครั้ง แต่ในช่วง เดือนพฤศจิกายนนี้การชะหน้าดิน ไม่มากนัก เนื่องจากปริมาณน้ำฝนน้อย มีหมอกจัดแต่ยังเกิดการชะของหน้าดินบ้าง แต่อาจไม่มากเท่ากับเดือนสิงหาคม จึงทำให้ปริมาณความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตรวจพบมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากแต่มีปริมาณความเข้มข้นที่น้อยกว่าเดือนสิงหาคม เนื่องจากเกิดการชะล้างหน้าดินที่น้อยกว่า ประกอบกับกิจกรรมของเกษตรกรที่มีการฉีดสารควบคุมและกำจัดวัชพืช และพฤติกรรมการล้างอุปกรณ์การฉีดพ่นทำให้เกิดการชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ รวมทั้งการทิ้งเศษบรรจุภัณฑ์ของอาทราซีนในการฉีดพ่นลงสู่แหล่งน้ำและใกล้กับแหล่งน้ำ ทำให้เกิดการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำและดินตะกอน และการฉีดพ่นอาทราซีนทำให้เกิดการแพร่กระจายในอากาศและถูกชะลงสู่แหล่งน้ำและถูกดูดซับโดยดินตะกอนในแหล่งน้ำ โดยหมอกและฝนที่ตกมาเพียงเล็กน้อยแต่ยังทำให้เกิดการชะล้างในอากาศได้การพัดพาโดยลม สู่แหล่งน้ำในขณะที่มีการฉีดพ่น และอาทราซีนที่ละลายในน้ำบางส่วนถูกดูดซับกับตะกอนแขวนลอยในน้ำ บางส่วนก็จะตกลงสู่พื้นท้องน้ำเป็นดินตะกอน เนื่องจากปริมาณน้ำท่าที่น้อยและอัตราการไหลที่ช้าลงกว่าช่วงเดือน กันยายนและเดือนตุลาคม จึงทำให้ความเข้มข้นของอาทราซีนในดินตะกอนนั้นเพิ่มสูงขึ้นเป็นอันดับที่สองรองจากเดือนสิงหาคม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ วิภา(2542) ที่กล่าวไว้ว่าเมื่อเข้าสู่ฤดูน้ำหลาก ในเดือน สิงหาคม ถึง ตุลาคม เป็นช่วงที่เกิดการชะล้างสารพิษที่สะสมในแหล่งน้ำและดินตะกอนโดยการพัดพาของกระแสน้ำออกไป ภายหลังจากช่วงน้ำลด ในเดือนพฤศจิกายน เกษตรกรจะกลับฟื้นพื้นที่เพื่อเริ่มต้นการเพาะปลูกต่อไป การสะสมของสารพิษในแหล่งเพาะปลูกและบริเวณใกล้เคียงก็จะกลับมาเพิ่มมากขึ้นทั้งในน้ำและดินตะกอน ในช่วงของ เดือนพฤศจิกายน



ภาพที่ 30 แสดงกราฟเปรียบเทียบความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2551

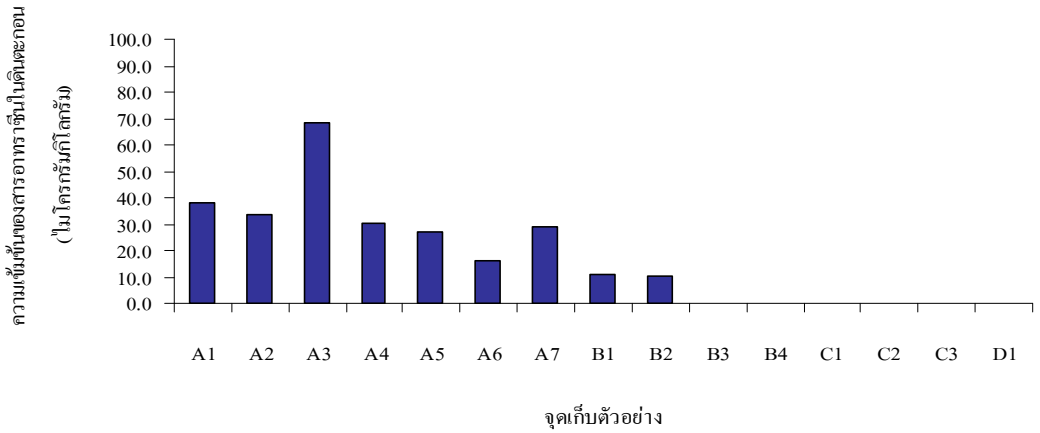
ตารางที่ 4 ความเข้มข้นเฉลี่ยของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนในเขตพื้นที่ ลุ่มน้ำห้วยกะโปะของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	อาทราซีนในดินตะกอน (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)			
	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
A1	26.4	58.5	17.2	18.7
A2	64.4	48.7	19.0	26.2
A3	84.6	111.6	24.7	23.9
A4	28.0	47.38	13.1	16.2
A5	33.9	42.1	12.4	28.9
A6	ND	19.38	13.3	76.6
A7	ND	43.38	14.1	69.5
B1	ND	10.0	11.7	13.7
B2	59.3	10.0	ND	32.2
B3	56.4	ND	ND	59.8
B4	36.0	ND	ND	31.4
C1	45.6	ND	ND	20.3
C2	101.4	ND	ND	17.2
C3	48.0	ND	ND	24.7
D1	89.1	ND	ND	20.0
สูงสุด	101.4	111.6	24.7	76.9
ต่ำสุด	ND	ND	ND	ND
เฉลี่ย	44.9	26.0	8.4	30.8
±SD	24.8	31.3	4.4	21.3

*ND คือ Nondetectable

ช่วงของฤดูน้ำท่ามาก (เดือนกันยายนและเดือนตุลาคม 2551) มีความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนมีค่าอยู่ระหว่าง 10.0-68.2 ไมโครกรัม/กิโลกรัม โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยของเดือนกันยายนและเดือนตุลาคม เท่ากับ 29.6 ไมโครกรัม/กิโลกรัม จากผลที่ทำการวิเคราะห์ได้เมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างดังแสดงในภาพที่ 31

ช่วงฤดูของน้ำท่ามากนี้เป็นช่วงกลางของฤดูการปลูกข้าวโพด การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชเริ่มน้อยลง แต่ยังอยู่ในช่วงของฤดูฝนและทำให้เกิดการไหลบ่าของน้ำเกิดการชะล้างหน้าดินและมีการพัดพาอาทราซีนที่ติดกับตะกอน ลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้ตะกอนลงสู่พื้นท้องน้ำ แต่พบว่าช่วงฤดูนี้ตรวจพบอาทราซีนที่มีความเข้มข้นน้อย เนื่องจากปริมาณของน้ำในลำธารมีมาก น้ำไหลแรงและเร็ว มีความชันของลำธารที่สูง อาทราซีนที่ติดอยู่กับตะกอนแขวนลอยที่ถูกชะล้างหน้าดินลงมาไหลไปกับกระแสน้ำที่ไหลเร็วและแรงลงสู่แหล่งน้ำสายหลักต่อไป ซึ่งจะสอดคล้องกับ การศึกษาของ วิภา(542) ที่กล่าวไว้ว่า เนื่องจากความเร็วของกระแสน้ำได้ไหลพัดเอาสารพิษตกค้างในน้ำและดินตะกอนรวมทั้งตะกอนแขวนลอยในน้ำออกไปจากบริเวณปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืช ในช่วงฤดูน้ำหลากจึงไม่สามารถตรวจพบอาทราซีนในช่วงฤดูนี้ ประกอบกับ การศึกษาของ สุพัตรา (2548) ที่กล่าวไว้ว่า ในช่วงกลางฤดูฝนและปลายฤดูฝน จะตรวจพบความเข้มข้นของอาทราซีนในน้ำท่าและดินตะกอนต่ำกว่าช่วงต้นฤดูฝน เนื่องจากอาทราซีนได้เคลื่อนที่สู่ชั้นดินที่ลึกกว่า และอาทราซีนที่ถูกดูดซับกับหน้าดินก็จะถูกชะลงสู่แหล่งน้ำไปตั้งแต่ต้นฤดูฝน ดังนั้นความเข้มข้นที่ตรวจพบจึงมีแนวโน้มลดลง ความเข้มข้นของอาทราซีนที่สะสมในดินตะกอนจึงลดลงตามไปด้วย เนื่องจากดินตะกอนที่ถูกชะหน้าดินลงมาในช่วงนี้มีความเข้มข้นของอาทราซีนที่ต่ำ



ภาพที่ 31 ความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนแต่ละจุดเก็บ ตัวอย่างของช่วงเดือนที่มีน้ำท่ามาก พ.ศ. 2551

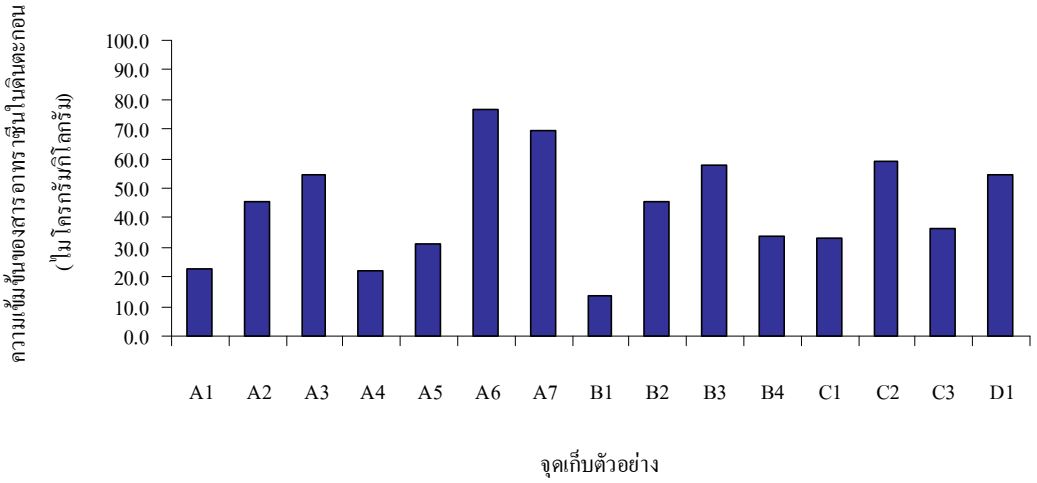
ในช่วงฤดูที่มีน้ำท่าน้อย (เดือนสิงหาคมและ เดือนพฤศจิกายน 2551) มีความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนมีค่าอยู่ระหว่าง 22.1-76.6 ไมโครกรัม/กิโลกรัม โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยของเดือน สิงหาคมและ เดือนพฤศจิกายน เท่ากับ 43.7 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นในช่วงฤดูที่มีน้ำท่าน้อยและน้ำท่ามากแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความแตกต่างของความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนของช่วงฤดูที่มีน้ำท่าน้อยและช่วงฤดูที่มีน้ำท่ามาก พ.ศ.2551

ตัวอย่างดินตะกอน	ค่าเฉลี่ย (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(±SD)
ช่วงน้ำท่าน้อย	43.7	18.2
ช่วงน้ำท่ามาก	29.6	19.9

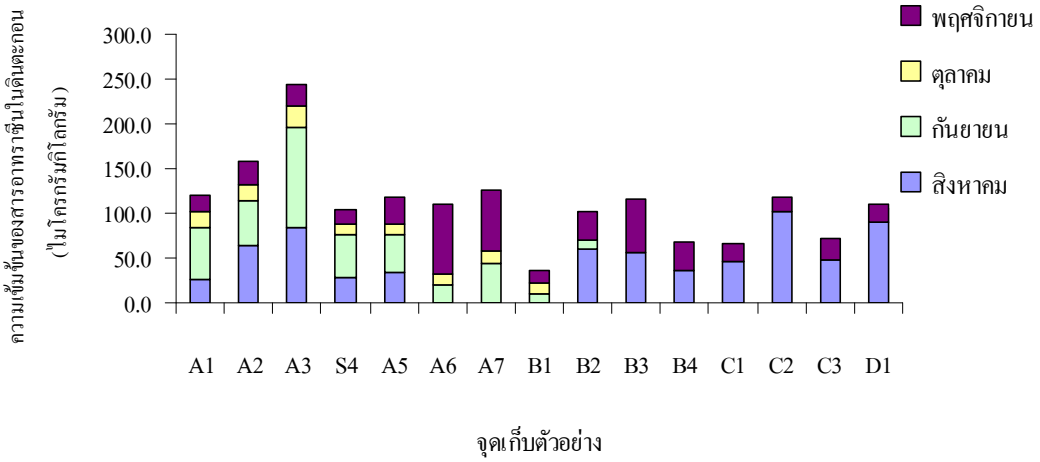
ในเดือนสิงหาคมและ เดือนพฤศจิกายนเป็นเดือนที่ตรวจพบปริมาณสารตกค้างของอาทราซีนมาก ดังตารางที่ 5 เนื่องจากเป็นเดือนที่เกษตรกรมีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชมาก ซึ่งในเดือนสิงหาคมเป็นช่วงแรกของการเพาะปลูกข้าวโพดส่วนเดือนพฤศจิกายนนั้นเป็นช่วงแรกของการเพาะปลูกในรอบที่สองของปีและได้มีการใช้อาทราซีนในการควบคุมและกำจัดศัตรูพืชก่อนงอกและหลังงอก จึงทำให้มีการตกค้างของอาทราซีนในสิ่งแวดล้อม เกิดการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชสู่แหล่งน้ำและดินตะกอน (ธวัชชัย, 2540) ประกอบกับเป็นช่วงที่เกษตรกรมีการเตรียมดินไถพรวน เพื่อการปลูกข้าวโพด จึงทำให้แรงยึดเหนียวระหว่างดินลดลง และแตกกระจายเปิดโอกาสให้ดินพังทลายไหลลงสู่แหล่งน้ำได้โดยง่าย (นิวัต, 2547) เพราะช่วงเดือนสิงหาคมเป็นช่วงฤดูฝน มีปริมาณน้ำฝนมากกว่าทุกเดือนจึงเกิดการชะหน้าดินได้ง่าย เมื่อมีฝนตกลงมาสารที่ตกค้างอยู่บนพืช และดินในไร่ข้าวโพด จะถูกชะล้างไปสู่แหล่งน้ำต่อไป สอดคล้องกับการศึกษาของสิทธิชัย(2549)ที่กล่าวไว้ว่า การใช้ที่ดินบนภูเขา การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร และกิจกรรมของประชากรที่อาศัยอยู่บริเวณลุ่มน้ำ มีส่วนทำให้ความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้น ตะกอนส่วนใหญ่ในแม่น้ำลำธารจะมาจากพื้นที่เกษตรกรรม ความขุ่นของน้ำในลำธารในพื้นที่ไร่และพื้นที่เกษตรนั้นโดยทั่วไปความขุ่นจะเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน และลดลงในช่วงฤดูแล้ง ในช่วงฤดูฝนจึงเกิดการปนเปื้อนและตกค้างในแหล่งน้ำและดินตะกอนในน้ำได้ และในช่วงเดือนพฤศจิกายนที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของอาทราซีนลงสู่แหล่งน้ำและดินตะกอนเนื่องจากกิจกรรมการใช้น้ำในลำธารของเกษตรกรเองด้วย ที่ใช้ในการผสมสารเคมี และล้างอุปกรณ์ในการฉีดพ่นอาทราซีน ซึ่งเป็นการทำให้เกิดการปนเปื้อนและเกิดการตกค้างสู่แหล่งน้ำและดินตะกอนโดยตรง และจากการศึกษาของ

