บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ส้มเป็นพืชในวงศ์ Rutaceae มีทั้งหมด 7 วงศ์ย่อย วงศ์ย่อยที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ คือ Aurantioideae (Scora, 1975) วงศ์ของส้มค่อนข้างใหญ่ มีถึง 130 สกุล แบ่งได้ 1,500 ชนิด จัดเป็นไม้ผลที่มีผลผลิตมากเป็นอันดับสองของโลกรองจากองุ่น (มงคล แซ่หลิม, 2535) แหล่งกำเนิดของส้มที่สำคัญหลายพันธุ์อยู่ในทวีปเอเชีย เช่น ประเทศอินเดีย พม่า จีน ญี่ปุ่น และไทย ต่อมาส้มได้แพร่กระจายไปยังประเทศต่างๆ ในประเทศเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน ซึ่งมีความชื้นและสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม พื้นที่การปลูกส้มของโลกอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 37 องศาใต้ ถึง 44 องศาเหนือ (Gmitter *et al*., 1992) พันธุ์ส้มที่ปลูกมากในประเทศไทย ได้แก่ ส้มเกลี้ยง ส้มตรา ส้มเขียวหวาน ส้มจุก ส้มแก้ว ส้มโอ และมะนาว การปลูกส้มเป็นการค้าในประเทศไทย พบว่า ชาวจีนเป็นผู้นำเข้ามาระหว่าง พ.ศ. 2400-2410 ปัจจุบันพื้นที่ปลูกส้มกระจายทั่วไปในประเทศไทย เนื่องจากมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม (มงคล หลิม, 2535) โดยส้มเขียวหวานจัดเป็นส้มที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด คือ 221,520 ไร่ รองลงมาคือ ส้มโอ มีพื้นที่ปลูกประมาณ 130,363 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2543) สำหรับมูลค่าการค้าส้มของโลก FAO (1999) รายงานว่าในปี ค.ศ. 1997-1998 ผลผลิตของส้มในประเทศที่นำเข้าทั่วโลกมีจำนวน 8,864,530 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 4,767 ล้านเหรียญสหรัฐ และผลผลิตในประเทศส่งออกมีจำนวน 9,238,833 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 4,204 ล้านเหรียญสหรัฐ ขณะที่ประเทศไทยมีการนำเข้า คิดเป็นมูลค่า 0.11 ล้านเหรียญสหรัฐ การส่งออก คิดเป็นมูลค่า 0.76 ล้านเหรียญสหรัฐ

ส้มเป็นพืชที่มีแมลงศัตรูสำคัญหลายชนิด พนมกร วีระวุฒิ (2532) รายงานว่าชนิดของแมลงศัตรูส้มมีประมาณ 23 ชนิดที่ทำลายส้มโดยการกัดกินและดูดกินน้ำเลี้ยงจากส่วนต่างๆ ของส้ม ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นส้ม รุจ มรกต (2541ข)รายงานเพิ่มเติมว่าในประเทศไทย หนอนชอนใบส้ม *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera : Phyllocnistidae) เป็นแมลงศัตรูพืชหลัก (key pests) ของพืชตระกูลส้มและเป็นแมลงที่พบการระบาดตลอดปี เนื่องจากต้นส้มที่ปลูกในประเทศไทยจะแตกใบอ่อนได้ตลอดปี การระบาดจึงรุนแรงกว่าประเทศอื่นๆ ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Waterhouse, 1998) หนอนชอนใบส้มพบครั้งแรกในแถบทวีปเอเชียใต้ โดยเฉพาะที่เมืองกัลกัตตา ประเทศอินเดีย และแพร่ระบาดไปยังประเทศต่างๆ ในทวีปเอเชีย

และทวีปอื่นๆ ที่มีการปลูกส้ม (Stainton,1856) เช่นปี ค.ศ.1960 พบหนอนชอนใบส้มระบาดรุนแรงและทำความเสียหายให้กับส้มเป็นอย่างมากในประเทศเกาหลี (Waterhouse,1998) ปี ค.ศ.1993 และ 1994 พบหนอนชอนใบส้มระบาดในรัฐฟลอริด้า ประเทศสหรัฐอเมริกาและในประเทศต่างๆ เขตเมดิเตอร์เรเนียน อเมริกากลาง อเมริกาใต้ และอาฟริกา ตามลำดับ (Hoy,1996; Smith *et al*., 1997 a) พนมกร วีระวุฒิ และคณะ (2529) รายงานถึงการระบาดของหนอนชอนใบส้มในประเทศไทยว่าในช่วงฤดูฝนพบการทำลายของหนอนบนใบอ่อนของส้มเขียวหวานสูงถึง 90-100 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ การทำลายมีเพียงประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าการทำลายในช่วงฤดูฝนจะมีความสัมพันธ์กับการแตกยอดอ่อน ขณะที่ระดับความสูงของต้นไม่มีความสัมพันธ์กับการระบาดของหนอน

จากปัญหาการระบาดซึ่งพบตลอดปีและการทำลายของหนอนชอนใบส้มที่ก่อให้เกิดความเสียหายเป็นอย่างมาก ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกส้มมีการใช้สารฆ่าแมลงอยู่เป็นประจำ เป็นผลให้เกิดอันตรายต่อผู้ฉีดพ่น ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม จากความสำคัญดังกล่าวจึงได้ทำการศึกษาชีววิทยาของหนอนชอนใบส้มเพื่อทราบระยะการเจริญเติบโตและลักษณะการทำลายของแมลง ตลอดจนศึกษาชนิดของสารฆ่าแมลงที่มีความปลอดภัยหรือมีอันตรายน้อย แต่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมหนอนชอนใบส้ม เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีการต่างๆ ในระบบการจัดการศัตรูพืชแบบบูรณาการ เป็นการลดปัญหาการระบาดของศัตรูพืช การปนเปื้อนในอาหาร มลพิษในสิ่งแวดล้อม ความต้านทานของแมลงและผลกระทบต่างๆ ที่เกิดจากการใช้สารฆ่าแมลง

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพืชวงศ์ส้ม

พืชวงศ์ส้มมีลำต้นเป็นพุ่ม ใบเป็นใบเดี่ยวรูปร่างยาวรีแบบรูปไข่ แบ่งเป็นสองส่วน คือ แผ่นใบและก้านใบ รูปทรงและขนาดของใบแตกต่างกันไปตามชนิดของส้ม ระบบท่อลำเลียงของใบประกอบด้วยเส้นกลางใบ เส้นใบหลักและเส้นใบย่อย ทำให้เส้นใบมีลักษณะเป็นร่างแห สำหรับต่อมน้ำมันและกลุ่มท่อลำเลียงพบระหว่างช่องร่างแห (areole) ซึ่งจะมีขนาดใหญ่ที่บริเวณขอบใบและปลายใบ โครงสร้างภายในของใบส้มโดยทั่วไปประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 กลุ่ม (มงคล แซ่หลิม , 2535; วิจิตร วังใน , 2531) คือ

ก. เนื้อเยื่อชั้นผิวใบ (epidermal layer) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อชั้นผิวด้านบนและด้านล่างเคลือบสารคิวติน (cutin) หนาปกคลุม ถัดลงมาเป็นเซลล์เนื้อเยื่อเจริญ (meristem) เรียงกัน ไม่มีปาก

ใบ (stomate) บริเวณรอบๆ ต่อมน้ำมันมีเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวผนังบาง ส่วนเนื้อเยื่อชั้นผิวด้านล่างประกอบด้วยแถวของเซลล์พาเรงคิมา (parenchyma) ที่มีปากใบแทรก

ข. เนื้อเยื่อชั้นมีโซฟิลล์ (mesophyll layer) เป็นเนื้อเยื่อระหว่างชั้นผิวใบ ส่วนใหญ่เป็นพวกพาเรงคิมา แบ่งเป็น 2 ชั้น คือ ชั้นแพลิเซด (palisade layer) มีรูปทรงกระบอกและเรียงตัวกันแน่น 2 ถึง 3 ชั้น และ ชั้นสปองจีมีโซฟิลล์ (spongy mesophyll layer) มีความหนาประมาณ 8 ชั้น มีช่องว่างระหว่างเซลล์มาก

ค. เนื้อเยื่อที่เกี่ยวกับมัดท่อลำเลียง (vascular bundle) พบในส่วนของเส้นใบหรือเส้นกลางใบ ประกอบด้วยไซเล็ม (xylem) อยู่ด้านใน และโฟลเอ็ม (phloem) อยู่ด้านนอก

ใบส้มมีสารแคลเซียมออกซาเลท (calcium oxalate) จำนวนมากในเซลล์ชั้นแพลิเซด ส่วนเซลล์ใกล้มัดท่อลำเลียงและเนื้อเยื่อชั้นผิวด้านล่างของใบ มักพบสารเฮสเปอริดิน (hesperidin) โดยเฉพาะใบอ่อน น้ำมันระเหยของใบส้มเป็นพวกไฮโดรคาร์บอนซึ่งเป็นสาร terpenes และ sesquiterpenes ส่วนประกอบของน้ำมันจะแตกต่างกันอย่างมากในแต่ละชนิดและพันธุ์ส้ม นอกจากนี้อายุของใบมีอิทธิพลต่อน้ำมันระเหยในใบเช่นกัน ใบส้มประกอบด้วยแป้ง น้ำตาลและกรดอะมิโนชนิดต่างๆ หลายชนิด เช่น alanin, y-aminobutyric acid, aspargine, aspartic acid, glutamin, glutamic acid, glycine, lycine, proline, serine และ threonine เป็นต้น (วิจิตร วังใน, 2531; Gmitter *et al.*, 1992)

ส้มมีดอกแบบสมบูรณ์เพศ ผลส้มใช้เวลาสุกแก่ประมาณ 6-7 เดือนหลังจากกลีบดอกร่วง ลักษณะเมล็ดเป็นแบบ polyembryony ภายในเมล็ดแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เอ็มบริโอ (embryo) และ ใบเลี้ยง (cotyledon) ส่วนรากส้มมักอยู่ต่ำกว่าผิวดินประมาณ 2 ฟุต การแผ่กระจายและการเจริญเติบโตของรากส้มจะสัมพันธ์กับทรงพุ่มที่อยู่เหนือดิน (มงคล แซ่หลิม, 2535; Gmitter *et al.*, 1992)

ส้มโชกุน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus reticulata* Blanco cv. Shogun จัดอยู่ในกลุ่มแมนดาริน เป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และ เป็นส้มเขียวหวานพันธุ์หนึ่งที่กลายพันธุ์จากการปลูกด้วยเมล็ด พบครั้งแรกในภาคใต้ของประเทศไทย จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า เพชรยะลา ลักษณะทั่วไปมีผลใหญ่กว่าส้มเขียวหวานบางมดเล็กน้อย ลักษณะพิเศษ คือ มีคุณภาพผลดี สีเนื้อเป็นสีส้ม เนื้อนิ่ม มีกลิ่นหอม และมีเปอร์เซ็นต์น้ำส้มสูง (มงคล แซ่หลิม, 2535)

2. หนอนชอนใบส้ม

2.1 ความสำคัญและลักษณะการทำลายของหนอนชอนใบส้ม

หนอนชอนใบส้ม มีชื่อสามัญว่า citrus leafminer ชื่อวิทยาศาสตร์ *Phyllocnistis citrella* Stainton จัดอยู่ในวงศ์ Phyllocnistidae (อินทวัฒน์ บุรีคำ, 2537; Padmanaban,1994) หรือวงศ์ Gracillariidae วงศ์ย่อย Phyllocnistinae (Heppner and Dixon, 1995; Rezk *et al.,*1996; Waterhouse, 1998) อันดับ Lepidoptera พืชอาหารที่สำคัญ ได้แก่ พืชตระกูลส้ม มะลิและมังคุด (Waterhouse, 1998)

หนอนชอนใบส้มพบระบาดทั่วไปในพื้นที่ที่มีการปลูกส้ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแหล่งที่มีการปลูกใหม่ ในระยะต้นกล้าและระยะย้ายปลูกหากมีการระบาดรุนแรงมากอาจทำให้ต้นส้มตายได้ นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของส้มในระยะเจริญเติบโตเต็มที่หรือกำลังออกดอกหรือออกผล ทำให้ผลผลิตลดลงและยังเป็นช่องทางเข้าทำลายของเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas pv. campestis citri* ที่เป็นสาเหตุของโรคแคงเกอร์ ทำให้ผลร่วงหล่น ก่อให้เกิดปัญหาแก่เกษตรกรเป็นอย่างมาก (Cook, 1988; Beattie *et al.*, 1995; รุจ มรกต, 2541 ก) Huang และ Li (1989) รายงานว่าในประเทศจีนได้กำหนดระดับเศรษฐกิจ (economic threshold) ของหนอนชอนใบส้มเพื่อการตัดสินใจในการใช้สารฆ่าแมลงไว้ 0.74 ตัวหนอนต่อใบ Sabine (1971) รายงานเพิ่มเติมว่า หากการทำลายของหนอนต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ใบจะไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของส้ม หนอนชอนใบส้มชอบทำลายใบอ่อนที่มีความยาวตั้งแต่ 1-3 เซนติเมตร การชอนใบของหนอนจะพบอยู่ในเซลล์ชั้นผิว เป็นรอยคดเคี้ยวสีเงินหรือเป็นฝ้าขาว ถ้ามีการขับถ่ายมูลหรือของเสียจะเห็นเป็นเส้นสีดำตรงกลางรอยชอน การชอนใบพบได้ทั้งด้านใต้ใบและด้านบนใบ รอยชอนมีความยาวตั้งแต่ 50-100 มิลลิเมตร ใบอ่อนที่ถูกทำลายมักมีลักษณะม้วนงอ (อินทวัฒน์ บุรีคำ, 2537) จำนวนร่องรอยของการชอนใบ อาจเกิดจากการทำลายของหนอนหนึ่งตัวหรือมากกว่าหนึ่งตัวก็ได้ ดังรายงานจากประเทศอินเดียที่พบร่องรอยการชอนใบมะนาวของหนอนที่มีมากกว่า 20 รอย (Heppner, 1993) หนอนมักจะไม่เคลื่อนย้ายจากรอยชอนเดิมสู่รอยชอนของหนอนตัวอื่นๆ อาจพบเพียงบางครั้งเท่านั้นที่มีรอยชอนข้ามเส้นกลางใบหรือจากด้านใต้ใบสู่ด้านบนใบ ซึ่งถ้าพบลักษณะดังกล่าวมักเกิดจากหนอนคนละตัว สำหรับในช่วงที่ความหนาแน่นของประชากรในระยะหนอนค่อนข้างสูง อาจพบรอยชอนบริเวณกิ่งอ่อนหรือส่วนของผล รอยชอนใบแต่ละรอยจะพบหนอนทำลายเพียงตัวเดียวเท่านั้น จะไม่มีการใช้รอยชอนร่วมกัน หากเกิดกรณีดังกล่าวหนอนอีกตัวจะถูกทำลาย ความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของหนอนชอนใบอีกลักษณะหนึ่ง คือ การเกิดโรคแคงเกอร์ซึ่งเป็นผลจากรอยแผลที่หนอนทำลาย (Cook, 1988) จากการศึกษาในประเทศอินเดีย

Sohi และ Sandhu (1968) รายงานว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของการเกิดโรคแคงเกอร์ในส้มเกิดจากหนอนชอนใบเป็นสาเหตุ

2.2 รูปร่างลักษณะและวัฏจักรชีวิตของหนอนชอนใบส้ม

หนอนวัยแรกมีสีเหลืองอ่อนเมื่อหนอนโตเต็มที่จะมีสีเหลืองอมเขียวหรือเหลืองเข้มมีรูปร่างแบบไม่มีขา (apodous) Stehr (1987) รายงานว่า ระยะหนอนของแมลงในสกุล Phyllocnistis มีการเจริญเติบโตแบบ Hypermetamorphosis ระยะหนอนมี 4 วัย (instar) หนอนวัยที่หนึ่งถึงวัยที่สามมีปากแบบกัดกิน (chewing) (ภาพที่ 1) ทำลายใบอ่อนส้มโดยกัดกินเนื้อเยื่อใต้ผิวใบและดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบส้ม หนอนวัยที่สี่หรือดักแด้ระยะแรก (prepupa) มีปากแบบสร้างเส้นใย (spinning)(ภาพที่ 2) Hill (1994) และ อินทวัฒน์ บุรีคำ (2537) รายงานเพิ่มเติมว่า หนอนในระยะนี้ไม่กินอาหาร จะชักใยยึดริมขอบใบพับม้วนเข้ามาคลุมตัวแล้วเข้าดักแด้อยู่ภายในส่วนของใบที่พับนั้น ดักแด้มีสีเหลืองเข้มถึงสีน้ำตาล มีหนามที่ปลายท้อง (abdominal spines) ระยะดักแด้เพศผู้และเพศเมียจะมีแผ่นแข็งด้านบนปลายท้อง (pygidium) โดยเพศผู้จะมีลักษณะที่ยาวกว่าและไม่มีขน (hairs) ส่วนเพศเมียจะมีขน 2 เส้นที่ลักษณะดังกล่าว (Jacus and Garrido ,1996) ตัวเต็มวัยของหนอนชอนใบส้มเป็นผีเสื้อกลางคืนและมีขนาดเล็ก ลำตัวยาว 2 มิลลิเมตร สีน้ำตาลปนเทา ปีกคู่หน้าแต่ละข้างยาว 2 มิลลิเมตร สีเทาเงิน มีเส้นสีน้ำตาล และจุดดำบริเวณขอบปีก หนวดมีความยาวประมาณ 3 ส่วน 4 ของปีก (Heppner,1993; Zhang *et al.*, 1994) ตัวเต็มวัยเพศเมียมีความว่องไวตั้งแต่ในช่วงเวลาเย็นจนถึงเช้าตรู่ นิสัยไม่ชอบเล่นแสงไฟ การผสมพันธุ์ของตัวเต็มวัยจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากออกจากดักแด้ ส่วนใหญ่มีการผสมพันธุ์เพียงครั้งเดียว ตัวเมียจะวางไข่ 1 วันหลังการผสมพันธุ์โดยวางไข่เป็นฟองเดี่ยวๆ บนใบอ่อนของพืช (ระยะที่ใบอ่อนมีขนาดสั้นกว่า 10 มิลลิเมตร) บริเวณใกล้เส้นกลางใบ ส่วนใหญ่พบการวางไข่ด้านใต้ใบมากกว่าด้านบนใบ ดังนั้นจึงมักพบว่ามีปริมาณหนอนหนาแน่นในส่วนใต้ใบ (Smith *et al.*, 1997b; Waterhouse, 1998; Garrido and Gascon,1995) ตัวเมียแต่ละตัวสามารถวางไข่ได้ประมาณ 50-64 ฟองตลอดชั่วรุ่น (generation) ไข่จะฟักภายใน 2-10 วัน อายุตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมีย 2.37 และ 3.75 วัน ตามลำดับ (Garrido and Gascon, 1995; Beattie and Smith, 1993; Radke and Kaldalkar, 1987) ระยะหนอน ดักแด้และ ตัวเต็มวัยสามารถอยู่ข้ามฤดูได้ (Hamamura,1980) โดยเฉพาะตัวเต็มวัยเพศเมียอาจอยู่ได้นานถึง 164 วันภายใต้อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตในระยะต่างๆ ของแมลงเช่นกัน จากการศึกษาจำนวนชั่วรุ่นของหนอนชอนใบในแต่ละแหล่งที่มีการระบาด พบว่า มีความแตกต่างกัน โดยจำนวนชั่วรุ่นของหนอนชอนใบในประเทศญี่ปุ่น ออสเตรเลีย และอินเดียมีจำนวน 9 13 และ 15 ชั่วรุ่นต่อปี ตามลำดับ (Ujiye, 1990; Bhumanavar and Sing, 1983; Smith *et al*., 1997a) ความแตกต่าง

ของจำนวนชั่วรุ่นดังกล่าวอาจเกิดเนื่องจากมีชั่วรุ่นคาบเกี่ยวกันของแมลงในรุ่นต่างๆ (Waterhouse, 1998)

ภาพที่ 1 ลักษณะปากแบบกัดกินของหนอนชอนใบส้มสกุล Phyllocnistis วัยที่หนึ่งถึงวัยที่สาม (Stehr, 1987)

ก. มองจากด้านบน (dorsal) ข. ลักษณะกรามของตัวหนอน

ภาพที่ 2 ปากแบบสร้างเส้นใยของหนอนชอนใบส้มสกุล Phyllocnistis วัยที่สี่หรือ ดักแด้ระยะแรก (Stehr, 1987)

ก. ด้านหน้า ส่วนหัวของตัวหนอนถ่ายจากกล้อง Scanning electron microscope (SEM) (696 เท่า)

ข. ลักษณะกรามของตัวหนอน

จากการศึกษาการเจริญเติบโตหรือวัฏจักรชีวิต (life cycle) ของหนอนชอนใบส้มตั้งแต่ระยะไข่ถึงตัวเต็มวัยมีความผันแปรมากในแต่ละประเทศและท้องถิ่น คือ มีตั้งแต่ 11-47.5 วัน (Liu, 1993) และ 11-33 วัน (Huang and Li, 1989) ในประเทศจีน หรือ 18 47.5 39.7 28 และ 23.1 วัน ภายใต้อุณหภูมิ 7.3-38 20 25 30 และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับในประเทศซูดาน (Ba-Angood ,1977) ในขณะที่วัฏจักรชีวิตของแมลงชนิดนี้ที่พบในประเทศญี่ปุ่นและออสเตรเลีย คือ 14-17 และ 14-18 วัน ตามลำดับ(Waterhouse, 1998) สำหรับในประเทศไทยวัฏจักรชีวิตของหนอนชอนใบในระยะต่างๆ คือ ระยะไข่ 3-5 วัน ระยะหนอน 7-10 วัน และระยะดักแด้ 5-10 วัน จึงฟักเป็นตัวเต็มวัย (ชลิดา อุณหวุฒิ, 2534) ตัวเต็มวัยจะอาศัยอยู่ตามบริเวณทรงพุ่มของต้นส้ม บางครั้งพบในบริเวณพงหญ้า และรอเวลาที่เหมาะสมเพื่อวางไข่บนยอดอ่อนต่อไป (อินทวัฒน์ บุรีคำ, 2537)

Ujiye (1990) รายงานว่าตัวเต็มวัยเพศผู้ของหนอนชอนใบส้มที่ศึกษาในประเทศไทยจะตอบสนองต่อฟีโรโมนเพศ (Z, Z)–7,11-Hexadecadienal ซึ่งสามารถนำไปใช้ร่วมกันกับกับดักเพื่อดึงดูดแมลงได้ ประสิทธิภาพของสารฟีโรโมนเพศจะสามารถตอบสนองต่อแมลงในระยะทางประมาณ 200 เมตร Nakahara และ Kai (1991) รายงานเพิ่มเติมจากการทดสอบที่ประเทศญี่ปุ่นพบว่าตัวเต็มวัยเพศผู้จะตอบสนองต่อฟีโรโมนเพศดังกล่าวแตกต่างกันออกไป ทำให้เข้าใจว่าอาจเป็นแมลงคนละชนิด ซึ่งลักษณะดังกล่าวก็พบเช่นเดียวกันในการทดลองในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา (Nakahara and Kai, 1991; Heppner and Dixon, 1995)

3. การควบคุมหนอนชอนใบส้ม

จากการตรวจสอบเอกสารเพื่อศึกษาแนวทางการควบคุมหนอนชอนใบส้มสามารถจำแนกออกเป็น 7 วิธี คือ

3.1 วิธีเขตกรรม

การระบาดของหนอนชอนใบส้มจะสัมพันธ์กับการแตกใบอ่อน ดังนั้นการควบคุมการแตกใบอ่อนหรือบังคับให้มีการแตกใบอ่อนโดยการตัดแต่งกิ่ง ให้น้ำ ให้ปุ๋ย เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของต้นส้มในช่วงที่ประชากรของแมลงมีน้อยหรือไม่พบการทำลายจะหลีกเลี่ยงการระบาดของแมลงได้ ซึ่งวิธีการดังกล่าวในประเทศจีนได้มีการนำมาใช้กว่า 20 ปี (Cook, 1988) Zhou และคณะ (1994) รายงานว่าในมณฑลหูหนาน (Hunan) ประเทศจีน มีการปลูกต้นสาบแร้งสาบกา (*Ageratum conyzoides)* เป็นพืชคลุมดินในสวนส้ม นับว่าเป็นอีกวิธีการหนึ่งในการลดปริมาณการระบาดของหนอนชอนใบส้ม เนื่องจากพืชชนิดดังกล่าวจะช่วยเพิ่มความชื้นและปรับระดับอุณหภูมิภายใต้ร่มเงาและทรงพุ่มของส้มในช่วงฤดูกาลต่างๆ ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการอยู่รอดของแมลง

ศัตรูธรรมชาติ นอกจากนี้การเก็บใบที่ร่วงตามฤดูกาลหรือการตัดแต่งกิ่งที่แมลงทำลายนำไปเผาไฟจะช่วยลดปริมาณประชากรของหนอนชอนใบส้มได้ (Zhang *et al.*,1994)

3.2 วิธีกล

การใช้ตาข่ายป้องกันแมลงในสถานเรือนเพาะชำหรือเรือนกระจก หรือใช้ผ้าตาข่ายคลุมชั้นที่วางต้นกล้าส้มจะช่วยป้องกันแมลงในระยะตัวเต็มวัยได้ วิธีการดังกล่าวจะช่วยลดการใช้สารฆ่าแมลงหรือไม่มีความจำเป็นที่ต้องใช้สารฆ่าแมลงในช่วงการเจริญเติบโตของส้มที่มีอายุ 5-6 เดือน (Conti *et al.*,1997)

3.3 ชีววิธี

แมลงศัตรูธรรมชาติของหนอนชอนใบส้มที่มีการศึกษาและค้นพบจากแหล่งต่างๆทั่วโลกมีประมาณ 63 ชนิด เป็นแมลงตัวเบียน (parasitiods) 58 ชนิด และแมลงตัวห้ำ (predators) 5 ชนิด (Waterhouse, 1998) แมลงศัตรูธรรมชาติบางชนิดมีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนชอนใบส้มได้ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ (Zhang *et al.*,1994) ปัจจุบันจึงได้นำแมลงศัตรูธรรมชาติจากแหล่งต่างๆ มาใช้ในการควบคุมหนอนชอนใบส้มแบบชีววิธีในพื้นที่ที่มีการระบาด เช่น มีการนำแตนเบียน *Ageniaspis citricola* Logvinovskaya, *Cirrospillus quadristriatus* S. Rao & Ramanani และ *Semielacher petiolatus* Girault จากประเทศไทย จีน ออสเตรเลีย มาควบคุมหนอนชอนใบส้มในประเทศสหรัฐอเมริกา อิสราเอล และโมรอคโค เป็นต้น (Smith and Hoy, 1995; Neale *et al.*,1995; Argov and Rossler, 1996) สำหรับในประเทศไทยมีรายงานว่าแมลงศัตรูธรรมชาติของหนอนชอนใบส้มประกอบด้วยแมลงตัวเบียน 12 ชนิด คือ *A. citricola*, *Eurytoma* sp., *C. quadritriatus*, *C. ingenuus* Gahan, *Sympiesis striatipes* Ashmead, *Closterocerus trifascistus* Westwood, *Kratoysma* sp., *Teleopterus* sp., *Zaommmomentedon brevipetiolatus* Kamijo, *Citrostichus phyllocnistiodes* Narayanan, *Quadrastichus* sp. และ *Tetrastichus* sp. แมลงตัวห้ำที่เป็นแมลงช้างปีกใส 2 ชนิด คือ *Ankylopteryx octopunctata* Fabr. และ *Mallada basalis* Walker (Ujiye and Morakote, 1992; Waterhouse,1998) จากการศึกษาประสิทธิภาพของแมลงศัตรูธรรมชาติดังกล่าวพบว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนชอนใบส้ม 25.42-91.93 เปอร์เซ็นต์ (พิมลพร นันทะ และคณะ, 2534; Morakote and Nanta,1996)

Zhang และคณะ (1994) รายงานว่าการใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* strain 04-1, 454 และ HD-1 ทำให้หนอนชอนใบมีอัตราการตาย 0-97 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* Weiser ร่วมกับการใช้สารฆ่าแมลงชนิดต่างๆ ให้ผลดีในการควบคุมหนอนชอนใบส้ม (Beatie *et al.*, 1995)

3.4 พันธุ์พืชต้านทาน

Padmanaban (1994) รายงานว่าในประเทศอินเดียมีนักวิทยาศาสตร์หลายคนได้ให้ความสนใจในการศึกษาสายพันธุ์ส้มที่มีความต้านทานต่อการทำลายของหนอนชอนใบส้มมานานแล้ว และพบว่าส้มบางสายพันธุ์มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอนชอนใบส้มในระยะต่างๆ อาทิ Sanhu and Batra (1978) ศึกษาสายพันธุ์ส้มที่มีความต้านทานต่อการทำลายของหนอนชอนใบส้มจำนวน 103 สายพันธุ์ ในเวลาเดียวกัน Singh และ Rao (1978) ทำการศึกษาในส้มจำนวน 34 สายพันธุ์ ล่าสุด Batra และคณะ (1992) ศึกษาในส้ม 134 สายพันธุ์และได้จำแนกระดับความต้านทานของส้มออกเป็น 4 ระดับ Jacus และคณะ (1997) ได้ศึกษาเพิ่มเติมถึงอิทธิพลของต้นตอของส้มบางพันธุ์ที่มีผลต่อความต้านทานหนอนชอนใบส้มพบว่าอิทธิพลของต้นตอมีผลต่อการทำลายของหนอนเพียง 0.9 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น นอกจากนี้ในประเทศซูดาน เยเมน และออสเตรเลียได้ทำการศึกษาความต้านทานของหนอนชอนใบในส้มจำนวน 4-5 สายพันธุ์ (Ba-Angood, 1977; Ba-Angood, 1978; Wilson,1991)

Waterhouse (1998) ได้ให้ข้อสังเกตจากการศึกษาสายพันธุ์ส้มเพื่อจำแนกระดับความต้านทานของส้มแต่ละสายพันธุ์ในแต่ละแหล่ง พบว่า ระดับการทำลายของพันธุ์ส้มแต่ละสายพันธุ์จะมีความแตกต่างกันอาจเนื่องจากปัจจัยของการทดลองที่แตกต่างกัน เช่น ความหนาแน่นของประชากรแมลงและสภาพแวดล้อม ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะจำแนกพันธุ์ส้มให้แน่ชัดว่าพันธุ์ใดเป็นพันธุ์ต้านทานแมลง Latif และ Yanus (1952) รายงานว่าลักษณะทางกายภาพของใบส้มที่มีลักษณะใบเรียบและบางจะอ่อนแอต่อการทำลายของหนอนชอนใบส้ม ในทางตรงกันข้ามใบที่หยาบและหนาจะมีความทนทานต่อการทำลายมากกว่า Batra และคณะ (1988) แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบของสารฟีนอล (phenol) ในใบพืชที่สมบูรณ์กับเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของใบส้มมีสหสัมพันธ์ในระดับต่ำ (low positive correlation) ซึ่งก่อให้เกิดข้อข้องใจว่าปัจจัยหรือสาเหตุใดเป็นปัจจัยหลักที่มีผลทำให้ส้มพันธุ์พื้นเมืองมีคุณสมบัติต้านทานต่อหนอนชอนใบส้ม

พันธุ์ส้มที่ประเทศอินเดียแนะนำให้ปลูกเพื่อหลีกเลี่ยงการทำลายของหนอนชอนใบส้มโดยเป็นพันธุ์ที่พบมีการทำลายน้อย เช่น พันธุ์ Carrizo, Sacaton, Savage, Troyer, Citrange, Citrumilo, Cambell, Valencia, Kinnow และ Rubidoux ส่วนพันธุ์ลูกผสมชนิดต่างๆ ได้แก่ *Poncirus trifoliata* x sweet orange และ Rangpur Lime x Troyer เป็นต้น (Padmanaban, 1994; Batra *et al.*, 1992)

3.5 สารล่อเพศ

สาร 7(Z, 11Z)-7,11- Hexadecadienal เป็นสารล่อเพศร่วมกับการติดตั้งกับดักจำนวนมาก (mass traps) สามารถดักจับตัวเต็มวัยของหนอนชอนใบส้มได้ โดยเฉพาะตัวเต็มวัยเพศผู้จะ

ตอบสนองต่อสารได้ดี วิธีการดังกล่าวแม้จะมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับต่ำแต่เหมาะสำหรับการพยากรณ์การระบาดของแมลงตัวเต็มวัยได้ นอกจากนี้การติดตั้งกับดักเป็นเวลานานติดต่อกัน 7-8 ชั่วรุ่น จะทำให้ทราบช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการบิน จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าแมลงจะมีความว่องไวในการตอบสนองต่อสารได้ดีที่ความเร็วลมน้อยกว่า 2 เมตรต่อวินาที (Ujiye, 1990)

3.6 การใช้สารฆ่าแมลง

3.6.1 สารสกัดจากเมล็ดสะเดาไทย

สะเดาไทย (Thai neem) เป็นพืชในวงศ์ Meliaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Azadirachta indica var. siamensis* Valeton สารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือ สารอะซาไดเรคติน (azadirachtin) ออกฤทธิ์โดยการรบกวนกระบวนการลอกคราบและการสร้างฮอร์โมนเอคดายโซน (ecdysone) ของแมลง ชื่อการค้าที่ผลิตและวางจำหน่าย เช่น มาร์โกซาน (Margosan®) แอคกริดายน์ (Agridyne®) และ สะเดา 111 (Sadao 111®) เป็นต้น (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2540) ส่วนระดับความเป็นพิษเฉียบพลันทางปาก (acute oral LD_{50} ทดสอบกับหนู) มากกว่า 5,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ระดับความเป็นพิษเฉียบพลันทางผิวหนัง (acute dermal LD_{50} ทดสอบกับหนู) มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Tomlin, 1994)

ขวัญชัย สมบัติศิริ และพรชัย อานันท์นิตย์ (2535) รายงานว่าการใช้สารสกัดจากเมล็ดสะเดาไทย (alcoholic neem extract) 5% ในอัตรา 100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นบนใบมะกรูดทุกๆ 5 วัน ติดต่อกัน 4 ครั้ง ปรากฏว่าความเสียหายของใบมะกรูดที่เกิดจากหนอนชอนใบซึ่งเดิมอยู่ในระดับเสียหายมากและระดับปานกลาง มีความเสียหายลดลงโดยมีความเสียหายน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีความเสียหายรวมกัน 90 เปอร์เซ็นต์ และในขณะที่ฉีดพ่นด้วยสารฆ่าแมลง monocrotophos มีการทำลาย 60 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการถึงปฏิกริยาที่สารสกัดจากสะเดามีผลต่อหนอนชอนใบส้ม ปรากฏว่าสารสกัดจากสะเดาออกฤทธิ์ในด้านเป็นสารยับยั้งการวางไข่

ขวัญชัย สมบัติศิริ (2540) แนะนำว่าควรฉีดพ่นสารสกัดจากสะเดาบนยอดอ่อนส้มที่เพิ่งแตกออกมาใหม่ๆ โดยฉีดพ่นทุก 7-10 วัน ติดต่อกัน 2-3 ครั้ง ในกรณีที่หนอนชอนใบระบาดมากและสารสกัดจากสะเดาไม่สามารถควบคุมได้ ควรใช้สารฆ่าแมลงชนิดอื่นๆ ฉีดพ่น 1-2 ครั้ง เช่น สาร flufenoxuron (Cascade®), imidacloprid (Confidor®), omethoate (Folimat®), carbosulfan (Posse®) และ cyfluthrin (Baythriod®) เป็นต้น

3.6.2 สารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้าง

สะเดาช้างหรือไม้เทียม (Tiam) เป็นพืชในวงศ์ Meliaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Azadirachta excelsa* Jack. เป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในเขตป่าร้อนชื้นและพบมากในภาคใต้ของประเทศไทย

(Somyos and Boonchoob, 1995) สารออกฤทธิ์ที่สกัดจากใบ เปลือก ลำต้น และเมล็ดมีมากกว่า 60 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบพวก terpenoides โดยเฉพาะสาร limonoides และ tetraterpenoides ซึ่งมีคุณสมบัติในการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ สารออกฤทธิ์ที่สำคัญและพบมากที่สุดในสะเดาช้าง คือ 1-tigloyl-3-acetylazardirachtol ซึ่งคาดว่าเป็นสารที่มีฤทธิ์ค่อนข้างสูงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2540) นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น azadirachthin A, azadirachtol (azadirachthin B), marrangin (azadirachthin L), 11-demethoxycarbonylazardirachtol (azadirachthin H), nimbolide, 28-deoxynimbolide, salanin, 3–deacetylsalanin, nimbin และ 6-deacetylnimbin (Ermel *et al.*, 1991)

สารสกัดจากสะเดาช้างมีผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของแมลง สารดังกล่าวออกฤทธิ์โดยการรบกวนกระบวนการลอกคราบ การสร้างฮอร์โมนเอคดายโซน ยับยั้งการกินอาหาร (antifeedant) และเป็นสารไล่แมลง (repellent) ซึ่งการออกฤทธิ์ลักษณะดังกล่าวคล้ายกับที่พบในสะเดาไทย (Hellap, 1991) อีกทั้งเมล็ดสะเดาช้างมีปริมาณน้ำมันในเมล็ดมาก (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2540) ปริมาณน้ำมันที่พบในเมล็ดสะเดาช้างประมาณ 43.15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง (ทิวา บุตรผา, 2543) กลไกการออกฤทธิ์ในทางสัมผัสจะมีผลต่อการพัฒนาของแมลงในระยะไข่ หนอน และดักแด้เช่นเดียวกับน้ำมันปิโตรเลียมซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป เพื่อเป็นทางเลือกใหม่ในการใช้สารฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพ ปลอดภัยต่อผู้ใช้ และสภาพแวดล้อม โดยการใช้สารฆ่าแมลงจากพืชธรรมชาติที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นทดแทนสารฆ่าแมลงสังเคราะห์ จึงได้ทดลองนำน้ำมันจากเมล็ดสะเดาช้างมาใช้ในการควบคุมหนอนชอนใบส้มเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสาร

3.6.3 น้ำมันปิโตรเลียม

น้ำมันปิโตรเลียมเป็นน้ำมันที่นำมาใช้ในการควบคุมแมลง และ ไร ออกฤทธิ์โดยทางสัมผัส บางชนิดเป็นพิษต่อพืช (phytotoxicity) การใช้น้ำมันปิโตรเลียมไม่ควรใช้ร่วมกับสารที่มีส่วนประกอบของกำมะถัน (Tomlin, 1994)

Thomson (1992) รายงานเพิ่มเติมว่าน้ำมันปิโตรเลียมมีค่า LD_{50} ที่มีต่อหนู เท่ากับ 5,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนรูปแบบ (formulation) ของผลิตภัณฑ์ คือ 85-90% EC ออกฤทธิ์โดยการสัมผัส ผลของน้ำมันจะมีผลต่อแมลงทั้งระยะไข่และตัวอ่อน รุจ มรกต (2541 ก) และ Tomlin (1994) รายงานว่าสารฆ่าแมลงประเภทน้ำมันหรือไวท์ออยส์ (white oil) ที่มีการผลิตเป็นการค้า เช่น Gravicide Super 90®, Volck Supreme®, Orachex 796®, Sunspray Utra-Fine®, Caltex Lovies®, Ampol DC Tron®, DC Tron Plus®, DC Tron NR®, FT 99®, Hoechst Oil® และActipron®

วิถีทางการทำลาย (mode of action) ของน้ำมันปิโตรเลียมในระยะไข่ของแมลงนั้น น้ำมันจะปกคลุมและเคลือบเป็นแผ่นบางๆทำให้การแพร่ออกซิเจนผ่านทางผิวเปลือกไข่ถูกขัดขวาง มีผลทำ

ให้เอ็มบริโอขาดอากาศ (McEwen and Stephenson, 1979) หรือน้ำมันผ่านเข้าทางผิวเปลือกไข่ทำให้โพรโทพลาซึม (protoplasm) เกิดการแข็งตัวตกตะกอนหรือรบกวนสมดุลของเอนไซม์และฮอร์โมนในไข่ เปลือกไข่อาจจะแข็งตัวทำให้ตัวอ่อนไม่ฟัก ในกรณีระยะตัวอ่อน (immature) ของแมลง น้ำมันปิโตรเลียมทำให้แมลงขาดอากาศโดยไปอุดรูหายใจ ลดออกซิเจนและป้องกันการแลกเปลี่ยนแก๊ส นอกจากนี้ยังมีผลในการไล่แมลง รบกวนการวางไข่ และการกินอาหารในระยะตัวเต็มวัยของแมลง (รุจ มรกต, 2541 ก)

การใช้น้ำมันปิโตรเลียม ที่ความเข้มข้นอัตรา 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้น้ำเป็นส่วนผสมฉีดพ่นต้นส้มและส่วนยอดอ่อนมีผลทำให้หนอนตาย โดยมีประสิทธิภาพใกล้เคียงหรือดีกว่าการใช้สารฆ่าแมลงสังเคราะห์ อีกทั้งยังป้องกันการวางไข่ของตัวเต็มวัยเพศเมีย (Beattie *et al*.,1995)

เสกสรร เอกจิต (2541) รายงานจากการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำมันปิโตรเลียม (DC Tron Plus®) อัตรา 60 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร และอัตรา 80 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร และสารฆ่าแมลง methamidophos ต่อการตายของหนอนชอนใบในมะนาว พบว่า หลังการฉีดพ่น 1 วัน ผลในการควบคุมแมลงจะมีประสิทธิภาพในระดับใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะน้ำมันปิโตรเลียมมีข้อดีไม่ทำให้ดอกมะนาวร่วง และการติดผลเป็นไปตามปกติ

น้ำมันปิโตรเลียมสามารถใช้ร่วมกับสารฆ่าแมลงและสารฆ่าเชื้อราบางชนิดได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสาร แต่ห้ามใช้ในบางกรณีซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพของสารลดลง ได้แก่ ห้ามใช้ร่วมกับสารฆ่าแมลง carbaryl (Sevin®) หรือ ห้ามใช้หลังจากใช้สารฆ่าเชื้อรา captane (Orthocide®) หรือ folpet (Phultan®) เป็นต้น เนื่องจากเกิดปฏิกริยาทางเคมีมีผลต่อการทำลายชิ้นส่วนเครื่องฉีดพ่นที่มีองค์ประกอบเป็นยาง นอกจากนี้ยังห้ามใช้สารกำมะถันภายหลังการฉีดพ่นน้ำมันปิโตรเลียมในช่วงระยะ 2-3 สัปดาห์ (ปรีชา พุทธิปรีชาพงศ์, 2537)

3.6.4 สารฆ่าแมลงกลุ่มนิโคตินอยด์ (nicotinoids)

สารฆ่าแมลง imidacloprid จัดอยู่ในกลุ่มนิโคตินอยด์ ชื่อทางเคมี คือ 1[(6-chloro-3-pyridylmethyl)] -N-nitromidazolidin-2-ylideneamine ชื่อการค้า ได้แก่ Admire®, Confidor®และ Gaucho® (Ware, 1999) imidacloprid เป็นสารฆ่าแมลงชนิดดูดซึม ออกฤทธิ์ได้ทั้งทางถูกตัวตายและกินตาย ปฏิกริยาการเข้าทำลายของสารโดยการรบกวนการส่งกระแสประสาทของแมลง มีผลต่อการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง ใช้ในการควบคุมแมลงปากดูด ปากกัด และแมลงในดิน อาจใช้ในลักษณะเป็นสารคลุกเมล็ด หรือสารดูดซึมทางราก หรือสารฉีดพ่นทางใบ ระดับความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อหนู คือ 424 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทางผิวหนังมากกว่า 5,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทางระบบหายใจมากกว่า 69 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency = EPA) ของอเมริกา จัดระดับความเป็นพิษของสารอยู่ในชั้น

ปานกลาง (Tomlin, 1994) โดยมีพิษสูงต่อแมลงในอันดับ Thysanoptera Hemiptera Coleoptera และ Lepidoptera มีพิษปานกลางต่อนก พิษน้อยต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและปลา (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2540) ปรีชา พุทธิปรีชาพงศ์ (2537) แนะนำอัตราการใช้สารโดยใช้สูตรผสม 5% EC ในอัตราส่วน 20 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร หรือสูตรผสม 10% SL ในอัตราส่วน 8-20 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นให้ทั่วต้นเมื่อพบว่ามีแมลงศัตรูพืชระบาด

กองกีฏและสัตววิทยา (2543) แนะนำให้ใช้สาร Confidor® 10% SL ในอัตราส่วน 8 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร หรือ Admire® 5% EC ใช้ในอัตราส่วน 16 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นให้ทั่วต้นเมื่อพบว่ายอดอ่อนมีหนอนชอนใบส้มทำลายมากกว่า 50% ของยอดอ่อนที่สำรวจ โดยสำรวจแปลงละ 10 ต้นๆ ละ 5 ยอด

3.6.5 สารฆ่าแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์ (pyrethroids)

Zhang และคณะ (1994) รายงานว่าในประเทศจีนสารฆ่าแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์เป็นสารฆ่าแมลงที่มีการใช้กันมากในการควบคุมหนอนชอนใบส้ม สารฆ่าแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนชอนใบส้มที่ได้ผลดีในประเทศไทยได้แก่ สาร cyfluthrin และ fenvalerate (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2540)

Tomlin (1994) รายงานว่า cyfluthrin เป็นสารที่ออกฤทธิ์โดยการสัมผัสและการกิน มีคุณสมบัติทำให้แมลงสลบและตายได้อย่างรวดเร็ว มีความคงทนในสภาพแวดล้อม สามารถใช้ผสมกับสารฆ่าแมลงชนิดอื่นได้ มีชื่อการค้าว่า Baythroid® ระดับความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อหนู คือ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทางผิวหนังมากกว่า 5,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่ระคายเคืองผิวหนังและดวงตา ขวัญชัย สมบัติศิริ (2540) รายงานเพิ่มเติมว่า สารออกฤทธิ์ของ cyfluthrin คือ cyano(4-fluoro-3-phenoxyphenyl)-methyl-3-(2,2-dichloroethenyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate องค์การอนามัยโลก จัดระดับความเป็นพิษอยู่ในชั้น 3 ซึ่งมีพิษน้อยต่อนก ชลิดา อุณหวุฒิ และคณะ (2535) แนะนำว่า สาร cyfluthrin 5% EC ที่ใช้ได้ผลดีในการควบคุมหนอนชอนใบส้มนั้นควรใช้ในอัตรา 0.6 กรัมเนื้อสารออกฤทธิ์ต่อน้ำ 20 ลิตร

3.6.6 สารฆ่าแมลงในกลุ่มคาร์บาเมท (carbamates)

สารฆ่าแมลง carbosulfan จัดอยู่ในกลุ่มคาร์บาเมท ชื่อทางเคมี คือ 2, 3 - dihydro 2 – 2-dimethyl - 7 - benzofuran - 7 - yl (dibutyl aminothio) methyl carbamate ชื่อการค้า ได้แก่ Posse®, Marshall® เป็นสารประเภทดูดซึม ออกฤทธิ์โดยการสัมผัสและการกิน องค์การอนามัยโลกจัดระดับความเป็นพิษอยู่ในชั้น 2 ซึ่งมีพิษสูงต่อผึ้ง ปลา ค่า Acceptable Daily Intake (ADI) เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ระดับพิษเฉียบพลันทางปากต่อหนู เท่ากับ 209 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ปรีชา พุทธิปรีชาพงศ์, 2537; Tomlin, 1994)

3.7 การจัดการศัตรูพืชแบบบูรณาการ (Integrated Pest Management)

เป็นการประยุกต์ใช้วิธีการต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นให้เหมาะสมในการควบคุมหนอนชอนใบส้ม เช่น ในประเทศจีน Zhang และคณะ (1994) รายงานว่า การใช้วิธีทางเขตกรรมร่วมกับการอนุรักษ์แมลงศัตรูธรรมชาติ และเมื่อมีความจำเป็นต้องใช้สารฆ่าแมลงให้เลือกใช้สารที่มีความเฉพาะเจาะจงสูง โดยใช้ด้วยความระมัดระวัง สารที่แนะนำให้ใช้ เช่น เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* หรือ สารยับยั้งการเจริญเติบโต เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการระบาด การสร้างความต้านทานของแมลง และอันตรายของสารฆ่าแมลงที่มีต่อผู้ฉีดพ่น ผู้บริโภค ตลอดจนปัญหาทางด้านมลพิษที่เกิดจากการใช้สารฆ่าแมลงที่ไม่ถูกต้อง นอกจากนี้การควบคุมหนอนชอนใบส้มเพื่อไม่ให้มีระดับที่จะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิต การเลือกใช้วิธีการใดนั้นควรพิจารณาปัจจัยทางด้านอื่นๆ ประกอบด้วย เช่น สภาพท้องที่ ภูมิอากาศ สภาพแวดล้อม ระยะการเจริญเติบโตของพืชและต้นทุนค่าใช้จ่าย ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการตัดสินใจ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและชีววิทยาของหนอนชอนใบส้ม *P. citrella*
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงที่มีต่ออัตราการตายของหนอนชอนใบส้ม *P. citrella* ในสภาพห้องปฏิบัติการ
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงที่มีผลต่อการลดปริมาณหนอนชอนใบส้ม *P. citrella* ในสภาพโรงเรือน
4. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงที่มีผลต่อการลดปริมาณหนอนชอนใบส้ม *P. citrella* ในสภาพแปลงเกษตรกร