บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

1. การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเป็นแมลงศัตรูข้าวที่มีความสำคัญยิ่งทางเศรษฐกิจหลังมีการปรับปรุงการปลูกข้าวในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2512 เป็นต้นมา ทำให้นิเวศการปลูกข้าวเปลี่ยนไปจากการปลูกข้าวส่วนใหญ่ปีละหนึ่งครั้งมาเป็นสองครั้งหรือมากกว่า ด้วยพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูง อายุสั้น ไม่ไวแสงแต่ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมาแทนข้าวพื้นเมืองที่ไวแสงและให้ผลผลิตต่ำ

สาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเกิดการระบาดอย่างรุนแรง เนื่องมาจากระบบนิเวศการปลูกข้าวและสิ่งแวดล้อมถูกเปลี่ยนแปลง โดยมีการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่องและปลูกเหลื่อมฤดู ทำให้มีแหล่งพืชอาหารและแหล่งอาศัยอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ข้าวพันธุ์อ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เป็นปัจจัยเสริมที่ทำให้เกิดการเพิ่มประชากรจนเกิดการระบาด (สุวัฒน์, 2530; เฉลิม, 2534) เมื่อมีการใช้สารเคมีสังเคราะห์ในการป้องกันกำจัด ปัญหาการเพิ่มการระบาดก็เกิดขึ้นตามมา รวมถึงปัญหาสารพิษตกค้างและปัญหาสุขภาพของเกษตรกร (สุภาณี, 2540)

จนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2549) เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ระบาดมาแล้ว 3 รอบ ระหว่างปี พ.ศ. 2518-2527 พ.ศ. 2532-2533 และ พ.ศ. 2542-2544 ในอนาคตแมลงนี้จะยังคงมีการระบาดเป็นช่วง ๆ ต่อไป ซึ่งมีปริมาณและแต่ละช่วงห่างกันมากน้อยขึ้นกับการบริหารจัดการควบคุมปริมาณ (ปรีชา, 2545)

2. ชีววิทยาของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nilaparvata lugens* Stal เป็นแมลงในอันดับ Homoptera วงศ์ Delphacidae ลำตัวมีขนาดเล็กประมาณ 2 ถึง 3.5 มิลลิเมตร สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเทา มีลักษณะสำคัญคือ ที่ส่วนปลายปล้อง tibia ของขาคู่หลังมีหนามแหลมหลายอันและมีหนามเล็ก ๆ ที่เคลื่อนไหวได้ (movable spur) (Mochida and Okada, 1979) มีการเจริญเติบโตแบบ hemimetamorphosis มีระยะไข่ ตัวอ่อน และตัวเต็มวัย ดังนี้

ไข่ (egg) เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลวางไข่ เป็นกลุ่มในลักษณะเป็นแนวตั้งฉากกับกาบใบเรียงเป็นแถว ไข่ฟักออกเป็นตัวอ่อนภายใน 7-11 วัน โดยเพศเมียใช้อวัยวะวางไข่ (ovipositor) แทงเข้าไปในเนื้อเยื่อของต้นข้าวบริเวณส่วนล่างของต้นข้าวเหนือระดับน้ำ ส่วนใหญ่วางไข่บริเวณกาบใบ บางครั้งอาจพบที่ส่วนแผ่นใบและบริเวณเส้นกลางใบของต้นข้าว (Bae and Pathak, 1970) บางครั้งเมื่อประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีความหนาแน่นสูง พบว่ามีการวางไข่บริเวณส่วนบนของต้นข้าว (Mochida and Okada, 1979) ไข่ของเพลี้ยกระโดดสี

น้ำตาลมีลักษณะคล้ายหวีกล้วยหอมและมีฝาปิดไข่ (egg cap) ยื่นออกมาจากเนื้อเยื่อของผิวกาบใบเล็กน้อย

สีของไข่ที่วางใหม่ๆ มีสีขาวขุ่น หลังจากนั้น 3-4 วัน เกิดเป็นตาสีแดงขึ้น เพื่อพัฒนาเป็นตัวอ่อน ระยะไข่ก่อนที่เกิดเป็นตาสีแดงนี้เป็นระยะที่ตัวห้ำมวนเขียวดูดไข่ (*Cyrtorhinus lividipennis* Reuter) สามารถทำลายได้ แต่หลังจากพัฒนาเป็นระยะตาสีแดงแล้ว ตัวห้ำนี้ทำลายไม่ได้หรือไม่ทำลาย และเช่นเดียวกันในระยะที่ไข่ยังไม่พัฒนาเป็นตาสีแดงดังกล่าวนี้แตนเบียนไข่ *Oligosita yasumatsui* Viggiani and Subba Rao และแตนเบียน *Angrus optabilis* Perkins สามารถเข้าทำลายได้ โดยการวางไข่ข้างในและพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย ดังนั้นระยะไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจึงเป็นระยะที่สำคัญที่เป็นจุดอ่อนต่อแมลงศัตรูธรรมชาติทั้งสามชนิดดังกล่าว (ปรีชา, 2545)

ตัวอ่อน (nymphs) ตัวอ่อนระยะที่ 1 ฟักออกจากไข่โดยออกมาทางฝาปิดของไข่ ตัวอ่อนที่ออกมาในระยะนี้มีสีเทาโดยเฉพาะที่ส่วนของอกหลัง ตามีสีแดงปนดำ มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร และใช้เวลา 3-4 วัน ลอกคราบออกมาเป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 ซึ่งในระยะนี้มีสีน้ำตาลอ่อนชัดเจน ตัวอ่อนที่ฟักออกจากไข่ใหม่ ๆ มีความยาวลำตัวประมาณ 0.6 มิลลิเมตร (Feakin, 1970) ตัวอ่อนทุกระยะอาศัยดูดกินน้ำเลี้ยงและเจริญเติบโตอยู่ที่บริเวณโคนกอข้าวเหนือระดับน้ำ (ภาพที่ 1) ในบริเวณที่นาขาดน้ำตัวอ่อนลงมาสู่โคนกอข้าวบนพื้นดินที่แฉะมีความชื้น โดยเฉพาะในช่วงกลางวันที่ร้อนและแดดจัด ตัวอ่อนจะใช้เวลา 10-15 วัน จึงเป็นตัวเต็มวัย

ภาพที่ 1 ตัวอ่อนของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (Plant Sucking Pests, n.d.)

ตัวเต็มวัย (adult) มีขนาดยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร กว้าง 1 มิลลิเมตร เป็นแมลงที่สามารถมีปีกได้ 2 แบบ คือ แบบปีกสั้น (brachypterous form) (ภาพที่ 2 (ก)) และแบบปีกยาว (macropterous form) (ภาพที่ 2 (ข)) ในช่วงที่แมลงมีความหนาแน่นสูง ตัวอ่อนพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยที่มีปีกยาวเป็นส่วนใหญ่ โดยพร้อมที่เคลื่อนย้ายหรืออพยพไปที่อื่นโดยอาศัยกระแสลมช่วย แต่ในช่วงที่แมลงมีความหนาแน่นต่ำและมีอาหารบริบูรณ์ ส่วนใหญ่ตัวเต็มวัยที่เกิดขึ้นมีปีกสั้น (Kishimoto, 1979) ตัวเต็มวัยเพศเมียใช้เวลา 3 หรือ 4 วัน จึงเริ่มวางไข่ สามารถวางไข่ได้เฉลี่ย 100-200 ฟองต่อตัว ซึ่งขึ้นกับแหล่งอาหารและสภาพอากาศ มีวงจรชีวิตหรือชีพจักรประมาณ 1 เดือน สามารถเพิ่มประชากรในนาข้าวได้ประมาณ 3 ชั่วอายุขัย (generation) ต่อการปลูกข้าวหนึ่งฤดู และมีความทนทานต่อการอยู่รวมกันหนาแน่นสูง (Bae and Pathak, 1966; Tanangsnakool, 1975; Mochida and Okada, 1979; นิภา, 2534)

(ก)

(ข)

ภาพที่ 2 ตัวเต็มวัยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

(ก) แบบปีกสั้น (brachypterous form) (ข้าว, ม.ป.ป.)

(ข) แบบปีกยาว(macropterous form) (Brown Planthopper IPM, n.d.)

3. การควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

การควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลไม่ให้มีระบาดนั้น การใช้พันธุ์ต้านทานถือว่าเป็นวิธีหลักที่ทำให้ปริมาณแมลงลดลงสู่ระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับผลผลิตข้าว หรือการปลูกข้าวพันธุ์เบาเก็บเกี่ยวเร็วจะช่วยลดการขยายพันธุ์และการเพิ่มประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ (สุวัฒน์, 2544) แต่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลก็เป็นแมลงที่มีศักยภาพสูงในการปรับตัวให้เข้ากับพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ใหม่ ๆ ได้ (พัชนี, 2539) ขณะเดียวกันศัตรูธรรมชาติที่มีอยู่ในนาข้าว ก็มีบทบาทสำคัญที่จะมาช่วยลดปริมาณของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลงไปอีก พิมลพร (2545) รายงานว่าการใช้ข้าวพันธุ์ต้านทานการทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลร่วมกับการควบคุมโดยอาศัยแมลงศัตรูธรรมชาติ เช่น การอนุรักษ์แมลงห้ำ แมลงเบียน ที่มีอยู่แล้วในนาข้าว โดยการรักษาสภาพนิเวศให้เหมาะสมต่อการขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณของแมลงที่มีประโยชน์เหล่านี้ ซึ่งมีจำนวนหลายชนิด สามารถเข้าทำลายทุกระยะการเจริญเติบโตของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และมีประสิทธิภาพในการควบคุมประชากรสูง การใช้สารฆ่าแมลงที่ไม่เหมาะสมเป็นการทำลายศัตรูธรรมชาติ และทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลระบาด จะเห็นได้ว่าศัตรูธรรมชาติมีบทบาทสำคัญมากในการควบคุมประชากรแมลงศัตรูข้าวไม่ให้เกิดการระบาดทำลายผลผลิตข้าว หากมีการอนุรักษ์นิเวศในนาข้าวและลดการใช้สารฆ่าแมลงในนาข้าวให้น้อยที่สุด เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มพูนทั้งปริมาณและความหลากหลายของชนิดศัตรูธรรมชาติในนาข้าว

การใช้สารฆ่าแมลงเพื่อป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ควรเลือกใช้สารฆ่าแมลงที่มีพิษต่ำต่อศัตรูธรรมชาติ เนื่องจากการอนุรักษ์ศัตรูธรรมชาติเป็นหัวใจสำคัญของการบริหารเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (รัชนี, 2536) วิธีการใช้สารฆ่าแมลงอย่างถูกต้อง จะเป็นการป้องกันกำจัดที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด เนื่องจากสารฆ่าแมลงทุกกลุ่มในปัจจุบัน ไม่สามารถฆ่ากลุ่มไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่อยู่ภายในกาบใบข้าวได้

ดังนั้นปัญหาต่าง ๆ ที่พบหลังจากการใช้สารฆ่าแมลงนั้น เกษตรกรยังขาดความรู้และความเข้าใจ จึงก่อให้เกิดปัญหาติดตามมาหลายประการ เช่น แมลงเกิดการดื้อต่อสารเคมีฆ่าแมลง เกิดการระบาดเพิ่มของแมลง มีผลทำให้ประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น เพราะสารเคมีทำให้สมดุลธรรมชาติเสียไป เช่น ทำให้แมลงเบียนย้ายไปท้องถิ่นอื่น ปัจจัยอื่นที่ทำให้เกิดการระบาดอีกอย่าง ได้แก่ การทำนาหมุนเวียนตลอดปีของเกษตรกร ทำให้เกิดการระบาดอย่างต่อเนื่อง (วัชระ, 2534) ผลกระทบจากเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนี้ทำให้รายได้ของเกษตรกรและการส่งออกข้าวลดลง รัฐบาลต้องเสียงบประมาณในการช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างมาก

4. ศัตรูธรรมชาติที่สำคัญของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีศัตรูธรรมชาติที่สำคัญคอยทำลายในระยะต่าง ๆ ของแมลงนี้ตั้งแต่ระยะไข่ ระยะตัวอ่อนและระยะตัวเต็มวัย ในระยะไข่มีแตนเบียนไข่ 3 ชนิดที่สำคัญ คือ แตนเบียน *O. yasumatsui* , *A. optabilis* และ *Tetrastichus formosanus* ซึ่งชนิดหลังสุดนี้เป็นตัวเบียนภายนอก และมีตัวห้ำคือ พวกมวนเขียวดูดไข่ *C. lividipennis* และ *Tytthus chinensis* Stal ซึ่งมีรายงานว่าประสิทธิภาพในการห้ำของมวนเขียวดูดไข่ทั้ง 2 ชนิดนี้ มีความสามารถในการกินเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจำนวนไข่ที่กินได้จะเพิ่มขึ้นตามระยะการเติบโต จากระยะตัวอ่อนไปหาระยะตัวเต็มวัย และเพศเมียมีประสิทธิภาพในการห้ำได้สูงกว่าเพศผู้ นอกจากนี้ตลอดชั่วอายุขัยของมวนเขียวดูดไข่ *T. chinensis* สามารถกินไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้สูงถึง 454.60 ฟอง (Pimsamarn and Somboon, 2002; สุภาณี และสังวาล, 2542: สังวาล, 2542)

ในระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยมีตัวเบียนพวก strepsipteran (*Elenchus yasumatsui* Kefune and Hirashima) ตัวห้ำและตัวเบียนในอันดับ Hymenoptera วงศ์ Dryinidae (*Haplogonatopus orientalis* Rohwer, *Echthrodelphax fairchildi* Perkins และ *Pseudogonatopus hospes* Perkins) ตัวห้ำที่สำคัญ คือ แมงมุมสุนัขป่า (*Lycosa pseudoannulata* Boesenberg and Strand) และพวกแมงมุมเขี้ยวยาว (*Tetragnatha* spp.)

4.1 ระยะไข่

4.1.1 แตนเบียนไข่ *O. yasumatsui* เป็นแตนเบียนที่มีขนาดเล็กความยาวน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลอ่อน แตนเบียนนี้วางไข่โดยแทงอวัยวะวางไข่ เข้าไปในไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ซึ่งอยู่ในระยะต้นที่ยังมิได้เจริญถึงระยะที่มีตาสีแดง เมื่อแตนเบียนสามารถวางไข่ได้แล้ว จึงพัฒนาเป็นตัวหนอนที่เจริญเติบโตอยู่ภายในไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในระยะต่อมาจะทำให้สีของไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเปลี่ยนเป็นสีเหมือนน้ำผึ้งโดยมีรอยดำด้านฝาปิดของไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่โผล่ที่ผิวของกาบใบ เมื่อแตนเบียนพัฒนามาถึงระยะดักแด้เปลือกไข่จะไม่ใสมองไม่เห็นข้างใน ตัวเต็มวัยกัดเปลือกไข่และผิวของกาบใบเป็นวงกลมออกมา สำหรับการแพร่กระจายของแตนเบียนนี้พบว่าอยู่ในภาคเหนือ พบที่จังหวัดแพร่ เชียงราย และภาคกลางพบที่จังหวดปทุมธานี นครปฐม และฉะเชิงเทรา (Vungsilabutr, 1981) ปรีชา (2545) รายงานว่าในปี 2519-2520 พบแตนเบียนนี้เมื่อเทียบกับแตนเบียนไข่ *A. optabilis* จะทำลายไข่ได้น้อยกว่า และแตนเบียนนี้สามารถทำลายไข่เพลี้ยกระโดดหลังขาว (*Sogatella furcifera* Furcifera) ได้ด้วย

4.1.2 แตนเบียนไข่ *A. optabilis* เป็นแตนเบียนขนาดเล็กมีความยาวประมาณ 0.8 มิลลิเมตร มีสีน้ำตาลและมีหนวดที่ยาว แตนเบียนนี้วางไข่เข้าไปในไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลซึ่งอยู่ในช่วงการพัฒนาของเอมบริโอ ที่ยังมิได้พัฒนาเจริญถึงระยะที่มีตาสีแดง หลังจากไข่ของตัวเบียนฟักออกเป็นตัวหนอนแล้วเจริญอยู่ภายในไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

ซึ่งทำให้สีของไข่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อนและต่อมาเป็นสีส้มแดงและเมื่อถึงระยะดักแด้เห็นดักแด้ข้างใน โดยสามารถมองผ่านผนังเปลือกไข่ที่ใสซึ่งช่วงนี้เป็นสีน้ำตาลแดงแก่ และออกเป็นตัวเต็มวัย พบการแพร่กระจายของแตนเบียนในภาคเหนือที่จังหวัดเชียงราย และภาคกลางที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ปทุมธานี นครปฐม นนทบุรี เป็นต้น (Vungsilabutr, 1981) ปรีชา (2545) รายงานว่าในปี 2519-2520 พบแตนเบียนนี้ทำลายไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมากกว่าแตนเบียน *O. yasumatsui* และแตนเบียนนี้สามารถทำลายไข่เพลี้ยกระโดดหลังขาวได้ด้วย

4.1.3 แตนเบียน *T. foumosanus* เป็นแตนเบียนที่ทำลายภายนอกไข่ (ectoparasite) ตัวเต็มวัยมีขนาดประมาณ 1.5 มิลลิเมตร มีสีเหลืองอ่อน ตัวผู้มีโคนหนวดใหญ่ ในธรรมชาติเมื่อนำกลุ่มไข่มาดูพบตัวหนอนของแตนเบียนไข่นี้อยู่นอกกลุ่มไข่ซึ่งทำลายไข่ทำให้กลุ่มไข่ไม่สามารถเจริญเป็นตัวอ่อนได้ทำให้ไข่แฟบ และพบโพรงเป็นที่อยู่ของหนอนนี้และเข้าดักแด้ข้างกลุ่มไข่ที่มันทำลาย ตัวเต็มวัยจะกัดผิวกาบใบเป็นรูกลมเพื่อเอาตัวออกมา

4.1.4 มวนเขียวดูดไข่ (mirid bug : *C. lividipennis*) ตัวเต็มวัยมีขนาดยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร ทำลายไข่โดยการดูดกินไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เป็นมวนที่มีปีกสีเขียวอ่อน อกด้านหลังมีสีน้ำตาลแก่หรือสีดำ ลายปีกมีสีดำ เพศเมียมีลำตัวโดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนท้องที่ใหญ่กว่าตัวผู้ มีระยะการเจริญเติบโต 5 ระยะ ทุกระยะสามารถดูดกินไข่ของเพลี้ยได้ ตัวเต็มวัยวางไข่ในกาบใบข้าววางเป็นฟองเดี่ยว ๆ ฝาปิดของไข่ติดเสมอกับผิวของกาบใบมีสีดำ สีของไข่มีสีขาวขุ่นถึงสีเขียวอ่อน มีขนาดเล็กหรือขนาดใกล้เคียงกับไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล การวางไข่บางครั้งวางอยู่ใกล้กับกลุ่มไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลบางครั้งไข่ถูกทำลายโดยแตนเบียน *O. yasumatsui* ตัวอ่อนมีลักษณะคล้ายตัวเต็มวัย แต่ไม่มีปีกจึงไม่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ไกล ตัวเต็มวัยว่องไวสามารถบินไปได้ไกล มวนเขียวดูดไข่เป็นแมลงศัตรูธรรมชาติที่สำคัญ (key natural enemy) ในระยะไข่ที่สามารถลดปริมาณตัวอ่อนของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่เกิดมาได้อย่างมาก (Vungsilabutr, 1995, 2001, 2002; ปรีชา, 2521, 2523, 2545)

4.2 ระยะตัวอ่อนและระยะตัวเต็มวัย

4.2.1 ตัวเบียนพวก strepsipteran *Elenchus yasumatsui* Kifune and Hirashima ตัวเต็มวัยมีขนาดยาวประมาณ 1.3 มิลลิเมตร ตัวสีน้ำตาลปีกใส ขอบปีกด้านบนสีน้ำตาลดำ ตัวหนอนทำลายอยู่ภายในตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลซึ่งบริเวณท้องสังเกตเห็นรอยวงกลมเป็นรูถ้าเป็นตัวเต็มวัยยังไม่ออกมีลักษณะคล้ายเปลือกใส ๆ คลุมไว้เป็นรูโค้ง ทำลายเพลี้ยกระโดดหลังขาวด้วย

4.2.2 ตัวเบียนพวก *dryinid* มี 3 ชนิด คือ *H. orientalis*, *P. hospes* และ *E. fairchildii* มีลักษณะคล้ายมดมีสีน้ำตาลแดงตัวยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร *P. hospes* ยาวประมาณ 4 มิลลิเมตร ตัวสีดำ ขาสีน้ำตาล ทั้งสองชนิดเป็นแตนเบียนดักแด้ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ถูกเข้าทำลายพบบริเวณส่วนท้องมีถุงโป่งยื่นออกมา ตัวหนอน

ของแตนเบียนเข้าดักแด้โดยออกจากถุงแล้วคลานออกไปเข้าดักแด้โดยชักใยสีขาวคลุมตัว พบดักแด้ที่บริเวณปลายใบข้าว

4.2.3 แมงมุมสุนัขป่า (wolf-spider : *L. pseudoannulata*) เป็นตัวห้ำที่สำคัญที่กินตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ตัวผู้มีขนาดเล็กกว่าตัวเมียซึ่งมีขนาดโตประมาณ 5-9 มิลลิเมตร มีสีเทา แมงมุมนี้สามารถวิ่งไปตามผิวน้ำเพื่อล่าเหยื่อจากกอข้าวหนึ่งไปอีกกอหนึ่ง ตัวเมียในช่วงที่ขยายพันธุ์มีถุงไข่ติดอยู่ส่วนล่างของส่วนท้องและพาไปด้วยในที่ต่าง ๆ เป็นการแพร่กระจายไปด้วยเนื่องจากแมงมุมมีลักษณะที่กินกันเอง (cannibalism) จึงไม่สามารถรวมกลุ่มกันจนมีปริมาณสูง

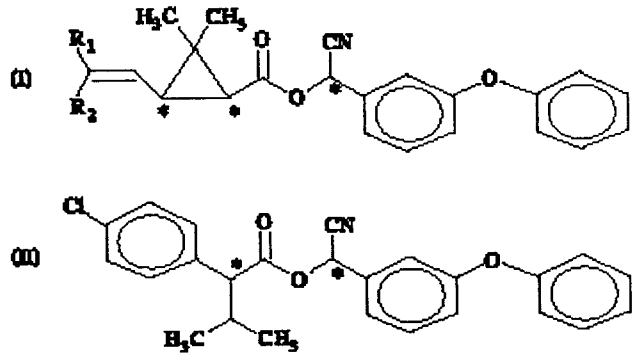
4.2.4 แมงมุมเขี้ยวยาว (long-jawed spider) เป็นตัวห้ำที่เกาะทาบอยู่ตามใบข้าว สามารถขึงใยระหว่างต้นข้าวเพื่อจับเหยื่อ เช่น เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่บินขึ้นมาติด แมงมุมเขี้ยวยาวมีสีน้ำตาลมีขายาว ในพวกแมงมุมด้วยกันแมงมุมเขี้ยวยาวมีปริมาณมากกว่าชนิดอื่น (วิภาดา, 2531ก) ส่วนใหญ่ชักใยในช่วงเวลาตอนเย็น ตัวเต็มวัยตัวผู้มีขนาดตัวยาวประมาณ 10-14 มิลลิเมตร ตัวเมียยาว 10-18 มิลลิเมตร สามารถกินเพลี้ยจักจั่นสีเขียวที่เป็นตัวเต็มวัย แมงมุมเขี้ยวยาว *Tetragnatha* spp. ตัวเมียกินเฉลี่ย 1.5 ตัวต่อวัน (วิภาดา, 2531ข)

5. สารฆ่าแมลงที่ก่อให้เกิดการระบาดเพิ่มของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยปราศจากการพิจารณาความซับซ้อนของระบบนิเวศเกษตรกรรมก่อให้เกิดผลข้างเคียงที่ไม่ต้องการ คือ การสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง (resistance) เกิดการระบาดเพิ่ม (resurgence) และเกิดการระบาดของศัตรูพืชชนิดรองขึ้น (secondary pest outbreak) ซึ่งบางครั้งไม่คุ้มทุนเมื่อป้องกันกำจัดโดยวิธีการใช้สารเคมี นอกจากนี้สารฆ่าแมลงอาจยังคงอยู่ในหรือบนพืชที่ใช้ หรือในดิน หรือฟุ้งกระจายสู่พื้นที่ใกล้เคียง ไหลไปตามที่ระบายน้ำ ลำธาร แม่น้ำ ซึ่งก่ออันตรายให้กับมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจากพิษตกค้าง (residue) และท้ายสุดพวกสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ในระบบนิเวศของเกษตรกรยังก่อให้เกิดอันตรายต่อแมลงที่ผสมเกสร สัตว์ป่า และสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ต่าง ๆ

การใช้สารฆ่าแมลงชนิดที่ชักนำให้เกิดการระบาดเพิ่มของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ยิ่งจะเพิ่มปัญหาให้กับการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ทั้งปัญหาสิ่งแวดล้อมในนาข้าวที่ตามมาและปัญหาเกี่ยวกับการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวชนิดอื่น ปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดการระบาดเพิ่ม คือ (1) ศัตรูธรรมชาติถูกทำลาย (2) การเพิ่มขึ้นของอัตราการขยายพันธุ์และอัตราการกิน ปรีชา (2545) รายงานว่ามีสารฆ่าแมลงชนิดเม็ด 10 ชนิดและสารฆ่าแมลงชนิดพ่นน้ำ 23 ชนิด ที่ก่อให้เกิดการเพิ่มระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล สารฆ่าแมลงชนิดเม็ดที่มีการใช้ในนาข้าวที่พบมาก คือ carbofuran สารฆ่าแมลงชนิดอื่นที่ทำให้เกิดการเพิ่มระบาดคือ diazinon, isazophos, chlorpyriphos, quinalphos, fonofos, etrimfos, terbufos, salithion และ endosulfan + BPMC การใช้สารฆ่าแมลง carbofuran มีผลกระทบโดยตรงต่อปลา สัตว์น้ำ

และสิ่งมีชีวิตในนาและศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าว นอกจากนี้ยังมีสารฆ่าแมลงที่อยู่ในกลุ่มของ pyrethroids (ภาพที่ 3) คือ cypermethrin, cyhalothrin L, decamethrin, alpha cypermethrin และ esfenvalerate สารฆ่าแมลงที่มีส่วนผสมของ pyrethroids เช่น monocrotophos + cypermethrin (20+5%EC) monocrotophos + alpha cypermethrin (25+1.5%EC), buprofezin ผสมกับ cyhalothrin, decamethrin และ BPMC ผสมกับ alpha cypermethrin, fenitrothion สาร carbosulfan + cypermethrin, fenitrothion + fenvalerate โดยตัวของสาร pyrethroids นั้นไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ซึ่งสารในกลุ่ม pyrethroids นี้ โดยเฉพาะ cypermethrin มีความพิษสูงต่อศัตรูธรรมชาติทั้งมวนเขียวดูดไข่ *C. Lividipennis* และแมงมุมสุนัขป่า Lycosa (สุจินต์, 2530; ปรีชา, 2545) นอกจากนี้ยังมีความเป็นพิษสูงต่อปลา ซึ่งมีค่า มี LC_{50} (mg/l) 96 ชั่วโมง เท่ากับ 0.002-0.0028 (Hutson and Robert, 1994) อีกทั้งยังมีสารฆ่าแมลง BPMC, benfuracarb, phosalone, monocrotophos, triazophos, isoxathion, methyl, methyl parathion ที่ทำให้เกิดการระบาดเพิ่มหลังการใช้ซึ่งสารฆ่าแมลงต่าง ๆ ดังนั้นความซับซ้อนที่เกี่ยวข้องในการจัดการเกี่ยวกับการใช้สารฆ่าแมลงกับข้าวที่ไม่ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และโอกาสของการเร่งการคัดเลือกให้เกิดชีวชนิดกับพันธุ์ต้านทาน จึงสมควรทำการประเมินผลของสารฆ่าแมลงในระดับชาติเพื่อแยกชนิดของสารฆ่าแมลงที่ก่อให้เกิดการเพิ่มระบาด และห้ามการนำไปให้ชาวนาใช้ (Heinrichs and Mochida, 1984)



ภาพที่ 3 โครงสร้างโมเลกุลของสารกลุ่มไพรีทรอดย์ 4 ชนิด (I) $R_1 = R_2 =$ Cl: cypermethrin; $R_1 = R_2 =$ Br: deltamethrin; $R_1 =$ Cl และ $R_2 = CF_3$: lambda-cyhalothrin. (II) fenvalerate. (Oudou and Hansen, 2002)

6. สะเดา

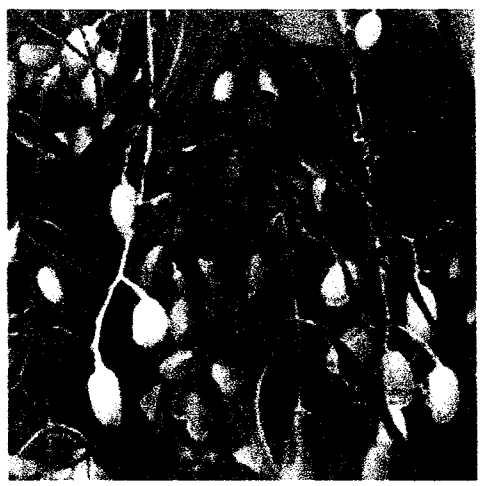
6.1 ลักษณะทั่วไปและชนิดของสะเดา

สะเดา (neem tree) (ภาพที่ 4) เป็นพืชยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ เป็นไม้โตเร็ว ทางอนุกรมวิธานจัดอยู่ในวงศ์ Meliaceae เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเอเชียใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ปัจจุบันพืชวงศ์นี้มีเขตแพร่กระจายทั่วไปในเขตร้อน มีเพียงไม่กี่ชนิดที่พบในเขตกึ่งร้อนและเขตอบอุ่น ในประเทศไทยมี 3 ชนิด ได้แก่ สะเดาไทย สะเดาอินเดีย และสะเดาช้างหรือไม้เทียม

สะเดาไทย (*Azadirachta siamensis* Valuton) เป็นชนิดที่พบเห็นได้ทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทย เป็นชนิดที่นิยมนำยอดอ่อนและดอกมาใช้ในการบริโภค

สะเดาอินเดีย (*Azadirachta indica* A. Juss) เป็นพันธุ์ไม้พื้นเมืองของประเทศอินเดีย และเป็นต้นไม้ที่มีความเชื่อเกี่ยวข้องกับศาสนาฮินดู ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้พบบ้างในประเทศไทยแต่ไม่มากนัก เนื่องจากใบมีรสขมกว่าสะเดาไทยจึงไม่นิยมใช้รับประทาน ลำต้นมีกิ่งก้านสาขามาก รูปทรงไม่ดีเหมือนสะเดาไทย มีอยู่มากในประเทศพม่า

สะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* (Jack) Jacobs) แต่เดิมเข้าใจว่าพันธุ์ไม้ชนิดนี้เป็นชนิดเดียวกันกับสะเดาอินเดีย แต่จากการศึกษาโดยพิจารณาลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยละเอียด รวมกับการตรวจสอบโดยการศึกษาไอโซไซม์ (isozyme) ในการบ่งชี้ลักษณะทางพันธุกรรม สรุปว่าสะเดาช้างหรือไม้เทียมนี้เป็นพันธุ์ไม้ในสกุลสะเดา ซึ่งเป็นคนละชนิดกับสะเดาไทยและสะเดาอินเดีย สะเดาช้างหรือไม้เทียมพบมากทางภาคใต้ของประเทศไทย ตั้งแต่สุราษฎร์ธานีไปจนถึงแถบสุมาตรา มาเลเซีย และหมู่เกาะบอเนียว (สุภาณี, 2540)



ภาพที่ 4 ผลสะเดา (neem, n.d.)

6.2. ประโยชน์จากสะเดา

เป็นเวลานานนับศตวรรษที่มนุษย์รู้จักการใช้ประโยชน์จากต้นสะเดาทั้งในการเกษตรกรรม การสาธารณสุข กิจการปศุสัตว์ ตลอดจนอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสำอาง ฯลฯ ประโยชน์ของสะเดาที่โดดเด่นและเป็นที่รู้จักกันดีในยุคสมัยนี้ได้แก่ การนำเอาสารสกัดจากเมล็ดสะเดามาใช้ในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช นอกจากนี้รายงานการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ในสาขาหรือแขนงวิชาต่าง ๆ เริ่มให้ความสนใจนำเอาส่วนต่าง ๆ ของสะเดามาใช้ประโยชน์กันอีกมากมาย ปี พ.ศ. 2502 เกิดปรากฏการณ์ที่ตั๊กแตนปาทังก้าระบาดกัดกินพืชปลูกเสียหายหลายพันไร่ในประเทศซูดานทวีปแอฟริกา มีใบพืชเพียงชนิดเดียวที่ไม่ถูกกัดทำลายคือ ใบสะเดา ทำให้ Professor Heinrich Schmutterer นักกีฏวิทยาชาวเยอรมันสังเกตเห็นปรากฏการณ์และได้ศึกษาค้นคว้าวิจัยหาเหตุผลที่ว่า ทำไมตั๊กแตนปาทังก้าจึงไม่ทำลายหรือกัดกินใบสะเดา จากนั้นเป็นต้นมารายงานทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับประสิทธิภาพของสะเดาในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชหลายร้อยชนิด จึงเป็นที่แพร่หลายแก่สาธารณะชนเรื่อยมา จนถึงปัจจุบันการพัฒนาใช้สารสกัดสะเดาในการอารักขาพืช ผ่านขั้นตอนกระบวนการต่าง ๆ มากมาย ประเทศอุตสาหกรรมหลายประเทศ ได้แก่ อเมริกา เยอรมัน ออสเตรเลีย แคนาดา เป็นต้น รวมทั้งประเทศอินเดียที่มีสะเดาขึ้นกระจายอยู่ทั่วไป ได้ผลิตสารสกัดสะเดาเพื่อใช้ในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชเป็นผลิตภัณฑ์จากสะเดามากมายนับร้อยชนิด

มีรายงานว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีอยู่ในสะเดาอินเดีย แสดงผลต่อแมลงประมาณ 200 ชนิดในหลายอันดับ เช่น Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, Homoptera และ Orthoptera (Schmutterer, 1990) แสดงผลเป็นลักษณะที่ไม่ได้ฆ่าแมลงให้ตายโดยเร็ว (outright kill) แต่มีผลทำให้แมลงมีการเติบโตผิดปกติ (Lowery and Isman, 1996) และมีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไป เช่น มีผลในการยับยั้งการกินอาหาร (antifeedant) ของแมลง (Blaney et al. 1990) การดึงดูด (attract) ให้แมลงเข้ามาหาหรือการไล่ (repel) แมลง เป็นต้น สาร azadirachtin ออกฤทธิ์ต่อแมลง 2 ทาง คือ ทางสรีรวิทยา โดยยับยั้งการเจริญเติบโตของตัวหนอนหรือตัวอ่อน ทำให้ไม่สามารถลอกคราบต่อไปได้ ตัวอ่อนตายหลังจากได้รับสารอย่างน้อย 2 วัน หรือนานกว่านั้น และทางพฤติกรรม ซึ่งเป็นการยับยั้งการกินอาหารและการวางไข่ (ขวัญชัย, 2540) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสารสกัดสะเดามีผลยับยั้งการเข้าทำลายพืชอาหารในเพลี้ยจักจั่นสีเขียวข้าว *Nephotettix virescens* (Mariappan and Saxena, 1983; Sutherland et al., 2002) และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล *N. lugens* (Rao and Rao, 1979; Saxena and Khan, 1985; Saxena et al., 1993; Sutherland et al., 2002) ตลอดจนมีผลทำให้แมลงลดความว่องไวในการดำรงชีวิต ซึ่งส่งผลให้พฤติกรรมในการหาคู่ผสมพันธุ์และความสามารถในการผลิตไข่และลูกหลานลดลงในรุ่นต่อไปด้วย (Heyde et al., 1984) สารสกัดจากสะเดายังมีพิษต่ำต่อศัตรูธรรมชาติด้วย (Schmutterer, 1990; Bottrell, 1996; Sutherland et al., 2002)

โมเลกุลของสารออกฤทธิ์ที่มีอยู่ในสะเดา มีโครงสร้างที่ซับซ้อนและมีเสถียรภาพต่ำ การทดลองสังเคราะห์และปรับเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลมักได้ผลผลิตต่ำ การนำไปใช้ประโยชน์ในปัจจุบันจึงยังมุ่งในประเด็นของการเตรียมสารสกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติ คือ เมล็ดสะเดา เพื่อผลิตเป็นสารฆ่าแมลง (National Research Council, 1992) โดยอาจใช้วิธีการอย่างง่ายซึ่งเกษตรกรสามารถเตรียมขึ้นเองได้

การศึกษาการใช้สารสกัดหยาบ (crude extract) ของสารสกัดจากสะเดาอินเดียและสะเดาไทย ได้ดำเนินมาอย่างต่อเนื่อง จนปัจจุบันได้ข้อสรุปขององค์ความรู้ในระดับที่มีความเชื่อมั่นและยอมรับอย่างกว้างขวาง ในแวดวงของนักวิชาการทั้งไทยและต่างประเทศ ภาครัฐและเอกชนหลายแห่ง ได้พัฒนาธุรกิจด้านนี้ขึ้นมา จนในปัจจุบันมีสารสกัดสำเร็จรูปออกมาจำหน่ายหลายชนิด แต่ยังมีปัญหาในด้านประสิทธิภาพและมาตรฐานของผลิตภัณฑ์สารสกัดจากเมล็ดสะเดาไทย เป็นส่วนผสมของสารประกอบหลายชนิดซึ่งมีฤทธิ์เป็นพิษต่อแมลง สารสำคัญที่สกัดได้ในความเข้มข้นที่สูงที่สุดคือ azadirachtin เป็นสารที่สลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกรังสีอุลตราไวโอเล็ตในแสงแดด เกษตรกรสามารถเตรียมสารสกัดจากเมล็ดสะเดาขึ้นใช้เองโดยการใช้แอลกอฮอล์ หรือน้ำสกัด วิธีนี้ถึงแม้ว่าเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากแต่ต้องใช้แรงงานมากและต้องมีการเตรียมล่วงหน้า นอกจากนี้เกษตรกรยังสามารถใช้สารสกัดจากเมล็ดสะเดาสำเร็จรูปที่มีปริมาณ azadirachtin 2,000-4,000 ppm มี pH 3.5-6.0 ในประเทศไทย สารสกัดที่เตรียมขึ้นจะผสมสารสกัดจากพืชอื่นเพื่อเสริมฤทธิ์ในการฆ่าแมลง ซึ่งมีราคาค่อนข้างแพง บางชนิดต้องนำเข้าจากต่างประเทศ อย่างไรก็ตามปัญหาเรื่องความคงตัวยังเป็นปัญหาหลัก เนื่องจากประสิทธิภาพของสารสกัดขึ้นกับสภาพแวดล้อมในแปลงเพาะปลูกพืช ซึ่งมีผลให้สารอาจเสื่อมสลายเร็ว มีระยะเวลาในการออกฤทธิ์สั้น เตรียมขึ้นมาแล้วต้องใช้ทันทีไม่สามารถเก็บไว้ใช้ได้ (สุภาณี และ สังวาล, 2544)

สะเดาไทยเริ่มออกดอกในเดือนกุมภาพันธ์ ผลเริ่มสุกประมาณเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม เมล็ดสะเดาที่นำมาใช้ ต้องเป็นเมล็ดที่เก็บเมื่อผลสุกหรือเริ่มสุก (มีสีเหลืองหรือสีเขียวอมเหลือง) การเก็บใช้วิธีตัดเป็นช่อ หรือเขย่าเพื่อให้ผลสุกร่วงลงบนตาข่ายหรือแผ่นพลาสติกรองรับ ส่วนผลที่ร่วงลงดินไม่ควรเก็บมาใช้เนื่องจากอาจมีเชื้อรา แยกส่วนเมล็ดออกจากเนื้อ โดยการบีบหรือขยี้กับทรายหยาบ เมล็ดที่ได้ล้างให้สะอาดและผึ่งในที่ร่มจนแห้งสนิท จากนั้นจึงบรรจุในภาชนะที่ถ่ายเทอากาศได้ดี เช่น ถุงตาข่ายไนล่อน หรือกระสอบป่าน และเก็บไว้ในที่แห้งและเย็น เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ลดลงและเป็นการรักษาเมล็ดให้มีคุณภาพเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากสะเดาให้ผลผลิตเพียงปีละ 1 ครั้ง เมล็ดสะเดาแห้งที่มีคุณภาพเนื้อในเมล็ด (seed kernel) มีสีเขียวปนน้ำตาลและปราศจากเชื้อรา

วิธีการสกัดแบบง่ายที่ผู้ใช้สามารถเตรียมได้เองโดยไม่ยุ่งยากนัก ทำได้โดยการใช้เมล็ดสะเดาแห้ง 1 กิโลกรัม ตำหรือบดให้ละเอียด แช่ในน้ำ 20 ลิตร กวนเป็นครั้งคราวและหมัก

ไว้ 1-2 คืน กรองด้วยผ้าขาวบางทบหลาย ๆ ชั้น เพื่อแยกกากออกและบีบคั้นเอาส่วนน้ำออกให้มากที่สุด น้ำสกัดที่ได้ก่อนนำไปพ่นต้องผสมสารจับใบทุกครั้ง การพ่นสารสกัดสะเดาควรพ่นในช่วงเย็นเพื่อหลีกเลี่ยงการสลายตัวของสารออกฤทธิ์เนื่องจากแสงแดด สารสกัดสะเดาที่ได้ตามวิธีการดังกล่าวนี้ มีปริมาณสารออกฤทธิ์เพียงพอที่ใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงได้ มีผลงานวิจัยหลายชิ้นซึ่งแสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากเมล็ดสะเดาใช้ได้ผลดีในการควบคุมหนอนใยผัก (diamondback moth: *Plutella xylostella* Linnaeus) ซึ่งเป็นศัตรูสำคัญของพืชตระกูลกะหล่ำและมีปัญหาจากการสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงเคมีสังเคราะห์ได้มากชนิดอย่างรวดเร็ว (Pimsamarn et al., 1991) นอกจากนี้สารสกัดสะเดายังใช้ได้ผลในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟ (thrips) ซึ่งเป็นแมลงศัตรูของพืชหลายชนิดที่สำคัญ ได้แก่ พริก หน่อไม้ฝรั่ง และแตงชนิดต่าง ๆ เป็นต้น (สุภาณีและคณะ, 2542) นอกจากนั้นสารสกัดสะเดายังสามารถใช้ในการป้องกันกำจัดโรคพืชหลายชนิดซึ่งมีเชื้อราเป็นสาเหตุ รวมทั้งไส้เดือนฝอยศัตรูพืชด้วย

6.3. ชนิดของสารออกฤทธิ์ต่อแมลง

ลักษณะการออกฤทธิ์ของสารสกัดสะเดาที่มีต่อแมลงมีหลากหลายรูปแบบ ทั้งนี้เกิดขึ้นจากการที่สะเดาประกอบด้วยสารสำคัญหลายชนิด นับตั้งแต่การค้นพบสารออกฤทธิ์บางชนิดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2485 (Siddiqui, 1942) จนกระทั่งปัจจุบันมีการรายงานการค้นพบสารสำคัญชนิดต่าง ๆ ในสะเดามากกว่า 100 สาร อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มสาร triterpenoids หรือเรียกได้เฉพาะเจาะจงลงไปคือสารประเภท limonoids เป็นสารกลุ่มออกฤทธิ์หลักที่มีประสิทธิภาพต่อแมลง โดยมีผลต่อการยับยั้งการกินอาหาร การดำรงชีวิต การเจริญเติบโตและการพัฒนาต่างๆ สารสำคัญที่เป็นสารออกฤทธิ์หลัก คือ azadirachtin นอกจากนี้ยังมีสารอื่น ๆ ที่เสริมฤทธิ์หรือเพิ่มประสิทธิภาพต่อแมลง ได้แก่ salannin, nimbin, nimbidin, meliantrio และสารอนุพันธ์ (derivatives) อื่น ๆ

6.3.1 กลุ่มสารอะซาดิแรกติน (Azadirachtin group)

นับตั้งแต่มีการเริ่มค้นพบโครงสร้างทางเคมีของสารอะซาดิแรกติน จวบจนถึงปัจจุบันพบว่านักวิทยาศาสตร์สามารถสกัดแยกและวิเคราะห์โครงสร้างของสารอะซาดิแรกตินได้หลายชนิด ตั้งแต่ azadirachtin A จนถึง azadirachtin L สารแต่ละชนิดมีลักษณะโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกัน และมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชแตกต่างกันด้วย

ผลงานวิจัยในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมาพิสูจน์ให้เห็นว่าสาร azadirachtin เป็นสารออกฤทธิ์หลักที่มีผลกระทบต่อการยับยั้งการกินอาหารของแมลง ตลอดจนมีผลในการขัดขวางกระบวนการพัฒนาการเจริญเติบโตของแมลงทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้ทดสอบ (Mordue et al., 1985; Fritzsche and Cleffmann, 1987) แต่ต่อมาได้มีการพิสูจน์ลักษณะการออกฤทธิ์ของสาร azadirachtin ที่มีต่อแมลงว่าการออกฤทธิ์หลักมีผลต่อการยับยั้งการกินอาหารและมีผลสืบเนื่องทำให้การพัฒนาการเจริญเติบโตของแมลงล่าช้าหรือผิดปกติไปได้ แต่ต่อมาก็ได้มีการพิสูจน์ให้เห็นว่า ลักษณะการออกฤทธิ์ของสาร azadirachtin ในด้านหลักมี

ผลในการขัดขวางกระบวนการลอกคราบของแมลงโดยที่ลักษณะโครงสร้างของสาร azadirachtin มีลักษณะคล้ายกับฮอร์โมนลอกคราบของแมลง (ecdysone hormone) อาจเรียกได้ว่าสาร azadirachtin เป็น "ecdysone blocker" ทำให้การสร้างฮอร์โมนลอกคราบของแมลงผิดปกติไป จากการทดลองของ Rembold (1989) และ Kraus (1995) ได้ทดสอบทางสรีรวิทยาของแมลงพบว่าสาร azadirachtin มีการสะสมในอวัยวะของแมลงโดยเฉพาะสมองส่วน corpus cardiacum และปลายประสาทต่าง ๆ มากที่สุด นอกจากนี้ยังพบมีการสะสมใน malphigian tubule และ fat body ผลการทดลองนี้ช่วยอธิบายผลของการออกฤทธิ์ของสาร azadirachtin ที่มีต่อแมลงในการยับยั้งหรือขัดขวางการสร้างฮอร์โมนลอกคราบของแมลงได้เป็นอย่างดี (วชิราภรณ์, 2545)

6.3.2 กลุ่มซาแลนนิน (Salannin group)

salannin เป็นสารตัวแรกในกลุ่ม salannin ที่สกัดแยกออกมาได้จากเมล็ดสะเดา และมีการศึกษาลักษณะโครงสร้างตลอดจนศึกษาการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีการสกัดแยกสารในกลุ่มนี้ออกเป็นชนิดต่าง ๆ ได้แก่ 3-deacetyl- salannin, salannol, salannol acetate และ salannolactame จากการทดสอบประสิทธิภาพและลักษณะการออกฤทธิ์ต่อแมลงศัตรูพืชของสารกลุ่ม salannin พบว่ามีผลต่อการยับยั้งการกินอาหารของแมลงเป็นด้านหลัก

6.3.3 กลุ่มนิมบิน (Nimbin group)

สารในกลุ่ม nimbin เป็นที่รู้จักกันดีคือ nimbin และ nimbidin สาร nimbin สามารถสกัดแยกได้จากเมล็ดสะเดา ใบและเปลือกของลำต้น ส่วน nimbindin เป็นสารที่มีรสขมและมีปริมาณมากในเมล็ดสะเดา นอกจากนี้ยังมีสารชื่อ nimbolide ในเปลือกลำต้นของสะเดาช้างอีกด้วย สารในกลุ่มนี้มีผลต่อการกินอาหารของแมลงและยังมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตเชื้อแบคทีเรียและไวรัสสาเหตุโรคพืชได้

6.3.4 สารอนุพันธ์อื่น ๆ (Other triterpinoid derivatives)

นอกจากสารในกลุ่ม tetranortriterpinoid ที่เป็นสารออกฤทธิ์หลักในเมล็ดสะเดาแล้วยังมีสารอนุพันธ์อื่น ๆ ที่มีฤทธิ์ต่อแมลง เช่น สาร pentanortriterpinoid ที่สกัดแยกได้จากน้ำมันสะเดา ใบ เปลือก และลำต้น สารในกลุ่มนี้ได้แก่ nimbandiol, 6-acetylnimbandiol, nimbinene, 6-deacetylnimbinene, α-nimolactone และ β-nimolactone มีผลต่อแมลงอย่างชัดเจน คือ เป็นสารยับยั้งการกินอาหารและมีผลทำให้การพัฒนาการเจริญเติบโตล่าช้า

7. หนอนตายหยาก

หนอนตายหยาก (ภาพที่ 5) เป็นพืชในวงศ์ Stemonaceae ขึ้นได้ทั่วไปในทวีปเอเชีย เช่น ประเทศญี่ปุ่น จีน มาเลเซีย อินโดนีเซียและลาว ส่วนในประเทศไทยพบทั่วไปในทุกภาคของประเทศแต่พบมากในภาคกลาง ภาคเหนือ และมักพบตามป่าดิบชื้น ป่าผลัดใบ ซึ่งในแต่ละท้องถิ่นมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป สำหรับในประเทศไทยพบว่ามีหนอนตายหยากประมาณ 9 ชนิด คือ

Stemona aphylla Craib	เครือปรุง (ลำปาง)
S. burkillii Prain	โป่งมดง่าม (เชียงใหม่)
S. collinsae Craib	หนอนตายหยาก (ภาคกลาง) ปงช้าง (เชียงใหม่)
S. curtisii Hook. f.	รากลิง หนอนตายหยาก (พัทลุง)
S. tuberosa Lour	หนอนตายหยาก (นครสวรรค์ แม่ฮ่องสอน)
	กะเพียด (ประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี)
S. phyllantha Gagnep	ไม่มีรายงานชื่อในไทย พบในจังหวัดเพชรบุรีและภูเก็ต
S. kerrii Craib	ไม่มีรายงานชื่อในไทย พบในจังหวัดเชียงใหม่
S. hutanguriana sp. Nov.	สามสิบกลีบน้อย (อุบลราชธานี) หญ้าปอบน้อย (ศรีสะเกษ)
S. gribbthiana Kurz	ไม่มีรายงานชื่อในไทย พบในจังหวัดแพร่

(Gagnepain, 1934; Konoshima, 1973; Chuakul, 2000; สุทธาพันธ์, 2544; สุภาณี, 2545)

ภาพที่ 5 ลักษณะของรากหนอนตายหยาก (กนกวรรณ, 2548)

7.1 ลักษณะทั่วไปของหนอนตายหยาก

หนอนตายหยากเป็นพืชหัว ลักษณะเป็นไม้เถาเนื้อแข็ง เถากลมเล็กสีเขียว ขณะต้นเล็กมีลักษณะตั้งตรงเมื่อโตขึ้นเป็นไม้เลื้อย ใบสีเขียวเข้ม รูปไข่ ปลายแหลม ฐานใบเว้ารูปหัวใจ ใบคล้ายใบพลูเห็นเส้นใบชัดเจน ดอกเล็กเป็นกลีบคล้ายดอกจำปามีกลีบดอกสีขาว ข้างในสีม่วงแดง

คล้ายใบพลูเห็นเส้นใบชัดเจน ดอกเล็กเป็นกลีบคล้ายดอกจำปามีกลีบดอกสีขาว ข้างในสีม่วงแดง ฝักเล็กปลายแหลมสีน้ำตาลเกิดที่ซอกใบเป็นดอกเดี่ยวหรือบางครั้งเกิดเป็นช่อ (นิจศิริและพยอม ,2534) หัวมีขนาดเล็กยาว ออกเป็นพวงคล้ายกระชาย มีความยาว 20-25 เซนติเมตร ขยายพันธุ์ง่ายโดยใช้เมล็ดหรือแทงหน่อใหม่ขึ้นจากกอเดิม ขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิด ทนทานต่อสภาพแวดล้อม พบทั้งในที่ชื้นและที่แห้งแล้ง เจริญเติบโตได้ดีในฤดูฝน

7.2 สารสำคัญในรากหนอนตายหยาก

จากการศึกษาสารสกัดในรากหนอนตายหยากพบสารเคมีที่สำคัญ เช่น alkaloids และ rotenoids สารกลุ่ม alkaloids เป็นสารสำคัญที่พบมากในพืชวงศ์ Stemonaceae และสกุล Croomia (Martin and Kenneth, 1996) alkaloids พบในส่วนของผล ลำต้น ใบ เปลือกราก และเมล็ด สารประกอบ alkaloids มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ มีคุณสมบัติเป็นด่าง ไม่ละลายน้ำแต่ละลายใน ether หรือ chloroform alkaloids บางชนิดนำมาใช้เป็นยารักษาโรคได้ เช่น stenin และ tuberostemonine ซึ่งเป็นสารที่สกัดได้จากหนอนตายหยากมารักษาโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ (Rogers, 1995) alkaloids ยังแบ่งได้หลายชนิดตามลักษณะสูตรโครงสร้าง ตัวอย่างพืชที่มี alkaloids เช่น ใบยาสูบ ใบและเมล็ดน้อยหน่า หนอนตายหยาก เป็นต้น Lin et al. (1994) ได้ทำการศึกษา alkaloids ในรากหนอนตายหยากชนิด *S. tuberosa* พบสาร alkaloids 2 ชนิด คือ tuberostemoninol ($C_{22}H_{31}NO_2$) และ stemoninoamide ($C_{19}H_{23}NO_4$) ต่อมา Ye et al. (1994) พบ alkaloids เพิ่มอีก 2 ชนิด ได้แก่ neotuberostemonine และ bisdehydroneotuberostemonine นอกจากนั้นยังได้ศึกษา alkaloids ในรากหนอนตายหยากชนิด *S. japonica* พบสาร alkaloids ได้แก่ neostemonine, bisdehydroneostemonine, bisdehydroprotostemonine และ isoprotostemonine ต่อมา Zhao et al. (1995) ได้ศึกษารากหนอนตายหยากชนิด *S. tuberosa* โดยการวิเคราะห์โครงสร้างใช้วิธี spectroscopic พบ bibenzyl 3 ชนิด คือ 3,5-dihydroxy-4-methylbibenzyl, 3,5-dihydroxy-2-methoxy-4-methylbibenzyl และ 3-hydroxy-2, 5-dimethoxy-2-methylbibenzyl นอกจากนั้น นิจศิริและพยอม (2534) รายงานว่าในรากหนอนตายหยากประกอบด้วย alkaloids stemonine, stemonidine, isostemonidine และ tuberostemonine ต่อมา Kinoshita และ Mori (1996) ศึกษาพบว่า stemoamide เป็น polycyclic alkaloids ชนิดหนึ่งที่แยกได้จากรากพืชตระกูล Stemonaceae ซึ่งมีศักยภาพสูงในการฆ่าแมลง สุภาณี (2545) ได้รายงานว่าสารสกัดหนอนตายหยากชนิด *S. tuberosa* และ *S. collinsae* มีสารออกฤทธิ์ที่คาดว่าเป็นสารที่อยู่ในกลุ่ม alkaloids เช่น stemofoline และ didehydrostemofoline ซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าและยับยั้งการกินอาหารของแมลง โดยเฉพาะหนอนผีเสื้อ เช่น หนอนใยผักและหนอนกระทู้ผัก

ส่วนสารกลุ่ม rotenoids ซึ่งมี rotenone เป็นสารสำคัญที่มีพิษต่อแมลงมากที่สุด สารกลุ่มนี้เป็นอนุพันธ์ของสารจำพวก isoflavonoids มีลักษณะเป็นผลึกไม่มีสี ละลายได้ดีในตัวทำ

eliptone , tephrosin , taxicarol , rotenolone และ sumatrol สารเหล่านี้มีฤทธิ์ในการฆ่าแมลง ไรและปลา โดยเฉพาะ rotenone มีพิษสูงต่อปลา สำหรับสารกลุ่ม rotenoids ที่พบในหนอนตายหยาก ได้แก่ stemonacetal , stemonone และ stemonal (Shiengthong et al., 1974)

7.3 ความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่น

จากการทดสอบพิษของสารสกัดหนอนตายหยากต่อการตายของหนูขาว น้ำหนักอัณฑะ จำนวนอสุจิใน epididymis และน้ำหนักตับพบว่า ไม่ทำให้เกิดพิษเฉียบพลันในสัตว์ทดลองและไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอัณฑะและจำนวนอสุจิใน epididymis แต่ทำให้น้ำหนักตับมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลง (กนกอร, 2543) แม้ว่าหนอนตายหยากสามารถป้องกันกำจัดแมลงศัตรูต่าง ๆ ได้ แต่ไม่พบว่าเป็นอันตรายต่อมนุษย์และไม่ทำให้เกิดอาการคันหรือแพ้ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ มช., 2542)

7.4 ประโยชน์จากหนอนตายหยาก

ทางด้านการแพทย์ สาธารณสุข ใช้เป็นยารักษาโรค โดยใช้ต้นและรากหนอนตายหยากทุบให้แตกแล้วต้มกับยาฉุน ใช้รมหัวริดสีดวงทวาร ส่วนใบตำละเอียดอมแก้ปวดฟัน (พนัส, 2539) สำหรับรากหนอนตายหยากแช่เหล้านำเอาสารละลายที่ได้ใช้เป็นยาแก้ไอ (Qin and Xu, 1996) นอกจากนี้ยังมีการนำหนอนตายหยากชนิด *S. collinsa e* ต้มรับประทานแก้โรคผื่น (Burkill, 1935) และกองวิจัยทางการแพทย์ (2527) แนะนำให้ใช้รากแห้งของหนอนตายหยากชนิด *S. tuberosa* ต้มกับน้ำดื่มแก้ไอขับเสมหะ รักษาโรคผิวหนัง ฆ่าหิด เหา เป็นยาถ่ายพยาธิ ฆ่าหนอนตามบาดแผลของสัตว์ เช่น วัว ควาย เป็นต้น นอกจากนี้ชาวบ้านในจังหวัดจันทบุรีทุบรากใส่ในไหปลาร้าเพื่อฆ่าหนอนแมลงวัน (พนัส, 2539) ทางด้านการเกษตร ฝ่ายเผยแพร่กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2536) นำรากหนอนตายหยากที่ทุบแล้ว 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง กรองเอาสารสกัดนำไปฉีดพ่นในแปลงผักและแปลงผลไม้เพื่อควบคุมแมลงศัตรู แต่การใช้ต้องหลีกเลี่ยงแสงแดดโดยตรงเพราะสารสกัดสลายตัวเร็วจึงควรฉีดพ่นในเวลาเช้ามืดหรือเวลาเย็น นอกจากนั้น วุฒิกรณ์ (2539) ทำการศึกษาผลของสารสกัดจากหนอนตายหยากและสารภีต่อแมลงศัตรูผักคะน้าเปรียบเทียบกับสารฆ่าแมลง mevinphos พบว่าหนอนตายหยากที่สกัดด้วย ethanol 95 เปอร์เซ็นต์ และหนอนตายหยากที่สกัดด้วยน้ำ มีประสิทธิภาพในการกำจัดหนอนและด้วงหมัดผักดีที่สุด สถานีวิจัยผลผลิตของป่าจังหวัดนครราชสีมา (2544) นำรากหนอนตายหยากผสมกากน้ำตาลเกรดเอ ตะไคร้หอม เปลือกมังคุด เปลือกเงาะและน้ำเปล่าหมักทิ้งไว้ 15-20 วัน กรองเอาน้ำเพื่อใช้ฉีดพ่นหนอนชอนใบในสวนส้ม รัตติยาและพิทยา (2542) ทำการศึกษาหนอนตายหยากชนิด *S. collinsae* พบว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งการกินของหนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* Fabricius นอกจากนั้น สุภาณี (2545) ทำการศึกษาหนอนตายหยากชนิด *S. tuberosa* ที่พบในจังหวัดขอนแก่นพบว่า สารที่สกัดด้วย methanol มีฤทธิ์ฆ่าหนอนกระทู้ผัก *S. litura* และประสิทธิภาพยังสูงกว่าสารสกัดสะเดาที่สกัดและทดสอบ

ด้วยวิธีการเดียวกัน นอกจากนี้ วาสนา (2545) ทำการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดหนอนตายหยาก พบว่ามีความเป็นพิษต่อลูกน้ำยุงลาย *Aedes aegypti* Linnaeus และด้วงงวงข้าวโพด *S. zeamais* สุทธาพันธ์ (2544) ศึกษาหนอนตายหยากชนิด *S. tuberosa* ผสมอาหารไก่ พบว่าสามารถควบคุมปริมาณหนอนแมลงวันในมูลไก่ได้ เป็นต้น

8. การผลิตข้าวอินทรีย์

ในปัจจุบันรัฐบาลประกาศให้ประเทศไทยเป็นครัวของโลก และเน้นการส่งออกผลผลิตเกษตรไปจำหน่ายยังประเทศต่าง ๆ อีกทั้งพยายามส่งเสริมให้อาหารไทยแพร่หลายไปทั่วโลก ทำให้รัฐบาลเร่งสร้างภาพลักษณ์ให้อาหารของไทยเป็นอาหารที่ปลอดภัย นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2547 รัฐบาลได้ประกาศให้ประเทศไทยเป็นปีแห่ง " Food Safety" และแต่ละประเทศที่นำเข้าผลผลิตเกษตรจากไทยได้ออกกฎระเบียบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานความปลอดภัยและสุขอนามัย ซึ่งผู้ผลิตและผู้ประกอบการไทยจำเป็นต้องศึกษาเรียนรู้และปฏิบัติตามหน่วยงานรัฐจึงเร่งรณรงค์ในเรื่องมาตรฐานการผลิตอาหารและการตรวจรับรอง (รวมทั้งมาตรฐานเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ด้วย) ดังนั้นการพัฒนาเกษตรกรรมแบบยั่งยืนเป็นเป้าหมายสำคัญของนโยบายการเกษตรและสิ่งแวดล้อมของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกรวมถึงประเทศไทยด้วย เพราะทุกฝ่ายต่างก็ตระหนักถึงปัญหาอันเนื่องมาจากการพัฒนาเกษตรกรรมแผนใหม่ที่พึ่งพาปัจจัยการผลิตภายนอกเป็นหลัก ซึ่งปัจจัยการผลิตภายนอกที่เกษตรกรพึ่งพามากที่สุดคือ สารกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ ที่ก่อให้เกิดผลกระทบตามมาอย่างมากโดยเฉพาะทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าเป็นปัญหาความยากจนของเกษตรกรที่ต้องลงทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น โดยที่รายได้และความเป็นอยู่ไม่ดีขึ้น อีกทั้งยังได้รับพิษภัยจากสารเคมี และเผชิญกับปัญหาความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อม (วิฑูรย์และเจษณี, 2546)

ในส่วนของประเทศไทย เกษตรอินทรีย์จึงเป็นทางเลือกในการพัฒนาภาคเกษตรกรรมอย่างยั่งยืนที่เหมาะสมและสอดคล้องกับการพัฒนาประเทศ เพราะแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ตลอดจนนโยบายของภาครัฐในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา พยายามปรับเปลี่ยนแนวทางการพัฒนาภาคเกษตรให้เข้าสู่แนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืนเช่นกัน

ดังนั้นทุกหน่วยงานจึงเร่งระดมความคิดเพื่อตอบสนองกับนโยบายของภาครัฐและหาทางแก้ปัญหาให้กับเกษตรกรอย่างเร่งด่วน ถึงแม้ว่าจะเป็นนิมิตหมายที่รัฐบาลได้ให้ความสนใจในการแก้ปัญหาพื้นฐานของเกษตรกรและชาวชนบท โดยได้แสดงเจตจำนงที่สนับสนุนงบประมาณในเรื่องต่าง ๆ แต่ลำพังเฉพาะเรื่องของ "เงิน" เพียงอย่างเดียวคงไม่อาจแก้ไขปัญหาได้ จำเป็นจะต้องมีการสนับสนุนทั้งในด้านความรู้ วิชาการ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของความเข้าใจที่ถ่องแท้ในปัญหาดังกล่าว โดยจำเป็นจะต้องมีการระดมความคิดเห็นทั้งจาก เจ้าหน้าที่ของรัฐที่เกี่ยวข้อง นักวิชาการ นักศึกษา เกษตรกร นักพัฒนาจากองค์กรพัฒนาเอกชน ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นส่วนสำคัญในการดำเนินการให้บรรลุตรงตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ที่ได้ตั้งไว้