วิภา(2542) ที่กล่าวไว้ว่าภายหลังจากช่วงฤดูน้ำลดคือช่วง เดือนพฤศจิกายน เกษตรกรก็จะกลับฟื้นพื้นที่เกษตรเพื่อเริ่มต้นการเพาะปลูกต่อไป การสะสมของสารพิษในแหล่งเพาะปลูกและบริเวณใกล้เคียงก็จะเพิ่มมากขึ้นรวมทั้งในน้ำและดินตะกอนของบริเวณใกล้เคียงก็จะมีความเข้มข้นของสารตกค้างมากขึ้นด้วยเช่นกัน จากผลการศึกษาได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของช่วงเดือนที่น้ำท่าน้อยได้ดังภาพที่ 32

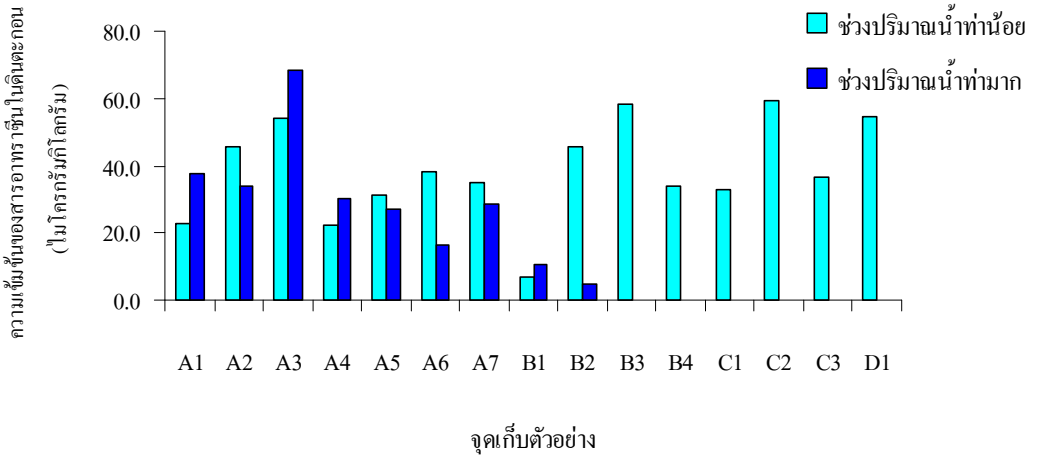


ภาพที่ 32 ความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนแต่ละจุดเก็บ ตัวอย่างของช่วงเดือนที่มีน้ำท่าน้อย พ.ศ. 2551

เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 4 เดือนแล้วเดือนที่มีปริมาณการไหลของน้ำฝนมากที่สุดคือเดือนตุลาคม กันยายน สิงหาคม และ พฤศจิกายน ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4 ปริมาณอาทราซีนที่เคลื่อนที่และตกค้างในดินตะกอนเนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝน จะมีปริมาณอาทราซีนที่ถูกชะล้างไปกับดินตะกอนลงสู่แหล่งน้ำและพื้นท้องน้ำ เมื่อจำนวนวันหลังการปลูกผ่านไปอาทราซีนในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลง กล่าวคือ เมื่อฉีดพ่นอาทราซีนแล้วอาทราซีนจะถูกดูดซับไว้กับดิน เมื่อฝนตกหนัก อิทธิพลของน้ำไหลบ่าหน้าดินจะชะล้างและพัดพาอาทราซีนที่ติดกับดินตะกอนลงสู่แหล่งน้ำ โดย อิทธิพลของน้ำฝนที่ตกในแต่ละครั้ง ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าและปริมาณดินตะกอน ทำให้ความเข้มข้นของอาทราซีนในน้ำท่าและดินตะกอนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อจำนวนวันหลังการฉีดพ่นนั้นผ่านไป ดังนั้นในช่วงเดือน กันยายน และเดือนตุลาคม ปริมาณความเข้มข้นของอาทราซีนในดินตะกอน จึงต่ำกว่าเดือนสิงหาคมและเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นที่มีการเพาะปลูกข้าวโพดเมื่อนำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มาเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของอาทราซีนในแต่ละเดือนและแต่ละช่วงของฤดูได้ดังภาพที่ 33 และ 34



ภาพที่ 33 อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนในเขตลุ่มน้ำห้วยกะโปะใน ช่วงเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน และจุดเก็บตัวอย่างในแต่ละเดือน พ.ศ. 2551

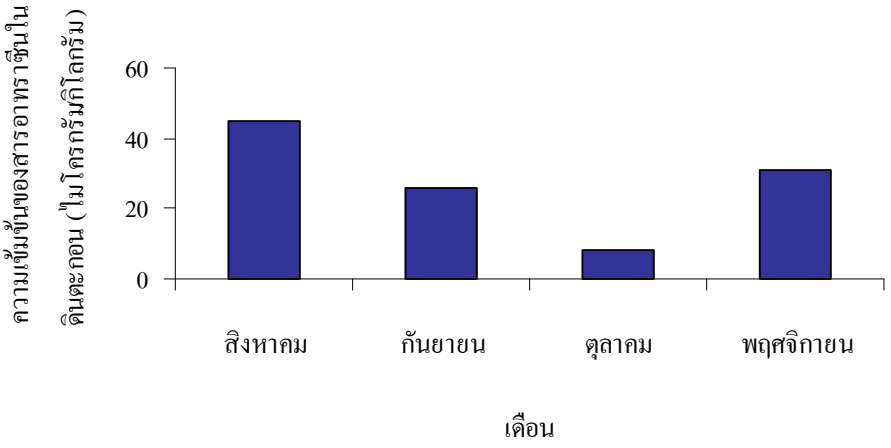


ภาพที่ 34 ความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนระหว่างช่วงฤดูที่มีน้ำท่าน้อยและน้ำท่ามาก พ.ศ. 2551

การตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอน โดยใช้เทคนิคลิคลิดโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถณะสูง โดยการเก็บตัวอย่าง ในช่วงฤดูฝน ช่วงเดือนสิงหาคม ถึงเดือน พฤศจิกายน 2551 จำนวน 15 จุดเก็บ พบว่า ความเข้มข้นของอาทราซีน

ที่ตกค้างในดินตะกอนแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง มีค่าค่าความเข้มข้นของอาทราซีนอยู่ระหว่างช่วง 10.0-111.6 ไมโครกรัม/กิโลกรัม เดือนที่มีการตรวจพบปริมาณ ความเข้มข้นของสารตกค้างอาทราซีนมากที่สุดคือ เดือนสิงหาคม รองลงมาคือ เดือนพฤศจิกายน กันยายน ตุลาคม ตามลำดับ โดยมีการตรวจพบความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 44.9 30.8 26.0 และ 8.4 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4 เมื่อนำค่าความเข้มข้นของสารตกค้างอาทราซีนในดินตะกอนในช่วงฤดูที่มีปริมาณน้ำท่าน้อยและน้ำท่ามากโดยใช้สถิติ paired t-test พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 99

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณสารตกค้างอาทราซีนในดินตะกอนมาเปรียบเทียบแต่ละเดือนจะได้ผลดังกราฟต่อไปนี้(ภาพที่ 35)



ภาพที่ 35 แสดงค่าปริมาณเฉลี่ยความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนในแต่ละเดือน พ.ศ. 2551

ผลการทดสอบความใช้ได้ของวิธี

ประเมินความถูกต้อง (Accuracy) และความเที่ยง (Precision)

เมื่อนำตัวอย่างดินตะกอนที่ไม่มีอาทราซีนมามาเติมสารมาตรฐานอาทราซีน ให้ได้ความเข้มข้น ที่ 0.05 0.1 และ 0.5 มิลลิกรัมกรัม/กิโลกรัม ทำการวิเคราะห์ตามวิธีการแล้ว ได้ค่า เฉลี่ยร้อยละการคืนกลับ (%Recovery) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของร้อยละการคืนกลับของวิธีวิเคราะห์

ชนิดของตัวอย่าง	ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ค่าเฉลี่ยของ % Recovery
ดินตะกอน	0.05	96
	0.10	97
	0.50	98

ตารางที่ 7 ผลของการประเมินความเที่ยง LOD และ LOQ

ค่าการทดสอบ	**ผลการทดสอบ**
LOD (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	0.01
LOQ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	0.03
% RSD	8.33
HORRAT	0.66

จากตารางที่ 7 และ 8 ค่า % Recovery ที่ได้ อยู่ในช่วงเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ตาม The AOAC manual for the Peer-Verified Method Program ดังตารางผนวกที่ 16 และค่า Horwtz ratio ที่คำนวณได้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ตาม The AOAC manual for the Peer Verified Methods program (1993) และ Codex กับ EU ดังตารางภาคผนวกที่ 18

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาการตกค้างของอาทราซีน ในดินตะกอนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ ตามสถานีจำนวน 15 จุดเก็บ โดยเก็บตัวอย่าง 3 ซ้ำ คือ ช่วงที่มีปริมาณน้ำท่ามาก (เดือนกันยายนและเดือนตุลาคม พ.ศ. 2551) และช่วงเดือนที่มีน้ำท่าน้อย(เดือนสิงหาคมและพฤศจิกายนพ.ศ. 2551) แต่ละตัวอย่างโดยทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้งรวมเป็น 180 ตัวอย่างได้ผลดังต่อไปนี้

1. ผลการตรวจสอบคุณภาพของดินตะกอนทางกายภาพและทางเคมีในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของ สิงหาคม กันยายน ตุลาคม และพฤศจิกายน มีค่าดังนี้ ร้อยละของอนุภาคดินเหนียว เท่ากับ 4.03 ร้อยละอนุภาคทรายเท่ากับ 87.25 ร้อยละของปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เท่ากับ 0.45 ร้อยละของอนุภาคทรายตะกอนหรืออนุภาคทรายแป้ง เท่ากับ 9.0 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เท่ากับ 4.34 ร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบส เท่ากับ 82.7 และค่า pH เท่ากับ 6.45

2. อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนเดือน สิงหาคม มีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 26.4-101.4 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย เท่ากับ 44.9 ไมโครกรัม/กิโลกรัม

3. อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนเดือน กันยายน มีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 10.0-111.6 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 26.0 ไมโครกรัม/กิโลกรัม

4. อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนเดือน ตุลาคม มีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 11.7-24.7 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 8.4 ไมโครกรัม/กิโลกรัม

5. อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนเดือน พฤศจิกายน มีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 13.7-76.9 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 30.8 ไมโครกรัม/กิโลกรัม

6. อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนในช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าน้อยคือช่วงเดือนสิงหาคมและพฤศจิกายน มีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 6.9-59.3 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 38.4 ไมโครกรัม/กิโลกรัม

7. อาทราซีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอนในช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำท่ามากคือช่วงเดือนกันยายน และ ตุลาคม มีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 5.0-68.2 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 17.2 ไมโครกรัม/กิโลกรัม

8. อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนเฉลี่ยทั้งหมด มีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 8.9-61.2 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 27.8 ไมโครกรัม/กิโลกรัม

9. ความแตกต่างของความเข้มข้นของอาทราซีนในดินตะกอนช่วงเดือนที่มีน้ำท่าน้อยและช่วงเดือนที่มีน้ำท่ามาก โดยใช้ paired t-test พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 99

10. การเปรียบเทียบความเข้มข้นของอาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนในเดือนที่ตรวจพบความเข้มข้นของอาทราซีนมากที่สุดคือ เดือน สิงหาคม พฤศจิกายน กันยายน และตุลาคมที่ความเข้มข้น 44.9 30.8 26.0 8.4 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

11. อาทราซีนที่ตรวจพบบริเวณลุ่มน้ำห้วยกะโปะไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 พ.ศ.2547 ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535ได้กำหนดให้มีอาทราซีนในดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมไม่เกิน 22 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

12. ผลการตรวจสอบคุณภาพของดินตะกอนทางกายภาพและทางเคมีในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของ สิงหาคม กันยายน ตุลาคม และพฤศจิกายน มีค่าดังนี้ ร้อยละของอนุภาคดินเหนียว เท่ากับ 4.03 ร้อยละอนุภาคทรายเท่ากับ 87.25 ร้อยละของปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เท่ากับ 0.45 ร้อยละของอนุภาคทรายตะกอนหรืออนุภาคทรายแป้ง เท่ากับ 9.0 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เท่ากับ 4.34 ร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบส เท่ากับ 82.7 และค่า pH เท่ากับ 6.45

13. การทดสอบความใช้ได้ของวิธี มีค่าดังนี้ คือ LOD มีค่าเท่ากับ 0.01 LOQ มีค่าเท่ากับ 0.03 ค่าร้อยละการคืนกลับ (% Recovery) ที่ความเข้มข้น 0.05 0.10 และ 0.50 มิลลิกรัม/กิโลกรัมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 96% 97% และ 98% ตามลำดับ % Recovery ที่ได้อยู่ในช่วงเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ตาม The AOAC manual for the Peer-Verified Methode Program (1993) ดังตารางผนวกที่ 14 และค่า HORRAT หรือ Horwtz ratio มีค่าเท่ากับ 0.66 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ตาม The AOAC manual for the Peer Veriified Methode program (1993) กับ Codex และ EU ดังตารางผนวกที่ 16

ข้อเสนอแนะ

1. ควรให้ความรู้แก่เกษตรกรและประชาชนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะถึงอันตรายและการป้องกันแก้ไขที่ถูกต้อง และควรมีการศึกษาต่อไปให้ละเอียดถึงขั้นการปนเปื้อนของน้ำในแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นแหล่งที่สำคัญในการใช้อุปโภคของประชาชนในเขตพื้นที่ต่อไป

2. ควรให้ความรู้ในเรื่องการใช้สารทดแทนสารเคมีเพื่อการเกษตรของเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ เพื่อเป็นการช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในไร่ข้าวโพดและเพื่อลดต้นทุนในการทำเกษตรกรรมของเกษตรกร

3. ประชาชนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะมีการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคจากลุ่มน้ำห้วยกะโปะรวมทั้ง สัตว์น้ำ และพืชน้ำ ดังนั้นจึงควรให้คำแนะนำและระมัดระวังถึงอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นกับสุขภาพของประชาชนในเขตพื้นที่ รวมทั้งเกษตรกรผู้ใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืช

4. ในการเก็บตัวอย่างควรเก็บให้ครอบคลุมตลอดทั้งปี เพื่อให้ได้ข้อมูลการตกค้างของอาทราซีนรวมทั้งการสะสมในสิ่งแวดล้อมตลอดปี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เกษม จันทร์แก้ว และ นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2517. **หลักการปฏิบัติในการจัดการลุ่มน้ำ.** ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กนกรส เอือนอก. 2546. **การประยุกต์ใช้แบบจำลองศึกษาการเคลื่อนย้ายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในระบบสิ่งแวดล้อม พื้นที่ปลูกผักกะหล่ำปลีในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมควบคุมมลพิษ. 2548. **ค่ามาตรฐานคุณภาพดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2547) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 เรื่องมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม**. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serve/reg._soil 01. ht , 10 ตุลาคม 2550.

