บทที่ 2

การสำรวจเอกสาร

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับดีลดริน

ดีลดรินเป็นชื่อสามัญของสารประกอบที่มี HEOD [1] ไม่ต่ำกว่า 85% เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัทเชลล์ ผลิตในประเทศฮอลแลนด์และสหรัฐอเมริกา ดีลดรินเป็นวัตถุมีพิษตัวหนึ่งในกลุ่มของสารประกอบอินทรีย์ที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ (chlorinated cyclic hydrocarbon insecticides) ปัจจุบันนิยมเรียกกันโดยทั่วไปว่ายาฆ่าแมลงพวกอินทรีย์คลอรีน (organochlorine insecticides)

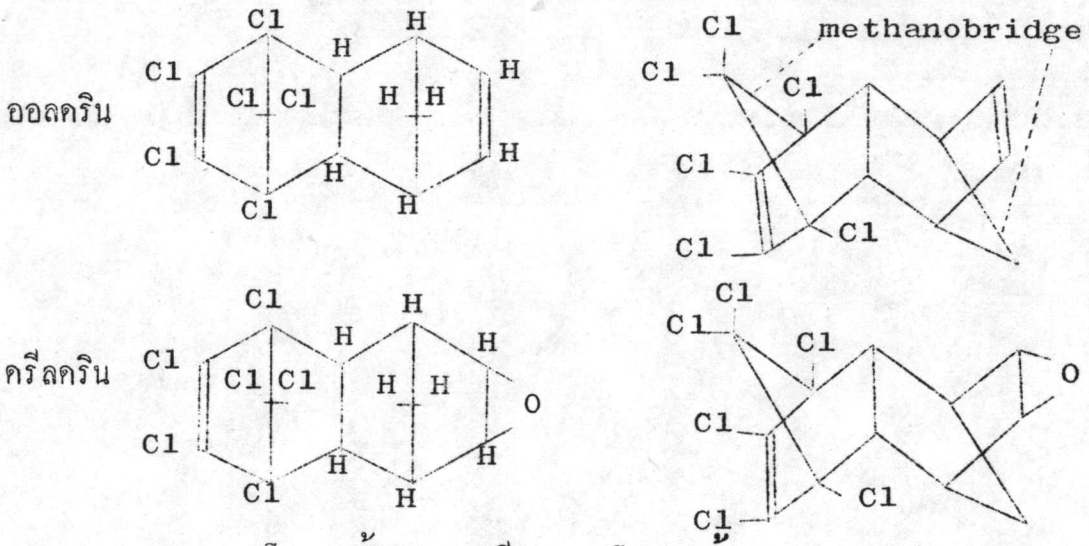
ส่วนใหญ่ของดีลดรินนำไปใช้เพื่อประโยชน์ทางด้านการเกษตรกรรมในการควบคุมกำจัดแมลงศัตรูพืช และทางด้านการสาธารณสุขในการควบคุมกำจัดแมลงพาหะนำโรคบางชนิดโดยเริ่มนำมาใช้ครั้งแรกตั้งแต่ปี คศ. 1952 ดีลดรินเป็นวัตถุมีพิษซึ่งมีพิษทางด้านสัมผัสและกินตาย และมีให้เลือกใช้หลายสูตร เช่น แบบสารละลายเข้มข้น (EC), แบบผงละลายน้ำ (WP), แบบผงฝุ่น (dusts), และแบบเม็ด (granules) (Thomson 1967) ดีลดรินมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดปลวก มักใช้ฉีดพ่นลงไปในดินก่อนทำการปลูกสร้างอาคาร จะช่วยรักษาสิ่งก่อสร้างให้ปลอดภัยจากการทำลายของปลวกได้เกือบถาวร เนื่องจาก

---

[1] HEOD เป็นคำย่อของ 1, 2, 3, 4, 10, 10-hexachloro-6, 7-epoxy-1, 4, 4a, 5, 6, 7, 8, 8a-octahydro-1, 4, 5, 8-endo-exo-dimethanonaphathalene

ดีลดรินมีความทนทานต่อการสลายตัวสูง นอกจากนั้นยังใช้ในการกำจัดศัตรูพืชและสัตว์อย่างกว้างขวาง เช่น มด, ตั๊กแตน, แมลงสาบ, แมลงวัน, เพลี้ย, หอกหาก, แมลงปีกแข็งและหนอนต่าง ๆ ฯลฯ (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ 2521)

ดีลดรินเป็นอีพ็อกไซด์ (epoxide) ของออลดรินหรือนัยหนึ่งก็คือบอนด์คู่ของออลดรินถูกเติมด้วยออกซิเจนอะตอม (oxidation) (รูปที่ 1) จะกลายเป็นดีลดรินโครงสร้างโมเลกุลเป็นวงแหวนแนปธาลีน (naphthalene) มีคลอรีนอะตอมแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมอยู่ตรงโครงสร้างของวงแหวนด้านที่มีธาโนบริดจ์ (methanobridge structure) ยกขึ้น 6 อะตอมด้วยกัน



โครงสร้างทางเคมี โครงสร้างแสดงการเรียงตัว 3 มิติ

รูปที่ 1 โครงสร้างทางเคมี (chemical structure) และโครงสร้างแสดงการเรียงตัว 3 มิติ (spatial configuration) ของโมเลกุลออลดรินและดีลดริน

คุณสมบัติของดีลดริน

ลักษณะโดยทั่วไปเป็นผลึกสีขาวจนกระทั่งถึงสีน้ำตาลอ่อน แต่ถ้าเป็นดีลดรินบริสุทธิ์จะเป็นผลึกแข็งสีขาวและไม่มีกลิ่น มีน้ำหนักโมเลกุล 381 มีจุดหลอมเหลวที่ 173 °ซ. ความถ่วงจำเพาะที่ 20 °ซ. เท่ากับ 1.7 ความดันไอที่ 25 °ซ. เท่ากับ 1.8×10^{-7} มิลลิเมตรปรอท ไม่มีคุณสมบัติติดไฟ ไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถละลายได้ในสารละลายอินทรีย์เกือบทุกชนิด และละลายได้ดีในสารประกอบพวกไขมัน (O'Brien 1967)

อาการและลักษณะความเป็นพิษของดีลดรินต่อสิ่งที่มีชีวิต

ความเป็นพิษของดีลดรินเช่นเดียวกับยาฆ่าแมลงอินทรีย์คลอรีนอื่น ๆ เช่น ออลดริน, เฮปตาคลอร์, ลินเดน เป็นต้น โดยมันจะไปมีผลต่อระบบประสาทกลาง(Central Nervous System)(ประยูร ดีมา 2510) สัตว์ที่ได้รับพิษจากดีลดริน โดยเฉพาะสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยนมจะแสดงอาการชัก, น้ำหนักลด, และอาเจียร ในกรณีที่สัตว์ได้รับพิษจากดีลดรินมาก ๆ ก็อาจตายก่อนที่น้ำหนักจะลดลงมาก และการที่น้ำหนักลดมีสาเหตุมาจากการที่สัตว์ที่ได้รับพิษกินอาหารไม่ได้เนื่องจากการอาเจียร สำหรับอาการอย่างอื่นที่ตรวจพบได้แก่ อาการตื่นตกใจง่าย, อ่อนแอ, กล้ามเนื้อกระตุก, ขบฟัน, น้ำลายฟูมปาก, การประสานงานของอวัยวะต่าง ๆ ผิดปกติ และบุคลิกส่วนตัวเปลี่ยนไป (Treon 1955)

จากการชันสูตรสัตว์ที่ได้รับพิษจากดีลดริน (Treon 1955) ไม่พบว่ามีรอยแผลบนอวัยวะหรือในเนื้อเยื่อใด ๆ เนื่องจากสัตว์ตายด้วยความเป็นพิษที่ระบบประสาทส่วนกลางจากทรากสัตว์ที่ตายในกรณีได้รับพิษจากดีลดรินแบบเฉียบพลันมีรอยแผลเกิดขึ้นไม่แน่นอน มีการตกเลือดเป็นหย่อม ๆ(small hemorrhages) เกิดขึ้นทั่วร่างกาย และพบมากที่หัวใจ ทำให้เกิดการพองเป็นรอยจ้ำ ๆ (cloudy

swelling) ที่อวัยวะภายใน ที่ปอดจะมีเลือดคั่งมากจนมีสีดำคล้ำ ในตับและไต มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางเสื่อม (degenerative changes)

Treon and Cleveland (1955) พบว่าสุนัขที่ตายเนื่องจากได้รับพิษของดีลดรินในสมอง, ตับ และไตจะมีเซลล์ตายเกิดกระจายอยู่ทั่วไป

เมตาโบลิสม (metabolism) ของดีลดริน

Ludwig และคณะ (1964) ให้อาหารที่มี ^{14}C -ออลดริน (^{14}C-aldrin) แก่หนูทดลองพบว่าสารกัมมันตรังสีที่ถูกขับถ่ายออกมาในปัสสาวะและอุจจาระประกอบไปด้วยออลดริน, ดีลดริน และสารประกอบอื่น ๆ อีกหลายตัวที่จำแนกไม่ได้ (ประมาณ 75% ในอุจจาระ และ 95% ในปัสสาวะ)

Korte and Arent (1965) ทำการแยกสารที่เกิดจากเมตาโบลิสมของดีลดริน 6 ตัว พบว่าตัวที่พบมากที่สุดเป็นสารประกอบตัวหนึ่งที่เป็นไอโซเมอร์ (isomers) ของ 6, 7- trans - dihydroxydihydroaldrin ซึ่งมีความเป็นพิษเฉียบพลันเมื่อให้ทางปากแก่สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมประมาณ 1/12 - 1/6 เท่าของความเป็นพิษของดีลดริน

สำหรับปฏิกริยาการเกิดอีพอกซิเดชัน (epoxidation) ซึ่งเป็นปฏิกริยาการเติมออกซิเจนเข้าไปในบอนด์คู่ของโมเลกุลวงแหวน ในแมลงได้มีรายงานเอาไว้เป็นครั้งแรกโดย Gianotti และคณะ (1956) ว่า ในแมลงสาบ (American cockroaches) ออลดรินส่วนหนึ่งถูกเปลี่ยนไปเป็นดีลดรินได้

การสลายตัวของดีลดริน

มีรายงานเป็นจำนวนมากที่แสดงให้เห็นว่าดีลดรินมีความเสถียร (stable) ต่อการสลายตัวสูง และมีจุลินทรีย์ไม่มากนักที่สามารถสลายตัวสารประกอบชนิดนี้ได้

Matsumura and Boush (1967) พบว่าจากจุลินทรีย์ดิน 600 ตัวอย่างที่เขานำมาเลี้ยงไว้มีเพียง 10 ตัวอย่างเท่านั้นที่สามารถสลายดีลดรินได้ วงแหวนของโมเลกุลที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบค่อนข้างเสถียรสูง ดังนั้นจึงพบว่าบริเวณที่จุลินทรีย์เข้ากระทำส่วนใหญ่จะเป็นบริเวณที่วงแหวนของโมเลกุลไม่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ

นอกจากจุลินทรีย์แล้วแสงแดดและอุลตราไวโอเลตสามารถเปลี่ยนดีลดรินให้กลายเป็นสารประกอบอื่นได้

Henderson and Crosby (1968) รายงานว่าแสงแดดสามารถสลายดีลดรินที่อยู่ในน้ำให้กลายเป็นสารประกอบที่เรียกว่า "ผลิตผลจากแสงแดด III" (photoproduct III) โดยขบวนการโฟโตไอโซเมอร์ไรเซชัน (photo-isomerization)

Henderson and Crosby (1967) พบว่าเมื่อให้รังสีอุลตราไวโอเลตแก่สารละลายดีลดรินจะให้อนุพันธ์ของสารที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ 5 อะตอม (pentachloro derivatives) เป็นส่วนใหญ่และจากการทดสอบความเป็นพิษ พบว่ามีความเป็นพิษน้อยกว่าดีลดรินเมื่อทดสอบกับแมลงวัน แต่จะมีความเป็นพิษกับหนูมากขึ้น

Carp และคณะ (1968) รายงานว่ารังสีแกมมาก็มีบทบาทในการสลายตัวของดีลดรินไปเป็นสารประกอบต่าง ๆ ประมาณ 11 สารประกอบ

ปรากฏหลักฐานว่าสารประกอบสำคัญที่เกิดจากการสลายตัวของดีลดรินที่เกิดในสัตว์คือ 9-hydroxy HEOD (Baldwin et al 1973)

Matsumura and Boush (1967) พบว่าการสลายตัวของดีลดรินโดยจุลินทรีย์เกิดขึ้นโดยปฏิกริยาไฮไดรไลลีส จากการทำงานของเอ็น-

ไซม์ไฮโดรไลติค (hydrolytic enzymes) เช่นเดียวกับปฏิกริยาการสลายตัวของดีลดรินที่เกิดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

อย่างไรก็ตามสารประกอบส่วนใหญ่ที่ได้จากปฏิกริยาการสลายตัวของดีลดรินเป็นพวกคีโตน ซึ่งเป็นผลจากการไอโซเมอร์ไรเซชันของวงแหวนอีพ็อกซี (epoxy ring) (Matsumura 1976)

<u>ความเข้มข้นของพิษตกค้างของดีลดรินในสิ่งที่มีชีวิต (biological concentration)</u>

Korschgen (1970) พบว่าไส้เดือนที่นำมาจากแปลงสองแห่งในรัฐมิสซูรี ซึ่งแปลงดังกล่าวเคยพ่นด้วยออลดริน (aldrin) มาไม่ต่ำกว่า 15 ปีแล้ว มีดีลดรินอยู่ในตัวมันถึง 4 ppm. (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมากกว่าพิษตกค้างของดีลดรินในที่แห่งเดียวกันถึง 11 เท่า ในขณะเดียวกันก็พบว่าด้วง (ground beetles) ในที่แห่งเดียวกันนี้มีดีลดรินสะสมอยู่สูงถึง 16 – 21 ppm. หรือประมาณ 40 เท่าของดีลดรินที่พบในดิน ซึ่งทั้งด้วงและไส้เดือนเป็นอาหารของนกและสัตว์อื่น ๆ ที่อยู่ในระดับ (trophic level) สูงกว่า

จากรายงานของ USDI (1965) กล่าวว่าจากการตรวจสอบไส้เดือนในแปลงที่พ่นดีลดรินมาแล้ว 2 ปี ก็ยังพบว่ามีดีลดรินสะสมอยู่ในไส้เดือนประมาณ 0.29 ถึง 1.191 ppm. (Anonymous 1965)

และจากรายงานของ USDI (1967) พบว่าหลังจากการพ่นดีลดรินลงในแปลงทดลองด้วยอัตรา 1/2, 2 และ 3 ปอนด์/เอเคอร์ แล้ว 3 วัน ปริมาณพิษตกค้างของดีลดรินในไส้เดือนที่วิเคราะห์ได้จากแปลงทั้งสามมีค่าเท่ากับ 4.6, 9.7 และ 14.6 ppm. ตามลำดับ และในวันที่ 240 ปริมาณพิษตกค้างลดลงเป็น 1.0, 2.4 และ 4.7 ppm. ในรายงานสรุปว่าระดับของพิษตกค้างที่เป็นอันตรายสามารถคำรงอยู่ได้ในไส้เดือนเป็นเวลาหลายเดือน (Anonymous 1967)

Wilson (1965) พบว่าหอยนางรมที่อยู่ในน้ำทะเลที่มีดีลดรินเข้มข้น 0.001 ppm. นานประมาณ 10 วันจะมีพิษตกค้างของดีลดรินในตัวของมันสูงกว่าในน้ำทะเลถึง 1,000 เท่า (1 ppm.)

Holden (1966) พบว่าปลาเทร้าท์ (trout) มีระดับความเข้มข้นของดีลดรินในร่างกายสูงกว่าระดับความเข้มข้นของดีลดรินในน้ำถึง 3,300 เท่า

Davis and Harrison (1966) ได้ทำการตรวจหาพิษตกค้างของดีลดรินในสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังในดิน 2 แห่ง ซึ่งมีปริมาณดีลดรินแตกต่างกัน โดยดินบริเวณหนึ่งมีดีลดรินมากกว่าอีกแห่งหนึ่งประมาณ 2 – 10 เท่า ปรากฏว่าตัวอย่างด้วงปีกแข็งทั้งสองแห่งมีดีลดรินในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน และอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.2 ถึง 2.0 ppm. และพบปริมาณดีลดรินในไส้เดือนมากกว่าในด้วงปีกแข็ง

Beck และคณะ (1962) แสดงให้เห็นว่าถั่วลิสงสามารถสะสมพิษตกค้างของดีลดรินเอาไว้ในเมล็ดได้ โดยพบว่าถั่วลิสงที่ปลูกในดินที่มีดีลดรินปริมาณเพียง 0.14 ppm. จะมีพิษตกค้างของดีลดรินในเมล็ดสูงถึง 0.75 ppm.

จากการศึกษาของ Vance and Drummond (1969) เกี่ยวกับการสะสมพิษตกค้างของดีลดรินในสาหร่าย 4 ชนิดในน้ำที่มีดีลดรินเข้มข้น 1 ppm. เป็นเวลา 7 วัน พบว่าสาหร่ายสามารถสะสมพิษตกค้างของดีลดรินได้สูงกว่าในน้ำถึง 150 เท่า

<u>ผลของดีลดรินต่อสิ่งที่มีชีวิตในระบบนิเวศน์ที่ไม่ใช่เป้าหมาย (nontarget species) ในการกำจัด</u>

Scott และคณะ (1959) ได้รายงานว่าดีลดรินเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้นกในบริเวณที่มีการพ่นดีลดรินเพื่อกำจัดด้วงปีกแข็ง (Japanese beetle)

ตาย นอกจากนั้นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมหลายชนิดก็ได้รับผลกระทบกระเทือนด้วย และพบว่าประชากรของนกในฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อนถัดมาอยู่ในระดับต่ำ

Clawson and Baker (1959) พบว่านกกระทา (quail) จะสูญหายไปจากบริเวณที่มีการใช้ดีลดรินในอัตรา 2 ปอนด์/เอเคอร์

Turtle และคณะ (1965) ได้ทำการตรวจสอบหาพิษตกค้างของดีลดรินในนกพิราบ (wood pigeon) ในสภาพธรรมชาติ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและในสนามชี้ให้เห็นว่าดีลดรินเป็นยาฆ่าแมลงตัวหนึ่งที่ทำให้นกพิราบตาย

นอกจากนั้นจากการทดลองของ Lehner and Egbert (1969) พบว่าความหนาของเปลือกไข่ของเป็ดป่า (marllard duck) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อให้ดีลดรินในอาหารที่ความเข้มข้น 1.6, 4.0 และ 10 ppm.

Lockie and Ratcliff (1964) และ Lockie และคณะ (1969) ได้อ้างเหตุผลว่าความสำเร็จในการผสมพันธุ์ของนกอินทรีย์ (golden eagle) ในสกอตแลนด์ตะวันตกลดลง มีสาเหตุสำคัญมาจากพิษตกค้างของดีลดรินและสารประกอบอินทรีย์ที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งพบว่ามีอยู่ในตัวของนกเต็มวัยและในไข่ของมัน

จากการศึกษาของ Korschgen and Murphy (1969) โดยการให้อาหารประจำวันที่มีดีลดรินความเข้มข้น 5 ppm. และ 25 ppm. แก่กวาง (whitetailed deer) นานเป็นเวลา 3 ปี พบว่าลูกกวางที่เกิดจากแม่กวางที่ได้รับดีลดรินอัตราสูงมักตายเสียส่วนใหญ่ อัตราการเจริญเติบโตของกวางตัวเมียที่อายุน้อยซึ่งได้รับดีลดรินจะเป็นไปช้ามากเมื่อเปรียบเทียบกับกวางตัวเมียที่ไม่ได้รับดีลดริน ลูกกวางบางตัวที่อยู่ในวัยกินนม และกินนมจากแม่กวางที่ได้รับดีลดรินจะตาย และพบว่าลูกกวางเหล่านี้ที่ตายจะมีพิษตกค้างของดีลดรินอยู่ในเนื้อเยื่อสมองสูง

ในการควบคุมกำจัดแมลงตัวอ่อนของ Culicoides spp. ในบริเวณชายฝั่งน้ำกร่อยด้านตะวันออกของรัฐฟลอริดา โดยการโปรยดีลดรินชนิดเม็ดอัตรา 1 ปอนด์ต่อเอเคอร์ เป็นเนื้อที่ 2,000 เอเคอร์ พบว่ามีผลร้ายอย่างรุนแรงต่อสิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้น (Harrington and Bidlingmayer 1958) และทำให้ปลาประมาณ 30 ชนิดต้องตายลงมีน้ำหนักถึงประมาณ 20 – 30 ตัน (Stroud 1957)

ในปลาเทร้าท์ (rainbow trout) พบว่าดีลดรินมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง เมื่อความเข้มข้นของดีลดรินมากกว่า 0.12 ppb. เท่านั้น (Chadwick and Shumway 1969) แต่ปรากฏว่าตัวอ่อนของมันที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีความเข้มข้นของดีลดรินสูงถึง 52 ppm. สามารถอาศัยอยู่ได้โดยไม่แสดงอาการว่ามีอันตราย

ในการศึกษาเกี่ยวกับความคงสภาพของดีลดรินในปลาพบว่า พิษตกค้างของดีลดรินจะสูญหายไปประมาณ 50% ในเวลาประมาณ 1 เดือน (Macek 1969)

พวกสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำพบว่ามีค่า LC_{50} (ระดับความเข้มข้นของยาที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย 50%) ที่ 24 ชั่วโมงของดีลดรินต่อลูกอ๊อดคางคก (Fowler's toads) และสำหรับกบ (chorus frogs) มีค่าเท่ากับ 1.1 ppm. และ 0.23 ppm. ตามลำดับ (Sanders 1970)

สำหรับพวกหอย (molluscs) ไม่ปรากฏว่าได้รับผลกระทบกระเทือนจากดีลดรินในลักษณะที่แสดงอาการเด่นชัด แม้จะพ่นด้วยดีลดรินในอัตรา 1 ปอนด์/เอเคอร์ ในการทดลองที่บริเวณชายฝั่งน้ำกร่อยของรัฐฟลอริดา (Harrington and Bidlingmayer 1958)

ส่วนอาร์โทรพอดและสัตว์อื่น ๆ บางชนิดมีการศึกษาเอาไว้เหมือนกัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการศึกษาหาค่า LC_{50} สรุปเอาไว้ในตารางที่ 1

Doane (1962) รายงานว่าเมื่อพ่นดีลดรินในอัตรา 10 ปอนด์ต่อเอเคอร์ เพื่อกำจัดแมลงในแปลงทดลอง จะไล่ไส้เดือนที่อาศัยอยู่ในดินบริเวณนั้นออกไปจนหมดภายใน 18 เดือนหลังจากการพ่นยา

ผลของดีลดรินต่อพืชพบว่ากลุ่มของแพลงตอนพืช(phytoplanktons) ที่อยู่ในน้ำซึ่งมีดีลดรินเข้มข้น 1 ppm. จะลดผลผลิตลงถึง 84.8% (Butler 1963 a)

จากการทดลองของ Lichtenstein และคณะ (1965) พบว่าเมื่อพ่นดีลดรินลงไปในดินในอัตรา 3 ปอนด์/เอเคอร์ จนถึงระดับลึก 5 นิ้ว แตงกวาที่ปลูกอยู่ในบริเวณที่พ่นยาสามารถดูดเอาดีลดรินบางส่วนไปจากดินได้

สำหรับผลของดีลดรินต่อจุลินทรีย์ Jones (1956) ได้รายงานว่าดีลดรินมีความเป็นพิษต่อบักเตรีพวกที่สามารถทำปฏิกริยาเปลี่ยนแอมโมเนียในดินไปเป็นไนเตรต มากกว่าบักเตรีพวกที่เปลี่ยนอินทรีย์วัตถุไปเป็นแอมโมเนีย และพบว่าดีลดรินค่อนข้างจะเป็นพิษต่อบักเตรีในดินมากกว่าวัตถุมีพิษพวกเดียวกันตัวอื่น ๆ เช่น ดีดีที, บีเอชซี, เอนดริน และเมทอกซีคลอร์ (methoxychlor)

สุชาติ สุนทรพันธ์ และนิรันดร์ สิงหบุตรา (2518) ได้ทำการศึกษาผลของดีลดรินต่อปริมาณและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินพบว่าดีลดรินไม่มีผลให้เกิดความแตกต่างของจุลินทรีย์ทางด้านปริมาณเลย ทั้งในบริเวณรากข้าวโพด และนอกบริเวณราก

Cairns (1968) ใส่ดีลดรินลงไปในแหล่งน้ำจนมีความเข้มข้น 12.8 ppm. พบว่าการเพิ่มจำนวนของพวกไดอะตอม(Navicula seminulum var. Hustedtii) ลดลงถึง 50% และที่ 32.0 ppm. ทำให้ไม่เพิ่มจำนวนเลย

ตารางที่ 1 แสดงค่า LC_{50} ของดีลดรินต่อ Arthropods ชนิดต่าง ๆ

ชนิดของอาร์โธรพอด (Arthropod Species)	เวลาที่ได้รับพิษยา (Exposure Time) (ชั่วโมง)	LC_{50} (ppm.)	แหล่งที่มา (Source)
Stonefly(Pteronarcella badia)	24	0.003	Sandors&Cope, 1968
" (Claassenia sabulosa)	24	0.0045	"
" (Pteronarcys californica)	24	0.006	"
Sand shrimp	24	0.068	Eisler,1969
Hermit crab	24	0.070	"
Grass shrimp	24	>0.107	"
Amphipod(Gammarus lacustris)	24	1.4	Sanders,1969
Stonefly(P. californica)	48	0.0013	FWPCA,1968
" (P. califernica)	48	0.006	Sanders&Cope, 1966
Water flea (Daphnia pulex)	48	0.240	FWPCA,1968
" (D. pulex)	48	0.250	Sanders&Cope, 1966
Amphipod (G. lacustris)	48	1.000	FWPCA,1968

ที่มา: David, P. Ecological Effects of Pesticides on Non-target Species. Washington, D.C.:Executive Office of the President Office of Science and Technology, 1971. p. 36.

001296