บทที่ 2
ทบทวนเอกสาร

แมลงหนอนปลอกน้ำ (Caddisflies หรือ Trichoptera) เป็นแมลงในอันดับที่มีการพัฒนาที่ค่อนข้างสูง มีความคล้ายคลึงกับแมลงในอันดับ Lepidoptera คือ ผีเสื้อกลางคืน (moths) และผีเสื้อกลางวัน (butterfly) (McCafferty, 1981) มีพัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงจากตัวอ่อนไปเป็นตัวเต็มวัยที่สมบูรณ์ (holometabolous) (Merritt and Cummins, 1978) ในระยะตัวอ่อนจะแตกต่างจากตัวเต็มวัยมาก ที่เด่นชัดที่สุดคือ ตัวเต็มวัยจะมีปีกและอาศัยอยู่บนบก ส่วนตัวอ่อนจะไม่มีปีกและอาศัยอยู่ในน้ำ ยกเว้นในวงศ์ Limnephilidae บางชนิด เช่น *Nothopsychy montivaga* ที่ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยจะอาศัยอยู่บนบก (Nozaki, 1998) โดยส่วนมากถิ่นที่อยู่ของแมลงหนอนปลอกน้ำจะเป็นแหล่งน้ำจืด แต่มีบางวงศ์ที่อาศัยอยู่ในบริเวณแหล่งน้ำเค็ม เช่น Chathamiidae ซึ่งจะอาศัยอยู่ตามเขตน้ำขึ้นลง(intertidal) ตามชายฝั่งทะเล (Ward, 1992)

ตามระบบของลินเนียส (Linnean system) สามารถจัดอนุกรมวิธานของแมลงหนอนปลอกน้ำ ได้ดังนี้ (William and Feltmate, 1992)

Superphylum Arthropoda
Phylum Entoma
Subphylum Uniramia
Superclass Hexapoida
Class Insecta
Order Trichoptera

ในระยะตัวอ่อนและระยะดักแด้ที่อยู่ในน้ำ ส่วนมากจะอยู่ในแหล่งน้ำไหล (lotic) เช่น ตัวอ่อนในวงศ์ Philopotamidae จะพบกระจายอยู่ตามบริเวณที่น้ำไหลแรงโดยเฉพาะบริเวณ epirhithral (Pitsch,1986) หรือตัวอ่อนของ Hydropsychidae ส่วนมากจะอยู่บริเวณกลางลำธาร (midstream microhabitat) เช่น *Macrostemum fastosum*, *Cheumatopsyche spinosa*, *C. ventricosa*, *Herbertorossia quadrata* เป็นต้น บางชนิดอาจจะชอบอยู่ตามขอบลำธาร เช่น *Polymorphanisus astictus* (Dudgeon, 1997) ที่อยู่อาศัยของแมลงหนอนปลอกน้ำนอกจากจะเป็นแหล่งน้ำไหลแล้วยังสามารถพบได้ตามแหล่งน้ำนิ่ง(lentic) ตามชายฝั่ง

ของทะเลสาบที่มีพื้นท้องน้ำเป็นหิน ที่ได้รับอิทธิพลของคลื่นจากทะเลสาบตลอดเวลา ตัวอย่าง เช่น *Tinodes waeneri* (Jones, 1974a) และ *Limnephilus asiaticus* (Morse, 1998) บางครั้งก็พบว่าอาศัยอยู่ตามทะเลสาบน้ำเค็มที่เรียกว่า inland salt water เช่น *Molanna flavicornis, Mystacides longicornis, Phryganea cinerea* และ *Helicopsyche borealis* เป็นต้น (Ward, 1992)

ขณะที่อยู่ในน้ำตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ จะสร้างปลอกในลักษณะต่างๆกัน เพื่อประโยชน์และเพื่อปรับตัวให้เหมาะสมกับการอาศัยอยู่ในน้ำ วัสดุที่นำมาประกอบกันเป็นปลอกมีหลายแบบหลายชนิด เช่น เศษใบไม้ ท่อนไม้ขนาดเล็ก ทรายละเอียด ก้อนกรวด หรือชิ้นส่วนอย่างอื่น ตัวอ่อนจะใช้ไหมที่สร้างจากต่อมไหม (silk gland) เพื่อเชื่อมวัสดุที่จะนำมาทำปลอกเข้าด้วยกัน ซึ่งปลอกที่สร้างขึ้นมาจะมีลักษณะต่างๆกันไป (Borror *et al*, 1989) พบว่าวัสดุที่นำมา สร้างปลอก เช่น ก้อนกรวดหรือหินขนาดเล็ก จะมีผลอย่างมากต่อการกระจายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Stenopsyche angustata* (Stenopsychidae) ซึ่งจะสร้างปลอกโดยการเชื่อมก้อนกรวดหรือหินขนาดเล็กเข้าด้วยกันด้วยเส้นไหม และใช้เส้นไหมดังกล่าวดักจับอาหารด้วย (Dudgeon, 1996) จากการศึกษาแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Helicopsychidae ใน New Caledonia โดย Ross (1974) พบว่าสามารถแยกตัวอ่อนตามลักษณะของปลอกและวัสดุที่นำมาทำเป็นปลอกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ

กลุ่ม 1. กลุ่มที่มีลักษณะปลอกนุ่ม ส่วนประกอบของปลอกเป็นทรายละเอียดมีเกลียวก้นหอยต่ำ

กลุ่ม 2 และ 3 ใช้วัสดุที่คล้ายกัน คือวัสดุจำพวกหินขนาดเล็กเป็นส่วนประกอบมีเกลียวก้นหอยสูง

กลุ่ม 4 วัสดุที่สร้างปลอกจะเป็นทรายละเอียดและเศษวัสดุขนาดเล็ก ผนังปลอกบางต่างจากกลุ่มอื่นซึ่งมีผนังปลอกหนากว่า

ในบางชนิดปลอกของตัวอ่อนระยะแรกๆ จะไม่เหมือนกับปลอกของตัวอ่อนที่เจริญเติบโตมากขึ้น ซึ่งส่วนมากจะพบในวงศ์ Lepidostomatidae ตัวอย่างเช่น *Dinarthrodes complicata* (Ito, 1978), *Neoseverinia crassicornis* (Ito, 1983), *Goerodes hiurai* (Ito, 1985a) และ *Goerodes naraensis* (Ito, 1985b) หรือใน *Lepidiostoma hirtum* เมื่อตัวอ่อนเข้าสู่ระยะ instar ที่ 3 กระบวนการสร้างปลอกจะเปลี่ยนปลอกจากทรายเป็นวัสดุจากพืชโดยปลอกใหม่จะเป็นรูปสี่เหลี่ยมและชิ้นส่วนของพืชจะมาจากต้นไม้หรือหญ้าในบริเวณที่อยู่อาศัยหรือบริเวณใกล้เคียง (Hansell, 1974) เป็นต้น

(Merritt and Cummins, 1978) รายงานว่าในอเมริกาเหนือมีการใช้ลักษณะของปลอกเพื่อจำแนกกลุ่มของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำได้เป็น 5 กลุ่มคือ

1. Free-living ได้แก่วงศ์ Rhyacophilidae ตัวอ่อนจะไม่มีปลอก ยกเว้นในระยะดักแด้เท่านั้น

2. Saddle-case ได้แก่วงศ์ Glossosomatidae ปลอกจะมีลักษณะคล้ายหลังเต่า ตัวอ่อนสามารถเคลื่อนย้ายปลอกได้

3. Purse case ได้แก่วงศ์ Hydroptilidae ตัวอ่อนจะไม่สร้างปลอกจนกว่าจะถึงระยะสุดท้ายของการเป็นตัวอ่อน (final instar) ปลอกที่สร้างจะมีลักษณะคล้ายถุง(purse-case) หรือคล้ายถังไม้(barrel-shaped) ซึ่งแบบที่คล้ายถังไม้ส่วนใหญ่สามารถเคลื่อนย้ายได้

4. Net-spinners or retreat-marker ได้แก่วงศ์ Philopotamidae, Psychomyiidae, Polycentropodidae และ Hydropsychidae ปลอกที่สร้างจะถูกตรึงให้ติดกับพื้น เคลื่อนย้ายไม่ได้ ตัวอ่อนได้อาหารจากพวกเศษซากที่ลอยมากับกระแสน้ำ แล้วมาติดกับตาข่าย(capture net)ที่สร้างไว้ที่ปลอก

5. Tube-case marker ได้แก่วงศ์ Phryganeidae, Brachycentridae, Limnephilidae, Lepidostomatidae, Beraeidae, Sericostomatidae, Odontoceridae, Molannidae, Helicopsychidae, Calamoceratidae และ Leptoceridae ปลอกที่สร้างจะมีลักษณะคล้ายท่อ (tubular) สามารถเคลื่อนย้ายได้

Wiggins (1996) แบ่งตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำตามลักษณะของปลอกออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. กลุ่มที่รังไหมถูกปิด (Spicipalpia) ได้แก่วงศ์ Rhyacophilidae, Hydrobiosidae, Hydroptilidae และ Glossosomatidae

2. กลุ่มที่ปลอกถูกตรึงอยู่กับที่ (Annulipalpia) ได้แก่วงศ์ Philopotamidae, Psychomyiidae, Xiphocentronidae, Dipseudopsidae, Ecnomidae, Polycentropodidae และ Hydropsychidae

3. กลุ่มที่สามารถเคลื่อนย้ายปลอกได้ (Integripalpia) ได้แก่วงศ์ Phraganidae, Limnephilidae, Apataniidae, Goeridae, Leptoceridae, Molanidae, Calamoceratidae, Odontoceridae, Beraeidae, Sericostomatidae และ Helicopsychidae

สัณฐานวิทยาของแมลงหนอนปลอกน้ำ

ตัวอ่อน

ลักษณะรูปร่างของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำมี 2 แบบ คือ cruciform ตัวอ่อนที่มีรูปร่างแบบนี้จะมี anal legs อยู่ติดกับปล้องท้องปล้องสุดท้าย อีกแบบคือ compodeiform ส่วนมากจะเป็นพวก free-living ซึ่งมักจะมี anal legs ที่ยาว (Lehmkuhl, 1979) ทั้งตัวเต็มวัยและตัวอ่อนมีสมมาตรแบบครึ่งซีก คือเมื่อผ่าตามแนวความยาวของร่างกายจะได้ส่วนลำตัว 2 ซีกที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ลำตัวประกอบด้วยปล้องเรียก segment หรือ metamere จำนวนมาก ปล้องเหล่านี้ทำให้เกิดบริเวณร่างกาย 3 ส่วนแต่ละส่วนเรียก tagma หรือ region คือ หัว อก และท้อง (ไพฑูรย์, 2527) สำหรับในตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ Wiggins (1996) ให้คำบรรยายเกี่ยวกับลักษณะต่างๆของตัวอ่อนไว้ว่า

ส่วนหัว (Head)

หัวของตัวอ่อนส่วนมากจะกลมมน หรือเป็นวงรีคล้ายไข่ แต่มีบางชนิดที่ผิวด้านบนของหัวจะแบนอย่างเห็นได้ชัด เรียกว่า carina เช่น *Helicopsyche barbata* และ *H. tanzamia* (Johanson,1997) ด้านบนของหัว (รูปที่ 1C) จะมีเส้น colonal suture ทำหน้าที่แยกแต่ละข้างของส่วนหัวที่มีลักษณะเป็นแผ่นแข็งที่เรียกว่า parietal ออกจากกัน ระหว่างส่วนของ parietal จะมี frontoclypeal apotome ซึ่งเกิดจากการถูกแยกออกจาก parietal ด้วย frontoclypeal suture เมื่อ frontoclypeal suture มาบรรจบกับ colonal suture ทำให้เกิดเส้นลักษณะคล้ายตัว Y เรียกว่า dorsal ecdysial line แต่ในบางครั้งจะพบว่ามี colonal suture ไม่ชัดเจนและไม่มี frontoclypeal suture เช่น *Hydroptila itoi* ในวงศ์ Hydroptilidae (Ito and Kawamura, 1980) ขอบด้านหน้า (anterior margin) ของ frontoclypeal apotome จะมีหลากหลายลักษณะมาก เรียบบ้าง หยักบ้าง จึงสามารถนำมาใช้ในการจัดจำแนกในระดับสกุลและระดับชนิดได้ (Dean, 1991a) บริเวณด้านล่างของหัว (รูปที่ 1E 1F) จะมี ventral apotome หรือ gular sclerite ซึ่งอาจจะมีทั้งด้านหน้า (anterior ventral apotome) และด้านท้าย (posterior ventral apotome) เป็นตัวแยก genae ที่อยู่ด้านล่างของส่วนหัวออกจากกัน ปกติที่ผิวของหัวจะมีหนามสั้น-ยาว ส่วนโค้ง-นูน ขน หรือร่องรอย (muscle scars) ลักษณะต่างๆกันไป เช่น บริเวณที่ colonal suture เชื่อมกับ frontoclypeal suture ในวงศ์ Lepidostomatidae จะมีหนามขนาดเล็ก (short spines) ปรากฏให้เห็น (Ito, 1986) ซึ่งในแต่ละชนิดจะมีหนามขนาดเล็กนี้ปรากฏไม่เหมือนกัน ตามระยะของตัวอ่อน ดังตารางที่ 1

labrum (รูปที่ 1D) จะยึดติดกับ frontoclypeal apotome ส่วนมากผิวด้านบนจะเป็นแผ่นแข็ง ยกเว้นในวงศ์ Philipotamidae ที่ labrum จะไม่เป็นแผ่นแข็งแต่จะมีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อบางๆ ซึ่งสามารถใช้เป็นส่วนช่วยในการจัดจำแนกในระดับสกุลได้ (Pitsch,1986)

ตา (stemmata) (รูปที่ 1D) ลักษณะจะคล้ายกับตาจริง (eyes)

หนวด (antennae) (รูปที่ 1D) ส่วนมากจะพบในพวกที่สามารถเคลื่อนย้ายปลอกได้

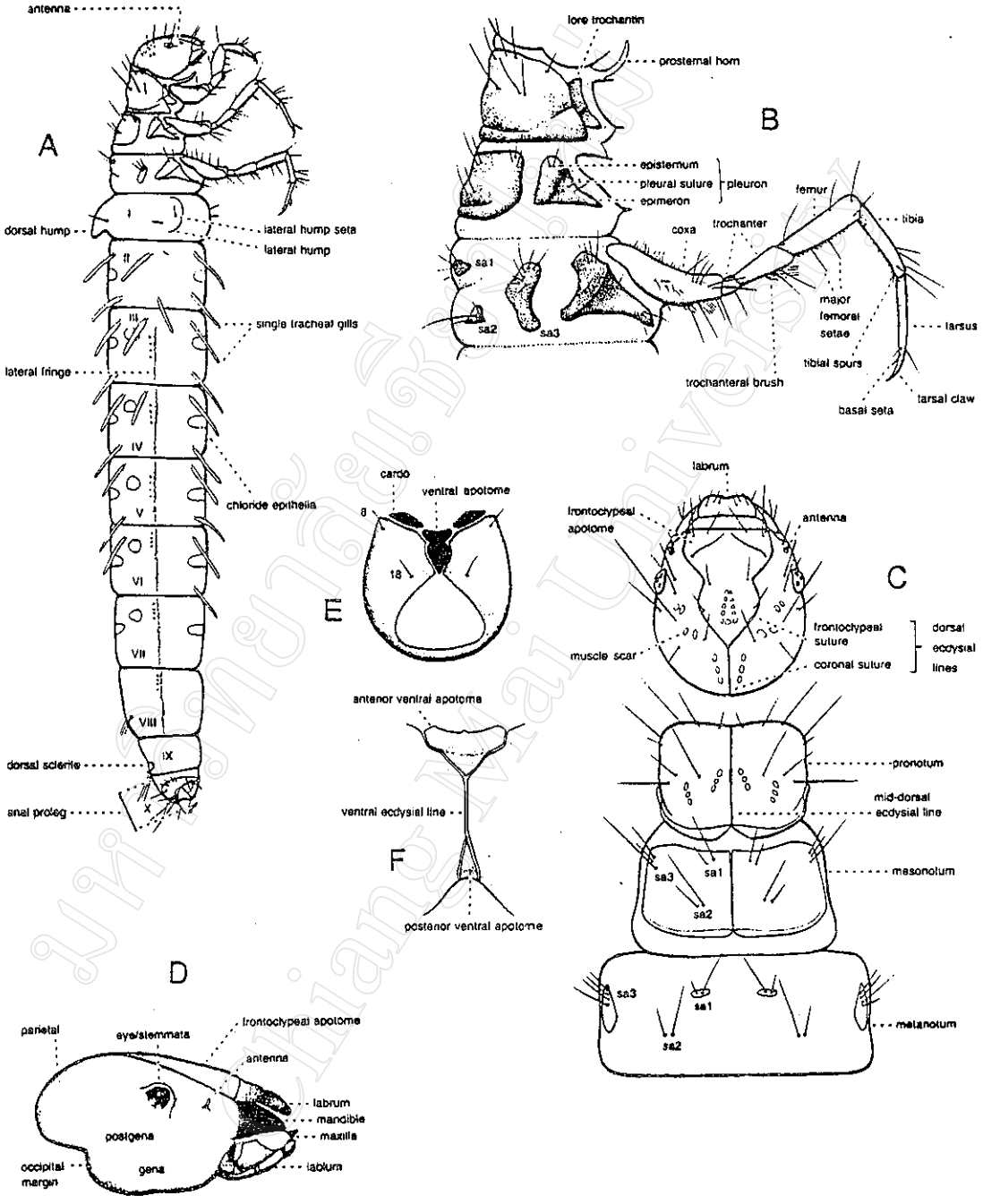
ฟัน (mandible) (รูปที่ 1D) และส่วนประกอบอื่นๆ ในปาก (mouthpart) เช่น maxillary lobe, cardo, stipes, palpifer, palpiger และ mentum เป็นต้น

ตารางที่ 1 การปรากฏลักษณะของ short spines ที่ส่วนหัวของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Lepidostomatidae ในระยะตัวอ่อนของแต่ละชนิด

Species lists	ตัวอ่อนระยะที่ (instar)					เอกสารอ้างอิง
	1	2	3	4	5	
Dinarthrodes kurentzovi	-	-	-	-	-	Ito, 1989
Goerodes toyotamaensis	-	-	-	-	-	
D. elongatus	-	-	-	-	✓	
G. orientalis	-	-	-	-	✓	
G. spathulatus	-	-	-	-	✓	
G. arcuatus	-	-	✓	✓	-	Ito, 1992a
G. ebenacanthus	-	✓	✓	✓	✓	
G. ryukyuensis	-	-	✓	✓	✓	
G. sinuatus	-	-	-	✓	-	Ito, 1992b
G. capreolus	-	-	-	✓	✓	Ito, 1992c
G. doligung	-	✓	✓	✓	-	

หมายเหตุ : (-) ไม่มี short spines

(✓)มี short spines



รูปที่ 1 ส่วนต่างๆ ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ

A : entire larva B : thorax and metathoracic leg C : head and thorax

D : head (lateral) E : head (ventral) F : gular area of head

(ที่มา : Wiggins,1996)

ส่วนอก (Thorax)

ด้านบนของอก เรียก notum ด้านล่างเรียก sternum

อกปล้องแรก (prothorax) ด้านบนเรียก pronotum จะถูกปกคลุมด้วยแผ่นแข็ง (sclerotized) เสมอและมี mid-dorsal ecdysial line เป็นเส้นแบ่ง sclerotized ออกเป็น 2 ส่วนซ้าย-ขวา ด้านล่างเรียก prosternum ในบางวงศ์ เช่น Brachycentridae แผ่นแข็งหรือ sclerotized จะถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วน เพราะมีเส้นแบ่งตามขวางอีก เรียกว่า transverse ridge ซึ่งจะแบ่ง sclerotized ด้านซ้าย-ขวาแต่ละด้าน ออกเป็นด้านบน-ล่าง (Ito, 1995) บางครั้งอาจพบว่าแถบสีดำที่ด้านข้างของ sclerotized มีลักษณะไม่เหมือนกันในแต่ละชนิดของวงศ์ Philopotamidae เช่น *Pholopotamus montanus* จะมีแถบสีดำยาว 2 ใน 3 ของความยาวของ Pronotum และแถบสีนี้จะไม่เด่นชัดใน *P. ludificatus* แต่ใน P. variegatus แถบสีดังกล่าวจะไม่ต่อกัน บางครั้งก็พบว่าแถบสีดังกล่าวของ *P. montanus* และ *P. ludificatus* ก็จะไม่ต่อกันด้วย (Pitsch, 1986)

อกปล้องที่ 2 หรือปล้องกลาง (mesothorax) ด้านบนเรียก mesonotum ลักษณะของ sclerotized จะมีหลายแบบมาก บางครั้งอาจเป็นแผ่นแข็งขนาดเล็ก หรือถ้ามีขนาดใหญ่ก็จะถูกแบ่งออกจากกันด้วย median ecdysial lines หรือ transverse ecdysial lines ด้านล่างเรียก (mesosternum) เช่นในวงศ์ Odontoceridae เป็นต้น แต่บางครั้งแผ่นแข็งดังกล่าวอาจจะเป็นเยื่อบางๆ (membranous) ไม่ว่าจะมี sclerotized แบบใดก็ตามสิ่งที่ต้องพบใน mesonotum คือ ตำแหน่งขน (setal area) เรียกเป็น sa_1 sa_2 และ sa_3

อกปล้องที่ 3 (metathorax) ด้านบนเรียก metanotum แผ่นแข็งหรือ sclerotized ที่มีจะเล็กกว่าอกปล้องกลาง แต่ก็ยังพบว่ามีตำแหน่งขนอยู่เช่นกัน ด้านล่างเรียก metasternum ในการจัดจำแนกระดับชนิดสามารถใช้การปรากฏของจำนวนขนที่ตำแหน่ง sa_1 sa_2 และ sa_3 ช่วยในการจัดจำแนกได้เช่น *Goerodea emarginatus* กับ *G. axis* (Ito, 1985c)

ในอกปล้องที่ 2 และ 3 บริเวณ pleuron จะมีเส้นสีดำเรียกว่า pleuron suture เป็นเส้นแยก pleuron ออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนหน้า(episternum) และส่วนท้าย (epimeron) บางครั้งอาจพบ trochantin เป็นส่วนที่ยื่นออกมาจากขอบด้านหน้าของ episternum

ที่ปล้องอกทั้ง 3 ปล้องจะมีขายื่นออกทางด้านข้างปล้องละ 1 คู่ โดยที่ขาแต่ละข้างนั้นจะแบ่งเป็น 5 ปล้องคือ coxa trochanter femur tibia tarsus และมี claw อยู่ปลายสุด และมีการศึกษาในรายละเอียดพบว่าความแตกต่างของตัวอ่อน 2 ชนิดคือ *Neopsilochorema tricarinatum* กับ *Australochorema rectispinum* ในวงศ์ Hydrobiosidae มีลักษณะความ

กว้างของ femur ในขาคู่หน้าที่ต่างกันและความยาวของ claw จะต่างกันด้วย (Angrisano,1997) บางครั้งจะพบว่าที่ claw จะมีส่วนประกอบย่อยๆ ลงไปอีกมาก เช่น ในวงศ์ Hydrobiosidae ซึ่งในแต่ละสกุลหรือชนิด จะมีลักษณะบน claw ที่ต่างกัน (Dean, 1991b) ที่ขาอาจจะมีกลุ่มขน ซึ่งสามารถใช้บอกได้ว่าเป็นตัวอ่อนระยะใด เช่น instar ที่ 1 ของ *Tinodes waeneri* จะมีกลุ่มขนที่ขา 2 กลุ่ม instar ที่ 2 มี 3 กลุ่ม จนถึง instar ที่ 5 มี 6 กลุ่ม (Jones, 1974b)

ส่วนท้อง (Abdomen)

ผิวด้านบนเรียก tergum ด้านล่างเรียก sternum

ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำจะมีปล้องท้อง 9 -10 ปล้อง เหงือกอาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ ในวงศ์ที่มีเหงือกจะใช้เหงือกช่วยในการหายใจ บางครั้งเหงือกที่ปล้องท้องอาจจะมีตำแหน่งการเกิดไม่เหมือนกัน เช่น ตัวอ่อนของ *Goerodes orientalis*, *G. hiurai*, *G. tsudai* ในวงศ์ Lepidostomatidae (Ito, 1985b) และถ้าน้ำมีอุณหภูมิสูงคือ 18 ^{0}C เมื่อเทียบกับน้ำที่เย็นกว่าคือ 6 ^{0}C ตัวอ่อนของ *Sericostoma personatum* จะปรับตัวให้อยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าด้วยการเพิ่มจำนวนเหงือกในแต่ละกระจุก (tuft) ให้มากขึ้น แต่ไม่ว่าอุณหภูมิน้ำจะสูงหรือต่ำตัวอ่อนของ *Potamophylax cingulatus* ก็จะมีจำนวนเหงือกคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิของน้ำอาจจะมีผลต่อการพัฒนาการหายใจของตัวอ่อน (Badcock *et al.* 1986)

ในพวกที่สามารถเคลื่อนย้ายปลอกได้ ที่ท้องปล้องแรกมักจะมี dorsal hump ทางด้านบนของปล้องแรกและจะมี lateral hump ทางด้านข้าง ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำบางกลุ่มจะสร้าง sclerites หรือสร้างขนทางด้านล่างของ lateral hump เรียก lateral hump satae

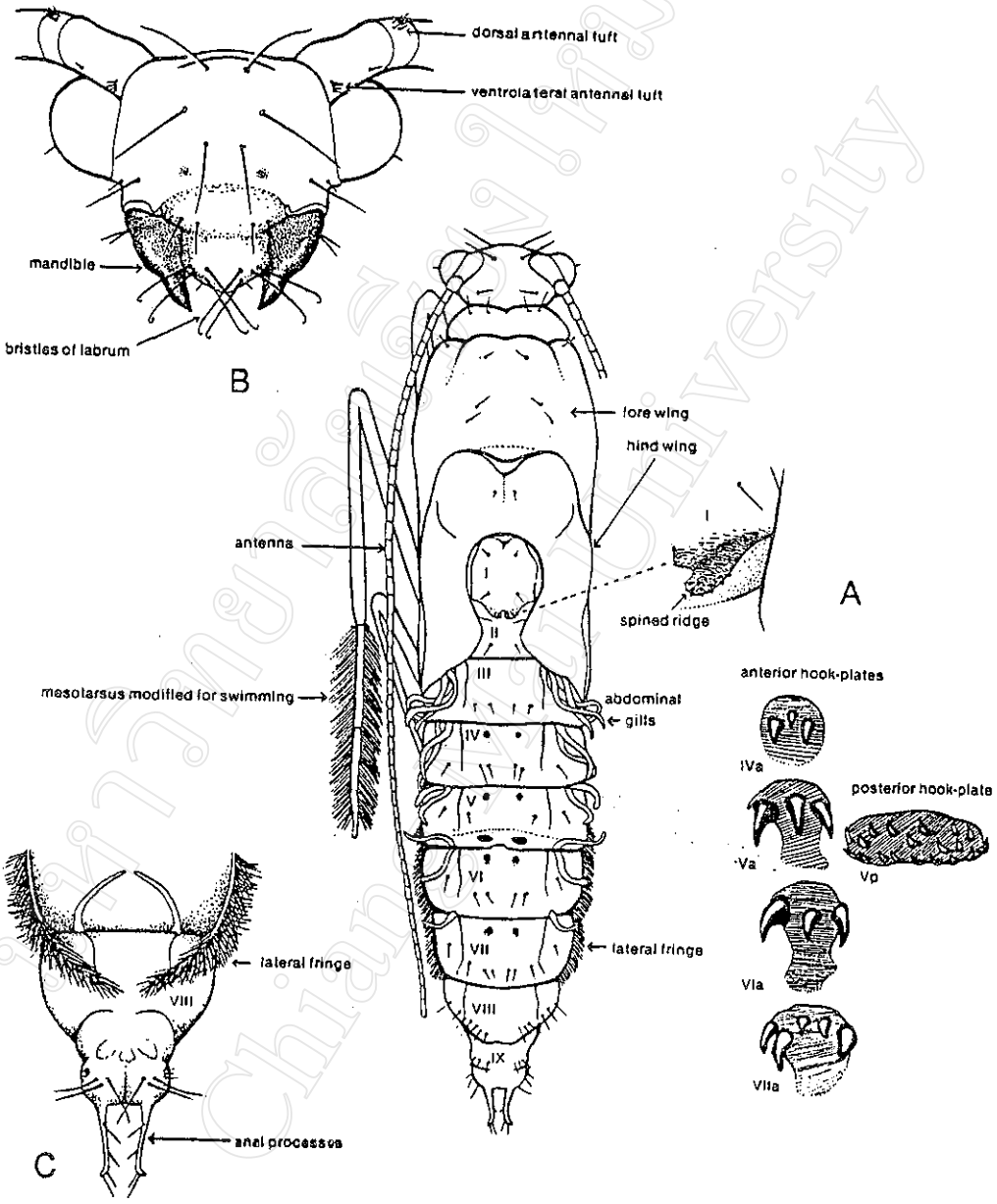
บางวงศ์จะพบ dorsal sclerites ทางด้านบนของท้องปล้องที่ 9 และพบว่าตำแหน่งขนด้านบนของท้องปล้องที่ 7 8 และ 9 สามารถใช้ในการจัดจำแนกตัวอ่อนได้

ท้องปล้องสุดท้ายจะมี anal prolegs และที่ปลายสุดจะเป็น anal claws ซึ่งลักษณะของ anal claws สามารถนำมาใช้ในการจัดจำแนกในระดับสกุลได้ เช่น วงศ์ Polycentropodidae ซึ่งจะมีลักษณะของ anal claws หลายแบบมาก (Cartwright, 1991) นอกจากนี้ที่ anal claws ของบางวงศ์อาจจะมีหนามย่อยๆ (accessory hooks) ประกอบขึ้นมาอีก เช่น ตัวอ่อนของ Hydroptilidae จะมี accessory hooks หรือ secondary hook ยกเว้นในสกุล *Orthotrichai* (Wells, 1997) หรือที่ anal claws ของ *Helicopsyche barbata* จะมี anal hooks แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ primary hooks ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าเมื่อเทียบกับ secondary hook แต่ใน *Helicopsyche tanzamia* นั้น secondary hooks จะมีส่วนยื่นออกมาคล้ายซี่ฟันหวีอยู่ถึง 16 ซี่ (Johanson, 1997)

ดักแด้ (รูปที่ 2)

รูปร่างดักแด้ของแมลงมีหลายแบบ ถ้าแบ่งตามการมีระยางค์ยึดติดกับลำตัวหรือไม่ยึดติดกับลำตัว ดักแด้แมลงหนอนปลอกน้ำจะมีรูปร่างแบบ exarate คือดักแด้มีระยางค์ไม่ยึดติดกับลำตัว ส่วนมากไม่มีปลอกหรือรังไหมหุ้มดักแด้ (ไพฑูรย์, 2527) สัณฐานวิทยาของดักแด้แมลงหนอนปลอกน้ำ Merritt and Cummins (1978) ให้คำอธิบายไว้ว่า ดักแด้จะมีส่วนของ mandible ที่แข็งแรงมาก (รูปที่ 2B) เพื่อใช้ในการกัดปลอกให้ขาดในขณะที่ลอกคราบเป็นตัวเต็มวัย ปีกตรง ขนานกับลำตัว ขาอยู่ด้านล่างเยื้องออกด้านข้างลำตัว ส่วนของ tarsus จะมีขนหนาแน่นกว่าจุดอื่น เพื่อช่วยในการว่ายน้ำ ขณะบินสู่ผิวน้ำ ที่ปล้องท้องจะมีแผ่นหนาม (hook-plate) (รูปที่ 2A) ซึ่งอาจจะมีทั้งด้านหน้า (anterior hook-plate ; ปลายหนามจะชี้ไปด้าน posterior) และด้านท้าย (posterior hook-plate ; ปลายหนามจะชี้ไปด้าน anterior) จะพบในปล้องที่ 5 เท่านั้น ส่วนปล้องอื่นๆ ที่มีแผ่นหนามจะมีเพียงด้านหน้า(anterior hook-plate) เท่านั้น ในบางวงศ์ที่ด้านหลังของท้องปล้องที่ 1 จะมีสันนูนที่มีขน (spined ridge) เกิดขึ้น ในพวกที่ตัวอ่อนมีเหงือกที่ท้อง พอเป็นดักแด้เหงือกจะทับกัน และแบนแนบติดกับลำตัว อาจจะโค้งงอหรือตรง และตำแหน่งของเหงือกจะยังอยู่ตำแหน่งเดิมเหมือนในตัวอ่อน พวกที่มีขนข้างลำตัว (lateral fringe) เมื่อเป็นดักแด้ขนเหล่านี้จะแผ่คลุมปล้องท้องได้หลายปล้อง ปลายสุดของปล้องท้องอาจมีหรือไม่มี anal processe (รูปที่ 2C)

ตัวอย่างดักแด้ เช่น *Lenarchus fuscostramineus* (Limnephilidae) เหงือกที่ด้านหลังของท้องปล้องที่ 2-7 จะมีทั้งด้านหน้าและด้านท้าย ส่วนปล้องที่ 8 จะมีแค่ด้านหน้าเท่านั้น ส่วนเหงือกด้านล่างของท้องปล้องที่ 2-7 จะมีทั้งด้านหน้าและด้านท้าย และด้านข้างของท้องปล้องที่ 2 จะมีเหงือกอยู่ทางด้านหน้า ส่วนปล้องที่ 3 จะมีเหงือกอยู่ท้ายปล้อง ขนข้างลำตัวจะแผ่คลุมด้านข้างจากท้ายปล้องที่ 5 ถึงท้ายปล้องที่ 8 anal processe สั้น เป็นต้น (Nozaki and Ito, 1998)



รูปที่ 2 ส่วนต่างๆ ของระยะดักแด้แมลงหนอนปลอกน้ำ

A : dorsal view and detail of hook-plate

B : frontal view of head

C : ventral view of abdominal segment VIII and IX (ที่มา : Merritt and Cummins,1978)

ตัวเต็มวัย

รูปร่างคล้ายผีเสื้อกลางคืน (moth) ต่างกันที่แมลงหนอนปลอกน้ำจะมีขนที่ปีก แต่ผีเสื้อกลางคืนที่ปีกจะเป็นลักษณะคล้ายสะเก็ด (scale) แทน ขณะที่พักปีกปกคลุมลำตัวในลักษณะที่คล้ายหลังคา (roof-like) ส่วนท้ายสุดของปล้องท้องไม่มีหาง ส่วนหัวยื่นยาว มีหนวดยาวเรียว ปากพัฒนาดีมาก ตัวเมียปีกไม่พัฒนาหรือไม่มีปีก (McCafferty,1981)

ชีวประวัติ (Lift history) ของแมลงหนอนปลอกน้ำ

McCafferty (1981) กล่าวถึงชีวประวัติของแมลงหนอนปลอกน้ำว่า เป็นแมลงที่มีพัฒนาการจากตัวอ่อนเป็นตัวเต็มวัยที่สมบูรณ์ ตัวอ่อนกับตัวเต็มวัยมีความแตกต่างกันมาก แต่ในระยะดักแด้จะมีลักษณะร่วมระหว่างตัวอ่อนกับตัวเต็มวัย วงชีวิตส่วนมากจะมีตัวอ่อน 5 ระยะ และที่มีพัฒนาการครบรอบภายใน 1 ปี (uni-voltine) เช่น *Apatania zonella* (Limnephilidae) (Gislason and Sigfusson, 1986) หรือบางชนิดอาจจะใช้เวลาน้อยจึงทำให้ภายใน 1 ปีสามารถมีวงชีวิตได้หลายรอบ (multi-voltine) เช่น *Anisocentropus maculatus, Ganonema extensum* และ *Georgium japonicum* (Calamoceratidae) (Dudgeon, 1999) แต่บางชนิดอาจจะใช้เวลามากกว่า 1 ปีจึงจะมีพัฒนาการครบ 1 รอบ (semi-voltine) เช่น *Cryptochia pilosa* (Limnephilidae) ที่ต้องใช้เวลา 2 ปีจึงจะมีวงชีวิตครบรอบ (Wisseman and Anderson, 1986) ซึ่งอาจจะมาจากหลายสาเหตุ เช่น แหล่งที่อยู่มีปริมาณน้ำน้อยเกินไป หรือมีปริมาณอาหารไม่เพียงพอ ซึ่งอาหารของตัวอ่อนมีหลายประเภท เช่น ตัวอ่อนของ *Polycentropus variegatus* (Polycentropodidae) ซึ่งดำรงชีวิตแบบผู้ล่า อาหารจะเป็นสัตว์ขนาดเล็ก เช่น ตัวอ่อนของแมลงชีปะขาว (mayflies) หนอนแดง (chironomids) ตัวอ่อนแมลงเกาะหิน (stoneflies) และ Oligochaetes (Wevers and Wisseman, 1986) อาหารของพวกที่สร้างปลอกอยู่กับที่คือ เศษซากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (fine particulate organic matter) แพลงตอนพืช (phytoplankton) แบคทีเรีย (bacteria) ซึ่งอาหารดังกล่าวจะล่องลอยมากับกระแสน้ำแล้วมาติดเส้นใยที่สร้างจากต่อมไหมติดไว้กับปลอก (Wallace, 1974) เมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมตัวอ่อนจะพักตัว ช่วงที่ตัวอ่อนไม่มีการพัฒนาเรียกช่วงนี้ว่า larval dormancy จากตัวอ่อนระยะสุดท้ายจะเปลี่ยนเป็นระยะดักแด้ ซึ่งจะอยู่นิ่งๆ ในปลอกที่สร้างขึ้น เรียกว่า pupal case ซึ่งปลอกนี้จะถูกตรึงให้อยู่กับที่ ระยะเวลาที่ดักแด้จะพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 3 สัปดาห์ เมื่อเป็นตัวเต็มวัยสมบูรณ์จะกัดปลอกแล้วคืบคลาน หรือว่ายน้ำสู่ผิวน้ำ เมื่อเป็นตัวเต็มวัย พวกที่บินได้ไม่คล่องตัวจะพัฒนาการให้วิ่งได้เร็วแทนการบิน ตัวเต็มวัยมีอายุประมาณ 1-2 เดือน บางครั้งอาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าก็ได้ ตัวเต็มวัยจะอาศัยการดูดของเหลวจากพืช

เป็นอาหาร ส่วนมากจะออกหากินตอนกลางคืน (nocturnal or crepuscular) บางครั้งก็พบว่าออกหากินตอนกลางวัน (diurnal) การผสมพันธุ์จะพบบนพื้นดิน หรือพืชที่อยู่ในบริเวณที่อยู่อาศัย การวางไข่จะวางลงในน้ำโดยตรง หรือพื้นดินที่อยู่ใกล้น้ำ หรือวางบนพืชที่อยู่เหนือผิวน้ำ ไข่ที่วางจะเป็นสาย เช่น *Tinodes waeneri* (Psychomyiidae) (Jones, 1974b) หรืออาจเป็นกลุ่ม พวกที่วางไข่บนบกเมื่อไข่ฟักเป็นตัวอ่อน ตัวอ่อนจะคลานสู่น้ำเองโดยตรง หรืออาจจะมีปัจจัยอื่นช่วยเช่น น้ำฝน เป็นต้น ในขณะที่อยู่ในน้ำตัวอ่อนจะหายใจทางผิวหนัง (hydropneustic) ในพวกที่มีเหงือกจะใช้เหงือกหายใจ การควบคุมสมดุลย์เกลือแร่ในร่างกายจะอาศัย papillae ที่ท้องปล้องท้ายสุดหรือ chloride epithelia บริเวณท้องปล้องที่ 2-7

แมลงหนอนปลอกน้ำกับคุณภาพน้ำ

Abel (1989) ระบุถึงข้อดีของการใช้กลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ เพื่อเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่จะใช้บ่งบอกคุณภาพน้ำคือ

1. มีความหลากหลาย ซึ่งเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมแล้ว น่าจะมีกลุ่มที่จะตอบสนองต่อปรากฏการณ์นั้น

2. การเคลื่อนที่มีไม่มาก และมีวงชีวิตที่ยาว ซึ่งเหมาะกับการที่จะนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

3. จัดจำแนกง่าย

4. การเก็บตัวอย่างทำได้ง่ายไม่ยุ่งยาก ดัดแปลงพัฒนาให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ได้ง่าย

เมื่อกล่าวถึงคำว่าสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่หรือ macroinvertebrates มักจะหมายถึง กลุ่มแมลงน้ำ ซึ่งในกลุ่มแมลงน้ำทั้งหมด 10 อันดับ (McCafferty, 1981) แมลงหนอนปลอกน้ำ (order Trichopera) สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพน้ำไหลได้ดีมากกลุ่มหนึ่ง เพราะถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเกิดขึ้นกับแหล่งน้ำสัตว์เหล่านี้จะแสดงลักษณะบางอย่างที่ผิดปกติออกมาให้เห็น (Nielson, 1974) เช่น ในแม่น้ำที่ Jutland มีการตั้งฟาร์มเลี้ยงปลาเทร้า (*Salmo gairdneri*) มากคือ ประมาณ 800 ฟาร์ม ของเสียจากการขับถ่ายของปลาจึงมีมาก เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดมลพิษขึ้นในแม่น้ำดังกล่าว เมื่อมีการสำรวจกลุ่มสัตว์หน้าดินพบว่า เมื่อเกิดมลพิษในระดับหนึ่งจะมีผลให้ *Oligoplectrum maculatum* และ *Hydropsyche angustipennis* มีประชากรหนาแน่น แต่เมื่อมลพิษมีความรุนแรงมากขึ้นจะไม่พบแมลงหนอนปลอกน้ำทั้ง 2 ชนิดนี้เลย แต่จะพบริ้นดำ (*Simulium equinum* และ *S. ornatum*)

เข้ามาแทนที่ ซึ่งริ้นดำทั้ง 2 ชนิดนี้จะกินแบคทีเรียเป็นอาหาร และทนต่อสภาพที่มีออกซิเจนต่ำได้ดี ในแม่น้ำ Lindenborg Aa จะพบตัวอ่อนของ *Anabolia nervosa* Leach. *Halesus digitus* Schr. และ *Potamophylax latipennis* Curt. แต่พบว่าจะตายทั้งหมดเมื่อเป็นดักแด้ สาเหตุจากการมีตะกอนดินเหนียวมากเกินไป ตัวอ่อนที่พบน่าจะเกิดมาจากตัวเต็มวัยที่บินมาจากบริเวณใกล้เคียง (Nielsen, 1974)หรือในแม่น้ำ Meuse ที่มีทองแดงปนเปื้อนในปริมาณที่สูง คือ 60 µg/L จะไม่มีผลให้ตัวอ่อนระยะแรก (first instar) ของ *Hydropsyche angustipennis* ตายอย่างเฉียบพลัน แต่ถ้ามี diazinon (organophosphate insecticide) เพียง 1 µg/L ก็จะมีผลให้ตัวอ่อนระยะที่ 1 ของ *Hydropsyche angustipennis* ตายอย่างเฉียบพลันได้ (Geest *et al.*, 1998) นอกจากนี้ยังพบว่า *Limnocentropus auratus* และ *Limnocentropus sammuanensis* มีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีบางประการของน้ำ เช่น ค่าความสามารถในการนำไฟฟ้า อุณหภูมิน้ำและอากาศ เป็นต้น (สมจิตร์, 2541) นอกจากคุณภาพน้ำดังกล่าวแล้วยังมีอีกหลายอย่างที่เป็นปัจจัยในการกระจายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในลำธาร-แหล่งน้ำผุด ปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือความเร็วของกระแสน้ำ อุณหภูมิน้ำรวมทั้งผลของระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลและฤดูกาล ลักษณะของพื้นท้องน้ำ ลักษณะของพืชพรรณรอบแหล่งน้ำ สารละลายในน้ำ และปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ระยะเวลาการขาดน้ำหรือฤดูน้ำหลาก อาหาร การแก่งแย่งระหว่างชนิด การเกิดร่มเงา (shade) และการกำหนดของลักษณะทางภูมิศาสตร์อื่นๆ (Ricker, 1934 และ Bergetal, 1948 อ้างโดย Hynes,1970) Kocharina (1997) ศึกษาลักษณะโครงสร้างของชุมชน (community) ของแมลงหนอนปลอกน้ำในแม่น้ำทางตอนใต้ของ Primorye พบว่ามีแมลงหนอนปลอกน้ำในบริเวณที่ศึกษาทั้งหมด 41 taxa จาก 14 family ค่า similarity ระหว่างจุดที่ศึกษามีค่าสูงมากโดยมีกลุ่มชุมชนของแมลงหนอนปลอกน้ำมากเท่า ๆ กัน การใช้มวลชีวภาพบ่งบอกความเด่น พบว่า collecters-filterers, scrapers และ predators พบเป็นกลุ่มที่เด่นที่สุดในกลุ่มของแมลงหนอนปลอกน้ำ ต่างจากพวก shredders ซึ่งจะลดปริมาณลงเมื่อปริมาณสารอินทรีย์ที่นำเข้ามาในระบบ (allochthonous)ลดลง การมีความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำ ทั้งจำนวนชนิดและปริมาณในแต่ละชนิดจะมีความสัมพันธ์กันในระดับสารอาหาร ซึ่งบ่งบอกให้ทราบว่า ระบบนิเวศในแม่น้ำที่ศึกษามีความเสถียรสูง

สำหรับในประเทศไทย ข้อมูลเกี่ยวกับแมลงหนอนปลอกน้ำที่มีส่วนมากเป็นข้อมูลการศึกษาในระยะตัวเต็มวัย เช่น Malicky and Chantaramongkol (1998) รายงานการพบระยะตัวเต็มวัยของแมลงหนอนปลอกน้ำในประเทศไทยว่า มีถึง 491 ชนิด และมี 3 วงศ์ที่ศึกษาได้ยัง

ไม่สมบูรณ์ คือ Hydroptilidae Hydropsychidae และ Leptoceridae นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับแมลงหนอนปลอกน้ำทางภาคเหนือของไทย เช่น สมจิตร์ (2541) ศึกษาแมลงหนอนปลอกน้ำในลำธารห้วยทรายเหลืองและห้วยสบแอบ บนอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ลำธารห้วยทรายเหลืองพบระยะตัวเต็มวัย 109 ชนิด ซึ่งมีความหลากหลายสูงกว่าลำธารห้วยสบแอบที่พบเพียง 55 ชนิด Chantaramongkol *et al.* (1998) พบว่า ในลำธารห้วยกู่ขาวบริเวณสวนสัตว์เชียงใหม่ มีแมลงหนอนปลอกน้ำอย่างน้อย 68 ชนิด ซึ่งก่อนหน้านี้ Chantaramongkol and Malicky (1997) พบแมลงหนอนปลอกน้ำบนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ - ปุย 131 ชนิด และเมื่อแตงอ่อน (2542) ทำการศึกษาแมลงหนอนปลอกน้ำบนอุทยานฯดอยสุเทพ-ปุย พบว่ามีแมลงหนอนปลอกน้ำ 153 ชนิด ซึ่งจะกระจายตามระดับความสูง และพบว่าวงศ์ Odontoceridae และ Polycentropodidae มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีมากที่สุด ส่วนวงศ์ Rhyacophilidae, Xiphocentronidae, Leptoceridae และ Helicopsychidae ไม่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำเลย

การศึกษาเกี่ยวกับตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในประเทศไทยนั้น Malicky (1998) ศึกษาตัวอ่อนของ *Ugandatrichia* spp. พบว่า *U. maliwan* (Mal & Chant.1991) จะอยู่ในบริเวณที่น้ำเชี่ยว พื้นท้องน้ำเป็นหินแกรนิตขนาดใหญ่ ตัวอ่อนระยะสุดท้ายเท่านั้นที่จะสร้างปลอกซึ่งปลอกจะคล้ายทรงกระบอก แบน มีขนาดใหญ่ ในระยะดักแด้ปลอกที่หุ้มตัวจะมีผิวเรียบ ส่วนใน *U. kerdmuang* (Mal & Chant.1991) นั้นจะชอบอยู่ในบริเวณที่น้ำไหลเอื่อยๆ และสร้างปลอกที่มีลักษณะคล้ายถุง ผิวของปลอกมีโครงสร้างลักษณะคล้ายแปลงหรือขนสัตว์อยู่อย่างหนาแน่น ปลอกมีช่องเปิดขนาดใหญ่อยู่ด้านหน้าเพียงช่องเดียว ด้านล่างของปลอกจะมีช่องว่างเล็กๆอยู่มาก และให้รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะแต่ละระยะของตัวอ่อนไว้ด้วย เมื่อศึกษาเกี่ยวกับชีวประวัติ(Life history) ของ *U. maliwan* (Mal & Chant.1991) แล้วพบว่าเป็นแบบไม่มีฤดูกาลแน่นอน(non-seasonal) โดยพบตัวเต็มวัยและดักแด้ทุกเดือนที่ทำการศึกษา และอาหารของตัวอ่อนคือ diatom (Thani, 1998) ในการศึกษาเพื่อระบุชนิดของตัวอ่อนนั้นต้องอาศัยการเชื่อมโยงระหว่างระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัย (นฤมลและคณะ, 2542) ต่อมามีการศึกษาเพื่อเชื่อมโยงตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของวงศ์ Hydropsychidae ในห้วยพรมแล้งและห้วยหญ้าเครือ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว พบตัวอ่อน 7 สกุล 9 ชนิด และสามารถเชื่อมโยงได้ 6 ชนิด คือ *Diplectona* sp. 1, *Hydropsyche* (*Ceratopsyche*) sp. 1, *Hydropsyche* (*Ceratopsyche*) sp.2, *Hydatomanicus klanlkini*, *Macrostemum fenestratum* และ *Pseudoleptonema supalak* (ศุภลักษณ์และคณะ, 2542)