กองจัดการอันตรายต่อกากของเสีย. 2535. **ค่ามาตรฐานความปลอดภัยของสารเคมี ป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในสิ่งแวดล้อม,** ฝ่ายสารอันตรายจากการเกษตรกรรม, กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2544. **เอกวิชาการประกอบคำบรรยาย ในการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่สำนักและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1-8 หลักสูตรพื้นฐานการวิเคราะห์คุณภาพและสารพิษตกค้างของวัตถุมีพิษทางการเกษตร ครั้งที่ 1**, กองวัตถุมีพิษการเกษตร, กรุงเทพฯ.

_____. 2550. **การใช้สารเคมีทางการเกษตรในประเทศไทย.** กองวัตถุมีพิษทางการเกษตร, กรุงเทพ ฯ.

_____. 2550. กระทรงเกษตรและสหกรณ์.สำนักควบคุมพืชและวัตถุอันตรายทางการเกษตร. **สรุปการนำเข้าวัตถุอันตราย ทางการเกษตร. ข้อมูลวัตถุอันตรายปี 2547-2550**. แหล่งที่มา: http//www.doa.go.th, 15 สิงหาคม 2550.

กองบัญชาการทหารสูงสุด. 2549. **โครงการฟื้นฟู พัฒนาคุณภาพชีวิตและพื้นที่ต้นน้ำน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ (นำร่อง) พ.ศ. 2549-2552. เฉลิมพระเกียรติพระชนมพรรษาสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเนื่องในโอกาสการจัดงานฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี**, เพชรบูรณ์.

ก้อนทอง พวงประโคน และ ประเสริฐ อินทรนัย. 2543. **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2534: การทดสอบสารกำจัดวัชพืชในไร่ข้าวโพด.ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์, สถาบันวิจัยพืชไร่**, กรมวิชาการเกษตร, นครสวรรค์.

จิราพร ศรีพลากิจ. 2542. **ข้อมูลสรุปของสารกำจัดศัตรูพืช และวิธีวิเคราะห์**. กลุ่มงานตรวจสอบคุณภาพ, กองวัตถุมีพิษการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเพทฯ.

ดวงพร สุวรรณกุล. 2543. **การจัดการพืช. ในสืบศักดิ์ สนธิรัตน์, บรรณาธิการ, การจัดการศัตรูพืช**. คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทศพล พรพรหม. 2545. **สารกำจัดวัชพืช: หลักการและกลไกการทำลาย**. สำนักพิมพ์หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักทร์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **การวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธวัชชัย รัตน์ธเลศ. 2540. **เทคโนโลยีสารกำจัดวัชพืช.** สำนักพิมพ์หัวเขียว, ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ประภัสสรา พิมพันธ์. 2532. สารพิษในแหล่งน้ำและแนวทางการแก้ไข. **ข่าวสารวัตถุมีพิษ**. 16(3): 130-137. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

พงศ์ศรี ใบอดุล. 2544. **การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืช อาทราซีน, Desethyl อาทราซีน , Deseisoproply อาทราซีน, Ametryn และ metribuzin ในน้ำโดยวิธี Gas cromatography . ในเอกสารวิชาการประกอบคำบรรยายในการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1-8: หลักสูตรความรู้พื้นฐานการวิเคราะห์คุณภาพและสารพิษตกค้างของวัตถุมีพิษการเกษตร.** กองวัตถุมีพิษการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

มัณฑณีย์ เศรษฐภักดี. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 8. คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, กรุงเทพฯ.

วินัย ก่อประดิษฐสกุล, ชัยณรงค์ รัตนศรีทากุล, รุ่งนภา ก่อประดิษฐสกุล และ อรรถศิษฐ์ วงษ์มณีโรจน์.2534. **การย่อยสลายสาร อาทราซีน ในดินชุดต่างๆของประเทศไทย.** ผลงานการค้นคว้าวิจัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิวาภรณ์ สกุลเที่ยงตรง, มลิสา เวชยานนท์ , พงค์ศรี ใบอดุล และ พูลสุขนฤทัยธนาสันติ์. 2545 . การประชุมวิชาการเกษตรครั้งที่ 4: **การปนเปื้อนวัตถุมีพิษในน้ำใต้ดิน.** สำนักพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กองวัตถุมีพิษการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สนธยา แท่นคำ. 2551. **การตกค้างของอาทราซีนในน้ำ และดินตะกอนในแม่น้ำเจ้าพระยาแม่น้ำสะแกกรัง และแม่น้ำป่าสัก**.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุชาดา กรุณา. 2548. **การดูดซับอาทราซีนและอะลาคลอร์ ใน 4 ชุดดิน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุพัตรา แสนพันธ์. 2548. **ผลของการใช้ที่ดินต่อปริมาณ อาทราซีน ในน้ำท่า และดินตะกอนบริเวณ ลุ่มน้ำคลองอีเต่า อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุมิตร พุกกะเวส. 2510. **การศึกษาความคงทนของพิษยาปราบศัตรูพืชอาทราซีนและดาลาพอนในดินแถบสถานีกสิกรรมพระพุทธบาท**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุดดมลักษณ์ อุ่นจิตต์วรรธนะ. 2530. การสลายตัวของแอตทราซีน(อาทราซีน) ในดินและเศษหญ้า(Trash) ที่ใช้คลุมดินในการปลูกข้าวโพด. **ข่าวสารวัตถุมีพิษ**. ปีที่ 14 ฉบับที่ 4 กรกฎาคม-สิงหาคม. 2530.น. 89-97. กรุงเทพฯ.

Brady, A .C. and T.M. De Sutter. 2001. Herbicide concentration and dissipation and dissipation from surface wind - erodible soil. **Weed Sci.** 49:431-436

Brady, A.C. and R. W. Ray. 2002. The **Nature and property of soils**. 13th ed. Prentice Hall. New Jersey.

Buchanan, G.A . and A.E. Hittbold. 1973. Performance and persistence of atrazine. **Weed Sci.** 21: 413-416

Clausen, L.and I .Fabricius. 2001. Atrazine, iso proturon, mecoprop, 2, 4-D, and bentazone adsorption onto iron oxides. **J. Environ Qual.** 30:858-869.

Corcla,A. D. and Marcello Marchetti, 1992. Method Development for Monitoring Pesticides in Environmental Waters: Liquid-Solid Extraction Followed by Liquid Chromatography. Environ. **Sci. Technol.** volume 26**,** No. 1. USA.

Desutter,T,M.,S.A. Clay and D.E. Clay. 2003. Atrazine sorption and desorption as affected by aggregate size, particle size,and soil type. **Weed Sci.** 51:456-462.

E . M . Thurman and M. S. Mills. 1998**. Soild-Phase Extraction Principles anad Practice: Chemical Analysis: A Series of Monographs on Analytical Chemistry and lts Application.** Extraction Chem., volume 147. USA .

Herwig, U.,E. Klumpp,H.D. Narres and M. J.Schwuger. 2001. Physiochemical inferactions between atrazine and day minerals. **Applied Clay Science.** 18: 211-222

Kaufman, D, D., Blake, 1970. **Soil Biol**. Biochem. 2, 73.

Konda, L. N., Gy. Fuleky,Gy. Morovjan and P. and P Csokan. 2002. Sorption behavior of acetochlor, atrazine, crabendazim,diazinonimidacloprid and isoproturon on Hungarian agricultural soil. **Chemosphere.** 48:545-552.

Oliveira, R.S.,W.C. Koskinen and F.A.Fereira. 2001**.** Sorption and leaching potential of herbicides on Brazillian soils. **Weed Research.** 41: 97-100.

Ranajit Purkastha and William P. Cochrane. 1973. Comparison of Electron Capture and Electrolytic conductivity Detectors for the Residue Analysis of *s* - Triazine Herbicides. Canada Department Agriculture. **J. Agr. food chem.** Vol. 21 No. 1.

Skipper, H. D., V. V. , Volk, 1972**.** Pesticide in soil. **Weed Sci.** 20, 344 .

Siron,G.T.,R., Frank. T., Sawyer, 1973. pesticides in Agriculture**. Food Chem.** 21, 1016

Sprague, L. A., J.S. Herman, G, M. Hornberger and A. L. Mills. 2000. Atrazine Adsorption and colloid-facilitated transport through the unsaturated zone. **J. Environ. Qual.** 29: 1632-1641.

Struthers, J . K ., K. Jayachandran and T. B .Moorman. 1998. Biodegradation of atrazine by agrobacterium radiobacter J14a and use of this strain in bioremediation of contaminated soil. **Applied and Environmental Microbiology.** 64: 3368-3375.

The Royal Society of Chemistry. 1991. **The Agrochemicals Handbook.** Third Edition. Volume 2.

W Dobrat and A. Martijn. 1998. **CIPAC Handbook volume H Analysis of Technical and formulated Resticides.** Collaborative iniernational pesticides analytical council limited. 359 p.

Wild, A. 1993. **Soil and The Environment**: **An Introdution**. Cambridge University, New York .

World Health Organization (WHO). 2003. **Guideline for drinking water quality. Available Source**: http: //www.who.int/water_sanitation_healt/GDWQ/, October 19, 2008.

Xu,J.C.,J.W.Stuck, J Wu, J . E . Kostka and G. K. Sims. 2001. Fate of atrazine and alachlor in redox-treared ferruginous smectite. **Environmental Toxicology and chemistry / SETAC.** 20: 2717-2724.

ภาคผนวก

แบบสอบถามเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกะโปะ

ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์……..ชื่อผู้สัมภาษณ์……
บ้านเลขที่……หมู่……ชื่อหมู่บ้าน…….ตำบล……..
อำเภอน้ำหนาว จังหวัดแพชรบูรณ์ วันที่สัมภาษณ์……

1.พันธ์ข้าวโพดที่ท่านปลูกได้แก่

(1) นครสวรรค์ 1 (2) สุวรรณ 5 (3) สุวรรณ 3601 (4) ยูนิซีดส์ จำกัด (6) ไพโอเนีย 3012
(7) ซีพี.ดีเค 888 (8)บิ๊ก 919 (9) เหล็กแดง 45 (G5445) (10) อื่นๆ (ระบุ)……

2. ช่วงเวลาที่ท่านปลูกข้าวโพดได้แก่ เดือน……ถึงเดือน……

3. ใช้ระยะเวลาในการปลูกทั้งสิ้น……เดือน

4. ประวัติและระยะเวลาการปลูกข้าวโพดของท่าน

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา		ปัจจุบัน		ในช่วง 10ปีต่อจากนี้ (คาดว่าจะขยายพื้นที่เท่าใด)	
1.พื้นที่ปลูก ข้าวโพด	จำนวน……. ไร่	1.พื้นที่ปลูก ข้าวโพด	จำนวน……. ไร่	1.พื้นที่ปลูก ข้าวโพด	จำนวน… ไร่
2.พื้นที่ปลูก	จำนวน……. ไร่	2.พื้นที่ปลูก	จำนวน……. ไร่	2.พื้นที่ปลูก	จำนวน… ….ไร่
3.พื้นที่ปลูก	จำนวน……. ไร่	3.พื้นที่ปลูก	จำนวน……. ไร่	3.พื้นที่ปลูก	จำนวน… ไร่
4.พื้นที่ปลูก	จำนวน……. ไร่	4.พื้นที่ปลูก	จำนวน……. ไร่	4.พื้นที่ปลูก	จำนวน… ไร่
5.พื้นที่ปลูก	จำนวน……. ไร่	5.พื้นที่ปลูก	จำนวน……. ไร่	5.พื้นที่ปลูก	จำนวน… ไร่
6.พื้นที่ปลูก	จำนวน……. ไร่	6.พื้นที่ปลูก	จำนวน……. ไร่	6.พื้นที่ปลูก	จำนวน… ไร่
รวม	จำนวน……. ไร่	รวม	จำนวน……. ไร่	รวม	จำนวน… ไร่

5. ปุ๋ยเคมีที่ใช้สำหรับปลูกข้าวโพด ท่านใช้ปุ๋ย (0) ไม่ได้ใช้ปุ๋ย (9) ใช้ปุ๋ยชีวภาพ

ช่วงเวลา	ปุ๋ยสูตร	ชนิดของสาร	ช่วงเดือน		ยี่ห้อ (ระบุ)	ระยะเวลาที่ใช้	ปริมาณที่ใช้ (กิโลกรัม)
1.เตรียมดิน							
2.หยอดเมล็ด							
3.ข้าวโพดอายุ 1 เดือน							
4.ข้าวโพดอายุ 2 เดือน							
5.ก่อนเก็บเกี่ยว							

หมายเหตุ 1. สูตรปุ๋ย 1. 16-16-8 2. 16-20-0 3.18-22-0 4.20-20-0 5.21-0-0 6.46-0-0

6. วัชพืชที่พบในการปลูกข้าวโพด

วัชพืช	สารเคมีที่ใช้(ระบุ)	ยี่ห้อ (ระบุ)	ชนิดของสาร	ช่วงเวลาที่ใช้	ระยะเวลาที่ใช้ (วัน)	เดือน (ระบุ)	ปริมาณที่ใช้(ระบุ)

<u>หมายเหตุ</u>

1.ชนิดของสาร (1). ผง(กิโลกรัม) (2). เม็ด (กิโลกรัม) (3). น้ำ (ลิตร)

