แมลง INSECTS

รศ.ดร. จุฑารัตน์ อรรถจารุสิทธิ์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2 5 4 6

501302343O1

170.-

คำนำ

ความรู้เรื่องแมลงเป็นเรื่องกว้าง และมีวิทยาการใหม่เพิ่มขึ้นมากมาย รวมทั้งเทคโนโลยีการบริหารจัดการศัตรูพืชที่เปลี่ยนไปตามความจำเป็นและสมัยนิยม ในศตวรรษนี้ ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกให้ความสนใจในเรื่องการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมควบคู่กับการอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม ซึ่งในด้านการเกษตรหมายถึงการทำการเกษตรแนวใหม่ที่ปลอดจากพิษสารเคมี การพัฒนาการเกษตรแบบยั่งยืน การปลูกพืชแบบไร้ดิน เกษตรอินทรีย์ รวมทั้งการดัดต่อพันธุกรรมพืชให้ต้านทานต่อโรคและแมลง เป็นต้น ผู้เขียนเห็นว่า น่าจะมีหนังสือที่รวบรวมเอาองค์ความรู้เฉพาะส่วนที่จำเป็น ตั้งแต่พื้นฐานไปจนถึงการใช้เทคโนโลยีการจัดการ ซึ่งเป็นทั้งศิลปและวิทยาศาสตร์ประยุกต์มาเรียบเรียงต่อเนื่องกันไป น่าจะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจ จึงได้เขียนหนังสือเล่มนี้ขึ้นโดยในส่วนแรกเป็นเรื่องบทบาทและความสำคัญของแมลงในสิ่งแวดล้อมในแง่มุมต่าง ๆ เช่น การปรับตัวของแมลง ความสัมพันธ์ของแมลงและพืชอาหาร แมลงกับการเกษตร แมลงกับการแพทย์และสาธารณสุข รวมทั้งชีวิตความเป็นอยู่ของแมลงในธรรมชาติ เช่น การกิน การอยู่ การเจริญเติบโต การเคลื่อนไหว การรับสัมผัส การผสมพันธุ์ ฯลฯ ทำให้ผู้อ่านได้เพลิดเพลิน และได้รับความรู้ไปพร้อม ๆ กัน ส่วนเนื้อหาสาระที่เป็นกลุ่มพื้นฐาน เช่น การจัดจำแนกหมวดหมู่ของแมลง และลักษณะโครงสร้างของแมลงแต่ละกลุ่ม ก็ยังคงไว้แต่พอสังเขปเพียงระดับหนึ่งที่จำเป็นสำหรับผู้ต้องการรู้ แต่ไม่ต้องการรายละเอียดที่ลึกมาก และส่วนสุดท้ายเป็นเรื่องของการแนะนำให้รู้จักแมลงที่สำคัญทางเศรษฐกิจของพืชบางชนิด และความรู้เรื่องแมลงศัตรูสัตว์ ซึ่งพบทั่วไปในชีวิตประจำวัน ปิดท้ายด้วยวิธีป้องกันกำจัดแมลง ภูมิปัญญาท้องถิ่น และเทคโนโลยีการบริหารศัตรูนั้น ซึ่งมีทั้งเทคโนโลยีและตัวอย่างกรณีศึกษาจากต่างประเทศและในประเทศที่ประสบผลสำเร็จ

ผู้เขียนคิดว่าหนังสือเล่มนี้ น่าจะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจเรื่องแมลง เพราะได้รวบรวมเอาประเด็นพื้นฐานไว้พอสมควร หากเห็นว่าเป็นประโยชน์ ผู้เขียนขออนุโมทนาและขออุทิศคุณประโยชน์ส่วนนี้ให้แก่ บิดา มารดา ครู อาจารย์ ผู้ประสิทธิประสาทความรู้ทั้งปวงให้แก่ผู้เขียนทั้งในอดีตและปัจจุบัน และโดยเฉพาะอย่างยิ่งแก่สามีผู้เสียชีวิตในขณะที่กำลังเขียนหนังสือเล่มนี้ หากมีข้อผิดพลาดก็ขอโปรดได้แนะนำ และให้อภัย

จุฑารัตน์ อรรถจารุสิทธิ์

มกราคม 2546

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

QL
463
จ73ม8
2549
ฉ.3
Call No. .....
วัน เดือน ปี 13 มิ.ย. 2551
เลขทะเบียน ... B5009627

สารบัญเรื่อง

	หน้า
คำนำ	i
สารบัญเรื่อง	ii
สารบัญภาพ	xiv
สารบัญตาราง	xix
บทที่ 1 บทบาทและความสำคัญของแมลง (Insect roles and their importance)	1
1.1 บทบาทแมลงในระบบนิเวศน์ (insect roles in ecology)	3
1.1.1 ชนิด ขนาด และจำนวนของแมลง (species richness)	4
1.1.2 การปรับตัวของแมลง (insect adaptation)	6
1.1.3 แมลงและพืชอาหาร (insect and host plant)	8
1.1.4 แมลงในระบบลูกโซ่อาหาร การย่อยสลาย และการหมุนเวียนของแร่ธาตุ (insect in food chain, decomposition and nutrient cycle)	12
1.2 บทบาทของแมลงในการเกษตร (insect roles in agriculture)	15
1.3 บทบาทของแมลงในการแพทย์ และสาธารณสุข (insect roles in medical and public health)	21
1.4 บทบาทของแมลงในธุรกิจอุตสาหกรรมและสังคม (insect roles in industrial business and society)	23
บทที่ 2 แมลงคืออะไร? (What are insects?)	30
2.1 ลักษณะทั่วไป (general character)	30
2.2 กำเนิดและวิวัฒนาการ (origin and evolution)	30
2.2.1 Paranotal theory (exite-endite theory)	30
2.2.2 Tracheal gill theory	32
2.3 ลักษณะภายนอกและหน้าที่ (external characters and function)	36
2.3.1 ผิวของลำตัวแมลง (insect integument)	36
2.3.2 หัว (head)	39
1) ตาเดี่ยว (simple eyes หรือ ocelli)	40
2) ตารวมหรือตาประกอบ (compound eyes)	40
3) หนวด (antennae)	40

4) ปาก (mouth parts) 43
2.3.3 อก (thorax) 46
1) ขา (legs) 46
(1) โครงสร้างของขา (leg structure) 47
(2) ชนิดของขา (types of legs) 48
2) ปีก (wing) 50
(1) โครงสร้างของปีก (wing structure) 50
(2) ชนิดของปีก (types of wings) 52
(3) รูหายใจส่วนอก (thoracic spiracles) 53
(4) เหงือก (thoracic gills) 53
2.3.4 ท้อง (abdomen) 53
1) การเปลี่ยนแปลงและระยางค์ปล้องท้อง (changes and abdominal appendages) 53
2.4 ระบบอวัยวะภายในและหน้าที่ (internal system and function) 56
2.4.1 ระบบกล้ามเนื้อ (muscular system) 56
2.4.2 ระบบประสาท (nervous system) 60
1) ส่วนประกอบและหน้าที่ของระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) 60
2) ส่วนประกอบและหน้าที่ของ visceral nervous system หรือ sympathetic nervous system 60
3) ส่วนประกอบและหน้าที่ของ peripheral nervous system 62
4) การสื่อสารของ neuron (synaptic transmission) 63
5) ต่อมมีท่อและต่อมไร้ท่อ (exocrine and endocrine glands) 64
(1) ต่อมมีท่อ (exocrine glands) 64
(2) ต่อมไร้ท่อ (endocrine glands) 64
2.4.3 ระบบหมุนเวียนโลหิต (circulatory system) 67
2.4.4 ระบบหายใจ (respiratory system) 68
1) ส่วนประกอบของระบบหายใจ (compartment of respiratory system) 68
2) ประเภทของระบบหายใจ (types of respiratory system) 68
2.4.5 ระบบย่อยอาหาร (digestive system) 71
1) ส่วนหน้า (foregut หรือ stomodeum) 71
2) ส่วนกลาง (midgut หรือ mesenteron) 71

3) ส่วนหลัง (hindgut หรือ proctodeum) 72
4) ไขมันในช่องท้อง (fat body) 72
2.4.6 ระบบขับถ่าย (excretory system) 73
1) Osmoregulation 73
2) cryptonephric system 75
2.4.7 ระบบสืบพันธุ์ (reproductive system) 75
1) ระบบสืบพันธุ์ของเพศเมีย (female reproductive system) 75
2) ระบบสืบพันธุ์ของเพศผู้ (male reproductive system) 75
3) ชนิดและแบบของการสืบพันธุ์ (types of reproduction) 76

บทที่ 3 การจำแนกแมลง (Insect classification) 78
3.1 การตั้งชื่อแมลงที่เป็นสากล (insect nomenclature) 78
3.2 การจัดกลุ่มแมลง (insect taxa) 80
3.3 ลักษณะประจำ Order แมลง (insect Order characteristics) 82
3.3.1 Subclass Apterygota 82
1) Order Protura (proturans) 82
2) Order Thysanua (แมลงสามง่าม bristletails, firebrat) 84
3) Order Collembola (แมลงหางดีด springtails) 84
4) Order Diplura (diplurans) 84
3.3.2 Subclass Exopterygota 84
5) Order Ephemeroptera (แมลงชีปะขาว mayflies) 84
6) Order Odonata (แมลงปอ dragonflies และแมลงปอเข็มหรือ แมลงปอน้ำตก damselflies) 85
7) Order Orthoptera (ตั๊กแตน grasshoppers จิ้งหรีด crickets ตั๊กแตนตำข้าว mantids ตั๊กแตนกิ่งไม้ walking sticks แมลงสาบ cockroaches แมลงกระชอน mole crickets จิ้งโกร่ง tree crickets หรือ cave (camel) crickets แมลงกระชอนแคระ pygmy mole crickets ตั๊กแตนแคระ pygmy grasshoppers 86
8) Order Isoptera (ปลวก termites) 87
9) Order Plecoptera (แมลงติดหิน stoneflies) 88

10) Order Dermaptera (แมลงหางหนีบ earwigs) 89
11) Order Embioptera (webspinners) 90
12) Order Psocoptera (เหาหนังสือ booklice) 90
13) Order Zoraptera (zorapterans) 90
14) Order Mallophaga (เหานก bird lice และไรไก่ chewing lice) 91
15) Order Anoplura (เหาคน sucking lice, โลน body lice หรือcrab (human pubic) lice 91
16) Order Thysanoptera (เพลี้ยไฟ thrips) 92
17) Order Hemiptera (มวน bugs) 92
18) Order Homoptera (เพลี้ยจักจั่น leafhoppers เพลี้ยกระโดด planthoppers จักจั่น cicadas เพลี้ยอ่อน aphids แมลงหวี่ขาว whiteflies เพลี้ยหอย scale insects และเพลี้ยแป้ง mealy bugs, wooly aphids) 94

3.3.2 Subclass Exdopterygota 95
19) Order Neuroptera (แมลงช้าง dobsonflies, lacewings หรือ antlions) 95
20) Order Coleoptera (ด้วง beetles) 96
21) Order Strepsiptera (แมลงปีกบิด stylopids หรือ twisted winged parasites) 97
22) Order Mecoptera (แมลงแมงป่อง scorpionflies หรือ hanging flies) 97
23) Order Trichoptera (แมลงหนอนปลอกน้ำ caddishflies) 97
24) Order Siphonaptera (หมัด flea) 97
25) Order Diptera (แมลงวัน flies) 97
26) Order Lepidoptera (ผีเสื้อ butterflies และ moths) 99
27) Order Hymenoptera (ผึ้ง ต่อ แตน bees และ wasps) 100

บทที่ 4 ชีวิตและความเป็นอยู่ของแมลง (Insect life) 102
4.1 การกิน (eating behavior) 102
4.1.1 detritivory (detritivorous insects) 102
4.1.2 saprophygy (saprophagous insects.) 103
4.1.3 xylophagy (xylophagous insects) 103
4.1.4 fungivory (microphages หรือ fungivorous insects) 104

4.1.5 aquatic feeders 104
4.1.6 phytophagy (herbivory หรือ phytophagous insects) 105
4.1.7 cornivory (cornivorous insects) 105
1) แมลงตัวห้ำ (predators) 105
2) แมลงตัวเบียน (parasites) 105
4.2 ที่อยู่ของแมลง (habitat) 106
4.2.1 terrestrial insects 106
4.2.2 aquatic insects 107
4.2.3 semi-aquatic (semi-terrestrial) insects 107
4.3 การเจริญเติบโตของแมลง (metamorphosis)
4.3.1 ประเภทของการเจริญเติบโต (types of metamorphosis) 108
1) Ametabolous (without metamorphosis) 108
2) Paurometabolous (gradual metamorphosis) 109
3) Hemimetabalous (gradual metamorphosis) 110
4) Holometabolous (simple หรือ direct หรือ incomplete metamorphosis) 111
5) Hypermetabolous (complete metamorphosis) 112
4.3.2 ประเภทตัวอ่อนของแมลง (types of larvae) 113
1) แบ่งตามลักษณะและจำนวนขา 113
(1) พวกขาโบราณ (protopods หรือ protopodous larvae) 113
(2) พวกไม่มีขา (apods หรือ apodous หรือ vermiform larvae) 113
(3) พวกมีขา 3 ขา (oligopods หรือ oligopodous larvae) 113
(4) พวกมีขาหลายขา (polypods หรือ polypodous larvae) 113
2) แบ่งตามลักษณะของลำตัว 113
(1) Compodeiform 113
(2) Eruciform 113
(3) Scarabeiform 113
(4) vermiform 114
4.3.3 ประเภทดักแด้ของแมลง (types of pupae) 115
1) exarate pupae 115
2) obtect pupae 115
3) coarctate pupae 115

4.4 การเคลื่อนไหวของแมลง (insect locomotion) 116
4.4.1 การกระโดด (jumping) 116
1) กระโดดโดยใช้แรงดีดของขา 116
2) กระโดดโดยใช้อวัยวะพิเศษ 116
4.4.2 การเดิน (walking) 116
4.4.3 การคืบหรือคลาน (crawling) 116
4.4.4 การบิน (flying) 117
4.5 การรับสัมผัส (sense reception) 118
4.5.1 การมองเห็น (visualization หรือ photoreception) 118
4.5.2 การรับแรงสะเทือน (vibration หรือ mechanoreception) 119
4.5.3 การรับเสียง (sound reception) 119
4.5.4 การรับกลิ่นและรส (chemoreception) 119
4.5.5 การรับความชื้น (hygroreception) 121
4.5.6 การรับอุณหภูมิ 122
4.6 การทำเสียง (sound production)
4.6.1 ใช้อวัยวะต่างๆ หรือใช้ปีกกระพือบิน 122
4.6.2 ใช้ปีกสีกัน 123
4.6.3 ใช้ปีกสีกับขา 123
4.6.4 ใช้อวัยวะทำเสียง 123
4.7 การดึงดูดเพศตรงข้ามและการผสมพันธุ์ (sex attraction and mating) 124
4.7.1 การใช้เสียง (sound production) 124
4.7.2 การใช้สารล่อทางเพศหรือกลิ่นเพศ (sex pheromone) 124
4.7.3 การให้ของขวัญ (presenting) 124
4.7.4 การผสมพันธุ์ (mating) 125
4.8 การป้องกันตัว (self defense) 127
4.8.1 การปลอมตัว (mimicry) 127
1) ให้มีลักษณะกลมกลืนกับธรรมชาติ 127
2) ลอกเลียนแบบให้มีลักษณะเหมือนแมลงชนิดที่มีพิษต่อศัตรู 128
3) การเปลี่ยนสีและรูปร่างตามฤดูกาลเพื่อไม่ให้ศัตรูจำได้ 129
4.8.2 การทำให้ศัตรูตกใจกลัว (frightening mechanism หรือ startle display) 129
4.8.3 การต่อสู้ด้วยกำลังและสารเคมี 130

4.9 การอยู่อย่างแมลงสังคม (social insects) 132
4.9.1 แมลงพวก Sub-social 132
4.9.2 แมลงพวก Eusocial 132
1) ผึ้ง (honey bees) 132
(1) ผึ้งแม่รัง (queen) 132
(2) ผึ้งตัวผู้ (drone) 133
(3) ผึ้งงาน (worker) 133
2) ปลวก (termites) 134
(1) วรรณะที่ขยายพันธุ์ (reproductive castes) 134
(2) วรรณะของผู้ทำงาน (working castes) 134

บทที่ 5 แมลงศัตรูพืชที่สำคัญ (Important plant insect pests) 136
5.1 ประเภทของแมลงศัตรูพืชแบ่งตามกลุ่มพืช (crop commodity) 136
5.1.1 แมลงศัตรูพืชไร่ (agronomical หรือ field crop insect pests) 136
5.1.2 แมลงศัตรูพืชสวน (horticultural crop insect pests) 136
5.1.3 แมลงศัตรูพืชอุตสาหกรรม (industrial crop insect pests) 137
5.1.4 แมลงศัตรูในโรงเก็บ (storage insect pests) 137
5.2 ประเภทของแมลงศัตรูแบ่งตามส่วนของพืชที่ถูกทำลาย 137
5.2.1 แมลงศัตรูในดินกินรากหรือโคนต้น (soil insects) 137
5.2.2 แมลงศัตรูเจาะลำต้นหรือกิ่งก้าน (stem borers) 138
5.2.3 แมลงศัตรูกินใบ (leaf feeders) 138
5.2.4 แมลงศัตรูกินดอก ช่อดอกและผล หรือเจาะผล (flower and fruit feeders or borers) 138
5.2.5 แมลงศัตรูในโรงเก็บ (storage insect pests) 139
5.3 ประเภทของแมลงศัตรูแบ่งตามการระบาด 139
5.3.1 แมลงศัตรูที่มีการระบาดแบบครั้งคราวหรือชั่วคราว (sporadic outbreak) 139
5.3.2 แมลงศัตรูที่มีการระบาดเป็นประจำ (chronic outbreak) 139
5.4 รายละเอียดของแมลงศัตรูที่สำคัญและการป้องกันกำจัด 140
5.4.1 แมลงศัตรูข้าว (rice insect pests) 140
1) เพลี้ยไฟข้าว (rice thrips, *Stinochaetothrips biformis*) 140

2) หนอนกอข้าว (rice stem borers) 140

5.4.2 แมลงศัตรูข้าวโพด (corn insect pests) 141

1) มอดดิน (ground weevil, *Calomycterus sp.*) 141

2) หนอนกระทู้หอม (beet armyworm, *Spodoptera exigua*) 141

3) หนอนเจาะลำต้นข้าวโพด (Asiatic corn stalk borer, *Ostrinia furnacalis*) 142

5.4.3 แมลงศัตรูอ้อย (sugarcane insect pests) 142

1) หนอนกออ้อย (sugarcane stem borers) 142

2) ด้วงหนวดยาวอ้อย (stem boring grub, *Dorystenes buqueti*) 143

3) ปลวก (termite, *Odontotermes takensis*) 143

5.4.4 แมลงศัตรูยาสูบ (tobacco insect pests) 143

1) แมลงหวี่ขาวยาสูบ (tobacco or sweet potato whitefly, *Bemesia tabaci*) 143

2) หนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน (American cotton bollworm, *Helicoverpa (Heliothis) armigera*) และหนอนผีเสื้อยาสูบ (*H. assulta*) 144

5.4.5 แมลงศัตรูฝ้าย (cotton insect pests) 144

1) เพลี้ยจักจั่นฝ้าย (cotton leafhopper, *Amarasca biguttula*) 144

2) หนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน (American cotton bollworm (*Helicoverpa (Heliothis) armigera*) 145

5.4.6 แมลงศัตรูผัก (vegetable insect pests) 145

1) หนอนใยผัก (diamond back moth, *Plutella xylostella*) 145

2) หนอนกระทู้ผักและหนอนกระทู้หอม (common cutworm, *S. litura* และ beet armyworm, *S. exigua*) 146

5.4.7 แมลงศัตรูส้ม (citrus insect pests) 147

1) หนอนชอนใบส้ม (citrus leaf miner, *Phyllocnistis citrella*) 147

2) เพลี้ยไก่แจ้ส้ม (citrus psyllid, *Diaphorina citri*) 147

5.4.8 แมลงศัตรูทุเรียน (durian insect pests) 147

1) เพลี้ยไก่แจ้ทุเรียน (durian psyllid, *Allocaridara malayensis*) 147

2) หนอนเจาะเมล็ดทุเรียน (durian seed borer, *Mudaria magniplaga*) 148

5.4.9 แมลงศัตรูลำไย (longan insect pests) 148

1) มวนลำไยหรือมวนลิ้นจี่ (longan stind bug, *Tessaratoma papillosa*) 149
5.4.10 แมลงศัตรูกล้วยไม้ (orchid insect pests) 149
1) เพลี้ยไฟฝ้าย (cotton thrips, *Thrips palmi*) 149
2) หนอนกระทู้หอม (beet armyworm หรือ onion cutworm, *Spodoptera exigua*) 149

บทที่ 6 แมลงศัตรูสัตว์ที่สำคัญ (Important animal insect pests) 152
6.1 ยุง (mosquito, O. Diptera : F. Culicidae) 152
6.1.1 Subfamily Toxorhynchitinae 152
6.1.2 Subfamily Anophelinae 152
1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย 152
2) การผสมพันธุ์ และสร้างไข่ 153
6.1.3 Subfamily Culicinae 153
1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย 154
6.2 ริ้นน้ำเค็ม ปิ่ง (biting midge, O. Diptera : F. Ceratopogonidae) 154
6.3 แมลงวันเทสซี (tsetse fly, O. Diptera : F. Glossinidae) 155
1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย 156
6.4 แมลงวันบ้าน แมลงวันคอก (house fly, O. Diptera : F. Musciddae) 157
6.4.1 Subfamily Muscinae (แมลงวันบ้าน house fly) 157
1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย 157
6.4.2 Subfamily Stomoxinae (แมลงวันคอก bush fly) 157
1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย 158
6.4.3 Subfamily Fanniinae 158
6.5 แมลงวันเนื้อสด (flesh fly, O. Diptera : F. Sarcophagidae) 158
และแมลงวันหัวเขียว (blow fly, O. Diptera : F. Calliphoridae)
1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย 158
6.6 เหลือบ (horse fly, deer fly, cleg, O. Diptera : F.Tabanidae) 160
1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย
6.7 หมัด (flea, O. Siphonaptera) 161
1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย 161

6.8 เรือด (bed bug, O. Hemiptera : F. Cimicidae) 162
1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย 162
6.9 เหาคน และโลน (sucking lice, body and head lice, O. Anoptura : F. Pediculidae) 163
1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย 163
6.10 เหาสัตว์ (chewing lice, O. Mallophaga : F. Boopidae, F. Monopidae) 163
6.11 ศัตรูที่คล้ายแมลงแต่ไม่ใช่แมลง 164

บทที่ 7 วิธีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช (Insect control measures) 166
7.1 วิธีเขตกรรม (cultural control) 166
7.1.1 ข้าว (rice) 167
7.1.2 ข้าวโพด (corn) 169
7.1.3 ข้าวฟ่าง (sorghum) 170
7.1.4 ผัก (vegetables) 170
7.1.5 ถั่วเหลือง (soybean) 171
7.1.6 ยาสูบ (tobacco) 171
7.2 วิธีกลและวิธีกายภาพ (mechanical and physical control) 171
7.2.1 โรงเก็บผลิตผลการเกษตร (agricultural product storage) 171
7.2.2 ปาล์มน้ำมัน (oil palm) 172
7.2.3 ข้าวฟ่าง (sorghum) 172
7.2.4 มะม่วง (mango) 172
7.2.5 ผักตระกูลกะหล่ำ (crucifers) 173
7.3 การใช้พันธุ์ต้านทาน (plant resistance) 173
7.3.1 พืชดัดต่อพันธุกรรมหรือพืชจำลองพันธุ์ (transgenic plants) 174
7.3.2 อ้อย (sugarcane) 174
7.3.3 ข้าวฟ่าง (sorghum) 174
7.3.4 ข้าวโพด (corn) 175
7.3.5 ข้าว (rice) 175
7.3.6 ฝ้าย (cotton) 176
7.4 วิธีการทำหมัน (sterility หรือ autocidal method) 177
7.5 วิธีทางกฎหมาย (legal control) 177
7.5.1 สิ่งต้องห้าม (prohibited materials) 178

7.5.2 สิ่งกำกับ (restricted materials) 178

7.5.3 สิ่งไม่ต้องห้าม (non-prohibited materials) 178

7.6 วิธีชีวภาพหรือชีววิธี (biological control) 185

7.6.1 การใช้สัตว์มีกระดูกสันหลังเป็นตัวห้ำ (predaceous vertebrate animals) 186

7.6.2 การใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและแมลงเป็นตัวห้ำ 186
(predaceous invertebrate animals and insects)

7.6.3 การใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและแมลงเป็นตัวเบียน 188
(parasite invertebrate animals and insects)

7.6.4 การใช้เชื้อจุลินทรีย์และสารจุลินทรีย์ฆ่าแมลง 189
(microbial organisms and microbial insecticides)

7.6.5 ข้อดีและข้อเสียของการควบคุมทางชีวภาพ 192
(advantages and disadvantages of biological control)

7.6.6 องค์การระหว่างประเทศและในประเทศที่มีบทบาท 193
ในเรื่องการควบคุมทางชีวภาพ

7.7 การควบคุมโดยใช้สารเคมีฆ่าแมลง (chemical control) 194

7.7.1 คำศัพท์ทางเทคนิค (technical terminology) 194

7.7.2 รูปแบบของสารฆ่าแมลง (pesticide formulations and their codes) 197

7.7.3 ประเภทของสารเคมีฆ่าแมลง (types of insecticides) 200

1) แบ่งตามทางเข้า (mode of entry) 200

2) แบ่งตามระดับความเป็นอันตรายหรือความเป็นพิษ (levels of toxicity) 201

3) แบ่งตามปฏิกิริยา (mode of actions) 203

4) แบ่งตามส่วนประกอบทางเคมีภัณฑ์ (chemical compositions) 203

7.8 ภูมิปัญญาชาวบ้าน (indigenous technology) 210

7.8.1 พืชที่มีสารฆ่าแมลง (insecticidal plants) 211

7.8.2 การใช้สารจากสัตว์ (animal product insecticide) 215

7.8.3 เหยื่อล่อและกับดัก (lures and traps) 215

7.8.4 กับดักแสงไฟ (light traps) 215

7.8.5 การใช้แป้ง (starch) 215

7.8.6 การใช้ขี้เถ้า (ash) 217

7.8.7 การใช้เสียงขับไล่ (noise chasing) 217

7.8.8 การใช้มดแดง (red-ant nest) 218

7.8.9 การใช้รังนก (bird nest) 218
7.8.10 เจาะต้นไม้ใส่ถ่านแก๊ส (gas charcoal in plant stem) 218

บทที่ 8 เทคโนโลยีการบริหารศัตรูพืช (Integrated pest management technology) 219
8.1 สาเหตุที่ทำให้เกิดมีการบริหารศัตรูพืช (origin of integrated pest management) 219
8.2 ความหมายและแนวคิดเรื่องการบริหารศัตรูพืช 221
(definitions and concepts of pest management)
8.3 ขั้นตอนการบริหารศัตรูพืช (steps of IPM) 223
8.3.1 ระยะการสำรวจและศึกษา (survey and study phase) 223
8.3.2 ระยะทำการทดลอง (experimental phase) 223
8.3.3 ระยะการสร้างแบบหุ่นจำลอง (modeling phase) 224
8.3.4 ระยะการตัดสินใจป้องกันกำจัด (decision for control phase) 224
8.4 กรณีตัวอย่างความสำเร็จของการบริหารแมลงศัตรูพืช 224
8.4.1 IPM ในประเทศไทย การบริหารเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 224
(*Nilarpavata lugens*) ศัตรูข้าว
8.4.2 IPM ในประเทศไทย การบริหารแมลงศัตรูผักคะน้า 232
8.4.3 IPM ในกลุ่มประเทศลาตินอเมริกา 233
1) IPM แมลงศัตรูฝ้ายในประเทศนิการากัว (Nicaragua) 233
2) IPM แมลงศัตรูกล้วยในประเทศคอสตาริกา (Costa Rica) 234
3) IPM แมลงศัตรูถั่วเหลืองในประเทศบราซิล (Brazil) 235
4) IPM แมลงศัตรูมะเขือเทศในประเทศโคลัมเบีย (Colombia) 235
5) IPM แมลงศัตรูธัญพืชในประเทศชิลี (Chile) 235
6) IPM ในประเทศคิวบา (Cuba) 235
7) IPM ในประเทศกำลังพัฒนาในทวีปเอเชียและอัฟริกา 236
(developing countries in Asia and Africa)

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
บทที่ 1		
1.1	แสดงสถิติแมลงติดอันดับการปรับตัวของลักษณะและความเป็นอยู่	2
1.2	แสดงจำนวนชนิดของแมลงเปรียบเทียบกับจำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ	4
1.3	แสดงจำนวนชนิดของแมลงโดยใช้ภาพเปรียบเทียบกับชนิดของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในโลก	5
1.4	แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยที่จุดเยือกแข็งของเลือด (haemolymh freezing point) และ super cooling point ของด้วง *S. laevis*	6
1.5	แสดงการเปลี่ยนแปลงของลักษณะรูปร่างและวงจรชีวิตของ green spruce aphid (*E. abeitinum*) ตามฤดูกาลต่างๆ	7
1.6	แสดงการปรับตัวของด้วงถั่ว *K. sharpianus* โดยมีการเจริญเติบโตในช่วงแสงที่ต่างกัน E = ไข่, 1-4 = ตัวอ่อน, P = ดักแด้, A = ตัวเต็มวัย	8
1.7	แสดงอุปนิสัยการกินอาหารของแมลงและจำนวน Order ของแมลงที่มีอุปนิสัยกินพืช	9
1.8	แสดงจำนวนชนิดของแมลงในแต่ละ Order ที่มีอุปนิสัยกินพืช	10
1.9	จำนวนประชากรโดยเฉลี่ยของด้วงเต่าแตงลายแถบ (*Acalymma vittata*) ในพื้นที่ปลูกที่มีลักษณะโครงสร้างของพืชต่างกัน	11
1.10	แสดงลักษณะของดอกไม้ในตระกูล *Phlox* (Polemoniaceae) ซึ่งมีลักษณะต่างกันเพื่อให้เหมาะสมกับชนิดของแมลงและสัตว์ที่จะมาผสมเกสร	11
1.11	แสดงลูกโซ่อาหาร (food chain) และผู้ผลิต primary producer ทั้งบนบกและในน้ำ และถ่ายทอดพลังงานไปยังผู้บริโภคระดับต่างๆ	13
1.12	ด้วงขี้ควายชนิด *Garreta nitens* ทำหน้าที่ย่อยมูลวัว a) สร้าง dung ball และกลิ้งไปไว้ในรูที่อยู่ใกล้เคียง หรือในอุโมงค์ลึกใต้มูลวัว b) c = ไข่ d = ตัวอ่อน e = ดักแด้ f = ตัวเต็มวัย	14
1.13	ต้นหม้อข้าวหม้อแกงลิง *Nepenthus sp.* เป็นพืชในตระกูล Nepentaceae มีน้ำย่อยแมลงที่ตกลงไปเป็นอาหาร	15
1.14	แสดงวงจรแมลงที่คนไทยบริโภคในรอบปี	25
1.15	แสดงคุณค่าทางอาหารของปลวก (alate form) ชนิด *Macrotermes subhyalinus*	26
บทที่ 2		
2.1	แสดงถึงทฤษฎี paranotal theory ที่เชื่อว่าแมลงถือกำเนิดมาจากสัตว์บก	31
2.2	แสดงถึงบรรพบุรุษของสิ่งมีชีวิตและแมลง	32

2.3	แสดงวิวัฒนาการของแมลงจากบรรพบุรุษที่เป็นไส้เดือนดิน	33
2.4	แสดงวิวัฒนาการของแมลงในยุคต่าง ๆ	35
2.5	แสดงการแบ่งส่วนของลำตัวแมลง	37
2.6	ภาพตัดของผิวหนังแมลง และโครงสร้างของสาร chitin	38
2.7	แสดงแบบและส่วนประกอบของหัวแมลง	39
2.8	แสดงลักษณะของตาเดี่ยว ตารวม และโครงสร้างของ ommatidium	41
2.9	แสดงลักษณะของปล้องหนวด และหนวดแมลงแบบต่าง ๆ	42
2.10	แสดงส่วนประกอบของปากแบบกัดกิน	44
2.11	แสดงภาพปากแบบต่าง ๆ	45
2.12	แสดงการเปลี่ยนแปลงของ pronotum ในแมลงชนิดต่าง ๆ a) ตั๊กแตนหนวดสั้น b) แมลงสาบ e) จักจั่นเขา d) ด้วงแรด	47
2.13	แสดงภาพขาแบบต่าง ๆ	49
2.14	แสดงเส้นปีกและพื้นที่ปีก	51
2.15	แสดงอวัยวะยึดปีกแบบต่าง ๆ	52
2.16	แสดงอวัยวะส่วนท้องของแมลง	54
2.17	แสดงการเปลี่ยนแปลงของปล้องท้องและระยางค์ของปล้องท้อง	55
2.18	แสดงลักษณะอวัยวะภายในของแมลงสาบและจิ้งหรีด	57
2.19	แสดงกล้ามเนื้อที่ใช้เคลื่อนไหวชนิด extrinsic และ intrinsic	59
2.20	แสดงการบินแบบ direct flight ในแมลงปอและ indirect flight ในผึ้ง	59
2.21	แสดงกล้ามเนื้อยึดระหว่างปล้องของลำตัว	59
2.22	แสดงที่ตั้งของระบบประสาทในลำตัวและระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) ของแมลง	61
2.23	แสดงระบบประสาทของแมลงชนิดต่าง ๆ	62
2.24	แสดงระบบหมุนเวียนโลหิตในลำตัวแมลง a) และในปีกของแมลงวันบ้าน b)	67
2.25	แสดงระบบหายใจของแมลงโดยผ่านทางรูหายใจแบบ open system	69
2.26	แสดงระบบหายใจของแมลงแบบต่าง ๆ a-b แบบเปิด (open system) c แบบกึ่งเปิดกึ่งปิด (hemineustic system) d-f แบบปิด (close system)	70
2.27	แสดงระบบย่อยอาหารของแมลง	72
2.28	แสดงระบบขับถ่ายแบบ osmoregulation (a) และ cryptonephric system (b)	74
2.29	แสดงระบบสืบพันธุ์ของเพศเมียและเพศผู้	76

บทที่ 3

3.1	แสดงลักษณะของแมลงใน Subclass Apterygota คือ Order Protura, Thysanura, Collembola และ Diplura	83
3.2	แสดงลักษณะของแมลงใน Order Ephemeroptera	85
3.3	แสดงลักษณะของแมลงใน Order Odonata	86
3.4	แสดงลักษณะของแมลงใน Order Orthoptera	87
3.5	แสดงลักษณะของแมลงใน Order Isoptera	88
3.6	แสดงลักษณะของแมลงใน Order Plecoptera และ Dermaptera	89
3.7	แสดงลักษณะของแมลงใน Order Embioptera, Psocoptera และ Zoraptera	90
3.8	แสดงลักษณะของแมลงใน Order mallophaga และ Anoplura	91
3.9	แสดงลักษณะของแมลงใน Order Thysanoptera	92
3.10	แสดงลักษณะของแมลงใน Order Hemiptera	93
3.11	แสดงลักษณะของแมลงใน Order Homoptera	94
3.12	แสดงลักษณะของแมลงใน Order Neuroptera	95
3.13	แสดงลักษณะของแมลงใน Order Coleoptera	96
3.14	แสดงลักษณะของแมลงใน Order Strepsiptera, Mecoptera, Trichoptera และ Siphonaptera	98
3.15	แสดงลักษณะของแมลงใน Order Diptera	99
3.16	แสดงลักษณะของแมลงใน Order Lepidoptera	100
3.17	แสดงลักษณะของแมลงใน Order Hymenoptera	101

บทที่ 4

4.1	แสดงชนิด (species) และจำนวน (individuals) ของแมลงแยกตามประเภทของการกิน	106
4.2	ความแตกต่างของลักษณะตั๊กแตนหนวดสั้นเมื่ออยู่เดี่ยว (solitary phase) และเมื่อเกาะกลุ่มระบาด (gregarious phase)	107
4.3	การเจริญเติบโตของแมลงแบบ paurometabolous ที่มีตัวอ่อน เรียกว่า "nymph" ในภาพคือมวนเขียวข้าว	109
4.4	การเจริญเติบโตของแมลงแบบ hemimetabolous ที่มีตัวอ่อน เรียกว่า "niad" และ "imago"	110
4.5	การเจริญเติบโตของแมลงแบบ holometabolous ที่มีตัวอ่อน เรียกว่า "larva"	111
4.6	การเจริญเติบโตของด้วงน้ำมันซึ่งเป็นแบบ hypermetabolous ที่มีตัวอ่อน เรียกว่า triangulin	112
4.7	แสดงลักษณะของตัวอ่อนแบบต่างๆ	114
4.8	แสดงลักษณะของดักแด้แบบต่างๆ	115
4.9	แสดงการเคลื่อนไหวแบบต่างๆ ของแมลง	117

4.10	แสดงการมองเห็นภาพของตัวอ่อนแมลงปอ	118
4.11	แสดงช่วงแสงที่ผึ้งมองเห็นเปรียบเทียบกับมนุษย์	118
4.12	แสดงอวัยวะรับเสียง (หูฟัง) แบบต่าง ๆ ของแมลง	120
4.13	แสดงขนรับความรู้สึกทางเคมีแบบ olfactory และแบบ contact	121
4.14	แสดงอวัยวะรับความชื้น (collophose) ของแมลงหางดีด (Order Collembola)	122
4.15	แสดงอวัยวะทำเสียงแบบต่าง ๆ ของแมลง	123
4.16	แสดงการทำงานของกลิ่นเพศของแมลง	125
4.17	แมลงในกลุ่ม hanging flies (Order Mecoptera) เพสเมียกำลังกินเหยื่อที่เพศผู้หามาให้เป็นของขวัญในขณะที่เพศผู้เข้าผสมพันธุ์และลักษณะการผสมพันธุ์ของแมลงปอ	126
4.18	การปลอมตัว (mimicry) ของแมลงให้กลมกลืนกับธรรมชาติ	127
4.19	การปลอมตัว (mimicry) ของแมลงให้เหมือนกับชนิดที่มีพิษต่อศัตรู	128
4.20	การเปลี่ยนสีและรูปร่างของผีเสื้อ *Precis octavia* ตามฤดูกาลเพื่อไม่ให้ศัตรูจำได้	129
4.21	แสดงการทำให้ศัตรูตกใจกลัว (startle display) ของผีเสื้อบางชนิด	130
4.22	แสดงการเจริญเติบโตของผึ้งในวรรณะต่าง ๆ	133
4.23	แสดงการเจริญเติบโตของปลวก (*Nasutitermes exitiosus*) ในวรรณะต่าง ๆ	135

บทที่ 5

5.1	แมลงศัตรูพืชที่สำคัญและอาการทำลาย a) เพลี้ยไฟข้าว b) ข้าวตายเป็นหย่อมเหมือนไฟไหม้ c) ผีเสื้อหนอนกอสีครีม d) อาการยอดเหี่ยว e) อาการหัวหงอก f) หนอนกอลายจุดเล็กทำลายอ้อย g) ด้วงหนวดยาวทำลายอ้อย h) หนอนเจาะสมอฝ้าย i) หนอนกระทู้ผักและตักแตนเบียน *Snellenius sp.* (Braconidae) j) ด้วงหนวดยาวทำลายอ้อย k) หนอนเจาะสมอฝ้าย l) เพลี้ยไฟทำลายกล้วยไม้	151

บทที่ 6

6.1	แสดงความแตกต่างของยุงก้นปล่องใน Subfamily Anophelinae และยุงรำคาญหรือยุงลายใน Subfamily Culicinae	155
6.2	แสดงภาพของตัวเต็มวัยของริ้นน้ำเค็ม (*Culicoides sp.*) และวงจรชีวิตของแมลงวันเทสซี (*Glossina sp.*)	156
6.3	แสดงลักษณะตัวหนอน (maggot) และตัวเต็มวัยของ flesh fly ชนิด *Chrysomya* และ *Cochliomyia*	159
6.4	แสดงลักษณะของเหลือบ *Tabanus* และ *Chrysops*	160
6.5	แสดงวงจรชีวิตของหมัดแมว *Ctenocephalides felis*	161
6.6	แสดงลักษณะของเพศผู้และเพศเมียของเรือด *C. hemipterus*	162

6.7 แสดงถึงสัตว์ใน Order Acarina ที่มีลักษณะคล้ายแมลงและเป็นศัตรูของสัตว์ 164

บทที่ 7

7.1 แสดงลักษณะของกับดักขวดพลาสติกและกับดักแสงไฟภูมิปัญญาชาวบ้าน 216

บทที่ 8

8.1 แสดงการสำรวจและวิเคราะห์ระบบนิเวศเกษตรเพื่อใช้ IPM 223

8.2 แสดงประสิทธิภาพของเป็ดใน rice-duck system 237

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงความสูญเสียของผลผลิตของโลกที่เกิดจากโรคพืช แมลงศัตรูพืชและวัชพืช ในระยะก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต	16
2	เปรียบเทียบผลผลิต ต้นทุนการผลิต และกำไรสุทธิในการผลิตองุ่นต่อไร่ ระหว่างวิธี IPC* และวิธีของเกษตรกร ปี 2539	17
3	เปรียบเทียบผลผลิต ต้นทุนการผลิต และกำไรสุทธิในการผลิตมะม่วงต่อไร่ ระหว่างวิธี IPC* และวิธีของเกษตรกรปี 2538 - 2539	18
4	เปรียบเทียบผลผลิต ต้นทุนการผลิต และกำไรสุทธิในการผลิตส้มโอต่อไร่ ระหว่างวิธี IPC* และวิธีของเกษตรกร ปี 2538 – 2539	19
5	เปรียบเทียบปริมาณและมูลค่าของสารกำจัดศัตรูพืชนำเข้าปี 2536 – 2543	19
6	ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่มีการนำเข้าสูงสุด 10 อันดับแรกของปี 2537	20
7	คุณค่าทางอาหารของแมลงชนิดต่างๆ ต่อน้ำหนักแมลงสด 100 กรัม	26
8	ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในแมลงชนิดต่างๆ ต่อน้ำหนักแมลงสด 100 กรัม	27
9	คุณค่าทางอาหารของแมลงชนิดต่างๆ ต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม	28
10	เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของแมลง และเนื้อสัตว์ต่อน้ำหนัก 100 กรัม	29
11	แสดง Order ของแมลงที่สำคัญที่พบในยุคต่างๆ	34
12	แสดงวิวัฒนาการของแมลงในแต่ละยุค	36
13	แสดงความถี่ของการกระพือปีก (ครั้ง/วินาที) และความเร็วของการบิน (กม./ชม.) ของแมลงแต่ละชนิด	58
14	แสดงปริมาณและชนิดของ neurotransmitter ในระบบ CNS ของแมลงเปรียบเทียบกับสัตว์ชนิดอื่น	63
15	แสดงชนิด อวัยวะที่เป็นจุดกำเนิด อวัยวะที่ส่งไปเลี้ยงและหน้าที่ของฮอร์โมนชนิดต่างๆ ของแมลง	66
16	สารเคมีต่อสู้ศัตรูที่ผลิตโดยปลวกบางชนิด	131
17	ระบบการปลูกพืชแบบ multiple cropping เพื่อป้องกันการระบาดของแมลงศัตรูพืช	167
18	แสดงตัวอย่างของการปลูกพืชและวัชพืชร่วมกันเพื่อการลดปัญหาการระบาดของแมลงศัตรูพืช	168
19	ข้าวพันธุ์ส่งเสริมของไทยที่ต้านทานต่อแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ	175
20	พืช ศัตรูพืชหรือพาหะจากแหล่งที่กำหนดเป็นสิ่งต้องห้ามตามพระราชบัญญัติกักพืช พ.ศ. 2507	181

21	พืช เป็นสิ่งต้องห้ามตามพระราชบัญญัติกักพืช พ.ศ. 2507	183
22	แสดงชนิดของความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงกำหนดโดยองค์การอนามัยโลก	201
23	ตารางการสุ่มตัวอย่างแบบซีเควนเชียลสำหรับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาหว่านน้ำตม	225
24	ระดับเศรษฐกิจของแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญบางชนิดและวิธีการสุ่มนับ	226
25	แสดงแผน IPM ของแมลงศัตรูฝ้ายในประเทศอินเดีย ชีเนกัล และแซมเบีย	233
26	เปรียบเทียบผลผลิตของฝ้ายโดยวิธีการใช้สารเคมีและวิธี IPM ใน 4 ประเทศ	234

1. บทบาทและความสำคัญของแมลง
Insect roles and their importance

แมลงเป็นสัตว์ที่เกิดก่อนมนุษย์และถือกำเนิดมาในโลกนี้ประมาณ 380 ล้านปีแล้ว (Gullan and Cranston, 1994) จากการรวบรวมประชากรชนิดของแมลง คาดว่าน่าจะมีแมลงไม่ต่ำกว่า 30 ล้านชนิด (species) หรือคิดเป็น 57 % ของจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดของโลก (Strong et al, 1984) ปัจจุบันนี้นักวิทยาศาสตร์จัดแมลงเป็นตระกูลของสัตว์ที่มีประชากรมากที่สุดในโลก มีผู้กล่าวว่า แมลงเป็นสัตว์ที่ประสบความสำเร็จในการดำรงชีวิตมากที่สุด นับตั้งแต่สมัยดึกดำบรรพ์จนถึงปัจจุบัน ในขณะที่สัตว์อื่นๆ มากมายหลายชนิดต้องสูญพันธุ์ไป ทั้งนี้เนื่องมาจากแมลงมีความสามารถสูง สามารถปรับตัวและมีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมเพื่อความอยู่รอดได้ดีมาก เช่น มีความแตกต่างอย่างมากมายในลักษณะโครงสร้างของร่างกายเพื่อให้มีลักษณะที่เหมาะสมในการอยู่รอดทั้งบนบก และในน้ำ มีขนาดตัวหลากหลาย ตั้งแต่เล็กมาก จนไปถึงขนาดใหญ่มาก มีถิ่นที่อยู่อาศัยหรืออุปนิสัยการกินที่อาจเหมือนกันหรือต่างกันในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต มีการปรับรูปร่างให้ทนทานต่อสภาพอากาศในแต่ละท้องถิ่น และต่างกันไปในแต่ละฤดูกาล มีปีกบินเพื่อการเคลื่อนไหวที่รวดเร็ว การพรางรูป หลบหนีศัตรูและการแพร่กระจายพันธุ์ที่รวดเร็วในระยะทางที่กว้างไกลจึงทำให้ไม่สูญพันธุ์ มีผู้รวบรวมสถิติของแมลงที่ติดอันดับความยิ่งใหญ่ของการอยู่รอดแสดงไว้ในภาพที่ 1

บทบาทและความสำคัญของแมลงในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสังคมมนุษย์นี้ อาจแบ่งได้หลายรูปแบบตามลักษณะของสังคมมนุษย์ สังคมแมลง และการประกอบกิจกรรมของทั้งมนุษย์และแมลงที่มีทั้งร่วมกันและแตกต่างกันไป อย่างไรก็ดีความสำคัญของแมลงมีทั้งคุณประโยชน์และโทษต่อมนุษย์ เช่นในสังคมเมือง ปัญหาหรือโทษของแมลงมักเกี่ยวข้องกับการแพทย์ และสาธารณสุข คือ สร้างความรำคาญ รบกวนความสงบ และเป็นพาหะของโรคที่สำคัญ เช่น ไข้มาเลเรีย ไข้เลือดออก ไทฟอยด์ ฯลฯ (Walker, 1994) ในสังคมชนบทหรือนอกเมืองที่ประชาชนส่วนใหญ่ประกอบกิจกรรมการเกษตรเพื่อยังชีพ หรือเป็นอุตสาหกรรม แมลงเป็นศัตรูที่ทำลายเบียดเบียน ระบาดทำความเสียหายแก่พืชที่เพาะปลูก ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวในโรงเก็บหรือยุ้งฉาง และทำลายเมล็ดพันธุ์ที่จะปลูกในฤดูต่อไป แมลงเป็นคู่แข่งที่สำคัญของมนุษย์ในการแก่งแย่งอาหาร ตลอดจนที่อยู่อาศัย นอกจากนี้แมลงยังดูดกินเลือด นำโรคสัตว์ตลอดจนรบกวนและทำความเสียหายต่อการทำปศุสัตว์

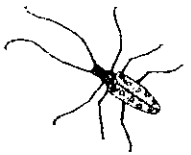
ในส่วนที่แมลงมีคุณประโยชน์ต่อสังคมนั้น บทบาทของแมลงในสังคมธุรกิจที่นำชื่อเสียงและรายได้มาสู่ประเทศไทย คือ อุตสาหกรรมไหม สิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มจากผลิตภัณฑ์ไหม น้ำผึ้ง และผลิตภัณฑ์ผึ้ง ครั่งและผลิตภัณฑ์ครั่ง ในสังคมเกษตรกรแมลงหลายชนิดเป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูก โดยมีพฤติกรรมเป็นแมลงห้ำ

รัง

- ใหญ่ที่สุด : รังปลวกออสเตรเลีย สูงถึง 7 เมตร และฐานมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 31 เมตร
- สูงที่สุด : รังของปลวกแอฟริกัน-สูง 12.8 เมตร
- ลึกที่สุด : รังของปลวกทะเลทรายอยู่ลึกจากพื้นดิน 40 เมตร

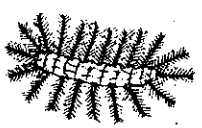
การสื่อสาร

- เสียงดังที่สุด : จักจั่น มนุษย์สามารถได้ยินเสียงของมันในระยะห่าง 400 เมตร
- ไวต่อการรับรู้เรื่องกลิ่นมากที่สุด : ผีเสื้อพระจันทร์อินเดีย สามารถรับกลิ่นฟีโรโมนของคู่ผสมพันธุ์จากระยะทางไกลมากกว่า 11 กิโลเมตร



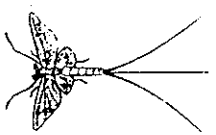
ขา/หนวด

- ยาวที่สุด : ตั๊กแตนกิ่งไม้ยักษ์-51 เซนติเมตร
- หนวดยาวที่สุด : ด้วงหนวดยาวนิวกินี-20 เซนติเมตร
- กระโดดไกลที่สุด : ตั๊กแตนทะเลทราย-50 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะ 10 เท่าของความยาวลำตัว



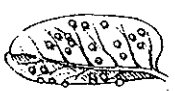
อดทนที่สุด

- ตัวอ่อนของแมลงวันอีฟายริด อาศัยอยู่ในน้ำพุร้อนซึ่งอุณหภูมิสูงถึง 60° C (140° F)
- หมัดหิมะยังคงอยู่ในสภาพปกติที่อุณหภูมิ -15° C (5° F)
- ตัวอ่อนของริ้น Polypedilum สามารถดำรงชีวิตอยู่รอดโดยปราศจากน้ำเป็นปีและอยู่ได้ 3 วันในไนโตรเจนเหลว (-196° C, -321° F)



การดำรงชีวิต

- วงชีวิตยาวนานที่สุด : จักจั่นบางชนิด 17 ปี
- ตัวอ่อนที่มีอายุนานที่สุด : ด้วงเจาะไม้ มีชีวิตอยู่ได้ 45 ปี
- แมลงที่อายุสั้นที่สุด : แมลงวัน สามารถมีช่วงวงชีวิตครบสมบูรณ์ในเวลา 17 วัน



ไข่

- ใหญ่ที่สุด : 10.2 x 4.2 มิลลิเมตร เป็นไข่ของด้วงหนวดยาว Titanus giganteus
- ระยะไข่ยาวนานที่สุด : 9½ เดือน ในไข่ของด้วงหนวดยาว Saperda carcharia
- วางไข่มากที่สุด : นางพญาของปลวก Macrotermes สามารถวางไข่ได้ 40,000 ฟองต่อวัน

ขนาด

- ใหญ่ที่สุด : ด้วงโกไลแอธ-ยาว 110 มิลลิเมตร น้ำหนัก 100 กรัม
- เล็กที่สุด : ต่อปรสิตมาริค-ยาว 0.17 มิลลิเมตร
- ปีกยาวมากที่สุด : ผีเสื้อกลางคืนเฮอร์คิวลิสออสเตรเลีย-กว้าง 28 เซนติเมตร
- แมลงในน้ำที่ใหญ่ที่สุด : แมลงดานาจากเวเนซุเอลา และบราซิล ยาว 11.5 เซนติเมตร
- จำนวนมากที่สุด : แมลงหางดีด ประมาณ 50,000 ตัวต่อพื้นที่ในทุ่งหญ้า 1 ตารางเมตร (5,000 ตัวต่อตารางฟุต)

การบิน

- บินเร็วที่สุดตลอดกาล : แมลงปอยักษ์ก่อนยุคประวัติศาสตร์ ยาจจะบินได้อย่างต่ำ 69 กิโลเมตร
- แมลงที่ยังมีชีวิตอยู่ที่บินได้เร็วที่สุด : ผีเสื้อเหยี่ยว ความเร็วถึง 53.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
- กระหือปีกเร็วที่สุด : ริ้น Forcipomyia-เร็ว 62,760 ครั้งต่อนาที
- กระหือปีกช้าที่สุด : ผีเสื้อหางติ่ง 300 ครั้งต่อนาที
- อพยพไกลที่สุด : ผีเสื้อเพ้นท์เลดี้-6,436 กิโลเมตร จากอเมริกาเหนือถึงไอซ์แลนด์

แมลงที่เป็นศัตรูหรือให้โทษ

- ทำให้เสียชีวิตมากที่สุด : มากกว่าครึ่งหนึ่งของการตายของพลเมืองหลังจากยุคหินเป็นสาเหตุมาจากมาลาเรียซึ่งยุงเป็นพาหะนำโรค ในศตวรรษที่ 14 นั้น หมัดหนูเป็นพาหะนำเชื้อกาฬโรค ซึ่งทำให้คนตายถึง 20 ล้านคน
- เป็นพิษมากที่สุด : พลเมืองประมาณ 40,000 คน เสียชีวิตจากสาเหตุของการถูกต่อและผึ้งต่อย
- พาหะนำโรคมากที่สุด : แมลงวันบ้านนำเชื้อโรคและปรสิตต่าง ๆ มากกว่า 30 ชนิด
- ทำลายมากที่สุด : ฝูงตั๊กแตนสามารถกินพืชผลถึง 20,000 ตันต่อวัน

ภาพที่ 1.1 แสดงสถิติแมลงติดอันดับการปรับตัวของลักษณะและความเป็นอยู่ (จิตดวดี รอดเจริญ และสุรีรัตน์ เดี่ยววาณิช, 2545)

และแมลงเบียนทำลายศัตรูพืช ถือว่าแมลงเหล่านี้เป็นมิตรของเกษตรกรได้แก่ ด้วงเต่าลาย แมลงวันโจร แมลงปอ ฯลฯ นอกจากนี้ แมลงเป็นอาหารที่สำคัญของมนุษย์โลกในทวีป เอเชีย และอัฟริกา ในประเทศไทยมีการสำรวจและรวบรวมแมลงที่ใช้เป็นอาหารของชุมชนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่ามีไม่น้อยกว่า 44 ชนิด และคิดเป็น 23 % หรืออันดับ 2 รองจากปลาน้ำจืด (สมร ขวัญทอง, 2538) นอกจากนี้แมลงยังเป็นสิ่งสะท้อนความสำคัญในด้านศิลปการบริโภคและความเป็นเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมพื้นเมืองอีกด้วย (กัณฑ์วีร์ วิวัฒน์พานิชย์ , 2542) และในเรื่องของสิ่งแวดล้อมแมลงยังเป็นกลไกที่สำคัญที่ก่อให้เกิดการติดผลและมีเมล็ดพันธุ์พืช ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของไม้ป่า และพันธุ์พืชในธรรมชาติ มีการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ และการเกิดลูกโซ่อาหารในสิ่งแวดล้อม (Rosomer and Stoffolano, 1994) บทบาทและความสำคัญของแมลงรอบตัวเราสามารถจำแนกออกเป็นรายหัวข้อดังนี้

1.1 บทบาทของแมลงในระบบนิเวศน์ (insect roles in ecology)

นักวิทยาศาสตร์ปัจจุบันนี้ให้ความหมายของ "ระบบนิเวศน์" ไว้ในหลายมุมมอง เช่น

"We can define an ecosystem as all the interactions among organisms living together in a particular area and between those organisms and their physical environment." (Speight et al., 1999)

"ระบบนิเวศน์ หมายถึง ปฏิกิริยาระหว่างกันและกันของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกัน ณ ที่ใดที่หนึ่ง และปฏิกิริยาระหว่างสิ่งมีชีวิตนั้นๆ กับสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ณ. ที่นั้นๆ"

"Ecosystems are complex systems with structure, represented by abiotic resources and a diverse assemblage of component species and their products (such as organic detritus and tunnels) and function, represented by fluxes of energy and matter among biotic and abiotic components." (Schowalter, 1996)

"ระบบนิเวศน์เป็นระบบซับซ้อนประกอบด้วย โครงสร้าง ซึ่งหมายถึงแหล่งของสิ่งไม่มีชีวิตและรูปแบบความหลากหลายของชนิดของสิ่งมีชีวิต และผลิตผลของสิ่งมีชีวิต (เช่น การย่อยสลายของสารอินทรีย์, อุโมงค์ในดิน) และประกอบด้วย หน้าที่ ซึ่งหมายถึงการถ่ายเทพลังงานและสสารระหว่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งที่ไม่มีชีวิตที่เป็นส่วนประกอบของระบบ"

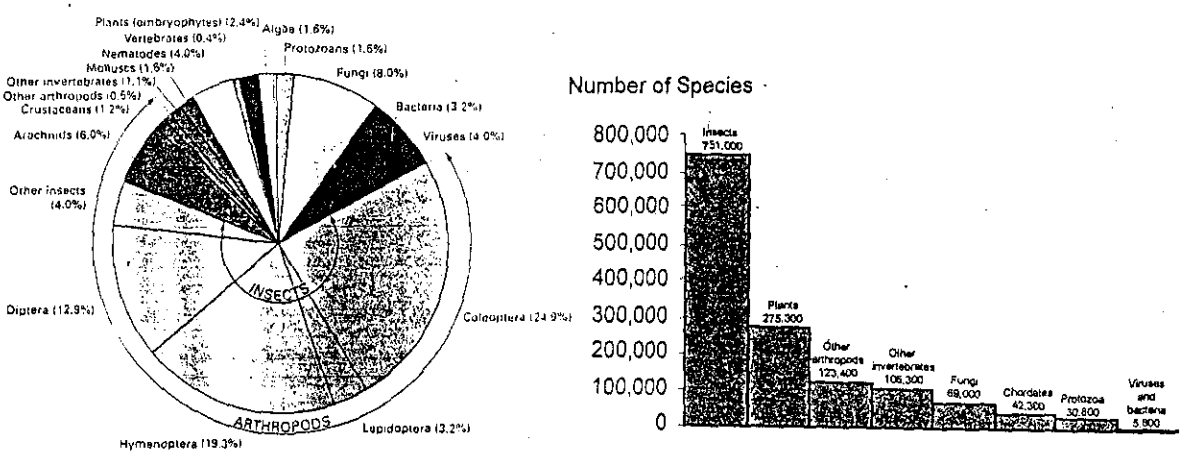
ดังนั้น ในภาพรวมแล้วนิเวศน์วิทยาของแมลง (insect ecology) หมายถึง การศึกษาเรื่องปฏิกิริยาของแมลงกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งหมายถึง ผลของสภาพแวดล้อมต่อตัวแมลง, ต่อประชากร และต่อกิจกรรมของกลุ่มแมลงอันเป็นผลเนื่องจากวงจรปฏิกิริยาต่างๆ การศึกษาด้านนี้ครอบคลุมไปถึงการสร้างแบบ (model) จากความเข้าใจในเรื่องปฏิกิริยา และการตอบสนองของแมลง (Price, 1997) ผลการศึกษาเรื่องนิเวศวิทยาของแมลงเพื่อประยุกต์ใช้ความรู้ในการประเมินสถานการณ์การปรับตัวของแมลงในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งสังคมของมนุษย์ที่มีกิจกรรมต่างๆ และการวัดสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปโดยใช้แมลง รวมถึงงานค้นคว้าวิจัยการศึกษาวิวัฒนาการของแมลง (insect evolution) การเปลี่ยนแปลงประชากรแมลง (insect population dynamics) การแข่งขันเพื่อการอยู่รอด

(competition) ปฏิกิริยาของตัวห้ำตัวเบียน (predator – prey interaction) การอยู่ร่วมกัน (mutualism) และการหมุนเวียนของขบวนการต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม (regulation of ecosystem process) เช่น ผลิตผลปฐมภูมิ (primary productivity) และการหมุนเวียนและการทดแทนของธาตุอาหาร (nutrient cycling and succession)

เนื่องจากเรื่องระบบนิเวศน์ของแมลงเป็นเรื่องที่มีขอบเขตกว้างมาก จึงได้เลือกเฉพาะเรื่องพื้นฐานที่เกี่ยวข้องโดยตรงที่เราควรจะเข้าใจในเบื้องต้น คือ ชนิดขนาดและจำนวนของแมลง (species richness) ในสิ่งแวดล้อม การปรับตัวของแมลง (insect adaptation) บทบาทแมลงในระบบลูกโซ่อาหาร การย่อยสลายและการหมุนเวียนของแร่ธาตุ (food chain, decomposition and nutrient recycle) และแมลงและพืชอาหาร (insects as herbivores)

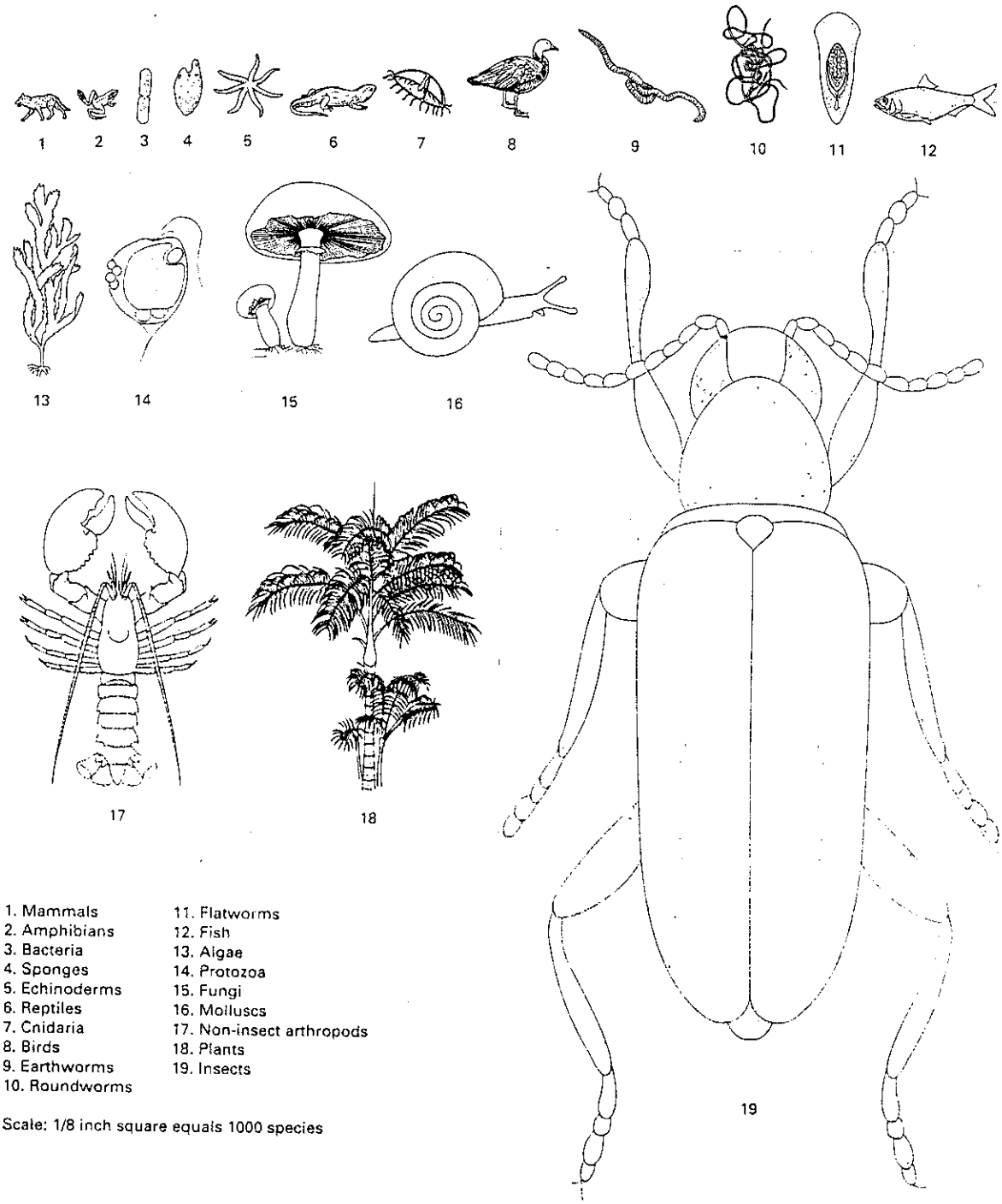
1.1.1 ชนิด ขนาด และจำนวนของแมลง (species richness)

จำนวนและชนิดแมลงที่ทราบชื่อแล้วมีอย่างน้อย 800,000 ชนิด (species) หรือคิดเป็น 70 % ของชนิดของสัตว์โลกทั้งหมด (Metcalf, 1940) แต่โดยความเป็นจริงแล้วน่าจะมีจำนวนมากกว่านี้ เพราะเฉพาะแมลงใน O. Caleoptera มีอยู่ถึง 370,000 species เฉพาะ F. Curculionidae อย่างเดียว มีอยู่ถึง 3,500 species (Imm, 1964) ต่อมาในปี 1992 พบว่าแมลงน่าจะมีจำนวนถึง 30 ล้านชนิด และคิดเป็น 57 % - 64.3 % ของชนิดของสัตว์โลกในปัจจุบัน (Groombridge, 1992; Wilson, 1992; Strong et. al., 1984) ดังแสดงไว้ในรูปของไดอาแกรม ในภาพที่ 1.2 และใช้ภาพ (species scape) เปรียบเทียบปริมาณของแมลงกับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในโลกนี้ในภาพที่ 1.3



Groombridge, 1992 Wilson, 1992

ภาพที่ 1.2 แสดงจำนวนจำนวนชนิดของแมลงเปรียบเทียบกับจำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ (Groombridge, 1992; Wilson, 1992)



1. Mammals
2. Amphibians
3. Bacteria
4. Sponges
5. Echinoderms
6. Reptiles
7. Cnidaria
8. Birds
9. Earthworms
10. Roundworms
11. Flatworms
12. Fish
13. Algae
14. Protozoa
15. Fungi
16. Molluscs
17. Non-insect arthropods
18. Plants
19. Insects

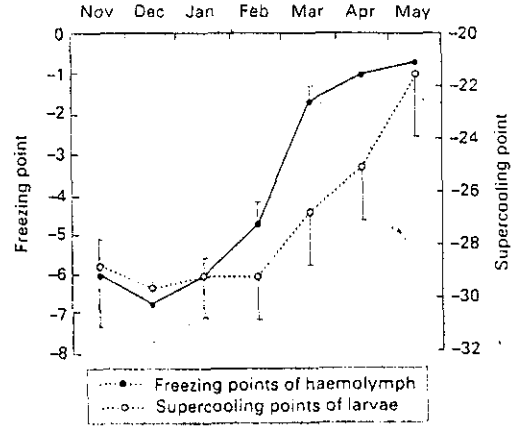
Scale: 1/8 inch square equals 1000 species

ภาพที่ 1.3 แสดงจำนวนชนิดของแมลงโดยใช้ภาพเปรียบเทียบกับชนิดของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในโลก (May, 1992)

ขนาดของแมลงแตกต่างกันมาก แมลงขนาดใหญ่มีหลายชนิด เช่น ใน O. Coleoptera (ด้วง) มี *Megasoma elephas* ที่มีขนาดความยาวของลำตัวประมาณ 120 มม. O. Orthoptera เช่น ตั๊กแตนกิ่งไม้ *Pharnacia serratipes* มีลำตัวยาวกว่า 260 มม. และ O. Lepidoptera เช่น ผีเสื้อยักษ์ *Attacus atlas* มีขนาดกว้างวัดจากปลายปีกด้านหนึ่งจดปลายปีกอีกด้านหนึ่งประมาณ 240 มม. ในขณะที่ด้วงใน F. Ptiliidae (O. Coleoptera) มีขนาดเล็กกว่า 0.25 มม. แมลง parasite ของไข่บางชนิดมีขนาดเล็กกว่าพวก Protozoa ขนาดใหญ่ เป็นต้น (Romoser and Stoffolano,1994)

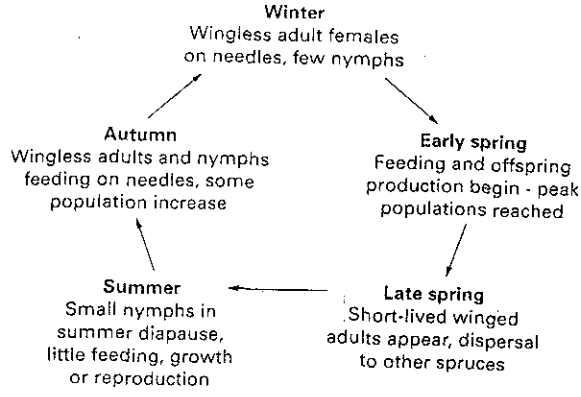
1.1.2 การปรับตัวของแมลง (insect adaptation)

แมลงมีการปรับตัวเพื่อให้อยู่รอดในภูมิภาคต่างๆ ของโลกที่มีภูมิอากาศแตกต่างกันไป ที่น่าสนใจอย่างยิ่งคือ แมลงสามารถทนต่อสภาพที่หนาวจัด หรืออุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวของทวีปอาร์คติค หรือขั้วโลกเหนือได้อย่างไร มีการศึกษาถึงด้วง elm bark beetle (*Scolytus laevis*) ซึ่งนำเชื้อ Dutch elm disease ในเขตหนาวพบว่าด้วงชนิดนี้สามารถอยู่ในที่ๆ มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งถึง -26 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยกลางฤดูหนาวในเดือนธันวาคม และที่ -21 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ปลายฤดูหนาว ส่วนในช่วงฤดูใบไม้ผลิ อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นสูงเป็น 0 °C ด้วงชนิดนี้สามารถอยู่ในความเย็นจัดตลอดปีได้เพราะมีระบบพิเศษที่เรียกว่า "supercooling" ระบบ super cooling หมายถึงระบบของเนื้อเยื่อของ ร่างกายที่มีความทนทานต่อความเย็นจัดที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งโดยไม่ได้รับความเสียหาย และ super cooling point หมายถึงอุณหภูมิที่ต่ำสุดที่สิ่งมีชีวิตพึงจะอยู่ได้ ณ จุด super cooling โดยปกติแล้วเลือด (haemolymph) ของแมลงจะแข็งตัวที่ -7 °C และแมลงโดยทั่วไปจะตาย แต่ด้วยระบบนี้แมลงจะสามารถเพิ่มความเข้มข้นของสารบางชนิดในเลือด เช่น glycerol ซึ่งเป็นสารต่อต้านการแข็งตัว (antifreez) และพบว่าอุณหภูมิที่ด้วงชนิดนี้สามารถอยู่รอดได้สบาย คือ -19 °C จากการศึกษานี้ สามารถทำนายการระบาดของด้วง *S. laevis* และโรค Dutch elm disease (ภาพที่ 1.4)



ภาพที่ 1.4 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยที่จุดเยือกแข็งของเลือด (haemolymph freezing point) และ super cooling point ของด้วง *S. laevis* (Hansen and Somme, 1994)

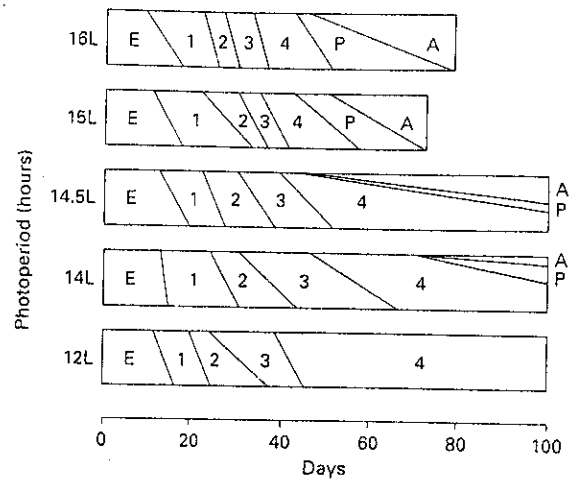
นอกจากแมลงจะปรับตัวภายในร่างกายแล้ว แมลงบางชนิดอาจปรับเปลี่ยนรูปร่างภายนอกตามความเหมาะสมของฤดูกาล เช่น เพลี้ยอ่อน green spruce aphid (*Elatobium abietinum*) สามารถสร้างประชากรที่มีปีก (winged หรือ pterous) และไม่มีปีก (wingless หรือ apterous) ตามความเหมาะสมของการแพร่พันธุ์ในฤดูกาลต่างๆ (ภาพที่ 1.5)



ภาพที่ 1.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของลักษณะรูปร่างและวงจรชีวิตของ green spruce aphid (*E. abeitinum*) ตามฤดูกาลต่างๆ (Speight et al., 1999)

ในฤดูหนาวเพลี้ยอ่อน *E. abietinum* เกาะอยู่ที่ใบต้นสน spruce สภาพอากาศเช่นนี้เพลี้ยอ่อนจะมีปริมาณน้อย หาที่ซ่อนตัวอยู่ในพุ่มใบ และไม่ต้องการบิน เพศเมียที่อยู่ในระยะนี้จึงไม่มีปีก ต่อมาเมื่ออากาศอุ่นขึ้นในช่วงต้นฤดูใบไม้ผลิ เพลี้ยอ่อนจะเริ่มขยายพันธุ์ออกลูกหลานมากมายจนกระทั่งถึงปลายฤดูใบไม้ผลิ ซึ่งเมื่อปริมาณประชากรหนาแน่นมาก เพลี้ยอ่อนจะเริ่มสร้างปีกและบินเพื่อกระจายไปหาอาหาร และขยายพันธุ์บนสน spruce ต้นใหม่ ต่อมาในช่วงฤดูร้อน ซึ่งมีอากาศร้อนจัดเพลี้ยอ่อนชนิดนี้จะพักตัว คือ กินน้อยและขยายพันธุ์น้อยมาก จนกระทั่งถึงฤดูใบไม้ร่วง เพลี้ยอ่อนก็จะไม่มีปีก เริ่มกินและขยายพันธุ์ให้มีปริมาณมากเพื่อให้อยู่รอด และเตรียมตัวเข้าสู่ฤดูหนาวต่อไป การปรับตัวเช่นนี้จะวนเวียนไปตามวงจรของฤดูกาล

นอกจากนี้แมลงสามารถปรับตัวให้เข้ากับช่วงแสง (photoperiod) ซึ่งไม่เท่ากันในฤดูกาลต่างๆ ได้โดยปรับระยะการเจริญเติบโตเพื่อการอยู่รอด มีการศึกษาด้วงถั่วเขียวสายพันธุ์ป่า *Kytorhinus sharpianus* (O. Coleoptera : F. Bruchidae) โดยให้แสงต่างกัน 5 ช่วงแสง คือ 16 ชม. (16 L), 15 ชม. (15 L), 14.5 ชม. (14.5 L) และ 12 ชม. (12 L) พบว่าระยะต่างๆ ในชีพจักรตั้งแต่เป็นไข่ (Egg, E), ตัวอ่อนระยะที่ 1, 2, 3, 4, ระยะดักแด้ (Pupa, P) และตัวเต็มวัย (Adult, A) แตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 1.6

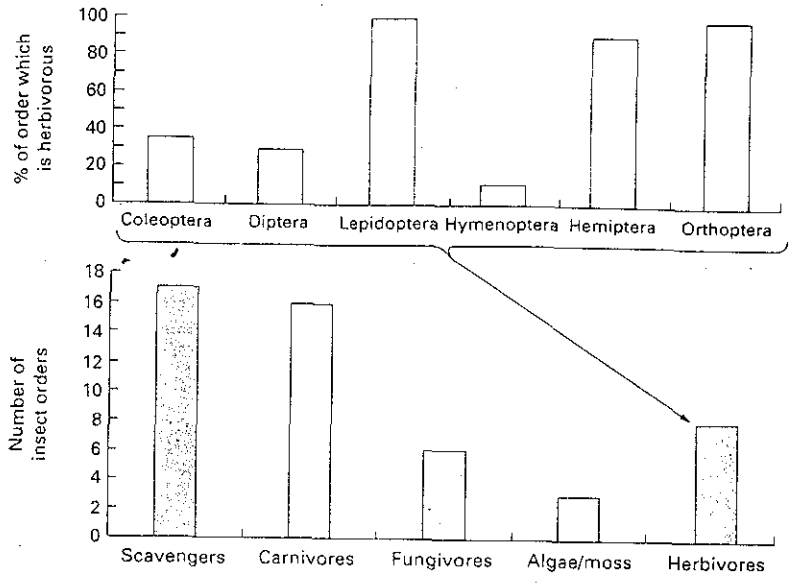


ภาพที่ 1.6 แสดงการปรับตัวของด้วงถั่ว *K. sharpianus* โดยมีการเจริญเติบโตในช่วงแสงที่ต่างกัน E = ไข่, 1 – 4 = ตัวอ่อน, P = ดักแด้ A = ตัวเต็มวัย (Ishihara and Shimada, 1995)

1.1.3 แมลงและพืชอาหาร (insect and host plant)

พืชจัดเป็น primary source of energy และแมลงจัด เป็น primary consumer อุปนิสัยการกินของแมลงมีหลายแบบ เช่น scavenger หรือ detritivory หมายถึงแมลงที่กินเศษซากของพืชและสัตว์รวมทั้งมูลสัตว์เป็นอาหาร carnivore หมายถึงแมลงพวกที่กินเนื้อสัตว์เป็นอาหาร fungivore หมายถึงแมลงพวกที่กินเชื้อราเป็นอาหาร herbivore หรือ phytophagous หมายถึงแมลงพวกที่กินพืชเป็นอาหาร มีรายงานการศึกษาแสดงว่าแมลงที่มีอุปนิสัยเป็นพวก scavenger มีจำนวน order มากเป็นอันดับ 1 รองลงมา คือ carnivore, herbivore, fungivore และพวกที่กินสาหร่าย (algae และ moss) และเมื่อพิจารณาเฉพาะพวกที่กินพืช พบว่ากลุ่มที่กินพืชมากที่สุด คือ แมลงพวกผีเสื้อ (O. Lepidoptera) รองลงมา คือ กลุ่มตั๊กแตน, จิ้งหรีด ฯลฯ (O. Orthoptera) กลุ่มแมลงพวกมวน (O. Hemiptera, กลุ่มด้วง (O. Coleoptera) กลุ่มแมลงวัน (O. Diptera) และกลุ่มต่อแตน (O. Hymenoptera) (ภาพที่ 1.7)

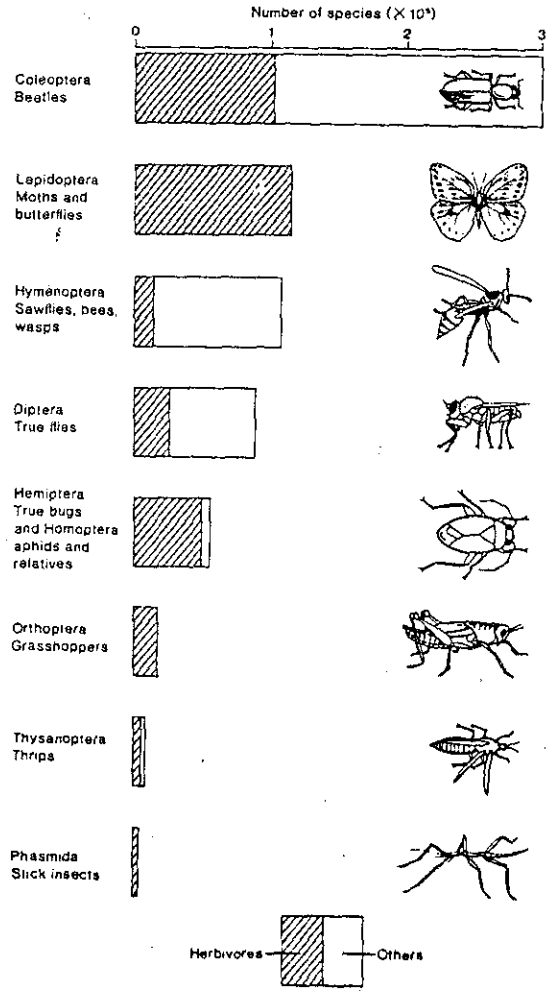
อย่างไรก็ดีเมื่อมีการศึกษาถึงจำนวนชนิด (species) ของแมลงในแต่ละ Order ที่มีอุปนิสัยกินพืช ทำให้แมลงในกลุ่มด้วง (O. Coleoptera) มีจำนวนชนิดที่กินพืชมากเป็นอันดับ 1 รองลงมาคือกลุ่มผีเสื้อ (O. Lepidoptera) กลุ่มมวนและเพลี้ย (O. Hemiptera, O. Homoptera) กลุ่มแมลงวัน (O. Diptera) กลุ่มตั๊กแตน (O.Orthoptera) และกลุ่มเพลี้ยไฟ (O. Thysanoptera) ตามลำดับ (Weis and Berenbaum, 1989) (ภาพที่ 1.8)



ภาพที่ 1.7 แสดงอุปนิสัยการกินอาหารของแมลงและจำนวน Order ของแมลงที่มีอุปนิสัยกินพืช (Southwood, 1973)

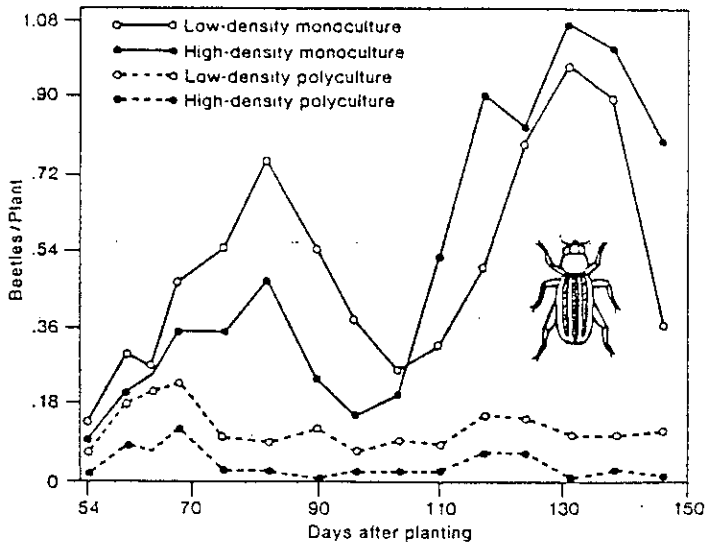
มีรายงานว่าประชากรหรือจำนวนของแมลงขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของโครงสร้างของพืช (structural complexity of host plants) เช่น ด้วงเต่าแตงลายแถบ (striped cucumber beettle, *Acalymma vittata*) จะมีจำนวนประชากรแตกต่างกันมากเมื่อมีการเปลี่ยนโครงสร้างของพืชที่ปลูกคือ ปลูกพืชชนิดเดียวกัน คือ เฉพาะแตงกวา (*Cucumis sativus*) อย่างเดียวไม่หนาแน่น (low density monoculture) ปลูกพืชชนิดเดียวกัน คือแตงกวาแต่หนาแน่น (high density monoculture) ปลูกพืชหลายชนิดคือแตงกวาสลับกับข้าวโพด (*Zea mays*) และบรอกโคลี่ (*Brassica oleracea*) โดยปลูกไม่หนาแน่น (low density polyculture) และปลูกพืชหลายชนิดดังกล่าวโดยปลูกสลับกันอย่างหนาแน่น (high density polyculture) พบว่าปริมาณของด้วงเต่าแตงแถบลายจะมีปริมาณต่างกันเห็นชัดเจนตลอดฤดูปลูก (ภาพที่ 1.9)

จึงพอที่จะสรุปได้ว่า จากจำนวนทั้งหมดของแมลงที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมและมีปริมาณของชนิดมากถึง 30ล้านชนิดนั้น ส่วนใหญ่จะอยู่ร่วมกับพืชมากที่สุด โดยมีอุปนิสัยกินพืช (phytophagous หรือ herbivores) อาศัยพืชเป็นอาณาเขตการอยู่อาศัย อาศัยพืชเป็นแหล่งกำบังอันตราย และผสมพันธุ์ ประชากรของแมลงผันแปรไปตามสภาพแวดล้อมอันได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง และการแข่งขันเพื่อความอยู่รอดของชนิดรวมทั้งปัจจัยอาหาร

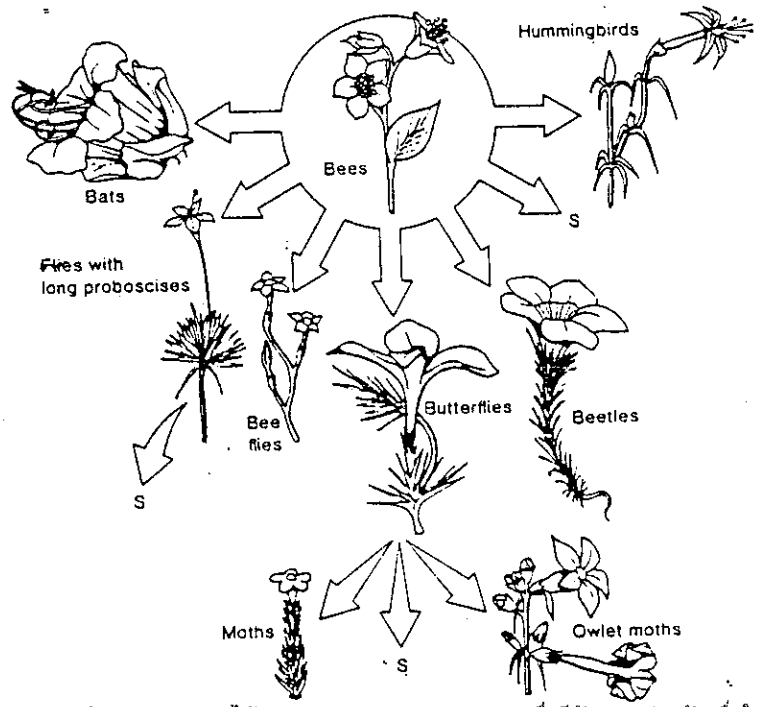


ภาพที่ 1.8 แสดงจำนวนชนิดของแมลงในแต่ละ Order ที่มีอุปนิสัยกินพืช (Weis and Berenbaum, 1989)

ในการอยู่ร่วมกันของแมลงและพืชอาหารนี้ แมลงมีส่วนเกื้อกูลให้ประโยชน์แก่พืชในเรื่องต่อไปนี้ คือ ก่อให้เกิดการเจริญพันธุ์ การขยายพันธุ์พืชซึ่งหมายถึง การผสมเกสรก่อให้เกิดผลิตผลทางการเกษตร เช่น ผึ้ง พบว่ามีในโลกนี้ประมาณ 30,000 ชนิด ที่ใช้น้ำหวานหรือน้ำค้อยในดอกไม้ และช่วยในการผสมเกสรดอกไม้ (พงศ์เทพ อัครธนกุล, 2534) นอกจากนี้ยังหมายถึงการกระจายของเมล็ดพันธุ์หรือเกสรเป็นผลให้เกิดการอนุรักษ์พันธุ์พืช อนุรักษ์และพัฒนาโครงสร้างป่าไม้อันเป็นต้นน้ำลำธารและเป็นแหล่งอาศัยของสัตว์จำนวนมาก พืชบางชนิดได้ปรับตัวเองเพื่อให้มีลักษณะดอกเหมาะสมแก่การผสมพันธุ์โดยแมลงหรือสัตว์ต่างชนิดกัน (Grant and Grant, 1965) (ภาพที่ 1.10)



ภาพที่ 1.9 จำนวนประชากรโดยเฉลี่ยของด้วงเต่าแตงลายแถบ *Acalymma vittata* ในพื้นที่ปลูกที่มีลักษณะโครงสร้างของพืชต่างกัน (Bach, 1980)



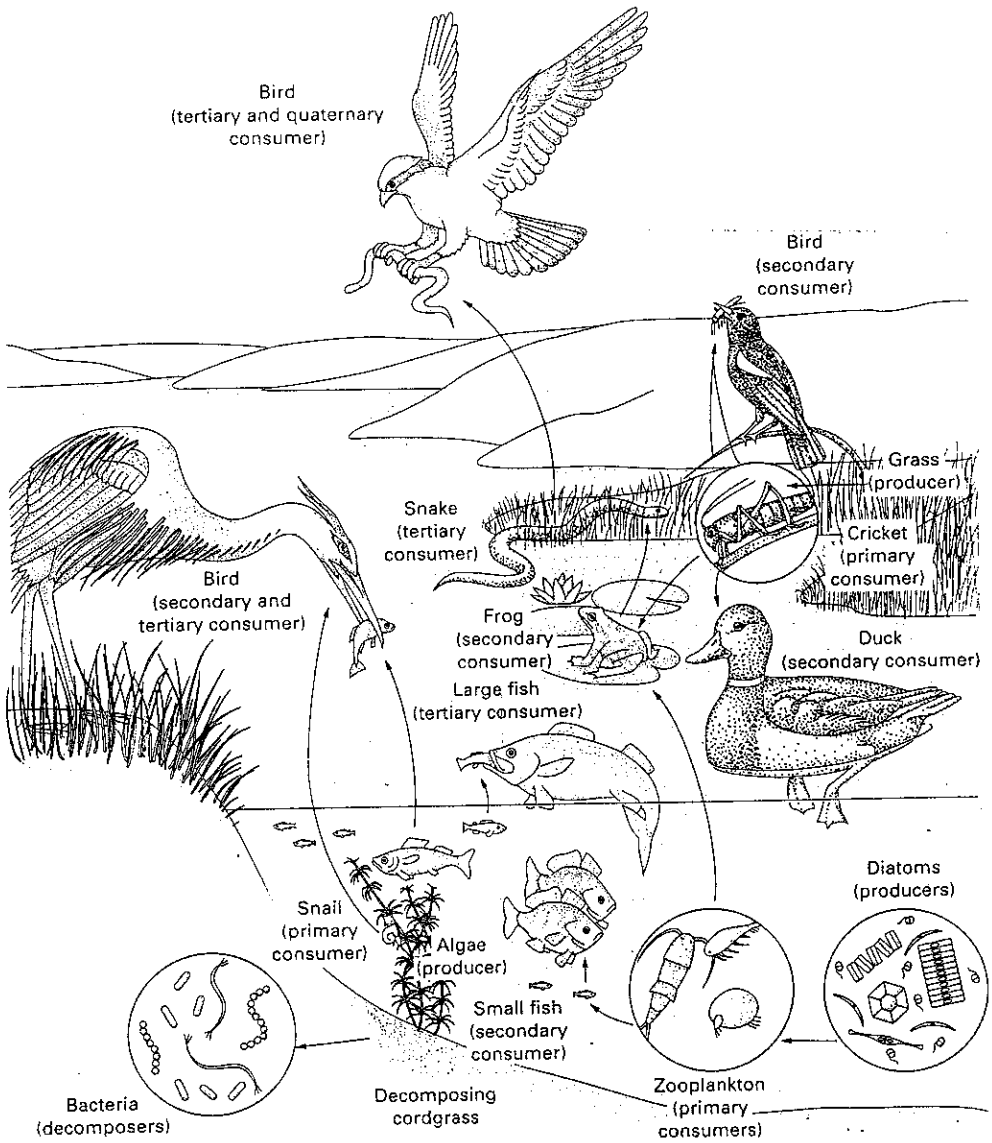
ภาพที่ 1.10 แสดงลักษณะของดอกไม้พวก *Phlox* (Polemoniaceae) ซึ่งมีลักษณะต่างกันเพื่อให้เหมาะสมกับชนิดของแมลงและสัตว์ที่จะมาผสมเกสร (Grant and Grant, 1965)

1.1.4 แมลงในระบบลูกโซ่อาหาร การย่อยสลายและการหมุนเวียนของแร่ธาตุ (insect in food chain, decomposition and nutrient cycle)

ลูกโซ่อาหารหรือวัฏจักรอาหาร (food chain) คือ วงจรอาหารในสิ่งที่มีชีวิตรวมทั้งคน สัตว์ พืช ทุกชนิดที่อาศัยอยู่ในโลกนี้ โดยสิ่งมีชีวิตดังกล่าวใช้อาหารจากแหล่งให้พลังงาน (energy resource) จากผู้ผลิต producer เพื่อดำรงชีวิตและสิ่งมีชีวิตนั้นๆ มีบทบาทเป็นผู้บริโภค หรือผู้ใช้ประโยชน์หรือผู้ได้รับพลังงาน (consumer) กากอาหารหรือส่วนที่เหลือจากการบริโภคก็จะถูกขับออกจากร่างกาย ลงไปในสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ย่อยสลาย (decomposer) อันดับต่อไปในวัฏจักรดังกล่าว จึงมีคำว่า "ผู้บริโภคปฐมภูมิ" (primary consumer) "ผู้บริโภคทุติยภูมิ" (secondary consumer) "ผู้บริโภคตติยภูมิ" (tertiary consumer) และ "ผู้บริโภคจตุถภูมิ" (quaternary consumer) ดังภาพไดอาแกรมของลูกโซ่อาหาร (ภาพที่ 1.11) (Raven et al., 1993) ซึ่งแสดงลูกโซ่ของอาหารทั้งบนบกและในน้ำ บนบกมีพืชหรือหญ้าสังเคราะห์แสง จากคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำโดยมีแสงเป็นตัวช่วยทำปฏิกิริยาในเซลล์พืช ได้แป้งหรือน้ำตาลและพลังงานเป็นผลผลิต หญ้าจึงจัดเป็นผู้ผลิตปฐมภูมิ (primary producer) ที่อาศัยอยู่บนบก เมื่อตั๊กแตนกินหญ้าตั๊กแตนจึงเป็นผู้บริโภคปฐมภูมิ (primary consumer) เมื่อกบหรือเป็ดกินตั๊กแตนเป็นอาหาร กบและเป็ดจึงเป็นผู้บริโภคทุติภูมิ (secondary consumer) และเมื่องูกินกบ งูจึงเป็นผู้บริโภคตติยภูมิ (tertiary consumer) และเมื่อนกกินงู นกจึงเป็นผู้บริโภคจตุถภูมิ (tertiary consumer) ตามลำดับ สำหรับสถานการณ์ในน้ำนั้น diatom และสาหร่าย (algae) เป็น primary producer มี zoo plankton เป็น primary consumer ส่วนปลาเล็ก ปลาใหญ่ และนกกินปลาจัดเป็น secondary และ tertiary consumer ตามลำดับ

สำหรับ decomposer หรือผู้ย่อยสลาย นั้นมีหน้าที่ย่อยกากอาหารที่เหลือจากการบริโภคหรือกากอาหารที่ถูกขับถ่ายออกมาจากผู้บริโภค เช่น จุลินทรีย์ย่อยสลายซากพืช หรือสัตว์ หรือแมลงกินซากพืชหรือมูลสัตว์ เป็นต้น

ในขบวนการย่อยสลายซากพืช ซากสัตว์ หรือมูลสัตว์ที่รวมเรียกว่า "biomass" ลงสู่ดินและก่อให้เกิดความสมดุลของแร่ธาตุในดินนั้นมีตัวอย่างจากประเทศออสเตรเลียซึ่งมีการศึกษาเรื่องด้วงขี้ควายหรือด้วงมูลสัตว์ (dung beetle) พบว่าด้วงขี้ควายในทวีปออสเตรเลียอยู่ใน Subfamily Scarabaeinae มีถึง 250 ชนิด มีการประมาณการว่าวัวตัวหนึ่งๆ สามารถถ่ายมูลได้ 12 กองต่อวัน ถ้าไม่มีการสลายตัวของมูลจะต้องใช้เนื้อที่ 1/10 เฮกตาร์ สำหรับมูลของวัว 1 ตัว และเมื่อทวีปออสเตรเลียมีวัว 30 ล้านตัว จะต้องใช้เนื้อที่สำหรับมูลวัวทั้งหมดอย่างหนึ่งถึง 2.5 ล้านเฮกตาร์ นอกจากจะเสียเนื้อที่แล้ว มูลวัวยังเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงวันนำโรคอีกด้วย ในปี 1967 ประเทศออสเตรเลียจึงได้นำด้วงขี้ควาย (*Garreta nitens*) ซึ่งเป็นด้วงพื้นเมืองจากทวีปอัฟริกาเพื่อขจัดมูลวัวในออสเตรเลียและ *G. nitens* ได้แพร่พันธุ์อย่างรวดเร็ว และขจัดมูลวัวได้เป็นผลสำเร็จ วิธีการสลายมูลสัตว์ของด้วงขี้ควายทำได้โดยด้วงจะขุดมูลสัตว์เป็นก้อนกลม (dung ball) แล้วกลิ้งเข้าไปเก็บไว้ในรูหรืออุโมงค์ที่ขุดเอาไว้ใต้หรือข้างกองมูลสัตว์นั้นๆ มูลสัตว์ที่เป็นก้อนกลมๆ ดังกล่าว ใช้เป็นที่วางไข่และเป็นอาหารเมื่อไข่ฟักเป็นตัวอ่อนก็กินมูลสัตว์หรือย่อยสลายมูลสัตว์นั้น แล้วเข้าดักแด้ภายในก้อนกลมดังกล่าว เมื่อเป็นตัวเต็มวัยจะกัดก้อนมูลสัตว์ออกมา (ภาพที่ 1.12)



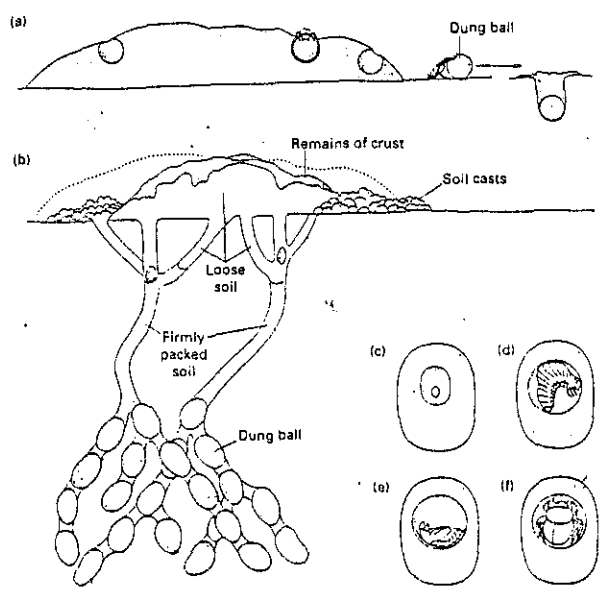
ภาพที่ 1.11 แสดงลูกโซ่อาหาร (food chain) และ ผู้ผลิต (primary producer) ทั้งบนบกและในน้ำ และถ่ายทอดพลังงานไปยังผู้บริโภคระดับต่างๆ ในระบบนิเวศน์ (Raven et al., 1993)

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา

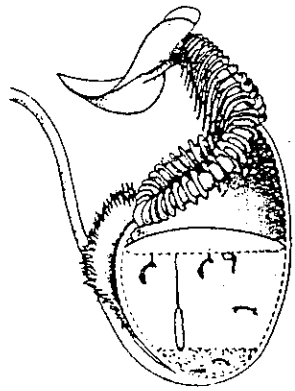
แมลงอีกชนิดหนึ่งที่สามารถย่อยสลายพืชที่รู้จักกันดี คือ ปลวก (termite, O. Isoptera) ซึ่งมีอุปนิสัยการกินคือย่อยสลายเนื้อไม้ กิ่งไม้ ใบไม้ ให้เน่าเปื่อยเป็นอินทรีย์วัตถุในดิน ทั้งนี้เพราะในกระเพาะของปลวกมีน้ำย่อย cellulase และมีแบคทีเรีย และโปรตัวซัว ช่วยย่อย cellulose นอกจากปลวกแล้วยังมีแมลงอาศัยอยู่ในป่าอีกหลายชนิด ที่ทำหน้าที่เป็น ผู้ย่อยสลาย (decomposer) biomass ที่อยู่ในป่าให้เป็นอินทรีย์วัตถุในดิน และพืชสามารถที่จะดูดกินอินทรีย์วัตถุเหล่านั้นเป็นอาหารไปเลี้ยงลำต้นต่อไป จึงเป็นวัฏจักรของการย่อยสลายและการหมุนเวียนของแร่ธาตุในดิน

นอกจากนี้แมลงยังเป็นอาหารของสัตว์และพืชที่กินแมลง (insectivorous animals and plants) ทำให้สัตว์และพืชเหล่านั้น มีชีวิตรอด ขยายพันธุ์ได้ ไม่สูญพันธุ์ เช่น พวกนก สัตว์เลื้อยคลาน และปลา รวมทั้งพืชอีกหลายชนิด พืชที่พบในประเทศไทย ที่กินหรือมีน้ำย่อยแมลงเป็นอาหารคือต้นหม้อข้าวหม้อแกงลิง (*Nepenthes sp.*) ซึ่งเจริญอยู่ในเขตป่าร้อนชื้น เช่น ในป่าดิบในภาคใต้ของประเทศไทย (ภาพที่ 1.13)

วัฏจักรของอาหารหรือลูกโซ่อาหารนี้ จะมีผลต่อเนื่องกัน ถ้าสารเคมีปราบศัตรูพืช ถูกใช้ในปริมาณมากหรือไม่ระมัดระวัง สารเหล่านั้นก็จะตกค้างอยู่ในดิน น้ำ ซึ่งจะถูกพืชดูดขึ้นไปอยู่ในส่วนของลำต้นหรือสัตว์ที่อยู่ในดินก็จะปนเปื้อนด้วยสารพิษ ในประมาณปี ค.ศ. 1960 - 70 ในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่า DDT เป็นต้นเหตุของการสูญพันธุ์ของนกและสัตว์ป่ามากมาย รวมทั้งทำให้มีผู้ป่วยมากขึ้น เนื่องจาก DDT เข้าไปในวัฏจักรอาหาร (food chain) ในปี 1962 มีหนังสือเขียนขึ้นโดย Carlson ชื่อว่า "The Silent Spring" (มีชื่อเรื่องแปลเป็นภาษาไทยว่า "เหมันตมฤตยู") ทำให้ประชาชนลุกขึ้นต่อต้านสารพิษในสิ่งแวดล้อม และเป็นมูลเหตุให้มีการสั่งห้ามผลิตสารเคมี DDT โดยเด็ดขาด



ภาพที่ 1.12 ด้วงขี้ควายชนิด *Garreta nitens* ทำหน้าที่ย่อยมูลวัว (Waterhouse, 1977 อ้างถึงใน Speight et al., 1999)
(a) สร้าง dung ball และกลิ้งไปไว้ในรูที่อยู่ใกล้เคียง หรือ ในอุโมงค์ลึกใต้มูลวัว (b) ลักษณะอุโมงค์
(c) = ไข่ (d) = ตัวอ่อน (e) = ดักแด้ (f) = ตัวเต็มวัย



ภาพที่ 1.13 ต้นหม้อข้าวหม้อแกงลิง *Nepenthus sp.* เป็นพืชในตระกูล Nepentaceae มีน้ำย่อยแมลงที่ตกลงไปเป็นอาหาร

1.2 บทบาทของแมลงในการเกษตร (insect roles in agriculture)

เราพบแมลงศัตรูพืชในทุกระยะและทุกขั้นตอนของการผลิตพืช เช่น ในโรงเก็บผลิตผลทางการเกษตร แมลงจะทำลายเมล็ดพันธุ์พืช หรือส่วนของท่อนพันธุ์ เช่น เมล็ด เหง้า หัว ฯลฯ เมื่อปลูกก็ทำลายเมล็ดในดิน ทำลายต้นกล้า หรือยอดอ่อน ทำให้ไม่สามารถเจริญเป็นลำต้นได้ และเมื่อถึงระยะพืชกำลังเจริญเติบโตก็จะทำลายส่วนของลำต้น ราก ใบ กิ่งก้าน ดอกและผล รวมทั้งฝัก เมล็ด หรือหัว ในกรณีที่มีการระบาดของแมลงศัตรูพืชเกษตรกรอาจเก็บเกี่ยวผลผลิตไม่ได้เลย องค์การอนามัยโลกได้เคยประเมินความเสียหายของพืชผลอันเนื่องมาจากแมลงศัตรูพืช เปรียบเทียบกับความเสียหายที่เกิดจากโรคและวัชพืชดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตัวอย่างความเสียหายของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่เกิดจากแมลงมีมากมาย เช่น ในปี ค.ศ.1992 – 1993 ผลผลิตของฝ้ายของทั้งโลกประมาณ 30 ล้านตัน จากเนื้อที่เก็บเกี่ยวฝ้ายประมาณ 34 ล้านเฮกตาร์ เกษตรกรปลูกฝ้ายทั่วโลกได้รับความเดือดร้อนเนื่องจากแมลงศัตรูฝ้ายที่สำคัญสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง ถึงแม้ว่าในประเทศสหรัฐอเมริกามีโปรแกรมการบริหารศัตรูพืชเป็นที่ยอมรับของทั่วโลกก็ยังจำเป็นต้องใช้สารฆ่าแมลงถึง 6 ครั้งต่อปีและยังต้องสูญเสียผลผลิตไปปีละ 7 % ประเทศออสเตรเลียประสบปัญหาค่อนข้างรุนแรงมากกว่าเพราะต้องใช้สารฆ่าแมลงถึง 12 ครั้งต่อปีและประมาณค่าใช้จ่ายไว้ถึง 90 ล้านเหรียญออสเตรเลียต่อปี (Speight et al., 1999)

ตัวอย่าง ของพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยคืออ้อยในฤดูกาลผลิต 2542/43 และ 2543/44 ได้เกิดการระบาดของหนอนอ้อย อย่างรุนแรงในเขตปลูกอ้อย 15 เขต (จากจำนวนเขตปลูกอ้อยทั่วประเทศ 24 เขต) การระบาดกระจายไปตามจังหวัดต่างๆ ดังนี้ คือ จังหวัดนครราชสีมา อุดรธานี ขอนแก่น กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด

ชัยภูมิ บุรีรัมย์ สระแก้ว จันทบุรี ปราจีนบุรี นครสวรรค์ กำแพงเพชร อุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก แพร่ เชียงใหม่ กาญจนบุรี ราชบุรี และประจวบคีรีขันธ์ รวมเป็นพื้นที่กว่า 852,065 ไร่ สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล กระทรวงอุตสาหกรรมได้อนุมัติเงินในปีงบประมาณ 2544 เป็นเงิน 54 ล้านบาท เพื่อช่วยเหลือเกษตรกร (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล, 2544) สำหรับผลผลิตอ้อยในปี 2543/44 มีโรคใบขาวระบาดเป็นเนื้อที่อีกประมาณ 212 , 504 ไร่ ทำให้มีปริมาณอ้อยจากเดิมที่คาดว่าจะได้ผลผลิต 50 - 52 ล้านตัน ลดเหลือเพียง 48 ล้านตัน ทำให้มีผลกระทบต่อเสถียรภาพของอ้อยและอุตสาหกรรมน้ำตาลของไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งรายได้รวมของเกษตรกรปลูกอ้อยทั้งประเทศที่เคยได้ประมาณ 30,000 - 35,000 ล้านบาท และจากการสำรวจมีการผลิต 2544/45 พบว่าอ้อยเสียหายไปแล้วถึง 10 % (นิรนาม, 2544; หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ, 2544)

ตารางที่ 1 แสดงความสูญเสียของผลผลิตของโลกที่เกิดจากโรคพืช แมลงศัตรูพืช และวัชพืชในระยะก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต (FAO production yearbook, 1982)

หน่วย : ล้านตัน

ชนิดพืช	ผลผลิตที่ได้จริง	ความเสียหาย	ผลผลิตที่คาดว่าจะได้	% ความเสียหาย			% ความเสียหายรวม
				โรค	แมลง	วัชพืช	
ธัญพืช	1,695	893	2,588	9.2	13.9	11.4	34.5
มันฝรั่ง	255	121	376	21.8	6.5	4.0	32.3
พืชหัวอื่นๆ	556	420	976	16.7	13.6	12.7	4.30
อ้อย	811	991	1,802	19.2	20.1	15.7	55.0
ถั่ว	45	22	67	11.3	13.3	8.7	33.3
ผัก	368	141	509	10.1	8.7	8.9	27.7
ผลไม้	302	92	394	12.6	7.8	3.0	23.4
กาแฟ,โกโก้,ชา	8	7	15	17.7	12.1	13.2	42.4
พืชน้ำมัน	240	106	346	9.8	10.5	10.4	30.7
พืชเส้นใย	40	18	58	11.0	12.9	6.9	30.8
ยาสูบ	6	3	9	12.3	10.4	8.1	30.8
ยางพารา	4	1	5	15.0	5.0	5.0	25.0
เฉลี่ย				**11.8**	**12.2**	**9.7**	**33.7**

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่พบว่ามีแมลงศัตรูรวมประมาณ 70 ชนิด และจากจำนวนนี้มีแมลงที่เป็นศัตรูที่สำคัญ (major pests) ประมาณ 20 ชนิด หนู 6 ชนิด โรคของข้าวที่สำคัญ 14 ชนิด และวัชพืชในนาข้าวอีกจำนวนมาก เกษตรกรใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูดังกล่าว คือ ใช้สารเคมีฆ่าแมลงมากกว่า 30 ชนิด สารเคมี

ฆ่าปูนา 3 ชนิด สารไล่นก 1 ชนิด สารเคมีฆ่าหอย 3 ชนิด สารเคมีควบคุมโรคข้าวมากกว่า 15 ชนิด และสารเคมีควบคุมวัชพืชกว่า 20 ชนิด เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีกลุ่มพืชเศรษฐกิจอีกหลายกลุ่มที่แมลงสร้างปัญหา เช่น องุ่นทำให้เกษตรกรต้องใช้สารเคมีฆ่าแมลงในปริมาณมากเพื่อควบคุมการระบาด ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ดังรายงานการเปรียบเทียบ ผลผลิต ต้นทุนการผลิต และกำไรสุทธิในแปลงเกษตรกรชาวสวนองุ่นในปี 2539 แสดงไว้ในตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลผลิต ต้นทุนการผลิต และกำไรสุทธิในการผลิตองุ่นต่อไร่ระหว่างวิธี IPC* และวิธีของเกษตรกร ปี 2539 (กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูไม้ผล, 2541)

รายการ	IPC 1*	IPC 2*	เกษตรกร
ต้นทุน (บาท/ไร่)			
1. ค่าสารฆ่าแมลง	2,632	2,608	1,650
2. ค่าสารกำจัดโรคพืช	620	770	530
3. ค่าปุ๋ย	712	867	1,197
4. ค่าแรงงาน	1,213	1,178	1,742
5. ต้นทุนอื่นๆ	220	1,298	668
(C) ต้นทุนรวม (บาท/ไร่)	5,397	6,721	5,787
(R) ราคาผลผลิต (บาท/ไร่) **	28,960	32,400	35,700
กำไร (บาท/ไร่)	23,563	25,679	29,913
สัดส่วนผลตอบแทน/การลงทุน (R/C)	**5.36**	**4.82**	**6.17**

* แปลงองุ่นที่มีวิธีการป้องกันกำจัดศัตรูพืชแบบผสมผสานในความดูแลของกรมวิชาการเกษตร

** องุ่นราคา 20 บาท/กก.

จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายของสารฆ่าแมลงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) จากต้นทุนทั้งหมดในแปลง IPC1, IPC2 และแปลงเกษตรกรผู้ปลูกองุ่นเท่ากับ 48.8, 38.8 และ 27.7 % ตามลำดับ การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตมะม่วง และส้มโอ ในลักษณะเดียวกันได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4 ตามลำดับ จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า ค่าสารฆ่าแมลงในปี 2537 - 38 และปี 2538 - 2539 ในแปลงมะม่วง IPC และแปลงเกษตรกร เท่ากับ 22.6 21.9 14.4 และ 16.8% ของต้นทุนการผลิต ส่วนตารางที่ 4 จะเห็นว่า ค่าสารฆ่าแมลงของแปลงส้มโอ ในแปลง IPC และแปลงเกษตรกรในปี 2538 เท่ากับ 40.7 % และ 32.9 % และในปี 2539 เท่ากับ 33.9 % และ 31.5 % ตามลำดับ

เนื่องจากสารเคมีเป็นสารปราบศัตรูพืชที่หาซื้อได้ง่าย ใช้สะดวก และให้ผลต่อศัตรูพืชรวดเร็วหรือทันที เกษตรกรจึงนิยมใช้สารเคมีอย่างกว้างขวาง จากสถิติการนำเข้าสารเคมีปราบศัตรูพืช ระหว่างปี พ.ศ. 2534 -

2539 พบว่ามีการนำเข้าถึง 26,000 – 45,000 ตันต่อปี และมูลค่าการนำเข้าของสารปราบศัตรูพืชในปี 2534, 2536, 2537 และ 2539 มีสูงกว่าปี 2536 ถึง 86.8 % (ตารางที่ 5) (ไพฑูรย์ พิศุทธิ์สินธุ์ และคณะ, 2537; 2539)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลผลิต ต้นทุนการผลิต และกำไรสุทธิในการผลิตมะม่วงต่อไร่ระหว่างวิธี IPC* และวิธีของเกษตรกร ปี 2538 – 2539 (กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูไม้ผล, 2541)

รายการ	2537 – 2538		2538 – 2539	
	IPC*	เกษตรกร	IPC*	เกษตรกร
1. ค่าสารฆ่าแมลง	1,573	1,892	1,035	1,665
2. ค่าสารกำจัดโรคพืช	384	550	855	1,245
3. ค่าปุ๋ย	721	967	720	860
4. ค่าสารกำจัดวัชพืช	368	368	380	510
5. ค่าแรงงาน	3,920	4,880	4,180	5,580
ต้นทุนรวม (บาท/ไร่) (C)	6,966	8,657	7,170	9,860
ผลผลิต/ไร่	520	630	580	610
รายได้/ไร่ (R)	10,400[1/]	12,600[1/]	8,700[2/]	12,200[1/]
กำไร/ไร่	3,434	3,944	1,530	2,430
สัดส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน (R/C)	**1.49**	**1.46**	**1.21**	**1.24**

[1/] ผลผลิตมะม่วงราคา 20 บาท/กก. [2/] ผลผลิตมะม่วงราคา 15 บาท/กก.

* แปลงมะม่วงที่มีวิธีการป้องกันกำจัดศัตรูพืช แบบผสมผสานในความดูแลของกรมวิชาการเกษตร

สารเคมีที่เกษตรกรใช้ประเทศไทยนิยมใช้มากที่สุดและมีการนำเข้าสูงสุดเป็น 10 อันดับแรกส่วนใหญ่เป็นสารปราบวัชพืชอันได้แก่ glyphosate และสารฆ่าแมลงที่มีความเป็นพิษสูงได้แก่ monocroptophos เป็นต้น (ตารางที่ 6)

นอกจากแมลงที่เป็นโทษต่อวงการเกษตรกรรมแล้วยังมีแมลงอีกกลุ่มหนึ่งที่มีความเป็นประโยชน์ และมีบทบาทในการควบคุมศัตรูพืชในธรรมชาติ เรียกว่า "แมลงศัตรูธรรมชาติ" (natural enemies) ซึ่งใช้พฤติกรรมการกินแยกได้เป็น 2 กลุ่มคือ แมลงห้ำ (predators) และ แมลงเบียน (parasites)

แมลงห้ำ (predators) คือ แมลงที่กินแมลงชนิดอื่นหรือศัตรูพืชเป็นอาหาร เช่น แมลงปอ กินหนอนผีเสื้อ, เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่นสีเขียวข้าว ฯลฯ ด้วงเต่าลาย กินเพลี้ยอ่อน และเพลี้ยแป้ง ฯลฯ แมลงห้ำนี้รวมถึงแมลงที่กินวัชพืชหรือทำลายวัชพืชที่สำคัญ เช่น ด้วงวงผักตบชวา (*Neochetina eichorniae*) ควบคุมผักตบชวา, ด้วงหมัด (*Agasicles hygrophila*), ผีเสื้อ (*Vogtia nalloi*) และเพลี้ยไฟ (*Amynothrips andersoni*) ควบคุมผักเป็ด เป็นต้น (Napompeth, 1982)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลผลิต ต้นทุนการผลิต และกำไรสุทธิในการผลิตส้มโอต่อไร่ระหว่างวิธี IPC* และวิธีเกษตรกร ปี 2538 และ 2539 (กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูไม้ผล, 2541)

รายการ	ปี 2538		ปี 2539	
	IPC*	เกษตรกร	IPC*	เกษตรกร
1. ค่าสารฆ่าแมลง	2,719.00	2,182.50	1,478.50	1,625.50
2. ค่าสารกำจัดโรคพืช	321.50	612.50	90.00	90.00
3. ค่าสารฆ่าไร	190.00	165.00	249.50	133.50
4. ค่าปุ๋ย	1,712.50	1,720.00	1,137.00	1,710.00
5. ค่าแรง	1,280.00	1,460.00	980.00	1,160.00
6. ค่าเชื้อเพลิง	456.00	474.00	426.00	444.00
ต้นทุนรวม (บาท/ไร่) (C)	6,679.00	6,614.00	4,361.00	5,163.00
ราคาผลผลิต (บาท/ไร่) (R)	38,444.00	33,769.00	25,480.00	30,516.00
กำไร (บาท/ไร่)	31,765.00	27,155.00	21,119.00	25,353.00
สัดส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน (R/C)	**5.76**	**5.11**	**5.84**	**5.91**

* แปลงส้มโอที่มีวิธีการป้องกันกำจัดศัตรูพืชแบบผสมผสานในความดูแลของกรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบปริมาณและมูลค่าของสารกำจัดศัตรูพืชนำเข้าปี 2536 – 2543 (ปรับปรุงจากไพฑูรย์ พิศุทธิ์สินธุ์ และคณะ, 2537; 2539; ข้อมูลจากด่านตรวจพืชท่าเรือกรุงเทพฯ, ด่านตรวจพืชลาดกระบัง และด่านตรวจพืชแหลมฉบัง, 2543)

ปริมาณ : ตัน มูลค่า : ล้านบาท

ชนิดสาร	2536 (1993)		2537 (1994)		2539 (1996)		2543 (2000)	
type of pesticide	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
สารกำจัดแมลง (insecticide)	7,330	1,193	7,708	1,151	14,382	1,668	12,533	2,000
สารกำจัดเชื้อรา (fungicide)	5,651	438	7,065	534	6,157	615	7,393	1,120
สารกำจัดวัชพืช (herbicide)	15,386	1,788	16,108	1,705	23,535	2,444	29,715	3,841
สารกำจัดไร (acricide)	469	88	404	72	384	653	274	72
สารกำจัดหนู (rodenticide)	129	8	98	6	92	636	142	14
สารรมควันพิษ (fumigant)	217	28	345	30	82	126	570	63
สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช	476	106	500	92	463	665	1,162	114
(plant growth regulator)								
สารกำจัดหอยทาก (molluscicide)	37	2	46	4	215	12	226	33
รวม (total)	**29,696**	**3,651**	**32,274**	**3,594**	**45,310**	**6,819**	**52,015**	**7,257**

แมลงเบียน (parasites) คือ แมลงที่เกาะกินอยู่ภายนอกหรือภายในลำตัวของศัตรูพืช ใช้อาหารของแมลงอาศัย (host) เป็นอาหารและเจริญเติบโตหรือแพร่ขยายพันธ์อยู่ภายนอกหรือภายในลำตัว host ทำให้ host ตาย เช่น แตนเบียนหนอน *Cotesia* (*Apanteles*) *flavipes* ทำลายหนอนกออ้อย หนอนกระทู้ผัก ฯลฯ หรือแตนเบียนไข่ *Trichogramma spp.*ทำลายไข่หนอนเจาะสมอฝ้าย (*Helicoverpa armigera*) และไข่หนอนเจาะลำต้นข้าวโพด (*Ostrinia furnacalis*)

ตารางที่ 6 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่มีการนำเข้าสูงสุด 10 อันดับแรกของปี 2537 (ไพฑูรย์ พิศุทธิ์สินธุ์ และคณะ, 2537)

ลำดับที่ no.	ชื่อสามัญ common name	ปริมาณ/ตัน quantity/ton	มูลค่า/ล้านบาท CIF value/m.Bht.	ปริมาณสารออกฤทธิ์/ตัน a.i. quantity/ton	ถิ่นกำเนิด origin
1	glyphosate	6,187	522	2,564	Taiwan, China, U.S.A., Malaysia, Singapore, Hungary
2	2, 4-D	2,665	152	2,292	U.K., India, Hungary, Poland, Austria, Australia, China, Germany
3	atrazine	1,640	147	1,296	Croatia, Israel, S. Africa, U.S.A., Switzerland, Italy, Yugoslavia
4	copper oxychloride	1,574	53	1,181	Germany, Italy, Poland, Switzerland, Hungary, Bulgaria
5	monocrotophos	1,363	156	905	China, Taiwan, Holland, India
6	methamidophos	1,149	56	831	China, Brazil, Taiwan
7	methyl parathion	1,117	70	789	China, Denmark, India, Israel, S. Africa
8	sulfur	1,097	23	870	Hungary, India, France, Germany, Holland, Austria, U.S.A., China
9	ametryn	990	156	792	Italy, Israel, U.S.A.
10	zineb	972	23	775	Bulgaria, Poland

1.3 บทบาทของแมลงในการแพทย์และสาธารณสุข (insect roles in medical and public health)

แมลงมีบทบาทที่สำคัญต่อมนุษย์และสัตว์มากในด้านสุขอนามัย เนื่องจากการที่สารเคมีเกิดพิษต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเป็นอันตรายต่อเกษตรกรหรือผู้ใช้และผู้บริโภคผลิตผลการเกษตร ทำให้อัตราผู้ป่วยและตายเนื่องจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในปี 2532 สูงถึง 9.26 % (คิดจากประชากร 100,000 คน) และลดลงเป็น 8.29 % ในปี 2533 และ 8.01 % ในปี 2534 และตัวเลขดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับสถิติการนำเข้าสารเคมีปราบศัตรูพืช (ณรงค์ศักดิ์ อังคะสุวพลา, 2536)

นอกจากนี้แมลงยังต่อความรำคาญ และเป็นโทษแก่มนุษย์ เช่น แมลงวัน เหลือบ แมลงสาบ มด ยุง ฯลฯ ก่อให้เกิดการศึกษาทางการแพทย์ 1 สาขาวิชา คือ วิชากีฏวิทยาทางการแพทย์และสัตวแพทย์ (medical and veterinary entomology) ซึ่งหมายถึงการศึกษาถึงบทบาทของแมลงต่างๆ ในการนำโรคมาสู่คนและสัตว์ บทบาทของแมลง คือบางครั้งแมลงอาจเป็นตัวเชื้อโรคเอง เช่น โรคเหา (pediculosis) เกิดจากเหาบนร่างกาย คือ *Pediculus humanus* หรือเหาบนศีรษะ (*P. capitis*) ดูดกินเลือดจากคนโดยตรง หรือแมลงเป็นพาหะ (vector) นำโรค มีการแพร่กระจายของแมลงและโรคอย่างกว้างขวาง เชื้อโรคที่นำโดยแมลงพาหะมีหลายชนิด ได้แก่ ไวรัส ริคเคทเซีย แบคทีเรีย สไปโรชีต โปรโตซัว พยาธิตัวตืด และพยาธิตัวกลม เป็นต้น โรคที่รู้จักกันดี เช่นโรคไข้เหลืองในป่า (sylvan yellow fever) ซึ่งเป็นโรคที่เกิดขึ้นในหมู่ไพรเมต (ลิง) ที่อยู่ในป่าในประเทศอูกันดา นำโดยยุงลาย *Aedes africanus* และ *Ae. simsoni* ซึ่งดูดกินเลือดทั้งคนและลิง โรคไข้เลือดออก (haemorhagic fever) นำโดยยุงลาย (*Ae. aegypti*) โรคไข้มาลาเรีย (malaria) เกิดจากเชื้อ *Plasmodium sp.* นำโดยยุงกันปล่อง (*Anopheles spp.*) มวน (F. Reduviidae) เป็นพาหนะนำ *Trypanosoma crusi* และแมลงวัน tsetse fly (*Glossina sp.*) เป็นพาหนะนำเชื้อโรคเหงาหลับ (African sleeping sickness) เป็นต้น (Burgess, 1990; Walker, 1994; สัมฤทธิ์ สิงห์อาษา, 2537) นอกจากนี้ยังพบยุงชนิด *Culex spp.* นำโรคไวรัสสมองอักเสบที่มีชื่อเรียกว่า "Japanese encephalitis" ซึ่งพบมากที่เชียงใหม่และในหุบเขาทางภาคเหนือของประเทศไทย (Rojanasuphot et al., 1992)

การนำโรคของแมลงหรือการเป็นพาหะ (vector) คือ การนำโรคจากสัตว์ที่อยู่อาศัย (host) ที่เป็นโรคไปสู่สัตว์ที่อยู่อาศัย (host) ที่ยังไม่เป็นโรค ทำให้ host ที่ไม่เป็นโรคป่วย วิธีการนำโรคของแมลงมี 2 วิธี คือ การนำโรคโดยวิธีทางกล (mechanical transmission) และโดยวิธีทางชีวภาพ หรือชีววิธี (biological transmission)

การนำโรคโดยวิธีทางกล (บางครั้งเรียกว่า "กลไก") ถือเป็นการถ่ายทอดเชื้อโรคจากแมลงพาหะไปสู่ host โดยตรง เช่น แมลงวันตอมอุจจาระที่มีเชื้อโรคท้องร่วงหรืออหิวาตกโรค เชื้อโรคจะติดไปกับ ขา และปากขนบนลำตัวของแมลงวันแล้วไปไต่ตอมอาหารที่เรารับประทาน ทำให้เป็นโรคท้องร่วงหรืออหิวาตกโรค เป็นต้น วิธีนี้สามารถนำโดยสิ่งมีชีวิตอื่นๆ รวมทั้งสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น น้ำ ฝน ฯลฯ ได้ มาตรการป้องกันกำจัดการแพร่ระบาดของโรคที่นำโดยวิธีกลนี้ จะยุ่งยากมากเพราะมีตัวพาหะมากมายไม่สามารถกำจัดพาหะได้หมด วิธีที่ดี

ที่สุด คือ ทำลายแหล่งโรค เช่น มีสัวมที่ถูกสุขลักษณะ หรือไม่ถ่ายอุจจาระลงในแม่น้ำ ลำคลอง หรือในที่ที่คนใช้น้ำเพื่ออุปโภค บริโภค และพร้อมๆ กันนั้นก็กำจัดแมลงพาหะไปด้วย

การนำโรคโดยชีววิธี เป็นวิธีนำโรคที่เจาะจง คือ เป็นการถ่ายทอดและนำเชื้อโรคจาก host หนึ่งไปสู่ host หนึ่งได้โดยต้องผ่านแมลงเท่านั้น เช่นโรคไข้เลือดออก โรคมาลาเรีย โรคเหงาหลับ ฯลฯ วิธีนี้เชื้อโรคจะถูกกลืนเข้าไปในตัวแมลงและมีการพัฒนาเจริญเติบโตในตัวแมลงก่อน เมื่อแมลงนั้นไปกัดกิน host อีกตัวหนึ่งก็จะถ่ายทอดโรคไปสู่ host ตัวนั้นๆ การนำโรคโดยวิธีนี้เนื่องจากคุณสมบัติของเชื้อโรคที่จะต้องอยู่และพักตัว (incubate) หรือแพร่พันธุ์ภายในลำตัวแมลง วิธีการควบคุมโรค คือการควบคุมประชากรของแมลงและการแพร่กระจายตัวของแมลง ซึ่งต้องการความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเรื่องแมลงพาหะ

แมลงบางชนิดสามารถนำโรคได้ทั้งโดยวิธีกลและชีววิธี เช่น เหลือบ (O. Diptera F. Tabanidae) เป็นพาหะนำโรค sura ที่เกิดจากเชื้อ *Trypanosoma evansi* ในม้าและอูฐโดยวิธีกลและในเวลาเดียวกันเป็นพาหะของโรคอีกชนิดหนึ่งคือ *T. theileri* โดยวิธีชีววิธีในปศุสัตว์

ปัญหาอีกประการหนึ่งในด้านกีฏวิทยาทางการแพทย์ ในการควบคุมการระบาดของโรคที่มีแมลงเป็นพาหะสำคัญ และทำให้การควบคุมโรคสำเร็จหรือไม่ขึ้นอยู่กับความเข้าใจในเรื่องความซับซ้อนของสปีชีส์ (species complex) ตัวอย่างที่น่าสนใจ เช่น ในประเทศอิตาลี พบว่ายุงก้นปล่องเป็นพาหะที่สำคัญของเชื้อมาลาเรีย และเมื่อศึกษาต่อไปก็พบว่ายุงก้นปล่องมี 2 พวก คือ Anophilini ที่นำเชื้อไข้มาลาเรียในคนและ Culicini ที่นำเชื้อไข้มาลาเรียในนก และทราบว่าไม่ใช่ทุก species ที่มีความสำคัญ เช่น *An. minimus* และ *An. fluvialitis* เป็นยุงก้นปล่องที่เป็นพาหะที่เป็นอันตราย เพราะดูดเลือดคน (anthropophilic) ส่วน *An. subpictus* ไม่มีความสำคัญเพราะดูดเลือดสัตว์ (zoophilic) ดังนั้นการควบคุมคือต้องเจาะจงกำจัดเฉพาะชนิด (species sanitation) ส่วนชนิดที่ไม่สำคัญไม่ต้องควบคุมก็ได้ มาตรการ species sanitation นี้ใช้ได้ผลดีในเขตร้อน

ตามปกติแล้วในยุงจะมีการปรับอย่างเหมาะเจาะระหว่างการกินเลือดและวงจรการเจริญของรังไข่ ซึ่งในการดูดเลือดแต่ละครั้ง ก็จะเกิดการสุกของไข่หนึ่งชุดตามมา ยกเว้นยุงในเขตประเทศอบอุ่นหรือหนาว ซึ่งในฤดูใบไม้ร่วงจะเตรียมตัวจำศีลโดยจะดูดเลือดแล้วสร้างไขมัน (fat body) ไม่สร้างไข่และจากนั้นจะเสาะหาแหล่งที่มีที่กำบัง แล้วเข้าไปอยู่ในนั้นจนถึงฤดูใบไม้ผลิต่อมา ในประเทศฮอลแลนด์ *An. maculipennis* บางตัวจะจำศีลในลักษณะเช่นนี้ โดยก็มีบางตัวหลบเข้ามาในบ้านเรือน ดูดเลือดและมีการเจริญเติบโตของรังไข่ ยุงพวกนี้ดูดเลือดเป็นช่วงๆ ในระหว่างฤดูหนาว แต่ไข่จะไม่เจริญจนกว่าจะถึงฤดูร้อนหน้า ถ้าหากว่ามีทั้งผู้ที่มีเชื้อมาลาเรียในตัวโดยที่ไม่แสดงอาการและมียุงก้นปล่องหลบอยู่ภายในบ้านเดียวกัน ก็จะมีโอกาสสูงที่ยุงก้นปล่องนั้นจะได้รับเชื้อและนำโรคไปยังคนอื่นๆ ในบ้านนั้นในช่วงหากินในฤดูหนาวนั้น ความสัมพันธ์กันระหว่างผู้พาเชื้อ (carrier) กับยุงก้นปล่องนี้เรียกว่า "malaria-houses" ซึ่งพบในประเทศฮอลแลนด์และในมณฑลนอร์โฟล์ค (Norfolk) ประเทศอังกฤษ การมีแบบของพฤติกรรม 2 แบบใน *An. maculipennis* ตัวเต็มวัยนี้ ในปี 1924 Roubaud. Van Thiel พยายามที่จะหาลักษณะแตกต่างใน 2 เผ่าพันธุ์นี้และสามารถแสดงข้อแตกต่างระหว่างพวกจำศีลปีกยาวกับพวกไม่จำศีลปีกสั้นได้ ในพวกไม่จำศีลปีกสั้นนี้เขาได้ตั้งชื่อว่า atroparvus (little black) (สัมฤทธิ์ สิงห์อาษา, 2537)

นอกจากนี้พบว่ายุง *An. maculipennis* ถ้าพบในแหล่งไม่มีโรคมาลาเรียจะดูดเลือดสัตว์ และเมื่อพบในแหล่งที่มีโรคมาลาเรียจะดูดเลือดคน และความซับซ้อนมีปรากฏเพิ่มขึ้นอีกเมื่อพบว่า *An. maculipennis* นั้นมีไข่ถึง 7 แบบ โดยแยกเป็นสีเทา 3 แบบ และสีดำ 4 แบบ และพบว่าการนำเชื้อไข้มาลาเรีย สัมพันธ์กับเพศเมียที่วางไข่สีเทา ต่อมาจึงมีการนำเอาแบบของไข่มาใส่ไว้เป็นชื่อ species และ subspecies ของยุง *Anopheles* เพื่อบอกถึงลักษณะของไข่

และเมื่อศึกษาในรายละเอียดของการเจริญเติบโตจากไข่ที่แตกต่างกันไม่ถึงระยะถึงเต็มวัย พบว่ามีความแตกต่างกันในบางลักษณะของโครงสร้าง และอุปนิสัยการดูดกินเลือด เช่น *An. atropavus* เป็นยุงพวกไม่จำศีลและปีกสั้น ส่วนพวก *An. typicus, An. messeae, An .melanoon* และ *An. subalpinus* เป็นพวกจำศีลปีกยาว เป็นต้น อย่างไรก็ดีมีข้อคิดเห็นที่แสดงว่าการที่ยุงกันปล่องมี species complex นั้นเป็นการดี เพราะเมื่อทุกคนทราบก็จะได้ส่งตัวอย่างไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำแนกชนิด ซึ่งทำให้มาตรการการควบคุมแน่นอนชัดเจนขึ้น นอกจากนั้นแพทย์จะได้เฝ้าระหวังการระบาดโดยใช้ลักษณะประจำ species นั้น ๆ และใช้ระบบนิเวศน์ของ species นั้น ๆ ให้เป็นประโยชน์ (สัมฤทธิ์ สิงห์อาษา, 2537)

1.4 บทบาทของแมลงในธุรกิจอุตสาหกรรมและสังคม (insect roles in industrial business and society)

ในมุมมองด้านความเป็นโทษของการใช้สารเคมีอย่างฟุ่มเฟือยทำให้เกิดมลพิษในสิ่งแวดล้อม รวมทั้งมนุษย์และสัตว์ แต่ในมุมมองด้านธุรกิจอุตสาหกรรมโรงงานผลิตสารเคมีเป็นการค้าแล้วเป็นธุรกิจที่มีมูลค่ามหาศาล เช่นในปี พ.ศ. 2539 ประเทศไทยเรานำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชถึง 6,819 ล้านบาท ในจำนวนนี้มีสารกำจัดมลงคิดเป็นมูลค่า 1,668 ล้านบาทและสารรมควันพิษซึ่งส่วนใหญ่ใช้กำจัดแมลงในโรงเก็บและไม้ดอกไม้ประดับก 126 ล้านบาท (ตารางที่ 5) ส่วนประเทศผู้ผลิตสารกำจัดศัตรูพืชที่เป็นผู้ผลิตรายใหญ่มีถึง 22 ประเทศ ตารางที่ 6) ซึ่งประเทศผู้ผลิตบางประเทศได้มาตั้งโรงงานในประเทศไทย จึงจัดเป็นธุรกิจข้ามชาติ หรือธุรกิจางประเทศที่นำเงินรายได้สู่ประเทศผู้ผลิตและเป็นเงินส่งออกนอกประเทศไทยจำนวนมหาศาลในทุก ๆ ปี

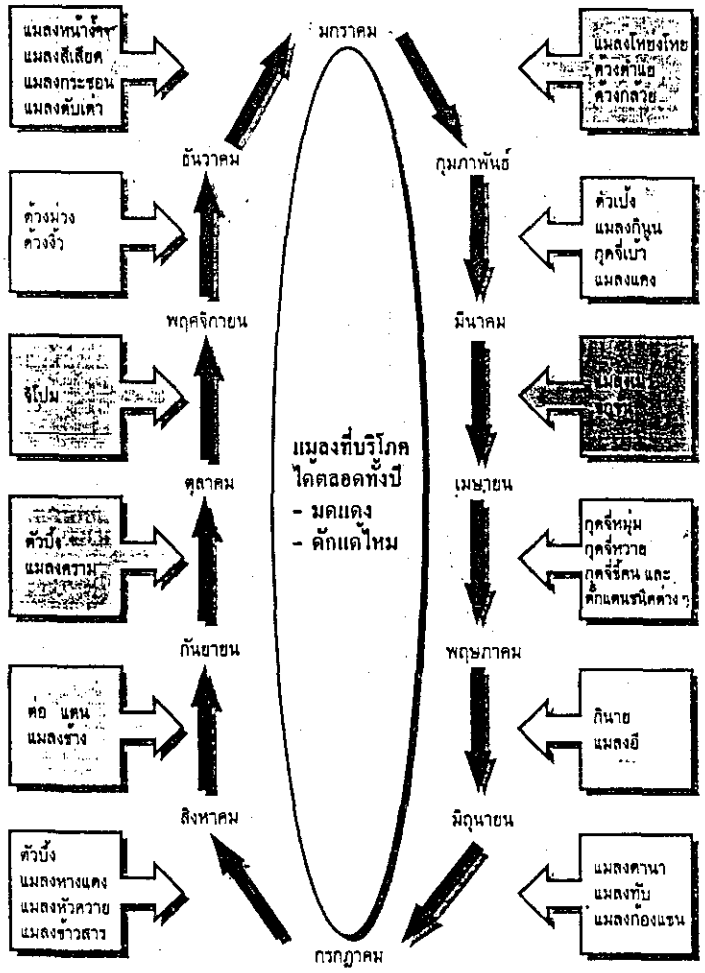
แมลงที่มีผลิตภัณฑ์ใช้เป็นเครื่องมุ่งห่มและเครื่องประดับได้แก่ ไหม (*Bombyx mori*) ซึ่งปัจจุบันนี้เรามีนค้าที่เป็นผลิตภัณฑ์ไหมที่ทำรายได้สูงให้แก่ประเทศ และเป็นสัญลักษณ์ที่ดึงดูด นักท่องเที่ยวจากทั่วโลกให้ักประเทศไทย นอกจากนี้โครงการศิลปาชีพของสมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนารถ ได้ใช้แมลงทับชนิดง ๆ ที่มีสีสรรสวยงามมาขลิบหรือหุ้มทองทำเป็นเข็มกลัด ซึ่งเป็นเครื่องประดับที่นิยมในหมู่สุภาพสตรีอีกด้วย ั่งซึ่งได้จากแมลงครั่ง (lac insect, *Kerria laccla* หรือ *Dactylopius coccus*) นำไปทำแชล็ค (shellac) สาร itin ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผิวหนังของแมลงสามารถนำไปใช้ทางการแพทย์คือเป็นสารทำให้โปรตีนไม่ลายตะกอนใช้ในการเลี้ยงเนื้อเยื่อของมนุษย์ ช่วยทำให้แผลหายเร็วขึ้น และลดปริมาณ cholesterol ในเลือด ฯลฯ กจากนั้นปัจจุบันนี้แมลงหวี่ (*Drosophila melanogaster*) ใช้ในการศึกษาเรื่องพันธุศาสตร์ นอกจากนั้นแมลง

ยังถูกใช้เป็นตัวบ่งบอก (indicator) ถึงความหลากหลาย (biodiversity) และการศึกษาถึงภูมิประเทศของโลกอีกด้วย

ในเรื่องของความเป็นประโยชน์ของแมลงโดยตรงต่อสังคมมนุษย์ คือ ตัวแมลงและผลิตภัณฑ์จากแมลงสามารถใช้เป็นอาหารมนุษย์ เช่น ดักแด้ไหม แมลงดานา ตั๊กแตน แมลงเม่า ฯลฯ และน้ำผึ้ง น้ำผึ้งเป็นอาหารที่มีผู้นิยมและรู้จักกันดีมาเกินกว่า 9,000 ปีมาแล้ว (พงศ์เทพ อัครธนกุล, 2534) และพบว่าสุราทำจากน้ำผึ้งหมักเป็นสุราที่นิยมดื่มในยุคโบราณมีชื่อว่า "mead" ซึ่งมีรากศัพท์ภาษาลาตินตรงกับคำว่า "การแพทย์" (medical) มีการทำสุราน้ำผึ้งหมักนี้เป็นครั้งแรกก่อนที่มนุษย์จะเรียนรู้การหมักพืชเพื่อทำสุรา ประมาณว่าน้ำผึ้งที่ผลิตเป็นอาหารเลี้ยงประชากรโลกในปี 2515 มีสูงถึง 850,569 ตัน ใช้ในการทำอาหารหลากหลายมาก นอกจากน้ำผึ้งแล้วผลิตภัณฑ์ผึ้ง คือ ไขผึ้ง (bee wax) มีประโยชน์ในการทำเทียนไข การแพทย์ อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เภสัชกรรม ฯลฯ นอกจากนี้ในประเทศสหรัฐอเมริกามีธุรกิจเฉพาะการผสมเกสรโดยใช้ผึ้งมีมูลค่าถึงปีละ 1.6 – 5.7 พันล้านเหรียญ (Romoser and Stoffolano, 1994)

จากพฤติกรรมการบริโภคแมลงหลากชนิดในสังคมมนุษย์ก่อให้เกิดอุตสาหกรรมและตลาดการค้าอาหารแมลงที่สามารถใช้เป็นอาหาร จากการสำรวจพบว่ามีแมลงประมาณ 500 species ใน 260 Genus หรือ 70 Family ที่เป็นอาหารโปรตีนของมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย อัฟริกา ออสเตรเลีย และประเทศลาตินอเมริกา (Gullan and Cranston, 1992) จากการศึกษาสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังและไม่มีกระดูกสันหลังจำนวน 148 ชนิดที่ใช้เป็นอาหารและเป็นแหล่งโปรตีนของประชาชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทยได้ทั้งปี (ภาพที่ 1.14) คือ ที่จังหวัดชัยภูมิ นครราชสีมา บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ อุบลราชธานี ยโสธร และอำนาจเจริญ พบว่าประชาชนบริโภคแมลงเป็นอาหารถึง 23.12 % คิดเป็นอันดับสองรองจากปลาน้ำจืด ซึ่งประชาชนนิยมบริโภคสูงสุด 46.92 % (สมร ขวัญทอง, 2538) ในกลุ่มแมลงนี้มีแมลงบางชนิดที่เป็นที่นิยมทั่วทุกภาคของประเทศไทย เช่น แมลงดานา (*Lethocerus indicus*) (วรากร วราอัศวปติ และคณะ, 2518) จากการศึกษาในปี 2542 เรื่องแมลง 44 ชนิดที่ใช้เป็นอาหารพื้นเมืองของประเทศไทย พบว่ามีความแตกต่างกันไปตามฤดูกาลในรอบ 1 ปี ได้สรุปแสดงในภาพที่ 1.14 (กัณฑ์วีร์ วิวัฒน์พาณิชย์, 2542) มีการศึกษาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของแมลงชนิดต่างๆ สรุปไว้ในตารางที่ 7, 8, 9 และ 10 (พงศ์ธร สังเผือก และคณะ, 2527; อุษา กลิ่นหอม และคณะ, 2527) และจากงานศึกษาเหล่านี้ทำให้ทราบถึงคุณค่าทางอาหารพบว่ามีโปรตีนอยู่ระหว่าง 38.6 - 65.5 % และมีไขมันอยู่ระหว่าง 4.33 %ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งจัดว่ามีปริมาณสูงมากเมื่อเทียบกับเนื้อสัตว์อื่นๆ ที่ใช้บริโภคกันทั่วๆ ไป นอกจากมีโปรตีนและไขมันแล้วแมลงยังให้สารอาหารประเภทแคลเซียม ฟอสฟอรัส ดังตารางที่ 9 และ 10 และภาพที่ 1.15 จากผลการศึกษาคุณค่าทางอาหารดังกล่าวชี้ไปในทางเดียวกันว่า แมลงเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าและมีสารอาหารประเภทโปรตีนสูงในระดับหนึ่ง และสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนเสริมให้แก่ชาวบ้านได้ ซึ่งในภาวะปกติชาวบ้านต้องเสียเงินจำนวนมากเพื่อแลกกับเนื้อสัตว์ประเภทอื่นๆ เช่น เนื้อวัว เนื้อหมู เนื้อเป็ด เนื้อไก่ และเนื้อปลา โดยสามารถใช้โปรตีนจากแมลงทดแทนเนื้อสัตว์ประเภทอื่นที่ชาวบ้านนิยมบริโภคได้ มีการศึกษาการเป็นพยาธิ (เป็นโรค) หรือความเป็นพิษเนื่องจากการบริโภคแมลง พบว่าตัวอ่อนแมลงปอเป็นพาหะ (intermediate host) ของพยาธิใบไม้ลำไส้ตัวเล็กชนิด *Phaneropsolus bonei* และ

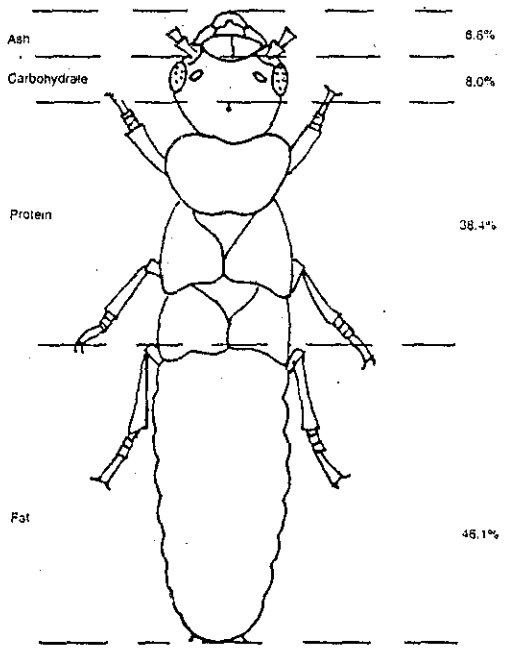
Prosthodendium molenkampi ส่วนแมลงสาบเป็นพาหะของเชื้อโรคมากมายที่สำคัญ คือ เป็นพาหะของพยาธิตัวตืด *Raillietina siriraji* อะแคนโทเซฟาลาชนิด *Moniliformis moniliformis* หรือที่เรียกว่า "โรคหนอนหัวหนาม" ทำให้เด็กมีอาการปวดท้อง ถ่ายอุจจาระเหลว อ่อนเพลีย ซึม ง่วงนอน มีเสียงดังในหูและศีรษะอาจอาเจียนเป็นตัวพยาธิออกมา และเป็นตัวนำโรคไวรัสที่สำคัญ เช่น Coxsachie virus, Poliomyelitis (โรคโปลิโอ) และ infections hepatitis (โรคตับอักเสบ) แมลงกินูน ด้วงปีกแข็งอื่นๆ หรือแมลงเหนี่ยงเป็นพาหะนำเชื้อ *Macracanthorhynchus hirudinaceus* หรือโรคพยาธิหัวหนามได้เช่นเดียวกัน ผู้ป่วยจะมีอาการเป็นแผลในผนังลำไส้ เนื่องจากพยาธิไชซอนผังตัวในผนังลำไส้ ทำให้ลำไส้ทะลุหรือเยื่อบุช่องท้องอักเสบ จึงควรบริโภคแมลงเมื่อปรุงให้สุกดีก่อนเท่านั้น และไม่ควรรับประทานสดส่วนแมลงประเภทกัดหรือต่อย เช่น ต่อ แตน ซึ่งมีสารพิษอยู่ในตัวทำให้เกิดอาการมึนเมา วิงเวียนศีรษะ อาเจียน จึงไม่ควรบริโภคในปริมาณมาก (สุภัทร สุจริต, 2531)



ภาพที่ 1.14 แสดงวงจรแมลงที่คนไทยใช้บริโภคในรอบปี (กัณฑ์วีร์ วิวัฒน์พาณิชย์, 2542)

ตารางที่ 7 คุณค่าทางอาหารของแมลงชนิดต่างๆ ต่อน้ำหนักแมลงสด 100 กรัม (พงศ์ธร สังข์เผือก และคณะ, 2527)

ชื่อแมลง	ความชื้น (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	สารประกอบจำพวกแป้งและน้ำตาล (กรัม)	กาก (กรัม)	เถ้า (กรัม)	พลังงาน (กิโลแคลอรี่)
แมลงกระชอน	71.2	15.4	6.3	1.7	2.7	2.7	125.1
แมลงกินูน	74.1	13.4	1.4	2.9	5.0	3.2	77.8
แมลงกุดจี่	68.4	17.2	4.3	0.2	7.0	2.9	108.3
จิโปม	73.3	12.8	5.7	2.6	3.1	2.5	112.9
จิ้งหรีด	71.4	12.9	5.5	5.1	3.0	2.1	121.5
แมลงดานา	63.2	19.8	8.3	2.1	5.0	1.6	162.3
ด้วงแต้ไหม	80.6	9.6	5.6	2.3	1.0	0.9	98.0
ตั๊กแตนเล็ก	61.1	20.6	6.1	3.9	4.0	4.3	152.9
ตั๊กแตนใหญ่	76.7	14.3	3.	2.2	2.4	1.1	95.7
แมลงดับเต่า	61.2	21.0	7.1	0.3	7.6	2.8	149.1
มดแดง	74.0	13.9	3.5	2.9	4.0	1.7	98.7
ตัวเป้ง	66.1	12.7	12.5	4.9	2.8	1.0	182.9
ไข่มดแดง	81.9	7.0	3.2	6.5	0.8	0.6	82.8



ภาพที่ 1.15 แสดงคุณค่าทางอาหารของปลวก (alate form) ชนิด *Macrotermes subhyalinus* (Pearce, 1997)

นอกจากแมลงจะเกี่ยวข้องถึงพฤติกรรมและวัฒนธรรมการกินของคนพื้นเมืองแล้วยังทำให้เกิดแหล่งอาหารที่มั่นคง (food security) ทำให้ดำรงชีวิตอยู่ด้วยความสมบูรณ์ เป็นการถ่ายทอดวัฒนธรรมการบริโภคจากบรรพบุรุษสู่ลูกหลาน ยังมีความเชื่อหรือทัศนคติในด้านนำแมลงไปเป็นยารักษาโรคในชุมชน เช่น การใช้มดแดงรักษาพิษงู รักษาแผลที่ถูกของมีคมบาด แมลงสาบรักษาโรคตับ แมลงกุดจี่รักษาโรคตาลขโมยหรือโรคซาง การกินตั๊กแตนเพื่อขับปลิงออกจากร่างกาย ฯลฯ นอกจากนี้ยังนำผลิตภัณฑ์มาเป็นเครื่องสำอางประทินผิว เช่น ขี้ผึ้งทาปาก ใช้ตั๊กแตนตำข้าวเป็นสื่อของการบอกรักของหนุ่มสาว เป็นเครื่องเล่นนันทนาการและกีฬาของเด็กและผู้ใหญ่ เช่น การแข่งขันการกัดจิ้งหรีด การชนด้วงกว่าง มวยปล้ำกุกจี่เบ้า (กุดจี่ชนิดตัวใหญ่) หรือนำไปแขวนไว้ที่เปลเด็กอ่อนแทนปลาตะเพียน เป็นต้น (กัณฑ์รวีร์ วิวัฒน์พาณิชย์, 2542)

ตารางที่ 8 ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในแมลงชนิดต่าง ๆ ต่อน้ำหนักแมลงสด 100 กรัม (พงศ์ธร สังข์เผือก และคณะ, 2527)

ชื่อแมลง	แร่ธาตุ					วิตามิน		
	แคลเซียม (มก).	ฟอสฟอรัส (มก.)	เหล็ก (มก.)	โซเดียม (มก.)	โปตัสเซียม (มก.)	บี 1 (มก.)	บี 2 (มก.)	ไนอาซีน (มก.)
แมลงกระชอน	75.7	254.1	41.7	97.0	267.8	0.20	1.89	4.81
แมลงกินูน	22.6	207.0	6.0	464.8	462.7	0.29	1.19	3.99
แมลงกุดจี่	30.9	157.9	7.7	292.6	287.6	0.19	1.09	3.44
จิโปม	88.2	163.4	14.4	56.5	276.6	0.26	1.78	2.31
จิ้งหรีด	75.8	185.3	9.5	86.7	305.5	0.36	1.91	3.10
แมลงดานา	43.5	225.5	13.6	83.5	191.7	0.09	1.50	3.90
ตักแตไหม	41.7	155.4	1.8	13.6	138.7	0.12	1.05	0.86
ตั๊กแตนเล็ก	35.2	238.4	5.0	266.8	237.4	0.23	1.86	4.64
ตั๊กแตนใหญ่	27.5	150.2	3.0	32.0	217.4	0.19	0.57	6.67
แมลงตับเต่า	36.7	204.8	6.5	61.5	197.9	0.31	3.51	6.85
มดแดง	47.8	206.0	5.7	56.2	221.8	0.24	0.88	3.38
ตัวเป้ง	23.1	172.7	3.0	50.0	168.1	0.33	0.71	3.32
ไข่มดแดง	8.4	113.4	4.1	28.0	96.3	0.15	0.19	0.92

ตารางที่ 9 คุณค่าทางอาหารของแมลงชนิดต่างๆ ต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม (อุษา กลิ่นหอม และคณะ, 2527)

ชื่อแมลง	ความชื้น (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	สารประกอบจำพวกคาร์โบไฮเดรต (กรัม)	เยื่อใย (กรัม)	เถ้า (กรัม)
จิ้งหรีด	71.84	46.76	24.32	11.10	7.17	9.76
จิหล่อ	71.41	45.59	33.86	6.00	8.09	6.07
จิโปม	65.54	55.08	30.32	4.38	5.88	3.72
แมลงกระชอน	59.89	43.29	15.93	13.18	16.80	10.42
แมลงตับเต่า	52.32	51.07	22.88	13.82	2.71	4.44
แมลงเหนี่ยง	53.00	52.04	25.42	6.41	7.98	7.97
กินูนเขียว	66.08	46.93	9.22	24.43	8.03	9.63
กินูนขาว	67.44	56.52	4.70	19.08	12.20	5.94
กินูนดำ	58.22	50.47	9.55	11.76	19.13	8.50
กินูนเล็ก	61.17	48.66	7.40	21.21	10.75	9.98
กุดจี่กลาง	47.33	42.33	15.59	16.25	15.78	9.63
กุดจี่เล็ก	59.25	45.31	7.72	16.56	15.24	14.64
กุดจี่เบ้า	85.42	41.93	22.66	22.70	6.88	4.75
แมลงกอก	58.27	48.03	8.41	16.99	19.76	6.08
แม่เป้ง	66.05	43.94	16.18	17.62	13.47	8.39
แมลงมัน	71.56	65.54	16.02	7.08	7.91	3.11
แมลงตานา	55.07	45.53	34.19	5.50	9.21	5.46
แมลงหน้าง้ำ	83.54	38.60	8.71	34.86	9.05	6.65

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารแมลงและเนื้อสัตว์ต่อน้ำหนัก 100 กรัม (อุษา กลิ่นหอม และคณะ, 2527)

แมลงและเนื้อสัตว์	โปรตีน (กรัม)	พลังงาน (กิโลแคลอรี่)
แมลงกระชอน	15.4	125.1
แมลงกินูน	13.4	77.8
แมลงกุดจี่	17.2	108.3
จิโปม	12.8	112.9
จิ้งหรีด	12.9	121.5
แมลงดานา	19.8	162.3
ด้วงแต้ไหม	9.6	98.0
ด้วงแตนเล็ก	20.6	152.9
ด้วงแตนใหญ่	14.3	95.7
แมลงตับเต่า	21.0	149.1
มดแดง	13.9	98.7
ตัวเป้ง	12.7	182.9
ไข่มดแดง	7.0	82.8
เนื้อไก่ (ขา)	20.6	130
เนื้อไก่ (อก)	23.4	117
เนื้อวัว	21.5	160
เนื้อหมู	19.5	170
ปลาร้า	14.15	145
ปลาดุก	23.0	176
ไข่ไก่	12.7	145

2. แมลงคืออะไร ?
What are insects ?

2.1 ลักษณะทั่วไป (general characters)

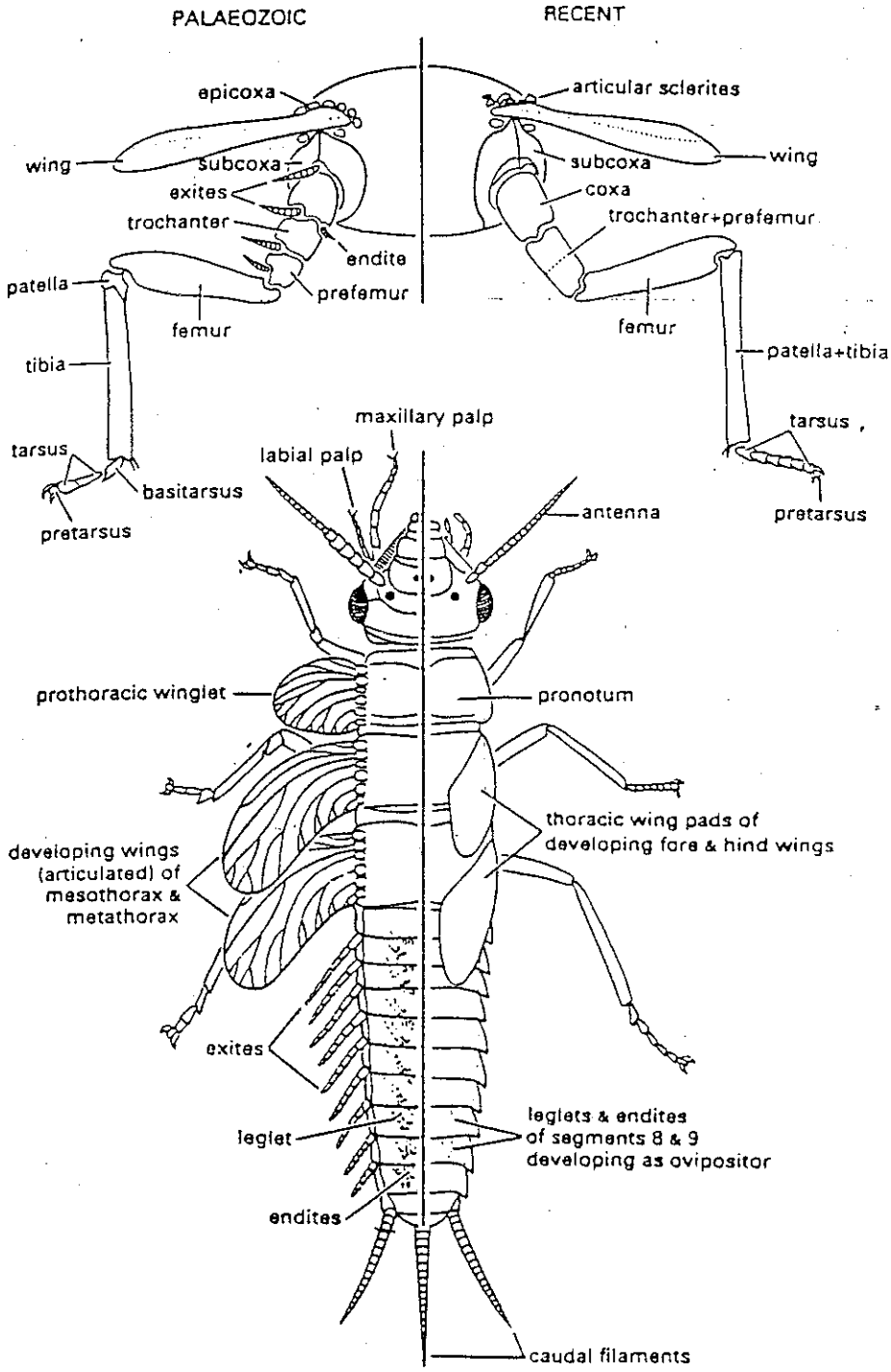
แมลงเป็นสัตว์จัดอยู่ใน Phylum Arthropoda (มาจากภาษากรีก Arthro = joint, poda = leg) , Sub-phylum Hexapoda (Hexa = six) Class Insecta มีลักษณะประจำตัวที่สำคัญ คือ มีลำตัวเป็นข้อ และปล้อง (segmented body) เชื่อมต่อกันโดยเนื้อเยื่อระหว่างข้อและปล้อง (intersegmental membrane) ที่มีความยืดหยุ่นสูง มีขา 6 ขา (3 คู่) ส่วนประกอบของขาเป็นข้อปล้องเช่นเดียวกับลำตัว ขา 3 คู่อยู่ที่อกปล้องที่ 1, 2 และ 3 ปล้องละ 1 คู่ มีปีก 2 คู่อยู่ที่อกปล้องที่ 2 และ 3 แมลงบางชนิดอาจมีปีกคู่เดียว บางชนิดไม่มีปีก ลำตัวภายนอกมีลักษณะแข็ง ห่อหุ้มกล้ามเนื้อและอวัยวะภายในที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม ถือว่าเป็นกระดูกหุ้มอยู่นอกลำตัว (exoskeleton) ลำตัวแบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ ๆ ได้ 3 ส่วน คือ ส่วนหัว (head) ส่วนอก (thorax) และ ส่วนท้อง (abdomen) มีความสมมาตรตามความยาวของลำตัว (bilateral symmetry) และมีระบบย่อยอาหารเป็นแบบท่อ

2.2 กำเนิดและวิวัฒนาการ (origin and evolution)

ปัจจุบันนี้ยังเป็นที่ถกเถียงและโต้แย้งกันว่าแมลงถือกำเนิดมาจากสัตว์น้ำหรือสัตว์บก ซึ่งถ้าจะอ้างอิงถึงทฤษฎีการเกิดปีกของแมลงแล้วมีอยู่ 2 ทฤษฎีที่น่านำมาพิจารณาคือ (Gullan and Cranston, 1994)

2.2.1 Paranotal theory (exite – endite theory)

เป็นทฤษฎีที่มีความเชื่อว่าแมลงถือกำเนิดมาจากสัตว์บก และปีกเจริญมาจากส่วนอกที่ยื่นออกมาเรียก paranotum และคิดว่าก่อนการเกิดปีก (protowing) นั้นมีการรวมของอวัยวะที่ใช้เคลื่อนไหว เช่น ส่วนที่ติดกับลำตัว (endite) และส่วนที่อยู่ห่างจากลำตัว (exite) เข้าด้วยกัน เป็นส่วนที่ใช้เคลื่อนไหวทางด้านข้างของลำตัว (ภาพที่ 2.1)

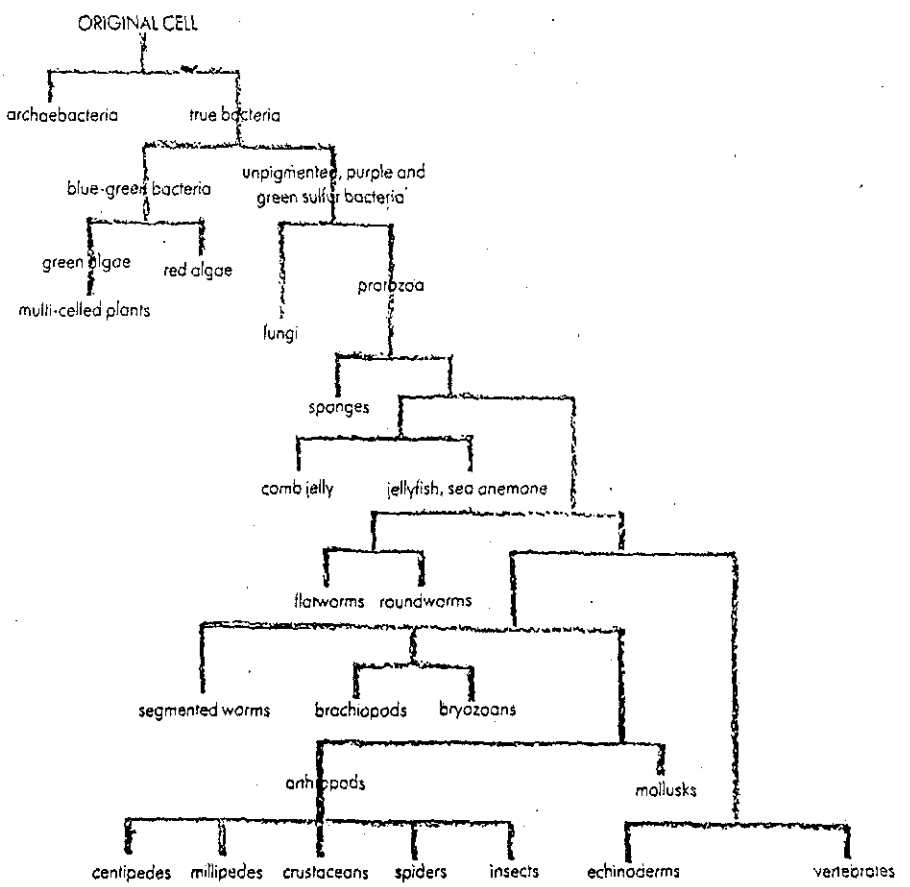


ภาพที่ 2.1 แสดงถึงทฤษฎี paranotal theory ที่เชื่อว่าแมลงถือกำเนิดมาจากสัตว์บก (Gullan and Cranston, 1994)

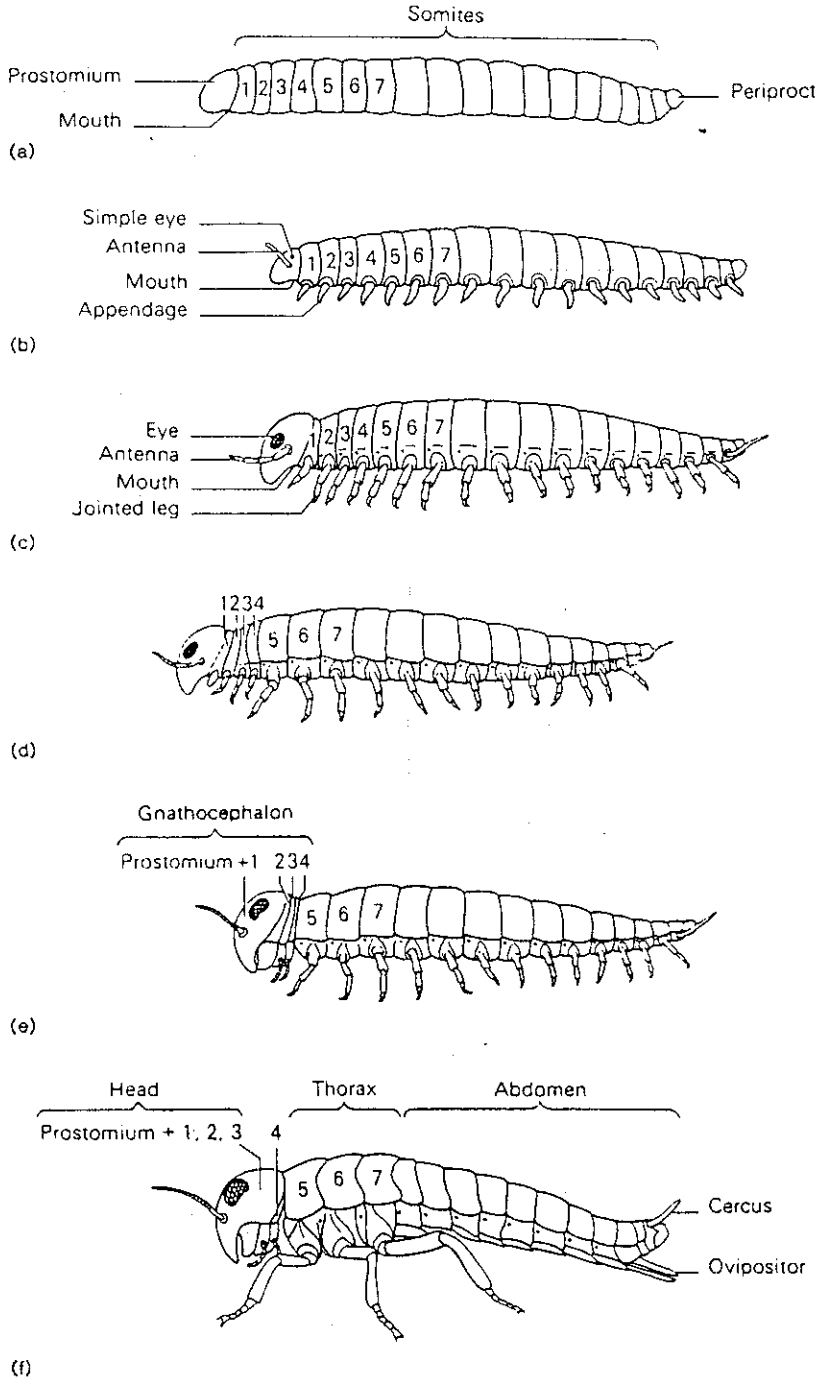
2.2.2 Trachael gill theory

เป็นทฤษฎีที่มีความเชื่อว่าแมลงถือกำเนิดมาจากสัตว์น้ำ เนื่องจากปัจจุบันนี้ยังมีแมลงโบราณหลายชนิดที่อยู่ในน้ำ เช่น ชีปะขาว (O. Ephemeroptera) ตัวอ่อนของแมลงปอ (O. Odonata) และคิดว่าเหงือก (gill) นอกจากจะช่วยในการเก็บอากาศไว้หายใจแล้ว ยังมีส่วนช่วยในการเคลื่อนไหวด้วย ซึ่งปัจจุบันนี้ ปีกของแมลงยังทำหน้าที่นี้อยู่

อย่างไรก็ดีนักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เห็นพ้องกันว่า แมลงมีบรรพบุรุษ ที่มีลักษณะคล้ายไส้เดือน (segmented worm หรือ protoannelid) (Imes, 1992; Ross, 1965; Snodgrass, 1952; Tiegs and Manton, 1958) (ภาพที่ 2.2 และ 2.3)



ภาพที่ 2.2 แสดงถึงบรรพบุรุษของสิ่งมีชีวิตและแมลง (Imes, 1992)

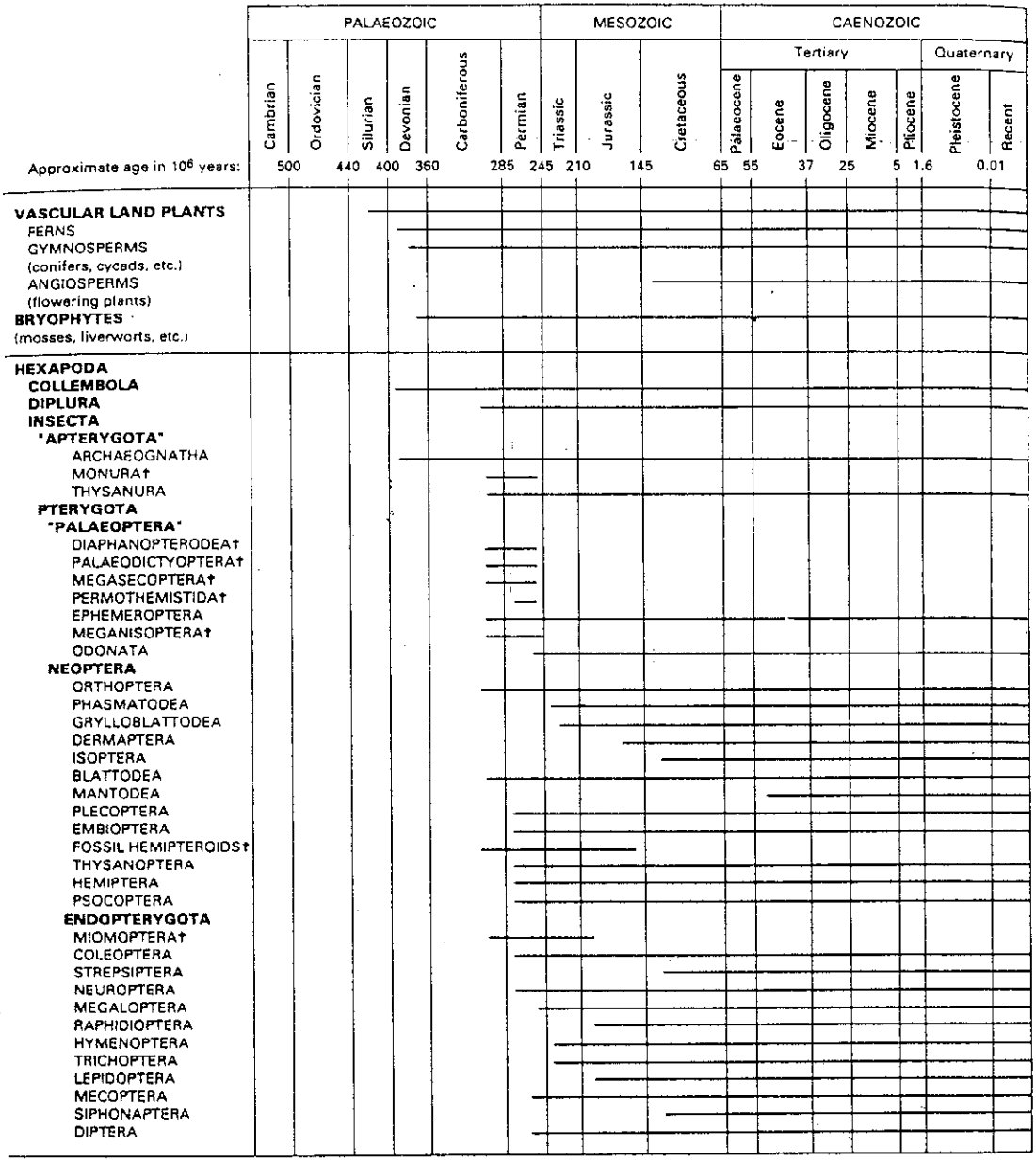


ภาพที่ 2.3 แสดงวิวัฒนาการของแมลงจากบรรพบุรุษที่เป็นไส้เดือนดิน (Ross, 1965)

จากการศึกษาซากของสัตว์ที่เปลี่ยนสภาพไปเป็นหิน (fossil) พบว่ามีสัตว์ 6 ขา มาตั้งแต่ยุค devonian (380 ล้านแล้ว) แมลงที่พบในยุคแรกนี้เป็นแมลงพวกไม่มีปีก (Apterygota) คือ แมลงหางดีด (O. Collembola) และพวก Archaeognatha (bristletail) ต่อมาในยุค carboniferous (300 ล้านปีมาแล้ว) จะพบแมลงมีปีก เช่น บรรพบุรุษของแมลงปอ (Protodonata) ที่มีชื่อเรียกว่า "Meganisoptera" ซึ่งมีขนาดปีกใหญ่ถึง 56 ซม. บรรพบุรุษแมลงกลุ่มนี้จะมีปากแบบโบราณ คือ กัดกินเพียงอย่างเดียว โดยมีส่วนของปากบนขยายใหญ่มาก ต่อมาในยุค permian (285 – 245 ล้านปีมาแล้ว) พบว่ามีซากของบรรพบุรุษของแมลงที่พบในยางของพืช เป็นกลุ่มแมลงมีปีกแบบโบราณ (Palaeoptera) และกลุ่มของแมลงที่มีปีกพัฒนาแล้ว (Neoptera) ซึ่งกลุ่มนี้คือบรรพบุรุษของแมลงในปัจจุบันนี้ ในยุคนี้มีพืชที่มีดอกและเมล็ด (Angiosperm) จึงปรากฏกลุ่มของแมลงที่มีการพัฒนาปากมาเป็นปากแบบท่อดูดเพื่อดูดน้ำเลี้ยงจากท่อน้ำและท่ออาหารซึ่งอยู่ในลำต้นพืช แมลงพวกนี้สร้างปีกจากเนื้อเยื่อภายนอก(exoderm) ได้แก่ พวกมวน (O. Hemiptera) , พวกเพลี้ยไฟ (O. Thysanoptera) ส่วนแมลงพวกปากกัดกินก็ยังมีอยู่ เช่น ตั๊กแตน แมลงสาบ (O.Orthoptera) แมลงชีปะขาว (O.Ephemeroptera) ปลวก (O.Isoptera) และ แมลงหางหนีบ (O.Dermaptera) เป็นต้น ส่วนพวกที่สร้างปีกจากเนื้อเยื่อชั้นใน (endoderm) นั้นถือว่าเป็นแมลงกลุ่มที่มีวิวัฒนาการสูงสุด ได้แก่ ด้วง (O. Coleoptera) แมลงวัน (O. Diptera) แมลงช้าง (O. Neuroptera) ผึ้งต่อแตน (O. Hymenoptera) และผีเสื้อ (O. Lepidoptera) (Gullan and Cranston, 1994; Speight et al., 1999) (ภาพที่ 2.4 ตารางที่ 11 และตารางที่ 12)

ตารางที่ 11 แสดง Order ของแมลงที่สำคัญที่พบในยุคต่างๆ (Gullan and Cranston, 1996)

Order	Earliest fossils	Myr ago
Archaeognatha	Devonian	390
Thysanura	Carboniferous	300
Odonata	Permian	260
Ephemeroptera	Carboniferous	300
Plecoptera	Permian	280
Phasmatodea	Triassic	240
Dermaptera	Jurassic	160
Isoptera	Cretaceous	140
Mantodea	Eocene	50
Blattodea	Carboniferous	295
Thysanoptera	Permian	260
Hemiptera	Permian	275
Orthoptera	Carboniferous	300
Coleoptera	Permian	275
Strepsiptera	Cretaceous	125
Hymenoptera	Triassic	240
Neuroptera	Permian	270
Siphonaptera	Cretaceous	130
Diptera	Permian	260
Trichoptera	Triassic	240
Lepidoptera	Jurassic	200



ภาพที่ 2.4 แสดงวิวัฒนาการของแมลงในยุคต่างๆ (Gullan and Cranston, 1994)

ตารางที่ 12 แสดงวิวัฒนาการของแมลงในแต่ละยุค (Speight et al., 1999)

Event	Period	Approx. time (Ma)
Most recent aphid families present	Early Tertiary	45
Radiation of higher (cyclorrhaphan) flies (Diptera)	Tertiary (Paleocene)	55–65
Evidence of complex insect damage to angiosperm leaves	Cretaceous	65–145
Midges feeding on the blood of dinosaurs	Cretaceous	88–93.5
Differentiation of various weevil families	Middle Cretaceous	100
Earliest fossil ant	Early Cretaceous	130
Radiation of major lepidopteran lineages on gymnosperms	Late Jurassic	150
Establishment of intracellular symbionts in aphids	Permian–Jurassic	160–280
Insect grazing damage on fern pinnules and gymnosperm leaves	Late Triassic	220
First evidence of pollenivory	Early Permian	275
First evidence of leaf mines and galls	Late Carboniferous	300
Evidence from tree-ferns of insect feeding by piercing and sucking	Carboniferous	302
First evidence of wood boring by insects	Early Carboniferous	330
Earliest fossil insect (bristletail) with significant structural data	Early Devonian	400

2.3 ลักษณะภายนอกและหน้าที่ (external characters and function)

แมลงมีลักษณะภายนอกที่สำคัญ คือ มีลำตัวเป็นข้อหรือปล้องเชื่อมต่อกันโดยเนื้อเยื่อระหว่างปล้อง ลำตัวแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหัว (head) ส่วนอก (thorax) และส่วนท้อง (abdomen) เป็นระยางค์ที่ใช้เคลื่อนไหวตั้งอยู่ที่ส่วนอก แมลงบางชนิดอาจมีปีกคู่เดียวหรือไม่มีปีก มีส่วนที่แข็งหรือโครงกระดูกหุ้มอยู่ภายนอกลำตัว (exoskeleton) มีรูหายใจเป็นคู่ๆ อยู่ด้านข้างของลำตัว ดังจะกล่าวโดยย่อพอเข้าใจดังนี้

2.3.1. ผิวของลำตัวแมลง (insect integument)

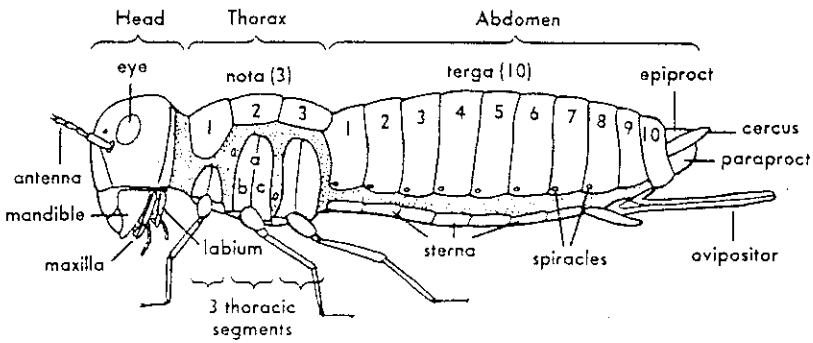
ผนังของลำตัวแมลงประกอบด้วยชั้นของเซลล์ 2 ชนิด คือ cuticle และ epidermis (ภาพที่ 2.6) cuticle เป็นคำรวมเรียกผิวหนังชั้นนอกซึ่งประกอบด้วยชั้น epicuticle และ procuticle ที่บางครั้งมีลักษณะแข็ง บางครั้งอาจอ่อนนุ่ม หุ้มอยู่รอบลำตัวแมลงเพื่อป้องกันอวัยวะภายในและป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากร่างกายมีความหนาประมาณ 0.1 – 3.0 μm กลุ่มสารประกอบที่สำคัญใน cuticle คือ glycoprotien, chitin, pohyhydrophenol และ quinone สารในกลุ่ม glycoprotien ที่พบได้แก่ arthropodin, resilin และ sclerotin สารในกลุ่ม chitin ที่พบได้แก่ amino sugar polysaccharide ชนิด N-acetyl-D-glucosamine ($C_8H_{13}O_5$) ซึ่งอยู่ในรูป α-, β- และ γ -chitin แต่ที่ผิวหนังแมลงจะพบ α-chitin มากที่สุด (Anderson, 1979) คุณสมบัติของ cuticle ที่สำคัญคือ น้ำไม่สามารถซึมเข้าออกได้ มีความเหนียวและทนทานมากที่สุดเมื่อเทียบกับผิวหนังสัตว์อื่นๆ ทนต่อความเป็นด่างได้สูง แม้นำไปต้มในด่างก็จะไม่สลายตัว มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.3 (Hickman et al., 1990) บางครั้งจะเห็นผิวลำตัวของแมลงไม่เรียบ อาจเป็นละอองสีขาวคล้ายแป้งซึ่งเป็นพวกไข (wax)หรือลำตัวเป็นหนาม ลำตัวแข็งหนาหรือตะปุ่มตะป่ำ ทั้งนี้เกิดจากสาร sclerotin เกาะกันและซ้อนกันหลายๆ ชั้น ซึ่ง

เราเรียกขบวนการนี้ว่า "sclerotization" การเกิด sclerotization นี้มักพบในบริเวณที่ต้องการความแข็งหรือทนทานเป็นพิเศษ เช่น ปาก ฟัน เล็บ ขา หัว ส่วนสาร polyhydrophenol และ quinone มีหน้าที่ช่วยในขบวนการ sclerotization และทำให้ติดสีเข้ม (melanization)

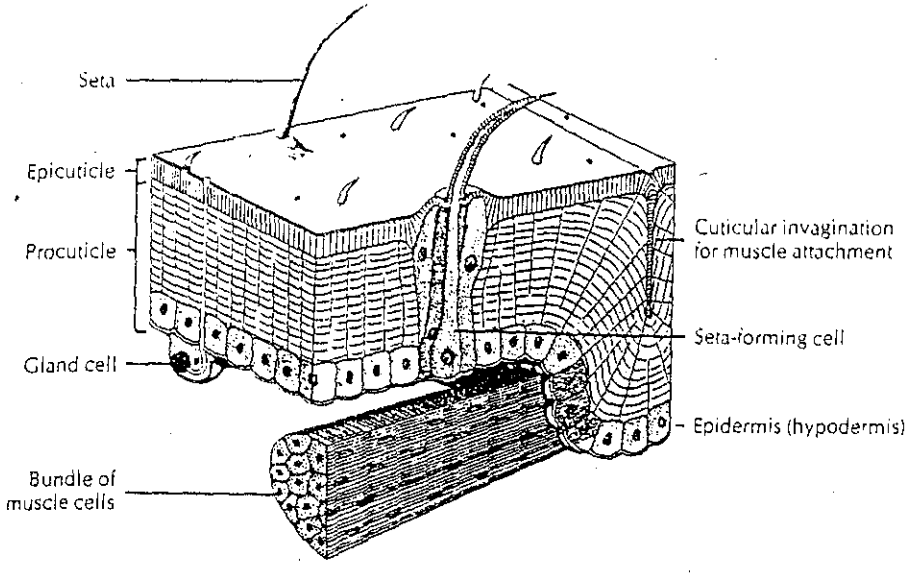
resilin เป็น glycoprotien ชนิด polypeptide ที่ทำให้น้ำผ่านผิวหนังแมลงไม่ได้ มีความอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นสูง (ต่างจาก chitin ซึ่งทำให้ผิวลำตัวมีลักษณะแข็ง) คุณสมบัติของ resilin นี้ทำให้นักวิทยาศาสตร์เรียกผิวของสัตว์ที่มีลักษณะดังกล่าว่า "arthropodial membrane" ซึ่งจะพบมากในเนื้อเยื่อที่เชื่อมต่อระหว่างปล้อง (intersegmental membrane) และเนื้อเยื่อบริเวณอวัยวะวางไข่ เช่น ในตั๊กแตนเพศเมีย พบว่าทำให้อวัยวะวางไข่สามารถยืดยาวออกได้ถึง 20 เท่าเพื่อวางไข่ในดิน

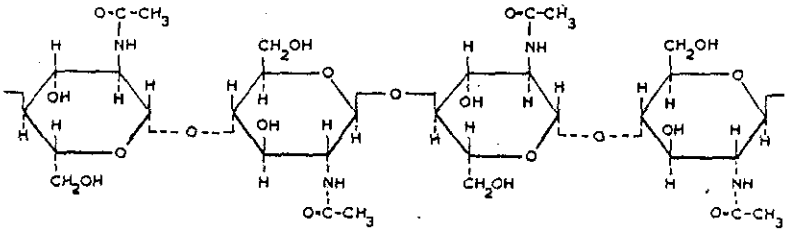
epidermis เป็นชั้นของผนังลำตัวของแมลงถัดจาก cuticle ที่ชั้นนี้จะมีต่อมที่ผิว (dermal gland) ซึ่งจะสร้างไข (wax) สารเหนียว (cement) มีท่อส่งกลิ่นเพศ (pheromone) ไปที่ cuticle เป็นที่เกิดของ cell ที่สร้างขน (hair หรือ setae) หรือหนาม (spine) (ภาพที่ 2.6) เมื่อแมลงลอกคราบ จะลอกเอาเฉพาะชั้น cuticle ออกจากชั้น epidermis นี้ และ epidermis จะสร้างชั้น cuticle ใหม่ต่อไป

การเกิดสีของแมลงหรือการสร้างเม็ดสีของแมลง เกิดขึ้นจากขบวนการ 3 อย่าง คือ ขบวนการ metabolism ของแมลงเอง หรือขบวนการที่แมลงนำเอาสีในพืชที่กินเข้าไปไปใช้ในร่างกาย และอาจเป็นเพราะสีของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำตัวแมลง ซึ่งกรณีหลังนี้เกิดขึ้นน้อยมาก เม็ดสีของแมลงอาจอยู่ในชั้นของ cutide ชั้นของ epidermis อยู่ในน้ำเลือด (haemolymph) หรืออยู่ในไขมัน (fat body) ที่อยู่ในลำตัวของแมลง ซึ่งสีที่เห็นบางครั้งอาจเกิดการหักเหของแสง และการสะท้อนของแสงในมุมต่างๆ มาสู่สายตาเรา



ภาพที่ 2.5 แสดงการแบ่งส่วนของลำตัวแมลง (Borror and White, 1970)

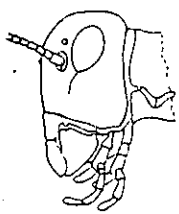




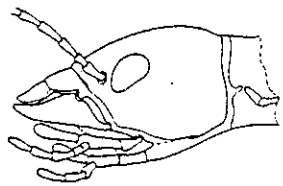
ภาพที่ 2.6 ภาพตัดของผิวหนังของแมลง (Hickman et al., 1990) และโครงสร้างของสาร chitin (Anderson, 1979)

2.3.2. หัว (head)

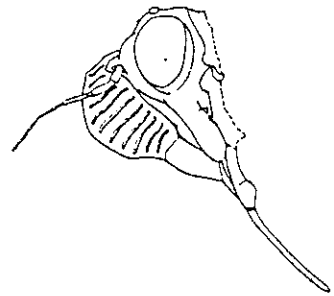
จากลักษณะที่ตั้งของปากและรูปร่างของหัวทำให้เราสามารถแบ่งหัวของแมลงได้เป็น 3 แบบ คือ แบบ hypognathus (หัวงุ้ม) prognathus (หัวยื่น) และ opisthognathus (ภาพที่ 2.7) หัวแมลงมีลักษณะแข็งเป็นมันประกอบด้วยแผ่น sclerite ประกบกันและรวมกัน มีชื่อเรียกดังแสดงในภาพที่ 2.7 หัวเป็นที่ตั้งของอวัยวะที่สำคัญ 4 ชนิด คือ



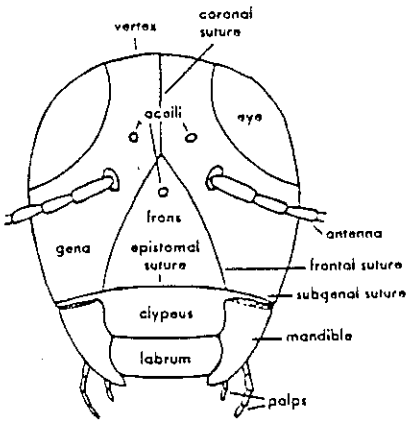
hypognathus
(หัวงุ้ม)
ปากอยู่ในแนวดิ่งค่อนไปทางด้านหน้าของหัว เช่น ตั๊กแตน แมลงสาบ แมลงวัน



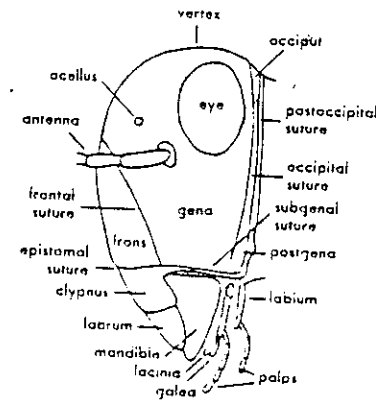
prognathus
(หัวยื่น)
ปากอยู่ในแนวราบด้านหน้าของหัว เช่น แมลงหางหนีบ สามง่าม ด้วงปากคีม



opisthognathus
ปากอยู่ในแนวดิ่งค่อนไปทางด้านหลังของหัว เช่น เพลี้ยกระโดด เพลี้ยจักจั่น



หัวแมลงด้านหน้า



หัวแมลงด้านข้าง

ภาพที่ 2.7 แสดงแบบและส่วนประกอบของหัวแมลง
(ปรับปรุงจาก Borror and White, 1970; Imes, 1992; Snodgrass, 1960)

1) ตาเดี่ยว (simple eyes หรือ ocelli)

อยู่ที่ด้านข้าง (lateral) ของหัว หรือ ตรงกระหม่อม (vertex) หรือ ด้านบนของตารวม อาจมี 1 (ocellus), 2, หรือ 3 – 6 ตา (ocelli) อยู่รวมกันเป็นกระจุก หรือแยกจากกัน แต่เดิมเข้าใจว่ามีหน้าที่รับแสงอย่างเดียว แต่ปัจจุบันคิดว่ามีหน้าที่ในการช่วยรับภาพด้วย (ภาพที่ 2.8)

2) ตารวม หรือ ตาประกอบ (compound eyes)

มีหน้าที่รับภาพ ใช้ในการมองเห็นมีอยู่ 1 คู่ ตั้งอยู่ด้านซ้ายและขวาของหัวแมลงเป็นส่วนที่เด่นชัดที่สุดของหน้าแมลง แมลงบางชนิดมีตาใหญ่มากใช้เนื้อที่ถึง 80% ของหัว เช่น ตาของแมลงปอ ตารวมประกอบด้วยตาเล็กๆ หลายพันอันที่เราเรียกว่า "facets" (ommatidia) ซึ่งแต่ละ facet จะสะท้อนภาพโดยผ่านเลนซ์ไปยังจอรับภาพ (retina cells) ซึ่งมีเซลล์ rhabdom มาเชื่อมต่อกับปลายประสาท (axon) ส่งความรู้สึกไปสู่สมอง (ภาพ 2.8)

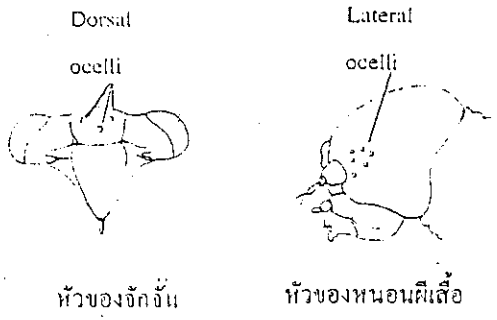
3) หนวด (antenna, antennae)

หนวดแมลงมี 1 คู่ ตั้งอยู่ใต้ฐานของตาหรือด้านล่าง ด้านหน้าหรือด้านข้างของตา มีหน้าที่รับรสของสารเคมี (chemoreceptor) รับรู้สภาพทางกล (mechanoreceptor) เช่น ความเรียบ ความขรุขระ แรงสะเทือนและรับรู้สภาพความชื้นและอุณหภูมิ (hygro and thermoreceptor) หนวดแมลงประกอบด้วยส่วนประกอบของข้อปล้องที่สำคัญ 4 ส่วนดังนี้คือ (ภาพที่ 2.9)

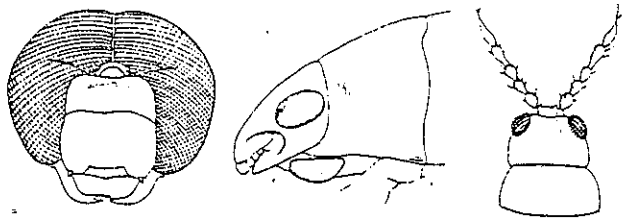
(1) scape (ปล้องฐาน) เป็นปล้องแรกที่ติดกับใบหน้า

(2) pedicel เป็นปล้องที่ต่อจาก scape ในแมลงบางชนิดปล้องนี้เป็นปล้องที่ตั้งของอวัยวะรับเสียง เช่น Johnston's organ ในยุงเพศผู้

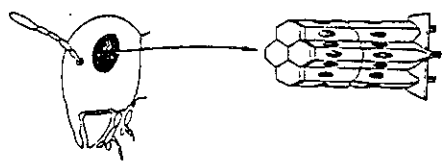
(3) flagella (หรือ flagellum) เป็นปล้องปลายหนวดทั้งหมดที่ต่อจาก pedicel flagellum นี้มีลักษณะของปล้องและจำนวนปล้องแตกต่างกันไปในแมลงแต่ละชนิด ที่ flagellum นี้จะมีขน (setae) มากมาย ซึ่งใช้ในการรับรู้ทางเคมี ทางกล อุณหภูมิ ความชื้นและรับเสียง ขนส่วนใหญ่มีขนาดเล็กมากมีอยู่ทั่วไปตามลำตัว ปาก หนวด และ ของแมลง ขนมี 2 ชนิด คือ ขนที่รับความรู้สึกด้วยการสัมผัสอย่างเดียว (contact setae) และขนที่รับรู้จากอากาศที่อยู่รอบๆ ตัวแมลง (olfactory setae) ที่หนวดมีขนทั้ง 2 แบบจึงสามารถรับรู้ได้แม่นยำ แบบของหนวดแมลงอาจแบ่งได้ถึง 13 แบบ เช่น แบบ setaceous, filiform, moniliform, pectinate, clavate, capitate, geniculate, plumose, lamellate, aristate, stylate และ flabellate เป็นต้น (ภาพที่ 2.9)

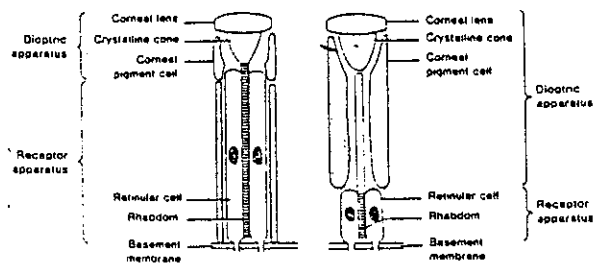


หัวของจักจั่น หัวของหนอนผีเสื้อ

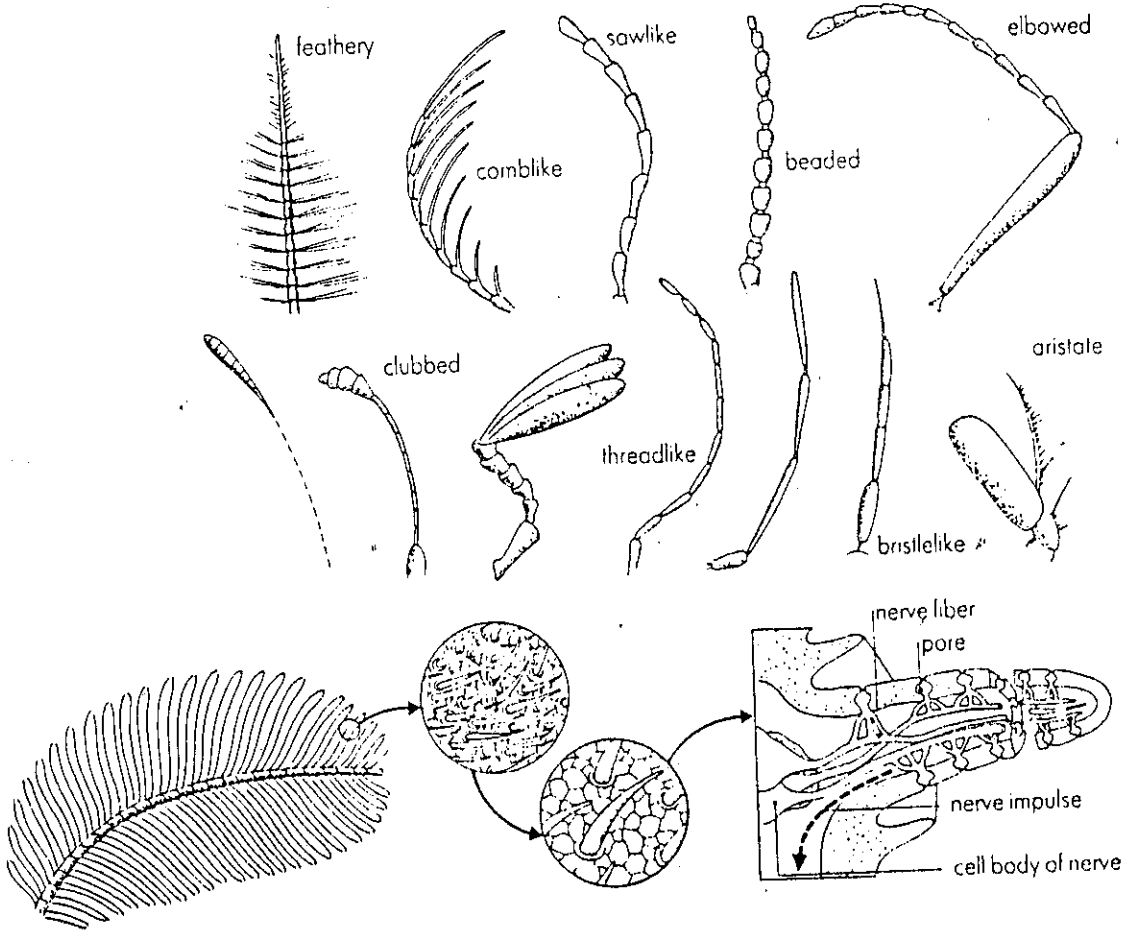


แมลงปอ (dragonfly) ด้วงสี่ตา (whirligig beetle) เพลี้ยไฟ (thrips)





ภาพที่ 2.8 แสดงลักษณะของตาเดี่ยว ตารวม และ โครงสร้างของ ommatidium (Snodgrass, 1954; Romoser and Stoffolano, 1994)



ภาพที่ 2.9 แสดงลักษณะของปล้องหนวด และหนวดแมลงแบบต่าง ๆ (Imes, 1992)

4) ปาก (mouth parts)

ปากเป็นอวัยวะที่ใช้ในการกินอาหาร แมลงหลายชนิดยังมีปากแบบโบราณคือ แบบกัดกิน (chewing type) เช่น แมลงปอ ตั๊กแตน แมลงสาบ ด้วง ฯลฯ แต่มีแมลงหลายชนิดมีวิวัฒนาการเปลี่ยนเป็นปากแบบอื่นๆ เช่น ปากแบบเจาะดูด (piercing and sucking type) สำหรับเจาะเข้าไปในเซลล์พืช เพื่อดูดน้ำเสียง หรือผิวหนังสัตว์ เพื่อดูดเลือด เช่น ยุง เพลี้ยอ่อน เพลี้ยจักจั่น หรือปากแบบเขี่ยดูด (rasping type) หรือปากแบบซับดูด ฯลฯ ดังมีรายละเอียดดังนี้

(1) ปากแบบกัดกิน (chewing type) เป็นปากแมลงที่ใช้กัดกิน และมีฟันกรามไว้เคี้ยว ปากแบบนี้เป็นปากแบบโบราณพบในแมลงหลายชนิด เช่น แมลงปอ ตั๊กแตน ด้วง แมลงช้าง หนอนผีเสื้อ ปลวก และมด เป็นต้น ส่วนประกอบของปากแบบนี้แสดงไว้ในภาพที่ 2.10

❖ **ฐานปากบน (clypeus)** มีลักษณะเป็นแผ่น มี 1 ชิ้น มีหน้าที่ยึดส่วนของริมฝีปากบน ให้ติดกับใบหน้า

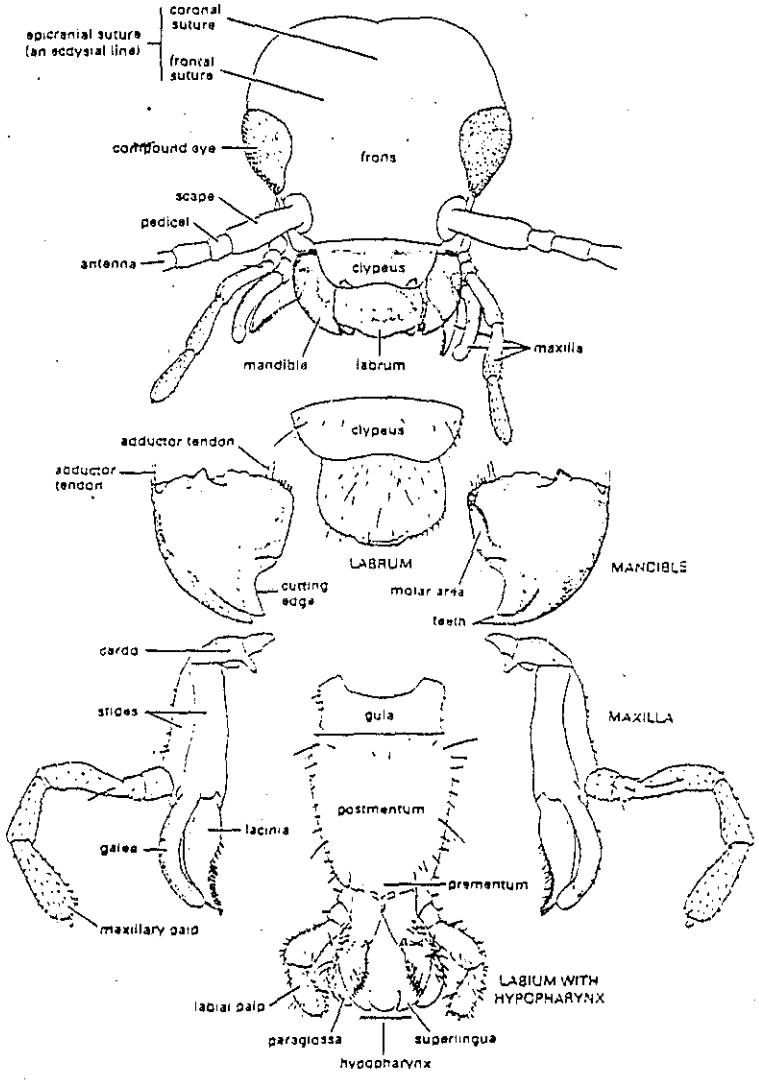
❖ **ปากบน (labrum)** มีลักษณะเป็นแผ่น มี 1 ชิ้น อยู่ถัดจาก clypeus มีหน้าที่ปิดปากในขณะเคี้ยว และเปิดเพื่อรับอาหาร ส่วนนี้จะมีเพดานปาก (epipharynx)

❖ **ฟันกราม (mandibles)** มี 2 อัน ซ้ายและขวา มีหน้าที่ตัด เคี้ยวอาหารหรือต่อสู้ศัตรู มีปลายแหลมคมและแข็ง ส่วนปลายนี้จะมีขบวนการ scelrotization มักมีสีดำ หรือน้ำตาลเข้ม

❖ **ฟัน (maxillae)** มี 1 คู่ อยู่ถัดจากฟันกราม มีหน้าที่บดและตัดอาหารช่วยฟันกราม มีปล้องฟันที่เป็นส่วนประกอบของ maxilla คือ galea, lacinia และ maxillary palpus (palpi) ซึ่งจะทำหน้าที่เขี่ยอาหารเข้าไปในปากรับรสของอาหาร และ เลือกชนิดของอาหาร

❖ **ปากล่าง (labium)** มีลักษณะเป็นแผ่นมี 1 ชิ้น เป็นชิ้นล่างสุดของปาก อยู่ถัดจาก maxillae มีปล้องที่เป็นส่วนประกอบหลายชิ้น คือ paraglossae และ labial palpi ซึ่งมีหน้าที่รับรสอาหารและช่วยในการกลืนอาหารที่ปากล่างนี้จะมีส่วนที่เรียกว่า "ลิ้น" (hypopharynx) ซึ่งมีรูเปิดเป็นทางออกของน้ำลายใช้ในการคลุกเคล้าอาหาร ในแมลงบางชนิดส่วนของ labium จะขยายใหญ่เพื่อใช้จับเหยื่อ พบในตัวอ่อนของแมลงปอ ซึ่งอาศัยอยู่ในน้ำ ตัวอ่อนของแมลงปอมีนิสัยเป็นตัวห้ำ (predator) จับสัตว์น้ำตัวเล็กๆ เป็นอาหาร labium จะขยายใหญ่ งอพับไว้บนหน้าทำให้มองเห็นเหมือนแมลงมีหน้ากากสวมใส่ เรียกว่า "mask" เมื่อพบเหยื่อจะยืดออกมาแล้วตวัดเหยื่อเข้าปาก (ภาพที่ 2.11) และงอพับไว้บนหน้าเหมือนเดิม

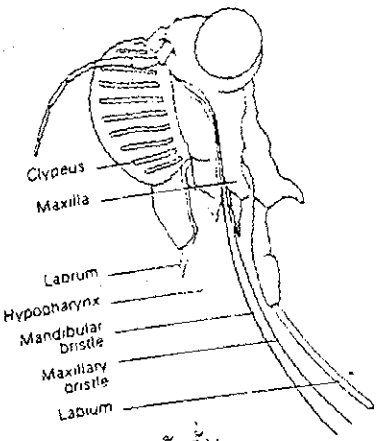
(2) ปากแบบเจาะดูด (piercing and sucking type) ปากแบบนี้มี mandible 1 คู่, maxillae 1 คู่, hypopharynx และ epiplearynx รวมเป็น 6 ชิ้น เปลี่ยนแปลงรูปมาเป็นแผ่นยาวประกบเข้าด้วยกันเป็นท่อกลวงปลายแหลมคม (ภาพที่ 2.11) เรียกว่า "stylet" มีหน้าที่เจาะและดูดของเหลวจากเซลล์พืช หรือ เลือดของสัตว์ พบในแมลงหลายชนิด เช่น ยุง เพลี้ยอ่อน เพลี้ยจักจั่น เพลี้ยกระโดด แมลงวันปากดำ และมวน เป็นต้น



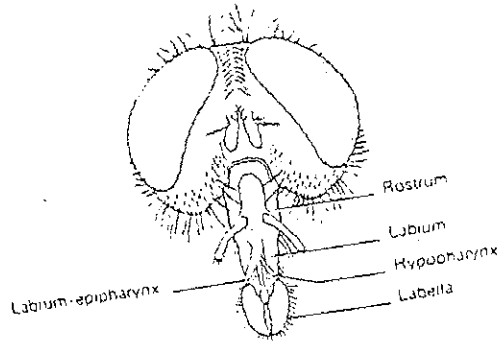
ภาพที่ 2.10 แสดงส่วนประกอบของปากแบบกัดกิน (Gullan and Cranston, 1994)

(3) ปากแบบเขี่ยดูด (rasping type) ปากแบบนี้มีพัฒนาการมาจากปากแบบกัดกิน และปากแบบเจาะดูด คือ ยังคงมี mandible อยู่แต่มีเพียงข้างเดียว คือ กรามด้านซ้ายทำหน้าที่เขี่ยเซลล์พืชให้แตกหรือช้ำแล้วดูดเข้าท่ออาหาร พบปากแบบนี้ในเพลี้ยไฟ

(4) ปากแบบซับดูด (sponging type) ปากแบบนี้มีส่วนของปากที่มีลักษณะพิเศษยื่นยาวออกไปเรียกว่า "rostrum" ตรงปลายของ rostrum จะมีส่วนของ labium ที่เรียกว่า "labella" ขยายใหญ่มีลักษณะเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำทำหน้าที่ดูดซับของเหลวส่งขึ้นไปที่ rostrum แมลงมีปากแบบนี้จะไม่สามารถกินอาหารแข็งได้ ต้องใช้น้ำลายที่ออกมาจาก hypopharynx (อยู่บน rostrum) ไหลออกมาละลายอาหารแล้วดูดซับด้วย labella พบปากแบบนี้ในพวกแมลงวัน

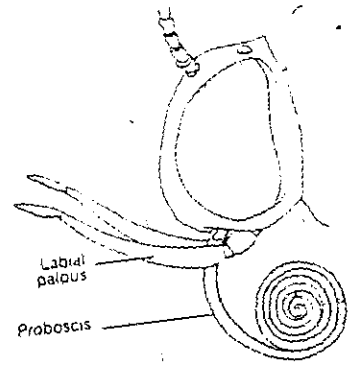


จักจั่น



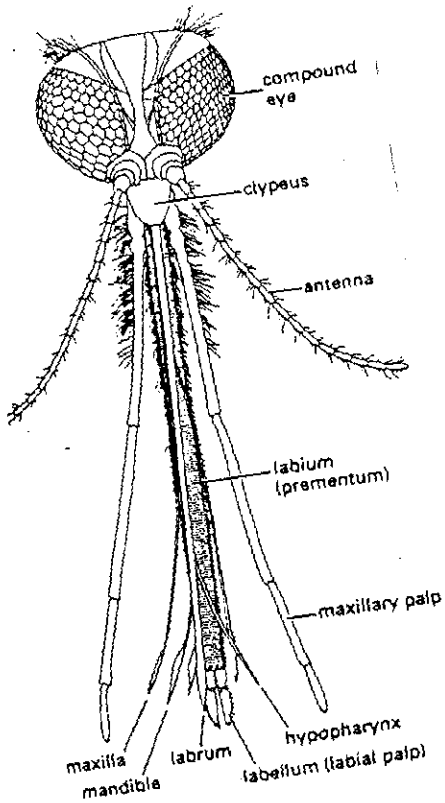
ปากแบบซับดูด

แมลงวันบ้าน



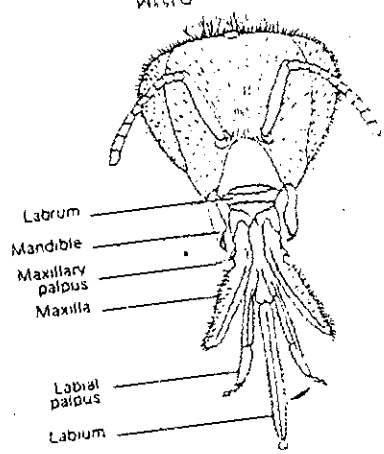
ปากแบบงวงดูด

ผีเสื้อ



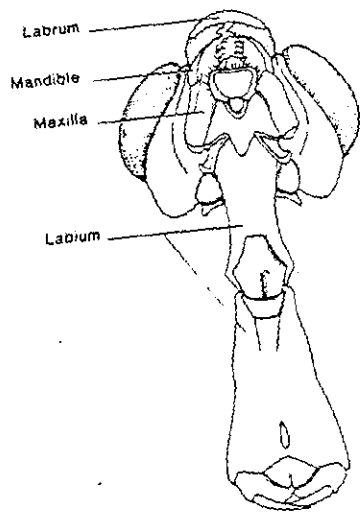
ตัวเต็มวัยของยุง

ปากแบบเจาะดูด



ผึ้ง

ปากแบบกัดเลีย



ตัวอ่อนของแมลงปอ

ปากแบบกัดกิน

ภาพที่ 2.11 แสดงภาพปากแบบต่างๆ (Gullan and Cranston, 1994)

(5) ปากแบบกัดเลีย (chewing and lapping type) ปากแบบนี้ส่วนของกราม (mandibles) ยังคงมีอยู่ใช้กัดได้ ส่วนฟัน (maxillae) และปากล่าง (labium) จะมารวมกันเป็นท่อหรือวง (proboscis) (ภาพที่ 2.11) ส่วนกลางของท่อมีส่วนของปากล่างที่เรียกว่า "glossae" ยืดหดได้มีขนมากมาย เรียกว่า "tongue" เมื่อกินอาหาร ส่วนของ tongue จะยืดออกไปเลียน้ำหวานในเกสรดอกไม้ซึ่งจะติดมาบนขนของ tongue แล้วจะถูกรูดเข้าไปในท่อ proboscis โดยวิธียืดหด tongue จะทำให้ปริมาณของน้ำหวานเพิ่มขึ้นใน proboscis และเข้าสู่ช่องคอต่อไป ที่ปลายของ tongue จะมีส่วนของปากล่างขยายออกเรียกว่า "flabella" มีช่องออกของน้ำลายเพื่อละลายของแข็งให้เป็นของเหลว และเลียเข้าปากโดยใช้ tongue โดยวิธีเดียวกัน พบในผึ้ง แมลงภู่

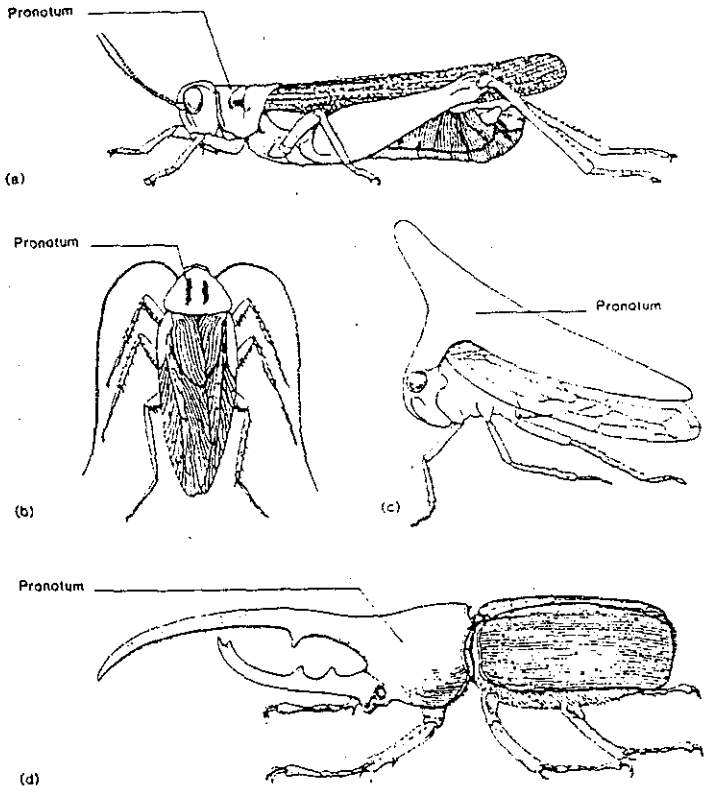
(6) ปากแบบงวงดูด (siphoning type) ปากแบบนี้ส่วนประกอบของปากจะหายไปมากแล้ว มีส่วนของ maxillae ที่เหลืออยู่คือ galea ที่เปลี่ยนเป็นท่อกลมเป็นงวงยาวสำหรับดูดของเหลวเรียกว่า "proboscis" พบในผีเสื้อตัวเต็มวัย (ภาพที่ 2.11)

2.3.3. อก (thorax)

แผ่น sclerite ที่อยู่บนส่วนอกทั้ง 4 ด้านของแมลงมีชื่อเรียกต่างกัน คือ ด้านบน (dorsal) เรียก "notum" ด้านล่าง (ventral) เรียก "sternum" (sternite) ด้านข้าง 2 ด้าน (lateral) เรียก "pluron" (plurite) notum ของแมลงมีการเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะ notum ที่อยู่ที่อกปล้องแรก (เรียก "pronotum") จะยุบ (fuse) รวมกันกับส่วนของกะโหลก ทำให้แมลงมีส่วนหัวที่มีรูปร่างต่างๆ กัน (ภาพที่ 2.12) ส่วนอกของแมลงประกอบด้วยปล้องใหญ่ 3 ปล้อง คือ อกปล้องแรก (prothorax) อกที่สองหรือปล้องกลาง (mesothorax) และอกปล้องสุดท้ายหรือปล้องที่ 3 (metathorax) อกปล้องที่ 1, 2 และ 3 เป็นที่ตั้งของขาปล้องละ 1 คู่ เรียกชื่อขาคู่ที่ 1 ว่า "fore legs", คู่ที่ 2 ว่า "mid legs" และคู่ที่ 3 ว่า "hind legs" ส่วนในแมลงที่มีปีกนั้นปีกคู่แรก (fore wings) ตั้งอยู่ที่อกปล้องที่สอง (mesothorax) ปีกคู่ที่สองหรือนิยมเรียกว่า "ปีกคู่หลัง" (hind wings) ตั้งอยู่ที่อกปล้องที่สาม (metathorax) แมลงบางชนิดจะมีปีกเพียง 1 คู่ คือ fore wings ส่วนปีกคู่หลังนั้นลดรูปเป็นตุ่มเล็กๆ ใช้ในการถ่วงดุลการทรงตัวของร่างกายเรียก "halteres" พบในแมลงวัน รายละเอียดของส่วนประกอบของขา และส่วนประกอบของปีก จะกล่าวโดยลำดับดังนี้

1) ขา (legs)

ขาแมลงได้มีวิวัฒนาการเปลี่ยนรูปแบบไปตามหน้าที่และลักษณะการใช้เพื่อความเป็นอยู่ที่ต่างกันในธรรมชาติ



ภาพที่ 2.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ pronotum ในแมลงชนิดต่างๆ (Romoser and Stoffolano, 1994)
(a) ตั๊กแตนหนวดสั้น (b) แมลงสาบ
(c) จักจั่นเขา (d) ด้วงแรด

(1) โครงสร้างของขา โดยทั่วๆ ไปแล้วขาแมลงประกอบด้วยข้อปล้อง 6 ส่วน ยึดต่อกันด้วย intersegmental membrane ปล้องขาของแมลงมีดังนี้

- **coxa (coxae)** เป็นปล้องแรกของขาที่ยึดติดกับส่วนอก
- **trochanter** เป็นปล้องต่อจาก coxa มักมีขนาดเล็ก
- **femur** เป็นปล้องขาที่มีขนาดยาวหรือใหญ่ ในแมลงที่ใช้สำหรับกระโดด หรือเดินหรือวิ่ง หรือขุดดิน ส่วน femur นี้จะขยายใหญ่หรือยาวกว่าปล้องอื่นๆ เห็นได้ชัด เช่น ขาหน้าของแมลงกระชอน ขาหลังของจิ้งหรีดหรือตั๊กแตน (ภาพที่ 2.5 และ 2.13) ที่ขาหลังของตั๊กแตนจะมีตุ่มเล็กๆ (peg) เรียงกันเป็นแถว เมื่อตั๊กแตนทำเสียงก็จะใช้ปีกถูกับตุ่มนี้ เรียกว่า "stridulation" เพื่อให้เกิดเสียง

❖ **tibia** เป็นปล้องขาต่อจาก femur มักมีลักษณะเรียวยาวอาจมีหนามแหลม (tibial spine หรือ spur) ไว้จับเหยื่อ เช่น tibia ของตั๊กแตนตำข้าวที่ tibia ของขาหน้าของจิ้งหรีด ตั๊กแตนหนวดยาว เป็นที่ตั้งของอวัยวะฟังเสียง หรือหูฟัง (tympanum)

❖ **tarsi (tarsus)** เป็นปล้องชุดที่ต่อจาก tibia อาจมี 2 – 5 ปล้อง มีการนับจำนวน tarsi ในขาคู่ที่ 1, 2 และ 3 เรียกว่า "tarsal formulation" เพื่อใช้จำแนกชนิดของแมลงได้ เช่น ตั๊กแตนหนวดสั้น จะมี tarsal fomulation เท่ากับ 3 –3 – 3 ปล้องส่วนนี้มักจะมีขนหนาเพื่อรับรสและความรู้สึกต่างๆ

❖ **pretarsi (pretarsus)** เป็นปล้องสุดท้ายของขา อาจมีเครื่องประดับ เช่น เล็บ (claw) หรือเล็บเปลี่ยนรูปเป็นแผ่นบาง (pullvili) และหนามแหลม (empodium) เพื่อใช้จับเหยื่อในแมลงวันโจร หรือเป็นแผ่นบางแผ่นเดียว (arolia) ใช้ในการยึดเกาะและรับความรู้สึกในตั๊กแตนหนวดสั้นและแมลงสาบ เป็นต้น

(2) ชนิดของขา (types of legs)

นอกจากแมลงใช้ขาเป็นอวัยวะในการเคลื่อนที่ แล้วแมลงยังใช้ขาทำหน้าที่อื่นๆ อีก ขาของแมลงมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างให้เหมาะสมกับชีวิตความเป็นอยู่ของแมลงแต่ละชนิด อาจแบ่งชนิดของขาแมลงได้ 8 ชนิด ดังนี้ (ภาพที่ 2.13)

❖ **ขาเดินหรือขาวิ่ง (walking or running leg)** เป็นขาที่มีปล้องขาเรียวยาว พบในแมลงที่ชอบเดินหรือวิ่งโดยทั่วไป เช่น ด้วงเสือ แมลงสาบ ฯลฯ

❖ **ขากระโดด (jumping leg)** เป็นขาที่มี femur ขยายใหญ่ แข็งแรง เพื่อสำหรับออกแรงดีดตัว สำหรับแมลงที่มีอุปนิสัยกระโดดไกล เช่น ตั๊กแตน และจิ้งหรีด

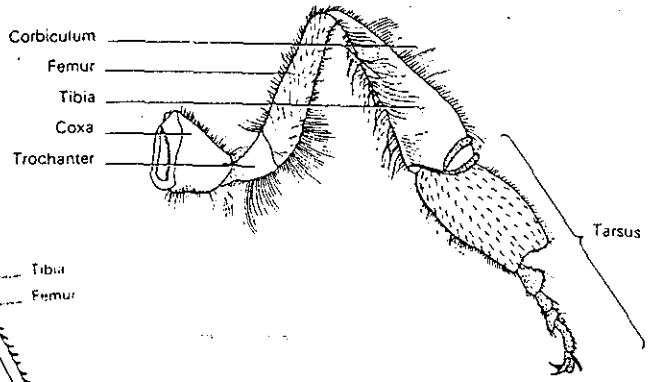
❖ **ขาหนีบ (grasping leg)** เป็นขาที่มีส่วนของ femur และ tibia มีหนามแหลม ส่วนของ coxa ยาวมาเกือบเท่า femur และ tibia เพื่อความสะดวกในการยื่นจับเหยื่อ และใช้หนามแหลมยึดเหยื่อที่มีชีวิต มักพบในแมลงที่มีอุปนิสัยเป็นตัวห้ำ เช่น ตั๊กแตนตำข้าว

❖ **ขาจับ (clasping leg)** เป็นขาที่มีส่วนของ tibia ยาว โค้งงอมีลักษณะเหมือนคีมมี tarsi แหลมคม ใช้จับเหยื่อมีชีวิต พบในแมลงที่เป็นตัวห้ำ เช่น แมลงดานา

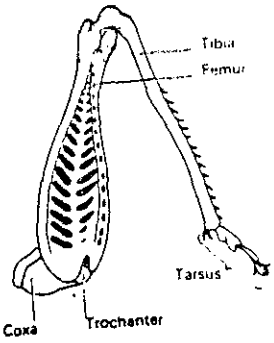
❖ **ขาขุด (digging leg)** เป็นขาที่มีส่วนของ femur ขยายใหญ่ และปล้องอื่นๆ มีลักษณะอ้วนป้อม tarsi เรียงต่อกันมีลักษณะคล้ายฟันหวีหรือคราด พบในขาหน้าของแมลงกระชอนที่ต้องใช้ขาหน้าขุดดินทำโพรงเพื่อหลบอาศัยและหาอาหาร

❖ **ขาว่ายน้ำ (swimming leg)** เป็นขาที่มีลักษณะแบน โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนของ tarsi จะมีขนเป็นแผงช่วยในการพุ้ยน้ำเวลาว่ายน้ำพบในแมลงตัวเต็มวัยที่อาศัยอยู่ในน้ำ เช่น ด้วงดิ่ง มวน กรรเชียง และแมลงเหนี่ยง

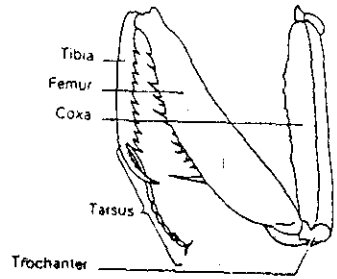
❖ **ขาเกี่ยว (clinging leg)** เป็นขาที่มีลักษณะของ tibia เป็นง่ามเหมือนก้ามปูใช้สำหรับเกาะเกี่ยวเหยื่อในขณะกินอาหาร มักพบกับแมลงพวกที่เป็น ectoparasite ของสัตว์ เช่น เหาคน เหานก หรือไรไก่



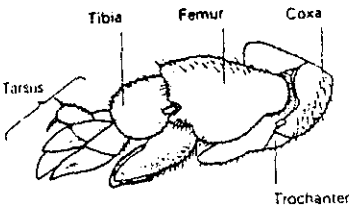
ขาแบบเก็บอาหาร



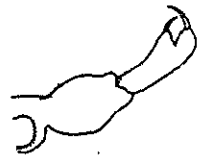
ขาแบบกระโดด



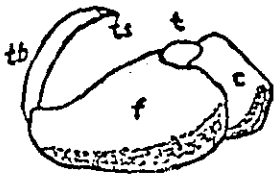
ขาแบบหนีบ



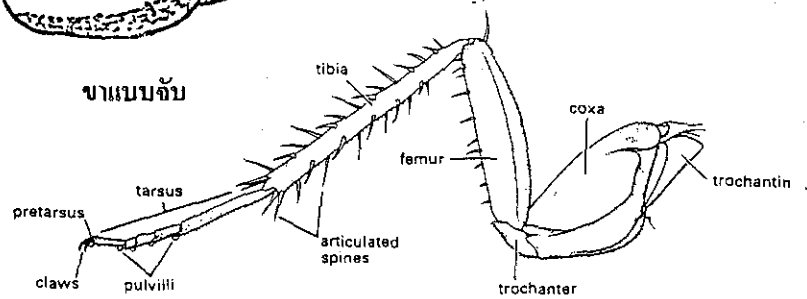
ขาแบบขุด

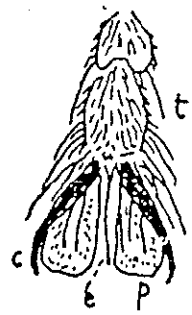


ขาแบบเกี่ยว

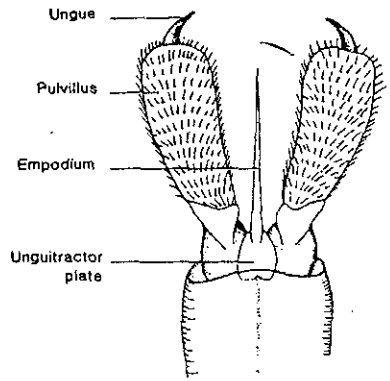


ขาแบบจับ

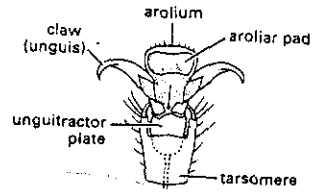




ปลายขาแมลงวันบ้าน



ปลายขาแมลงวันโจร



ปลายขาตั๊กแตนหนวดสั้น

ภาพที่ 2.13 แสดงภาพขาแบบต่างๆ

❖ **ขาเก็บอาหาร (carrying leg)** เป็นขาที่มีส่วนของ tibia ขยายใหญ่พองโตขึ้น มีลักษณะคล้ายตะกร้า เรียกว่า "corbiculum" รับกับ tarsus ปล้องแรกที่ขยายใหญ่สำหรับเก็บละอองเกสรของดอกไม้ (pollen) มีหนามแหลม (spine) สำหรับช่วยในการเก็บละอองเกสรเรียกว่า "pollen rake" พบในขาหลังของผึ้งงาน (ภาพที่ 2.13)

2) ปีก (wing)

ปีกเป็นอวัยวะใช้ในการเคลื่อนไหวที่สำคัญที่สุดของแมลง ปีกมี 2 คู่ คือ ปีกคู่หน้าตั้งอยู่ที่อกปล้องกลาง และปีกคู่หลัง ตั้งอยู่ที่อกปล้องที่สาม ปีกคู่หลังบางครั้งจะลดรูปเหลือเป็นตุ่มเล็กๆ เรียก "halteres" เป็นอวัยวะช่วยในการทรงตัวพบในพวกแมลงวัน

(1) โครงสร้างของปีก โครงสร้างของปีกประกอบด้วย เส้นปีก ซึ่งมีหน้าที่พยุงปีก ทำให้ปีกแข็งแรง มีทั้งเส้นปีกตามแนวนอน (longitudinal vein) และเส้นปีกตามแนวขวาง (cross vein) ลักษณะของปีก และเส้นปีกใช้ในการจำแนกแมลง ตามทฤษฎีของการเขียนเส้นปีกจะให้เส้นปีกตามแนวนอนขึ้นต้นด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ (capital letter) ส่วนเส้นปีกตามแนวขวางขึ้นต้นด้วยอักษรเขียนเล็กเสมอ (ภาพที่ 2.14)

(2) เส้นปีกตามแนวนอน มีดังนี้ :

- **Costa (C)** หมายถึง เส้นขอบปีก
- **Subcosta (Sc)** หมายถึง เส้นที่ตัดจากขอบปีก อาจมีแขนง 1 ถึง 2 เรียกว่า Sc1 และ Sc 2 เป็นต้น
- **Radius (R)** หมายถึง เส้นที่ถัดจาก Sc อาจมีแขนง 1 ถึง 5 แขนง เรียกว่า R_1, R_2, R_3, R_4 และ R_5 เป็นต้น
- **Media (M)** หมายถึง เส้นกลางปีก มักจะแยกแขนงอาจมีแขนง 1 ถึง 4 แขนง เรียกว่า M_1, M_2, M_3 และ M_4 เป็นต้น
- **Cubitus (Cu)** หมายถึง เส้นที่ถัดจาก M มักจะแยกแขนงอาจมีแขนง 1 และ 2 เรียกว่า Cu_1 และ Cu_2 ซึ่งหาก Cu_1 แยกเป็นแขนงต่อไปอีกก็มักจะเรียกว่า Cu1a และ Cu1b
- **Anal (A)** หมายถึง เส้นปีกชุดสุดท้าย อาจมี 1 ถึง 3 เส้น เรียกว่า 1A, 2A และ 3A เป็นต้น

(3) เส้นปีกตามแนวขวาง มีดังนี้ :

- **humeral (h)** หมายถึง เส้นขวางที่อยู่ระหว่างเส้น C และ Sc
- **radio-medial (r-m)** หมายถึง เส้นขวางที่อยู่ระหว่างเส้น R และ M
- **medio-cubital (m-cu)** หมายถึง เส้นขวางที่เชื่อมระหว่างเส้น M และ Cu

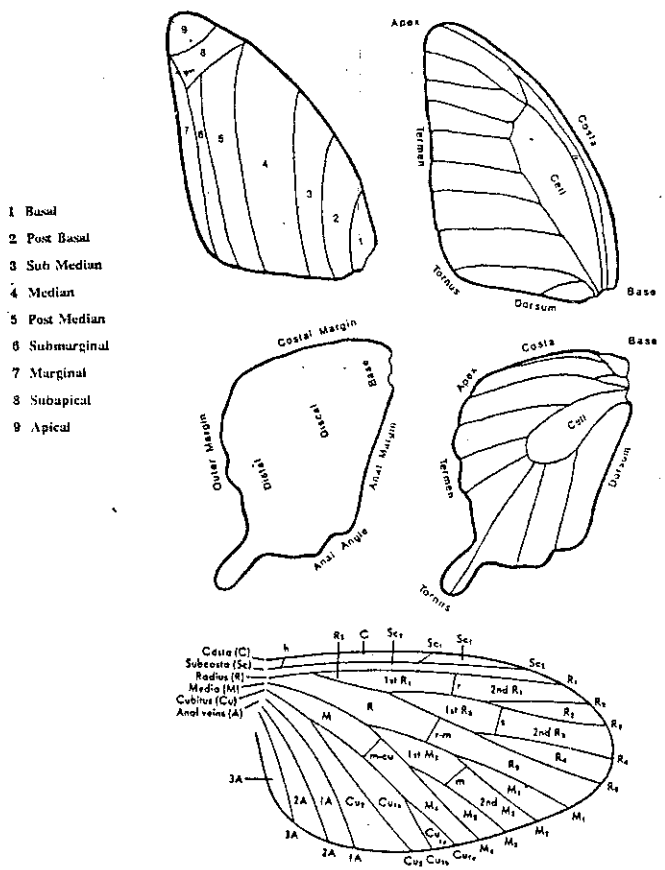
นอกจากนี้ยังมีชื่อเรียกพื้นที่ปีก ซึ่งแบ่งออกเป็น 9 ส่วน และบริเวณปีกในช่วงต่างๆ ดังรายละเอียดแสดงไว้ในภาพที่ 2.14

ในขณะบินปีกของแมลงจะกระพือพร้อมกันเนื่องจากปีกคู่หน้าและปีกคู่หลังยึดติดกันโดยอวัยวะพิเศษที่เรียกว่า "coupling organ" ซึ่งจะแตกต่างกันในแมลงแต่ละชนิด ดังนี้ (ภาพที่ 2.15)

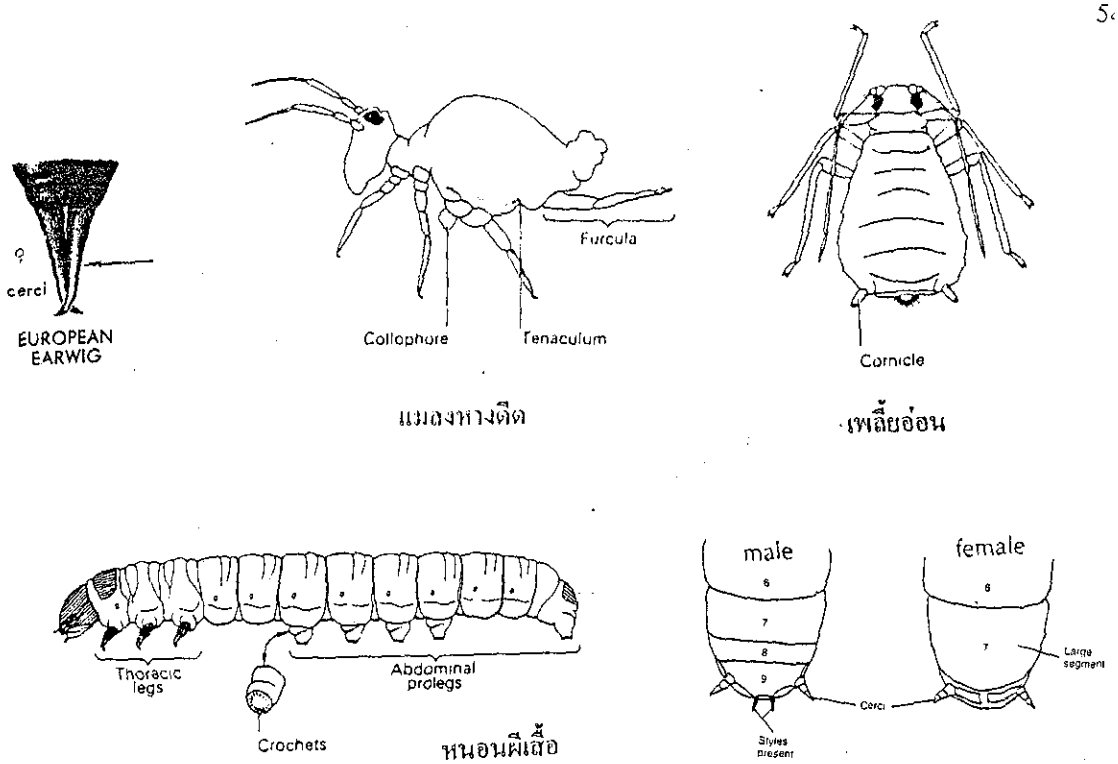
I. jugum เป็นส่วนล่างสุดของปีกคู่หน้าที่ยื่นออกมาเป็นมุมแหลม เพื่อเกี่ยวกับขอบบนของปีกคู่หลัง ปีกคู่หลังบริเวณ humeral angle จะมีส่วนที่ยื่นเป็นติ่ง (lobe) เรียก "humeral lobe" เพื่อรับกับการเกี่ยวของ jugum พบในผีเสื้อ

II. frenulum เป็นขนแข็งยื่นออกมาจาก humeral lobe ของปีกคู่หลัง ยื่นสอดเข้าไปไว้ที่ตะขอ (frenulum hook หรือ retinaculum) ซึ่งอยู่ที่โคนปีกคู่หน้า frenulum นี้จะเป็นเสมือนกลอนประตูล๊อคให้ปีกทั้ง 2 คู่ติดกัน พบในผีเสื้อบินเร็ว และ O. Mecoptera

III. hamuli เป็นตะขอเล็กๆ เป็นแถวเรียงอยู่บนขอบบนสุดของเส้น C ประมาณกลางๆ ปีกคู่หลังเพื่อใช้ยึดกับปีกคู่หน้า พบในพวก ต่อ แตน



ภาพที่ 2.14 แสดงเส้นปีกและพื้นที่ปีก (Borror and White, 1970)



ภาพที่ 2.16 แสดงอวัยวะส่วนท้องของแมลง (Gullan and Cranston, 1994)

(3) ระยางค์ปล้องท้อง

❖ **หาง (cerci, cercus และ styli stylus)** เป็นระยางค์ส่วนปลายสุดของท้องแมลงใน แมลงสาบเพศเมียจะพบ cerci 1 คู่ ในเพศผู้จะมี 2 คู่ ใช้จับเพศเมียขณะผสมพันธุ์ cerci ในแมลงบางชนิดจะมี ลักษณะแข็งคล้ายคีมหนีบเอาไว้ต่อสู้กับศัตรู เช่น cerci ของแมลงหางหนีบ (O. Dermaptera) ส่วน styli นั้นจะ พบในแมลงสามง่าม (O. Thysanura)

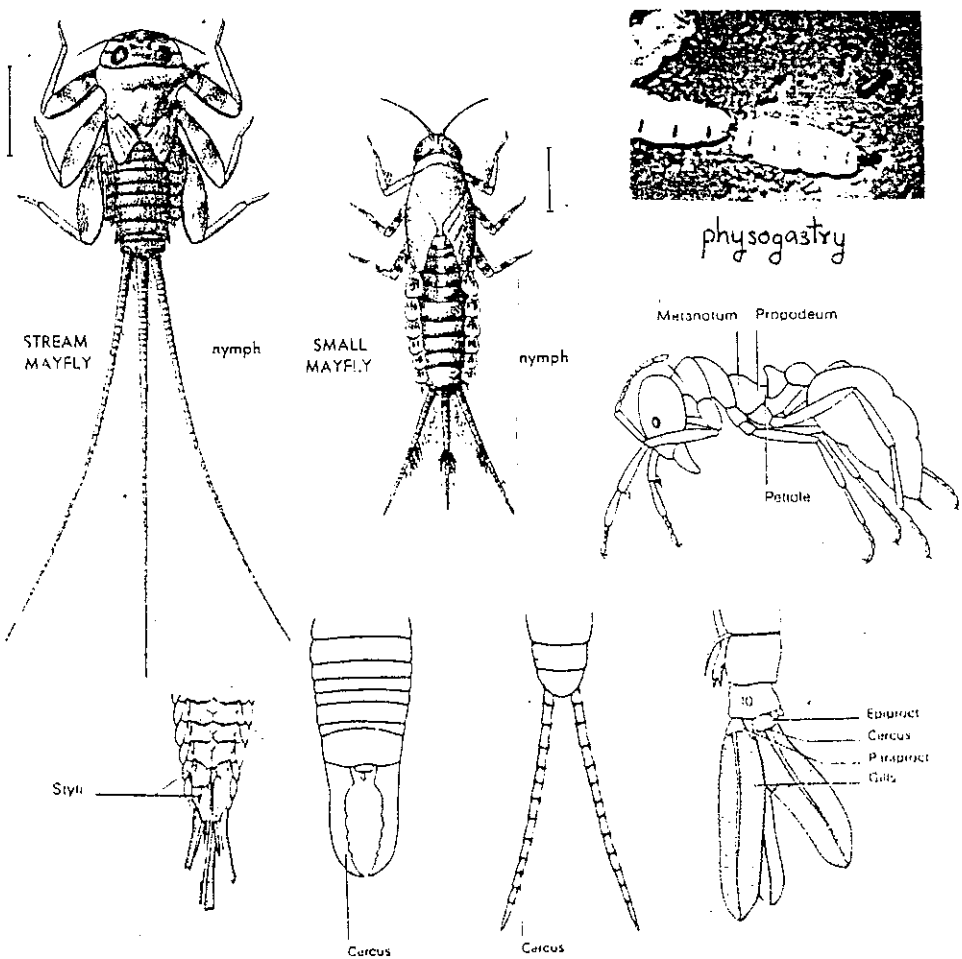
❖ **เหงือก (gill)** เป็นอวัยวะที่ใช้หายใจของแมลงที่อาศัยอยู่ในน้ำ มีลักษณะคล้าย ใบไม้อยู่ที่ปลายสุดของท้อง พบในตัวอ่อนของแมลงปอเข็ม หรืออาจอยู่ด้านข้างของปล้องท้อง พบในตัวอ่อน ของแมลงชีปะขาว

❖ **collophore** เป็นอวัยวะรับความชื้น (hygroreceptor) ของแมลงหางดีด (springtails, O. Collembola) มีลักษณะเป็นตุ่มยื่นออกมาด้านล่างของท้องปล้องที่ 1

❖ **tenaculum และ furcula** furcula เป็นอวัยวะส่วนท้องตั้งอยู่ที่ปล้องท้องปล้องที่ 4 หรือ 5 มีลักษณะแข็งเหมือนสปริง ในสภาวะปกติจะเก็บพับโดยมีตะขอเกี่ยวใต้ท้อง เรียกว่า "tenaculum" เป็นลักษณะเฉพาะของแมลงหางดีด (O. Cellembola) แมลงในกลุ่มนี้เคลื่อนไหวโดยใช้สปริงหรือ furcula ดีด ลำตัวขึ้นจึงมีลักษณะคล้ายกระโดด

❖ **cornicles** เป็นท่อคู่อยู่ตรงปลายส่วนท้องของเพลี้ยอ่อน มีหน้าที่ขับถ่ายน้ำหวานที่มีส่วนประกอบของ amino acid cornicles เป็นลักษณะประจำของแมลงใน F. Aphidae

❖ **ขาเทียม (pseudoleg หรือ abdominal proleg)** เป็นขาที่พบที่ส่วนท้องของตัวอ่อนหรือหนอนผีเสื้อ ขาเทียมนี้มีหน้าที่ยึดเกาะกับใบไม้หรือต้นไม้เมื่อหนอนผีเสื้อเจริญเป็นผีเสื้อตัวเต็มวัย ขาเทียมนี้จะหายไป



ภาพที่ 2.17 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปล้องท้องและระยางค์ของปล้องท้อง (Borror and White, 1970; Imms, 1970; Ross, 1965; Romoser and Stoffolano, 1994; Pearce, 1997)

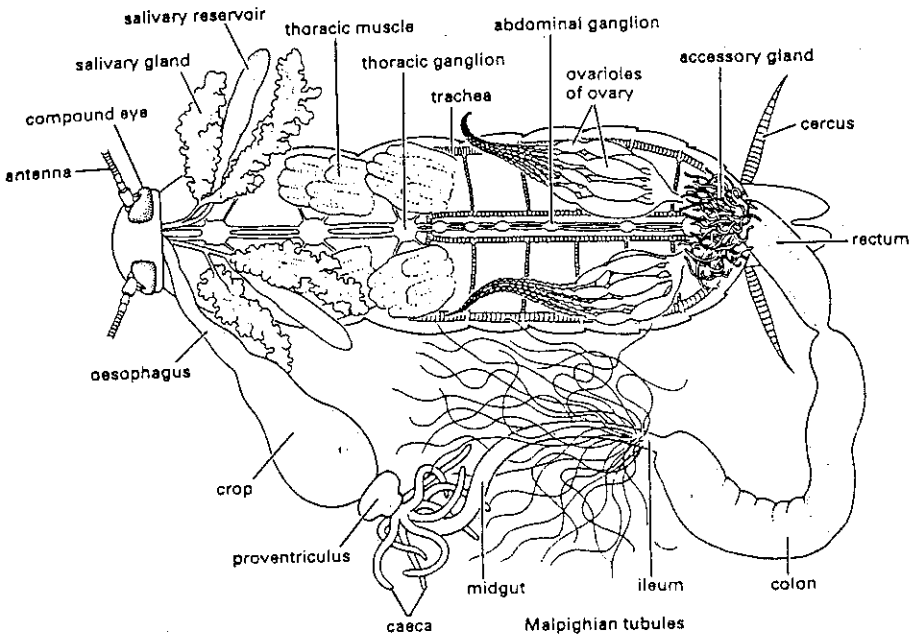
2.4 ระบบอวัยวะภายในและหน้าที่ (internal systems and function)

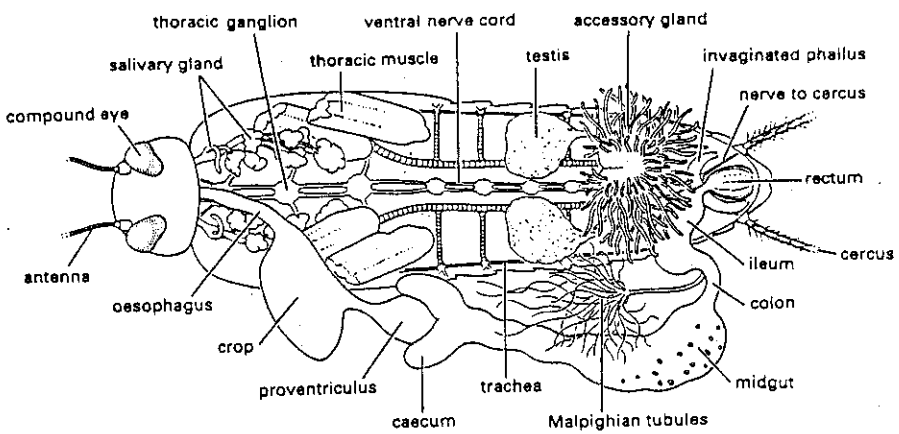
ระบบภายในของแมลงโดยทั่วๆ ไปมี 7 ระบบ คือ ระบบกล้ามเนื้อ ระบบประสาท ระบบหมุนเวียนโลหิต ระบบหายใจ ระบบย่อยอาหาร ระบบขับถ่าย และระบบสืบพันธุ์ ถ้าผ่าลำตัวแมลงทางด้านหลัง (dorsal) จะเห็นลักษณะในดังภายใน ดังภาพที่ 2.18 โดยมีรายละเอียดพร้อมหน้าที่ของแต่ละระบบดังนี้

2.4.1 ระบบกล้ามเนื้อ (muscular system)

ระบบกล้ามเนื้อของแมลงมีความสำคัญในการเคลื่อนไหว เช่น การบิน การเดิน การกระโดด กล้ามเนื้อของแมลงต่างจากคน คนมีกล้ามเนื้อ 2 ชนิด คือ กล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle) และกล้ามเนื้อลาย (striated muscle) แต่แมลงมีกล้ามเนื้อลายชนิดเดียวเท่านั้น cell ของกล้ามเนื้อแมลงถือกำเนิดมาจากเนื้อเยื่อ mesoderm ยึดติดกับโครงกระดูกภายนอกโดยกล้ามเนื้อ 2 ชุด คือ extrinsic muscle และ intrinsic muscles (ภาพที่ 2.19) สายไยเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อนี้เรียกว่า "tonofibrila" tonofibrila นี้จะหลุดออกพร้อมๆ กับผิวหนังแมลงเมื่อลอกคราบและจะถูกสร้างขึ้นมาใหม่

แมลงโบราณ เช่น แมลงปอ และแมลงสาบ จะมีกล้ามเนื้อยึดปีกและอก และใช้กล้ามเนื้อนี้ในการกระพือปีกบินโดยตรง (direct flight system) ในขณะที่แมลงที่มีวิวัฒนาการสูงจะไม่มีกล้ามเนื้อส่วนนี้แต่จะใช้การยืดหดตัวของกล้ามเนื้ออกที่เรียกว่า "longitudinal muscle" และ "dorsoventral muscle" การบินโดยวิธีนี้เรียกว่า "indirect flight system" เช่น การบินของผึ้ง ต่อ แตน (ภาพที่ 2.20) แมลงมีความสามารถในการบินไกลได้ต่างกัน และมีอัตราความถี่ของการกระพือปีก (wingbeat) ที่ต่างกัน เช่น ผีเสื้อส้มอาจเท่ากับ 5 ครั้งต่อ 1 วินาที (5 Hz.) ผึ้งอาจถึง 190 Hz. ในขณะที่พวกริ้นที่ทำเสียงโดยใช้ปีกอาจมีความถี่มากกว่า 900 - 1,000 Hz. (ตารางที่ 13) แมลงสามารถบินทำมุมร่อนลงหรือขึ้นได้ในมุมดิ่งเป็นพิเศษ คือ มากกว่า 30 องศา หรืออาจสูงถึง 50 องศาได้ ในแมลงตัวเต็มวัยที่ปล้องของลำตัวจะมีกล้ามเนื้อยึดระหว่างปล้อง 3 ชุด คือ intersegmental muscle, tergosternal muscle และ oblique muscle (ภาพที่ 2.21) ส่วนการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนนั้นใช้แรงดันจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ turgor muscle

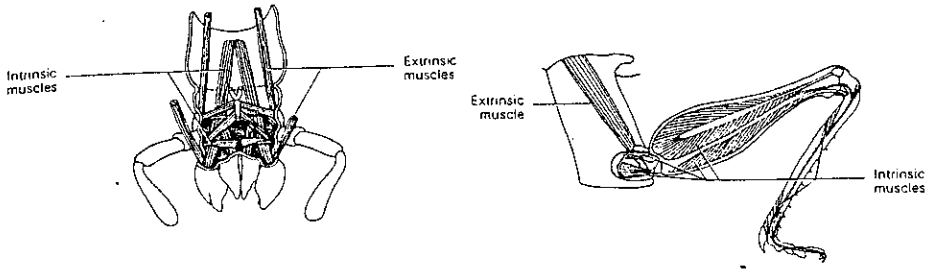




ภาพที่ 2.18 แสดงลักษณะอวัยวะภายในของแมลงสาบและจิ้งหรีด (Romoser and Stoffolano, 1994)

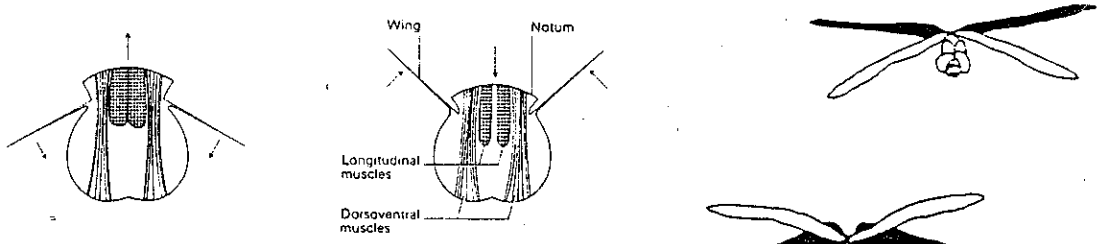
ตารางที่ 13 แสดงความถี่ของการกระพือปีก (ครั้ง/วินาที) และความเร็วของการบิน (กม./ชม.) ของแมลงแต่ละชนิด (Nachtigall, 1974; Wiggleworth, 1972)

insect	wingbeats/second	insect	speed (kn
Odonata		mayflies, small field grasshoppers	1.8
Libellua	20	bumble bees, rose chafers	3.0
Aeshna	22, 28	malaria mosquitoes	3.2
Coleoptera		stag beetle, damselfly, *Ammophila spp.*	
Melclontha	46	(a fossorial wasp)	5.4
Coccinella	75 - 91	house fly	6.4
Rhagonycha	69 - 87	cockchafer, cabbage white butterfly,	
Lepidoptera		garden wasp	9.0
Pieris	9,12	blow fly	11.0
Colias	8	desert locust	16.0
Saturnia	8	hummingbird hawk moth	18.0
Macroglossa	72, 85	honeybee, horse fly	22.4
Acidulia	32	*Aeschna* (a big dragonfly), hornet	25.2
Papilio	5-9	*anax* (one of the biggest of European	
		dragonflies)	30.0
Diptera		deer bot fly	40.0
Tipulids	48,44 -73		
Aedes, male	587		
Culex	278 - 307		
Tabanus	96		
Musca	190, 97 - 180, 330		
Muscina	115 - 220		
Forcipomyia	988 - 1,047		
Hymenoptera			
Apis	190, 23 - 108, 250		
Bombus	130, 240		
Vespa	110		



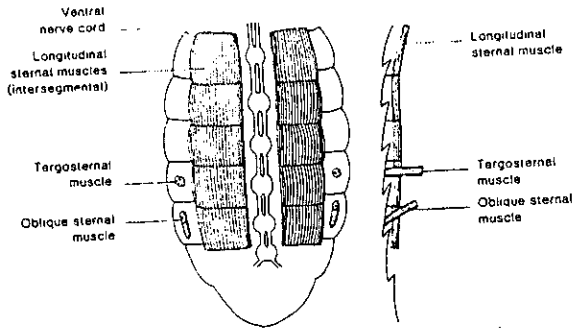
ปากจิ้งหรีด ขาตั๊กแตน

ภาพที่ 2.19 แสดงกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเคลื่อนไหวชนิด extrinsic และ intrinsic (Snodgrass, 1935)



ลูกศรแสดงทิศทาง
ของการเคลื่อนที่

ภาพที่ 2.20 แสดงการบินแบบ direct flight ในแมลงปอ (พิสุทธิ์ เอกอำนวย, 2538) และ indirect flight ในผึ้ง (Snodgrass, 1963)



ภาพที่ 2.21 แสดงกล้ามเนื้อยึดระหว่างปล้องของลำตัว (Snodgrass, 1935)

2.4.2 ระบบประสาท (nervous system)

ระบบประสาทของแมลงประกอบด้วย ระบบใหญ่ๆ 3 ระบบ คือ

1) central nervous system (ระบบประสาทส่วนกลาง หรือ CNS)
2) visceral หรือ sympathetic nervous system
3) peripheral nervous system

ระบบประสาทของแมลงตั้งอยู่ด้านท้อง (ventral) ของลำตัว (ภาพที่ 2.22) เป็นระบบการสั่งงานจากระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system หรือ CNS) คือ มีสมอง (brain) อยู่ที่ส่วนหัวมีเส้นประสาทต่อมายังปมประสาทคู่แรกอยู่ใต้ส่วนคอเรียก "suboesophageal ganglion" จากนั้นเป็นปมประสาทที่อก (thoracic ganglia) 3 ชุดๆ ละ 1 ปล้องแต่จำนวนปมประสาทที่อกนี้ จะแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของแมลง บางชนิด อาจรวมกันเหลือเพียง 2 ชุด หรือที่มีวิวัฒนาการสูงขึ้นไปอีกโดยอาจไปรวมกับประสาทที่ปล้องท้องก็ได้ ปมประสาทที่ปล้องท้อง (abdominal ganglia) มักจะมีปล้องละ 1 ชุด หรือบางชนิดอาจไม่มีเลยเพราะได้ไปรวมกับประสาทส่วนอกหมดแล้ว เช่น ในแมลงวันหัวเขียว แมลงวันบ้าน และริ้น เป็นต้น (ภาพที่ 2.23)

1) ส่วนประกอบและหน้าที่ของระบบประสาทส่วนกลาง (CNS)

สมอง (brain) ของแมลง (ภาพที่ 2.22) เปรียบเสมือนผู้บัญชาการใหญ่ในระบบประสาทส่วนกลางประกอบด้วยสมองส่วนหน้า (protocerebrum) มีหน้าที่ควบคุมประสาทตา สมองส่วนที่สอง (deutocerebrum) มีหน้าที่ควบคุมอวัยวะสัมผัสส่วนหนวด และสมองส่วนที่ 3 (tritocerebrum) มีหน้าที่รับและควบคุมความรู้สึกที่มาจากส่วนต่างๆ ของร่างกายและปาก จากสมองมีท่อประสาท (ventral nerve cord) และมีปมประสาทมีลักษณะเป็นก้อนสีขาว ปมประสาทที่สำคัญมี 3 ชนิด คือ

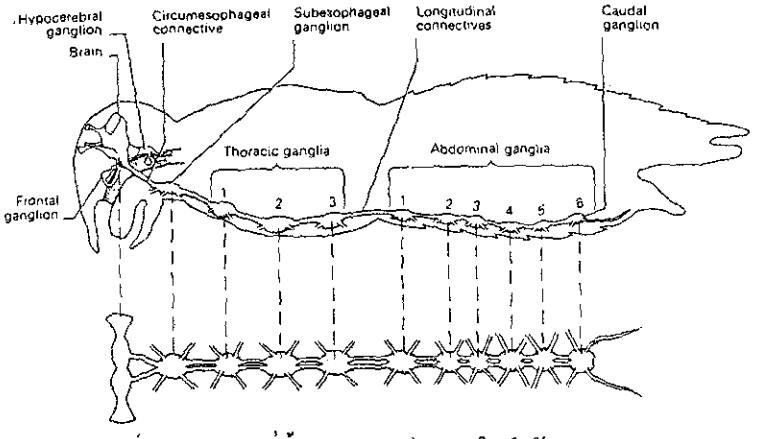
(1) suboesophageal ganglion เป็นปมประสาทใหญ่ที่ถัดจากสมองและควบคุมความรู้สึกจากปาก

(2) thoracic ganglion เป็นปมประสาทส่วนอก รับและควบคุมความรู้สึกและการเคลื่อนไหวของ ขา และปีก หรือการเคลื่อนไหวของแมลง อาจมีอยู่ 3 ปม, 2 ปมหรือรวมกันเหลือเพียง 1 ปม ก็ได้ (ภาพที่ 2.23)

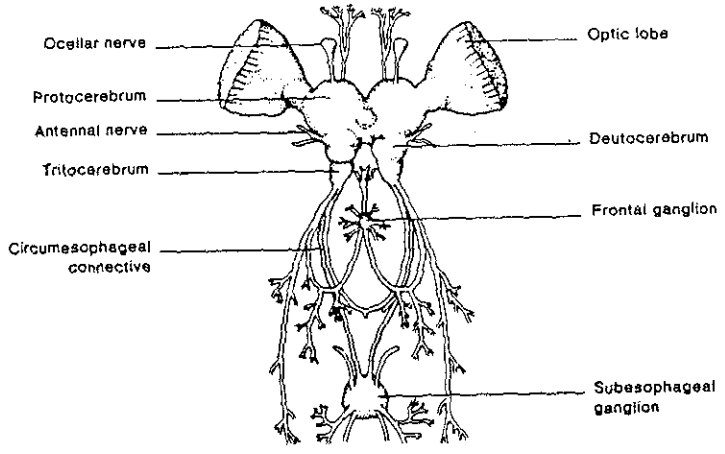
(3) adominal ganglion เป็นปมประสาทที่ถัดจากปมประสาทส่วนอก มีหน้าที่ควบคุมกล้ามเนื้อ และอวัยวะส่วนท้องมีปล้องละ 1 คู่ หรือมีวิวัฒนาการน้อยลงจนมีเพียง 1 หรือ ไม่มีเลยก็ได้

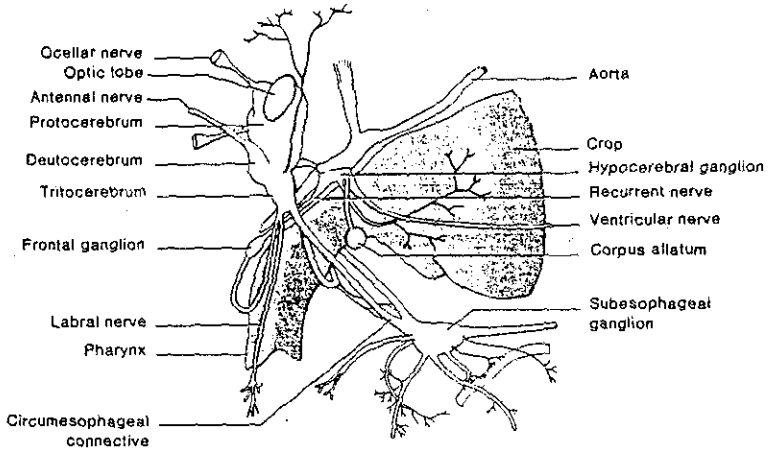
2) ส่วนประกอบและหน้าที่ของ visceral nervous system หรือ sympathetic nervous system

ระบบประสาทส่วนนี้ควบคุมระบบการย่อยอาหาร อวัยวะภายในของส่วนท้องและส่วนหาง รวมทั้งควบคุมระบบฮอร์โมน การปิดเปิดของรูหายใจ และระบบการหมุนเวียนของโลหิต ระบบนี้จะอยู่นอกการควบคุมของ CNS



ภาพที่ 6.5 แสดงที่ตั้งของระบบประสาทในลำตัวของแมลง

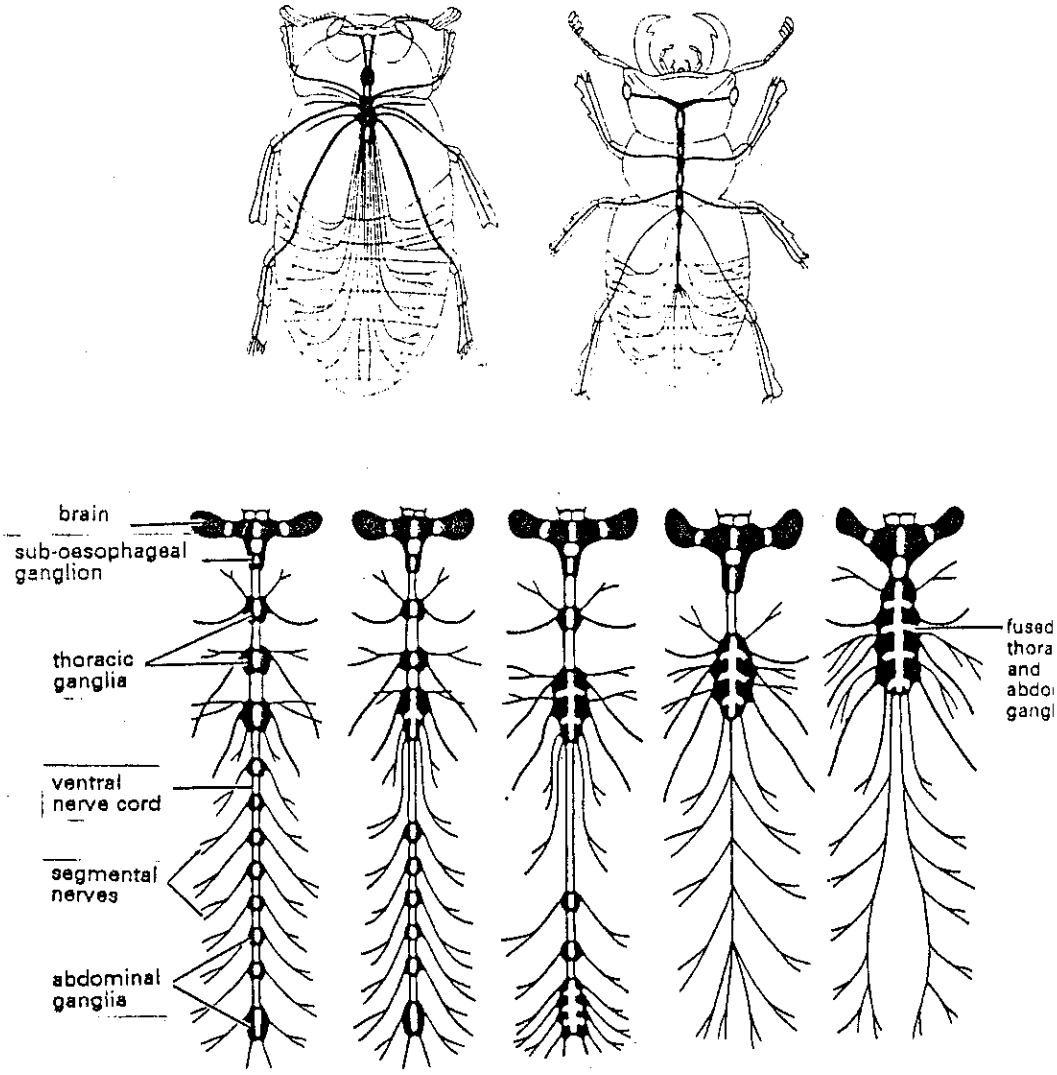




ภาพที่ 2.22 แสดงที่ตั้งของระบบประสาทในลำตัวและระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) ของแมลง (Borror et al., 1989)

3) ส่วนประกอบและหน้าที่ของ peripheral nervous system

ประสาทส่วนนี้มีหน้าที่ต่อเซลล์ประสาทในระบบต่างๆ กับ CNS. เช่น ควบคุมประสาทของระบบกล้ามเนื้อต่อกับกระเพาะอาหารเพื่อควบคุมการย่อยอาหาร ต่อกับ cuticle และประสาทที่ผิวหนังเพื่อรับความรู้สึกของอุณหภูมิ สารเคมี และสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 2.23 แสดงระบบประสาทของแมลงชนิดต่างๆ

4) การสื่อสารของ neuron (synaptic transmission)

"synaptic transmission" เป็นชื่อเรียกการสื่อสารของ cell ประสาท (neurons) ในแมลงซึ่งมีลักษณะเหมือนกับสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดอื่น ๆ คือ เมื่อ cell ประสาท 2 cells มาต่อกัน cell แรกเรียกว่า "presynaptic neuron" และ cell ที่ 2 เรียกว่า "postsynaptic neuron" จะมีช่องว่างระหว่างปลายประสาททั้งสองประมาณ 5-25 มม. เรียกว่า "synaptic gap" หรือ "synaptic cleft" ในช่องว่างนี้มีสารประกอบทางเคมีหลายชนิด รวมทั้งสารเคมีเป็นตัวสื่อสารหลายชนิดที่เรียกว่า "neurotransmitter" (ตารางที่ 14) การสื่อสารทำโดยการทำให้เกิดการแบ่งตัวของ Ca^{++} เป็นอนุภาคอิสระหลุดออกจากสาร neurotransmitter ด้าน presynaptic neuron ไปจับกับ receptor protein ของด้าน postsynaptic neuron และ neuron ฝ่ายผู้รับ (postsynaptic neuron) จะถูก depolarize กลับมาเป็นสาร neurotransmitter อยู่ใน synaptic gap อย่างเดิม การเปลี่ยนแปลงของ neurotransmitter นี้จะมีอยู่ตลอดเวลาที่แมลงหรือสัตว์มีชีวิตอยู่ สารที่เป็น neurotransmitter ที่สำคัญคือ acetylcoline ซึ่งพบใน cell ประสาทของระบบ CNS acetylcholine นี้มีปริมาณแตกต่างกันในแต่ละชนิดของแมลงและสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังอื่นๆ (รายละเอียดในตารางที่ 14) โดยปกติแล้วร่างกายจะผลิต enzyme ชื่อ "acetylcholinesterase" ก่อให้เกิดการสลายตัวของสาร acetylcholine ตลอดเวลา การทำงานของสารเคมีฆ่าแมลงในกลุ่มของ organophosphorous และกลุ่ม carbamate เมื่อเข้าไปสู่ระบบประสาทของแมลงจะเข้าไปที่ synaptic gap เพื่อไปทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับ enzyme cholinesterase ทำให้เกิดการคั่งหรือสะสมของ acetylcholine ที่ร่างกายผลิตออกมาตลอดเวลาใน synaptic gap ทำให้แมลงมีอาการสั่นกระตุกและตายในที่สุด

ตารางที่ 14 แสดงปริมาณและชนิดของ neurotransmitter ในระบบ CNS ของแมลงเปรียบเทียบกับสัตว์ชนิดอื่น (Breer, 1987)

ตั๊กแตนหนวดสั้น *Locusta migratoria*

	Acetylcholine	5-Hydroxytryptamine	Dopamine	Noradrenaline
μg/g	111	2.3	1.3	0.2
nmol/g	762	10.6	8.6	1.4

แมลงและสัตว์ชนิดอื่น

Species	nmol/mg protein	μg/g weight
Fly (*Musca*)	9.0	150
Cockroach	8.5	136
Locust	7.7	111
Guinea pig	0.3	4.8
Rat	0.2	3.4

5) ต่อมมีท่อและต่อมไร้ท่อ (exocrine and endocrine glands)

(1) ต่อมมีท่อ (exocrine glands) เป็นต่อมที่มีจุดกำเนิดมาจากเนื้อเยื่อ ectoderm ต่อมนี้อาจตั้งอยู่ที่ผิวหนัง ลำไส้ ใกล้ฐานปาก ฯลฯ ลักษณะสำคัญของต่อมนี้คือประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ตั้งแต่ 1 ถึง 4 cell มีท่อเปิดเพื่อนำสารที่เซลล์เหล่านี้สร้างขึ้นมาออกมาที่อวัยวะนั้น และต่อมเหล่านี้อยู่ภายใต้การควบคุมของระบบประสาททั้งที่เป็นระบบส่วนกลาง (CNS), peripheral และ visceral nervous system

หน้าที่ของ exocrine glands

❖ **ป้องกันตัว (defense)** เช่น ต่อมกลิ่น (scent gland) ในพวกมวน ตั้งอยู่ที่ปล้องอกปล้องที่ 3 ด้านล่าง (metepisternum) หรือด้านหลังของส่วนท้อง สร้างกลิ่นฉุนพวก hydrocarbon derivatives เพื่อไล่ศัตรู ปลวกทหารพวก *Nasutitermes* สามารถที่จะสร้างสารไล่ศัตรูเป็นสารเหนียวกลิ่นแรงมาจากต่อมชื่อ frontal gland ที่อยู่ด้านหน้าของหัว หรือผีเสื้อหนอนส้มที่สร้างสารฉุนออกมาจากท่อ osmeterium เมื่อตกใจ หรือด้วงดินหลายชนิดที่มีต่อมชื่อ "pygidial gland" ตรงปลายสุดของท้อง ในแมลงกลุ่มผึ้ง ต่อ แตน (O. Hymenoptera) ที่มีเหล็กไนและมีต่อมพิษ (poison gland) อยู่ตรงปลายสุดของท้องเมื่อต่อยศัตรูก็จะมีกลิ่นเฉพาะตัว ที่เตือนให้สมาชิกของรังรู้ว่ามีอันตรายและจะรวมตัวกันเข้ารุมทำร้ายศัตรู

❖ **สร้างสารพิเศษ** ต่อมมีท่อพวกนี้อาจสร้างสารที่พิเศษเป็นประโยชน์ เช่น ผึ้งมีต่อมไข (wax gland) เป็นต่อมอยู่ที่ผิวตั้งอยู่ด้านใต้ของปล้องท้องปล้องที่ 4 ถึง 7 ของผึ้งงานเพื่อผลิตไขทำรังผึ้ง เพลี้ยหอยและแมลงหวี่ขาวสร้าง wax ปกปิดลำตัว ครั่ง (F. Lacciferidae: *Laccifera lacca*) สร้างสารสีแดงที่เรียกว่า "lac" ซึ่งมีประโยชน์ในอุตสาหกรรม ไหมมีต่อมไหม (silk gland) อยู่ในช่องท้องและสร้างใยไหมมาถักรังเป็นดักแด้หุ้มตัวโดยออกที่รูเปิดในปาก เป็นต้น

(2) ต่อมไร้ท่อ (endocrine glands)

แมลงมีการสื่อสารเฉพาะกลุ่มระหว่าง species หรือภายใน species เดียวกัน เรียกว่า "intraspecific communication" โดยใช้กลิ่นสารเคมี เช่น pheromone ในผีเสื้อ หรือ "สารของราชินี" (queen substance หรือ queen pheromone) ที่ขับออกมาจากต่อมที่กรามฟันของราชินีผึ้ง ซึ่งเมื่อผึ้งงานไปป้อนอาหารให้ราชินีก็จะได้รับสารนี้เพื่อเป็นสื่อว่าราชินียังมีชีวิตอยู่และยังไม่ต้องสร้าง cell สำหรับวางไข่ราชินี (queen cell) ขึ้นมาใหม่ และสารนี้กระตุ้นการทำงานในหน้าที่ต่างๆ ด้วย

ปัจจุบันมีการศึกษาเรื่องต่อมไร้ท่อของแมลงมากมาย จนมีสาขาวิชาแยกออกมาเรียกว่า "Insect Endocrinology" ปัจจุบันนี้ได้มีการแยกชนิดของ peptide hormone โดยการทำ sequence เพื่อศึกษาชนิดของ hormone ที่สร้างโดยแมลงหลายชนิด ต่อมไร้ท่อนี้เป็นกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า "neurosecretory cells" (NSC) ซึ่งอยู่ในสมองส่วนที่เรียกว่า "protocerebrum" "corpora cardiaca" และ "corpora allata" และพบใน suboesophageal ganglion และ ventral nerve ganglia ทั่วไป สารเคมีที่สร้างจากต่อมไร้ท่อนี้เรียกว่า "hormone" ซึ่งมีหลายชนิดและจะถูกปล่อยเข้าไปในวงจรโลหิต (haemolymph) ซึ่งอยู่ในช่องว่างของลำตัว (haemocoel) เพื่อกระจายไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย

ส่วนของร่างกายแมลงที่ผลิตฮอร์โมนที่สำคัญพร้อมหน้าที่ของฮอร์โมนมีดังนี้

❖ **NSC ที่อยู่ที่ต่อมของอกปล้องแรก** (prothoracic gland) สร้าง prothoracico throphic hormone (PTTH) เป็นสาร steroid ชื่อ ecdysone หรือ acdysiotropin หรือที่นิยมเรียก ecdyteroid ซึ่งเป็นฮอร์โมนในการลอกคราบ

❖ **NSC ที่อยู่ที่ copra allata** ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสมองสร้างฮอร์โมนในการเจริญเติบโตของแมลงเรียก "juvenile hormone" (JH)

❖ **NSC ที่อยู่ในระบบประสาท** มีหน้าที่สร้าง hormone ชื่อ "neuropeptide" ช่วยให้ cell ประสาททั้งระบบเจริญอยู่ได้

รายละเอียดฮอร์โมนชนิดอื่นๆ จุดกำเนิดหน้าที่ และอวัยวะเป้าหมายของฮอร์โมนแต่ละชนิดได้สรุปไว้ในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงชนิด อวัยวะที่เป็นจุดกำเนิด อวัยวะที่ส่งไปเลี้ยง และหน้าที่ของฮอร์โมนชนิดต่างๆ ของแมลง (Romoser and Stoffolano, 1994)

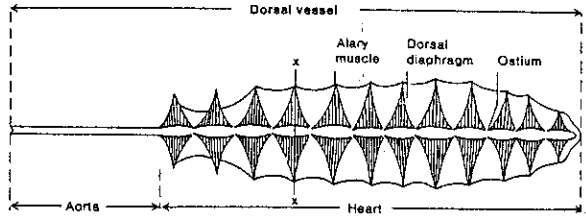
ชนิด	อวัยวะที่เป็นจุดกำเนิด	อวัยวะที่ส่งไปเลี้ยง	หน้าที่
I. Nonneural hormones			
A. *Immature insects*			
Ecdysone (molting hormone)	ecdysial gland	epidermis	initiates molt
Juvenile hormone	corpora allata	epidermis	controls or directs fate of metamorphosis at molt
B. *Adult insects*			
Ovarian hormone (=ecdysone)	overian tissue and probably follicle cells	fat body	initiates and regulates production of vitellogenin
Juvenile hormone	corpora allata	fat body	primes the fat body to become competent to produce vitellogenin
Juvenile hormone	corpora allata	accessory reproductive glands	affects development and production of glandular secretion
Juvenile hormone	corpora allata	follicle cells	activates patency and uptake of vitellogenin by follicle cells
II. Neural hormones and peptide hormones	brain (protocerebrum)	ecdysial glands	developmental-stimulates and regulates production and release of ecdysone
Ecdysiotropin (=prothoracicotropic hormone)	MNSC and thoracico-abdominal ganglion	epidermins	developmental-stimulates sclerotization and melanization of cuticle
Bursicon	brain of pre-ecdysis moths	abdominal ganglia	behavioral-synchronization of eclosion with photoperiod
Eclosion hormone	brain	corpora allata	developmental/behavioral/ and homeostasis-stimulates JH production and release homeostasis
Allatotropin	thoracic ganglia	Malpighian tubules and rectum	controls diuresis or fluid secretion
Diuretic hormone	accessory reproductive glands of male	brain	behavioral-prevents remating
Mating inhibition hormone	accessory reproductive glands of male	oviduct?	behavioral-initiates egglaying
Oviposition initiation hormone	brain/corpora cardiaca	myocardium	homeostasis-increase in frequency and amplitude of muscle contraction
Cardioaccelerator hormone	corpora cardiaca	hindgut and possible visceral muscle in general (heart and oviduct)	homeostasis-muscle contraction, defecation egg-laying, and heartbeat
Proctolin			

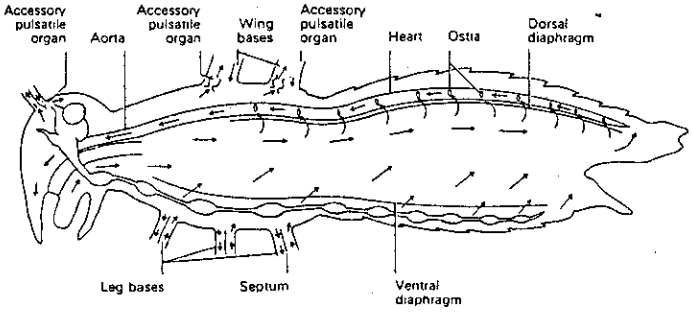
2.4.3. ระบบหมุนเวียนโลหิต (circulatory system)

เลือดของแมลง (haemolymph) เป็นของเหลวในลำตัวของแมลงที่ไหลวนอย่างเป็นอิสระอยู่ภายในช่องตัว (haemocoel) ในตัวอ่อนแบบ larva จะมีปริมาณเลือดประมาณ 20 – 40 %ของน้ำหนักตัว ในขณะที่ตัวอ่อนแบบ nymph และตัวเต็มวัยจะมีปริมาณเลือดต่ำกว่า 20 %ของน้ำหนักตัว

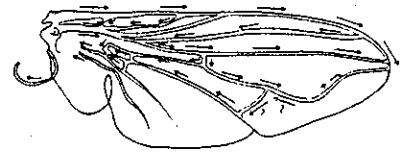
ท่อเลือดหรือเส้นเลือด (aorta) ของแมลงอยู่ด้านหลัง (dorsal) ของลำตัว มีลักษณะเป็นท่อเปิดหัวท้ายและมีรูเปิดของท่อปล้องละ 1 คู่ เรียกว่า "ostia" มีกล้ามเนื้อยึดท่อเลือดกับลำตัวเรียก "diaphragm" การไหลของเลือดเกิดขึ้นโดย diaphragm ส่วนท้องหดตัวบีบ aorta ที่ปล้องแรก (heart) ทำให้เลือดไหลไปตามท่อด้านหน้าของลำตัว แล้วออกจากปลายเปิดในส่วนหัวไปเลี้ยงส่วนของร่างกายในช่วงลำตัว แล้วไหลกลับเข้าท่อโลหิตทาง ostia โดยแรงดันจากกล้ามเนื้อที่อยู่ที่ฐานของหนวดและที่ขา การเคลื่อนที่ของเลือดภายในเส้นปีกจะต่างจากในอวัยวะ ส่วนอื่นเพราะใช้แรงอัดของอากาศที่อยู่ในเส้น vein ของปีก (ภาพที่ 2.24)

เลือดสามารถป้องกันแมลงให้พ้นจากภัยหรือระบบต่อต้านภัย เช่น โรคจุลินทรีย์ ตัวเบียนและตัวห้ำของแมลง เช่น เม็ดเลือดสามารถกลืนกินจุลินทรีย์ได้ หรือสร้างสารมีกลิ่นออกมาไล่ศัตรูได้ เลือดของแมลงมี 2 ส่วนคือ ส่วนของน้ำเลือด (plasma) และส่วนของเม็ดเลือด (blood corpuscle หรือ haemocyte) ซึ่งมีรูปร่างต่างๆ กัน ประมาณ 20 – 30 ชนิด เช่น เป็นรูปดาว รูปกลม รูปรี ฯลฯ





a



b

ภาพที่ 2.24 แสดงระบบหมุนเวียนโลหิตในลำตัวแมลง a) และในปีกของแมลงวันบ้าน b) (West, 1951)

2.4.4 ระบบหายใจ (respiratory system)

แมลงมีการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นของเสียที่ต้องการขับออกจากร่างกาย กับก๊าซออกซิเจนเหมือนสัตว์ทุกชนิด อากาศภายนอกเข้าสู่ร่างกายทางรูหายใจด้านข้างลำตัว (spiracles) ซึ่งมีปล้องละ 1 คู่ ในตัวอ่อนของแมลงชนิดที่อยู่ในน้ำอาจมีเหงือก (gills) ช่วยหายใจ เช่น เหงือก ที่ปล้องท้อง (abdominal gills) ของแมลงปอและแมลงชีปะขาว เหงือกที่ปล้องอกในแมลงติดหิน (stonefly, O. Plecoptera) อากาศจะเข้าทางรูเปิดของ spiracle แล้วเข้าไปทางท่ออากาศใหญ่ (trachea) แล้วแยกไปตามกิ่งก้านสาขาของท่ออากาศที่เรียกว่า "tracheole" ซึ่งจะกระจายไปยังอวัยวะต่างๆ

1) ส่วนประกอบของระบายใจ (compartment of respiratory system)

ส่วนประกอบของระบบหายใจที่สำคัญมีดังนี้คือ (ภาพที่ 2.25 และ 2.26)

(1) main tracheal trunks (ท่ออากาศใหญ่) เป็นท่อต่อจาก spiracles ขนานไปด้านข้างของลำตัวทั้ง 2 ข้าง

(2) trachea คือ ท่ออากาศที่แยกจากท่ออากาศใหญ่ไปตามส่วนต่างๆ มีชื่อเรียกต่างกันตามส่วนของอวัยวะที่ท่ออากาศนั้นๆ ไปปรากฏอยู่ มีดังนี้คือ

❖ **dorsal tracheal trunk** เป็นท่ออากาศที่แยกขึ้นไปด้านหลังของลำตัว เพื่อไปเลี้ยงกล้ามเนื้อและหัวใจ

❖ **visceral tracheal trunk** เป็นท่ออากาศที่แยกไปเลี้ยงอวัยวะภายในช่องตัวของแมลง เช่น กระเพาะอาหาร ระบบสืบพันธุ์ และกล้ามเนื้อยึดอวัยวะต่างๆ

❖ **ventral tracheal trunk** เป็นท่ออากาศที่แยกไปเลี้ยงอวัยวะด้านท้องของลำตัว เช่น ระบบประสาท และกล้ามเนื้อด้านท้อง

(3) tracheole เป็นท่ออากาศขนาดเล็กที่แยกจาก trachea ไปตามส่วนต่างๆ ตรงปลาย tracheole จะมีน้ำใสๆ เป็นที่แลกเปลี่ยนออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ tracheole จะเป็นที่เก็บอากาศ (air sac) ซึ่งแมลงบางชนิดจะใช้อากาศใน airsac ทำให้ตัวเบาและบินได้เร็วขึ้น

(4) spiracles (รูหายใจ) มีปล้องละ 1 คู่ รูหายใจด้านข้างลำตัวของแมลง มีลักษณะแตกต่างกันทำให้สามารถจำแนกระบบหายใจของแมลงออกเป็นกลุ่มตามลักษณะของรูหายใจ

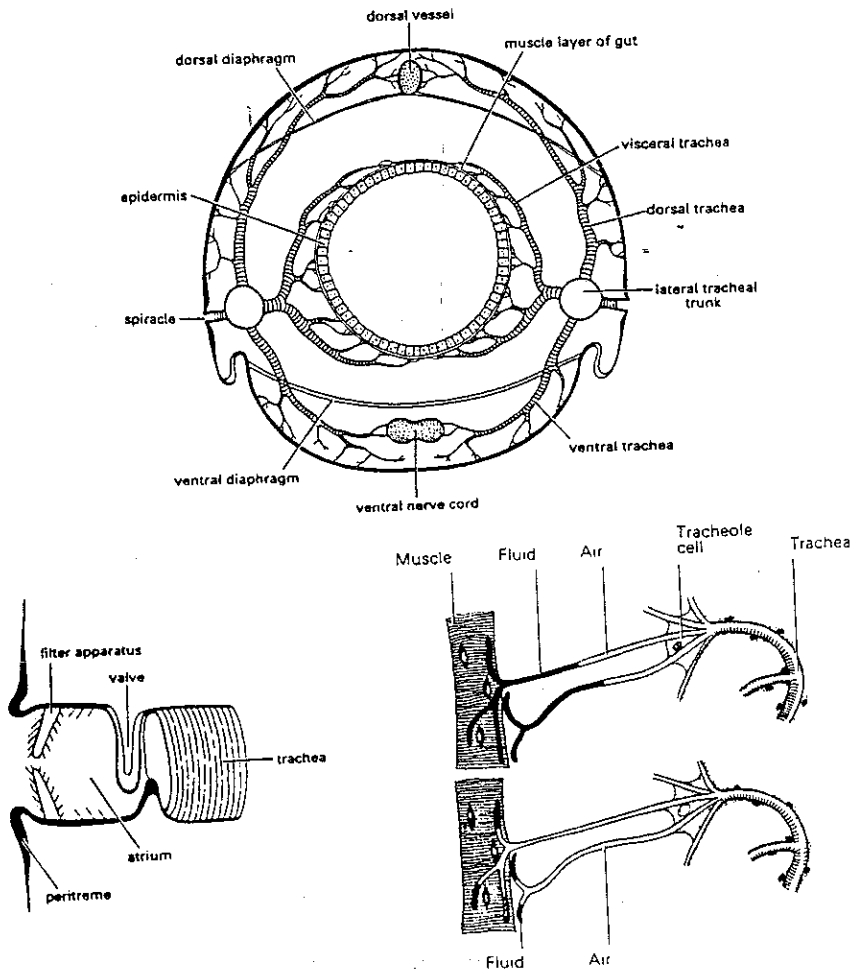
2) ประเภทของระบบหายใจ (types of respiratory system)

(1) open tracheal system หรือรูหายใจเปิด พบในแมลงทั่วไป คือ จะมีรูหายใจที่อกปล้องกลางและอกปล้องที่ 3 ปล้องละ 1 คู่ รวม 2 คู่ และมีรูหายใจที่ปล้องท้อง 8 คู่ (ภาพที่ 2.25 และ 2.26)

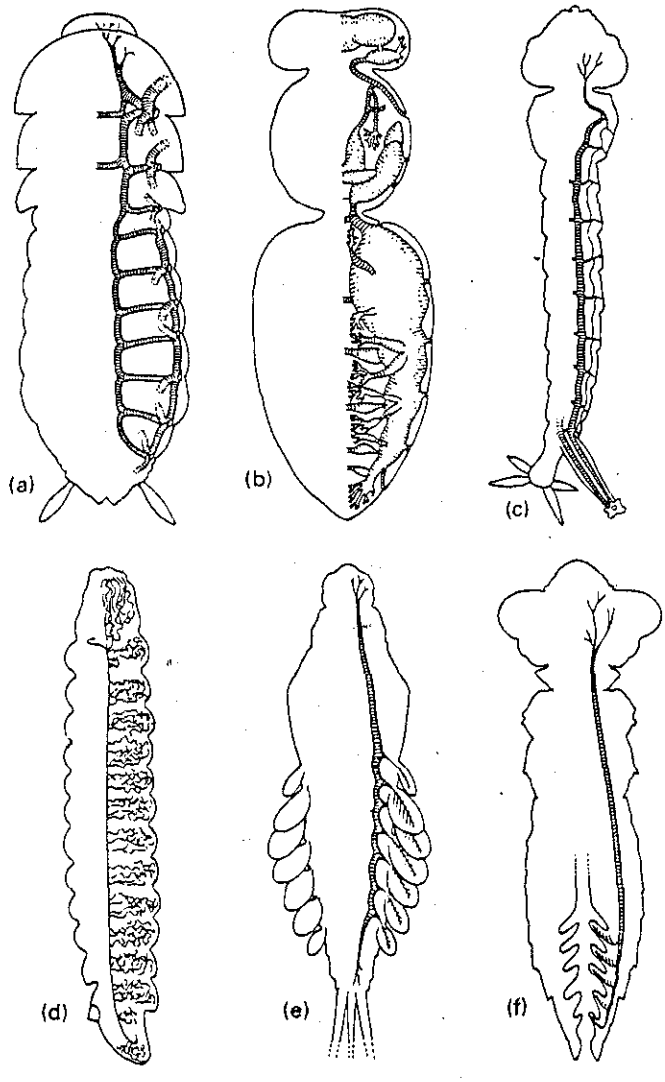
(2) close tracheal system หรือ apneustic system พบในแมลงที่อยู่ในน้ำ เช่น ตัวอ่อนของแมลงชีปะขาว หรือ ตัวอ่อนของแมลงปอ แมลงกลุ่มนี้จะหายใจโดยใช้เหงือก (gills) หรือผนังลำตัว

(3) hemineustic system คือ รูหายใจปิดบ้างเปิดบ้าง เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะแมลงการรักษาความชื้นในลำตัวและจะต้องปรับให้สมดุลกับความต้องการออกซิเจนของร่างกาย เราสามารถนกแมลงที่มีการหายใจ โดยมีจำนวนรูหายใจปิดเปิดไม่เหมือนกันได้ดังนี้คือ

- ❖ **perineustic spiracle** มีรูหายใจ (spiracle) เปิด 1 คู่ นอกนั้นปิดทั้งหมด ได้แก่ อนด้วงแรดมะพร้าว
- ❖ **amphineustic spiracle** มีรูหายใจ (spiracles) ที่อกเปิด 1 คู่ และที่ท้องเปิด 1 คู่ ได้แก่ หนอนแมลงวัน
- ❖ **proneustic spiracle** มีรูหายใจ (spiracles) เปิดที่อกเท่านั้น นอกนั้นปิดหมด ได้แก่ ดักแด้ยุง (ไอ้โม่ง)
- ❖ **metaneustic spiracles** มีรูหายใจ (spiracles) เปิดที่ท้องเท่านั้น นอกนั้นปิดหมด ได้แก่ ลูกน้ำยุง



ภาพที่ 2.25 แสดงระบบหายใจของแมลงโดยผ่านทางรูหายใจแบบ open system



ภาพที่ 2.26 แสดงระบบหายใจของแมลงแบบต่าง ๆ

a – b แบบเปิด (open system)

c แบบกึ่งเปิดกึ่งปิด (hemineustic system)

d – f แบบปิด (close system)

2.4.5. ระบบย่อยอาหาร (digestive system)

ระบบย่อยอาหารของแมลงมีลักษณะเป็นท่อ (tube) แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ (ภาพที่ 2.27)

1) ส่วนหน้า (foregut หรือ stomodeum)

เป็นส่วนหน้าสุด มีหน้าที่กลืนกินอาหาร เป็นที่พักอาหาร บดอาหารเพื่อส่งต่อไปยังส่วนที่ 2 ส่วนประกอบของ foregut ที่สำคัญมี 5 ส่วน คือ

(1) Salivary gland (ต่อมน้ำลาย) เป็นต่อมที่ผลิตน้ำลาย (บางครั้งเรียก "labial gland") มีลักษณะคล้ายใบไม้ หรือช่อดอกไม้สีขาว ตั้งอยู่บริเวณด้านใต้ของ oesophagus มีปลายเปิดสู่ช่องปากน้ำลายจะออกมาคลุกเคล้าอาหารทำให้อาหารอ่อนตัวลงเพื่อสะดวกแก่การกลืน

(2) pharynx (ช่องคอ)

(3) oesophagus (คอ)

(4) crop เป็นส่วนของกล้ามเนื้อที่ขยายใหญ่ เพื่อเป็นที่พักอาหาร และบดอาหารมีลักษณะเป็นถุง

(5) proventriculus หรือ gizzard (กึ๋น) เป็นลิ้นเปิดเพื่อลำเลียงอาหารไปสู่ลำไส้ส่วนกลาง ลำไส้ส่วนหน้านี้ต้องการความแข็งแรง จึงมีเนื้อเยื่อบุรองเสริมความแข็งแรงอีกชั้นหนึ่งเรียกว่า "cuticular layer"

2) ส่วนกลาง (midgut หรือ mesenteron)

ส่วนนี้มีการสร้างน้ำย่อยเพื่อย่อยอาหารที่ส่งมาจาก foreget และมีการดูดซึมของอาหารที่ย่อยแล้ว ส่วนประกอบของ midgut ที่สำคัญมี 3 ส่วน คือ

(1) gastric cacae (ติ่งน้ำย่อย) เป็นส่วนต่อจาก proventriculus มีลักษณะเป็นติ่งยื่นออกมา มีหน้าที่ผลิตน้ำย่อยเข้าสู่ส่วนกลาง ในแมลงสาบมีติ่งน้ำย่อย 8 คู่ น้ำย่อยมี pH 6 - 7.5 และอาจสูงถึง 9 - 12 ในแมลงที่ย่อย cellulose เช่น ปลวก

(2) ventricles หรือ ventriculus คือ ลำไส้ส่วนกลางทั้งหมด มีหน้าที่ย่อยอาหารและดูดซึมอาหารที่ย่อยแล้วเข้าทางผนังลำไส้ ซึ่งมีเนื้อเยื่อลำไส้สำหรับดูดอาหารชื่อ "peritrophic membrane" ส่วนนี้ไม่มี cuticular layer

(3) malpighian tubules เป็นท่อขับถ่ายของเสียที่เป็นของเหลวมีลักษณะเป็นติ่งหรือเส้นยาวเป็นกระจุกตั้งอยู่ถัดจากส่วน ventriculus ของเสียที่เป็นของเหลวจะถูกลำเลียงส่งไปยังระบบย่อยอาหารส่วนสุดท้าย ในเพลี้ยอ่อนจะไม่พบ malpighian tubules ซึ่งจะมี cornicles เป็นท่อส่งของเหลวออกนอกร่างกาย

3) ส่วนหลัง (hindgut หรือ proctodeum)

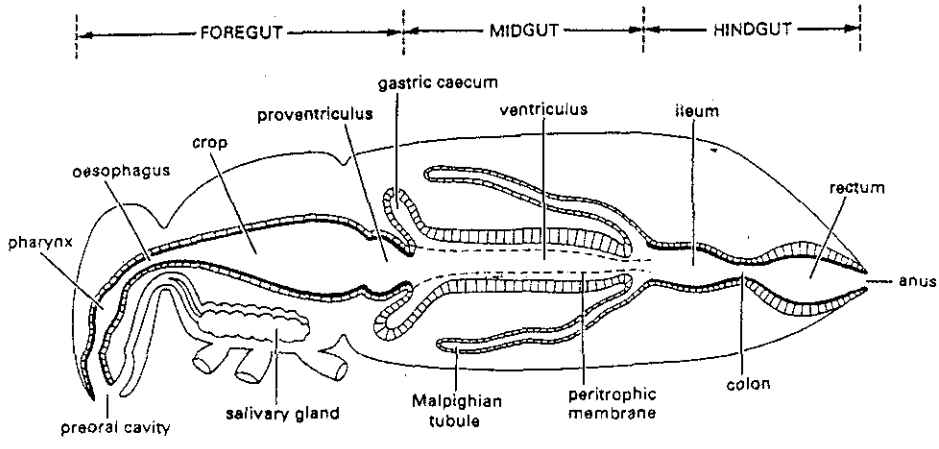
มีหน้าที่รับภาระอาหารที่เหลือจากการย่อยแล้วรวมทั้งของเสียที่เป็นของเหลวเข้ามาเพื่อดูดซับเอาน้ำ เกลือแร่ และธาตุอาหารบางชนิดที่ปะปนอยู่กับของเสียเข้าสู่ร่างกาย แล้วปล่อยกากอาหารที่เหลือทั้งหมดออกภายนอกลำตัวมี cuticular layer ส่วนประกอบของลำไส้ส่วนท้าย แบ่งได้เป็น 4 ส่วน คือ

(1) ileum มีการดูดซึมของน้ำและแร่ธาตุ

(2) colon มีการดูดซึมของน้ำและแร่ธาตุ

(3) rectum (ลำไส้ตรง) เป็นที่พักกากอาหาร

(4) anus (ทวาร) เป็นรูเปิดของท่อลำไส้ออกนอกลำตัวเพื่อถ่ายมูล (frass)



ภาพที่ 2.27 แสดงระบบย่อยอาหารของแมลง

4) ไขมันในช่องท้อง (fat body)

ที่ปรากฏอยู่ในช่องท้องและมีพังผืดยึดติดกับลำไส้ มีความสำคัญที่น่าสนใจ คือ เป็นแหล่งผลิต protien และ amino acid ที่สำคัญเช่น calliphorin เข้าไปในเลือด (haemolymph) ของแมลง สารดังกล่าวมีสูงในเลือดเมื่อแมลงจะเข้าสู่ระยะเป็นดักแด้ ในแมลงวันพบว่ามีสูงถึง 75 % ของ protien ใน haemolymph ทั้งหมด และจะลดเหลือประมาณ 3 มก.เมื่อเป็นดักแด้ และเหลือเพียง 0.03 มก.เมื่อฟักออกเป็นตัวเต็มวัย เข้าใจว่าสารชนิดนี้ช่วยในขบวนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของแมลง ใน fat body มี cell อยู่ 2 ชนิด คือ

(1) urocyte ในความเชื่อของนักวิทยาศาสตร์รุ่นเก่าเชื่อว่า urocyte มีหน้าที่เก็บของเสียที่เป็น uric acid เท่านั้น แต่ปัจจุบันนี้พบว่า urocyte เป็นเซลล์ที่มีหน้าที่สะสม urea และ uric acid และมีหน้าที่ recycle สารเหล่านั้นกลับเป็นสารประกอบไนโตรเจนกลับเข้าสู่เม็ดเลือด

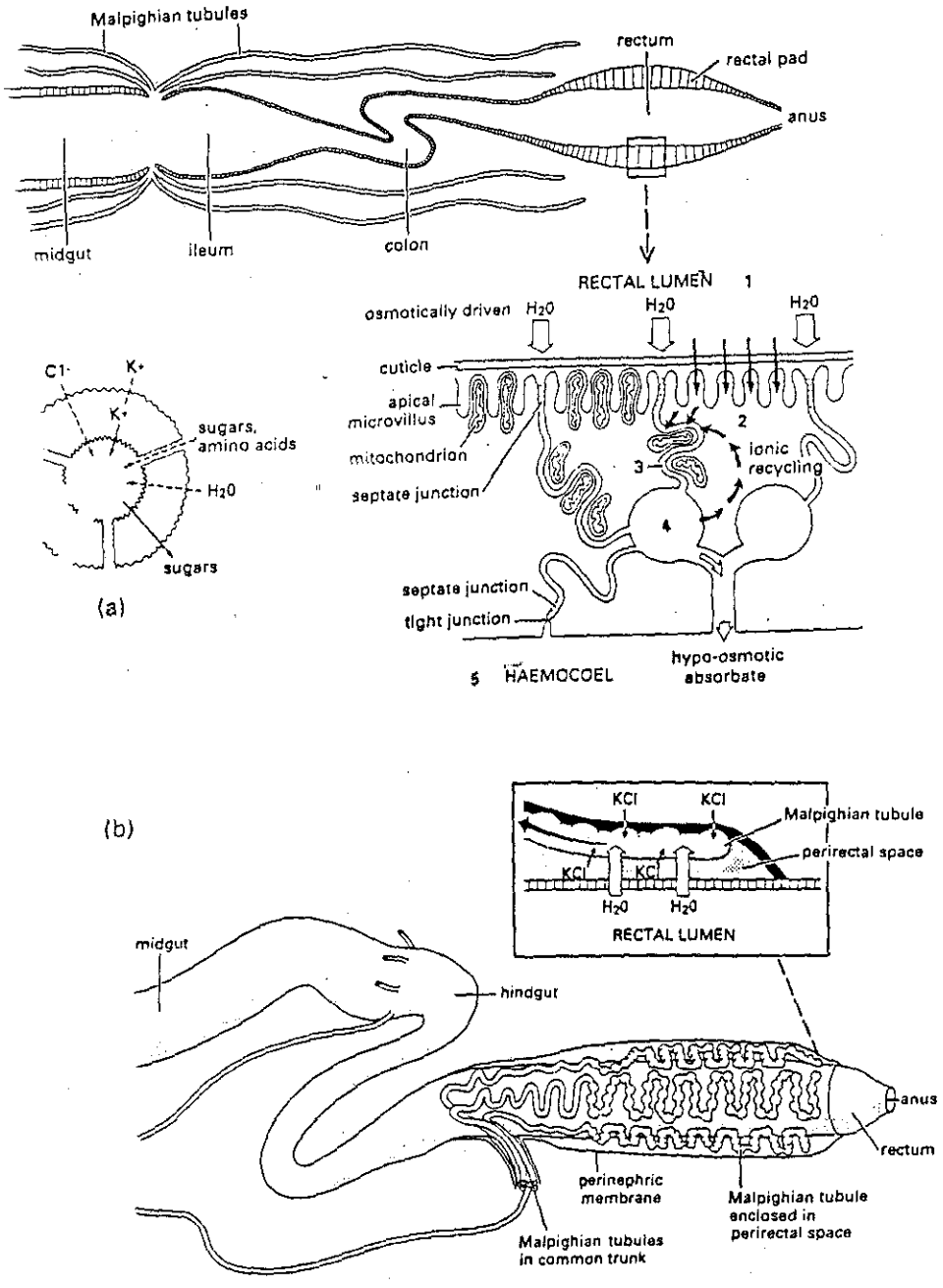
(2) mycetocyte เป็นเซลล์ที่มีจุลินทรีย์ symbionts อาศัยอยู่ใน intracellular space ในลักษณะของ symbiotic organism symbionts ที่พบเป็นพวก bacteria yeast fungi และ protozoa มีหน้าที่สร้างสารสำคัญบางชนิดที่แมลงสร้างไม่ได้ ได้แก่ carotenoid ซึ่งเป็นเม็ดสี ทำให้แมลงมองเห็น หรือพวก sterol, vitamin และ amino acid บางชนิดที่แมลงต้องการ ส่วนจุลินทรีย์ที่มาอาศัยอยู่ก็ได้อาหารและที่อยู่อาศัยจากแมลง ในแมลงบางชนิดจุลินทรีย์จะมีจำนวนมากจนจับกลุ่มเป็นเนื้อเยื่อเรียกว่า "mycetome" อยู่ใกล้กับรังไข่ เมื่อแมลงไข่ออกมาจุลินทรีย์เหล่านี้จะติดมาด้วย และจะเจริญควบคู่กับแมลงชนิดนั้นๆ ตลอดไป การถ่ายทอดจุลินทรีย์ทางไข่นี้ เรียกว่า "transovarial transmission"

2.4.6. ระบบขับถ่าย (excretory system)

ระบบขับถ่ายในที่นี้มิได้หมายถึงเฉพาะแต่การขับถ่ายกากอาหารเป็นมูล (frass) ออกมาจากทวาร (anus) เท่านั้น แต่หมายถึงการขับหรือการเปลี่ยนสภาพของเสียให้นำมาใช้ประโยชน์ต่อร่างกายได้ด้วย แมลงบางชนิด โดยเฉพาะแมลงที่อาศัยอยู่ในน้ำ จะต้องมีระบบขับถ่ายพิเศษที่รักษาให้แร่ธาตุในร่ายกายอยู่ในระดับสมดุลอยู่เสมอเนื่องจากมีแร่ธาตุที่จำเป็น เช่น sodium (Na^+) potassium (K^+) และ chloride (Cl^-) สามารถละลายไปกับน้ำโดยง่ายจะออกจากลำตัวไปและอาจทำให้ร่ายกายเสียสมดุลได้ ขบวนการขับถ่ายพิเศษที่พบในแมลงกลุ่มนี้เรียกว่า "osmoregulation" และ "cryptonephric system" (ภาพที่ 2.28)

1) osmoregulation

เป็นระบบขับถ่ายที่เกิดขึ้นที่ malpighian tubules โดยการพยายามปรับ osmotic pressure ของสารละลายและแร่ธาตุอันได้แก่ K^+ Na^+ และ Cl^- ขึ้นในท่อของ malpighian tubules ซึ่งจะลอยไปมาอย่างอิสระในช่องลำตัว (haemocoel) ให้เท่ากันกับแรง osmotic pressure ใน haemocoel จะทำให้น้ำถูกดูดเข้ามาเพื่อสร้างสารละลายที่เข้มข้นน้อยลง สารละลายเหล่านี้จะไหลเข้าสู่ลำไส้ส่วนหลัง (proctodeum) โดยผ่านทาง ileum, colon และ rectum ที่ผนังของ proctodeum นี้น้ำจะถูกดูดซับเข้ามาที่ส่วนของผนังลำไส้ และก่อให้เกิดการหมุนเวียนของแร่ธาตุภายในผนังลำไส้ในผนังลำไส้ส่วนนี้ mitochondria จะเป็น cell ให้พนังงานหมุนเวียนขนย้ายของเหลวเหล่านี้จากเซลล์หนึ่งไปสู่อีกเซลล์หนึ่ง (เรียกว่า "active transport") เมื่อมี osmotic pressure ในผนังลำไส้ส่วนนี้เนื่องจากความเข้มข้นของ K^+ Na^+ และ Cl^- ใน cell สูงขึ้นก็จะดึงเอาน้ำจากใน proctodeum เข้ามามากขึ้นโดยมี septate junction เป็นกลไกที่ควบคุมการนำเข้าของน้ำ การไหลเข้าของน้ำตอนนี้เรียกว่า "passive transport" และสุดท้ายน้ำก็จะถูกปล่อยออกพร้อมแร่ธาตุสู่ช่องลำตัวโดยแรงดันที่สูงกว่า เมื่อน้ำและแร่ธาตุเหล่านี้ออกสู่ช่องลำตัว ก็จะถูกดูดกลับเข้าไปโดย malpighian tubules วนเวียนกันอย่างนี้ และส่วนเกินของธาตุอาหารที่ไม่ต้องการก็จะเหลืออยู่ใน rectum ของ protodeum ซึ่งพร้อมที่จะขับถ่ายออกนอกร่างกายต่อไป ระบบขับถ่ายแบบนี้พบในตั๊กแตนและแมลงสาบ และแมลงส่วนใหญ่ทั่วไป



ภาพที่ 2.28 แสดงระบบขับถ่ายแบบ osmoregulation (a) และ crytonephric system (b)

2) cryptonephric system

เป็นระบบขับถ่ายที่พบในแมลงที่อยู่ในที่แห้งแล้ง เช่น อยู่ในทะเลทราย หรือแมลงที่อาศัยอยู่ในที่ความชื้นต่ำ เช่น ในเมล็ดพันธุ์เก็บแห้ง เช่น มอดแป้ง เป็นต้น แมลงกลุ่มนี้จะมีการใช้น้ำในร่างกายอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นระบบที่วิวัฒนาการมาจากแบบแรก ในระบบนี้ malpighian tubules จะไม่อยู่อย่างอิสระในช่องลำตัว (haemocoel) แต่จะถูกดึงเข้าไปอยู่ภายในลำไส้ในส่วนที่เรียกว่า "rectum" ปลายของ malpighian tubules จะเกาะแน่นอยู่กับผนังของ rectum โดยมีเนื้อเยื่อ perinephric membrane มาห่อหุ้ม แร่ธาตุ น้ำ และความชื้นในลำไส้จะถูกดูดซึมเข้าโดยตรงจากผนังของ rectum เข้าสู่ malpighian tubules โดย osmotic pressure ได้จากความเข้มข้นของแร่ธาตุ (ส่วนใหญ่เป็น KCl) ใน malpighian tubule เอง จากนั้นน้ำและแร่ธาตุก็จะถูกนำเข้าสู่โลหิต และส่วนเกินจะถูกทิ้งให้อยู่ใน rectum เพื่อถ่ายออกนอกลำตัวต่อไป

2.4.7. ระบบสืบพันธุ์ (reproductive system)

1) ระบบสืบพันธุ์ของเพศเมีย (female reproductive system)

มีส่วนประกอบที่สำคัญ (ภาพที่ 2.29) คือ อวัยวะที่ผลิตไข่คือ รังไข่ (ovaries) มี 1 คู่ รังไข่แต่ละข้าง ประกอบด้วย ovarioles หลายๆ อันมาประกบกัน ส่วนปลายของ ovariole มีสายไยบางๆ เรียกว่า "terminal filament" ซึ่งจะมารวมกันทำให้ ovary มีลักษณะเรียวแหลม ใน ovariole จะมี cell สร้างไข่ (oocyte) ซึ่งจะสร้างไข่ (egg) ไข่เหล่านี้เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะดันให้ผนัง ovariole พองออกและไข่จะถูกปล่อยออกมาทางท่อที่เรียกว่า "pedicel" หลายๆ pedicel มารวมกันเรียกว่า "calyx" จาก calyx จะมีท่อรับไข่ เรียกว่า "oviduct" หรือ "lateral oviduct" ซึ่งในแมลงตัวหนึ่งๆ จะมี 2 ท่อ (ซ้ายและขวา) มารวมกันเรียกว่า "common oviduct" มาเปิดออกที่รูเปิดเรียกว่า "gonopore" ไปสู่ genital chamber ซึ่งเป็นที่รองรับอวัยวะเพศผู้ที่ genital chamber นี้จะมีถุงเก็บสะสม sperm ของเพศผู้ 1 ถุง เรียกว่า "spermatheca" เมื่อไข่ถูกปล่อยออกมาอยู่ใน genital chamber

spermatheca ก็จะปล่อย sperm ของเพศผู้ออกมาผสม ก่อนที่ไข่จะถูกปล่อยออกนอกลำตัวทาง vulva ที่ spematheca จะมีต่อมอีกชนิดหนึ่งมีหน้าที่เลี้ยง sperm (หรือ spermatozoa) ทำให้ sperm มีชีวิตยืนยาวสำหรับการผสมพันธุ์ ต่อมดังกล่าวมีชื่อว่า "spermathecal gland"

spermathecal gland มีลักษณะเป็นติ่งเล็กๆ ห้อยติดอยู่กับ spermatheca นอกจาก spermatheca และ spermathecal gland แล้ว ยังมีต่อมีลักษณะเป็นติ่งยาว 1 คู่ เปิดออกที่ genital chamber เรียกว่า "accessory gland" หรือ "colleterial gland" หรือ "cement gland" มีหน้าที่ผลิตสารเหนียวออกมาหุ้มไข่เพื่อป้องกันอันตรายและสารเหนียวสำหรับยึดไข่ให้ติดกับใบพืชหรือผิวเมล็ดพืชที่เป็นอาหารของตัวอ่อน

2) ระบบสืบพันธุ์ของเพศผู้ (male reproductive system)

มีส่วนประกอบที่สำคัญ(ภาพที่ 2.29) คือ อวัยวะที่ผลิต sperm คือ testis มี 1 คู่ (พหูพจน์เรียก "testes") testis แต่ละข้างประกอบด้วย follicles ซึ่งมีหน้าที่ผลิต sperm sperm ที่ผลิตแล้วจะถูกส่งมายัง

ดักแด้ของริ้นชนิด *Tanytarsus spp.* สามารถที่จะวางไข่ได้ หรือด้วงชนิด *Micromatthus debilis* ก็สามารถวางไข่ในระยะตัวอ่อนได้ แมลงพวกนี้ไม่สามารถนับช่วงวัยการเจริญได้ เรียกว่าเป็นแมลงพวก neoteneous (คำนามคือ neoteny)

(2) parthenogenesis คือ การสืบพันธุ์ชนิดที่แมลงสามารถมีลูกหรือวางไข่ได้โดยไม่ต้องมีการผสมของ sperm เช่น เพลี้ยอ่อน (aphid) หรือ แตนชนิด sawfly เป็นต้น

(3) oviparity คือ การสืบพันธุ์ชนิดที่พบในแมลงส่วนใหญ่โดยเพศเมียจะผสมพันธุ์กับเพศผู้ เมื่อเป็นตัวเต็มวัย มีการผสมของ sperm กับไข่ และมีการวางไข่ออกนอกลำตัวของตัวเต็มวัยเพศเมีย การวางไข่อาจเป็นฟองเดี่ยวๆ (single egg) เช่น ไข่ผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน หรือเป็นกลุ่ม (mass) เช่น ด้วงเต่าลาย *Chilomenes spp.* หรือรวมอยู่ในฝักไข่ (ootheca) เช่น ในตั๊กแตนตำข้าวหรือแมลงสาบ เป็นต้น

(4) ovoviviparity คือการสืบพันธุ์ชนิดที่ไข่ ซึ่งมีไข่แดง (yolk) อยู่ภายในไข่ที่ผสมแล้วจะอยู่ภายในตัวแม่และจะออกมาจากแม่เมื่อฟักออกเป็นตัวอ่อน พบในเพลี้ยไฟ (O. Thysanopthera) แมลงสาบบางชนิด แมลงวันหัวเขียว (F. Calliphoridae) และแมลงวันก้นขน (F. Tachinidae)

(5) viviparity คือ การสืบพันธุ์ชนิดไข่เจริญอยู่ภายในตัวแม่เหมือนข้อ 4 แต่ไข่ดังกล่าวไม่สมบูรณ์ไม่มีไข่แดง เมื่ออยู่ในรังไข่ จำเป็นต้องมีเนื้อเยื่อส่วนอื่น หรือสารที่ผลิตจากร่างกายส่วนอื่นของแม่มาเลี้ยงตัวอ่อนที่ฟักออกใหม่ๆ ซึ่งจะเจริญเติบโตโดยอาศัยสารเหล่านี้ แล้วออกมาเป็นตัวอ่อนที่สมบูรณ์ viviparity มีหลายประเภทตามตำแหน่งของตัวอ่อนที่อาศัยในตัวแม่ดังนี้คือ

❖ **pseudoplacental viviparity** คือตัวอ่อนเมื่อฟักออกจากไข่จะอยู่ในท่อรังไข่ ซึ่งผนังของท่อจะมีเนื้อเยื่อมีลักษณะคล้ายรกส่งอาหารไปเลี้ยงตัวอ่อนให้สมบูรณ์เต็มที่ แล้วจึงค่อยออกมานอกลำตัวของแม่ พบในเหาหนังสือ (O. Psocoptera), แมลงหางหนีบ (O. Dermaptera) บางชนิด

❖ **haemocoelous viviparity** คือตัวอ่อนเมื่อฟักออกมาจะอาศัยอยู่ในน้ำเลือด (haemolymph) เพื่อดูดซึม (osmosis) ธาตุอาหารจากเลือด พบในพวกแมลงปีกบิด (O. Strepsiptera) พวกบัว (O. Diptera, F. Cecidomyiidae)

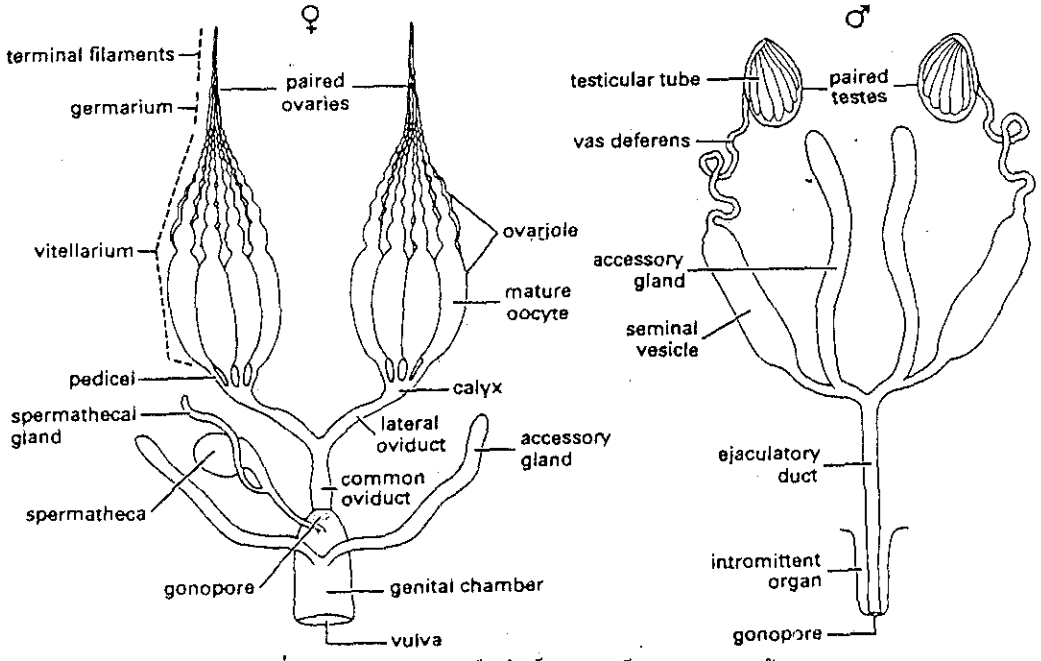
❖ **adenotrophic viviparity** คือตัวอ่อนเมื่อฟักออกมาแล้วจะถูกปล่อยออกมาอยู่ในมดลูกและแม่จะผลิตอาหารหรือที่เรียกว่า "น้ำนม" (milk) ออกมาโดยต่อม adrenal ใต้สมองเพื่อเลี้ยงลูกลูกก็จะกินน้ำนมเป็นอาหาร จนกระทั่งเจริญเติบโตเต็มที่จะถูกปล่อยออกมานอกลำตัว และส่วนใหญ่จะเข้าดักแด้ทันที พบในแมลงวันบางชนิด เช่น tsetse flies (F. Glossinidae) และเหาวัว (F. Hippoboscidae) เป็นต้น

(6) hermaphrodism หรือการเป็นกระเทย คือ แมลงจะมีระบบสืบพันธุ์ที่เรียกว่า "ovotestis" คือ มีทั้ง ovary และ testis อยู่ในแมลงตัวเดียวกัน พบในพวกเพลี้ยหอยชนิด *Icerya purchasi* แมลงที่มีการสืบพันธุ์แบบนี้จะเป็นแบบที่มีการระบาดได้รวดเร็วที่สุดเพราะ ถึงแม้จะติดไปกับพืชเพียงตัวเดียวก็สามารถที่จะขยายพันธุ์ได้

แมลงแตกต่างจากสัตว์ชนิดอื่น โดยที่มีขบวนการ polyembryony คือการที่ cell ไข่ฟองเดียวสามารถแบ่งเซลล์ออกได้เป็นไข่หลายๆ ฟอง ส่วนใหญ่จะเป็นแมลงที่เป็นตัวเบียน parasite ของแมลงชนิดอื่น พบใน O. Hymenoptera (พวกต่อแตน)

ท่อส่ง เรียกว่า "vas deferens" มาพักที่ท่อพักเรียกว่า "seminal vesicle" ที่ seminal vesicle จะมีท่อออกร่วมมาจากต่อมชื่อ "accessory gland" ซึ่งมีหน้าที่ผลิตอาหารเลี้ยง sperm บางครั้ง accessory gland จะมีมากกว่า 2 และจับกลุ่มกันเป็นกระจุกหรือเป็นช่อเรียก mushroom body จากนั้น sperm จะถูกปล่อยลงมารวมกัน (จากท่อซ้ายและขวา) ที่ ejaculatory duct ซึ่งจะฉีด sperm ออกนอกร่างกายทางรูเปิดที่เรียกว่า "gonopore"

ระบบการสืบพันธุ์ของแมลงขึ้นอยู่กับความพร้อมของการเจริญเติบโตของระบบที่เจริญเต็มที่ (sexual maturity) หรือไม่ โดยทั่วๆ ไป แล้วเพศผู้จะต้องใช้เวลาหลังจากการออกจากดักแด้ 1 – 2 วัน และเพศเมียอาจนาน หรือน้อยกว่านั้นแล้วแต่ชนิดของแมลง การผสมพันธุ์ (mating) มักจะมีก่อนที่ไข่ (egg) ในรังไข่ (ovary) จะเจริญเติบโตเต็มที่ เพศเมียจะเก็บ sperm (spermatozoa) ของเพศผู้ไว้ใน spermatheca แมลงบางชนิด เช่น ชีปะขาว เพศเมียจะพร้อมที่จะผสมพันธุ์ หลังจากฟักออกจากดักแด้ เพียง 2 – 3 ชั่วโมง ในผีเสื้อหนอนไหมจะสามารถผสมพันธุ์กันทันทีที่ฟักออกจากดักแด้ และขยับปีกได้



ภาพที่ 2.29 แสดงระบบสืบพันธุ์ของเพศเมีย และเพศผู้

3) ชนิดและแบบของการสืบพันธุ์ (types of reproduction)

ในแมลงทั่วๆ ไป จะพบชนิดหรือแบบของการสืบพันธุ์ 4 แบบ คือ

(1) paedogenesis คือ การสืบพันธุ์ชนิดที่แมลงที่เป็นตัวอ่อนสามารถออกลูกเป็นตัวได้ หรือตัวอ่อนมีอวัยวะสืบพันธุ์ที่เจริญเต็มที่และวางไข่ ที่ฟักเป็นตัวอ่อนได้ เช่น พวกริ้น ชนิด *Miaster spp.* หรือดักแด้ของริ้นชนิด *Tanytarsus spp.* สามารถที่จะวางไข่ได้ หรือด้วงชนิด *Micromatthus debilis* ก็สามารถวางไข่

3. การจำแนกแมลง
Insect classification

จากการที่แมลงมีความหลากหลายในเรื่องของจำนวนและรูปร่างลักษณะ จึงจำเป็นต้องมีการจัดจำแนกแมลงที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันหรือเหมือนกันไว้ในหมวดหมู่เดียวกันและเป็นที่ยอมรับและใช้โดยนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลก มีการตั้งชื่อประจำหมวดหมู่นั้นๆ และมีการตั้งชื่อแมลงแต่ละชนิด รวมทั้งรวบรวมรายละเอียด ความแตกต่างและความเหมือนกันของแมลงแต่ละหมวดหมู่หรือชนิดไว้อย่างเป็นระเบียบเรียกว่า "การจำแนกแมลง" (insect classification) หรืออนุกรมวิธานของแมลง (insect taxonomy) ซึ่งความรู้ เรื่อง อนุกรมวิธานนี้เป็นพื้นฐานของวิชา insect systematics ซึ่งจะศึกษาเพิ่มขึ้นในเรื่องความหลากหลาย อุปนิสัย ถิ่นที่อยู่อาศัย และความสัมพันธ์ของแมลงแต่ละชนิด ปัจจุบันนี้คาดว่ามีจำนวนแมลงเพียง 5 – 20 % ของจำนวนแมลงทั้งหมดในโลกนี้ ที่ได้จัดจำแนก และมีชื่อเรียบร้อยแล้ว

3.1 การตั้งชื่อแมลงที่เป็นสากล (insect nomenclature)

ชื่อของแมลงมักจะมี 2 ชื่อ คือ ชื่อสามัญ (common name) ซึ่งเป็นชื่อที่เรียกกันทั่วไป เป็นที่เข้าใจกันในหมู่คนทั่วไป และนักวิทยาศาสตร์ เช่น หนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน เป็นชื่อสามัญที่ใช้ในประเทศไทย เป็นที่รู้จักกันดีในหมู่คนไทย แต่มีชื่อสามัญที่เป็นสากลว่า American cotton boll worm ซึ่งเป็นชื่อที่รู้จักกันทั่วไปและในหมู่นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลก ชื่อ common name นอกจากจะหมายถึงชื่อสามัญของแมลงแต่ละชนิดแล้วยังหมายถึง แมลงทั้ง Order หรือ Family ได้เช่น เมื่อกล่าวถึง "ด้วง" มักจะหมายถึงแมลงปีกแข็งทั้งหมดที่อยู่ใน Order Coleoptera ซึ่งมีด้วงที่เป็นสมาชิกอยู่ประมาณ 300,000 ชนิด แต่ถ้าพูดถึงด้วงเต่าลาย จะหมายถึงแมลงด้วงทั้งหมดที่อยู่ใน Family Coccinellidae เป็นต้น บางครั้งเมื่อเอ่ยชื่อแมลงที่เป็นสมาชิกของ Order ใด Order หนึ่ง เราอาจเรียกโดยใช้ชื่อ Order นั้นๆ แล้วเติม "an" ลงไปข้างท้าย เช่น สมาชิกด้วงทั้งหลายใน Order Coleoptera เรียกว่า "Coleopteran" สมาชิกของแมลงทั้งหลายที่อยู่ใน Order Orthoptera เช่น จิ้งหรีด ตั๊กแตน เรียกว่า "Orthopteran" เป็นต้น สำหรับสมาชิกของแมลงที่อยู่ใน Family เดียวกัน มักเรียกชื่อรวมๆ เป็นชื่อ Family โดยตัดคำว่า "ae" ที่อยู่ท้ายชื่อ Family ออกไป เช่น F. Coccinellidae นั้นสมาชิกใน Family นี้เรียกว่า Coccinellid, F. Acrididae (ตั๊กแตนหนวดสั้น) ชื่อของสมาชิกใน Family นี้คือ Acridid เป็นต้น

วิธีการเขียนชื่อแมลงที่ใช้เป็นชื่อสามัญบางครั้งจะเป็นที่สับสนหรือไม่เข้าใจสำหรับคนทั่วไป คือ การเว้นวรรคระหว่างชื่อ เช่น คำว่า "fly" และคำว่า "bug" ซึ่งคำว่า fly ถ้าเป็นชื่อที่เขียนมีเว้นวรรคระหว่างคำข้างหน้าและคำว่า fly จะหมายถึงแมลงใน Order Diptera (flies) เช่น house fly หมายถึง แมลงวันบ้าน blue bottle fly หมายถึง แมลงวันหัวเขียว ซึ่งทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นแมลงวันที่อยู่ใน Order Diptera แต่ถ้าคำว่า fly เขียนติดกันกับคำข้างหน้าแสดงว่าเป็นแมลงใน Order อื่นที่ไม่ใช่ O. Diptera เช่น dragonfly หมายถึง แมลงปอ อยู่ใน Order Odonata scorpionfly หมายถึงแมลงแมงป่องอยู่ใน O. Mecoptera ส่วนคำว่า bug ก็เช่นเดียวกัน เช่น giant water bug หมายถึง แมลงดานา lace bug หมายถึง มวนปีกแก้ว และ bed bug หมายถึง เรือด ซึ่งแมลงทั้ง 3 ชนิดนี้อยู่ใน Order Hemiptera (มวน, bug) แต่ถ้าเขียนติดกันจะหมายถึงแมลงใน Order อื่น เช่น ladybug หมายถึง ด้วงเต่า ซึ่งอยู่ใน Order Coleoptera และ mealybug หมายถึง เพลี้ยแป้ง ซึ่งอยู่ใน Order Homoptera เป็นต้น

อีกชื่อหนึ่งของแมลง คือ ชื่อวิทยาศาสตร์ (scientific name) ซึ่งเป็นชื่อที่จำเพาะเจาะจง เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลก ตั้งขึ้นโดยใช้ระบบทวินาม (scientific binomial system) ซึ่งเป็นระบบการตั้งชื่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดในโลกนี้โดยการจัดกลุ่มพวกที่มีโครงสร้างเหมือนกันไว้ด้วยกัน ตั้งขึ้นโดยนักธรรมชาติวิทยาชาวสวิส ชื่อ Carolus Linnaeus ในปี ค.ศ. 1753 เป็นการตั้งชื่อโดยใช้ภาษาลาตินหรือภาษากรีก 2 คำ คำแรกเป็นชื่อของกลุ่มสิ่งมีชีวิต ที่มีลักษณะโครงสร้างเหมือนกันเรียกว่า "สกุล" (genus, genera) จะต้องขึ้นต้นด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่เสมอ คำที่ 2 เป็นชื่อ "ชนิด" (species) เขียนด้วยตัวเขียนธรรมดาและไม่ขึ้นต้นคำด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ ทั้ง ชื่อ สกุล และชนิด ถ้าจะต้องใช้อักษรพิมพ์ให้พิมพ์ตัวเอนหรือขีดเส้นใต้ โดยอาจตั้งขึ้นมาจากชื่อคน ชื่อสถานที่ หรือ ชื่อลักษณะของแมลงที่เป็นที่สังเกต ฯลฯ แมลงที่อยู่ใน species เดียวกัน สามารถผสมพันธุ์และให้ลูกหลานได้ เช่น หนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Helicoverpa armigera* หนอนกระทู้ฝักข้าวโพด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Helicoverpa zea* จากตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นว่าแมลงทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นแมลงที่อยู่ในสกุลเดียวกันคือ มีลักษณะทางอนุกรมวิธาน (taxonomic character) ของสกุลนี้เหมือนกันเป็นส่วนใหญ่ แต่ไม่สามารถผสมพันธุ์และให้ลูกหลานได้จึงแยกออกเป็นต่างชนิด (species) กัน ปัจจุบันนี้มีการแยกชนิดของแมลงย่อยลงไปจาก species เรียกว่า "subspecies" หรือ "tribe" เป็นคำที่ 3 ใช้เขียนต่อจากชื่อ scientific binomial name จึงกลายเป็น trinomial name คือมีชื่อ 3 คำ ใช้ในกรณีที่แมลงชนิดนั้นๆ เป็นแมลงชนิดเดียวกัน แต่อาจมีลักษณะต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากอยู่ในสภาพอากาศและท้องถิ่นที่ต่างกัน แต่ยังสามารถผสมพันธุ์กับแมลงใน species เดียวกันและให้ลูกหลานได้ (Borror and White, 1970; Imes, 1992)

Author name หรือผู้ตั้งชื่อ เป็นชื่อคนหรือนักวิทยาศาสตร์ที่มักจะเขียนเป็นคำเต็มหรือย่อ เขียนต่อจาก binomial name มีความหมายว่า บุคคลผู้นั้นได้บรรยายลักษณะของ species นั้นๆ และได้จัด species นั้นๆ ไว้ในสกุล (genus) ใดสกุลหนึ่ง เช่น *Aeshna verticalis* Hagen เป็นแมลงปอยักษ์ชนิดหนึ่งที่ Hagen ได้บรรยายลักษณะของ species ตั้งชื่อ species ว่า *verticalis* และจัดไว้ในสกุล *Aeshna*

Argia violacea (Hagen) เป็นแมลงปอน้ำตกชนิดหนึ่งที่ Hagen ได้บรรยายลักษณะของ species ได้ตั้งชื่อ species ว่า *violacea* แต่ได้จัดไว้ในสกุลอื่นที่ไม่ใช่ *Argia*

Diabrotica undecimpuctata howardi Barber ด้วงเต่าแตงลายจุด Barber เป็นผู้บรรยายลักษณะและตั้งชื่อ subspecies *howardi* และจัด subspecies นี้ให้อยู่ในสกุล *Diabrotical* แต่เราจะไม่ทราบว่า แต่เดิมนั้น Barber ได้จัด *howardi* เป็น subspecies หนึ่งของ *undecimpuctata* หรือไม่ เช่น อาจให้เป็น subspecies ของ species อื่น หรือเป็นผู้ตั้งชื่อ species หนึ่งของ *Diabrotica*

แมลงบาง species อาจมี subspecies มากกว่า 1 เช่น อาจมี 2, 3 subspecies หรือมากกว่า จึงมักนิยมใช้ชื่อ species เป็นชื่อ subspecies สำหรับแมลงที่เป็น "ชนิดดั้งเดิม" (type species) เช่น แมลงปอ *Tetragoneuria cynosura* (Say) มี 2 subspecies คือ *T. cynosura cynosura* (Say) และ *T. cynosura simulan* Muttkowski ในที่นี้ *T. cynosura cynosura* เป็น type species

เป็นกฎของการตั้งชื่อของแมลงในระดับเดียวกันจะซ้ำกันไม่ได้ นั่นคือจะต้องเป็น homonym ในที่นี้หมายถึง สกุลจะต้องไม่ซ้ำกับสกุล ชนิดจะต้องไม่ซ้ำกับชนิด และ subspecies จะต้องไม่ซ้ำกับ subspecies แต่ชื่อสกุลหนึ่งอาจซ้ำกับชื่อของ species และ subspecies ได้ หรือ species อาจซ้ำกับชื่อ subspecies ได้การที่นักวิทยาศาสตร์จะตั้งชื่อแมลงซ้ำกันนั้นเป็นไปได้ ซึ่งถ้าชื่อที่ตั้งครั้งแรกเป็นชื่อที่ถูกต้อง ก็มักให้เกียรติแก่ผู้บรรยายและตั้งชื่อ species คนแรกให้เป็น author name ชื่อที่ตั้งครั้งหลักที่ซ้ำกันจึงเรียกว่า "synonym"

3.2 การจัดกลุ่มแมลง (insect taxa)

แมลงถูกจัดอยู่ใน Phylum Arthropoda	คำลงท้าย
Subphylum Hexaoda	a
Class Insecta	a
Division	
Order	a
Suborder	a
Super-family	oidea
Family	idea
Subfamily	inae
Tribe	ine
Genus	
Subgenus	
Species	

Phylum Arthropoda เป็นกลุ่มของสัตว์ที่มีลำตัว ขา และระยางค์เป็นข้อและปล้อง ลำตัวแข็งเป็นโครงกระดูกหุ้มอยู่ภายนอกลำตัว สัตว์ในกลุ่มนี้จะมีลักษณะใกล้เคียงกับแมลง เช่น Subphylum Mandibulata Class

Crustacea หมายถึงกุ้ง (shrimp) กั้ง (crayfish) เพรียง (barnacles) Class Diplopoda หมายถึงกิ้งกือ (millipede) Class Chilopoda หมายถึงตะขาบ (centipede) อีก Subphylum ที่มีลักษณะคล้ายแมลงคือ Subphylum คือ Chelicerate ซึ่งมี Class Xiphosura หมายถึงแมงดาทะเล (horse shoe crab) Class Arachnida หมายถึงแมงป่อง (scarpion) แมงมุม (spider) ไร (mite) และเห็บ (tick) เป็นต้น

ปัจจุบันนี้นักกีฏวิทยาแบ่งแมลงใน Class Insecta ออกเป็น 3 Sub-class คือ Sub-class Apterygota หมายถึง กลุ่มแมลงที่ไม่มีปีก และไม่สร้างปีก Sub-class Exopterygote หมายถึง กลุ่มแมลงที่สร้างปีกจากเนื้อเยื่อภายนอก (ectoderm) มีการเจริญเติบโตแบบง่ายๆ (simple metamorphosis) และSub-class Endopterygota หมายถึง กลุ่มแมลงที่สร้างปีกมาจากเนื้อเยื่อชั้นใน คือ mesoderm หรือ endoderm มีการเจริญเติบโตแบบสมบูรณ์ (complete metamorphosis) (Borror et al., 1963; Borror and White, 1970) ในแต่ละ Subclass แบ่งย่อยออกเป็น Order รวมเป็น 27 Order ดังนี้ คือ

I. Subclass Apterygota
   1. Order Protura ได้แก่ Proturans
   2. O. Thysanura ได้แก่ แมลงสามง่าม (bristletails)
   3. O. Collembola ได้แก่ แมลงหางดีด (springtails)
   4. O. Diplura ได้แก่ Dipluran

II. Subclass Exopterygota
   5. Order Ephemeroptera ได้แก่ แมลงชีปะขาว (mayflies)
   6. O. Odonata ได้แก่ แมลงปอ (dragonflies และ damselflies)
   7. O. Orthoptera ได้แก่ ตั๊กแตน (grasshoppers) จังหรีด (crickets) แมลงกระชอน (mole crickets) ตั๊กแตนกิ่งไม้ (walking sticks) และแมลงสาบ (cockroaches)
   8. O. Isoptera ได้แก่ ปลวก (termites)
   9. O. Plecoptera ได้แก่ แมลงติดหิน (stoneflies)
   10. O. Dermaptera ได้แก่ แมลงหางหนีบ (earwigs)
   11. O. Embioptera ได้แก่ webspinners
   12. O. Psocopera ได้แก่ เหาหนังสือ (book lice)
   13. O. Zoraptera ได้แก่ Zorapterans
   14. O. Mallophage ได้แก่ เหานก (bird lice) และไรไก่ (chewing lice)
   15. O. Anoplura (Siphunculata) ได้แก่ เหาคน (sucking lice)
   16. O. Thysanaptera ได้แก่ เพลี้ยไฟ (thrips)
   17. O. Hemiptera ได้แก่ มวน (bugs)
   18. O. Homoptera ได้แก่ เพลี้ยจักจั่น เพลี้ยกระโดด (planthopers) จักจั่น (cicada) เพลี้ยอ่อน (aphids) แมลงหวี่ขาว (whiteflies) เพลี้ยหอย (scale insects) และเพลี้ยแป้ง (mealybugs)

III. Subclass Endopterygota

19. Order Neuroptera ได้แก่ แมลงช้าง (lacewings หรือ antlions)
20. O. Coleoptera ได้แก่ ด้วง (buttes)
21. O. Strepsiptera ได้แก่ stylopids และแมลงเบียนปีกบิด (twisted winged parasite)
22. O. Mecoptera ได้แก่ แมลงแมงป่อง (scarpionflies)
23. O. Trichoptera ได้แก่ แมลงหนอนปลอกน้ำ (caddishflies)
24. O. Siphonaptera ได้แก่ หมัด (fleas)
25. O. Diptera ได้แก่ แมลงวัน (flies)
26. O. Lepidoptera ได้แก่ ผีเสื้อกลางวัน (butterflies) และผีเสื้อกลางคืน (moths)
27. O. Hymenoptera ได้แก่ ต่อ แตน (wasps) มด (ants)

นักกีฏวิทยาบางคน เช่น Immes (1964) หรือ Gullan and Ganston (1994) ได้แบ่งแมลงออก ได้เป็น 30 Orders ดังนี้ คือ

Immes (1964) เพิ่ม O. Dyctoptera ใน Subclass Apterygota และใน Subclass Exopterygota ได้แยก O. Phasmida (ตั๊กแตนกิ่งไม้) กับ O. Grylloba1ttodea (จิ้งหรีดและแมลงสาบ) ออกมาจาก O. Orthoptera (ตั๊กแตน)

Gullan and Cranston (1994) เพิ่ม O. Archaeognatha ใน Subclass Apterygota และเพิ่ม O. Phasmatodea (ตั๊กแตนกิ่งไม้) กับ O. Grylloblatodea ใน Subclass Exopterygrta.

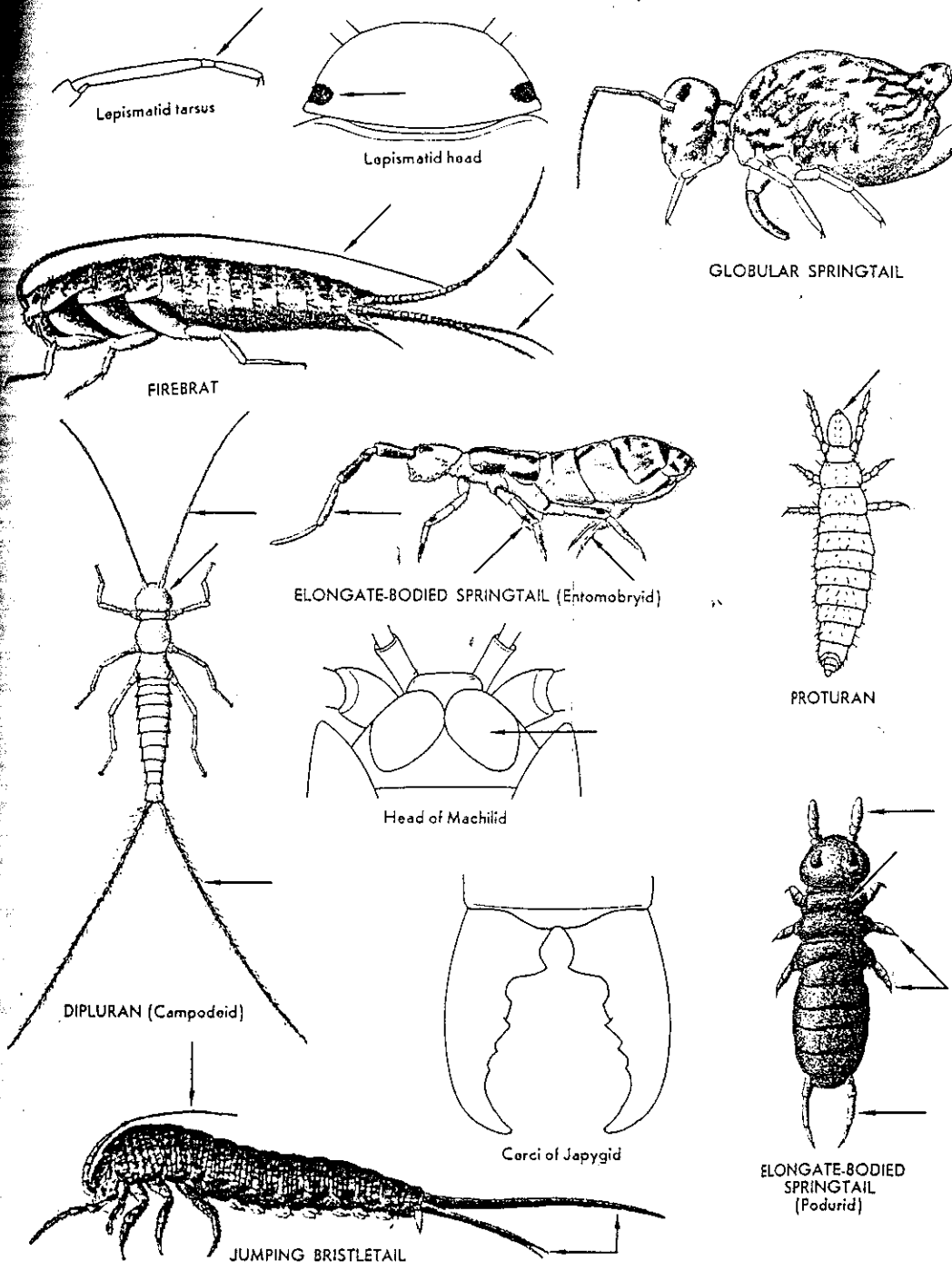
3.3 ลักษณะประจำ order แมลง (insect Order characteristics)

ลักษณะประจำ Order ของแมลงที่จะกล่าวต่อไปนี้รวบรวมจาก Borror et al., 1963; 1989; Borror and White, 1970; Immes 1964; Gullan and Cranston, 1994; พิสุทธิ์ เอกอำนวย, 2538

3.1.1 Subclass Apterygota

1) Order Protura (proturans)

เป็นแมลงโบราณ ลำตัวยาวรี สีขาว ขนาด 0.6 - 1.5 มม. ไม่มีปีก ตา และหนวด แต่ขาคู่หน้ายื่นออกไปข้างหน้าคล้ายหนวด ตัวเต็มวัยมีปล้องท้อง 12 ปล้อง ตัวอ่อนมีลักษณะเหมือนตัวเต็มวัยทุกประการ แต่มีปล้องของท้องน้อยกว่า พบอาศัยอยู่ในดิน ในซากพืชผุพัง เป็นแมลงพบยาก แยกออกเป็น 3 Family ทั่วโลกมีประมาณ 118 species (ภาพที่ 3.1)



ภาพที่ 3.1 แสดงลักษณะของแมลงใน Subclass Apterygota คือ Order Protura, Thysanura, Collembola และ Diplura

2) Order Thysanura (แมลงสามง่าม bristletails, firebrats)

ลำตัวยาว แบน มักมีขนปกคลุมลำตัว (scale) สีเทา สีขาว ขนาดปานกลาง (มากกว่า 1.5 มม.) ปลายสุดของท้องมีหางยาวมาก เห็นเป็น 3 หาง หางทางซ้ายและขวาของท้องคือ cerci ส่วนหางอันกลาง เรียกว่า "median caudal filament" (ภาพที่ 3.1) พบแมลงชนิดนี้ตามบ้านเรือน หนังสือเก่า ใต้ก้อนหิน หรือตามซากพืชที่เน่าเปื่อย แยกออกเป็น 4 Family ทั่วโลกมีประมาณ 700 species

3) Order Collembola (แมลงหางดีด springtails)

เป็นแมลงมีขนาดลำตัวเล็กมาก ลำตัวยาวหรือกลมสีครีม เทา หรือน้ำเงินดำ หรือต่างๆ ขนาดเล็กกว่า 6 มม. ปล้องท้องมีไม่เกิน 6 ปล้อง หนวด 4 - 6 ปล้อง ไม่มีปีก ตาเจริญไม่ชัดเจน ใต้ท้องมีสปริงเป็นอวัยวะช่วยดีดตัวให้กระโดดได้ เรียกว่า "furcula" ซึ่งเมื่อพักนิ่งจะสอดเก็บไว้ในอวัยวะใต้ท้องที่เรียกว่า "retinaculum" มีท่อเล็กๆ เป็นตุ่มยื่นออกมาใต้ท้องปล้องแรกสำหรับรับความชื้น (hygroreceptor) เรียกว่า "collophore" (ภาพที่ 3.1) ตัวอ่อนมีจำนวนปล้องท้องเท่าตัวเต็มวัย แต่มีขนาดเล็กกว่า อาศัยอยู่ในดิน สนาม หญ้า พื้นที่ชื้นแฉะ ซากพืชที่ทับถม ริมสระ ข้างลำธาร ทั่วโลกมีประมาณ 22 Family และ 8,000 species

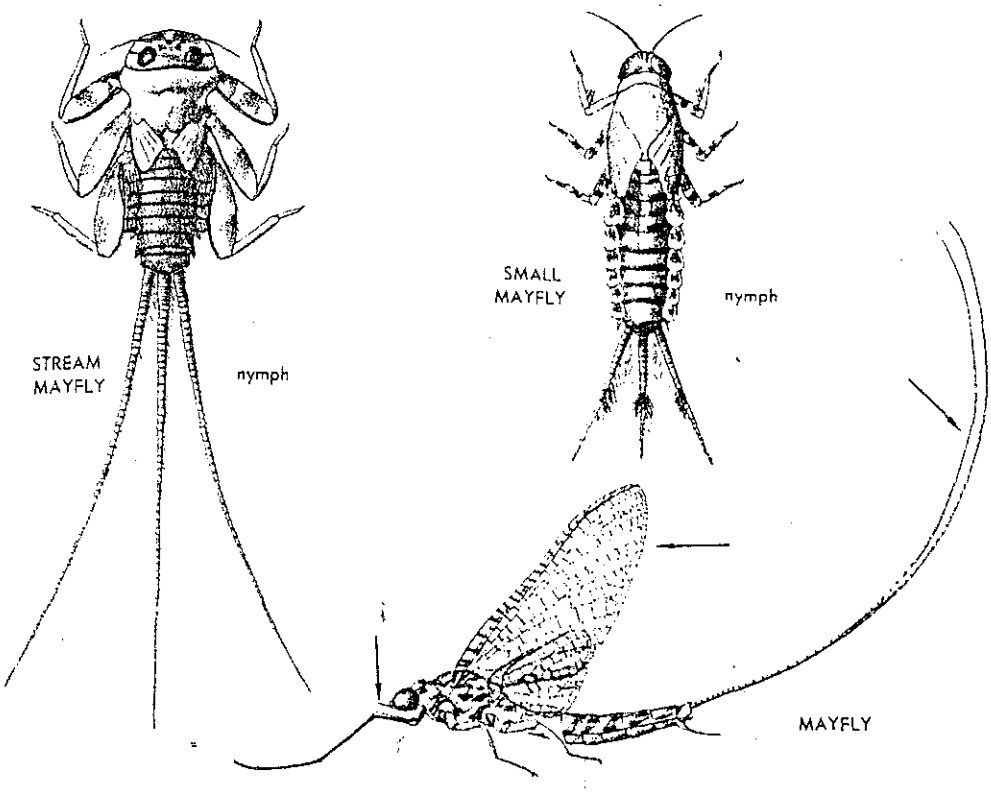
4) Order Diplura (diplurans)

เป็นแมลงมีขนาดลำตัวเล็กมาก ขนาด 4 - 6 มม. ลำตัวยาว ท้อง 10 ปล้อง ไม่มีปีก ไม่มีการรวม tarsi 1 ปล้อง เป็นแมลงหายาก พบใต้ก้อนหิน หรือท่อนไม้ หรือใต้เปลือกไม้ ซากใบไม้ มีประมาณ 9 Family 800 species (ภาพที่ 3.1)

3.3.2 Subclass Exopterygota

5) Order Ephemeroptera (แมลงชีปะขาว mayflies)

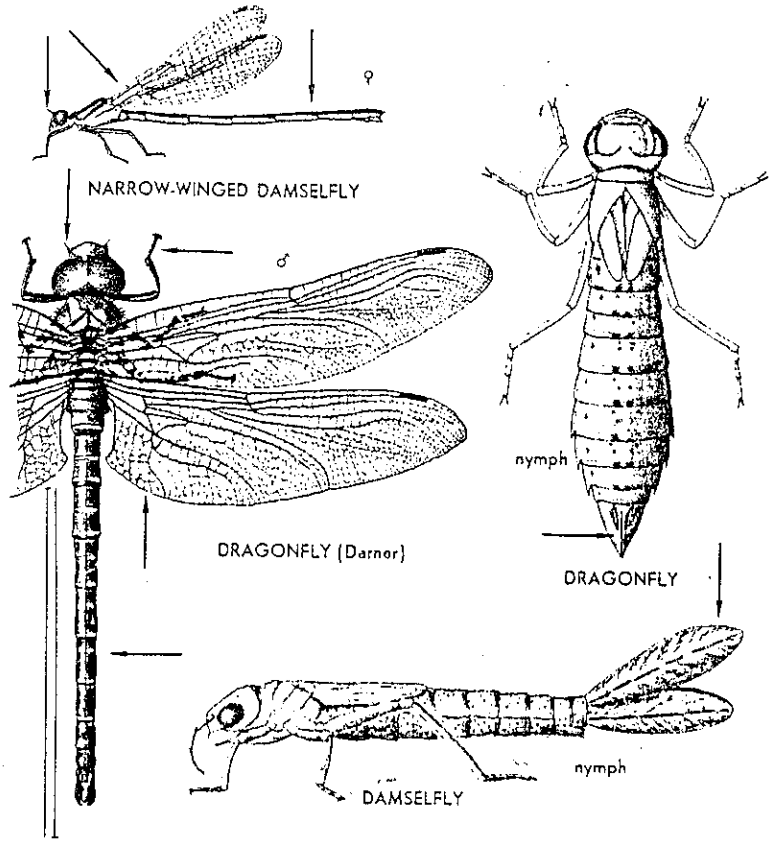
เป็นแมลงขนาดเล็กถึงปานกลาง ลำตัวบอบบางและนิ่ม ท้องมี 10 ปล้อง ตัวเต็มวัยอายุสั้นมาก (คือประมาณ 1 - 2 วัน) ไม่มีปาก ปีกคู่หน้ามีขนาดใหญ่มาก เป็นรูปสามเหลี่ยมมีเส้นปีกตามยาวและตามขวางถี่มากปีกคู่หลังเล็กมากและมีรูปร่างมน ขณะพักจะพับปีกขึ้นตามแนวดิ่งเหนือลำตัว หนวดสั้นเล็ก tarsi 3 - 5 ปล้อง ปลายท้องมีหางเป็นเส้นยาวมาก 1 คู่ ตัวอ่อนมี 12 - 45 ระยะอยู่ในน้ำ มี abdominal gills ใช้หายใจ มี cerci 3 อัน (ภาพที่ 3.2) กินสาหร่ายและราในน้ำ เป็นแมลงที่มีลักษณะพิเศษต่างจากแมลงชนิดอื่น คือ ไม่มีระยะดักแด้ แต่ตัวอ่อนที่มีปีกเรียบร้อยแล้ว จะยังเกาะอยู่นิ่งๆ สีลำตัวจะทึบและยังไม่สดใส ไม่กินอาหาร เรียกว่าระยะ "subimago" ระยะนี้จะมีการผสมพันธุ์ได้ จากนั้นจะมีการลอกคราบอีก 1 ครั้ง จึงจะเป็นตัวเต็มวัยที่บินได้ มีอยู่ 3 Family และ 2,000 - 3,000 species



ภาพที่ 3.2 แสดงลักษณะของแมลงใน Order Ephemeroptera (Boror and White, 1970)

6) Order Odonata (แมลงปอ dragonflies และแมลงปอเข็ม หรือแมลงปอน้ำตก damselflies)

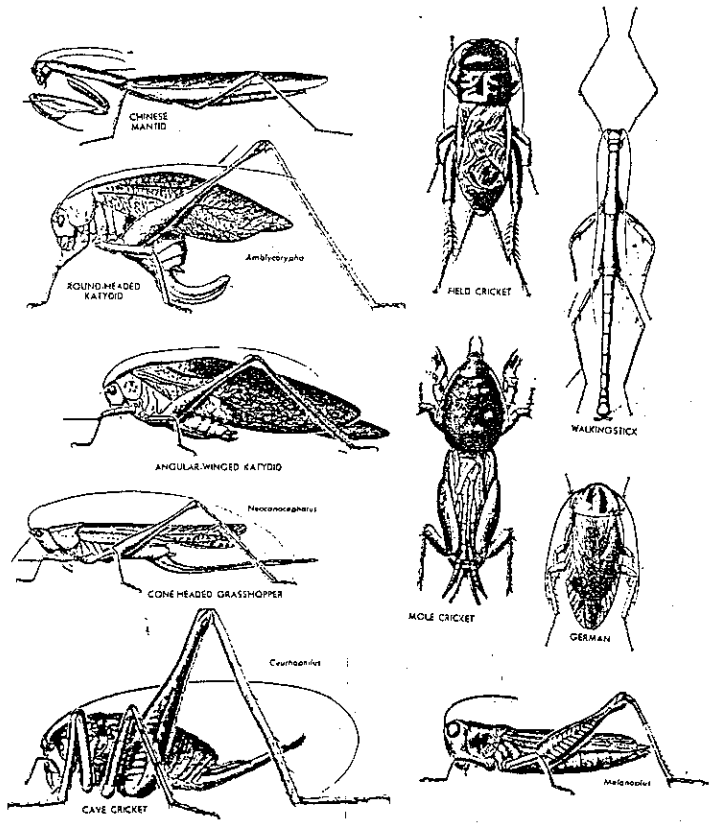
แมลงปอแยกออกเป็น 2 Suborder คือ Suborder Anisoptera เรียกว่า "dragonflies" หมายถึงแมลงปอกลุ่มที่มีลักษณะปีกคู่หน้าและคู่หลังไม่เหมือนกัน เวลาพักจะกางปีกขนานกับพื้นดิน มี 6 Family เช่น แมลงปอยักษ์ (darner, F. Aeshnidae) แมลงปอบ้าน (F. Libellulidae) และแมลงปอเสือ (clubtails, F. Gomplidae) เป็นต้น ตัวอ่อนของแมลงปอกลุ่มนี้ลอกคราบ 9-15 ครั้ง อยู่ในน้ำ 2-5 เดือน มีลำตัวอ้วนป้อม (ภาพที่ 3.3) Suborder Zygoptera เรียกว่า "damselflies" หมายถึงแมลงปอกลุ่มที่มีปีกคู่หน้าและคู่หลังเหมือนกันมี 15 Family เช่น แมลงปอเข็มน้ำตก (F. Agrionidae) แมลงปอเข็มป่า (F. Lestidae) และแมลงปอเข็ม (F. Coenagrionidae) เป็นต้น เมื่อพักปีกทั้ง 2 คู่ แนบกันอยู่บนหลังตัวอ่อนของแมลงปอกลุ่มนี้มีลำตัวเรียวยาวมีเหงือกรูปใบไม้ 3 อัน อยู่ที่ปลายสุดของท้อง (ภาพที่ 3.3) แมลงปอทั้งที่เป็นระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเป็นแมลงห้ำ (predator) กินแมลง เช่น มวนกรรเชียง มวนวน หนอนผีเสื้อ ลูกน้ำยุง ฯลฯ มีรายงานว่าแมลงปอบ้านบ่อ 1 ตัว สามารถกินลูกน้ำยุงได้เฉลี่ยตลอดชีวิตประมาณ 2,000 ตัว เป็นแมลงห้ำที่เป็นประโยชน์ ในประเทศไทยมีแมลงปอไม่ต่ำกว่า 300 species (พิสุทธิ์ เอกอำนวย, 2538)



ภาพที่ 3.3 แสดงลักษณะของแมลงใน Order Odonata (พิสุทธิ์ เอกอำนวย, 2538; Borror and White, 1970)

7) Order Orthoptera (ตั๊กแตน grasshoppers จิ้งหรีด crickets ตั๊กแตนตำข้าว mantids ตั๊กแตนกิ่งไม้ walking sticks แมลงสาบ cockroaches แมลงกระชอน mole crickets จิ้งโกร่ง tree crickets หรือ cave (camel) crickets แมลงกระชอนแคระ pygmy mole crickets ตั๊กแตนแคระ pygmy grasshoppers)

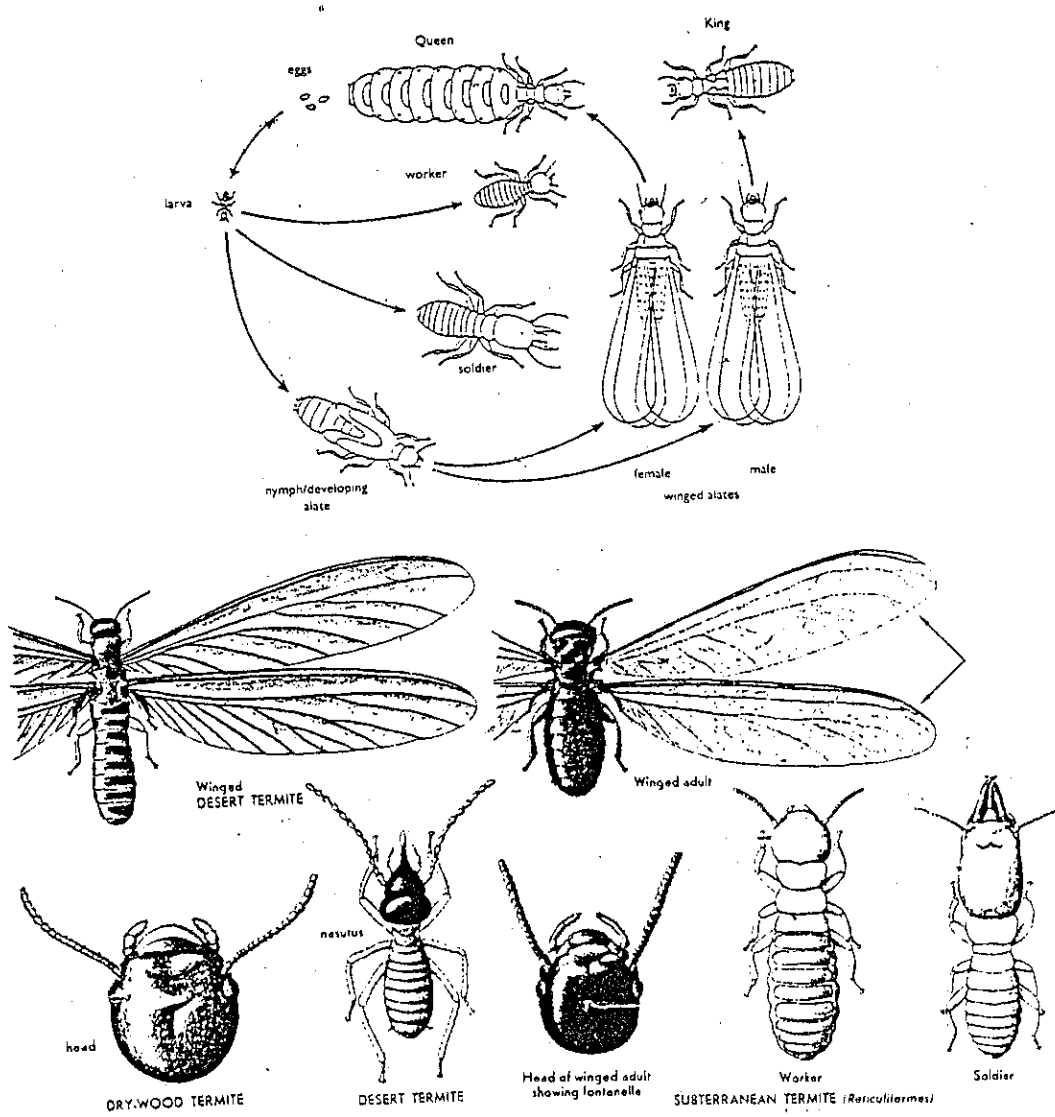
เป็นกลุ่มแมลงที่มีความหลากหลายเรื่องขนาด และลักษณะรูปร่างของลำตัว เช่น แมลงกระชอนแคระซึ่งมีขนาดเล็กที่สุดในกลุ่มนี้จะมีขนาดของลำตัว 10 มม. จนกระทั่งขนาดใหญ่ เช่น ตั๊กแตนปาทังก้า ตั๊กแตนหนวดยาว และจิ้งโกร่ง ลักษณะที่สำคัญ คือ มีส่วนของ pronotum ขยายใหญ่คลุมอก บางครั้งคลุมหัว และคลุมส่วนท้อง ปากแบบกัดกิน femur ขยายใหญ่เห็นชัดเจนมาก tarsi 3 - 5 ปล้อง (ภาพที่ 3.4) ปีกคู่หน้าเป็นแบบ tegmina ปีกคู่หลังเป็นแบบ membrane ซ้อนอยู่ใต้ปีกคู่แรก บางชนิดไม่มีปีก เช่น จิ้งโกร่ง ตั๊กแตนหนวดสั้น และจั้งหรีด มีอวัยวะทำเสียง คือ file และ scraper อยู่ใต้ปีก มีอวัยวะฟังเสียง (หูฟัง) อยู่ที่ tibia ของขาคู่หน้า อุปนิสัยกินพืชเป็นส่วนใหญ่ แต่มีบางชนิด เช่น ตั๊กแตนตำข้าว จะมีอุปนิสัยเป็นตัวห้ำ คือ กินแมลงศัตรูพืชชนิดอื่น บางชนิดเป็นศัตรูในบ้านเรือน เช่น แมลงสาบ แมลงใน Order นี้สำคัญทางเศรษฐกิจและทั่วโลกมีประมาณ 22,500 species



ภาพที่ 3.4 แสดงลักษณะของแมลงใน Order Orthoptera (Borror and White, 1970)

8) Order Isoptera (ปลวก termites)

เป็นแมลงขนาดเล็ก ลำตัวสีครีม ผิวลำตัวนิ่ม มีความเป็นอยู่อย่างแมลงสังคม คือ ในรังจะมี ราชินี (queen) เพศผู้ (king) ปลวกงาน (worker) และปลวกทหาร (soldiers) แต่ละวรรณะของปลวกจะมีรูปร่างต่างกันมาก คือ ราชินีจะมีส่วนท้องขยายใหญ่มาก และไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ด้วยตัวเอง ส่วนเพศผู้จะมีลำตัวขนาดกลางมีปีก ส่วนปลวกงานจะมีขนาดเล็กที่สุด และเป็นวรรณะที่เป็นหมัน และไม่มีปีก, ไม่มีตารวม มีปากเล็กมาก ปลวกทหารเป็นวรรณะที่เป็นหมันเช่นเดียวกับปลวกงานแต่มีขนาดใหญ่กว่าปลวกงาน มีส่วนหัวโตเห็นชัดเจน และมีฟันกราม (mandibles) ขยายใหญ่ยื่นไปด้านหน้าของหัวเพื่อใช้ต่อสู้ศัตรู ลักษณะของหัวและกรามเป็นลักษณะสำคัญที่ใช้แยกชนิดของปลวกได้ (ภาพที่ 3.5) หนวดมีปล้องลักษณะกลม มีขนาดเท่าๆ กัน (moniliform) ปากแบบกัดกิน ที่หัวมีรอยบุ๋มลึกสีซีดจาง อยู่ระหว่างตา เรียกว่า "fontanelle" tarsi 4 ปล้อง ปีก 2 คู่ เป็นแบบ membrane มีลักษณะเรียวยาวเหมือนกันและขนาดเท่ากันเป็นแมลงที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ พบทำรังอยู่ในดิน เหนือพื้นดิน ตามลำต้นของต้นไม้ หรือบนต้นไม้ อาหารที่กินคือ ไม้และดิน ทั่วโลกมีประมาณ 2,100 species



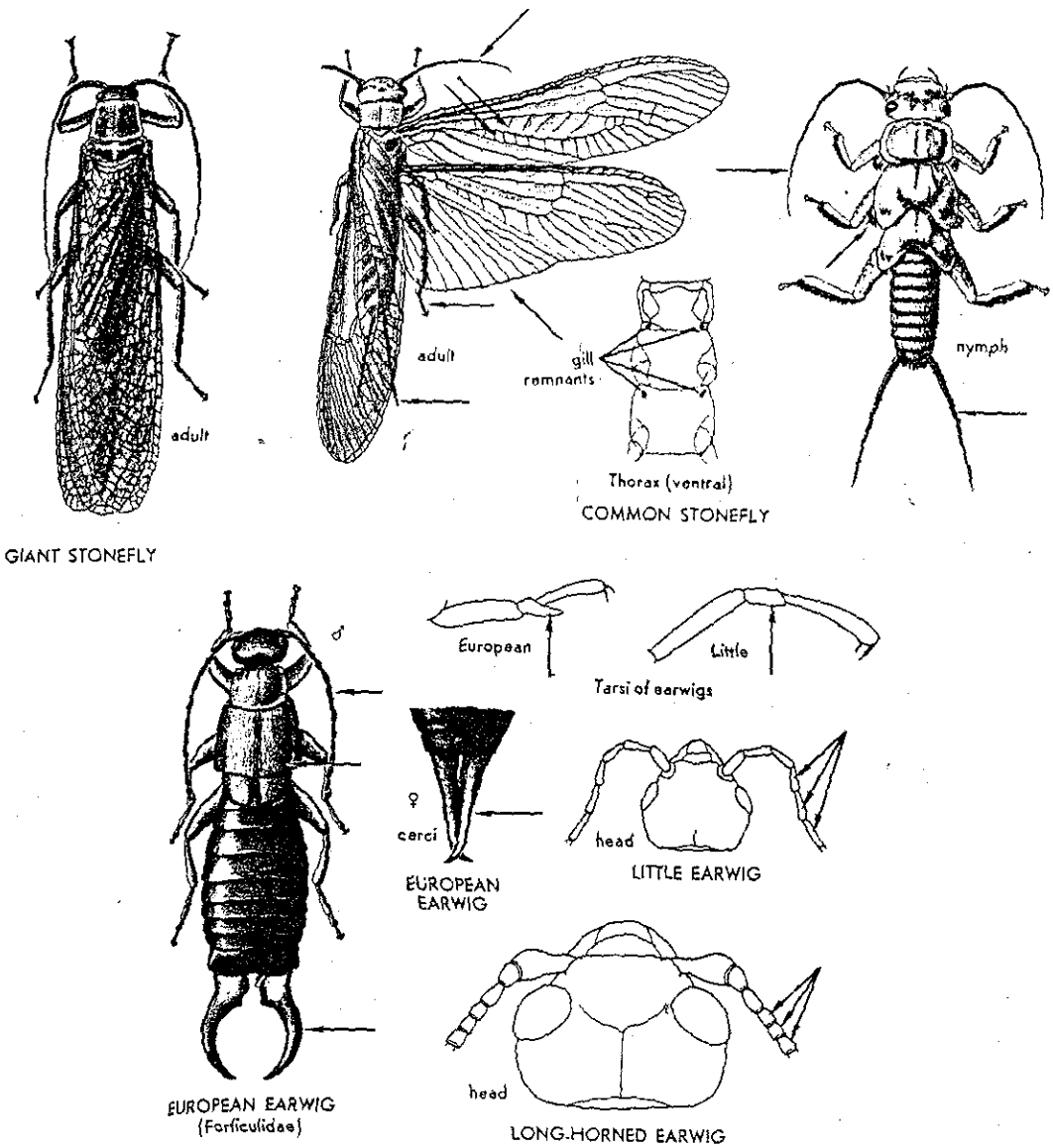
ภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะของแมลงใน Order Isoptera (Borror and White, 1970; Pearce, 1997)

9) Order Plecoptera (แมลงติดหิน stoneflies)

เป็นแมลงโบราณ ขนาดกลาง ลำตัวแบน อ่อนนุ่ม ปากแบบกัดกิน ปีก 2 คู่ เป็นแบบ membrane บางคลุมส่วนท้อง และโค้งลงด้านข้างของลำตัว ปีกคู่หน้ามี cross vein เป็นชุดจำนวนมากอยู่ระหว่างเส้น M และ Cu และระหว่างเส้น Cu_1 และ Cu_2 ปลายท้องมี cerci ยาว 1 คู่ ตัวอ่อนอาศัยอยู่ในน้ำ ลำตัวแบนยาว (ภาพที่ 3.6) มีเหงือกเป็นเส้นเป็นกระจุกอยู่ที่ด้านใต้ของปล้องอก (บริเวณฐานของขา) ใช้เวลาช่วงเป็นตัวอ่อน 1-2 ปี กินพืชหรือสาหร่ายสีเขียว ไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีประมาณ 1,550 species

10) Order Dermaptera (แมลงหางหนีบ earwigs)

เป็นแมลงโบราณ ขนาดเล็กถึงปานกลาง ลำตัวแบน ปากแบบกัดกิน ปีกคู่หน้าแบบ elytra สั้นไม่คลุมส่วนอก ปลายท้องมี cerci แข็งมีลักษณะเป็นคีมหนีบ (ภาพที่ 3.6) ใช้ลักษณะของ tarsi ในการจำแนกชนิด อุปนิสัยเป็นแมลงห้ำ เป็นแมลงกลางคืน (*nocturnal*) กลางวันหลบซ่อนอยู่ตามซากพืช ใต้เปลือกไม้ ก้อนหิน เป็นแมลงกินพืช หรือเป็นตัวห้ำ เพศเมีย จะเฝ้าดูแลไข่ และป้องกันตัวอ่อน มีประมาณ 2,000 species



ภาพที่ 3.6 แสดงลักษณะของแมลงใน Order Plecoptera และ Dermaptera (Borror and White, 1970)

11) Order Embioptera (webspinners)

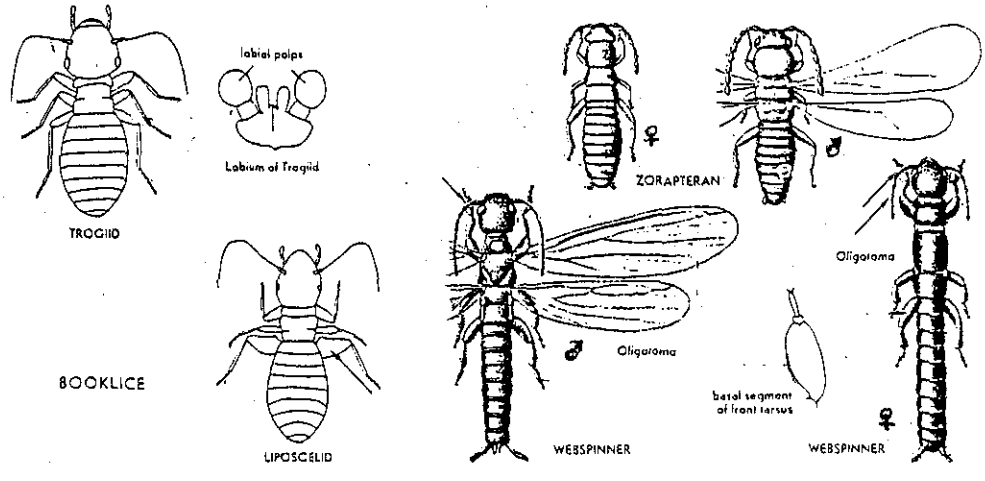
เป็นแมลงขนาดเล็กมาก ขนาดลำตัว 4 - 7 มม. ลำตัวบางแบนสีน้ำตาล หรือเหลือง ปล้องขาปล้องแรกของขาคู่หน้าใหญ่มีต่อไหม (silk gland) หัวยื่น ไม่มี ocelli เพศเมียไม่มีปีก เพศผู้อาจมีหรือไม่มีปีก เส้นปีกน้อยมาก เวลาพักจะพับปีกราบไปบนลำตัว แมลงชนิดนี้จะสร้างไยไหมออกมาจากปล้องขาปล้องแรกของขาคู่หน้าที่ขยายใหญ่ ภาพที่ 3.7 ไยไหมนี้จะถูกถักขึ้นเป็นรังเพื่อคลุมไข่และใช้เป็นที่อยู่อาศัย พบตามที่ชื้น เช่น ใน moss, lichen หรือ ซากผุพังของพืช เพศเมียดูแลไข่และตัวอ่อน ไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มี 8 Family และ 2,000 species

12) Order Psocoptera (เหาหนังสือ booklice)

เป็นแมลงขนาดเล็กมาก ขนาดลำตัวเล็กกว่า 5 มม. มีหรือไม่มีปีก ที่มีปีกมักพบใต้เปลือกไม้ จึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "bark fice" เวลาพักจะพับปีกเป็นรูปหลังคาเหนือลำตัว ปากแบบกัดกิน ตาใหญ่ มีหรือไม่มี ocelli ชนิดมีปีกจะมี ocelli 3 อัน tarsi 2 - 3 ปล้อง ท้องมี 10 ปล้อง (ภาพที่ 3.7) ขยายพันธุ์แบบ parthenogenesis กินเชื้อรา spore ของเชื้อรา lichen และซากพืช มี 35 Family 3,000 species

13) Order Zoraptera (zorapterans)

เป็นแมลงขนาดเล็กมาก ขนาดลำตัวน้อยกว่า 3 มม. คล้ายปลวก tarsi มี 2 ปล้อง หนวดเป็นเส้นด้ายหรือเป็นสร้อยลูกปัด มี 9 ปล้อง ท้องรูปรีมี 11 ปล้อง (ภาพที่ 3.7) มีปีกหรือไม่มีปีก ชนิดไม่มีปีกจะไม่มีทั้งตา และ ocelli และสามารถสลัดปีกทิ้งได้เหมือนมด ปากแบบกัดกิน มักพบอยู่ใต้เปลือกไม้ ขอนไม้ผุ กองขี้เลื่อยเก่า มักอยู่เป็นกลุ่มใหญ่ มีอุปนิสัยเป็นตัวห้ำ กินแมลงหรือสัตว์ชนิดอื่นที่เล็กกว่า เช่น ไร มีเพียง 1 genus คือ *Zorotypus* มี 30 species



ภาพที่ 3.7 แสดงลักษณะของแมลงใน Order Embioptera, Psocoptera และ Zoraptera (Borror and White, 1970)

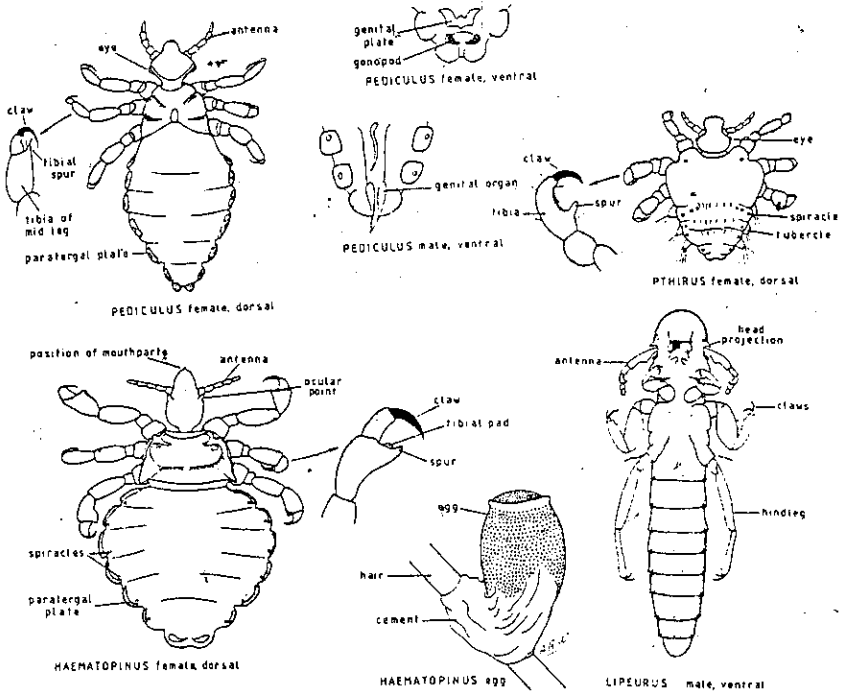
14) Order Mallophaga (เหานก bird lice และไรไก่ chewing lice)

เป็นแมลงที่มีขนาดเล็กมาก ขนาดลำตัวเล็กกว่า 5 มม ตัวแบนไม่มีปีก เป็น ectoparasite ของนก ไก่ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ยกเว้นคน ปากแบบกัดกิน มักใช้ส่วนของ mandibles เกาะกอดขนสัตว์ไว้เพื่อยึดติดบนลำตัว host กินเศษหนัง ขน หรือไข บนผิวหนังทำให้ host เจ็บและคัน มีหนวดสั้น 3-5 ปล้อง ฝังอยู่ในร่องหัว ตาเล็ก หัวกว้างเท่าหรือกว้างกว่าอก ขาสั้น แข็งแรง มี 1-2 ปล้อง และมีเล็บที่แข็งแรง 1-2 อัน (ภาพที่ 3.8) เป็นแมลงที่รบกวนปศุสัตว์และเล้าไก่ที่สำคัญ มี 6 Family และประมาณ 2,675 species

15) Order Anoplura (เหาคน sucking lice โลน body lice หรือ crab (human pubic lice)

เป็นแมลงมีขนาดเล็กมาก ขนาดลำตัวเล็กกว่า 4 มม. ตัวแบนไม่มีปีก ปากแบบแทงดูดดูดกินเลือดจากหนังศีรษะของ host มักหดปากไว้ในหัวเมื่อไม่ใช้ เป็น ectoparasite ของคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ตาเล็กมากหรือไม่มี หัวเล็กและแคบกว่าอก tarsi 1 ปล้อง มีเล็บขนาดใหญ่ที่ปลายขา 1 อัน (ภาพที่ 3.8) เป็นแมลงที่มีความสำคัญทางการแพทย์

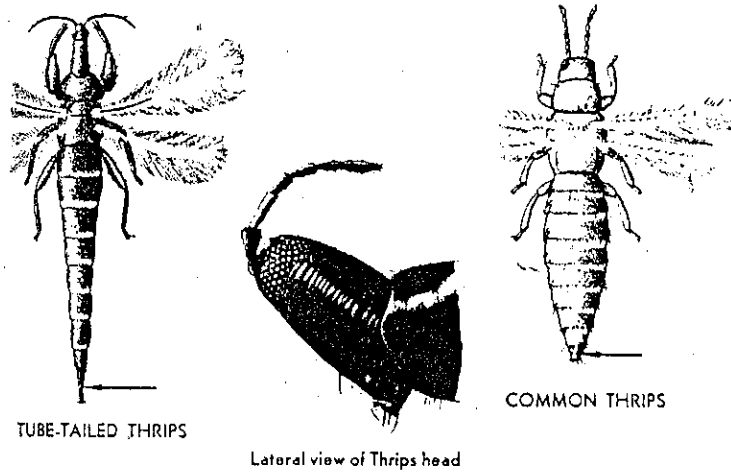
ข้อสังเกต **Order Mallophaga และ Order Anoplura นี้หนังสือบางเล่มรวมเป็น Order เดียวกัน เรียกชื่อว่า "Order Phthiraptera" โดยจัดให้อยู่ใน Suborder Ischnocera และ Amblycera ตามลำดับ (Gullan and Cranston, 1994; Walker, 1994)**



ภาพที่ 3.8 แสดงลักษณะของแมลงใน Order Mallophaga และ Anoplura (Walker, 1994)

16) Order Thysanoptera (เพลี้ยไฟ thrips)

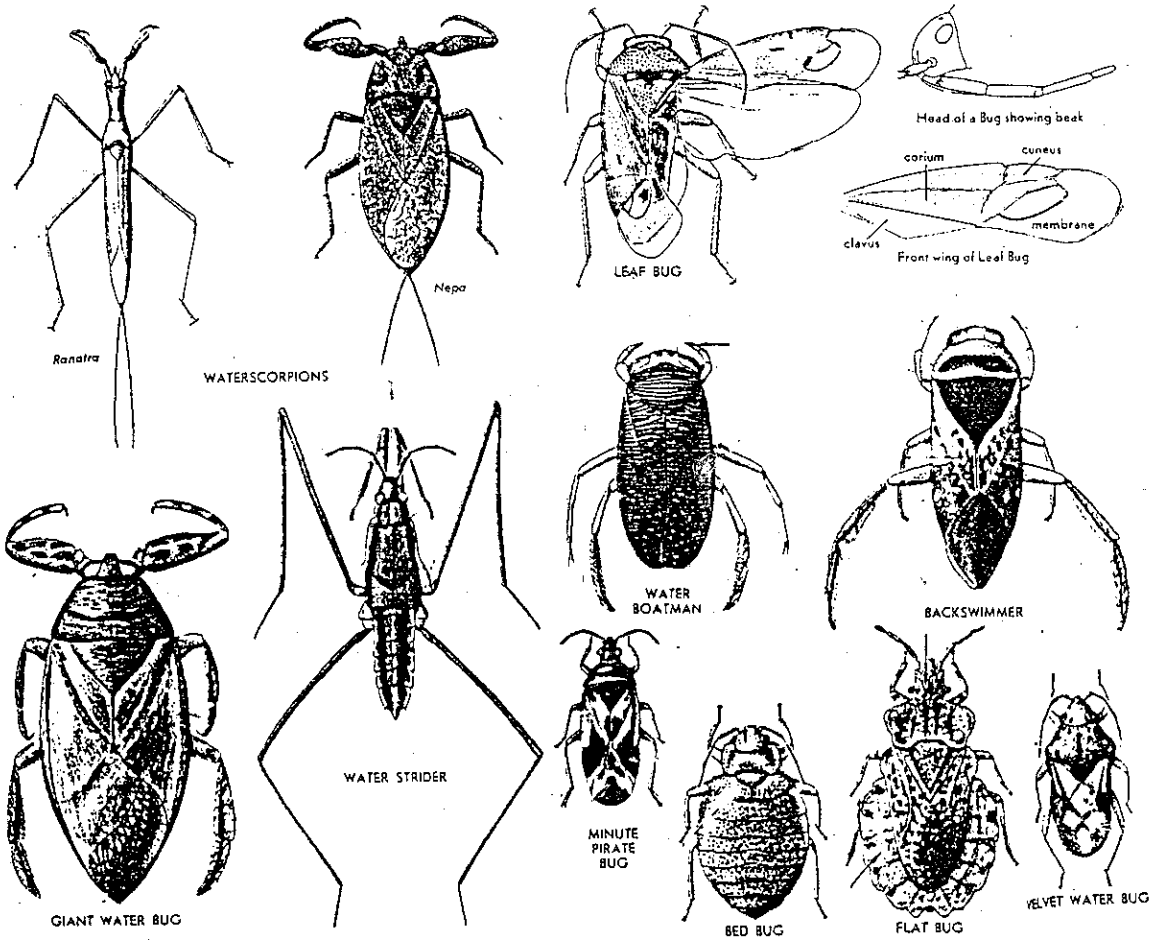
เป็นแมลงที่มีขนาดเล็กมาก ขนาดลำตัว 0.5 - 2.0 มม. สีนวลจนถึงเทาและดำ หนวดสั้น 6 - 9 ปล้อง ปีกยาวมองแทบไม่เห็นเส้นปีก มีขนรอบๆ ปีก เรียก "fringe" เมื่อพักจะพับปีกขนานหรือไขว้กันไปตามหลังของลำตัว เห็นเป็นเส้นยาวไม่คลุมท้อง ปากแบบเขี่ยดูด (chewing and rasping) มี mandible ข้างซ้ายเพียงข้างเดียว มี 2 Suborder คือ Terebrantia ซึ่งมีปล้องท้องปลายสุดเป็นรูป cone และ Tubilifera ซึ่งมีปล้องท้องปลายสุดเป็นรูปท่อ (tube) ปล้องท้องมี 10 ปล้อง (ภาพที่ 3.9) ตัวอ่อนมี 3 - 5 ระยะ เพศเมียเป็น diploid (2n) เพศผู้เป็น haploid (n) เป็นศัตรูพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจ มีประมาณ 4,500 species



ภาพที่ 3.9 แสดงลักษณะของแมลงใน Order Thysanoptera

17) Order Hemiptera (มวน bugs)

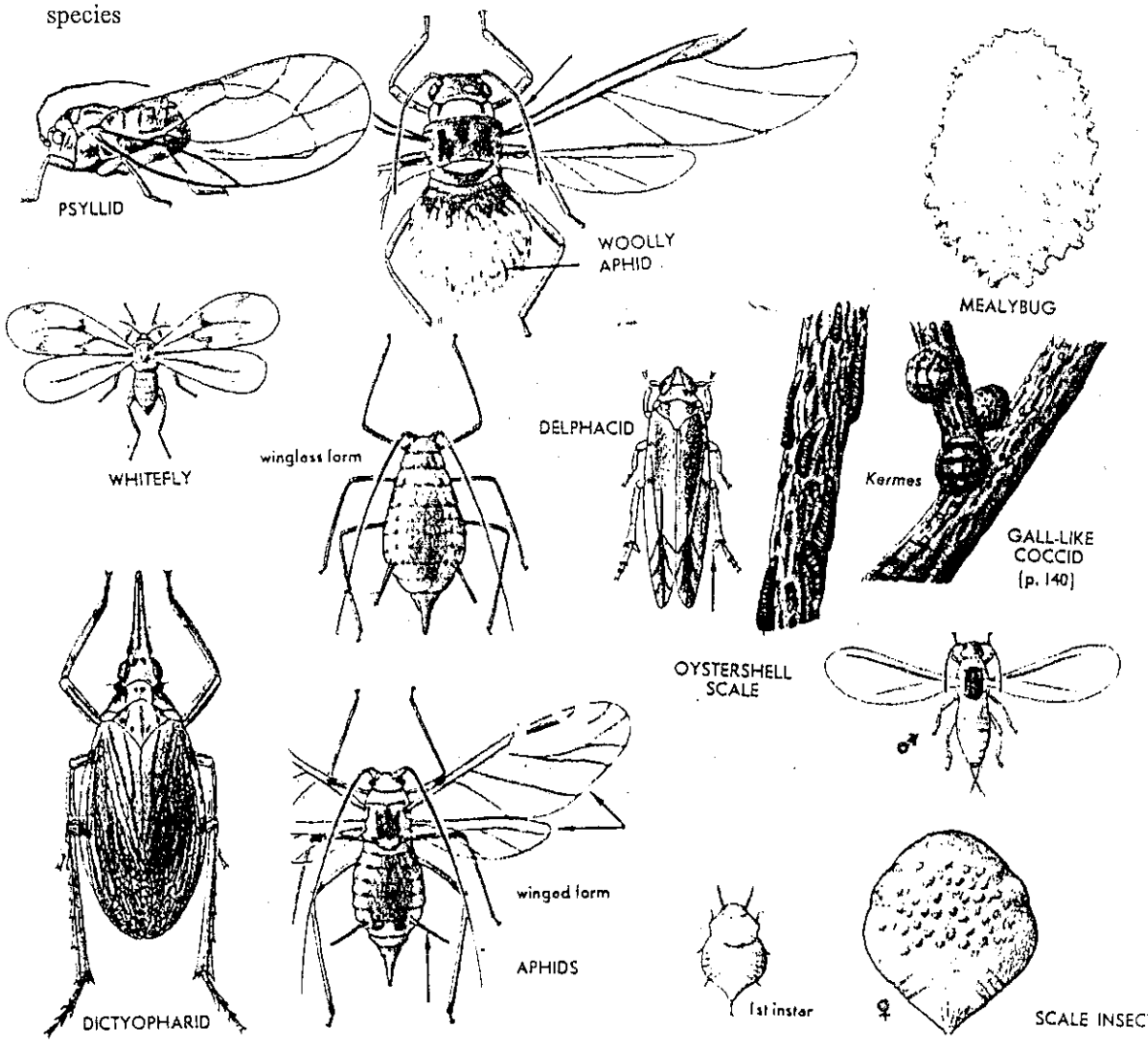
เป็นแมลงที่มีขนาดเล็กถึงใหญ่ ปีกคู่หน้าเป็นแบบ hemilytra ด้านโคนปีกแบ่งเป็นส่วนๆ เรียก "corium", "clavus" และ "cuneus" ปีกคู่หลังเป็นแบบ membrane ปากแบบดูดกิน มี stylet งอกออกมาจากทางด้านหลังของหัว scutellum เป็นรูปสามเหลี่ยมอยู่ระหว่างโคนปีกคู่แรกเห็นได้ชัดเจน เวลาพักจะพับปีกซ้อนกันไปตามแนวราบของลำตัว หนวดมีไม่เกิน 5 ปล้อง ocelli ไม่มีหรือมี 2 อัน (ภาพที่ 3.10) มีถิ่นอาศัยอยู่ทั่วไปทั้งในน้ำและบนบก มีอุปนิสัย กินพืช เป็นตัวห้ำ (กินสัตว์) และเป็น parasite แบ่งออกเป็น 2 Suborder คือ Cryptocerata ซึ่งมีหนวดสั้นซ่อนอยู่ในร่องด้านใต้ของหัว มักไม่มี ocelli และมักอาศัยอยู่ในน้ำ หรือใกล้น้ำ ส่วน Suborder Gymnocerata มีหนวดยาวเห็นชัดเจน และยาวกว่าความยาวของหัวมักอยู่บนบก หรือที่อยู่ในน้ำก็มักอยู่บนผิวน้ำ แมลง Order นี้ ดูดกินพืช และสัตว์ คือ เป็นตัวห้ำและ ectoparasite มี 20 Family และประมาณ 23,000 species เป็นแมลงมีประชากรกลุ่มใหญ่มาก และมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ



ภาพที่ 3.10 แสดงลักษณะของแมลงใน Order Hemiptera (Borror and White, 1970; Walker, 1994)

18) Order Homoptera (เพลี้ยจักจั่น leafhoppers เพลี้ยกระโดด planthoppers จักจั่น cicadas เพลี้ยอ่อน aphids แมลงหวี่ขาว whiteflies เพลี้ยหอย scale insects และ เพลี้ยแป้ง mealy bugs, wooly aphids)

เป็นแมลงที่มีขนาดเล็กถึงใหญ่ ปากเหมือน O. Hemiptera คืองอกออกมาจากด้านหลังของหัว หัวเป็นแบบ opisthognatus ทำให้บางครั้งมองดูเหมือนปากงอกออกมาจาก coxae ของขาคู่หน้า มีปีกหรือไม่มีปีก ปีกแบบ membrane หรือบางครั้งหนาแบบ tegmina tarsi 1 - 3 ปล้อง บางครั้งลำตัวจะสร้างไข (wax) ออกมาคลุมตัวหรือต่อเป็นหางจากส่วนปลายท้อง (ภาพที่ 3.11) ส่วนใหญ่เป็นศัตรูที่ร้ายแรงของพืช แต่บางครั้งให้ประโยชน์แก่มนุษย์ เช่น ครั่ง เป็นแมลงกลุ่มใหญ่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีประมาณ 32,000 species

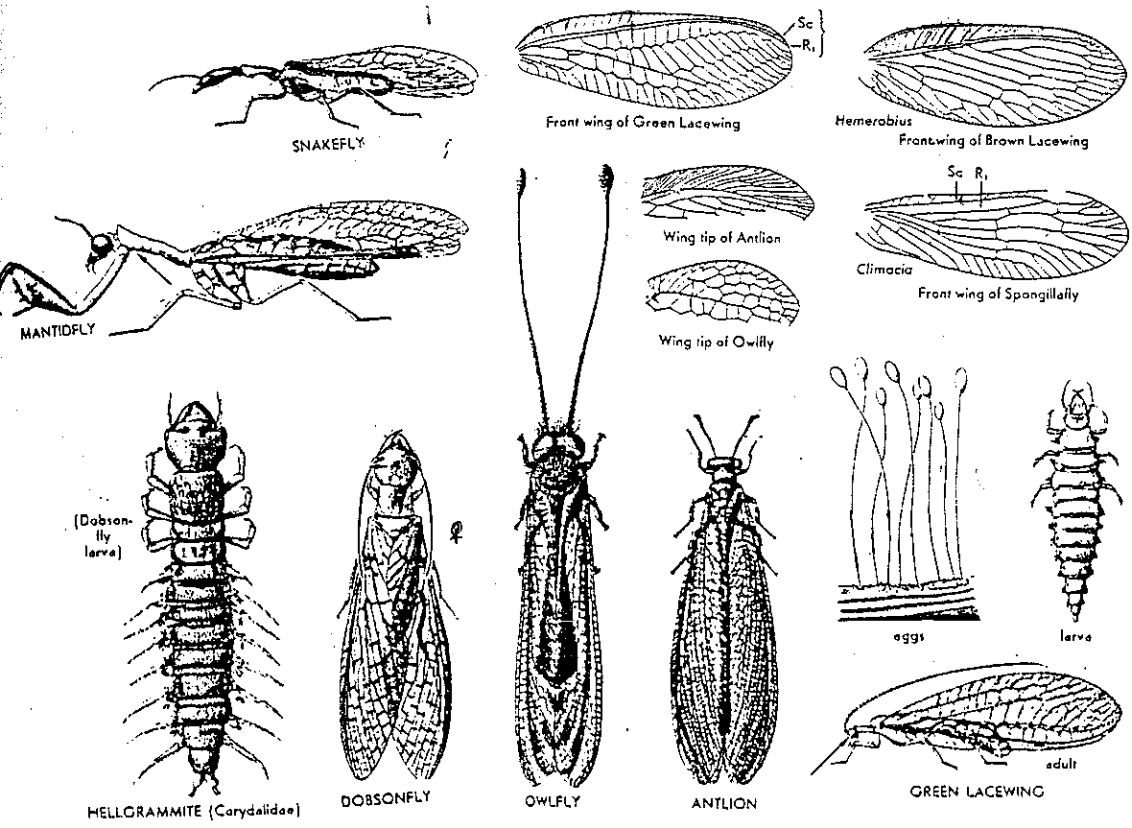


ภาพที่ 3.11 แสดงลักษณะของแมลงใน Order Homoptera (Borror and White, 1970)

3.3.3 Suborder Endopterygota

19) Order Neuroptera (แมลงช้าง dobsonflies, lacewings หรือ antlions)

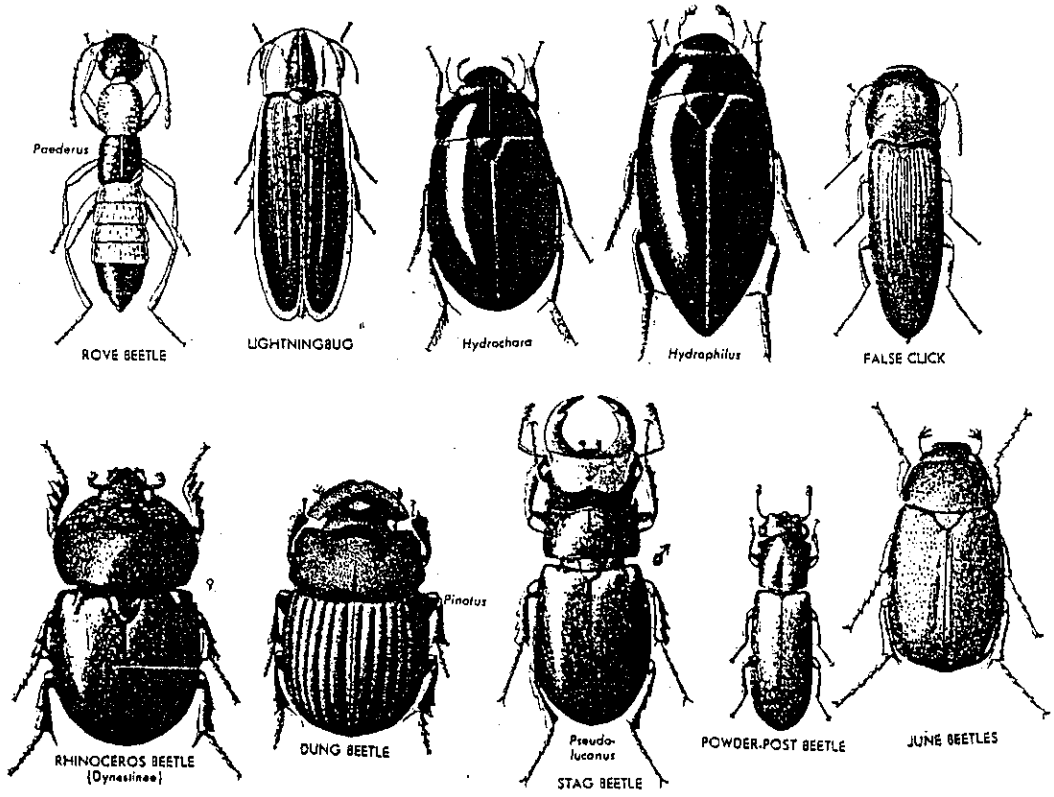
แมลงในกลุ่มนี้มีขนาดเล็กถึงใหญ่ มีลักษณะคล้ายหรือเหมือนแมลงปอมาก บางชนิดเหมือนตั๊กแตนตำข้าว ปีก 2 คู่ เป็นแบบ membrane และมีปากแบบกัดกินเช่นเดียวกันกับแมลงปอ แต่เมื่อพักตัวจะพับเป็นรูปหลังคาเหนือลำตัว และมีลักษณะเส้นปีกต่างจากแมลงปอ หนวดยาวมากหลายปล้องอาจเป็นรูปฟันหวี (pectinate) หรือกระบอง (club) tarsi 5 ปล้อง ตัวอ่อนมีลำตัวแบน มี mandibles ใหญ่ เพื่อจับสัตว์หรือแมลงชนิดอื่นเป็นอาหาร ชนิดที่อยู่บนบก มักขุดหลุมทรายพรางตัว เมื่อมีสัตว์โดยเฉพาะมดตกลงไปในหลุมก็จะจับกินเป็นอาหาร ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเป็นตัวห้ำ (predators) ส่วนชนิดที่อยู่ในน้ำจะมีลำตัวแบน มีเหงือกที่ท้อง (abdominal gills) ไข่มักยึดติดกับผิวของพืช หรือวัสดุอื่นด้วยก้านที่ยาว (ภาพที่ 3.12) เป็นแมลงที่มีประโยชน์ทางการเกษตร มี 20 Family ประมาณ 4,670 ชนิด



ภาพที่ 3.12 แสดงลักษณะของแมลงใน Order Neuroptera (Borror and White, 1970)

20) Order Coleoptera (ด้วง betles)

แมลงในกลุ่มนี้มีขนาดเล็กมากถึงใหญ่ มีปีกคู่หน้าแบบ elytra มาพบกันเป็นเส้นตรงตามความยาวของลำตัว ปีกคู่หลังเป็นแบบ membrane พับซ่อนอยู่ใต้ปีกคู่หน้าและเห็นชัดเมื่อบิน ปากแบบกัดกิน ตาใหญ่ หนวดมักจะมี 8-16 ปล้องมีแบบต่างๆ กัน tarsi 3 - 5 ปล้อง ปล้องท้อง 5 - 8 ปล้อง ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยมีทั้งอาศัยอยู่บนบกและในน้ำ มีรูปร่างหลากหลายมาก ส่วนใหญ่จะเป็นศัตรูพืช มีบางชนิดเป็นตัวห้ำที่เป็นประโยชน์เป็น Order มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาก แบ่งเป็น 3 Suborder คือ Archchostemmata, Adephaga และ Polyphage เป็น Order ที่มีจำนวนแมลงและจำนวนชนิดมากที่สุดในโลก มีจำนวนประมาณ 370,000 species (Immes, 1964) ซึ่งประมาณ 2 % ของจำนวนนี้ (ประมาณ 5,000 species ใน 10 Family) อาศัยอยู่ในน้ำ (Gullan and Cranston, 1994)



ภาพที่ 3.13 แสดงลักษณะของแมลงใน Order Coleoptera (Borror and White, 1997)

21) Order Strepsiptera (แมลงปีกบิด stylopids หรือ twisted winged parasites)

เป็นแมลงขนาดเล็กมาก ขนาดลำตัว 0.5 - 4.0 มม. ปีกลดรูปเป็นตุ่มยื่นออกมา คล้ายพัดหรือกระบอง (ภาพที่ 3.14) ไม่มีเส้นปีก ตาใหญ่ หนวด 4 - 7 ปล้อง ปากแบบกัดกิน เพศเมียไม่มีปีกไม่มีหนวดและไม่มีปาก การเจริญเติบโตเป็นแบบ hypermetamorphosis เป็น endoparasite ของแมลงชนิดอื่น host ที่สำคัญ คือ Order Homoptera ตัวเต็มวัยเพศผู้จะฟักและบินออกจาก host ส่วนเพศเมียจะยังอยู่ในลำตัว host และวางไข่หลายพันฟอง เมื่อไข่ฟักออกจะเป็นตัวอ่อนที่มีขา และ active ตัวอ่อนเหล่านี้จะออกจาก host เดิมเพื่อหา host ตัวใหม่ ซึ่งเมื่อเข้าไปใน host ตัวใหม่แล้ว มันจะลอกคราบ และบางตัวก็จะกลายเป็นเพศเมียที่มีขาต่อไป

22) Order Mecoptera (แมลงแมงป่อง scorpionflies หรือ hangingflies)

เป็นแมลงขนาดเล็กถึงขนาดกลาง และลำตัวยาวนิ่ม ส่วนหน้าจะมีลักษณะยาว ปากยาวลงมาจากหน้าคล้ายงวง มีปีก 2 คู่แบบ membrane ขาเรียวยาวมี tarsi 5 ปล้อง หนวดเป็นแบบเส้นด้ายยาวประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวลำตัว ปลายสุดของส่วนท้องเพศเมียจะเป็นอวัยวะวางไข่ที่มีลักษณะโป่งคล้ายแมงป่อง (ภาพที่ 3.14) แมลงใน Order นี้ไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ

23) Order Trichoptera (แมลงหนอนปลอกน้ำ caddishflies)

ขนาดลำตัว 1.5 - 2.5 มม. มีลักษณะคล้ายผีเสื้อกลางคืน แต่หนวดยาวเท่ากับหรือยาวกว่าลำตัวมีขนปกคลุม ขณะพักจะพับปีกเป็นรูปหลังคาเหลือลำตัว ปากเป็นแบบซับดูด ตัวอ่อนอยู่ในน้ำมีลักษณะเหมือนหนอนผีเสื้อ มีเหงือกชนิด abdominal gill มีลักษณะเป็นเส้น ตัวอ่อนจะสร้างปลอกขึ้นจากวัสดุในน้ำและเปลี่ยนปลอกเมื่อมีลำตัวขยายใหญ่ขึ้น ลักษณะของปลอกของตัวอ่อนแต่ละ species จะมีลักษณะแบบเดียวกันสามารถใช้จำแนกชนิดได้ (ภาพที่ 3.14) เป็นแมลงไม่สำคัญทางเศรษฐกิจ

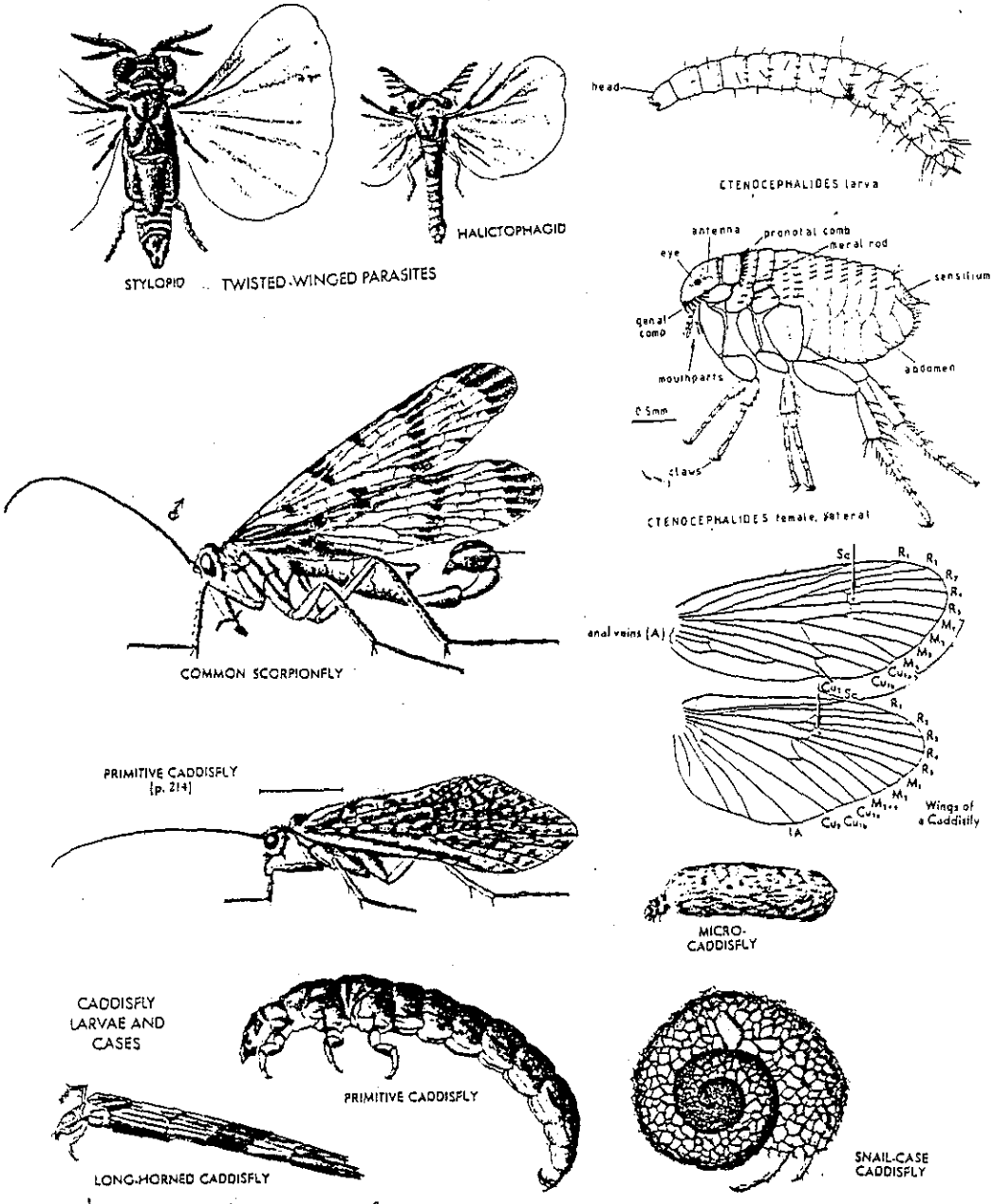
24) Order Siphonaptera (หมัด fleas)

เป็นแมลงขนาดเล็ก ขนาดลำตัวเล็กกว่า 5 มม. ลำตัวแบนด้านข้าง ผนังลำตัวหนา หนวดสั้น มีตาหรือบางชนิดไม่มีตา ไม่มี ocelli ปากแบบแทงดูดที่ pronotum จะมีแผงของขนแข็งและแหลมเรียกว่า "pronotal comb" (ctenidium) (ภาพที่ 3.14) แมลงชนิดนี้เคลื่อนไหวโดยการกระโดดเป็น ectoparasite ของสัตว์ เป็นแมลงที่มีความสำคัญทางการแพทย์และสาธารณสุข เพราะนำโรค เช่น กาฬโรค และไทฟอยด์ มีประมาณ 2,400 species

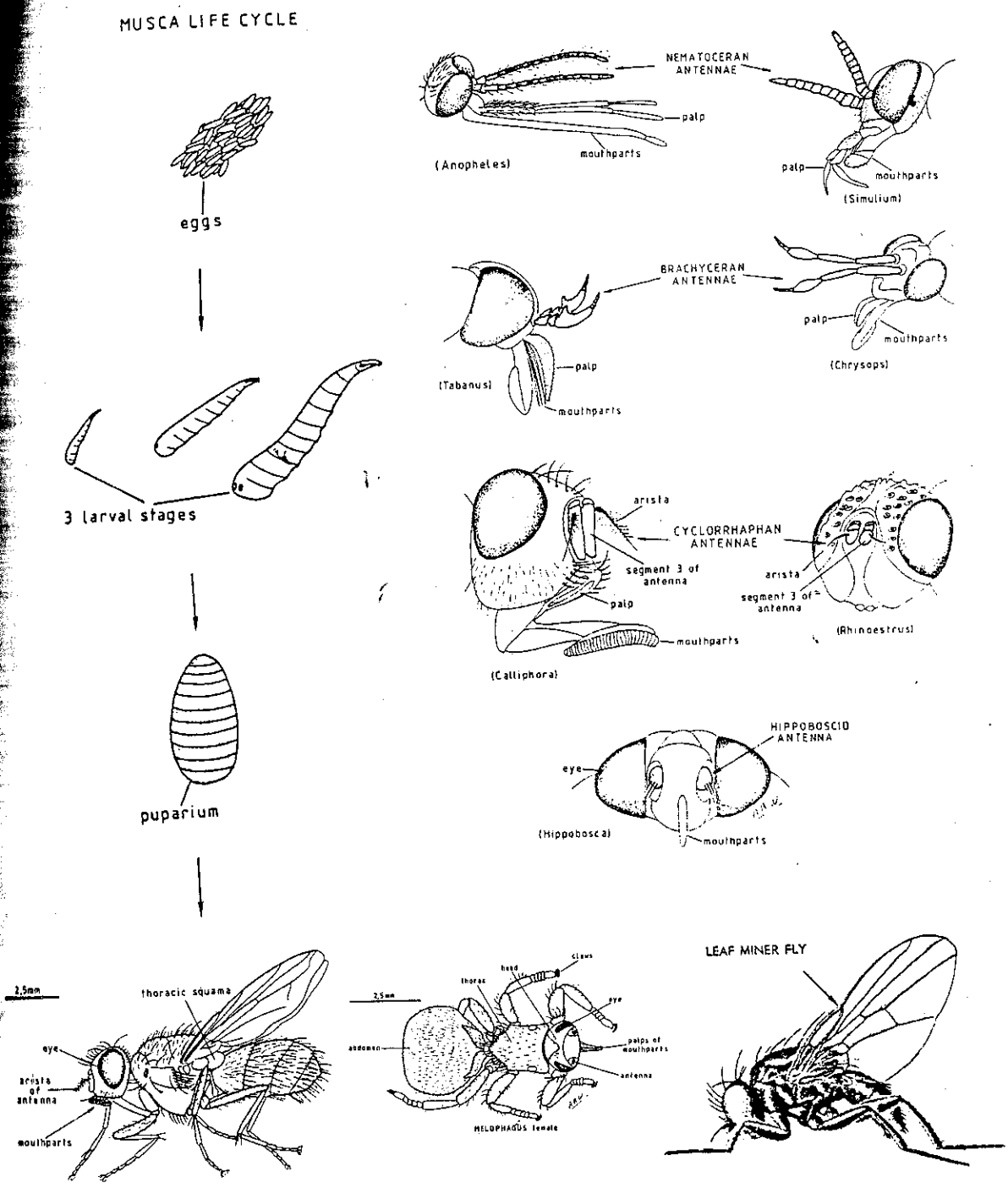
25) Order Diptera (แมลงวัน flies)

เป็นแมลงขนาดกลาง ลักษณะสำคัญ คือ มีปีกเพียงคู่เดียว คือ ปีกคู่แรก ซึ่งมีลักษณะบางใสแบบ membrane ปีกคู่ที่ 2 ลดรูปลงเหลือเป็นตุ่มเล็กๆ ใช้ในการทรงตัวเรียกว่า halteres หนวดสั้นมองเห็นไม่ชัดมี 3 ปล้อง ลักษณะที่แตกต่างกันของหนวดใช้แยกแมลงกลุ่มนี้ออกเป็น Suborder ปากแบบซับดูด tarsi 5

ปล้อง ตัวอ่อนเป็นหนอนไม่มีขา มีส่วนหัวและท้ายแหลมเรียกว่า "maggot" (ภาพที่ 3.15) เจริญอยู่ในน้ำ วัส
เน่าเปื่อย เนื้อเยื่อของพืชและสัตว์ บางชนิดเป็น endoparasite หรือ ectoparasite แมลงใน Order นี้มีความสำคัญ
ทางเศรษฐกิจการเกษตรและทางการแพทย์ เช่น แมลงวัน เหลือบ ยุง ริ้น และแมลงวันทอง มีประมาณ 87,00
species



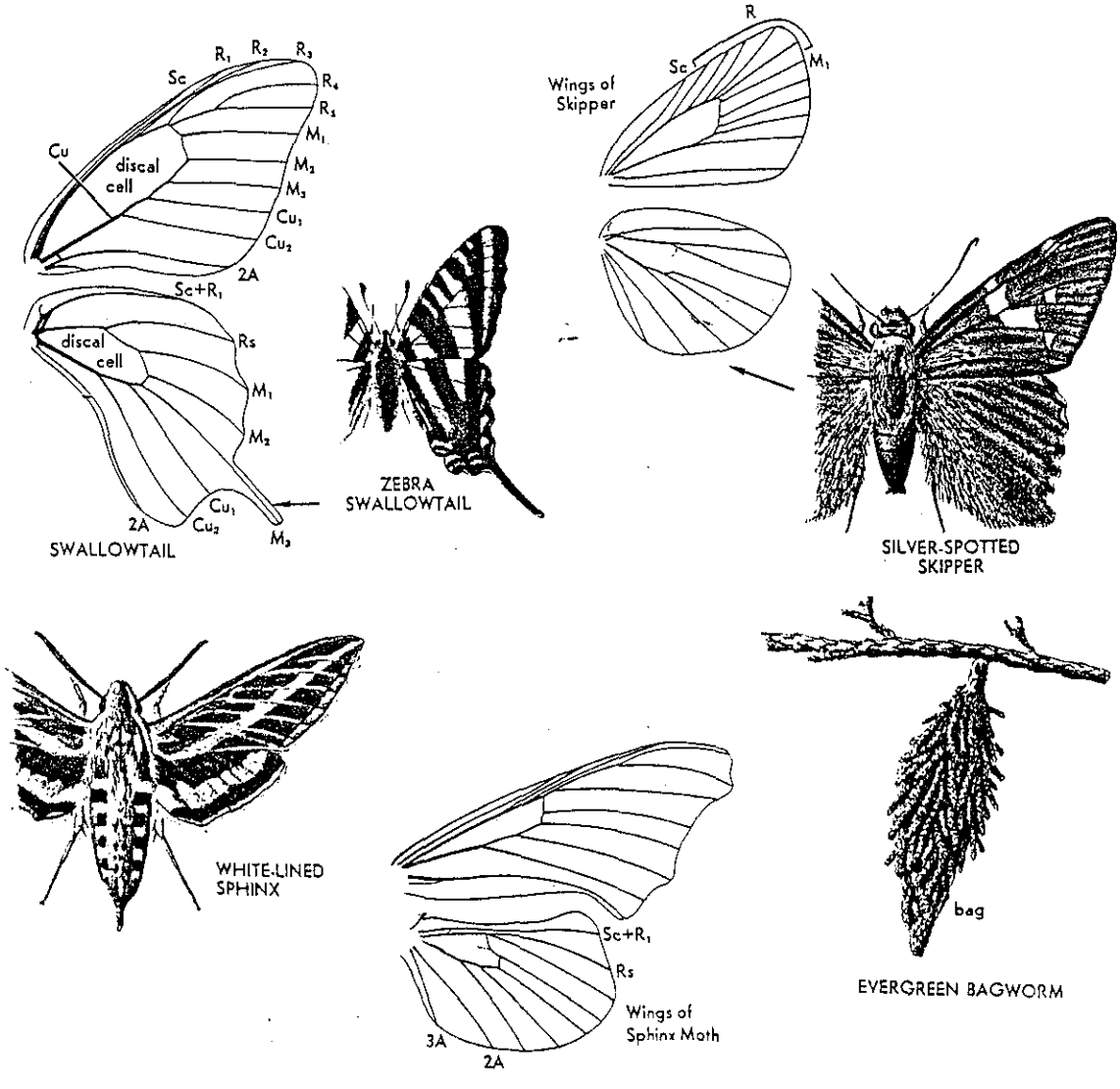
ภาพที่ 3.14 แสดงลักษณะของแมลงใน Order Strepsiptera, Mecoptera, Trichoptera และ Siphonaptera (Walker, 1994)



ภาพที่ 3.15 แสดงลักษณะของแมลงใน Order Diptera (Walker, 1994)

26) Order Lepidoptera (ผีเสื้อ butterflies และ moths)

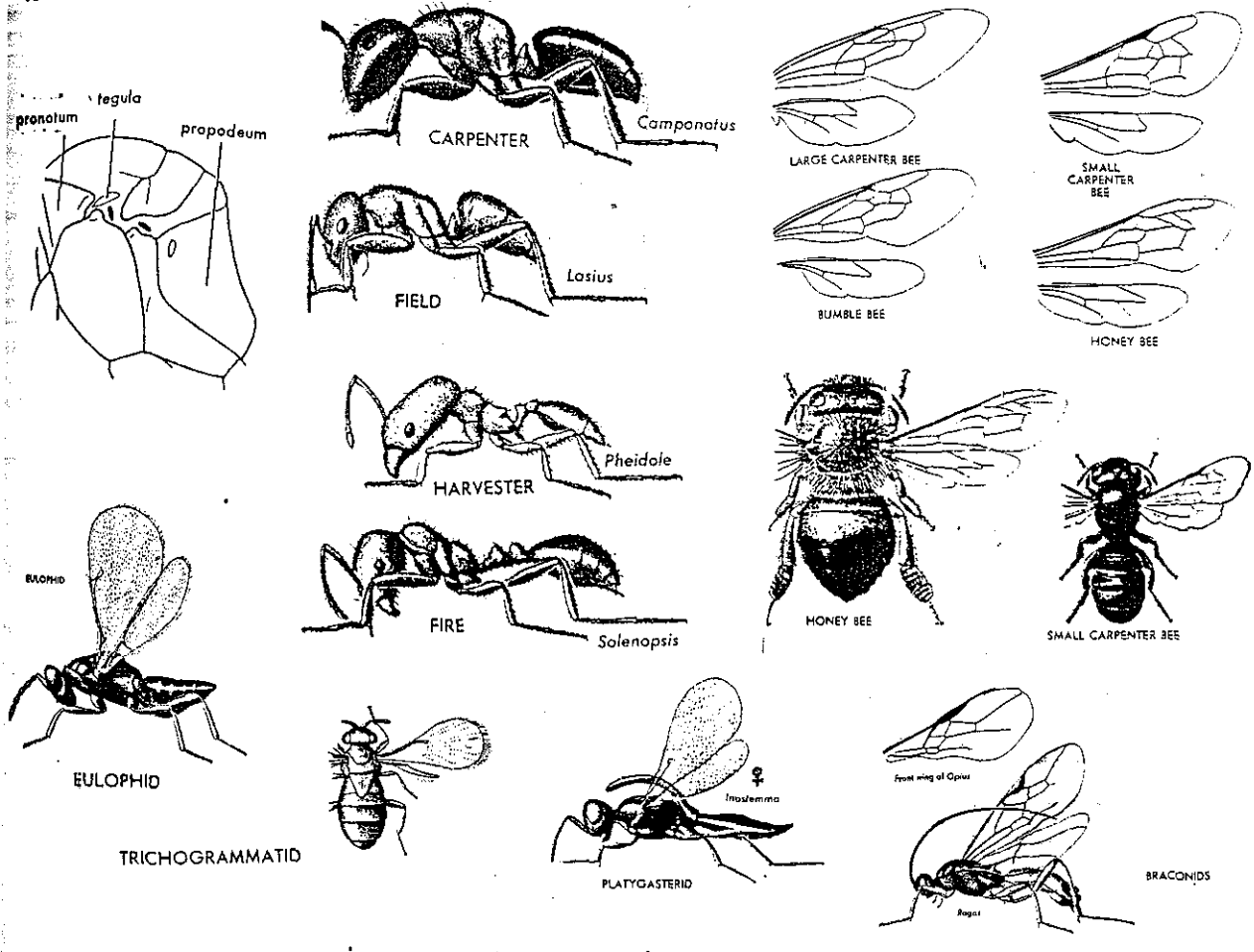
เป็นแมลงขนาดกลางถึงใหญ่ ปีกใหญ่ 2 คู่ เป็นแบบ membrane มีขนปกคลุม เส้นปีกของปีกทั้ง 2 คู่ ใช้ในการจำแนกชนิดของผีเสื้อ ตาใหญ่ ปากแบบ proboscis ม้วนเป็นขดอยู่ใต้หัว หนวดยาวเป็นเส้นหรือกระบอง ปีกสีสดใส และพับไว้ในแนวดิ่งเหนือลำตัว มักเป็นผีเสื้อกลางวัน (butterflies) และถ้าหนวดมีลักษณะเป็นแบบฟันหวี มีปีกสีทึบ น้ำตาล เทา หรือคล้ำ พับขนานกับพื้นดินไว้เหนือลำตัว (ภาพที่ 3:16) มักเป็นผีเสื้อกลางคืน (moths) ตัวอ่อน มีปากแบบกัดกิน มีขาที่อก 3 คู่ เรียกว่า "thoracic legs" และมีขาเทียมที่ท้องอีกหลายคู่ เรียก "pseudolegs" ด้านข้างของหัวมักจะมีกลุ่มของ ocelli ตามลำตัวมีขนบางครั้งมีลายแถบสีพาดตามตัว การเจริญเติบโตแบบ complete metamorphosis



ภาพที่ 3:16 แสดงลักษณะของแมลงใน Order Lepidoptera

27) Order Hymenoptera (ผึ้ง ต่อ แตน bees และ wasps)

เป็นแมลงขนาดเล็กมาก จนถึงขนาดกลาง ปีกมี 2 คู่ เป็นแบบ membrane บางชนิดจะไม่มีเส้นปีก เช่น พวก parasite การจำแนกในระดับ Family มักใช้เส้นปีก รอยต่อของปล้อง และส่วนต่าง ๆ ของปล้องอก ลักษณะที่สำคัญของแมลงกลุ่มนี้ คือ อกปล้องที่ 3 จะรวมกับปล้องท้องปล้องแรกทำให้เกิดปล้องที่เรียกว่า "propodeum" และต่อจาก propodeum มักจะเป็นรอยกิ่ว หรือคอคอด (petiole หรือ stalk) ซึ่งเป็นลักษณะประจำของ Suborder Apocrita (ภาพที่ 3.17) หนวดยาวเกิน 10 ปล้อง ovipositor ยาวเห็นชัดเจน ในบางชนิดจะยาวกว่าลำตัวและบางครั้งเปลี่ยนรูปไปเป็นเหล็กไนสำหรับต่อยศัตรูหรือเหยื่อ ปากแบบกัดกิน บางครั้งเปลี่ยนรูปไปเป็นแบบดูด ตัวอ่อนมีลักษณะคล้ายหนอนผีเสื้อ มี ocelli ใหญ่ 1 คู่ ส่วนใหญ่จะมีอุปนิสัยกินพืช แต่มีหลายชนิดที่เป็น parasite ของแมลงชนิดอื่น ลักษณะดักแด้เป็นรังเหมือนรังไหม แมลงในกลุ่มนี้มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากและส่วนใหญ่จะกินพืช ช่วยผสมพันธุ์เกสร บางชนิดเป็นตัวห้ำ (predator) และเป็นตัวเบียน (parasite)



ภาพที่ 3.17 แสดงลักษณะของแมลงใน Order Hymenoptera

4. ชีวิตและความเป็นอยู่ของแมลง
Insect life

แมลงมีชีวิตและความเป็นอยู่แตกต่างไปจากสัตว์ทั่วไปหลายประการ และในแมลงแต่ละกลุ่มก็มีความหลากหลายแตกต่างกันมาก ชีวิตความเป็นอยู่ของแมลงที่เหมือนกันทุกประการจะปรากฏในแมลง species เดียวกันเท่านั้น ความเป็นอยู่ของแมลงทั่วไปโดยภาพรวม จะแยกอธิบายเป็นหัวข้อดังนี้ คือ

1. การกิน (eating behavior)
2. ที่อยู่อาศัย (habitat)
3. การเจริญเติบโต (metamorphosis)
4. การเคลื่อนไหว (insect movement)
5. การรับสัมผัส (sense reception)
6. การทำเสียง (sound production)
7. การดึงดูดเพศตรงข้าม (sex attraction)
8. การผสมพันธุ์ (mating)
9. การป้องกันตัว (self defense)
10. การอยู่อย่างแมลงสังคม (social insect)

4.1 การกิน (eating behavior)

เราสามารถแบ่งแมลงตามเวลาของการกินอาหารเป็น 2 ประเภท คือ พวกหากินกลางวัน (diurnal) และหากินกลางคืน (nocturnal) และยังแบ่งตามชนิดของอาหารที่กิน คือ

4.1.1 detritivory (detritivorous insects)

คือ กลุ่มของแมลงที่กินซากสัตว์และซากพืชรวมทั้งมูลสัตว์เป็นอาหาร ได้แก่ พวก O. Diptera (แมลงวัน) เช่น F. Muscidae (แมลงวันบ้าน) F. Caliphoridae (แมลงวันหัวเขียว) และ F. Drosophilidae (แมลงหวี่) และพวก O. Coleoptera (ด้วง) เช่น F. Dermestidae (ด้วงขนสัตว์ มอดขนสัตว์) F. Staphylinidae (ด้วงก้นกระดก) และ F. Scarabeidae (ด้วงขี้ควาย) เป็นต้น

4.1.2 saprophagy (saprophagous insects)

คือ กลุ่มแมลงที่กินเฉพาะซากพืชเป็นอาหาร มักจะพบอยู่ตามป่า พบใต้ซากพืช ซากไม้ หรือขอนไม้ที่ผุพังรวมทั้ง ใบไม้, ผลไม้, ดอกไม้ที่ทับถมลงบนพื้นดิน แมลงกลุ่มนี้จะทำงานร่วมกันกับบักเตรี และโปรโตซัว คือแมลงจะกินเศษพืช และย่อยให้เศษพืชเล็กลง แล้วบักเตรีและโปรโตซัวก็จะย่อยเศษที่ย่อยแล้วต่อจากแมลง แมลงในกลุ่มนี้มีจำนวนมาก ได้แก่ ด้วง (O. Coleoptera) แมลงสามง่าม (O. Thysanura) แมลงหางดีด (O. Collembola) ปลวก (O. Isoptera) ตั๊กแตนและแมลงกระชอน (O. Orthoptera) ซึ่งมีวิวัฒนาการของขาคือขาหน้าขยายใหญ่เพื่อขุดคุ้ยหาอาหารในดิน

แมลงในข้อ 4.1.1 และ 4.1.2 มักจะเป็นแมลงที่อยู่บนดินหรือในดินและมักจะไม่บินหรือบินได้ไม่ไกล การกินของแมลงกลุ่มนี้พบอยู่ที่พื้นดิน

บางครั้งมีศัพท์รวมแมลงทั้ง 2 กลุ่มนี้ เรียกว่า "scavengers" ทำให้ดินอุดมสมบูรณ์และมีค่าสำหรับการเพิ่ม humus ในดิน มีผลถึงการเจริญของพันธุ์ไม้เป็นการสร้างป่าไม้และมีผลถึงการอนุรักษ์ต้นน้ำลำธาร อุปนิสัยการกินของแมลงที่ต่างกันมีผลต่อการพัฒนาอวัยวะภายนอกและภายในลำตัว ทำให้มีความแตกต่างของพัฒนาการของรูปร่างลักษณะตัวอย่างเช่น ในพวกแมลงหางดีด (O. Collembola) ซึ่งมีอุปนิสัยการกินบนดินหรือในดินที่ความลึกแตกต่างกัน คือ *onychurus* ที่กินซากพืชอยู่ระดับลึกที่สุดของดินจะไม่มีตาสำหรับมองดู มีลำตัวขาวซีด เพราะอยู่ลึกในดินและขาหดสั้น รวมทั้งไม่มี furcula สำหรับดีดหรือกระโดดไกล เพราะไม่ได้เคลื่อนไหวมาก ส่วน *Hypogastrura* ซึ่งอาศัยอยู่ระดับลึกปานกลางมีตารับแสง มีขาสั้นและมี furcula ยาวประมาณครึ่งหนึ่งของลำตัว และ *Orchesella* ซึ่งอาศัยอยู่บนผิวดินคอยกินซากพืชบนผิวดินนั้นจะมีตารับแสง ตามองภาพ มีขายาวและมือวัยวะ furcula สำหรับกระโดดพัฒนาดีมากคือมีขนาดยาวเท่าลำตัวหรือยาวกว่าครึ่งหนึ่งของลำตัว เป็นต้น

4.1.3 xylophagy (xylophagous insects)

คือ กลุ่มแมลงที่กินผลิตภัณฑ์ในโรงเก็บเป็นอาหาร ตลอดจนอาหารแป้งชนิดต่างๆ และเมล็ดพันธุ์พืช แมลงในกลุ่มนี้เป็นอันตรายทางเศรษฐกิจในการเก็บผลผลิตการเกษตรในยุ้งฉาง ได้แก่ มอดข้าวเปลือก *(Rhyzoperta dominica)* มอดข้าวสารหรือด้วงงวงข้าว *(Sitophilus oryzae)* มอดแป้ง *(Tribolium castaneum)* ผีเสื้อข้าวเปลือก *(Sitotroga cereallela)* ผีเสื้อข้าวสาร *(Corcyra cephalonica)* และแมลงสาบ (F. Blattidae) เป็นต้น แมลงพวกนี้จะกินเมล็ดพันธุ์ให้เสียหาย และย่อยแป้งเป็นอาหาร ถ่ายมูลทำให้สกปรกมีกลิ่นเหม็น และเกิดการบูดเน่า

4.1.4 fungivory (microphages หรือ fungivorous insects)

คือ กลุ่มแมลงที่กินเห็ด เชื้อราและยีสต์ เป็นอาหาร แมลงกลุ่มนี้มีจำนวนน้อย เช่น พวกแมลงหวี่บางชนิด (O. Diptera) ที่มีระยะตัวอ่อนกินพวกเห็ดรารวมทั้งยีสต์เพื่อการเจริญเติบโต ที่รู้จักกันดีก็คือ มดกัดใบ (leaf cutting ants หรือ fungus growing ants) ในสกุล *Atta* และ *Macromyrmex* ซึ่งมีมดงาน (workers) เป็นผู้ปลูกเชื้อเห็ดราชื่อ *Attamyces bromatificus* ไว้ภายในรัง มดงานจะกัดใบพืชและกินน้ำเลี้ยงจากเซลล์พืช เมื่ออาหารถูกย่อยโดยน้ำย่อยแล้วจะถ่ายออกมาเป็นมูลเพื่อเป็นวัสดุปลูกเห็ดในขณะเดียวกันอาหารบดซึ่งเป็นใบไม้เมื่อถูกเคี้ยวส่วนหนึ่งจะถูกคายออกมาปะปนกับมูลด้วย จากนั้นมดงานก็จะนำเอาเชื้อเห็ดมาปลูกและขจัดเห็ดราปลอมปนเพื่อให้ได้เห็ดรา *A. bromatificus* เพียงชนิดเดียว (monoculture) มดชนิดนี้มีกลไกการควบคุมการเจริญของเชื้อราชนิดอื่นโดยปรับ pH น้ำลายให้มีอยู่ในช่วง 4.5 – 5.0 รวมทั้งมี antibiotics บางชนิดที่มดสร้างขึ้น เห็ดราชนิดนี้เจริญในความมืดและที่อุณหภูมิภายในรังมดประมาณ 25 °C เพื่อการเจริญเติบโตและเชื้อราจะสร้างส่วนของเห็ดราเป็นตุ่มที่มี spore และมีธาตุอาหารสูงมีชื่อว่า "gongylidia" มดตัวเต็มวัยก็จะอาศัยกิน gongylidia นี้และขยายพันธุ์ต่อไปโดยใช้ gongylidia และเศษเหลือจากการกิน มดชนิดนี้จะสร้างรังไว้ใต้ดินโดยเฉพาะในป่าดิบและชุ่มชื้น เคยมีรายงานสำรวจว่ามดพวกนี้ใช้ปริมาณดินถึง 40 ตันเพื่อทำรังในป่า และสามารถกัดกินใบพืชถึง 80 % ของใบพืชในป่าที่ถูกทำลายทั้งหมดหรือคิดเป็น 17 % ของปริมาณใบพืชที่ผลิตได้ (leaf production)

นอกจากนี้ยังมีปลวก (termites, O. Isoptera) พวกที่พบในป่าอัฟริกาและแถบแหลมมาลายูชื่อ *Macrotermes natalensis* ซึ่งมักจะสร้างรังอยู่เหนือพื้นดิน ปลวกชนิดนี้สามารถย่อยซากพืช (biomass) ในป่าได้ถึง 25 % และอาศัย biomass ถึง 10 กรัม/ตร.ม. ปลวกชนิดนี้จะปลูกเชื้อราชื่อ *Termitoces spp.* ซึ่งจะงอกบนโครงสร้างของดินภายในรังที่มีลักษณะเป็นหลืบคล้ายหวี เรียกว่า "fungus comb" วัสดุปลูกเชื้อรานี้คือ มูลปลวกที่ยังมีอาหารย่อยไม่หมด ที่ปลวกจะถ่ายมูลลงบนหลืบดังกล่าว อุณหภูมิภายในรังที่ 30 °C จะทำให้เชื้อราเจริญเติบโตดี ปลวกจะกินเชื้อราดังกล่าวเป็นอาหาร พบว่าเชื้อรามี nitrogen สูงถึง 8 % เข้าใจว่าปลวกอาศัยเชื้อราที่พบบนไม้ผุพังและเชื้อราที่ปลูกไว้เป็นอาหารในการดำรงชีพ นอกเหนือจากเซลลูโลสจากเนื้อไม้

แมลงในกลุ่มนี้บางชนิดจะทำลายเห็ดทำให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ เช่น ด้วงเจาะลำต้นและหมวกเห็ด (*Cylodes sp.* : F. Nitidulidae) หนอนผีเสื้อกินเส้นใยลำต้นและหมวกเห็ด (*Dasyses rugosella* : F. Tineidae) หนอนแมลงวัน (*Phusiphora sp.* : F. Sciasidae) และแมลงหวี่ดำ (*Scatopse fusipes*) เป็นต้น (Wongsiri, 1991)

4.1.5 aquatic feeders

คือ แมลงกลุ่มที่กินสัตว์และพืชน้ำเป็นอาหาร เช่น แมลงชีปะขาว (O. Ephemeroptera) แมลงปอ (O. Odonata) แมลงติดหิน (O. Plecoptera) และแมลงหนอนปลอกน้ำ (O. Trichoptera) นอกจากนั้นยังมีแมลงบางชนิดใน Order อื่น เช่น พวกด้วง แมลงวัน มวน แมลงกลุ่มนี้มีช่วงระยะตัวอ่อนอยู่ในน้ำและระยะ

ตัวเต็มวัยอาศัยอยู่บนบก ยกเว้นด้วง *Helichus* ซึ่งมีตัวอ่อนอยู่บนบกและตัวเต็มวัยอยู่ในน้ำ แมลงพวกนี้ใช้เหงือก (gills) หรืออวัยวะกักตุนออกซิเจนเพื่ออยู่ในน้ำ พวกแมลงติดหินมีเหงือกเป็นกระจุกที่ปล้องอก พวกแมลงปออาศัยเหงือกรูปใบไม้ที่ปลายท้อง พวกแมลงชีปะขาวอาศัยเหงือกอยู่ที่อก พวกยุงอาศัยท่อนำอากาศ พวกด้วง เช่น ด้วงดิ่ง อาศัยการเก็บออกซิเจนไว้เป็นถุงด้านหลังของส่วนท้อง (plastron) อาหารของแมลงในกลุ่มนี้มีสาหร่าย phyto และ zooplankton หรือพวกไข่ ตัวอ่อนของปู ปลา กุ้ง และหอย

4.1.6 phytophagy (herbivory หรือ phytophagous insects)

คือ กลุ่มแมลงที่กินพืชสดเป็นอาหาร แมลงพวกนี้มีข้อเสียคือ ทำลายพืชเศรษฐกิจ แต่มีข้อดี คือ ช่วยผสมเกสรพืช กระจายพันธุ์พืชจากท้องถิ่นหนึ่งไปยังท้องถิ่นหนึ่ง เราสามารถแบ่งแมลงกลุ่มนี้ออกตามอุปนิสัยการกินเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแมลงที่เจาะจงกินพืชเพียงชนิดเดียวเรียก "monophagous insects" กลุ่มแมลงที่กินพืชอาหาร 2 - 3 ชนิดเรียก "oligophagous insects" และกลุ่มแมลงที่กินพืชอาหารหลายชนิด (4 - 5 ชนิดขึ้นไป) เรียก "polyphagous insects"

4.1.7 carnivory (carnivorous insects)

คือ กลุ่มแมลงที่กินสัตว์เป็นอาหาร หากกินแมลงศัตรูพืชด้วยกันเราเรียกว่า "แมลงที่เป็นประโยชน์" หรือ "แมลงศัตรูธรรมชาติ" (natural enemies) และเป็นโทษหากกินสัตว์ หรือเบียดเบียนสัตว์ที่เป็นประโยชน์ เช่น สัตว์เลี้ยงหรือคน เช่น เหา เหลือบ และยุง หรืออาหารของมนุษย์ เช่น เนื้อแห้ง หรือปลาป่นในโรงเก็บ ในส่วนที่เป็นแมลงที่เป็นประโยชน์ที่ควรทราบมีดังนี้

1) แมลงตัวห้ำ (predators)

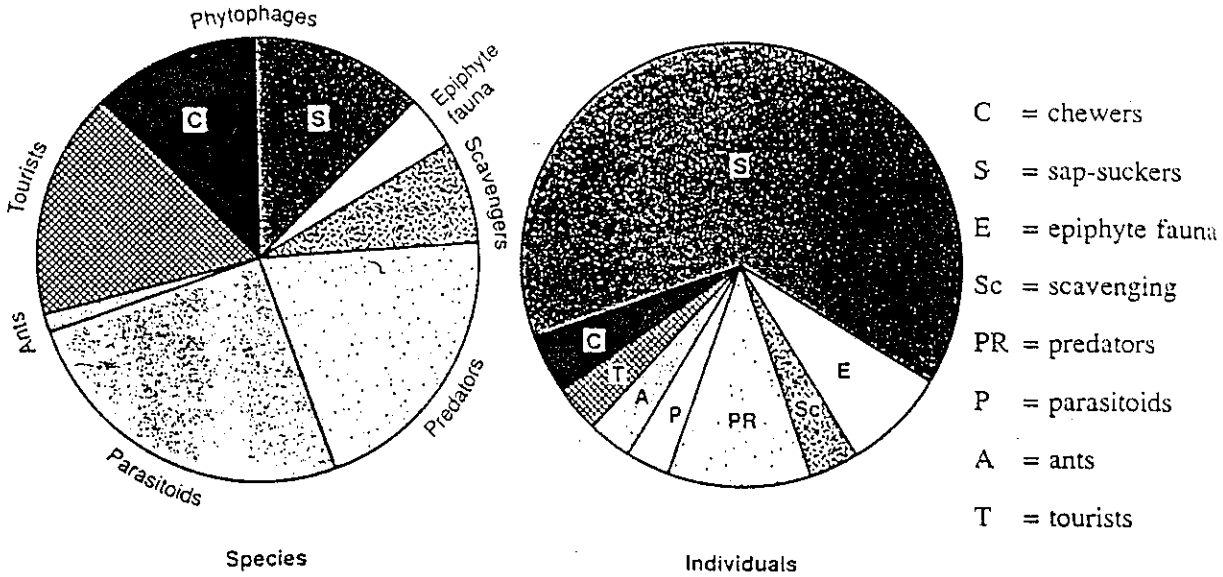
ที่สำคัญมีด้วงเต่าลาย เช่น *Coccinella spp. Harmonia spp. Menochilus sp.* (O. Coleoptera : F. Coccinellidae) แมลงวันดอกไม้ *Surphus sp.* (O. Diptera : F. Surphidae) ซึ่งเป็นตัวห้ำที่สำคัญของเพลี้ยอ่อนศัตรูพืช มวนเพชฌฆาต *Syncanus collaris* และมวนพิฆาต *Eocanthecona furcellata* (O. Hemiptera : F. Reduviidae) กินหนอนผีเสื้อศัตรูพืชทุกชนิด นอกจากนี้ยังมีแมลงหางหนีบ *Proreus simulans* (O. Dermaptera : F. Chelisochidae) แมลงช้าง *Chrysopa sp.* (O. Neuroptera : F. Chrysopidae) ฯลฯ แมลงกลุ่มนี้จะอาศัยอาหารซึ่งเป็นเลือดในช่องลำตัว (haemolymph) ของแมลงที่เป็นเหยื่อ

2) แมลงตัวเบียน (parasites)

ที่สำคัญมีแตนเบียนไข่ *Trichogramma spp.* (O. Hymenoptera : F Trichogramatidae) ซึ่งเป็นตัวเบียนไข่ที่สำคัญของหนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน *(Helicoverpa armigera)* ไข่หนอนกออ้อย *(Chilo spp.)* ไข่หนอนกอข้าว *(C. infuscatellus)* ไข่หนอนเจาะลำต้นข้าวโพด *(Ostrinia furnacalis)* ฯลฯ แมลงกลุ่มนี้

อาศัยธาตุอาหารซึ่งเป็นโปรตีนจากไข่ ตัวอ่อน หรือดักแด้ซึ่งเป็นเหยื่อและมักจะมีความจำเพาะเจาะจง (specificity) ต่อเหยื่อ ชนิดของแมลงตัวเบียนในขณะที่เหยื่อยังเป็นระยะตัวอ่อนเรียกว่า "ตัวเบียนหนอน" มีมากมายตัวอย่างเช่น *Apanteles flavipes* (O. Hymenoptera : F. Braconidae) *Brachymeria sp.* (O. Hymenoptera : F. Chalcidae) แมลงวันก้นขน *Tachina sorbilans* (O. Diptera : F Tachinidae) ฯลฯ

จากการศึกษาพันธุ์ไม้ 6 ชนิดในป่าในประเทศอังกฤษ และทวีปอัฟริกาพบว่าจำนวนชนิด (species) ของแมลงตัวเบียนและตัวห้ำมีมากที่สุด แต่จะมีประชากรหรือจำนวนตัวน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับแมลงกลุ่ม scavenger (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 แสดงชนิด (species) และจำนวน (individuals) ของแมลงแยกตามประเภทของการกิน (Romoser and Stoffolano, 1994)

4.2. ที่อยู่ของแมลง (habitat)

เราสามารถจำแนกแมลงตามถิ่นที่อยู่อาศัยได้เป็น 3 พวก คือ

4.2.1 terrestrial insects

คือ แมลงที่อาศัยอยู่บนบก หรือบนพื้นดินทั้งหมด แมลงส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มนี้ รวมทั้งแมลงอาศัยอยู่กับพืชรากอากาศ (epiphyte insects) แมลงในเคหสถาน (domestic insects) และแมลงศัตรูพืชและสัตว์เศรษฐกิจ

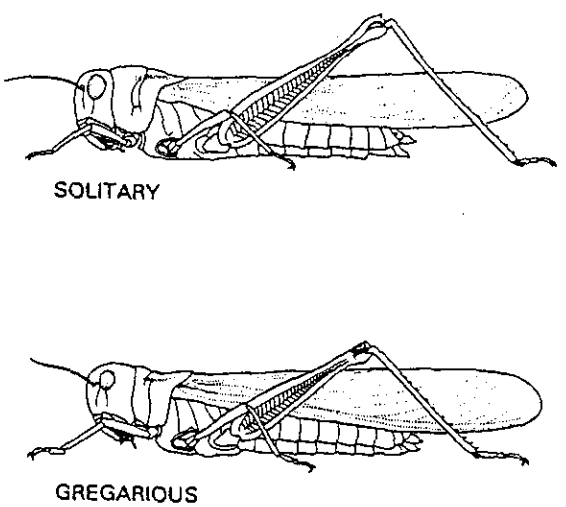
4.2.2 aquatic insects

คือ แมลงที่อาศัยอยู่ในน้ำ (รายละเอียดในข้อ 1.5 aquatic feeders ที่กล่าวมาแล้ว)

4.2.3 semi-aquatic (semi-terrestrial) insects

คือ แมลงที่อาศัยอยู่บนบกและในน้ำ สลับกัน ตามแต่ช่วงวัยหรืออยู่ทั้งบนบกและในน้ำ กันในวัยเดียวกัน เช่น จิงโจ้น้ำ แมลงปอ แมลงชีปะขาว เป็นต้น

แมลงอาจมีความเป็นอยู่เดี่ยวๆ (solitary) หรือเกาะกลุ่มกันอยู่ (gregarious) หรืออยู่อย่างแมลงสังคม ocial) คือมีการแบ่งชั้นวรรณะอย่างชัดเจน หรือแบ่งหน้าที่กันบ้างแบบไม่ชัดเจนนัก (subsocial) เป็นต้น ครั้งแมลงชนิดเดียวกัน เมื่ออยู่เดี่ยวๆ (solitary phase) จะมีลักษณะรูปร่างแตกต่างไปจากเมื่อเกาะกลุ่ม arious phase) เช่น ตั๊กแตนหนวดสั้นศัตรูข้าวโพด เมื่อไม่มีการระบาด ตัวจะสีเขียวสดใส มีส่วนปลายของ otum แหลมชัดเจน แต่เมื่อมีการระบาด ลำตัวจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลออกแดงคล้ำ มีส่วนปลายของ otum ที่มน (ไม่แหลม) ดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ความแตกต่างของลักษณะของตั๊กแตนหนวดสั้นเมื่ออยู่เดี่ยว (solitary phase) และเมื่อเกาะกลุ่มระบาด (gregarious phase) (Gullan and Cranston, 1994)

4.3. การเจริญเติบโตของแมลง (metamorphosis)

การเจริญเติบโตของแมลงที่จะกล่าวถึงคือการเจริญเติบโตของแมลงนับแต่เมื่อตัวอ่อนฟักออกจากไข่แล้ว (postembryonic development) เป็นต้นไป โดยตัวอ่อนของแมลงจะมีการเจริญเติบโตเป็นขั้นตอนและมีชีวิตอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ต่างจากระยะไข่ บางชนิดจะแตกต่างกันเมื่อเป็นตัวเต็มวัย แมลงมักจะมีการเปลี่ยนรูปร่างแตกต่างไปจากสภาพตัวอ่อนที่ฟักออกจากไข่และมักจะมีรูปร่างแตกต่างกันไปเป็นช่วงๆ จนถึงระยะสุดท้าย ขบวนการของการเจริญเติบโตดังกล่าวเรียกว่า "metamorphosis"

ตัวอ่อนของแมลงจะเจริญเติบโตโดยการลอกคราบ (ecdysis พหูพจน์ ecdyses หรือ moults) หมายถึงขบวนการที่แมลงตัวอ่อนหยุดกินอาหารหรือพักตัวแล้วสลัดผิวหนังที่เรียกว่า "คราบ" (exuviae) ออก แล้วสร้างผิวหนังใหม่ทดแทนเพื่อทำหน้าที่เป็นผิวภายนอกของแมลงในระยะต่อไป โดยวิธีนี้แมลงจะมีขนาดลำตัวใหญ่ขึ้น ระยะตัวอ่อนของแมลงหลังจากฟักไข่ใหม่ๆ เรียก "ตัวอ่อนระยะที่ 1" (1^{st} instar หรือ 1^{st} nymph) ซึ่งเมื่อเจริญเต็มที่แล้วจะลอกคราบครั้งที่ 1 (1^{st} moult) ก็จะได้ตัวอ่อนระยะที่ 2 (2^{nd} instar หรือ 2^{nd} nymph) และเมื่อกินอาหารและเจริญเติบโตต่อไปอีกระยะหนึ่งจะลอกคราบครั้งที่ 2 (2^{nd} moult) ก็จะได้ตัวอ่อนระยะที่ 3 (3^{rd} instar หรือ 3^{rd} nymph) ตามลำดับ ระยะเวลาที่ตัวอ่อนใช้ในการเจริญเติบโตในแต่ละวัยเรียก "stadium" (พหูพจน์คือ stadia) มีหน่วยเป็นเวลา เช่น วัน หรือ สัปดาห์ แมลงแต่ละชนิดจะมีจำนวน instars และ stadia ต่างๆ กันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง คือ พันธุกรรม พืชอาหาร สภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง ฯลฯ จากนั้นแมลงส่วนใหญ่จะเข้าดักแด้ (pupa) ซึ่งเป็นระยะที่แมลงจะหยุดนิ่งไม่มีการเคลื่อนไหวและกินอาหาร และเปลี่ยนแปลงรูปร่างพร้อมที่จะเป็นตัวเต็มวัย เมื่อมีการเปลี่ยนรูปร่างเสร็จแล้ว ก็จะฟักออกจากดักแด้และกลายเป็นตัวเต็มวัย (adult) เพื่อผสมพันธุ์ แมลงในน้ำบางชนิดมีการเจริญเติบโตที่แปลกไปกว่าชนิดอื่น เช่น แมลงชีปะขาวมีตัวอ่อนที่อยู่ในน้ำเรียกว่า "niad" ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะรวมทั้งอุปนิสัยการกินอาหารและถิ่นที่อยู่อาศัยแตกต่างจากตัวเต็มวัยอย่างมาก ตัวอ่อนเจริญเป็นตัวเต็มวัยที่ไม่สมบูรณ์ คือปีกยังกุดสั้นมาก เรียกว่า "ระยะ imago" ในระยะนี้ imago ผสมพันธุ์ได้และแมลงชนิดนี้จะไม่ผสมพันธุ์ในระยะตัวเต็มวัย เป็นต้น

4.3.1 ประเภทของการเจริญเติบโต (types of metamorphosis)

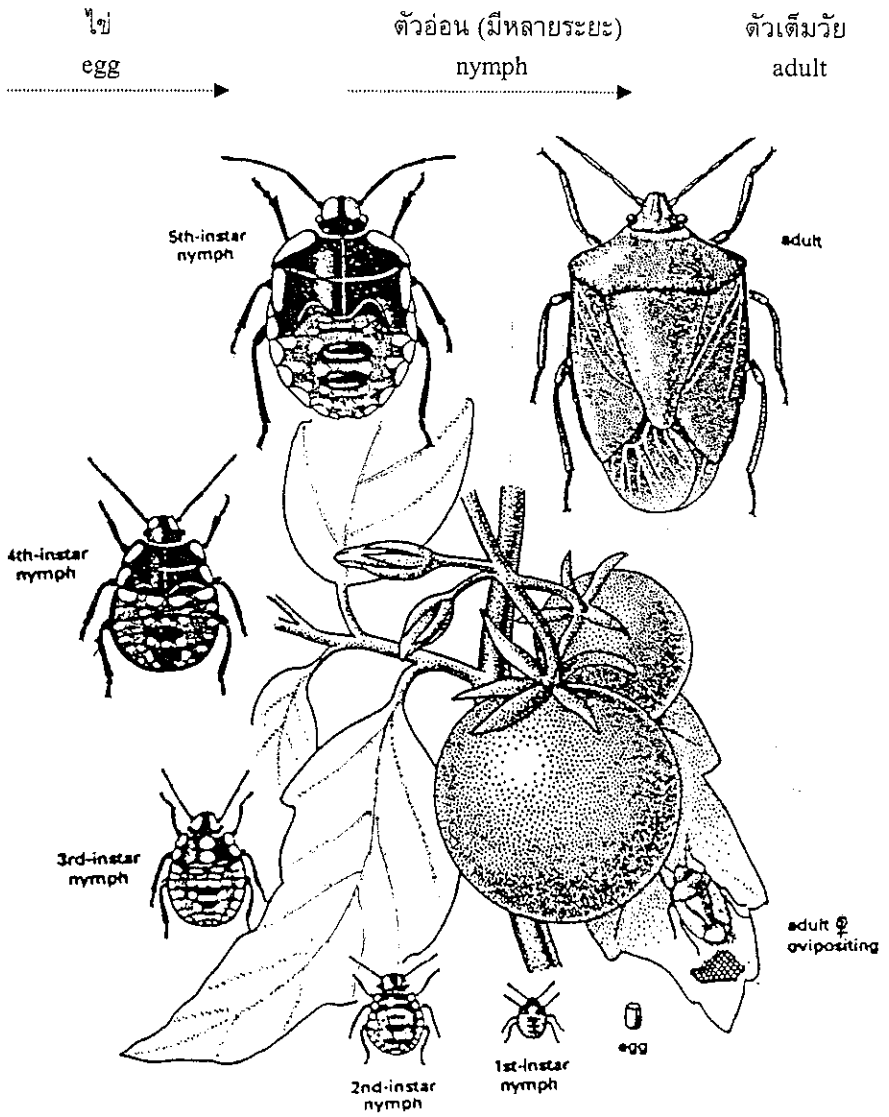
การเจริญเติบโตของแมลงในช่วงตัวอ่อนสามารถจำแนกได้เป็น 5 ประเภท คือ

1) ametabolous (without metamorphosis)

แมลงที่มีการเจริญเติบโตแบบนี้จะไม่มีความแตกต่างระหว่าง รูปร่างของตัวอ่อนและตัวเต็มวัยมักจะพบการเจริญเติบโตแบบนี้ในแมลงไม่มีปีก (Subclass Apterygota) และเป็นแมลงโบราณที่มีวิวัฒนาการน้อย เช่น แมลงสามง่าม (O. Thysanura) แมลงหางดีด (O. Collembola) และ O. Protura โดยที่ตัวเต็มวัยที่มีอายุมากจะเพิ่มจำนวนปล้องท้องมากขึ้นเท่านั้น

2) paurometabolous (gradual metamorphosis)

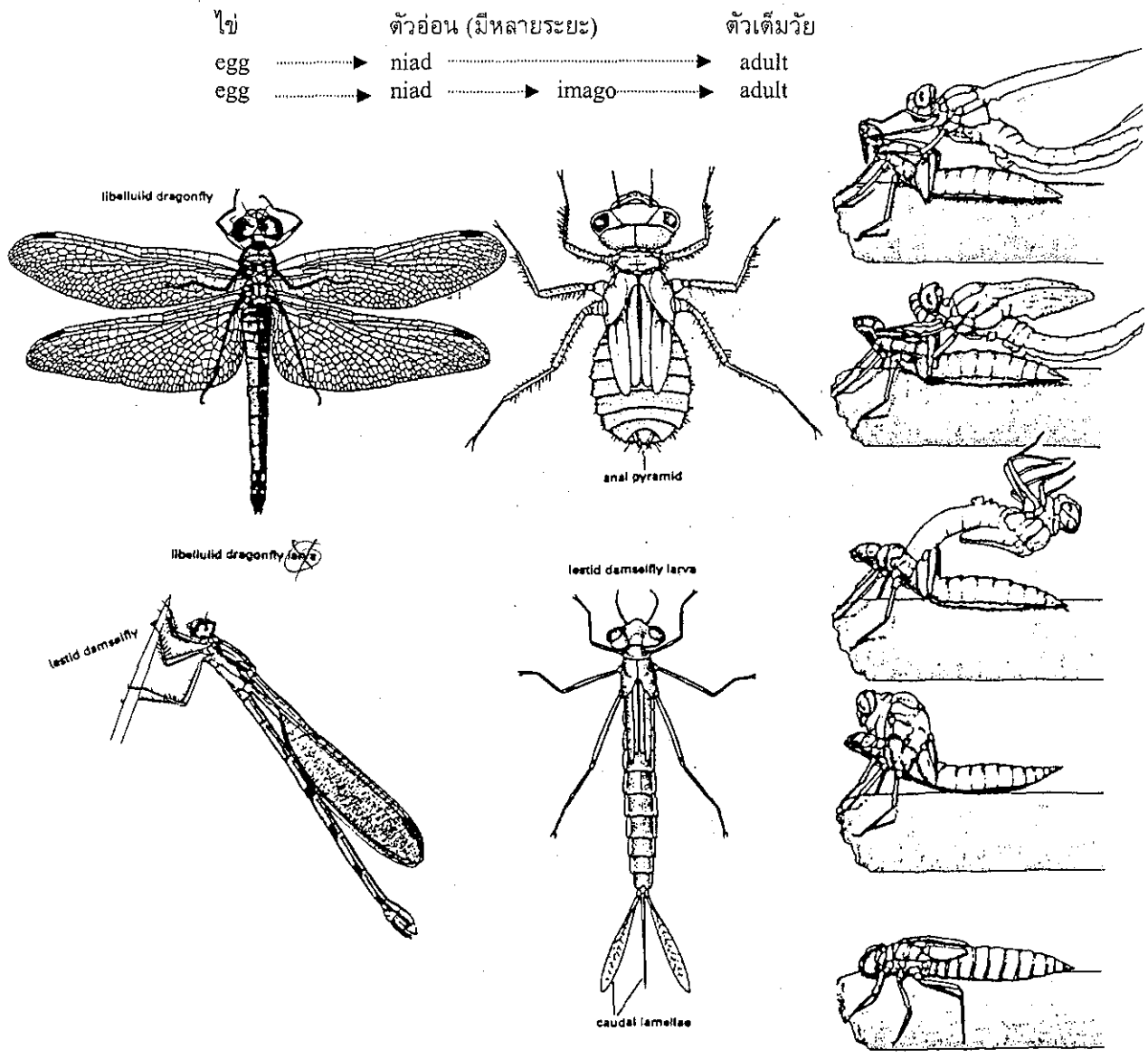
แมลงที่มีการเจริญของตัวอ่อนแบบง่ายๆ คือ มีตัวอ่อนที่มีลักษณะคล้ายตัวเต็มวัยหรือพ่อแม่ มีลักษณะการกินและถิ่นที่อยู่อาศัยหรือสภาพแวดล้อมเหมือนพ่อแม่ เรียกตัวอ่อนชนิดนี้ว่า "nymph" ความแตกต่างของ nymph จากพ่อแม่ คือ nymph มีระบบหายใจ ระบบสืบพันธุ์ และปีกที่ยังไม่เจริญ ตัวอย่างแมลงพวกนี้คือ พวกมวน (O. Hemiptera) เพลี้ยกระโดด (O. Homoptera) เพลี้ยไฟ (O. Thysanoptera) และแมลงหางหนีบ (O. Dermaptera) (ภาพที่ 4.3)



ภาพที่ 4.3 การเจริญเติบโตของแมลงแบบ paurometabous ที่มีตัวอ่อน เรียกว่า "nymph" ในภาพคือมวนเขียวข้าว *Nezara viridula* (Gullan and Cranston, 1994)

3) hemimetabolous (simple หรือ direct หรือ incomplete metamorphosis)

กลุ่มนี้เป็นแมลงที่มีการเจริญเติบโตที่ตัวอ่อนมีลักษณะแตกต่างจากตัวเต็มวัยมากและมีที่อยู่อาศัยหรือลักษณะการกิน ที่ต่างจากตัวเต็มวัยหรือพ่อแม่ เราเรียกตัวอ่อนชนิดนี้ว่า "niad" ส่วนใหญ่ จะเป็นแมลงที่มีตัวอ่อนอาศัยอยู่ในน้ำและตัวเต็มวัยอยู่บนบก เช่น แมลงปอ (O. Odonata) แมลงชีปะขาว (O. Ephemeroptera) แมลงติดหิน (O. Plecoptera) และแมลงหนอนปลอกน้ำ (O. Trichoptera) (ภาพที่ 4.4)

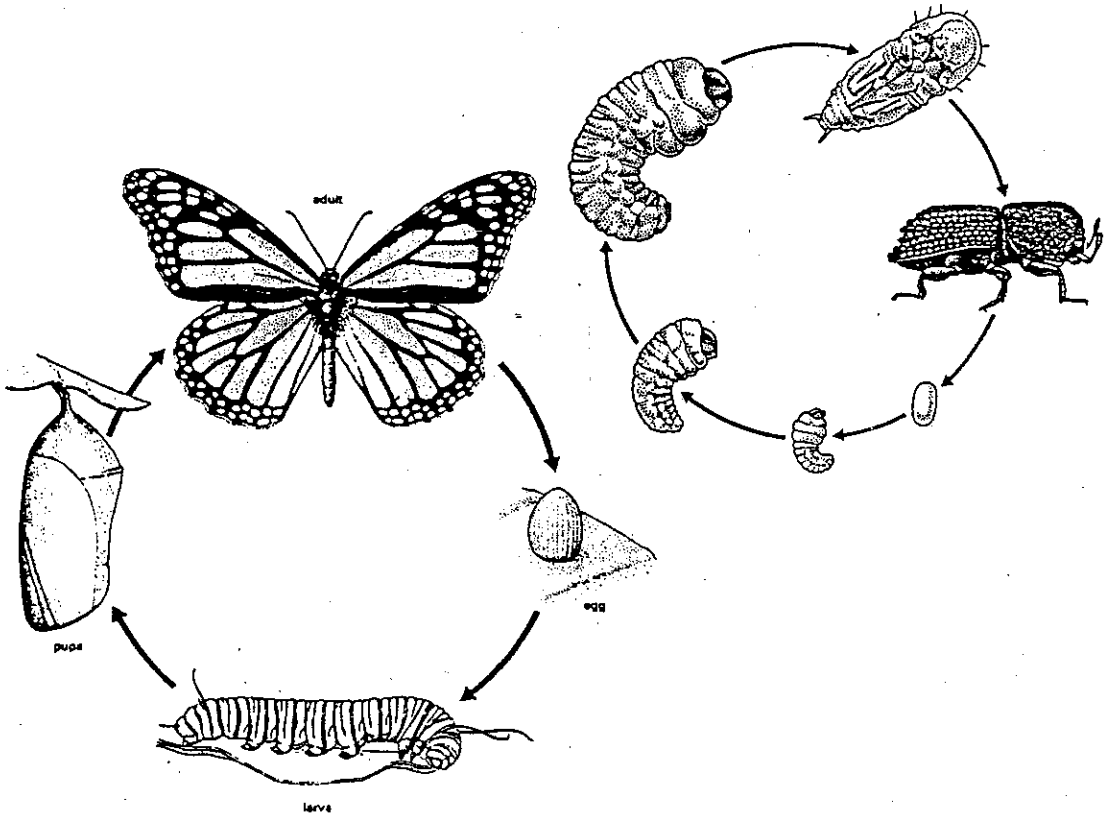


ภาพที่ 4.4 การเจริญเติบโตของแมลงแบบ hemimetabolous ที่มีตัวอ่อน เรียกว่า "niad" และ "imago" (ปรับปรุงจาก Imms, 1970)

4) holometabolous (complete metamorphosis)

แมลงที่มีการเจริญเติบโตแบบนี้เป็นตัวอย่างของ metamorphosis ที่สมบูรณ์แบบ คือ ตัวอ่อนเรียกว่า "larva" (เฉพาะแมลงวันเรียก "maggot") จะมีลักษณะรูปร่างการกิน และถิ่นที่อยู่อาศัยต่างจากตัวเต็มวัย มีการลอกคราบหลายครั้ง แล้วเข้าดักแด้ จากนั้นจะฟักออกจากดักแด้เป็นตัวเต็มวัย แมลงที่มีการเจริญเติบโตแบบนี้ ได้แก่ แมลงใน O. Lepidoptera O. Coleoptera และ O. Diptera (ภาพที่ 4.5)

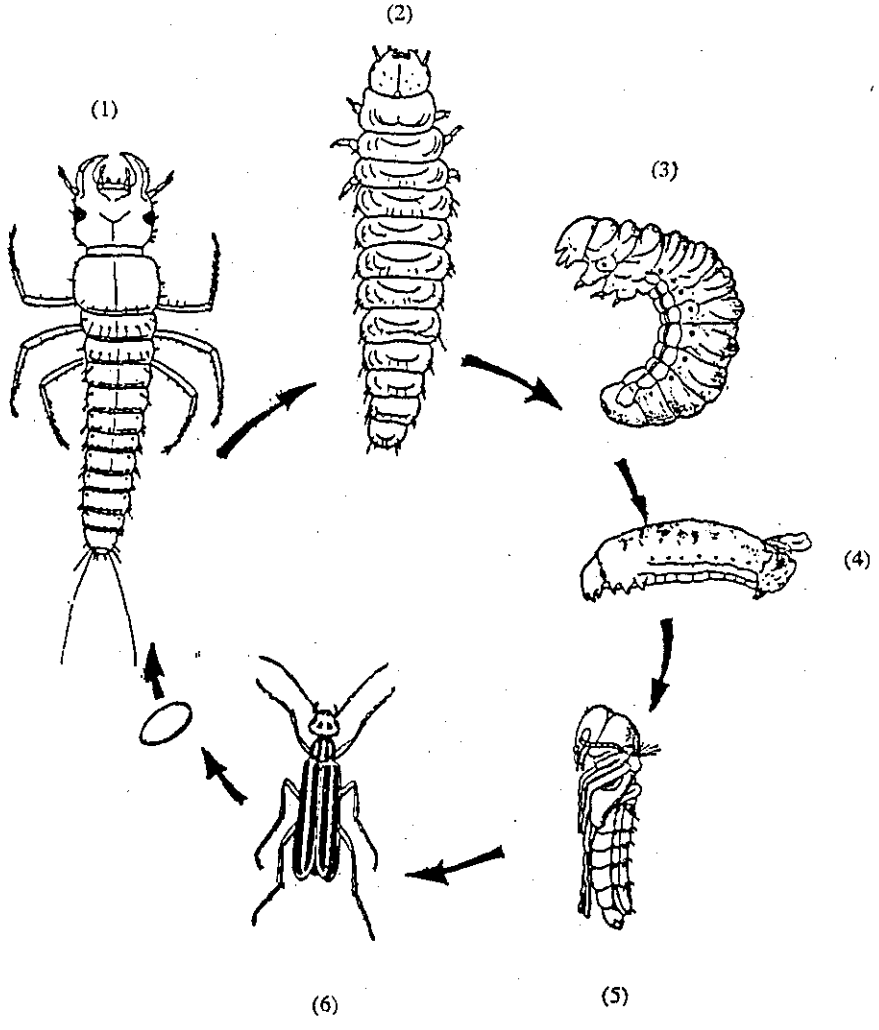
ไข่		ตัวอ่อน		ดักแด้		ตัวเต็มวัย
egg	⋯⋯▶	larva (maggot)	⋯⋯▶	pupa	⋯⋯▶	adult



ภาพที่ 4.5 การเจริญเติบโตของแมลงแบบ holometabolous ที่มีตัวอ่อน เรียกว่า "larva" (Gullan and Cranston, 1994)

5) hypermetabolous

เป็นการเจริญเติบโตแบบพิเศษ เช่น ตัวอ่อนระยะที่ 1 จะต่างจากตัวอ่อนระยะที่ 2 เช่น พวกด้วงน้ำมัน (O. Coleoptera : F. Meloidae) ตัวอ่อนระยะแรกนี้มีชื่อเฉพาะเรียกว่า "triangulin" แมลงช้าง *Mantispa sp.* (O. Neuroptera) แมลงปีกบิด (O. Strepsiptera) พวกครั่งชนิด *Margarodes sp.* (O. Hemiptera) และพวก O. Hymenoptera ที่เป็นตัวเบียน (parasite) ส่วนใหญ่ (ภาพที่ 4.6)



ภาพที่ 4.6 การเจริญเติบโตของด้วงน้ำมันซึ่งเป็นแบบ hypermetabolous ที่มีตัวอ่อน เรียกว่า "triangulin" (Richard and Davis, 1994)

4.3.2 ประเภทตัวอ่อนของแมลง (types of larvae)

1) แบ่งตามลักษณะและจำนวนขา ได้ 4 ประเภท (ภาพที่ 4.7) คือ

(1) พวกขาโบราณ (protopods หรือ protopodous larvae)

ตัวอ่อนประเภทนี้มักจะพบในแมลงโบราณ ส่วนหัวมักเจริญดีมาก กรามหรือฟันใหญ่ มีขา เช่น 1st instar ของ F. Dryinidae และ F. Scelionidae หรือ ตัวอ่อนของ *Platygaster sp.*

(2) พวกไม่มีขา (apods หรือ apodous หรือ vermiform larvae)

ตัวอ่อนประเภทนี้มีลักษณะรูปทรงกระบอก หัวเรียว แหลม ไม่มีขา เช่น หนอนแมลงวัน ที่มีชื่อเรียกเฉพาะว่า maggot (O. Diptera) ตัวอ่อนของต่อ ผึ้ง แตน (O. Hymenoptera) ตัวอ่อนของด้วง (O. Coleoptera) บางชนิด เช่น F. Buprestidae และ F. Cerambycidae เป็นต้น

(3) พวกมีขา 3 ขา (oligopods หรือ oligopodous larvae)

ตัวอ่อนพวกนี้จะมีขาที่อก 3 คู่ และไม่มีขาที่ส่วนท้องหรือส่วนอื่นใดของร่างกาย พบในตัวอ่อนของแมลงช้าง ตัวอ่อนของแมลงปอและตัวอ่อนของด้วง

(4) พวกมีขาหลายขา (polypods หรือ polypodous larvae)

ตัวอ่อนของพวกนี้มีขาเกินกว่า 3 คู่ โดยมักมีขาเทียม (pseudolegs) ที่ส่วนท้อง เช่น ตัวอ่อนของผีเสื้อ (O. Lepidoptera)

2) แบ่งตามลักษณะของลำตัว ได้เป็น 4 ประเภท (ภาพที่ 4.7) คือ

(1) compodeiform

คือ ตัวอ่อนที่มีลักษณะตัวแบน ยาว หัวเจริญเติบโตดี โดยทั่วไปมักเป็นแมลงห้ำ (predator) เช่น เพลี้ยไฟ (O. Thysanoptera) แมลงหางดีดบางชนิด (O. Collembola) ด้วงก้นกระดก (O. Coleoptera : F. Staphylinidae) และด้วงเต่าลาย F. Coccinellidae แมลงสามง่าม (O. Thysanura) แมลงช้าง (O. Neuroptera) และหนอนปลอกน้ำ (O. Trichoptera)

(2) eruciform

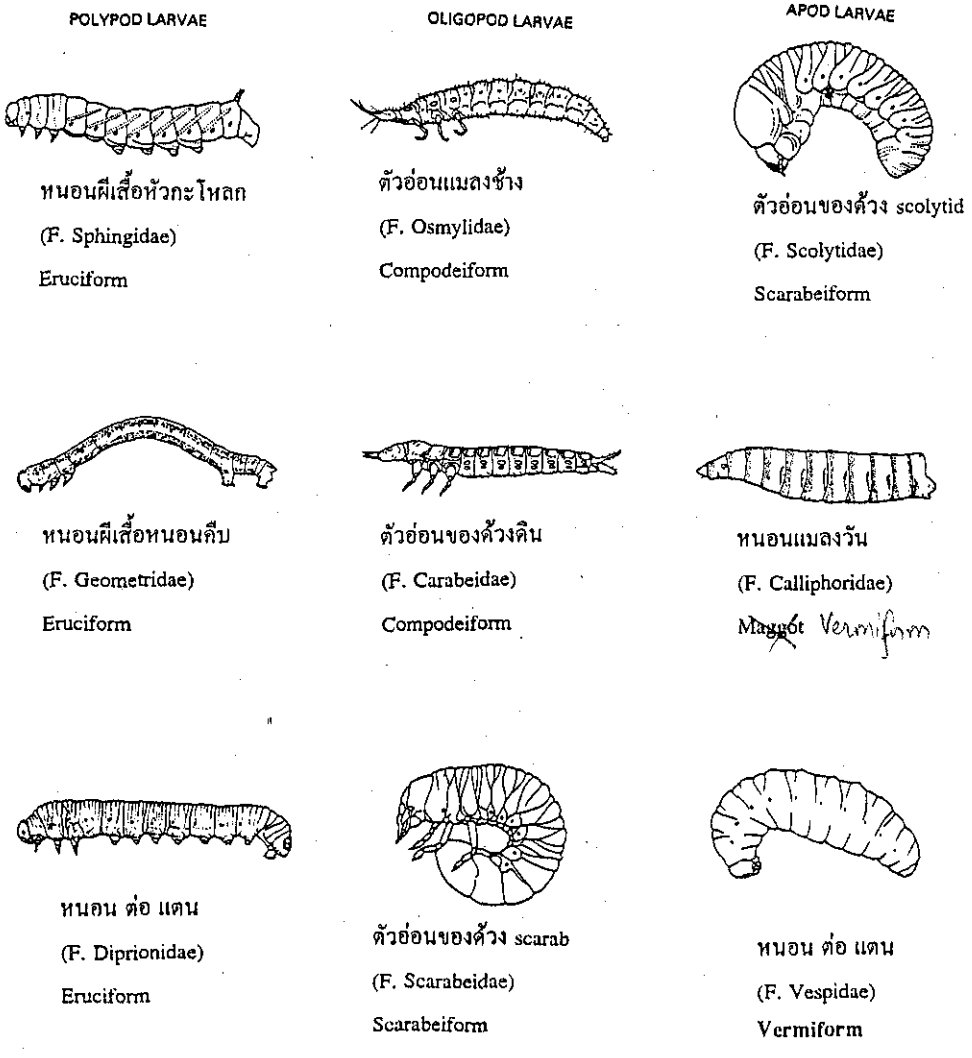
คือ ตัวอ่อนที่มีลักษณะกลม มีขาจริง (truelegs หรือ thoracic legs) เป็นขาที่แข็งแรง เจริญจากส่วนอกและยังอยู่ที่ส่วนอก เมื่อเจริญเป็นตัวเต็มวัยเรียกขาจริง 3 คู่ และมีขาเทียม (pseudolegs) หลายขา เจริญจากส่วนท้องได้แก่ หนอนผีเสื้อ (O. Lepidoptera) และหนอนต่อแตน (O. Hymenoptera)

(3) scarabeiform

คือ ตัวอ่อนที่มีลักษณะอ้วนกลม ปากเจริญแข็งแรงมีขาเจริญจากส่วนอก เรียกว่า "ขาจริง" (true legs) เท่านั้น ไม่มีขาเทียม หรือ pseudolegs ลำตัวมักจะขดงอเป็นรูปตัว (C) ปล้องสุดท้ายกลม ไม่มีส่วนของระยางค์ (appendages) ที่ท้อง ได้แก่ ตัวอ่อนของพวกด้วง (O. Coleoptera) บางครั้งตัวอ่อนชนิดนี้มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "พวกมีขา 3 ขา" (oligopods หรือ oligopodous larvae)

(4) vermiform

คือ ตัวอ่อนที่มีลักษณะเป็นหนอนรูปทรงกระบอก มีส่วนที่เรียวเฉพาะส่วนหัวและหาง ไม่มีขา เช่น หนอนของแมลงวัน หมัด ผึ้ง



ภาพที่ 4.7 แสดงลักษณะของตัวอ่อนแบบต่างๆ (Gullan and Cranston, 1994)

4.3.3 ประเภทดักแด้ของแมลง (types of pupae)

ดักแด้ (pupa) คือ ระยะที่ตัวอ่อนของแมลงเปลี่ยนแปลงรูปร่างก่อนที่จะเป็นตัวเต็มวัย จะไม่มีการกินอาหารหรือเคลื่อนไหว ยกเว้นดักแด้ของแมลงบางชนิด เช่น ยุงที่ยังมีการเคลื่อนไหวได้ดี (บางครั้งเรียกว่าไอ้โม่ง) ระยะพักนี้ เรียกว่า "quiescence" ภายในดักแด้จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เช่น ปีก ขา ปาก ฯลฯ เพื่อพร้อมที่จะฟักออกเป็นตัวเต็มวัย เราสามารถแบ่งดักแด้ออกเป็น 3 ประเภทตามรูปร่างลักษณะดังนี้ คือ (ดูภาพที่ 4.8)

1) exarate pupae

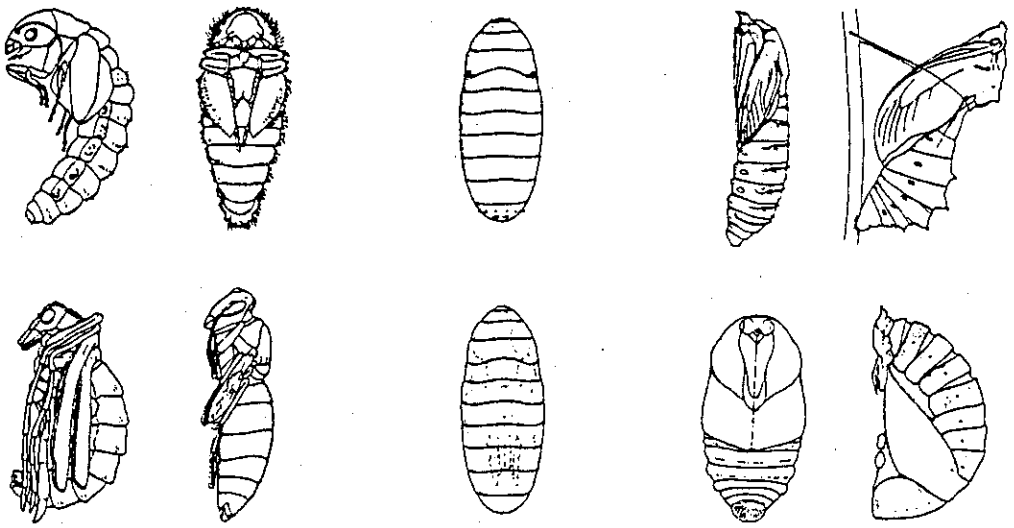
คือ ดักแด้ที่สามารถมองเห็นส่วนปีก ขา ปาก อก และหัวแยกกันอย่างชัดเจน และสามารถที่จะขยับหรือเคลื่อนไหวส่วนเหล่านั้นได้อย่างอิสระเมื่อมีการกระตุ้น ได้แก่ ดักแด้ของด้วง

2) obtect pupae

คือ ดักแด้ที่มีส่วนต่างๆ ติดแน่นอยู่กับลำตัว ไม่สามารถเคลื่อนไหว แต่ละส่วนอย่างเป็นอิสระ ผนังลำตัวของดักแด้จะหนา ได้แก่ ดักแด้ของผีเสื้อ (O. Lepidoptera) แมลงใน F. Chalcidae ส่วนใหญ่ (O. Hymenoptera) และแมลงวัน (O. Diptera) ใน Suborder Nematocera

3) coarctate pupae

คือ ดักแด้แบบ exarate ที่มีปลอกหรือผนังลำตัวหุ้ม (puparium) และมองไม่เห็นส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น ดักแด้ของแมลงวัน ใน Suborder Cycloraphage



ภาพที่ 4.8 แสดงลักษณะของดักแด้แบบต่างๆ (Gullan and Cranston, 1994)

4.4. การเคลื่อนไหวของแมลง (insect locomotion)

แมลงมีการเคลื่อนไหวเป็นที่น่าพิศวงสำหรับมนุษย์ เช่น มดและผึ้งสามารถแบกหรือยกน้ำหนักได้มากกว่าน้ำหนักตัวมันเองถึง 20 เท่า แมลงวันสามารถขยับปีกได้ถึง 1,000 ครั้ง/วินาที แมลงวันทองสามารถบินได้นานกว่า 5 ชม. และด้วงหมัดสามารถกระโดดได้ถึง 20 เท่าของความยาวของลำตัว เป็นต้น เราอาจแบ่งการเคลื่อนไหวของแมลงได้ดังนี้

4.4.1 การกระโดด (jumping)

มักจะเห็นในแมลงพวกตั๊กแตน จิ้งหรีด ด้วงบางชนิด และแมลงในอันดับ Collembola วิธีการกระโดดของแมลงทำได้ 2 วิธี คือ

1) กระโดดโดยใช้แรงดีดของขา

พวกนี้ขาหลังในส่วนที่เรียกว่า "femur" จะขยายใหญ่และกระโดดโดยใช้แรงถีบตัวของขาหลัง ดังแสดงการเคลื่อนไหวในภาพที่ 3.9

2) กระโดดโดยใช้อวัยวะพิเศษ

แมลงในอันดับ Collembola มีสปริงใต้ท้องสำหรับดีดตัวเรียกว่า "furcula" ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวดังแสดงในภาพที่ 4.9 เมื่ออยู่ในระยะพัก furcula จะถูกเก็บอยู่ในที่เก็บปลายสปริงใต้ท้องเรียกว่า "retinaculum" หรือ "tenaculum"

4.4.2 การเดิน (walking)

มักจะเห็นในแมลงที่ไม่ชอบบิน ทั้งๆ ที่บินได้และมักจะชอบเดินหาอาหารตามซากผุพัง หรือกองขยะ เช่น แมลงสาบ ด้วงเสือ เป็นต้น แมลงพวกนี้มี femur เรียวยาวพอๆ กับปล้องขาอื่นๆ

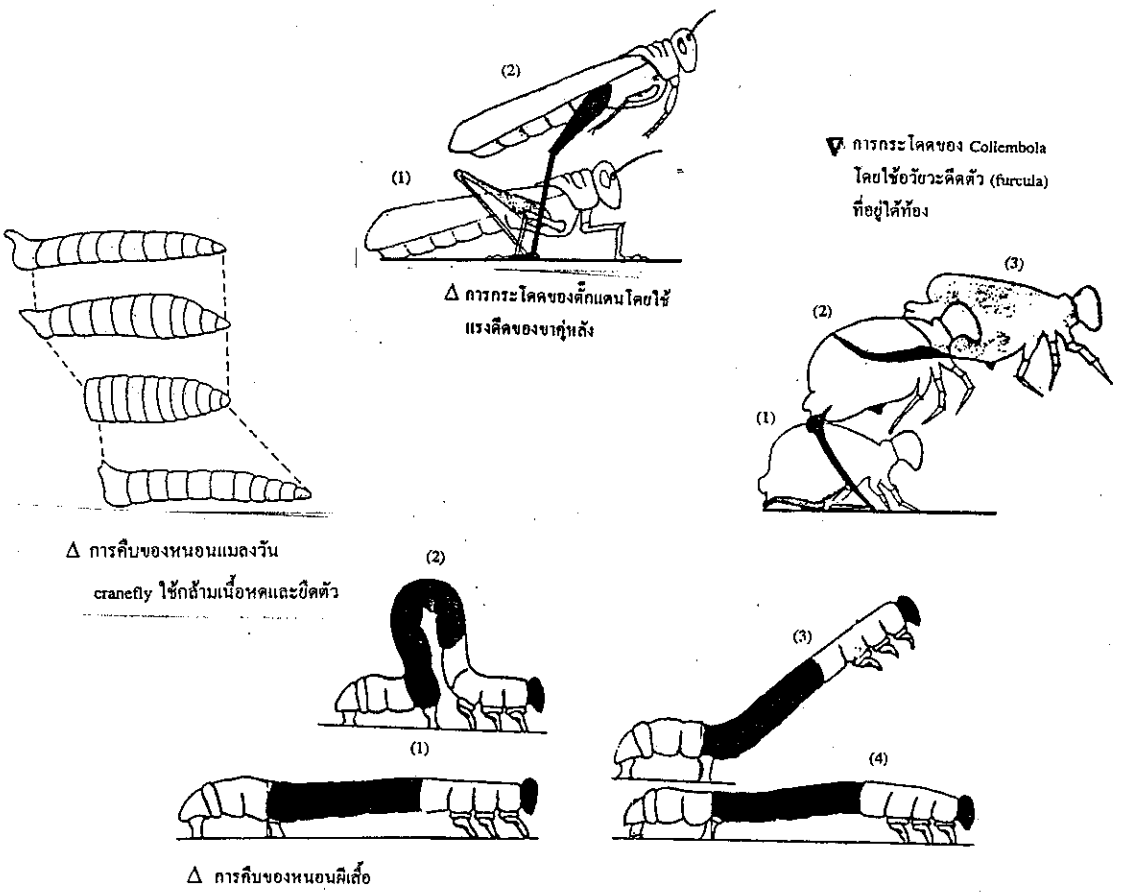
4.4.3 การคืบหรือคลาน (crawling)

พบในตัวอ่อนของหนอนผีเสื้อ การคืบตัวอ่อนจะใช้ขาเทียม (pseudoleg) ที่ท้องก้าวเข้ามาชิดกับขาจริงของอกปล้องที่ 3 (metathoracic leg) ทำให้ลำตัวหนอนโก่งงอขึ้น มีลักษณะคล้ายตัวคว่ำ (U) หรือเครื่องหมาย omega (Ω) จากนั้นกล้ามเนื้อส่วนอกและขาจะหดตัวดึงขาส่วนอกทั้งหมดขึ้น และยืดตัวตรงและทาบตัวไปกับผิววัสดุที่ต้องการเกาะ และขาเทียมก็จะเคลื่อนมาชิดขาจริงอีก เป็นอย่างนี้ต่อๆ ไป พบในหนอน

ศัตรูผักชื่อหนอนคืบกะหล่ำ *(Trichoplusia ni)* (ภาพที่ 4.9) การคืบในตัวอ่อนบางชนิดเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อจากส่วนปลายสุดของท้องเข้ามาและดันให้ปล้องทางด้านหัวยืดออกไป พบในหนอนแมลงวัน (ภาพที่ 4.9)

4.4.4 การบิน (flying)

การบินเป็นการเคลื่อนไหวที่รวดเร็ว ไปได้ไกล และมีความสำคัญสำหรับการแพร่กระจายหรือการระบาดของแมลงศัตรูพืช ปีกแมลงมี 2 คู่จะสามารถกางออก หุบและหมุนได้ แมลงขยับปีกขึ้นลงทั้ง 2 คู่ เพื่อให้เกิดการบิน โดยอาจมีอวัยวะยึดปีกคู่หน้าและคู่หลังให้ติดกัน เพื่อขยับไปในอากาศได้พร้อมๆ กัน เช่น ปีกผีเสื้อ หรืออาจจะขยับหรือกระพือปีกสลับกัน เช่น แมลงปอ (ภาพที่ 4.9) หรืออาจจะมีปีกคู่หน้าที่กางออกในระดับที่ไม่ต้านกับอากาศเพื่อพยุงตัวไว้ แล้วกระพือปีกหลังเพียงคู่เดียว เรียกว่า "การร่อน" (planing) เช่น การร่อน (การบิน) ของด้วง เป็นต้น



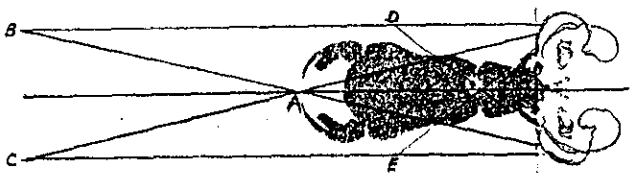
ภาพที่ 4.9 แสดงการเคลื่อนไหวแบบต่างๆ ของแมลง

4.5. การรับสัมผัส (sense reception)

การรับสัมผัสของแมลงเริ่มด้วยมีพลังงานกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อมภายนอก (stimuli) มากระทบกับประสาทการรับ receptors ของแมลง แมลงมีการรับรู้หลายอย่าง เช่น การเห็น การรับแสง การรับความสั่นสะเทือนของแรงลม รับรสและกลิ่นสารเคมี ฯลฯ เราสามารถแบ่งการรับสัมผัสของแมลงได้ดังนี้

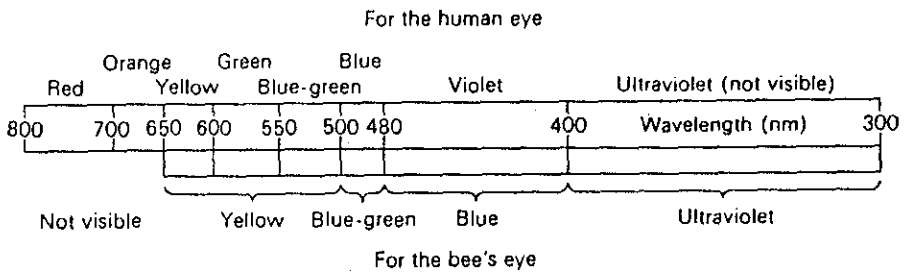
4.5.1 การเห็น (visualization หรือ photoreception)

แมลงเห็นภาพโดยใช้ตารวม (compound eyes) ซึ่งเป็นตาประกอบที่เกิดจากตารับภาพเล็กๆ มารวมกัน ภาพเหล่านั้นจะมาต่อกันเป็นภาพรวมแต่ไม่ชัดเจนเหมือนการมองเห็นของตามนุษย์ อย่างไรก็ดีแมลงสามารถรับภาพความเคลื่อนไหวได้แม่นยำ และสามารถรับภาพได้ ในระยะประมาณ 1 ม. จากการศึกษาการมองเห็นของตัวอ่อนแมลงปอ ซึ่งจับเหยื่อในน้ำ โดยยื่นส่วนของปากที่เรียกว่า "labium" ไปตวัดเหยื่อได้อย่างแม่นยำ (ภาพที่ 3.10) พบว่าภาพของเหยื่อที่จะจับอยู่ตรงจุดตัด (จุด A) ของแกนการมองเห็นจากตาทั้งสองข้าง (เส้น B และ C)



ภาพที่ 4.10 แสดงการมองเห็นภาพของตัวอ่อนแมลงปอ
(Baldus, 1926 อ้างถึงใน Romoser and Stoffolano, 1994)

การรับภาพสีของแมลงต่างจากมนุษย์ โดยที่แมลงสามารถรับช่วงแสงที่เป็นสีได้แคบกว่ามนุษย์ เช่น ตาของผึ้งไม่สามารถรับแสงสีแดง (700 – 800 นาโนเมตร) เรียกว่า "บอดสีแดง" แต่สามารถรับและมองเห็นช่วงแสงอุลตราไวโอเลต (300 – 400 นาโนเมตร) ซึ่งมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ (ภาพที่ 4.11)



ภาพที่ 4.11 แสดงช่วงแสงที่ผึ้งมองเห็นเปรียบเทียบกับมนุษย์ (Romoser and Stoffolano, 1994)

สำหรับตาเดี่ยวของแมลงนั้น พบว่าตาเดี่ยวที่บนหัว (dorsal ocelli) มีหน้าที่รับภาพ (image) เช่นเดียวกับตารวม แมลงจะมีตาเดี่ยวอีกตำแหน่งหนึ่งอยู่ด้านข้างของหัว (lateral ocelli) ประกอบด้วยประสาทรับความสว่างและความมืดของแสง หาก lateral ocelli ไม่รับแสงแล้ว แมลงไม่สามารถมองเห็นภาพที่เกิดจาก compound eye ได้ lateral ocelli จึงเปรียบเสมือนแสงไฟที่ใช้ในการถ่ายภาพ

4.5.2 การรับแรงสะเทือน (vibration หรือ mechanoreception)

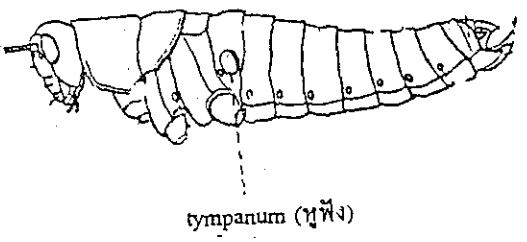
แมลงรับแรงสะเทือนของลม หรือแรงสะท้อนกลับจากการใช้ขาหรือหัวเคาะวัสดุได้โดยใช้ขน ซึ่งมีอยู่รอบๆ ลำตัว หรือที่ขาหรือที่หนวด แมลงบางชนิด เช่น ด้วงน้ำ อาศัยเดินบนพื้นน้ำ และสามารถรับแรงสะเมือนของน้ำได้โดยใช้ขนที่ปลายขา เป็นต้น ตัวต่อบางชนิดสร้างรังโดยใช้โคลนปั้นเป็นรังกลวง และใช้หนวดข้างหนึ่งกวาดอยู่ด้านใน และหนวดอีกข้างหนึ่งกวาดตามผิวโคลนอยู่ด้านนอก ทั้งนี้เพื่อรับสัมผัสความหนาและความแข็งแรงของโคลนที่ปากได้คายออกมาเพื่อปั้นรัง

4.5.3 การรับเสียง (sound reception)

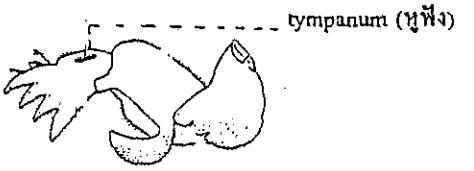
แมลงรับเสียงโดยใช้อวัยวะรับเสียงหรือหูฟัง (tympanum organ) ซึ่งมีลักษณะและที่ตั้งแตกต่างกันไปในแมลงแต่ละชนิด เช่น จิ้งหรีด มีอวัยวะรับเสียงอยู่ที่ tibia ของขาคู่หน้า ตั๊กแตนมีอวัยวะรับเสียงอยู่ที่ข้างลำตัว ส่วนยุงเพศผู้มีอวัยวะรับเสียงเรียก "Johnston's organ" อยู่ที่ฐานหนวดปล้องที่ 2 (ภาพที่ 4.12) ยุงชนิด *Aedes aegypti* สามารถรับเสียงที่ความถี่สูงถึง 150 – 550 Hz.

4.5.4 การรับกลิ่นและรส (chemoreception)

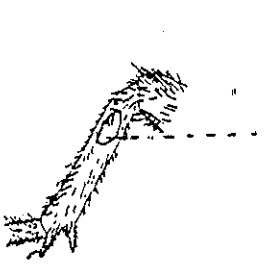
แมลงจำกลิ่นสารเคมีของพืชอาหารหรือพืชที่วางไข่ได้ สารเคมีนั้นอาจเป็นสารประกอบชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมตัวกัน และแมลงจะแสดงปฏิกิริยาตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น (stimuli) นั้นๆ แมลงรับกลิ่นและรสโดยใช้หนวดหรือเคาะปลายขา หรือใช้ปากลิ้มรสโดยตรงก็ได้ นอกจากนี้แมลงสามารถรับกลิ่นและรสโดยใช้ขนบนหนวดอีกด้วย การรับสัมผัสทางเคมีนี้ส่วนใหญ่จะใช้ขน (sensilia) บนส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น แมลงวันจะมีขนที่ปลายปาก (labella) เพื่อตรวจสอบความหวานของอาหาร ผึ้งมีขนที่ส่วนของ maxilla และ labium ที่ทำหน้าที่นี้เป็นต้น การรับรู้ทางเคมีมี 2 ประเภท คือ olfactory คือรับรู้จากระยะไกล และ contact คือรับรู้จากการสัมผัส (ภาพที่ 4.13) olfactory sensilia ของผีเสื้อไหม *(Bombyx mori)* เพศผู้มีความไวรู้สึกต่อสารเพศ ชื่อ bombykol ซึ่งเพศเมียผลิตออกมาโดยเพศผู้สามารถรับรู้สาร bombykol ที่ความเข้มข้นเพียง 100 โมเลกุลต่อ 1 cc ของอากาศนอกจากนี้ contact sensilia มักพบในพวกแมลงวัน



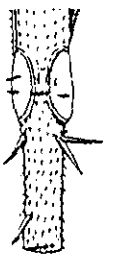
ตั๊กแตนหนวดสั้น



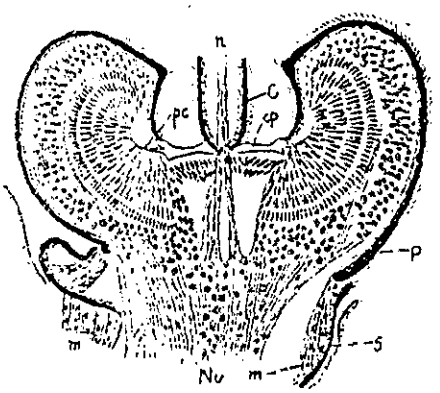
ขาคู่หน้าของแมลงกระชอน



ขาคู่หน้าของจิ้งหรีด



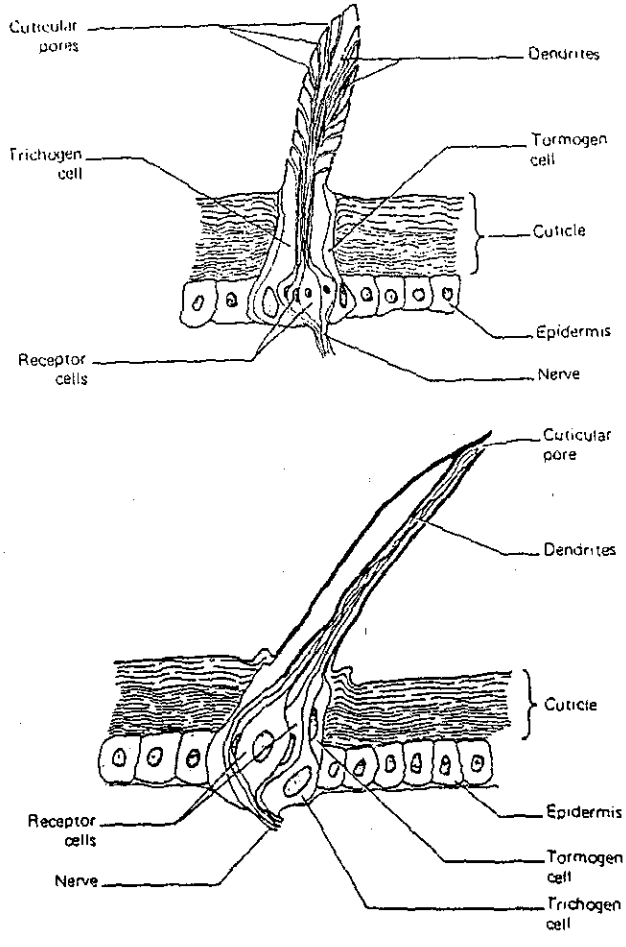
ขาคู่หน้าของตั๊กแตนหนวดยาว



อวัยวะรับเสียงชื่อ Johnston's organ ในยุงเพศผู้อยู่ที่ฐานของหนวดปล้องที่ 2 (pedicel)

s = scape	p = pedicel	c = base of clova
cp = conjunctival plate	Nv = nerve	pc = process
m = amtennal muscle		

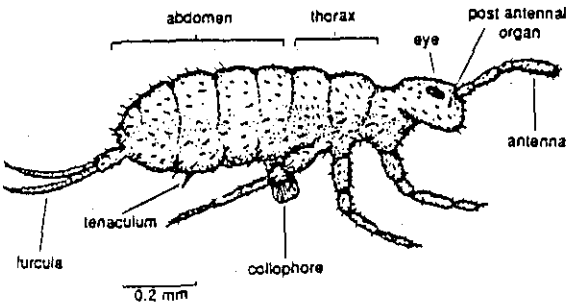
ภาพที่ 4.12 แสดงอวัยวะรับเสียง (หูฟัง) แบบต่างๆ ของแมลง (Imms, 1970)



ภาพที่ 4.13 แสดงขนรับความรู้สึกทางเคมีแบบ olfactory และแบบ contact (Romoser and Stoffolano, 1994)

4.5.5 การรับความชื้น (hygroreception)

แมลงใน O. Collembola สามารถรับความชื้นจากผิวดินหรือในดิน โดยใช้อวัยวะรับความชื้นโดยเฉพาะเป็นตุ่มยื่นออกมาใต้ท้องปล้องที่ 3 เรียกว่า "collophore" (ภาพที่ 4.14) ส่วนเหาคน (*Pediculus humanus*) มีขนที่หนวดเป็นกลุ่มหนาใช้รับสัมผัสความชื้นบนผิวหนังของคน ในขณะที่ยุงรับความชื้นจากผิวหนังของเหยื่อโดยใช้ขนบนหนวดและบน maxillary palpi



ภาพที่ 4.14 แสดงอวัยวะรับความชื้น (collophore) ของแมลงหางดีด (O. Collembola) (Williams and Feltmate, 1992)

4.5.6 การรับอุณหภูมิ (thermoreception)

แมลงมีความรู้สึกไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดีมาก พบว่าขนที่ใช้รับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมินี้อยู่ที่ปล้องหนวด tarsi และ maxillary palpi ผึ้งสามารถรู้สึกได้เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปเพียง 2 °C ในขณะที่เรือด (bed bug) *(Rhodinus prolixus)* ซึ่งเป็น ectoparasite ของคนสามารถรับความรู้สึกของความอบอุ่นของตัวคนเพื่อมาเกาะและดูดเลือด แมลงทุกชนิดจะหนีจากอุณหภูมิสูง แต่ในเขตหนาวมวนบางชนิดหันหลังเพื่อรับความอบอุ่นจากแสงในยามที่อากาศหนาว เนื่องจากด้านหลังของลำตัวมีพื้นที่กว้างที่สุดที่จะรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำให้ตัวอุ่นขึ้นได้

4.6 การทำเสียง (sound production)

แมลงสามารถส่งสัญญาณให้พวกเดียวกันรับรู้โดยการทำเสียงได้หลายวิธี (ภาพที่ 4.15) คือ

4.6.1 ใช้อวัยวะต่าง ๆ หรือใช้ปีกกระพือบิน

เช่น ขา หัว เคาะกับวัสดุ เช่น ปลวก หรือใช้ปีกกระพือบินที่ความถี่สูง ความถี่ของการกระพือบิน (wing beats) ของแมลงแต่ละ species จะแตกต่างกัน และพวกเดียวกันจะจำกันได้ เช่น แมลงวันบ้านมีความถี่ของการกระพือปีก 190 – 330 ครั้ง/วินาที แมลงปอบ้าน 20 ครั้ง/วินาที ผึ้ง 190 – 250 ครั้ง/วินาที แมลงภู่ 130 – 240 ครั้ง/วินาที ยุงก้นปล่อง *(Aedes spp.)* 587 ครั้ง/วินาที และยุงบ้าน *(Culex spp.)* 278 – 308 ครั้ง/วินาที เป็นต้น ความถี่ของการกระพือปีกของแมลงแต่ละชนิดได้แสดงไว้ในตารางที่ 13

4.6.2 ใช้ปีกสีกัน

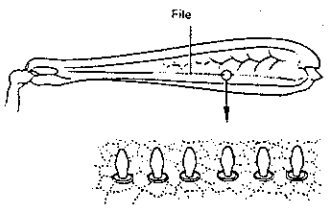
มักจะพบในแมลงที่ทำเสียงแหลม ซึ่งเกิดขึ้นจากการใช้ปีกคู่หน้าที่มีอวัยวะทำเสียงคล้ายตะไบ เรียกว่า "file" และ "scrapers" สีกันด้วยความเร็วสูง เช่น การทำเสียงของจิ้งหรีดและตั๊กแตนหนวดยาว

4.6.3 ใช้ปีกสีกับขา

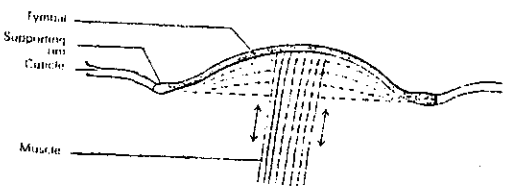
มักจะพบในพวกตั๊กแตนหนวดสั้น ซึ่งจะมีขอบปีกเป็นลักษณะคล้ายตะไบ (scraper) ถูกับส่วนของขา ที่เป็นตุ่มเล็กๆ เรียกว่า "peg" (แถวของ peg เรียกว่า file) ทำให้เกิดเสียง ขบวนการเกิดหรือทำเสียงโดยการใช้ปีกสีกันหรือกรีดกัน ข้อ 4.6.2 หรือใช้ปีกกรีดไปมากับขา ข้อ 4.6.3 เรียกว่า "stridulation"

4.6.4 ใช้อวัยวะทำเสียง

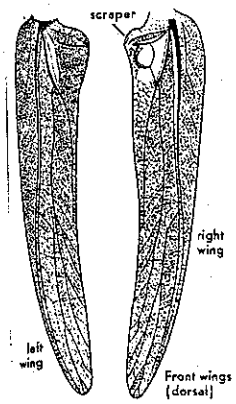
จักจั่น มีอวัยวะทำเสียงโดยเฉพาะเรียกว่า "tymbal" อยู่ที่ส่วนของท้องปล้องแรก และทำเสียงโดยยืดหดกล้ามเนื้อให้ลมผ่านเข้าไปใน tymbal แล้วเกิดเสียง

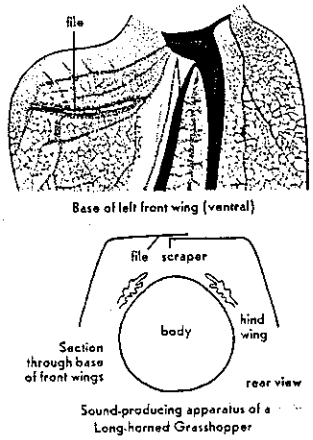


ลักษณะของ peg ในตั๊กแตนหนวดสั้น (F. Acrididae)



tymbal ของจักจั่น (F. Cicadidae)





file บนขอบปีกของตั๊กแตนหนวดยาว (F. Tettigoniidae)

ภาพที่ 4.15 แสดงอวัยวะทำเสียงแบบต่างๆ ของแมลง (Borror and White, 1970; Imes, 1970)

4.7. การดึงดูดเพศตรงกันข้ามและการผสมพันธุ์ (sex attraction and mating)

แมลงมีวิธีการต่างๆ ในการดึงดูดเพศตรงข้ามเพื่อทำการผสมพันธุ์ เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก และเป็นที่น่าพิศวงที่แมลงสามารถดึงดูดเฉพาะชนิด (species) ของตนเองเท่านั้น และจำกันได้โดยไม่ผิดชนิด

4.7.1 การใช้เสียง (sound production)

จิ้งหรีดหรือจักจั่นแต่ละ species จะส่งเสียงกรีดร้องเรียกเพศตรงข้ามโดยใช้ความถี่ไม่เหมือนกัน และแต่ละ species จะจำเสียงของชนิดของตนได้

4.7.2 การใช้สารล่อทางเพศหรือกลิ่นเพศ (sex pheromone)

แมลงแต่ละชนิดจะมีสารล่อทางเพศ หรือกลิ่นเพศที่แตกต่างกัน เป็นกลิ่นเฉพาะเจาะจงดึงดูด species เดียวกัน บางชนิดพบในเพศผู้ บางชนิดพบในเพศเมีย ปัจจุบันนี้มีการค้นคว้าและวิจัยในเรื่องนี้มาก และได้นำมาประยุกต์ใช้เป็นประโยชน์ในการล่อแมลงศัตรูพืชเข้ามาในกับดักและทำลาย เป็นการป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ได้ผลดี และปลอดภัยต่อผู้ใช้วิธีหนึ่ง หรือใช้ในการสำรวจปริมาณของแมลงชนิดนั้นๆ ในไร่เกษตรกร เป็นต้น (ภาพที่ 4.16)

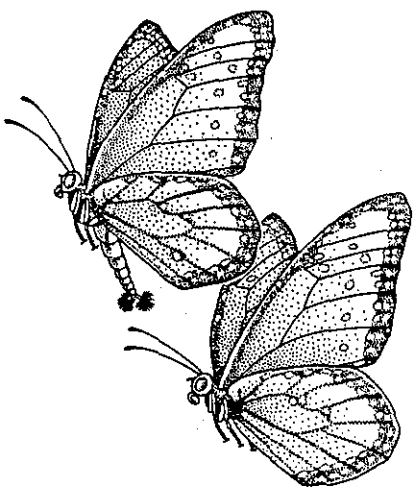
4.7.3 การให้ของขวัญ (presenting)

แมลงเพศเมียบางชนิด เช่น *Hylobitacus apicalis*, *Harpobitacus spp.* และ *Panorpa spp.* (O. Mecoptera) มีพฤติกรรมกินเพศผู้หลังการผสมพันธุ์ (nuptial feeding) ดังนั้น เพศผู้จึงหลีกเลี่ยงการถูกกัดกินโดยหาเหยื่อ เช่น หนอนผีเสื้อ แมลงวัน ตั๊กแตน ฯลฯ มาเป็นของขวัญล่อให้เพศเมียกินก่อนการเข้าผสมพันธุ์ ในขบวนการนี้เพศเมียจะตรวจดูของขวัญก่อนว่าถูกใจหรือไม่ ถ้าถูกใจก็จะเกาะกินเหยื่อทันที เพศผู้จึงค่อยๆ เอาปลายเล็บเท้าเกี่ยวเหยื่อให้ห้อยลงมา เพศเมียก็จะห้อยหัวลงมากินตามเหยื่อนั้นๆ เพศผู้ก็จะใช้เท้าที่เหลือโหนกิ่งไม้ แล้วหย่อนปล้องท้องซึ่งปลายสุดมีอวัยวะสืบพันธุ์ เข้าผสมพันธุ์กับเพศเมีย โดยขณะผสมพันธุ์นั้น เพศเมียจะให้ความสนใจทั้งหมดอยู่ที่การกินเหยื่อ ลักษณะการผสมพันธุ์ดังกล่าวทำให้ดูเหมือนมีแมลงเกาะห้อยลงมาเป็นแถวจึงเรียกแมลงกลุ่มนี้ว่า "hanging flies" (ภาพที่ 4.17)

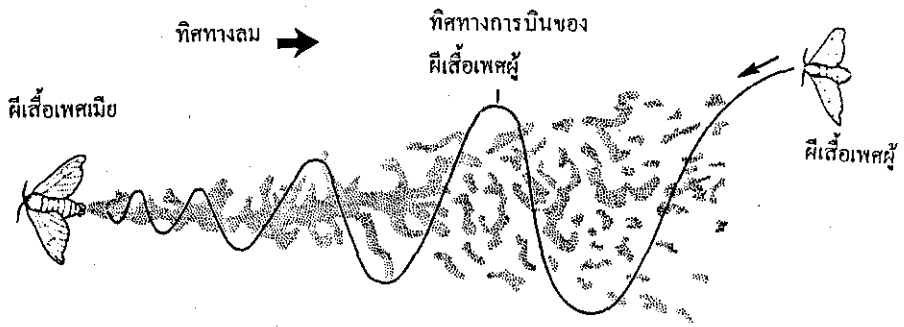
4.7.4 การผสมพันธุ์ (mating)

การผสมพันธุ์ของแมลง หมายถึง การถ่ายสเปอร์มจากเพศผู้มาสู่เพศเมีย ซึ่งจะมีไข่อยู่ในรังไข่ นอกจากข้อ 4.7.3 แล้ว ตัวอย่างที่แปลกมากในเรื่องการผสมพันธุ์คือแมลงปอ แมลงปอเพศผู้จะมีรูออกของสเปอร์มอยู่ใต้ท้องปล้องที่ 2 ดังนั้นเมื่อจะผสมพันธุ์เพศผู้จะพยายามใช้ส่วนของ cerci จับคอของเพศเมียไว้ และอาจหาที่เกาะยึดหรืออาจบินไปด้วยกัน เมื่อเพศเมียพร้อมที่จะผสมพันธุ์ก็จะงอส่วนปลายสุดของท้องซึ่งมีรูเปิดเพื่อรับสเปอร์ม มาติดกับใต้ท้องปล้องที่ 2 ของเพศผู้เพื่อรับสเปอร์ม ลักษณะการผสมพันธุ์ดังกล่าวดูเป็นลักษณะบ่วงและมีแมลงปอ 2 ตัวติดกัน (ภาพที่ 4.17)

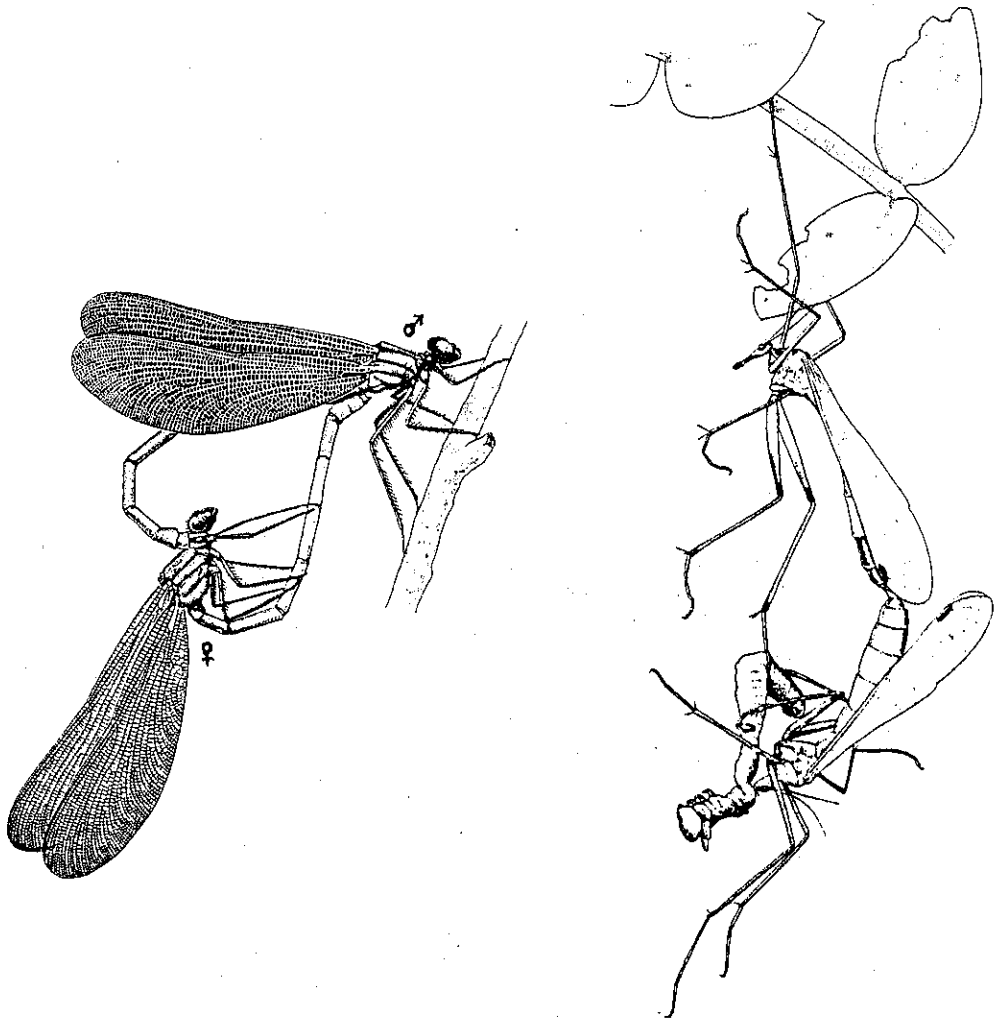
มีแมลงอีกหลายชนิดที่สามารถให้กำเนิดไข่ หรือมีลูกได้โดยไม่ต้องผสมพันธุ์ เช่น เพลี้ยอ่อน และมีแมลงอีกหลายชนิดที่ออกลูกเป็นตัว เช่น เหาหนังสือ (O. Psocoptera) แมลงปีกบิด (O. Strepsiptera) แมลงบัว (O. Diptera: F. Cecidomyidae) และแมลงวัน tsetse fly (O. Diptera : F. Glossiniidae)



ผีเสื้อ *Danaus gilippus* เพศผู้กำลังปล่อยสารล่อเพศเมียออกมาทางอวัยวะปลายสุดของท้องที่เรียกว่า hairpencils



ภาพที่ 4.16 แสดงการทำงานของกลิ่นเพศของแมลง (Gullan and Cranston, 1994)



ภาพที่ 4.17 แมลงในกลุ่ม hangingflies (O. Mecoptera) เพศเมียกำลังกินเหยื่อที่เพศผู้หามาให้เป็นของขวัญ ในขณะที่เพศผู้เข้าผสมพันธุ์และลักษณะการผสมพันธุ์ของแมลงปอ (Gullan and Cranston, 1994)

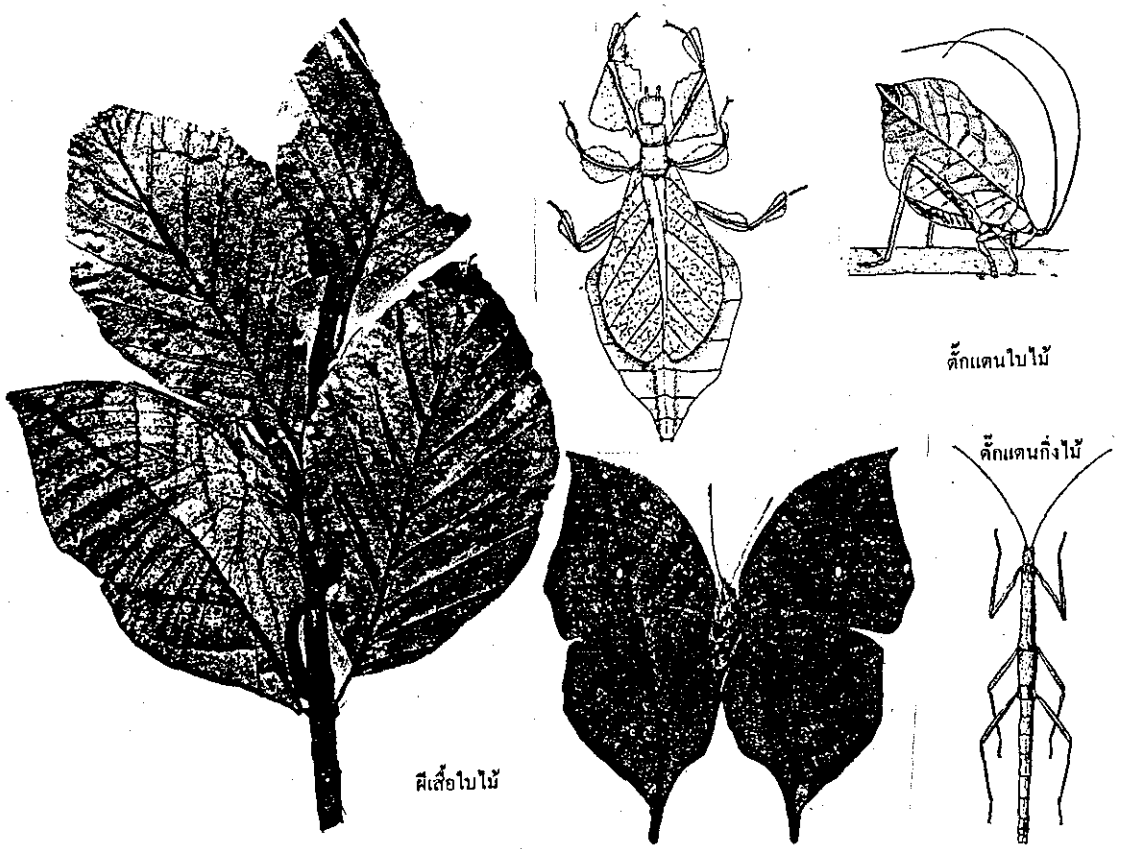
4.8 การป้องกันตัว (self defense)

4.8.1 การปลอมตัว (mimicry)

การปลอมตัวหรือเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เป็นกลไกของการป้องกันตัว (defense mechanism) ของแมลงให้รอดพ้นจากการมองเห็นของศัตรูหรืออันตรายที่จะเกิดขึ้นจากศัตรู ซึ่งแมลงจะปรับแปลงลักษณะบางประการของรูปตัวเองโดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

1) ให้มีลักษณะกลมกลืนกับธรรมชาติ

ตั๊กแตนใบไม้ F. Acrididae มีปีกเหมือนใบไม้หรือมีลักษณะลำตัวเหมือนกิ่งไม้ พบในตั๊กแตนกิ่งไม้ (F. Phasmatidae) คือ ลำตัวเรียวยาว สีน้ำตาล มีขาแยกไปเหมือนแขนงกิ่งไม้ ปีกจะสูไปตามตัวจนมองไม่เห็น หรือลดปีกเหลือเป็นแผ่นปีกเล็กๆ หรือผีเสื้อใบไม้ *(Kallima sp. และ Doleschallia sp.)* ขณะพักตัวมีลักษณะเหมือนใบไม้แห้งทุกประการ (ภาพที่ 4.18)

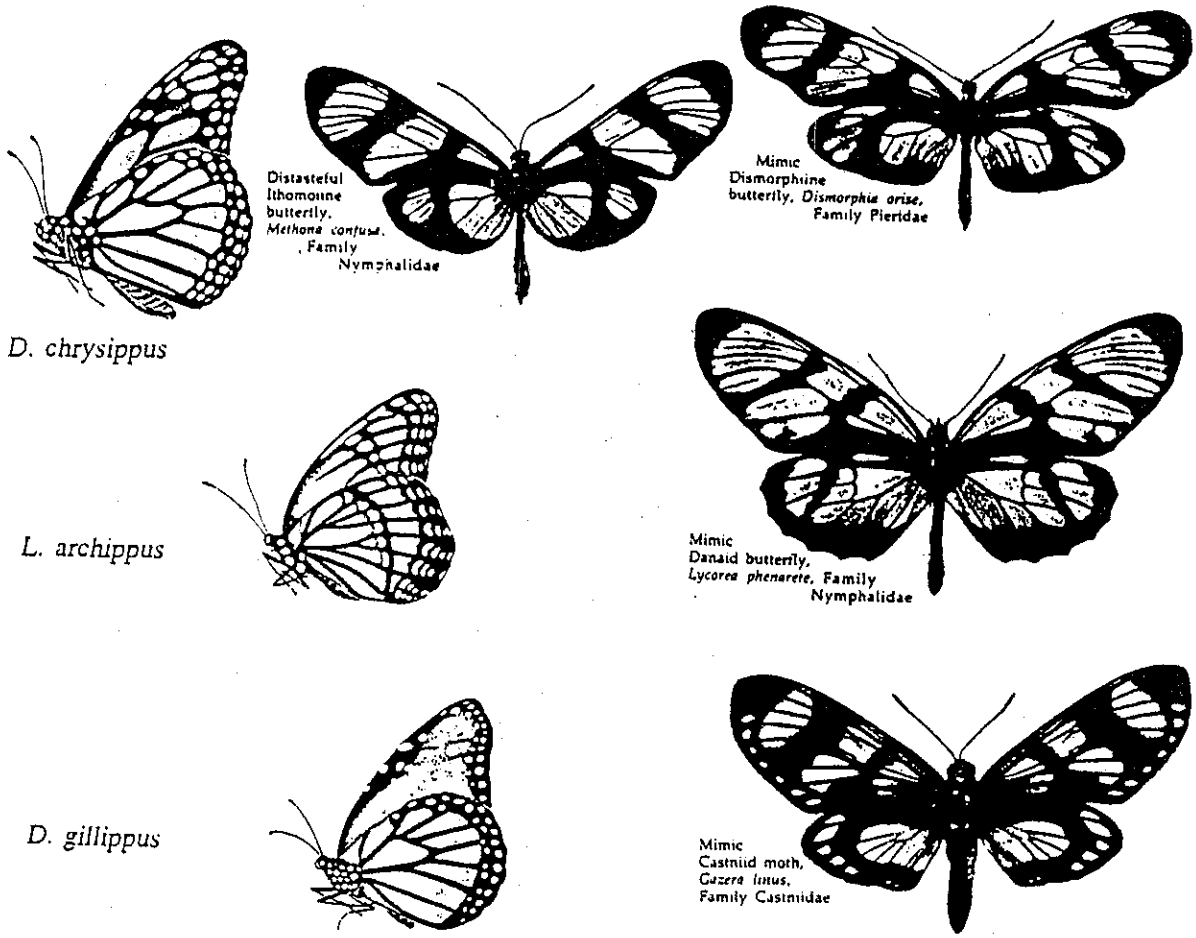


ภาพที่ 4.18 การปลอมตัว (mimicry) ของแมลงให้กลมกลืนกับธรรมชาติ

2) ลอกเลียนแบบให้มีลักษณะเหมือนแมลงชนิดที่มีพิษต่อศัตรู

พบในผีเสื้อ หรือพวกมดและด้วงบางชนิด ตัวอย่างเช่น ผีเสื้อหนอนใบรัก *Danaus chrysippus* กินใบรักซึ่งมียางและทำให้ตัวเต็มวัยของมันมีพิษ ศัตรูของผีเสื้อหนอนใบรักเป็นพวกแมลงเบียนหรือตัวห้ำ เช่น นก หรือสัตว์เลื้อยคลานอื่น ๆ ก็จะไม่ค่อยชอบกินผีเสื้อหนอนใบรัก จึงมีผีเสื้ออีก 2 - 3 ชนิด ที่มีลวดลายเลียนแบบผีเสื้อหนอนใบรักเพื่อป้องกันตนเองให้รอดพ้นจากการกินของตัวห้ำและตัวเบียน เช่น ผีเสื้อเพศเมียของผีเสื้อปีกไข่เมียเลียน *(Hypolimas misipus)* ผีเสื้อ Viceroy *(Limenitis archippus)* (พบในต่างประเทศ) ผีเสื้อ Queen *(D. gillippus)* (พบในต่างประเทศ) (ภาพที่ 4.19)

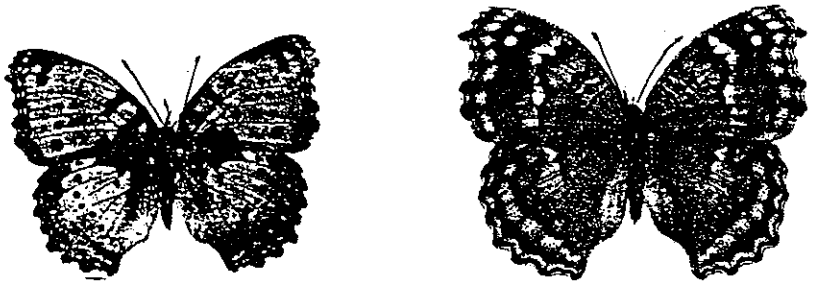
ตัวอย่างอีกชนิดหนึ่งคือ ผีเสื้อที่มีรสและกลิ่นไม่พึงปรารถนาของศัตรูพืชชื่อผีเสื้อ Ithomoiine *(Methoma confusa)* (F. Nymphalidae) มีผีเสื้อชนิดอื่นๆ ที่มีลายเลียนแบบ คือ ผีเสื้อ *Dismorphia orise* (F. Pieridae), *Lycorcea phenarete* (F. Nymphalidae) และ *Gazera linus* (F. Castniidae)



ภาพที่ 4.19 การปลอมตัว (mimicry) ของแมลงให้เหมือนกับชนิดที่มีพิษต่อศัตรู

3) การเปลี่ยนสีและรูปร่างตามฤดูกาลเพื่อไม่ให้ศัตรูจำได้

แมลงบางชนิด (ส่วนใหญ่พบในผีเสื้อ) สามารถเปลี่ยนลวดลาย สี และ ขนาดของปีกตามฤดูกาลเพื่อไม่ให้ศัตรูจำได้ เช่น ผีเสื้อซื่อ pansy butterfly *(Precies octavia)* เมื่อถึงฤดูแล้ง จะมีขนาดเล็กลง ปีกมีสีน้ำตาลอมส้ม มีจุดบนปีกสีเดียวกันคือ น้ำตาลดำ แต่พอถึงฤดูฝนจะเปลี่ยนเป็นมีขนาดใหญ่ขึ้นลวดลายบนปีก จะต่างจากฤดูแล้งพื้นปีกสีน้ำตาล และสีฟ้า ขอบปีกสีแดง และมีลายขอบปีกเป็นสีฟ้าเข้ม เป็นต้น (ภาพที่ 4.20)



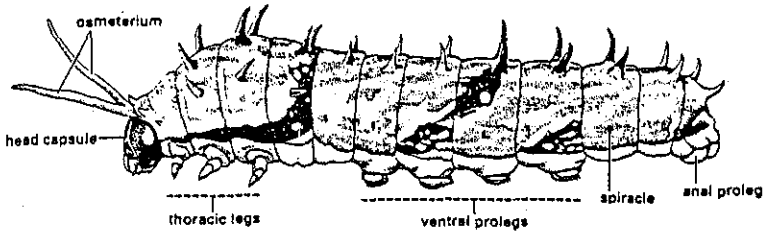
หน้าแล้ง หน้าฝน

ภาพที่ 4.20 การเปลี่ยนสีและรูปร่างของผีเสื้อ *Precis octavia* ตามฤดูกาลเพื่อไม่ให้ศัตรูจำได้ (Whalley, 1988)

4.8.2 การทำให้ศัตรูตกใจกลัว (frightening mechanism หรือ startle display)

แมลงอาจป้องกันตัวเอง โดยทำให้ศัตรูตกใจกลัวเมื่อเข้ามาใกล้ อาจโดยขยับตัวทำให้ศัตรูมองเห็นปีกที่เป็นลวดลายน่าเกรงขาม เช่น ผีเสื้อหัวกะโหลก (eye hawk mothe, F. Sphingidae) ชื่อ *Smerinthus ocellatus* เมื่ออยู่ในท่าพักปกติจะซ่อนปีกคู่หลังไว้ใต้ปีกคู่แรก ปีกคู่แรกจะมีสีน้ำตาล และปีกคู่หลังจะมีลวดลายเป็นวงกลมขนาดใหญ่เป็นสีดำ มีจุดสีน้ำเงินตรงกลาง ปีกละ 1 วง เหมือนลูกตาของสัตว์ร้าย เมื่อผีเสื้อชนิดนี้ตกใจจะเปิดปีกคู่แรกออกให้เห็นดวงตา และเมื่อขยับปีกจะดูเหมือนการกระพริบหรือปิดและเปิดตา ทำให้ศัตรูตกใจกลัวและหนีไป (ภาพที่ 4.21)

หนอนบางชนิด เช่น หนอนผีเสื้อหนอนมะนาว *(Papilio demoleus)* หรือ *P. aegeus* เมื่อตกใจจะส่งอวัยวะเป็นท่อ 2 อัน ที่ซ่อนอยู่ใต้คอชูขึ้นเหนือหัวทำให้ศัตรูตกใจ เรียกอวัยวะนี้ว่า "osmeterium" และท่อดังกล่าวจะมีรูเปิดของต่อมกลิ่นฉุนรุนแรงที่ศัตรูจะทนไม่ได้ และหนีไป (ภาพที่ 4.21)



หนอนผีเสื้อ *Papilio aegeus* จะป้องกันตัวเองโดยส่งอวัยวะ osmeterium ออกมาจากด้านหลังของหัวเพื่อปล่อยกลิ่นฉุนไล่ศัตรู

ผีเสื้อ eyed hawk moth (*Smerinthus ocellatus*) จะขยับปีกหน้าขึ้นลง ให้เห็นลายปีกหลังเหมือนดวงตาสัตว์ทำให้ดูน่ากลัวเพื่อไล่ศัตรู

ภาพที่ 4.21 แสดงการทำให้ศัตรูตกใจกลัว (startle display) ของผีเสื้อบางชนิด

4.8.3 การต่อสู้ด้วยกำลังและสารเคมี

นอกจากหนอนผีเสื้อสัมที่กล่าวถึงในข้อ 4.8.2 แล้ว เรื่องการต่อสู้ศัตรูที่มีการศึกษามาก คือ การต่อสู้และป้องกันตัวของปลวก ปกติแล้วปลวกทหารจะต่อสู้ศัตรูโดยใช้ฟันกรามขนาดใหญ่กัดศัตรู แต่ในปลวกบางชนิดปลวกงานจะต่อสู้รุนแรงกว่าปลวกทหาร เช่น ปลวกงานของ *Microtermes spp.*, *Alyscotermes kilimandjaricus*, *Astalotermes quietus* และ *Ruptitermes spp.* เมื่อสู้กับมดปลายปล้องท้องของปลวกงานจะเปิดถ่ายของเหลว 1 – 2 หยดออกมาท่วมมด (Pearce, 1997)

kilimandjaricus, *Astalotermes quietus* และ *Ruptitermes spp.* เมื่อสู้กับมดปลายปล้องท้องของปลวกงานจะเปิดถ่ายของเหลว 1 – 2 หยดออกมาห่วมมด (Pearce, 1997)

ในการป้องกันตัวจากการทำลายของเชื้อราหรือแบคทีเรีย พบว่าปลวกงานสามารถสร้างของเหลวออกมาจากต่อมใต้ cuticle มีคุณสมบัติในการยับยั้ง หรือทำลายเชื้อรา หรือใช้น้ำลายที่มีสารเหล่านี้ผสมกับดิน สร้างที่ปลูกเชื้อราเฉพาะชนิดเอาไว้กินเป็นอาหารและจะระงับการเจริญเติบโตของเชื้อราปลอมปนชนิดอื่น ๆ และนอกจากนี้ ปลวกงานยังขนย้ายปลวกที่ตายแล้ว แยกออกไปไว้ในอุโมงค์ เฉพาะแยกจากอุโมงค์ของรังเพื่อป้องกันการติดเชื้อโรค

ปลวก *Trinervitemes* ที่อยู่ในรูปมีปีก (alate form) จะแสร้งทำเป็นตายเพื่อที่ตัวห้ำจะได้ไม่เลือกเป็นเหยื่อ หรือปลวกงานจะช่วยกันแบกหามราชินีไปไว้ในอุโมงค์ใดอุโมงค์หนึ่งเพื่อหลบซ่อนศัตรูผู้บุกรุก

การใช้สารเคมีพบมากในปลวกทหาร เช่น พวกปลวกทหารใหญ่ (major soldiers) จะมีต่อมเรียกว่า cephalic gland ที่หัวเปิดออกที่ฟันกราม และ frontal gland เปิดออกที่ frontanelle ที่บนหัวให้สารเหนียวข้นสีขาว เป็นพวก mucopolysaccharides และ benzoquinone เพื่อไล่ศัตรู

ปลวกงานพวก *Nasutermes princesp* ทำหน้าที่ร่วมกับปลวกทหาร โดยหัวปลวกพวกนี้จะยืดยาวออกไป (ภาพที่ 4.23) มีรูเปิดที่ปลายเหมือนปลายกระบอกปืนเพื่อยิงสารเคมีออกจากหัวไปที่ศัตรู และสามารถยิงได้หลายครั้งติดต่อกัน สารเคมีดังกล่าวเป็นสารพวก terpenes, monoterpenes, sesquiterpenes, camphene และ limonenes และ α-pinenes เมื่อถูกกับอากาศจะแข็งตัวเป็นสายยาว สารเคมีต่อสู้ศัตรูในปลวกพวก Sub-family Termitinae มีมากมายหลายชนิด มีคุณสมบัติเป็นกาวเหนียวยึดศัตรู, เป็นน้ำมัน, เป็นสารทำให้ระคายเคือง และยังเป็นสารเตือนภัย (alarm pheromone) ให้สมาชิกของรังได้ทราบ รายละเอียดของสารเคมีกลุ่มนี้แสดงไว้ในตารางที่ 16 (Pearce, 1997)

ตารางที่ 16 สารเคมีต่อสู้ศัตรูที่ผลิตโดยปลวกบางชนิด (ปรับปรุงจาก Pearce, 1997)

Family / Subfamily	**กลไกการต่อสู้ของปลวกทหาร**
Mastotermitidae	ฟันกราม สารระคายเคืองจากต่อมน้ำลาย (quinone)
Rhinotermitidae	ฟันกราม สารไล่และสารพิษจาก frontal gland ออกที่รูเปิด frontanelle
Coptotermitinae	กาวเหนียว mucopolysaccharides จากรูเปิด frontanelle
Heterotermitinae	terpenes
Prorhinotermitinae	สารพิษถูกตัวศัตรู (contact poison)
Rhinotermitinae	
Termitidae	ฟันกราม และสารเคมีหลายชนิด
Macrotermitinae	ฟันกราม และสาร corrosive oils และ quinones ในน้ำลาย
Nasutitermitinae	หัวยื่นเป็นปืนยิงสารพิษเป็นกาวเหนียว terpenoids, สารระคายผิว หรือ oily lactones
Termitinae	ฟันกราม terpenoid oils และสารระคายผิว

4.9 การอยู่อย่างแมลงสังคม (social insects)

ในเรื่องของแมลงที่อยู่รวมกันเป็นสังคม (social insects) มี 2 ประเภท คือ

4.9.1 แมลงพวก Subsocial

คือ แมลงที่มีการจับกลุ่มอยู่ร่วมกันชั่วคราวเพื่อกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง แล้วแยกย้ายกันไป ได้แก่ แมลงสาบชนิดหนึ่งที่ไม่มีปีกชื่อ *Cryptocercus punctulatus* และ แมลงหางหนีบ (O. Dermaptera) ที่แม่จะคอยดูแลอาหารและป้องกันภัยให้ลูกโดยอยู่ร่วมกับลูกเป็นกลุ่มๆ พวก *C. punctulatus* นั้น พ่อแม่จะเลี้ยงลูกอยู่ใต้ดินและมีหน้าที่คอยซ่อมแซมอุโมงค์ทางเดินใต้ดินให้อยู่ในสภาพดีและใช้ได้อย่างปกติ ในประเทศจีนพบว่าพ่อแม่แมลงชนิดนี้ใช้เวลาดูแลตัวอ่อนชุดหนึ่งๆ ถึง 6 ปี ตัวอย่างที่พบอีกชนิดหนึ่งคือ พวกต่อและแตน (O. Hymenoptera) พวกใน F. Vespidae หรือ F. Sphecidae พวกนี้จะขุดดินหรือทำโพรงไว้เพื่อวางไข่ เมื่อวางไข่แล้ว ตัวต่อตัวแม่จะบินไปจับเหยื่อ เช่น หนอนต่างๆ และใช้เหล็กไนต่อยให้เหยื่อสลบ (แต่ไม่ตาย) แล้วนำมาใส่ไว้ในรังเพื่อเป็นอาหารของลูกเมื่อฟักออกจากไข่ ตัวอ่อนของตัวต่อดังกล่าวจะไม่กินซากสัตว์ที่ตายแล้ว แต่จะกินสัตว์ขณะมีชีวิต ต่อตัวแม่จึงใช้วิธีการทำเหยื่อให้สลบ

4.9.2 แมลงพวก Eusocial

คือ แมลงที่มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการอยู่ร่วมกันอย่างชัดเจนหรือมีวรรณะ (caste) พบในแมลงสังคม คือ ผึ้ง (O. Hymenoptera : F. Apidae) มด (F. Formicidae) และปลวก (O. Isoptera)

❖ **ลักษณะที่สำคัญของแมลงที่จัดอยู่ในกลุ่ม eusocial มีดังนี้คือ**

- ➢ **มีระบบแบ่งวรรณะ (caste system) อย่างชัดเจน**
  เช่น มีกลุ่มทำงาน (workers) หรือกลุ่มที่เป็นหมัน
  เพื่อช่วยเหลือกลุ่มหรือวรรณะที่ขยายพันธุ์
- ➢ **มีการช่วยเหลือและประสานงานการเลี้ยงตัวอ่อน**
- ➢ **มีการผลิตสมาชิกอย่างต่อเนื่อง**
  เป็นการเสริมกำลังของทุกวรรณะอย่างไม่ขาดตอน

1) ผึ้ง (honey bees)

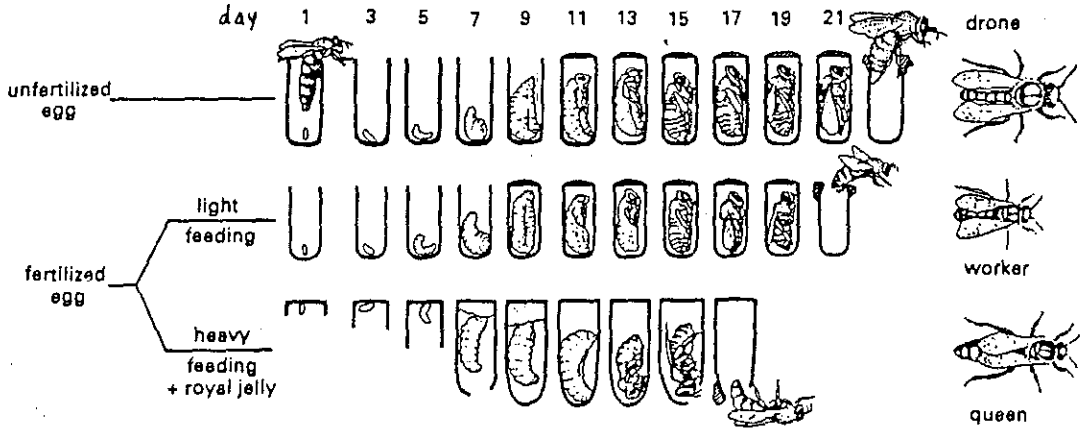
ในผึ้งมีการแบ่งวรรณะและหน้าที่ดังนี้ คือ (พงศ์เทพ อัครธนกุล, 2534) (ภาพที่ 4.22)

(1) ผึ้งแม่รัง (queen) ซึ่งจะมีเพียงตัวเดียวภายใน 1 รัง ทำหน้าที่วางไข่ เพื่อเพิ่มประชากรให้แก่ทุกวรรณะภายในรัง และปล่อยสารเคมีเพื่อควบคุมสังคมในรัง ในผึ้งหลวง (*Apis mellifera*) ผึ้งแม่รังตัวหนึ่งๆ อาจวางไข่ได้ถึงวันละ 1,500 ฟอง ผึ้งแม่รังเจริญเติบโตมาจากไข่ซึ่งผสมพันธุ์และผึ้งงานนำเอา

อาหารตัวอ่อนที่เรียกว่า "royal jelly" ป้อนให้ในปริมาณที่มากและมากเกินพอ จนเกิดพัฒนาการและมีฮอร์โมนผิดแปลกไปจากผึ้งวรรณะอื่นๆ ในรัง

(2) ผึ้งตัวผู้ (drone) มีประชากรจำนวนหนึ่ง มีหน้าที่อย่างเดียวคือผสมพันธุ์กับผึ้งเพศเมีย ผึ้งตัวผู้เกิดจากไข่ที่ไม่ได้ผสมพันธุ์และถูกเลี้ยงด้วย royal jelly ในปริมาณปกติ

(3) ผึ้งงาน (worker) เป็นผึ้งที่มีจำนวนประชากรมากที่สุดในรังผึ้ง ทำงานทุกอย่างในรังยกเว้นผสมพันธุ์และวางไข่ มีหน้าที่หาอาหาร ป้อนอาหารแก่ตัวอ่อน ผึ้งตัวผู้ และผึ้งแม่รัง ป้องกันรัง หาวัสดุอื่นยามจำเป็น เช่น น้ำและยางไม้ ถ่ายทอดสารเคมีจากผึ้งแม่รังให้กระจายทั่วรัง ควบคุมอุณหภูมิและอัตราการวางไข่ของผึ้งแม่รัง ทำความสะอาดรังและป้องกันศัตรู ฯลฯ



ภาพที่ 4.22 แสดงการเจริญเติบโตของผึ้งในวรรณะต่างๆ (Gullan and Granston, 1994)

2) ปลวก (termites)

ปลวก (O. Isoptera) เป็นพวก eusocial insect ที่มีการแบ่งวรรณะและหน้าที่อย่างชัดเจน และแตกต่างจากผึ้ง ปลวกมีการสร้างรัง (termite mound) โดยใช้เศษดินหรือซากพืช (หรือบางครั้งท่อนไม้สด ๆ) มี 2 ประเภท คือ พวกที่สร้างรังบนดิน หรือสูงขึ้นไปจากพื้นดิน เช่น อาจอยู่บนต้นไม้ และชนิดที่สร้างรังใต้พื้นดิน (Pearce, 1997) วรรณะของปลวกมีดังนี้ (ภาพที่ 4.23)

(1) วรรณะที่ขยายพันธุ์ (reproductive castes)

ประกอบด้วยปลวกแม่รัง (queen) และปลวกเพศผู้ (king)

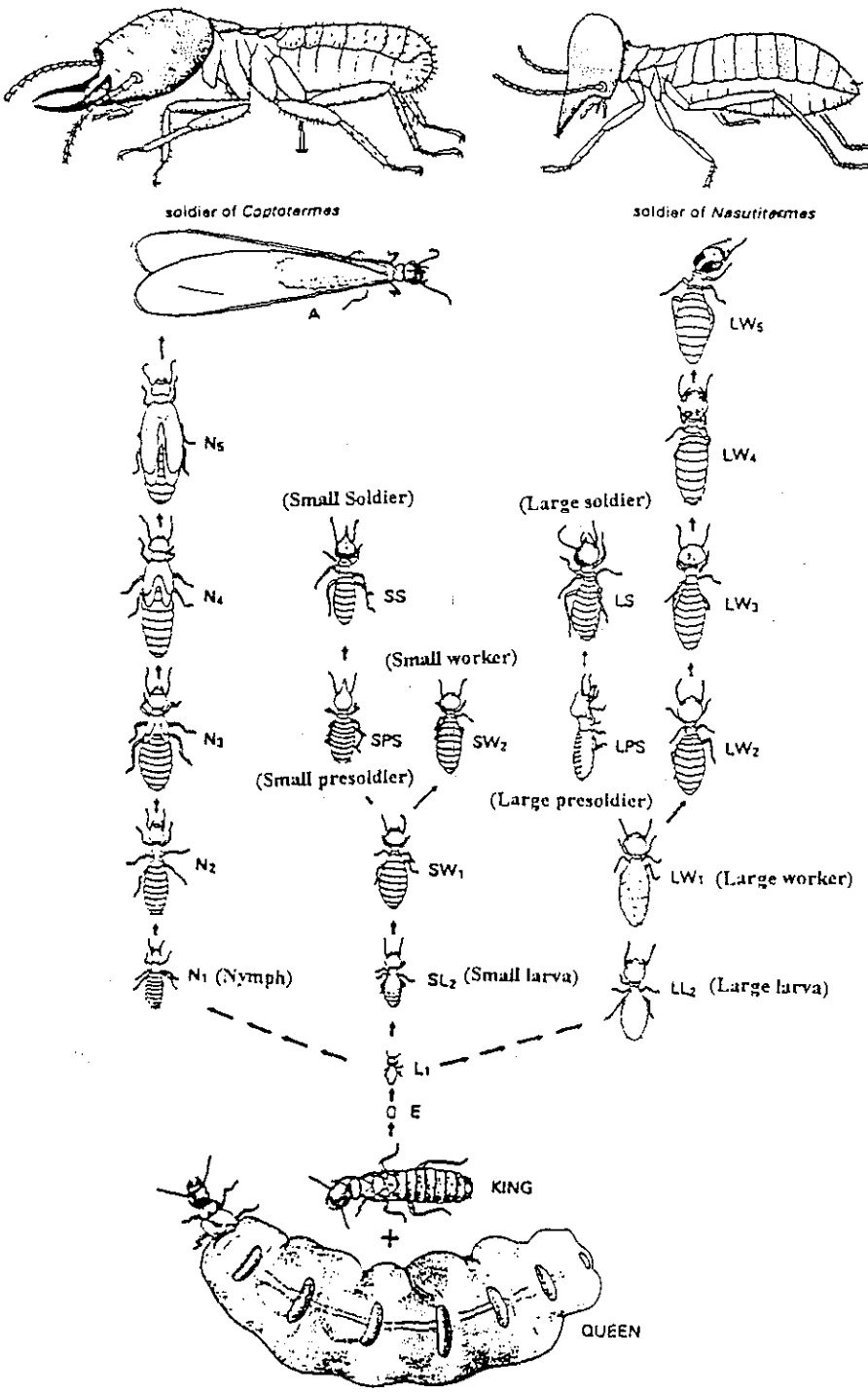
❖ **ปลวกแม่รัง (queen)** มีลักษณะพิเศษ คือ ส่วนท้อง (abdomen) จะขยายใหญ่มาก และใหญ่ผิดปกติจากปลวกธรรมดาถึง 500 - 1,000 เท่า เรียกว่า "physogastry" ซึ่งมีไข่บรรจุเต็มทำให้ปลวกแม่รังเคลื่อนไหวไปมาไม่ได้ ต้องอาศัยปลวกงานหามไป ปลวกแม่รังทำหน้าที่วางไข่ที่มี juvenile hormone ระดับต่างกันเพื่อผลิตปลวกสมาชิกของรังวรรณะต่าง ๆ แต่เดิมปลวกแม่รังจะมีขนาดใหญ่กว่าปลวกวรรณะอื่น ๆ ไม่มากนักและมีปีก (alate form) เพื่อบินหาคู่ผสมพันธุ์แล้วจะสลัดปีกออกและสร้างรังใหม่ เมื่อแม่รังตัวจริงจากไป ปลวกอื่น ๆ อาจทำหน้าที่เป็นปลวกแม่รังตัวใหม่ โดยสร้างปีกและผสมพันธุ์เพื่อแยกไปสร้างรังใหม่ได้อีก เรียกปลวกพวกนี้ว่า "supplementary reproductives" หรือ "neotenics" การควบคุมการทำงานในรังเกิดขึ้นโดยปลวกแม่รังจะมีสารที่เป็น pheromone แม่รังออกมาทางปากและทวารและบริวารของรังจะไปดูดกินสารดังกล่าวเพื่ออยู่และทำงานในรังในหน้าที่ของตนต่อไป วิธีนี้เรียกว่า "proctodeal troplallaxis"

❖ **ปลวกเพศผู้ (king)** เป็นปลวกที่มีขนาดใหญ่กว่าปลวกงาน หรือปลวกทหาร มีหน้าที่อย่างเดียวคือ ผสมพันธุ์กับปลวกแม่รังและมีเพียง 1 ตัว/รัง และมีกลุ่ม neotenics เกิดขึ้นได้เช่นเดียวกับปลวกแม่รัง

(2) วรรณะของผู้ทำงาน (working castes)

❖ **ปลวกงาน (workers)** เป็นปลวกที่เป็นหมัน (neuter) และมีประชากรมากที่สุดในรังเจริญมาจากปลวกตัวอ่อน ปลวกงานจะมีรูปร่างและลักษณะแตกต่างกันไปตาม species ปลวกงานมีหน้าที่หาอาหาร ทำรัง ปลูกเชื้อรา และดูแลตัวอ่อนและทำงานทุกชนิดยกเว้นการป้องกันรัง ผสมพันธุ์ และออกไข่

❖ **ปลวกทหาร (soldiers)** เป็นปลวกที่เป็นหมัน (neuter) เช่นเดียวกันกับปลวกงาน แต่มีขนาดตัวใหญ่กว่า มีกราม และหัวเจริญใหญ่ บางชนิดกรามจะแข็งแรงและใหญ่มาก ทำหน้าที่ป้องกันรังจากศัตรู ตาของปลวกพวกนี้ไม่ค่อยเจริญ ปลวกกลุ่มนี้เห็นชัดเจนเมื่อปลวกงานเดินเข้าแถวเดินเรียงกัน ปลวกทหารจะอยู่นอกแถวคอยควบคุมดูแลตามทางเดินเป็นระยะ ๆ เหมือนทหารคุมแถว



ภาพที่ 4.23 แสดงการเจริญเติบโตของปลวก *(Nasutitermes exitiosus)* ในวรรณะต่างๆ (Gullan and Cranston, 1994)

5. แมลงศัตรูพืชที่สำคัญ
Important plant insect pests

แมลงศัตรูพืชที่สำคัญในที่นี้จะหมายถึง แมลงชนิดที่สำคัญที่ระบาด หรือทำความเสียหาย หรือทำลาย หรือลดผลผลิตของพืชในพื้นที่เพาะปลูก รวมทั้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรในโรงเก็บถึงระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ (economic threshold level) เราอาจแบ่งประเภทของแมลงศัตรูพืชได้เป็นกลุ่มๆ ดังนี้ คือ

5.1 ประเภทของแมลงศัตรูพืชแบ่งตามกลุ่มพืช (crop commodity)

5.1.1 แมลงศัตรูพืชไร่ (agronomical หรือ field crop insect pests)

หมายถึง แมลงศัตรูที่ทำลายพืชไร่ และผลิตผลพืชไร่ทุกชนิด พืชไร่ที่สำคัญ เช่น ธัญพืช (ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ฯลฯ) อ้อย ปอ ฝ้าย ถั่วต่างๆ มันสำปะหลัง งา ยาสูบ นุ่น ฯลฯ ซึ่งพืชแต่ลำชนิดจะมีแมลงศัตรูที่สำคัญ เช่น ข้าว มีแมลงศัตรูประมาณ 54 ชนิด (Wongsiri, 1991) แต่ที่สำคัญต่อผลผลิตประมาณ 15 ชนิด (กองกีฏและสัตววิทยา, 2541) เช่น เพลี้ยไฟข้าว (rice thrips, *Stenchaetothrips biformis*) หนอนกอแถบลายสีม่วง (dark headed rice borer, *Chilo polychrysus*) หนอนกอแถบลาย (striped rice borer, *C. suppressalis*) หนอนกอสีชมพู (pink stem borer, *Sesamia inferens*) หนอนกอสีครีม (yellow rice borer, *Scirpophaga incertulas*) แมลงบั่ว (rice gall midge, *Orseolia oryzae*) หนอนปลอก (*Nymphula depunctalis*) หนอนห่อใบข้าว (*Cmaphalocrosis medinalis*) แมลงสิง (rice bug, *Leptocorisa oratoria* และ *L. acuta*) หนอนกระทู้กล้า หรือหนอนกระทู้ควายพระอินทร์ (rice armyworm, *Spodoptera mauritia*) เป็นต้น พืชไร่ชนิดอื่นๆ ก็จะมีลักษณะของศัตรูต่างกันไปตามชนิดของพืชนั้นๆ

5.1.2 แมลงศัตรูพืชสวน (horticultural crop insect pests)

ปัจจุบันนี้แมลงศัตรูพืชสวนอาจแยกเป็นแมลงศัตรูไม้ผล (fruit crop insect pests) เช่น ศัตรูลำไย ลิ้นจี่ ลองกอง พืชตระกูลส้ม ทุเรียน มังคุด แตงโม ฯลฯ ไม้ดอกไม้ประดับ (floral and ornamental plant insect pests) เช่น แมลงศัตรูกุหลาบ กล้วยไม้ มะลิ ดาวเรือง เบญจมาศ ฯลฯ และไม้ประดับชนิดต่างๆ แมลงศัตรูผัก (vegetable insect pests) เช่น แมลงศัตรูผักตระกูลกะหล่ำ แตงกวา พริก มะเขือ และเห็ด ฯลฯ เป็นต้น

แมลงศัตรูที่สำคัญในกลุ่มนี้มีมากมาย เนื่องจากเป็นกลุ่มพืชกลุ่มใหญ่ ตัวอย่างเฉพาะที่รู้จักกันดี เช่น บั่วกล้วยไม้ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แมลงวันดอกกล้วยไม้หรือไอ้ฮวบ (orchid midge, *Contarinia sp.*) (กองกีฏและสัตววิทยา, 2542) หนอนกระทู้หอม (beet armyworm, *Spodoptera exigua*) หนอนกระทู้ผัก (common cutworm, *S. litura*) หนอนใยผัก (diamond back moth, *Plutella xylostella*) เต่าแตงแดง (cucurbit leaf beetle, *Aulacophora similis*) เพลี้ยไฟ (thrips เช่น *Thrips tabaci, T. palmi, Scirtothrips dorsalis*) ด้วงกุหลาบ (rose beetle, *Adoretus compressus*) หนอนม้วนใบส้ม (leaf rolling caterpillar, *Archips micaceana*) หนอนเจาะเมล็ดทุเรียน (*Mudaria magniplaga*) มวนลำไยหรือมวนลิ้นจี่ (longan stink bug, *Tessaratoma papillosa*) และเพลี้ยไก่แจ้ส้ม (asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*) เป็นต้น

5.1.3 แมลงศัตรูพืชอุตสาหกรรม (industrial crop insect pests)

เช่น แมลงมะม่วงหิมพานต์ ปาล์มน้ำมัน กาแฟ โกโก้ ฯลฯ ตัวอย่างแมลงศัตรูที่สำคัญในกลุ่มนี้ คือ มวนยุง (mosquito bug, *Helopelthis antonii*) และเพลี้ยไฟ *Thrips coloratus* ทำลายช่อมะม่วงหิมพานต์ หนอนแทะเปลือกกาแฟ (coffee stem borer, *Xylotrechus quachipes*) ทำลายกาแฟ และหนอนหน้าแมวทำลายปาล์มน้ำมัน (oil palm slug caterpillar, *Darna furua*) เป็นต้น

5.1.4 แมลงศัตรูในโรงเก็บ (storage insect pests)

แมลงในกลุ่มนี้เป็นแมลงศัตรูในยุ้งฉาง โรงสี ไซโลเก็บเมล็ดพันธุ์ ฯลฯ เป็นแมลงกลุ่มด้วง (O. Coleoptera) เกือบทั้งหมด คือ 65 ชนิด และเป็นกลุ่มผีเสื้อ (O. Lepidoptera) 5 ชนิด รวมเป็น 70 ชนิด (ชูวิทย์ ศุขปราการ และคณะ, 2535) ที่สำคัญเช่น มอดข้าวสารหรือด้วงงวงข้าว (rice weevil, *Sitophilus oryzae*) ด้วงถั่วเขียว (cowpea weevil, *Collosobruchus maculates*) มอดแป้ง (rust red flour beetle, *Tribolium castaneum*) และผีเสื้อข้าวเปลือก (grain moth, *Sitrotoga cerealells*) เป็นต้น

5.2 ประเภทของแมลงศัตรูแบ่งตามส่วนของพืชที่ถูกทำลาย

5.2.1 แมลงศัตรูในดินกินรากหรือโคนต้น (soil insects)

แมลงศัตรูในกลุ่มนี้มักจะอาศัยอยู่ในดิน กัดกินรากหรือทำลายส่วนของลำต้น หัว ที่อยู่ในดิน บางครั้งทำลายขึ้นไปในโคนต้น ทำให้พืชแสดงอาการเหี่ยวตายทั้งต้น เช่น ปลวกทำลายอ้อย (*Odontotermes takensis*) (โอชา ประจวบเหมาะ และคณะ, 2527) เสี้ยนดิน (*Dorylus orientalis*) ด้วงกัดกินผัก และด้วงดีด

(*Meladera spp.*) (เตือนจิตต์ สัตยาวิรุฑย์, มโนชัย กีรติกสิกร และสาทร ศิริสิงห์, 2539) ทำลายถั่วลิสง และมอดดิน (*Calomycterus sp.*) ทำลายรากกล้าข้าวโพด เป็นต้น (อรนุช กองกาญจนะ และวัชรา ชุณหวงศ์, 2540)

5.2.2 แมลงศัตรูเจาะลำต้น หรือกิ่งก้าน (stem borers)

แมลงศัตรูกลุ่มนี้อาศัยอยู่ในลำต้น เพื่อกัดกินเนื้อเยื่อภายในลำต้นเป็นอาหาร ทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโต และตายได้ แมลงบางชนิดจะทำลายเฉพาะระยะตัวอ่อน บางชนิดทั้งระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัย ชนิดที่สำคัญ เช่น ด้วงเจาะกิ่งกาแฟ (*Zeuzera coffeae*) ซึ่งทำลายทั้งกาแฟ มะคาเดเมีย องุ่น ฝรั่ง ฯลฯ ด้วงหนวดยาวเจาะลำต้นและกิ่ง นุ่น (*Moechotypa suffuse* และ *Glenea obesa*) ด้วงเจาะลำต้นมะม่วง (*Ploceaderus ferrugineus*) ซึ่งทำลายมะม่วงและมะม่วงหิมพานต์ หนอนเจาะลำต้นข้าวโพด (*Ostrinia furnacalis*) และมอดเจาะลำต้นทุเรียน (*Xyleborus fornicatus*) เป็นต้น

5.2.3 แมลงศัตรูกินใบ (leaf feeders)

แมลงศัตรูชนิดนี้จะกัดกิน (chewing) ดูดกิน (sucking) หรือไชชอน (mining) ทำลายใบ หรือตัด (cut) ใบ ทำให้ใบไม่เจริญ ใบหงิกงอ ไม่มีเนื้อที่ใบสำหรับสังเคราะห์แสง ใบอาจเหลือเพียงกิ่งก้าน หรือไม่มีเหลือเลย เช่น ผีเสื้อหนอนกระทู้ผัก (*S. litura*) ผีเสื้อหนอนกระทู้หอม (*S. exigua*) ด้วงหมัดผัก (*Phyllotreta chontalica* และ *P. sinuata*) หนอนม้วนใบถั่ว (leaf roller, *Archips micaceana*) หนอนชอนใบส้ม (citrus leaf miner, *Phyllocnistis citrella*) เพลี้ยไฟ (Thrips, *Thrips spp.*) ด้วงงวงกัดใบ หรือด้วงงวงกรีดใบมะม่วง (leaf cutter, *Deporaus marginatus*) และเพลี้ยอ่อนฝ้าย (cotton aphids, *Aphis gossipii*) เป็นต้น

5.2.4 แมลงศัตรูกินดอก ช่อดอก และผล หรือเจาะผล (flower and fruit feeders or borers)

แมลงศัตรูกลุ่มนี้จะทำลายเฉพาะช่วงที่พืชออกดอกและออกผล โดยจะกัดกินดอก ช่อดอก ทำให้ดอกร่วง ดอกไม่สมบูรณ์ ไม่เกิดการผสมเกสร ทำให้ไม่ติดผล หรือที่ติดผลแล้วก็จะทำลายขั้วผล หรือผลโดยตรง เช่น เพลี้ยไฟฝ้าย (ตัวกินสีในกล้วยไม้) กินดอกกล้วยไม้ (*Thrips palmi*) บั่วกล้วยไม้ (orchid midge, *Contarinia sp.*) หนอนผีเสื้อเจาะผลมะม่วง (seed boring caterpillar, *Noorda albizonalis*) ผีเสื้อหนอนเจาะผลทุเรียน (fruit boring caterpillar, *Conogethes punctiferalis*) มวนลำไย (longan stink bug, *Tessaratoma papillosa*) ผีเสื้อหนอนเจาะดอกมะลิ (jasmine flower borer, *Hendecasis duplifascialis*) และแมลงวันทอง (fruit fly, *Dacus spp.*) เป็นต้น

5.2.5 แมลงศัตรูในโรงเก็บ (storage insect pests)

แมลงกลุ่มนี้จะทำลายผลิตผลทางการเกษตรในโรงเก็บ หรือในยุ้งฉาง ซึ่งอาจเก็บไว้ขาย หรือทำเป็นเมล็ดพันธุ์ต่อไป แมลงศัตรูในกลุ่มนี้มีทราบชื่อแล้วประมาณ 70 ชนิด เป็นแมลงใน O. Coleoptera 65 ชนิด และ O. Lepidoptera 5 ชนิด เช่น มอดข้าวสารหรือด้วงงวงข้าวสาร (*S. oryzae*) ผีเสื้อข้าวเปลือก (*S. cerealella*) มอดยาสูบ (cigarette beetle, *Lasioderma serrinicorne*) ด้วงถั่วเขียว (*C. maculates*) และด้วงถั่วเหลือง (*C. chinensis*) เป็นต้น

5.3 ประเภทของแมลงศัตรูแบ่งตามการระบาด

การระบาดของแมลงศัตรูพืชสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

5.3.1 แมลงศัตรูที่มีการระบาดแบบครั้งคราว หรือชั่วคราว (sporadic outbreak)

เกิดจากแมลงศัตรูที่เคยอาศัยอยู่ในท้องถิ่นนั้นมาก่อน หรือแมลงที่เคลื่อนย้ายมาจากถิ่นอื่น แต่แมลงดังกล่าวไม่เคยระบาด เช่นนี้ อาจมีการระบาดเพียงฤดูเดียว หรือเพียงปีเดียว หรือเพียงไม่กี่ครั้ง ก็หายไป หรือไม่เป็นการระบาดเป็นประจำทุกปี เช่น ด้วงหนวดยาวทำลายมันสำปะหลัง (stem boring grub, *Dorystenes buqueti*) หนอนกินดอกเงาะในทุเรียน (inflorescence eating caterpillar, *Eublemma versicolora*) และหนอนกระทู้คอรวงในข้าวโพด (corn army worm, *Mythimna separata*) เป็นต้น

5.3.2 แมลงศัตรูที่มีการระบาดเป็นประจำ (chronic outbreak)

เป็นแมลงศัตรูที่เราสามารถคาดการณ์การระบาดได้ เพราะมีการระบาดทุกปี หรือทุกครั้งที่มีการปลูกพืชชนิดนั้น เช่น เพลี้ยจักจั่นฝ้าย (*Amrasca biguttula*) และหนอนเจาะสมอฝ้าย (*H. armigera*) เมื่อปลูกฝ้าย โดยเพลี้ยจักจั่นฝ้ายจะระบาดตั้งแต่ฝ้ายอายุ 1 เดือนจนกระทั่งฝ้ายติดดอกและออกสมอ ส่วนหนอนเจาะสมอฝ้ายจะระบาดเมื่อฝ้ายออกดอกและติดสมอเท่านั้น หนอนใยผัก (*P. xylostella*) และหนอนกระทู้ผัก (*S. litura*) ในผักตระกูลกะหล่ำจะระบาดตั้งแต่ผักอายุ 2 – 3 สัปดาห์ขึ้นไป หรือในท้องที่ๆ มีการระบาดรุนแรงจะทำลายตั้งแต่เป็นกล้าผัก ควบคู่กันกับด้วงหมัดผัก หรือด้วงหมัดกระโดด (*Phyllotetra sinuata* และ *S. chontalica*) เป็นต้น

5.4 รายละเอียดของแมลงศัตรูที่สำคัญและการป้องกันกำจัด

5.4.1 แมลงศัตรูข้าว (rice insect pests)

(กองกีฏและสัตววิทยา 2535 ; 2541; 2545 ; ปรีชา วังศิลาบัตร และคณะ, 2538 ; วีรวุฒิ กตัญญุกุล และประกอบ เลื่อมแสง, 2527 Muller,1970 Shepard et al., 1987; Wongsiri, 1991)

1) เพลี้ยไฟข้าว (rice thrips, *Stenochaetothrips biformis*)

พบระบาดในแปลงกล้าข้าวตั้งแต่ระยะเริ่มปลูกจนถึงกล้าอายุ 25 วัน หรือหลังปักดำ 2 – 4 สัปดาห์ เพลี้ยไฟ (ภาพที่ 5.1(a)เขี่ยดูดน้ำเลี้ยงจากใบข้าว ทำให้ปลายใบข้าวแห้งขอบใบม้วนเข้าหากันเห็นอาการใบม้วนชัดเจน ถ้าอาการรุนแรงข้าวจะแห้งตายเป็นหย่อมๆ และต้นข้าวเป็นสีน้ำตาลเหมือนถูกไฟไหม้ (ภาพที่ 5.1(b) เพลี้ยไฟจะระบาดรุนแรงถ้ามีฝนตกแล้วฝนแล้ง หรือฝนทิ้งช่วงหรือมีช่วงแล้งระยะยาว

วิธีป้องกันกำจัด

(1) บำรุงต้นกล้าให้แข็งแรง โดยใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 10 กก./ไร่ หว่านหลังจากหว่านข้าวแล้ว 10-15 วัน พบว่าสามารถทนทานต่อการทำลายของเพลี้ยไฟได้

(2) ไขน้ำท่วมแปลงข้าว 1 – 2 วัน แล้วไขน้ำออก เพลี้ยไฟจะตายเป็นส่วนใหญ่

(3) ใช้ "ระดับเศรษฐกิจ" ตัดสินใจการใช้มาตรการควบคุม คือ ให้สุ่มตรวจการระบาดของเพลี้ยไฟ หากพบ 10 ใบม้วน/กอ สำหรับนาดำ หรือ 10 ใบม้วน/กลุ่มข้าวที่อยู่ชิดกัน 10 ต้น สำหรับนาหว่าน

(4) ใช้สารเคมีพ่น เช่น คาร์บาริล (เซฟวิน 85%WP) อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร หรือมาลาไทออน (83%EC) อัตรา 20 มล./น้ำ 20 ลิตร

2) หนอนกอข้าว (rice stem borers)

หนอนกอข้าวมี 4 ชนิด ดังกล่าวแล้วในหัวข้อ 5.1.1 หนอนกอทั้ง 4 ชนิดข้างต้น มีอุปนิสัยการวางไข่ และลักษณะของตัวอ่อน และตัวเต็มวัยที่ต่างกันตัวอย่างตัวเต็มวัยผีเสื้อหนอนกอสีครีมในภาพที่ 5.1(c) แต่ที่เหมือนกันคือ ลักษณะการทำลายต้นข้าว หนอนกอมีการทำลาย 2 ระยะ คือ ในระยะแตกกอเมื่อตัวอ่อนเจาะและกัดกินภายในลำต้นข้าวแล้ว จะทำให้ยอดกลางใบเหี่ยวสีซีดเรียกกว่าอาการ "ยอดเหี่ยว" (dead heart) ภาพที่ 5.1(d) เมื่อดึงออกจะหลุดติดมือ แต่ในระยะออกรวงจะทำให้รวงข้าวลีบ ไม่มีเมล็ด เห็นเป็นรวงข้าวสีขาวซีดเรียกว่าอาการ "หัวหงอก" (white head) (ภาพที่ 5.1(e)

วิธีป้องกันกำจัด

(1) ปลูกพืชหมุนเวียน

(2) ใช้กับดักแสงไฟล่อตัวเต็มวัยของผีเสื้อหนอนกอ

(3) ใช้ตารางสุ่มแบบซีเควนเชียล และระดับเศรษฐกิจของหนอนกอข้าว ตรวจการระบาด คือ นับจำนวนยอดเหี่ยว คือ ถ้าพบ 0.8 ยอดเหี่ยว/กอ (นาดำ) หรือ 0.5 ยอดเหี่ยว/กอ (นาหว่าน) ให้ตัดสินใจใช้การป้องกันกำจัดได้

(4) ใช้พันธุ์ต้านทานต่อหนอนกอข้าว พบว่าพันธุ์ กข 23 ให้ผลผลิตดีโดยไม่ต้องใช้สารเคมีฆ่าแมลง

(5) เลือกใช้สารฆ่าแมลงดูดซึมชนิดหว่านเม็ด คือ คาร์โบฟูแรน (ฟูราดาน 3%G) 5 กก./ไร่ (นาดำ) ถ้าพบต้นข้าวมีอาการยอดเหี่ยว 10 % ให้ฉีดพ่นด้วยคาร์โบซลแฟน (พอสซ์ 20%EC) หรือคลอไพริฟอส (ลอร์สแบน 20%EC) 80 มล./น้ำ 20 ลิตร

5.4.1 แมลงศัตรูข้าวโพด (corn insect pests)

1) มอดดิน (ground weevil, *Calomycterus sp.*)

กัดกินราก ต้น และใบของต้นอ่อนข้าวโพดตั้งแต่เริ่มงอกถึงอายุ 10 วัน เท่านั้น การทำลายจะรุนแรงเมื่อพืชเล็กมาก ถ้าพบทำลายเกินกว่า 50 % ของพื้นที่ เกษตรกรต้องปลูกซ่อมใหม่หรือไถทิ้ง พบระบาดในช่วงเดือนสิงหาคม – กันยายน ในเขตสระบุรี ลพบุรี และนครราชสีมา

วิธีป้องกันจำกัด

(1) ในแหล่งที่มีมอดดินระบาดควรปลูกข้าวโพด 2 รุ่น เร็วขึ้น คือ ประมาณเดือนกรกฎาคม เพื่อหลีกเลี่ยงช่วงระบาดสูงสุด คือ เดือนสิงหาคมและกันยายน

(2) มีรายงานว่าการควบคุมมอดดินมีวิธีเดียวที่ให้ผลรวดเร็ว ควบคุมการระบาดระยะสั้นและรุนแรงได้ คือ คลุกเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วยคาร์โบฟูแรน 3%G อัตรา 8 กก./เมล็ด 1 กก. หากยังพบการทำลายเกิน 50 % ให้พ่นสาร cypermethrin ผสม monocrotophos อัตรา 7.5 – 10 กรัม หรือ carbosulfan 6 – 8 กรัมเนื้อสารออกฤทธิ์/น้ำ 20 ลิตร

2) หนอนกระทู้หอม (beet armyworm, *Spodoptera exigua*)

จะกัดกินใบในระยะต้นอ่อนเป็นต้นไป ทำให้ต้นชงักการเจริญเติบโต ต้นเล็ก อาจไม่ติดฝักหรือฝักเล็ก ผลผลิตลดลง และฝักแก่ไม่พร้อมกันมีปัญหาในการเก็บเกี่ยว

วิธีป้องกันกำจัด

(1) ใช้วิธีการสำรวจดูระดับการระบาด หารสำรวจพบการระบาดของหนอน 4 - 5 ตัว/ต้น ควรจะต้องใช้วิธีป้องกันกำจัด

(2) ฉีดพ่นด้วยฟลูเฟนนอกซูรอน (แคสเคด 5%EC) หรือคลอฟูอาซูรอน (อาทาบรอน 5%EC) อัตรา 30 มล. หรือเบตาไซฟูทริน (โฟลิเทด 0.25 EC) อัตรา 40 มล. หรือพ่นด้วยไวรัสชนิด nuclear polyhedrosis virus ของหนอนกระทู้หอม 30 มล./น้ำ 20 ลิตร

3) หนอนเจาะลำต้นข้าวโพด (asiatic corn stalk borer, *Ostrinia furnacalis*)

พบทำลายยอด ลำต้นในข้าวโพดอายุ 20 - 30 วัน ทำให้ชงักการเจริญเติบโต ต้นล้มหักง่าย ทำลายช่อดอกตัวผู้ทำให้ขาดเกสรผสมพันธุ์ ติดฝักน้อย และเข้าทำลายฝ้ายทำให้เมล็ดเสียหาย พบระบาดระหว่างเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม เมื่อข้าวโพดอายุ 20 วัน ขึ้นไปจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

วิธีป้องกันกำจัด

(1) ใช้วิธีการสำรวจดูระดับการระบาด โดยใช้ตารางซีเควนเชียล หรือระดับเศรษฐกิจ คือ ถ้าสำรวจพบกลุ่มไข่บนใบข้าวโพด 15 % หรือพบยอดข้าวโพดถูกเจาะทำลาย 55 - 75 % จึงป้องกันกำจัด

(2) ใช้พันธุ์ข้าวโพดต้านทาน ซึ่งพบว่าพันธุ์สุวรรณ 2 สุวรรณ 3 ต้านทานต่อหนอนเจาะลำต้นข้าวโพดดีกว่าพันธุ์อื่นๆ

(3) ฉีดพ่นด้วยคลอฟูลอาซูรอน (อาทาบรอน 5%EC) อัตรา 30 มล./น้ำ 20 ลิตรและพบว่าสารฆ่าแมลงดังกล่าวปลอดภัยกับแตนเบียนไข่และสามารถเข้าทำลายไข่ผีเสื้อหนอนเจาะลำต้นถึง 70 – 90 %

5.4.2 แมลงศัตรูอ้อย (sugarcane insect pests)

1) หนอนกออ้อย (sugarcane stem borers)

มี 5 ชนิด คือ หนอนกอลายเล็ก (*Chilo infuscatellus*) (ภาพที่ 5.1(f) หนอนกอลายจุดใหญ่ (*C. tumidicostalis*) หนอนกอลายใหญ่ (*C. sacchariphagus*) หนอนกอสีชมพู (*S. inferens*) และหนอนกอสีขาว (*Scirpophaga excerptalis*) พบใน 2 ระยะ คือ ระยะแตกหน่อและแตกกอ หรืออ้อยอายุ 1 - 4 เดือน จะเกิดอาการใบยอดแห้งเรียกว่าอาการ "ยอดเหี่ยว" (dead heart) เหมือนอาการในข้าวที่เกิดจากหนอนกอข้าว และเมื่อตั้งลำอ้อยแล้วอาการ คือ เจาะตามลำเป็นรู ทำให้ปล้องสั้นหรือ "ยอดพุ่ม" พบการระบาดต่างกันและที่เป็นปัญหาคือ หนอนกอลายจุดใหญ่จะระบาดในช่วงหน้าฝน (มิถุนายน – กันยายน) และหนอนกอลายจุดเล็กและหนอนกอชนิดอื่นๆ จะระบาดในช่วงหน้าแล้ง (ธันวาคม – พฤษภาคม)) (กองกีฏและสัตววิทยา2535; 2541; 2545;โอชา ประจวบเหมาะ และคณะ, 2527)

วิธีป้องกันกำจัด

(1) หลังการเก็บเกี่ยวแล้วห้ามเผาใบอ้อย ให้ใช้ใบอ้อยคลุมดินไว้ตามสภาพหลังเก็บเกี่ยวจะลดการระบาดได้

(2) ให้หมั่นตรวจแปลงอ้อย หากพบหน่อที่ถูกทำลายให้ขุดทิ้ง และรวบรวมหน่อนำไปทำลาย

(3) ในเขตชลประทานในพื้นที่ๆ เคยมีการระบาดสำหรับอ้อยปลูกใหม่ให้รองกันหลุม หรือร่องปลูกด้วยคาร์โบฟูราน (ฟูราดาน 3%G) อัตรา 10 กก./ไร่ และใส่ซ้ำอีกครั้งเมื่ออ้อยอายุ 45 วัน สำหรับอ้อยตอให้ใส่ข้างตอทั้ง 2 ข้างของแถวอ้อย

(4) ในเขตน้ำฝน หากสำรวจพบการระบาดเกิน 10 % ให้พ่นด้วยสารเคมีไซเพอร์เมทริน (ริพคอร์ด 15%EC) 15 มล./น้ำ 20 ลิตร หรือเดลทาเมทริน (เดซิส 3%EC) 10 มล./น้ำ 20 ลิตร

2) ด้วงหนวดยาวอ้อย (stem boring grub, *Dorystenes buqueti*)

ด้วงหนวดยาวอ้อยจะกัดกินรากขึ้นไปถึงโคนต้นและลำต้น (ภาพที่ 5.1(g) ทำให้อ้อยเหี่ยวและแห้งตาย มักพบระบาดในระยะอ้อยแตกหน่อและแตกกอ (อายุ 1 - 4 เดือน) และระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 8 - 12 เดือน) ด้วงชนิดนี้ทำลายมันสำปะหลังด้วย (กองกีฏและสัตววิทยา2535; 2541; 2545;โอชา ประจวบเหมาะ และคณะ, 2527)

วิธีป้องกันกำจัด

(1) ในช่วงที่มีตัวเต็มวัยอยู่ (มีนาคมและพฤษภาคม) ให้ขุดหลุมเป็นกับดับตัวเต็มวัยแล้วจับไปทำลาย

(2) ในพื้นที่ๆ มีการระบาดรุนแรงให้ใช้สารฆ่าแมลงเอนโดซัลแฟน/บีพีเอ็มซี (ธีโอคาร์บ 4.5% G) อัตรา 5 กก./ไร่ โรยบนท่อนพันธุ์ที่ปลูกแล้วกลบดิน

3) ปลวก (termite, *Odontotermes takensis*)

ปลวกเป็นแมลงในดินที่กัดกินรากอ้อย ทำลายโคนต้นและลำอ้อยทั้งลำได้ ในท้องที่ๆ มีการระบาดทำให้เสียหายมาก และยากต่อการป้องกันกำจัด) (กองกีฏและสัตววิทยา2535; 2541; 2545;โอชา ประจวบเหมาะ และคณะ, 2527)

วิธีป้องกันกำจัด

(1) ก่อนปลูกให้ใช้สารเคมีฟีโปรนิล (แอสเซนต์ 5%SC) อัตรา 320 มล./ไร่ ฉีดพ่นบนท่อนพันธุ์อ้อยแล้วกลบดิน

5.4.3 แมลงศัตรูยาสูบ (tobacco insect pests)

1) แมลงหวี่ขาวยาสูบ (tobacco or sweet potato whitefly, *Bemesia tabaci*)

แมลงชนิดนี้จะดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบยาสูบ ทำให้ใบเสียรูปและนำโรคไวรัส โรคใบหด (tobacco leaf curl virus) ทำให้ใบเสียหาย เสียคุณภาพใบยา และตลาดไม่ต้องการ

วิธีป้องกันกำจัด

(1) หลีกเลี่ยงการปลูกพืชที่เป็นพืชอาศัยของแมลงหวี่ขาวเช่น ฝ้าย มันเทศ และถั่วเหลือง

(2) ใช้กับดักกาวเหนียวสีเหลือง อัตรา 60 - 80 อัน/ไร่ วางในแปลงยาสูบ จนยาสูบอายุประมาณ 45 วัน

(3) การกำหนดช่วงเวลาปลูกที่เหมาะสม สามารถหลีกเลี่ยงการระบาดได้ คือ ในช่วงฤดูฝนควรปลูกยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนียในเดือนกรกฎาคม ส่วนฤดูแล้งควรปลูกยาสูบพันธุ์เบอร์เล่ย์กลางเดือนพฤศจิกายน เป็นต้น

(4) ใช้สารคาร์โบฟูราน 3%G หรือคาร์โบซัลแฟน 3%G อัตรา 2 กรัม/หลุม และฟ่นด้วยอะซีเฟต (ดอนพิดอร์ 100SL 10%SL) อัตรา 20 มล. หรือสารสกัดจากสะเดาอัตรา 50 ppm/น้ำ 20 ลิตรอย่างใดอย่างหนึ่งหลังปลูก 10 วัน จำนวน 3 – 4 ครั้งทุก 7 วัน ในฤดูแล้ง และทุก 14 วันสำหรับการปลูกฤดูฝน

2) หนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน (american cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*) และหนอนผีเสื้อยาสูบ (*H. assulta*)

แมลงทั้ง 2 ชนิดนี้จะทำลายส่วนยอดของยาสูบ ทำให้ยอดหัก ต้นจะแตกแขนง กัดกินดอกและเมล็ดในช่อดอก พบในแปลงเพาะกล้าจนถึงระยะเก็บเกี่ยว มีผลต่อผลผลิตของใบยา

วิธีป้องกันกำจัด

(1) หลีกเลี่ยงการปลูกพืชอาหารที่สำคัญ เช่น ฝ้าย ข้าวโพด และถั่วเหลือง

(2) ใช้ระดับเศรษฐกิจเป็นตัวกำหนดการใช้วิธีการป้องกันกำจัด คือ ถ้าสำรวจพบหนอนประมาณ 20 % หรือจำนวนหนอนเฉลี่ย 0.25 ตัว/ต้น จึงควรพ่นสารฆ่าแมลง cypermethrin (คาราเต้ 2.5 EC) อัตรา 3 กรัมเนื้อสารออกฤทธิ์ หรือ methamidophos อัตรา 100 กรัมเนื้อสารออกฤทธิ์/ไร่ ในระยะที่พืชเจริญเติบโตและระยะช่อดอก

ถ้าระบาดไม่รุนแรงอาจใช้เชื้อแบคทีเรีย (Bt.) และไวรัสฟ่นสลับได้

5.4.4 แมลงศัตรูฝ้าย (cotton insect pests)

1) เพลี้ยจักจั่นฝ้าย (cotton leafhopper, *Amarasca biguttula*)

แมลงชนิดนี้จะระบาดในช่วงหน้าแล้ง หรือช่วงฝนทิ้งช่วง ตัวอ่อน และตัวเต็มวัยจะดูดน้ำเลี้ยงจากใบฝ้าย ทำให้ใบไหม้เป็นสีแดงม้วนงอลงจากขอบใบเข้ามาเรียกว่าอาการ “hopper burn” ใบจะร่วง ถ้าระบาดติดต่อกันนานๆ ฝ้ายอาจตายได้

วิธีป้องกันกำจัด

1) การเขตกรรม ในสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ ควรใช้ระยะปลูก 1.25 × 0.05 ม. หลุมละ 1 ต้น แต่ถ้าในพื้นที่ๆ มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำควรใช้ระยะระหว่างแถวให้แคบลง เพื่อให้จำนวนต้น/ไร่สูงขึ้น และควรวางแถวฝ้ายให้ขวางทิศทางลมเพื่อป้องกันอันตรายจากละอองยา ถอนฝ้ายให้เหลือหลุมละ 2 ต้น เมื่อฝ้ายอายุ 15 วัน หลังงอก และถอนให้เหลือ 1 ต้น เมื่อฝ้ายอายุ 30 วัน เพื่อชะลอดูอาการของโรคใบหงิก ซึ่งจะปรากฏหลังจากที่ฝ้ายได้รับเชื้อแล้วประมาณ 3 - 4 สัปดาห์

2) ใช้ระดับเศรษฐกิจ คือ เมื่อพบเพลี้ยจักจั่นมากกว่า 1 ตัว/ใบ ในฝ้ายอายุไม่เกิน 2 เดือน และมากกว่า 2 ตัว/ใบ ในฝ้ายอายุเกิน 2 เดือน จึงตัดสินใจใช้วิธีการป้องกันกำจัด

3) ใช้ฝ้ายพันธุ์ต้านทานต่อโรคใบหงิก คือ พันธุ์ศรีสำโรง 60 ศรีสำโรง 2 และศรีสำโรง 3 ซึ่งต้านทานต่อโรคใบหงิกปานกลาง และพบว่าพันธุ์นครสวรรค์ 1 ศรีสำโรง 2 ศรีสำโรง 3 และศรีสำโรง 60 เป็นพันธุ์ที่มีขนใบน้อย จะพบการทำลายน้อยกว่าพันธุ์ที่มีขนใบมาก

2) หนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน (american cotton bollworm, *Helicoverpa (Heliothis) armigera*)

แมลงศัตรูพืชชนิดนี้เป็นแมลงศัตรูที่ร้ายแรงที่สุดของฝ้ายในระยะติดปี้ ดอกและสมอ โดยกินปี้ ดอกและสมอทำให้ปี้และดอกร่วง หรือเจาะเข้าไปทำลายสมอ (ภาพที่ 5.1(h) ทำให้เก็บเกี่ยวไม่ได้ และมักใช้สารเคมีไม่ได้ผลหากหนอนได้เจาะเข้าไปในดอกและสมอแล้ว

วิธีป้องกันกำจัด

(1) เนื่องจากฝ้ายจะออกดอกเมื่ออายุ 30 – 60 วัน และหนอนเจาะสมอฝ้ายจะระบาดรุนแรงในช่วงนี้ จึงควรใช้ระดับเศรษฐกิจระวังการระบาดโดยตรวจนับหนอนเจาะสมอฝ้ายทุก 3 วัน โดยสุ่มนับกระจายทั่วทั้งแปลง หากพบหนอน 30 ตัว/ฝ้าย 100 ต้นจึงใช้การป้องกันกำจัด ระยะนี้จะมีแตนเบียนไข่ (*Trichogramma spp.*) เข้าทำลายไข่มาก จึงควรใช้สารเคมีที่ปลอดภัยต่อแตนเบียน สารฆ่าแมลงที่ควรใช้คือ เชื้อไวรัส NPV หนอนเจาะสมอฝ้ายผสมกับ endosulfan

(2) ระยะฝ้าย 60 วันขึ้นไปเป็นระยะที่สำคัญที่สุด ควรฟนสารป้องกันกำจัดเมื่อพบหนอน 20 ตัว/ต้น

(3) ห้ามใช้สารเคมีประเภทไพรีทรอยด์สังเคราะห์ เช่น fenvalerate, cypermethrin และ deltamethrin เพราะจะทำให้มีการระบาดของแมลงหวี่ขาวยาสูบในฝ้ายได้

(4) ใช้พันธุ์ต้านทาน (เหมือนในเรื่องเพลี้ยจักจั่นฝ้าย)

5.4.5 แมลงศัตรูผัก (vegetable insect pests)

1) หนอนใยผัก (diamond back moth, *Plutella xylostella*)

หนอนใยผักเป็นแมลงศัตรูที่ร้ายแรงที่สุดของพืชตระกูลกะหล่ำ ทำลายพืชตระกูลนี้ตั้งแต่ระยะกล้าถึงระยะเก็บเกี่ยว และระบาดรุนแรงในแปลงทั่วๆ ไป ฤดูระบาดตั้งแต่ฤดูหนาวไปจนถึงฤดูร้อน หนอนชนิดนี้จะกัดกินใบผักทำให้ผักแหว่งเป็นรู หรือพรุนทั้งใบ ทำให้ผักไม่เจริญเติบโตและเก็บเกี่ยวผลผลิตไม่ได้

วิธีป้องกันกำจัด

(1) ใช้ระดับเศรษฐกิจในการตัดสินใน คือ เมื่อผักอายุ 1 - 35 วัน หลังย้ายปลูก ถ้าพบหนอนใยผัก 5 ตัว/ต้น หรือสำหรับกะหล่ำปลีในระยะเข้าปลี 10 ตัว/ต้น หรือใช้ตารางซีเควนเชียลทุกๆ 4 วัน จึงตัดสินใจใช้วิธีการป้องกันกำจัด

(2) ใช้กับดักสารเพศล่อ กับดักสารเพศมีสารล่อเพศผู้ซึ่งเป็นสารผสมของ cis-11-hexadecenal : cis-11-hexadecenyl acetate : cis-11-hexadecenol ในอัตรา 5 : 5 : 0.1 มก. มีประสิทธิภาพสูงสุด

(3) ใช้กับดักแสงไฟหลอดสีน้ำเงิน 20 Watt

(4) ใช้กับดักกาวเหนียวสีเหลือง กับดักใช้กระป๋องรูปทรงกระบอกทาด้วยสีเหลืองหรือหุ้มด้วยกระดาษสีเหลืองทากาวเหนียว (polybutane 5 % ในสารละลาย hexane) จำนวน 80 กับดัก/ไร่ จะลดการใช้สารเคมีได้ถึง 50 %

(5) การใช้มุ้งหรือผักกางมุ้ง ใช้โรงเรือนตาข่ายขนาดกว้าง 4 – 6 ม. สูง 2.0 – 2.5 ม. บุด้วยตาข่ายไนล่อนสีขาวความถี่ 16 ช่องต่อตารางนิ้ว สามารถป้องกันได้ดี แต่ถ้าหน้าฝนความชื้นจะสูงและมีโรคระบาดได้ง่าย

(6) ให้ฉีดพ่นด้วยไวรัส NPV ของหนอนใยผัก และใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* หรือสารสกัดจากสะเดา ซึ่งปัจจุบันผลิตขายเป็นการค้าให้ใช้สลับกับการใช้สารเคมี เพื่อลดการสร้างความต้านทานของแมลง

(7) ใช้สารเคมีกลุ่มระงับการเจริญเติบโตของแมลงคือ ดลอฟลูอาซูรอน หรือ ฟลูเฟนโนซูรอน อัตรา 8 กรัมเนื้อสารออกฤทธิ์/ไร่ ทุก 4 – 7 วันแล้วแต่สภาพการระบาด

2) หนอนกระทู้ผักและหนอนกระทู้หอม (common cutworm, *S. litura* และ beet armyworm, *S. exigua*)

หนอนกระทู้ผักนี้มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "หนอนรัง" (ภาพที่ 5.1(i) ส่วนหนอนกระทู้หอมมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "หนอนหนังเหนียว" แมลงทั้ง 2 ชนิดนี้มีพืชอาศัยกว้างมาก เช่น กุหลาบ ดาวเรือง หน่อไม้ฝรั่ง ถั่วชนิดต่างๆ ทานตะวัน มะเขือเทศ และมะเขือต่างๆ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ปอกระเจา องุ่น ฯลฯ และเป็นศัตรูที่ร้ายแรงของผักแทบทุกชนิด สามารถแพร่พันธุ์ได้รวดเร็ว และระบาดทั้งปีในทุกแหล่งปลูก

วิธีป้องกันกำจัด

(1) เตรียมดินโดยไถ และพรวนดิน ตากทิ้งไว้ เพื่อให้ดักแด้ในดินถูกกลับขึ้นมาอยู่ที่ผิวดินเป็นเหยื่อของนก หรือสัตว์อื่น หรือทำให้ดักแด้ฟักออกเป็นตัวเต็มวัยโดยยังไม่มีพืชอาหาร

(2) เมื่อพบกลุ่มไข่ของหนอนกระทู้ผักหรือหนอนกระทู้หอมหรือหนอนตัวอ่อนที่เพิ่งฟักออกจากไข่ และยังจับกลุ่มอยู่บนใบเดียวกันให้เด็ดไปทำลาย และห้ามเด็ดทิ้งไว้ในแปลงผัก

(3) ใช้กับดักแสงไฟล่อตัวเต็มวัยให้ตกลงในถังน้ำ หรือบ่อน้ำ หรือบ่อปลา

(4) ใช้วิธีป้องกันกำจัดเหมือนข้อ 5, 6 และ 7 ในหนอนใยผัก

5.4.6 แมลงศัตรูส้ม (citrus insect pests)

1) หนอนชอนใบส้ม (citrus leaf miner, *Phyllocnistis citrella*)

เป็นหนอนผีเสื้อขนาดเล็กที่ทำลายใบอ่อนของส้ม (ภาพที่ 5.1(j) ทำให้ใบหงิก งอ ร่วง ไม่สามารถแตกใบได้ และส้มจะชงักการเจริญเติบโต พบการระบาดทำลายใบถึง 100 % ในช่วงฤดูฝน และต่ำลงเป็น 20 % ในช่วงฤดูหนาว หรือฤดูแล้ง คือ พฤศจิกายน – กุมภาพันธ์)) (รุจ มรกต และพิมลพร นันทะ,2539)

วิธีป้องกันกำจัด

(1) ให้ตัดใบที่มีหนอนชอนใบส้ม หรือกวาดใบที่ร่วงหล่นนำไปเผาไฟให้หมด

(2) ถ้าจำเป็นต้องพ่นสารฆ่าแมลง ให้ใช้สารสกัดจากสะเดา หรือ เฟนวาเลอเรท หรือ ไซฟลูทริน พ่นทุก ๆ 5 วันติดต่อกัน 4 ครั้ง จะสามารถกำจัดหนอนชอนใบได้ถึง 90 %

2) เพลี้ยไก่แจ้ส้ม (citrus psyllid, *Diaphorina citri*)

แมลงชนิดนี้มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "เพลี้ยไก่ฟ้าส้ม" หรือ "เพลี้ยกระโดดส้ม" ตัวเต็มวัยจะดูดน้ำเลี้ยงจากตาและยอดอ่อน ทำให้ยอดและตาแห้ง และถ่ายมูลลงบนใบต่อมากเชื้อราในอากาศก็จะเจริญเติบโตบนมูลนี้ทำให้เกิดเป็นราสีดำ ใบส้มจะร่วง ไม่ติดผลและที่สำคัญที่สุด คือ แมลงชนิดนี้เป็นพาหะ และสามารถถ่ายทอดโรคที่สำคัญของส้ม คือ โรคเหลืองต้นโทรม (greening disease) ซึ่งเชื้อโรคชนิดนี้คล้ายแบคทีเรีย (bacterial like organism) ซึ่งทำความเสียหายแก่ส้มเป็นอย่างมาก

วิธีป้องกันกำจัด

(1) ให้ทำลายต้นแก้ว ซึ่งเป็นพืชอาศัยของเพลี้ยไก่แจ้ส้ม

(2) ในระยะที่ส้มแตกใบให้ใช้คาร์โบซัลแฟน (พอสซ์ 20 %EC) อัตรา 30 มล./น้ำ 20 ลิตร หรืออิมิดาคลอพริด (คอนฟินดอร์ 20 %SL) อัตรา 10 มล./น้ำ 20 ลิตร แต่ไม่ควรพ่นสารตอนดอกส้มบานเพราะสารเคมีบางชนิดจะไปยับยั้งการเจริญของละอองเกสร และเป็นอันตรายต่อแมลงผสมเกสร

5.4.7 แมลงศัตรูทุเรียน (durian insect pests)

แมลงศัตรูทุเรียนมีมากกว่า 30 ชนิด แต่ที่ทำความเสียหายทางเศรษฐกิจมีอยู่ 6 ชนิด ที่สำคัญมีดังนี้ คือ (กองกีฏและสัตววิทยา , 2535 ; 2545)

1) เพลี้ยไก่แจ้ทุเรียน (durian psyllid, *Allocaridara malayensis*)

เพลี้ยไก่แจ้ทุเรียนทำความเสียหายแก่ทุเรียนอย่างมากพบทำลายเฉพาะใบอ่อนที่ยังไม่โตเต็มที่ รอยดูดกินและวางไข่ในใบจะทำให้ใบอ่อนเป็นจุดสีเหลือง ไม่เจริญ ใบเล็ก หรือหงิกงอ แห้ง และร่วงหมด และถ้าดูดกินส่วนยอดอ่อนจะทำให้ยอดแห้งและตายได้ ระบาดช่วงแตกใบอ่อน คือ กลางเดือนพฤษภาคม – กลางเดือนพฤศจิกายน

วิธีป้องกันกำจัด

(1) ใช้เทคโนโลยีบังคับให้ทุเรียนแตกใบอ่อนพร้อมกันแทนการแตกใบอ่อนตามปกติคือ 3 ครั้ง/ปีและนานถึง 6 เดือนซึ่งเป็นการยืดช่วงเวลาการเข้าทำลายใบอ่อน อาจทำได้โดยการให้น้ำการบังคับให้ทุเรียนแตกใบอ่อนพร้อม ๆ กันนี้ทำให้สามารถควบคุมการระบาดได้ดีขึ้น เนื่องจากสามารถทำลายเพลี้ยไก่แจ้ได้มากที่สุดในช่วงที่สั้นลง และลดการทำลายศัตรูธรรมชาติในสวนทุเรียนได้ดีขึ้น

(2) ถ้าระบาดมากให้ใช้สารคาร์บาริล 0.25 % หรือคาร์โบซัลแฟน 0.05 % หรือ ไซฮาโล-ทริน L อัตรา 0.00125 % หรือเอนโดซัลแฟน 0.0875 % ของเนื้อสารออกฤทธิ์ ฉีดพ่นทุก 7 – 10 วันหลังจากทุเรียนติดผล 1 เดือน

2) หนอนเจาะเมล็ดทุเรียน (durian seed borer, *Mudaria magniplaga*)

เป็นหนอนผีเสื้อที่มีชื่อเรียกทั่วไปว่า "หนอนใต้" หรือ "หนอนมาเลย์" เนื่องจากเกษตรกรในภาคตะวันออกนิยมนำเมล็ดทุเรียนจากจังหวัดภาคใต้มาปลูกเพื่อเพาะเป็นกล้าทุเรียน เนื่องจากทนทานและเจริญเติบโตได้รวดเร็ว และนำไปใช้เป็น stock ของกิ่งพันธุ์ดี ตัวเต็มวัยของผีเสื้อจะวางไข่เป็นฟองเดี่ยว ๆ ที่ใกล้ขั้วผลทุเรียน และชอบวางไข่หลังจากผลทุเรียนมีอายุติดผลได้ 2 เดือน ต่อมาตัวหนอนที่ฟักจากไข่จะเจาะเข้าไปในผลและเข้าไปทำลายในเมล็ด (ภาพที่ 5.1(k) (Kuroko and Lewvanich, 1993) และเจริญเติบโตจนพร้อมที่จะเข้าดักแด้จึงกัดรูออกเป็นรูกลมและทิ้งตัวลงดิน เพื่อเข้าดักแด้ในดิน เกษตรกรจะมองไม่เห็นอาการเน่าของเนื้อทุเรียนภายในผลเลย แม้จะออกสำรวจสวนทุวัน แต่จะพบรูออกที่ผลเมื่อตัวหนอนลงสู่ในดินแล้ว หนอนชนิดนี้จะขับถ่ายมูลในผลทุเรียนทำให้เนื้อเน่าเสีย สกปรก ขายไม่ได้ และเสียหายแก่ชาวสวนมาก(กองกีฏและสัตววิทยา, 2535; 2545)

วิธีป้องกันกำจัด

(1) แช่เมล็ดพันธุ์ด้วยคาร์บาริล 0.2 % ของสารออกฤทธิ์ เพื่อกำจัดหนอนที่ติดมากับเมล็ด

(2) ห่อผลทุเรียนด้วยมุ้งไนล่อน หรือถุงรีเมย์ เพื่อป้องกันการวางไข่ของตัวเต็มวัย

(3) ใช้กับดักแสงไฟล่อดักจับตัวเต็มวัยได้ผลดีมาก

(4) หากระบาดมากต้องใช้สารเคมี ให้ใช้ที่มีพิษน้อยที่สุด คือ คาร์บาริล พ่นทุก 15 วัน

5.4.8 แมลงศัตรูลำไย (longan insect pests)

1) มวนลำไยหรือมวนลิ้นจี่ (longan stink bug, *Tessaratoma papillosa*)

มวนชนิดนี้จะทำลายยอดอ่อน ช่อดอก และขั้วผลลำไยและลิ้นจี่ ทำให้ดอกร่วง ไม่ติดผล และผลร่วง ทำความเสียหายให้เกษตรกรในภาคเหนืออย่างมาก

วิธีป้องกันกำจัด

(1) วิธีการป้องกันกำจัดของกองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตรที่ประสบผลสำเร็จและได้เผยแพร่ออกสู่เกษตรกรแล้วคือ การใช้แตนเบียนไข่ *Anastatus sp.* var *japonicus* (Hymenoptera : F. Dupelmidae) เข้าทำลายไข่ของมวนลำไยในช่วงเดือนมกราคม – กุมภาพันธ์ อัตราการปล่อยแตนเบียนไข่ 10,000 ตัว/ไร่/ครั้ง รวม 4 ครั้งสามารถควบคุมได้ 100 % โดยไม่ต้องใช้สารเคมีฆ่าแมลง

5.4.9 แมลงศัตรูกล้วยไม้ (orchid insect pests)

1) เพลี้ยไฟฝ้าย (cotton thrips, *Thrips palmi*)

เพลี้ยไฟฝ้ายในกล้วยไม้มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "ตัวกินสี" (ภาพที่ 5.1(1) เนื่องจากเมื่อทำลายดอกกล้วยไม้แล้วจะทำให้บริเวณที่เป็นสีดอกมีสีซีดขาว เนื่องจากเซลล์ตายเห็นเป็นแนวการทำลายชัดเจนเหมือนเพลี้ยไฟกินสีดอกกล้วยไม้ไปด้วย เพลี้ยไฟชนิดนี้ทำลายไม้ดอกไม้ประดับและไม้ผลหลายชนิด และเป็นเพลี้ยไฟที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ (พิสมัย ชวลิตวงษ์พร และอนันต์ วัฒนธัญกรรม ; กองกีฏและสัตววิทยา, 2542)

วิธีป้องกันกำจัด

(1) หลีกเลี่ยงการปลูกพืชอาหารของเพลี้ยไฟฝ้ายในบริเวณที่ปลูกกล้วยไม้

(2) ใช้สารเคมีพ่นเฉพาะส่วนดอกของกล้ายไม้ โดยใช้สารหลายชนิดสลับกลุ่มกัน โดยใช้ช่วงพ่น 5 – 7 วันต่อครั้ง และถ้าพ่นติดต่อกันกลุ่มละไม่เกิน 3 ครั้ง คือ

- กลุ่มที่ 1 อิมิดาคลอพริด (คอนฟิดอร์ 100 SL) อัตรา 10 – 20 มล./น้ำ 20 ลิตร
  อะเซตามิพริด (โมแลน 20 %SP) อัตรา 10 – 20 มล./น้ำ 20 ลิตร
- กลุ่มที่ 2 อะบาเมกติน (แจกเกต, เวอร์ทิเม็ค 1.8 EC) อัตรา 10 – 20 มล./น้ำ 20 ลิตร
- กลุ่มที่ 3 ฟิโปรนิล (แอสเซ็นต์ 5 %SC) อัตรา 20 มล./น้ำ 20 ลิตร
- กลุ่มที่ 4 ไซเปอร์เมทริน/โฟซาโลน (พาร์ซอน 28.75 EC) อัตรา 40 มล./น้ำ 20 ลิตร

2) หนอนกระทู้หอม (beet armyworm หรือ onion cutworm, *Spodoptera exigua*)

หนอนชนิดนี้เป็นศัตรูที่สำคัญทางเศรษฐกิจมาก เพราะเป็นศัตรูที่สำคัญของไม้ดอก เช่น กล้วยไม้ กุหลาบ ดาวเรือง มะลิ และเบญจมาศ โดยกัดกินส่วนต่างๆ ของพืช เช่น กิ่ง ก้าน และดอก นอกจากนี้ยังเป็นศัตรูที่สำคัญของผักต่างๆ องุ่น และถั่วต่างๆ ฯลฯ รวมมากกว่า 30 ชนิด หนอนชนิดนี้จะระบาดรุนแรงเป็นประจำทุกปีและตลอดปี และสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้รวดเร็วมาก

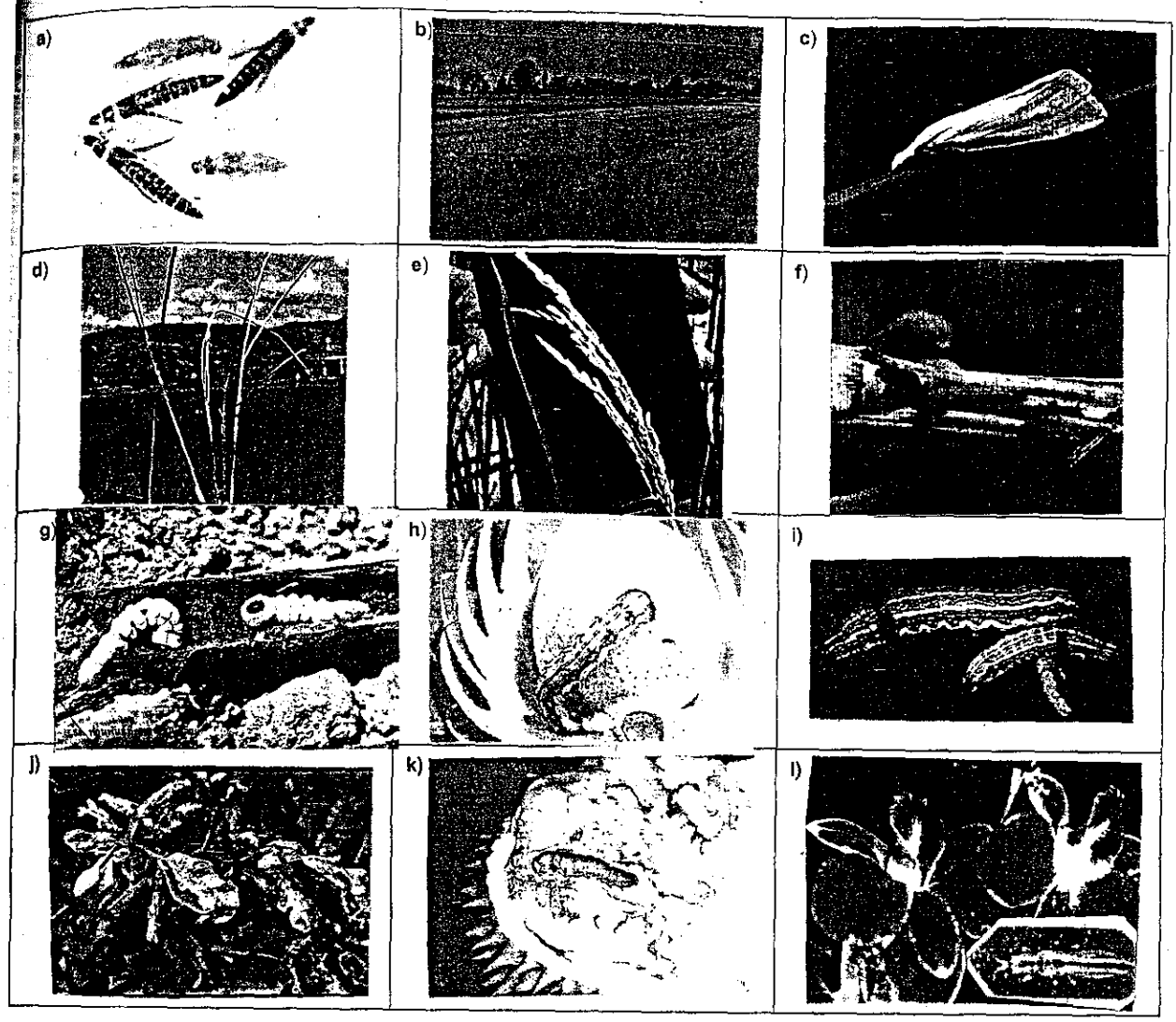
วิธีป้องกันกำจัด

(1) เก็บกลุ่มไข่ และหนอนไปทำลายเป็นวิธีที่ได้ผลดีมาก

(2) ใช้เชื้อแบคทีเรีย (Bt.)ที่ผลิตเป็นการค้า เช่น เซนทารี 60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร เดลฟิน 40 กรัม/น้ำ 20 ลิตร พ่นเวลาเย็นทุก 5 วันเมื่อระบาด

(3) ใช้ไวรัสชนิด nuclear polyhedrosis virus (NPV) ฉีดพ่นอัตรา 30 มล./น้ำ 20 ลิตร ผสมสารจับใบตามฉลาก พ่นเวลาเย็นทุก 5 วัน ได้ผลดีที่สุด

(4)ใช้สารเคมี ให้ฉีดพ่นไดอะเฟนไทยูรอน (โปโล 25 %EC) 40 มล./น้ำ 20ลิตร



ภาพที่ 5.1 แมลงศัตรูพืชที่สำคัญและอาการทำลาย a) เพลี้ยไฟข้าว b)ข้าวตายเป็นหย่อมเหมือนไฟไหม้ (ปรีชา วังศิลาบัตร และคณะ, 2538) c) ผีเสื้อหนอนกอสีครีม (วีรวุฒิ กตัญญูกุล และประกอบ เลื่อมแสง, 2527) d) อาการยอดเหี่ยว e) อาการหัวหงอก (Muller,1970) f) หนอนกอลายจุดเล็กทำลายอ้อย g) ด้วงหนวดยาวทำลายอ้อย (โอชา ประจวบเหมาะ และคณะ, 2527) h) หนอนเจาะสมอฝ้าย (กองกีฏและสัตววิทยา, 2545) i) หนอนกระทู้ผักและดักแด้แตนเบียน *Snellenius sp.* (Braconidae) (Shepard et al., 1987) j) อาการหนอนชอนใบส้ม (รุจ มรกต และพิมลพร นันทะ,2539) k) หนอนเจาะเมล็ดทุเรียน(Kuroko and Lewvanich, 1993) j)เพลี้ยไฟทำลายกล้วยไม้ (พิสมัย ชวลิตวงษ์พร และอนันต์ วัฒนธัญกรรม ; กองกีฏและสัตววิทยา, 2542)

6. แมลงศัตรูสัตว์ที่สำคัญ
Important animal insect pests

แมลงศัตรูสัตว์มีอยู่มากมาย มีการศึกษาทั้งด้านชีววิทยา อุปนิสัยการแพร่กระจาย และการระบาด สิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ฯลฯ จึงกลายเป็นสาขาวิชาชื่อว่า กีฏวิทยาทางการแพทย์ (Medical and Veterinary Entomology) เนื่องจากแมลงศัตรูสัตว์ซึ่งรวมทั้งคน มีอยู่หลายชนิด จะเลือกกล่าวเฉพาะที่สำคัญ ดังนี้

6.1 ยุง (mosquito, O. Diptera : F. Culicidae)

ใน Family นี้มี 3 Sub-family คือ

6.1.1 Subfamily Toxorhynchitinae

มีอยู่เพียงชนิดเดียว คือ *Toxorhynchites* พบมากในเขตร้อน รูปร่างคล้ายยุงทั่วไปทั้งตัวเต็มวัยและตัวอ่อน แต่ยังชนิดนี้จะไม่ดูดเลือดเป็นอาหาร ตัวอ่อนกินลูกน้ำยุงชนิดอื่นเป็นอาหาร จึงถูกเพาะพันธุ์และนำไปใช้ในการควบคุมลูกน้ำยุง *Aedes aegypti* และ *Ae. Polynesiensis*

6.1.2 Subfamily Anophelinae

ยุงกลุ่มนี้คือยุงกันปล่องที่สำคัญคือ *Anopheles maculipenis* (ภาพที่ 6.1) ซึ่งเป็นพาหะนำเชื้อมาลาเรีย และฟิลาริเอซิสในระบบน้ำเหลือง (lymphatic filariasis) ซึ่งเกิดจากพยาธิ และ arbovirus อีกหลายชนิด

1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย

ยุงกันปล่องเพศเมียจะวางไข่บนผิวน้ำตอนกลางคืน ครั้งละ 100 – 150 ฟอง ไข่รูปร่างรูปทรงกระบอก ยาวประมาณ 1 มม. มีทุ่น 2 ข้างทำให้ไข่ลอยน้ำได้ ไข่จะเรียงกันเป็นแพ ติดอยู่กับวัสดุลอยน้ำหรือโผล่พ้นน้ำโดยแรงตึงผิว ทำให้ไม่ถูกพัดพาไปตามกระแสน้ำ และฟักเป็นตัวอ่อนภายในเวลา 1 - 2 วัน ระยะตัวอ่อน ซึ่งนิยมเรียกทั่วไปว่าลูกน้ำ เป็น apodous larva ปล้องอก 3 ปล้อง เชื่อมต่อกัน ที่ปลายท้องมีรูหายใจและมี

ขนที่ปล้องทุกปล้องๆ ละ 1 คู่ เรียกว่า "pulmate hair" ซึ่งมีลักษณะเป็นกระจุกขนแผ่ออกเป็นรูปพัดเมื่อสัมผัสผิวน้ำ และมีหน้าที่พยุงลูกน้ำให้ลอยอยู่ได้ มีอวัยวะที่อกปล้องแรก 1 คู่ เรียกว่า "prothoracic notched organ" มีหน้าที่รักษาให้ลูกน้ำวางตัวขนานกับผิวน้ำได้ (ภาพที่ 6.1) ยุงจะกินอาหารที่อยู่ในน้ำมักจะเป็นเศษอาหารขนาดเล็กโดยใช้ปากแบบกัดกิน ลูกน้ำยุงป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปใน spiracles ได้โดยสร้างสารประเภทน้ำมันออกมาเคลือบไว้ที่ปลาย spiracles ลูกน้ำจะลอกคราบ 3 ครั้งได้ instar ที่ 4 จึงลอกคราบเพื่อเข้าดักแด้ ระยะตัวอ่อนนี้ใช้เวลา 7 - 10 วัน ระยะดักแด้ (นิยมเรียกว่า "ไอ้โม่ง") เป็นระยะที่ส่วนหัวรวมกับส่วนอกเรียกว่า "cephalothorax" มีรูปร่างรีอ้วน ด้านบนมีท่อหายใจปลายกว้าง มีลักษณะคล้ายแตร 1 คู่ เรียกว่า "respiratory trumpets" ที่ปลายท้องมีอวัยวะคล้ายใบพาย เรียกว่า "paddles" ทำหน้าที่ช่วยดันตัวไอ้โม่งเคลื่อนตัวไปมาหรือดำน้ำ หรือพุ่งขึ้นที่ผิวน้ำ (ภาพที่ 6.1) ตัวเต็มวัยจะพักออกจากดักแด้ และบินเหนือผิวน้ำเข้าหาฝั่งเพื่อผสมพันธุ์ และกินอาหาร

2) การผสมพันธุ์และสร้างไข่

การผสมพันธุ์ โดยการบินเกาะกลุ่มเป็นฝูง (swarming) มักจะเกิดขึ้นตอนพลบค่ำ คือ ตอน พระอาทิตย์กำลังจะตกดิน ระยะบินขึ้นอยู่กับชนิดของยุง เช่น *An. indiensis* จะจับกลุ่มบินในระดับ 0.3 - 0.6 ม. เหนือพื้นดินในขณะที่ *An. maculatus* จะจับกลุ่มบินในระดับ 4.5 - 6.0 ม. เหนือพื้นดิน และยุงเพศผู้จะเลือกจับคู่กับเพศเมียแล้วแยกออกไปจากกลุ่มเป็นคู่ๆ แต่ยุงบางชนิด เช่น *Ae. Aegypti* สามารถจับคู่ผสมพันธุ์โดยไม่ต้อง swarm คือ เพศผู้จะตอบสนองต่อเสียงกระพือปีกของเพศเมีย ซึ่งจะประมาณ 450 - 600 ครั้ง/วินาที และเพศผู้จะตอบสนองดีที่สุดที่ความถี่ 500 - 550 ครั้ง/วินาที

ยุงเพศเมียมักจะออกหากินมากที่สุดในเวลา 2 ช่วง คือ ตอนเช้า 06.00 - 07.00 น. และตอนค่ำ 17.00 – 18.00 น. แต่เพศผู้จะออกหากินช้ากว่าเพศเมียประมาณ 2 ชม. ยุงส่วนใหญ่เป็น nocturnal มีส่วนน้อยที่เป็น diurnal ยุงเพศผู้จะกินน้ำหวาน ส่วนยุงเพศเมียจะดูดเลือด ยุงก้นปล่องเพศเมียบางชนิดต้องกินเลือด และบางชนิดไม่ต้องกินเลือดก่อนการผสมพันธุ์

การดูดเลือด พบว่ามีความสัมพันธ์กับการพัฒนาของรังไข่ มีการศึกษาในยุงชนิด *Ae. Aegypti* พบว่า เมื่อยุงดูดเลือดทางเดินอาหารส่วนกลางจะโป่งออก และการเจริญของรังไข่จะถูกกระตุ้นให้ทำงาน และ oocyte จะเริ่มพัฒนาในขณะที่ยุงดูดเลือด เชื่อกันว่าเป็นการตอบสนองต่อการกระตุ้นทางประสาท แต่ในระยะที่ 2 คือการเกิดของไข่แดง พบว่า เมื่อทางเดินอาหารโป่งออกเป็นเวลานานๆ ก็จะกระตุ้นให้สมองส่วน corpra alata สร้าง vittellogenic hormone ทำให้เกิดการสร้างไข่แดงในไข่ที่เจริญอยู่นั้น จำนวนไข่ที่ยุงสร้างขึ้นแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับปริมาณ และคุณภาพของเลือดที่ดูดกิน และชนิดของยุง เช่น *An. melanoon* จะให้ไข่ได้ถึง 500 ฟองในการวางครั้งแรก

6.1.3 Subfamily Culicinae

ได้แก่ ยุงรำคาญ (*Culex spp.*) ซึ่งเป็นพาหะของ *Wuchereria bancrofti* ยุงชนิด *Cx. tarsalis* เป็นพาหะนำโรคไข้สมองอักเสบ (western equine encephalitis) ส่วนยุงลาย (*Aedes aegypti)* จะเป็นพาหะนำ

โรคที่สำคัญคือ โรคไข้เหลือง ไข้เลือดออก (dengue haemorrhagic fever) และยุงชนิด *Mansonia uniformis* นำโรค *Brugia malayi* เป็นต้น เราเรียกยุงกลุ่มนี้โดยใช้ชื่อรวมๆ ว่า "ยุง Culicine" ยุงใน Subfamily นี้มีลักษณะบางประการที่แตกต่างจากยุงใน Subfamily Anopheline (ยุงก้นปล่อง) ดังนี้ (ภาพที่ 6.1)

1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย

ไข่ของยุงลายจะวางเป็นชุด ไข่แต่ละฟองไม่ติดกัน มักถูกวางกับผิวใบไม้หรือวัสดุที่เปียกชื้นใกล้น้ำ แต่ไม่ถูกวางบนผิวน้ำโดยตรง จึงไม่จำเป็นต้องมีทุ่นไว้ยึดไข่ ในระยะแรกถ้าไข่แห้งไข่จะฝ่อและตาย แต่ถ้าตัวอ่อนของไข่เจริญเต็มที่แล้วจะสามารถทนสภาพแห้งแล้งได้เป็นเวลาหลายเดือน และเมื่อไข่ถูกน้ำท่วม ก็จะฟักออกเป็นตัวอ่อน และพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยรุ่นเดียวกัน

ไข่ของยุงรำคาญ จะมีลักษณะเป็นแพขนาด 3 - 4 × 2 - 3 มม. ไข่จะเรียงต่อกันในน้ำและอยู่ในแนวดิ่งตั้งฉากกับผิวน้ำ (ภาพที่ 3.15) ในลักษณะนี้หัวของตัวอ่อนจะถูกห้อยหัวลง ไข่ชนิดนี้จะไม่ทนต่อความแห้งแล้ง

ไข่ของ *Mansonia* จะวางเป็นกลุ่มใต้ใบไม้ หรือใต้ใบไม้น้ำเช่นจอก แหน ด้านหนึ่งจะติดอยู่กับวัสดุ แต่อีกด้านหนึ่งจะเป็นอิสระและมีลักษณะแหลม กลุ่มไข่มีลักษณะเป็นก้อนคล้ายหมอนเล็กๆ

ตัวอ่อนหรือลูกน้ำของยุง Culicine ต่างจากลูกน้ำยุงก้นปล่องตรงที่ยุง Culicine มีท่อหายใจที่ปล้องรองสุดท้ายของท้อง 1 ท่อ เรียกว่า "siphon" มีรูเปิดของรูหายใจ (spiracle) ที่ปลายท่อ และมีลิ้นปิดเปิดให้อากาศเข้าออกและกันไม่ให้น้ำเข้าเรียก "spiracular valves" การมีท่อหายใจยาวนี้ทำให้ลูกน้ำของ Culicine ห้อยหัวลงตั้งฉากหรือทำมุมกับผิวน้ำได้ (ภาพที่ 3.15 และ 6.1) มันจึงสามารถกินอาหารและหายใจได้พร้อมๆ กัน โดยไม่จำเป็นต้องมี palmate hair หรือ prothoracic notched organ แต่ลูกน้ำของ *Mansonia* ท่อหายใจนี้จะสั้นเป็นรูปกรวยแข็งแรงมากและใช้แทงเข้าไปในพืชน้ำเพื่อรับอากาศและยึดเกาะมันจะไม่ทิ้งตัวเป็นอิสระในน้ำเหมือนลูกน้ำยุงชนิดอื่นๆ ระยะตัวอ่อน 4 ระยะใช้ระยะเวลา 10 วัน

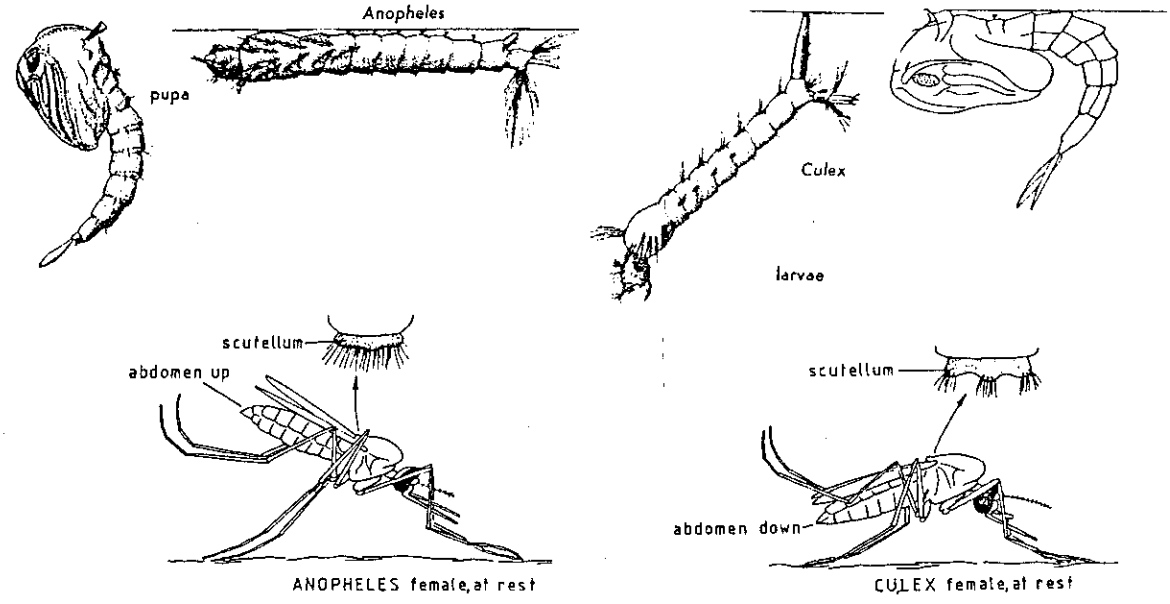
ดักแด้ของยุง Culicine จะเหมือนดักแด้ของยุงก้นปล่องมาก ต่างกันแต่ท่อ respiratory trumpets นั้นเป็นท่องตรงยาวปลายไม่บาน เรียกว่า "respiratory tube" หรือ "horns" แต่ใน *Mansonia* จะยาวแหลมเพื่อแทงเข้าไปยึดกับเนื้อเยื่อพืช

ตัวเต็มวัยของยุง Culicine จะเกาะพื้นโดยมีลำตัวขนานกับพื้น (ภาพที่ 3.15) ส่วนยุงก้นปล่องจะเกาะทำมุมกับพื้นโดยใช้ดานหัวดิ่งลง (ภาพที่ 6.1)

6.2 ริ้นน้ำเค็ม ปิ่ง (biting midge, O. Diptera : F. Ceratopogonidae)

ริ้นน้ำเค็มหรือปิ่ง มีชื่อเรียกหลายชื่อเช่น biting midges, punkies, sandflies, no-see-ums เป็นแมลงขนาดเล็ก ตัวและปีกลาย หรือปีกใสไม่มีลาย (ภาพที่ 6.2) เพศเมียดูดกินเลือดคนและสัตว์ ทำให้เกิดอาการคันบวม เจ็บและทรมาน ทำให้เกิดโรคที่เรียกว่า "leptocenops mange" ในแกะ และม้า ชนิดที่สำคัญที่สุด คือ

Culicoides spp. ซึ่งนำโรคไวรัสหลายชนิด เช่น African horse virus ในม้า blue tongue virus ในแกะ ephemeral fever ในปศุสัตว์ filaria (Onchocera) และโปรโตซัวอีกหลายชนิดในม้าและสัตว์ สำหรับคนนั้นเป็นปัญหาใหญ่สำหรับนักท่องเที่ยวเพราะริ้นน้ำเค็มชอบวางไข่ตามแถบชายฝั่งทะเลซึ่งมักเป็นแหล่งท่องเที่ยวโดยเฉพาะที่น้ำขังใกล้ชายฝั่ง หรือ ที่ชื้นแฉะที่เป็นส่วนต่อของโคลนและทรายชายฝั่ง เช่น ป่าชายเลน หรือที่ๆ มีการเน่าเปื่อยของเศษพืช ส่วนใหญ่ริ้นน้ำเค็มจะหากินตอนโพล้เพล้หรือกลางคืน และบางชนิดหากินกลางวัน (เช้า - บ่าย) ตัวอ่อนฟักออกมาก็จะกินเศษพืชเน่าๆ และเข้าดักแก้อยู่บนผิวบนของเศษพืชและฟักเป็นตัวเต็มวัย ตัวเต็มวัยทั้ง 2 เพศกินน้ำหวานจากดอกไม้และเพศเมียดูดเลือดคนและสัตว์เพื่อสร้างไข่เช่นเดียวกันกับยุง การแพร่กระจายของริ้นน้ำเค็มมีทั่วโลกจากเขตร้อนจนถึงทุ่งหญ้าเขตหนาว เช่น ในไซบีเรีย หรือภูเขาสูง 4,200 เมตร ในธิเบต และทำความเดือนร้อนให้ประชาชนเป็นอย่างมาก

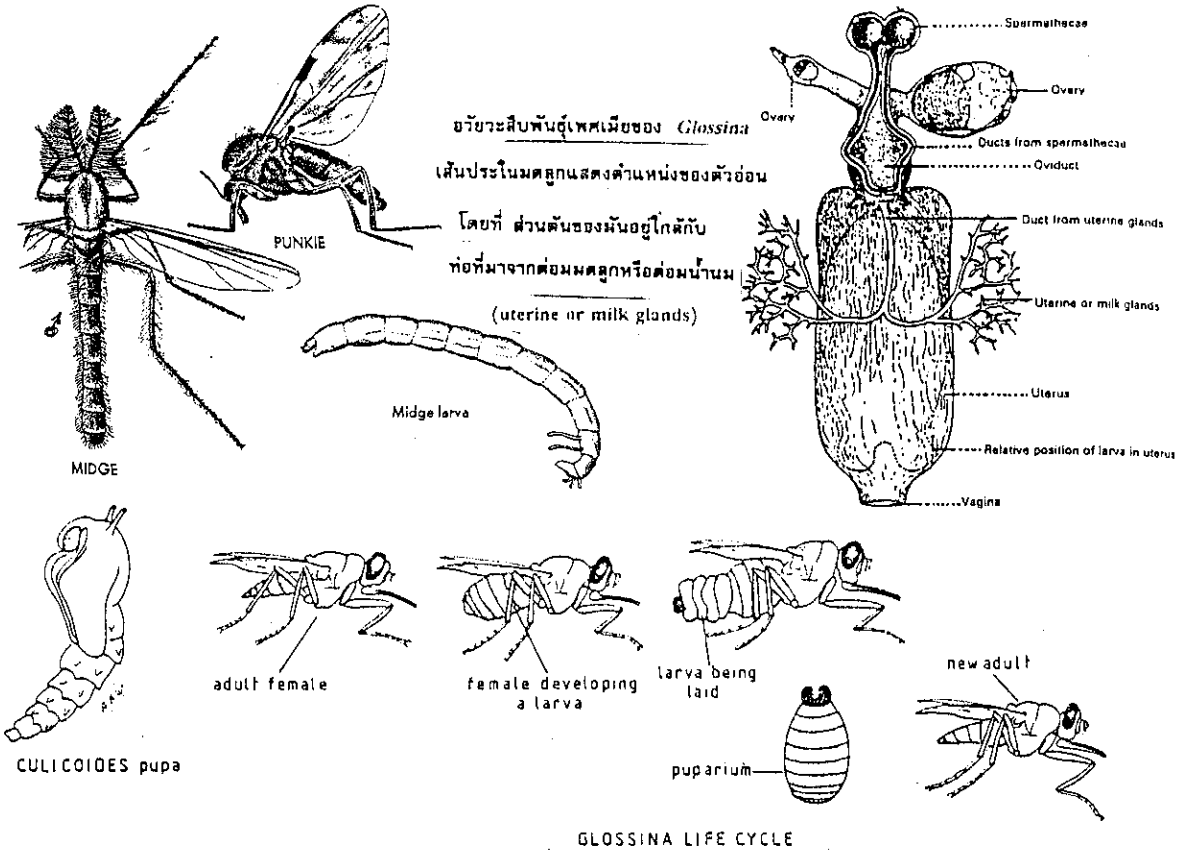


ภาพที่ 6.1 แสดงความแตกต่างของยุงก้นปล่องใน Subfamily Anophelinae และยุงรำคาญหรือยุงลายใน Subfamily Culicinae (Borror and White, 1970)

6.3 แมลงวันเทสซี (tsetse fly, O. Diptera : F. Glossinidae)

เป็นแมลงขนาดกลางถึงใหญ่ลำตัวสีน้ำตาลยาวประมาณ 6 - 14 มม. (รวมปาก proboscis) ใน family นี้มีเพียง genus เดียวคือ *Glossina* ซึ่งมี 5 species แต่มีหลาย subgenera แมลงวันชนิดนี้ทั้งเพศผู้และเพศเมียดูดกินเลือด และถ่ายทอดโรคเหงาหลับ (sleeping sickness, Trypanosomes) ในคน (*Trypanosoma brucei, T.*

brucei gambiense และ *T. brucei rhodesiense*) และในสัตว์จะเกิดอาการรุนแรงมากจนทำให้การปศุสัตว์ล้มเหลว การนำเชื้อของแมลงวันชนิดนี้เป็นแบบชีววิธี (biological transmission)



ภาพที่ 6.2 แสดงภาพของตัวเต็มวัยของริ้นน้ำเค็ม (*Culicoides sp.*) และวงจรชีวิตของแมลงวันเทสซี (*Glossina sp.*) (Kalker, 1994; Borror and White, 1970; สัมฤทธิ์ สิงห์อาษา, 2537)

1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย

วงจรชีวิตของแมลงวันเทสซี จะแตกต่างจากแมลงชนิดอื่นมากเพราะเพศเมียออกลูกเป็นตัวอ่อนที่เจริญเต็มที่แล้ว ตัวอ่อนจะเจริญอยู่ในมดลูกของแม่ (uterus) ซึ่งมี uterine หรือ milk gland ทำหน้าที่ผลิตสารอาหารมาเลี้ยงตัวอ่อน (ภาพที่ 6.2) เมื่อตัวอ่อนถูกปล่อยออกมานอกลำตัวของแม่ มันจะมุดลงดินอย่างรวดเร็วเพื่อหนีแสงและจะเข้าดักแด้ภายใน 1 - 5 ชั่วโมง endocuticle ของตัวอ่อนนี้จะแข็งและหนาเป็นปลอกของดักแด้ ระยะก่อนเข้าดักแด้จะกินเวลา 8 - 9 วัน ระยะดักแด้ใช้เวลา 3 สัปดาห์ จึงฟักออกเป็นตัวเต็มวัย เพศเมียตกไข่ชุดแรกเมื่ออายุ 9 - 10 วัน และจะตกไข่ทุก 1 ชั่วโมงหลังจากออกลูกชุดแรกแล้ว อายุเฉลี่ยของเพศเมีย 14 สัปดาห์และเพศผู้ 6 สัปดาห์ (สัมฤทธิ์ สิงห์อาษา, 2537) แมลงวันเพศเมียชนิดนี้เป็น diurnal ช่วงเวลาหากิน คือ เช้าและเย็น แต่พบว่าแตกต่างกันระหว่าง species เพราะบาง species มีช่วงเวลาหากินตอนเที่ยงวัน

6.4 แมลงวันบ้าน แมลงวันคอก (house fly, O. Diptera : F. Muscidae)

แมลงวันบ้านเป็นแมลงวันที่พบเห็นมากที่สุด มีขนาดกลาง สีเข้ม มี 7 subfamily แต่ที่สำคัญเกี่ยวข้องกับสัตว์และคนมีอยู่ 3 subfamily คือ Muscinae, Stomoxinae และ Fanniinae

6.4.1 Subfamily Muscinae (แมลงวันบ้าน house fly)

ที่สำคัญคือ แมลงวันบ้าน (*Musca domestica*) ซึ่งสามารถถ่ายทอดเชื้อโรคได้ถึง 65 ชนิด มีตั้งแต่ไวรัส เช่น ไวรัสโปลิโอ ไวรัสตับอักเสบชนิดติดต่อกันได้ เชื้ออหิวาตกโรค โรคทางเดินอาหาร โรคตาแดง โรคคอตีบ โรคแอนแทรกซ์ วัณโรค โรคเรื้อน คุดทะราด รวมทั้งพยาธิตัวกลม และพยาธิปากขอ ฯลฯ

1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย

ไข่เป็นสีครีมขาวยาวเรียววางเป็นกลุ่ม สถานที่วางไข่มักเป็นที่ชื้น เช่น มูลสัตว์หรือวัสดุเน่าเปื่อยทั่วไป จะฟักเป็นตัวภายใน 8 ชม. ระยะตัวอ่อน (หนอน) 2 ระยะแรกจะใช้เวลา 1 วัน ระยะสุดท้ายจะใช้เวลา 3 วัน หรือมากกว่า รวมระยะตัวอ่อน 4 - 5 วัน หนอนจะมีลักษณะเรียว ด้านหัวจะแหลมมีตะขอ (ฟัน) ไม่มีขา มีชื่อเฉพาะเรียกว่า "maggot" ชอบกินอาหาร ซึ่งเป็นซากพืชหรือสัตว์ที่เน่าเปื่อย เมื่อเจริญเต็มที่จะฝังตัวลงในดินและเข้าดักแด้ในดิน ดักแด้ใหม่จะมีสีขาวครีม แบบ coarctate เมื่อใกล้จะฟักจะเป็นสีน้ำตาลเข้มจนเกือบดำ ตัวเต็มวัยจะผสมพันธุ์ในวันที่ฟักออกมา แต่เพศเมียจะวางไข่ได้เร็วที่สุด คือ 54 ชม. หลังจากฟักออกจากดักแด้

วิธีการถ่ายทอดเชื้อโรคเป็นแบบวิธีกล (mechanical transmission) อาจโดยอวัยวะภายนอก เช่น ขา ปาก ขนบนลำตัวที่เปื้อนเชื้อโรค

- ❖ น้ำที่เกิดจากการสำรอกออกจากปาก น้ำดังกล่าวจะมีเชื้อโรคปะปนมาด้วย
- ❖ มูลที่แมลงวันถ่ายออกมา มีเชื้อโรคปะปนมาด้วย

6.4.2 Subfamily Stomoxinae (แมลงวันคอก bush fly)

มีลักษณะคล้ายแมลงวันบ้าน แต่มีแถบสีดำยาวบนส่วนอก 4 แถบอยู่ทางด้านข้างนอกทั้ง 2 ข้าง เหมือนแมลงวันบ้าน แต่ส่วนท้องจะมีสีน้ำตาลและสีเทาสลับกัน เป็นศัตรูที่สำคัญของ วัว ควาย และม้า มีการนำเชื้อโรคทั้งแบบชีววิธีและวิธีกล และเป็น media host ของ พยาธิตัวกลมหลายชนิด

1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย

คล้ายแมลงวันบ้าน แต่ไข่ที่วางจะไม่เป็นกระจุกเหมือนแมลงวันบ้าน เพศเมียจะวางไข่กระจายไปบนผิวของอาหาร ซึ่งมักเป็นกองฟางที่เปื้อนอุจจาระหรือปัสสาวะของม้า หรือฟางที่รองนอนของสัตว์

หรือหญ้าที่เน่าเปื่อย หรือกองพืชน้ำที่เน่าเปื่อยแถบชายฝั่ง ไข่ฟักเป็นตัวหนอนลอกคราบ 3 ครั้งก่อนเข้าดักแด้ และฟักเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งหากินในเวลากลางวัน มีรายงานว่า แมลงวันคอกทำให้การผลิตน้ำนมลดลงถึง 25 % (ประมาณการว่าอาจเป็น 40 – 60 %)

6.4.3 Subfamily Fanniinae

คล้ายแมลงวันบ้านแต่ตัวเล็กกว่าจะเรียกว่า "แมลงวันบ้านเล็ก" ก็ได้ ลักษณะของตัวอ่อนและวงจรชีวิตเหมือนกับแมลงวันทั่วไป แต่ที่น่าสังเกตคือแมลงวันชนิดนี้จะวางไข่ในอุจจาระของสัตว์เช่นไก่ หมู คน ฯลฯ ความสำคัญของแมลงวันชนิดนี้คือก่อความรำคาญและทำให้เกิดโรค intestinal myiasis ในคน แต่มีความสำคัญน้อยกว่าใน 2 subfamily แรก

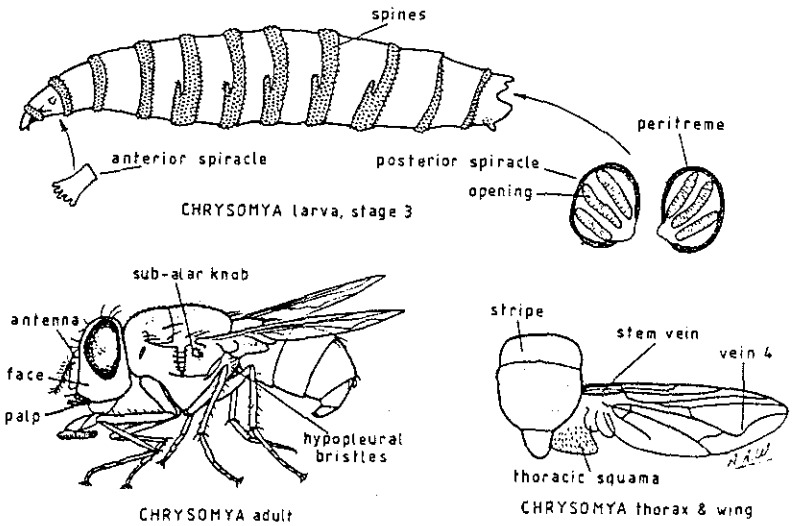
6.5 แมลงวันเนื้อสด (flesh fly, O. Diptera : F. Sarcophagidae) และแมลงวันหัวเขียว (blow fly, O. Diptera : F. Calliphoridae)

แมลงวันทั้ง 2 ชนิดทำให้เกิดโรคที่ร้ายแรงในปศุสัตว์ที่เรียกว่า "myiasis" หมายถึง โรคที่เกิดจากตัวอ่อน (หนอน) ของแมลงวันในแผลสดหรือเนื้อเยื่อของสัตว์ที่มีชีวิต อาจมีแมลงวันชนิดแรก (primary flies) ที่เปิดแผลงบนผิวหนังสัตว์และวางไข่ไว้ ไข่จะฟักเป็นตัวอ่อน (หนอน) กัดกินเนื้อสดและ เลือด สารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อยในแผล ต่อมามีแมลงวันชนิดที่ 2 secondary flies เข้ามาวางไข่ในแผลเดียวกันและเจริญเป็นตัวหนอนปะปนกับชนิดแรก ต่อไปอาจมีแมลงวันชนิดที่ 3 (tertairy flies) หรือชนิดที่ 4 มาวางไข่ และเจริญในลักษณะเดียวกันได้ ดังนั้น myiasis อาจเกิดจากแมลงวันชนิดเดียวหรือมากกว่า 1 ชนิดก็ได้ แมลงวันเนื้อสดที่สำคัญมี 4 สกุลคือ *Sarcophaga, Wohlfahrtia, Cochliomyia* และ *Chrysomya*

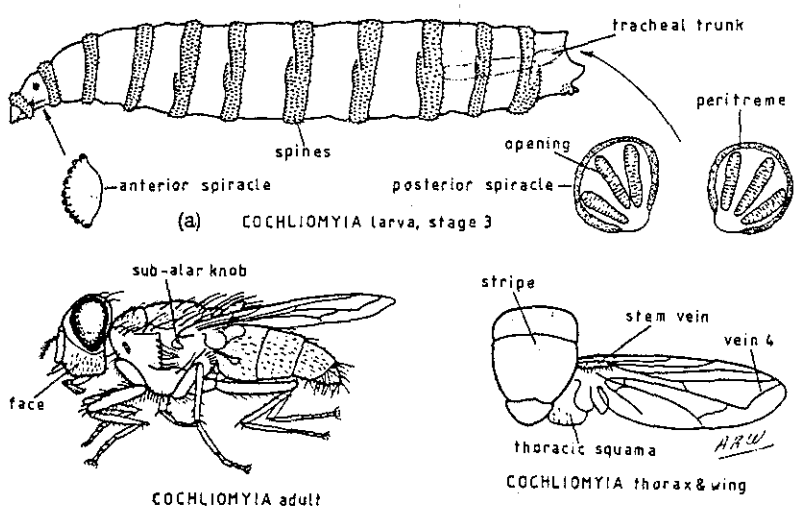
1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย

เพศเมียจะวางไข่ส่วนบนของแผล ไข่จะฟักภายใน 12 - 16 ชม. ตัวอ่อน (หนอน) จะกินเลือดและเนื้อเยื่อโดยใช้ตะขอที่ปาก เจาะเป็นโพรงลึกเข้าไปในเนื้อสัตว์ประมาณ 15 ซม. เมื่อเกิดบาดแผลจะกระตุ้นให้เพศเมียตัวอื่นๆ วางไข่ซ้ำ ดังนั้นจะพบตัวหนอนมากมายอาจถึง 3,000 ตัวในหนึ่งแผล ระยะตัวอ่อนประมาณ 1 สัปดาห์ และจะดีดออกจากแผลเพื่อเข้าดักแด้ในดิน การระบาดเองแมลงชนิดนี้รุนแรงเป็นอันตรายกับการทำปศุสัตว์มากโดยเฉพาะส่วนสะดือของลูกสัตว์เกิดใหม่ บาดแผลบนตัวสัตว์ต่างๆ เช่น ถูกเห็บ เหากัด เป็นสิ่งดึงดูดในการเข้าทำร้าย การระบาดที่รุนแรงของ *Cochliomyia hominivorax* รุนแรงมากในสหรัฐอเมริกา ตัวหนอนของแมลงวันชนิดนี้มีหนามเป็นแถบวนรอบๆ ตัว และจะมองเห็นเหมือนเกลียวสกรูเมื่อไชซอนในเนื้อสัตว์ นิยมเรียกหนอนชนิดนี้ว่า screw worm

Chrysomya



Cochliomyia



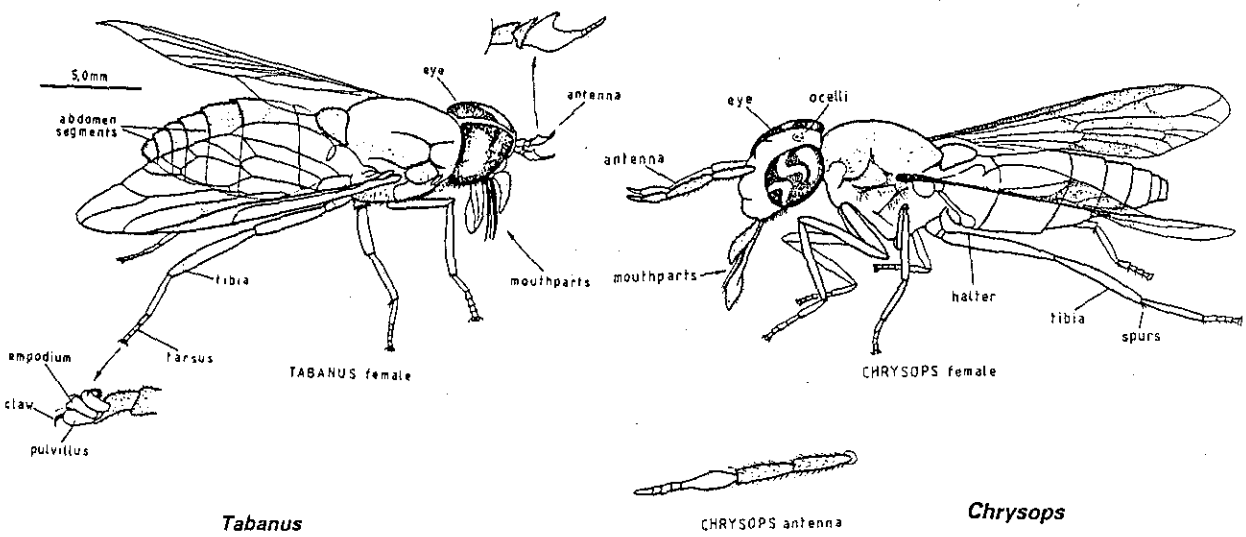
ภาพที่ 6.3 แสดงลักษณะตัวหนอน (maggot) และตัวเต็มวัยของ flesh fly ชนิด *Chrysomya* และ *Cochliomyia* (Walker, 1994)

6.6 เหลือบ (horse fly, deer fly, cleg, O. Diptera : F. Tabanidae)

แมลงในกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่ใหญ่มากมีมากกว่า 30 genera และมากกว่า 4,000 species ที่สำคัญ คือ เหลือบ *Tabanus* (horse fly) *Chrysops* (deer fly) และ *Haematopota* (cleg) เหลือบจะดูดกินเลือดของสัตว์แทบทุกชนิด ทำแผลใหญ่ จึงมีเลือดไหลที่แผลมากกว่าแมลงชนิดอื่น เหลือบนำโรคที่สำคัญหลายชนิด เช่น โรคแอนแทรกซ์ในคนและสัตว์เกิดจากเชื้อ *Bacillus anthracis* เป็นพาหะที่สำคัญของโรคเหงาหลับชนิด *Trypanosoma evansi* และ *T. vivax* โรคไวรัสอหิวาต์ในสุกร (hog cholera) และ equine infectious anaemia ลักษณะที่สำคัญของแมลงในกลุ่มนี้คือมีหนวดรูปเดียว (stylate) ปลายอาจโค้งหรือตรง (ภาพที่ 6.4) เหลือบ *Tabanus* มักจะมีขนาดลำตัวใหญ่ที่สุด เล็กลงมาคือ *Haematopota* และ *Chrysops* จะเล็กที่สุดในกลุ่ม

1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย

ไข่มักจะพบบริเวณที่แฉะใกล้น้ำหรือห้อยอยู่เหนือน้ำ ไข่ฟักภายใน 3 - 4 วัน ตัวอ่อนหรือหนอนวัยแรกจะลอกคราบทันทีที่ฟักออกมา ตัวหนอนระยะที่ 2 ไม่กินอาหารและชอบแสง ตัวหนอนระยะที่ 3 จะไม่ชอบแสงฝังตัวลงในดินเป็นเวลานานหลายเดือน ลอกคราบได้ 7 - 11 ครั้งในระยะหนอน หนอนของ *Tabanus* กินสัตว์เล็กๆ ชนิดอื่นเป็นอาหารหรือกินหนอนพวกเดียวกันเอง (cannibalism) มักพบในที่ชายฝั่งใกล้น้ำ ส่วนตัวอ่อนของ *Chrysops* กินซากพืชซึ่งมักจะพบในบริเวณชื้นแฉะ และตัวอ่อนของ *Haemapota* มักจะพบในที่น้ำขึ้นไปไม่ถึง ตัวเต็มวัยจะมีชีวิตอยู่ได้ถึง 3 - 4 สัปดาห์



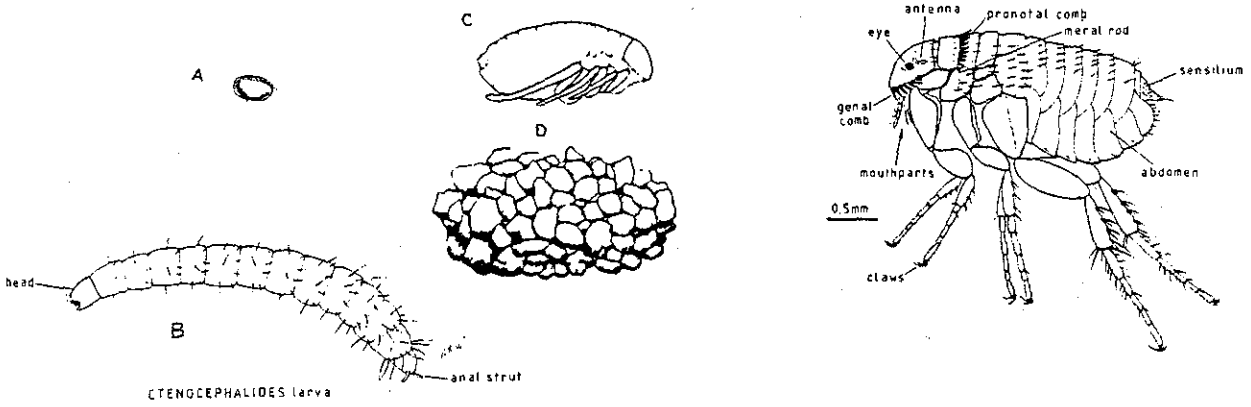
ภาพที่ 6.4 แสดงลักษณะของเหลือบ *Tabanus* และ *Chrysops* (Walker, 1994)

6.7 หมัด (flea, O. Siphonaptera)

หมัดเป็นแมลงที่ไม่มีปีก ลำตัวแบนด้านข้างสีน้ำตาลที่คอจะมีขนหรือหนามแหลมเป็นแผงเรียก "pronotal comb" ขาคู่ที่ 3 จะเจริญและแข็งแรงดีมากใช้ในการกระโดด (ภาพที่ 13.4) การกระโดดนี้เป็นลักษณะพิเศษของหมัดที่สามารถกระโดดตัวลอยได้สูงมาก เช่น หมัดหนู (*Xenopsylla cheopsis*) สามารถกระโดดได้ไกลถึง 18 ซม. และสูงถึง 31ซม. หมัดของไก่ (*Ceratophyllus gallinae*) กระโดดได้ไกล 24 ซม. ได้สูง 11 ซม. ส่วนหมัดคน (*Pulex irritans*) กระโดดได้สูง 13 - 20 ซม. (สัมฤทธิ์ สิงห์อาษา, 2537) หมัดดูดกินเลือดจึงเป็น ectoparasite ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมโดยเฉพาะสัตว์ฟันแทะ เช่น หนู กระต่าย ตลอดจน นก เช่น นกกระจอก และนกทะเล จะไม่พบหมัดในสัตว์มีกีบและลิง หมัดชนิดที่สำคัญ คือ หมัดหนู *X. cheopis* ซึ่งนำโรคไทฟอยพ์ (murine typhus) ในคน *Echidnophaga gallinacea* พบเป็น ectoparasite ของไก่ *Ctenocephalides canis* เป็นหมัดในสุนัข และ *Ct. felis* เป็นหมัดในแมว

1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย

หมัดเพศเมียจะวางไข่บนตัวของ host ที่อาศัย โดยตัวเมีย ตัวหนึ่งอาจวางไข่ได้ถึง 400 ฟอง ไข่มีขนาดใหญ่ และมักจะมีสารเหนียวยึดติดอยู่กับ host ต่อมาไข่เมื่อใกล้ฟักตัว บางชนิดจะร่วงลงดิน ไข่จะฟักเป็นตัวหนอนมีลักษณะคล้ายหนอนแมลงวัน ไม่มีตา ยาว 4 - 10 มม. มีสีขาว ส่วนใหญ่ตัวอ่อนมี 3 ระยะ จะกินเศษซากอินทรีย์วัตถุ (organic debris) ในดิน ตัวอ่อนบางชนิดเช่น *Nosopsyllus fasciatus* จะไม่ร่วงลงดิน แต่จะใช้ปากยึดติดกับตัวเต็มวัย เมื่อตัวเต็มวัยกินเลือด ก็จะถ่ายเลือดบางส่วนที่ยังไม่ถูกย่อยออกทางทวารหนัก ตัวหนอนก็จะได้กินอาหารที่เป็นเลือดจากที่ถ่ายออกทางทวารหนักเหล่านี้ หนอนพวกนี้จะมีความว่องไวในการติดตามตัวเต็มวัย เมื่อตัวหนอนเจริญเต็มที่แล้วจะสร้างรัง (coccon) รูปไข่ แล้วจึงเข้าดักแด้ในรังนั้น ในเขตร้อนจะใช้เวลา 4 - 5 วัน จึงฟักเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งจะมีชีวิตอยู่ได้นาน 6 - 12 เดือน



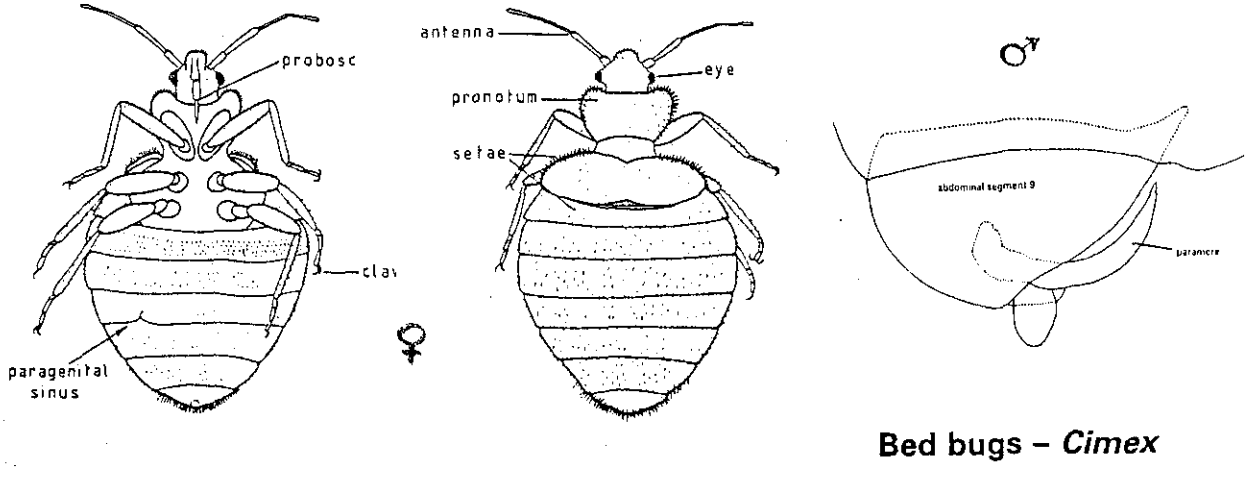
ภาพที่ 6.5 แสดงวงจรชีวิตของหมัดแมวหรือหมัดสุนัข *Ctenocephalides felis* (สัมฤทธิ์ สิงห์อาษา, 2537; Walker, 1994)

6.8 เรือด (bed bug, O. Hemiptera : F. Cimicidae)

เป็นแมลงที่ไม่มีปีกขนาดเล็ก ขนาดลำตัว 5 - 7 มม. เป็น ectoparasite ที่กินเลือดของ host จะทำให้คน หรือสัตว์ที่เป็น host อ่อนเพลียเพราะมักจะดูดกินเวลากลางคืนในขณะที่ host หลับ นอกจากนั้นยังพบว่าเป็น พาหะของโรคที่ร้ายแรงในคนคือพบ antigen ของโรคไวรัสตับอักเสบชนิด B (hepatitis B virus) ในตัวเรือดและ พบไวรัสชนิดนี้อยู่ในมูลของเรือดชนิด *Cimex hemipterus* และ *C. lectularius* ซึ่งทำให้คนเป็นโรคได้เช่นกัน มี รายงานว่าเรือดจะดูดกินเลือดของ คน ค้างคาว นก และไก่ ลักษณะสำคัญคือ ลำตัวแบนไม่มี ocelli ตัวอ่อนเป็น แบบ nymph คือ มีลักษณะคล้ายตัวเต็มวัยและกินอาหารเหมือนตัวเต็มวัย prothorax มีลักษณะเว้า pronotum จะกว้างกว่าหรือเท่ากับความยาวของ prothorax ลำตัวมี 11 ปล้องมี spiracle 7 คู่ อยู่ที่ด้านท้องของปล้องที่ 2 - 8 ในเพศเมียจะมีรอยหยักเว้าเล็กๆ ที่ปล้องท้องปล้องที่ 5 ส่วนเพศผู้จะมีอวัยวะเพศ (เรียกว่า "paramere") เป็น แท่งงอขึ้นจากปลายสุดของท้อง

1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย

ไข่จะมีสีขาวยาวเกินกว่า 1 มม. จะถูกวางไว้นอกตัว host อาจยึดติดกับวัสดุ เช่น กำแพง หรือเสื้อผ้า ระยะไข่ 4 - 5 วัน จะฟักออกเป็นตัวอ่อนที่เรียกว่า "nymph" ซึ่งจะพยายามออกล่าหา host เรือดจะ รับรู้และตอบสนองต่อความอบอุ่นและคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกมาจากตัวของ host และเกาะกินอยู่กับ host น้ำลายของเรือดจะมีสารที่ทำให้เลือดไม่แข็งตัว (anticoagulant) และสามารถดูดเลือดได้หนักถึง 2 - 5 เท่าของ น้ำหนักตัวและใช้เวลานานในการดูดกิน ตัวอ่อนมี 4 ระยะ ใช้เวลา 2 - 3 สัปดาห์ เมื่อตัวอ่อนเป็นตัวเต็มวัยที่ สมบูรณ์ก็จะผสมพันธุ์ อัตราการวางไข่ของเรือดเฉลี่ย 6 - 7 ฟอง/สัปดาห์ เป็นระยะเวลาประมาณ 13 สัปดาห์



ภาพที่ 6.6 แสดงลักษณะของเพศผู้และเพศเมียของเรือด *Cimex hemipterus* (สัมฤทธิ์ สิงห์อาษา, 2537; Walker, 19

6.9 เหาคนและโลน (sucking lice, body and head lice, O. Anoplura : F. Pediculidae)

เหาเป็นแมลงขนาดเล็ก 0.5 - 8 มม. มีหนวด 5 ปล้อง ตามองเห็นไม่ชัด ไม่มี ocelli tarsi มีปล้องเดียว มีเล็บยาวและแข็งแรงสำหรับเกาะยึดกับตัว host เพศเมียมี genital plate อยู่ใต้ท้องเห็นชัดเจน ส่วนเพศผู้จะเห็นอวัยวะเพศชัดเจน (ภาพที่ 3.8) ปากแบบดูด ชนิดที่สำคัญคือ *Pediculus humanus* ซึ่งรวมเรียกว่า "เหาคน" แต่นักวิทยาศาสตร์บางคนคิดว่าเป็นคนละชนิด เพราะมีชนิดหนึ่งที่ดูดกินเลือดเฉพาะบนศีรษะน่าจะเรียกว่า "head lice" จึงให้ชื่อว่า *P. capitatus* ส่วนอีกชนิดหนึ่งจะเกาะอยู่บริเวณลำตัวของคนเป็นส่วนใหญ่ ไม่ขึ้นไปอยู่บนศีรษะจึงเรียกว่า "เหาบนตัว" (body lice) และให้ชื่อเป็น *P. humanus*

นอกจากนี้ยังมีเหาอีกชนิดหนึ่งที่อยู่ที่เส้นขนบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ เรียกว่า "โลน" คือ *P. pubis* หรือ crab lice หรือ human pubic lice โลนจะมีส่วนอกกว้างกว่าส่วนท้องและลำตัวจะสั้นอ้วน (ภาพที่ 3.8) โลนมีความสำคัญคือ ก่อให้เกิดความระคายเคืองแก่ผิวหนังทำให้คัน ผิวหนังเป็นแผล รบกวนการผักผ่อนและเป็นที่น่ารังเกียจแก่สังคมเพราะคิดว่าเป็นคนสกปรกและนำเชื้อโรคที่สำคัญคือ *Endemic typhus (Rickettsia prowazekii)* และ relapsing fever *(Borrelia recurrentis)*

เหาของสัตว์ คือ *Haematopinus* ซึ่งมีหลายชนิดมาก เช่น *H. suis* พบในหมู *H. asini* ในม้า *H. guadripertusus* เหาที่หางวัว และเหาควาย *H. tuberculatus* เหาของสัตว์มีความสำคัญมาก เพราะทำให้คันสัตว์ไม่ได้พักผ่อนและน้ำหนักลดหากเป็นมากจะเป็นโรคโลหิตจาง และพบว่าเหาสุนัขเป็นพาหะของตัวตืด *Dipylidium caninum* ในสุนัข

1) วงจรชีวิตและอุปนิสัย

ไข่เหาเล็กมากมีขนาด 0.8 × 0.3 มม. ถ้าเป็น *P. capitatus* จะถูกวางติดบนเส้นผมแต่ *P. humanus* จะถูกวางติดอยู่กับเสื้อผ้า ระยะไข่ 7 - 10 วัน จึงฟักออกเป็นตัวอ่อนที่เรียกว่า "nymph" ซึ่งจะมี 3 ระยะใช้เวลา 8 - 9 วัน อายุของเพศเมียและเพศผู้ประมาณ 1 เดือน เพศเมียสามารถวางไข่ได้ 270 - 300 ฟอง/ตัว หรือเฉลี่ย 9 - 10 ฟอง/ตัว/วัน ส่วนเหาของปศุสัตว์ *Haematopinus spp.* จะต่างจากเหาคน คือจะใช้เวลายาวนานกว่าคือมีวงจรชีวิตประมาณ 4 สัปดาห์ และเพศเมียมีชีวิตสั้นกว่าคือประมาณ 13 วัน และวางไข่น้อยกว่าคือ 35 - 50 ฟอง

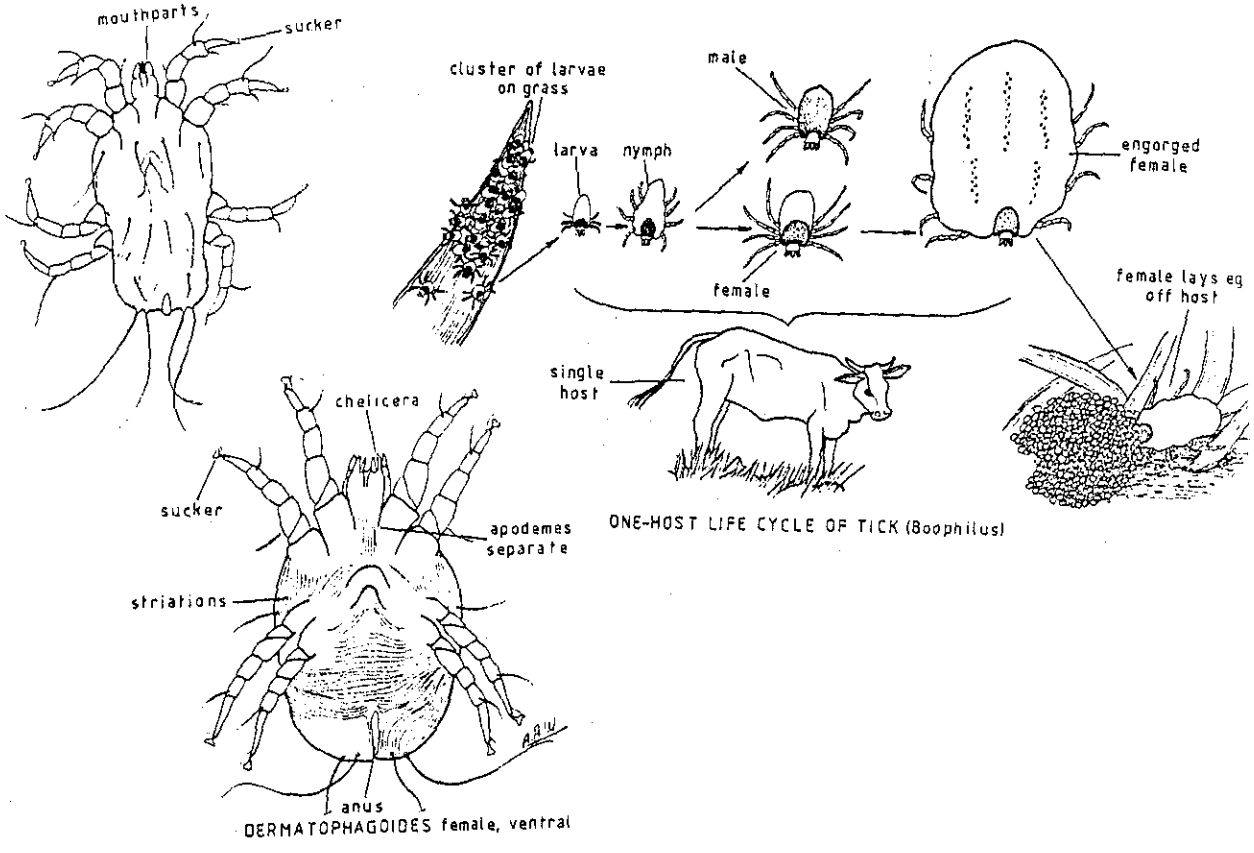
6.10 เหาสัตว์ (chewing lice, O.Mallophaga : F. Boopidae, F. Monopidae)

เหาชนิดนี้จะต่างจากเหาคนเพราะส่วนอกทั้ง 3 ปล้อง ยุบรวมเป็นปล้องเดียวกันและมีปากเป็นแบบกัดกิน เหาชนิดนี้จะเกาะติดกับเส้นขนโดยใช้ mandible ที่ปาก (ภาพที่ 3.8) อาศัยอาหารคือเศษของหนังและเศษ

ขน ที่สำคัญคือ เหาสุนัข (*Heterodoxus spiniger*) ซึ่งมีในสุนัขทั่วโลก เหาสัตว์ปีกหรือเหาบนตัวไก่ (*Menacanthus stramineus*) เหาของวัว (*D. bovis*) และเหาของแกะ (*Damalinia spp.*) เหาบนตัวแกะก่อให้เกิดปัญหาการเปรอะเปื้อนของขนแกะหรือขนเป็นก้อนกระจุก ทำให้นำไปปั่นไยไม่ได้และเสียราคา

6.11 ศัตรูสัตว์ที่คล้ายแมลงแต่ไม่ใช่แมลง

ศัตรูสัตว์ชนิดอื่นๆ ที่ไม่ใช่แมลงแต่คนส่วนใหญ่เข้าใจผิดคิดว่าเป็นแมลงเช่น ไร (mite) ซึ่งจัดอยู่ใน Class Arachnida O. Acarina สัตว์กลุ่มนี้จะดูเผินๆ คล้ายแมลงตัวเล็ก แต่หากส่องตรวจใต้แว่นขยายจะพบว่ามี 8 ขา ไรจะทำให้เกิดโรคขี้เรื้อน (mange) ในสัตว์เลี้ยง เช่น ขี้เรื้อนของสุนัข (itch mite, *Sarcoptes scabiei*) ซึ่งเกิดในสัตว์ต่างๆ เช่น ชะนี ลิง ม้า ปศุสัตว์ ละมั่งหมู สิงโต สุนัขป่า กระต่าย รวมทั้งก่อให้เกิดขี้เรื้อนในคนด้วย ไรที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง คือ ไรฝุ่น (house and bed dust mite, *Dermatophagoides sp* ,และไรขนนก (feather mite, *Megninia sp.*) (ภาพที่ 6.7) ซึ่งอยู่ตามพื้น เฟอร์นิเจอร์ ที่นอน หมอน ฯลฯ ทำให้เกิดภูมิแพ้ หืด หอบ



ภาพที่ 6.7 แสดงถึงสัตว์ใน Order Acarina ที่มีลักษณะคล้ายแมลงและเป็นศัตรูของสัตว์ (Walker, 1994)

สัตว์อีกชนิดหนึ่ง คือ เห็บ (ticks) ซึ่งจัดอยู่ใน Order Acarina เช่นเดียวกับไร มีที่สำคัญ 2 ชนิด คือ hard ticks (F. Ixodidae) และ soft ticks (F. Argasidae) hard ticks คือเห็บที่มีผิวของลำตัวแข็งเป็นมัน โดยเฉพาะด้าน dorsal ของลำตัว ส่วน soft ticks จะมีลำตัวนุ่มอ่อนและหยุ่นแต่หนา เห็บมีขา 4 คู่ กินเลือดของปศุสัตว์และคน มีหลายชนิดเช่น *Rhipicephalus* และ *Boophilus* ซึ่งเป็นหมัดของปศุสัตว์ และ *Ornithodoros* ซึ่งเป็นหมัดของนก ไก่ ที่กัดกินคนด้วย (ภาพที่ 6.7) นอกจากจะดูดกินเลือดทำให้เกิดแผลคัน อักเสบ รำคาญ และเจ็บปวดแล้วยังสามารถนำโรคได้ เช่น โรค kyasanur forest disease ซึ่งเกิดจาก flavivirus หรือโรคไข้สมองอักเสบ (enecphalitis) ในคนและลิงทำให้ตายได้ เป็นต้น

7. วิธีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช
Insect pest control measures

แมลงเป็นศัตรูพืชทำลายผลิตผลทางการเกษตรที่เป็นอาหารของมนุษย์ มนุษย์จึงจำเป็นที่จะต้องป้องกันและกำจัด "คู่แข่ง" หรือศัตรูที่บริโภคผลิตผลดังกล่าววิธีการที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชมีหลายวิธี ซึ่งกล่าวโดยสรุป ดังนี้คือ

7.1 วิธีเขตกรรม (cultural control)

วิธีป้องกันกำจัดโดยวิธีเขตกรรม เป็นวิธีป้องกันกำจัดศัตรูพืชพื้นฐานที่สุดและถือปฏิบัติตกทอดมาตั้งแต่บรรพบุรุษ หมายถึง วิธีการป้องกันกำจัดโดยใช้วิธีการดูแลและบำรุงรักษาแปลงปลูก เตรียมแปลงปลูก วิธีการปลูก เช่น การพรวนดิน การไถดิน การตัดแต่งกิ่ง การกำจัดวัชพืช หรือการปลูกวัชพืชบางชนิดเพื่อเป็นที่อาศัยของแมลงตัวห้ำ และตัวเบียน การปลูกพืชล่อแมลง การไขน้ำท่วมแปลง การปล่อยน้ำออกจากแปลง การทำความสะอาดแปลง การพูนดิน การกลบดิน การเลื่อนเวลาปลูกหรือการหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปลูกและการเก็บเกี่ยวเพื่อหลีกเลี่ยงการทำลายของแมลง การใส่ปุ๋ยเพื่อลดการทำลายของแมลง การปลูกพืชหมุนเวียน และการปลูกพืชสลับ เป็นต้น การปลูกพืชหมุนเวียนเพื่อตัดวงจรการเพิ่มหรือลดการแพร่พันธุ์ของประชากรแมลงศัตรูพืช ได้พัฒนามานานแล้ว ดังตัวอย่างการปลูกพืชสลับ (intercrop) พืชหลายชนิดหรือที่เรียกว่า "multiple cropping system" เพื่อป้องกันการระบาดของแมลงศัตรูพืช ในประเทศแถบลาตินอเมริกา ในตารางที่ 17

สำหรับความคิดดั้งเดิมในการทำความสะอาดแปลงปลูกนั้น หมายถึง การแผ้วถางพื้นที่ให้โล่งเตียนไม่มีหญ้าเลย มองเห็นหน้าดินและพืชที่ปลูกเท่านั้น ในปัจจุบันนี้นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีความคิดว่าการขจัดวัชพืชให้สูญพันธ์ไปจากแปลงปลูกนั้นเป็นการเพิ่มปัญหาแมลงศัตรูพืชและเกิดปัญหาการชะล้างหน้าดิน จึงได้ทำการทดลองปลูกพืชหลักชนิดต่าง ๆ ควบคู่กับการปลูกวัชพืชเพื่อดูผลที่เกิดกับการระบาดของแมลงศัตรูพืช และได้พิสูจน์แล้วว่าทำให้แมลงศัตรูพืชลดลงในประเทศที่ทำการทดลองถึง 5 ประเทศ (ตารางที่ 18) นอกจากนี้การมีวัชพืชจะช่วยชะลอการกัดกร่อนและการชะล้างของดิน (soil erosion) และยังเพิ่มความชุ่มชื้นและรักษาหน้าดินด้วย (soil conservation)

ตารางที่ 17 ระบบการปลูกพืชแบบ multiple cropping เพื่อป้องกันการระบาดของแมลงศัตรูพืช (ปรับปรุงจาก Altieri, 1997)

ระบบปลูกพืช	ศัตรูพืชเป้าหมาย	ปัจจัยเกี่ยวข้อง	ประเทศ
มันสำปะหลัง - ถั่ว (cowpeas)	แมลงหวี่ขาว *Aleurotrachelus socialis*, *Trialeurodes variabilis*	บำรุงให้พืชแข็งแรง เพิ่มศัตรูธรรมชาติ	โคลัมเบีย
ข้าวโพด – ถั่ว (beans)	เพลี้ยจักจั่น *Empoasca kraemeri*) ด้วง *Diabrotica balteata*) หนอนกระทู้ *Spodoptera frugiperda*)	เพิ่มศัตรูธรรมชาติ ป้องกันการรวมตัวของศัตรู	โคลัมเบีย
ข้าวโพด - ถั่ว (beans)	เพลี้ยจักจั่น (*Dalbulus maidis*)	ทำให้ศัตรูเคลื่อนไหวยากขึ้น	นิการากัว
แตงกวา – ข้าวโพด – บร็อคโคลี่	ด้วงหมัด (*Acalymma vitata*)		คอสตาริกา
ข้าวโพด – ถั่ว (beans) – แตง	หนอนผีเสื้อ (*Diaphania hyalinata*)	เพิ่มศัตรูธรรมชาติ	แมกซิโก
ข้าวโพด – ถั่ว (beans)	หนอนเจาะลำต้น (*Diatraea lineolata*)		

ในประเทศไทยมีตัวอย่างของเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโดยใช้วิธีการเขตกรรมที่ใช้ได้ผลดีแล้วในข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ผัก ถั่ว และยาสูบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

7.1.1 ข้าว (rice)

1) การเตรียมดินและการเผาตอซัง

การเตรียมดินโดยการไถสามารถกลับตอซังซึ่งมีดักแด้ของหนอนกอข้าวขึ้นมาบนดินเพื่อเป็นเหยื่อของศัตรูอื่น เช่น นก คางคก จิ้งเหลน หรือดักแด้ถูกแดดเผาหรือฟักเป็นตัวเต็มวัยในขณะที่ยังไม่มีพืชอาหาร ทำให้ประชากรของแมลงดังกล่าวลดลง นอกจากนั้นการเผาตอซังจะช่วยทำลายแมลงชนิดอื่นที่อาศัยอยู่ตามตอซัง

ตารางที่ 18 แสดงตัวอย่างของการปลูกพืช และวัชพืชร่วมกันเพื่อการลดปัญหาการระบาดของแมลงศัตรูพืช (ปรับปรุงจาก Altieri, 1997)

พืช	วัชพืช	ศัตรูพืชเป้าหมาย	ปัจจัยเกี่ยวข้อง	ประเทศ
ถั่ว	Goosegrass (*Eleusine indica*) และ red sprangle-top (*Leptochloa filiformis*)	เพลี้ยจักจั่น (*Empoasca kraemeri*)	มีสารเคมีไล่แมลง	โคลัมเบีย
กะหล่ำดาว	วัชพืชทั่วไป	ผีเสื้อกะหล่ำ (*Pieris rapae*) เพลี้ยอ่อน (*Brevicoryne brassicae*)	ลดการรวมตัวของศัตรูและเพิ่มตัวห้ำ	ชิลี
ข้าวโพด	วัชพืชทั่วไป	หนอนกระทู้ *Heliothis zea*, *Spodoptera Frugiperda*	เพิ่มตัวห้ำ	โคลัมเบีย
ข้าวโพด	วัชพืชทั่วไป	*Dalbulus maidis*	แมลงเคลื่อนไหวยากขึ้น	นิการากัว
ถั่วเหลือง	วัชพืชใบกว้างและหญ้า *Cassia obtusifolia*	ด้วง *Epilachna varivestis*	เพิ่มแมลงเบียน	แมกซิโก, โคลัมเบีย
ถั่วเหลือง	วัชพืชใบกว้างและหญ้า *Cassia obtusifolia*	*Nezara viridula*, *Anticarsia gemmatalis*	เพิ่มแมลงห้ำ	บราซิล
ถั่วเหลือง	*Crotalaria usaramoensis*	*Nezara viridula*	เพิ่มแมลงเบียน (*Trichopoda sp.*)	บราซิล
มันเทศ	ผักบุ้ง *Ipomoea asarifolia*	ด้วงเต่า Argus (*Chelymorpha cassidea*)	เพิ่มแมลงอาศัยของ parasite *Emersonella sp.*	คอสตาริกา
สวนองุ่น	วัชพืชทั่วไป	เพลี้ยแป้งองุ่น *(Pseudococcus affinis)*	เพิ่มศัตรูธรรมชาติ	ชิลี

2) การเลื่อนเวลาการปลูก

แมลงศัตรูข้าวบางชนิดเช่น แมลงบั่ว ในภาคเหนือที่จังหวัดเชียงรายระบาดประมาณเดือนมิถุนายน ซึ่งมีการปลูกข้าวในฤดู(นาปี) พบว่าการเลื่อนเวลาปลูกข้าวออกไปจะมีการทำลายของแมลงบั่วน้อยกว่าข้าวที่ปลูกตามปกติหรือปลูกเร็วกว่าปกติ (Hidaka et al., 1974)

3) การควบคุมระดับน้ำในนาข้าว

ระดับน้ำในนาข้าวมีผลต่อปริมาณของแมลงศัตรูข้าวบางชนิด จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่าไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ถูกแช่อยู่ในน้ำตั้งแต่ 6 วันขึ้นไปจะฟักออกเป็นตัวอ่อนน้อยลง (นิภา จันทร์ศรีสมหมาย, 2534 ก) ดังนั้น การควบคุมระดับน้ำในนาข้าวให้ท่วมกลุ่มไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่บริเวณโคนกอข้าว จึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถลดปริมาณของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลงได้ นอกจากนั้น แมลงบางชนิด เช่น เพลี้ยไฟ ในสภาพที่ข้าวขาดน้ำและแห้งจะพบระบาดเพิ่มขึ้น การจัดการให้น้ำมีเพียงพอและใส่ปุ๋ยเร่งให้ข้าวเจริญเติบโตจะลดการระบาดของเพลี้ยไฟได้ การแพร่ระบาดของหนอนปลอกจะระบาดเป็นหย่อม ๆ ในบริเวณที่ลุ่ม และอาศัยน้ำช่วยพาตัวหนอนซึ่งห่อหุ้มด้วยใบข้าวลอยไปทำลายข้าวบริเวณอื่น การไขน้ำออกให้นาแห้งสามารถหยุดการแพร่ระบาดของหนอนปลอกได้

7.1.2 ข้าวโพด (corn)

1) การเลือกและเลื่อนระยะเวลาปลูก

ในที่ ๆ มีมอดดิน (*Calomycterus sp.*) ระบาดกัดกินกล้าข้าวโพดเสียหาย ให้ปลูกข้าวโพดรุ่น 2 เร็วขึ้นกว่าปกติ คือ ประมาณเดือนกรกฎาคม เพื่อหลีกเลี่ยงช่วงระบาดสูงสุดในเดือนสิงหาคมและกันยายน และใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง (อรนุช กองกาญจนะ และวัชรา ชุณหวงศ์, 2535)

2) การขจัดวัชพืชอาศัย

ในการไถ เตรียมดิน ควรขจัดวัชพืชที่เป็นพืชอาศัยของมอดดินคือ ขี้กา (*Trichosanthes sp*) ตีนตุ๊กแก (*Tridax procumbens*) หญ้าตีนติด (*Brachiaria reptans*) และ หญ้าขจรจบดอกเล็ก (*Pennisetum polystachyon*) จะช่วยลดการระบาดได้ (วัชรา ชุณหวงศ์ และคณะ, 2521; 2531 ข)

3) การปลูกพืชสลับ

การปลูกข้าวโพดสลับถั่วต่าง ๆ (multiple cropping) ทำให้มีกลุ่มไข่ของหนอนเจาะลำต้นข้าวโพดน้อยกว่าการปลูกข้าวโพดเพียงชนิดเดียว (monocropping) และพบว่าการปลูกพืชสลับนี้ทำให้พบแตนเบียนไข่เข้าทำลายไข่หนอน ประมาณ 41 – 47 % ในขณะที่ปลูกข้าวโพดชนิดเดียว มีแตนเบียนไข่เข้าทำลายไข่หนอนเพียง 8 – 16 % (อรนุช กองกาญจนะ และคณะ, 2531)

7.1.3 ข้าวฟ่าง (sorghum)

1) กำหนดวันปลูกเพื่อเลี่ยงการเข้าทำลาย

เนื่องจากเกษตรกรปลูกข้าวฟ่างเพียงปีละครั้ง คือ ปลายฤดูฝน การทำลายของหนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่าง (*Atherigona soccata*) จึงไม่รุนแรงมากนัก เกษตรกรสามารถลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นโดยใช้เมล็ดพันธุ์ให้มากขึ้น เพื่อชดเชยต้นที่ถูกทำลาย และกำหนดวันปลูกให้ใกล้เคียงกัน ข้าวฟ่างที่ปลูกล่าจะถูกแมลงรุ่นที่สองทำลายอย่างรุนแรง (มาลี ชวนะพงศ์ และคณะ, 2520)

2) การขจัดวัชพืชอาศัย

วัชพืชอาศัยของหนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่าง (*A. soccata*) คือ หญ้าตีนนก หญ้าตีนติด หญ้าตีนกา หญ้าขจรจบดอกใหญ่ และดอกเล็ก พบว่าการเผาตอซังข้าวฟ่างและวัชพืชเป็นการทำลายแมลงชนิดนี้

3) ระยะปลูก

การปลูกข้าวฟ่างเป็นแถวแล้วถอนแยกเมื่ออายุ 3 - 5 วัน ระยะระหว่างต้น 10 ซม. จะถูกทำลายน้อยกว่าการปลูกระยะระหว่างต้น 15 หรือ 20 ซม. เนื่องจากระยะวิกฤตการทำลายของแมลงชนิดนี้อยู่ในช่วงข้าวฟ่างอายุ 1 - 3 สัปดาห์ การถอนต้นที่ถูกทำลายทิ้งเมื่ออายุ 2 สัปดาห์ จะเปิดโอกาสให้ต้นที่เหลือสามารถแตกแขนงที่ให้ผลผลิตได้มากขึ้น (มาลี ชวนะพงศ์ และคณะ, 2523; 2524)

4) การให้ปุ๋ย

หนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่างจะชอบทำลายข้าวฟ่างที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูงมากกว่าไม่ใส่ปุ๋ย และชอบทำลายข้าวฟ่างที่ปลูกเป็นแถวมากกว่าเป็นหลุม ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ควรปลูกเป็นแถว ส่วนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำควรปลูกเป็นหลุม (เกรียงไกร จำเริญมา และคณะ, 2525; วัชรา ชุณหวงศ์, 2525)

7.1.4 ผัก (vegetable)

1) ไถตากดิน

ในท้องที่ๆ มีการระบาดของด้วงหมัดผัก (*Phyllotetra spp.*) เมื่อเก็บเกี่ยวผักแล้วควรรื้อแปลง เก็บเศษผักออก ไถดินเพื่อตากทิ้งไว้เพื่อให้ดักแด้และตัวอ่อนที่อยู่ในดินตาย วิธีนี้จะสามารถฆ่าดักแด้ของหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*) ได้ด้วย

7.1.5 ถั่วเหลือง (soybean)

1) การเลือกช่วงเวลาปลูก

การปลูกถั่วเหลืองในฤดูแล้ง ควรปลูกระหว่างกลางเดือนธันวาคมถึงกลางเดือนมกราคม เพราะเป็นช่วงที่มีแมลงวันหนอนเจาะลำต้น (*Ophiomyia phaseoli, O. centrosematis* และ *Melanagromyza sojae*) น้อยที่สุด และถั่วจะให้ผลผลิตสูงสุด (สุชาติ เจริญรัตน์ และคณะ, 2531)

7.1.6 ยาสูบ (tobacco)

1) การเลือกช่วงเวลาปลูก

กำหนดช่วงเวลาปลูกที่มีแมลงหวี่ขาว (*Bemesia tabaci*) ต่ำที่สุด โดยในช่วงฤดูฝนควรปลูกยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนียในเดือนกรกฎาคม และควรปลูกยาสูบพันธุ์เบอร์เล่ย์ในช่วงฤดูแล้งกลางเดือนพฤศจิกายน (อรุณี วงษ์กอบรัษฎ์, 2533)

7.2 วิธีกลและวิธีกายภาพ (mechanical and physical control)

วิธีป้องกันกำจัดวิธีนี้ได้แก่ การใช้ความร้อน การใช้ความเย็น ใช้แสงล่อแมลง ใช้กับดัก ใช้เสียง ใช้บรรยากาศเช่น ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้ตะแกรงร่อน ตลอดจนการใช้มือหยิบหรือทำลายแมลง หรืออุปกรณ์อื่นๆ ทำลายโดยตรง เช่น เครื่องดูดแมลง และรวมไปถึงการใช้เครื่องกีดขวางเช่น มุ้งลวดหรือตาข่ายกันแมลง เป็นต้น

7.2.1 โรงเก็บผลิตผลการเกษตร (agricultural product storage)

1) การใช้ความร้อนและความเย็น

การใช้ความร้อนจัดที่อุณหภูมิ 42 °C ตลอดเวลาจะทำให้แมลงบางชนิดตาย และบางชนิดหยุดการเจริญเติบโต และที่ 55 ° - 60 °C เป็นเวลา 12 ชม. หรือ 65 °C เป็นเวลา 15 นาที จะทำให้แมลงตายหมด ส่วนการใช้ความเย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12 °C จะทำให้แมลงหยุดการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ (ชูวิทย์ ศุขปราการ และคณะ, 2535)

2) การใช้บรรยากาศ

การนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) รมหรืออบผลิตผลการเกษตรได้ผลดีมาก เพราะเป็นก๊าซที่ไม่เป็นอันตราย ฆ่าแมลงได้ทุกวัย ป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ปริมาณของก๊าซที่ได้ผลดีคือ

คาร์บอนไดออกไซด์ 60 % รมเป็นเวลา 4 วัน หรือ 35 % เป็นเวลา 10 วัน อัตราใช้ 2 กก./เมล็ดพืช 1 ตัน เมื่อรมแล้วไม่จำเป็นต้องเปิดผ้าคลุมออกสามารถรักษาผลผลิตได้ 1 ปี โดยไม่สูญเสียคุณภาพ และไม่มีการทำลายของแมลง (Suprakarn et al., 1989)

7.2.2 ปาล์มน้ำมัน (oil palm)

1) การใช้กับดักแสงไฟ

ในการกำจัดหนอนหน้าแมว (*Darna furva*) กินใบปาล์ม พบว่าการใช้แสงไฟนีออน black light หรือหลอดนีออนธรรมดาวางพาดบนกะละมังซึ่งบรรจุน้ำผสมผงซักฟอก ให้หลอดไฟอยู่เหนือน้ำประมาณ 5 - 10 ซม. วางล่อผีเสื้อเวลา 18.00 - 19.00 น. สามารถช่วยกำจัดตัวเต็มวัยได้ (ทวีศักดิ์ ชโยภาส และคณะ, 2528)

2) เก็บทำลาย

จับดักแด้ที่อยู่ตามซอกโคนทางใบรอบลำต้น และจับตัวเต็มวัยที่เกาะนิ่งๆ ตามใบหรือซอกทางใบในตอนกลางวันทำลายจะลดปริมาณตัวอ่อนได้ (ทวีศักดิ์ ชโยภาส, 2535)

7.2.3 ข้าวฟ่าง (sorghum)

1) การใช้กับดักเหยื่อล่อ

แมลงวันหนอนเจาะยอดข้าวฟ่างซึ่งเป็นศัตรูที่ร้ายแรงของกล้าข้าวฟ่างนั้นดึงดูดต่อวัสดุมีกลิ่นทุกชนิด จึงมีการนำกับดักปลาป่น (อาหารไก่) ใส่ในกับดัก ซึ่งเป็นกล่องพลาสติกใส เส้นผ่าศูนย์กลาง 23 ซม. สูง 10 ซม. เจาะรูด้านข้างเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. จำนวน 6 รู ใส่น้ำผสมผงซักฟอก พบว่ามีประสิทธิภาพสูงมาก สามารถดักจับตัวเต็มวัยได้ถึง 295 ตัว/กับดัก/วัน ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย ประหยัด ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพสูง และแมลงที่จับได้ 90 % เป็นเพศเมีย (มาลี ชวนะพงศ์ และบุญสม เมฆสองสี, 2524)

7.2.4 มะม่วง (mango)

1) การใช้กับดักเหยื่อล่อปนสารพิษ

การป้องกันกำจัดแมลงวันทองตัวเต็มวัยที่ดีที่สุดวิธีหนึ่ง คือ ใช้สารล่อ methyl eugenol ผสมสารฆ่าแมลงใส่ในกับดัก หรือใช้ protein hydrolysate หรือ molas 200 cc. ผสมสารฆ่าแมลง แล้วฉีดต้นมะม่วงเป็นจุด แมลงจะมากินอาหารหรือสารล่อแล้วจะตาย

7.2.5 ผักตระกูลกะหล่ำ (crucifers)

1) การใช้กับดักแมลงชนิดต่าง ๆ

1) กับดับแสงไฟ หลอดสีน้ำเงิน 20 วัตต์ เป็นหลอดเรืองแสงที่เหมาะสมในการใช้จับผีเสื้อหนอนใยผักมากที่สุด สามารถดึงดูดผีเสื้อหนอนใยผักได้มากพอสมควร มีราคาถูกกว่าหลอด black light - blue 20 วัตต์ หลอดสีน้ำเงินจับผีเสื้อได้มากและไม่มีอันตรายจากแสงอุลตราไวโอเลต (ศรีสุดา โท้ทอง และคณะ, 2530)

2) กับดักกาวเหนียวสีเหลือง กับดักสีเหลืองหรือกระป๋องทรงกระบอกทาด้วยกาวเหนียว (polybutane ความเข้มข้น 5 % ในสารละลาย hexane) วางประมาณ 10 - 15 วันครั้ง สามารถจับผีเสื้อหนอนใยผักได้เฉลี่ย 16 ตัว/วัน/กับดัก โดยจับผีเสื้อเพศเมีย : เพศผู้ ได้ 0.79 : 1 และเมื่อติดตั้งกับดักกาวเหนียวสีเหลืองชนิดนี้จำนวน 80 กับดัก/ไร่ สามารถลดการใช้สารฆ่าแมลงมากกว่า 50 % (วินัย รัชตปกรณ์ชัย, 2531; 2533 ก)

2) การใช้โรงเรือนตาข่ายไนล่อน (ผักกางมุ้ง)

ได้ศึกษาการปลูกผักคะน้า กวางตุ้ง ผักกาดขาว ผักกาดเขียวปลี ผักนวลจันทร์ กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก และบร๊อคโคลี่ ในโรงเรือนขนาด 4 × 2.50 เมตร คลุมด้วยตาข่ายไนล่อนสีขาวขนาด 16 mesh (ช่องต่อตารางนิ้ว) พบว่าผักที่ทดลองทุกชนิดมีการเจริญเติบโตได้อย่างปกติ สามรถป้องกันแมลงศัตรูพวกหนอนผีเสื้อได้เด็ดขาด (พบตัวงหมัดผัก เพลี้ยอ่อนบ้างเล็กน้อย) ทั้งนี้โรงเรือนตาข่ายไนล่อนต้องปิดอย่างมิดชิดตลอดเวลา เพื่อป้องกันแมลงที่อาจเล็ดลอดเข้าไป่ (อนันต์ วัฒนธัญกรรม และคณะ, 2532)

นอกจากผักตระกูลกะหล่ำที่สามารถปลูกได้ในโรงเรือนตาข่ายไนล่อนแล้ว ถั่วฝักยาวก็สามารถปลูกโดยป้องกันผีเสื้อหนอนเจาะฝักถั่ว อีกทั้งลดการระบาดของแมลงวันเจาะต้นถั่วได้ดีอีกด้วย (วินัย รัชตปกรณ์ชัย, 2533 ข)

7.3 การใช้พันธุ์พืชต้านทาน (plant resistance)

วิธีนี้คือการใช้พันธุ์พืชที่เป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อการทำลายของศัตรูพืช อาจเป็นพืชที่แมลงไม่ชอบอาศัยอยู่ (antixenosis) เป็นพืชที่แมลงอาศัยอยู่ได้แต่เมื่อแมลงกินเข้าไปแล้วมีผลกับการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงวงจรชีวิต (antibiosis) หรือเป็นอันตรายต่อระบบการทำงานของร่างกายหรือเป็นพืชที่ทนทานต่อการทำลาย (tolerance) ปัจจุบันนี้ศาสตร์ทางวิศวพันธุกรรม (genetic engineering) ได้เจริญมาก ได้นำเอาพืชที่มียีนต้านทานหรือเป็นพิษต่อแมลงเข้ามาเริ่มทดลองปลูกหลายชนิด เรียกว่า “transgenic plant”

7.3.1 พืชจำลองพันธุ์ (transgenic plant)

พืชจำลองพันธุ์ หมายถึง พืชที่ได้รับการตัดต่อทางพันธุกรรม (transgenic plant) ปัจจุบันมี 2 ชนิด ที่กำลังอยู่ระหว่างการทดลองปลูกไปในเขตต่างๆ ทั่วโลก และได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์แล้ว คือ

1) พืชสกัดน้ำมัน canola จำลองพันธุ์

จากประเทศคานาดา โดยเรียกว่า "transgenic canola" มีชื่อการค้าว่า "Liberty Link®" มียีนต้านทานสารเคมีชื่อ "glyphosate ammonium" ซึ่งเป็นสารเคมีกำจัดวัชพืชทุกชนิดและนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางทั่วโลก ในประเทศอังกฤษมี transgenic canola เช่นกันแต่มียีนต้านทาน glufosinate ammonium (อาพันชนิด เทพอวยพร, 2539)

2) ฝ้าย Bt. (Bt cotton)

มียีนของแบคทีเรียควบคุมศัตรูฝ้ายใน O. Lepidoptera คือ cotton bollworm (*H. armigera*) เรียกว่า "*Bt.* Cotton" นำเข้ามาประเทศไทยโดยบริษัทมอนซานโต้และกำลังทดลองปลูกโดยกรมวิชาการเกษตร และได้รับการต่อต้านจากกลุ่มผู้เลี้ยงผึ้ง เนื่องจากผู้เลี้ยงผึ้งกล่าวว่าทำให้ผึ้งที่ไปดูดน้ำหวานจากดอกฝ้าย ตายเป็นจำนวนมากและทำความเสียหายต่ออุตสาหกรรมเลี้ยงผึ้ง

7.3.2 อ้อย (sugarcane)

พบว่าอ้อยพันธุ์ F156 และ F140 เป็นอ้อยที่มีลักษณะต้านทานต่อการเข้าทำลายของหนอนกออ้อย (*Chilo infuscatellus*) และได้แนะนำให้เกษตรกรปลูก (Attajarusit, 1990)

7.3.3 ข้าวฟ่าง (sorghum)

ในสภาพไร่ที่มีการทำลายของหนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่างอย่างรุนแรง (ประมาณ 83 - 100 %) มีรายงานว่าข้าวฟ่าง 8 สายพันธุ์ คือ PS 19794, PS 19230, PS 14454, PS 18817-2, PS 20092, PS 18822-4, PS 14093 และ PS 21112 มีกลไกต้านทานต่อการทำลาย 3 แบบ คือ ความไม่ชอบในการวางไข่ การต่อต้านระบบชีวภาพ และการแตกแขนงชดเชยการทำลายที่สามารถให้ผลผลิตได้ ปัจจุบันการปรับปรุงและคัดเลือกข้าวฟ่างสายพันธุ์ดังกล่าวถึงชั่วที่ 6 คาดว่าจะได้ข้าวฟ่างพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ลักษณะทางเกษตรกรรมดีและต้านทานต่อการทำลายของหนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่าง สามารถแนะนำปลูกในอนาคตอันใกล้นี้ (มาลี ชวนะพงศ์ และคณะ, 2530)

7.3.4 ข้าวโพด (corn)

ในการปลูกข้าวโพดไร่ควรใช้พันธุ์สุวรรณ1 สุวรรณ 2 และ Thai DMR #6 ถ้าข้าวโพดฝักอ่อนให้ใช้พันธุ์สุวรรณ 2 และ Baby Thai Composite #1 DMR ซึ่งต้านทานต่อหนอนเจาะลำต้นข้าวโพด (อรนุช กองกาญจนะ และวัชรา ชุณหวงศ์, 2535)

7.3.5 ข้าว (rice)

ในประเทศไทยเรามีการทดสอบและพยายามสร้างพันธุ์ข้าวพันธุ์ใหม่ขึ้นมาเพื่อเผยแพร่ให้เกษตรกรใช้ และมีรายงานทดสอบปฏิกิริยาของข้าวพันธุ์ส่งเสริมที่นิยมปลูกกับแมลงศัตรูข้าว 4 ชนิด สรุปไว้ในตารางที่ 19 (นิภา จันทน์ศรีสมหมาย, 2534ข)

ตารางที่ 19 ข้าวพันธุ์ส่งเสริมของไทยที่ต้านทานต่อแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ (สถาบันวิจัยข้าว 2528; 2531; นิภา จันทร์ศรีสมหมาย, 2534 ข)

พันธุ์ข้าว	คู่ผสม	ปฏิกิริยาต่อแมลง				ปีที่ส่งเสริม
		เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล	เพลี้ยจักจั่นสีเขียว	หนอนกอข้าว	แมลงบั่ว	
เหมยนอง 62 เอ็ม		-	-	-	ต้านทาน	2502
กข 1	LT/IR8	อ่อนแอ	อ่อนแอ	-	อ่อนแอ	2512
กข 4	LT/IR8/W1252///RD2	ต้านทาน	ต้านทาน	อ่อนแอ	ต้านทาน	2516
กข 9	CNT3176/W1256//RD2	ต้านทาน	ต้านทาน	อ่อนแอ	ต้านทาน	2518
กข 21	KDML105/Nahng Mon S-4//IR26	อ่อนแอ*	ค่อนข้างต้านทาน	-	อ่อนแอ	2524
กข 23	RD7/IR32//RD1	ต้านทาน	ค่อนข้างต้านทาน	-	อ่อนแอ	2524
กข 25	KDML105/IR2061-214-2-3-3// KDML105/IR26	ต้านทาน	-	ค่อนข้างต้านทาน	-	2524
สุพรรณบุรี 60	LT/C4-63//IR48	อ่อนแอ*	ค่อนข้างต้านทาน	อ่อนแอ	อ่อนแอ	2530
สุพรรณบุรี 90	RD21/IR4422-98-3-6-1//RD23	ต้านทาน	ค่อนข้างต้านทาน	อ่อนแอ	อ่อนแอ	2534

* ปฏิกิริยาเปลี่ยนจากต้านทานเป็นอ่อนแอหลังจากเผยแพร่ 2-3 ปี

7.3.6 ฝ้าย (cotton)

การใช้พันธุ์ฝ้ายต้านทานปลูกเป็นการป้องกันการทำลายของแมลง นอกจากจะช่วยลดต้นทุนการผลิต ลดพิษภัยจากการใช้สารฆ่าแมลงแล้ว พันธุ์ต้านทานยังช่วยให้การป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยวิธีอื่นๆ ได้ผลดียิ่งขึ้น และเกษตรกรยอมรับพันธุ์ต้านทานได้ง่ายกว่าเทคโนโลยีในด้านการป้องกันกำจัดศัตรูฝ้ายวิธีอื่นๆ อีกด้วย

ในการคัดเลือกพันธุ์ต้านทานต่อหนอนเจาะสมอฝ้าย (*Heliothis armigera*) มีรายงานว่าพันธุ์ฝ้ายที่ไม่มีต่อมน้ำหวานหรือมีขนน้อย หรือมีสารพวก terpenoid ได้แก่ gosssypol และ heliocide หรือมีสารพวก tannins (พวก flavanoid) ในปริมาณสูง จะต้านทานต่อหนอนในสกุล *Heliothis* ในการคัดเลือกพันธุ์ฝ้ายต้านทานต่อแมลงจำพวกปากดูดนั้น มีรายงานว่า พันธุ์ที่มีสารพวก terpenoid จะต้านทานต่อเพลี้ยอ่อน ในขณะที่ฝ้ายที่มีขนมาก และไม่มีต่อมน้ำหวานจะต้านทานต่อเพลี้ยจักจั่น ส่วนพันธุ์ที่มีใบแฉก (okra leaf) จะต้านทานต่อแมลงหวี่ขาว (Leigh, 1975; Niles et al., 1974; Renolds et al., 1982)

อย่างไรก็ตาม ในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ฝ้ายให้ต้านทานต่อแมลงศัตรูอย่างสมบูรณ์คงจะกระทำได้ยาก และมักจะมีลักษณะไม่ดีปรากฏอยู่เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลผลิตจะต่ำ หรือคุณภาพเส้นใยไม่ดี ดังนั้น พันธุ์ฝ้ายต้านทานต่อแมลงศัตรูในประเทศไทยเรายังไม่ได้มีการเผยแพร่อย่างเป็นทางการ จากการคัดเลือกพันธุ์ฝ้ายแนะนำ ได้แก่ ศรีสำโรง 2 ศรีสำโรง 3 นครสวรรค์ 1 และพันธุ์ศรีสำโรง 60 เป็นพันธุ์มาตรฐานเปรียบเทียบ พบว่า พันธุ์พื้นเมืองเหล่านี้มีความต้านทานต่อเพลี้ยจักจั่น (มานพ นชะพงษ์ และคณะ, 2531; ลักขณา บำรุงศรี และคณะ, 2526)

สำหรับพันธุ์ฝ้ายที่แนะนำให้ปลูกและมีคุณภาพเส้นใยดี ให้ผลผลิตสูงนั้น ทุกพันธุ์จะมีความต้านทานต่อโรคใบหงิก และพันธุ์มาตรฐานเหล่านี้ (ศรีสำโรง 2 ศรีสำโรง 3 ศรีสำโรง 60 และนครสวรรค์ 1) มีลักษณะดีที่ต้านทานแมลงอยู่ด้วย กล่าวคือ ทุกพันธุ์เป็นฝ้ายที่มีใบเรียบ ซึ่งจากการวิจัยพบว่าจำนวนเพลี้ยอ่อนฝ้าย เพลี้ยไฟฝ้าย แมลงหวี่ขาวยาสูบ และไข่ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้าย มีน้อยกว่าพันธุ์ฝ้ายที่ใบมีขนค่อนข้างมาก นอกจากนี้ทุกพันธุ์ทรงต้นจะโปร่งซึ่งเป็นข้อดีคือ ทำให้การพ่นสารฆ่าแมลงมีประสิทธิภาพดีขึ้น อย่างไรก็ตามพันธุ์เหล่านี้ก็มีข้อเสียบางประการ เช่น พันธุ์ศรีสำโรง 2 ดอกและสมอจะร่วงง่ายในระยะที่มีฝนตกชุกหรือความชื้นในอากาศสูง พันธุ์นครสวรรค์ 1 ทรงต้นแม้จะโปร่งแต่ค่อนข้างสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ทำให้พ่นสารฆ่าแมลงไม่สะดวก ส่วนพันธ์ศรีสำโรง 60 มีข้อเสียคือ ใบค่อนข้างใหญ่ และทรงพุ่มกว้างซึ่งอาจมีผลทำให้การพ่นสารฆ่าแมลงทำได้ลำบาก

ปัจจุบันมีฝ้าย Bt. (Bt cotton) ผลิตเป็นการค้าดังกล่าวแล้วในข้อ 7.3.1

7.4 วิธีการทำหมัน (sterility หรือ autocidal method)

วิธีการทำหมันนี้ทำได้ทั้งแมลงศัตรูพืชเพศผู้ และเพศเมีย อาจโดยใช้วิธีฉายรังสี(radiation) หรือใช้สารเคมี (chemosteritant) แล้วปล่อยแมลงที่เป็นหมันแล้วออกไปในธรรมชาติในปริมาณมาก เพื่อแก่งแย่งการผสมพันธุ์ เพื่อจะได้ไม่มีลูกในรุ่นต่อไป

การทำหมันแมลงทำสำเร็จเป็นครั้งแรกในปี 1948 - 89 ที่เกาะ Senibel (ทางตะวันตกของรัฐฟลอริดา) โดย Bushland ทำหมันแมลงวันศัตรูปศุสัตว์ ชื่อ screw worm (*Cochliomyia hominivorax*) โดยใช้รังสี X-ray ทำหมันแมลงวันเพศผู้ แล้วปล่อยไปในอัตรา 100 ตัว/ตร.ไมล์/สัปดาห์ เพื่อผสมพันธุ์กับเพศเมียในธรรมชาติ ซึ่งมีประชากรเพศผู้และเมีย ประมาณ 10 ตัว/ตร.ไมล์ หลังจากการปล่อยไป 2 สัปดาห์พบว่าไข่แมลงวันที่วางใหม่นั้นเป็นหมันถึง 20 % การทดลองนี้ประสบผลสำเร็จและทำซ้ำที่เกาะการากัว ก็ประสบผลสำเร็จเช่นกัน นอกจากนั้นการทำหมันแมลงมีความสำเร็จกับแมลงอีกหลายชนิด เช่น tsetse fly (*Glossinia palpalis*) นำโรคเหงาหลับ (sleeping sickness) หนอนผีเสื้อ *Lasioderma cerricorne*, olive fly (*Dacus olae*) และแมลงหวี่ และในช่วงปี ค.ศ. 1990 – 1997 การทำหมันแมลงวันผลไม้ Mediterenean fruit fly ประสบผลสำเร็จที่หมู่เกาะ Okinawa ประเทศญี่ปุ่น

วิธีนี้มีข้อจำกัดหลายอย่าง คือ ลักษณะพื้นที่ที่จะทำการป้องกันกำจัด ค่าใช้จ่ายที่สูงมาก และการศึกษาชนิดรวมทั้งนิเวศน์วิทยาของแมลงชนิดที่จะกำจัดที่จะต้องมีความรู้ในรายละเอียดมากมาย รวมทั้งปัจจัยผันแปรอื่นๆ ที่ทำให้การใช้วิธีนี้มีกรณีประสบผลความสำเร็จน้อย

7.5 วิธีการทางกฎหมาย (legal control)

เป็นวิธีการป้องกันและกำจัดแมลงโดยใช้กฎหมายควบคุม อาจเป็นการควบคุมเขตระบาดภายในประเทศ หรือระหว่างประเทศใช้กฎหมายที่มีชื่อเรียกว่า กฎหมายควบคุมและกักกันพืชระหว่างประเทศ (international plant quarantine law) ในประเทศไทยเราขณะนี้ใช้พระราชบัญญัติกักพืช พ.ศ. 2507 ภายใต้การควบคุมดูแลของรัฐมนตรีว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ผ่านอธิบดีกรมวิชาการเกษตร และผู้อำนวยการกองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร

ในพระราชบัญญัติกักพืช พ.ศ. 2507 นี้ มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 20 มิถุนายน 2507 ประกอบด้วยกฎกระทรวง 4 ฉบับและประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ไม่น้อยกว่า 14 ฉบับ และประกาศกรมวิชาการเกษตรไม่น้อยกว่า 8 ฉบับ ตามพระราชบัญญัตินี้ มีข้อความที่สำคัญดังนี้

ความมุ่งหมายในการประกาศใช้พระราชบัญญัติกักพืช พ.ศ. 2507 ก็เพื่อป้องกันศัตรูพืชที่สำคัญและร้ายแรงจากต่างประเทศไม่ให้ระบาดเข้ามาในราชอาณาจักร และป้องกันไม่ให้ศัตรูพืชภายในประเทศที่สำคัญและร้ายแรงระบาดจากถิ่นหนึ่งไปยังอีกถิ่นหนึ่ง นอกจากนี้ยังเป็นการให้ความร่วมมือต่อประเทศภาคีในอนุสัญญาป้องกันศัตรูพืชระหว่างประเทศ ซึ่งประเทศไทยเป็นสมาชิกร่วมอยู่ด้วย

"พืช" หมายความว่า พรรณพืชทุกชนิดและส่วนหนึ่งส่วนใดของพืช เช่น ต้น ตอ หน่อ กิ่ง ใบราก หัว ดอก ลูกเมล็ด ไม่ว่าที่ยังใช้ทำพันธุ์ได้ หรือตายแล้ว

การกักกันพืชและการควบคุมการเคลื่อนย้ายพืชและผลิตผลพืชกำหนดพืชออกไป 3 ประเภทคือ

7.5.1 สิ่งต้องห้าม (prohibited materials) เป็นพืชที่มีความสำคัญในทางเศรษฐกิจของประเทศ และเป็นที่ทราบแน่ชัดว่า มีศัตรูพืชที่ร้ายแรงในแหล่งที่ระบุไว้ ฉะนั้น จะนำสิ่งต้องห้ามเข้ามาในราชอาณาจักรไม่ได้ เว้นแต่เฉพาะเพื่อประโยชน์ในการทดลองหรือการวิจัยเท่านั้น ซึ่งต้องได้รับอนุญาตจากอธิบดีกรมวิชาการเกษตรก่อน สิ่งต้องห้ามดังกล่าวนี้ต้องมีใบรับรองปลอดศัตรูพืชของเจ้าหน้าที่ของประเทศที่ส่งสิ่งต้องห้ามกำกับมา หรือสำหรับประเทศที่ไม่มีการออกใบรับรองปลอดศัตรูพืชของเจ้าหน้าที่ของประเทศที่ส่งสิ่งต้องห้ามกำกับมาด้วยเช่นเดียวกัน สิ่งต้องห้ามดังกล่าวจะมีพืชชนิดใดบ้างนั้น กระทรวงเกษตรจะได้ประกาศกำหนดในประกาศของกระทรวงเกษตรในราชกิจจานุเบกษาเป็นคราว ๆ ไป ตลอดทั้งข้อยกเว้นและเงื่อนไข ส่วนพิธีการต่าง ๆ ที่จะนำเข้าหรือนำผ่านราชอาณาจักรจะได้กำหนดไว้ในกฎกระทรวง

7.5.2 สิ่งกำกัด (restricted materials) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศหรืออาจจะมีความสำคัญทางเศรษฐกิจในอนาคต กับทั้งเป็นพาหะหรือเป็นพืชอาศัย (alternate host) ของศัตรูพืชที่ร้ายแรงของพืชเศรษฐกิจของประเทศ ฉะนั้น จะนำเข้ามาในหรือนำผ่านราชอาณาจักรได้เฉพาะทางด่านตรวจพืชที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงเกษตรได้ประกาศกำหนดไว้ และต้องมีใบรับรองปลอดศัตรูพืชของเจ้าหน้าที่ของประเทศซึ่งสิ่งกำกัดนั้นกำกับมาด้วย หรือสำหรับประเทศที่ไม่มีการออกใบรับรองปลอดศัตรูพืชก็จะต้องมีหนังสือสำคัญอย่างอื่นอันเป็นที่เชื่อถือได้กำกัดมาด้วยเช่นเดียวกัน สิ่งกำกัดจะมีพืชชนิดใดบ้างนั้น กระทรวงเกษตรจะได้ประกาศกำหนดในประกาศของกระทรวงเกษตรในราชกิจจานุเบกษาเป็นคราว ๆ ไป ตลอดจนข้อยกเว้นและเงื่อนไข ส่วนพิธีการต่าง ๆ ที่จะนำเข้าหรือนำผ่านราชอาณาจักรจะได้กำหนดไว้ในกฎกระทรวง

7.5.3 สิ่งไม่ต้องห้าม (non-prohibited materials) เป็นพืชที่ไม่เป็นสิ่งต้องห้ามหรือสิ่งกำกัด ซึ่งยังไม่มีความสำคัญในทางเศรษฐกิจของประเทศ และไม่มีศัตรูพืชที่ร้ายแรงในต่างประเทศ แต่อาจจะเป็นพาหะหรือเป็นพืชอาศัย (alternate host) ของศัตรูพืช จึงจำเป็นต้องให้ผู้นำเข้าหรือนำผ่านราชอาณาจักร ซึ่งสิ่งไม่ต้องห้ามแจ้งต่อพนักงานเจ้าหน้าที่ ณ ที่ด่านศุลากากรหรือที่ด่านตรวจพืชตามระเบียบ และวิธีการที่จะได้กำหนดไว้ในกฎกระทรวง

"ศัตรูพืช" หมายความว่า สิ่งซึ่งเป็นอันตรายแก่พืช เช่น แมลง สัตว์ หรือ พืชที่อาจก่อความเสียหายแก่พืช และเชื้อโรคพืช

"พาหะ" หมายความว่าเครื่องปลูก ดิน ทราย ภาชนะ หรือสิ่งอื่นที่ใช้ห่อหุ้มมาพร้อมกับพืช ปุ๋ยอินทรีย์ หรือสิ่งต่าง ๆ ที่อาจเป็นสื่อนำศัตรูพืช

"นำเข้า" หมายความว่า การนำเข้ามาหรือสั่งให้ส่งเข้ามาในราชอาณาจักรไม่ว่าด้วยวิธีใด ๆ

"นำผ่าน" หมายความว่า การนำหรือส่งผ่านราชอาณาจักรโดยมีการขนลงหรือขนถ่ายพาหนะ

"ด่านตรวจพืช" หมายความว่า ด่านสำหรับตรวจสิ่งต้องห้ามและสิ่งกำกัดที่ที่จะนำเข้าหรือนำผ่าน ซึ่งรัฐมนตรีประกาศกำหนดในพระราชกิจจานุเบกษา

(มีประกาศในราชกิจจานุเบกษา กำหนดท่าเรือ ท่าอากาศยาน หรือสถานที่แห่งใด เป็นด่านตรวจพืช หรือสถานกักพืช แล้วแต่กรณี)

"สถานกักพืช" หมายความว่า สถานที่ที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดในพระราชกิจจานุเบกษา เป็นที่สำหรับกักพืช เป็นสิ่งต้องห้ามเพื่อสังเกตและวิจัย

"เขตควบคุมศัตรูพืช" หมาความว่าท้องที่อธิบดีประกาศกำหนดให้เป็นเขตป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืช

ในการนำพืชจากต่างประเทศเข้ามาในราชอาณาจักรหรือเคลื่อนย้ายพืชจากท้องที่หนึ่งที่มีปัญหาศัตรูพืชไปยังอีกท้องที่หนึ่ง มีมาตราต่าง ๆ ในกฎกระทรวงรองรับการปฏิบัติ

สิ่งต้องห้ามล่าสุดที่ประกาศในพระราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 111 ตอนที่ 45 ง วันที่ 7 มิถุนายน 2537 เกี่ยวกับพันธุ์พืชที่ได้รับการดัดต่อสารพันธุกรรม โดยมีแหล่งห้ามนำเข้าจากทุกแหล่ง ยกเว้นอาหารสำเร็จรูปที่ประกอบจากพืชนั้นๆ พืชดังกล่าวมี 40 ชนิด (โสภิดา เห-มาคม และสมศักดิ์ ฐาราณุท, 2539) (ตารางที่ 20) คือ

1. ข้าว *Oryza sativa* L.
2. ข้าวโพด *Zea mays* L.
3. พืชในสกุลกอซซิปเปียม *Gossypium spp.*
4. พืชในสกุลลินั่ม *Linum spp.*
5. ถั่วเหลือง *Glycine max* L.
6. พืชในสกุลฮีแลนธัส *Helianthus spp.*
7. ผักกาดก้านขาว *Brassica napus* L.
8. มันฝรั่ง *Solanum tuberosum* L.
9. หน่อไม้ฝรั่ง *Asparagus officinalis* Linn.
10. แบลคเคอเร้น *Ribes nigrum* L.
11. พืชในสกุลบราสสิคา *Brassica spp.*
12. แครอท *Daucus carrota* L.
13. กะหล่ำดอก *Brassica oleracea var. botrytis* L.
14. คื่นช่าย *Apium graveolens var. dulce* (Mill.) D.C.
21. ถั่วลันเตา *Pisum sativum* L.
22. พืชในสกุลรูบัส *Rubus spp.*
23. พืชในสกุลแฟรกกาเรีย *Fragaria spp.*
24. พืชในสกุลคูเคอบิต้า *Cucurbita spp.*
25. ชูก้า บีท *Beta vulgaris* L.
26. ยาสูบ *Nicotiana tabacum* L.
27. มะเขือเทศ *Lycopersicon esculentum* Miller
28. คาเนชั่น *Dianthus caryophyllus* L.
29. พืชในสกุลคริสแซนธิมั่ม *Chrysanthemum spp.*
30. พืชในสกุลอิโปเมีย *Ipomoea spp.*
31. พืชในสกุลพิทูเนีย *Petunia spp.*
32. ฮอส แรดิส *Armoracia rusticana* P. Gaertner
33. อัลฟัลฟ่า *Medicago sativa* L.
34. พืชในสกุลอะเมลแลนเซียร์ *Amelanchier spp.*

15. แตงกวา *Cucumis sativus* L.
16. มะเขือยาว *Solanum melongena* L.
17. พืชในสกุลวิตีส *Vitis spp.*
18. กีวี *Actinidia chinensis* Plandon
19. ผักกาดหอม *Lactuca sativa* L.
20. แตงไทย *Cucumis melo* L.
35. สไตโลแซนเธส *Stylosanthes spp.*
36. แอปเปิ้ล *Pyrus malus* Linn.
37. มะละกอ *Carica papaya* L.
38. พืชในสกุลพอปพูลัส *Populus spp.*
39. แพร์ *Pyrus communis* L.
40. พืชในสกุลจักแกลนส์ *Juglans spp.*

ตารางที่ 20 พืช ศัตรูพืชหรือพาหะจากแหล่งที่กำหนดเป็นสิ่งต้องห้าม ตามพระราชบัญญัติกักพืช พ.ศ. 2507 (ปรับปรุงจากโสภิดา เห-มาคม และสมศักดิ์ ฐาราณุท, 2539; ราชกิจจานุเบกษา[1/])

พืช ศัตรูพืชหรือพาหะ	แหล่งที่กำหนด	ข้อยกเว้น
พืชในสกุลโอไรซา (*Oryza spp.*) เช่น ข้าวจ้าว ข้าวเหนียว ข้าวละมาน ข้าวป่า ฯลฯ	อาฟริกาตะวันตก (West Africa) อเมริกากลาง (Central America) อเมริกาใต้ (South America) สหรัฐอเมริกา (United States of America) หมู่เกาะอินเดียตะวันตก (West Indies) ญี่ปุ่น (Japan) ฟิลิปปินส์ (Philippines) อินเดีย (India) ลังกา (Ceylon) สาธารณรัฐจีน (Republic of China)	แป้ง อาหารสำเร็จรูปที่ฆ่าเชื้อแล้ว สิ่งประดิษฐ์จากพืชในสกุลโอไรซา (*Oryza spp.*) ที่ผ่านกรรมวิธีซึ่งเจ้าของได้แจ้งให้อธิบดีกรมกสิกรรมทราบก่อนนำเข้าและอธิบดีกรมกสิกรรมได้พิจารณาแล้วเห็นว่าเป็นการปลอดศัตรูพืช
พืชในสกุลฮีเวีย (*Hevea spp.*) เช่น ยางพารา น้ำยางสด ยางก้อน ยางเน่า และ ขี้ยาง	อเมริกากลาง (Central America) อเมริกาใต้ (South America) หมู่เกาะอินเดียตะวันตก (West Indies)	
พืชในสกุลซิตรัส (*Citrus* spp.) เช่น มะนาว มะกรูด และส้มชนิดต่างๆ ฯลฯ และพืชในสกุลฟอจูเนลลา *Fortunella spp.* เช่น ส้มจี๊ด	อาฟริกา (Africa) อเมริกากลาง (Central America) อเมริกาใต้ (South America) ยุโรป (Europe) ตะวันออกใกล้ (Near East) ประเทศแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน (Mediterranean Region) สหรัฐอเมริกา (United States of America) อินเดีย (India) ญี่ปุ่น (Japan) ลังกา (Ceylon) อินโดนีเซีย (Indonesia) ออสเตรเลีย (Australia)	อาหารสำเร็จรูป*

[1/] (ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 81 ตอนที่ 113 วันที่ 1 ธันวาคม 2507)
(ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 96 ตอนที่ 1 (ฉบับพิเศษ) วันที่ 1 มกราคม 2522)
(ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 88 ตอนที่ 57 วันที่ 1 มิถุนายน 2514)

เงื่อนไข

ในกรณีที่ได้รับอนุญาตให้นำสิ่งต้องห้ามเข้ามาเพื่อการทดลองหรือการวิจัย ต้องกระทำตามวิธีปฏิบัติทางวิชาการที่อธิบดีกรมกสิกรรมเห็นสมควร

ตารางที่ 20 (ต่อ)

พืช ศัตรูพืชหรือพาหะ	แหล่งที่กำหนด	ข้อยกเว้น
มะพร้าว (*Cocos nucifera* L.)	อาฟริกาตะวันออก (East Africa) อาฟริกาตะวันตก (West Africa) อเมริกากลาง (Central America) อเมริกาใต้ (South America) หมู่เกาะอินเดียตะวันตก (West Indies) ฟิลิปปินส์ (Philippines) อินเดีย (India) เกาะกวม (Guam)	อาหารสำเร็จรูป* สิ่งประดิษฐ์ จากพืช มะพร้าว (*Cocos nucifera* L.) ที่ผ่านกรรมวิธีซึ่งเจ้าของได้แจ้ง ให้อธิบดีกรมกสิกรรมทราบก่อน นำเข้าและอธิบดีกรมกสิกรรมได้ พิจารณาแล้วเห็นว่าเป็นการปลอด ศัตรูพืช
มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz.)	อาฟริกา (Africa) บราซิล (Brazil) อินโดนีเซีย (Indonesia)	อาหารสำเร็จรูป* แป้ง สาคู
ดิน	ทุกแหล่ง	
ปุ๋ยอินทรีย์	ทุกแหล่ง	ปุ๋ยอินทรีย์จากสัตว์ นอกจากมูลสัตว์
ศัตรูพืช เช่น เชื้อโรคพืช แมลงศัตรูพืช ไส้เดือนฝอย หอยทาก ทาก วัชพืช และสัตว์หรือ พืชที่ก่อความเสียหาย แก่พืช	ทุกแหล่ง	
พืชในสกุลกอสซิปเปียม (*Gossypium spp.*) เช่น ฝ้าย ฝ้ายแดง ฝ้ายตุ่น ฝ้ายซัน ฯลฯ	สหรัฐอเมริกา (United States of America) เม็กซิโก (Mexico) อาฟริกา (Africa) หมู่เกาะอินเดียตะวันตก (West Indies) อเมริกากลาง (Central America) เวเลซูเอล่า (Venezuela)	น้ำมันที่ได้จากการสกัดเมล็ดฝ้าย กากเมล็ดฝ้ายที่เหลือจากสกัดน้ำมัน แล้ว ปุยฝ้ายที่นำเข้ามาเพื่อการ อุตสาหกรรม กรณีปุยฝ้ายนี้ จะต้องมีใบรับรองปลอดศัตรูพืช จากประเทศผู้ส่งออกกำกับมาด้วย
เฟินน้ำซาลวิเนีย (*Salvinia molesta* Match) สเปนิช มอส์ส (Spanis Mose, *Tillandsia usneoides* Linn.)	ทุกแหล่ง	

ตารางที่ 21 พืช เป็นสิ่งต้องห้าม ตามพระราชบัญญัติกักพืช พ.ศ. 2507
(ปรับปรุงจาก โสภิดา เห-มาคม และสมศักดิ์ ฐาราณุช, 2539; และราชกิจจานุเบกษา[1/])

พืชหรือพาหะ	ข้อยกเว้น
พืชในสกุลโอไรซา (*Oryza spp.*) เช่น ข้าวจ้าว ข้าวเหนียว ข้าวละมาน ข้าวป่า ฯลฯ และพาหะดังต่อไปนี้ แป้งน้ำและสิ่งสกัดจากเมล็ดข้าวงอก	อาหารสำเร็จรูป* แป้ง
พืชในสกุลฮีเวีย (*Hevea spp.*) เช่น ยางพารา และพาหะดังต่อไปนี้คือ น้ำยางสด ยางก้อน ยางเน่า และขี้ยาง	-
พืชในสกุลซิตรัส (*Citrus spp.*) เช่น มะนาว มะกรูด และส้มชนิดต่าง ๆ ฯลฯ และพืชในสกุลฟอจูเนลลา (*Fortunella spp.*) เช่น ส้มจี๊ด	อาหารสำเร็จรูป*
มะพร้าว (*Cocos uncifera* Linn.)	อาหารสำเร็จรูป*
มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta Crant.*)	อาหารสำเร็จรูป*
พืชในสกุลซัคคารัม (*Sacchaarum spp.*) เช่น อ้อย พง แขม ฯลฯ	อาหารสำเร็จรูป*
พืชในสกุลคอฟเฟีย (*Cofffea spp.*) เช่น กาแฟ เข็มขาว สีเถื่อน ยามควาย ฯลฯ	อาหารสำเร็จรูป* เมล็ดกาแฟที่คั่วแล้ว
มันเทศ (*Ipomoea batatas* Lamk)	อาหารสำเร็จรูป* แป้ง
พืชในสกุลกอซซิปเปียม (*Gossypium spp.*) เช่น ฝ้ายแดง ฝ้ายฝ้ายตุ่น ฝ้ายชัน ฯลฯ	-
ยาสูบ (*Nicotiana tabacum* Linn)	บุหรี่, ยาเส้น, ซิการ์
ข้าวโพด (*Zea mays* Linn.)	อาหารสำเร็จรูป* แป้ง
โกโก้ (*Theobroma cacao* Linn.)	อาหารสำเร็จรูป*
พืชในสกุลมูซา (*Musa spp.*) เช่น กล้วยต่าง ๆ ต้นป่านมนิลา ฯลฯ	กล้วยตาก, เชือก

[1/] (ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 81 ตอนที่ 54 (ฉบับพิเศษ) วันที่ 19 มิถุนายน 2507)
(ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 103 ตอนที่ 163 (ฉบับพิเศษ) วันที่ 22 กันยายน 2529)

เงื่อนไข

สิ่งกำกัดที่ได้กำหนดไว้ข้างบนนี้ ถ้านำเข้ามาในราชอาณาจักร เพื่อปลูกก็ดี เพื่อขยายพันธุ์ ต้องกระทำตามวิธีปฏิบัติทางวิชาการที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควร

* อาหารสำเร็จรูป คือ อาหารที่ผ่านกรรมวิธีปรุงแต่ใช้รับประทานได้ทันที และผ่านกรรมวิธีการที่สามารถทำลายเชื้อโรคและคัดรูพืชแล้ว

ตารางที่ 21 (ต่อ)

พืชหรือพาหะ	ข้อยกเว้น	เงื่อนไข
ถั่วเหลือง (*Glycine max* Merr.)	อาหารสำเร็จรูป*	ต้องกระทำตามวิธีปฏิบัติทางวิชาการที่พนักงานเจ้าหน้าที่กำหนด
ถั่วเขียว (*Phaseolus aureus* Roxb.)	อาหารสำเร็จรูป*	ต้องกระทำตามวิธีปฏิบัติทางวิชาการที่พนักงานเจ้าหน้าที่กำหนด
ข้าวฟ่าง (*Songhum vulgare* Pers.)	อาหารสำเร็จรูป*	ต้องกระทำตามวิธีปฏิบัติทางวิชาการที่พนักงานเจ้าหน้าที่กำหนด
พืชในวงศ์กล้วยไม้ (Family Orchidaceae) เช่น แวนด้า (*Vanda spp.*) แคทลียา (*Cattleya spp.*) รองเท้านารี (*Paphiopedilum spp.*) เป็นต้น	-	ต้องกระทำตามวิธีปฏิบัติทางวิชาการที่พนักงานเจ้าหน้าที่กำหนด
มันฝรั่ง (*Solanum tuberosum* Linn.)	อาหารสำเร็จรูป*	
ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* Linn.)	อาหารสำเร็จรูป*	
สับปะรด (*Ananas comosus* Merr.)	อาหารสำเร็จรูป*	
พืชในสกุลคาเมลเลีย (*Camellia spp.*) เช่น ชา เมี่ยง ฯลฯ	อาหารสำเร็จรูป* ชาสำหรับชง	
ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.)	-	
มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill)	อาหารสำเร็จรูป*	
มะละกอ (*Carica papaya* Linn.)	อาหารสำเร็จรูป*	
พืชในสกุลอะเลอไรติส (*Aleurites spp.*) เช่น มะเยา รุมยัง โพธิสัตว์ ฯลฯ	-	
เผือก (*Colocasia antiguorum* var. *esculen*)	อาหารสำเร็จรูป*	
ข้าวสาลี (*Triticum vulgare* Vill.)	อาหารสำเร็จรูป*	

7.6 วิธีชีวภาพหรือชีววิธี (biological control)

หมายถึง การกำจัดควบคุมศัตรูพืชโดยอาศัยสิ่งที่มีชีวิต ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวเบียน (parasites) หรือตัวห้ำ (predators) หรือโรค (pathogens) ทำลายศัตรูพืชที่ต้องการกำจัด หรือจะหมายความว่า การใช้สิ่งมีชีวิตควบคุมหรือปราบปรามสิ่งมีชีวิตก็ได้

การควบคุมศัตรูพืชโดยวิธีนี้เป็นวิธีที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติและได้ผลดีในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชเช่น ในปี ค.ศ. 1888 ในมลรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกาใช้ด้วงเต่า (*Vedalia sp.*) ควบคุมเพลี้ยแป้งของส้ม (cottony-cushion scale, *Icerya purchasi*) ได้สำเร็จเป็นครั้งแรกของโลก ต่อมาในประเทศออสเตรเลียได้ใช้หนอนผีเสื้อ *Cactoblastis cactorum* และเพลี้ยแป้ง *Dactylopius sp.* กำจัดวัชพืชพวกตะบองเพชร (*Opuntia sp.*) ในรัฐควีนส์แลนด์ในเนื้อที่ๆ กว่า 70 ล้านเอเคอร์ ในปัจจุบันนี้เนื้อที่ดังกล่าวได้กลายเป็นทุ่งหญ้าปศุสัตว์ที่ดีที่สุดของประเทศ

วิธีการควบคุมโดยชีววิธีนี้กำลังได้รับความนิยมเนื่องจากเป็นวิธีที่ลดมลภาวะสารพิษหรือสารเคมีในสิ่งแวดล้อม วิธีนี้ผู้ใช้จะต้องเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของเหยื่อ (prey) และศัตรูธรรมชาติ (ตัวห้ำ predator หรือตัวเบียน parasite) เป็นอย่างดี

แมลงเบียน (parasitic insects) ได้แก่แมลงที่เป็นศัตรูธรรมชาติซึ่งทำลายแมลงศัตรูพืชโดยจะเกาะกินเหยื่อหรือแมลงอาศัย (prey หรือ host) อยู่ภายนอกและภายใน ทีละน้อยจนตายในที่สุด ที่สำคัญคือ แมลงเบียนใน F. Pipunculidae, Encyrtidae Trichogrammatidae, Tachinidae, Scoliidae, Bethylidae และ Elasmidae (มีรายละเอียดเพิ่มเติมในข้อ 7.6.1 และ 7.6.2)

"prey" หรือ "เหยื่อ" ในความหมายของการควบคุมโดยชีววิธีนี้หมายถึงศัตรูพืชที่เราต้องการจะควบคุมและแมลงที่เป็นอาหารของศัตรูธรรมชาติคือ ตัวเบียนและตัวห้ำนั่นเอง ความสัมพันธ์เบื้องต้นของ predator และ parasite ก็มีในแง่ของการที่ prey เป็นอาหารดังจะอธิบายได้ดังนี้คือ

การเพิ่มจำนวนของเหยื่อ จะทำให้ศัตรูธรรมชาติมีอาหารกินมากและหาอาหารได้ง่าย จำนวนของศัตรูธรรมชาติก็เพิ่มขึ้นและจำนวนเหยื่อที่ถูกทำลายก็มีมากขึ้นจนกระทั่งเหยื่อไม่สามารถที่จะขยายและเพิ่มจำนวนได้ จำนวนของเหยื่อก็เริ่มลดลงจนถึงจุดๆ หนึ่งที่ศัตรูธรรมชาติเกิดปัญหาขาดแคลนอาหาร จำนวนศัตรูธรรมชาติก็เริ่มลดน้อยลง จนถึงจุดต่ำสุดจุดหนึ่งที่เหยื่อจะสามารถเพิ่มหรือทวีปริมาณได้โดยไม่มีภัยหรือภัยน้อยมากจากศัตรูธรรมชาติและเมื่อมีเหยื่อมากศัตรูธรรมชาติก็เริ่มทวีจำนวนมากขึ้นอีก จนเหยื่อเริ่มลดจำนวนลงเป็นวัฏจักรดังนี้เรื่อยไป ลักษณะดังนี้เป็นปรากฏการณ์ของความสัมพันธ์ของเหยื่อกับศัตรูธรรมชาติหรือ parasite ในสภาพสมดุลทางธรรมชาติ

การควบคุมทางชีวภาพอาจจำแนกวิธีการดำเนินงานออกตามหัวข้อต่อไปนี้

7.6.1 การใช้สัตว์มีกระดูกสันหลังเป็นตัวห้ำ (predacious vertebrate animals)

หมายถึง การส่งเสริมให้มีการขยายพันธุ์สัตว์ที่กินแมลงเป็นอาหารหลัก ซึ่งจำแนกออกเป็นพวกต่างๆ คือ

1) พวกนก (aves)

ที่สำคัญได้แก่ นกหัวขวาน นกนางแอ่น นกกะสาหัวหงอก นกแซงแซว นกตาฟาง นกกระจิบ นกกะปูด นกดุเหว่า นกสาลิกา นกกางเขน ฯลฯ

2) พวกสัตว์เลื้อยคลาน (reptilia)

ที่สำคัญได้แก่ กิ้งก่า กิ้งก่าบิน แย้ ตะกวด ฯลฯ

3) พวกสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ (amphibia)

ที่สำคัญได้แก่ กบ คางคก อึ่งอ่าง

4) พวกปลา (pisces)

ส่วนใหญ่เป็นปลาขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในน้ำจืด เป็นสัตว์ที่มีคุณค่าทางอาหารพร้อมๆ กันกับการช่วยทำลายลูกน้ำของยุง และหนอนของตัวเหลือบดูดเลือดสัตว์

5) สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (mamalia)

ที่สำคัญได้แก่ ค้างคาวกินแมลง ตัวตุ่น และตัวนิ่ม ฯลฯ

7.6.2 การใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและแมลงเป็นตัวห้ำ (predaceous invertebrate animals and insects)

สัตว์ไร้กระดูกสันหลังที่ผ่านการทดลองนำไปใช้กำจัดศัตรูพืชอย่างได้ผลมาแล้ว คือ แมงมุม F. Lycosidae, Oxyopidae, Salticidae, Lynyphiidae เป็นต้น หอยทากชนิด *Gonaxis kibwoziensis* เป็นหอยทากขนาดเล็ก กินเนื้อเป็นอาหาร สามารถนำไปปราบหอยทากยักษ์ (giant African snail) ชนิด *Achatina fulica* อย่างได้ผลมาแล้วในหมู่เกาะทะเลใต้ และเกาะฮาวาย

ส่วนพวกแมลงห้ำ ซึ่งมีส่วนช่วยจับแมลงกินโดยตรง มีอยู่มากมายหลายชนิดใน Order และ Family ต่างๆ ดังต่อไปนี้ (Shepard et al., 1987)

1) พวกตั๊กแตน (Order Orthoptera)

ได้แก่ ตั๊กแตนตำข้าว (F. Mantidae) จิ้งหรีด (F. Gryllidae) ตั๊กแตนหนวดยาว (F. Tettigoniidae) กินตัวอ่อนของหนอนผีเสื้อ มวน ฯลฯ

2) พวกแมลงช้าง (Order Neuroptera)

ตัวอ่อนชอบอาศัยอยู่ตามพื้นทราย ในถ้ำ หรือ ใต้หลืบหิน ชนิดที่มีอุปนิสัยอยู่บนบกตัวอ่อนจะขุดหลุมทรายและฝังตัวเองอยู่ก้นหลุมคอยดักจับกินแมลงที่ตกลงไป ส่วนตัวเต็มวัยจะจับแมลงที่มีขนาดเล็กกว่าเป็นอาหาร เช่น *Chrysopa basalis* (F. Crysopidae)

3) พวกแมลงปอ (Order Odonata)

ตัวอ่อนอาศัยอยู่ในน้ำคอยจับแมลงและสัตว์ขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในน้ำ ส่วนตัวเต็มวัยจับแมลงขนาดเล็ก เช่น พวกยุงและริ้นเป็นอาหาร แมลงทุกวงศ์ใน Order นี้ เป็น predator เช่น แมลงปอยักษ์ (F. Aeshinidae) แมลงปอเสือ (F. Gomphidae) ฯลฯ

4) พวกแมลงติดหิน (Order Plecoptera)

ตัวอ่อนอาศัยอยู่ตามก้อนหินใต้น้ำ คอยจับตัวหนอน และแมลงขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในน้ำเป็นอาหาร

5) พวกมวน (Order Hemiptera)

ที่สำคัญคือ มวนเพชฌฆาต, *Syncanus collaris* F.(F. Reduviidae) และมวนพิฆาต *Eocanthecona furcellata* Wollf. (F.Pentatomidae) และ *Nabis sp.* (F. Nabidae) ทำลายหนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกันโดยใช้ปากแบบเจาะดูดแทงทะลุผนังลำตัวของหนอน มวนหญ้า *Campiloma sp.* (F. Miridae) ดูดกินอาหารจากตัวอ่อนของมวนชนิดอื่นๆและเพลี้ยอ่อน

6) พวกแมลงวัน Order Diptera

เช่น แมลงวันโจร (F. Asilidae) เป็นแมลงวันขนาดใหญ่ แข็งแรงและว่องไว สามารถจับเหยื่อในขณะที่กำลังบินอยู่แล้วใช้ปากแบบดูดกินของเหลวในลำตัวเหยื่อ ตัวอ่อนของแมลงวันดอกไม้ *Surphus balteatus* (F. Surphidae) จับเพลี้ยอ่อนกินเป็นอาหาร

7) พวกด้วงปีกแข็ง (Order Coleoptera)

ที่มีนิสัยเป็นตัวห้ำ ได้แก่ ด้วงเสือ ใน F. Cicindelidae ด้วงดินใน F. Carabeidae ด้วงเต่าลายใน F. Coccinellidae ซึ่งมีหลายชนิดที่พบทั่วไปและเป็นแมลงห้ำที่มีประสิทธิภาพได้แก่ *Menochilus sexmaculatus* , *Coccinella rependa* และ *Micraspis discolor* ด้วงน้ำใน F. Hydrophilidae ด้วงดีดใน F. Elateridae และด้วงเปลือกไม้ใน F. Cucujidae และ F. Cleridae

8) พวกแมลงหางหนีบ (Order Dermaptera)

แมลงหางหนีบที่สำคัญคือ *Proreus simulans* (F. Chelisochidae) เป็นแมลงห้ำที่สำคัญของหนอนเจาะลำต้นข้าวโพด *Ostrinia furnacalis* และ *Cranopygia sp.* (F. Pygigicranidae) เป็นแมลงห้ำของ เพลี้ยหอยอ้อย (*Aulacaspis tegalensis*)

9) พวกต่อแตน (Order Hymenoptera)

ที่สำคัญมีมด เช่น มดแดง *Oecophylla smaragdina* (F. Formicidae)ทำลายแมลงวันเจาะต้นถั่ว (*Ophioomyia phaseoli*) มด *Pheidole plagiria* , *Diacamma sp.* และ *Camponotus rufoglacus* เป็นแมลงห้ำที่สำคัญของหนอนกออ้อย (per.com.พิทักษ์พงศ์ ป้อมปราณี และ จุฑารัตน์ อรรถจารุสิทธ์) ต่อรัง *Ropalidia sp.* (F. Vespidae) ทำลายโดยจับกินหนอนผีเสื้อแทบทุกชนิด

7.6.3 การใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและแมลงที่เป็นตัวเบียน (parasitic invertebrate animals and insects)

สัตว์ไร้กระดูกสันหลังซึ่งเป็นตัวเบียนที่สำคัญคือ พวกไส้เดือนฝอยกินแมลง (entomophagous nematodes) เฉพาะที่มีส่วนเกี่ยวพันกับแมลงมีอยู่ทั้งสิ้นประมาณ 750 ชนิด ที่สัมพันธ์กับแมลงศัตรูป่าไม้ ได้แก่ *Aphelenchulus reversus, A. diplogaster* และ *A. tomici* ซึ่งเป็นไส้เดือนฝอยตัวเบียนทำลายมอดเจาะเปลือกไม้สน (*Dendroctonus monticolae, Ips typographus* และ *Pityogenes bidentatus*) ปัจจุบันนี้มีการผลิตไส้เดือนฝอยชนิด *Seinernema carpocapsae* เป็นการค้าเพื่อใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชที่สำคัญเช่น หนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน หนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้ผัก หนอนกินใต้เปลือกลองกอง ลางสาด และด้วงหมัดผัด ได้ผลดีเป็นที่น่าพอใจมาก

แมลงเบียนที่สำคัญมีมากมาย สามารถทำลายแมลงศัตรูพืชได้ทุกระยะการเจริญเติบโตและมักมีชื่อเรียกตามระยะการเจริญเติบโตของแมลงอาศัย (host) เช่นถ้าทำลายในระยะไข่เรียกว่าแมลงเบียนไข่ (egg parasite) ถ้าทำลายในระยะตัวอ่อนหรือระยะหนอนเรียกว่าแมลงเบียนหนอน (larval หรือ nymphal parasite) ถ้าทำลายในระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัยเรียกว่าแมลงเบียนดักแด้ และแมลงเบียนตัวเต็มวัย(pupal และ adult parasite) ตามลำดับ มีผู้รวบรวมรายชื่อแมลงเบียนในประเทศไทยพบว่ามีไม่น้อยกว่า 143 ชนิด (Napompeth, 1988) เฉพาะที่เป็น แมลงเบียนทำลายศัตรูข้าวมีถึง 32 ชนิด(ปรีชา วังศิลาบัตร และคณะ , 2538) ในขณะที่ประเทศ Philippines พบว่ามีไม่ต่ำกว่า 34 ชนิด (Shepard et al., 1987) ที่สำคัญ เช่น แตนเบียนไข่ *Telenomus rowani* (Hymenoptera : Scelionidae) *Tetrastichus schoenobei* (Hymenoptera : Eulophidae) และ *Trichogramma japonicum* (Hymenoptera : Trichogrammatidae)ทำลายไข่หนอนกอสีครีม (*Scirpophaga incertulas*) , แตนเบียนหนอนห่อใบข้าว *Copidomopsis sp.* (Hymenoptera : Encyrtidae) และ*Temelucha philippinensis* (Hymenoptera : Ichneumonidae) ทำลายหนอนห่อใบข้าว (*Cnaphalocroris*

medinalis) แตนเบียนดักแด้หนอนห่อใบข้าว *Xanthopimpla flavolineata* (Hymenoptera : Ichneumonidae) แตนเบียนตัวเต็มวัยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล *Elanchus yasumatsui* (Srepsiptera : Elenchidae)และมวนเขียวดูดไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล(และไข่เพลี้ยจักจั่นสีเขียวข้าว) *Cyrtorhinus lividipennis* (Hemiptra : Miridae) เป็นต้น (ปรีชา วังศิลาบัตร และ คณะ, 2538 ; พิมลพร นันทะ และคณะ , 2534 ; Napompeth, 1988 และ Shepard et.al., 1987)

สิ่งที่จะต้องศึกษาเพื่อให้การควบคุมศัตรูพืชทางชีวภาพเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพคือ ความรู้ด้านนิเวศน์วิทยาของแมลงศัตรูพืช เพื่อหาความเคลื่อนไหวหรือความผันแปรของประชากร (population dynamics) ในเรื่องความผันแปรของประชากรนี้ จะต้องศึกษาว่าวงจรชีวิตของแมลงศัตรูพืช ในทุกระยะของการเจริญเติบโตนั้นมีปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมอะไรบ้าง ที่มีผลต่อจำนวนประชากรของแมลงศัตรูพืชนั้นๆ ปัจจัยดังกล่าวรวมทั้ง abiotic factor (คือปัจจัยที่ไม่มีชีวิต) เช่น อุณหภูมิ ฝน ความชื้น แสงลม ฯลฯ และที่สำคัญอย่างยิ่งคือ biotic factor (คือปัจจัยที่มีชีวิต) เช่น predators, parasites และ pathogens เป็นต้น การศึกษานี้ต้องทราบถึงรายละเอียดของแต่ละปัจจัย และนำมารวบรวมเพื่อคำนวณและสรุปได้ว่า ตลอดระยะการเจริญเติบโตนั้นจะมีประชากรของแมลงศัตรูเหลือมีชีวิตรอดอยู่เท่าไร จากจำนวนเต็มเท่าไร เราเรียกการศึกษานี้ว่าเป็นการศึกษาถึงความเคลื่อนไหวของประชากร (population dynamics) ส่วนใหญ่แล้วมักจะมีตารางแจงรายละเอียดดังกล่าว ซึ่งเราเรียกว่า "life table"

7.6.4 การใช้เชื้อจุลินทรีย์ และสารจุลินทรีย์ฆ่าแมลง (microbial organisms and microbial insecticides)

เชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นโรคทำลายแมลงศัตรูพืช ที่สำคัญมี 5 กลุ่มคือ แบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส ไส้เดือนฝอย และโปรโตซัว ดังจะกล่าวอธิบายในรายละเอียดแต่ละกลุ่มดังนี้ คือ

1) แบคทีเรีย

แบคทีเรียที่ใช้ได้ผลดีมากและผลิตเป็นการค้าแล้ว คือ *Bacillus thuringiensis* (Bt.) ซึ่งใช้ควบคุมหนอนผีเสื้อได้แทบทุกชนิด และใช้อย่างกว้างขวางทั่วโลก ในปัจจุบันมีการผลิตจำหน่ายในท้องตลาดในรูปผง (dust) และน้ำ (solution) จากผลการทดลองนำมาใช้ปราบแมลงศัตรูป่าไม้ระหว่างปี 2515 - 2517 ปรากฏว่าใช้ได้ผลดีมากสำหรับกำจัดหนอนระบาดกินใบสัก *Hyblaea puera puera* ต่อมาใช้กับหนอนใยผักและหนอนกระทู้ชนิดต่าง ๆ ได้ผลดีมาก นอกจากนี้ยังมี *Bacillus sphaericus* ควบคุมยุง, *B. moritai* ควบคุมแมลงวัน และ *B. larvae* ทำให้เกิดโรค American foulbrood ในผึ้ง พิษของแบคทีเรียนั้นเกิดจากสาร endotoxin ซึ่งเป็นผลึกที่แบคทีเรียสร้างขึ้นภายใน cell เพื่อทำลายผนังลำไส้และระบบย่อยอาหารของแมลงและสารดังกล่าวจะเข้าไปในระบบเลือด สาร endotoxin ที่พบปัจจุบันมี 4 ชนิดคือ α, β, δ- endofoxin และ exo-enzyme endotoxin ชนิดที่สำคัญที่สุดคือ δ-endotoxin อย่างไรก็ดีข้อจำกัดการใช้ของสาร *Bt.* คือ

(1) จะต้องให้แมลงกิน Bt เข้าไปเท่านั้น เพราะไม่มีฤทธิ์ถูกตัวตายและจะมีฤทธิ์ฆ่าแมลงเมื่อน้ำย่อยในลำไส้ของแมลงย่อยสลายผลึก endotoxin เท่านั้น

(2) จะสลายตัวเร็วเมื่อได้รับรังสี UV จากแสงอาทิตย์ จึงต้องพ่นสารในเวลาเย็นหรือค่ำ

(3) มีอายุเก็บสั้นกว่าสารเคมี และสลายตัวเร็วเมื่อถูกความร้อน

(4) ใช้ได้ดีเฉพาะหนอนผีเสื้อเป็นส่วนใหญ่ และไม่สามารถทำลายแมลงชนิดอื่น เช่น เพลี้ยไฟ เพลี้ยจักจั่น ฯลฯ

(5) เมื่อแมลงได้รับ Bt. แล้วไม่ตายทันที แต่จะแสดงฤทธิ์หลังจากกินเข้าไปแล้ว 48 ชม. ขึ้นไป ส่วนข้อดีคือ ไม่เป็นพิษต่อศัตรูธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งผู้บริโภคและสามารถขยายพันธุ์ทำลายแมลงอย่างต่อเนื่องได้เมื่อสิ่งแวดล้อมเหมาะสม จากการใช้เพียงครั้งเดียว

2) เชื้อรา

เชื้อราที่เป็นโรคของแมลง ส่วนใหญ่อยู่ในสกุล *Entomophthora, Empusa, Hirsutella, Cordyceps, Beauveria, Spicaria, Metarrhizium, Penicillium* etc. ชนิดที่น่าสนใจได้แก่ *Empusa grylli* ซึ่งเป็นโรคระบาดทำลายตั๊กแตนและ *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill ซึ่งเป็นโรคของแมลงหลายชนิด สามารถนำมาเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์ได้บนอาหารเทียม เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 27.5 °C ความชื้นสัมพันธ์ 40 - 70 % สามารถนำไปใช้กำจัดหนอนมอดป่าเจาะไม้สักชนิด *Xyleutes ceramicus* และหนอนผีเสื้อเจาะไม้สักชนิด *Zeuzera indica* ได้

เชื้อราที่เป็นโรคของแมลงที่เก่าแก่และรู้จักกันดี คือ green muscardine fungus (*Entomorphthora anisopliae*) ทำลายผึ้งและควบคุมด้วงงวงกินหัวบีท (sugar beet curculio) ได้สำเร็จในสภาพไร่โดยทำลายแมลงได้ถึง 50-80 % และต่อมามีการใช้ *Beauvaria bassiana* ควบคุม cinchbug ได้สำเร็จในมลรัฐ Kansus การระบาดของเชื้อราที่เป็นโรคของแมลงเกิดขึ้นต่อเมื่อมีการเจริญเติบโตของเชื้อราในแมลงอาศัยและการแพร่กระจายของประชากรของแมลงอาศัยที่เหมาะสม (มะลิวัลย์ ปันยารชุน, 2534)

เชื้อราที่พบเป็นโรคของแมลงมีดังนี้

- กลุ่ม Phycomycetes เช่น *Coelomomyces spp., Entomorphthora spp.* และ *Massospora spp.*
- กลุ่ม Ascomycetes เช่น *Cordyceps spp.*
- กลุ่ม Basidiomycetes เช่น *Septobasidium spp.*
- กลุ่ม Fungi Imperfecti เช่น *Beauveria spp., Cephalospoium spp., Hirsutella spp., Metarrhizium spp.* และ *Verticillium spp.* เป็นต้น

เชื้อราที่ใช้ได้ผลดีในประเทศไทยปัจจุบันนี้ คือ เชื้อรา *M. anisopliae* ใช้ควบคุมด้วงแรดมะพร้าว และ *Beuveria bassiana* ควบคุมด้วงงวงมันเทศ (กลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ, 2534)

3) เชื้อไวรัส

ที่เป็นโรคของแมลงอยู่ในสกุล *Borrelina, Bergoldia, Smithia, Morator, Paillctella* ชนิดที่สำคัญได้แก่ *Borrelina bombycis* ซึ่งทำลายหนอนไหม (*Bombyx mori*) และเชื้อ *Paillotella pieris* ทำลายหนอนกระหล่ำปลีชนิด *Pieris brassicae* ไวรัสที่สำคัญที่สุดที่ใช้ได้ดีขณะนี้คือ nuclear polyhedrosis virus (NPV) ซึ่งเป็น Baculovirus. ไวรัส NPV สามารถทำลายแมลงได้กว้างขวาง เช่น ทำลายหนอนผีเสื้อ ผึ้ง ต่อ แตน ด้วง และแมลงวันเป็นต้น โดยพบว่ามักจะทำลายตัวอ่อนของแมลงเหล่านี้ ปัจจุบันนี้มีการผลิต NPV เป็นการค้าได้สำเร็จหลายชนิด เช่น NPV ของหนอนเจาะสมอฝ้าย (*Heliothis zea*), ของ gypsy moth (*Lymantria dispar*), douglas tussoc moth (*Orgyia pseudosugata*), หนอนคืบกระหล่ำปลี (*Trichoplusia ni*) และหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*), หนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua*) และหนอนเจาะสมอฝ้าย (*Heliothis armigera*) เป็นต้น

ข้อดีของการใช้ไวรัสนอกเหนือจากข้อดีทั้งหลายจากที่กล่าวในการใช้จุลินทรีย์ทั่ว ๆ ไป แล้ว พบว่าไม่เคยมีรายงานการสร้างความต้านทานของแมลงต่อไวรัสและสามารถแนะนำให้เกษตรกรผลิตใช้เองอย่างต่อเนื่องได้หลังจากการใช้ครั้งแรกแล้ว แต่มีข้อเสียคือต้องใช้เวลา 3 - 7 วัน แมลงจึงจะตายและเกษตรกรมักไม่ค่อยยอมรับเพราะไม่รวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ สำหรับแมลงที่ใช้ NPV ได้ผลดีและประสบผลสำเร็จแล้วในประเทศไทย (อุทัย เกตุนุติ, 2534) มีดังนี้ คือ

(1) การควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้าย ในฝ้าย มะเขือเทศ หน่อไม้ฝรั่ง และใช้ร่วมกับสารเคมี ในการบริหารแมลงศัตรูฝ้ายได้สำเร็จ

(2) การควบคุมหนอนกระทู้หอม (หนอนหนังเหนียว)

(3) การควบคุมหนอนกระทู้ผัก

(4) การควบคุมหนอนคืบกะหล่ำ

4) ไส้เดือนฝอย (entomopathogenic nematode)

ไส้เดือนฝอยในวงศ์ Steinernematidae ได้แก่ *Steinernema carpocapsae* และใน F. Heterorhabditidae ได้แก่ *Heterorhabditis sp.* เป็นไส้เดือนฝอยศัตรูธรรมชาติของแมลงทำให้แมลงตายได้ ปัจจุบันได้ใช้ควบคุมศัตรูพืชได้หลายชนิด โดยไส้เดือนฝอยในระยะตัวอ่อนวัยที่ 3 เป็นระยะที่เข้าทำลายแมลง (infectious stage) เข้าสู่แมลงทางช่องเปิดได้ทุกช่องเช่น ทางปาก ทวาร รูหายใจ เมื่อแมลงได้สัมผัสกับไส้เดือนฝอย แล้วจะเข้าสู่ลำไส้ (midgut) เข้าสู่กระแสเลือดของแมลงซึ่งอยู่ใน haemocoel ไส้เดือนฝอยพวกนี้จะมีบคทีเรียในกลุ่ม *Xanohabdus* เช่น *X. luminescens* และ *X. nematophilus* ซึ่งจะถูกปล่อยออกมาใน haemocoel ของแมลงทำให้เลือดแมลงเป็นพิษ และแมลงจะตายภายใน 24 - 48 ชม.

ในการใช้ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* นี้ พบว่าใช้ได้กับแมลงหลายชนิด เช่น ควบคุมหนอนกินใต้เปลือกลองกองได้ถึง 80 % ควบคุมแมลงในดินส่วนใหญ่ได้ดี รวมทั้งหนอนกระทู้หลายชนิด (วัชรี สุข, 2534)

ข้อจำกัดของการใช้ไส้เดือนฝอยเหมือนกับการใช้แบคทีเรียและจะใช้ได้ดีในสภาพอากาศชื้นหรือฝนตกเพราะจะถูกน้ำพัดพาไปอย่างรวดเร็ว ไส้เดือนฝอยสามารถทนแรงดันได้สูง จึงใช้ร่วมกันกับหัวฉีดน้ำได้ ปัจจุบันมีการผลิตเป็นการค้า และใช้กันแพร่หลายทั่วโลก

5) เชื้อโปรโตซัว

ที่เป็นโรคของแมลงที่สำคัญ ได้แก่ *Herpetomonas pyraustae* ทำลายหนอนเจาะลำต้นข้าวโพด (*Mythimna nubialaris*) โรคอมีบาชนิด *Malameba locustae* ทำอันตรายแก่พวกตั๊กแตนหลายชนิด

นอกจากการใช้ตัวเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวข้างต้นโดยตรงแล้ว ยังมีการใช้สารปฏิชีวนะ (antibiotic) ซึ่งเป็นผลิตผลที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ เพื่อควบคุมโรคพืชเช่น streptomycin ใช้กำจัดโรคใบลายของยาสูบ (tobacco mosaic) actidione ใช้กำจัดป้องกันโรครัสท์ของไม้สน เช่น white pine blister rust เป็นต้น

7.6.5 ข้อดีและข้อเสียของการควบคุมทางชีวภาพ (advantages and disadvantages of biological control)

1) การควบคุมทางชีวภาพมีข้อดีหรือข้อได้เปรียบที่ดีกว่าการใช้สารเคมี คือ

(1) ไม่มีปัญหากระทบกระเทือนต่อสิ่งแวดล้อม ปลอดภัยต่อชีวิตมนุษย์และสัตว์

(2) เกิดการสร้างความต้านทานหรือการดื้อยา (resistant effects) ช้ากว่าการใช้ยาเคมี

(3) มีผลคุ้มกันต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ในระยะยาว เพราะเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถขยายแพร่พันธุ์ได้เองและเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากร ธรรมชาติ

2) ส่วนข้อเสียนั้น คือ

(1) ศัตรูธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพบางชนิดต้องลงทุนสูงและยากแก่การนำมาเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ให้ได้จำนวนมาก

(2) ให้ผลช้าและต้องรอให้มีจังหวะและมีช่วงเวลาที่เหมาะสมซึ่งหมายถึงปัจจัยทั้งที่เป็นสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตที่เหมาะสมจึงจะใช้งานได้ผลดี

(3) ยากแก่การประเมินผล

7.6.6 องค์การระหว่างประเทศและในประเทศที่มีบทบาทในเรื่องการควบคุมทางชีวภาพ

1) CIBC (The Commonwealth Institute of Biological Control) ซึ่งตั้งขึ้นในปี 1927 มีสำนักงานใหญ่อยู่ที่ประเทศอังกฤษ และมีสาขาห้องปฏิบัติการอยู่ในประเทศสวิสเซอร์แลนด์ ทรินิแดด อินเดีย และปากีสถาน

2) OILB (The Organization Internationale de Lutte Biologique) มีสาขาอยู่ในกลุ่มประเทศทางยุโรปตะวันตก

3) สำหรับประเทศไทยเราเพิ่งได้มีการริเริ่มจัดตั้งศูนย์ควบคุมศัตรูพืชทางชีวภาพขึ้นในปี 2510 โดย CIBC ให้ความร่วมมือผ่านทางองค์การ ส.ป.อ. โดยให้ประเทศไทยเป็นศูนย์ทางการควบคุมโดยชีวภาพในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ทั้งหมด ใน 6 - 7 ปีแรก ก็เป็นการเสนอหลักการการดำเนินงานต่อคณะกรรมการและกรมวิเทศสหการเป็นผู้รวบรวมข้อเสนอจากรัฐบาลต่างประเทศปี 2518 จึงกำหนดตั้งศูนย์นี้มีชื่อว่า National Biological Control Research Center, NBCRC) หรือศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ปัจจุบันคณะอนุกรรมการบริหารของศูนย์ NBCRC ขึ้นตรงต่อคณะกรรมการบริหารสภาวิจัยแห่งชาติ และได้งบประมาณดำเนินการจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ มีศูนย์ส่วนกลางอยู่ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพ และที่วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม) และมีศูนย์ย่อยปฏิบัติงานประจำภาคต่างๆ คือ

(1) ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติภาคเหนือ ที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ. สันทราย จ. เชียงใหม่

(2) ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น

(3) ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติภาคใต้ ที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ. สงขลา

7.7 การควบคุมโดยใช้สารเคมีฆ่าแมลง (chemical control)

คือการใช้สารเคมีฆ่าแมลงหรือวัตถุมีพิษในการควบคุมและป้องกันศัตรูพืช สารเคมีฆ่าแมลง (insecticide) มาจากคำว่า insect + icide (to kill) การใช้สารเคมีเป็นวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้มากที่สุด เพราะหาซื้อได้ง่าย ใช้ง่าย ได้ผลเร็ว ทันต่อเหตุการณ์ แต่ปัญหาใหญ่คือราคาแพง มีพิษต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งแมลงสร้างความต้านทานสารเคมี (chemical resistance) และเกิดระบาดของแมลงระลอกที่ 2 (resurgence) ซึ่งเป็นปัญหามากกว่าเดิมและนอกจากนั้นยังมีผลกระทบต่อแมลงชนิดอื่นๆ ที่ไม่ใช่เป้าหมาย (non-target insects) อย่างไรก็ดี มีการปรับปรุงรูปแบบของสารเคมีฆ่าแมลงมากมาย เช่น มีการใช้ hormone ระงับหรือยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibitor, GI หรือ growth regulator, GR.) ใช้จุลินทรีย์ที่เป็นศัตรูธรรมชาติในลักษณะเหมือนการใช้สารเคมี ที่เรียกว่า "biopesticide" หรือการใช้สารสกัดจากพืช botanical insecticide) เช่น สะเดา (neem) ไพเรทริน หรือสารสังเคราะห์ที่เลียนแบบสารสกัดจากธรรมชาติ เช่น สารไพรีทรอยสังเคราะห์ (synthetic pyrethroids) เป็นต้น

ยุคการใช้สารเคมีสามารถแบ่งได้ 5 ยุค คือ **ยุคแรก** คือ การใช้สารอินทรีย์หรือสารประกอบโลหะหนัก (inorganic compound) เช่น สารหนูเขียว (Paris green) เพื่อปราบด้วง Colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) ในปี ค.ศ. 1867 อีก 100 ปี ต่อมามีการใช้พวก น้ำมันก๊าด น้ำมัน และ emulsion ต่างๆ ในการป้องกันกำจัดแมลง เพราะมีพิษน้อยกว่าสารหนูเขียวมาก **ยุคที่สอง** เป็นยุคของการใช้สารจากพืชในธรรมชาติ เช่น ดอกไพเรทรัม ใบยาสูบ และโล่ติ้น **ยุคที่ 3** เริ่มเมื่อมีการใช้สารอินทรีย์ สังเคราะห์ เช่น chlorinated hydrocarbons, organophosphates และ carbamates **ยุคที่ 4** หรือยุคปัจจุบันนี้เป็นยุคของการใช้ยาฆ่าแมลงชีวินทรีย์หรือสารอื่นๆ ซึ่งมีพิษต่อมนุษย์หรือสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าสารอินทรีย์สังเคราะห์ เช่น การใช้ hormone ระงับหรือยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibitor, GI หรือ growth regulator, GR) หรือสารสกัดจากพืช เช่น สะเดา (neem) และสารไพรีทรอยสังเคราะห์ (synthetic pyrethroid) และ **ยุคที่ 5** (ทศวรรษที่ 20) คงจะเป็นการใช้สารเคมีหรือจุลินทรีย์กับการใช้พืชจำลองพันธุ์ (transgenic plant) ที่เป็นพิษต่อศัตรูพืช

7.7.1 คำศัพท์ทางเทคนิค (technical terminology)

1) LD_{50} (lethal dose)

คือค่าหรือขนาดเฉลี่ยหรือน้ำหนักเฉลี่ยของสารพิษ โดยวิธีวัดสถิติของวัตถุมีพิษ (median lethal dosage) ที่ทำให้สัตว์ทดลองเสียชีวิตไปครึ่งหนึ่ง (50 %) ของน้ำหนักสัตว์ที่ทดลองทั้งหมดภายในเวลา 24 ชั่วโมง มีหน่วยเป็น มก./กก. (mg/kg) เราใช้ค่า LD_{50} ในการจัดระดับของความเป็นพิษของวัตถุมีพิษทางการเกษตรดังตารางที่ 23 (ประยูร ดีมา และบัณฑิต ดำรักษ์, 2510)

2) LC_{50} (lethal concentration)

คือ ความเข้มข้นของสารพิษที่ใช้ ณ จุดที่มีค่า LD_{50} มีหน่วยเป็น gm/cc หรือ ppm หรือ เปอร์เซ็นต์ หรือ gm/lt.

3) LT_{50} (lethal time)

คือ ระยะเวลานับตั้งแต่เริ่มการทดลอง ไปจนถึงเวลาที่สัตว์ทดลองเสียชีวิตไปครึ่งหนึ่งของน้ำหนักสัตว์ทั้งหมด มีหน่วยเป็นหน่วยของเวลา

4) I_{50}

คือ ค่าความเข้มข้นของวัตถุมีพิษ คือความเข้มข้นของสารเคมีที่เพียงพอที่จะไประงับการทำงานของ enzyme ได้ 50 % ภายในเวลา 1 ชั่วโมง มีหน่วยเป็น ppm

5) PI_{50}

คือ ดรรชนีแสดงค่าของพิษสารเคมีที่ใช้ตรวจค่าได้จากการระงับการทำงานของ Enzyme 50 % โดยวัดจาก I_{50} ตัวอย่างเช่น

$$PI_{50} = -\log I \quad \text{และ} \quad \text{ถ้า} \ I_{50} = 70^{-7}, \quad \text{ดังนั้น} \quad PI_{50} = 7$$

6) synergism

คือ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการร่วมทำปฏิกิริยาของสารมากกว่า 2 ชนิด ซึ่งทำให้ผลของปฏิกิริยานั้นมีฤทธิ์สูงมากกว่าการใช้สารอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว หรือเป็นผลของปฏิกิริยาร่วมในทางบวก สารที่ร่วมปฏิกิริยากันนี้เรียกว่า synergists ตัวอย่างเช่น synergists ของ carbamates คือ pyrolan กับ sesamex สาร synergist ที่รู้จักกันดีปัจจุบันนี้ เช่น piperonyl butoxide, sesoxane, และ sesamine oil extracts, sulfoxide และ n-propyl isome.

7) antagoinsm

คือ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากสาร 2 ชนิดที่ทำให้ผลการปฏิกิริยาเป็นไปในทางลบ คือมีฤทธิ์ต่ำกว่าการใช้สารอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว เช่น pyrolan เป็น antagonist ของ esnine (phytostigmine)

8) analogsynergism

คือ ปฏิกิริยาที่เกิดจากสาร synergists ในกลุ่มเดียวกัน เช่นใช้ pyrolan ร่วมกับสาร carbaryl ฆ่าแมลงสาบและแมลงวัน

ประสิทธิภาพของ analogsynergism ที่ปรากฏคือ EPN ร่วมกับ malathion มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเกือบ 100 % และ parthion ร่วมกับ malathion มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเกือบ 45 – 50 %

9) cross resistance หรือการต้านทานข้ามกลุ่มวัตถุมีพิษของแมลงหรือสัตว์ทดลอง

คือ แมลงชนิดหนึ่งอาจต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงในกลุ่มหนึ่งแต่ไม่ต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงอีกกลุ่มหนึ่ง เช่น อาจต้านทานต่อสารในกลุ่ม chlorinated hydrocarbons แต่อาจจะไม่ต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงในกลุ่ม organophosphates ก็ได้

10) acute toxic หรือพิษเฉียบพลัน

คือ พิษที่แสดงออกในสัตว์ทดลองหรือสิ่งที่มีชีวิต หลังจากที่สัตว์ทดลองนั้นได้รับวัตถุมีพิษเข้าไป 1 dose (1 ครั้ง)

11) chronic toxic หรือพิษเรื้อรัง

คือ พิษที่แสดงออกในสัตว์ทดลองหรือสิ่งที่มีชีวิต หลังจากที่สัตว์ทดลองนั้นได้รับวัตถุมีพิษเข้าไปอย่างสะสมหลาย dose (หลายครั้ง)

12) dermal LD_{50}

คือ การทดสอบหา LD_{50} ของสัตว์ทดลองโดยวิธีให้สารพิษซึมผ่านเข้าสู่สัตว์ทางผิวหนัง

13) oral LD_{50}

คือ การทดสอบหา LD_{50} ของสัตว์ทดลองโดยวิธีให้สารพิษเข้าสู่ตัวสัตว์ทดลองทางปาก (วิธีกินอาหาร)

14) ชื่อเคมี (scientific or chemical name)

ชื่อวิทยาศาสตร์หรือชื่อเคมี คือ ชื่อเรียกทางเคมีของวัตถุมีพิษโดยเรียกตามตำแหน่งและโครงสร้างของ atom หรือ molecule ที่จับอยู่ในโครงสร้างของวัตถุนั้นๆ

15) ชื่อสามัญ (common name)

ชื่อสามัญ คือ ชื่อเรียกที่กำหนดขึ้นสำหรับวัตถุมีพิษแต่ละชนิด ชื่อสามัญเป็นที่ทราบกันดีในหมู่นักวิชาการ อาจเป็นชื่อย่อของชื่อเคมีเช่น ชื่อสามัญ BHC หรือ benzene hexachloride มาจากชื่อเคมีว่า 1, 2, 3, 4, 5, 6 hexachlorocyclohexane หรือสารฆ่าแมลงที่มีชื่อเคมีว่า 0-0-dimethyl 0-p-nitrophenyl phosphorothioate มีชื่อสามัญว่า parathion เป็นต้น

ชื่อสามัญส่วนใหญ่เป็นชื่อที่กำหนดขึ้นโดยหน่วยงานดังต่อไปนี้ คือ BSI = British Standard Institution, IOS = International Organization for Standardization, WSSA = Weed Science Society of America

16) ชื่อการค้า (trade name)

ชื่อการค้าคือชื่อวัตถุมีพิษที่กำหนดหรือตั้งขึ้นโดยบริษัทผู้ผลิต อาจพ้องกันกับ common name (เช่น DDT) หรือต่างกันไปเลยก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตตัวอย่างเช่น

ชื่อเคมี (chemical name) : o-s-dimthyl phospharamidothioate
ชื่อสามัญ (common name) : methamidophos
ชื่อการค้า (trade name) : แอสโทรอน 600 โมนิเตอร์ 600 โซนาต้า ทามารอน มอนทานา

7.7.2 รูปแบบของสารฆ่าแมลง (pesticide formulations and their codes)

ปัจจุบันการผลิตสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีหลายรูปแบบ (formulations) และใช้ code ต่างกัน แม้ว่าสารเคมีชนิดนั้นจะมีคุณสมบัติและส่วนประกอบใกล้เคียงกันก็ตาม ดังนั้นเพื่อให้การใช้ code ไปในแนวทางเดียวกัน องค์การ FAO และ CIPAC (Collaborative International Pesticide Analytical Council) ได้นำ code ของสารเคมีซึ่งจัดทำโดย GIFAP (International Association of Pesticide Manufacturers) มาใช้เป็นมาตรฐานกำหนด code ของสารเคมีที่ผลิตขึ้น code ที่นำมาใช้ประกอบด้วยอักษร 2 ตัว ซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณสมบัติและการใช้ของสารเคมีมีชนิดนั้น

รูปแบบของสารฆ่าแมลงภายใต้ coding system นี้ แบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ตามคุณสมบัติและการใช้ได้ดังนี้ (กองกีฏและสัตววิทยา 2537)

กลุ่มที่ 1 ชนิดเข้มข้นต้องผสมน้ำก่อนพ่น (concentrates for dilution with water) ได้แก่

EC = emusiflable concentrate เป็นสารละลายเข้มข้น สารออกฤทธิ์ (active ingredient) ละลายอยู่ในตัวทำละลาย (solvents) ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous formulation) เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้ไม่ละลายน้ำ จึงต้องผสม emulsifier เพื่อช่วยให้กระจายตัวอยู่ในน้ำได้ดี เมื่อผสมน้ำมีลักษณะขาวขุ่น

SC = suspension concentrate (หรือ flowable concentrate, FL) เป็นของเหลวเข้มข้น สารออกฤทธิ์ไม่ละลายในน้ำมันหรือในน้ำ ในการผลิตจะผสมสารออกฤทธิ์กับสารตัวพาอื่นเช่น ดิน (inert clay) และผสมน้ำ สารเคลือบใบ (wetting and dispersing agents) และสารช่วยอื่นอีกสุดท้ายจะได้ของเหลวเข้มข้น เมื่อผสมน้ำได้สารละลายสีขาวขุ่น

SL = soluble concentrate (หรือ water soluble concentrate, WSC หรือ liquid concentrate, LC) เป็นของเหลวผสมเนื้อเดียวกัน สารออกฤทธิ์ละลายน้ำหรือแอลกอฮอล์ได้ดี ในขบวนการผลิต สารออกฤทธิ์จะถูกบดจนละเอียด จากนั้นจึงผสมสารเคลือบใบ จะได้สารละลายของเหลวเข้มข้น เมื่อผสมน้ำจะละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

SP* = water soluble powder เป็นสารเคมีที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับชนิด SL คือ สารออกฤทธิ์ละลายน้ำได้ดี มี inert ingredient ผสมอยู่ด้วย ซึ่งสารพวกนี้อาจจะไม่ละลายน้ำ แต่การผลิตทำออกมาในรูปผงละลายน้ำ

SG* = water soluble granules เป็นสารเคมีเช่นเดียวกันกับชนิด SL แต่ผลิตออกมาในรูปของเม็ด

WP = wettable powder เป็นสารผงละเอียด สารออกฤทธิ์ผสมกับ talc หรือ clay และสาร wetting and dispersing agents จากนั้นผ่านกระบวนการ micronizing process ได้สารผงละเอียด เมื่อผสมน้ำจะได้สารละลายแขวนลอย ถ้าปล่อยทิ้งไว้จะตกตะกอน ดังนั้นสารเคมีชนิดนี้ควรผสมกับน้ำแล้วใช้ทันที

WG = water dispersible granules (หรือ dry flowable) สารชนิดนี้มีคุณสมบัติและการผลิตเช่นเดียวกับพวก WP แต่การผลิตทำออกมาเป็นเม็ดเมื่อผสมน้ำจะแตกออกกระจายตัวเหมือนพวก WP

EG = encapsulated granules เป็นสารผงมีขนาด 20 – 30 ไมครอน สารออกฤทธิ์ถูกเคลือบด้วยสารพลาสติก (cross-linked polymeric skin) wetting agent, thickeners และน้ำ คุณสมบัติที่ดีประการหนึ่ง ได้แก่ สารออกฤทธิ์จะค่อย ๆ ถูกปล่อยออกจากเม็ด (capsules) และอยู่ได้ยาวนานกว่าสารเคมีที่ไม่ได้ใช้กระบวนการผลิตแบบนี้

กลุ่มที่ 2 ชนิดเข้มข้นต้องผสมด้วย organic solvents (concentrates for dilution with organic solvents) สารกลุ่มนี้อยู่ในรูปของน้ำมันเข้มข้น สารออกฤทธิ์ละลายอยู่ใน organic solvent เมื่อจะใช้ต้องนำไปละลายในน้ำมันอีกครั้งหนึ่ง สารกลุ่มนี้ไม่ผสมสาร wetting and dispersing agents ส่วนใหญ่ใช้กำจัดศัตรูในบ้านเรือน ได้แก่

OL = oil miscible liquid เป็นของเหลวเนื้อเดียวกัน การใช้ต้องผสมกับ organic solvent อีกครั้งหนึ่ง

OF = oil miscible flowable concentrate (oil miscible suspension) เป็นของเหลว สารออกฤทธิ์ละลายแขวนอยู่ในน้ำมัน ต้องผสมกับ organic solvent อีกครั้งก่อนใช้

OP = oil dispersible powder เป็นผงเมื่อผสมกับ organic solvent จะได้สารละลายแขวนลอย

กลุ่มที่ 3 ชนิดที่ใช้ได้ทันที (formulations to be applied undiluted or ready-to-use) ได้แก่

GR = granules (G) เป็นสารเคมีชนิดเม็ดขนาดเล็ก พร้อมจะใช้ได้ทันที การผลิตจะเคลือบสารออกฤทธิ์กับวัสดุที่ดูดซับสารได้ง่าย เช่น เม็ดทราย สารออกฤทธิ์จะค่อย ๆ ถูกปล่อยออกมาสารเคมีกลุ่ม GR นี้ ผลิตจำหน่ายหลายขนาด ซึ่งจะใช้ code ต่างกัน ได้แก่ macro granule (GG) มีขนาด 2,000 - 6,000 ไมครอน fine granule (FG) มีขนาด 300 - 2,500 ไมครอน micro granule (MG) มีขนาด 100 - 600 ไมครอน

DP = dustable powder (dust) เป็นสารเคมีชนิดผงพร้อมจะใช้ได้ทันที การผลิตจะผสมสารออกฤทธิ์กับ inert material เช่น pyrophylite clay แล้วบดให้ละเอียดให้ได้ขนาดตามต้องการ สารเคมีที่ได้มีคุณสมบัติพิเศษได้แก่ เป็นผงลื่นไหลคล้ายปูนซีเมนต์ (free flowing powder or liquidization)

UL = ultra low volume (ULV) liquid เป็นของเหลวเนื้อเดียวกันพร้อมใช้ได้ทันที การใช้ต้องใช้กับเครื่องพ่นแบบ ULV สารเคมีพวกนี้ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์และตัวทำละลาย

ED = electrochargeable liquid เป็นสารผสมพิเศษสำหรับเครื่องพ่นแบบใช้ประจุไฟฟ้า (electrostatic-electrodynamic sprayer) ปกติผลิตในรูปของน้ำมันที่มีการระเหยตัวต่ำ

กลุ่มที่ 4 ชนิดใช้สำหรับคลุกเมล็ด (concentrate for seed treatment) ได้แก่

DS = powder for dry seed treatment เป็นผงละเอียดสำหรับคลุกเมล็ดโดยไม่ต้องผสมน้ำ

FS = flowable concentrate for seed treatment เป็นสารผสมแขวนลอยคงที่ไม่ตกตะกอน ใช้คลุกเมล็ดได้เลยหรือผสมน้ำก่อนคลุกเมล็ดก็ได้

LS = solution for seed treatment เป็นของเหลวใช้คลุกเมล็ดได้ทันที หรือผสมน้ำก่อนใช้

SS = water soluble powder for seed treatment เป็นผงละเอียด ต้องผสมน้ำก่อนนำไปใช้

กลุ่มที่ 5 ชนิดใช้เฉพาะอย่าง (miscellaneous formulations for special purposes) ได้แก่

RB = bait (ready for use) เป็นเหยื่อพิษที่ผลิตขึ้นเพื่อล่อศัตรูพืช การผลิตใช้สารเคมีผสมกับอาหาร หรือวัสดุที่ศัตรูพืชชอบ เหยื่อพิษสำเร็จรูปมีหลายรูปแบบ ได้แก่ GR

(granular bait, ชนิดเม็ด) PB (plate bait, ชนิดแผ่น) BB (block bait, ชนิดก้อนสี่เหลี่ยมลูกบาศก์)

GE = gas generating product เป็นชนิดที่ทำให้เกิดแก๊ส เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี ส่วนใหญ่อยู่ในรูปเม็ด (tablet) เมื่อโดนอากาศภายนอกจะทำปฏิกิริยาให้แก๊สพิษ ได้แก่ aluminium phosphide ให้แก๊ส phosphine

HN = hot fogging concentrate เป็นสารเคมีชนิดที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้สำหรับพ่นหมอกแบบใช้ความร้อน

KN = cold fogging concentrate เป็นสารเคมีชนิดที่ผลิตเพื่อใช้สำหรับพ่นหมอกกับเครื่องพ่นหมอกที่ไม่ใช้ความร้อน

AE = aerosol dispenser เป็นสารเคมีที่ผลิตขึ้นโดยให้สารออกฤทธิ์ละลายอยู่ในสารละลายปิโตรเลียม (petroleum solvent) บรรจุในภาชนะที่มีความดัน เมื่อใช้ (เปิดลิ้น) สารออกฤทธิ์จะพ่นกระจายออกไป

GA = gas (under pressure) เป็นแก๊สพิษบรรจุในภาชนะได้แก่ กระป๋อง หรือถังภายใต้ความดันสูง

7.7.3 ประเภทของสารเคมีฆ่าแมลง (types of insecticides)

อาจแบ่งได้หลายประเภทดังนี้

1) แบ่งตามทางเข้า (mode of entry)

(1) ประเภทกินตาย (stomach poison) เช่น สารหนูเขียว (lead arsenate หรือ pairs green) หรือจุลินทรีย์ *Bacillus thuringiensis*

(2) ประเภทถูกตัวตาย (contact poison) เช่น DDT, BHC, parathion

(3) ประเภทไอระเหยเป็นพิษ (fumigant) เช่น methyl bromide, carbon disulphide, hydrocyanide หรือ chloropicrin

2) แบ่งตามระดับความเป็นอันตรายหรือความเป็นพิษ (levels of toxicity)

การวัดความเป็นพิษที่นิยมใช้กันทั้งในการเกษตรและการแพทย์ คือ วัดความเป็นพิษโดยฉับพลัน (acute toxicity) วิธีนี้เป็นวิธีวัดผลของวัตถุมีพิษหลังจากที่สัตว์ทดลองได้รับวัตถุมีพิษนั้นๆ หนึ่งขนาด 1 ครั้ง ภายในเวลาจำกัด การทดลองวัดความเป็นพิษของยาฆ่าแมลง ซึ่งทำกับสัตว์ทดลองนั้นทำได้ 3 วิธี คือ

(1) วิธีให้สัตว์ทดลองได้รับยาโดยทางอาหารหรือทางปาก (acute oral LD_{50})

(2) วิธีให้ยาซึมผ่านเข้าตัวสัตว์ทางผิวหนัง (acute dermal LD_{50})

(3) วิธีให้ยาโดยการหายใจ (inhalation LC_{50})

วิธีแรกเป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไปเพราะง่ายต่อการปฏิบัติการทดลอง และเป็นวิธีที่สะดวกเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองค้นคว้าจากแหล่งอื่น อย่างไรก็ตามในการทดลองวัดความเป็นพิษ ค่าที่ได้จะแตกต่างกันไปบ้างเมื่อใช้สัตว์ทดลองต่างชนิด ต่างเพศ ต่างอายุหรือแม้แต่ใช้อาหารต่างกันและในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน องค์การอนามัยโลก (WHO หรือ World Health Organization) ได้เป็นผู้จัดระดับของความเป็นพิษของยาฆ่าแมลงออกเป็น 6 ชนิด ดังนี้คือ ชนิดมีพิษร้ายแรงยิ่ง (extremely toxic) ชนิดมีพิษร้ายแรง (highly toxic) ชนิดมีพิษปานกลาง (moderately toxic) ชนิดมีพิษน้อย (slightly toxic) ชนิดมีพิษน้อยมาก (practically nontoxic) ชนิดไม่มีพิษ (harmless) ดังสรุปไว้ในตารางที่ 22 ดังนี้คือ

ตารางที่ 22 แสดงชนิดของความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงกำหนดโดยองค์การอนามัยโลก (ประยูร ดีมา และดำริ ดำรักษ์, 2510)

ระดับความเป็นพิษ *	พิษโดยทางปาก (oral LD_{50}, mg/kg)	พิษโดยการหายใจ 4 ชั่วโมงกับหนู (inhalation 4-hr LC_{50}, rats, ppm)	พิษโดยทางผิวหนัง (dermal LD_{50}, mg/kg)	พิษที่มีต่อมนุษย์ (lethal dose for man)
1. ชนิดมีพิษร้ายแรงยิ่ง (extremely toxic)	< 5	< 10	< 5	< 60 mg
2. ชนิดมีพิษร้ายแรง (highly toxic)	5 - 50	10 - 100	5 - 50	0.1 - 5 g
3. ชนิดมีพิษปานกลาง (moderately toxic)	50 - 500	100 - 1,000	50 - 350	5 - 50 g
4. ชนิดมีพิษน้อย (slightly toxic)	500 - 5,000	1,000 - 10,000	350 - 3,000	50 - 250 g
5. ชนิดมีพิษน้อยมาก (practically nontoxic)	5,000 - 15,000	10,000 - 100,000	3,000 - 25,000	250 - 750 g
6. ชนิดที่ไม่มีพิษ (harmless)	>15	> 100,000	> 25,000	> 750 g

* อันตรายของวัตถุมีพิษที่มีต่อสัตว์เลือดอุ่น (mammalian toxicity) ตัวเลขที่แจ้งไว้แทบทั้งหมดได้มาจากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับพิษของวัตถุมีพิษ ที่มีต่อหนูขาว (white rats) แต่ตัวเลขบางตัวได้มาจากการทดลองกับสัตว์ทดลองชนิดอื่น

1. สารฆ่าแมลงชนิดอันตรายร้ายแรงที่สุด

ได้รับพิษโดยทางปาก (oral rats LD_{50}) และพิษโดยตรงต่อผิวหนัง (dermal rats LD_{50}) ต่อหนูซึ่งเป็นสัตว์ทดลองโดยใช้ยาเพียง 5 มก./กก. (น้ำหนักตัว) เท่านั้น สำหรับพิษโดยการหายใจกับหนูภายใน 4 ชั่วโมง พบว่ามี LC_{50} = 10 ไมโครกรัม/ลิตร สารฆ่าแมลงประเภทนี้ถ้าคนเรารับประทานเข้าไปเพียงแค่ชิมดู (น้อยกว่า 7 หยด ถ้าเป็นยาน้ำ) ถ้าเป็นชนิดเม็ดก็เพียงเม็ดเดียวก็จะเป็นอันตรายถึงชีวิตในผู้ใหญ่ สำหรับเด็กนั้นยิ่งเป็นอันตรายอย่างมากที่สุด

ตัวอย่างสารฆ่าแมลงชนิดชนิดนี้ ได้แก่ เทมิค (temik) หรือแอลดิคาร์บ (aldicarab) ซิสตอก (systox) หรือดิมิตอน (demiton) ไดซิสตอน (disyston) หรือไดซัลโฟตอน (disulfoton) ฟอสดริน (phosdrin) หรือเมวินฟอส (mevinphos) พาราไธออน (parathion) หรือโฟริดอน (folidol) ไธเมต (thimet) ซาราแดน (scharadan, OMPA) เทพ (TEPP) และซินโนฟอส (zinophos) หรือไธโอนาซิน (thionazin)

2. สารฆ่าแมลงชนิดอันตรายร้ายแรงสูง

ได้รับพิษโดยทางปาก (oral rat; LD_{50}) และพิษโดยตรงต่อผิวหนัง (dermal rat, LD_{50}) ต่อหนูประมาณ 5 - 50 มก./กก. (น้ำหนักตัว) ถ้าหายใจเข้าไปความเป็นพิษ LC_{50} = 10 - 100 ไมโครกรัม/ลิตร สำหรับคนเราถ้ารับประทานชนิดน้ำเข้าไปประมาณหนึ่งช้อนชาหรือชนิดเม็ดหนึ่งหยิบมือ ก็อาจจะเป็นอันตรายถึงชีวิตได้

ตัวอย่างสารฆ่าแมลงชนิดนี้ ได้แก่ แอลดริน (aldrin) ไบดริน (bidrin) ไตรไธออน (trithion) หรือคาร์โบฟีโนไธออน (carbophenothion) ดีดีวีพี (DDVP) หรือไดคอลร์วอส (dichlorvos) ดิลดริน (dieldrin) เอนดริน (endrin) เมทธิลพาราไธออน (methyl paration) ฉุน (nicotine) สารหนู (sodium arsenite) และเซคแทรน (zectran)

3. สารฆ่าแมลงชนิดอันตรายปานกลาง

ถ้าหนูกินเข้าไปถึงขนาด 50-500 มก./กก. (น้ำหนักตัว) ก็มีอันตรายถึงตายได้เช่นกัน ถ้าเข้าทางผิวหนังและทางหายใจยอมให้ได้ถึงขนาด 50 - 1000 มก./กก. (น้ำหนักตัว) สำหรับคนถ้ารับประทานโดยตรงขนาดหนึ่งช้อนชาถึงสองช้อนโต๊ะ ก็อาจมีอันตรายถึงตายได้

ตัวอย่างสารฆ่าแมลงชนิดนี้ ได้แก่ กูไธออน (guthion) หรืออะซินฟอสเมทธิล (azinphosmethy1) บีเอชซี (BHC) หรือลินเดน (lindane) คลอร์เดน (chlordane) โค-ราล (Co-Ral) หรือคูมาฟอส (coumaphos) ไดอะซินอน (diazinon) ไซกอน (cygon) หรือยาไดเมตโทเอท (dimethoate) ไธโอแดน (thiodan) หรือเอนโดซัลแฟน (endosulfan) เบย์เท็กซ์ (baytex) หรือเฟนไธออน (fenthion) เฮพตาคลอร์ (heptachlor) สารหนูตะกั่ว (lead arsenate) ไดบรอม (dibrom) เมตา-ซิสตอก (meta-systox) ดิพเทอเร็กซ (dipterex) หรือไดล็อกซ์ (dylox) หรือไตรคลอร์ฟอน (trichlorfon) ดีดีที DDT และทอกซาฟีน (toxaphene)

4. สารฆ่าแมลงชนิดอันตรายน้อย

เป็นสารฆ่าแมลงที่มีอันตรายไม่มากนัก ขนาดทดลองกับหนูกินแล้วมีอันตรายถึงตายต้องมากกว่า 500 มก./กก. (น้ำหนักตัว) ขึ้นไป ถ้าหายใจหรือเข้าทางผิวหนังต้องมากถึง 4,000 มก./กก. (น้ำหนักตัว) ความเป็นพิษสำหรับคนนั้น ถ้ารับประทานมากกว่าสองช้อนโต๊ะขึ้นไปก็เป็นอันตรายถึงตายได้

ตัวอย่างสารฆ่าแมลงชนิดนี้ ได้แก่ อะเบท (abate) อะราไมท์ (aramite) เซวิน (sevin) หรือคาร์บาริล (carbary1) คลอโรเบนซิเลต (chlorobenzilate ดี.ดี.ดี. (DDD) เคลเทน (kelthane) มาลาไธออน (malathion) เมทธอกซีคลอร์ (methoxychlor) ไมเรกซ์ (mirex) เพอร์เธน (perthane) รอนเนล (ronnel) หรือโคราน (korlan) และโลติ้น (rotenone)

5. สารฆ่าแมลงที่มีพิษน้อยมาก

หรือชนิดไม่มีพิษ ได้แก่ น้ำมันพืชต่างๆ ขี้เถ้าแกลบ ปูนขาว ฯลฯ

3) แบ่งตามปฏิกิริยา (mode of actions)

(1) เป็นพิษทางกายภาพ (physical poison) สารพวกนี้จะไปเคลือบตัวแมลงทำให้แมลงหายใจไม่ออก ขาดออกซิเจน และตายได้ เช่น สารประเภทน้ำมัน หรืออิมัลชัน (oil and emulsion)

(2) เป็นพิษทำให้โปรตีนตกตะกอน (protoplasmic poison) ทำให้โปรตีนของเซลล์ตกตะกอน และแมลงตายได้ เช่น สารหนูเขียว, methyl bromide, chloropicrin

(3) เป็นพิษต่อทางเดินหายใจ (respiratory poison) ทำให้แมลงขาดออกซิเจน มึน งง และตาย เช่น แก๊สพิษส่วนใหญ่ (hydrogen cyanide และ sodium cyanide หรือ calcium cyanide

(4) เป็นพิษต่อระบบประสาท (nerve poison) ทำลายระบบการทำงานของ CNS. ทำให้แมลงเป็นอัมพาต เช่น สารในกลุ่ม organophosphorous ทั้งหมด และสารสกัดจากพืชบางชนิด เช่น pyrethrin หรือ nicotin sulphate

(5) พิษทั่ว ๆ ไป (general poison) คือสารประเภทที่มีพิษมากกว่าหนึ่งประเภท อาจเป็นทั้งทำลายประสาทร่วมกับทำลายระบบหายใจ เช่น โล่ติ้น (Rotenone) และสารในกลุ่ม DDT เป็นต้น

4) แบ่งตามส่วนประกอบทางเคมีภัณฑ์ (chemical compositions)

(1) สารประกอบอนินทรีย์ (inorganic compounds) คือสารประกอบที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบ และไม่มีคาร์บอน ที่นิยมใช้มากที่สุดคือสารหนูเขียว lead arsenate (Pb_2 HAs_3 O_4) รองลงมาคือ calcium arsenate (Ca_3 $AasO_4)_2$, alumina (Al_2 O_3) และ talcum

(2) สารประกอบอินทรีย์ (organic compounds) คือมีองค์ประกอบของ H, C และ N สารกลุ่มนี้มีมากที่สุด สามารถแยกตามองค์ประกอบทางเคมีได้ดังนี้

- ❖ organo phosphorous insecticides
- ❖ carbamate insecticides

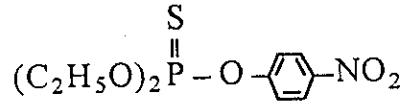
- ❖ chlorinated hydrocarbon insecticides
- ❖ botanical insecticides หรือ synthetic botanical insecticides
- ❖ microbial insecticide คือ สารจุลินทรีย์ หรือที่เรียกว่า "biopesticide"

สารประกอบทั้ง 5 กลุ่มนี้จะได้กล่าวในรายละเอียดแต่ละกลุ่มดังนี้

❖ organo phosphorous insecticides (organophosphates

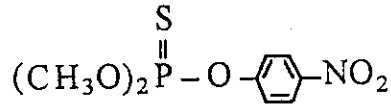
สารเคมีฆ่าแมลงกลุ่มนี้เป็นสารประกอบของกรดฟอสฟอริค (H_3PO_4) หรือสาร derivatives ของกรดฟอสฟอริค หรือพวก ester ซึ่งจะเป็นสารที่ active มากที่สุด ตัวอย่างสารกลุ่มนี้พร้อมโครงสร้างเคมี มีดังนี้

ethyl parathion



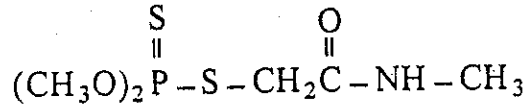
O, O-diethyl O-p-nitrophenyl phosphorothioate

methyl parathion



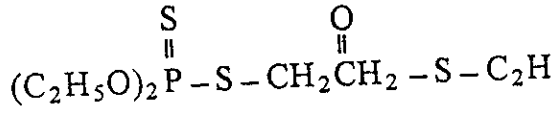
O, O-dimethyl O-p-nitrophenyl phosphorothioate

dimethoate (Cygon®)



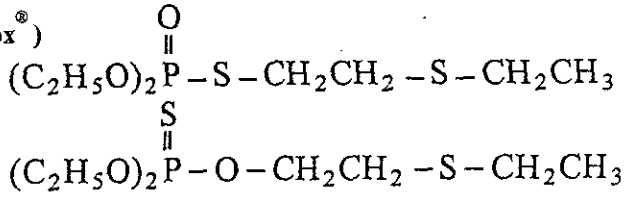
O, O-diethyl S-(N-methyl carbamoyl methyl) phosphorothioate

disulfoton (Di-Syston®)



O, O-diethyl S-2-[(ethylthio) ethyl] phosphorothioate

demeton (Systox®)



mixture of O, O-diethyl S-(and O)-2-[(ethylthio) ethyl] phosphorothioate

สารเคมีฆ่าแมลงจำพวกนี้มีสูตรโครงสร้างหลักอย่างเดียวกันคือ เป็น phosphoric derivatives จึงมีฤทธิ์คล้ายคลึงกัน จะต่างกันก็เพียงความรุนแรงและการดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย สารพวก organic phosphorous มีหลายชนิด เช่น parathion , malathion, mevinphos, chlorthion, phosdrin ฯลฯ เป็นต้น

การเข้าสู่ร่างกายของสารเคมีฆ่าแมลงชนิดนี้สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ถึง 3 ทางคือ

1. ทางผิวหนัง จะไม่มีการระคายเคืองต่อผิวหนังแต่อย่างใด แต่ถ้ามีแผลหรือเป็นโรคผิวหนัง หรือขณะที่อุณหภูมิของอากาศสูง การดูดซึมจะมีมากและดียิ่งขึ้น

2. โดยการหายใจเอาละอองของสารนี้เข้าไป

3. โดยการกินเข้าไป

สำหรับข้อที่ 1 และ 2 นั้น มักจะเกิดขึ้นกับผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับการพ่นสารเคมีฆ่าแมลง หรือในโรงงานที่ผลิตหรือบรรจุสารเคมีจำพวกนี้ ส่วนข้อที่ 3 นั้น มักจะเกิดจากการตั้งใจฆ่าตัวตาย หรือโดยอุบัติเหตุ การซึมเข้าทางผิวหนังและการหายใจเอาละอองของสารนี้เข้าไป จะทำให้เกิดอาการได้ในเวลาประมาณ 6 - 2 ชม. ถ้าสารนั้นเข้าไปเป็นจำนวนมากพอ ส่วนการกินเข้าไปจะทำให้เกิดอาการได้อย่างรวดเร็ว ภายในระยะเวลา 30 นาที ฤทธิ์ของสารจำพวกนี้ทำให้เกิด acetylcholine ดั่งในร่างกายโดยสารพวก organic phosphorous นี้ไปทำปฏิกิริยาตัวกับ cholinesterase enzyme ได้สารซึ่งคงทนมาก และสลายตัวได้ยาก ร่างกายจะขาด cholinesterase enzyme สำหรับจะไปทำให้ acetylcholine ที่เกิดขึ้นจากการทำงานของร่างกายสลายตัวไป ฉะนั้นจึงเกิดจำนวน acetylcholine ดั่งค้างมากขึ้น และเกิดอาการในระบบต่างๆ ดังนี้

1. อาการเนื่องจากการกระตุ้นประสาท parasympathetic ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในระยะแรก คือ มีเบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน เหงื่อออก แน่นบริเวณลิ้นปี่ และยอกอก ถ้าอาการรุนแรงมากขึ้น จะมีปวดท้อง ท้องเดิน น้ำลายฟูมปาก น้ำตาไหล น้ำมูกไหล ถ่ายอุจจาระ และปัสสาวะกลั้นไม่อยู่ หลอดลมมีเสมหะมาก หายใจหอบ หลอดลมตีบ หน้าเขียวคล้ำ

2. อาการทางกล้ามเนื้อ จะมีอาการกระตุกของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อตามร่างกายเต้นและสั่น (muscular fasciculation) จะเห็นได้ชัดที่ลิ้น ตามหน้าและบริเวณลำคอ ถ้าอาการรุนแรงขึ้นจะพบว่ากระตุกมากขึ้นทั่วร่างกาย ต่อมาจึงมีอาการอ่อนเพลียตามกล้ามเนื้อทั่วไป และในที่สุดจะเป็นอัมพาตได้

3. อาการทางสมอง ได้แก่ มึนศีรษะ ปวดศีรษะ งง และกระสับกระส่าย ตื่นตกใจง่าย อารมณ์พลุ่งพล่าน ถ้าอาการมากอาจชักและหมดสติได้

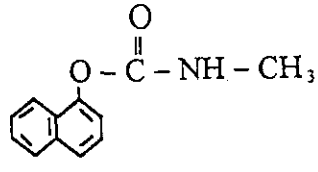
ผู้ที่ได้รับสารชนิดนี้อาจจะมีอาการมากถึงตายได้เนื่องจากระบบหายใจล้มเหลว (respiratory failure) ซึ่งอาจเกิดเนื่องจาก หลอดลมตีบมาก หลอดลมมีเมือกและเสมหะมากถึงขนาดอุดตัน กล้ามเนื้อระบบการหายใจเป็นอัมพาต ศูนย์ควบคุมการหายใจในสมองหยุดทำงาน (มุกดา ตฤษณานนท์, 2516)

การแก้ไขหรือรักษาพิษของสารเหล่านี้ นอกจากจะใช้ยาฉีดพวก atropine แล้วเรายังใช้ 2-PAM (หรือ pralidoxime chloride หรือ 2-pyridine aldoxime methylchloride) ร่วมด้วย 2-PAM เป็นตัวยาที่แก้พิษสารจำพวกนี้โดยเฉพาะ เนื่องจากมีฤทธิ์ปลดปล่อย enzyme cholinesterase ซึ่งรวมตัวกับสารฆ่าแมลงให้เป็นอิสระ ดังนั้น ร่างกายจึงมี cholinesterase enzyme มากขึ้นพอที่จะไปสลาย acetylcholine ทำให้อาการแพ้พิษหมดไป (มุกดา ตฤษณานนท์, 2516)

❖ carbamate insecticides (carbamates)

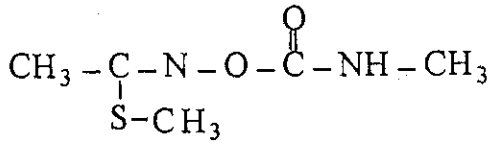
สารเคมีฆ่าแมลงกลุ่มนี้เป็นสารประกอบ หรือ derivatives หรือ ester ของกรดคาร์บาร์มิค ในปัจจุบันนี้สารจำพวก carbamate ได้ใช้กันแพร่หลายมากขึ้น เนื่องจากอันตรายของสารนี้มีน้อยกว่า บริษัทหลายแห่งได้ผลิตสารนี้ออกจำหน่าย เกษตรกรจึงใช้กันมากในการกำจัดแมลงต่าง ๆ ที่เป็นศัตรูต่อผัก ผลไม้ ตลอดจนในการเกษตรเกี่ยวกับพืชไร่ต่างๆ เช่น carbaryl (1-naphthyl n-methyl carbamate) ตัวอย่างของสารประกอบในกลุ่มนี้มีดังนี้

carbaryl (Sevin®)



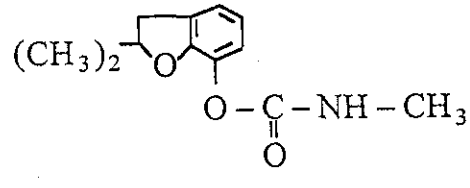
1-naphthyl methyl carbamete

methomyl (Lannate®)



methyl N-[(methylcarbamoyl)oxy] thioacetimidate

carbofuran (Furadan®)



2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuranyl methyl carbamate

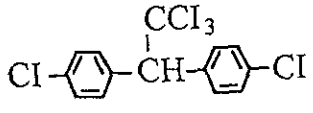
การดูดซึมเข้าสู่ร่างกายของสารเคมีฆ่าแมลงในกลุ่มนี้สามารถเข้าได้ทุกทาง รวมทั้งทางผิวหนัง เช่นเดียวกับพวก organic phosphorous compound และมีฤทธิ์คล้ายกัน แต่ปฏิกิริยาในการจับกับ enzyme cholinesterase นั้นไม่มั่นคงถาวร คือจะปลดปล่อย enzyme ให้กลับคืนสู่สภาพปกติภายในระยะเวลาอันสั้น เรียกว่า "reversible inhibitors of cholinesterase" เนื่องจากสารนี้สลายตัวเร็ว ฉะนั้นผู้ป่วยที่แพ้พิษนี้ก็จะมีอาการดีขึ้นอย่างรวดเร็วด้วย และการตรวจหาระดับ enzyme cholinesterase อาจจะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยหรือไม่มีเลย อาการพิษของผู้ได้รับสาร carbamate จะมีอาการเช่นเดียวกับสารพวก organic phosphorous แต่อาการน้อยกว่า อาการที่สำคัญคือ มีเหงื่อออกมาก น้ำลายออกมาก คลื่นไส้ อาเจียน และม่านตาหดเล็กลง

อาการเหล่านี้จะดีขึ้นภายใน 3 - 4 ชม. ถ้าสารฆ่าแมลงนี้เข้าไปในร่างกายไม่มากนัก และรักษาด้วย atropine sulfate

❖ organochlorines (chlorinated hydrocarbons)

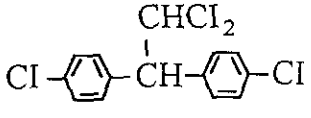
สารเคมีฆ่าแมลงจำพวกนี้ได้ใช้กันมานานแล้ว มักจะเรียกและรู้จักกันดีในชื่อของ DDT (dichloro diphenyl trichloroethane) ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในทางการแพทย์และสาธารณสุข โดยใช้กำจัดยุง และสัตว์นำโรคหลายชนิด เช่น เห็บ เหา หมัด และไร เป็นต้น ถึงแม้ว่าได้มีการปิดโรงงานการผลิต DDT และห้ามใช้ DDT ทั่วโลกมานานแล้ว ปัจจุบันประเทศไทยยังใช้ DDT ในการสาธารณสุข เช่น กำจัดยุงพาหะไข้มาลาเรีย โรคเท้าช้าง ฯลฯ สารฆ่าแมลงพวกนี้นอกจาก DDT แล้ว ยังมีชนิดอื่นๆ อีกที่ใช้กันมาก เช่น dieldrin, endrin และ benzene hexachloride (BHC) เป็นต้น ตัวอย่างของสารเคมีฆ่าแมลงในกลุ่มนี้ คือ

DDT
(chloro diphenyl trichloro ethane)



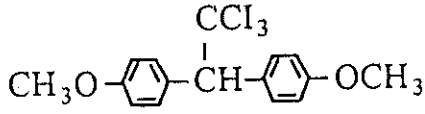
1,1,1-trichloro-2,2-bis (p-chlorophenyl) ethane

TDE (DDD)



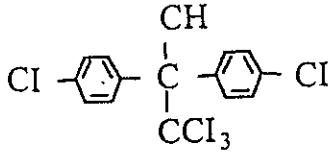
1,1,1-dichloro-2,2-bis (p-chlorophenyl) ethane

methoxychlor



1,1,1-trichloro-2,2-bis (p-methoxyphenyl) ethane

dicofol



1,1,1-trichloro-2,2-bis (p-methoxyphenyl) ethane

สารจำพวกนี้เข้าสู่ร่างกายได้ทางการหายใจและทางปาก เช่นการกินเข้าไป สำหรับทางผิวหนังนั้นซึมเข้าไปได้เช่นกัน แต่สำหรับ DDT รูปผงนั้นซึมได้ยาก นอกจากจะทำให้เป็นสารละลายเสียก่อน

สารเคมีฆ่าแมลงจำพวก chlorinated hydrocarbon มีฤทธิ์ต่อสมอง cerebellum และ motor cortex กลไกที่ทำให้เกิดอาการต่างๆ ยังไม่ทราบแน่นอน อาการที่เกิดขึ้นคือ มีการกระตุกของกล้ามเนื้อและชัก ถ้ายาเข้าไปในขนาดมาก จะมีคลื่นไส้ อาเจียน และอุจจาระร่วง ถ้าได้รับสารนี้เข้าไปบ่อยๆ จะมีพยาธิสภาพเกิดขึ้นที่ตับและไต นอกจากนี้แล้วอาจมีอาการเปลี่ยนแปลงของสารโดยสลายตัว และถูกเก็บไว้ในไขมันเป็นสารที่ inactive และจะถูกจำกัดออกจากร่างกายทีละน้อย ผู้ที่มีสารนี้อยู่ในตัวอาจตรวจพบได้ในน้ำนมและปัสสาวะ สำหรับขนาดที่ทำให้เกิดเป็นพิษในคนได้นั้น จากการศึกษาพบว่าถ้ากิน DDT เข้าไปในขนาด 10 มก./กก. (น้ำหนักตัว) จะทำให้เกิดอาการขึ้นได้ แต่ในคนที่ร่างกายอ่อนแอหรือในขณะที่กระเพาะอาหารว่าง ถ้ากินเข้าไปในขนาด 6 มก./กก. (น้ำหนักตัว) ก็สามารถทำให้เกิดอาการได้แต่ไม่มากนัก อาการรุนแรงจะเกิดขึ้นเมื่อกินเกินกว่า 16 มก./กก. (น้ำหนักตัว) ผู้ป่วยจะมีอาการชัก เคยมีรายงานผู้ป่วยซึ่งมีอาการรุนแรงมากแต่ไม่ถึงตายเมื่อกิน DDT เข้าไปในขนาด 285 มก./กก. (น้ำหนักตัว) ในราย acute poisoning โดยกินเข้าไปมาก อาการจะเกิดขึ้นเร็วภายใน 30 นาที หรือ 2 - 3 ชม. หรืออาจมากกว่านี้ ขึ้นอยู่กับขนาดของสารที่กินเข้าไป

การรักษาพิษของสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้ มีดังนี้

1. ล้างท้อง เพื่อดูดเอาสิ่งมีพิษออกให้มากที่สุด ถ้ามีอยู่ตามผิวหนังให้ใช้น้ำและสบู่ล้างออกให้หมด

2. ใช้ยาถ่ายชนิด saline cathanic เช่น Sat. Mg. SO_4 ถ้าผู้ป่วยไม่รู้สึกตัวให้ใส่ไว้ในกระเพาะเมื่อล้างท้องแล้ว ห้ามใช้ยาระบายที่มีส่วนผสมของน้ำมัน (oil laxative) เพราะจะช่วยทำให้การดูดซึม DDT มากขึ้น

3. ใช้ยาจำพวก barbiturate ควบคุมการกระตุกของกล้ามเนื้อ เช่น phenobarbital ใช้กินและ pentobarbital ใช้ฉีดเพื่อแก้อาการชัก

4. ใช้ calcium gluconate ฉีด ช่วยในการควบคุมการชักได้ผลดีพอสมควร ห้ามใช้ epinephrine เพราะจะทำให้เกิด arrhythmia ได้ง่ายและอาจถึงตายได้

❖ botanical insecticides (botanical extracts)

ในสมัยโบราณประชาชนในทวีปยุโรปใช้สาร **pyrethrins** ใช้เป็นสารเคมีฆ่าแมลงได้ สารนี้สกัดได้มาจากดอกไม้ตระกูลเบญจมาศ คือ *Chrysanthemum cinerariaefolium* โดยทำให้แห้งแล้วป่นให้ละเอียดเป็นผง (มีสารนี้อยู่ประมาณ 1 %) แต่ส่วนใหญ่ที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชหรือใช้ตามบ้าน การสกัดตัวยานี้จากดอกไม้ทำได้โดยใช้ตัวละลายเป็น alcohol หรือ kerosene ตัวยาที่อยู่ใน Pyrethrum มีอยู่ 4 อย่างคือ pyrethrin I และ II cinerin I และ II ตัวยา pyrethrin นั้นมีฤทธิ์แรงกว่าอย่างอื่น และในปัจจุบันนี้มีสารสังเคราะห์เลียนแบบได้สารบางอย่างที่มีฤทธิ์คล้ายคลึงกันขายอยู่ในท้องตลาดเป็นจำนวนมาก สารกลุ่มนี้เรียกชื่อรวมว่าสารไพรีทรอยสังเคราะห์ (sythetic pyrethroid) ซึ่งมีมากมายเช่น permethrin, cypermethrin, cyhalothrin, deltamethrin, allethrin ฯลฯ เป็นต้น สารเคมีฆ่าแมลงชนิดนี้ที่ใช้พ่นหรือฉีดตามบ้าน มีความเข้มข้นของสารนี้ประมาณ 0.5 % บางสูตรใช้ผสม pyrethrin และ allethrin เข้าด้วยกันเพื่อเสริมให้มีฤทธิ์รุนแรงยิ่งขึ้น

สารนี้สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทางการกินและการหายใจ แต่เข้าทางผิวหนังได้น้อยมาก อย่างไรก็ตามอาจเกิดปฏิกิริยาที่ผิวหนังได้ โดยคนที่แพ้เป็นโรคผิวหนังอย่างรุนแรง และถ้าหายใจเข้าไปก็เกิดการแพ้ได้ ทำให้แน่นอึดอัดหายใจไม่ออก สารนี้มีฤทธิ์ต่อระบบประสาท เริ่มต้นด้วยการกระตุ้นจนกระทั่งมีอาการชักและอัมพาต การเป็นพิษอย่างรุนแรงอาจเกิดขึ้นได้ ถ้ากินเข้าไปเป็นจำนวนมากขนาด 1 - 2 ก./กก. (น้ำหนัก) ของจำนวน pyrethrin อาจตายได้โดยเกิดอัมพาตของกล้ามเนื้อเกี่ยวกับการหายใจ (มุกดา ตฤษณานนท์, 2516) โดยธรรมดาสารนี้มีพิษน้อยที่สุด ในจำพวกยากำจัดศัตรูพืชด้วยกัน อาการและการแสดงที่เป็นพิษส่วนใหญ่มีได้ดังนี้

1. อาการที่ผิวหนังเป็น contact dermatitis มีบวมแดงเป็นตุ่มใส คันมาก น้ำเหลืองมาก
2. อาการเหมือนแพ้เกสรดอกไม้ มีอาการจาม ไอ น้ำมูกไหลมาก หายใจอึดอัด หายใจไม่ออก บางรายมีอาการเหมือนหอบหืด
3. ถ้าอาการแพ้มีมากและรุนแรง ผู้ป่วยจะมีอาการชาที่ปาก ที่ลิ้น ปวดหัว คลื่นไส้ อาเจียน และอุจจาระร่วง กล้ามเนื้อกระตุก และในที่สุดชักแบบ chronic convulsion และอาจตายด้วยอัมพาตของกล้ามเนื้อของการหายใจ พวกนี้เจาะเลือดจะพบ hesinephide สูง

การแก้ไขและรักษาพิษของสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้

1. รักษาตามอาการเป็นส่วนใหญ่ใช้ antihistamine และ steroid สำหรับการแพ้ได้ผลดี
2. ถ้ากินเข้าไปเป็นจำนวนมากควรล้างกระเพาะลดการกระตุกของกล้ามเนื้อโดย barbiturate

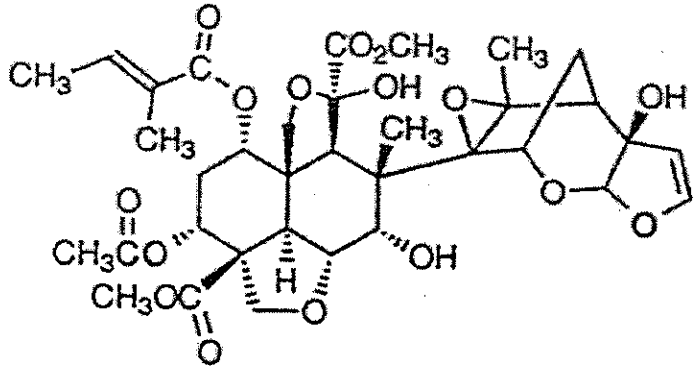
สารเคมีฆ่าแมลงที่สกัดจากพืชที่ผลิตเป็นการค้าที่สำคัญมากอีกชนิดหนึ่งขณะนี้คือ **สารสกัดจากสะเดา** (neem extract) ซึ่งนิยมสกัดจากเมล็ด สารเคมีที่สกัดได้จากเมล็ดสะเดามีมากกว่า 60 ชนิด แบ่งได้เป็น 5 กลุ่ม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารประกอบพวกไตรเทอร์ปีนอยด์ (triterpenoids) โดยเฉพาะสารลิโมนอยด์ (limonoids) เตตระไตรเทอร์ปีนอยด์ (tetratriterpenoids) 3 ชนิด คือ azadirachtin, salanin และ nimbin สารออกฤทธิ์ที่สำคัญที่ใช้เป็นสารฆ่าแมลงคือ azadiractin ซึ่งพบว่าสะเดาอินเดียมีสูงถึง 7.02 มก./กก.เนื้อเมล็ด ส่วนสะเดาไทยมีสูงประมาณ 2.0 - 6.0 มก./กก. เนื้อในเมล็ด

ประสิทธิภาพของสารสกัดจากสะเดา มีดังนี้คือ

1. ยับยั้งการลอกคราบแมลง
2. ยับยั้งการกินอาหาร ทำให้ระบบกินและย่อยอาหารไม่ทำงาน
3. ยับยั้งการเจริญเติบโตของไข่ ตัวอ่อน และดักแด้
4. เป็นสารไล่
5. ลดปริมาณไข่ของแมลง

แมลงที่ได้ทดสอบแล้วว่าใช้สาร azadirachtin ควบคุมได้ผลดีมาก คือ หนอนผีเสื้อ เช่น หนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกันซึ่งทดสอบแล้วที่ อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์ พบว่าควบคุมหนอนได้ผลผลิตเสียหายเฉลี่ยเพียง 28.15 % เมื่อเทียบกับความเสียหายเฉลี่ย 88.15 % ในแปลง control

นอกจากนี้สารสกัดจากสะเดายังใช้ได้ดีกับเพลี้ยจักจั่นฝ้าย (*Amrasca biguttula*) เพลี้ยอ่อน หนอนหนามเจาะสมอฝ้าย (*Earias fabia*) หนอนชอนใบส้มโอ เพลี้ยจักจั่นละหุ่ง (*Jascobiasca formosana*) หนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้ผัก ฯลฯ (อารมณ์ แสงวนิชย์, 2539)



Azadirachtin

(National Research Council, 1992)

7.8 ภูมิปัญญาชาวบ้าน (indigenous technology)

ในอดีตเกษตรกรกำจัดแมลงโดยใช้วิธีการและเทคนิคที่ได้รับการถ่ายทอดหรือถือปฏิบัติมาตั้งแต่บรรพบุรุษ มักจะเป็นวิธีการที่ใช้ได้ผลดี แต่ปัจจุบันได้สูญหายไปหรือลบเลือนไป เนื่องจากมีความยุ่งยากในการจัดเตรียมทำให้ไม่สะดวก เมื่อมีสารเคมีฆ่าแมลงสังเคราะห์เข้ามาในตลาดซึ่งสามารถหาซื้อได้ง่าย ใช้สะดวกและฆ่าแมลงได้ผลดี ถึงแม้ว่ามีราคาแพง เกษตรกรส่วนใหญ่คิดว่าการใช้สารเคมีเป็นวิธีเดียวที่เป็นที่พึ่งอาศัยหลักที่สามารถควบคุมแมลงได้ โดยถ้าใช้สารเคมีชนิดใดแล้วไม่ได้ผลก็จะเพิ่มความเข้มข้นขึ้น หรือนำไปผสมกับสารเคมีอีกหลายชนิด หรือเปลี่ยนชนิดของสารเคมีตามแต่ร้านขายสารเคมีในท้องถิ่นจะแนะนำ หรือใช้ราคา

เป็นตัวกำหนดการซื้อ การใช้สารเคมีเป็นระยะยาวนาน และใช้โดยขาดความรู้ทำให้แมลงสร้างความต้านทาน และมีพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมรวมถึงเกษตรกรผู้ใช้สารเคมี และผู้บริโภค ภูมิปัญญาชาวบ้านหรืออาจเรียกว่า "เทคโนโลยีท้องถิ่น" (indegeneous technology) จึงเป็นทางเลือกที่เกษตรกรในปัจจุบันรวมทั้งสังคมตะวันตกเริ่มให้ความสนใจ และพยายามรวบรวมจากวิธีการของชุมชนพื้นบ้านของในเขตต่างๆ ทั่วโลก โดยเฉพาะในเขตทวีปเอเชียและอัฟริกาเพื่อนำมาใช้ทดแทนสารเคมี ประเทศที่เจริญแล้วปัจจุบันนี้จะรับซื้อผลิตผลทางการเกษตรที่ไม่ปนเปื้อนสารเคมี เทคโนโลยีภูมิปัญญาชาวบ้านจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจมาก

ลักษณะของการใช้เทคโนโลยีชาวบ้านนี้มักจะเป็นการใช้วิธีการหลายๆ วิธีการร่วมกัน ไม่ใช่วิธีการใดวิธีการหนึ่งเพียงอย่างเดียวและมักเริ่มต้นจากวิธีการเตรียมดิน ฤดูกาลปลูก วิธีการปลูก และการดูแลรักษาตามความเชื่อที่ได้รับการบอกเล่าต่อๆ กันมา จากการรวบรวมเทคโนโลยีภูมิปัญญาชาวบ้าน พอที่จะสรุปเป็นเรื่องๆ ได้ดังนี้ (Stoll, 1986)

7.8.1 พืชที่มีสารฆ่าแมลง (insecticidal plants)

1) F. Annonaceae

มีรายงานว่าพืชในตระกูลนี้ คือ ทุเรียนเทศ (*Annona muricata*) น้อยโหน่ง (*A. reticulates*) และน้อยหน่า (*A. squamosa*) ใช้กำจัดแมลงได้โดยมีส่วนที่ใช้กำจัดแมลงได้ดีอยู่ในผล เมล็ด ใบ และราก โดยเฉพาะส่วนของเมล็ดมีน้ำมันถึง 42 - 45 % สารจากพืชตระกูลนี้ใช้กับแมลงเป้าหมายได้มากกว่า 10 ชนิด เช่น เพลี้ยอ่อน ตั๊กแตน มวนเขียว เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens*) หนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) เพลี้ยอ่อนเบญจมาศ (*Macrosiphoniella sanborni*) ด้วงเต่าแตงแดง (*Aulacophora feveicollis*) เพลี้ยจักจั่นสีเขียว (*Nephotettix virescens*) เพลี้ยกระโดดหลังขาว (*Sogatella furcifera*) มวนแก้วมะเขือ (*Urentius echinus*) เพลี้ยหอย และเหาคน เป็นต้น

ความเป็นพิษ พิษของสารเคมีจากพืช F. Annonaceae เป็นพิษทางการสัมผัส (contact poison) และพิษจากการกิน โดยทำให้แมลงลดการกิน (antifeedant) และตาย และเป็นสารไล่แมลงได้ และพบว่าน้อยโหน่งให้ผลดีที่สุด (Atwal and Pajni, 1964; Harper et al., 1943)

วิธีการใช้ ใช้เมล็ดหรือรากบดให้ละเอียด แช่น้ำหรืออาจสกัดโดยแช่ในน้ำมันเบนซินหรือน้ำมันก๊าด พบว่าน้ำมันจากเมล็ดที่ความเข้มข้น 10 % ทำให้มวนแก้วมะเขือ (*U. echinus*) ตาย 90 % ภายในเวลา 72 ชม. และที่ความเข้มข้นลดลง 5 – 7 % ก็ยังใช้ได้ผลดี แต่จะไม่มีผลเมื่อใช้ความเข้มข้นต่ำ 1 – 3 % และในประเทศอินเดีย พบว่าใช้อีเทอร์สกัดใบน้อยหน่าสามารถนำไปเจือจางแล้วใช้กำจัดด้วงเต่าแตงแดง (*A. feveicollis*) ได้อัตราการตายสูงถึง 91 % (Chattoraj and Tiwari, 1965)

ข้อควรระวัง คือ อย่าให้ผงเมล็ดหรือน้ำมันเข้าตาจะเจ็บปวดมาก

2) F. Solanaceae

พืชในตระกูลนี้ที่มีฤทธิ์ในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บได้ดี คือ พริก (*Capsicum frutescens*) ซึ่งผลสุกของพริกมีสารออกฤทธิ์มากที่สุดที่เปลือก และเมล็ด สามารถใช้ได้ดีกับ มด เพลี้ยอ่อน หนอนผีเสื้อศัตรูผักแทบทุกชนิด และด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae*) และสามารถควบคุมโรคไวรัสบางชนิดได้

ความเป็นพิษ พิษของพริกมีทางกระเพาะอาหารเป็น antifeedant ทำให้แมลงไม่กินอาหาร และตาย เป็นสารขับไล่แมลง

วิธีการใช้ ใช้พริก (บางตำราบอกว่าให้คั่วก่อน) ปั่นให้ละเอียด (อาจใช้ครก) ผสมน้ำ 1 ลิตรเขย่าให้เข้ากัน กรองด้วยผ้า ผสมน้ำคั้นจากพริก 1 ส่วนในน้ำสบู่ (เพื่อให้จับใบพืชดีขึ้น) 5 ส่วน พ่นและกำจัดแมลงศัตรูผักใช้ได้ผลดี และมีฤทธิ์ยับยั้งโรคไวรัสบางชนิดได้ (Graigne et al., 1985)

3) F. Leguminoseae

พืชที่มีชื่อเสียงในประเทศไทยและคนไทยรู้จักดีในกลุ่มนี้คือ หางไหล หางไหลแดง (*Derris malaccensis, D. elliptica*) และถอบแถบน้ำ (*D. uliginosa*) สามารถควบคุมหนอนผีเสื้อในระยะตัวอ่อน เพลี้ยอ่อน และด้วงได้ผลดี มีรายงานว่าสามารถใช้ควบคุมศัตรูพืชได้มากกว่า 10 ชนิด เช่น ด้วงเจาะเมล็ดถั่ว (*Callosobruchus chinensis*) หนอนกระทู้ผัก (*S. litura*) หนอนเจาะสมอฝ้าย (*H. armigera*) หนอนใยผัก (*P. xylostella*) เพลี้ยอ่อนฝ้าย (*Aphis gossypii*) หนอนกินใบแตง (*Margaronia indica*) และใช้ได้ผลดีกับเชื้อราโรคบลาสของข้าว (rice blast, *Pyricularia oryzae*)

ความเป็นพิษ สารที่สำคัญที่ออกฤทธิ์จากหางไหล คือ rotenone เป็นพิษโดยการกินเข้าไป เป็นสารฆ่าแมลง และขับไล่แมลง

วิธีใช้ ใช้รากสดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 – 6 ซม. ล้างให้สะอาด บดให้ละเอียด แล้วเติมน้ำสบู่ลงไป กรองเอากากทิ้ง จะได้น้ำใส แล้วนำมาเจือจาง อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ สบู่ : ราก : น้ำ = 1 : 4 : 225 ส่วน (Crooker, 1979) หรือหากบดรากแห้งเป็นผงละเอียดควรใช้ ผงหางไหล 1 กก. : น้ำ 100 ลิตร : สบู่ที่เป็นกลาง 500 กรัม สำหรับสูตรกำจัดเพลี้ยอ่อนแอปเปิลนั้น ใช้ผงหางไหล 2.5 กก. ผสมน้ำสบู่ 400 ลิตร สำหรับผีเสื้อกะหล่ำและหนอนคืบกะหล่ำ ใช้หางไหลบดละเอียด (ที่มี rotenone 5 %) นำไปผสมกับแป้งฝุ่น (talcum) ในอัตราส่วน 1 : 5 พ่นผงอัตรา 4.8 กก./ไร่ พ่น 3 ครั้งในช่วง 2 สัปดาห์ ได้ผลการทำลายน้อยที่สุด มีรายงานการนำเองผงรากหางไหล (มี rotenone 4 %) ผสมกับไพเรทรัม (ไพเรทริน 1.16 %) และอะลูมินา (ตัวกลางสำหรับพ่นผง) ในอัตรา 2 : 3 : 5 ได้ผลดี สำหรับควบคุมด้วงหมัดผัก และหนอนผีเสื้อทำลายผัก (มูลนิธิการศึกษาเพื่อชีวิตและสังคม, 2531)

4) F. Liliaceae

พืชที่สำคัญที่มีฤทธิ์ฆ่าแมลงและรู้จักกันดีทั่วโลก คือ กระเทียม (*Allium sativum*) สามารถใช้กำจัดเพลี้ยอ่อน หนอนกระทู้ผัก (*S. litura*) ด้วงขนสัตว์ (*Trogoderma granarium*) หนอนผีเสื้อกะหล่ำ (*P. rapae*) และยังให้ผลดีต่อโรคที่เกิดจากเชื้อราหลายชนิด เช่น รานำค้าง ราแป้ง และราสนิมถั่ว และสามารถฆ่าไส้เดือนฝอย และเห็บได้ (Graigne et al., 1985)

ความเป็นพิษ พบว่าเป็นสารยับยั้งการกิน (antifeedant) สารฆ่าแมลง สารไล่ และสารฆ่าไส้เดือนฝอย

วิธีการใช้ ใช้กลีบกระเทียม 100 กรัม น้ำ 0.5 ลิตร สบู่ 10 กรัม น้ำมันแร่ (mineral oil) 2 ช้อนชา บดกระเทียมให้ละเอียดแช่ไว้ในน้ำมันแร่ 24 ชม. ละลายสบู่ในน้ำ ผสมกระเทียมพร้อมทั้งน้ำมันแร่ที่แช่ไว้ลงในน้ำสบู่คนให้เข้ากัน กรองด้วยผ้า แล้วนำไปเจือจางด้วยน้ำ 20 ส่วน นำไปพ่นได้ หรือบางตำราให้ใช้กระเทียมบดละเอียด 2 หัว และพริกป่น 2 ช้อนชา เติมน้ำร้อน 4 ลิตร และก้อนสบู่ขนาดเท่าหัวแม่มือคนจนละลายเข้ากันดี นำไปพ่นได้ สูตรนี้ใช้ได้ดีกับหนอนผีเสื้อศัตรูไม้ผล

5) F. Guttiferaceae

พืชที่มีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าแมลงในตระกูลนี้ คือ สารภี (*Mammea americana*) ส่วนที่ออกฤทธิ์สูง เมล็ดแก่ ส่วนใบ เปลือก และลำต้นมีคุณสมบัติฆ่าแมลงเพียงเล็กน้อย ใช้กำจัดเพลี้ยอ่อน หนอนใยผัก เต่าแตงแดง หนอนผีเสื้อกะหล่ำ หนอนแตงเทศ (*Diaphania hyalinata*) และด้วงงวงข้าว (*S. oryzae*) (Plank, 1944)

ความเป็นพิษ มีฤทธิ์พิษทางสัมผัส (contact poison) ขับไล่แมลง สารฆ่าไส้เดือนฝอย และเห็บ

วิธีการใช้ ใช้เมล็ดที่แก่จัด บดเป็นผงแล้วผสมสารตัวพา พ่นผงบนกะหล่ำปลี 8 - 9 กรัม/ต้น โดยพ่นในขณะที่มีน้ำค้างอยู่บนใบจะทำให้จับใบดีขึ้น พบว่าสามารถฆ่าหนอนผีเสื้อได้ 80 % ในเวลา 4 วัน ผงสารภีสามารถคงสภาพพิษอยู่ได้ถึง 4 วัน ถึงแม้ว่าจะถูกทิ้งไว้กลางแจ้ง บางตำราให้ใช้พ่นผงละลายน้ำ คือ ใช้ผงเมล็ดสารภี : น้ำ = 1 : 4 ส่วน (อาจผสมสบู่เพื่อให้จับใบพืชดีขึ้น) จะสามารถควบคุมหนอนใยผักได้ 73.6 %

ถ้าใช้น้ำมันก๊าดเป็นสารสกัด ให้ใช้ผงเมล็ดสารภี 225 กรัม แช่ในน้ำมันก๊าด 1.2 ลิตร นาน 24 ชม. ที่อุณหภูมิห้อง แล้วกรอง ใช้กำจัดแมลงศัตรูในบ้านเรือน เช่น แมลงสาบ แมลงวัน และมดได้ดี (Plank, 1944)

6) F. Meliaceae

พืชในวงศ์นี้ที่รู้จักดี คือ สะเดา (*Azadirachta spp.*) ซึ่งเมล็ดจะมีสารฆ่าแมลงหลายชนิด แต่ที่ให้ผลเป็นสารฆ่าแมลงที่มากที่สุด คือ azadirachtin ซึ่งจะมีปริมาณแตกต่างกันในสะเดาแต่ละชนิด เช่น มีรายงานว่าสะเดาอินเดีย (*A. indica*) จาก จ.ระยอง มี azadirachtin สูงถึง 7.02 มก./กรัมเนื้อเมล็ด และสะเดาไทย (*A. indica* var. *siamensis*) มีปริมาณต่ำกว่า คือ 2.0 – 6.0 มก./กรัมเนื้อเมล็ด (กลุ่มงานวิจัยวัตถุมีพิษกางเกษตรจากสารธรรมชาติ, 2539)

ใช้ได้ผลดีมากกับหนอนผีเสื้อและด้วง ใช้ได้ผลดีกับตั๊กแตน หนอนชอนใบ และเพลี้ยจักจั่น ใช้ได้ผลดีปานกลางกับตัวเต็มวัยของด้วง เพลี้ยอ่อน และแมลงหวี่ขาว แต่ใช้ได้ผลน้อยมากับแมลงวันผลไม้ มวนชนิดต่าง ๆ และไร

ในประเทศไทยมีการศึกษาเรื่องสารสะเดามากมาย และมีรายงานว่าใช้ได้ดีกับเพลี้ยจักจั่นฝ้าย (*A. biguttula*) หนอนหนามเจาะสมอฝ้าย (*Earias fabia*) หนอนเจาะสมอฝ้าย (*H. armigera*) หนอนแก้ว

ส้มโอและพืชตระกูลส้ม เพลี้ยจักจั่นละหุ่ง (*Jacobiasca formosana*) หนอนกระทู้หอม (*S. exigua*) หนอนกระทู้ผัก (*S. litura*) หนอนผีเสื้อหัวกะโหลกทำลายงา (*Acherontia styx*) มวนฝิ่น (*Nysius sp.*) และศัตรูที่สำคัญของกุหลาบ ถั่วเหลือง ยาสูบ ข้าวโพด ฯลฯ

ความเป็นพิษ พบว่าสารสกัดสะเดาสามารถยับยั้งการสร้างฮอร์โมนในการลอกคราบของแมลง ยับยั้งการกินอาหารชนิดถาวร คือ ทำให้การทำงานของระบบย่อยอาหารน้อยลงจนไม่ทำงาน ยับยั้งการเจริญเติบโตของไข่ หนอนและดักแด้ ยับยั้งการวางไข่ และเป็นสารไล่ (กลุ่มงานวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรจากสารธรรมชาติ, 2539) และมีรายงานว่าสามารถควบคุมแมลงศัตรูพืชได้มากกว่า 30 ชนิด (Schmutterer and Ascher, 1984)

วิธีการใช้ สามารถใช้ในรูปต่างๆ เช่น ผงจากเมล็ด น้ำมันสะเดา สกัดเมล็ดด้วยน้ำ และกากของเมล็ดที่ผ่านการสกัดน้ำมันแล้ว วิธีการคือ ให้รวบรวมผลที่สุกร่วงแล้วล้างเอาเนื้อที่ติดเมล็ดออกให้หมด ตากเมล็ดให้แห้งเพื่อไม่ให้เกิดเชื้อรา แล้วเก็บในกระสอบที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก เช่น กระสอบมุ้งไนล่อนสีฟ้า หรือ เข่ง เมื่อต้องการใช้ให้นำเมล็ดไปบดละเอียดห่อด้วยผ้า แช่น้ำค้างคืนไว้ 12 ชม. อัตราเมล็ด 25 – 50 กรัม/น้ำ 1 ลิตร หรือบางตำราใช้เมล็ดแห้งบดละเอียด 5 กก. ห่อด้วยผ้าแช่น้ำในถังค้างคืนไว้ 12 ชม. นำถุงผ้าขึ้นมาบีบรีดน้ำแล้วละลายผงสบู่ 10 กรัมลงไปในถัง แล้วเติมน้ำให้เป็น 100 ลิตร นำไปใช้ในอัตรา 80 ลิตร/ไร่ จะลดการทำลายของหนอนกระทู้ข้าวโพดทำลายถั่วแขกเหลือเพียง 1 % เปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ฉีดซึ่งมีสูงถึง 7.5 % นอกจากนี้ยังมีผลทำลายศัตรูชนิดอื่นๆ อีกมากกว่า 30 ชนิด เช่น หนอนกะหล่ำ ด้วงเต่าแตงแดง และตั๊กแตน (Schmutterer et al., 1984)

ผงสะเดา (ผงบดละเอียดของเนื้อเมล็ดสะเดา) ใช้ได้ผลดีมากสำหรับแมลงศัตรูในโรงเก็บเพื่อป้องกันมอดข้าวสาร มอดหัวไม้ขีด และด้วงขนสัตว์ โดยใช้ผสมกับข้าวสาลีในอัตรา 1 – 2 %ใส่ลงในถั่วเขียว ข้าวสาร ฯลฯ สามารถป้องกันได้นานถึง 269 – 379 วัน (Jotwani and Scircar, 1965)

วิธีสกัดน้ำมันสะเดานั้นแต่โบราณใช้วิธีกะเทาะเมล็ดออก แล้วนำไปฝัดด้วยลมแล้วนำเนื้อเมล็ดมาตำในครก จนกระทั่งได้สารลักษณะเหนียวสีน้ำตาล เติมน้ำเล็กน้อยแล้วตำต่อจนเนื้อเมล็ดไม่ติดครก และตำในครกจนกระทั่งมีน้ำมันซึมออกมาที่ผิวหน้า เมื่อกดเบาๆ จะมีหยดน้ำมันออกมาเป็นหยด ให้นวดและบีบน้ำมันสลับกันจะได้น้ำมัน 100 – 150 มล. จากเนื้อเมล็ด 1 กก. (ปัจจุบันมีเครื่องจักรแยกสกัดน้ำมันแล้ว) น้ำมันสะเดานี้สามารถนำไปป้องกันกำจัดด้วงทำลายถั่วได้ดี โดยใช้น้ำมันสะเดา 2 – 3 มล./ถั่ว 1 กก. คลุกให้ทั่ว สามารถเก็บรักษาเมล็ดได้ถึง 6 เดือนโดยไม่มีด้วงทำลาย แต่ก่อนที่จะนำถั่วเมล็ดมาบริโภคต้องแช่ในน้ำร้อน 2 - 3 นาที แล้วเทน้ำทิ้งเพื่อขจัดรสขมจากน้ำมันสะเดา

นอกจากนี้ยังมีพืชอีกหลายชนิดที่มีสารฆ่าแมลง เช่น เลี่ยน (*Melia azedarach* : F. Meliaceae) สเปียร์มินท์ (*Mentha spicta* : F. Labiaceae) ว่านน้ำ (*Acorus calamus* : F. Araceae) มูนา (*Minthostachys glabrescens, M. mollis* : F. Labiaceae) ขมิ้นแกง ขมิ้นชัน (*Curcuma domestica* : F. Zingiberaceae) โกฐจุฬาลำพา (*Artemisia pallens* : F. Compositae) หนอนตายหยาก (*Stemona tuberose* : F. Stemonaceae) ฯลฯ (โครงการสำรวจวิทยาการทดแทนสารเคมี, 2531)

7.8.2 การใช้สารจากสัตว์ (animal product insecticides)

ประเทศศรีลังกาใช้ปัสสาวะวัวในการกำจัดเพลี้ยแป้งแมลงศัตรูผัก ถั่ว กระเจี๊ยบ มะเขือเทศ ได้ผลดีมาก นอกจากนั้นสามารถป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟและไรได้ผลดี และยังใช้ควบคุมโรคไวรัสใบหงิกของพริกและใบด่างของพริกได้ผลดีอีกด้วย

วิธีการใช้ คือ ใช้ปัสสาวะวัวทั้งไว้ในถัง 2 สัปดาห์ แล้วตักมาผสมน้ำในอัตราส่วน 1 : 6 จะใช้พ่นบนพืชได้ ถ้าเข้มข้นมากเกินไปจะทำให้พืชใบไหม้ได้ แต่มีรายงานการทดลองใช้ในอัตราส่วน 1 : 1 สามารถกำจัดเพลี้ยอ่อนได้ 95 % หนอนต่างๆ 67 % และไร 83 % แต่พืชจะแสดงอาการใบไหม้

7.8.3 เหยื่อล่อและกับดัก (lures and traps)

1) กับดักและเหยื่อล่อแมลงวันผลไม้ ใช้ขวดน้ำพลาสติกทำเป็นกับดัก (ภาพที่ 7.1) การทำเหยื่อล่อมีสูตรหลายสูตร เช่น

❖ **สูตรที่ 1**

ใช้เปลือกหรือเนื้อในของส้มหรือแตง แอมโมเนีย (หรือปัสสาวะ) 100 มล. น้ำ 0.5 ลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งค้างคืนไว้ แล้วทำให้เจือจางในน้ำ 1 : 15 ส่วน แล้วนำไปใส่ในกับดัก หรือ

❖ **สูตรที่ 2**

ยีสต์สกัด (yeast extract) หรือหัวเชื้อยีสต์ 6 มล. โซเดียมซัลไฟต์ 0.5 กรัม และน้ำ 1 ลิตร คนให้เข้ากันแล้วนำไปใส่ในกับดัก

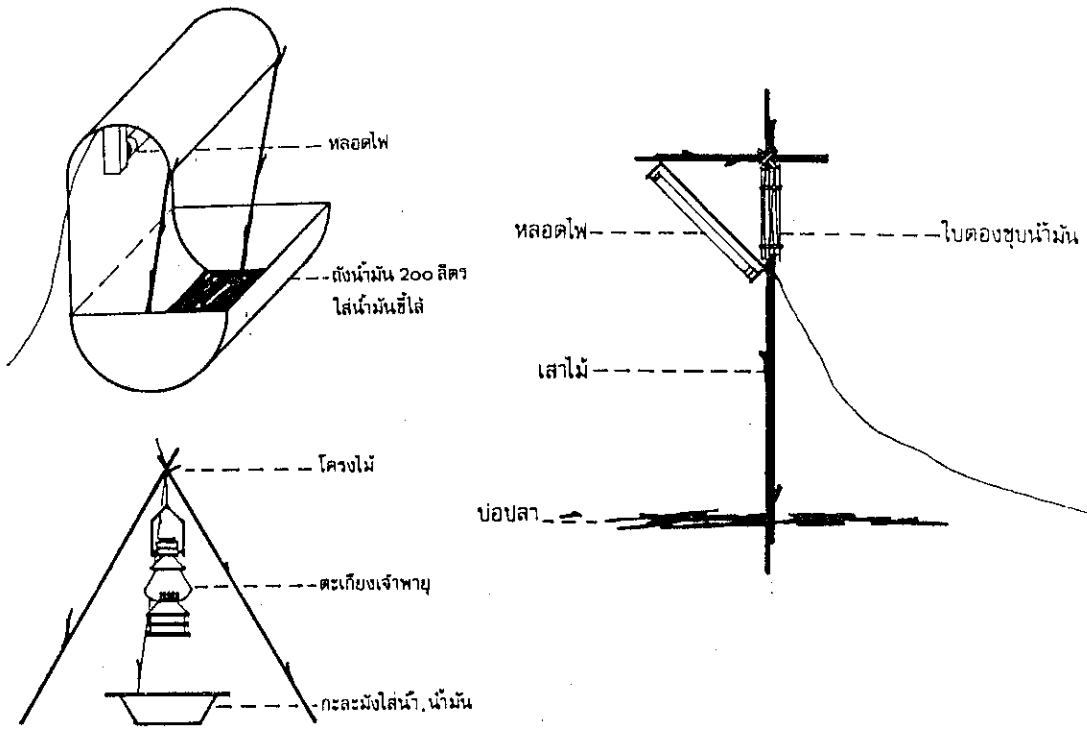
7.8.4 กับดักแสงไฟ (light traps)

ในอดีตเกษตรกรประดิษฐ์กับดักแสงไฟจากตะเกียง หรือตะเกียงเจ้าพายุ โดยมีกะละมังหรือถาดน้ำรองข้างล่าง (ภาพที่ 7.1) จุดตะเกียงแล้วนำไปแขวนไว้ที่แปลงนาข้าว นำน้ำใส่กะละมังแล้วราดน้ำมันลงไปในน้ำ เมื่อแมลงตกลงมาจะบินขึ้นไม่ได้และตาย เริ่มวางตะเกียงเวลา 17.00 – 21.00 น. หรือ 21.00 – 23.00 น. หรือใช้หลอดไฟล่อแมลงในบ่อปลา และใช้ใบตองทากาวเหนียวหรือน้ำมันไว้ เมื่อแมลงบินมาเล่นไฟจะติดบนใบตองหรือร่วงลงในบ่อเป็นอาหารปลา หรืออาจใช้ตะเกียงเจ้าพายุแขวนไว้หรือใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตรผ่าตามยาว แล้วตีสังกะสียื่นข้าง ใส่น้ำมันขี้ไต้ไว้กันถึงด้านบนติดไฟนีออน (ภาพที่ 7.1)

7.8.5 การใช้แป้ง (starch)

ประเทศซิมบับเวใช้ในการควบคุมไรแดงได้ผลถึง 95 % วิธีการคือใช้แป้งปนละเอียด 2 ถ้วย ผสมน้ำ 5 – 10 ลิตร ฉีดพ่นตอนเช้า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นในตอนกลางวันน้ำจะระเหยไปจนแห้ง แป้งจะรัดตัวและจะคลุมและยึดตัวเพลี้ยอ่อน และไรแดงไว้กับใบพืชให้แดดเผาจนแห้งและตาย แป้งส่วนที่เหลือจะหลุดในโอกาส

ต่อไปและไม่เป็นอันตรายกับพืชหรือบางสูตรใช้ไขมันนม 1 ถ้วย คนให้เข้ากันดีกับแป้งบดละเอียด 8 ถ้วย และน้ำ 50 ลิตร ฉีดพ่นต้นพืชจะควบคุมและทำลายไข่ ตัวอ่อน และตัวเต็มวัยของไรแดงได้ถึง 95 % (Stoll, 1986)



ภาพที่ 7.1 แสดงลักษณะของกับดักขวดพลาสติก และกับดักแสงไฟภูมิปัญญาชาวบ้าน (โครงการสำรวจวิทยาการทดแทนสารเคมี, 2531)

7.8.6 การใช้ขี้เถ้า (ash)

1) ขี้เถ้าที่เหลือจากการหุงต้ม นำมาใช้โรยกันหลุม เช่น ผัก แตงชนิดต่างๆ ถั่ว บวบ จะสามารถป้องกันแมลงพวกเต่ากินใบ เพลี้ย มด และหอยที่จะมากินเมล็ดพันธุ์ได้

2) นำมาคลุกเมล็ดพันธุ์ อัตราส่วน 40 กำมือ/เมล็ด 1 กก. แล้วเก็บไว้ในปี๊ปสามารถป้องกันด้วง และมอดในถั่วเหลืองและถั่วเขียวได้นาน 6 เดือนและได้ผลดี 70 – 80 % (โครงการสำรวจวิทยาการทดแทนสารเคมี, 2531)

7.8.7 การใช้เสียงขับไล่ (noise chasing) (โครงการสำรวจวิทยาการทดแทนสารเคมี, 2531)

ในสมัยก่อนมีการใช้เสียงไล่ศัตรูที่สำคัญที่หากินกลางคืนในสวนผลไม้ เช่น ค้างคาว และผีเสื้อกลางคืน ซึ่งพบชุกชุมและระบาดในแถบภาคตะวันออกของประเทศไทย มีวิธีการไล่ดังนี้

1) จับห่านใส่เล้าชักรอกขึ้นที่สูง

เวลากลางคืนจับห่านใส่เล้าไก่แล้วชักรอกเล้าไก่ขึ้นไปเหนือพื้นดินประมาณ 3 – 5 ม. (เหมือนชักรอกกรงนกเขา) เมื่อห่านได้ยินเสียงค้างคาวกระพือปีกก็จะส่งเสียงร้องดัง ค้างคาวได้ยินก็จะตกใจบินหนีไป

2) ระเบิดเวลา

ที่เขาชำค้อ ต.พลอยแหวน จ.จันทบุรี เป็นแหล่งปลูกลางสาดที่มีชื่อเสียง เมื่อลางสาดสุกใกล้เก็บเกี่ยวจะมีกองทัพค้างคาวบินมากินลูกทำความเสียหายมาก เกษตรกรใช้ยากันยุงชนิดเป็นขด สอดชนวนประทัดขนาดเล็กให้เชือกลอดรูให้ปลายชนวนโผล่ขึ้นมาด้านบนแล้วผูกไว้กับต้นไม้ ยากันยุง 1 ขด (ยาว 85 ซม.) จะได้ประทัด 84 ดอก แล้วดัดลวด 3 เส้น มัดรวมแยกเป็น 3 แฉก เป็นที่รองรับขดยากันยุง ปลายอีกด้านหนึ่งของลวดงอขึ้นตั้งฉากสูงประมาณ 7 ซม. ยึดกับกะละมังอะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าเส้นศูนย์กลาง 12 ซม. คว่ำไว้เหนือขดยากันยุงเพื่อเป็นหลังคากันฝน แล้วแขวนไว้กับต้นไม้ จุดปลายยากันยุงไว้เมื่อไฟลุกลามไปถึงประทัดก็จะระเบิดขึ้นเป็นระยะๆ 5 นาที/ครั้ง รวม 84 ครั้ง เริ่มจุดเวลา 20.00 น. จะหมดเวลา 03.00 น. ของวันใหม่ (รวมเป็นเวลา 7 ชม.) ความถี่ในการใช้ระเบิดคือ 10 จุด/ไร่ ถ้าเริ่มจุดแต่ละจุดให้เวลาเหลื่อมกัน จะขับไล่ค้างคาวได้ทั้งคืนและจะดีมากและต้นทุนต่ำมาก

3) ใช้เทปอัดเสียง

ชาวสวนที่ จ. ปราจีนบุรี ใช้ค้างคาวมาแทงด้วยเข็มค้างคาวจะร้องแสดงความเจ็บปวด ชาวสวนจะอัดเทปเอาไว้แล้วนำไปเปิดไว้ในสวนเวลากลางคืน เมื่อค้างคาวตัวอื่นๆ ได้ยินเสียงจะรู้ว่ามีอันตรายและจะไม่เข้าใกล้ และรีบบินหนีไป แต่สวนหนึ่งๆ อาจต้องใช้เครื่องเล่นเทป 3 – 4 เครื่อง

7.8.8 การใช้รังมดแดง (red-ant nest)

เกษตรกรที่ จ.หนองคายใช้รังมดแดงมาปล่อยไว้ที่ต้นถั่วฝักยาวที่กำลังออกดอกเพื่อให้กินแมลงศัตรู คือ เพลี้ยอ่อน ตั๊กแตน เพลี้ยแป้ง ฯลฯ ซึ่งที่ จ. นครสวรรค์ และ จ. สงขลา ใช้วิธีเดียวกัน แต่ทำในมะม่วงและน้อยหน่า ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีเลย

7.8.9 การใช้รังนก (bird nest)

เกษตรกรเจ้าของสวนส้มโอที่ อ. ไพสาลี จ. นครสวรรค์ ได้นำรังนกเก่าๆ มาแขวนในสวนส้มโอและนำฟางมากรุไว้ในรัง เพื่อล่อให้นกซึ่งกินแมลงเป็นอาหาร เช่น นกเอี้ยง นกกระจิบ ฯลฯ มาใช้รังและอาศัยในสวน พบว่าสามารถควบคุมหนอนแก้วกินใบส้มโอได้ดีโดยไม่ต้องใช้สารเคมีเลย

7.8.10 เจาะต้นไม้ใส่ถ่านแก๊ส (gas charcoal in plant stem)

ต้นมะพร้าวที่ถูกด้วงแรดมะพร้าวเข้าทำลาย เกษตรกรใช้สิ่วหน้ากว้าง 1 นิ้ว และค้อน ตอกเจาะที่ต้นมะพร้าวสูงจากพื้นดินประมาณ 80 – 100 ซม. (หรือต่ำ หรือสูงกว่านี้ โดยปรับตามความสูงของลำต้น) เจาะเปลือกเป็นรูปตัวยู (U) หัวคว่ำกว้างและลึกข้างละประมาณ 1 นิ้ว แล้วง้างเปลือกให้อ้าออก ใส่ถ่านแก๊ส (เป็นถ่านแคลเซียมคาร์ไบด์ เมื่อถูกน้ำจะทำปฏิกิริยาให้ก๊าซอาเซททีลีนซึ่งติดไฟได้ สมัยก่อนใช้ใส่ในกระป๋องใส่น้ำแล้วแก๊สที่ออกมาจะใช้จุดไฟ เป็นตะเกียงใช้ตามบ้านหรืองานวัดในต่างจังหวัด) ขนาดก้อนเท่าหัวแม่มือลงไปในช่องที่เจาะไว้ใช้ค้อนทุบเบาๆ เพื่อให้ก้อนถ่านแก๊สจมเข้าไปในเนื้อไม้ แล้วปิดปากรูด้วยดินเหนียวให้สนิทอย่าให้มีรูรั่วเป็นอันขาดทำอย่างนี้สักประมาณ 2 แผล/ต้น และคอยหยดน้ำที่ดินเหนียว 2 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 1 – 2 ซม. โดยประมาณว่าถ่านแก๊สทำปฏิกิริยากับน้ำแล้ว แก๊สอาเซททีลีนที่ได้จากถ่านแก๊สจะซึมไปทางท่อส่งน้ำ (xylem) ของลำต้นและไปถึงยอดมะพร้าวซึ่งมีด้วงแรดอยู่ หลังจากฝังถ่านแก๊สแล้ว 2 - 3 วัน ก็จะเห็นผลคือมีด้วงหล่นตายให้เห็นบริเวณโคนมะพร้าว วิธีการนี้ใช้ได้กับแมลงเจาะลำต้นแทบทุกชนิด เช่น ด้วงเจาะต้นมะม่วง สาเก ฯลฯ (โครงการสำรวจวิทยาการทดแทนสารเคมี, 2531)

ยังมีวิธีการ หรือเทคโนโลยีภูมิปัญญาชาวบ้านอีกมากมายที่ยังไม่สามารถนำมาเขียนถ่ายทอดทั้งหมดได้ แต่เพื่อแสดงว่าการปลูกพืชนั้นมีทางเลือกอย่างอื่นที่ได้จากความคิดที่เฉียบแหลมของชนท้องถิ่น โดยไม่จำเป็นต้องพ่นสารเคมีฆ่าแมลง และสามารถปรับเข้ากับลักษณะความเป็นอยู่ของสังคมเกษตรกรได้อย่างกลมกลืน

8. เทคโนโลยีการบริหารศัตรูพืช
Integrated pest management technology

8.1 สาเหตุที่ทำให้เกิดมีการบริหารศัตรูพืช (origin of integrated pest management)

ระหว่างปี ค.ศ. 1940 - 1960 นักกีฏวิทยายึนยันแนวความคิดในการป้องกันกำจัดแมลงอยู่เพียงอย่างเดียว นั่นคือ การกำจัดแมลงศัตรูพืชให้หมดสิ้น (eradication) ซึ่งวิธีการที่ใช้กันอยู่แพร่หลายในขณะนั้นคือ การใช้สารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดแมลง กล่าวกันว่าในสมัยที่สังเคราะห์ DDT ออกมาใช้กำจัดแมลงในปี ค.ศ. 1939 นั้นสารเคมีมีราคาถูกมากจนสามารถพ่นได้โดยไม่ต่อคำนึงถึงความเสียหายทางเศรษฐกิจ ต่อมาเมื่อมีการสังเคราะห์สารฆ่าแมลงชนิดอื่นๆ การใช้สารฆ่าแมลงเพื่อป้องกันกำจัดก็มีแพร่หลายทั่วไป และเป็นที่นิยมกันเนื่องจากเป็นวิธีการที่สะดวกมาก ครั้นเวลาผ่านไปไม่นานผลกระทบของการใช้สารฆ่าแมลงก็ก่อให้เกิดปัญหารุนแรงกระจายทั่วไปในสภาพนิเวศน์ต่างๆ ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมมากมาย

ปัญหาที่สำคัญที่สุด ที่ทำให้ต้องหันมาใช้บริหารศัตรูพืช (pest management) ได้แก่ การที่แมลงสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง ซึ่งเป็นผลทำให้มีการเพิ่มปริมาณ หรืออัตราการใช้สารฆ่าแมลงสูงขึ้นเรื่อยๆ แต่กระนั้นก็ตาม แมลงก็ยังสามารถพัฒนาตัวเองให้ต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้เพิ่มขึ้นในปี ค.ศ. 1986 มีรายงานว่ามีแมลงประมาณ 200 ชนิดที่สร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง (Brown, 1968) ต่อมาในปี ค.ศ. 1986 มีรายงานว่า จำนวนแมลงและไรที่สร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงมีเพิ่มขึ้นเป็น 447 ชนิด ซึ่งในจำนวนนี้ประมาณ 59 % หรือ 264 ชนิดเป็นแมลงศัตรูพืช (Georghiou, 1986) นอกจากนี้แล้วยังมีรายงานเพิ่มเติมอีกว่ามีแมลงอย่างน้อยสุดประมาณ 23 ชนิด ที่ต้านทานต่อสารพวกไพรีทรอยสังเคราะห์ ซึ่งเป็นสารฆ่าแมลงที่นำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชเมื่อไม่นานนี้เอง (เดือนจิตต์ สัตยาวิรุฑย์ และสาทร สิริสิงห์, 2535)

การเกิดการระบาดของแมลงศัตรูพืชชนิดใหม่ ซึ่งไม่เคยเป็นปัญหามาก่อนอาจเป็นผลเนื่องมาจากการใช้สารฆ่าแมลงมากเกินความจำเป็น ทำให้เกิดอันตรายต่อแมลงที่เป็นประโยชน์ที่ช่วยในการควบคุมประชากรและแมลงศัตรูพืช ยิ่งไปกว่านั้นพิษตกค้างของสารฆ่าแมลงยังส่งผลกระทบต่อชีวิตของมนุษย์และสัตว์ทั้งทางตรงและทางอ้อม

ประมาณปี ค.ศ. 1950 นักกีฏวิทยาเพิ่มตระหนักถึงความสำคัญของการป้องกันกำจัดศัตรูพืช เมื่อได้เห็นข้อเสียและผลกระทบต่างๆ ที่เกิดขึ้น จึงเกิดมีการป้องกันกำจัดที่เรียกว่า "การป้องกันกำจัดศัตรูพืชแบบผสมผสาน" (integrated pest management, IPM) ในความหมายโดยทั่วๆ ไปก็คือ การรวบรวมเอาเทคนิคใน

การป้องกันกำจัดตั้งแต่สองวิธีการรวบรวมเข้าด้วยกัน แต่วิธีการดำเนินการไม่ใช่เรื่องง่าย คณะกรรมการองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติได้นิยามความหมายของการป้องกันกำจัดแบบผสมผสานไว้คือ เป็นระบบการจัดการกับศัตรูพืช โดยรวบรวมรายละเอียดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงประชากรของศัตรูพืชกับสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง และนำเอาเทคนิคและวิธีการที่เหมาะสมทั้งหมดมาผสมผสานเข้าด้วยกันและใช้ดำเนินการลดระดับปริมาณแมลงศัตรูพืชให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ

การป้องกันกำจัดแมลงแบบผสมผสาน และการบริหารแมลงศัตรูพืช ได้มีการใช้สลับกันไปมาอยู่เสมอ แต่เดิมวิธีการป้องกันกำจัดแมลงแบบผสมผสานนั้นถูกนำมาใช้ปรับปรุงวิธีการใช้สารฆ่าแมลงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น เลือกใช้วิธีการพ่นสาร และ/หรือ ระยะเวลาในการพ่นสารให้เหมาะสม และให้มีอันตรายต่อแมลงศัตรูธรรมชาตินิ้อยที่สุด เพื่อที่แมลงศัตรูธรรมชาตินั้นๆ จะได้มีโอกาสช่วยทำลายศัตรูพืชได้ด้วย ดังนั้น วิธีการป้องกันกำจัดโดยใช้สารฆ่าแมลงร่วมกับวิธีการป้องกันกำจัดโดยวิธีทางชีวภาพ จึงเป็นตัวอย่างที่ใช้กันอยู่เสมอๆ เมื่อมีการกล่าวถึงการป้องกันกำจัดแบบผสมผสาน ในปัจจุบันนี้การเลือกหาสารฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชและมีพิษเฉพาะ (selective insecticide) ได้กลายมาเป็นส่วนสำคัญที่สุดของการบริหารศัตรูพืช (Rabb, 1970)

หลักการบริหารแมลงศัตรูพืชให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ในทางเศรษฐกิจ ต้องอาศัยความรู้ในด้านนิเวศวิทยา และการผันแปรของประชากรแมลงศัตรูพืช การรวมเอาสองวิชาการเข้าด้วยกันทำให้สามารถจัดระบบนิเวศวิทยา ซึ่งจะต้องมีความเข้าใจอย่างแท้จริงว่า แมลงศัตรูธรรมชาติสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ อย่างน้อยที่สุดก็จะต้องมีจำนวนประชากรของเหยื่อ (host) เหลืออยู่ในธรรมชาติบ้าง

ธรรมชาติมีความสมดุลในตัวของมันเอง เคยมีตัวอย่างให้เห็นอยู่บ่อยๆ ที่มนุษย์เป็นผู้ทำลายสมดุลทางธรรมชาติ ผลกระทบที่ตามมาก็คือ การระบาดของแมลงศัตรูพืช การหักล้างถางป่า เพื่อขยายพื้นที่เพาะปลูก และการพ่นสารฆ่าแมลงอย่างมากมาย เป็นการทำลายระบบการควบคุมแมลงศัตรูพืช จะพบว่าสภาพที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (natural ecosystem) มีปัญหาเกี่ยวกับแมลงศัตรูพืชน้อยกว่าสภาพของพืชที่เกิดจากการเพาะปลูก (agroecosystem) สภาพที่พืชเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติมีความแตกต่างจากสภาพของพืชที่เกิดจากการเพาะปลูกดังนี้ คือ (Southwood and Way, 1970)

1) การต่อเนื่องของพืช (continuity)

ในสภาพของการเกษตร การปลูกพืชมีเวลาจำกัด ส่วนมากเมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยวก็จะเก็บเกี่ยวครั้งเดียวหมดทั้งไร่ ทำให้แมลงขาดแคลนอาหาร จึงเป็นผลกระทบต่อการขยายพันธุ์และเพิ่มปริมาณ ในทางตรงข้ามกับสภาพของพืชที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จะมีช่วงระยะเวลาต่อเนื่องของพืชตลอดไป พืชบางชนิดเมื่อเมล็ดร่วงลงดินก็งอกได้ใหม่ไปเรื่อยๆ ดังนั้น แมลงจึงมีอาหารกินตลอดไป ขณะเดียวกันแมลงศัตรูธรรมชาติก็สามารถขยายพันธุ์ได้เรื่อยๆ

2) การคัดเลือกพืช (selection of vegetation)

ในสภาพของการเกษตร มนุษย์คำนึงถึงผลผลิตของพืชเป็นส่วนใหญ่ โดยทั่วๆ ไปแล้ว ลักษณะทางด้านพันธุศาสตร์ พืชที่ให้ผลผลิตสูงมักจะอ่อนแอต่อโรคพืชและแมลง อย่างไรก็ตาม เกษตรกรก็นิยมปลูกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงแม้ว่าจะอ่อนแอต่อแมลง ซึ่งสวนทางกันกับสภาพความเป็นไปโดยทั่วไปของในธรรมชาติคือ ถ้าพืชชนิดใดที่อ่อนแอก็จะถูกทำลายไป พวกที่มีความแข็งแรงมากกว่าและทนต่อโรคและแมลง รวมทั้งภัยธรรมชาติเท่านั้นจึงจะเหลือรอดอยู่ได้

3) จำนวนชนิดของพืชที่ปลูก (diversity of species)

โดยปกติแล้ว เกษตรกรมักจะปลูกพืชเพียงชนิดเดียว ในเนื้อที่กว้างๆ โดยเฉพาะการปลูกพืชใช้เครื่องทุ่นแรง มีไม่มากนักที่ปลูกพืช 2 ชนิด ขึ้นไป ผิดกับพืชที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติมักจะมีมากมายหลายชนิดในพื้นที่เดียวกัน

4) อายุและพันธุ์พืช (intraspecific diversity; age and variety)

ในสภาพของการเพาะปลูกโดยทั่วไป พืชที่ปลูกมักจะใช้พันธุ์เดียวกัน และมีระยะการเจริญเติบโตค่อนข้างสม่ำเสมอ เพราะปลูกพร้อมๆ กัน ต่างกับในสภาพธรรมชาติ ซึ่งพืชจะมีหลากหลายพันธุ์และมีการเติบโตไม่เท่ากัน

5) การบำรุงรักษาพืช (nutrient and water supply)

ในสภาพของการเพาะปลูกโดยทั่วๆ ไป เกษตรกรส่วนมากจะบำรุงรักษาโดยการใส่ปุ๋ยและให้น้ำ ซึ่งจะช่วยทำให้พืชเจริญเติบโตดีกว่าพืชที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ดังนั้น เป็นการสร้างสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญของพืชจึงเอื้ออำนวยต่อการเข้าทำลายของแมลงและแมลงอาจสามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็วกว่า

8.2 ความหมายและแนวคิดเรื่องการบริหารศัตรูพืช (definitions and concepts of pest management)

การบริหารศัตรูพืช หมายถึง การลดปัญหาเกี่ยวกับศัตรูพืช โดยการเลือกวิธีการป้องกันกำจัดมาใช้อย่างเหมาะสมทั้งช่วงเวลาและโอกาสต่างๆ หลังจากได้ทำการศึกษาและเข้าใจเกี่ยวกับวงจรชีวิตของศัตรูพืชตลอดจนนิเวศวิทยาที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการตระหนักถึงความสำคัญทางเศรษฐกิจ อันจะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อมวลมนุษย์ วิธีที่ดีที่สุดในการป้องกันกำจัดแมลงซึ่งสอดคล้องกับหลักการบริหารศัตรูพืช คือ จะต้องเป็นวิธีที่เมื่อใช้แล้วให้ผลคุ้มค่าทางเศรษฐกิจไม่เกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อม และเป็นที่ยอมรับของสังคมด้วย (Rabb, 1972) ถ้าจำเป็นต้องใช้สารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัด จะต้องใช้อย่างถูกต้องตามหลักการ ไม่ใช้พร่ำเพรื่อ ซึ่งจะเป็นผลชักนำให้แมลงสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้ (Geier and Clark, 1961) การบริหาร

ศัตรูพืชขึ้นกับการตัดสินใจ สิ่งสำคัญที่จะเป็นเหตุเป็นผลในการตัดสินใจนั้นก็คือ ปริมาณแมลงศัตรูพืช ซึ่งเราจำเป็นต้องทำการสำรวจหาข้อมูลเพื่อการตัดสินใจข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้ได้รับผลผลิตสูงขึ้น เสียค่าใช้จ่ายน้อย และมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด (Walker, 1980)

การจัดการเกี่ยวกับการบริหารศัตรูพืชนั้น จำเป็นต้องมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับความสำคัญทางเศรษฐกิจของพืช ระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจของศัตรูพืช การผันแปรของประชากรศัตรูพืช (population dynamics) เทคนิคการป้องกันกำจัด และความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของการกำจัดและผลทางเศรษฐกิจ นอกจากนั้น การพิจารณาไตร่ตรองและการประเมินผลเปรียบเทียบการเสี่ยงกับผลประโยชน์ที่ได้รับ (benefit/risk) นั้นเป็นรากฐานสำคัญที่จะนำไปสู่การบริหารศัตรูพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้สารฆ่าแมลงป้องกันกำจัดศัตรูพืชต้องมีการพิจารณากันอย่างรอบคอบถึงอันตรายต่อผู้ใช้ และผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมด้วย ไม่ควรคำนึงแต่เฉพาะผลกำไรที่ได้เมื่อหักค่าใช้จ่ายในการพ่นสารฆ่าแมลงไปแล้ว (cost/benefit) เพราะว่าการใช้สารฆ่าแมลงเมื่อไม่มีความจำเป็นจะเป็นการเดินสวนทาง หรือขัดกับหลักการบริหารศัตรูพืช ยกตัวอย่าง เช่น สมมติว่าพื้นที่ปลูก ถั่วเหลืองทั่วประเทศ ประมาณ 2 ล้านไร่เศษ ถูกพ่นสารฆ่าแมลงทั้งหมด ในขณะที่ความจำเป็นที่จะต้องพ่นมีเพียง 5 แสนไร่เท่านั้น ดังนั้น 75 % ของสารฆ่าแมลงที่พ่นในไร่ถั่วเหลือง จะไม่ตรงเป้าหมายซ้ำยังจะเป็นอันตรายต่อแมลงศัตรูธรรมชาติ และมีพิษตกค้างในสภาพแวดล้อม ในกรณีหากสารพิษตกค้างในเมล็ดมีมากเกินค่ากำหนด อาจจะส่งผลกระทบไปถึงการยอมรับของตลาดด้วย (Luckman and Metcalf, 1982)

คณะกรรมการองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้ให้นิยามความหมายของการป้องกันกำจัดแบบผสานไว้ว่า เป็นระบบการจัดการกับศัตรูพืช โดยรวบรวมรายละเอียดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงประชากรของศัตรูพืชกับสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง และนำเอาเทคนิคและวิธีการที่เหมาะสมทั้งหมดมาผสมผสานเข้าด้วยกัน และใช้ดำเนินการลดระดับปริมาณแมลงศัตรูพืชให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ (FAO, 1968)

จะเห็นได้ว่า IPM เป็นวิธีการป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ผนวกเอาความรู้ในข้อ 1 ถึงข้อ 7 ในบทที่ 7 ที่กล่าวแล้วข้างต้นมาประยุกต์ใช้ร่วมกันทั้งหมด อาจเป็นเพียง 2 วิธีการ, 3 วิธีการ หรือ 4-5 วิธีการ ที่นำมาใช้ร่วมกันก็ได้ เป็นวิธีการที่นักกีฏวิทยาส่วนใหญ่เห็นว่าให้ผลการควบคุมดีที่สุด คือ ดีกว่าการใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งแต่เพียงอย่างเดียว เป็นวิธีที่ใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชส่วนใหญ่ในปัจจุบัน นอกจากนี้ก่อนที่จะทำการป้องกันกำจัดโดยวิธีใดนั้นต้องมีการสำรวจความหนาแน่นของประชากรแมลงก่อนว่าถึงระดับใด และควรที่จะป้องกันกำจัดหรือไม่

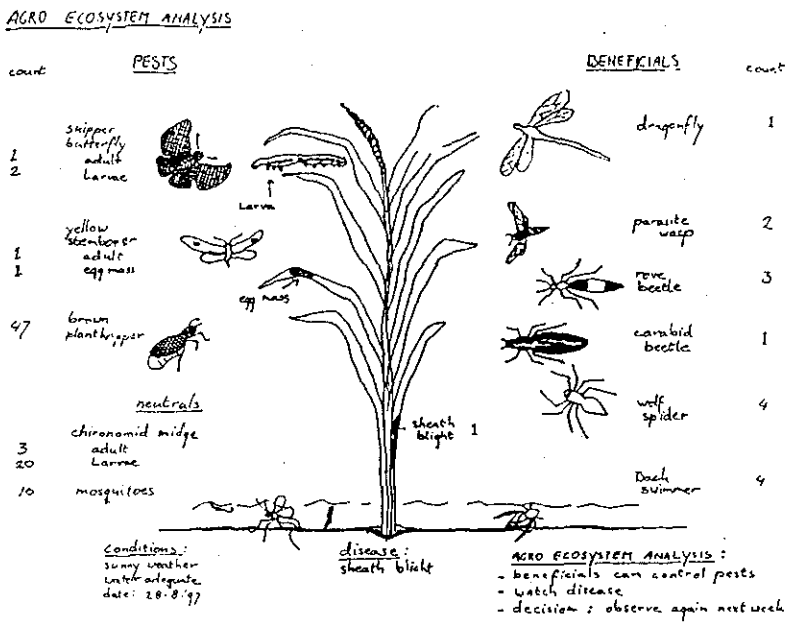
8.3 ขั้นตอนการบริหารศัตรูพืช (steps of IPM)

8.3.1 ระยะการสำรวจและศึกษา (survey and study phase)

เป็นการสำรวจและวัดความเสียหายที่เกิดจากแมลงศัตรูพืช ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นไม่ว่าจะเป็นการนับก่อนหรือหลังหรือในระหว่างที่แมลงทำลายพืชอยู่ นอกจากนี้ยังต้องสำรวจและศึกษาชนิดของศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติในเรื่องของลักษณะทางชีววิทยา การเปลี่ยนแปลงของประชากร ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและวิเคราะห์ระบบนิเวศเกษตรกร (agro-ecosystem analysis) เพื่อให้ทราบรายละเอียดของข้อมูล ตลอดจนสภาพภูมิอากาศ ดังแสดงไว้ในไดอาแกรมภาพที่ 8.1 (Mangan, 1977)

8.3.2 ระยะทำการทดลอง (experimental phase)

เป็นการศึกษาทดลองวิจัยผลกระทบของความเสียหายเนื่องจากการทำลายของแมลงศัตรูพืชต่อผลผลิต เพื่อหาความสัมพันธ์เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการป้องกันกำจัดกับการเพิ่มขึ้นของผลผลิต โดยทั่วไปแล้ว การประเมินความเสียหายในระยะการทดลองนี้ มักจะดำเนินการทดลองตามสถานีวิจัยต่าง ๆ หรือการวิจัยในไร่เกษตรกร เพื่อที่จะให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำและค่อนข้างจะใกล้ความเป็นจริง



ภาพที่ 8.1 แสดงการสำรวจและวิเคราะห์ระบบนิเวศเกษตรเพื่อใช้ IPM (Managan, 1997)

8.3.3 ระยะการสร้างแบบหุ่นจำลอง (modeling phase)

ระยะนี้ก็เป็นการรวบรวมเอาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์ผลที่ได้ โดยมากจะเป็นการคิดคำนวณหรือสร้างภาพขึ้นมาในกระดาษ แล้วทดลองแทนค่าต่างๆ เข้าไปในแบบหุ่น เพื่อให้ทราบผลที่คาดว่าจะได้รับ ซึ่งถ้าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากก็แสดงว่าหุ่นจำลองนั้นใช้ได้ผล

8.3.4 ระยะการตัดสินใจป้องกันกำจัด (decision for control phase)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะต้องทำการตัดสินใจว่า จะต้องทำการป้องกันกำจัดแล้วหรือยังภายหลังจากได้ศึกษาข้อมูลมาทั้งหมดแล้ว (เตือนจิต และสาทร 2535)

8.4 กรณีตัวอย่างความสำเร็จของการบริหารแมลงศัตรูพืช (successful cases of IPM technology)

8.4.1 IPM ในประเทศไทย การบริหารเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilarpavata lugens*) ศัตรูข้าว

1) การสำรวจระดับความเสียหายและระดับเศรษฐกิจ

การสำรวจติดตามและการพยากรณ์การระบาดในการปลูกข้าว จำเป็นต้องควบคุมปริมาณแมลงศัตรูข้าวให้อยู่ในระดับต่ำกว่าระดับที่จะก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ ดังนั้นจึงต้องมีการสำรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ โดยต้องกระทำตลอดฤดูการปลูกข้าว เริ่มตั้งแต่หว่านข้าวจนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยว

เทคโนโลยีการสำรวจที่ประหยัดเวลา รวดเร็ว และสามารถบอกได้ทันทีว่าจะต้องการมาตรการการป้องกันกำจัดหรือไม่ เรียกว่าการสุ่มตัวอย่างโดยวิธีซีเควนเชียล (sequential sampling) ซึ่งเป็นวิธีการสุ่มตัวอย่างที่ได้รวมเอาระดับเศรษฐกิจและวิธีการสุ่มตัวอย่างมาผนวกไว้ด้วยกัน แล้วทำเป็นตารางสำเร็จรูปเพื่อความสะดวกในการใช้และจะแตกต่างกันไปตามชนิดของแมลงนั้นๆ ในที่นี้จะยกตัวอย่างวิธีการใช้ตารางการสุ่มตัวอย่างแบบซีเควนเชียล สำหรับแมลงศัตรูข้าว คือ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (ตารางที่ 23)

(2) การใช้กับดักแมลง

เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแมลงศัตรูข้าวในธรรมชาติ กับดักแมลงมีหลายชนิด เช่น กับดักแสงไฟ (light trap) กับดักสวิงกลางอากาศ (air net trap) กับดักน้ำถังเหลือง (yellow water pan trap) เป็นต้น ในกรณีของกับดักน้ำถังเหลือง มีรายงานว่าถ้าใช้ในระยะข้าวแตกกอ ถ้าพบตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ยมากกว่า 3 ตัวต่อกับดัก หลังจากนั้น 2-3 สัปดาห์ จะพบการระบาดของแมลงชนิดนี้ในนาข้าว โดยเฉพาะข้าวพันธุ์อ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (กข 7) ซึ่งปริมาณแมลงที่พบในนาเกินระดับเศรษฐกิจ (มากกว่า 10 ตัวต่อกอ) (สุวัฒน์ รวยอารีย์, 2534) ส่วนกับดักสวิงกลางอากาศถ้าพบตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในกับดักเฉลี่ย 92 ตัวต่อ 2 วัน จะพบปริมาณของแมลงชนิดนี้ในนาข้าวบริเวณใกล้เคียงกับดัก 4-6 ตัวต่อข้าว 1 กลุ่ม (ข้าว 10 ต้นที่อยู่ชิดกันในนาหว่าน) นอกจากนี้มีรายงานว่า กับดักแสงไฟโดยใช้ตะเกียงรั้วมีแนวโน้มว่าสามารถนำมาใช้แทนกับดักสวิงกลางอากาศได้ (ปรีชา วังศิลาบัตร และคณะ, 2527)

พฤติกรรมที่น่าสนใจของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลอย่างหนึ่งก็คือ ตัวเต็มวัยชอบบินมาเล่นแสงไฟเวลากลางคืน จากการทดลองใช้แสงไฟสีต่าง ๆ ล่อแมลง พบว่า แสงไฟจากหลอดแบลคไลท์ (black light) แสงนีออน แสงจากหลอดสีเขียว ฟ้า และเหลือง ล่อจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ในปริมาณใกล้เคียงกัน ส่วนแสงสีแดงและสีชมพูล่อจับแมลงชนิดนี้ได้น้อยมาก (สุวัฒน์ รวยอารีย์ และ เพชรหทัย ปฏิรูปานุสร, 2527) ซึ่งเราอาจใช้แสงไฟสีที่ชอบมาล่อแมลงแล้วทำลาย ก็จะช่วยลดปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ทางหนึ่ง

2) ศึกษาชีวประวัติ อุปนิสัย และพฤติกรรมของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตัวเต็มวัยมีขนาดยาวประมาณ 3 มม. ลำตัวสีน้ำตาลจนถึง สีน้ำตาลปนดำ ลักษณะปีกมี 2 แบบ คือ ชนิดปีกยาว (macropterous form) และชนิดปีกสั้น (bracrypterous form) ชนิดที่มีปีกยาวสามารถเคลื่อนย้ายและอพยพไปในระยะทางใกล้และไกล โดยอาศัยกระแสลมช่วย ในเขตชลประทานภาคกลางมักจะพบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีปริมาณมากกว่าเพลี้ยจักจั่นและเพลี้ยกระโดดศัตรูข้าวอื่น ๆ (สุวัฒน์ รวยอารีย์, 2530) ตัวอ่อนของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมี 5 ระยะ และสีน้ำตาลจะปรากฏตั้งแต่ระยะที่ 2 ขึ้นไป ระยะตัวอ่อนประมาณ 16-17 วัน เพศเมียวางไข่ตามกาบใบเป็นส่วนใหญ่ ระยะไข่ประมาณ 7 วัน จึงฟักออกเป็นตัวอ่อน

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลทำลายข้าวโดยดูดกินน้ำเลี้ยงจากต้นข้าว ทำให้ต้นข้าวเหี่ยวแห้ง ถ้ามีปริมาณแมลงมาก นาข้าวจะถูกทำลายแห้งตายเป็นหย่อม ๆ นอกจากการทำลายข้าวโดยตรงแล้ว แมลงชนิดนี้ยังเป็นพาหนะนำโรคไวรัสที่สำคัญ 2 ชนิด คือ โรคจู๋ (regged stunt) และโรคเขี้ยวเตี้ย (grassy stunt) มาสู่ต้นข้าว สำหรับโรคจู๋เป็นโรคที่ทำให้ผลผลิตข้างลดลงอย่างมาก การระบาดของโรคจู๋ในปี พ.ศ. 2533 ทำให้ข้าวพันธุ์ กข 7 และสุพรรณบุรี 60 ถูกทำลายมากกว่า 90 %

ในหนึ่งฤดูกาลปลูกข้าว (คิดที่อายุข้าวประมาณ 120 วัน) เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสามารถเพิ่มปริมาณได้ 2 - 3 อายุขัย (generation) เมื่อตัวเต็มวัยอพยพเข้าสู่นาข้าว เพศเมียจะวางไข่และฟักออกเป็นตัว

อ่อน หลังจากพบปริมาณสูงสุด (peak) ของตัวเต็มวัยแล้วประมาณ 14 - 21 วัน จะพบปริมาณสูงสุดของตัวอ่อนของแมลงนี้ ปริมาณตัวอ่อนจะมีมากหรือน้อย ขึ้นกับปริมาณของตัวเต็มวัยที่พบและพันธุ์บนข้าวพันธุ์อ่อนแอ เช่น กข 7 จากการทดลองในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 28 °C พบว่า แมลงชนิดนี้สามารถเพิ่มปริมาณต่อหนึ่งอายุขัย (29 วัน) ได้ 21 เท่าบนข้าว กข 1 ซึ่งเป็นข้าวพันธ์ที่อ่อนแอ (ปรีชา วังศิลาบัตร, 2521) ดังนั้น พันธุ์ข้าวจึงมีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล การอยู่รอดของตัวอ่อนที่เป็นตัวเต็มวัยบนข้าว กข 1 ซึ่งอ่อนแอจะสูงถึง 43.44 % ขณะที่บนพันธุ์ กข 9 ซึ่งต้านทานอยู่รอดเพียง 2 % (ปรีชา วังศิลาบัตร, 2521) และแมลงนี้สามารถเพิ่มปริมาณ 13 - 14 เท่าบนข้าว กข 7 ภายในเวลา 21 วัน ขณะที่บนข้าว กข 21 เพิ่มเพียง 6 - 8 เท่า (ปรีชา วังศิลาบัตร, 2523)

3) การใช้พันธุ์ข้าวต้านทานต่อการทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (วิธีเขตกรรม)

ความสัมพันธ์ระหว่างแมลงและพืชอาหารมีวิวัฒนาการร่วมกันมาช้านาน แมลงพยายามปรับตัวให้สามารถเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้บนพืชอาหาร เหตุการณ์เช่นนี้ได้เกิดขึ้นกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและข้าวพันธุ์ต้านทาน ในประเทศฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย และเวียดนาม ซึ่งปลูกข้าวพันธุ์ IR 26 ซึ่งเป็นพันธุ์ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ต่อมาข้าวพันธุ์นี้มีปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นไม่ต้านทานต่อแมลงชนิดนี้หลังจากที่ปลูกติดต่อกัน 2 - 3 ปี (นิภา จันทร์ศรีสมหมาย และวีรวุฒิ กตัญญูกุล, 2524) และข้าวพันธุ์ IR 26 นี้นักผสมพันธุ์ข้าวของไทย ได้นำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผสมพันธุ์ข้าว เช่น กข 21 การแสดงออกของ กข 21 จึงมีลักษณะเช่นเดียวกับ IR 26 กล่าว คือ กข 21 แสดงอาการไม่ต้านทานหลังจากมีการส่งเสริม 3 ปี สำหรับความสามารถต้านทานของพันธุ์ กข 23 ต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนั้นจากการทดสอบพบว่ายังคงมีความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ดี (นิภา จันทร์ศรีสมหมาย และจินตนา ทยาธรรม, 2533)

ปัจจุบันขบวนการบริหารเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่สำคัญคือ การใช้พันธุ์ข้าวต้านทานต่อการทำลาย ซึ่งทราบแล้วว่าเป็นพันธุ์ข้าว กข 4, กข 9, กข 23, กข 25 และสุพรรณบุรี 90 แม้ว่า กข 9 สามารถต้านทานและช่วยลดปัญหาลงได้ แต่ชาวนา กลับไม่นิยมปลูก เพราะ กข 9 ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง คุณสมบัติในการหุงต้มไม่ดี และขายไม่ได้ราคาดี ในปี พ.ศ. 2524 ข้าวพันธุ์ กข 21, กข 23 และ กข 25 ได้รับการส่งเสริม และแนะนำเป็นพันธุ์ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ข้าวพันธุ์ต้านทานเหล่านี้มีบทบาทสำคัญมาก ทำให้สถานการณ์การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลดลง เพราะลักษณะการต้านทานของข้าวทั้ง 4 พันธุ์นี้ เกิดในลักษณะที่เรียกว่า "antibiosis" คือ ทำให้แมลงที่มาอาศัยดูดกินมีวงจรชีวิตที่ไม่ปกติ และทำให้การเพิ่มประชากรลดน้อยลง (นิภา จันทร์ศรีสมหมาย และคณะ, 2525)

การปลูกข้าวพันธุ์ต้านทานแม้จะทำให้ปริมาณของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลดลง แตกต่างจากการใช้พันธุ์อ่อนแอ ซึ่งทำให้ปริมาณของแมลงเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ดังมีการทดลองพบว่าปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลบนข้าวพันธุ์ กข 1 สูงกว่า กข 23 ถึง 34 เท่า (เฉลิม สินธุ และปรีชา วังศิลาบัตร, 2526) แต่ชาวนาก็ยังคงนิยมปลูกข้าวพันธุ์อ่อนแอ เพราะข้าวพันธุ์อ่อนแอส่วนมากจะให้ผลผลิตสูง ประการสำคัญ คือ ขาย

(2) การใช้กับดักแมลง

เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแมลงศัตรูข้าวในธรรมชาติ กับดักแมลงมีหลายชนิด เช่น กับดักแสงไฟ (light trap) กับดักสวิงกลางอากาศ (air net trap) กับดักน้ำถังเหลือง (yellow water pan trap) เป็นต้น ในกรณีของกับดักน้ำถังเหลือง มีรายงานว่าถ้าใช้ในระยะข้าวแตกกอ ถ้าพบตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ยมากกว่า 3 ตัวต่อกับดัก หลังจากนั้น 2-3 สัปดาห์ จะพบการระบาดของแมลงชนิดนี้ในนาข้าว โดยเฉพาะข้าวพันธุ์อ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (กข 7) ซึ่งปริมาณแมลงที่พบในนาเกินระดับเศรษฐกิจ (มากกว่า 10 ตัวต่อกอ) (สุวัฒน์ รวยอารีย์, 2534) ส่วนกับดักสวิงกลางอากาศถ้าพบตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในกับดักเฉลี่ย 92 ตัวต่อ 2 วัน จะพบปริมาณของแมลงชนิดนี้ในนาข้าวบริเวณใกล้เคียงกับดัก 4-6 ตัวต่อข้าว 1 กลุ่ม (ข้าว 10 ต้นที่อยู่ชิดกันในนาหว่าน) นอกจากนี้มีรายงานว่า กับดักแสงไฟโดยใช้ตะเกียงรั้วมีแนวโน้มว่าสามารถนำมาใช้แทนกับดักสวิงกลางอากาศได้ (ปรีชา วังศิลาบัตร และคณะ, 2527)

พฤติกรรมที่น่าสนใจของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลอย่างหนึ่งก็คือ ตัวเต็มวัยชอบบินมาเล่นแสงไฟเวลากลางคืน จากการทดลองใช้แสงไฟสีต่าง ๆ ล่อแมลง พบว่า แสงไฟจากหลอดแบลคไลท์ (black light) แสงนีออน แสงจากหลอดสีเขียว ฟ้า และเหลือง ล่อจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ในปริมาณใกล้เคียงกัน ส่วนแสงสีแดงและสีชมพูล่อจับแมลงชนิดนี้ได้น้อยมาก (สุวัฒน์ รวยอารีย์ และ เพชรหทัย ปฏิรูปานุสร, 2527) ซึ่งเราอาจใช้แสงไฟสีที่ชอบมาล่อแมลงแล้วทำลาย ก็จะช่วยลดปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ทางหนึ่ง

2) ศึกษาชีวประวัติ อุปนิสัย และพฤติกรรมของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตัวเต็มวัยมีขนาดยาวประมาณ 3 มม. ลำตัวสีน้ำตาลจนถึง สีน้ำตาลปนดำ ลักษณะปีกมี 2 แบบ คือ ชนิดปีกยาว (macropterous form) และชนิดปีกสั้น (bracrypterous form) ชนิดที่มีปีกยาวสามารถเคลื่อนย้ายและอพยพไปในระยะทางใกล้และไกล โดยอาศัยกระแสลมช่วย ในเขตชลประทานภาคกลางมักจะพบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีปริมาณมากกว่าเพลี้ยจักจั่นและเพลี้ยกระโดดศัตรูข้าวอื่นๆ (สุวัฒน์ รวยอารีย์, 2530) ตัวอ่อนของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมี 5 ระยะ และสีน้ำตาลจะปรากฏตั้งแต่ระยะที่ 2 ขึ้นไป ระยะตัวอ่อนประมาณ 16-17 วัน เพศเมียวางไข่ตามกาบใบเป็นส่วนใหญ่ ระยะไข่ประมาณ 7 วัน จึงฟักออกเป็นตัวอ่อน

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลทำลายข้าวโดยดูดกินน้ำเลี้ยงจากต้นข้าว ทำให้ต้นข้าวเหี่ยวแห้ง ถ้ามีปริมาณแมลงมาก นาข้าวจะถูกทำลายแห้งตายเป็นหย่อมๆ นอกจากการทำลายข้าวโดยตรงแล้ว แมลงชนิดนี้ยังเป็นพาหนะนำโรคไวรัสที่สำคัญ 2 ชนิด คือ โรคจู๋ (regged stunt) และโรคเขี้ยวเตี้ย (grassy stunt) มาสู่ต้นข้าว สำหรับโรคจู๋เป็นโรคที่ทำให้ผลผลิตข้างลดลงอย่างมาก การระบาดของโรคจู๋ในปี พ.ศ. 2533 ทำให้ข้าวพันธุ์ กข 7 และสุพรรณบุรี 60 ถูกทำลายมากกว่า 90 %

ในหนึ่งฤดูกาลปลูกข้าว (คิดที่อายุข้าวประมาณ 120 วัน) เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสามารถเพิ่มปริมาณได้ 2 - 3 อายุขัย (generation) เมื่อตัวเต็มวัยอพยพเข้าสู่นาข้าว เพศเมียจะวางไข่และฟักออกเป็นตัว

อ่อน หลังจากพบปริมาณสูงสุด (peak) ของตัวเต็มวัยแล้วประมาณ 14 - 21 วัน จะพบปริมาณสูงสุดของตัวอ่อนของแมลงนี้ ปริมาณตัวอ่อนจะมีมากหรือน้อย ขึ้นกับปริมาณของตัวเต็มวัยที่พบและพันธุ์บนข้าวพันธุ์อ่อนแอ เช่น กข 7 จากการทดลองในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 28 °C พบว่า แมลงชนิดนี้สามารถเพิ่มปริมาณต่อหนึ่งอายุขัย (29 วัน) ได้ 21 เท่าบนข้าว กข 1 ซึ่งเป็นข้าวพันธ์ที่อ่อนแอ (ปรีชา วังศิลาบัตร, 2521) ดังนั้น พันธุ์ข้าวจึงมีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล การอยู่รอดของตัวอ่อนที่เป็นตัวเต็มวัยบนข้าว กข 1 ซึ่งอ่อนแอจะสูงถึง 43.44 % ขณะที่บนพันธุ์ กข 9 ซึ่งต้านทานอยู่รอดเพียง 2 % (ปรีชา วังศิลาบัตร, 2521) และแมลงนี้สามารถเพิ่มปริมาณ 13 - 14 เท่าบนข้าว กข 7 ภายในเวลา 21 วัน ขณะที่บนข้าว กข 21 เพิ่มเพียง 6 - 8 เท่า (ปรีชา วังศิลาบัตร, 2523)

3) การใช้พันธุ์ข้าวต้านทานต่อการทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (วิธีเขตกรรม)

ความสัมพันธ์ระหว่างแมลงและพืชอาหารมีวิวัฒนาการร่วมกันมาช้านาน แมลงพยายามปรับตัวให้สามารถเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้บนพืชอาหาร เหตุการณ์เช่นนี้ได้เกิดขึ้นกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและข้าวพันธุ์ต้านทาน ในประเทศฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย และเวียดนาม ซึ่งปลูกข้าวพันธุ์ IR 26 ซึ่งเป็นพันธุ์ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ต่อมาข้าวพันธุ์นี้มีปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นไม่ต้านทานต่อแมลงชนิดนี้หลังจากที่ปลูกติดต่อกัน 2 - 3 ปี (นิภา จันทร์ศรีสมหมาย และวีรวุฒิ กตัญญุกุล, 2524) และข้าวพันธุ์ IR 26 นี้นักผสมพันธุ์ข้าวของไทย ได้นำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผสมพันธุ์ข้าว เช่น กข 21 การแสดงออกของ กข 21 จึงมีลักษณะเช่นเดียวกับ IR 26 กล่าว คือ กข 21 แสดงอาการไม่ต้านทานหลังจากมีการส่งเสริม 3 ปี สำหรับความสามารถต้านทานของพันธุ์ กข 23 ต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนั้นจากการทดสอบพบว่ายังคงมีความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ดี (นิภา จันทร์ศรีสมหมาย และจินตนา ทยาธรรม, 2533)

ปัจจุบันขบวนการบริหารเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่สำคัญคือ การใช้พันธุ์ข้าวต้านทานต่อการทำลาย ซึ่งทราบแล้วว่าเป็นพันธุ์ข้าว กข 4, กข 9, กข 23, กข 25 และสุพรรณบุรี 90 แม้ว่า กข 9 สามารถต้านทานและช่วยลดปัญหาลงได้ แต่ชาวนา กลับไม่นิยมปลูก เพราะ กข 9 ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง คุณสมบัติในการหุงต้มไม่ดี และขายไม่ได้ราคาดี ในปี พ.ศ. 2524 ข้าวพันธุ์ กข 21, กข 23 และ กข 25 ได้รับการส่งเสริม และแนะนำเป็นพันธุ์ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ข้าวพันธุ์ต้านทานเหล่านี้มีบทบาทสำคัญมาก ทำให้สถานการณ์การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลดลง เพราะลักษณะการต้านทานของข้าวทั้ง 4 พันธุ์นี้ เกิดในลักษณะที่เรียกว่า "antibiosis" คือ ทำให้แมลงที่มาอาศัยดูดกินมีวงจรชีวิตที่ไม่ปกติ และทำให้การเพิ่มประชากรลดน้อยลง (นิภา จันทร์ศรีสมหมาย และคณะ, 2525)

การปลูกข้าวพันธุ์ต้านทานแม้จะทำให้ปริมาณของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลดลง แตกต่างจากการใช้พันธุ์อ่อนแอ ซึ่งทำให้ปริมาณของแมลงเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ดังมีการทดลองพบว่าปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลบนข้าวพันธุ์ กข 1 สูงกว่า กข 23 ถึง 34 เท่า (เฉลิม สินธุ และปรีชา วังศิลาบัตร, 2526) แต่ชาวนาก็ยังคงนิยมปลูกข้าวพันธุ์อ่อนแอ เพราะข้าวพันธุ์อ่อนแอส่วนมากจะให้ผลผลิตสูง ประการสำคัญ คือ ขาย

ได้ราคาดี เช่น กรณีของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 เป็นพันธุ์ข้าวที่มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการของชาวนา ข้าวพันธุ์นี้จึงนิยมปลูกกันอย่างกว้างขวาง คุณสมบัติของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ต้านทานต่อการทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลระดับปานกลาง ความต้านทานเป็นลักษณะทนทาน ไม่ได้เป็นในลักษณะ antibiosis จึงพบว่าเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่อาศัยบนข้าวสุพรรณบุรี 60 สามารถเพิ่มประมาณได้ใกล้เคียงกับพันธุ์ กข 7 ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอ (จินตนา ทยาธรรม และคณะ, 2529) ดังนั้น เมื่อปลูกข้าวพันธุ์นี้ติดต่อกันในเวลา 1-2 ปี เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจึงเพิ่มปริมาณได้มาก และทำลายข้าวสุพรรณบุรี 60 ก่อให้เกิดปัญหาอย่างรุนแรงระหว่างปี พ.ศ. 2532-2533 และข้าว กข 23 ได้มีบทบาททำให้ปัญหาเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลน้อยลง

เนื่องจากแมลงเป็นสัตว์ที่มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีมาก และในภาวะที่มีข้าวพันธุ์ต้านทานอยู่เพียงพันธุ์เดียว คือ กข 23 จึงเป็นที่น่าวิตกว่าในอนาคตอาจจะเกิดปัญหาขึ้นมาได้อีก ด้วยทฤษฎีของการใช้พันธุ์ต้านทาน เพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชนี้ ควรที่จะมีข้าวหลายๆ พันธุ์ปลูกสลับกัน เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว จึงได้มีข้าวพันธุ์ต้านทานใหม่ๆ ขึ้นมา ได้แก่ สุพรรณบุรี 90 ความต้านทานของข้าวสุพรรณบุรี 90 เป็นลักษณะแมลงไม่ชอบมาวางไข่ และมีลักษณะ antibiosis เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพิ่มปริมาณได้น้อยกว่าบนพันธุ์อ่อนแอ (นิภา จันทร์ศรีสมหมาย และจินตนา ทยาธรรม, 2533 ก)

4) การใช้ศัตรูธรรมชาติของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (การควบคุมโดยชีววิธี)

ศัตรูธรรมชาตินับว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดปริมาณแมลงศัตรูข้าว จากการสำรวจศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูในนาข้าว มีรายงานว่า ศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าวที่พบในประเทศไทยมีมากกว่า 50 ชนิด (Yasumatsu et al., 1975) ในประเทศฟิลิปปินส์ศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าวมีประมาณ 80 ชนิด (Shepard et al., 1987) ศัตรูธรรมชาติที่เป็นตัวห้ำ (predator) และตัวเบียน (parasite) ที่สำคัญของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล มีดังนี้คือ

(1) ระยะไข่

มีตัวห้ำทำลายไข่ คือ "มวนเขียวดูดไข่" (*Cyrtorhinus lividipennis* Reuter) เป็นแมลงตัวห้ำที่มีความสำคัญมาก เพราะสามารถดูดกินไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ทำให้ไข่ไม่สามารถฟักออกมาเป็นตัวอ่อน นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้แมลงชนิดนี้ตายตั้งแต่ระยะไข่ (ปรีชา วังศิลาบัตร, 2521) ในนาข้าวที่มีปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสูงกว่าระดับเศรษฐกิจ (มากกว่า 10 ตัวต่อกอ) จะพบมวนเขียนดูดไข่มีปริมาณมาก และพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและมวนเขียวดูดไข่สูง 45.5 - 77.46 % (สุวัฒน์ รวยอารีย์, 2535) สำหรับแมลงตัวเบียนในระยะไข่มีเพิ่มเติมคือ แตนเบียนไข่ *Oligosita sp.* (O. Hymenoptera : Trichogrammatidae) และ *Anagrus sp.* (O. Hymenoptera : Mymaridae) ซึ่งสามารถทำลายไข่ได้สูงกว่าแตนเบียนที่ทำลายไข่ภายนอก (ectoparasite) ซึ่งมี 2 ชนิด คือ Pteromalid และ Eulophilid parasite (Vungsilabutr, 1981)

(2) ระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัย

ในระยะนี้มีตัวห้ำและตัวเบียนที่สำคัญคือ แมงมุมสุนัขป่า (*Lycosa pseudoannulata* Bosenberg et. Strand) (ปรีชา วังศิลาบัตร, 2523) และพวกแมงมุมเขี้ยวยาว (*Tetragnatha spp.*) แมงมุมสุนัขป่าที่มีขนาดโตสามารถกินตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เฉลี่ย 24 - 25 ตัวต่อวัน (วิภาดา วังศิลาบัตร, 2529) สำหรับแมงมุมเขี้ยวยาว *T. verescens* สามารถกินตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้เฉลี่ย 2 ตัวต่อวัน (วิภาดา วังศิลาบัตร, 2531) ส่วนตัวเบียนที่ทำลายเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยคือ *Elenchus yasumatsui* Kifune et. Hirashima (O. Strepsiptera:Elenchidae) และ *Pseudogonatopus hospes* Perkins (O. Hymenoptera:Dryinidae) แต่ตัวเบียนทั้งสองชนิดนี้มีเปอร์เซ็นต์การทำลายไม่มากนัก (ปรีชา วังศิลาบัตร, 2521)

5) การใช้สารเคมีฆ่าแมลง

การตัดสินใจใช้สารเคมีฆ่าแมลงหากพบว่าความหนาแน่นของประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสูงกว่าระดับเศรษฐกิจ สารฆ่าแมลงส่วนใหญ่จะมีผลกระทบต่อศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าว ดังนั้นจึงควรคำนึงถึงแนวทางการใช้สารฆ่าแมลงให้มีผลกระทบน้อย หรือไม่ให้มีผลกระทบซึ่งสามารถสรุปแนวทางการใช้สารได้ 4 วิธี (ปรีชา วังศิลาบัตร, 2525)

(1) **เลือกชนิดของสารฆ่าแมลงที่มีผลกระทบหรือความเป็นพิษที่น้อยต่อศัตรูธรรมชาติ** เช่น MIPC และ omethoate ซึ่งมีผลกระทบน้อยต่อแมงมุมเขี้ยวยาว

(2) เลือกจังหวะเวลาการใช้สารฆ่าแมลง ในบางช่วงแมลงศัตรูธรรมชาติมีบทบาทน้อยในการลดปริมาณของแมลงศัตรูข้าว เช่น ควรฉีดพ่นสารฆ่าแมลงกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หลังจากไข่ของแมลงได้ฟักออกเป็นตัวอ่อนแล้ว และมีปริมาณสูงกว่าระดับเศรษฐกิจ เป็นระยะที่มีมวนเขียวดูดไข่มากแต่มีบทบาทน้อยเพราะไม่สามารถทำลายตัวอ่อนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ อย่างไรก็ตามถ้าสามารถเลือกใช้สารฆ่าแมลงชนิดที่มีผลกระทบน้อยต่อตัวห้ำดังกล่าว รวมทั้งเลือกจังหวะเวลาการใช้ที่เหมาะสมก็จะสามารถอนุรักษ์ศัตรูธรรมชาติดังกล่าวไว้ได้มาก

(3) ใช้สารฆ่าแมลงเฉพาะที่มีแมลงระบาด การใช้สารฆ่าแมลงฉีดพ่นเป็นจุด ๆ หรือเป็นหย่อมโดยไม่ฉีดเต็มทั้งพื้นที่นา จะช่วยอนุรักษ์ศัตรูธรรมชาติบางส่วนไว้ แมลงศัตรูข้าวบางชนิดทำลายเป็นหย่อมจะทำลายข้าวเฉพาะในบริเวณที่มีน้ำขังหรือเป็นที่ลุ่ม ควรฉีดพ่นสารฆ่าแมลงเฉพาะจุดที่แมลงระบาด

(4) เลือกเทคนิคการใช้สารฆ่าแมลง สารฆ่าแมลงบางชนิดในรูปเม็ดจะมีคุณสมบัติที่เกิดเป็นไอก๊าซ ถ้าใช้โดยการคลุกกับดินก็จะลดผลกระทบที่จะมีต่อศัตรูธรรมชาติเนื่องจากไอก๊าซที่เกิดขึ้นลดน้อยลง

สารเคมีฆ่าแมลงที่ใช้ในนาข้าวมี 3 สูตรคือ ชนิดเม็ด ชนิดฟ่นน้ำ และพ่นฝุ่น

(1) สารเคมีชนิดเม็ด

เช่น carbofuran, benfuracarb และ turbufos มีผลต่อแมงมุมสูนัขป่าสูงมาก โดยเฉพาะ carbofuran ซึ่งมีพิษนานกว่าชนิดอื่น ทำให้แมงมุมมีน้อยกว่าแปลงที่ใช้สารเคมีชนิดอื่นมาก อย่างไรก็ดี พบว่า carbofuran 3%G หว่านในอัตรา 160 กรัมของเนื้อสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ที่ 20 และ 40 วัน หลังการหว่านข้าว ยังให้ผลดีในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ส่วนสาร Cartap + Iisoprocarb (เช่น Padan + Mipcin 6%G) ในอัตราเดียวกันได้ผลรองลงมา

(2) สารเคมีชนิดพ่นน้ำ

BPMC (เช่น Bassa 50%EC), fenitrothion (เช่น Sumibas 60%EC) และ chlorpyrifos (เช่น Lorsban 155 20%EC) ในอัตราการใช้ 96 กรัมเนื้อสารออกฤทธิ์ต่อไร่จะได้ผลดี หรือ MIPC (เช่น Mipcin 50%WP) ในอัตรา 64 กรัม เนื้อสารออกฤทธิ์ต่อไร่หรือ carbosulfan (เช่น Posse 20%EC) และ aprocarb (เช่น Unden 20%EC) ในอัตรา 48 กรัมเนื้อสารออกฤทธิ์ต่อไร่ หรือ buprofezin + MIPC (เช่น Apcin 25%WP) ในอัตรา 64 กรัมเนื้อสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และ ethofenprox (Trebon 10%EC) ในอัตรา 12 กรัมเนื้อสารออกฤทธิ์ต่อไร่

(3) สารเคมีชนิดพ่นฝุ่น

พบว่า MIPC (เช่น Mipcin 2%D) และ BPMC (เช่น Bassa 2%D) ในอัตรา 80 กรัมเนื้อสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และ ethofenprox (เช่น Trebon 2%D), malathion และ malathion + BPMC (Malabas 3.5%D) ใช้ได้ผลดี

นอกจากนั้นยังพบว่าสารเคมีที่มีแนวโน้มก่อให้เกิดการระบาดซ้ำของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้แก่ methyl parathion (เช่น Folidol E605 50%EC) ในอัตรา 40 กรัม เนื้อสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และ decametrin (เช่น Decis 3%EC) ในอัตรา 1.2 กรัมเนื้อสารออกฤทธิ์ต่อไร่ (ปรีชา วังศิลาบัตร และคณะ, 2535)

สรุปแนวทางการบริหารเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล คือ

1. การสำรวจความหนาแน่นของประชากรของแมลงโดยใช้ตารางสุ่มแบบซีเควนเชียลหรือการสุ่มสำรวจดูระดับเศรษฐกิจ
2. ศึกษาชีวประวัติอุปนิสัย พฤติกรรมของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล รวมทั้งศัตรูธรรมชาติ
3. การใช้ข้าวพันธุ์ต้านทาน
4. การใช้กับดักแสงไฟล่อมาทำลาย
5. การใช้ศัตรูธรรมชาติ
6. การใช้สารเคมีฆ่าแมลงที่มีผลกระทบต่อศัตรูธรรมชาตินอ้ยที่สุด
7. การติดตามและพยากรณ์การระบาด

จะเห็นได้ว่าการบริหารแมลงศัตรูพืชนั้นต้องใช้ความรู้ในการป้องกันกำจัดหลายวิธีการมาร่วมกันจัดการบนพื้นฐานของการลงทุนที่คุ้มต่อการให้ผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจ

นอกจากการบริหารศัตรูข้าวแล้วความสำเร็จในเรื่องของ IPM แมลงศัตรูพืชที่สำคัญในประเทศไทยมีหลายชนิดเช่น การบริหารหนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกันในไรฝ้าย การบริหารแมลงศัตรูผักและการผลิตผักอนามัย เป็นต้น (กองกีฏ และสัตววิทยา 2535)

8.4.2. IPM ในประเทศไทย การบริหารแมลงศัตรูผักคะน้า

(มาลี ชวนะพงศ์ และคณะ, 2545)

ในประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกคะน้าในปี พ.ศ. 2541 - 42 ประมาณ 128.749 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 125.525 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 2.676 กก./ไร่ และผลผลิตทั้งหมด 335.905 ตัน ส่งออกขายต่างประเทศ และใช้ภายในประเทศ ได้มีรายงานการทดลองที่ประสบผลสำเร็จในการใช้ IPM กับศัตรูผักคะน้าในปี พ.ศ. 2545 โดยใช้วิธีการดังนี้ (มาลี ชวนะพงศ์ และคณะ, 2545)

(1) ไถพรวนดินและตากดินก่อนปลูก เพื่อกำจัดหนอนและดักแด้ของด้วงหมัดผัก *Phyllotreta spp.* ที่อยู่ในดิน

(2) ใช้ระดับเศรษฐกิจของแมลงชนิดต่างๆ คือ เมื่อสำรวจพบหนอนใยผัก *Plutella xylostella* (L.) 1.25 ตัว/ยอดอ่อน 1 ใบ และหนอนกระทู้หอม *S. exigua* 1 ตัว/ยอดอ่อน 1 ใบ

(3) เมื่อพบการทำลายที่เกินกว่าระดับเศรษฐกิจในข้อ 2 ให้พ่น fipronil อัตรา 80 มล.หรือ prothiofos อัตรา 40 มล./น้ำ 20 ลิตร และพ่น 10 ครั้ง ตลอดฤดูปลูกโดยใช้เครื่องพ่นสะพายหลังแบบใช้แรงลม โดยก่อนคะน้าอายุ 30 วันพ่นแบบใช้น้ำมาก อัตรา 67 ลิตร/ไร่ และหลัง 30 วันพ่นระบบน้ำน้อยใช้อัตรา 12.5 ลิตร/ไร่

(4) หลังการปลูกให้ติดกับดักกาวเหนียวสีเหลืองอัตรา 80 กับดัก/ไร่ เพื่อพยากรณ์ และลดปริมาณตัวเต็มวัยของแมลงศัตรูพืช และพบว่าประสบความสำเร็จ

(5) ตรวจแมลงศัตรูธรรมชาติพบว่าในแปลง IPM มีจำนวนศัตรูธรรมชาติมากกว่าแปลงที่ใช้สารเคมีอย่างเดียว

(6) เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนผลตอบแทนการลงทุนพบว่าต้นทุนการผลิตแปลง IPM เท่ากับ 7,752 บาท/ไร่ ขายได้ 21,060 บาท/ไร่ ได้กำไร 13,308 บาท/ไร่ คิดเป็นสัดส่วนผลตอบแทนการลงทุน (กำไร/ต้นทุน) เท่ากับ 2.72 และไม่พบพิษตกค้างของสารเคมี ในขณะที่แปลงเกษตรกรที่ใช้สารเคมีอย่างเดียว มีสัดส่วนผลตอบแทนเท่ากับ 2.06 และพบพิษตกค้างของสารเคมีในผักคะน้า

8.4.3. IPM ในกลุ่มประเทศลาตินอเมริกา (Altieri and Nicholls, 1997)

1) IPM แมลงศัตรูฝ้ายในประเทศนิการากัว (Nicaragua)

ประเทศนิการากัวผลิตฝ้ายได้ผลดีที่สุดในช่วงปี ค.ศ. 1964 - 65 แต่ในปีต่อมามีความเสียหายรุนแรงถึง 15 – 30 % ของผลผลิตฝ้ายเนื่องจากแมลงศัตรูฝ้ายที่สำคัญแสดงความต้านทานต่อสารเคมีและแมลงที่มีความสำคัญอันดับรอง (secondary pest) ที่ไม่เคยระบาดมาก่อน ก็เกิดระบาด มีการใช้สารเคมีถึง 28 ชนิด แต่ไม่สามารถควบคุมการระบาดได้ องค์การสหประชาชาติและ FAO จึงได้วางแผนใช้ IPM ในปี 1971 ดังนี้คือ

(1) เลือกเวลาปลูกที่เหมาะสมเพื่อหนีการระบาดของด้วงเจาะสมอฝ้าย (cotton boll weevil) และหนอนเจาะสมอฝ้าย (cotton boll worm)

(2) ปลูกพืชล่อ (trap crop) คือปลูกฝ้ายพันธุ์อ่อนแอเป็นแปลงเล็ก ๆ ก่อนปลูกฝ้ายแปลงใหญ่ และหลังการเก็บเกี่ยวฝ้าย ด้วงเจาะสมอฝ้ายจะเข้ามาทำลายพืชล่อเป็นจำนวนมาก จึงทำลายโดยใช้สารเคมีครั้งเดียว วิธีการนี้ใช้ได้ผลดีมากถือเป็นความสำเร็จ

นอกจากนี้แผนการใช้ IPM สำหรับแมลงศัตรูฝ้ายในประเทศอินเดียซีเนกัล (Senegal) และแซมเบีย (Zambia) ได้สรุปไว้ในตารางที่ 25 ดังนี้

ตารางที่ 25 แสดงแผน IPM ของแมลงศัตรูฝ้ายในประเทศอินเดีย ซีเนกัล และแซมเบีย (Stoll, 1997)

วิธีการ	อินเดีย		ซีเนกัล		แซมเบีย
	Site 1	Site 2	Site 1	Site 2	Site 1
pheromones, lures, traps	Y, loc	Y, loc	Y, imp	Y, imp	No
mating disruption	N	N	Y	N	N
Trichogramma	Y	Y	N	N	N
Chrysoperla carnea	Y	Y	N	N	N
ladybird beetle	Y	Y	N	N	N
Bacillus thuringiensis	Y	Y	Y, imp	Y, imp	N
nuclear polyhedrosis virus	Y	Y	N	N	N
neem	Y	Y	Y	N	N
other botanicals	Y	Y	Y	N	N
cow urine	Y	Y	Y	N	N
trap cropping	Y	Y	Y	Y	Y
border crops	Y	Y	Y	Y	Y

Y = ใช้ IPM N = ไม่ใช้ IPM imp = ใช้ผลการทดลองในไร่เกษตรกรแล้ว no = ไม่มีการทดลอง

มีการเปรียบเทียบผลิตผลของฝ้าย โดยการใช้สารเคมีตามวิธีเดิม (conventional) และการปลูกฝ้าย โดยการไม่ใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชหรือ IPM ได้สรุปไว้ในตารางที่ 26 ดังนี้

ตารางที่ 26 เปรียบเทียบผลผลิตของฝ้ายโดยวิธีการใช้สารเคมี และวิธี IPM ใน 4 ประเทศ (Stoll, 1997)

ประเทศ		วิธีใช้สารเคมี	IPM
อินเดีย	crop protection strategy	endosulfan monocrotophos BHC	*Trichogramma*
	yield kg/ha	2,000	1,500
ตุรกี	crop protection strategy	ca. 7 applic. contact-and systemic insecticides	predators commercial biosprays
	yield kg/ha	3,700 2,700	3,500 2,500
อียิปต์	crop protection strategy	malathion dimethoate sumicidin	predators pheromones *Beauveria*
	yield kg/ha	2,800	2,600
เปรู	crop protection strategy	ca. 5 applications of insecticides	*Trichogramma* *Bacillus thruingiensis*
	yield kg/ha	1,500	1,200

2) IPM แมลงศัตรูกล้วยในประเทศคอสตาริกา (Costa Rica)

ในปี ค.ศ. 1954 บริษัท United Fruit มีพื้นที่ปลูกกล้วยไม่น้อยกว่า 12,000 ha. มีศัตรูที่สำคัญคือด้วงงวงเจาะกล้วย (banana weevil) และเพลี้ยไฟสนิม (rust thrips) ระบาดมากจึงต้องใช้สารเคมีกลุ่มออร์กาโนคลอรีน คือ dieldrin ฉีดพ่นทางอากาศ ทำให้ศัตรูธรรมชาติตายเป็นจำนวนมาก และปีต่อมามีการระบาดของแมลงที่มีความสำคัญอันดับรอง เช่น หนอนเจาะลำต้นกล้วย (banana stalk borer, *Castiomera humbolti*) และมีการใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่อง ในปี 1958 มีการระบาดของแมลงที่สำคัญเพิ่มขึ้นอีก 6 ชนิด ซึ่ง 3 ชนิดไม่เคยมีประวัติเป็นศัตรูมาก่อน ในปี 1973 มีปัญหาการขาดแคลนและวิกฤติการน้ำมันของโลก บริษัทจึงไม่สามารถที่จะใช้เครื่องบินพ่นสารเคมีได้ และจำเป็นต้องหยุดการพ่นสารเคมี 2 ปีต่อจากการหยุดพ่นสารเคมี สภาพพื้นที่ปลูกกล้วยได้กลับเข้าสู่สมดุลตามธรรมชาติ และไม่ปรากฏการระบาดที่รุนแรง มีการระบาดบ้างบางครั้ง และระบาดเพียงเล็กน้อย และไม่มีความสำคัญ และหลังปี 1984 แล้วไม่ปรากฏรายงานการระบาดของแมลงศัตรูกล้วยอีกเลย

3) IPM แมลงศัตรูถั่วเหลืองในประเทศบราซิล (Brazil)

ในปี ค.ศ. 1970 รัฐ Parana และ Rio Grande do Sul มีเนื้อที่ปลูกถั่วเหลืองประมาณ 583 ha ได้ผลผลิตประมาณ 241.45 ตัน ต่อจากนั้นมีการปลูกถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้นทุกปี พร้อม ๆ กับการเพิ่มปริมาณของแมลงศัตรูถั่วเหลืองคือหนอนเจาะฝักถั่วซึ่งเพิ่มขึ้นทุกปี ในปี 1972 - 1982 มีการใช้ IPM คือใช้เชื้อไวรัส NPV แทนสารเคมีพบว่าสามารถลดการใช้สารเคมีได้ถึง 80 - 90% และเป็นการประหยัดเพราะเกษตรกรสามารถเก็บหนอนที่ถูกทำลายด้วยเชื้อไวรัสมาบด กรอง และนำไปฉีดพ่นต่อไปได้

4) IPM แมลงศัตรูมะเขือเทศในประเทศโคลัมเบีย (Colombia)

ระหว่างปี ค.ศ. 1970 - 1980 หมู่บ้าน Cauca Valley ได้ปลูกมะเขือเทศประมาณ 2,000 เฮกตาร์ มีการระบาดของหนอนเจาะผลและหนอนชอนใบ *Scrobipalpula absoluta* และมีการใช้สารเคมีในปริมาณมากถึง 20 - 30 ครั้ง/ฤดูกาลปลูก เมื่อนำแผน IPM มาใช้พบว่าสามารถลดการใช้สารเคมีเหลือเพียง 1 - 2 ครั้ง และสามารถประหยัดเงินลงทุนของเกษตรกรได้ 650 US$ ต่อเฮกตาร์ วิธีการ IPM ที่ได้ผลสำเร็จแล้วมีดังนี้ คือ

(1) การใช้ *Bacillus thuringiensis*

(2) การใช้แตนเบียนไข่ *Trichogramma spp.*

(3) การใช้แตนเบียนหนอน *Apanteles spp.*

5) IPM แมลงศัตรูธัญพืชในประเทศชิลี (Chile)

ในปี ค.ศ. 1972 มีเพลี้ยอ่อนที่สำคัญ 2 ชนิดคือ *Sitobium avenae* และ *Metopolophium dirbodum* ระบาดทำลายข้าวสาลีในเนื้อที่ประมาณ 120,000 ha จำเป็นต้องใช้สารเคมีพ่นทางอากาศ และในปี 1975 พบว่าความเสียหายรุนแรงมากประมาณ 20 % ของผลผลิตของทั้งประเทศ เนื่องจากเพลี้ยอ่อนเหล่านี้สามารถนำโรคไวรัส ชื่อ "โรคเหลืองเตี้ย" (Yellow dwarf) มาสู่ข้าวสาลี รัฐบาลชิลีจึงได้ขอความร่วมมือจาก FAO วางแผนการใช้ IPM ดังนี้คือ ใช้ตัวห้ำเพลี้ยอ่อน 5 ชนิด โดยเฉพาะด้วงเต่าลาย ตัวห้ำ จากแหล่งต่างๆ คือ อัฟริกาตอนใต้ คานาดา อิสราเอล ยุโรป และอิหร่าน มาเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์แล้วปล่อยไปในธรรมชาติ เฉพาะปี 1975 ได้ปล่อยด้วงตัวห้ำประมาณ 300,000 ตัว ไปในธรรมชาติ และพบว่าไม่พบการระบาดของเพลี้ยอ่อนอีกเลย

6) IPM ในประเทศคิวบา (Cuba)

หลังจากที่การปกครองระบบสังคมนิยมได้ล่มสลายในปี ค.ศ. 1990 รัฐบาลได้ประกาศใช้แผน IPM ในการปลูกพืชในประเทศคิวบา ทำให้การนำเข้าสารเคมีฆ่าแมลงลดลงถึง 60 % รัฐบาลได้ตั้งศูนย์เพาะเลี้ยงศัตรูธรรมชาติชื่อ CPEEs (Center for the Production of Entomophagae and Entomopathogens) ปลายปี ค.ศ. 1992 มีสาขาของศูนย์ CPEEs ทั่วประเทศถึง 218 สาขา เพื่อทำหน้าที่ประสานงานกับเกษตรกรเป็นรายบุคคลในแต่ละท้องที่ CPEEs มีหน้าที่ผลิตศัตรูธรรมชาติต่อไปนี้ คือ *Bacillus thuringiensis, Beuvaria bassiana, Verticillium lecanii, Metarhizium anisopliae* และ *Trichogramma spp.*

8.4.4 IPM ในประเทศกำลังพัฒนาในทวีปเอเชียและอัฟริกา (developing countries in Asia and Africa) (Kenmore, 1990)

ใน Ghana, Cote d'Ivoire และ Burkina Faso เกษตรกรที่ใช้ IPM ในแปลงข้าวสามารถประหยัดเงินได้ถึง 90 US$ ต่อ ha โดยผลผลิตเท่าเดิม แต่เกษตรกรได้ผลกำไรโดยรวมเกินกว่า 25 %

ในประเทศฟิลิปปินส์ มีการปลูกพืชตระกูลกะหล่ำที่จำเป็นต้องใช้สารเคมีพ่นมากกว่า 20 ครั้งขึ้นไป เมื่อเกษตรกรหันมาใช้ IPM ทำให้การพ่นสารลดลงเป็น 2 ครั้งและมีการใช้เชื้อจุลินทรีย์ฉีดพ่น 1 ครั้ง รวมเป็นใช้สารพ่นทั้งหมด 3 ครั้ง

ในประเทศอินโดนีเซีย หลังจากที่รัฐบาล ประกาศใช้ IPM ในการเกษตร ตั้งแต่ปี ค.ศ.1977 - 1987 ที่หมู่บ้านใน Kalensari, ตำบล Indramayu, West Java ในช่วง 10 ปีนี้ รัฐบาลสามารถประหยัดเงินการนำเข้าสารฆ่าแมลงได้ถึง 1,000 ล้านเหรียญสหรัฐ และไม่มีการระบาดของแมลงในขณะที่ใช้โปรแกรม IPM

ในประเทศอินเดียหลังจากการใช้ IPM แล้ว รัฐบาลกลางประหยัดเงินอุดหนุนเกษตรกรในเรื่องซื้อสารเคมีฆ่าแมลงถึง 30 ล้านเหรียญสหรัฐต่อปี ในขณะเดียวกันรัฐได้เพิ่มภาษีผลผลิตขึ้นอีก 10 % ทำให้รัฐบาลอินเดียมีรายได้เพิ่มขึ้นประมาณ 60 ล้านเหรียญสหรัฐต่อปี และรัฐบาลได้ใช้เงินประมาณ 10 ล้านเหรียญในการทำ IPM ในไร่นาของเกษตรกรทุกปี

ในประเทศจีน พบว่าจังหวัดที่ใช้ IPM มีผลผลิตสูงขึ้นถึง 15 % และทำให้แต่ละจังหวัดได้มีเงินลงทุนอบรมและเกษตรกรเรื่อง IPM มากกว่าที่จะพึ่งเงินส่วนกลางของรัฐ และพบว่าเมื่อคำนวณยอดเงินการอบรมเกษตรกรของทุกจังหวัดกับผลกำไรที่เกษตรกรได้รับแล้ว จะได้สูงเกินกว่าผลกำไรที่ธนาคารโลก (World Bank) หรือธนาคาร Asian Development Bank ควรได้รับการลงทุนด้วยเงินจำนวนเดียวกัน

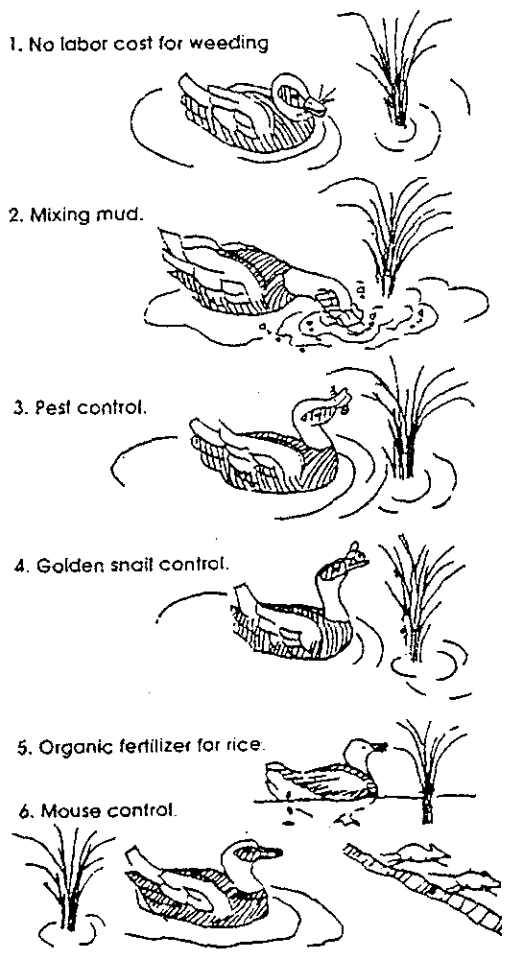
ในประเทศเวียดนาม ได้มีการพัฒนาการปลูกข้าวที่เรียกว่า "rice-duck-system" ในปี ค.ศ. 1994 มีการทดลองที่ Agricultural Promotion Center, Haiphong โดยปล่อยลูกเป็ดอายุประมาณ 10 วัน ลงไปในนาข้าวที่ปักดำแล้ว โดยใช้ความหนาแน่นของลูกเป็ด 190 ตัว/ha ผลปรากฏว่าเป็ดช่วยควบคุมวัชพืช, ช่วยทำให้สภาพดินดีขึ้นเพราะมีมูลเป็ดและช่วยตีตะกอนดิน เป็ดกินหนอนผีเสื้อศัตรูข้าว และกินตัวอ่อนของหอยเชอรี่ รวมทั้งทำให้หนูตกใจกลัวและไม่เข้ามากัดกินข้าวในนา (ภาพที่ 8.2) ขณะนี้มีเกษตรกรชาวเวียดนามหลายร้อยครอบครัวที่ใช้วิธี rice-duck system และไม่ต้องใช้สารเคมีระหว่างการปลูกข้าว และเมื่อข้าวตั้งท้อง เป็ดก็โตพอที่จะนำไปใช้เป็นอาหารหรือจำหน่ายเป็นกำไรของเกษตรกรอีกด้วย วิธีการนี้เกษตรกรชาวญี่ปุ่นให้ความสนใจและนำไปใช้แล้วกว่า 10,000 ครอบครัว รวมทั้งเกษตรกรในประเทศไต้หวัน เกาหลี และ Tanzania (Pham, 1997)

ในประเทศเวียดนามมีโรงเรียนสำหรับเกษตรกร (field schools) และการฝึกผู้นำหรือผู้สอนงานการเกษตร (training of trainers) ในหมู่บ้านกว่า 1,3000 หมู่บ้านเกี่ยวกับการใช้ IPM ของข้าว และพบว่าผลผลิตของข้าวสูงขึ้น 4 % และเกษตรกรมีกำไรเพิ่มขึ้นจากการผลิตถึง 20 %

นอกจากนี้ยังมีการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ และล่าสุดที่ประสบผลสำเร็จในการควบคุมแมลงศัตรู เช่น แมลงวัน tsetse fly (*Glossina spp.*) (O. Diptera : Muscidae) นำโรค Sleeping sickness และโรค Nagana

ในปศุสัตว์ โดยใช้วัวเทียม (artificial cow) วัวเทียมนี้จะปล่อยสาร kairomone ที่มีกลิ่นคล้ายวัวเพื่อดึงดูดให้แมลงวัน tsetse เข้ามาหาและแมลงจะตาย ปัจจุบันนี้ทำให้ปัญหาในการปศุสัตว์ในประเทศแถบทวีปอัฟริกาหมดไป ซึ่งแต่เดิมโรค Nagana แพร่ระบาดรุนแรงในทวีปนี้ถึง 10 ล้าน ตร.กม. ทำให้วัวควายเป็นโรคถึง 46 ล้านตัว และตายปีละ 3 ล้านตัว (Smith, 2002)

จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีการบริหารศัตรูพืชเป็นวิธีการที่น่าสนใจเนื่องจากนำเอาความรู้แขนงต่างๆ ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์การระบาดของศัตรูพืช โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ ระยะเวลา ความสมดุลของสภาวการณ์ และการคุ้มทุนร่วมกับความรู้ด้านเกษตรนิเวศน์ (agro-ecosystem) การบริหารศัตรูพืชจะสร้างความยั่งยืนทางการเกษตร (agricultural sustainability) หากนำมาใช้อย่างถูกต้องและเหมาะสมอย่างต่อเนื่องในระยะยาว



ภาพที่ 8.2 แสดงประสิทธิภาพของเป็ดใน rice-duck system (Pham, 1997)

เอกสารอ้างอิง

Literature cited

1. กนกพร อุ่นใจชน. 2535. *แนวทางการจัดการสารฆ่าแมลงป้องกันกำจัดศัตรูฝ้ายที่สำคัญ*. เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการกองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตรครั้งที่ 8 วันที่ 23-26 มิ.ย. 2535 ณ ห้องประชุมกรมวิชาการเกษตร. หน้า 1-26.
2. กรมวิชาการเกษตร. 2538. *แมลงศัตรูไม้ดอกไม้ประดับของประเทศไทย*. เอกสารวิชาการประจำปี 2538 กรมวิชาการเกษตร. 148 หน้า.
3. กองกีฏและสัตววิทยา. 2535. *แมลงและสัตว์ศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร*. เอกสารวิชาการ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 400 หน้า.
4. กองกีฏและสัตววิทยา. 2537. *คำแนะนำการใช้สารฆ่าแมลงและสัตว์ศัตรูพืชปี 2537*. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร . 236 หน้า.
5. กองกีฏและสัตววิทยา. 2541. *การระบาดของแมลงศัตรูพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ*. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 107 หน้า.
6. กองกีฏและสัตววิทยา. 2543. *คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ปี 2543*. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 282 หน้า.
7. กองกีฏและสัตววิทยา. 2545. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ปี 2545. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 279 หน้า.
8. กลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ. 2534. เอกสารวิชาการ เรื่อง *การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี*. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 206 หน้า.
9. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผัก ไม้ดอกและไม้ประดับ. 2542. เอกสารวิชาการ เรื่อง *แมลงศัตรูผัก*. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 97 หน้า.
10. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูไม้ผล. 2541. บันทึกการประชุมกลุ่มย่อยกลุ่ม 3 *"ไม้ผลและพืชสวนอื่นๆ"* วันพฤหัสบดีที่ 5 มีนาคม 2541. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.
11. เกรียงไกร จำเริญมา, มาลี ชวนพงศ์ และบุญสม เมฆสองสี. 2525. *ศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการใส่ปุ๋ยร่วมกับการใช้สารฆ่าแมลงเพื่อป้องกันกำจัดหนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่าง*. รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2525 สาขาแมลงศัตรูข้าวโพดข้าวฟ่างและพืชไร่อื่นๆ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 78-85.
12. กัณฑ์วีร์ วิวัฒน์พาณิชย์. 2542. *แมลง อาหารมนุษย์ในอนาคต*. สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. กรุงเทพฯ. 225 หน้า
13. คณะอนุกรรมการประสานงานวัชพืชน้ำ. 2520. *เอกสารวิชาการเรื่องผักตบชวา*. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ. 28 หน้า.

14. โครงการสำรวจวิทยาการทดแทนสารเคมี. 2536. *วิทยาการทดแทนสารเคมี : การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นสำหรับทดลองใช้ในพื้นที่สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม.* กรุงเทพฯ. 204

15. จิตตวดี รอดเจริญ และสุรีรัตน์ เดี่ยววาณิชย์. 2545. *แมลง.* ฉบับภาษาไทย พิมพ์ครั้งที่ 7. นามมีบุ๊คส์ พับพลิเคชั่น. กรุงเทพฯ. 160 หน้า.

16. จินตนา ทยาธรรม, สมศรี สุขสมวัฒน์ และวันทนา เทวฦชม. 2529. *ปฏิกิริยาของพันธุ์/สายพันธุ์ข้าวต่อการทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล.* รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2529 กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูข้าว กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 16 หน้า.

17. เฉลิม สินธุเสก และปรีชา ศิลปศร. 2526. *การประเมินความเสียหายของผลผลิตข้าวพันธุ์ต่างๆ เนื่องจากการทำลายของแมลงศัตรูข้าวบางชนิด.* รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2527 กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูข้าว กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 10 หน้า.

18. ชาญณรงค์ ดวงสะอาด. 2537. *รถด่วนที่กินได้.* ภาควิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. 5 หน้า.

19. ชูวิทย์ ศุขปราการ, พินิจ นิจพานิชย์, กุสุมา นวลวัฒน์, บุษรา พรหมสถิตย์, พรทิพย์ วิสารทานนท์ และโสภาวรรณ มงคลธรรมกุล. 2535. *แมลงศัตรูผลิตผลเกษตร.ใน* . แมลงและสัตว์ศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร.ใน . เอกสารวิชาการ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 353-370.

20. เตือนจิตต์ สัตยาวิรุฑท์ และสาทร สิริสิงห์. 2535. *หลักการบริหารแมลงศัตรูพืช .ใน..* เอกสารวิชาการแมลงและสัตว์ศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร . หน้า 12-21.

21. เตือนจิตต์ สัตยาวิรุฑท์, มโนชัย กีรติกสิกร และสาทร สิริสิงห์. 2539. *แมลงศัตรูถั่วลิสง.* กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 72 หน้า.

22. ทวีศักดิ์ ชโยภาส. 2535. *แมลงศัตรูปาล์มน้ำมันและการป้องกันกำจัด. ใน.* แมลงและสัตว์ศัตรูพืชที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร . เอกสารวิชาการ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 267-274.

23. ทวีศักดิ์ ชโยภาส, พรรณเพ็ญ ชโยภาส และอัมพร คมสัน. 2528. *การศึกษาเครื่องล่อแสงไฟดึงดูดผีเสื้อของหนอนดานาก้นใบปาล์มน้ำมัน.* รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2528 กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูพืชสวนอุตสาหกรรม กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 6 หน้า.

24. ทวีศักดิ์ ชโยภาส. 2544. เอกสารวิชาการ เรื่อง *แมลงศัตรูปาล์มน้ำมันในประเทศไทย.* กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูพืชสวน อุตสาหกรรม กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 126 หน้า.

25. ทรงยศ พิสิษฐ์กุล. 2524. *ลักษณะสำคัญของแมลงในวงศ์ต่างๆ.* ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 127 หน้า.

26. ทรงยศ พิสิษฐ์กุล และ กยวนจิต ฤทธิ์มนตรี. 2539. *ประสิทธิภาพของมวนตัวห้ำกินไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล.* การประชุมวิชาการครั้งที่ 34 วันที่ 1-8 กุมภาพันธ์ 2539 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ. หน้า 137-142.

27. ทัศนีย์ แจ่มจรรยา. 2535. *คู่มือปฏิบัติการแมลงสำคัญทางเศรษฐกิจ.* ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 318 หน้า.

28. ณรงค์ศักดิ์ อังคะสุวพลา. 2536. *สารกำจัดศัตรูพืชต่อสุขภาพอนามัย.* เอกสารประกอบการบรรยายในการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติครั้งที่ 1 วันที่ 20-22 ต.ค. 2536 ณ. โรงแรมรามาการ์เดน. กองกีฏและสัตววิทยา /สมาคมนักโรคพืชสมาคมวิทยาการวัชพืช/สมาคมผู้ประกอบธุรกิจสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และสมาคมคนไทยผู้ประกอบสารเคมีเกษตร กรุงเทพฯ. 17 หน้า.

29. นิภา จันท์ศรีสมหมาย และวีรวุฒิ ทตัญญูกุล. 2524. *ความสามารถของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในการทำลายข้าวพันธุ์ต้านทาน*. ว. กีฏ. สัตว. 3(3) : 7-12.

30. นิภา จันท์ศรีสมหมาย, วีรวุฒิ ทตัญญูกุล, สมศรี สุขสมวัฒน์ และสุพรรณ สิทธิวงศ์. 2525. *การศึกษาปฏิกิริยาของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล*. แมลงและสัตว์ศัตรูพืช 2525 การประชุมสรุปผลการค้นคว้าวิจัยครั้งที่ 3 วันที่ 24-28 พ.ค. 2525 กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 13 หน้า.

31. นิภา จันท์ศรีสมหมาย และ จินตนา ทยาธรรม. 2533. *กข 23 ข้าวพันธุ์ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในประเทศไทย*. แมลงและสัตว์ศัตรูพืช 2533. เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 วันที่ 20-22 มิ.ย. 2533.กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร . หน้า 374-292.

32. นิภา จันท์ศรีสมหมาย และจินตนา ทยาธรรม. 2533 ก. *ปฏิกิริยาของพันธุ์ข้าวต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและทดสอบชีวชนิด*. รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2533 กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูข้าว กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 13 หน้า.

33. นิภา จันทร์ศรีสมหมาย. 2534 ก. *การควบคุมการใช้น้ำเพื่อป้องกันเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล*. ว. กีฏ. สัตว. 13(4) : 189-193.

34. นิภา จันท์ศรีสมหมาย. 2534 ข. *ข้าวพันธุ์ต้านทานกับการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าว*. การอบรมหลักสูตรแมลง-สัตว์ศัตรูพืช และการป้องกันกำจัด ครั้งที่ 6 วันที่ 17-28 มิ.ย. 2524 กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 11-24.

35. นิรนาม. 2544. *ข่าวความเคลื่อนไหวในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล*. ข่าวสารสมาคมนักวิชาการอ้อยและน้ำตาลแห่งประเทศไทย. 8(4) : 6-8.

36. บรรพต ณ ป้อมเพชร. 2520. *การควบคุมวัชพืชน้ำโดยชีววิธี*. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 4 โดยชีวินทรีย์แห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน. 21 หน้า.

37. บรรพต ณ ป้อมเพชร. 2524. *แนวทางการควบคุมไมยราบยักษ์โดยชีววิธี*. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 12 ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บางเขน. 11 หน้า.

38. บรรพต ณ ป้อมเพชร. 2525 ก. *แนวทางการควบคุมไมยราบยักษ์*. เอกสารประกอบคำบรรยายในการฝึกอบรมเรื่องการควบคุมกำจัดไมยราบยักษ์ โดยคณะกรรมการเรื่องไมยราบยักษ์ ณ สำนักงานเกษตรภาคเหนือ จ.เชียงใหม่ วันที่ 10-13 พ.ค. 2525. 4 หน้า.

39. บรรพต ณ ป้อมเพชร. 2525 ข. *ความรู้ขั้นพื้นฐานและปัญหาที่เกิดจากไมยราบยักษ์*. เอกสารประกอบคำการบรรยายในการฝึกอบรมเรื่องการควบคุมกำจัดไมยราบยักษ์ โดยคณะกรรมการเรื่องไมยราบยักษ์ ณ สำนักงานเกษตรภาคเหนือ จ. เชียงใหม่ วันที่ 20-23 พ.ค. 2525. 5 หน้า.

40. บรรพต ณ ป้อมเพชร. 2525 ค. *ด้วงงวงผักตบชวา*. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 13 ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 12 หน้า.

41. บรรพต ณ ป้อมเพชร โกศล เจริญสม วิวัฒน์ เสือสะอาด และ เดชพล พงศ์สุประดิษฐ์. 2522. *แมลงที่มีความสำคัญในการควบคุมวัชพืชน้ำโดยชีววิธี*. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 5 ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 13 หน้า.

42. ประยูร ดีมา และบัณฑิต ตำรักษ์. 2510. *ยาป้องกันกำจัดศัตรูพืช มนุษย์และสัตว์*. เอกสารวิชาการของกรมกสิกรรม กระทรวงเกษตร. 327 หน้า.

43. ประยูร ดีมา. 2517. *วัตถุมีพิษที่ใช้ในการเกษตรและการสาธารณสุข (Pesticide)*. เอกสารทางวิชาการที่ 14. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 513 หน้า.

44. ปรีชา วังศิลาบัตร. 2521. *การศึกษาทางนิเวศน์วิทยาของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพื่อการป้องกันกำจัด*. แมลงและสัตว์ศัตรูพืช 2521 เอกสารประมวลผลการค้นคว้าวิจัย ประชุมสรุปผลการค้นคว้าวิจัย ครั้งที่ 1 วันที่ 19-23 มิ.ย. 2521 กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 200-211.

45. ปรีชา วังศิลาบัตร. 2523. *การศึกษาทางนิเวศน์เพื่อการควบคุมปริมาณและเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลโดยวิธีผสมผสาน*. แมลงและสัตว์ศัตรูพืช 2523 รายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 2 วันที่ 24-27 มิ.ย. 2523 กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร หน้า 455-468.

46. ปรีชา วังศิลาบัตร. 2525. *ตัวห้ำและตัวเบียนที่สำคัญของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและแนวทางการใช้สารฆ่าแมลง*. การสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ครั้งที่ 1 วันที่ 2-4 มิ.ย. 2525 กองกีฏและสัตววิทยากรมวิชาการเกษตร. หน้า 260-268.

47. ปรีชา วังศิลาบัตร, สุวัฒน์ รวยอารีย์, เฉลิม สินธุเสก, นิภา จันท์ศรีสมหมาย, ธรรมนูญ พุทธสมัย, ณรงค์ จันทรประภา และเฉลิมวงศ์ ถิระวัฒน์. 2535. *แมลงศัตรูข้าวและแนวทางการบริหาร*. เอกสารวิชาการแมลงและสัตว์ศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 47-76.

48. ปรีชา วังศิลาบัตร, สุวัฒน์ รวยอารีย์, เรวัต ภัทรสุทธิ, เฉลิมวงศ์ ถิระวัฒน์ และวนิช ยาคล้าย. 2538. มิตรและศัตรูของชาวนา. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 112 หน้า.

49. ปิยรัตน์ เขียนมีสุข, ไพศาล รัตนเสถียร, วัฒนา จารณศรี, ศิริณี พูนไชยศรี, ชมพูนุช จรรยาเพศ และศรีสุดา โท้ทอง. 2543. *แมลง-สัตว์ศัตรูกล้วยไม้*. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 32 หน้า.

50. พงศ์เทพ อัครธนกุล. 2534. *ว่าด้วยผึ้งและการเลี้ยงผึ้ง*. บริษัทโรงพิมพ์ ไทยวัฒนาพานิช จำกัด กรุงเทพฯ. 182 หน้า.

51. พงศ์ธร สังข์เผือก, ประภาศรี ภูวเสถียร, สมศรี เจริญเกียรติกุล และรัชนี ดงคาฉุยฉาย. 2527. *คุณค่าอาหารไทยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*. โภชนาการสาร. 18(2) : 163-176.

52. พวงทอง บุญทรง, เสริมศักดิ์ หงศ์นาค, เกษม ทองทวี, ชุมพูนุท จรรยาเพศ, ทักษิณ อาชวาคม และปรีชา อำนักมณี. 2528. *การทดลองการใช้สารไล่นกร่วมกับวิธีกลในการป้องกันกำจัดนกศัตรูข้าวไร่*.รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2528 กลุ่มงานสัตววิทยาการเกษตร กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 7 หน้า.

53. พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2537. *ตำราการใช้สารกำจัดวัชพืช*. เคหการเกษตร กรุงเทพฯ. 187 หน้า.

54. พิมลพร นันทะ, จุฑารัตน์ อรรถจารุสิทธิ์, สถิต ปฐมรัตน์, รัตนา นธะพงษ์ และรุจ มรกต. 2534. รายชื่อแมลงศัตรูธรรมชาติของพืชเศรษฐกิจบางชนิดในประเทศไทย. ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี กลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 88 – 108.

55. พิสมัย ชวลิตวงษ์พร. 2538. *แมลงศัตรูไม้ดอกไม้ประดับของประเทศไทย*. เอกสารวิชาการประจำปีกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 148 หน้า.

56. พิสมัย ชวลิตลงษ์พร และอนันต์ วัฒนธัญกรรม. 2531. แมลงศัตรูไม้ดอก. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผักและไม้ดอกไม้ประดับ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 39 หน้า.

57. พิสุทธิ์ เอกอำนวย. 2538. *แมลงปอของไทย*. บริษัท พี พริ้นติ้งกรุ๊ป จำกัด กรุงเทพฯ. 147 หน้า

58. ไพฑูรย์ พิศุทธิ์สินธุ์, บุญส่ง หุตังคบดี และนิยม รัตนพงษ์. 2537. *การนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืช พ.ศ. 2537*. ฝ่ายวัตถุมีพิษ กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 78 หน้า.

59. ไพฑูรย์ พิศุทธิ์สินธุ์, บุญส่ง หุตังคบดี และนิยม รัตนพงษ์. 2539. *การนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืช พ.ศ. 2539*. ฝ่ายวัตถุมีพิษ กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 82 หน้า.

60. ไพฑูรย์ เล็กสวัสดิ์. 2537. *ชีวประวัติและศัตรูธรรมชาติของหนอนเยื่อไผ่ (Omplhisa sp.)(Pyralidae : Lepidoptera).* รายงานผลงานวิชาการ ประจำปี 2537. ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ/สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 13 หน้า.

61. มาลี ชวนะพงศ์, เกรียงไกร จำเริญมา, วัชรา ชุณหวงศ์ และโอชา ประจวบเหมาะ. 2530. *การศึกษากลไกความต้านทานของข้าวฟ่างต่อการทำลายของหนอนแมลงวันเจาะยอด.*รายงานผลการค้นคว้าวิจัย 2530 กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูข้าวโพดและพืชไร่อื่นๆ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 72-83.

62. มาลี ชวนะพงศ์, วัชรา วงศ์กำแหง, ภัทรา ปิยพันธวานนท์ และบุญสม เมฆสองสี. 2523. *ความสามารถในการแตกแขนงของข้าวฟ่างพันธุ์ส่งเสริมต่อการทำลายของหนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่าง.* รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2523. สาขาแมลงศัตรูข้าวโพดข้าวฟ่างและพืชไร่อื่นๆ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 4 หน้า.

63. มาลี ชวนะพงศ์, อุทัย สังข์สุวรรณ, ปัญญา ปุญญถาวร และบุญสม เมฆสองสี. 2520. *หนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่าง.* กสิกร. 50(1) : 32-37.

64. มาลี ชวนะพงศ์, วัชรา วงศ์กำแหง, ภัทรา ปิยพันธวานนท์ และบุญสม เมฆสองสี. 2523. *ความสามารถในการแตกแขนงของข้าวฟ่างพันธุ์ส่งเสริมต่อการเข้าทำลายของหนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่าง.* รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2523 สาขาแมลงศัตรูข้าวโพดข้าวฟ่างและพืชไร่อื่นๆ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 4 หน้า.

65. มาลี ชวนะพงศ์ และบุญสม เมฆสองสี. 2524. *หนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่าง.* ว. กีฏ. สัตว. 3(2) : 10-16.

66. มาลี ชวนะพงศ์, เกรียงไกร จำเริญมา, วัชรา วงศ์กำแหง, อรนุช กองทาญจนะ, อรุณี วงศ์กอบรัษฎ์ และบุญสม เมฆสองสี. 2524. *การหาระยะปลูกที่เหมาะสมของข้าวฟ่างพันธุ์ส่งเสริม เมื่อถูกหนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่างเข้าทำลาย.* รายงานผลการค้นคว้าวิจัย 2524 สาขาแมลงศัตรูข้าวโพดข้าวฟ่างและพืชไร่อื่นๆ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 68-70.

67. มาลี ชวนะพงศ์, วิภาดา ปลอดครบุรี, ดำรง เวชกิจ, จีรนุช เอกอำนวย, อรพรรณ วิเศษสังข์, เสริมศิริ คงแสงดาว, จินตนา ภู่มงกุฎชัย และสมเกียรติ ขำเอี่ยม. 2545. *ทดสอบการป้องกันกำจัดศัตรูคะน้าโดยวิธีผสมผสาน.* ว. กีฏ. สัตว. 24(2) : 85-99.

68. มานพ นชะพงษ์, สุพจน์ กิตติบุญญา, กิตติ อ้อไธสง และสมชัย สุวงศ์ศักดิ์ศรี. 2531. *การคัดเลือกพันธุ์ฝ้ายต้านทานต่อแมลงจำพวกปากดูด.* รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2531 กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูฝ้ายและพืชเส้นใย กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 8 หน้า.

69. มุกดา ตฤษณานนท์. 2516. *การรักษาพิษของยาปราบศัตรูพืช.* แพทยสภาสาร 2(12) : 1-15.

70. มูลนิธิการศึกษาเพื่อชีวิตและสังคม. 2531. *ปลูกพืชไม่ใช้สารเคมีควบคุมศัตรูพืชโดยวิธีธรรมชาติ.* โรงพิมพ์เทพรัตน์เพรส กรุงเทพฯ. 182 หน้า.

71. รุจ มรกต และพิมลพร นันทะ. 2539. แมลงห้ำ – แมลงเบียน. เพื่อนแท้ผู้ปลูกส้ม. กลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 97 หน้า.

72. ลักขณา บำรุงศรี กิตติ อ้อไธสง สว่าง วังบุญคง และพนัส ส่งเสริม. 2526. *การเปรียบเทียบความต้านทานของฝ้ายพันธุ์พื้นเมืองต่อการทำลายของเพลี้ยจักจั่นฝ้าย.* รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2526 กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูฝ้าย และพืชเส้นใย กองกีฏและสัตววิทยากรมวิชาการเกษตร. หน้า 108-113.

73. ลั่นทม จอมจวบทรง. 2536. *แมลง...อาหารเลิศรสมากคุณค่า.* วารสารเทคโนโลยีที่เหมาะสม. 11(2) : 40-44.

74. วรากร วราอัศวปติ, จำนง วิสุทธิแพทย์ และชูเกียรติ มณีพร. 2518. *แมลงที่เป็นอาหารในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.* เอกสารการวิจัยฉบับที่ 7 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม. 64 หน้า.

75. วีรวุฒิ กตัญญูกุล และประกอบ เลื่อมแสง. 2527. *แมลงศัตรูข้าวและการป้องกันกำจัด*. สาขาแมลงศัตรูข้าว กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 44 หน้า.

76. วัชรา วงศ์กำแหง. 2525. *ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อการวางไข่ของแมลงวันหนอนเจาะยอดข้าวฟ่าง*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 84 หน้า.

77. วัชรา ชุณหวงศ์, อรนุช กองกาญจนะ, สมศักดิ์ อเนกะเวียง และโอชา ประจวบเหมาะ. 2531. *การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประชากรหนอนกระทู้หอมกับแมลงศัตรูธรรมชาติ*. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย 2531 ก. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูข้าวโพด และพืชไร่อื่นๆ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 8-14.

78. วัชรา ชุณหวงศ์, อรนุช กองกาญจนะ และชำนาญ พิทักษ์. 2531 ข. *การศึกษาชีววิทยาและพืชอาศัยของมอดดิน*. รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2531 กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูพืชข้าวโพดและพืชไร่อื่นๆ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 1-7.

79. วันทนา เทวภูชม และเรวัต ภัทรสุทธิ. 2537. *สารฆ่าแมลงที่ก่อให้เกิดการระบาดมากขึ้นของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล*. เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการแมลงและสัตว์ศัตรูพืช 2537 ครั้งที่ 9 วันที่ 21-24 มิ.ย. 2537 ณ โรงแรมแกรนด์จอมเทียน พาเลซ จ.ชลบุรี. หน้า 99-137.

80. วินัย รัชตปกรณ์ชัย. 2531. *กับดักกาวเหนียวสีเหลืองกับหนอนใยผัก*. ว. กีฏ. สัตว. 10(3) : 147-151.

81. วินัย รัชตปกรณ์ชัย. 2533 ก. *การใช้กับดักกาวเหนียวสีเหลืองจำนวนมากกับหนอนใยผัก*. รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2533. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 12 หน้า.

82. วินัย รัชตปกรณ์ชัย. 2533 ข. *การใช้โรงเรือนตาข่ายเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลงศัตรูถั่วฝักยาว*. รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2533 กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 15 หน้า.

83. วิวัฒน์ เสือสะอาด, โกศล เจริญสม และบรรพต ณ ป้อมเพชร. 2522. *การใช้ด้วงงวงผักตบชวา Neochetina eichhorniae Warnner (Coleoptera : Curculionidae)เพื่อการควบคุมผักตบชวาโดยชีววิธีในประเทศไทย*. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 5 ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ. 11 หน้า.

84. วิวัฒน์ เสือสะอาด และบรรพต ณ ป้อมเพชร. 2525. *การศึกษาเกี่ยวกับผีเสื้อหนอนจอก (Episamia pectinicornis (Hampson)Lepidoptera : Noctuidae) เพื่อการควบคุมจอกโดยชีววิธีในประเทศไทย*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 8 ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ. 11 หน้า.

85. วัรวุฒิ กตัญญูกุล และประกอบ เลื่อมแสง. 2527. แมลงศัตรูข้าวและการป้องกันกำจัด. สาขาแมลงศัตรูข้าว กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 44 หน้า.

86. ศรีสุดา โท้ทอง, ระพีพันธ์ ภาสบุตร และอนันต์ วัฒนธัญกรรม. 2530. *การใช้กับดักแสงไฟเพื่อป้องกันกำจัดหนอนใยผักแบบผสมผสาน*. รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2530 กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 24 หน้า.

87. สราญจิต ไกรฤกษ์. 2538. *แมลงศัตรูมะม่วง*. ใน. เปรมปรี ณ. สงขลา. แมลงศัตรูไม้ผล. เคหการเกษตร กรุงทพฯ. หน้า 1-20.

88. สวาท รัตนวรพันธุ์. 2514. *นกศัตรูข้าวในประเทศไทย*. ว. วิทย. กษ. 4(4) : 321-329.

89. สมร ขวัญทอง. 2538. *การกระจายของสัตว์ท้องถิ่นบางชนิดที่ใช้เป็นอาหารในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 288 หน้า.

90. สัมฤทธิ์ สิงห์อาษา. 2537. *กีฏวิทยา-อะคาโรวิทยาการแพทย์และสัตวแพทย์*. คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 543 หน้า

91. สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ. 2519. *ยาฆ่าแมลง*. วงศ์สว่างการพิมพ์ กรุงเทพฯ. 176 หน้า.

92. สุชาติ เจริญรัตน์, สุภรดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุง, พรวุฒิ ประเสริฐกุล และศรีสมร พิทักษ์. 2531. *การศึกษาการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูถั่วเขียว*. รายงานประจำปี 2531 ถั่วเขียวและพืชไร่ในเขตชลประทาน ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. 5 หน้า.

93. สุภัทร สุจริต. 2531. *กีฏวิทยาทางการแพทย์*. พิมพ์ครั้งที่ 1 พิศิษฐ์การพิมพ์. กรุงเทพฯ.

94. สุวัฒน์ รวยอารีย์ และเพชรหทัย ปฏิรูปานุสร. 2527. *ปริมาณของเพลี้ยจักจั่นและเพลี้ยกระโดดที่จับได้จากการใช้แสงไฟสีต่างๆ ล่อแมลงในนาข้าว*. ว. กีฏ. สัตว. 6(1) : 10-14.

95. สุวัฒน์ รวยอารีย์. 2530. *สถานการณ์การระบาดของเพลี้ยจักจั่นและเพลี้ยกระโดดศัตรูข้าวที่สำคัญ 4 ชนิด*. ว. กีฏ. สัตว. 9(4) : 209-216.

96. สุวัฒน์ รวยอารีย์. 2535. *ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและมวนเขียวดูดไข่ในนาข้าวพันธุ์ กข7 และ กข23*. ว. กีฏ. สัตว. 14(1) : 24-39

97. โสภิดา เห-มาคม และสมศักดิ์ ฏาราณุท. 2539. *พระราชบัญญัติกักพืช พ.ศ. 2507 พร้อมด้วยกฎกระทรวงประกาศกระทรวงและประกาศกรมที่เกี่ยวข้อง*. กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตรกรมวิชาการเกษตร. 63 หน้า.

98. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล. 2544. เอกสารประกอบ คำสั่งคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล ที่ 9/2544 ลงวันที่ 4 พฤษภาคม 2544 เรื่อง *แต่งตั้งคณะทำงานด้านเทคนิคในการป้องกันและกำจัดหนอนกออ้อยและโรคใบขาวปี 2544*. กระทรวงอุตสาหกรรม. 9 หน้า.

99. หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ ฉบับวันที่ 22-25 กรกฎาคม 2544.

100. อนงค์ จันทร์ศรีกุล. 2539. *โรคและศัตรูไม้ประดับ*. ไทยวัฒนาพานิช กรุงเทพฯ. 163 หน้า.

101. อรนุช กองกาญจนะ และวัชรา ชุณหวงศ์. 2521. *ความสูญเสียของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ต่างๆ เนื่องจากหนอนเจาะลำต้นข้าวโพด*. เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ครั้งที่ 1 วันที่ 19-23 มิถุนายน 2521 กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร . หน้า 350-358.

102. อรนุช กองกาญจนะ, วัชรา ชุณหวงศ์, สมศักดิ์ อเนกะเวียง และโอชา ประจวบเหมาะ. 2531. *ผลของการปลูกพืชสลับต่อประชากรของหนอนเจาะลำต้นและแมลงศัตรูธรรมชาติ*. รายงานผลการการค้นคว้าวิจัยปี 2531. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูข้าวโพดและพืชไร่อื่นๆ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 61-66.

103. อรนุช กองกาญจนะ และวัชรา ชุณหวงศ์. 2535. *แมลงศัตรูข้าวโพด และแนวทางการบริหาร*. เอกสารวิชาการแมลงและสัตว์ศัตรูพืชที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 111-127.

104. อรนุช กองกาญจนะ และวัชรา ชุณหวงศ์. 2540. *แมลงศัตรูข้าวโพดและการป้องกันกำจัด*. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรงเกษตรและสหกรณ์. 97 หน้า

105. อนันต์ วัฒนธัญกรรม, สุภาพรณ์ ภัทรสุทธิ, จักรพงศ์ พิริยพลวินัย, รัชตปกรณ์ชัย และเพ็ญศรี คำพิทักษ์. 2532. *การศึกษาการปลูกพืชผักตระกูลครูซิเฟอร์ในโรงเรือนตาข่าย*. การสัมมนาทางวิชาการพืชผักแห่งชาติ ครั้งที่ 9 ศูนย์วิจัยการยาง จ.สงขลา. 27 หน้า.

106. องุ่น ลิ่ววาณิช. 2532. *แมลงที่เป็นประโยชน์ แมงมุม และเชื้อโรค*. สำนักพิมพ์ดวงกมล กรุงเทพฯ. 123 หน้า.

107. อรุณี วงษ์กอบรัษฎ์, เถลิงศักดิ์ วีระวุฒิ, วัชรา ชุณหวงศ์ และสุชาติ คำอ่อน. 2533. *รูปแบบการแพร่กระจายและการสุ่มตัวอย่างของแมลงศัตรูยาสูบที่สำคัญ*. รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2533 กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูข้าวโพด และพืชไร่อื่นๆ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 8 หน้า.

108. อาพันชนิด เทพอวยพร. 2539. *การถ่ายทอดยีนในพืชไร่* "Transgenic Canola." Agric. Biotech Bull. 3(4): 1-3.

109. อารมย์ แสงวนิชย์. 2539. *สะเดาสารธรรมชาติทางการเกษตร*. กลุ่มงานวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรจากธรรมชาติ กองวัตถุมีพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 32 หน้า.

110. อุษา กลิ่นหอม, ชูศรี ราศรีรัตนะ และศุภรัตน์ จิตต์จำนง. 2527. รายงานการวิจัยการศึกษา *คุณค่าอาหารปาราสิต และส่วนประกอบที่เป็นพิษในแมลงบางชนิดที่เป็นอาหารของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.

111. โอชา ประจวบเหมาะ, จุฑารัตน์ อรรถจารุสิทธ์, ชำนาญ พิทักษ์ และเถลิงศักดิ์ วีระวุฒิ. 2527. คู่มือแมลงศัตรูอ้อยและการป้องกันกำจัด. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 56 หน้า.

112. Altieri, M.A. and C.I. Nicholls. 1997. *Indigeneous and Modern Approaches to IPM in Latin America*. LEISA Newsletter. 13(4): 6-7.

113. Anderson, S.O. 1979. *Biochemistry of Insect Cuticle*. Ann. Rev. Entomol. 24: 29-61.

114. Areekul, S. 1997. *Entomological Diversity towards the 21st Century*. Keynote Address of the International *Symposium on Entomological Diversity towards the 21st Century, Nov. 27-28, 1997*. Khon Kaen, Thailand. 9 pp.

115. Attajarusit, J. 1990. *Biological and Population Studies of Chilo infuscatellus* Snellen *in the North-Eastof Thailand with special Reference to the Resistance Mechanisms of Sugar Cane to the Infestation*. A Ph. D. Thesis, Entomological Laboratory, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Japan. 290 pp.

116. Atwal, A. S. and H. R. Pajni. 1964. *Preliminary studies on the insecticidal properties of drupes of Melia azedarach against caterpillars of Pieris brassicae*. Indian J. Entomol. 26 : 221-227.

117. Bach, C.E. 1980. *Effect of Plant Density and Diversity on the Population Dynamics of a Specialist Herbivore, Acalymna vittata (Coleoptera : Chrysomellidae)*. Oecologia. 50: 370-375.

118. Blaβ, W. and E.W. Weiler. 1990. *Chemistry of Plant Protection. 3: Pyrethroid Residues. Immunoassays for Low Molecular Weight Compounds*. G. Hang and H. Hoffmann. Ed. Springer-Verlag. Berlin. 228 pp.

119. Bendixsen, L.E. 1983. *Another Criterion in Defining the World's Worst Weeds. In* Proc. 9th AsianPacific Weed Sci. Conf., Manila. p. 176-180.

120. Bland, R.G. and Iagues, H.E. 1978. *How to know the Insect*. WM.C. Brown Co. Pub., Iowa. 409 pp.

121. Bode, L.E., Hazen, J. L. and D. G. Chastin. 1990. *Pesticide Formulations and Application Systems*.10th Volume. American Society for Testing and Materials (ASTM). MI. 257 pp.

122. Borror. D.J. and R.E.White . 1970. *Peterson Field Guides : Insects America north of Mexico*. Houghton Miffin Co. Ltd., N.Y. 404 pp.

123. Borror, D. J., Delong, D. M. and C. A. Triplehorn 1976. *An Introduction to the Study o f insects*. Holt Rinehart and Winston Pub., N. Y. 852 pp.

124. Borer, D. J., Triplehorn, C. A. and N. F. Johnson 1989. *An Introduction to the Study of Insects*. 6th Ed. Sauders College Pub., Philadelphia. 950 pp.

125. Breer, H. 1987. *Neurochemical Aspects of Cholinergic Synapes in the Insect Brain*. In Gupta, A. P. Ed. Arthropod Brain. John Wiley & Sons., N.Y. p 415-437.

126. Burgess, H. R. H. 1990. *Public Health Pests*. Chapman and Hall., London. 162 pp.

127. Burn, R. O. 1966. *Mode of Action of Insecticide.* Rev. Ent. 11: 369.

128. Chapman, R. F. 1982. *The Insects. Structure and Function 3rd Ed.* Harvard Univ. Press. 819 pp.

129. Chattoraj, A. N. and S. C. Tiwari. 1965. *A note on the insecticidal property of Annona squamosa.* Proc. Nat. Acad. Science (India) 35 (B) : 351-353.

130. Crooker, P. 1979. *A home produced insecticide : Derris malaccensis.* Alufua Agric. Bull. (W. Samoa). 4 (3) : 8-10.

131. Cunningham, R. T. 1994. *Population Detection. In* A. S. Robinson and G. Hooper. 1994. *Fruit Flies : Their Biology, Natural Enemies and Control.* Amsterdam, N. Y. p. 169-173.

132. Davis, R.G., Johnson, W.C. and F.O. Wood. 1967. *Weed root profiles.* Agron. J. 59: 555-556.

133. De Bach, P. 1964. *Biological Control of Insect Pests and Weeds.* Reihold Pub., N. Y. 844 pp.

134. De Ong, E. R. 1965. *Chemistry and Uses of Pesticides.* Reinhold Pub. Corp., Tokyo. 334 pp.

135. Denno, R. F. and J. Perfect. 1994. *Plant Hoppers. Their Ecology and Management.* N. Y. 799 pp.

136. Dent, D. 1991. *Insect Pest Management.* CAB International. U.K. 604 pp.

137. Dether, V. G. 1963. *The Physiology of Insect Sense.* Rienhard Clay & Co., Great Britain. 266 pp.

138. Division of Entomology and Zoology. 1995. *Biennial Report 1994-1995.* Div. of Entomol. and Zool., Dept. of Agric., Bangkok. 121 pp.

139. Doutt, R. L. and W. W. Kilgore. 1967. *Pest Control : Biological Physical and Selected Chemical Method.* Academic Press, N. Y. 477 pp.

140. Engels, W. 1990. Social Insects : *An Evolutionnary Approach to Caste and Reproduction.*Springer-Verlag Berlin . 244 pp.

141. FAO. 1968. *Report of the second session of the FAO panel of experts on Integrated pest control.* PL/1986/M/3. 19 – 24 Sept., 1968. Rome, 129 pp.

142. Geirer, P.W. and L.R. Clark. 1961. *An Ecological Approach to Pest Control.* Proc. Tech. Meeting 8th Inter. Union Conserv. Nature Nat. Res. p. 10-18.

143. Graigne, M., S. Ahmed, W. C. Mitchell, and J. W. Hylin. 1985. *Plant species reportedly possessing pest-control properties – an EWC/UH database.* – Resource System Institute, East West Center, College of Tropical Agriculture and Human Resources, Univ. of Hawaii. Honolulu.

144. Grant, V. and K. Grant. 1965. *Flower Pollination in the Phlox Family.* Colombia Univ. Press, N.Y. 250 pp.

145. Groombridge, B. 1992. *Global Diversity.* Status of the Earth Living Resourcer. Chapman and Hall, London.

146. Guenzi, W. D. 1974. *Pesticides in Soil and Water.* Soil Sci. Soc. of Amer. Inc. Pub., Wisconsin. 562 pp.

147. Gullan, P. J. and P. S. Cranston. 1994. *The Insects: An Outline of Entomology.* Chapman & Hall, London. 491 pp.

148. Gullan, P. J. and P. S. Cranston. 1996. *The Insects*, Am Outline of Entomology (reprint). Chapman and Hall. London. 491 pp.

149. Hansen, L.O. and Somme, L. 1994. *Cold Hardniness of the Elm Bark Beeth Scolytus laevis Chapnius 1873 (Col. Scotylidae) and Its Potential as Dutch elm disease Vector in the Northmost Elm forest of Emope.* J. Appl. Entomol. 117(5): 444 - 450.

150. Harley, K. L. S. and I. W. Ferno 1992. *Biological Control of Weeds.* Inkata Press, Melbourne. 74 pp.

151. Harper, S. H., C. Potter, und E. M. Gellham. 1947. *Annona species as insecticides.* Ann. Appl. Biol. 34 : 104-112.

152. Heinrichs, E. A. 1994. *Biological and Management of Rice Insects.* New Delhi. 779 pp.

153. Hickman, C.P., Roberts, L.S. and F.M. Hickman. 1990. *Biology of Animal.* Times Miror/Mosby College Pub., 648 pp.

154. Hidaka, T., Vungsilabutr, P. and S. Kadkao. 1974. *Studies on Ecology and Control of Rice Gall Midge in Thailand.* Technical Bulletin (TARC) No 6, Ministry of Agriculture and Forestry. Tokyo, Japan. 113 pp.

155. Higbee, B. S., Horton D. R. and J. L. Krysan. 1995. *Reduction of Egg Hatch in Pear Psylla (Homoptera : Psyllidae) Adult after Contact with Insect Growth Regulator.* J. Econ. Entomol. 88(5): 1420-1424.

156. Imms, A. D. 1970. *A General Textbook of Entomology.* John Wiley and Son. Inc., N. Y. 539 pp.

157. Imes, R.'1992. *The Practical Entomologist.* Quarto Pub., London. 159 pp.

158. Ishihara, M. and Shimada, M. 1995. *Photoperiodic induction of larval diapause and temperature-dependent termination in a wild multivoltine Bruchid, Kytorrhinus sharpianus.* Entomologia Experimentalis et Applicata 75(2) : 127-134.

159. Jotwani, M. G. and P. Scircar. 1965. *Neem Seed as a Protectant against Stored Grain Pests infesting Wheat Seed.* Indian J. Entomol. 27 (2) : 160-164.

160. Kearns, C. M. 1955. *The Mode of Action of Insecticide.* Ann. Rev. Ent. 1: 23.

161. Kenmore, P. 1997. *A Perspective on IPM.* LEISA Newsletter. 13(4): 8-9.

162. Krebs, C. J. 1978. Ecology: *The Experimental Analysis of Distribution and Abundance.* 2nd Ed. Harper and Row Pub., N. Y. 678 pp.

163. Kumar, A. R. V. and H. K. Sangappa. 1984. *A Note on the Performance of Plant Products in Control of Grain Caterpillar in Bengalgram.* Current Research. 13 (4-6) : 38-40.

164. Kuroko, H. and A. Lewvanich. 1993. Lepodopterous Pests of Tropical Fruit Tree in Thailand. Japan International Corporation Agency, Tokyo, Japan. 132 pp.

165. Laird, M., Lacey, A. L. and E. W. Davidson. 1990. *Safty of Microbial Insecticide.* CRC Press, Florida. 259 pp.

166. Leigh, T. F. 1975. *Insect Resistance in cotton what for the future. In* Proceeding of Beltwide Cotton Production Research Conference, Louisiana, U.S.A. p 140-141.

167. Leslie, A. R. and G. W. Cuperces. 1993. *Successful Implementation of Integrated Pest Management for Agricultural Crops.* Lewis Pub., USA. 193 pp.

168. Lowery, D. T. and M. B. Isman. 1996. *Inhibition of Aphid (Homoptera : Aphididae) Reproduction by Neem Seed Oil and Azadirachtin.* J. Econ. Entomol. 89(3): 602-607.

169. Luckmann, W.H. and R.L. Metcalf. 1982. *The Pest-management Concept. In* R.L. Metcalf and W.H.Luckman Ed. Introduction to Insect Pest Management. John Wiley & Sons. N.Y. p 1-31.

170. Mangan, M.S. 1997. *Chinese Rice Farmers : the New IPM Experts.* LEISA Newsletter. 13(4):

171. Matthews, G. A. 1992. *Pesticide Application Methods.* Longman Scientific & Tech., U.K. 405 pp.

172. May, R.M. 1992. *How many species in habit the earth?.* Scientific American 267(4): 18-24.

173. Morrison, P. 1989. *Butterflies.* Bloomsbury books. London. 192 pp.

174. Muirhead-Thomson, R. C. 1991. *Trap Responses of Flying Insects.* Academic Press. London. 287 pp.

175. Nachtigall, W.A. 1974. *Insect in Flight.* Mc. Graw-Hill, N.Y. 250 pp.

176. Napompeth, B. 1982. *Biological Control Research and Development in Thailand.* Proc. Int.Conf. Pl. Prot. in Tropics. p. 301-323.

177. Napompeth, B. 1988. *Biological Control of Insect Pests and Weeds in Thailand. Symposium on Biological control of Pests in Tropical Agricultural Ecosystem.* June 1-3, 1988 SEAMEO/BIOTROP, Bogor, Indonesia. 17 pp.

178. National Academy of Science. 1969. *Insect Pest Management and Control Publication.* Washington D. C., N. Y. 508 pp.

179. National Biological Control Research Center. 1984. *Summary Report 1984.* National Biological Control Research Council. Bangkok. 9 pp.

180. National Research Council. 1992. *Neem* : A Tree for Solving Global Problems. Nation Academy Press, Washington, D. C. 141 pp.

181. Niles, G. A., Walker, J. K. and J. R. Gannaway. 1974. *Breeding for Insect Resistance. In Proceeding of Beltwide Cotton Production Research Conference.* Louisiana, U.S.A. p. 84-86.

182. Wongsiri, N. 1991. *List of Insect, Mite and Other Zoological Pests of Economic Plants in Thailand.* Entomology and Zoology Division, Dept. of Agric., Bangkok. 168 pp.

183. O' Brien, R. D. 1967. *Insecticide Action and Metabolism.* Academic Press, N. Y. 332 pp.

184. Pagan, C., and A. J. Loustalot. 1949. *Comparison of chemical values with the toxicological rotenone equivalent of Derris and Lonchocarpus roots.* J. Agric. Research. 78 (7) : 197-205.

185. Patterson, D.T. 1982. *Shading Responses of Purple and Yellow Nutsedge (Cyperus rotundusand C. esculentus).* Weed Sci. 30: 25-29.

186. Patterson, D.T. and E.P. Flint. 1983. *Comparative water relations, photosynthesis and growth of soybean (Glycine max) and seven associated weeds.* Weed Sci. 31: 318-323.

187. Pearce, M.J. 1997. Termites Biology and Pest Management. CAB International. UK. 172 pp.Penman, D. R. 1997. *Biodiversity, Biosecurity and Biosystematics.* International Symposium on Entomological Diversity Towards the 21st Century, Nov. 27-28 1997, Khon Kaen, Thailand. 9 pp.

188. Pham, C.P. 1997. *Caterpillars and Ducks.* LEISA Newsletter. 13(4): 16-17.Plank, H. K. 1944. Insecticidal Properties of Mamey and other Plants in Puerto Rico. J. Econ. Entomol. 37 (6) : 737-739.

189. Pottinger, R. P. and E. J. Le Roux. 1971. *The Biology and Dynamics of Lithocolletis blancardella(Lipidoptera : Gracillariidae) on Apple in Quebec.* Memoirs of the Entomological Society of Canada No 77. Ottawa. 437 pp.

190. Price, P.W. 1997. *Insect Ecology.* 3rd Ed. John Wiley & Sons, N.Y.

191. Rabb, R.L. 1972. *Principles and concepts of pest management. In* Implementing practical pestmanagement strategies. Proceedings of a National Extension Pest-management workshop.Purdue Univ., Indiana. p 6-9.

192. Raven, P.H., Berg. L.R. and G.B. Johnson .1993. Environment. Saunders College Pub., Philadelphia.

193. Rees, H. H. 1977. *Outline Studies in Biology: Insect Biochemistry.* Chapman and Hall, London. 63 pp.

194. Reising, W. H. *et. al.* 1986. *Illustrated Guide to Integrated Pest Management in Rice in Tropical Asia.* IRRI. 72 pp.

195. Renolds, H. F., Adkinson, P. L., Smith, R. F. and R. E. Frisbe. 1982. *Cotton Insect Pest Management.* 2nd Ed. John Wiley and Sons, New York. p. 375-441.

196. Richard, O. W. and R. G. Davies. 1994 a. *Imm's General Textbook of Entomology.* Vol. I. 10th Ed. Chapman and Hall Ltd., 418 pp.

197. Richard, O. W. and R. G. Davies. 1994 b. *Imm's General Textbook of Entomology.* Vol. II.10th Ed.Chapman and Hall Ltd., 1,354 pp.

198. Rojanasuphot, S. Charoensook, O. Srijaggrawalwong, A. Pothipanya, S. Panthummachinda, B. and K. Ungchusak. 1992. *Japanese Encephalitis Antibody Prevalence Survey in Northern Thailand.* Mosquito born diseases Bull. 9(4): 111-118.

199. Romoser, W. S. and J. H. Stoffolano Jr. 1994. *The Science of Entomology.* Wm. C. Brown Publishers, Iowa. 532 pp.

200. Ross, H. H. 1965. *A Textbook of Entomology.* 3rd Ed. John Wiley and Sons, N. Y. 519 pp.

201. Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1992. *Plant Physiology.* Wadsworth, Pub. Co., California. 682 pp.

202. Scheunert, I. and H. Parlar. 1992. *Terrestrial Behavior of Pesticides.* W. Ebing Ed.Springer-Verlag, Berlin. 141 pp.

203. Schmutterer, H. and K. R. S. Ascher (Eds.). 1984. *Natural Pesticides from the Neem Tree and other tropical Plants.* Proc. 2nd Int. Neem Conf. (Rauischholzhausen, 1983). 587 pp.

204. Schowalter, T.D. 1996. *Insect Ecology.* An Ecosystem Approach. Academic Press. London. 483 pp

205. Shepard, B. M., Barrion, A. T. and J. A. Litsinger. 1987. *Friends of the Rice Farmer, HelpfulInsects, Spiders and Pathogens.* International Rice Research Institute, Los Banos,Philippines. 135 pp.

206. Shorey, H. H. 1991. *TheUse of Chemical Attractants in Insect Control. In.* D. Pimentel 1991.Handbook of Pest Management in Agriculture Vol. II. N. Y. p. 289-295.

207. Smith, C. 2002. *Artificial Cows Fatal to Disease Carrying Tsetse Fly.* [on-line] Available : http//www.nri.org/

208. Snodgrass, R. E. 1963. *The Anatomy of Honey bee. In.* R. A. Grout Ed. The Hive and the Honey Bee. Dadant and Sons Inc., p. 141-190.

209. Southwood, T.R.E. 1973. *Insect/Plant Relationslip an evolutionary perspective.* Symposium of the Royal Entomolgical Soc. of London. 6:3-30

210. Sparks, F. 1990. *Endocrine-based Insecticide. In.* E. Hudson and R. J. Kuhr. Safer Insecticide Development and Use. Macel Pekker Inc., U.S.A. p. 159-260.

211. Speight, M.R., Hunter, M.D. and A.D.Watt. 1999. *Ecology of Insects Concepts and Applications.* Blackwell Sci. Ltd., London. 350 pp.

212. Stern, V. M. 1965. *Significance of the Economic Threshold in Integrated Pest Control.* Proc.FAO. Symp. Integrated Control 2: 41-56

213. Strong, D. R., J. H. Lawton and T. R. E. Southwood. 1984. *Insects on Plants.* Harvard Univ. Press., 250 pp.

214. Stoll, G. 1985. *Natural Crop Protection.* Josef Margraf. Pub., Weinheim, FR. Germany.

215. Stoll, G. 1997. *Crop protection in 1990s.* LEISA Newsletter. 13(4): 10-11.

216. Sukprakarn, C., Attaviriyasook, K., Khowchaimaha, L., Bhudhasamai, K. and B. Promsatit. 1989. *Carbondioxide Treatment for Sealed Storage of Bag Stags of Rice in Thailand.* Proceeding of the International Conference on Fumigation and Controlled Atmosphere Storage of Grain. Singapore. ACIAR Proceedings No. 25. p 188-196.

217. Tanaka, Y. and H. K. Kaya. 1993. *Insect Pathology.* Academic Press, N.Y. 666 pp.

218. Tiegs, O. W. and S. M. Manton. 1958. *The Evolution of Arthropods.* Biol. Rev. 33: 255-337.

219. Van Beek, T. A. and H. Breteler 1993. *Phytochemistry and Agriculture.* Clarendon Press.,Oxford. 390 pp.

220. Van Emden, H. F. 1974. *Pest Control and Its Ecology.* Edward Arnold Ltd., London. 59. pp.

221. Vungsilabutr, P. 1981. *Relative Composition of Egg-parasite species of Nilaparvata lygens, Sogatella furcifura, Nephotettix virescens and N. nigropictus in Paddy Fields in Thailand.* Tropical Pest Management 27 (3) : 313-217.

222. Walker, P.T. 1980. *The Need for Pest and Loss Appraisal in the Development of Pest Management Systems.* UNDP/FAO/THA/74/010 Phase II, 6-10 Oct. 1980, Bangkok Thailand, p. 21-39.

223. Walker, A. 1994. *The Arthropods of Humans and Domestic Animals.* Chapman & hall, London. 212 pp.

224. Way, M. J. 1971. *A Prospect of Pest Control.* Inagural Lecture. Imperial College of Science and Technology, Univ. Of London. E. J. Milner & Son Ltd., Middlesex. p. 127-162.

225. Weis, A. E. and M. R. Berebaum. 1989. *Herbivorous Insects and Green Plants. In.* W.G. Abrahamson, Ed. 1989. Plant-animal interactions. Mc Graw-Hill, N. Y. p. 123-162.

226. West, L. S. 1951. *The Housefly : Its Natural History, Medical, Importance and Control.* Comstock Pub. Co. Inc., Ithaca, N.Y. 250 pp.

227. Wheeler, Q. D. 1990. *Insect Diversity and Cladistic Constraints.* Ann. of Entomol. Soc. Amer. 83: 1031-1047

228. Whipp, A. 1993. *Pest Control in Rice : Deltamethrin file.* Roussel Uclaf. Printer Trento s. r. L.,Italy. 109 pp.

229. Wigglesworth, V. B. 1972. *The Priciples of Insect Physiology.* 7th Ed. Chapman and Hall, London. 166 pp.

230. Williams, D. D. and B. W. Feltmate. 1992. *Aquatic Insects.* CAB. International, U.K. 358 pp.

231. Wilson, E.O. 1992. *Diversity of Life.* Harward Univ. Press. Cambridge, MA.

232. Wongsiri, N. 1991. *List of insect, mite and other zoological pests of economic plants in Thailand*. Entomol. and Zool. Div., Dept. of Agric. Bangkok, Thailand. 168 pp.

233. Yasumatsu, K., Wongsiri, T., Navavichit, S. and C. Tirawat. 1975. *Approaches towards an Integrated Control of Rice Pest Part 1: Survey of Natural Enemies of Important Rice Pest in Thailand*. Pl. Proct. Ser. Tech. Bull. No 24. Dept. of Agric. 7 UNDP9/FAO. Bangkok Thailand. 526 pp.

INDEX

A

1st abdominal segment 53
A. diplogaster 188
A. tomici 188
A. feveicollis 211
A.indica 213
abate 203
abdomen 30, 36, 53, 134
abdominal gills 68, 84, 95, 97
abdominal spiracle 53
abdomonal ganglia 60
abdomonal proleg 55
abiotic factor 189
Acalymma vittata 9, 11
accessory gland 75, 76
acetylcholine 63, 205
acetylcholinesterase 63
Achatina fulica 186
Acora calamus 214
acricide 19, 20, 21 78
acrididae 78
active transport 73
acute dermal LD_{50} **201**
acute oral LD_{50} **201**
acute toxicity 201
acute toxin **196**
adenotrophic viviparity 77
adephaga 96
Adoretus compressus 137
adrenal 77
adult 7, 108
adult parasite 188
Ae. aegypti 21, 153, 153
Ae. simsony 21
Aedeagus 53
Aedes aegypti 119
Aedes africanus 21
Aedes spp. 122
aerosol dispenser 200
Aeshna sp. 79
Aeshna verticalis 79
african horse virus 155
african sleeping sickness 21
Agasicles hygrophila 18
agricultural product storage **171**
agricultural sustainsbiliity 237
agro - ecosystem analysis 223
agroecosystem 220, 237
agronomical **136**
air net trap 227
air sac 68
alarm pheromone 131
alate form 26, 131, 134
aldicarab 202
aldrin 202
algae 5, 8, 12
allethrin 209
Allium sativum 212
Allocaridara malayensi. **147**
alternate host 178
aluminum phosphide 200
Alyscotermes kilimandjaricus 130, 131
american cotton bollworm 78, **144, 145**
american foulbrood 189

ametabolous **108**
ametryn 20
amino acid 72, 73
amino acid cornicles 55
amino sugar polysaccharide 36
amphibia 5, **186**
amphineustic spiracle 69
Amrasca biguttula 139, 144, 210, 213
Amynothrips andersoni 18
An. atropavus 23
An. fluvialitis 22
An. Indiensis 153
An. maculipennis 22, 23
An. Melanoon 23, 153 155, 178
An. messeae 23
An. minimus 22
An. subalpinus 23
An. subpictus 22
An. typicus 23
Anagrus sp. 229
anal 50
analogsynergism **195**
Anastatus sp. 149
angiosperm 34
Annona muricata 211
Anopheles 23
Anopheles maculipenis 152
Anopheles spp. 21
anophilini 22
anoplura 91, **163**
antagonism **195**
antenna **40**
anthennae **40**
anthropophilic 22
antibiosis 173, 228, 229
antibiotic 104, 192
anticoagulant 162
antifeedant 211, 212
antifreez 6
antigen 162
antixenosis 173
antlions 82, 95
ants 82
anus 53, 72, 73
aorta 67
Apanteles flavipes 106
Apanteles spp. 235
Aphelenchulus reversus 188
aphid 77, 94
Aphis gossipii 138, 212
Apis mellifera 132
apneustic system 68
apocrita 101
apodous **113**
apodous larva 152
apods **113**
appendages 113
apterous 7
apterygota 34
aquatic feeders **104**
aquatic insects **107**
aramite 203
archaeognatha 34
archchostemmata 96
Archips micaceana 137, 138
Argia violacea 79
aristate 40
arolia 48
arthropoda 80
arthropodial membrane 37
arthropodin 36
artificial cow 237
ash 217
asian citrus psyllid 137
asiatic corn stalk borer **142**
Astalotermes quietus 130, 131
Atherigonas soccata 170
atrazine 20

atroparvus 22
Atta 104
Attacus atlas 6
Attamyces bromatificus 104
Aulacaspis tegalensis 188
Aulacophora similis 137
author name 79
autocidal method **177**
aves **186**
axom 40
Azadirachta spp. 213
azadirachtin 210
azinphosmethyl 202

B

Bacillus anthracis 160
Bacillus sphaericus 189
Bacillus thuringiensis 146, 200, 235
bacteria 5
bacterial like organism 147
baculovirus 191
bait 199
banana stalk borer 234
banana weevil 234
bark fice 90
barnacles 81
baytex 202
Beauveria bassiana 190
bed bug 79, 122,162
bee 101
bee wax 24
beet army worm 137, 141, 146, 149
Bemesia tabaci **143**, 171
behefit 222
benzoquinone 131
bethylidae 185
BHC 200
bidrin 202
bilateral symmetry 30
binomial name 79
biodiversity 24
biological control **185**
biological transmission 21, 156
biomass 12, 14, 104
biopesticide 194
bird lice 91
bird nest **218**
birds 5
biting midge 154
B. larvae 189
black light 172
black light blue 173
block bait 200
blood corpuscle 67
blow fly **158**
blue bottle fly 79
blue tongue virus 155
B. moritai 189
body lice 91, 163
bombykol 119
Bombyx mori 23, 115
booklice 90
Boophilus 165
boopidae **163**
Borrelia recurrentis 163
botanical insecticide 194, **209**
BPMC 231
Brachiaria reptans 169
Brachymeria sp. 106
bracrypterous form 227
brain 60
37, 38
Brassica oleracea 9
bristletail 34, 84
Brugia malayi 154
Bt cotton **174**, 176
Bt. 189, 190
bug 79, 92
bush fly 157
butterflies 82, **100**
buttes 82

C

Cactoblastis cactorum 185

caddishflies 82, **97**
calcium cyanide 203
calliphoridae **158**
calliphorin 72
Calomycterus sp. 138, **141** 169
calyx 75
camphene 131
Campiloma sp. 187
Camponotus rufglactus 188
cannibalism 160
capital letter 50
capitate 40
Capsicum frutescens 212
carbamate 63, 206
carbaryl 203
carbon disulphide 200
carboniferous 34
carbophenothion 202
carbosulfan 141
carnivore 8
carnivorous insects 105
carnivory **105**
caroteniod 73
carrier 22
carrying leg 50
caste system **132**
Castiomera humbolti 234
C.chinensis 139
cell 63, 64, 65, 73, 75, 77
cellulase 14
cellulose 14, 71
cement 37
cement gland 75
centipede 81
central nervous system 60
cephalothorax 153
Ceratophyllus gallinae 161
ceratopofonidae 154
cerci 53, 54, 84, 88, 89, 125
cercus 54
cerebellum 208
chemical control **194**
chemical name **196**
chemoreception **119**
chemoreceptor 40
chemosteritant 177
chewing 46, 92, 138
chewing lice 91, **163**
chewing type 43
Chilo infuscatellus 142, **174**
Chilo polychrysus 136
Chilo spp. 105
Chilomenes spp. 77
chitin 23, 36,
chlordane 202
chlorinated hydrocarbor 207
chloropicrin 200
cholinesterase enzyme 205
chronic outbreak 139
chronic toxic **196**
Chrysomya 158, 159
Chrysopa basalis 187
Chrysopa sp. 105
Chrysops 160
CIBC 193
cicadas 94
cigarette beetle 139
cimicidae 162
Cimiex hemipterus 162
C. infuscatellus 105
CIPAC 197
circulatory system **67**
cis-11-hexadecenal 146
cis-11-hexadecenyl acetate 146
citrus insects pests **147**
citrus leaf miner 138, **147**
citrus psyllid **147**
clasping leg 48
clavate 40
clavus 92

claw 48
C. lectularius 162
cleg **160**
clinging leg 48
close system 70
close tracheal system 68
club 95
clubtails 85
clypeus 43
C. maculates 139
Cnaphalocrosis medinalis 136, 188
cnidaria 5
coarctate pupae **115**
Coccinella rependa 187
Coccinella spp. 105
coccinellidae 78
coccon 161
Cochliomyia hominivorax 158, 159, 177
cockroaches 86
coffee stem borer 137
coleoptera 78, 79, 82, 96
collembola 83
collerterial gland 75
collophore 84, **121**, 122
Collosobruchus maculates 137
colon 72, 73
common cutworm 137, **146**
common name 78, **196**
common oviduct 75
compartment of respiration system **68**
competition 4
complete metamorphosi 81, 100
compodeiform **113**
compound eyes **40**, 118
cone 92
Conogethes punctiferali 138
consumer 12
contact **119**
contact dermatitis 209
contact poison 131, **200**
contact sensilia 119
contact setae 40
Contarinia sp. 137,138
continuity 220
conventional 234
Copidomopsis sp. 188
copper oxychloride 20
co-ral 202
corbiculum 50
Corcyra cephalonica 103
corium 92
corn **169, 175**
corn army worm 139
corn insect pests **141**
cornicles 55, 71
corpora allata 64, 65, 153
corpora cardiaca 64
corrosive oils 131
costa 50
costa rica 234
Cotesia flavipes 20
cotton **176**
cotton aphids 138
cotton boll weevil 233
cotton bollworm 174, 233
cotton insect pests **144**
cotton leafhopper **144**
cotton thrips **149**
cottony - cushion scale 185
coumaphos 202
coupling organ 51
cowpea weevil 137
coxa 47, 48
coxsachie virus 25
CPEEs 235
crab 91
crab lice 163
Cranopygia sp. 188
crawling **116**

crayfish 81
cricket 86
crop 71
crop commodity **136**
cross resistance **196**
cross vein 50, 88
crucifers **173**
cryptocerata 92
Cryptocercus punctulatus 132
cryptonephric system 73, 74, **75**
C. sacchariphagus 142
C. suppressalis 136
Ct. felis 161
C. tenidium 97
C. tenocephalides canis 161
C. tumidocostalis 142
cubitus 50
Cucumis sativus 9
cucurbit leaf beetle 137
Culex spp. 21,122, 153
culicine 154, 155
culicini 22
Culicoides spp. 155, 156
cultural control **166**
cuneus 92
cut 138
cuticle 36, 62, 131
cuticular layer 71, 72
Cx. Tarsalis 153
cygon 202
Cylodes sp. 104
cypermethrin 141, 144, 145
Cyrtorhinus lividipennis 229

D

2, 4 - D 20
D. bovis 164
D. elliptica 212
D. gillippus 128
D. uliginosa 212
Dactylopius coccus 23
Dactylopius sp. 185
Dacus olae 177
Dacus spp. 138
Damalinia spp. 164
damselflies 85
Danaus chrysippus 128
dark headed rice hander 136
Darna furua 137, 172
darner 85
Dasyses rugosella 104
DDT 14, **200, 202**
DDVP 202
dead heart 140, 142
decision for control phase **224**
decomposer 12, 14
decomposition 4
deer fly **160**
defense mechanism 127
deltamethrin 145, 209
demiton 202
Dendroctonus monticolae 188
dengue haemorrhagic fever 154
depolarize 63
Deporaus marginatus 138
dermal grand 37
dermal LD_{50} **196**
dermal rats LD50 202
dermaptera 89
Dermatophagoides sp. 164
detritivorous insects **102**
detritivory 8,102
deutocerebrum 60
devonian 34
Diabrotica undecimpuctata 80
Diacamma sp. 188
diamond back moth 137, **145**
Diaphania hyalinata 213
Diaphorina citri 137, **147**

diaphragm 67
diatom 12
diazinon 202
dibrom 202
dichlorvos 202
dieldrin 202
digestive system **71**
digging leg 48
dimethoate 202
diploid 92
diplura 83, 84
diptera 79, 82, **97**, 99, 154, 155, 157, 158, 160
dipterex 202
Dipylidium caninum 163
direct flight 59
direct flight system 56
Dismorphia orise 128
disulfoton 202
disyston 202
diurnal 102, 153, 156
dobsonflies 95
Doleschallia sp. 127
domestic insects 106
dorsal 46, 53, 56, 67,165
dorsal ocelli 119
dorsal tracheal trunk 68
dorsoventral muscle 56
Dorylus orientalis 137
Dorystenes buqueti 139, **143**
douglas tussoc moth 191
dragonflies 85
dragonfly 79
drone **133**
Drosophila melanogaster 23
drug ball 12
dung beetle 12
durian insect pests **147**
durian psyllid **147**
durian seed borer **148**
dust 189
dust mite 164
dustable powder **199**
dutch elm disease 6
dylox 202

E

eating behavior **102**
Earias fabia 213
earthworms 5
earwigs 89
EC 197
ecdyses 108
ecdysiotropin 65
ecdysis 108
ecdysone 65
ecdyteroid 65
Echidnophaga gallinaceae 161
echinoderms 5
economic threshod leve 136
ecosystem 3
ectoderm 81
ectoparasite 48, 91, 97, 98, 122, 161,162
EG **198**
egg 7, 75, 76
egg parasite 188
elasmidae 185
Elatobium abietinum 7
eusocial insect 134
evolution 30
exarate pupae **115**
excretory system **73**
exite 30
exo - enzyme endotoxin 189
exocrine glands **64**
exoderm 34
exopterygota 84
exoskeleton 30, 36

experimantal phase **223**
extrinsic 59
extrinsic muscle 56
exuviae 108
eye hawk monthe 129

F

facets 40
family 24, 53, 78, 82, 84, 90, 91, 101
fanniinae **157**
FAO 22, 233, 235
fat body 22, 37, 72
feather mite 164
female reproductive system **75**
femur 47, 48, 86, 116
fenthion **202**
fenvalerate **145**
field crop insect pests 136
filaria 155
file 86,123
filiform 40
fine granule 199
firebrats 84
fish 5
flabella 46
flabellate 40
flagella 40
flagellum 40
flatworms 5
flavivirus 165
flavonoid 176
fleas 82, **97, 161**
flies 82, **97**
floral plant insect pest 136
flying **117**
folidol 202
follicles 75
fontanelle 87
food chain 4, 12, 13, 14
food security 27
fore legs 46
fore wings 46
foregut 71
formulation 197
fossil 34
frass 72, 73
frenulum 51
frenulum hook 51
fresh fly **158,** 159
frightening mechanism **129**
fringe 92
frontal gland 64, 131
frontanelle **131**
fruit boring caterpillar **138**
fruit crop insect pest **136**
fruit fly 138
fumigant 19, 20, 25, 200
fungi 5
fungicide 19
fungivore 8
fungivorous insects **104**
fungivory **104**
fungus comb 104
fungus growing ants 104
furcula 54, 84, 103, 116
fuse 46, 53

G

galea 43, 46
Garreta nitens 12
gas 200
gastric cacae 71
Gazera linus 128
genera 79
general characters **30**
general poison **203**
generation 227
genetic enginerring 173
geniculate 40
genital chamber 75

genital plate 163
genus 24, 79
giant african snail 186
giant water bug 79
GIFAP 197
gill 32, 54, 68, 105
Glenea obesa 138
glossae 46
Glossina sp. 21,155, 156
Glossinia palpalis 177
glossinidae **155**
glycerol 6
glycoprotien 36, 37
glyphosate 18, 20
Gonaxis kibwoziensis 186
gongylidia 104
gonopore 53, 75, 76
gossypol 176
grain moth 137
granular bait 200
granules 199
grasping leg 48
grass stunt 227
grasshopper 86
green spruce aphid 7
greening disease 147
gregarious 107
gregarious phase 107
ground weevil 141
growth inhibitor GI 194
growth regulator GR 194
gryllidae 187
guthion 202
gypsy moth 191

H

H. asini 163
H. guadripertusus 163
H. suis 163
H. tuberculatus 163
H.assulta 144
habitat 102
Haematopinus spp. 163
Haematopota 160
haemocoel 64, 67, 73, 75
haemocoelous viviparity 72
haemocyte 67
haemolymph 6,37, 64, 67 ,72, 77, 105
haemorhagic fever 21
halteres 46, 50, 53, 97
hamuli 51
hanging flies **97**, 124
haploid 92
hard ticks 165
Harmonia spp. 105
Harpobitacus spp. 124
"head 30, 36, **39**
head lice **163**
heart 67
Helichus 105
Helicoverpa armigera 20, 79,105, 139, 144, 145, 174, 191, 212, 213
Helicoverpa zea 79
heliocide 176
Heliothis armigera 176
Heliothis zea 191
Helopelthis antonii 137
hemilytra 52, 92
hemimetabolous **110**
hemineustic system 69, 70
hemiptera 79, 92, 93, 94, 162
Hendecasis duplifascial 138
hepatitis B virus 162
heptachlor 202
herbicide 19
herbivore 8, 9
herbivory 105
hermaphrodism 77

Heterodoxus spiniger 164
hexane 146, 173
hind legs 46
hind wing 46
hindgut 72
hog cholera 160
holometabolus **111**
homonym 80
homoptera 79, 94, 97
honey bees **132**
hopper burn 144
hormone 64, 65
horns 154
horse shoe crab 81
horticultural crop insect **136**
host 20, 21, 22, 91, 97, 161, 162, 163, 185, 188
house fly 79, **157, 160**
howardi 80
human pubic lice 91, 163
humeral 50
humeral angle 51
humeral lobe 51
humus 103
Hyblaea puera puera 189
hydrocarbon derivative 64
hydrocyanide 200
hydrogen cyanide 203
hygro 40
hygroreception **121**
hygroreceptor 54, 84
Hylobitacus apicalis 124
hymenoptera 82, 101
hypermatabolous **112**
hypermetamorphosis 97
hypogastrura 103
hypognathus 39
Hypolimas misipus 128
hypopharynx 43, 44

I

Icerya purchasi 77, 185
ileum 72, 73
image 119
imago 108
incubate 22
indicator 24
indigenous technology **210**
indirect flight 59
indirect flight system 56
industrial crop insect pests **137**
inert material **199**
infections hepatitis 25
infectious stage 191
inflorescence eating caterpillar 139
inhalation LC_{50} **201**
inorganic compounds 194, **203**
insect 4, 5
insect ecology 3
insect evolution 3
insect roles in ecology **3**
insect adaptation 4, **6**
insect and host plant **8**
insect classification **78**
insect endocrinology 64
insect integument **36**
insect life 102
insect locomotion 116
insect movement 102
insect nomenclature **78**
insect order characteristics **82**
insect population dynamic 3
insect roles in agriculture **15**
insect systematics 78
insect taxa **80**
insect taxonomy 78
insecticidal plants **211**
insecticide 19, 194
instar 108, 153

integrated pest management 219, 236
intercrop 166
intermediant host 24
international plant quarantine law 177
intersegmental muscle 56
intersegmenttal membrane 30, 37, 47
intestinal myiasis **158**
intracellular space 73
intranspecific communi 64
intraspecific diversity **221**
intrinsic 59
intrinsic muscle 56
IPC 17
IPM 222, 232, 233, 235
Ips typographus 188
isoptera 87, 88
itch mite 164
ithomoiine 128
ixodidae **165**

J

Jacobiasca formosana 214
japanese encephalitis 21
jasmine flower borer 138
jugum 51
jumping leg 48
jumping **116**
juvenile hormone 65,134

K

kallima sp. 127
kairomone 237
Kerria laccla 23
king 87,134
Kyasanur forest disease 165
Kytorhinus sharpianus 7

L

L_{50} **195**
L.acuta 136
labella 44, 119
labial gland 71
labial palpi 43
labium 46, 118, 119
labrum 43
lac 64
lac insect 23
lace bug 79
lacewings 82, 95
lacinia 43
lady bug 79
lamellate 40
lapping type 46
larva 67, 111
Lasioderma cerricorne 139, 177
lateral 40, 46,
lateral ocelli 119
lateral oviduct 75
laval parasite 188
LC_{50} **194, 195**
lead arsenate 200, 202
leaf cutter 138
leaf cutting ants 104
leaf feeders **138**
leaf production 104
leaf roller 138
leaf rolling carterpillar 137
leafhopper 94
legal control **177**
legs **46**
lepidoptera 82, **100**, 174
leptocenops mange 154
Leptocorisa oratoria 136
lethal concentration **195**
lethal dose **194**
lethal time **195**
Lethocerus indicus 24
lichen 90
light trap 215, 227
Limenitis archippus 128
limonenes 131
lindane 202
little black 22

lobe 51
longan insect pests **148**
longan stink bug 137, 138, **148**
longitudinal muscle 56
longitudinal vein 50
LT_{50} **195**
lures 215
Lycorcea phenarete 128
Lycosa pseudoannulata 230
Lycosidae 186
lymphatic filariasis 152
lynyphiidae 186

M

M. anisopliae 190
Macracanthorthychus hirudinaceus 25
macro granule 199
macromyrmex 104
macropterous form 227
Macrosiphoniella sanborni 211
Macrotermes natalensis 104
Macrotermes subhyalinus 26
maggot 98, 111, 157, 159
main tracheal trunks 68
major pests 16
major soldiers 131
malaria 21
malaria - houses 22
male reproductive system 75
mallophaga 91, **163**
malpighian tubules 71, 73, 75
mammalia **186**
mammals 5
Mammea americana 213
Manacanthus stramineus 164
mandibles 43, 44, 46, 87, 91, 92, 95, 163
mange 164
mango **172**
Mansonia uniformis 154
mantidae 187
mantide 86
Mantispa sp. 112
Margarodes sp. 112
mask 43
mass 77
mating 76, 102, 124,125
maxilla 119
maxillae 43, 46
maxillary palpi 121, 122
maxillary palpus 43
mayflies 84
mead 24
mealybug 79, 94
mechanical transmissior 21, 157
mechanism and physica **171**
mechanoreception **119**
mechanoreceptor 40
mecoptera 82, 79, 97, 98
media 50
media host 157
medical 24
medio - cubital 50
mediterenean fruit fly 177
mediun lethal dose 194
meganisoptera 34
Megasoma elephas 6
Megninia sp. 164
Meladera spp. 138
Melanagromyza sojae 171
melanization 37
Melia azedarach 214
membrane 97, 100, 101
Menochilus sexmaculati 187
Menochilus sp. 105

mesenteron **71**
mesoderm 56
mesothorax 46
metabolism 37
metamorphosis 102, **108**
metaneustic spiracles 69
meta-systox 202
metathoracic leg 116
metathorax 46
metepisternum 64
methamidophos 20, 21, 144
Methoma confusa 128
methyl bromide 200
methyl eugenol 172
methyl parathion 20, 202
Metopolophium dirbodum 235
mevinphos 202
Miaster spp. 76
Micraspis discolor 187
micro granule 199
microbial insectcides 189
microbial organism **189**
Micromatthus debilis 76, 77
microphages **104**
Microtermes spp. 130
mid legs 46
midgut **71**
milk 77
milk gland 156
millipede 81
mimicry 127
mining 138
MIPC 230, 231
mirex 203
mite 81, 164
model 3
modeling phase **224**
Moechotypa suffuse 138
molas 172
mole cricket 86
moniliform 40, 87
Moniliformis moniliforn 25
monocropping 169
monocroptophos 18, 20, 141
monoculture 104
monophagous insects 105
monopidae **163**
monoterpenes 131
mosquito **152**
mosquito bug 137
moss 8, 90
moths 82, **100**
motor cortex 208
moults 108
mounth parts **43**
mucopolysaccharides 131
Mudaria magniplaga 137, **148**
mulluscicide 19, **157**
mulluscs 5
multiple cropping 169
multiple cropping syste 166
murine typhus 161
Musca domestica 157
muscinae **157**
muscular fasciculation 205
muscular system 56
mushroom body 76
mutualism 4
mycetocyte 73
mycetome 73
myiasis 158
Mythimna nubialaris 192
Mythimna separata 139

N

N-acetyl-d-glucosamine 36
Nabis sp. 187
nagana 237
Nasutermes princesp 131
Nasutitermes 64
natural ecosystem 220
natural enemies 18, 105
neem 194

Neochetina eichorniae 18
neoptera 34
neoteneous 77
neotenics 134
nepentaceae 15
Nepenthes sp. 14, 15
nerve poison 203
nervous system **60**
neuron **63**
neuropeptide 65
neuroptera 82, **95**, 187
neurosecretory cells (NSC) 64
neurotransmitter 63
neuter 134
niad 108
nicotin sulphate 203
nicotine 202
Nilarpavata lugens 224
nitrogen 104
no - see - ums 154
nocturnal 89, 102, 153
noise chasing 217
non - insect arthropods 5
non - prohibited materia **178**
non - target insect 194
Noorda albizonalis 138
Nosopsyllus fasciatus 161
notum 46
NPV 235
nuclear polyhedrosis virus 141, 146
nuclear polyhedrosis virus (NPV) 191
nuptial feeding 124
nutrient recycle 4
nymph 08, 162, 163
nymphal parasite 188
Nymphula depunctalis 136

O

O. centrosematis 171
O. Thysanoptera 109
O. Coleoptera 111
O. Collembola 108
O. Dermaptera 109
O. Diptera 111
O. Ephemeroptera 110
O. Hemiptera 109
O. Homoptera 109
O. Lepidoptera 111
O. Odonata 110
O. Plecotera 110
O. Protura 108
O. Thysanura 108
O. Trichoptera 110
oblique muscle 56
obtect pupae 115
ocelli , 90, 92. 97, 100, 101, 162, 163
ocellus 40
odonata **79**, 85, 86
Odontotermes takensis 137, **143**
Oecophylla smaragdina 188
oesophagus 71
OF 198
oil palm slug caterpillar 137
oil plam **172**
OILB 193
oily lactones 131
okra leaf 176
OL 198
olfactory 119
olfactory setae 40
olfactorysensilia 119
oligophagous insects 105
oligopodous larvae **113**
oligopods **113**
Oligosita sp. 229
olive fly 177
omethoate 230
ommatidia 40
ommatidium 41
Omphioomyia phaseoli 188
onchocera 155

onion cutworm 149
Onychurus 103
oocyte 75,153
ootheca 77
OP 198
open system 69, 70
open tracheal system 68
Ophiomyia phaseoli 171
opisthognathus 39, 94
Opuntia sp. 185
oral LD_{50} **196**
oral rats LD50 202
Orchesella 103
orchid insect pests 149
orchid midge 137, 138
order 9, 10, 34, 78, 79, 86
organic compounds 203
organic debris 161
organic solvent 198
organo phosphorous ins 204
organophosphorus 63
ornamental plant insect pest 136
Ornithodoros 165
Orseolia oryzae 136
orthoptera 78, 86, 187
osmeterium 64,129
osmoregulation 73, 74
osmosis 77
osmotic pressure 73, 75
ostia 67
Ostrinia furnacalis 20, 105, 142, 188
ovaries 75
ovariole 75
ovary 75, 76, 77
oviduct 75
oviparity **77**
ovipore 53
ovipositor 53, 101
ovotestis 77
ovoviviperity **77**
oxyopidae 186

P

P. capitis 21, 163
P. pubis 163
P. sinuata 138, 139
P.aegeus 129
P.capitatus 163
P.rapae 212
paddles 153
paedogenesis 76
pairs green 200
palaeoptera 34
palaezoic 31
palmate hair 154
Panorpa spp. 124
pansy butterfly **129**
Papilio demoleus **129**
paraglossae 40
paramere 162
paranotol theory **30**
paranotum 30
parasite 6, 20, 77, 101, 105, 112 185, 189, 22
parasite insect 185
parasite invertebrate animals **188**
parasympathetic 205
parathion 200, 202
paris green 194
parthenogenesis **77**, 90
passive transport 73
pathogen 185, 189
paurometabolous **109**
peak 228
pectinate 40, 95
pedical flagellum 40
pedicel 40, 53, 75
pediculidae **163**
pediculosis 21
Pediculus humanus 21, 163

peg **47, 123**

Pennisetum polystachyon 169

peptide hormone 64

perdator 18, 43

Periculus humanus 121

perineustic spiracle 69

peripheral nervous system 60, **62,** 64

peritrophic membrane 71, 75

permian 34

perthane 203

pest manament 219

pesticide formulation **197**

petiol 53, 101

petroleum solvent 200

Phaneropsolus bonei 24

Pharnacia serratipes 6

pharynx 71

Pheidole plagiria 188

pheromone 37, 64, 137

Phlox 11

phosdrin 202

phosphine 200

photoperiod 7

photoreception **118**

Phusiphora sp. 104

Phyllocnistis citrella 138, **147**

Phyllotetra spp. 170, 232

Phyllotreta chontalica 138

physical poison **203**

physogastry **53,** 134

phyto 105

phytophagous 8, 9

phytophagous insects **105**

phytophagy **105**

pink stem borer 136

pipuncilidae 185

pisces 186

Pityogenes bidebtatus 188

planing **117**

plant growth regulator 19

plant resistance **173**

planthopper 94

plants 5

plasma 67

Plasmodium sp. 21

plastron 105

plate bait 200

Platygaster sp. **113**

plecoptera 88

Ploceaderus ferrugineus **138**

plumose 40

plurite 46

pluron 46

Plutella xylostella 39, **145, 212**

pohyhydrophenol 36, 37

poison gland 64

poliomyelitis 25

pollen 50

pollen rake 50

polybutane 146, 173

polyembryony 77

polypeptide 37

polyphage 96

polyphagous insects 105

polypodous larvae **113**

polypods **113**

population dynamic 189

postembryonic development **108**

postsynaptic neuron 63

Precies octavia 129

predaceous invertebrate 186

predacious vertebrate animal **186**

predator 15, 101, **105,** 185, 187, 189, 229

predator - prey interaction 4

presenting **124**

presynaptic neuron 63

pretarsi 48

pretarsus 48

prey 185
primary consumer 8, 12
primary flies 158
primary producer 12, 13
primary productivity 4
primary source of energy 8
proboscis 46, 100, 155
proctodeal troplallaxis 134
proctodeum 72, 73
procuticle 36
producer 12
prognathus 39
prohibited materials **178**
pronestic spiracle 69
pronotal comb 97, 161
pronotum 97, **107**, 162
propodeum **53**, 101
Proreus simulans 105, 188
Prosthodendium molenkampi 25
protein 72
protein hydrosate 172
prothoracic gland 65
prothoracic notched organ 153, 154
prothoracico throphic hormone (PTTH) 65
prothorax 46, 162
protoannelid 32
protocerebrum 60, 64
protodonata 34
protoplasmic poison **203**
protopodous larvae **113**
protopods **113**
protowing 30
protozoa 5, 6, 73
protura 82, 83
proventriculus 71
psedolegs 55, 100, 113, 116
pseudoplacental viviparity 77
psocoptera 90
pterous 7
Pulex irritans 161
pullvili 48
pulmate hair 153
punkies 154
pupa 7, **108**, 115
pupal parasite 188
puparium **115**
pygidial gland 64
pygmy grasshoppers 86
pygmy mole cricket 86
pyrethrin 203
pyrophylite clay 199

Q

quaternary consumer 12
queen 53, 87, 128, 132, 134
queen cell 64
queen pheromone 64
queen substance 64
quiescence 115
quinone 36, 37, 131

R

radiation 177
radio - medial 50
radius 50
Raillietina siriraji 25
rasping 92
rasping type 43
recent 31
recepteor protein 63
receptors 118
rectum 72, 73, 75
red-ant nest 218
regged stunt 227
relapsing fever 163
reproductive castes 134
reproductive system **75**
reptiles 5
reptillia 186

resilin 36, 37
resistant effect 192
respiratory poison 203
respiratory system **68**
respiratory trumpets 153, 154
respiratory tube 154
restricted materials **178**
retina 40
retinaculum 51, 84, 116
rhabdom 40
Rhipicephalus 165
Rhodinus prolixus 122
Rhyzoperta dominica 103
rice **167, 175**
rice armyworm 136
rice bug 136
rice duck system 236
rice gall midge 136
rice insect pests **140**
rice stem borer **140**
rice thrips 136, 140
rice weevil 137
Rickettsia prowazekii 163
risk 222
rodenticide 19
Ropalidia sp. 188
rose beetle 137
rostrum 44
rotenone 203
roundworms 5
royal jelly 133
running leg 48
Ruptitermes spp. 130
rust red flour beetle 137
rust thrips 234

S

S. chontalica 139
S. exigua 138, 141
S. litura 137, 138, 139,146, 212, 214
salivary gland **71**
salticidae 186
sandflies 154
saprophagous insects 103
saprophagy 103
Sarcophaga 158
sarcophagidae **158**
Sarcoptes scabiei 164
sawfly 77
SC 197
scale 84
scale insect 94
scape 40
scarabeiform **113**
Scatopse fusipes 104
scavengers 8, 103
scent gland 64
scharadan 202
scientific binomial syste 79
scientific name 79
Scirpophaga excerptalis 142
Scirpophaga incertulas 136, 188
Scirtothrips dorsalis 137
sclerite 39, 46, 53
sclerotin 36
sclerotization 37
scoliidae 185
Scolytus laevis 6
scorpionfly 79, 82, **97**
scraper 86, 123
screw worm 158, 177
Scrobipalpula absoluta 235
scutellum 92
secondary consumer 12
secondary flies 158
secondary pest 233
seed boring caterpillar 138
segmented body 30
segmented worm 32
Seinernema carpocapsae 188
selective insecticide 220
self defense 102, **127**
semi-aquatic insects **107**

seminal vesicle 76
semi-terrestrial **107**
sense reception 102, **118**
sensilia 119
septate junction 73
sequence 64
sequential sampling 224
Sesmia inferens 136, 142
sesquiterpenes 131
setaceous 40
setae 37, 40
sevin 203
sex attraction 102, **124**
sex pheromone **124**
sexual maturity 76
SG 198
shellac 23
shrimp 81
silk gland 64, 90
simple eyes **40**
simple metamorphosis 81
single egg 77
siphon 154
siphonaptera 82, **97**, 98, 161
siphoning type 46
Sitobium avenae 235
Sitophilus oryzae 103, 137, 139, 212
Sitotroga cereallela 103, 137, 139
SL 197
sleeping sickness 155, 177
Smerinthus ocellatus 129
smooth musscle 56
Snellenius sp. **151**
social insect 102, **132**
sodium arsenite 202
sodium cyanide 203
soft ticks 165
soil conservation 166
soil erosion 166
soil insects **137**
soldiers 87, **134**
solitary 107
solitary phase 107
solution 189
sorghum **170, 172, 174**
sorpion 81
sound producton 102, **119**, 122, 124
soybean **171**
SP 198
species ', 23, 64, 79, 84, 85, 87, 88, 90, 97
species complex 22, 23
species richness **4**
species sanitation 22
species scape 4
specificity 106
sperm 53, 75, 76, 77
spermatheca 75, 76
spermathecal gland 75
spermatozoa 75, 76
spider 71
spine 37, 50
spiracles 68, 69, 153, 154, 162
spiracular valves 154
Spodoptera exigua 137, **146**, 149 ,191, 214
Spodoptera litura 170
Spodoptera mauritia 136
sponges 5
sponging type 44
sporadic outbreak **139**
spore 90, 104
springtails 54, 84
spruce 7
spur 48
stadia 108
stadium 108

stalk 101
starch 215
startle display **129**
Stechaetothrips biformis 136
Steinernema
carpocapsae 191
stem borer grub **143**
stem borers 138
stem boring grub 139
Stenochaetothrips
biformis 140
step of IPM **223**
sterility **177**
sternite 46, 53
sternum 46
steroid 65, 209
sterol 73
stimuli 118
stomach poison **200**
stomodeum 71
stomoxinae **157**
stonefly 53, 68, 88
strepsiptera 82, **97, 98**
striated muscle 56
stridulation 47, 123
striped cucumber beetle 9
striped rice borer 136
stroage insect pest **137, 139**
stylate 40
stylet 43, 92, 160
styli 53, 54
stylopids 82, 97
stylus 54
sub species 23, 79
subcosta 50
subimago 84
suboesophageal
ganglion 60, 64
subsocial 107, 132
sucking 138
sucking lice 91, 163
sucking type 43
sugar beet curculio 190
sugarcan insect pests **142**
sugarcan stem borer **142**
sugarcane 174
sulfur 20
super cooling 6
super cooling point 6
supplementary
reproductives **134**
sura 22
Surphus balteatus 187
Surphus sp. 105
survey abd study phase **223**
swarming **153**
sweet potato whitefly **143**
swimming leg 48
sylvan yellow fever 21
symbionts 73
sympathetic nervous
system **60**
synaptic cleft 63
synaptic gap 63
synaptic transmission **63**
Syncanus coloris 105, 197
synergise **195**
synonym 80
synthetic pyrethroid 194, 209
systox 202

T

T. brucei gambiense 155
T. brucei rhodesiense 156
T. cynosura cynosura 80
T. cynosura simulan 80
T. theileri 22
T. vivax 160
T.palmi 137
tabacco insect pests 143
tabanidae **160**
Tabanus 160
Tachica sorbilans 106
tanin 176
Tanytarsus spp. 76, 77

tarsal formulation 48
tarsi 48, 84, 86, 87, 89, 90, 91, 94, 95, 96, 97, 122, 163
tarsus 48, 50
taxonomy character 79
technical terminology 194
tegmina 52, **86**, 94
Telenomus rowni 188
Temelucha philippinens 188
temik 202
tenaculum 54, 116
TEPP 202
terebrantia 92
tergite 53
tergosternal muscle 56
terminal filament 75
termite mound 134
termites 14, 87, 104, 134, 143
Termitoces spp. 104
terpenes 131
terpenoid 131, 176
terrestrial insects 106
tertairy flies 158
tertiary consumer 12
Tessaratoma papillosa 137, 138, 148
testes 75
testis 77
Tetragnatha spp. 230
Tetrastichus schoenobei 188
tetratriterpenoids 209
Tetregoneuria cynosura 80
tettigoniidae 187
thermoreception 40, **122**
thimet 202
thiodan 202
thionazin 202
thoracic ganglia 60
thoracic gills **53**
thoracic leg 100, 113
thoract spiracles **53**
thorax 30, 36, **46**
thrips **92**, 137, 138
Thrips coloratus 137
Thrips palmi 138, **149**
Thrips spp. 138
Thrips tabaci 137
thysanura 83, 84
tibia 48, 86
tibia spine 48
tick 81, 165
tobacco **171**
tobacco leaf curl virus 143
tobacco mosaic 191
tolerance 173
tongue 46
tonofibrila 56
toxaphene 202
trade name **196**
transgenic canola 174
transgenic plant 173, **174**, 194
transovarial transmissio 73
trap crop 233
traps **215**
tree cricket 86
triangulin 112
tribe 79
Tribolium castaneum 103, 137
trichinidae 185
trichlorfon 202
Trichogramma japonicum 188
Trichogramma spp. 20, 105, 145, 235
trichogrammatidae 185
Trichoplusia ni 117, 191
trichoptera 82, **97**, **98**
Trichosanthes sp. 169
Tridax procumbens 169
Trinervitemes 131
trinomial name 79

Tripanosoma crusi 21

Tripanosoma evansi 22

trithion 202

tritocerebrum 60

trochanter 47

Trogoderma granarium 212

tsetse fly 21, 77, 125, 155, 177

tube 71, 92

tubilifera 92

turgor muscle 56

twisted winged parasite 82, 97

tymbal 53, 123

tympanum 48

tympanum organ 119

type of legs **48**

type of reproduction **76**

type of respiratory syste **68**

type species 80

U

ulterine 156

uterus 156

ultra low volume liquid 199

urea 72

uric acid 72

uricyte 72

urocyte **72**

uterus **156**

V

vas deferens 76

vector 21

Vedalia sp. 185

vegetable 170

vegetable insect pests **136, 145**

vein 67

ventral 46, 53, 60

ventral nerve cord 60

ventral nerve ganglia 64

ventral tracheal trunk 68

ventricles 71

ventriculus 71

vermiform **114**

vermiform larvae **113**

vertex 40

Verticalis 79

vibration **119**

viceroy 128

visceral 60

visceral nervous system **60**, 64

visceral tracheal trunk 68

visualization **118**

vitamin 73

vittellogenic hormone 153

vivipary **77**

Vogtia nalloi 18

vulva 75

W

walking **116**

walking sticks 86

wasps 82, 101

wax 36, 37, 64, 94

wax gland 64

webspinners 90

western equine encephalitis 153

WG 198

white head 140

whiteflies 94

wing **50**

wing beats 56, 122

Wohlfahrtia 158

wooly aphids 94

workers 32, 133, 134

working castes **134**

WP 198

Wuchereria bancrofti 153

X

X - ray 177

X. cheopis 161

Xannohabdus 191

Xanthopimpla flovoline 189

Xenopsylla cheopsis 161

Xyleborus fornicatus 138

Xyleutes ceramicus 190

xylophagous insects 103

xylophagy 103

Xylotrechus quachipes 137

Y

yellow dwarf 235

yellow rice borer 136

yellow water pan trap 227

yolk 77

Z

Zea mays 9

zectran 202

Zeuzera coffeae 138

Zeuzera indica 190

zineb 20

zinophos 202

zoo plankton 12

zoophilic 22

zooplankton 105

zoraptera 90

Zorotypus 90

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Suranaree University of Technology
31051001210141

ผลิตสำเนาโดย : ฝ่ายบริการสื่อการศึกษา
ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี