วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 30:1 (108-115)

บทบาทของฟีโรโมนกับพฤติกรรมของแมลง

Roles of Pheromones in Insect Behavior

สิริภัค สุระพร[1]

บทคัดย่อ

การติดต่อสื่อสารหรือการส่งสัญญาณของสิ่งมีชีวิตในสมัยก่อน เชื่อกันว่ามีวิวัฒนาการมาจากการใช้สารเคมีเป็นสื่อจึงถือว่าเป็นการสื่อสารด้วยภาษาเคมี (chemical language) ต่อมาเมื่อสัตว์มีวิวัฒนาการที่สูงขึ้น จึงมีการติดต่อกันด้วยเสียง การมองเห็น หรือโดยการสัมผัส การติดต่อสื่อสารกันด้วยภาษาเคมีในสิ่งมีชีวิตนี้เรียกว่า เสมิโอเคมิคอล (semiochemicals) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ สารเคมีที่ใช้ในการส่งสัญญาณต่อกันระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันเรียกว่าอินเตอร์สปีซีฟิก เสมิโอเคมิคอล (interspecific semiochemicals) เช่น ในกรณีของต้นไม้ที่มีดอกจะปล่อยสารที่มีคุณสมบัติเป็นพวกออลโรโมน (allomones) เพื่อสื่อให้แมลงที่ได้รับกลิ่นบินมาผสมเกสร ซึ่งผู้ผลิตที่ปล่อยสารเคมี คือผู้ที่ได้รับผลประโยชน์ หรือกรณีที่สารเคมีที่ผู้ผลิตแล้วปล่อยสารเคมีดังกล่าวออกไปยังผู้รับ แต่เกิดผลดีต่อผู้รับ เช่น กลิ่นสารเคมีที่แมลงที่เป็นเหยื่อปล่อยออกมา ทำให้ผู้ล่าหรือตัวห้ำรับรู้ถึงกลิ่นนั้น ส่งผลให้ตัวห้ำหาเหยื่อพบ หรือกลิ่นที่แมลงตัวเบียนหา แมลงอาศัยพบ ซึ่งก่อผลเสียต่อแมลงหรือผู้ที่ปล่อยสารเคมีออกมา อีกประเภทหนึ่งคือสารเคมีที่ใช้ติดต่อสื่อสารกันภายในสมาชิกของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันเรียกว่าอินตราสปีซีฟิกเสมิโอเคมิคอล (intraspecific semiochemicals) ในปี 1959 Karlson and Butenandt เรียกสารเคมีที่ใช้ติดต่อสื่อสารกันอย่างหลังนี้ว่าฟีโรโมน (pheromone) ฟีโรโมนมักจะพบในแมลงที่มีความเป็นอยู่แบบสังคม (social insects) เช่น ในผึ้ง มด ต่อแตน และปลวก โดยเฉพาะพวกผึ้ง เป็นแมลงที่มีวิวัฒนาการการสื่อสารทางเคมีมากกว่าแมลงที่มีความเป็นอยู่แบบสังคมด้วยกัน อย่างไรก็ตามในแมลงบางชนิด เช่น พวกผีเสื้อกลางคืนมีประสิทธิภาพในการมองเห็นภาพต่ำ ดังนั้นจึงสื่อสารให้แมลงในกลุ่มเดียวกันได้รับสัญญาณที่ส่งออกไปโดยการสื่อสารด้วยสารเคมี

1. ประวัติการค้นพบฟีโรโมน

ในปี 1870 Jean-Henry Fabre นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส เป็นคนแรกที่ค้นพบและศึกษาฟีโรโมน โดยนักธรรมชาติวิทยาได้นำผีเสื้อไหมป่า (*Saturnia pyri)* ที่พบการกระจายตัวมากทางตอนใต้ของประเทศฝรั่งเศส และจัดเป็นจำพวกผีเสื้อกลางคืน (Figure 1) โดยปกติผีเสื้อชนิดนี้จะมีจอรับภาพเพื่อการมองเห็นได้ต่ำหรือแทบจะมองไม่เห็นวัตถุเลย เมื่อผีเสื้อเจาะรังไหมออกมา เขานำผีเสื้อไหมป่าไปใส่ไว้ในขวดแก้ว แล้วปิดปากขวดแก้วด้วยผ้าขาวบาง หลังจากนั้นสังเกตเห็นมีผีเสื้อไหมป่าตัวผู้จำนวน 40 ตัวบินเข้ามาล้อมรอบขวดแก้ว และเพิ่มเป็น 150 ตัวในเวลาต่อมา สร้างความประหลาดใจให้กับ Jean-Henry Fabre เป็นอย่างมาก ในเวลาเดียวกัน ที่มหานครนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา Joseph Lintner ซึ่งเป็นนักกีฏวิทยา ก็ได้ศึกษาพฤติกรรมการผสมพันธุ์ของผีเสื้อเช่นเดียวกัน และเป็นผู้ที่นำฟีโรโมนมาประยุกต์ใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช แต่ในเวลานั้น นักวิทยาศาสตร์ก็ยังไม่เข้าใจการสื่อสารของผีเสื้อกลางคืนมากนัก จนกระทั่งในช่วงปี 1930 ซึ่งเป็นช่วงยุคเรืองอำนาจของ Adolf Hitler และเป็นช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 นักเคมีชาวเยอรมัน คือ Adolf Butenandt (Figure 2) ซึ่งเป็นผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับฮอร์โมนเพศในคน เช่น เอสโตรน เทสโตสเตอโรน และ โปรเจสเตอโรน ได้เข้ามามีบทบาทในการค้นพบฟีโรโมนในแมลง Butenandt และคณะวิจัย ได้ทดลองกับผีเสื้อไหมบ้าน (*Bombyx mori*) โดยการตัดส่วนท้องของผีเสื้อไหมตัวเมียที่ยังไม่ได้รับการผสมพันธุ์ นำไปสกัดหาสารเคมี ที่ส่วนท้อง ซึ่งน่าจะเกี่ยวข้องกับการผลิตฟีโรโมนหรือ สารเคมีที่เกี่ยวข้องกับการส่งสัญญาณหรือสื่อสารเพื่อกระตุ้นให้ผีเสื้อไหมตัวผู้เข้ามาผสมพันธุ์ บูเทอนองค์ได้ทุ่มเทกับการศึกษาสกัดสารเคมีจาก

[1]อาจารย์, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต. ขามเรียง อ. กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนท้องของผีเสื้อไหมบ้านเป็นเวลาประมาณ 20 ปี(1939-1959) และได้ใช้ผีเสื้อในงานทดลองประมาณ 500,000 ตัว จนกระทั่งในปี 1959 Butenandt ได้ประกาศความสำเร็จ โดยการค้นพบสูตรโครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีของสารเคมีที่เรียกว่าฟีโรโมนที่ผลิตโดยผีเสื้อไหมบ้านเพศเมียเรียกว่าบอมไบคอล (bombykol) ซึ่งเป็นสารระเหยประเภทแอลกอฮอล์

Figure 1 The wild silkmoth, *Saturnia pyri* (www.ukmoths.org.uk)

Figure 2 German researcher, Adolf Butenandt who discovered the pheromone (www.beyonddiscovery.org)

ขณะเดียวกัน Peter Karlson ซึ่งเป็นนักชีวเคมีชาวเยอรมัน ได้ทำงานร่วมกันกับนักกีฏวิทยาชาวสวิตเซอร์แลนด์คือ Martin Lüscher ศึกษาการสื่อสารโดยใช้สารเคมีในปลวก *Reticulitermite*s sp. ซึ่งจัดเป็นกลุ่มแมลงสังคมแท้จริง (eusocial insect) ในปี 1959 Butenandt และ Karlson ได้ค้นพบสารเคมีที่แมลงใช้ในการติดต่อสื่อสาร และให้ชื่อสารเคมีนั้นว่า ฟีโรโมน (pheromone) ซึ่งเป็นคำที่มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก 2 คำ คือ**ฟีรีอิน** (pherein) หมายถึงการนำพา และคำว่าฮอร์แมน (horman) ซึ่งหมายถึงการกระตุ้น หรือทำให้เกิดอาการตื่นเต้นต่อสิ่งเร้า คาร์ลสันและบูเทอนองค์ได้อธิบายความหมายของฟีโรโมนซึ่งหมายถึงการสื่อสารหรือภาษาสารเคมี เพื่อสื่อและส่งสัญญานบอกให้แมลงชนิดเดียวกันรับรู้และเข้าใจความหมายตรงตามที่ต้องการสื่อออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของแมลงที่เป็นผู้ปล่อยฟีโรโมนว่าต้องการปล่อยฟีโรโมนเพื่อล่อให้แมลงสมาชิกกลุ่มเดียวกันเข้ามาหา หรือไล่ให้หนี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห่างออกไป ความสำเร็จในการค้นพบฟีโรโมนโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันนี้ ทำให้มีการศึกษาฟีโรโมนในแมลงชนิดอื่นในเวลาต่อมา (Regnier and Law, 1968)

2. ประเภทของฟีโรโมน

ฟีโรโมน ถูกผลิตโดยต่อมมีท่อ (exocrine gland) โดยผู้ผลิตฟีโรโมน จะปล่อยฟีโรโมนออกไปนอกร่างกาย เพื่อสื่อให้สมาชิกในกลุ่มเดียวกันรับรู้ความหมายที่สื่อออกไป ฟีโรโมนเป็นคำที่มีความหมายใกล้เคียงกับฮอร์โมน ซึ่งฮอร์โมนเป็นสารที่ผลิตจากต่อมไร้ท่อ (endocrine gland) และมีการผลิตออกมาใช้ในขบวนการทางสรีรวิทยาภายในร่างกายของผู้ผลิตเอง โดยไม่มีการส่งหรือปล่อยฮอร์โมนนี้ออกไปข้างนอก

ฟีโรโมนของแมลงส่วนใหญ่เป็นสารเคมีพวกแอลกอฮอล์ เช่น บอมไบคอลที่ผลิตโดยผีเสื้อไหมเพศเมีย และยิปทอล (gyptol) ซึ่งเป็นฟีโรโมนที่ผลิตโดยผีเสื้อกลางคืนชนิด *Porthetrai dispar* และ ผีเสื้อกลางคืนชนิด *Laphygma frugiperda* (Regnier and Law, 1968) หรือเป็นสารพวกกรดไขมัน เช่น ฟีโรโมนที่ผลิตโดยผึ้งนางพญา (Pankiw, 2004) คุณสมบัติที่สำคัญของฟีโรโมนคือสามารถระเหยในอากาศได้ดี และมีการแพร่กระจายไปในอากาศได้อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้แมลงเป้าหมายสามารถรับฟีโรโมนได้ดี ทำให้การสื่อสารระหว่างสมาชิกในกลุ่มเป็นไปอย่างแม่นยำ แมลงกลุ่มผีเสื้อกลางคืนจะมีความโดดเด่นในการผลิตฟีโรโมนเพศ (sex pheromone)

ฟีโรโมนแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ รีลีสเซอฟีโรโมน (releaser pheromone) และ ไพร์เมอร์ฟีโรโมน (primer pheromone) ***รีลีสเซอฟีโรโมน*** หมายถึงฟีโรโมนที่แมลงปล่อยออกไป แล้วมีผลต่อการควบคุมพฤติกรรมหรือส่งผลต่อการแสดงออกของพฤติกรรมของแมลงตัวที่ได้รับ โดยมีการตอบสนองกลับในทันที รีลีสเซอฟีโรโมน แบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือฟีโรโมนดึงดูดทางเพศ (sex attractant pheromone) ฟีโรโมนเตือนภัย (alarm pheromone) และฟีโรโมนระดมพล (recruitment pheromone) ส่วน ***ไพร์เมอร์ฟีโรโมน*** หมายถึงฟีโรโมนควบคุม หรือฟีโรโมนกระตุ้น แต่ไม่เกิดพฤติกรรมในทันที แมลงผลิตฟีโรโมนแล้วปล่อยออกไปเพื่อให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาของแมลงผู้รับ ทำให้สามารถบังคับหรือควบคุมพฤติกรรมของแมลงชนิดนั้นได้ ในกรณีหลังที่เห็นชัดเจนได้แก่ ฟีโรโมนที่ผลิตจากผึ้งนางพญา (Regnier and Law, 1968)

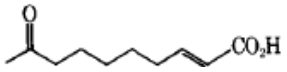
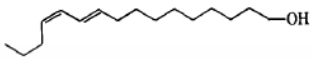
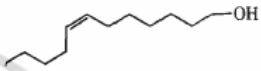
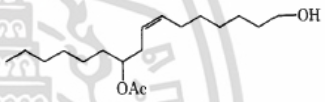
2.1 ฟีโรโมนดึงดูดเพศกับพฤติกรรมการหาคู่ของแมลง

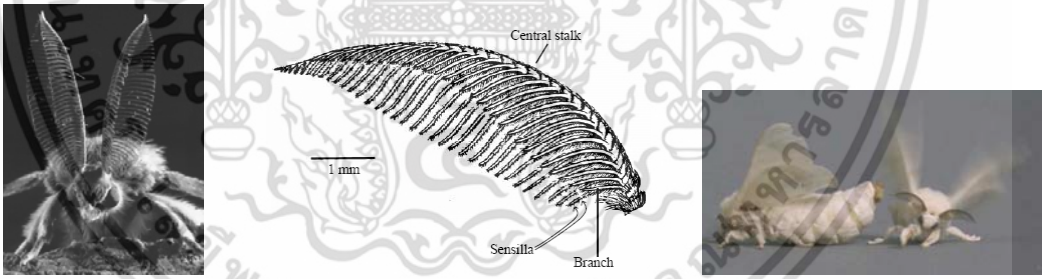
หลังจากการค้นพบฟีโรโมนบอมไบคอล ทำให้การศึกษาฟีโรโมนที่เกี่ยวข้องกับแมลงได้เจริญรุดหน้าอย่างรวดเร็ว มีการค้นพบและจำแนกชนิดฟีโรโมนในแมลงหลายชนิด เช่น ฟีโรโมนยิปทอลที่ผลิตโดยผีเสื้อยิปซี (Jacobson, 1965) และฟีโรโมนจากด้วง มด และแมลงวัน (Vosshall, 2008) ความก้าวหน้าของการวิจัยเกี่ยวกับฟีโรโมนในแมลงมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว มีการปรับปรุงเครื่องมือและวิธีการทางเคมีที่มีความทันสมัย เช่น การปรับปรุงเครื่องโครมาโตกราฟี่ (chromatography) ทำให้สามารถแยกปริมาณฟีโรโมนที่มีปริมาณที่น้อย สามารถนำมาศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของฟีโรโมน ดังแสดงใน Table 1

หลังจากการประกาศการค้นพบบอมไบคอลจากผีเสื้อไหมบ้านในปี ค.ศ 1959 ซึ่งจริงๆแล้ว นักวิทยาศาตร์ก็ยังไม่เข้าใจการแสดงออกหรือพฤติกรรมที่ผีเสื้อไหมบ้านปล่อยฟีโรโมนเพศเพื่อกระตุ้นให้ผีเสื้อไหมเพศผู้เข้ามาผสมพันธุ์ได้อย่างไร ต่อมาในปี ค.ศ 1984 Evans ได้ศึกษาพฤติกรรมการผสมพันธุ์ของผีเสื้อไหมบ้าน โดยพบว่าหลังจากผีเสื้อเจาะออกมาจากรังไหม เฉพาะผีเสื้อไหมบ้านเพศเมียเท่านั้นที่เป็นผู้ผลิตและปล่อยฟีโรโมนบอมไบคอล และถูกปล่อยออกทางด้านทวารของผีเสื้อเพศเมีย ซึ่งฟีโรโมนสามารถระเหยในอากาศได้ดี เนื่องจากผีเสื้อไหมเพศผู้มีจอรับภาพที่มีประสิทธิภาพต่ำ จึงไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้ แต่สามารถรับรู้ตำแหน่งของผีเสื้อไหมเพศเมียได้ เพราะผีเสื้อไหมเพศผู้ซึ่งมีหนวดแบบฟันหวี (bipectinate) (Figure 3A) และที่บริเวณหนวดมีตัวรับสัมผัส (sensory receptor) ฟีโรโมนบอมไบคอล (pheromone-binding-protein-bombykol) (Figure 3B) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อผีเสื้อไหมตัวผู้กระพือปีกมากเท่าใด ยิ่งส่งเสริมต่อการตรวจจับบอมไบคอลได้ดี ทำให้ผีเสื้อไหมเพศผู้หาตำแหน่งของเพศเมียได้ (Figure 3C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 The structure and compound of Insect sex pheromones in order Hymenoptera and order Lepidoptera (Regnier and Law, 1968)

Insect	Compound	structure
Bee		
Apis mellifera	9-keto-2-decenoic acid	
Silkworm		
Bombyx mori	*trans* -10- *cis*-12-Hexadecadien-1-0l	
Cabbage looper		
Trichoplusia ni	*cis*-7-Dodecen-1-ol	
Cutworm		
Laphyma frugiperda	cis-9-Tetradecen-1-ol	
Gypsymoth		
Porthetria dispar	*d*-10-Acetoxy-*cis*-7-hexadecen-1-ol	



A B C

Figure 3 Insect sex pheromone, a bombykol which produced by a female silkmoth, *Bombyx mori.*

A) bipectinate of male silkmoth (Sandler *et al*., 2000)

B) receptor on the antennae of male silkmoth (Sandler *et al*., 2000)

C) mating behavior of female and male silkmoth after acceptance bombykol pheromone (Loudon and Koehl, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ฟีโรโมนเตือนภัยกับพฤติกรรมการป้องกันตัวเอง

หลังการค้นพบฟีโรโมนบอมไบคูลในผีเสื้อไหมบ้าน ต่อมาในปี 1963 ได้มีการศึกษา ฟีโรโมนเตือนภัย (alarm pheromone) ในแมลงสังคมมากขึ้น ซึ่งหมายถึงสารเคมีที่แมลงปล่อยออกมาเพื่อส่งสัญญาณเตือนภัย ให้สมาชิกในกลุ่มรับรู้ถึงการถูกบุกรุก (Wilson, 1971) พบมากในแมลงสังคม เช่น มด ปลวก ผึ้ง และต่อ แตน ฟีโรโมนเตือนภัยนี้จะถูกปล่อยออกไปในปริมาณที่น้อย และสมาชิกภายในกลุ่มสามารถรับรู้ได้ในระยะไกล พฤติกรรมการตอบสนองของแมลงคือ การต่อสู้ การเข้าไปกัด หรือต่อยโดยการปล่อยสารพิษทำร้ายศัตรูที่เข้ามารุกราน (Hughes, 2001) ฟีโรโมนเตือนภัย ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบประเภทเทอร์ปีนอยด์ คีโตน และอัลดีไฮด์ (Dicke and Grostal, 2001) ซึ่งผลิตจากต่อมกราม (mandibular gland) หรือต่อมที่อยู่ส่วนท้ายของส่วนท้อง (anal gland) ต่อมพิษ (poison gland) ต่อมส่วนหน้า (frontal gland) และต่อมดูฟูร์ (Dufour gland) (Blum, 1969) ที่พบในมดคันไฟ (Figure 4)

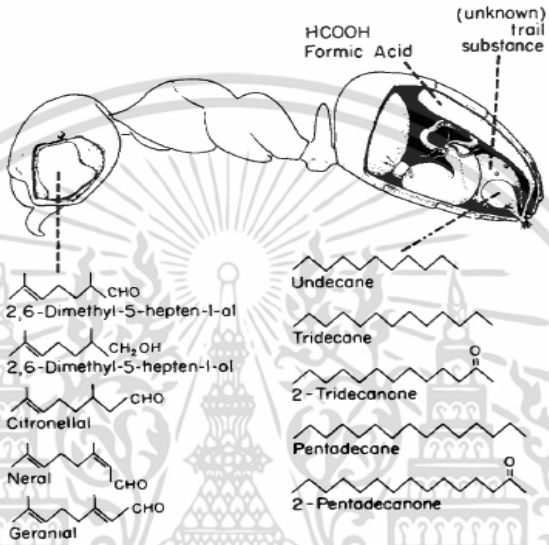


Figure 4 Volatile substances found in the exocrine gland of the ant, *Acanthomyops claviger* (Regnier and Law, 1968)

ระดับความเข้มข้นของฟีโรโมนเตือนภัยในแมลงสังคม มีผลต่อการตอบสนองและแสดงออกของพฤติกรรมของแมลง กล่าวคือในมด *Pogonomyrmex badius* ผลิตฟีโรโมน 4-methyl-3-heptanone หากมดปล่อยฟีโรโมนชนิดนี้ที่ความเข้มข้นประมาณ 10^{10} โมเลกุลต่อลูกบาศ์กเซนติเมตร พบว่ามีคุณสมบัติเป็นสารดึงดูดเพศ แต่หากระดับความเข้มข้นของ 4-methyl-3-heptanone สูงกว่า จะทำให้การแสดงพฤติกรรมความก้าวร้าวของมด และพร้อมที่จะเข้าต่อสู้สิ่งที่มารุกรานในทันที จึงเรียกฟีโรโมนลักษณะนี้ว่า ฟีโรโมนแบบไล่ (repellant pheromone) (Evans and Schmidt, 1990) ในมดชนิด *Solenopsis saevissima* ผลิตฟีโรโมนเตือนภัย ออกมา 2 ชนิดคือ ชนิดแรกผลิตจากต่อมที่หัวหรือต่อมกราม จะผลิตฟีโรโมนเตือนภัยส่งสัญญาณให้สมาชิกรับทราบถึงการรุกราน ส่วนฟีโรโมนเตือนภัยแบบที่ 2 จะผลิตจากต่อมดูเฟอร์ (Dufour's gland) ที่อยู่ส่วนท้องปล้องสุดท้าย จะทำหน้าที่เป็นฟีโรโมนเตือนภัยนำทางไปหาตำแหน่งของเหยื่อเพื่อทำร้ายและนำกลับรังมาเป็นอาหาร (Wilson, 1971)

นอกจากนี้ยังพบพฤติกรรมการเตือนภัยในปลวก ซึ่งมีเพียงปลวกวรรณะทหารเท่านั้นที่ผลิตฟีโรโมนเตือนภัยให้สมาชิกในวรรณะทหารด้วยกันเท่านั้นได้รับรู้และจำเพาะต่อฟีโรโมนชนิดนี้ ซึ่งเป็นสารเคมีประเภทโมโนเทอปีนส์ผลิตจากต่อมส่วนหน้า นอกจากทำหน้าที่เตือนภัยแล้ว ยังมีคุณสมบัติเป็นพิษต่อศัตรู แต่หน้าที่หลักๆ คือเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเตือนภัย นอกจากนี้ถึงแม้จะเป็นฟีโรโมนเตือนภัยชนิดเดียวกัน แต่จะมีผลต่อการแสดงออกของพฤติกรรมในปลวกวรรณะทหารและวรรณะงานต่างกันออกไป ถึงแม้จะได้รับกลิ่นฟีโรโมนเตือนภัยชนิดเดียวกัน (Reed and Landolt, 2000)

2.3 ฟีโรโมนนำทางกับพฤติกรรมการหาอาหารของแมลง

ฟีโรโมนนำทาง (trial marking pheromone) หรือบางทีเรียกฟีโรโมนตามรอย หรือกลิ่นตามรอย เป็นฟีโรโมนที่ผลิตขึ้นมาในแมลงสังคม สารที่ผลิตขึ้นมาจะเป็นสื่อในการติดต่อระหว่างแมลงที่ออกไปหาอาหารกับพวกที่อยู่ในรัง เห็นได้ชัดเจนในมด เมื่อมดออกไปหาอาหารจะปล่อยฟีโรโมนออกมาจากต่อมดูเฟอร์ เช่น พฤติกรรมของมดแดงชนิด *Atta cephalotes* ซึ่งเป็นมดแดงขนาดเล็กจะปล่อยฟีโรโมนนำทาง บอกให้สมาชิกจำตำแหน่งที่ตั้งของรังได้ เมื่อออกมาเก็บเศษใบไม้เพื่อนำกลับรัง มดแดงที่เป็นตัวนำทางจะปล่อยฟีโรโมนไว้ตามทางเป็นแนวยาว สมาชิกสามารถจดจำฟีโรโมนนี้ได้ เข้าใจความหมายและจำทิศทางของรังได้ จึงมองเห็นมดแดงเดินตามกันไปอย่างเป็นระเบียบในแถวเดียวกัน ตามรอยเส้นทางของฟีโรโมน (Figure 5A) หรือ ลักษณะพฤติกรรมของมดงาน ที่ออกจากรังเพื่อไปหาอาหาร และเมื่อพบแหล่งอาหารแล้ว จะปล่อยฟีโรโมนออกมา เพื่อสื่อให้มดวรรณะเดียวกันรับรู้ทิศทางของแหล่งอาหาร และช่วยนำเอาอาหารกลับรังไปเลี้ยงสมาชิกในกลุ่มเดียวกันซึ่ง Jackson *et al.*(2006) ได้อธิบายพฤติกรรมตามรอย ของมดคันไฟ *Aphaenogaster albisetosus* โดยเริ่มจากที่มดงานเป็นผู้ที่ออกหาอาหาร เมื่อพบอาหารหรือเหยื่อที่มีขนาดใหญ่ ก็จะเข้าไปปล่อยสารพิษ ที่ผลิตจากต่อมพิษ แล้วทำให้เหยื่อเป็นอัมพาต เคลื่อนที่ไม่ได้ พร้อมกันนี้ มดก็ปล่อยฟีโรโมนตามรอย เพื่อส่งสัญญาณบอกสมาชิกในวรรณะเดียวกันว่าพบเหยื่อ และสมาชิกสามารถตามกลิ่นฟีโรโมนนั้นไปหาตำแหน่งของเหยื่อ แล้วช่วยกันนำเอาซากของเหยื่อกลับรัง เพื่อเป็นอาหารของสมาชิกในรัง (Figure 5B)

A B

Figure 5 A Leafcutter ants, *Atta cephalotes* transported leaves back to the nest along pheromone trails (Jackson *et al*., 2006)

B *Aphaenogaster albisetosus* use a poison gland pheromone to attract the foragers and transported the prey back to the nest (Jackson *et al*., 2006)

2.4 ฟีโรโมนนางพญากับการควบคุมพฤติกรรมของแมลงสังคม

ฟีโรโมนนางพญา (queen substance pheromone) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า *กลิ่นราชินี* จัดเป็นไพร์เมอร์ฟีโรโมน ซึ่งเป็นฟีโรโมนที่นางพญา ผลิตขึ้นมาเพื่อควบคุมพฤติกรรมของสมาชิกในรัง โดยฟีโรโมนชนิดนี้จะไม่มีผลต่อการแสดงออกของพฤติกรรมในทันที แต่เมื่อสมาชิกในรังได้รับฟีโรโมนชนิดนี้ จะไปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระบบสรีรวิทยาซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านพฤติกรรมตามมา เพื่อการควบคุมระบบสังคมของพวกผึ้ง มด ปลวก ฟีโรโมนนางพญาเป็นสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด คือกรดคีโตเดเซโนอิก ชื่อทางเคมีคือ trans-a-keto-2-decenoic acid ซึ่งขับออกมาจากต่อมกรามของผึ้งนางพญา ผึ้งงานจะได้รับกลิ่นฟีโรโมนทางหนวดและเมื่อผึ้งงานเลียนางพญาเพื่อทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสะอาดผึ้งงานก็จะได้รับฟีโรโมนโดยการกินเข้าไป (Pankiw, 2004) ทำให้ผึ้งงานเป็นหมัน เพราะอวัยวะสืบพันธุ์ไม่เจริญ และจะต้องเป็นผึ้งในวรรณะผึ้งงานตลอดไป โดยไม่มีการผลิตนางพญาตัวใหม่เพิ่มอีก ดังนั้นภายในหนึ่งรังของผึ้งจึงมีนางพญาเพียงตัวเดียวเท่านั้น

2.5 ฟีโรโมนกับการควบคุมพฤติกรรมแมลงเพื่อการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช

การประยุกต์ใช้ฟีโรโมนร่วมกับกับดักเป็นหลักการที่นำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในงานป้องกันกำจัดแมลง เนื่องจากการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูด้วยสารเคมี ทำให้เกิดปัญหาเรื่องสารพิษตกค้างปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม และสารตกค้างเป็นเวลานาน ส่งผลเสียต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการทำให้เกิดความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง ปัจจุบันจึงได้มีแนวทางในการป้องกันกำจัดแมลงโดยชีววิธี เพื่อลดปัญหาดังกล่าวคือการใช้ฟีโรโมนในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชก็เป็นแนวทางที่สำคัญ เพื่อลดการตกค้างของสารฆ่าแมลงและลดการพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีดังกล่าว ซึ่งฟีโรโมนจะถูกใช้ใน 3 ทาง (มโนชัย, 2528) ได้แก่ *การตรวจและการสำรวจ* (survey and detection) โดยการใช้ร่วมกับกับดัก โดยใช้ฟีโรโมนเป็นสารล่อให้แมลงเคลื่อนที่เข้ามาติดกับดัก ซึ่งหลักการนี้ประสบผลสำเร็จเป็นครั้งแรกที่รัฐมิสซีสซิปปี้ ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ตั้งกับดัก 100,000 กับดักทางทิศตะวันออกของแม่น้ำมิสซีสซิปปี้เพื่อตรวจสอบการเข้าทำลายของผีเสื้อยิปซี ซึ่งทำให้ประหยัดงบประมาณเป็นจำนวนมากในการกำจัดศัตรูพืชก่อนที่จะเริ่มระบาด *การใช้ฟีโรโมนร่วมกับกับดัก* เพื่อดักจับแมลงปริมาณมาก เป็นการควบคุมแมลงที่อยู่ในพื้นที่ให้ติดกับดักก่อนที่แมลงตัวผู้จะไปผสมพันธุ์กับตัวเมีย จึงไม่สามารถขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนได้ และ *การใช้ฟีโรโมนเพื่อรบกวนให้แมลงตัวผู้หาแมลงตัวเมียไม่พบ* เป็นการนำฟีโรโมนสังเคราะห์ หรือเลียนแบบสูตรโครงสร้าง เพื่อนำไปปล่อยในบริเวณที่ต้องการควบคุมแมลงศัตรูพืช แล้วทำให้แมลงเพศผู้ไม่สามารถตรวจพบฟีโรโมนที่ปล่อยโดยแมลงเพศเมีย จึงทำให้แมลงไม่สามารถผสมพันธุ์กันได้ ส่งผลให้ประชากรของแมลงศัตรูลดปริมาณลง

นักกีฏวิทยาได้พยายามคิดค้นหาวิธีเฉพาะอย่างในการควบคุมแมลง เพื่อที่จะทำลายแมลงที่ต้องการทำลายเท่านั้น โดยมีพื้นฐานและองค์ความรู้จากการนำคุณสมบัติและบทบาทของฟีโรโมน มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมพฤติกรรมของแมลง เพื่อป้องกันการเข้าทำลาย และก่อความเสียหายแก่พืชเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม หรือเป็นอันตรายต่อแมลงชนิดอื่น โดยเฉพาะแมลงที่มีประโยชน์

เอกสารอ้างอิง

มโนชัย กีรติกสิกร. 2528. หลักการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช. ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 114 หน้า.

Blum, M.S. 1969. Alarm pheromones. Annual Review of Entomology, 14: 57-81.

Dicke,M. and Grostal. 2001. Chemical detection of natural enemies by arthropods: An ecological perspective. Annual Reviews of Ecology and Systematics 32: 1-23.

Evans, H.E. 1984. Insect Biology. Addison-Wesley Publishing Company, London. 424:114-131

Evans, D.L. and Schmidt, J.O. 1990. Insect Defenses. Adaptive Mechanism and Strategies of Prey and Predators. Albany: State University of New York Press.

Hughes, W.H. 2001. The response of grass-cutting ants to natural and synthetic versions of their alarm pheromone. Physiological Entomology, 26: 165-172.

Jackson, D.E., Martin, S.J., Holcombe, M. and M. Ratnieks. 2006. Longevity and detection of persistent foraging trails in Pharaoh's ants, *Monomorium pharaonis*. Anim. Behav. 71: 351-359.

Jacobson, M. 1965. Insect Sex Attractants. Interscience Publishers, Inc., New York.

Loudon, C., and Koehl, M.A.R. 2000. Sniffing by a silkworm moth: wing fanning enhances air penetration through and pheromone interaction by antennae. *The Journal of Experimental Biology*. 203: 2977-2990.

Pankiw, T. 2004. Cued in : Honey bee pheromones as information flow and collective decision- making. *Apidologie*. 35: 217-226.

Reed, H.C. and Landolt, P.J. 2000. Application of alarm pheromone to targets by southern yellowjackets (Hymenoptera: Vespidae). Florida Entomologist, 83 (2): 193-196.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Regnier, F.E., and Law, J.H. 1968. Insect pheromone. *Journal of Lipid Research.* 9: 541-551.

Sandler, B.H., Nikonova, L., Walter, S.L., and Clardy,J. 2000. Sexual attraction in the silkworm moth: structure of the pheromone-binding-protein-bombykol complex. *Chemistry & Biology*. 7: 143-151.

The National Academy of Sciences. *Insect pheromone*. www.beyonddiscovery.org 15 June 2010

Vosshall, L.B. 2008. Scent of a fly. *Minireview.* Neuron 59(11): 685-689.

Wilson, E.O. 1971. The Insect Societies. London: Oxford University Press.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้