2.ช่วงเวลาที่ใช้ (1).เช้า (2). กลางวัน (3). เย็น

3.ชื่อยาฆ่าหญ้า

(1) บาสตาเอ็กซ์ (2) เอ็กเพรส (3) เบรส (4) ราวน์อัพ (5) คิวอัพ

(6) สปาร์ค (7) อัลบาทอซ (8) ทัชดาวน์ (9) วัลลอป (10) เกสาท๊อป

(11) ดาราเอมีน (12) ดาราเอสเทอร์ (13) น๊อกโซน (14) กรัมม๊อกโซน

(15) แพลนโซน (16) เมโทรโซน (17) คาล่าร์ (18) อาลาแน็กซ์

(19) ดูลาร์ (20) ยาร์ย่าร์ (21) โรซ่า (22) แสลดซ่า (23) ดาต้า

(24) เกสาพริม 80 (25) พาราพริม 80 (26) เมโทรซีน (27) อาทราซีน 80 WP

(28) อาทราซีน 90 WG (29) เอเทร็ก 90 WG (30) อาทราซีน80 WP /อาเทริน คอมบี

(31) อาคาแพ็คคอมบี (32) เกสาแพ็คคอมบี 80 (33) เกสาแพ็ค 80 (34) เอโซนัด 95

7. ท่านพบแมลงหรือศัตรูพืชอะไรบ้าง

แมลง/ศัตรูพืช	ยาฆ่าแมลงที่ใช้ (ระบุ)	ยี่ห้อ (ระบุ)	ชนิดของสาร	ช่วงเวลาที่ใช้	ระยะเวลาที่ใช้(วัน)	เดือน (ระบุ)	ปริมาณที่ใช้(ระบุ)

<u>หมายเหตุ</u>

1.ชนิดของสาร (1). ผง(กิโลกรัม) (2). เม็ด (กิโลกรัม) (3). น้ำ (ลิตร)

2.ช่วงเวลาที่ใช้ (1).เช้า (2). กลางวัน (3). เย็น

3. ยาฆ่าแมลง

(1) ธีโอดาน 35 % EC (2) อัลซิทีน (3) เซฟวิน (4) แลนแนท

8. โรคพืชที่พบในการปลูกข้าวโพด

โรคพืช	สารเคมีที่ใช้ (ระบุ)	ยี่ห้อ (ระบุ)	ชนิดของสาร	ช่วงเวลาที่ใช้	ระยะเวลาที่ใช้(วัน)	เดือน (ระบุ)	ปริมาณที่ใช้ (ระบุ)

<u>หมายเหตุ</u>

1.ชนิดของสาร (1). ผง(กิโลกรัม) (2). เม็ด (กิโลกรัม) (3). น้ำ (ลิตร)

2.ช่วงเวลาที่ใช้ (1).เช้า (2). กลางวัน (3). เย็น

ตารางผนวกที่ 1 อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	อาทราซีนที่ตกค้างในตะกอนดิน(ไมโครกรัม/กิโลกรัม)				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	± SD
A1	26.4	26.6	26.3	26.4	0.153
A2	64.4	64.4	64.5	64.4	0.058
A3	84.6	84.5	84.6	84.6	0.058
A4	28.0	28.1	28.0	28.0	0.058
A5	33.9	33.8	33.9	33.9	0.058
A6	ND	ND	ND	ND	ND
A7	ND	ND	ND	ND	ND
B1	ND	ND	ND	ND	ND
B2	59.3	59.4	59.1	59.3	0.153
B3	56.4	56.3	56.4	56.4	0.058
B4	36.0	36.0	36.1	36.0	0.058
C1	45.6	45.7	45.5	45.6	0.100
C2	101.4	101.5	101.2	101.4	0.153
C3	48.0	48.1	48.0	48.0	0.058
D1	89.1	89.1	89.0	89.1	0.058

* ND คือ Nondetectable

ตารางผนวกที่ 2 อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนในเดือนกันยายน พ.ศ. 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอน(ไมโครกรัม/กิโลกรัม)				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	± SD
A1	58.5	58.5	58.4	58.5	0.058
A2	48.7	48.8	48.5	48.7	0.153
A3	111.6	111.5	111.7	111.6	0.100
A4	47.6	47.5	47.2	47.4	0.200
A5	42.1	42.0	42.1	42.1	0.053
A6	19.4	19.4	19.3	19.4	0.208
A7	43.6	43.3	43.2	43.4	0.058
B1	10.0	10.1	10.0	10.0	0.058
B2	10.0	10.1	10.0	10.0	0.058
B3	ND	ND	ND	ND	ND
B4	ND	ND	ND	ND	ND
C1	ND	ND	ND	ND	ND
C2	ND	ND	ND	ND	ND
C3	ND	ND	ND	ND	ND
D1	ND	ND	ND	ND	ND

* ND คือ Nondetectable

ตารางผนวกที่ 3 อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอน ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอน (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	± SD
A1	17.0	17.2	17.3	17.2	0.153
A2	19.1	19.0	19.0	19.0	0.058
A3	24.6	24.7	24.8	24.7	0.100
S4	13.1	13.1	13.0	13.1	0.058
A5	12.3	12.4	12.4	12.4	0.058
A6	13.1	13.3	13.4	13.3	0.153
A7	14.0	14.1	14.1	14.1	0.058
B1	11.5	11.7	11.8	11.7	0.153
B2	ND	ND	ND	ND	ND
B3	ND	ND	ND	ND	ND
B4	ND	ND	ND	ND	ND
C1	ND	ND	ND	ND	ND
C2	ND	ND	ND	ND	ND
C3	ND	ND	ND	ND	ND
D1	ND	ND	ND	ND	ND

* ND คือ Nondetectable

ตารางผนวกที่ 4 อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอนในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	อาทราซีนที่ตกค้างในตะกอนดิน(ไมโครกรัม/กิโลกรัม)				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย	± SD
A1	18.7	18.6	18.7	18.7	0.058
A2	26.4	26.2	26.0	26.2	0.163
A3	23.9	23.9	24.0	23.9	0.058
A4	16.1	16.2	16.2	16.2	0.058
A5	29.0	28.9	28.7	28.9	0.153
A6	76.4	76.6	76.7	76.6	0.153
A7	69.4	69.5	69.5	69.5	0.058
B1	13.7	13.7	13.8	13.7	0.058
B2	32.1	32.2	32.2	32.2	0.058
B3	59.7	59.8	59.8	59.8	0.058
B4	31.3	31.4	31.6	31.4	0.153
C1	20.4	20.3	20.3	20.3	0.058
C2	17.2	17.2	17.1	17.2	0.058
C3	24.5	24.7	24.8	24.7	0.153
D1	20.0	20.0	20.1	20.0	0.058

ตารางผนวกที่ 5 อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอน ในช่วงเดือนที่มีน้ำท่าน้อย พ.ศ. 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอน (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)		
	สิงหาคม	พฤศจิกายน	ค่าเฉลี่ย
A1	26.4	18.7	22.6
A2	64.4	26.2	45.3
A3	84.6	23.9	54.3
A4	28.0	16.2	22.1
A5	33.9	28.9	31.4
A6	ND	76.6	76.6
A7	ND	69.5	69.5
B1	ND	13.7	13.7
B2	59.3	32.2	45.7
B3	56.4	59.8	58.1
B4	36.0	31.4	33.7
C1	45.6	20.3	33.0
C2	101.4	17.2	59.3
C3	48.0	24.7	36.4
D1	89.1	20.0	54.6
ค่าเฉลี่ย			43.7
ค่ามากสุด			76.6
ค่าน้อยสุด			13.7
± SD			18.3

* ND คือ Nondetectable

ตารางผนวกที่ 6 อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอน ในช่วงเดือนที่มีน้ำท่ามาก พ.ศ. 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	อาทราซีนที่ตกค้างในดินตะกอน(ไมโครกรัม/กิโลกรัม)		
	กันยายน	ตุลาคม	ค่าเฉลี่ย
A1	58.5	17.2	37.8
A2	48.7	19.0	33.9
A3	111.6	24.7	68.2
A4	47.4	13.1	30.2
A5	42.1	12.4	27.2
A6	19.4	13.3	16.3
A7	43.4	14.1	28.7
B1	10.0	11.7	10.9
B2	10.0	ND	10.0
B3	ND	ND	ND
B4	ND	ND	ND
C1	ND	ND	ND
C2	ND	ND	ND
C3	ND	ND	ND
D1	ND	ND	ND
ค่าเฉลี่ย			29.2
ค่ามากสุด			68.2
ค่าน้อยสุด			ND
± SD			17.6

* ND คือ Nondetectable

ตารางผนวกที่ 7 ค่าเฉลี่ยร้อยละของอนุภาคดินเหนียวในดินตะกอนของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ร้อยละของอนุภาคดินเหนียวในดินตะกอน				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
		สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน			
A1	0.81	10.00	14.00	23.00	29.00	29.00	10.00	19.17
A2	1.51	2.00	2.00	1.00	0.00	2.00	0.00	1.17
A3	2.12	2.00	2.00	1.00	0.00	2.00	0.00	1.17
A4	2.68	6.00	0.00	1.00	0.00	6.00	0.00	2.17
A5	3.24	2.00	0.00	3.00	1.00	3.00	0.00	1.50
A6	7.77	2.00	0.00	1.00	0.00	2.00	0.00	0.83
A7	8.3	2.00	0.00	1.00	0.00	2.00	0.00	0.83
B1	0.88	8.00	8.00	3.00	5.00	8.00	3.00	5.83
B2	1.72	8.00	0.00	11.00	1.00	11.00	0.00	5.17
B3	2.34	4.00	2.00	3.00	0.00	4.00	0.00	2.17
B4	2.94	2.00	4.00	3.00	0.00	4.00	0.00	2.17
C1	0.81	20.00	12.00	7.00	10.00	20.00	7.00	12.67
C2	1.51	2.00	2.00	3.00	4.00	4.00	2.00	2.83
C3	2.16	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.50
D1	0.66	3.00	2.00	3.00	4.00	4.00	2.00	3.00
	ค่าสูงสุด	20.00	14.00	23.00	29.00			
	ค่าต่ำสุด	1.00	0.00	1.00	0.00			
	ค่าเฉลี่ย	5.59	3.65	5.24	4.88			

ตารางผนวกที่ 8 ค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนของของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอน				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
		สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน			
A1	0.81	0.40	0.80	1.00	1.10	1.10	0.40	0.80
A2	1.51	0.10	0.40	0.10	0.10	0.40	0.10	0.20
A3	2.12	0.30	0.30	0.20	0.30	0.30	0.20	0.27
A4	2.68	0.20	0.20	0.20	0.30	0.30	0.20	0.23
A5	3.24	0.10	0.10	0.40	0.30	0.40	0.10	0.23
A6	7.77	0.10	0.10	0.50	0.20	0.50	0.10	0.25
A7	8.3	0.20	0.10	0.20	0.20	0.20	0.10	0.17
B1	0.88	0.40	0.50	0.20	0.30	0.50	0.20	0.35
B2	1.72	1.00	0.60	1.80	0.70	1.80	0.60	1.08
B3	2.34	0.40	0.30	0.40	0.30	0.40	0.30	0.35
B4	2.94	0.30	0.90	0.30	0.30	0.90	0.30	0.50
C1	0.81	3.00	1.20	1.00	1.60	3.00	1.00	1.80
C2	1.51	0.20	0.30	0.20	0.40	0.40	0.20	0.28
C3	2.16	0.20	0.30	0.20	0.30	0.30	0.20	0.25
D1	0.66	0.20	0.10	0.20	0.20	0.20	0.10	0.17
	ค่าสูงสุด	3.00	1.20	1.80	1.60			
	ค่าต่ำสุด	0.10	0.10	0.10	0.10			
	ค่าเฉลี่ย	0.60	0.44	0.52	0.49			

ตารางผนวกที่ 9 ค่าเฉลี่ยร้อยละของความจุในการแลกเปลี่ยนประจุของดินตะกอน ของเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ร้อยละของความจุในการแลกเปลี่ยนประจุของดินตะกอน				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
		สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน			
A1	0.81	3.80	5.40	9.50	11.80	11.80	3.80	7.68
A2	1.51	1.60	3.20	2.50	2.40	3.20	1.60	2.42
A3	2.12	3.20	2.20	3.75	4.00	4.00	2.20	3.23
A4	2.68	2.20	3.80	4.50	4.40	4.50	2.20	3.60
A5	3.24	1.60	1.80	4.00	3.80	4.00	1.60	2.80
A6	7.77	2.80	3.40	4.00	3.80	4.00	2.80	3.47
A7	8.3	2.40	3.00	4.50	3.00	4.50	2.40	3.30
B1	0.88	3.40	4.20	3.50	4.00	4.20	3.40	3.78
B2	1.72	5.80	3.20	6.50	4.60	6.50	3.20	4.97
B3	2.34	4.00	4.40	5.00	3.60	5.00	3.60	4.27
B4	2.94	2.40	5.20	4.25	3.80	5.20	2.40	3.88
C1	0.81	11.60	7.60	7.75	9.60	11.60	7.60	9.29
C2	1.51	2.80	4.20	5.00	5.60	5.60	2.80	4.33
C3	2.16	3.20	4.00	4.75	4.00	4.75	3.20	3.98
D1	0.66	4.20	4.60	4.00	4.40	4.60	4.00	4.30
	ค่าสูงสุด	11.60	7.60	9.50	11.80			
	ค่าต่ำสุด	1.60	1.80	2.50	2.40			
	ค่าเฉลี่ย	4.01	4.09	5.03	5.12			

ตารางผนวกที่ 10 ค่าเฉลี่ย pH ของดินตะกอนในเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	ระยะทางกิโลเมตร	pH ของดินตะกอน				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
		สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน			
A1	0.81	5.20	5.40	5.40	5.00	5.40	5.00	5.23
A2	1.51	5.80	6.20	6.30	5.80	6.30	5.80	6.03
A3	2.12	6.20	6.40	6.40	7.00	7.00	6.20	6.53
A4	2.68	6.50	6.40	7.00	7.00	7.00	6.40	6.72
A5	3.24	6.40	6.60	7.10	7.10	7.10	6.40	6.78
A6	7.77	6.60	6.80	7.10	7.20	7.20	6.60	6.92
A7	8.3	6.70	7.00	7.30	7.00	7.30	6.70	7.00
B1	0.88	5.80	6.00	6.90	6.20	6.90	5.80	6.27
B2	1.72	6.00	6.00	6.40	6.40	6.40	6.00	6.20
B3	2.34	6.40	6.20	6.60	6.60	6.60	6.20	6.43
B4	2.94	6.40	6.20	6.70	6.60	6.70	6.20	6.47
C1	0.81	6.10	6.20	6.80	6.50	6.80	6.10	6.42
C2	1.51	6.50	6.60	6.80	6.90	6.90	6.50	6.70
C3	2.16	6.80	6.70	7.20	7.00	7.20	6.70	6.93
D1	0.66	6.00	6.80	7.30	7.20	7.30	6.00	6.77
	ค่าสูงสุด	6.80	7.00	7.30	7.20			
	ค่าต่ำสุด	5.20	5.40	5.40	5.00			
	ค่าเฉลี่ย	6.20	6.35	6.71	6.57			

