บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

สตรอเบอรี่ (*Fragaria* spp.) เป็นไม้ผลที่จัดอยู่ในอันดับ Rosales วงศ์ Rosaceae สกุล *Fragaria* มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (basic chromosome number) n = 7 ซึ่งมีอยู่หลายชนิด สำหรับสตรอเบอรี่ที่ปลูกเป็นการค้ามีจำนวนโครโมโซมแบบ octaploid (2n = 8x = 56) และเป็นกลุ่ม *Fragaria xananassa* Duch ซึ่งเกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างสตรอเบอรี่พื้นเมืองของสหรัฐอเมริกา *F. chiloensis* กับ *F. virginiana* สตรอเบอรี่เป็นไม้ผลล้มลุกที่มีอายุหลายปี มีระบบรากค่อนข้างตื้น มีการแตกใบเป็นกลุ่ม ไหลมีรูปร่างแบบ filifrom แตกจากจุดเจริญ ซึ่งสามารถจะพัฒนาเป็นต้นใหม่ที่ใช้ในการขยายพันธุ์ได้อย่างดี ใบเป็นใบประกอบแบบมี 3 ใบย่อย (trifoliate) หรือบางครั้งอาจเป็นแบบ unequally imparipinnate คือ ใบย่อยที่อยู่ตรงกลางและอยู่สูงกว่าใบคู่ล่างจะมีขนาดใหญ่กว่าใบคู่ล่าง รูปร่างของแผ่นใบย่อยเป็นรูปไข่ มีลักษณะการจักแบบ dentate ส่วนฐานของใบมีขอบเรียบแบบ entire ช่อดอกมักมีความยาวใกล้เคียงกับก้านใบ ช่อดอกจะแตกแขนงแบบ cymose ก้านดอกย่อยจะมีขนาดเล็ก ลักษณะของก้านดอกมักจะตรงในขณะที่เป็นดอกอ่อนจนถึงเริ่มบาน หลังจากติดผลแล้วก้านดอกจะเริ่มงอ การบานของดอก จะเริ่มบานจากดอกที่อยู่ตรงกลางที่มีขนาดใหญ่กว่าดอกอื่น ๆ กลีบดอกมีสีขาว ส่วนของผลเกิดจากการเจริญของฐานดอก ผลสตรอเบอรี่เป็นแบบผลรวมหรือผลกลุ่ม (aggregate fruit) (ประสาทพรและปัจฉิมา, 2532; สังคม, 2532)

2.1 พันธุ์สตรอเบอรี่ที่ปลูกในประเทศไทย

การเลือกพันธุ์สตรอเบอรี่ให้เหมาะกับพื้นที่ปลูกเป็นกุญแจสำคัญของความสำเร็จในการปลูกสตรอเบอรี่ ตั้งแต่ พ.ศ. 2515 ได้มีการนำสตรอเบอรี่พันธุ์ต่าง ๆ จากต่างประเทศเข้ามาทดลองปลูกมากมาย เช่น ในปี พ.ศ. 2515 พบว่าพันธุ์ Cambridge Favorite (พันธุ์พระราชทาน 13) Tioga (พันธุ์พระราชทาน 16) และ Sequoia (พันธุ์พระราชทาน 20) สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ และในปี พ.ศ. 2529 ได้มีการนำพันธุ์ Nyoho Toyonoka และ Aiiberry จากประเทศญี่ปุ่นเข้ามาทดลอง พบว่าพันธุ์ Nyoho และ Toyonoka สามารถปรับตัวได้ดีบนพื้นที่สูง และมีการตั้งชื่อพันธุ์ Toyonoka เป็นพันธุ์พระราชทาน 70 (ซึ่งตรง

กับปี พ.ศ. 2540 ที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ทรงมีพระชนมพรรษาครบ 70 พรรษา) และพันธุ์ B5 เป็นพันธุ์พระราชทาน 50 (ปี พ.ศ. 2539 ซึ่งเป็นปีฉลองสิริราชสมบัติครบ 50 ปี)

ปัจจุบันพันธุ์สตรอเบอรี่ที่นิยมปลูกเป็นการค้าในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์พระราชทาน 16 (Tioga) พันธุ์พระราชทาน 20 (Seguoia) พันธุ์พระราชทาน 50 (B5) พันธุ์พระราชทาน 70 (Toyonoka) พันธุ์โดเวอร์ 35 (Dover 35) พันธุ์เนียวโฮ (Nyoho) และพันธุ์เซลวา (Selva) (งานส่งเสริมการผลิตพืชสวน, 2541) ซึ่งแต่ละพันธุ์มีลักษณะแตกต่างกันดังต่อไปนี้

พันธุ์พระราชทาน 16 (Tioga)

เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับพื้นราบทั่วไปทางภาคเหนือ หรือจังหวัดที่มีอากาศหนาวเย็นไม่มากนัก เนื่องจากพันธุ์พระราชทาน 16 ไม่ต้องการอากาศเย็นในการชักนำให้สร้างตาดอกมากเท่ากับพันธุ์อื่น ๆ ลักษณะของพันธุ์คือ ต้นสูงชะลูด จำนวนตาข้างที่แตกออกมาน้อย ขนาดของใบย่อยตรงกลาง (ใบที่ 3) มีขนาดกลางสีเขียวเหลือง ความยาวก้านใบสั้น จำนวนใบต่อต้นมีจำนวนน้อย รูปร่างของผลเป็นแบบกรวย ผลมีสีแดงจัด (ณรงค์ชัยและคณะ, 2542) เนื้อผลแข็งแน่น ทำให้ทนทานต่อการบรรจุและการขนส่งสู่ตลาด ราคาดีกว่าพันธุ์พื้นเมือง จำนวนดอกต่อช่อมาก ทำให้ติดผลได้มาก ผลมีขนาดปานกลาง น้ำหนักผลเฉลี่ยประมาณ 15 - 20 กรัม เนื้อผลสีขาว รสออกเปรี้ยว คุณภาพในการแปรรูปดี จึงเหมาะสำหรับส่งโรงงานเพื่อแปรรูป และยังทนทานต่อโรคไวรัส (สังคม, 2532)

พันธุ์พระราชทาน 20 (Sequoia)

เป็นพันธุ์ที่ปลูกเพื่อบริโภคสดเป็นส่วนใหญ่ ชอบอากาศเย็นยาวนาน ปลูกได้ดีในพื้นที่สูงมากกว่า 1,400 เมตร หากมีช่วงอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนต่างกันมากจะให้ผลผลิตที่มีคุณภาพดี คือมีปริมาณน้ำตาลและวิตามินซีเพิ่มมากขึ้น ลักษณะจำกัดของพันธุ์นี้คือ ไม่เหมาะที่จะปลูกบนพื้นที่ราบ (ประสาทพร, 2538) พันธุ์พระราชทาน 20 มีลักษณะทรงต้นปานกลาง มีจำนวนตาข้างที่แตกออกมาน้อย ขนาดของใบย่อยตรงกลาง (ใบที่ 3) มีขนาดปานกลางสีเขียวเหลือง ความยาวของก้านใบสั้น จำนวนใบต่อต้นปานกลาง ผลมีสีแดงเข้ม รูปกรวยยาว ให้ผลดก ผลโตบางผลอาจหนักถึง 50 กรัม มีรสหวาน เนื้อผลนิ่ม ฐานผลรอบ ๆ กลีบรองมีสีขาว ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของพันธุ์นี้ (ณรงค์ชัยและคณะ, 2542)

พันธุ์พระราชทาน 50 (B5)

จัดเป็นพันธุ์หนักจะออกผลช้ากว่าพันธุ์อื่นมีลักษณะทรงต้นสูงปานกลางมีจำนวนตาข้างที่แตกออกมาปานกลาง ขนาดของใบย่อยตรงกลางมีขนาดเล็กสีเขียวเหลือง ความยาวของก้านใบสั้น จำนวนใบต่อก้านใบน้อย รูปร่างผลกลมแบบกรวยยาว ผลมีสีแดงเข้ม มีขนาดปานกลาง (ณรงค์ชัยและคณะ, 2542) เนื้อผลแข็ง กลิ่นหอม รสออกหวานอมเปรี้ยว หากปลูกในพื้นที่สูงหรือช่วงที่อุณหภูมิต่ำจะมีรสหวานมากขึ้น ต้องการอุณหภูมิต่ำพอสมควรในการชักนำให้เกิดตาดอกในชุดต่าง ๆ สามารถบริโภคสดและส่งโรงงานแปรรูปได้ (ประสาทพร, 2538)

พันธุ์พระราชทาน 70 (Toyonoka)

เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะความสูงของต้นปานกลาง มีจำนวนตาข้างที่แตกออกมาปานกลาง ขนาดของใบย่อยตรงกลาง (ใบที่ 3) มีขนาดใหญ่สีเขียว ก้านใบมีความยาวปานกลาง จำนวนใบต่อต้นมาก ผลมีขนาดปานกลาง รูปกรวย ผลมีสีแดงสดใส (ณรงค์ชัยและคณะ, 2542) ผิวของผลค่อนข้างบางเป็นมัน กลิ่นหอม รสออกหวาน หากปลูกในพื้นที่สูงหรือช่วงที่อุณหภูมิต่ำจะมีรสหวานมากขึ้น เหมาะแก่การบริโภคสด (ประสาทพร, 2538)

พันธุ์เนียวโฮ (Nyoho)

เป็นพันธุ์ที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น ต้องการอากาศเย็นใกล้เคียงกับพันธุ์พระราชทาน 20 จึงจะให้ผลผลิตดี จำนวนดอกต่อช่อต่ำกว่าพันธุ์พระราชทาน 16 เป็นพันธุ์ที่ออกผลเร็ว ลักษณะของทรงต้นสูงชะลูด จำนวนตาข้างที่แตกออกมาปานกลาง ขนาดของใบย่อยตรงกลางมีขนาดใหญ่สีเขียว ก้านใบมีความยาวปานกลาง จำนวนใบต่อต้นมีจำนวนปานกลาง ผลมีขนาดปานกลาง รูปกรวย สีแดงสดใส รสหวานนำเปรี้ยว กลิ่นหอมกว่าพันธุ์อื่น ๆ เนื้อแข็งปานกลาง ทนทานต่อการขนส่งได้ปานกลาง เหมาะสำหรับการบริโภคสด (ณรงค์ชัยและคณะ, 2542; ประสาทพร, 2538)

พันธุ์เซลวา (Selva)

เป็นพันธุ์ที่ต้องการอากาศเย็นในการชักนำให้เกิดการสร้างตาดอก พันธุ์เซลวามีลักษณะทรงต้นสูงปานกลาง จำนวนตาข้างที่แตกออกมาน้อย ขนาดใบย่อยตรงกลางมีขนาดเล็กสีเขียวเข้ม ความยาวของก้านใบสั้น มีจำนวนใบต่อต้นปานกลาง ผลมีรูปร่างกรวยยาว มีขนาดปานกลาง สีแดงเข้ม เนื้อมีสีแดงหรือสีแดงส้ม เนื้อแข็ง รสออกเปรี้ยว แต่จะหวานเมื่อเก็บช่วงแก่จัด เหมาะที่จะทำการแปรรูป แต่การปลูกยังไม่แพร่หลาย (ณรงค์ชัยและคณะ, 2542; ประสาทพร, 2538)

พันธุ์โดเวอร์ 35 (Dover 35)

เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะทรงต้นสูงชะลูด มีจำนวนตาข้างแตกออกมาน้อย ใบย่อยตรงกลางมีขนาดเล็กสีเขียวเหลือง ความยาวของก้านใบสั้น มีจำนวนใบต่อต้นน้อย ผลมีลักษณะกลมรี สีแดงสดใส ขนาดปานกลาง (ณรงค์ชัยและคณะ, 2542) เนื้อเป็นสีแดงถึงแดงเข้ม แกนสีแดง ลักษณะการสุกของผลจะมีสีแดงบริเวณขั้วผลก่อนแล้วมายังปลายผล พันธุ์โดเวอร์เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงในเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ เนื้อมีลักษณะแน่น ทำให้ทนต่อการขนส่งในระยะไกล (ประสาทพร, 2538)

2.2 ชีววิทยาของไรสองจุด

ไรสองจุด (twospotted spider mite) *Tetranychus urticae* Koch (ชื่อเดิม *Tetranychus telarius* L.) อยู่ในวงศ์ Tetranychidae เป็นไรที่มีสีเขียวปนเหลือง มองเห็นจุดใหญ่สีดำด้านข้างลำตัว 2 จุด ไรชนิดนี้อาศัยเป็นกลุ่ม (colony) เพศผู้มีรูปร่างเล็กกว่าเพศเมีย ก้นแหลม มีตาเป็นจุดสีแดงอยู่ 2 ข้าง อวัยวะเพศผู้มีแกนใหญ่ ส่วนด้าน (stem) ของ aedeagus โค้งงอขึ้น knob มีลักษณะเป็นมุมแหลมตรงกลางและค่อย ๆ ลาดเอน 2 ข้าง ลำตัวกว้างประมาณ 0.24 มิลลิเมตร และยาว 0.48 มิลลิเมตร และมีการเคลื่อนที่ว่องไวกว่าเพศเมีย เพศเมียมีรูปร่างกลมรี สองข้างลำตัวมีแต้มสีดำเห็นได้ชัดเจน ปลายขา 2 คู่หน้ามีสีส้ม มีตาเป็นจุดสีแดงอยู่บนหลังค่อนไปทางด้านหน้าทั้ง 2 ข้าง ขนาดลำตัวกว้างประมาณ 0.44 มิลลิเมตร และยาวประมาณ 0.80 มิลลิเมตร เพศเมียวางไข่เป็นฟองเดี่ยว ๆ ที่ใต้ใบพืชที่ไรอาศัยอยู่แล้วสร้างเส้นใยปกคลุม ไข่มีลักษณะกลมใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.35 มิลลิเมตร (มานิตาและคณะ, 2532; วัฒนาและคณะ, 2544)

วงจรชีวิตของไรสองจุดมีระยะการเติบโต 5 ระยะ คือ ระยะไข่ ระยะตัวอ่อนวัยที่ 1 (larva) ซึ่งมี 6 ขา ระยะตัวอ่อนวัยที่ 2 (protonymph) ระยะตัวอ่อนวัยที่ 3 (deutonymph) และระยะตัวเต็มวัย (adult) ก่อนการลอกคราบทุกระยะไรจะมีการพักตัว (quiescent period) ระหว่างการพักตัวไรจะไม่มีการเคลื่อนไหว แต่จะเกาะอยู่นิ่ง ๆ บนใบพืชจนกว่าจะลอกคราบ ไรสองจุดสืบพันธุ์แบบ arrhenotokous parthenogenesis โดยเพศเมียที่ผสมพันธุ์กับเพศผู้ให้ลูกทั้งเพศเมียและเพศผู้ ส่วนเพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ให้ลูกเฉพาะเพศผู้ ซึ่งมีจำนวนโครโมโซมแบบ haploid ในขณะที่ลูกที่เป็นเพศเมียมีจำนวนโครโมโซมแบบ diploid และอัตราส่วนระหว่างเพศผู้และเพศเมียเป็น 1:4 (มานิตาและคณะ, 2532)

ระยะการเจริญเติบโตของไรสองจุด ระยะไข่ใช้เวลาประมาณ 3.82 วัน ตัวอ่อนวัยที่ 1 ใช้เวลาประมาณ 1.77 วัน ตัวอ่อนวัยที่ 2 ในเพศเมียใช้เวลาประมาณ 1.47 วัน ในเพศผู้นานประมาณ

1.22 วัน ตัวอ่อนวัยที่ 3 ในเพศเมียใช้เวลาประมาณ 1.69 วัน และเพศผู้นานประมาณ 1.73 วัน ระยะเวลาตั้งแต่ระยะไข่ถึงตัวเต็มวัยในเพศเมียใช้เวลาประมาณ 8.78 วัน และในเพศผู้นาน 8.57 วัน (ภาพ 1) ในเพศผู้มีอายุยืนยาวกว่าเพศเมียเฉลี่ยประมาณ 17.85 วัน ส่วนเพศเมียมีอายุเฉลี่ยประมาณ 15.90 วัน ในเพศเมียหลังจากผสมพันธุ์กับไรเพศผู้แล้วจะเข้าสู่ ระยะ preoviposition ประมาณ 1 วัน แล้วจึงเริ่มวางไข่ (มานิตาและคณะ, 2532; วัฒนาและคณะ, 2544; Naegele, 1970; Davidson and Lyon, 1987)

วัฒนาและคณะ (2529) พบว่าไรสองจุดเป็นไรที่มีความสามารถในการผลิตไข่ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับไรแดงชนิดอื่น ๆ ในวงศ์ Tetranychidae คือไรสองจุดสามารถผลิตไข่ได้สูงเฉลี่ยถึง 122.3 ฟองต่อเพศเมีย 1 ตัว โดยวางไข่เฉลี่ย 8.6 ฟองต่อวัน ในขณะที่ไรแดง *Tetranychus kanzawai* ผลิตไข่ได้โดยเฉลี่ย 62.25 ฟองต่อเพศเมีย 1 ตัว และ *Oligonychus mangiferus* ผลิตไข่ได้ 16.3 ฟองต่อเพศเมีย 1 ตัว

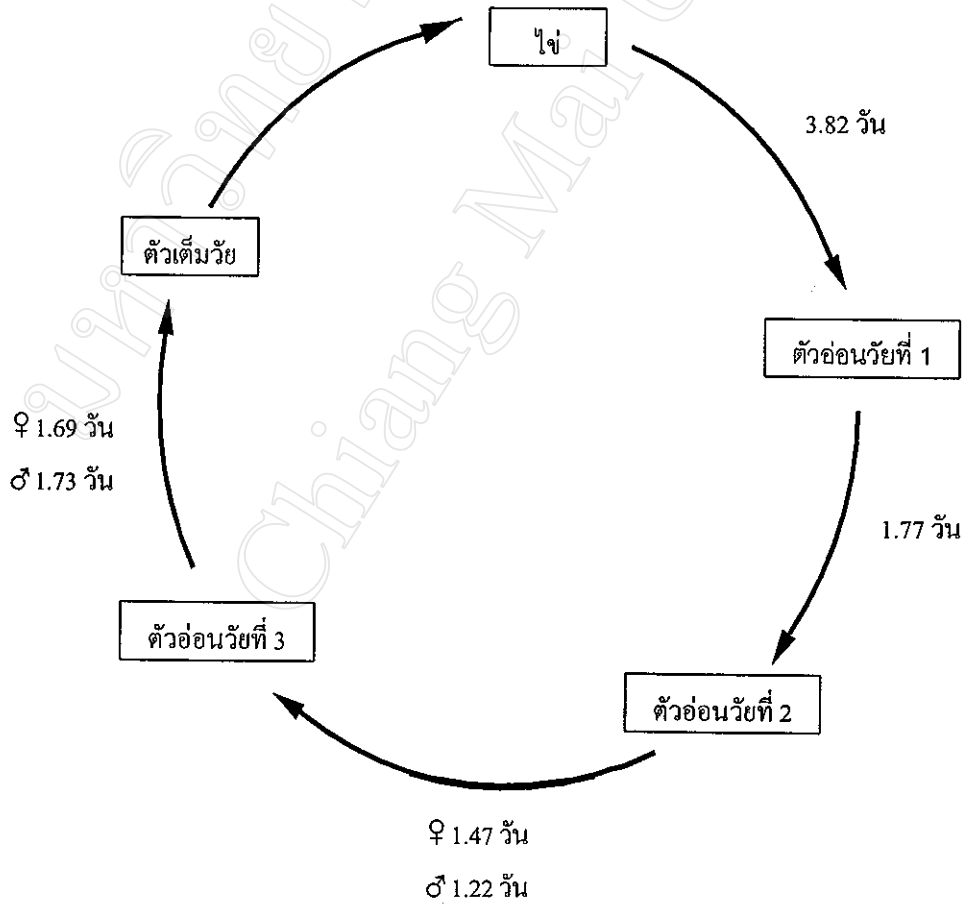
ไรสองจุดเป็นไรที่มีพืชอาศัยมากมายทั้งไม้ผล พืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ นอกจากนี้ยังสามารถอาศัยในวัชพืชหรือพืชแซมในแปลงปลูกสตรอเบอรี่ได้ เช่น กระเทียม ดีนช่าย พืชอาศัยของไรสองจุดที่สำคัญ ได้แก่ อัลมอนด์ แอปเปิ้ล สตรอเบอรี่ ถั่ว ฝ้าย ฮอป กุหลาบ คาร์เนชั่น กล้วยไม้ การ์เดนเนีย และไฮเดรนเยีย ฯลฯ การที่ไรชนิดนี้มีพืชอาหารกว้างขวางจึงเป็นปัจจัยช่วยส่งเสริมการระบาดของไรชนิดนี้ (มานิตาและคณะ, 2532; วัฒนาและคณะ, 2544)

ในประเทศไทยพบว่า ไรสองจุดระบาดในแถบภาคเหนือที่มีอากาศค่อนข้างหนาวเย็นเท่านั้นไม่เคยมีรายงานว่าพบไรชนิดนี้บนพืชแถบภาคกลางหรือภาคอื่น ๆ ที่มีอากาศค่อนข้างร้อน และพบว่าการระบาดของไรสองจุดในสตรอเบอรี่รุนแรงทุกปี โดยเริ่มระบาดประมาณเดือนธันวาคม โดยเฉพาะในช่วงระยะเดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม หรือช่วงที่อากาศหนาวเริ่มเปลี่ยนเป็นอบอุ่นขึ้น ช่วงอากาศที่แห้งแล้งจะเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการขยายพันธุ์ของไรสองจุดบนสตรอเบอรี่ (มานิตาและคณะ, 2532, 2539)

Crooker (1985) กล่าวว่าไรสองจุดมีการพัฒนาการเจริญเติบโตได้เร็วและวางไข่ได้สูงในสภาพความชื้นต่ำ (25 – 30 เปอร์เซ็นต์) กว่าในสภาพที่มีความชื้นสูง (85 – 90 เปอร์เซ็นต์) และการขยายพันธุ์กับการมีชีวิตรอดของไรสองจุดมีความสัมพันธ์ทางด้านลบกับความชื้นสูง และพบว่าอุณหภูมิที่ไรสองจุดสามารถอาศัยได้อยู่ในช่วง 13 – 35 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการพัฒนาการเจริญเติบโตของไรอยู่ในช่วง 14 – 29 องศาเซลเซียส

Macfarlane and Hepworth (1994) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากรไรสองจุด พบว่าจำนวนประชากรไรสองจุดจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงหลังของฤดูใบไม้ผลิ โดยจำนวนประชากรของไรสองจุดจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 2 สัปดาห์หลังจากเริ่มเก็บผลผลิตในเดือนพฤศจิกายนจำนวนของไรจะลดต่ำมาก จนกระทั่งเก็บผลผลิตใกล้เสร็จในเดือนมีนาคมจำนวนของไรจะลดต่ำถึงศูนย์

Smitley and Kennedy (1985) ทำการศึกษาการแพร่กระจายของไรสองจุด พบว่าไรสองจุดสามารถแพร่กระจายได้โดยกระแสลม โดยไรจะยกขาหน้าและลำตัวส่วนหน้าให้สูงขึ้น และพบว่าการแพร่กระจายโดยลมจะเกิดกับตัวเต็มวัยเพศเมียมากกว่าในระยะตัวอ่อน ถ้าความเร็วของลมเพิ่มขึ้นการแพร่กระจายของไรสองจุดจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย



ภาพ 1 วงจรชีวิตของไรสองจุด *Tetranychus urticae* Koch

ระยะไข่และตัวอ่อนวัยที่ 1

ระยะตัวอ่อนวัยที่ 2

ระยะตัวอ่อนวัยที่ 3 (ระยะพักตัว)

ระยะตัวเต็มวัยเพศเมีย

ภาพ 2 ระยะการเจริญเติบโตในระยะต่าง ๆ ของไรสองจุด *Tetranychus urticae* Koch

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

2.3 ลักษณะการทำลายของไรสองจุด

ไรสองจุดดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบของสตรอเบอรี่ โดยเฉพาะบริเวณใต้ใบทำให้ผิวใบบริเวณที่ไรเข้าทำลายมีลักษณะกร้าน ใต้ใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง ผิวใบด้านบนเห็นเป็นจุดด่างขาวเล็ก ๆ กระจายทั่วไป เมื่อการทำลายรุนแรงขึ้นจุดด่างขาวเล็ก ๆ เหล่านี้จะค่อย ๆ ขยายติดต่อกันไปเป็นบริเวณกว้างจนทำให้ทั่วใบมีลักษณะเหลืองซีด ใบร่วง เป็นผลทำให้สตรอเบอรี่ชงักการเจริญเติบโต ต้นแคระแกรน ให้ผลผลิตน้อยลง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2541)

Campbell *et al.* (1990) ได้ทำการศึกษาความเสียหายของใบสตรอเบอรี่ที่เกิดจากไรสองจุดเข้าทำลาย โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ตรวจพบว่าไรสองจุดทำลายเซลล์ epidermis ที่ผิวใบด้านใต้ใบ แต่จะไม่เข้าทำลายระบบลำเลียงน้ำและอาหารของใบ โดยไรเข้าทำความเสียหายแก่เซลล์ spongy parenchyma และเซลล์ palisade parenchyma ทำให้ protoplast จับตัวเป็นก้อน

นอกจากนี้ Sances *et al.* (1979) ได้ศึกษาการตอบสนองทางด้านกายวิภาคของสตรอเบอรี่ต่อการเข้าทำลายของไรสองจุด พบว่าไรสองจุดจะทำให้ chlorophyll ในใบลดลง โดยเฉพาะด้านใต้ใบ และทำให้การเปิดปิดของปากใบ (stomata) เปลี่ยนแปลง โดยส่วนใหญ่ (61 เปอร์เซ็นต์) ปากใบจะปิดในบริเวณเนื้อเยื่อที่ถูกไรเข้าทำลาย

Sances *et al.* (1981, 1982) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของจำนวนประชากรไรสองจุดต่อขบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ขบวนการหายใจ (transpiration) และผลกระทบต่อผลผลิตของสตรอเบอรี่ พบว่าไรสองจุดทำให้เกิดความเสียหายต่อ chlorophyll ในเซลล์ mesophyll ในเนื้อเยื่อพืช และทำให้ปากใบปิด เมื่อจำนวนประชากรไรสองจุดสูงขึ้น ทำให้ขบวนการสังเคราะห์แสง และขบวนการหายใจลดลงเป็นผลทำให้คุณภาพและปริมาณของผลผลิตลดลง โดยการพัฒนาของดอกลดลง การเจริญเติบโตของลำต้นลดลง ทำให้ผลผลิตลดลง และทำให้ขนาดของผล น้ำหนักของผล และจำนวนผลของสตรอเบอรี่ลดลง

Hall and Ferree (1975) ศึกษาผลกระทบของจำนวนไรสองจุดต่อขบวนการสังเคราะห์แสงของแอปเปิ้ล พบว่าการสังเคราะห์แสงลดลง เมื่อจำนวนไรสองจุดเพิ่มขึ้น โดยพบว่าการสังเคราะห์แสงของแอปเปิ้ลที่ปลูกในโรงเรือนลดลงประมาณ 26 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีไรเข้าทำลาย 135 ตัวต่อใบ

2.4 ศัตรูธรรมชาติของไรสองจุด

Davidson and Lyon (1987) ได้รายงานว่า ไรสองจุดมีศัตรูธรรมชาติหลายชนิด ได้แก่ ไรตัวห้ำของไรสองจุด เช่น ไรตัวห้ำในสกุล *Amblyseius, Phytoseiulus* และในสกุล *Metaseiulus* ซึ่งมีความสำคัญในการควบคุมปริมาณไรสองจุดในธรรมชาติ แมลงที่เป็นตัวห้ำที่สำคัญ เช่น ด้วงเต่า *Stethorus punctum* (Lec) และ *Stethorus picipes* Caseg และเพลี้ยไฟตัวห้ำ เช่น *Leptothrips mali* Fitch, *Haplothrips faurei* Hood และ *Scolothrip sexmacalatus* (Pergande)

วัฒนา (2535) รายงานว่าได้มีการนำไรตัวห้ำ *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot มาใช้ควบคุมไรสองจุดในแปลงสตรอเบอรี่ทางตอนใต้ของแคลิฟอร์เนีย และทางตอนใต้ของประเทศอังกฤษ ซึ่งประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี

มานิตาและคณะ (2539) กล่าวว่าในปัจจุบันได้มีการผลิตไรตัวห้ำ *P. persimilis* เพื่อเป็นการค้าใช้ในการควบคุมไรสองจุดในแถบยุโรป อเมริกา ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ยังมีไรตัวห้ำที่มีประสิทธิภาพดีในการควบคุมไรสองจุดอีก 2 ชนิด คือ *Amblyseius californicus* และ *Metaseiulus occidentalis*

สำหรับศัตรูธรรมชาติของไรสองจุดในประเทศไทยพบว่า ไรตัวห้ำชนิด *Amblyseius longispinosus* (Evans) ซึ่งอยู่ในวงศ์ Phytoseiidae เป็นไรตัวห้ำที่มีความสำคัญพบมากบนสตรอเบอรี่ในท้องที่ต่าง ๆ ของจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายโดยพบปะปนอยู่ร่วมกับประชากรของไรสองจุด (วัฒนา, 2535)

มานิตาและคณะ (2532) ได้ศึกษาชีววิทยาและประสิทธิภาพของไรตัวห้ำ *A. longispinosus* พบว่า เป็นไรที่มีขนาดลำตัวใกล้เคียงกับไรศัตรูพืชทั่วไป แต่ผนังลำตัวมันวาวกว่า มีสีส้มหรือสีแดงสดใส ตัวอ่อนจะมีสีขาวใส ลักษณะเด่นของไรตัวห้ำคือ ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยจะวิ่งได้อย่างรวดเร็ว มีขายาวโดยเฉพาะขาคู่หน้าซึ่งใช้ช่วยจับเหยื่อ ซึ่ง *A. longispinosus* 1 ตัวสามารถกินไข่ไรสองจุดได้สูงถึง เฉลี่ย วันละ 80 ฟอง กินตัวอ่อนไรสองจุดได้วันละ 12 – 13 ตัว

มานิตาและคณะ (2539) ได้ศึกษาการใช้ตัวห้ำ *A .longispinosus* ควบคุมไรสองจุดพบว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมไรสองจุดในแปลงปลูกสตรอเบอรี่ได้ผลดีมาก โดยใช้วิธีปล่อยไรตัวห้ำ 2 - 5 ตัวต่อต้น เมื่อไรสองจุดเริ่มเข้าทำลายและปล่อยเป็นระยะห่างกันประมาณ 2 สัปดาห์ จำนวน 7 ครั้งสามารถลดการทำลายของไรในช่วงระบาดรุนแรงได้สูงถึง 84.60 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การพ่นสารเคมีฆ่าไร tetradifon 7 % + petroleum oil 5 % + bifenthrin 0.5 % (MS 12.5 %) และ

สาร abamectin (Vertimec 1.8 % EC) จำนวน 5 ครั้ง ลดจำนวนไรได้เพียง 78.03 เปอร์เซ็นต์ และมีผลทำให้ผลผลิตสตรอเบอรี่ที่ได้รับตลอดฤดูปลูกมีมากแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญจากแปลงปลูกที่ไม่มีการควบคุมไรสองจุด โดยคิดเป็นน้ำหนักผลผลิต แตกต่างกันถึง 102.62 กิโลกรัม ต่อพื้นที่ 400 ตารางเมตร

2.5 ความหมายของพืชต้านทานแมลง

ปัจจุบันแมลงศัตรูพืชเป็นปัญหาสำคัญในการเพาะปลูกของเกษตรกร ทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิต การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การกักกันพืช การทำลายพืชที่เป็นโรค วิธีทางชีวภาพ การใช้สารเคมีกำจัดแมลง และการปลูกพืชที่ต้านทานแมลง เป็นต้น สมพงษ์ (2537) กล่าวว่าการใช้พันธุ์ต้านทานในการป้องกันกำจัดโรคและแมลงนับเป็นปัจจัยพื้นฐานและมีความสำคัญ เพราะเป็นวิธีที่ง่าย ประหยัด ไม่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และสามารถนำไปใช้ร่วมกับวิธีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูแบบอื่น ๆ ได้สะดวกดังนั้นการใช้พันธุ์ต้านทานจึงเป็นข้อแนะนำที่เหมาะสมที่สุดในการควบคุมศัตรูพืช

Painter (1951) กล่าวว่า พันธุ์ต้านทานคือพันธุ์ที่ได้รับความเสียหายหรือถูกทำลายโดยแมลงน้อยกว่าพันธุ์อื่น ๆ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่สามารถเปรียบเทียบได้และลักษณะนี้สามารถถ่ายทอดได้ทางพันธุกรรม

Beck (1965) ได้ให้ความหมายของความต้านทานของพืชต่อการทำลายของแมลงว่า คือ ลักษณะใน สปีชีส์ โคลน หรือต้นหนึ่ง ๆ สามารถลดความเป็นไปได้ในการใช้พืชนั้นดำรงชีวิตและเผ่าพันธุ์ของแมลงในสปีชีส์ เรส (race) ไบโอไทพ์ (biotype) หรือตัวใด ๆ และลักษณะนี้ถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้

Smith (1989) ได้ให้ความหมายของพืชที่ต้านทานแมลงว่า พืชที่ต้านทานแมลง คือพืชพันธุ์ใด ๆ ที่แสดงลักษณะว่าได้รับความเสียหายหรือถูกทำลายน้อยกว่าต้นอื่น ๆ ที่เป็นพืชชนิดเดียวกัน โดยมีลักษณะทางพันธุกรรมเข้ามาเกี่ยวข้องและลักษณะทางพันธุกรรมดังกล่าวสามารถถ่ายทอดได้ พันธุ์พืชที่ต้านทานแมลงมักให้ผลผลิตที่สม่ำเสมอเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อ่อนแอ เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน

Painter (1951) ได้จำแนกลักษณะความต้านทานออกเป็น 3 ลักษณะ คือ non–preference antibiosis และ tolerance ต่อมา Kogan and Ortman (1978) ได้เปลี่ยนคำว่า non–preference เป็น

antixenosis เนื่องจาก non–preference บรรยายลักษณะพฤติกรรมของแมลงศัตรูพืชแต่ไม่ได้บรรยายคุณสมบัติของพืช

ประโยชน์ของพันธุ์ต้านทาน

นพพร (2543) ได้เปรียบเทียบระหว่างการใช้สารเคมีกำจัดแมลงกับพันธุ์ต้านทาน พบว่าพันธุ์ต้านทานมีข้อดีกว่าดังนี้

1. ลดปัญหาพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะช่วยลดอันตรายที่จะเกิดกับผู้บริโภค สิ่งมีชีวิตในไร่นา และการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ

2. ช่วยอนุรักษ์แมลงที่มีประโยชน์ เช่น ผึ้ง ตัวห้ำ และตัวเบียน เป็นการรักษาสมดุลธรรมชาติอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งจะช่วยให้แมลงศัตรูพืชเกิดการระบาดน้อย

3. ลดต้นทุนการผลิตให้แก่เกษตรกรในส่วนของค่าสารกำจัดแมลง

4. ลดอันตรายจากการสะสมสารพิษในร่างกายเกษตรกรและครอบครัว รวมทั้งอันตรายที่เกิดจากการใช้สารอย่างไม่ถูกวิธี

5. ช่วยลดประชากรแมลงในฤดูปลูกต่อไปเรื่อย ๆ จนมีปริมาณที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่พืชต่ำกว่าระดับเศรษฐกิจ

ลักษณะกลไกความต้านทาน

สามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะดังนี้ คือ

1. กลไกความต้านทานแบบ antixenosis เป็นกลไกความต้านทานที่พืชขัดขวางการใช้ประโยชน์จากพืชของแมลง โดยพืชมีความไม่เหมาะสมต่อการเป็นที่อยู่อาศัย ที่วางไข่ และเป็นแหล่งอาหาร กลไกการขัดขวางของพืชมีอิทธิผลต่อการตอบสนองของพฤติกรรมของแมลง ปัจจัยทางชีวเคมี และปัจจัยทางสัณฐานวิทยาของพืช มีผลต่อการตอบสนองของแมลง กลไกความต้านทานแบบ antixenosis เกิดจากลักษณะหลายลักษณะ เช่น

1.1 <u>การที่พืชมีขน (hair)</u> ขนทำให้เกิดผลกระทบต่อการวางไข่ การเคลื่อนที่ การกินอาหารของแมลง เช่น ด้วงกินใบ cereal leaf beetle (*Oulema melanopus*) จะวางไข่ลดลงในข้าวสาลีพันธุ์ที่มีเส้นขนยาวและหนาแน่น และข้าวสาลีพันธุ์ Vel ซึ่งต้านทานต่อเพลี้ยอ่อน *Rhopalosiphum padi* (L.) โดยขนจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของเพลี้ยอ่อนทำให้เคลื่อนที่ได้ช้า ในมันฝรั่ง *Solanum polyadenium*, *S. tarijense* และ *S. berthaultii* มีขนเป็นลักษณะ glandular trichome ซึ่งขัดขวางการ

เคลื่อนที่ของเพลี้ยอ่อน *Myzus persicae* และ *Macrosiphum euphorbiae* โดยจะปล่อยสารเหนียวจาก glandular trichome ไปติดตามลำตัวเพลี้ยอ่อน ทำให้เพลี้ยอ่อนเคลื่อนไหวลำบาก (Dent, 1990) Panda and Khush (1995) พบว่า ถั่วเหลืองพันธุ์ที่มีเส้นขนขึ้นหนาแน่นมากจะต้านทานการวางไข่และการเข้าทำลายของเพลี้ยจักจั่น (*Empoasca fabae*) สำหรับในฝ้ายที่มีความหนาแน่นของเส้นขนมากจะทำให้ฝ้ายต้านทานต่อหนอนเจาะสมอฝ้ายสีชมพู (*Pectinophora gossypiella*) โดยเส้นขนจะไปขัดขวางการเคลื่อนไหวของหนอนวัยแรก (Smith *et al.*, 1975) เกรียงไกรและคณะ (2539) ได้ศึกษาความชอบในการวางไข่ของผีเสื้อหนอนห่อใบงา (*Antigastra* spp.) พบว่า แม่ผีเสื้อหนอนห่อใบงาชอบวางไข่บนงาพันธุ์ที่มีเส้นขนหนาแน่นโดยเฉพาะพันธุ์ที่มีเส้นขนแบบ glandular hair ซึ่งเป็นเส้นขนขนาดยาว 5 – 13 เซลล์ มีตุ่มที่ปลายเซลล์ที่อยู่บริเวณฐานจะมีขนาดกว้างและยาว ขณะที่เซลล์บริเวณปลายจะมีลักษณะแคบและสั้น เช่น งาขาวร้อยเอ็ด 1 และพบว่างาพันธุ์ที่มี mucilage gland ซึ่งเป็นเส้นขนที่มีตุ่มตรงปลายมีก้านสั้น ๆ ประกอบด้วย 2 – 3 เซลล์ ที่ตุ่มตรงปลายประกอบด้วยเซลล์ 2 – 4 เซลล์ อยู่อย่างหนาแน่นจะมีความต้านทานต่อหนอนห่อใบงา เช่น งาแดงอุบลราชธานี 1

1.2 <u>การที่พืชมีสารเคมีอยู่บนผิวใบ (leaf–surface chemical)</u> เช่น ไข (wax) มีผลต่อการกินอาหาร และการเคลื่อนที่ของแมลง Panda and Khush (1995) กล่าวว่า alkanes เป็นส่วนประกอบทั่วไปของใบพืช และพบว่า alkane ชนิด $C_{32}H_{66}$ ซึ่งพบในไขของ *Vicia faba* จะขัดขวางการเกาะกินอาหารของเพลี้ยอ่อนถั่ว (*Acyrthosiphon pisum*) และไขที่เคลือบบนใบของพืชตระกูลกะหล่ำมีผลในการขัดขวางยับยั้งและป้องกันการกินของด้วงหมัดผัก *Phyllotreta albionica* (Leconte)ในข้าวฟ่างพบว่าไขที่เคลือบบนใบของข้าวฟ่างจะขัดขวางการกินอาหารของตั๊กแตน *Locusta migratoria* และไขที่เคลือบบนหน่อของข้าวฟ่างจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของหนอนวัยที่ 1 ของ หนอนเจาะลำต้น (*Chilo partellus*)

1.3 <u>การที่พืชมีเนื้อเยื่อแข็ง (tissue toughness)</u> เป็นลักษณะสำคัญในการลดการทำลายของแมลง เช่น mustard beetle (*Phaedon cochleariae*) มีอัตราการทำลายและการเจริญเติบโตของตัวอ่อนช้าลงบนคะน้าที่มีใบแข็ง สำหรับมะเขือยาวที่แสดงความต้านทานต่อหนอนเจาะผลมะเขือ *Leucinodes orbonalis* (Guenee) เกิดจากท่อน้ำท่ออาหารอยู่ในชั้นหนาของ lignified tissues ในข้าวสาลีที่มีลำต้นแข็งจะต้านทานต่อ *Oulema melanopus* และ *Cephus cinctus* (Wallace *et al.*, 1974) และข้าวที่แสดงลักษณะต้านทานต่อหนอนกอข้าว *Chilo suppressalis* (Walker) พบว่า ขนมีการเรียงตัวเป็นแผ่น กาบใบห่อกันแน่น และมีชั้น hypodermis หนา

1.4 การที่พืชมีสารเคมี (repellent and deterrants) เป็นสารเคมีที่พืชปลดปล่อยออกมาเพื่อป้องกันหรือลดการทำลายของแมลง ซึ่งอาจเป็นสารหอมระเหยหรือสารที่มีกลิ่นต่าง ๆ เช่น tomatine ในมะเขือเทศที่ปลดปล่อยออกมาจะช่วยขับไล่ Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) Dabrowski and Rodriguez (1971) กล่าวว่า สตรอเบอรี่ปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยออกมาเพื่อขับไล่ ไรสองจุด (*Tetranychus urticae* Koch) และ strawberry spider mite (*T. turkestani* Ugarov and Nikolsik) และสาร thymol (aromatic) และ (monoterpene alcohol) ลักษณะเป็นสารไล่ต่อหนอนห่อใบข้าว *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee) และ *Marasmia patnalis* Bradley และ สมพงษ์ (2537) พบว่า สารเคมี Compound A ที่สกัดได้จากต้นข้าวพันธุ์ต้านทาน TKM6 มีคุณสมบัติเป็นสิ่งกระตุ้น ทำให้ผีเสื้อหนอนกอข้าวผละออกหรือชงักการวางไข่

2. กลไกความต้านทานแบบ antibiosis เป็นกลไกความต้านทานที่แสดงผลหลังจากที่แมลงใช้ประโยชน์จากพืชนั้นเป็นอาหาร เมื่อแมลงกินอาหารบนพืชที่แสดงลักษณะ antibiosis จะมีผลต่อการเจริญเติบโต การพัฒนาของแมลง การแพร่พันธุ์ และการอยู่รอดของแมลง กลไกความต้านทานแบบ antibiosis มีผลกระทบต่อแมลง เช่น ขนาดและน้ำหนักของแมลงลดลง ทำให้ขบวนการ metabolic ลดลง และทำให้อัตราการตายของระยะตัวอ่อน และระยะก่อนตัวเต็มวัยสูงขึ้น พืชที่แสดงลักษณะ antibiosis จะลดอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรแมลง โดยลดอัตราการขยายพันธุ์ และการอยู่รอดของแมลง

Panda and Khush (1995) กล่าวว่าเมื่อแมลงกินพืชที่แสดงความต้านทานแบบ antibiosis แมลงมักจะแสดงอาการอย่างน้อย 1 อย่างหรือมากกว่า 1 อย่าง ดังนี้

ก. ทำให้ระยะตัวอ่อนตายในวัยต้น ๆ

ข. ทำให้ลักษณะทางสรีระวิทยาผิดปกติ เช่น ทำให้ขนาดและน้ำหนักของตัวอ่อนลดลง ทำให้ช่วงระยะเวลาการเป็นตัวอ่อนนานขึ้น ทำให้ตัวเต็มวัยวางไข่ลดลง ทำให้ตัวเต็มวัยมีอายุขัยสั้นกว่าปกติ

ค. ทำให้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาผิดปกติ ทำให้หนอนเข้าดักแด้ไม่ได้ หรือทำให้หนอนที่เข้าดักแด้ไม่สามารถฟักออกเป็นตัวเต็มวัยได้ ทำให้จำนวนประชากรลดลง

ง. ทำให้ประสิทธิภาพในการเก็บสะสมอาหารต่ำ มีผลกระทบต่อแมลงที่มีช่วงพักตัว

จ. ทำให้เกิดความผิดปกติทางสรีระวิทยา และ พฤติกรรมต่างๆ

ลักษณะความผิดปกติข้างต้นดังกล่าวเกิดจากความต้านทานแบบ antibiosis มักเกิดจากสาเหตุดังนี้

2.1 การที่พืชมีสารพิษ (toxin) เมื่อแมลงกินเข้าไปจะทำให้เกิดความเป็นพิษกับแมลง เช่น สาร alkaloids acetogenins และ isoprenoids เป็นต้น (Dent, 1990) ในมันฝรั่งพบสาร leptine glycoalkaloids ซึ่งเป็นพิษต่อ Colorado potato beetle (Sinden *et al.*, 1986) Panda and Khush (1995) รายงานว่า สารที่พบใน glandular trichome ของมันฝรั่ง เป็นสาร 2-tridecanone ซึ่งเป็นสาร feeding deterrant และ fumigant และเป็นพิษต่อระบบประสาท (neurotoxic) ต่อ tobacco hornworm (*Manduca sexta*), tomato fruit worm (*Helicoverpa zea*), เพลี้ยอ่อน (*Aphis gossypii*) และ Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decimlineata*) และพบว่าในข้าวโพดมีสาร DIMBOA (2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one) ซึ่งเป็นพิษต่อหนอนเจาะฝักข้าวโพด (*Ostrinia nubilalis*) ซึ่งจะมีความเข้มข้นสูงในระยะต้นอ่อน (Kogan, 1982) สุภราดาและอาณัติ (2538) รายงานว่า ถั่วป่า TC 1966 มีความต้านทานอย่างสูงต่อด้วงถั่ว *Callosobruchus chinensis* (Linnaeus) โดยหนอนที่ฟักออกจากไข่ที่อยู่ที่ผิวเมล็ด และเมื่อเจาะส่วนหัวเข้าไปในถั่ว TC 1966 จะตายเนื่องจากได้รับสารพิษที่เป็นสาร polysaccharide

2.2 การที่พืชมีสารยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibitors) สาร gossypol ที่พบในฝ้ายพันธุ์ต้านทาน เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอนเจาะสมอฝ้าย *Heliothis armigera* (Hubner) หนอนกินดอกยาสูบ *Heliothis assulta* (Guenee) และหนอนเจาะสมอฝ้ายสีชมพู *Pectinophora gossypiella* (Shaver and Lukefahr, 1969) สุภราดาและไพฑูรย์ (2538) รายงานว่า ถั่วป่า TC 1966 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของมวนขาโต *Riptortus clavatus* Thunberg เมื่อเลี้ยงตัวอ่อนของมวนขาโตด้วยเมล็ดถั่วป่า TC 1966 มีผลทำให้ตัวอ่อนของมวนขาโตไม่สามารถเจริญเติบโตจนเป็นตัวอ่อนวัยที่ 3 ได้

Waiss *et al.* (1979) พบว่าในไหมของข้าวโพดพันธุ์ Zapalote Chaico ซึ่งเป็นพันธุ์ต้านทานต่อหนอนเจาะฝัก *Heliocoverpa zea* มีสารประกอบ mysin ซึ่งเป็นสารประเภท flavone glycoside เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโต ทำให้ตัวอ่อนมีขนาดเล็กกว่าตัวอ่อนที่กินไหมจากข้าวโพดพันธุ์อ่อนแอ และสาร glycoalkaloid tamatine เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของตัวอ่อนของหนอนหนอนเจาะฝัก *Heliocoverpa zea*

2.3 การที่พืชมีสัดส่วนของสารอาหารไม่เหมาะสม (nutrition imbalance) สัดส่วนของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชมีผลต่อการเจริญเติบโต การพัฒนา การแพร่พันธุ์ และการอยู่รอดของแมลง เช่น ในข้าวพันธุ์ Mudgo เป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล พบว่า มีปริมาณของสาร asparagine ต่ำกว่าพันธุ์อ่อนแอ (Panda and Khush, 1995) และใน *Medicago sativa* พันธุ์

Lahonton ซึ่งเป็นพันธุ์ต้านทานต่อ pea aphid (*Acyrthosiphon pisum*) เนื่องจาก essential amino acid คือ methionine และ lysine

นิภาและจินตนา (2541) พบว่า กลไกความต้านทานของข้าวพันธุ์ กข 23 ที่มีต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เป็นกลไกความต้านทานแบบ antibiosis โดยพบว่า เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่อาศัยและดูดกินอยู่บนข้าวพันธุ์ กข 23 จากตัวอ่อนกระทั่งตัวเต็มวัย จะมีเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้พบว่า บนข้าวพันธุ์ กข 23 เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจะเพิ่มประชากรได้น้อยกว่าพันธุ์อ่อนแอ 8 - 9 เท่า

3. กลไกความต้านทานแบบ Tolerance เป็นลักษณะทางพันธุกรรมของพืชที่ป้องกันตัวเองจากแมลงที่เข้าทำความเสียหายให้แก่พืช โดยที่พืชสามารถเจริญเติบโต และขยายพันธุ์ หรือซ่อมแซมส่วนที่เสียหายได้ ถึงแม้มีจำนวนแมลงมากพอที่จะทำความเสียหายกับพืชที่ไม่ต้านทานได้ กลไกความต้านทานแบบ tolerance จะแตกต่างจาก antixenosis และ antibiosis โดย tolerance จะไม่มีผลกระทบต่ออัตราการเพิ่มจำนวนประชากรของแมลงศัตรูพืช แต่จะทำให้ระดับเศรษฐกิจสูงขึ้น ดังนั้นความต้านทานแบบ tolerance จึงเป็นกลไกการปรับตัวเพื่อการอยู่รอดของพืช

ลักษณะของพืชที่มีกลไกความต้านทานแบบ tolerance จะมีลักษณะดังนี้

3.1 พืชมีลักษณะทั่วไปแข็งแรง

3.2 พืชสามารถสร้างเนื้อเยื่อหรือส่วนอื่น ๆ ขึ้นมาทดแทนในส่วนที่ถูกแมลงทำลาย

3.3 ลำต้นแข็งแรงไม่หักล้มง่าย

3.4 พืชมีการสร้างกิ่งก้านสาขา หน่อ หรือจำนวนกอเพิ่มในส่วนที่ถูกแมลงทำลาย

3.5 พืชสามารถให้ผลผลิตชดเชยในส่วนที่เสียหายเนื่องจากถูกแมลงทำลาย

Johnson *et al.* (1983) พบว่า พื้นที่ใบของมะเขือเทศลดลง เนื่องจากถูกทำลายโดยหนอนชอนใบ *Liriomyza sativae* แต่ไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตของมะเขือเทศ เพราะพืชจะเพิ่มการสังเคราะห์แสงมากกว่าปกติ และ Hare (1980) ได้รายงานว่า การทำลายใบมันฝรั่งของ Colorado potato beetle ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของหัวมันฝรั่ง และในข้าวโพดพันธุ์ต้านทานต่อ Corn rootworms (*Diabrotica* spp.) เมื่อถูก Corn rootworms เข้าทำลายรากจะไม่มีผลกระทบต่อข้าวโพด เนื่องจากข้าวโพดพันธุ์ต้านทานสามารถสร้างรากใหม่ขึ้นทดแทนรากเก่าที่ถูกทำลายได้อย่างรวดเร็ว และข้าวฟ่างพันธุ์ต้านทานต่อแมลงวันหนอนเจาะยอดข้าวฟ่าง *Atherigona soccata* Rondani เมื่อถูกแมลงวันหนอนเจาะยอดข้าวฟ่างกัดกินยอด จะสร้างแขนงที่สามารถให้ผลผลิตได้ขึ้นทดแทนจำนวนมากอย่างรวดเร็ว

จินตนาและคณะ (2527) ได้ทำการศึกษาความต้านทานของพันธุ์ข้าวต่อการทำลายของแมลงบั่ว *Orseolia oryzae* (Wood – Mason) ทำการศึกษาโดยใช้พันธุ์ข้าว 3 พันธุ์ คือ กข 1 ขาวดอกมะลิ 105 และเหนียวสันป่าตอง พบว่า ข้าวพันธุ์ กข 1 มีการทำลายของแมลงบั่วอยู่ในช่วง 11 – 90 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปอร์เซ็นต์การทำลายสูงขึ้น จะทำให้ข้าวแตกกอมากแต่ให้รวงน้อย ทำให้ผลผลิตลดลง จำนวนแขนงที่ไม่ให้รวงเพิ่มขึ้น ข้าวต้นเตี้ยลง ลักษณะเหล่านี้จะเห็นเด่นชัดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อการทำลายอยู่ในช่วง 60 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป สำหรับในข้าวเหนียวสันป่าตองมีการทำลายในช่วง 0 – 70 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เปอร์เซ็นต์การทำลายไม่ทำให้ข้าวแตกกอเพิ่มขึ้น และไม่มีแขนงที่ไม่ให้รวงเพิ่มขึ้น จำนวนรวงมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการทำลาย 20 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ส่วนพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การทำลาย ตั้งแต่ 0 – 60 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีการแตกกอมากขึ้นกว่าเดิม จำนวนรวงจะค่อย ๆ ลดลงและลดลงอย่างเด่นชัดอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อมีการทำลาย 41 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป แต่ไม่ทำให้ผลผลิตลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์การทำลายอยู่ในช่วง 0 – 60 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะเช่นนี้แสดงว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แสดงลักษณะกลไกความต้านทานแบบ tolerance

2.6 การศึกษาความต้านทานของพืชต่อไรสองจุด

Wilde and Hall (1991) ได้ทำการศึกษาความต้านทานของ raspberry ต่อไรสองจุด โดยนำ raspberry 18 สายพันธุ์ มาทดสอบหาความต้านทานต่อไรสองจุดโดยใช้วิธี Leaf disk bioassay พบว่า จำนวนไข่ของไรสองจุดที่วางบนใบ และจำนวนตัวเต็มวัยที่มีชีวิตจะมีต่ำสุดในพันธุ์ J9 และนอกจากนี้ยังพบว่า กลไกความต้านทานแบบ antixenosis เป็นกลไกความต้านทานที่สำคัญใน raspberry

Wilson (1993) พบว่า ไรสองจุดเพิ่มจำนวนประชากรบน okra–leaf cotton (Siokra) ได้ช้ากว่าใน normal–leaf cotton (Deltapine 90) พบว่ากลไกความต้านทานของ okra–leaf cotton เป็นกลไกความต้านทานแบบ antixenosis เนื่องจากพื้นที่ใบที่เป็นประโยชน์ต่อการหาอาหารและการวางไข่น้อยกว่า normal–leaf cotton

Patterson *et al.* (1974) ได้ทำการศึกษาความต้านทานของพืชในสกุล *Nicotiana* โดยใช้วิธีการปล่อยไรสองจุดเข้าทำลาย และวัดอัตราความเสียหายของการทำลายของไรสองจุดบนใบพืช ซึ่งสามารถแบ่งระดับความต้านทานได้ 4 ระดับ คือ ต้านทานมาก (highly resistance) ต้านทานปานกลาง (moderaly resistance) ต้านทานต่ำ (low resistance) และอ่อนแอ (susceptible) ซึ่ง *N. benthamiana* Domin, *N. excelsior* Black, *N. fragrans* Hooker เป็นพันธุ์ต้านทานมาก และ *N. acuminata* (Graham) Hooker, *N. debneyi* Domin, *N. glauca* Graham เป็นพันธุ์อ่อนแอ และใช้วิธี

Leaf disk bioassay โดยใช้ taugle foot ล้อมขอบ บันทึกจำนวนไรที่มีชีวิต จำนวนที่ตาย และจำนวนไรที่เกาะใน taugle foot โดยบันทึกที่ 24 ชั่วโมงหลังปล่อยไรตัวเต็มวัยเพศเมีย และบันทึกจำนวนไรที่มีชีวิตและจำนวนไรหลังจากปล่อยไร 7 วัน เป็นการทดสอบความต้านทานแบบ antixenosis และ antibiosis พบว่า พันธุ์ที่ต้านทานต่อไรสองจุดมาก เช่น *N. benthamiana, N. velutina* และ พันธุ์ที่อ่อนแอต่อไรสองจุดมาก คือ *N. glauca* และยังทำการทดสอบเปรียบเทียบอัตราการวางไข่และการเพิ่มจำนวนประชากรไรสองจุดระหว่างยาสูบพันธุ์ Low-alkaloid Burley 21 กับพันธุ์ Standard Burley 21 โดยพบว่า จำนวนประชากรไรบนพันธุ์ Low-alkaloid Burley 21 มีปริมาณมากเป็น 3 เท่าของพันธุ์ Standard Burley 21 และพบว่าปริมาณของสาร alkaloid ในพันธุ์ Low-alkaloid Burley 21 มี 0.2 เปอร์เซ็นต์ และในพันธุ์ Standard Burley 21 จะมีปริมาณ alkaloid 3.5 เปอร์เซ็นต์

Pattreson *et al.* (1975) ได้ศึกษาความต้านทานของมะเขือเทศต่อไรสองจุด พบว่าความต้านทานของมะเขือเทศเกิดจากสาร sesquiterpenoids

Neiswander et *al.* (1950) พบว่าไรสองจุดที่เลี้ยงบนต้นมะเขือเทศจะอ่อนแอต่อสารฆ่าไรมากกว่าไรสองจุดที่เลี้ยงบนต้นถั่ว

Ferrer *et al.* (1993) ทำการคัดเลือกพันธุ์สตรอเบอรี่ที่ต้านทานต่อไรสองจุดจาก 76 สายพันธุ์ โดยใช้วิธี Leaf disk bioassay โดยวัดอัตราการวางไข่ และอัตราความเสียหายของใบสตรอเบอรี่ เป็นการทดสอบกลไกความต้านทานแบบ antixenosis ซึ่งสามารถแบ่งระดับลักษณะความต้านทานได้ 6 ระดับ คือ อ่อนแอมาก (HS) อ่อนแอ (S) ปานกลางค่อนไปทางอ่อนแอ (I – S) ปานกลางค่อนไปทางต้านทาน (I – R) ต้านทาน (R) และต้านทานมาก (HR) ซึ่งพันธุ์ Canoga, Ozark Beauty, Scott เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอมาก พันธุ์ Selva เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอ ส่วนพันธุ์ Tioga เป็นพันธุ์ที่ปานกลางค่อนไปทางต้านทาน พันธุ์ Douglas เป็นพันธุ์ที่ต้านทาน และ Profumata di Tortona เป็นพันธุ์ที่ต้านทานมาก

Ferrer *et al.* (1994) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของไรสองจุด และสตรอเบอรี่ 7 สายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อไรสองจุดต่างกัน โดยปล่อยไรสองจุดเพศเมียจำนวนเท่ากันลงบนใบสตรอเบอรี่แต่ละพันธุ์ และติดตามการพัฒนาของประชากรไรสองจุด และความเสียหายของสตรอเบอรี่ พบว่าพันธุ์ Floridabelle แสดงความต้านทานแบบ antibiosis และ antixenosis โดยมีจำนวนประชากรไรสองจุดน้อยที่สุด และแสดงความเสียหายต่ำกว่าพันธุ์อื่น ๆ พันธุ์ Totem แสดงความต้านทานแบบ tolerance โดยมีจำนวนประชากรไรสูงกว่าพันธุ์อื่น แต่แสดงความเสียหายน้อย ส่วนพันธุ์ Rainier จะมีจำนวนประชากรสูง และแสดงความเสียหายมาก จัดเป็นพันธุ์อ่อนแอ

Luczynski *et al.* (1990a) ได้ศึกษาปัจจัยทางเคมีและปัจจัยทางกายวิภาคของสตรอเบอรี่ต่อไรสองจุด พบว่ามีความสัมพันธ์ทางลบระหว่าง จำนวนไรที่รอดชีวิตกับความหนาแน่นของ glandular trichomes โดยสารเหนียวที่ซึมออกมาจาก glandular trichomes จะดักหรือขัดขวางการเคลื่อนที่ของไร ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของไรที่ตายจะเป็นไรในระยะตัวอ่อน การวางไข่ของไรมีความสัมพันธ์ทางลบกับความหนาแน่นของ glandular trichomes, nonglandular trichomes และความเข้มข้นของ foliar phenolics

Luczyski *et al.* (1990b) ได้ศึกษา foliar phenolic ในสตรอเบอรี่ และความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตต่อไรสองจุด พบว่า phenolic ในใบอ่อนจะมีความเข้มข้นสูงกว่า ในใบที่โตเต็มที่ และพบว่า มีความคล้ายคลึงกันมากทางด้านคุณภาพของ phenolic ระหว่างสายพันธุ์ของ *Fragaria xananassa* และ *Fragaria chiloensis* การพัฒนาของไรสองจุดจะแสดงความสัมพันธ์ทางลบต่อความเข้มข้นของ foliar phenolic ไรจะมีการพัฒนาช้าบนใบที่มีความเข้มข้นของ foliar phenolic สูงกว่าใบที่มีความเข้มข้น foliar phenolic ต่ำ

Shanks and Barritt (1975) ได้ศึกษาความต้านทานของสตรอเบอรี่ต่อไรสองจุด โดยนำสตรอเบอรี่ 85 สายพันธุ์ มาวิเคราะห์หาความต้านทานต่อไรสองจุดโดยวัดอัตราความเสียหายของใบสตรอเบอรี่ พบว่า พันธุ์ Del Norte มีความต้านทานมากที่สุด มีอัตราความเสียหายน้อยที่สุด และพันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้า Blakemore Siletz และ WSU 1019 จะแสดงความเสียหายน้อยที่สุดในการทดลองในแปลงปลูก พบว่า Blakemore Siletz และ BC 25 แสดงความต้านทาน ความสัมพันธ์ที่ไม่สอดคล้องกันระหว่าง ความเสียหายที่มองเห็นของใบสตรอเบอรี่และจำนวนประชากรไรสองจุด ที่ทดลองในโรงเรือน และในสภาพแปลงปลูก ผลการทดลองที่ได้ชี้ให้เห็นว่าสตรอเบอรี่มีความต้านทานเป็นแบบ tolerance มากกว่าลักษณะความต้านทานแบบ antibiosis และ antixenosis

Shanks and Moore (1995) ได้ศึกษาความต้านทานของสตรอเบอรี่ต่อไรสองจุด และเพลี้ยอ่อน โดยนำสตรอเบอรี่มากกว่า 170 สายพันธุ์ของ *Fragaria chiloensis* (L.), *Fragaria xananassa* Dush และ *Fragaria virginiana* มาทดสอบหาความต้านทานต่อไรสองจุด โดยใช้พันธุ์ Totem เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ พบว่าพันธุ์ Caven Dish พันธุ์ WSU 88061-5 พันธุ์ WSU 88061-4 พันธุ์ PNN 6A พันธุ์ YEN 1H พันธุ์ LCO 1C พันธุ์ TDT 58 และพันธุ์ FRA 472 เป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อไรสองจุดมากที่สุด และพันธุ์ PNN 6A พันธุ์ Scott พันธุ์ M.S. 30-15 พันธุ์ M.S. 6-4 ต้านทานต่อเพลี้ยอ่อนสตรอเบอรี่มากที่สุด

Rodriguez *et al.* (1970) พบว่าสารอาหารที่มีอยู่ในพืชอาหารมีผลต่อการเข้าทำลายของไรสองจุด โดยเฉพาะไนโตรเจนที่อยู่ในใบ พบว่า ถ้าปริมาณไนโตรเจนในใบสูง ความเสียหายของใบสตรอเบอรี่ที่ถูกไรทำลายจะสูงตามไปด้วย และสตรอเบอรี่เป็นพืชที่มี nitrogen metabolism มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของไรสองจุด คือเมื่อไรดูดซับไนโตรเจนจากพืชอาหารมากขึ้นจะทำให้ไรวางไข่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ไนโตรเจนในพืชชนิดอื่นจะมีผลเหมือนกันกับในสตรอเบอรี่ คือจะเป็นปัจจัยในการต้านทานของพืชอาหารต่อการเข้าทำลายของไรสองจุด โดยไรจะมีจำนวนประชากรสูงในพันธุ์ที่อ่อนแอและมีไนโตรเจนสูง และ ปริญญา (2530) รายงานว่า ธาตุอาหารของพืชมีส่วนสำคัญที่ทำให้พืชต้านทาน โดยพบว่า กล้าท้อ แอปเปิ้ล เชอรี่ สาลี่ ที่ขาดธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสจะทำให้ไรสองจุด *T. urticae* ขยายพันธุ์ได้น้อย

โศภาพัณณ์ (2519) รายงานว่า ธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม มีผลต่อการวางไข่ของไรสองจุด แต่ธาตุไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อปริมาณการวางไข่มากที่สุด และปริมาณการวางไข่จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจน

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการรับแสง (photoperiod) ของสตรอเบอรี่ต่อความต้านทานของสตรอเบอรี่ต่อไรสองจุด พบว่าสตรอเบอรี่ที่ต้านทานต่อไรสองจุดภายใต้ระยะการรับแสงเกิน 8 ชั่วโมง (long day) จะกลับมาอ่อนแอต่อไรสองจุดเมื่อเปลี่ยนระยะการรับแสงเป็นไม่เกิน 8 ชั่วโมง (short day) และสตรอเบอรี่ที่อ่อนแอต่อไรสองจุดภายใต้ระยะเวลาการรับแสงไม่เกิน 8 ชั่วโมง เมื่อเปลี่ยนระยะการรับแสงเกิน 8 ชั่วโมง จะกลับมาต้านทานต่อไรสองจุด (Patterson *et al.*, 1994)

ในปัจจุบันการปลูกสตรอเบอรี่ในประเทศไทยมีพันธุ์ที่นิยมปลูกอยู่หลายพันธุ์ ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์ที่ต้านทานต่อการเข้าทำลายของไรสองจุด จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษา เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิต เพื่อลดการใช้สารเคมี ทำให้ลดปัจจัยการผลิต ลดปัญหาการต้านทานสารฆ่าไร ลดพิษตกค้างของสารเคมีในผลผลิต และลดการปนเปื้อนของสารเคมีในสภาพแวดล้อม