บทที่ 2

บทสอบสวนเอกสาร

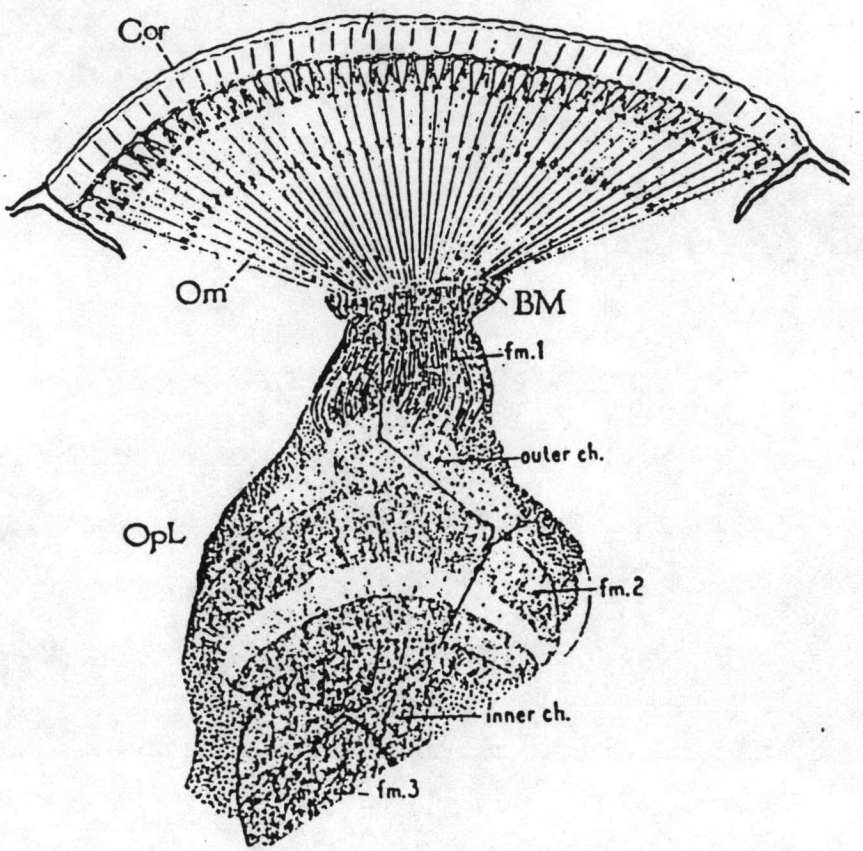
ผึ้ง เป็นแมลงสังคมที่แบ่งออกได้เป็น 3 วรรณะ คือ ผึ้งนางพญา ผึ้งตัวผู้และผึ้งงาน ซึ่งแต่ละวรรณะมีพฤติกรรมที่แตกต่างกัน เนื่องจากมีหน้าที่ที่แตกต่างกันภายในรัง ผึ้งในสกุลเอปิส ในประเทศไทยโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ชนิด (Wongsiri et al., 1991) ดังนี้

ผึ้งมิ้มดำ (Apis andreniformis) มีขนาดของลำตัวเล็กที่สุด มีท้องเป็นปล้องสีดำเข้มสลับขาว มีรังขนาดเล็กและมีขนาดใกล้เคียงกับรังของผึ้งมิ้ม แต่มีข้อแตกต่างที่สังเกตได้ คือ ที่ส่วนข้างของรังจะมีเส้นแบ่งกลาง (mid rib) ตลอดจากส่วนบนสุดถึงล่างสุด มีเส้นผ่านศูนย์กลางรังประมาณ 15-20 ซม.

ผึ้งมิ้ม (Apis florea) มีขนาดลำตัวใหญ่กว่าผึ้งมิ้มดำเล็กน้อย มีท้องปล้องแรกสีเหลืองส้ม และปล้องต่อไปเป็นปล้องสีดำสลับเหลืองชัดเจนจนถึงปลายท้อง พบอยู่ทั่วไป ชอบตอมขนมหวาน มักสร้างรังบนต้นไม้และซุ้มไม้ ลักษณะรวงรังมีชั้นเดียวเช่นเดียวกับผึ้งมิ้มดำ แต่ไม่มีเส้นแบ่งกลางด้านบนของรวงรัง มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 - 30 ซม. รังของผึ้งมิ้มมักปกปิดอยู่ในพุ่มไม้และกิ่งไม้ เพื่อพรางตาป้องกันภัยจากศัตรู ในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายนจะเป็นฤดูที่ผึ้งมิ้มให้น้ำผึ้งมากที่สุด

ผึ้งหลวง (Apis dorsata) มีขนาดตัวและรังใหญ่ที่สุด ขนาดของลำตัวผึ้งยาวประมาณ 1.5 - 2 ซม. มีท้องเป็นปล้องสีดำและเหลือง ปีกแข็งแรงและบินเร็ว มักพบอยู่ในป่าหรือตามชนบทที่วไปชอบสร้างรัง บนต้นไม้สูงๆ หรือภายนอกอาคารบ้านเรือน ตามวัด หรือถังเก็บน้ำสูง ลักษณะของรวงรังเป็นชั้นเดียว เป็นรูปครึ่งวงกลมขนาดใหญ่ ประมาณ 1.0 - 2.0 ม. รวงรังไม่มีที่ปกปิด ผึ้งหลวงดุและต่อยปวดกว่าผึ้งทุกชนิด

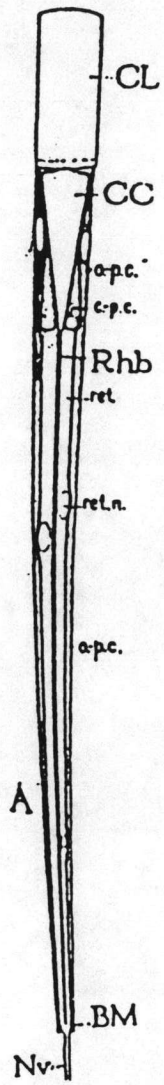
ผึ้งโพรง (Apis cerana) มีขนาดลำตัวใหญ่กว่า ผึ้งมิ้มแต่เล็กกว่าผึ้งหลวง ลำตัวมีสีน้ำตาลเข้มสลับเหลืองเป็นปล้องๆที่ท้อง ผึ้งโพรงสร้างรังในโพรงไม้ ในอาคารบ้านเรือนที่มิดชิดและมืด เช่น ภายใต้หลังคา ลักษณะรวงรังหลายรวง ห้อยลงมาเรียงขนานกัน สามารถนำมาเลี้ยงในหีบได้



ภาพที่ 2.1 ไดอะแกรมแสดงตาประกอบของผึ้งและออฟติกโลป ของผึ้ง Apis mellifera เมื่อตัดตามยาว (Phillips, 1905)

BM, ฐานของเซลล์; Cor, กระจกตา; fm.1,fm.2,fm.3, ไฟบริลลา บอดี้ของออฟติกโลป ส่วนนอก,ส่วนกลางและส่วนใน; inner ch.,ไคแอสมา ส่วนใน; Om, ออมาติเดียม; OpL, ออฟติกโลป; outer ch., ไคแอสมา ส่วนนอก.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.2 ไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของออมาติเดียมของผึ้ง Apis mellifera เมื่อตัดตามยาว (Phillips, 1905)

BM, ฐานของเซลล์; CC, เลนส์; CL, กระจกตา; c-pc., เซลล์รงควัตถุ-ที่กระจกตา; Nv, ประสาท; o-pc., เซลล์รงควัตถุกลุ่มนอก; ret.n.,-นิวเคลียสของเซลล์เรตินา; Rhb, แรบดอม.

ผึ้งพันธุ์ (Apis mellifera) มีขนาดลำตัวใหญ่กว่าผึ้งโพรงแต่เล็กกว่าผึ้งหลวง เป็นผึ้งที่คนไทยนำมาเลี้ยงจากต่างประเทศ ผึ้งพันธุ์ คือ ผึ้งพื้นเมืองของทวีปแอฟริกาและยุโรป มีลักษณะคล้ายผึ้งโพรง คือ ทำรังหลายรวงห้อยลงมาขนานกันอยู่ตามโพรงไม้ ซอกหิน หรืออาคารที่มิดชิด ต่อมาได้มีการเลี้ยงเป็นอุตสาหกรรมทั่วโลก เนื่องจากเป็นผึ้งที่มีขนาดรังเหมาะสมกับการนำมาประยุกต์เลี้ยงในหีบผึ้งมาตรฐานและสามารถสะสมเก็บน้ำผึ้งได้ปริมาณมากที่สุดไม่ดุเหมือนผึ้งหลวง และไม่ทิ้งรังง่ายเหมือนผึ้งโพรงไทย (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 2532)

ผู้ที่ทำการศึกษาโครงสร้างของตาประกอบของผึ้งเป็นคนแรกคือ Phillips ในปี ค.ศ. 1905 ซึ่งทำการศึกษาในผึ้งพันธุ์ (Apis mellifera) พบว่า ตาประกอบของผึ้งตัวเต็มวัยที่อายุน้อยจะมีขนที่ตามขอบของฟาเซต (facet) ซึ่งเป็นขนชนิดตรงไม่มีแขนงและอ่อนนุ่ม เมื่อโตเต็มที่ ขนจะแข็งขึ้นมีลักษณะคล้ายแปรง ตาประกอบของผึ้งมี 1 คู่ ตั้งอยู่บริเวณส่วนหัว โดยจะอยู่ในตำแหน่งซ้าย ขวา ของแต่ละข้าง ส่วนตาเดี่ยว (ocelli) จะมีอยู่จำนวน 3 ตา เรียงตัวกันเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มียอดหันหัวลง ตาประกอบของผึ้งพันธุ์ ประกอบด้วย ออมาติเดียม (ommatidium)จำนวนหลายพันหน่วย ซึ่งแต่ละอันมีโครงสร้างเหมือนๆกัน โดยที่ ออมาติเดียมแต่ละอันจะแยกกันโดยมีรงควัตถุ (pigment granule) กั้นอยู่ เมื่อตัดตามยาวของตาประกอบพบว่า มีลักษณะคล้ายใบพัดลมเป็นชั้ ๆเรียงกันอยู่ โดยมีส่วนโคน ติดต่อกับสมอง ส่วนออฟติกโลป (optic lobe) และส่วนบนสุดเป็นเลนส์กระจกตา (corneal lens) ถัดลงมาเป็นส่วนที่เรียกว่า เลนส์ (crystalline cone) รอบๆจะมีรงควัตถุล้อมรอบอยู่สองชนิด คือ รงควัตถุรอบกระจกตา (corneal pigment cells) ซึ่งจะอยู่ส่วนในและรงควัตถุกลุ่มนอก เรียกว่ารงควัตถุส่วนนอก (outer pigment cells) ส่วนฐานของเลนส์ จะติดต่อกับส่วนของเซลล์เรตินาซึ่งมีจำนวน 8 - 9 เซลล์ เมื่อตัดตามยาว แต่ละเซลล์ มีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอก แกนกลางของออมาติเดียมเป็น คริสตัลรอด (crystalline rod) หรือ แรบดอม ทำหน้าที่รับแสงและที่โคนของเซลล์เรตินามีเส้นประสาทต่อไปยังสมองส่วนออฟติกโลป ซึ่งจะแยกออกจากกันโดยส่วนฐานของเซลล์ (basement membrane) (Phillips, 1905) ดังรูปที่ 2.1และ 2.2

Snodgrass ได้ศึกษาตาประกอบและตาเดี่ยวของผึ้งงานของผึ้งพันธุ์ ในปี 1925 พบว่าตาประกอบ มีโครงสร้างแต่ละหน่วย คล้ายกับโครงสร้างของตาเดี่ยว (ocelli) กล่าวคือหน่วยย่อยๆของตาประกอบแต่ละอันเรียกว่าออมาติเดียม ส่วนบนสุดของออมาติเดียมเป็นส่วนของเลนส์กระจกตาที่เรียกว่าฟาเซต (facet) ซึ่งมีรูปร่างเป็นรูปหกเหลี่ยม ต่ำถัดลงมาเป็นส่วนของเลนส์ (crystalline cone) และเซลล์เรตินา (retinular cells) ตามลำดับ ซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์เรตินาจำนวน 8 - 9 เซลล์ ซึ่งจะเรียกการรวมกลุ่มของเซลล์เหล่านี้ว่า เรตินูเล่ (retinulae) ที่ส่วนปลายของเซลล์จะมีเส้นประสาทที่อยู่กันอย่างหนาแน่น เส้นประสาทเหล่านี้จะต่อไปยังสมองส่วนโปรโตซีรีบรัม

ต่อมาในปี ค.ศ. 1935 เขาได้ทำการศึกษาตาประกอบของผึ้งพันธุ์ต่ออีก จากการศึกษาทำให้เขาได้จัดโครงสร้างของตาประกอบออกเป็นสองส่วน คือส่วนที่เป็นไดออพตริก แอพพาราตัส (dioptric apparatus) กับส่วนที่เป็นรีเซพทีฟ แอพพาราตัส (receptive apparatus) และพบว่าเลนส์กระจกตามีรูปร่างเป็นพลาโนคอนเวกซ์ (planoconvex) และแบบเลนส์นูนสองด้าน (biconvex) และพบว่าเซลล์รับความรู้สึกเกี่ยวกับตาหรือเซลล์เรตินา ในระยะที่มีการเจริญเติบโตจะมีคุณสมบัติเป็นแบบเซลล์ประสาทสองขั้ว (bipolar neurons) เมื่อเจริญเต็มที่แล้ว จึงจะมีลักษณะเป็นแบบเซลล์ประสาทขั้วเดียว (unipolar neurons) โดยที่มีแอกซอน (axon) ต่อไปยังออพติกโลป โดยตรงโดยไม่มีเดรนไดรต์ (dendrite) และยังพบว่ารงควัตถุชนิดที่พบรอบ ออมาติเดียมจัดเป็นประเภทรงควัตถุสีดำ (dark pigment) ซึ่งทำหน้าที่ในการดูดกลืนแสงที่ผ่านเลนส์เข้ามาก่อนที่จะถึงตาโดยตรง (Snodgrass,1925,1935)

ต่อมาในปี ค.ศ.1962 พบว่าตาประกอบของผึ้งพันธุ์ วรรณะผึ้งงานจะประกอบไปด้วยออมาติเดียมจำนวนหลายพันหน่วย ส่วนบนสุดของออมาติเดียมเรียกว่ากระจกตา (corneal lens) ทำหน้าที่คล้ายกับเลนส์กระจกตาในตาของมนุษย์ถัดลงมาเป็นส่วนที่เรียกว่าเลนส์ (crystalline cone) มีคุณสมบัติโปร่งแสง ซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์ 4 เซลล์มารวมกลุ่มกัน ทำหน้าที่รวมแสงให้ความเข้มแสงเพิ่มขึ้น เพื่อส่งตรงไปยังส่วนที่เป็นบริเวณรับแสง คือแรบดอม ซึ่งประกอบไปด้วยไมโครวิลไลจำนวนมากและอัดกันอย่างหนาแน่น ซึ่งไมโครวิลไลเหล่านี้ จะค่อนข้างบางและยากที่จะศึกษาระบบ การเข้าออกของแสง การศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบรายละเอียดเพิ่มขึ้นคือ ในแต่ละออมาติเดียม ล้อมรอบด้วยเซลล์เรตินาจำนวน 8 เซลล์ โดยล้อมรอบในแนวรัศมี เมื่อศึกษา

ด้วยกล้องจุลทัศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) สามารถวิเคราะห์ได้ว่าเมื่อตัด แรบดอมตามขวาง พบว่าแบ่ง ส่วนของแรบดอมออกเป็น 4 ส่วน คล้ายรูปดาว แต่ละส่วนของแรบดอมเกิดจากส่วนของแรบโดเมียร์ (rhabdomere) ของเรตินาเซลล์ 2 เซลล์ มารวมกันเป็นหนึ่งหน่วยหรือหนึ่งส่วนของแรบดอม จึงทำให้แบ่งแรบดอมได้เป็น 4 ส่วน ซึ่งแรบโดเมียร์ของแต่ละเซลล์ เกิดจากไมโครวิลไลของเซลล์เรตินายึดกันแน่นและวิ่งในแนวขนาน กับไมโครวิลไลของแรบโดเมียร์ของอีกเซลล์หนึ่งที่เป็นเซลล์ที่จับคู่กันและตั้งฉากกับแรบดอม ภายในไซโตพลาสซึมของเซลล์เรตินา พบเอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดไม่มีแกรนูล (sER) เรียงกันอยู่รอบๆแรบดอมในแนวรัศมีและบริเวณถัดออกไปรอบนอกจะพบไมโตคอนเดรียเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ ยังพบรงควัตถุอยู่บ้างเล็กน้อย (Goldsmith, 1962)

ในปี ค.ศ.1964 Shlote ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของออมาติเดียมของตาประกอบของผึ้ง Apis mellifera วรรณะผึ้งงาน พบว่าแต่ละออมาติเดียมประกอบไปด้วยเซลล์เรตินาหรือ เซลล์รับความรู้ สึก (sensory cells) จำนวน 8 เซลล์ บางครั้งอาจพบ 9 เซลล์ แต่พบน้อยหรือแทบจะไม่พบเลย ซึ่งการที่พบเซลล์เรตินาจำนวน 9 เซลล์นี้ ทำให้พบว่าลักษณะของแรบดอมมีการเปลี่ยนแปลงไปบ้าง โดยลักษณะที่พบคือไมโครวิลไลของเซลล์ที่ 9 จะวิ่งในแนวเฉียงกับไมโครวิลไล ของเซลล์ใกล้เคียง นอกจากนี้เขายังพบว่า บางตัวอย่างจะพบแรบดอม แบ่งได้มากกว่า 4 ส่วน เช่นที่เขาพบได้แก่ 6 ส่วน จนถึง 8 ส่วน เหตุที่เป็นเช่นนี้ Shlote สันนิษฐานว่า อาจมีสาเหตุมาจาก ขณะที่เตรียมตัวอย่างอาจมีผลต่อลักษณะที่ผิดแปลกไป นอกจากนี้ Shlote ยังได้ศึกษาอีกว่า ในการมองเห็นของตาประกอบในแต่ละออมาติเดียม จะตอบสนองต่อแสงที่มากระตุ้นเฉพาะในมุมที่แสงเข้ามายังออมาติเดียมเท่านั้น และจะแปรผลหรือวิเคราะห์ภาพที่ได้เฉพาะส่วนที่ได้รับการกระตุ้นเท่านั้น แต่การมองเห็นภาพรวม ของตาประกอบจะเกิดจากการนำเอาภาพแต่ละส่วนของแต่ละออมาติเดียมที่เห็นมารวมกัน เกิดเป็นภาพรวม การตอบสนองของผึ้งจะตอบสนองต่อภาพรวมที่เกิดจากตาประกอบทั้งหมด มิใช่ตอบสนองเฉพาะส่วนภาพที่เกิดจากแต่ละออมาติเดียมเดี่ยวๆ นอกจากนั้นยังพบว่า ถ้ายิ่งมีจำนวนออมาติเดียม มากและมีขนาดใหญ่ ยิ่งเห็นภาพชัดเจนกว่ามีจำนวนน้อยและมีขนาดเล็ก (Gould and Gould, 1988)

ในปี ค.ศ.1967 ได้มีรายงานของ von Frish ได้ทดลองในผึ้งพันธุ์ ในวรรณะผึ้งงานเกี่ยวกับ การเห็นสีของตาผึ้ง พบว่าผึ้งเห็นสีแบบ ไตรโครมาติก (trichromatic) และ

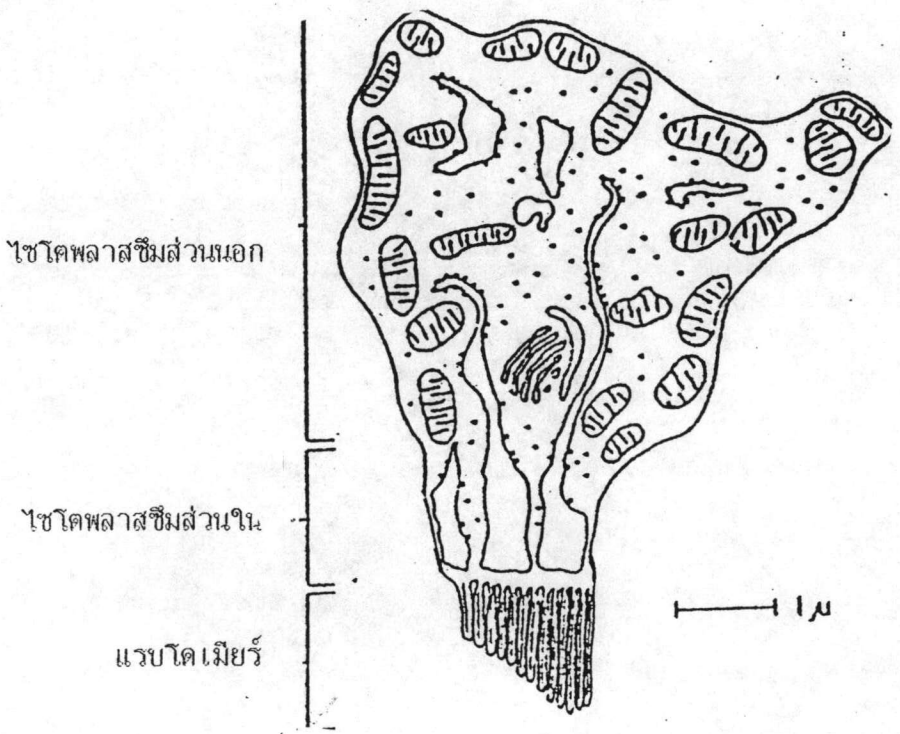
ผึ้งสามารถที่จะจดจำและรู้จักสีได้ถึง 4 ช่วงคลื่นแสง คือ ช่วงคลื่นแสงสีเหลือง ช่วงคลื่นแสงสีฟ้าปนเขียว ช่วงคลื่นสีฟ้า ละช่วงคลื่นแสงอุลตราไวโอเลตซึ่งอยู่ในช่วงคลื่นความถี่ของแสงจาก 650 ถึง 300 นาโนเมตร และตอบรับช่วงคลื่นแสงได้ดีที่สุดสามช่วงคลื่นแสงคือ ที่ความยาว 540 430 และ340 นาโนเมตร ช่วงคลื่นแสงที่เห็นได้หลักๆ คือช่วงคลื่นแสงอัลตราไวโอเลต ช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงินและ ช่วงคลื่นแสงสีเหลือง ในการมองเห็นสีของตาผึ้ง จะมองเห็นคล้ายกับการเห็นสีของตามนุษย์ แต่ผึ้งจะมองไม่เห็นสีแดง การมองเห็นสีของตาผึ้งนั้นเกิดจากการผสมระหว่างช่วงคลื่นแสงในช่วงนั้นๆ ผึ้งจะตอบรับแสงช่วงคลื่นสั้น ได้ดีกว่าช่วงคลื่นยาว นอกจากนี้เขายังพบว่าผึ้งสามารถรู้จักและจดจำรูปร่างต่างๆของภาพได้ เช่นรูปทรงของดอกไม้ ที่มีกลีบออกจากตรงกลางซึ่งเป็นรูปทรงกลมๆ เช่น ดอกทานตะวัน ดอกดาวกระจาย หรือที่เป็นริ้วๆ เช่น ดอกข้าวโพด จากการทดลอง ถ้าวางรูปทรง กลม รูปเหลี่ยม ฯลฯ อยู่ในแถวเดียวกัน ผึ้งไม่สามารถจำแนกแบบของรูปได้ แต่ผึ้งสามารถแยกรูปทรงกลม ออกจากรูปกากบาด หรือรูปสามเหลี่ยมออกจากรูปขีดๆได้ (von Frish, 1971)

ต่อมาในปี ค.ศ. 1969 Gribakin ได้ทำการทดลองในผึ้งฟันธุ์ วรรณะผึ้งงาน พบว่าแต่ละออมาติเดียมของตาประกอบ มีเซลล์เรตินาจำนวน 8 เซลล์ มีแรบดอม เป็นแกนกลางของแต่ละออมาติเดียม ซึ่งแต่ละแรบดอมจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน โดยที่เขาแบ่งแต่ละส่วนออกเป็น 4 บริเวณ คือ บริเวณที่1, 2, 3 และ 4 นอกจากนี้เขายังพบว่ามีเซลล์รงควัตถุ อยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดที่กระจายอยู่รอบๆเลนส์ เรียกรงควัตถุ ชนิดนี้ว่า รงควัตถุ ชนิดไพรมารีไอรีสพิกเมนต์ (primary iris pigment cells) และอีกชนิดหนึ่งเป็น รงควัตถุ ที่กระจายอยู่รอบๆเซลล์เรตินา ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมาก เรียกรงควัตถุเหล่านี้ว่า เซคคันดารีไอรีสพิกเมนต์ - (secondary iris pigment cells) ซึ่งเขาได้พบว่า รงควัตถุไพรมารีไอรีสพิกเมนต์มีความสามารถในการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นต่างๆ ทำให้ผึ้งสามารถมองเห็นสีต่างๆได้ นอกจากนี้ยังพบว่า ผึ้งมีการมองเห็นสีแบบไตรโครมาติก คือ ผึ้งมีความสามารถในการตอบรับแสงได้ 3 ช่วงคลื่นแสงได้ดีที่สุด คือที่ความยาวคลื่น 530, 430 และ 340 นาโนเมตร และเขายังพบอีกว่าผึ้งยังตอบรับช่วงคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร ได้ดีอีกด้วย เขาได้ทำการทดลองศึกษาการตอบรับแสงของแรบโดเมียร์ โดยเมื่อให้แสง ในช่วงความยาวคลื่นที่มากกว่า 480 นาโนเมตร และให้อยู่ในช่วงคลื่นแสงสี เขียวเหลือง (green- yellow) ทำให้เขาพบว่าแรบโดเมียร์ บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงคือ บริเวณที่ 2 และ 3 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่พบ คือ

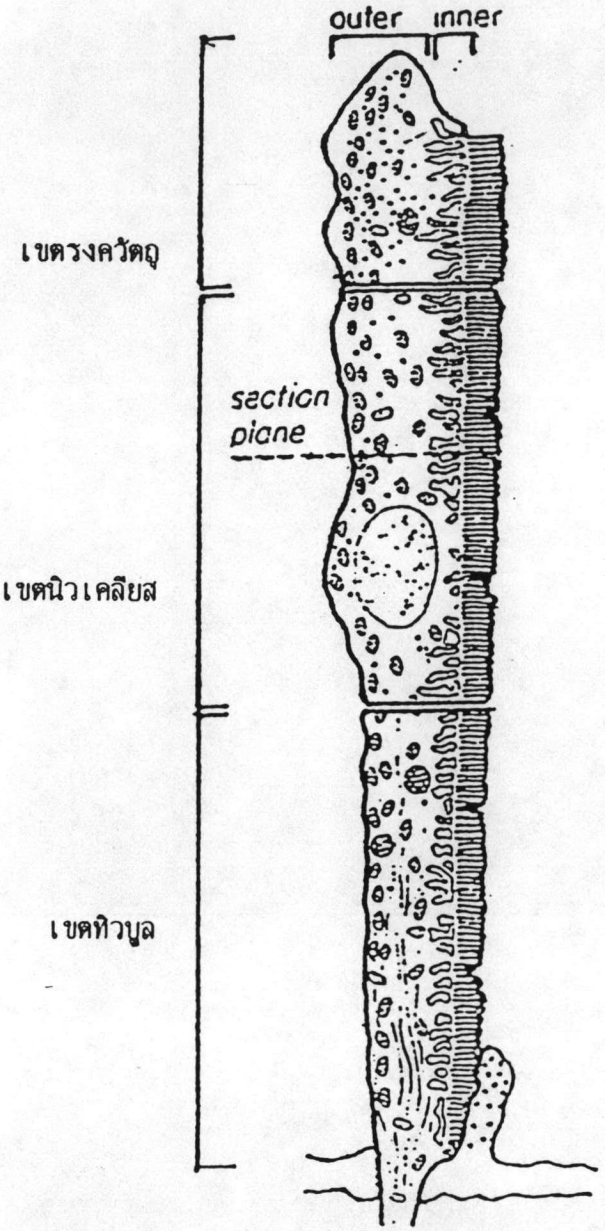
ไมโครวิลไลของแรบโดเมียร์ จะเปล่งขึ้น และเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไมโครวิลไลและพบว่ามีแวคคิวโอล (vacuole) ปรากฏอยู่ที่ส่วนของไมโครวิลไล และถ้าให้แสง ช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลต (ช่วงความยาวคลื่น 300- 390 นาโนเมตร) พบว่าเฉพาะเซลล์บริเวณที่ 1 เท่านั้นที่มีการเปลี่ยนแปลง

การศึกษา ตาประกอบของผึ้งได้พัฒนามากขึ้นและได้รายละเอียดเพิ่มเติมมากขึ้น เมื่อปี ค.ศ. 1969 ถึงปี 1970 โดย Varela และ Porter ทำการศึกษาตาประกอบของผึ้งพันธุ์วรรณะผึ้งงาน ในระดับอัลตราสตรัคเจอร์ พบว่าแต่ละออมาติเดียม ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน คือ ส่วนไดออพตริก แอพพาราตัส กับส่วน รีเซพทีฟ แอพพาราตัส ส่วนที่เป็นไดออพตริก แอพพาราตัส ประกอบไปด้วยกระจกตาและเลนส์ สำหรับส่วนที่เป็น รีเซพทีฟ แอพพาราตัส ประกอบไปด้วยเซลล์เรตินาจำนวน 8 เซลล์ กระจายกันอยู่เป็นรูปวงกลมล้อมรอบส่วนที่เรียกว่า แรบดอม ซึ่งถือเป็นแกนกลางของแต่ละออมาติเดียม ภายในแรบดอม ประกอบด้วยแรบโดเมียร์ของแต่ละเซลล์เรตินา มารวมกลุ่มกัน แต่ละแรบโดเมียร์ เกิดจากไมโครวิลไลของแต่ละเซลล์วิ่งพุ่งเข้าสู่ศูนย์กลาง ตั้งฉากกับแกนของออมาติเดียม ไมโครวิลไลของเซลล์ที่จับคู่กันจะเรียงตัวเหมือนกันและจะเหมือนกับเซลล์คู่ที่อยู่ตรงกันข้าม ทำให้แบ่งแรบดอมออกเป็น 4 ส่วน รอบๆ แรบดอมของแต่ละเซลล์ ซึ่งถือว่าเป็นไซโตพลาสซึมส่วนใน ของเซลล์เรตินา ประกอบไปด้วยเอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดไม่มีแกรนูลเป็นจำนวนมากและมีลักษณะเป็น ซิสเทอร์นี (cisternae) ด้วย เรียกส่วนนี้ว่าไซโตพลาสซึมส่วนใน (inner part) ถัดออกไปเป็นส่วนของไซโตพลาสซึมส่วนนอก (outer part) จะพบไมโตคอนเดรียอยู่ประมาณ 90 % ของไซโตพลาสซึม และมีเอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดมีแกรนูล (rER) อยู่บ้างเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ในตาประกอบของผึ้งจะมีรงควัตถุอยู่ 3 ชนิด คือ ชนิดที่หนึ่งเรียกว่าเซลล์รงควัตถุพื้นฐาน เป็นเซลล์รงควัตถุที่อยู่รอบๆเลนส์ มีอยู่จำนวน 2 เซลล์ ซึ่งทำหน้าที่ช่วยในการมองเห็นสีในตาประกอบของผึ้ง เซลล์รงควัตถุชนิดที่สอง เรียกว่า เซลล์รงควัตถุชนิดยาว พบอยู่ด้านนอก ถัดจากเซลล์รงควัตถุพื้นฐาน เป็นแนวยาว ตั้งแต่ใต้กระจกตาลงมาจนถึง ส่วนฐานของเซลล์เรตินา ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แสงที่ผ่านเข้ามาในแต่ละออมาติเดียมหลุดลอดไปยัง ออมาติเดียมหน่วยอื่น และแยกขอบเขตของแต่ละออมาติเดียมออกจากกัน เซลล์รงควัตถุชนิดที่สาม เรียกว่าเซลล์รงควัตถุที่ฐาน พบที่ส่วนฐานของแรบดอม ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แสงที่ผ่านเข้ามาในตาประกอบ ผ่านทลุไปยังส่วนอื่นได้ และพบว่าเซลล์เรตินาเมื่อตัดตามยาวแต่ละเซลล์มีรูปร่างเป็นทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ

3-4 ไมครอนและเซลล์เรตินาแบ่งออกเป็น 3 แถบ คือเขตของรงควัตถุ (pigmentary zone) เขตของนิวเคลียส (nuclear zone) และเขตของทิวบูล (tubular zone) เมื่อตัดตามขวางแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็น ไซโตพลาสซึมส่วนใน (inner part) และไซโตพลาสซึมส่วนนอก (outer part) (รูปที่ 2.3 และ 2.4)



ภาพที่ 2.3 ไดอะแกรมแสดงไซโตพลาสซึมส่วนในและส่วนนอกของเซลล์เรตินา เมื่อตัดตามขวาง (Varela และ Poter, 1969)



ภาพที่ 2.4 ไดอะแกรมแสดงเขตของรงควัตถุ เขตของนิวเคลียสและเขตของทิวบูลของเซลล์เรตินา เมื่อตัดตามยาว (Varela และ Porter, 1969)

ได้มีรายงานของ Blum ในปี 1985 เกี่ยวกับตาประกอบของผึ้งพันธุ์ว่าประกอบไปด้วยออมาติเดียมจำนวนหลายพันหน่วย แต่ละออมาติเดียมประกอบด้วยกระจกตาซึ่งมีคุณสมบัติโปร่งแสง (transparent corneal lens) เลนส์และกลุ่มของเซลล์เรตินา นอกจากนี้ยังมีรงควัตถุที่เรียกว่า สกรีนพิกเมนต์ (screen pigment) มีแรบดอมเป็นแกนกลางของแต่ละออมาติเดียม ซึ่งแรบดอมเกิดจากการเรียงตัวอย่างมีระเบียบ ของไมโครวิลไลของแรบโดเมียร์ของแต่ละเซลล์ ซึ่งเขาพบว่าแต่ละแรบโดเมียร์ จะมีการเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบของ รงควัตถุที่มีความไวต่อแสง รงควัตถุชนิดนี้เรียกว่าโรดอปซิน (rhodopsin) ทำให้มองเห็นเป็นสีเข้มในบริเวณแรบดอม

ในปี 1988 Chapman ได้ศึกษาพบว่าตาประกอบของผึ้งจัดเป็นแบบ แอพโพซิชัน อายส์ (apposition eyes) คือมีเลนส์ ติดต่อกับแรบดอมโดยตรงและตาประกอบของผึ้งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ทำหน้าที่รวมแสง (light gathering part) ซึ่งประกอบด้วยกระจกตา ที่มีคุณสมบัติโปร่งแสงและเลนส์ สำหรับเลนส์ประกอบไปด้วยเซลล์ที่เรียกว่าเซลล์เซมเปอร์ (semper cell) จำนวน 4 เซลล์ มารวมกัน แต่ละเซลล์จะแข็ง และรอบเลนส์มีเซลล์รงควัตถุที่เขาเรียกว่า เซลล์คอร์เนียร์ พิกเมนต์ (corneal pigment cell) และเรียกตาประกอบ ที่มีเลนส์แบบนี้ว่า ยูโคน อายส์ (eucone eyes) กับส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่เรียกว่าส่วนของการรับความรู้สึก (sensory part) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์เรตินา แต่ละออมาติเดียมมีจำนวน 9 เซลล์ ที่ปลายของแต่ละเซลล์ มีเส้นประสาทมารวมกลุ่มกันเป็นหนึ่งมัดเพื่อต่อไปยังสมองส่วนออฟติกโลป

จากรายงานของการศึกษาตาประกอบของผึ้งพันธุ์ ของ Gould และ Gould ในปี ค.ศ. 1988 โดยศึกษาลักษณะภายนอกของตาประกอบ พบว่าในวรรณะผึ้งงาน ตาประกอบแต่ละข้างประกอบด้วยออมาติเดียมจำนวน 4,500 หน่วย ในผึ้งตัวผู้มีจำนวน 7,500 หน่วย และในผึ้งนางพญามีจำนวน 3,500 หน่วย และเขาได้ศึกษาในระดับอัลตราสตรัคเจอร์ พบว่าแต่ละออมาติเดียมประกอบไปด้วยเซลล์เรตินาจำนวน 9 เซลล์ เป็นเซลล์ที่มีความไวต่อแสงสีเขียว 2 เซลล์ แสงสีน้ำเงิน 2 เซลล์ แสงอัลตราไวโอเลต 2 เซลล์ และที่เหลือจะไม่มีความจำเพาะเจาะจงต่อแสงสีใด อย่างชัดเจน แต่จะพบว่ามีหลายช่วงคลื่นแสงปนกันอยู่พบมากกว่า 3 ช่วงคลื่นแสง และพบด้วยว่า ผึ้งมองไม่เห็นสีแดง แต่จะไวต่อแสงอัลตราไวโอเลต ทั้งคู่ได้พบว่าที่เป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากที่เลนส์กระจกตา ของตาประกอบ นั้นมีรงควัตถุเล็กๆ สีออกเหลืองอ่อนๆ อยู่ แต่ทั้งคู่ไม่ได้รายงานว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น