บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หนอนใยผัก *P. xylostella*

หนอนใยผักเป็นแมลงที่มีความสำคัญมากและพบระบาดทำลายพืชผักทุกพื้นที่เพาะปลูก (วีรเทพ, 2545) ได้รับการรายงานอย่างเป็นทางการว่าพบครั้งแรกที่ออสเตรเลียนานกว่าหนึ่งร้อยปีมาแล้ว (Tryon, 1889) หนอนใยผักระบาดในทุกทวีปทั่วโลก (Harcourt, 1956) ครอบคลุมกว่า 128 ประเทศ (Salinas, 1972) ทำให้หนอนใยผักถูกจัดเป็นศัตรูที่สำคัญที่สุดของพืชตระกูลกะหล่ำทั่วโลก (Haseeb & Jones, 2003; Hill, 1979; Sivapragasam et al., 1997; Talekar, 1992; Talekar & Shelton, 1993) นอกจากนี้หนอนใยผักสามารถพัฒนาสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้ทุกกลุ่ม (Sawicki & Denholm, 1984; Nemoto, 1986; Tabshnik et al., 1987; Scott, 1989; Ismail & Wright, 1991; Sun,1992; Tabashnik et al., 1992; Yu & Nguyen, 1992; Furlong & Wright, 1994; Saito et al., 1995; Baker & Kovaliski, 1999; Perez et al., 2000; Zhao et al., 2002) และสามารถเจริญเติบโตได้แม้ในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 5 °C หรือสูงกว่า 37°C (Arkhipov, 1980) หนอนใยผักเป็นศัตรูหลักของพืชวงศ์กะหล่ำในอินเดีย (Krishnamoorthy, 2002; Mohan & Gujar, 2003), สหรัฐอเมริกา (Yu & Nguyen, 1996), เม็กซิโก (Zhao et al., 2002), แอฟริกา (Waladde, et al., 2001) รัสเซีย (Kutsenin, 1980), นิวซีแลนด์ (Cameron et al., 1997), เกาหลี (Sangki & Yonggyun, 2004), มาเลเซีย (Ooi, 1979), ฟิลิปปินส์ (Valmayor & Tiamzon, 1988), สาธารณรัฐประชาชนจีน (Liu et al., 1997) และไทย (วีรเทพ, 2528)

หนอนใยผักเป็นศัตรูที่สำคัญและเป็นปัญหาที่รุนแรงในเขต tropics และ subtropics มานานแล้ว (Talekar, 1992) โดยในพื้นที่แถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้พบว่า หนอนใยผักสามารถทำความเสียหายให้แก่ผลผลิตได้ถึง 90% (Verkerk & Wright, 1996) และที่ประเทศเคนยา Macharia et al. (2005) พบว่าพื้นที่ปลูกกะหล่ำที่มีหนอนใยผักระบาดนั้น ได้ผลผลิตเฉลี่ยเพียง 1.39 ตัน/เฮกแตร์ ในขณะที่พื้นที่ที่ไม่มีการระบาดนั้น ให้ผลผลิตเฉลี่ย 17.7 ตัน/เฮกแตร์ การควบคุมโดยการใช้สารฆ่าแมลงมีประวัติมายาวนานกว่า 40 ปี (Talekar & Shelton, 1993) ในแต่ละปี ทั่วโลกมีค่าใช้จ่ายในการ

ควบคุมหนอนใยผักคิดเป็นมูลค่าประมาณ หนึ่งพันล้านเหรียญสหรัฐ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นค่าสารเคมี (Talekar, 1992) และเป็นที่ยอมรับว่าการใช้สารฆ่าแมลงในการกำจัดหนอนใยผัก มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ทุกปี (Shelton et al., 1993; Kibata, 1996; Liu & Sparks, 1999)

สารฆ่าแมลงชนิดแรกที่พบว่าหนอนใยผักสามารถสร้างความต้านทานได้คือ p, p'-dichloro, diphynyl, 1,1,1-trichloroethane (DDT) นอกจากนี้ยังมีการสร้างความต้านทานอย่างสูงต่อสารฆ่าแมลงกลุ่ม Pyrethroids 6 ชนิดและสร้างความต้านทานปานกลางต่อสารกลุ่ม Organophosphate, Carbamate และ Cyclodiene (Yu & Nguyen, 1992) และเมื่อเวลาผ่านไปเพียง 4 ปี พบว่าหนอนใยผักสร้างความต้านทานอย่างสูงต่อสารฆ่าแมลงกลุ่ม Pyrethroids 8 ชนิดที่นำมาทดสอบ ได้แก่ permethrin, bifenthrin, cypermethrin, fenvalerate, esfenvalerate, lambda-cyhalothrin, fluvalinate และ tralomethrin แต่อ่อนแอต่อสารกลุ่ม Organophosphate (chlorpyrifos, methyl parathion, methamidophos และ diazinon) กลุ่ม Carbamate (methomyl, carbofuran และ thiodicarb) กลุ่ม Cyclodiene (endosulfan) กลุ่ม Chloronicotinyl (imidacloprid) กลุ่ม Avermectins (abamectin) และ กลุ่ม Microbial (Bt) (Yu & Nguyen, 1996) ในการทดลองเปรียบเทียบความต้านทานของหนอนใยผักจาก 3 ประเทศได้แก่ สหรัฐอเมริกา เมกซิโก และไทย ที่มีต่อสาร spinosad พบว่าหนอนใยผักส่วนใหญ่อ่อนแอต่อสารชนิดนี้ ยกเว้นหนอนใยผักที่มาจากสองพื้นที่คือ ฮาวาย และอำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี ที่มีความต้านทานต่อสาร spinosad แต่อ่อนแอต่อ emamectin benzoate และ indoxacarb (Zhao et al., 2002) จากการศึกษาในประเทศเกาหลีพบว่าหนอนใยผักสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงกลุ่ม organophosphate, carbamate และ pyrethroids โดยเฉพาะสารกลุ่ม organophosphate เป็นปัญหาสำคัญมากเพราะหนอนใยผักในหลายพื้นที่สร้างความต้านต่อสารกลุ่มนี้ (Lee et al., 1993; Kim et al., 2001)

หนอนใยผักทำความเสียหายรุนแรงที่สุดกับพืชผักกระกูลกะหล่ำในเขตพื้นที่ราบภาคกลาง เนื่องจากหนอนใยผักได้สร้างความต้านทานต่อสารกำจัดแมลงเกือบทุกชนิด (Rushtapakornchai et al., 1992) และสามารถสร้างความต้านทานได้รวดเร็วมากเพราะมีชีพจักรสั้นประมาณ 14-28 วัน (Sayyed & Wright, 2002) ในประเทศไทยหนอนใยผักมีการเจริญเติบโตได้มากกว่า 20 รุ่นในหนึ่งปี จึงสามารถสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้ภายในหนึ่งปี (Rowell et al., 2005) และจากการสำรวจการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูผักในแหล่งปลูกทั่วประเทศพบว่าในการพ่นสารแต่ละครั้งเกษตรกร 82 % ใช้สารมากกว่า 1 ชนิด (กองวัตถุมีพิษการเกษตร, 2538) ซึ่งเป็นการเร่งให้หนอนใยผัก

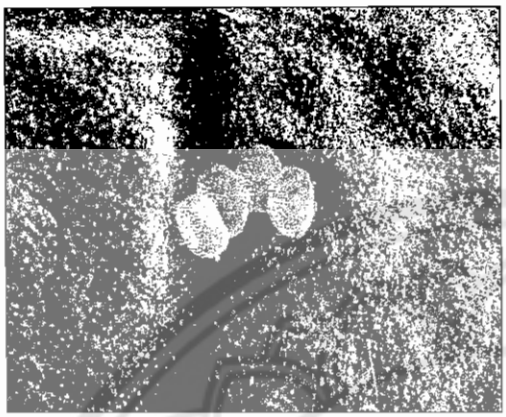
สามารถพัฒนาสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้รวดเร็วและมากชนิด ซึ่งยากต่อการป้องกันกำจัดในที่สุด (ธีรพล และคณะ, 2519; วินัย, 2535; อนันต์ และวินัย, 2521) การแก้ไขโดยการนำสารฆ่าแมลงชนิดใหม่เข้ามาใช้ควบคุมจึงไม่ได้เป็นวิธีที่แก้ไขได้อย่างสมบูรณ์ เพราะแมลงก็จะสามารถสร้างความต้านทานขึ้นอีกเช่นเดิม นอกจากนี้ การใช้สารเคมีเกินความจำเป็นทำให้เกษตรกรผู้ใช้มีปัญหาทางด้านสุขภาพ เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีในดินและน้ำ และมีสารตกค้างในพืชผัก รวมทั้งสารพิษเหล่านี้ยังไปทำลายแมลงศัตรูธรรมชาติอย่างร้ายแรงยิ่งกว่าไปควบคุมและกำจัดแมลงศัตรูพืช การใช้สารเคมีปราบศัตรูพืชจึงเป็นสาเหตุใหญ่ในการจำกัดการนำเอาศัตรูธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมหนอนใยผักโดยชีววิธี (กรมวิชาการเกษตร, 2547; พิมลพร, 2544; Amano & Haseeb, 2001; Ascher, 1993; Haseeb & Amano, 2002; Macharia et al., 2005; Raju, 1996) เพราะสารฆ่าแมลงนั้นมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อศัตรูธรรมชาติ ทั้งพิษเฉียบพลัน พิษเรื้อรัง อาจมีผลต่อช่วงชีวิต อัตราการเบียน และพฤติกรรมอื่น ๆ (Ruberson et al., 1998) วิธีการป้องกันกำจัดแมลงแบบผสมผสานจึงถูกนำมาใช้ปรับปรุงวิธีการใช้สารฆ่าแมลงให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น เลือกใช้วิธีพ่นสารหรือระยะเวลาในการพ่นสารให้เหมาะสม และให้มีอันตรายต่อแมลงศัตรูธรรมชาตินิ้อยที่สุด เพื่อที่แมลงศัตรูธรรมชาตินั้น ๆ จะได้มีโอกาสช่วยทำลายศัตรูพืชได้ด้วย ดังนั้นวิธีการป้องกันกำจัดโดยใช้สารฆ่าแมลง ร่วมกับวิธีการป้องกันกำจัดโดยวิธีทางชีวภาพ จึงเป็นตัวอย่างที่ใช้กันอยู่เสมอเมื่อมีการกล่าวถึงการป้องกันกำจัดแบบผสมผสาน จนกระทั่งทุกวันนี้การเลือกหาสารฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชและมีฤทธิ์เฉพาะ (selective insecticide) ได้กลายมาเป็นส่วนสำคัญที่สุดของการบริหารศัตรูพืช (Greathead, 1995; Haseeb, 2001; Haseeb et al., 2000; Jepson, 1989; Rabb, 1970; Saito et al., 1991)

ชีววิทยาของหนอนใยผัก

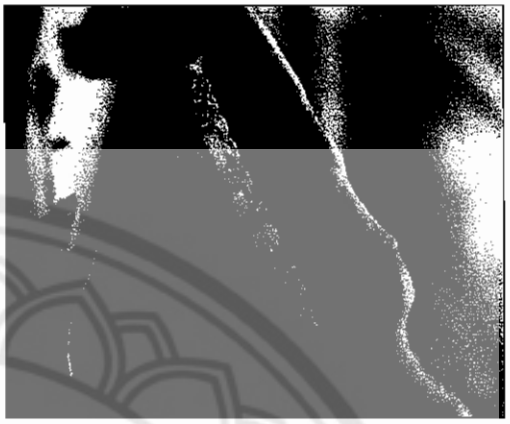
หนอนใยผัก เป็นหนอนที่มีขนาดเล็กที่สุดในบรรดาหนอนผีเสื้อศัตรูผัก ชอบวาง ไข่ตามใต้ใบเป็นฟองเดี่ยว ๆ หรือเป็นกลุ่มติดกัน 2 – 5 ฟอง ไข่มีขนาดเล็กมาก ค่อนข้างแบนและยาวรี ไข่มีสีเหลืองอ่อนเป็นมัน มีผิวขรุขระ ระยะการเป็นไข่ 1 – 2 วัน ผีเสื้อหนอนใยผักตัวเมีย 1 ตัว สามารถวางไข่ได้สูงสุด 233.50 ฟอง ตัวหนอนวัยที่ 1 มีขนาดลำตัวยาวประมาณ 1.5 มิลลิเมตร มีอายุประมาณ 1 - 3 วัน หนอนวัยที่ 2 มีขนาดลำตัวยาวประมาณ 3.5 มิลลิเมตร มีอายุประมาณ 1 – 3 วัน ส่วนใหญ่พบในบริเวณใต้ใบโดยเฉพาะบริเวณใกล้ยอด กัดแทะส่วนใต้ใบและทิ้งผิวใบด้านบนไว้ ใน

บางครั้งพบว่ามีพฤติกรรมเป็นแบบหนอนชอนใบบ้าง หนอนวัยที่ 3 และ 4 มีขนาดลำตัวยาวประมาณ 4 - 5 และ 9 - 10 มิลลิเมตร ตามลำดับ หนอนทั้ง 2 วัยมีผนังลำตัวหนาขึ้นมากและมีสีหลายสีขึ้นอยู่กับอาหารและความชื้น ตามปกติมีสีเขียวและขาวขุ่น ส่วนหัวมีสีน้ำตาลอ่อน ตามตัวมีขนสีน้ำตาลหรือดำปกคลุมอยู่ทั่วไป หนอนส่วนใหญ่กัดแทะส่วนใต้ใบและเหลือส่วนผิวด้านบนไว้ ในบางครั้งอาจกัดทะลุเป็นรูพรุนได้ และบ่อยครั้งที่พบว่าหนอนเจาะกัดกินลำต้นด้วย มีช่วงการเจริญเติบโตประมาณ 1 - 3 และ 3 - 4 วัน ตามลำดับ ในช่วงสุดท้ายของการเป็นหนอนมักพบหนอนตามซอกใบและถักใยสีขาวใสเป็นรูปกระสวยเปิดหัวเปิดท้ายหุ้มตัวเองและหยุดนิ่งประมาณ 1 วัน จากนั้นจึงลอกคราบเป็นดักแด้ รวมระยะเวลาการเจริญเติบโตในระยะหนอน ประมาณ 6 – 17 วัน ดักแด้มีรูปร่างแบบ obtect มีขนาดยาวประมาณ 7 – 8 มิลลิเมตร เมื่อเข้าดักแด้ใหม่ ๆ จะมีสีเขียวค่อนข้างใส หลังจากนั้นสีจะค่อย ๆ จางลงจนเป็นสีเหลืองอ่อน เมื่อดักแด้ใกล้จะออกเป็นตัวเต็มวัย บริเวณที่เป็นส่วนของ ปีก ขา และหนวด จะมีสีน้ำตาลอ่อนสลับสีน้ำตาลเข้ม ส่วนบริเวณที่จะเป็นตารวมนั้น จะพัฒนาจากสีเขียวเป็นสีชมพูและดำในที่สุด ดักแด้จะใช้เวลาในการเจริญเติบโตประมาณ 2 – 4 วัน จึงออกเป็นตัวเต็มวัย (ภาพ 1) ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืน ลำตัวยาว 7 – 8 มิลลิเมตร สีน้ำตาลอ่อนกับเทาอ่อนจนกระทั่งสีน้ำตาลเข้ม บนสันหลังของปีกคู่หน้าจะมีรอยแถบสีเหลืองขาวตามยาวของลำตัว ตามปกติตัวผู้จะมีสีเข้มสด และมีขนาดเล็กว่าตัวเมีย หนวดเป็นแบบเส้นด้าย เมื่อเกาะนิ่งอยู่กับที่มักจะวางหนวดชี้ไปทางด้านหน้า อาหารของตัวเต็มวัยคือน้ำหวาน ช่วงการดำรงชีวิตในระยะตัวเต็มวัย เพศผู้มีอายุประมาณ 16 – 19 วัน เพศเมียมีอายุประมาณ 10 – 11 วัน รวมระยะเวลาในการพัฒนาตลอดชั่วอายุ 20 – 43 วัน (วีรเทพ, 2528) หนอนใยผักสามารถทำลายพืชผักได้หลายชนิด เช่น คะน้า กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก ผักกาดหัว ผักกาดขาวปลี กะหล่ำปม กวางตุ้ง ผักกาดเขียวปลี บล็อกโคลี่ ฯลฯ (ณรรฐพล, 2526)

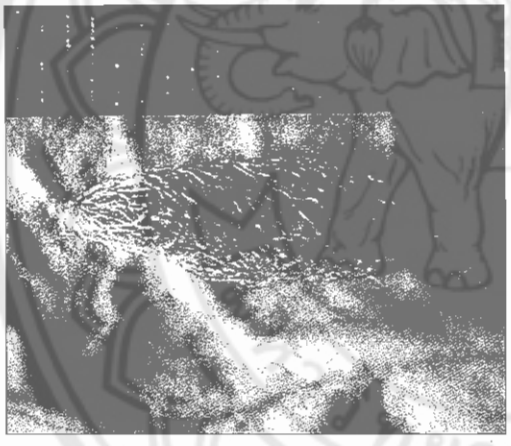
การทำลายเริ่มหลังจากหนอนฟักออกจากไข่ โดยในระยะแรก พบว่าหนอนมีพฤติกรรมคล้ายกับหนอนชอนใบ เมื่อโตขึ้นจะแทะผิวใบด้านล่างและทิ้งผิวใบด้านบนไว้ ในกรณีที่มีการระบาดรุนแรง หนอนจะกัดกินใบจนเป็นรูพรุนเหลือแต่ก้านใบ ถ้าเกิดกับผักในระยะที่ยังอ่อนอยู่ หนอนจะกัดทำลายส่วนยอดจนหยุดชะงักการเจริญเติบโต สำหรับผักในระยะที่ออกดอกติดฝัก ดอกและฝักจะถูกทำลายหมดได้ (อนันต์ และวินัย, 2524) ช่วงที่ปริมาณน้ำฝนมีมากประชากรหนอนใยผักจะลดน้อยลง (Harcourt, 1963; Kirk et al., 1993) เมื่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงจะทำให้ประชากรหนอนใยผักลดลงด้วยเช่นกัน (Koshihara, 1986)



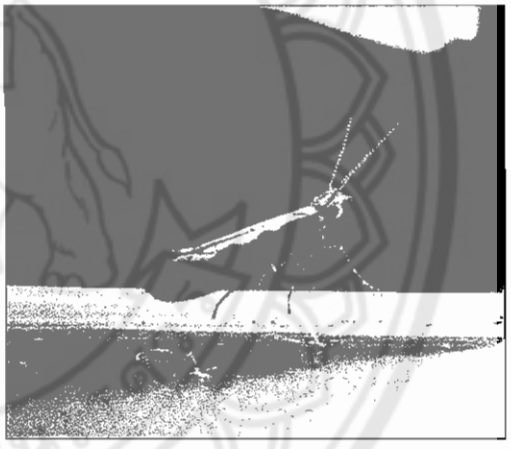
(ก.)



(ข.)



(ค.)



(ง.)

ภาพ 1 วงจรชีวิตของหนอนใยผัก

ก. ระยะไข่

ข. ระยะตัวหนอน

ค. ระยะดักแด้

ง. ระยะตัวเต็มวัย

ที่มา : คณิตา ทองเจริญ

ศัตรูธรรมชาติของหนอนใยผัก

ศัตรูธรรมชาติของหนอนใยผักนั้นมีมากกว่า 90 ชนิด (Goodwin, 1979) ในจำนวนนี้เป็นแตน เบียนในทุกระยะของหนอนใยผัก มากกว่า 50 ชนิด (Lim, 1986) บางชนิดมีอยู่ในธรรมชาติของประเทศไทย บางชนิดมีการนำเข้ามาจากต่างประเทศ การนำแมลงศัตรูธรรมชาติจากต่างประเทศเข้ามาเพื่อควบคุมประชากรหนอนใยผัก ได้ดำเนินการมาตั้งแต่อดีต จากการรวบรวมข้อมูลการนำเข้าแมลงศัตรูธรรมชาติจากต่างประเทศเข้ามาควบคุมแมลงศัตรูพืชในประเทศไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน การนำศัตรูธรรมชาติของหนอนใยผัก เข้ามาจากต่างประเทศเพื่อควบคุมหนอนใยผัก มีการดำเนินการหลายครั้ง เช่น ในปี พ.ศ. 2507 ได้นำแตนเบียน *Diadegma insulare* เข้ามาจากประเทศแคนาดา (ไม่ระบุผู้นำเข้ามา) ต่อมาในปี พ.ศ. 2508 กรมวิชาการเกษตรได้นำแตนเบียน 5 ชนิดเข้ามาจากประเทศอินเดีย คือ *Brachymeria* sp., *C. plutellae*, *Diadromus collaris*, *Macromalon orientale*, และ *Oomyzus sokolowskii* ซึ่งแตนเบียน 2 ชนิดแรกได้มีอยู่ก่อนแล้วในธรรมชาติของประเทศไทย และในปี พ.ศ. 2532 กรมวิชาการเกษตร ได้นำแตนเบียน *Diadegma semiclausum* เข้ามาจากไต้หวัน การนำแมลงศัตรูธรรมชาติแต่ละชนิดเข้ามาปลดปล่อยในธรรมชาติ บางชนิดสามารถปรับตัวดำรง ชีวิตอยู่และขยายพันธุ์ในสภาพธรรมชาติได้ แต่บางชนิดไม่สามารถปรับตัวในสภาพธรรมชาติได้ (Napompeth et al., 2003)

ในประเทศไทย พบว่าหนอนใยผักมีศัตรูธรรมชาติลงทำลายทุกระยะ โดยเป็นพวกลงทำลายไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก 2 ชนิด ลงทำลายช่วงวัยหนอน 5 ชนิด ลงทำลายในระยะดักแด้ 2 ชนิด และในช่วงต่อของระยะหนอนกับดักแด้ 2 ชนิด ตัวห้ำ 2 ชนิด รวมทั้งเชื้อรา 1 ชนิด (ปิยรัตน์ และคณะ, 2529; ปิยรัตน์ และอนันต์, 2529) ในระยะไข่พบแตนเบียน 2 ชนิด คือ *Trichogramma confusum* Viggiani และ *Trichogramma bactrae* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (ปิยรัตน์ และคณะ, 2531) ในระยะหนอนพบแตนเบียน 5 ชนิด ได้แก่ แตนเบียนในวงศ์ Braconidae คือ *Cotesia plutellae* (Kurdjumov) และ *Microplitis plutellae* แตนเบียนในวงศ์ Ichneumonidae คือ *Diadegma semiclasum* Hallen และ *Macromalon orientale* Kerrich แตนเบียนในวงศ์ Eulophidae คือ *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov) ส่วนในระยะดักแด้พบแตนเบียน 2 ชนิด ได้แก่ *Thyrarella collaris* Gravenhorst (Hymenoptera: Ichneumonidae) และ *Brachymeria excarinata* Gahan (Hymenoptera: Chalcidae) ซึ่งแตนเบียนเหล่านี้มาจากการสำรวจในหลายพื้นที่ทั่วประเทศ

นอกจากแตนเบียนแล้ว ยังมีศัตรูธรรมชาติอื่น ๆ ที่คอยควบคุมประชากรหนอนใยผัก ได้แก่ ตัวห้ำกินหนอนใยผัก เช่น มด *Tapinoma melanocephalum* และ *Pheidole* spp. ส่วนเชื้อโรคที่พบ คือ เชื้อรา *Zoophthora radicans* (Brefeld) Batko และ *Hirsutella* sp. เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* Berliner (Krishnamoorthy, 2002) นอกจากนี้มีรายงานว่าไส้เดือนฝอยสกุล *Steinernema* sp. และ *Heterorhapditis* sp. มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดหนอนใยผักในมาเลเซีย (Mason & Wright, 1997)

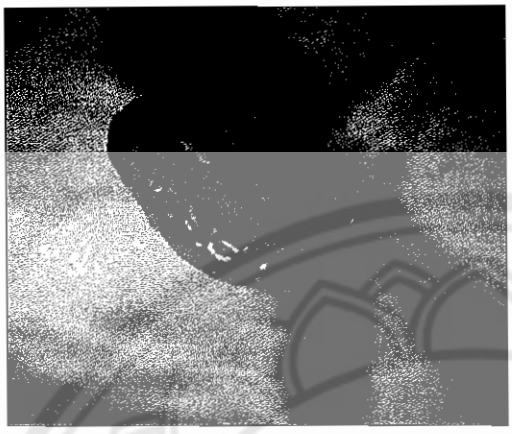
อย่างไรก็ตาม ในจำนวนศัตรูธรรมชาติเหล่านี้ แตนเบียน *C. plutellae* จัดเป็นศัตรูธรรมชาติที่สำคัญของหนอนใยผัก เพราะมีศักยภาพสูงในการควบคุมหนอนใยผัก (นุชรีย์ และคณะ, 2541; Liu et al., 2000; Schuler et al., 2004; Talekar & Shelton, 1993) เนื่องจากมีความเฉพาะเจาะจงต่อหนอนใยผัก และพบได้ทั่วไปในเขตที่มีการระบาดของหนอนชนิดนี้ สามารถปรับตัวได้ในทุกสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ปลูกผักตระกูลกะหล่ำ (Verkerk & Wright, 1996) มีการแพร่กระจายประชากรอย่างกว้างขวางในประเทศไทย สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในพื้นที่ที่มีการปลูกผักตลอดทั้งปี (Keinmeesuk & Ngamwongthum, 1997; Rattanayat, 1998) มีอัตราการเบียนถึง 42.42 % ในเขตจังหวัดขอนแก่น (นุชรีย์ และคณะ, 2544) จากรายงานของ Waladde et al. (2001) พบว่าในแอฟริกาใต้ สภาพแปลงทดลองปลูกพืชกระกูลกะหล่ำ 3 ชนิด โดยไม่ใช้สารเคมีควบคุมศัตรูพืช แตนเบียน *C. plutellae* มีอัตราการเบียนสูงถึง 90 - 95 % ต่อเนื่องกันอย่างน้อยแปดเดือน และ Chandramohan (1994) พบว่าในเขตพื้นที่สูงของประเทศอินเดีย แตนเบียน *C. plutellae* ยังมีอัตราการเบียนสูงถึง 85.7% ส่วนการสำรวจแปลงกะหล่ำทั่วไปในอินเดียพบการเบียน อยู่ระหว่าง 16 – 70% (Patel & Patel, 1968)

นอกจากมีอัตราการเบียนสูงแล้วยังสำรวจพบแตนเบียน *C. plutellae* ในบางพื้นที่ที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในปริมาณที่สูง ซึ่งบ่งบอกถึงศักยภาพในการสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้เป็นอย่างดี (Furlong et al., 1994) จากรายงานของ Ooi & Sudderuddin (1979) พบแตนเบียน *C. plutellae* ลงทำลายหนอนใยผัก 23.1-52 % ในพื้นที่ปลูกผักของมาเลเซียที่มีการใช้สารฆ่าแมลงพวก fenvalerate, methamidophos และ prothiofos และในพื้นที่ที่มีการใช้สารฆ่าแมลงอย่างรุนแรงของประเทศจีน ยังสำรวจพบแตนเบียน *C. plutellae* จำนวนมากสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ (Liu et al., 1997) นอกจากนี้จากการสำรวจพื้นที่ปลูกผักเขตภาคเหนือของประเทศไทย ยังพบแตนเบียน *C. plutellae* ดำรงชีวิตอยู่ได้ และมีอัตราการเบียนอยู่ระหว่าง 18-45 % แม้ในพื้นที่ ที่มีการใช้สารฆ่าแมลงกลุ่ม ออร์กาโนฟอสเฟต (Rattanayat, 1998)

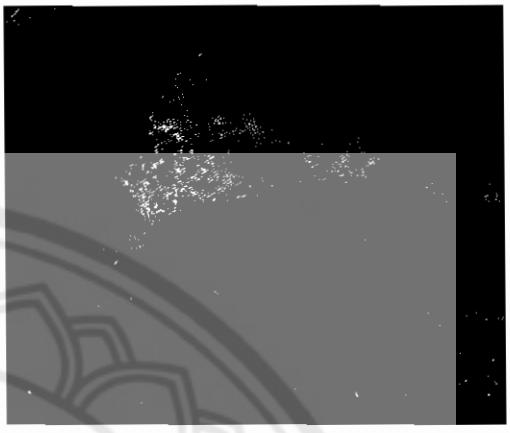
จากอัตราการเบียนที่สูงและความสามารถในการต้านทานสารฆ่าแมลงได้หลายชนิด ทำให้แตนเบียน *C. plutellae* เป็นศัตรูธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เหมาะที่จะนำมาใช้ร่วมในการจัดการศัตรูหนอนใยผักมากที่สุดในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Talekar & Shelton, 1993) โดยเฉพาะประเทศไทย (Rowell et al., 2005)

ชีววิทยาของแตนเบียน *C. plutellae*

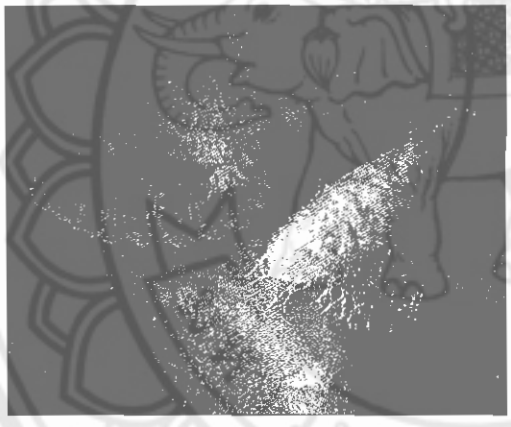
แตนเบียน *C. plutellae* เพศเมียจะแทงอวัยวะวางไข่ลงในตัวหนอนใยผัก และวางไข่ที่มีขนาด 0.1-0.3 มิลลิเมตร จำนวน 1 ฟอง ลงในตัวหนอน หลังจากนั้น 1.55 ± 0.51 วัน ตัวอ่อนจะฟักออกมา ตัวอ่อนของแตนเบียน *C. plutellae* นี้มีสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนม อาศัยและกินเนื้อเยื่อภายในตัวหนอนที่อาศัยเป็นอาหาร ตัวอ่อนมีอายุประมาณ 5.56 ± 0.52 วัน เมื่อตัวอ่อนเจริญเติบโตเต็มที่จะมีขนาด 5.0 -6.0 มิลลิเมตร และเจาะผนังลำตัวของหนอนใยผักออกมาชักใยสีขาวสร้างเป็นดักแด้ห่อหุ้มตัวเอาไว้ มีขนาดความกว้างเฉลี่ย 1.5 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 3.0 – 3.5 มิลลิเมตร และมีระยะเวลาเข้าดักแด้ประมาณ 4.40 ± 0.52 วัน จากนั้นตัวเต็มวัยจะฟักออกจากดักแด้ ตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลเข้ม สลับลายสีเหลืองอ่อนบริเวณปล้องท้อง ความยาวลำตัวประมาณ 2.2 มิลลิเมตร ความกว้างเมื่อกางปีกประมาณ 4.5- 5.0 มิลลิเมตร ตัวเต็มวัยมีอายุเฉลี่ย 8.70 ± 1.16 วัน (Buranapanichpan et al., 1998) แตนเบียน *C. plutellae* ชอบเบียนหนอนใยผักวัยที่ 2 และวัยที่ 3 มากที่สุด แต่ก็สามารถเบียนหนอนวัยที่ 1 และ 4 ได้ด้วย (Kawaguchi & Tanaka, 1999; Shi et al., 2002; Talekar & Yang, 1991; Velasco, 1982)



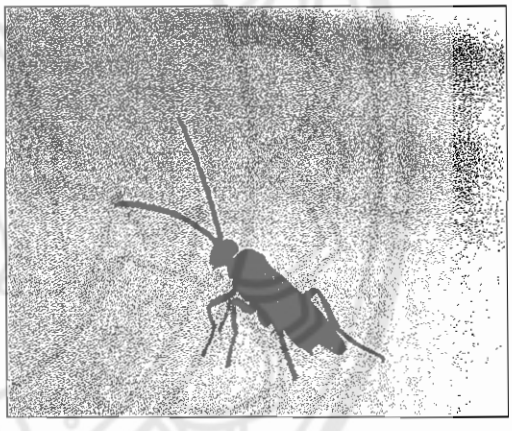
(ก.)



(ข.)



(ค.)



(ง.)

ภาพ 2 วงจรชีวิตของแตนเบียน *C. plutellae* จากระยะตัวอ่อนจนถึงตัวเต็มวัย

ก. ตัวอ่อนเจาะออกจากตัวหนอนใยผัก

ข. ตัวอ่อนชักใยเพื่อสร้างดักแด้

ค. ดักแด้เมื่อชักใยเรียบร้อยแล้ว

ง. ตัวเต็มวัย

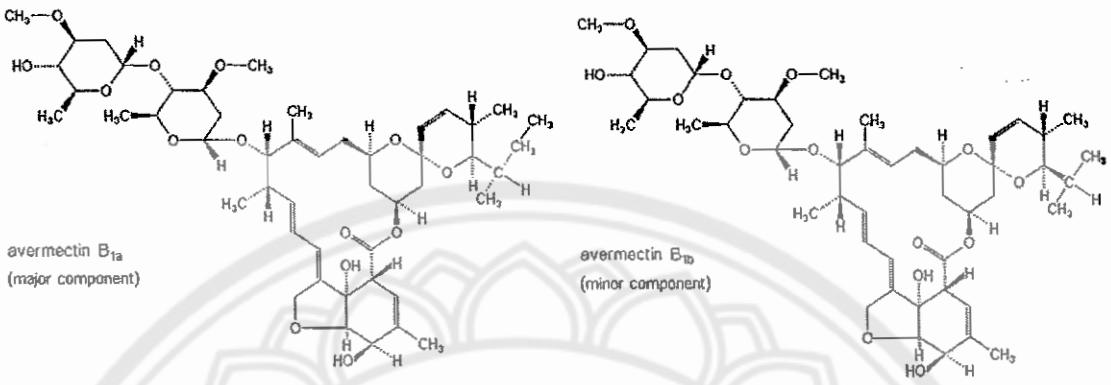
ที่มา : คณิตา ทองเจริญ

สารฆ่าแมลงที่ใช้ในการกำจัดหนอนใยผัก

1. อะบาเมกติน (abamectin) และ อีมาเม็กติน เบนโซเอท (emamectin benzoate)

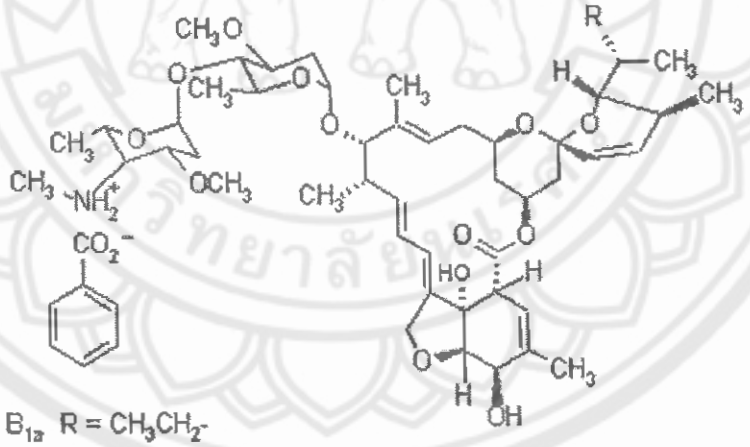
เป็นสารในกลุ่มสารปฏิชีวนะ (Antibiotics) สารปฏิชีวนะหมายถึง สารเคมีที่สังเคราะห์โดยจุลินทรีย์ ส่วนใหญ่ใช้ควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียและไวรัส สารปฏิชีวนะบางชนิดมีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าแมลงและใช้กันกว้างขวาง คือ สารอะบาเมคติน (ภาพ 3) ซึ่งผลิตมาจากเชื้อรา *Streptomyces avermitilis* ที่อาศัยอยู่ในดิน สารนี้จะจับแน่นกับอนุภาคของดิน ดังนั้นจึงไม่กระจายและเคลื่อนย้าย และสลายตัวเสื่อมฤทธิ์อย่างรวดเร็วโดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดิน สารนี้จะไปกระตุ้นส่วนปลายของแอ็กซอน (axon) ที่ซินแนปส์ (synapse) ของเซลล์ประสาท ให้ปลดปล่อยเซลล์ประสาทเซลล์หนึ่งไม่ให้ข้ามซินแนปส์ไปสู่เดนไดร์ท์ของเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่งซึ่งสารเคมีที่ถูกปลดปล่อยออกมานี้คือกรดแกมม่า อมิโนบิวทีริก ซึ่งเรียกย่อ ๆ ว่ากาบา (gamma-amine butyric acid, GABA) ซึ่งมีอยู่ที่ส่วนปลายของเด็นไดร์ท์ของเซลล์ประสาทอีกอีกเซลล์หนึ่งดังกล่าวแล้ว รีเซ็ปท์เตอร์เหล่านี้จะเป็นที่รับสารสื่อกระแสประสาทชื่ออะซีติลโคลีน (acetylcholine) ซึ่งทำให้กระแสประสาทเคลื่อนที่ข้ามซินแนปส์ได้ ดังนั้นเมื่อมีสารกาบามาจับติดกับรีเซ็ปท์เตอร์ขวางกั้นไว้ไม่ให้อะซีติลโคลีนไปจับกับรีเซ็ปท์เตอร์ดังกล่าว ผลก็คือการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทในเส้นประสาทที่ไม่เกิดขึ้น แมลงหรือสัตว์ที่ได้รับชนิดนี้จะเป็นอัมพาต กล้ามเนื้อหัวใจหยุดทำงานและตายในที่สุด ในแมลงและสัตว์พวกอาร์โทรป็อดทั้งหลายนั้น อาบาเม็คตินจะทำงานที่ซินแนปส์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์กล้ามเนื้อต่าง ๆ นั่นเอง

สารปฏิชีวนะชนิดอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติเป็นสารฆ่า แมลงได้แก่ สาร allosamidin, ivermectin, thuringiensis, doraamectin, milbemectin, emamectin (ภาพ 4), selamectin และ eprinomectin (อรัญ, 2547)



ภาพ 3 โครงสร้างทางเคมีของสาร abamectin $C_{48}H_{72}O_{14}$ (avermectin B_{1a}) + $C_{47}H_{70}O_{14}$ (avermectin B_{1b})

ที่มา : http://www.alanwood.net/pesticides/abamectin.html

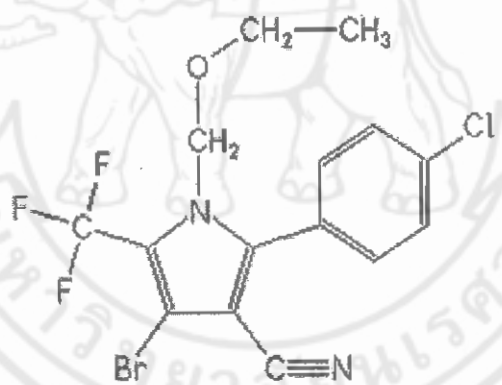


ภาพ 4 โครงสร้างทางเคมีของสาร emamectin benzoate $C_{49}H_{75}NO_{13}$ (B_{1a}); $C_{48}H_{73}NO_{13}$ (B_{1b})

ที่มา : http://www.alanwood.net/pesticides/emamectin benzoate.html

2. กลุ่มไพโรล (Pyrrole) ได้แก่ คลอร์ฟีนาเพอร์ (chlorfenapyr)

สารในกลุ่มไพโรล เป็นสารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งการขนส่งอิเล็กตรอนในไมโตคอนเดรีย (mitochondria) การส่งถ่ายอิเล็กตรอนเกิดที่บริเวณผนังไมโตครอนเดรียซึ่งเป็นเยื่อเลือกผ่าน การส่งอิเล็กตรอนจะมีการส่งโปรตอนร่วมด้วย โดยการส่งโปรตอนออกสู่ภายนอกไมโตครอนเดรียนั้นมีผลทำให้ผนังด้านนอกมีสภาพเป็นกรดส่วนด้านในมีสภาพเป็นด่าง และผนังด้านนอกมีประจุบวกมากกว่าด้านใน ส่งผลให้อิเล็กตรอนสามารถจับโปรตอนใหม่ภายในไมโตครอนเดรียได้ สภาวะดังกล่าวนี้เรียกว่า แรงเคลื่อนที่ของโปรตอน (proton motif force) ซึ่งแรงเคลื่อนที่ของโปรตอนนี้จะทำให้โปรตอนเคลื่อนที่จากด้านนอกผ่านผนังกลับเข้ามาด้านใน ระหว่างนี้จะเกิดการสร้าง ATP แต่เมื่อได้รับสารกลุ่มไพโรล สารกลุ่มนี้จะไปมีผลทำให้เยื่อผนังชั้นในของไมโตคอนเดรียเสียสภาพความเป็นเยื่อเลือกผ่านโปรตอนผ่านเข้าได้สะดวก เป็นเหตุให้แรงเคลื่อนที่ของโปรตอนถูกทำลาย จึงไม่มีการสร้าง ATP สารเหล่านี้เรียกว่า ตัวแยกการควบคู่ (uncoupling agent) (Black et al., 1994) (ภาพ 5)

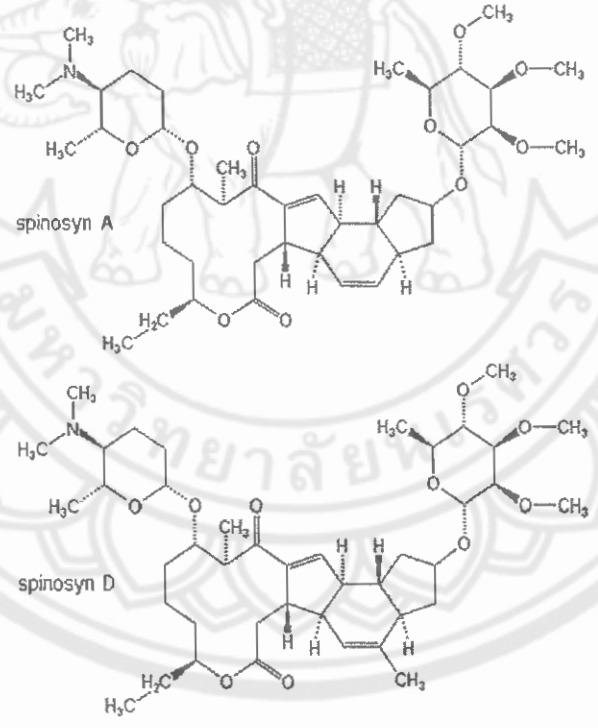


ภาพ 5 โครงสร้างทางเคมีของสาร chlorfenapyr $C_{15}H_{11}BrClF_3N_2O$

ที่มา : http://www.alanwood.net/pesticides/chlorfenapyr.html

3. กลุ่มสปินโนซินส์ (Spinosyns) ได้แก่ สปินโนแซด (spinosad)

สารกลุ่มนี้อาจถือได้ว่าเป็นสารฆ่าแมลงกลุ่มใหม่ล่าสุด ตัวอย่างได้แก่สาร spinosad (Success©) (ภาพ 6) เป็นสารที่ได้จากการหมักของเชื้อรา *Saccharopolyspora spinose* จัดอยู่ในกลุ่ม Actinomycete ซึ่งเป็นเชื้อราในดิน สาร spinosad จดทะเบียนครั้งแรกในปี ค.ศ.1997 ถูกใช้ในไร่ฝ้าย สารชนิดนี้เป็นสารผสมระหว่าง spinosyns A และ D ดังนั้นจึงมีชื่อเรียก spinosad มีประสิทธิภาพควบคุมแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิดและมีอัตราการใช้ต่ำคือ 7.2-16.0 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ออกฤทธิ์แบบกินตายและถูกตัวตาย ใช้ควบคุมหนอนผีเสื้อหลายชนิด รวมทั้งหนอนชอนใบ เพลี้ยไฟ และปลวก ออกฤทธิ์ควบคุมได้นาน ใช้ควบคุมแมลงในพืชหลายชนิด เช่น ฝ้าย ผัก ไม้ผล ไม้ดอกไม้ประดับ และพืชอื่น ๆ ออกฤทธิ์ยับยั้งการจับของสารอะซิติลโคลีนกับ acetylcholine receptors ที่บริเวณ postsynaptic nerve cell (อรัญ, 2547)

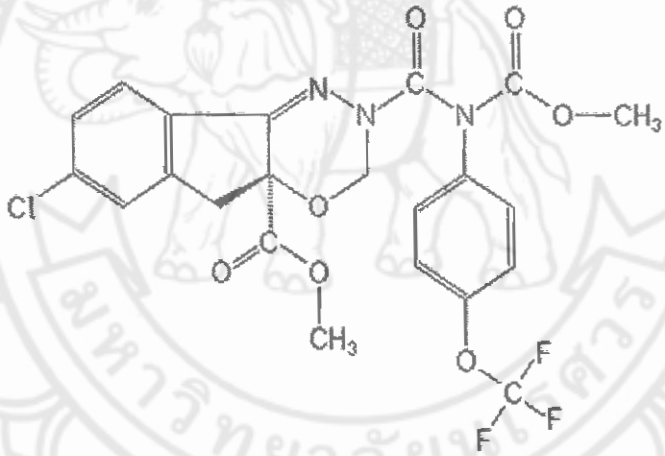


ภาพ 6 โครงสร้างทางเคมีของสาร spinosad $C_{41}H_{65}NO_{10}$ (spinosyn A) + $C_{42}H_{67}NO_{10}$ (spinosyn D)

ที่มา : http://www.alanwood.net/pesticides/spinosad.html

4. กลุ่มออกซาไดอะซิน (Oxadiazine) ได้แก่ อินด๊อกซาคาร์บ (indoxacarb)

อินด๊อกซาคาร์บ เป็นสารสังเคราะห์ในกลุ่ม ออกซาไดอะซิน มีการออกฤทธิ์แบบสัมผัสโดยตรง และกินตาย เมื่อแมลงได้รับสารชนิดนี้เข้าไปในร่างกาย ไม่ว่าจากการดูดซึมหรือการกิน จะส่งผลให้ แมลงหยุดกินทันที ซึ่งเกิดจากกระบวนการยับยั้งการรวมกลุ่มของโซเดียม และปิดกั้นการเดินทางของโซเดียมไอออน ที่ทำหน้าที่ส่งกระแสประสาทไปยังเซลล์ประสาท จึงส่งผลทำให้ระบบควบคุมการกินของแมลงหยุดทำงาน เป็นอัมพาตและตายในที่สุด (Brugger, 1997) อินด๊อกซาคาร์บใช้กับพืชปลูกได้หลายชนิด ได้แก่ ผลไม้ ผัก และถั่วเหลือง โดยใช้ควบคุมกำจัดแมลงศัตรูพืช เช่น หนอนใยผัก, หนอนคืบกะหล่ำ, หนอนเจาะยอดกะหล่ำ, หนอนกระทู้,หนอนเจาะฝักข้าวโพด และหนอนเจาะผลมะเขือเทศ (Dupont, 2002) (ภาพ 7)

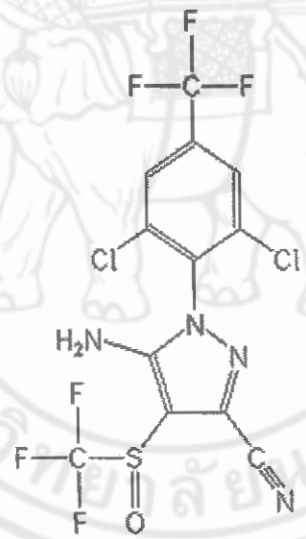


ภาพ 7 โครงสร้างทางเคมีของสาร indoxacarb $C_{22}H_{17}ClF_3N_3O_7$

ที่มา : http://www.alanwood.net/pesticides/indoxacarb.html

5. กลุ่มฟิโปรนิล (Fipronils หรือ Phenylpyrazoles) ได้แก่ ฟิโปรนิล (fipronil)

สารในกลุ่มนี้ได้แก่สาร fipronil (ภาพ 8) ซึ่งเป็นสารเพียงชนิดเดียวในกลุ่มนี้ที่ผลิตขึ้นในปี ค.ศ.1990 และจดทะเบียนในสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ.1996 ออกฤทธิ์แบบถูกตัวตายและแบบกินตาย และสามารถดูดซึมได้ด้วย สาร fipronil สามารถควบคุมแมลงในดิน และแมลงศัตรูพืชกินใบหลายชนิด ใช้ควบคุมแมลงศัตรูทางการเกษตรและแมลงนำโรคมาสู่มนุษย์และสัตว์ มีรูปผลิตภัณฑ์หลายแบบทั้งแบบเหยื่อเพื่อใช้ควบคุมแมลงสาบ มด และปลวก หรือชนิดน้ำคลุกเมล็ดหรือใช้ฉีดพ่น ใช้ควบคุมแมลงที่สร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงกลุ่ม ไพรีทรอยด์ คาร์บาเมท และออร์กาโนฟอสเฟตได้ดี สาร fipronil ออกฤทธิ์ยับยั้งสาร GABA ซึ่งสารดังกล่าวควบคุมการไหลผ่านของคลอไรด์ไอออนในเซลล์ประสาท ซึ่งมีลักษณะกลไกการออกฤทธิ์คล้ายกับสารฆ่าแมลง กลุ่มไซโคลไดอีน (อรัญ, 2547)



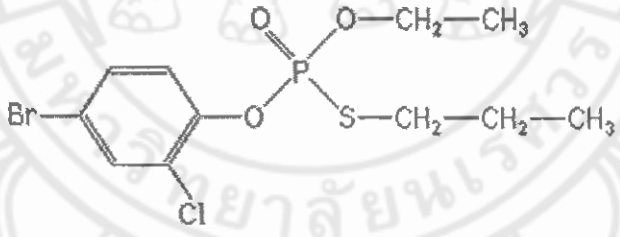
ภาพ 8 โครงสร้างทางเคมีของสาร fipronil $C_{12}H_4Cl_2F_6N_4OS$

ที่มา : http://www.alanwood.net/pesticides/fipronil.html

6. **กลุ่มฟีนิล ออร์กาโนฟอสเฟต (Phenyl organophosphates) ได้แก่ โพรฟีโนฟอส (profenofos) และ โพรไทโอฟอส (prothiofos)**

โดยทั่วไปสารกลุ่มนี้เสถียรกว่าสารกลุ่ม อนุพันธ์อะลิฟาติก และตกค้างนานกว่า สารสำคัญที่ ใช้กันมากคือสาร methyl parathion ซึ่งนำมาใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ.1947 แต่เนื่องจากมีพิษสูง ปัจจุบันประเทศไทยจัดสารดังกล่าวอยู่ในกลุ่มสารที่ต้องติดตามเฝ้าระวัง สารฆ่าแมลงชนิดอื่น ๆ ในกลุ่มนี้ได้แก่สาร bromophos, isofenphos, carbophenothion, parathion, chlorfenvinphos, edifenphos, phenthoate, fenamiphos, phosalone, fenitrothion, profenofos, fensulfothion, prothiofos, fenthion, temephos, fonofos, tetrachlorvinphos และ triazophos สารในกลุ่มนี้จะยับยั้งการทำงานของน้ำย่อยโคลีนเอสเตอร์เรส ในระบบประสาทของแมลงและสัตว์อื่นอย่างถาวร เช่นเดียวกับสารพิษในกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตอื่น ๆ (อรัญ, 2547)

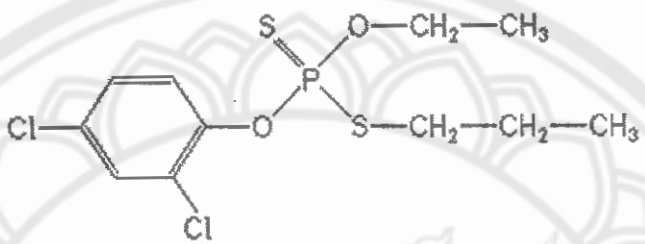
โพรฟีโนฟอสค่อนข้างจะคงทนต่อการสลายตัวเมื่ออยู่ในสภาวะเป็นกลางกับเป็นกรดอ่อน ๆ แต่จะสลายตัวเสื่อมฤทธิ์เมื่ออยู่ในสภาพที่เป็นด่างโดยมี DT_{50} (20 °ซ) = 93 วัน (pH 5), 14.6 วัน (pH 7) และ 5.7 ชม. (pH 9) เป็นสารที่ถูกจับยึดไว้ในดินได้ดี แต่ก็ถูกย่อยสลายไปด้วยมี $DT_{50} \approx 7$ วัน (ภาพ 9)



ภาพ 9 โครงสร้างทางเคมีของสาร profenofos $C_{11}H_{15}BrClO_3PS$

ที่มา : http://www.alanwood.net/pesticides/profenofos.html

โพรไธโอฟอสจะย่อยสลายตัวด้วยด่างและแสงแดดโดยมี DT_{50} (22 °ซ.) = 12 วัน (pH 9), 280 วัน (pH 7), 120 วัน (pH 4) และ = 13 ชม. (โดยแสงแดด) เป็นสารที่ถูกจับยึดไว้ในดินได้ดี แต่ก็ถูกย่อยสลายไปด้วยมี DT_{50} = 1 – 2 เดือน (ในดิน) (ภาพ 10)



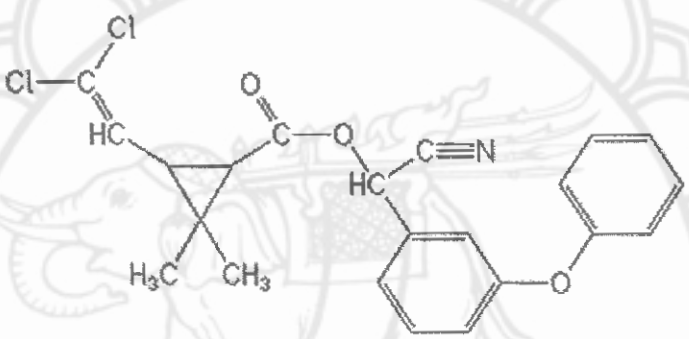
ภาพ 10 โครงสร้างทางเคมีของสาร prothiofos $C_{11}H_{15}Cl_2O_2PS_2$
ที่มา : http://www.alanwood.net/pesticides/prothiofos.html

7. กลุ่มไพรีทรอยด์ (Pyrethroids) ได้แก่ ไซเพอร์เมทริน (cypermethrin), เดลทาเมทริน (deltamethrin), แลมป์ดา ไซฮาโลทริน (lambda-cyhalothrin) และ เอสเฟนวาเลอเรต (esfenvalerate)

เป็นสารสังเคราะห์เลียนแบบโครงสร้างโมเลกุลจากสารที่สกัดได้จากดอกไพรีทรัมซึ่งมีองค์ประกอบของสารเคมี 6 ชนิด ด้วยกันคือ cinerin I, pyrethrin I, jasmolin I, cinerin II, pyrethrin II และ jasmolin II เนื่องจากสารไพรีทรอยด์สังเคราะห์สร้างเลียนแบบโมเลกุลของสารตัวใดตัวหนึ่งดังกล่าวทั้ง 6 ชนิดข้างต้น จึงพบว่า แมลงสามารถสร้างความต้านทานได้เร็วกว่าสารที่สกัดจากดอกไพรีทรัมที่มีองค์ประกอบของสารเคมีทั้ง 6 ชนิด อยู่รวมกัน ซึ่งปัจจุบันไม่มีรายงานความต้านทานต่อสารที่สกัดจากพืชดังกล่าว โดยทั่วไปสารไพรีทรอยด์สังเคราะห์มีพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมต่ำ **แต่มีลักษณะเหมือนกับสารสกัดจากดอกไพรีทรัมคือ มีพิษต่อปลาและผึ้ง ตกค้างในพืชสั้นและมีพิษต่อแมลงสูง**

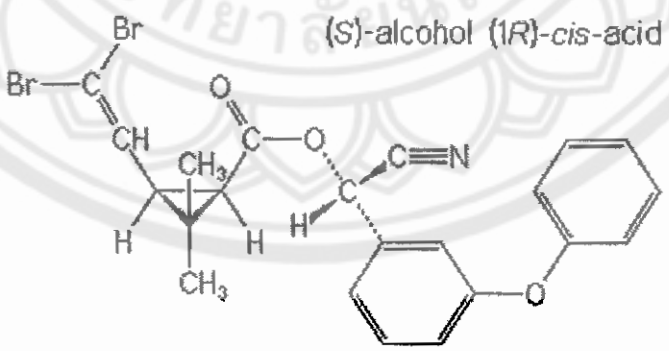
สารไพรีทรอยด์มีวิวัฒนาการและพัฒนามาโดยลำดับ ยุคปัจจุบันนับเป็นยุคที่ผลิตสารที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และมีอัตราการใช้ต่ำ ระหว่าง 1.82-9.10 กรัมของสารออกฤทธิ์/ไร่ ในขณะที่สารใน

ยุคก่อน ใช้ในอัตรา 18 กรัมของสารออกฤทธิ์/ไร่ สารไพรีทรอยด์ยุคใหม่ ได้แก่สาร bifenthrin, zeta - cypermethrin, cypermethrin (ภาพ 11), deltamethrin (ภาพ 12), lambda-cyhalothrin (ภาพ 13), esfenvalerate (ภาพ 14), fenpropathrin, flucythrinate, fluvalinate, prallethrin, tau - fluvalinate, tefluthrin, tralomethrin และ cyfluthrin สารกลุ่มนี้ทนต่อแสงแดด ไม่สลายตัวเมื่อโดนแสง และระเหยต่ำ จึงออกฤทธิ์ได้นานหากใช้ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม สารกลุ่มไพรีทรอยด์ออกฤทธิ์คล้ายกับสาร DDT โดยมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง และระบบประสาทรอบนอกของแมลง (อรัญ, 2547)



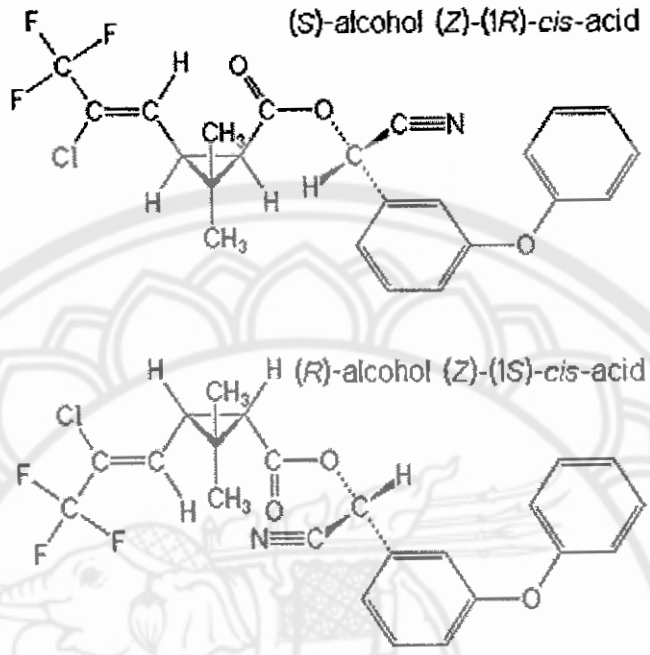
ภาพ 11 โครงสร้างทางเคมีของสาร cypermethrin $C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$

ที่มา : http://www.alanwood.net/pesticides/cypermethrin.html



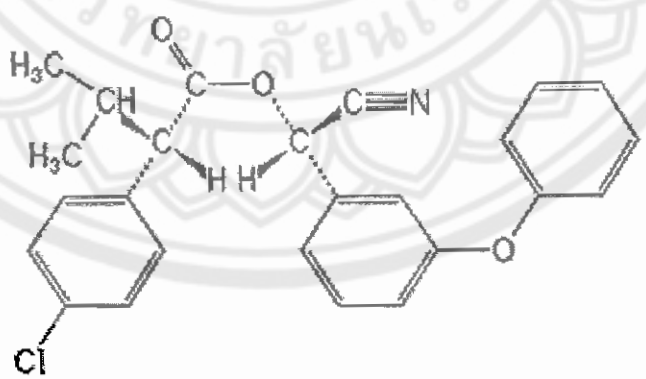
ภาพ 12 โครงสร้างทางเคมีของสาร deltamethrin $C_{22}H_{19}Br_2NO_3$

ที่มา : http://www.alanwood.net/pesticides/deltamethrin.html



ภาพ 13 โครงสร้างทางเคมีของสาร lambda-cyhalothrin $C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$

ที่มา : http://www.alanwood.net/pesticides/lambda-cyhalothrin.html

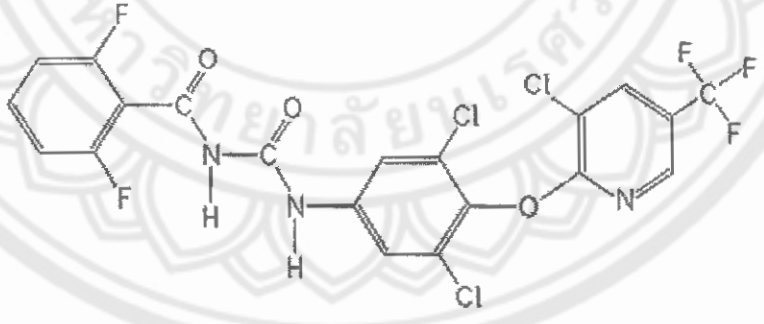


ภาพ 14 โครงสร้างทางเคมีของสาร esfenvalerate $C_{25}H_{22}ClNO_3$

ที่มา : http://www.alanwood.net/pesticides/esfenvalerate.html

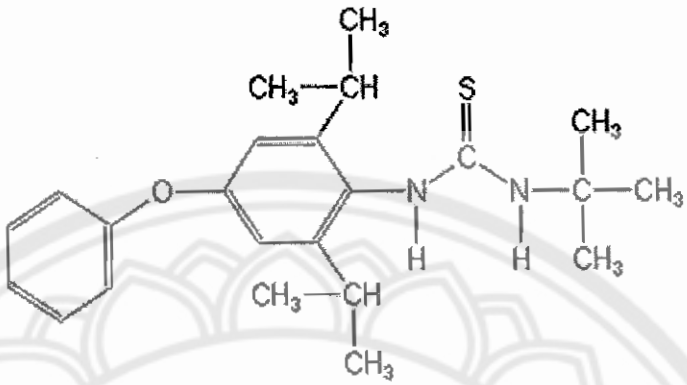
8. กลุ่มเบนโซอีลยูเรีย (Benzoylureas) ได้แก่ คลอร์ฟลูอาซูรอน (chlorfluazuron) และไดอะเฟนไทยูรอน (diafenthiuron)

สารกลุ่มนี้ออกฤทธิ์แตกต่างจากสารฆ่าแมลงกลุ่มอื่นคือ ควบคุมการเจริญเติบโตของแมลง จึงเรียกสารกลุ่มนี้ว่าสารควบคุมการเติบโตของแมลง (Insect Growth Regulators, IGRs) มีผลต่อแมลงโดยไปรบกวนการสร้างสารไคตินซึ่งเป็นสารสำคัญในการสร้างผนังลำตัวของแมลง ซึ่งเป็นผลให้ยังยั้งขบวนการสร้างไคติน ทำให้ขบวนการสร้างผนังลำตัวของแมลงถูกยับยั้ง ทำให้ตัวอ่อน ดักแด้ รวมทั้งตัวเต็มวัยไม่เคลื่อนไหวและตายในที่สุด สารกลุ่มนี้จะออกฤทธิ์ดีขึ้นเมื่อแมลงได้รับสารโดยการกิน ใช้ควบคุมหนอนผีเสื้อและหนอนด้วงปีกแข็งได้ดี สารกลุ่มเบนโซอีลยูเรียเริ่มใช้ครั้งแรกในอเมริกากลางในปี ค.ศ. 1985 เพื่อควบคุมหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera* spp.) และหนอนคืบ (*Trichoplusia* spp.) ในฝ้าย เนื่องจากแมลงดังกล่าว สร้างความต้านทานต่อสารกลุ่มไพรีทรอยด์ สารชนิดแรกในกลุ่ม IGRs คือสาร triflumuron หลังจากนั้นได้มีการสังเคราะห์สารชนิดอื่นขึ้นมาได้แก่ สาร chlorfluazuron (ภาพ 15) (Atabron©), teflubenzuron (Nomolt© และ Dart©), hexaflumuron (Trueno© และ Consult©), flufenoxuron (Cascade©), flucycloxuron (Andalin©), flusazuron, diafenthiuron (ภาพ 16) และ lufenuron โดยสาร lufenuron เป็นสารชนิดล่าสุดที่ถูกพัฒนาขึ้นมาในปี ค.ศ. 1990 (อรัญ, 2547)



ภาพ 15 โครงสร้างทางเคมีของสาร chlorfluazuron $C_{20}H_9Cl_3F_5N_3O_3$

ที่มา : http://www.alanwood.net/pesticides/chlorfluazuron.html



ภาพ 16 โครงสร้างทางเคมีของสาร diafenthiuron $C_{23}H_{32}N_2OS$

ที่มา : http://www.alanwood.net/pesticides/diafenthiuron.html

9. บาซิลลัส ทูริงเยนซิส (*Bacillus thuringiensis*) หรือ Bt

เชื้อ Bt เป็นเชื้อที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ พบได้ในดิน ใบพืช และในสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ มีรูปร่างเป็นแท่ง (rod-shaped) สามารถสร้างสปอร์ (spore-forming) ใช้ออกซิเจน (aerobic) ในการดำรงชีวิต และเป็นแบคทีเรียพวก gram-positive ปัจจุบันมีการใช้แบคทีเรียชนิดนี้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชอย่างกว้างขวาง เนื่องจากไม่มีมีพิษต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่น ๆ แต่มีความเป็นพิษเฉพาะเจาะจงกับแมลงบางชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งแมลงในอันดับ Lepidoptera, Diptera และ Coleoptera เชื้อ Bt มีหลายสายพันธุ์ตัวอย่างเช่นสายพันธุ์ที่ได้รับการจดทะเบียนโดยบริษัท Abbott ได้แก่ สายพันธุ์ *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Btk) มีชื่อการค้าว่า Dipel©, *B. thuringiensis* var. *israelensis* (Bti) มีชื่อการค้าว่า Vectobac©, *B. thuringiensis* var. *tenebrionis* (Btte) มีชื่อการค้าว่า Ditera© และ *B. thuringiensis* var. *aizawai* (Bta) มีชื่อการค้า XenTari© เป็นต้น Btk และ Bta ใช้ป้องกันกำจัดแมลงในอันดับ Lepidoptera ได้แก่หนอนผีเสื้อต่าง ๆ ได้ดี ส่วน Bti ใช้ป้องกันกำจัดแมลงในอันดับ Diptera โดยใช้ป้องกันกำจัดลูกน้ำยุง ส่วน Btte ใช้ป้องกันกำจัดแมลงในอันดับ Coleoptera ได้ดี นอกจากนี้ยังมีสายพันธุ์อื่น ๆ ได้แก่สายพันธุ์ *berliner* ใช้ป้องกันกำจัดหนอนผีเสื้อ

ป SB
291
.A2
ค131ป
2549
5040296
19 S.A. 2549
สำนักหอสมุด

เชื้อ Bt ออกฤทธิ์แบบกินตาย โดยมีผลต่อระยะตัวอ่อนของแมลงในอันดับ Lepidoptera แต่มีผลทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของแมลงในอันดับ Coleoptera บางชนิด เชื้อ Bt สายพันธุ์ที่แตกต่างกัน มีสารพิษซึ่งอยู่ในผลึก (crystal) ที่มีรูปร่างแตกต่างกัน และแต่ละสายพันธุ์มีองค์ประกอบของสารพิษที่แตกต่างกัน เช่น ภายในผลึกของ Dipel® ประกอบด้วยสารพิษอย่างน้อย 4 ชนิด ขณะที่ภายในผลึกของ XenTari® ประกอบด้วยสารพิษอย่างน้อย 3 ชนิด เมื่อแมลงกินเชื้อแบคทีเรียเข้าไป ผลึกดังกล่าวถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์โปรตีเอส (protease) ซึ่งผลิตมาจากลำไส้ของแมลงเป็นหลัก และบางส่วนของเอนไซม์ชนิดนี้ถูกผลิตมาจากผลึกดังกล่าว ผลึกจะถูกย่อยสลายในลำไส้ส่วนกลางของแมลงซึ่งมีสภาพเป็นด่าง ส่งผลให้สารพิษถูกปลดปล่อยออกมาและเข้าทำลายผนังลำไส้ของแมลง อาการที่เกิดขึ้นจากการทำลายดังกล่าวได้แก่ หนอนหยุดกินอาหารและเกิดอัมพาตของลำไส้หนอนตายภายใน 3-4 วัน ขึ้นกับขนาดของตัวหนอนและปริมาณของเชื้อที่ได้รับเข้าไป หนอนที่ตายจากการติดเชื้อแบคทีเรียมีลักษณะสีดำ ลำตัวอ่อนนิ่ม ผนังลำตัวบอบบาง เมื่อใช้วัตถุแตะผนังลำตัวจะแตกออกและของเหลวภายในลำตัวจะมีกลิ่นเหม็น (อรัญ, 2547)

การสร้างความต้านทานต่อสารเคมีควบคุมศัตรูพืช (Pesticide resistance)

การพัฒนาความต้านทานของศัตรูพืชต่อสารเคมีเกิดขึ้นจากการคัดเลือก (selection) ของสมาชิกในประชากรของศัตรูพืชหลาย ๆ รุ่น หลังจากใช้สารเคมีที่มีกลไกการออกฤทธิ์เหมือนกันติดต่อกันเป็นเวลานาน ในประชากรของศัตรูพืชชนิดหนึ่ง ๆ ประกอบด้วยสมาชิกจำนวนมาก สมาชิกแต่ละตัวมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป เช่น มีความแข็งแรงหรือความทนทานต่อสภาพแวดล้อมหรือสารเคมีที่แตกต่างกัน หลังจากฉีดพ่นสารเคมีครั้งแรกสมาชิกส่วนใหญ่ในประชากรจะตายไป แต่จะมีสมาชิกส่วนหนึ่งที่หลงเหลือหรือมีชีวิตรอดหลังจากฉีดพ่นสารเคมี จำนวนที่หลงเหลือนั้นอาจมีความแตกต่างกันไป ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของศัตรูพืช คุณสมบัติและการออกฤทธิ์ของสารเคมี วิธีการใช้ สมาชิกที่หลงเหลือเหล่านี้จะแพร่พันธุ์ให้ลูกรุ่นถัดไป และหากมีการใช้สารชนิดเดิมฉีดพ่นกับรุ่นลูกดังกล่าว จะมีจำนวนของสมาชิกที่รอดจากการใช้สารเคมีเพิ่มขึ้น และเกิดการคัดเลือกสมาชิกที่ต้านทานขึ้น จนกระทั่งในระยะเวลาหนึ่งสารเคมีดังกล่าวที่เคยควบคุมศัตรูพืชชนิดนั้นได้ผลกลับใช้ไม่ได้ผลจึงเกิดความต้านทานขึ้น แต่มีข้อยกเว้นว่าการใช้สารไม่ได้ผลดังกล่าวนั้นไม่ได้มีสาเหตุมาจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น เทคนิคการฉีดพ่นไม่ดี สภาพภูมิอากาศไม่เหมาะสม

ประเภทของการสร้างความต้านทาน

ความต้านทานต่อสารเคมีที่เกิดขึ้นโดยศัตรูพืชจำแนกเป็น 3 ประเภทคือ ความต้านทานเดี่ยว (single resistance) ความต้านทานข้าม (cross resistance) และความต้านทานรวม (multiple resistance)

1. ความต้านทานเดี่ยว หมายถึงศัตรูพืชสร้างความต้านทานต่อสารเคมีเพียงชนิดเดียว

2. ความต้านทานข้าม หมายถึงศัตรูพืชสร้างความต้านทานต่อสารเคมีชนิดใดชนิดหนึ่งแล้วสามารถสร้างความต้านทานต่อสารเคมีชนิดอื่นที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน หรือคนละกลุ่มกันแต่มีกลไกการออกฤทธิ์เหมือนกันหรือคล้ายกัน ถึงแม้ว่าสารเคมีที่ถูกสร้างความต้านทานข้ามนั้นไม่เคยใช้มาก่อนในพื้นที่นั้น เช่น แมลงที่สร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตแล้วสร้างความต้านทานข้ามต่อสารกลุ่มคาร์บาเมท แม้สารกลุ่มหลังไม่เคยใช้มาก่อน สาเหตุเนื่องจากสารทั้ง 2 กลุ่มดังกล่าวมีกลไกการออกฤทธิ์เหมือนกัน

3. ความต้านทานรวม หมายถึง ศัตรูพืชมีกลไกในการสร้างความต้านทานต่อสารเคมีมากกว่า 1 กลไก เช่นแมลงชนิดหนึ่งสร้างความต้านทานรวมโดยมีผนังลำตัวหนากว่าปกติเพื่อลดการเข้าไปในลำตัวของสารฆ่าแมลง ในขณะเดียวกันก็มีเอนไซม์ย่อยโมเลกุลของสารฆ่าแมลงให้เสื่อมฤทธิ์ลงได้อีก (สุภาณี, 2540)

กลไกการสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง

Brazzle et al. (1998) ได้จำแนกกลไกการต้านทานต่อสารเคมีของศัตรูพืชไว้ 3 แบบด้วยกัน คือการต้านทานที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงเมแทบอลิซึม การดัดแปลงตำแหน่งการออกฤทธิ์ และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม

1. การเปลี่ยนแปลงเมแทบอลิซึม (Metabolic resistance)

แมลงจะผลิตเอนไซม์จำนวนมาก เอนไซม์สำคัญคือ esterases ซึ่งสามารถย่อยสลาย หรือจับกับโมเลกุลของสารฆ่าแมลงแล้วทำให้สารฆ่าแมลงไม่สามารถออกฤทธิ์ได้ เรียกกระบวนการดังกล่าวว่า "sequestration" ในเพลี้ยอ่อนยาสูบพบว่าสายพันธุ์ที่ต้านทานสร้างเอนไซม์ esterase ได้เป็นจำนวนมาก ในบางกรณีสร้างได้มากถึง 70 เท่าของสายพันธุ์อ่อนแอ

2. การดัดแปลงตำแหน่งการออกฤทธิ์ (Target site resistance)

การออกฤทธิ์ของสารเคมีต่อศัตรูพืชจะมีตำแหน่งออกฤทธิ์ที่เฉพาะเจาะจง สารเคมีจะเข้าไปในตำแหน่งดังกล่าว โดยทั่วไปตำแหน่งดังกล่าวจะตอบสนองในการทำปฏิกิริยาให้เกิดการออกฤทธิ์ได้ดี แต่ในศัตรูพืชที่ต้านทานสามารถดัดแปลงตำแหน่งดังกล่าวไม่ให้ตอบสนองต่อสารเคมี ดังนั้นสารเคมีจึงไม่สามารถออกฤทธิ์ได้ เช่น เอนไซม์อะซิติลโคลินเอสเทอเรสในระบบประสาทของแมลงถูกดัดแปลงเพื่อให้เกิดการต้านทานต่อสารกลุ่ม dimethylcarbamates ซึ่งเป็นกลุ่มสำคัญที่ควบคุมเพลี้ยอ่อน กลไกนี้เกิดร่วมกับการปลดปล่อยเอนไซม์ esterase เป็นจำนวนมากเพื่อย่อยสลายสาร ทำให้เพลี้ยอ่อนสร้างความต้านทานได้เร็วขึ้น ในยุง *Culex* sp. พบว่าความต้านทานเกิดจากการผสมผสานกันของ 2 กลไกดังกล่าวคือ ผลิตเอนไซม์ esterase ในปริมาณมากและเปลี่ยนแปลงการตอบสนองของเอนไซม์ อะซิติลโคลินเอสเทอเรส ในแมลงหวี่ สามารถสร้างความต้านทานโดยการยับยั้งการทำงานของระบบ enzyme cytochrome P450 ซึ่งระบบเอนไซม์ดังกล่าวทำหน้าที่ย่อยสลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายซึ่งพบได้ในสิ่งมีชีวิตทั่วไป

3. การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม (Behavioral resistance)

ศัตรูพืชบางชนิดที่เคลื่อนที่ได้เร็วอาจลดการได้รับสารในการฉีดพ่นได้โดยการหนีออกจากพื้นที่ดังกล่าว เช่น ยุงสามารถหลบหนีโดยการบินหนีและไม่มาเกาะบริเวณที่ฉีดพ่นสารฆ่าแมลงและพบว่ายุงที่ต้านทานสามารถหลบหลีกการสัมผัสสารฆ่าแมลงได้ดีกว่ายุงที่อ่อนแอต่อสารฆ่าแมลง