ตารางผนวกที่ 11 ค่าเฉลี่ยร้อยละของอนุภาคดินทรายของดินตะกอนของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	ระยะทางกิโลเมตร	ร้อยละของอนุภาคดินทราย				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
		สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน			
A1	0.81	82	73	61	50	82	50	66
A2	1.51	96	87	99	98	99	87	94
A3	2.12	92	89	93	94	94	89	92
A4	2.68	84	95	89	94	95	84	90
A5	3.24	96	99	89	92	99	89	94
A6	7.77	96	97	93	96	97	93	95
A7	8.3	94	99	91	96	99	91	95
B1	0.88	78	79	91	84	91	78	84
B2	1.72	82	89	79	90	90	79	85
B3	2.34	90	87	89	90	90	87	89
B4	2.94	90	83	93	90	93	83	89
C1	0.81	56	67	79	66	79	56	67
C2	1.51	96	89	91	86	96	86	91
C3	2.16	91	87	93	92	93	87	91
D1	0.66	89	85	91	84	91	84	87
	ค่าสูงสุด	96	99	99	98			
	ค่าต่ำสุด	56	67	61	50			
	ค่าเฉลี่ย	87	87	88	87			

ตารางผนวกที่ 12 ค่าเฉลี่ยร้อยละของอนุภาคทรายแป้งในดินตะกอนของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ร้อยละของอนุภาคตะกอนทรายแป้ง				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
		สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน			
A1	0.81	8	13	16	21	21	8	15
A2	1.51	2	11	0	2	11	0	4
A3	2.12	6	9	6	6	9	6	7
A4	2.68	10	5	10	6	10	5	8
A5	3.24	2	1	8	7	8	1	5
A6	7.77	2	3	6	4	6	2	4
A7	8.3	4	1	8	4	8	1	4
B1	0.88	14	13	6	11	14	6	11
B2	1.72	10	11	10	9	11	9	10
B3	2.34	6	11	8	10	11	6	9
B4	2.94	8	13	4	10	13	4	9
C1	0.81	24	21	14	24	24	14	20
C2	1.51	2	9	6	10	10	2	7
C3	2.16	8	13	6	8	13	6	9
D1	0.66	8	13	6	12	13	6	10
	ค่าสูงสุด	12	21	10	20			
	ค่าต่ำสุด	2	1	0	2			
	ค่าเฉลี่ย	8	10	8	10			

ตารางผนวกที่ 13 ค่าเฉลี่ยร้อยละของความอิ่มตัวด้วยเบสในดินตะกอนของเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	ระยะทางกิโลเมตร	ร้อยละของในแต่ละช่วงฤดู				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
		สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน			
A1	0.81	57.63	60.56	42.84	32.03	60.56	32.03	48.27
A2	1.51	113.13	103.13	70.00	57.92	113.13	57.92	86.05
A3	2.12	95.00	115.00	82.13	55.25	115.00	55.25	86.85
A4	2.68	111.36	92.89	72.44	71.59	111.36	71.59	87.07
A5	3.24	106.88	112.78	89.50	65.79	112.78	65.79	93.74
A6	7.77	111.07	115.00	79.25	68.68	115.00	68.68	93.50
A7	8.3	102.92	108.33	93.78	73.00	108.33	73.00	94.51
B1	0.88	72.65	106.43	104.86	71.00	106.43	71.00	88.74
B2	1.72	81.38	98.44	64.62	54.13	98.44	54.13	74.64
B3	2.34	104.75	110.00	74.60	68.61	110.00	68.61	89.49
B4	2.94	98.33	94.04	82.82	59.74	98.33	59.74	83.73
C1	0.81	62.59	83.29	66.19	61.67	83.29	61.67	68.44
C2	1.51	102.14	89.29	70.40	64.11	102.14	64.11	81.49
C3	2.16	90.31	103.75	66.53	64.75	103.75	64.75	81.34
D1	0.66	89.52	105.22	75.25	70.23	105.22	70.23	85.06
	ค่าสูงสุด	113.13	115.00	104.86	73.00			
	ค่าต่ำสุด	57.63	60.56	42.84	32.03			
	ค่าเฉลี่ย	93.58	99.50	75.71	62.02			

การคำนวณค่าความเข้มข้นของตัวอย่างดินตะกอน

การคำนวณค่าความต่างของการวิเคราะห์ (Multiplier) ของดินตะกอน

Solvent 75 มิลลิลิตร ในตัวอย่าง 20 กรัม

Aliquat มา 50 มิลลิลิตร ในตัวอย่าง $\frac{20\times50}{75}$ กรัม

$= 13.33$ กรัม

ความเข้มข้นจริงของสารพิษในตัวอย่างจากการวิเคราะห์ = Cs × Multiplier

Cs = ความเข้มข้นที่ได้จากการเทียบกราฟมาตรฐานระหว่างพื้นที่ใต้พีคของสารตัวอย่างและพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐาน

$$\text{Multiplier} = \frac{\text{ปริมาตรสุดท้าย}}{\text{ปริมาตรของสารละลายที่ใช้}}$$

$$= \frac{5}{13.33}$$

$$= 0.375$$

ค่า LOD และ LOQ

Limit of detection, LOD คือ เป็นความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สนใจในตัวอย่างที่วิธีทดสอบสามารถตรวจวัดได้ด้วยความเชื่อมั่น 99 %
โดยที่ความเข้มข้นระดับนี้ ไม่อาจบอกเป็นปริมาณที่มีความถูกต้อง และเที่ยงตรงในระดับที่ยอมรับได้ เนื่องจากความไม่แน่นอนมีค่าสูง

Limit of quantization, LOQ คือ เป็นความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สนใจในตัวอย่างที่วิธีทดสอบสามารถตรวจวัดได้ ที่ความเข้มข้นระดับนี้สามารถรายงานเป็นปริมาณที่มีความแม่นและเที่ยงตรงในระดับที่ยอมรับได้ (ประมาณ 30 %)

ตารางผนวกที่ 14 แสดงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์การเติมสารมาตรฐานทั้งหมด 7 ซ้ำ

ซ้ำที่	ความเข้มข้นของสารมาตรฐานในตัวอย่าง(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)		
	0.050	0.100	0.500
1	0.053	0.090	0.490
2	0.053	0.097	0.490
3	0.048	0.096	0.485
4	0.045	0.093	0.480
5	0.046	0.097	0.490
6	0.048	0.103	0.510
7	0.044	0.105	0.510
± SD	0.0036	0.0053	0.0118
ค่าเฉลี่ย	0.0481	0.0973	0.4936

การคำนวณการประเมินความถูกต้องและความเที่ยง

โดยการคำนวณเพื่อหาค่าร้อยละการคืนกลับ (Recovery) ของอาทราซีน

จากสูตร $$\% \text{ Recovery} = \frac{(C1 - C2)}{C3} \times 100$$

C1 = ความเข้มข้นของสารในตัวอย่างที่เติมสารละลายมาตรฐาน (Sipked Sample)

C2 = ความเข้มข้นของตัวอย่าง (UnSipke Sample)

C3 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เติมจริงในทางทฤษฎี

การคำนวณค่าของการเติมสารมาตรฐานลงในตัวอย่างเพื่อหาค่าร้อยละการคืนกลับ (Recovery)

ที่ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร

คือ ในตัวอย่างดินตะกอน 1 กรัม มี อาทราซีน อยู่ 0.05 ไมโครกรัม

ถ้า ในตัวอย่างดินตะกอน 20 กรัม มี อาทราซีน อยู่ $\frac{0.05 \times 20}{1}$ ไมโครกรัม

= 1 ไมโครกรัม

จากขั้นตอนการสกัด

แสดงว่าใน Solvent 75 มิลลิลิตร มี อาทราซีน อยู่ 1 ไมโครกรัม

Aliquat มา 50 มิลลิลิตร มี อาทราซีน อยู่ $\frac{1 \times 50}{75}$ ไมโครกรัม

= 0.67 ไมโครกรัม

ปรับปริมาตรสุดท้ายไป 5 มิลลิลิตร จะได้ 0.67 ไมโครกรัม /5มิลลิลิตร ซึ่งจะเท่ากับ 0.134 ไมโครกรัม /มิลลิลิตร

ดังนั้น จะได้ค่า 0.134 ไมโครกรัม /มิลลิลิตร เป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยเครื่องมือ นำค่าที่ได้มาคำนวณโดยสูตรต่อไปนี้

ความเข้มข้นจริงของสารพิษในตัวอย่างจากการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) = Cs × Multiplier

= 0.134 × 0.375

= 0.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

การคำนวณ

จากสารมาตรฐาน อาทราซีน 10 มิลลิกรัม/ลิตร คือ 10 ไมโครกรัม /มิลลิลิตร

ต้องการ 1 ไมโครกรัม จะได้ $\frac{1 \times 1}{10}$

= 0.1 มิลลิลิตร

ดังนั้น จะได้ว่า ปิเปตสารมาตรฐาน อาทราซีน 10 มิลลิกรัม/ลิตร มา 0.1 มิลลิลิตร ลงไปในตัวอย่างดินตะกอน แล้วนำไปวิเคราะห์ตามวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างดินตะกอน

ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร

คือ ในตัวอย่างดินตะกอน 1 กรัม มี อาทราซีน อยู่ 0.1 ไมโครกรัม

ถ้า ในตัวอย่างดินตะกอน 20 กรัม มี อาทราซีน อยู่ $\frac{0.1\times20}{1}$ ไมโครกรัม

$= 2$ ไมโครกรัม

จากขั้นตอนการสกัด

แสดงว่าใน Solvent 75 มิลลิลิตร มี อาทราซีน อยู่ 2 ไมโครกรัม

Aliquat มา 50 มิลลิลิตร มี อาทราซีน อยู่ $\frac{2 \times 50}{75}$ ไมโครกรัม

$= 1.33$ ไมโครกรัม

ปรับปริมาตรสุดท้ายไป 5 มิลลิลิตรจะได้ 1.33 ไมโครกรัม /5มิลลิลิตร ซึ่งจะเท่ากับ 0.27 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

ดังนั้น จะได้ค่า 0.27 ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร เป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ นำค่าที่ได้มาคำนวณโดยสูตรต่อไปนี้

ความเข้มข้นจริงของสารพิษในตัวอย่างจากการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) = Cs × Multiplier

$= 0.27 \times 0.375$

$= 0.1$ มิลลิกรัม/กิโลกรัม

การคำนวณ

จากสารมาตรฐาน อาทราซีน 10 มิลลิกรัม/ลิตร คือ 10 ไมโครกรัม /มิลลิลิตร

ต้องการ 2 ไมโครกรัม จะได้ $\frac{2\times1}{10}$

$= 0.2$ มิลลิลิตร

ดังนั้น จะได้ว่า ปิเปตสารมาตรฐาน อาทราซีน 10 มิลลิกรัม/ลิตร มา 0.2 มิลลิลิตร ลงไปในตัวอย่างดินตะกอน แล้วนำไปวิเคราะห์ตามวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างดินตะกอน

ที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร

คือ ในตัวอย่างดินตะกอน 1 กรัม มี อาทราซีน อยู่ 0.5 ไมโครกรัม

ถ้า ในตัวอย่างดินตะกอน 20 กรัม มี อาทราซีน อยู่ $\frac{0.5\times20}{1}$ ไมโครกรัม

= 10 ไมโครกรัม

จากขั้นตอนการสกัด

แสดงว่าใน Solvent 75 มิลลิลิตร มี อาทราซีน อยู่ 10 ไมโครกรัม

Aliquat มา 50 มิลลิลิตร มี อาทราซีนอยู่ $\frac{10 \times 50}{75}$ ไมโครกรัม

= 6.67 ไมโครกรัม

ปรับปริมาตรสุดท้ายไป 5 มิลลิลิตร จะได้ 6.67 ไมโครกรัม /5มิลลิลิตร ซึ่งจะเท่ากับ 1.33 ไมโครกรัม /มิลลิลิตร

ดังนั้น จะได้ค่า 1.33 ไมโครกรัม /มิลลิลิตร เป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ นำค่าที่ได้มาคำนวณโดยสูตรต่อไปนี้

ความเข้มข้นจริงของสารพิษในตัวอย่างจากการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) = Cs × Multiplier

= 1.33 × 0.375

= 0.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

การคำนวณ

จากสารมาตรฐาน อาทราซีน 10 มิลลิกรัม/ลิตร คือ 10 ไมโครกรัม /มิลลิลิตร

ต้องการ 10 ไมโครกรัม จะได้ $\frac{10\times1}{10}$

= 1 มิลลิลิตร

ดังนั้น จะได้ว่า ปิเปตสารมาตรฐาน อาทราซีน 10 มิลลิกรัม/ลิตร มา 1 มิลลิลิตร ลงไปในตัวอย่างดินตะกอน แล้วนำไปวิเคราะห์ตามวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างดินตะกอน

นำตัวอย่างดินตะกอนที่เติมสารมาตรฐานแล้วไปวิเคราะห์ตามวิธีการและคำนวณหาค่าความเข้มข้นตามสูตรแล้ว นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า % Recovery ดังต่อไปนี้

ที่ Recovery ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร จากสูตรจะได้ว่า

$$\% \text{ Recovery} = \frac{0.048 - 0}{0.05} \times 100 = 96\ \%$$

ที่ Recovery ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร จากสูตรจะได้ว่า

$$\% \text{ Recovery} = \frac{0.097 - 0}{0.1} \times 100 = 97\ \%$$

ที่ Recovery ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัม/ลิตร จากสูตรจะได้ว่า

$$\% \text{ Recovery} = \frac{0.49 - 0}{0.5} \times 100 = 98\ \%$$

ดังนั้นค่า % Recovery ที่ได้ยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

ตารางผนวกที่ 15 ค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับ (%Recovery) ของอาทราซีน (พ.ศ. 2551)

ดินตะกอน		% Recovery		
ชนิดของตัวอย่าง	ครั้งที่	ที่ระดับความเข้มข้น (มิลลิกรัมกรัม/กิโลกรัม)		
		0.05	0.10	0.50
	1	106	90	98
	2	106	97	98
	3	96	96	97
	4	90	93	96
	5	92	97	98
	6	96	103	102
	7	88	105	102
	ค่าเฉลี่ย	96	97	98

ตารางผนวกที่ 16 แสดงเกณฑ์การยอมรับค่าความถูกต้องของ Analyte Recovery ที่ความเข้มข้นต่างๆ ตาม (The AOAC manual for the Peer-Verified Method Program)

ความเข้มข้นของการวิเคราะห์	%Recovery
100 %	98-102
> 10 %	98-102
> 1 %	97-103
> 0.1 %	95-105
100มิลลิกรัม/ลิตร	90-107
10 มิลลิกรัม/ลิตร	80-110
1 มิลลิกรัม/ลิตร	80-110
100 ppb	80-110
10 ppb	60-115
1 ppb	40-120

การคำนวณค่าการประเมินความเที่ยง

คำนวณค่าการประเมินควางเที่ยงโดยหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ที่ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ที่วิเคราะห์ซ้ำ 7 ครั้ง

$$\% \text{ RSD} = \frac{\text{SD} \times 100}{\overline{X}}$$

Horwitz equation

Reproducibility ; $\% \text{ RSD}_R = 2^{(1 - 0.5 \log C)}$

Repeatability ; $\% \text{ RSD}_r = 0.66 \times 2^{(1 - 0.5 \log C)} = 0.66 \times 2C^{-0.1505}$

โดยที่ C เป็น Concentration ratio (ไม่มีหน่วย)

$\% \text{ RSD}_R$ = ค่า RSD จากการทดสอบต่างห้องปฏิบัติการต่างวันกัน (Reproducibility) จัดเป็น Predicted RDS

$\%\ RSD_r$ = ค่า RSD จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการเดียวกันวันเดียวกัน (Repeatability) จัดเป็น Predicted RDS

$$HORRAT = \frac{\%\ RSD_{LAB}}{\%\ RSD_{Predicted}}$$

จากตารางผนวกที่ 10 ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จากสูตร หาค่า

$$\%\ RSD = \frac{0.004 \times 100}{0.048}$$

$$= 8.33$$

$$\%\ RSD_r = 0.66 \times 2^{(1 - 0.5 \log 0.048)}$$

$$= 12.63$$

$$HORRA = \frac{\%\ RSD_{LAB}}{\%\ RSD_r} = \frac{8.33}{12.63}$$

$$= 0.66$$

ค่า HORRAT หรือ Horwitz ratio เท่ากับ 0.66 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ตารางผนวกที่ 17 แสดงค่า expected % RSD_r ที่คำนวณจาก Horwitz's equation (RSD) ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของการวิเคราะห์	C	Expected % RSD_r
100 %	1	$0.66 \times 2 \times (1^{-0.1505})$ = 1.3
10 %	0.1	$0.66 \times 2 \times (0.1^{-0.1505})$ = 1.8
1 %	0.01	$0.66 \times 2 \times (0.01^{-0.1505}$ = 2.6
0.1 %	0.001	$0.66 \times 2 \times (0.001^{-0.1505}$ = 3.7
100 มิลลิกรัม/ลิตร	1×10^{-4}	$0.66 \times 2 \times (10^{-4})^{-0.1505}$ = 5.2
10 มิลลิกรัม/ลิตร	1×10^{-5}	$0.66 \times 2 \times (10^{-5})^{-0.1505}$ = 7.4
1 มิลลิกรัม/ลิตร	1×10^{-6}	$0.66 \times 2 \times (10^{-6})^{-0.1505}$ = 10.5
0.1 มิลลิกรัม/ลิตร	1×10^{-7}	$0.66 \times 2 \times (10^{-7})^{-0.1505}$ = 14.9
0.01 มิลลิกรัม/ลิตร	1×10^{-8}	$0.66 \times 2 \times (10^{-8})^{-0.1505}$ = 21.1
0.001 มิลลิกรัม/ลิตร	1×10^{-9}	$0.66 \times 2 \times (10^{-9})^{-0.1505}$ = 29.8

ตารางผนวกที่ 18 เกณฑ์การยอมรับที่ The AOAC manual for the peer versified methods program (1993) และ Codex กับ EU ที่กำหนดค่า HORRAT ไว้ดังนี้

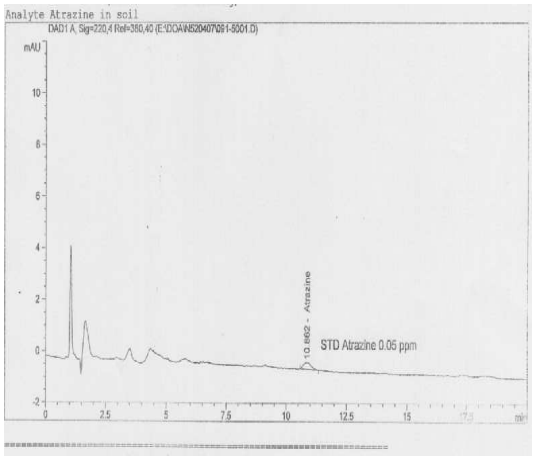
Reference	ค่า HORRAT
AOAC	< 2
Codex, EU	≤ 2

ตารางผนวกที่ 19 ค่ากำหนดปริมาณสูงสุดของอาทราซีนที่ให้มีได้ในดิน
(Maximum Allowable Concentration)

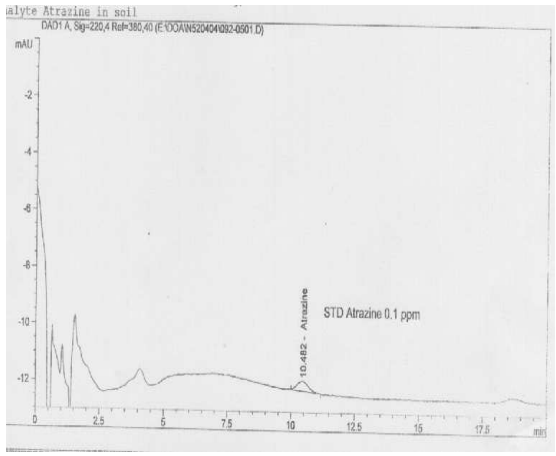
สารพิษ	ประเทศ	ระดับที่กำหนด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	เงื่อนไขเฉพาะ
อาทราซีน	ไทย	22	ดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม

ที่มา : กองจัดการคุณภาพน้ำ, 2540

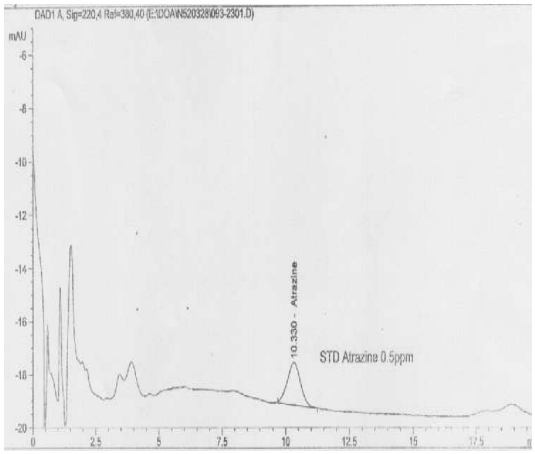
ที่ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร



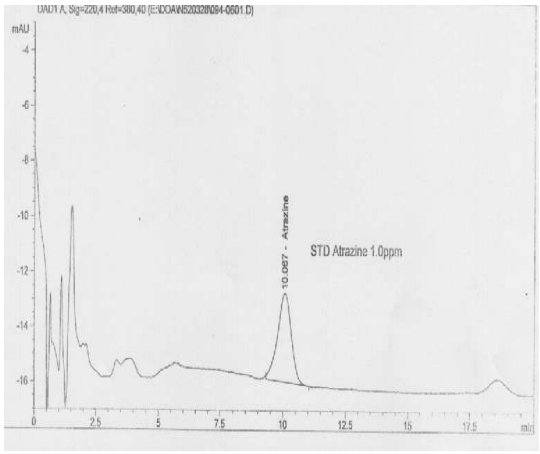
ที่ความเข้มข้น 0.10 มิลลิกรัม/ลิตร



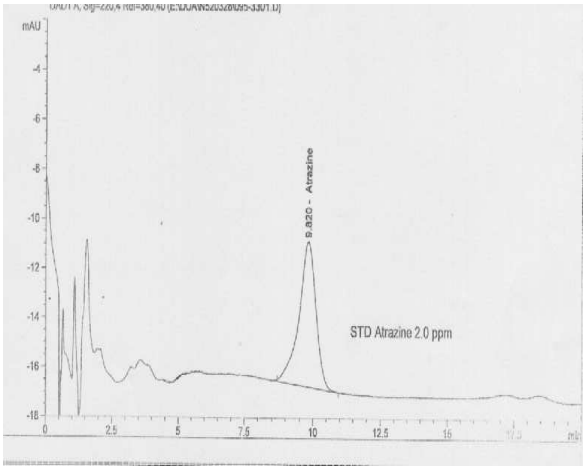
ที่ความเข้มข้น 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร



ที่ความเข้มข้น 1.00 มิลลิกรัม/ลิตร

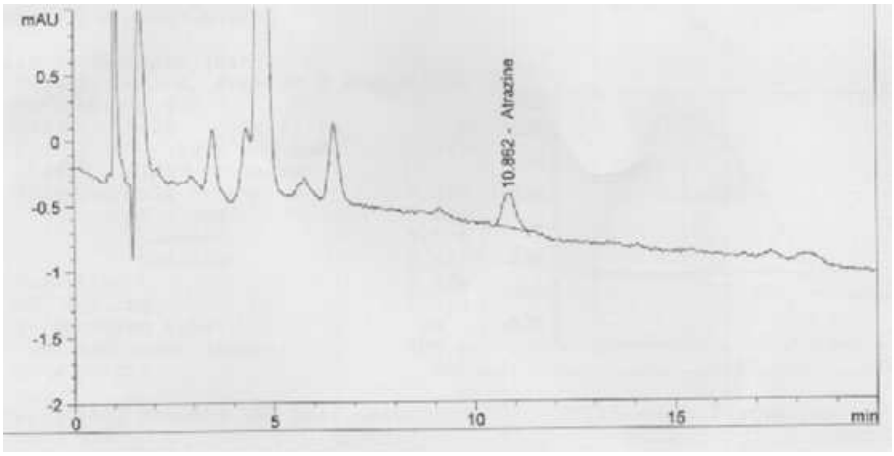


ที่ความเข้มข้น 2.00 มิลลิกรัม/ลิตร

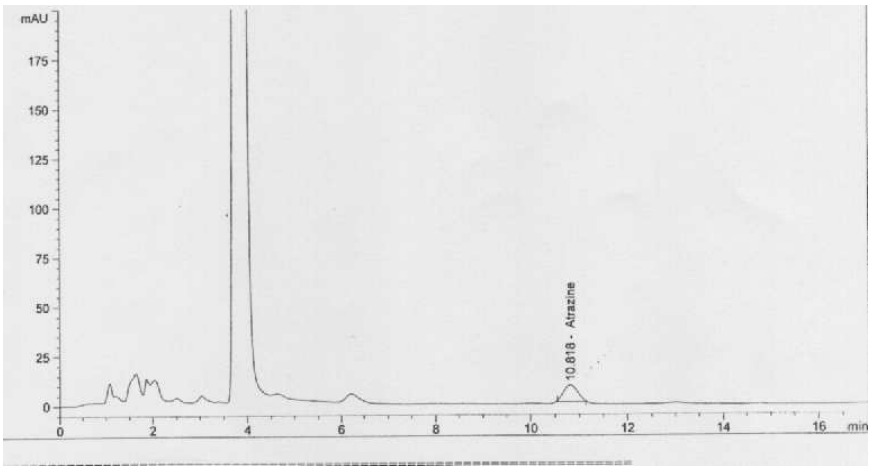


ภาพผนวกที่ 1 โครมาโทแกรมของสารมาตรฐาน

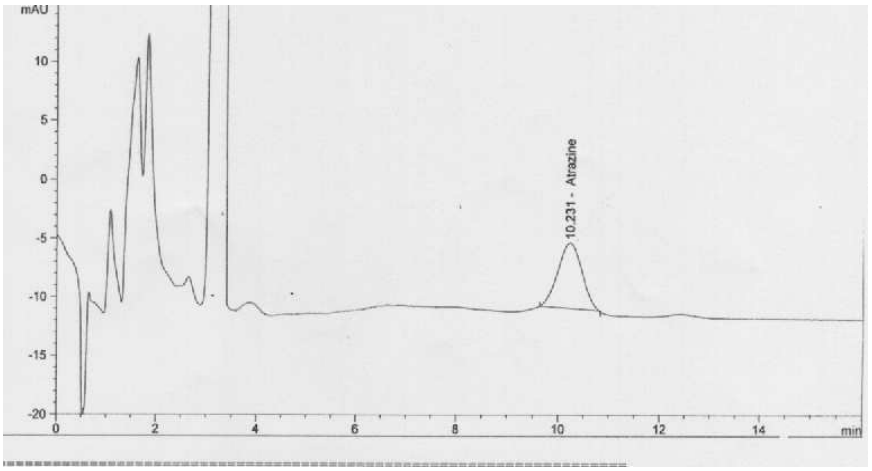
ที่ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร



ที่ความเข้มข้น 0.10 มิลลิกรัม/ลิตร

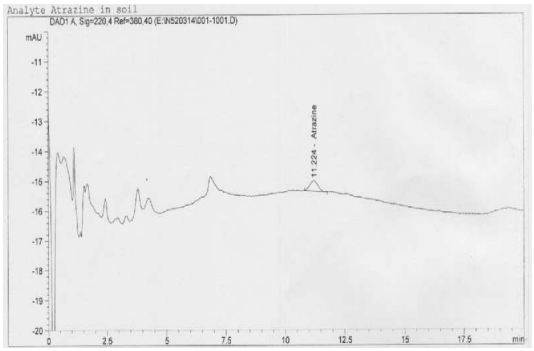


ที่ความเข้มข้น 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร

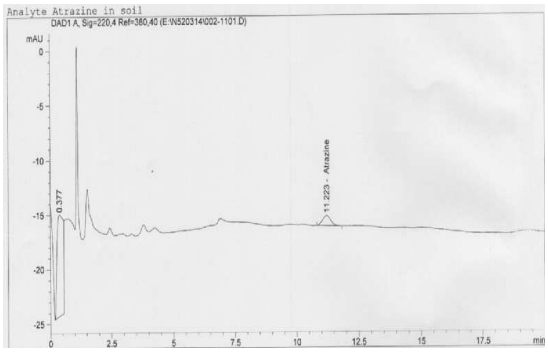


ภาพผนวกที่ 2 โครมาโทแกรม Recovery

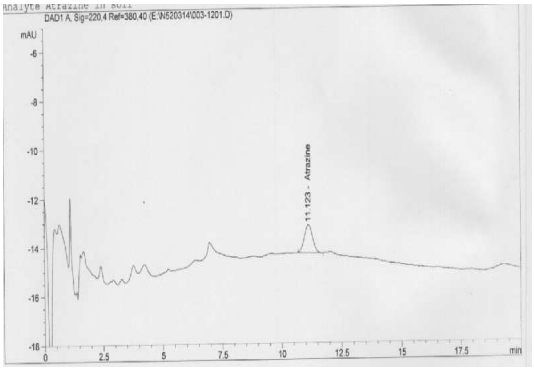
ตัวอย่าง A1



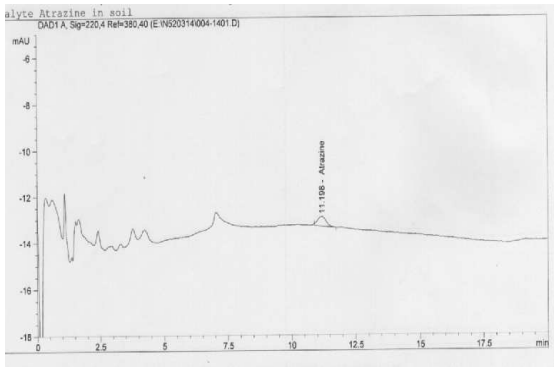
ตัวอย่าง A2



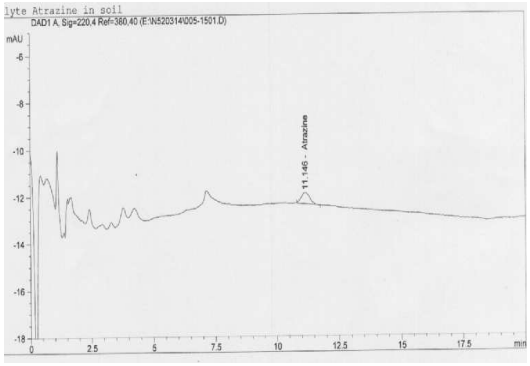
ตัวอย่าง A3



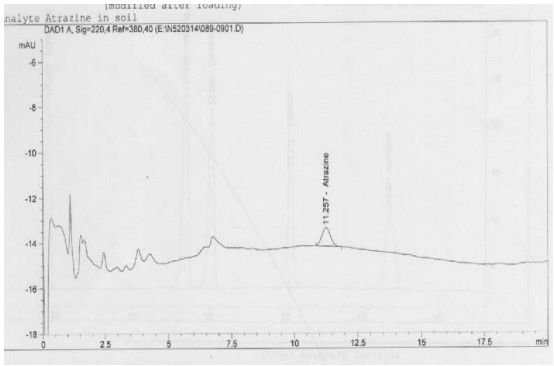
ตัวอย่าง A4



ตัวอย่าง A5

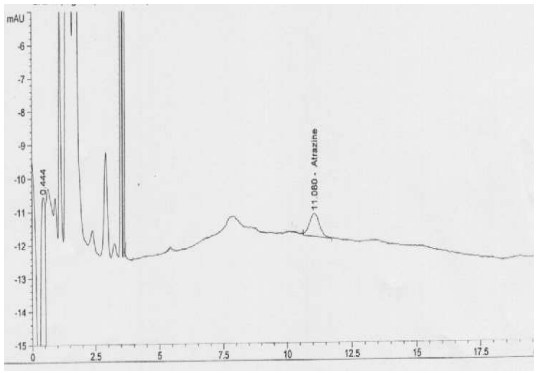


ตัวอย่าง B2

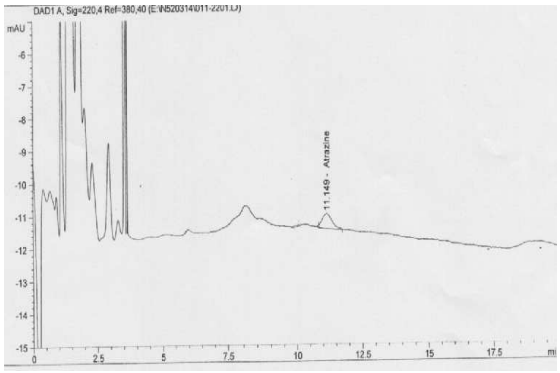


ภาพผนวกที่ 3 โครมาโทแกรมตัวอย่างที่ตรวจพบอาทราซีนในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551

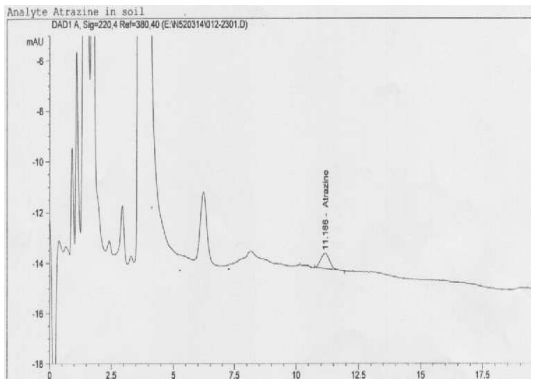
ตัวอย่าง B3



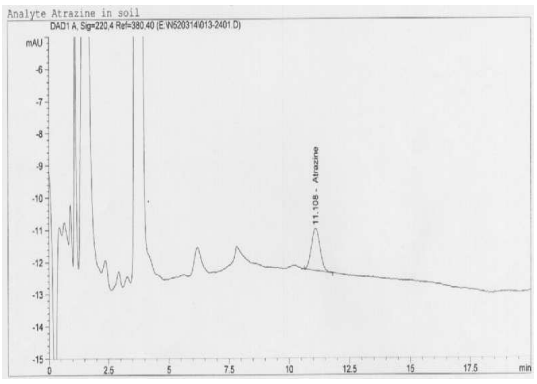
ตัวอย่าง B4



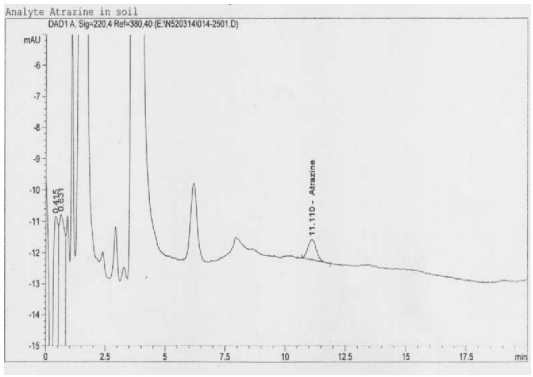
ตัวอย่าง C1



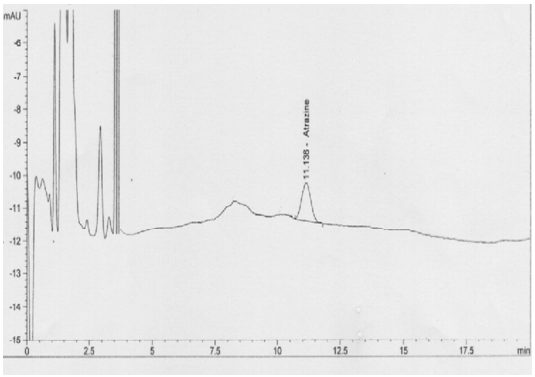
ตัวอย่าง C2



ตัวอย่าง C3

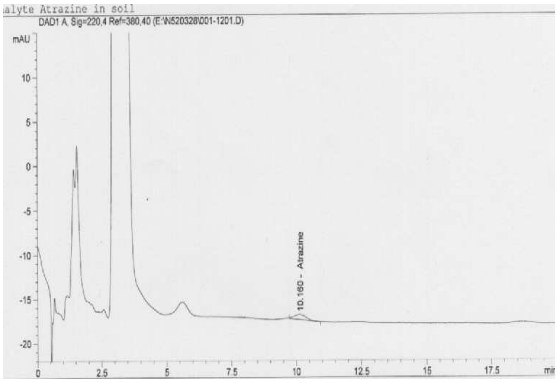


ตัวอย่าง D1

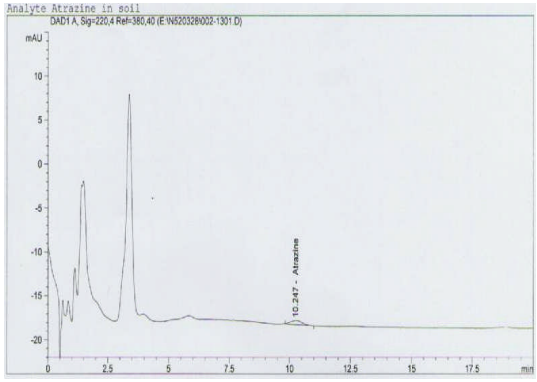


ภาพผนวกที่ 3 (ต่อ)

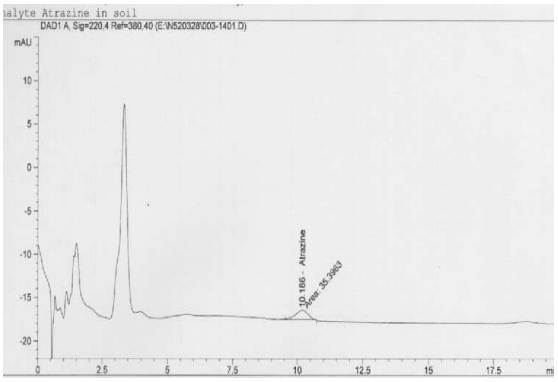
ตัวอย่าง A1



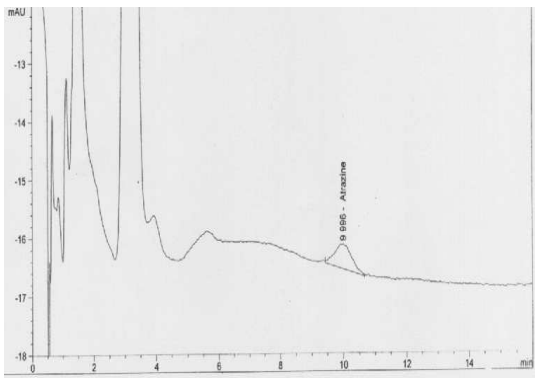
ตัวอย่าง A2



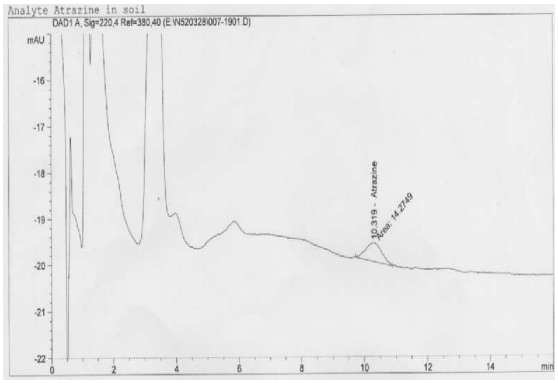
ตัวอย่าง A3



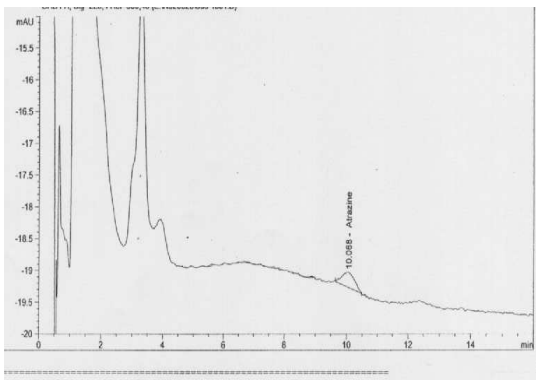
ตัวอย่าง A4



ตัวอย่าง A5

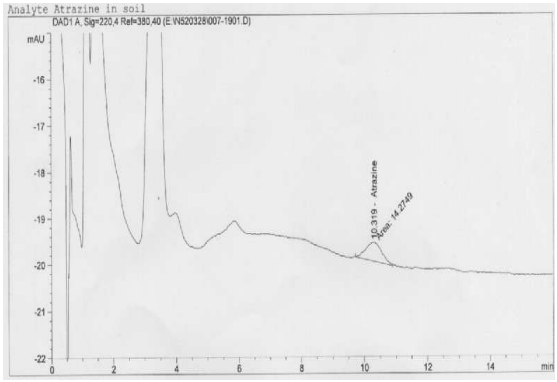


ตัวอย่าง A6

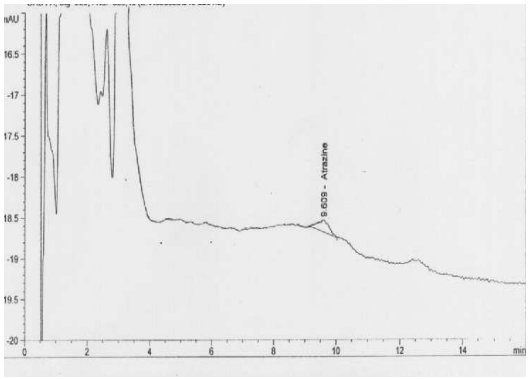


ภาพผนวกที่ 4 โครมาโทแกรมตัวอย่างที่ตรวจพบอาทราซีนในเดือนกันยายน พ.ศ. 2551

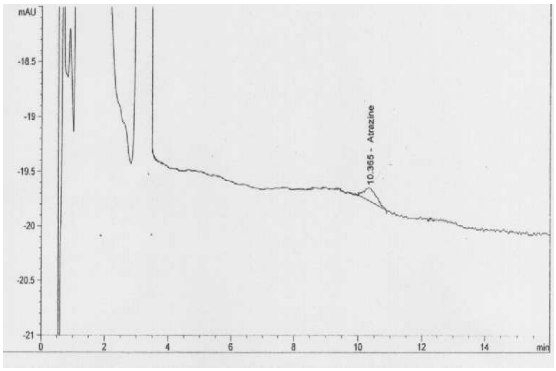
ตัวอย่าง A7



ตัวอย่าง B1

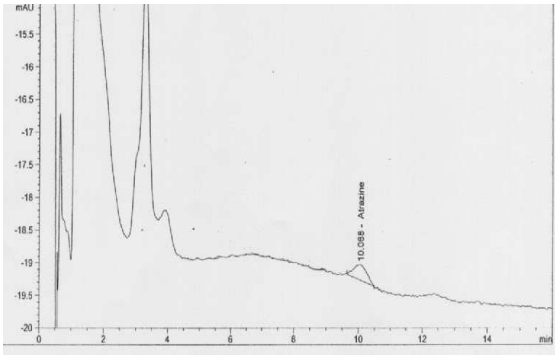


ตัวอย่าง B2

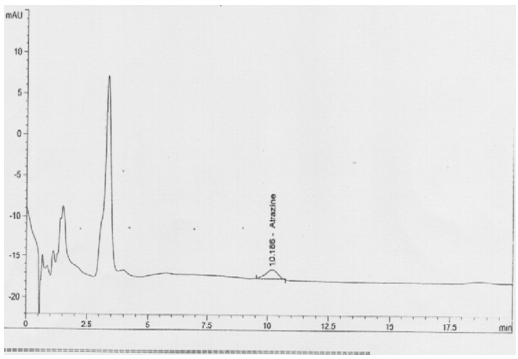


ภาพผนวกที่ 4 (ต่อ)

ตัวอย่าง A1

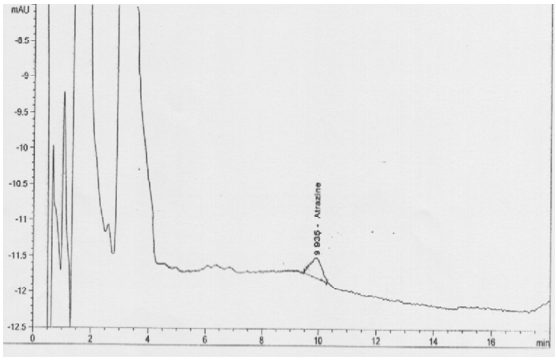


ตัวอย่าง A2

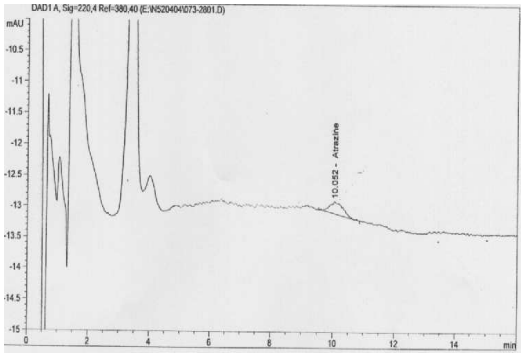


ภาพผนวกที่ 5 โครมาโทแกรมตัวอย่างที่ตรวจพบอาทราซีนในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2551

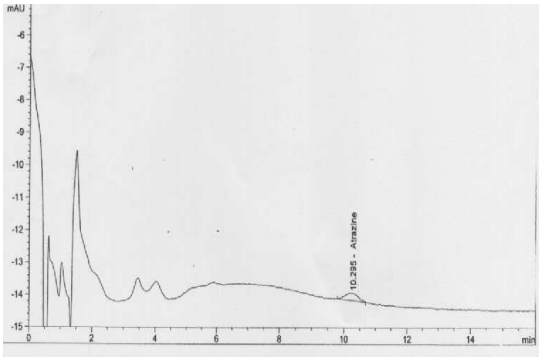
ตัวอย่าง A3



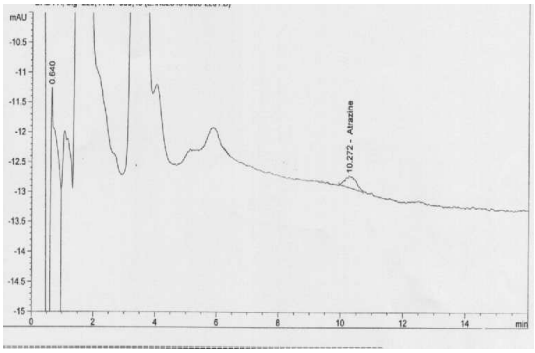
ตัวอย่าง A4



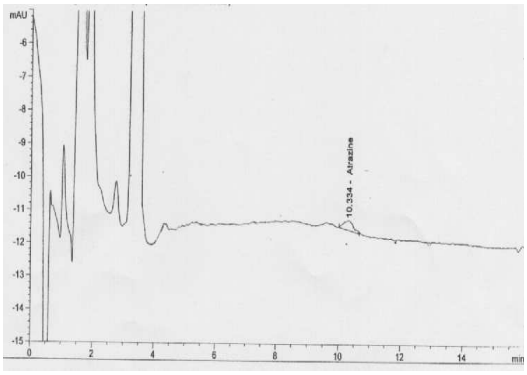
ตัวอย่าง A5



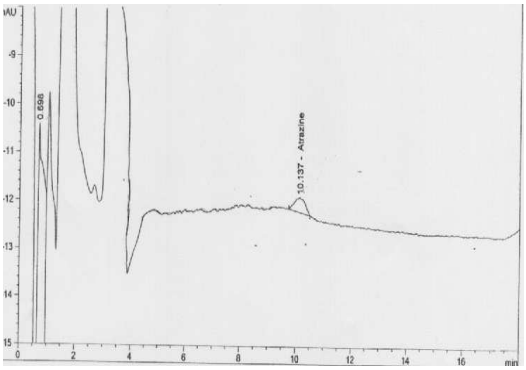
ตัวอย่าง A6



ตัวอย่าง A7

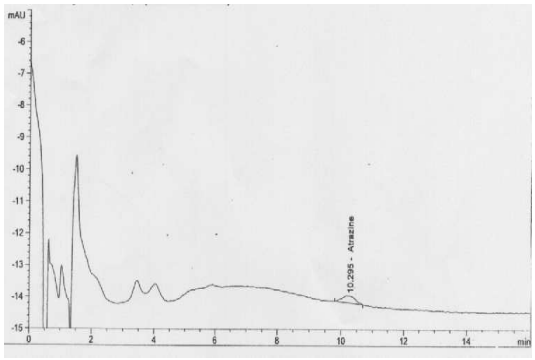


ตัวอย่าง B1

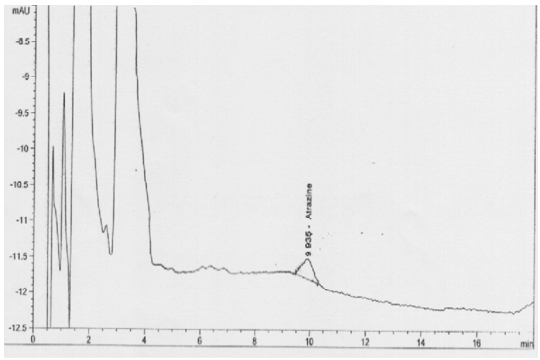


ภาพผนวกที่ 5 (ต่อ)

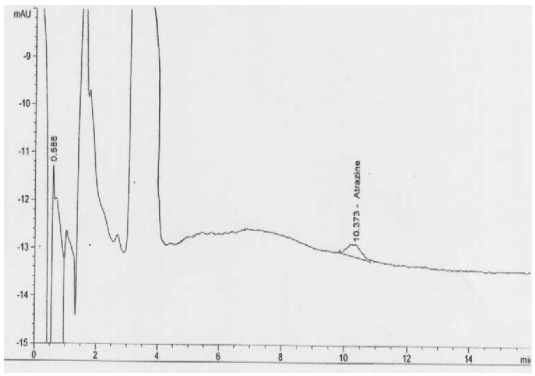
ตัวอย่าง A1



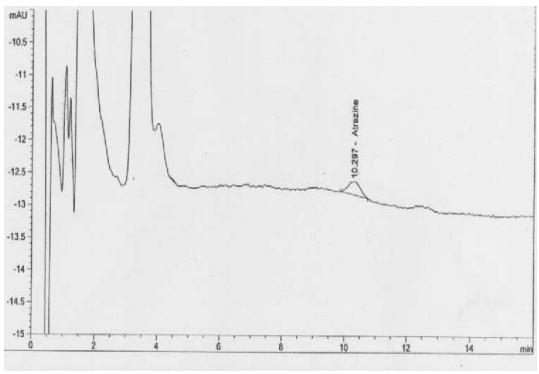
ตัวอย่าง A2



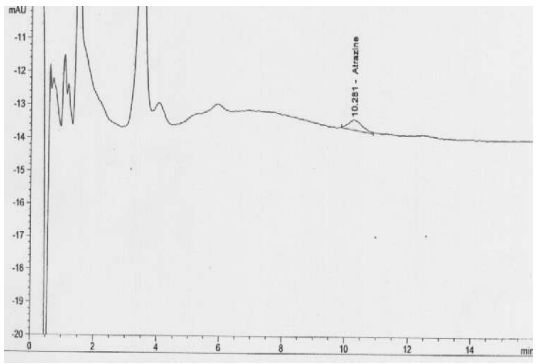
ตัวอย่าง A3



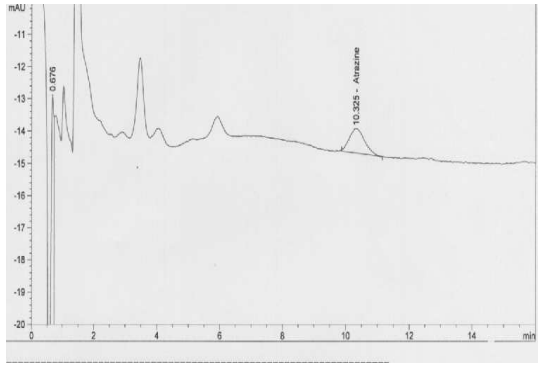
ตัวอย่าง A4



ตัวอย่าง A5

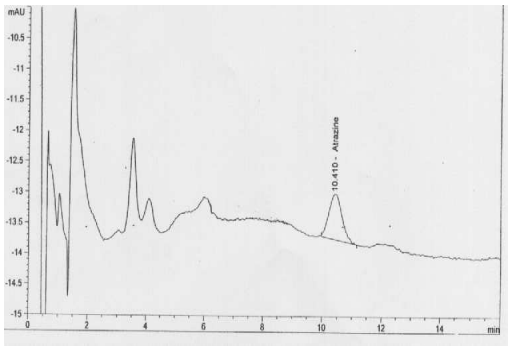


ตัวอย่าง A6

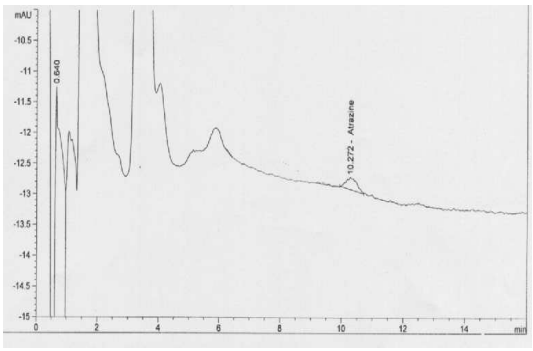


ภาพผนวกที่ 6 โครมาโทแกรมตัวอย่างที่ตรวจพบอาทราซีนในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2551

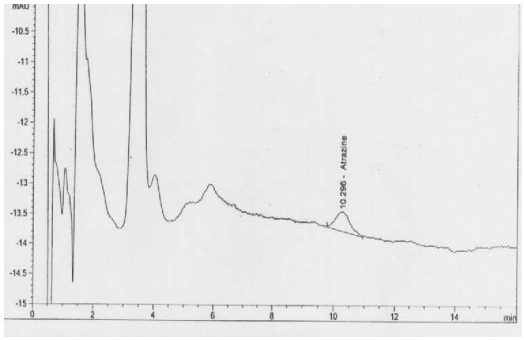
ตัวอย่าง A7



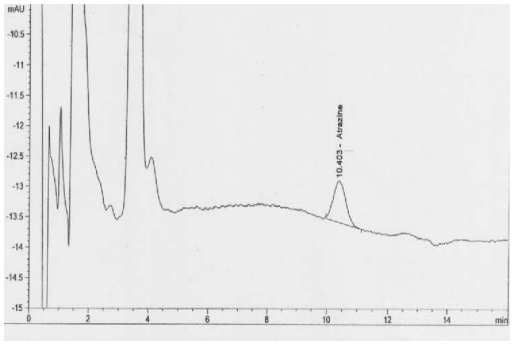
ตัวอย่าง B1



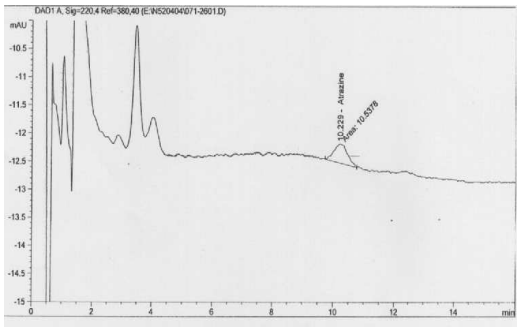
ตัวอย่าง B2



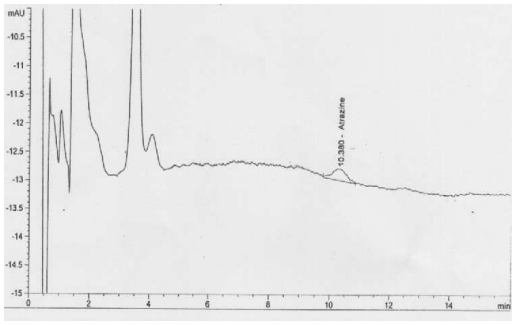
ตัวอย่าง B3



ตัวอย่าง B4

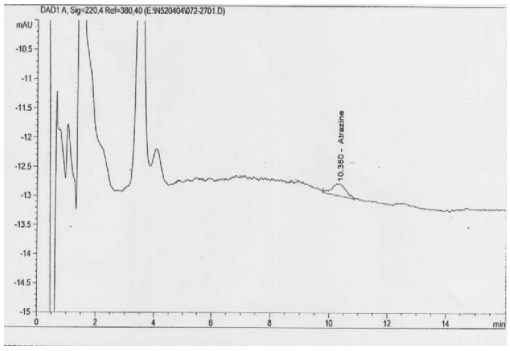


ตัวอย่าง C1

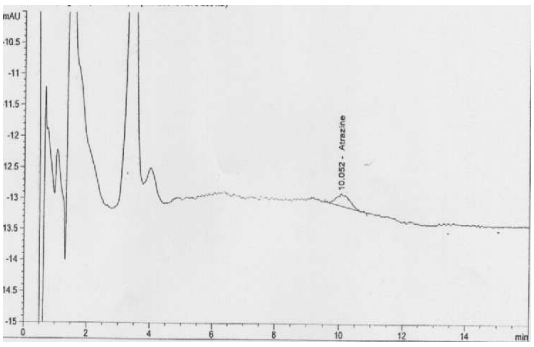


ภาพผนวกที่ 6 (ต่อ)

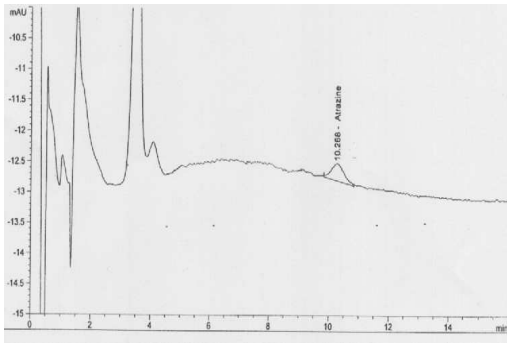
ตัวอย่าง C2



ตัวอย่าง C3



ตัวอย่าง D1



ภาพผนวกที่ 6 (ต่อ)

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางน้ำเย็น ศิริพัฒน์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 14 มกราคม 2521
สถานที่เกิด	จังหวัด เลย
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์เคมี) มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กลุ่มงานสารพิษตกค้างทางการเกษตร กลุ่มงานวิจัยวัตถุมีพิษทางการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร