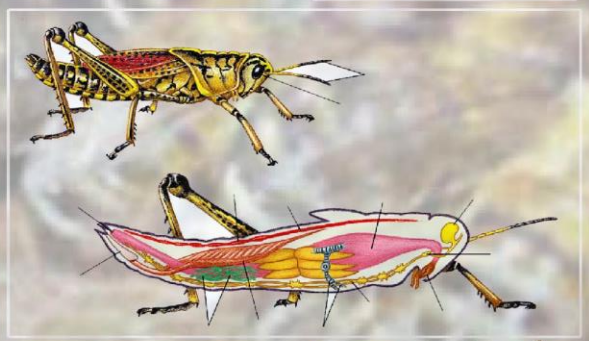
المملكة العربية السعودية
وزارة التعليم العالي
جامعة الطائف
إدارة النشر العلمي

علم الحشرات العام

التركيب الداخلي والوظيفة



أ.د / جمال السيد محمد سيد

٢٠١٠

علم الحشرات العام جـ ٢ أ.د / جمال السيد محمد سيد ٢٠١٠

علم الحشرات العام

التركيب الداخلي والوظيفة

(الجزء الثاني)

أ.د. جمال الدين الدامودي

تأليف

أ.د. جمال السيد محمد

جامعة الطائف

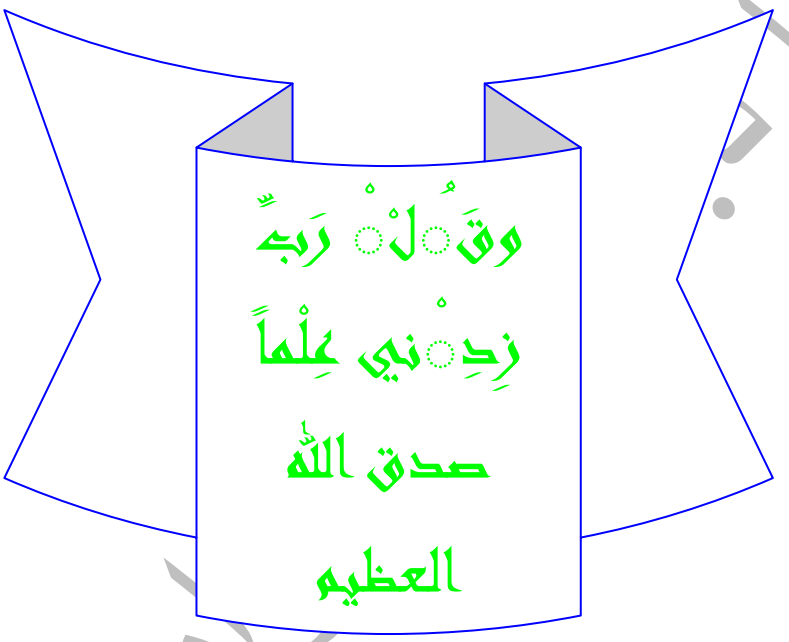
علم الحشرات العام : التركيب الداخلي والوظيفة (الجزء الثاني)
أ.د.جمال السيد محمد
© حقوق الطبع محفوظة لجامعة الطائف
الطبعة الأولي: 1431هـ/ 2010

جامعة الطائف
الحوية
رمز بريدي: 21974
المملكة العربية السعودية

(ح) جامعة الطائف 1431هـ
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

جمال السيد محمد
علم الحشرات العام : التركيب الداخلي والوظيفة (الجزء الثاني)/ جمال السيد محمد.- الطائف:جامعة الطائف.1431هـ
305 ص ؛ ..سم
ردمك: 1-7-8063-603-978
1- الحشرات أ. العنوان
ديوي 595,7 1431/2525

بسم الله الرحمن الرحيم



أ.د. جمال البرامونى

المحتويات

العنوان	رقم الصفحة
المقدمة	IX
أنتشار الحشرات	12
جدار الجسم في الحشرات	28
جدار الجسم والهيكل الخارجي	30
مكونات جدار الجسم	35
تركيب جدار الجسم	37
الانسلاخ	42
طرق الكشف عن مكونات الكيوتيكل	49
الأجهزة الداخلية والوظيفة	53
الجهاز العضلي	55
تركيب العضلة	55
الترتيب العضلي	58
الجهاز التنفسي	66
الثغور التنفسية في الحشرات	67
أجهزة التنفس في الحشرات	70
القصبات الهوائية	72
القصيبات الهوائية	72
تنظيم التنفس	77
تهوية الجهاز القصبي	79
التنفس في الحشرات المائية	82
التنفس في الحشرات الطفيلية	88
الجهاز الهضمي	94
القناة الهضمية الأمامية	96
القناة الهضمية الوسطي	100
القناة الهضمية الخلفية	105
الهضم والامتصاص	107

أ.د. جمال البرامودي

أدوار القناة الهضمية	108
الجهاز الآخراجي	117
أعضاء الآخراج الثانوية	117
أنابيب ملبيجى	121
المستقيم	124
الجهاز الدوري	127
الوعاء الظهري	128
الهيموليمف	131
خلايا الدم	132
المكونات العضوية للدم	135
المكونات غير العضوية للدم	137
خواص الدم	138
وظائف الدم	139
الجهاز التناسلي	145
الجهاز التناسلي الذكري	147
الجهاز التناسلي الأنثوي	152
طرق التكاثر في الحشرات	156
الدورات الموسمية	162
الجهاز العصبي	169
الخلية العصبية	169
العقدة العصبية	172
الأساس الفسيولوجي لعمل الجهاز العصبي	174
النقل العصبي	175
الجهاز العصبي المركزي	176
الجهاز العصبي الحشوي	180
الجهاز العصبي الحسي المحيطي	181
المستقبلات الحسية	182
مستقبلات ميكانيكية	182
مستقبلات كيماوية	187
مستقبلات الضوء	189

أ.د. جمال البرامودي

هرمونات الخلايا العصبية	202
الجهاز الغدي	202
الفيرمونات الحشرية	207
الاتصال الكيماوي	209
تقسيم الفيرمونات	210
المستقبلات الكيميائية للفيرمونات	212
وظائف الاتصال الكيماوي	213
إطلاق وحركة الفيرمونات	216
الفيرمونات واستخدامها	218
الاستخدام المبكر للفيرمونات الجاذبة	219
النشاط الفيرموني	220
كيفية عمل الفيرمون الجنسي	221
استخدام الجاذبات الجنسية في مكافحة الحشرات	222
التركيب الكيميائي للفيرمون	226
تنظيم الإطلاق الفيرموني	228
سمية الفيرمونات	229
العوامل التي تؤثر على استجابة الحشرة للفيرمونات	229
الجسم الدهني والآيض العام	233
الجسم الدهني	233
أنواع الخلايا في الجسم الدهني	236
الإضاءة في الحشرات	241
التمثيل التنفسي في الحشرات	247
مصادر الطاقة	249
إطلاق وتخزين الطاقة	249
استخدام الطاقة	253
التنفس اللا هوائي في الحشرات	254
التمثيل الأيضي الوسطي	255
تمثيل الكربوهيدرات	256
تمثيل الليبيدات	258

أ. نجمال البراموني

تمثيل البروتين والأحماض الأمينية	261
المنتجات النهائية للتمثيل الهدمي	263
معدل التمثيل الأيضي	266
المشابهات الكيميائية النباتية وعلاقتها بالحشرات	291
المشابهات الكيميائية واختيار العائل بواسطة الحشرات	293
أماكن تخزين المشابهات الكيميائية في النسيج النباتي	296
العوامل الخارجية وتركيز المشابهات الكيميائية في العوائل النباتية	297
اختيار العائل النباتي	299
السلوك الحشري والمشابهات الكيميائية	302
استجابة التغذية	306
استهلاك الطعام وارتباطه بالنمو	307
المشابهات الكيميائية وسلوك وضع البيض	310
المشابهات الكيميائية ونسب الموت والتشوهات في الحشرات	311
ميكانيكية تأقلم الحشرات مع المشابهات الكيميائية	314
المشابهات الكيماوية والسمية	314
أماكن تخزين المشابهات الكيميائية في جسم الحشرة	316
التأقلم الفسيولوجي للمشابهات الكيميائية	317
المشابهات الكيميائية والمعيشة التكافلية	320
المشابهات الكيميائية كوسائل دفاعية للحشرات	321
المشابهات الكيميائية وإنتاج الفيرومونات الحشرية	322
المراجع	326
المصطلحات	330

أ.د. جمال البرامي

مقدمة

بعد أن تم الموافقة على نشر الجزء الأول من كتاب علم الحشرات العام والخاص بالتركيب الخارجي والوضع التقسيمي من قبل جامعة الطائف كان ذلك حافزاً قويا لإتمام الجزء الثاني والخاص بالتركيب الداخلي والوظيفة، والذي يتكلم عن تركيب الأعضاء الداخلية للحشرة ووظيفة كل منها وهذا يعتبر هام للتعرف على أوجه القوة والضعف في الحشرة والتي من خلالها يمكن استغلال هذه المعرفة في مكافحة الحشرات الضارة والتي تؤثر بطريقة مباشرة على الإنسان من خلال التغذية علية ومضايقته ونقل الأمراض إليه كما في حال الحشرات الطبية مثل البعوض أو تؤثر بطريقة غير مباشرة على الإنسان من خلال التغذية على المحاصيل الزراعية التي يتغذى عليها حيث تتسبب في خفض إنتاجية المحاصيل ورداءة نوعية المنتج. كذلك يعطي هذا الكتاب فكرة مبسطة عن تفهم لغة الحشرات وهي الفيرمونات والتي من خلالها يمكن التعرف على طرق جديدة في مجال مكافحة الحشرات لتقليل الاعتماد على المبيدات الحشرية المكلفة والملوثة للبيئة، ويتكلم أيضا عن علاقة الحشرة بعوائلها خاصة النباتية وكيفية الارتباط معها في علاقات معقدة تهدف لاستخدامها كعوائل للحصول على كل من مصادر الطاقة اللازمة لتغطية كافة أوجه نشاطها البيولوجية، والبروتينات اللازمة لتكاثرها واستمرارها ومن ثم البقاء، وأيضا استخدام المركبات النباتية الثانوية والمعروفة بالمشابهات الكيميائية في العوائل النباتية كوسيلة للتعرف على العوائل وأيضا استخدامها كوسيلة للدفاع عن النفس ضد أعداءها الطبيعية والتي تهاجمها باستمرار.

ولعل هذا الكتاب يوفر المعلومات الأساسية في دراسة علم وظائف أعضاء الحشرة لما يحتويه من معلومات عن هذه الأعضاء من حيث التركيب والوظيفة.

وأتمنى من الله عز وجل التوفيق مع كل امتناني وتقديري لكل من ساعدني في إخراج هذا الكتاب إلي حيز الوجود، وأخص بالذكر معالي مدير جامعة الطائف الذي فتح لنا مجال التأليف والإبداع.

أرجوا أن أكون قد وفقت فيما أصبو إليه والله ولي التوفيق ،،،،،

الأستاذ الدكتور /جمال السيد محمد

أ.د جمال البرامونى

إنتشار الحشرات

Insects Distribution

أ.د. جمال البرامونى

الحشرة كائن حي لافقاري مفصلي الأرجل يتبع مفصليات الأرجل (Phylum: Arthropoda) يتكون جسمها من ثلاث مناطق هى الرأس والصدر والبطن وكل منهم يحتوى على نموات وزوائد لها أهميتها فى حياة الحشرة وآنتشارها. الحشرة تملك ثلاث أزواج من الأرجل ويخرج من كل حلقة صدرية زوج من الأرجل الحقيقة ولذلك الحشرات تتبع صف سداسية الرجل Class Hexapoda (Insecta).

رأس الحشرة تحتوي على نموات وزوائد لها أهمية فى التغذية والرؤيا والشم وتفهم لغة الحشرات (الفيرمونات) حيث تحتوى على عيون مركبة للرؤيا واخري بسيطة لإدراك الحركة وأجزاء فم للتغذية من خلال تقطيع وتفتيت الطعام ميكانيكا بواسطة الفكوك العلوية والسفلية وأيضا هضم الطعام إنزيميا بواسطة انزيم الأميليز الذي يفرز من الغدد اللعابية على الطعام بالفم لترطيبة وتحويل السكريات العديدة الى سكريات بسيطة سهله الأمتصاص وله أيضا أهمية فى شغالات نحل العسل من خلال تحويل رحيق الأزهار الى عسل, وقرون أستشعار لها أهمية كبيرة لما تحتوية من شعيرات ونقر حسية في تفهم لغة التخاطب بين أفراد النوع الواحد.

الصدر يتكون من ثلاث حلقات تحتوى على أعضاء سمع كما فى الحفار ويخرج منها أجنحة كنموات صدرية على كل من الحلقة الصدرية الثانية والثالثة فى غالبية الحشرات فى شكل زوجين من الأجنحة مختلفة الشكل والتركيب والتى تستخدم كوسيله من وسائل تقسيم وتعريف الحشرات وفى بعض الحشرات يقتصر عدد الأجنحة فى شكل زوج واحد فقط على الحلقة

أ.د. جمال البرادعي

الصدرية الثانية ويختفى الزوج الثانى من الحلقة الصدرية الثالثة كما هو الحال فى الذباب والبعض الأخر لايحتوى على الأجنحة كصفة وراثية كما فى بق الفراش او كصفة مكتسبة كما فى البراغيث والأجنحة لها أهمية كبري فى حركة الحشرات لخدمة الكثير من وظائفها البيولوجية. يخرج من الصدر ثلاث أزواج من الأرجل من كل حلقة صدرية يعرف الزوج الأول بالأرجل الأمامية والزوج الثانى بالأرجل الوسطية والزوج الثالث بالأرجل الخلفية ولكل منها وظائف أخري غير الوظيفة الأساسية لهم جميعا وهى الحركة والتنقل لخدمة وظائف الحشرة المتعددة.

البطن تتكون من آحدى عشر حلقة ترتبط مع بعضها من خلال أغشية مفصلية لها أهمية فى حركة الحشرة وتمدد الجسم أثناء فترات نمو البويضات داخل المبيض ووضع البيض والتزاوج وإتزان الجسم خلال الحركة بالمشي أو بالطيران وتحتوى البطن على نموات فى شكل قرون شرجية وزوائد حقيقة مثل آله وضع البيض فى الأنثي وآله السفاد فى الذكر ويوجد بداخل البطن اغلب أجهزةالحشرة الداخلية.

يشكل **جدار جسم** الحشرة هيكل خارجى صلب يدعم الحشرة خارجيا من جميع المؤثرات الخارجية التى تقع على جسم الحشرة ويحافظ على الشكل العام للحشرة ويحمي أجهزة الحشرة الداخلية التى تتكون من:

1- قناة هضمية تتكون من ثلاث مناطق هى قناة هضمية أمامية وقناة هضمية وسطية وقناة هضمية خلفية, وتبدأ القناة الهضمية بفتحة فم وتنتهى بفتحة شرج ويلحق بالقناة الهضمية أعضاء الأخراج.

2- جهاز دوري يتكون من وعاء ظهري عبارة عن قلب تختلف عدد حجراتة بأختلاف نوع الحشرة وآورطي يخرج من القلب ليمتد حتى منطقى الرأس. الجهاز الدوري فى الحشرات من النوع المفتوح حيث لايحتوي على آورد ولا شرايين. والدم فى الحشرات يغيب عنة الهيموجلوبين ولذلك يعرف بسائل الجسم والذي يختلف لونة من حشرة لاخري (Haemolymph).

3- جهاز تنفسي يبدأ من على جدار الجسم بفتحة ثغرية يمتد منها حجرة ثغرية ثم قصبة هوائية ثم قصيبات هوائية متلامسة مباشرة مع خلايا جسم الحشرة لتزويدها مباشرة بالأكسجين.

4- جهاز عضلى يتكون منن عضلات إرادية وعضلات غير إرادية تتوزع فى شكل عضلات هيكيلية وحشوية وزوائدية تخدم حركة الجسم خارجيا وداخليا وتشكل العضلات هيكل داخلى لحماية الحشرة.

5- جهاز تناسلى يتكون من زوج من الغدد التناسلية هما فى حال الذكر خصيتين وفى حال الأنثي مبيضين للتناسل والحفاظ على الذرية وللجهاز التناسلى فتحة خارجية فى نهاية البطن.

6- جهاز عصبي معقد يتكون من المخ وعقد عصبية مزدوجة فى كل حلقة من حلقات الجسم تتصل ببعضها من خلال روابط عصبية فى شكل حبل عصبي بطنى يمتد بطول الجسم ويلحق بالجهاز العصبى مجموعة من الغدد العصبية ذات افراز هرمونى هام فى نمو وتتطور الحشرات.

أ. جمال البرامونى

تتكاثر الحشرات فى غالبيتها بوضع البيض (تكاثر جنسي) من خلال الحشرات البالغة والذي يفقس عن يرقات فى حال التشكل الكامل وحوريات فى حال التشكل غير الكامل أو أفراد تشبة الوالدين فى حال الحشرات عديمة التشكل, اليرقات والحوريات لها أعمار تنمو فيها ويختلف عدد الأعمار بأختلاف نوع الحشرة, اليرقات فى نهاية العمر اليرقي الأخير تتحول الي طور ساكن يعرف بطور العذراء تتشكل فية أعضاء الحشرة الكامله آما العمر الحوري الأخير تتشكل فية أعضاء الحشرة الكامله ليتحول الى حشرة كامله مباشرة دون وجود طور ساكن كما فى التشكل الكامل وتنتقل الحشرة من عمر الى عمر أو من طور الى طور من خلال عملية حيوية تعرف بالانسلاخ والذي يتم فية تغيير جدار الجسم القديم بجدار جسم جديد يسمح بزيادة النمو الضروري لتشكل الحشرة Metamorphosis. هناك حشرات تتكاثر بكريا دون الحاجة للذكور كما فى حشرات المن او تتكاثر بولادة الاحياء وهذا لفظ تعبريا غير حقيقي لخروج الفقس الحديث من الفتحة التناسلية بدلا من البيض حيث يكتمل نمو البويضة فى نهاية فرع المبيض وتفقس داخل الجسم ليخرج الفقس بعدها مباشرة من الجسم.

تمتاز الحشرات بمجموعة من الخصائص التى تميزها عن غيرها من الكائنات الحية والتي تساعدها على الإنتشار والبقاء والمحافظة على نوعها من الإندثار ومنها:

1- تعدد الحشرات:

يتميز صف الحشرات بكثرة تعداد الأنواع المعرفة فى عالم المملكة الحيوانية حيث يصل عدد الأنواع المعرفة الى 900000 نوع تنتمي الى 30 رتبة حشرية Insect Orders وتعتبر رتبة غمدية الأجنحة Order Coleoptera من أكثر الرتب احتواء على الأنواع الحشرية حيث تضم حوالى 220000 نوع. وتعتبر الحشرات من أكثر أنواع الكائنات الحية إنتشارا حيث تتواجد فى جميع الأماكن حتى قمم الجبال والأنفاق تحت الأرض وفى الأنهار والبحار والمناطق القطبية فيما عدا أعماق البحار ولايوجد كائن حى يماثل الحشرة من حيث مدي إنتشارها وتواجدها فى اماكن يصعب على غيرها من الكائنات الحية التواجد فية والعيش به , فمثلا توجد أنواع من الخنافس تابعة لعائله Cicindellidae فى الصحاري القاحله حيث الجفاف وإرتفاع درجة الحرارة ولكنها تستطيع الحصول على الماء من خلال تجميعة بواسطة أقدامها وقت نزول الندى فى الفجر وإبتلاعة. وهناك أنواع أخري تنتشر وتعيش فى أماكن شديدة البرودة مثل الحشرات ذات الذنب القافز Collembola حيث تقضي فترة البرودة الشديدة فى شكل بيات شتوي فى الجليد المتراكم, وهناك أنواع من الحشرات تعيش فى الزيوت وهناك حشرات تنتشر فى الهواء لمسافات عالية مثل البعوض وهناك حشرات تنشط نهارا وأخري تنشط ليلا ومنها مايكون اسراب كبيرة ويهاجر لمسافات كبيرة عابرة للحدود القارية مثل الجراد الصحراوي.

أ.جمال البراموني

2- تحورات وتراكيب مميزة للحشرات:

غالبية الحشرات تنتشر وتعيش على الأرض وتعرف بالحشرات الأرضية ومنها ما يعيش فى الماء وتعرف بالحشرات المائية وهى الأقلية. الحشرات تعيش فى مناطق بيئية مختلفة تدفعها الى وجود تحورات خاصة فى تراكيب جسمها تساعدها على العيش والحماية وتمكنها من النمو والتكاثر وبالتالى زيادة قدرتها علي الأستمرار فى البقاء, ومن هذة التحورات مايلي:

أ- هيكل خارجي صلب.

جدار الجسم فى الحشرات يتكون من مادة صلبة هى الكيتين تعمل كهيكل خارجيى له أهمية كبيرة فى حماية الحشرات من الضغوط الخارجية ويوجد بين المناطق الصلبة لحلقات الجسم مناطق مرنة عبارة عن أغشية رقيقة تساعد الحشرة على الحركة والتنقل والوصول الى أماكن يصعب على أي كائن الوصول اليها ولها أهمية ايضا فى تمدد الجسم أثناء إمتلاء البطن بالبيض كما فى النمل الأبيض. يوجد على جدار الجسم مجموعة من النموات والزوائد التى تستخدم كوسيله فى تصنيف وتقسيم الأنواع المختلفة من الحشرات. يشكل جدار الجسم أهمية فى تكوين الهيكل الداخلى من خلال إغماد عضلات الجسم فية من الداخل وبالتالي لجدار الجسم أهمية كبيرة فى حياة وتطور الحشرات. قوة الهيكل الخارجى للحشرات تعادل قوة الهيكل الداخلى للفقاريات بثلاث مرات.

ب- أجنحة عامله.

تتميز غالبية الحشرات بوجود زوج أو زوجين من الأجنحة العامله على حلقتى الصدر الثانى والثالث ولهما أهمية فى حركة الحشرة من خلال الطيران وبالتالى تستطيع الحشرات المحافظة على بقاءها وإنتشارها حيث أن الطيران يمكن الحشرة من الهروب من الأعداء الحيوية والبحث عن الغذاء والبحث عن الجنس الأخر للتزاوج وإيجاد المكان المناسب لوضع البيض والمحافظة على ذريتها والهجرة بالطيران لمسافات كبيرة لتحقيق أهداف بيولوجية للحشرة مثل الجراد الصحراوي.

ج- حجم الحشرة.

تتميز غالبية الحشرات بحجمها الصغير والقليل منها حجمة كبير مثل الحشرات العصوية حيث يصل طولها الي 25 سم. الحجم الصغير فى الحشرات له أهمية كبيرة فى حياة وبقاء الحشرات حيث يمكن الحشرة من توفير غذاءها فكمية قليله من الغذاء في بيئة الحشرة تفى باحتياجتها ويزيد من قدرتها على الهروب من الأعدء الحيوية من خلال سرعة الأختفاء فى الشقوق وتحت الصخور وتحت قلف الأشجار والأوراق الساقطة والحجم الصغير لايشكل عائق فى توفير المسكن للأعداد الكبيرة وله أهمية كبيرة فى زيادة مرونة وقوة الجسم حيث أن حجم الجسم يتناسب عكسيا مع قوة العضلات فكلما قل الحجم ذادت قوة العضلات ويظهر ذلك بوضوح فى حشرة البرغوث فطولها لايتعدى 1.5 مم وتقفز لإرتفاع يصل الي 21 سم.

أ.د. جمال البرامونى

د- ملائمة التراكيب للظروف المحيطة.

تتميز الحشرات بوجود مجموعة من التحورات المورفولوجية والفسيولوجية فى تراكيب جسمها تمكنها من التأقلم مع البيئة ومحتوياتها التى تعيش بها وهذة التحورات المورفولوجية تشمل أجزاء الفم والأرجل والأجنحة والزوائد التناسلية واللاتناسلية آما التحورات الفسيولوجية فتشمل تحورات فى أجهزة الجسم تمكن الحشرة من العيش فى بيئات مختلفة مثل تحور الجهاز التنفسي فى الحشرات التى تعيش فى الماء وتحور الجهاز الهضمى المستمر مع تنوع الغذاء وتنوع الجهاز الدوري حسب نوع الحشرة.

هـ- التطور الكامل.

تتميز الحشرات عن غيرها من الكائنات الحية بطريقة تطورها خلال دورة حياتها والتى تبدأ بطور البيضة وهو طور يتم بداخله عمليات النمو الجنيني (Egg stage/ Embryonic development stage), يفقس هذا الطور ليعطى طور اليرقة (Larvae stage/ feeding stage) وهو الطور المتغذي والمسئول عن النمو وتكوين أعضاء الحشرة الكامله ويتم ذلك من خلال التغذية المستمرة بواسطة عدد من الأعمار يختلف عددها داخل الطور اليرقي باختلاف النوع الحشري, ثم يتحول الطور اليرقي بعد اكتمال تكوين أعضاء الحشرة الكامله الى طور العذراء وهو طور ساكن غير متغذي (Pupae stage/ Static stage) يتم بداخله لفترة زمنية محددة بالنوع الحشري عمليات تكشف وأنشاء أعضاء الحشرة الكامله

أ.د. جمال البرادعي

بعدها مباشرة ينسلخ من طور العذراء طور الحشرة الكامله وهو أخر اطوار الحشرة (Adult stage/Reproductive stage) فى التشكل الكامل وهو المسئول عن المحافظة على الذرية من خلال التكاثر. وأهمية هذا التطور فى تمكين الحشرة من التغلب على الظروف المعاكسة (بيئية أو حيوية) التى قد تتعرض لها الحشرة أثناء مراحل التطور فى بيئتها من خلال سرعة تحولها من طور لأخر إذا تعرض أحد الأطور لظروف معاكسة سواء بيئية أو نقص فى التغذية أو التعرض للاعداء الحيوية لضمان التغلب على مثل هذة الظروف والمحافظة على البقاء والأستمرار.

و- الخصوبة العالية.

تعتبر الخصوبة العالية وهي المقدرة العالية للحشرات البالغة على انتاج الخلايا الجنسية (البويضات والحيوانات المنوية) بكميات كبيرة تميزها عن غيرها من الكائنات الحية من أهم صفات الحشرات لإنتاج أعداد كبيرة من البيض المخصب وذلك لضمان المحافظة على النوع فى ظل التعرض المستمر للظروف البيئية القاسية والأعداء الحيوية التى تقضي على أعداد كبيرة من أطوار الحشرة غير الكامله وبذلك تضمن الحشرة نجاة عدد من الحشرات الكامله والتى تستطيع تكمله دورة الحياة والمحافظة على ذريتها. وأيضا هذة الميزة لها أهمية فى بعض الحشرات وخاصة التى تعيش معيشة اجتماعية لتوفير أعداد كبيرة من الحشرات لخدمة وتنمية االمستعمرة مثل النمل الأبيض ونحل العسل. وتتكاثر الحشرات جنسيا بوضع البيض وغير

جنسيا من خلال التكاثر البكري (حشرات المن) وولادة الأحياء (ذباية اللحم) او التكاثر من خلال الاطوار غير الكامله (يرقات الهاموش).

م- لغة الحشرات.

تعتبر الفيرمونات هى لغة الحشرات التى يتم من خلالها التواصل بين أفراد النوع الواحد لأداء جميع الوظائف من تجميع الغذاء و الدفاع والتكاثر والهجرة وتوزيع الأدوار داخل المستعمرة وغير ذلك من الوظائف البيولوجية العديدة للحشرة ولايمكن لفرد من نوع حشري أختراق لغة نوع أخر وبالتالى تستطيع الحشرة المحافظة على نوعها والدفاع عن نوعها من الأعداء الحيوية المحيطة بها وأيضا يتم من خلال التخاطب والتواصل التغلب على نقص الغذاء ومجابهة الظروف البيئية القاسية التى قد تتعرض لها.

ي- التفاعل مع عوائلها النباتية.

يرتبط العديد من الحشرات فى علاقات مميزة مع عديد من النباتات التى تتغذي عليها بهدف التغذية والنمو ووضع البيض وأيضا من خلال الأستفادة مما تحتوى علية من من مواد نباتية ثانوية (المشابهات الكيميائية) لتستخدمها فى التعرف على عوائلها وأيضا فى الدفاع عن نفسها ضد أعداءها الحيوية فى بيئتها ويتم ذلك من خلال التطور المستمر فى تقنيات الحشرة الفسيولوجية لسهوله الأرتباط بعوائلها وتحقيق أكبر قدر من الأستفادة منها وبالتالى المحافظة على انتشارها وبقاءها.

أ.د. جمال البرادعي

الأضرار العامة التى تسببها الآفات الحشرية :

1 – أضرار خاصة بالمزروعات.

أ – القرض والحفر فى الأجزاء الخضرية والثمرية للنبات مما يضعف النبات أو يقضى علية .

ب – أمتصاص العصارة النباتية مما يسبب ضعف النبات .

ج – نقل المسببات المرضية للنبات مما يؤدى الى موتها .

2 – أضرار خاصة للمواد المخزونة والممتلكات

أ – تلف مباشر للمواد المخزونة نتيجة التغذية.

ب – تلف المنسوجات والملابس والصوف.

ج – تلف الأخشاب والمنتجات المصنعة منها.

3- أضرار خاصة بالأنسان

أ- الأذعاج ب-نقل الأمراض ج- نقل السموم د- تهيج الجلد والحساسية

هـ- تكاليف العلاج ج- تكاليف المكافحة د- التلوث البيئي

4- أضرار خاصة بحيوانات المزرعة

أ- نقل الأمراض 2- هلاك مزارع الدواجن وحيوانات المزرعة 3- التأثير على الأقتصاد القومى.

أ.د جمال البرامودي

منافع الحشرات

1- الترويح على النفس من أشكال الفراشات والوانها الجذابة

2- عمل صناديق لأنواع مميزة للحشرات تباع بأسعار عالية وتستخدم فى تجميل المنازل والفنادق

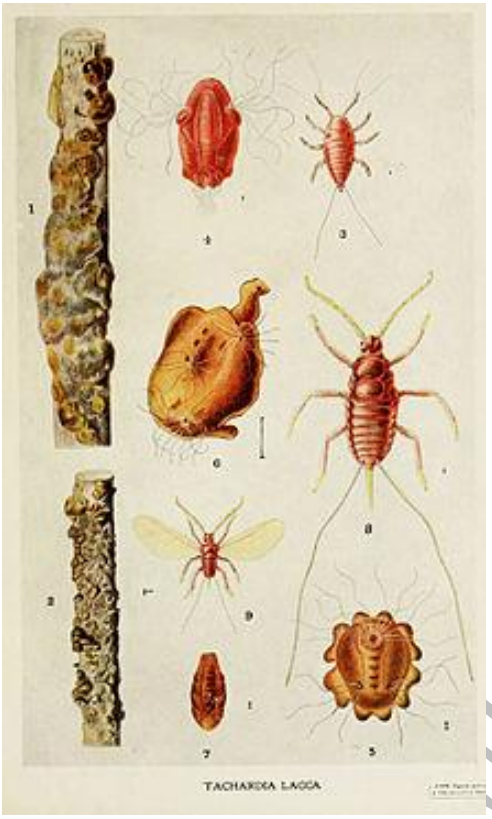
3- منتجات نحل العسل من عسل وحبوب لقاح وغذاء ملكات 4- منتجات ديدان الحرير التوتية من قماش الحرير واستخدام العذاري فى التغذية لزيادة الخصوبة.

5- الحشرات كملقحات للأزهار وأنتاجية المحاصيل واستمرار الكساء الأخضر(نحل العسل وبعض حشرات من الذباب).

6- استخدام الحشرات المفترسة والمتطفله (مكافحة حيوية) كوسيلة نظيفة غير ملوثة للبيئة فى برامج المكافحة المتكامله للافات لمكافحة الضارة.

7- أستخدام بعض الحشرات ومنتاجتها فى الصناعة مثل بعض الحشرات القشرية تنتج مادة السيلاك (مادة التانين) بغرض حمايتها وهذة المادة تستخدم فى صناعة الأحبار والشموع والبويات ولمعان الأخشاب وثقلها وتمتاز بأنها عازلة للرطوبة والكهرباء وشديدة اللمعان وعديمة الرائحة وهى مرتفعة الثمن, وهناك أيضاً حشرات تسبب للنباتات أورام تستخدم كمصدر لأستخراج مادة التنيك المستخدم فى دباغة الجلود وبعض حشرات من البق الدقيقي تستخدم فى صناعة أحمر الشفاة.

8- الحشرات كوسيلة نظيفة لمكافحة االحشائش الضارة مثل حشرة من حرشفية الأجنحة تستخدم لمكافحة التين الشوكى فى أمريكا والذي يظهر كحشيشة فى اراضي المحاصيل الأقتصادية.



female lac bug, *Kerria lacca*

Some of the many different colors of shellac

أ.د. جمال البرامونى

جدار الجسم في الحشرات

Body wall of Insects

أ.د. جمال البرامونى

جدار الجسم والهيكل الخارجي Body wall and Exoskeleton

يتكون الجسم في الحشرات من ثلاثة مناطق هي الرأس والصدر والبطن (شكل:1) يوجد بداخلهم الأعضاء الداخلية والتي تحمي من الخارج بهيكل صلب يعرف بجدار الجسم. ينشأ جدار الجسم (Integument) في الحشرة من طبقة الأكتودرم (Ectoderm) خلال تكوين الشريط الجنيني في مرحلة النمو الجنيني في البيضة.

جدار الجسم هو الهيكل الخارجي للحشرة يحميها من المؤثرات الخارجية وتتغمد فيه العضلات وهذا يجعل جسم الحشرة قوي ومتماسك إلا أن جدار الجسم يمتاز بوجود مناطق مرنه تخلو من مادة الأسكليروتين في كل حلقة من حلقات الجسم وهذا يمكن الحشرة ذات الهيكل الصلب القوي من سهولة حركتها وتمددها وانثناءها خلال عملية التغذية أو الحركة أو خلال امتلاء المبيض بالبيض كما في حال ملكة النمل الأبيض وهذه المناطق عبارة عن أغشية حلقية تعرف Segmental membrane، وأيضا لوجود غشاءان جانبيان يعرفان بالبللورا (pleura) التي توجد ما بين كل من الترجة (Tergum) والأسترنه Sternum المكونان لكل حلقة من حلقات الجسم.

مكونات جدار الجسم Body wall forms

يتكون جدار الجسم من مجموعة من الصفائح والنموات الجليدية الخارجية والنموات الداخلية (شكل:2) وهي كآلاتي:

1- الصفائح Sclerites

تطلق على المساحات الشيتينية الصلبة بجدار الجسم (شكل: 3) مثل الدرقة والشفة العليا، ويفصلها عن بعضها أغشية ضعيفة تعرف بالأدراز Sutures (Articular membrane) .

2- الزوائد والنموات الجيلدية (الخارجية) Cuticular appendages and processes

جدار الجسم يحمل نموات وزوائد شيتينية يكون لها توزيع خارجي باختلاف الأجناس والأنواع وبالتالي يمكن الاستفادة منها في العملية التقسيمية.

أ- الزوائد الجليدية Cuticular appendages

عبارة عن تركيب شيتيني يتصل بجدار الجسم بواسطة حلقة غشائية Membranous joint الزوائد أما أن تكون بسيطة مثل الشعيرات المتحركة Setae (Macrotrichia) يوجد في قاعدتها تجويف يعرف Alveolus، أو مركبة تنتج من التحام بعض الشعيرات مع بعضها في تركيب يعرف بالمهاميز المتحركة Spurs وتوجد على الأرجل لعديد من الحشرات كما في فرس النبي (شكل:4) .

وهذه الشعيرات قد تتفلطح وتكون ما يعرف بالحراشيف Scales (شكل :5) أو تتحول إلي إنتاج إفرازات خارج الحشرة وتعرف بالشعيرات الغدية (شكل: 6) Glandular setae، وقد تتصلب الشعيرات وتكون ما يعرف

بالأشواك Bristles ، وقد تتصل الشعيرات بالجهاز العصبي وتصبح شعيرات حسية Sensory setae (شكل :7) لاستقبال المؤثرات الخارجية. ويتم إنتاج الشعيرات من خلايا تعرف بالخلية المولدة للشعرة Trichogen الموجودة ضمن تركيب طبقة الخلايا الطلائية في جدار الجسم حيث تقوم بإنتاجها وخلال خروجها من جدار الجسم تحدث تمزيق في طبقة الكيوتيكل محدثة تجويف يعرف Alveolus هذا التجويف يفرز غشاء تمفصلي يساعد الشعيرات على الحركة وهذا الغشاء تفرزه خلية موجودة في طبقة الخلايا الطلائية تعرف بالخلية المفرزة لغشاء الشعرة Tormogen .

ب- النموات الجليدية Cuticular processes

عبارة عن نموات خارجة من طبقة الكيوتيكل ولهذا فهي غير متحركة مثل الأشواك الثابتة Spines (شكل:8) والشعيرات الثابتة Microtrichia.

3- النموات الداخلية Internal processes

يمتد جدار الجسم داخليا في نقاط محددة ليكون نموات تعرف بالنموات الشيتينية الداخلية تظهر كنقر على جدار الجسم Apodemes وهي تكون في مجموعها الهيكل الداخلي Endoskeleton والذي يعمل كدعامة قوية وكمراكز تتصل بها العضلات.

تركيب جدار الجسم Structure of the Body wall Integument

يتركب جدار الجسم في الحشرات من ثلاث طبقات (شكل :2) :

1- طبقة الكيوتيكل Cuticle

وهي طبقة غير خلوية غير حية تفرزها طبقة خلوية هي الخلايا الطلائية Epiderms وعلى الرغم من أن الكيوتيكل غير خلوي يعتبر مركز لتغيرات بيوكيميائية يحدد بعضها نشاط أنزيمي كما هو الحال في عملية الانسلاخ.

الكيوتيكل يكون صلب في جدار الجسم إلا أنه يكون مرن في المناطق المرنة والتي لا تحتوي على الأسكليروتين مثل أغشية مابين الحلقات والرقبة.

مكونات الكيوتيكل هي :

أ- الكيوتيكل السطحي Epi-cuticle

هذا الكيوتيكل سمكة لا يزيد عن 4 ميكرون ولا يحتوي على كيتين ووظيفته منع فقد الماء من جسم الحشرة ومنع دخول المواد الغريبة إلي الجسم ، الطبقة الداخلة منه تعرف بالكيوتيكيولين (Cuticuline) والتي تتكون من الليبوبروتين (Lipoprotein) وسلاسل من الأحماض الدهنية المطمورة في مركب البروتين والبوليفينول Polyphenole ويعلوها طبقة واحدة من جزئيات الشمع تعرف بالطبقة الشمعية Wax layer والتي وظيفتها التحكم في فقد الماء من جسم الحشرة ومنعة من البخر خاصة في الحشرات التي تتغذي على غذاء جاف مثل خنافس الحبوب أو التي تعيش في المناطق الجافة مثل الصحراء وهذه الطبقة تتكون قبل الانسلاخ بفترة قصيرة ثم تغطى بطبقة في كثير من الحشرات تعرف بالطبقة السمنتية

Cement layer والتي تتكون بعد الانسلاخ مباشرة وهي تحمى الطبقة الشمعية من الكشط .

يتم تكوين هذه الطبقات من خلايا جلدية توجد في طبقة البشرة الداخلية وتنتقل منها عبر قنوات مسامية في شكل قطرات.

ب- الكيوتيكل الأولى Pro-cuticle

وهي منطقة تشكل الجزء الأكبر من الكيويتكل حيث تتكون من طبقات متراكمة فوق بعضها يتراوح سمك كل طبقة من 0.2 إلي 10 ميكرون، وتتكون من مادة نيتروجينية عديدة السكريات تعرف بالكيتين (Chitin) توجد في شكل ألياف دقيقة ومحاطة بكتلة من البروتينات التي تتنوع في تركيبها من حشرة إلي أخرى وحتى من مكان لآخر في جدار جسم الحشرة الواحدة، وهي غير قابلة للذوبان في الماء أو الكحول. إذن المكون الرئيسي للكيوتيكل هو الكيتين حيث يشكل 50 % وهو يذوب فقط في الأحماض المعدنية المركزة. يقطع هذه الطبقات المكونة للكيوتيكل الأولى قنوات مسامية (Pore- canals) يمتد بداخلها خيوط سيتوبلازمية (Cytoplasmic filaments).

التركيب السابق لهذه الطبقة يمثل تركيبها في الأماكن المرنة في جدار الجسم أما تركيبها في الأماكن الصلبة (الصفائح) يختلف تماماً حيث يتصلب (Sclerotization) الجزء الخارجي منها ويكون ما يعرف بالكيوتيكل الخارجي Exo - cuticle ويظل الجزء الداخلي منها مرن ويعرف بالكيوتيكل الداخلي .Endo - cuticle ، جزئيات البروتين

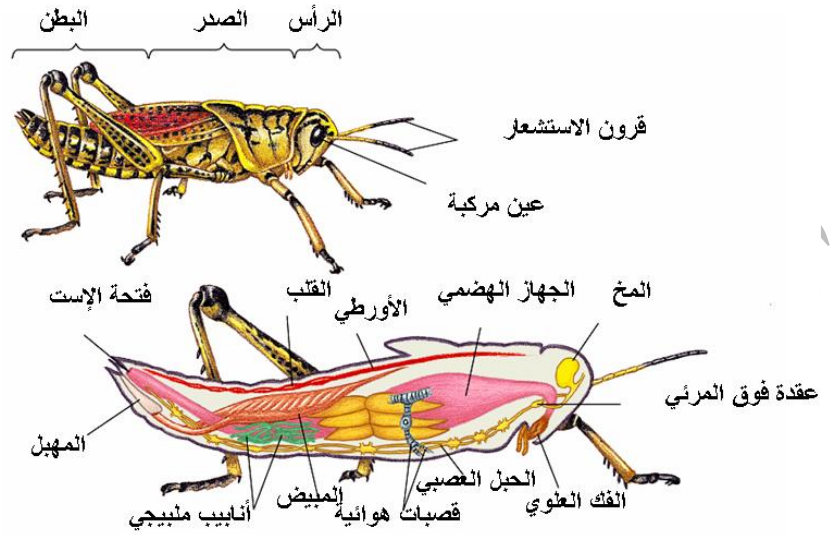
الانفرادية خلال عملية التصلب تتحد معاً من خلال عمليات حيوية لتكوين مركب الكينين Quinine وهو كتلة من البروتين اللازمة لتكوين صفائح الهيكل الخارجي المعروفة بالصفائح Sclerities، لكن الكينون لا يتكون في المناطق المرنة من جدار الجسم حيث توجد فقط بروتينات مرنه بتركيزات عالية وهذه المساحات تعرف بالأغشية Membranes والتي تكون مرنه وناعمة.

2- البشرة الداخلية Epidermis

تتمثل في طبقة واحدة من الخلايا الطلائية مكونـه من نسيج إفرازي يتشكل من عديد من الخلايا الإفرازيـة التـي تقوم بعديد من الوظـائف التـي تستخدم في إنتاج جدار الجسم وما يحمله من نموات وزوائد مثل الخليـة الجليديـة والخليـة الغديـة والخليـة الحسية وخليـة إنتـاج الشـعرة وخليـة إفـراز سـائل الانسلاخ Moulting fluid.

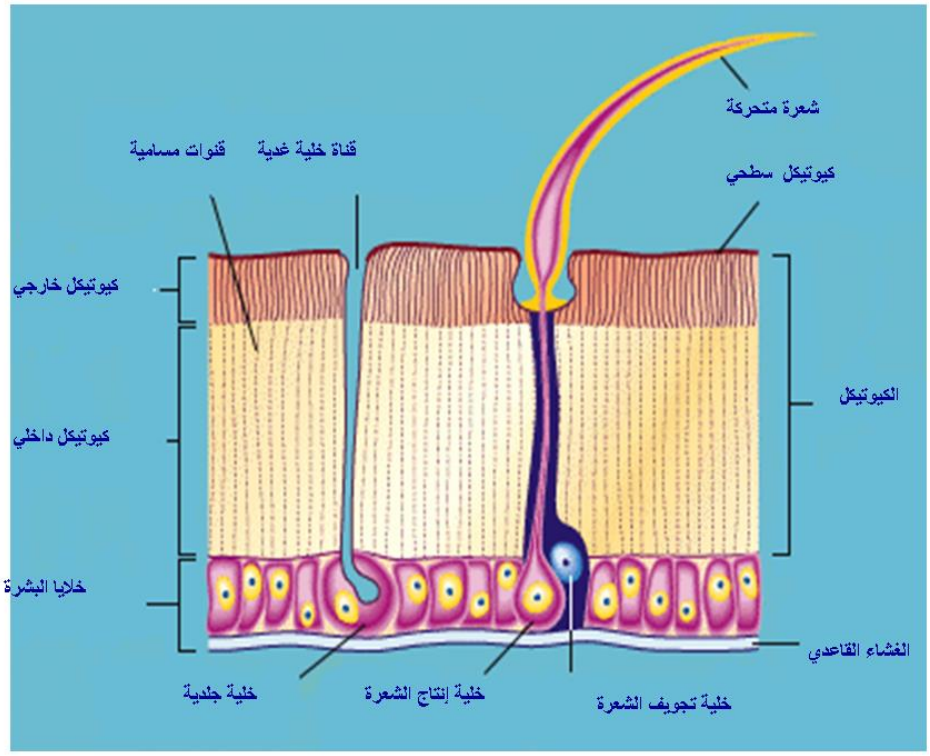
3- الغشاء القاعدي Basement membrane

هو غشـاء مـدعم بطبقتـين مـن Amorphous mucopolysaccharids وأليـاف الكـولاجين، وهـو غشـاء يحـيط بخلايـا البشـرة الداخليـة والعضـلات المتصلة بجدار الجسم وتمتد إليـه أو بينـة القصـبات الهوائيـة Tracheoles ويعتقد أنه ينشأ من خلايا دم الحشرة.



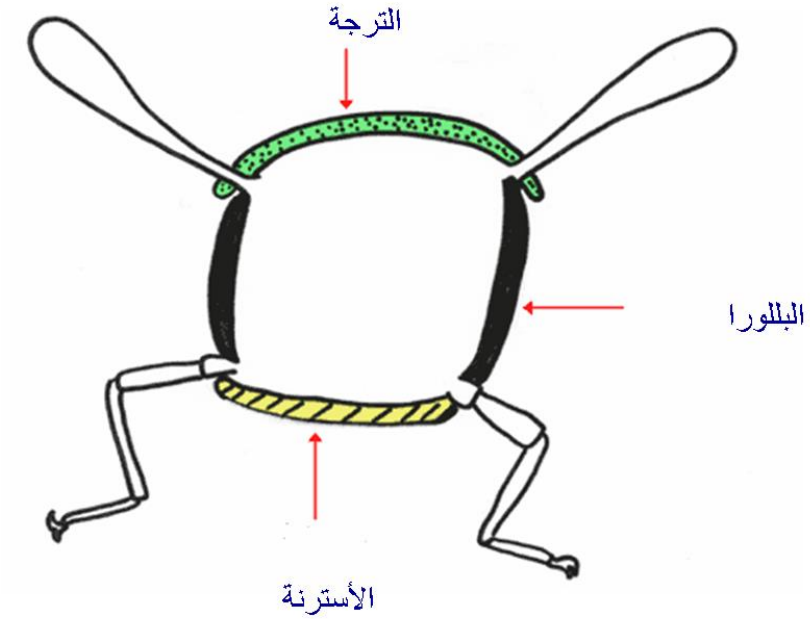
شكل (1): يوضح الشكل العام لجسم الحشرة.

البرامونى

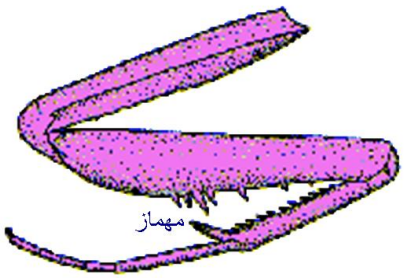


شكل(2): يوضح مكونات جدار الجسم في الحشرة.

براموني



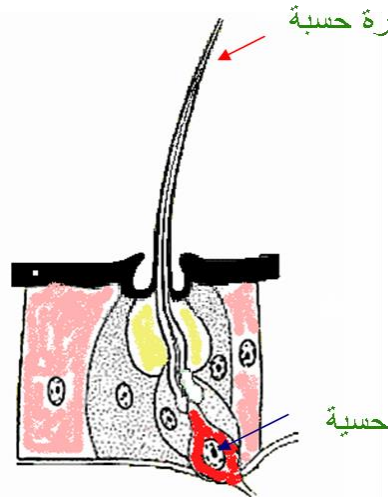
شكل(3): يوضح المناطق الصلبة والمرنة في جدار الجسم.



شكل(4): يوضح المهماز على ساق الرجل الأمامية في حشرة فرس النبي.

شكل(5): يوضح الحراشيف على جدار الجسم.

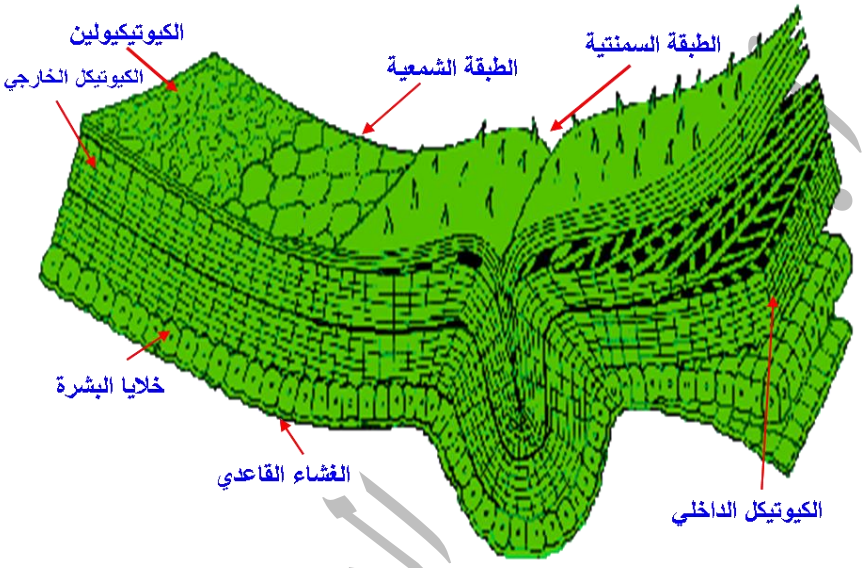
شكل(6): يوضح الشعيرات الغدية على جدار الجسم.



شكل (7): يوضح الشعرة الحسية على جدار الجسم.

شكل(8): يوضح الأشواك الثابتة على جدار الجسم.

أ.د. جمال الدين الشهاوي



شكل(9) : يوضح التركيب العام لجدار الجسم في الحشرة.

الانسلاخ Ecdysis

تحدث عملية الانسلاخ بعد مرحلة النمو بعد الجنيني Postembryonic development والانسلاخ عملية حيوية يتم من خلالها التخلص من طبقة الكيوتيكل القديمة وتكوين طبقة كيوتيكل جديدة لتحقيق الآتي :

1- النمو Growth

وهي مرحلة نمو الحشرة من عمر إلي عمر يتخللها عدة انسلاخات تكون مصحوبة بزيادة في حجم الجسم مع المحافظة على صفات العمر (فرد غير كامل) وعدد الأعمار يختلف باختلاف نوع الحشرة والأساس هو تحقيق النمو المطلوب من هذا العمر في براعم الفرد الكامل حتى تتكشف في حجمها الطبيعي.

2- التطور Development

وفيها تتحول الحشرة من طور إلي طور stage من خلال عملية الانسلاخ المصحوبة بتغير في الشكل الظاهري والداخلي مثل التحول من طور اليرقة إلي العذراء ومن طور العذراء إلي طور الحشرة الكاملة في التشكل الكامل، أو من طور الحورية إلي الحشرة الكاملة في التشكل غير الكامل.

يتحكم في عملية الانسلاخ نظام هرموني يتشكل في:

1- هرمون الحداثة Juvenile hormone

يفرز من غدة الكوربورا ألاتا Corpora allata والتي تقع في الجزء الخلفي للرأس. ووظيفة هذا الهرمون المعروف بهرمون الشباب هو المحافظة على صفات الفرد غير الكامل (اليرقة أو الحورية) خلال

أ.د. جمال البرادعي

مراحل النمو العمري حيث يمنع هرمون الانسلاخ من أتمام وظيفته الثانية وهي التغير في الشكل حتى يتحقق الحجم الطبيعي في نمو براعم الفرد الكامل المطلوب .

وكل من هرمون الحداثة jH_1 و jH_2 مسئول عن المحافظة على الصفات المورفولوجية للفرد غير الكامل (اليرقة أو الحورية).

وتحدد كميه هذا الهرمون كيفية التحول وذلك كما يلي:

*كمية كبيرة من هرمون الحداثة تساوي تحول اليرقة من عمر إلي عمر.

*كمية قليلة من هرمون الحداثة تساوي تحول اليرقة إلي عذراء.

*اختفاء هرمون الحداثة تساوي تحول العذراء إلي حشرة كاملة.

2- هرمون الانسلاخ Moulting hormone (Ecdysteriods)

يفرز هذا الهرمون من غدة الصدر الأولى Prothoracic gland تحت تأثير هرمون المخ Ecdysiotropin الذي ينبه من خلال وجبه غذائية أو من خلال منبه عصبي داخلي مطبوع في الجهاز العصبي ويؤثر في نشاط هذا الهرمون بنشاط هرمون الحداثة. هرمون الانسلاخ يحدث الانسلاخ والتشكل أي يتسبب في حدوث انسلاخ متبوع بتغير في الشكل وتحول الحشرة من طور إلي طور وذلك في غياب هرمون الحداثة الذي ينخفض تركيزه أو يتحلل بواسطة أنزيمات متخصصة قبل عمل هرمون الانسلاخ في نهاية الطور اليرقي أو نهاية طور العذراء.

لكن إذا كانت الحشرة في مرحلة النمو خلال الأعمار اليرقية أو الحورية فإن هرمون الحداثة يكون ذو تركيز عالي يمنع هرمون الانسلاخ من

أحداث وظيفته الثانية وهي التشكل بينما يمكن فقط من أتمام عملية الانسلاخ بعد تحقيق النمو المطلوب في العمر اليرقي أو الحوري.

عملية الانسلاخ

الانسلاخ يحدث من عمر إلي عمر داخل الطور الواحد (اليرقة أو الحورية)، حيث الحاجة إلي هيكل خارجي أكبر، فعندما تصل الحشرة في أحد أعمارها إلي نهاية نموها يلزم عند ذلك تغير جليدها القديم الضيق بجلد جديد يتسع لنمو العمر التالي، ويحدث الانسلاخ أيضا من طور إلي طور مثل الانتقال من الطور اليرقى إلي طور العذراء ثم تحول العذراء إلي الحشرة الكاملة في التشكل الكامل، أو من طور الحورية إلي الحشرة الكاملة في التشكل غير الكامل.

وتبدأ عملية الانسلاخ كالآتي :

1- تبدأ اليرقة أو الحورية في تجهيز نفسها لعملية الانسلاخ حيث تسكن تماما وتمتنع عن التغذية وذلك بعد تناول وجبة غذائية.

2- تبدأ الخلايا العصبية الغدية في المخ في النشاط اعتمادا على وجبة غذائية سابقة أو تتنبه من خلال عصب داخلي وعندها يبدأ إفراز هرمون المخ المنبه لغدة الصدر الأولى لإفراز هرمون الأنسلاخ.

3- الوظيفة الأولى لهرمون الانسلاخ هو تنبيه خلايا البشرة في جدار الجسم لبدء عمليات تكوين هيكل خارجي جديد من خلال الخطوات الآتية:

أ- تبدأ خلايا البشرة في الانفصال عن الكيوتيكل القديم.

ب- يتبع ذلك وجود فراغ بين خلايا البشرة والكيوتيكل القديم .

ج- تبدأ خلايا البشرة في إفراز سائل الانسلاخ Moulting fluid والذي يحتوى على كل من أنزيمات الكيتنيز Chitinase والبروتينيز Proteinase في الفراغ المتكون، هذه الانزيمات تقوم بهضم الكيوتيكل سواء الكيوتيكل الأولى في المناطق المرنة أو الكيوتيكل الداخلي فقط في المناطق الصلبة ولكن الانزيمات في هذه المرحلة تكون غير نشطة.

4- تبدأ خلايا البشرة في إفراز أول طبقات الكيوتيكل الجديد وهو الكيتوكيولين Cuticuline من الكيوتيكل السطحي وهي الطبقة التي لا تتأثر بأنزيمات سائل الانسلاخ وتحمي الطبقات الجديدة من الهضم **(شكل 10:)**.

5- عندما يكتمل تكوين طبقة Cuticuline تبدأ خلايا البشرة في تكوين الكيوتيكل الأولى.

6- يبدأ بعد ذلك نشاط أنزيمات سائل الانسلاخ لتهضم الكيوتيكل الداخلي في المنطقة الصلبة والكيوتيكل الأولى في المنطقة المرنة.

7- يعاد امتصاص سائل الانسلاخ في خلايا البشرة بما يحتويه من بروتينات وكيتين ليعاد استخدامها في تكوين الهيكل الجديد.

8- يتكون قبل الانسلاخ مباشرة الطبقة الشمعية في الكيوتيكل السطحي.

9- تبدأ الحشرة في الانسلاخ اعتمادا على المناطق الضعيفة في الكيوتيكل القديم والتي تتمثل في أدراز الانسلاخ والتي توجد على شكل حرف Y في الرأس أو على شكل خط وسطي ظهري في الصدر.

أ.د. جمال الزاموني

10- الانسلاخ عملية ميكانيكية تعتمد على ابتلاع كمية كبيرة من الهواء كما في الحشرات الأرضية أو الماء كما في الحشرات المائية، لتزيد من الضغط الهيدروليكي للدم على أدراز الانسلاخ في الكيوتيكل القديم مما يؤدى إلي تمزيقها.

11- تبدأ الحشرة في الخروج من درز الانسلاخ في الجليد القديم والمتكون من الكيوتيكل السطحي والكيوتيكل الخارجي في المناطق الصلبة أو الكيوتيكل السطحي والكيوتيكل الأولي في المناطق اللمرنة، بداية من الصدر عن طريق الدرز الصدري ثم الرأس من الدرز الجبهي ثم تنسحب الأرجل ثم بقية جسمها وبعدها تتكون الطبقة السمنيتية أخر طبقات الكيوتيكل السطحي، فتظهر الحشرة بجليدها الجديد الذي يتميز باللون الأبيض الناصع والمتعرج والقابل للتمدد.

12- تظهر الحشرة حديثة الانسلاخ في صورة مجهده ولذلك فهي تستقر لفترة على الجليد القديم ثم تبدأ وهي مرتكزة على الجليد القديم في إحداث ضغط هيدروليكي للدم بمساعدة الهواء أو الماء في فرد الجليد الجديد بالحجم المطلوب لنمو عمر جديد.

13- تبدأ الحشرة بعد فرد الجليد الجديد في إجراء عملية التصلب للمحافظة على حجمه وذلك من خلال:

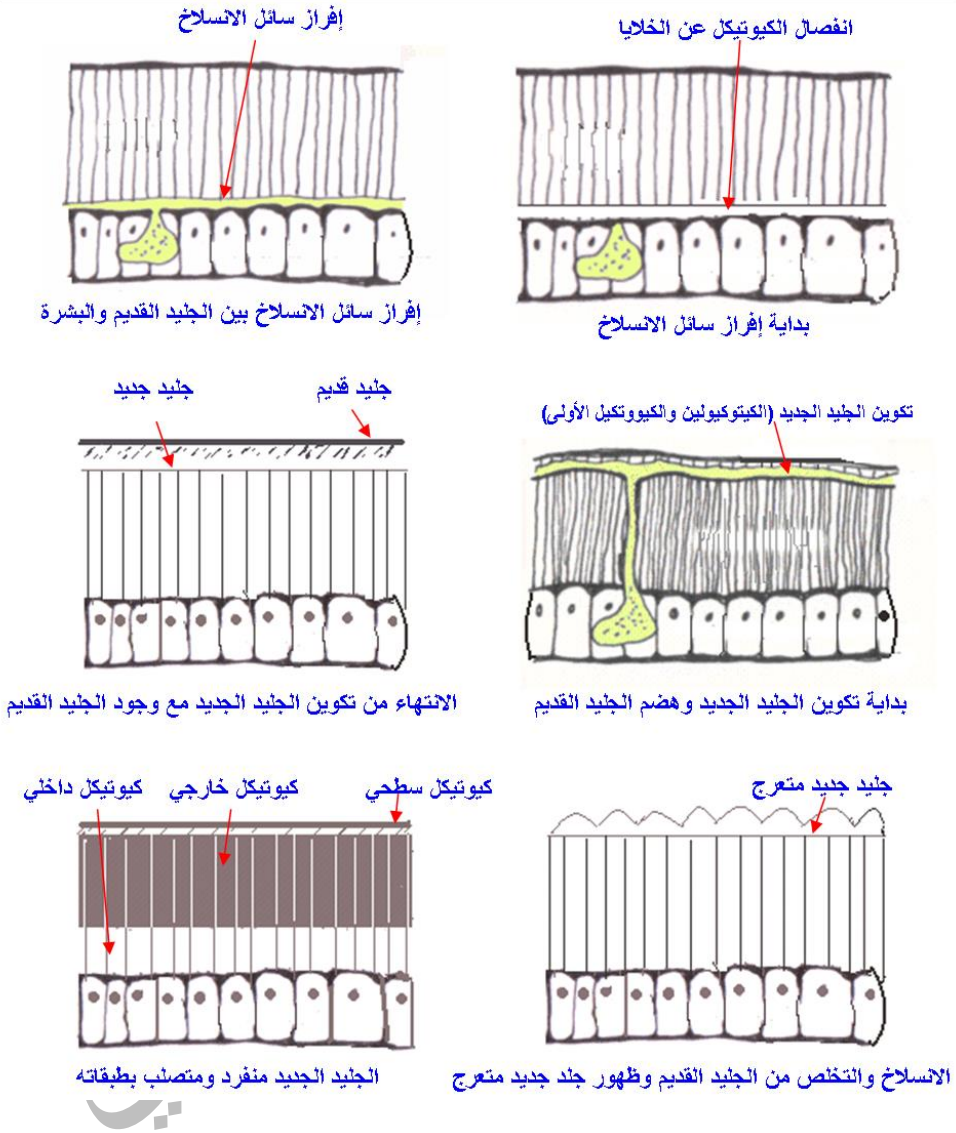
أ- حدوث جفاف جزئي مع انتشار السلاسل الجزئية للبروتينات بدرجة عالية وحدوث ارتباط فيما بينها.

ب- إفراز أنزيم Oxidase من خلال خلايا الدم Oenocytoides والذي يمر من خلال خلايا البشرة عابراً للكيوتيكل الأولى ليرتكز على سطح الكيوتيكل السطحي المفرود.

ج- في نفس الوقت تمر الأحماض الأمينية مثل حامض التربتوفان Tryptophane أو حامض التيروسين Tyrosine أو منتجات أكسدتهما الجزئية من الدم خلال طبقة البشرة حتى تصل إلي سطح الكيوتيكل السطحي.

د- يتم على سطح الكيوتيكل السطحي الجديد أكسدة هذه الأحماض بواسطة أنزيم الأوكسديز لتكوين مادة الكينين Quinine وهي مادة الدباغة والصبغ الأساسية حيث تصبغ الكيوتيكل السطحي ثم الطبقة الخارجة من الكيوتيكل الأولى في المناطق الصلبة وتعرف بطبقة الكيوتيكل الخارجية (Exco-cuticle or dark layer)، بينما لا يتم صبغ الطبقة الداخلية من الكيوتيكل الأولى المعروفة بالكيوتيكل الداخلي (Endo-cuticle or pale layer).

أ.د. جمال البرامونى



شكل(10): يوضح مراحل الانسلاخ وتكوين جليد جديد.

القنوات المسامية Pore - canals

عبارة عن نموات خيطية رفيعة تنشأ من خلايا البشرة يتراوح قطرها ما بين 0.15 إلي 1 ميكرون وهي تمتد خلال الكيوتيكل الأولى وأحيانا الكيوتيكل السطحي ولها أشكال مختلفة منها ما هو لولبي ومنها ما يأخذ شكل جذع شجره ولها وظائف عديدة منها :

1- تقوم بنقل المواد المستخدمة في تكوين الكيوتيكل السطحي.

2- تقوم بنقل الانزيمات المؤكسدة في عملية التصلب.

3- تقوم بنقل المواد المستخدمة في التئام الجروح.

نفاذية الكيوتيكل :

تختلف نفاذية الكيوتيكل من جزء إلي جزء أخر في نفس الحشرة وكذلك من حشرة إلي أخرى وعلى الرغم من أن هناك علاقة بين سمك وصلابة الكيوتيكل والنفاذية إلا أن هناك حشرات مثل حشرة فراشة الملابس *Tineola* تمتاز بكيوكتيل رقيق إلا أنها مقاومة للجفاف مثل الحشرات ذات الكيوتيكل السميك والصلب.

طرق الكشف عن مكونات الكيوتيكل

1- الكشف عن الكيتين(Chitin) في الكيوتكيل:

اختبار ويسلنج Wisselingh's test

الأساس فيه هو تحويل الكيتين إلي كيتوذان الذي يمكن التعرف علية بظهور اللون البنفسجي مع اليود (يود تركيزه 0.2 % مع 1% حمض كبريتيك).

