وخصوصا وأن هذه الحشرات تتغذى على غذاء قليل المحتوى المائي .

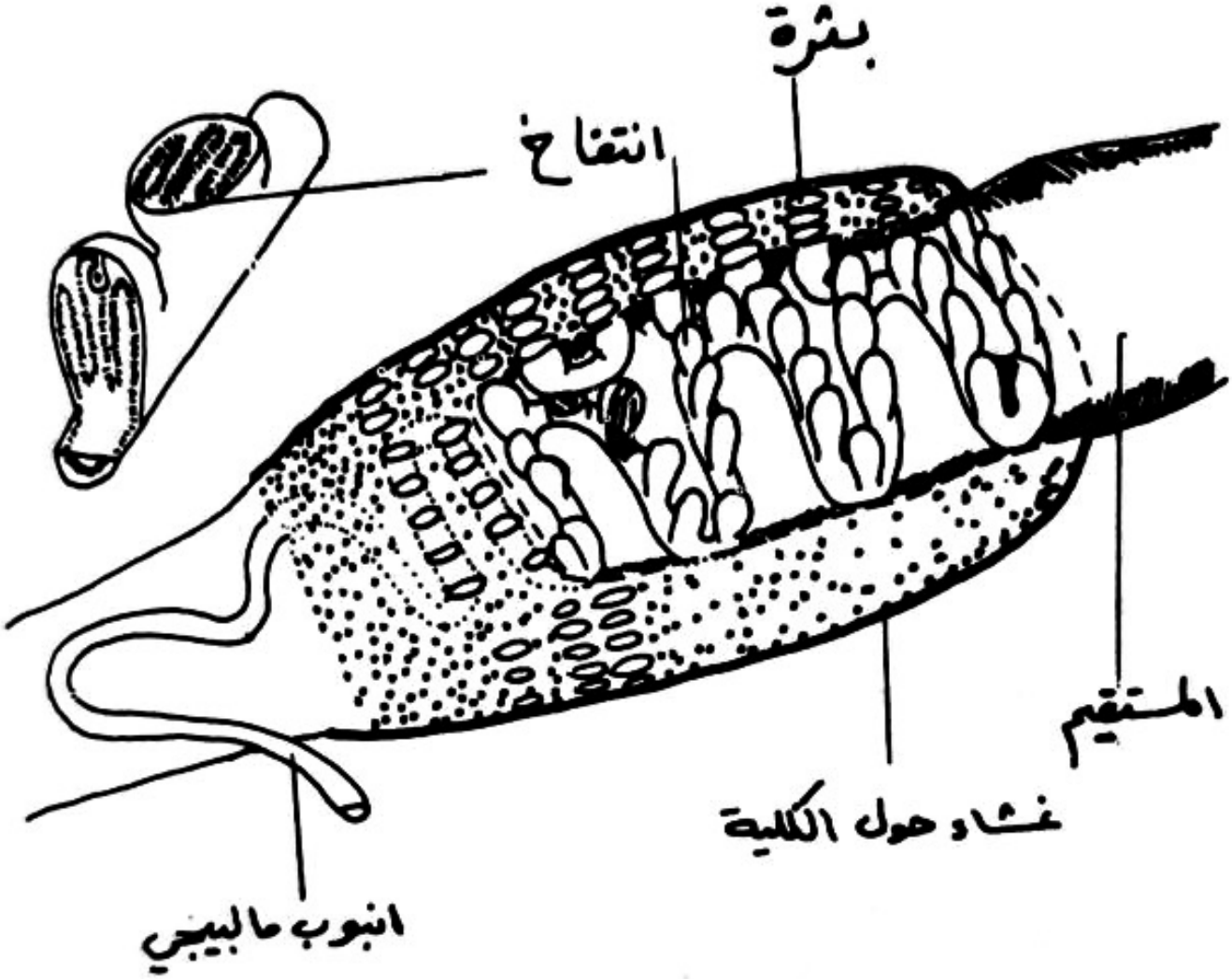
يتركب هذا الترتيب من ألتحام الطرف البعيد من أنابيب مالبيجي مع جدار المستقيم ألتحاماً محكما من الخارج (شكل 23-24) تاركا فراغات في بعض المناطق تسمى الفراغات حول المستقيم Perirectal spaces ويلتف الطرف البعيد من الانبوب التفافا متعرجا على المستقم وتتكون على الانبوب وبمسافات منتظمة أنتفاخات تتجه للخارج (أي للاعلى) تسمى Boursouflures قد يبلغ عددها (400) في كل طرف بعيد من الانبوب وتكون قمة هذا الانتفاخ غشائية رقيقة ناتجة من أمتداد خلية مالبيجية متحورة تسمى Leptophragma cell ولهذا الامتداد زغيبات متجهة نحو تجويف أنبوب مالبيجي . وتغلق تراكيب هذا الترتيب بغشاء سميك وغير نفاذ يسمى الغشاء حول الكلية Perinephric membrane ويتركب من عدة طبقات تصل الى 40 طبقة من خلايا مسطحة يبلغ سمك الطبقة الواحدة أكثر من 100 أنكستروم غير أن هذا الغلاف ينعدم مباشرة فوق قمم الانتفاخات ويمتد فوقها بدلا منه غشاء قاعدي مزدوج يتحدب ليشكل بثرات Blisters. أن ماذكر أعلاه هو تركيب الترتيب الكلوي المستور في رتبة غمدية الاجنحة ، أما في يرقات حرشفية الاجنحة فانه يختلف من ناحية موقع العضلات الطولية والدائرية للمستقيم التي تقع فوق perinephric membrane وليس بين المستقيم والطرف البعيد من أنابيب مالبيجي ، وأن أنابيب مالبيجي تنطوي فوق المستقيم في عدة طبقات وليس طبقة واحدة .

ب ـ الامعاء Intestine

تقع الامعاء بين المعدة والمستقيم وفي العديد من الحشرات تفتح انابيب مالبيجي في مقدمة الامعاء وفي حشرات اخرى كبقة Rhodnius تفتح انابيب مالبيجي في المستقيم مباشرة . تبطن الامعاء بغشاء سميك من الكيوتكل ويتألف جدارها من طبقة خلايا طلائية مكعبة وتحاط بعضلات دائرية وطويلة .

جـ ـ المستقيم Rectum

وهو تركيب كيسي يلي الامعاء ويتألف في بعض الحشرات من



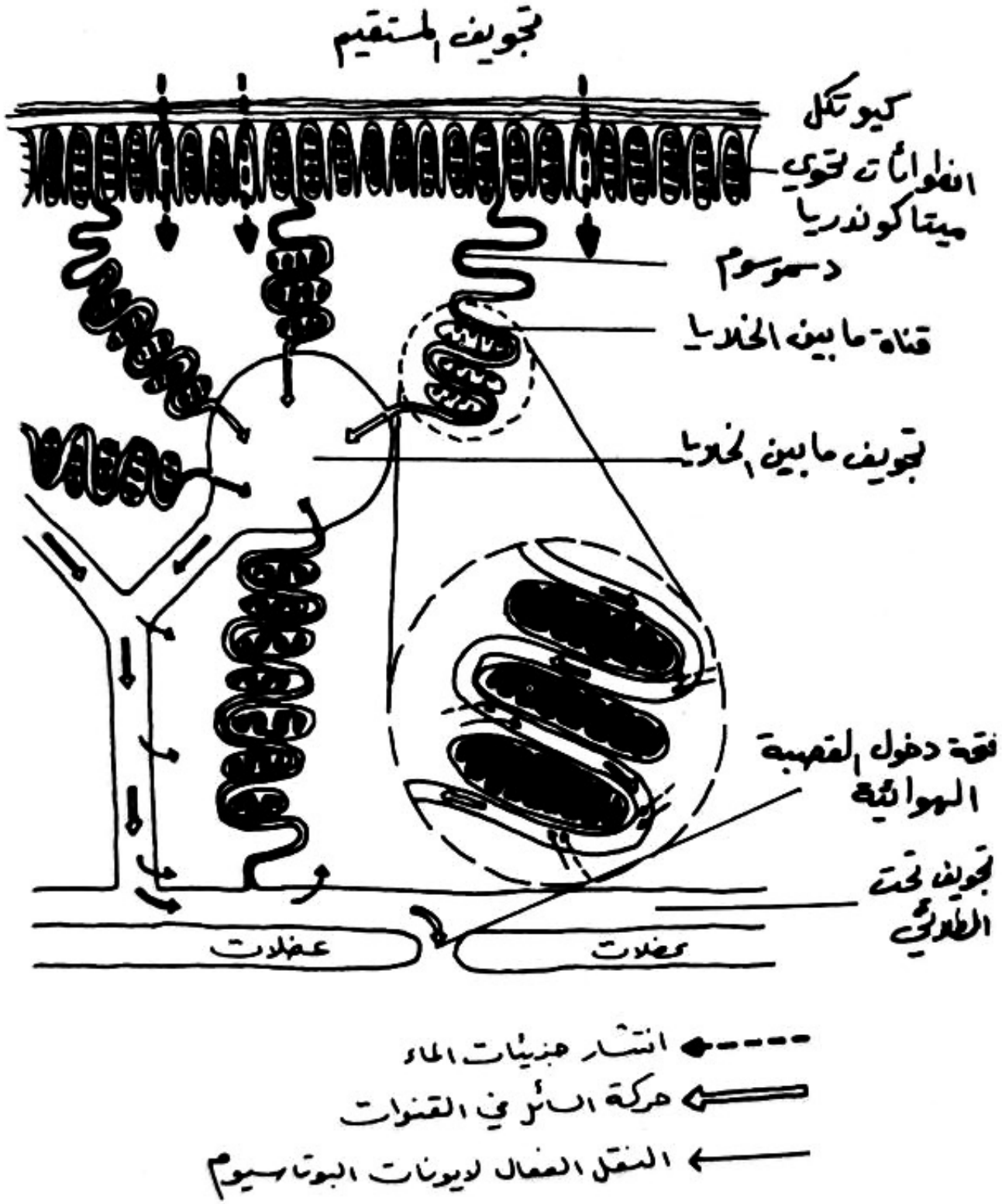
شكل (٢٣) : الترتيب الكلوي المستور في خنفساء الجريش Tenebrio molitor (عن Stobbart و Shaw، في Rockstein 1974).

شكل (٢٤) : مقطع عرضي للترتيب الكلوي المستور في يرقة خنفساء الجريش Tenebrio. (عن Maddrell 1971).

طبقة واحدة من الخلايا الطلائية العمودية كما في رتبة الصراصر ورتبة مستقيمة الاجنحة (Orthoptera) او من طبقيتن كما في رتبة حرشفية الاجنحة (Lepidoptera) ورتبة ثنائية الاجنحة (Diptera).

تنتظم هذه الخلايا بشكل وسائد (Pads) (او تسمى حليمات Papillae) عددها ستة تحيط بتجويف المستقيم. يبطن المستقيم من الداخل بغشاء سميك من الكيوتكل يستمر حتى في المناطق التي بين الوسائد وهذا الغشاء يقوم بدورين مهمين الاول حماية الخلايا الطلائية من الاحتكاك مع المواد الموجودة في تجويف المستقيم والثاني نفاذيته المتخصصة لمواد معينة دون الاخرى حيث تتمكن الجزيئات الصغيرة التي يقل قطرها عن 5-6 انكستروم وايونات العناصر والماء فقط من النفاذ بسهولة. فقد وجد ان سكر العنب (Glucose) الذي قطر جزيئاته 4.2 انكستروم ينفذ بسهولة خلال هذا الغشاء بينما يبلغ معامل النفاذية لسكر (Trehalose) الذي قطر جزيئاته 5.2 انكستروم اقل بثلاثين مرة عنه في سكر العنب. ان لهذه النفاذية المتخصصة اهمية بالغة في عملية الاخراج التي سيأتي ذكرها. يحاط المستقيم من الخارج بعضلات دائرية مستمرة تتخللها ستة حزم من عضلات طولية وتخترق العضلات الدائرية قصبات وقصيبات هوائية ويشير Maddrell 1971 ان فحص المستقيم بالمجهر الالكتروني قد اوضح تراكيب دقيقة مكنت من تفسير دور المستقيم في الاخراج. ففي الصرصر الامريكي (شكل 25) حيث توجد طبقة واحدة من الخلايا الطلائية يكون الغشاء العلوى للخلية (اي المواجه لغشاء الكيوتكل) كثير الانطوائات بحيث تزداد مساحته السطحية 20-25 مرة وتوجد بين الانطوائات العديد من الميتاكوندريا

اما الغشاء الجانبي للخلية فتكون انطوائاته اقل ويحوى ايضا على ميتاكوندريا ويتكون بينه وبين الغشاء الجانبي للخلية المجاورة فراغ ضيق يسمى القناة مابين الخلايا Intercelullar Channel وتملاء هذه القناة في الجوانب القريبة من الغشاء العلوى المواجه للكيوتكل بتراكيب رابطة بين اغشية الخلايا تسمى Desmosomes وذلك لمنع دخول الماء والمواد النافذة عبر الكيوتكل مباشرة الى القنوات وانما تدخل اولا الى الخلية عبر الغشاء العلوى كثير الانطوائات وبعدها تدخل الى القنوات. تصب هذه القنوات في فراغ اوسع يسمى



شكل (٢٥) : مخطط للتراكيب المهمة في خلايا المستقيم والتي لها علاقة باعادة امتصاص الماء من تجويف المستقيم (عن Maddrell 1971)

بتجويف مابين الخلايا Intercelullar Sinus والذي توجد فيه القصيبات الهوائية . ويتصل هذا التجويف بفراغ آخر اوسع يسمى تجويف تحت الطلائي Subepithelial Sinus الذي يفصل بين النسيج الطلائي والعضلات الدائرية المحيطة به . ويتصل التجويف تحت الطلائي بتجويف الجسم (حيث يوجد الدم) عبر فتحات اختراق القصبات الهوائية للعضلات .

ميكانيكية تنظيم الاخراج Mechanism of Excretion Regulation :

لاتتمكن الحشرات من عزل جزيئات وايونات المواد غير المرغوبة بواسطة نظام الترشيح الموجود في الفقريات لان ضغط الدم في الحشرات واطىء جدا لذلك فأن الاخراج في الحشرات يعتمد الترابط الوثيق بين اربعة خصائص وهي : -

1 ـ الاختلاف في النفاذية Permeability بين الغشاء القاعدي لخلايا انابيب مالبيجي الطلائية ، ونفاذية غشاء الكيوتكل المبطن لخلايا الامعاء والمستقيم .

2 ـ الانتشار Diffusion وهو انتقال ايونات او جزيئات مادة معينة كالماء او مركبات غير عضوية او عضوية عبر غشاء مختلف النفاذية من منطقة التركيز العالي الى منطقة التركيز الواطىء ، وهذا الانتقال لايحتاج لاستهلاك طاقة (يطلق على انتشار جزيئات الماء مصطلح التنافذ Osmosis) .

3 ـ النقل الفعال Active Transport وهو عملية نقل (أمتصاص) ايونات او جزيئات مادة معينة عبر غشاء حي من منطقة التركيز الواطيء الى منطقة التركيز العالي وهذه العملية تحتاج لاستهلاك طاقة من قبل الخلية .

4 ـ الاختلافات في الضغط التنافذي Osmotic Pressure للسوائل المعزولة عن بعضها بواسطة اغشية مختلفة النفاذية .

تتلخص طريقة الاخراج بأن انابيب مالبيجي تقوم بافراز سائل تستخلصه من السائل الدموي ويحتوي على ايونات العناصر مثل Cl Na Mg, Ca, K, والجزيئات العضوية الصغيرة مثل يورات البوتاسيوم واليوريا وسكر القصب وسكر الفاكهة وسكر العنب وجزيئات الحوامض الامينية ويمر سائل انابيب مالبيجي الى الامعاء ثم الى

المستقيم وفي المستقيم تتم اعادة امتصاص المركبات والايونات التي تحتاجها الحشرة وارجاعها الى الدم ورفض المركبات غير المرغوبة والكميات الزائدة عن الحاجة من المركبات المفيدة حيث تطرح خارج جسم الحشرة وبذلك يمكن المحافظة على استقرار حجم الدم ونسب مكوناته بحيث تتلائم مع الحاجة الانية للحشرة ، وسنتناول بالتفصيل دور كل تركيب في الاخراج .

دور أنابيب مالبيجي :: ـ

تقوم انابيب مالبيجي بافراز سائل تستخلصه من السائل الدموي بواسطة الخلايا الطلائية ، ويسمى بسائل انابيب مالبيجي وهو يختلف تماما عن السائل الدموي من حيث نوع وتركيز مكوناته ، يكون الضغط التنافذي لسائل الانابيب مساوي تقريبا للضغط التنافذي للدم . واستنادا الى Maddrell 1971 و Stobbart و Shaw في Rockstein 1974 الذين استعرضوا النتائج على مختلف الحشرات المدروسة فقد وجد مايلي : ـ

1 ـ يكون تركيز ايونات البوتاسيوم في سائل الانابيب دائما اكثر بكثير من تركيزه في السائل الدموي (من ستة الى 30 مرة) وهذا يدل على أن البوتاسيوم ينقل بالنقل الفعال من الدم الى تجويف الانابيب علما وقد وجد أن نسبة افراز سائل الانابيب (مقدرة على اساس نانولتر / دقيقة) علما بأن النانولتر يساوي جزء من مليون من مللتر) تكون واطئة جدا عند وجود كافة الايونات الموجبة عدا البوتاسيوم في محلول الدم الصناعي عدا في حالة بقة Rhodnius. ومن المستبعد أن يكون دخول ايونات البوتاسيوم الى خلايا الانابيب نتيجة لقلة تركيزه في تلك الخلايا حيث أن تركيزه في الخلايا يكون 10-40 مرة اكثر من تركيز البوتاسيوم في الدم .

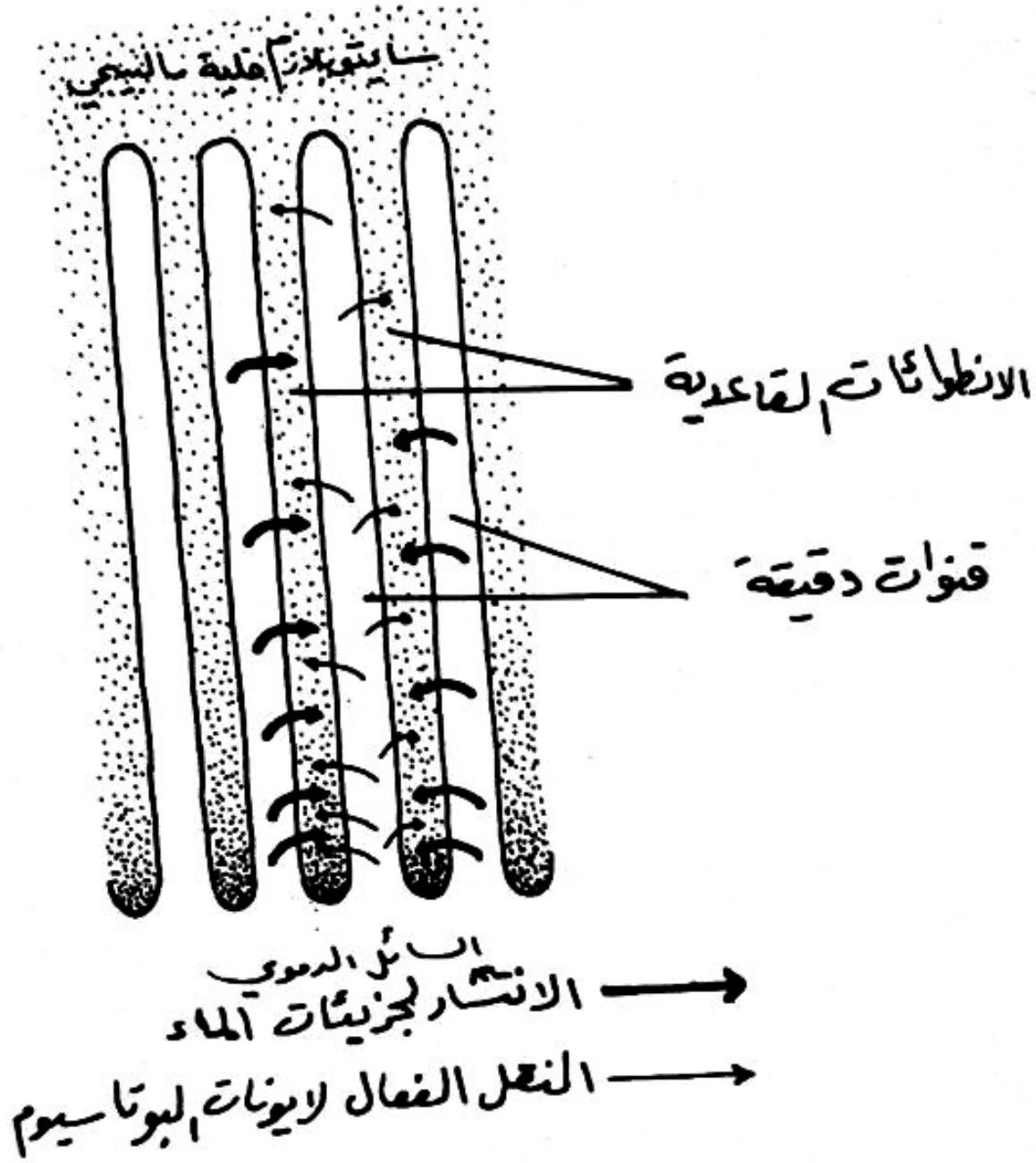
2 ـ يكون تركيز ايونات الصوديوم في سائل الانابيب دائما اقل من تركيزه في السائل الدموي وهذا يدل على ان الصوديوم ينقل بالانتشار من الدم الى تجويف الانابيب . وقد وجد ان نسبة افراز السائل بوجود الصوديوم وغياب البوتاسيوم تكون 20% من نسبة الافراز عندما يوجد البوتاسيوم وحده في محلول الدم الصناعي ولكن وجود الصوديوم مع البوتاسيوم في الدم يؤدي الى زيادة نسبة

الافراز عما عليه بوجود ١١ تا بوم وحده . ويتوضح تأثير الصوديوم على نسبة الافراز في بقة Rhodnius حيث تكون نسبة افراز سائل الانابيب بوجود البوتاسيوم وحده كأيون موجب 40% من النسبة الطبيعية وعند اضافة تركيز قليل من الصوديوم الى الدم تصبح النسبة طبيعية ويعتقد أن الصوديوم ينقل احيانا بالنقل الفعال بواسطة المضخات للبوتاسيوم مما يؤدي الى رفع نسبة افراز سائل الانابيب .

3 ـ يكون تركيز أيونات الكالسيوم والمنغيسيوم في سائل الانابيب اقل دائما من تركيزها في السائل الدموي ولا يؤدي رفع تراكيزها في الدم الى زيادة نسبة افراز سائل الانابيب .

4 ـ بالنسبة للايونات السالبة الشحنة يكون تركيز ايونات الكلور في سائل الانابيب اقل مما في الدم الا في بقة Rhodnius حيث تكون الحالة بالعكس وذلك لتأثير هرمون الادرار Diuretic Hormone المفرز من قبل خلايا افرازية عصبية موجودة في العقدة العصبية الصدرية الثانية وهذا الهرمون يؤدي الى زيادة نفاذية جدار انابيب مالبيجي للكلور، ووجد في نفس تلك الحشرة أن تركيز أيونات الفوسفات في سائل الانابيب اعلى من تركيزها في الدم وأن زيادة الفوسفات في الدم يؤدي الى زيادة نسبة افراز سائل الانابيب . وعدا ذلك فأن بقية الايونات السالبة تؤثر على نسبة الافراز تأثيرا يتناسب مع قطر الايونات ، فأيون NO_3^- ذو قطر 2 أنكستروم يؤدي لزيادة في نسبة الافراز اكثر من أيون السترات ذو قطر 6.3 أنكستروم .

لقد استنتج الباحثون بأن النقل الفعال لايونات البوتاسيوم له أهمية بالغة في افراز سائل الانابيب وتدفقه وجريانه عبر تجويف الانابيب نزولا الى الامعاء ، فقد ذكر Maddrell 1971 بأنه تتم في منطقة الانطوائات القاعدية للخلايا الطلائية عملية النقل الفعال لايونات البوتاسيوم من الدم الى الخلايا حيث تتكون نتيجة هذه الانطوائات قنوات دقيقة جدا تملأ بالسائل الدموي (شكل 26) وتقوم المضخات الموجودة في غشاء البلازما في منطقة الانطوائات القاعدية للخلية بسحب ايونات البوتاسيوم الى داخل السايتوبلازم فيتكون نتيجة ذلك اختلاف موقعي في الضغط التنافذي ناتج من ارتفاع تركيز البوتاسيوم داخل منطقة الانطوائات وانخفاض التركيز



شكل (٢٦) : القنوات الدقيقة في منطقة الانطوانات القاعدية وحركة ايونات البوتاسيوم وجزئيات الماء فيها (عن Maddrell 1971)

في السائل المحصور في القنوات وضيق القنوات بحيث لايتمكن السائل الدموي العام الموجود خارج القنوات والذي اصبح ضغطه التنافذي اعلى من السائل الموجود في القنوات من التعادل مع سرعة المضخات في سحب ايونات البوتاسيوم كما لايمكن لايونات البوتاسيوم المنقولة لداخل الخلية ان تعود بواسطة الانتشار الى سائل القنوات من جديد بسرعة تعادل سرعة المضخات لذلك فأن الماء يدخل بواسطة التنافذ من منطقة تركيزه العالي (القنوات) الى منطقة تركيزه الواطيء (سايتوبلازم الخلية) عبر غشاء الخلية .

وفي منطقة الزغيبات تقوم المضخات الموجودة في غشاء الخلية العلوي بسحب ايونات البوتاسيوم نحو القنوات مابين الزغيبات فيتبعها الماء وبذلك يتكون سائل الانابيب ، اما بقية الايونات والجزيئات الصغيرة للمركبات فأنها تتراكم في قنوات الانطوائات القاعدية الى أن يصبح ضغطها التنافذي أعلى منه في سايتوبلازم الانطوائات القاعدية فتدخل الخلية عبر الغشاء السفلي بالانتشار ويخرج من الغشاء العلوي في منطقة الزغيبات بنفس الطريقة ويكون تركيزها دائما اقل مما عليه في السائل الدموي ، اما البوتاسيوم فيكون اعلى وبذلك يكون الضغط التنافذي الكلي لسائل الانابيب مساوي تقريبا للضغط التنافذي للدم . وبهذه الطريقة يتكون سائل الانابيب وباستمرار الافراز يجري السائل نازلا من انابيب مالبيجي ليدخل الامعاء ومباشرة الى المستقيم حسب نوع الحشرة .

لقد وجد الباحثون ان أنابيب مالبيجي المتجانسة في كثافة الزغيبات كما في الحشرة العصوية Carausius تقوم بافراز السائل على امتداد طولها أي أن النقل الفعال لايونات البوتاسيوم من السائل الدموي الى تجويف الانابيب يتم على طول انبوب مالبيجي أما في الانابيب التي تتميز الى منطقة مشطية ومنطقة فرشاتية كما في بقة Rhodnius فأن افراز السائل يتم في المنطقة المشطية في حين يحدث العكس في المنطقة الفرشاتية حيث تعاد نسبة من ايونات البوتاسيوم والصوديوم وجزيئات الماء من سائل الانابيب الى الدم مما يؤدي لتغير درجة حموضة (PH) سائل الانابيب وترسيب حامض اليوريك . يستنتج من طريقة عمل أنابيب مالبيجي في الاخراج انها لاتكون المسؤول الرئيسي عن تنظيم الضغط التنافذي للدم بدليل تساوي

الضغط التنافذي لسائل الانابيب والدم كما أن الانابيب تقوم بتغيير مكونات الدم من ماء وايونات وجزيئات عضوية بدلا من تنظيمها .

وظائف اخرى لأنابيب مالبيجي : -

لأنابيب مالبيجي في بعض الحشرات وظائف اخرى اضافة للاخراج : -

1 - في يرقات عائلة (Chrysomelidae) تفرز الانابيب مادة صمغية وتصبها على الاقدام البطنية الخلفية لتساعدها على الالتصاق بالجزء النباتي عندما تتحول الى عذراء .

2 - وفي بعض انواع رتبة شبكية الاجنحة (Neuroptera) كما في أسد المن واسد النمل تقوم أنابيب مالبيجي في اليرقات بافراز الحرير الذي تغزل منه الشرنقة عند التحول الى عذراء .

3 - وفي يرقات بعض الخنافس تقوم أنابيب مالبيجي بافراز حرير الشرنقة التي تكسوها من الخارج .

4 - وفي عائلة (Phasmidae) تخزن الاناث مادة كاربونات الكالسيوم في الانابيب وعند تكوين البيض تذوب هذه المادة في الدم وتستفاد منها الحشرة في تكوين قشرة البيض .

دور الامعاء في الاخراج :

تقوم الامعاء بامتصاص بعض الماء من سائل الانابيب عند مرورة بها ونادرا مايحدث امتصاص للايونات والمركبات العضوية المفيدة ، وقد لوحظ في الصرصر الامريكي أن سائل الانابيب المار عبر الامعاء يصبح ضغطه التنافذي اقل من ضغطه عندما يخرج مباشرة من الانابيب مما يشير الى امتصاص الامعاء لبعض الاملاح . ويمنع غشاء الكيوتكل السميك الذي يبطن الامعاء من نفاذ المركبات العضوية غير المرغوبة الموجودة في سائل الانابيب وعموما فأن دور الامعاء يكون في ايصال سائل الانابيب الى المستقيم وفي عبور المواد غير المهضومة من المعدة الى المستقيم لتطرح خارجا .

دور المستقيم في الاخراج : -

لو استمرت انابيب مالبيجي بافراز سائل يحوي على الماء والايونات (خاصة البوتاسيوم) والمركبات العضوية المفيدة من

السائل الدموي فأن الحشرة ستفقد تلك المواد الى حد مميت لذلك فلابد من تركيب اخر يقوم بأعادة ماهو مفيد الى الدم وعزل ماهو غير مرغوب لطرحه خارج الجسم وهذا التركيب هو المستقيم.

يتولى المستقيم مسؤولية تنظيم الضغط التنافذي للدم وذلك بالتحكم بكمية الماء التي يمتصها من سائل المستقيم (وهو سائل الانابيب الذي يصل الى تجويف المستقيم) واعادته للدم، وبالتحكم بتراكيز الايونات غير العضوية في الدم بامتصاصه كميات محددة من كل أيون من سائل المستقيم واعادته للدم على نحو يضمن استقرار تركيزه المطلوب في الدم، كما ويقوم بأعادة امتصاص جميع او معظم المركبات العضوية المفيدة من سائل المستقيم واعادتها للدم في حين يمنع غشاء الكيوتكل الذي يبطن المستقيم من نفاذ المركبات العضوية غير المفيدة وبذلك تعزل وتطرح للخارج.

واذا كان الماء يدخل الى أنابيب مالبيجي بعد النقل الفعال لايونات البوتاسيوم بشكل خاص (والفوسفات والصوديوم في بعض الحالات) فأن طريقة اعادة أمتصاص الماء بواسطة المستقيم تجري باسلوب مستقل وغير معتمد على طريقة اعادة امتصاص الايونات، وانما تعتمد على الاختلاف في الضغط التنافذي بين الدم وسائل المستقيم، فقد اوضح Shaw, Stobbart في 1974 Rockstein أنه في تجارب مختبرية تم تغذية مجموعة من الجراد على ماء مقطر ومجموعة اخرى على ماء مالح، ثم حقن المستقيم بمحلول سكر Xylose (جزيئات هذا السكر كبيرة بحيث لاتخترق كيوتكل المستقيم) ذو ضغط تنافذي اعلى من الدم فوجد ان المستقيم في المجموعة الاولى قد امتص الماء من المحلول الى أن وصل الاختلاف في الضغط التنافذي بين المحلول والدم حد حرجا ثم توقف امتصاص الماء، اما في المجموعة الثانية وبسبب حاجة الحشرات الى الماء فقد امتصت كمية اكبر من الماء من المحلول المحقون ووصل الاختلاف في الضغط التنافذي حدا حرجا يبلغ ضعف الحد الحرج للمجموعة الاولى. من هذا يتضح أن الحد الحرج في اختلاف الضغط التنافذي يختلف للحشرة الواحدة حسب حاجتها للماء أي أنه كلما زادت حاجة الحشرة للماء زاد اعادة امتصاص الماء بواسطة المستقيم.

اما عن طريقة امتصاص المستقيم للماء (شكل 25) فقد ذكر Maddrell 1971 و Shaw, Stobbart في Rockstein 1974 أن الضغط التنافذي لخلايا المستقيم الطلائية يكون دائما اعلى من الضغط التنافذي لسائل المستقيم الى أن يصل الى الحد الحرج حيث يتساوى فيه الضغطان ويأتي ارتفاع الضغط في الخلايا عن وجود تراكيز عالية من ايونات غير العضوية وخاصة البوتاسيوم عن طريق النقل الفعال لهذه الايونات من السائل الدموي الى الخلايا ، وبذلك يدخل الماء عن طريق التنافذ من سائل المستقيم الى داخل الخلايا في محاولة لمعادلة الضغط التنافذي وبواسطة المضخات الموجودة في الاغشية الجانبية ذات الانطوائات تقوم الخلايا بالنقل الفعال للبوتاسيوم الى قنوات مابين الخلايا مما يؤدي الى تكوين اختلافات موقعية في الضغط التنافذي لصالح القنوات فيخرج الماء بواسطة التنافذ نحو القنوات ويتكون مجرى مستقيم الى داخل الخلايا في محاولة لمعادلة الضغط التنافذي وبواسطة المضخات الموجودة في الاغشية الجانبية ذات الانطوائات تقوم الخلايا بالنقل الفعال للبوتاسيوم الى قنوات مابين الخلايا مما يؤدي الى تكوين اختلافات موقعية في الضغط التنافذي لصالح القنوات فيخرج الماء بواسطة التنافذ نحو القنوات ويتكون مجرى يصب في تجاويف مابين الخلايا وتقوم الاغشية الجانبية المسطحة لخلايا المستقيم والمواجهة للتجاويف بأمتصاص الايونات من السائل الموجود فيها ولكن الماء لايتبع هذه الايونات بسبب تسطح الاغشية وعدم تكوين قنوات دقيقة وبذلك يصبح الضغط التنافذي لسائل التجاويف اقل منه في القنوات وبنفس الوقت اقل مما في سائل المستقيم ثم يصل سائل تجاويف مابين الخلايا الى التجويف تحت الطلائي ومنه يخرج الى الدم وبذلك يتم اعادة الماء .

أما أمتصاص الايونات غير العضوية ، فقد وجد أن المستقيم قادر على اعادة امتصاصها وارجاعها الى الدم . ويعتمد امتصاص المستقيم لهذه الايونات على تركيزها في الدم فاذا كان تركيز ايونات كل عنصر كالبوتاسيوم او الصوديوم او الكلور تحت المستوى الطبيعي في الدم فأنها تمتص من سائل المستقيم حتى لو كان التركيز واطئا

في هذا السائل ولا يحدث امتصاص هذه الايونات اذا كان تركيزها اعلى من الطبيعي في الدم .

وبذلك يقوم المستقيم بتنظيم تركيز ايونات كل عنصر في الدم. ويتضح من ذلك اهمية المستقيم في تنظيم التوازن المائي الملحي للسائل الدموي .

وتتمكن المركبات العضوية المفيدة ذات الجزيئات الصغيرة كالحوامض الامينية والسكريات الاحادية وسكر القصب من النفاذ عبر غشاء الكيوتكل المبطن للمستقيم في حين لا تتمكن من ذلك جزيئات المركبات العضوية غير المرغوبة التي تكون اكبر قطرا فتبقى في تجويف المستقيم لتطرح .

ذكر Maddrell 1971 أن تركيز المركبات المفيدة في سائل المستقيم يكون اقل من تركيزها في الامعاء واقل من تركيزها في سائل الانابيب مما يشير الى امتصاصها عبر المستقيم . ولم يعرف بعد أن كانت تمتص بالنقل الفعال او بالانتشار ، ويعتقد أن الحالة الاولى أكثر احتمالا .

وتتدخل الهرمونات التي تفرز من نهايات المحاور العصبية القادمة من العقدة العصبية البطنية الاخيرة والممتدة الى النسيج الرابط بين خلايا المستقيم الطلائية والعضلات في تنظيم امتصاص الماء أيونات الاملاح من سائل المستقيم وبما يتناسب وحاجة الحشرة اليهما .

ويشير Chapman (1978) الى بعض الادلة على وجود هرمون ادرار Diuretic Hormone يسيطر على اخراج الماء في الحشرات ، ففي بقة Rhodnius يتم اخراج كمية كبيرة من الماء عقب تناول وجبة غذاء (الدم) ويؤدي ذلك الى زيادة تركيز محتويات الوجبة ومن المعتقد أن التحفيز على طرح الماء يتم بافراز هرمون من العقدة العصبية الصدرية الثانية كما لوحظت دلالات على وجود هرمون ادرار ينظم المحتوى المائي في حشرات اخرى منها الحشرة العصوية والجراد الصحراوي والصرصر الامريكي ، ومن ناحية اخرى لوحظت دلالات على وجود هرمون مانع للادرار Antidiuretic Hormone في الجراد الصحراوي والصرصر الامريكي ،

وهذا الهرمون يفرز من العقد العصبية البطنية ويؤدي الى تقليل طرح الماء عند نقصانه في جسم الحشرة . وفي الحشرات التي تمتلك الترتيب الكلوي المستور تقوم خلايا Leptophragma بالنقل الفعال لايونات البوتاسيوم من الدم الى داخل انابيب مالبيجي عبر الغشاء الرقيق الموجود في قمة الانتفاخات (شكل 27) ولكنها لا تمتص الماء من الدم الا قليلا جدا فيتكون ضغط تنافذي في الانابيب اعلى مما في الفراغات حول المستقيم Perirectal spaces فينتقل الماء بالانتشار من سائل المستقيم الى تلك الفراغات ثم الى انابيب مالبيجي في منطقة الترتيب الكلوي المستور ويخرج هذا الماء مع ايونات البوتاسيوم من المنطقة السفلى للانابيب والغير محاطة بالغلاف المحيط بالترتيب الكلوي ويساعد هذا الترتيب في سحب اكبر قدر من الماء من محتويات تجويف المستقيم في الحشرات التي تتغذى على مواد جافة كحشرات الحبوب المخزونة .

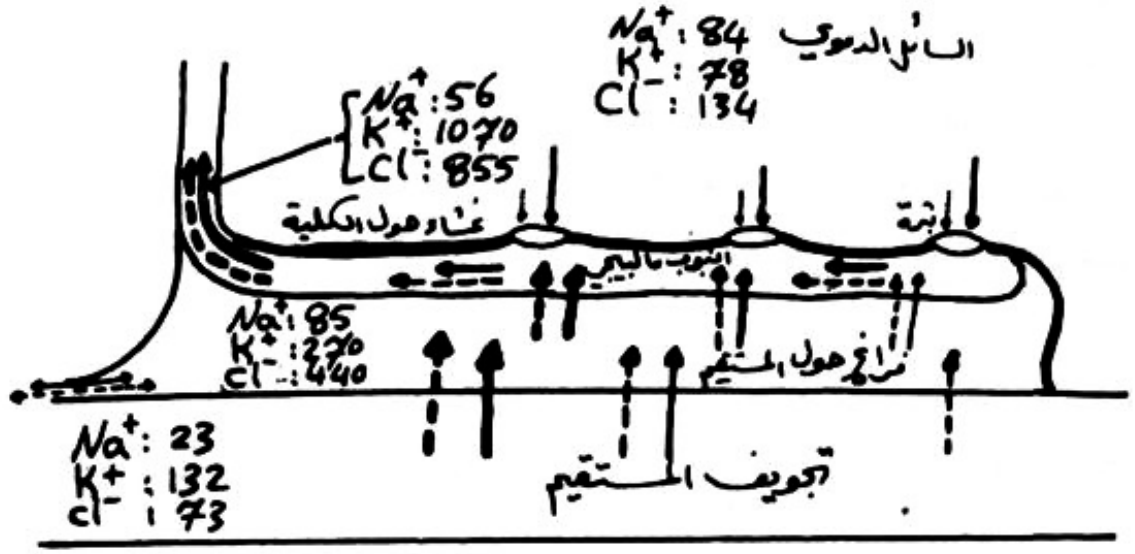
طرح الفضلات النتروجينية Nitrogenous Waste Excretion :

ينتج من سلسلة عمليات أيض البروتينات او هدم القواعد النتروجينية للحوامض النووية تكوين مركبات نتروجينية وسطية او نهائية اما سامة او غير مفيدة ويقوم الدم في الحشرات بنقل تلك النواتج النتروجينية غير المرغوبة من انسجة الجسم الى الجهاز الاخراجي الذي يقوم بعزلها وطرحها خارج الجسم او قد تخزن وتعزل في الخلايا البولية .

انواع الفضلات النتروجينية :

تختلف الحشرات فيما بينها وكذلك الاطوار المختلفة لنفس النوع من الحشرة في انواع الفضلات النتروجينية التي تطرحها خارج الجسم وفي نسب تلك الفضلات وذلك لاختلاف البيئة والتغذية .
وقد ذكر Bursell 1967 و Stobbart و Shaw في Rockstein 1974 الانواع الاتية من الفضلات النتروجينية التي تطرحها الحشرات :: -

١ - الامونيا :
عالية الذوبان في الماء حيث يذوب (89000) ملغرام في (100)



النقل الفعال لايونات K^+

انتشار لجزيئات H_2O

شكل (٢٧) : مخطط يوضح ميكانيكية عمل الترتيب الكلوي المستور لخنفساء الجريش : الارقام امام رموز الايونات تمثل التركيز مقاساً على اساس ملي مول / مللتر. (عن Maddrell 1971, Shaw, stobbert, 1974).

مللتر ماء ، والامونيا مركب سام جدا حيث أن تركيز 8.5 ملغرام / 100 مللتر من دم الحشرات يؤدي الى موتها .

تتكون الامونيا بطريقتين في الايض ، فعندما تكون نسبتها ضئيلة في البرلز فإن ذلك يعود الى عملية هدم الاحماض النووية عن طريق سلب جذر الامين من Purines بفعل الانزيمات Guanase, Adenase (شكل 28) او Adenosine deaminase وتوجد جميع هذه الانزيمات في الحشرات .

اما عندما تكون نسبتها عالية فإنها تنتج بشكل رئيسي من تمثيل البروتينات عن طريق سلب جذر الامين من الببتونات في يرقات ثنائية الاجنحة التي تتغذى على اللحوم ، او من الحوامض الامينية كما في اغلب الحشرات (شكل 29) ولا تتكون الامونيا في الحشرات من هدم اليوريا حيث لم يعثر على انزيم Urease الذي يحلل اليوريا الى امونيا وغاز CO_2 (شكل 30) .

لقد وجدت الامونيا في براز معظم الحشرات المدروسة . ولما كانت الامونيا سامة جدا فإن الحشرات تحتاج لعزلها بسرعة من الجسم قبل ان يرتفع تركيزها الى حد مميت وبما انها عالية الذوبان فإن الحشرات تحتاج لكميات كبيرة من الماء لاخراجها وهذا مالا يتوفر للحشرات الارضية لذلك فإنها لم تعتمد على الامونيا في اخراج الفضلات النتروجينية في حين تعتمد الاطوار المائية للحشرات عليها لتوفر الماء .

2 ـ اليوريا :

وهي عالية الذوبان في الماء حيث تبلغ 119300 ملغرام / 100 مللتر ماء وسميتها قليلة جدا . واليوريا شائعة الانتشار بين الحشرات ولكنها توجد دائما بكميات تشكل نسبة ضئيلة من مجموع النتروجين في الادرار ، تنتج اليوريا على الاكثر من تمثيل الاحماض الامينية Citrulline و Arginine و Ornithine بفعل بعض الانزيمات التي وجدت في العديد من الحشرات . وقد تتكون اليوريا من هدم حامض Allantoic acid الى يورياو (Glyoxylic acid) بفعل الانزيم Allantoicase (شكل 30) ولكن هذه الطريقة لم تثبت بعد بين الحشرات .