

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายและการแพร่กระจายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดิน

1. ลมและการกัดเซาะโดยน้ำ (wind and water erosion)

ลมและน้ำทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชบริเวณผิวดิน การกัดเซาะดินโดยน้ำจะชะพาสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยเฉพาะในช่วงที่มีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และดูดซับไว้โดยอนุภาคดิน การกัดเซาะโดยลมเกิดได้ไกลกว่าการกัดเซาะโดยน้ำ การกัดเซาะโดยลมทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชซึ่งถูกดูดซับบริเวณผิวดินได้เช่นกัน การเคลื่อนย้ายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชขึ้นกับความลาดชันของภูมิประเทศ คุณสมบัติของดินที่ยอมให้น้ำผ่านได้ ปริมาณน้ำฝน และการดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชบริเวณพื้นดิน รวมทั้งปัจจัยอื่น เช่น สูตรผสม และอัตราการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช วิธีเพาะปลูก และพืชปลูกซึ่งมีผลต่อการแพร่กระจายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชบริเวณผิวดิน (Hill, and Wright, 1978)

2. การระเหศ (volatilization)

การสูญสลายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยการระเหศเกิดได้มากในช่วงเวลาสั้นหลังจากการฉีดพ่นบริเวณผิวดินและอาจระเหศได้ลดลงเมื่อใช้ในรูปสูตรผสมแบบเม็ดโรยบริเวณใต้ผิวดิน ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหศ คือ โครงสร้างของสารเคมี การดูดซับบริเวณผิวดิน อุณหภูมิ ลม ความชื้นสัมพัทธ์ พืชปลูก สูตรผสมและอัตราการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช (Hill, and Wright, 1978)

อัตราการระเหยสู่บรรยากาศของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ การดูดซับ คุณสมบัติของดิน และน้ำในดิน (Menzer, and Nelson, 1980)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชส่วนใหญ่ มักจะระเหยและง่ายต่อการสูญเสียในรูปของไอไปในอากาศ ดังนั้นการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชบางประเภทอย่างมีประสิทธิภาพ ต้องมีการคลุมดิน หรือปกปิดรูอากาศในดิน (soil pore) หลังฉีดพ่นสารเคมีที่ระเหยได้ง่าย ตัวอย่างสารเคมีพวกนี้ได้แก่ พวกสารรมควัน (soil fumigant) ซึ่งได้แก่ เมทิลโบรไมด์ การสูญเสียของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชไปจากดิน นอกจากจะสูญเสียไปในสภาพเป็นไอแล้วระเหยไปในบรรยากาศก็ยังสามารถกลับเข้ามาสู่ดินได้อีกเมื่อมีฝนตกชะล้างเอาสารเคมีในบรรยากาศละลายปะปนกับฝนตกลงสู่พื้นดินได้ (พงศศิริ เสงี่ยมกุล, 2527)

3. การดูดซับ (adsorption)

การดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของแร่ธาตุและอนุภาคดินที่มีอินทรีย์วัตถุ ขึ้นกับคุณสมบัติของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและชนิดของดิน การดูดซับทำให้การเคลื่อนย้ายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชลดลงเพราะเกิดแรงดึงดูดเข้าหากันของอนุภาคและเกิดจากประจุไฟฟ้าของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและประจุไฟฟ้าบริเวณผิวดิน นักวิจัยส่วนใหญ่มีความเห็นตรงกันว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุมีบทบาทสำคัญที่สุดในการดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ถึงแม้ว่าตามปกติจะมีสารซึ่งแตกตัวเป็นประจุบวกและลบเมื่อละลายน้ำ (electrolytes) และอนุภาคดินเหนียวที่เป็นประจุลบจะมีบทบาทในการดูดซับประจุบวกของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชก็ตาม การที่ผิวดินดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชไว้นั้นนับว่ามีความสำคัญด้านสิ่งแวดล้อมมากในประเด็นที่ว่าเป็นการลดหรือแม้กระทั่งป้องกันมิให้เกิดการชะล้าง การไหลล้น หรือการระเหยของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ซึ่งสารเคมีนี้จะไปมีผลในการทำลายจุลินทรีย์ในดิน หรือศัตรูธรรมชาติของศัตรูพืชในดินได้ (Hill, and Wright, 1978)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมักเกาะติดอยู่กับอนุภาคดินละเอียด และเมื่อเกิดการชะล้างผิวดิน สารเคมีเหล่านี้ก็จะถูกพัดพาไปด้วย สารเคมีบางชนิดเกาะติดอยู่กับเม็ดดินอย่างเหนียวแน่น และไม่ซึมผ่านเข้าไปสู่ดินชั้นล่างในระดับที่ลึกนัก สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เกาะติดอยู่กับเม็ดดินนี้โดยทั่วไปจะพบมากในบริเวณที่มีการใช้สารเคมีชนิดนั้น ๆ และ

จุลินทรีย์ต่าง ๆ ในดินแถบนั้น มีบทบาทสำคัญที่ทำให้สารเคมีเหล่านั้นสลายตัว และเปลี่ยนแปลงรูป เป็นสารอื่นที่ไม่มีพิษ (บรรพต ฌ ป้อมเพชร, 2524)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะถูกดินดูดซับไว้ได้มากน้อยแตกต่างกันขึ้นกับ ชนิดของดินและชนิดของสารเคมี สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชบางชนิดถูกดูดซับไว้ได้ในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเคมีซึ่งมี functional group พวก $-OH$, $-NH_2$, $-NHR$, $-CONH_2$, $-COOR$, $-R_3N^+$ ซึ่ง group เหล่านี้จะถูกดูดซับไว้ด้วย clay micelle ซึ่งมี ประจุลบอยู่โดยรอบอนุภาค นอกจากนั้นการเกิด hydrogen bonding และ protonation (การเติม H^+ เข้าไปใน functional group ต่าง ๆ เช่น amino group) ตลอดจน สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีขนาดใหญ่ ก็ทำให้ถูกดูดซับไว้ในดินได้ดี คุณสมบัติการดูดซับ สารเคมีของดินนี้เกี่ยวเนื่องกับการมีอินทรีย์วัตถุในดิน อัตราการดูดซับจะยิ่งเพิ่มมากขึ้นในดินที่มี ปริมาณฮิวมัส และอินทรีย์วัตถุสูง (Brady, 1984) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดของแร่ดินเหนียว อาทิ แร่ vermiculite > montmorillonite > illite > chlorite > kaolinite การดูดซับแบบนี้ขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และปริมาณเหล็กในดิน เป็นต้น สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะถูกชะล้างออกจากชั้นของดินได้มากน้อยแค่ไหนเพียงไรขึ้นอยู่กับ ว่าสารเคมีนั้น ๆ ถูกยึดไว้ในดินได้อย่างแข็งแรงขนาดไหน ถ้าถูกดูดซับอยู่อย่างหลวม ๆ ก็จะถูกชะล้างได้ง่าย ดินที่เป็นทรายหรือดินที่มีทรายเป็นองค์ประกอบอยู่มากจะมีการชะล้างสารเคมี ป้องกันกำจัดศัตรูพืชมากกว่าดินที่มีอินทรีย์วัตถุหรือ แร่ดินเหนียวเป็นองค์ประกอบ (พงศ์ศิริ เองตระกูล, 2527)

กระบวนการดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ทำให้เกิดการตกค้างในดิน

(1) กระบวนการดูดซับทางฟิสิกส์ (physical bonding) สามารถ ใช้ทฤษฎี London-vander Waals force ช่วยในการอธิบาย การดูดซับจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับขนาดและความใกล้เคียงของโมเลกุลดินและสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และแรงดูดซับ จะลดลงเมื่อโมเลกุลอยู่ห่างกัน ทำให้การตกค้างในดินน้อย

(2) กระบวนการคูคิตทางไฟฟ้า (electrostatic bonding) เกิดเมื่อสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอยู่ในรูปประจุบวก จะดูดซับโดยอินทรีย์วัตถุในดินซึ่งมีประจุลบ ทำให้การตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีมากขึ้น

(3) กระบวนการคูคิตของไฮโดรเจน (hydrogen bonding) เกิดจากพันธะไฮโดรเจนระหว่างสารอินทรีย์ในอินทรีย์วัตถุและสารอินทรีย์ในสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ทำให้การตกค้างในดินมีมากขึ้น

(4) กระบวนการคูคิตแบบร่วมกัน (coordination bonding) มีโลหะเป็นตัวเชื่อมระหว่างดินกับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช เกิดเป็นสารประกอบโครงสร้างซับซ้อน ทำให้เกิดการตกค้างในดิน (บุษราภรณ์ สุติและ พิชรี แสนจันทร์, 2534)

4. การชะล้าง (leaching)

การเคลื่อนย้ายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชลงสู่ชั้นล่างผ่านชั้นดินเหนือระดับน้ำใต้ดินเป็นผลจากปริมาณน้ำฝน หรือจากน้ำท่วม การชะล้างขึ้นกับความสามารถในการละลายคุณสมบัติในการดูดซับ อัตราการย่อยสลายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช การเคลื่อนย้ายโดยน้ำธรรมชาติ และคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน (Hill, and Wright, 1978)

แนวโน้มที่สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะมีการชะล้างไปจากดินได้มากน้อยแค่ไหนนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารเคมีเอง ถ้าสารเคมีสามารถดูดซับไว้ในดินได้มาก โอกาสการสูญเสียไปจากดินโดยการชะล้างย่อมมีน้อยลง เป็นต้น (Brady, 1984) อีกประการหนึ่งยังขึ้นอยู่กับความแรงของกระแสน้ำด้วย นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับเนื้อดินที่มีความหยาบละเอียดแค่ไหน เช่น ดินทรายย่อมถูกชะล้างได้ง่ายกว่าดินเหนียว เป็นต้น แต่โดยทั่วไปแล้วพวกสารกำจัดวัชพืชจะถูกเคลื่อนย้ายได้ง่ายกว่าพวกสารกำจัดเชื้อรา หรือสารกำจัดแมลง (พงศศิริ เสงี่ยมกุล, 2527)

5. การเปลี่ยนแปลงรูป (transformation)

การเปลี่ยนแปลงรูปของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินในสภาพที่มีการเพาะปลูกเกี่ยวข้องกับกระบวนการกระจายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในชั้นดิน โครงสร้าง

ทางเคมีและสูตรผสมของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช รวมทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและชีวภาพของดิน (Hill, and Wright, 1978)

5.1 การเปลี่ยนแปลงรูปทางชีวภาพ (biological transformations)

อัตราการเปลี่ยนแปลงรูปทางชีวภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ คือ ความชื้น อินทรีย์วัตถุ ความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิของดิน สภาพภูมิอากาศ รวมทั้งวิธีการเพาะปลูกและการชลประทาน ปัจจัยใดเพียงปัจจัยเดียวไม่อาจแสดงความเกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปได้ ทั้งนี้เพราะปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ในดินทั้งสิ้น (Hill, and Wright, 1978; United Nations, 1991)

กระบวนการเปลี่ยนแปลงโดยการกระทำของจุลินทรีย์ในดิน จัดได้ว่ามีความสำคัญ ทั้งนี้เพราะสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มี group $-OH$, $-COO^-$, $-NH_2$ และ $-NO_2$ อยู่ด้วยจะสลายตัวได้ง่ายโดยการกระทำของจุลินทรีย์บางชนิดในดิน (Brady, 1984) สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมตถูกทำลายเสื่อมสภาพได้อย่างรวดเร็วเมื่อสัมผัสกับดิน ทั้งนี้เพราะมีจุลินทรีย์หลายชนิดด้วยกันที่ย่อยสลายสารเคมีพวกนี้ (พงศศิริ เสง์ตระกูล, 2527)

5.2 การเปลี่ยนแปลงรูปทางเคมี (chemical transformations)

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปทางเคมีในดิน คือ ความชื้น และความเป็นกรดเป็นด่าง นอกจากนี้ปฏิกิริยาการเกิดอะตอมหรือหมู่อะตอมที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว (free radical reaction) อาจย่อยสลายสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปทางเคมีและยังพบว่าดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงร้อยละ 85-90 มีอะตอมหรือหมู่อะตอมที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวปรากฏอยู่ (Hill, and Wright, 1978)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะถูกย่อยสลายไปอย่างรวดเร็วเมื่อสัมผัสกับเม็ดดิน โดยเฉพาะในดินที่มีความชื้นเหมาะสม ซึ่งสารเคมีจะถูกดูดซับ (sorbed) ไว้กับเม็ดดินทำให้เกิดการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดขึ้นได้รวดเร็ว (พงศศิริ เสง์ตระกูล, 2537)

5.3 การเปลี่ยนแปลงรูปโดยปฏิกิริยาแสง (photochemical transformations)

การย่อยสลายโดยปฏิกิริยาแสงเกิดขึ้นภายใต้สภาพแปลงทดลอง สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชบางชนิดมีการเปลี่ยนแปลงรูปโดยกลไกการย่อยสลายโดยปฏิกิริยาแสง ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปโดยปฏิกิริยาแสง คือ ความเข้มของแสง การดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินและพืช (Hill, and Wright, 1978)

การสลายตัวโดยแสงแดด เกิดที่พื้นผิวของดินเท่านั้น (United Nations, 1991) นอกจากนั้นยังมีผลของการสลายตัวโดยแสงแดดเกิดขึ้นทางอ้อมโดยแสงแดดจะช่วยให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเป็นแหล่งพลังงานมีมากขึ้นทำให้การสลายตัวเป็นไป得更เร็วขึ้น (บุษราภรณ์ สุติ และพัชรี แสนจันทร์, 2534)

6. การเคลื่อนย้ายเข้าสู่พืช (plant uptake)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอาจสะสมสลายในดินได้โดยการเข้าสู่พืช ปริมาณและอัตราในการเคลื่อนย้ายเข้าสู่พืชเกี่ยวข้องกับความสามารถของพืชในการดูดซับสารเคมีและความสามารถของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการเข้าสู่รากพืช ปริมาณสารตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เข้าสู่เนื้อเยื่อพืชอาจกลับไปสู่ดินทั้งทางตรงโดยพืชที่ตายหรือทางอ้อมโดยผ่านทางโซ่อาหาร และการขับถ่ายหรือสัตว์กินพืชที่ตายไป (Hill, and Wright, 1978)

ปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญและมีผลต่อปริมาณสารตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลังจากการฉีดพ่นสารเคมีไปที่พืช มี 3 ปัจจัย คือ 1) น้ำหนักทั้งหมดของส่วนต่าง ๆ ของพืชที่อยู่บนดินในบริเวณนั้น 2) พื้นผิวพืชที่เป็นเป้าหมาย และ 3) ปริมาณสารเคมีที่ตกไปสู่ดิน พืชอื่น ๆ หรือส่วนของพืชที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน (Kenaga, 1977)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดเช่น systemic insecticides มีคุณสมบัติพิเศษและสามารถดูดซึมสู่พืชได้ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ละลายน้ำได้มากจะดูดซึมเข้าสู่พืชได้ดีกว่าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ละลายน้ำได้น้อย แต่ไม่เฉพาะสารเคมี

ป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ละลายน้ำจะดูดซึมเข้าสู่พืชได้เท่านั้น สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ละลายในไขมันก็สามารถดูดซึมเข้าสู่พืชได้เช่นกัน (วิเชียร ภัทรพัฒนานนท์, 2517)

การเคลื่อนย้ายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะต้องอาศัยระบบท่อน้ำท่ออาหารของพืชโดยเดินทางจากรากชั้นสูลำต้นและใบทางท่อน้ำ (xylem) และเคลื่อนที่ลงปริมาณน้อยกว่าโดยเป็นไปอย่างช้า ๆ ทางท่ออาหาร (phloem) สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เข้าสู่พืชนั้นจะมีการเคลื่อนย้ายในอัตราไม่เท่ากันขึ้นกับว่าจะดูดซึมเข้าทางส่วนไหนของพืช สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เข้าสู่รากจะมีการเคลื่อนย้ายได้รวดเร็วกว่าที่ดูดซึมเข้าทางใบ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นสารใหม่ได้ทั้งในดินและในพืช สารใหม่นี้เรียกว่า metabolic products รากพืชสามารถดูดซึมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากดินได้มากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ (1) คุณสมบัติและชนิดของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยเฉพาะคุณสมบัติการละลายน้ำ (2) ชนิดและลักษณะของดิน (3) ชนิดของพืชบางชนิดที่มีลักษณะพิเศษ (4) อุณหภูมิและความชื้นในดิน (5) อัตราการคายน้ำของพืช (6) ความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดิน ฯลฯ (วิเชียร ภัทรพัฒนานนท์, 2517)

ความสามารถของพืชในการดูดซึมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สะสมอยู่ในดินช่วยให้ปริมาณสารตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินลดลง อย่างไรก็ตามสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ดูดซึมเข้าสู่พืชแล้วก็จะเกิดการสะสมพิษตกค้างในพืช (วิเชียร ภัทรพัฒนานนท์, 2517)

7. การเข้าสู่ร่างกายสัตว์ (animal uptake)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเข้าสู่ร่างกายสัตว์ที่อาศัยบนดิน และในดินได้ทั้งทางตรงโดยการจับปนและจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น และทางอ้อมโดยสัตว์กินพืช หรือสัตว์กินสัตว์ที่ปนเปื้อนสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเข้าไป สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิดเช่น ไร้เดือน และทากกินอนุภาคดินที่ดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเอาไว้และอาจเข้าไปอยู่ตามเนื้อเยื่อต่าง ๆ พบปริมาณสารตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในสัตว์จำพวกอาร์โทรพอดหลายชนิด นอกจากนี้ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังยังทำให้ปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและผลิตภัณฑ์จากการเปลี่ยนแปลงรูปสะสมอยู่ในดินได้ทั้งนี้เกี่ยวข้องกับระดับการได้รับสารเคมี

ความสามารถของสัตว์ในการดูดซึมและกักเก็บสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชไว้ความเนื้อเยื่อและในดิน รวมทั้งปัจจัยต่าง ๆ ของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีผลต่อการเคลื่อนไหวและการเปลี่ยนแปลงรูป (Hill, and Wright, 1978)

ปัจจัยที่มีผลต่อความคงทนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดิน

1. คุณสมบัติทางเคมีของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช (chemical nature of insecticide) (Edwards, 1973)

คุณสมบัติทางเคมีของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เกี่ยวข้องกับความคงทนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดิน ได้แก่ ความเสถียร การระเหย การละลาย ความเข้มข้น และสูตรผสม กล่าวคือ

1.1 ความเสถียรของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินแตกต่างกันไปตามโครงสร้างทางเคมีของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดนั้น ๆ

1.2 การระเหยของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิดิน การเคลื่อนไหวของอากาศเหนือพื้นดิน และปริมาณความชื้นในดิน

1.3 คุณสมบัติในการละลายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความคงทน สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้โดยทั่วไปจะถูกชะล้างจากดินได้มาก แต่ความสามารถในการชะล้าง และคุณสมบัติในการละลายไม่สัมพันธ์กันเสมอไป คุณสมบัติในการละลายน้ำของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีความสัมพันธ์กับความคงทนในดินเป็นอย่างยิ่ง

1.4 ความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีผลต่อปฏิกิริยาการแตกตัวของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดิน กล่าวคือ ปริมาณความเข้มข้นสูง ทำให้เกิดการแตกตัวช้ากว่าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีความเข้มข้นต่ำ

1.5 สูตรผสมของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีผลต่อความคงทนในดิน กล่าวคือสูตรผสมแบบน้ำมัน (emulsion) คงทนได้นานกว่าแบบผงผสมน้ำ (wettable powder) และแบบเม็ด (granular) คงทนนานกว่าสูตรผสมแบบอื่น

นอกจากนี้คุณสมบัติของครึ่งชีวิต (half life) ของสารเคมีที่จะทำให้เกิดการสลายตัว สารเคมีที่มีครึ่งชีวิตสั้น ๆ (ระยะเวลาที่สารนั้นจะสลายตัวไปได้ครึ่งหนึ่ง) จะสลายตัวได้เร็วกว่า และสารเคมีต่างชนิดกันจะมีความคงทนอยู่ในดินได้นานต่างกัน (บุษราภรณ์ สุตี และพิชรี แสนจันทร์, 2534)

การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกับดิน โดยทั่วไปใช้กับดินที่มีระดับความลึก 4-6 นิ้ว การแพร่กระจายและการเคลื่อนย้ายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชขึ้นกับความเสถียร ความสามารถในการละลาย การระเหยสู่ชั้นบรรยากาศ และคุณสมบัติในการรวมตัวของสารเคมี ภูมิอากาศ และปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ที่มีการใช้สารเคมี การวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างส่วนใหญ่พบปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินต่ำลงที่ระดับความลึก 6 นิ้ว หรือลึกกว่านั้น (Kenaga, 1977)

ปัจจัยที่มีผลต่อการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินหลังจากฉีดพ่นขึ้นกับชนิดของดิน ความชื้น อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง อินทรีย์วัตถุ จุลินทรีย์ในดิน การย่อยสลายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและพืชปลูก (Murphy, 1980)

2. ชนิดดิน (type of soil)

ชนิดของดินมีผลต่อการดูดซับของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอาจเกาะติดกับดินได้แตกต่างกันขึ้นกับโครงสร้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ชนิดของดินไม่เพียงแต่มีผลต่อความคงทน และกิจกรรมของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดิน แต่ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารเคมีอื่นด้วย นอกจากนี้โครงสร้างของดินยังบ่งบอกถึงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน อินทรีย์วัตถุและส่วนประกอบของดินเหนียว ซึ่งมีผลต่อความคงทนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและโดยทั่วไปสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชคงทนได้นานในดินที่มีอินทรีย์วัตถุมาก (Edward, 1973)

3. อินทรีย์วัตถุ (organic matter content)

อินทรีย์วัตถุในดินมีผลต่อความคงทนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช กล่าวคือ ยิ่งมีอินทรีย์วัตถุในดินมาก ความคงทนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชก็ยิ่งนาน (Edward, 1973)

ดินที่มีอินทรีย์วัตถุอยู่เป็นปริมาณมาก สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีประจุบวก สามารถถูกดูดซับไว้ที่ผิวของอินทรีย์วัตถุที่มีประจุลบได้และการดูดซับจะเกิดได้อย่างรวดเร็ว (Khan, 1980)

4. ส่วนประกอบของดินเหนียว (clay content)

ดินที่มีส่วนประกอบของดินเหนียว เป็นดินซึ่งมีพื้นที่ผิวภายในมากกว่าดินทราย และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชคงทนได้นานเนื่องจากพื้นที่ผิวในการดูดซับมีมากกว่า แต่ถึงสรุปไม่ได้ว่าส่วนประกอบของดินเหนียวมีผลต่อความคงทนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดิน เนื่องจากส่วนประกอบของดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุเกี่ยวข้องกัน (Edward, 1973)

ความสามารถในการดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ โครงสร้าง ปฏิริยาทางเคมี และพฤติกรรมของแร่ดินเหนียว แร่ดินเหนียวประเภท 1:1 เป็นแร่ที่มีสมบัติเกือบเป็นกลางทางไฟฟ้า มีประจุลบที่พื้นผิวอยู่น้อย และมี C.E.C. ต่ำกว่าแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 ซึ่งมีประจุลบที่พื้นผิวมากกว่า มีช่องว่างระหว่างแผ่นผลึกมากกว่า (Khan, 1980) นอกจากนี้ยังพบว่าดินที่มีแร่ดินเหนียวมากจะดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ได้มากกว่า (บุษราภรณ์ สุตติ และพัชรี แสนจันทร์, 2534)

ปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดิน (C.E.C.) มีมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับ (1) ปริมาณดินเหนียวที่มีอยู่ในดิน ดินที่มีปริมาณดินเหนียวสูงย่อมมี C.E.C. สูงกว่า ดินที่มีปริมาณดินเหนียวต่ำ (2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน หากดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงจะมี ปริมาณ C.E.C. สูงด้วย และ (3) ชนิดของสารคอลลอยด์ในดิน ได้แก่ ดินเหนียว ไฮดรอกไซด์ ออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียม และสารอิวมัสซึ่งมาจากอินทรีย์วัตถุในดิน สารเหล่านี้เป็นองค์ประกอบสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดิน และมีความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกต่าง ๆ กัน (กองเกษตรเคมี, 2528)

5. ความเป็นกรดของดิน (soil acidity)

ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนอาจมีผลต่อการแตกตัวของสารเคมี ป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดิน กล่าวคือ มีผลต่อความเสถียรของแร่ดินเหนียว ความจุในการ แลกเปลี่ยนไอออนและอัตราการสลายตัวโดยปฏิกิริยาเคมี และจุลินทรีย์ (Edward, 1973, 1976)

6. ส่วนประกอบที่เป็นไอออนของแร่ธาตุ (mineral ion content)

แร่ธาตุในดินมีผลต่อการแตกตัวของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดิน (Edward, 1973)

7. ปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความคงทนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช การสลายตัวโดยปฏิกิริยาทางเคมีและจุลินทรีย์ และการระเหยสู่ชั้นบรรยากาศของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ ปัจจัยดังต่อไปนี้ (Edward, 1976)

7.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลต่อความคงทนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช การสลายตัวโดยปฏิกิริยาทางเคมีและจุลินทรีย์ และการระเหยสู่ชั้นบรรยากาศ กล่าวคือ อุณหภูมิต่ำทำให้เกิดกระบวนการต่าง ๆ เกิดช้าลง และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชสลายได้น้อยลง อุณหภูมิยังมีผลต่อการดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดิน เพราะการดูดซับมีแนวโน้มว่าเกิดจากความร้อนภายนอก ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นการดูดซับจะลดลงและสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชก็จะถูกปล่อยออกมา การละลายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินขึ้นกับอุณหภูมิเช่นกัน อุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้การละลายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินที่มีความชื้นดีขึ้น โอกาสในการชะล้างจากดินก็ย่อมสูงขึ้นด้วยทำให้ความคงทนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินน้อยลงแต่อุณหภูมิสูง ก็มีได้หมายความว่าทำให้ความคงทนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินน้อยลงด้านเดียวเพราะนอกจากโดยปกติอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้เกิดอัตราการเปลี่ยนแปลงเป็นสารประกอบอื่น การปลดปล่อยสารออกมา การระเหยและการชะล้างเพิ่มสูงแล้ว ดินที่มีความ

ร้อนสูงเนื่องจากอุณหภูมิจึงเพิ่มขึ้นมักเป็นดินแห้ง และดินแห้งจะเกาะยึดสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้แน่นมากกว่าดินเปียก (Edward, 1976)

7.2 ความชื้นในดิน

ความชื้นในดินมีผลต่อความคงทนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยทำให้เกิดการดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดิน ดินแห้งมักเกาะยึดสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ดีกว่าดินเปียก เมื่อความชื้นในดินทำให้ดินเปียกขึ้น ดินเปียกขึ้นจะทำให้เกิดการปลดปล่อยสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดิน ดินเปียกทำให้ความคงทนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินน้อยกว่าดินแห้ง (Edward, 1976)

อุณหภูมิจึงและความชื้นของดินมีส่วนในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในดิน มีส่วนโดยตรงกับการระเหยเป็นไอของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดิน การละลาย และการสลายตัวของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อยู่ในดิน (ประสูร ดีมา, 2517)

ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมและความเป็นไปของคาร์บาไรลและคลอร์ไพริฟอสในดิน

1. ความคงทนและการสูญสลาย

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต อาจปนเปื้อนดินได้ทั้งทางการใช้โดยตรงหรือการชะพาลงสู่ดินจากการใช้ในพืชปลูก การสูญสลายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชสองกลุ่มขึ้นกับปฏิริยาระหว่างกันของสมบัติกายภาพของดิน น้ำในดินและจุลินทรีย์ในดิน สารประกอบดังกล่าวอาจเกาะยึดในดินบางชนิดได้ แม้ยังไม่ถึงขั้นเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ก็ตามแต่สภาพเช่นนี้ก็อาจมีการเคลื่อนย้ายโดยน้ำได้เล็กน้อยลงสู่ดินและบริเวณผิวดิน ปฏิริยาร่วมกันระหว่างองค์ประกอบดิน การย่อยสลายทางเคมีและชีวภาพอย่างรวดเร็วในดินส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนในดินและน้ำได้เล็กน้อย (Menzer, and Nelson, 1980)

ความคงทนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินเป็นผลรวมของปฏิกิริยาของสารในดินตลอดจนการเสื่อมสลาย และการพัดพาไปจากดิน โดยทั่วไปสารประเภทอินทรีย์ฟอสฟอรัสคงทนอยู่ในดินในเวลาไม่นาน (ศุภมาศ พณิชศักดิ์พัฒนา, 2534)

คาร์บาริลมีใช้เป็นสารเคมีที่ใช้ป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดิน แต่ใช้ฉีดพ่นบนส่วนต่าง ๆ ของพืชเหนือพื้นดินซึ่งอาจตกลงสู่ดินได้หรืออาจเข้าสู่ดินได้จากการชะพาสองน้ำฝน การทดลองในห้องปฏิบัติการแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการใช้ตามอัตราที่แนะนำ คาร์บาริลสามารถคงทนในดินได้ในระยะเวลาอันสั้น ค่าครึ่งชีวิตน้อยกว่า 40 วัน หรือโดยปกติอยู่ในช่วง 16-20 วัน แต่อาจคงทนได้เพิ่มขึ้นเมื่อดินอยู่ในสภาพน้ำขังหรืออัตราการใช้เพิ่มขึ้น การศึกษาในแปลงทดลองที่อยู่ในเขตอบอุ่น พบว่าครึ่งชีวิตของคาร์บาริลในดินมีค่าไม่เกิน 1 เดือน (International Programme on Chemical Safety [IPCS], 1994)

Rajukkannu., et al., 1985 ศึกษาความคงทนของคาร์บาริลในดินสีแดงและดินสีดำจากบริเวณ Tamil Nadu ในประเทศอินเดีย ซึ่งตั้งอยู่ในเขตร้อน พบว่าความคงทนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระยะเวลาอันสั้น ครึ่งชีวิตของคาร์บาริลเท่ากับ 6.7-7.0 วัน และสามารถย่อยสลายได้ถึงร้อยละ 95 หลังจากการฉีดพ่น 90 วัน (quoted in IPCS, 1994)

Johnson and Stansbury, 1965 พบว่าครึ่งชีวิตของคาร์บาริลในดินเพาะปลูกประเภทดินร่วนปนทรายที่มี pH 5.5 มีค่าเท่ากับ 8 วัน และปริมาณสารตกค้าง คาร์บาริลสามารถย่อยสลายได้หมดในเวลา 40 วัน (quoted in IPCS, 1994)

2. การระเหิด (volatilization)

คาร์บาริลมีคุณสมบัติในการระเหิดต่ำ พบปริมาณคาร์บาริลเล็กน้อยในอากาศจากการฉีดพ่น การระเหิดอาจเพิ่มขึ้นถึง 4 เท่าเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นร้อยละ 8-80 (IPCS, 1994)

Lee., et al., 1990 รายงานว่า หลังจากฉีดพ่นคาร์บาริลบนดิน เป็นเวลา 50 วัน คาร์บาริลสามารถระเหิดไปร้อยละ 0.63 และสลายตัวร้อยละ 78.84 (quoted in IPCS, 1994)

หลังจากการฉีดพ่น 48 ชั่วโมง คลอร์ไพริฟอสสามารถสลายโดยการระเหยสู่ชั้นบรรยากาศได้ร้อยละ 75-80 และน้อยกว่าร้อยละ 2 สามารถเคลื่อนย้ายและถูกดูดซับน้ำเข้าสู่พืช (United Nations Environment Programme [UNEP], 1993)

การระเหยสู่ชั้นบรรยากาศเป็นกลไกสำคัญในการเคลื่อนย้ายคลอร์ไพริฟอสจากดินโดยเฉพาะการฉีดพ่นบริเวณผิวดิน คลอร์ไพริฟอสสามารถระเหยได้ในดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำจนถึงปานกลาง (UNEP, 1993)

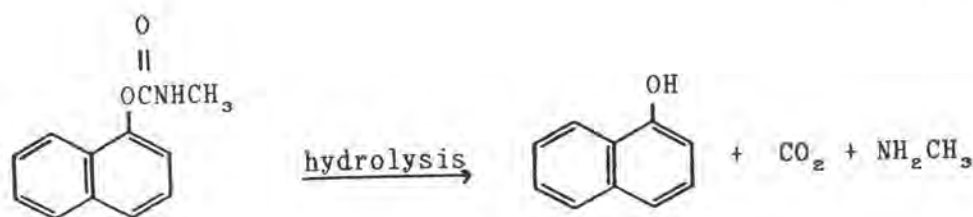
3. การแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำ (hydrolysis)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต เป็นพวกเอสเทอร์ของกรดฟอสฟอริกและกรดคาร์บาเมก สารทั้งสองกลุ่มเป็นตัวยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (anticholinesterase) ที่เกิดโดยกระบวนการ phosphorylating และ carbamylating แล้วจึงปลดปล่อยสารกลุ่มหนึ่ง (leaving group) ให้เป็นอิสระง่ายต่อการย่อยสลาย ปฏิกิริยาดังกล่าวอาจเกิดในสภาพแวดล้อมทางเคมีหรือจากแสง ผลึกผลึกที่แตกตัวออกมาไม่เป็นพิษมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เป็นโมเลกุลที่ระเหยได้จึงง่ายต่อการย่อยสลายและจุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ได้ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุก 10 องศา ทำให้อัตราการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำเพิ่มขึ้นประมาณ 4 เท่า (Menzer, and Nelson, 1980)

หนทางหลักในการสลายตัวของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในดิน คือ การแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำ การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ และสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันโดยเฉพาะอุณหภูมิและความชื้นทั้งก่อน ขณะ และหลังการฉีดพ่นก็อาจมีผลต่อการสลายตัวในดินเช่นกัน (IPCS/EHC 63, 1986)

การแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำและการเกิดออกซิเดชันเป็นกลไกหลักในการสลายตัวของคาร์บาซิล (quoted in IPCS, 1994)

Dorough, 1970 รายงานว่า คาร์บาซิลเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำจะแตกตัวออกมาเป็น 1-naphthol, CO₂ และ methylamine (IPCS, 1994) (รูปที่ 2.1)



1-naphthyl

1-naphthol

N-methylcarbamate

carbaryl

รูปที่ 2.1 การแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำของคาร์บาริล (IPCS, 1994)

การศึกษาการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำของคลอร์ไพริฟอส พบว่า ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส pH 6.1 ค่าครึ่งชีวิตในการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำเท่ากับ 120 วัน ที่ pH 7.4 ค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 53 วัน และที่ pH 7.4 อุณหภูมิ 37.5 องศาเซลเซียส ค่าครึ่งชีวิตในการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำเท่ากับ 13 วัน (UNEP, 1993)

การศึกษาการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำของคลอร์ไพริฟอส พบว่า อัตราการสลายร้อยละ 50 อยู่ในช่วงเวลา 0-6 ปี มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 0.04-1,930 วัน (UNEP, 1993)

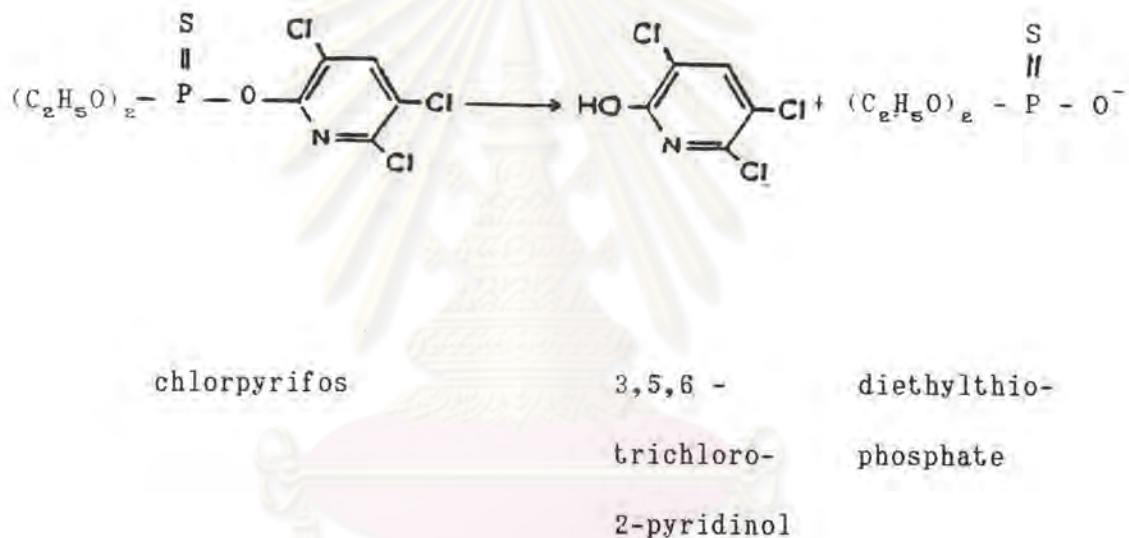
การแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำของคลอร์ไพริฟอส เป็นปัจจัยสำคัญในการย่อยสลายในดินทำให้ได้ 3,5,6-trichloro -2- pyridinol (UNEP, 1993)

4. การแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสง (photolysis)

Chib, 1986 ศึกษาการแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงของคาร์บาริลในดิน คาดคะเนได้ว่า ครึ่งชีวิตของคาร์บาริลในดินร่วนปนทรายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 2.5 วัน การทดลองในบริเวณที่มีแดด พบว่า ค่าครึ่งชีวิตมีค่ามากกว่า 30 วัน ผลึกภัณฑ์

ที่ได้จากการย่อยสลาย คือ คาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนดินประเภทอื่น พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ 5-hydroxy carbaryl, N-hydroxymethyl carbaryl และ 1-naphthol (IPCS, 1994)

การสลายตัวของคลอร์ไพริฟอสโดยแสงเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีผลต่อความคงทนของคลอร์ไพริฟอสบนผิวดิน คลอร์ไพริฟอสสลายตัวได้โดยแสงอุลตราไวโอเลตและแสงแดด (ตีวาทม์ สุกุลเที่ยงตรง, 2527) ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ 3,5,6-trichloro-2-pyridinol และ diethylthiophosphate (Smith, 1968) (รูปที่ 2.2)



รูปที่ 2.2 การแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงของคลอร์ไพริฟอส (Smith, 1968)

5. การสลายตัวทางชีวภาพ (biodegradation)

ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายทางชีวภาพของคาร์บาเมตในดิน ขึ้นกับ การระเหยสู่ชั้นบรรยากาศ ชนิดดิน ความชื้นในดิน การดูดซับ ความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ และการสลายตัวโดยปฏิกิริยาแสง คาร์บาเมตบางชนิดสามารถย่อยสลายได้ง่าย บางชนิดอาจดูดซับโดยอนุภาคดินได้มาก บางชนิดชะล้างสู่ชั้นล่างของดินได้ง่าย และอาจชะล้างถึงระดับน้ำใต้ดิน

กระบวนการที่เกิดขึ้นเหล่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดดินและความสามารถในการละลายน้ำ นอกจากนี้ยังควรคำนึงถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัว (IPCS/EHC 64, 1986)

การศึกษาในหลาย ๆ เรื่องชี้ให้เห็นความสามารถของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายคาร์บาริลในดิน และบางครั้งจุลินทรีย์เหล่านี้ได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายเป็นแหล่งคาร์บอน ส่วนใหญ่เป็นพวกแบคทีเรีย (Pseudomonas phaseolicola, P. cepaphia, Rhodococcus sp., Nocardia sp., Xanthomonas sp., Achromobacter sp.) และพวกเชื้อรา (Aspergillus niger, A. terreus, Fusarium solani, Gilocladium roseum, Rhizoctonia solani, R. praticola, Penicillium sp., Mucor sp., Rhizopus sp.)

ในหลายกรณี พบว่า ความคงทนของคาร์บาริลในดินลดลงหลังจากการฉีดพ่นครั้งแรก ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าจุลินทรีย์ในดินที่เป็นตัวการสำคัญในการย่อยสลายมีการผสมพันธุ์กัน และสร้างสายพันธุ์ใหม่ที่มีความสามารถในการย่อยสลายได้มากขึ้น (IPCS, 1994)

Zuberi and Zubairi, 1971 รายงานว่า คาร์บาริลย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ในดินพวก Pseudomonas phaseolicola และ Aspergillus niger ซึ่งย่อยสลายคาร์บาริลให้เป็น 1-naphthol (quoted in IPCS, 1994)

Sud., et al., 1972 พบว่า Achromobacter sp. สามารถใช้คาร์บาริลเป็นแหล่งผลิตคาร์บอนในดินเต็ม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายคาร์บาริล คือ 1-naphthol, hydroquinone, catechole และ puruvate (quoted in IPCS, 1994)

การย่อยสลายทางชีวภาพของคาร์บาริลในห้องปฏิบัติการ พบว่า เชื้อราพวก Aspergillus terrus ซึ่งแยกได้จากดินที่มีคาร์บาริลสามารถย่อยสลายให้ 1-naphthyl N-hydroxymethyl carbamate, 5-hydroxycarbaryl, 4-hydroxylcarbaryl และ 1-naphthol (UNEP, 1993)

จุลินทรีย์ในดินพวก T. viride และ Pseudomonas sp. สามารถย่อยสลายคาร์บาริลได้ (Matsumura, and Benezet, 1978)

จากข้อเท็จจริงที่ว่าจุลินทรีย์ในดินมีบทบาทสำคัญต่อการตกค้างของสารเคมี ป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดิน Getzin and Rosefield, 1968 ทำการศึกษาสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตรวมทั้งคลอร์ไพริฟอส มีการย่อยสลายในดินธรรมชาติ ที่ไม่มีการฆ่าทำลายเชื้อได้เร็วกว่าดินที่มีการฆ่าเชื้อแล้ว (quoted in Menzer, and Nelson, 1980; Getzin, 1981)

6. การดูดซับในดิน (adsorption)

คาร์บาริลดูดซับในดินได้ปานกลางถึงขั้นดี ดินบางชนิดจากแถบตะวันออกของประเทศออสเตรเลียเท่านั้นที่คาร์บาริลดูดซับได้ไม่มากนัก คุณสมบัติในการดูดซับและความไม่คงทนในดิน ทำให้คาร์บาริลเคลื่อนย้ายในดินได้เล็กน้อยถึงปานกลางและพบอยู่บริเวณดินชั้นบนเมื่อมีการใช้ตามอัตราที่แนะนำ (IPCS, 1994)

คาร์บาริลดูดซับในดินชั้นบนที่มีอินทรีย์วัตถุและมีสภาพเป็นกรดได้ดีกว่าดินที่เป็นกลางและเป็นด่าง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอัตราการแทนที่ของคาร์บาเมตโดยน้ำบริเวณดินชั้นบนที่มีอินทรีย์วัตถุลดลงเมื่อความเป็นกรดเป็นด่างลดลง (Murphy, 1980)

Leenheer and Ahlrichs, 1971 รายงานว่า อัตราการดูดซับคาร์บาริลของอนุภาคดินเกี่ยวข้องกับปริมาณอินทรีย์วัตถุและคุณสมบัติทางกายภาพของการดูดซับ (quoted in IPCS, 1994)

Briggs, 1981 รายงานไว้เช่นกันว่า ระดับอินทรีย์วัตถุในดินที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อการดูดซับคาร์บาริลที่เพิ่มขึ้น (quoted in IPCS, 1994)

Sharom., et al., 1980 ศึกษาการดูดซับและการเคลื่อนย้ายคาร์บาริลในดิน 3 ชนิดและตะกอนจากลำธารโดยเรียงลำดับความสามารถในการดูดซับได้ดังนี้คือ อินทรีย์วัตถุ (ที่มีอินทรีย์วัตถุร้อยละ 75.3 และ pH 6.1) > ตะกอน (ที่มีอินทรีย์วัตถุร้อยละ 2.8 และ pH 6.6) > ดินร่วนปนทราย (ที่มีอินทรีย์วัตถุร้อยละ 2.5 และ pH 6.8) > ดินทราย (ที่มีอินทรีย์วัตถุร้อยละ 0.7 และ pH 7) และคาร์บาริลสามารถชะล้างในดินทรายได้มากกว่าดินที่มีอินทรีย์วัตถุ (quoted in IPCS, 1994)

Caro., et al., 1974 ศึกษาการเคลื่อนย้ายคาร์บาริลในดินตามสภาพ
ธรรมชาติ พบว่าหลังจากการฉีดพ่นคาร์บาริลในแปลงในช่วงที่มีฝนตกในปริมาณมากเป็นระยะ
เวลานั้น ทำให้สารเคลื่อนย้ายไปยังนอกบริเวณที่มีการฉีดพ่น (quoted in IPCS, 1994)

คลอรีไฟรฟอสสามารถเกาะยึดติดแน่นกับอนุภาคดินที่มีอินทรีย์วัตถุและแร่ธาตุ
ในดิน ทนต่อการชะล้างโดยน้ำลงสู่ดินชั้นล่าง การเคลื่อนย้ายชะพาโดยน้ำได้น้อย (Dow
Chemical Company, n.d.)

7.1 การเปลี่ยนแปลงรูป (transformation)

การย่อยสลายคาร์บาริลในดินเป็นผลจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ตลอดจน
คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี การแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำ การเกิดออกซิเดชัน และกระบวนการ
การทางเคมีอื่น ๆ ส่วนการย่อยสลายคาร์บาริลบริเวณผิวดินนั้นขึ้นกับการแตกตัวทำปฏิกิริยากับ
น้ำ (IPCS, 1994)

การเปลี่ยนแปลงรูปของคาร์บาริล แบ่งเป็น

(1) การเปลี่ยนแปลงรูปทางชีวภาพในดิน (biotransformation
in soil)

Kazano., et al., 1972 พบว่า การย่อยสลายในดินน่าจะ
เกิดจากการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำของ carbamate linkage ได้คาร์บอนไดออกไซด์
และเฟินอล โดยมีปฏิกิริยา hydroxylation ของวงแหวน หรือมี methyl carbon เกิดขึ้น
ก่อนการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำ 1-naphthol ย่อยสลายในดินเห็นชัดได้เร็วกว่าดินร่วนปน
ทรายและการที่ 1-naphthol ไม่เคลื่อนย้ายในดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงร้อยละ 85-90 เป็นผล
จากแรงยึดทางเคมี (quoted in IPCS, 1994)

(2) การเคลื่อนย้ายเข้าสู่พืชและการเปลี่ยนแปลงรูปในพืช (uptake
and transformation in plants)

Ferreira and Seiber, 1981 ศึกษาการเคลื่อนย้ายเข้าสู่พืช
และการแพร่กระจายของคาร์บาริลในต้นข้าว (rice seedling) ทางราก พบว่า คาร์บาริล
สามารถดูดซับและเคลื่อนย้ายไปสู่ใบและลำต้นพืชได้ หนทางหลักในการสลายของคาร์บาริล

คือ ผ่านทางรากประมาณร้อยละ 22 ซึ่งมากกว่าการระเหยออกทางใบร้อยละ 4.2 (quoted in IPCS, 1994)

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารตกค้างของคาร์บาริลในพืช ขึ้นกับลม ฝน แสงแดด รวมทั้งปฏิกิริยาทางเคมีต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้น เช่น การเกิดออกซิเดชัน และการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำ การศึกษาในข้าวพบว่าข้าวจะดูดซึมคาร์บาริลเข้าทางรากได้ดีกว่าทางใบ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2529)

Atabaev, 1972 พบว่า อัตราการย่อยสลายของคาร์บาริลในดินขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ คาร์บาริลย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วในเขตร้อนซึ่งมีอุณหภูมิสูง และรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นปริมาณสารตกค้างในพืชที่ปลูกในเขตร้อนจึงต่ำกว่าในเขตอื่น ๆ (quoted in IPCS, 1994)

การฉีดพ่นคลอร์ไพริฟอสในรูปแบบน้ำมันในใบถั่ว dwarf cranberry และใบข้าวโพดที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 45-50 เมื่อทำการตรวจวิเคราะห์ 3,5,6-trichloro-2-pyridinol 3,5,6-trichloro-2-pyridylphosphate-ethyl 0-3,5,6-trichloro-2-pyridylphosphorothioate chlorpyrifos oxon พบว่าสามารถดูดซึมผ่านใบและรากพืชได้เล็กน้อย แต่พบว่า การเข้าสู่พืชและการเคลื่อนย้ายของคลอร์ไพริฟอสและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวในดินมีค่อนข้างจำกัด แต่ถ้าหาก pH ของดินเท่ากับ 7 หรือสูงกว่า ผลิตภัณฑ์ pyridinol ก็สามารถเข้าสู่ต้นพืชได้และถ้าหากคลอร์ไพริฟอสมีการแตกตัวอย่างช้า ๆ ในดินก็จะทำให้ pyridinol เข้าสู่ต้นพืชได้อย่างต่อเนื่อง (UNEP, 1993)

3,5,6-trichloro-2-pyridinol ถูกย่อยสลายโดยพืชให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และน้ำ และไม่พบการคงทนของคลอร์ไพริฟอสโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบนิเวศ (UNEP, 1993)

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำ

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเข้าสู่แหล่งน้ำได้หลายวิธี การแพร่กระจายของสารเคมีในน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอกว่าในดิน (Kenega, 1975)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำส่วนหนึ่งจะระเหยขึ้นสู่บรรยากาศ ส่วนที่เหลืออยู่ในแหล่งน้ำจะมีการเคลื่อนย้ายปรากฏขึ้นคือ บางส่วนละลายอยู่ในน้ำ บางส่วนถูกดูดซับโดยตะกอนที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ซึ่งอาจถูกพัดพาไปสู่บริเวณอื่นหรืออาจตกตะกอนสู่พื้นท้องน้ำ (สุธรรม สิทธิชัยเกษม, 2528)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่พบในแหล่งน้ำเกิดจากการฉีดพ่นบนดินเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืช หรืออาจเกิดจากการใช้โดยตรงในน้ำเพื่อควบคุมแมลงที่อาศัยในน้ำ และวัชพืชน้ำ แม่น้ำและทะเลสาบปนเปื้อนได้จากการระบายน้ำทิ้ง การชะพาโดยน้ำ และการชะล้างลงสู่แหล่งน้ำจากพื้นที่เกษตรกรรมในอดีต หรือโดยลมและน้ำฝน นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากการรั่วไหล การกำจัดไม่เหมาะสมและอุบัติเหตุ ความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชขึ้นกับความเข้มข้นที่ต่างกัน อุณหภูมิ ความกระด้าง และ อินทรีย์วัตถุที่ละลายในน้ำ (Heliovaara, and Vaisanen, 1993)

1. การระเหย (volatilization)

การระเหยของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำ ขึ้นกับ ความดันไอของสาร อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง การละลายของน้ำ และคุณสมบัติในการดูดซับ การระเหยทำให้เกิดการสูญสลายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะบริเวณที่มีความปั่นป่วนของน้ำ ส่วนใหญ่อัตราการระเหยของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็วกว่าในดิน นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าคุณสมบัติในการละลายน้ำต่ำ และความดันไอสูงช่วยให้การระเหยของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำสูงขึ้น (Hill, and Wright, 1978)

2. การดูดซับ (adsorption)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอาจดูดซับได้ทั้งอนุภาคของสิ่งไม่มีชีวิตและสิ่งมีชีวิต โดยทั่วไปอยู่ในรูปอนุภาคแขวนลอย หรือเป็นตะกอนในแหล่งน้ำ การสะสมของสารเคมีป้องกัน

กำจัดศัตรูพืชในตะกอนจากแหล่งน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำสลายไป สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอาจถูกดูดซับในตะกอนโดยตรง หรือที่บดมร่วมกับอนุภาคและสาหร่าย และยังสามารถดูดซับโดยสิ่งมีชีวิตในน้ำ รวมทั้งพวกแพลงตอน สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง พืชน้ำ และปลา (Hill, and Wright, 1978)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการการดูดซับของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำคือ เกลือแร่ สารแขวนลอยในน้ำ และคุณสมบัติทางเคมีของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช (สุธรรม สิทธิชัยเกษม, 2528)

3. การดูดซึม หรือการเข้าสู่สิ่งมีชีวิต (absorption of uptake by the biota)

เนื่องจากคุณสมบัติในการละลายน้ำต่ำ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดจึงมักเข้าสู่สิ่งมีชีวิต สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชถูกดูดซึมโดยสิ่งมีชีวิตในน้ำ แพลงตอน สาหร่าย พืชชั้นสูง และสัตว์ชั้นสูง และอาจเข้าสู่สิ่งมีชีวิตทั้งทางตรง หรือทางอ้อมโดยผ่านทางห่วงโซ่อาหาร (Hill, and Wright, 1978)

4. การสะสมของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช การเพิ่มความเข้มข้นให้สูงขึ้นในสิ่งมีชีวิตและผลกระทบต่อระดับห่วงโซ่อาหาร (accumulation, biological magnification, effects on food chains)

การสะสมของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ บางทีอาจจะไม่เกิดพิษโดยทันทีกับสิ่งมีชีวิตนั้น แต่ความเป็นพิษจากการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอาจถ่ายทอดไปยังสิ่งมีชีวิตอื่นเป็นช่วง ๆ ในห่วงโซ่อาหารซึ่งเป็นไปได้ว่าความเข้มข้นของการตกค้างจะเพิ่มขึ้นในห่วงโซ่อาหารที่ได้รับการถ่ายทอดไป (Hill, and Wright, 1978)

การสะสมของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตเป็นดัชนีบ่งบอกศักยภาพของอันตรายสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชผ่านไปตามห่วงโซ่อาหารของระบบนิเวศแหล่งน้ำ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชสามารถสะสมอยู่ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตได้ต่อเมื่อการได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเข้าสู่ร่างกาย (rate of uptake) มีอัตราสูงกว่า

การขับออกจากร่างกาย (rate of elimination) ปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในสิ่งมีชีวิต คือคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช คุณสมบัติของแหล่งน้ำและธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต (สุธรรม สิทธิชัยเกษม, 2528)

5. การเจือจางและการเคลื่อนไหวทางกายภาพโดยสิ่งไม่มีชีวิต (dilution and abiotic movement)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำเจือจางได้รวดเร็วในน้ำไหลในบริเวณใด บริเวณหนึ่งที่มีการใช้สารเคมี (Kenega, 1975)

การเจือจางและการเคลื่อนไหวทางกายภาพมีผลต่อความเป็นไปของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำ การเจือจางในน้ำไหลเกิดจากการเคลื่อนไหวของของไหล (hydrodynamics) ความปั่นป่วนของน้ำ (turbulence) การเจริญเติบโตของวัชพืช และการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของน้ำ ความปั่นป่วนของน้ำทำให้อนุภาคของตะกอนที่ปนเปื้อนสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชแขวนลอยได้และอาจช่วยให้เกิดการสลายตัวของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากการระเหยสู่ชั้นบรรยากาศ (Hill, and Wright, 1978)

6. การย่อยสลาย และการเปลี่ยนแปลงรูป (degradation and transformation)

การสลายตัวและการเปลี่ยนแปลงรูปของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเป็นปัจจัยที่กระทบต่อความเป็นไปของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำ นั่นคือ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี และศักยภาพความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำ (สุธรรม สิทธิชัยเกษม, 2528)

6.1 การย่อยสลายทางชีวภาพ

การลดความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและการย่อยสลายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช อาจเกิดขึ้นในพืชน้ำขึ้นสูง และสัตว์น้ำขึ้นสูง รวมทั้งสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง และตัวดักแด้ กิจกรรมของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปทางชีวเคมีที่สำคัญของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และเป็นไปได้ว่าจุลินทรีย์ในสภาพธรรมชาติอาจช่วยเสริมการย่อยสลายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชให้ดีขึ้น (Hill, and Wright, 1978)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ หรือเข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปให้แตกต่างไปจากสารเดิม (transformation) การเปลี่ยนแปลงรูปของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเกิดจากการสลายตัวเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำลง (degradation) หรือเกิดจากกระบวนการสันดาป (metabolism) ในร่างกายของสัตว์กลายเป็นสารที่เกิดจากกระบวนการสันดาป (metabolite) ซึ่งถูกขับถ่ายออกจากร่างกายได้ง่ายขึ้น การเปลี่ยนแปลงรูปของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีสิ่งมีชีวิตเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยนี้เรียกว่า biotransformation (สุธรรม สิทธิชัยเกษม, 2528)

6.2 การย่อยสลายโดยปฏิกิริยาแสง (photodegradation)

ปัจจัยในการย่อยสลายโดยปฏิกิริยาแสงของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำตามธรรมชาติ คือ คุณภาพแสง ปริมาณแสง ความเป็นกรดเป็นด่างและความปั่นป่วนของน้ำ พื้นที่ที่ดูดซับ สารเคมีที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาและสารที่ไวต่อปฏิกิริยาแสง (Hill, and Wright, 1978)

ปัจจัยที่มีผลต่อความคงทนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำ

1. คุณสมบัติของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำ

1.1 ความเสถียรและความคงสภาพอยู่ในแหล่งน้ำของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช (stability and persistence of pesticides) ความเสถียรและความคงสภาพอยู่ในสิ่งแวดล้อมของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชแตกต่างกันไปตามโครงสร้างทางเคมี สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีความเสถียรสูงกว่าและมีความคงทนสภาพอยู่ในแหล่งน้ำได้นานกว่าจะมีอันตรายต่อแหล่งน้ำและระบบนิเวศมากกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีคุณสมบัติละลายได้ดีในไขมันและละลายน้ำได้น้อย เช่น สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน จะมีความคงสภาพอยู่ในแหล่งน้ำได้นาน ทั้งนี้ เพราะสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเหล่านี้สามารถละลายสะสมอยู่ในแหล่งไขมันต่าง ๆ ได้ดี เช่น ในสัตว์น้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชพวกนี้ยังต้านทานการเปลี่ยนแปลงรูป (transformation) และ

การทำลายความเป็นพิษ (detoxification) ตามกระบวนการตามปกติด้วย (สุธรรม สิทธิชัยเกษม, 2528)

1.2 ความสามารถละลายน้ำได้ (water solubility) ความสามารถละลายน้ำได้ของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกัน โดยทั่วไป สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีความสามารถละลายน้ำได้สูงมีโอกาสปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้ง่าย และสามารถแพร่กระจายไปในแหล่งน้ำเป็นบริเวณกว้าง แต่มีความคงสภาพอยู่ในแหล่งน้ำได้ไม่นานมาก (สุธรรม สิทธิชัยเกษม, 2528)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ละลายได้ในน้ำส่วนใหญ่มักจะสลายตัวอย่างรวดเร็วในน้ำและค่อข ๗ เกาะยึดติดกับโคลน และอินทรีย์วัตถุในน้ำ (Edward, 1973, 1977)

โดยทั่ว ๆ ไปสารกำจัดวัชพืชมีความสามารถละลายน้ำได้ดีกว่าสารกำจัดแมลง พบว่า สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน มีความสามารถละลายน้ำได้น้อยกว่า สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และ คาร์บาเมต ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถละลายน้ำได้ของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชคือ ปริมาณเกลือแร่ และสารอินทรีย์ในน้ำและคุณสมบัติของน้ำโดยเฉพาะความเป็นกรดต่างและอุณหภูมิ (สุธรรม สิทธิชัยเกษม, 2528)

1.3 ความเป็นพิษต่อพืชและสัตว์น้ำ (toxicity to aquatic fauna and flora) ความรุนแรงของพิษจากสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดและแต่ละกลุ่มต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำจะแตกต่างกันไป สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชบางชนิดมีพิษต่อสิ่งมีชีวิตประเภทหนึ่งสูง แต่พิษต่อสิ่งมีชีวิตประเภทอื่นอาจต่ำก็ได้ ในขณะที่สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชบางชนิดมีพิษต่อสิ่งมีชีวิตทุกประเภทในระดับใกล้เคียงกัน (สุธรรม สิทธิชัยเกษม, 2528)

1.4 ศักยภาพการดูดซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตและการสะสมในสิ่งมีชีวิต (potential for uptake and bioconcentration) สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลายชนิด โดยเฉพาะในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน สามารถสะสมเพิ่มขึ้นในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ (bioaccumulation) (สุธรรม สิทธิชัยเกษม, 2528)

1.5 ลักษณะการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช (usage of pesticides)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีการใช้มากและใช้ในบริเวณใกล้แหล่งน้ำจะมีโอกาสปนเปื้อนในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้น (สุธรรม ลีภิชัยเกษม, 2528)

2. โคลนใต้น้ำ (mud bottom)

โคลนบางชนิดสามารถเกาะติดสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ รายงานระบุว่า ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำมีความสัมพันธ์กับขนาดอนุภาคของตะกอน กล่าวคือ ปริมาณความเข้มข้นสูงสุดจะพบได้ในตะกอนที่มีอนุภาคขนาดเล็ก (Edward, 1973)

อนุภาคของดินที่มีสารพิษและแขวนลอยไหลบ่าไปกับกระแสน้ำสามารถตกตะกอนลงสู่ท้องน้ำได้เมื่อมีการรวมตัวของอนุภาคดินใหญ่ขึ้น และจะตกตะกอนได้ดีเมื่อน้ำนิ่ง ดังนั้น สารพิษส่วนใหญ่ที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำจะตกค้างสะสมอยู่ในตะกอน หรือโคลนเลนท้องน้ำ ซึ่งสามารถตรวจพบได้ในปริมาณที่สูงกว่าในน้ำ 10-100 เท่า หรืออาจมากกว่านั้น สารพิษที่สะสมในตะกอนนี้ บางส่วนสลายตัวไปได้โดยถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายไปในสภาวะไร้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) บางส่วนสะสมในพืชและสัตว์ที่ดำรงชีวิตอยู่บริเวณท้องน้ำ (benthoses) แต่ส่วนใหญ่ยังคงตกค้างสะสมในตะกอนท้องน้ำของแหล่งน้ำนั้นต่อไปเป็นเวลานานจนกว่าสารพิษนั้นจะสลายตัวไปหมด ขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช (ประภัสสรฯ พิมพ์พันธ์ุ, 2532)

3. อินทรีย์วัตถุ (organic matter)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมักจะเข้าไปเกาะยึดกับอินทรีย์วัตถุทั้งที่มีชีวิตและอินทรีย์วัตถุที่ตายไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะอยู่ร่วมกับส่วนที่เป็นไขมันของอินทรีย์วัตถุ ดังนั้นในน้ำที่มีอินทรีย์วัตถุเจือปนอยู่ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชก็จะไปเกาะยึดอินทรีย์วัตถุที่แขวนลอยอยู่ในน้ำถึงแม้ว่าตามปกติ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่อยู่ในน้ำจะเคลื่อนไปเกาะยึดอยู่กับโคลนใต้น้ำก็ตาม อินทรีย์วัตถุมีความสำคัญที่เด่นชัดมากในการดูดซับ การเคลื่อนย้ายและการทำให้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำหมดฤทธิ์ไป (Edward, 1973)

4. อุณหภูมิและความเป็นกรดเป็นด่าง (temperature and pH)

อุณหภูมิมีผลต่อความสามารถในการละลาย และการระเหยของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ทั้งอุณหภูมิและความเป็นกรดเป็นด่าง มีผลต่อความคงทนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำตามธรรมชาติ (Edward, 1973; McEwen, and Stephenson, 1979)

5. คุณสมบัติของแหล่งน้ำ

5.1 ขนาดของแหล่งน้ำ มีผลต่อการเจือจางของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ

5.2 ลักษณะของแหล่งน้ำ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำไหลจะแพร่กระจายและเจือจางได้ง่ายกว่าและเร็วกว่าแหล่งน้ำนิ่ง สำหรับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำนิ่งที่มีการเคลื่อนไหวของน้ำน้อยจะมีการแพร่กระจายเฉพาะแหล่ง และมีการสลายตัวภายใต้สภาวะไร้อากาศ

5.3 บริเวณของแหล่งน้ำ แหล่งน้ำที่อยู่ใกล้บริเวณเกษตรกรรมและบริเวณชุมชนมีโอกาสได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมากกว่าบริเวณอื่น (สุธรรม สิทธิชัยเกษม, 2528)

นอกจากนี้ ภูมิอากาศโดยเฉพาะลม และฝนที่แตกต่างกัน ยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อการแพร่กระจายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชสู่แหล่งน้ำ (Edward, 1977)

ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรม และความเป็นไปของคาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอสในน้ำและตะกอน

1. ความคงทน และการสลาย (persistence / loss)

การใช้คาร์บาริลในทางการเกษตร อาจก่อให้เกิดปริมาณสารตกค้างบริเวณผิวน้ำและตะกอนได้ โดยทั่วไปคาร์บาริลไม่คงทนในน้ำ คาร์บาริลเสถียรต่อการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำในสภาพที่เป็นกรด แต่ส่วนใหญ่ความ เป็นกรดเป็นด่างบริเวณผิวน้ำจะมีค่าอยู่ในช่วง 7-8.2 นอกจากนี้ยังมีการระบู่ตะกอน และการที่มีอินทรีย์วัตถุสูงร้อยละ 85-90

ยังมีผลต่อความคงทนของคาร์บาริลในน้ำอีกด้วย ค่าครึ่งชีวิตของคาร์บาริลในการย่อยสลายเท่ากับ 2-3 วัน หรืออาจน้อยกว่า 1 วัน (IPCS, 1994)

Aly and El Dib, 1971 ศึกษาความคงทนของคาร์บาริลในน้ำที่นิ่งมาเชื้อแล้วซึ่งมีค่า pH แตกต่างกัน พบว่า คาร์บาริลค่อนข้างเสถียรในสภาพที่เป็นกรด ครึ่งชีวิตของคาร์บาริลที่ pH 7 เท่ากับ 10-16 วัน ที่ pH 8 เท่ากับ 1.3-1.9 วัน และที่ pH สูงกว่า 8 ครึ่งชีวิตของคาร์บาริลอยู่ในช่วง 2-3 ชั่วโมง หรือน้อยกว่า (quoted in IPCS, 1994)

2. การสะสมของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในสิ่งมีชีวิต (biaccumulation)

คาร์บาริลคงทนต่อน้ำและสามารถย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้เร็วจึงทำให้คาร์บาริลมีคุณสมบัติในการสะสมตัวในสิ่งมีชีวิตได้ต่ำมาก (IPCS, 1994)

Bogacka and Groba, 1980 รายงานว่า อัตราการสลายตัวของคาร์บาริลในน้ำขึ้นกับปริมาณความเข้มข้นเริ่มต้น และอุณหภูมิ อุณหภูมิที่ต่ำสามารถไปยับยั้งกระบวนการสลายตัวดังกล่าวได้ และรายงานว่าการฉีดพ่นคาร์บาริลในระดับความเข้มข้น 10 หรือ 50 ไมโครกรัมต่อลิตร ลงไปในน้ำไม่พบการสะสมของคาร์บาริลในตะกอนหรือในสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในน้ำจำพวกสาหร่าย หอย และปลา แต่บางครั้งอาจพบปริมาณ 1-naphthol เล็กน้อย (quoted in IPCS, 1994)

3. การแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำ (hydrolysis)

การแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำของคาร์บาริลในน้ำ มีค่าครึ่งชีวิตขึ้นกับอุณหภูมิความเป็นกรดเป็นด่าง และ ความเข้มข้นเริ่มต้นและยังแปรปรวนตามเวลาอาจมีค่าครึ่งชีวิตเป็นนาทีถึงหลายสัปดาห์ ผลึกภัณฑ์จากการย่อยสลายที่สำคัญ คือ 1-naphthol (IPCS, 1994)

Aly and El Dib, 1971, 1972 ศึกษาถึงปัจจัยทางกายภาพที่อาจมีผลต่อการสลายตัวของคาร์บาเมต รวมทั้งคาร์บาริลในน้ำได้อธิบายว่า การแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำของคาร์บาริลในน้ำที่มีสภาพที่เป็นด่างจะแตกตัวให้ไฮดรอกซิลไอออนในสารละลายก่อนไอออนตัวอื่น คาร์บาริลไวต่อไฮดรอกไซด์ในสภาพที่มีความเป็นด่างสูง จึงทำให้มีการปล่อย 1-naphthol ออกมาอย่างรวดเร็วภายใน 2-3 นาทีเกินกว่าที่จะวัดโดยวิธีธรรมดา คาร์บาริลคงทนต่อการ

แตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำในสภาพที่เป็นกรด (pH 3-6) ที่ pH 7 จะเกิดการแตกตัวและอัตราการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อ pH เพิ่มขึ้น คาร์บาริลไว้มากต่อการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำในสารละลายที่มีสภาพเป็นกลางและเป็นด่าง ส่วนการศึกษาถึงการแพร่สลาย (kinetic studies) ที่อุณหภูมิแตกต่างกันระหว่าง 3-33 องศาเซลเซียส เพื่ออัตราการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำ ปรากฏว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะช่วยเร่งปฏิกิริยาให้เร็วขึ้น (quoted in IPCS, 1994)

Khasawisah, 1977 ศึกษาการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำของคาร์บาริลในที่มีดในสารละลายบัฟเฟอร์ที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างและอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในสารละลายบัฟเฟอร์ในที่มีดช่วยเร่งการสลายของคาร์บาริล และการเกิด 1-naphthol (quoted in IPCS, 1994)

การแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำของคลอร์ไพริฟอส เป็นปัจจัยสำคัญในการย่อยสลายคลอร์ไพริฟอสในน้ำ ทำให้ได้ 3,5,6 -trichloro -2- pyridinol (UNEP, 1993)

คลอร์ไพริฟอสเสถียรในสภาพที่เป็นกรด และแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำได้ง่ายในสภาพที่เป็นด่าง (Dow Chemical Company, n.d.)

ประจุบวก (cations) ของสารเคมีบางชนิดและของโลหะบางชนิด เช่น เหล็ก แคลเซียม ตะกั่ว และทองแดงอาจทำให้อัตราการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำของคลอร์ไพริฟอสในน้ำธรรมชาติสูงขึ้น (UNEP, 1993)

น้ำตามสภาพธรรมชาติและมีทองแดงปนอยู่ หรือมีการรวมตัวกับโลหะอื่น ทำให้คลอร์ไพริฟอสย่อยสลายได้รวดเร็ว ครึ่งชีวิตอยู่ในช่วง 1.5-35 วัน (Dow Chemical Company, n.d.)

4. การแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสง (photolysis)

คุณสมบัติในการดูดซับแสง ทำให้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตสลายตัวในน้ำได้อย่างรวดเร็วโดยแสง (IPCS/EHC 64, 1986)

Deuel., et al., 1985 ศึกษาการสลายตัวของคาร์บาซิลในน้ำกลั่น พบว่าคาร์บาซิลในน้ำสามารถสลายตัวโดยแสง (quoted in IPCS, 1994)

Crosby., et al., 1965 พบตัวยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส รวมทั้ง 1-naphthol จากการศึกษาการแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงของคาร์บาซิลในน้ำ และรายงานว่าการรังสีอัลตราไวโอเล็ตและแสงแดด ทำให้เกิดการแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงของคาร์บาซิลในน้ำ (quoted in IPCS, 1994)

Aly and El Dib, 1971, 1972 พบว่าโคยทั่วไปความเข้มข้นของคาร์บาซิลลดลงตามระยะเวลาในขณะที่อัตราการแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงค่อนข้าง ๗ ลดลง กระบวนการแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงของคาร์บาซิลมีอัตราสูงเมื่อค่า pH ของสารละลายสูง หลังจากเวลาผ่านไป 60 นาที อัตราการแตกตัวของคาร์บาซิลที่ pH 5, 7 และ 8 เท่ากับร้อยละ 50, 57 และ 78 ตามลำดับ ค่าครึ่งชีวิตที่ pH 8 มีค่าน้อยกว่า 20 นาที ในขณะที่ pH 5 ค่าครึ่งชีวิตมีค่าประมาณ 80 นาที ผลลัพธ์หลักที่ได้จากการแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงหลังจาก 5 นาทีในสารละลายที่มีรังสีอยู่ คือ 1-naphthol ปริมาณความเข้มข้นจะลดลงเมื่อได้รับรังสีระยะเวลายาวนานขึ้น และพบว่า 1-naphthol ในสารละลายสามารถแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงได้ การแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงของ 1-naphthol ขึ้นกับ pH ของสารละลาย (quoted in IPCS, 1994)

Khasawinah, 1977 ศึกษาการแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงของคาร์บาซิลในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ pH 6 ประมาณว่าค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 40-50 วัน (quoted in IPCS, 1994)

Zepp and Cline, 1977 พบว่า ค่าครึ่งชีวิตในการแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงบริเวณผิวน้ำเท่ากับ 50 ชั่วโมง (quoted in IPCS, 1994)

Wolfe., et al., 1978 ศึกษาค่าครึ่งชีวิตในการแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงแดดของคาร์บาซิลในน้ำกลั่น คือ 6.6 วัน (quoted in IPCS, 1994)

การสลายตัวของคาร์บาซิลจากแสงทำให้เกิดการสูญสลายของคาร์บาซิลในบริเวณผิวน้ำที่ใสซึ่งมีแสงแดดส่องเป็นช่วงเวลานาน ในน้ำชั้นพบการส่องผ่านของแสงลดลงมาก

จนทำให้การแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงไม่ได้เป็นตัวหลักในการย่อยสลายคาร์บาริล (IPCS, 1994)

การเปลี่ยนแปลงค่าครึ่งชีวิตของคาร์บาริลในการแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสง ขึ้นกับช่วงฤดูกาลในแต่ละปี เมื่อความเข้มข้นของแสงมากขึ้น อัตราการแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงจะยิ่งเพิ่มขึ้น คาร์บาริลสามารถดูดซับรังสีอุลตราไวโอเลตชนิด B ได้มาก แต่ก็สามารถแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงในสภาพท้องฟ้ามีเมฆครึ้มได้ รังสีอุลตราไวโอเลตถูกดูดซับโดยน้ำ และอัตราการแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงลดลงเมื่อระดับน้ำลดลงไป การฉีดพ่นคาร์บาริลในฤดูใบไม้ผลิ และฤดูร้อน พบว่าอัตราการแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสงเป็น 4 เท่าของการฉีดพ่นในฤดูหนาว ค่าครึ่งชีวิตของคาร์บาริลในน้ำกลั่นที่ pH 5.5 ช่วงเวลากลางวันที่มีแสงแดดในเดือนมิถุนายน มีค่าเท่ากับ 45 ชั่วโมง (IPCS, 1994)

Samanidou., et al., 1988 ศึกษาการสลายตัวโดยปฏิกิริยาจากแสงของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มคาร์บาเมตบางชนิดในประเทศกรีซ พบว่า คาร์บาริลสลายตัวได้หมดในช่วงที่มีแสงแดดในทะเลสาบ และน้ำทะเล ภายใน 4 วัน และ 2 วัน ตามลำดับ การสลายตัวโดยรังสีอุลตราไวโอเลตในแม่น้ำ ทะเลสาบ และน้ำทะเล เท่ากับร้อยละ 98, 87 และ 99 ตามลำดับ (quoted in IPCS, 1994)

การสลายตัวโดยปฏิกิริยาจากแสงของ 3,5,6-trichloro-2-pyridinol เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในน้ำ (Dow Chemical Company, n.d.)

5. การย่อยสลายทางชีวภาพ (biodegradation)

Hughes and Reuszer, 1970 ศึกษาจากบริเวณสระน้ำในฟาร์มพบการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ของ 1-naphthol โดยการแยกตัวของวงแหวน (quoted in IPCS, 1994)

Hughes, 1971 สามารถแยกเชื้อแบคทีเรีย Flavobacterium sp. ได้จากน้ำในสระ ซึ่งสลาย 1-naphthol เป็น o-hydroxycinnamic acid, salicylic acid และผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถระบุได้แน่ชัด (quoted in IPCS, 1994)

Sikka., et al., 1973, 1975 ศึกษาความสามารถของจุลินทรีย์ในน้ำทะเลรวมทั้งสาหร่าย แบคทีเรีย เชื้อรา และยีสต์ในการย่อยสลายคาร์บาริลและ 1-naphthol ไม่พบว่าสิ่งมีชีวิตเหล่านี้สามารถย่อยสลายคาร์บาริลได้อย่างมีนัยสำคัญ คาร์บาริลเพียงเล็กน้อยถูกย่อยสลายให้อยู่ในรูปที่ละลายได้ในน้ำโดยสาหร่ายจำพวก Cyclotella nana และ Dunaliella tertiolecta ส่วน 1-naphthol ย่อยสลายในรูปที่เป็นเมตาโบไลต์ที่ละลายในน้ำ และอีเทอร์ได้โดย Culcitalna achraspora , Halosphaeria mediosetigera , Humicola alopallonella , Aspergillus fumigatus , Serratia marina , Spirillum sp. และ Flavobacterium sp. โดยทั่วไปพบว่า 1-naphthol ไวต่อการสลายตัวมากกว่าคาร์บาริล และเชื้อราสามารถย่อยสลาย 1-naphthol ได้ดีกว่าแบคทีเรียและยีสต์ (quoted in IPCS, 1994)

Paris., et al., 1975 พบว่าแบคทีเรียหลายชนิดที่ทำการเพาะเชื้อในน้ำไม่สามารถย่อยสลายคาร์บาริลได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่สามารถใช้ 1-naphthol จากการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำเป็นแหล่งคาร์บอน ผลิตภัณฑ์จากการย่อยสลาย 1-naphthol โดยจุลินทรีย์พวกแบคทีเรีย คือ 1,4-naphthoquinone และสารประกอบที่ระบุไม่ได้แน่ชัดอีก 2 ชนิด (quoted in IPCS, 1994)

Liu., et al., 1981 ศึกษาอัตราการย่อยสลายของคาร์บาริลที่ pH 6.8 โดยใช้น้ำแบคทีเรียจากตะกอนบริเวณทะเลสาบ พบว่า ครึ่งชีวิตของคาร์บาริลที่ไม่ได้ใช้น้ำแบคทีเรียในการย่อยสลายภายใต้สภาวะที่มีอากาศ เท่ากับ 8.3 วัน และภายใต้สภาวะไร้อากาศ เท่ากับ 15.3 วัน ส่วนครึ่งชีวิตของคาร์บาริลที่ใช้น้ำแบคทีเรียในการย่อยสลายภายใต้สภาวะที่มีอากาศ เท่ากับ 6.8 วัน และภายใต้สภาวะไร้อากาศ เท่ากับ 5.8 วัน การย่อยสลายของคาร์บาริลโดยจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้อากาศดีกว่าภายใต้สภาวะที่มีอากาศ (quoted in IPCS, 1994)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ศึกษา

ตารางที่ 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอส

1. คาร์บาริล

ปีศึกษา/ สถานที่	แนวทางศึกษา	ผลการศึกษา	แหล่งอ้างอิง
1965	1. การศึกษาการสลายของคาร์บาริลในดินร่วนปนทราย โดยฉีดพ่นคาร์บาริลในอัตรา 0.34, 1.02 และ 3.07 กรัมต่อตารางเมตร	1. พบการสลายของคาร์บาริลร้อยละ 50 ในเวลา 8 วัน ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร	UNEP, 1993
1967	2. การศึกษาการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำในทะเล โดยใช้คาร์บาริลในปริมาณ 10-40 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 6 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส pH 7.8 ความเค็มร้อยละ 2.5	2. พบการสลายของคาร์บาริลในที่มีดร้อยละ 63 และในที่สว่างร้อยละ 72	UNEP, 1993

ปีที่ศึกษา/ สถานที่	แนวทางศึกษา	ผลการศึกษา	แหล่งอ้างอิง
1971	3. การศึกษาความคงทน ของคาร์บาริลในแม่น้ำ ที่อุโมงค์หึ่ง และ pH 7.3-8 ปริมาณ ความเข้มข้นเริ่มต้นของ คาร์บาริล เท่ากับ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร	3. ตรวจพบคาร์บาริลร้อยละ 5 หลังจากฉีดพ่น 1 สัปดาห์ และตรวจไม่พบคาร์บาริล หลังจากฉีดพ่น 2 สัปดาห์ ในช่วงที่ตรวจไม่พบคาร์บาริล ก็ตรวจไม่พบ 1-naphthol เช่นกัน	UNEP, 1993
1991/ สหรัฐ อเมริกา	4. ทดลองใช้คาร์บาริลกับ บรอกโคลีในแคลิฟอร์เนีย ในอัตรา 2.24 กิโลกรัม ต่อเฮคตาร์ จำนวน 5 ครั้ง และใช้กับข้าวโพดหวาน ที่นอร์ธ คาโรไลนาใน อัตรา 7.12 กิโลกรัม ต่อเฮคตาร์	4. พบว่า ค่าครึ่งชีวิตของ คาร์บาริลในดินที่ปลูก บรอกโคลี เท่ากับ 6-12 วัน และในดินที่ปลูก ข้าวโพดหวาน เท่ากับ 4.8 วัน ส่วนใหญ่พบปริมาณ สารตกค้างคาร์บาริลที่ระดับ ความลึก 0-15 เซนติเมตร และชี้ให้เห็นว่า คาร์บาริล ชะล้างลงสู่ดินชั้นล่างได้น้อย	UNEP, 1993

2. คลอรีนไฟรฟอส

ปีการศึกษา/ สถานที่	แนวทางการศึกษา	ผลการศึกษา	แหล่งอ้างอิง
1968/ แคนาดา	1. การศึกษาความคงทนและ สลายตัวของคลอรีนไฟรฟอสแบบน้ำมัน (emulsifiable concentrate:EC) ในดินร่วนปนทรายที่มี อินทรีย์วัตถุร้อยละ 15 ในอัตรา 1.1 กิโลกรัม ต่อเฮคตาร์	1. พบปริมาณความเข้มข้นในดิน ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร หลังจากฉีดพ่น 30 วัน 59 วัน และ 83 วัน เท่ากับ 0.12, 0.08, และ 0.03 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัมตามลำดับ	UNEP, 1993
1968/ สหรัฐอเมริกา	2. การศึกษาความเข้มข้นของ คลอรีนไฟรฟอสในตะกอน บริเวณปากอ่าวแถบฝั่ง ตะวันออก โดยฉีดพ่น คลอรีนไฟรฟอสทางอากาศ ในอัตรา 0.058 กิโลกรัม ต่อเฮคตาร์ ใน 7 สถานี	2. พบว่าหลังจากการฉีดพ่น 7-13 วัน ตะกอน ประเภททรายแป้ง ที่ดิน texas salt marsh มีปริมาณความ เข้มข้นของคลอรีนไฟรฟอส อยู่ในช่วง N.D. ถึง < 0.005 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม	UNEP, 1993

ปีที่ศึกษา/ สถานที่	แนวทางศึกษา	ผลการศึกษา	แหล่งอ้างอิง
1968	3. การศึกษาปริมาณสาร ตกค้างคลอไรไพริฟอส โดยฉีดพ่นคลอไรไพริฟอส ในรูป 25% แบบผงผสม น้ำ (wetable powder : WP) ในอัตรา 4.4 กิโลกรัมต่อเฮคตาร์	3. ตรวจไม่พบปริมาณสารตกค้าง UNEP, คลอไรไพริฟอส และ 3,5,6- trichloro-2-pyridinol ที่ระดับความลึก 0.6 เซนติเมตรจากผิวดิน	
1968/ สหรัฐ อเมริกา	4. การศึกษาปริมาณสาร ตกค้างคลอไรไพริฟอส ในน้ำบริเวณปากอ่าว แถบฝั่งตะวันออกโดย ฉีดพ่นคลอไรไพริฟอส แบบน้ำมันในอัตรา 0.029 กิโลกรัมต่อ เฮคตาร์ และ 0.058 กิโลกรัมต่อเฮคตาร์	4. พบปริมาณสารตกค้าง คลอไรไพริฟอสในน้ำ หลังจากฉีดพ่นในอัตรา 0.029 กิโลกรัมต่อเฮคตาร์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และ 7 วัน เท่ากับ 0.0038 มิลลิกรัมต่อลิตร และ อยู่ ในช่วง N.D. ถึง <0.0001 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และหลังจากฉีดพ่นในอัตรา 0.058 กิโลกรัมต่อเฮคตาร์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และ	UNEP, 1993

ปีการศึกษา/ สถานที่	แนวทางศึกษา	ผลการศึกษา	แหล่งอ้างอิง
		7 วัน เท่ากับ 0.0054 มิลลิกรัมต่อลิตร และอยู่ ในช่วง N.D. ถึง <0.0001 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ	
1968	5. การศึกษาการสลาย ตัวของชีวภาพของ คลอร์ไพริฟอส ซึ่ง ฉีดพ่นในอัตรา 1.12 กิโลกรัมต่อเฮคตาร์ ในพืช	5. พบว่า ในช่วง 24-48 ชั่วโมง ตรวจพบปริมาณ chlorpyrifos oxon ในหญ้าเบอร์มิวดาใน ปริมาณ 0.12 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม ของน้ำหนักเปียก และตรวจพบปริมาณ chlorpyrifos oxon ในข้าวโพดในปริมาณ 0.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของน้ำหนักเปียก	UNEP, 1993
1970/ สหรัฐ อเมริกา	6. การศึกษาการสลาย ของคลอร์ไพริฟอส โดย ฉีดพ่นคลอร์ไพริฟอสแบบ น้ำมันลงในแหล่งน้ำ	6. พบการสลายของ คลอร์ไพริฟอสในน้ำ ร้อยละ 40 ในเวลา 4 ชั่วโมง และร้อยละ	UNEP, 1993

ปีที่ศึกษา/ สถานที่	แนวทางการศึกษา	ผลการศึกษา	แหล่งอ้างอิง
	ในอัตรา 1.12 กิโลกรัม ต่อเฮคตาร์ ภายในเวลา 2 สัปดาห์ ตั้งแต่เดือน มิถุนายนถึงเดือนตุลาคม ที่ pH 7.1-7.6	72 ในเวลา 7 วัน และพบปริมาณสารตกค้าง คลอร์ไพริฟอสในโคลน หลังจากฉีดพ่น 7 วัน เท่ากับ 0.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	
1972/ สหรัฐ อเมริกา	7. การศึกษาการสูญเสียของคลอร์ไพริฟอส ในตะกอนบริเวณปากอ่าว และตะกอนจากน้ำทะเล แถบฝั่งตะวันออกโดยใช้ คลอร์ไพริฟอสแบบเม็ด (granular) ที่มีสารออกฤทธิ์ 1% ในอัตรา 0.058 กิโลกรัมต่อเฮคตาร์	7. พบว่าอัตราการสูญเสียร้อยละ 100 ในตะกอน salt marsh mud ใช้เวลา 22 วัน และในตะกอน inter-tidal sand	UNEP, 1993
1972/ สหรัฐ อเมริกา	8. การตรวจวิเคราะห์สิ่งมีชีวิตในตะกอน บริเวณปากอ่าวแถบฝั่ง	8. หลังจากการใช้คลอร์ไพริฟอสเป็นเวลา 1 วันไม่พบปริมาณสารตกค้างคลอร์ไพริฟอสใน	UNEP, 1993

ปีที่ศึกษา/ สถานที่	แนวทางศึกษา	ผลการศึกษา	แหล่งอ้างอิง
	<p>ตะวันออกหลังจาก การใช้คลอร์ไพริฟอส แบบเม็ดที่มีสารออก ฤทธิ์ 1% ในอัตรา 0.058 กิโลกรัมต่อ เฮคตาร์</p>	<p>marsh snail (<u>Melampus</u> <u>bidentatus</u>) แต่หลังจาก การใช้ 3 วันและ 10 วัน ตรวจพบในปริมาณ 2.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียกและ 15.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ</p>	
1978/ สหรัฐ อเมริกา	<p>9. การศึกษาความคงทนและ สลายตัวของคลอร์ไพริฟอส ในดิน 15 ชนิด ในอัตรา 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส pH 5.2- 6.9 อินทรีย์วัตถุร้อยละ 0.8-3.1</p>	<p>9. พบผลิตภัณฑ์ที่ได้อยู่ในรูป 3,5,6-trichloro-2- pyridinol มีค่าครึ่งชีวิต เท่ากับ 8-279 วัน ซึ่งมีความ แตกต่างกันมากทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับชนิดของดิน</p>	UNEP, 1993
1978/ สหรัฐ อเมริกา	<p>10. การตรวจสอบปริมาณสาร ตกค้างคลอร์ไพริฟอส ในตะกอนจากแหล่งน้ำ</p>	<p>10. พบปริมาณสารตกค้าง คลอร์ไพริฟอสในตะกอน ที่ระดับความลึก 2.5-5</p>	UNEP, 1993

ปีที่ศึกษา/ สถานที่	แนวทางศึกษา	ผลการศึกษา	แหล่งอ้างอิง
	แถบฝั่งตะวันตก	เซนติเมตร มีค่าน้อยกว่า 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบว่าคลอไรไฟรีฟอส ที่ไม่ละลายน้ำสามารถ ดูดซับโดยสิ่งมีชีวิต และ ตะกอนในน้ำ	
1978	11. การศึกษาปริมาณสาร ตกค้างคลอไรไฟรีฟอส ในดินเค็มชายฝั่งทะเล ที่มีน้ำท่วมเป็นเวลา 4 วัน หรือมีปริมาณน้ำฝน 2.54 เซนติเมตร	11. พบว่ามีสารชะล้างลงสู่ ชั้นล่างของดินที่ระดับ ความลึก 5 เซนติเมตร น้อยมาก	UNEP, 1993
1978	12. การศึกษาปริมาณสาร ตกค้างคลอไรไฟรีฟอส ในดินร่วนเหนียวปน ทรายแป้ง โดยฉีดพ่น คลอไรไฟรีฟอสในอัตรา 1.1-3.3 กิโลกรัมต่อ เฮกตาร์	12. ตรวจไม่พบปริมาณสารตกค้าง คลอไรไฟรีฟอสที่ระดับความลึก ต่ำกว่า 15 เซนติเมตร	UNEP, 1993

ปีที่ศึกษา/ สถานที่	แนวทางการศึกษา	ผลการศึกษา	แหล่งอ้างอิง
1979	13. การศึกษาการแตกตัว ทำปฏิกิริยากับน้ำของ คลอไรไฟริฟอส โดย ฉีดพ่นคลอไรไฟริฟอส ในดินอัตรา 0.1- 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส pH 6.2 อินทรีย์วัตถุ ร้อยละ 3	13. พบว่าค่าครึ่งชีวิตในการ แตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำ ของคลอไรไฟริฟอส เท่ากับ 120 วัน	UNEP, 1993
1980	14. การศึกษาความคงทนและ สูญสลายโดยฉีดพ่น คลอไรไฟริฟอสในดินทราย และโคลน (muck) ซึ่งเป็นแปลงปลูกแรคดิช และแครอทประจำปีใน อัตรา 3.4 กิโลกรัม ต่อเฮคตาร์	14. พบการสูญสลายของ คลอไรไฟริฟอสในดินทราย ร้อยละ 50 และ 96 ใน เวลา 2 สัปดาห์ และ 1 ปี ตามลำดับ และพบ การสูญสลายของ คลอไรไฟริฟอสในดินโคลน ร้อยละ 50 และ 91 ในเวลา 8 สัปดาห์ และ	UNEP, 1993

ปีที่ศึกษา/ สถานที่	แนวทางศึกษา	ผลการศึกษา	แหล่งอ้างอิง
------------------------	-------------	------------	--------------

1 ปี ตามลำดับ ผลลัพธ์
ที่ได้จากการย่อยสลายอยู่
ในรูป 3,5,6-trichloro-
2-pyridinol และ
oxychlorpyrifos แต่
การตรวจวัด oxy-
chlorpyrifos จะ
ต้องกระทำทันทีหลังการ
ฉีดพ่นซึ่งสามารถตรวจวัดได้
ในระดับต่ำมาก การศึกษา
ระยะสั้น พบว่า คลอร์ไพริฟอส
คงทนในดินที่มีอินทรีย์วัตถุได้
นาน จากการพบปริมาณสาร
ตกค้างในพืชที่ปลูกด้วยดินโคลน
ต่ำกว่าพืชที่ปลูกด้วยดินทราย
แสดงให้เห็นความสำคัญของ
ดินที่มีอินทรีย์วัตถุ เป็นองค์
ประกอบซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อ
การดูดซึมของปริมาณสาร
ตกค้างในดินจากรากพืช

ผลกระทบจากการใช้สารคาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอสต่อสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม

คาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอสมีผลต่อกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตทั้งที่เป็นสัตว์กลุ่มเป้าหมายและไม่เป็นกลุ่มเป้าหมาย คาร์บาริลมีความเป็นพิษเฉียบพลันเกิดขึ้นในหอยตัวเต็มวัย และปลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลา blue gill ปลา rainbow trout และปลาตะเพียนขาว (*Puntius gonionotus*) แมลงที่อาศัยอยู่ในน้ำยังไวต่อการได้รับคาร์บาริล คาร์บาริลสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Bacillus subtilis* และมีพิษสูงต่อผึ้ง การฉีดพ่นคาร์บาริลเป็นประจำทำให้จำนวนไส้เดือนดินลดลงอย่างมาก นอกจากนี้ การฉีดพ่นคาร์บาริลในสระน้ำยังทำให้เกิดผลกระทบกับ black duck และลูก mallard อีกด้วย ส่วนคลอร์ไพริฟอสเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และปลาหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลา bluegill ไวต่อคลอร์ไพริฟอสมาก คลอร์ไพริฟอสสามารถยับยั้งการทำงานของอะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส ในสมองของปลา spot และยังทำให้การเจริญเติบโตของเปลือกหอยลดลง คลอร์ไพริฟอสอาจทำให้จำนวนและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเปลี่ยนแปลงไป แต่มีแนวโน้มว่า การเปลี่ยนแปลงอาจฟื้นคืนสู่สภาพเดิมได้อย่างสมบูรณ์ในช่วงเวลาต่อมา นอกจากนี้คลอร์ไพริฟอสยังอาจทำให้ผึ้งงานตายอย่างเฉียบพลัน อาจทำให้ประชากร fall armyworm ซึ่งเป็นแมลงศัตรูธรรมชาติลดลงและมีผลต่อการผสมพันธุ์ของ mallard (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

การศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในสนามกอล์ฟ

การศึกษาดังผลกระทบของการจัดการสนามกอล์ฟ 4 แห่ง คือ Bass River Falmouth Hyannisport และ Eastward Ho ที่ Cape cod มลรัฐแมสซาชูเซต ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นบริเวณที่มีแหล่งน้ำใช้สำหรับดื่มของประชาชน โดยทำการเก็บตัวอย่างจากบ่อน้ำใต้ดิน 19 บ่อ ซึ่งตั้งอยู่บนกรีน ที-ออฟ และแฟร์เวย์ทั้ง 4 แห่ง โดยวิเคราะห์หาปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จำนวน 17 ชนิด อยู่ในกลุ่มสารกำจัดแมลงซึ่งรวมทั้งคลอร์ไพริฟอสด้วยจำนวน 5 ชนิด กลุ่มสารกำจัดเชื้อรา 3 ชนิดและกลุ่มสารกำจัดวัชพืช

9 ชนิด ตรวจพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช 10 ชนิด คือ chlordane, chlorothalonil, chlorpyrifos, 2,4-D, decthal diacid, dicamba, 2,4-dichlorobenzoic acid (DCBA), heptachlor epoxide, isofenphos และ 3,5,6-trichloro-2-pyridinol ในระดับความเข้มข้นต่างกัน (Cohen., et al., 1990)

Yamanouchi, Katsuki, and Hirayama, 1991 ทำการวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากน้ำบริเวณสนามกอล์ฟในประเทศไทย จำนวน 17 ชนิด ตรวจพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จำนวน 6 ชนิด นอกนั้นพบว่ามีความต่ำกว่าระดับการตรวจวัด รวมทั้งสารคลอร์ไพริฟอส (quoted in Silver International, 1991-1994)

Niitsuma, and Onishi, 1991 ทำการติดตามตรวจสอบน้ำเสียจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชบริเวณสนามกอล์ฟตามกฎเกณฑ์ที่รัฐบาลญี่ปุ่นกำหนด ตรวจพบคลอร์ไพริฟอส ไดอะซินอน ซิมาซิน ไอโซโพรไพโอเลน และ ฟลูโธลานิล ในตัวอย่างน้ำที่เก็บจากเมืองโอซาก้าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ส่วนโมลิเนต บีพีเอ็มซี ไอบีพี และ เบนโซอีคาร์บ ตรวจพบในตัวอย่างน้ำมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (quoted in Silver International, 1991-1994)

Takahata, Takahashi, and Seke, 1992 ทำการวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ในสนามกอล์ฟ จำนวน 18 ชนิด โดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีแมสสเปกโตรเมทรี พบค่าประสิทธิภาพของการสกัด (recovery) ของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช 14 ชนิด อยู่ในช่วงร้อยละ 70-95 และค่าประสิทธิภาพของการสกัด (recovery) ของเบนฟลูราลิน แคปแทน คลอร์ไพริฟอส และโทลคลอฟอส เมทิลอยู่ในช่วงร้อยละ 30-63 (quoted in Silver International, 1991-1994)

Kato., et al., 1992 ทำการศึกษาในน้ำจากบริเวณทางน้ำออก (effluent) ของสนามกอล์ฟในประเทศไทย พบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวน 6 ชนิด คือ เบนโนมิล คาร์บาริล คลอร์เฟนวินฟอส เบนซูไลด์ ไพริคโตไธน และโมโนโครโทฟอส แต่ตรวจไม่พบสารเคมีทั้ง 6 ชนิดจากทางน้ำออก ทะเลสาบ และน้ำใต้ดินบริเวณสนามกอล์ฟ และ

ตรวจพบสารเบนโนมิลและคาร์บาริลในแม่น้ำ และน้ำทะเลจากบริเวณที่ทำการฉีดพ่นทางอากาศ กับต้นสนเพื่อกำจัดแมลง (quoted in Silver International, 1991-1994)

Miles, Leong, and Dollar, 1992 ทำการศึกษาตะกอนจากน้ำทะเลแถบ ฮาวายที่ชะพาโดยน้ำฝน (run off) จากสนามกอล์ฟซึ่งตั้งอยู่บริเวณใกล้เคียง ตรวจพบ คลอร์ไพริฟอสสะสมอยู่ในตะกอนบริเวณพื้นที่ระบายน้ำ (quoted in Silver International, 1991-1994)

Kobayashi, and Fukasawa, 1992 ทำการศึกษาคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำติดกับ สนามกอล์ฟ พบว่า สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำพวกสารกำจัดเชื้อรา สารกำจัดวัชพืช และ สารกำจัดแมลงจำนวน 60 ชนิด รวมทั้งคลอร์ไพริฟอสมีปริมาณความเข้มข้น < 0.001 มิลลิกรัม ต่อลิตร (quoted in Silver International, 1991-1994)

Terry, Potter, and Spicer, 1993 ทำการศึกษาผลกระทบระยะสั้นของสาร เคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อแมลงศัตรูธรรมชาติพวกอาร์โทรพอด ไข่ของ Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) และ ดักแด้ของ fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) จากหญ้าปลูกพวก Kentucky bluegrass (Poa pratensis L., turf.) ในสนามกอล์ฟพบว่า คาร์บาริลและไซฟลูธรินมีผลต่อแมลงศัตรูธรรมชาติบางกลุ่ม แต่รุนแรง น้อยกว่าอิมิซาซิฟอส ดักแด้ของ fall armyworm (Spodoptera frugiperda J.E. Smith) และไข่ของ Japanese beetle (Popillia japonica Newman) ซึ่งนำมาเลี้ยง ในแปลงทดลองและแปลงควบคุม พบว่า หลังจากใช้สารเคมีดังกล่าว 1-2 สัปดาห์ จำนวนแมลง ศัตรูธรรมชาติลดลงมากถึงร้อยละ 60 และ 74 ตามลำดับภายใน 48 ชั่วโมง ดักแด้ของแมลง ศัตรูธรรมชาติไม่ได้รับผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญจากสารกำจัดแมลงแต่จำนวนไข่ของ Japanese beetle ลดลงมากกว่าร้อยละ 70 ในบริเวณที่มีการใช้คาร์บาริลหรืออิมิซาซิฟอส สรุปได้ว่า สารกำจัดแมลงที่นำมาใช้ในหญ้าปลูกมีผลต่อไข่และดักแด้ของแมลงศัตรูธรรมชาติ และทำให้มีการ เพิ่มจำนวนของ white grubs และแมลงศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ (quoted in Silver International, 1991-1994)

Azuma, Niuro, and Motobu, 1994 ทำการศึกษาการเคลื่อนย้ายของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากน้ำเสียบริเวณสนามกอล์ฟ โดยใช้พืชจำพวกถั่วเขียว (*Phaseolus radiatus* L.) สารเคมีป้องกันกำจัดที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ มีจำนวน 7 ชนิด เป็นสารกำจัดแมลง 3 ชนิด คือ ไดอะซินอน เพนนิโตรไซออน และ คลอร์ไพริฟอส สารกำจัดเชื้อรา 3 ชนิด คือ แคปแทน ไอโซโพรไพโรเลน และคลอร์โรธาโลนิล และสารกำจัดวัชพืช 1 ชนิด คือ ซิมาซีน พบว่า สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเคลื่อนย้ายได้อย่างรวดเร็ว และไม่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของถั่วเขียว (quoted in Silver International, 1991-1994)

การติดตามสำรวจแหล่งน้ำที่อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งมีบริเวณใกล้ที่ก่อสร้างสนามกอล์ฟหลายแห่ง เพื่อศึกษาสารพิษตกค้างของวัตถุมีพิษทางการเกษตร โดยออกสำรวจพื้นที่ดังกล่าว จำนวน 5 ครั้ง ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2533 ถึงเดือนกันยายน 2534 เก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนจากอ่างเก็บน้ำห้วยหนองยาว อ่างเก็บน้ำหุบกะพง อ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด อ่างเก็บน้ำห้วยทราย อ่างเก็บน้ำหนองไทร คลองส่งน้ำชลประทาน และแหล่งน้ำใกล้เคียง วิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ออร์กาโนฟอสเฟต และสารกำจัดวัชพืช ผลการศึกษพบว่า แหล่งน้ำเหล่านี้ยังมีปริมาณสารตกค้างของวัตถุมีพิษกลุ่มออร์กาโนคลอรีนปริมาณค่อนข้างต่ำ และวิเคราะห์ไม่พบสารพิษกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต บางตัวอย่างวิเคราะห์พบสารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืชชนิดโบรมาซิล (นวลศรี ทชาพัชร, 2534; สุวิมล เลิศวีระศิริกุล บึงเอิญ สีมา, 2534)

การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการปนเปื้อนและการตกค้างของคาร์บาริลในบริเวณพื้นที่สนามกอล์ฟแหลมมบังอินเตอร์เนชันแนล คันทรีคลับ จังหวัดชลบุรี ในเดือนธันวาคม 2534 และเดือนมกราคม 2535 โดย

(1) ศึกษาการปนเปื้อนและการตกค้างของคาร์บาริลในดินและหญ้าเบอร์มิวดาจากบริเวณสนามกอล์ฟที่ใช้เป็นแปลงสาธิตซึ่งไม่มีการเตรียมชั้นดินก่อนปลูกหญ้า โดยเก็บตัวอย่างจากบริเวณที่-ออฟซึ่งแบ่งเป็น 8 พื้นที่ย่อย บริเวณกรีนแบ่งเป็น 12 พื้นที่ย่อยโดยแต่ละพื้นที่ย่อยมีขนาด 4 ตารางเมตร และแต่ละพื้นที่ย่อยจัดพ่นสารคาร์บาริลที่มีความเข้มข้น

500 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร หรือใช้ในอัตราส่วน 200 ลิตรต่อไร่ ทำการเก็บตัวอย่าง ภายใน 2 สัปดาห์หลังจากมีการจัดฟันและวิเคราะห์ด้วย HPLC (High Performance Liquid Chromatography) และบริเวณแพร่เวทย์ซึ่งไม่มีการจัดฟันสารคาร์บาริลแบ่งเป็น 8 พื้นที่ย่อย ปรากฏว่า ในเดือนธันวาคม 2534 ตรวจพบปริมาณคาร์บาริลตกค้างจาก บริเวณต่าง ๆ ที่ใช้เป็นแปลงสาธิต มีค่าน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในเดือน มกราคม 2535 ตรวจพบปริมาณสารคาร์บาริลโดยเฉลี่ยตกค้างในดินบริเวณที่-ออฟ 4.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม บริเวณกรีน 5.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และบริเวณแพร่เวทย์ มีปริมาณสารตกค้างโดยเฉลี่ยน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณคาร์บาริลที่ตกค้าง โดยเฉลี่ยในหญ้าทั้งในเดือนธันวาคม 2534 และเดือนมกราคม 2535 จากบริเวณที่-ออฟ กรีนและแพร่เวทย์ มีปริมาณน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป, 2535)

(2) ศึกษาปริมาณการตกค้างของคาร์บาริลในดิน และน้ำในบริเวณพื้นที่สนามกอล์ฟฯ โดยเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง คือ เดือนธันวาคม 2534 และมกราคม 2535 จากบริเวณสนามกอล์ฟ 3 สถานี คือ บริเวณที่-ออฟ 1B บริเวณกรีน 1B และบริเวณกรีน 3B ที่ระดับความลึก 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, และ 80-100 เซนติเมตร และวิเคราะห์ด้วย HPLC ปรากฏว่า ตรวจพบปริมาณคาร์บาริลตกค้างในดินในเดือนธันวาคม 2534 จากบริเวณกรีน 1B ที่ระดับ ความลึก 0-20 เซนติเมตร ปริมาณ 1.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตร ปริมาณ 1.12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกนั้นตรวจพบปริมาณสารตกค้างคาร์บาริล จากตัวอย่างดินมีค่าน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในเดือนมกราคม 2535 ตรวจพบ ปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลในดินจากบริเวณสนามกอล์ฟทั้ง 3 สถานี และทุกระดับความลึกมีค่า น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลในตัวอย่างน้ำทั้งหมด 9 ตัวอย่างในเดือนธันวาคม 2534 ตรวจพบปริมาณสารตกค้างคาร์บาริล 1.18 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงตัวอย่างเดียว นอกนั้นตรวจพบมีค่าน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และในเดือนมกราคม 2535 ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลในตัวอย่างน้ำทั้งหมด (ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทั่วไป, 2535)

การศึกษาการปนเปื้อนของคลอรัไฟริฟอสและคาร์บาริลในดิน น้ำและตะกอนบริเวณ สนามกอล์ฟติดกับอ่างเก็บน้ำหนองกลางคู จังหวัดชลบุรี ในช่วงปลายปี พ.ศ. 2535 และต้นปี พ.ศ. 2536 โดยทำการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้งในช่วงฤดูฝน (กันยายน-ตุลาคม 2535) และช่วง ฤดูแล้ง (ธันวาคม 2535 และมกราคม 2536) เก็บตัวอย่างดินจาก 4 สถานี สถานีละ 4 จุดเก็บ จุดเก็บละ 3 ระดับความลึก (0-5, 5-10 และ 10-20 เซนติเมตร) และทำการ เก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนจาก 10 สถานี และวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคแกสโครมาโทกราฟี (gas chromatography/electron capture detector) พบว่าในช่วงเดือนตุลาคม, ธันวาคม 2535 และมกราคม 2536 ปริมาณคลอรัไฟริฟอสในดินและในตะกอนของทุกสถานีเก็บ ตัวอย่าง มีค่าน้อยกว่า 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณคลอรัไฟริฟอสในน้ำมีค่าน้อยกว่า 0.00001 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนปริมาณคลอรัไฟริฟอสในดินของทุกระดับความลึกในเดือนกันยายน 2535 เกือบทุกสถานีตรวจพบได้ในระดับ n.d.-0.053, n.d.-0.021 และ n.d.-0.014 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามระดับความลึกของตัวอย่างดินที่เก็บ ปริมาณคลอรัไฟริฟอสในตัวอย่างน้ำ ตรวจพบอยู่ในช่วง 0.00078-0.0015 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณคลอรัไฟริฟอสในตะกอน รวมทั้งปริมาณคาร์บาริลในดิน น้ำและตะกอน ตรวจพบได้ในระดับที่ต่ำกว่าความสามารถที่ เครื่องมือจะสามารถตรวจวัดได้ กล่าวคือ ต่ำกว่า 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมสำหรับตัวอย่าง ดินและตะกอน และตัวอย่างน้ำมีค่าต่ำกว่า 0.00001 มิลลิกรัมต่อลิตร (ธรรมนุญ โรจนะบุรานนท์ และคณะ, 2537)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย