บทที่ 2

สอบสวนเอกสาร

2.1 อนุกรมวิธานของผึ้ง

ผึ้งประเภทที่ให้น้ำผึ้ง (*Apis* spp.) เป็นแมลงที่มีวิวัฒนาการสูง (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 2532) พบกระจายอยู่ทั่วโลกตามแหล่งกำเนิดทั้งในทวีปยุโรป แอฟริกาและเอเชีย และถูกนำเคลื่อนย้ายไปเลี้ยงในทวีปอื่น ๆ ได้ เช่น ทวีปออสเตรเลียและอเมริกา (พงศ์เทพ อัครธนกุล, 2534; Ruttner, 1988) การสืบทอดเผ่าพันธุ์ของผึ้งในสกุลเอปีสที่มีติดต่อกันมานานไม่ต่ำกว่า 30 ล้านปี โดยมีหลักฐานจากการค้นพบฟอสซิลของ *A. javana* Enderlein ปรากฏอยู่ในมหายุคซีโนโซอิก (Cenozoic Era) ซึ่งเป็นฟอสซิลของผึ้งและรวงรังครั้งแรกที่พบในประเทศมาเลเซีย (Stauffer, 1979 อ้างถึงใน สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 2532) ด้วยเหตุนี้นักวิทยาศาสตร์จึงเชื่อว่ามีความเป็นไปได้ที่ผึ้งในสกุลเอปีสมีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 2532)

นักกีฏวิทยาด้านอนุกรมวิธานได้จัดเรียงลำดับขั้น (Taxonomic hierarchy) ของผึ้งในสกุลเอปีสไว้ดังนี้ (Elzinga, 1997)

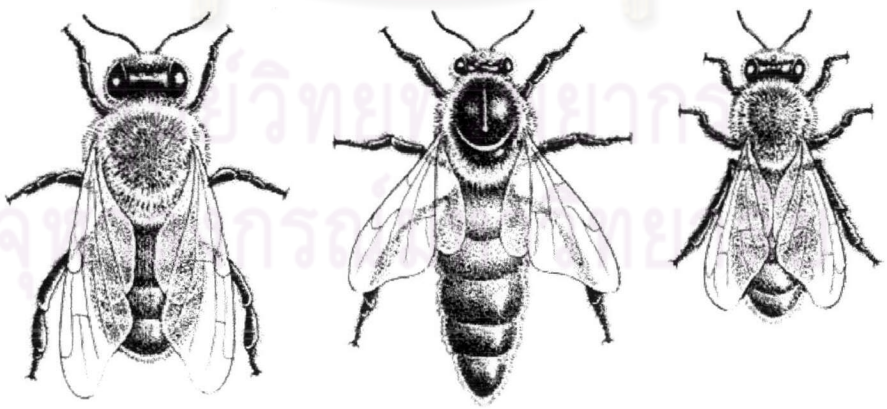
อาณาจักร (Kingdom)	เมตาซัว (Metazoa)
ไฟลัม (Phylum)	อาร์โทรโพดา (Arthropoda)
ชั้น (Class)	อินเซคตา (Insecta)
อันดับ (Order)	ไฮมีนอพเทรา (Hymenoptera)
วงศ์ใหญ่ (Super-family)	เอปอยเดีย (Apoidea)
วงศ์ (Family)	เอปิดี (Apidae)
วงศ์ย่อย (Subfamily)	เอปินี (Apinae)
สกุล (Genus)	เอปีส (*Apis*)

2.2 ชีวิตและสังคมของผึ้งทั่วไป

ผึ้งมีการดำรงชีวิตอยู่ร่วมกันหลาย ๆ ตัวเป็นสังคมภายในรังเดียวกันและแบ่งหน้าที่กันทำงาน ซึ่งแต่ละรังจะเป็นหนึ่งครอบครัว (colony) ที่ประกอบด้วยผึ้ง 3 วรรณะ (รูปภาพที่ 4) คือ ผึ้งนางพญาหนึ่งตัว ผึ้งตัวผู้หลายร้อยตัว และผึ้งงานหลายหมื่นตัว ทั้งนี้จำนวนสมาชิกภายในรังยังขึ้นอยู่กับขนาดของรังผึ้งด้วย (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 2532) ไม่มีผึ้งตัวใดตัวหนึ่ง หรือวรรณะใดวรรณะหนึ่งที่สามารถดำรงชีวิตอยู่อย่างโดดเดี่ยวเป็นระยะเวลานาน ๆ ได้ หรือไม่มีกลุ่มผึ้งจำนวนหนึ่งในวรรณะใด ๆ จะดำรงชีวิตอยู่ได้โดยขาดความสัมพันธ์กับวรรณะอื่น ๆ ภายในสังคมเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(พงศ์เทพ อัครธนกุล, 2534) ผึ้งนางพญาเจริญมาจากไข่ที่ถูกผสม มีโครโมโซม 2n เป็นเพศเมีย มีปีกสั้นเมื่อเทียบกับความยาวลำตัว แต่มีขนาดใหญ่ที่สุดเมื่อเทียบกับผึ้งอีก 2 วรรณะ มีอวัยวะวางไข่ (ovipositor) ที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นเหล็กใน (sting) เพื่อใช้ป้องกันตัว ผึ้งนางพญาจะทำหน้าที่วางไข่เมื่อผสมพันธุ์กับผึ้งตัวผู้แล้ว นอกจากนี้ยังมีความสำคัญต่อสังคมผึ้งโดยเป็นตัวผลิตเฟอโรโมน (pheromone) ที่ใช้ควบคุมกลไกการทำงานของสมาชิกภายในรัง ผึ้งนางพญาจะมีผึ้งงานคอยดูแลรับใช้โดยให้อาหารและนำของเสียไปทิ้ง ปกติผึ้งนางพญามีอายุประมาณ 2–3 ปี สำหรับผึ้งงานเจริญมาจากไข่ที่ถูกผสม มีโครโมโซม 2n และเป็นเพศเมียเช่นเดียวกับผึ้งนางพญา แต่มีรังไข่ขนาดเล็กและไม่สามารถสร้างไข่ได้ในสภาวะปกติ ยกเว้นในกรณีที่รังนั้นขาดผึ้งนางพญา ผึ้งงานมีขนาดเล็กที่สุดในบรรดาผึ้งทั้ง 3 วรรณะ มีอวัยวะที่แตกต่างจากผึ้งในวรรณะอื่น ๆ คือ ที่ส่วนท้องมีต่อมสร้างไขผึ้งเพื่อใช้สร้างและซ่อมแซมรัง มีต่อมผลิตกลิ่นประจำรัง (Nassanoff's pheromone) ต่อมผลิตสารเตือนภัย (alarm pheromone) มีเหล็กใน (sting) มีตระกร้าเก็บเกสร (pollen basket) ที่ขาหลัง มีกระเพาะเก็บน้ำผึ้ง (honey stomach) ที่เกิดจากอวัยวะทางเดินอาหารส่วนหน้าขยายเป็นถุงเพื่อเก็บน้ำหวานที่ดูดจากดอกไม้ เป็นต้น ซึ่งอวัยวะเหล่านี้มีความสำคัญต่อหน้าที่การทำงานของผึ้งงาน ได้แก่ การสร้างและซ่อมแซมรัง การทำความสะอาดรัง การหาอาหารและน้ำ ตลอดจนการป้องกันรัง เป็นต้น ผึ้งงานมักมีอายุสั้นเพียง 10–12 สัปดาห์ ส่วนผึ้งตัวผู้เจริญมาจากไข่ที่ไม่ได้ถูกผสม มีโครโมโซม n มีขนาดลำตัวอ้วนและใหญ่กว่าผึ้งนางพญาและผึ้งงาน มีปลายท้องมนและไม่มีเหล็กใน มีตารวมขนาดใหญ่และหนวดที่พัฒนาเป็นพิเศษเพื่อเพิ่มความสามารถในการมองเห็นและรับกลิ่น เพราะผึ้งตัวผู้มีหน้าที่บินออกไปหาผึ้งนางพญาเพื่อการผสมพันธุ์ในฤดูผสมพันธุ์ มีโพรบอสซิสสั้นสำหรับรับอาหารจากผึ้งงานและจากเซลล์เก็บน้ำผึ้งในรัง อายุของผึ้งตัวผู้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผึ้งงาน คือ เมื่อหมดความจำเป็นต่อรังผึ้งงานจะหยุดป้อนอาหารและคาบออกมานอกรัง ปล่อยให้อดตายในที่สุด (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 2532)



ผึ้งตัวผู้ ผึ้งนางพญา ผึ้งงาน

รูปภาพที่ 4 แสดงลักษณะของผึ้ง 3 วรรณะ (Gould and Gould, 1988)

2.3 ชนิดของผึ้ง

ปัจจุบันผึ้งในสกุลเอปีสถูกจำแนกออกเป็น 9 ชนิด (Koeniger and Koeniger, 2000) คือ *A. laboriosa* F. Smith, 1871 (Sakagami, Matsumura, and Ito, 1980) *A. dorsata* Fabricius, 1793 (Ruttner, 1988) *A. mellifera* Linnaeus, 1758 (Ruttner, 1988; Ruttner, Milner, and Dews, 1990) *A. nigrocincta* Smith, 1861 (Otis, 1991; 1996) *A. koschevnikovi* Buttel-Reepen, 1906 (Koeniger *et al*., 1988; Rinderer *et al*., 1989) *A. nuluensis* Tingek, Koeniger and Koeniger, 1996 (Fuchs, Koeniger, and Tingek, 1996; Otis, 1991; 1996) *A. cerana* Fabricius, 1793 (Rinderer *et al*., 1989; Ruttner, 1988) *A. florea* Fabricius, 1787 (Ruttner, 1988) และ *A. andreniformis* Smith, 1858 (Wu and Kuang, 1987; Wongsiri *et al*., 1990) สำหรับประเทศไทยมีผึ้งในสกุลเอปีสอยู่ 5 ชนิด คือ ผึ้งมิ้ม *A. florea* ผึ้งมิ้มเล็ก *A. andreniformis* ผึ้งหลวง *A. dorsata* ผึ้งโพรง *A. cerana* และผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 2532; Wongsiri *et al*., 2000)

ผึ้งมิ้ม ผึ้งมิ้มเล็ก และผึ้งหลวง พบกระจายอยู่ในเขตร้อนบริเวณเอเชียตอนใต้และทุกประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จนถึงจีนตอนใต้ และเป็นผึ้งพื้นเมืองของประเทศไทย ซึ่งมีลักษณะการสร้างรังในที่โล่งและมีรวงรังชั้นเดียว ส่วนผึ้งโพรงเป็นผึ้งพื้นเมืองของประเทศไทยเช่นเดียวกันและมีขอบเขตการกระจายเกือบทั่วทุกประเทศในทวีปเอเชีย แต่มีลักษณะการสร้างรังในโพรงและมีรวงรังหลายชั้น (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 2532; อุบลวรรณ บุญฉ่ำ, 2538; Wongsiri *et al*., 2000) สำหรับผึ้งพันธุ์มีลักษณะการสร้างรังในโพรงและมีรวงรังหลายชั้นเช่นเดียวกับผึ้งโพรง (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 2532; Ruttner, 1988) แต่เป็นผึ้งพื้นเมืองของทวีปยุโรปและแอฟริกาที่นำเข้ามาเมื่อประมาณปี ค.ศ. 1940 เพื่อการวิจัยที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และต่อมาได้นำเข้ามาเพื่อการเพาะเลี้ยงทางด้านอุตสาหกรรมในประเทศไทย (Sylvester and Wongsiri, 1986; Wongsiri *et al*., 2000) ได้แก่ การผลิตน้ำผึ้ง ไขผึ้ง รอยัลเยลลี (royal jelly) เกสรและพรอพอลิส (propolis) หรือยางไม้ ทั้งนี้เนื่องจากผึ้งพันธุ์มีขนาดรังที่เหมาะสมกับการนำมาประยุกต์เลี้ยงในหีบผึ้งมาตรฐานได้พอดี สามารถเก็บสะสมน้ำผึ้งได้ปริมาณมากที่สุด มีพฤติกรรมที่ไม่ดุเหมือนผึ้งหลวง และไม่ทิ้งรังง่ายเหมือนผึ้งโพรงไทย (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 2532) ซึ่งปัจจุบันมีผึ้งพันธุ์มากกว่า 100,000 รังอยู่ที่ภาคเหนือ และประมาณ 200,000 รังทั่วประเทศ (Wongsiri *et al*., 2000)

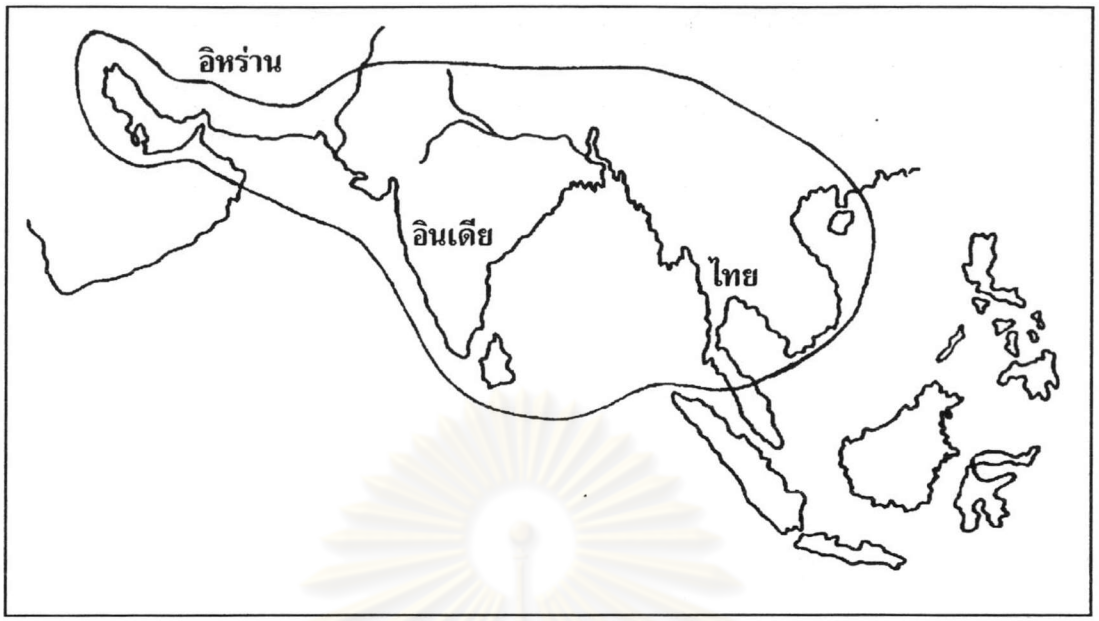
2.4 ชีววิทยาและการกระจายของผึ้งมิ้ม

ผึ้งมิ้มมีขนาดลำตัวเล็กกว่าผึ้งโพรง คือ 1.0 : 1.33 ตามลำดับ (Ruttner, 1986) แต่มีขนาดใหญ่กว่าผึ้งมิ้มเล็ก (Rinderer *et al*., 1995; Wongsiri *et al*., 1996) ผึ้งโพรงมีความยาว : ความกว้างของปีกหน้าเท่ากับ 7.75±0.14 : 2.70±0.06 และความยาว : ความกว้างของปีกหลังเท่ากับ 3.67±0.08 : 1.51±0.05 (Limbipichai, 1990) ส่วนผึ้งมิ้มมีความยาว : ความกว้างของปีกหน้าเท่ากับ 6.45±0.16 : 2.25±0.06 และความยาว : ความกว้างของปีกหลังเท่ากับ

3.17±0.08 : 1.36±0.04 (Rinderer *et al.*, 1995) ผึ้งมิ้มมีปล้องท้องปล้องแรกสีเหลืองส้มและปล้องถัดไปเป็นสีดำสลับสีเหลืองจนถึงปลายท้อง (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 2532; Rinderer *et al.*, 1995; Wongsiri *et al.*, 1996)

ความแตกต่างของบริเวณที่สร้างรังของผึ้งในประเทศไทย พบว่า ผึ้งหลวง ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้มมีการสร้างรังสูงจากพื้นดินแตกต่างกัน นอกจากนี้บางชนิดสร้างรังในโพรงและบางชนิดสร้างรังในที่โล่ง ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการแก่งแย่งแข่งขันในเรื่องของโพรงที่ใช้สร้างรังมีอยู่อย่างจำกัด เพราะการสร้างรังในโพรงจะได้เปรียบในด้านการรักษาอุณหภูมิภายในรังทำให้สมาชิกและตัวอ่อนเจริญเติบโตได้ดีและประหยัดพลังงาน จึงมีอายุยืนยาวกว่าผึ้งที่สร้างรังในที่โล่ง ดังนั้นการสร้างรังภายในโพรงจึงมีบทบาทสำคัญทำให้ผึ้งมีสายวิวัฒนาการแยกออกไปสร้างรังในที่โล่งเพื่อลดการแก่งแย่งแข่งขันของบริเวณที่สร้างรังลง (Seeley, Seeley and Akratanakul, 1982 อ้างถึงใน อุบลวรรณ บุญฉ่ำ, 2538) ผึ้งมิ้มมีการสร้างรังแบบเปิดและมีรวงรังชั้นเดียวอยู่บนกิ่งไม้ ต้นไม้เตี้ย ๆ หรือพุ่มไม้ มักซ่อนรังอยู่ในพุ่มไม้และกิ่งไม้เพื่อพรางตาป้องกันภัยจากศัตรู (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 2532; อุบลวรรณ บุญฉ่ำ, 2538; Free, 1981; Wongsiri *et al.*, 2000) โดยสร้างรังสูงจากพื้นดินประมาณ 1–15 เมตร และมักหันหน้ารังเข้าหาแสงอาทิตย์ บางครั้งจะพบผึ้งมิ้มทำรังบนผนังกำแพงตึกและหลังคาอาคารบ้านเรือน (Wongsiri *et al.*, 1996) นอกจากนี้ผึ้งมิ้มยังนำยางไม้มาสะสมเหมือนกาวเหนียว (sticky band) ล้อมรอบกิ่งไม้ใกล้ ๆ บริเวณหัวคอนเพื่อป้องกันศัตรูไม่ให้เดินเข้ามาถึงรังได้ (Free, 1981; Ruttner, 1988) เช่น มดแดง *Oecophylla smaragdina* (Seeley, 1985) และมีผึ้งงานเกาะคลุมรังเพื่อป้องกันศัตรู น้ำฝน และควบคุมอุณหภูมิภายในรังให้อยู่ระหว่าง 33–38°C (Free, 1981) เพื่อให้ตัวอ่อนเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย (Wongsiri *et al.*, 2000)

ผึ้งมิ้มมีการกระจายพบได้ทั่วไปในทุกประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จนถึงจีนตอนใต้ ได้แก่ ประเทศโอมาน ปากีสถาน ศรีลังกา อินเดีย เมียนม่า ไทย ลาว กัมพูชา เวียดนาม จนถึงเกาะปาลาวันของประเทศฟิลิปปินส์ (ไม่รวมหมู่เกาะอื่น ๆ ในประเทศฟิลิปปินส์) แต่ไม่พบผึ้งมิ้มที่บริเวณคาบสมุทรมลายูและหมู่เกาะรอบ ๆ บอร์เนียวและอินโดนีเซีย (รูปภาพที่ 5) (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 2532; อุบลวรรณ บุญฉ่ำ, 2538; Ruttner, 1988; Wongsiri *et al.*, 1996; Wongsiri *et al.*, 2000) นอกจากนี้มีรายงานการพบผึ้งมิ้มในประเทศแอฟริกาด้วย (Lord and Nagi, 1987 อ้างถึงใน อุบลวรรณ บุญฉ่ำ, 2538) และมีรายงานการค้นพบผึ้งมิ้มทางพรมแดนตอนใต้ของประเทศอิหร่าน (Tirgari, 1971; Ruttner, 1985) ซึ่งอาศัยอยู่ในหลายพื้นที่ของประเทศอิหร่าน ได้แก่ พื้นที่ราบ ป่าไม้ หุบเขา ภูเขา และหมู่บ้าน ซึ่งสามารถอาศัยอยู่ในภูเขาที่มีสภาพภูมิอากาศร้อนและแห้งแล้งได้ นอกจากนี้ยังพบผึ้งมิ้มอาศัยอยู่ในเมืองและชานเมืองที่มีสภาพภูมิอากาศและแหล่งอาหารที่ดี (Mossadegh, 1993) สำหรับในประเทศไทย สามารถพบผึ้งมิ้มได้เกือบทุกพื้นที่ ได้แก่ บริเวณชานเมือง พื้นที่การเกษตร และพื้นที่ราบทั่วไป (Wongsiri *et al.*, 1996) รวมทั้งในเมืองใหญ่ ๆ เช่น กรุงเทพมหานครและเชียงใหม่ แต่พบผึ้งมิ้มได้น้อยในภาคใต้ (Wongsiri, *et al.*, 2000)



รูปภาพที่ 5 แสดงการกระจายของผึ้งมิ้มจากทุกประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จนถึงจีนตอนใต้ (ดัดแปลงจาก Ruttner, 1988; Wongsiri *et al*., 2001)

ถึงแม้ว่าผึ้งมิ้มจะเป็นผึ้งที่มีขนาดเล็กและประชากรต่อรังน้อยกว่าผึ้งชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในสกุลเอปีส แต่ผึ้งมิ้มก็มีความสามารถพิเศษในการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดในบริเวณที่มีสภาพภูมิอากาศหนาวเย็นและร้อนได้ดีกว่าผึ้งชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในสกุลเดียวกัน (Ruttner, 1988) เช่น ผึ้งมิ้มสามารถอาศัยอยู่ในบริเวณอ่าวเปอร์เซีย (Persian Gulf) ที่มีอุณหภูมิสูงมากกว่า 50° C ในฤดูร้อน โดยที่ไม่มีผึ้งชนิดอื่น ๆ อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นเลย (Whitcombe, 1984 อ้างถึงใน Ruttner, 1988) และในฤดูหนาวของบริเวณเดียวกันนี้จะมีอากาศหนาวเย็นมาก แต่ผึ้งมิ้มก็ยังสามารถอาศัยอยู่ได้ทั้ง ๆ ที่มีลักษณะการสร้างรังแบบเปิดและมีรวงรังชั้นเดียว (Ruttner, 1988) นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาผึ้งมิ้มในทวีปแอฟริกา ซึ่งสามารถปรับตัวอยู่ในทะเลทรายที่มีอุณหภูมิสูงได้โดยมีพฤติกรรมการเลือกสร้างรังในบริเวณที่มีที่กำบังมาก ๆ ส่วนในฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิต่ำ ผึ้งจะย้ายไปสร้างรังใหม่ในบริเวณที่ได้รับแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น (Mogga and Ruttner, 1988 อ้างถึงใน อุบลวรรณ บุญฉ่ำ, 2538)

2.5 มอร์โฟเมตรี (Morphometry)

มอร์โฟเมตรี หมายถึง การวัดรูปร่างทางสัณฐานวิทยา ซึ่งข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปของตัวเลข อัตราส่วน องศาของมุม ฯลฯ และนำข้อมูลที่ได้จากการวัดมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติก่อนที่จะนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ประโยชน์เพื่อจำแนกความแตกต่างของสิ่งมีชีวิต ตลอดจนสามารถวินิจฉัยชนิดของสิ่งมีชีวิตที่กำลังศึกษาอยู่ได้ (เพ็ญศรี ตังคณะสิงห์, 2531)

มอร์โฟเมตรีมีลักษณะผสมผสานกับวิชาเรขาคณิต โดยใช้ความรู้ในเรื่องตำแหน่งของจุดต่าง ๆ จากวิชาเรขาคณิตและความรู้ด้านฮอมอโลยี (homology) จากวิชาชีววิทยา ดังนั้นลักษณะการวัดทางมอร์โฟเมตริกจึงเป็นการวัดความยาว มุม อัตราส่วน ฯลฯ ของลักษณะที่เป็นฮอโมโลกัสกัน โดยข้อมูลทางมอร์โฟเมตริกจะมีลักษณะเป็นกลุ่มของรูปแบบ (set of forms) อาจจะเป็นความยาวระหว่างจุดโคออร์ดิเนท (coordinate) 2 จุด มุมระหว่างเส้น 2 เส้น ซึ่งอยู่ในระนาบเอกซ์ (x) และวาย (y) และบันทึกข้อมูลที่ได้อย่างเป็นระเบียบ เพื่อนำไปใช้คำนวณ หรือวิเคราะห์ผลโดยวิธีการต่าง ๆ ทางสถิติต่อไป (Bookstein, 1982 อ้างถึงในเพ็ญศรี ตังคณะสิงห์, 2531)

การวิเคราะห์ทางมอร์โฟเมตริกของแมลงชนิดต่าง ๆ สามารถทำได้แม่นยำ เพราะลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแมลงเป็นโครงร่างแข็งภายนอก (exoskeleton) ซึ่งคงรูปและมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทำให้สะดวกต่อการวัด ถึงแม้ว่าจะเก็บรักษาตัวอย่างนี้ไว้ในน้ำยาดอง หรืออบแห้ง นอกจากนี้โครงร่างแข็งภายนอกที่ถูกกำหนดโดยพันธุกรรมยังขึ้นอยู่กับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม ได้แก่ ความผันแปรของเขตภูมิศาสตร์ (geographic variability) และฤดูกาล (Daly, 1985; Mattu and Verma, 1984c) รวมทั้งพฤติกรรมของแมลงนั้น ๆ ด้วย (Daly, 1985) ซึ่งการศึกษาทางมอร์โฟเมตริกของแมลงในสมัยก่อน จะทำการวัดขนาดด้วยมือ ในบางครั้งอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้จาก 3 กรณี คือ

1. ผู้วัดกำหนดจุด 2 จุดในการวัดไม่เที่ยงตรงพอ
2. ผู้วัดอ่านระยะผิดพลาด เนื่องจากหน่วยของ ocular micrometer ไม่ละเอียดพอ
3. เมื่อวัดขนาดจากตัวอย่างจำนวนมาก ทำให้ผู้วัดเกิดความเมื่อยล้าของสายตาและส่วนอื่น ๆ ของร่ายกาย ซึ่งมีผลทำให้ความละเอียดรอบคอบและพิถีพิถันลดน้อยลง

ถึงแม้ว่าความคลาดเคลื่อนทั้ง 3 กรณีนี้จะเกิดเพียงเล็กน้อยแต่ก็อาจจะมีผลต่อการวิเคราะห์ได้ ต่อมาได้มีการนำคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาช่วยในการศึกษาทางมอร์โฟเมตริก ซึ่งประกอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีเครื่องฉายสไลด์จากตัวกล้อง เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จอรับภาพจากเครื่องฉายสไลด์จากตัวกล้อง และโปรแกรมคอมพิวเตอร์เฉพาะงาน (Daly, 1985) โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้ เป็นพื้นฐานที่สำคัญต่อการศึกษาทางด้านสัณฐานวิทยาของสิ่งมีชีวิต ซึ่งสามารถนำไปประกอบการศึกษาทางนิเวศวิทยาและพันธุศาสตร์ได้ (เสาวนีย์ เสมาทอง, 2540) ทั้งนี้การศึกษาทางด้านนี้ต้องใช้ตัวอย่างที่มีจำนวนมากพอในแต่ละหนึ่งหน่วยพื้นที่และทำการศึกษาด้วยขบวนการที่เหมือนกันจะได้ข้อมูลที่ดีที่สุดในการเปรียบเทียบ (Limbipichai, 1990)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี 1916 Cochlov เป็นผู้ที่ทำการศึกษาทางด้านมอร์โฟเมตริกของผึ้งเป็นครั้งแรก โดยวัดความยาวโพรบอสซิสของตัวอย่าง *A. mellifera* ที่เก็บมาจากพื้นที่ในรัสเซีย 6 บริเวณ ๆ ละ 3 รัง ๆ ละ 100 ตัวขึ้นไป รวมจำนวนตัวอย่างผึ้งทั้งหมด 1,899 ตัว พบว่าความยาวของโพรบอสซิสเพิ่มขึ้นตามลำดับจากตัวอย่างทางตอนเหนือถึงทางตอนใต้ (Cochlov, 1916 อ้างถึงใน Ruttner, 1988)

Morimoto (1965) ได้รายงานผลการวัดขนาดสเตอร์ไนต์ของ *A. mellifera ligustica* และ *A. cerana cerana* โดยเปรียบเทียบขนาดความยาวท้อง (abdomen) ในผึ้งชนิดเดียวกันจำนวน 2 รัง พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบขนาดความยาวท้องในผึ้งต่างชนิดกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าความยาวและกว้างของสเตอร์ไนต์ที่ 4-6 มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับขนาดของท้อง

Morimoto (1968) สามารถประมาณความยาวโพรบอสซิสของ *A. mellifera ligustica* และ *A. cerana cerana* จากความยาวเลเบียล พาลพัส (labial pulpus) ของผึ้งทั้งสองชนิดได้ โดยความยาวของโพรบอสซิสและเลเบียล พาลพัสของผึ้งแต่ละชนิดมีความสัมพันธ์กัน นอกจากนี้ความยาวโพรบอสซิสของผึ้งทั้งสองชนิดนี้ยังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญด้วย

Mattu และ Verma (1983) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลิ้น (tongue) และหนวดของ *A. cerana indica* ซึ่งอยู่ทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของเทือกเขาหิมาลัย โดยเก็บตัวอย่างจากที่ต่าง ๆ กันในบริเวณ Himachal และ Kashmir ของประเทศอินเดีย พบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาของความยาวโพสท์เมนตัม (postmentum) เพดิเซล (pedicel) เส้นหนวด (flagellum) และความยาวหนวดของผึ้งในบริเวณ Himachal มีความแตกต่างกัน ส่วนบริเวณ Kashmir พบเพียงความยาวโพสท์เมนตัมเท่านั้นที่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้พบว่าความยาวโพสท์เมนตัม สเคป (scape) เพดิเซล เส้นหนวดและความยาวหนวดของผึ้งในบริเวณ Himachal และความยาวหนวดของผึ้งในบริเวณ Kashmir มีความสัมพันธ์แบบเป็นปฏิภาคโดยตรงเล็กน้อยกับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล (altitude) ส่วนความยาวหนวดและเส้นหนวดของผึ้งจากบริเวณ Kashmir ยาวมากกว่า Himachal สำหรับความยาวลิ้นของผึ้งทั้งสองบริเวณไม่พบความแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจจะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดอกไม้ที่เป็นพืชอาหารมากกว่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเล

Mattu และ Verma (1984a) ได้ทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของปีกหน้าและปีกหลังของ *A. cerana indica* โดยเก็บตัวอย่างจากที่ต่าง ๆ กันในบริเวณ Himachal และ Kashmir ของประเทศอินเดีย พบว่าความยาวและความกว้างของปีกหน้าและหลัง สัดส่วนของเส้นปีก (wing venation) ขนาดของมุมบางมุม และจำนวนฮามูไล (hamuli) ของผึ้งในบริเวณเทือกเขาหิมาลัย และความกว้างของปีกหน้า สัดส่วนของเส้นปีกบางลักษณะ ขนาดของมุมบางมุม และจำนวนฮามูไลของผึ้งในบริเวณ Kashmir มีความสัมพันธ์แบบเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะต่าง ๆ ของปีกผึ้งในบริเวณ Kashmir ส่วนมากมีขนาดใหญ่กว่า Himachal

Mattu และ Verma (1984b) ได้ทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของขาหลัง เทอร์ไกต์และสเตอร์ไนต์ของ *A. cerana indica* โดยเก็บตัวอย่างจากที่ต่าง ๆ กันในบริเวณ Himachal และ Kashmir ของประเทศอินเดีย พบว่าลักษณะเหล่านี้ส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์แบบเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล โดยผึ้งจากบริเวณ Himachal มีความสัมพันธ์มากกว่า

Kashmir นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้ของผึ้งจากบริเวณ Kashmir มีขนาดใหญ่กว่า Himachal

Mattu และ Verma (1984c) ได้รายงานการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *A. cerana indica* ที่เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล พบว่ามีลักษณะทางสัณฐานวิทยา 14 ลักษณะที่แสดงค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผึ้งที่เก็บมาจากฤดูร้อน (summer) และฤดูใบไม้ร่วง (autumn) เปรียบเทียบกับฤดูฝน (rainy) ต้นฤดูหนาว (early winter) ปลายฤดูหนาว (late winter) และฤดูใบไม้ผลิ (spring) ทั้งนี้เนื่องจากฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วงเป็นช่วงที่ผึ้งในบริเวณที่ศึกษาสามารถเก็บน้ำผึ้งได้มากที่สุด และดูเหมือนว่ารังผึ้งมีความหนาแน่นและมีอาหารมากเกินพอสำหรับตัวอ่อน ทำให้ผึ้งในทั้งสองฤดูนี้มีขนาดใหญ่กว่าฤดูอื่น ๆ ซึ่งส่งผลต่อค่าทางสถิติของผึ้งด้วย ดังนั้นควรเก็บตัวอย่างในช่วงสองฤดูนี้สำหรับการศึกษาเพื่อตรวจสอบชนิดของผึ้ง หรือเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูกาลเดียวกันสำหรับการศึกษาแบบต่อเนื่องทุกปี

Ruttner (1988) ได้รายงานการศึกษาทางมอร์โฟเมตริกโดยการวัดลักษณะทางสัณฐานวิทยา 20 ลักษณะ จากตัวอย่าง *A. florea* 6 บริเวณ คือ อิหร่าน 60 ตัว โอมาน 60 ตัว ปากีสถาน 40 ตัว ศรีลังกา 80 ตัว อินเดียตอนใต้ 20 ตัว และไทย 60 ตัว รวมเป็นจำนวน 320 ตัว ถึงแม้ว่าข้อมูลยังไม่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ แต่ก็สามารถพิสูจน์การแปรผันตามเขตภูมิศาสตร์ (geographic variability) ได้ชัดเจน ซึ่งผลการวิเคราะห์ปัจจัยโดยการสกัดปัจจัยด้วย Principle Component Analysis (PCA) สามารถจัดกลุ่ม *A. florea* ได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นผึ้งจากศรีลังกาและอินเดียตอนใต้ กลุ่มที่ 2 เป็นผึ้งจากไทย และกลุ่มที่ 3 เป็นผึ้งจากโอมาน ปากีสถานและอิหร่าน นอกจากนี้ยังพบว่าผึ้งทางตอนเหนือมีขนาดใหญ่กว่าผึ้งทางตอนใต้

Rinderer และคณะ (1993) ได้ศึกษาการจัดจำแนกผึ้งแอฟริกันและผึ้งยุโรป โดยใช้เทคนิคทางมอร์โฟเมตริก เพื่อหาความแตกต่างของตัวอย่าง 2,103 รัง ที่เก็บมาจากหลาย ๆ บริเวณในซีกโลกตะวันออกและเกาะ Kangaroo ของประเทศออสเตรเลีย และใช้การวิเคราะห์ตัวแปรตัวเดียว (Univariate Analysis) และ การวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว (Multivariate Analysis) เพื่อคัดเลือกลักษณะทางสัณฐานวิทยาและกลุ่มของลักษณะที่จะใช้ในการวิเคราะห์ความแตกต่าง ผลการวิเคราะห์สามารถจำแนกผึ้งแอฟริกัน 565 รัง (95.6%) จาก 591 รังได้และสามารถจำแนกผึ้งยุโรป 1,512 รังได้อย่างถูกต้อง

Crewe, Hepburn และ Moritz (1994) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ทางด้านมอร์โฟเมตริกของสายพันธุ์ผึ้งแอฟริกันทางตอนใต้ 2 สายพันธุ์ คือ *A. mellifera capensis* และ *A. mellifera scutellata* โดยเก็บตัวอย่างจากชายฝั่งตะวันตกถึงชายฝั่งตะวันออก และจากทางตอนใต้ของ Cape Town ถึงทางตอนเหนือของ Johannesburg แล้วนำมาวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยา 36 ลักษณะด้วยเทคนิคทางมอร์โฟเมตริก เพื่อหาะอบเขตการกระจายของผึ้งทั้ง 2 สายพันธุ์และบริเวณที่เกิดลูกผสมจาก 2 สายพันธุ์นี้ พบว่ามีลักษณะทางสัณฐานวิทยา 10 ลักษณะ ที่สามารถนำมาใช้แยกความแตกต่างของผึ้ง 2 สายพันธุ์นี้ได้

Verma, Mattu และ Daly (1994) ได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *A. cerana* 55 ลักษณะ โดยเก็บตัวอย่างจากหลายพื้นที่ภายใน Himachal Pradesh และ Jammu และบริเวณ Kashmir ของประเทศอินเดีย เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการวัดลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วย Discriminant Function Analysis และ Cluster Analysis พบว่ามี 2 กลุ่มที่แตกต่างกัน ซึ่งภายใน 2 กลุ่มนี้มีสัมพันธ์กับความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศภายในบริเวณ Himachal และ Kashmir ด้วย

Rinderer และคณะ (1995) ได้ศึกษาการจัดจำแนกทางด้านอนุกรมวิธานโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา 44 ลักษณะ ระหว่าง *A. andreniformis* จากทางภาคใต้ของประเทศไทยและเกาะปาลาวันของประเทศฟิลิปปินส์กับ *A. florea* จากทางภาคใต้ของประเทศไทย พบว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาทั้งหมด 44 ลักษณะของ *A. andreniformis* มีความแตกต่างจาก *A. florea* นอกจากนี้พบว่าสีที่สคิวเทลลัม (scutellum) ของ *A. andreniformis* มีสีเหลือง ส่วนของ *A. florea* มีสีดำ ซึ่งสามารถใช้สีที่สคิวเทลลัมจำแนกชนิดของผึ้งทั้งสองในพื้นที่ศึกษาได้

Fuchs และคณะ (1996) ได้ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา 38 ลักษณะ ในตัวอย่างผึ้งที่ทำรังอยู่ในโพรง คือ *A. nuluensis* จำนวน 9 ตัวอย่าง ที่เก็บมาจาก 3 บริเวณ คือ ซาบาห์ บอร์เนียว และมาเลเซีย ที่อยู่ในช่วงความสูง 1,524-3,400 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล เพื่อเปรียบเทียบกับผึ้งที่ทำรังในโพรงเช่นเดียวกันอีก 4 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่ 1 เป็น *A. cerana* ที่เก็บมาจาก 4 บริเวณในเอเชีย ได้แก่ บอร์เนียว ศรีลังกา จีนและญี่ปุ่น ชนิดที่ 2 เป็น *A. koschevnikovi* ชนิดที่ 3 เป็น *A. nigrocincta* และชนิดที่ 4 เป็น *A. mellifera* ที่เก็บมาจากบริเวณเส้นศูนย์สูตร 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *A. mellifera scutellata* และ *A. mellifera monticola* พบว่ามีบางลักษณะของ *A. nuluensis* ที่แตกต่างจากผึ้งชนิดอื่น ๆ แต่ขนาดลำตัวของ *A. nuluensis* มีค่าใกล้เคียงกับ *A. nigrocincta* ที่เก็บมาจาก Sulawesi ส่วนขนาดเส้นปีกมีค่าใกล้เคียงกับ *A. cerana* จากทางตอนเหนือของเอเชีย นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า *A. nuluensis* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากผึ้งกลุ่มอื่น ๆ และผลการจำแนกกลุ่มด้วยวิธี Discriminant Analysis พบว่าผึ้ง *A. nuluensis* มีความแตกต่างจากผึ้งที่อาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน (sympatric) คือ *A. cerana* จากบอร์เนียวและ *A. koschevnikovi* อย่างชัดเจน

Radloff และคณะ (1996) ได้ทำการวัดลักษณะทางสัณฐานวิทยา 11 ลักษณะ และศึกษาเฟอโรโมนจากเหล็กใน (sting pheromone) ในผึ้งงานของ *A. mellifera* เพื่อวิเคราะห์ลักษณะของประชากรผึ้งเหล่านี้ที่อยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของแอฟริกาด้วยวิธีวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว พบว่าสามารถจัดกลุ่มประชากรที่มีลักษณะเหมือนกันได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม *A. mellifera adansonii* อยู่ทางตอนเหนือของแอฟริกาใต้ และกลุ่ม *A. mellifera scutellata* อยู่ทางตอนใต้ของ Namibia นอกจากนี้ยังมีกลุ่มลูกผสมอยู่ระหว่างประชากรทั้ง 2 กลุ่มด้วย

Radloff และ Hepburn (1997a) ได้รายงานการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยา 11 ลักษณะ และเฟอโรโมนจากเหล็กในของ *A. mellifera* เพื่อจำแนกกลุ่มประชากรผึ้งบริเวณแหลม

(Horn) ของแอฟริกาด้วยวิธีวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว พบว่าสามารถจัดกลุ่มประชากรที่มีลักษณะภายในกลุ่มเหมือนกันได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เป็น *A. mellifera jemenitica* Ruttner กลุ่มที่ 2 เป็น *A. mellifera bandasii* Mogga กลุ่มที่ 3 เป็น *A. mellifera sudanensis* Rashad อยู่ในบริเวณ Ethiopia และกลุ่มที่ 4 เป็นลูกผสมอยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของ Somalia

Radloff และ Hepburn (1997b) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยา 11 ลักษณะ และเฟอโรโมนจากเหล็กในของผึ้งงาน *A. mellifera* ด้วยวิธีวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวเพื่อจำแนกกลุ่มประชากรใน Cameroon ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศ 3 แบบ พบว่ามีกลุ่มประชากรที่มีลักษณะภายในกลุ่มเหมือนกันอยู่ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็น *A. mellifera adansonii* Latreille กลุ่มที่ 2 เป็น *A. mellifera monticola* และกลุ่มที่ 3 เป็น *A. mellifera jemenitica* Ruttner นอกจากนี้ยังพบกลุ่มลูกผสมอีก 2 กลุ่ม

Hepburn และคณะ (2001) ได้รายงานการใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา 55 ลักษณะ เพื่อศึกษามอร์โฟเมตริกของประชากร *A. cerana* บริเวณทางตอนใต้ของเทือกเขาหิมาลัย ซึ่งมีอาณาเขตของพื้นที่ศึกษาจากพรมแดนทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศปากีสถานถึงพรมแดนทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศพม่า โดยมีระยะห่างเฉลี่ย 50 กิโลเมตรในแต่ละตำแหน่ง รวมระยะทางทั้งสิ้น 2,200 กิโลเมตร พบว่ามีลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพียง 22 ลักษณะที่สามารถจำแนกกลุ่มประชากรผึ้งโพรงออกเป็น 4 กลุ่ม ซึ่ง 2 ใน 4 กลุ่มนี้สามารถแยกออกได้อีกกลุ่มละ 3 กลุ่มย่อย ซึ่งทั้ง 4 กลุ่มนี้มีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกันในแต่ละความสูงที่เหนือระดับน้ำทะเล ทำให้เกิดการแยกการสืบพันธุ์กันแบบชั่วคราว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย