บทที่ 3

สอบสวนเอกสาร

Family Lampyridae (Leach 1815) True firefly, Glowworm. หิ่งห้อยเป็นแมลงกลางคืน (nocturnal insect) มีรูปร่างแตกต่างกัน ยาว, แบน มีขนเล็ก ๆ ตามลำตัว (pubescent) สีของหิ่งห้อยได้แก่ ดำ, น้ำตาล, เหลือง และแดง รูปร่างของตัวผู้เหมือนกับแมลงปีกแข็งทั่ว ๆ ไป แต่ตัวเมียบางชนิดรูปร่างเหมือนตัวหนอน (larviform) ก็มี หัวเล็กเคลื่อนไหวได้สะดวกและถูกปกคลุมด้วย Pronotum บางชนิดอาจจะยื่นออกมาเป็น snout หนวดมี 11 ปล้องเป็นชนิด pectinate, Flabellate แต่โดยทั่ว ๆ ไปเป็นชนิด filiform ตาของตัวผู้ใหญ่กว่าตัวเมีย ทรงอกใหญ่ Pronotum ยื่นมาคลุมหัว ขาธรรมดา Fore coxa เป็นรูปกรวย Middle coxa ชิดกัน (contiguous) และ Hind coxa ติดกันตามขวาง Tarsi มีสูตร 5 - 5 - 5, 4 - 5 - 5 ปีกแข็ง (Elytra) ยาวหรือสั้นหรือไม่มีเลยในตัวเมียบางชนิด ส่วนท้อง (Abdomen) มี 6 - 8 ปล้อง ปล้องที่ 1 ติดกับ Metathorax จึงเห็นไม่ชัด อวัยวะเรืองแสงอยู่บนปล้องด้านล่างที่ 6-7 เรืองแสงสีเหลืองปนเขียว ส้ม หรือแดง ไข่ ตัวอ่อนและตัวดักแด้อาจจะเรืองแสง ตัวอ่อน (larva) รูปร่างแบนยาวปล้องตัวเห็นชัด หัวเล็ก เขี้ยวกม (mandible) 1 คู่ ขา 3 คู่ เจริญดี อวัยวะเรืองแสงเป็นจุด 1 คู่ อยู่ที่ Ventro - lateral ของปล้องท้องที่ 8 อาหารตัวอ่อนได้แก่ ไส้เดือน หอย ทาก และตัวอ่อนแมลง ตัวโตเต็มวัย (adult) อาจจะกินหรือไม่กินอาหารก็ได้ หิ่งห้อยพบมากตามทุ่งหญ้า หนองน้ำ สวน นา และป่า ในเขต Temperate หรือ Subtropical regions แมลงพวกหิ่งห้อยที่พบในยุโรป, อเมริกา และเอเชียประมาณ 2000 species.

Ernest Olivier (1907) ได้จัด Family Lampyridae ออกเป็น 9 subfamily (ใน Genera Insectorum fascicle 53) คือ Subfamily Lamprocerini, Lucidotini, Dadophorini, Photinini, Lampyrini, Megalophthalmini, Amydetini, Luciolini และ Photurini. นอกจากนี้ใน Subfamily Luciolini ได้จัดเป็น Genus ต่าง ๆ คือ

Genus Pteroptyx (Ern Olivier

Genus Lampyroidea (Costa

Genus Colophotia (Motschulsky)

Genus Pyrophanes (Ern Olivier)

Genus Luciola (Castelnau)

Genus Ototreta (Ern Olivier)

และ Genus Curtos (Motschulsky)

การศึกษาชีวประวัติของหิ่งห้อยบาง species นักวิทยาศาสตร์ที่ได้ค้นคว้าและบันทึกผลการทดลองไว้คือ

George Newport (1357), On the Natural History of Glowworm (Lampyris noctiluca) Jour Proc. Linn. Soc. Zool 1.40-71 London ได้ค้นคว้าชีวประวัติของหิ่งห้อยชนิด Lampyris noctiluca L. ซึ่งมีชุกชุมในหมู่เกาะยุโรประหว่างฤดูร้อน ปี ค.ศ.1840, 1841 และ 1842 หิ่งห้อยชนิดนี้มีในระหว่างเดือน มิถุนายน – กรกฎาคม 58°F ที่ Kent, Gloucestershire ซึ่งเป็นที่สนใจของนักวิทยาศาสตร์มาก ตัวผู้มีปีก ตาใหญ่ ตัวเมียไม่มีปีก การเรืองแสงของหิ่งหอยชนิดนี้ตั้งแต่ 18.00 - 2.00 ของวันใหม่ ตัวเมียเรืองแสงสว่างมากและจะพยายามงอปล้องท้องให้กลับขึ้นข้างบนเพื่อให้เรืองแสงได้ไกล เมื่อตัวผู้เห็นจะบินมาใกล้สองแสงตอบและเข้าผสมพันธุ์เป็นเวลาประมาณ 1 ช.ม. จึงจะแยกออกจากกัน ในคืนวันรุ่งขึ้นตัวผู้จะพยายามเข้าผสมพันธุ์อีกแต่ตัวเมียพยายามหนี ตัวเมียจะวางไข่ในดินใต้ต้นไม้เล็กหรือหญ้า และมีเมือกเหนียว ๆ ปกคลุม การวางไข่ใช้เวลาประมาณ 2 วัน ตัวผู้และตัวเมียจะตายหลังจากผสมพันธุ์แล้ว 5-7 วัน ไข่ไม่เรืองแสงใช้เวลา 45 วัน หรือ 6 สัปดาห์ จึงจะฟักเป็นตัวอ่อน ตัวอ่อนมีสีดำและหลังจากฟักออกจากไข่แล้ว 6 วัน จึงจะออกหาอาหารซึ่งได้แก่เนื้อหอย มันจะกินอย่างหิวกระหายมาก พฤติกรรมที่ตัวอ่อนของหิ่งห้อยชนิดนี้กินหอย Helix memoralis และ Limax agrestis นั้น Newport ได้สังเกตอย่างละเอียด มันจะเอาเขี้ยว (mandibles) กัดหอยชนิดนั้น ๆ จนตายหรือหยุดการเคลื่อนที่และไม่สามารถจะหดตัวกลับเข้าสู่เปลือกหอยได้ การตายของหอยเนื่องมาจากพิษที่ขับออกมาจากต่อมโคนเขี้ยวและเข้าตายจากกระเพาะ อวัยวะเรืองแสงของตัวอ่อนเกิดจากปล้องที่ 12 ทางด้านล่างมีจุดขาว ๆ 1 คู่ การเรืองแสงคล้าย ๆ กับ ตัวโตเต็มวัยแต่ช่วงระยะเวลาไม่แน่นอน ครั้งแรกจะเรืองแสงทุก ๆ 4-5 วินาที การเรืองแสงของตัวอ่อนนี้ขึ้นอยู่กับอาหาร การเคลื่อนที่ การรบกวน และความร้อน นอกจากนี้ตัวอ่อนจะ

มีการจำศีล (Diapause) ในฤดูหนาว ราว ๆ เดือน พฤศจิกายน, มกราคม จนกระทั่งถึงเดือน มีนาคม จึงจะเจริญเติบโตเป็นตัวดักแด้ (pupa) ระยะเวลาการเป็นตัวอ่อนประมาณ 1 ปี 9 เดือน ตัวดักแด้เรืองแสงได้และกินเวลา 9 วัน จึงจะกลายเป็นตัวโตเต็มวัย (adulf)

Francis x. William. (1917). Notes on the life history of some North American Lampyridae. J.N.Y. Ent. Soc. 25.ได้กล่าวถึงประวัติของหิ่งห้อย

Photinus consanguineus lee. หิ่งห้อยชนิดนี้ชุกชุมในทวีปอเมริกาเหนือ ลักษณะตัวโตเต็มวัย คอยาวยาว แบน ตัวผู้ตาใหญ่ Prothorax กลมตอนหลังยื่นออกมาและมีอวัยวะเรืองแสงอยู่ที่ปล้องท้องด้านล่าง 6-7 ตัวเมียมีที่ปล้องท้องด้านล่าง7, Elytra ขอบเป็นสีเหลืองทรวงอก (Thorax) มีขอบสีชมภู หิ่งห้อยชนิดนี้มีขนาด 8-12.5 ม.ม. จะพบหิ่งห้อยชนิดนี้มากที่ Boston ราวเดือน มิถุนายน – กรกฎาคม ในตอนเย็นจะเห็นหิ่งห้อยชนิดนี้ ตัวผู้บินได้รวดเร็ว ตัวเมียมักเกาะอยู่กับที่และจะตอบการเรืองแสงของตัวผู้โดยการปิดปล้องท้องที่มีอวัยวะเรืองแสงให้ตรงกับทิศทางของตัวผู้ ตัวผู้และตัวเมียของหิ่งห้อยชนิดนี้ไม่กินอะไร ถึงแม้ว่าจะเอาสารประกอบในกระเพาะของหิ่งห้อยชนิดนี้ที่ดองใน alcohol มาศึกษา Bowles (1882). P.consanguineus จะวางไข่บนดินใกล้ต้นหญ้าขนาดไข่ 0.75 - 0.66ม.ม. สีขาว เหลือง เรียบ ไข่ใช้เวลา 13 - 15 วันจึงจะฟักออกมาเป็นตัวอ่อน (larva) มีขนาด 2.35 ม.ม. สีขาว ตาดำ ปากสีน้ำตาล และที่ ๆ มาอีกประมาณ 2 ซ.ม. จะกลายเป็นตัวสีน้ำตาล ขนาด 2.5 ม.ม. หนวด (antennae)มี 1 คู่ หนวดแต่ละอันมี 3 ปล้อง เขี้ยว (mandible) แหลม ปลายโค้งเข้าหากัน มีอวัยวะเรืองแสงอยู่ที่ Ventro-lateral ทางปล้องท้องที่ 8 ตัวอ่อนที่โตเต็มที่ยาว 14.5 ม.ม. ชอบอยู่ตามคันชั้น ๆ หรือใต้ดินลึกประมาณ 2 ซ.ม. ตัวดักแด้ (pupa) ยาว 11 ม.ม. ปล้องท้องมีสีชมภูอ่อนและมีอวัยวะเรืองแสงเช่นกัน

Photinus scintillans Say spocies พบน้อยกว่าพวก P. consanguineus ใน Boston ชอบอยู่ในที่สูงมีความชื้นน้อยและมักจะอยู่รวมกันถึงแม้ว่าจะดูมากกว่าหิ่งห้อย Photuris pennsylvanica รูปร่างของหิ่งห้อยชนิดนี้เล็ก ยาวเรียว สีจาง ตัวผู้เรืองแสงครั้งหนึ่งได้นานกว่า P. consanguinens ตัวเมียไม่ค่อยเรืองแสง Elytra ยาวไม่ถึงส่วนปลายของปล้องท้อง ตัวอ่อนมีสีจางปนชมภูเล็กน้อย อยู่เป็นกลุ่มตามผิวดินร่วน ๆ

Photuris pennsylvanica Degeerตัวโตเต็มวัยของหิ่งห้อยชนิดนี้ ยาวแบน compound eyes ใหญ่ หนวด 11 ปล้อง thorax เป็นรูปจานโค้งมีขอบแผ่กว้างออกทั้งสองข้าง ด้านหน้ากลม tarsi มีเล็บ 1 คู่ Elytra ยื่นพอดีกับส่วนปลายของปล้องท้อง Pronotum สีเหลืองปนดำ อวัยวะเรืองแสงอยู่ที่ปล้องท้อง 6-7 ด้านล่าง ตัวผู้ใหญ่ยาวประมาณ 11-15 ม.ม. หิ่งห้อยชนิดนี้เป็นพวกใหญ่ที่สุด มีมากในระหว่างเดือน มิถุนายน – กรกฎาคม ความเป็นอยู่ (habitat) ไม่เหมือนกับ P. consanguineus เพราะชอบอยู่ตามทุ่งนาที่มีความชื้นมาก มักพบ Photinus scintillans กับ Photuris pennsylvanica ในบริเวณเดียวกัน ตัวเมียอาจจะบินเร็วกว่าตัวผู้ ประมาณว่าตัวผู้เรืองแสงทุก ๆ 15 ฟุต ที่บินผ่านไป การเรืองแสงครั้งละ 1 วินาที ขณะที่เกาะอยู่หิ่งห้อยชนิดนี้จะเรืองแสงการผสมพันธุ์มักจะเกาะบนต้นไม้เตี้ย ๆ หรือต้นหญ้า ตัวเมียใช้ Ovipositor วางไข่ไว้ในดินลึก 2-3 ม.ม. ไข่สีเหลืองขาว ขนาด 0.784 - 0.677 ม.ม. มีเยื่อมัน ๆ ปกคลุม ไม่เรืองแสง ใช้เวลา 15-18 วัน ฟักเป็นตัวอ่อน (larva) ซึ่งมีรูปร่างเหมือน turtle shape ยาว 2.2 ม.ม. ตาดำ ตัวสีน้ำตาลแก่ หนวดมี 3 ปล้อง Prothorax ยาวประมาณ Mesothorax กับ Metathorax รวมกัน แต่ Mesothorax และ Metathorax จะยาวกว่าปล้องท้องแต่ละปล้องนอกจากปล้องท้องสุด ตัวอ่อนทนความแห้งแล้งได้ กินอาหารตอนเย็นหรือกลางคืน เวลากลางวันจะซ่อนตัวอยู่ในดิน ตอนลอกคราบตัวจะมีสีขาว ระยะตัวอ่อนใช้เวลาเกือบ 2 ปี จึงจะเป็นตัวดักแด้ (pupa) อวัยวะเรืองแสงของตัวอ่อนอยู่ที่ปล้องท้องที่ 8 ด้านล่าง 1 คู่ บางทีเรียกตัวอ่อนของหิ่งห้อยชนิดนี้ว่า semi-aquatic อาหารได้แก่ หอย ไส้เดือน ตัวดักแด้ (pupa) มีสีขาวปนชมภู อยู่ในโพรงใต้ดินลึกประมาณ 2-3 นิ้ว มีอวัยวะเรืองแสง 2 ปล้อง ทางปลายส่วนท้องเรืองแสงบางขณะมักจะอยู่นิ่ง ๆ แล้วจึงฟักออกเป็นตัวโตเต็มวัย (adult)

อวัยวะเรืองแสงของหิ่งห้อย (Photogenic Organs of firefly) William (1916)

ได้ค้นคว้าเรื่องอวัยวะเรืองแสงและการเจริญเติบโตของหิ่งห้อย Photuris pennsylvanica และ Photinus consanguineus การค้นคว้าเรื่องนี้เพิ่มเติมมาจากงานของ Lund (1910) William ได้สรุปผลการค้นคว้าว่า อวัยวะเรืองแสง (Photo-genic Organs) ของหิ่งห้อยต่าง ๆ มีโครงสร้างเหมือนกันประกอบด้วย ชั้นในเป็น Reflector layer และชั้นนอกเป็น Photogenic Layer มี trachea และเส้นประสาทเข้าไปในชั้นทั้งสองแต่ไม่เจริญมากนัก ในชั้นนอก cuticle ที่ปก Photogenic layer นั้นใส การเกิด Photogenic organs มีความเห็น 2 ประการ ประการแรกเกิดมาจาก Hypodermis และประการสองเกิดมาจาก fat body ซึ่งความเห็นอันหลังนี้ควรจะถูกต้องเพราะจากการทดลองอวัยวะนี้เกิดมาจากการปล่อยเป็นอิสระของ fat body มาสะสมอยู่ใน hypodermis แล้วจึงรวมตัวกันขึ้นเป็นชั้นทั้งสองของอวัยวะเรืองแสงตามลำดับ ในระยะนี้fat body ทั่ว ๆ ไปจะไม่ค่อยเห็น ชั้น Reflector จะเป็นเซลเนื้อเยื่อมีขนาดเล็กเห็นชัด และชั้น Photogenic จะเป็นเซลเนื้อเยื่อมีขนาดใหญ่กลม Urate crystals จะไปสะสมอยู่ใน Reflector layer. Photogenic layer มี tracheal end cell รูปร่างเป็นหลอดเล็กคล้ายกิ่งไม้และถูกควบคุมโดยระบบประสาท อวัยวะเรืองแสงของตัวอ่อนก็เกิดจากเหตุผลเดียวกัน การเรืองแสงเป็นกระบวนการ Oxidation ของ Photogenic granules ซึ่งได้รับ O_2 จาก tracheal end cell การเกิดแสงอยู่ในการควบคุมทางระบบประสาทหรือเกิดจากผลการกระตุ้นเฉพาะที่ก็ได้ ถ้าเอาอวัยวะเรืองแสงที่แห้งนี้ถูกกับน้ำจะเกิดการเรืองแสงได้ Photogenic granules ไม่เหมือนกับ fat แต่เป็นพวก albuminoid ซึ่งละลายในน้ำและ fat solvent การเรืองแสงของตัวอ่อนหิ่งห้อยบังไม่แน่นอน แต่ในตัวโตเต็มวัยมีจุดประสงค์ในการผสมพันธุ์

Hess (1917) ได้ศึกษาต้นกำเนิดและการเจริญเติบโตของอวัยวะเรืองแสงของ Photurus pennsylvanica Degeer พบว่า ตัวอ่อนในไข่ระยะ 15 วัน มีอวัยวะเรืองแสงบริบูรณ์แล้ว การเกิดของอวัยวะเรืองแสงมาจาก fat-cells เคลื่อนมาเรียงอยู่ในชั้น hypodermis ซึ่งมี fat globules เพียงเล็กน้อยแล้วจึงแยกเป็น Photogenic และ Reflector area กลายเป็นจุดอวัยวะเรืองแสง 1 คู่ ในตัวอ่อน (larva) ในตัวดักแด้ (pupa) นั้น fat-spheres ที่อยู่ใกล้กับ Hypodermis ด้านล่างของปล้องท้องที่ 6-7 จะแยกออกและเริ่มกระจายไปตามชั้น Hypodermis cell เหล่านี้จะประกอบด้วย fat - globules เป็นจำนวนมาก cell ของ Photogenic และ Reflector layer ระยะวัยที่ 5 ของการเป็นตัวดักแด้จะมีรูปร่างแตกต่างกัน Tracheal epithelium

จะแบ่งตัวอย่างรวดเร็วลงไปในระหว่างอวัยวะเรืองแสงกลายเป็น Trachoal end-cell และ Trachoole นอกจากนี้การเกิดอวัยวะเรืองแสงของหิ่งห้อยอาจจะมี leucocyte มาช่วยอีกก็ได้

Buck (1948) ได้ค้นคว้าทางกายวิภาควิทยาและสรีรวิทยาของอวัยวะเรืองแสงของหิ่งห้อย พบว่าอวัยวะเรืองแสงของหิ่งห้อยมีลักษณะต่างกันในรูปร่าง เพศ และระยะต่าง ๆ ของวงชีพ อวัยวะเรืองแสงของหิ่งห้อยแบ่งออกเป็น 6 แบบ คือ

1. อวัยวะเรืองแสงแบบไม่มีหลอดลมมาเลี้ยง
2. อวัยวะเรืองแสงมีหลอดลมลักษณะกลำกิ่งไม้ ชั้นของ reflector ไม่มี อาจจะมีแต่ชั้น Photogenic layer
3. แบบนี้เหมือนแบบที่ 2 แต่มีชั้น Reflector
4. อวัยวะเรืองแสงมีหลอดลมอยู่ระหว่าง Reflector layer และแตกกิ่งสาขาไปในระหว่างชั้น Reflector กับ Photogenic layer เรียกว่า Trachoal end cell กับแตกกิ่งสาขาเล็ก ๆ เข้าไปใน Photogenic tissues
5. เหมือนแบบที่ 4 แต่กิ่งสาขาของ Trachoae อยู่ใน Photogenic layer ก่อนจะสิ้นสุดเป็น end - cell และ Trachooles
6. แบบนี้ Trachoae วิ่งตรงลงใน Photogenic layer ซึ่งมีรูปร่างเป็น rod เรียกว่า Trachoal twigs หรือ Trachoal end cell ซึ่งแยกเป็น Tracholes ลงไปใน Photogenic tissues

อวัยวะเรืองแสงของหิ่งห้อยแบบที่ 6 พบมากในหิ่งห้อยของอเมริกา แบบที่ 3 เป็นลักษณะของตัวอ่อน ตำแหน่งรูปร่างของ Trachoal end-cells ให้ความเห็นว่ามีหน้าที่ควบคุม O_2 ในการ

เรืองแสง จากการดูด้วยกล้องจุลทัศน์พบว่าแสงสว่างจะเกิดขึ้นใน Photogenic cells ไม่มีเหตุผลแสดงว่าเซลเหล่านี้คือ symbiotic luminons bacteria ระบบประสาทอาจจะไม่มีความสำคัญเกี่ยวกับการเกิดแสง แต่ช่วยบังคับการเรืองแสงในหิ่งห้อยที่มีชีวิตอยู่ซึ่งจะต้องศึกษาต่อไป การเกิดแสงสว่าง (light-emission) แบบต่าง ๆ ของหิ่งห้อยได้แก่

1. Continuous glow
2. Intermittent glow
3. Pulsation
4. flash

นอกจากนี้การเรืองแสงของหิ่งห้อยจะต้องเกี่ยวกับสารประกอบ luciferin และ enzyme luciferase. O_2 เป็นส่วนสำคัญในการเกิดแสงสว่างติดต่อกัน และอาจจะเป็นไปได้ว่าเป็นตัวควบคุมการส่องแสงในหิ่งห้อย

การเรืองแสงของหิ่งห้อย (Firefly Luminescence) Mast (1912), McElroy (1962) พบว่า การเรืองแสงของหิ่งห้อยเป็น mating behavior ทั้งตัวผู้และตัวเมียใช้เป็นสัญญาณติดต่อกัน หิ่งห้อยแต่ละชนิดมีลักษณะการส่องแสงของตัวผู้มีเฉพาะแต่ละชนิดประมาณครั้งละ 2 วินาที ที่ 25°c แต่อาจจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิได้ การส่องแสงเทียบประมาณครั้งละ 2 วินาที ช่วยกระตุ้นตัวผู้บินไปหาตัวเมียได้ การเรืองแสงแบบ Synchronous flashing ของหิ่งห้อย Pteroptyx malaccae. ซึ่งเกาะตามต้นลำภู (Sonneratia Caseolaris) รวมแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นการส่องแสงพร้อม ๆ กันหรือเรียกอีกอย่างว่า Unison. Dr. John Buck ได้มาค้นคว้าและเขียนผลงานเรื่อง Mechanism of Rhythmic Synchronous Flashing of Firefly; Science 159. (1968), ได้สรุปชนิดต่าง ๆ ของ Synchronism เป็น

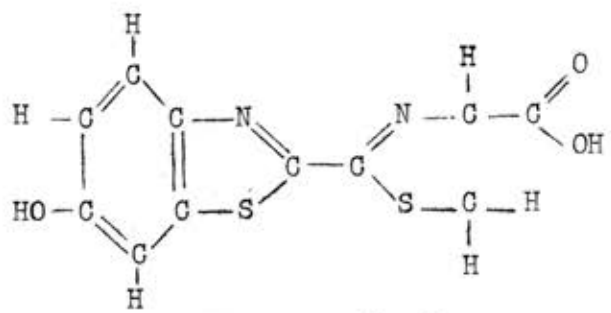
1. Inertial synchrony
2. Driven synchrony
3. Alternation synchrony
4. Paced synchrony
5. Anticipatory synchrony

หิ่งห้อยตัวผู้ Pteroptyx malaccae รวมกันอยู่บนต้นลำภูจะส่องแสงเป็นจังหวะช่วงเวลาประมาณ 560 ± 6 msec ที่ 28°c. Photomster และ Cinomato-graphic records แสดงว่ามีระยะของการส่องสว่างซ้อนกัน ± 20 msec ช่วงเวลาขนาดนี้สั้นกว่าค่าต่ำสุดของตาที่สามารถจะรับการซ้อนกันนี้ได้ การส่องแสงพร้อมกันของ Pteroptyx malaccae ควบคุมโดยระบบประสาทส่วนกลาง

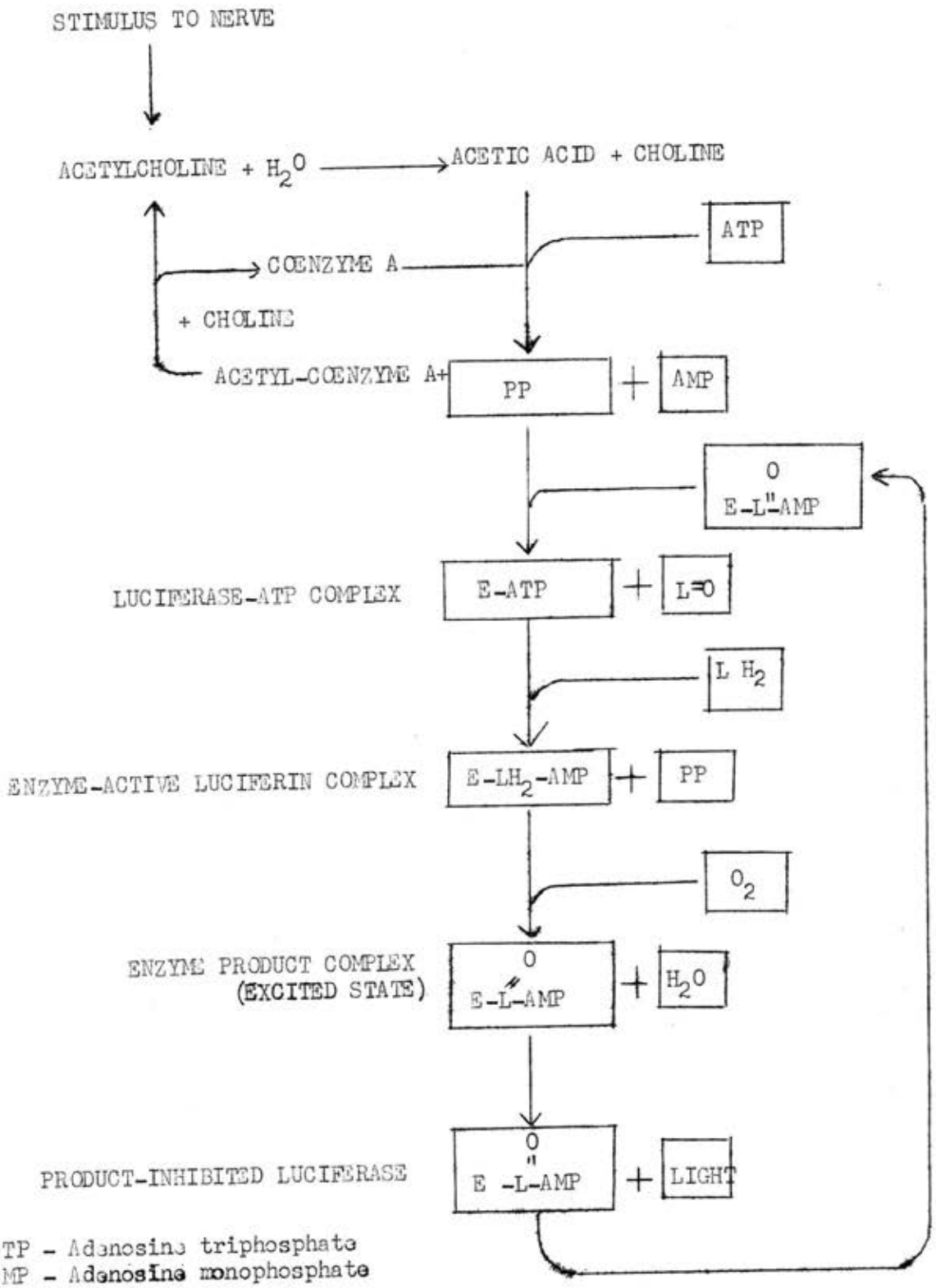
การเรืองแสงของหิ่งห้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของ O_2 แต่เป็นการยากที่จะติดตาม O_2 ไปยังอวัยวะเรืองแสง เช่นเดียวกับการจะติดตามระบบประสาทซึ่งควบคุมการเรืองแสง นักวิทยาศาสตร์บางคนสามารถแยกเส้นประสาทนี้ไปควบคุมอวัยวะเรืองแสงได้ และทดลองกระตุ้นให้ส่องแสงออกมาด้วยกระแสไฟฟ้า สารที่กระตุ้นจากระบบประสาทไปยังเซลเรืองแสงคือ Acetylcholin ซึ่งถูกทำลายประสาท การค้นคว้าสารเคมีที่ทำให้เกิดการเรืองแสง Dubois (1886) ได้พบสารสองชนิด Luciferin และ Luciferase ที่ทำให้เกิดการเรืองแสงในหลอดทดลอง แต่ในหิ่งห้อยจะต้องมี O_2 และ Adenosin Triphasphat (A.T.P.) McElroy (1962)ได้แยกสาร Luciferin จากหิ่งห้อยในห้องปฏิบัติการเพื่อหาโครงสร้างของโมเลกุลของสารนี้ที่ Johns Hopkins university และสามารถแยก Luciferase ออกมาเป็นสารบริสุทธิ์ได้ ซึ่งประกอบด้วยโมเลกุลของ Amino acid ไม่น้อยกว่า 1000 โมเลกุล เป็นโมเลกุลของโปรตีนที่ใหญ่มาก นอกจากนี้สกัดสารเรืองแสงจากหิ่งห้อย Photinus pyralis ซึ่งเป็นสีเหลืองเขียว สารนี้จะเรืองแสงได้ในน้ำยาที่เป็นกลาง ถ้าเติมสาร phosphate ลงไปแสงจะเปลี่ยนเป็นสีแดง ด้วยเหตุนี้อาจจะช่วยอธิบายการเรืองแสงสีต่าง ๆ ของหิ่งห้อยได้ สาร luciferin ที่บริสุทธิ์ 1 โมเลกุล รวมกับ O_2 จะอุโมงค์ให้ว่าให้แสง 1 quantun เราเรียกแสงนี้ว่า " cold light" การหาปริมาณของแสงโดยวิธีนี้ พบว่า การเรืองแสงของหิ่งห้อยนับเป็น 100% ได้

สูตรโครงสร้างของ Luciferin คือ.

$C_{11}H_8O_3N_2S_2$



แผนภาพปฏิกิริยาการเรืองแสงของหิ่งห้อย



ATP - Adenosine triphosphate
AMP - Adenosine monophosphate
LH_2 - Luciferin
L=O - Oxidized luciferine
E - Enzyme Luciferase