

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองแยกสารละลายมาตรฐานพีเอเอช 16 ชนิดด้วยเครื่อง GC/FID

ลำดับ peak	มวลโมเลกุล	สารพีเอเอช	จำนวนวงอะโรมาติก	Retention time (นาที) (n = 12)	
				ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
1	128	Naphthalene	2	25.48	0.44
2	152	Acenaphthylene	3	37.41	0.01
3	154	Acenaphthene	3	38.76	0.003
4	166	Fluorene	3	42.85	0.008
5	178	Phenanthrene	3	50.64	0.005
6	178	Anthracene	3	51.06	0.005
7	202	Fluoranthene	4	60.31	0.005
8	202	Pyrene	4	62.19	0.005
9	228	Benzo(a)anthracene	4	71.93	0.004
10	228	Chrysene	4	72.26	0.005
11	252	Benzo(b)fluoranthene	5	83.46	0.18
12	252	Benzo(k)fluoranthene	5	83.89	0.008
13	252	Benzo(a)pyrene	5	88.20	0.012
14	276	Indino(1,2,3-cd)pyrene	5	109.42	0.01
15	278	Dibenzo(a,h)anthracene	6	110.12	0.21
16	276	Benzo(g,h,i)perylene	6	115.77	0.08

4.1.3 การสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานพีเอเอช 16 ชนิด

จากการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานพีเอเอช 16 ชนิดด้วยเครื่อง GC/FID ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 6 ความเข้มข้นดังนี้ 800 1,000 2,000 4,000 6,000 และ 8,000 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถสร้างกราฟมาตรฐานโดยพลอตระหว่างขนาดพื้นที่ (area) ที่อ่านได้จากเครื่อง GC-FID กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้ จากการหาความสัมพันธ์ระหว่าง response ของตัวตรวจวัดและค่าความเข้มข้นของสารที่วิเคราะห์ พบว่าตัวตรวจวัดแบบ FID ให้ความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ (R^2) > 0.9 ในสารพีเอเอช 16 ชนิดดังแสดงในภาคผนวก ง โดยค่า R^2 มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.990-0.9960 ตารางที่ 4.2 แสดงค่า Linear regression data สำหรับสารพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด จะเห็นได้ว่า chrysene เป็นสารพีเอเอชชนิดที่ให้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงที่ดีที่สุดโดยมีค่า R^2 ใกล้เคียงกับ 1 มากที่สุด ($R^2 =$

0.996) ส่วน indino(1,2,3-cd)pyrene ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงต่ำที่สุด ($R^2 = 0.99$) ก็ยังแสดงความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 4.2 ค่า linear regression data ของสารพีเอเอช 16 ชนิด

สารพีเอเอช	R^2
1. Naphthalene	0.9921
2. Acenaphthylene	0.9915
3. Acenaphthene	0.9914
4. Fluorene	0.9908
5. Phenanthrene	0.9907
6. Anthracene	0.9911
7. Fluoranthene	0.9914
8. Pyrene	0.9913
9. Benzo(a)anthracene	0.9948
10. Chrysene	0.9960
11. Benzo(b)fluoranthene	0.9947
12. Benzo(k)fluoranthene	0.9952
13. Benzo(a)pyrene	0.9930
14. Indino(1,2,3-cd)pyrene	0.9900
15. Dibenzo(a,h)anthracene	0.9901
16. Benzo(g,h,i)perylene	0.9914

4.1.4 การหาขีดจำกัดของการตรวจวัดของเครื่องมือ (Limit of Detection, LOD)

ค่า Limit of Detection (LOD) คือ ความเข้มข้นต่ำที่สุดของสารที่สามารถวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจนด้วยเครื่องมือต่างๆ ค่า LOD ของการวิเคราะห์สารพีเอเอช 16 ชนิดด้วยเครื่อง GC-FID ดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่าสารพีเอเอชกลุ่มมวลโมเลกุลสูง เช่น indino(1,2,3-cd)pyrene dibenzo(a,h)anthracene และ benzo(g,h,i)perylene มีการตอบสนองต่อสัญญาณจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID อยู่ในระดับต่ำจึงมีค่า LOD สูง (ต้องการระดับความเข้มข้นของสารในตัวอย่างสูงถึงจะอ่านค่าพบ) แต่สำหรับสารพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลต่ำ

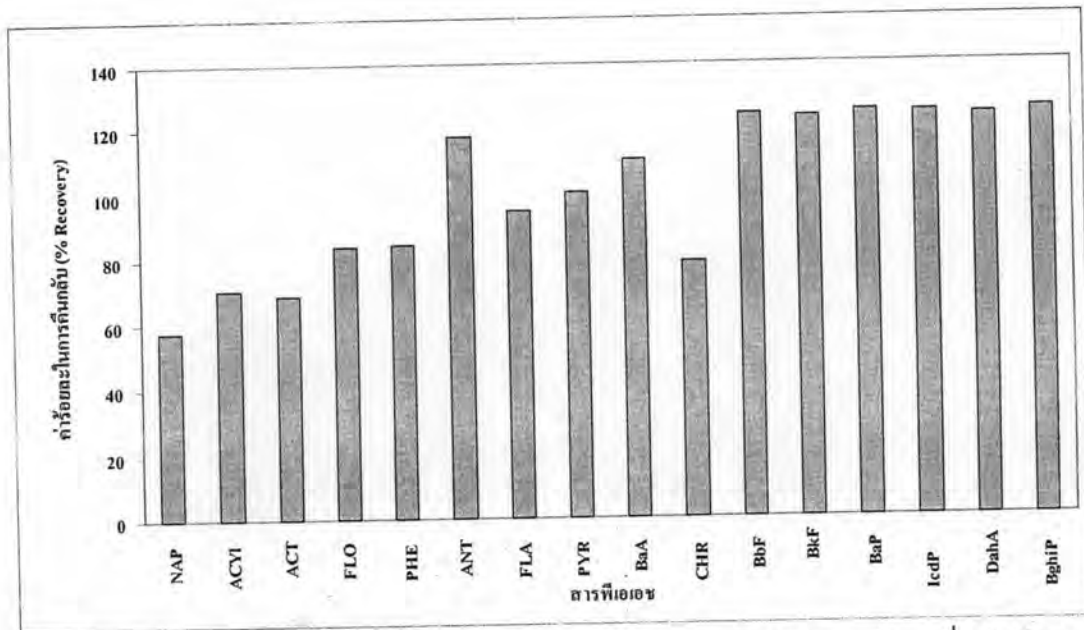
เช่น naphthalene acenaphthylene หรือ phenanthrene ซึ่งมีการตอบสนองต่อสัญญาณของเครื่อง GC-FID อยู่ในระดับที่สูงมากกว่า จึงทำให้มีค่า LOD ที่ต่ำกว่า

ตารางที่ 4.3 Limit of Detection ของวิธีการวิเคราะห์สารพีเอเอชด้วยเครื่อง GC-FID

สารพีเอเอช	Limit of Detection (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Naphthalene	0.05
Acenaphthylene	0.10
Acenaphthene	0.05
Fluorene	0.07
Phenanthrene	0.05
Anthracene	0.05
Fluoranthene	0.07
Pyrene	0.07
Benzo(a)anthracene	0.10
Chrysene	0.10
Benzo(b)fluoranthene	0.20
Benzo(k)fluoranthene	0.20
Benzo(a)pyrene	0.25
Indino(1,2,3-cd)pyrene	0.80
Dibenzo(a,h)anthracene	0.80
Benzo(g,h,i)perylene	0.80

4.1.5 การทดสอบวิธีการสกัดสารพีเอเอช 16 ชนิดด้วยเครื่องไมโครเวฟ

การทดสอบเพื่อหาค่าร้อยละในการคืนกลับ (% recovery) เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของวิธีการสกัดว่ามีประสิทธิภาพในการสกัดสารประกอบเคมีที่ต้องการวิเคราะห์ ออกมาจากตัวกลางที่ทำการศึกษาได้มากน้อยเพียงใด ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการสกัดสารพีเอเอช 16 ชนิดจากตัวอย่างดินด้วยเครื่องไมโครเวฟในรูปของร้อยละในการคืนกลับแสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ร้อยละในการคืนกลับของวิธีการสกัดสารพีเอเอช 16 ชนิดในดินด้วยเครื่องไมโครเวฟ

เกณฑ์การยอมรับของค่าร้อยละในการคืนกลับของวิธีการวิเคราะห์โดยส่วนมากแล้วจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 80-120 (Wang และคณะ, 2007) ซึ่งผลการสกัดสารพีเอเอช 16 ชนิดในตัวอย่างดินด้วยเครื่องไมโครเวฟนี้มีค่าร้อยละในการคืนกลับของสารพีเอเอชแต่ละชนิดอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 57-125 ซึ่งส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ดังกล่าว ยกเว้น naphthalene acenaphthylene acenaphthene และ chrysene ซึ่งเป็นไปได้ว่ามีการสูญหายระหว่างการสกัดด้วยเครื่องไมโครเวฟ อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานการศึกษาของ Wang และคณะ, (2007) ซึ่งทำการสกัดสารพีเอเอช 16 ชนิดจากตัวอย่างดินและตะกอนทดสอบ (reference material) ด้วยเครื่องไมโครเวฟเช่นเดียวกันกับในการศึกษานี้ พบว่ามีค่าร้อยละในการคืนกลับใกล้เคียงกัน โดยพบว่าสาร naphthalene และ acenaphthene มีค่าร้อยละในการคืนกลับค่อนข้างต่ำ คือ ร้อยละ 57 และ 68 ตามลำดับ

สำหรับค่าความแม่นยำ (Precision หรือ Reproducibility) ของวิธีการวิเคราะห์สารพีเอเอชด้วยเครื่องไมโครเวฟดังแสดงในตารางที่ 4.4 ในรูปของ % Relative Standard Deviation (% RSD) พบว่าส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 6 ถึง 9 จัดได้ว่าวิธีการสกัดสารพีเอเอช 16 ชนิดในตัวอย่างดินด้วยเครื่องไมโครเวฟนี้เป็นวิธีการสกัดที่มีความแม่นยำในระดับที่ยอมรับได้วิธีการหนึ่ง ยกเว้นในกรณีของ naphthalene เท่านั้นที่มีค่า % RSD > 10 % อาจเนื่องมาจาก naphthalene เป็นสารพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลต่ำ (ประกอบด้วยวงอะโรมาติก 2 วงในโครงสร้างโมเลกุล) จึงอาจถูกทำให้ระเหยหรือสูญหายไปได้ง่ายในระหว่างขั้นตอนการวิเคราะห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน

ขั้นตอนการลดปริมาตรของสารละลายที่สกัดได้ด้วยเครื่องระเหยสารให้แห้งแบบหมุนและอาจเนื่องมาจากขั้นตอนการกรองสารละลายภายหลังการสกัด จึงทำให้มีความแปรปรวนของการวิเคราะห์มากกว่าสารพีเอเอชชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตามค่า % RSD ทุกค่าที่ได้จากวิธีการสกัดสารพีเอเอชในตัวอย่างดินด้วยเครื่องไมโครเวฟยังมีค่าต่ำกว่า 15 % ซึ่งยังอยู่ในช่วงของเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ตามที่ U.S. EPA กำหนด (กัลยา วัฒนยากร, 2543) อย่างไรก็ตามยังอาจมีอีกหลากหลายปัจจัยที่มีผลต่อค่า % RSD เช่น สภาพแวดล้อม ขั้นตอนและวิธีการในขณะทำการวิเคราะห์ เหล่านี้เป็นต้น นอกจากนี้สาเหตุของการที่พบว่าสารพีเอเอชกลุ่มที่มีมวลโมเลกุลสูง เช่น benzo(b)fluoranthene benzo(k)fluoranthene benzo(a)pyrene Indino(1,2,3-cd)pyrene มีค่าร้อยละในการคืนกลับมากกว่า 100 นั้นมีอาจเป็นไปได้ว่าเกิดขึ้นจากความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนและกระบวนการของการทดลอง เช่นอาจมีการปนเปื้อนของสารพีเอเอชที่มีอยู่ในตัวอย่างดินที่นำมาใช้ในการสกัดหรือการปนเปื้อนอันเกิดจากการตกค้างของสารพีเอเอชในคอลัมน์หรืออุปกรณ์ในเครื่อง GC-FID เป็นต้น

ตารางที่ 4.4 ค่าความแม่นยำและค่าร้อยละในการคืนกลับของวิธีการสกัดสารพีเอเอชในดินด้วยเครื่องไมโครเวฟ

สารพีเอเอช	% Recovery	(% RSD) (n = 5)
Naphthalene	57.4	11.5
Acenaphthylene	70.4	8.8
Acenaphthene	68.5	7.2
Fluorene	83.7	6.4
Phenanthrene	84.1	6.3
Anthracene	117.7	3.2
Fluoranthene	94.7	6.0
Pyrene	100.4	6.5
Benzo(a)anthracene	110.25	6.4
Chrysene	78.6	9.7
Benzo(b)fluoranthene	123.9	8.9
Benzo(k)fluoranthene	123.3	8.1
Benzo(a)pyrene	124.9	5.7
Indino(1,2,3-cd)pyrene	124.6	9.2
Dibenzo(a,h)anthracene	123.5	8.8
Benzo(g,h,i)perylene	125.2	8.1

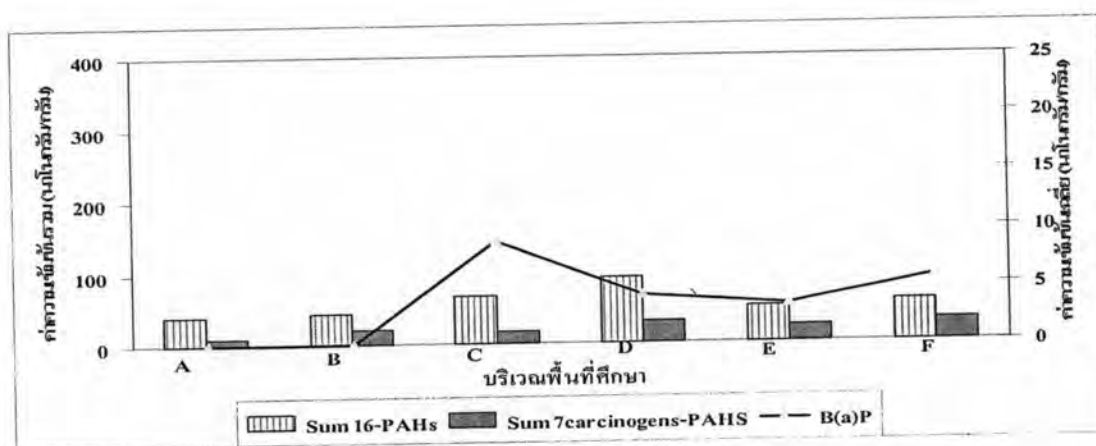
4.2 ผลการวิเคราะห์ชนิดและความเข้มข้นของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษา

ผลการวิเคราะห์หาชนิดและความเข้มข้นของสารพีเอเอชด้วยเครื่อง GC-FID ของตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร พบการปนเปื้อนของสารพีเอเอชในทุกตัวอย่าง ความเข้มข้นเฉลี่ย ความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร จากพื้นที่ศึกษาทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งดังแสดงในตารางที่ 1จ-6จ ภาคผนวก จ โดยผลของความเข้มข้นดังกล่าวแสดงในรูปค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นจากการวิเคราะห์ซ้ำในตัวอย่างเดียวกันจำนวน 3 ครั้ง โดยค่า Sum Total 16 PAHs ในตารางที่ 1จ ภาคผนวก จ คือความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดที่พบในตัวอย่างดินระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษา ความเข้มข้นสูงสุด-ต่ำสุดและค่ามัธยฐานของสารพีเอเอช 16 ชนิดดังแสดงในตารางที่ 7จ ภาคผนวก จ

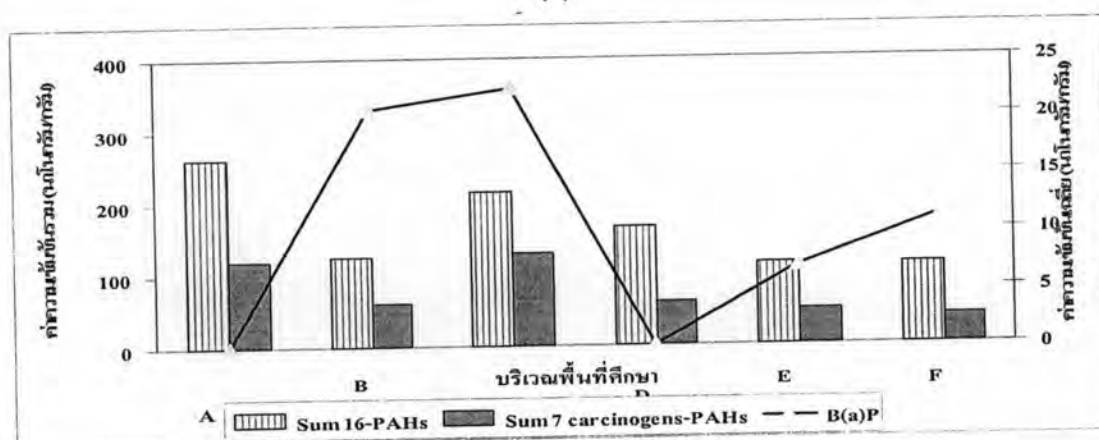
ผลการวิเคราะห์พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดในพื้นที่ศึกษาในฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 39.9-91.3 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมและในฤดูแล้งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 111.7-339.9 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมและมีค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (geometric mean) ของความเข้มข้นรวมในฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 55.6 ± 18.9 และ 156.4 ± 61.5 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมตามลำดับทุกพื้นที่ศึกษาในฤดูแล้งพบสารพีเอเอชในกลุ่มที่มีวงอะโรมาติก 4-6 วงในโครงสร้างโมเลกุลสูงสุดโดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 69.1-228.7 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม. Edwards, (1983) ได้รายงานว่าปกติแล้วความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชในดินที่เกิดขึ้นเองจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติเหล่านี้ควรมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1-10 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมซึ่งแหล่งกำเนิดสารพีเอเอชตามธรรมชาติดังกล่าวหมายถึงเกิดจากการรั่วไหลของน้ำมันปิโตรเลียม ถ่านหินชนิดบิทูเมน (bitumen coal) และจากการเกิดไฟป่าเป็นต้น (Yunker และคณะ, 2002) นอกจากนี้ ความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่พบในตัวอย่างดินระดับผิวน้ำในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้พบค่าสูงมากกว่าค่า background ในพื้นที่ศึกษาอื่นๆ (Amagai และคณะ, 1999) จึงอาจกล่าวได้ว่ามีการปนเปื้อนของสารพีเอเอชที่ไม่ได้เกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติในพื้นที่ศึกษา

ความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินที่ระดับ 0-20 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ฤดูดังแสดงในรูปที่ 4.3 (1) และ (2) โดยกลุ่มของสารพีเอเอชที่พบความเข้มข้นสูงที่สุดในพื้นที่ศึกษาทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งคือ กลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 4-6 วง (มีค่าเท่ากับ 57.5 และ 228.7 นาโนกรัมต่อกรัม) Maliszewska-Kordybach, (1996) ได้ศึกษาถึงระดับความเข้มข้น

รวมของสารพีเอเอชที่ปนเปื้อนในดินซึ่งอาจก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จากพื้นที่เกษตรกรรมในทวีปยุโรป ผลการศึกษาสามารถแบ่งระดับการปนเปื้อนที่อาจก่อให้เกิด ความเป็นพิษออกได้เป็น 4 ระดับ คือ ไม่เป็นพิษ (ความเข้มข้นรวม < 200 นาโนกรัมต่อกรัม) เป็น พิษเล็กน้อย (ความเข้มข้นรวมอยู่ในช่วงระหว่าง 200-600 นาโนกรัมต่อกรัม) เป็นพิษปานกลาง (ความเข้มข้นรวมอยู่ในช่วงระหว่าง 600-1,000 นาโนกรัมต่อกรัม) และเป็นพิษสูง (ความเข้มข้น รวม>1,000 นาโนกรัมต่อกรัม) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นรวมในดินจากพื้นที่ ศึกษาครั้งนี้พบว่าในช่วงฤดูฝนยังอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษ (< 200 นาโนกรัมต่อกรัม) ทั้งนี้ ความ เข้มข้นรวมในฤดูฝนอาจมีค่าต่ำเนื่องจากถูกชะล้างจากฝนและน้ำท่วม สำหรับในช่วงฤดูแล้ง พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเข้มข้นรวมอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษ (< 200 นาโนกรัมต่อกรัม) ยกเว้น ในพื้นที่ A และ C ที่พบความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชในดินอยู่ในระดับที่เป็นพิษเล็กน้อย (200- 600 นาโนกรัมต่อกรัม)



(1)



(2)

รูปที่ 4.3 ความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดในตัวอย่างดินระดับ 0-20 เซนติเมตร ในพื้นที่ศึกษา (1) ฤดูฝน (2) ฤดูแล้ง

ในประเทศโปแลนด์ มีการรายงานการวิจัยพบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชใน พื้นที่เกษตรกรรมมีค่าอยู่ที่ประมาณ 264 นาโนกรัมต่อกรัม (Maliszewska-Kordybach, 1996) ในพื้นที่ป่า Norwegian พบโดยประมาณ 144 นาโนกรัมต่อกรัม อีกทั้งพบความเข้มข้นรวมสูงสุดของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินจากพื้นที่ชุมชนเมือง Estonian มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 2,200-12,300 นาโนกรัมต่อกรัมสำหรับในประเทศไทยพบความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินที่ระดับผิวหน้าของกรุงเทพมหานครอยู่ในช่วงระหว่าง 11.7-376.3 นาโนกรัมต่อกรัม และพบว่ามีความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชอยู่ที่ประมาณ 824 นาโนกรัมต่อกรัม ในตัวอย่างดินที่ระดับ 0-20 เซนติเมตร จากพื้นที่ชุมชนและริมเส้นทางคมนาคมในจังหวัดเชียงใหม่ (Amagai, 1999) ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากรายงานการศึกษาความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่พบในพื้นที่ศึกษาอื่นๆ ในประเทศไทย สำหรับพื้นที่ศึกษานี้ซึ่งพบสารพีเอเอชมีค่าอยู่ในช่วง 39.9 - 91.3 นาโนกรัมต่อกรัม ในฤดูฝนและ 111.7-339.9 นาโนกรัมต่อกรัม ในฤดูแล้งตามลำดับ จึงกล่าวได้ว่าพบการปนเปื้อนของสารพีเอเอชในระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง ตารางที่ 1๑-6๑ ภาคผนวก ๑ แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยและความเข้มข้นรวมของสารที่พบในตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร พบสารพีเอเอช naphthalene phenanthrene, pyrene, benzo(k)fluoranthene, dibenzo(a,h)anthracene และ benzo(g,h,i)perylene เป็นสารพีเอเอชที่ตรวจพบได้ในตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ในทุกพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ฤดู ในขณะที่ fluorene และ indino(1,2,3-cd)pyrene ในตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรพบน้อยที่สุดในทั้ง 2 ฤดูกาล ตารางที่ 7๑ ภาคผนวก ๑ แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุด-ต่ำสุดของสารพีเอเอช ในตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ฤดูกาล

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวอย่างดินจากพื้นที่ศึกษาตามจำนวนวงอะโรมาติกที่มีอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลที่แตกต่างกัน พบว่าในฤดูฝนสารพีเอเอชที่มีความเข้มข้นรวมสูงสุดเป็นกลุ่มที่มีวงอะโรมาติก 4-6 วงในโครงสร้างโมเลกุล (57.5 นาโนกรัมต่อกรัม) และสารพีเอเอชที่พบความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดเป็นกลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 2-3 วง (7.7 นาโนกรัมต่อกรัม) เช่นเดียวกัน ในฤดูแล้งพบว่าสารพีเอเอชที่มีความเข้มข้นรวมสูงสุดเป็นกลุ่มที่มีวงอะโรมาติก 4-6 วงในโครงสร้างโมเลกุล (228.7 นาโนกรัมต่อกรัม) และสารพีเอเอชที่พบความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดเป็นกลุ่มที่มีวงอะโรมาติก 2-3 วงในโครงสร้างโมเลกุล (69.1 นาโนกรัมต่อกรัม) ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาสัดส่วนของกลุ่มสารพีเอเอชที่พบในตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร จากพื้นที่ศึกษา พบกลุ่มที่มีจำนวนวงอะโรมาติก 4-6 ในโครงสร้างโมเลกุลเป็นสำคัญ เช่น phenanthrene, anthracene, pyrene, chrysene, benzo(a)anthracene benzo(b)fluoranthene และ benzo(k)fluoranthene เป็นต้น โดยเฉพาะ phenanthrene และ

benzo(b)fluoranthene เป็นชนิดสารพีเอเอชที่พบว่ามีส่วนสูงที่สุดในตัวอย่างดินส่วนใหญ่ การที่พบว่าสัดส่วนของสารพีเอเอชที่พบในพื้นที่ศึกษาเป็นกลุ่มที่มีวงอะโรมาติกหลายวงในโครงสร้างโมเลกุล (≥ 4 วง) เป็นส่วนใหญ่แต่ก็ยังมีความเป็นไปได้ที่อาจมีการปนเปื้อนของสารพีเอเอชกลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้างโมเลกุลน้อยๆได้ แต่สารพีเอเอชในกลุ่มดังกล่าวมีความคงทนต่อการแตกสลายตัวและมีโอกาสในการเคลื่อนที่ไปยังพื้นที่อื่นสูงกว่ากลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้างไม่มาก (≤ 4 วง) ที่สลายตัวได้เร็วกว่า (Pichler และคณะ, 1996)

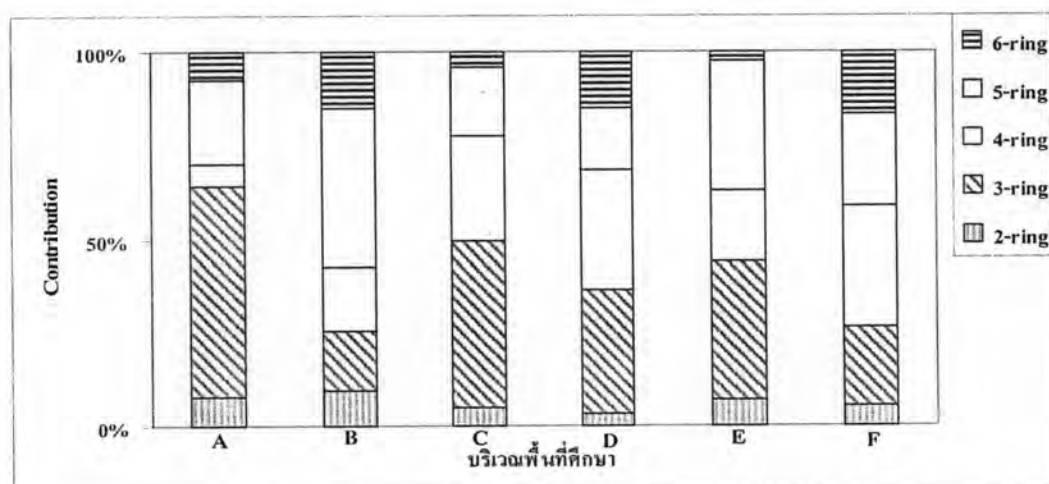
4.3 การพิจารณาถึงแหล่งกำเนิดที่เป็นไปได้ของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร

ตามรายงานการศึกษาของ Liu และคณะ, (2001) กล่าวว่าทั่วไปแล้ว สารพีเอเอชที่มีแหล่งกำเนิดจากปิโตรเลียมจะมีสัดส่วนของกลุ่มสารพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลต่ำ (สารพีเอเอชกลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 2-3 วง) อยู่มากและมีสัดส่วนของกลุ่มสารพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลสูง (สารพีเอเอชกลุ่มที่มีวงอะโรมาติก >3 วง)อยู่น้อย ในขณะที่สารพีเอเอชที่มีแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้จะมีสัดส่วนของสารพีเอเอชกลุ่มที่มีมวลโมเลกุลสูงอยู่มาก ในการนี้ สัดส่วนค่าความเข้มข้นของสารพีเอเอชดังกล่าวมักถูกนำมาใช้เพื่อจำแนกถึงแหล่งกำเนิดที่เป็นไปได้ของสารพีเอเอช ว่ามีที่มาจาก การเผาไหม้หรือปนเปื้อนจากสารปิโตรเลียม ดังตัวอย่างเช่น ถ้าค่าสัดส่วนความเข้มข้นของสารพีเอเอชกลุ่มที่มีมวลโมเลกุลสูงพบมากกว่าร้อยละ 50 ของค่าความเข้มข้นรวมทั้งหมด สามารถใช้บ่งบอกได้ว่ามีที่มาจากแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้และถ้าค่าสัดส่วนความเข้มข้นดังกล่าวพบกลุ่มสารพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลต่ำมากกว่าร้อยละ 50 จะบ่งชี้ได้ว่ามีที่มาจากแหล่งกำเนิดปิโตรเลียมเป็นสำคัญ

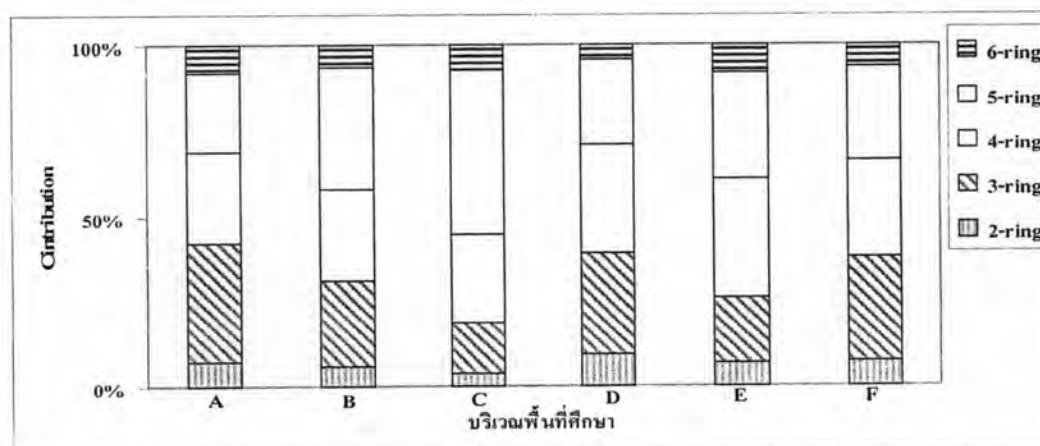
ในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่ในการศึกษาครั้งนี้ พบค่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชกลุ่มที่มีมวลโมเลกุลสูงมีสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 50 จากค่าความเข้มข้นรวมทั้งหมดของสารพีเอเอชที่พบในทั้ง 2 ฤดูกาล จึงอาจกล่าวได้ว่าการเผาไหม้น่าจะเป็นแหล่งกำเนิดหลักของสารพีเอเอชที่พบในตัวอย่างดินระดับผิวน้ำในพื้นที่ศึกษา ยกเว้นในพื้นที่ A ในฤดูฝนที่พบสัดส่วนของกลุ่มสารพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลต่ำสูงถึงร้อยละ 65 ดังรูปที่ 4.4 (1) และ (2) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าสารพีเอเอชที่พบในพื้นที่ A ในฤดูฝน น่าจะมีแหล่งกำเนิดมาจากปิโตรเลียมมากกว่าการเผาไหม้

นอกจากสัดส่วนของสารพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลสูงหรือที่มีมวลโมเลกุลต่ำในสารพีเอเอชรวมทั้งหมดแล้วอัตราส่วนความเข้มข้นของสารพีเอเอช (PAHs concentrations ratio)

เฉพาะบางชนิด สามารถนำมาใช้จำแนกถึงแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชว่ามีที่มาจาก แหล่งกำเนิดประเภทการเผาไหม้ (pyrogenic) หรือปิโตรเลียม (petrogenic) ได้ โดยเฉพาะ อัตราส่วนของสาร พีเอเอชบางชนิด เช่น อัตราส่วนของ fluoranthene/(fluoranthene+pyrene) (FLA/(FLA+PYR)) และ benzo(a)anthracene/(benzo(a)anthracene + chrysene) (BaA/(BaA +CHR)) ซึ่งเป็นสารพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุล 202 และ 228 ตามลำดับนั้น เป็นอัตราส่วนที่มีการนำไปใช้ในการศึกษาถึงแหล่งกำเนิดที่มีความเป็นไปได้ของสารพีเอเอชอยู่บ่อยครั้งในหลายงานวิจัย (Budzinski และคณะ, 1997; Soclo และคณะ, 2000; Yunker และคณะ, 2002). Yunker และคณะ, (2002) รายงานการศึกษาว่าถ้าอัตราส่วน (FLA/(FLA+PYR)) มีค่า <0.2 อาจบ่งชี้ได้ว่าสารพีเอเอชที่พบมีแหล่งกำเนิดมาจากปิโตรเลียม แต่ถ้ามีค่า > 0.35 บ่งชี้ได้ว่ามีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้ โดยค่าอัตราส่วนดังกล่าวของตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรดังแสดงใน ตารางที่ 1 และ 2 ภาคผนวก ข



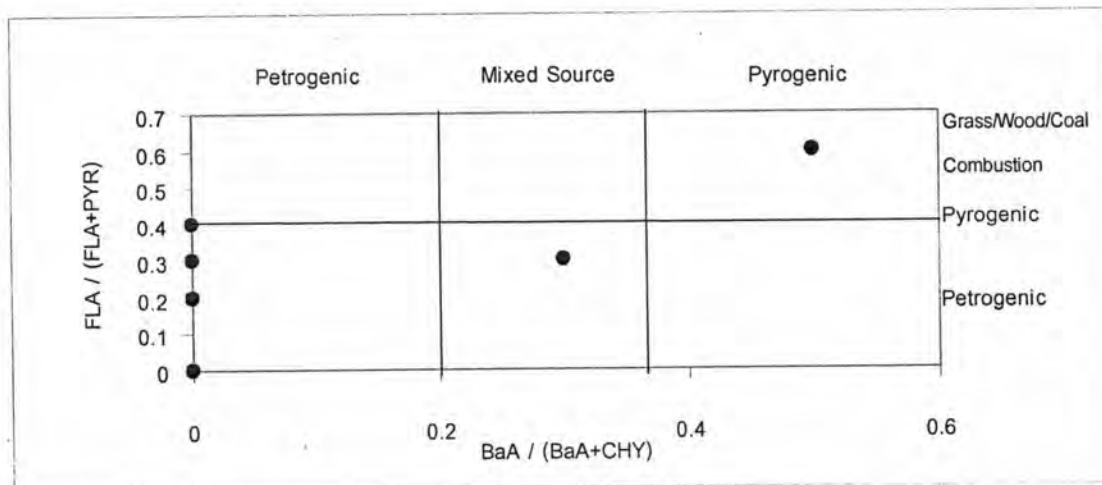
(1)



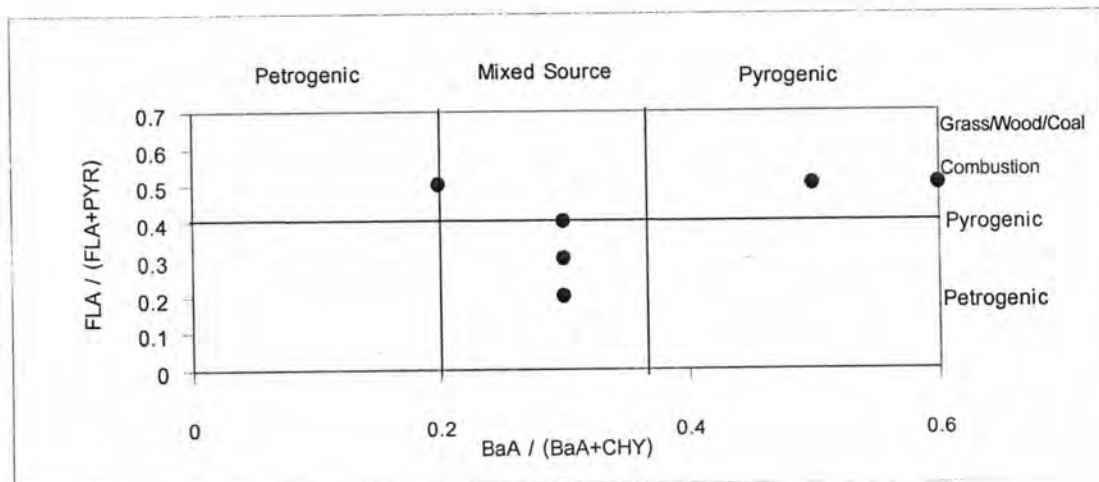
(2)

รูปที่ 4.4 ร้อยละสัดส่วนสารพีเอเอชที่วงอะโรมาติกต่างกันที่พบในผิวน้ำดิน 1) ฤดูฝน 2) ฤดูแล้ง

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน ($BaA/(BaA + CHR)$) และ ($FLA/(FLA/PYR)$) ในตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ทั้ง 2 ฤดู ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (1) และ (2) ตามลำดับ



(1)



(2)

รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วน $BaA/(BaA + CHR)$ และ ($FLA/(FLA/PYR)$) ในดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษา 1) ฤดูฝน 2) ฤดูแล้ง

ในฤดูฝนอัตราส่วนของ ($BaA/(BaA + CHR)$) ในพื้นที่ศึกษามีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.3-0.5 และในฤดูแล้งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.2-0.6 ดังแสดงในตารางที่ 1 ข ภาคผนวก ข ในฤดูฝนพบว่าพื้นที่ศึกษา A B C และ E ไม่สามารถคำนวณอัตราส่วนของ ($BaA/(BaA + CHR)$) ได้เนื่องจากไม่พบสารพีเอเอชชนิด BaA ดังนั้นสำหรับในฤดูฝน พื้นที่ D และ F ซึ่งพบอัตราส่วนของ ($BaA/(BaA + CHR)$) เท่ากับ 0.5 และ 0.3 ตามลำดับ ก็ยังจัดว่าสารพีเอเอชในพื้นที่ทั้ง 2 (D และ

F) น่าจะมีแหล่งกำเนิดทั้งจากการเผาไหม้และปิโตรเลียมอย่างไรก็ตามอาจกล่าวได้ว่าสารพีเอเอชที่พบในพื้นที่ศึกษานี้ส่วนมากมีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนของสารพีเอเอชอื่นๆ ในการศึกษาครั้งนี้ เช่นอัตราส่วนของ (FLA/(FLA/PYR)) ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชได้ว่ามีที่ว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลและเชื้อเพลิงปิโตรเลียมได้ ดังแสดงในตารางที่ 2 ข ภาคนวค จ ซึ่งส่วนมากแล้วมีพื้นที่ A D และ E ที่พบว่ามีอัตราส่วนดังกล่าวมีค่ามากกว่า 0.5 ซึ่งอาจบ่งชี้ได้ว่าสารพีเอเอชที่พบมีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล (เช่น ไม้ หญ้าและเศษวัชพืชหรือถ่านหิน เป็นต้น) (Soclo และคณะ, 2000) โดยอัตราส่วนดังกล่าวในการศึกษานี้ในฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.2-0.4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง อัตราส่วนของสารพีเอเอชทั้ง 2 ชนิดบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนจากแหล่งกำเนิดผสมทั้งจากการเผาไหม้และการรั่วไหลของเชื้อเพลิงปิโตรเลียม ทั้งนี้จึงมีความเป็นไปได้ที่แหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้จะมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินของโรงงานเยื่อกระดาษหรือการเผาไหม้ชีวมวล เช่นฟางข้าวหรือเศษผลผลิตทางการเกษตร นอกจากนี้เมรุเผาศพหรือเตาเผาขยะที่อยู่ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างดินอาจเป็นอีกแหล่งกำเนิดหนึ่งของสารพีเอเอชที่พบในการศึกษาครั้งนี้ หรืออาจมาจากแหล่งกำเนิดปิโตรเลียมเช่น การรั่วไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงจากรถยนต์และเครื่องจักรกลทาง การเกษตรได้ทั้งสิ้น

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของกระแสลมที่มีต่อความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่พบในดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรทั้ง 2 ฤดูกาลพบว่าในฤดูฝน (พิจารณาเฉพาะเดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นระยะเวลาเก็บตัวอย่าง) พื้นที่ศึกษา C D และ E เป็นพื้นที่ได้ลมของโรงงานเยื่อกระดาษ ซึ่งอาจเป็นพื้นที่รองรับสารพีเอเอชจากโรงงานเยื่อกระดาษได้ จากผลการศึกษาพบว่าสารพีเอเอชที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรในฤดูฝน ซึ่งพบว่าค่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 พื้นที่ดังกล่าวพบอยู่ในระดับสูงกว่าพื้นที่ศึกษาอื่นที่เป็นพื้นที่เหนือลมของโรงงานเยื่อกระดาษ และเมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของกระแสลมที่มีต่อความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชในฤดูแล้ง (พิจารณาเฉพาะเดือนตุลาคมซึ่งเป็นระยะเวลาเก็บตัวอย่าง) พบว่าพื้นที่ A B และ E เป็นพื้นที่ได้ลมของโรงงานเยื่อกระดาษ จากผลการศึกษาพบว่าสารพีเอเอชที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรในฤดูแล้งพบว่าพื้นที่ A เป็นพื้นที่ที่พบว่ามีค่าความเข้มข้นรวมสูงสุด แต่อีกสองพื้นที่ศึกษาอื่นได้แก่พื้นที่ B และ E ยังมีค่าความเข้มข้นรมน้อยกว่าพื้นที่ C ละ D ซึ่งเป็นพื้นที่ได้ลมของโรงงานเยื่อกระดาษในฤดูแล้งนี้ ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่ายังไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างอิทธิพลของกระแสลมและความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่พบในพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้

4.4 การวิเคราะห์ชนิดและความเข้มข้นของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินตามระดับความลึก 20-40 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษา

ผลการวิเคราะห์หาชนิดและความเข้มข้นของสารพีเอเอชด้วยเครื่อง GC-FID ของตัวอย่างดินตามระดับความลึก พบการปนเปื้อนของสารพีเอเอชในทุกตัวอย่างเช่นเดียวกันกับที่พบในตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ความเข้มข้นเฉลี่ย ความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินระดับความลึก 20-40 เซนติเมตร จากพื้นที่ศึกษาทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งดังแสดงในตารางที่ 8๑-13๑ ภาคผนวก ๑ ความเข้มข้นสูงสุด-ต่ำสุดและค่ามัธยฐานของสารพีเอเอช 16 ชนิดที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตรดังแสดงในตารางที่ 14๑ ภาคผนวก ๑

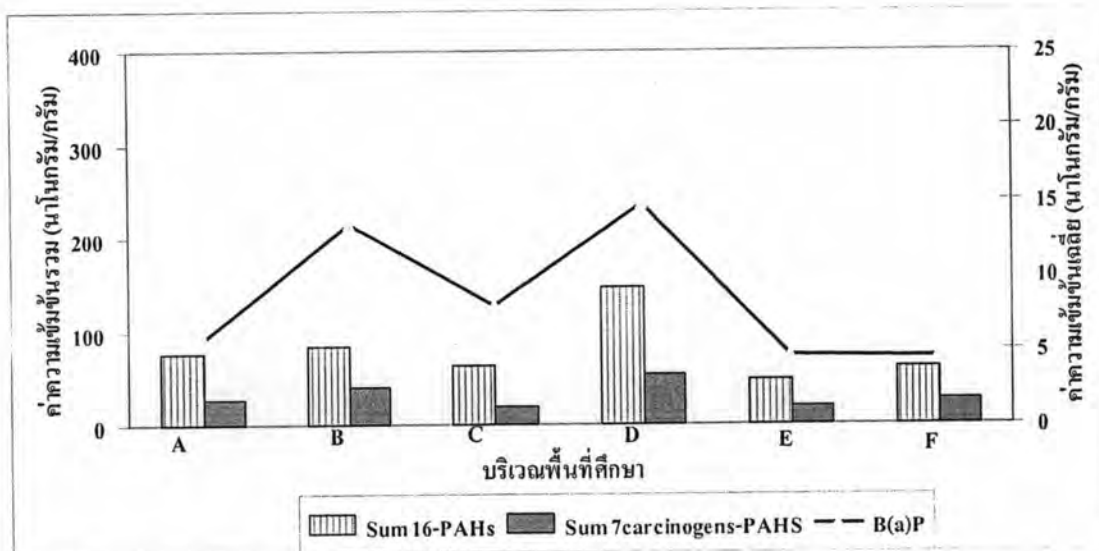
4.4.1 ผลการวิเคราะห์ชนิดและค่าความเข้มข้นของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตร

ผลการวิเคราะห์พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษาในฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วง 48.2-147.1 นาโนกรัมต่อกรัมและในฤดูแล้งมีค่าอยู่ในช่วง 89.1-183.8 นาโนกรัมต่อกรัม พื้นที่ศึกษาในฤดูแล้งพบสารพีเอเอชในกลุ่มที่มีวงอะโรมาติก 4-6 วงในโครงสร้างโมเลกุลสูงสุด โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 26.3-55.4 นาโนกรัมต่อกรัม ในฤดูฝนและ 68.5-140.8 นาโนกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 8๑-13๑ ภาคผนวก ๑ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่เกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติซึ่งถือเป็นค่า background ตามรายงานการศึกษาของ Edwards, (1983) พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่พบในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้ มีค่าสูงมากกว่าค่า background ในพื้นที่ศึกษาอื่นๆ

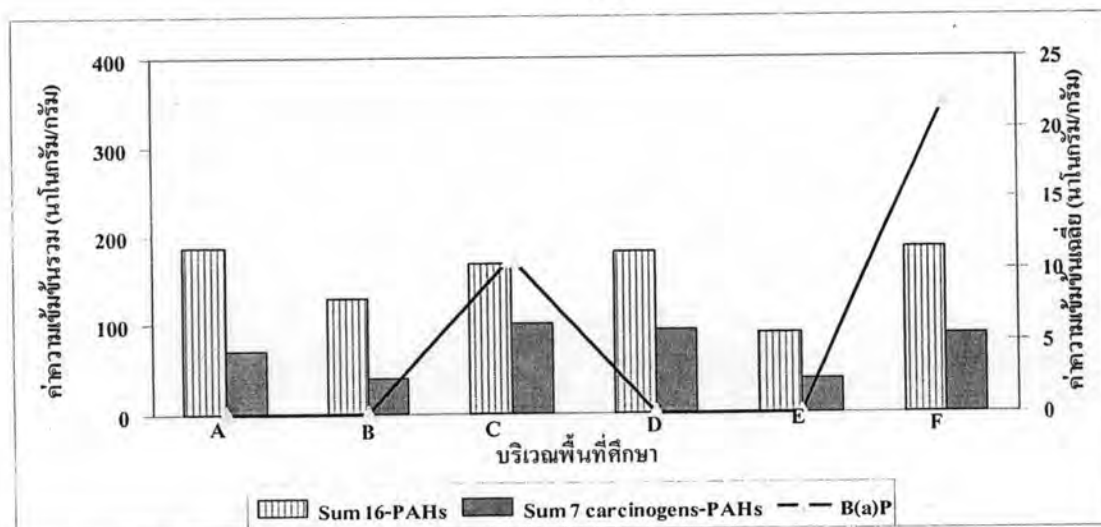
ความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ฤดูดังแสดงในรูปที่ 4.6 (1) และ (2) พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตรในฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 50-150 นาโนกรัมต่อกรัม และในฤดูแล้งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 90-190 นาโนกรัมต่อกรัม ตามลำดับ โดยกลุ่มของสารพีเอเอชที่พบความเข้มข้นสูงที่สุดในพื้นที่ศึกษาในฤดูฝนและฤดูแล้งคือ กลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 4-6 วง (78.7 นาโนกรัมต่อกรัมในฤดูฝนและ 140.8 นาโนกรัมต่อกรัมในฤดูแล้ง) และเมื่อเปรียบเทียบกับระดับการปนเปื้อนของสารพีเอเอชในดินที่อาจก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมตามรายงานการศึกษาของ Maliszewska-Kordybach, (1996)

พบว่าทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งยังมีการปนเปื้อนอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษ (< 200 นาโนกรัมต่อกรัม) อย่างไรก็ตามพบว่าในฤดูแล้ง พื้นที่ศึกษา A D และ F มีระดับการปนเปื้อนของสารพีเอเอชในระดับที่ใกล้เคียงความเป็นพิษเล็กน้อย (ประมาณ 180 นาโนกรัมต่อกรัม) โดยอนาคตที่คาดว่าจะมีการกระจายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมหรือชุมชนเพิ่มมากขึ้นอาจส่งผลทำให้ระดับของการปนเปื้อนของสารพีเอเอชเพิ่มขึ้นถึงระดับที่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้

เมื่อแยกพิจารณาความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 7 ชนิด เฉพาะชนิดที่คาดว่าจะก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ ในฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วง 19.9-52.4 นาโนกรัมต่อกรัมและในฤดูแล้งมีค่าอยู่ในช่วง 38.5-101.2 นาโนกรัมต่อกรัมและมีค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความเข้มข้นรวมในฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 28.6 ± 13.2 และ 66.9 ± 26.9 นาโนกรัมต่อกรัม โดยในฤดูแล้ง พื้นที่ A D และ F พบค่าความเข้มข้นรวมของพีเอเอช 16 ชนิด สูงกว่าพื้นที่อื่นๆ (มีความเข้มข้นใกล้เคียงกันคือประมาณ 180 นาโนกรัมต่อกรัม) ส่วนความเข้มข้นรวมของพีเอเอช 7 ชนิด พบค่อนข้างสูงทั้งในพื้นที่ C และ D นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาเฉพาะสาร benzo(a)pyrene ซึ่งเป็นสารพีเอเอชที่มีความเป็นพิษสูง พบว่าในพื้นที่ D ในฤดูฝนมีความเข้มข้นเฉลี่ยของ benzo(a)pyrene สูงสุด (14.8 นาโนกรัมต่อกรัม) และในฤดูแล้งพบว่าในพื้นที่ F มีความเข้มข้นเฉลี่ยของ benzo(a)pyrene (21.9 นาโนกรัมต่อกรัม) ดังนั้น จะเห็นได้ว่าที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตรนี้ ความเข้มข้นสูงสุดของ benzo(a)pyrene ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งพบในพื้นที่ศึกษา มีความแตกต่างกันกับที่พบในระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร จึงอาจกล่าวได้ว่ายังไม่พบความสัมพันธ์ของการกระจายตัวหรือการเคลื่อนที่ของ benzo(a)pyrene จากดินระดับ 0-20 เซนติเมตรลงไปยังดินชั้นล่างถัดไป



(1)



(2)

รูปที่ 4.6 ความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตร ในพื้นที่ศึกษา: (1) ฤดูฝน-(2) ฤดูแล้ง

ตารางที่ 8จ-13จ ภาคผนวก จ แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยและความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชแต่ละชนิดในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตร พบว่า phenanthrene, pyrene, benzo(b)fluoranthene, dibenzo(a,h)anthracene และ benzo(g,h,i)perylene เป็นสารพีเอเอชที่พบในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตรในทุกพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ฤดู ในขณะที่พบ benzo(a)anthracene และ indino(1,2,3-cd)pyrene ในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตรน้อยที่สุดในทั้ง 2 ฤดู ตารางที่ 14จ ภาคผนวก จ แสดงความเข้มข้นเฉลี่ย

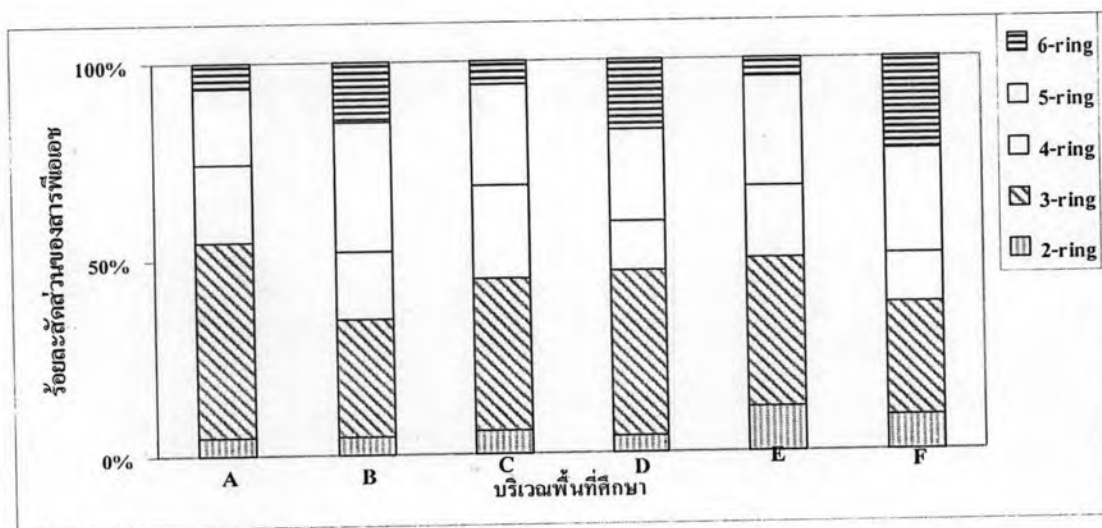
สูงสุด-ต่ำสุดของสารพีเอเอชแต่ละชนิดในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ฤดู

เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตรจากพื้นที่ศึกษาตามจำนวนวงอะโรมาติกที่มีอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลที่แตกต่างกัน พบว่าในฤดูฝนและฤดูแล้งสารพีเอเอชที่มีค่าความเข้มข้นรวมสูงสุดเป็นกลุ่มที่มีวงอะโรมาติก 4-6 วงในโครงสร้างโมเลกุล (78.7 นาโนกรัมต่อกรัม ในฤดูฝนและ 140.8 นาโนกรัมต่อกรัม ในฤดูแล้ง) และสารพีเอเอชที่พบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดเป็นกลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 2-3 วง (19.2 นาโนกรัมต่อกรัมในฤดูฝนและ 20.6 นาโนกรัมต่อกรัมในฤดูแล้งตามลำดับ)

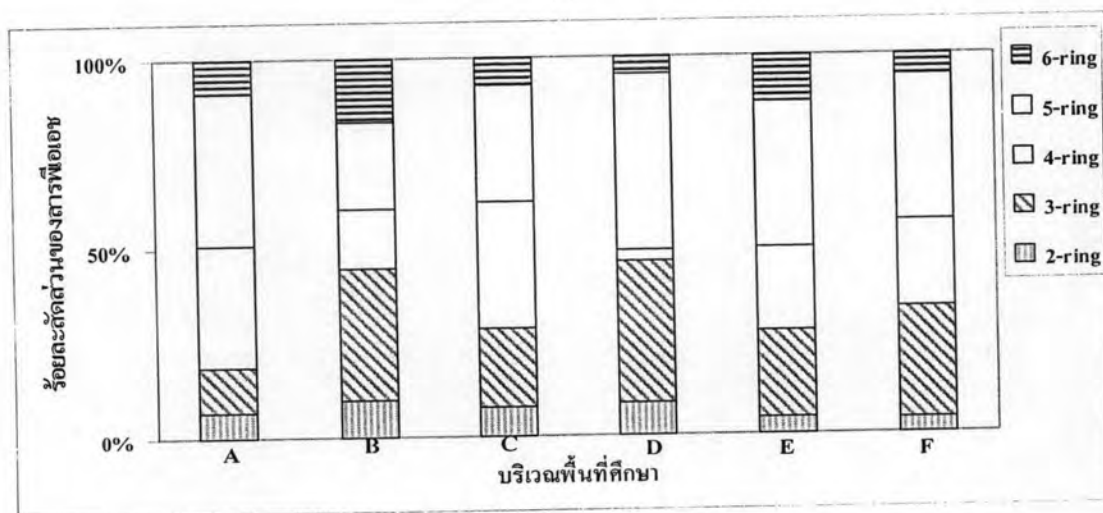
นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาสัดส่วนของกลุ่มสารพีเอเอชที่พบในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตรจากพื้นที่ศึกษา พบกลุ่มที่มีจำนวนวงอะโรมาติกในโครงสร้างโมเลกุลหลายวงเป็นสำคัญเช่นเดียวกับตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร เช่น phenanthrene pyrene benzo(b)fluoranthene dibenzo(a,h)anthracene และ benzo(g,h,i)perylene เป็นต้น โดยเฉพาะ phenanthrene และ pyrene เป็นชนิดสารพีเอเอชที่พบว่ามีสัดส่วนสูงที่สุดในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตรส่วนใหญ่ การที่พบว่าสัดส่วนของสารพีเอเอชที่พบในพื้นที่ศึกษาเป็นกลุ่มที่มีวงอะโรมาติกหลายวงในโครงสร้างโมเลกุล (≥ 4 วง) เป็นส่วนใหญ่อาจมีสาเหตุจากการที่สารพีเอเอชในกลุ่มดังกล่าวมีความคงทนต่อการแตกสลายตัวและมีโอกาสในการเคลื่อนที่ไปยังพื้นที่อื่นสูงกว่ากลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้างไม่มาก (< 4 วง) ที่สลายตัวได้เร็วกว่า (Pichler และคณะ, 1996)

4.4.2 การพิจารณาถึงแหล่งกำเนิดที่เป็นไปได้ของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตร

ในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่ในการศึกษาครั้งนี้ พบความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชกลุ่มที่มีมวลโมเลกุลสูงมีสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 50 จากค่าความเข้มข้นรวมทั้งหมดของสารพีเอเอชที่พบในทั้ง 2 ฤดูกาล จึงอาจกล่าวได้ว่าการเผาไหม้น่าจะเป็นแหล่งกำเนิดหลักของสารพีเอเอชที่พบในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษา ยกเว้นในพื้นที่ A ในฤดูฝนที่พบสัดส่วนของกลุ่มสารพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลต่ำสูงถึงร้อยละ 55 ดังรูปที่ 4.7 (1) และ (2) ซึ่งคล้ายกับตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร



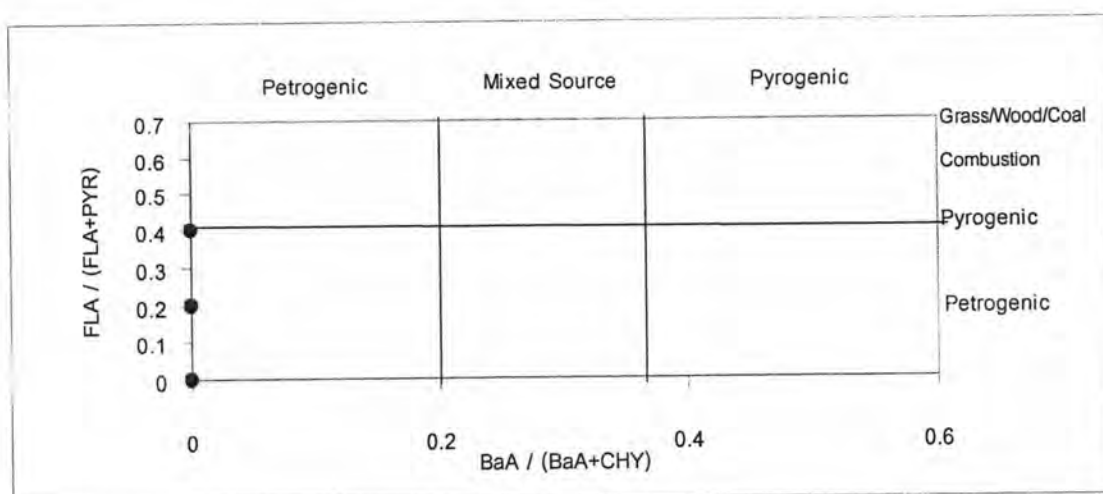
(1)



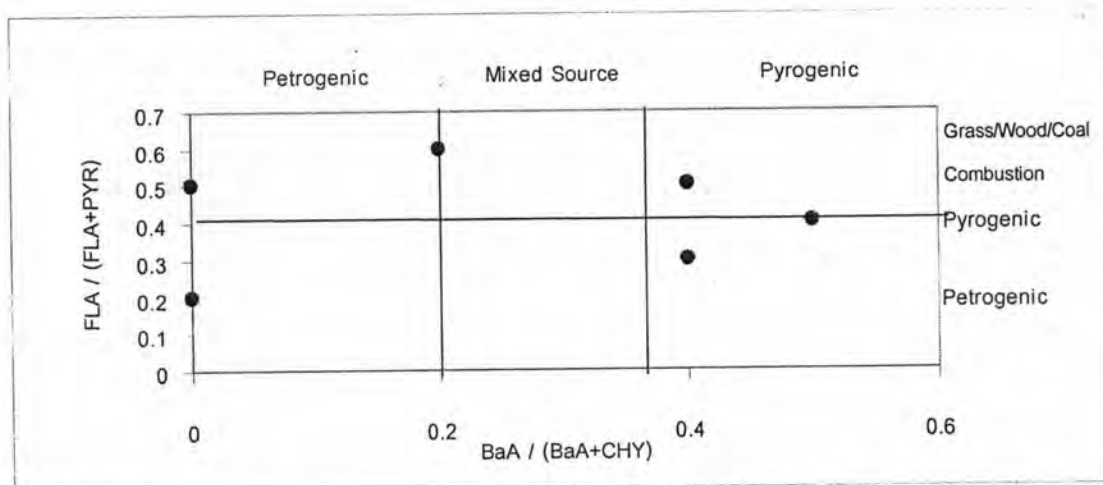
(2)

รูปที่ 4.7 ร้อยละสัดส่วนสารพีเอเอชที่วงอะโรมาติกต่างกันที่พบในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตร 1) ฤดูฝน 2) ฤดูแล้ง

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของ (BaA/(BaA + CHR)) และอัตราส่วน (FLA/(FLA/PYR)) ในตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตร ทั้ง 2 ฤดู ดังแสดงในรูปที่ 4.8 (1) และ (2) ตามลำดับ



(1)



(2)

รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วน $BaA/(BaA + CHR)$ และ $(FLA/(FLA+PYR))$ ในดินที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตร ในพื้นที่ศึกษา 1) ฤดูฝน 2) ฤดูแล้ง

ในฤดูฝนทุกพื้นที่ศึกษาไม่สามารถคำนวณอัตราส่วนของ $(BaA/(BaA + CHR))$ เพื่อนำมาประยุกต์ในการบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชได้ เนื่องจากไม่สามารถตรวจพบ benzo(a)anthracene ได้ในพื้นที่ศึกษาใดเลย ส่วนในฤดูแล้งมีอัตราส่วนดังกล่าวอยู่ในช่วงระหว่าง 0.2-0.4 ดังแสดงในตารางที่ ๓ ภาคผนวก ๓ Yunker และคณะ, (2002) รายงานการศึกษาว่าถ้าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่า < 0.2 อาจบ่งชี้ได้ว่าสารพีเอเอชที่พบมีแหล่งกำเนิดมาจากปิโตรเลียม แต่ถ้ามีค่า > 0.35 บ่งชี้ได้ว่ามีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของสารพีเอเอชดังกล่าวในการศึกษาครั้งนี้พบว่าสารพีเอเอชที่พบที่ตัวอย่างดินตามระดับความลึก 20-40 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษามีแหล่งกำเนิดจากทั้งจากการเผาไหม้และปิโตรเลียม อย่างไรก็ตามอาจกล่าวได้ว่าสารพีเอเอชที่พบในระดับความลึก 20-40 เซนติเมตรในบริเวณพื้นที่ศึกษานี้

ส่วนมากมีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนของ (FLA/(FLA/PYR)) พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.2-0.6 ดังแสดงในตารางที่ 4 ข ภาคผนวก ข ซึ่งโดยพื้นที่ศึกษาส่วนมากมีค่าอัตราส่วนดังกล่าวมากกว่า 0.5 อาจกล่าวได้ว่าแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชที่พบที่ระดับความลึกนี้มีแหล่งกำเนิดค่อนข้างไปทางการเผาไหม้มากกว่าปิโตรเลียม

4.5 ผลการวิเคราะห์ชนิดและความเข้มข้นของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินตามระดับความลึก 40-60 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษา

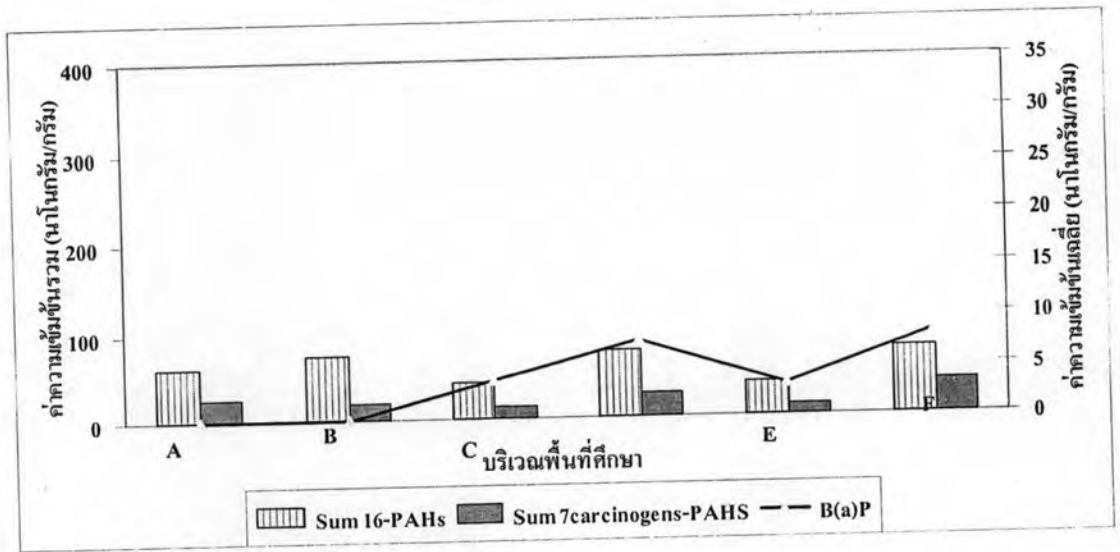
ผลการวิเคราะห์หาชนิดและความเข้มข้นของสารพีเอเอชด้วยเครื่อง GC-FID ของตัวอย่างดินตามระดับความลึก พบการปนเปื้อนของสารพีเอเอชในทุกตัวอย่างเช่นเดียวกันกับที่พบในตัวอย่างดินระดับผิวน้ำและที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตร ความเข้มข้นเฉลี่ย ความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินระดับความลึก 40-60 เซนติเมตร จากพื้นที่ศึกษาทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งดังแสดงในตารางที่ 15 จ-20 จ ภาคผนวก จ ความเข้มข้นสูงสุด-ต่ำสุดและค่ามัธยฐานของสารพีเอเอช 16 ชนิดที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตรดังแสดงในตารางที่ 21 จ ภาคผนวก จ

4.5.1 ผลการวิเคราะห์ชนิดและความเข้มข้นของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 40-60 เซนติเมตร

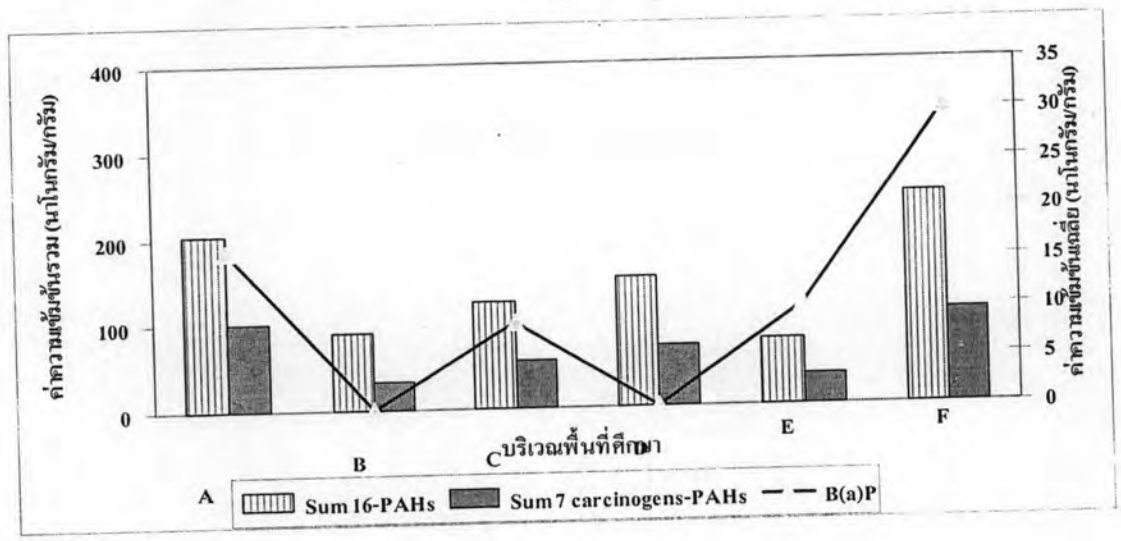
ผลการวิเคราะห์พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 40-60 เซนติเมตร ในพื้นที่ศึกษาในฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 37.5-76.2 นาโนกรัมต่อกรัม และในฤดูแล้งฝนมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 74.9-244.1 นาโนกรัมต่อกรัมและมีค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความเข้มข้นรวมในฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 58.9 ± 17.6 และ 135.2 ± 65.7 นาโนกรัมต่อกรัมตามลำดับ ในฤดูแล้งพบสารพีเอเอชในกลุ่มที่มีวงอะโรมาติก 4-6 ในโครงสร้างโมเลกุลสูงสุด โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยในช่วง 54.4-165.0 ng/g โดยเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่เกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติซึ่งถือเป็นค่า background ตามรายงานการศึกษาของ Edwards, (1983) พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่พบในตัวอย่างดินตามระดับความลึก 40-60 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้ พบสูงมากกว่าค่า background ในพื้นที่ศึกษาอื่นๆ เช่นเดียวกันกับที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรและตามระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตร

ความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 40-60 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 จุดดังแสดงในรูปที่ 4.9 (1) และ (2) พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 40-60 เซนติเมตรในฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 38-76 นาโนกรัมต่อกรัมและในฤดูแล้งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 75-245 นาโนกรัมต่อกรัม ตามลำดับ โดยกลุ่มของสารพีเอเอชที่พบความเข้มข้นสูงที่สุดในพื้นที่ศึกษาในฤดูแล้งคือ กลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 4-6 วง (165 นาโนกรัมต่อกรัม) และเมื่อเปรียบเทียบกับระดับการปนเปื้อนที่อาจก่อให้เกิดความเป็นพิษตามรายงานการศึกษาของ Maliszewska-Kordybach, (1996) พบว่าในช่วงฤดูฝนยังมีการปนเปื้อนอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษ (< 200 นาโนกรัมต่อกรัม) และในฤดูแล้งมีระดับการปนเปื้อนที่เป็นพิษเล็กน้อย (มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 200-600 นาโนกรัมต่อกรัม)

เมื่อแยกพิจารณาความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 7 ชนิด เฉพาะชนิดที่คาดว่าก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ในฤดูฝนพบค่าอยู่ในช่วง 12.2-38.9 นาโนกรัมต่อกรัมและในฤดูแล้งมีค่าอยู่ในช่วง 32.1-108.5 นาโนกรัมต่อกรัมและมีค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 7 ชนิดในฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 20.7 ± 9.8 และ 59.8 ± 32.2 นาโนกรัมต่อกรัมโดยในฤดูแล้ง พื้นที่ F พบความเข้มข้นรวมของพีเอเอช 16 ชนิดสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ส่วนความเข้มข้นรวมของพีเอเอช 7 ชนิด พบค่อนข้างสูงทั้งในพื้นที่ A และ F นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเฉพาะสาร benzo(a)pyrene ซึ่งเป็นสารพีเอเอชที่มีความเป็นพิษสูง พบว่าในพื้นที่ F มีความเข้มข้นเฉลี่ยของ benzo(a)pyrene สูงที่สุดทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง (8.3 และ 30.1 นาโนกรัมต่อกรัมตามลำดับ) สอดคล้องกับตัวอย่างดินในระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตามคงเป็นการยากที่มนุษย์จะไปรับสัมผัสสารพีเอเอชที่ระดับความลึกต่ำกว่า 20 เซนติเมตรได้



(1)



(2)

รูปที่ 4.9 ความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดในตัวอย่างดินตามระดับความลึก
 ที่ 40-60 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษา: (1) ฤดูฝน (2) ฤดูแล้ง

ตารางที่ 15จ-20จ ภาคผนวก จ แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยและความเข้มข้นรวมของสาร
 พีเอเอชในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 40-60 เซนติเมตร พบว่า phenanthrene, pyrene,
 dibenzo(a,h)anthracene และ benzo(g,h,i)perylene เป็นสารพีเอเอชที่พบได้ในตัวอย่างดินตาม
 ระดับความลึกที่ 40-60 เซนติเมตรในทุกพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ฤดู ในขณะที่พบ benzo(a)anthracene
 และ indino(1,2,3-cd)pyrene ในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 40-60 เซนติเมตรน้อยที่สุดใน
 ทั้ง 2 ฤดู ตารางที่ 21จ ภาคผนวก จ แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุด-ต่ำสุดของสารพีเอเอชใน
 ตัวอย่างดิน ตามระดับความลึกที่ 40-60 เซนติเมตรในพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ฤดู โดยพบว่าความเข้มข้น

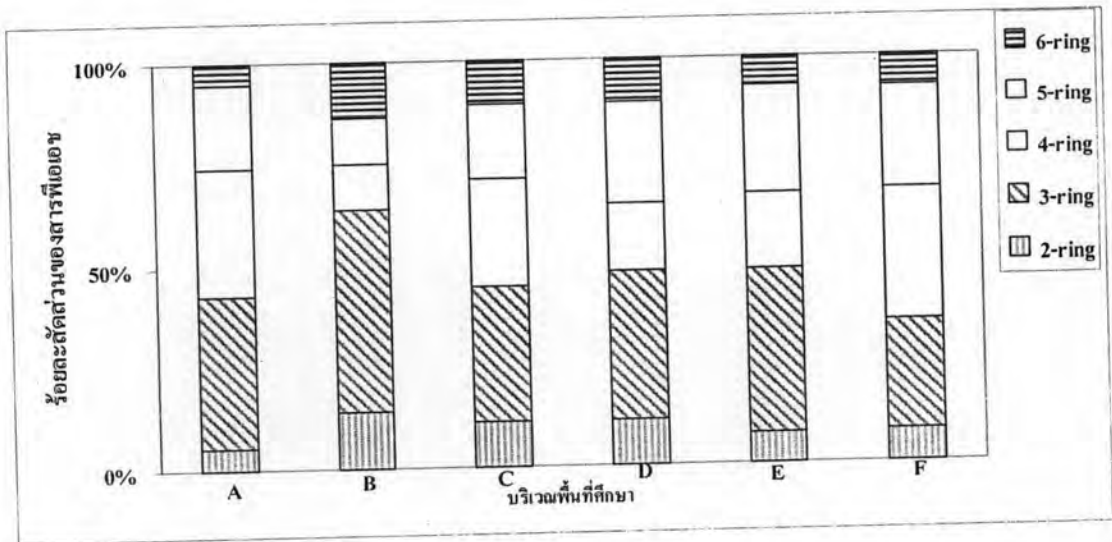
เฉลี่ยต่ำสุดของสารพีเอเอชโดยส่วนมากคือมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดของการตรวจวัด ยกเว้นแต่บางชนิดเช่น phenanthrene pyrene dibenzo(a,h)anthracene และ benzo(g,h,i)perylene ที่พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดสูงกว่าค่าขีดจำกัดของการตรวจวัด เมื่อพิจารณาความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 40-60 เซนติเมตรจากพื้นที่ศึกษาตามจำนวนวงอะโรมาติกที่มีอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลที่แตกต่างกัน พบว่าในฤดูฝนและฤดูแล้ง สารพีเอเอชที่มีความเข้มข้นรวมสูงสุดเป็นกลุ่มที่มีวงอะโรมาติก 4-6 วงในโครงสร้างโมเลกุล (54.1 นาโนกรัมต่อกรัม ในฤดูฝนและ 165 นาโนกรัมต่อกรัมในฤดูแล้ง) และสารพีเอเอชที่พบความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดเป็นกลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 2-3 วง (16.2 นาโนกรัมต่อกรัมในฤดูฝน และ 20.5 นาโนกรัมต่อกรัมในฤดูแล้ง) ตามลำดับ

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาสัดส่วนของกลุ่มสารพีเอเอชที่พบในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 40-60 เซนติเมตรจากพื้นที่ศึกษา พบกลุ่มที่มีจำนวนวงอะโรมาติกหลายวงเป็นสำคัญ เช่น และ phenanthrene pyrene chrysene dibenzo(a,h)anthracene และ benzo(g,h,i)perylene เป็นต้น โดยเฉพาะในฤดูฝนพบว่า phenanthrene และ dibenzo(a,h)anthracene และในฤดูแล้งพบว่า benzo(k)fluoranthene และ benzo(a)pyrene เป็นชนิดสารพีเอเอชที่พบว่ามีสัดส่วนสูงที่สุดในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 40-60 เซนติเมตรส่วนใหญ่ การที่พบว่าสัดส่วนของสารพีเอเอชที่พบในพื้นที่ศึกษาเป็นกลุ่มที่มีวงอะโรมาติกหลายวงในโครงสร้างโมเลกุล (≥ 4 วง) เป็นส่วนใหญ่อาจมีสาเหตุจากการที่สารพีเอเอชในกลุ่มดังกล่าวมีความคงทนต่อการแตกสลายตัวและมีโอกาสในการเคลื่อนที่ไปยังพื้นที่อื่นสูงกว่ากลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้างไม่มาก (< 4 วง) ที่สลายตัวได้เร็วกว่า (Pichler และคณะ, 1996) และเมื่อเปรียบเทียบของกลุ่มสารพีเอเอชที่พบในระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรและที่ระดับ 20-40 เซนติเมตรพบว่ามีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ จะพบกลุ่มของสารพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลสูง (4-6 วง) มากกว่าสารพีเอเอชกลุ่มที่มีมวลโมเลกุลน้อย (2-3 วง)

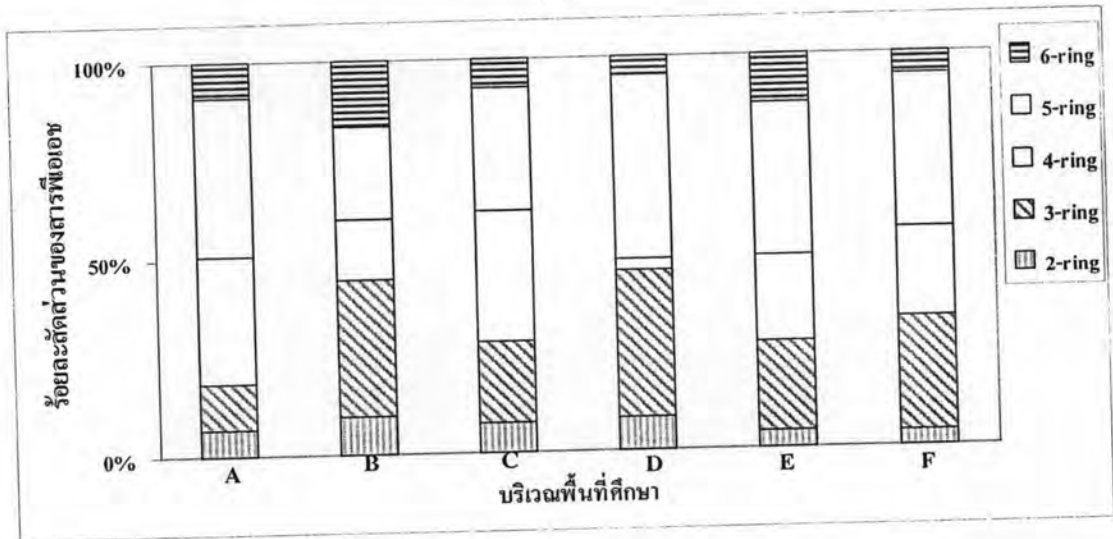
4.5.2 การพิจารณาถึงแหล่งกำเนิดที่เป็นไปได้ของสารพีเอเอชในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 40-60 เซนติเมตร

ในตัวอย่างดินตามระดับความลึกที่ 40-60 เซนติเมตรจากพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่ในการศึกษาครั้งนี้ พบความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชกลุ่มที่มีมวลโมเลกุลสูงมีสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 50 จากความเข้มข้นรวมทั้งหมดของสารพีเอเอชที่พบในทั้ง 2 ฤดูกาล จึงอาจกล่าวได้ว่าการเผาไหม้ น่าจะเป็นแหล่งกำเนิดหลักของสารพีเอเอชที่พบในตัวอย่างดินระดับผิวน้ำในพื้นที่ศึกษา

ยกเว้นในพื้นที่ B ในฤดูฝนที่พบสัดส่วนของกลุ่มสารพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลต่ำสูงถึงร้อยละ 65 ดังรูปที่ 4.10 (1) และ (2) ซึ่งมีความแตกต่างกับที่ระดับผิวดินและที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตรที่พบว่าพื้นที่ศึกษา A ที่พบสัดส่วนของกลุ่มสารพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลต่ำอยู่ในระดับสูงดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าสารพีเอเอชที่พบในพื้นที่ B ในฤดูฝนที่ระดับความลึก 40-60 เซนติเมตร น่าจะมีแหล่งกำเนิดมาจากปิโตรเลียมมากกว่าการเผาไหม้



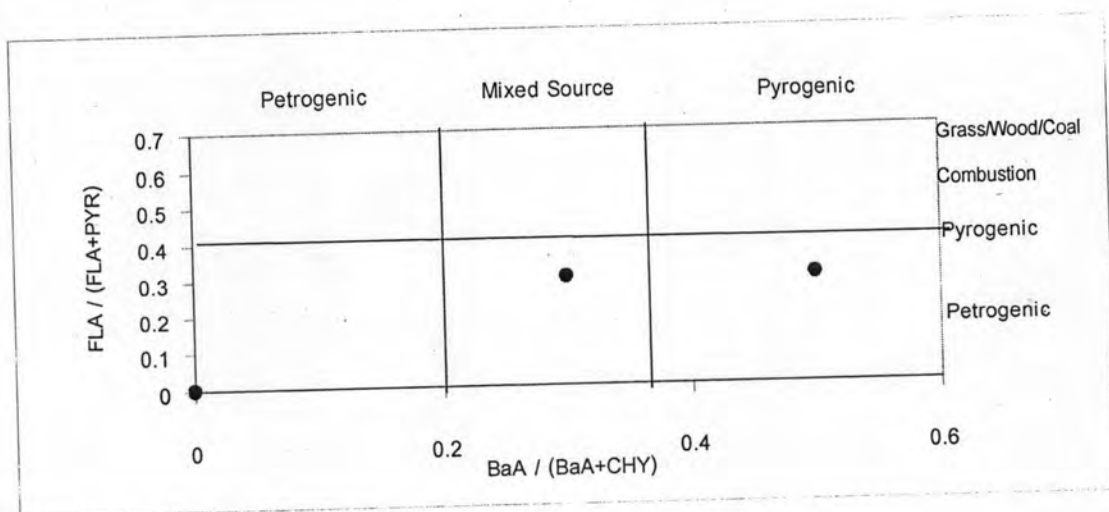
(1)



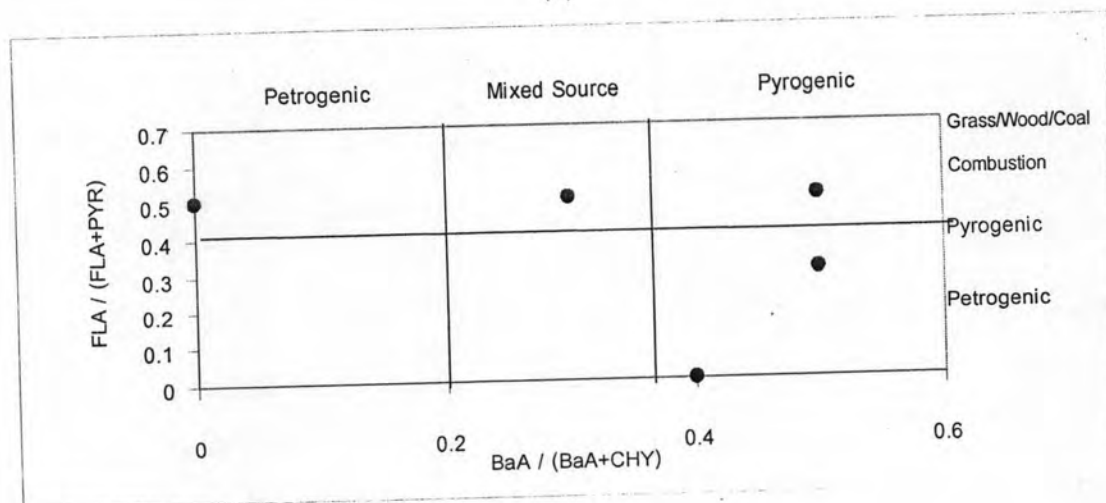
(2)

รูปที่ 4.10 ร้อยละสัดส่วนสารพีเอเอชที่วงอะโรมาติกต่างกันที่พบในตัวอย่างดินตามระดับความลึก ที่ 40-60 เซนติเมตร 1) ฤดูฝน 2) ฤดูแล้ง

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของ (BaA/(BaA + CHR)) และอัตราส่วนของ (FLA/(FLA/PYR)) ในตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 40-60 เซนติเมตร ทั้ง 2 จุด ดังแสดงในรูปที่ 4.11 (1) และ (2) ตามลำดับ



(1)



(2)

รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วน BaA/(BaA + CHR) และ (FLA/(FLA/PYR)) ในดินที่ระดับความลึก 40-60 เซนติเมตร: 1) จุดฝน 2) จุดแล้ง

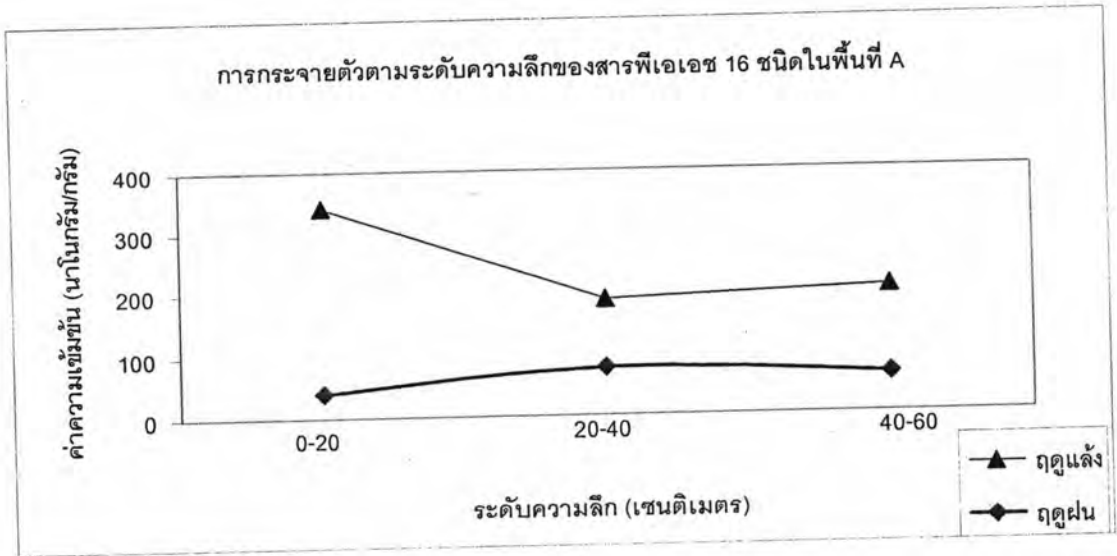
4.6 การกระจายตัวตามระดับความลึกของสารพีเอเอช

ผลการศึกษาพบว่าตัวอย่างดินในแต่ละระดับความลึกมีการปนเปื้อนของสารพีเอเอชในทุกตัวอย่างและความเข้มข้นที่มากขึ้นที่มากขึ้นแตกต่างกันออกไปตามแต่ละพื้นที่ศึกษา ที่แสดงถึงการ

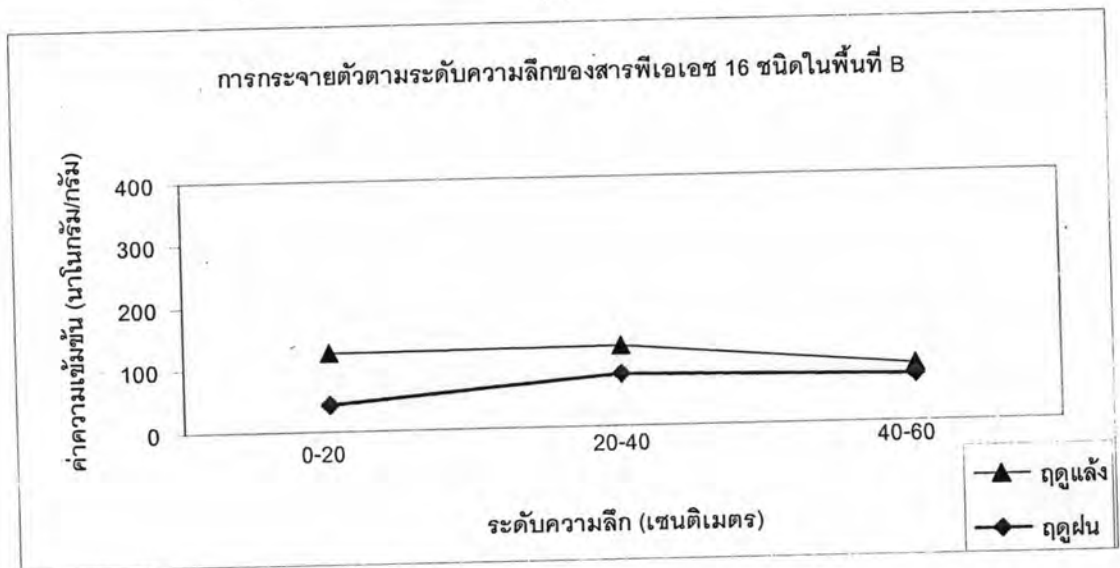
กระจายตัวตามระดับความลึกของความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดในพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ฤดูกาล ดังแสดงในรูปที่ 4.12 ก-จ ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ B และ D พบว่ามีความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชสูงสุดในตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตรทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง พื้นที่ C และ E พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชลดลงตามระดับความลึกของชั้นดินที่เพิ่มขึ้นทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง พื้นที่ F พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของชั้นดินที่เพิ่มขึ้นทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่ A พบว่าความเข้มข้นรวมของสาร พีเอเอชไม่มีความสอดคล้องกันทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยในฤดูฝนพบว่าความเข้มข้นรวมสูงสุดที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตรแต่ในฤดูแล้งพบที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร

โดยสาเหตุที่การกระจายตัวของความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชตามระดับความลึกในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นไปอย่างไม่ชัดเจนนั้นอาจมีสาเหตุหลายประการ เช่น ขาดข้อมูลของกิจกรรมการใช้พื้นที่ในพื้นที่ศึกษา โดยอาจมีการปรับพื้นที่โดยการนำดินจากแหล่งอื่นมาถมกลบ เนื่องจากพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นโรงเรียน วัดและพื้นที่ทางการเกษตร โดยเฉพาะพื้นที่ทางการเกษตรซึ่งเป็นที่นาที่มีการปรับสภาพการใช้ที่ดินอยู่เสมอ จึงอาจเป็นเหตุให้พบว่าลักษณะการกระจายตัวเป็นไปอย่างไม่ชัดเจน นอกจากนี้ยังอาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยอื่น เช่น สภาพภูมิอากาศ เนื่องจากในช่วงเวลาเก็บตัวอย่างในฤดูฝนพื้นที่ในอำเภอบางไทรส่วนใหญ่มีน้ำท่วมขังอยู่เป็นเวลานาน ทั้งในช่วงระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้ง (ตุลาคม 2551) เป็นช่วงที่ประเทศไทยประสบกับมรสุม ทำให้มีฝนตกหนักติดต่อกันอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งในพื้นที่ศึกษาจึงอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การกระจายตัวเป็นไปอย่างไม่ชัดเจน

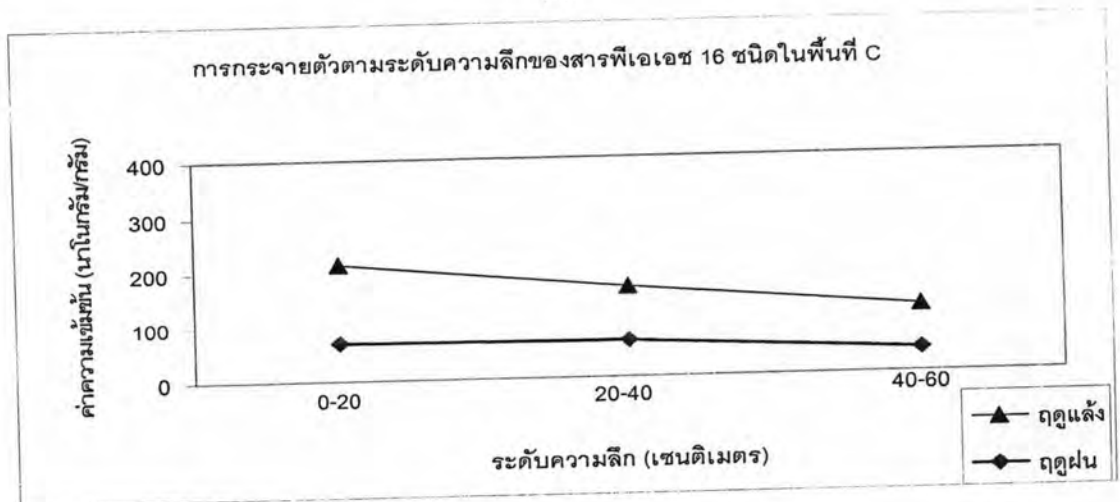
การศึกษาถึงการกระจายตัวของสารพีเอเอชตามระดับความลึกในดินนั้นยังมีรายงานของผู้ทำการศึกษาไม่มากนัก เนื่องจากโดยมากแล้วมักเป็นการศึกษาในระดับความลึกที่ผิวหน้า (0-10 เซนติเมตร) ดังนั้นข้อมูลการศึกษาของการกระจายตัวตามระดับความลึกของสารพีเอเอชที่ระดับความลึกที่มากกว่า 20 เซนติเมตรที่จะใช้เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากงานวิจัยนี้มีอยู่ค่อนข้างจำกัด มีอยู่ค่อนข้างจำกัดทำให้เป็นยากในการหาข้อมูลถึงสาเหตุของการกระจายตัวที่ระดับความลึกดังกล่าวนี้



(ก)

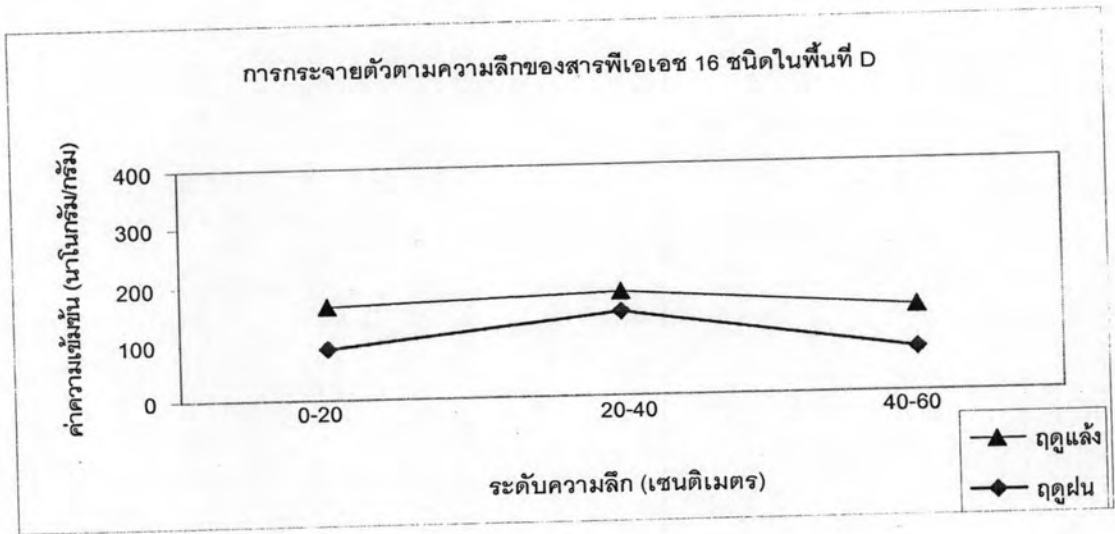


(ข)

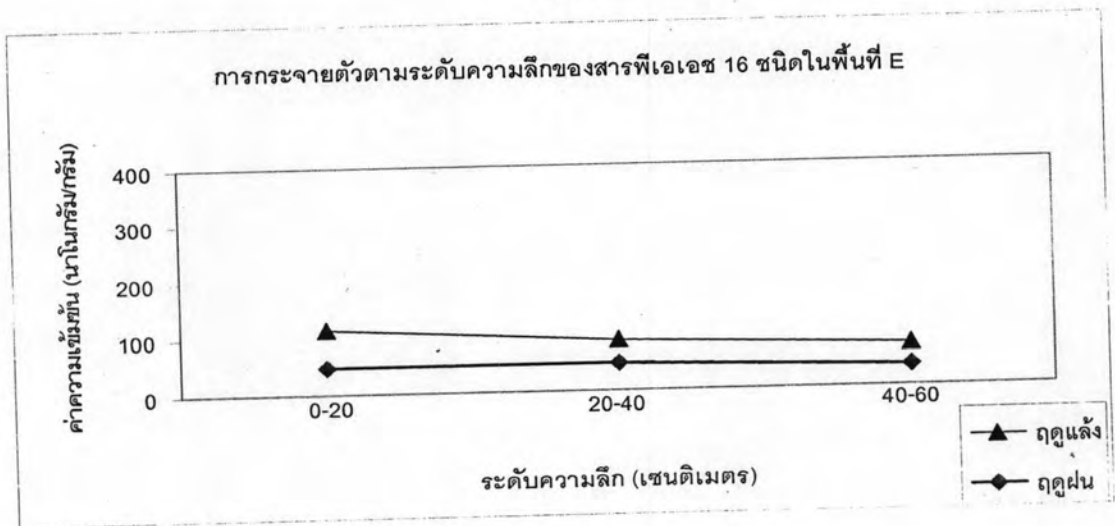


(ค)

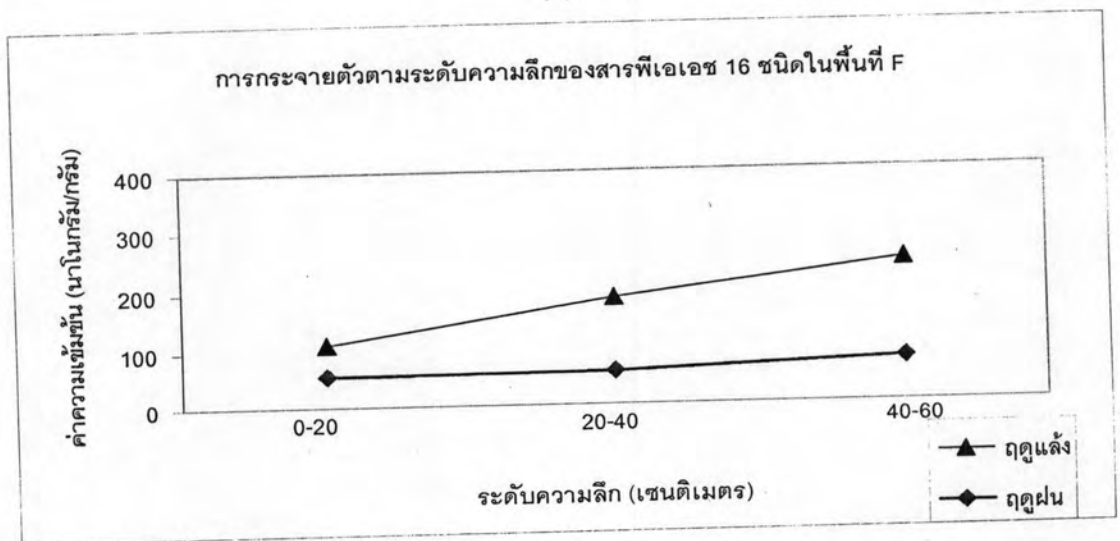
รูปที่ 4.12 การกระจายตัวตามระดับความลึกของความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชในพื้นที่ศึกษา



(ง)



(จ)



(ฉ)

รูปที่ 4.12 การกระจายตัวตามระดับความลึกของความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชในพื้นที่ศึกษา

4.7 การกระจายตัวตามระดับความลึกของสารพีเอเอชตามกลุ่มของจำนวนวงอะโรมาติกในโครงสร้างโมเลกุล

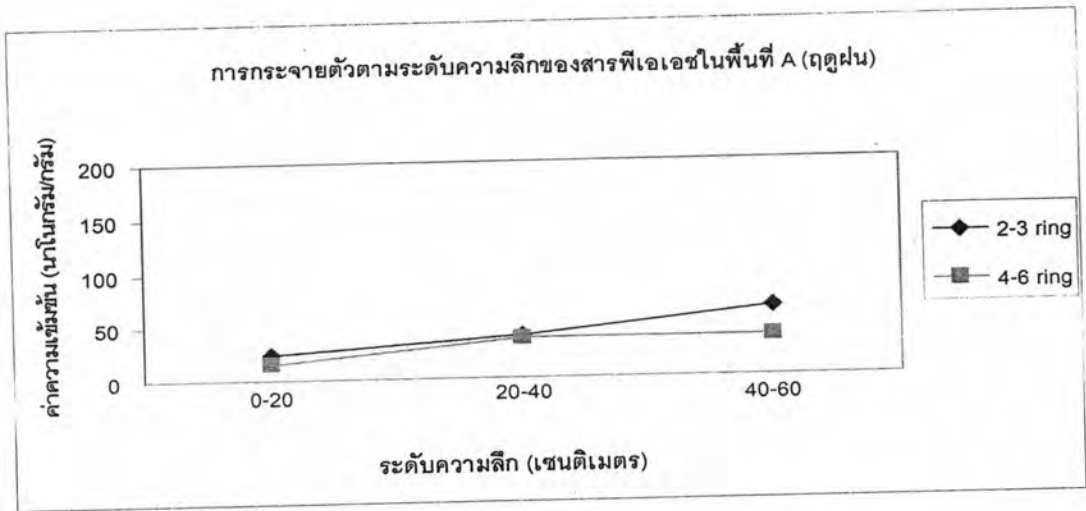
เมื่อพิจารณากลุ่มของสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 2-3 วง และ 4-6 วง พบว่ามีรูปแบบการกระจายตัวตามระดับความลึกที่แตกต่างกันออกไปตามพื้นที่ศึกษาและฤดูกาลดังรายละเอียดต่อไปนี้

ในฤดูฝนพบว่ามีรูปแบบการกระจายตัวตามระดับความลึกของสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 2-3 วง ในพื้นที่ A B และ F มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความลึก และมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกในพื้นที่ C และ E ในส่วนพื้นที่ D พบว่ามีรูปแบบการกระจายตัวที่ไม่ชัดเจน และเมื่อพิจารณาถึงการกระจายตัวตามระดับความลึกของสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 4-6 วง พบว่าในพื้นที่ A B C D มีรูปแบบการกระจายตัวที่ไม่ชัดเจน แต่ในพื้นที่ E และ F กลับพบว่ามีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก ดังแสดงในรูปที่ 4.13 ก-จ เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบการกระจายตัวในฤดูฝนกับในฤดูแล้งพบว่ามีรูปแบบการกระจายตัวของสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 2-3 วง ในพื้นที่ A และ F มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่มีแนวโน้มลดลงในพื้นที่ E และมีรูปแบบการกระจายตัวที่ไม่แน่นอนในพื้นที่ B C และ D ตามลำดับ เช่นเดียวกับการกระจายตัวของสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 4-6 วง พบว่าพื้นที่ A B D มีรูปแบบการกระจายตัวที่ไม่ชัดเจนและมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกในพื้นที่ C E แต่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความลึกในพื้นที่ F ดังแสดงในรูปที่ 4.14 ก-จ ตามลำดับ

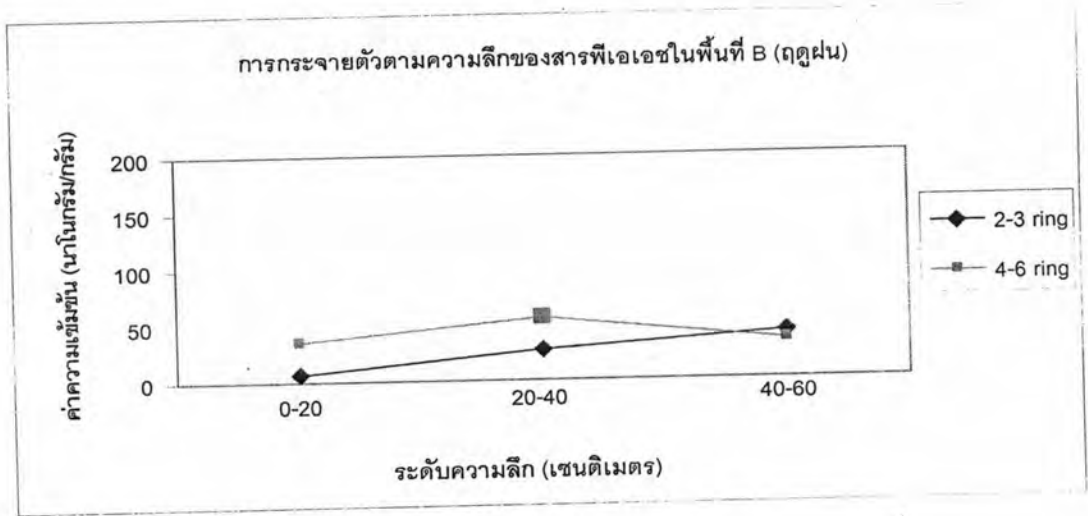
พบว่าการกระจายตัวของสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 2-3 วงในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่ทั้ง 2 ฤดูมักมีค่าสูงสุดที่ระดับความลึก >20 เซนติเมตรและมีค่าต่ำที่ระดับความลึกที่ 0-20 เซนติเมตรเช่นเดียวกันกับสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 4-6 วงที่พบว่ามีรูปแบบการกระจายตัวตามความลึกที่ไม่ชัดเจน แต่พื้นที่ส่วนใหญ่ก็ไม่ได้มีความเข้มข้นต่ำสุดที่ระดับผิวน้ำเช่นเดียวกันกับสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 2-3 วงซึ่งตามรายงานการศึกษาของ Alcock และคณะ, 1993 และ Jones, 1994 รายงานว่าปรากฏการณ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้หลายสาเหตุ แต่สาเหตุหลักน่าจะเกิดขึ้นจากกระบวนการระเหยกลายเป็นไอ (Volatilization) ที่สามารถเกิดขึ้นได้ง่ายในกลุ่มสารพีเอเอชที่มีน้ำหนักมวลโมเลกุลน้อย (2-3 ring PAHs) และมีค่าความดันไอมากกว่าในกลุ่มของสารพีเอเอชที่มีน้ำหนักมวลโมเลกุลสูง (4-6 ring PAHs) ที่ความสามารถในการระเหยกลายเป็นไอน้อยกว่าเนื่องจากมีค่าความดันไอลดต่ำกว่า นอกจากนี้สาร

พีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 2-3 วงที่มีน้ำหนักมวลโมเลกุลน้อยยังสามารถถูกย่อยสลายจากจุลชีพที่อาศัยอยู่ในดินได้ง่ายกว่าสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 4-6 วง (Berset และคณะ, 2001)

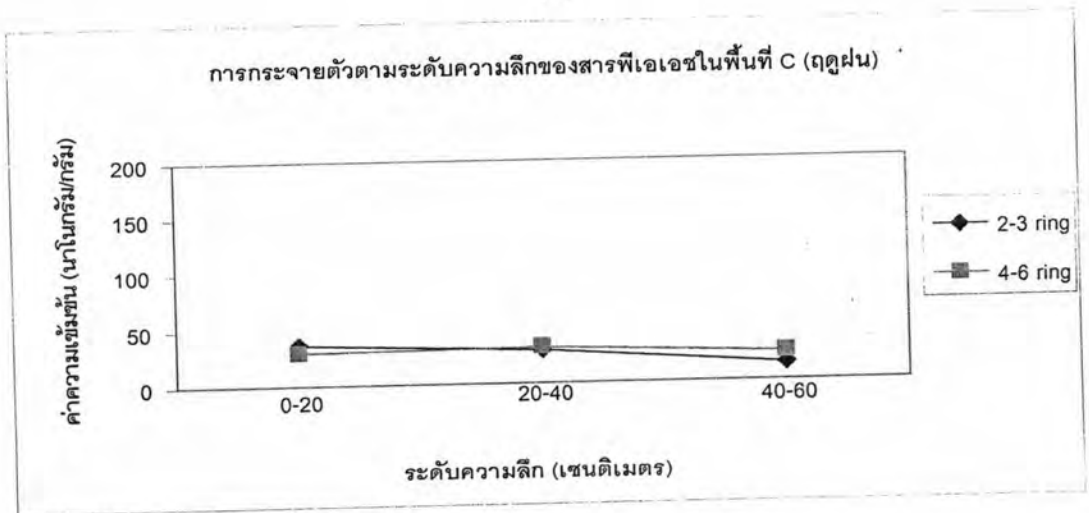
พบว่าการกระจายตัวตามระดับความลึกของความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 4-6 วงที่พบในพื้นที่ศึกษามีความคล้ายคลึงกับการกระจายตัวตามระดับความลึกของความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช ดังนี้ พื้นที่ B และ D พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 4-6 วงมีค่าสูงสุดในตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตร ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง พื้นที่ C และ E พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 4-6 วงลดลงตามระดับความลึกของชั้นดินที่เพิ่มขึ้นทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง พื้นที่ F พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 4-6 วงเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของชั้นดินทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง อย่างไรก็ตามพื้นที่ A พบว่าการกระจายตัวตามระดับความลึกของสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 4-6 วงไม่สอดคล้องกัน โดยพบว่ามีความเข้มข้นสูงสุดในระดับความลึกที่ 20-40 เซนติเมตรในฤดูฝน และมีความเข้มข้นสูงสุดที่ระดับผิวน้ำดินในฤดูแล้ง ซึ่งมีความคล้ายคลึงกันกับการกระจายตัวตามความลึกของความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชเช่นเดียวกัน



(ก)

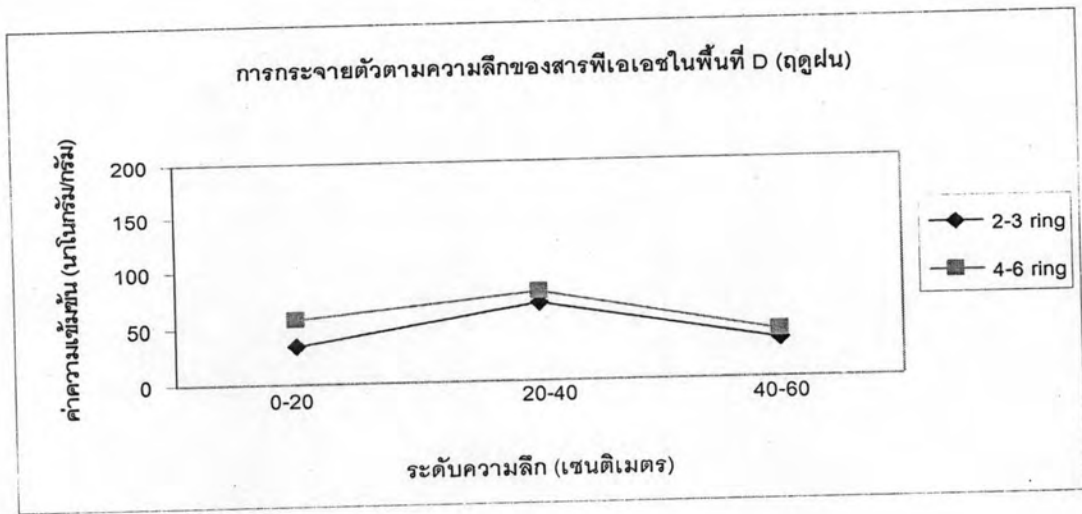


(ข)

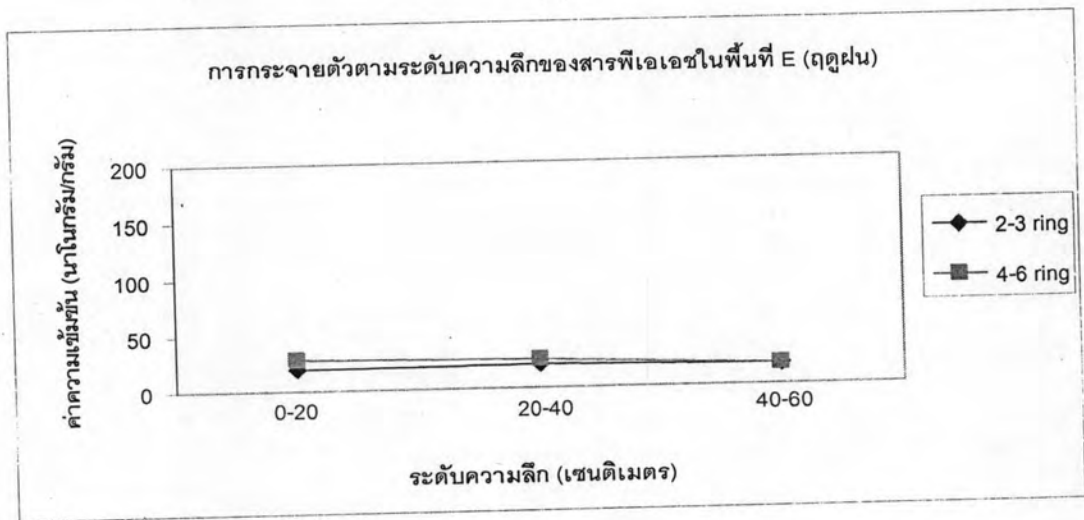


(ค)

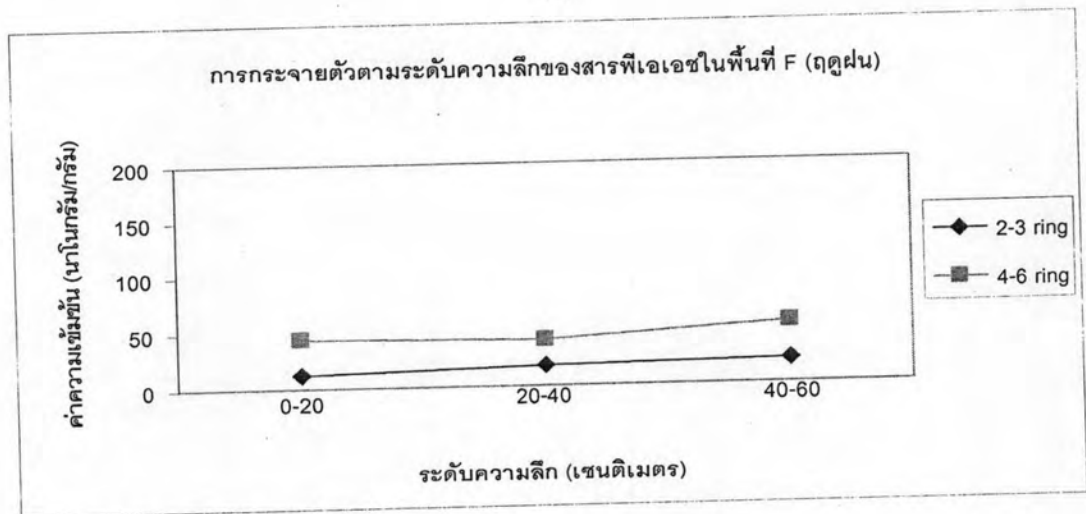
รูปที่ 4.14 การกระจายตัวตามระดับความลึกของความเข้มข้นของ 2-3 ring PAHs และ 4-6 ring PAHs ในพื้นที่ศึกษา (ฤดูฝน)



(ง)

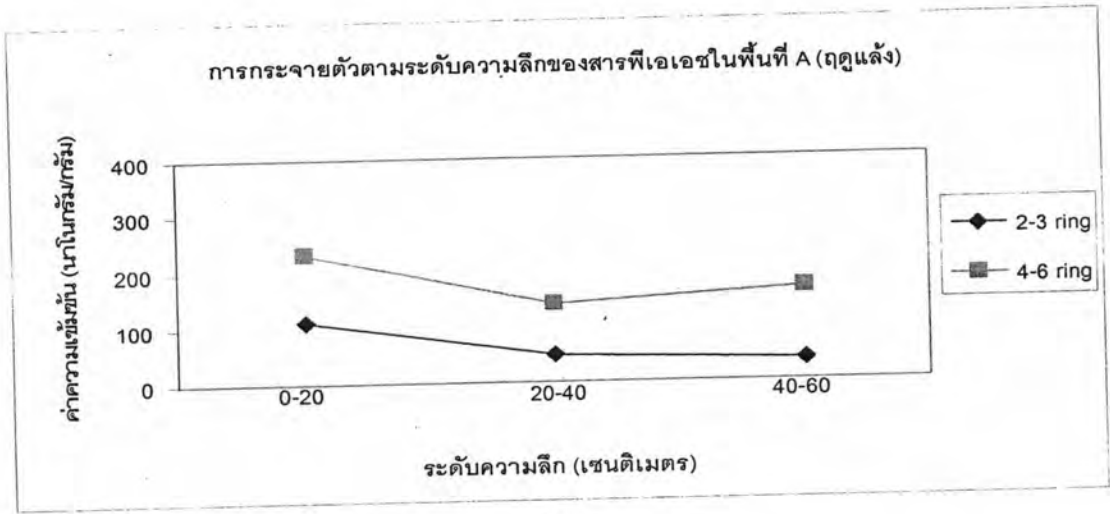


(จ)

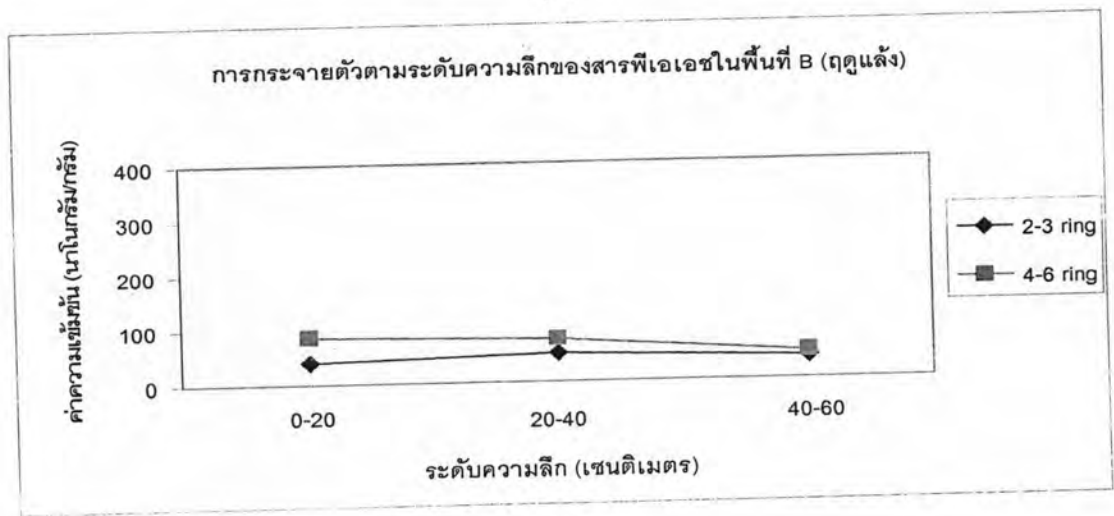


(ฉ)

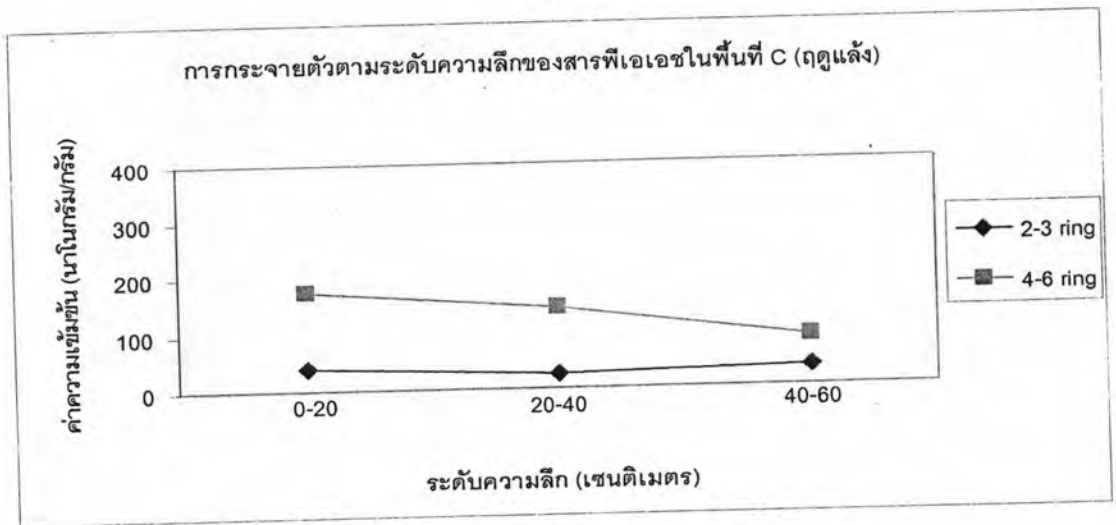
รูปที่ 4.14 การกระจายตัวตามระดับความลึกของความเข้มข้นของ 2-3 ring PAHs และ 4-6 ring PAHs ในพื้นที่ศึกษา (ฤดูฝน)



(ก)

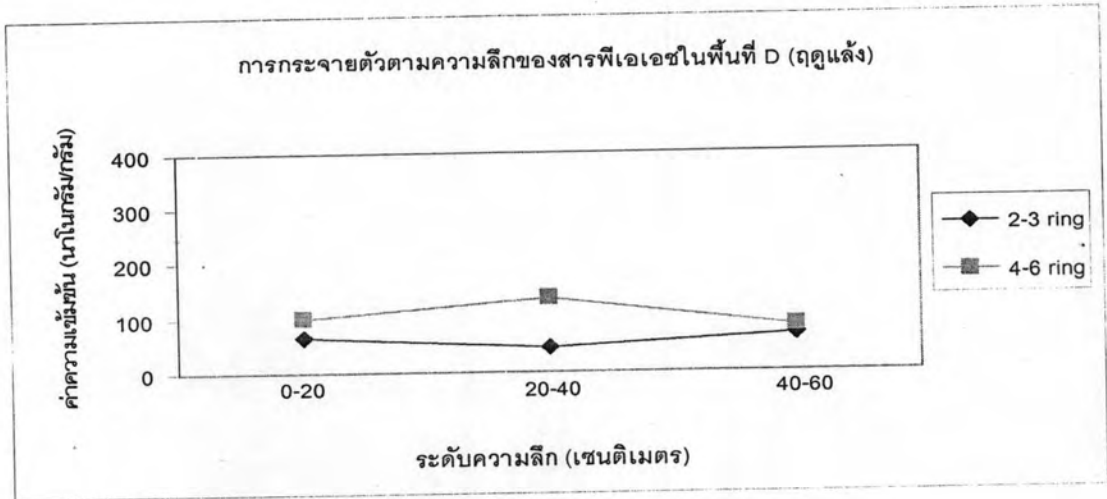


(ข)

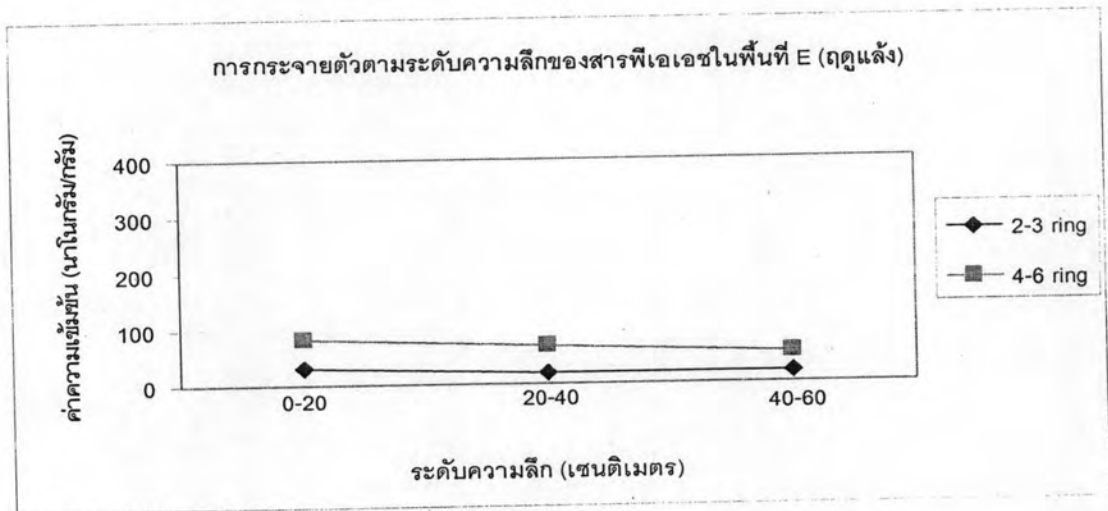


(ค)

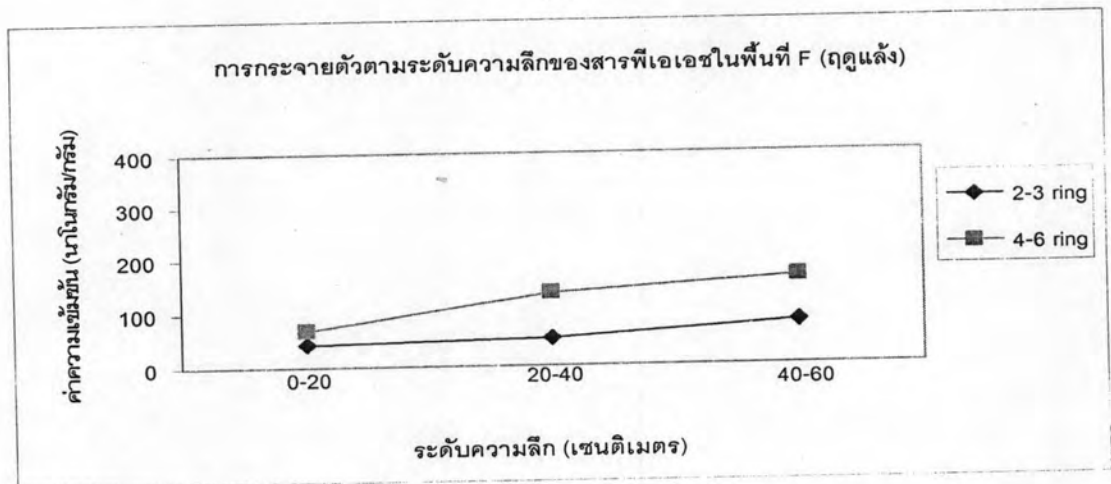
รูปที่ 4.15 การกระจายตัวตามระดับความลึกของความเข้มข้นของ 2-3 ring PAHs และ 4-6 ring PAHs ในพื้นที่ศึกษา (ฤดูแล้ง)



(ง)



(จ)



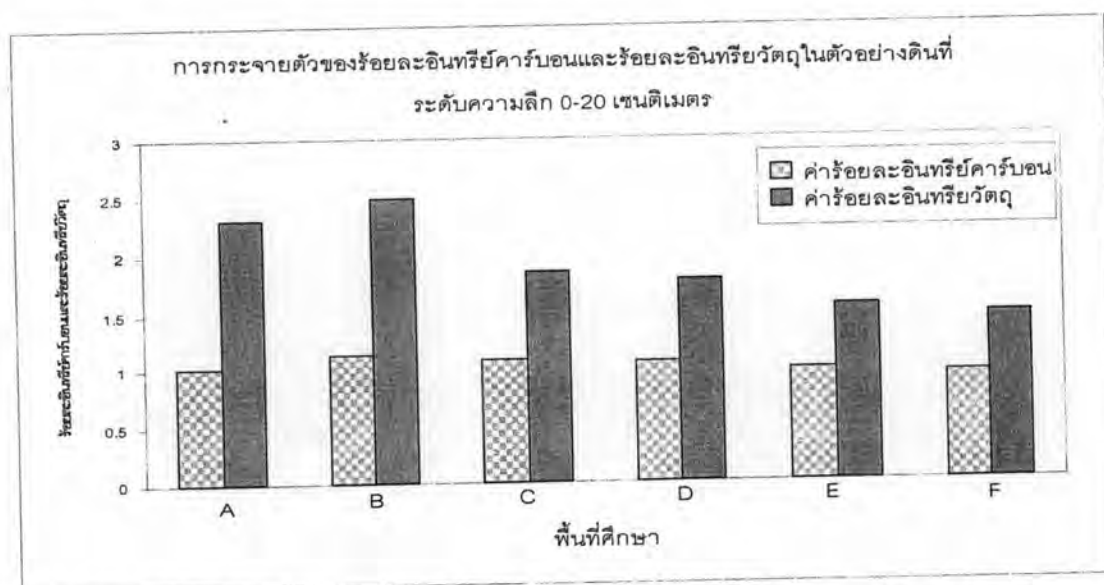
(ฉ)

รูปที่ 4.15 การกระจายตัวตามระดับความลึกของความเข้มข้นของ 2-3 ring PAHs และ 4-6 ring PAHs ในพื้นที่ศึกษา (ฤดูแล้ง)

4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของสารฟิเอเอชแต่ละชนิดกับสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

4.8.1 สมบัติทั่วไปทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างดิน

พื้นที่ศึกษา (A-F) ที่ทำการเก็บตัวอย่างด้วย core sampler (3 ระดับความลึก ได้แก่ 0-20 เซนติเมตร 20-40 เซนติเมตร และ 40-60 เซนติเมตร) รวมตัวอย่างทั้งสิ้นเป็นจำนวน 18 ตัวอย่าง เพื่อศึกษาถึงสมบัติทางกายภาพ-เคมีของดินที่เกี่ยวข้องได้แก่ เนื้อดิน (soil texture) pH ค่าร้อยละอินทรีย์คาร์บอน (% organic carbon, % OC) และค่าร้อยละอินทรีย์วัตถุ (% organic matter, % OM) ผลการศึกษาพบว่าเนื้อดินในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวและดินร่วนเหนียว ดินส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลอ่อน-เข้ม มีเศษเปลือกไม้และวัชพืชปะปน มีค่า pH มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 3.5-5.6 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.8 ค่าร้อยละอินทรีย์คาร์บอนมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.24-1.15 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.64 และค่าร้อยละอินทรีย์วัตถุมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.98-2.49 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.60 (โดยค่าร้อยละอินทรีย์คาร์บอนสามารถนำไปคำนวณถึงค่าร้อยละอินทรีย์วัตถุได้ ดังแสดงในภาคผนวก ค) เมื่อพิจารณาลักษณะการกระจายตัวของร้อยละอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์วัตถุในตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.16 พบว่าพื้นที่ศึกษา B เป็นพื้นที่ที่มีร้อยละอินทรีย์คาร์บอนและร้อยละอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด รองลงมาคือพื้นที่ศึกษา A และ C ตามลำดับ สรุปสมบัติทางกายภาพ-เคมีของตัวอย่างดินที่ระดับผิวน้ำและตามระดับความลึกดังตารางที่ 4.5-4.7 (รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ ข1 ภาคผนวก (ข))



รูปที่ 4.16 การกระจายตัวของอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์วัตถุที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.5 สมบัติทางกายภาพ - เคมีของดินของตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร

พื้นที่ศึกษา	ลักษณะเนื้อดิน	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าร้อยละอินทรีย์คาร์บอน	ค่าร้อยละอินทรีย์วัตถุ
A	ดินเหนียว	4.7	1.01	2.31
B	ดินเหนียว	4.4	1.14	2.49
C	ดินร่วนเหนียว	3.7	1.08	1.85
D	ดินร่วนเหนียว	5.2	1.06	1.77
E	ดินร่วนเหนียว	5.6	0.98	1.54
F	ดินเหนียว	5.6	0.95	1.47

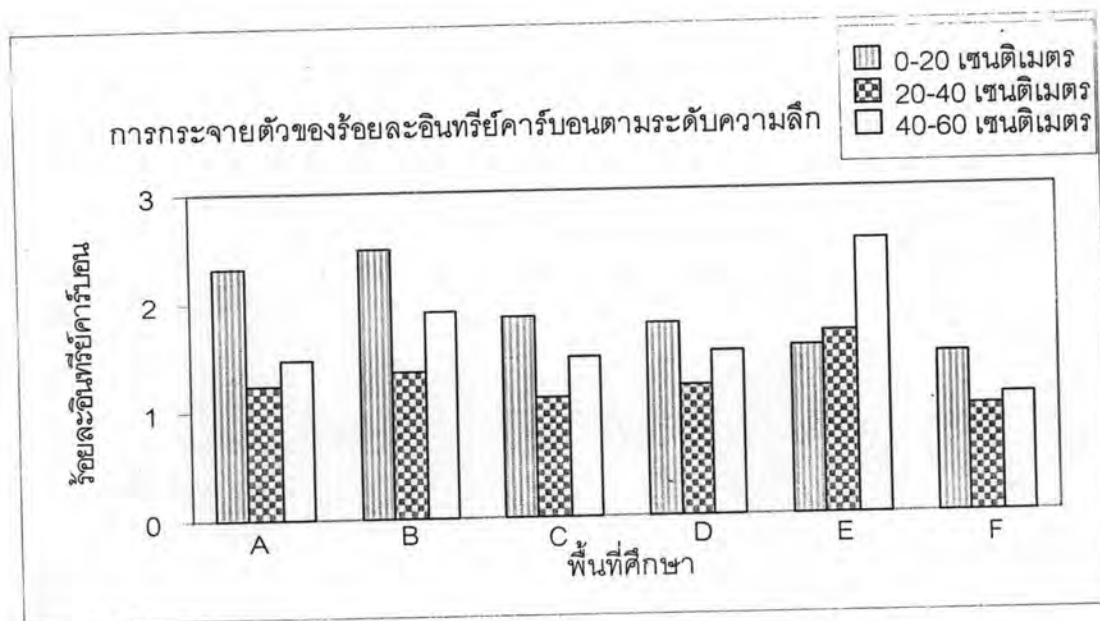
ตารางที่ 4.6 สมบัติทางกายภาพ - เคมีของดินของตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตร

พื้นที่ศึกษา	ลักษณะเนื้อดิน	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าร้อยละอินทรีย์คาร์บอน	ค่าร้อยละอินทรีย์วัตถุ
A	ดินเหนียว	4.8	0.55	1.23
B	ดินเหนียว	4.1	0.63	1.35
C	ดินเหนียว	3.6	0.47	1.10
D	ดินร่วนเหนียว	5.2	0.51	1.19
E	ดินร่วนเหนียว	5.6	0.67	1.68
F	ดินเหนียว	5.5	0.24	0.98

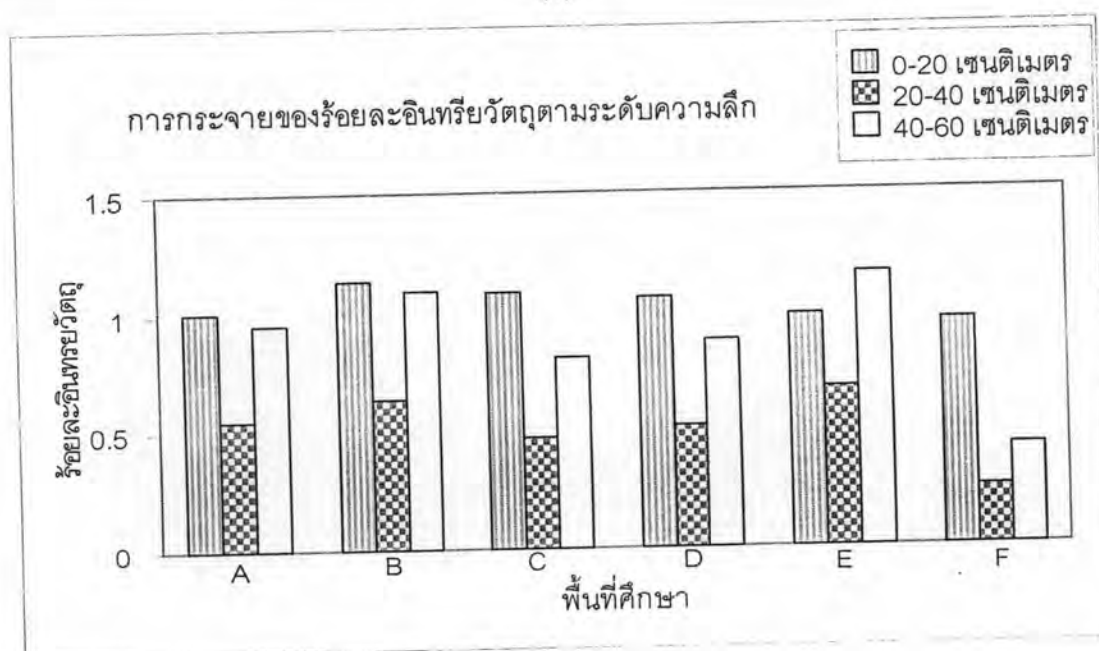
ตารางที่ 4.7 สมบัติทางกายภาพ - เคมีของดินของตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 40-60 เซนติเมตร

พื้นที่ศึกษา	ลักษณะเนื้อดิน	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าร้อยละอินทรีย์คาร์บอน	ค่าร้อยละอินทรีย์วัตถุ
A	ดินเหนียว	4.8	0.95	1.47
B	ดินร่วนเหนียว	4.5	1.09	1.89
C	ดินเหนียว	3.7	0.81	1.47
D	ดินร่วนเหนียว	5.3	0.88	1.50
E	ดินเหนียว	5.9	1.15	2.52
F	ดินเหนียว	5.5	0.42	1.09

เมื่อพิจารณาค่าร้อยละอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์วัตถุในการศึกษานี้พบว่ามีความโน้ม
การเปลี่ยนแปลงมีค่าลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.17 (1-2)



(1)



(2)

รูปที่ 4.17 การกระจายตัวในตัวอย่างดินตามระดับความลึกในพื้นที่ศึกษา

1) ร้อยละอินทรีย์คาร์บอน 2) ร้อยละอินทรีย์วัตถุ

2)

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบสำเร็จรูป SPSS version 13 โดยวิธีสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation) ระหว่างค่าร้อยละอินทรีย์วัตถุ (% organic matter) ค่าร้อยละอินทรีย์คาร์บอน (% organic carbon) กับค่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดที่พบในผิวน้ำดิน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

(correlation coefficients) ระหว่างค่าร้อยละอินทรีย์วัตถุกับค่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่ผิวหน้าดินของพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ฤดูไม่มีสหสัมพันธ์กัน ณ. ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่พบว่ามีบางรายงานการศึกษา กล่าวว่าค่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชกับค่าร้อยละอินทรีย์คาร์บอนที่พบในดินมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ. แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าร้อยละอินทรีย์คาร์บอนในดินไม่มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ โดยคาดว่าอาจมีสมบัติหรือปัจจัยทางกายภาพ-เคมีอื่นๆที่มีอิทธิพลต่อค่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชที่พบในดินมากกว่าค่าร้อยละอินทรีย์คาร์บอนนี้ เช่นกระบวนการตกตะกอนทั้งแบบแห้งและแบบเปียก ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอช การใช้พื้นที่และสมบัติของดิน เหล่านี้เป็นต้นอย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินกับค่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชในดินจากผลการศึกษาี้ยังไม่เป็นที่แน่ชัด เนื่องจากอาจเป็นเพราะจำนวนของตัวอย่างที่ใช้สำหรับวิเคราะห์มีจำนวนไม่มาก อาจทำให้ผลของค่าการวิเคราะห์ทางสถิติดังกล่าวไม่ชัดเจน