أ.د. جمال البرامونى

خطوات العمل:

1- تنزع ترجات الحلقة الصدرية الأولى من الصراصير وتوضع في أنبوبه اختبار.

2- تؤخذ القناة الهضمية الوسطى وتوضع في أنبوبه اختبار ثانية وكذلك الأغشية ما بين الحلقات وتوضع أنبوبه اختبار ثالثة.

3- يضاف إلي الأنابيب الثلاثة محلول صودا كاوية مشبع.

4- توضع الأنابيب في حمام جلسرين على درجه 160°م لمدة 20 دقيقة.

5- بعدها نتخلص من الصودا الكاوية بغسل محتويات الأنابيب الثلاثة بكحول الأيثايل 90% ثم نغسل بالماء.

6- توضع محتويات الأنابيب الثلاثة في زجاجة ساعة أو طبق بتري ويضاف إلي كل منها قطرات من اليود.

7- الملاحظة : الترجات تعطي لون بنفسجي مما يدل على وجود الكيتين بها بينما الأغشية والقناة الهضمية الوسطى لا تعطى هذا اللون مما يدل على أنها لا تحتوي على الكيتين.

2- الكشف عن البروتين :

أولاً:اختبار Millon and Biuret

أ- تنزع ترجات الصرصور وتطحن بالرمل والماء.

ب- ينقل المسحوق إلي زجاجة ساعة.

أ.د. جمال البرادعي

ج- يضاف إليه قليل من الصودا الكاوية المركزة مع إضافة قليل من كبريتات النحاس المائية.

د- إذا شوهد لون وردي أو قرمزي يدل ذلك على وجود البروتين.

ثانياً:**اختبار Thansobrotic**

يضاف للمسحوق السابق كمية من حمض النيتريك ثم قليل من أيدروكسيد الألمونيوم وإذا شوهد حلقة لونها برتقالي زاهي عند سطح الانفصال بين المادتين يكون ذلك دليل على وجود البروتين.

3- الكشف عن الشمع

أ- تفتل مجموعة من الذباب وتوضع في زجاجة ساعة ويضاف إليها محلول من كحول الأيثايل والكيروسين بنسبة 1:1.

ب- يتم فحص الحشرات المغمورة في المحلول تحت الميكروسكوب.

ج- إذا شوهد خروج قطرات ماء من الجسم على هيئة فقاعات دقيقة في المحلول يدل ذلك على وجود طبقة الشمع.

حيث إن الكيروسين يزيل الطبقة الشمعية وكحول الأيثايل يمتص الماء ويخرجه من الجسم في صورة فقاعات تزداد في الحجم حتى تنفجر وتختفي في المذيب.

أ.د. جمال البرادعي

أ.د. جمال البرامونى

الأجهزة الداخلية والوظيفة
Function and Internal Systems

أ.د. جمال البرامونى

الجهاز العضلي والحركه Muscular system and locomotion

تملك الحشرات جهاز عضلياً معقد التركيب يتحكم في حركة الجسم وزوائده وأعضاءه الداخلية وعدد الأربطة العضلية Muscle bands في الحشرة كبير قد يصل إلي 200 رابطة عضلية كما في يرقات حرشفية الأجنحة. عضلات الحشرة سواء الإرادية أو اللاإرادية من النوع المخطط عكس العضلات في الفقاريات. لون العضلات في الحشرة قد يكون نصف شفاف أو رمادي بينما يتراوح لونها ما بين الأصفر أو البرتقالي أو بني فاتح في عضلات الصدر الداخلية.

تركيب العضلة Muscle structure

تتركب العضلة الإرادية أو اللاإرادية من عديد من الألياف العضلية الطولية Muscle fibers ، وكل ليفه عضلية تحاط بغلاف عضلي Sarcolemma والذي يتكون من الغشاء البلازمي والغشاء القاعدي ويحتوى بداخلة على قالبا عديد النوايا (مدمج خلوي) Nucleated Matrix مكون من عديد من اللويفات العضلية Myofibrils المغمورة في السيتوبلازم العضلي المكون لشبكة البلازما العضلية Sarcoplasma، ويوجد بداخلها أيضاً الميتاكوندريا وأجسام جولوجى وحبيبات الجليكوجين (شكل :11) . الخلايا العضلية عبارة عن لويفات عضلية مغمورة في السيتوبلازم العضلي من بدايتها إلي نهايتها وتظهر الليفة العضلية على امتداد طولها في صورة أشرطة فاتحة اللون متبادلة مع أشرطة داكنة اللون مما يظهر العضلة في شكل مخطط.

أ.د. جمال البرادعي

المنطقة الفاتحة (المضيئة) : هي منطقة غير عاكسة للضوء وتسمى Isotropic (I) يقطعها في المنتصف خط يعرف بخط كروس Krauss line المعروف بقرص Z ويميد على جانبية داخل المنطقة خيوط رفيعة من بروتين الأكتين Actine وينضم إليها بروتين Tropomyosine A&B، Troponine داخل المنطقة الفاتحة متجهاً إلي داخل المنطقة المعتمة (الداكنة) ولكنها لا تصل إلي الخط (H) الذي يوجد في منتصفها، طول هذه الخيوط حوالي 1 ميكرون وقطرها 50 إنجستروم (شكل 12).

المنطقة الداكنة (المعتمة): هي منطقة عاكسة للضوء تسمى (A) Asotropic يقطعها في المنتصف خط رفيع يعرف بخط هنسن Hensen's line المعروف بقرص H ويمتد من على جانبية داخل المنطقة المعتمة خيوط سميكة طولها 1.50 ميكرون وقطرها 150إنجستروم تتكون من بروتين الميوسين Myosine الذي يملئ المنطقة المعتمة فقط (شكل 12)، وسميت بالمنطقة المعتمة لأنها تحتوي على كل من خيوط الأكتين والميوسين عكس المنطقة المضيئة التي تحتوي على خيوط الأكتين فقط . العضلات ذات العمل البطيء تكون نسبة الخيوط الرفيعة (الأكتين) أكبر من الخطوط السميكة (الميوسين).

العقلة العضلية Sarcommer

يطلق على المنطقة المحصورة بين خطين من خطوط كروس في الليفة العضلية بالعقل العضلية وهي المنطقة المحصورة بين نصفي منطقة مضيئة ومنطقة معتمة، وتعرف بوحدة الانقباض الوظيفي Functional fraction unite (شكل :13) .

النظام الأنبوبي Tube system

ينشأ هذا النظام من انبعاج الغشاء البلازمي بعمق داخل الليفة كقنوات نصف قطرية منتظمة بين الشريطين H، Z وترجع أهمية هذا النظام في نقل الإشارة العصبية داخلياً بسرعة لحدوث الانقباض العضلي.

ميكانيكية عمل العضلة Muscle action

عندما يصل التأثير العصبي المنبه لانقباض العضلة إلي العضلة يحدث تحول لمركب Adenine triphosphate (ATP) إلي مركب Adenine diphosphate وتنطلق طاقة. الطاقة المنطلقة تعمل على انزلاق خيوط الأكتين الرفيعة داخل المنطقة المعتمة على خيوط الميوسين جاذبة خلفها خطي كروس من الأمام والخلف حتى تتقابل الخطوط الرفيعة في المنتصف ويختفي خط هنسن في المنطقة الداكنة مما يحول الليفة العضلية على امتداد العضلة إلي اللون الداكن مما يعني أن العضلة كلها أصبحت في حال انقباض ولهذا تقصر العضلة لتؤدى وظيفتها المطلوبة وبعدها تعود إلي حالتها الطبيعية (في حال الانبساط) ويظهر التخطيط مرة أخرى (شكل :14).

أ.د. جمال البرادعي

الترتيب العضلي Musculature

تترتب العضلات في جسم الحشرة داخلياً لتؤدي وظائف متعددة وتقسم العضلات حسب مكانها إلي :-

1- عضلات حشوية Visceral muscles

هي عضلات لا إرادية لا يتحكم فيها الجهاز العصبي المركزي مباشرة ولكن من خلال عقد عصبية ذاتية وهي تحيط بالجهاز الهضمي والجهاز التناسلي ويوجد منها عضلات على شكل أربطة حشوية تحيط بالثغور التنفسية التي تتحكم في فتح وغلق الثغر التنفسي وكذلك عضلات تحيط بالقلب (العضلات الجناحية)، والعضلات الحشوية أما أن تكون طويلة أو دائرية أو مائلة.

2- عضلات الحلقات Segmental muscles

هي عضلات تربط حلقات جسم الحشرة بمجموعات من الأربطة العضلية التي تحافظ على الشكل العام للجسم ولتشكل الهيكل الداخلي لجسم الحشرة ويمكن تقسيمها إلي :

أ- عضلات طولية Longitudinal Muscles : تربط الحلقات بعضها ببعض من خلال الامتداد على طول الترجات وتعرف بالعضلات الطولية الترجية Longitudinal tergal muscles وهي تربط ترجات الجسم بعضها ببعض أو من خلال الامتداد على طول الإسترنات وتعرف بالعضلات الطولية الاسترنية Longitudinal sternal muscles وهي تربط إسترنات الجسم بعضها ببعض، وهذه العضلات عند انقباضها لها

دور في تداخل حلقات الجسم أثناء الحركة أو انثناء البطن إلي أسفل عند وضع البيض كما في الجراد الصحراوي أو انحناء الجسم للأعلى (شكل 15:).

ب- عضلات عمودية أو مائلة Oblique or Perpendicular tergosternal muscles

هي عضلات عمودية تربط الحلقات ببعضها من خلال ربط الترجات والاسترنات عمودياً وربط الحلقات ببعضها أيضاً من خلال ربط الترجات بالبللورا أو الاسترنات بالبللورا بواسطة عضلات مائلة ولها دور هام في تهوية الجهاز التنفسي في الحشرات وحركة الأرجل والأجنحة (شكل 16).

ج – عضلات الزوائد Appendages muscles

يوجد لكل زائدة متحركة في جسم الحشرة روابط عضلية خاصة بها تختلف في الحجم والتركيب على حسب نوع الزائدة.

1- العضلات المحركة للفك العلوي في أجزاء الفم توجد داخل تجويف الرأس وتتصل به ولكنها لا توجد داخل الفك ذاته.

2- العضلات المحركة للفك السفلى أو الأرجل توجد داخل تجاويف لهذه الزوائد في شكل روابط عضلية قوية (الزوائد المقسمة إلي عقل).

3- عضلات محركة للزوائد تنبت من الهيكل الداخلي للجسم أو من جدار الجسم مباشرة لتتصل بقاعدة الزائدة لتحريكها من قاعدتها مثل قرن الاستشعار الذي يتصل بقاعدته وهي عقلة الأصل عضلات آتية من الهيكل الداخلي للجسم لتحريك الزائدة كلها ويخرج من عقلة الأصل عضلات

تتصل بعقل العزق التي تحرك الزائدة من عند عقلة العزق فقط وتخلو عقل الشمروخ عادة من العضلات باستثناء عقل الشمروخ في قافزة القطن.

وتقسم العضلات على حسب وظيفتها التي تؤديها إلي:

1- عضلات رافعة مثل العضلات المتصلة بالأجنحة.

2- عضلات خافضة مثل العضلات المتصلة بالأجنحة.

3- عضلات محركة للأمام مثل العضلات المتصلة بالأجنحة والأرجل.

4- عضلات محركة للخلف مثل العضلات المتصلة بالأجنحة والأرجل.

5- عضلات مقربة مثل العضلات المتصلة بالفك العلوي.

6- عضلات باعده مثل العضلات المتصلة بالفك العلوي .

7- عضلات دورا نية مثل العضلات المتصلة بقرن الاستشعار.

تحرك الحشرات

تملك الحشرات القدرة على التحرك من خلال عديد السلوك الحركي مثل:

المشي Walking: تعتمد الحشرة فى المشي على الارتكاز على مثلث يتكون من الرجل الأمامية والخلفية لأحد الجانبين والرجل الوسطية فى الجانب الأخر مع دفع الارجل الحرة الى الأمام لتكون بهم مثلث أرتكاز جديد وتحرك ارجل مثلث الارتكاز السابقة للامام بعد أن تصبح حرة وهكذا يتم التبادل مما يمكن الحشرة من الحركة للامام فى شكل زجزاجي.

الزحف Crawling:

يوجد فى اليرقات التى تحتوي على ارجل بطنية كاذبة في منطقة البطن والتى تساعدها على الحركة من خلال دفع الزوج الخلفي على الحلقة البطنية الثامنة الجسم للامام ممايدفع زوج الارجل الموجود على حلقة البطن التى امامها الى الامام وهكذا يتم الدفع فى شكل متتابع ومتتالى وتظهر الحركة فى شكل الزحف وحتى يتم الوصول الى الارجل الصدرية الحقيقية فيتم التحرك كما فى المشي، وفى حال عدم وجود ارجل بطنية كاذبة كما فى يرقات الذباب تتم الحركة عن طريق الحركة الدودية من خلال التواءات جانبية لجدار الجسم.

القفز Jumping- leaping:

يتم القفز من خلال تضخم فخذ الساق فى الارجل الخلفية كما فى الجراد والبراغيث ويوجد طرق أخري للقفز كما فى حشرة الكولمبولا من خلال الزنبرك والقابض او من خلال زائدة استرنة الحلقة الصدرية الاولى فى حشرة فرقع لوز.

العوم Swimming:

الحشرات المائية تملك القدرة على الحركة فى الماء من خلال العوم ففى يرقات البعوض تتحرك فى الماء من خلال التواءات جانبية لجدار الجسم مع وجود شعيرات على جانبي الجسم وفى نهاية البطن والتى تعمل كعوامات, وحوريات الرعاش الكبير تستخدم الخياشيم الشرجية فى الحركة حيث يوجد فى نهاية البطن وحول فتحة الاست ثلاث صفائح مثلثة الشكل عندما تتباعد ليدخل الماء اللازم لعملية التنفس وبعد ان تتم عملية التبادل الغاذي بواسطة خياشيم المستقيم

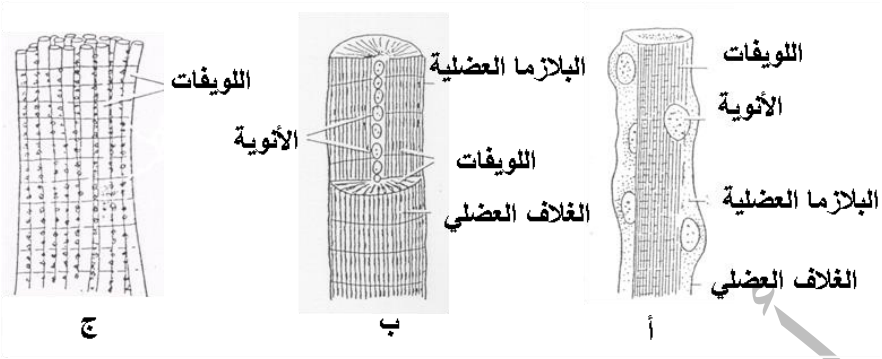
أ.د. جمال البرامولي

تقوم الحورية بدفع الماء للخارج بقوة ممايدفع الحورية للامام فى حركة سريعة مفاجئة, وهناك العديد من التحورات مثل الارجل المتحورة للعوم كما فى خنفساء السيبستر او البقة المائية الكبيرة .

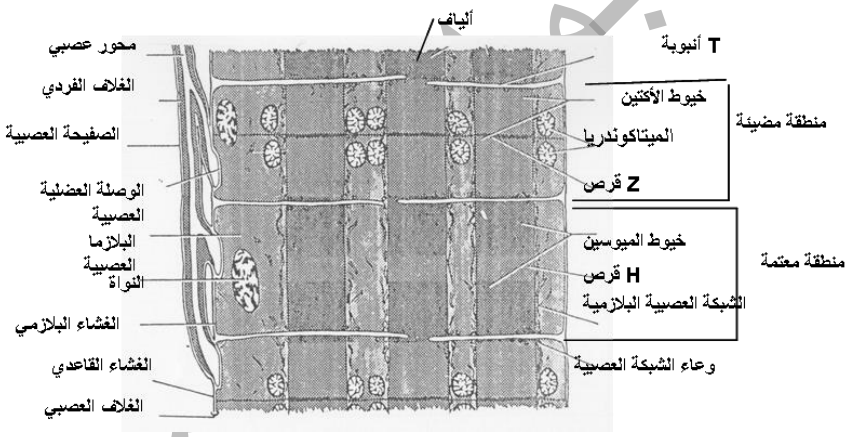
الطيران Flight:

تعتمد أغلب الحشرات على الأجنحة فى الحركة وتملك الحشرات ذوجين من الاجنحة وفى بعض الحشرات تحتوى على زوج واحد من الاجنحة وتتحرك الاجنحة من خلال اتصالها بعضلات غير مباشرة مثل عضلات عمودية تصل الترجة بالاسترنة تعمل على رفع الجناح لأعلى عند الانقباض وعضلات طولية تصل مقدم الترجة بمؤخرتها تعمل على خفض الجناح لأسفل عند انقباضها، علاوة على عضلات مباشرة تنغمد مباشرة فى الاجنحة وتعمل على التواء الجناح أو دورانة حول محورة الطولى أو ضبط ضربات الجناح. وفى حال تحلق الحشرة يقوم طرف جناحها برسم رقم 8 بالنسبة لمحور الجسم ، وعندما تتحرك الحشرة خلال الطيران يرسم طرف الجناح سلسله من الثنايات المفتوحة المتجهة للأمام والى أسفل ثم الى الخلف والى أعلى وأثناء هذة الحركات يدور الجناح على محورة الطولي.

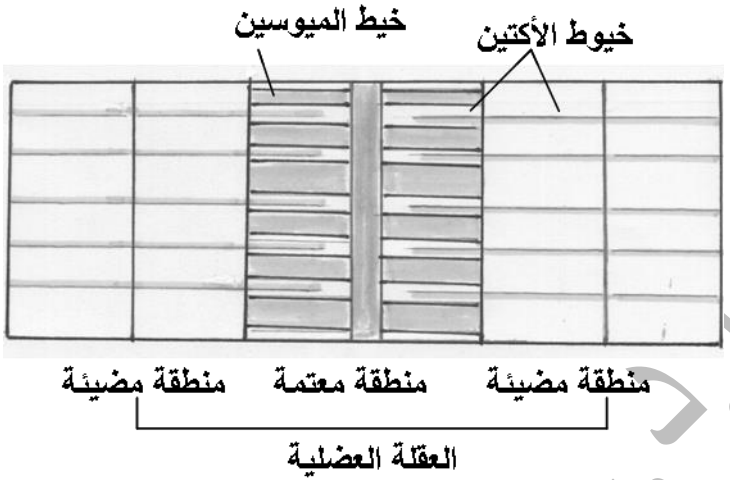
أ.د. جمال الزاموني



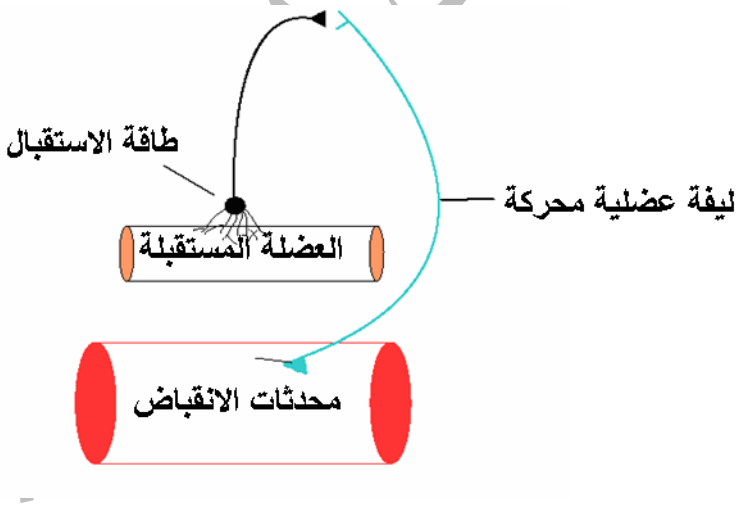
شكل (11): يوضح تركيب الليفة العضلية في جسم اليرقة (أ) وأرجل (ب) وعضلات الطيران (ج) في شغالة نحل العسل.



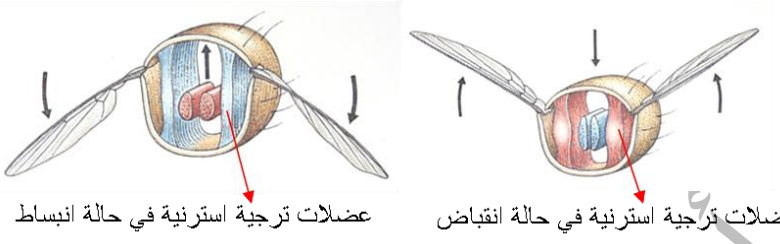
شكل (12): يوضح التركيب الداخلي في الليفة العضلية.



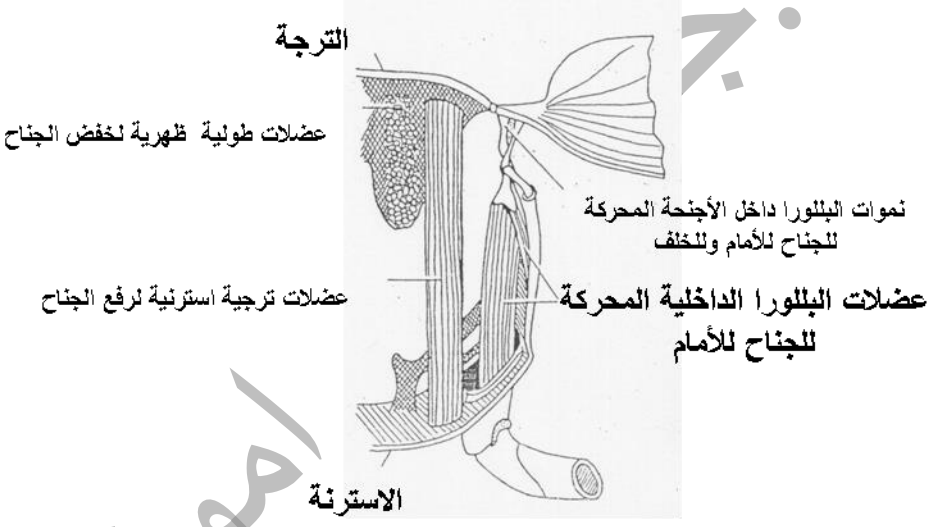
شكل (13): يوضح وحدة الانقباض الوظيفي في العضلة.



شكل (14): يوضح كيفية انقباض العضلة.



شكل(15): يوضح دور العضلات الترجية والاسترنية في حركة الجناح.



شكل (16): يوضح القطاع العرضي في الحلقة الحاملة للأجنحة.

الجهاز التنفسي Respiratory system

الجهاز التنفسي في الحشرات ينشأ من طبقة الأكتودرم وعليه فله نفس تركيب جدار الجسم. الجهاز الدوري في الحشرات ليس له علاقة بالتنفس لعدم احتواءة على أوعية دموية مثل الشرايين أو الأوردة ولعدم احتواءة على الهيموجلوبين ويستثني من ذلك يرقات الهاموش ويرقات نغف معدة الخيل من ثنائية الأجنحة والسابحات علي ظهرها من نصفية الاجنحة والتي يتحتوي على الهيموجلوبين، ولا تمتلك الحشرات أيضاً علي رئات لتبادل الغازات، وعليه تحصل الحشرات على احتياجاتها من الهواء الجوي مباشرة من خلال فتحات في جوانب جدار الجسم تعرف بالثغور التنفسية Spiracles والتي تؤدى إلي أنابيب صغيرة ذات أقطار كبيرة تتكون من الكيتين وتحتوي بداخلها على حلقات من الكيتين تعرف بالقصبات الهوائية Tracheae التي تتفرع إلي أنابيب دقيقة ذات أقطار صغيرة جداً تحتوي على سائل تعرف بالقصيبات الهوائية Tracheoles والتي تتصل بخلايا الجسم مباشرة لتمدها بالأكسجين الجوي وتنقل منها ثاني أكسيد الكربون للخارج. بعض الحشرات مثل الكولومبولا *Collembola* لا تملك ثغور تنفسية وعلية فتتنفس مباشرة من خلال جدار الجسم بواسطة الانتشار.

أ.د. جمال البدراوي

التنفس Respiration

هو عملية فسيولوجية الغرض منها هو الحصول على الأكسجين اللازم لحياة الحشرة والتخلص من ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية التمثيل الغذائي داخل الجسم من خلال الجهاز التنفسي المكون من ثغور تنفسية وقصبات هوائية تنتهي بقصيبات هوائية على اتصال مباشرة بأنسجة الجسم بالاضافة الى الأكياس الهوائية؟.

الثغور التنفسية في الحشرات Insect spiracles

الثغور التنفسية هي تراكيب خاصة من سمات صف الحشرات وهي عبارة عن فتحات توجد على جانبي جدار الجسم في كل من منطقة الصدر والبطن (شكل: 17) وقد تتواجد على ترجات بعض الحشرات كما في حالة الثغور التنفسية في النحل والذباب.

والثغر عبارة عن ثقب خارجي في جدار الجسم يحاط بصفيحة دائرية تعرف بصفيحة حول الثغر Peritreme وهذا الثقب يتسع داخليا مكنا ما يعرف بغرفة الثغر Atrium والتي ينبثق من قاعدتها القصبة الهوائية الرئيسية (شكل :18).

عدد الثغور التنفسية يختلف باختلاف نوع الحشرة وفي الغالب عدد الثغور التنفسية في الحشرات يكون 10 أزواج موزعة كالآتي: اثنين منهم في منطقة الصدر (الصدر الأول والصدر الثالث) وبقية الثغور وعددهم 8 أزواج من الثغور التنفسية تتواجد على جانبي الحلقات البطنية من الحلقة الأولى إلي الثامنة في شكل خط (كما في حالة النطاطات).

في حين بعض من الحشرات من الـ Diplura تملك 11 زوجاً من الثغور التنفسية منهم 4 أزواج على الصدر، وتملك حشرات من عائلة Syrphidae زوجين من الثغور التنفسية يتواجدان على الصدر فقط ، بينما يرقات البعوض تملك زوج واحد من الثغور التنفسية على الحلقة الثامنة في البطن .

يملك كل ثغر تنفسي جهاز غلق الثغر Closing apparatus وهذا الجهاز قد يكون خارجياً (شكل 17) في شكل زوج من الشفاه المتقابلة تتباعد وتتقارب بواسطة عضلات متصلة بها آتية من الهيكل الداخلي أو قد يكون داخلياً (شكل :18) على هيئة حزمة شيتينية موجودة عند قاعدة غرفة الثغر. يتحكم في جهاز الغلق عصب أتى من العقد العصبية الذاتية في كل حلقة من حلقات الجسم والذي يتأثر بالشعيرات الحسية المزود بها كل ثغر تنفسي والتي تعتبر مقياس للظروف الخارجية. وظيفة هذا الجهاز هو تمكين الثغر التنفسي من الفتح والغلق ذاتياً ، ففي الجو الجاف يقوم ذباب الثمار على سبيل المثال ولتجنب فقد الرطوبة من الجسم في التحكم في حجم فتحة الثغر للحصول على الأكسجين اللازم لعضلات الطيران خلال طيرانه وفي حالة الراحة حيث احتياجها من الأكسجين أقل تغلق الحشرة الثغور التنفسية جزئياً لمنع فقد الماء ومنع دخول الغبار والأجسام الغريبة. وتتحكم كل حلقة ذاتياً في فتح وغلق زوج الثغور التنفسية الموجودة بها، حشرة البرغوث تملك ثغورها التنفسية صمامات تجعلها مقاومة للجفاف عكس يرقاتها التي لا تملك هذه الصمامات. بقة الـ *Rhodnius* تستطيع أن تعيش

لبضعه أسابيع في مجفف به حمض الكبريتيك، لكن لو أجبرت على فتح ثغورها بوضع 5 % من ثاني أكسيد الكربون Co_2 إلي الهواء الداخل إليها تموت خلال 48 ساعة.

تقوم شعيرات الثغور التنفسية الموجودة داخل غرفة الثغر بمنع دخول الأتربة وتنقية الهواء قبل مروره إلي الجهاز القصبي وهذه الشعيرات تنمو من صفيحة حول الثغر . تتميز فتحات الثغور التنفسية بأشكال مختلفة فمنها ما هو مستدير أو بيضاوي وقد يكون للثغر التنفسي فتحة واحدة وقد يكون لبعضها أكثر من فتحة كما في حالة يرقات الذباب حيث يوجد للثغر ثلاث فتحات (ثغر ثلاثي الفتحات).

وظيفة الثغر التنفسي

1- دخول الأكسجين O_2 وخروج ثاني أكسيد الكربون Co_2 (إتمام عملية التنفس).

2- تهوية الجهاز القصبي.

3- التحكم في فقد الماء من الجسم من خلال جهاز غلق الثغر.

أ.د. جمال البرامونى

أجهزة التنفس في الحشرات

تقسم وتصنف أجهزة التنفس في الحشرات على أساس عدد الثغور التنفسية المنتشرة على جدار الجسم في الحشرات إلي :

1- جهاز تنفسي كامل Holopneustic system

يتميز بوجود 10 أزواج من الثغور التنفسية موزعة كالآتي: زوجين على الصدر وثمانية أزواج على البطن.

وينقسم الجهاز التنفسي الكامل على أساس عدد الثغور التنفسية العاملة إلي :

1- جهاز تنفسي مفتوح Opened system

يتميز بأن جميع الثغور التنفسية الموجودة على البطن والصدر عاملة كما في حال النطاطات والصراصير والجراد.

2- جهاز تنفسي ناقص Hemipneustic system

يتميز بأن عدد الثغور التنفسية العاملة أقل من 10 أزواج ويقسم إلي:

أ- النموذج الجانبي Peripneustic type

عدد الثغور التنفسية العاملة 9 أزواج موزعة كالآتي:

زوج من الثغور التنفسية على الحلقة الصدرية الأولى وثمانية أزواج من الثغور التنفسية على البطن كما الحالة في دودة ورق القطن (شكل :19).

أ.د. جمال البرامونى

ب- النموذج الطرفي Amphipneustic type

يتميز بأن عدد الثغور التنفسية العاملة في هذا النموذج هما زوجين فقط واحد على الصدر الأمامي والآخر على الحلقة البطنية الثامنة أما بقية الثغور التنفسية تكون غير عاملة كما في يرقات الذباب المنزلي.

ج- النموذج الخلفي Metapneustic type

يتميز بأن عدد الثغور العاملة في هذا النموذج هو زوج واحد فقط من الثغور التنفسية

ويوجد على الحلقة البطنية الثامنة أما بقية الثغور التنفسية تكون غير عاملة كما في حالة يرقات البعوض.

د- النموذج الأمامي Propneustic type

يوجد في هذا النموذج زوج واحد فقط من الفتحات التنفسية العامله علي الحلقة الصدرية الأمامية كما في عذاري البعوض.

2- جهاز تنفس مختزل Hypopneustic system

يتميز بوجود عدد أقل من 10 أزواج من الثغور التنفسية على جدار الجسم كما في حال القمل القارض Mallophaga الذي يحتوى على زوج واحد من الثغور التنفسية على الصدر و 6 أزواج من الثغور التنفسية على البطن.

3- جهاز تنفسي مغلق Closed or Apneustic system

يتميز بأن جميع الثغور التنفسية غير عاملة ويتم فيه التنفس من خلال جدار الجسم كما في الكولومبولا، والجهاز التنفسي هنا يكون من النوع الجليدي

أ.د. جمال البرموني

Dermatopneustic system كما في حال الطفيليات الداخلية مثل يرقات ذباب التاكينا أو يتم التنفس في حال الحشرات المائية من خلال الخياشيم gills ويعرف بالجهاز التنفسي الخيشومي Branchiopneustic system فهو إما يكون بواسطة خياشيم قصبية كما في حورية الرعاش الصغير وذباب مايو، وخياشيم شرجية كما في حورية الرعاش الكبير أو خياشيم دموية كما في يرقات الهاموش .

القصبات الهوائية Tracheae

عبارة عن انبعاج داخلي من جدار الجسم وتتركب هستولوجيا من نفس طبقات جدار الجسم حيث تتركب من طبقة من خلايا طلائية مرتكزة على غشاء قاعدي ويوجد على السطح الداخلي للخلايا الطلائية دعامة شيتنية في شكل غلاف شيتينى داخلي يعرف بألانتيما Intima تدعمه تغلظات شيتينية في صورة حلقات يطلق عليها حلزونات القصبات الهوائية Taenidium ووظيفتها تقوية القصبة الهوائية حتى تتحمل الضغط الداخلي الواقع عليها فتظل مفتوحة طوال الوقت لتأمين مسار الهواء داخل الجهاز التنفسي. وتوجد القصبات الهوائية في شكل عديد من الأنابيب الداخلية الصغيرة والتي تنتشر خلال جسم الحشرة (شكل :20).

القصيبات الهوائية Tracheoles

عبارة عن أنابيب صغيرة جداً قطرها أقل من 1 ميكروميتر تتصل بالقصبات الهوائية وتتميز بافتقارها للخلايا الطلائية وتنتج من خلايا

أ.د. جمال البرموني

القصـيبات النجميـه الشـكل والقصـيبات تكـون مشـبعة بسـائل قصـبي Tracheole liquor وكل خلية في جسم الحشرة تكون مجاورة أو قريبة جداً من نهاية القصيبات الهوائية.

السائل القصبي:

يتحكم السائل القصبي في نهاية القصيبات الهوائية في مرور الأكسجين وخروج ثاني أكسيد الكربون ويتحكم في حركته داخل القصيبات الهوائية قوتان هما :

1- **قوة الخاصية الشعرية** وتعمل على رفع السائل للأعلى في القصيبات الهوائية.

2- **قوة التشرب** وتعمل عكس قوة الخاصية الشعرية حيث تعمل نزول السائل من القصيبات الهوائية وتشربه داخل النسيج لمرور الهواء داخلة.

الجذع القصبي Tracheal trunk

في أغلب الحشرات وخاصة الحشرات الأكثر رقياً تؤدي كل فتحة ثغرية إلي قصبة ثغرية Spiracular tracheae والتي تتفرع طولياً للأمام وللخلف في شكل أنابيب طولية Longitudinal pipes تتصل مع بعضها لتكون ما يعرف بالجذع القصبي الجانبي Lateral longitudinal trunk والذي يمتد طولياً على جانبي حلقات الجسم ويتصلان الجذعان الجانبيان معاً في كل حلقة من حلقات الجسم كما في السمك الفضي أو من أعلى فوق الجهاز الدوري ليكونا الجذع القصبي الظهري Dorsal longitudinal trunk وأيضاً من أسفل الحبل

العصبي ليكونا الجذع العصبي البطنى Ventral longitudinal trunk كما فى الصراصيروبعض أنواع النمل الأبيض، وهذا يشكل ما يعرف بالتشعب القصبي Tracheation (شكل: 21).

الأكياس الهوائية Air sacs

تتكون في عديد من الحشرات خاصة حشرات غشائية الأجنحة التي تتطير لمسآفات بعيدة مثل نحل العسل والحشرات كبيرة الحجم مثل الجراد الصحراوي، حيث تتسع الجذوع القصبية ويرق جدارها وتخلوا من التغلظات الشيتينية (شكل:22). وهي سالبة الحركة حيث تنقبض وتنبسط بفعل انقباض وانبساط عضلات الطيران أو عضلات البطن وذلك لسحب كميات كبيرة من الهواء الجوي من خلال الثغور التنفسية وتخزينها بداخلها لاستخدامها في التنفس وقت الحاجة عندما يزداد معدل طيران الحشرة ، والأكياس الهوائية تملأ معظم فراغ الجسم مما تساعد الحشرة على تخفيف وزنها النوعي مما يزيد من سرعة الطيران وزيادة القدرة على المناورة.

فسيولوجيا التنفس في الحشرات

تعتمد عملية التنفس في الحشرات على انتشار الغازات بمعنى انتقال الغاز من التركيز الأعلى إلي التركيز الأقل عبر الفتحات التنفسية. يدخل الأكسجين O_2 عندما يكون تركيزه حول الثغر التنفسي في الخارج أكبر من الداخل ويخرج ثاني أكسيد الكربون Co_2 عندما يكون تركيزه في الداخل

أكبر من تركيزه في الخارج حول الثغر التنفسي. بعد دخول عمود الهواء (O_2) من الثغور التنفسية إلي القصيبات الهوائية عبر القصبات الهوائية تبدأ عملية نقلة إلي داخل النسيج اعتمادا على حالة النسيج.

أ- النسيج المجهد Fatigued tissue

هو نسيج تزداد فيه قوة الضغط الإسموذي نتيجة تراكم مخلفات أكسدة المواد الغذائية الخاصة بإنتاج الطاقة اللازمة لانقباض وحركة النسيج مثل حمض اللاكتيك Lactic acid وثاني أكسيد الكربون، وهذه الحالة تعمل على زيادة قوة التشرب للسائل القصبي عن قوة الخاصية الشعرية مما يؤدي إلي سحب السائل القصبي من نهايات القصيبات الهوائية داخل النسيج فيصبح الطريق مفتوح أمام الأكسجين O_2 ليدخل إلي النسيج حتى يتنفس ويعوض ما استهلكه من أكسجين في عملية الأكسدة وفي نفس الوقت يتخلص النسيج من حمض اللاكتيك بواسطة الدم وهذا يقلل من الضغط الإسموذى للنسيج ويحوله إلي نسيج غير مجهد.

ب- نسيج غير مجهد Relaxed tissue

وهو نسيج تقل فيه قوة الضغط الإسموذى نظراً للتخلص من مخلفات التمثيل الغذائي ودخول الأكسجين O_2 اللازم لتنفسه وهذا يقلل من قوة التشرب وتزداد فيه قوة الخاصة الشعرية مما يرتفع السائل القصبي مرة أخرى في نهايات القصيبات الهوائية دافعاً أمامه ثاني أكسيد الكربون Co_2 والذي ينتشر من داخل الجهاز القصبي إلي الخارج عبر الثغور التنفسية

أ.د. جمال البرامونى

طبقاً لنظرية الإنتشار وهو إنتقال الغاز من التركيز الأعلي الى التركيز الأقل.

نظرية الانتشار في تنفس الحشرات The diffusion of insect respiration

انتشار الغازات من الخارج إلي الداخل واستمرار تدفق الأكسجين للحشرة يعتمد على الفرق ما بين الضغط الجزيئي للأكسجين في الهواء الخارجي والضغط الجزيئي للأكسجين عند نهايات القصيبات الهوائية ووجد أن هذا الفرق يساوي 3% عندما تكون كل الثغور التنفسية عاملة لذلك إذا قل الضغط الجزيئي للأكسجين عند نهايات القصيبات الهوائية بمعدل 3% عن الضغط الجزيئي للأكسجين في الخارج ينتقل الأكسجين إلي الداخل، ولكن في حال وجود ثغر تنفسي واحد عامل يكون الفرق أقل من 3%. وجد أيضاً أن انتشار ثاني أكسيد الكربون Co_2 يكون أسرع خلال الأنسجة الحيوانية عن الأكسجين O_2 ولذلك فإن كمية Co_2 التي تهرب من خلال جدار الجسم وخلال القصبات الهوائية تكون أكبر من كمية O_2 التي تدخل عن طريق جدار الجسم والقصيبات الهوائية، ويؤكد ذلك تجربة أجريت على الحشرات العصوية حيث عوملت بماء الجير وسدت ثغورها التنفسية فلوحظ أن نسبة تسرب Co_2 تصل إلي 25% من مجموع الغازات الخارجة.

تنظيم التنفس Diffusion control

يتم تنظيم عملية التنفس من خلال عصب يمتد من العقدة العصبية في كل حلقة من حلقات الجسم إلي زوج الثغور التنفسية العاملة على الحلقة ، وهذا يجعل الفتحات التنفسية في كل حلقة من حلقات الجسم تعمل باستقلال خلال عملية التنفس. يعتبر ثاني أكسيد الكربون هو المنبه للعقد العصبية في كل حلقة مزودة بثغور تنفسية فوجود تركيز 2% من ثاني أكسيد الكربون Co_2 يجعل الثغور التنفسية مفتوحة بصفة دائمة ، وكذلك تعتبر نواتج التمثيل الغذائي الحمضية من المنبهات لعمل الثغور التنفسية. وتعتبر الحاجة إلي O_2 وتراكم Co_2 هو المنظم لعملية التنفس وعلى الرغم من عدم التحكم المباشر للمخ في عملية التنفس إلا أنه ذو أهمية في التوافق العضلي لفتح وغلق الثغور التنفسية .

كما يساعد فى تنظيم دخول وخروج الهواء كل من : 1- حركة تداخل حلقات البطن 2- حركة الجسم 3- حركة عضلات الجسم 4- حركـــــــة الرأس علي الصدر 5- مرونة الجليد 6- ضربات القلب 7- حركة الطعام في القناة الهضمية.

مسار الهواء داخل القصبات الهوائية

تفتح وتقفل الثغور التنفسية في كثير من الحشرات بطريقة مستقلة عن الآخرى حيث أنه قد يحدث شهيق متمثلاً في دخول الأكسجين من ثغور تنفسية ويحدث زفير متمثلاً في خروج ثاني أكسيد الكربون من ثغور

أ.د. جمال البرامونى

تنفسية أخرى مما يضيف صفة التخصص في عمل الثغور التنفسية التي ينتج عنها مرور تيار هوائي يمر من مكان ويخرج من مكان آخر خلال القصبات الهوائية في الجسم .

تجربة لإثبات صفة التخصص في عمل الثغور التنفسية :

وضعت حشرة الجراد الصحراوي في علبة زجاجية يوجد في منتصفها حاجز رقيق ، حيث يقع الجزء الأمامي من الحشرة و المحتوى على أربع أزواج من الثغور التنفسية في النصف الأمامي بينما بقية الثغور التنفسية تقع في النصف الخلفي من العلبة الزجاجية ويمد من طرفي العلبة أنبوبتين زجاجيتين موضوعين ان في كأسين يحتويان على الماء. يلاحظ أن الماء يرتفع في الأنبوبة الزجاجية المتصلة بالجزء الأمامي من الحشرة وينخفض في الأنبوبة المتصلة بالجزء الخلفي من الحشرة وهذا يدل على أن الثغور التنفسية الموجودة في الجزء الأمامي من الحشرة مخصصه لعملية الشهيق ويستدل على ذلك من أن حصول الحشرة على الأكسجين يوفر حيز من الأنبوبة الزجاجية يسمح بارتفاع الماء مكان الهواء الذي تنفسته الحشرة، بينما الثغور التنفسية الموجودة في الجزء الخلفي من الحشرة مخصصة لعملية الزفير ويستدل على ذلك من أن خروج ثاني أكسيد الكربون من عملية التنفس يدفع الماء إلي الأسفل في الأنبوبة ليجد له مكان (شكل:23).

تهوية الجهاز القصبي Ventilation of the tracheal system

عملية التنفس في الحشرات تعتمد إلي حد كبير على انتشار الغازات خلال الجهاز التنفسي وهذا الانتشار يكون كافي لتغطية كل احتياجات الحشرة من الأكسجين خاصة في الحشرات صغيرة الحجم والحشرات قليلة الحركة، لكن الحشرات كبيرة الحجم أو كثيرة الحركة والنشاط مثل الجراد الصحراوي أو نحل العسل تكون عملية الانتشار غير كافية لسد احتياجات الحشرة من الأكسجين خلال نشاطها. لذلك لابد من تواجد عملية إضافية تساعد الحشرة على توفير احتياجاتها من الأكسجين خلال نشاطها وهذه العملية تعمل على إدخال الهواء الجوي إلي داخل الجهاز القصبي وطرد ثاني أكسيد الكربون إلي الخارج وتعتمد هذه العملية على الآتي :

1- حركة التنفس Respiratory movements

الأكياس الهوائية سالبة الحركة تعتمد في حركتها على عضلات البطن (عضلات ما بين الحلقات وعضلات الترجمة والأسترنه) وعضلات الأجنحة، حيث انقباض وانبساط هذه العضلات لمدة بسيطة متكررة يؤدي إلي انبساط وانقباض الأكياس الهوائية مما يعمل على خروج الهواء غير النقي (ثاني أكسيد الكربون) ودخول كميات كبيرة من الهواء النقي (الأكسجين). وهذا مما يعرف بتهوية الأكياس الهوائية والتي توفر احتياجات الحشرة من الأكسجين خلال نشاطها.

2- تغلظات القصبات الهوائية The taenidia

وظيفتها منع انسداد أو تفلطح القصبات الهوائية عند زيادة الضغط الواقع عليها من حركات التنفس ، حيث تتموج جدر القصبات الهوائية بطريقة الأكورديون Accordion حيث يعمل انكماشها على تقليل سعة القصبات الهوائية بنسبة 30% عما هو الحال عند تمددها ونتيجة هذا التباين في سعة القصبات الهوائية يتم تهويتها.

عمليتي الشهيق والزفير Inspiration and expiration

عند انقباض عضلات البطن يزداد الضغط الهيدروليكي للدم على الأكياس الهوائية فتنكمش نتيجة الحركة الأكورديونية لحلزونات القصبات الهوائية، وهذا يقلل من سعتها فيزداد ضغط الهواء داخل الجهاز القصبي عن ضغط الهواء الجوى خارج الفتحات التنفسية مما يؤدى ذلك إلي اندفاع الهواء (ثاني أكسيد الكربون) من القصبات الهوائية والأكياس الهوائية إلي الخارج عن طريق الثغور التنفسية المفتوحة (عملية الزفيرExpiration) .

أما في حال انبساط عضلات البطن فيقل الضغط الهيدروليكي للدم على الأكياس الهوائية والقصبات الهوائية فتزداد سعتها وهذا يجعل الهواء داخل الجهاز القصبي أقل من ضغط الهواء الخارجي مما يؤدى إلي اندفاع الأكسجين إلي داخل الجهاز القصبي من خلال الثغور التنفسية (عملية الشهيق Inspiration (شكل : 24).

التنفس في الحشرات المائية Respiration in the aquatic insects

الحشرات المائية تحتاج إلي الأكسجين أيضاً للمحافظة على طبيعة حياتها المائية ولهذا فهي مجهزة بتحورات متنوعة تسمح لها بتوفير احتياجاتها من الأكسجين من الماء أو تحصل علية مباشرة من الهواء الجوي (شكل: 25).

يحتوي الماء على كمية من الأكسجين الذائب والذي يتوقف على درجة حرارة الماء فتكون نسبته 4.9% في الماء البارد أما الماء الذي درجة حرارته 30 ْم تكون نسبته 2.6% أي كمية الأكسيجين الذائب في الماء تقل بارتفاع درجة حرارة الماء.

الحشرات التي تعيش في الأنهار الباردة عادة تحصل على الأكسجين اللازم لعمليات التمثيل الغذائي من الماء بواسطة الخياشيم أو الوسادة الغازية أو من خلال جدار الجسم.

كمية الأكسجين الذائب في الماء في البحيرات الضحلة والبرك الدافئة تكون قليلة ولذلك فالحشرات التي تعيش فيها تحصل على احتياجاتها من الأكسجين من خلال فقاعات الهواء أو أنابيب التنفس، أما الماء الملوث بالمواد العضوية حيث توجد البكتريا والتي تستهلك الأكسجين الذائب في الماء فتحصل الحشرات التي تتنفس في هذه البيئة على الأكسيجين من الهواء الجوى مباشرة. إذن تزود الحشرات المائية بتحورات تختلف باختلاف نوع الماء ودرجة حرارة الماء لتمكنها من الحصول على الأكسجين .

أ.د. جمال البراموني

طرق التنفس في الحشرات المائية

1- التنفس الجليدي Cuticular Respiration

تملك عديد من أنواع الحشرات المائية جدار جسم رقيق يسمح بتبادل الغازات O_2 و Co_2 وذلك من خلال انتشار الغازات حيث ينتشر الأكسجين الذائب في الماء إلي داخل الجسم وينتشر كذلك ثاني أكسيد الكربون من الجسم إلي الخارج وهذا النوع من التنفس تملكه الحشرات صغيرة الحجم والحشرات غير النشطة وخاصة التي تعيش في الأماكن الباردة وفي مياه الأنهار الجارية والتي تتوفر فيها كميات كبيرة من الأكسجين. وأيضاً يتواجد هذا النوع من التنفس في اليرقات المائية التي تفتقر إلي الثغور التنفسية .

2- التنفس بالخياشيم Gills Respiration

هي تراكيب رقيقة تنمو من جدار الجسم خارج الجهاز القصبي في العادة وتغطى بطبقة رقيقة من الكيوتيكل تسمح بمرور الأكسجين الذائب في الماء بواسطة الانتشار إلي أعضاء الجسم وانتشار ثاني أكسيد الكربون إلي خارج الجسم في الماء. وتوجد الخياشيم فى الاطوار غير البالغة لكثير من الحشرات المائية وهي عبارة نموات ورقية تكون موجودة على جانبي البطن كما في حورية ذباب مايو أو في نهاية البطن كما في الرعاش الصغير وتعرف **بالخياشيم القصبية،** الحركة المروحية لهذه الخياشيم تجعلها على اتصال مستمر مع الماء المجدد والمحتوي على كميات كبيرة من الأكسجين. يرقات ذباب الصخور تملك شعيرات رقيقة من الخياشيم

أ.د. جمال البرادعي

على الصدر وحوريات الرعاش الكبير تحتوي على خياشيم داخلية مرتبطة بالمستقيم تعرف بالخياشيم الشرجية، ويتم التنفس من خلال دخول وخروج الماء من فتحة الشرج بعد فتح الثلاث صفائح البطنية المحيطة بفتحة المستقيم (مثلثة الشكل) ويتحكم في ذلك انقباض عضلات البطن. وتوفر الخياشيم الشرجية في حوريات الرعاش الكبير أيضاً ميكانيكية دفع الحشرة للأمام في الماء حيث إن بعد الحصول على الأكسجين من الماء المار على الخياشيم الشرجية وخروج ثاني أكسيد الكربون إلي الماء تنقبض عضلات البطن دافعة الماء إلي الخارج للتخلص من CO_2 وهذه الميكانيكية تعمل على حركة الحشرة للأمام بسرعة مما يمكنها من الهروب من المفترسات المائية.

الخياشيم الدموية: عبارة عن زوائد أنبوبية أو اصبيعية الشكل. ولاتوجد لهذة الخياشيم قصيبات هوائية كالخياشيم القصبية، و توجد في كثير من يرقات شعرية الأجنحة Trichoptera التي تعيش في الماء وكذلك فى يرقات الهاموش. ولاتقتصر وظيفة هذه الخياشيم على التنفس فقط إنما تلعب دوراً في إمتصاص بعض الايونات غير العضوية.

3- أنابيب التنفس Breathing tubes

كثير من الحشرات المائية والتي تعيش تحت الماء تحصل على الهواء الجوى من سطح الماء بواسطة أنابيب تنفس والتي تسمى بالممص التنفسي وهي تعمل بنفس مبدأ عمل الأنابيب الموصلة للهواء للغطاسين. فمثلاً يرقات البعوض (البعوضة المنزلية) يكون الممص التنفسي عبارة عن نمو

ممتد من الحلقة البطنية الثامنة يمتد بداخلة أنابيب دقيقة ممتدة من الثغور التنفسية وتفتح في نهاية هذا النمو بفتحة خارجية محاطة بحلقة من الشعيرات غير قابلة للبلل تمنع دخول الماء إلي هذه الفتحات كما أن لها القدرة على كسر التوتر السطحي للماء في المساحة الفاصلة ما بين الهواء الجوى وسطح الماء لفتح مكان في سطح الماء حتى يتم تبادل الغازات بدخول كميات وفيرة من الأكسجين تكفي لتنفسها لفترة زمنية تحت سطح الماء خلال تغذيتها في القاع على المواد العضوية وخروج ثاني أكسيد الكربون، وعندما تحصل اليرقة على احتياجاتها من الأكسجين وتغوص في الماء فيقوم ضغط الماء بدفع هذه الحلقة من الشعيرات لغلق الفتحة التنفسية ليبقى الماء خارجها ولا يدخلها. وبالمثل فإن عقارب الماء ويرقات من ذباب السرفيس وعذاري البعوض أيضاً تحتوي على أنابيب للتنفس.

تمتاز بعض الحشرات المائية ذات الأنابيب التنفسية بقدرتها على ثقب كثير من النباتات المائية التي تخزن الأكسجين الناتج من عملية التمثيل الضوئي داخل فجوات خاصة بالنبات تعرف بالغرف الهوائية مثل يرقات *Mansonia spp* والبعوض حيث تدخل هذة الحشرات أنابيب التنفس في هذه الغرف الهوائية لتحصل على احتياجاتها من الأكسجين دون الحاجة إلى زيارة سطح الماء.

أ.د. جمال البدراوي

4- فقاعات الهواء Air bubbles

بعض الحشرات مثل الخنافس الغاطسة تحمل فقاعات من الهواء معها عندما تغوص أسفل سطح الماء، وهذه الفقاعات ربما تكون محمولة أسفل الغمدين أو تكون مرتبطة بشعيرات خاصة خارج الجسم. وهذه الفقاعات تغطى عادة واحد أو أكثر من الثغور التنفسية حيث تتنفس الحشرات الهواء من هذه الفقاعات عندما تغطس.

على الرغم من أن هذه الفقاعات تمد الحشرة لفترة قصيرة بالأكسجين إلا إنها تملك خواص فيزيائية فريدة تتمثل في قدرتها على تجميع بعض جزيئات الأكسجين المذاب في الماء المحيط بها وتمد الحشرة به وتعمل كرئة خارجية وعليه فأن هذه الفقاعات تقوم بعمل يماثل طبيعة عمل الخياشيم من حيث إعادة امتلاءها بكميات من الأكسجين من خلال الانتشار الموجب، ومساحة السطح الكبيرة للفقاعات الهوائية تمكنها من أداء وظيفتها بفعالية عالية. وهذا يمكن الحشرة أن تبقى تحت سطح الماء لأطول فترة ممكنه، حيث إن حجم انتشار الأكسجين من الماء إلي الفقاعات يكون أكبر أو يساوى حجم الأكسجين المستهلك بواسطة الحشرة، لكن من السوء أن حجم الفقاعات الهوائية يتقلص مع الوقت نتيجة لإنتشار النيتروجين ببطء للخارج إلي الماء وعندما تقل مساحة سطح الفقاعات الهوائية يقل أيضاً معدل تبادل الغازات وأخيراً تصبح الفقاعات الهوائية صغيرة جداً لدرجة أنها لا توفر احتياجات الحشرة من الأكسجين ويجب على الحشرة في هذه الحالة أن تجدد الفقاعات الهوائية وذلك بعودتها إلي سطح الماء.

5- الوسادة الغازية Plastrons

تتشكل من مجموعة خاصة من الشعيرات المتحركة غير المحبة للماء والتي تحصر فيما بينها حيز من الهواء الجوى خلف الجسم في شكل فقاعات هوائية.ويتم الحصول على الهواء الجوى من خلال عملها كخياشيم، لكن هذا الحيز الهوائي المحصور بين هذه الشعيرات لا يتقلص في الحجم ويرجع السبب إلي أن طبيعة عمل الشعيرات المتحركة كحصن يمنع الماء المحيط بها أن يتخطاها.

عندما تستهلك الحشرة الأكسجين يقل الضغط الجزئي داخل الوسادة الغازية وهذا النقص يعاد ضبطه من خلال الأكسجين الذائب والمنتشر من الماء، وعندما ينتشر النيتروجين تدريجيا خارج الفقاعات يحدث نفس النقص في الضغط الجزئي داخل الوسادة وهذا يتم ضبطه بواسطة الأكسيجين. بمعنى أن الوسادة تبادل بعض النيتروجين بالأكسجين للمحافظة على استمرارية كمية الغاز داخلها والذي يجعلها تصبح غنية بالأكسجين. وهذه الاستمرارية في توفير الهواء داخل الوسادة بالكمية المطلوبة يستبعد احتياجها المنتظم لزيارة سطح الماء وإعادة ملئ الوسادة بالفقاعات الهوائية.

الحشرات التي تبقى غاطسة دائما تحت سطح الماء مثل الخنافس الحافرة أو التي تعجز في الوصول إلي سطح الماء تحتاج إلي الوسادة الغازية لتحصل على احتياجها المستمر من الأكسجين وهذا التركيب يرى تحت سطح الماء

غالبا في شكل طبقة رقيقة فضية اللون من الهواء المغطى لأجزاء من سطح الجسم.

6- الهيموجلوبين Hymoglopine

الهيموجلوبين هو صبغة التنفس التي تسهل الارتباط بجزئيات الأكسجين، وهذه الصبغة توجد في خلايا الدم الحمراء في الإنسان ولكنها نادراً ما توجد في الحشرات ولكن توجد بشكل خاص في يرقات الذباب الصغيرة من عائلة Chironomidae والمعروفة بالديدان الدموية هذه الديدان الحمراء المميزة عادة تعيش في الأعماق العكرة من البرك أو الأنهار والتي يكون فيها كميات الأكسجين الذائبة غير كافية تحت الظروف العادية (هوائية). جزئيات الهيموجلوبين ترتبط وتتحد مع كميات كافية من الأكسجين وكلما أصبحت الظروف لا هوائية ينطلق الأكسجين ببطء من الهيموجلوبين لتنفس خلايا وأنسجة الجسم وهذا يدعم احتياجات الحشرة من الأكسجين لدقائق قليلة ولكن لتوفير احتياجاتها من الأكسجين لفترة طويلة لابد أن تتحرك إلي أماكن أكثر تأكسداً.

7- الخنافس الغاطسة Diving beetles

تشكل عائلة كبيرة من المفترسات المائية التابعة لحشرات غمديه الأجنحة التي تتنفس الهواء الجوى، فالحشرات الكاملة تخزن الهواء الجوى تحت أجنحتها الأمامية والتي تحصل علية من سطح الماء قبل غطسها بواسطة ممصات تنفسية في نهاية الجسم مما يشكل ما يعرف بمخازن الهواء الغاطسة Diving air stores والتي تفتح في ثغور تنفسية موجودة في

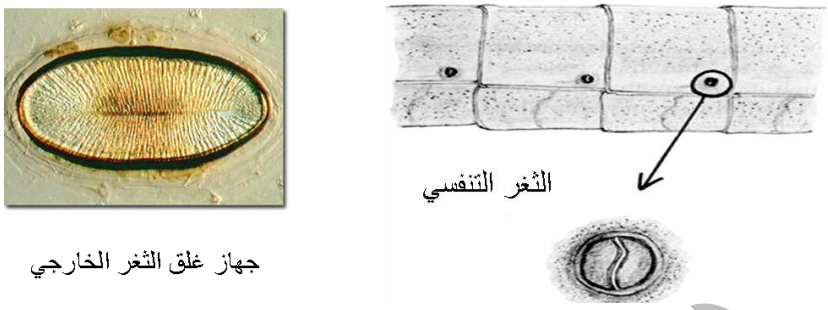
منطقة الترجات أسفل الأجنحة كما في حالة خنفساء السيبستر. اليرقات تستخدم الثغور التنفسية المفتوحة على جسمها في أخذ الهواء الجوى عند زيارتها لسطح الماء، وهذه المخازن لها دور أضافي يساعد الحشرة في زيادة قدرتها على المناورة في الماء وزيادة قدرتها على الافتراس نظراً لأنها تخفف الوزن النوعي للحشرة.

التنفس في الحشرات الطفيلية Respiration in Parasitism Insects

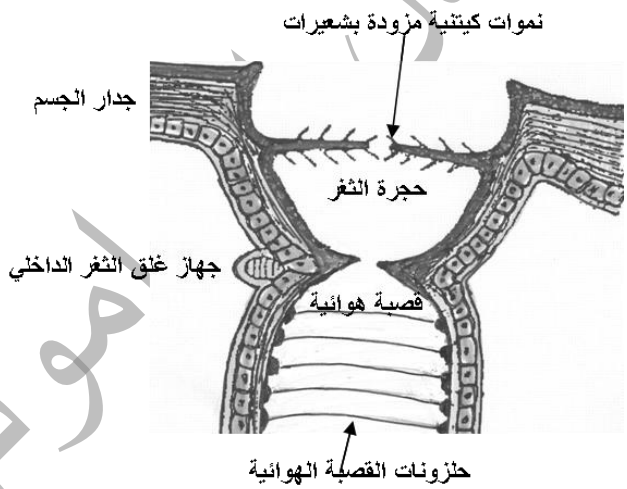
تعيش الحشرات الطفيلية الداخلية داخل جسم عائلها الحشري سابحة داخل سائل الجسم Haemolymph وتحصل الطفيليات الداخلية على احتياجاتها من الهواء الجوي من خلال عمل ثقب في جدار الجسم أو في القصبات الهوائية للعائل مثل يرقات الطفيليات التابعة لعائلة التاكينا Tachinidae المتطفلة على يرقات من حرشفية الأجنحة.

تحصل يرقات الطفيليات التابعة لعائلة Braconidae على الهواء الجوي من خلال الكرة الزنبية Anal Vesicle والتي توجد في نهاية جسمها والتي تتصل بجدار جسم العائل ليتمكن الطفيل من الحصول على الأكسجين من الخارج مباشرة.

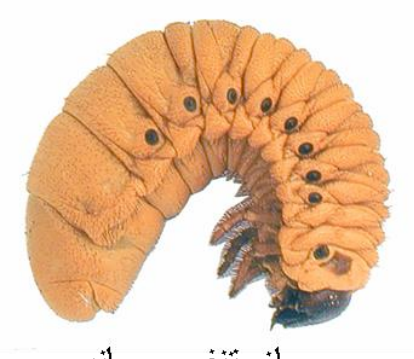
أ.د. جمال البرادعي



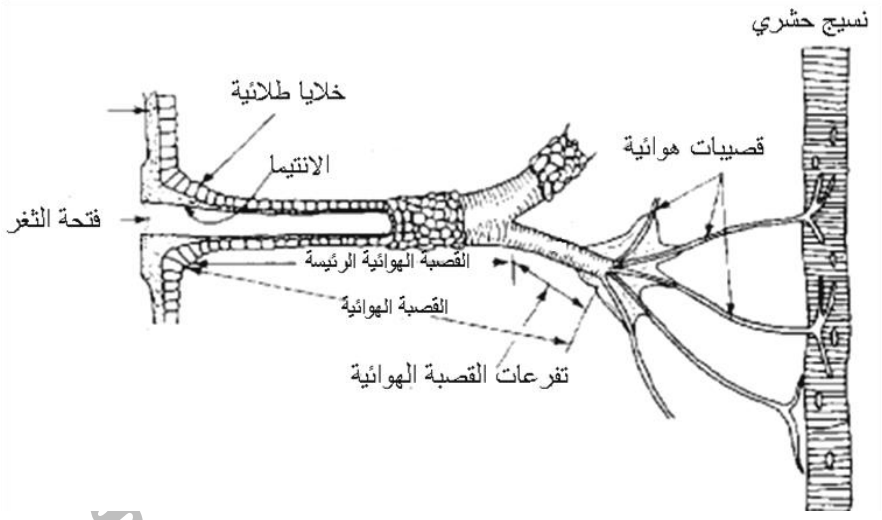
شكل (17): يوضح الثغر التنفسي في الحشرات.



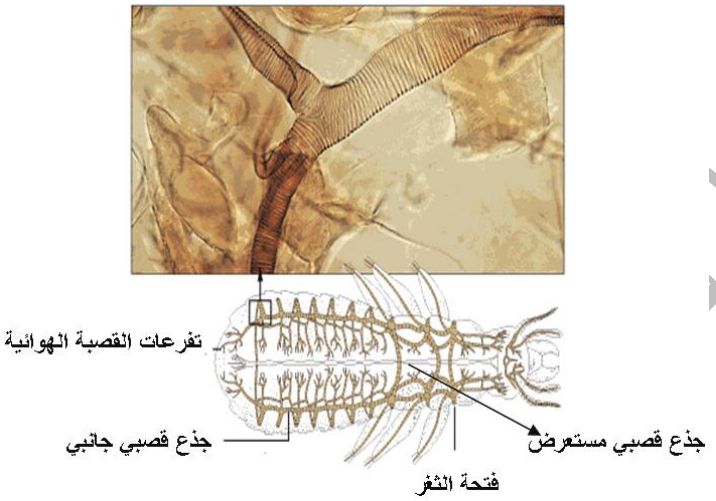
شكل (18): يوضح حجرة الثغر وجهاز غلق الثغر الداخلي.



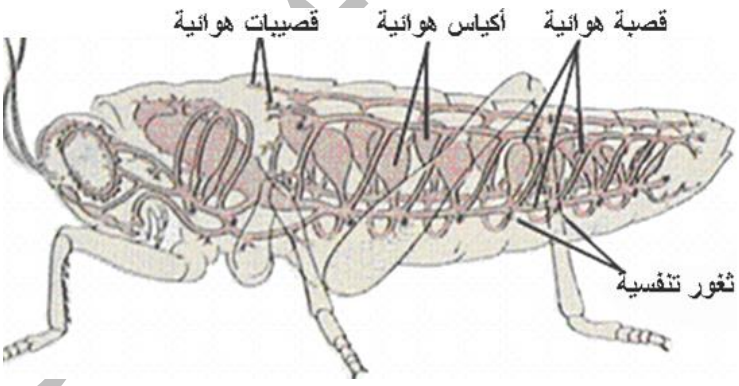
شكل (19): يوضح الجهاز التنفسي الناقص الجانبي.



شكل (20): يوضح تركيب الجهاز التنفسي في الحشرات.

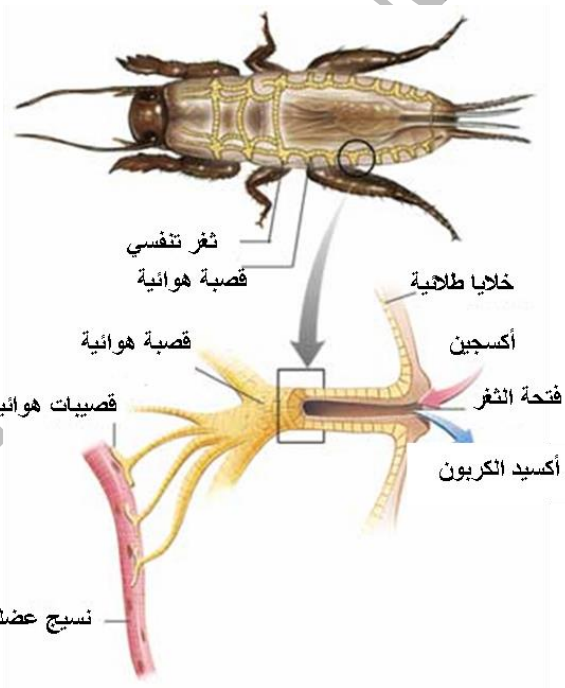


شكل (21): يوضح التشعب القصبي في الحشرات.



شكل(22): يوضح الأكياس الهوائية في الحشرات.

شكل(23): يوضح تجربة لإثبات التخصص في عمل الثغور التنفسية في عمليتي الشهيق والزفير.



شكل(24): يوضح عملية الشهيق والزفير في الحشرات.

الخنافس الغاطسة الفقاعة الهوائية

خياشيم جانبية في ذباب مايو الخياشيم الخارجية في حورية الرعاش الصغير الخياشيم الشرجية في حورية الرعاش الكبير

الخياشيم الشرجية في حورية الرعاش الكبير الممص التنفسي في يرقة البعوض . يرقات الهاموش المحتوية على الهيموجلوبين.

شكل (25): يوضح التنفس في الحشرات المائية.

الجهاز الهضمي Digestive system

تملك كل الحشرات جهاز هضمي كامل في صورة قناة غذائية Alimentary canal تمتد من الفم حتى فتحة الشرج وملحقات مساعدة Accessory parts (الغدد اللعابية – أنابيب أعورية – أنابيب ملبيجى).
اثناء مرور الغذاء في القناة الهضمية يتعرض لعمليات ميكانيكية وبيوكيميائية لتحويل الغذاء من صورته المعقدة إلي صورة بسيطة تسهل الاستفادة منة في عمليتي البناء وإنتاج الطاقة. طول القناة الغذائية يتساوى مع طول الجسم في حالة الغذاء المركز (غذاء صلب) لكن في حالة الغذاء الأقل تركيزاً (غذاء سائل) تطول عن طول الجسم حتى يزداد مساحة السطح الهاضم والممتص للغذاء وللوصول إلي هضم أفضل، وتهيىء الحشرة طول القناة الهضمية بالنسبة لطول الجسم من خلال إنشاء ثنايا والتفآفات على طول القناة الهضمية.
تتكون القناة الهضمية في مرحلة النمو الجنيني من ثلاث مناطق منفصلة في بداية المرحلة والتي تتصل معاً في مرحلة متأخرة من النمو الجنينى، واحدة من هذه المناطق تنمو داخليا من جدار الجسم لتبدأ بتكوين الفم وأخرى مماثلة تنمو داخليا من جدار الجسم لتكون فتحة الإست (ذات نشأة أكتودرمية) والمنطقة الثالثة (المنطقة الوسطي) تبدأ مبكراً عن المنطقتين السابقتين (ذات نشأة إندودرية) ويستمر نمو الطبقتين نحو الداخل ليتحدوا مع المنطقة الوسطى والتي تحاط بالمح وفي المرحلة المتأخرة من النمو الجنينى وقبل الفقس ومع امتصاص كل المح يتم الالتحام بين المناطق

الثلاثة وتتكون قناة ذات تجويف داخلي مجهزة لنقل ومرور الطعام (شكل: 26).

النمو الداخلي من الفم يعرف بالقناة الهضمية الأمامية Fore-gut or Stomodaeum والنمو الداخلي من فتحة الاست يعرف بالقناة الهضمية الخلفية Hind-gut or Proctodaeum.

ويبدأ نمو القناة الهضمية الأمامية والخلفية داخلياً بعد أن يتم تكوين جدار الجسم والذي ينبعج داخليا لتكوينهما وعلية يبطن كل منهما داخلياً بطبقة من الكيتيين وهي إحدى مكونات جدار الجسم ، بينما تخلوا القناة الهضمية الوسطى من هذا التركيب. وتبدأ القناة الهضمية الأمامية من الفم حتى بداية المعدة (القناة الهضمية الوسطى) وتتكون من تجويف الفم والبلعوم والمريء والحوصلة والقونصة.

والقناة الهضمية الوسطى ينمو من جوانبها أكياس تعرف بالأكياس الأعورية Caeca gastric ، بينما القناة الهضمية الخلفية تتكون من اللفائفي والقولون والمستقيم. وجود الكيتين في القناة الهضمية الأمامية يتحور إلي نتوءات خشنة تشبه الأسنان والأشواك وهذا يساعد الحشرات على مضغ الطعام تماماً وخلطة بالعصارة الهاضمة قبل وصولة إلي المعدة وفي المعدة يتم الهضم تماماً والامتصاص وقد يحدث الامتصاص والهضم في القناة الهضمية الخلفية في بعض الحشرات حيث تحتوي على كائنات دقيقة تكافلية مثل البروتوزا في النمل الأبيض لهضم السليلوز وكذلك توجد في الصراصير الأولية التي تتغذى على الخشب، وتوجد البكتريا في

فراشة الشمع للمساعدة في هضم الشمع التي تتغذى يرقاتها علية في المناحل.

ويفتح في الفم قناة تعرف بالقناة اللعابية Salivarium تتصل بالغدد اللعابية التي تتمدد داخل الحلقة الصدرية الأولى، هذه القناة تنقل اللعاب الذي له نفس الوظيفة في الإنسان من حيث ترطيب الطعام وسهولة مضغة وتحويل السكريات العديدة أو الثنائية إلي سكريات أحادية وأيضاً يساعد في حركة أجزاء الفم لسهولة خلط الطعام باللعاب في تجويف الفم .

القناة الهضمية الأمامية The Fore-gut (Stomodaeum)

تعرف بالقناة الهضمية الأمامية وهي ذات نشأة أكتودرمية Ectoderm وتتكون من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية Epithelial cells صغيرة الحجم ممتدة من طبقة البشرة الداخلية لجدار الجسم وأحياناً لا ترى الفواصل بين الخلايا فترى كطبقة عديدة الأنوية ويبطنها من الداخل طبقة من الكيوتيكل الممتد من جدار الجسم ويعرف بالغلاف الداخلي Intima وترتكز الخلايا الطلائية على غشاء قاعدي Basement memberane وهو استمرار للغشاء القاعدي لجدار الجسم ، وهذا الغشاء يغلف من الخارج بطبقة من العضلات الطولية Longitudinal muscles محاطة بطبقة من العضلات الدائرية Circular muscles ثم طبقة من الغشاء البريتوني Peritoneal membrane (نسيج ضام Connective tissues). تلعب العضلات الطولية والدائرية في التركيب الهستولوجي

أ.د. جمال البزاوي

للقناة الهضمية الأمامية دوراً هاماً في إحداث الحركة الدودية التي تسهل من حركة مرور الغذاء.

وتتكون القناة الهضمية الأمامية من :

1- تجويف الفم Buccal cavity

وهي المنطقة المحصورة ما بين الشفة العليا Labium وبقية أجزاء الفم Mouthparts وهذا التجويف ينقسم بواسطة زائدة تحت البلعوم Hypopharynx إلي تجوفين :

أ- تجويف الحلق الداخلي Cibarium

وهو تجويف علوي وظيفته تخزين الغذاء في الحشرات القارضة ويعمل كمضخة ماصة في الحشرات الماصة.

ب- تجويف اللعاب Salivarium

هو تجويف سفلي ووظيفته هو العمل كمضخة للعاب Salivary pump وهو يوجد ما بين القناة اللعابية وزائدة تحت البلعوم، ويتم فيه خلط الطعام باللعاب وتفتيته بواسطة أجزاء الفم كما في الحشرات القارضة أي يتم فيه هضم ميكانيكي وأخر كيميائي جزئي بواسطة أنزيم الأميليز في اللعاب.

2- البلعوم Pharynx

هو قناة قصيرة توجد ما بين الفم والمريء ويتصل به عضلات ممتدة من الجدار الداخلي للجبهة، وهذه العضلات تعمل على سحب الطعام من تجويف الفم إلي داخل المريء من خلال عمليتي الانقباض والانبساط.

3- المريء Oesophagous

هو عبارة عن أنبوبة بسيطة ضيقة نوعاً ما تمر من منطقة الرأس إلي الجزء الأمامي للصدر. ويختلف المريء كثيراً فى الطول، ولاتوجد حدود فاصلة بين المريء والحوصلة حيث أن الحوصلة هي إنتفاخ للمريء، أذن المريء قناة موصلة للطعام بين البلعوم والحوصلة.

4- الحوصلة Crop

هي اتساع للمريء وتتكون من حجرة واحدة يختلف حجمها باختلاف نوع الحشرة فتتضخم الحوصلة مكونة الجزء الأكبر من القناة الهضمية كما في الحشرات مستقيمة الأجنحة لتخزين أكبر كمية من الغذاء، وفي بعض الحشرات مثل يرقات الذباب تتكون الحوصلة من حجرتين كرويتين. الحوصلة ذات وظيفة تخزينية وقد تلعب دوراً في هضم الغذاء على الرغم من أنها لا تفرز الانزيمات الهاضمة ولكن يتم ذلك من خلال إنزيم الأميليز المبتلع مع الطعام والمفروز في تجويف الفم من الغدد اللعابية أو من خلال الانزيمات التي تصل للحوصلة من خلال تقيء المعدة للعصارة الهاضمة داخل الحوصلة ويتم ذلك من خلال الصمام الفؤادي Cardiac valve (Stomodeal valve) إلا أن عملية الامتصاص لا تتم في الحوصلة (شكل:27).

أ.د. جمال البرادعي

5- القونصة Proventriculus (Gizzard)

هي الجزء الخلفي للحوصلة وتتميز عنها بالآتي :

- زيادة سمك العضلات التي تحيط بها.
- نمو الأنتيما (الغلاف الداخلي) في صورة أسنان صلبة أو أشواك أو زوائد أبرية في بعض الحشرات لتلعب دوراً هاماً في الهضم.

ويوجد ثلاث تحورات وظيفية للقونصة في الحشرات:

أ- الطاحونة الغذائية Gastric mill

وفيها تتحور الأنتيما إلي أسنان صلبة حادة كما في حالة الصراصير مع وجود شعيرات كثيفة تعمل كمصفاة تسمح بمرور الأجزاء الدقيقة فقط من الغذاء المطحون إلي المعدة (شكل: 28).

ب- سدابة العسل Honey stopper

وفيها تطول القونصة وتتحور الأنتيما إلي أشواك مقوسة تتجه نحو الحوصلة حيث مع انقباض القونصة تتجه إلي داخل الحوصلة لتنزع حبوب اللقاح من الرحيق (شكل :29)، حيث تقوم بعد ذلك بطحنه بداخلها قبل مروره إلي المعدة بينما يظل الرحيق داخل الحوصلة لخلطة بأنزيم الأميليز أكثر من مرة لتحويله إلي سكريات أحادية مع تقيئه أكثر من مرة على الخرطوم لنضجه من خلال تبخير الماء منه .

ج- تكسير خلايا الدم Broking blood cells

حيث تتحور الأنتيما في القونصة إلي أسنان أبرية طويلة تتجه إلي الخلف لتصل إلي بداية المعدة كما في حال البراغيث . وحيث أن البراغيث لا

تملك النظام الأنزيمي في المعدة القادر على تحطيم جدر خلايا الدم التي تتغذى عليها وعلية فأن هذا التحور يمكنها من تحطيم جدر خلايا الدم وانطلاق ما بها من بروتينات لهضمها والتغذية عليها.

ميكانيكية العمل تتم كالآتى : تنقبض كل من القونصة والمعدة في نفس الوقت فتندفع كرات الدم الحمراء إلي الأمام في اتجاه القونصة ومع انقباض القونصة تندفع الأسنان الأبرية إلي الخلف داخل المعدة بقوة حيث تتلاقى مع خلايا الدم فتعمل على تكسير جدارها فتنطلق محتوياتها من البروتينات داخل المعدة ليتم عليها عمليات الهضم.

يوجد بين القناة الهضمية الأمامية والقناة الهضمية الوسطى (المعدة) صمام يعرف بالصمام الفؤادي Cardiac valve مسئول عن تنظيم مرور الطعام إلي المعدة.

القناة الهضمية الوسطي Mid- gut (Mesenteron)

تعرف القناة الهضمية الوسطية ايضا بالمعي الوسطي أو المعدة ، وتبدأ المعدة بوجود الأنابيب الأعورية Gastric caeca وهي عبارة عن أكياس عددها يتراوح ما بين 4 – 8 أنبوبة ووجودها يزيد من مساحة سطح المعدة المفرز للأنزيمات الهاضمة ومساحة السطح الممتص للمواد المهضومة النافعة والمنطلقة من عملية الهضم من بروتينات وفيتامينات ودهون وتمتاز هذه الأنابيب بعدة وظائف منها على سبيل المثال:

1- تلعب دور في عملية الهضم لإحتوائها على بعض الكائنات التي تساعد في عملية الهضم .

2- مخزن لأنزيمات الهضم.

3- مخزن للمواد الضارة التي تدخل مع الطعام (المشابهات الكيميائية ومنتجاتها).

التركيب الهستولوجي القناة الهضمية الوسطي

تتركب المعدة من الناحية التشريحية من طبقة من الخلايا الطلائية المحاطة بغشاء قاعدي ثم طبقة من العضلات الدائرية المغلفة بطبقة من العضلات الطولية ولا تبطن من الداخل بطبقة من الأنتيما لاختلاف نشأتها عن القناة الهضمية الأمامية والخلفية حيث أنها تنشأ من طبقة الأندودرم Endoderm وبناء على ذلك فتتعرض خلايا المعدة مباشرة إلي الطعام (شكل:30).

أهم أنواع الخلايا المكونة القناة الهضمية الوسطي:

1- **الخلايا الأسطوانية أو العمادية Collumnor or cylinder cells**

وهي خلايا تختص بإفراز الانزيمات وامتصاص نواتج الهضم .

2- **الخلايا الكأسية Goblet or Calyciform cells**

خلايا تشبه الكأس ذات تجويف له حواف مخططة ووظيفتها إفراز أيون البوتاسيوم بعد امتصاصه من الدم لتنشيط عمل الانزيمات في المعدة، علاوة على دورها في الآخراج التخزيني حيث تتراكم بداخلها الاصباغ النباتية والمعادن ثم تطرد للخارج خلال عملية الانسلاخ وعند تجديد النسيج الطلائي .

3- الخلايا المجددة Regenerative cells

هي خلايا توجد أسفل الخلايا العمادية في جيوب خارجية مختفية عند قواعد النسيج الطلائى في شكل فردى أو في مجموعات تعرف بالمنابت Nidi . ووظيفتها تعويض الخلايا التالفة فى المعدة أثناء عملية الإفراز أو ثناء عمليات الاضمحلال خلال عملية الانسلاخ، وتمتاز بقدرتها على الإنقسام لتكوين خلايا طلائية جديدة (شكل: 31).

أنواع الإفراز في خلايا القناة الهضمية الوسطي:

1- إفراز سيال : وفية تقوم الخلايا العمادية بإفراز الانزيمات في صورة مستمرة دون أن تحطم جدارها.

2- إفراز مستهلك: وفية تقوم الخلايا العمادية بإفراز الانزيمات من خلال تحطيم جدارها ملقية بمحتوياتها من الانزيمات على الغذاء.

تحورات القناة الهضمية الوسطي:

1- غشاء حول البلعة الغذائية Peritrophic membrane

القناة الهضمية الوسطية لا تبطن من الداخل بطبقة من الأنتيما ولا تملك خلايا مفرزة للمخاط كما في الثدييات وعلية فإن الغذاء سيحتك مباشرة بخلاياها مما قد يؤدى إلي تكسيرها خاصة إذا كان هذا الغذاء صلب وعلية ينشأ داخل القناة الهضمية الوسطى تحور عبارة عن غشاء يحيط بالغذاء ليمنع احتكاكه بالخلايا المفرزه أو الممتصة وهو ما يعرف بغشاء حول

أ.د. جمال البرادعي

البلعة الغذائية وهو غشاء شبة منفذ يسمح بمرور الانزيمات من الخلايا المفرزة إلي الطعام ويسمح بمرور نواتج الهضم السائلة من فراغ المعدة إلي خلاياها الممتصة دون مرور الغذاء الصلب غير المهضوم. ويتكون هذا الغشاء من الكيتين والبروتين ولذا فهو يهضم بعد إتمام عملية الهضم مع الغذاء المبتلع (شكل:32).

وينشأ هذا الغشاء تحت تأثير ضغط الطعام في بداية المعدة حيث توجد المنطقة الفؤادية حيث يبدأ في الإفراز على الغذاء المبتلع في شكل كريات ويمتد معه داخل المعدة لمنع احتكاكه بالخلايا مباشرة، وينتهي دورة بمجرد تحول الطعام بفعل التفاعلات البيوكيميائية بواسطة الانزيمات الهاضمة إلي مواد ذائبة سائلة لا تؤثر على جدر الخلايا، وفي النهاية يتم طرد المخلفات غير المهضومة إلي القناة الهضمية الخلفية عبر الصمام البوابي Proctodeal valve وهذا الغشاء لا يوجد في الحشرات التي تتغذى تغذية سائلة أو تقوم بعمليات الهضم خارج الجسم.

تمتاز القناة الهضمية الوسطى بوجود ما يعرف بالحلمات على طول امتدادها والتي تساعد على زيادة مساحة السطح المفرز للانزيمات والسطح الممتص لنواتج الهضم لما تحتويه من كهوف Cavity .

2- الغرف المرشحة Filter chamber

هذا التحور يوجد فقط في الحشرات التي تتغذى تغذية سائلة على عصارة النبات مثل المن حيث إن هذه الحشرة تتغذى على عصارة النبات والمحتوية على كميات أكبر من الكربوهيدرات عن البروتين ولكي تحصل

الحشرة على احتياجاتها من البروتين المتناسب مع قدرتها التكاثرية المرتفعة فإنها تمتص كميات كبيرة من عصارة النبات، ولكي تركز البروتينات وتتخلص من الكربوهيدرات الزائدة فإنها تتزود بتحور يعرف بالغرف المرشحة وهو عبارة عن ارتباط جزء من القناة الهضمية الوسطى بمقدمة القناة الهضمية الخلفية (اللفائفي) من خلال نسيج غشائي يسمح بمرور الكربوهيدرات الزائدة عن حاجة الحشرة إلي القناة الهضمية الخلفية ثم إلي الخارج في صورة قطرات من المحلول السكري يعرف بالندوة العسلية بينما يتم تركيز البروتينات في المعدة لسد احتياجات الحشرة (شكل: 33).

3- البراز المتجمع Meconium

تحور يوجد في يرقات نحل العسل حيث إن الأعمار اليرقية لا تتصل فيها القناة الهضمية الوسطى بالقناة الهضمية الخلفية وعندها تصبح القناة الهضمية الوسطى مقسمة إلي نصفين نصف أمامي تتم فيه عمليات الهضم والامتصاص والنصف الخلفي يخصص لتخزين الفضلات، وقبل التعذير مباشرة تفتح القناة الهضمية الوسطى على القناة الهضمية الخلفية فتنتقل المخلفات مرة واحدة إلي القناة الخلفية في شكل كتلة تخرج مرة واحدة من فتحة الإست فيطلق عليها البراز المتجمع.

أ.د. جمال البرادعي

القناة الهضمية الخلفية Hind- gut (Proctodaeum)

يوجد ما بين القناة الهضمية الخلفية والوسطى صمام محاط بعضلات دائرية قوية لتنظيم مرور الغذاء غير المهضوم والمنتجات التالفة والضارة من المعدة إلي القناة الهضمية الخلفية للتخلص منهم يعرف بالصمام البوابي.

تركيب القناة الهضمية الخلفية هستولوجياً هو نفس تركيب القناة الهضمية الأمامية فيما عدا أن العضلات الطولية تحيط بالعضلات الدائرية وأن الأنتيما بها تمتاز بأنها رقيقة وأكثر نفاذية. وهذا لأن القناة الهضمية الخلفية قد يحدث بها امتصاص لبعض المركبات الضرورية من أملاح وفيتامينات ومعادن وماء من الغذاء غير المهضوم قبل طردة خارج الجسم من خلال فتحة الاست في شكل فضلات، وقد يتم في القناة الهضمية الخلفية في بعض الحشرات هضم للغذاء اعتمادا على وجود بعض الكائنات الدقيقة التكافلية مثل وجود البروتوزا الهاضمة للسليلوز كما في النمل الأبيض وبعض الصراصير الأولية التي تتغذى على الخشب ، والبكتريا الهاضمة للشمع كما في يرقات فراشة الشمع التي تتغذى على الشمع في المناحل.

تنقسم القناة الهضمية الخلفية إلي :

1- المعي الدقيقى (اللفائفي) Ileum

يتصل بالمعدة ويوجد بينه وبين المعدة أنابيب ملبيجى (شكل: 34).

2- المعي الغليظ (القولون) Colon

أ.د. جمال البرادعي

يكون أكثر اتساعاً ومخزن للفضلات، وأحياناً ينشأ على القولون نمو مجوف نحو الخارج يعرف بالمصران الأعور Coecum.

3- المستقيم Rectum

هو الجزء المتضخم من المعي الخلفي ويفتح للخارج بفتحة الاست ويحتوى على طبقة سمكية من العضلات عند انقباضها على الغذاء غير المهضوم يخرج في صورة براز من فتحة الاست، ويحتوي المستقيم في بعض الحشرات على حلمات تعرف بأخفاف المستقيم Rectal pads وظيفتها هو امتصاص الماء عند الحاجة إليه مرة أخرى وذلك في الحشرات التي تتغذى تغذية جافة أو تعيش في مناطق صحراوية وامتصاص الأيونات غير العضوية في الحشرات التي تعيش في المياه، وتتكون الحلمة من طبقة واحدة من الخلايا كما في حوريات الرعاش أو من طبقة ثنائية كما في غشائية الأجنحة وعدد الحلمات يتراوح مابين 4 – 6 حلمة (شكل :35).

ملحقات القناة الهضمية Accessory parts :

1- أنابيب ملبيجى Malpighian tubes

2- الأنابيب الأعورية Gastric caeca

3- الغدد اللعابية Salivary glands

هي ذات نشأة أكتودرمية وهما غدتا الشفة السفلى وتوجد على جانبي القناة الهضمية الأمامية في الحلقة الصدرية الأولى وشكلها يختلف باختلاف نوع الحشرة ووظيفتها :

أ.د. جمال البرامونى

1- إفراز اللعاب المحتوى على أنزيم الأميليز الهاضم للسكريات العديدة أو الثنائية وتحويلها إلي سكر أحادى وذلك من خلال قناة لعابية تفتح في الشفة السفلى عند اتصالها بزائدة تحت البلعوم.

2- إفراز الحرير حيث تفرزه على هيئة فيبرينوجين Fibroinogen يتحول بمجرد خروجه مباشرة من الفم إلي خيط مرن قوي من بروتين الفيبروين Fibroin ويحاط بطبقة قابلة للذوبان في الماء تعرف بالسريسين

3- يحتوى على مواد مانعة لتجلط الدم ومهيجة له وتسبب توارد الدم وسيولته إلي مكان التغذية في الحشرات التي تتغذي على الدم مثل البعوض أو البراغيث.

الهضم والامتصاص

بعض الحشرات تستخدم الهضم الخارجي بالاضافة إلي الهضم الداخلي مثل نطاط الأوراق الذي يحقن لعابة داخل أنسجة النبات والذباب المنزلي الذي يتقيء أنزيم الأميليز للغدة اللعابية على سطح الطعام لتحويله من الصورة الصلبة إلي الصورة السائلة قبل لعقه، والخنافس الغاطسة تحقن فريستها بالعصارة اللعابية. لكن أغلب عمليات الهضم تتم في القناة الهضمية الوسطي والأنابيب الأعورية الغنية بالانزيمات الهاضمة. وتتنوع الانزيمات بتنوع الغذاء اعتمادا على ما تأكله الحشرات فالحشرة التي تتغذى على الدم تنتج أنزيمات هاضمة للبروتينات والحشرات التي تتغذى على الأخشاب تنتج أنزيمات محللة للسيليوز.

والحشرات تستخدم الجهاز الهضمي أيضاً لامتصاص المواد الغذائية و العناصر الآخرى المهضومة في صورة سائلة لاستخدامها في تحقيق النمو وإنتاج الطاقة ، حيث أن الحشرات تبتلع الغذاء في صورة أوزان جزيئية كبيرة في شكل مواد معقدة التركيب من بروتتينات وسكريات عديدة ودهون وأحماض نووية فيقوم الجهاز الهضمي بتحويلها إلي أوزان جزيئية صغيرة في شكل مواد بسيطة التركيب سهلة الامتصاص مثل الأحماض الأمينية والسكريات الأحادية وذلك لاستخدامها في النمو والتكاثر وإنتاج الطاقة.

أدوار القناة الهضمية

أ- التنظيم المائي

جدر القناة الهضمية لها دور في تنظيم المحتوى المائي لجسم الحشرة ويظهر ذلك بوضوح في حالة الحشرات التي تتغذى أو تقتات غذاء جاف أو التي تعيش في ظروف بيئية جافة حيث يكون لديها انتحاء نحو الاحتفاظ بالماء ويتم ذلك من خلال أعادة امتصاص الماء من المواد الآخراجية بواسطة جدار المستقيم قبل تبرزها ولذا يتحول البراز إلي كرات جافة. هناك حشرات لا تملك مثل هذه التراكيب المعقدة اللازمة للاحتفاظ بالماء وهي الحشرات التي تتغذى تغذية سائلة والتي ليست في حاجة للإعادة امتصاص الماء بل على العكس فأنها تلجأ للتخلص من الماء الزائد حتى تتجنب تخفيف العصارات الهاضمة أو تخفيف الدم وتتطور هذه العملية بنشوء الغرف المرشحة في الحشرات نصفية الأجنحة.

ب- **الامتصاص (امتصاص المواد الغذائية المهضومة)**

يتم الامتصاص غالباً في القناة الهضمية الوسطية ويحدث للمواد الآتية:

1- امتصاص المواد العضوية : يتم امتصاص السكريات الأحادية الناتجة من تحلل الكربوهيدرات في القناة الهضمية الوسطية ، كذلك يتم امتصاص البروتينات في القناة الهضمية الوسطى.

2- امتصاص المواد غير العضوية:

*تمتص القناة الهضمية الوسطى بعض المواد غير العضوية كالحديد والنحاس

* هناك دورة للفوسفات في بعض الحشرات حيث يتم أفرازة في القناة الهضمية الوسطى لتنظيم العصارات الهاضمة ثم يعاد امتصاصه في القناة الهضمية الخلفية.

* يحدث أيضاً امتصاص للصباغات والملونات مثل الأنثوذايسين والكلوروفيل والكاروتينات ويحدث أيضاً امتصاص للسموم المعدنية (الزرنيخات).

ج- الآخراج التخزيني

1- شائع في الحشرات التي لا تملك أعضاءإخراج حيث تقوم بتخزين الفضلات في صورة حبيبات كبيرة في الخلايا للحد من ضررها ويتم التخلص منها خلال عملية الانسلاخ مثل الحشرات ذات الذنب (الكولومبولا) التي لا تملك أنابيب ملبيجى.

أ.د. جمال البرامونى

2- هنـــاك أدلـــة تشـــير إلـــي أن القنـــاة الهضـــمية تســـاعد فـــي الآخـــراج النشطوالآخراج التخزينـي بالإضـافة لـدورها الميكـانيكي فـي الـتخلص مـن الفضلات في صورة كرات برازيه.

3- يـتم الآخـراج النشـط فـي الخلايـا الطلائيـة للقنـاة الهضـمية التـي تمـتص مركبـات معينـة مـن الـدم وتفرزهـا فـي القنـاة الهضـمية لكـي تخـرج مـع الفضلات مثل المساعدة في التخلص من حمض اليوريك.

د- دور القناة الهضمية في مراحل التمثيل الوسطى.

الخلايـا الطلائيـة للقنـاة الهضـمية الوسـطى تقـوم بـبعض المراحـل الوسـطية للتمثيل الغذائى حيث تقوم بدور يماثل دور الكبد فـي الكائنـات الراقيـة فمثلاً علـى الـرغم مـن أن الجسـم الـدهني فـي الحشـرات يعتبـر المحطـة الرئيسـية لتكـوين وتخـزين الجليكـوجين فيـه إلا إن ذلـك يـتم فـي القنـاة الهضـمية الوسـطى فـي بعـض الحشـرات. ويلاحـظ وجـود حـامض الأسـبارتيك فـي الخلايا الطلائية لكثير من الحشرات.

أ.د. جمال البرامونى

هـ ـ وظائف أخرى للقناة الهضمية.

للقناةالهضمية أدوار أخري في كل من:

1- عملية الانسلاخ.

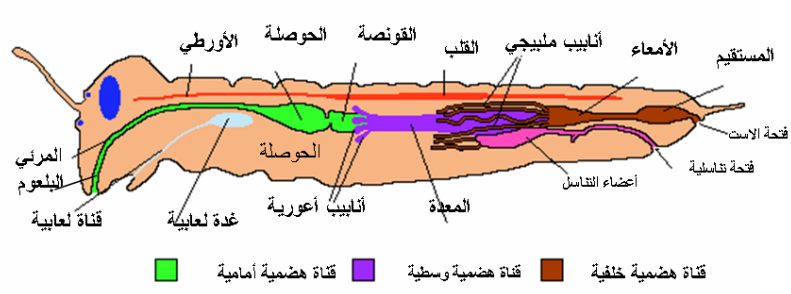
2- خروج الكوامل نتيجة ابتلاع الماء أو الهواء.

3- عملية التنفس مثل الخياشيم الشرجية الموجودة في مستقيم حورية الرعاش الكبير.

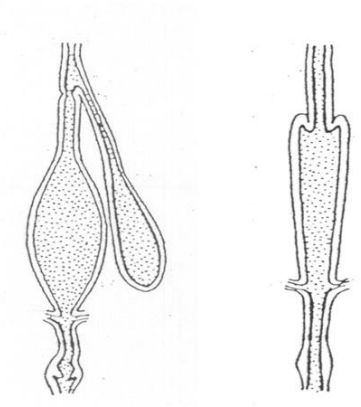
4- إنتاج المضادات البكتيرية.

5- تخزين الغذاء اللازم لحدوث الإنشاء (التشكل).

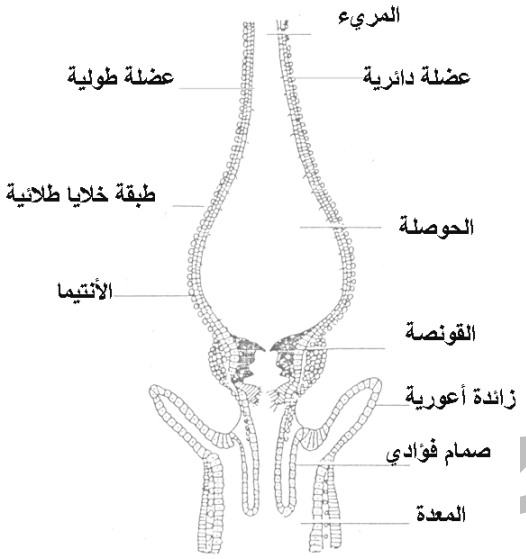
أ. جمال البراموني



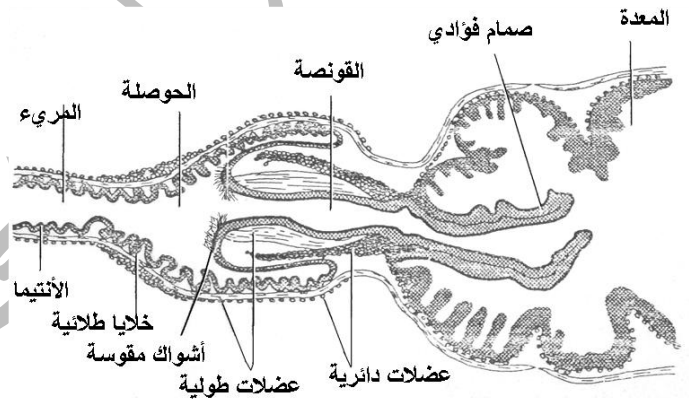
شكل (26): يوضح مكونات الجهاز الهضمي.



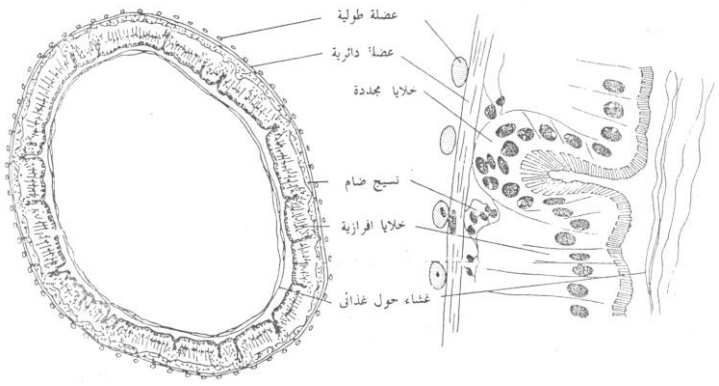
شكل (27): يوضح الحوصلة في شكل حجرة واحدة أو في شكل حجرتين.



شكل (28): يوضح القطاع الطولي في القناة الهضمية الأمامية والطاحونة الغذائية في الصرصور الأمريكي.

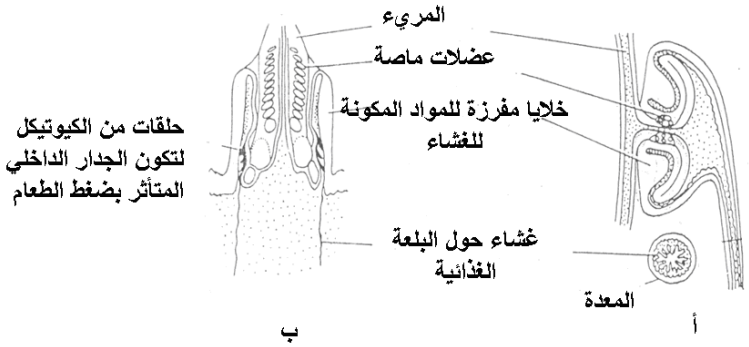


شكل(29) : يوضح سدابة العسل وهى أحد تحورات القونصة .

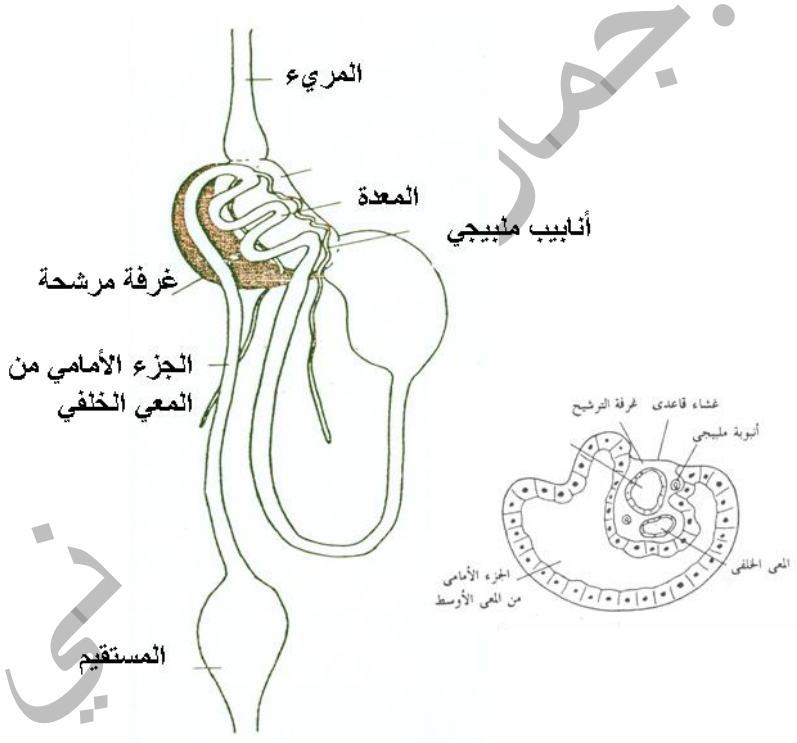


شكل (30): يوضح القطاع العرضي في المعدة.

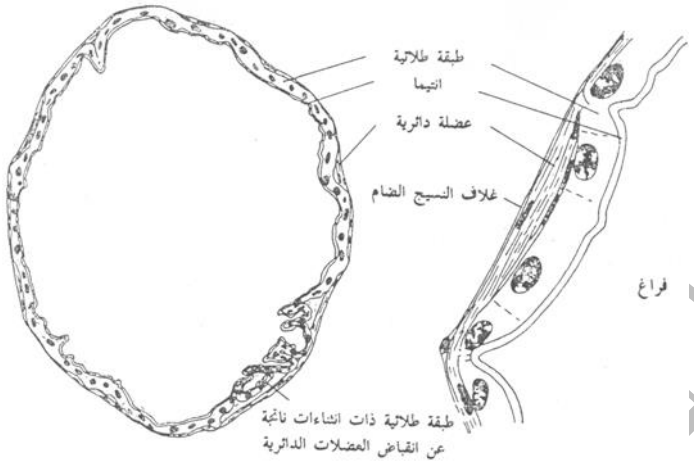
شكل (31): يوضح الكهف في المعدة.



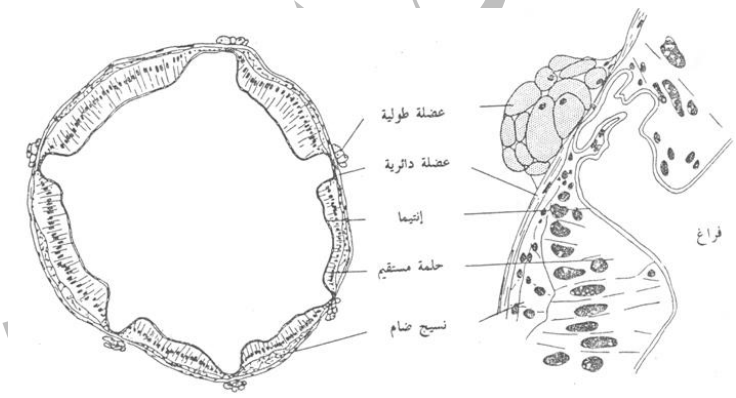
شكل (32): يوضح إفراز غشاء حول البلعة الغذائية في كل من يرقة بعوضة الانوفيليس (أ) وذبابة التسي تسي (ب).



شكل (33): يوضح الغرفة المرشحة في الحشرات التي تتغذي تغذية سائلة على عصارة النبات.



شكل (34): يوضح القطاع العرضي في اللفائفي.



شكل (35): يوضح القطاع العرضي في المستقيم.

الجهاز الآخراجي Excretory system

الجهاز الآخراجي في الحشرات وظيفته الأساسية هو التخلص من المواد ذات الطبيعة الضارة للحشرة دون الأستفادة منها والمحافظة على الحالة الداخلية للحشرات في حالة توازن ويتم ذلك من خلال :

1- التخلص من الفضلات النيتروجينية

2- تنظيم التوازن بين الماء والأملاح بالجسم والمحافظة علية

3- التخلص من السموم التي تدخل الجسم

وأعضاء الآخراج في جسم الحشرة تنقسم إلي

- أعضاء إخراج ثانوية
- أعضاء إخراج رئيسية

أعضاء الآخراج الثانوية:

هي أعضاءإخراج تساعد أعضاء الآخراج الرئيسية في المحافظة على الحالة الداخلية للحشرة في حالة توازن واستقرار وتشمل خلايا دموية وغدد ومنها :

1- الجسم الدهني Fat body

هو تجمع لخلايا دهنية تتواجد أسفل جدار الجسم وحول القناة الهضمية ووظيفتة هو تخزين الكربوهيدرات الزائدة عن حاجة الجسم في صورة جلايكوجين (نشا حيواني) لحين الحاجة إليه وخاصة في حالات نقص الغذاء أوخلال فترتي السكون والبيات.

أ.د جمال الدراموني

2- خلايا النفروسايت Nephrocytes

هي خلايا دموية تحيط بالجهاز الدورى وتعمل على استخلاص اليوريا من الدم (المواد الأزوتية) الناتجة من عمليات التمثيل الغذائى للبروتينات ، وتخزينها والتخلص منها خلال عملية الانسلاخ.

3- إفرازات غدية

الإفراز : هوإخراج لمواد ذات وظيفة هامة في حياة الحشرة .

أنواع الغدد المفرزة في الحشرات:

أ- غدة الشمع Wax gland

هي غدة توجد على استرنات الحلقات البطنية لشغالات نحل العسل، تقوم بإفراز الدهون الزائدة عن حاجة الجسم بعد خلطها بالكحولات في صورة سائلة تجف بعد تعرضها للهواء مباشرة في صورة قشور شمعية تمضغها الشغالات وتقوم بإستخدامها في بناء العيون السداسية لخلايا النحل.

ب- الغدة اللعابية Salivary gland

تقوم بإفراز البروتينات الزائدة عن حاجة الجسم في صورة نزيمات هاضمة مثل إنزيم الأميليز اللازم لتحويل السكريات العديدة إلي سكريات ثنائية والسكريات الثنائية إلي سكريات أحادية.

ج- غدة الحرير Silk gland

توجد غدة الحرير في الفم (غدد شفوية) تعرف بالغازلة كما في ديدان الحرير أو توجد في الرسغ لبعض الحشرات التي تنتقل بين الأوراق على النبات أو في نهاية الجسم، ووظيفتها هي تحويل البروتينات الزائدة عن

أ. جمال البرامودي

حاجة الجسم والتي قد تؤدي إلي تسمم الحشرة إلي خيوط حريرية لاستخدمها في صناعة شرانق لتتعذر بداخلها بغرض الحماية من الأعداء وقت السكون وعدم مقدرتها على الحركة.

د- غدة السم Poison gland

توجد في الفم كما في النمل أو مرتبطة بآلة وضع البيض ويطلق عليها في هذه الحالة آلة وضع بيض متحورة للسع كما في شغالة نحل العسل أو آلة وضع بيض متحورة للوخز كما في طفيل البمبلا . ووظيفة غدة السم إنتاج الأحماض الزائدة عن حاجة الجسم وتخزينها والاستفادة منها في الدفاع عن النفس ضد الأعداء مثل حامض الهيستامين السام الذي تنتجة شغالات نحل العسل.

هـ غدد الفيرمونات Phermones glands

هي غدد توجد في أماكن مختلفة من الجسم فقد توجد في فكوك الحشرة أو في نهاية البطن (المستقيم) ووظيفتها إعادة استخدام المواد النباتية الثانوية التي تحصل عليها الحشرة من خلال التغذية حيث تقوم بتنظيمها واجراء بعض التحورات الكيميائية عليها ثم تفرزها وتخزنها في أماكن خاصة لحين استخدامها في اداء وظائف محددة وهامة في حياة الحشرة مثل جذب الجنس الآخر للتزاوج من خلال الفيرمونات الجنسية أو تجميع أفراد المجتمع بغرض الهجرة كما في الجراد الصحراوي من خلال فيرمونات التجمع أو تجميع أفراد المجتمع بغرض التغذية كما في خنافس القلف من خلال فيرمونات التجمع للتغذية أو تجميع أفراد المجتمع بغرض الدفاع من

أ.د. جمال البرادعي

خلال فيرمونات الدفاع أو تجميع أفراد المجتمع بغرض التحذير من خلال فيرمونات التحذير .

هناك إفرازات اخري تستخدم فى تحقيق أهداف تخدم الحشرات مثل:

1- إفراز الصبغات الكيميائية

يحمل الغذاء كثير من الصبغات النباتية التي تضر بالحالة الفسيولوجية للحشرة بعد أنطلاقها من عمليات التمثيل الغذائي ولكن الحشرات تستطيع إعادة امتصاصها من الدم وإفرازها في صورة صبغات ملونة تترسب في جدار الجسم والحراشيف لتستخدمها الحشرات في تمييز أنواعها وأيضا كوسيلة للتجاذب الجنسي أو كوسيلة للتحذير.

2- إفراز المشابهات الكيميائية السامة

كثير من الحشرات تتغذى على عوائل نباتية غنية بالمركبات السامة هذه الحشرات تملك إمكانيات عالية في قدرتها على فراز هذه المركبات ونواتج تكسيرها في أماكن خاصة بالجسم لإستخدمها كوسيلة للدفاع ضد الأعداء الحيوية والمثال على ذلك نطاط العشار والذي يتغذى على أوراق نبات العشار الغنية بالكاردينولات السامة حيث يقوم بعزل هذه المركبات وإفرازها في أكياس تتواجد على جانبي الجسم لها فتحات خارجية يقوم بإخراجها في صورة رزاز مستمر عند التعرض للأعتداء من قبل الأعداء مثل الطيور لإبعادها أو إصابتها بالتسمم.

أعضاء الآخراج الرئيسية

تتكون أعضاء الآخراج الرئيسية من كل من أنابيب ملبيجى والمستقيم .

أولاً : أنابيب ملبيجى Malpighian tubes

توجد في غالبية الحشرات فيما عدا الكولومبولا والمن (حشرات تتغذي تغذية سائلة) وهي توجد طافية في الهيموليمف وتفتح في بداية القناة الهضمية الخلفية وقد تلتحم نهائياً بالمستقيم كما في الحشرات غمديه الأجنحة وجميع يرقات حرشفية الأجنحة (شكل: 36)، وطولها يختلف باختلاف نوع الحشرة فقد تطول أو تقصر ، وعددها يختلف أيضاً باختلاف نوع الحشرة ولكن يتوقف على طولها والعدد البدائي لها ستة أنابيب أُختزل إلي أثنين أو أربعة وأن كان عدد أنابيب ملبيجى يزداد بعد مرحلة النمو الجنيني في الحشرات غشائية الأجنحة ومستقيمة الأجنحة عكس غمديه الأجنحة. وقد تتحور أنابيب ملبيجى في يرقات غمديه الأجنحة ومعرقة الأجنحة لإفراز الحرير المستخدم في صناعة شرانق العذارى، وتتنوع قدرتها بتنوع الحشرات في التخلص من السموم التي تدخل الجسم مع الغذاء حيث إن لها قدرة على تحمل السموم. أنابيب ملبيجى قد تخلو من العضلات كما في بقة *Rhodinus* .

أ.د. جمال البرموني

التركيب الهستولوجي لأنبوبة ملبيجى :

جدار أنبوبة ملبيجى يتكون من طبقة واحدة من الخلايا التي تحيط بقناة وسطية تشكل فراغ الأنبوبة ، أي أن أنبوبة ملبيجى سمكها خلية واحدة (شكل :37).

تتركب أنبوبة ملبيجى من منطقتين هما :

1- **المنطقة القاعدية**: تحتوي على خلايا ذات أهداب تعرف بخلايا حافة الفرشاة وهي تقوم بعملية الامتصاص.

2- **المنطقة الطرفية** : تحتوي على خلايا متراصة بجانب بعضها في شكل حافة قرص الشمع وتعرف بخلايا قرص الشمع ووظيفتها هو الإفراز البولي.

وتتركب خلية أنبوبة ملبيجى من :

1- منطقة قاعدية : تحاط بغشاء قاعدي رقيق يرتبط به قصبات هوائية وهذا الغشاء يتعمق للداخل ليكون أغوار مختلفة العمق تعرف بالحجرات السيتوبلازمية القاعدية المحتوية على جسيمات كوندرية كما في حافة قرص الشمع.

2- المنطقة الوسطى : تحتوي على النواة والشبكة السيتوبلازمية

3- المنطقة القمية : تشكل الحافة الحرة للخلية المواجه لفراغ القناة في شكل حافة قرص الشمع أو حافة الفرشاة وهي عبارة عن خيوط سيتوبلازمية قد تكون متلاصقة كما في حافة قرص الشمع أو متباعدة كما في حافة الفرشاة (شكل :38).

فسيولوجيا الآخراج وميكانيكية التخلص من اليوريك أسيد

*يعتمد الآخراج بواسطة أنبوبة ملبيجى على التنشيط الأيوني لامتصاص اليوريا من الدم داخل أنبوبة ملبيجى, حيث يقوم أيون البوتاسيوم/ الصوديوم في سائل الجسم (الهيموليمف) بالأتحاد مع Uric acid (حمض البوليك) المنطلق من عمليات التمثيل البروتيني لزيادة النشاط الكهربائى لامتصاصها بواسطة فروع أنبوبة ملبيجى الطليقة في الهيموليمف في صورة يورات بوتاسيوم / صوديوم وذلك اعتماداً على زيادة ضغط اليوريك أسيد في الهيموليمف عن داخل الأنبوبة.

* يتكون فرع أنبوبة ملبيجى فى بقة *Rhodnius* من نصفين مختلفان تركيباً ووظيفاً فالجزء الطرفي يتكون من خلايا متراصة لها زوائد سيتوبلازمية متلاصقة فى شكل حافة قرص الشمع Honey –comb border وهو مخصص للافراز, أما الجزء القاعدى من الأنبوبة يتكون من خلايا متراصة لها زوائد سيتوبلازمية متباعدة فى شكل أهداب متجه نحو فراغ الأنبوبة وتعرف بحافة الفرشاة Bruch border .

تقوم خلايا الجزء الطرفي (حافة قرص الشمع) بأمتصاص يورات البوتاسيوم أو الصوديوم ثم تقوم بافرازها (منطقة افراز) داخل فراغ الأنبوبة ذائبة فى الماء وتنتقل بعدها الى المنطقة القاعدية (حافة الفرشاة) من فرع أنبوبة ملبيجى تحت تأثير التركيز (الإنتقال من التكيز العالي إلي التركيز الأقل) .

*وفي الجزء القاعدي والمعروف بحافة الفرشاة Bruch border تقوم الأهداب بدفع يورات الصوديوم أو البوتاسيوم نحو قاعدة الأنبوبة الملاصقة للقناه الهضمية الخلفية حيث تقوم خلاياها باستخلاص كل من أملاح البوتاسيوم/ الصوديوم فى صورة بيكربونات وكذلك الماء الذائبة فيه (منطقة أمتصاص) فيتبقى داخل فراغ الانبوبة اليوريك اسيد فى شكل بللورات تطرد الى القناه الهضمية الخلفية لاخراجها في صورة حبيبات خارج الجسم من خلال فتحة الاست وخلال مرور هذه الحبيبات في القناة الهضمية الخلفية يعاد امتصاص الماء فى حاله الحشرات التى تعيش معيشة ارضية جافة أو الأملاح الهامة للجسم فى حاله الحشرات المائية وذلك من خلال حلمات المستقيم (شكل:39).

بعدها تقوم خلايا حافة الفرشاه بإرجاع كل من الماء والبوتاسيوم / الصوديوم إلي الجزء الطرفى لأنبوبة ملبيجى (حافة قرص الشمع) حيث تقوم خلاياها باعادتهم مرة أخري للهيموليمف لتعاد الدورة مرة أخري .

ثانياً : المستقيم Rectum

له دور مكمل لأنبوبة ملبيجى حيث يتم به:

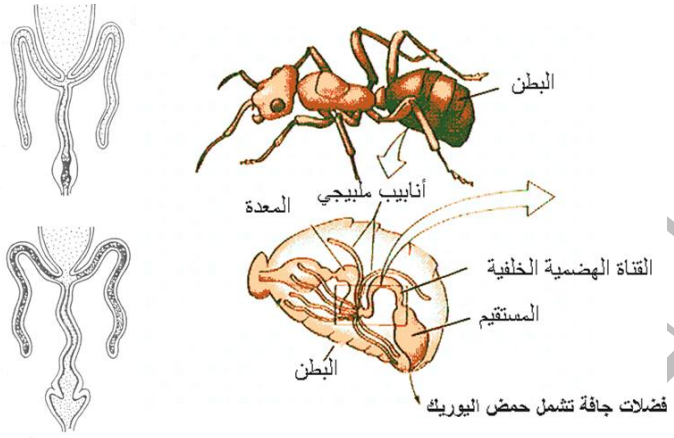
* إعادة امتصاص الماء من حبيبات اليوريك أسيد خاصة في الحشرات التي تتغذى تغذية جافة أو تعيش في الصحارى من خلال ما يحتويه من حلمات تعرف بأخفاف المستقيم مما يؤدي إلي خروج الفضلات في صورة جافة جداً.

أ.د. جمال البرامونى

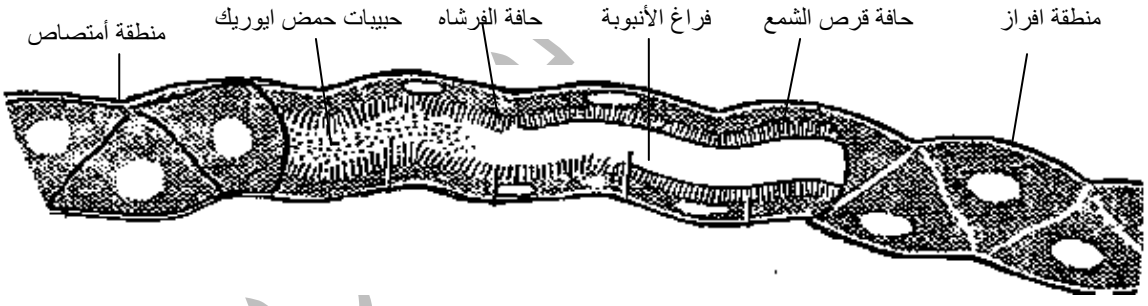
* إعادة امتصاص الأملاح الهامة للجسم خاصة في الحشرات التي تعيش في الماء حيث كثرة خروج الماء يعمل على غسل الأملاح من الجسم لكن حلمات المستقيم تعمل على إعادتها مرة أخرى للجسم مما يحافظ على الحالة الفسيولوجية للحشرة في حالة توازن.

* إعادة امتصاص المواد الغذائية الهامة.

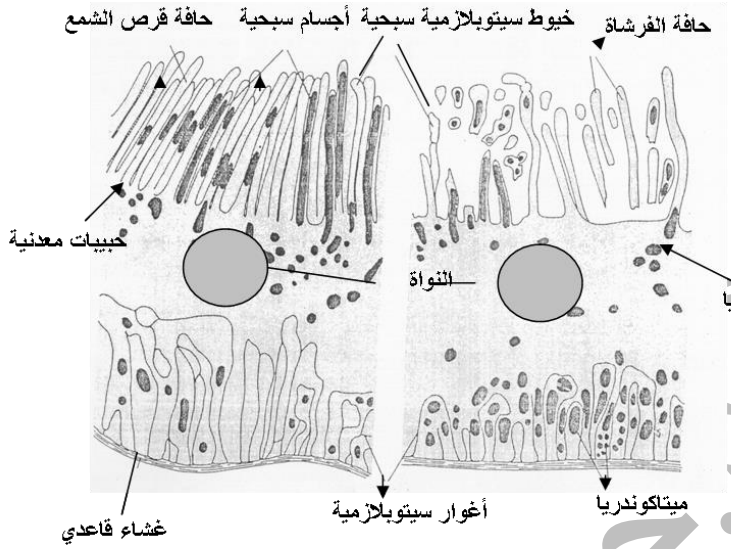
أ.د جمال البرامونى



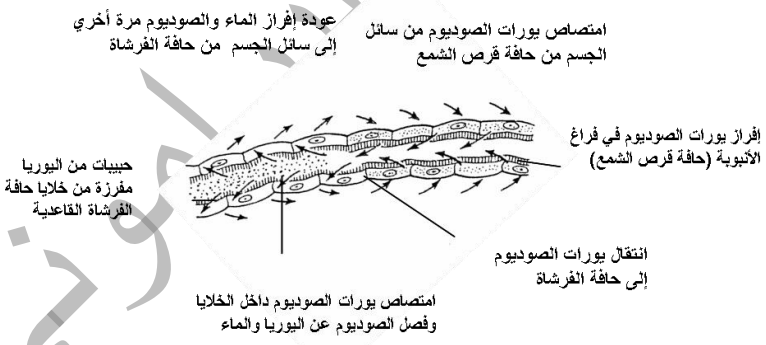
شكل (36): يوضح مكان أنابيب ملبيجى بين المعدة والقناة الهضمية الخلفية.



شكل (37): يوضح تركيب أنبوبة ملبيجى في بقة *Rhodinus*.



شكل (38): يوضح تركيب الخلية في كل من حافة الفرشاة وحافة قرص الشمع.



شكل (39): يوضح فسيولوجيا الآخراج في بقة الـ *Rhodinus*.

الجهاز الدوري Circulatory system

تمتلك الحشرات جهاز دوري مفتوح يختلف في تركيبة ووظيفته عن الجهاز الدوري المغلق في الإنسان والفقاريات، والدم في الجهاز الدوري المغلق يمر داخل أوعية تتمثل في شرايين وأوردة لتصل إلي الأنسجة الداخلية والأعضاء من خلال شعيرات دموية بينما الدم في الجهاز الدوري المفتوح والمعروف بالهيموليمف يقضي كثيراً من الوقت خلال سريانه حراً في تجاويف الجسم ليكون على اتصال مباشر بالأنسجة والأعضاء الداخلية.

الجهاز الدوري في الحشرات يكون مسئول عن وظائف متعددة منها على سبيل المثال : حركة العناصر الغذائية والأملاح والهرمونات ومخلفات التمثيل الغذائي خلال إلي أماكن الاستفادة أو التخلص منها، ويلعب الدم في الحشرات دوراً هاماً في الدفاع عن الجسم من خلال مهاجمة خلاياه للبكتريا والطفيليات الداخلية وغيرها من الأجسام الغريبة حيث تتحوصل حولها وتعمل على تدميرها ، ينتج أو يفرز المركبات الكريهة التي توفر للحشرة درجات من الحماية ضد المفترسات ، تلعب خواص الدم الهيدروليكية (علم السوائل المتحركة) والضغط الهيدروستاتيكي (علم توازن السوائل الساكنة وضغطها) دوراً هاماً في حدوث ضغط داخلي يعمل على حدوث الفقس والانسلاخ وتمدد الجسم وإنفراد الأجنحة بعد عملية الانسلاخ والحركة الفيزيائية للجسم خاصة في اليرقات ناعمة الجسم والتكاثر من حيث انتصاب أعضاء التلقيح ووضع البيض ويتم ذلك بمساعدة انقباض العضلات، ويلعب الدم في بعض الحشرات دوراً في

تنظيم درجة حرارة الجسم من خلال تبريد الجسم عن طريق توصيل الحرارة الفائضة عن نشاط عضلات الطيران للخارج ، ويعمل أيضاً على تدفئة الجسم من خلال تجميع وتوزيع الحرارة الممتصة من خلال التشميس بأشعة الشمس، وليس للدم أي دور في عملية التنفس لعدم احتواءه على صبغة الهيموجلوبين.

مكونات الجهاز الدوري:

يتكو الجهاز الدوري في الحشرات من سائل الجسم والمعروف بالهيموليمف Hemolymph والوعاء الظهري Dorsal vessel.

الوعاء الظهري Dorsal Vessel

هو المكون الرئيسي في تركيب الجهاز الدوري في الحشرات وهو عضو النبض الرئيسي ويوجد في شكل أنبوبة تمر طولياً خلال الصدر والبطن أسفل جدار الجسم من الناحية الظهرية (شكل : 40 و 41)، وفي أغلب الحشرات يتركب من أغشية هشة تجمع الهيموليمف من البطن وتوصله للأمام إلي الرأس.

ويسمى الوعاء الظهري في منطقة البطن بالقلب Heart والذي يقسم إلي حجرات في الحلقات البطنية وتفصل عن بعضها بواسطة صمامات بوابيه (بطنية) لتمرير الهيموليمف في اتجاه واحد للأمام (شكل:42)، ويوجد أسفل كل حجرة من حجرات القلب زوج من العضلات الجناحية alary muscles والتي تتصل جانبيا بجدار الجسم في كل حلقة، وهذه العضلات تكون عريضة أسفل حجرات القلب وضيقة من أماكن خروجها من جدار

الجسم وفي بعض الحشرات مثل القمل تكون متصلة بجدار القلب . الانقباض التقلصي لهذه العضلات يدفع الهيموليمف للحركة للأمام من حجرة إلي أخرى وخلال مرحلة انبساط القلب (الراحة) تفتح الصمامات الأذينية التي توجد على جانبي حجرات القلب لتسمح للهيموليمف بالمرور إلي حجرات القلب من تجاويف الجسم (شكل :43).

معدل انقباض القلب يختلف باختلاف نوع الحشرة لكن معدل الانقباض القياسي يتراوح ما بين 30 إلي 200 ضربة لكل دقيقة ومعدل الضربات يتأثر بدرجات حرارة الجو فيزداد مع ارتفاع درجة الحرارة ويقل مع انخفاضها وكذلك يتأثر بمعدل نشاط الحشرة.

عدد حجرات القلب يختلف باختلاف نوع الحشرة فقد تصل إلي 13 حجرة كما في الجراد والنطاط وعشرة حجرات كما في السمك الفضي وثلاث حجرات كما في النمل وحجرة واحدة كما في السوس، وقد يمتد القلب إلى الصدر كما في حالة الصراصير وفرس البني.

الوعاء الظهري في مقدمة القلب يفتقر إلى صمامات أو عضلات ليُكون أنبوبة بسيطة تعرف بالأورطي Aorta والتي تستمر للأمام داخل الرأس والهيموليمف يمر منة للأعضاء والعضلات داخل الرأس ثم يرشح للخلف في اتجاه القناة الهضمية وخلال الجسم حتى يصل إلى البطن ثم يعود مرة أخرى للقلب من خلال الصمامات الأذينية.

لتيسير حركة الهيموليمف يقسم تجويف الجسم إلى ثلاث تجاويف من خلال أثنين من الحواجز الرقيقة المتكونة من العضلات والأغشية والمعروفة باسم الحجاب الحاجز الظهري والبطنى Dorsal and ventral diaphragms .

الحجاب الحاجز الظهريDorsal diaphragm

يتشكل من العضلات الجناحية للقلب والتي تفصل تجويف حول القلب Pericardial sinus عن التجويف الحشوى Perivisceral sinus **.**

الحجاب الحاجز البطني Ventral diaphragm

يغطي عادة الحبل العصبي ويفصل التجويف الحشوي عن التجويف حول العصبي Perineural sinus.

أعضاء النبض المساعدة Accessory pulsating

تملك بعض الحشرات أعضاء نبض Pulsatile organs بالقرب من قواعد الأجنحة والأرجل وهي عبارة عن مضخات عضلية في العادة لاتنقبض لأداء دورها التنظيمي ولكن تحدث فعلها من خلال اقترانها ببعض حركات الجسم لدفع الهيموليمف في الأطراف البعيدة عن الوعاء الظهري ، ويوجد في قواعد قرون الاستشعار أعضاء نبض مساعدة أمبولية الشكل تسحب الدم من التجويف الجبهي لتدفعه إلى قرن الاستشعار.

أ.د. جمال الدراوي

الهيموليمف Haemolymph

هيموليمف الحشرة والمعروف بسائل الجسم يتكون من البلازما Plasma وخلايا الدم Haemocytes .

البلازما Plasma

يشكل نحو 90 % من الهيموليمف وهو سائل مائي يتكون من 85 % ماء والباقي عبارة عن بروتينات وأحماض أمينيه وأملاح وإنزيمات وسكريات والتي تكون في العادة ذات تركيز عالي بالمقارنة بتركيزها في دم الفقاريات. لون البلازما في العادة يكون شفاف إلا إن لونه في بعض الأوقات يكون أخضر نتيجة صبغة الكلوروفيل أو أصفر نتيجة صبغة الزانثوفيل اعتمادا على الصبغات الملونة في الغذاء وفي بعض الحشرات يكون لونه أحمر كما في يرقات الهاموش حيث تحتوي على صبغة الهيموجلوبين ولكنها تحتوي على وحدتين فقط من صبغة الهيماتين وبالتالي تفقد القدرة على التأكسد عكس الثدييات التي تحتوي على أربع وحدات من الهيماتين مما يمكنها من حمل الأكسجين وتوزيعه على الجسم. في فصل الشتاء غالباً تفرز الحشرات كميات من الريبولوز Ribulose والتيرهالوز Trehalose أو الجليسرول Glycerol في البلازما لمنعة من التجمد خلال فصل الشتاء البارد.

أ.د. جمال البرادعي

خلايا الدم Haemocytes

تشكل خلايا الدم في الحشرات 10 % من مكونات الهيموليمف، وتلعب دوراً هاماً في حياه الحشرات مثل تجلط الدم في اماكن الجروح بواسطة خلايا دم هلامية والتي تفرز خيوط في مكان الجرح في شكل أقدام كاذبة تسد مكان الجرح لمنع نزيف الدم، وابتلاع الأجسام الغريبة التي تدخل الجسم. عدد خلايا الدم يتراوح ما بين أقل من 25000 إلى أكثر من 100000 في المليمتر مكعب بالمقارنة بـــ 5 مليون خلية حمراء و 300000 صفيحة دموية و 7000 خلية بيضاء في نفس حجم دم الإنسان.

خلايا الدم تنشأ من طبقة الميزودرم الجنينية وتزداد في العدد بعد النمو الجنيني **ويختلف عددها اعتمادا على :**

1- النوع الحشري : انواع الحشرات الأكثر نشاطاً تحتوي على عدد أكبر من خلايا الدم مثل شغالات نحل العسل.

2- الجنس: تزداد عدد خلايا الدم في الإناث عن الذكور.

3- العمر : الأعمار اليرقيه تحتوي على خلايا دم أكثر من الحشرات الكاملة بينما علي العكس نجد إن الحوريات تحتوي على عدد أقل من خلايا الدم مقارنة بالحشرات الكاملة.

4- الحالة الفسيولوجية للحشرة: تؤثر الحالة الفسيولوجية للحشرة على أعداد خلايا الدم فمثلاً تزداد عدد خلايا الدم وقت عملية الانسلاخ .

5- الحالة المرضية: تزداد عدد خلايا الدم في وجود المرض أو وجود الطفيليات الداخلية للدفاع عن الجسم عن الحالة العادية.

تقسم خلايا الدم إلى مجموعتين :

أ- مجموعة الخلايا الدم المهاجمة (الإبتلاعيه) Phagocytic cells

هي خلايا تتخصص في مهاجمة البكتريا والطفيليات والأجسام الغريبة التي تدخل الجسم وتتتحوصل حولها وتعمل على تدميرها وتشكل ظاهرة تعرف بظاهرة الابتلاع Phagocytosis والتي تعني مهاجمة خلايا الدم لأي جسم غريب يدخل جسم الحشرة وتتجمع حوله مكونة حوصلة ثم تفرز الإانزيمات الهاضمة علية لتدميره ثم تتخلص من مخلفات عملية التدمير الضارة (شكل:44)، وأيضاً لها دوراً في تحلل الأنسجة خلال عملية الانسلاخ **ومنها**:

1- خلايا الدم الأولية Prohaemocytes

هي خلايا صغيرة ذات نواة كبيرة ذات سيتوبلازم غير محبب وتقبل الصبغ القاعدي.

2- خلايا الدم المحببة Granular haemocytes

هي خلايا بلعمية مختلفة الأشكال فمنها ما هو دودي أو هلالي أو أميبي الشكل وذات نواة صغيرة وسيتوبلازم محبب وتقبل الصبغ الحامضي.

3- خلايا الدم البلازمية Plasmocytes

هي خلايا تقبل الصبغ القاعدي.

أ.د جمال البراموني

ب- مجموعة الخلايا غير المهاجمة Non-phagocytic cells

1- الأينوسايتويد Oenocytoids

خلايا ذات حجم كبير ونواة صغيرة وسيتوبلازمها يخلو من الحبيبيات وتقبل الصبغ الحامضي، ووجودها نادر في الحشرات ذات التشكل غير الكامل وتزداد في العدد في الأعمار اليرقية الأخيرة، ويعتقد أنها مصدر لانزيم التيروسينيز Tyrosinase المسئول عن تصلب جدار الجسم وتحول التيروسين إلى فينول (شكل: 45).

2- خلايا التيراتوسيتس Teratocytes

تنشأ من خلايا الغشاء الجنيني لبيض الطفيليات الداخلية حيث تقوم بامتصاص الغذاء من دم العائل لتغذى به يرقة الطفيل وخاصة خلال خروجها من العائل نظراً لحاجتها لمجهود كبير في الخروج وفي تكوين الشرنقة حول العذراء . ووجود مثل هذه الخلايا في دم الحشرات يعتبر دليل واضح على وجود طفيل داخلي.

3- خلايا الأينوسايت Oenocytes

خلايا كبيرة الحجم ذات نواة كبيرة تتميز بوجود فراغات صغيرة في سيتوبلازمها المحبب والحبيبيات لونها أصفر وتنشأ من جدار الجسم (أكتودرمية المنشأ) وتوجد في شكل مجاميع على جانبي كل حلقة بطنية أو توجد في الجسم الدهني ولها دور في عمليات التمثيل الغذائي الوسطي ودوراً في تكوين طبقة الكيوتيكيولين في الكيوتيكل السطحي (شكل: 45).

4- خلايا النفروسايت Nephrocytes

وتعرف بالخلايا البولية أو بالخلايا الكلوية تتميز بوجود نواتين (لنشاطها الآخراجي) وهي توجد حول القلب في الأطوار غير الكاملة ووظيفتها امتصاص نواتج التمثيل البروتيني من المواد الأزوتية التالفة من الدم وتخزينها والتخلص منها أثناء عملية الانسلاخ (شكل: 45).

المكونات العضوية للدم

يتميز دم الحشرات بوجود تركيز عالي من الأحماض الأمينية التي تختلف كماً ونوعاً باختلاف نوع الحشرة والطور ونوع الغذاء التي تتغذى علية الحشرة، وفي العادة رتب الحشرات الأقل تطوراً تحتوي على عدد أقل من الأحماض الأمينية. بعض الأحماض الأمينية تزداد خلال مرحلة معينة من دورة الحياة مثل الحامض الأميني التيروسين Tyrosine الذي يزداد خلال عملية الانسلاخ ويقل بعدها لاستخدامه في عملية دباغة الجليد الجديد وكذلك كل من الجلوتاميك والاسبارتيك ينقصان بدرجة كبيرة بعد أن تقوم يرقات دودة الحرير بغزل الشرنقة حيث إنهما مسئولان عن تكوين خيوط الحرير. وكذلك توجد تركيزات عالية من الجلوتامين في دم الحشرات حيث إنة يدخل في تكوين حمض البوريك والبرولين والمسئول عن النشاط العضلي في الأجنحة.

والمواد النيتروجينية غير البروتينية مثل حمض اليوريك وحمض إلالانتويك واليوريا والأمونيا توجد في الدم بعد عمليات التمثيل البروتينى. يحتوي الدم على عديد من البروتينات يختلف عددها باختلاف نوع الحشرة

ففي الدروسوفيلا يوجد 19 نوعا بينما في الجراد يوجد 21 نوعا وهذه البروتينات لا تتواجد كلها في وقت واحد ولكنها تكون متغيرة خلال دورة حياة الحشرة وأهمية البروتينات في الدم ليست واضحة تماماً، وبروتينات الدم في حشرة *Malacosoma* في بداية التعذير يتم مرورها إلى الأجسام الدهنية بصورة اختيارية وكذلك يتم امتصاصها في جدار القناة الهضمية الوسطي وفي عضلات القلب بصورة اختيارية. وعملية امتصاص بروتينات الدم خلال تكوين البيض والأنشاء (التشكل) تكون تحت التحكم الهرموني.

البروتينات التي لا تظهر في الأنسجة يتم تكسيرها لتعمل كمصدر للأحماض الأمينية التي يتم إعادة تخليق بروتينات منها في الأنسجة والبعض الآخر يخلق الانزيمات (انزيم التيروسينيز والتريهاليز). الأحماض العضوية غير الأمينية توجد في البلازما مثل السترات التي توجد بتركيز عالي وتحتوي اليرقات على كميات أكبر منه عن الحشرات البالغة، ويحتوي دم الحشرات على تركيز عالي من التريهالوز وهو سكر ثنائي غير مختزل وهو مصدر من مصادر الطاقة لذا فهو ينقص في حالة تجويع الحشرة أو زيادة النشاط كما في حالة الطيران بينما يوجد كل من الجلوكوز بتركيزات عالية في دم النمل لانتاج الطاقة. ويحتوى الدم في الحشرات التي تتحمل التجمد على تركيزات مرتفعة من الجليسرول لمنع تجمد الدم.

أ.د. جمال البرادعي

المكونات غير العضوية للدم

* **الأيونات** : الكلوريد من أهم الأيونات ويتواجد بكثرة في الدم ويزداد في تركيزه في الحشرات عديمة التشكل والحشرات غير كاملة التشكل ولكن يكون منخفض في الحشرات ذات التشكل الكامل وتوجد أيضاً الكربونات والفوسفات ولكنها توجد بكميات صغيرة.

* **الكاتيونات** : الصوديوم من أهم الكاتيونات في الدم ولكن يساهم بحوالي 10% فقط في تركيز الضغط الأسموزي الكلى في حشرات رتبتي حرشفية وغشائية الأجنحة حيث تكون كمية الصوديوم قليلة نسبياً أما تركيز البوتاسيوم المطلق تكون عادة أقل من تركيز الصوديوم ويساهم بنسبة تتراوح ما بين 2 إلى 10% من الضغط الأسموزي الكلي. نسبة الصوديوم إلى البوتاسيوم تختلف فتكون نسبة الصوديوم إلى البوتاسيوم عالية في الرعاشات والجراد والذباب وبعض حشرات غمديه الأجنحة بينما تكون هذه النسبة تقريباً أقل من 1% في الحشرات نباتية التغذية من غمديه وغشائية وحرشفية الأجنحة . وجود البوتاسيوم بكمية قليلة في الدم يؤثر على نشاط الجراد حيث تعمل على رفع القدرة الكامنة للعضلات أثناء الراحة، وعليه فالقدرة الحركية للعضلة الناتجة عن التنبيه تكون أكبر مما يزيد من قدرة العضلة على الانقباض ولذلك يستطيع الجراد القفز قفزات أعلى بالمقارنة عندما يكون تركيز البوتاسيوم أكبر. ولوحظ أنه بعد التغذية تزداد نسبة البوتاسيوم في الدم يعقبها فترة هدوء واضحة مما يدل على أن زيادة تركيز البوتاسيوم يقلل من نشاط الحركة ويؤكد ذلك هدوء وتوقف

الحشرة عن الحركة قبل عملية الانسلاخ حيث يكون تركيز البوتاسيوم عالي في هذه الفترة.

* تزداد كمية الماغنسيوم في الدم بعد التغذية خاصة في الحشرات أكلة النباتات حيث إنه أحد مكونات مادة الكلورفيل، والكالسيوم يكون أقل أهمية من العناصر السابقة إلا إنه ضروري في الجسم لانقباض العضلات، ويوجد أيضاً في الدم بعض العناصر مثل النحاس الذي يدخل في تركيب التيروسين والحديد الذي يوجد في السيتوكروم والزنك والمنجنيز.

خواص الدم

1- الضغط الأسموزي Osmotic pressure

يلعب الضغط الأسموزي للدم دوراً هاماً في التحكم في المحتوى المائي للخلايا ويتراوح الضغط الأسموزي للدم ما بين 7- 8 ضغط جوي ويزداد في الجراد الصحراوي ليصل إلى حوالي 12 ضغط جوي.

2- درجة تركيز أيون الهيدروجين pH

بعض الحشرات يكون الدم فيها حامضي والآخر يكون الدم فيها قلوي والانزيمات تعمل بكفاءة عالية في درجات pH مضبوطة. وفي النشاط العادي للحشرة يميل الدم للحموضة نتيجة انطلاق نواتج التمثيل الغذائي الحامضية وثاني أكسيد الكربون إلا أن الدم يعادل ذلك بواسطة مواد موجودة به . وتلعب البيكربونات والفوسفات دوراً هاماً في تنظيم درجة pH في الظروف الطبيعية، ومجاميع الكربوكسيل للأحماض العضوية مثل

حمض الستريك تنظم درجة الحموضة في الجانب الحامضى أما في الجانب القلوي فأن مجاميع الأمين في الأحماض الأمينية تقوم بهذا العمل.

وظائف الدم

1- **التنفس :** ليس للدم أي دور في عملية التنفس لعدم احتواءه على صبغة الهيموجلوبين ويتم تنفس الأنسجة مباشرة بالأكسجين من القصيبات الهوائية، مقدرة الدم على ذوبان كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون عن الأكسجين يكون له أهمية في عملية الانطلاق الدوري لثاني أكسيد الكربون في بعض الحشرات.

2- **التخزين :** يخزن الدم مكونات انتاج الطاقة السريعة مثل التريهالوز والأحماض الأمينية اللازمة لتخليق البروتينات ويخزن أيضاً الماء للمحافظة على التوازن المائي داخل الخلايا خاصة في الحشرات التي تتغذى تغذية جافة.

3- **ميكانيكية :** تلعب خواص الدم الهيدروليكية والضغط الهيدروستاتيكى للماء في الدم في أحداث ضغط داخلي بمساعدة انقباض العضلات يساعد على خروج الأجنة من البيض (عملية الفقس) والانسلاخ من الجليد القديم بالجليد الجديد وتمدد الجسم لفرد الجليد الجديد المتعرج بعد الانسلاخ و تمدد الأجنحة بعد الانسلاخ وخروج أعضاء التذكير خلال عملية التزاوج. يقوم الدم بنقل نواتج الهضم من عناصر غذائية إلى الأنسجة المختلفة لتمثيلها وانتاج الطاقة أو تخزينها وكذلك نقل الأملاح ونقل نواتج التمثيل الغذائي

(اليوريك أسيد) إلى أماكن اخراجها (أنابيب ملبيجى) علاوة على نقل الهرمونات من الغدد الصماء إلى أماكن تأثيرها.

4- **مناعية ودفاعية :** تهاجم خلايا الدم البكتريا والطفيليات والأجسام الغريبة وتتحوصل حولها لتدميرها، كما أن الدم يفرز المركبات الكريهة والسامة التي تحصل عليها الحشرة من خلال التغذية (المشابهات الكيميائية) للدفاع عن نفسها ضد الأعداء المتربصة بها من طيور وحشرات مفترسة مثل إفراز الكاردينوليدات التي يتغذى عليها نطاط العشار لطرد العصافير عند الهجوم عليه.

5- الاخراج : تقوم خلايا الدم المسماة بالنفروسايت بامتصاص نواتج التمثيل البروتينى (يوريك أسيد) والتخلص منها خلال عملية الانسلاخ.

6- **تنظيم درجة حرارة الجسم:** يقوم الدم بتنظيم درجة حرارة الجسم لتكون معتدلة فيعمل على تبريد الجسم بتهريب الحرارة المتوالدة عن حركة عضلات الطيران للخارج وتدفئة الجسم من خلال امتصاص وتوزيع حرارة الشمس على الجسم.

أ.د جمال البرامونى

كيفية عمل شريحةعليها مسحة دم

1- تثقب احدى الأرجل البطنية الكاذبة في حالة اليرقات أو غشاء رقبة الحشرة الكاملة بدبوس تشريح ثم تستقبل قطرة من دم الحشرة على شريحة زجاجية نظيفة.

2- توضع شريحة زجاجية أخرى على الشريحة الأولى بميل 45˚ درجة لفرد قطرة الدم على سطح الشريحة في صورة فيلم.

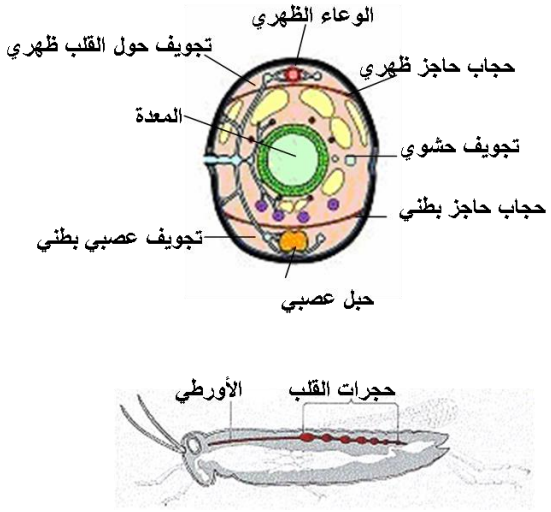
3-ننتظر حوالي دقيقتين حتى يجف الفيلم ثم نضع من 2 – 3 نقط من كحول الميثايل 96% على الفيلم لقتل خلايا الدم.

4- بعد أن يجف الكحول نصبغ الفيلم بواسطة صبغة جيمسا المخففة.

5- نترك الصبغة لمدة ربع ساعة ثم تزال الزيادة منها بالغسيل بالماء وتترك بعدها لتجف ثم تفحص بعدسة زيتية.

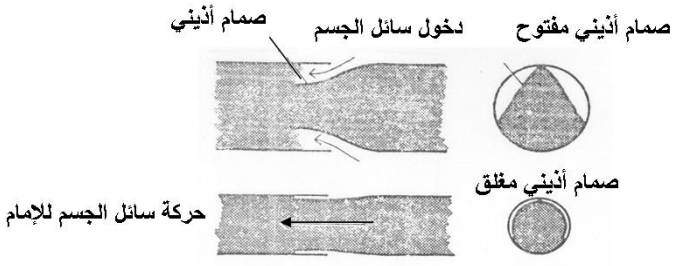
6- يمكن التعرف على أنواع خلايا الدم المختلفة في الفيلم.

أ.د جمال البرامونى

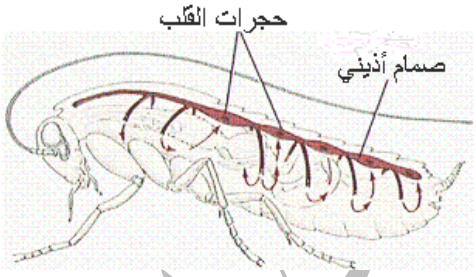


شكل(40): يوضح مكان الجهاز الدوري ومكوناته في جسم الحشرة.

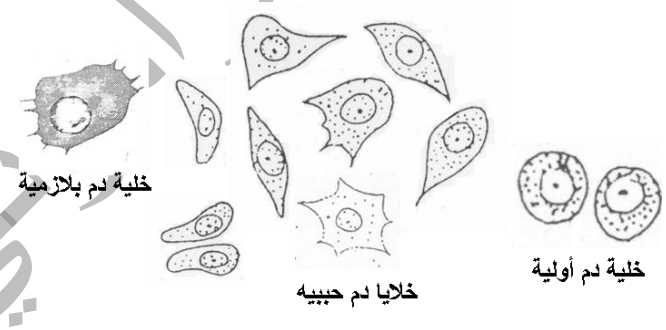
شكل (41): يوضح حجرات القلب والعضلات الجناحية المشكلة للحجاب الحاجز الظهري.



شكل (42): يوضح حركة سائل الجسم بين حجرات القلب عبر الصمامات.



شكل (43): يوضح حركة سائل الجسم إلى حجرات القلب ومنها إلى الأنسجة المختلفة عبر الأورطي



شكل(44): يوضح الأنواع المختلفة لخلايا الدم المهاجمة في هيموليمف الحشرة.

شكل (45): يوضح الأنواع المختلفة لخلايا الدم غير المهاجمة في هيموليمف الحشرة.

أ.د. ثائر البرامونى

الجهاز التناسلي Reproductive system

الحشرات في الغالب أحادية الجنس أي توجد أفراد ذكور وأخرى إناث داخل النوع الواحد . النشأة الجينية لأعضاء التناسل ميزودرمية وفي بداية النمو الجنيني لا يوجد اختلاف بين الجهازين لكن مع استمرار النمو بعد الجنيني يحدث التمييز بين الجهازين.

تتكون أعضاء التناسل في كل من الذكر والأنثى من غدتين احدهما لإفراز الحيوانات المنوية في الذكر وهي الخصية والآخرى لإنتاج البيض في الأنثى وهي المبيض ، والجهاز التناسلي في الذكر يفتح في فتحة تناسلية تقع خلف أسترنه الحلقة البطنية التاسعة بينما في الأنثى توجد الفتحة التناسلية على أو خلف أسترنه الحلقة البطنية الثامنة أو التاسعة أو على الاثنين كما في حالة حرشفية الأجنحة حيث توجد فتحة على أسترنه الحلقة البطنية الثامنة تؤدى إلى المهبل وأخرى على أسترنه الحلقة البطنية التاسعة تؤدى إلى كيس التلقيح، ويحيط بالفتحة التناسلية الذكرية أعضاء تناسل خارجية تعرف بآلة السفاد (شكل :46) وتسمى في حالة الأنثى بآلة وضع البيض (شكل :47).

***الصفات الجنسية الثانوية :**

هي صفات تتمثل في لون الجسم أو شكل العيون المركبة ومن خلالها يمكن تميز الذكر عن الأنثى في نفس النوع.

1- اختلاف اللون : الذكر يكون مختلف اللون عن الأنثى كما في أبو دقيق الرمان، حيث توجد بقع نحاسية اللون على أجنحة الذكر بينما يوجد على الأجنحة بجانب الجسم بقع لونها بنفسجي في حال الأنثى.

2- العيون المركبة : تكون في الذكر شاملة الإبصار وفي الأنثى ثنائية الإبصار كما في حال ذبابة التاكاينا (ذبابة مسرى).

***ظاهرة ازدواج الشكل Dimorphism**

تعني أن يكون للذكر صفات جنسية ثانوية مختلفة عن الأنثى كما هو الحال في ذبابة مسري (الأنثي ثنائية الإبصار والذكر شامل الإبصار) أو أبو دقيق الرمان (لون الذكر مختلف عن لون الأنثي).

***ظاهرة تعدد الشكل Polymorphism**

وفيها يُظهر أفراد النوع الواحد بأكثر من شكل مختلف كما في النحل والنمل، حيث توجد شغالات وذكور وجنود وملكة.

***أفراد جانبية الجنس Gynandromorphous**

هي أفراد يحمل جانب من جسمها الصفات الجنسية الثانوية للأنثى بينما يحمل الجانب الآخر من جسمها الصفات الجنسية الثانوية للذكر ويرجع السبب في ذلك إلى فقدان كروموسوم الجنس في أحد النوايا المنقسمة خلال

أ.د. جمال إبراهيم

النمو الجنيني وبذلك تنتج الخلايا الناقصة أنسجة مذكرة بينما تنتج الخلايا الكاملة الأنسجة المؤنثة.

***أفراد بينية الجنس Intersexes**

أفراد تظهر في شكل يجمع مابين صفات الذكر والأنثى نتيجة اختلال في التوازن الطبيعي بين الجينات المحددة للذكر والأنثى خلال النمو ويحدث ذلك عند حدوث تزاوج بين سلالات من نفس النوع أو بعد التعرض لدرجات حرارة قصوى.

الجهاز التناسلي الذكري Male reproductive system

يتكون الجهاز التناسلي الذكري من خصيتين وقنوات تناسلية وقضيب وغدد مساعدة (شكل: 48).

1- الخصيتين Testes

يتواجدان في منطقة البطن وهما أصغر في الحجم من المبيضان ويستقران في موضعهما بواسطة ما يحيط بهم من أجسام دهنية وقصبات هوائية.

وتتكون الخصية Testic من عدد من أنابيب الخصية Follicles يختلف عددها باختلاف نوع الحشرة فقد تكون أنبوبة واحدة كما في حالة أسد النمل وغمديه الأجنحة والذباب وقد تكون مزدوجة الأنابيب كما في قمل الرأس أو عديدة الأنابيب كما في الجراد والنطاط ، وقد لا يوجد بين أنابيب الخصية فاصل كما في الفراشات وأبو دقيق، وتتصل كل أنبوبة خصية بوعاء ناقل Vas deferens من خلال قناة أنبوبة الخصية والمعروفة بالوعاء الصادر Vas eferens.

تركيب أنبوبة الخصية Follicle

تتكون أنبوبة الخصية من صف من الخلايا الطلائية التي تستقر على غشاء قاعدي يغذيه خارجيا غشاء بريتوني من نسيج ضام وتنقسم أنبوبة الخصية إلي مجموعة من المناطق المميزة بوجود الخلايا التناسلية في أطوار مختلفة من النمو وهذه المناطق هي (شكل: 49):

أ- المنطقة الجرثومية Germanium zone

وهي المنطقة الطرفية من أنبوبة الخصية وتحتوي على خلايا مذكرة أولية Spermatogonia (خلايا جنسية أمية) وخلايا جسمية Somatic cells وتحصل الخلايا المذكرة الأولية على غذائها من الخلايا القمية apical cells (خلايا الحوصلة) وذلك من خلال قنوات سيتوبلازمية كما في حالة حرشفية الأجنحة أو مستقيمة الأجنحة بينما في حالة نصفية الأجنحة تحصل على غذائها من مندمج خلوي عديد الأنوية.

ب- منطقة النمو (التكاثر) Growth zone

وفيها تنقسم الخلايا المذكرة الأولية انقسامات عديدة غير مباشرة لتعطى كل واحدة منها حويصلات منوية Spermatocytes داخل حوصلة منوية Spermatocyst والتي تتكون من الخلايا الجسمية التي تغذى هذه الحويصلات المنوية حيث ينتشر بين خلاياها خلايا مغذية كبيرة.

ج- منطقة النضج Maturation zone

تنقسم فيها الحويصلات المنوية انقساما اختزاليا لتعطى طلائع الخلايا المذكرة Spermatids التي تنقسم بدورها انقسامات عديدة غير مباشرة لتعطى خلايا مذكرة كروية عديمة الذنب Spermatoids .

د- منطقة التحول Transformation zone

وفيها تتحول الخلايا المذكرة الكروية إلى حيوانات منوية ذات ذنب Spermatozoa والتي تخترق غشاء الحوصلة لتدخل في قناة أنبوبة الخصية ومنها إلى الوعاء الناقل بواسطة حركة الذيل أو الذنب.

2- القنوات التناسلية Genital ducts

أ- الوعاء الناقل Vas deferens

ينشأ الوعاء الناقل من طبقة الميزودرم ويتكون من طبقة من الخلايا الطلائية السميكة ترتكز على غشاء قاعدي يليه من الخارج طبقة من العضلات الدائرية، وينتفخ هذا الوعاء لتكوين الحوصلة المنوية Vesicula seminalis ووظيفتها تخزين الحيوانات المنوية لحين التزاوج ثم يليها قناة قاذفة ajaculatory duct.

الخصية الكاذبة False Testes

ظاهرة تحدث في بعض الحشرات حيث تنضج الحيوانات المنوية مبكراً وتترك الخصية وتنتقل لتعيش داخل الحوصلة المنوية وعندها تضمر الخصية ويطلق على الحوصلة المنوية عندئذ بالخصية الكاذبة كما هو الحال في بعض الحشرات من غمديه الأجنحة.

أ.د. جمال البزاموني

ب- القناة القاذفة Ajaculatory duct

عبارة عن قناة تنشأ من التقاء كل من الوعاءان الناقلان عند نهايتهما، وتنشأ من طبقة الأكتودروم كانبعاج داخلي من جدار الجسم وتتكون من طبقة من الخلايا الطلائية وهذه القناة لها غطاء عضلي قوي يتكون من الخارج من عضلات دائرية ومن الداخل من عضلات طولية، وقد تغيب هذه القناة القاذفة كما في نحل العسل .

3- القضيب Penis

ينحصر الجزء الطرفي من القناة القاذفة داخل انبعاج خارجي اصبعي الشكل ينشأ من طبقة الاسترنه لجسم الحشرة لتكوين القضيب.

4- الغدد المساعدة Accessory glands

يتصل بالجهاز التناسلي الذكرى غدد تعرف بالغدد المساعدة ذات ا أشكال وأعداد مختلفة باختلاف نوع الحشرات، وقد تغيب في بعض الحشرات من ذات الجناحين، وعددها قد يصل إلى 15 زوج كما في حال الجراد الصحراوي بينما عددها في الجراد المهاجر 3 أزواج وهي أما تفتح في القناة القاذفة فتصبح ذات نشأة اكتودرية وتعرف بـ Ectadenia كما في حشرات من غمديه الأجنحة أو تفتح في الوعاء الناقل فتصبح ذات نشأة ميزودرمية وتعرف Mesadenia كما في حشرات من مستقيمة الأجنحة.

وظائف الغدد المساعدة

أ- إفراز السوائل التي تحافظ على حيوية الحيوانات المنوية.

ب- تكوين المستودعات المنوية Spermatophore، بعض الحشرات لا تنقل الحيوانات المنوية في شكل سائل منوي من القنوات التناسلية الذكرية إلى فتحة الأنثى التناسلية كما في بعض الحشرات من حرشفية أو مستقيمة أو غمديه الأجنحة بل يتم وضعها داخل كيس يحتوى على كل من الحيوانات المنوية والسائل المنوي وهذا ما يعرف بالمستودع المنوي وهو عبارة عن كيس له جدارين بينهم سائل ذو ضغط اسموزى عالي ويزود الكيس بزائدة أنبوبية طويلة مسدودة تتصل بالكيس الداخلي (شكل: 50) ،ويقوم الذكر بوضح هذا المستودع المنوي في المهبل للأنثى أو يضعه على الأرض خلال عملية الغزل لتلتقطه الأنثى وتضعه في المهبل، وعندما يوضع في المهبل فإن السائل بين الجدارين يمتص كمية من السوائل المحيطة به في المهبل فيزداد ضغطة على الكيس الداخلي مما يؤدي إلى فتح نهاية الزائدة الأنبوبية ليمر من خلالها السائل المنوي داخل المهبل.

أ.د. جمال البرامونى

الجهاز التناسلي الأنثوي Female reproductive organs

يتركب الجهاز التناسلي الأنثوي من مبيضان وأنابيب مبيض وقنوات تناسلية وغدد مساعدة (شكل: 51 و 52).

1-المبيضان Ovaries

هما غدتان تناسليتان ينشئان من طبقة الميزودرم، يتواجدان على جانبي القناة الهضمية ويتكون كل مبيض من عدد من الأنابيب الدقيقة تعرف بأنابيب المبيض Ovarioles وهذه الأنابيب تصب في قناة البيض Oviduct . عدد فروع المبيض يختلف باختلاف نوع الحشرة، فقد يتكون المبيض من فرع مبيض واحد كما في ذبابة التسي تسي *Glossina* أوقد تصل عدد فروعة إلى أكثر من 2400 أنبوبة كما في النمل الأبيض.

2- أنابيب المبيض Ovarioles

عبارة عن أنبوبة متطاولة يتراص فيها البيضة النامية الواحدة خلف الآخرى في سلسلة بحيث تكون أكبر بيضة قرب قاعدة الأنبوبة (شكل: 53).

تتركب أنبوبه المبيض من طبقة سمكها خلية واحدة من الخلايا الطلائية المرتكزة على غشاء قاعدي يغطيه خارجياً غطاء بريتونى من نسيج ضام يحتوي في كثير من الحشرات على شبكة الياف عضلية وشبكة من نهايات الخلايا التنفسية، وينتهي طرف كل أنبوبة مبيض بخيط رفيع يسمى بالخيط الطرفي، تتحد الخيوط الطرفية لأنابيب المبيض لتكون خيط مشترك يتصل بالخيط المشترك للمبيض الآخر ليكون خيط التعلق الذي يعلق المبيض في

أ.د. جمال البرامولي

تجويف البطن ويحافظ على مكانه بالبطن وهذا الخيط يتصل بجدار الجسم داخلياً أو بالحجاب الحاجز الظهري أو بالأجسام الدهنية وقد لا يحتوى المبيض على خيوط تعلق فيصبح حر كما في بق الفراش وقمل الإنسان.

توجد فى نهاية منطقة النضج حلقات وهذة الحلقات اذا كان لونها ابيض مصفر فعددها يدل على عدد مرات نزول البيض اما اذا كانت الحلقة لونها احمر فيدل ذلك على أن الأنثى قد امتصت البيضة الناضجة قبل نزولها لحاجتها للبروتين. تكوين المح Vitellogensis بروتين تكوين البيض

المناطق المكونة لأنبوبة المبيض.

1- المنطقة الجرثومية Germanium zone

توجد في الجزء الطرفي من أنبوبة المبيض وتمتلئ بخلايا صغيرة متشابه تعطى فيما بعد الخلايا الجنسية الأولية Oogonium (الأمية) التي تعطي فيما بعد خلايا البيض Oocytes والخلايا المغذية Trophocytes.

2- منطقة النضج Vitellarium zone

تشمل الجزء الأكبر من أنبوبة المبيض (فرع المبيض) وتحتوي على البيض النامي بدرجات متفاوتة وعلى الخلايا المغذية إن وجدت. تنمو الخلايا الطلائية المكونة لها للداخل لتحيط بكل بيضة نامية Oocyte مكونه كيساً أو مكونه حوصلة البيض Follicle التي تنتج قشرة البيض أو تغذى البيض أحياناً.

تتصل فروع المبيض بقناة بيض جانبية بواسطة ساق فرع المبيض Pedicel التي تكون مسدودة قبل عملية وضع البيض وعند وضع البيض تتحلل الخلايا الطلائية التي تسد هذه الساق.

أنواع أنابيب المبيض

تقسم أنابيب المبيض (شكل : 54)، على أساس وجود أو عدم وجود الخلايا المغذية إلى :

1- نمط عديم الخلايا المغذية Paniostic type

هو أبسط أنواع أنابيب المبيض وفية لا يحتوى على خلايا مغذية ولا تحتوي المنطقة الجرثومية إلا على الخلايا الجنسية الأولية كما هو الحال في النمل الأبيض وحشرات من مستقيمة الأجنحة، ويعتمد البيض النامي فى منطقة النضج على تغذيتة على حوصلة البيض.

2- نمط ذو الخلايا المغذية Meriostic type

يحتوي على خلايا مغذية وهذا النمط يقسم حسب مكان وجودها إلى:

أ- نمط ذو خلايا مغذية طرفية Telotrophic type

وفية تظل الخلايا المغذية في الجزء الطرفي (المنطقة الجرثومية) ويمتد منها أنابيب بروتوبلازمية تعرف بالاحبال المغذية Nutritive cords تغذي البويضات على امتداد أنبوبة المبيض في منطقة للنضج كما هو الحال في حشرات من غمديه الأجنحة.

ب- نمط ذو خلايا مغذية متعددة الطبقات Polytrophic type :

وفيه ترافق كل بيضة أثناء انتقالها من المنطقة الجرثومية إلى منطقة النضج مجموعة من الخلايا المغذية التي تكون كبيرة الحجم في البداية ثم تصب محتويتها داخل البويضة وهذا النمط موجود في حشرات من حرشفية الأجنحة.

3- القنوات التناسلية Genital duets

أ- قناتا البيض الجانبيتان Lateral oviducts

عبارة عن زوج من الأنابيب التي تنشأ من طبقة الميزودرم الجنينية .

ب- قناة البيض المشتركة Common oviduct

تنشأ من انبعاج جدار الجسم للداخل خلف أسترنه الحلقة البطنية السابعة ثم يمتد خلال أسترنه الحلقة البطنية الثامنة ليتصل بالمهبل Vagina (انبعاج داخل جدار الجسم للأسترنه الحلقة البطنية الثامنة) وظيفة المهبل تلقى السائل المنوي.

الرحم Uterus: قد تتسع قناة البيض المشتركة لتكون كيس يظل فيه البيض حتى يكتمل نموه الجنيني ويفقس بمجرد خروجه في صورة يرقات كما في ذباب اللحم، أو ينمو بجدار الرحم غدد تفرز سائل يغذى اليرقات لتنمو داخل الرحم حتى تتحول إلى عذراي بمجرد خروجها من الفتحة التناسلية مباشرة كما في ذباب البرغش.

4- الأعضاء المتصلة بالجهاز التناسلي:

أ- القابلة المنوية Spermatheca

أ. جمال البرامونى

عبارة عن كيس وظيفته استقبال الحيوانات المنوية وتخزينها بعد قذفها في المهبل وذلك لحين إخصاب البيض، ونشأتها إكتودرمية ويتصل بها غدة القابلة المنوية Spermathecal gland .

ب- الغدد المساعدة Accessory glands

تنشأ من الطبقة الجينية الخارجية خلف الحلقة البطنية العاشرة وتفتح في قناة المبيض المشتركة كما في حرشفية الأجنحة أو في المهبل كما في مستقيمة الأجنحة، ووظيفتها إنتاج كيس البيض Ootheca أو إفراز مادة سمنتية تلصق البيض على أسطح الأوراق النباتية أو إنتاج مواد سامة كما في آلة اللسع في غشائية الأجنحة .

ج- كيس التلقيح Bursa copulatrix

يتواجد هذا الكيس في حشرات حرشفية الأجنحة حيث يوجد للأنثى فتحتين إحداهما خلف استرنه الحلقة البطنية الثامنة وهي تؤدى إلى كيس التلقيح (نشأته أكتودرمية) ويتم التلقيح من خلالها والآخرى خلف أسترنه الحلقة البطنية التاسعة وهي عبارة عن نهاية قناة البيض المشتركة ويتم من خلالها وضع البيض ولذا تسمى بفتحة وضع البيض.

طرق التكاثر في الحشرات Types of reproduction

تتكاثر الحشرات عادة جنسياً بوضع البيض ولكن هناك أنواع من الحشرات تتكاثر بطرق أخرى.

أولاً: التكاثر بوضع البيض Oviposition

تتزاوج الحشرات بعد وصول كل من الذكر والأنثى إلى مرحلة البلوغ من خلال سلوك التزاوج والذي يختلف باختلاف الأنواع والهدف هو المحافظة على استمرارية النوع في البقاء، وبعد التزاوج تقوم الإناث بوضع البيض فردياً أو في مجموعات في شكل كتل حسب نوع الحشرة في أماكن تصلح لتربية حديثي الفقس (اليرقات أو الحوريات) لضمان نموها وتطورها إلى حشرات كاملة.

معدل وضع البيض بواسطة الإناث يتأثر بالآتي:

1- **درجة الحرارة :** تؤثر درجة الحرارة المنخفضة على إنتاج البيض الذي قد يتوقف إنتاجه مع استمرار انخفاض درجة الحرارة وتظهر درجة الحرارة العالية تأثيرها خاصة على الذكور التي قد تصيبها بالعقم .

2- **الغذاء** : يلعب الغذاء من حيث الكم والنوع دوراً في التأثير على إنتاج البيض ويعتبر البروتين من أهم أنواع الغذاء تأثيراً على إنتاج البيض .

3- **وقت التزاوج :** يتأثر إنتاج البيض بتأخر الأنثى البالغة أو الذكر البالغ عن الوقت المناسب للتزاوج.

4- **وجود الذكر بجانب الأنثى :** يعتبر وجود الذكر بجانب الأنثى مهماً في زيادة البيض خاصة في الحشرات التي تحتاج فيها الإناث إلى تلقيح دوري كما في بق الفراش في حين أن بعض الحشرات الآخرى يعتبر وجود الذكر عامل غير مشجع للأنثى كما هو الحال في الجراد الصحراوي وفراشة دودة الحرير.

5- **المكان المناسب :** في حال توافر المكان المناسب لوضع البيض يزداد وضعه اعتماداً على وجود غذاء وفير يُمكن الذرية المقبلة من النمو والتشكل وبالتالي المحافظة على النوع، على العكس من ذلك في حال عدم وجود المكان المناسب.

6- **عوامل أخرى**: تتمثل في كل من النشاط الهرموني أو حالتي السكون والبيات كلها تؤثر على إنتاجية البيض.

ثانياً : طرق تكاثر خاصة في الحشرات Special modes of reproduction

1- ولادة أحياء Viviparity

بعض أنواع الحشرات تحتفظ الأنثى بالبيض داخل الجسم ليمر بمراحل متقدمة في النمو الجنيني بحيث يخرج من الجسم وقت الفقس في صورة يرقات كما في ذبابة اللحم ، وفي حالات أخرى يفقس البيض داخل الرحم وتخرج يرقات تتغذى على إفرازات من غدد خاصة تفتح على سطح الرحم ومقابلة لفم اليرقات وتتنفس اليرقات النامية بإخراج مؤخرتها التي تحوي ثغور تنفسية من فتحة الأم التناسلية وتتحول هذه اليرقات إلى عذارى بمجرد خروجها من الفتحة التناسلية للأم كما في ذباب مرض النوم والبرغش .

2- التكاثر البكري Parthenogenesis

هو نوع من أنواع التكاثر ويعنى أن الإناث يمكنها أن تضع بيض ويفقس دون الحاجة إلى وجود الذكر أي أن نواة البيضة تستطيع أن تمر بعمليات

الانقسام والنمو الجنيني دون الحاجة إلى حيوان منوي يخصبها. هذا النوع من التكاثر ينتج أفراداً تحمل خلايا جسمها نصف عدد الكرموسومات إذا مرت بالانقسام الاختزالي ولكن في حالة عدم مرور نواة البيضة بطور الانقسام الاختزالي تحتفظ الأفراد الناتجة بالعدد الزوجي للكروموسومات.

التكاثر البكري منه أنواع هي :

أ- تكاثر بكري مؤقت Sporadic parthenogenesis

يحدث في أنواع حشرية تتكاثر عادة جنسياً ولذا فهو يحدث فيها على فترات متباعدة خاصة عندما تغيب الذكور كما في بعض أنواع الجراد والنطاط والبيض الموضوع محكوم علية سلفاً بالفشل في الفقس وخروج أفراد منه وتضعه الإناث فقط حباً في البقاء والمحافظة على النوع.

ب- تكاثر بكري دائم Constant parthenogenesis

يحدث بطريقة طبيعية ودائمة في بعض أنواع الحشرات مثل نحل العسل حيث إن الملكة تملك قدرة تنظيمية في خصوبة البيض لتحكمها في خروج الحيوان المنوي من القابلة المنوية أثناء مرور البيض في قناة البيض فإذا أخصبت البيضة تنتج إناثاً مزدوجة الكروسومات (الشغالات أو ملكات المستقبل) وإذا لم يخصب البيض (تكاثر بكري) تعطى ذكوراً فردية الكروموسومات.

أ.د. جمال البرادعي

ج- تكاثر بكرى دوري Cyclic parthenogenesis

وفية تتكاثر الحشرة لعدة أجيال بكرياً في مواسم من السنة يعقبها تكاثر لعدة أجيال جنسياً في مواسم أخرى من السنة وهذا ما يعرف بظاهرة تبادل الأجيال.

ظاهرة تبادل الأجيال Alternation of generation

هي ظاهرة توجد في بعض أنواع حشرة المن ، حيث تتكاثر أفراد المن خلال موسمي الربيع والصيف بكرياً لغياب الذكور وعند دخول الجو البارد في الخريف تظهر الذكور التي تتزاوج مع الإناث وتضع بيض مخصب يقضي فترة بيات شتوي ويفقس في الربيع ليعطى إناث فقط تتكاثر بكرياً طوال موسم الربيع والصيف، أي أن درجة الحرارة تؤثر على نوعية التكاثر من خلال تأثيرها على نوع الجنس في الحشرة الفاقسة من البيضة.

3- تعدد الأجنة Polyembryony

هو نوع من أنواع التكاثر فيه ينمو من البيضة الواحدة أكثر من فرد كما هو الحال في الطفيليات الداخلية حيث ينشأ حول بيضة الطفيل المخصب داخل العائل غشاء جنيني مغذى لإمداد جنين الطفيل بالغذاء من هيموليمف العائل وبعد تكوين الجسم التوتي ينقسم ليعطى أجسام توتية صغيرة يحاط كل منها بغشاء مغذي مستقل ليكون كل جسم توتي جنين مستقل ويتراوح عدد الأجنة داخل البيضة الواحدة ما بين 2 إلى 3 أفراد، ظاهرة تعدد الأجنة تحدث في كل من فصيلة النطاط قصير قرون الاستشعار وهي ظاهرة عادية في رتبة ملتوية الأجنحة.

أ.د. جمال البرادعي

4 - تكاثر الأطوار غير الكاملة (شكلاً وتركيباً) Neoteny and Paedogensis

أ- تكاثر الأطوار غير الكاملة شكلاً.

وفيه تضع الإناث البيض قبل أن تتشكل بشكل الأنثى الكاملة كما في إناث الحشرات القشرية والبق الدقيقي حيث تصل الإناث إلى طورها الكامل بعد الانسلاخ الثاني ويكون شكلها وحجمها كثير الشبة بالحورية بينما تصل الذكور إلى الطور الكامل بعد الانسلاخ الثالث للحورية.

ب- تكاثر الأطوار غير الكاملة تركيبياً.

يحدث في بعض أجناس الهاموش Midges fly من عائله Chironomidae أن اليرقات تتكاثر بكرياً في طور اليرقة نتيجة نشاط غير عادي سابق لأوانه في غددها التناسلية يؤدى اللى تكوين خلايا تناسلية ينشأ عنها يرقات صغيرة تقوم بنهش الأنسجة الداخلية لجسم اليرقة الأم للخروج وتستمر هذة الظاهرة الى أن يتوقف نمو الخلايا التناسلية داخل اليرقات وتتحول الى عذاري ثم الى حشرات كامله.

5- التخنث Hermaphroditism

التخنث ينقسم إلى:

أ- تخنث وظيفي Functional hermaphroditism

أفراده تحتوي على كل من غدتي الذكر والأنثى (الخصيتين والمبيضين) وتنتج كل من الحيوانات المنوية والبيض والأفراد تظهر أما مذكرة أو مؤنثة لكنها داخليا تحتوي على أعضاء تذكير وأخرى تأنيث كما هو الحال

أ.د. جمال البرامونى

في حشرة البق الدقيقي الأسترالي، وينتج عن البيض الموضوع أفراد خناث مزدوجة الكروموسومات.

ب- تخنث غير وظيفي Non Functional hermaphroditism

ذكور بعض الحشرات تملك مبيض كامل النمو ولكن ليس له وظيفة كما في ذباب الاحجار من Plecoptera.

الدورات الموسمية Seasonal cycles

دورة الحياة Life cycle : هي الفترة التي ينمو فيها الفرد منذ خروجه من البيض حتى يضع أول بيضة له ويمثل الفرد بأطواره جيلاً .

الدورة الموسمية: هي عدد الأجيال المتتالية للحشرة على امتداد عام كامل، وعندما يكون للحشرة جيل واحد في العام تتساوى دورة الحياة مع الدورة الموسمية وقد تطول دورة الحياة عن العام كما في الحفار أو حفارات الأخشاب فتصبح الدورة الموسمية جزءًا من دورة الحياة.

ويوجد نوعان من الدورات الموسمية :

1- دورة موسمية ذات أجيال متكررة Repetitious generation

تتميز بتشابه دورات حياة الحشرة المتعاقبة على مدار العام من حيث الخصائص المورفولوجية وعادات الغذاء والتناسل.

2- دورة موسمية ذات أجيال متبادلة Alternated generation

وفيها تختلف أجيال الدورة الموسمية من حيث طريقة التكاثر مما يؤثر ذلك في الخصائص المورفولوجية وعادات التغذية وسلوك الأفراد في الأجيال المتبادلة. وهذه الحشرات تتميز إلى مجموعتين:

أ.د. جمال البرادعي

أ- مجموعة تتكاثر بواسطة الحشرات الكاملة:

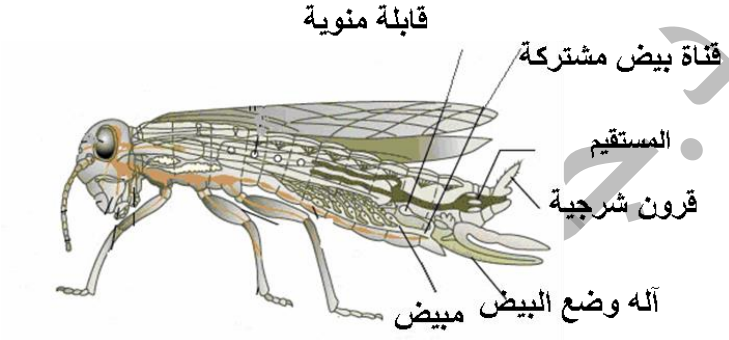
كما هو الحال في المن الذي يتكاثر بكرياً لعدة أجيال لعدم وجود الذكور في الجو المعتدل والحار ولكن في حالة وجود جو بارد يخرج من البيض ذكوراً لتتزاوج مع الإناث وتضع بيض مخصب لعدة أجيال، ويشمل هذه الدورة أفراداً مجنحة وأخرى غير مجنحة وهجرة الحشرة من عائلها الأصلي إلى عوائل بديلة مثل حشرة من الصليبيات.

ب- مجموعة تتكاثر بواسطة الأطوار غير الكاملة:

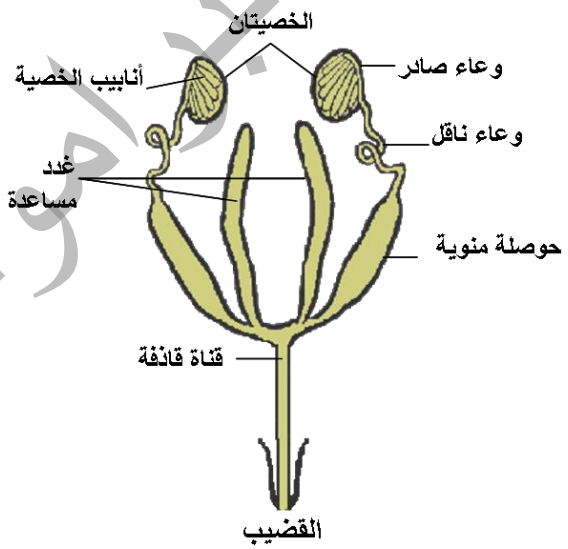
يحدث في بعض أجناس الهاموشMidges fly من عائله Chironomidae أن اليرقات تتكاثر بكرياً في طور اليرقة نتيجة نشاط غير عادي سابق لأوانه في غددها التناسلية يؤدى اللى تكوين خلايا تناسلية ينشأ عنها يرقات صغيرة تقوم بنهش الأنسجة الداخلية لجسم اليرقة الأم للخروج وتستمر هذة الظاهرة الى أن يتوقف نمو الخلايا التناسلية داخل اليرقات وتتحول الى عذاري ثم الى حشرات كامله تتزواج لتضع بيض مخصباً يخرج منه يرقات تعيد الدورة السابقة.

أ.د. جمال البرامونى

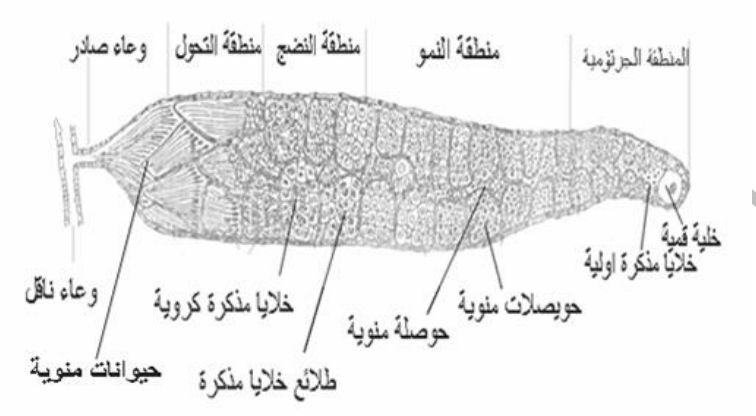
شكل (46): يوضح آله السفاد في الذكر.



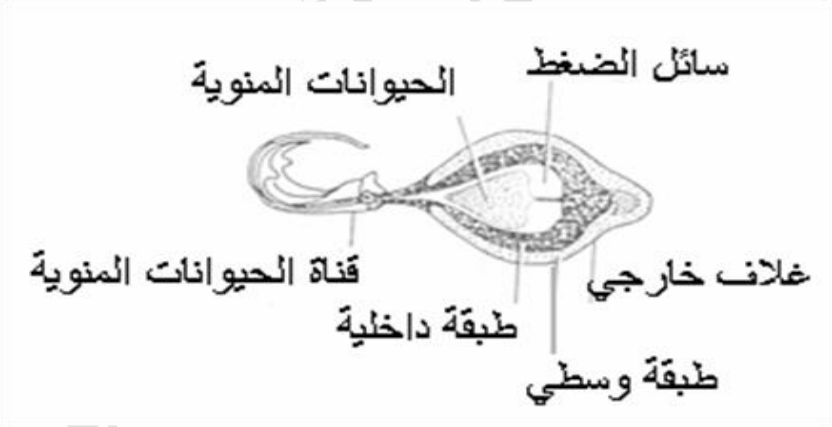
شكل (47): يوضح آله وضع البيض في الأنثى.



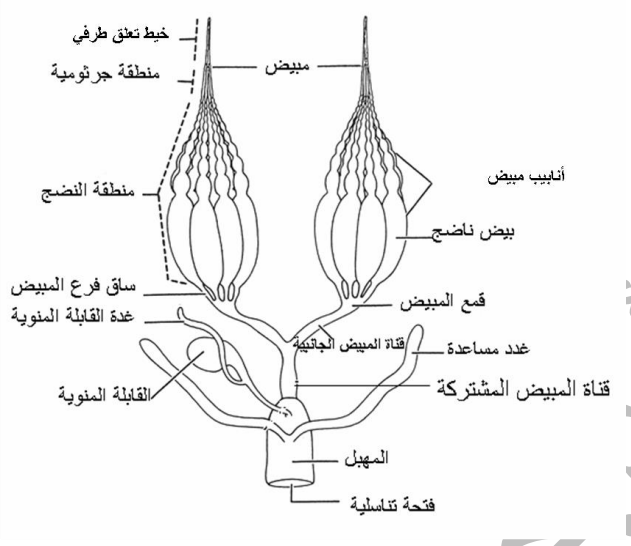
شكل (48) : يوضح تركيب الجهاز التناسلي في الذكر.



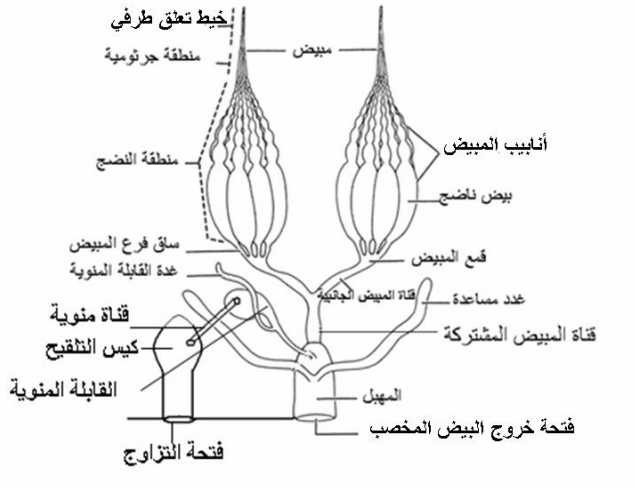
شكل (49): يوضح مناطق نضج الحيوانات المنوية داخل أنبوبة الخصية.



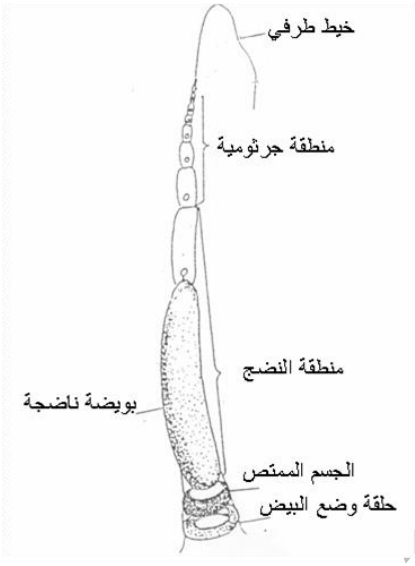
شكل (50): يوضح المستودع المنوي.



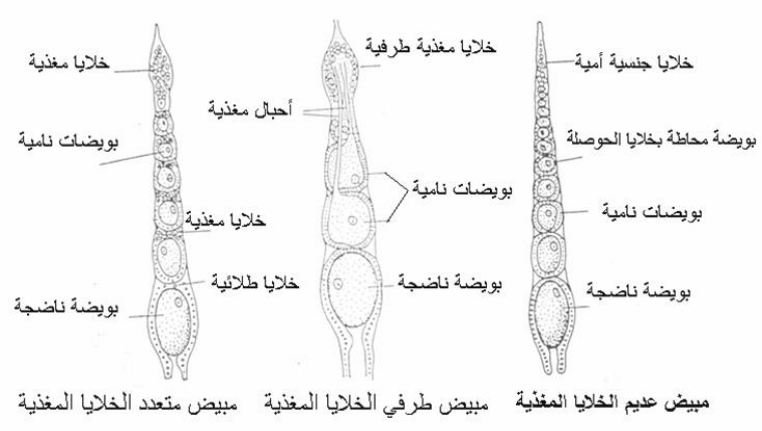
شكل (51): يوضح تركيب الجهاز التناسلي في الأنثي من مستقيمة الأجنحة.



شكل (52): يوضح تركيب الجهاز التناسلي في الأنثي من حرشفية الأجنحة.



شكل (53): يوضح مناطق أنبوبة المبيض.



شكل (54): يوضح أنواع أنابيب المبيض في الحشرات.

الجهاز العصبي Nervous System

تتميز الحشرات بجهاز عصبي كامل التكوين ينظم علاقتها بالبيئة المحيطة بها وتنظيم التفاعلات الحيوية داخل الجسم بما يملكه من أعضاء حس تمكن الحشرة من الاستجابة للمؤثرات الخارجية والداخلية، ويوجد الحبل العصبي في التجويف البطني (العصبي) أسفل الحجاب الحاجز البطني وأعلى منطقة الاسترنات (شكل: 55).

النشاط العصبي في الحشرات يشتمل على:

1- **الإحساس:** القدرة على إدراك المؤثرات بواسطة أعضاء الحس.

2- التوصيل العصبي: يعني نقل المؤثرات من أعضاء الحس إلى الأنسجة التي تستجيب للمؤثر بواسطة الجهاز العصبي.

3- الانقباضية (رد الفعل الانعكاسي): هي قوة الانقباض التي تتمثل في قدرة الحشرة على الاستجابة تجاه المؤثر وتظهر في شكل انقباض عضلي لأداء وظيفة حركية أو في صورة إفرازية من غدد أو خلايا لأداء وظيفة فسيولوجية.

الخلية العصبية Nerve cell

هي وحدة بناء الجهاز العصبي وهي تنشأ من طبقة الإكتودرم الجنينية ومنها الأنواع التالية على **أساس التركيب** (شكل: 56):

1- خلية عصبية وحيدة القطب unipolar: تتكون من جسم الخلية المحتوي على النواة ولها محور عصبي يمتد للجهاز العصبي.

2- خلية عصبية ثنائية القطب Bipolar: يمتد من جسمها محوران أحدهما يتصل بأعضاء الحس والآخر يتصل بالجهاز العصبي.

3- خلية عصبية عديدة الأقطاب Multipolar: يمتد من جسمها محاور عصبية عديدة تنتشر أسفل جدار الجسم لتكون الجهاز العصبي المحيطي.

وتتركب الخلية العصبية من جدار سيتوبلازمي يمتد منة تفرعات سيتوبلازمية (المحاور Axons) تتصل مع التفرعات السيتوبلازمية لخلية عصبية أخرى حتى تصل في النهاية إلى المخ (الجهاز العصبي المركزي) وينشأ عند اتصال هذه التفرعات مع بعضها فراغات عصبية تعرف بالسينابس Synapses والتي يتم من خلالها نقل النبض العصبي، وتغلف الخلية العصبية فيما عدا السينابس بغلاف يتميز بـ :

أ - **غلاف عصبي**: عبارة عن خيوط متراصة على مسآفات ضيقة مع وجود طبقة أكثر سمكاً من لويفات غروية.

ب- **بيرينيوريم Perineurium**: عبارة عن طبقة رقيقة أسفل الغلاف الخارجي تحتوي على أجسام سبحية، وتختص بتمرير الغذاء (البروتينات والسكريات) والأملاح إلى الخلية العصبية لتوليد الطاقة اللازمة لنشاطها.

أنواع الخلايا العصبية على أساس الوظيفة:

1- **خلية عصبية حسية Sensory neurons**

هي خلايا ثنائية أو متعددة المحاور توجد بالقرب من جدار الجسم أو على سطح القناة الهضمية ووظيفتها تنحصر في نقل المؤثرات من أعضاء الحس إلى العقد العصبية.

2- **خلية عصبية محركة Motor neurons**

هي خلايا وحيدة المحور توجد في العقد العصبية المشكلة للمخ وتتجمع محاور هذه الخلايا في محور مركب يعرف بالعصب أو الليفية المحركة Motor Axon الذي يمتد نحو الأعضاء (العضلات) أو الغدد أو الخلايا المفرزةالتي يؤثر فيها.

3- **خلية عصبية مجمعة Associated neurons**

هي خلايا صغيرة الحجم توجد في العقد العصبية للمخ ويخرج منها محاور عصبية تعمل على ربط الألياف العصبية المحركة مع الألياف العصبية الحسية.

العقدة العصبية Ganglia

هي مراكز عصبية تتكون من أجسام الخلايا العصبية (الخلايا المحركة والخلايا المجمعة) يمتد منها محاور عصبية في صورة أحبال من الألياف العصبية الطويلة المعروفة بالأعصاب Nerves والتي تربط العقد العصبية ببعضها أو تمتد منها، وكل عصب يحمل جذر مزدوج الظهري منه يحمل اليافاً عصبية سميكة تعرف بالألياف العصبية المحركة والبطني منة يحمل اليافاً عصبية دقيقة تعرف بالألياف العصبية الحسية (شكل : 57).

أ.د. جمال البرادعي

وتتركب العقدة العصبية من:

1- صفيحة عصبية Neural lamella

تتكون من بروتين Mucoprotein and Mucopolysacharides ويتصل بها قصبات هوائية ولويفات عضلية وتشكل الغلاف الخارجي للعقدة العصبية لتدعيمها ميكانيكياً.

2- البرينوريم Perineurium

طبقة رقيقة من الخلايا المغلفة توجد أسفل الصفيحة العصبية ووظيفتها هو السماح بمرور الغذاء من الدم إلى الأنسجة العصبة وتنظيم مرور إيونات البوتاسيوم والصوديوم بالتعاون مع خلايا جليال.

3- خلايا جليال Glial cells

توجد في صورة طبقة واحدة أو عديد من الطبقات من الخلايا التي تحيط بجسم الخلايا العصبية المكونة للعقد العصبية لتكون عازلاً واقياً وتغلف أيضاً الأفرع الجانبية للمحاور العصبية العائدة للخلايا العصبية المحركة لعزلها عن بعضها ولكن هذه الخلايا لا توجد في أماكن التشابك العصبي Synapses . ولها دور في توصيل الغذاء من الخلايا المغلفة إلى الخلايا العصبية. يقوم السائل الموجود في المسآفات بين الخلوية لخلايا جليال بدور هام في التوصيل العصبي ويتميز هذا السائل بأن تركيز الصوديوم والبوتاسيوم أكبر من الكلوريد.

أ.د. جمال البراموني

4- الخلايا العصبية Neurons

عبارة عن الخلايا العصبية المحركة والمجمعة وتقع بالقرب من محيط العقدة العصبية أسفل الخلايا المغلفة وتشكل قشرة العقدة العصبية، يوجد بالقرب من النواة في جسم الخلية أجسام سبحية (الميتاكوندريا) وأجسام شريطية (ريبوسومات) ومجموعة من الأغشية تعرف بالموزعات.

5- النخاع العصبي Neuropile

يتكون من كتلة من المحاور العصبية وخلايا جليال التي تغلفها وقصبات هوائية.

6- التشابكات العصبية Synapses

تتواجد داخل النخاع العصبي ولا تغلف خلايا جليال المحاور العصبية في أماكن التشابك العصبي حتى يتم الاتصال بين المحاور لنقل الإشارة العصبية.

الأساس الفسيولوجي لعمل الجهاز العصبي

*تعتمد الحشرة في تنظيم علاقتها مع بيئتها الخارجية على خلايا قابلة للاستثارة الكهربائية (خلايا حسية) وهذه الخلايا تدرك المنبه وتطور المعلومة وتتعاون بقدراتها على تبادل التفاعل الكهربائي لتنظيم الاستجابة من خلال استخدامها لمطلقات الطاقة (طاقة تذبذب الجزيئات)، حيث إن العصب المستقبل يزداد فيه اضطراب البروتوبلازم تجاه المنبه فتنطلق طاقة تعرف بطاقة التنبيه تتحول إلى طاقة كهربائية تسافر عبر الجهاز

أ.د. جمال البرامونى

العصبي والعضلي لأداء دور محدد. ويتم تكبير وانتقال طاقة التنبيه اعتمادا على تغير نفاذية الأيونات.

*يتميز غلاف الخلية العصبية بقدرته الاختيارية على نفاذ الصوديوم أكبر من البوتاسيوم وهذا يسبب استقطاباً للخلية مما يجعلها مشحونة كهربياً بشحنة موجبة قدرها 70 فولت وهذه الشحنة تساعد على تكبير الإشارة العصبية المتوالدة وانتقالها.

*عند حدوث تنبيه للخلية العصبية يحدث خلل في نفاذية كل من الصوديوم والكلوريد بين جسم الخلية والخلايا المغلفة لها ما يسبب في توليد فراغ كهربائي نتيجة فرق الجهد الحادث، هذا ينشأ إشارة عصبية تعبر عن المعلومة المنبه للخلية العصبية (تشفير للمعلومة) . تنقل هذه المعلومة في صورة إشارة عصبية من مكان توليدها إلى الجهاز العصبي المختص بالمنبه اعتماداً على الشحنة الكهربائية التي تتطور إلى طاقة استقبال وجهد موضعي يعمل على تكبير وانتقال المعلومة. عند وصول الإشارة العصبية إلى مكان تأثيرها ووصولها إلى مستوى بداية التأثير تحدث الاستجابة العصبية في صورة رد فعل انعكاسي في شكل حركة أو إفراز لأداء وظيفة محددة يتوقف بعدها العضو المتأثر عن الاستجابة.

*أعضاء الحس الكيميائي عندما يتم تنبيهها تنفعل مما يؤدي إلى نقص في قدرتها على بلمرة سائل الدم وهذا يعمل على تقدم الإشارة العصبية إلى المركز العصبي ولابد من إعادة الشحن خلال جزء من الثانية وخلال هذا الجزء ينتقل المنبه في صورة تفريغ كهربائي يتناسب مع نوع وشدة المنبه.

وبناءاً على ذلك فإن المنبهات تنتقل خلال المستقبلات اعتمادا على التباين في فرق الجهد الناشئ عن فعل المؤثر.

النقل العصبي Conductivity

تتوالد الإشارة العصبية عندما تنبه المستقبلات الحسية ثم تنتقل من مكان توالدها بواسطة خلايا حسية إلى الجهاز العصبي المختص بالمنبه وذلك للإحساس بالمنبه وترجمته في صورة رد فعل انعكاسي ينقل إلى مكان التأثير حيث توجد خلايا عصبية حركية تحدث رد الفعل الانعكاسي (شكل:58). توجد خلايا عصبية ثالثة هي الخلايا العصبية المجمعة التي تربط كل من الخلايا الحسية بالخلايا المحركة على طول امتداد الجهاز العصبي لنقل الإشارة العصبية. وخلال انتقال الإشارة العصبية بين الأنواع الثلاثة من الخلايا يقابلها فراغات عصبية تعرف بالتشابك العصبي Synapses ، هذه الفراغات تشكل عائق في نقل الإشارة العصبية وحدوث رد الفعل الانعكاسي ولكن تنتقل خلالها الإشارة العصبية بعد أن تملئ بمادة كيمائية تعرف بالأستيل كولين وهي مادة النقل العصبي عبر الفراغ العصبي، حيث تحمل الإشارة العصبية عبر الفراغ العصبي إلى الجهة المقابلة حتى تصل إلى الجهاز العصبي المختص بالمنبه ثم تساهم في نقل الإشارة العصبية الانعكاسية إلى مكان التأثير لحدوث رد فعل انعكاسي تجاه المنبه وبعدها يتم تحطيم هذه المادة لعدم استمرارية نقل الإشارة العصبية بواسطة إنزيم الكولين إستريز وأيضاً لمنع فقد الطاقة المستخدمة في نقل الإشارة العصبية.

الأفعال الانعكاسية: هي أفعال ناتجة عن رد فعل سريع تجاه منبه وتزول بزوال تأثير المنبه.

الأفعال الإرادية(الثابتة): هي أفعال متتابعة تحدث بصفة دورية ومستمرة لأداء وظائف تخدم نشاط الحشرة اليومي مثل تنظيف قرن الاستشعار بصفة دورية.

الجهاز العصبي في الحشرات

يقسم الجهاز العصبي في الحشرات إلى:

1- **جهاز عصبي مركزي Central nervous system**
2- **جهاز عصبي حشوي Visceral nervous system**
3- **جهاز عصبي حسي محيطي Peripheral sensory nervous system**

الجهاز العصبي المركزي

يتكون من مجموعة من العقد العصبية المزدوجة ganglia ترتبط ببعضها بواسطة روابط في شكل ألياف عصبية وهذه الألياف قد تكون طولية Connectives لتصل العقدة العصبية بالعقدة التي أمامها والتي خلفها، وقد تكون عرضية Commisures تربط الزوج الواحد من العقدة داخل نفس الحلقة معاً. يوجد بكل حلقة من حلقات الجسم زوج من العقد العصبية والتي قد تظهر في صورة عقدة عصبية واحدة نظراً لشدة تقاربهم وعندها لا يشاهد الرابط المستعرض تماماً، قد تندمج العقد العصبية في

بعض حلقات الجسم لتكون مراكز عصبية ganglionic centers كما هو الحال في الرأس حيث يوجد المخ وعقدة تحت المريء.

يتكون الجهاز العصبي المركزي من:

1- المخ Brain

يطلق عليه أحياناً بعقدة فوق المريء Supraoesophageal ganglion وهو مركز عصبي تكون نتيجة اندماج ثلاثة أزواج من العقد العصبية لثلاث حلقات رأسية ويرتبط نمو المخ بدرجة رقي الحشرات وسلوكها المعيشي، فيكون المخ أكثر نمواً في الحشرات الاجتماعية ذات السلوك المنظم مثل نحل العسل والنمل الأبيض.

وينقسم المخ إلى ثلاثة أجزاء هي:

أ- المخ الأول Protocerebrum

يمثل العقدتين العصبيتين الملتحمتين لحلقة ما قبل قرن الاستشعار وهو يغذي العيون المركبة والبسيطة بالأعصاب وبناء على ذلك يتناسب نمو المخ الأول مع درجة نمو هذه العيون ويطلق عليه إسم العقدة البصرية Optic lobe.

ب- المخ الثاني Duetocerebrum

يمثل العقدتين العصبيتين الملتحمتين لحلقة قرن الاستشعار ويقع خلف المخ الأول ويغذي قرن الاستشعار ويتناسب نموه طردياً مع كثافة ودرجة نمو أعضاء الحس على قرن الاستشعار ويسمي بفص قرون الإستشعار Antennal lobe.

أ.د. جمال الدرمولي

ج- المخ الثالث Tritocerebrum

يتكون من اندماج غير كامل للعقدتين العصبيتين للحلقة الثالثة من الرأس وهو أصغر أقسام المخ الثلاثة ويظهر منقسماً إلى فصين متباعدين يتصلان معاً بواسطة رابط مستعرض خلف المريء Postoesophageal commissure . يمتد من كل فص وللخلف رابط عصبي طولي يعرفان برابطين حول المريء Paraoesophageal connectives وهما يصلان المخ بعقدة تحت المريء. ويتحكم المخ الثالث في عمل الجهاز العصبي الحشوي (السمبثاوي) حيث يتصل بالعقدة العصبية الأمامية من هذا الجهاز، ويخرج من المخ الثالث عصب يغذي الشفة العليا Labral nerve (شكل: 59 & 60).

2- عقدة تحت المريء Suboesophageal ganglion

توجد أسفل المريء وتتكون من التحام ثلاث عقد عصبية لثلاث حلقات رأسية (حلقة الفكين العلويين- حلقة الفكين السفليين- حلقة الشفة السفلي) وتتصل أمامياً بالمخ بواسطة الرابطان حول المريء ويخرج منها ثلاثة أزواج من الأعصاب تتصل بكل من الفكوك العلوية والسفلية والشفة السفلى، ويخرج منها عصب يغذي القناة اللعابية. ويمتد منها زوج من الروابط العصبية الطولية يمر للخلف نحو الصدر الأول حيث يتصل بالحبل العصبي البطني.

أ.د. جمال المرزوقي

3- الحبل العصبي البطني Ventral nerve cord

يتكون من عقد عصبية زوجية المنشأ ترتكز فوق إسترنات الحلقات الصدرية والبطنية (شكل: 61)، وتظهر على شكل سلسة عصبية Nerve chain ويمتد بين كل عقدتين متتاليتين زوج من الألياف العصبية الطولية لربطهم في منطقة الصدر بينما في منطقة البطن تندمج وتظهر وكأنها خيط واحد ، والحبل العصبي البطني يتمثل في:

أ- عقد عصبية صدرية: يخرج من كل عقدة زوجان من الأعصاب، أحدهما يتحكم في حركة الأرجل والآخر يتصل بعضلات الحلقة، وفي الحشرات المجنحة يخرج زوج ثالث يتصل بالأجنحة، وعدد العقد العصبية الصدرية ثلاثة.

ب- عقد عصبية بطنية: عددها النموذجي في الحشرات هو ثماني عقدة، ولكن هذا العدد يختلف باختلاف نوع الحشرة، فالحشرات ذات الذنب الشعري يكون عددها ثمانية بينما في الصراصير يكون عددها أقل لاندماج بعضها لتصبح ست عقد. العقدة العصبية الأخيرة تمثل مركزاً عصبياً نتيجة تكونها من اندماج ثلاث عقد عصبية جنينية ولذا فهي تظهر أكبر في الحجم من بقية العقد، ويخرج منها أعصاب لتغذية القناة الهضمية الخلفية والجهاز التناسلي. وقد تتحد العقدة العصبية البطنية الأولى مع العقدة العصبية الصدرية الثالثة، العقد العصبية البطنية تكون أقل في الحجم من الصدرية والأعصاب الخارجة منها أيضا أقل.

*قد يحدث في بعض الحشرات تركيز في الجهاز العصبي المركزي من خلال اندماج في العقد العصبية كما في الحشرات التابعة لرتبة Heteroptera حيث يظهر فقط كل من عقدة تحت المريء والعقدة العصبية الصدرية الأولى بينما بقية العقد العصبية الصدرية والبطنية تلتحم في مركز واحد. وقد يزداد التركيز بحيث تصبح عقدة تحت المريء هي الظاهرة فقط بينما تلتحم كل من العقد العصبية الصدرية والبطنية في مركز يعرف بالعقدة العصبية الصدرية البطنية Thoracic abdominal ganglion كما هو الحال في حشرات من رتبتي Homoptera & Diptera.

الجهاز العصبي الحشوي (السمبثاوي) Visceral nervous system

يتكون من ثلاث أجهزة فرعية هي:

1- جهاز عصبي سمبثاوي خلفي Caudal sympathetic system

عبارة عن العقد العصبية الخلفية في الحبل العصبي وهو يغذي القناة الهضمية الخلفية والجهاز التناسلي بالأعصاب.

2- جهاز عصبي سمبثاوي بطني ventral sympathetic system

يتكون من أزواج من الأعصاب المستعرضة التي تتصل بالعقد العصبية في الحبل العصبي البطني وتتصل جانبياً بثغران تنفسيان للتحكم في غلق وفتح الثغر في كل حلقة.

3- جهاز عصبي سمبثاوي مريئي Oesophageal sympathetic system

يتصل بالمخ مباشرة ويمتد فوق القناة الهضمية الأمامية وتعتبر العقدة العصبية الأمامية Frontal ganglion هي المركز الرئيسي لهذا الجهاز حيث توجد أمام المخ وتتصل بالمخ الثالث بواسطة زوج من الألياف العصبية. ويمتد من هذه العقدة للأمام عصب يتجه إلى الدرقة ويمتد منها للخلف وأسفل المخ عصب يعرف بالعصب الراجع Recurrent nerve يرتكز فوق الخط الوسطي الطولي للمريء، وينتهي بمجموعة من العقد العصبية الصغيرة التي يخرج منها أعصاب تتصل بالقناة الهضمية الأمامية والوسطى والغدد اللعابية والقلب وبعض عضلات أجزاء الفم كما تتصل بالغدد الصماء.

الجهاز العصبي الحسي المحيطي Peripheral sensory nervous system

يخرج من الجهاز العصبي المركزي والحشوي أعصاب تتجه نحو جدار الجسم وتتصل بخلايا عصبية تستقر عند قواعد بعض الزوائد في جدار الجسم والمختصة بوظيفة الإحساس والتأثر بالمؤثرات الخارجية (أعضاء الحس Sensory organs). وتتصل الخلايا العصبية الحسية ببعضها أسفل جدار الجسم بواسطة خلايا عصبية أخرى لتكون الجهاز العصبي الحسي المحيطي.

أ.د. جمال البرامونى

المستقبلات الحسية Sense receptors

المستقبلات الحسية هي جزء مكمل للجهاز العصبي حيث تتصل بالعقد العصبية وتوجد في شكل أعضاء تعرف بأعضاء الحس Sense organs وهي قد تكون مستقبلات خارجية تستقبل المنبهات من البيئة الخارجية أو مستقبلات داخلية تنفعل بالمنبهات الداخلية وتنقلها إلى الجهاز العصبي المختص لحدوث التنبيه الذي يؤدي إلى حدوث تغير في سلوك الحشرة .

تقسم المستقبلات الحسية على أساس نوع الإحساس إلى:

أولا- مستقبلات ميكانيكية Mechanoreceptors

هي عبارة عن أعضاء حس تقوم بتوصيل التنبيه الميكانيكي الواقع على أي جزء من أجزاء الجسم إلى الجهاز العصبي وهي تضم أعضاء السمع وتوازن الجسم التي تتحكم في توجيه الحشرة، وتقسم إلى أعضاء حس بالملامسة (Proprioceptors) مثل الشعرة المتحركة وأعضاء حس وترية (Chordotonal) مثل الطبلة.

أعضاء الحس الميكانيكي تشمل:

1- الشعيرات المتحركة Trichoid sensillate

توجد على جدار الجسم ويتصل بها من أسفل خلية عصبية واحدة من خلال قضيب حساس Scolopate بينما الطرف الآخر للخلية العصبية يتجه نحو الجهاز العصبي. عندما يحدث تنبيه باللمس لأعضاء حس لمسية Tactile sensory مثل الشعيرات الموجودة على قرن الاستشعار أو الرسغ أو النهاية الطرفية للساق أو القرون الشرجية (شكل: 62)، أو عندما يحدث

تنبيه بالذبذبات في الوسط المحيط بالحشرة (حركة الهواء أو الماء) أو من خلال الأصوات الشديدة. يحدث اضطراب للشحنة في القضيب الحساس يتوالد عنه تفريغ كهربائي ناشئ عن فرق في الجهد يعمل على نقل الإشارة العصبية للأمام حيث توجد العقدة العصبية المخصصة للاستجابة لهذا المنبه.

2- أعضاء الحس القبوية Companiform sensillae

عضو الحس لايظهر خارج الكيوتيكل حيث إن القضيب الحساس للخلية العصبية ينغمس في السطح الداخلي لجدار الجسم الذي يغطيه في شكل طبقة رقيقة من الكيوتيكل على هيئة قبو دائري أو بيضاوي ويوجد هذا العضو على القرون الشرجية والأجنحة ودبوس التوازن. هذا العضو حساس للتغيرات الميكانيكية الناتجة عن الضغط على جدار الجسم المحيط بالعضو مسبباً بسطه أو تقوسه مثل ضغط الهواء (شكل: 63).

3- أعضاء الحس الوترية Chordotonal sensillae

تتكون من وحدات منفصلة أو مجموعات من الوحدات المتماثلة من القضبان الحسية . ويعتبر عضو الحس الوتري مشتق من عضو الحس القبوي مع استطالة أجزائه أو يشتق من خلية حسية ذات قطبين ترتبط طرفيا بالكيوتيكل دون وجود أي علامة على وجودها. ويتركب من حزمة مغزلية الشكل من الأعضاء الحسية ذات القطبان الحسية تتصل طرفاها بجدار الجسم وتعرف بعضو الحس الوتري الجداري أو قد لاتصل بجدار الجسم وتصبح حرة في فراغ الجسم وتعرف بعضو الحس الوتري تحت

أ.د. جمال البرادعي

الجداري. تعمل أعضاء الحس الوترية كأعضاء حس بالملامسة وتوجد في زوائد البطن وقواعد الأجنحة والأرجل.

4- مستقبلات التباين Preprioceptive organs

هي مستقبلات تتأثر بحركة الجسم نفسه أو بشد العضلات ومنها عضو جونسون Johnsons organ الموجود داخل عقلة العزق في قرون الاستشعار في أغلب الحشرات المجنحة (شكل: 64)، ويتكون من عدد من الأعضاء الحساسة المرتبة شعاعياً بحيث يتصل أحد نهايتها بالغشاء الموجود بين العزق وأولى عقل الشمروخ أما الطرف الآخر فيتصل بالجدار الداخلي لحلقة العزق حيث تمتد سيقانها Axons للخلف لتدخل عصب قرن الاستشعار. يوجد هذا العضو نامياً بوضوح في ذكور البعوض والهاموش ويتأثر بحركة الشمروخ وبالتالي يساعد الحشرة على إدراك شدة التيارات الهوائية وتلامس الأجسام الصلبة والاهتزازات الناشئة عن سطح الماء كما في بعض الخنافس المائية ويعمل كمستقبل للصوت كما في البعوضة المنزلية والهاموش.

5- أعضاء السمع Audiotory organs

هي أعضاء حس ميكانيكية تستجيب للمتغيرات الموضعية لمكونات الهواء الأقل شدة **ومنها:**

أ- الأعضاء ذات الطبلة

هي أعضاء حس بالملامسة وتتكون من طبقة رقيقة من الكيوتيكل تعرف بالغشاء الطبلي Tympanic membrane يوجد خلفه كيس هوائي يعمل

كمردد للصوت عند وقوع موجات عليه كما تجعل الغشاء حر الحركة في الذبذبة، ويتصل بالسطح الداخلي للغشاء أو يكون ملاصقاً له عضو حس وترى، وبني عملها على أساس أن الموجات الصوتية الواقعة على غشاء الطبلة تجعله يتذبذب فتحدث حركات تؤثر على أعضاء الحس الوترية فيحدث السمع وتوجد هذه الأعضاء في الحشرات من رتبة مستقيمة الأجنحة حيث يوجد على جانبي الحلقة البطنية الأولى في أنواع الجراد أو على ساق الرجل الأمامية كما في النطاط ذو القرون الطويلة أو الحفار أو توجد على جانبي الصدر الخلفي داخل تجويف له فتحة خارجية في حشرات من حرشفية الأجنحة التابعة لعائلة Noctuidae أو على البطن كما في الحشرات القياسة Geometridae .

ب- الشعيرات السمعية Audiotory sensillum

هي شعيرات حساسة تتأثر بالتذبذبات القصيرة فالشعيرات الحسية الموجودة على القرون الشرجية تعمل كمستقبلات نسبية للموجات الصوتية التي يقل طولها عن 3000 ذبذبة في الثانية ويتسبب عن اهتزاز الشعرة السمعية نتيجة للموجات الصوتية توصيل الإحساس بالسمع إلى الخلية الحسية التي توصله بدورها إلى الجهاز العصبي المركزي من خلال عصب حسي وهي توجد في كثير من الحشرات حرشفية ومستقيمة الأجنحة .

6- مستقبلات الحرارة والرطوبة Heat and humidity receptors

ينتشر على سطح جدار الجسم وقرون الاستشعار والملامس الفكية ووسائد الأرجل أعضاء حس تستجيب للتغيرات في درجة الحرارة وهذه الاستجابة

عاملا حيوياً في حياة الحشرات الماصة لدماء الثدييات مثل البعوض الذي ينجذب إلى عائلة على أساس درجة حرارة الجسم .

وتوجد مستقبلات الرطوبة على قرن الاستشعار كما في قمل الإنسان حيث تتكون من خصلة من أربع شعيرات متصلة بعدة خلايا عصبية وتوجد أيضاً على الملامس الفكية أو على الجوانب السفلية من حلقات الجسم الخلفية في الدروسوفيلا.

7- حويصلات التوازن Statocysts

توجد حويصلات التوازن فى غشائية الأجنحة على الصدر الخلفي مباشرة خلف الحرقفة وتتكون من انغماد في الجليد يحدد بواسطة شعيرات حسية. ويوجد في التجويف واحد أو أثنان من الحبيبات الرملية Sand grains التي تدعم بواسطة زائدتين جليدتين. يوجد عضو يعرف بعضو بالمن Palmen's organ الذى يعمل كحويصلة توازن Stato cyst في رأس كل من اليرقات والحشرات الكاملة التابعة لرتبة Ephemeroptera ، وهذه تتركب من ندبة Nodule جليدية توجد عند اتصال أربعة قضبان هوائية تقع في المنطقة الوسطية الظهرية خلف العيون، ولايوجد إمداد عصب خاص لهذا العضو. وتوجد أعضاء مثلها فى رأس حشرات من رتبة Isoptera. وتمتاز الحويصلات بإنها حرة الحركة على الرغم من إنها لاتقدر على الحركة كثيراً، وإذا غيرت الحشرة اتجاهها كنتيجة لتغيير الاتجاه فإنها تضغط على بعض الشعيرات، وتنبه الشعيرات المختلفة بتغيير

الاتجاه، وعلى ذلك تعمل الأعضاء كمستقبلات للجاذبية الأرضية Gravity receptors.

ثانياً ـ مستقبلات كيماوية Chemoreceptors

توجد في شكل أعضاء حس كيماوي منتشرة على قرون الاستشعار أو أجزاء الفم والأرجل وهي تتميز بنهايات عصبية دقيقة ومعرضة من خلال فجوات في الكيوتيكل حساسة للتهيج بواسطة المواد الكيماوية التي تعطى نوعين من الإحساس هي الشم والتذوق ويتم تنبيه حاسة الشم (قرون الاستشعار – الرسغ) بالتركيزات المنخفضة لأبخرة المواد الطيارة أما حاسة التذوق (الفم) فلا تحس إلا بالتركيزات العالية نسبياً من المادة المنبه في محلول مائي .

1- الشم Olfaction

مستقبلات الرائحة توجد في الغالب على قرون الاستشعار وهي عبارة عن وتد مخروطي القاعدة والوتد فيه عديد من الثقوب التي يمتد بداخلها نهايات عصبية آتية من خلايا عصبية قد تكون قليلة أو قد تصل إلى 50 خلية عصبية وبذلك يكون أطراف النهايات العصبية داخل الوتد معرضة للهواء لاصطياد جزيئات المواد الكيماوية المتطايرة التي تتفاعل مع إفرازات كيماوية توجد داخل فراغ الوتد لإنتاج أشارة عصبية تنبه الجهاز العصبي وتوجد أوتاد مخروطية التجويف كما على الفكوك الأمامية للنحل أو على قرن الاستشعار للنطاطات حيث يوجد الوتد في تجويف تحت المستوى العام

لسطح الكيوتيكل ويكون التجويف مفتوح للخارج ويتصل بالوتد من ثلاثة إلى أربع خلايا عصبية ونهايتها العصبية توجد في قمة الوتد.

ويوجد أيضاً ما يعرف بالنقر الشمية حيث تحتوي كل نقرة شمية على عديد من الشعيرات الحسية كما هو الحال في ذباب اللحم حيث يوجد حوالي 50 نقرة شمية على كل قرن استشعار في الذكر.

وتوجد أيضاً على الملمس الشفوي في حشرات من حرشفية الأجنحة وشبكية الأجنحة، وبناء على ذلك يعتبر قرن الاستشعار مصفاة للروائح لاحتوائه على مستقبلات الشم التي تتواجد بطريقة تسمح لها بالتعرض لأكبر قدر ممكن من التيارات الهوائية المحملة بالمواد الطيارة (شكل: 65).

2- التذوق Tasting

عبارة عن أعضاء حس توجد في شكل حلمات للتذوق يلامسها جزء طرفي من عصب يتكون من النهايات الخاصة بمجموعة من الخلايا العصبية ويمتلئ فراغ الحلمة بإفرازات كيماوية تنشأ من خلايا غدية مجاورة ، وهذه الإفرازات الكيماوية تتفاعل مع المواد الكيماوية المكونة للطعام عند تذوق الطعام حيث ينتج من التفاعل إشارة عصبية ترسل إلى الجهاز العصبي للإحساس بالطعام واستقبال إشارة عصبية عكسية تنبه الحشرة للاستمرار في التغذية أو رفض الغذاء.

وتوجد أعضاء التذوق في أجزاء الفم واللسان وسقف الحلق وتوجد أيضاً على كل من قرون الاستشعار والرسغ كما هو الحال في حشرات من

حرشفية الأجنحة والبعوض للتعرف على مدى صلاحية الماء لوضع البيض لنمو ذريته من اليرقات الفاقسة وتحولها إلى حشرات كاملة وتتفاوت هذه المستقبلات في أماكنها المختلفة في درجة حساسيتها تبعا لتركيز المحلول فالمستقبلات الشفوية في الذباب تكون أكثر حساسية عن مستقبلات الرسغ للمحاليل ذات التركيز الخفيف (شكل: 66).

ثالثاً- مستقبلات الضوء (العيون والأبصار)

Light receptors(The eyes and vision)

هي أعضاء حس تستجيب للطيف الضوئي ومنها :

أ- العيون البسيطة الظهرية Dorsal ocelli

عددها ثلاث عيون بسيطة تتواجد في منطقة الجبهة على شكل مثلث أو على قمة الرأس كما في الحشرات الأكثر رقيا في كل من الحوريات والحشرات الكاملة وتستمد أعصابها من المخ الأول ،وقد تضمحل كما في الصراصير وتعرف بالعيون البسيطة المضمحلة وينحصر دور العيون البسيطة الظهرية في الحشرات في الإحساس فقط بالضوء الخفيف والعمل كمنبه يساعد الحشرة على سرعة الاستجابة للمنبهات الخارجية والحركة سريعاً (شكل: 67).

وتتميز العيون البسيطة الظهرية بالآتي:

1- القرنية: وهي جزء من الكيوتيكل يظهر محدباً ويمتاز بأنه أكثر شفافية ويزداد سمكة ليكون جسم كروي يعرف بالعدسة (Lens) .

أ.د. جمال البرامونى

2- الخلايا المفرزة للقرنية: تقع تحت القرنية مباشرة وتتصل بطبقة البشرة الداخلية وهي عديمة اللون وأكثر شفافية وتقوم هذه الخلايا بإفراز وحمل العدسة وفي بعض الحشرات تستطيل هذه الخلايا لتكون جسم زجاجي يعرف بالجسم البللوري يساعد العدسة على القيام بوظيفتها.

3- الشبكية: تتكون من خلايا بصرية وهي خلايا عصبية حسية يتصل كل منها بعصب العين البسيطة بواسطة ليفة عصبية، وتوجد هذه الخلايا في شكل مجموعات تتكون من خليتين أو أكثر تحيط بالمحور البصري .

4- الخلايا الصبغية: قد توجد في بعض العيون البسيطة وهي توجد بين الخلايا البصرية أو في الخلايا ذاتها.

ب- العيون البسيطة الجانبية Lateral ocelli

يطلق عليها المبصرات الجانبية وهي أعضاء الأبصار الوحيدة في يرقات الحشرات وتوجد على جانبي رأس اليرقة في مكان العيون المركبة في الحشرات الكاملة.

وعدد العيون البسيطة الجانبية يتراوح بين عين واحدة كما في يرقات دبور الحنطة المنشاري إلى ستة عيون كما في يرقات حرشفية الأجنحة وتستمد أعصابها من الفص البصري للمخ الأول وتحتوي على جسم بللوري يقع أسفل القرنية والعيون البسيطة الجانبية تمكن اليرقات من الرؤيا نظراً لقدرتها على تكوين صورة تقع على محورها البصري.

ج- العيون المركبة Compound eyes

تملك الحشرات الكاملة والحوريات زوج من العيون المركبة على جانبي الرأس وتجحظ العيون المركبة لإعطاء مجالاً واسعاً للرؤية في جميع الاتجاهات وتغيب العيون المركبة في بعض الطفيليات وإناث البق الدقيقي والحشرات ساكنة الكهوف.

وتقسم قرنية العيون المركبة إلى عدد العديسات المستقلة Facets عكس العيون البسيطة ،وتتكون العيون المركبة من تجمعات لوحدات بصرية منفصلة تعرف بالوحدات العينية Ommatidia لها عديسة واحدة في قرينتها وتستمد العيون المركبة أعصابها من الفص البصري للمخ الأول.

وتختلف مساحة عديسات الوحدات العينية باختلاف النوع الحشري وتظهر حدود كل عديسة سطحية الشكل عندما تكون العديسات كثيرة ومتزاحمة بينما تكون دائرية عندما تكون العديسات قليلة ومتباعدة(شكل 68)، ولا تساوي مساحة العديسات دائماً في العين المركبة الواحدة لدرجة انه يوجد حدود فاصلة بين المساحتين ذات العديسات المختلفة الحجم فتظهر العين وكأنها منقسمة إلى جزئين كما في رتبة ذبابة مايو.

أ.د. جمال البرموني

تتكون الوحدة البصرية في العين المركبة من الأجزاء الآتية مرتبة من الخارج للداخل كالآتي:

1- القرنية: هي مساحة شفافة من الكيوتيكل تكون عديسة الوحدة البصرية وتكون محدبة ويتم تكوينها من طبقة الخلايا القرنية أو من خلايا المخروط البللوري في حال عدم وجود الخلايا القرنية .

2- طبقة الخلايا القرنية:هي جزء من خلايا البشرة الداخلية توجد أسفل القرنية وتتركب من خليتين فقط يصعب رؤيتهما.

3- خلايا المخروط البللوري: توجد أسفل طبقة الخلايا القرنية أو أسفل القرنية مباشرة وهي عبارة عن أربع خلايا تفرز جسماً شفافاً يعرف بالمخروط البللوري.

4- الخلايا القزحية الأولية:هي خلايا ذات صبغة قاتمة اللون تحيط بخلايا المخروط البللورى وخلايا القرنية في شكل دائرة.

5- خلايا الشبكية: تتكون من ثمانية خلايا بصرية متطاولة لتكون الجزء القاعدي للوحدة البصرية يمتد منها قاعدياً ليفه عصبية تتصل بالفصان البصريان في المخ الأول وتتعاون خلايا الشبكية في أفراز محور بصري داخلي كل جزء منه ملحق بخليتين يطلق علية جانب المحور البصري.

6- الخلايا القزحية الثانوية:هي خلايا متطاولة ذات صبغة قاتمة في سيتوبلازمها تمتاز بقدرتها الحركية فتتحرك إلى أعلى وإلى أسفل على حسب كثافة الضوء الساقط على الوحدات البصرية، وتحيط هذه الخلايا بالخلايا القزحية الأولية وخلايا الشبكية مما تعزل كل وحدة شبكية عن

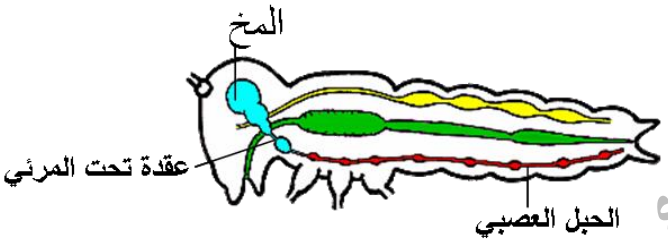
أ.د. جمال البرامونى

الوحدات المجاورة لها، وتستقر النهايات القاعدية للوحدات البصرية على غشاء قاعدي يمر خلاله الألياف العصبية والقصبات الهوائية . الصبغات الملونة المنتشرة على المحور البصري للوحدة البصرية تنفعل بمجرد سقوط الطيف الضوئي عليها (الأشعة تحت الحمراء) مما يتوالد عن هذا الانفعال تغيرٌ في التركيب الكيماوي للصبغات مما يسبب تفريغ كهربائي مسبباً للرؤية (شكل 69 و 70).

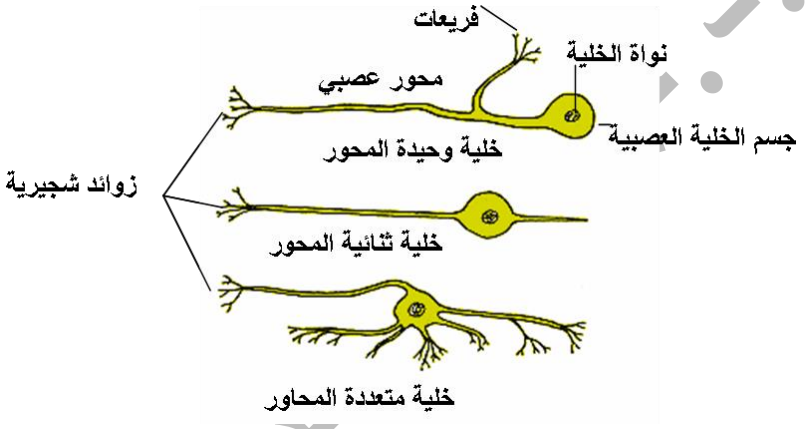
صورة التبقع: تتواجد في الحشرات ذات النشاط النهاري حيث تستقبل الوحدات البصرية أشعة الضوء المنعكسة من الجسم المرئي في صورة نقط يتم تجميعها لتكون صورة الجسم المراد رؤيته دون أي تداخل نظراً لأن وحداتها العينية تكون منفصلة (العيون المتقابلة Apposition eyes).

الصورة المتراكبة: تتواجد في الحشرات التي تنشط في الضوء الخافت حيث لا تسقط الأشعة المنعكسة على عديسة واحدة بل مجموعة من العديسات وتتحرك الخلايا القزحية الثانوية للأمام مع حركة الصبغات الملونة لأعلى لتجميع الأشعة المنعكسة في نقطة واحدة لتعطى صورة متراكبة (العيون المركبة Superposition eyes).

أ.د. أحمد البرامونى

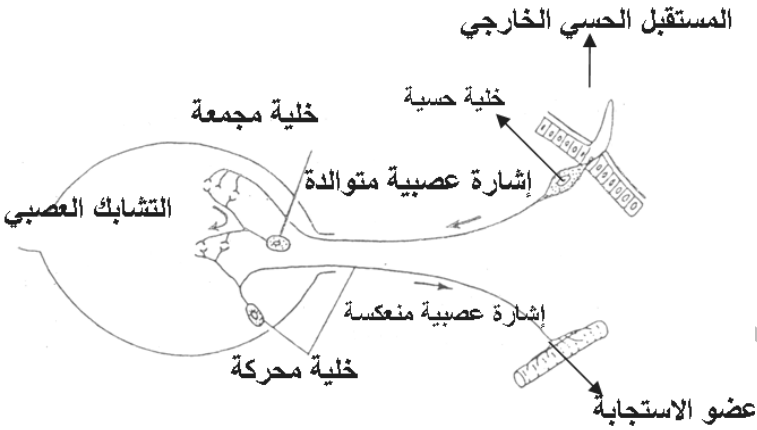


شكل (55): يوضح مكان الجهاز العصبي في الحشرات.

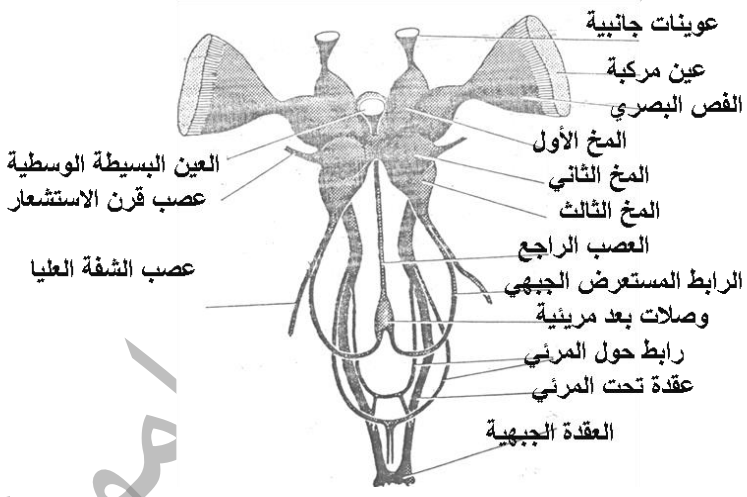


شكل (56): يوضح أنواع الخلايا العصبية.

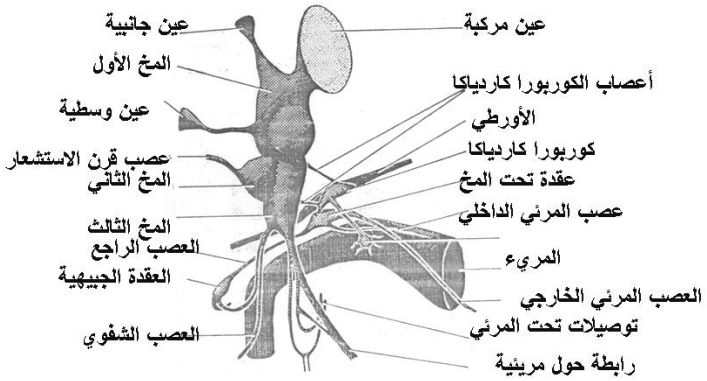
شكل (57): يوضح قطاع عرضي في عقدة عصبية بطنيه.



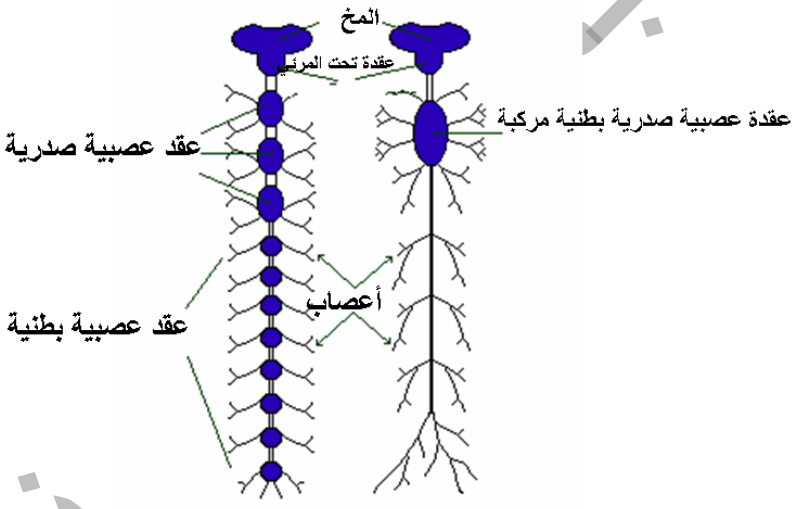
شكل (58): يوضح ميكانيكية نقل الإشارة العصبية.



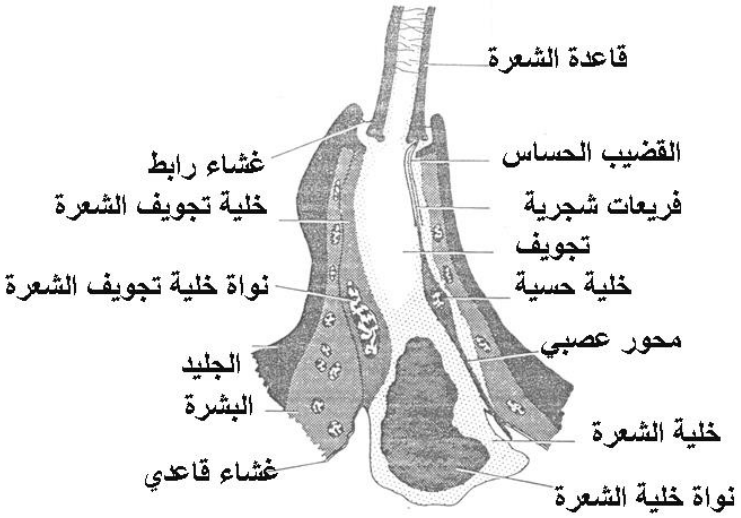
شكل (59): يوضح منظر أمامي للمخ والجهاز العصبي الحشوي.



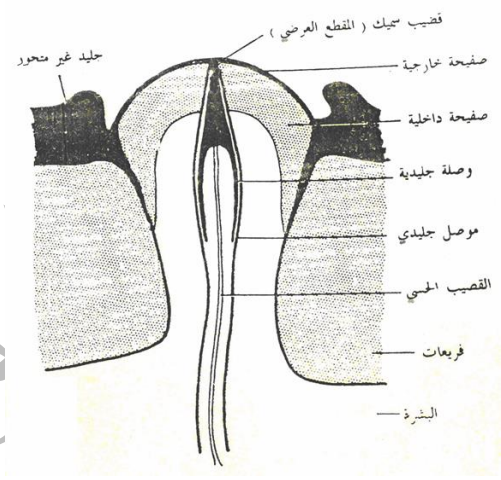
شكل (60): يوضح منظر جانبي للمخ والجهاز العصبي الحشوي.



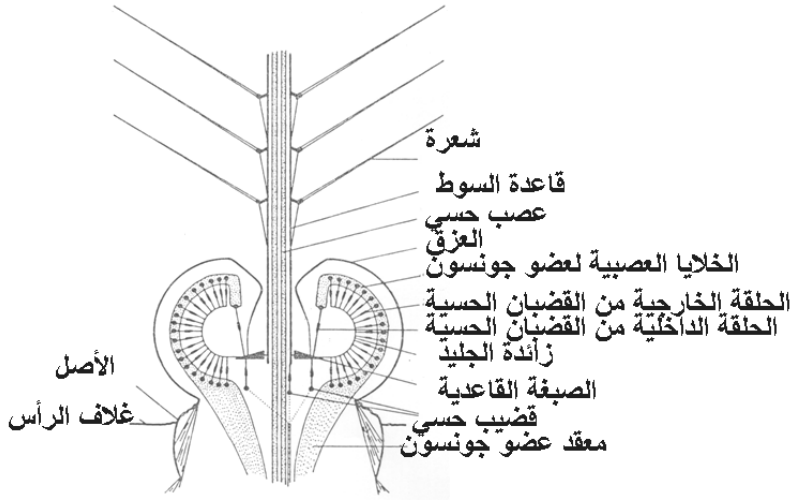
شكل (61) :يوضح توزيع العقد العصبية في الجهاز العصبي في صورتية :الحد الأقصي من الالتحام (على اليمين) والحد الأدنى من الالتحام (على اليسار).



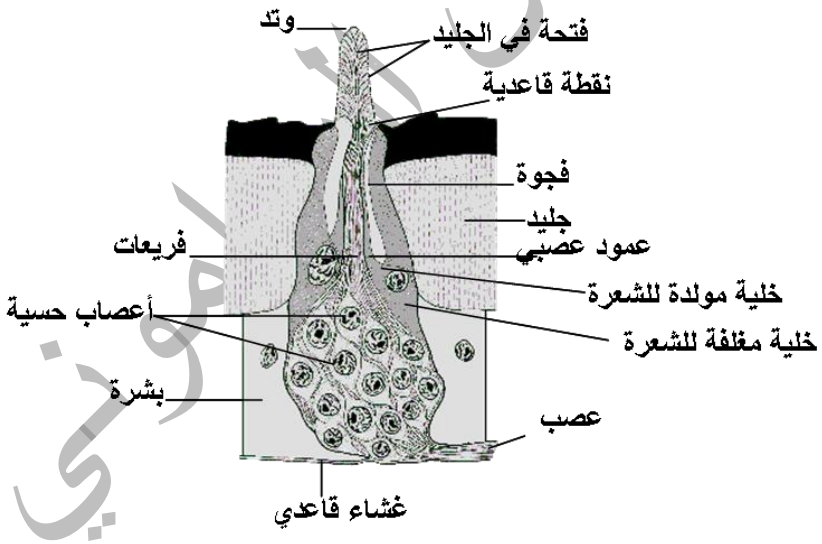
شكل (62): يوضح تركيب الشعرة المتحركة.



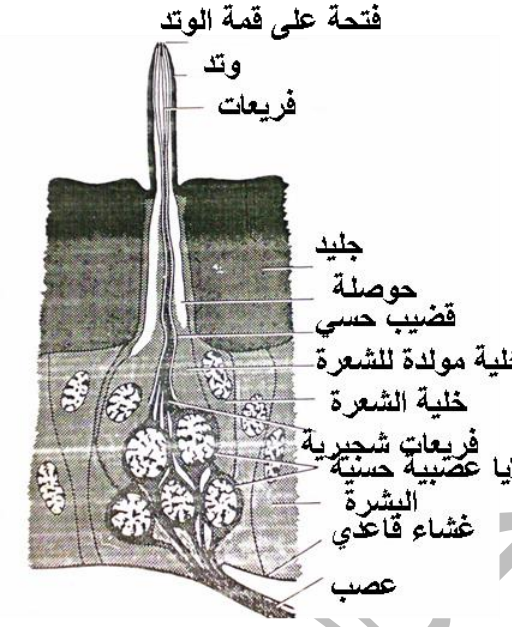
شكل (63): يوضح أعضاء الحس ذات القبو (شعيرة جرسيه).



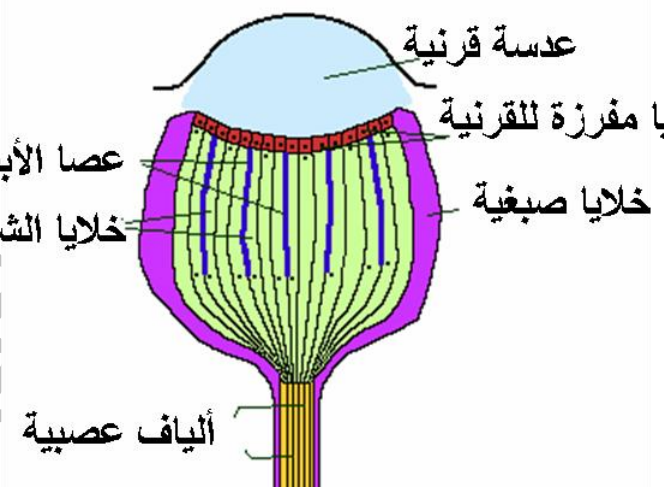
شكل (64): يوضح تركيب عضو جونسون في قرن الاستشعار لذكر البعوض.



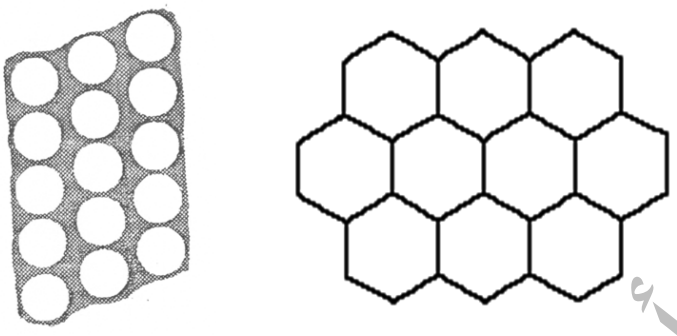
شكل (65): يوضح أعضاء الحس الكيميائي (الشم).



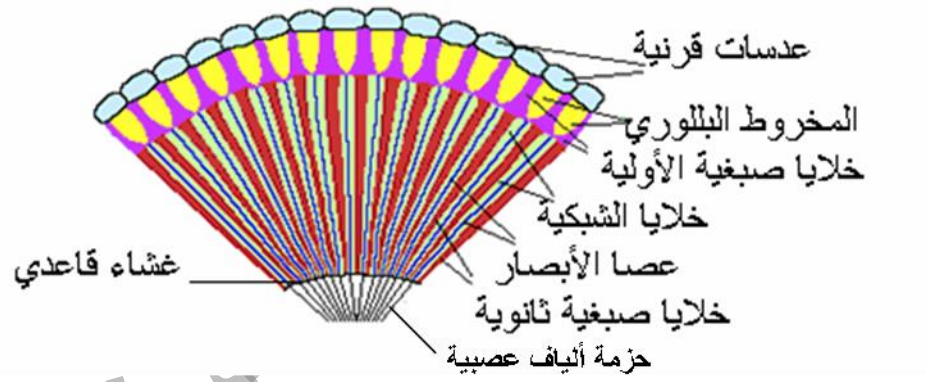
شكل (66): يوضح الحس الكيميائي (التذوق).



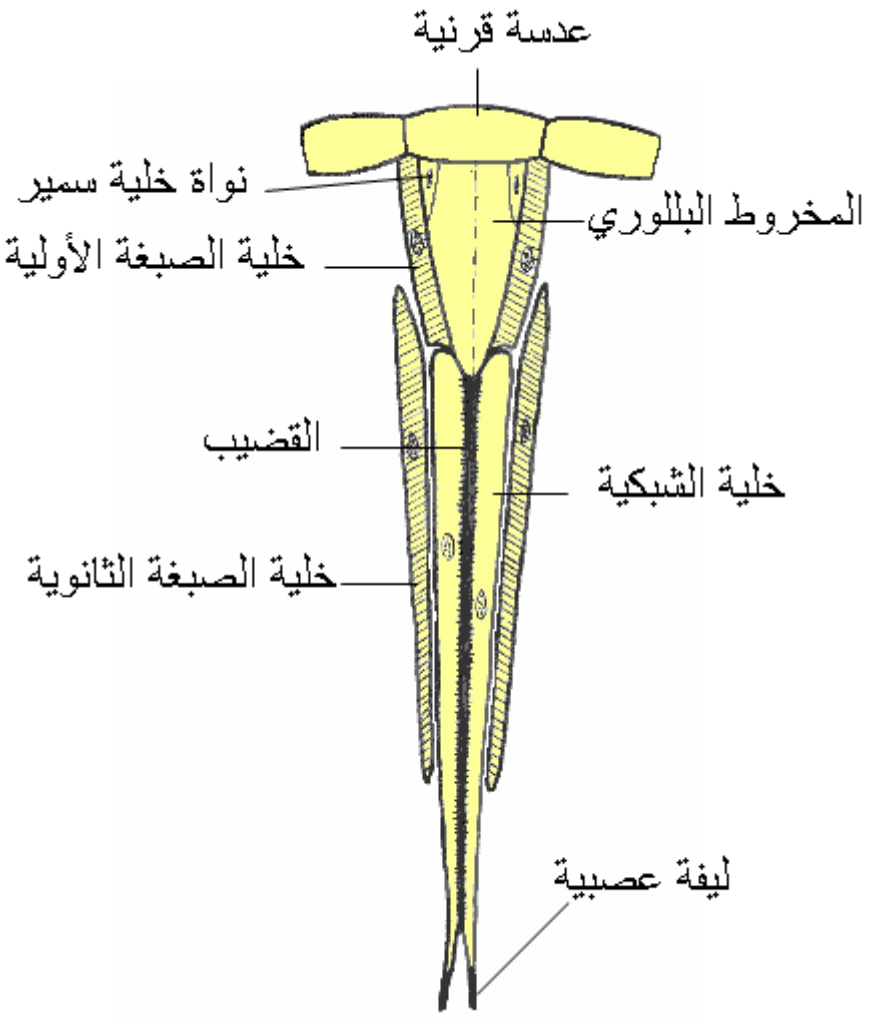
شكل (67): يوضح تركيب العين البسيطة.



شكل (68): يوضح عدد الوحدات البصرية الكبير بدون فواصل (على اليمين كما في ذباب السرفس) والقليل مع وجود فواصل بين الوحدات (على اليسار كما في المن).



شكل (69): يوضح ترتيب الوحدات العينية في العين المركبة.



شكل (70): يوضح تركيب وحدة عينية في العين المركبة.

هرمونات الخلايا العصبية المفرزة في الحشرات

Neurosecretory hormones in insects

يتكون الجهاز الغدي في الحشرات من أربع غدد وهي :

1- خلايا عصبية مفرزة بالمخ (تتحكم في كل من غدتي الكوربورا كارداكا و الكوربورا الالاتا)

2- غدة الكوربورا كارداكا **Corpora Cardiaca**

3- غدة الكوربورا الالاتا **Corpora allata**

4- غدة الصدر الأمامي **Prothoracic gland**

والغدة الصماء تتكون من خلايا عصبية إفرازية تصب إفرازها الهرموني في الدم مباشرة ومن أهم الهرمونات التي تفرزها الغدد هي:

1- هرمون المخ (الأكديسيوتروبين) (Ecdysiotropin) Brain hormone

يفرز من غدة الكوربورا كارداكا وتبدأ في الإفراز بعد تناول وجبة غذائية كما في بقه *Rhodnius* أو بعد تنبيهها من خلال منبه عصبي داخلي يرتبط بالدورة اليومية Circadian daily clock وهو سلوك بوابي حيث ينطلق الهرمون عند حلول الظلام ولمدة محدودة ليستفيد منه الفرد الذي بلغ حداً لازماً للانسلاخ، وقد يؤثر هرمون الحداثة JH على أفرازة بحيث أذا أرتفع تركيز هرمون الحداثة يتوقف إفراز هذا الهرمون وتدخل الحشرة في مرحلة بيات تساعدها على عبور الظروف غير المناسبة. هذا الهرمون ينشط غدة الصدر الأمامية المسئولة عن الانسلاخ.

أ.د. جمال البرامونى

2- هرمون الانسلاخ Ecdysone

يوجد في صورة α-ecdysone و B-ecdysone ووجد أن بيتا أكديسون أكثر فعالية من ألفا اكديسون مئة مرة ويفرز من غدة الصدر الأمامية Prothoracic glandوهو المسئول عن الانسلاخ وتغيير الشكل، ويتوقف تركيز الهرمون في الدم على كمية الإفراز وكمية الاستهلاك وحدوث الهدم. يرتفع تركيز الهرمون في الدم في الحشرات غير كاملة التشكل مرتين: مرة قبل كل انسلاخ ولكن يوجد له ثلاث ارتفاعات كالآتي: مرة قبل التعذير وتحدث تغير في سلوك اليرقات يوجهها للبحث عن مكان للتعذير. ومرة ثانية قبل انسلاخ العمر اليرقى الأخير إلى عذراء حيث تصبح كمية ألبيتا أكديسون خمس أضعاف كمية الألفا أكديسون وتركيز الهرمون في هذه القمة يكون مسئول عن تشكل اليرقة إلى عذراء .

أما المرة الثالثة توجد في بداية تكوين العذراء حيث يكون الارتفاع في التركيز مسئول عن تشكل أعضاء الطور الكامل (شكل :71).

3- هرمون الحداثة Juvenile hormone

يوجد منه ثلاثة أنواع JH1 - JH2 - JH3 تفرز في الدم من غدة الكوربورا الالاتا Corpora allata ويقوم كل من JH2 وJH1 بالمحافظة على الصفات المورفولوجية للأطوار غير الكاملة (اليرقات والحوريات) أما JH3 هو المسئول عن نشاط الغدد الجنسية في الأطوار الكاملة، ويزداد هذا الهرمون في بداية الأعمار اليرقية لينقص في نهاية كل عمر مع حدوث الانسلاخ يمكن هرمون الانسلاخ والتشكل من القيام

بوظيفته الأولى وهي الانسلاخ لتحول اليرقة أو الحورية من عمر إلى عمر آخر جديد دون القيام بوظيفته الثانية وهي التشكل طالما أن الفرد غير الكامل لم يحقق النمو المطلوب لبراعم الطور الكامل الخاص بالنوع الحشري.

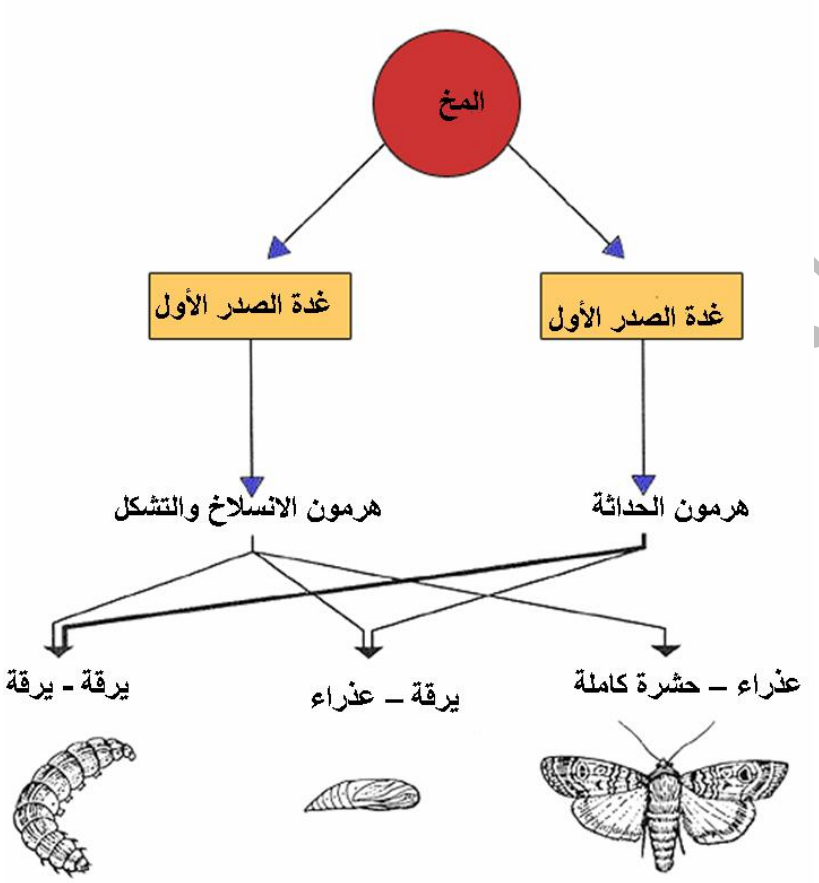
يتحلل هذا الهرمون بواسطة أنزيمات متخصصة في نهاية الطور غير الكامل (اليرقة أو الحورية) بعد أن يتحقق النمو المطلوب للنوع واللازم لتغير الشكل وذلك قبل ظهور هرمون الانسلاخ والتشكل الذي ينفرد بعملة في غياب هرمون الشباب لأداء وظيفته وهما الانسلاخ وتغير الشكل للتحول من طور إلى طور جديد (عذراء أو حشرة كاملة (شكل: 71)).

4- هرمون الخروج Eclosion hormone

النشاط السلوكي قبل عملية الانسلاخ في الأعمار اليرقية أو عند تحول العذراء إلى حشرة كاملة يخضع للجهاز العصبي ويتم تنشيطه من خلال هرمون الخروج الذي يفرز من خلايا وسطية في المخ ويحزن في الكوربورا كارديا كا لحين أطلاقة طبقاً لتوقيت الساعة البيولوجية للنوع وهذا الهرمون لم يعثر علية في الحشرات غير الكاملة التشكل.

5- هرمون الدباغة Bursicn

ينشط هذا الهرمون بعد الانسلاخ وخروج العمر اليرقي أو الحوري بجلد جديد أبيض ممتد بالحجم المناسب للعمر الجديد أو بعد خروج الحشرة الكاملة. حيث يقوم بدباغة وتصلب الكيوتيكل من خلال تنشيطه لإفراز المواد الداخلة في التفاعلات المؤدية للدباغة والتصلب.



شكل (71): يوضح دور الغدد الصماء والهرمونات في عمليتي النمو والتشكل.

أ.د. جمال البرامونى

Pheromones Insect الفيرمونات الحشرية

أ.د. جمال البرامونى

الاتصال الكيماوي Chemical communication

هو وسيلة التخاطب في الحشرات من خلال الفيرمونات والتي تفرز من غدد في أماكن مختلفة من الجسم للخارج في صورة مركبات كيمائية متطايرة وعندما تصل إلى الفرد الآخر من نفس النوع يستجيب من خلال استقبالها بواسطة المستقبلات الشمية التي توجد على قرون الاستشعار في صورة نقر حسية، ثم تنتقل في صورة إشارة عصبية إلى الجهاز العصبي المركزي لحدوث الاستجابة. الاتصال الكيماوي يلعب دوراً هاما في ترسيخ قدرة الفرد على تقديم نفسه وسط أفراد نوعه وفي تميز الحشرات من أنواع أخرى وأيضاً حث أفراد النوع الواحد على التعاون الاجتماعي وهذا ما يطلق علية الفيرمونات.

الفيرمون Phermone

هو مركب أو خليط من مواد كيميائية يشتق ببعضها أو أغلبها من المركبات الكيميائية الموجودة في غذاء الحشرة ولها أهمية في تنظيم عملية التعاون بين الأفراد في مجتمعها ومع بيئتها المحيطة بها ويتم إفرازها بواسطة غدد أكتودرمية موجودة في المنطقة البطنية أو بواسطة غدد مرتبطة بالفكوك في رتبة غشائية الأجنحة ولها وظائف متعددة منها هو الجذب الجنسي الذي يمكن أن يتم من مسآفات بعيدة ويكون متخصص داخل النوع الواحد، ومكونات الفيرمون الكيميائية تكون ذات تركيب متخصص التأثير وقابلة للتطاير وتلعب الفيرمونات أهمية كبيرة في الحشرات الاجتماعية من حيث

أ.د. جمال البرادعي

تنظيم العمل بين أفراد المستعمرة والمحافظة على التركيب الاجتماعي للمستعمرة كما في نحل العسل.

تقسم الفيرمونات إلى مجموعتين طبقاً لطريقة تأثيرها:

1- فيرمونات مطلقة Releaser pheromones

تعمل على تنشيط استجابة سلوكية مباشرة عن طريق الجهاز العصبي ولذا فهي بالتحديد مطلقات كيماوية للسلوك وهي واسعة الانتشار في الحشرات وتخدم وظائف حيوية مثل الجذب الجنسي والتحذير.

2- فيرمونات الإعداد Primer pheromones

تعمل على تغير فسيولوجيا المستقبل من خلال تأثيرها الفسيولوجي على الغدد داخلية الإفراز وعلى الجهاز التناسلي لإعدادها لنشاط فسيولوجى جديد يحدث في وقت لاحق ويحتاج إلى فيرمون مطلق لحدوثه. وطريقة تأثير هذه الفيرمونات التي تقوم بتجهيز وأعداد الأنشطة الفسيولوجي لمستقبلها هي أما أن تكون منشطة أو مثبطة فسيولوجياً. وهي معروفة في الحشرات الاجتماعية مثل الجراد الصحراوي حيث تعمل على وصول الحشرات للنضج الجنسي.

أنماط أخرى للتخاطب تعرف بـ Allelochemics

وهي عبارة عن مواد كيماوية تحوى رسائل كيميائية ترسل من نوع حشري إلى نوع أخر وتقسم إلى:

أ- الألومونات Allelomones

هي خليط من المركبات الكيميائية تؤثر في استجابة المستقبل لها وتحقق فائدة بالنسبة للمرسل مثل الدفاع والحماية .

ب- الكيرمونات Kairmones

هي رسائل كيميائية يستفيد منها المستقبل لها مثل العلاقة بين النبات والحشرة، يفرز النبات مركبات تجذب الحشرة للتغذية ووضع البيض.

ج- السينومونات Synomones

هي رسائل كيميائية تحذيرية تؤثر في استجابة المستقبل لها مثل الرسائل الذي يرسلها النبات لمنع الحشرات من وضع البيض لأن يرقاتها الفاقسة محكوم عليها بالموت مثل الرسائل التي يرسلها نبات عدس الماء لمنع إناث البعوض من وضع البيض لأنة اليرقات الفاقسة سوف تتعرض للهلاك بما ينتجه النبات من مركبات سامة وأخري هرمونية تمنع الانسلاخ والتشكل (جمال: 1989).

إنتاج الفيرمونات والاستقبال الكيماوي

يتم إفراز الفيرمونات من غدد داخليه Endocrine glands في منطقة البطن والصدر والرأس وأحياناً تفرز من غدد خارجية Exocrine glands وهذه الغدد تلقي بإفرازها خارج الجسم في صورة مركب واحد أو

أ.د. جمال البرامودي

خليط من عدة مركبات ويخرج الإفراز متدفقاً أو على هيئة قطرات أو في صورة فيلم رقيق أو في صورة غازات ويتم التحكم في معدل الإفراز وتركيزه عن طريق الفتحات المجهزة بوسائل للتحكم التي توجد في صورة زوائد لها القدرة على الظهور والاختفاء أو في شكل وسائد تبخير أو غير ذلك من تجهيزات المشابهة ويساعد على انتشار الفيرمون الرياح .

المستقبلات الكيميائية للفيرمونات:

هي عبارة عن أعضاء للشم أو للتذوق، أعضاء الشم يتم تنبيهها من خلال المواد المحمولة في الهواء أو الماء على الرغم من أنها غازية، أما أعضاء التذوق يتم تنبيهها عن طريق مواد محمولة في الماء ويتباين الحد الأدنى لتنشيط رد الفعل الحسي لكل من أعضاء الشم والتذوق ، فحاسة التذوق تحتاج إلى تركيز عالي من الجزيئات الكيميائية المنبه أكثر من حاسة الشم. وتحاط الخلايا الحسية الخاصة باستقبال الفيرمونات بتراكيب خاصة وتوجد في إحدى الأشكال الآتية :

- **شعيرات أو أشواك حسية**
- **أوتاد حسية Pegs**
- **أطباق حسية Plates**
- **نقر حسية Pits**

أ.د. أحمد الرامونى

وظائف الاتصال الكيماوي:

1- التنشيط الجنسي Sexual stimulation

الغدد المفرزة للفيرمونات الجنسية والمعروفة بالجاذبات الجنسية توجد في نهاية البطن وتنظم الحشرات إفراز الجاذبات الجنسية من خلال تغطية أو تعرية الغدد بحركة البطن، وقد تنطلق الفيرمونات الجنسية في أوقات محددة من اليوم كما في دودة اللوز الأمريكية التي تفرز الفيرمون الجاذب للذكور من الساعة الرابعة حتى غروب الشمس ولكن في حشرة *Ephestia* تطلق الفيرمون في أي وقت من اليوم.

تعمل الفيرمونات الجنسية في عدد كبير من الحشرات على جذب أفراد الجنسين لبعضهم لإتمام عملية التزاوج، وعادة لا تقوم الحشرات بإطلاق الفيرمونات إلا بعد يوم أو يومين من ظهور الفرد البالغ حيث تطلقها الحشرة لإتمام عملية التزاوج لكن ذكور حشرات *Megarhgssa* تنجذب لجذوع الأشجار نتيجة انطلاق الفيرمونات حتى قبل خروج الإناث من العذارى لتنتظر الإناث وتتزاوج معها. بعض الحشرات التي تتزاوج مرة واحدة فقط تطلق الفيرمون مرة واحدة على الرغم من وجود الفيرمون في خلايا الغدد المفرزة له كما في دودة الحرير التوتية في حين أن بعضها يستمر في أطلاق الفيرمون حتى ينتهي التزاوج كما في الحشرات عديدة التزاوج مثل الفراشة نصف القياسة ذات البقعتين .

أغلب الفيرمونات الجنسية تفرزها الإناث لجذب الذكور للتزاوج كما في كثير من حشرات حرشفية الأجنحة فتفرز إناث دودة الحرير التوتية مركب

أ.د. جمال البرادعي

Bombykot لجذب الذكور والتزاوج وبتركيزات ضئيلة جداً من المركب، وفي قليل من الحشرات تقوم الذكور بإفراز الفيرمون الجنسي لجذب الإناث للتزاوج كما في حشرات من رتبة Mecoptera، وفي أوقات أخرى تفرز الفيرمونات الجنسية من كلا الجنسين كما في ناخرات الأخشاب التي تفرز الفيرمونات للتجمع من أجل الغذاء وخلال تجمعها تتزاوج فيما بينها.

2- الاجتماع والتجمع Assembly and Aggregation

التجمع هو تجمع أنواع مختلفة من الحشرات لأغراض مختلفة ولكن المراد بالاجتماع هو التعبير عن المواقف التي تجتمع فيها أفراد نوعاً ما قبل الأقدام على نشاط ما مثل التغذية أو الجماع أو البيات أو الهجرة وذلك بعد انبعاث نداء لا يرتبط مباشرة بالنشاط الذي يحدث بعد الاجتماع وعادة يكون هذا الاجتماع مؤقتاً فيما عدا الحشرات الاجتماعية (النحل- النمل الأبيض) ويكون الفيرمون هو أحد الوسائل العديدة لإحداث هذا الاجتماع والدعوة إليه.

3- التحذير والتنبيه Alarm and Alert

التحذير والدفاع مسلكان مترابطان تطلقهما أحياناً مادة فيرمونية واحدة في نفس الوقت وتتشابه فيرمونات التحذير والانتباه في أنها تنتج تحت ظروف الخطر القائم أو المنتظر ولكن الاستجابة لهما تتدرج إلى أقسام عديدة تشمل الدفاع Defense والانتشار Dispersal والهياج Agitation والتجمع Aggregation والاستدعاء Recruitment هذا تبعاً للموقف ودرجة التنبيه فمثلاً يعيش النمل الأبيض من جنس *Acanthomyops* في تجمعات

أ.د. جمال البرامونى

تتزاحم في كهوف صغيرة عند تنبيهها بواسطة فيرمون التحذير فإنها تتجمع وتتحد لمواجهة مصدر الخطر.

4- النضج الجنسي Maturation

تفرز ذكور الجراد الصحراوي البالغة ذات اللون الأصفر فيرمون يساعد ويعجل الإناث والذكور غير البالغة على النضج الجنسي وتنتجه الذكور من خلايا البشرة حيث يمر الفيرمون على سطح جدار الجسم لتستقبله الأفراد الآخرى غير الناضجة جنسياً من خلال التلامس المباشر أو في صورة رائحة حيث تؤثر في غدة الكوربورا ألاتا Corpora allatta التي تعمل على نضج الأعضاء الجنسية.

5- التثبيط Exhibition

تفرز ملكة النحل خلال سيرها من غدد موجودة في الرسغ Tarsal glands فيرمون يعرف بفيرمون أثر الملكة Queen trail pheromone والذي يمنع بناء بيوت ملكة جديدة في أطراف أقراص الشمع وإفراز هذا الفيرمون يكون حوالي 13 مرة ضعف إفرازه من الشغالات، وأيضاً تقوم الملكة بإفراز فيرمونات مثبطة لنمو مبايض الشغالات لعدم تحولها إلى أمهات كاذبة من خلال الغدد الفكية حيث ينتشر هذا الفيرمون على جسمها لتلعقه الشغالات عند تنظيف الملكة وله دور أيضاً في منع الشغالات من بناء بيوت ملكية جديدة ويحدث ذلك كل 2 أو 3 ساعات.

أ.د. جمال البرادعي

6- اقتفاء الأثر Trail Follow-up

تفرز شغالات النحل فيرمون يعرف بفيرمون تتبع الأثر من غدة دوفور أو غدة السم أو غدة بافان أو من المعى الخلفي حيث تقوم الشغالة وخلال سيرها بإفراز الفيرمون من نهاية البطن من فتحة الشرج أو من إبرة اللسع أو حافة أسترنه الحلقة البطنية السادسة عن طريق ملامسة بطنها للأرض، ويستخدم هذا الفيرمون في التعرف على الطريق بغرض الاستكشاف لبناء عش جديد أو تعريف الشغالة بمصدر الطعام وهذا الفيرمون يُمكن الشغالات من العودة إلى العش حاملة الطعام معها.

إطلاق وحركة الفيرمونات Release and movement of pheromones

إذا افترضنا اعتباريا أن هناك حشرة تقف على ورقة وتطلق فيرمون في هواء ساكن تماماً فإن هذا الفيرمون طبقاً لقانون انتشار الغازات سينتشر بمعدل قابل للقياس حول الحشرة في جميع الاتجاهات حتى تتكون كرة يكون تركيز الفيرمون على حدودها مساوياً للصفر وتوجد الحشرة المطلقة للفيرمون داخل هذا المدى من الفراغ المعبئ بالفيرمون وفي هذا المدى النشط يكون تركيز الفيرمون عند المستوى المطلوب لإطلاق الاستجابة البيولوجية لدى غيرها، وهذه الفيرمونات تكون نشطة في الهواء الساكن وفي حال وجود تيار من الهواء فأن الفيرمون يمتد ليكون مخروطياً مع اتجاه الريح وكلما زادت سرعة الريح كلما قصر المخروط ومن المعروف

أ.د. جمال البرادعي

أن الأبخرة الفيرمونية أثقل من الهواء وقبل أن تميل للانتشار فهي أكثر ميلاً للسقوط وهذا يسبب زيادة تسطح الفراغ النشط وعلية يمكن القول أن نظام الاتصال الكيماوي في الحشرات هو نظام واسع التأثير على سلوك الحشرات.

إنتاج الفيرمون وإطلاقه يتم بواسطة نظام غددي يسمى Exocrine glands والذي يتعدد ويتباين في الحشرات وتوجد المستقبلات الفيرمونية على قرن الاستشعار أو أجزاء الفم أو الرسغ أو آلة وضع البيض أو الزوائد الشرجية وتتميز هذه المستقبلات بحساسيتها العالية لدرجة قدرتها على تمييز جزيئات قليلة لعدة روائح وتستجيب لها بتغير في السلوك أو النظام الفسيولوجي، وبعض هذه الروائح تعمل كمنبهات لحدوث تغيرات فسيولوجية في المستقبل بمنبهات جديدة والمنبهات المطلقة للسلوك فهي التي تتوسط قدرة المستقبل على الاستجابة المتنوعة في سلوكيات التكاثر والاجتماع والتجمع والتحذير والتنبيه والانتشار والتمييز وكلها تشمل حدوث تغيرات في التوجيه والحركة.

وتمتاز الفيرمونات بأنها ذات وزن جزئي أقل من 300 وبها أقل من 20 ذرة كربون تتباين قابليتها للتسامي، والاتصال الكيماوي يعني التخصص النوعي للإشارة، والتخصص النوعي للإشارة يتم عادة باستعمال خليط من الروائح بينما تزداد قدرات الاتصال بالنظام وحيد الفيرمون عن طريق تحكم المرسل في معدل إفراز الفيرمون أو الحد الأدنى للتنبيه لدى المستقبل أو عن طريق تغير التركيز المؤقت أو مدة أطلاق الإشارة الفيرمونية.

الفيرمونات واستخدامها Pheromones and their use

الطلب المتزايد على الطعام والألياف والخامات الآخرى من المحاصيل نتيجة التمدد والزيادة السكانية يزيد الحاجة الملحة للبحث من خلال العلماء والجهات الرسمية عن وسائل آمنة وفعالة في مكافحة الحشرات التي تشارك الإنسان في منتجاته الزراعية بعيدا عن المبيدات الحشرية التقليدية والمستخدمة حتى الآن في مكافحة الحشرات الضارة، حيث إن المبيدات علاوة على مكافحتها للحشرات الضارة فأنها تقتل حشرات أخري نافعة علاوة على تحول بعض الحشرات التي لا تسبب أضراراً للمحاصيل تكاد أن تذكر إلى آفات خطرة من خلال تحولها من مجرد حشرة إلى آفة في شكل سلالات جديدة شرسة . ومن التأثيرات الضارة للمبيدات الحشرية هي تأثيرها على الإنسان والحياة البرية من خلال تأثير متبقياتها في التربة والتي تزداد من وقت لآخر عليهما، وذلك لأن المبيدات الحشرية غير آمنة للإنسان أو لمكونات بيئته، وبناء على خطورة المبيدات المستخدمة في برامج مكافحة الآفات الحشرية تم في قسم الزراعة بأمريكا التوجه للاستخدام المركبات التي تنتجها الحشرات للجذب الجنسي بهدف التزاوج بين أفراد النوع الواحد وعرفت بفيرمونات الجذب الجنسي، وهي مركبات كيماوية تطلق بواسطة كائن واحد لتؤثر مباشرة في عديد من الأفراد من نفس النوع ، وقد وجد العاملين في مجال الزراعة بأمريكا أنه يمكن استخدام هذه الفيرمونات في مجال مكافحة الآفات الزراعية. ومن المعروف منذ سنة 1800 أن الحشرات تملك القدرة على مناداة الشريك

الآخر للتزاوج من خلال إطلاق الفيرمونات والمعروفة بفيرمونات الجذب الجنسي إلى محيط الهواء الخارجي حيث تكتشف الحشرات هذه المركبات من خلال الطيران وتبدأ في الحركة في اتجاه الريح المحمل بهذه المركبات حتى تصل إلى مكان إطلاقها للتزاوج. والفيرمونات الحشرية تختلف عن المبيدات الحشرية في أنها مركبات كيميائية آمنة وتحدث تأثيرات فعالة ضد الآفات الحشرية حتى مع التركيزات القليلة منها.

الاستخدام المبكر للفيرمونات الجاذبة

تم استخدام الفيرمونات الجنسية الجاذبة مبكراً في أمريكا منذ العام 1940 وذلك على الفراشة الغجرية وذلك من خلال استخدام المستخلص الخام لنهاية بطون الإناث ووضعه في مصائد في مساحات كبيرة تتواجد فيها الحشرة. والحشرة الغجرية انتقلت من أوروبا إلى شمال شرق أمريكا منذ أكثر من 100 سنة وتصيب الأخشاب الجافة ومنذ دخولها أمريكا والسلطات المحلية والفيدرالية خاضت ضدها معارك عديدة انتهت باستخدام الفيرمونات الجاذبة في القضاء عليها حيث يتم خلال كل موسم تجميع عدد كبير من عذارى الفراشة الغجرية لعمل طعوم فيرمونية منها بحيث يتكون الطعم الواحد من مستخلص نهاية بطون 12 أنثي. يوضع الطعم الفيرموني داخل مصائد تحتوي على أشرطة لاصقة تلتصق بها الذكور التي تدخل المصائد تحت تأثير انجذابها للفيرمون الجنسي داخل المصيدة بينما الذكور التي تنجذب للمصائد خارجيا حيث تبقى خارج المصيدة فيتم قتلها بواسطة المبيدات الحشرية لمنع انتشارها، وهذا البرنامج ساهم في الحد من انتشار

أ.د. جمال البرامونى

هذه الحشرة . لكن لوحظ أن استخدام المبيدات الحشرية بجانب استخدام الفيرمونات في برنامج مكافحة الحشرة عرضها إلى نكسة نتيجة أن المبيدات الحشرية جلبت تأثيرات جانبية غير مقبولة. تم فيما بعد تعريف الفيرمونات المستخلصة من نهاية بطون الفراشة الغجرية ثم تخليقه صناعياً وبعدها تم استبدال الفيرمون المستخلص طبيعياً بالفيرمون المصنع والذي تميز برخصة لقلة تكاليف إنتاجه، المكافحة الفيرمونية باستخدام الفيرمونات المخلقة صناعياً استخدمت في الكشف عن الآفات الحشرية ومكافحتها، تم فرز عديد من المركبات الخاصة بالجذب الجنسي وتصنيفها ثم تخليق الفعال منها صناعياً لاستخدامه في برامج المكافحة الحشرية. وقد تم استخدام برنامج المكافحة الفيرمونية في مكافحة ذبابة الفاكهة التي انتشرت في ولاية فلوريدا وأصابت أكثر من مليون هكتار حيث حد من انتشار الآفة' وقد تم بجانب استخدام الفيرمونات استخدام المبيدات الحشرية ولكن على نطاق قليل لتقليل التلوث البيئي. وتستخدم المصائد الفيرمونية في استئصال عديد من الحشرات قبل أن تتحول إلى آفات حشرية مستوطنة.

النشاط الفيرموني

التجارب المبكرة مع الفراشة الغجرية وذبابة الفاكهة أطلقت إشارة البدء في النشاط البحثي المكثف للتعرف على الفيرمونات واستخداماتها للمساعدة في الحد من انتشار الآفات الحشرية. وأدى هذا النشاط البحثي إلى إمكانية تعريف وتخليق الفيرمونات لعديد من الأنواع الحشرية، وتحسين الوسائل الخاصة باستخدام الفيرمونات. ساعدت المعلومات الوفيرة عن سلوك

وحياة الحشرات في التعرف على الأوقات المناسبة لوضع المصائد الفيرمونية وأيضا في تصاميم المصائد لعديد أو أغلب الآفات الاقتصادية الهامة وتحسين طرق تحضير المستحضرات الفيرمونية للإطلاق المنظم، والتعرف على طرق جديدة مؤثرة في توزيع الفيرمونات بواسطة الهواء تساعد على فقد الحشرة قدرتها التوجيهية في البحث عن الرفيق للتزاوج وبالتالي تقليل أو منع التكاثر، وإمكانية استخدام الفيرمونات في نظام المكافحة المتكاملة. عديد من التقارير الحقلية ومن الهيئات الصناعية كانت مشجعة وساعدت في صناعة المستحضرات الفيرمونية وفي صناعة المصائد وفي صناعة معدات إنتاج الفيرمونات، وهذا ظهرا بوضوح في بدء هذه الهيئات في تسويق و بيع هذه الفيرمونات للجهات الحكومية والمزارع والأفراد بعد أن أظهرت الفيرمونات تأثيرا واضحا في الحد من انتشار الآفات وبتكاليف قليلة دون تلوث البيئة، على سبيل المثال 30 % من إنتاجية محصول القطن تستخدم في شراء المبيدات الحشرية المستخدمة ضد أهم آفات القطن وهما ديدان اللوز وسوسة القطن، لكن مع استخدام الفيرمونات الحشرية في مكافحتهما تم الحصول على نتائج جيدة دون فقد النسبة السابقة.

كيفية عمل الفيرمون الجنسي

الحشرات تعيش في بيئات عدائية وتواجهه صعوبات كبيرة في الحياة ومع ذلك فالطبيعة تمنح الأنواع الحشرية قدرة تناسلية عالية تعادل نسبة الوفيات العالية، ويواجهه الجنسين صعوبة في مقدرة أحدهما في إيجاد الآخر

للتزاوج والزيادة العددية ولكن يتم تدبير ذلك من خلال فيرمونات الجذب الجنسي ، ففي بعض الأنواع ترسل الذكور الفيرمون الجنسي لجذب الإناث بينما في أنواع أخري تبعث الإناث الفيرمون الجنسي لجذب الذكور، وهناك أنواع يقوم أحد الجنسين بإرسال فيرمون يهدف لتجمع الجنسين بغرض التزاوج. في كل الأحوال الفيرمونات المنبعثة تكون متخصصة جدا لجذب أفراد من نفس النوع وتكون ناضجة جنسيا. الفيرمون الجنسي يكون ذو تأثير قوى وكافي حتى مع التركيزات الصغيرة لإحداث تأثيره. يمكن استخدام مركبات سامة أو بعض الممرضات الحشرية مع الجاذبات الجنسية في المصائد.

استخدام الجاذبات الجنسية في مكافحة الحشرات يعتمد على:

1- الضبط

المصائد المزودة بالطعوم الجنسية استخدمت للتعرف على أنواع حشرية في أماكن محددة أو كمؤشر للتعرف على متى وأين سوف تطبق المكافحة، هذه الدلائل أسهمت بشكل كبير في الحد من انتشار الحشرات إلى أماكن جديدة ومنع أو تقليل الخسارة بفعل الحشرات عند زيادتها في العدد وأيضا في تحديد أوقات استخدام المبيدات الحشرية.

2- الصيد بأعداد كبيرة

استخدام مصائد الفيرمونات في المكافحة المباشرة للحشرات يقلل من الاعتماد على استخدام المبيدات الحشرية. أظهرت التجارب أن الصيد الضخم للحشرات يكون فعالاً مع المستوي المنخفض في أعداد الحشرة،

والذي يتواجد خارج مناطق الإصابة العامة أوفي الأماكن والتي سبق وعوملت بالمبيدات الحشرية.

عند استخدام المصائد في بداية موسم النمو تكون كافية لمنع النمو الطبيعي في تعداد الحشرة ويستمر استخدامها كمؤثر فعال طول الموسم. يقابل الصيد الضخم للحشرات صعوبات منها ضرورة توافر عدد كبير من المصائد وما يترتب على ذلك من تكاليف كبيرة تلزم شراءها ونشرها وصيانتها للمحافظة عليها.

والصيد بالحجم الكبير له أهمية في جمع أعداد كبيرة من الحشرات والتعرف على استمرارية الإصابة مع إعطاء حصر دقيق للتعداد الحشري وهذا له أهمية في عمليات المكافحة. وعند اللجوء إلى الصيد الضخم لابد وأن نضع في الحسبان: تصميم المصائد مع العلم بأنه تم ابتكار عديد من المصائد، كمية الفيرمون داخل المصائد وتكون مثلى وخاصة بالنوع المراد اصطياده بحيث تكفي الكمية المنبعثة من المصائد لجذب الحشرات من مسآفات بعيدة وفي نفس الوقت لا تؤثر في سلوك الحشرة والذي قد يمنعها من الدخول في المصيدة، وضع وسائل لاحتجاز الحشرات المنجذبة داخل المصيدة مثل وضع شريط لاصق تلتصق بة الحشرات بمجرد دخولها، أو تجهيز المصيدة بوسائل تحدث إرباك للحشرة تمنعها من الخروج أو وضع مبيدات حشرية تقتل الحشرات الداخلة بسرعة ، وتجهز المصيدة بقمع في قمته ثقب صغير يكفي لدخول الحشرة في المصيدة بسهولة ولا يسمح للحشرة بالهروب.

أ.د. جمال البرادعي

ارتفاع المصائد عن مستوى الأرض هام في مقدرة المصائد على اصطياد الحشرات، فذبابة الفاكهة لا تدخل المصائد عند وضع المصائد على التربة مباشرة ولكن في حال وضعها على ارتفاع متر من الأرض تكون المصائد فعالة في اصطياد الحشرة. مكان وضع المصائد هام للوصول إلى الهدف لكن عند وضع المصائد في مكان يخلو من التيارات الهوائية أو وضعها في أماكن مجوفة أو وضعها محاطة بفروع كثيفة من النباتات يكون معدل اصطيادها للحشرات منخفض. المسافة بين المصائد هامة جداً في تحديد مدى فاعلية المصائد والمسافة المثلى بين المصائد يحددها درجة انبعاث الفيرمون واتجاه الريح وسرعة الريح ومدي حساسية الحشرة للفيرمون المنبعث من المصيدة. المصائد صغيرة الحجم تكون مناسبة لعمليات الاستكشاف عكس المصائد كبيرة السعة والتي تخصص للصيد بأعداد كبيرة.

3- حصاد المصائد

تستخدم المبيدات الحشرية في قتل الحشرات المهاجمة للمحاصيل بطريقة مباشرة أو جهازيه وعندئذ تصبح أعداد الحشرة المسببة للخسارة خلال الموسم قليلة. يمكن تحسين إجراءات الضبط في أعداد الحشرات بقوة من خلال استخدام مصائد الحصاد المشبعة بالفيرمونات المصنعة والتي تنجذب الحشرات إليها بأعداد كبيرة ومن مسآفات بعيدة لقتلها وهذا العمل يؤدى إلى تركيز الحشرات في أجزاء صغيرة من الحقول يمكن القضاء عليها بجرعات قليلة من المبيدات.

أ.د. جمال البرادعي

4- تعطيل التزاوج

ربما يكون الأساس في مكافحة الحشرات بواسطة الجاذبات الجنسية هو أن الجاذبات الجنسية تحقق فعلها من خلال انتشار وتغلغل جزيئاتها المرسلة في الغلاف الجوي وبالتالي عند استخدامها في المصائد تنتشر في كل مكان مما يجعل الحشرات في المزارع تجد صعوبة شديدة في إيجاد الجنس الآخر للتزاوج وبالتالي تمنع من التزاوج، حيث يقابل الحشرة خلال بحثها عن الجنس الآخر تشويش من هذه الطعوم الفيرمونية في الأماكن المعاملة وبالتالي لا تستطيع التفريق مابين الجزيئات المرسلة من الطعوم داخل المصائد والجاذبات الجنسية الطبيعية المنطلقة من الجنس الآخر، هذه الطريقة أثبتت نجاحها مع عديد من الأنواع الحشرية مع الاعتماد على تنظيم إطلاق الفيرمونات الجنسية داخل المصائد بطريقة تجعل الفيرمونات تنطلق في الغلاف الجوي بمستويات كافية تعمل على تعطيل التزاوج بين الجنسين وذلك لفترات طويلة للوصول إلى الأعداد غير الضارة، ويمكن رش هذه الجاذبات الجنسية على الأشجار في كل مكان لمنع التقاء الجنسين والتزاوج. الصيد بأعداد كبيرة أو تعطيل التزاوج يستخدم في مكافحة الحشرات ذات التعداد القليل مع أنة يمكن استخدام تعطيل التزاوج في بداية الموسم أو في المساحات المصابة حديثاً حيث أعداد الحشرات تكون قليلة، ويمكن الوصول إلى الأعداد القليلة من خلال استخدام المبيدات أو أي طريقة أخرى من طرق المكافحة والتي بعدها يمكن استخدام مصائد الجاذبات الجنسية لضبط أعداد الحشرات في المساحات الموزعة فيها.

وينبغي أن تكون المساحات المعاملة تكون معزولة ولا تسمح بتدفق الإناث الحاملة للبيض من الوصول إليها من المساحات غير المعاملة.

التركيب الكيميائي للفيرمون

تتميز الفيرمونات الحشرية بأنها ذات تأثير قوى وفعال وبناء على ذلك فالحشرات تنتج منها كميات قليلة فقط تكفي لإحداث التأثير المطلوب، ونتيجة ذلك يتم استخدام كميات كبيرة من الحشرات لعزل كميات قليلة جداً من الفيرمونات لاستخدامها كطعوم في المصائد الفيرمونية. ومع بداية عام 1960 تم تعريف الفيرمونات لعدد محدود من الأنواع الحشرية وكانت عملية التعريف في البداية صعبة.

ولكن مع وجود المعدات والأجهزة الكيميائية الجديدة مثل أجهزة تحليل طيف الكتلة والأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء وأجهزة الامتصاص النووي المغناطيسي أصبح من السهل تعريف التركيب الكيميائي لعديد من الفيرمونات حتى ولو كانت بكميات قليلة، وأسهم كل من التحليل الكروموتوجرافي الغازي واستخدام الطبقة الكروموتوجرافية الرقيقة من فصل كميات قليلة من الفيرمونات قد تصل إلى ميكروجرامات من الحشرات. أغلب الفيرونات تكون ذات تركيب معقد بمعنى أن الفيرمون الواحد يتكون من عديد من المركبات الكيميائية. عديد من الأنواع الحشرية قد تستجيب لنفس التركيب ولكن مع اختلاف في نسب مكونات الكيميائية، فمثلاً ثاقبة الذرة الأوروبية تستجيب لمركب من خليط كيميائي يتكون من 5:95 لكل من (Z)- and (E) -11- Tetradecen -1- OL Acetate ،

بينما ثاقبة الحشائش تستجيب لنفس المركب مع اختلاف النسبة لتصبح 50:50 في الخليط.

أغلب الجاذبات الجنسية في حشرات حرشفية الأجنحة (الفراشات أوأبو دقيق) تحتوي على سلاسل طويلة غير مشبعة من الأسيتات والكحوليات والآلدهيدات أو الأيبوكسيدات، بينما الطعوم الجنسية في حشرات غمديه الأجنحة (الخنافس) يغلب على تركيبها التيربينات وتكون مركبات أكثر تعقيدا.

*ويواجه الباحثون عند استخدام الفيرمونات المخلقة في مكافحة الحشرات صعوبات عديدة **من أهمها**:

1- عدم تعريف الفيرمون الطبيعي المعزول من الحشرة تعريفاً كاملاً ، فقد يتكون الفيرمون الطبيعي من ثلاث مركبات ولكن يتم تعريف اثنين فقط، ويتم تخليق الفيرمون على هذا الأساس فتكون النتيجة انخفاض فاعلية الفيرمون المصنع في برامج المكافحة.

2- مدى نقاوة الفيرمون المصنع، فقد يتكون أثناء تصنيعه من مركبات وسطية أو جانبية ربما تعمل على تثبيط عملية الجذب لدى الحشرات المراد مكافحتها فمثلاً وجود أقل من 1 % من المشابه Z في المركب الفيرموني لناخرات أشجار الخوخ يكون كافي في ضعف انجذاب الحشرة داخل المصائد (E,Z)-3,13-Octadecadin-1-OL Acetate

علاوة على ذلك فعديد من الفيرمونات تحتوي على مركبات دخيلة، وبعضها الآخر يتكون من مركبات غير مستقرة في الهواء مثل مركب

الآلدهيد، لكن يجب تخليق مركبات فيرمونية تتميز بالاستقرار والفاعلية المستمرة لعد أسابيع أو شهور دون أن تتكسر وتتحول إلى مركبات تعيق الجذب لجنسي .

تنظيم الإطلاق الفيرمونى

يجب أن ينطلق الفيرمون المخلق من المصيدة في شكل منتظم ليماثل إطلاقه طبيعيا بواسطة الحشرات في الطبيعة ليحقق الغرض المرجو منه وهو جذب الجنس الآخر من خلال منافسته للفيرمون الطبيعي، وبالتالي الوصول للهدف وهو تقليل التعداد الحشري، لكن إطلاق الفيرمون في شكل تركيز عالي لا يخرب فقط عملية الجذب، ولكن يمنع الحشرات من دخول لمصائد، بينما إطلاقه في شكل تركيز منخفض يقلل من قوة الجذب اعتمادا على قلة وقصر مسافة الجذب.

وهناك وسائل متعددة لتنظيم عملية الإطلاق الفيرمونى تعتمد على: معدل الإطلاق، وقت الاستدعاء، حماية المركبات من التحلل، استمرار فاعليتها حتى نهاية المعاملة، سهولة الإنتاج، سهولة طرق التوزيع والنشر والتكاليف.

تستخدم وسائل تنظيم الإطلاق الفيرموني في مستحضرات منع التزاوج في المصائد، فعند استخدام التركيزات المنخفضة للفيرمونات لا تتأثر الحشرات وتبقى قادرة على التزاوج؛ ولذلك يجب أن تستخدم بمستويات كافية تمنع الاتصال بين الجنسين خلال موسم التزاوج أو تتعدد التطبيقات للاستمرار من التزاوج.

سمية الفيرمونات

يتعرض الإنسان أو الحيوان أو الكائنات الحية الآخرى خلال موسم التزاوج في الحشرات للفيرمونات المنبعثة منها وفي البداية أفترض أن هذه الفيرمونات تتكون من مركبات كيميائية غير ضارة قبل تعريفها وتصنيفها، وقد تم إجراء تجارب سمية وقياس الأضرار لكثير من الفيرمونات بعد أن تم تعريف المركبات الكيميائية للفيرمونات الجنسية، ووجد أن الفيرمونات لا تملك سمية مؤكدة للكائنات الحية الآخرى، وأنها لا تختلف عن المواد الكيميائية المضافة للغذاء مثل مشتقات الأحماض الدهنية علاوة على إنها تستخدم بتركيزات قليلة في برامج المكافحة لدرجة يصعب قياس تركيزها في الهواء باستثناء المبالغة عند استخدامها بتركيزات عالية.

العوامل التي تؤثر على استجابة الحشرة للفيرمونات:

1- درجة الحرارة

درجة حرارة الجو مؤشر هام في تنظيم دورية التزاوج في حشرات حرشفية الأجنحة، فتغير درجة الحرارة يؤثر وبسرعة في توقيت كل من السلوك ألإغرائي للأنثى واستجابة الذكر. عامة درجات الحرارة المنخفضة تحدث الاستجابة في الفترات الدافئة من النهار أو الليل فمثلا فترة طيران الفراشات تكون مبكرة في الليالي الباردة عن الليالي الدافئة، ففراشة *Heliothis zea* تظهر ذروتها في سلوك التزاوج باكرا في المساء في المناخ البارد. يبدو أن لعديد من الفراشات والخنافس درجة حرارة مثالية للطيران حيث ينخفض معدل الطيران في درجة الحرارة الأعلى أو أقل عن

الدرجة المثلى، وبالتالي لابد من معرفة درجة الحرارة المثلى لكل نوع للاستفادة منها في برنامج استخدام المصائد الفيرمونية في المكافحة.

2- سرعة الرياح

سرعة الرياح هي أحد التأثيرات المباشرة على سلوك الفراشات ، وهذا يظهر بوضوح في تجارب على حشرة عناقيد الكرنب *Trichoplusia ni* حيث كانت فترات الانبعاث هي 5 و 7 و 12 و 20 دقيقة في سرعات رياح أقل من 300 و 100 و 30 و 10 سم/ ثانية على التوالي.

سرعة الرياح تؤثر على مسافة التواصل في كل من الفراشات والخنافس وبالتالي تؤثر مباشرة على قدرة شبكات الصيد على الاصطياد، اتجاه وشدة الرياح يؤثر على أماكن وضع شبكات الصيد في الحقل، لذا فإن معدل اصطياد كل من خنفساء الذرة الشرقية *Diabrotica virgifera* وخنفساء دودة الذرة الغربية *D. longicornis* يزداد مع سرعة الرياح والتي تتراوح مابين صفر إلى 7 م / ثانية، واصطياد دودة القطن الحمراء يكون في أعلى مستوياته عند سرعات رياح التي تتراوح مابين 1 إلى 2.5 م/ثانية. في حين أن فراشة فول الصويا تتأثر قليلاً بسرعة الرياح التي تتراوح مابين 0.0 إلى 2 م / ثانية إلى مصدر الفيرومون.

3- شدة الإضاءة

شدة الضوء أثبتت أنها تؤثر بالفعل على استجابة الحشرات للفيرومونات، شدة أشعة الشمس هي العامل المؤثر في مصائد دودة الذرة الشمالية حيث

ينخفض معدل الاصطياد بشكل حاد عند زيادة شدة الضوء، على عكس اصطياد دودة الذرة الغربية فيكون أعلى قبل ساعتين من غروب الشمس. وفي دراسة أخرى كانت فراشة الكرنب أكثر استجابة في شدة الضوء القريبة من شدة ضوء القمر.

4- الوقت من النهار

يتم تزاوج كل أنواع حرشفية الأجنحة في فترات محددة من اليوم اعتمادا على المؤثرات البيئية مثل شروق الشمس أو غروبها أو تغير درجات حرارة الوسط المحيط، فمثلا فترة تزاوج الفراشة الغجرية تكون في قمتها من الساعة 11 صباحا إلى الثالثة بعد الظهر، ينما تزاوج فراشة البازلاء، يكون في قمته عند الساعة الخامسة بعد الظهر، ويتضح ذلك عند استخدام مصائد الجذب الجنسي والتي أوضحت أيضا أن نشاط التزاوج لدودة الذرة الغربية يكون في قمته عند الساعة العاشرة صباحا وحتى الثامنة مساء بينما يكون عند منتصف الليل تقريبا لدودة الذرة الشمالية، وأن متوسط الصيد لفراشة التفاح الصغير أظهرت أن نشاطها يحدث لمدة ساعة واحدة بعد المغيب.

5- التركيز الجوي للفيرومون

مستوى الفيرومون في الجو مع سرعة الرياح يمكنه أن يؤثر على مسار الطيران لذكور الفراشات عند التزاوج، فالتركيز يمكن أن يؤثر أيضا على سلوك الحشرة بطرق أخرى، احدها إيجابية حيث كلما كان التركيز عاليا كانت نسبة الجنس الآخر المستجيب للفيرومون بعد فترة معينة من التعرض

أعلى وأسرع، فمثلا في دراسة لفراشة الكرنب فإن استجابة الذكر في الوحدة الزمنية كانت أسرع عندما يكون التركيز الفيرموني عالي ، والآخرى سلبية حيث وجد أن زيادة التركيز الجوي للفيرومون يعمل على تشبع النقر الحسية بقرون الاستشعار لذكور الفراشات بالفيرمونات المنطلقة من الجنس الآخر مما ينتج عنه فقد الاستجابة وعدم الاهتداء إلى الإناث، وأظهرت نتائج الأبحاث مؤخراً بأن تركيز الفيرمون من مائة إلى ألف ضعف تركيز معدل الاستجابة قد تكفي لتعطيل الاستجابة لمدة طويلة، وأن الإلغاء التام للاستجابة ربما يتطلب تركيزات تفوق مستوى الاستجابة، لكن التركيزات الأقل ستبقى لها قيمة.

أ.د. جمال البرامونى

أ.د. جمال البرامونى

الجسم الدهني و الآيض العام

The fat body and general metabolism

أ.د. جمال البرامونى

الجسم الدهني Fat body

يتكون الجسم الدهني في الحشرات من تجمع خلايا متشابهة غير منتظمة أو كتل محكمة مندمجة من الخلايا مغمورة في التجويف الدموي بحرية ، هذه الخلايا تتجمع لتعطي أنسجة غير منتظمة ومنتشرة،، وخلايا الجسم الدهني أما أن تكون مرتبة في خيوط أو صحائف غير منتظمة وهذا الترتيب يكون ثابت نسبياً بالنسبة للنوع ،وخلايا لجسم الدهني في الغالب توجد في المنطقة الجدارية تحت جدار الجسم أو حول المنطقة الحشوية مغلفة للقناة الهضمية.

ووظيفتها تخزين الطعام لتكوين احتياطي منه ولا يقتصر دورها على ذلك بل يمتد إلى تخزين الإفرازات وفي بعض الحالات تتهيأ لتنتج الضوء، والجسم الدهني ذو أهمية رئيسية كمركز لعديد من عمليات الآيض.

أهم أنواع الخلايا في الجسم الدهني:

1- الخلايا المغذية Trophocytes

الجزء الأكبر من الجسم الدهني مؤلف من خلايا تعرف بالخلايا المغذية، وهذه الخلايا في الأعمار الحديثة لليرقات تحتوي على شوائب داخلية وأنبوبة دائرية ثم تبدأ في مرحلة متقدمة في التحوصل والانتفاخ الناتج عن تخزين الجليكوجين (النشا الحيواني) أو الدهون أو البروتين وعندئذ تنضغط النواة وتصبح مطولة أو نجميه الشكل وحدود الخلية ربما الطويلة منها تصبح غير محدودة ولكنها تصبح محدودة ومرئية عندما تفرغ الخلية محتوياتها بعد استنفادها.

تظهر حبيبات الألبينويد Albunioid في الخلايا المغذية في مرحلة تشكل الحشرات كاملة التطور ، والتي لها دور في تخليق البروتين والبروتين المحي (الدهني) ويعتقد أيضاً أن لها دور في تخليق الدهون.

الخلايا المغذية تكون ذات درجة كبيرة من التشابه مع بعض خلايا الدم وربما تدخل معها في علاقة على سبيل المثال في رتبة الحشرات متباينة الأجنحة المائية يلاحظ أن الجسم الدهني يزداد في الحجم خلال دورة الحياة اعتماداً على خلايا الدم من النوع Adipohaemocytes ،وفي حشرة *Aleyrodes* لا يوجد تميز واضح بين خلايا الجسم الدهني السابحة في الدم وبين خلايا الدم.

الخلايا المغذية تقوم بتخزين الاحتياطي من الغذاء والذي يكون في الغالب دهون في أشكال مختلفة تعتمد على درجة التغذية وحرارة التخليق. والكربوهيدرات في الخلايا المغذية توجد في صورة جليكوجين،والبروتين ربما يوجد وإن كان في العادة لا يخزن بكميات في الحشرات الكاملة ولكنة في شغالات نحل العسل يوجد بروتين في هذه الخلايا طوال الشتاء حيث تنتجه في أفرزاها من اللعاب لتغذية الحضنه به خلال الربيع التالي.

الاحتياطي من الغذاء يزداد تخزينه خلال فترة النمو اليرقي في حالة التشكل التام فمثلاً تشكل الأجسام الدهنية 33% من وزن اليرقة الطازج في عمرها الأخير، **وهذا المخزون يكون مهماً للاستفادة منة في الحالات الآتية:**

أ- خلال فترات عدم التغذية القصيرة أو الطويلة المسببة أو غير المسببة .

ب- خلال الطيران الطويل حيث إن هذا المخزون يكون المصدر الرئيسي لإمداد الحشرة بالطاقة ، وكحقيقة عامة الحشرات تذهب دائماً للطيران حتى يستنفد المخزون الموجود في الجسم الدهني.

ج- يمكن الحشرات من الحياة خلال فترة البيات الشتوي أو السكون وعلى سبيل المثال إناث بعوض الكيوليكس تبنى احتياطاتها من الغذاء في الخريف وعندما يبدأ الشتاء يشكل محتواها 30% من الوزن الطازج وعلى نهاية الشتاء يستنفد هذا الاحتياطي ويتبقى منه 6% فقط من الوزن الطازج.

د- بناء أنسجة الحشرات عند التشكل، فالاحتياطي الغذائي لليرقات يكون كبيرا لاستخدامه في بناء أنسجة الحشرة كاملة التطور. الخلايا المغذية تحيي بصفة دائمة كما في غشائية الأجنحة ولكنها تتحطم في ذات الجناحين والجسم الدهني في الحشرات الكاملة يتم إعادة بنائه من قلة من الخلايا المغذية المتبقية لليرقات أو من أنسجة النمو الجنيني.

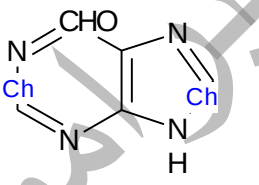
هـ- إنتاج البيض في الكوامل ،ربما يعتمد على المخزون الغذائي في الخلايا المغذية خلال نمو الطور غير الكامل وخاصة في الحشرات التي لا تتغذى خلال الأطوار الكاملة كما في حال الفراشات ، وفي هذه الحالة يكون غدد الخلايا المغذية في الجسم الدهني في الإناث أكبر بالمقارنة بالذكور.

2- الخلايا البولية Urate cells

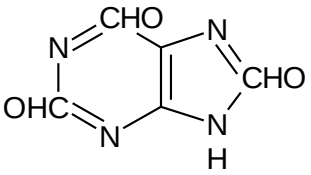
تنتشر فيما بين الخلايا المغذية في الجسم الدهني كما في حالة حشرة قافزة القطن والصراصير ويرقات حشرات ذات الخصر، وفيها يتراكم حمض

أ.د. جمال البرادعي

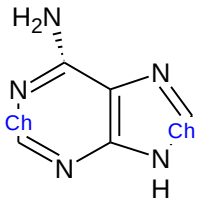
اليوريك . حيث قد تغيب في هذه الحشرات أنابيب ملبيجى أو توجد ولكن لا تفرز حمض اليوريك ، وهنا تقوم هذه الخلايا بتخزين اليوريا وإفرازها، بعض الحشرات الآخرى مثل يرقات حرشفية الأجنحة يتراكم حمض اليوريك في بعض الخلايا الغذائية على الرغم من وجود أنابيب ملبيجى نشطة وذلك في الأعمار اليرقية المتقدمة ثم يمر إلى أنابيب ملبيجى عند التعذير (الآخراج التخزيني)، وأحيانا يستخدم حمض اليوريك الموجود في الخلايا البولية كمصدر لإمداد الجسم بالنيتروجين لاستخدامه في إنتاج أنسجة جديدة أو بعد اختزاله إلى hypoxanthine ليعطى البيورينات Purines مثل الأدينين المستخدم في تخليق النيكلوبروتين Necloprotein البروتين النووي ، والانزيمات الخاصة بهذا التفاعل غير معروفة.



Hypoxanthine



Uric acid



Adenine

أ.د. جمال البرلسي

3- خلايا الميسيتوسايتس Mycetocytes

خلايا تحتوي في بناءها على كائنات دقيقة وهي تنتشر خلال الجسم الدهني في بعض الحشرات مثل الصراصير، وهذه الكائنات تكون مسئولة عن تخليق بعض العناصر الغذائية . الخلايا في حشرة *Blaberus* لا تختلف في تركيبها عن الخلايا المغذية وكل وحدة بكتيرية بها تكون محاطة بغشاء.

4- الخلايا القصبية Tracheal cells

تتميز باحتوائها على عدد كبير من القصيبات الهوائية المنتشرة وهي تتواجد في يرقات ذبابة النخيل،وهذه الخلايا تكون كبيرة الحجم وقطرها يتراوح ما بين 350 – 400 ميكرون، وغالبا ما تشكل الثلث الخلفي من الجسم الدهني. يرقة ذبابة النخيل تقضي جزءًا من حياتها ملتصقة بجدار معدة الحصان الداخلية واليرقة في هذه الفترة تحتوي على الهيموجلوبين المنتشر خلال الجسم الدهني وفي مرحلة متقدمة يتركز في الخلايا القصبية التي تختلف عن الخلايا المغذية والهدف من ذلك تمكين اليرقة من الاستخدام الأمثل لتيار الهواء المتواصل الآتي مع طعام الحصان في صورة فقاقيع غازية.

5- **خلايا أخرى Other cells**

يختلف الشكل التركيبي والمحتوى الكيميائي للجسم الدهني في ملكة النمل الأبيض عن غيرها من أفراد الطائفة ويتم تحديد ذلك خلال الطور اليرقي حيث يتم تغذية اليرقات التي ستعطى ملكات من قبل الشغالات بواسطة إفرازات غنية بالنيتروجين وهذا له أهمية في الملكة فيما بعد لإنتاج أعداد

كبيرة من البيض، فالجسم الدهني للملكة يحتوي على كمية كبيرة من الجليكوجين وكمية قليلة من الدهون ومن المحتمل أن يتخصص في تخليق البروتين لإنتاج البيض.

يلاحظ تراكم الكالسيوم في الجسم الدهني في شكل Calcospherites وذلك في يرقات الذباب متعدد العوائل.

الآيض (التمثيل الغذائي)

المواد الممتصة من جدار المعدة يتم أكسدتها لإنتاج الطاقة ولكن في حالات أخرى تستخدم الدهون لذلك الغرض خاصة خلال الطيران . الطاقة الناتجة من أكسدة الكربوهيدرات في دورة قصيرة تخزن في روابط الفوسفات عالية الطاقة،وهذه الطاقة تستخدمها الحشرة في تيسير عمليات التمثيل الآيض الآخرى وخاصة في عمليات التخليق (تكوين أنسجة جديدة)،وأيضاً تعتبر مصدر لطاقة العضلات.

احتياطي الغذاء يخزن في الجسم في صورة كربوهيدرات أو دهون لتوفير إنتاج الطاقة أو أحداث النمو فيما بعد ، أيضاً البروتين يتم توفيره في الجسم من خلال الأحماض الأمينية المشتقة من الغذاء.

الإضاءة Luminescence

عديد من الحشرات تنتج الضوء ويتم إنتاج الضوء بواسطة البكتريا في عديد منها، وهناك حالات قليلة معروفة لا تعود فيها الإضاءة للبكتريا مثل حشرة *Onychiurus armatus* من ذوات الذنب القافز، وحشرة

Fulgora Lantonaria من متشابهة الأجنحة، وعدد قليل من يرقات ذات الجناحين المنتسبة إلى عائلات:

Platyuridae & Bolitophilidae . وعدد كبير نسبياً من غمديه الأجنحة التابعة لعائلات Lampyridae, Elateridae and Drilidae، وفي هذه العائلات يتم إنتاج الإضاءة من كلا الجنسين أو تقتصر على الإناث وأحياناً في الأعمار اليرقية.

أعضاء أنتاج الضوء تتواجد في أجزاء مختلفة من الجسم ففي حشرة *O. nychiurus* تنتج الضوء في صورة وهج من كل الجسم ولكن في بعض الخنافس يكون عضو الضوء محكم نسبياً وفي الغالب يكون موجود على السطح البطني للبطن ففي ذكور حشرة *Photuris* يوجد زوج من أعضاء الضوء على السطح البطني للحلقة السادسة والسابعة البطنية بينما الإناث تكون أعضاء الضوء بها صغيرة وتوجد على حلقة واحدة ، واليرقة تحتوي على زوج صغير على الحلقة البطنية الثامنة سرعان ما تختفي عند التشكل وإعطاء الفرد الكامل.

وقد تم إيضاح المكان التشريحي لعضو الضوء في ذباب الحرائق fireflies وفي حشرة *Fulgora* يوجد هذا الضوء في الرأس. عادة أعضاء الضوء تشتق من الجسم الدهني لكن في حشرة *Bolitophila* من رتبة ذات الجناحين تتكون أعضاء الضوء من النهايات الطرفية الضخمة لأنابيب ملبيجى.

تركيب عضو إنتاج الضوء Structure of a light-producing organ

يتركب عضو الضوء في ذباب الحرائق *Photuris* من عدد من الخلايا الضوئية الكبيرة أسفل البشرة ويحدها من الخلف عدد من طبقات الخلايا المعروفة بخلايا الطبقة الظهرية، والكيوتيكل فوق عضو الضوء يكون شفاف . والخلايا الضوئية تكون منتظمة في مجاميع لتأخذ شكل أسطواني مستدير يستقر على الزاوية اليمنى لجدار الجسم وكل أسطوانة يمر بها قصبة هوائية وأعصاب (شكل 72) .

1- كل قصبة تتفرع إلى أفرع تدخل في منطقة الخلايا الضوئية وتتفرع لتعطى عدد من القصيبات الهوائية التي تمر بين الخلايا الضوئية المتوازية مع الكيوتيكل،والقصبات الهوائية المارة بين الخلايا الضوئية يكون طولها من 10 إلى 15 ميكرون وسمكها 10 ميكرون ولذلك يكون انتشار الأكسجين المار قليل، ويتم إنتاج القصيبات الهوائية من خلايا قصيبة كبيرة طرفية يرتبط بها الغشاء الداخلي لبرعم القصيبة أو منشئ القصيبة ليكون معقد أو تركيب منثني .

2- الأعصاب تدخل نهاية الخلايا الضوئية الأسطوانة كنتوء ذو نهاية ملتوية ليمر بين بلازما الخلية الطرفية القصبية وبرعم القصيبة ويوجد نوعين من التجاويف في نهاية النتوء العصبي واحد متسع قطره حوالي 1000 أنجستروم يتشابه مع نهايات الأعصاب المفرزة ، والآخر صغير قطره يتراوح من 200 إلى 400 أنجستروم ويتشابه مع التجويف الموجود في مكان ما قبل التشابك العصبي المحتوى على الأستيل كولين.

3- الخلايا الضوئية تمتليء بحبيبات ضوئية كل منها يحتوي على تجويف متصل بالسيتوبلازم المحيط به من خلال وصلة، ويفترض أن مكان التفاعل الخاص لإنتاج الضوء هو الحبيبات، والحبيبات هذه صغيرة الحجم وتتواجد دائما ظهرياً وبطنياً. والمتياكوندريا تنتشر متباعدة فيما عدا عند منطقة اتصال الخلايا القصبية الطرفية بالقصيبات ، ويوجد أيضاً حبيبات النفايات.

خلايا الطبقة الظهرية تحتوي على حبيبات تحتوي على اليوريا وتعرف بحبيبات اليورات ويعتقد أن هذه الخلايا تشكل المنطقة العاكسة للضوء المتكونة من الحبيبات الضوئية وأن كان ذلك غير مبرهن، ويخزن أيضاً Oxyluciferim بها. قدر عدد الخلايا الضوئية في حشرة *Photirus* في عضوين إضاءة بـ 15000 خلية ضوئية مكونة لـ 6000 أسطوانة وكل أسطوانة تحتوي من 80 إلى 100 خلية طرفية.

ميكانيكية إطلاق الضوء Mechanism of light production

يتم إطلاق الضوء بواسطة أكسدة الـ Luciferin في وجود أنزيم ليوسيفيراز Luciferase ويتم تنشيط الـ Luciferin أولاً بواسطة ATP في وجود أيون الماغنسيوم ، ويتم إنتاج Adenylluicferin الذي يؤكسد بواسطة البيروكسيد العضوي في وجود الأنزيم لتكوين مركب Adenyloxyluciferin المثار الذي تتضاءل طاقته ليكون مركب Adenyloxyluciferin ذو الطاقة القليلة مع إنتاج ضوء. طاقة التفاعل يتم الحصول عليها من عملية الأكسدة وليس من الـ ATP وتنطلق بكمية كبيرة مرة واحدة، 98% من هذه الطاقة تستغل في إطلاق الضوء.

مركب الـ Adenyloxyluciferin ذو الطاقة القليلة يثبط التفاعل التالي ربما بإرتباطة مع الـ Luciferase أو الـ Pyrophosphate وهذا التثبيط يلغى أو يزال عند حدوث تنبيه لعضو الضوء من خلال العصب المتصل به حيث تنطلق مادة الأستيل كولين في نهاية العصب وتتفاعل مع ATP والأنزيم المساعد A لإنتاج Pyrophosphate هذا ينتشر إلى حبيبات الخلية الضوئية وينبه إطلاق الضوء من خلال إلغاء تثبيط الأنزيم ، خلال هذا التفاعل يطلق زيادة من البيروفوسفات الذي ينتشر في الخلية لنشر التفاعل.

لون الضوء المنتج Color of light produced

الضوء المنتج في عديد من الحشرات بواسطة أعضاء الضوء يكون ذو لون أصفر مخضر وينتشر في صورة طيف ضيق نسبياً طوله الموحى من 520 إلى 650 mμ وذلك في حشرة *Photinus* وحشرة *Lampyris* من رتبة غمديه الأجنحة، وضوء أزرق مخضر من حشرة *Bolitophila* أو ذو لون أبيض من حشرة *Fulgora*، تملك يرقات وإناث حشرة *Phriyothrix* من رتبة غمديه الأجنحة زوجين من أعضاء الضوء الأخضر على الصدر والبطن وزوج آخر يطلق ضوء أحمر موجود على الرأس.

التحكم في إطلاق الضوء Control of light production

تـزود أعضـاء الضـوء فـي حشـرة *Photuris* بأعصـاب آتيـه العقـدتين العصبيتين من آخر حلقتين بطنيتين ويتم تنبيه عضو الضوء من خلال نقطة اتصـال الليفـة العصـبية بالخليـة الطرفيـة، هنـاك تـأخير ملحـوظ بـين وقـت التنبيـه العصـبي وإنتـاج الضـوء ويفسـر ذلـك بفتـرة انتشـار الكيماويـات قبـل إطلاق الضوء حيث ينتج الأستيل كولين فـي النهايـة العصـبية ثـم ينتشـر بعـد ذلـك للخـارج ليصـل إلـى العصـب المحـرك المسـبب للتفاعـل فـي الخليـة الضـوئية لإنتـاج الضـوء. والشـعاع المنـتج بواسـطة الوحـدة الواحـدة يكـون قصيراً، لكن الشعاع المتجمع من الوحدات المختلفة لعضو الضوء يكون طويلاً نسبياً.

والشعاع المنطلق من عضو الضوء في حشرة *Photinus* يستمر لـ 100 جـزء مـن الثانيـة و الأشـعة المرسـلة تظهـر فـي شـكل سلسـلة متتابعـة علـى فترات منتظمة، وفي حالة حشرة *Lampyris* و *Platyura* من رتبـة ذات الجنـاحين ينطلـق الضـوء فـي صـورة وهـج، الخلايـا الطرفيـة فـي هـذه الحشرات تكون أقل نمواً عن الموجودة في حشرة *Photinus*، وميكانيكية التحكم في الضوء المنطلق تختلف بين الحشرات.

إنتاج الضوء في الحقل Light production in the field

تظهر أهمية إطلاق الضوء خلال فترة التزاوج، فذكر حشرة *Photinus* يطلق فلاش من الضوء لفترة زمنية تتراوح مابين 5 إلى 8 من الثانية خلال طيرانه على مسافة 50 سم فوق سطح الأرض والإناث تكون واقفة على ربوة، والإشعاع الضوئي المنتج من الذكر يصل إلى حوالي 2 متر من حيز استجابة الأنثى للشعاع والفترة بين شعاع الذكر واستجابة الأنثى للشعاع وإطلاق شعاع منها تكون حوالي 2 ثانية ، هذه الفترة الزمنية تكون خاصة بالنوع ، ثم يتجه الذكر بعد تنبيهه بواسطة الأنثى في اتجاه هذا الشعاع ومع الشعاع اللاحق يسير في اتجاه اليمين نحوها ليتم التزاوج، والوهج المنطلق من أنثى حشرة *Lampyris* يجذب الذكر، الضوء المنطلق من يرقات *Bolitophila* يخدمها في إغراء حشرات ليست من نوعها لجذبها والتغذية عليها لإنتاج شبكة من الخيوط الحريرية اللزجة.

التمثيل التنفسي Respiratory metabolism

الطاقة يتم الحصول عليها عادة من أكسدة الكربوهيدرات

$$C_6H_2O_6 + {}_6O_2 \longrightarrow {}_6CO_2 + {}_6H_2O + \text{energy}$$

هذا التفاعل لا يحدث في خطوة واحدة على درجة حرارة الجسم العادية ولكنه يحدث في سلسلة من الخطوات القصيرة يتحكم في كل منها تفاعل كيميائي وأنزيمي خاص.

وبهذه الوسيلة كثير من الطاقة الحرة المنطلقة من هذا التفاعل تخزن بينما لو أن هذا التفاعل حدث مباشرة يبدد كثير من هذه الطاقة في إنتاج الحرارة.

وأولى مراحل هذا التفاعل تكون لاهوائية تعرف بـ Glycolysis وتحدث في سيتوبلازم الميتاكوندريا، ودورة الـ Glycolysis تؤدي إلى تكوين الـ Pyruvate الذي يتأكسد في الميتاكوندريا بواسطة إنزيمات دورة كرب Citric acid cycle والطاقة المنطلقة تخزن في أنزيم الأكسدة النهائي الموجود في السيتوكرومات .

ودورة إنتاج الطاقة في عضلات الطيران تكون قصيرة لإنتاج الطاقة بسرعة لتوفير احتياجات العضلات من الطاقة، والنظام الأنزيمي في هذه العضلات ينتج α - Glycerophosphate أكثر من Pyruvate في دورة Glycolysis وهذا يؤكسد مباشرة مع نقل الطاقة نظام السيتوكروم، وفي هذه الحالة تحدث دورة كرب كاملة، وفي حالات أخرى لا يكون α - glycerophosphate أكثر أهمية عن Pyruvate في توفير الطاقة الخاصة بعضلات الطيران. ويلاحظ أن إنتاج الـ Pyruvate يعتمد على توافر مستقبلات الهيدروجين الـ Nicotinamide-adenin- (NAD) dinucleotide أو Diphosphopyridine nucleotide (DPN). وأن الانتفاع من NAD يعتمد على تجددها من خلال اختزال $NADH_2$، وهذا يحدث في خطوة تكوين α - Glycerophosphate من Dihydroxy acetone phosphate ، ربما α -Glycerophosphate هنا يكون أكثر أهمية عن دوره في نقل الطاقة مباشرة إلى نظام السيتوكروم .

مصادر الطاقة Sources of energy

الكربوهيدرات عامة مثل الجلوكوز والجليكوجين تكون مواد أولية لحدوث الأكسدة وإنتاج الطاقة ، و تشمل دورة الـ Pentose تفاعل خاص بإجراء تحويلات داخلية للسكريات المحتوية على أعداد مختلفة من ذرات الكربون وبالتالي يكون أكسدة أغلب السكريات وتمثيلها ممكن، وخطوة الأكسدة النهائية للدهون في دورة كرب تخصص لإنتاج طاقة الطيران في بعض الحشرات، حيث أن الناتج النهائي لتحطيم الأحماض الدهنية يكون Acetyl-coenzyme A. بعض الأحماض المنتجة في التفاعلات أو الخطوات الوسطى لدورة كرب تستخدم كمصدر للطاقة.

يتم داخل الأجسام الدهنية للجراد الصحراوي تحول مركب الـ Glutamate إلى α - Ketoglutarate وهو أحدى منتجات التفاعلات الوسطية لدورة كرب.

$$\text{Glutamate} + H_2O + NAD \longrightarrow \alpha\text{ - Ketoglutarate} + NH_3 + NADH_2$$

إطلاق وتخزين الطاقة Release and conservation of energy

قبل دخول السكريات في تفاعلات التمثيل الأيضي يحدث لها عملية فسفرة من خلال مجموعة الفوسفات، وبعد ذلك تحدث الأكسدة مع نزع الهيدروجين (dehydrogenation) وهذه التغيرات في التركيب الجزئي تكون مصحوبة بإعادة توزيع الطاقة الذاتية في هذا النظام التي عادة تكون مركزة في رابطة اتصال الفوسفات في هذا النظام المستقر وبذلك تصبح

رابطة غنية بالطاقة ومن خلال نزع الفوسفات تنتقل طاقة الرابطة إلى جزيء الـ Adenosine.

Adenosine diphosphate (ADP) ⟶ Adenosine triphosphate (ATP)

والهيدروجين المنزوع لا ينتقل مباشرة إلى الأكسجين ولكن يمر أولاً إلى مستقبلات الهيدروجين التى تكون عادة DPN , NADP, NAD وهذه المستقبلات تتحول إلى $NADH_2$، $NADPH_2$. هذا الهيدروجين يمر بعد ذلك إلى الفلافوبروتين FP الذي يختزل إلى FPH2 ، ولكن تكوين مركب الـ α-Glycerophosphate في دورة Glycolysis وتكوين مركب Suceinate في دورة كرب يعمل على نقل الهيدروجين مباشرة إلى الفلافوبروتين (شكل:73).

والالكترونات المنطلقة من تكوين الفلافوبروتين تنتقل إلى سيتوكروم ب وتنطلق أيونات الهيدروجين إلى المحلول. السيتوكرومات تملك ذرة حديد في مركزها لها المقدرة على عكس عملية الإكسدة والاختزال من خلال نزع أو إضافة الالكترونات.

NADP : Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate

$$Fe^{+++} + E \xleftarrow[\text{اختزال}]{\text{أكسدة}} Fe^{++}$$

أ.د. جمال البرامودي

يمكن تلخيص نقل الالكترونات من الفلافوبروتين إلى السيتوكروم **ب كالآتي :**

$$FPH_2 + 2Fe^{+++} \xrightarrow{\text{أكسدة}} FP + 2Fe^{++} + 2H^+$$

السيتوكرومات المتنوعة تنظم متوالية من الجهد المتصاعد من 0.1 فولت في حالة الفلافوبروتين إلى 0.8 فولت مع الأكسجين وهذا يعني أن العامل المؤكسد يتصاعد في قوته على التوالي عن العامل السابق فمثلاً سيتوكروم أ يكسب الالكترونات بسرعة أكبر عن سيتوكروم جـ بينما الأخير يكون عامل اختزال قوي بحيث يعطي الالكترونات بأقصى سرعة ولهذا السبب يحدث فيض بسيط للآلكترونات من الفلافوبروتين إلى الأكسجين، والنقل الأخير يتم من السيتوكروم أ إلى الأكسجين ويتم تنظيم ذلك من خلال التفاعل الأنزيمي للـ Cytochrome oxidase .

بعض أنسجة الحشرة تحتوي على سيتوكروم b_s الذي يختلف عن بقية السيتوكرومات وهو يوجد خارج الميتاكوندريا ومن المحتمل أن أول خطوة في نقل الالكترونات تكون من الفلافوبروتين إلى السيتوكروم b_s ولكن دورة الالكترونات التالية غير معروفة ولم يتضح بعد أن هذا السيتوكروم يمثل الـ Terminal oxidase مقارنة بـ Cytochrome oxidase ، هذا السيتوكروم موجود في عضلات الأفراد النامية لكنه يكون غائب في عضلات الأفراد الكاملة ويعتقد أن له دوراً في تخليق البروتين، ومع ارتفاع معدل الأكسدة تزداد الطاقة الحرة المنطلقة التي تخزن في روابط الفوسفات الموجودة في ADP الذي يتحول إلى ATP المحتوى على

روابط فوسفات عالية الطاقة. بعض من الـ ATP يستخدم في دورة كرب ودورة الـ Glycolysis. الجزئي الواحد المؤكسد من الجلوكوز ينتج 38 رابطة فوسفات عالية الطاقة في جزئي الـ ATP . الـ ATP هو مصدر للطاقة المستخدمة مباشرة في العمليات الحيوية للحيوانات ولكن نوويات الفوسفات Nucleotide - phosphate تقوم بتخزين الطاقة **ومنها:**

Cytidine; Triphosphates; Guanosine; Inosine and Uridine.

تنتج الطاقة عامة للحاجة بينما جزء صغير منها يخزن في صور يمكن للكائن أن يستعملها بسهولة عند الحاجة إليها. والـ ATP يتحول إلى ADP لإنتاج الطاقة الذي يحتاجها الكائن الحي ثم يحدث ويتحول الـ ADP إلى ATP لتكوين روابط الفوسفات الثلاثي عالية الطاقة عند توافر الطاقة ، وهذا يتطلب إعادة الدورة باستمرار.

تخزين الطاقة يمكن أن يزداد من خلال انتقال روابط الفوسفات عالية الطاقة إلى الأرجينين Arginine ولو أنه يوجد في تركيز أقل في الحشرات ويتوفر في العضلات لحاجتها الكبيرة للطاقة، والطاقة الموجودة في الأرجينين تنتقل مباشرة وبسرعة إلى ADP ثم إلى ATP ويعاد أطلاق الأرجينين مرة أخرى .

$$\text{Arginine phosphate} + \text{ADP} \longleftrightarrow \text{ATP} + \text{Arginine}.$$

أ.د. جمال البرادعي

استخدام الطاقة Utilization of energy

الطاقة المنتجة من التنفس تستخدم في النشاط العضلي وفي تخليق البروتين وفي أنشطة أخرى في الخلية، ويعتقد أن كل الخلايا تحتوي على ATPase الأنزيم المحلل للـ ATP وهو ينتج مجموعات الفوسفات وروابط عالية الطاقة. عديد من الجزئيات التي تستقبل الفوسفات يحدث لها عملية فسفرة وهي تكون منشطة لهذه الجزئيات لتأخذ دورها بسرعة في التفاعل الحيوي، فمثلاً الجلوكوز ينشط بتحوله إلى Glucose -6- phosphate.

$$\text{Glucose} + \text{ATP} \xrightarrow[\text{طاقة}]{\text{ATPase}} \text{Glucose-6-phosphate} + \text{ADP}$$

الطاقة الناتجة تعمل على امتصاص الجلوكوز عكس الضغط الأسموزي (التدرج التركيزي)، حشرات الرعاش ومستقيمة الأجنحة بها مجموعتين من الفوسفات كل منها مرتبط بروابط عالية الطاقة وربما تنتج الـ ATP، والانزيمات الخاصة بذلك تعرف بـ Apyrases والتي تعتمد في نشاطها على درجة الحرارة وهذا ينعكس على النشاط الحشري والطيران، وفي عضلات طيران الذباب وغشائية الأجنحة يوجد أنزيم الـ ATPsae الذي ينتج مجموعة فوسفات واحدة من ATP مع أنتاج طاقة طيران.

التنفس اللاهوائي Anaerobic respiration

توفير الأكسجين للأنسجة من خلال القصبات الهوائية يكون كافي تماماً في نشاط الطيران عندما تكون عمليات الأكسدة نشطة للغاية، لكن التنفس اللاهوائي يحدث أحياناً خلال الطيران والحشرات يمكن أن تعيش تحت ظروف التنفس اللاهوائي لمدة طويلة. وأن مادة التفاعل التي تهدم في التنفس اللاهوائي تكون Glycolysis في الحشرات و Pyruvate في الفقاريات، والمنتج النهائي للـ Glycolysis يختزل الـ Lactate، ويوجد في عضلات طيران الحشرة كمية قليلة حيث إن انزيم Lactic dehydrogenase المسئول عن إنتاج اللاكتات من مركب الـ Pyruvate يوجد في تركيزات قليلة فقط . والمنتجات النهائية الرئيسية للمركب الـ Glycolysis تكون Pyruvate و Glycerophosphate – α بكميات متعادلة الإنتاج (شكل: 74).

أثنين من جزيئات ATP يستعملوا مع كل وحدة جلوكوز عندما يستخدم الجليكوجين كمادة بدء التفاعل في Glycolysis، في حين الـ Trehalose والجلوكوز يحتاجوا إلى طاقة من الـ ATP لفسفرتهم الأولية. هذا الجليكوجين يكون غير فعال في عضلات طيران الحشرة بالمقارنة بدوره في الفقاريات ومن المحتمل أن هذا يرتبط بخطوة Glycerophosphate – α الهامة في التنفس اللاهوائي لعضلات الطيران .

الأنسجة الآخرى من عضلات الطيران تحتوي على Lactic dehydrogenase الذي ينتج جزئيين من حمض اللاكتيك من كل جزئي جلوكوز مستعمل في إطلاق الطاقة.

هذا النظام يكون معروف الحدوث في الحشرات والأنسجة عندما يكون المدد الأكسجيني غير كاف، وأيضاً وجد أن التنفس اللاهوائي يتم في عضلات أرجل الخنافس المائية واليرقات المائية *Chironomus* وفي فخد الجراد والنطاطات في حالة القفز حيث الحاجة الشديدة للطاقة للنسيج العضلي الذي يكون نسبياً فقيراً في المدد الأكسيجيني لبعده عن الثغور التنفسية. المنتج النهائي في التنفس اللاهوائي يكون مؤكسداً مما يوفر أو مما يجعل الأكسجين صالح للاستخدام مرة أخرى. الاحتياج الأكسيجينى للأكسدة يستدعي أو يسحب كأكسجين مقترض ويتم الإشارة إليه من خلال زيادة معدل التنفس عن الحالة العادية في التنفس الهوائي. فمن خلال الطيران في الجراد الصحراوي يزداد معدل الأكسجين المقترض، ثم يقل بعد توقف الطيران ويستمر في الانخفاض تدريجياً إلى أن يصل إلى مستواه في وقت الراحة ، ويكون نواتج الـ Glycolysis مؤكسدة .

التمثيل الأيضي الوسطي Intermediate metabolism

عمليات التمثيل الوسطي تشمل كل التفاعلات الخلوية التي لا دخل لها مباشرة في إنتاج الطاقة، وهذه التفاعلات لها دخل بتكوين إفرازات خاصة وتخليق وهدم مكونات الخلية.

1- تمثيل الكربوهيدرات Carbohydrate metabolism

أ- التريهالوز Trehalose

ينتشر بدرجة كبيرة في الحشرات ويوجد بكميات يمكن تقديرها في الدم ويظهر كمخزن للكربوهيدرات في صورة سريعة الانتقال، وهو يستخدم كمصدر للطاقة خلال الطيران والإنشاء (شكل: 75)، خلال فترة تجويع الجراد الصحراوي يتم تخليقه في الأجسام الدهنية من الجلوكوز وبسرعة أبطأ من السكريات الآخرى، ومن المحتمل أن دورة تخليقه تشمل الـ (UDPG) Uridine Diphosphate Glucose .

هذه العملية تكون مجهدة للحشرة حيث تستهلك طاقة كبيرة في إنتاج UDPG ، والتريهالوز Trehalose مادة غير تفاعلية ولكنه يخزن بتركيزات عالية في الدم ويتم تخليقه بسرعة والدليل على ذلك تحول 50 % من الجلوكوز المشع والمحقون في حشرة *Phormia* إلى التريهالوز خلال دقيقتان من الحقن، والتريهالوز لا ينتشر إلى العضلات ولكنه يتحول بواسطة أنزيم الـ Trehalase ليعطى الجلوكوز الذي ينتشر للعضلة مؤديا وظيفته وهذا الأنزيم موجود في الدهون وفي جدار القناة الهضمية وفي العضلات وفي الدم.

ب- الكيتين (الشيتين) Chitin

من مكونات جدار الجسم (كيوتيكل) في الحشرات ويتكون من وحدات متحدة من الـ Acetyl - glucosamine، ويتكون في الجراد الصحراوي خلال الانسلاخ وبعد الانسلاخ من الكربوهيدرات المخزنة

ويحتمل أن التريهالوز له دور أكثر أهمية في تخليق الكيتين. وتخليق الكيتين يشمل تكوين Uridine Triphosphate الذي يكون متبوعاً بتكوين Uridine-Diphosphate Acetyl (UDPAG) Glucosamine الذي يتم تركيزه وتكثيفه في صورة كيتين (شكل: 76).

أغلب المواد التركيبية للكيوتيكل يتم هضمها بواسطة إنزيمات سائل الانسلاخ ويعاد امتصاصها خلال الانسلاخ لاستخدامها مرة أخرى في تكوين الجليد الجديد والكربوهيدرات إحدى هذه المواد التي يعاد استخدامها.

ج – الجليكوجين Glycogen

الجليكوجين عديد السكريات وهو مخزون ذو أهمية خاصة لبعض الحشرات مثل الدروسوفيلا، ومكان تجمع الجلكوجين هو الجسم الدهني ودبوس التوازن وعضلات الطيران وخلايا القناة الهضمية الوسطى، وهو يتكون من الجلوكوز بطريقتين :

1- عملية فسفرة متبوعة بتكثيف جزئيات الجلوكوز.

2- بواسطة تكوين UDPG مقارنة بتكوين Trehalose.

أيضاً يمكن أن يشتق الجليكوجين من الأحماض الأمينية فمثلاً يرقات الأنوفيليس تتغذى على الجليسين والألانين وترسب الجلكوجين في خلايا القناة الهضمية الوسطى، اتضح أيضا أن الجليكوجين يخلق من الدهون.

أ.د. جمال البرموني

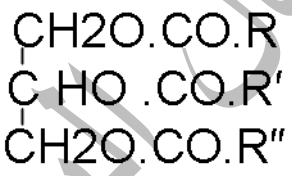
2- تمثيل الليبيدات Lipids

الليبيدات ليست مواد ولكنها مركبات عضوية منسوبه إلى أستترات الأحماض الدهنية

$C_n H_{2n+1}COOH$، والأحماض الدهنية لا تذوب في الماء ولكن تذوب في المركبات العضوية.

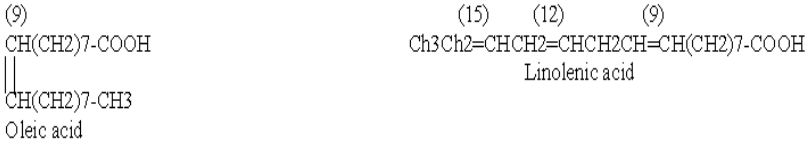
أ- Triglycerides and fattyacids

الغذاء الرئيسي المخزن في الجسم يكون الليبيدات الموجودة في صورة Triglycerides وتعنى ارتباط الأحماض الدهنية بالجليسرول.



الأحماض الدهنية في Triglycerides توجد في سلسلة طويلة من الأحماض المشبعة وغير المشبعة ونسبتهما لبعض تختلف تبعا لنسبة الدهون في طعام الحشرات ودرجة الحرارة التي يتم عندها التخليق. والأحماض المشبعة توجد بوفرة في النخيل وغير المشبعة في الزيوت والأحماض غير المشبعة تحتوي على رابطة زوجية في الوضع (9)، بينما الأحماض غير المشبعة مثل حمض Linolenic acid تحتوي على رابطة زوجية في كل من الوضع 9 و 12 و 15.

أ.د. جمال الدراوي



تخليق الحامض الدهني يتم في الجسم الدهني وذلك من أحماض أمينية وسكريات وأحماض دهنية بسيطة. تخليق الحامض الدهني من الأستيات يشتمل على ATP،NAD ، Co2 ، Coenzegne A ويحتمل أيضاً الـ α - Ketoglutaricacid من دورة كرب ، ومن خلال تكثيف الأحماض في سلسلة طويلة يتم تكوين الأحماض الدهنية. في حشرة *Eurycotis* الخطوة الأولى في تخليق الأحماض الدهنية تشمل إنتاج أعداد زوجية من الأحماض الدهنية المشبعة من خلال تكثيف وحدتين من الكربون، والأحماض الدهنية المشبعة (Satiric) تتحول إلى غير مشبعة (Oleic) من خلال عملية الاختزال ، ومن المعلوم أن الأحماض الدهنية تمد الجسم بالطاقة عند الجوع أو خلال الطيران كما في حالة الجراد الصحراوي ، وبعد الاختزال المؤدى إلى تكوين Acetyl - Coenzyme A ، وكذلك تدخل الأحماض الدهنية في دورة كرب ، ومن المحتمل أن عملية التخليق لا تحدث كلها في الجسم الدهني، واتضح أن نشاط أنزيم الليبيز يكون عالي في الجسم الدهني وذلك من تحلل الأحماض الدهنية إلى جليسرول التي يحدث لها فسفرة وتتحول إلى Glycerophosphate ثم تنتقل إلى عضلات الطيران والتي يتم فيها التحول الكلى إلى Acetyl-Coenzegne .

أ. أبجمال البرامون

ب- الشموع Waxes

يوجد الشمع بكمية قليلة في كيوتيكل أغلب الحشرات لتشكل طبقة غير منفذة للماء، وهناك حشرات تنتج كمية كبيرة من الشمع كما في حالة قمل النبات والحشرات المماثلة التي تغطى نفسها وبيضها بخيوط أو صفائح شمعية وكذلك نحل العسل الذي يبنى خلايا شمعية. الشمع الطبيعي يتركب من عدد كبير من المركبات مختلفة التركيب، و المكون الرئيسي يكون عبارة عن سلسلة طويلة مزدوجة من الكحولات والأحماض أو أسترات الأحماض أو من سلسلة طويلة فردية من البرافين، فعلى سبيل المثال شمع النحل يحتوى على 12% بارافين و 72% استر و 13% أحماض دهنية حرة طويلة السلسلة.

وتلعب الخلايا الدهنية وخلايا الأينوسايت الدور الأكبر في تخليق شمع نحل العسل حيث تمر المواد التكوينية من الخلايا الدهنية إلى خلايا الأينوسايت ومن كل من الخلايا الدهنية والأينوسايت إلى غدد الشمع في البطن (شكل: 77) . خلايا الـ Oenocytes لها دور في تمثيل الليبوبروتين المستخدم في تكوين الكيوتيكل.

ج - ليبيدات أخرى Other Lipids

منها الفوسفوليبيد وهو عبارة عن ليبيد يحتوي على فوسفور. والأستروید وهي مركبات حلقية موجودة في الأستيرولات الحرة (أستر أستيرولات)، والأستيرولات هامة وضرورية في مكونات الغذاء لاستخدمها في إنتاج الهرمونات الحشرية.

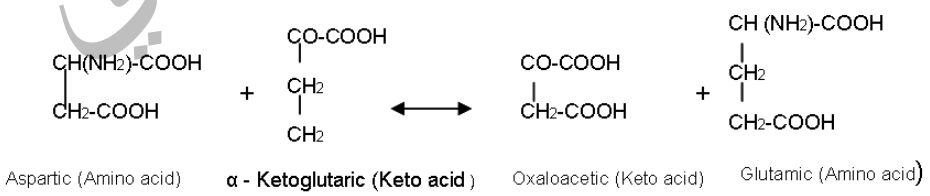
3- تمثيل البروتين والأحماض الأمينية Amino acids and protein metabolism

أ- الأحماض الأمينية Amino acids

مقدار كبير من الأحماض الأمينية يتم تخليقه في الجسم الدهني وعلى سبيل المثال في الجراد الصحراوي الكربون الناتج من الأسيتات يتحد مع الجلوتامات والبرولين وأسبرتات والألانين في الجسم الدهني ، وهذه الأحماض الأمينية ترتبط مع Ketoacids الناتجة في دورة كرب، فمثلاً الحامض الأميني الجلوتاميك مع الفا- كيوجلوتاريك، والحامض الأميني الأسبارتك مع أوكسالوأستيك.

Aspartic with Oxaloacetic & Glutamic with α - Ketoglutaric.

الأحماض الأمينية يمكن أن تشتق من الكيتواسيد من خلال نقل الأمينات، وهذا يفترض أن يتوسط دورة كرب إنتاج الكربون الهيكلي لهذه الأحماض الأمينية. نقل مجموعة الأمين من حامض أميني إلى حمض Keto acid دون تكوينات وسيطة ينتج عن ذلك إنتاج حامض أميني أخر وهذا ما يحدث في أنسجة الحشرة فمثلاً :



أ.د. جمال البرادعي

أنسجة الحشرة تحتوي على أحماض أمينية عديدة لنقل مجاميع الأمين على سبيل المثال يوجد في دودة الحرير 19 حامض آميني معروفة بقدرتها على إعطاء المجاميع الآمينية .

تبادل مجموعة الآمين بين الجلوتامات والأسبرتات يكون شائع وقد سجل في الحبل العصبي والعضلات وجدار المعدة وأنابيب ملبيجى والجسم الدهني ، وإن كان عالي النشاط في أنابيب ملبيجى، ولا يحدث هذا النشاط في الدم، وأحماض الـ Keto (R-Co-CooH) تنتج في تفاعلات نقل المجاميع الأمينية من أمثلتها البيروفك والأكسالوستيك. عملية نزع مجموعة الأمين تشمل وجود إنزيمات الأكسدة لنزع الهيدروجين للحامض الأميني الجلوتاميك. الأحماض الأمينية ربما تستخدم كمواد في تخليق الدهون أو تستخدم كمواد تفاعل في دورة كرب فمثلاً الحامض الأميني الجليسين والليسين في الجراد الصحراوي يستخدم كمواد تفاعل للتنفس ويتواجدان في الجسم الدهني وهذا يوضح أن للجسم الدهني دوراً مهماً في عدم حدوث نقل لمجاميع الأمين للأحماض الأمينية لاستخدمها في عمليات التمثيل بواسطة أنسجة أخرى.

وتلعب الجلوتامات دوراً أساسياً في نقل النيتروجين من مركب إلى آخر . الآمونيا تكون أكثر نشاطاً للاندماج مع الجلوتامات والآسبرتات عن بقية الأحماض الأمينية وهذا يحافظ على ربط النيتروجين بالنظام ثم توزيعه.

التفاعل العام للأحماض الأمينية في الحشرات يلخص في شكل (78) .

ب- تخليق البروتين Protein synthesis

الحامض الأميني هو وحدة تكوين بروتينات الجسم وترتبط الأحماض الأمينية معاً بواسطة روابط ببتيدية لتكوين الببتيد الذي يتحد في سلاسل متعددة الببتيد لإنتاج البروتين . الحامض النووي RNA يعمل كطابعة تخليق البروتين حيث يحدد عليه نظام ترتيب الأحماض الأمينية المتصلة ببعضها البعض . ويزداد البروتين المخلق بزيادة الـ RNA فمثلاً في حشرة *Tenebrio* نسبة RNA إلى DNA تكون عالية عند بداية طور العذراء والتي يبدأ عندها تكوين أعضاء الفرد الكامل ثم يليها هبوط ثم تزداد مرة أخرى قبل خروج الحشرة الكاملة عندما يبدأ كيوتيكل الحشرة الكاملة في التكوين.

ومن المعلوم أن المكون الأساسي للخلايا والغدد المفرزة يكون البروتين، ولذلك يتم تخليقه في عديد من الخلايا على سبيل المثال الخلايا الطلائية للقناة الهضمية الوسطية تقوم بإنتاجه في صورة إنزيمات هاضمة، غدد الحرير في يرقات حرشفية الأجنحة تحول البروتين المتكون بها إلى حرير، بينما بروتين الدم يتم إنتاجه في الجسم الدهني.

المنتجات النهائية للتمثيل الهدمي End products of catabolism

نواتج هدم الكربوهيدرات والدهون تكون في صورة ماء وثاني أكسيد الكربون والماء يتم التخلص منه بواسطة أنابيب ملبيجى بينما ثاني أكسيد الكربون يتم التخلص منه بواسطة التنفس ، بينما البروتين ينتج آمونيا وماء وثاني أكسيد الكربون، ولأن الآمونيا سامة لخلايا الجسم فيجب التخلص

منها، ولكن في الحشرات لا يتم التخلص نهائياً من الآمونيا مباشرة حيث تتحول أولاً إلى حمض اليوريك الأقل سمية والذي يحتاج إلى كمية أقل من الماء للتخلص منه.

أ- حمض اليوريك Uric acid

إنتاج حمض اليوريك يستخدم فيه الجليسين والجلوتامين والأسبارتات كمواد تفاعل ويشمل فورمات وريبوز- 5 - فوسفات و ATP . الجسم الدهني يكون مركز إنتاجه وإن كان هناك أنسجة أخرى تقوم بإنتاجه ولكنها غير معروفة.

ويشتق حمض اليوريك من تمثيل البيورين (الأدينين والجوانين) المنطلقة خلال تحطيم الأحماض النووية.

Adenine ⟶ Hypoxanthine ⟶ Xanthin Guanine ⟶ Uric acid

ب- منتجات هدم أخرى Other end products

1- الألا نتوين Allantoin

تفرزه الحشرات المائية من خلال نشاط أنزيم Uricase على حمض اليوريك وأيضاً يتم ذلك في الحشرات من رتب مستقيمة الأجنحة وحرشفية الأجنحة وذات الجناحين ، ويرقة الـ *Lucilia* تخزن اليوريك أسيد في الأنسجة ولكنها تفرزه في صورة Allantion وأمونيا.

Uric acid —Uricase→ Allantoin —Allantoinase→ Allanatoin acid —Allantoicase→ Urea+glyoxalic acid

أ.د. جمال البرامولي

2- حمض الألانتويك Allantoic acid

يفرز في براز اليرقات والحشرات الكاملة من رتبتي حرشفية الأجنحة وغشائية الأجنحة ويشكل نسبة تتراوح مابين 0,2 إلى 0,4 % من الوزن الطازج للبراز بالمقارنة بـ 40 % من حمض اليوريك في البراز. بينما البراز التجمعي (meconium) يحتوي على 25% من حمض الألانتويك كما هو الحال في حشرات من رتبة غشائية الأجنحة حيث تطرد نواتج التمثيل عندما تتحول العذراء إلى حشرة كاملة ويتم تخليقه كما سبق أعلاه .

3- اليوريا Urea

اليوريا تشتق مباشرة من الغذاء كما في بقة *Rhodinus* ، ولكن في أغلب الحشرات تنتج من تحول حمض الألانتويك بفعل أنزيم Allantoinase أو من خلال دورة Ornithine كما في حالة الجراد الصحراوي ولكن هذه الدورة غائبة في الحشرات التابعة لرتبة ذات الجناحين.

4- الأمونيا Ammonia

تفرز بكميات كبيرة بواسطة يرقات الحشرات المائية و Blow flies، ولا يتم إنتاجها من هدم اليوريا ولكن يتم انطلاقها خلال نزع مجموعة الآمين من الأحماض الأمينية وتوجد مرتبطة بأنابيب ملبيجى، ففي يرقة *Lucilia* يوجد أنزيم نزع مجموعة الآمين ذو نشاط عالي في المعدة وأنابيب ملبيجى.

أ.د. جمال البرموني

معدل التمثيل الأيضي Metabolic rate

تتنوع معدلات التمثيل بدرجة كبيرة في الحشرات فمثلاً يستخدم معدل استهلاك الأكسجين في الحشرات وقت الراحة كمقياس لمعدل التمثيل، حيث يكون معدل التمثيل عالي في الحشرات الكاملة عن اليرقات بينما في العذارى يكون أقل منهم وهذا المعدل يختلف في أعمار الطور الواحد فمعدلة في بداية تكوين العذارى يكون عالي ثم ينخفض ثم يبدأ مرة أخرى في الأرتفاع قبل الانسلاخ إلى الحشرة الكاملة.

*معدل التمثيل يرتبط بنشاط الحشرة أي أن معدل النشاط يتناسب طرديا مع معدل التمثيل ففي النحل يكون معدل الاستهلاك وقت الراحة 9 كالورى/ ك جرام/ساعة بينما وقت النشاط يزداد حوالي 48 مرة أكثر خلال الطيران، عامة معدل التمثيل يكون أقل في الحشرات كبيرة الحجم عن صغيرة الحجم، أي أن صغر الحجم يؤثر على معدل التمثيل.

* في حالتي السكون والبيات يكون معدل التمثيل منخفضا.

*التشكل يؤثر أيضاَ على معدل التمثيل وهذا يتضح عند قياس معدل استهلاك الأكسجين في مراحل نمو طور العذراء.

* العوامل الخارجية وتعتبر الحرارة أهمها لها دور في التأثير على معدل التمثيل حيث يزداد بزيادة درجة الحرارة وينخفض بانخفاض درجة الحرارة (علاقة طردية).

أ.د. جمال البرامونى

*أذن كل من نوع الحشرة وحالة النشاط وطور النمو ومراحل تطور العمر وحجم الجسم والحرارة والتشكل و الحالة السلوكية الفسيولوجية و مادة التفاعل تؤثر على معدل التمثيل الآيضي.

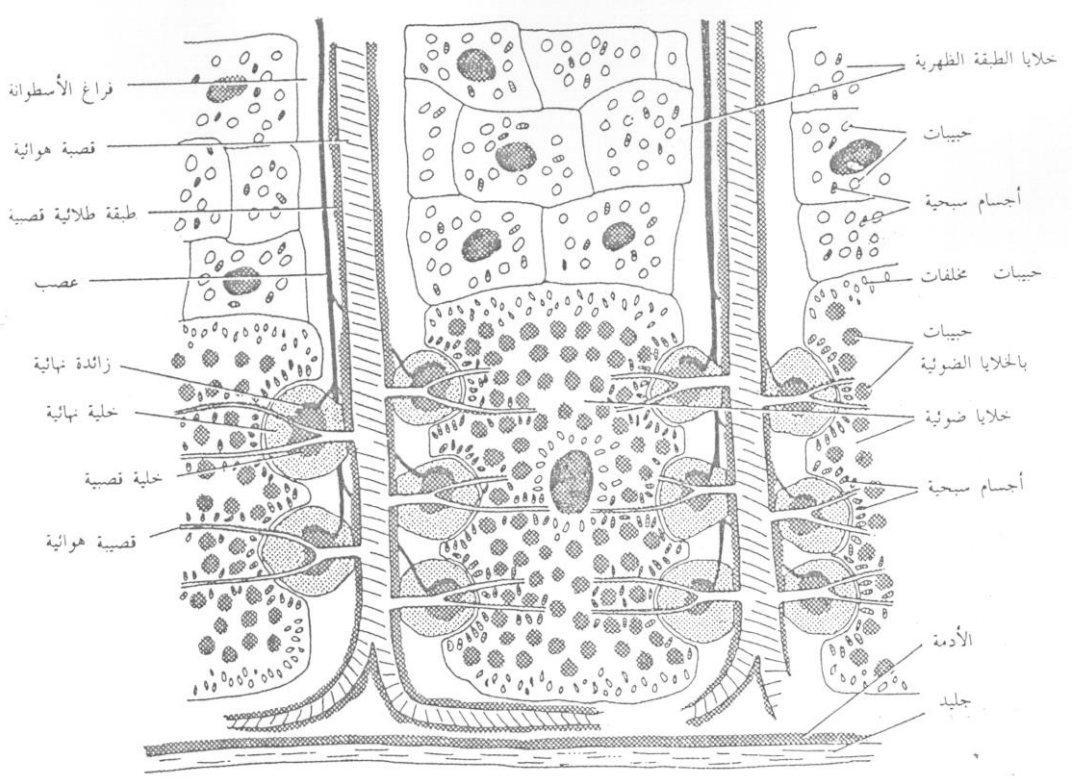
ناتج قسمة معدل التنفس O2 in put / Co2 out put يختلف تبعاً لنوع مادة التفاعل التي يحدث لها أكسدة، فمعدل التنفس (R.Q) يساوى واحد عندما تتأكسد مادة التفاعل تماماً كما في حالة الكربوهيدرات، ويساوى 0,7 كما في حالة أكسدة الدهون، و معدل التنفس في الصراصير يساوى واحد و لكن بعد عدة أيام من التجويع يساوى 0,7 حيث تستخدم الدهون المخزنة في عملية الأكسدة وإنتاج الطاقة، ومعدل التنفس R.Q للدروسوفيلا خلال الطيران يكون واحد بينما في حالة الجراد يكون 0. 7 حيث يستخدم الدهون في إطلاق الطاقة لحاجته المستمرة لمزيد منها أثناء الطيران .

تنظيم التمثيل الأيضي Control of metabolism

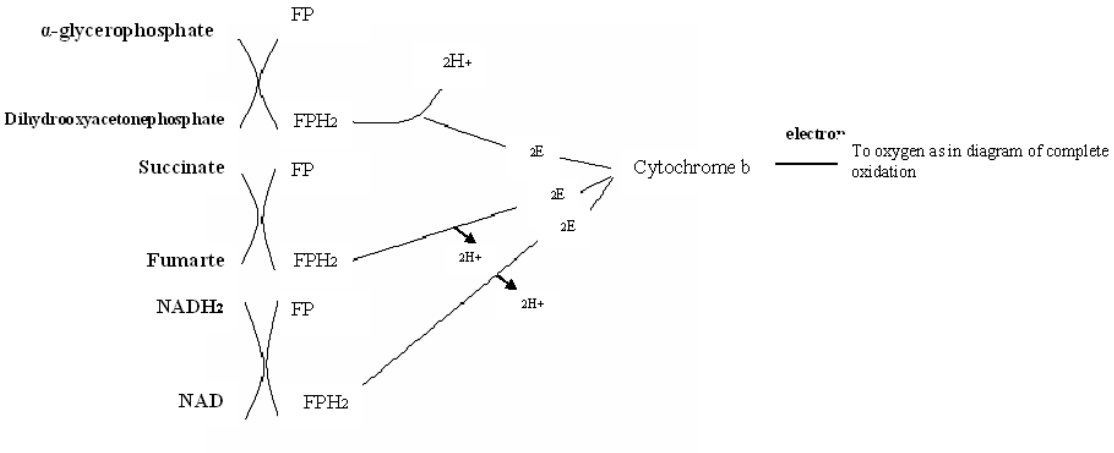
يتم تنظيم التمثيل الخلوي في عديد من الحشرات من خلال النظام الهرموني، وهذه الهرمونات معروفة بدورها في تنظيم النمو والتشكل وصبغ الكيوتيكل ونمو الغدد التناسلية ونبض القلب والتبول وتمثيل الطاقة ونشاط الجهاز العصبي المركزي، وطريقة تأثير الهرمونات في التمثيل غير مفهومة ولكن من المحتمل أنها تؤثر مباشرة على أنويه الخلايا التي تنشط أو تخفض نشاط الجينات المسئولة عن إطلاق منظمات التمثيل. بعض المنظمات تنطلق من تراكيب الخلية فمنظمات التنفس تنطلق من

السيتوبلازم وبعضها ينطلق من الميتاكوندريا والانزيمات ومواد التفاعل تنطلق من كلاهما. معدل التفاعل الأنزيمي ينظمه المقدار المتاح من مادة التفاعل والانزيمات وكذلك نواتج التفاعل الأنزيمي المتراكمة فمثلاً يتم تثبيط أنزيم أكسدة α - glycerophosphate عندما تتراكم نواتج الأكسدة Dihydroxyacetone phosphate وأيضاً هذا التفاعل يتوقف على الأنزيم α - glycerophosphate dehydrogenase، وهذا الأنزيم وقت الراحة يثبط في عضلات الطيران ولكن هذا التثبيط يزول خلال الطيران من خلال الكاتيونات ثنائية التكافؤ المنطلقة من الثنية العصبي لعضلات الطيران فيحدث الأكسدة وتنطلق الطاقة وتستمر دورة كرب، والاستفادة من ADP كمستقبل للفوسفات تكون محدودة ووجد أن ADP لا يزيد معدل الأكسدة دائماً.

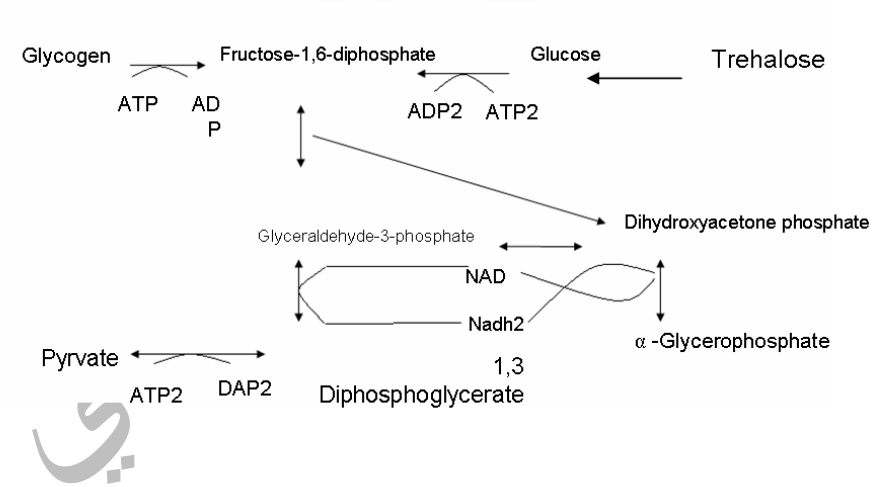
أ.د. جمال البرامونى



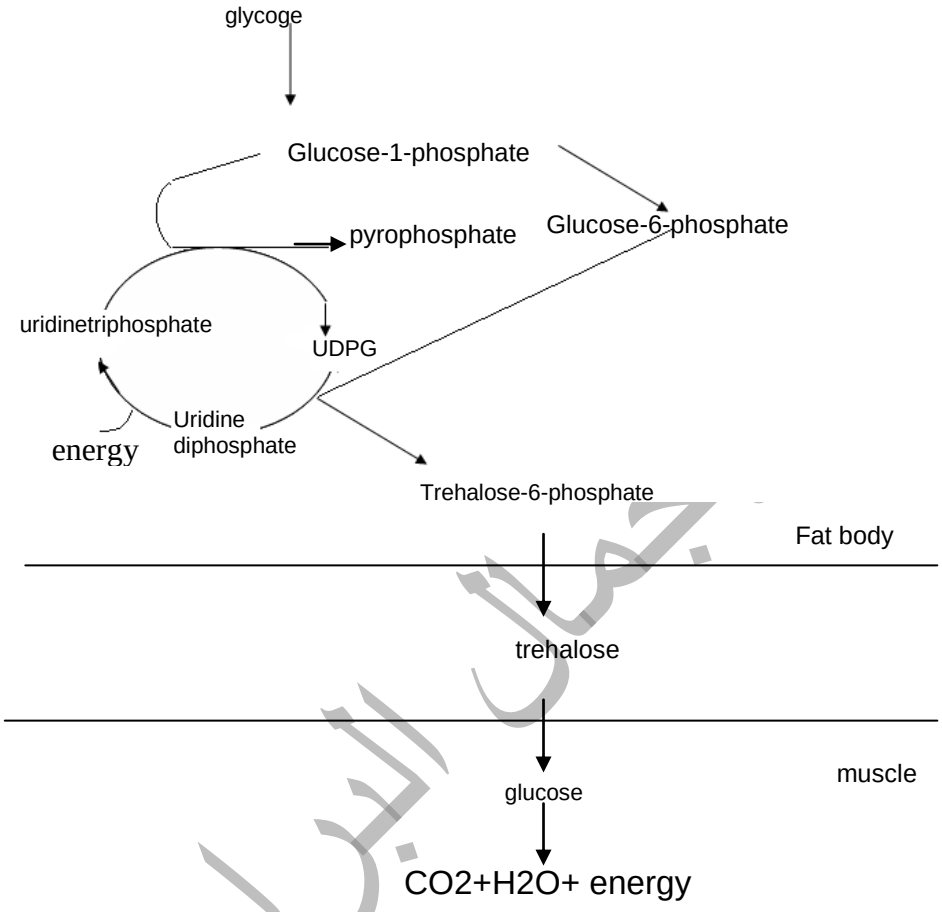
شكل (72): يوضح تركيب عضو إطلاق الضوء في الحشرات.



شكل (73): يوضح كيفية إطلاق وتخزين الطاقة .

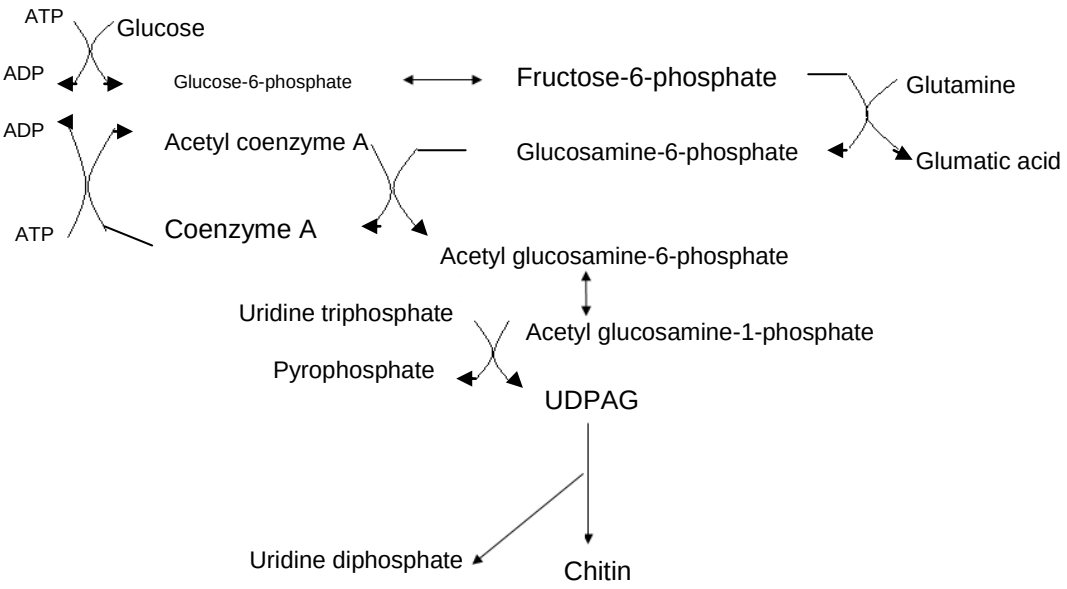


شكل (74): يوضح التنفس اللاهوائي.



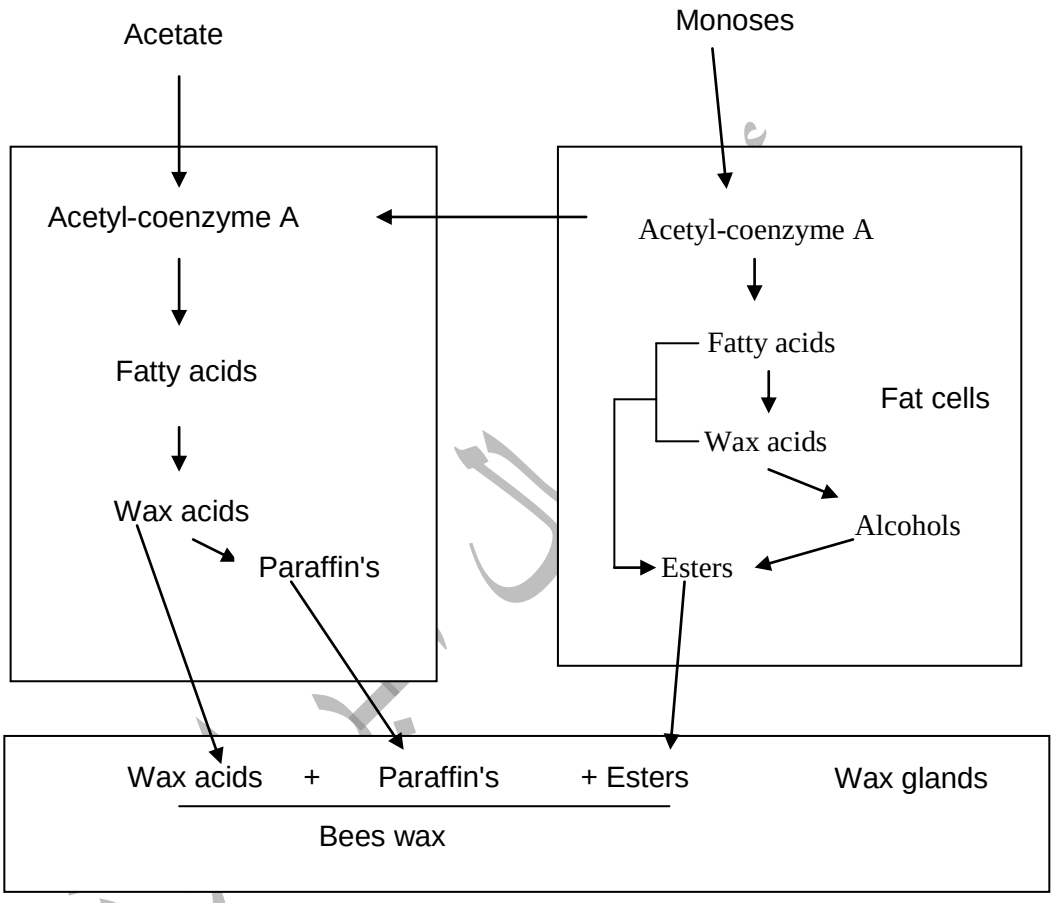
شكل(75): يوضح تمثيل التريهالوز لإنتاج الطاقة.

جمال الزامورى

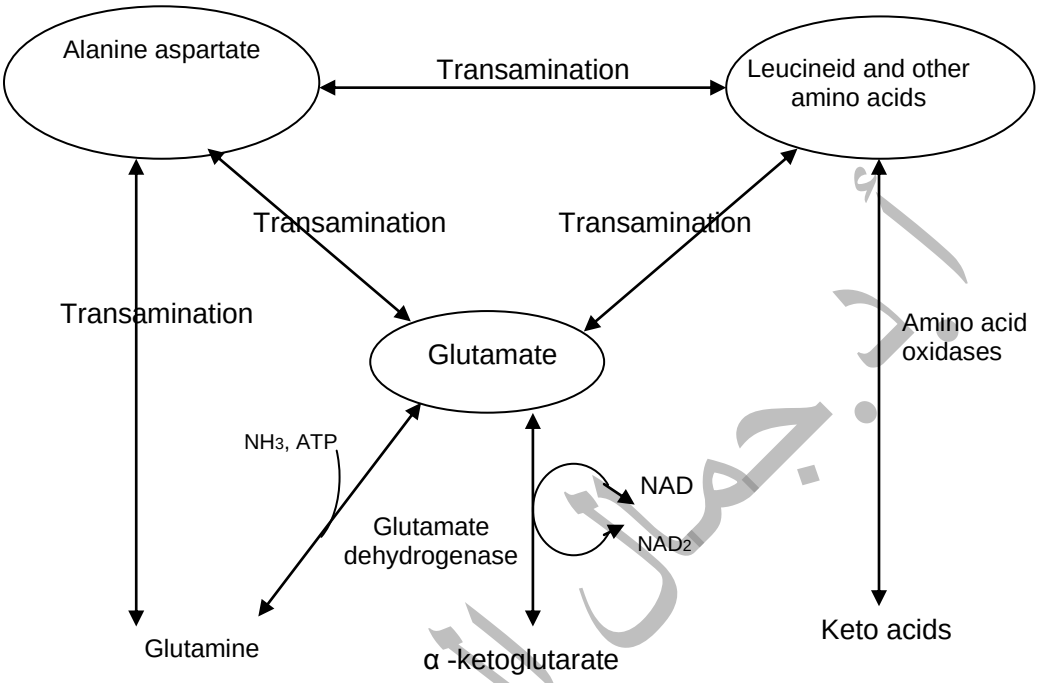


شكل (76): يوضح خطوات تكوين الكيتين.

نرامونى



شكل (77): يوضع خطوات تكوين الشموع.



شكل (78): يوضح التفاعل العام للأحماض الأمينية في الحشرات.

أ.د جمال البرامونى

أ.د. جمال البرامونى

التمثيل الغذائي في الحشرات

Insects Metabolism

د. أحمد الحموني

أ.د. جمال البرامونى

التمثيل الهوائي (التمثيل التنفسي) Respiratory Metabolism

يعنى تناول الغازات على مستوي الخلية ومايصاحب ذلك من عمليات تكوينية خاصة بانتاج الطاقة اللازمة لاستمرار نشاط الحشرة وتلك العمليات هى عملية عكسية لبناء مكونات الطاقة حيث انها تستهلك وتطلق الطاقة عن طريق اكسدة الكربوهيدرات فى وجود الماء مع انتاج ثاني اكسيد الكربون.

التنفس فى الحشرات يحدث خارجيا من خلال انتقال الغازات وداخليا من خلال التمثيل الخلوي الذي يحدث فى وجود الاكسجين او فى غياب جزئي للاكسجين وهو مايعرف بالتمثيل اللاهوائي.

يعبر عن معدل التمثيل الهوائي من خلال العوامل المشاركة فية (الاكسجين وثاني اكسيد الكربون والمادة المستخدمة فى انتاج الطاقة) وهذا المعدل يختلف تبعا لتوافر الاكسجين واحتياج الخلية للطاقة وتأثير العوامل الفسيولوجية (النمو) والطبيعية (الحرارة) والكيمياوية (المثبطات الانزيمية). الطاقة اللازمة للنمو الجنيني تزداد كلما اقترب الجنين من الفقس على عكس المراحل التكوينية الاولي وذلك لزيادة عمليات التعضون كلما قارب النمو الجنيني انهاء عملية الانشاء والمادة الاساسية للتمثيل الغذائي فى النمو الجنيتي هى الدهون. اما فى مراحل بعد النمو الجنيني من الفقس حتى البلوغ تزداد الطاقة المستخدمة فى النمو فى شكل سلاسل من الذبذبات يحدث اقصاها وقت عملية الانسلاخ. يكون معدل امتصاص الاكسجين مرتفعا عند وضع البيض ثم ينخفض فى الساعات الاولي ثم

أ.د. جمال البرادعي

يرتفع بصفة ثابتة حتى يصل الى اقصاة عند الفقس, اما اليرقات فيكون مرتفع فى بداية الطور اليرقي ثم ينخفض ثم يرتفع مرة ثانية قبل التحول الى طور العذراء وخلال مرحله الانسلاخ مما يعطى شكل حرف U .
معدل استهلاك الاكسجين (معامل التنفس) لانتاج الطاقة يرتبط بالجنس واختلاف الوظيفة فمعدل استهلاك الاكسجين فى ملكة النحل اعلى منة فى الشغالات, وكذلك يختلف خلال مراحل الانشاء والتشكل متوافقا مع مايصيب الجهاز التنفسي من تغيرات خلال هذة المراحل.

التمثيل اللاهوائي

يمتاز بانة يستغرق وقت اقل وينتج طاقة اقل. عضلات الحشرة هى من انشط الانسجة الموجودة فى الطبيعة من ناحية التمثيل فبعض انواع الحشرات تستطيع ان ترفرف باجنحتها مليون ضربة متتابعة بسرعة انقباض مقدارها 1000انقباضة فى الثانية وهذا يحتاج الى وفرة من الاكسجين للحصول على الطاقة اللازمة لذلك وعلية فالحشرة وقت الطيران تستهلك قدر اكبر من الاكسجين عنة فى وقت الراحة فالذباب الازرق وقت الطيران يستهلك الاكسجين بما يعادل 100 مرة من استهلاكة له وقت الراحة. علية فان عضلات الطيران هى نسيج ممتاز لدراسة الايض فى الحشرات. لتوافر الاكسجين خلال الطيران لابد وان تكون عملية نقله من فتحات التنفس الى اماكن استخدامة خالية من العقبات وهذا موجود من خلال الجهاز القصبي الذي ينتشر من فتحات التهوية الى الالياف العضلية في النسيج الحشري ليلامس مباشرة الميتاكوندريا وعلية يمكن للحشرة

أ.د جمال البرادعي

الطيران لفترات طويله دون نقص فى الاكسجين مما يدل على ان الاكسجين يتوافر للانسجة بدون حدود. لكن فى حال عدم توافر الاكسجين فان الحشرة تعتمد على التنفس اللاهوائي للقيام بالوظائف الايضية كبديل مؤقت لحين توافر الاكسجين.

أ- التنفس اللاهوائي ووظائف الجسم.

يعنى ذلك عدم وجود الاكسجين وظيفيا بمعنى ان الاكسجين الذي تحتاجة عضلات الحشرة فى بذل اعمال حركية بدرجة عالية تفوق مايتوافر لديها بمعنى اخر يكون الاكسجين المستهلك أكثر من الاكسجين الواصل للعضلات وهنا تعتمد الحشرة على الايض اللاهوتئي لتوليد الطاقة اللازمة لانقباض العضلات ويتم التخلص من منتجات هذا الايض مثل حمض اللاكتيك من خلال انسجة اخري بالجسم لم تتأثر بهذا النقص من الاكسجين وبها وفرة من الاكسجين حيث تنقل هذة المخلفات من خلال سائل الجسم الى القلب للتتأكسد او الى الجسم الدهنى لاستخدامها فى تصنيع الجلوكوز.

ت- التنفس اللاهوائي البيئي

وفيها تتعرض الحشرات لظروف بيئية بها نقص فى الاكسجين وهذا يحدث نتيجة عوامل طبيعية خارجية وهذا يوجد فى الحشرات المائية حيث يكون محتوي الاكسجين فى الماء منخفض ويتأثر ذلك ايضا بكل من درجة الحرارة ودرجة الملوحة وكمية المواد العضوية.

أ.د جمال البرامونى

1- وفرة الاكسجين فى البيئة.

يحدث التنفس اللاهوائي فى انواع الحشرات المائية والتى تعيش معظمها فى الماء المتجدد ونادر ماتعيش فى البرك وتتأثر كمية الاكسجين فى الماء على حسب عمق الماء حيث يقل كلما زاد عمق المياة ودرجة حرارة الماء فكلما زادت قل الاكسجين. اما البرك يعتبر قاعها خالى من الاكسجين وخاصة فى الاماكن الحارة او البرك التى يوجد بها تركيز عالى من الايدروجين سلفويد وهو ينتج من الكائنات الدقيقة. وينعدم الاكسجين فى البحيرات المغطاة بالثلوج لمنعها من الامداد الاكسجيني للحشرات . والحشرات الارضية تواجة نقص فى الاكسجين خاصة عندما تكون مغمورة بالماء او مغطاة بالثلوج او بالمواد المتعفنة.

2- استيراتيجية التأقلم العامة.

تظهر الحشرات وخاصة الاقل حركة استيراتيجية للتأقلم عند نقص الاكسجين او عدم وجودة فى بيئتها على عكس الانواع المتحركة والتى تستطيع تبديل بيئتها الى بيئة اكثر وفرة بالاكسجين.

ومن هذة الاستراتيجيات:

أ- التأقلم بتغيير التركيب المورفولوجى للحشرة.

يحدث فى الحشرات ذات الجهاز القصبي المغلق مثل الرعاشات وتتأقلم من خلال زيادة سطح جدار الجسم الممتص للاكسجين الذائب فى الماء اوزيادة مساحة الخياشيم القصبية والشرجية.

أ. جمال الدرامونى

ب- **التأقلم الفسيولوجي.**

من خلال زيادة معدل التنفس وزيادة الكفاءة المستخدمة فى استخلاص الاكسجين من الماء حتى يظل حجم الاكسجين ثابت.

ج- التأقلم الكيميائي الحيوي.

تلجأ الية الحشرة فى حال عجزت فى استخدام الاستراتيجيات السابقة فى تعويض انخفاض ضغط الاكسجين وهو الاعتماد على الايض اللاهوائي لاطلاق الطاقة وهنا لاتنتقل ذرات الهيدروجين الى الاكسجين وانما لمركبات عضوية اخري وتنتج حمض اللاكتيك.

3- الأيض اللاهوائي ليرقات الحشرات المائية.

من اهم الامثله على الحشرات المائية التى تواجه نقص فى الاكسجين فى بيئتها وكيفية مواجهتة واجراء عمليات الأيض وانتاج الطاقة : **يرقات الهاموش** :

يوجد أكثر من 2000 نوع تابعة لعائله Chironomids تعيش فى بيئات مائية من بحيرات ومستنقعات واعالي جبال وعلية قام العديد منها بتعديل فى تراكيب اعضائها وخصائصها الوظيفية لتتلائم مع تغيرات الظروف البيئية مثل زيادة مسطح الخياشيم للمستقيم وزيادة فى ايونات الوسط وزيادة فى نفاذية الكيوتيكل. والانواع التى تعيش فى الطمي تمتاز بكيوتيكل ذو نفاذية عالية للماء والاكسجين ويوجد بها هيموجلوبين. وتعيش هذة الانواع داخل انابيب تصنعها من البيئة المحيطة بها وتكون رأسها عند فتحة هذة الانابيب وبحركة جسمها المتواترة تخلق تيار من الماء يمر فوق

شقوق في جسمها تستخلص الاكسجين من الماء من خلال الانتشار البسيط وتستعمل الهيموجلوبين فى التنفس عندما يقل ضغط الاكسجين فى بيئتها حيث ان هذة الصبغات التنفسية لها المقدرة على تخزين الاكسجين حيث يظل مشبع بالاكسجين عند ضغط 6 مل زئبق عند درجة حرارة 16 مع العلم بأن هذة اليرقات لاتستطيع تحمل هذة الظروف لاكثر من 60 ساعة نظرا لانها تأخذ كمية كبيرة من الماء تصل الى 40% من وزنها ولابد من التخلص منها من خلال الانتشار وهذا يحتاج الى طاقة وذلك للمحافظة على التوازن الايونى داخل الجسم.

وتعتمد يرقات الهاموش على تكسير الجليكوجين فى عمليات الأيض اللاهوائي والذي يزداد بعشرة اضعاف وينتج عنه احماض عضوية ودهنية وقد وجد ان انزيم الكحول ديهيدروجينيز يزداد نشاطة بدرجة عالية. معدل استهلاك الجليكوجين فى حاله عدم وجود الاكسجين تتراوح مابين 600-700ميكرومول لكل جرام وزن جاف خلال 48 ساعة من عدم وجود الاكسجين (تمثل 60% من مخزون الجليكوجين بالجسم) وان يتم تكسير من 25-30% من مخزون الجسم خلال اول 12 ساعة وهذا يدل على مدى احتياج الحشرة للطاقة للتغلب على المشاكل الاسموزية ويرتبط ذلك بانخفاض انتاج ATP مع انتاج كميات قليله من اللاكتات والسكسينات والالانين ويعتبر الايثانول من اهم المركبات التى تنتج من تكسير الكربوهيدرات حيث تتجمع كميات قليله منة فى الجسم اما الغالبية منة تتجمع خارج الجسم فى الوسط المحيط بالحشرة وتصل نسبتة بعد 48 ساعة

أ.د. جمال البرامودي

من التنفس اللاهوائي فى الوسط المحيط الى 1070 ميكرومول لكل جرام وزن جاف وتتميز طريقة تخمر الايثانول لاستخراج الطاقة بسهوله مرور الايثانول خلال الاغشية البيولوجية وفى نفس الوقت لاتتحول الانسجة الى وسط حامضي كما يحدث فى تخمر الاسيتات ولكن الحشرة فى اعتمادها على الايثانول تفقد كمية كبيرة من الغذاء ولذا يجب تعويضها بزيادة التغذية فى فترات النقاهة والتى يتوافر فيها الاكسجين والتى تلى فترات التنفس الاهوائي. وان قله الطاقة الناتجة من تخمر الايثانول تعتبر عامل هام فى انخفاض مقاومة الحشرة للتنفس اللاهوائي.

يتضح ان البيروفات تنتج من التكسير اللاهوائي للكربوهيدرات ومنها تنتج النواتج النهائية للايض واللازمة الانتاج الطاقة مثل الساكسنات والسيتات والاكتات والايثانول.

بيروفات تنتج اسيتالدهيد فى وجود انزيم بيروفات ديكاربوكسيليز ثم اسيتالدهيد يتحول الى داي ايثانول فى وجود انزيم الكحول ديهيدروجينيز. ومن خلال ذلك تكون يرقات الهاموش استطاعت المحافظة على احتياجتها من الاكسجين فى بيئتها من خلال كل من :

أ- تأقلم مورفولوجى فى الشكل والتركيب.

ب- تأقلم فسيولوجى فى الوظيفة والنشاط.

ت- تأقلم بيوكيميائي.

أ.د. جمال البرادعي

4- الايض اللاهوائي لبعض الحشرات الأرضية.

تم دراسة ذلك على يرقات حشرة *Callitroga macellaria* من ذات الجناحين والتى تعيش فى التربة وتتغذي على اللحم وتخزن الكربوهيدرات والبروتينات فى الجسم الدهنى لتعتمد عليهم اثناء غياب الاكسجين (وجود فقر في الاكسجين الجزيئي) فى انتاج الطاقة اللاهوائية حيث انها مقاومة تماما للظلروف اللاهوائية (جو من النيتروجين) من خلال تمثيل الجلوكوز الى لاكتات والحصول على الطاقة اللاهوائية ووجد ان 50% من اليرقات تدخل فى عملية التشكل للعذاري حتى 24 ساعة من عدم وجود الاكسجين وان العذاري لاتتأثر حتى 12 ساعة من عدم وجود اكسجين بينما خروج الفراشات يتأثر بعد 24 ساعة من الوجود تحت الظروف اللاهوائية.

وهناك وسيلتين للحصول على الطاقة اللاهوائية فى الحشرات الارضية:

أ- الطريقة المساعدة للـ ATP

تحدث نتيجة نقص فى ATP وقد يكون مؤقت حيث يقل نشاط انزيم الفوسفوفركتوكيناز نتيجة تثبيط جزئ لانزيم الوستيرك وتتابع التفاعلات الكيميائية بدون استهلاك ATP حيث تحدث دورة للـ pentose phosphate التى تعطي triosephosphate لعملية glycolsis.

ب- التفاعلات المنتجة للطاقة ATP

الكربوهيدرات ليست المصدر الهام فى انتاج الطاقة اللاهوائية بينما تشترك معها الاحماض الامينية. واستعمال الكربوهيدرات فى انتاج الطاقة اللاهوائية ينتج كميات كبيرة من اللاكتات ويتكون الالانين والاسيتات

والبيروفات والبوليولات وفوسفات الجليسرول ولكن لاتنتج احماض دهنية متطايرة مثل البروبيونات والبيوتيرات. والاحماض الأمينية مثل الجلوتامين والجلوتامات والاسبارات تزيد بدرجة كبيرة فى الظروف اللاهوائية. البيروفات يمكن ان تنتج ايضا من الاحماض الامينية.

خواص عضلات الطيران فى الجراد وعضلات الأرجل اثناء النشاط العضلي وعدم توافر الأكسجين:

عضلات الطيران فى الجراد ونظرا لبذلها مجهود شاق عنيف وسريع يجب ان يظل انتاج الطاقة بها عالي لمدد طويلةوعلية فهى تتميز من الناحية الهستولوجية بليفات ذات ساركوميرات قصيرة ونسبة عالية من الميتاكوندريا تصل الى 50%من الوزن الكلى للعضلات وتكون فى حاله تلامس مباشر مع القصبات الهوائية ولذا فأن كمية الاكسجين المتاحة تكون بلا حدود ومن الناحية الميتابولية فالوقود المخزن بها هو الجليكوجين وكمية انزيمات الأكسدة قليله مثل انزيم اللاكتيك ديهيدروجينيز حيث لاتتجمع بالعضلات اللاكتات حتى فى حال الطيران لمسافات طويله وانما تنقل الى انسجة اخري للتخلص منها وانما يوجد بها نشاط عالى من انزيم الفاجليسروفوسفات ديهيدروجينيز GPDH وكذلك انزيمات الميتوكندريا. وانما اذا عرض الجراد لنقص فى الاكسجين من خلال تعريضة صناعيا للنتروجين لمدة 90 ثانية فأن البيروفات وفوسفات الجليسرول تتزايد فى عضلات الطيران بنسبة قد تصل لـ 20% كنواتج التمثيل اللاهوائي للكربوهيدرات .

يقوم انزيم الفاجليسروفوسفات ديهيدروجينيز GPDH مقام LDH لاكتيك ديهيدروجييز فى اعادة الأكسدة NADH المتولد فى عملية glycolsis والتى تعتمد على المدد المستمر من +NAD بواسطة الاعتماد على دورة الالفاجليسروفوسات ويتولد +NAD عن ظريق اختزال الداي هيدروكسي السيتو فوسفات الى فوسفات الجليسرول في السيتوسول وتعتير هذة الوظائف عملية نقل مكوكية للالكترونات والبروتونات الى الميتاكوندريا ويتاكسد الالفاجليسروفوسات داخل الميتاكوندريا بواسطة انزيم فوسفات الجليسرول اوكسيديز IGP لينتج مرة اخري الداي هيدروكسي السيتو فوسفات والذي يترك الميتاكوندريا مرة اخري ويستخدم فى اكسدة NADH + HO الموجود خارجها. وبما ان الفوسفات الجليسرول لايتراكم اثناء الطيران الطويل فان عملية glycolsis تكون هوائية تماما بحيث يكون 18 مول من البيروفات لكل جزئين جلوكوز-6-فوسفات.

عضلات الأرجل تظهر نشاط عضلي مفاجئ وتمتاز من الناحية المورفولوجية بوجود ليفات سميكة مع وجود نسبة منخفضة من الميتاكوندريا (10% من وزن العضلات) وتظهر القصبات الهوائية المتصله باللويفات العضلية مباشرة بكمية بسيطة من الناحية الميتابولية يظهر نشاط عالى من انزيم اللاكتيك ديهيدروجينيز ونشاط منخفض من GPDH وكذلك فى نشاط الاكسدة الموزعة داخل الميتاكوندريا مثل لنزيم استرات منثيتيز او البثوليز. وعلى الرغم من توافر ATP فى هذة العضلات (5ميكرومول لكل جرام) الانها غير كافية لاكثر من بضع ثوانى

قليله من القيام بالعمل ويتكون الـ ATP من تفاعلات اضافية مثل تكسير الفوسفاجين ارجنين فوسفات وكذلك التمثيل اللاهوائي لدورة الـGLYCOLSIS والتى تنتج حمض اللاكتيك, ويلاحظ انه بعد قفزتين ان تركيز اللاكتات يزداد بمقدار 6 اضعاف من6 .0 الى 2.6 ميكرومول لكل جرام من الوزن ويقل تركيز فوسفات الارجنين ولايحدث تغيير فى الـ ATP وبعد القفز حتى الاجهاد (10-15 قفزة) فان اللاكتات تزداد الى 6 ميكرومول. يتم تنشيط عملية glycolsis فى عدم وجود الاكسجين وبالتالي يحدث تنشيط لانتاج حمض اللاكتيك

التنفس الأيضي للاهوائي للمخ

تستطيع الحشرات على عكس الثديات من تحمل غياب الاكسجين فالثديات اذا تعرضت لثوانى لعدم وصول الاكسجين للجهاز العصبي قد يؤدى ذلك الى الاخفاق فى تأدية وظائفها اما اذا تعرضت لمنع الاكسجين لبضع دقائق يؤدى ذلك الى حدوث اصابات مستديمة لها. عندما يتعرض الجراد لظروف بيئية خالية من الاكسجين يتبع ذلك بانخفاض الاشارات ذات الطاقة الصادرة من المخ ويتكسر الجليكوجين المخزن فى المخ بنسبة 30ميكرمول لكل جرام من الوزن الى لاكتات ثم يتحول الى جليسرول فى غياب الاكسجين لمدة ساعة ويتم الشفاء اذا تعرض للاكسجين العادي بعد ساعة من التنفس اللاهوائي ويستعيد وظائفة الطبيعية في 10 دقائق وترتفع الاشارات الصادرة من المخ اما اذا تعرض الجراد الى التنفس اللاهوائي

أ.د. جمال البدراوي

لمدة ساعتين فانة يرفض الاكل بعد توافر الاكسجين ويموت خلال 3-5 ايام. وهذا مايحدث فى كل من النحل والذباب الازرق حيث:

1- يحدث اضمحلال شديد فى تركيز المركبات الفوسفاتية الغنية بالطاقة مثل ATP والارجنين فوسفات وعلية فان قيمةالاشارات ذات الطاقة الصادرة من المخ تصل الى الصفر.

2- تستهلك الكربوهيدرات.

استخدام التنفس اللاهوائي أثناء نمو عضلات الطيران وأثناء البيات

نمو العضلات وتطورها واختراق القصبات الهوائية لها يظهر خلالها نشاط عالى للـ LDH لاكتيك ديهيدروجينيز ولعملية glycolsis اللاهوائية اهمية فى الامداد بالطاقة لاختراق القصبات الهوائية للالياف العضلية يتبع ذلك زيادة فى التشكل وزيادة فى انزيمات الميتاكوندريا لتبدأ خاصية التنفس الهوائي لعضلات الطيران.

البيات من العوامل التى تؤخر النمو الانة يمكن الحشرة من ان تعيش تحت ظروف غير ملائمة وفى البيات يتم التنفس اللاهوائي . بيض دودة الحرير التوتية يدخل مرحلة البيات تحت تأثير هرمون البيات الذي يفرز من العقدة العصبية تحت المرئي والبيض خلال البيات يمتاز بزيادة السوربيتول والجليسرول واللاكتات وهذا بيدل على حدوت تمثيل لاهوائي ويقل معة درجة نشاط الجهاز الانزيمي للـ ATP .

أ.د. جمال البرامونى

المشابهات الكيميائية النباتية وعلاقتها بالحشرات

Plant Allelochemicals and Insects

أ.د. جمال البرامونى

المشابهات الكيميائية واختيار العائل النباتي بواسطة الحشرات

العلاقة ما بين الحشرات آكلة النبات والنباتات تتضمن استقرائيين هما :

1- لا تستطيع الحشرات الحياة في غياب النبات الأخضر المصدر الأول للمركبات الغنية بالطاقة.

2- تعرض النباتات المستمر للهجوم من قبل أكلات النباتات كان سببا رئيسيا في التنوع النباتي الكبير حول العالم، وربما أيضاً تنوع الحشرات في شكلها وتاريخ حياتها له دورفي تحديد شكل المجتمعات النباتية.

وقد شمل التنوع الكبير في النباتات حول العالم تطورها من ناحية التركيب الكيميائي وبصفة مستمرة وذلك من خلال إنتاجها لمواد نباتية ثانوية تعرف بالمشابهات الكيميائية، والتي تستخدمها كوسيلة هامة في الدفاع عن نفسها ضد أكلات النبات وتنتجها النباتات وتخزنها في أماكن خاصة في النبات مثل الحويصلات أو تخزن في الجدار الخلوي أو الغدد الزيتية في خلايا البشرة، وتحاط أماكن التخزين بقنوات ممتلئة بأنزيمات متخصصة لتحطيم هذه المركبات الخام في حال الهجوم على النبات من قبل الحشرات، وتتحطم الورقة وتنساب هذه الانزيمات على المادة الخام وتحولها إلى مركبات قد تكون مشجعة للتغذية في حال الحشرات المتخصصة كما هو الحال في الحشرات المتخصصة على العائلة الصليبية والتابعة لعائلة Chrysomilidae والتي تعتبر "الجليكوسينولات" ومنتجاتها الأنزيمية مشجعة لتغذيتها وعلى النقيض من ذلك قد تكون نواتج التمثيل الأنزيمي للمركبات الخام أكثر سمية من المركب الخام مثل سيانيد الهيدروجين

الأكثر سمية من مركبة الخام اللينامارين ومركب الثايوجليكوسينولات الأكثر سمية للجراد الصحراوي من المركب الخام "الجليكوسينولات".

والمركبات النباتية المتطايرة والموجودة بتركيزات عالية في أوراق النبات لها تأثير على أكلات النباتات ومن الملاحظ أن عديد من الأنواع تبنى سلوكها الأولى في اختيار عائلها النباتي على أساس الاتصال المباشر بالخواص الفيزيقيائية والكيميائية للنبات من خلال أعضاء الحس لديها، ثم يلي ذلك إحداث جرح في النبات لإطلاق المواد النباتية الأولية والثانوية لتقيمها قبل تحديد القبول أو الرفض فعلى سبيل المثال عندما يهاجم الجراد الصحراوي نبات المهد *Schouwia purpurea* تنطلق منه مادة الجليكوسينولات ومعها نواتج تكسيرها الأنزيمي التي تكون سامة للحشرات غير المتخصصة وغير العامة.

المشابهات الكيميائية أو المركبات النباتية الثانوية هي أحد نواتج التمثيل الغذائي للنبات، والدور الأساسي لهذه المركبات هو حماية النباتات من هجوم الحشرات والمسببات المرضية للنبات ومع هذا ليس هذا هو دورها الوحيد في النبات، وتم تسجيل تأثير المشابهات الكيميائية النباتية كدفاعات ضد هجوم الفقريات واللافقاريات بواسطة العديد من الباحثين، تظهر عديد من هذه المركبات النباتية درجات نسبية من التغيرات في التركيب الكيميائي داخل النبات ، فحالة هذه المركبات الكيميائية داخل النبات لا تكون ثابتة حيث تتأثر بمواد النبات الأولية مثل النيتروجين والكربون كذلك الهرمونات

أ.د. جمال البرامولي

ومنظمات النمو النباتية والأشعة فوق البنفسجية لها دور في ثبات حالتها داخل النبات.

تستطيع بعض الحشرات آكلة النباتات والمسببات المرضية التغلب على هذه الدفاعات النباتية وأحيانا تتغذى بعض الحشرات على نباتات تحتوي على هذه المركبات بهدف أن تحتويها داخل جسمها لكي تستخدمها في الدفاع عن نفسها ضد الأعداء الحيوية.

تظهر المشابهات الكيميائية للنبات تأثيرها المانع للتغذية أو السام للحشرات العامة والمتخصصة وغير المتأقلمة، وعلى العكس من ذلك تؤكل نفس النباتات بواسطة الحشرات المتخصصة والمتأقلمة دون أن تظهر أي تأثير ضار وتستخدمها كمنبهات جذب لوضع البيض. تسمح قدرة الحشرات آكلة النبات على إزالة التأثير السام لهذه المركبات بتنوع مصدر غذائها وهذا هام جداً خاصة للحشرات التي تعيش في بيئات ذات ظروف قاسية مثل الجراد، فالجراد الصحراوي يتأقلم للعيش والتربية في المنطقة الصحراوية من الهند إلى الساحل الأطلنطي من خلال نجاحه في بعض الحالات من التغذية على نباتات ذات تأثير سام لغيرها من الحشرات ومن أشهر النباتات التي تنتج مشابهات كيميائية سامة لأغلب الحشرات آكلة النباتات (نباتات العائلة الصليبية).

التخليق الحيوي للمشابهات الكيميائية

تخزن النباتات كميات كبيرة من المواد النباتية الثانوية الناتجة عن التمثيل النباتي الثانوي والمعتمد على الأستيل CoA والأحماض الأمينية.

أماكن تخزين المشابهات الكيميائية في النسيج النباتي:

الطبقة الشمعية المغطاة للسطح النباتي والمكونة من خليط من الأحماض الأمينية والألكينات والهيدروكربونات تحتوي على كميات متنوعة من المركبات الناتجة من التمثيل النباتي الثانوي، ويعتبر الفلافونيد جليكوسيد هو المركب الأساسي في سطح الأوراق النباتية (شكل:79).

وعديد من المركبات النباتية الثانوية لا تكون سامة فقط لأكلات النبات ومنها الحشرات بل لنفسها أيضاً ولذلك تخزنها بعيداً عن السيتوبلازم الخلوي وفي صورة غير نشطة في أماكن خاصة مثل في حويصلات بين خلايا البشرة واللحاء مثل القلويدات أو في حويصلات بين خلايا جذور النبات مثل النيكوتين أو تخزن في الجدار الخلوي أو في الغدد الزيتية بين خلايا البشرة مثل الكومارين أو تفرزها في السطح الشمعي أو الشعيرات الغدية مثل التيربينويد أو في البذور مثل الجليكوسينولات في نبات الشلجم أو الألقلويد في نبات الترمس (شكل:80).

نواتج التمثيل النباتي الثانوي ينتج عنها عديد من المركبات الكيميائية الثانوية تصل حالياً إلى 100000 مركب معرف حيث تمتاز هذه المركبات الخام بأن بمجرد خروجها من أماكن التخزين في النبات بعد مهاجمة بواسطة أكلات النبات فإنها تتعرض لمجموعة من الانزيمات الموجودة خارج أماكن تخزينها مباشرة لتحول المركب الواحد إلى عديد من المركبات التي قد تكون أكثر سمية من المركب الخام مثل سيانيد

الهيدروجين يكون أكثر سمية من المركب الخام وهو اللينامارين وكذلك الثايوجليكوسينولات أكثر سمية من الجليكوسينولات.

إطلاق المشابهات الكيميائية وتحللها الأنزيمي

بمجرد تحطم الورقة النباتية بفعل هجوم الحشرات آكلة النبات تنطلق المشابهات الكيميائية الخام من أماكن تخزينها في الورقة لتختلط بالانزيمات المحللة لها والموجودة في العصير الخلوي لتنتج نواتج التحلل الأنزيمي في صورة مركبات أكثر سمية والتي تبتلعها الحشرات المهاجمة في صورة جرعات عالية (شكل: 81). تصبح المركبات الناتجة من التحلل الأنزيمي للمركب الخام أكثر سمية وعلى سبيل المثال ، سيانيد الهيدروجين يكون أكثر سمية للحشرات من مركبة الخام وهو اللينامارين وكذلك مركب 3-3 أندوليل ميثان الناتج من التحلل الأنزيمي لمركب الجليكوبراسيسين (الجليكوسينولات).

تأثير بعض العوامل الخارجية على تركيز المشابهات الكيميائية في العوائل النباتية.

1- التأثير الموسمي للنمو

يعتمد تنوع المحتوى النباتي من المواد النباتية الأولية والثانوية على موسم النمو، ويؤثر ذلك على تغذية الحشرات. هناك أنواع حشرية تعيش على أوراق نبات البلوط الحديثة في بداية الربيع لأنها في ذلك الوقت تكون غنية بالمواد الغذائية، لكن في موسم الصيف تزداد نسبة التأنين وتقل كمية

البروتين في الأوراق فتقل التغذية على النبات، وفي الغالب تزداد نسبة المواد النباتية الثانوية السامة أو المانعة للتغذية مع تقدم عمر الأوراق النباتية.

2- تأثير النهار والليل

تظهر المواد النباتية الثانوية تغيرات في تركيزها خلال الدورة اليومية ويرجع ذلك إلى التغيرات الحادثة في التمثيل الضوئي والنشاط التمثيلي للمواد النباتية.

3- **الشمس والظل**

انخفاض الضوء يؤثر سلباً على التمثيل الضوئي مما يقلل من إنتاج الكربوهيدرات ومع ذلك فإن نبات الخنشار المزروع في الأماكن غير المشمسة يحتوى على 50 % زيادة من مركبات الـ Cyanogenic بالمقارنة بنفس النبات المزروع في الأماكن المشمسة، في حين أن مادة الفلافونيد والتأنين تتكون بكميات كبيرة في الأماكن المشمسة عن الأماكن المظلمة.

4- **عوامل التربة**

خصوبة التربة لها دور في فسيولوجيا النبات وبالتالي على التركيب النباتي من البروتين ونواتج التمثيل النباتي الثانوي فالجليكوسينولات في نبات الكرنب المزروع في الصوب الزراعية يزيد تركيزها بنحو 10% عن تركيزها عند زراعة الكرنب في الحقول.

أ.د. جمال البرامونى

5- هجوم آكلات النبات

عندما تهاجم الآفة الحشرية النبات فإن ذلك ينبه النبات على إطلاق المشابهات الكيميائية للدفاع والحد من هجوم الحشرات.

6- المعادن

الكبريت المخصب يعمل على زيادة تركيز الجليكوسينولات في نباتات العائلة الصليبية المزروعة.

7- النيتروجين

يعمل النيتروجين على زيادة الأحماض الأمينية وبالتالي تركيز الجليكوسينولات.

8- الري

تحتوي نباتات العائلة الصليبية على تركيزات عالية من الجليكوسنيولات تحت ظروف الجفاف أو الري المتقطع عن ظروف الري المستمر.

9- الأشعة فوق البنفسجية

غالبا يزداد تركيز المشابهات الكيميائية في وجود الأشعة فوق البنفسجية.

اختيار العائل النباتي

يبدأ اختيار العائل النباتي بواسطة الحشرات آكلة النبات من خلال مرحلة التلامس، وهذه المرحلة تتكون من سلسلة من المراحل السلوكية لتقييم خواص النبات الفيزيائية والكيميائية ، حيث تبدأ الحشرة بالحركة من خلال القفز الطولي على ساق النبات ثم تتحرك في دوائر صغيرة على سطح النبات (الورقة) وخلال هذا السلوك يتم تقييم العائل فيزيقيا وكيميائيا

بواسطة أعضاء الحس ا موجودة على الرسغ للأقدام أو قرون الاستشعار أو الملامس الفميه لأجزاء الفم و أو آلة وضع البيض أو جميعهما معاً. بعد ذلك تقرر الحشرة الخطوة التالية وهي قضم قطعة من النبات وعندها تنطلق المركبات النباتية الثانوية وكذلك نواتج تكسيرها الأنزيمي فتقوم الحشرة بتقييمها بواسطة الحلمات الحسية الموجودة داخل تجويف الفم وذلك في الحشرات القارضة بينما الحشرات الماصة يتم التقييم من خلال أجزاء الفم التي تشبه المجس. هذه القضمة أو العصارة الممتصة تظل لفترة طويلة داخل التجويف قبل الفمي لحين إرسال إشارة عصبية إلى المخ لتقييم هذه المركبات ومدى قبولها وعدم تأثيرها على فسيولوجيا الحشرة، وإذا تم القبول تستمر الحشرة في التغذية أو وضع البيض ولكن إذا لم يستجب الجهاز العصبي المركزي لهذه المواد فإن الحشرة تمتنع عن التغذية أو وضع البيض.

العوامل البيئية التي تؤثر على سلوك الحشرات

يمكن من خلالها تغير سلوك الحشرات في اختيار العائل النباتي من خلال التأثير على التركيب الكيميائي للعائل النباتي.

يشمل تأثير العوامل البيئية على الحشرات آكلة النبات:

أولاً : الحالة الفسيولوجية للحشرة والتي تتضمن مستوى الهرمونات وإنتاج طاقة الطيران.

ثانياً : سلوك التكاثر وأماكن التزاوج.

ثالثاً : مقدرة هروب الحشرات آكلة النبات من مفترساتها.

أهم العوامل البيئية تأثيراً على اختيار العائل النباتي بواسطة الحشرات آكلة النبات

1- شكل الورقة في العوائل النباتية.

2- التداخل بين الحشرات الانفرادية.

3- النظام العوائلي المتعدد وكثافة النباتات.

4- تأثير المناخ على العائل النباتي.

5- بيئة العائل النباتي.

6- مصادر النبات من الرائحة وحبوب اللقاح.

7- المركبات الطيارة في النبات

8- كميات وضع البيض السابقة.

9- وجود أكلات نبات أخرى.

10- نشاط المفترسات المتخصصة.

فضلاً عن ذلك فإن نجاح التغذية بواسطة الأطوار غير الكاملة للحشرات المتأقلمة على نباتات العائلة الصليبية قد يتم تحويره من خلال :

1- دفاعات نباتية مورفولوجية مثل كثافة الشعيرات والشعيرات الغدية والشمع.

2- الظروف البيئية في بيئة التفضيل الحشري.

3- المنافسة بين الحشرات المتأقلمة على النبات.

أ.د. جمال الدراوي

السلوك الحشري والمشابهات الكيميائية

تعرف المواد النباتية الثانوية بالمشابهات الكيميائية ولها دور رئيسي في تحديد الإصابات الحشرية، الجليكوسينولات ومنتجاتها الأنزيمية تعتبر مشجعة للتغذية لآكلات نباتات العائلة الصليبية، وفي نفس الوقت تعتبر مانعة للتغذية لكل الحشرات غير المتخصصة، ولكن هناك حشرات عامة يمكنها التغذية عليها لتحملها تأثير تلك المركبات مثل الجراد الصحراوي ومن الخوخ الأخضر.

1- استجابة التغذية

يتم التفضيل العوائلي بواسطة الحشرات في وجود وفرة من العوائل النباتية من خلال السلوك الانعكاسي الناتج عن التوازن بين التأثير الجاذب والطارد للمشابهات الكيميائية في العائل النباتي، وعديد من الحشرات آكلة النبات والمتأقلمة تتحمل أو تستخدم هذه المركبات في إيجاد عوائلها حيث تعمل كمنبه توجيهي ضروري في عملية التفضيل العوائلي، ويتم اختبار هذه المركبات بوضعها على أقراص من ورق الترشيح.

أ- التأثير المانع للتغذية

تستخدم النباتات بعض المشابهات الكيميائية لمنع التغذية وحمايتها من هجوم الحشرات، ولكن يشذ عن ذلك بعض الأنواع المتخصصة والتي يمكنها التغلب على سمية هذه المركبات بل وتستخدمها كوسيلة من وسائل الدفاع عن نفسها والمثال على ذلك نطاط العشار الذي يتغذي على نبات العشار والغني بمادة الكاردينوليدات السامة جداً لأغلب أكلات النبات،

ومنها الحشرات غير المتخصصة. وتم التعرف على العوائل المانعة للتغذية من خلال تجارب السندوتش حيث يقدم قرص من أوراق النبات المانع بين قرصين من أوراق النبات العائل المشجع للتغذية للحشرة المختبرة فيلاحظ أن الحشرة وبعد أول قضمة تبتعد عن هذا السندوتش لوجود موانع للتغذية به، ويظهر ذلك بوضوح في حال الحشرات محدودة ووحيدة العائل، ولكن في الحشرات متعددة العوائل يمكنها بعد إحداث توازن بين المواد المانعة والمشجعة وتحت تأثير الجوع أن تتغذى على هذا العائل المانع للتغذية ويظهر ذلك بوضوح في الجراد الصحراوي . الامتناع عن التغذية يظهر في صورة انخفاض أو منع التغذية تماماً بعد فترة من التغذية وذلك لتقليل الضرر الواقع على النبات المهاجم من قبل آكلات النبات، ويظهر ذلك بوضوح في انخفاض معدل الغذاء المبتلع وابتعاد الحشرة عن النبات، وأيضاً ينعكس على نمو الحشرة وحيويتها وخصوبتها، ووجود المواد النباتية المانعة للتغذية في النبات قد يؤدى إلى جوع الحشرة المهاجمة والذي قد يؤدي إلى الموت، فمثلاً الجراد المصري غير المتخصص على نبات العشار عند إجبارة على التغذيه عليه فإنه يتغذى لفترة ثم يبتعد عنه ويظل هكذا حتى يموت.

وقد أظهر مستخلص نبات عنب الديب تأثيراً كبيراً في منع تغذية يرقات فراشة درنات البطاطس على الدرنات المعاملة عند المقارنة بمستخلص نبات اللانتانا كمارا، وربما يرجع ذلك إلى وجود مادة السولاندين التي تؤثر على سلوك التغذية، في حين يرجع التأثر المانع لتغذية حشرة المن

على عوائلها المعاملة بمستخلص النيم إلى مركب الأزاديراختين، وتصبح نواتج التحلل الأنزيمي للجليكوسينولات الخام في النبات أكثر تأثيراً كمانعات لتغذية الجراد، فعلى سبيل المثال مادة Allylisothiocynate يكون تأثيرها المانع للتغذية حوالي 100 ضعف بالمقارنة بمادتها الخام السنيجرين.

ويعتمد تنبيه التغذية أو منع التغذية على تركيز المشابهات الكيميائية، فعند اختيار إحدى مركبات الجليكوسينولات مثل الجليكوبراسيسين باستخدام تركيزات منخفضة كان تأثيرها مشجع للتغذية في حين عند زيادة التركيز تحولت إلى مادة مانعة للتغذية، وتمتلك مادة Indolyi Methane 3-3 وهي إحدى نواتج التحلل الأنزيمي لمادة الجليكوبراسيسين خاصية منع التغذية للجراد الصحراوي حتى مع التركيزات المنخفضة جداً والتي تصل إلى 0,4 ميكرومول لكل جرام جاف وذلك عند اختبارها على ورق ترشيح، وقد لوحظ أن الجراد يمتنع عن التغذية على نبات الشويا (من العائلة الصليبية) بعد أن يتذوقه لوجود نواتج التحلل الأنزيمي للجليكوسينولات، ويظهر سيانيد الهيدروجين في عديد من النباتات تأثيره المانع للتغذية مع بداية عملية التغذية بواسطة الحشرات، ويشكل وجود السيانيد في نبات الذرة الرفيعة خطاً دفاعياً ضد هجمات الحشرات وخاصة التابعة لعائلة الجراد والنطاط، وذلك في الهند وغرب أفريقيا.

توجد القلويدات في حوالي 20% من أنواع النباتات المزهرة، وتعتبر من أهم الدفاعات النباتية ضد مفصليات الأرجل وخاصة الحشرات، فالنبات

يخزن القلويدات في أنسجته وتظل خاملة في انتظار هجوم الحشرات آكلة النبات حيث تبتعد الحشرات عن النبات بعد أن تتذوق القلويدات الموجودة في أنسجته. عند اختبار تأثير Pyrroliozidine على كل من الصراصير والجراد وعديد من يرقات حرشفية الأجنحة وجد أنه يمنعها من التغذية بمجرد أن تتذوقه في الغذاء المقدم لها.

تأثير Qyinolizidin alkaloids الموجود في نبات الترمس لا يمنع تغذية الحشرات آكلة النبات فقط ولكن يثبط تكاثر الفيروس النباتي والبكتريا والفطريات المتطفلة وكذلك يثبط إنبات بذور الحشائش المجاورة له.

يمكن وضع المونوتيربين النباتي المانع لتغذية الحشرات تحت مسمي الألومونات (هي مركبات نافعة للنوع المرسل لها وضارة للنوع المستقبل لها)، والتيربينويد الموجود في عائلات نباتية عديدة مثل عائلة Lamiaceae يكون مثبط لتغذية العديد من يرقات حرشفية الأجنحة ، وربما يرجع تأثيره إلى تثبيط مستقبلات الاستجابة للتغذية مثل أعضاء تذوق السكر، وتبتعد دودة ورق القطن الصغرى في اختبارات التغذية عن البيئة الغذائية المحتوية على الكومارين ويظهر ذلك في تراجعها السريع بعد ابتلاعها لجزء من هذه البيئة وسلوكها في الحركة حيث وجد أن اليرقة ترفع صدرها، وتتحرك من جانب في حركة بحثية وترتبط استجابة منع التغذية في حشرات حرشفية الأجنحة بزيادة النشاط الحسي للمستقبلات الكيماوية.

أ.د. جمال البرادعي

ب- **التأثير المنبه للتغذية**

يعتمد سلوك استجابة النوع الحشري للمشابهات الكيميائية على تركيزها، وقد أظهر اختبار كل من السنيجرين والأيبيبروجواترين والجليكوبراسيسين بتركيزات قليلة على أقراص من ورق الترشيح تأثيراً مشجعاً لتغذية الجراد الصحراوي والجراد المهاجر، وتحتوي الأوراق المسنة لنباتات ذات الفلقتين على تركيز قليل من السنيجرين وهذا يشجع تغذية حشرات مثل *Phyllotreta* ، وتنبيه التغذية يتم من خلال الجليكوسينولات الطيارة ، فالسنيجرين والأيزوثيوسينات في نباتات العائلة الصليبية يكون مشجع لتغذية يرقات الحشرات المتخصصة على العائلة الصليبية، وتمتلك الجليكوسينولات الخام تأثيراً منشطاً لتغذية يرقات الحشرات المتخصصة على العائلة الصليبية.

يعتبر السيانيد بالنسبة للحشرات المتخصصة كالكيرومون والكيرومونات (هي مركبات ضارة للنوع المرسل ونافعة للنوع المستقبل لها)، فتنمو يرقات حرشفية الأجنحة بصورة أفضل عندما يكون سيانيد الهيدروجين في بيئتها الغذائية. وقد أظهرت العديد من الحشرات آكلة النبات انجذاباً لمركبات المونوتيربين الطيارة في عوائلها حيث تستخدمها كمنبهات غذائية، حيث يصبح المونوتيربين كالكيرومون بالنسبة للحشرات المتخصصة والمتأقلمة على النباتات المحتوية علية في حين يصبح مثل الألومونات بالنسبة للحشرات العامة غير المتخصصة وغير المتأقلمة، وتنجذب يرقات من حرشفية الأجنحة إلى نبات القطن كعائل نباتي اعتمادًا

على ما يحتويه من مواد غذائية وأساساً على ما يحتويه من التيربينويد والتانين، وتركيز هذه المركبات في الأجزاء الزهرية الخارجية (الورقة الزهرية والكأس والبتلات وقشرة اللوز) يكون أعلى من الأجزاء الداخلية (حبوب اللقاح والمبيض وقلب اللوزة)، وتنبيه التغذية في أبو دقيق كما في جنس *Euphydryas* يتم من خلال أيرودويد الجليكوسيد.

2- استهلاك الطعام وارتباطه بالنمو

تظهر الحشرات متعددة العوائل درجات متفاوتة في اختيارها للعائل التي تتغذى عليه، واختيار العائل النباتي يتوقف على حيوية هذه الحشرات ونموها الجيد على العائل النباتي، وتتأثر معدلات التغذية للحشرات تبعا للدور الفسيولوجي للمواد النباتية الثانوية في العائل النباتي، فعلى سبيل المثال كان معدل ابتلاع الغذاء ومعدل التحول الغذائي بالنسبة للغذاء المبتلع ومعدل التحول الغذائي بالنسبة للغذاء المهضوم يختلف عند تغذية النطاط على عوائل مختلفة مثل الشعير والقمح والشوفان، حيث كان معدل استهلاك النطاط للقمح والشوفان أقل وربما يعود ذلك إلى أن الشوفان يحتوي على الكينون الناتج من أكسدة حمض الفينول الذي يتفاعل مع البروتين لإنتاج مشتقات تقلل من مقدار معدلات التغذية. وتظهر المركبات النباتية الأولية مثل النيتروجين وكل من المحتوى المائي ومستويات العناصر الغذائية والمشابهات الكيميائية أهمية في تحديد نوعية العائل النباتي وارتباط ذلك بمقدار الاستفادة من الغذاء ونمو الأطوار غير الكاملة، فعلى سبيل المثال كان معدل استهلاك نطاط البرسيم على كل من الترمس والفول أعلى من

أوراق نبات البرسيم وارتبط ذلك بطول فترة نمو الحوريات وانخفاض كل معدلات التغذية، وربما يعود ذلك إلى وجود الكينوليزيدين وسيانيد الهيدروجين والأحماض غير الأمينية في كل من الترمس والفول والتي تؤثر على أنزيمات الهضم وتقلل من معدل الاستفادة من العائل النباتي في بناء الأنسجة الحشرية.

وعندما رشت أوراق نبات البرسيم بمادة النيتريل وجد أن معدلات التغذية انخفضت لنطاط البرسيم بالمقارنة بالبرسيم غير المعامل وقد ارتبط هذا بطول فترة النمو الحوري حيث كانت أطول على البرسيم المعامل في محاولة لتحقيق أقصى نمو في وجود مانعات التغذية، وهذا أدى إلى قلة الوزن المكتسب للحوريات، فربما يقوم النيتريل بالتأثير على أنزيمات تمثيل النيتروجين النباتي. كذلك وجد أن الجراد الصحراوي لا يستغل كل النيتروجين الموجود في نبات الشويا نتيجة تأثير جليكوسينولات النبات على معدل تمثيله.

المشابهات الكيميائية يمكن أن تؤثر سلبيا على أكلات النبات بثلاث طرق

1- انخفاض الغذاء المبتلع من خلال تثبيط سلوك التغذية.

2- انخفاض معدل الاستفادة الغذائية من الغذاء المبتلع.

3- تسمم الحشرة بالتدخل في عملياتها الفسيولوجية .

والشائع الحدوث أن المشابهات الكيميائية تؤثر من خلال التداخل بين الثلاث طرق، ويعتبر ذلك واحداً من أهم العوامل الرئيسية لمقاومة النبات لآكلات النبات ويظهر ذلك في انخفاض الوزن المكتسب للحشرات.

ووجـود المشـابهات الكيميائيـة يمنـع التغذيـة ويوقـف النمـو لـبعض الأنـواع الحشرية خاصة في الحشرات متعددة العوائل، فمثلاً يرقة دودة ورق القطن تنمـو بسـرعة علـى أوراق القطـن المحتويـة علـى تركيـز قليـل مـن مـادة gossypol لكن فـي وجـود التركيـز العـالي يتوقـف النمـو لانخفـاض تركيـز أنزيم الأميليز والبروتينيز في المعدة خلال يوم واحد. وجود tannic acid فـي العائل النبـاتي يخفض معدل الاسكوربيك أسيد فـي نسيج وسـائل المعدة لبعض أنواع النطاط.

وقد تؤدى إضافة مركبات نباتية ثانوية مثل السنيجرين إلى بيئـة تغذيـة الجـراد المهـاجر إلـى فقد الـوزن فـي الحوريـات المتغذيـة، كـذلك إضـافة المشـابهات الكيميائيـة إلـى بيئـة تغذيـة دودة ورق القطـن يقلل من معدل تغذيتها ونموهـا، كذلك إضافة أيرودويد الجليكوسيد إلـى بيئـة يرقـات الفراشـة النوريـه أدى إلـى نموهـا بـبطء وكـذلك يتـأثر نمـو يرقـات *Spodoptera Litura* بوجـود مانعـات التغذيـة مثل الأذاديراختين، علـى العكس من ذلك توجد مواد نباتيـة ثانوية تشجع التغذية والنمو فيرقات دودة ورق القطن الخضـراء يكون معدل هضمها عالياً عندما تتغذى علـى بيئـة محتويـة علـى Peta-Pinene، وكذلك معـدل نموهـا عنـدما تضـاف مـادة Stigmasterol للبيئـة المتغذيـة عليهـا، ويرقات فراشة *Junonia coenia* تنمو بسرعة علـى البيئـات التـي تحتوي علـى كميات كبيرة من ايرودويد الجليكوسيد، ويصبح معدل نمو يرقات حشـرة *Manduca Sexta* علـى نبـات الطمـاطم المـزروع فـي أمـاكن مشمسـة

والمحتوى على تركيز مرتفع من المشابهات الكيميائية المعروفة بالتوماتين مرتفع.

3- المشابهات الكيميائية وسلوك وضع البيض

أ- المشابهات الكيميائية كمنبه لوضع البيض

تلعب المواد النباتية الثانوية دوراً هاما في العلاقة بين النبات والحشرات آكلة النبات، حيث تعتمد الحشرات على عوائلها من خلال نوعية المواد النباتية الثانوية المتطايرة من سطح الأوراق، وليس اعتماداً على العائلات النباتية، فمثلاً Caffic acid و Quinic acid ينبه التغذية لدودة الحرير التوتية عند وضعهما على أوراق التوت في حين أن العائل النباتي لدودة الحرير التوتية هو أوراق نبات التوت المحتوى على مادة الفلافونيد والمشجعة للتغذية.

وتعتبر الإشارات المنبه من خلال الرؤية أو الرائحة أو التذوق هامة جداً في اختيار العائل النباتي، فإناث الحشرات الحرشفية لا تعتمد على الرائحة في اختيار عائلها النباتي لوضع البيض بينما تعتمد على تذوق المادة الكيماوية المذابة في الماء والموجودة في سطح الورقة فمثلاً تعتمد أنواع من جنس *Papilio* على الفلافونيد في اختيار العائل لوضع البيض، ويحتوي نبات الجزر على سبعة أنواع من الفلافونيد المنبه لوضع البيض.

ويبنى الأساس في اختيار العائل النباتي لوضع البيض بواسطة إناث الحشرات يبني على أساس ضمان تغذية الذرية الخارجة من البيض، وقبولها للمركبات الكيميائية المنتجة منه دون أن تعيقها عن النمو والتطور، فمثلاً

فراشة *Jumonia coenia* تفضل وضع البيض على نباتات تحتوي على مادة الأيرودويد جليكوسيد لضمان سرعة نمو ذريتها.

ب- المشابهات الكيميائية كمانع لوضع البيض

الامتناع عن وضع البيض بواسطة الحشرات لا يعتمد فقط على المواد النباتية الثانوية المنطلقة من النبات، بل أيضاً على الفيرمونات المنطلقة من بيض سبق وضعة مسبقا بواسطة إناث زارت النبات أولاً ووضعت عليه بيضها، وذلك بهدف منع وضع بيض جديد وحدوث تنافس بين الذرية على الطعام، فمثلاً وجد أن غسيل بيض نوعين من أبو دقيق الكرنب الأبيض يمنع وبقوة وضع البيض بواسطة إناث أخرى، وهذا يدل على وجود مواد مانعة لوضع البيض تغلف بها الإناث البيض الموضوع لمنع وضع بيض جديد بواسطة إناث أخري.

المشابهات الكيميائية ونسب الموت والتشوهات في الحشرات

تكون سمية المشابهات الكيميائية الدليل الملموس لوظيفتها الدفاعية وينشأ التأثير الدفاعي القوى من وجود أكثر من نوع من المشابهات الكيميائية داخل النبات، حيث تشكل باتخاذها خط دفاعي أقوى من وجود كل مركب منفرداً، وعدم ثبات التركيب الكيميائي للمشبهات الكيميائية مثل الجليكوسينولات يسمح للنباتات أن تدافع عن نفسها ضد الحشرات آكلة النباتات والمتأقلمة على الجليكوسينولات حيث تتحول إلى مركبات أكثر سميه. تزداد نسبة موت حوريات نطاط البرسيم بعد التغذية على نبات الترمس أو الفول,

وربما يرجع ذلك للتأثير السام للمشابهات الكيميائية بهما على حيوية الحوريات، وتسبب جليكوسينولات نبات الشويا سميه مزمنة للجراد الصحراوي، وتغذية حوريات نطاط البرسيم على أوراق نبات البرسيم المعاملة بالنتريل أدت إلى حدوث نسبة وفيات وصلت إلى 40 % .

وقد لوحظ أن نسبة موت يرقات بعوض الكيوليكس المربى في ماء مغطى بنبات عدس الماء منذ العمر اليرقي الثاني وحتى خروج الحشرة الكاملة كانت عالية، وربما يعود ذلك إلى ما يفرزه النبات من مواد ذات تأثير سام في ماء التربية، ويسبب الفلافونيد جليكوسيد الموت لعديد من الحشرات على نبات الذرة، ويكون لعديد من القلويدات تأثير سام للحشرات ويرجع تأثيرها المميت إلى تثبيط DNA .

يكون للمركبات العطرية في بذور نبات الفول تأثير سام على الحشرات الكاملة للخنافس، وأيضاً تمنع التكاثر. وتموت يرقات خنافس *Callosobruchus maculatus* وهي من آفات حبوب البقول المخزونة عندما يكون تركيز القلويدات 3. ,. % في الحبوب، ومن أشهر المونوتيربينودات السامة هو البيروثرويد والذي يحدث تأثيره على الجهاز العصبي المركزي مسبباً تهيجاً شديداً يعيقه توقف عن الحركة ومسبباً للشلل، والمونوتيربينويد في الأشجار الخشبية يظهر تأثيره السام على كل من البيض واليرقات والحشرات الكاملة لخنافس القلف. يملك الـ Gossypol في نبات القطن تأثير سام لعديد من الحشرات آكلة النبات حيث ينقص من حيويتها ونموها وخاصة الحشرات التي تصيب نبات القطن مثل

حشرة براعم نبات الدخان ودودة ورق القطن المصري، وترجع سميته إلى ارتباطه بالبروتين، ويعتبر الكومارين سام لبيض حشرة الدروسوفيلا، والكاردينولات سامة للأعمار اليرقة الأولى لحشرة أبو دقيق الكرنب .

وتغذية نطاط البرسيم على نبات الفول لفترة قصيرة يظهر تأثيرا ضارا على الحوريات ويظهر ذلك في صور مختلفة من التشوهات منها على سبيل المثال:

1- فشل الحوريات في التحول إلى حشرات كاملة.

2- ظهور أفراد متقزمة ومتغيرة اللون.

وكذلك وجد درجات مختلفة من التشوهات في حوريات نطاط البرسيم المتغذية على أوراق نبات البرسيم المعاملة بمركب النيتريل، ويملك النتريل تأثيراً ساماً على الجراد الصحراوي من خلال تأثيره على النشاط الأنزيمي والهرموني. وقد أظهرت الجرعات غير المميتة لمستخلص نبات عدس الماء على يرقات البعوض درجات مختلفة من التشوهات شملت اليرقات والعذارى والحشرات الكاملة. ولوحظ أن مستخلص نبات النيم يزيد من عدد أعمار حوريات *Dysdercus cingulatus*، ويثبط نمو العذارى ويؤدي إلى فشلها في التحول إلى حشرة كاملة، وكذلك يؤدي إلى فشل يرقات دودة ورق القطن في التعذير. يتسبب مستخلص أوراق فول الصويا الجافة في موت يرقات دودة الذرة مع فشلها في التعذير، ويفشل الجراد المهاجر في الانسلاخ عند وجود الأحماض غير الأمينية في الغذاء.

ميكانيكية تأقلم الحشرات مع المشابهات الكيميائية في عوائلها النباتية

تستطيع خنافس *Eillacha* التغذية على عديد من النباتات التي تحتوي على مادة Cucurbitacin في العائلة الفرعية باستخدام سلوك جديد للتأقلم يقلل من كمية Cucurbitacin في مكان تغذيتها خلال فترة التغذية حيث بمجرد إصابة القرع العسلي بالحشرات تزداد كمية Cucurbitacin في مكان الإصابة، وربما الزيادة تأتي من انتقالها من أجزاء النبات المختلفة إلى مكان تغذية الحشرة، فسلوك هذه الخنافس يكون عبارة عن قضم الورقة في صورة قطع دائري حول منطقة التغذية ويكون القطع في نسيج بشرة الورقة، وهذا السلوك يمنع تدفق هذه المادة إلى مكان التغذية من الأنسجة الآخرى. تظهر الحشرات المنشارية عددا من صفات الحشرات المتخصصة للنباتات التي تحتوي على تركيزات عالية من مركبات الدفاع "التربينويد" **وهي كالآتي** :

1- تظهر على الأقل مقاومة جزئية للمركبات الدفاعية خلال أطوار النمو المختلفة.

2- تجنب التغذية على الأنسجة المحتوية نسبياً على تركيزات عالية من مركبات الدفاع.

3 - استخدام مركبات الدفاع النباتية كعوامل حماية ضد الأعداء الحيوية.

المشابهات الكيماوية والسمية

تتعرض آكلات النبات لكميات كبيرة من الكيماويات السامة في طعامها مما يعرضها للمخاطر بعد تسممها ، ولكن أغلب الحشرات أكلة النباتات

تستطيع تحمل هذه المركبات السامة لامتلاكها لعديد من الميكانيكيات الفسيولوجية والتي بواسطتها تستطيع تجنب التأثير السام ومن هذه الميكانيكيات:

* الإفراز السريع للمركبات غير المرغوبة.

* تكسير المركبات بمجرد دخولها من خلال نظام إنزيمي عالي الكفاءة إلى مركبات أ قل سمية.

* تضاد أو عزل هذه المركبات قبل وصولها إلى مكان تأثيرها الفعال.

أي أن أكلات النبات تتميز بجهاز عالي الكفاءة في إزالة السمية النباتية لتتمكن من التغذية والبقاء.

الإفراز والتخزين

تم تسجيل الملاحظة الأولى لإفراز هذه الدفاعات في جسم الحشرة من خلال العالم فورد 1941، حيث وجد أن 10% من أنواع أبى دقيقات تحتوي على مادة الفلاقونيد في حراشيف أجنحتها والمسئولة عن تلوينها، ويشمل إفراز هذه المشابهات الكيميائية على مركبات تم تمثيلها داخل الحشرة ثم تخزينها في أنسجة خاصة وربما هذه الحشرات تفرز هذه المشابهات الكيميائية اختياريا في صور مختلفة عن الموجودة في عوائلها النباتية.

هناك زوج من الأسس الفسيولوجية للتعامل مع هذه المركبات:

الأول :إخراج هذه المركبات في صورة إفرازات دون تمثيلها في بعض الحشرات، فمثلاً ً الحشرات المتخصصة في التغذية على نباتات العائلة الصليبية تفرز مركبات الجليكوسينولات مباشرة دون تمثيلها.

الثاني : تمثيل هذه المركبات الدفاعية بواسطة الحشرات إلى مركبات أقل سميه، تمتصها ثم يتم إخراجها وعلى سبيل المثال : نواتج تمثيل مركبات الجليكوسينولات وجدت في فضلات الحشرات الكاملة للجراد الصحراوي بعد التغذية على نبات الشويا، في حين أن الحوريات تفرز الجليكوسينولات بكميات أكبر عن الحشرات الكاملة في فضلاتها وربما يعود ذلك إلى أن الحشرات الكاملة تكون أكثر قدرة على تمثيل هذه المركبات عن الحوريات.

أماكن تخزين المشابهات الكيميائية في جسم الحشرة

يتم تخزين المشابهات الكيميائية في أماكن مختلفة من جسم الحشرة اعتمادا على نوع الحشرة، فيتم إفراز الكاردينوليدات في الهيموليمف لحشرة *Cycina sp* عندما يكون تركيزه عالي بعد تغذية اليرقات على نبات *Asclepias* ويتم التخلص من هذه المركبات خلال عملية الانسلاخ اليرقي. يتم تمثيل أيروديد الجليكوسيد بواسطة يرقات أبو دقيق عندما تتغذي على نبات *Euphydryas* إلى كتابول يتم أفرازه وأيزوفانيليك يتم إخراجه، وتفرز اليرقات أيروديد الجليكوسيد في فضلاتها أثناء تغذيتها، وتفرز الحشرات المتخصصة هذه المشابهات الكيميائية لمنع تسممها الذاتي بها وفي حالات أخرى يتم عزلها في

بعض الغدد أو نقلها إلى جدار الجسم لتخزينها ، وتركز فراشات أبو دقيق الكاردينوليدات في أجنحتها والكيوتيكل.

الكاردينوليدات عالية القطبية أقل قدرة على الحركة في الهيموليمف، ولكنها سهلة التخزين، ولا تفرز حشرة *Oncopeltus fasciatus* الكاردينوليدات القطبية من بذور حشيشه أبو لبن، ولكن تخزينها في أماكن جانبية ظهرية. ويحتوي الهيموليمف في الحشرات العامة مثل حشرة *Vanessa cardui* على تركيز قليل من أيروديد الجليكوسيد بالمقارنة بالحشرات المتخصصة مثل *Junonia coenia* والتي يحتوي الهيموليمف فيها من 50 إلى 150 مرة ضعف.

التأقلم الفسيولوجي للمشابهات الكيميائية

1- الإفراز السريع

الإفراز السريع يعتبر واحداً من الوسائل المستخدمة لمنع السمية بعد التغذية على نباتات محتوية على مركبات كيماوية سامة وذلك من خلال منع هذه المركبات من المرور خلال جدار المعدة ووصولها إلى مكان تأثيرها. فيتم الإفراز السريع في الهيموليمف كما في حال الكاردينوليدات والتي يتم التخلص منها وقت الانسلاخ اليرقي كما في حال يرقات *Cycina* وذلك قبل تراكمها ووصولها إلى الجرعة ذات التأثير السام أو وصولها إلى مكان تأثيرها. ويتم الإفراز السريع أيضاً في أنابيب ملبيجى كما هو الحال في يرقة الدخان حيث تتخلص من 93% من النيكوتين المبتلع مع الغذاء قبل وصولة إلى الجهاز العصبي لليرقة بسرعة خلال ساعتين، أو يتم

الإفراز في أماكن مخصصة للتخزين على سبيل المثال يتم تخزين الكاردينوليدات الموجود في أوراق نبات العشار بواسطة نطاط العشار في أماكن جانبية ظهرية ليستخدمها في الدفاع ضد الطيور المهاجمة له.

وقد يتم الإفراز في الأجنحة أو الكيوتيكل كما في أبى دقيقات في حال التغذية على الفلافونيد. والهدف من الإفراز السريع هو منع التسمم الذاتي بهذه المركبات السامة.

2- إزالة السمية

تكسير المركبات النباتية الثانوية بمجرد دخولها للجسم من خلال نظام أنزيمي عالي الكفاءة إلى مركبات أكثر قطبية وأقل سمية يمكن للحشرات المتخصصة التخلص منها.

ويعتمد هذا النظام العالي الكفاءة على

1- تعتمد معظم الحشرات آكلة النبات على النشاط الأنزيمي المحطم للمشابهات الكيماوية في النبات المبتلع خلال عملية التغذية لإزالة السمية، وأهم الانزيمات المستخدمة من قبل الحشرات هو إنزيم Ploysubstrat mono oxygenases (Psmos) والمعروف سابقاً بـ Mixed functions oxydases (Mfos)، ويقوم إنزيم Psmos بتحويل المشابهات الكيميائية إلى مركبات أكثر قطبية يحدث لها تمثيل بواسطة إنزيمات ثانوية وينتج عنها مركبات منها مركب Cytochrom P450 والذي يختلف معدل نشاطه بين آأكلات النبات، فمثلاً نجد الحشرات

المتغذية على نباتات تحتوي على مادة المونوتيربين تحتوي على مستوى مرتفع من هذا المركب.

وعندما تبدأ الحشرة في التغذية على نبات يحتوي على مواد سامة جديدة وجد أن إنزيم Psmos يبدأ في الازدياد خلال دقائق فمثلاً يرقات من جنس *Peridorma* عندما تتغذى على بيئات خالية من مادة المونوتيربين يكون نشاط الإنزيم Pomos منخفضاً، ولكن عندما تتغذى على أوراق نبات النعناع المحتوي على هذه المادة يزداد نشاط هذا الإنزيم بمعدل 45 مرة ضعف وكذلك يزداد محتوى المعدة من مركب Cytochrom P450 .

وأيضاً تلعب الانزيمات المزيلة للسمية دوراً في إنتاج مركبات سهلة الآخراج.

2- إنزيم Glutathione-s-transferase والمسئول عن تكسير الجليكوسينولات والتخلص منها، فمثلا المفترس من جنس *Adalia* يستخدمه ليتخلص من الجليكوسينولات الموجودة في جسم فريسته من حشرات المن المتغذية على عصارة النباتات الصليبية والغنية بهذه المركبات.

4- يلعب غشاء حول البلعة الغذائية دورا هاما في إزالة السمية قبل وصولها إلى أماكن تأثيرها، ففي نطاط من مستقيمة الأجنحة يتغذى على نباتات غنية بالتأنينات Tannins، فيلعب هذا الغشاء دورا هاما في امتصاص هذه المادة والتخلص منها قبل وصولها إلى خلايا القناة الهضمية وحدوث تأثيرها السام.

المشابهات الكيميائية والمعيشة التكافلية

تعتمد مقدرة بعض الحشرات آكلات النبات على الاستفادة من الطعام النباتي على وجود بعض المعاشرات التكافلية، وإن كان دور الكائنات الدقيقة في المساعدة على هضم الطعام والاستفادة منه بواسطة الحشرات المحتوية عليها نادراً.

وكذلك تلعب بعض الخمائر البكتيرية أو الفطريات أو الحيوانات الأولية دوراً في هضم الطعام النباتي، وإنتاج بعض المواد الغذائية اللازمة للنمو والتي لا يقدمها النبات للحشرات، أو يقدمها في شكل كميات قليلة غير كافية للنمو.

تلعب أيضاً المعاشرات الدقيقة دوراً في المساعدة على تكسير المشابهات الكيميائية إلى مركبات أقل سمية للحشرة.

تأثير العائل النباتي على حساسية الحشرات للممرضات والسموم والمبيدات

قد يؤثر الطعام النباتي على حساسية الحشرات للممرضات مثل البكتريا، أو الفطريات، أو الفيروسات، أو النيماتودا.

نوع النبات وعمر الأوراق والمحتوى المائي للنبات تؤثر على تركيز المشابهات الكيميائية والتي بدورها تؤثر على الممرضات والسموم الناتجة منها، فيرقات الفراشة الغجرية تظهر اختلاف في حساسيتها لفيروس *Baculovirus* اعتماداً على نوعية الأوراق المقدمة لها خلال التجربة أو قبلها، وتزداد نسبة موت اليرقات المتغذية على الأوراق المعاملة بالفيروس

والمحتوية على نسبة قليلة من مادة التأنين، في حين أن زيادة نسبة مادة التأنين في الأوراق يقلل من نسبة الوفيات.

وقد تلعب المشابهات الكيميائية دوراً في حساسية الحشرات للمبيدات نسبة موت الجراد المهاجر *Melanoplus sanguinipes* المتغذي على نبات الشوفان والمعامل بجرعة من مادة Deltamethrin هي نفسها النسبة على نبات الشلجم ولكن مع زيادة الجرعة من نفس المادة ثلاث مرات.

تتأثر الحشرات سلبياً عندما يصاب عائلها النباتي ببعض الممرضات فمثلاً خنافس من عائلة Chrysomelidae المتخصصة على التغذية على نبات من جنس *Rumex* تزداد نسبة موتها بعد أن يقل نموها وتنقص خصوبتها إذا كان النبات مصاب بفطريات الصدأ، ويرجع ذلك إلى نقص النيتروجين النباتي مع زيادة الأوكسيلات في الأوراق المصابة.

المشابهات الكيميائية كوسائل دفاعية للحشرات

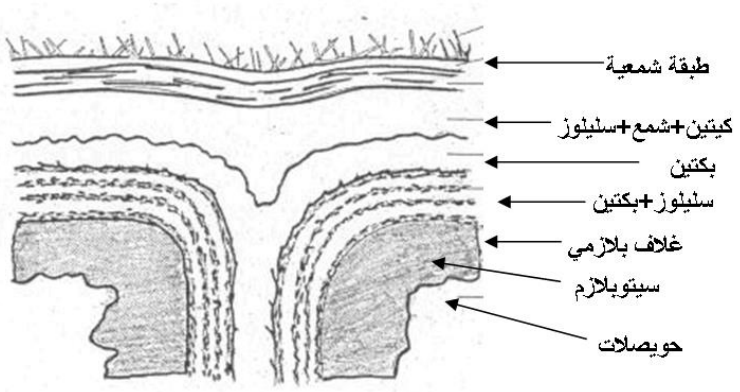
هل المشابهات الكيميائية تؤثر فقط على الحشرات المتغذية على عوائلها النباتية والمحتوية عليها، أم تؤثر أيضاً على الأعداء الحيوية لهذه الحشرات. فقد وجد أن المشابهات الكيميائية تؤثر على الأعداء الحيوية للحشرات سواء إيجابياً أو سلبياً. فقد تستخدم الأعداء الحيوية هذه المركبات في التعرف على عوائلها الحشرية، وهذا يلعب دوراً هاماً وايجابياً في انخفاض الإصابة بالآفات الحشرية. وقد تؤثر سلباً على الأعداء الحيوية، فمثلاً نجد أن حشرة أبو العيد المفترسة لحشرة من الخوخ الأخضر المتغذي بدوره على عصارة نبات غني بالجليكوسينولات، يؤثر ذلك على أبو العيد

من حيث انخفاض معدل إنتاج البيض ومعدل الخصوبة ، وكذلك يمكن أن تستخدم الحشرات هذه المواد في الدفاع عن نفسها من الأعداء الحيوية فمثلاً يرقات أبو دقيق تتغذى على نباتات غنية بمادة الفلافونيد لحمايتها من الطيور المفترسة وكذلك تتغذى يرقات الدخان على نباتات تحتوي على مادة Gossypol المثبطة لنمو طفيل*Campoletis somorensuis* عندما يتطفل عليها.

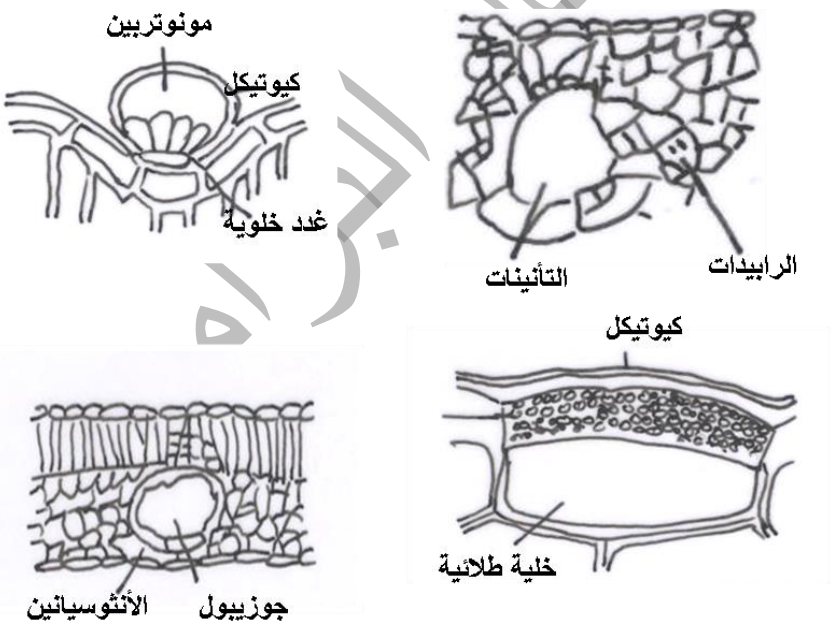
المشابهات الكيميائية وإنتاج الفيرومونات الحشرية

تستخدم بعض الحشرات المواد النباتية الثانوية في إنتاج فيرومونات حشرية فمثلاً خنافس القلف المتغذية على الأشجار المحتوية على مادة المونوتربين والتي تستخدمها بعد أكسدتها في إنتاج فيرومون التجمع. ويتم أيضاً تخليق فيرومون التزاوج في حشرة *Utehesia ornatrix* من مادة Pyrolizidine alkaloids والمتحصل عليها من العائل النباتي وكذلك الفيرومون التحذيري في حشرة المن من مادة الجليكوسينولات المتحصل عليها من التغذية على نبات الخردل.

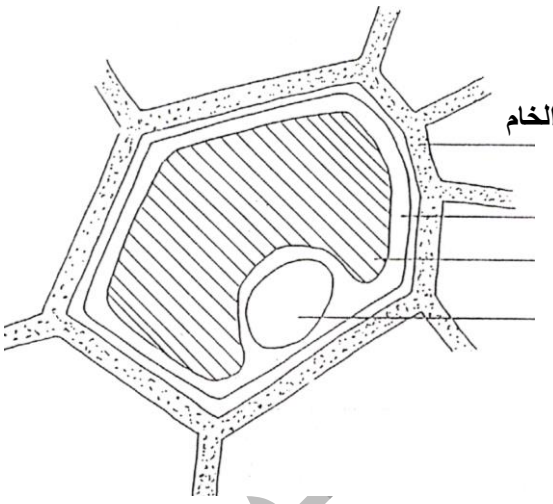
أ.د. جمال البرامونى



شكل (79): يوضح قطاع عرضي في كيوتيكل النبات.



شكل (80): يوضح أماكن تخزين المشابهات الكيميائية في أنسجة النبات.



شكل (81): يوضح مكان كل من المركب الخام والانزيمات المحطمة له داخل النسيج النباتي.

بزامودي

أ.د. جمال البرامونى

المراجع

1- أساسيات علم الحشرات (1992). كلية الزراعة-جامعة القاهرة، أ.د. محمد عيد وأ. د. كمال توفيق

2- علم الحشرات العام (1972). دار المعارف القاهرة، أ.د.محمد فؤاد توفيق.

3- الحشرات التركيب والوظيفة (الجزء الأول والثاني (1988). الدار العربية للنشر والتوزيع، ر.ف.اشابمان ترجمة: أحمد لطفي عبد السلام وآخرون.

4- مقدمة في بيولوجية الحشرات وتنوعها (1983). دار ماكجروهيل للنشر، هاول ديلي وأخرون- ترجمة: أحمد لطفي عبد السلام وآخرون.

5- فسيولوجيا الحشرات (1990): مكتبة النهضة المصرية، أ.د. خليفة عبد الفتاح.

6- دراسات هستولوجية وكيميائية للفيرمون الجنسي واستعمالاته الحقلية في بعض الحشرات.(1999). قسم الحشرات، كلية الزراعة، جامعة القاهرة: إيمان عبد الوهاب طه.

1-Insects: An illustrated survey of the most successful animals on earth. Hamlyn، London،1979.

2-The insects: Structure and function by Chapman، R.F. (1998). Amazon.com

أ.د. جمال البرادعي

3- Introduction to the study of insects by Norman، F. ; Boror،A (2004). Brooks/Cole Pub.Co.

4- How to know the insects by Roger، B. and Jaques، H. (1978). Publisher William C. Brown Pub.

5- Insect Physiology by Wigglesworth V.B (1973) .Book، Eighth Edition Chapman and Hall Press، London.

6- Insect suppression with controlled release pheromone systems by Agris، F. K ; Morton، B. and Gunter، Z. (1982).. Book، CRC Press، Inc. Boca Raton، Florida Volume 1، 1-167.

7- Host-plant selection by phytophagous insects by Bernays E.A. and Chapman R.F. (1994).. Book، Chapman & Hall، New York، 283pp.

8- Insect-plant biology، from physiology to evolution by Schoonhoven، L.M.: Jermy، T. and Van Loon، J.J.A. (1998) . Book، Chapman & Hall، New York، 409 pp.

9- Insect structure and function by Machean، D.G. (2006)، Biological draming. Insects: Spiracle، biology teaching resources. http://www. biology-resource. Com.

10- Insect physiology، Circulatory system by John R. Meyer، Dept. of Entomology NC state University.

11- Insect internal structure، Digestive system by www. Fabricstructures.com.au.

12- Insect internal structure، Nervous system by www. Insectidentification.net.

13- External anatomy، the exoskeleton، general entomology by John R. Meyer، Dept. of Entomology NC state University.

14- Ecdysis by Miho Hatoril (2006)، http://www.answers.com/ecdysis.

15- Cuticle and moulting، Entomology، Internal anatomy and physiology-cuticle. http:// bugs.bio.usyd.edu.au.

16- Steps involved in moulting and hormonal control of moulting. . http:// bugs.bio.usyd.edu.au..

17- Alotaibi، S. and Elsayed، G. (2007): Recent Knowledge about the relation between allelochemicals in plant and the insect pest. World J. Zoology 2(1): 1-8 .

18- Elsayed، G.، 1989. Effect of duck weed، *Lemna minor* synomones on the *Culex pipiens pipiens* and other insects. M.S. Thesis، university of Cairo.

19- Elsayed، G. (2007): Plant Secondary Substances and Insects Behavior. Entomological Problems، 37 (1-2)00-00.

20- Ford، E.B. (1941)x: Flavonoid pigments. in، Herbivores their interactions with secondary plant rnetabo1ites’ (Rosenthal، C. and Berenbaum، M.، eds.)،pp: 309-426، vol. I. Academic press. New York.

21-http://www.agricomseeds.net/por/plagas.php
22- http://home.tiscali.be/entomart.ins/tablevisuordres.html

أ.د جمال البرامونى

ثانياً: المصطلحات	
Class: Insecta (Hexapoda)	صف الحشرات
Phylum:Arthropoda	قبيلة مفصليات الأرجل
Internal Structure	التركيب الداخلي
The Body Regions	مناطق الجسم
Metamorphosis	التشكل
Moulting	الانسلاخ
Postembryonic Development	النمو بعد الجنيني
Types of Metamorphosis	نماذج التشكل
A metabola	حشرات عديمة التشكل
Metabola	حشرات ذات تشكل
Hemimetabola	حشرات ذات تشكل غير كامل
Direct Metamorphsis	التشكل المباشر
Paurometabola	حشرات ذات تشكل تدريجي متجانس
Heterometabola	حشرات ذات التشكل المتباين
Holometabola	حشرات ذات التشكل الكامل
Integument	جدار الجسم
Sclerites	الصفائح
Sutures or Articular membrane	الأدراز
Cuticular appendages and processes	الزوائد والنموات الجليدية
Setae or Macrotrichia	الشعيرات المتحركة
Spurs	المهاميز المتحركة
Scales	الحراشيف
Glandular setae	شعيرات غديه
Bristles	الأشواك
Sensory setae	شعيرات حسية
Trichogen	الخلية المولدة للشعرة

أ.د. جمال البرامونى

Tormogen	الخلية المفرزة لغشاء الشعرة
Microtrichia	الأشواك الثابتة
Spines	والشعيرات الثابتة
Endoskeleton	الهيكل الداخلي
Epicuticle	الكيوتيكل السطحي
Procuticle	الكيوتيكل الأولي
Pore- canals	قنوات مسامية
Cytoplasmic filaments.	خيوط سيتوبلازمية
Sclerotization	التصلب
Exocuticle	الكيوتيكل الخارجي
Endocuticle	الكيوتيكل الداخلي
Epiderms	البشرة الداخلية
Moulting fluid	سائل الانسلاخ
Ecdysis	الانسلاخ
Post embryonic development	النمو بعد الجنيني
Stage	طور حشري
Juvenile hormone	هرمون الحداثة
Moulting hormone (Ecdysteriods)	هرمون الانسلاخ
Prothoracic gland	غدة الصدر الأولى
Ecdysiotropin	هرمون المخ
Muscular system	الجهاز العضلي
Fibers	ألياف عضلية
Sarcolemma	غلاف عضلي
Nucleated Matrix	قالبا عديد النوايا
Myofibrils	اللويفات العضلية
Sarcoplasma	البلازما العضلية
Isotropic	المنطقة الفاتحة
Asotropic	المنطقة الداكنة
Sarcommer	العقلة العضلية

أ.د. جمال البرادعي

Functional fraction unite	وحدة الانقباض الوظيفي
Musculature	الترتيب العضلي
Visceral muscles	عضلات حشوية
Segmental muscles	عضلات الحلقات
Longitudinal tergal muscles	العضلات الطولية الترجية
Longitudinal sternal muscles	العضلات الطولية الإسترنية
Oblique or Perpendicular tergosternal muscles	عضلات عمودية أو مائلة
Appendages muscles	عضلات الزوائد
Respiratory system	الجهاز التنفسي
Spiracles	الثغور التنفسية
Tracheae	القصبة الهوائية
Tracheoles	القصيبات الهوائية
Atrium	صفيحة حول الثغر
Peritreme	غرفة الثغر
Closing apparatus	جهاز غلق الثغر
Holopneustic system	جهاز تنفسي كامل
Hypopneustic system	جهاز تنفس مختزل
Opened system	جهاز تنفسي مفتوح
Hemipneustic system	جهاز تنفسي ناقص
Peripneustic type	جهاز تنفسي ناقص جانبي
Amphipneustic type	جهاز تنفسي ناقص طرفي
Metapneustic type	جهاز تنفسي ناقص خلفي
Closed or Apneustic system	جهاز تنفسي مغلق
Dermatopneustic system	جهاز تنفسي جلدي
Branchiopneustic system	الجهاز التنفسي الخيشومي
Taenidium	حلزونات القصبات الهوائية
Tracheal trunk	الجذع القصبي
Spiracular tracheae	قصبة ثغرية
Tracheation	التشعب القصبي

أ. جمال البرادعي

Tracheole liquor	سائل قصبي
Air sacs	الأكياس الهوائية
Ventilation	تهوية
Respiratory movements	حركة التنفس
Expiration	عملية الزفير
Inspiration	عملية الشهيق
Cuticular Respiration	التنفس الجليدي
Gills Respiration	الخياشيم التنفسية
Breathing tubes	أنابيب التنفس
Air bubbles	فقاعات الهواء
Plastrons	الوسادة الغازية
Diving beetles	الخنافس الغاطسة
Anal Vesicle	الكرة الزنبية
Digestive system	الجهاز الهضمي
Alimentary canal	قناة غذائية
Fore-gut or Stomodaeum	القناة الهضمية الأمامية
Hind-gut or proctodaeum	القناة الهضمية الخلفية
Mid- gut (Mesenteron)	المعي الوسطى
Gastric caeca	الأكياس الأعورية
Salivarium	القناة اللعابية
Peritoneal membrane	الغشاء البريتوني
Connective tissues	نسيج ضام
Buccal cavity	تجويف الفم
Cibarium	تجويف الحلق الداخلي
Salivary pump	مضخة اللعاب
Pharynx	البلعوم
Oesophagous	المريء
Crop	الحوصلة
Proveniriculus (Gizzard)	القونصة
Gastric mill	الطاحونة الغذائية

أ.د. جمال إبراهيم

Honey stopper	سدابة العسل
Goblet or Calyciform cells	الخلايا الكأسية
Regenerative cells	الخلايا المجددة
Peritrophic membrane	غشاء حول البلعة الغذائية
Filter chamber	الغرف المرشحة
Meconium	البراز المتجمع
Ileum	اللفائفي
Coecum	المصران الأعور
Rectal pads	أخفاف المستقيم
Excretory system	الجهاز الآخراجي
Fat body	الجسم الدهني
Wax gland	غدة الشمع
Silk gland	غدة الحرير
Poison gland	غدة السم
Malpighian tubes	أنابيب ملبيجى
Circulatory system	الجهاز الدوري
Dorsal vessel	الوعاء الظهري
◌ٍ◌ٍAlary muscles	العضلات الجناحية
Dorsal diaphragms	الحجاب الحاجز الظهري
Ventral diaphragms	الحجاب الحاجز البطنى
Pericardial sinus	تجويف حول القلب
Perivisceral sinus	التجويف الحشوي
Perineural sinus	التجويف حول العصبي
Accessory pulsating	أعضاء النبض المساعدة
Haemocytes	خلايا الدم
Phagocyte cells	خلايا الدم الإبتلاعية
Prohaemocytes	خلايا الدم الأولية
Granular haemocytes	خلايا الدم المحببة
Plasmocytes	خلايا الدم البلازمية
Phagocytosis	ظاهرة الابتلاع

أ.جمال البرعصي

Nephrocytes	خلية بولية
Reproductive system	الجهاز التناسلي
Dimorphism	ازدواج الشكل
Polymorphism	تعدد الشكل
Gynandromorphism	أفراد جانبية الجنس
Intersexes	أفراد بينية الجنس
Hermaphroditism	التخنث
Follicles	أنابيب الخصية
Vas deferens	وعاء ناقل
Vas efferens	وعاء صادر
Spermatogonia	خلايا مذكرة أولية
Somatic cells	خلايا جسمية
Apical cells	الخلايا القمية
Spermatocytes	حويصلات منوية
Spermatocyst	حوصلة منوية
Spermatids	طلائع الخلايا المذكرة
Spermatoids	خلايا مذكرة كروية
Spermatozoa	حيوانات منوية
Vesicula seminalis	الحوصلة المنوية
Ajaculatory duct	قناة قاذفة
False Testes	الخصية الكاذبة
Penis	ا لقضيب
Accessory glands	الغدد المساعدة
Spermatophore	المستودعات المنوية
Ovary	المبيض
Ovarioles	أنابيب المبيض
Oviduct	قناة المبيض
Oogonium	الخلايا الجنسية الأمية
Trophocytes	الخلايا المغذية
Oocyte	بيضة نامية

أ.د. جمال البرموني

Follicle	حوصلة البيض
Pedicel	ساق فرع المبيض
Paniostic type	مبيض عديم الخلايا المغذية
Meriostic type	مبيض ذو الخلايا المغذية
Telotrophic type	مبيض ذو خلايا مغذية طرفية
type Polytrophic	مبيض ذو خلايا مغذية متعددة الطبقات
Uterus	الرحم
Spermatheca	القابلة المنوية
Bursa copulatrix	كيس التلقيح
Brood-Sac	كيس الحضنة
Oviparity	التكاثر بوضع البيض
Ovoviviparity	التكاثر بولادة أحياء
Viviparity	بالتكاثر بالولادة
Parthenogenesis	التكاثر البكري
Sporadic parthenogenesis	تكاثر بكري مؤقت
Constant parthenogenesis	تكاثر بكري دائم
Cyclic parthenogenesis	تكاثر بكرى دوري
Alternation of generation	تبادل الأجيال
Polyembryonic	تعدد الأجنة
Neoteny and Paedogensis	تكاثر الأطوار غير الكاملة (شكلاً وتركيباً)
Seasonal cycles	الدورات الموسمية
Repetitious generation	دورة موسمية ذات أجيال متكررة
generation Alternated	دورة موسمية ذات أجيال متبادلة
Nervous System	الجهاز العصبي
Sensory neurons	خلية عصبية حسية
Motor neurons	خلية عصبية محركة

أ.د. جمال الدوري

Associated neurons	خلية عصبية مجمعة
Ganglia	العقدة العصبية
Neural lamella	صفيحة عصبية
Neuropile	النخاع العصبي
Synapses	التشابكات العصبية
Conductivity	النقل العصبي
Central nervous system	جهاز عصبي مركزي
Visceral nervous system	جهاز عصبي حشوي
Peripheral sensory nervous system	جهاز عصبي حسي محيطي
Ganglionic centers	مراكز عصبية
Supraoesophageal ganglion	عقدة فوق المرئي
Protocerebrum	المخ الأول
Duetocerebrum	المخ الثاني
Tritocerebrum	المخ الثالث
Suboesophageal ganglion	عقدة تحت المرئي
Ventral nerve cord	الحبل العصبي البطني
Thoracic abdominal ganglion	العقدة العصبية الصدرية البطنية
Caudal sympathetic system	جهاز عصبي سمبثاوي خلفي
ventral sympathetic system	جهاز عصبي سمبثاوي بطني
Oesophageal sympathetic system	جهاز عصبي سمبثاوي مرئي
Recurrent nerve	العصب الراجع
Peripheral sensory nervous system	الجهاز العصبي الحسي المحيطي
Sensory organs	أعضاء الحس

أ.د. جمال البرامودي

Sense receptors	المستقبلات الحسية
Mechanoreceptors	مستقبلات ميكانيكية
Proprioceptors	أعضاء حس بالملامسة
Chordotonal	أعضاء حس وترية
Sensillate trichoid	الشعيرات المتحركة
Scolopate	قضيب حساس
Tactile sensory	أعضاء حس لمسبة
Companiform sensillae	أعضاء الحس القبوية
Chordotonal sensillae	أعضاء الحس الوترية
Preprioceptive organs	مستقبلات التباين
Audiotory organs	أعضاء السمع
Audiotory sensillum	الشعيرات السمعية
Heat and humidity receptors	مستقبلات الحرارة والرطوبة
Chemoreceptors	مستقبلات كيماوية
Olfaction	الشم
Tasting	التذوق
Light receptors	مستقبلات الضوء
Dorsal ocelli	العيون البسيطة الظهرية
Lens	العدسة
Lateral ocelli	العيون البسيطة الجانبية
Compound eyes	العيون المركبة
Facets	العديسات المستقلة
Ommatidia	الوحدات العينية
Apposition eyes	العيون المتقابلة
Superposition eyes	العيون المركبة
Prothoracic gland	غدة الصدر الأمامي
Brain hormone	هرمون المخ
Circadian daily clock	الدورة اليومية
Ecdysone	هرمون الانسلاخ

أ.د. جمال البرامودي

Juvenile hormone	هرمون الحداثة
Eclosion hormone	هرمون الخروج
Bursicn	هرمون الدباغة
Chemical communication	الاتصال الكيماوي
Releaser pheromones	فرمونات مطلقة
Primer pheromones	فيرمونات الأعداد
Endocrine glands	غدد إفراز داخلية
Exocrine glands	غدد إفراز خارجية
Pegs	أوتاد حسية
Plates	أطباق حسية
Pits	نقر حسية
Sexual stimulation	التنشيط الجنسي
Assembly and Aggregation	الاجتماع والتجمع
Alarm and Alert	التحذير والتنبيه
Defense	الدفاع
Dispersal	الانتشار
Agitation	الهياج
Aggregation	التجمع
Recruitment	الاستدعاء
Queen trail pheromone	فيرمون أثر الملكة
Trail Follow-up	اقتفاء الأثر
Fat body	الجسم الدهني
Trophocytes	الخلايا المغذية
Urate cells	الخلايا البولية
Tracheal cells	الخلايا القصبية
Luminescence	الإضاءة
Respiratory metabolism	التمثيل التنفسي
Anaerobic respiration	التنفس اللاهوائي
Intermediate metabolism	التمثيل الأيضي الوسطي

أ.د جمال البرامونى

Protein synthesis	تخليق البروتين
Catabolism	التمثيل الهدمي
Allelochemicals	المشابهات الكيميائية
Plant secondary substances	المواد النباتية الثانوية
Feeding response	استجابة التغذية
Antifeedant	منع التغذية
Feeding stimulant	تنبيه التغذية
Food consumption	استهلاك الغذاء
Malformations	التشوهات
Host plants	عوائل نباتية
Toxicity	السمية
Sequestration and storage	الإفراز والتخزين
Rapidly sequestration	الإفراز السريع
Detoxification	إزالة السمية
Symbiotic microbes	المعيشة التكافلية

أ.د. جمال البرامونى

أ.د. جمال البرامونى