

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 สารกำจัดวัชพืช

สารกำจัดวัชพืช (Herbicide) หมายถึง สารเคมีใด ๆ ก็ตามที่นำมาใช้เพื่อฆ่าทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืชไม่ว่าจะเป็นในขณะที่วัชพืชงอกขึ้นมาแล้วหรือเป็นเมล็ดอยู่ ตลอดจนถึงส่วนต่างๆ ของวัชพืชที่ขยายพันธุ์ได้ทั้งที่อยู่ในดินหรืออยู่บนดิน สารกำจัดวัชพืชเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจึงถูกผลักดันให้มีการใช้น้อยลงทั่วโลก ในระบบพื้นฐานทั่วไปที่นำมาใช้ในการจำแนกประเภทของสารกำจัดวัชพืชออกเป็นกลุ่มๆ จะแบ่งตามโครงสร้างพื้นฐานทางเคมี ซึ่งมีความเกี่ยวข้องและเป็นส่วนสำคัญในการอธิบายกลไกการทำปฏิกิริยาของสารกำจัดวัชพืชเมื่อเข้าสู่พืช การแบ่งสารกำจัดวัชพืชตามโครงสร้างพื้นฐานทางเคมี (Basic chemical structure) โดยอาศัยลักษณะโครงสร้างทางโมเลกุล และตำแหน่งของอะตอมของไฮดรอกซิลหรือฮาโลเจนในโมเลกุลที่คล้ายคลึงกัน (ธวัชชัย, 2540 และ ดวงพร, 2543)

สารกำจัดวัชพืช (Herbicides) แบ่งตามการใช้งานได้ 2 ชนิด non-selective หมายถึง สารที่เป็นพิษกับพืชทุกชนิดที่โดนด้วย และ selective หมายถึง สารที่เป็นพิษต่อวัชพืชบางชนิดที่จำเพาะเจาะจงและไม่เป็นอันตรายต่อพืชที่เกษตรกรผลิต

สารกำจัดเชื้อรา (Fungicides) แบ่งเป็น ชนิดไม่ดูดซึม (Surface types) เป็นสารที่ไม่ซึมเข้าไปในพืชจะฆ่าราหรือสปอร์ที่อยู่บนพืช ชนิดที่ดูดซึม (Systemic types) เป็นสารที่สามารถถูกดูดซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อของพืชได้ และทำลายเชื้อราได้ดีกว่าพวกแรก

ข้อมูลการนำเข้าในช่วง 10 ปี (พ.ศ.2530-2540) พบว่าปริมาณการนำเข้าสารกำจัดวัชพืชเพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2536 สารกำจัดวัชพืชที่มีปริมาณการนำเข้าสูงสุด 10 อันดับแรกได้แก่ glyphosate, 2,4-D, diuron, atrazine, ametryn, alachlor, paraquat, butachlor, bromacil และ pretilachlor และในปี พ.ศ.2543 สารกำจัดวัชพืชมีปริมาณการนำเข้าสูงสุดเมื่อเทียบกับสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชอื่น โดยสารแอตราซีนมีปริมาณการนำเข้าสูงสุด 10 อันดับแรก (ศิวาภรณ์ และคณะ, 2545)

สำหรับในประเทศไทยมี รายงานว่า การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชเป็นที่นิยมกันมาก เนื่องจากมีความสะดวกสบายและง่ายต่อการใช้ สามารถกำจัดศัตรูพืชได้ในบริเวณกว้างและคงทนได้เป็นเวลานาน รวมทั้งใช้เวลาและแรงงานของเกษตรกรน้อยด้วย ดังแสดงรายละเอียดข้อดีและข้อเสียในการใช้สารกำจัดวัชพืชในการตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของการใช้สารกำจัดวัชพืช

ข้อดี	ข้อเสีย
- ประหยัดแรงงาน	- เสียเงินตราให้ต่างประเทศ
- ประหยัดเวลา	- อาจมีพิษตกค้างในสภาพแวดล้อม
- ประหยัดต้นทุน	- อาจเป็นอันตรายต่อพืชที่ปลูก
- สะดวก	- อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์
- ทำลายวัชพืชได้อย่างสิ้นซาก	- อาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์
- ควบคุมวัชพืชได้อย่างทั่วถึง	
- ลดการแข่งขันของวัชพืชได้อย่างแท้จริง	
- ปลอดภัยและไม่กระทบกระเทือนต่อพืชที่ปลูก	

ที่มา : (พรชัย เหลืองอากาศ, 2531)

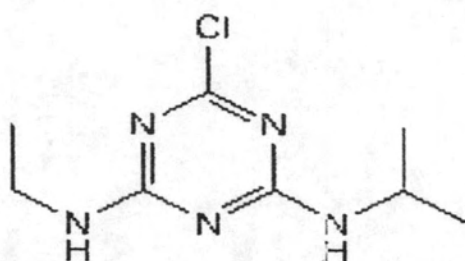
## 2.2 แอตราซีน

แอตราซีน (atrazine) เป็นสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม s-triazine ใช้ทางดิน สามารถควบคุมวัชพืชใบกว้างและวัชพืชวงศ์หญ้า ในไร่ปลูกข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย สับปะรด พืชวงศ์ส้ม กล้วย และใช้เป็นสารไม่เลือกทำลายในพื้นที่ที่ไม่ได้ทำการเกษตร ซึ่งอาจจะเป็นพิษกับพืชปลูกหลายชนิด เช่น ผัก ถั่วลิสง และถั่วเหลือง เป็นต้น รูปแบบสาร แอตราซีนที่นิยมใช้ได้แก่ ชนิดสารละลายเข้มข้น (emulsifiable concentration) และชนิดผงไม่ละลายน้ำ (wettable powder) เป็นต้น (ธวัชชัย รัตนะเลิศ, 2540 และ ทศพล พรพรหม, 2545)

แอตราซีนเป็นสารกำจัดวัชพืชเลือกทำลายแบบก่อนงอก (pre-emergence) สำหรับพืชใบกว้างใช้ในไร่ข้าวโพด ข้าวฟ่าง เนื่องจากข้าวโพดและข้าวฟ่างทนต่อสารชนิดนี้ เมื่อฉีดพ่นลงแปลงพืชประธานทั้งสองชนิดซึ่งจะถูกสารออกฤทธิ์บ้าง ตามขบวนการเมตาโบลิซึมจะทำลายพืชลงได้อย่างรวดเร็ว ที่สำคัญราคาไม่แพงนักใช้ได้ดีมีประสิทธิภาพสูง สหรัฐอเมริกาเป็นแหล่งปลูกข้าวโพดมากปลูกเป็นบริเวณพื้นที่กว้างขวาง แอตราซีนยอมใช้กันมากแน่นอน โดยเฉพาะที่รัฐเนบราสก้าต่อปีใช้ 15 ล้านปอนด์ (6803.9 ตันปี)

### 2.2.1 คุณสมบัติของสารแอทราซีน (ทศพล พรพรม, 2545)

สูตรทางเคมี :



### รูปที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของสารแอทราซีน (ทศพล พรพรม, 2545)

ชื่อทางเคมี : 2-chloro-4-ethylamin-6-isopropylamino-s-triazine

ชื่ออื่น : 1, 3, 5-triazine-2, 4-diamine, Atrex, Atratol, Primatol A, 6-Chloro-N-ethyl-N'-isopropyl-1, 3, 5-triazine-2, 4-diamine, A 361, Aatrex, Aktinit a, 2-Chloro-4-ethylamino-6-isopropylamino-1, 3, 5-triazine, G 30027, Gesaprim, Hungazin, Artanex, Fogard, Griffex, Mebazine, Vectal, Atrazines, Extrazine II, Laddock, AAtrex 4L, AAtrex 80W, Atrazine 4L, Atrazine 80W, Griffex 4L, Ortho St. Augustine Weed and Feed, Scotts Bonus Type S, Criszina, Vectral SC, Attrex, Crisamina, Vectal SC, ATZ, 2-Chloro-4(2-propylamino)-6-ethylamino-s-triazine, Hungazin pk, Triazine a 1294, Zeazin, Argezin, Akitikon

ชื่อพ้องอื่นๆ : Aktikon pk, Akitinit pk, Wonuk, Oleogesaprim, Chromozin, Pitezin, Actinite pk, Gesaprim 50, Akticon, Atrataf, Zeaopos, Oleogesaprim 200, Gesaprim 500, Maizina, Aatrex nine-o, Atazinax, Atrasine, Atratol a, Atred, Cekuzina-t, Crisatrina, Crisazine, Farmco atrazine, Fenamine, Geigy 30 207, Gesoprim, inakor, Primatol, Primaze, Radizine, Strazine, Weedex a, Zeaphos, Azinotox 500, Candex, 1-Chloro-3-ethylamino-5-isopropylamino-2, 4, 6-triazine, 2-Chloro-4-(isopropylamino)-6-ethylamino-s-triazine, Fenatrol, Radazine, Weedex, Atrazine(Primatol), Atrazine

สูตรโมเลกุล:  $C_8H_{14}ClN_5$

น้ำหนักโมเลกุล : 215.69

ลักษณะทางกายภาพ : ผลึกขาวใส ไม่มีสี

จุดหลอมเหลวและจุดเดือด : จุดหลอมเหลว 175-177 องศาเซลเซียส

สภาพการละลาย : ละลายน้ำ 33 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสภาพ pH 7 ละลายในไดเมทิลซัลฟอกไซด์ 183 กรัมต่อลิตร ในเมทานอล 18 กรัมต่อลิตร และในคลอโรฟอร์ม 52 กรัมต่อลิตร ที่ 20 องศาเซลเซียส

### 2.2.2 พฤติกรรมของแอทราซินในพืช

ส่วนใหญ่สารแอทราซินจะดูดซึมเข้าสู่พืชโดยผ่านทางราก แต่สามารถผ่านเข้าทางใบได้บ้างเล็กน้อย จากนั้นจะเคลื่อนย้ายขึ้นไปสู่ยอดและเข้าไปสะสมบริเวณเนื้อเยื่อเจริญ ในพืชที่อ่อนแอต่อสารแอทราซินจะแสดงอาการใบเหลืองซีดและแห้งไหม้ ในเนื้อเยื่อแก่จะแสดงอาการมากกว่าเนื้อเยื่ออ่อน ในพืชต้านทานต่อต้านสารแอทราซินพืชจะเปลี่ยนรูป (metabolize) ไปเป็น hydroxyatrazine and amino acid conjugate โดยกระบวนการ alkylation and hydrolysis ทำให้พืชดูดซึมสารหนูได้มากขึ้น (ทศพล พรพรม, 2545)

### 2.2.3 พฤติกรรมของแอทราซินในดิน

สารแอทราซินมีความคงทนในดินสูง มีค่าครึ่งชีวิตเฉลี่ย 6-12 เดือน สามารถเคลื่อนย้ายในดินได้ปานกลางถึงมาก ทำให้เกิดการตกค้างในแหล่งน้ำใต้ดินสูง การเคลื่อนย้ายของสารจะมากขึ้นเมื่อได้ปริมาณอินทรีย์วัตถุและอนุภาคดินเหนียวน้อย สารแอทราซินมีลักษณะเป็นเบสอ่อน (weak base) จะเกิดปฏิกิริยาช้าเมื่ออยู่ในสภาพที่เป็นกลาง แต่จะเกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้นในสภาพที่เป็นกรดเป็นด่าง และสามารถถูกย่อยสลายได้ได้ด้วยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน แต่ในสภาพที่แห้งและเย็นสามารถคงอยู่ในดินได้นานถึง 1 ปี (ทศพล พรพรม, 2545)

### 2.2.4 ความเป็นพิษของแอทราซิน

สารแอทราซิน มีค่า LD<sub>50</sub> ทางปากในหนูทุก (rat) 508 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในหนูเล็ก (mice) 945 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในกระต่าย 1,160 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับทางผิวหนังในหนูทุกมากกว่า 3,100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในกระต่าย 8,160 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เมื่อได้รับที่ความเข้มข้นสูง จะเกิดอาการคลื่นเหียน อาเจียน ท้องร่วง กล้ามเนื้อล้า และน้ำลายฟูมปาก โฆษณาสารแอทราซินทำให้เกิดการระคายเคืองตา ผิวหนัง ระบบอวัยวะหายใจปานกลาง แต่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมเนื่องจากการย่อยสลายสารแอทราซินภายในร่างกายและขับออกจากทางร่างกายในรูปยูรีน (ทศพล พรพรม, 2545)

United State Environmental Protection Agency [U.S. EPA] (2003) ได้จัดให้สารแอทราซินอยู่ในกลุ่มสารอินทรีย์ที่ก่อให้เกิดมะเร็ง ต่อมาในปี 2001 U.S. EPA ทำการศึกษาวิจัยจัดให้สารแอทราซินเป็นสารที่ไม่จัดให้อยู่ในพวกที่ก่อให้เกิดมะเร็งและกำลังดำเนินการมาจนถึงปัจจุบัน โดย

U.S. EPA ให้ความสำคัญในการประเมินถึงความเสี่ยงที่อาจส่งผลกระทบต่อมวลมนุษย์และมีผลต่อระบบนิเวศโดยได้จัดตั้งโครงการค้นคว้าวิจัยที่มีชื่อว่า Syngenta ขึ้น ในการพิสูจน์ข้อสมมุติฐานดังกล่าว ก่อนที่ทางคณะกรรมการของ U.S. EPA จะประกาศพิจารณายกเลิกการใช้สารแอทธราซินในการกำจัดวัชพืชอย่างเป็นทางการต่อไป

#### 2.2.5 ค่ามาตรฐานการปนเปื้อนของสารแอทธราซิน

U.S. EPA (2003) กำหนดให้ค่าสูงสุดที่ยอมให้มีการปนเปื้อนของสารแอทธราซินในน้ำดื่มได้ไม่เกิน 3 ไมโครกรัมต่อลิตร และองค์การอนามัยโรคกำหนดให้สารแอทธราซินมีค่าสูงสุดที่ยอมให้มีในน้ำดื่มได้ไม่เกิน 2 ไมโครกรัมต่อลิตร (World Health Organization [WHO], 2003)

ค่ามาตรฐานคุณภาพดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (พ.ศ.2547) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 เรื่อง มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม กำหนดให้มีสารแอทธราซินไม่เกิน 22 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

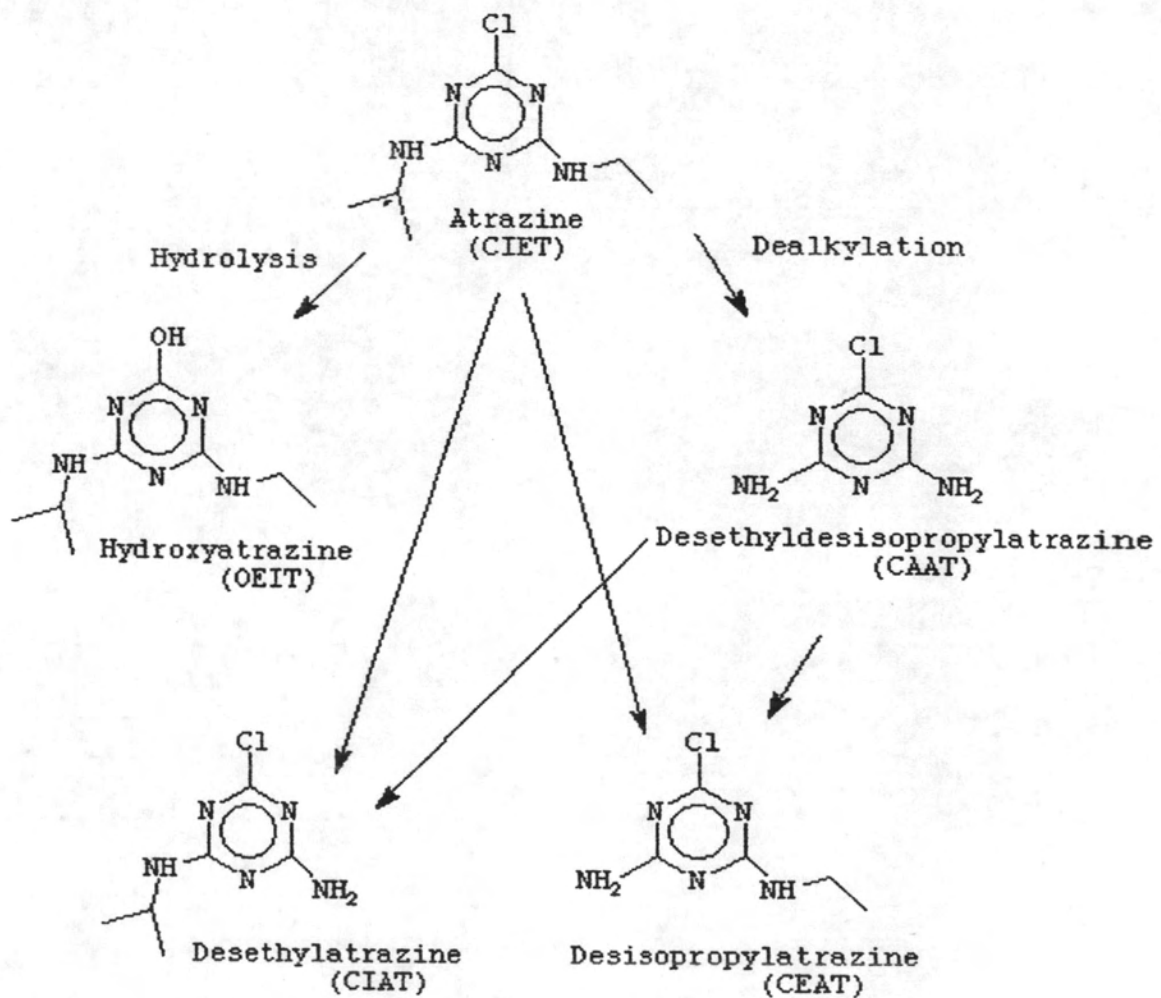
#### 2.2.6 การปนเปื้อนของสารแอทธราซินในสิ่งแวดล้อม

รายงานการสำรวจของกองวัดภูมิพิช กรมวิชาการเกษตร ปี พ.ศ. 2539-2542 ตรวจสอบการแพร่กระจายของวัดภูมิพิช ในแม่น้ำสายหลักของประเทศไทย ก็พบว่ามีปริมาณสารแอทธราซินรวมอยู่ในตัวอย่างที่สำรวจด้วย ทั้งในน้ำและตะกอนแม่น้ำ ดังนี้ แม่น้ำแม่ฮ่อง พบ  $< 0.01 - 6.63 \mu\text{g/L}$  ในน้ำ และ  $< 0.01 - 0.02 \text{ mg/kg}$  ในตะกอน (ภิญญา จำรัสกุล และคณะ, 2539) แม่น้ำป่าสัก  $< 0.01 - 0.57 \mu\text{g/L}$  ในน้ำ และ  $< 0.01 - 0.02 \text{ mg/kg}$  ในตะกอน (ภิญญา จำรัสกุล และคณะ, 2540) และในบริเวณห้วยน้ำอูนและแม่น้ำสงครามพบ  $< 0.01 - 0.95 \mu\text{g/L}$  ในน้ำ และ  $< 0.01 - 1.17 \text{ mg/kg}$  ในตะกอน (ภิญญา จำรัสกุล และคณะ, 2542) ปริมาณสารแอทธราซินที่ตรวจพบในแม่น้ำแม่กลองบางตัวอย่างมีความเข้มข้นของสารสูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด (ภาคผนวก ค) สำหรับปริมาณสารแอทธราซินในตะกอนนั้นยังมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพดินในพื้นที่เกษตร (ภาคผนวก ค) และค่ามาตรฐานคุณภาพดินนอกเหนือจากพื้นที่เกษตร (ภาคผนวก ค) ของกรมควบคุมมลพิษ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ตรวจพบสารกำจัดวัชพืชแอทธราซินในลุ่มน้ำอื่นๆ ด้วย นั้นแสดงว่ามีการเคลื่อนย้ายของสารกำจัดวัชพืชที่เคลื่อนย้ายได้หรือไม่ เนื่องจากสารกำจัดวัชพืชที่ใช้กันอยู่ส่วนใหญ่ฉีดพ่นลงบนดินและดินก็เป็นแหล่งสะสมของสารกำจัดวัชพืชที่สำคัญ นอกจากนี้ดินยังเป็นตัวกลางที่จะทำให้สารกำจัดวัชพืชที่เคลื่อนย้ายสู่แหล่งน้ำได้ดิน ดังนั้นความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมของสารกำจัดวัชพืชในดิน น่าจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาโอกาสการปนเปื้อนของสารกำจัดวัชพืชในสิ่งแวดล้อมได้

วิธีการประเมินความเสี่ยงจากการศึกษาพิษเรื้อรังที่จะนำมากำหนดค่า MCL (Maximum Contaminant Level) นั้น วิธีหนึ่งใช้ประเมินจากค่า NOEL (no observable effect level หรือค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษที่ใช้ในการทดลองแล้วไม่ก่อให้เกิดอาการผิดปกติใดๆ ที่สังเกตได้จากสัตว์ทดลอง) ซึ่งจะเป็น 100 เท่าของค่า safety factor ค่าที่ EPA กำหนดให้แอตราซีนปนเปื้อนในน้ำดื่มเท่ากับ 3 ppb เทียบได้เป็น 5,000 เท่าของค่า safety factor

### 2.2.7 การเปลี่ยนรูปของแอตราซีน

กลไกการเปลี่ยนรูปของสารแอตราซีนเกิดจากกระบวนการหลัก คือ N-dealkylation และ กระบวนการ Hydroxylation โดยสามารถเปลี่ยนรูปเป็น desethylatrazine (CIAT) และ desisopropylatrazine (CEAT) ได้โดยการสลายตัวโดยแสงและการสลายตัวโดยจุลินทรีย์ (biotic transformation) (Albanis *et al.*, 1998)



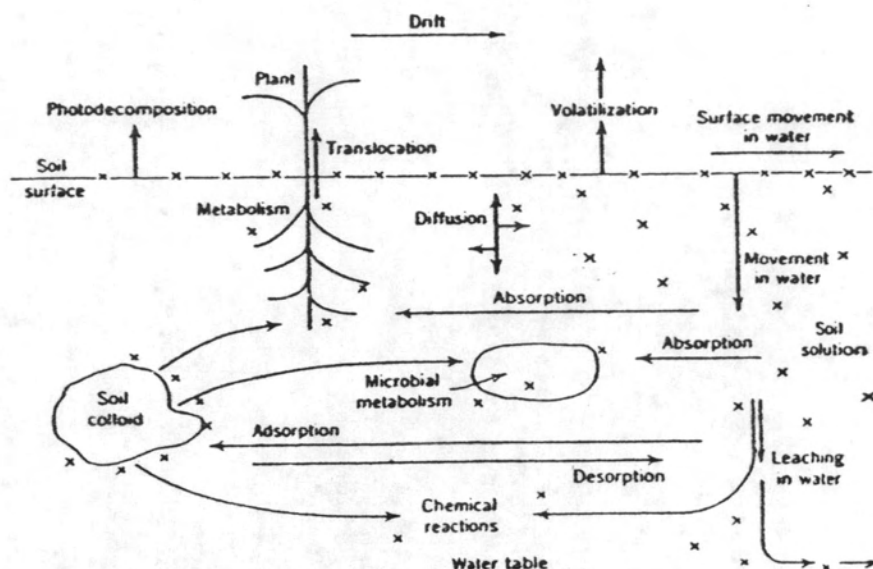
รูปที่ 2.2 แสดงการเปลี่ยนรูปของสารแอตราซีน (Donnelly, 1993)

การเปลี่ยนแปลงของสารแอสตราซินโดยแสง (photodecomposition) จัดเป็นกระบวนการทางเคมี เกิดเนื่องจากรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าหรือแสง ซึ่งอาจเกิดจากการทำปฏิกิริยากับแสงที่สารกำจัดวัชพืชดูดซับมาโดยตรง หรือแสงไปเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยากับสารเคมีอื่น พลังงานในแสงแดดเป็นตัวกระตุ้นการเกิดการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของสารกำจัดวัชพืช และส่วนใหญ่เกิดในสภาพที่มีแสงแดดจัด และสารกำจัดวัชพืชเป็นชนิดที่ทำปฏิกิริยากับแสง โดยปกติแล้วเป็นการยากที่จะแยกการสลายตัวโดยแสงออกจากกระบวนการอื่นๆ ในสภาพไร่ นา เช่นการระเหย การสลายตัวด้วยปฏิกิริยาเคมี และการสลายตัวโดยจุลินทรีย์ (อวัชชัย รัตนขเลศ, 2540)

กระบวนการเหล่านี้ที่เกิดขึ้นกับสารกำจัดวัชพืช อาจเป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียสารกำจัดวัชพืชออกไปจากดิน ทำให้ประสิทธิภาพของสารในการทำลายวัชพืชลดลงหรือก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำทั้งบนดินและใต้ดิน และเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหามลพิษในสิ่งแวดล้อม

#### 2.2.8 วิธีของสารกำจัดศัตรูพืชเมื่อลงไปในดิน

การแพร่กระจายของสารกำจัดศัตรูพืชในดินในการเพาะปลูกพืชนั้น เกษตรกรส่วนใหญ่ต้องใช้สารกำจัดศัตรูพืชทั้งก่อนปลูก ขณะที่พืชเจริญเติบโต ก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ดินจึงเป็นแหล่งรองรับสารเหล่านี้โดยตรง การกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในดินอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปในหลายลักษณะดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ได้แก่ สารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างอยู่ในดินบางส่วนจะเกิดการสลายตัวโดยแสง (Photodecomposition) บางส่วนจะเกิดการระเหย (Volatization) สารที่ปนเปื้อนไปกับน้ำผิวดินจะถูกชะล้างไปกับน้ำไหลบ่า (Surface movement) และบางส่วนจะชะล้างลงดินไปปะปนอยู่กับน้ำใต้ดิน (Leaching in ground water) สารกำจัดศัตรูพืชที่อยู่ในดินชั้นรากพืชบางส่วนจะถูกพืชสะสมไว้ในดิน โดยกระบวนการขนส่งอาหารและกระบวนการเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงต่างๆ อาจเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน หรือต่างเวลากันก็ได้ สารกำจัดศัตรูพืชบางชนิดอาจสลายตัวได้ง่ายเมื่ออยู่ในดิน แต่สารบางชนิดมีความคงทนสูง สามารถตกค้างสะสมได้เป็นเวลานาน สารที่สลายตัวยากมีความคงทนในธรรมชาติสูงจะส่งผลกระทบต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน และเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม



X = โมเลกุลของสารกำจัดศัตรูพืช

รูปที่ 2.3 แสดงวิถีของสารกำจัดศัตรูพืช (บุษราภรณ์ สุติ และพัชรี แสนจันทร์, 2534)

### 2.2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงทนของสารกำจัดศัตรูพืชในดิน

ลักษณะและสมบัติต่าง ๆ ของดินเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ และส่งผลต่อความคงทนของสารกำจัดศัตรูพืชในดิน เมื่อสารกำจัดศัตรูพืชลงไปในดิน จะมีการเปลี่ยนแปลงไปในหลายลักษณะ สารกำจัดศัตรูพืชที่สลายตัวยากมีความคงทนสูงจะส่งผลกระทบต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน การคงทนของสารกำจัดศัตรูพืชในดินขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับความเป็นกรดต่างในดิน อุณหภูมิของดิน อินทรีย์วัตถุในดิน ความชื้นในดิน การดูดซับของดิน และชนิดของสารกำจัดศัตรูพืช ในทวีปยุโรปมีกฎข้อบังคับให้ศึกษาผลกระทบของสารกำจัดศัตรูพืชต่อการเสื่อมของดิน การชะล้างของดิน การดูดซับของดิน และมลพิษทางน้ำ ในประเทศฮอลแลนด์และเดนมาร์กมีการศึกษาการหายใจของจุลินทรีย์ในดินและการแปรรูปของไนโตรเจนร่วมด้วย ส่วนในประเทศไทย การศึกษาหัวข้อดังกล่าวยังไม่ค่อยครอบคลุมอย่างเป็นระบบ การศึกษาการหายใจของจุลินทรีย์ในดินเป็นการประเมินศักยภาพของจุลินทรีย์ในการแปรสภาพสารประกอบอินทรีย์คาร์บอนให้เป็น สารอินทรีย์คาร์บอนคือ คาร์บอนไดออกไซด์ ทำได้โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ออกซิเจนหรือการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หรือทั้งสองอย่าง โดยออกซิเจนสามารถศึกษาจากการวัดความเข้มข้นของออกซิเจนที่ลดลงในระบบปิดด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า respirometer ส่วนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาสามารถวัดโดยวิธี GC Isotope Technique และวิธี Titration การศึกษาผลกระทบของสารกำจัดศัตรูพืชต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน โดยการวัดการหายใจของดินนั้น จัดว่าสำคัญอย่างยิ่งต่อพลวัตรของคาร์บอนในดินและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในดินนั้น



- ความเป็นกรด เป็นด่างของดิน

การสลายตัวของสารกำจัดวัชพืชกลุ่ม Organophosphate และกลุ่ม Carbonate จะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดต่างของดิน สารกลุ่ม Organophosphate จะสลายตัวได้ดีในสภาพของดินที่เป็นด่าง Diazinon จะสลายตัวได้ดีในสภาพดินที่เป็นกรด (Sathunathan and MacRae, 1969) สารในกลุ่ม Carbonates เช่นสารกำจัดแมลง Carbofuran จะสลายตัวได้เร็วในสภาพดินที่เป็นด่าง การคงทนของสารกำจัดแมลงในกลุ่ม Organochlorine ก็ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดต่างของดินด้วย เช่น Isomer - BHC และ DDT สามารถย่อยได้เร็วเมื่อดินเป็นด่าง (pH 9.5) ระดับความเป็นกรดต่างของดินนั้นเป็นปัจจัยทางอ้อมต่อการคงทนของสารกำจัดศัตรูพืช ทั้งนี้เพราะความเป็นกรดต่างมีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน

- อุณหภูมิของดิน

อุณหภูมิของดินเป็นปัจจัยที่มีผลต่อระดับการคงทนของสารกำจัดศัตรูพืชในดิน โดยเฉพาะในดินเขตร้อนที่มีอุณหภูมิสูงสามารถทำให้เกิดการระเหยของสารกำจัดศัตรูพืช และเพิ่มระดับกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน เช่น BCH สามารถสลายตัวได้เร็วในดินที่มีน้ำซัง ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มากกว่าที่ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นผลมาจากการที่กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้นและขณะเดียวกันเกิดการลดลงอย่างรวดเร็วของ Redox potential (Eh) ของดินที่ระดับอุณหภูมิสูงกว่า (Cho and Ponnamperna, 1971) ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า สารกำจัดศัตรูพืชสามารถย่อยสลายในสภาพของดินเขตร้อนได้ดีกว่าดินในเขตกึ่งร้อน

- อินทรีย์วัตถุของดิน

ความสำคัญของอินทรีย์วัตถุในดิน ทั้งที่เกิดขึ้นตามกระบวนการตามธรรมชาติ หรือใส่เพิ่มเข้าไปจะมีอิทธิพลต่อความคงทนของสารกำจัดศัตรูพืช ทั้งนี้เพราะกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (บุษราภรณ์ และพัชร, 2534) ดินในเขตร้อนจะมีอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า การใส่อินทรีย์วัตถุลงในดินจึงเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทั้งนี้เพราะดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงจะช่วยส่งเสริมการย่อยสลายของสารกำจัดแมลงกลุ่ม Chlorinated hydrocarbon ได้แก่พวก DDT endrin heptachlor และ Isomer ทั้ง 4 ของ BHC ซึ่งพบภายใต้สภาพน้ำซังของดินฟิลิปปินส์ (Castro and Yoshida, 1974) การเพิ่มอินทรีย์วัตถุ เช่น ฟางข้าว และ เซลล์ลูโลส ลงไปในดินน้ำซังที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำจะช่วยส่งเสริมการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืช แต่การส่งเสริมจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยในดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงอยู่แล้ว

- ความชื้นของดิน

โดยทั่วไปแล้วความชื้นจะมีความสัมพันธ์กับออกซิเจนในดิน ถ้าในดินมีความชื้นมาก กิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์จะลดลง ความชื้นในดินที่เหมาะสมต่อกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์คือ ความจุความชื้นของสนามดิน (field capacity) ลำดับความคงทนของสารกำจัดศัตรูพืชในดินโร่นั้น Chlorinated hydrocarbons จะคงทนได้มากกว่า Organophosphate และ Organophosphates จะมีความคงทนได้ใกล้เคียงกับ Carbamates ส่วนในดินที่มีน้ำขังกระบวนการหายใจแบบใช้ออกซิเจนของดินจะค่อย ๆ ลึกลง และกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะเริ่มมีบทบาทเด่นขึ้น การย่อยสลายภายใต้สภาพน้ำขังจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยสำหรับสารเคมีบางชนิด

- การใช้สารกำจัดศัตรูพืชร่วมกัน

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดในเวลาเดียวกันหรือหมุนเวียนใช้สารกำจัดศัตรูพืชในพื้นที่ปลูกพืชชนิดเดียว จะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมอย่างชัดเจน นอกจากนั้นตลาดการค้าของสารกำจัดศัตรูพืชมีมากมายหลายชนิดเพื่อใช้เพิ่มผลผลิตทางการเกษตร การใช้สารมากขึ้นก็มีผลต่อความคงทนในดินมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีข้อผิดพลาดจากการที่ไม่ได้ศึกษาข้อจำกัดของการใช้สารกำจัดศัตรูพืชพบอยู่เสมอ (Liang and Lichtenstein, 1974)

เมื่อใช้ Parathion อย่างเดียวในดินน้ำขังในเขตร้อนจะพบว่า Parathion มีความคงทนสั้น แต่ถ้าใช้ Benomyl ความเข้มข้น 5 ppm ร่วมกับ Parathion จะพบว่าความคงทนของ Parathion จะคงทนขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เพราะกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินถูกยับยั้ง (Sudhaker-Barik and Sethunathan, 1979)

ผลกระทบของการใช้สารกำจัดศัตรูพืชร่วมกันหรือการใช้เดี่ยวมีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินในการสลายสารกำจัดศัตรูพืช และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีซึ่งมีความสำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังนั้นการใช้สารกำจัดศัตรูพืชร่วมกัน อาจเป็นการทำให้สารนั้นตกค้างได้นานยิ่งขึ้น ทั้ง ๆ ที่สารนั้นควรจะถูกย่อยสลายได้เร็ว ดังเช่นกรณีของการใช้ benomyl-parathion ร่วมกัน

- การดูดซับและการปลดปล่อย

สารคอลลอยด์ในดินที่เป็นอินทรีย์สารได้แก่ แร่ซิลิเกต หรือแร่อะมิโนซิลิเกต และแร่ฮกไซต์ของเหล็กและอะลูมิเนียม และที่เป็นอินทรีย์สาร ได้แก่ ฮิวมัส นับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดูดซับและการปลดปล่อยของสารกำจัดศัตรูพืช การปลดปล่อยได้แก่ การสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืช การปลดปล่อยได้แก่ การสลายตัวโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและการลำเลียงตามธรรมชาติ

อินทรีย์วัตถุเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมากต่อการดูดซับของ Parathion (Wahid and Sethunathan, 1978)

กระบวนการทางชีวภาพ(Biodegradation) เป็นการย่อยสลายสารกำจัดวัชพืชโดยจุลินทรีย์ นับว่าเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญมากต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารกำจัดวัชพืชในสภาพแวดล้อม เนื่องจากจุลินทรีย์บางชนิดสามารถที่จะย่อยสลายสารกำจัดวัชพืชได้อย่างรวดเร็ว ให้กลายเป็นองค์ประกอบที่ไม่มีพิษ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทมากในการย่อยสลายสารกำจัดวัชพืชในดิน ได้แก่ เชื้อรา แอคติโนมัยซีต และแบคทีเรีย ปัจจัยที่จะทำให้บทบาทของจุลินทรีย์มีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณสารกำจัดวัชพืช ปริมาณและกลุ่มของจุลินทรีย์ และสภาพแวดล้อมในดิน เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณออกซิเจน (ธวัชชัย รัตนชเลข, 2540)

#### 2.2.10 เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้อง

ในรัฐมิสซิสซิปปี จนปัจจุบันเป็นเวลากว่า 40 ปี นับตั้งแต่แอทราซินขึ้นทะเบียนเป็นสารกำจัดวัชพืชในไร่ข้าวโพดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2502 และเมื่อไม่นานมานี้ได้ทำการตรวจพบว่า แอทราซินได้เริ่มมีปัญหาเกี่ยวกับน้ำดื่ม น้ำบริโภคจากแหล่งน้ำรวมทั้งน้ำใต้ดินด้วย ได้มีการสำรวจบ่อน้ำมากกว่า 2,000 แห่ง พบว่ามีสารแอทราซินปนเปื้อน 13.5% ในจำนวนนี้ 1% เกิน 3 ppb (3 ส่วนในพันล้านส่วน) โดยที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม, EPA แห่งสหรัฐอเมริกา กำหนดค่าที่ยอมให้มีแอทราซินในน้ำดื่มไว้ 3 ppb จากผลการตรวจสอบดังกล่าวสรุปได้ว่า สาเหตุมาจากการใช้สารในปริมาณมาก ใช้ในบริเวณแปลงพืชกว้างขวางมากด้วย ภายหลังการฉีดพ่นลงบนดินและแปลงพืช ถึงแม้แอทราซินจะละลายน้ำได้ปานกลางก็ตาม รวมทั้งปฏิกิริยาทางเคมีในน้ำ จุลินทรีย์ ระยะเวลา ความชื้น และสภาพภูมิอากาศจะทำให้สารออกฤทธิ์สลายตัวลงได้เรื่อยๆก็ตาม ซึ่งวงจรครึ่งชีวิต (half life) บนผิวดินราว 60 วัน ถ้าอยู่ใต้ผิวดินหรือในน้ำจะมีระยะเวลานานกว่า จึงเป็นสาเหตุหลายประการดังกล่าวที่ทำให้ผลการตรวจวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ตรวจพบได้ที่ผิวดิน ในน้ำ และในน้ำใต้ดินได้บ่อยครั้ง ความเป็นพิษของแอทราซินต่อคนและสัตว์ มีมากน้อยขนาดไหน การวัดค่าความเป็นพิษต่างๆ วิธีการ ยกตัวอย่าง เช่นค่าความเป็นพิษเฉียบพลัน ( $LD_{50}$ ) เมื่อให้สัตว์ทดลองกินแอทราซินทางปากเท่ากับ 5.1 กรัม/น้ำหนักสัตว์ทดลอง 1 กิโลกรัม มีอัตราตายครึ่งหนึ่งของสัตว์ทดลอง เปรียบเทียบง่าย ๆ กับน้ำหนักคน 68 กิโลกรัม ตาย 50 ใน 100 คน เมื่อกินแอทราซิน 340 กรัม เปรียบเทียบให้ง่ายขึ้นอีก ถ้ากินเกลือแกง 226.8 หรือกินแอลกอฮอล์ 70.9 กรัม คนที่มีน้ำหนักตัว 68 กิโลกรัมจะตาย 50 ใน 100 คน ตัวเลขดังกล่าวจะเห็นได้ว่า แอทราซินมีค่าความเป็นพิษต่ำ คน สัตว์ ไม่กินแอทราซินโดยตรง แต่จะได้รับจากอาหาร พืช ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ น้ำดื่ม เป็นต้น ดังนั้นการประเมินค่าความเป็นพิษเรื้อรังกับสัตว์ทดลอง ซึ่งเป็นวิธีวัดค่าหรือประเมินค่าความเป็นพิษอีกวิธีหนึ่ง แต่สำหรับแอทราซินจะกระทำในห้องทดลองได้ยากและไม่อาจกระทำได้กับสัตว์ทดลองหลายช่วงอายุ จึงใช้การประเมินค่าความเสี่ยงภัยจากการวัดค่าความเป็นพิษเฉียบพลัน

### 2.2.11 การย่อยสลายทางชีวภาพ (biodegradation)

ในปัจจุบันพบว่า มีผู้ที่สนใจทำการศึกษาและ วิจัยเกี่ยวกับการย่อยสลายสารเคมีโดยสิ่งมีชีวิตเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับการทำเกษตรกรรม ซึ่งพบว่า มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมและยากต่อการย่อยสลายได้ วิธีการย่อยสลายทางชีวภาพ (biodegradation) จัดเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยลดปัญหาการตกค้างของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมได้

การย่อยสลายทางชีวภาพ (biodegradation) หมายถึง ความสามารถของสารที่สามารถย่อยสลายให้เป็นอนุภาคเล็กๆและไม่เป็นสารตกค้างในสิ่งแวดล้อมด้วยสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (microorganism) เช่น สารทำความสะอาด (detergent) ยาฆ่าแมลง (pesticide) และสารประกอบชนิดอื่นๆ ที่อาจแตกตัวทางเคมี ด้วยแบคทีเรีย รา ยีสต์ และหรือปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ กล่าวคือ สารชนิดที่มีโครงสร้างแบบกิ่ง (branched chain alkyl benzene sulfonate ,ABS) จะย่อยสลายได้ยากกว่าสารที่มีโครงสร้างแบบเส้นตรง (linear alkyl benzene sulfonate ,LAS) และยาฆ่าแมลงนิยมใช้สาร organophosphorus มากกว่า dichlorodiphenyltrichloroethane, (DDT) ทั้งที่มีพิษมากกว่า เนื่องจากสาร organophosphorus สามารถย่อยสลายได้ดีกว่า DDT. และอนุพันธ์ของ DDT จากเอกสารทางวิชาการพบว่าสารเคมีที่ย่อยสลายง่ายได้แก่ n-propanol, ethanol, benzoic acidethyl

การย่อยสลายทางชีวภาพเป็นประโยชน์ อย่างมากต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การกำจัดมลพิษในดินด้วยกระบวนการทางชีววิทยา ที่สนามกีฬาแห่งชาติประเทศฝรั่งเศส บริษัท Krebs ได้ทำการวิจัยร่วมกับ INRA หรือสถาบันวิจัยพันธุ์พืชแห่งชาติ เพื่อนำเชื้อราตระกูล Filamentous มาใช้ในการย่อยสลายมลพิษ เทคโนโลยีนี้ถูกนำมาใช้เพื่อทำความสะอาดดินที่ปนเปื้อน Pyralene ที่ก่อให้เกิด Dioxin ที่เป็นอันตรายได้ ซึ่งวิธีนี้จะทำให้เกิดการย่อยสลายมลพิษในระยะเวลาไม่กี่เดือน แต่ ถ้าปล่อยให้กระบวนการเป็นไปตามธรรมชาติจริง ๆ จะต้องใช้เวลาถึงหลายศตวรรษ การกำจัดขยะแบบชีวภาพ และการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ ก็เป็นอีกตัวอย่าง ของการนำเอาการย่อยสลายทางชีวภาพมาใช้ประโยชน์ สารประกอบที่มีการย่อยสลายทางชีวภาพได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ จะไม่มีสารตกค้างที่ก่อให้เกิดมลพิษแก่สิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามการย่อยสลายในขั้นตอนสุดท้าย เท่านั้น ที่จะเป็นตัวบ่งชี้ว่ากระบวนการย่อยสลายเกิดได้อย่างสมบูรณ์

Cornell University (2006) ได้ให้ความหมายของ การย่อยสลายทางชีวภาพ ว่าเป็นกระบวนการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่โดยวิถีทางตามธรรมชาติ การย่อยสลายทางชีวภาพนี้ ทำให้เกิดการหมุนเวียนของสารของสารอินทรีย์ในธรรมชาติ ซึ่งกระบวนการย่อยสลายนี้จะเกิดขึ้นโดยเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย, รา, แมลง, หนอน หรือจุลินทรีย์อื่น ๆ ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะใช้ของเสียปัจจัยที่มีผลต่อความคงทนของสารกำจัดศัตรูพืชในดิน

ลักษณะและสมบัติต่าง ๆ ของดินเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ และส่งผลต่อความคงทนของสารกำจัดศัตรูพืชในดิน

- ความเป็นกรด เป็นด่างของดิน

การสลายตัวของสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม Organophosphate และกลุ่ม Carbonate จะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดต่างของดิน สารกลุ่ม Organophosphate จะสลายตัวได้ดีในสภาพของดินที่เป็นด่าง Diazinon จะสลายตัวได้ดีในสภาพดินที่เป็นกรด (Sethunathan and MacRae, 1969) สารในกลุ่ม Carbonates เช่นสารกำจัดแมลง Carbofuran จะสลายตัวได้เร็วในสภาพดินที่เป็นด่าง การคงทนของสารกำจัดแมลงในกลุ่ม Organochlorine ก็ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดต่างของดินด้วย เช่น Isomer - BHC และ DDT สามารถย่อยได้เร็วเมื่อดินเป็นด่าง (pH 9.5) ระดับความเป็นกรดต่างของดินนั้นเป็นปัจจัยทางอ้อมต่อการคงทนของสารกำจัดศัตรูพืช ทั้งนี้เป็นเพราะความเป็นกรดต่างมีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน

- คุณภูมิของดิน

ซากพืช ซากสัตว์เป็นอาหารและเปลี่ยนรูปเป็นสารอินทรีย์เป็นวัฏจักร โดยของเสียที่ถูกผลิตออกมาโดยกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง จะถูกนำไปใช้เป็นสารอาหารสำหรับจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ได้ โดยสารอาหารและพลังงานเหล่านี้จะเกิดขึ้นในระหว่างที่มีการย่อยสลายซากพืช ซากสัตว์ นอกจากนี้ Cornell University (2006) ยังกล่าวไว้ว่า การปนเปื้อนของสารต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญที่มีส่วนทำให้กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพเกิดได้ช้าลงแต่ยังมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสารต่าง ๆ เหล่านั้นได้ ถ้ามีการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของจุลินทรีย์เหล่านั้น

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Donnelly (1993) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับความสามารถของรา mycorrhiza และ free living microorganism ในการย่อยสลายสาร 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) และ 2-chloro-4-ethylamino-6-isopropylamino-s-triazine (atrazine) ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ และ 4 มิลลิโมลาร์ถูกนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในการทดลอง หลังจากทำการทดลองเป็นระยะ 8 สัปดาห์ที่มีความเข้มข้นของ 2,4 - dichlorophenoxyacetic (2,4-D) ที่ 4 มิลลิโมลาร์ปรากฏว่าไม่มีจุลินทรีย์ใดสามารถเจริญเติบโตในอาหารเลี้ยงเชื้อได้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อลดความเข้มข้นของ 2,4 - dichlorophenoxyacetic (2,4-D) เป็น 1 มิลลิโมลาร์ พบว่า *Phanerochaete chrysosporium* 1767 สามารถเจริญเติบโตได้ที่ทุกความเข้มข้นของไนโตรเจน เมื่อทำการทดสอบการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิดที่สภาวะความเข้มข้นของแอมโมเนียมทั้ง 2 ความเข้มข้น ผลปรากฏว่าพบแอมโมเนียม

มีความเข้มข้นสูงสุดในเนื้อเยื่อของ *Hymenoscyphus ericae* 1318 และนอกจากนี้ยังพบว่าที่ทุกสภาวะการทดลองเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนจะส่งผลทำให้อัตราการย่อยสลายสารกำจัดศัตรูพืชเพิ่มขึ้นด้วย

Masaphy (1996) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับประสิทธิภาพการย่อยสลายสารแอทรราชินโดยรากกลุ่ม Lignocellulolytic สายพันธุ์ *Pleurotus pulmonarius* ที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิกิริยาการหมัก (Fermentation) พบว่า ในปฏิกิริยาการเปลี่ยนโครงสร้างของแอทรราชินโดยราไวท์รอกที่เลี้ยงในเส้นใยฝ้ายผสมกับเมล็ดข้าวสาลีและฟางข้าว พบว่าปริมาณแอทรราชินที่ถูกย่อยสลายจะแปรผกผันกับปริมาณการสร้างเมทานอล เช่นเดียวกับ อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนรูปและการดูดซับบนฟางข้าวของแอทรราชินที่เพิ่มขึ้นด้วย นอกเหนือจากการสลายตัวด้วยแสงที่ตรวจสอบได้โดยการติดฉลากคาร์บอน-14 การย่อยสลายแอทรราชินที่สมบูรณ์จะเกิดขึ้นหลังจากสัปดาห์ที่หก

Khromonygina et al. (2004) ได้ทำการศึกษาการผลิตเอนไซม์ เซเลโบไฮโดส ดีไฮโดรจิเนส (CDH) ในช่วงที่เส้นใยของราที่ไม่มีการสร้างสปอร์ที่คัดแยกมาได้จากดินที่มีการปนเปื้อนของยาฆ่าประเภทไดออกซินในเขตตอนใต้ของประเทศเวียดนาม ราประเภทนี้สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่มีความเข้มข้นของแอทรราชินระดับสูง (500 มิลลิกรัมต่อลิตร) จากผลการทดลองพบว่าที่ความเข้มข้นของแอทรราชิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร โคลินิของราแผ่กว้างได้ 1.5 เท่าและ 1.2 เท่าตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับ การเจริญเติบโตของราที่ระยะเวลาเดียวกันเมื่อไม่เติมแอทรราชิน โดยที่การเจริญเติบโตของราในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีการเติมแอทรราชิน 500 มิลลิกรัมต่อลิตรจะมีการเจริญเติบโตของราช้ากว่าการเจริญเติบโตของราในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีการเติมสารแอทรราชิน

การเจริญเติบโตของราบนพื้นผิวของอาหารสังเคราะห์ที่มีการเติมกลูโคสเพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ส่งผลทำให้มีการลดลงของสารแอทรราชิน (20 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลา 40 วัน การลดลงของแอทรราชินเกิดจากการที่ราผลิตเอนไซม์เซเลโบไฮโดส ดีไฮโดรจิเนส (CDH) ออกมาทำการย่อยสลายซึ่งค่าของแอทรราชินที่ตรวจพบไม่รวมไปถึงแอทรราชินที่อยู่ในเส้นใยของรา

การใช้แอทรราชินซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชของเกษตรกรในไร่อ้อย อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการปนเปื้อนในดิน แหล่งน้ำผิวดิน และแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งส่งผลกระทบต่อทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ โดยมีการศึกษาพบว่าแอทรราชินเกี่ยวข้องกับการพัฒนาที่ผิดปกติในสัตว์หลายชนิด การศึกษาการดูดซับสารกำจัดวัชพืชแอทรราชิน (2 - chloro-4(ethylamino)-6- (isopropylamino) -s-triazine) เพื่อวิเคราะห์หาสมการไอโซเทอมการดูดซับ โดยทำการทดลองในดิน 2 ชนิดที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน คือดินชุดที่ 1 (ดินกำแพงแสน เป็นดินในพื้นที่ไร่อ้อย อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม) และดินชุดที่ 2 (ดินบ้านบึง เป็นดินในพื้นที่ไร่อ้อย อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี)

Nishimura (2001) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับความสามารถของยีสต์สายพันธุ์ *Lipomyces starkeyi* ในการย่อยสลายสารแอสตราซิน พบว่า *L. starkeyi* มีอัตราการเจริญและขนาดของโคโลนีเพิ่มขึ้น โดยแปรผันตรงกับปริมาณของสารแอสตราซินที่ใช้ในการทดลอง

Bending และคณะ (2002) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับความสามารถของรา ไวท์รอต (White rot Fungi) ในการย่อยสลายสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในกลุ่ม s-triazine พบว่า ราสายพันธุ์ *Coriolus versicolor*, *Hypholoma fasciculare* และ *Stereum hirsutum* มีความสามารถในการย่อยสลายสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชทุกชนิดที่ใช้ทดสอบ และหลังจาก 42 วัน พบว่า *C. versicolor*, *H. fasciculare* และ *S. hirsutum* มีอัตราการย่อยสลาย diuron, atrazine และ terbuthylazine มากกว่า 86 เปอร์เซ็นต์

ตุนพงษ์ อภิวัดน์การุญ (2548) ได้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน พบว่าดินทั้งสองมีปริมาณสารอินทรีย์วัตถุแตกต่างกันโดยดินชุดที่ 1 มีลักษณะเป็นดินเหนียว มีปริมาณอินทรีย์วัตถุคิดเป็น 0.95% ในขณะที่ดินชุดที่ 2 ที่มีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย มีปริมาณสารอินทรีย์วัตถุคิดเป็น 0.60% ส่วนความเป็นกรด-ด่าง ดินชุดที่ 1 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.82 และดินชุดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 7.08 ในการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งทดสอบจุลศาสตร์การดูดซับเพื่อศึกษาหาระยะเวลาสมดุลของเวลาสัมพัทธ์ พบว่าใช้เวลา 1440 นาที ในการเข้าสู่สมดุล และส่วนที่สองทดสอบไอโซเทอมการดูดซับเพื่อศึกษาหาความจุการดูดซับ ( $K_f$ ) อธิบายโดยไอโซเทอมของฟรุนดลิช พบว่า ดินชุดที่ 1 ซึ่งมีปริมาณสารอินทรีย์วัตถุมากกว่าดินชุดที่ 2 มีค่าความจุการดูดซับสูงกว่านั่นเอง และความแข็งแรงของพันธะในการดูดซับ ( $1/n$ ) ดินชุดที่ 1 มีค่ามากกว่าดินชุดที่ 2