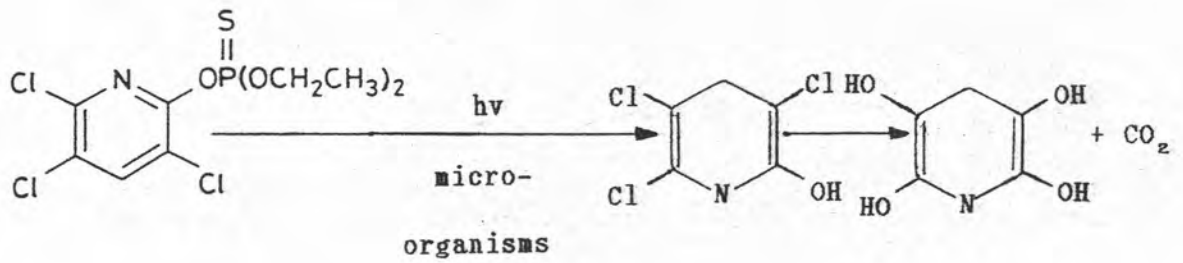
บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษา

5.1 คลอร์ไพริฟอส

5.1.1 จากตารางที่ 4.1-4.4 จะเห็นว่า สามารถตรวจพบปริมาณคลอร์ไพริฟอสได้เพียงเดือนเดียว คือเดือนกันยายน ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก มีการใช้สารเคมีชนิดนี้มาอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่เดือนมกราคม-สิงหาคม 2535 (เว้นเดือนมีนาคม, พฤษภาคม และกรกฎาคม) โดยมีการฉีดพ่นสารเคมีนี้ครั้งสุดท้าย ในวันที่ 18 สิงหาคม (ข้อมูลจากตารางการใช้สารเคมีของผู้ดูแลสนามกอล์ฟ) ก่อนทำการเก็บตัวอย่างในเดือนกันยายนประมาณ 3 สัปดาห์ (ตารางที่ 3.3) ในขณะที่คลอร์ไพริฟอสมีความคงทนอยู่ในดินได้นานถึง 60-120 วัน โดยจะเกิดการสลายตัวด้วยแสงแดด และถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ในดิน โดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่กลุ่มฟอสฟอรัสเอสเทอร์ของคลอร์ไพริฟอสได้ผลิตผลคือ 3,5,6-trichloro-2-pyridinol และสารกลุ่มฮาโลเจนของ pyridinol จากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาโฟโตไลซิสและถูกออกซิไดซ์แยก pyridinol ring ออก และจะปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา (Smith, 1968) ดังรูปที่ 5.1 จึงทำให้มีปริมาณคลอร์ไพริฟอสบางส่วนตกค้างอยู่ และสามารถทำการตรวจพบได้ หลังจากเดือนสิงหาคมแล้วก็มีการใช้คลอร์ไพริฟอสอีกครั้งในเดือนพฤศจิกายน ใช้เฉพาะบริเวณกรีนและที-ออฟ 1B-9B เท่านั้น และใช้ในปริมาณที่น้อยมาก (60 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่) เมื่อเทียบกับอัตราการใช้ปกติในพื้นที่เกษตรกรรมทั่วๆ ไป (240-480 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่) จากนั้นก็ไม่มีการใช้คลอร์ไพริฟอสอีกเลยตลอดจนสิ้นสุดเวลาการศึกษา จึงทำให้ตรวจไม่พบคลอร์ไพริฟอสในเดือนตุลาคม, ธันวาคม และมกราคม ในแต่ละระดับความลึก ของทุกสถานีเก็บตัวอย่าง



chlorpyrifos 3,5,6-trichloro- 2-pyridinol pyridinol ring

รูปที่ 5.1 การสลายตัวของคลอร์ไพริฟอสในดินโดยแสงแดด และจุลินทรีย์ดิน (Smith, 1968)

5.1.2 ปริมาณคลอร์ไพริฟอสที่ตรวจพบในเดือนกันยายน ในแต่ละระดับความลึกของทุกสถานีเก็บตัวอย่าง สามารถตรวจพบปริมาณเฉลี่ยสูงสุด ณ สถานีที่ 1 ซึ่งมากกว่าสถานีที่ 2, สถานีที่ 4 และสถานีที่ 3 ประมาณ 2, 5 และ 53 เท่าตามลำดับ (ตารางที่ 4.1 และ 4.4) เนื่องจากสถานีที่ 1 เป็นบริเวณแฟร์เวย์ที่อยู่ติดกับกรีน 6B ซึ่งบริเวณกรีนนั้น เป็นบริเวณที่มีหลุมกอล์ฟตั้งอยู่ (ดังรูปที่ 3.3) จัดเป็นบริเวณที่สำคัญมากกว่าบริเวณอื่นๆ ในสนามกอล์ฟ หญ้าที่ปลูกในบริเวณนี้จะต้องสั้น เรียบ หนาแน่น และมีความสม่ำเสมอตลอดเวลา เพื่อไม่ให้เป็นอุปสรรคในการเล่นกีฬากอล์ฟ ดังนั้น จึงต้องมีการดูแลรักษาอย่างดีที่สุด โดยเฉพาะการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูหญ้า ที่ต้องใช้ในปริมาณที่มากเป็นพิเศษ และมากกว่าบริเวณพื้นที่อื่นๆ ของสนามกอล์ฟ (ข้อมูลจากผู้ดูแลสนามกอล์ฟ) จึงทำให้ตรวจพบคลอร์ไพริฟอสในปริมาณที่มากกว่าสถานีอื่นๆ รองลงมาคือ สถานีที่ 2 บริเวณแฟร์เวย์ที่อยู่ติดกับที-ออฟของกรีน 8B (รูปที่ 3.4) ซึ่งบริเวณที-ออฟ เป็นบริเวณที่ต้องการการดูแลรักษารองลงมาจากบริเวณกรีน เนื่องจากเป็นบริเวณที่ใช้ตั้งลูกกอล์ฟ ในการเริ่มต้นเล่น หญ้าจึงต้องสั้น เรียบ หนาแน่น และมีความสม่ำเสมอเช่นกัน แต่ไม่เท่ากับบริเวณกรีน ปริมาณคลอร์ไพริฟอสที่ใช้ ถึงแม้จะไม่มากเท่ากับบริเวณกรีน แต่ก็มากกว่าบริเวณพื้นที่อื่นๆ ของสนามกอล์ฟเช่นกัน ทำให้มีการตรวจพบปริมาณคลอร์ไพริฟอสในดินรองลงมาจากสถานีที่ 1

และบริเวณสุดท้ายที่สามารถตรวจพบคลอร์ไพริฟอสเฉลี่ยในดิน คือ บริเวณแฟร์เวย์ของกรีน 2B (ดังรูปที่ 3.6) ที่อยู่ไม่ติดกับบริเวณกรีน หรือที-ออฟใดๆ เลย (สถานีที่ 4) สามารถตรวจพบคลอร์ไพริฟอสในปริมาณที่น้อยกว่าสถานีที่ 1 และสถานีที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจากว่า บริเวณแฟร์เวย์เป็นสนามหญ้าทั่วๆ ไป การดูแลรักษาไม่จำเป็นต้องเหมือนกับกรีน หรือที-ออฟ มีเพียงแต่รดน้ำ ใส่ปุ๋ยเคมีบ้าง หรือฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง ในกรณีที่มีแมลงศัตรูหญ้าลงมาทำลายหญ้าในบริเวณนี้ในปริมาณมาก และมีแนวโน้มที่จะแพร่กระจายไปสู่บริเวณอื่น (ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ดูแลสนามกอล์ฟ) จากตารางที่ 3.3 จะเห็นว่า มีการใช้คลอร์ไพริฟอสในบริเวณหลุม 1B-4B ในเดือนมิถุนายน ซึ่งยังอยู่ในช่วงที่คลอร์ไพริฟอสสามารถคงทนอยู่ในดินได้ ดังนั้น จึงสามารถตรวจพบปริมาณคลอร์ไพริฟอสตกค้างอยู่ในดินบริเวณนี้ ถึงแม้จะพบในปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับปริมาณที่ตรวจพบในสถานีที่ 1 และสถานีที่ 2 ก็ตาม ส่วนสถานีที่ 3 บริเวณหลุมทรายที่อยู่ติดกับกรีน 3B (รูปที่ 3.5) เป็นบริเวณเดียวของพื้นที่ศึกษาที่ตรวจไม่พบปริมาณคลอร์ไพริฟอสที่ตกค้างในดิน เนื่องจากบริเวณหลุมทราย ไม่มีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง

5.1.3 ปริมาณคลอร์ไพริฟอสที่ตรวจพบในแต่ละระดับความลึกของทุกสถานีเก็บตัวอย่าง โดยพบในทุกระดับความลึกนั้น น่าจะเป็นเพราะว่า บริเวณพื้นที่ต่างๆ ที่ทำการศึกษา มีลักษณะและองค์ประกอบของเนื้อดินคล้ายคลึงกัน คือ เป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ซึ่งส่วนใหญ่จะประกอบด้วยอนุภาคของดินทราย (sand) ในอัตราส่วนที่มากกว่าดินร่วน (silt) และดินเหนียว (clay) (ดังตารางที่ ง1-ง12 ในภาคผนวก ง) ประกอบกับมีฝนตกชุกมากในช่วงเดือนที่เก็บตัวอย่าง (กันยายน 2535) ดังตารางที่ 3.1 และ 3.2 และมีการรดน้ำให้กับสนามหญ้าทุกๆ วัน จึงทำให้คลอร์ไพริฟอสอาจถูกชะล้างจากดินที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร ลงมาสู่ที่ระดับความลึกล่างๆ ได้ สำหรับปริมาณคลอร์ไพริฟอสที่ตรวจพบสูงสุดในระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร รองลงมา คือ 5-10 และ 10-20 เซนติเมตรตามลำดับนั้น อาจเป็นเพราะที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร เป็นช่วงความลึกที่เป็นผิวดินชั้นบนสุด และมีรากของหญ้าแผ่กระจายอยู่หนาแน่น เมื่อมีการฉีดพ่นคลอร์ไพริฟอสลงไป ปริมาณสารเคมีส่วนหนึ่งจะซึมลงในดินและเกาะติดกับรากของหญ้า ส่วนหนึ่งจะตกค้างตามส่วนต่างๆ ของต้นหญ้า เมื่อมีการรดน้ำหรือมีฝนตก ปริมาณสารเคมีที่ตกค้างตามต้นหญ้า ก็จะถูกชะล้างลงสู่ชั้นผิวหน้าของดิน ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตรได้

5.1.4 เมื่อกำหนดให้ nd = 0 ผลการวิเคราะห์ความทางสถิติ เพื่อดูแนวโน้มความความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอร์ไพริฟอสในดินกับตัวแปรอิสระทุกตัว (CEC, pH และอินทรีย์วัตถุ) พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่เมื่อนำค่าปริมาณคลอร์ไพริฟอสและตัวแปรอิสระดังกล่าว ในแต่ละระดับความลึก ของทุกเดือนที่เก็บตัวอย่าง ทั้ง 4 สถานี มาเขียนกราฟหาความสัมพันธ์ จะสังเกตเห็นว่า เส้นกราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง (รูปที่ 5.3-5.5)

5.1.5 จากผลการศึกษาที่ได้ และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ เมื่อกำหนดให้ nd = 0 มีแนวโน้มที่จะแสดงให้เห็นได้ว่า ปริมาณคลอร์ไพริฟอสที่พบตกค้างอยู่ในดิน บริเวณพื้นที่ต่างๆ ของสนามกอล์ฟที่ทำการศึกษา ซึ่งพบในปริมาณที่มากน้อยแตกต่างกันออกไปนั้น ขึ้นอยู่กับกิจกรรมการดูแลรักษาที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ และอาจขึ้นอยู่กับฤดูกาล หรือปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา เพราะจากตารางที่ 3.1 และ 3.2 จะเห็นว่าเดือนกันยายนและเดือนตุลาคม เป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากที่สุด จากทุกสถานีตรวจอากาศของอำเภอต่างๆ ในจังหวัดชลบุรี ส่วนเดือนธันวาคมและมกราคม มีปริมาณน้ำฝนต่ำที่สุดเมื่อเฉลี่ยทั้งปี ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมานี้ จะชะล้างคลอร์ไพริฟอสที่ตกค้างอยู่บนต้นหญ้าลงสู่ดิน และจากดินไปสู่แหล่งสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ซึ่ง Morioka และ Cho (1992) ได้ทำการออกแบบ model เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณสารเคมีทางการเกษตรชนิดต่างๆ รวมทั้งคลอร์ไพริฟอส พบว่า ปริมาณสารเคมีที่คำนวณได้จาก model กับปริมาณที่ตรวจได้ในพื้นที่ มีความใกล้เคียงกันมาก แสดงว่า ปริมาณน้ำฝนที่ไหลบ่าในบริเวณสนามกอล์ฟที่มีการใช้สารเคมีเหล่านี้ จะชะล้างสารเคมีเหล่านี้ลงสู่แหล่งน้ำในบริเวณใกล้เคียง นอกจากนี้ Cohen (1990) พบว่า การชะล้างที่เกิดขึ้นนั้น จะเกิดได้ทั้งแนวดิ่งและแนวระดับ ซึ่งกรณีที่ศึกษานี้ก็พบว่า การชะล้างที่เกิดขึ้นนั้น จะเกิดทั้งในแนวดิ่งและแนวระดับเช่นกัน กล่าวคือ มีการชะล้างคลอร์ไพริฟอสในแนวระดับ จากบริเวณที่เป็นกรีน หรือที-ออฟ ลงสู่พื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่าง ทำให้ตรวจพบคลอร์ไพริฟอสได้เกือบทุกสถานี นอกจากนี้ ปริมาณคลอร์ไพริฟอสที่ตรวจพบในแต่ละสถานีนั้น สามารถตรวจพบได้ทุกระดับความลึก แสดงว่า การชะล้างในแนวดิ่งก็เกิดด้วยเช่นเดียวกัน

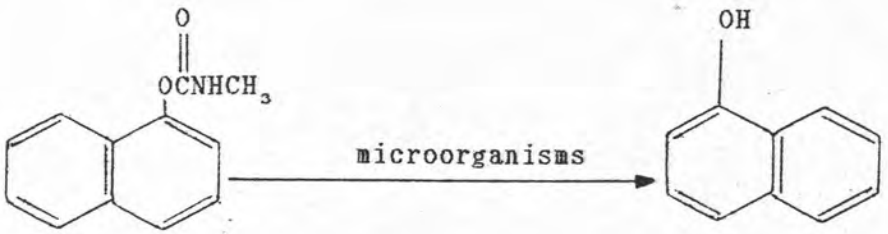
นอกจากพารามิเตอร์ที่ศึกษา รวมทั้งปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวไปแล้วข้างต้นนั้น สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่ควรคำนึงถึงอย่างมากก็คือ อายุของสนามกอล์ฟ สนามกอล์ฟที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ยังอยู่ในช่วงที่กำลังก่อสร้าง แต่บริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษาทั้ง 4 บริเวณนั้น เป็นส่วนที่สร้างเสร็จ

และเปิดให้ใช้บริการได้แล้ว มีอายุประมาณ 1 ปี ซึ่งจัดว่าเป็นสนามกอล์ฟที่ยังใหม่อยู่ รวมทั้งมีการปรับเปลี่ยนพื้นที่ดั้งเดิมมากพอสมควร แมลงที่มีอยู่ในบริเวณนี้ อาจจะยังปรับตัวให้เข้ากับสภาพพื้นที่ไม่ทัน ทำให้จำนวนแมลงที่มีอยู่ไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อหญ้าในสนามกอล์ฟได้ นอกจากนี้ วัชพืชที่เป็นทั้งอาหารและที่อยู่ของแมลง ก็อาจจะมีจำนวนไม่มาก แมลงที่จะเข้ามา จึงมีจำนวนน้อย ทำให้มีการใช้สารเคมีชนิดต่างๆ ในปริมาณที่ไม่มากและไม่บ่อยครั้ง ปริมาณคลอร์ไพริฟอสที่พบตกค้างอยู่จึงมีในปริมาณที่ไม่มาก

5.2 คาร์บาริล

ผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บาริลเฉลี่ยในดินบริเวณพื้นที่ต่างๆ ของสนามกอล์ฟทุกระดับความลึกของแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง ทั้ง 4 เดือน ปรากฏว่า ตรวจไม่พบปริมาณคาร์บาริลเลย ทั้งนี้อาจมีสาเหตุสำคัญพอที่จะอธิบายได้ดังนี้

5.2.1 มีการใช้คาร์บาริลในปริมาณน้อยและไม่บ่อยครั้ง คือ 35 กิโลกรัมต่อ ในระยะเวลา 5 เดือน เมื่อเทียบกับคลอร์ไพริฟอสที่ใช้ในปริมาณและความถี่ที่มากกว่า คือ 94 กิโลกรัม ในระยะเวลา 6 เดือน ทั้งนี้เนื่องจากผู้ดูแลรักษาสนามหญ้า จะใช้คลอร์ไพริฟอสเป็นหลักในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูหญ้า และใช้คาร์บาริลสลับเป็นครั้งคราวเท่านั้น เพื่อป้องกันการดื้อต่อสารเคมีของแมลง และเมื่อพิจารณาตารางที่ 3.3 จะเห็นว่ามีการใช้คาร์บาริลครั้งสุดท้ายในเดือนกรกฎาคม ในอัตรา 125 กรัมต่อไร่ (อัตราปกติที่ใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมทั่วไป 300 กรัมต่อไร่) (ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ดูแลสนามกอล์ฟ) ก่อนการเก็บตัวอย่างทั้ง 4 ครั้ง และเนื่องจากผู้ศึกษาไม่ทราบตารางเวลาการใช้คาร์บาริล และคลอร์ไพริฟอสที่แน่นอนได้ ทำให้ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างครั้งแรก ห่างจากการใช้คาร์บาริลครั้งสุดท้ายประมาณ 60 วัน ในขณะที่ความคงทนของคาร์บาริลในดินประมาณ 30 วันเท่านั้น จะเกิดการสลายตัวจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสโดยจุลินทรีย์ดิน ได้ผลิตผลที่สำคัญ คือ 1-naphthol ดังรูปที่ 5.2 (Coburn et al., 1976) จึงอาจจะเป็นไปได้ที่คาร์บาริล ซึ่งมีปริมาณน้อยอยู่แล้ว ถูกทำให้สลายตัวในสภาพธรรมชาติหมดไปเสียก่อน ที่จะทำการเก็บตัวอย่าง

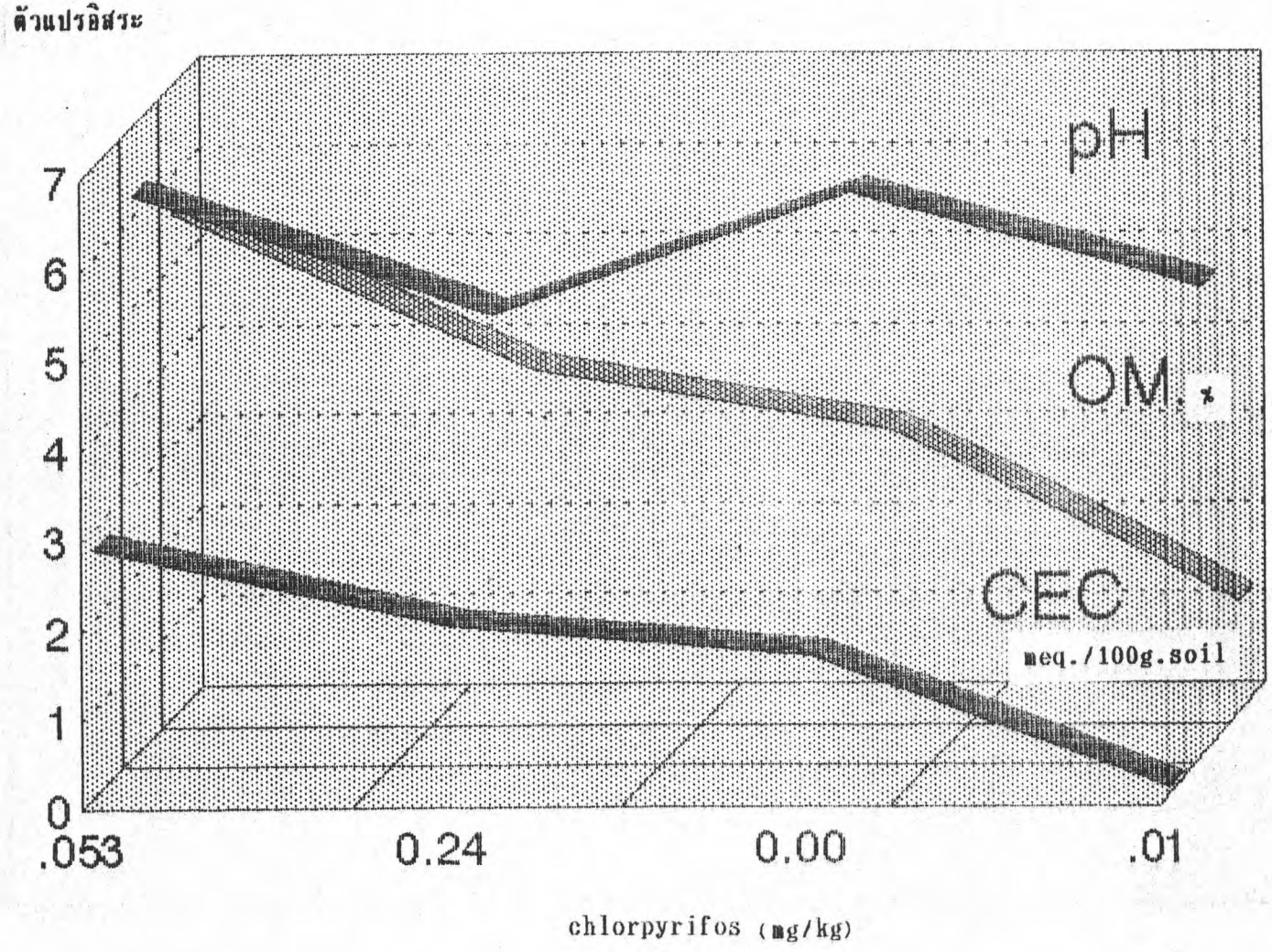


carbaryl 1-naphthol

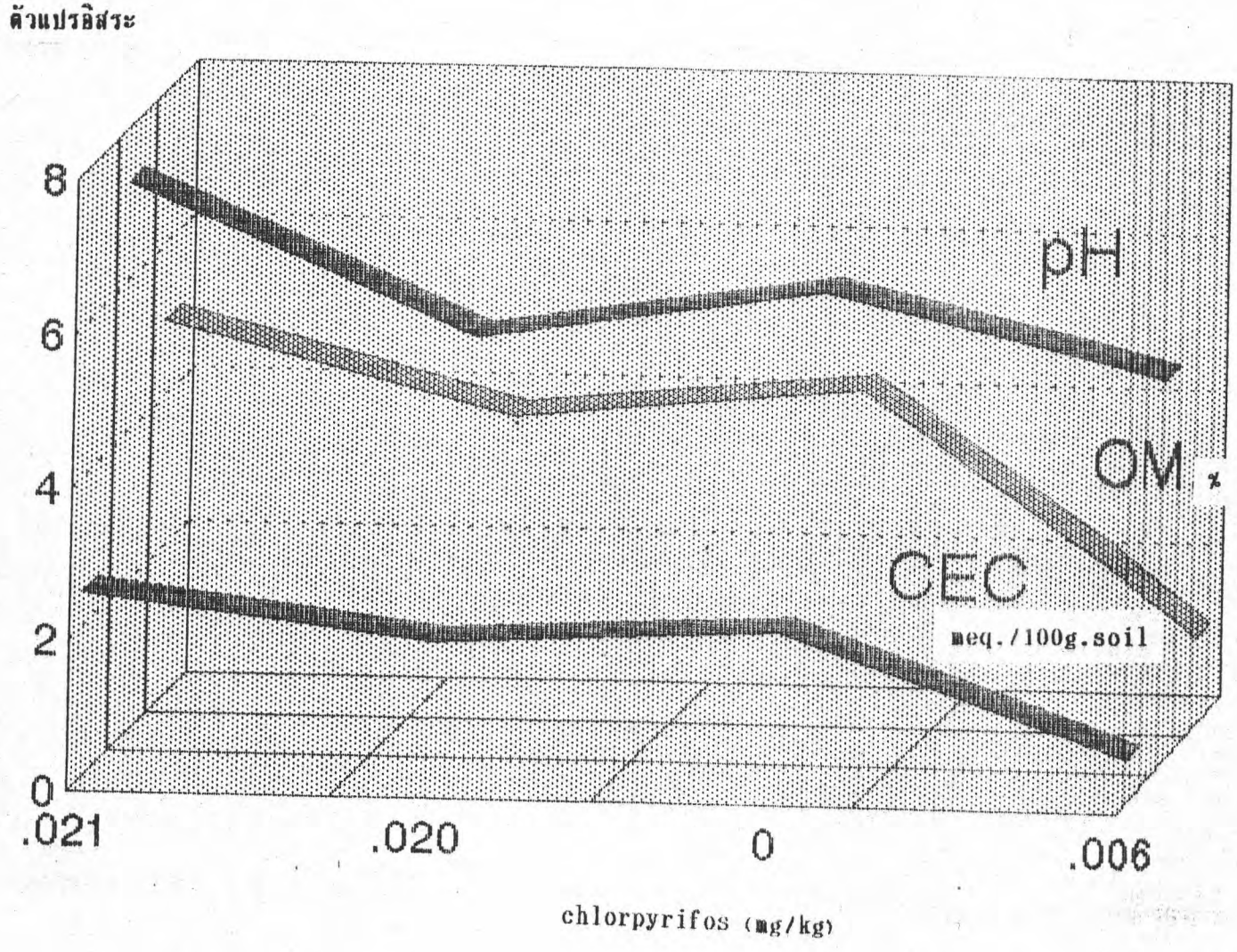
รูปที่ 5.2 การสลายตัวของคาร์บาริลจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส โดยจุลินทรีย์ดิน
ที่มา : Coburn et al., 1976

5.2.2 เนื่องจากตรวจสอบไม่พบคาร์บาริลเลย ในทุกสถานีเก็บตัวอย่าง ทั้ง 4 เดือน จึงไม่สามารถวิเคราะห์ค่าทางสถิติใดๆ ได้และไม่สามารถบอกได้อย่างแน่นอนว่าปริมาณคาร์บาริลมีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ที่ศึกษาหรือเปล่า แต่ถ้าพิจารณาจากผลการวิเคราะห์คลอร์ไพริฟอสแล้ว ผลที่ได้ก็น่าจะคล้ายคลึงกัน คือ ฤดูกาล หรือปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา อาจจะมีผลต่อปริมาณการปนเปื้อนและตกค้างของคาร์บาริลในดินบริเวณพื้นที่ศึกษา ถึงแม้ว่าทั้ง 4 เดือน ใน 2 ฤดูนั้นไม่สามารถบ่งบอกค่าปริมาณคาร์บาริลที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน เพราะตรวจไม่พบปริมาณคาร์บาริลเลยทั้ง 4 เดือน นอกจากนี้ สิ่งที่น่าจะมีผลต่อปริมาณการปนเปื้อนและตกค้างของคาร์บาริลในดินอาจจะเป็นความถี่และปริมาณการใช้ ความสามารถในการคงทนอยู่ในดินของคาร์บาริล รวมทั้งอายุของสนามกอล์ฟก็น่าจะมีผลด้วยเช่นกัน

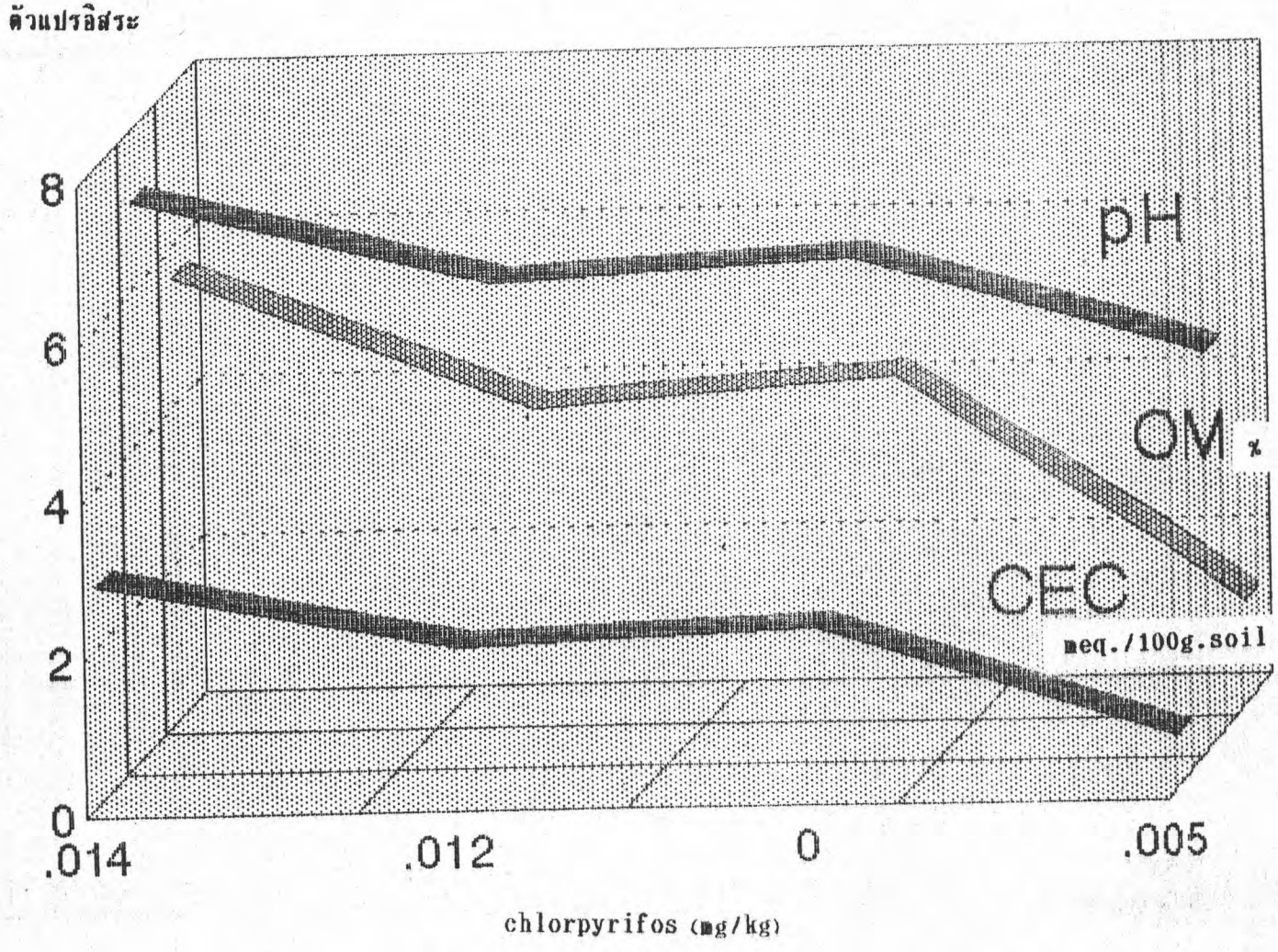
อย่างไรก็ตาม ปริมาณคาร์บาริลที่ตรวจไม่พบในดินทุกระดับความลึก ของทุกสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 4 เดือน อาจจะมีอยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่า 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่เครื่องมือสามารถตรวจวิเคราะห์ได้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่า maximum allowable concentration (MAC) ของคาร์บาริลในดิน ซึ่งกำหนดโดยสหภาพโซเวียต (1973) มีค่าเท่ากับ 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเห็นได้ว่า การปนเปื้อนและตกค้างของคาร์บาริลในดินในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษานี้ ยังอยู่ในระดับที่ต่ำอยู่



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอร์ไพริฟอส กับตัวแปรอิสระ ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร ในเดือนกันยายน 2535



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอร์ไพริฟอส กับตัวแปรอิสระ ที่ระดับความลึก 5-10 เซนติเมตร ในเดือนกันยายน 2535



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอร์ไพริฟอส กับตัวแปรอิสระ ที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร ในเดือนกันยายน 2535