جامعة الموصل
كلية الزراعة والغابات/ قسم وقاية النبات
المرحلة: الرابعة
المادة: بيئة حشرات نظري
الدكتور: عبدالجبار خليل ابراهيم

المحاضرة الاولى

الفصل الأول
علم البيئة Ecology

لقد مرت دراسة البيئة بمراحل مختلفة من النمو خلال التاريخ، إذ اهتم الإنسان منذ زمن مبكر من تاريخه بالبيئة، فكان يحمي نفسه من الحيوانات المفترسة، ويبحث في النباتات ويختار منها غذاءه، كما تعايش مع سقوط الأمطار والثلوج وهبوب الرياح وتعاقب الفصول وغيرها من التغيرات في العوامل البيئية المختلفة.

ومع التقدم الذي شهده الإنسان في مجالات الحياة المختلفة استطاع ان يتكيف في مكان معيشته وغذاءه خلال محاولة تفهمه لما يحيط به من كائنات حية وعوامل البيئة غير الحية تدل الشواهد المستمدة من دراسة المتحجرات التي جمعت من بقاع مختلفة من العالم على الهجرة المستمرة لبعض الأقوام والمجتمعات السكانية هروباً من الجفاف ودرجات الحرارة وغيرها الملائمة أو من التأثيرات القاسية للعوامل البيئية المحيطة. لذا نشأت الحضارات القديمة في مناطق تتلائم وظروف الحياة، كما هو الحال في حضارة وادي الرافدين وحضارة وادي النيل.

ولقد ظهرت أولى المعتقدات الدينية في عبادة ظروف البيئة المختلفة كالتعبد بآلهة المطر والشمس والنار. وبينت الآثار الحفرية والرقم والأختام بأن الحضارات القديمة في وادي الرافدين كانت تملك العديد من المعلومات المتعلقة بظروف المناخ والزراعة ومواسمها، ولقد أسهم البابليون بإنشاء بيئات اصطناعية مثل بناء الجنائن المعلقة لتماثل البيئة الجبلية والتي تعد إحدى عجائب الدنيا السبع.

لقد أدرك الفلاسفة والعلماء اليونانيون أهمية الدراسات البيئية إذ نشر أبو قراط (460-377 ق.م) بحثاً عنوانه (عبر الأجواء والمياه والأماكن) ذو طابع بيئي جاء فيه التأكيد على أهمية التفكير في مواسم السنة والآثار التي تتركها على الكائن الحي عن الدراسات الطبية.

كما يشير أرسطو طاليس (322-384 ق.م) في كتاباته عن التاريخ الطبيعي Natural History إلى عادات الحيوانات وسلوكها والظروف البيئية السائدة في مواطنها، وصنف الحيوانات تبعاً لعاداتها ومواطنها، أهي مجتمعة أم منعزلة، آكلة لحوم أم آكلة حشائش، مستقرة أم مهاجرة. ثم جاء ثيو فراستس تلميذ أرسطو (287-372 ق.م) والذي عده بعض العلماء عالم البيئة الأول إذ جاء بمعلومات تخص النباتات ومجتمعاتها في البيئات المختلفة ودرس النباتات وبيئاتها بطريقة تصنيفية، فقد درس الطرز النباتية أو الأشكال النباتية من حيث علاقتها بالارتفاع والرطوبة والتعرض للضوء.

لقد كتب العلماء العرب العديد من المراجع والمؤلفات ذات العلاقة بالبيئة، فقد كتب الجاحظ (873-768م) تصنيفاً للحيوانات على أساس عاداتها وبيئاتها، وبذلك يعد أول الذين تطرقوا عن أثر البيئة في الكائنات الحية.

كما يعتبر الرازي (950-850م) أول من طبق عملياً علم البيئة في الطب إذ درس العلاقة بين مواقع المدن من حيث الحرارة والرطوبة والرياح وغيرها من العوامل البيئية وعلاقتها بصحة الإنسان والأمراض التي تصيبه.

تعريف علم البيئة Definition of Ecology

استخدم العالم هيلاري Hillary عام 1859 مصطلح علم الايثولوجيا Ethology علم السلوك للإشارة إلى دراسة العلاقات بين الكائن الحي والبيئة. إلا أن هذا المصطلح لم يلق قبولاً عاماً من قبل علماء البيئة الأوائل.

بعد ذلك استخدم العالم رايتر Reiter في عام 1865 المصطلح Ecology والمستمد من المقطع اليوناني oikos والذي يعني بيت أو مسكن المعيشة، والمقطع Logos يعني دراسة أو

علم. ومن هذا يظهر بأن الكلمة تدل على دراسة البيت أو البيئة التي تعيش فيها الكائنات الحية. وبهذا فإنها تعد أول محاولة بسيطة للتعريف بعلم البيئة.

ثم أعقبه العالم الألماني أرنست هيكل Ernst Haeckel عام 1866 الذي عرف علم البيئة بأنه دراسة العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية ومحيطها الخارجي. والمحيط الخارجي يعني مجموعة العوامل والتأثيرات الخارجية كدرجة الحرارة والأمطار والتربة وغيرها والتي تؤثر في حياة الكائنات الحية.

أهمية علم البيئة:

ان رسالة علم البيئة عبارة عن رسالة بناء وموازنة، إذ يهتم علم البيئة بتوضيح وظائف العالم الطبيعي، الأمر الذي جعل منه علماً هاماً ومفيداً في حل العديد من المشاكل التي تواجه الحياة في هذا العصر. ولقد بات واضحاً للجميع ضرورة وضع الاعتبارات البيئية في المقام الأول في إدارة الأعمال والصناعة والزراعة والصحة ومشاريع التنمية المختلفة تحسباً للتلوث البيئي الذي يهدد جميع أشكال الحياة.

وحتى أعوام الستينات من القرن الماضي لم تكن النظرة إلى علم البيئة بالسعة التي نعرفها في وقتنا الحاضر إلا أن التزايد المستمر للسكان الذي تجاوز الخمسة مليارات نسمة على كوكب الأرض وما رافقه من تطور صناعي وعلمي وتكنولوجي مما أدى إلى تخريب للمحيط البيئي واختلال بالتوازن البيئي مما جعل الانتباه يتجه إلى أهمية البيئة وضرورة المحافظة عليها وتحسينها وحمايتها من مخاطر التلوث البيئي. لذا يلاحظ ان الاهتمام بموضوع البيئة والتلوث البيئي قد توسع مع التقدم العلمي والتكنولوجي خلال العقود القليلة الماضية، وأصبحت الدراسات البيئية والفهم المضطرد للنظام البيئي الطبيعي من أبرز التطورات العلمية التي ظهرت في السبعينات من القرن العشرين.

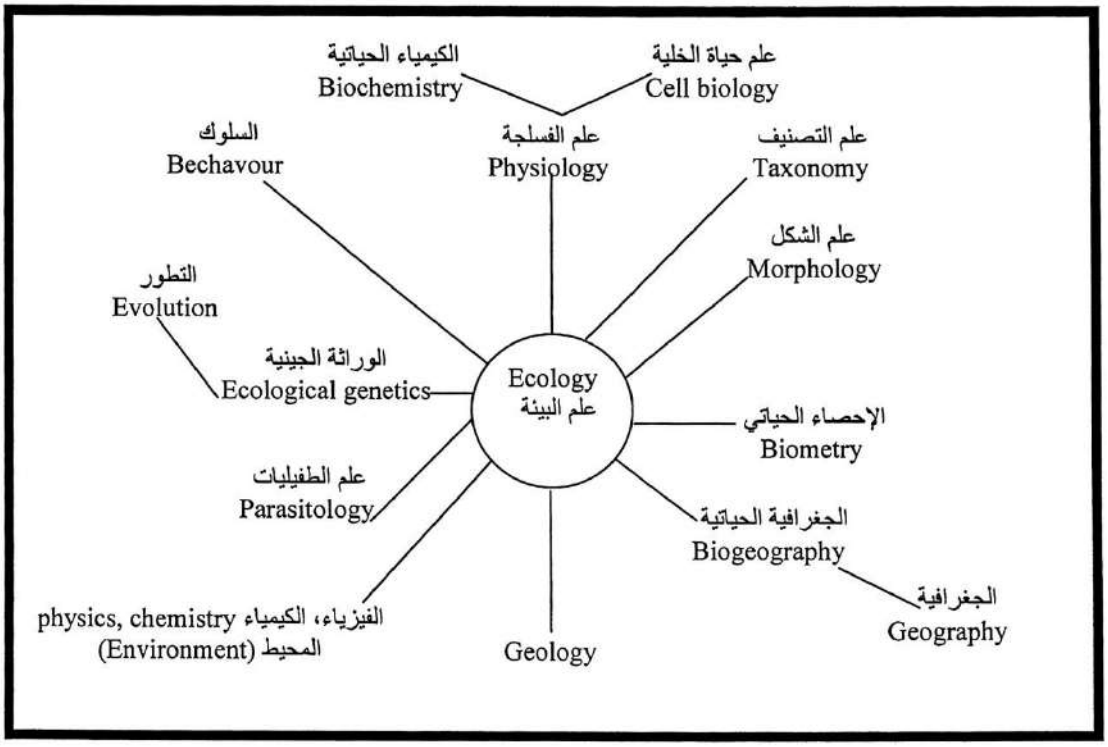
وقد تزايدت هذه الأهمية لعلم البيئة بسبب تعاظم التأثير السلبي للأنشطة البشرية المتعددة على عناصر النظام البيئي مما يؤدي إلى الإخلال بالتوازن البيئي الطبيعي.

يؤمن العلماء بأن الهدف الإنساني الذي ينطوي على مفهوم الاستخدام الأمثل للبيئة هو تحقيق مستوى رفيع لمعيشة الإنسان مع الاحتفاظ بأقصى حد من التنوع في الظروف البيئية من خلال فهم أحوال البيئة والاستفادة من ذلك في معرفة الأساسيات الضرورية للتخطيط في المستقبل.

علاقة علم البيئة بالعلوم الأخرى:

هناك أربعة فروع رئيسية من العلوم الحياتية لها صلة قريبة ومتداخلة مع علم البيئة وهي الوراثة، والفسلجة، والتطور، والسلوك.

ان لعلم البيئة علاقة وثيقة مع العلوم الأخرى إذ ربط بعض العلماء الحقول المختلفة في علم الأحياء وكذلك العلوم الأخرى بعلم البيئة وكما موضح في الشكل الآتي:



تقسيم علم البيئة لأغراض البحث العلمي:

أولاً: التقسيم المعتمد على نوع (طبيعة) محيط المعيشة:

يرتبط علم البيئة ارتباطاً وثيقاً في المكان وما يحويه من نظم حياتية. وعند النظر على الكرة الأرضية نلاحظ نوعين متباينين من المحيط Environment وهما المياه التي تشكل أكثر من (70%) من الكرة الأرضية واليابسة تمثل المتبقي منها. لذا يمكن تقسيم علم البيئة إلى قسمين متميزين هما:-

1- علم البيئة المائية: Aquatic Ecology

هو العلم الذي يهتم بدراسة الكائنات الحية المائية وعلاقتها مع بعضها البعض من جهة ومع العوامل غير الحية المحيطة بها من جهة أخرى.

ويمكن تقسيم علم البيئة المائية اعتماداً إلى عامل الملوحة إلى ثلاث بيئات مائية رئيسية هي:-

أ- علم البيئة البحرية: Marine Ecology

ويشمل دراسة البيئة في مياه البحار والمحيطات والتي تتميز بملوحتها العالية والتي تقدر بحدود (35) جزء بالألف. أي ملوحتها بحدود 3,5%.

ب- علم بيئة المصبات: Estuarine Ecology

ويشمل دراسة البيئة في مصبات الأنهار وأعالي خلجان البحار والتي تتميز بكون المياه فيها مويلحة (لا تزيد الملوحة فيها عن (19) جزء بالألف أي 1,9%).

ج- علم بيئة المياه العذبة: Fresh water Ecology

وشمل دراسة بيئة المياه العذبة الداخلية Inland water كما هو الحال في الأنهار والجداول. كما تضم أيضاً دراسة البحيرات لذا يسمى هذا العلم بـLimnology وتتميز بعذوبة مياهها إذ لا تزيد الملوحة عن (0,5) جزء بالألف أي 0,05%.

2- علم بيئة اليابسة: Terrestrial Ecology

المحاضرة الاولى

هو العلم الذي يهتم بدراسة الكائنات الحية في أي منطقة على اليابسة وعلاقتها مع بعضها البعض من جهة وبقية العوامل البيئية ذات العلاقة من جهة أخرى. وقد ركز العلماء في دراسة هذا العلم منذ نشوء علم البيئة وذلك لسهولة الوصول إلى أي منطقة في اليابسة.

ويمكن تقسيم بيئة اليابسة حسب طوبوغرافية الأرض إلى:-

1. بيئة الجبال Mountain Environment
2. بيئة الهضاب Plateau Environment
3. بيئة السهول Plain Environment
4. بيئة التلال Hill Environment
5. بيئة الصحاري Desert Environment

كما يمكن ان تقسم بيئة اليابسة حسب الموقع على الكرة الأرضية (حسب الموقع من خط الاستواء) إلى:-

1. البيئة الاستوائية Tropical Environment
2. البيئة شبه الاستوائية Subtropical Environment
3. بيئة المناطق المعتدلة Temperate Environment
4. البيئة القطبية Polar Environment

كما يمكن تقسيم اليابسة حسب أنماط النظم البيئية إلى:-

1. بيئة الغابات Forest Env.
2. بيئة المحاصيل Crop Env.
3. بيئة المراعي Grassland Env.
4. بيئة الادغال Weeds Env.
5. بيئة البساتين Greenland Env.
6. بيئة المدن Urban Env.

كما يمكن تقسيم بيئة اليابسة حسب المجموعات الحياتية التصنيفية المختلفة إلى:-

1. بيئة اللبائن. 2. بيئة الزواحف. 3. بيئة الطيور. 4. بيئة الحشرات.

ثانياً: تقسيم علم البيئة اعتماداً على نوع أو مجموعة أنواع من الأحياء:

ويقسم إلى قسمين:

1. علم البيئة الفردي أو الذاتي: Autecology

يهتم هذا العلم في دراسة كائن حي واحد أو مجموعة من الكائنات الحية تعود إلى نفس النوع Species وذلك لدراسة علاقتها بالعوامل البيئية المحيطة بها، مثل دراسة بيئة الإنسان، أو دراسة بيئة بكتريا القولون، أو دراسة بيئة أشجار اليوكالبتوس.

2. علم البيئة الجماعي: Synecology

يهتم هذا العلم بدراسة المجاميع الحياتية المختلفة إلى أنواع مختلفة في منطقة محددة من حيث علاقتها مع العوامل البيئية المحيطة بها، مثل دراسة بيئة الغابة، أو البيئة الصحراوية، أو بيئة بحيرة ما، أو بيئة نهر.

ثالثاً: تقسيم علم البيئة اعتماداً على الكائن الحي نوعاً وعدداً:

ويقسم إلى:

1. علم بيئة الفرد Individual Ecology
2. علم بيئة الجماعة Population Ecology
3. علم بيئة المجتمع Community Ecology
4. علم بيئة المحيط الحيوي Biosphere Ecology

رابعاً: تقسيم علم البيئة من خلال علاقته بالعلوم الأخرى:

ويقسم إلى:

1. علم البيئة الفسيولوجي Ecophysilogy
2. علم البيئة الجغرافي Geographical Ecology
3. علم بيئة المتحجرات Paleoecology

4. علم البيئة السلوكية Behavior Ecology
5. علم البيئة التطبيقي Applied Ecology

خامساً: بما أن الكائنات الحية في الطبيعة مكونة من نباتات وحيوانات لذا يمكن تقسيم علم البيئة إلى قسمين رئيسين هما:

1. علم البيئة النباتية Plant Ecology
2. علم البيئة الحيوانية Animal or zoo Ecology

العلاقات بين الكائنات الحية

المجتمع: Community

المجتمع: هو تجمع عدد من الكائنات الحية التي تعود إلى أنواع مختلفة وتشغل موطن بيئي مشترك وترتبط بعلاقات مع بعضها البعض ومع العوامل البيئية التي تعيش فيها. فهو وحدة منظمة إذ يملك خصائص إضافية على ما تملكه مكوناته من الأفراد أو الجماعة.

وبمعنى أخر فإنه يمثل مرتبة من التنظيم الإحيائي أعلى بدرجة من الجماعة (السكان). ونظراً لأن المجتمعات الإحيائية Biotic community تشمل الكائنات الحية فقط، لذلك فإنها لا تكون شاملة كالأنظمة البيئية Ecosystems ويعد المجتمع جزءاً حياً من النظام البيئي. تدعى المنطقة الفاصلة بين مجتمعين أو أكثر بالمنطقة البيئية الانتقالية Ecotone، وتحتوي هذه المنطقة على الكثير من الأحياء التي تخص المجتمعات المتداخلة فضلاً عن الأحياء التي تختص بها هذه المنطقة والتي تكون غير موجودة في المجتمعات المجاورة لها.

ان مفهوم المجتمع الحيوي يتضمن فهم التفاعل الحاصل سلباً أو إيجاباً بين المجموعات المختلفة في ذلك النظام البيئي. فعندما تتشارك الأحياء في العيش في موطن واحد فإنها تتفاعل بينها بصورة معقدة جداً إذ يتقرر بموجبها بقاء نوع أو بضعة أنواع وفي بعض الأحياء يتهدد حياة المجتمع بأكمله اعتماداً على كفاءة الاستغلال والتعايش ونمطه.

يلاحظ أحياناً سيادة نوع أو أكثر من الكائنات الحية في المجتمع الحيوي بشكل ملحوظ من الناحية العددية أو الكتلوية. فعلى سبيل المثال قد تكون الغابة سائدة بأشجار البلوط أو الجوز وأحياناً أخرى ضمن أشجار البلوط تكون النباتات العالية الكبيرة من نفس النوع هي السائدة، وهنا تحجز الضوء عن النباتات الأخرى ويتحدد حينذاك نموها وتكاثرها في ذلك النظام البيئي.

من السهل تحديد النوع السائد في الأنظمة البيئية البسيطة التي تحتوي على نوع أو نوعين سائدين في كل مستوى اغتذائي. في حين الأنظمة البيئية المعقدة يكون من الصعوبة تحديد الأنواع السائد فيها إذ يصعب تحديد أو تمييز نوع واحد بسيادته على الأنواع الأخرى. كما يلاحظ ان هناك اختلافات واسعة وكبيرة وموسمية وأحياناً سنوية في النوع السائد، فمثلاً نلاحظ سيادة نوع معين من النباتات في أغلب أشهر السنة في حين يسود نوع آخر في الأشهر الأخرى.

العلاقات بين الكائنات الحية في المجتمع:

هناك شبكة من التفاعلات والعلاقات التي ترتبط به الأنواع المختلفة من الكائنات الحية، إذ لا تتواجد الكائنات الحية المختلفة لوحدها في الطبيعة، بل مع العديد من الأنواع الأخرى وضمن مساحة معينة. وتكون هذه التفاعلات مباشرة وواضحة كما في السلاسل الغذائية، وقد تكون تفاعلات أخرى أكثر تأثيراً ولا تتضمن التغذية بالضرورة. وبعضها يكون تعاونياً ونافعاً لواحدة أو أكثر من الجماعات المتفاعلة، بينما يكون بعضها الأخرى تنافسياً أو محدداً للجماعات المتفاعلة. وتتمثل التفاعلات التعاونية بالتعايش Commensalism وتبادل المنفعة Mutualism والتي تعد أنماطاً متخصصة للتكافل Symbiosis.

فايجابية وكما يأتي:-

أولاً: العلاقات السلبية Negative relationships

وتشمل:

1- التنافس Competition

يعد التنافس أحد التفاعلات بين الجماعات السكانية لنوعين أو أكثر والذي يؤثر عكسياً في نموها وبقائها. ويكون التنافس على نوعين:

أ- التنافس من أجل الموارد Resource competition

يحدث هذا النوع من التنافس عندما تحتاج مجموعة من الكائنات العائدة لنوع واحد أو لأنواع مختلفة إلى المورد نفسه والذي يكون عادة متوافر في البيئة بكميات قليلة.

ب- التنافس المتداخل Interference competition

يحدث هذا النوع من التنافس من أجل الموارد، وتنافس مضادات الحياة، أو التنافس من أجل الضوء. ان التفاعل التنافسي كثيراً ما يتضمن المكان والغذاء والضوء والتعرض للمتفرسات والأمراض وغيرها. قد يحدث التنافس بين نوعين أو أكثر فيسمى التنافس البيني Interspecific competition أو قد يحصل بين أفراد النوع الواحد فيسمى التنافس الضمنوعي Intraspecific competition.

الأهمية البيئية للتنافس:

ان لنتائج التنافس أهمية بيئية كبيرة يمكن اختصارها بالنقاط الآتية:-

1. يؤدي التنافس بين الأنواع إلى حدوث التوازن البيئي بين النوعين المتنافسين.
2. قد ينتج عن التنافس بأن يحل أحد النوعين المتنافسين محل النوع الأخر في ذلك المكان ويجبره على الرحيل إلى مكان أخر.
3. قد يجبر احد النوعين المتنافسين على استخدام غذاء من نوع أخر من مورد أخر.

ويمكن القول انه لا يمكن لنوعين لهما نفس المركز البيئي Ecological niche ان يبقيا في نفس المكان. أي ان الأنواع المتشابهة فسلجياً أو مظهريا لدرجة ان يكون لها نفس متطلبات المركز البيئي فلكي يستمرا بالبقاء فيجب ان يحتلا مراكز بيئية مختلفة. أي بمعنى أخرى يجب ان ينعزلا بيئياً، وهذا العزل بين الأنواع المتقاربة جداً يعرف بمبدأ الاقصاء التنافسي Competitive exclusion.

2- الافتراس Predation

يشير الافتراس إلى اقتناص حيوان لحيوان أخر من أجل الغذاء. ويعتبر الافتراس ذات أهمية من خلال ثلاثة مستويات هي:

أ. ان تأثير الافتراس يحدده نوع الفريسة. ففي حالة تأثيره على الفرائس التي تعتبر كآفات مضرة فيعتبر الافتراس ذا فائدة بيئية. أما في حالة تأثيره على الفرائس التي تعتبر مهمة أو ذات أهمية بيئية للإنسان فيعد الافتراس ضاراً.

ب. تساهم بعض حالات الافتراس في تنظيم المجتمعات والوصول إلى حالة التوازن البيئي.

ج. يعد الافتراس عامل رئيسي في الانتخاب الطبيعي Natural selection إذ ظهرت الدراسات ان الافتراس يزيل بصورة اختيارية الحيوانات المعمرة والمريضة أو المصابة والضعيفة من جماعة الفريسة. فعند إزالة تلك الأفراد والتي يمكن اقتناصها من الجماعة، في حين تكون الحيوانات النشيطة والجيدة أقل عرضة للوقوع ضحية للمفترس، وهذه تعتبر وسيلة من وسائل الانتخاب الطبيعي.

تحاول الفريسة إتباع وسائل معينة لتفادي الوقوع فريسة في يد المفترسات وبطرق مختلفة مثل عمل انفاق تحت سطح الأرض للاختباء من الأعداء، أو من خلال التكيفات السلوكية والمظهرية مثل تغيير اللون واطلاق رائحة منفرة والصوت والحركة.

ان النباتات لا يمكنها التخلص من اعدائها كما تفعل الحيوانات لكونها ساكنة، ولكن تتواجد في بعض النباتات تحورات مظهرية مثل وجود الشعيرات والاشواك أو الطعم المر والتي من شأنها ابعاد الرعي عنها والتخلص من الحيوانات التي تحاول افتراسها.

3- التطفل Parasitism

تشمل العلاقة التطفلية كون كائن حي يعيش بداخل أو على جسم كائن حي أخر بحيث يستمد غذاءه منه وبذلك يؤدي ضرراً له يصل إلى حالة الموت.

لذا يتشابه مفهوم التطفل مع مفهوم الافتراس عندما يؤدي التطفل إلى الموت.

قد يكون الطفيلي طفيلياً مؤقتا كما في حالة قرادة الخشب، أو قد يكون طفيليا مقيماً بصورة أكثر دائمية كما في حالة الدودة الشريطية. أما الضرر الذي يسببه الطفيلي للمضيف Host فقد يكون ضئيلاً نسبياً أو ضرراً معيناً ومتفاوتاً وقد يصل أحياناً إلى الموت. يكون التطفل ظاهرة شاملة في جميع الكائنات الحية فقد يشمل الحيوانات والنباتات.

4- التضادية والتضاد الحيوي Amensalism and Antibiosis

تعد التضادية من العلاقات التي يتم فيها تثبيط جماعة واحدة في حين تكون الجماعة الأخرى غير متأثرة. فمثلاً ان تظليل نباتات معينة تحت الأشجار العالية في الغابة، فإن الأشجار العالية سوف تقلل من كمية الضوء ونوعيته الذي يصل إلى سطح الغابة، وبذلك لا يمكن للكثير من النباتات من الحصول على كفايتها من الضوء.

اما التضاد الحيوي Antibiosis فهو نمط معين من التضادية إذ يقوم كائن حي بإنتاج مادة ايضية بوصفها ناتجاً عرضياً تكون سامة لكائنات حية أخرى. ومن الأمثلة على التضاد الحيوي هو البنيسيليوم أو العفن Penicillium الذي ينتج مادة حيوية مضادة تسبب موت العديد من البكتريا. ومن هذا المفهوم استطاع الإنسان تطوير مفهوم المضادات الحيوية Antibiotics في الطب السريري، فعلى سبيل المثال استخدم كل من البنسيلين Penicillin والستربتومايسين Streptomycin والايرومايسين Aureomycin ضد كائنات حية ممرضة.

ثانياً: العلاقات الايجابية Positive relationships

يطلق على الارتباطات الوثيقة المختلفة بين الكائنات الحية من أنواع مختلفة مصطلح التكافل Symbiosis والذي يشتمل على نوعين هما:

أ- تبادل المنفعة Mutualism

في هذا الارتباط يستفيد النوعان المتفاعلان من هذه العلاقة والتي قد تكون اجبارية أو اختيارية، وتكون مهمة لبقاء كلا النوعين.

ويتمثل تبادل المنفعة بصورة تقليدية بالترافق بين الطحالب Algae والفطريات Fungi لتكوين الأشنات Lichens إذ تجهز الفطريات الهيكل والرطوبة ومواقع التعلق التي تنمو فيها خلايا الطحالب، وتقوم الطحالب بانتاج الغذاء لنفسها وللفطريات معاً.

كما ان العلاقة بين جذور النباتات البقولية وبكتريا تثبيت النتروجين، إذ تجهز الجذور موطناً لمعيشة البكتريا، وتجهز البكتريا النتروجين للنبات بعد تثبيته على هيئة نترات تستطيع جذور النباتات امتصاصه.

وكمثال على التبادل الاجباري هو العلاقة بين الحيوان الأولي السوطي Trichonympha النمل الأبيض آكل الخشب (الارضة)، إذ لا يستطيع أي من هذين النوعين من العيش دون وجود الأخر. فالحيوان السوطي يعيش فقط في القناة الهضمية للنمل الأبيض ويقوم بهضم مادة السيليلوز، في حين يقوم النمل الأبيض بتجهيز الحيوان الأولي بموطن وبيئة ثابتة فضلاً عن المواد الغذائية الأساسية، كما يوفر الحيوان الأولي عملية هضم حيوية للنمل الأبيض وهي هضم مادة السيليلوز التي لا يستطيع النمل الأبيض من هضمه.

ب- التعايش Commensalism

في حالة التعايش تكون العلاقة بين نوعين مختلفين أحدهما يستفيد ولكن النوع الآخر لا يستفيد وفي نفس الوقت لا يتضرر. وعلى سبيل المثال فإن علاقة سمك الريمورا مع سمك القرش، إذ تتعلق سمكة الريمورا بجلد سمك القرس بواسطة قرص محجمي قوي ويتم نقلها على

نحو واسع وبصورة سريعة بواسطة القابلية الحركية للقرش، كما تلتهم سمكة الريمورا أيضاً بقايا الطعام الموجودة بين فكي القرش، فضلاً عن توفير الحماية لسمكة الريمورا، لذا تستفيد الريمورا في نواحي عديدة ويكون القرش غير متأثر نسبياً. يلاحظ ان عدد من الكائنات الحية الكبيرة يمكن ان توفر موطن أو ملجأ لكائنات حية أخرى. فمثلاً الأشجار الكبيرة في الغابات تعد موطناً لعدد من الحيوانات التعايشية كأنواع مختلفة من الطيور، إذ تسكن فيها وتتكاثر وتضع بيوضها وتربي افراخها دون الضرر لتلك الأشجار.

هناك علاقة أخرى بين الكائنات الحية ليست سلبية ولا ايجابية تدعى علاقة الحياد Neutralism وفيها يسلك كل كائن حي مسلكاً مستقلاً تماماً عن الكائن الحي الأخر، ولا يتأثر أحدهما بوجود الآخر.

تباين الأنواع Species diversity

ان عدد أنواع الكائنات الحية على الكرة الأرضية بما في ذلك الأنواع في بيئة اليابسة والبيئة المائية غير محدد بدرجة دقيقة وذلك بسبب ان أنواعاً جديدة تكتشف بشكل مستمر، فضلاً عن ان هناك مناطق عديدة في العالم ما تزال غير مدروسة بشكل كامل مثل الغابات الاستوائية. تشير المصادر الحديثة ان التقديرات لعدد الأنواع الكلي المعروفة تصل إلى (1,5) مليون نوع، ويمكن زيادة العدد على ذلك أضعافاً مضاعفة عند اكتشاف الأنواع الأخرى غير المعروفة في العالم كما أكدا ذلك كل من بوتكن وكلير (Botkin & Keller, 2000) في كتابهما (علم البيئة). وفيما يلي عدد الأنواع الموجودة في مملكات الكائنات الحية الخمسة وهي:-

1- مملكة الطلائعيات Kingdom Monera

وتشمل البكتريا والطحالب الخضراء المزرقة. عدد الأنواع فيها هو (100) ألف نوع.

2- مملكة الابتدائيات Kingdom Protista

وتشمل الطحالب والكائنات الحية وحيدة الخلية والفطريات ذات الأبواغ المسوطة. وفيها (60) ألف نوع.

3- مملكة الفطريات عدد الانواع فيها هو (100) ألف نوع.

4- المملكة النباتية Kingdom Plantae وفيها أكثر من (270) ألف نوع.

وتشمل:-

أ. الحزازيات ويوجد فيها (24) ألف نوع.
ب. السرخسيات ويوجد فيها (12) ألف نوع.
ج. الصنوبريات ويوجد فيها (55) ألف نوع.
د. نباتات ذوات الفلقة الواحدة ويوجد فيها (65) ألف نوع.
ه. نباتات ذوات الفلقتين ويوجد فيها (170) ألف نوع.

5- المملكة الحيوانية Kingdom Animalia وفيها أكثر من مليون نوع.

يتأثر التنوع الاحيائي بالعديد من العوامل وهي:-

1. حدوث التغيرات الفيزياوية لموطن الكائنات الحية وبعض الاضطرابات الطبيعية. مثل حدوث حريق أو هبوب عواصف قوية، أو تدفع فجائي للمياه إلى بركة.
2. التغيرات في الظروف البيئية كدرجة الحرارة وسقوط الأمطار وتجهيز المغذيات.
3. التنوع الكبير في إحدى المستويات الاغتذائية وزيادة في التنوع لمستوى اغتذائي أخر.

التحسن الكبير في عناصر البيئة مثل تربة غنية بالمواد العضويةي حين تتمثل العلاقات التنافسية أو المحددة بالافتراس Predation والتطفل Parasitism بما في ذلك الأمراض المعدية بجميع أنواعها، والتنافس Competition والتضادية Amensalism أو التضاد الحيوي Antibiosis.

بصورة عامة يمكن اختصار جميع هذه العلاقات والتداخل بين الأنواع بالعلاقات السلبية والعلاقات ال

4. .

جامعة الموصل
كلية الزراعة والغابات/ قسم وقاية النبات

المرحلة: الرابعة
المادة: بيئة حشرات نظري
الدكتور: عبدالجبار خليل ابراهيم

المحاضرة الاولى

الفصل الثالث
طرق دراسة علم بيئة الحشرات

عند البحث عن أفضل الطرق لدراسة بيئة الحيوانات والحشرات ينظر إلى الموضوع بمدى واسع وشمولية مقبولة فيدرس ماذا تصنع الحيوانات عندما تعطى مجالاً طبيعياً؟ أي دراسة سلوكها. ثم تدرس بعد ذلك (الدراسة في المختبر أو تحت الظروف المسيطر عليها) الظروف المثالية أو الممتازة التي تتصرف بها الحيوانات في مجالها الطبيعي، ونعود بعد ذلك فندرس العوامل المحددة التي تمنع الحيوانات من أخذ أبعادها الطبيعية في النمو والغذاء والحركة. فعلم البيئة هو دراسة الكائنات، كما هي موجودة في الطبيعة وهو أيضاً دراسة التغيرات الملائمة وغير الملائمة للأحياء في محيطها.

ان مهمتنا في هذا العلم هي معرفة لماذا بعض الحيوانات توجد في مناطق معينة دون غيرها؟ لماذا تتكاثر في محل معين باعداد كبيرة وفي محل آخر تتكاثر بشكل أقل؟ لماذا تكاثرت في السنة الماضية أكثر من السنة التي سبقتها؟ أو أكثر من الحالية؟ المهم هو دراسة الحيوان من الوجوه البيئية بحيث تفسر لنا مسيرته في الطبيعة من ناحية الغذاء والمكان والجو وعلاقته بالحيوانات والنباتات الأخرى المحيطة به. وفي كل الأحوال فان دراسة البيئة تنصب على تحليل عناصر المحيط الذي يعيش به الحيوان لتفسر أسباب كثرة أو قلة تكاثره وتفسر سلوكه وطريقة حياته بشكل عام. ونظراً لاعتماد علم البيئة على معارف كثيرة فعلى الباحث ان يتبع النظام التالي ليقوده إلى أفضل دراسة لحيوان ما في بيئته.

أولاً: دراسة فسلجة وسلوك الحيوان: وبما أن هذا المجال واسع وغير محدود فعلينا ان نختار أوجه فسيولوجية وسلوكية معينة حسب طبيعة البحث وأهدافه. وتدرس هذه الأوجه على مدى واسع بحيث لا تكون الدراسة مقتصرة على المختبر بل تتعداه إلى الحقل. أي على العلماء البيئيين ان يكونوا علماء طبيعيين.

ثانياً: دراسة الجو Climate والتربة Soil والنباتات في المحيط كذلك دراسة النباتات والحيوانات الأخرى في محيط الكائن.

ثالثاً: دراسة عدد الحيوانات في المجتمع المنتخب للدراسة وعلى العموم يجب ان يتميز البيئيون بعقول ذات رياضة ومرونة علمية في التفكير والإبداع واختيار أفضل الطرق في البحث وعلينا ان نعرف ان لكل مسألة ظروفها الخاصة فلا يجوز النقل الحرفي والاستنساخ للبحوث السالفة ولا التقيد بالظروف التي أجريت بها أو الوسائل التي استخدمت لانجازها أو الاستنتاجات التي استخلصتها، بل يمكن الاستفادة من ذلك وفق الظروف والمعطيات المتوفرة والضرورية لبحثنا المحدد بخصوصيته وأهدافه.

ان المشتغل في علم البيئة يجب ان تكون لديه معلومات جيدة الاحصاء وسبل كتابة البحوث بطريقة سهلة وممتعة وواضحة. ويجب ان تتميز بحوث البيئة بالتدرج والتسلسل والوضوح لان البيئة بطبيعتها علم به تداخل شديد تحتاج بحوثه إلى توضيح وتنظيم وتسبيب.

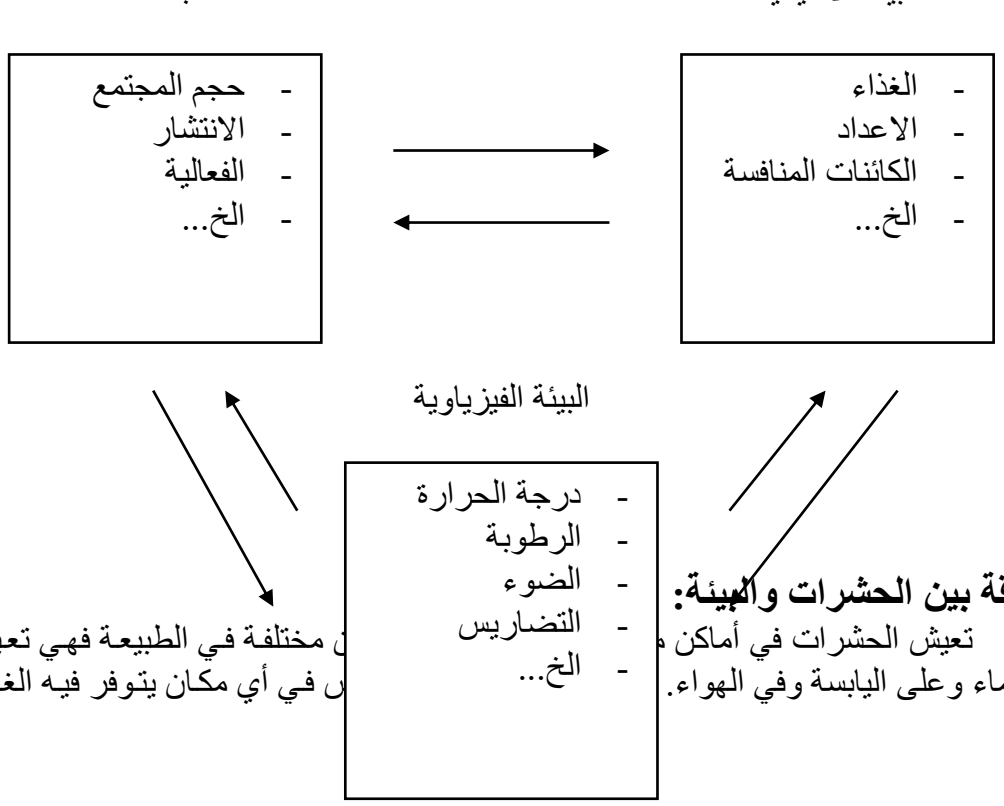
ان علم البيئة الشامل يتميز بدراسة التوزيع الطبيعي للاحياء Distribution وغزارتها Abundance في الطبيعة. ولدراسة ذلك دراسة جيدة علينا ان نبدأ بدراسة العلاقة بين الأحياء في محيط معين أي ندرس المجموعات Communities والتي هي عبارة عن مجموعة من الحيوانات تعيش بشكل متشابك ومعقد في وحدة طبيعية وندرس ضمن هذه المجموعة المواطن Habitats والتي تتميز بتجانسها من الناحية الخضرية والجغرافية الطبيعية وأمور أخرى يعتبرها البيئيون أو الطبيعيون مهمة ويمتاز الموطن بسهولة تمييزه عن غيره من المواطن. اما النوخ Niche الذي يقع ضمن الموطن فهو المحل الذي توجد به مجموعة من الأحياء تعيش مع بعضها وتعرف من خلاله علاقة هذه الأحياء من ناحية الغذاء والأعداد.

وعليه فإن هناك ثلاثة مستويات أو قوانين في البيئة:

أولاً: القوانين التي تتحكم في فسلجة وسلوك الحشرات بالنسبة لمحيطها.
ثانياً: القوانين التي تتحكم في علاقة الأحياء بالمنطقة التي تحتلها وتعيش عليها ويسمى هذا بعض الأحيان بعلم بيئة المجتمعات Population Ecology.
ثالثاً: القوانين التي تتحكم في المجموعات Communities أو هي القوانين التي تتحكم بمجموعات متداخلة مع بعضها. وكما هو معروف فان الانتقال في المعرفة من الجزء إلى الكل هو الطريق السليم للمعرفة فتكون دراسة علم البيئة على ضوء هذه القوانين تتمثل بالتسلسل النازل لهذه القوانين أي نعرف علم بيئة المجتمع من خلال فسلجة وسلوك الأفراد ونعرف المجموعات من خلال علم بيئة المجتمع وهكذا. ونظرا لأن هذه القوانين تشمل مواضيع كثيرة تحتاج إلى معرفة وزمن كبيرين فان علم بيئة الحشرات يعنى بمواضيع المستويين الأول والثاني وان ما يدفعنا بهذا الاتجاه هو توفر كثير من العلوم التي درست حولهما فهناك دراسة جيدة للفسلجة وتأثير الحرارة والرطوبة والغذاء والمسكن (القانون الأول) ودراسات حديثة عن حركة مجتمعات الأنواع وعن التوزيع والانتشار بالنسبة للأنواع الحشرية المهمة كما تتوفر معلومات جيدة عن التزاحم والافتراس والتكافل وغيرها. فالقوانين التي تتحكم في سلوك الأفراد هي قوانين المؤثرات الطبيعية كالحرارة والرطوبة والضوء وكذلك الغذاء من الناحيتين الكمية والنوعية (الغذاء الذي فيه نقص عناصر أو فيتامينات معينة يؤثر تأثيرات فسيولوجية معينة). أما قوانين المستوى الثاني (بيئة المجتمعات) فهي التي تتحكم في نوعين أو أكثر من الأحياء يتغذيان على نفس النوع من الغذاء ويحتلان نوخاً واحداً ولهما نفس المفترسات أو المتطفلات.

ان دراسة هذه القوانين سوف تجيبنا على أسئلة يحتاجها الباحثون والعلماء في العلوم المختلفة ومنها علم الحشرات هذه الأسئلة هي مثل: لماذا حدث فوران Outbreak (وهو التكاثر الكبير أكثر من الاعتيادي لكائن معين في زمن معين لظروف ممتازة اتيحت له كغياب مفترس أو متطفل أو ملاءمة جوية ممتازة أو توفر كميات كبيرة من الغذاء) في حشرة معينة في سنة معينة؟ لماذا تعيش حشرة السونة في الشمال فقط ولم تنتقل إلى الوسط في العراق؟ لماذا دورة حياة حشرة معينة قصيرة وأخرى طويلة.

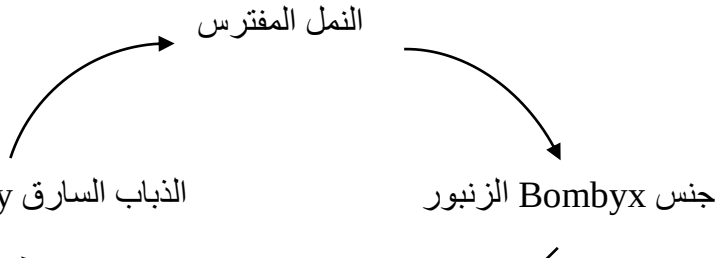
ويبين المخطط التالي أبسط العلاقات المتداخلة بين أجزاء النظام البيئي:-



العلاقة بين الحشرات والبيئة:

تعيش الحشرات في أماكن مختلفة في الطبيعة فهي تعيش في الماء وعلى اليابسة وفي الهواء. وتعيش في أي مكان يتوفر فيه الغذاء

حيث ان لها قابلية تكيف كبيرة للبيئات المختلفة. ان الحشرات تعيش في بيئات ومجتمعات معقدة نوعاً وكمثل لذلك هناك فريسة يتغذى عليها مفترس Predator أو متطفل Parasite وهناك مفترس أو متطفل ثاني على المفترس أو المتطفل الأول وهكذا. والحشرات إما تعيش بشكل اجتماعي كما في النحل والنمل والارضة أو تعيش مفردة حسب تخصصها أو تطورها. وتكون ماهرة في صنع محيطها في أكثر الأحيان كخلايا النحل واعشاش النمل والارضة. وان الزنابير التي تبني خلاياها عليها ان تختار نوعاً معيناً من التربة ويكون بناءها بهندسة خاصة. كل هذه المهارات هي لايجاد البيئة التي تحميها من الظروف القاسية المحيطة بها. وتجدر الإشارة إلى ان مهارة الحشرات لا تعني انها حيوانات مفكرة أو عاقلة بل انها تقوم بهذا الصنع الدقيق بدافع الجوع أو المحافظة على الجنس واعمالها هذه غريزة غير تفكيرية ولا عاقلة. وكمثال على بيئة الحشرات المعقدة هناك نوعاً من الزنابير من الجنس Bombyx والذي هو في طبيعته حساس لدراجات الحرارة العالية ولذلك فهو يحفر حفراً في الأرض لتقيه الحرارة وأشعة الشمس المباشرة كما تستعملها لوضع البيض فيها. وهناك نوعاً من النمل المفترس الذي يقتات على يرقات هذا النوع من الزنابير حال خروجها من البيض. ومن جهة أخرى فان هذه اليرقات نفسها تتغذى على الذباب السارق Robber Fly والذي يعتبر حشرة نافعة بالنسبة للإنسان كما وان الذباب السارق نفسه يتغذى على النمل المفترس أي:



هذا مثل بسيط يمثل البيئة المعقدة التي تعيشها بعض الحشرات.

ان بعض الحشرات لها قابلية المعيشة في الثلوج وتحتها وقسم تعيش على أملاح خالصة أو خل صافي لوحده كما وجد في ولاية كاليفورنيا الأمريكية مثلاً بان بعض الحشرات تعيش على النفط فقط. حتى ان بعض الخنافس وجدت تعيش على سيانيد الهيدروجين. ومن أحسن الأمثلة التي يمكن ضربها بهذا الخصوص هو تكييف الحشرات لسموم المكافحة المختلفة والعيش دون تأثير هذه السموم عليها بعد ظهور المقاومة فيها. وعلى العموم فأن الحشرات من أشد الحيوانات مقاومة لظروف البيئة القاسية.

العوامل التي ساعدت الحشرات على مقاومة وتحمل الظروف البيئية المختلفة:

أولاً: قابليتها على الطيران: وبذلك تستطيع الانتقال من ظروف غير ملائمة إلى ظروف ملائمة.

ثانياً: قابليتها على التكيف: كمقاومة السموم، وممارستها السبات لتلافي نقص الغذاء حيث يوجد نوعان من السبات شتوى وصيفي، واللذين قد تمر الحشرة باحدهما أو كلاهما.

السبات الشتوي Hibernation: يحدث عند انخفاض درجات الحرارة أثناء الشتاء وفيه تلجأ الحشرة (أو أحد أطوارها غير الكاملة) إلى خفض معدلات التنفس والتكاثر وغيرها من العمليات الحيوية كما تمتنع عن تناول الغذاء وتعيش على المخزون في جسمها من مواد دهنية حتى تنتهي الظروف القاسية هذه.

السبات الصيفي Aestivation: وبالعكس فعند ارتفاع درجة الحرارة تلجأ الحشرة (أو أحد أطوارها غير الكاملة) إلى خفض معدلات عملياتها الحيوية إلى الحد الأدنى وتحتمي بالأماكن المظلمة والباردة طيلة هذا السبات. وأحياناً تدخل بعض الحشرات (مثل ثربس الحنطة) النوعين

من السبات. كما وان تخصص أجزاء فم الحشرة وارجلها على نوع الغذاء المتوفر في محيطها أكبر دليل على قابليتها على التكيف. ومن أنواع التكيف الهجرة Migration (وهي الانتقالات الجماعية الدورية والمنتظمة لكل أو بعض افراد نوع ما من الأماكن الأصلية لوجودها إلى أماكن جديدة بعيدة أو قريبة من أماكنها الأصلية عبر مسارات ثابتة تقريباً وفي مواسم محددة وذلك للمحافظة على النوع) ومن التكيفات الأخرى التي تمارسها الحشرة الانتشار، والتركيب الاجتماعي وتوزيع العمل (كما في النحل والنمل والارضة)، والعلاقة التعاونية (كما في العلاقة بين بعض أنواع النمل والمن).

ثالثاً: هيكلها الخارجي القوي: للحشرات هيكل خارجي مقاوم للظروف الجوية القاسية وله قابلية الانطواء وقابلية الاحتفاظ بالماء ومحتويات الجسم بصورة جيدة.

رابعاً: الحجم الصغير: يجعلها تحتاج غذاءاً قليلاً وملجأ بسيطاً كما يجعلها بعيدة عن متناول الأعداء الأكبر حجماً. هذا بجانب التلون والمحاكاة Mimicry أي تشبه الحشرة جزء أو شوكة من النبات وغيرها من الوسائل التي تجابه بها الحشرة محيطها واعداءها.

خامساً: التشكل Metamorphosis: تنفرد الحشرات عن بقية الكائنات الأخرى بطريقة نموها حيث ترتبط دورة حياتها، القصيرة نسبياً، بأطوار مختلفة الأشكال (البيضة واليرقة والعذراء والحشرة البالغة) حيث يتيح هذا النمط من التشكل للأطوار المختلفة فرصة المعيشة في أماكن متعددة تحت ظروف بيئية متباينة وتناول أغذية مختلفة. وللحشرة القدرة على ان تحمي نفسها في طور العذراء الساكن من مهاجمة الأعداء وكذلك مواجهة قلة الغذاء.

سادساً: الخصوبة العالية High Fecundity والاقتدار الاحيائي Biotic Potential العالي للحشرات: تعتبر الخصوبة العالية، أو الكفاءة الانتاجية، للحشرات من العوامل الأساسية التي ساعدت كثيراً على زيادة أعدادها. إذ تلد أنثى من القطن *Aphis gossypii* ستة أفراد في اليوم الواحد، كما تضع إناث الحشرات الاجتماعية، مثل ملكة الارضة مئات الآلاف من البيض.

ويقدم الذباب المنزلي أبرز الأمثلة على الكفاءة التناسلية العالية للحشرات. إذ لو قدر لأنثى وذكر منه ان يتزاوجا عند بداية شهر نيسان وأمكن لناتج هذا التزاوج ان يحيا باكمله إلى شهر آب لأصبح عدد أفراده خلال هذه الفترة (1.91×10^{19}) فرداً (والذي يتخذ عادة كمعدل للتكاثر الغريزي للحشرات) تكفي لتغطية سطح الأرض إلى 47 قدماً. ومما يزيد من الكفاءة التناسلية للحشرات هو اقتدارها الاحيائي، فبجانب اقتدارها البقائي Survival Potential الذي أسلفناه والمتمثل بشكل وحجم وتركيب جسم الحشرة وتأقلمها والسبات ودوره في تنظيم نمو المجتمعات، وتحويرات الموطن والقدرة على الطيران والهجرة والانتشار والتركيب الاجتماعي وتوزيع العمل والعلاقات التعاونية للحشرات مع بعضها ومع الكائنات الأخرى، فان الاقتدار الاحيائي المتمثل بشكل خاص بتعدد طرق التكاثر وغزارته هو أبرز ما تتمتع به الحشرات من أسباب النشوء والسيادة في الطبيعة.

تتكاثر معظم الحشرات تكاثراً جنسياً حيث تضع الأنثى أعداداً كبيرة من البيض تكفي للمحافظة على النوع لأجيال متعاقبة وباعداد وافرة. بالإضافة لذلك فأن بعض الحشرات تتكاثر تكاثراً لا جنسياً فتضع الأنثى غير المخصبة أفراداً تحافظ بها كذلك على النوع وتديم نموه كما في أنواع المن التي تضع الأنثى حوريات في العمر الأول.. تتكافأ في درجة نموها مع الحورية الأولى الناتجة من بيض وضعته إناث أخرى من نفس النوع. وتضع أنثى ذباب اللحم من عائلة الـSarcophagidae يرقات بدل البيض حيث يفقس البيض أثناء مروره داخل آلة وضع البيض.

وتضع بعض حشرات ذات الجناحين مثل جنس Pupipara وانثى ذبابة التسي تسي Glossina عذارى بدل البيض حيث يحدث النمو اليرقي داخل رحم الأم المتكون من حجرة عضلية كبيرة نشأت غالباً كأتساع في المهبل وتحوي هذه الحجرة على غدد تفرز مادة غذائية لليرقة التي يكتمل نموها في هذا المكان لتتحول خارجه إلى عذراء وذلك بمجرد ان تلدها الأنثى.

ومن مظاهر الاقتدار الاحيائي للحشرات هو ان بعض المتطفلات من رتبة غشائية الاجنحة تتميز بظاهرة انقسام نواة البيضة انقساماً اعتيادياً فيتكون من كل نواة ناتجة عن هذا الانقسام كتلة من الخلايا المتلاصقة في صورة توتية Morula أو على شكل سلسلة طويلة منها تتكون الاجنحة وبذلك ينشأ عن كل بيضة أكثر من جنين واحد وقد يتراوح عدد هذه الأجنة من توأمين إلى بعض مئات أو بضع آلاف كلها تنمو إلى يرقات تعيش داخل يرقة العائل. ويبلغ الاقتدار الاحيائي ذروته عندما يحصل في بعض أنواع الحشرات نضوج جنسي مبكر فتنتج بيضاً أو تلد احياء بواسطة اليرقات أو العذارى حيث يحصل نمو فقط في أعضاء التناسل دون بقية أعضاء الجسم التي لم تأخذ بعض خصائص الحشرة البالغة. يطلق على هذه الظاهرة توالد الأطوار غير الكاملة أو توالد الصغار Peadogensis ومن الأمثلة على ذلك هو نمو البراعم التناسلية Gonads ليرقة الهموش من جنس Miaster ليتكون بداخلها خلايا تناسلية ينشأ عنها يرقات صغيرة تنهش احشاء الأم ثم يحدث بداخل هذه اليرقات نفس الظاهرة السابقة إلى ان يتوقف نمو البراعم التناسلية ليرقات جيل من الأجيال فتتحول هذه اليرقات إلى طور العذراء.

تتزاوج الحشرات الكاملة الناتجة من هذه العذارى لتضع بيضاً مخصباً تفقس عنه يرقات تعيد الدورة السابقة. هذه بعض صور المرونة الفائقة والاقتدار العالي في تكاثر الحشرات وان ما يساعد الحشرات كذلك على التكاثر إلى كميات قليلة من الغذاء اذا ما قورنت بغيرها من الحيوانات الأخرى.

ويمكن تلخيص العوامل التي تؤثر على حيوية الحشرات وتكاثرها كما يأتي:-

أ- عوامل الاقتدار الحيوي وتشمل:

1. الكفاءة التناسلية وتشمل، عدد البيض، نسبة الفقس، مدة الجيل، النسبة الجنسية.
2. الاقتدار البقائي: ويشمل الاقتدار الغذائي Nutritive Potential والاقتدار الوقائي Protective Potential ويقصد بالأول مقدرة كل حشرة على استخدام ما يوجد في بيئتها من مواد غذائية والانتفاع منها بتحويلها إلى غذاء صالح لها. واما الاقتدار الوقائي فيقصد به قدرة الحشرة على حماية نفسها من العوامل البيئية المناوئة لها ولا سيما الاعداء الطبيعية من طفيليات أو مفترسات حشرية كانت أم حيوانية.

ب- العوامل البيئية وتشمل:

1. عوامل جوية: الحرارة، الرطوبة، الضوء، الرياح، التربة.
2. الغذاء.
3. المكان.
4. الكائنات الحية الأخرى.

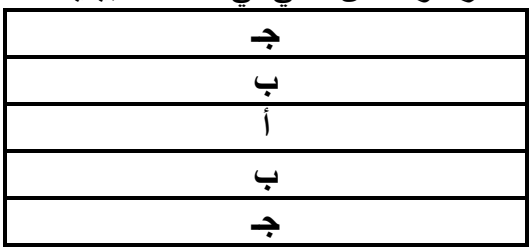
وعند دراستنا لبيئة الحشرات علينا ان نبتدئ بدراسة نوع واحد من الحشرات في منطقة انتشاره ومن هذا المنطلق يمكن تقسيم التوزيع Distribution لأي نوع من الحشرات إلى ثلاث مناطق Zones:-

أولاً: المنطقة المفضلة (المنطقة أ في الشكل 1-3): وهي المنطقة التي تسمح بمعيشة أكبر عدد من أفراد الحشرة وفي حدود الانتشار (وليس الفوران) وذلك لثبات العوامل المشجعة في تلك المنطقة.

ثانياً: المنطقة الحدية (المنطقة ب في الشكل 1-3): وهي المنطقة التي تقع على الخط الخارجي لحدود الانتشار. وتتميز عن المنطقة المفضلة بأن الظروف المشجعة فيها أقل نوعية وغير ثابتة فهي بين جيدة وسيئة. وتتميز هذه المنطقة بأن عدد أفراد النوع فيها قليل.

ثالثاً: المنطقة الخارجية (المنطقة جـ في الشكل 1-3): وهذه المنطقة تقع خارج مدى الانتشار الطبيعي لافراد الحشرة وتتميز بخلوها من أفراد الحشرة ولكن من المتوقع ان يشغلها النوع اذا

امتاز بقابليته على التكيف من خلال قدرته الوراثية أو قدرته على المقاومة. وتتميز هذه المنطقة بأن ظروفها غير ملائمة للحشرة أو الكائن الحي في حالته الطبيعية.



شكل (3-1): تقسيم منطقة الانتشار لنوع من الحشرات
(أ) تمتاز بوجود عدد كبير من الأفراد (ب) يكون عدد الأفراد فيها أقل (ج) لا يوجد فيها أفراد.

وكمثال على توزيع النوع بصورة ثابتة هو انتشار الجراد الاسترالي *Austroicetes cruciata* في منطقته الأصلية في استراليا. ان هذه الحشرة تنتشر بشكل دائم في بقعة محدودة لمراعي الأغنام حيث هناك نوع واحد من الحشيش الأخضر في الصيف والذي لا يستطيع هذا الجراد آكلة بحيث تصبح نسبة الموت 100% ونسبة الولادة 0% في الصيف بالنسبة لهذا النوع وتتلخص دورة حياة هذا النوع بما يأتي:-

1. وجود جيل واحد في السنة.
2. يقضي الصيف في طور البيض.
3. يقضي الشتاء في طور البيض نظراً لقساوة البرد.
4. تظهر الحوريات في منتصف الربيع عند توفر الغذاء ويحتاج الطور الحوري من 41الى 54 يوما. وبهذا يموت عدد كبير منه عند بلوغه الصيف.
5. يظهر البيض في أول الصيف.
6. بتقدم الصيف تموت البالغات من الجوع.
7. وهكذا من منتصف الصيف إلى بداية الربيع تكون جميع الأفراد في دور راحة Diapause.

وعليه فان عدد الأفراد لهذه الحشرة يعتمد على:-

1. الجو الملائم لعدم القضاء على البيض.
2. الجو الملائم لفقس البيض وظهور الحوريات.
3. الجو الملائم لتوفير الغذاء.
4. الجو الملائم لعدم ملازمة بعض الأمراض لهذه الحشرة.

عندما يكون الجو جافاً جداً تموت الحشرات من شدة الحر وكذلك البيض. بينما تكون الرطوبة الكثيرة عاملاً مشجعاً لنشاط الأمراض التي تصيب الحشرة. وهكذا تكون هذه الحشرة شبه ثابتة في منطقتها من ناحية العدد والانتشار.

ان الأسباب الرئيسية لموت الجراد الاسترالي هي:-

1. الجفاف أثناء الصيف مما يسبب القضاء على البيض.
2. الجفاف أثناء وقت خروج الحوريات بقتل الحوريات (وهذا عامل مهم لشدة تأثر الحوريات حديثة الخروج بالجو).
3. يلاحظ في الشتاء قلة كمية الغذاء مما يؤثر في اعداد وتوزيع الحشرات.
4. كثرة الرطوبة في الشتاء والربيع تشجع أمراض الجراد وخاصة الأمراض الفطرية على تحديد أعداد الحشرة.

من كل ما سبق فان أعداد هذه الحشرة تبقى ثابتة تقريباً على مر السنين ويعتبر هذا مثال جيد على التوزيع المثالي للحشرة في محيطها.

جامعة الموصل
كلية الزراعة والغابات/ قسم وقاية النبات

المرحلة: الرابعة
المادة: بيئة حشرات نظري
الدكتور: عبدالجبار خليل ابراهيم

المحاضرة الثالثة

الفصل الثاني
قوانين التحمل والعوامل المحددة

قوانين التحمل Tolerance laws

يتأثر توزيع الكائنات الحية وانتشارها على الكرة الأرضية بطبيعة تحملها للتغيرات في العوامل البيئية بصورة عامة، والتي تشمل عدد من العوامل كالحرارة والرطوبة والضوء والرياح وطبيعة التربة ونوعية الأحياء المتواجدة في تلك المنطقة وغيرها من العوامل. وعلى هذا الأساس يمكن تفهم أنماط الوفرة والانتشار للمجاميع الحياتية نباتية أو حيوانية.

يلاحظ ان بعض الأنواع من الكائنات الحية ذات مستويات تحمل عالية لعدد من العوامل البيئية مما جعلها تمتلك القدرة على الانتشار الواسع في مناطق مختلفة مثل العصفور وورد الجوري والثيل وأشجار اليوكالبتوس. وهناك أنواع أخرى تعيش في منطقة محددة أي أنها محدودة الانتشار وذلك لعدم تحملها لبعض العوامل البيئية مثل الدببة وأشجار النخيل والبلوط والجوز واللوز.

لقد اهتم علماء البيئة في دراسة تحمل الكائنات الحية أو عدمه للعوامل البيئية المختلفة وعلاقة ذلك في الصفات المورفولوجية والفسيولوجية.

ويمكن القول ان وجود أي كائن حي أو مجموعة من الكائنات الحية واستمرارها في بيئة معينة يعتمد في الأساس على مجموعة متداخلة من العوامل، وان أي من هذه العوامل تكون في مدى التحمل لبقاء ذلك الكائن الحي في المنطقة.

قانون ليبج للحد الأدنى Liebig's law of the minimum

أوضح العالم الألماني Liebig عام 1840 بأن هناك علاقة بين نمو الكائنات الحية وديمومتها في بيئتها الطبيعية وبين توفر الظروف البيئية والعوامل التي يحتاجها الكائن الحي. وينص قانون ليبج Liebig على ان المواد الأساسية المتوافرة في موطن Habitat الكائن الحي بكميات قليلة جداً يقترب مقدارها من الحد الأدنى الحرج الضروري لحياة الكائن الحي ونموه تعد هي العامل المحدد لذلك النوع من الأحياء.

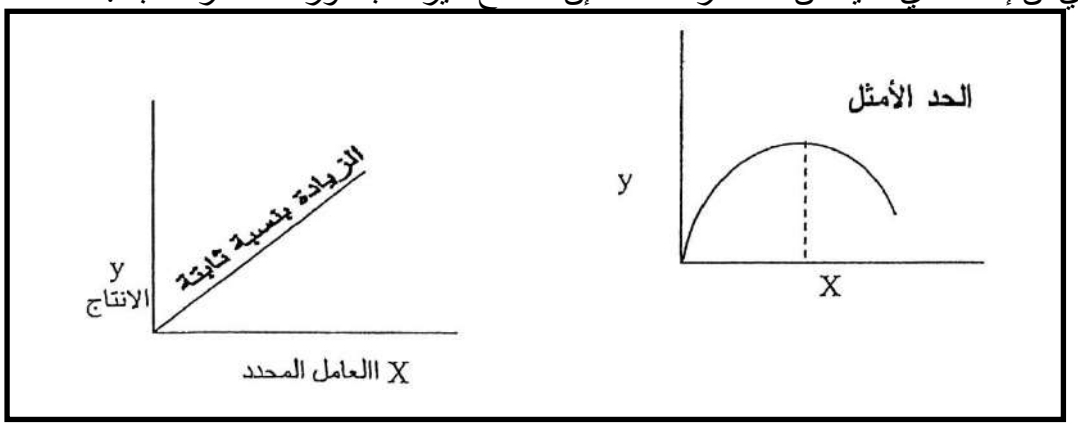
لذا سمي قانون ليبج بقانون الحد الأدنى Law of minimum.

بدأ ليبج عمله على النباتات إذ أشار إلى ان نمو النباتات يعتمد على كمية المادة الغذائية التي توفر لها بمقدار الحد الأدنى.

إذ عرف limiting factor العامل المحدد بما يلي:-

"ان العنصر الغذائي الموجود في التربة أو في وسط النمو بأقل كمية لتلبية حاجة النبات مقارنة بالعناصر الأخرى يكون هو العامل المحدد للإنتاج".

أي ان إضافة أي كمية من العنصر المحدد فإن الانتاج سيزداد بصورة مضطردة ثابتة.



ثم وضع العالم Wollny عام 1897 قانون الحد الأمثل Law of optimum وهو أنه بإضافة العامل المحدد فسيزداد الإنتاج عن الحدود الدنيا ليصل إلى الحد الأمثل ثم يبدأ الإنتاج بالانخفاض بزيادة العامل المحدد للإنتاج.

وقد توسع الباحثون بعدئذ ليشمل عوامل مختلفة أخرى كالعوامل الفيزياوية مثل الضوء والحرارة والرطوبة والعوامل الكيمياوية والبيولوجية فضلاً عن عامل الزمن.

قانون شيلفورد للحد الأعلى Shelford's law of the maximum

يعتمد تواجد الكائن الحي في موطن ما على أمور عدة، كما ان غياب الكائن الحي أو فشله في التواجد في موطن ما يمكن السيطرة عليه خلال زيادة ان ونقصان نوعاً أو كماً لبعض العوامل والتي يمكن ان تقترب من حدود التحمل لذلك الكائن.

لقد قام العالم شيلفورد في عام 1921 بتوسيع قانون الحد الأدنى مما جعله يعلن عن قانون الجديد المسمى بقانون شيلفورد للتحمل Shelford's law of tolerance أو قانون الحد الأعلى Law of maximum ويتضمن هذا القانون (ان أي كمية أو عامل يتفوق الحد الأقصى الحرج يستطيع ان يوقف نمو الكائن الحي وتكاثره في بيئته الطبيعية وبذلك سوف يخرج من تلك المنطقة). لذا فإن قيمة العامل وكميته يجب ان تبقى دون الحد الأقصى الحرج لتحمل الكائن الحي.

ويمكن ان يعرف هذا القانون (ان بقاء أو عدم بقاء الكائن الحي في موطن ما يعتمد على عوامل متداخلة عدة ومعقدة وان زيادة كمية أو نسبة أي من العوامل لتقترب من حدود تحمل الكائن الحي تحدد بقاءه).

من المفهوم أعلاه فإن قانون شيلفورد للتحمل يتناقض لحد ما قانون ليبج للحد الأدنى إذ يوضح شيلفورد ان بقاء أو عدم بقاء الكائن الحي لا يحدده قلة أو ندرة العامل فحسب بل ان كثرة العامل كذلك تحدد وجود هذا الكائن الحي.

فعلى سبيل المثال ان ارتفاع درجات الحرارة أو زيادة شدة الضوء أو زيادة كمية سقوط الأمطار غالباً ما تؤدي إلى القضاء على العديد من الكائنات الحية التي لا تتحمل هذه الزيادات وفي مناطق مختلفة. لقد مهد قانون التحمل الطريق إلى تفهم الحدود التي يمكن ان تعيش فيها مختلف الكائنات الحية الراقية منها والواطئة في الطبيعة مما ساعد على إدراك توزيع الأحياء وانتشارها في البيئة الطبيعية.

المفاهيم الأساسية في تطبيقات قانون التحمل:

1. ان الكائنات الحية التي لها مدى تحمل واسع لمعظم العوامل البيئية هي التي تكون أوسع الكائنات الحية انتشاراً في الطبيعة وأكثرها احتمالاً على البقاء.
2. ان بعض الكائنات الحية تمتلك مديات واسعة للتحمل لبعض العوامل البيئية في حين لها مديات تحمل ضيقة لعوامل أخرى.
3. ان نقص كمية ما أو عامل ما في الطبيعة يؤثر سلباً أو ايجابياً على مدى التحمل لعامل آخر.
4. ان مديات التحمل لعامل من العوامل البيئية غالباً ما يتغير مكانياً وزمانياً.
5. ان العلاقات بين الكائنات الحية المختلفة كالتنافس والتطفل والافتراس لها دور واضح في التأثير على انتشار تلك الأحياء في مديات تحملها.

مفهوم الجمع (بين قانون الحد الأدنى والحد الأعلى) للعوامل المحددة:

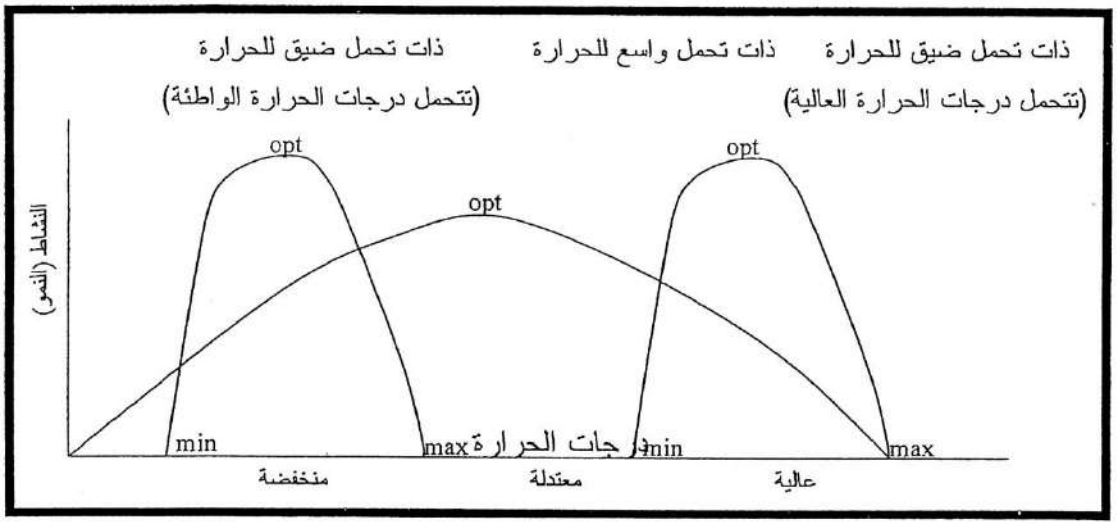
Combined concept of limiting factors

هناك قانون آخر يتعلق بالعوامل المحددة ومستويات التحمل وهذا القانون ينص على: (ان بقاء الكائن الحي أو عدمه يعتمد على مجموعة من العوامل والظروف البيئية المتباينة، وان أي من العوامل إذا اقترب من حدود التحمل أو تعداه يقال عنه يمثل العامل المحدد).

أي ان العوامل المختلفة من حيث الكمية والنوعية يجب ان تتواجد بحد أدنى في الأقل وذلك في المحيط الذي يتواجد فيه الكائن الحي وان يكون ضمن مدى تحمل الكائن الحي في ذلك النظام البيئي.

أي أنه كلما زاد تحمل الكائن الحي للظروف البيئية المحيطة به ازداد انتشاره وتحمله. وان مدى تحمل الكائن الحي للظروف البيئية تختلف باختلاف الكائن الحي.

فلو أخذنا مثالاً على ذلك حيوانات الجمال والبطريق فكلاهما من الكائنات الحية قليلة التحمل أي ذات مدى تحمل ضيق ولكن باختلاف واضح، فالجمال تعيش في المناطق الصحراوية الحارة وتتحمل درجات الحرارة العالية والظروف البيئية القاسية الناتجة عن ذلك ولكنها لا تتحمل البرودة أو الانخفاض الكبير لدرجات الحرارة العالية، علماً بأن انتشار الاثنين يكون محدوداً. وهذا يمكن توضيحه في الشكل الآتي:



ان مديات التحمل للعديد من العوامل البيئية تستعمل بشكل واسع من قبل علماء البيئة في وصف الكائنات الحية بالإشارة إلى كونها ضيقة التحمل (Steno) أو تكون واسعة التحمل (Eury) وكما يلي:

العامل البيئي	مدى تحمل ضيق	مدى تحمل واسع
الحرارة	Stenothermal	Eurthermal
الرطوبة	Stenohydric	Euryhydric
الملوحة	Stenohalic	Euryhalic
الغذاء	Stenophagic	Euryphagic

العوامل المؤثرة ذات الأهمية كعوامل محددة:

سنتطرق هنا إلى العوامل البيئية اللاحيائية الفيزياوية منها والكيمياوية ذات الأهمية البالغة والتي لها تأثير محدد على الكائنات الحية وانتشارها.

أولاً: درجة الحرارة: Temperature

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل البيئية ذات التأثير المحدد للكائنات الحية، إذ تعد من العوامل الأساسية المؤثرة في العمليات الايضية Metabolism لكل الكائنات الحية كالتنفس والتفاعلات الانزيمية المختلفة.

يلاحظ ان لكل كائن حي درجة حرارة مثلى للنمو Optimum temperature فضلاً عن مدى معين من درجات الحرارة. وهناك اختلافات واسعة بين المديات لتحمل الكائنات الحية المختلفة من درجات الحرارة، إذ ان المدى الحراري يعتمد على عوامل داخلية وخارجية وهي:-

أ. الصفات الوراثية.

ب. العمر.
ج. بيئة الكائن الحي.

وقد تتأقلم بعض الأحياء إلى مديات من درجات حرارة عالية أو منخفضة خارج المدى المحدد لذلك الكائن الحي من خلال بعض التكيفات التي تمتلكها الكائنات الحية لمقاومة درجات الحرارة في حديها الأدنى والأعلى وهذه التكيفات هي: Adaptation

1. التكيفات الفسلجية.
2. التكيفات التركيبية لمقاومة التغير في درجة الحرارة.
3. التكيفات السلوكية.

ثانياً: الرطوبة: Humidity

يعد عامل الرطوبة ذات أهمية واضحة في بيئة اليابسة، إذ أن الرطوبة يقصد بها توافر جزيئات الماء في الغلاف الجوي أو في سطح التربة أو في أعماقها. ويشمل مفهوم الرطوبة التساقط Precipitation بأنواعه المختلفة كالأمطار والثلوج والندى والتي تعد المصدر الرئيسي للرطوبة في التربة.

ان فترة سقوط الأمطار وكمياتها تؤثر في انتشار الكائنات الحية المختلفة خاصة النباتات ومن ثم الحيوانات وصولاً إلى الإنسان. وهناك تفاوت كبير في معدلات التساقط في مناطق العالم المختلفة، فهناك أمطار غزيرة في جميع الفصول في المناطق الاستوائية، في حين هناك أمطار فصلية في المناطق الأخرى.

ويمكن تقسيم العراق اعتماداً على معدلات سقوط الأمطار إلى أربع مناطق رئيسية هي:-

1. الصحاري: تتمركز في المنطقتين الجنوبية والغربية ويكون معدل سقوط الأمطار سنوياً (أقل من 100 ملم).
2. السهول المنبسطة: وتتواجد في منطقة ما بين النهرين دجلة والفرات في وسط العراق ويتراوح معدل سقوط الأمطار السنوي ما بين (200-100 ملم).
3. المنطقة المتموجة: وتقع شمال منطقة السهول ويتراوح معدل سقوط الأمطار السنوي ما بين (500-200 ملم).
4. المنطقة الجبلية: وتشمل منطقة السلاسل الجبلية في الشمال والشمال الشرقي من القطر ويتراوح معدل سقوط الأمطار السنوي ما بين (1200-700 ملم).

واعتماداً على توفر الرطوبة يمكن تقسيم النباتات إلى ثلاث مجاميع رئيسية هي:-

1. النباتات المائية Hydrophytes تعيش هذه النباتات في وسط مائي.
2. النباتات الوسطية Mesophytes تحتاج هذه النباتات إلى كمية معتدلة من الماء.
3. النباتات الصحراوية Xerophytes تعيش هذه النباتات في بيئة صحراوية قاحلة.

ثالثاً: الضوء: Light

يطلق مصطلح الضوء على الجزء المرئي Visible radiation من الإشعاع الشمسي Solar radiation وهذا الإشعاع يعد مصدراً للطاقة الكلية للأرض تقريباً حيث يكون على هيئة موجات كهرومغناطيسية ذات طول موجي يتراوح بين (5000-290) مليميكرون أما الضوء فهو جزء من ذلك الإشعاع ويقع بطول موجي يتراوح بين (760-380) مليميكرون.

يعد الضوء من العوامل المهمة في النظام البيئي وترجع أهميته إلى:-

1. الضوء مصدر للطاقة المهمة في عملية البناء الضوء.
2. يعمل على بناء الكلوروفيل والصبغات الأخرى وبذلك يكون مسؤول عن تلوين النباتات والحيوانات.
3. ضروري للابصار فبدونه تتغير أوضاع الكثير من الأحياء وتصرفها.

4. يؤثر على نمو النباتات من حيث تأثيره على إنبات البذور، موقع وعدد البلاستيدات الخضراء، غلق وفتح الثغور، عملية النتح، عملية التزهير.
5. يعد الضوء محفزاً للتواقت اليومي أو الفصلي للكائنات الحية نباتية كانت أم حيوانية.

ولفهم أهمية الضوء كعامل بيئي فلابد من التطرق إلى ثلاثة أمور أساسية وهي:-
أ. شدة الضوء. ب. نوعية الضوء. ج. طول الفترة الضوئية.

شدة الضوء: Light intensity

ان لشدة الضوء وكميته تأثيراً في نمو النباتات والحيوانات والحشرات والكائنات الأخرى. وتزداد شدة الضوء في المناطق الاستوائية بسبب الوضع العمودي لأشعة الشمس وبذلك تزداد درجات الحرارة في حين تقل كلما اتجهنا نحو القطبين.

تتأثر شدة الضوء بعدة عوامل منها مكونات الهواء الجوي، طوبوغرافية الأرض، الكساء الخضري، كثافة الغيوم ووجود الضباب والدخان والغبار.

ان الجزيئات الصلبة المنتشرة في الهواء (كالغبار والدخان) لها أهمية كبيرة في التأثير على كمية الضوء بسبب حجبها له حيث تعمل كعازل يقلل من شدة الضوء الساقط على سطح الأرض. فالدخان في الدول الصناعية المتقدمة يحجب حوالي (90%) من الضوء. ان التأثير الأكثر خطورة هو تراكم جزئيات الدخان وترسبها بشكل طبقة أو غشاء رقيق على أوراق النباتات فتحجب كمية الضوء اللازم لعملية البناء الضوء.

بصورة عامة تتفاوت النباتات من حيث احتياجاتها الضوئية للقيام بالفعاليات الحيوية. فمنها ما تعيش تحت ظروف الإضاءة العالية وتسمى (Heliphytes) وهي النباتات التي لاتتحمل العيش في الضل وهناك نباتات تعيش في ظروف الإضاءة الواطئة وتسمى (Sciophytes) وهي النباتات التي تتحمل الظل.

نوعية الضوء: Light quality

يتألف الضوء (الجزء المرئي من الأشعاع) Visible radiation من عدة ألوان ذات أطوال موجية مختلفة وهي اللون البنفسجي، الأزرق، الأخضر، الأصفر، البرتقالي، الأحمر.

تعد الموجات الحمراء والزرقاء من الضوء ذات تأثير مهم في عملية البناء الضوئي والتي يتم امتصاصها من قبل الصبغات النباتية المسؤولة عن امتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها إلى طاقة كيمياوية كما يحدث ذلك في صبغة الكلوروفيل.

أما الموجة الخضراء فلا يتم امتصاصها بل تعكس من قبل الأوراق لذا فإن اللون الأخضر للعين المجردة هو السائد في ألوان الأوراق النباتية.

تختلف الحيوانات في مدى تأثرها بالضوء، فيمكن لبعض الحيوانات العيش في أعماق البحار والمحيطات بعيداً عن الضوء أو العيش في أعماق التربة أو الكهوف وبعضها يحتاج الضوء لحياته.

طول الفترة الضوئية: Photoperiod

تعتبر طول الفترة الضوئية مهمة حيث تؤثر على الفعاليات الموسمية للكائنات الحية. حيث تؤثر الفترة الضوئية على الحيوانات من خلال علاقتها ببعض الفعاليات الفسيولوجية كما في الطيور إذ تشمل تغير ريشها ولونه وترسيب الدهن أو وضع البيض والهجرة من مكان لأخر حيث تهاجر الطيور شمالاً عندما يطول النهار وجنوباً عندما يقصر النهار. كما ان لطول الفترة الضوئية أهمية كبيرة لعملية التزهير (Flowering) في النباتات حيث هناك ما يعرف بالفترة الضوئية الحرجة Critical photoperiod لكل نبات الذي يزهر عندما يتعرض لها. وعلى هذا الأساس تقسم النباتات إلى ثلاث مجاميع هي:-

أ- نباتات النهار الطويل Long-day plants

وهي النباتات التي تزهر عندما تتعرض لفترات ضوئية يومية أطول من الفترة الضوئية الحرجة مثل نبات (الشعير، البرسيم، الشوفان، البنجر، الفجل، السبانغ).

ب- نباتات النهار القصير Short-day plants

وهي النباتات التي تزهر عندما تتعرض لفترات ضوئية يومية أقصر منا الفترة الضوئية الحرجة مثل نبات (الرز، الذرة الصفراء، فول الصويا، قصب السكر، التبغ، الدخن).

ج- نباتات النهار المعتدل Neutral-day plants

هذه النباتات تزهر دون العلاقة بطول الفترة الضوئية أي نباتات ليس لها فترة ضوئية حرجة مثل نبات (الطماطة، الخيار، الفاصوليا، زهرة الشمس، القطن).

رابعاً: الغازات: Gases

تعتبر من العوامل البيئية المهمة في البيئات الأرضية والمائية على حد سواء، إذ تعد كميات الأوكسجين المتوفرة عاملاً مهماً للتنفس وهو ضروري للنبات والحيوان والإنسان على حد سواء. وان ازدياد معدل التنفس يؤدي إلى زيادة تركيز غاز اوكسيد الكاربون CO_2 في المنطقة، لذلك لابد من حصول توازن بين هذين العاملين لكي تتمكن الكائنات الحية من المعيشة في ظروف مناسبة.

يتراوح تركيز الأوكسجين في الهواء الجوي بحدود (21%) فيما يتراوح تركيز ثاني اوكسيد الكاربون بحدود (0,03%) وكما هو معروف فإن CO_2 يعتبر عامل أساسي مهم في عملية البناء الضوئي. ويصبح الأوكسجين محدداً كلما تعمقنا في التربة أو الترب الغدقة. تختلف الحالة في البيئات المائية لان كميات الأوكسجين O_2 تذوب في الماء.

وبذا تكون في متناول أحياء مائية متنوعة من وقت لأخر ومن مكان لأخر. يعتبر الأوكسجين الذائب من بين أكثر العوامل الكيمياوية الحرجة في تأثيرها على البيئة المائية وذلك معظم الكائنات الحية (باستثناء الكائنات اللاهوائية) تحتاج إلى هذا الغاز لأجل تنفسها. وبصورة عامة تعد متطلبات الأوكسجين للنباتات أوطأ منها للحيوانات المساوية لها في الوزن، فعندما يحدث تنافس بين النباتات والحيوانات على الأوكسجين المتاح فإن، الحيوانات تموت قبل النباتات بسبب نقص الأوكسجين.

خامساً: التربة: Soil

تعد التربة إحدى العوامل المهمة والأساسية لنمو الكائنات الحية وانتشارها. فالنباتات تمد جذورها في التربة لتحصل على الماء والعناصر الغذائية. كما ان التربة تعتبر موطناً Habitat للأحياء المجهرية وللحيوانات مثل دودة الأرض والحيوانات الحافرة. وعند تواجد النباتات في التربة فسوف تتواجد الحيوانات التي تعتمد في غذائها على هذه النباتات كغذاء مباشر أو كمضيف تعيش عليه. تعيش في التربة أنواع مختلفة من الحيوانات كالديدان الخيطية وعديدة الأهداب والحشرات والقوارض بالإضافة إلى الكائنات الحية الواطئة كالبكتريا والفطريات والطحالب والابتدائيات.

تنشأ التربة من تفتت الصخور ويشارك في تكوينها الماء والهواء والأحياء المختلفة. التربة إذن عبارة عن تلك الطبقة السطحية من القشرة الأرضية التي تكونت خلال عملية تفتت الصخور إلى جزئيات صغيرة تشمل كلاً من جزئيات الرمل Sand والغرين Silt والطين Clay.

تعد التربة نظاماً معقداً تحتوي على أربعة مكونات أساسية هي:-

1. الدقائق المعدنية Minerals وهي الرمل والغرين والطين وتشكل نسبة 45%.
2. المادة العضوية Organic mater وتشكل نسبة 5%.

3. محلول التربة Soil solution ويشكل بنسبة 25%.
4. الهواء Air ويشكل نسبة 25%.

سادساً: الملوحة: Salinity

ان للملوحة تأثيرات بيئية واضحة في تحديد الكائنات الحية نوعاً وكماً في البيئات الأرضية أو المائية على السواء.

ان سوء الاستغلال الزراعي للتربة وعمليات الري الزائدة بدون وجود مبازل وكذلك ارتفاع مستوى الماء الأرضي وقلة الأمطار وارتفاع درجات الحرارة كل ذلك يؤدي إلى زيادة تراكم الأملاح على سطح التربة مما يجعلها غير صالحة للزراعة ويقلل من عدد الأنواع النباتية النامية فيها.

ان الترب الملحية هي الترب التي تتجمع فيها كميات كافية من الأملاح وبصفة خاصة الكلوريدات أو الكبريتات التي تعيق نمو النباتات. وهذه الترب عرفت بأنها ذات توصيل كهربائي لمستخلصها المشبع يزيد على (4 مليموز/سم).

للملوحة تأثيرات فسلجية على النباتات وهناك مدى تحمل للملوحة يختلف من نوع نباتي إلى آخر. وتسمى النباتات التي تنمو في الترب الملحية Halophytes وكلما كان النوع النباتي ذا تحمل أكثر للملوحة كان مدى الملوحة للتربة التي ينمو عليها أوسع وأكبر.

كما وتعتبر الملوحة عاملاً مهماً في البيئة المائية واعتماداً على درجة الملوحة قسمت المياه إلى ثلاثة أقسام هي:-

1. المياه التي ملوحتها أقل من (0,5 جزء بالألف) هي مياه عذبة Fresh water.
2. المياه التي ملوحتها بين (30-0,5 جزء بالألف) هي مياه مويلحة Brackish water.
3. المياه التي ملوحتها أكثر من (30 جزء بالألف) هي مياه مالحة Saling water.

ان بعض الأحياء لها قابلية التحمل للمدى الواسع للتغيرات في درجة الملوحة كما هو الحال في الأحياء المائية التي تستطيع العيش في مصبات الأنهار، في حين لا يمكن لأحياء المياه العذبة مثل أسماك الكطان والشبوط والبني العيش في المياه المالحة.

سابعاً: درجة الاس الهيدروجيني: PH

تبدو أهمية درجة الاس الهيدروجيني بشكل أوضح في مواطن خاصة مثل التربة حيث تعيش فيها الأحياء المجهرية كالبكتريا والفطريات وجذور النباتات الراقية. وكذلك له أهميته في البيئة المائية. وتتراوح قيم الاس الهيدروجيني في المياه الطبيعية بين (9-4) وهناك مديات أكثر أو أقل ولكنها تشكل حالات نادرة.

وللكائنات الحية مديات محددة من قيم الاس الهيدروجيني في البيئة سواء المائية منها أو اليابسة. ان دودة الأرض حساسة لحموضة التربة وقد وجد ان بعض الأراضي الزراعية خالية تماماً من هذه الدودة في الوقت الذي توجد في أراضي المزارع المجاورة وكل ذلك بسبب حموضة التربة. ان اختفاء دودة الأرض وقلة عدد أحياء التربة يحد ويمنع من عملية التحلل الطبيعية للدبال مما يؤدي إلى تجمع كميات من CO_2 بحيث يؤدي في النهاية التي تواجد المواد العضوية السمية.

ثامناً: الرياح: Wind

ان للرياح تأثيرات مختلفة على الكائنات الحية منها ما هو مباشر ومنها غير مباشر خلال تأثيراتها على عدد من العوامل البيئية الأخرى في النظام البيئي، ويمكن ان تكون هذه التأثيرات ايجابية أو سلبية. فقد تؤدي الرياح إلى رفع درجة الحرارة على السفوح الجبلية المغطاة بالثلوج مما يساعد على توفير المياه بعد ذوبان الثلوج أي دعم نمو الحشائش ونباتات أخرى في الوديان والسهول. كما تعمل الرياح على نقل بذور النباتات وانتشارها في مناطق مختلفة، ونقل حبوب

اللقاح بين النباتات. عند هبوب رياح شديدة السرعة قد يقود سلباً في بعض مكونات النظام البيئي حيث تعمل الرياح القوية على إزالة الطبقة السطحية العليا من التربة الغنية بالعناصر الغذائية.

تاسعاً: المغذيات: Nutrients

تحتاج الكائنات الحية في نموها عدد من المغذيات والتي يمكن تصنيفها إلى مجموعتين (عددها 16 عنصر).

1. المغذيات الكبيرة Macronutrients هي كبيرة مثل الكاربون، الهيدروجين، الأوكسجين، النتروجين، الفسفور، الكبريت، الكالسيوم، البوتاسيوم، والمغنيسيوم.
2. المغذيات الدقيقة Micronutrients وتشمل المنغنيز، الزنك، النحاس، البورون، الكلور، والمولبيديوم، والحديد.

هذه المغذيات تخص النباتات، أما الحيوانات فبالإضافة لهذه المغذيات فيضاف الصوديوم واليود، ولبعض الأحياء الأخرى كالطحالب العصوية أي الدايتومات Diatoms فيضاف السليكون.

ان كلاً من هذه العناصر المغذية لابد وله دور أو وظيفة في إحدى العمليات الايضية ولا يمكن للكائن الحي إكمال دورة حياته بغياب أحد هذه المغذيات، كما تظهر أعراض نقص لأي عنصر منها، ولا يمكن تصحيح النقص إلا بإضافة نفس العنصر. ومن هذه الوظائف تكمن أهمية هذه المغذيات.

تعد المغذيات عوامل محددة سواء في التربة أو في البيئة المائية، وغالباً ما تشكل العناصر المغذية لكل من النتروجين والفسفور عوامل محددة في التربة.

كما أن بعض المغذيات وخاصة الدقيقة منها والتي يحتاجها النبات والحيوان بتراكيز قليلة جداً، قد تكون مثبطة للنمو أو سامة في تراكيز عالية كما هو الحال في العناصر الثقيلة منها الزنك والنحاس والمنغنيز والحديد.

ان الاختلاف في قابلية الترب لتجهيز هذه العناصر في محلول التربة سيؤدي بشكل مباشر أو غير مباشر إلى التباين في الغطاء الخضري الطبيعي.

عاشراً: الحرائق: Fires

تعد الحرائق إحدى العوامل المهمة المؤثرة في بيئة اليابسة وخاصة المناطق الحارة والجافة منها مما تؤدي إلى اتلاف وتغير النظام البيئي حيث تنخفض مكونات الكساء الخضري وتتأثر الحيوانات المتعايشة معها. هناك مصدران أساسيان للحرائق احدهما طبيعياً كالبرق، أما الآخر فهو بفعل الإنسان.

قد يكون الحريق في بعض الأحيان مفيداً لبعض المناطق مثل إزالة الأنواع النباتية غير المرغوب فيها أو القضاء على بعض الأمراض النباتية ومسبباتها.

تكون بعض الأنواع النباتية أكثر مقاومة للحريق من غيرها من خلال عدة خواص مثل امتلاكها لطبقة سميكة جداً من القلف كما في أشجار الخشب الأحمر Red wood.

توجد ثلاثة أنواع رئيسية للحرائق والتي يمكن ان تتحول من نوع لآخر على وفق الظروف البيئية الموجودة حينها كالرياح والحرارة والرطوبة والكساء الخضري وهذه الأنواع هي:-

1. الحرائق الأرضية Ground fires: تحدث هذه الحرائق في الترب المغطاة بطبقة سميكة من المواد العضوية حيث يتم احتراقها ببطيء وبدون لهب. وقد تؤدي هذه الحرائق إلى موت معظم النباتات التي تمتد جذورها ضمن منطقة الاشتعال.
2. الحرائق السطحية Surface: تمتد هذه الحرائق بسرعة لتشمل الأعشاب والشجيرات على سطح التربة.

3. الحرائق التاجية Crown fires: تنتقل هذه الحرائق بين قمم الأشجار كما يحدث في بعض الغابات الكثيفة التي تؤدي إلى قتل معظم النباتات فوق سطح التربة.

جامعة الموصل
كلية الزراعة والغابات/ قسم وقاية النبات

المرحلة: الرابعة
المادة: بيئة حشرات نظري
الدكتور: عبدالجبار خليل ابراهيم

المحاضرة الثانية

المحاضرة الرابعة

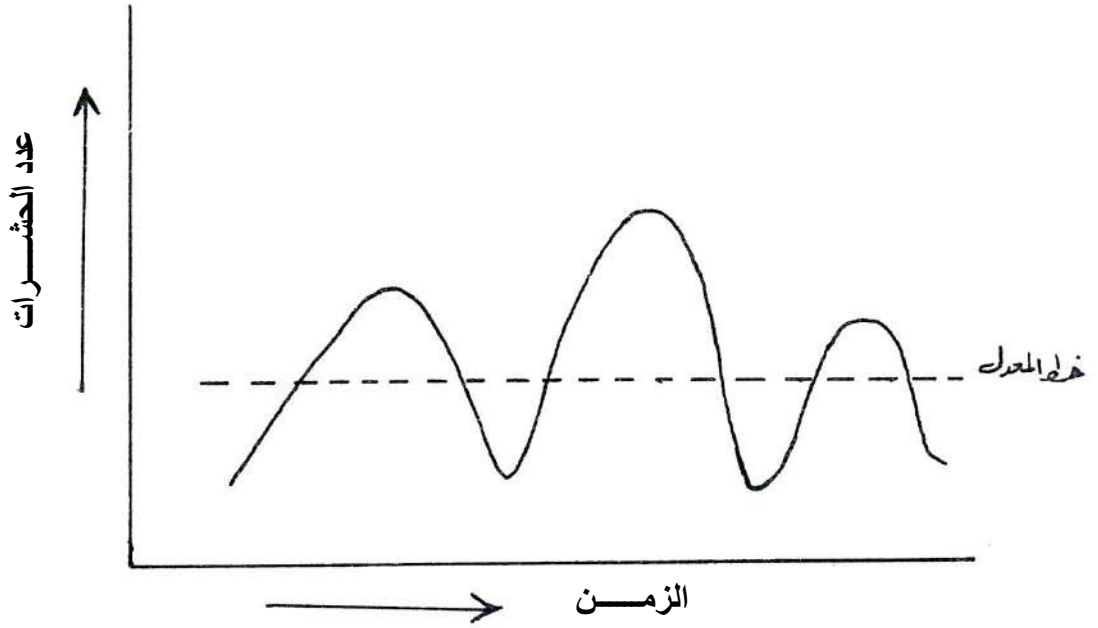
قابلية التكاثر الغريزي للحشرات

وهي القدرة الكامنة لتكاثر أعداد الحشرة أي الحد الأعلى لتكاثر النوع.

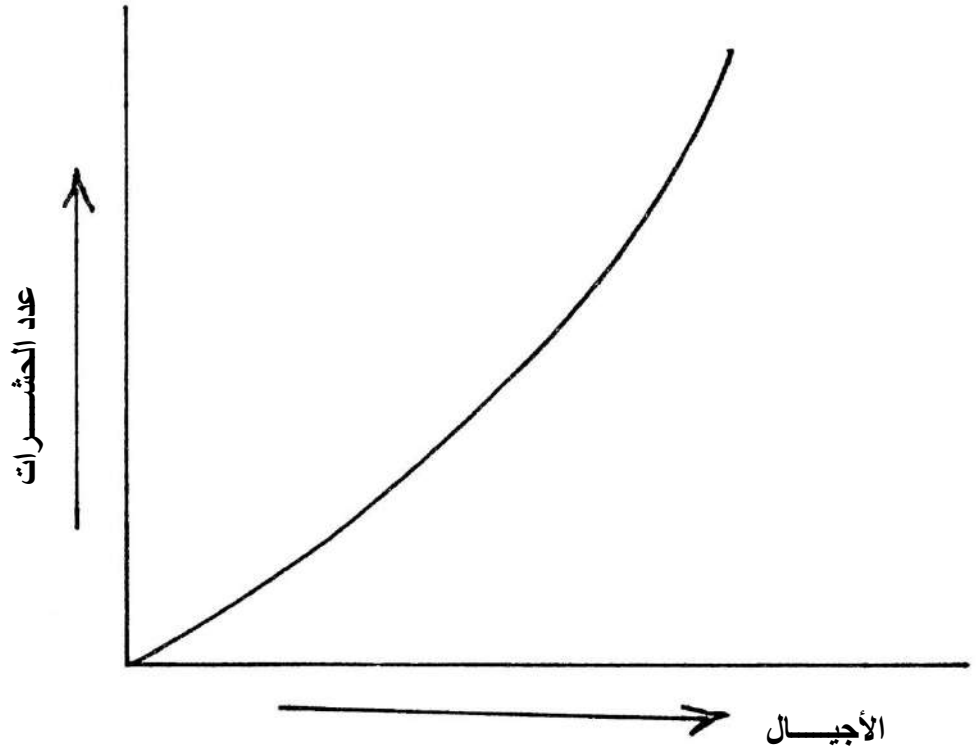
تختلف الأنواع في عدد الأجيال التي تتكون في السنة حسب طول دورة الحياة وقابلية وضع البيض وعدد البيض الموضوع في كل مرة الخ. وقد وضعت قوانين رياضية لقياس التكاثر الفطري أو الغريزي ويعتبر الرقم 1.91×10^{19} والذي أشير إليه سابقاً دليلاً على القابلية الفائقة للحشرات على التكاثر. ولكن هذا الرقم لم تصله أي من الحشرات وذلك لوجود الأنواع في ظروفها البيئية المتشابكة. وأحسن خط بياني يمكن رسمه لتكاثر النوع من خلال تأثير البيئة عليه هو الخط المتموج في شكل (3-1) والذي يشير إلى ان التكاثر يزيد أو يقل وفقاً لما تسمح به الظروف البيئية.

وهذا يرينا ان المقاومة بالطرق المختلفة يجب تطبيقها بعد دراسة مستفيضة لتكاثر النوع ونمو أعداده وتقدير بداية ضرره الاقتصادي والتي تظهر مع ارتفاع الخط البياني للتكاثر الذي يظهر بمستويات مختلفة حسب الأنواع المختلفة للحشرات.

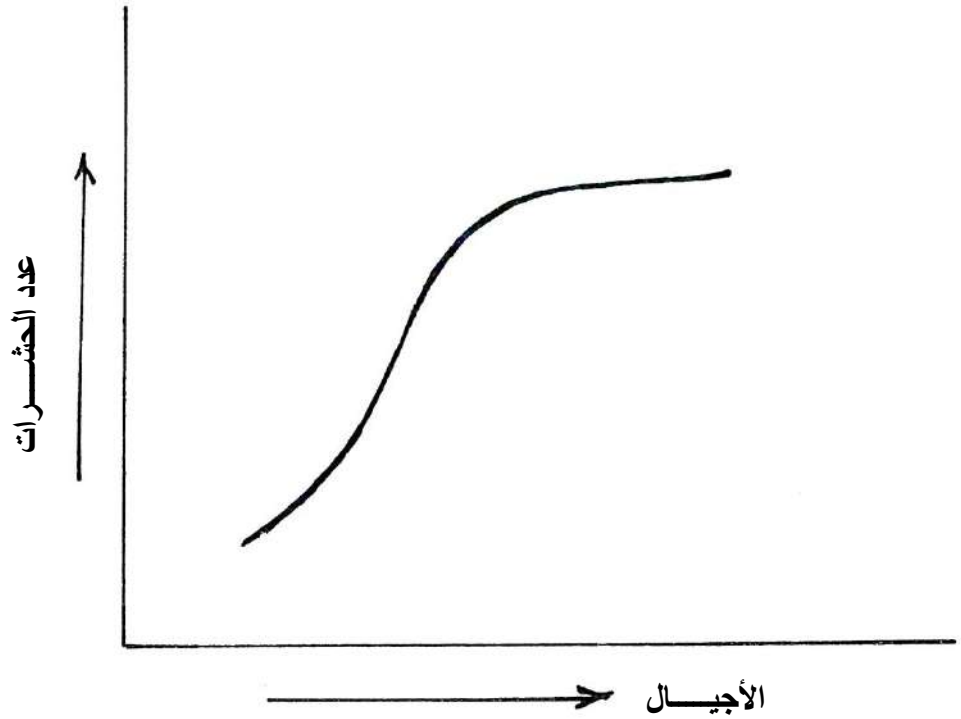
أما الخط البياني النظري لتكاثر الحشرات فيكون بشكل منحني أسي Exponential Curve كما في الشكل (3-2) وذلك لأن تكاثر الحشرات من خلال غزارته، يتبع متوالية هندسية. ولكن في الظروف البيئية وتأثيرها على النوع سوف لا نجد الخط البياني ابدأ بهذا الشكل بل سوف يكون على شكل منحنى نسبي شكل (3-3) ذلك لأن الخط البياني لتكاثر أي نوع يعتمد على نسبة الولادات إلى نسبة الوفيات بالإضافة إلى توفر الملائم من الغذاء والحرارة والرطوبة وغيرها من ظروف البيئة المعروفة.



الشكل (3-1): يبين التذبذب الذي يحدث في أعداد النوع من الحشرات



الشكل (3-2): يمثل المنحنى الاسي النظري لتكاثر النوع من الحشرات



الشكل (3-3): يمثل المنحنى الواقعي لتكاثر النوع في الحشرات

وعند اخذ لوغاريتم عدد الحشرات مع الزمن يصبح المنحنى الاسي النظري بشكل مستقيم شكل (3-4). فإذا كان انحدار الخط المستقيم يساوي واحداً فيعني ان تكاثر النوع يزداد بصورة غير معوقة من قبل عوامل المحيط لان كل زيادة في الزمن تقابلها زيادة مماثلة في

لوغاريتم عدد الحشرات (وهذا شيء مثالي لا يحدث الا في المختبر في أحيان نادرة جداً). وكلما قل الانحدار فإنه يدل على تكاثر متأثر بمحيط الحشرة وتبين درجة انحداره معدل تأثير المحيط عليها. واذا وصل الانحدار إلى الصفر فيعني ان ليس هناك تغير في اعداد الحشرة. وعليه فإن مقاومة المحيط للنوع هي القيمة الناتجة عن الفرق بين القدرة الكامنة (النظرية) لتكاثر النوع وبين العدد الحقيقي المحسوب لتكاثر النوع.

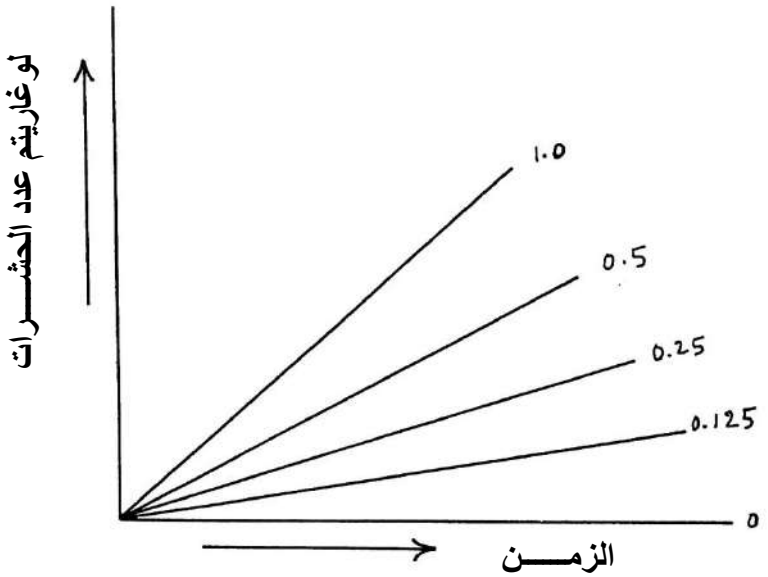
ان معدل التكاثر يرمز له بـ(r) وهو الفرق بين معدل الولادات ومعدل الوفيات. وهناك معادلات معقدة كثيرة لحساب هذا المعدل تأخذ الظروف المختلفة للبيئة بنظر الاعتبار وقدرة الحشرة على التكاثر ودرجة تأثرها بعوامل المحيط، لا مجال لوضعها في هذا الكتاب. وعلى العموم عندما يزيد نمو المجتمع زيادة ثابتة في وحدة الزمن يعبر عنه بالمعادلة:

$$rN \frac{dN}{dt} or\ r = \frac{\frac{dN}{dt}}{N}$$

حيث (r) معدل تكاثر المجتمع، (N) عدد الأفراد في المجتمع، dN التغير في عدد أفراد المجتمع، (dt) التغير في الزمن. فمثلاً لو كان عدد أفراد المجتمع في بداية السنة الماضية (1000) وأصبح في بداية السنة الحالية (1100) فان معدل التكاثر في هذا المجال المجتمع يكون:

$$r = \frac{\frac{1100 - 1000}{1}}{1000} = 0.10$$

أي عشرة بالمائة في السنة.



الشكل (3-4): العلاقة بين لوغاريتم عدد الحشرات والزمن حيث تمثل الأرقام انحدار الخط المستقيم في الحالات المختلفة.

ان معدل النمو السريع في عدد الحشرات يحدد بعوامل عديدة أهمها المفترسات والمتطفلات والمناخ القاسي وقلة إنتاج الإناث وقلة الغذاء. في كل بيئة هناك كمية محدودة من الغذاء تحدد بدورها نمو أعداد الحشرات وان التكاثر (مع ثبات الظروف الأخرى) يزيد باضطراب لو توفر غذاء دائم وباستمرار. وإذا افترضنا ان الحشرات تأكل كميات معينة بشكل دقيق فأن حالة من الثبات في زيادة الأنواع سوف تحصل حسب ما تأكله من غذاء ولكن هذا الافتراض بعيد عن الواقع لأن ذلك يتوقف على عوامل المحيط الأخرى وليس الغذاء وحده.

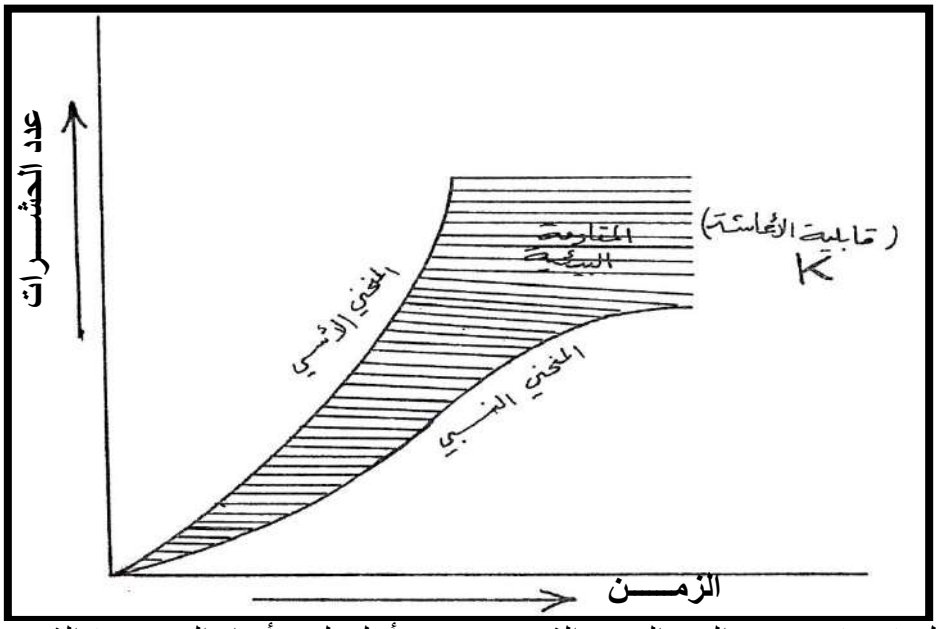
قابلية الاعاشة: Carrying Capacity

ان أعلى عدد يمكن ان يعيشه أفراد المجتمع في بيئة معينة يعبر عنه بـ(K) ويسمى بقابلية الاعاشة. وعلى هذا الأساس يكون نمو مجتمعات النوع نسبياً وليس اسياً، ويصبح النمو كما في شكل (3-5) والذي يعرف بالمنحنى النسبي Logistic Curve حيث يمثل ذلك التكاثر الواقعي للمجتمع وتصبح معادلة التكاثر بالنسبة للمنحنى النسبي كما سيأتي:-

$$\frac{dN}{dt} = rN\frac{(K-N)}{N}$$

فعند اقتراب عدد أفراد المجتمع (N) من قابلية الاعاشة للبيئة (K) فان قيمة $\frac{(K-N)}{N}$ تتناقص وبالتالي يقل معدل التكاثر وهكذا إلى ان يساوي عدد أفراد المجتمع قابلية الاعاشة (N=K) حيث يصبح معدل التكاثر صفراً.

ان أهم العوامل التي تؤثر على معدل تكاثر الحشرات هو الغذاء وبجانب الغذاء فأن العوامل البيئية التي ذكرت سالفاً تؤثر مع الغذاء على تكاثر المجتمعات وعليه فأن مقدار الاختلاف بين المنحنى الاسي والمنحنى النسبي في الشكل (3-5) يوضح مقدار تأثير المحيط على النوع ويسمى بعض البيئيين الفرق بمقاومة المحيط لنمو النوع أو المقاومة البيئية Environmental Resistance.



الشكل (3-5): منحنى النمو النسبي الذي يتميز بحد أعلى لعدد أفراد المجتمع (والذي يعرف بقابلية الاعاشة K) وعلاقته بالمنحنى الاسي والمقاومة البيئية.

ان هذه المقاومة البيئية تظهر عادة في التزاحم على الغذاء أو المكان أو العوامل الأخرى في بقعة محدودة.

هناك عوامل عدة تحدد التكاثر للنوع بالشكل النسبي وهي:-

أولاً: ان الاناث تختلف في قابليتها على التكاثر مما ينعكس في اختلاف نمو المجتمعات عن بعضها.

ثانياً: يختلف التكاثر باختلاف الظروف البيئية المتغيرة.

ثالثاً: ان القابلية الأعلى على التكاثر ثابتة لكل نوع لا يمكن زيادتها بزيادة الغذاء أو تهيئة عوامل مثالية أو تحسين العوامل البيئية الأخرى.

رابعاً: اختلاف تأثير عوامل المحيط على التكاثر.

خامساً: الاستجابة للظروف المتغيرة تأتي فجائية وسريعة حيث لا تسمح بتحديد وقت لحساب التكاثر فيه.

ان أهم عاملين يجب معرفتهما لتقدير التكاثر هما عدد الإناث في المجتمع والنسبة الجنسية Sex Ratio (عدد الذكور: عدد الإناث). وعندما تتداخل الأجيال فيجب معرفة تأثير العمر على الولادات والوفيات. وهناك فترات معينة تتمكن الإناث التكاثر بها أما في بقية عمرها فتكون غير بالغة أو كبيرة العمر لا تتكاثر. وللحصول على معلومات دقيقة فان أحسن طريقة لتقدير التكاثر هو أخذ أفراد فاقسة لتوها وتسجيل الملاحظات عنها حتى موت آخر فرد منها.

ان أفضل وأحدث وسيلة للحصول على معلومات وافية ترفد حساب التكاثر بشكل دقيق هي اعتماد جداول الحياة Life Tables وهي عبارة عن جداول تسطر بها الحقائق الناتجة عن تتبع دورة حياة الحشرة في المختبر أو حقل محدد مسيطر الظروف وتسجل النتائج ثم تحلل احصائياً للحصول على حقائق علمية تستعمل في تفسير سلوك الحشرة وخاصة في التكاثر. ويمثل جدول (3-1) جدول حياة فرضي لمجتمع من الحشرات يكون الحد الأقصى للعمر فيه أربعة أشهر. سيكون مجموع عدد الإناث التي تحل محل الأنثى الأم في مدى جيل واحد هو (3.0) وهو ما يعرف بنسبة التعويض الصافية Net Replacement Rate (أي ان الأنثى الأم أنتجت بالمعدل ثلاث إناث) ولذلك يكون هناك زيادة في المجتمع. أما المجتمع المستقر فتكون فيه نسبة التعويض الصافية (1.0) أي ان الأنثى الأم تعطي أنثى واحدة فقط أي ان المجتمع يبقى محافظاً على أعداده بلا زيادة.

الجدول (3-1): يبين كيفية حساب نسبة التعويض الصافية لمجتمع فرضي من الحشرات.

العمر في بداية الفترة بالشهر (X)	احتمال البقاء للحشرة في كل عمر (L_X)	عدد الإناث المتوقعة لكل أنثى أم (M_X)	التوقع التكاثري ($L_X M_X$)
0	1.0	0	0
1	0.7	0	0
2	0.6	4	2.4
3	0.3	2	0.6
4	0	0	0
		6	3.0
		النسبة التكاثرية الكلية	نسبة التعويض الصافية

التكاثر الموسمي

تصنف المعادلات الاسية والنسبية الزيادة المستمرة في المجتمع ولا تأخذ بنظر الاعتبار التذبذبات الموسمية في المجتمع. أما التكاثر الموسمي كما هو الحال في الحشرات والنباتات (في المناطق المعتدلة والصحراوية وكثير من الحالات في المناطق الاستوائية) فان زيادة الأعداد جيلاً بعد جيل أو فصلاً بعد فصل أو سنة بعد سنة يتمثل بمعدل الزيادة للأفراد مضروباً في عدد الأفراد عند بدء الموسم وتكون المعادلة في هذه الحالة كالآتي:-

$$N_1 = \lambda N_0$$

حيث ان λ (لامبدا) تمثل معدل الزيادة، N_0 هي حجم المجتمع عند بديء التجربة، N_1 هي حجم المجتمع بعد جيل أو فصل.

ويكون حجم المجتمع في الفصل أو الجيل الثاني كالآتي:

وهكذا بقية الأجيال:

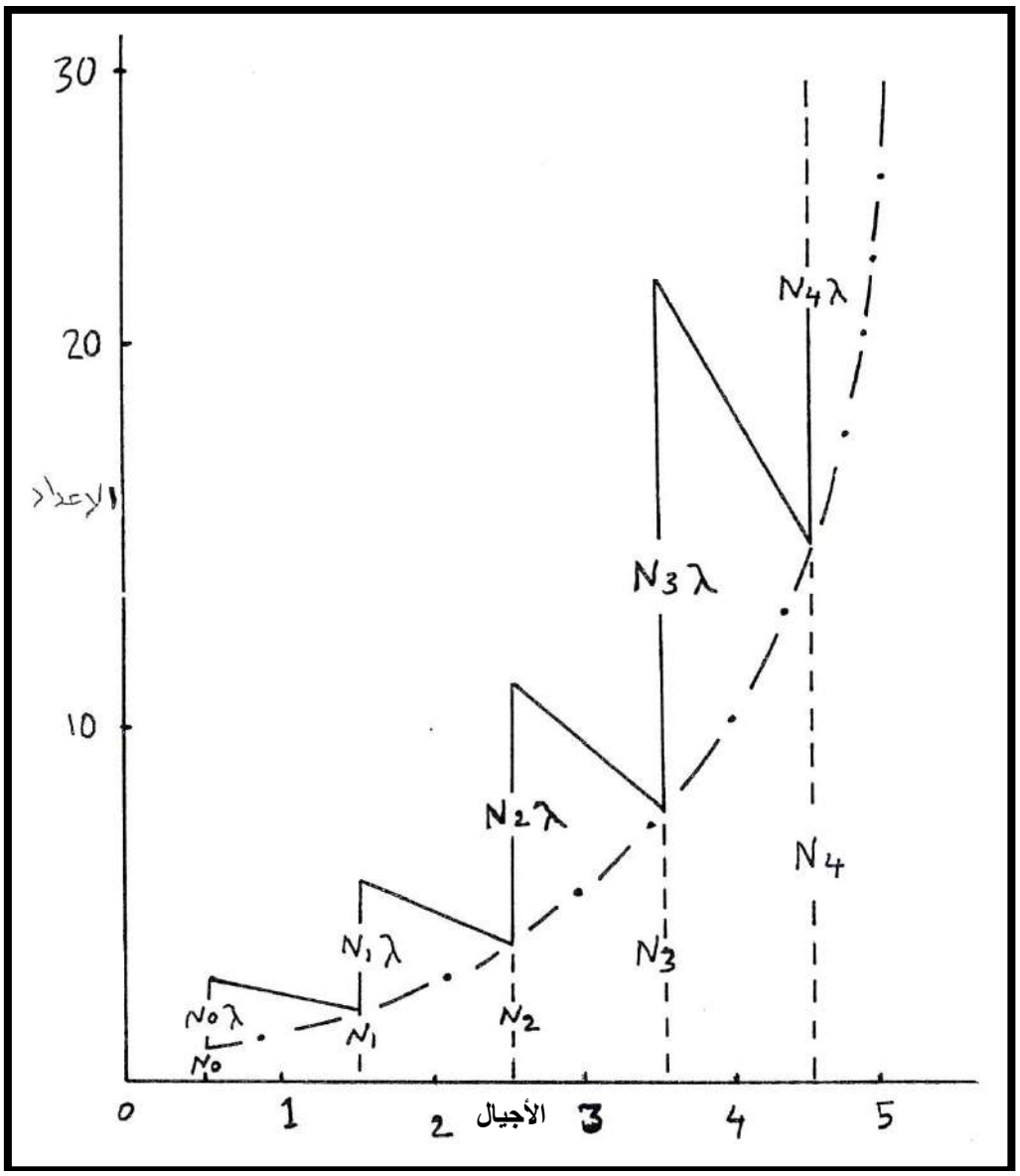
$$N_2 = \lambda^2 N_0$$
$$N_3 = \lambda^3 N_0$$
$$N_4 = \lambda^4 N_0$$
$$N_t = \lambda^t N_0$$

ملاحظة:

الحساب أعلاه لنمو أعداد المجتمع هو حساب مثالي يفترض به عدم وجود عامل معوق كالغذاء أو غيره.

وبهذا فان نمو مجتمع الحشرات يكون نمواً هندسياً Geometric Growth اذا عمل مخطط للمجتمع في وقت معين من كل جيل (في بداية كل جيل مثلاً). اما اذا عمل المخطط للمجتمع خلال بضعة أجيال فيكون المنحني كما في شكل (3-6) حيث (N_0=1) و($\lambda = 2$) وجميع أفراد الجيل السابق تموت قبل موسم التكاثر. يكون هذا النموذج مفيداً أكثر للكائنات الموسمية التكاثر كالحشرات والنباتات.

ان معدل الزيادة مهما كان صغيراً ($\lambda = 2$ مثلاً) فان الزيادة سوف تكون كبيرة بعد ثلاثة أو أربعة أجيال خاصة وان خصوبة الحشرات عادة هي بين 100 إلى 200 بيضة. ان هذا يفسر أيضاً لماذا نرى ان حشرات هي غير ظاهرة للعيان تظهر فجأة وبشكل سائد وذلك لأن العوامل التي تؤثر كثيراً على معدل الزيادة أو التي تؤثر على الإناث فتجعلها باعداد قليلة، تزول هذه العوامل فتوفر الظروف التي تكثر الاعداد بشكل هائل ومضر.



الشكل (3-6): نمو المجتمع في حالة التكاثر الموسمي حين تموت جميع أفراد الجيل السابق قبل موسم التكاثر اللاحق.
(N هو عدد الأفراد للأجيال المختلفة، λ هي معدل الزيادة للأفراد في الجيل الواحد).

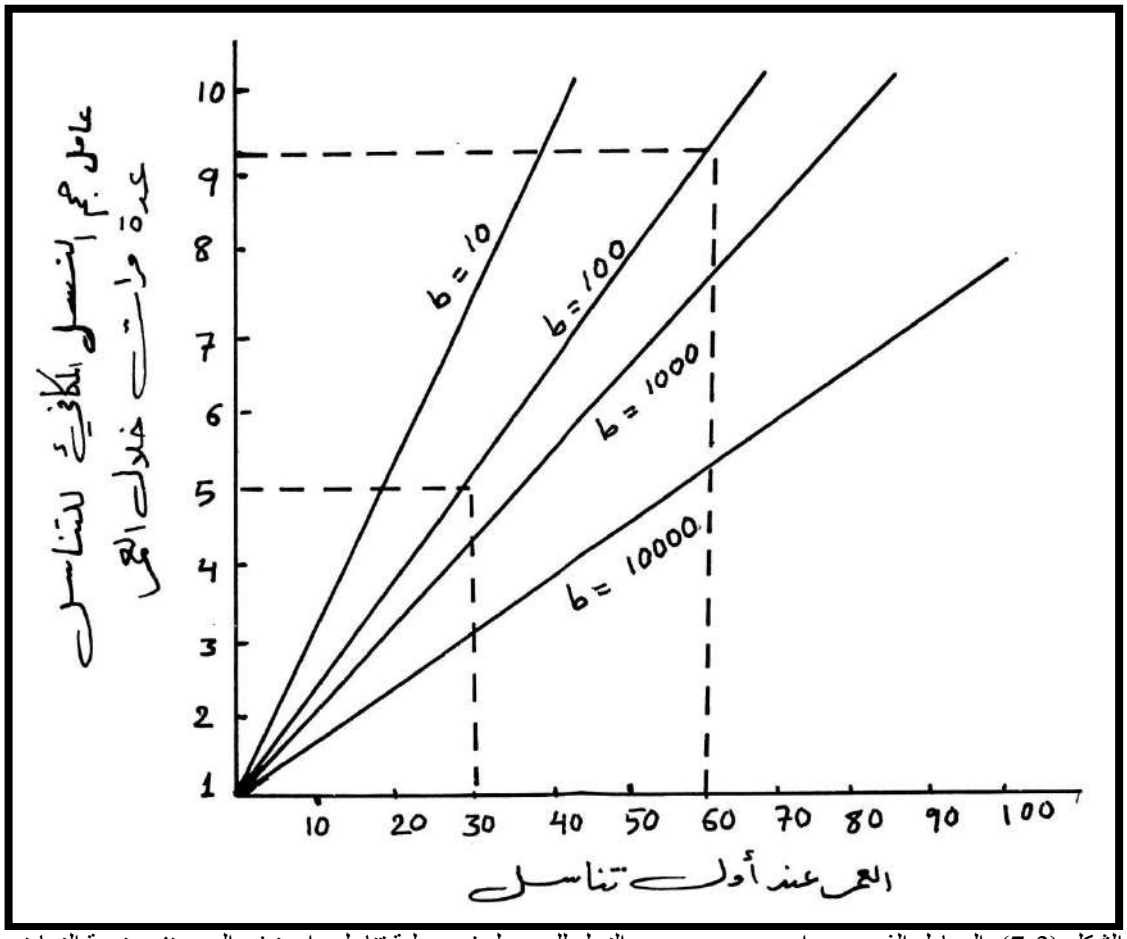
ويكون وصف وحساب نمو المجتمع معقداً عندما تكون الأجيال متداخلة حيث يجب ان نعرف:

أ. ما هو عدد النسل الذي تنتجه الأنثى بالمعدل في كل فترة من عمرها.
ب. عدد الأفراد الموجودين في كل عمر أو في كل فئة من الأعمار.

ويمكن ان تبسط الحالة بتتبع الإناث فقط في المجتمع لأننا عندما نعرف عدد الإناث في المجتمع والنسبة الجنسية فمن السهولة حساب عدد الذكور والعدد الكلي.

تأثيرات الانتخاب الطبيعي على نسبة الزيادة في المجتمع (r):

ان نسبة الزيادة (r) لا تبقى ثابتة للمجتمع أو النوع خلال فترات طويلة من الزمن وانما يعمل الانتخاب الطبيعي على زيادة r من خلال التغيرات في تاريخ الحياة وبالفروق في التكاثر بين المجتمعات والأنواع. وعند مقارنة التناسل مرة واحدة في العمر Semelparity بالتناسل عدة مرات خلال العمر Iteroparity على نمو المجتمع. الشكل (3-7).

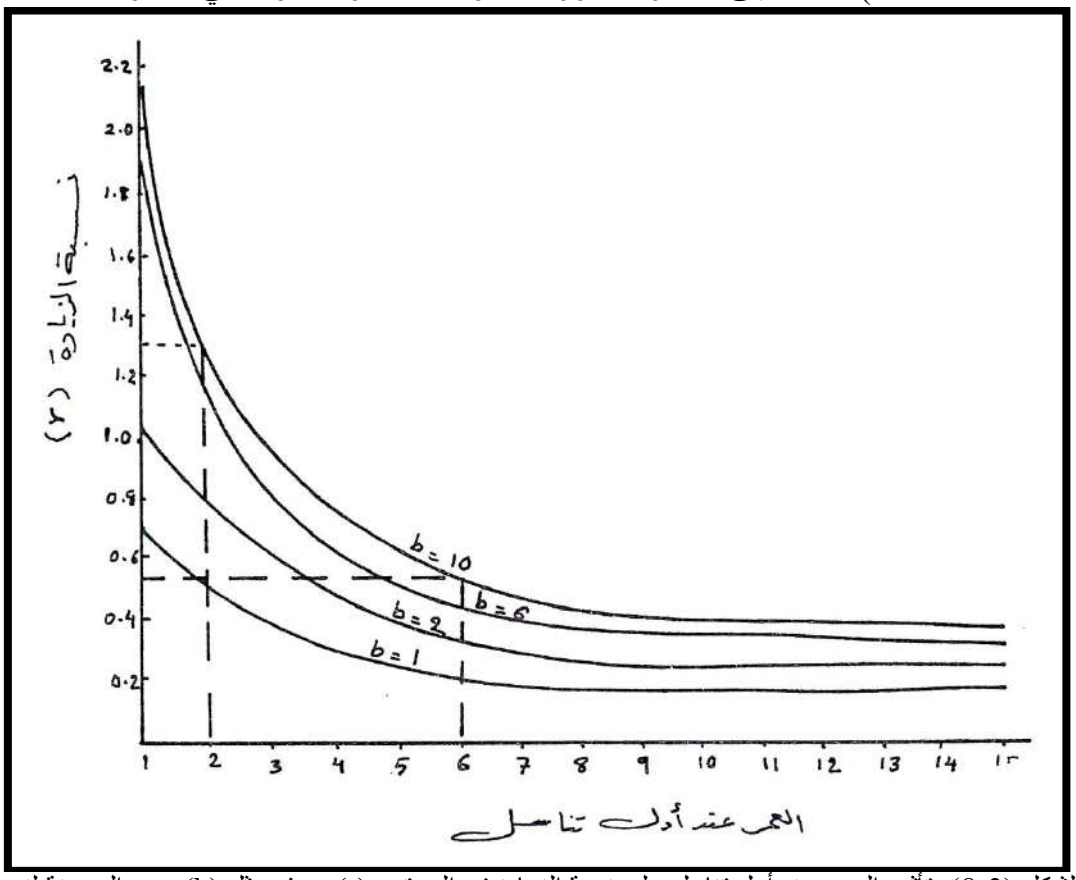


الشكل (3-7): المعامل الذي يجب ان يضرب به حجم النسل للحصول في عملية تناسل واحدة في العمر نفس نسبة الزيادة r التي تنتج من التناسل عدة مرات خلال العمر حيث (b) هي حجم الحضنة.

يمكن حساب عدد البيض الذي يجب ان تضعه أنثى تتناسل مرة واحدة في العمر واحدة في العمر للحصول على نفس نسبة الزيادة في المجتمع (r) لنوع يتناسل عدة مرات خلال العمر. فمثلاً اذا كانت الأنثى من النوع الذي يتناسل عدة مرات في العمر وانها تبدأ بالتناسل في عمر 30 يوم وتضع 100 بيضة في كل حضنة فأن عدد البيض الذي يجب ان تضعه أنثى نوع آخر يتناسل مرة واحدة في العمر للحصول على نفس نسبة الزيادة (r) هو: 500 بيضاً = (معامل حجم النسل في الشكل) 5× (حجم الحضنة من البيض) 100.

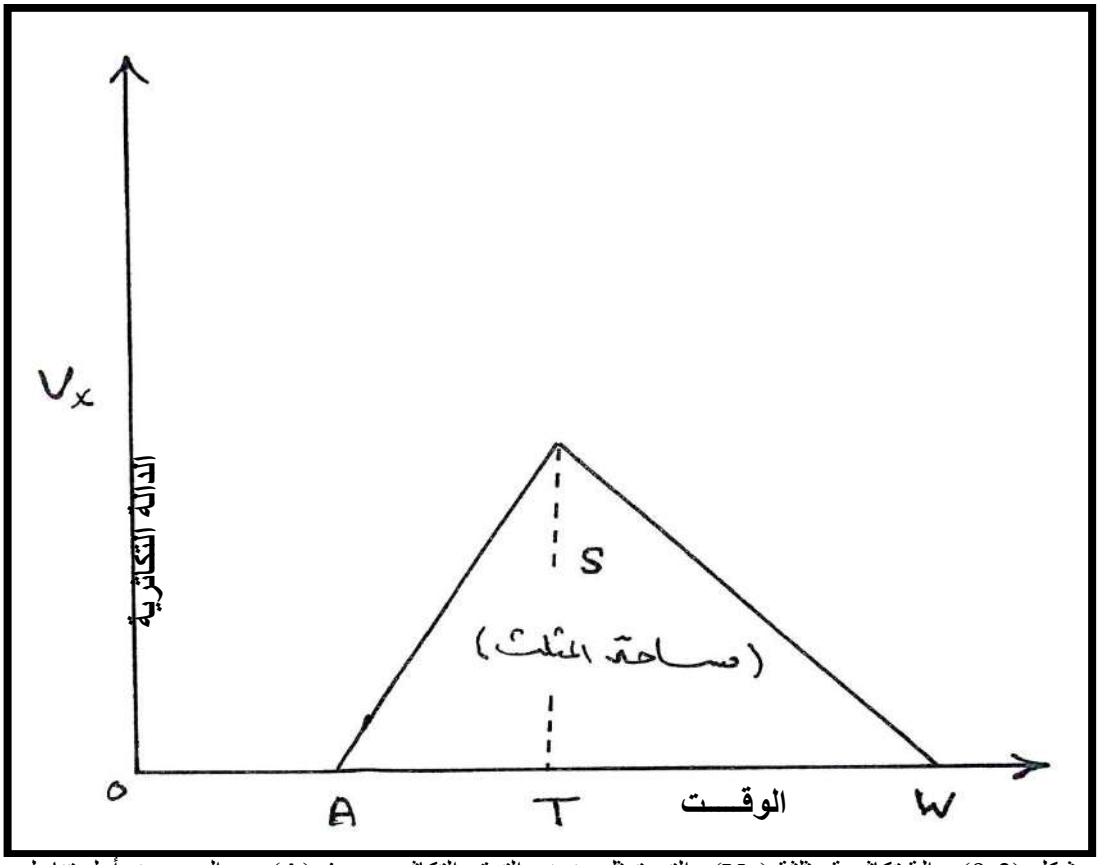
واذا حصل التناسل في عمر 60 يوم وكانت الأنثى من النوع الذي يتناسل عدة مرات خلال العمر وتضع 100 بيضة في كل حضنة فأن الأنثى من النوع الذي يتناسل مرة واحدة في العمر يجب ان تضع 925 بيضة للحصول على نفس نسبة الزيادة في المجتمع r. وهكذا نجد ان عدد البيض الذي تضعه الأنثى التي تتكاثر مرة واحدة يكون أكبر بكثير كلما كان عمرها عند أول تكاثرها أكبر، بينما لا تحتاج الأنثى التي تضع البيض عدة مرات إلا إلى عدد قليل من البيض في كل حضنة للحصول على نفس نسبة الزيادة r.

ودرس Cole عاملاً آخر يؤثر على نسبة الزيادة في المجتمع (r) وهو العمر عند أول تناسل (لاحظ شكل 8-3) فمثلاً عندما يكون حجم الحضنة هو 10 فأن نسبة الزيادة تكون (r=1.28) عندما يحصل التناسل في عمر 2 بينما تكون (r=0.52) اذا حصل التناسل في عمر 6 (أي أن نسبة الزيادة هنا تكون أكثر من الضعيف في حالة التناسل المبكر). ولما كانت فترة التناسل محدودة فأن البلوغ والتناسل المبكرين يكونان مهمين جداً لأن الوقت قصير (فلكل وحدة زمنية قيمتها العالية) اضافة إلى ان فترة الظروف المواتية للتكاثر محدودة هي الأخرى.



الشكل (3-8): تأثير العمر عند أول تناسل على نسبة الزيادة في المجتمع (r) حيث يمثل (b) حجم الحضنة لنوع يتناسل عدة مرات خلال العمر.

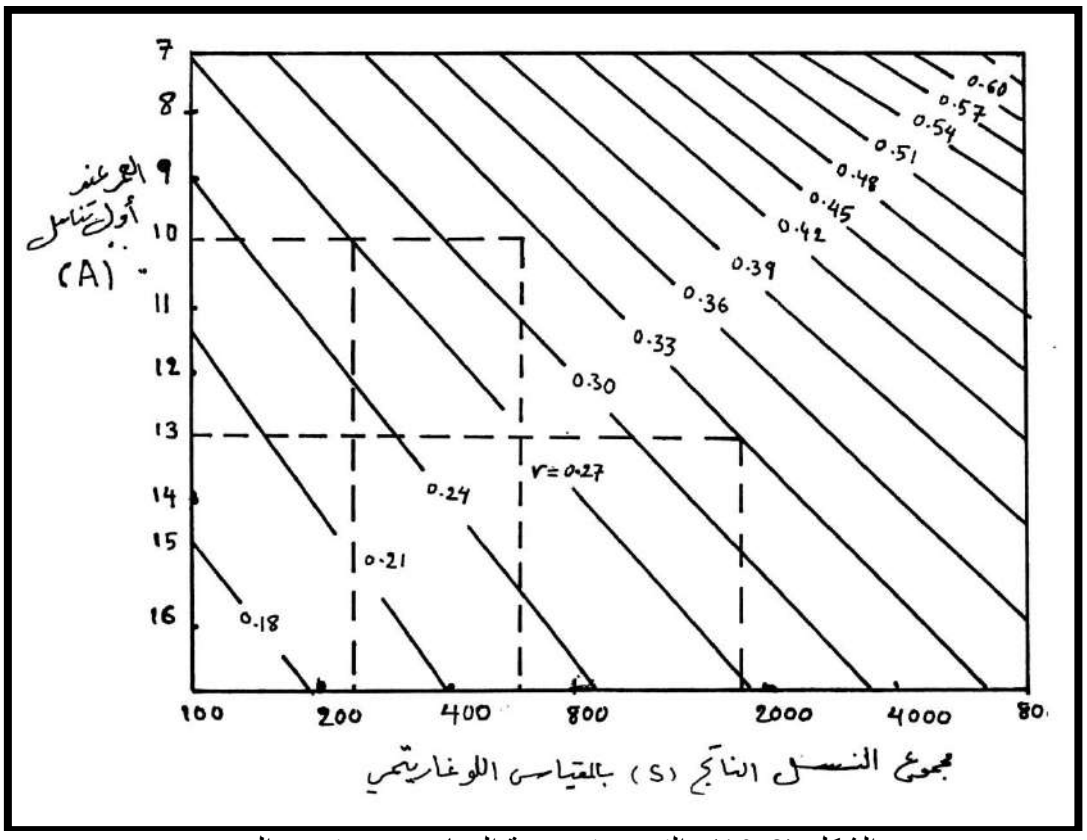
ولتأثير العمر الذي يحصل فيه أول تناسل والوقت الذي تحصل فيه قمة التناسل والعمر الذي ينتج فيه آخر نسل على نسبة الزيادة في المجتمع (r). فوجد أنه يمكن التعبير عن منحني التوقع التكاثري Reproductive Expectation (أي قيمة L_X M_X التي سبق ذكرها في جدول (3-1)) بشكل مثلث كما هو موضح في شكل (3-9). وبتحوير موقع الدالة التكاثرية Reproductive Function بالنسبة للوقت وتغيير شكلها أمكنه حساب تأثير هذه التغيرات على نسبة الزيادة في المجتمع (r)، فمثلاً يمكن مقارنة تأثير النضج الجنسي المبكر مع تأثير طول العمر على نمو المجتمع أو مقارنة تأثير قمة الخصوبة مع تأثير النضج المبكر وهكذا.



شكل (3-9): دالة تكاثرية مثلثة (V_X) والتي تمثل منحني التوقع التكاثري حيث (A) هي العمر عند أول تناسل، (T) هي قيمة الخصوبة، (W) هي العمر عند آخر تناسل، (S) العدد الكلي للنسل الناتج (مساحة المثلث).

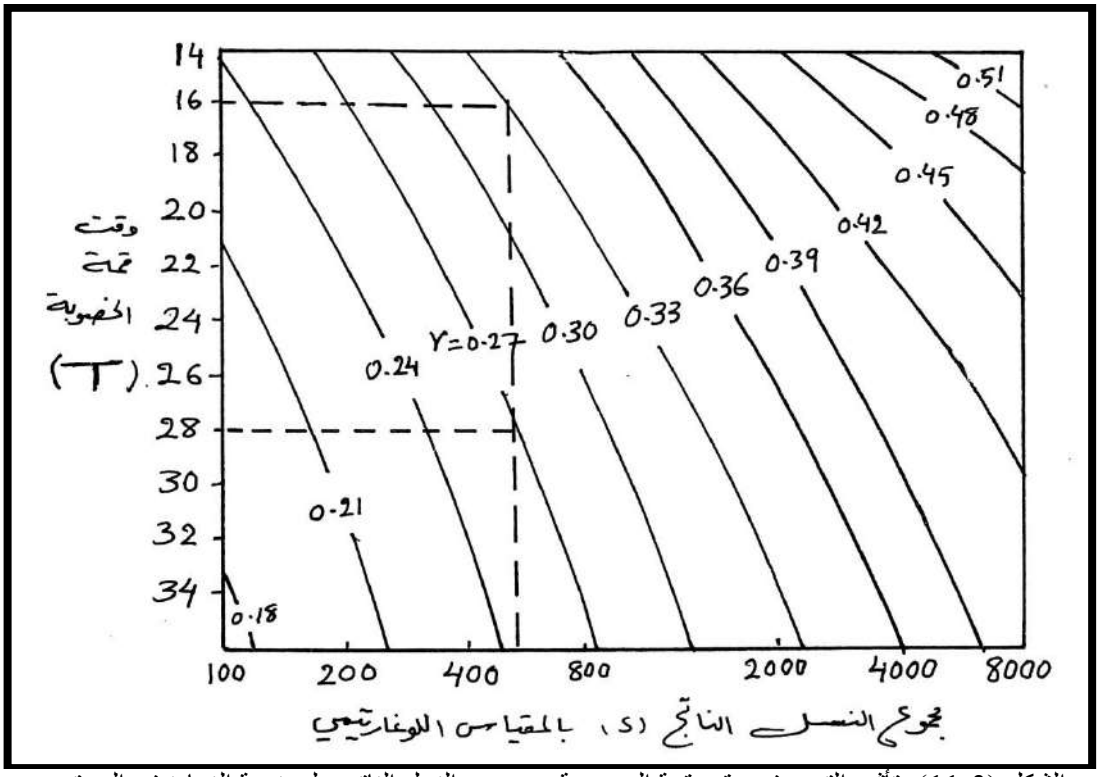
فمثلاً في شكل (3-10) يمكن ملاحظة التغير في نسبة الزيادة (r) عند تغير العمر عند أول تناسل A أو تغير مجموع النسل الناتج (S) أو كليهما. ففي حالة بقاء الخصوبة على قيمة (600) مثلاً وتغير العمر عند أول تناسل من (13) يوم إلى (10) أيام فان نسبة الزيادة في المجتمع تزداد من (0,27) إلى (0,33) تقريباً (يكون ذلك برفع عمود عند نقطة (600) من الاحداثي الافقي وملاحظة تقاطع العمود مع الخطوط المائلة في الشكل على مستويي 13 و10 من الاحداثي العمودي).

وللإبقاء على نسبة الزيادة r على قيمة (0,27)، فان النوع الذي يكون فيه أول تناسل في عمر (10) أيام يجب ان ينتج (260) بيضة فقط بدلاً من (600) وهو توفير كبير للطاقة المصروفة في إنتاج البيض كنتيجة لتبكير بسيط في النضج الجنسي (يمكن إيجاد ذلك بإنزال عمود من نقطة تقاطع الخط الأفقي على مستوى 10 مع الخط المائل 0,27). بينما يجب ان يزداد عدد البيض المنتج إلى (2000) في حالة ابتداء التناسل في عمر (13) يوم لرفع نسبة الزيادة r من (0,27) إلى (0,33) (يمكن ملاحظة ذلك بإنزال عمود من نقطة تقاطع الخط الأفقي على مستوى 13 مع الخط المائل 0,33).



الشكل (3-10): التغيير في نسبة الزيادة r عند تغيير العمر

ويبين شكل (3-11) العلاقة بين وقت قمة الخصوبة ونسبة الزيادة في المجتمع (r). فمثلاً بتقليل وقت قمة الخصوبة من (28) يوم إلى (16) يوم تزداد نسبة الزيادة في المجتمع من (0,27) إلى (0,33) عند بقاء مجموع النسل الناتج كما هو (يمكن ملاحظة ذلك من الخطوط المنقطة في الشكل). ومعنى ذلك ان التكاثر يكون أعلى في المجتمع الذي تبلغ إناثه قمة الخصوبة في وقت أقل حتى وان كان عدد النسل الناتج من كل أنثى ثابتاً.



الشكل (3-11): تأثير التغير في وقت قمة الخصوبة ومجموع النسل الناتج على نسبة الزيادة في المجتمع r.

الإنسان ودوره في تكاثر الحشرات

لقد استطاع الإنسان من خلال عبقريته وقدراته الفذة ان يحدث بعض التغيرات في الطبيعة لصالحه فأنتج الأصناف النباتية الجيدة واستعمل النظم الزراعية النوعية التي تعود عليه بالانتاج الوافر وأكثر ناتجه الزراعي بمقاومة آفاته وذلك باستخدام السموم الكيماوية وانتاج الأصناف النباتية الممتازة والنظم الزراعية العلمية والمقاومة الكيماوية والعوامل الأساسية في الانتاج الزراعي المتطور لإنسان القرن العشرين. ولكن كان عليه ان يدرك بان تغيير المحيط سهل جداً ولكن الصعب جداً هو توجيه هذا التغيير وإدارته بالاتجاه الايجابي دائماً وان مهمته الحقيقية في هذا المضمار هي "ليست احداث التغيير في النظام الزراعي ولكنها السيطرة على التغييرات التي تحدث بأن تكون لفائدة الإنسان دوماً".

ان ازدياد استعمال المبيدات الحشرية منذ الحرب العالمية الثانية أدى ان تكون هذه المبيدات عاملاً مؤثراً في بيئة المجتمعات ويثار السؤال هنا هل ان هذا العامل يختلف عن عوامل البيئة الأخرى التي تسبب الوفيات في المجتمعات. ان تعامل المبيدات كأي عامل من عوامل المقاومة البيئية Environmental Resistance وذلك لان استجابة الكائنات الحية للمبيدات مشابهة لاستجابتها لأي عامل من عوامل الوفيات في المجتمعات. وما يؤكد ذلك ان هناك عدداً من الدراسات التي تشير إلى ان المجتمعات تستجيب لعوامل الوفيات الشديدة بان تزيد وبسرعة نسب الولادات والبقاء حيث يتم التعويض بسرعة عن الوفيات ويحصل نفس الشيء بعد رش المبيدات الحشرية بشكل خاص اذ تستعيد الحشرات اعدادها أو تحصل زيادة كبيرة في اعداد الحشرة المستهدفة أو في اعداد حشرات أخرى لم تكن مهمة قبل استعمال المبيدات.

ومن الأسباب التي تؤدي إلى هذه الزيادة في الأعداد:

أولاً: تقليل الاعداد الطبيعة.

ثانياً: تقليل التنافس على الغذاء فتزيد نسب الولادات والبقاء.

ثالثاً: تقليل الضرر الذي تسببه الآفة للنبات يؤدي إلى تحسين نموه وبالتالي يتحسن تجهيز الغذاء.

هناك أمثلة كثيرة على آفات ظهرت نتيجة استعمال المبيدات فمثلاً الحلم الأحمر Red Spider Mite (*Metatetranychus ulmi*) كافة على أشجار التفاح والاجاص في بريطانيا لم تكن معروفة قبل سنة 1923 حين ابتدأ استعمال زيت القطران أو مبيدات أخرى لمقاومة بعض الآفات على أشجار الفاكهة مثل المن. فأدى رش هذه المبيدات على الأشجار في الشتاء إلى موت المفترسات التي تتغذى على الحلم الأحمر وبذلك ظهرت هذه الآفة الجديدة وأصبح الرش بمبيدات الحلم ضرورياً لمقاومتها مما أدى أيضاً إلى زيادة الاخلال بالتوازن الذي كان موجوداً في السابق.

المشكلة الأخرى التي تنشأ من استعمال المبيدات الحشرية هو ان المقاومة غالباً ما تتطلب رشات متعددة لتقليل أعداد الحشرات التي تعود إلى الزيادة بعد الرش حيث نادراً ما تتم المقاومة بصورة دائمية برشة واحدة. وهذه الرشات المتكررة تؤدي إلى تكيف مجتمع الحشرة للمبيد كما يحصل بالنسبة لتكيف الحشرات إلى أي عامل آخر من عوامل الوفيات. وبالنظر للقابلية العالية للحشرات على التكيف للعوامل التي تسبب وفيات عالية فأن الاستعمال المتكرر والمستمر للسموم الكيماوية سوف لا يؤثر على أعداد الحشرات ويصبح الاحتمال ضعيفاً في التمكن من التغلب على الآفات الحشرية باستعمال المبيدات الكيماوية وبدون تأثيرات سمية شديدة على البيئة التي تعيش فيها كل الكائنات الحية ومن ضمنها الإنسان. لذلك يجب اللجوء إلى طرق المقاومة الحيوية للمحافظة على اعداد توازن واطئة في مجتمعات الحشرات أما بتحوير عوامل البيئة الاحيائية أو بالتغيير الجذري لبيئة الآفة.

لذلك فأن الطرق الأفضل لمقاومة الحشرات هي التي تعتمد على التطبيق الواسع للمعلومات في الوراثة والسلوك الجنسي والجاذبات الجنسية والتوازن الهرموني في الحشرات وغيرها من المعلومات التي تعتمد عليها المقاومة الحيوية. خاصة بعد ان أصبح واضحاً ان الانتخاب الطبيعي يعمل على زيادة قيمة (r) وهي نسبة الزيادة في المجتمع أو قيمة (k) وهي قابلية الاعاشة فيزيد بذلك من ثبات المجتمعات في محيطها كلما حصل أو تكرر هذا الانتخاب.

لقد تبين حتى الآن بأن التكاثر هو العامل الذي يغالب الطبيعة في بقاء النوع وسيادته وأن التأثير على التكاثر سلباً أو ايجاباً يعتبر الهدف الأول للمشتغلين في مقاومة الآفات الزراعية لكي يجعلوا الأعداد المضرة منها دون الحد المؤثر اقتصادياً ويبحثون عن أسباب زيادة أعداد الحشرات المتطفلة والمفترسة للحشرات الاقتصادية فيعالجون بذلك عدد الاناث بشكل أساسي لأنها مصدر الأجيال والاعداد في كل جيل فيجدون السبل التي بواسطتها يقل أو يزيد عدد الاناث الخصبة من خلال التأثير على الظروف الحياتية للحشرة كالتزاوج والخصوبة والسبات. أو تطبيق طرق المقاومة قبل الزيادة العالية لأعداد الآفة أو البحث عن طرق نوعية تفرضها طبيعة وسلوك كل آفة وتطبق وفق برنامج معد بعد دراسة مستفيضة لحياتية الآفة وسلوكها في الطبيعة. ويجب ان لا يغيب عن البال بأنه لا يمكن ان يتشابه نوعان في حياتيتهما وسلوكهما مهما بلغا من تقارب وان لكل حشرة ظروفها الخاصة التي تميزها عن الحشرات الأخرى، وكل ذلك يجعل برامج المقاومة أو التربية نوعية وعالية التخصص.

يتضح مما تقدم أهمية التكاثر وتأثيره في بقاء ونشوء الحشرات وثباتها في الطبيعة. وتنظم الحشرات هذا التكاثر حسب المتوفر في الطبيعة من أسباب بقائها كالغذاء والملجأ وظروف أخرى معروفة فتوازن أعدادها من خلال تنظيم عدد المرات التي تتناسل بها الأنثى وعدد المرات التي تضع بها البيض وتحديد وقت البلوغ (مبكراً أم متأخراً) ووقت التناسل وعدد مراته، تلك العوامل الأساسية في تحديد كفاءة النوع في التناسل وفي الزيادة التي تحصل في مجتمعاته وتوقيت بدء الزيادة العالية للمجتمع وغيرها من حقائق تستنبط بدقة من قبل الباحثين في هذا المجال ومن جداول الحياة المعدة لها لهذا الغرض ليتسنى على ضوئها وضع برنامج علمي يحد تطبيقه من تأثير تلك الآفة. أو، بالمقابل، توضع برامج للحشرات النافعة التي تستعمل في المقاومة البايولوجية للحشرات الاقتصادية حتى يزداد عدد أفرادها بشكل يؤهلها لأن تكون عنصراً أساسياً ومؤثراً في المقاومة البايولوجية. كما يمكن مقارنة الآفات المتزامنة على ضوء

الحقائق المتحصلة من جداول الحياة، لتحدد اولويتها وخطورتها وذلك بمقارنة تكاثرها في فترة معينة (جيل أو موسم) معتمدين بشكل خاص على تعيين نسبة الزيادة (r) في أعداد هذه الآفات ووقت بلوغ الإناث والتناسل وغيرها.

ان مقدار نسبة الزيادة (r) كبيرة كانت أم صغيرة لها دلالات بيئية وبايولوجية على طبيعة وجود الحشرات في الطبيعة فإذا كانت قيمة (r) كبيرة مثلاً فإنها تدل على ان هذه الحشرة فيها احتمال ان تكون وبائية عند توفر الظروف الملائمة أو تركت بدون مقاومة (وبعكسه لا يمكن ان تكون وبائية مهما توفرت لها من ظروف عندما تكون قيمة (r) صغيرة)، كما تدل القيمة الكبيرة لنسبة الزيادة هذه على ان تأثير البيئة على مجتمعات هذه الحشرة يكون كبيراً. وتدل (r) الصغيرة للحشرات الاقتصادية المهمة ان نشوء هذه الحشرات وتمركزها وتكيفها في الطبيعة كبيراً وان قابليتها الاعاشية (k) هي كبيرة أيضاً.

تأثير عوامل البيئة في الحشرات

أن عوامل البيئة المنظمة للمجتمع والمؤثرة على الكائنات الحية الموجودة فيها مقسمة كما هو معروف إلى قسمين:

أولاً: العوامل المعتمدة على كثافة المجتمع Density-dependent factors

ثانياً: العوامل المستقلة عن كثافة المجتمع Density-independent factors

فالعامل المعتمد على الكثافة هو أي عامل يزداد فيه التأثير الضار، أو يقل فيه التأثير المفيد، عند زيادة كثافة المجتمع. وبالعكس فان أي عامل لا يظهر في تأثيره على المجتمع أية علاقة بكثافة ذلك المجتمع يكون عامل مستقل عن الكثافة ولكن البعض يقول بأنه لا يوجد أي مكون للبيئة يكون تأثيره مستقلاً تماماً عن كثافة المجتمع بينما تعتبر النظرية القديمة ان العوامل التي تنظم المجتمع هي العوامل المعتمدة على كثافة المجتمع. الا انه لا يوجد سبباً لاعتبار العوامل المعتمدة على كثافة المجتمع ذات أهمية خاصة أو استثنائية.

ان العوامل المهمة التي تنظم المجتمع بطريقة تعتمد على الكثافة هي:-

1- **الافتراس والتطفل:** هناك أمثلة كثيرة على ان المفترسات والمتطفلات هي ذات تأثير على تحديد أعداد الحشرات والكائنات الأخرى فمثلاً السيطرة الطبيعية على أعداد الحشرات من قبل الطيور وكذلك من قبل حشرات أخرى مفترسة أو متطفلة على حشرات اقتصادية مهمة.
2- **الغذاء:** عند زيادة كثافة المجتمع يصبح الغذاء المناسب نادراً أكثر فأكثر وينتج عن ذلك زيادة في الوفيات ونقصاً في التكاثر ويتداخل تأثير المفترسات والمتطفلات مع الغذاء فمثلاً الحشرة الفريسة تكون غذاء للحشرة المفترسة وبقلتها تقل أعداد الحشرات المفترسة ويقل نفعها وتأثيرها.
3- **المكان:** ويصبح المكان الملائم للعيش أو للتناسل محددا أكثر وأكثر مع زيادة الأعداد لذلك يحاول الكائن الحي إيجاد أفضل الأمكنة التي تجهز غذاءاً أوفر وحماية جيدة للعيش والتكاثر ويتأثر المكان بدرجة كبيرة بتجهيز الغذاء.

أما العوامل التي تنظم المجتمع بطريقة مستقلة عن الكثافة فأهمها الطقس Weather حيث ان الطقس يقتل أعدادا لا ترتبط بكثافة المجتمع لأن تأثيره يكون في مدى واسع جداً تقع ضمنه آلاف الأنواع من الكائنات الحية وبهذا فإن تأثير الطقس واسعاً وشاملاً ومحدداً فقط بالفصول السنوية وبهذا يؤثر على كثافة المجتمعات ولا يتأثر بها. وهكذا فأن الكائنات الحية تنظم تكاثرها ونمو مجتمعاتها حسب ما يلائمها من الظروف المناخية بحيث تضمن في تلك الفترة وجود وفرة من الغذاء والمكان وقلة في التنافس. واذا ما استمرت هذه الفترة المناخية الجيدة بشكل اعتيادي فان هذه الحشرة تصبح باعداد سائدة في الطبيعة ومضرة اقتصادياً. أما اذا جاء هذا الانفراج المناخي بشكل استثنائي فان فورانات كثيرة في مجتمعات الحشرات تحصل وتحصل معها موجات وبائية تجتاح مناطق كثيرة. ان هذا يؤكد تأثير الظروف المناخية على مجتمعات الحشرة ولا تتأثر هذه الظروف من جانبها بكثافة مجتمعات الحشرات مهما بلغت من وفرة أو غزارة. كما يؤكد ان العوامل غير المعتمدة على الكثافة تتقدم في أهميتها في تنظيم المجتمعات على العوامل المعتمدة على الكثافة.

ان جميع العوامل التي ذكرت أعلاه هي عوامل خارج المجتمع وهناك عوامل أخرى داخل المجتمع ربما تعتمد جميعها على كثافة المجتمع ومنها:-

أولاً: تأثيرات مرضية بسبب التزاحم كالاجهاد وأمراض الصدمة... الخ.

ثانياً: عمليات ذات مكون وراثي مثل الزيادة المعتمدة على الكثافة في نسبة الافراد الأقل حيوية ولاديا وفي السلوك العدائي للافراد ان الأفراد التي لم تنتخب تحت ظروف التنافس ضمن النوع

يحتمل ان تكون متسامحة مع بعضها وان أفراداً مثل هذه يجب ان تصل إلى كثرة غير اعتيادية قبل ان يحصل الانتخاب. ان هذه الكثرة تحصل عندما:-

1. تغزو مناطق جديدة بالانتشار.
2. يزال عامل موجود للوفيات العالية.
3. تختزل المجتمعات كثيراً بالنكبات الطبيعية أو الاصطناعية.

في المجتمعات الوفيرة تكون الأفراد العدائية أكثر مواءمة نسبياً ولكن بتناقص المجتمع تصبح هذه الصفة لا تكيفيه لانها تكون على حساب المجتمع الطبيعي بجانب تبذيرها للطاقة.

تأثير درجة الحرارة في الحشرات:

ان مدى درجات الحرارة التي تتحملها الحشرات هو أكثر من المدى الذي تتحمله الحيوانات الأخرى ويتراوح هذا المدى بين (1,7) و(55) درجة مئوية، كذلك فأن المدى الملائم من درجات الحرارة بالنسبة للحشرات يكون أوسع من المدى الملائم للحيوانات الأخرى وقد يتجاوز (20) درجة مئوية، ومن الملاحظ ان درجات الحرارة المفضلة تختلف بالنسبة للأنواع المختلفة من الحشرات وكذلك تختلف بالنسبة للمجتمعات المختلفة ضمن النوع الواحد حسب درجة الحرارة في المحيط الذي توجد فيه هذه الأنواع أو المجتمعات بصورة طبيعية.

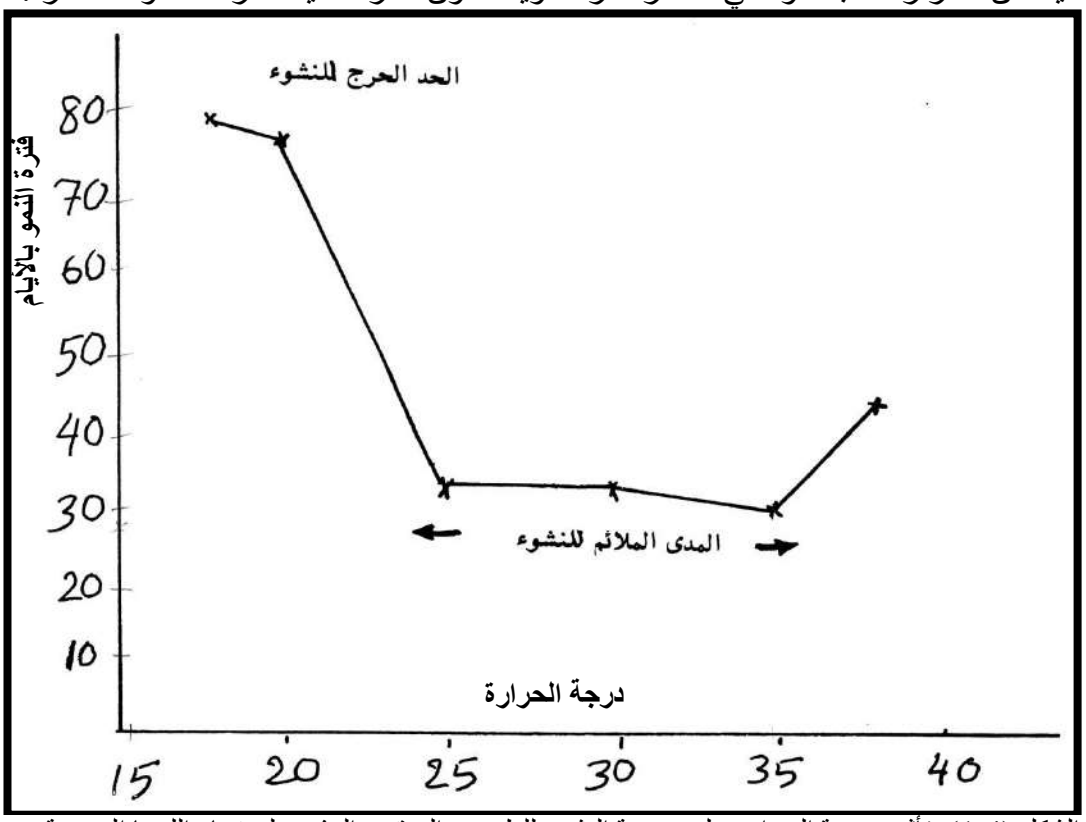
ومن الواضح انه لا يمكن فصل تأثير درجة الحرارة تماماً عن تأثير الرطوبة على الكائنات الحية لأن التغيرات في درجة الحرارة في الطبيعة ترافقها عادة تغيرات في الرطوبة أيضاً ولكن يمكن ملاحظة تأثيرات لدرجة الحرارة على ظواهر الانتشار وسرعة النشوء والخصوبة في الحشرات وهو ما سنأتي على ذكره بالتفصيل فيما يأتي:

أولاً: تأثير درجة الحرارة على الانتشار: يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى تحفيز الجراد الصحراوي مثلاً على الهجرة الجماعية عندما تكون كثافة المجتمع عالية وكذلك يؤدي بصورة عامة إلى انتشار الحشرات إلى المناطق التي تتوفر فيها درجة الحرارة المفضلة أي عندما ترتفع درجة الحرارة عن حد معين فأن ذلك يزيد من نسبة الحشرات المنتشرة. وأن الحرارة تؤثر على نشاط نحل العسل حيث تجمع الشغالات اللقاح في فترة الصباح بينما تركز نشاطها مساء في جمع الرحيق حيث يتوافق نشاطها مع الحرارة المعتدلة صباحاً ومع الحرارة وطبيعة تفتح الأزهار ونثر حبوب اللقاح وافراز الرحيق في فترة ما بعد الظهر. ووجد ان نشاط النحل يقل في أشهر الصيف ويزداد في أشهر الخريف والربيع.

ثانياً: تأثير درجة الحرارة على سرعة النشوء Rate of Development : تزداد سرعة نشوء الحشرات بارتفاع درجة الحرارة إلى ان تصل إلى حد معين حيث يصبح تأثير درجات الحرارة العالية بعد ذلك عكسياً كما ان النشوء يتوقف اذا انخفضت درجة الحرارة عن حد معين والذي يعرف بالحد الحرج للنشوء Threshold of development وفي دراسة حول تأثير درجات الحرارة والرطوبة النسبية على خنفساء اللوبياء الجنوبية *Callosobruchus maculatus* وجد ان الحد الحرج لنشوء هذه الحشرة في الطورين اليرقي والعذري هو (18) درجة مئوية عندما تكون نسبة الرطوبة (75%) حيث كانت فترة النمو لهذين الطورين (79) يوماً ثم زادت سرعة النشوء بارتفاع درجة الحرارة إلى ان وصلت إلى (35) درجة مئوية حيث أصبحت فترة النمو للطورين (28) يوماً ثم انخفضت سرعة النشوء بعد ذلك إلى ان توقفت في درجة حرارة (40) مئوي (شكل 1-4). ويعتبر الحلم من أشد الآفات الزراعية حساسية للحرارة فقد بلغت دورة حياة حلم الرمان الكاذب *Tenupalpus punicae* حوالي (29) يوماً على 25°م بينما بلغت حوالي (17) يوماً على درجة (33°م).

ويختلف التأثير النسبي لدرجة الحرارة على سرعة النشوء في أطوار النمو المختلفة للحشرة. كما يتطلب كسر السبات الشتوي في الحشرات عادة مدى من درجات الحرارة أقل من المدى الملائم للنشوء.

ان الحشرات تتعرض في الطبيعة إلى تذبذبات في درجة الحرارة تؤثر على سرعة نشوئها حتى وان تعرضت بعد ذلك إلى درجات حرارة ملائمة. وقد يحصل النشوء في الحشرة على الرغم من تعرضها إلى تذبذبات متطرفة في درجات الحرارة وبشرط ان لا تتعرض الحشرة إلى درجات حرارة قاسية لفترة طويلة. ولكن تأثير درجات الحرارة المتذبذبة على سرعة النشوء للحشرة قد يختلف عن تأثير درجة الحرارة الثابتة المساوية لمعدل الدرجات الحرارية المتذبذبة، حيث ان الحرارة الثابتة أو التي تستمر لفترة طويلة تكون أكثر تحديداً لسرعة نشوء الحشرة.



الشكل (4-1): تأثير درجة الحرارة على سرعة النشوء للطورين اليرقي والعذري لخنفساء اللوبيا الجنوبية عندما تكون نسبة الرطوبة (75)%.

ثالثاً: تأثير درجة الحرارة على الخصوبة: يكون تأثير درجة الحرارة على خصوبة إناث الحشرات مشابهاً لتأثيرها على سرعة النشوء في وجود مدى معين من درجات الحرارة تكون فيه الخصوبة على أقصاها ثم تنخفض الخصوبة اذا انخفضت أو ارتفعت درجة الحرارة عن هذا المدى. وقد يؤدي التعرض إلى تذبذب في درجة الحرارة ضمن المدى الملائم من درجات الحرارة إلى زيادة الخصوبة في الحشرات ولكن تعرضها إلى درجات حرارة عالية غير ملائمة في أطوارها الأولى قد يؤدي إلى عقمها عند البلوغ.

رابعاً: التأثير المميت لدرجات الحرارة خارج المدى الملائم: ويشمل ذلك التأثير المميت لدرجات الحرارة المنخفضة وللانجماد ولدرجات الحرارة العالية.

أ- التأثير المميت لدرجات الحرارة الواطئة:

يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار بالنسبة لهذا التأثير التداخل بين درجة الحرارة الواطئة ومدة التعرض لها حيث ان نسبة الوفيات التي تحصل تعتمد على كل من مدة التعرض ودرجة الحرارة.

ان درجة الانجماد للأنسجة في معظم الحشرات تتراوح بين درجة ودرجتين مئويتين تحت الصفر واذا تعرضت مجموعة من الحشرات إلى درجة حرارة أقل من درجة الانجماد

للأنسجة فان قسماً منها سوف ينجمد وقسماً منها لا ينجمد بسبب حصول ما يعرف بتحت التبريد Supercooling فإذا كانت هذه الحشرات من النوع الذي لا يقاوم الانجماد فان جميع الحشرات التي يحصل لها انجماد تموت. ولكن بعض الحشرات التي لم تنجمد تموت أيضاً اذا كان التعرض إلى درجة الحرارة الواطئة لمدة طويلة واذا كانت تلك الحشرات من الأنواع التي لا يحصل لها سبات. فمثلاً وجد ان التعرض لمدة (15) دقيقة إلى درجة حرارة (15) تحت الصفر المئوي يمكن ان تكون مميتة لبالغات خنفساء الطحين *Tribolium spp.* حتى ولو ان أنسجتها لم يحصل فيها انجماد. اما إذا كانت الحشرات من الأنواع التي يحصل فيها سبات شتوي فان الأطوار السابتة تكون أكثر مقاومة لدرجات الحرارة المنخفضة من الأطوار غير السابتة. وهذا ما يفسر أهمية السبات بالنسبة للحشرات في مقاومة الظروف القاسية.

يمكن تقسيم الحشرات إلى ثلاث مجموعات حسب مقاومتها للبرودة Cold-Hardiness.

1. الحشرات التي تموت مباشرة اذا انخفضت درجة الحرارة عن الحد الأدنى الملائم للنشوء الطبيعي لهذه الحشرات مثل الجراد.
2. الحشرات التي تصبح في حالة سكون Quiescence عند تعرضها إلى البرودة وهذه الحشرات تستطيع ان تقاوم البرودة لفترات طويلة ويمكنها ان تعاود النشوء في أي وقت تصبح فيه درجة الحرارة ملائمة لذلك مثل عذارى حشرة الهيليوتش *Heliothis armigera*.
3. الحشرات التي يكون فيها طور سبات شتوي Hibernation وهي تقاوم البرودة فقط عندما تكون في هذا الطور كما في أكثر حشرات المناطق المعتدلة، ولذلك فان هذه الحشرات تكون غير مقاومة للبرودة في الربيع بعد انتهاء فترة السبات الشتوي وقد تموت الحشرات في هذا الوقت بموجة برد مفاجئة بينما تكون قد قاومت البرودة الشديدة في الشتاء.

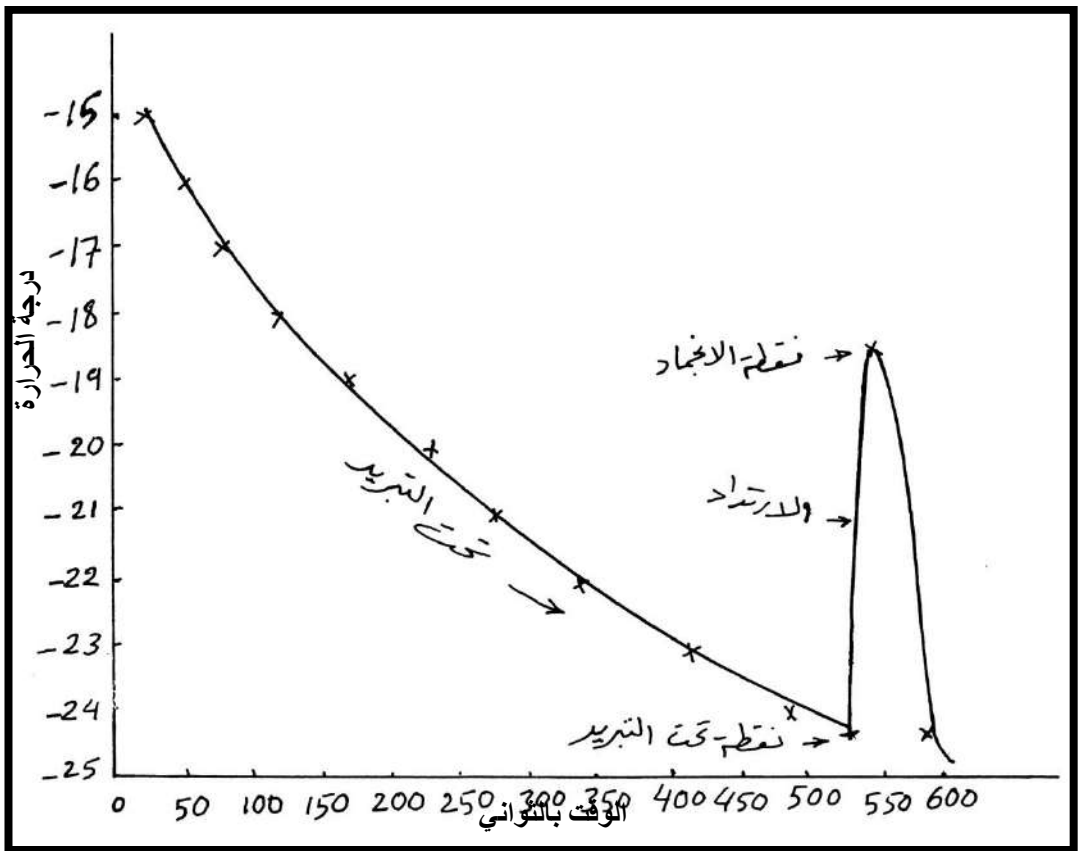
من هذا تتبين أهمية درجات الحرارة المنخفضة في تحديد الزيادة الطبيعية في اعداد الحشرات وفي أهمية المكان الذي تختاره الحشرات للسبات الشتوي في وقايتها من التعرض إلى درجات حرارة منخفضة جداً تؤدي إلى موتها.

ان النسبة المئوية للسوائل في وزن الحشرة والتي تسمى بمعامل السائل Sap Coefficent وهي عادة دورها في تحمل الحشرة للحرارة الواطئة حيث كلما كان معامل السائل في الحشرة صغيراً زاد تحملها للبرودة.

$$\frac{\text{الوزن الكلي للحشرة} - \text{وزنها الجاف}}{\text{الوزن الكلي للحشرة}} \times 100$$

ب- التأثير المميت للانجماد:

من خواص الماء في الأنسجة الحية بقاءه بحالة غير منجمدة عند تعريض هذه الأنسجة إلى درجات حرارية تحت الصفر المئوي وتعرف هذه الظاهرة بتحت التبريد Super cooling وسببها وجود الماء في أنظمة غروية في أجسام الكائنات الحية. وعند وصول التبريد إلى نقطة معينة تعرف بنقطة تحت التبريد Under cooling point (والتي تقع عادة بين 20 إلى 25 درجة مئوية تحت الصفر) يحصل انجماد فجائي للماء الموجود في الأنسجة الحية وينتج عن ذلك ارتفاع فجائي في درجة حرارة النسيج يعرف بالارتداد Rebound حين تتحرر الحرارة الكامنة للانجماد ثم يستمر انخفاض درجة الحرارة بعد ذلك (شكل 2-4).



الشكل (4-2): التأثير المميت للانجماد

ان الانجماد الذي يحصل عند الارتداد يؤدي إلى الموت في معظم الأنواع.

ان الأنظمة الغروية تزيد من تقيد الماء الموجود في الخلية فيتحمل بذلك درجات الحرارة الواطئة جداً بدون انجماد ويزداد الماء المقيد عادة في حالة السبات وفي المناطق الباردة وفي حشرات المواد الجافة والعكس صحيح.

جـ- التأثير المميت لدرجات الحرارة العالية:

من الصعب دراسة تأثير درجات الحرارة العالية بصورة مستقلة عن تأثير الرطوبة حيث ان درجات العالية يصاحبها عادة زيادة في التبخر وبذلك قد يصبح الضرر من التبخر أكثر من تأثير الحرارة العالية وخاصة في المناطق الجافة.

ولكن في دراسة على يرقات ذبابة الفاكهة من جنس *Anastrepha* أمكن دراسة تأثير درجات الحرارة العالية على بقاء هذه الحشرات وقابليتها على اكمال دورة حياتها لان اليرقات تكون محاطة بالمحتويات العصرية للثمرة فوجدا ان الوفيات من الحرارة العالية كانت طفيفة إلى حوالي (40) درجة مئوية ولكن التعرض لمدة أربع ساعات إلى (42) درجة مئوية أدى إلى موت نصف اليرقات وماتت جميع اليرقات بعد التعرض إلى (46) درجة مئوية لمدة أربع ساعات. وفي حالة اليرقات الباقية بعد التعرض إلى درجة الحرارة العالية ظهرت تأثيرات سلبية متأخرة على هذه اليرقات نتيجة التعرض إلى الحرارة العالية. وحتى بالنسبة للحشرات المتكيفة لدرجات الحرارة العالية فانها تتأثر بدرجات الحرارة التي تزيد عن (50) درجة مئوية وهذا يبين أيضاً أهمية درجات الحرارة العالية في تحديد الزيادة الطبيعية في اعداد الحشرات.

ويمكن بيان تأثير درجات الحرارة المختلفة على الحشرات بصورة عامة حسب التدرج الآتي:-

المحاضرة السادسة

60 درجة مئوية درجة الحرارة المميتة القصوى (الموت يحدث سريعاً).
55 درجة مئوية درجة الحرارة العالية المميتة (الموت يحدث بسرعة أقل من سابقتها).
50 درجة مئوية منطقة السبات الحراري (كما في السبات الصيفي).
45
40 درجة مئوية منطقة ركود حراري (حيث يكون نشاط الحشرة قليلاً جداً).
35 درجة مئوية درجة النشاط القصوى (حيث يقل نشاط الحشرة فوق هذه الدرجة).
30
25 درجة مئوية منطقة الحرارة الملائمة لنشاط الحشرة (حيث يبلغ نشاط درجة مئوية
20 الحشرة أقصاه حسب الحشرات المختلفة وتكيفاتها البيئية).
15 درجة مئوية بداية منطقة الخمول البرودي (حيث يبدأ عندها السبات الشتوي).
-15 درجة مئوية بداية الحرارة الواطئة المميتة.

ونظراً للاختلاف الكبير بين الحشرات وللتداخل الشديد بين الحرارة وعوامل المحيط الأخرى فان التدرج الحراري لا يحدث في الطبيعة بهذه البساطة انما تختلف الحشرات في استجابتها لحركة درجات الحرارة إلى الأعلى أو إلى الاوطأ حسب علاقة الحرارة مع الظروف البيئية الأخرى.

تأثير الرطوبة في الحشرات:

يجب ان تحافظ معظم الكائنات الحية على نسبة معينة من الماء في أجسامها ولذلك يجب ان يكون هناك توازن بين أخذ الماء وفقده وبالتالي أصبح عامل الرطوبة مهما في حياة وتوزيع الكائنات الحية ومنها الحشرات.

ولكن الحشرات تتميز بامكانية العيش في بيئات ذات رطوبة متذبذبة لأن الأطوار المختلفة من حياتها تتطلب مستويات مختلفة من الرطوبة وبصورة خاصة الحشرات التي يحصل فيها طور راحة Diapause[1] أثناء دورة حياتها حيث ان المحتوى المائي للأنسجة ينخفض عند بدء طور الراحة وبذلك تستطيع هذه الحشرات مقاومة ظروف الجفاف التي يمكن ان تكون مميتة بالنسبة للأطوار النشطة من حياتها. كذلك فأن الحشرات تتميز عن الحيوانات الأخرى بامتلاكها كيوتكل غير نفاذ للماء مما يقلل تبخر الماء من أجسامها. ان عدم نفاذية كيوتكل الحشرات للماء يعود إلى وجود طبقة شمعية على الرغم من كونها رقيقة لا يزيد سمكها عادة عن ربع مايكرون ولكن يحصل منها تبخر للماء من جسم الحشرة وكذلك من الفتحات التنفسية وقد دلت كثير من التجارب على أن سرعة التبخر خلال الكيوتكل والفتحات التنفسية تزداد بانخفاض الرطوبة النسبية في كل درجة من درجات الحرارة كذلك وجد في هذه التجارب ان سرعة التبخر تزداد خلال الكيوتكل فوق درجة (30) مئوي بسبب ذوبان الشمع في الكيوتكل في درجات الحرارة العالية وتعرف درجة الحرارة بدرجة الحرارة الحرجة Critical Temperature. تختلف درجة الحرارة الحرجة للأنواع والمجتمعات وكذلك للأطوار المختلفة من الحشرات حسب تركيب الطبقة الشمعية في الكيوتكل وكذلك حسب تكيف الحشرة للمحيط.

لكل نوع أو مجتمع من الحشرات مدى ملائم من الرطوبة وقد يختلف هذا المدى باختلاف العوامل الأخرى في المحيط كدرجة الحرارة أو الضوء أو حركة الهواء أي ان هناك تداخلاً في تأثير هذه العوامل مع بعضها البعض. ويكون الخطر من قلة الرطوبة هو الجفاف بينما في حالة كثرة الرطوبة يكون الخطر من كثرة نمو الفطريات والبكتريا وكذلك غرق الحشرة اذا كانت الرطوبة الزائدة بشكل ماء.

التأثير المميت للجفاف:

يعتمد تأثير الجفاف على الحشرات على عاملين هما:

أولاً: السرعة التي يتبخر بها الماء من جسم الحشرة في الظروف الجافة، فمثلاً الحشرات التي تعيش في المناطق الجافة تفقد الماء من جسمها بشكل بطيء بالمقارنة مع الحشرات التي تعيش في المناطق الرطبة عندما تتعرض المجموعتان إلى ظروف جفاف متشابهة.

ثانياً: مقدار الجفاف الذي يمكن ان تتحمله الحشرة في أنسجتها، فمثلا الحشرات التي تكون في سبات صيفي Aestivation تستطيع ان تتحمل فقدان نسبة كبيرة من الماء الموجود في الأنسجة وربما لعدة أشهر بينما لا تتحمل الحشرات في الأطوار النشطة من حياتها الجفاف لفترات طويلة وخاصة اذا كان الجفاف مصحوباً بدرجات حرارة عالية. ومن ناحية أخرى فان بعض الحشرات قد تصبح في حالة سكون Quiescence عند تعرضها إلى الجفاف مثل خنفساء البطاطا التي

---

[1] طور الراحة Diapause يقصد به بطء النشوء الذي يرافق الانخفاض في النشاط الميتابوليكي للحشرة في أطوار معينة من حياتها وبغض النظر عن التأثير البيئي. وطور الراحة يكون في مرحلة من مراحل حياة الحشرة فهو في طور البيضة في دودة الحرير والطور اليرقي في حفار ساق الذرة والطور البالغ في سوسة الجت. وتمر معظم الحشرات في طور راحة أثناء وجود العذراء داخل الشرنقة.

تدفن نفسها في التربة ويمثل هذا تكيفاً بقائياً لهذه الحشرة في المناطق المعرضة للجفاف وتعاود هذه الحشرة نشاطها حال زوال الجفاف.

التأثير المميت للرطوبة العالية:

من المعروف ان الرطوبة العالية تحد من انشار كثير من الحشرات كما هي بالنسبة للجراد. كذلك من الواضح ان هناك تداخلاً بين تأثيري الغذاء والرطوبة فان نمو النبات يعتمد على توفر الرطوبة الملائمة للنبات. ولكن أهم تأثير لزيادة الرطوبة على الحشرات هو زيادة انتشار الأمراض الباكترية والفطرية.

تأثير الرطوبة على الخصوبة:

هناك مدى معين من الرطوبة النسبية يكون فيه عدد البيض الموضوع من قبل الأنثى في كثير من الحشرات على أقصاه وتقل الخصوبة اذا قلت أو زادت الرطوبة النسبية عن هذا المدى الملائم لوضع البيض كما في الجراد كما ويحصل تداخلاً بين تأثير درجة الحرارة والرطوبة النسبية بالنسبة للخصوبة كما في سوسة الرز وحشرات أخرى.

تأثير الرطوبة على سرعة النشوء:

يختلف تأثير الرطوبة على سرعة النشوء باختلاف نوع الحشرة فحوريات الجراد مثلاً تكون سرعة النشوء فيها عالية في مدى متوسط من الرطوبة النسبية يتراوح بين 50% و70% ثم تقل سرعة النشوء فيها اذا قلت أو زادت الرطوبة النسبية عن هذا المدى بينما هناك أنواع أخرى من الحشرات لا تتأثر سرعة النشوء فيها بالرطوبة النسبية كما في عذاري دودة الحرير التي تكون فيها سرعة النشوء متساوية عندما تتراوح الرطوبة بين 20% و80%.

وان هناك تلازماً بين درجات الحرارة والرطوبة النسبية في تأثيرهما على دورة حياة وسلوك الحشرات حيث ان المحيط الملائم أو غير الملائم يتحدد عادة بدرجات حرارة ورطوبة نسبية معينة وليس لأحدهما على انفراد.

تأثير الرطوبة والحرارة معا في البيئة على حياة الحشرات:

من المعروف ان دراسة أي عامل من عوامل البيئة بمفرده تكون سهلة في المختبر ولكن في البيئات الطبيعية يؤثر عاملاً الرطوبة والحرارة معا في نفس الوقت مما يستوجب دراستهما مجتمعين معاً.

ويمكن تقسيم البيئات المختلفة حسب درجات الحرارة والرطوبة معاً إلى الأقسام الآتية:-

1- بيئة باردة ذات درجة رطوبة عالية وتدعى: Cold-wet-atmosphere

في مثل هذه البيئة تنخفض بسرعة درجة حرارة جسم الحشرة حتى تصل إلى درجة حرارة البيئة. لان الماء الذي يمثل الرطوبة في مثل هذه البيئة موصل للحرارة ويساعد على فقد حرارة الجسم. وهنا يكون نمو الحشرة بطيئاً.

2- بيئة باردة ذات درجة رطوبة منخفضة: Cold-dry-atmosphere

في هذه البيئة تكون درجة حرارة جسم الحشرة أعلى قليلاً من درجة حرارة البيئة وذلك لأن الجو الجاف يعتبر إلى حد ما ردي التوصيل للحرارة ونتيجة لذلك يكون فقد الماء من الجسم بطيئاً والعمليات الحيوية أسرع قليلاً من البيئة السابقة.

3- بيئة حارة جافة: Warm-dry-atmosphere

في مثل هذه البيئية يزداد تبخير الماء من جسم الحشرة لذلك تلجأ إلى خفض درجة حرارة الجسم إلى الدرجة الملائمة لنشاطها نتيجة لهذا التبخير. واذا استمر التبخر من جسم الحشرة فقد يختل التوازن المائي. واذا استمر الجفاف لمدة طويلة فقد تضطر الحشرة إلى عمليات الأكسدة لتعويض النقص في المحتويات المائية.

4- بيئة حارة رطبة: Warm-moist-atmosphere

توجد هذه البيئة التي يتلازم فيها ارتفاع الحرارة والرطوبة عادة في المناطق الحارة ذات الامطار الكثيرة كما هو الحال في وسط افريقيا مثلاً. ففي هذه البيئة ترتفع درجة حرارة جسم الحشرة حتى تصل إلى درجة حرارة البيئة، وفي نفس الوقت لا تستطيع الحشرة ان تخفض درجة حرارة جسمها نظراً لارتفاع الرطوبة. والنتيجة الطبيعية لتداخل هذين العاملين هي النمو البطيء وقلة التكاثر وقلة أعداد الحشرات في مثل هذه البيئة ولذلك يمكن ان يقال ان درجة الحرارة الواحدة تختلف في تأثيرها على الحشرة باختلاف رطوبة البيئة كما ان درجات الرطوبة يختلف تأثيرها باختلاف الحرارة فالرطوبة المثلى لبعض الحشرات قد تكون مميتة لحشرات أخرى في درجات معينة.

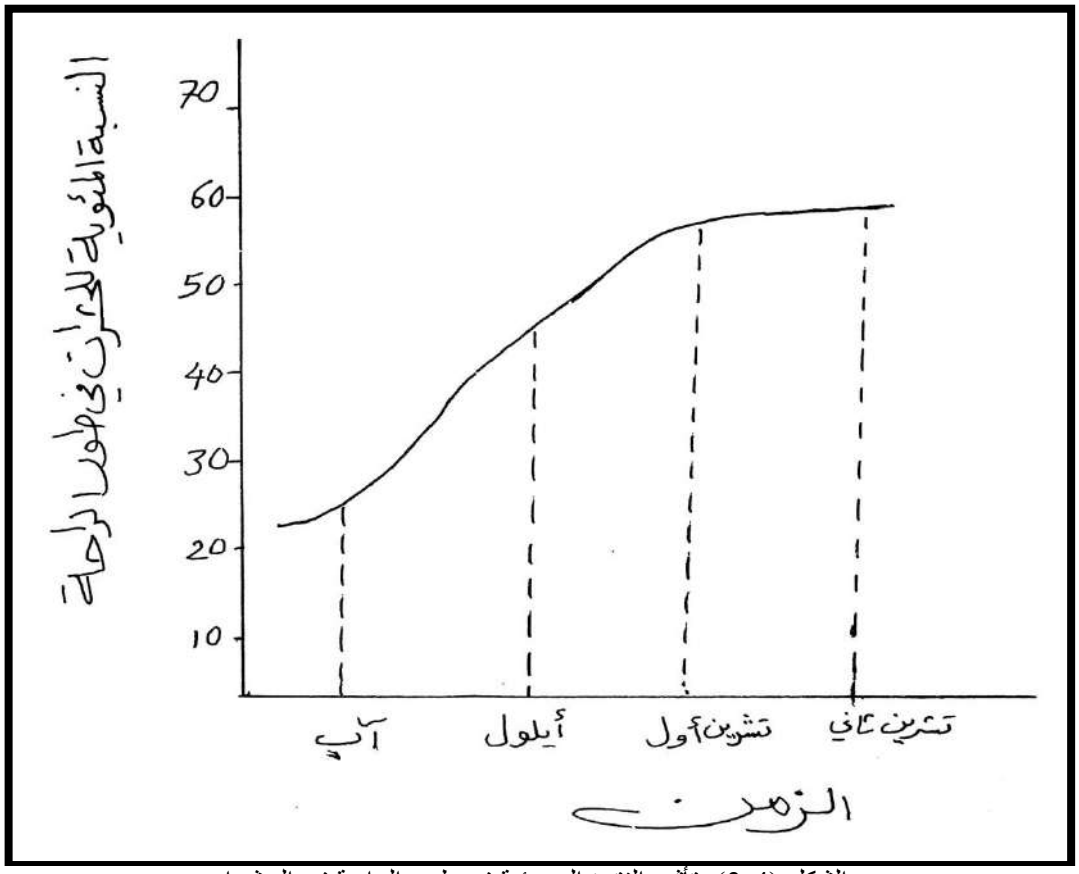
ففي بعض التجارب وجد ان درجة 26°م مع رطوبة 90% كانت درجة مثلى بالنسبة لسوسة المخزن بينما لنفس الدرجة من الحرارة كانت الرطوبة المنخفضة جداً (5%) مميتة لنفس الحشرة.

لذا نجد أنه عند دراسة توزيع الحشرات في بيئة من البيئات فأنه يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار تداخل هذين العاملين معاً في البيئة الطبيعية التي تعيش فيها الحشرة. وتقاوم الحشرة الظروف الجوية أيضا بواسطة كمية الماء الموجود في الخلية وبخاصة بزيادة الماء المقيد (وهو الماء المرتبط بالجزيئات الغروية الدقيقة المنتشرة في سائل الخلية وفي البروتوبلازم) حيث لا يتجمد هذا الماء إلا عند درجة حرارة (°20م) تحت الصفر وهكذا كلما زاد الماء المقيد في الخلية زادت مقاومة الحشرة للظروف القاسية. كما تعمل الدهون على زيادة الماء المقيدة فالحشرات (أو أطوارها) التي تجمع دهوناً أكثر في أجسامها تقاوم الظروف أكثر من غيرها.

تأثير الضوء في الحشرات:

الفترة الضوئية هي الدورة النسبية للضوء والظلام في فترة 24 ساعة. وان هذا الفترة تتناسب مع خطوط الطول والعرض حيث كلما زاد خط العرض ازدادت الفترة الضوئية في اليوم الواحد. ان الضوء متلازم مع الحرارة والرطوبة فقد لا يكون تأثير شدة أو نوعية الضوء مباشراً على الحشرات وانما يكون هذا التأثير ناتجاً عن تغيرات في عوامل المحيط الأخرى كدرجة الحرارة أو الرطوبة أو الغذاء والتي ترافق التغيرات في شدة ونوعية الضوء من ناحية أخرى يكون تأثير التغير في طول الفترة الضوئية Photoperiod هو تحسس التغيرات الموسمية في الظروف المحيطة من قبل الحشرة وبالتالي حصول تزامن بين دورة حياتها وبين الفصول السنوية.

ان أهم التأثيرات هذه هو تنبيه الفترة الضوئية للحشرات لتدخل طور الراحة. فبعد يوم 21 حزيران الذي تكون فيه أطول فترة ضوئية يبدأ تناقص الفترة الضوئية تأثيره بشكل مختلف على الحشرات في التهيؤ لطور الراحة حيث تحصل تغيرات فسيولوجية تنتج عنها زيادة في كمية دهون الجسم وكثرة الأملاح والبروتين وغيرها. ويمكن تقسيم الحشرات في هذا المجال إلى ثلاث مجموعات حسب تأثير طول الفترة الضوئية على حدوث طور الراحة فيها: في المجموعة الأولى ينشأ طور الراحة عند التعرض إلى فترات ضوئية قصيرة كما في معظم الحشرات المعروفة، في المجموعة الثانية يحصل طور الراحة عند التعرض إلى فترات ضوئية طويلة كما في دودة الحرير، وفي المجموعة الثالثة لا يتأثر حصول طور الراحة بالفترة الضوئية كما في ذبابة الغنم Sheep Blowfiy ويوضح الشكل البياني في شكل (3-4) نسبة دخول معظم الحشرات في طور الراحة بتغير الفترة الضوئية.



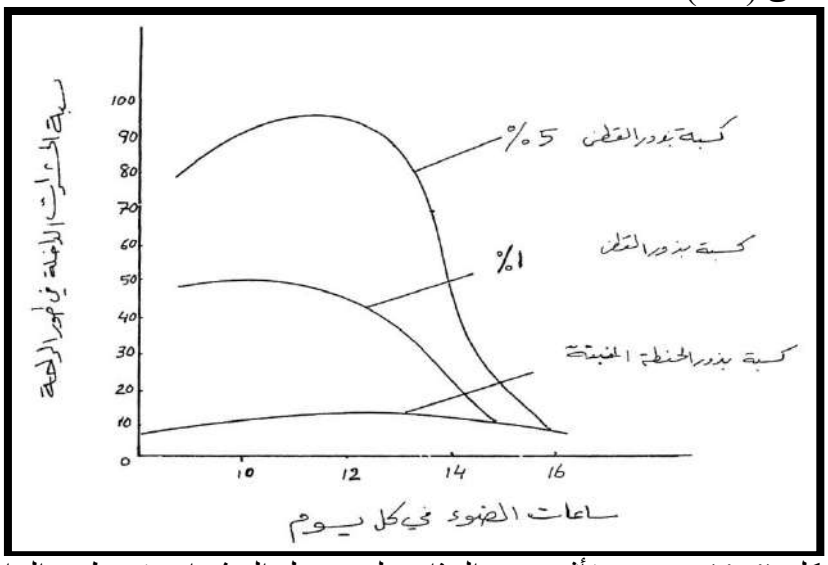
الشكل (4-3): تأثير الفترة الضوئية في طور الراحة في الحشرات

في بعض سلالات دودة الحرير ان جميع إناث الجيل الأول التي نشأت خلال الأيام القصيرة النهار والباردة نسبياً في الربيع وضعت بيوضاً لا تمر بطور راحة بينما إناث الجيل الثاني التي نشأت خلال الأيام الطويلة النهار والدافئة في الصيف وضعت بيوضاً تمر جميعها بطور راحة. وعند حضانة البيوض في فترات ضوئية مختلفة تتراوح بين صفر و(24) ساعة من الضوء كل يوم وتحت درجات حرارة تتراوح بين (15) و(28) درجة مئوية وجد ان جميع البيوض التي تعرضت إلى فترة ضوئية تقل عن (14) ساعة من الضوء كل يوم في درجة حرارة (15) مئوي أنتجت بالغات وضعت جميعها بيوضاً ذات لون فاتح لا تمر بطور راحة بينما البيوض التي تعرضت إلى فترة ضوئية بمقدار (16) ساعة أو أكثر كل يوم أنتجت بالغات وضع منها (30) إلى (70) بالمائة بيوضاً ذات لون غامق تمر بطور راحة. وفي درجة حرارة (20) مئوي كانت النتائج مشابهة ولكن الميل كان أقوى لأنتاج بيوض تمر بطور راحة في كل فترة ضوئية. بينما في درجات الحرارة التي تتراوح بين (24) و(28) مئوي فان جميع البيوض أنتجت بالغات تضع جميعها بيوضاً غامقة تمر بطور راحة. أي ان هناك تداخلاً قوياً بين تأثير الفترة الضوئية ودرجة الحرارة.

وعلى العكس من ذلك ان نسبة متزايدة من يرقات عث الفاكهة الشرقي التي تفقس من البيض بعد منتصف آب (أي عند قصر الفترة الضوئية) تدخل في طور الراحة، حيث يحدث طور الراحة في هذه الحشرة في اليرقة الكاملة النمو ويمكن ان يستمر لعدة أشهر. ومعنى هذا ان نسبة متزايدة من هذه اليرقات تصبح في طور الراحة مبكراً في الخريف وبفترة طويلة قبل ان تصبح درجة الحرارة منخفضة إلى درجة انها تثبط النشوء، وفي هذه الحشرات يكون طور الأطوار اليرقية الأولى. كذلك وجد في هذه الحالة تداخلاً بين تأثير الفترة الضوئية ودرجة الحرارة.

تأثير شدة الضوء على حركة الحشرات:

من المعروف ان بعض الحشرات تتحرك باتجاه الضوء وأخرى تبتعد عن الضوء. فمثلاً عند وضع يرقات براعم التنوب Spruce Budworm في ضوء متدرج في شدة الإضاءة نجد أنها تتحرك مباشرة باتجاه الضوء بينما تبتعد يرقات عث الطحين Flour Moth عن الضوء عند وضعها في نفس الظروف. وقد يكون لسلوك الحشرات بالنسبة لشدة الضوء قيمة تكيفية للحشرة في ظروف المحيط الذي توجد فيه وفي هذه الحالة يوجد تداخل بين تأثير شدة الضوء ودرجة الحرارة وتوفر الغذاء النباتي كما يحصل بالنسبة لتوزيع الحشرات في الأجزاء المختلفة من الغطاء الخضري النباتي. وكما يتداخل الضوء مع الحرارة فهو يتداخل مع الغذاء وان الغذاء يحوي على بروتين مختلف مع فترة ضوئية ثابتة يجعل الحشرات تدخل طور الراحة أكثر كلما احتوى الغذاء على بروتين أعلى. فكانت نسبة الحشرات الداخلة طور الراحة 75% عندما أعطى الحشرات غذاء يحوي على 5% من عليقة كسبة بذور القطن ودخل من الحشرات 50% في طور الراحة عندما كان الغذاء حاوياً على 1% كسبة بذور القطن ودخلت طور الراحة 10% فقط عندما أعطيت الحشرة غذاء مكوناً من بذور الحنطة المنبتة الحاوية على بروتين قليل كما يوضحها المنحنى (4-4).



الشكل (4-4): يوضح تأثير نوع الغذاء على دخول الحشرات في طور الراحة

تأثير الضوء على وضع البيض في الحشرات:

في بعض الحشرات يؤدي التعرض إلى الضوء بشدة معينة إلى تحفيزها على وضع البيض كما في ذبابة الفاكهة *Dacus tyroni* التي يزداد فيها وضع البيض بزيادة شدة الضوء ضمن حدود معينة كذلك وضع البيض للمفترس Chrysopa أسد المن. بينما هناك حشرات أخرى تضع معظم بيضها في الظلام مثل دودة الحرير وعث التفاح *Cydia pominell* ودودة جوز القطن الشوكية *Erias spp.* وبعض ذبابة الفاكهة فأن سوسة البقول *Bruchus obtectus* تضع عدداً أقل من البيض عند زيادة شدة الضوء ضمن حدود معينة.

أما عث التفاح Codling moth فأنها تضع البيض من الصباح الباكر وقبل الغروب متجنبة الضوء الشديد في وسط النهار.

تأثير الضوء على النمو في الحشرات:

يؤثر التعرض إلى الضوء على سرعة النمو في يرقات الحشرات كما في يرقات دودة الحرير التي تزداد فيها سرعة النشوء في الضوء مقارنة بالظلام وفي هذه الحالة أيضاً يوجد تداخل بين تأثير الضوء ودرجة الحرارة. وان الأشعة فوق البنفسجية أدت إلى بطء نمو اليرقات وإطالة مدة الجيل والى قلة ما تضعه الأنثى من بيض لا يفقس في خنفساء الحبوب الشعرية. كما

وجدا ان الضوء الأزرق جذب الذكور والإناث للتزاوج مقارنة بالظلام الذي كان ملائماً لبقية الأطوار المتحركة لهذه الحشرة.

تأثير الرياح في الحشرات:

هناك تأثيراً مباشراً للرياح على انتشار الحشرات وكذلك يوجد تأثيرات غير مباشرة لحركة الهواء على التغيرات التي تحصل في درجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة تبخر الماء في المحيط الذي توجد فيه الحشرات. يحصل انتشار الحشرات الصغيرة سواء كانت مجنحة أو غير مجنحة بواسطة تيارات الهواء الأفقية قرب سطح الأرض وكذلك يمكن ان تحمل لارتفاعات عالية بتيارات الهواء الصاعدة كما يحصل بالنسبة لليرقات الصغيرة والمن والحلم الخ. فقد وجد ان اليرقات الصغيرة للعثة السمراء Gypsy-Moth يمكن ان تنتقل إلى مسافة أفقية لا تقل عن عشرين كيلومتراً بهذه الطريقة.

وقد قدر عدد الحشرات والحيوانات الصغيرة الأخرى الموجودة في الهواء بين ارتفاع (15) و(4300) متراً فوق مساحة كيلومتر مربع في ولاية لوزيانا بحوالي عشرة ملايين حشرة ولكن الاعداد الأكبر كانت في الارتفاعات الواطئة. ويعتمد هذا العدد طبعاً على كثافة المجتمعات من الحشرات الصغيرة الموجودة على سطح الأرض وقد وجد ان بعض الحشرات المحمولة إلى طبقات الجو العليا كانت حية ولكن قد يموت الكثير منها قبل عودتها إلى الأرض. وعلى الرغم من ذلك فان هناك حالات مسجلة لانتقال بعض أفراد المن إلى مسافة تصل إلى حوالي (1280) كيلومتر ولانتقال قفازات أوراق البنجر إلى مسافة حوالي (320) كيلومتر مما يدل على الدور الذي تلعبه الرياح في انتشار الحشرات.

ان لطبيعة الرياح، سرعتها وحرارتها، تأثير في تحديد وجود الحشرات في الارتفاعات المختلفة وفي الانتشار وهذا ما يؤكد تداخل الرياح مع الحرارة بشكل خاص في تأثيرهما على انتشار الحشرات.

تأثير التربة في الحشرات:

ان تأثير ظروف التربة من درجة حرارة ورطوبة وتهوية ومادة عضوية يكون مباشراً على حياة وتكاثر الحشرات التي تعيش في التربة مثل النمل والارضة والديدان القارضة الأرضية. تتأثر ظروف التربة بظروف المحيط الأخرى التي سبق ذكرها فمثلاً تكون درجة الحرارة في التربة أعلى من المناطق الباردة عندما تكون مغطاة بالثلج من ان تكون التربة عارية أي ان هناك تداخلاً بين تأثير التربة وعوامل المحيط الأخرى.

ومن جهة أخرى فأن للتربة تأثيرات غير مباشرة على حياة وتكاثر الحشرات التي تتغذى على النباتات فمثلاً يؤثر توفر العناصر الغذائية في التربة على نمو وتركيب النباتات التي تنمو فيها وبذلك يتداخل تأثير التربة مع كمية ونوعية الغذاء الذي تحصل عليه الحشرات. وفي هذا المجال فقد اثبت مؤنس والعادل (1978) ان العناصر الأساسية (N,P,K) التي عومل بها حقل الذرة سببت اختلافاً في نسبة اصابتها بحشرة حفار ساق الذرة Sesamia Critica . فقد سبب النتروجين أعلى إصابة عندما أعطي لوحده بينما سبب اعطاء الفسفور لوحده أقل اصابة في العروة الربيعية وسبب اعطاء الفسفور والبوتاس معاً أقل إضافة في العروة الخريفية. ويدل هذا على أهمية التربة وأنواعها ومكوناتها في التأثير على نمو مجتمعات الحشرات.

وللتربة أيضاً تأثير خاص في طور الراحة للحشرات حيث تحفظ الترب الحاوية على مادة عضوية اكثر من الترب الفقيرة بهذه المادة والتي تكون باردة وحرارتها متغيرة وبشكل متقلب مع تغير حرارة المحيط وكذلك بالنسبة للرطوبة فالترب الرملية مثلاً لا تحفظ الرطوبة وبعكسها الترب الغرينية والترب الحاوية على المادة العضوية. ان لذلك دوره في توفير المحيط الملائم للتشتية أو لوضع البيض أو لغيره

تأثير الغذاء في الحشرات:

يقع الغذاء ضمن العوامل الحيوية Biotic factors وهي العوامل التي تعتمد عليها كثافة الحشرة Density-dependent كالمكان والأعداء الطبيعية والأنواع المزاحمة.

والغذاء هو أحد مكونات المحيط المهمة حيث انه يؤثر على بقاء وتكاثر الحشرات بتأثيره على سرعة نشوئها وطول عمرها وخصوبتها وذلك لاحتوائه على الاحماض الامينية والسكريات والفوسفوليبدات، هذه المواد المهمة الأساسية في تجهيز الطاقة وفي عملية البناء وفي تحفيز التفاعلات الكيمياوية. فبينما تكون كمية الغذاء مهمة بالنسبة لتجهيز الطاقة اللازمة لحياة وتكاثر الحشرات فان نوعية الغذاء تكون مهمة أيضاً بالنسبة لحصول الحشرات على مركبات معينة في غذائها مثل الفيتامينات والستيرولات والحوامض الامينية الأساسية.

يعتمد توفر الغذاء على عدة عوامل منها التفضيل الغذائي للحشرة والمناخ وعدد الحشرات من نفس النوع ومن الأنواع الأخرى. وتلعب المواد الغذائية الثانوية للنبات (الفينولات والاسترات) دوراً أساسياً في التفضيل الغذائي للحشرات.

أولاً: التفضيل الغذائي: تتميز بعض الحشرات بتفضيل غذائي عالي حيث انها لا تصيب الا جزءاً معيناً من نبات معين فمثلاً دوباس النخيل يصيب السعف وحميرة النخيل تصيب الثمار وحفار ساق النخيل يصيب الساق وليس لهذه الحشرات عائلاً آخراً تصيبه ويكون التخصص أكثر دقة في بعض الحشرات فمثلاً في بعض قفازات الأوراق يتغذى نوع منها على خلايا البشرة فقط من الورقة ويتغذى نوع آخر على الطبقة العمادية فقط من الورقة ويتغذى نوع ثالث على الطبقة الاسفنجية هذا بالنسبة للعمق اما بالنسبة للمساحة فان أنواعاً من قفاز الأوراق تتغذى على أبط الورقة قريباً من النصل الرئيسي وبعضها يتغذى من طرف الورقة وبعضها يتغذى على طول المساحة القريبة من النص الرئيسي للورقة. وعلى العكس من هذا كله فأن كثيراً من الحشرات مثل الجراد يمكن ان تتغذى على الاجزاء المختلفة لمعظم النباتات ومن الواضح ان عامل الغذاء يلعب دوراً أكبر في انتشار وتكاثر الحشرات ذات التفضيل الغذائي العالي من الحشرات الأخرى حيث انها توجد فقط في المناطق التي ينمو فيها عائلها الغذائي المفضل.

ويقسم بعض البيئيين الحشرات حسب المواد الغذائية التي تتناولها إلى:-

1. الحشرات التي تتغذى على النبات فقط وتسمى Phytophagous insects وتضم هذه المجموعة حوالي 47% من الحشرات.
2. الحشرات التي تتغذى على مواد متحللة حيوانية أو نباتية وتسمى Saprophytic insects وتضم حوالي 27% من الحشرات.
3. الحشرات التي تتغذى على مواد متنوعة نباتية وحيوانية وتسمى Omnivorous insects وتضم حوالي 12% من الحشرات.
4. الحشرات المفترسة أو المتطفلة التي تتغذى على المواد الحيوانية الحية وتسمى Zoophagous insects (or Carnivorus) وتضم حوالي 14% من الحشرات.

أما من حيث تخصص الحشرات بالنسبة لعوائلها فيمكن تقسيمها إلى الآتي:-

1- حشرات عديدة العوائل Poly phagous : وهي الحشرات التي تتغذى على نباتات متباينة كثيرة تتبع عوائل نباتية مختلفة مثل الجراد والديدان القارضة. وهي أشد الحشرات ضرراً وأصعبها مقاومة.

2- حشرات قليلة العوائل Oligophagous insects : وهي الحشرات التي تتغذى على نباتات تتبع عائلة نباتية واحدة أي انها متخصصة في التغذية على عوائل نباتية متقاربة من ناحية التقسيم النباتي. وتتبع هذه العوائل عائلة نباتية واحدة مثل دودة اللوز القرنفلية التي تتغذى على نباتات العائلة الخبازية وحشرة ابو دقيق اللهانة التي تتغذى على نباتات الفصيلة الصليبية.

3- حشرات وحيدة العائل Monophagous : وهي حشرات تتخصص في التغذية على نوع واحد من النباتات وهي قليلة الانتشار وتعتبر حشرات متخصصة تخصصاً عالياً ولا توجد إلا اذا وجد عائلها. مثل سوسة جوز القطن التي تصيب جوز القطن فقط.

ثانياً: المناخ: بالإضافة إلى تأثير العوامل الجوية على حياة وتكاثر الحشرات والتي سبق ذكرها فأن عوامل المناخ تؤثر على توزيع ونمو النباتات وبالتالي يتداخل تأثير هذه العوامل مع توفر الغذاء بالنسبة للحشرات التي تتغذى على النباتات أو الأخرى المفترسة أو المتطفلة على هذه الحشرات. فمثلا المناخ الملائم لزراعة مساحات كبيرة من محاصيل معينة يؤدي إلى توفر كميات كبيرة من الغذاء للحشرات التي تصيب هذه المحاصيل فإذا كانت العوامل الجوية ملائمة أيضاً لتكاثر هذه الحشرات حدثت فورانات في هذه الآفات الحشرية. وبعكسه تبقى محدودة الأعداد ومحدودة التأثير على تلك النباتات في الظروف المناخية غير الملائمة.

ثالثاً: عدد الحشرات من نفس النوع وفي الأنواع الأخرى: يقل احتمال حصول الحشرات على الغذاء الملائم عند ازدياد عدد الحشرات في نفس النوع وخاصة اذا كانت كمية الغذاء محدودة كما يحصل في سوسة الحبوب فإذا زاد عدد الحشرات وكانت كمية الحبوب قليلة يحصل ما يعرف بالتنافس ضمن النوع Intra-Specific Competition وقد يكون هناك حشرات من أنواع مختلفة تتغذى على نفس النباتات فيحصل عندئذٍ تنافس بين الأنواع Inter-Specific Competition.

حيث ان الضرر الذي يسببه نوع معين من الحشرات للنباتات يقلل كمية ونوعية الغذاء بالنسبة للأنواع الأخرى المنافسة بالإضافة إلى الظروف المناخية غير الملائمة لهذه الحشرات نتيجة ارتفاع ثاني اوكسيد الكاربون وزيادة الرطوبة النسبية وقلة الضوء التي تقلل بمجموعها الأعمال الحيوية للحشرات وتقلل من نشاطها وتكاثرها ونمو أعدادها.

نوعية الغذاء:

لكي تتمكن الحشرات ان تنمو وتتكاثر فانها تحتاج في غذائها إلى كميات كافية من الماء وبعض العناصر المعدنية ومركبات عضوية كمصادر للطاقة والكاربون والنتروجين والكبريت ومجموعة من المركبات العضوية الخاصة مثل الحوامض الامينية الأساسية والستيرولات ومجموعة فيتامينات (ب). لذلك فان نوعية الغذاء بالنسبة لاحتوائها على هذه المركبات الضرورية تؤثر على طول عمر الحشرات وخصوبتها وسرعة نشوئها كما نلاحظ من الأمثلة الآتية:-

أ- تأثير نوعية الغذاء على البقاء:

لوحظ ان فورانات دورة براعم التنوب Spruce Budworm التي تحصل أحيانا في غابات كندا تترافق مع وجود أعداد كبيرة من أشجار تنوب البلسم وهي في حالة ازهار وقد وجد ان السبب في ذلك يعود إلى ان نسبة البقاء في اليرقات الصغيرة تكون أعلى في حالة تغذيها على حبوب اللقاح أو الأوراق الفتية مما في حالة تغذيها على الأوراق المسنة لأشجار التنوب. ولما كانت أشجار تنوب البلسم المزهرة توفر كثيراً من حبوب اللقاح والأوراق الفتية فمن الواضح ان السبب الرئيسي لهذه الفورانات هو توفر الغذاء الملائم. كذلك فأنه في حالة تغذي اليرقات على الأوراق المسنة يكون نموها أبطأ وتضع البالغات الناتجة منها أعداداً أقل من البيض مما في حالة اليرقات التي تتغذى على حبوب اللقاح أو الأوراق الفتية.

ب- تأثير نوعية الغذاء على الخصوبة:

يعتمد عدد البيض الذي تضعه بالغات خنافس البطاطا Potato Beetles على نوع النبات الذي تتغذى عليه وكذلك على عمر الأوراق التي تتغذى عليها. فعندما تتغذى هذه الخنافس

على أوراق البطاطا الفتية فان كل انثى تضع عدداً من البيض يتراوح بين (30) و(50) بيضة في كل مرة مقارنة بعدد من البيض يتراوح بين (8) و(20) بيضة في حالة تغذي الخنافس على أوراق البطاطا المسنة. ومن الواضح ان هذا الفرق الكبير في الخصوبة يؤدي إلى فروق كبيرة في نسبة الزيادة في أعداد هذه الحشرات في الحالتين.

جـ- تأثير نوعية الغذاء على سرعة النشوء:

إذا كانت نوعية الغذاء غير ملائمة للحشرة فإنها تحتاج لمدة أطول لإكمال نشوئها فمثلاً تحتاج يرقات خنفساء الطحين إلى حوالي (28) يوماً لإكمال الطور اليرقي في درجة حرارة (25) مئوي ورطوبة نسبية (95%) اذا تغذت على الطحين وهو الغذاء الملائم لها بينما تحتاج إلى مدة تتراوح بين (32) و(50) يوماً لإكمال الطور اليرقي في حالة تغذيها على الخميرة مما يدل على ان نشوءها يكون أسرع في الحالة الأولى مما في الحالة الثانية التي لا يكون فيها الغذاء ملائماً. وكذلك بالنسبة للمفترسات فقد وجد الربيعي وعبد (1977) ان الأطوار اليرقية الثلاثة لاسد المن استغرقت (25) يوماً عند تغذيتها على بيض البق الدقيقي واستغرقت (18) يوماً عند تغذيتها على من الخوخ الأخضر.

ويتداخل الغذاء بشكل رئيسي مع الحرارة في التأثير على نشاط الحشرات ومقدار تكاثرها وطول عمرها ونشاطها حيث ان درجة الحرارة الملائمة لكل حشرة (ولكل طور منها) مهمة في اعطائها أقصى نشوء ونشاط وتكاثر. وفي تجربة اجراها العالم Adkisson في مختبره في جامعة تكساس على خنفساء القطن اتضح التأثير المتداخل للحرارة والغذاء كما مبين في جدول (4-1) الذي يوضح تأثير الحرارة والغذاء على سرعة نشوء سوسة جوز القطن.

الجدول (4-1): يوضح تأثير الحرارة والغذاء على سرعة نشوء سوسة جوز القطن

درجة الحرارة (°م)	سرعة نشوء الحشرة بالأيام			
	نوع الغذاء			
	براعم	جوز صغير	جوز متوسط	جوز كبير
22	23,1	25,3	27,5	30,5
25	17,5	19,3	20,7	23,1
28	14,2	16,3	18,1	18,8
31	12,3	13,5	15,5	15,3
35	16,7	18,1	19,7	22,8

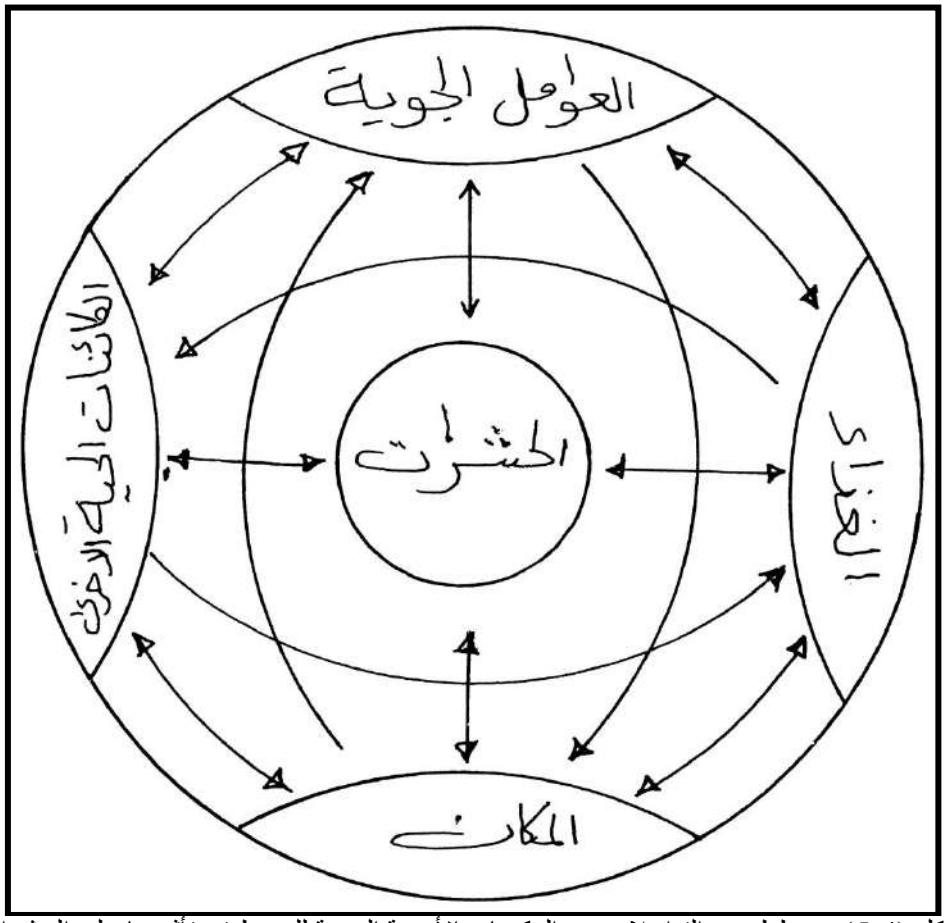
يلاحظ من الجدول ان النشوء أسرع على البراعم ومتدرجاً حتى الجوز الكبير وذلك لأن البراعم أغنى من الجوز بالبروتين والسكر. كما يلاحظ بأن درجة الحرارة (31) هي الدرجة المثلى التي يحصل فيها أسرع نشوء على جميع الأجزاء النباتية المختلفة.

تأثير المكان في الحشرات:

يعتبر المكان من العوامل التي تعتمد عليها كثافة الحشرة Density-dependent فهو كالغذاء والاعداء الطبيعية والأنواع المزاحمة من الحشرات، وعليه يعتمد حجم مجتمعات الحشرات. وعلى الأمكنة الصالحة تعتمد الحشرة في بناء أعداد كبيرة. ويمكن القول بصورة عامة ان البحث عن المكان الملائم لحياة وتكاثر الحشرة هو أحد أهم صفاتها الأساسية. وأهم الصفات التي يجب توفرها في المكان الملائم هي:-

أولاً: حماية الحشرة من تأثيرات العوامل الجوية كالحرارة والبرودة والجفاف.. الخ.
ثانياً: توفير الغذاء الملائم للحشرة في أطوارها المختلفة.
ثالثاً: حماية الحشرة من الأعداء الطبيعية في الأطوار المختلفة.
رابعاً: توفير الظروف الملائمة لوضع البيض.

ومن هذا يتبين أهمية المكان بالنسبة لبقاء وتكاثر الحشرات حيث ان تأثير المكان يتداخل مع تأثير العوامل الجوية المختلفة ومع الغذاء والكائنات الحية الأخرى الموجودة في المحيط. ويمكن توضيح هذه التداخلات المهمة بالنسبة لبيئة الحشرات بالمخطط الموضح في شكل (5-4). حيث وضعت الحشرات في هذا المخطط في وسط دائرة تمثل المكونات الأربعة المهمة للمحيط وتبين الاسهم التأثيرات المتداخلة لهذه المكونات على الحشرات وعلى بعضها الآخر. فمثلاً بالنسبة للكثير من الحشرات التي تقضي معظم حياتها على سطح النباتات أو في داخلها فان هذه النباتات تجهز الغذاء والمكان في آن واحد وبنفس الوقت قد تحميها من تأثير العوامل الجوية ومن الأعداء الطبيعية فيظهر التداخل بين جميع المكونات في هذه الحالة. كذلك تقوم حشرات أخرى بالبحث عن أماكن خاصة لوضع البيض أو لقضاء طور الراحة أو طور السبات بحيث ان هذه الأماكن توفر الحماية لهذه الأطوار من العوامل الجوية المختلفة والأعداء الطبيعية كما في الأمثلة الآتية:-



الشكل (4-5): مخطط يبين التداخلات بين المكونات الأربعة المهمة للمحيط في تأثيرها على الحشرات.

أ- التداخل بين المكان ودرجة الحرارة:

تختلف درجة حرارة الأمكنة حسب موقعها واتجاهها وتتكيف الحشرات وفقاً لذلك بحيث تلاؤمها حرارة المكان الذي تسكن أو تسبت فيه أو تكيفه، حسب درجة الحرارة. فمثلاً تقضي خنفساء البطاطا Colorado Potato Beetle فصل الشتاء بان تحفر في التربة إلى عمق يتراوح بين (35) و(60) سم من التربة الرملية والى عمق يقل عن (20) سم في التربة الطينية لتسكن فيها. وتعتمد درجة الحرارة التي تتعرض لها هذه الخنافس في الشتاء على مقدار العمق في التربة الذي توجد فيه وعلى درجة حرارة الجو وكذلك على سمك وديمومة الغطاء الثلجي فوق سطح التربة فكلما زاد العمق في التربة وكانت درجة حرارة الجو أعلى أو كان الغطاء الثلجي سميكاً ولفترات كافية كان احتمال بقاء هذه الخنافس أكبر خلال الشتاء. وبجانب حرارة التربة فأن لدرجة حرارة النبات في المكان الذي تعيش فيه الحشرة تأثيره في توفير المناخ الملائم لنموها وتكاثرها فالحشرات التي تعيش داخل أجزاء النبات كحفارات السيقان وحفارات الأوراق ودودة جوز القطن وغيرها تحتاج إلى درجات حرارة متناسبة مع المكان وكذلك الحشرات التي تصيب الأوراق فان الحرارة على الأوراق تختلف حسب ارتفاعاتها أو موقعها على النبات فالحرارة أقل في المناطق المرتفعة من المنخفضة وأقل في الأوراق التي تقع في الشمال منها في الجنوب.

ب- التداخل بين المكان والرطوبة:

يعتمد انتشار صرصر الحقل *Gryllulus commodus* في جنوب استراليا على وجود ترب ذات قابلية عالية على الاحتفاظ بالرطوبة حيث ان هذه الحشرات تضع بيضها في التربة على عمق حوالي (0,6) سم وحيث ان تعرض البيض للجفاف خلال الصيف يؤدي إلى عدم فقسه

فان احتفاظ التربة بالرطوبة خلال فترة الجفاف هو العامل الذي يحدد بقاء هذه الحشرات. كذلك فالرطوبة مهمة لوضع بيض الجراد حيث تجعل الرطوبة التربة هشة يسهل وضع البيض فيها. كذلك الحشرات التي تلصق بيضها عند وضعه فالرطوبة مهمة لتسهيل هذه العملية وإنجاحها.

جـ- التداخل بين المكان والكائنات الحية الأخرى:

توجد الحشرة القشرية *Saissetia oleae* على أشجار الحمضيات في جنوب كاليفورنيا ولكن المفترس *Metaphycus helvolus* يتغذى على الأطوار غير البالغة لهذه الحشرة القشرية ولذلك فان بقاء هذه الحشرة يعتمد على لجوئها إلى الأغصان السفلية الكثيفة من نبات الدفلة حيث ان المفترس لا يصل إلى هذه الأماكن والتي توفر بالتالي الحماية لهذه الحشرة من المفترس. ومن هذا المثال يتبين الدور الذي يلعبه المكان الملائم في حماية الحشرات من الكائنات الحية الأخرى الموجودة في نفس المحيط اذ لولا وجود نباتات الدفلة في هذه الحالة لقضى المفترس على الحشرة القشرية على الحمضيات في هذه المنطقة ويمكن ان تقوم نباتات الادغال بدور مشابه في حماية الحشرات الأخرى التي تصيب المحاصيل الزراعية.

د- التداخل بين المكان والغذاء:

ان للغذاء تأثيراً خاصاً على الامكنة المتوفرة فكلما كان الغذاء متوفراً وغنياً فان الامكنة تضيق باعداد الحشرة بوقت أسرع مهما كان المكان صالحاً وذلك لتكاثر الحشرات السريع ونمو اعدادها. كما ان لنوع الغذاء تأثيراً مهماً في تحديد عدد الأجيال للحشرة في الامكنة المختلفة. فقد وجد مثلاً ان للحشرة القشرية *Saissetia oleae* على أوراق كريب فروت grape fruit أجيالاً أكثر من الاجيال التي تنتجها هذه الحشرة على أوراق الليمون الحامض. ولربما كان ذلك بسبب سمك أوراق نبات الكريب فروت وعرضها وكثافة الشجرة مما يعطي حماية لهذه الحشرة أكثر مما تعطيها أوراق الحمضيات الأخرى.

تكاثر الحشرات وتعدد الأمكنة الصالحة:

ان توفر المكان الصالح لتكاثر ونمو مجتمعات الحشرة هو من الشروط الأساسية التي يجب توفرها ولكن عدد هذه الامكنة هو الشرط الأهم لأن المكان الصالح مهما كان صالحاً فانه سوف يفقد صفاته الجيدة كلما تكاثرت مجتمعات الحشرات فيه حيث يرتفع ثاني اكسيد الكاربون وترتفع الحرارة والرطوبة ويقل الغذاء فإذا كان عدد الامكنة الصالحة كثيراً فان أعداد الحشرات سوف تهاجر إلى هذه الامكنة بحيث تحتله اعداد تتناسب وشروطه الجيدة، فيستمر بذلك نمو مجتمعاتها. أما في حالة محدودية عدد الامكنة فان الحشرات سوف تتعرض لظروف قاسية تقضي على معظم الاعداد التي تزيد عن الحد الذي تتحمله هذه الامكنة لمعيشتها. هذا وان الاختلاف الفسيولوجي والتكوين الطبيعي لأفراد النوع الواحد يجعل بعض الأفراد تعيش في المكان المتوفر أحسن من غيرها ويتحمل بعضها الآخر الامكنة ذات الظروف غير الجيدة أكثر من غيرها.

جامعة الموصل
كلية الزراعة والغابات/ قسم وقاية النبات

المرحلة: الرابعة
المادة: بيئة حشرات نظري
الدكتور: عبدالجبار خليل ابراهيم

المحاضرة التاسعة

الأهرام البيئية: Ecological pyramids

يمكن الاستفادة من الشباك الغذائية في وصف علاقات التغذية بين الكائنات الحية في النظام البيئي ولكن الشبكة الغذائية لا تضع في الاعتبار عدد أفراد الأنواع المختلفة في الشبكة الغذائية ومن هذا المنطلق نشأت فكرة الأهرام البيئية التي تعبر عن الأعداد (هرم الأعداد) و(هرم الكتلة الحيوية) وكم الطاقة (هرم الطاقة) في المستويات الغذائية المختلفة للسلاسل الغذائية.

أهرام الأعداد

إذا نظرنا إلى نظام بيئي في بحيرة صغيرة أو مستنقع فسوف نجد ان أعداد الأنواع وحيدة الخلية يصل إلى الملايين، ونجد ان برغوث الماء (وهو يلي الأنواع وحيدة الخلية في السلسلة الغذائية) يصل تعداد أفراده إلى مئات الآلاف بينما نجد أعداد الخنافس المائية أقل ثم نجد الأسماك والتي تقع في قمة هذه السلسلة الغذائية أقل تعداداً من جميع الأنواع التي تسبقها في هذه السلسلة. وخلاصة القول أن الأنواع التي في قاعدة السلسلة الغذائية تكون الأكثر في تعداد الأفراد ويقل العدد تدريجياً مع السلسلة الغذائية حتى يصل تعداد الأفراد إلى أقل تعداد في الأنواع التي توجد في قمة السلسلة الغذائية (شكل 5-5) ويجب ملاحظة ان الأنواع النباتية هي الأنواع التي تتغذى على النبات. أما أكلات اللحوم في المستوى الأول والثاني والثالث فيقصد بها كل أشكال الافتراس بما فيها افتراس الأنواع المفترسة والتطفل وفرط التطفل (التطفل على الأنواع المتطفلة).

شكل (5-5): هرم الأعداد في السلسلة الغذائية مع حذف الأنواع المنتجة (النباتات التي تقوم بالبناء الضوئي).

أهرام الكتلة الحيوية: Pyramids of biomass

إذا وضعت الأعداد المنتجة (النباتات) في أهرام الأعداد فسوف يؤدي ذلك إلى ظهور "هرم مقلوب" لأن الشجرة أو الشجيرة الواحدة يعتمد عليها. مئات أو آلاف الأفراد ومن هنا نشأت فكرة أهرام الكتلة الحيوية Pyramids of biomass شكل (5-6) والتي تعتمد في بنائها على وزن المجموعات المختلفة في عناصر السلسلة الغذائية وفي هذه الحالة سوف نجد ان الهرم "غير مقلوب" حيث نجد ان أوزان الأنواع المنتجة أكبر من وزن الأنواع النباتية والتي تزيد أوزانها عن أوزان أكلات اللحوم في المستوى الأول... وهكذا.

شكل (5-6): الكتلة الحيوية (متوسط وزن الأنواع الحية).

أهرام الطاقة: Pyramids of Energy

يستعمل هذا النوع من الأهرام البيئية لوصف العلاقات الغذائية في مجتمعات الأنظمة البيئية المختلفة، ويعتبر هرم الطاقة أبسط أشكال التعبير عن سريان أو انسياب الطاقة في النظام البيئي والوحدة في بناء هرم الطاقة هي كم الطاقة/ وحدة المساحة/ وحدة الزمن. (مثال: كيلو كالوري/ دونم/ سنوياً).

وتظهر أهرام الطاقة معدلات انسياب الطاقة بين المستويات الغذائية المتتابعة في السلسلة الغذائية أو الشبكة الغذائية. ولا يمكن ان تنعكس أهرام الطاقة لأنها تتبع القانون الأول للديناميكا الحرارية والذي ينص على ان الطاقة لا تفنى ولا تستحدث. (لاحظ أن هرم الأعداد يمكن ان ينقلب اذا وضعت الكائنات المنتجة – النباتات – في وضعها الطبيعي) ويوضح شكل (5-7) هرم للطاقة معتمداً على أشجار البلوط في اكسفورد بالولايات المتحدة ويلاحظ في الشكل ان انتاج المستوى الأول من أكلات اللحوم أعلى من إنتاج الأنواع النباتية، وبالطبع هذا لا يحدث في الواقع، والسبب الحقيقي يرجع إلى عدم إمكانية قياس كم الطاقة المنتج من الأنواع العشبية.

شكل (5-7): هرم للطاقة يعتمد على النظام البيئي لأشجار البلوط. وحدة الطاقة هي: كيلو كالوري/ هكتار/ سنوياً. والظاهر من الشكل ان إنتاج آكلات اللحوم من المستوى الأول أعلى من إنتاج الأنواع النباتية، ولكن هذا يرجع إلى صعوبة قياس إنتاج الأنواع النباتية.

الحشرات وانسياب الطاقة

يمكن تقسيم العمليات الرئيسية في النظام البيئي إلى أربع عمليات:-

- انسياب الطاقة في النظام البيئي (Energy flow).
- الدورات البيوجيوكيميائية (Biogeochemical).
- التتابع البيئي (Ecological succession).
- تطور الأنواع (Evolution of the species).

انسياب (سريان) الطاقة: Energy flow

حركة الطاقة في النظام البيئي تختلف عن حركة المواد الكيميائية، حيث يمكن التعبير عن حركة المواد الكيميائية من خلال "دورات" Biogeochemical cyclings مثل دورة النيتروجين في الطبيعة، أما حركة الطاقة فيمكن تفسيرها من خلال قوانين الديناميكا الحرارية والتي ينص قانونها الأول على أن "الطاقة تتقلص (تقل) عندما تتحول من صورة إلى صورة أخرى نتيجة فقد كمية من هذه الطاقة على شكل حرارة أثناء التحول من صورة إلى صورة أخرى". وبناء على ذلك نستطيع ان نقول انه عند مرور الغذاء من كائن حي إلى كائن حي آخر. سوف تضمحل الطاقة الموجودة في الغذاء أثناء مروره في السلسلة الغذائية من كل خطوة إلى الخطوة التي تليها حتى تتشتت كل الطاقة على شكل حرارة ومن هنا يتضح ان الطاقة تنساب في النظام البيئي في اتجاه واحد وهذا الاتجاه غير عكسي، حيث ان سريان الطاقة لا يكون على شكل دورات كما هو الحال في العناصر الكيميائية.

نبات ← فقد في الطاقة ← كائن نباتي ← فقد في الطاقة ← يفترس على الكائن النباتي ← فقد في الطاقة ←

أهم الدراسات التي أجريت في مصر على انسياب الطاقة في الأنظمة البيئية وأجريت الدراسة في منطقة Wood land على أحد أنواع اللافقاريات عديدة الأرجل Millipedes والتي تعتبر من المحللات في السلسلة الغذائية. وأكدت الدراسة على ان طاقة التنفس تمثل الجزء الأكبر من انسياب الطاقة في اللافقاريات البرية (جدول 1-6).

الجدول (6-1): علاقة النمو بالتمثيل الغذائي في مزدوجة الأقدام من نوع *Brachgiulus calcivagus*

طور النمو (الطور اليرقي)	الطعام الذي يتم تمثيله (ملليجرام)	النمو (ملليجرام)	وزن الغذاء المستخدم في التنفس (الطعام الممثل للنمو)
III	1	0,1	0,9
IV	2,3	0,1	2,2
V	3,5	0,2	3,2
VI	5,7	0,5	5,2
ذكور			
VII	7	0,7	6,3
VIII	9,9	0,9	9,0
IX	15,3	1,5	13,8
X	28,7	4,9	23,8
إناث			

VII	10,8	0,5	10,3
VIII	22,8	1,1	21,7
IX	38,4	2,0	36,4
X	61,3	3,0	58,4

الإنتاج الابتدائي: Primary production

عملية البناء الضوئي هي الأساس الذي تعتمد عليه كل أشكال الحياة وهي أيضاً نقطة البداية في دراسة أيض المجتمعات Community metabolism. وتشكل النباتات الجزء الأعظم من الكتلة الحيوية على الأرض إذ يبلغ وزن النباتات حوالي 99.9% من الوزن الكلي للكائنات الحية والإنتاج الكلي الابتدائي Gross primary production هو الطاقة التي يثبتها النبات في عملية البناء الضوئي وصافي الإنتاج الابتدائي Net primary production يعادل الإنتاج الكلي الابتدائي مطروحا منه الطاقة التي يستهلكها النبات في عملية التنفس وأبسط الطرق لقياس الإنتاج الكلي الابتدائي هي طريقة الحصاد Harvest method. حيث تعتبر كمية النباتات المنتجة في وحدة الزمن ΔB مساوية للتغير في الكتلة الحيوية خلال الفترة الزمنية "1" إلى "2" ($\Delta B2-\Delta B1$) والفقد في الكتلة الحيوية للنبات يحدث بطريقتين:-

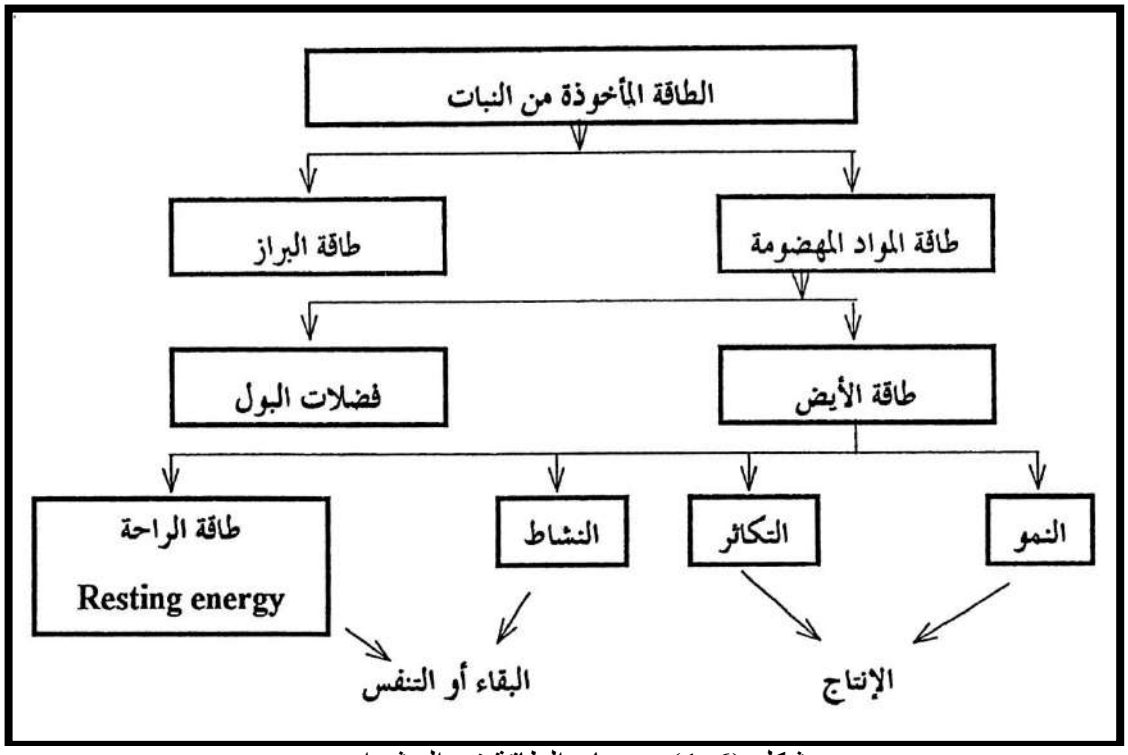
1. الفقد نتيجة موت النبات (L).
2. الفقد نتيجة تغذية الحيوانات على النبات (G).

ويمكن إيجاد صافي الإنتاج الابتدائي بعد معرفة الكميات المفقودة من الكتلة الحيوية النباتية:

$$\text{صافي الإنتاج الابتدائي} = G + L + \Delta B$$

الإنتاج الثانوي: Secondary production

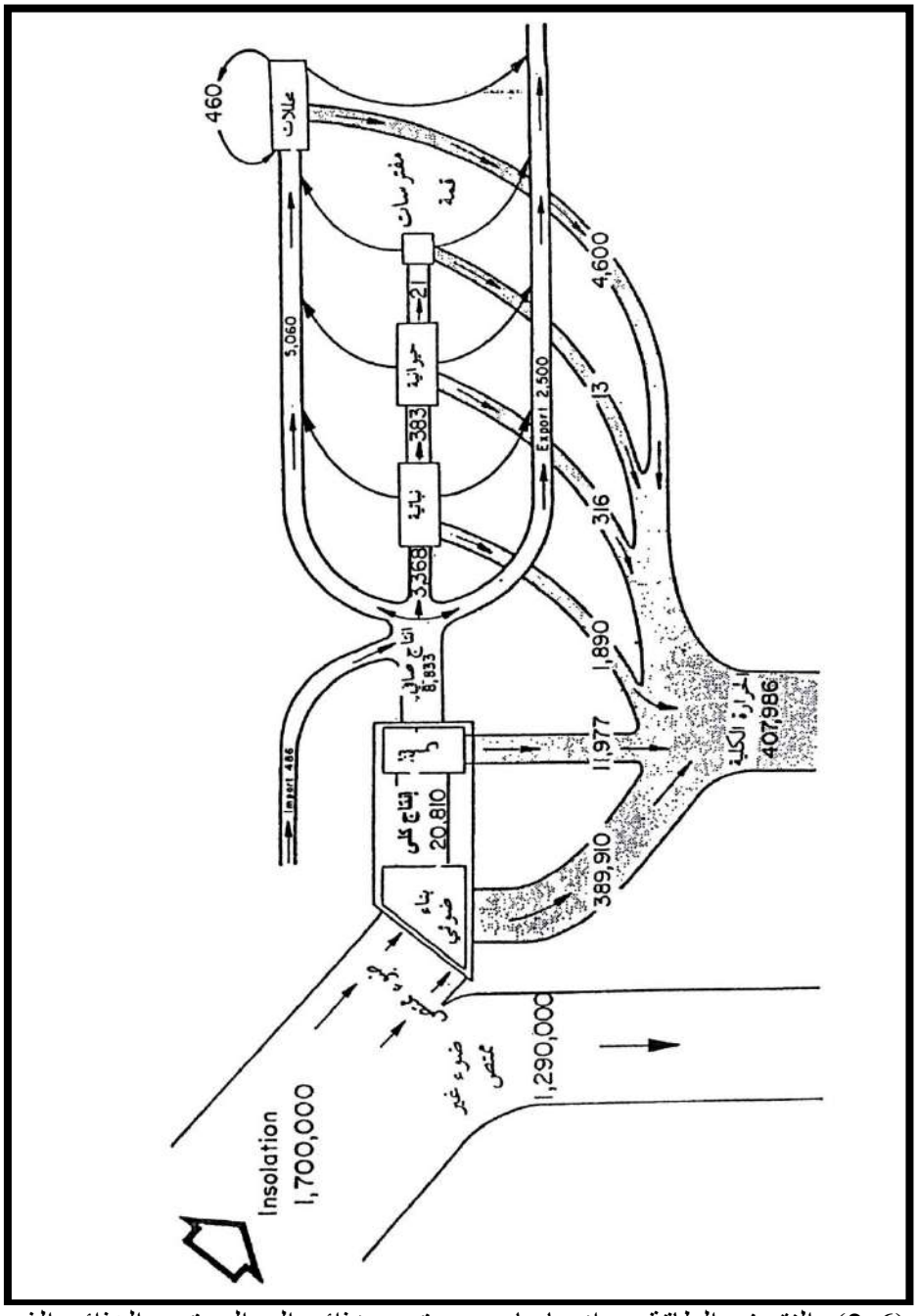
الكتلة الحيوية النباتية التي تتراكم في البيئة نتيجة عملية البناء الضوئي تنتهي إلى أحد الاتجاهين، إما أن تتغذى عليها الحيوانات النباتية أو الكائنات المحللة (الشكل 1-6). ان الكائنات المحللة تستهلك حوالي 80% من المادة النباتية بعد موتها. ولكن الحيوانات العشبية تشكل قوة هامة للانتخاب الطبيعي في النبات والإنتاج الثانوي للطاقة يعبر عن كم الطاقة الذي تنتجه الأنواع التي تتغذى على النبات ويتخذ سريان الطاقة في الحشرات عدة اتجاهات:



شكل (6-1): سريان الطاقة في الحشرات

وتعتبر من أشهر الدراسات التي توضح الفقد في الطاقة مع انتقال الغذاء في المستويات المختلفة من السلاسل الغذائية، حيث يستعان بهذه الدراسة في العديد من مراجع البيئة التي تعالج موضوع النظم البيئية (الشكل 2-6).

تقدر كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى الكرة الأرضية بحوالي $15,3\times10^{8}$ كالوري لكل متر مربع في السنة. ويتشتت جزء كبير من هذه الطاقة ويضيع أيضاً جزء كبير من هذه الطاقة في عمليات البخر. وتختلف كمية الطاقة التي يستعملها النبات تبعا للموقع الجغرافي. أكثر من 95% من الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض يتم فقدها على شكل حرارة والجزء المتبقي (1-5%) يستعمل في عملية البناء الضوئي، حيث يتحول إلى أنسجة نباتية تختزن الطاقة. وتتضح علاقات الطاقة في المستوى الغذائي الأول (الأنواع ذاتية التغذية – النباتات التي تقوم لعملية البناء الضوئي). وبفحص الشكل نجد ان فاعلية البناء الضوئي Photosynthesis efficiency منخفضة.

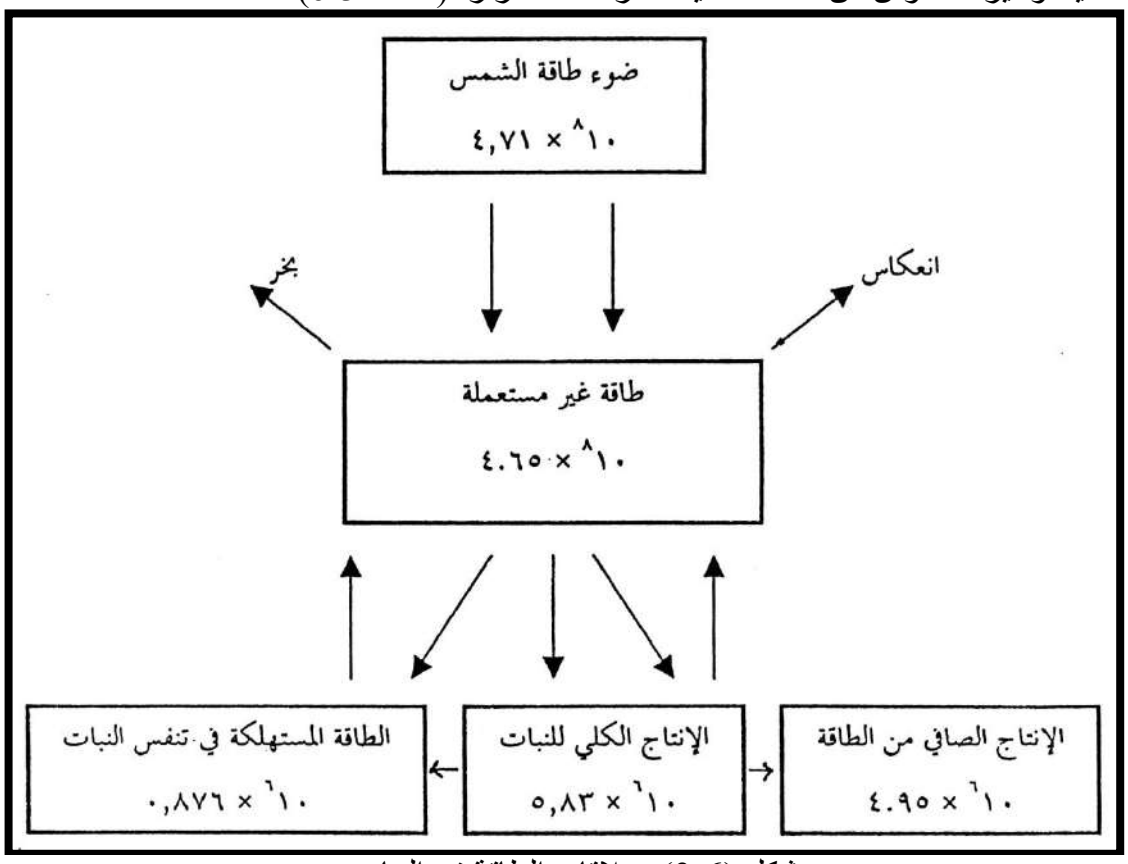


شكل (6-2): الفقد في الطاقة مع انسيابها من مستوى غذائي إلى المستوى الغذائي الذي يليه.

ولكن فاعلية البناء الضوئي تختلف من نبات لآخر وقد ترتفع حتى تصل إلى 3,5%. أما الكائنات غير ذاتية التغذية والتي تعتمد على النبات بشكل مباشر (الحيوانات العشبية) أو غير مباشر (الطفيليات أو المفترسات) فتخرج حوالي 90% من الغذاء الذي تتناوله على شكل فضلات ولا تتجاوز كفاءة التمثيل الغذائي أكثر من 10% وهناك بعض الحالات الشاذة التي يصل التمثيل الغذائي فيها إلى 75%.

ويتوقف عدد المستويات الغذائية Trophic levels على كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى الغلاف الجوي حيث يقل عدد المستويات الغذائية مع قلة الطاقة الشمسية التي تصل إلى النبات لأن عملية البناء الضوئي هي المصدر الأساسي لتخليق المواد العضوية بما تحتويه من طاقة تستغل في جميع أشكال الحياة مع استثناء بعض أنواع البكتيريا ذاتية التغذية التي لا تعتمد

على الطاقة الشمسية في إنتاج المواد العضوية ولكن هذه البكتيريا لا تمد النظام البيئي إلا بقدر ضئيل وغير محسوس من الطاقة الكلية اللازمة لاستمراره (الشكل 3-6).



شكل (3-6): علاقات الطاقة في النبات.

وتختلف الكتلة الحيوية Biomass للحيوانات العشبية في الأنظمة البيئية المختلفة تبعاً لقدرة النبات على تثبيت وتخزين الطاقة الشمسية على صورة أنسجة نباتية يمكن ان يعتمد عليها أفراد المستوى الغذائي الثاني، ويمكن معرفة هذه الكتلة الحيوية والعدد النسبي للأنواع المكونة لها وعموماً فقد تصل الكتلة الحيوية للحيوانات النباتية إلى 10% من الكتلة النباتية في النظام البيئي. ويجب ان نشير إلى ان تركيب مجتمعات الحيوانات العشبية لا يعتمد فقط على كم الطاقة المنتج في النظام البيئي ولكنه يعتمد أيضاً على طريقة إختزان هذه الطاقة، فنجد على سبيل المثال، ان الطاقة تختزن في بعض الأنظمة البيئية على شكل كتل كبيرة من الأنسجة الخشبية التي تمد بعض الأنواع الحشرية بمصدر غذائي مستمر.

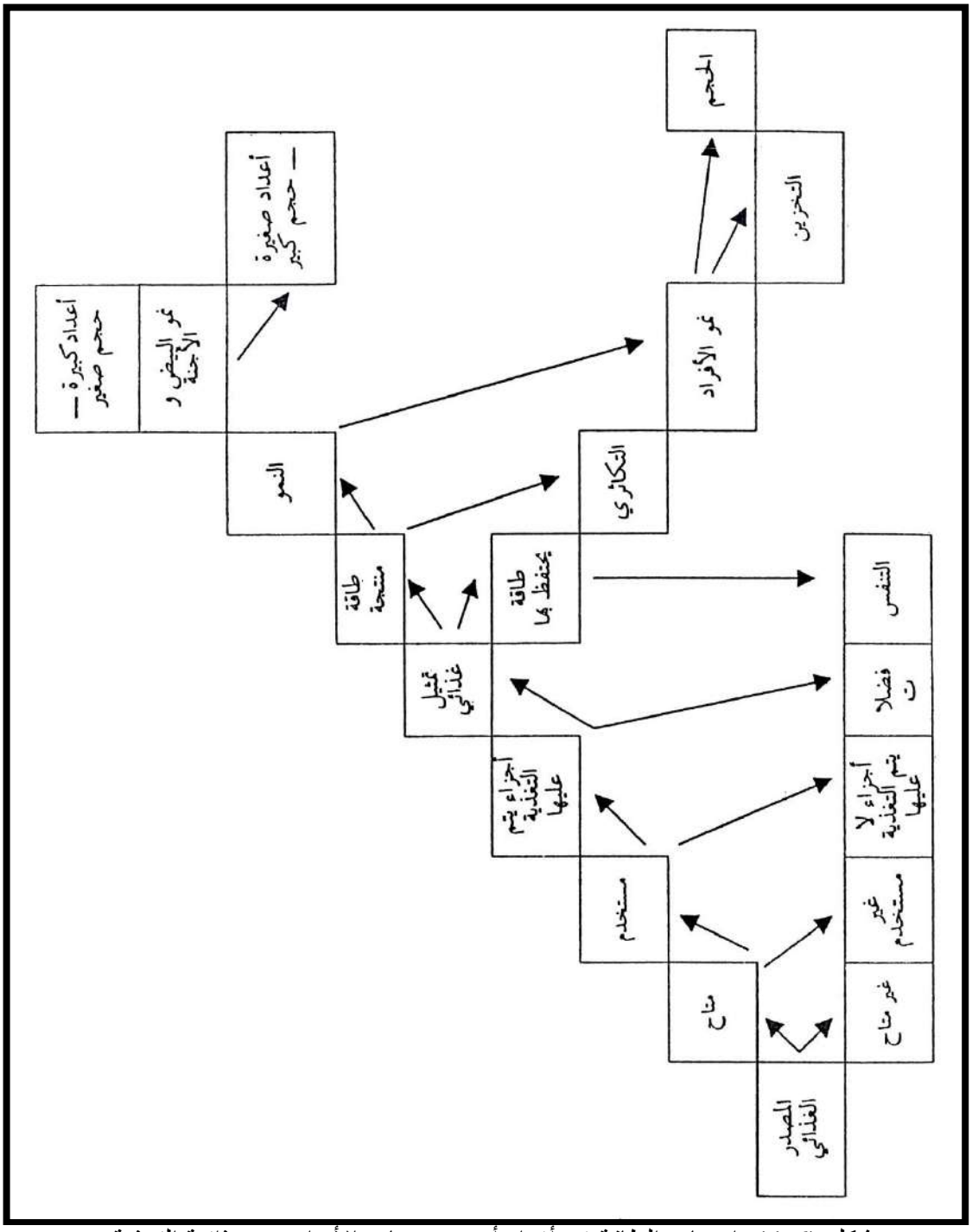
تتأثر الصفات البيولوجية للمجتمعات الحشرية بالطريقة التي تعتمد عليها الأنواع في الحصول على الطاقة، فنجد أن الأنواع التي تتغذى على الأنسجة الخشبية مثل ناخزات الخشب من رتبة غمدية الأجنحة والسيكادا من رتبة متجانسة الأجنحة تعيش فترات حياة طويلة وتتميز بطول فترة الجيل مثل بعض أنواع السيكادا التي تستغرق دورة حياتها من 13-17 عام. أما الأنواع التي تعتمد على مصادر غذائية تختزن فيها الطاقة بشكل مؤقت مثل الجراد الذي يتغذى على نباتات البراري والخنفساء البرغوثية وصراصير الغيط وغيرها فتتميز بدورة حياة قصيرة يتخللها عادة سكون أو بيات شتوي في أحد أطوار النمو.

وكما تختلف النباتات في قدرتها على اختزان الطاقة، تختلف قدرة الحيوانات النباتية على اختزان وتمثيل الطاقة، حيث يختلف توزيع الطاقة Allocation تبعاً لمصدر الطاقة المستخدم (مؤقت أو مستديم) والعوامل البيئية التي تؤثر على فسيولوجيا الحيوان (مثل الطقس والتغيرات الموسمية في الاعداد) واستراتيجيات التكاثر (بعض الأنواع تنتج ذرية كبيرة العدد في فترة جيل

صغيرة – تختلف معدلات وضع البيض في الأنواع المختلفة... الخ)، ويعطي نموذجا لانسياب الطاقة في أفراد الأنواع غير ذاتية التغذية. ويبدو ان الانتخاب الطبيعي ينحاز تجاه الأفراد أو الجماعات التي تتميز بقدرة عالية على استهلاك الغذاء وتمثيله للحصول على أكبر قدر ممكن من الطاقة (الشكل 4-6).

تصبح الطاقة جزء من الكائن الحي بعد ان تختزن على شكل ذرات كربون مختزلة أي بعد ان يمتص الغذاء خلال جدار الأمعاء في الأنواع غير ذاتية التغذية. ويجب ان يؤخذ في الاعتبار ان الفضلات التي يخرجها الكائن الحي لا تدخل في التفاعلات البيوكيميائية داخل الجسم ولكنها تعتبر عامل أساسي يضمن استمرار هذه التفاعلات. وبعد تثبيت الطاقة في الكائن الحي في شكل كربون مختزل تصبح "إنتاج كلي" Gross production وتتحرك هذه الطاقة في المسارات الآتية:

1. الايض التنفسي الذي ينتج عنه الكحول الايثيلي أو حامض اللاكتيك أو ثاني اكسيد الكربون.
2. مركبات نيتروجينية تخرج على شكل فضلات.
3. تبذل الكائنات الحية طاقة في الحركة أو تحريك أشياء أخرى.
4. الكربون المختزل يمكن ان يدخل في تركيب جزيئات جديدة.



شكل (6-4): انسياب الطاقة في أفراد أو مجموعات الأنواع غير ذاتية التغذية.

عندما يكون صافي إنتاج الطاقة Net production موجبا يكون معدل إنتاج أنسجة جديدة أسرع من معدل هدم الأنسجة القديمة ويمكن حساب الإنتاج الكلي للطاقة في الأنواع ذاتية التغذية والأنواع غير ذاتية التغذية من النماذج الآتية:-

أولاً: الكائنات ذاتية التغذية:

$$GPP = AR + NPP + AEX + AW$$

حيث:

GPP = الإنتاج الكلي الابتدائي للطاقة.

AR = طاقة التنفس.

AEX = طاقة الإخراج.
AW = طاقة الشغل (الحركة – الأنشطة الحيوية .. الخ).
NPP = صافي إنتاج الطاقة الابتدائية (الأنسجة).
ثانياً: الكائنات غير ذاتية التغذية:

$$GSP = HR + NSP + HEX + HW$$

حيث:
GSP = الإنتاج الكلي الثانوي للطاقة.
NSP = الإنتاج الصافي الثانوي (الأنسجة التي تبني في جسم الكائن الحي).
HEX = طاقة النشطة الإخراجية.
HW = طاقة الشغل.

ويجب ملاحظة ان طاقة الأنشطة الإخراجية وطاقة الشغل تكاد تقترب من الصفر في الأنواع ذاتية التغذية نظراً لأن النباتات عموماً غير متحركة بالإضافة إلى ان العمليات الإخراجية في النبات أبسط بكثير من عمليات الإخراج في الحيوان.

ويمكن ان يفقد صافي الإنتاج (الأنسجة) بأربع طرق:

1. التكاثر (خروج الحيوانات المنوية – البويضات – الجراثيم - ... الخ).
2. فقد جزء من الكائن الحي، حيث تسبب عملية الانسلاخ في الحشرات فقد كميات كبيرة من الطاقة، ان اعداد المن على شجرة واحدة تفقد من 300 إلى 360 كيلو كالوري سنوياً وهذا الكم يمثل حوالي 14% من صافي الطاقة الذي ينتجه المن أثناء حياته.
3. خروج بعض المواد من الجسم كما في حالة إفراز الفيرومونات أو المواد الدفاعية في الحشرات.
4. يمكن استهلاك جزء من الكائن الحي ويجب ملاحظة ان الأنواع التي تتغذى على النبات تؤثر على معدلات إنتاج النبات للطاقة بينما لا تستطيع الكائنات المحللة (الكانسات) التأثير على معدل إنتاج الطاقة لأنها لا تعمل إلا بعد موت الكائن الحي.

دور الحشرات في انسياب الطاقة: The role of insects

ما هو الدور الذي تلعبه الحشرات في انسياب الطاقة في الأنظمة البيئية؟ وكيف تستغل الحشرات الطاقة الكامنة في الغذاء؟ ان انسياب الطاقة في ثلاث مجموعات من المستهلكات الابتدائية وهي:

- عصفور السافانا *Passerculus sandwichensis* المتغذي على البذور.
- فئران الغيط *Peromycus polinotus* المتغذية على البذور.
- النطاطات (مستقيمة الأجنحة) *Melanoplus bilituratus; M. femur-rubrum*.
- صراصير الغيط *Oecanthus nigricornis*.

وتوصلت الدراسة إلى النتائج الآتية:

- ❖ معدل انسياب الطاقة لعصفور السافانا: 3,6 كيلو كالوري لكل متر مربع سنوياً.
- ❖ معدل انسياب الطاقة للفئران: 6,7 كيلو كالوري لكل متر مربع سنوياً.
- ❖ معدل انسياب الطاقة للحشرات مستقيمة الأجنحة: 25,6 كيلو كالوري لكل متر مربع سنوياً.

وهذا يوضح ان الحشرات هي أكثر الأنواع النباتية في أهميتها حيث تستهلك الحشرات كماً كبيراً من الطاقة المتاحة في النظام البيئي، ويوضح الجدول الطاقة المنتجة من الأنواع النباتية لكل متر مربع سنوياً.

إنتاج الطاقة لاعداد الحيوانات العشبية كيلو كالوري/ متر مربع/ سنة.

الحيوان العشبي	الإنتاج	نسبة التمثيل المتحول إلى إنتاج
عصافير	0,04	1
فئران	0,12	2
حشرات مستقيمة الأجنحة	4,000	15

بالرغم من ان الحشرات من رتبة مستقيمة الأجنحة تستخدم جزء بسيط من الطعام الذي تستهلكه (2-7%) في حين تستخدم آكلات اللحوم نسب أعلى من الطعام المستهلك (10-50%) إلا ان إنتاج الحشرات للطاقة أكثر مائة ضعف من إنتاج العصافير وثلاثة وثلاثون ضعفاً من إنتاج الفئران. ومن ثم تعتبر الحشرات أكثر استهلاكاً وإنتاجاً للطاقة من الفقاريات في نفس المستوى الغذائي وان انعدام الحشرات في النظام البيئي يؤدي إلى خفض عدد المستويات الغذائية واضمحلال الكثير من الحلقات في الشبكة الغذائية.

يلخص الجدول انسياب الطاقة في حقلين قديمين في جنوب كاليفورنيا وجنوب ميتشيجان: الاستخدام السنوي للطاقة في المستهلكات الابتدائية في مجتمعات الحقول القديمة في جنوب كارولينا وجنوب ميتشيجان (كيلو كالوري/ متر مربع/ سنة).

	ابتلاع الغذاء		تمثيل الغذاء		الإنتاج الثانوي للطاقة	
	جنوب كارولينا	جنوب ميتشجان	جنوب كارولينا	جنوب ميتشجان	جنوب كارولينا	جنوب ميتشجان
العصافير	4	2,6	3,6	2,3	0,04	0,05
الفئران	7,4	1,1	6,7	0,6	0,12	0,01
مستقيمة الأجنحة	76,9	3,7	25,6	1,4	4,00	0,51
البق	--	1,5	--	0,9	--	0,08
حشرات أخرى	7,7	0,7	2,6	0,3	0,4	0,10

يتضح من الجدول السابق ان معدلات ابتلاع الغذاء في الحشرات أعلى من الأنواع الأخرى لدرجة ان بعض أنواع البق تبتلع كم من الغذاء أكبر مما تبتلعه الفئران (يجب ملاحظة ان تعداد الحشرات أعلى بكثير من تعداد أعداد الأنواع الأخرى). ترتفع كفاءة تمثيل الغذاء

Assimilation efficiency في الفقاريات حتى تصل إلى أكثر من 25%، ولكن الحشرات عموماً أقل في القدرة على تمثيل الغذاء وهذا يؤدي إلى خروج كميات كبيرة من الغذاء غير الممثل على شكل فضلات برازية وهذه الفضلات لها أهمية كبيرة في المستوى الغذائي الذي يشتمل على الأنواع المحللة للمواد العضوية Decomposer-based trophic level.

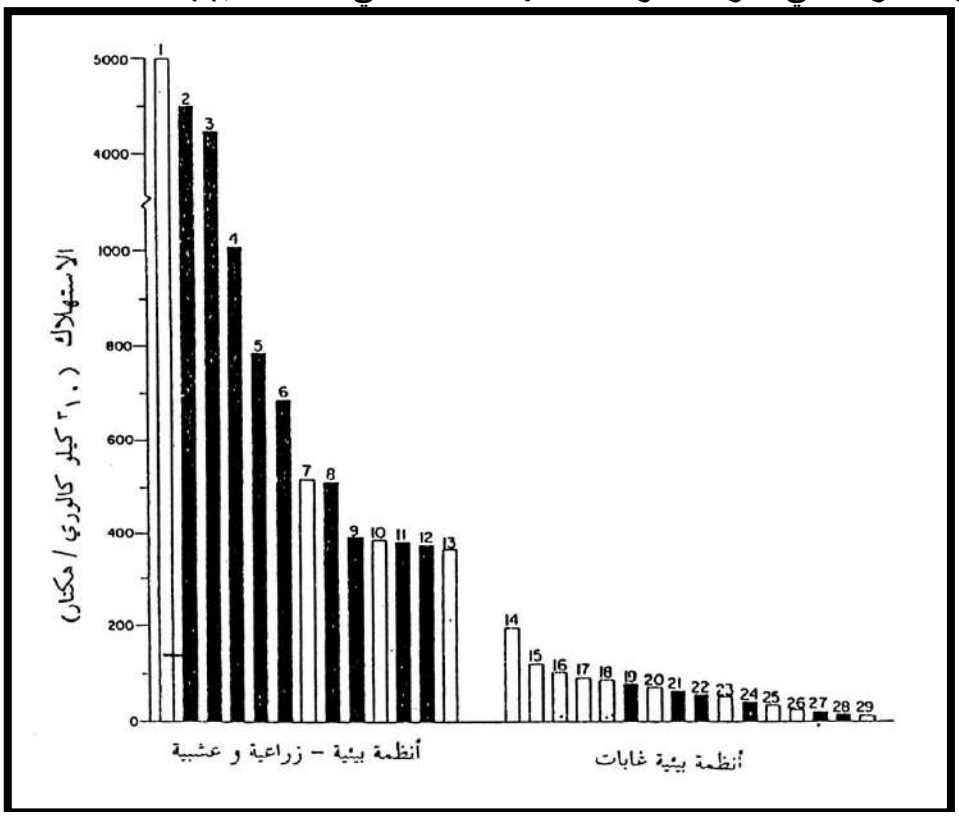
يعتبر المن من الكائنات التي تلعب دوراً رئيسياً في سريان الطاقة في النظام البيئي. فالندوة العسلية Honey dew التي يفرزها المن تعتبر غذاء رئيسي لبعض أنواع الفطريات والحيوانات بالإضافة إلى وجود العديد من الأنواع التي تتغذى على المن بالتطفل أو الافتراس مثل خنافس ابو العيد (فصيلة Coccinillidae ومفترسات غير متجانسة الأجنحة من فصيلة Geocoridae والعديد من طفيليات غشائية الأجنحة التابعة لفصائل Calcidae وBraconidae وغيرها.

ان اعداد المن من نوع *Eucallipterus biliae* تستهلك حوالي 3672 كيلو كالوري/ متر مربع/ سنوياً في انجلترا ويعتبر هذا المعدل من استهلاك الطاقة من المعدلات العالية إذا ما قورن مع بعض أنواع الأغنام التي تسهلك 730 كيلو كالوري/ متر مربع/ سنوياً. وفراش أشجار البلوط الذي يستهلك 154 كيلو كالوري/ متر مربع/ سنوياً.

ولكن كيف تستعمل الطاقة التي يستهلكها المن ان 90% من هذه الطاقة يستعمل في إنتاج الندوة العسلية.

يتغذى المن على النبات بدون ان يتسبب في إتلاف ميكانيكية البناء الضوئي وبهذا يستمر العائل النباتي في الإنتاج متيحاً للمن فرصة مستمرة للتغذية وهذا يعني ان المن لا يدمر مصدره الغذائي في جميع الأحوال، بل يمكن ان يزيد من قدرة العائل النباتي على تثبيت الكربون وإنتاج الطاقة حيث ان المن يخلص النبات من المواد المتراكمة والتي قد تؤدي إلى إضعاف عملية التمثيل الضوئي (الشكل 5-6).

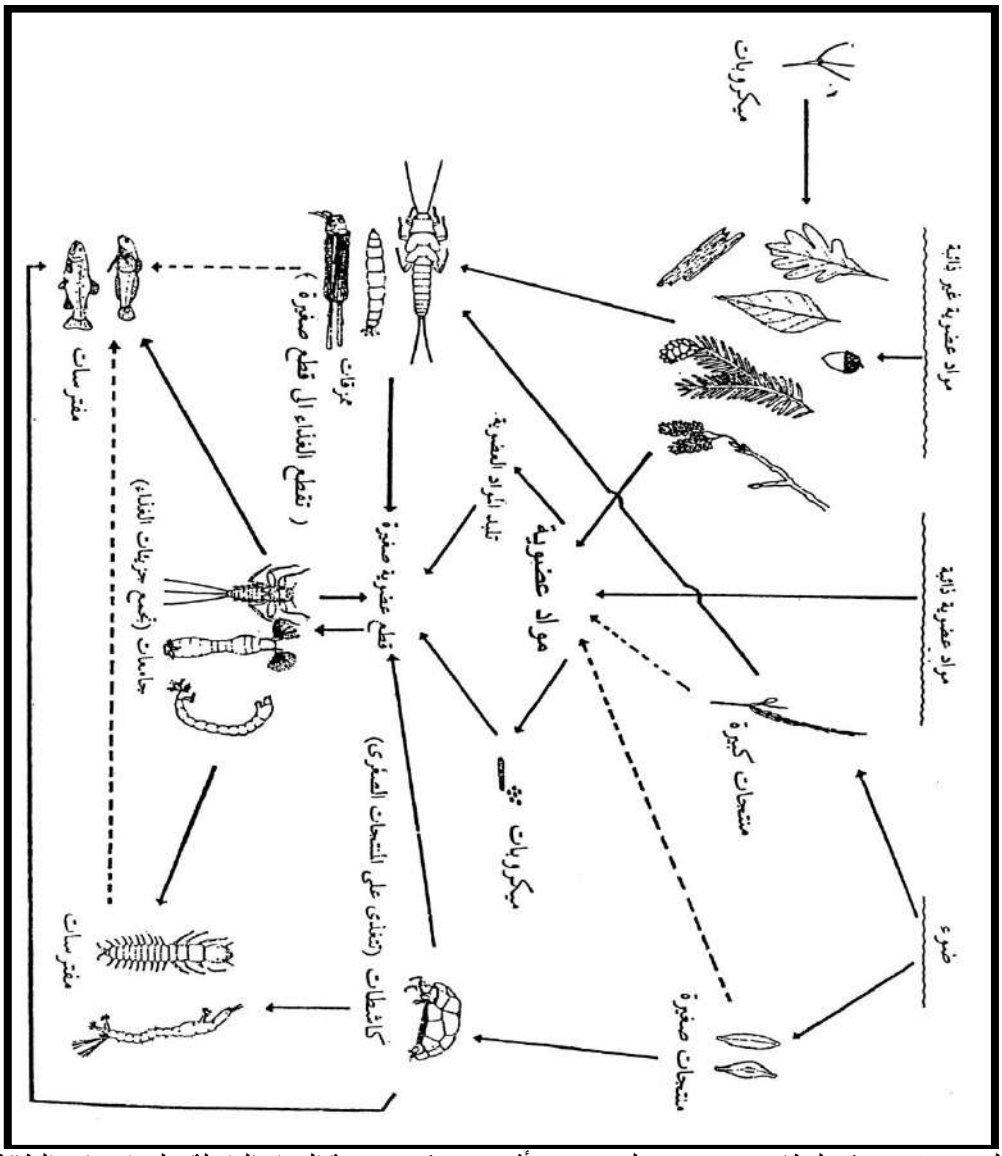
ويتضح تأثير الحشرات على عمليات انسياب الطاقة في الأنظمة البيئية المختلفة، حيث نجد ان الحشرات هي أكثر المجموعات استهلاكاً للطاقة في الأنظمة البيئية.



الشكل (6-5): مقارنة معدلات استهلاك الطاقة في الحيوانات النباتية في "13" نظام بيئي زراعي وعشبي و"16" نظام بيئي للغابات الطبيعية (الأعمدة السوداء تمثل الحشرات).

ومع التطور في معرفة الأنظمة البيئية أعاد العلماء النظر في وضع الأنظومات الحشرية في النظام البيئي أو بمعنى آخر ينظر الآن إلى الحشرات على أنها كائنات "منظمة" وليس مجرد كائنات "مستهلكة" في النظام البيئي. ويوضح الشكل (6-6) ان أي تغير طفيف في كمية أو نوعية المواد التي تصل إلى هذا النظام البيئي سوف يؤدي إلى حدوث تغيرات جوهرية في هذا النظام.

ومن ناحية أخرى أكدت نتائج الدراسات الحديثة على الفرض الذي يقضي بأن المفصليات البرية التي تعيش بالقرب من ضفاف الانهار تؤثر على انسياب الطاقة في النظام المائي حتى تصل إلى الأسماك ولكن العلاقة بين هذه المفصليات والأنظمة البيئية المائية غير واضحة.



الشكل (6-6): نموذج لنظام بيئي في جدول يوضح تأثير تغير كم ونوعية المواد الداخلة على انسياب الطاقة في هذا النظام البيئي.

ديناميكية انسياب الطاقة: Dynamics of energy flow

ذكرنا سابقاً ان الطاقة Energy لا تنساب في النظام البيئي على شكل دورات وسوف يتضح ذلك من مناقشة الدورات "البيوجيوكيميائية" في النظام البيئي. النتائج الهامة التي توصل إليها الباحثون من خلال دراسات متعددة لانسياب الطاقة في النظام البيئي على مستوى الأفراد والمجتمعات حيث ان وصول اعداد المجتمع إلى كثافة معينة يعتمد على تثبيت الطاقة بالمنتجات الرئيسية (النباتات) وعلى كم الطاقة الذي يمكن ان ينتقل بين المستويات الغذائية. وتعرف قابلية المواد لإعطاء الطاقة مع مرورها خلال السلسلة الغذائية بالتأثير "من أسفل لأعلى Bottom-up effect".

ومن ناحية أخرى يمكن لأن تؤثر المفترسات على كافة الأنواع النباتية مما يؤدي إلى خفض كمية الطاقة المستهلكة من النبات أو بمعنى آخر "يؤدي تأثير المفترسات على كثافة اعداد العائل إلى إحداث تأثيراً على كم الطاقة الذي ينساب في المستويات الغذائية الأدنى "فيما يعرف بالتأثير" من أعلى إلى أسفل Top-down effect. كما تؤثر بعض العمليات الحيوية مثل التنفس وحركة المواد الكيميائية على سريان أو انسياب الطاقة.

الدورات البيوجيوكيميائية: Biogeochemical cyclings

تختلف دورات المواد الكيميائية في النظام البيئي عن حركة أو سريان الطاقة. لأن تحول الطاقة إلى صورة أخرى يصاحبه "فقد" في جزء من الطاقة، اما المواد الكيميائية فلا تعاني من "الفقد" عندما تتحول من شكل إلى شكل آخر أثناء مرورها في السلاسل الغذائية فنجد ان تحول المواد الكيميائية من أنسجة نباتية إلى أنسجة حيوانية لا يصاحبه أي فقد في كم هذه المواد وبالمثل لا يحدث أي فقد في الكم عند تحلل المواد العضوية إلى عناصر بسيطة. وخلاصة القول ان الطاقة تسري في اتجاه واحد أما حركة المواد الكيميائية فتتخذ شكل دورات.

تعتبر العديد من الدورات البيوجيوكيميائية مثل دورة المياه أو الكربون أو النيتروجين أو الكبريت أو البوتاسيوم... الخ ذات أهمية بالنسبة لعلم البيئة بالإضافة إلى دورات المواد الكيميائية التي يضيفها الإنسان للبيئة مثل المبيدات الحشرية ومخصبات التربة حيث تتداخل هذه المواد مع الدورات البيوكيميائية الطبيعية. ولمزيد من التفاصيل عن الدورات البيوجيوكيميائية.

دورة النيتروجين: Nitrogen cycle

تعتبر دورة النيتروجين من الدورات الهامة في النظام البيئي نظراً لأن عنصر النيتروجين يدخل في تركيب الأحماض الامينية والبروتينات التي تعتبر العناصر الأساسية في جميع أشكال الحياة، ومن ثم يعتبر النيتروجين من العوامل التي تحد من نمو النبات. ويمكن تلخيص دورة النيتروجين (الشكل 7-6) كما يلي:

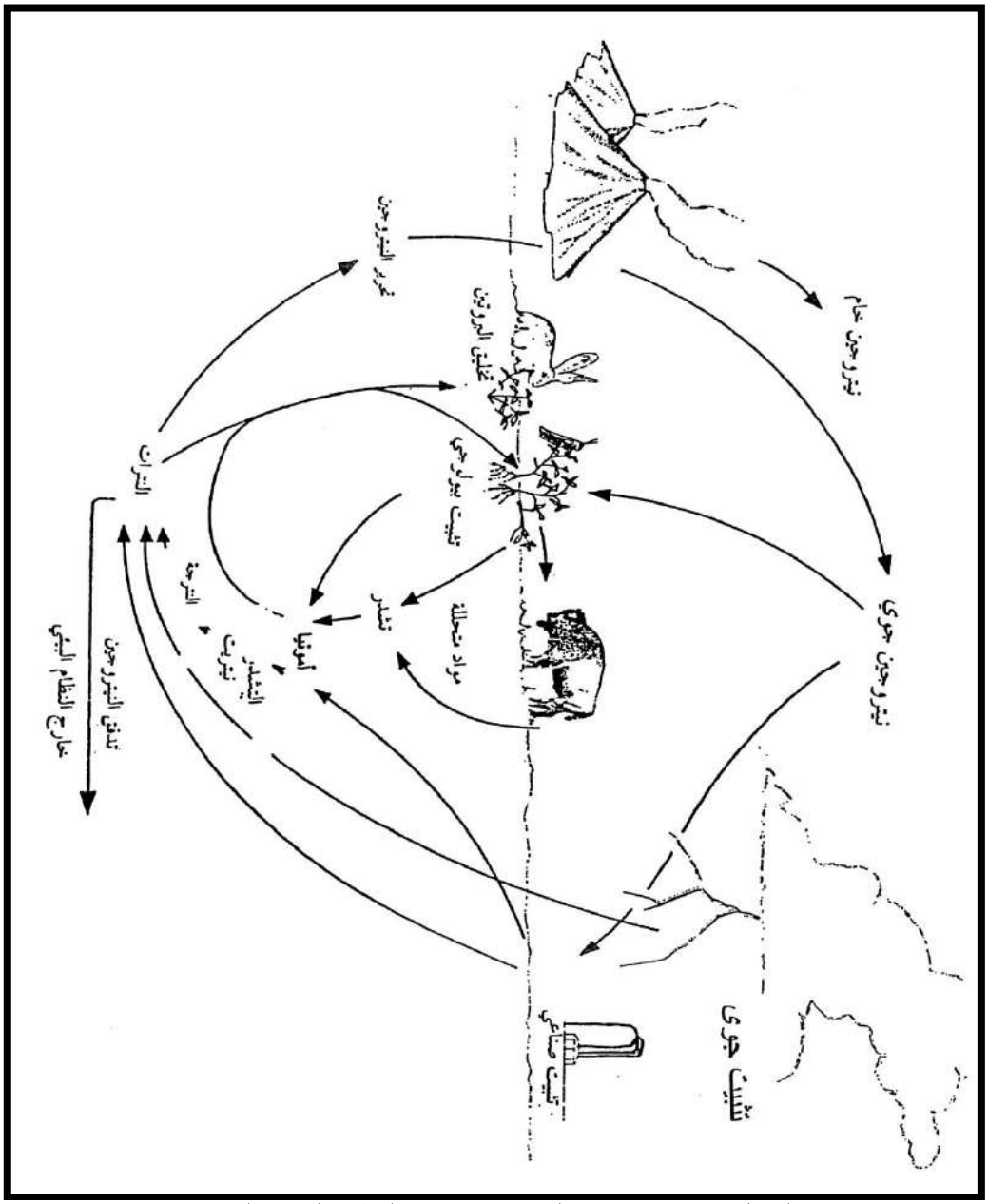
يتحول النيتروجين الجوي إلى مركبات نيتروجينية بواسطة البرق والتثبيت البيولوجي Biological fixation والعملية الأخيرة هي تحول النيتروجين إلى أحماض أمينية ونيترات يمكن ان تستعين بها الكائنات الحية وتشمل التثبيت البيولوجي للنيتروجين عدة خطوات أو مراحل يمكن تلخيصها فيما يلي:

تثبيت النيتروجين: Nitrogen fixation

يتحول النتيروجين إلى أمونيا بواسطة بكتيريا التربة مثل *Clostridium* و*Azotobacter* وبعض الطحالب الخضراء المزرقة التي تعيش في الماء مثل طحالب *Nostoc* و*Anabaena* بالإضافة إلى البكتيريا التكافلية مثل بكتيريا العقد الجذرية *Rhizobium* التي ترتبط بالبقوليات.

النيترنة: Nitrification

تتم أكسدة الأمونيا بواسطة البكتيرية إلى حامض النيتروز (الذي يكون أملاح النيتريت) ثم إلى حامض النيتريك والنيترات.



الشكل (6-7): دورة النيتروجين في النظام البيئي البري.

من المعروف ان البكتيريا ذاتية التغذية من جنس *Nitrosomonas* تحصل على الطاقة من خلال أكسدة الأمونيوم إلى نيتريت وهذا التفاعل يعطي 65 كيلو كالوري لكل مول من الأمونيوم. وتحصل البكتريا من جنس *Nitrobacter* على الطاقة عن طريق اكسدة النيتريت إلى نترات. وتعتبر النيترات من أهم مصادر النيتروجين المتاحة للنبات لأن أيونات النيترات لا تمتزج مع جزيئات التربة مما يساعد النبات على سهولة امتصاصها. بينما تميل جزيئات الأمونيوم إلى الامتزاج مع جزيئات التربة. تمتص النباتات ايونات الامونيوم أو النيترات لاستعمالها في تخليق الأحماض الأمينية والبروتينات في عملية البناء الضوئي ثم تتغذى الحيوانات على النباتات وتستمر دورة النيتروجين في اتجاهات مختلفة في الشبكة الغذائية.

وبعد موت الحيوانات والنباتات تتحلل المواد العضوية النيتروجينية مرة أخرى وتدخل الفضلات النيتروجينية التي تخرج من أجسام الحيوانات عمليات التحلل.

النشدرة: Ammonification

يتصاعد النيتروجين على شكل أمونيا من المواد العضوية المتحللة وتعرف هذه العملية بالنشدرة أو التحول إلى مركبات نشادرية ويتحول هذا النشادر إلى نيترات في عملية النيترنة (الخطوة السابقة).

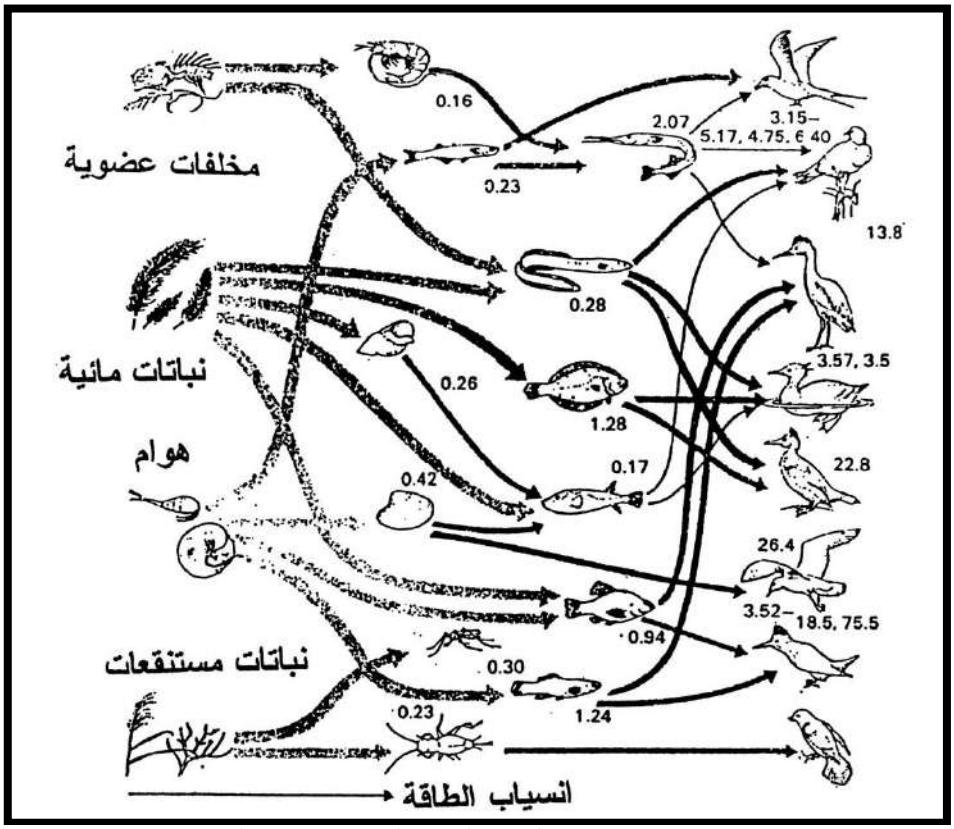
تحرير النيتروجين: Denitrification

تتكسر مركبات النيترات والنيتريت بواسطة البكتيريا المحللة مثل *Pseudomonus denitrificans* ويتصاعد غاز النيتروجين الخام مرة أخرى.

ويعتبر النشاط البركاني من المصادر الطبيعية التي تضيف غاز النيتروجين إلى النظام البيئي. ويمكن ان يفقد النيتروجين من النظام البيئي خلال ترسب الجزيئات المحتوية على النيتروجين أو تدفق النترات مع المياه لتصب في الأنهار أو البحيرات أو حتى البحار المفتوحة. وتجدر الإشارة إلى ان دورة النيتروجين في الطبيعة تتأثر بالمخصبات أو الأسمدة النيتروجينية التي تضاف إلى التربة لزيادة معدلات نمو النبات. ان التثبيت الصناعي (الأسمدة) يضيف 30 مليون طن متري سنوياً إلى الغلاف. ومن ناحية أخرى سوف تظل معدلات التثبيت البيولوجي ثابتة والتي تقدر بحوالي 44 مليون طن متري في البيئة الأرضية و10 مليون طن متري في البيئة المائية والنتيجة هي زيادة الإنتاج الابتدائي الخالص في النظم البيئية الزراعية نتيجة زيادة معدلات نمو النبات وزيادة الإنتاج الثانوي نتيجة لتحسن وزيادة كم الغذاء المقدم للحيوانات المتسأنسة ولكن زيادة معدلات تثبيت النيتروجين مع بقاء معدلات التحرر Denitrification في مستوى أقل سوف تؤدي إلى حدوث مشاكل بيئية مثل تلوث الأنظمة البيئية بالإضافة إلى ان النيترات تسبب نمو تجمعات الطحالب في البحيرات وعلاوة على ذلك فإن زيادة تركيز النيترات تؤدي إلى تلوث مياه الشرب حيث تكون المياه مميتة للكائنات الحية اذا تجاوزت نسبة النيترات 38 مج/لتر.

وتتأثر اعداد الحشرات بدورة النيتروجين في النظام البيئي حيث ان النيتروجين يعتبر من العوامل التي تحدد أو العوامل المحددة للمستوى الغذائي الثاني حيث ان عمليات الأيض في الحشرات تؤدي إلى تركيز النتروجين في أنسجة الحشرة وقد وجد أن وزن النيتروجين لكل وحدة أنسجة من الحشرة يصل إلى ضعفي أو أربعة أضعاف وزن النيتروجين لكل وحدة أنسجة من النبات ومن ناحية أخرى هناك العديد من الشواهد التي تدل على ان نقص النيتروجين من العوامل المنظمة لاعداد الحشرات.

ويمكن ان تتسرب المبيدات الحشرية التي تذوب في الماء من الحقول حتى تصل إلى الأنظمة البيئية المائية حيث تحتفظ الكائنات الصغيرة ببعض المركبات مثل مبيد د.د.ت DDT في الأنسجة الدهنية. وعندما تتغذى الكائنات الكبيرة على هذه الأنواع تحتفظ الأنواع الكبيرة بكميات أكبر من المبيد في أجسامها ويزداد تركيز هذه المادة السامة مع المستويات الغذائية في الشبكة حيث تصل إلى أعلى درجاته في المفترسات التي توجد في قمة الشبكة الغذائية (الشكل 8-6).

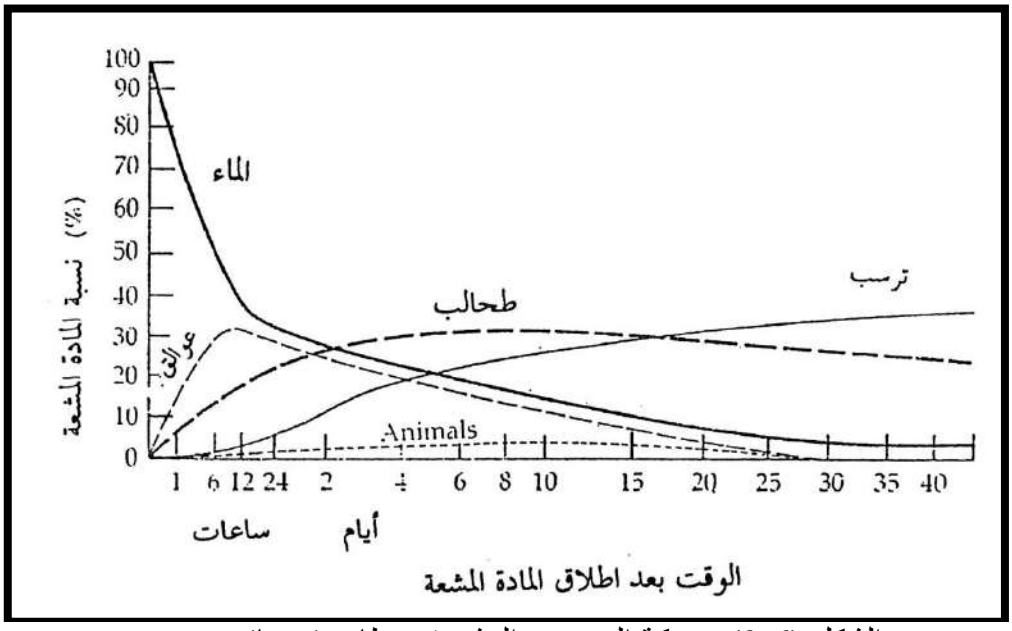


الشكل (6-8): حركة مبيد .D.D.T في جزء من الشبكة الغذائية لتوضيح حركة المبيد. ويلاحظ ان انسياب الطاقة وحركة المبيد تسير في اتجاه الأسهم ويوضح الشكل تزايد تركيز المبيد (جزء لكل مليون – PPM) في المستويات الغذائية الأعلى حيث يرتفع في السمك عن العوالق والنباتات المائية ويرتفع في الطيور المفترسة عن الأسماك.

دورة الفوسفور: Phosphorus cycle

يمكن دراسة الدورات البيوجيوكيميائية باستخدام المواد المشعة وعلى سبيل المثال، تتبع دورة الفوسفور في النظام البيئي المائي بإضافة حامض الفسفوريك المكون بالنظير المشع P^{32}. تم استعمال النظير المشع P^{32} بواسطة العوالق Phytoplanktons بسرعة، الطحالب الخيطية الموجودة على الحواف وفي القاع امتصت النظير المشع ببطء، تغذت القشريات على الطحالب ومن ثم انتقل إليها الفوسفور، بدأ الفوسفور المشع في التراكم بعد موت الأنواع التي تغذت عليه وترسب في القاع في صورة أقل نشاطاً.

وتحدث هذه الدورة في الطبيعة حيث يتراكم الفوسفور والمواد الأخرى وتترسب في القاع في صورة غير صالحة للاستعمال وهذا هو السبب في ان الفوسفور من العوامل التي تحدد النظام البيئي في البحيرات (الشكل 9-6).



الشكل (6-9): حركة الفوسفور المشع في نظام بيئي مائي مصغر.

الحشرات وتلوث الأنظمة البيئية: Insects and pollution of ecosystem

يمكن استخدام الحشرات كمؤشرات لتلوث الأنظمة البيئية. ان الحصول على المعلومات عن التأثير المباشر للتلوث الغازي يعتمد على الحشرات كحيوانات تجارب وعلى سبيل المثال تزداد نسبة الموت ويقل الون في فراش *Lymantira dispar* عند تعرضها لثاني اكسيد الكبريت بتركيز مقداره 1.400 ميكروجرام/م^2 وقد أعزي انخفاض الوزن وزيادة نسب الموت إلى التسمم بالمادة الملوثة (ثاني اكسيد الكبريت).

ويمكن أيضاً دراسة سمية الملوثات الغازية بدراسة تأثير الملوثات على الحشرات عند تعرضها للملوثات بشكل مباشر أو غير مباشر عن طريق تغذيتها على عائل نباتي تم تعريضه للملوثات. والتأثير المباشر وغير المباشر لغاز ثاني اكسيد الكبريت على خنفساء الأوراق *Melasoma lapponica* عن طريق تعريض الحشرة والنباتات للتلوث بالغاز ودراسة تأثير التلوث على بيولوجية الحشرة.

ومن ناحية أخرى يمكن ان يؤثر تلوث الأنظمة البيئية على إمكانية المكافحة البيولوجية لبعض الآفات الحشرية. ان الدودة الأسطوانية *Heleidomermis magnapapula* والتي تعتبر من الطفيليات الهامة على بعوض *Culicoides variipennis sonorensis* وجد ان هذا الطفيل لا يتحمل الملوحة العالية أو التلوث بروث بعض الحيوانات وهذه النتائج تؤكد ان تلوث الأنظمة البيئية قد يقلل من فرصة المكافحة البيولوجية لبعض الآفات الحشرية.

التتابع البيئي: Ecological succession

نشأ مفهوم التتابع البيئي Ecological succession عندما لاحظ علماء النبات التغير في تركيب المجتمعات النباتية المختلفة والتدرج في المحتوى النباتي للبيئات المتجاورة. وعلى سبيل المثال نجد ان التدرج واضح في المناطق الساحلية بدءاً من النباتات الملحية Halophytes ثم الأشجار الخفيضة Shrubs وأخيراً الغابات Woodland. وكانت الفرضية الرئيسية التي تفسر هذا النمط هي ان كل نوع يستوطن منطقة معينة يؤدي إلى تغير البيئة (مثل زيادة الأماكن الظيلية أو خفض نسبة الملوحة في التربة).

ويمكن تعريف التتابع البيئي على أنه "عملية التغير في تركيب مجتمعات الكائنات الحية في منطقة معينة مع مرور الوقت". والتغير البيئي يحدث في أي منطقة لأن الأنواع التي تصل

إلى بيئة معينة تشكل تغيراً في هذه البيئة أو بمعنى آخر إضافة كائن حي إلى بيئة جديدة يعتبر بمثابة إضافة عامل جديد من عوامل التأثير على هذه البيئة، وبالمثل يعتبر انقراض أو هجرة كائن حي من إحدى البيئات أحد العوامل التي يمكن ان تؤثر على هذه البيئة. واستيطان أحد الأنواع في بيئة معينة يؤدي إلى إفادة بعض الأنواع والأضرار بعض الأنواع الأخرى وقد يصل حد الضرر إلى درجة انقراض أو إزاحة نوع معين من البيئة. ويؤدي التغير في الكساء النباتي إلى تغير في مجتمعات الحيوان التي تسكن بيئة معينة.

والتتابع البيئي لا يحدث في المجتمعات النباتية فقط ولكنه يحدث أيضاً في المجتمعات الحشرية حيث يتغير تركيب المجتمعات الحشرية مع التغير في عمر النبات. ويحدث أيضاً شكل من أشكال التتابع في آفات الحبوب المخزونة نتيجة الإصابة، ويمكن ان تظهر الطفيليات الحشرية أنماط معينة من التتابع مع تغير كثافة اعداد العائل، وأوضحت بعض الدراسات ان التتابع البيئي في مجتمعات الهاموش Chironomidae يعتمد على أنواع الكساء النباتي وطبيعة التربة. ومن ناحية أخرى ان أنواع الحشرات من رتبة Collemnola والتي تتغذى على بقايا الحيوانات والنباتات الميتة تظهر تتابعاً بيئياً على بقايا الحيوان والنبات، حيث تختفي أنواع وتحل محلها أنواع أخرى في المراحل المتتابعة من تحلل الجسم الحيواني والنباتي، وينطبق هذا أيضاً على العديد من مغتذيات الرمة من الذباب والخنافس.

تلعب أعداد الحشرات دوراً هاماً في تشكيل مراحل التتابع البيئي حيث تعتبر الحشرات من العوامل الحيوية التي تنظم اعداد النباتات. تؤثر أعداد الحشرات على القدرة التنافسية للعائل النباتي مما يؤدي إلى ضعف القدرة التنافسية للأنواع التي تفضلها الحشرات كغذاء بينما تزداد القدرة التنافسية للأنواع غير المرغوبة من الحشرات. ويجب الإشارة أيضا إلى أهمية الحشرات وخاصة غشائية الأجنحة في عملية تلقيح النبات في الطبيعة ومن المنطقي أن نتوقع ان توزيع وكثافة اعداد النباتية التي تعتمد على الحشرات كأحد عوامل التلقيح سوف يتأثر بكثافة اعداد الحشرات.

ومن المحاور الحديثة في مجال دراسات التتابع البيئي اعتبار بعض أنواع الحشرات مؤشرات على مسار التتابع البيئي في البيئات الطبيعية. وعلى سبيل المثال يمكن اعتبار التغير في كثافة وتركيب مجتمعات النمل أحد المؤشرات الحيوية Bioindicators على مسار التتابع البيئي، وأدلة قوية على إمكانية دراسة التتابع البيئي من خلال دراسة التغير في كثافة وتركيب مجتمعات النمل التي أعطت مؤشراً على التتابع الذي يعقب الحرائق التي تحدث بطريقة طبيعية في الغابات ومن ناحية أخرى وجد ان هناك مجتمعات معينة من النبات والحشرات ترتبط بالبيئة في مراحل مختلفة من التتابع حيث يرتبط تنوع الحشرات بهذه النباتات أثناء فترات التتابع. وهناك العديد من الدراسات التي تعالج التغير في المجتمعات الحشرية أثناء مراحل التتابع البيئي.

جامعة الموصل
كلية الزراعة والغابات/ قسم وقاية النبات

المرحلة: الرابعة
المادة: بيئة حشرات نظري
الدكتور: عبدالجبار خليل ابراهيم

المحاضرة الثالثة عشر

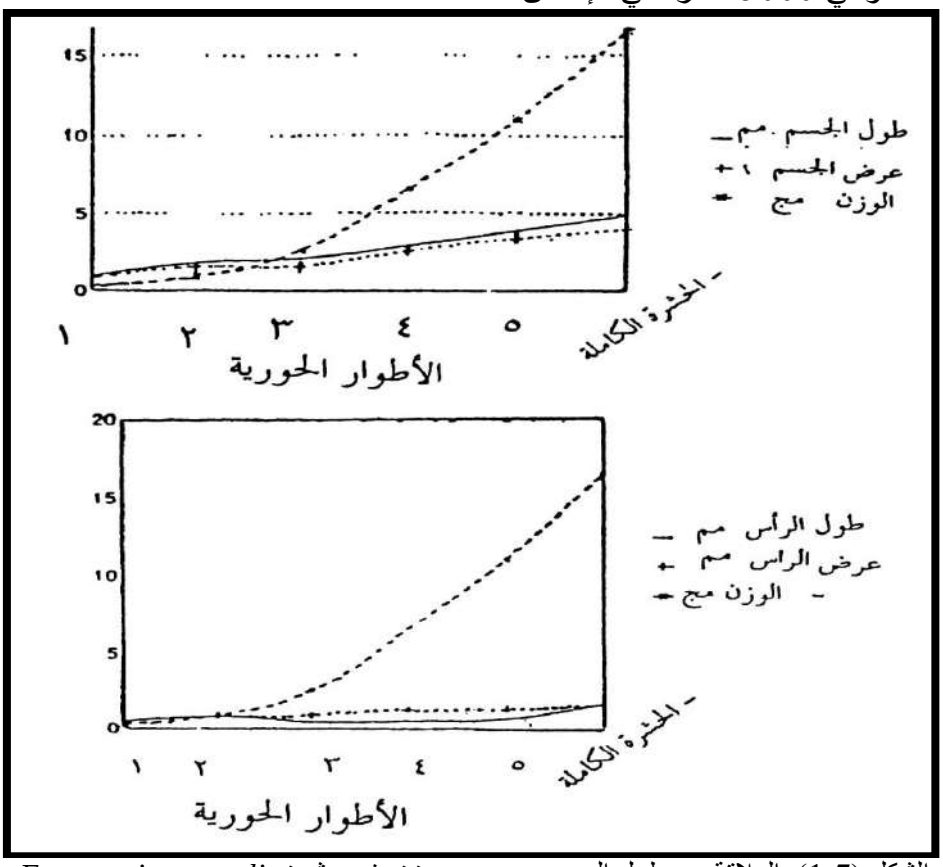
العلاقة بين صفات الحشرات والبيئة

يعتبر حجم الجسم من المفاتيح التي تحدد الصفات البيئية والفسيولوجية للكائن الحي وهناك العديد من بحوث البيئة النظرية التي تعالج إيجاد علاقة بين حجم الكائن الحي وتاريخ الحياة والتطور والقدرة على التكاثر.

ان الإنسان سجين داخل شعوره بالحجم ونادراً ما ندرك كيف يبدو العالم للكائنات الصغيرة لأن مساحة سطح الجسم بالنسبة لوزن الإنسان تعتبر صغيرة ومن ثم فالإنسان محكوم بتأثير الجاذبية الأرضية على وزنه أما الجاذبية الأرضية فتعتبر مهملة بالنسبة للحيوانات الصغيرة حيث تكون مساحة سطح الجسم كبيرة بالنسبة للحجم ومن ثم فإن هذه الكائنات تعيش في عالم يختلف عن إدراك الإنسان. وقد تؤثر على هذه الكائنات الصغيرة قوى لا يستطيع الإنسان إدراكها بإحساسه العادي.

أبعاد الجسم والوزن: Body dimensions and weight

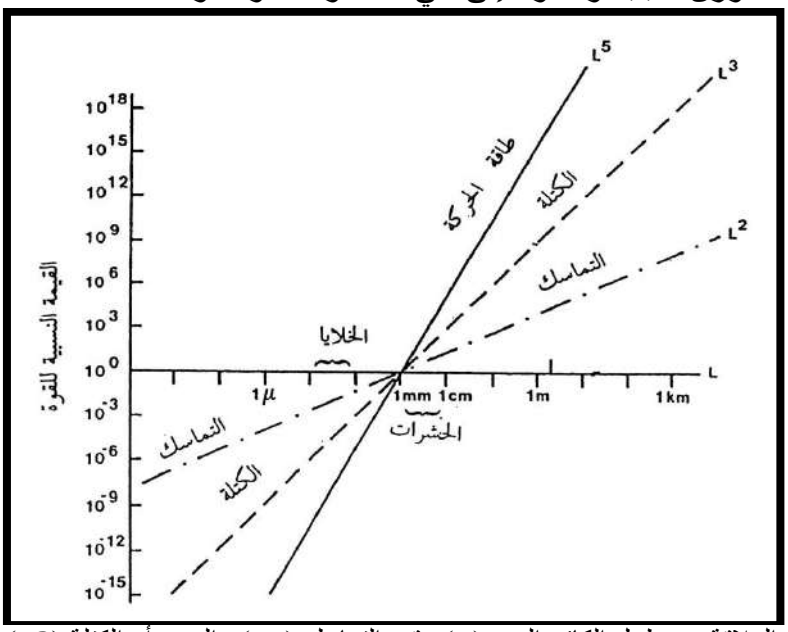
هناك العديد من الدراسات التي تحاول إيجاد علاقة بين أبعاد جسم الحشرة والوزن خلال مراحل النمو ويمكن ملاحظة الفجوة الكبيرة بين طول الحشرة والوزن في شكل (1-7) الذي يوضح الزيادة في طول الجسم وعرض الرأس بالنسبة للزيادة في الوزن في بق *Eysarcoris ventralis*. ونلاحظ من الشكل ان وزن الحشرة الكاملة لا يتعدى 0,4 من الغرام عندما يبلغ طولها حوالي 1,5 سم أي ان نسبة الوزن (بالجرام) إلى الطول (سم) تبلغ حوالي 0,026 أما بالنسبة للإنسان فإذا كان وزن أحد الأفراد 60 كيلو غرام وطوله 160 سم فسوف تبلغ نسبة الوزن) بالغرام إلى الطول (سم) "375" أي ان هذه النسبة (الوزن: الطول) تتضاعف حوالي 15000 مرة في الإنسان.



الشكل (7-1): العلاقة بين طول الجسم وعرضه ووزنه في حشرة *Eysarcoris ventralis*.

الجاذبية الأرضية: Gravity

من المعروف ان الجاذبية الأرضية تعمل على "الوزن" ومن ثم فالكائنات الصغيرة مثل الحشرات تتعرض لقوة جذب أقل من الكائنات الكبيرة ولكن هناك قوى طبيعية – أخرى تؤثر على الكائنات الصغيرة أكثر من الكائنات الكبيرة وهذه القوى هي الالتصاق Adhesion والتماسك Cohesion (شكل 2-7). وعلى سبيل المثال نجد ان قوة التماسك في مكعب أبعاده 1 مم أكبر من قوة التماسك في مكعب أبعاده 1 سم لأن قوة التماسك مع الأسطح سوف تعادل قوة الجاذبية الأرضية في حالة المكعب الصغير ولكن المكعب الكبير لا يستطيع التماسك مع السطح لأن قوة الجاذبية المؤثرة عليه تعادل 50 ضعف قوة التماسك بين جزيئاته نظراً لأن الالتصاق والتماسك بين الجزيئات يقل مع زيادة الحجم. ولذلك نلاحظ ان الحشرات تتعلق بسهولة على الأسطح الرأسية ويمكن ان تعيش فوق الأشجار العالية. ويمكن للحشرات الصغيرة ان تمشي على الأسطح الرأسية اذا كانت الأقدام مفلطحة كما في الذباب دون ان تسقط بفعل الجاذبية الأرضية ويرجع ذلك إلى قوة التماسك بين أرجل الحشرة والسطح وهذه القوة تتغلب على قوة الجاذبية الأرضية. وتؤثر أيضاً ظاهرة التوتر السطحي Surface tension على الحشرات حيث ان نقطة واحدة من الماء يمكن ان تشل حركة الحشرة بحيث لا تستطيع الحركة أو التخلص من الماء والسبب في ذلك لا يرجع إلى صغر حجم الحشرة ولكن إلى ظاهرة التوتر السطحي، ان الإنسان الذي يخرج من الماء يزداد وزنه بقدر ضئيل جدا ولكن اذا غمرنا ذبابة في الماء لحظة واحدة فسوف يتضاعف وزن الذبابة وتتحول إلى شيء لا حول له ولا قوة.



الشكل (7-2): العلاقة بين طول الكائن الحي (L) وقوة التماسك (L2) والحجم أو الكتلة (L3) وطاقة الحركة (L5) الفترة من 1 مم إلى 1 سم تمثل حجم العديد من الحشرات.

الهيكل الخارجي: Exoskeleton

تتميز الكائنات صغيرة الحجم مثل اللافقاريات بوجود هيكل خارجي Exoskeleton يغطي الجسم، بينما يحتوي جسم الكائنات الكبيرة على الهيكل الداخلي Endoskeleton وإذا تأملنا الحشرات سوف نجد أنها تتميز بقوة وقدرات خارقة. ان قدرة البرغوث على القفز تعتبر قدرة هائلة واذا ازداد حجم الجسم ليصل إلى حجم الإنسان وازدادت معه قدرته على القفز بنفس النسبة فسوف يمكنه القفز إلى مئات الأمتار وأيضاً يمكن تخيل ضخامة الصوت الذي يصدره صرصور الغيط إذا ما قورن بحجمه الضئيل.

ان تجد تفسيراً علمياً لهذه القدرات الخارقة للحشرات فتخيلت ان اللافقاريات مثل الاسطوانة المجوفة (نظراً لوجود هيكل خارجي وعدم وجود هيكل داخلي) أما الفقاريات فقد شبهتها بالاسطوانة المصمتة (نظراً لوجود هيكل داخلي). وعندما نحاول ثني الاسطوانة لأسفل سوف يصبح السطح العلوي محدباً ومنضغط بينما يكون السطح السفلي مقعراً ومنبسط. والاسطوانة المجوفة تكون أكثر مرونة من الاسطوانات المصمتة. فإذا افترضنا ان (I) تتناسب مع الصلابة (مؤشر الصلابة) فيمكن حساب قيمة (I) بالنسبة للاسطوانة المجوفة كما يلي:-

$$I = ¼ \ \pi (R^4-r^4)$$

حيث:

نصف القطر الخارجي = R.

نصف القطر الداخلي = r.

وتناسب قيمة (I/R) مع قوة الاسطوانة ويمكن ان نلاحظ زيادة القوة والصلابة مع زيادة قيمة نصف القطر الخارجي (R) وكما ذكرنا سابقاً ان العلاقة المذكورة تعبر عن اسطوانة مجوفة تماماً مثل جسم الحشرات الذي يحتوي على هيكل خارجي ولا يحتوي على هيكل داخلي والجدول رقم (7-1) يوضح زيادة الصلابة والقوة مع زيادة نصف القطر الخارجي. فعندما يزداد نصف القطر الخارجي من 1 إلى 2 ترتفع الصلابة النسبية من 1 إلى 7 وتزداد القوة النسبية من 1 إلى 3.5 وعند زيادة نصف القطر الخارجي من 2 إلى 4 ترتفع الصلابة النسبية من 7 إلى 31 والقوة النسبية من 3.5 إلى 7.8 وهكذا (انظر الجدول 1-7).

يتضح مما سبق أهمية الهيكل الخارجي بالنسبة لبقاء وانتشار الحشرات في مواجهة الظروف البيئية. وكما ذكرنا سابقاً تعتبر مساحة سطح الجسم بالنسبة لحجم الحشرة مساحة كبيرة ومن ثم يمكن توقع ان الحشرات تفقد الماء من سطح الجسم بنسب عالية ولكن تركيب الهيكل الخارجي للحشرات لا يسمح بتصاعد الماء خارج جسم الحشرة والواقع ان هذا الشكل من التكيف ليس قاصراً على الحشرات فقط ولكنه يميز السواد الأعظم من اللافقاريات البرية. ويمكن تفسير العديد من ظواهر الفسيولوجيا البيئية والتكيف في الحشرات على أساس تركيب الهيكل الخارجي.

الجدول (7-1): العلاقة بين نصف القطر والصلابة والقوة في أسطوانة مجوفة.

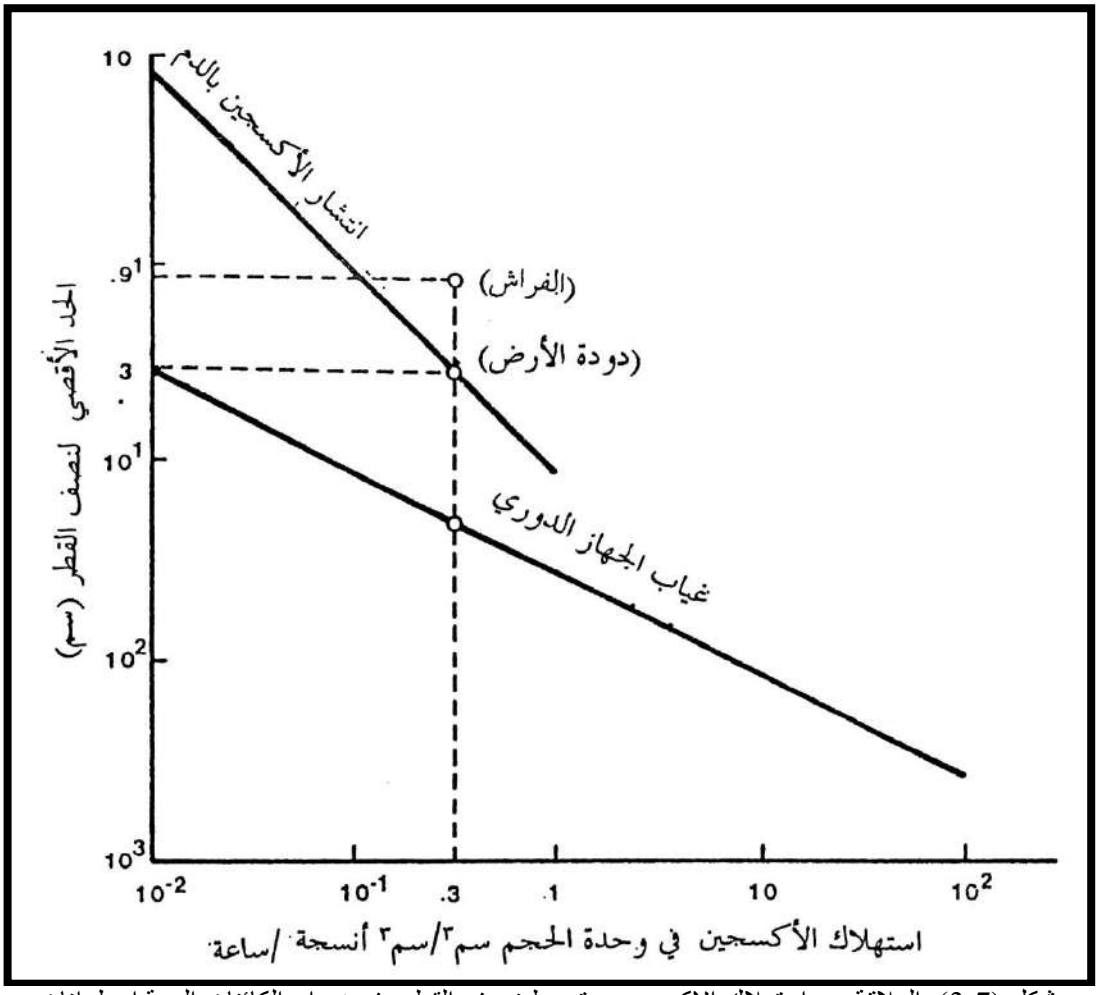
نصف القطر الخارج	(R)	1	2	4	10
الصلابة النسبية	(I)	1	7	31	199
القوة النسبية	(I/R)	1	3.5	7.8	19.9

استهلاك الاكسجين: Oxygen consumption

وساعد وجود الهيكل الخارجي على تكون القصبات والقصيبات الهوائية في الحشرات، حيث يمكن وصول الاكسجين بسهولة لكل خلايا الجسم، حيث وجد ان انتشار الاكسجين في القصيبات أسرع 800000 مرة من انتشاره خلال الانسجة واذا تخيلنا ان 1% فقط من القطاع العرضي لجسم الحشرة يحتوي على القصيبات فسوف يكون معدل انتشار الاكسجين أعلى من حالة عدم وجود قصيبات بحوالي 8000 مرة. ومن ثم يمكن ان نستنتج ان الحشرات لها قدرة عالية على استهلاك الاكسجين وبالتالي سرعة النمو والنشاط بالنسبة للحجم (الشكل 3-7) ويعبر الشكل عن الحجم باستخدام نصف القطر بفرض ان الحشرات والحيوانات الأخرى تشبه الاسطوانة ويتضح من الشكل سهولة انتشار الاكسجين في جسم الحشرة، حيث تستطيع الحشرات ان تستهلك كميات كبيرة من الاكسجين والسبب في ذلك ان معدلات انتشار الاكسجين في القصيبات المكونة للجهاز التنفسي للحشرة أعلى من معدلات انتشار الاكسجين في الدم أو في الانسجة الحيوانية.

تحتاج الحشرات إلى كميات قليلة من الاكسجين (شكل 3-7) بالرغم من تزايد احتياج الاكسجين لكل غرام من الانسجة مع صغر حجم الكائن الحي والحشرات التي يعبر عنها الشكل

تتراوح في الحجم بين حجم ذباب الفاكهة وحجم الجراد تفاوتاً في احتياج الاكسجين أثناء دورة حياة بعض الحشرات وقد يفسر تفاوت معدلات استهلاك الاكسجين في أماكن معزولة وفقيرة بالاكسجين مثل اليرقات التي تعيش داخل الاشجار أو في المواد العضوية المتحللة وعلى سبيل المثال يمكن استنتاج ان الحشرة الكاملة للذباب المتغذي على الرميات يحتاج إلى كميات أكبر من الاكسجين للمساعدة على الطيران بينما تحتاج اليرقة التي تعيش داخل اللحم إلى كميات أقل من الاكسجين وتجدر الاشارة إلى ان أعلى معدلات لاستهلاك الاكسجين تكون أثناء عملية الطيران.



شكل (7-3): العلاقة بين استهلاك الاكسجين ومتوسط نصف القطر بفرض ان الكائنات الحية اسطوانات.

اختلاف الحجم الضمننوعي: Intraspecific size variation

ناقشنا في الجزء السابق تأثير حجم الجسم في الحشرات على التكيف بشكل عام ولكننا لم نتعرض إلى تأثير اختلاف في حجم افراد النوع الواحد على القدرة التكاثرية لتلك الافراد. ان هناك علاقة ايجابية بين فترات النمو وحجم الحشرة الكاملة داخل النوع الواحد أو بعبارة أخرى "الافراد التي تستغرق وقتاً أطول في النمو تكون أكبر في الحجم" وهناك العديد من النماذج الرياضية التي تربط حجم الحشرة بالعمر وقت البلوغ.

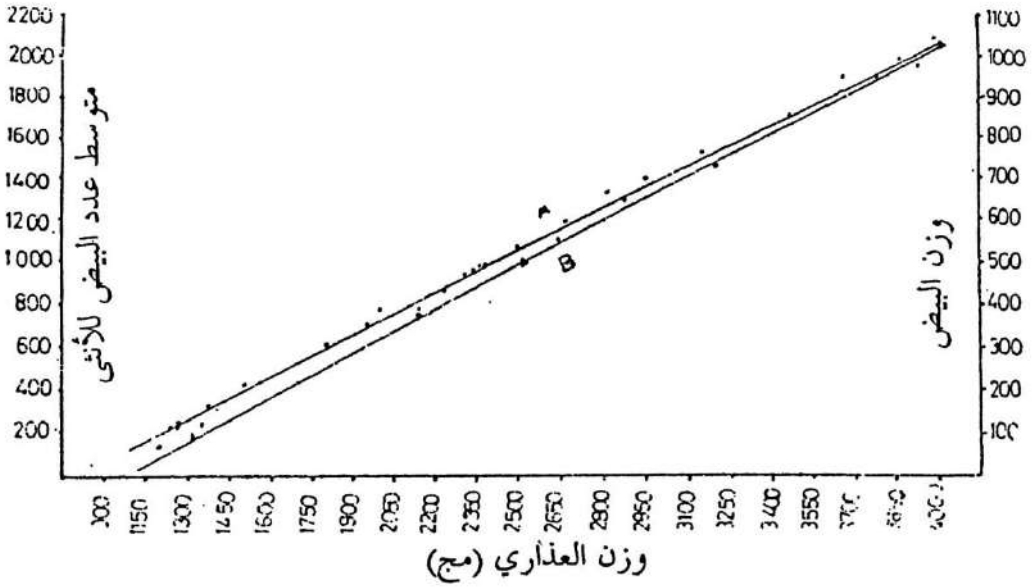
الخصوبة: Fecundity

وتفترض الكثير من هذه النماذج ان الخصوبة تتحد بحجم الجسم وغالبا ما تكون العلاقة خطية. وافترض بعض علماء البيئة الحشرية ان زيادة معدلات الخصوبة وقلة وفيات الذرية تتناسب طردياً مع عمر الأنثى وقت البلوغ. أي ان الخصوبة ومعدلات وفيات الصغار تقل مع زيادة الفترة التي تستغرقها الأنثى حتى تصل إلى مرحلة النضج الجنسي.

في دراسة أجريت في مصر تحت ظروف ثابتة (25°م، 70% رطوبة نسبية) ان هناك علاقة موجبة بين وزن العذاري أو الإناث في الدودة القاطعة *Argrotus ypsilon* ومعدلات الخصوبة وطول عمر الفراشات التي تخرج من تلك العذاري (الشكل 4-7).

هذا ومن ناحية أخرى، أوضحت دراسة حديثة أجريت في كندا على البق المائي "*Gerris buenoi*" (Heteroptera: Gerridae) وجود علاقة "سلبية" بين حجم الأفراد التي تربى في الظروف الحقلية وبين فترة النمو وهذا يناقض النتائج السابقة حيث وجد ان وزن الحشرة الكاملة يقل مع زيادة فترة النمو وعلاوة على ذلك فقط أظهرت هذه الدراسة عدم وجود علاقة بين حجم الجسم (الذي يتوقف على فترة النمو) وفترة الخصوبة وعدد البيض أو حجمه وطول العمر للحشرة الكاملة.

ان هذا التناقض غير مستبعد نظراً لاختلاف قوى الانتخاب الطبيعي التي تؤثر على الأنواع المختلفة من الحشرات واختلاف طرق التكيف من نوع لآخر ومن بيئة لأخرى ومن ثم فمن الصعب التوصل إلى فرضية أو نظرية تربط الحجم الضمننوعي للأفراد بزمن النمو والقدرة التكاثرية لمجموعة الحشرات التي تتكون من حوالي مليون نوع وتتداخل صفاتها البيئية والفسيولوجية مع مجموعات أخرى مثل القراد والحلم وغيرها.



الشكل (7-4): العلاقة بين وزن العذراء والخصوبة ووزن البيض في *Argrotus ypsilon*.

التزاوج: Mating

هناك علاقة بين حجم الجسم واستراتيجيات التزاوج حيث يؤثر حجم الجسم على سلوك الوصول إلى الأنثى على مستوى الأنواع وأيضاً على مستوى الأفراد في النوع الواحد. من أهم جوانب السلوك التزاوجي عند الحشرات الحصول على الشق الآخر للقيام بعملية التزاوج ويختلف سلوك العثور على الأنثى من نوع لآخر وأحياناً بين أفراد النوع الواحد وعموماً هناك طريقتان للعثور على الأنثى: الطريقة الأولى وتعرف باستراتيجية الجلوس Perching وهي ان ينتظر الذكر في مكان معين ويلاحظ الأشياء التي تتحرك أمامه حتى يعثر على أنثى من نفس نوعه والطريقة الثانية تعرف بالاستكشاف Patrolling حيث يطير الذكر للبحث عن الأنثى وقد وجد ان الطريقة الأولى تحتاج إلى طيران سريع لمسافات قصيرة اما الطريقة الثانية فتحتاج إلى

الطيران لمسافات طويلة وبسرعات غير عالية. ومن ثم تختلف استراتيجيات البحث عن الأنثى مع اختلاف حجم الجسم ووزن الجناح وشكله وأبعاد الجسم.

وهذا يعني ان هناك اختلاف مورفولوجي بين الأنواع التي تنتظر الأنثى Perching species والأنواع التي تبحث عن الأنثى Patrolling species. ان ذكور الفراش *Pararage aegeria* تختلف في طريقة العثور على الأنثى تبعاً لاختلاف حجم الجسم وطول الجناح وحجم الصدر. حيث ان الذكور التي تنتظر الإناث كانت "أقصر" من الذكور التي تطير للبحث عن الإناث.

تفاعلات النظام البيئي والحشرات

استعمل لفظ النظام البيئي Ecosystem في النبات للتعبير عن بيئة معينة بكل ما فيها من كائنات حية وعوامل غير حية وأكد على ضرورة دراسة النظام البيئي لأن فهم أي ظاهرة طبيعية يتطلب دراسة جميع الظروف المحيطة بها.

ويعتبر مفهوم النظام البيئي أقدم من تسميته، حيث ذكر أحد العلماء في القرن التاسع عشر أنه يمكن اعتبار البحيرة كون صغير Microcosm، واستخدم لفظ "نظام بيئي" Ecosystem فيما بعد "كون صغير". ان جميع العوامل التي تؤثر على أحد الأنواع في البحيرة لابد أن يكون لها تأثير على باقي الأنواع الأخرى في نفس البحيرة. ومن أحدث الدراسات التي تعالج تأثير أحد الأنواع على المجتمع في النظام البيئي، حيث أثبتت الدراسات ان نمل الخشب *Formica aquilonia* له تأثير مباشر على تركيب مجتمعات اللافقاريات في أشجار الكانوبى Canopy trees.

مكونات النظام البيئي: Components of the ecosystem

يتكون النظام البيئي من وحدات بيولوجية يمكن تقسيم كل منها إلى وحدات أصغر. فالنظام البيئي يتكون من مجتمعات Communities يعيش كل مجتمع منها في بيئة مناسبة وتتداخل العلاقات بين أفراد النوع الواحد والأنواع المختلفة في هذا المجتمع وقد عرف النظام البيئي على أنه "مجموعة من المجتمعات المكونة من انواع من الكائنات الحية بالإضافة إلى البيئة غير الحية المحيطة بها". ويحتوي النظام البيئي على مجتمعات مركبة Compound communities والتي يمكن اعتبارها "تجمعات من أنواع ترتبط بجزء معين من البيئة أو بمصدر غذائي واحد" مثل نوع معين من الغذاء النباتي أو جزء معين من النبات، ومن ناحية أخرى أثبتت الدراسات على أنظمة بيئية متعددة في جمهورية مصر العربية ان الانواع الموجودة في مجتمع ما لا ترتبط فقط بالمصدر الغذائي النباتي ولكن يمكن أن ترتبط بمصدر غذائي حيواني، حيث وجد ان البق المائي من نوعي *Sigara mayri, S. selecta* فصيلة Corixidae يرتبط بيرقات الهاموش *Chironomus sp.* وحوريات الرعاشات من جنسي *Ischnura, Hemianax* وقد يكون السبب في هذا الارتباط هو اعتماد بعض هذه الأنواع على الأنواع الأخرى في الحصول على الغذاء.

ويمكن تقسيم المجتمع إلى مجموعات من الانواع يستخدم منها نفس المصدر بطريقة مماثلة، وعلى سبيل المثال يمكن تقسيم مجتمع الحشرات التي تتغذى على أوراق نوع معين من النبات إلى مجموعات بعضها يمتص العصارة مثل المنّ والبعض يتغذى على حواف الورقة والبعض الآخر يتغذى داخل ثقوب أو أنفاق صغيرة في الورقة.

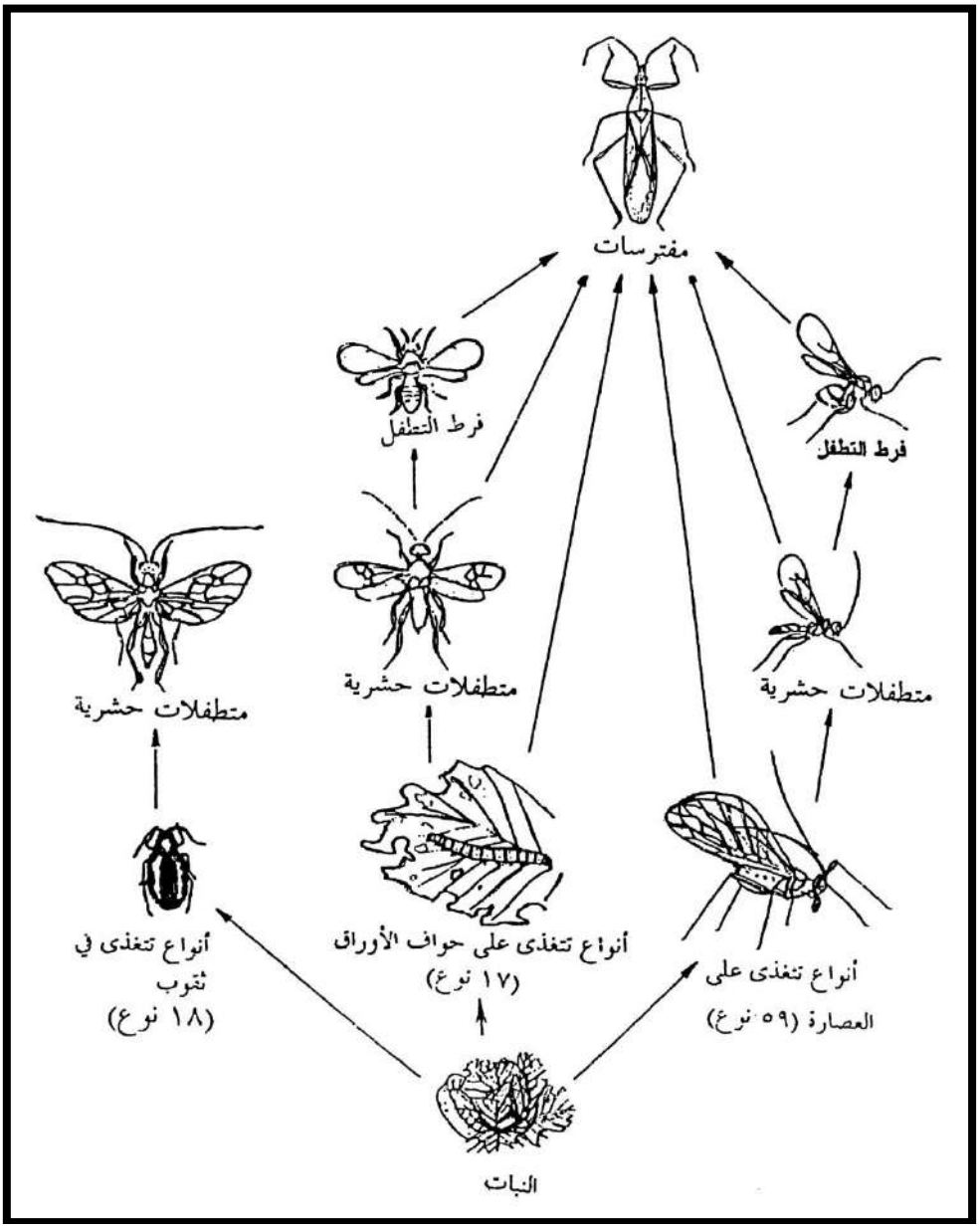
تنقسم المجموعات إلى أنواع Species ويمكن تعريف النوع على أنه "مجموعة من الأفراد التي تتكاثر فيما بينها والتي تنعزل تكاثرياً عن المجموعات الأخرى". ويمكن تعريف المجتمع على أنها "مجموعات من أفراد النوع الواحد التي تتكاثر فيما بينها في منطقة واحدة". ويتميز كل فرد بطراز جيني Genotype وطراز شكلي Phenotype وقد تتحور صفات الفرد نتيجة التفاعل بين العوامل الوراثية وتأثير البيئة.

ان النظام البيئي لا يعتبر الوحدة الأخيرة أو النهائية، حيث ان البيوم Biome هو عبارة عن "مجموعات من الأنظمة البيئية تتشابه في الكساء النباتي" مثل غابات الأمطار الاستوائية Tropical-rain forests – الصحراء Desert – الغابات المعتدلة Temperate forests – السهول Steppe او سهول المنطقة القطبية الشمالية Tundra. وتكون جميع "البيومات" ما يعرف بالغلاف الحيوي Biosphere والذي يتكون من كل أجزاء الأرض والغلاف الجوي التي يوجد بها أي شكل من أشكال الحياة.

تفاعلات النظام البيئي: Interactions in the Ecosystem

يتكون النظام البيئي من عدة عناصر متفاعلة ويمكن تقسيم الكائنات الحية في علم البيئة على أساس الطريقة التي تتفاعل بها مع النظام البيئي. فالأنواع التي تثبت الطاقة الشمسية وتستعمل المواد غير العضوية لتخليق مركبات عضوية معقدة تسمى أنواع ذاتية التغذية Autotrophs وتسمى هذه الأنواع بالأنواع المنتجة Producers لأنها المصدر الرئيسي لإنتاج المركبات العضوية التي تعتمد عليها جميع أشكال الحياة الأخرى والكائنات المنتجة او ذاتية التغذية في أي نظام بيئي هي النباتات التي تحتوي على صبغ الكلوروفيل وتقوم بعملية البناء الضوئي (باستثناء بعض أنواع الكائنات البسيطة) لتخليق المواد العضوية. وتسمى الأنواع التي تتغذى على هذه النباتات بالأنواع المستهلكة Consumers أو الأنواع غير ذاتية التغذية Heterotrophic organisms. والأنواع التي تتغذى على أجسام الحيوانات أو النباتات الميتة تسمى "محللات" أو "أكلات العفن" Saprophages وهذه الكائنات تلعب دوراً هاماً في دورة المواد الغذائية في النظام البيئي.

والكائنات غير ذاتية التغذية التي تتغذى على النباتات الحية تسمى نباتية Vegetarians Herbivores وتسمى حيوانية Carnivores اذا كانت تتغذى على الحيوان. وتنقسم المجموعة الأخيرة إلى المفترسات Predators وهي أنواع تقتل الفريسة وتتغذى منها. أما الأنواع التي تستمد غذائها من الحيوان أثناء حياته – مثل البعوض والبراغيث وغيرها – فتعرف بالطفيليات. وقد أطلق لفظ متطفل حشري Parasitoid على أنواع الحشرات التي تتطفل على عائل واحد أثناء مرحلة معينة من دورة حياتها (مثل نمو يرقات وعذاري بعض طفيليات غشائية الأجنحة داخل العائل) بينما يعيش الطور البالغ حراً ويمكن ان يقتل العديد من أفراد العائل عن طريق وضع البيض أو اليرقات على العائل أو بالقرب منه (شكل 1-5).



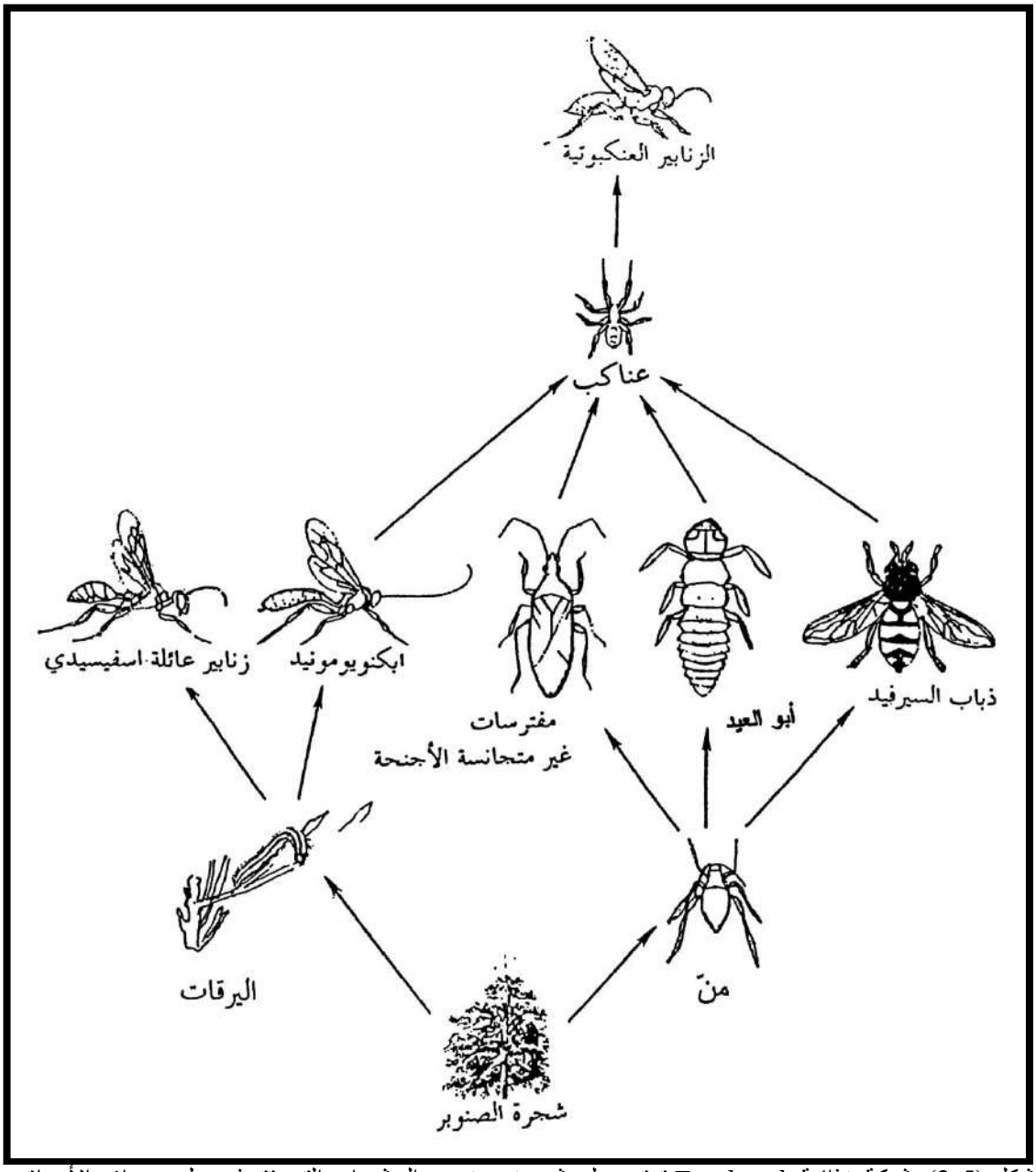
شكل (5-1): شبكة غذائية Food web تعتمد على نبات يشبه الكرنب لإيضاح ثلاث مجموعات من الحشرات النباتية وطفيليات هذه الانواع والانواع التي تتطفل على هذه الطفيليات (فرط التطفل Hyperparasitism) والمفترسات.

تتوزع مجموعات الحشرات النباتية تبعاً للظروف البيئية التي تؤثر على صفات الورقة في العائل النباتي وتؤثر بعض العوامل البيئية على نعومة الأوراق ومحتواها من الألياف وهذه العوامل تؤثر بدورها على المجتمعات الحشرية التي ترتبط بالنبات. ان درجة الخشونة والمحتوى الليفي للأوراق تعتبر من ميكانيكيات الدفاع النباتي ضد الحشرات. وأوضحت دراسة حديثة تعالج كثافة ثلاث مجموعات غذائية من الحشرات على أحد أنواع الصبار الموجودة في أمريكا الشمالية، ان صفات الورقة مثل درجة الخشونة والقدرة على مقاومة الاختراق ومساحة الورقة تؤثر على الكثافة العددية للمجموعات الغذائية كما أوضحت الدراسة اختلافات في توزيع الحشرات الماصة للعصارة النباتية والأنواع التي تتغذى داخل الورقة تبعاً لطبيعة الأوراق التي تختلف من مكان لآخر تبعاً للظروف البيئية.

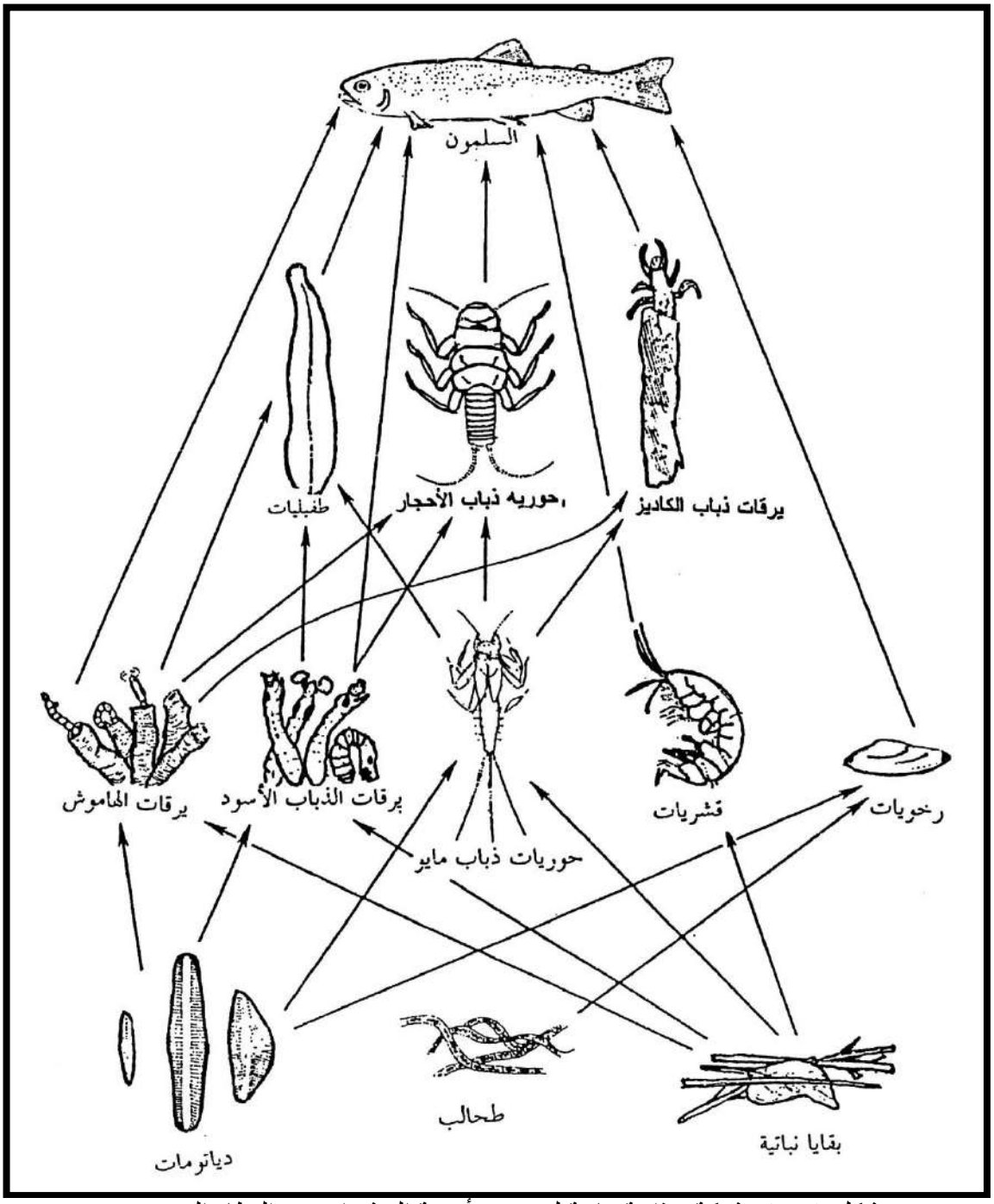
الشبكة الغذائية: Food web

تنتج التداخلات بين الأنواع في النظام البيئي شبكة معقدة من العلاقات الغذائية تعرف بالشبكة الغذائية Food web والتي تتكون من مجموعة متداخلة من الحلقات الغذائية التي تسمى بالسلاسل الغذائية. يوضح شكل (5-2) أحد الأمثلة لمجتمع حشري يعتمد على أحد أشجار الصنوبر، حيث ترتبط العديد من مجموعات الحشرات في مجموعة من السلاسل الغذائية التي تكون شبكة غذائية مكونة من يرقات فراش أشجار الصنوبر– الزنابير العنكبوتية – العناكب – الخنافس المفترسة – ذباب السيرفيد. ويمكن من تحليل الشكل ملاحظة ان المنّ ويرقات حرشفية الأجنحة ترتبط في نفس الشبكة الغذائية عن طريق العناكب التي تتغذى على مفترسات المنّ وطفيليات اليرقات.

ويمكن ان نلاحظ وجود أهمية كبرى للحشرات في شبكة الغذاء المائية، حيث تعمل الحشرات على انسياب الطاقة وانتقال المواد عبر هذا النظام البيئي ويوضح شكل (5-3) ان يرقات الهاموش والذباب الأسود وحوريات ذباب مايو وذباب الأحجار وغيرها من الحشرات تلعب دوراً في نقل الطاقة والمادة من المنتج (الطحالب – الدياتومات – بقايا النباتات) إلى الأسماك التي توجد أعلى الشبكة الغذائية.

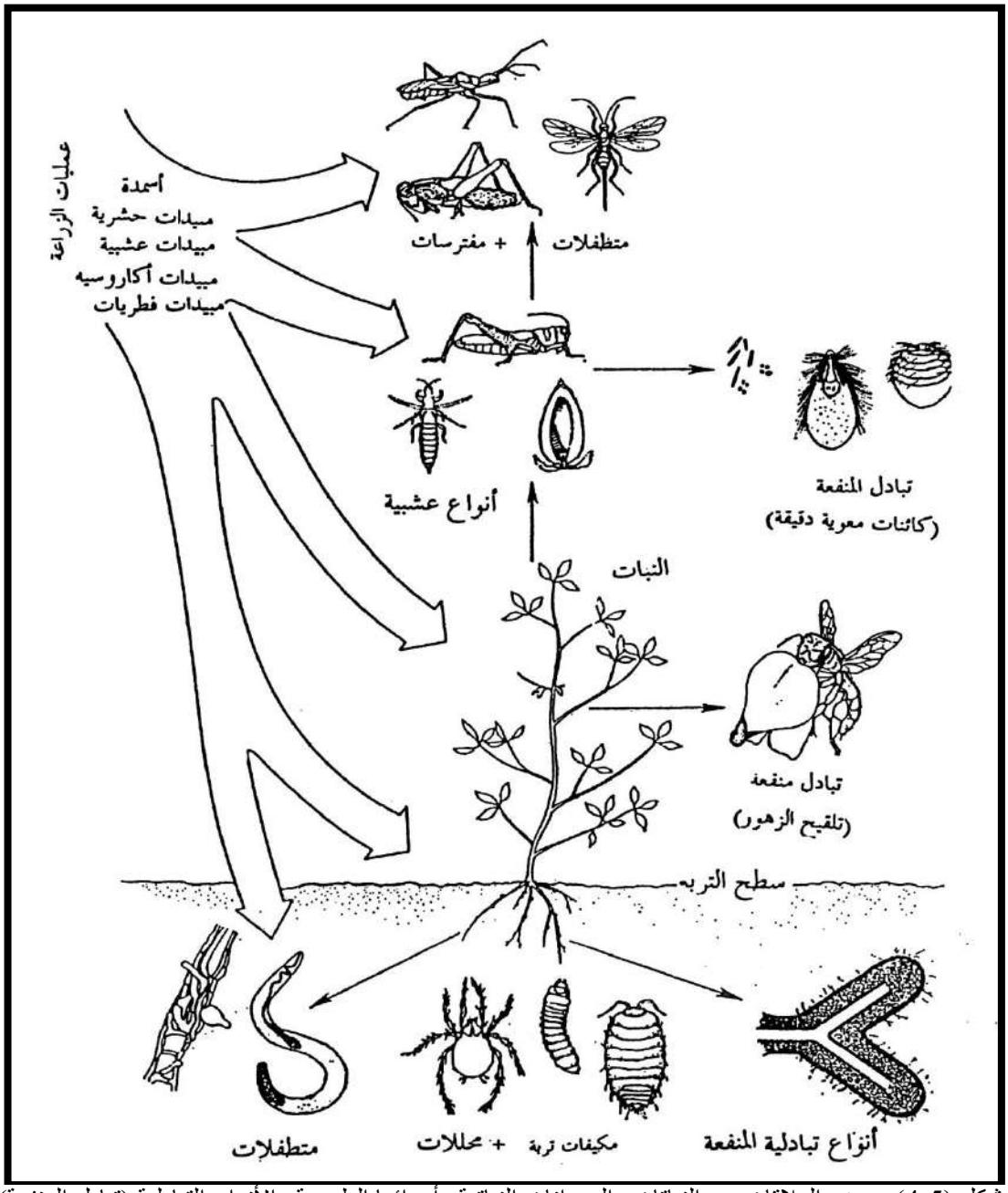


شكل (5-2): شبكة غذائية Food web تعتمد على شجرة صنوبر، الحشرات التي تتغذى على حواف الأوراق Strip feeders كانت أكثر تعداداً على الأوراق الأقل سمكاً والأكبر في المساحة والتي تميزت بها أشجار الصنوبر أثناء فصل الصيف في جنوب شرق أريزونا عن الأشجار التي تنمو في الجنوب الغربي من أريزونا نظراً لجفاف الطقس أثناء الصيف في المنطقة الأخيرة.



شكل (5-3): شبكة غذائية مائية لتوضيح أهمية الحشرات في النظام البيئي.

يجب ان نشير إلى ان الشباك الغذائية لا تعتمد فقط على المستويات الغذائية للأنواع الموجودة في النظام البيئي، ولكن تفاعلات هذه الشباك الغذائية تتأثر بالعوامل غير الحية ويظهر شكل (5-4) إيضاحاً تفصيلياً لهذا المعنى.



شكل (5-4): بعض العلاقات بين النباتات والحيوانات النباتية وأعدائها الطبيعية والأنواع التبادلية (تبادل المنفعة) والعوامل غير الحية التي يمكن ان توجد في حقول فول الصويا.

قة يعتمد على النظام البيئي لأشجار

تأثير البيئة في نمو الحشرات

النمو Growth هو تغير في حجم الكائن الحي أو أي جزء منه اما التطور Development فيعبر عن التغير في شكل الكائن الحي والذي توضحه عملية التحول Metamorphosis في الحشرات. ويناقش هذا الفصل موضوع النمو والتطور في الحشرات والعوامل التي تؤثر على هاتين الظاهرتين.

أطوار النمو: Developmental stages

طور البيض: The egg stage

يتراوح حجم البيض في الحشرات من 10/1 إلى 1000/1 من حجم الحشرة البالغة باستثناء المن الذي يصل حجم البيض في بعض أنواعه إلى حجم الحشرة الكاملة تقريباً. ويتراوح وزن البيضة من 0,1 ميكروغرام (في بعض طفيليات غشائية الأجنحة) إلى مئات المليغرامات في بعض خنافس المناطق الاستوائية. وتحتوي جزيئات المح Yolk على البروتينات الفسفورية Phosphorprotein والجليكوبروتين والجليكوجين والأحماض النووية وثلاثي الجلسريد Triglyceride الذي يختزن الطاقة ويمثل حوالي 50% من الوزن الجاف وتغطى البيضة بالقشرة Chorion ونلاحظ ان المح والقشرة مختزلة في الأنواع داخلية التطفل Endoparasites والأنواع الولودة Viviparous لأن الجنين يستمد المواد الغذائية من العائل (في الحالة الأولى) أو أنسجة الأم (في الحالة الثانية). ويقاس معدل النمو في البيض بالفترة الزمنية بين وضع البيض وعملية الفقس. وتعرف هذه الفترة بفترة الحضانة Incubation period.

أطوار الحورية: Nymphal stages

يتشابه الطور الحوري الأول للحشرات خارجية الأجنحة Exopterygota مع الحشرة الكاملة (باستثناء الحشرات غير متجانسة التحول Heterometabola) ولكن نسب أجزاء الجسم تختلف حيث يتميز الطور اليرقي الأول بكبر حجم الرأس والبطن وغياب الأجنحة والأعضاء التناسلية الخارجية مما يؤدي إلى عدم التجانس في نمو أعضاء الجسم المختلفة. وتحدث عدة انسلاخات قبل ان تصل اليرقة إلى طور الحشرة الكاملة. وتشمل عملية النمو والتحول على تغير في حجم أو عدد الخلايا أو كلاهما فنجد ان بعض الخلايا العصبية تتضاعف في الحجم إلى مئات الآلاف مع حدوث زيادة طفيفة أو حتى عدم حدوث زيادة في العدد، ومن ناحية أخرى نجد ان خلايا القشرة Epidermal cells تنقسم حتى تصل إلى عشرين ضعفاً أثناء فترات الانسلاخ. ويتضاعف عدد خلايا المناسل أثناء فترات النمو الحوري وخاصة في الطور الحوري الأخير وتتميز هذه الخلايا إلى أعضاء في الطور الحوري الأخير وبداية طور الحشرة الكاملة.

أطوار اليرقة والعذراء: Larval and pupal stages

تختلف يرقات الحشرات داخلية الأجنحة عن الحشرة الكاملة في التكيف الشكلي والفسيولوجي للبيئة. كما في حالة تكيف يرقات البعوض للحياة المائية بينما تعيش الحشرة الكاملة كطفيل خارجي. وهناك العديد من التركيبات التي تختفي في الحشرة الكاملة. وتجدر الإشارة إلى ان حوريات بعض الأنواع خارجية الأجنحة تختلف عن الحشرة الكاملة في الشكل والبيئة والسلوك (على سبيل المثال حوريات الرعاشات Odonata).

تتفاوت معدلات نمو اليرقات في الحشرات داخلية الأجنحة فنجد ان حجم ذبابة الدروسوفيلا يزداد حوالي 1000 مرة في خلال أربعة أيام فقط (نتيجة الزيادة في حجم الخلايا وليس في العدد) وهذا النوع من التكيف يساعد اليرقة على النمو السريع نظراً لأن المصدر الغذائي يعتبر مصدر مؤقت لأن المواد العضوية المتحللة التي تتغذى عليها يرقات الدروسوفيلا

تختفي من البيئة بمعدلات سريعة (مصدر غذائي مؤقت). وتسمح مطاطية جدار الجسم Body wall بنمو اليرقات أو الحوريات أثناء فترة التحول.

يتميز طور العذراء بالسكون quiescence (باستثناء عذاري البعوض) والعذراء لا تتغذى وتستطيع ان تقاوم الظروف الصعبة وتتميز المراحل الأولى من الطور العذري بمعدلات عالية لهدم الأنسجة اليرقية Histolysis أما المراحل الأخيرة من هذا الطور فتتميز بمعدلات عالية لبناء انسجة الحشرة الكاملة Histogenesis. ويتراوح زمن الطور العذري بين 4 و14 يوما ولكن هذه الفترة يمكن ان تطور مع انخفاض درجات الحرارة أو في حالة الكمون Diapause.

الطاقة اللازمة للإبقاء على النشاط والنمو:

Energy required for maintaining activity and growth

يعتبر معدل استهلاك الاكسجين Oxygen consumption QO_2 أكثر الطرق شيوعا لقياس معدل إنتاج الطاقة. حيث يقاس معدل استهلاك الاكسجين لكل مليغرام من الانسجة الحية في وحدة الزمن. وتتطلب عمليات النمو إنتاج عال من الطاقة ولكن من الصعب التفريق بين الطاقة التي تستخدمها الحشرة لعملية النمو والطاقة المستهلكة في العمليات الأخرى مثل التنفس وغيرها من العمليات الحيوية لأن معدل استهلاك الاكسجين يعكس الطاقة الكلية التي تنتجها الحشرة بغض النظر عن الاتجاه الذي سوف تسري فيه هذه الطاقة في جسم الحشرة. ويتراوح معدل استهلاك الاكسجين QO_2 بين "0,01" (في حالة الكمون) و"100" في حالة الطيران النشط. ويلاحظ ان حالة الكمون Diapause تتميز بانخفاض حاد في معدلات الايض، ومن ثم استهلاك الاكسجين، وتصل هذه الفترة إلى عدة أشهر ومن ناحية أخرى نلاحظ ان معدلات الايض في حالة السكون لا تتأثر بالظروف البيئية المحيطة مثل درجة الحرارة بعكس حالة عدم الكمون أو الحالة العادية للحشرة حيث نجد ان معدل انتاج الطاقة يقل مع انخفاض درجة الحرارة.

قياس معدلات النمو: Measurement of growth rates

أبسط طرق قياس معدلات النمو هي قياس الفترة الزمنية بين المراحل المتتالية مثل فترة الحضانة Incubation period، فترة نمو اليرقة أو الحورية Larval or pupal duration وغيرها ويمكن مقارنة تأثير العوامل البيئية المختلفة مثل درجة الحرارة أو الرطوبة أو نوع الغذاء على فترات النمو في المراحل المختلفة. ويمكن أيضاً قياس معدلات النمو يتعين معدلات الزيادة في الوزن أو بتعين المؤشرات الغذائية Nutritional indices المختلفة. ولكن ذكر ان الفترة الزمنية اللازمة لنمو الاطوار المختلفة تحت ظروف بيئية معينة لا يمكن اعتبارها مقياساً لتأثير هذه العوامل على النمو لأنها لا تأخذ في الاعتبار تأثير هذه العوامل على معدلات الوفيات، ومن ثم يمكن قياس معدلات النمو باستخدام بعض المؤشرات البسيطة التي تعكس تأثير العامل البيئي تحت الدراسة على النمو والبقاء ويمكن أيضاً استعمال منحنيات النمو.

مؤشرات النمو: Developmental indices

يمكن مقارنة معدلات النمو تحت الظروف البيئية المختلفة باستعمال مؤشرات النمو الآتية:

1- النسبة المئوية للنمو اليومي (لليرقة أو الحورية أو أي طور من أطوار النمو قبل الطور الكامل).

$$(1)\quad \frac{100}{\text{متوسط فترة النمو}} =$$

$$(2)\quad \text{مؤشر النمو} = \frac{\text{النسبة المئوية لعدد الأفراد الحية}}{\text{متوسط فترة النمو}}$$

$$\text{مؤشر البقاء} = \frac{\text{النسبة المئوية للبقاء (عدد الأفراد الحية)}}{\text{أعلى نسبة بقاء في جميع المعاملات}} \quad (3)$$

$$\text{معدل التمثيل الغذائي} = \frac{\text{النسبة المئوية للنمو}}{\text{متوسط الوزن بالغرام}} \quad (4)$$

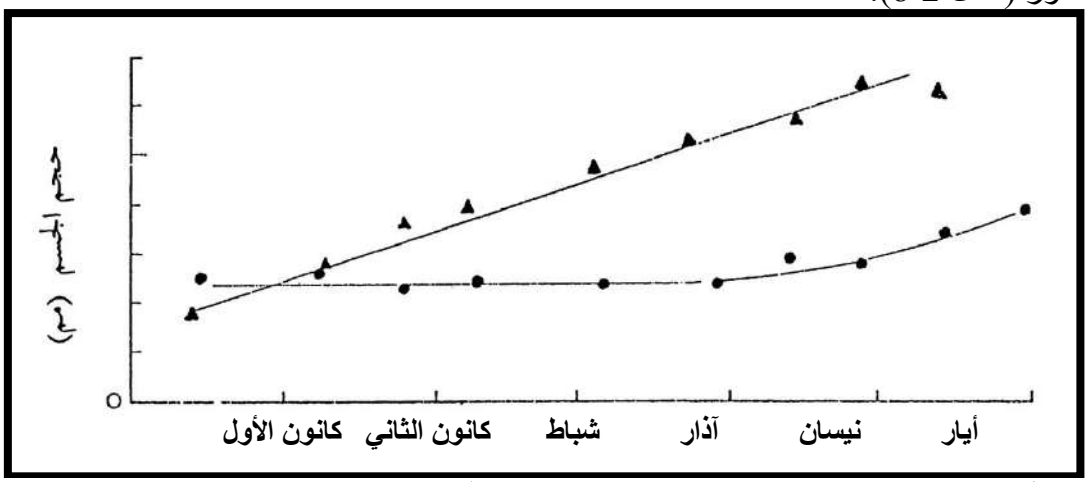
والجدول رقم (8-1) يوضح تأثير أنواع مختلفة من الغذاء على مؤشرات النمو المختلفة للطور الحوري في حشرة *Spilostethus pandurus*.

الجدول (8-1): مقارنة تأثير الغذاء على نمو الحوريات باستعمال مؤشرات النمو لحشرة *Spilostethus pandurus*.

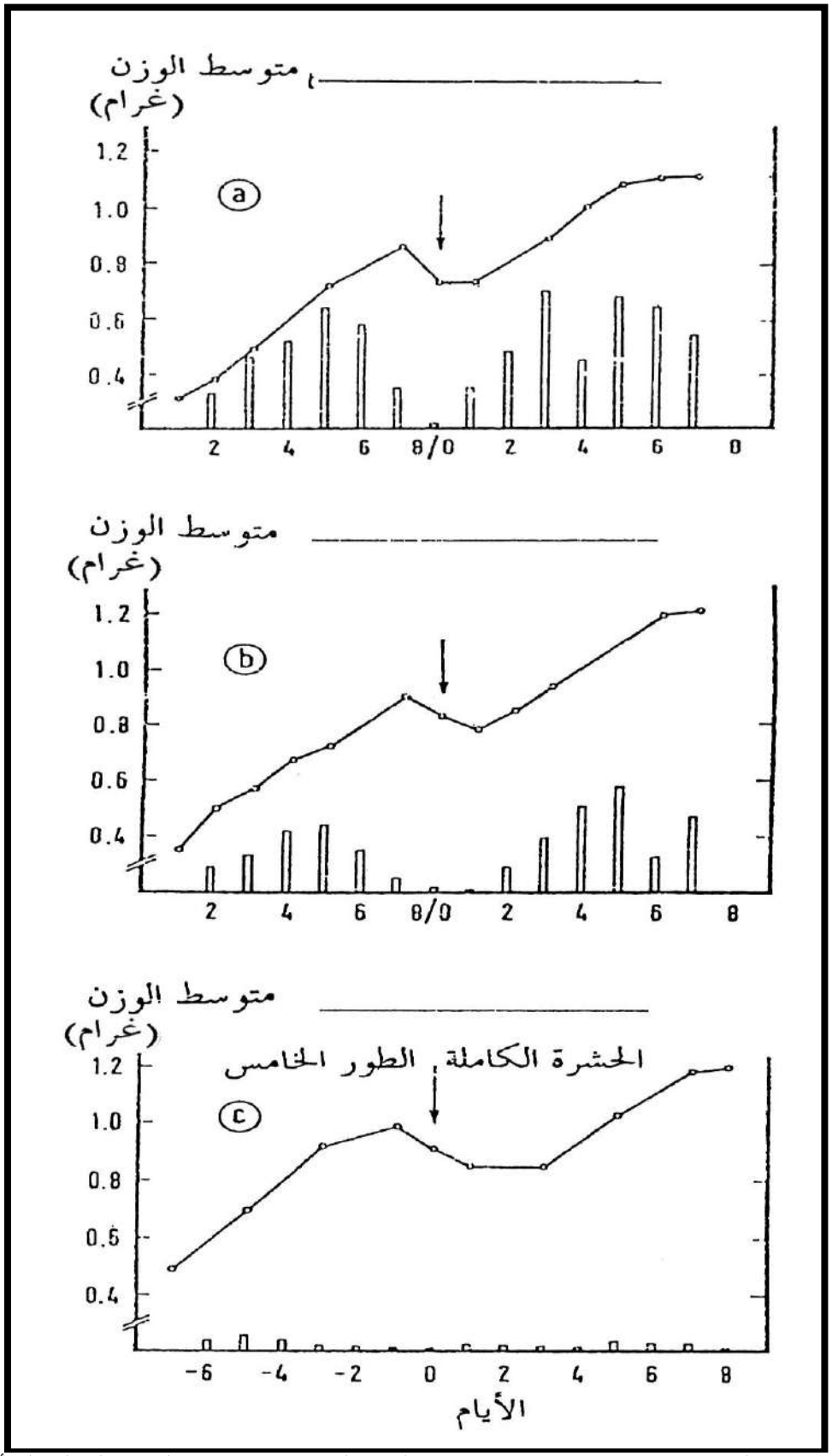
	مؤشرات النمو		
الغذاء	النسبة المئوية للنمو اليومي	مؤشر النمو	مؤشر البقاء
اللوز	6,92	5,26	0,90
السمسم	6,05	4,24	0,83
عباد الشمس	7,10	5,94	1,00
الفول السوداني	6,49	5,06	0,93
البندق	4,99	3,40	0,81
القرع	6,64	4,87	0,86

التغير في الوزن وأبعاد الجسم: Morphometric and weight changes

من أبسط الطرق لدراسة معدلات النمو قياس الزيادة في الوزن أو في طول الجسم إذ يمكن اعتبار الزيادة اليومية (أو في أي فترة زمنية مناسبة) في وزن الجسم أو طول الجسم أو أحد أعضائه مؤشرات لمعدل النمو في المرحلة تحت الدراسة والشكل رقم (8-1) يظهر معدلات النمو في نوعين من ذباب مايو على أساس متوسط الزيادة في طول الجسم ومن ناحية أخرى عبر عن معدلات نمو الطور الخامس لجراد Locusta بقياس الزيادة اليومية في الوزن أثناء هذا الطور (شكل 2-8).



شكل (8-1): نمو نوعين من ذباب مايو كما يظهر من تغير الجسم (Leptophlebia=Δ) (Coenis=O).



شكل (8-2): الزيادة في وزن حوريات Locusta في الطور الخامس وبداية طور الحشرة الكاملة على أنواع مختلفة من الغذاء (a) القصب، (b) الهندباء (نوع من البقول)، (c) الكمثري.

منحنيات النمو: Growth curves

يمكن التعبير عن معدلات النمو للأطوار غير الكاملة باستعمال منحنيات النمو Growth curves حيث تمثل الكتلة الحيوية Biomass (الوزن) (w) ضد الوقت (t) فإذا كان الوزن في بداية المرحلة تحت الدراسة (wi) والوزن في آخر المرحلة هو (wf)، فيمكن التعبير عن معدل النمو بالنموذج الآتي:

$$\frac{dw/w}{dt} = \frac{d(Lnw)}{dt} = \frac{Ln\ wf/wi}{\tau} = K$$

حيث τ هي زمن النمو

ولكن منحنيات النمو غير خطية non-linear فهي عادة ما تكون منحنيات سينية أو أسية Sigmoidal تظهر على شكل "S" أو "C" والسبب في ذلك يرجع إلى ان قيمة "K" ليست ثابتة ولكنها تقل مع زيادة قيمة الوزن (w). وقد خطى ثلاث نماذج لتحويل المنحنى من منحنى أسي إلى منحنى خطي حتى يمكن مطابقة النتائج مع المنحنى مفترضاً ان معدل النمو = صفر عندما يصل الوزن (w) إلى الوزن النهائي للمرحلة تحت الدراسة (wf). ويمكن التعبير عن هذه النماذج رياضياً كما يلي:

$$\frac{dw/w}{dt} = K(wf/w - 1) \quad (1)$$

$$\frac{dw/w}{dt} = \frac{K(wf - w)}{wf} = K(1 - w/wf) \quad (2)$$

$$\frac{dw/w}{dt} = \frac{K[(wf/w)^m - 1]}{m} \quad (3)$$

المؤشرات الغذائية: Nutritional indices

يمكن مقارنة معدلات النمو لأي طور من أطوار نمو الحشرة تحت الظروف البيئية المختلة باستعمال المؤشرات الغذائية بالإضافة إلى ان المؤشرات الغذائية تستعمل لقياس القيمة الغذائية لأنواع الغذاء المختلفة حيث يمكن مقارنة صلاحية أنواع مختلفة من الغذاء لنوع معين من الحشرات كما تستعمل لمقارنة فعالية غذاء أو أغذية معينة لأكثر من نوع أو طور من أطوار النمو وتمتاز المؤشرات الغذائية بشموليتها حيث تعكس معدلات استهلاك الطعام وهضمه وتمثيله.

ويمكن تلخيص المؤشرات الغذائية في العلاقات الآتية:-

1- معدل استهلاك الطعام النسبي:

$$= \frac{\text{كمية الغذاء المبتلع (الوزن الطازج أو الوزن الجاف للغذاء)}}{\text{فترة التغذية (بالأيام)} \times \text{متوسط وزن الحشرة (الوزن الحي أو الجاف) أثناء فترة التغذية}}$$

2- معدل النمو النسبي:

$$= \frac{\text{الوزن المكتسب للحشرة أثناء فترة التغذية (الحي أو الجاف)}}{\text{فترة التغذية (بالأيام)} \times \text{متوسط وزن الحشرة (الوزن الحي أو الجاف) أثناء فترة التغذية}}$$

3- الهضم التقريبي:

$$= \frac{\text{كم الغذاء المقدم (ملليغرام)} - \text{كمية الغذاء المبتلع (ملليغرام)}}{\text{كم الغذاء المبتلع (ملليغرام)}} \times 100$$

4- فعالية تحول الغذاء المهضوم إلى أنسجة:

$$= \frac{\text{الوزن المكتسب (ملليغرام)}}{\text{وزن الغذاء المبتلع (ملليغرام)} - \text{وزن البراز (ملليغرام)}} \times 100$$

5- فعالية تحول الغذاء المبتلع:

$$= \frac{\text{الوزن المكتسب (ملليغرام)}}{\text{الغذاء المبتلع (ملليغرام)}} \times 100$$

كما يمكن استعمال المؤشرات الغذائية للاستدلال على الحالة الفسيولوجية للحشرات تحت ظروف بيئية معينة مثل دراسة هذه المؤشرات في درجات الحرارة المختلفة أو غيرها من العوامل البيئية التي تواجه الحشرة في الطبيعة، دراسة عن تأثير الاليكوكيماويات وندرة العائل على مفترس من رتبة نصفية الأجنة هو *Podisus maculiventris Pentatomidae*. كما وجد ان نبات الدفلة Oleander المحتوي على مركبات دفاعية كيميائية ضد الحشرات يؤثر سلبا على معدلات هضم الطعام وتمثيله واستهلاكه في الجراد *Schistocerca gregaria* ويؤدي إلى إحباط عملة الانسلاخ في هذا الجراد وأيضاً في النطاط من نوع *Heteracris littoralis*.

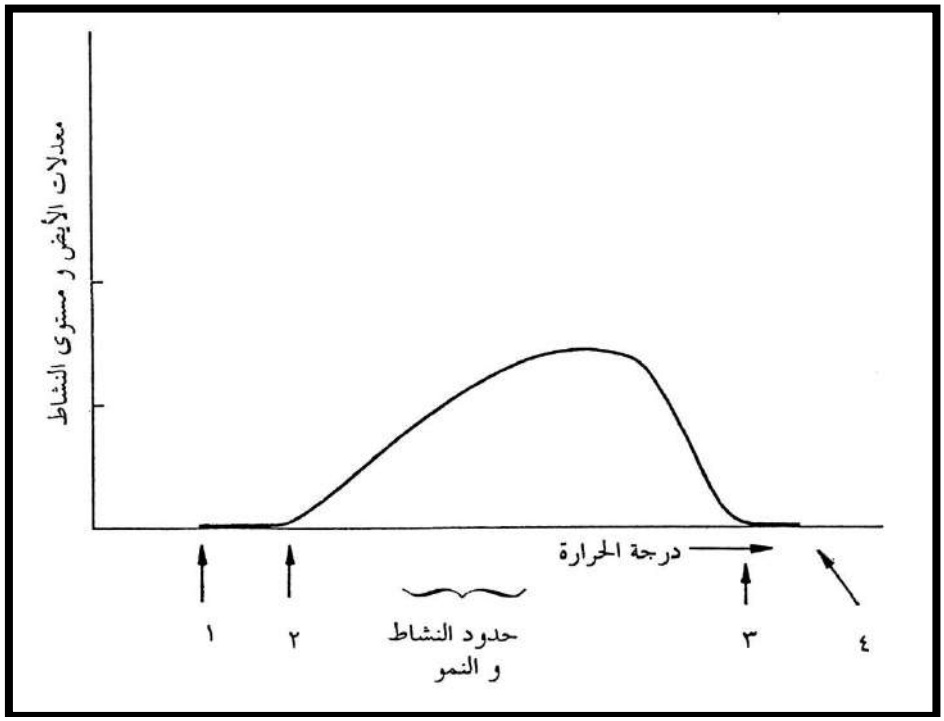
العوامل التي تؤثر على النمو والتطور في الحشرات:

Factors affecting growth and development in insects

درجة الحرارة: Temperature

تؤثر درجة حرارة البيئة على مراحل النمو المختلفة وعلى عدد الأجيال فبعض أنواع الحشرات لها جيل واحد سنوياً في المناطق الدافئة ولكنها تستغرق أكثر من عام لإتمام الجيل في المناطق الباردة وعلى سبيل المثال يفقس بيض الحشرات العصوية Walking sticks في أقل من عام في جنوب استراليا (نظراً لحرارة الجو) بينما يستغرق مدة أكثر في المناطق الشمالية الباردة والجدول رقم (8-2) يعرض فترات حضانة البيض للنطاط *Aiolopus thalasinus* كما يظهر تأثير درجة الحرارة على طول الطور الحوري لنطاط *Acrida pellucida* في الأقفاص الحقلية في الجدول رقم (8-3). وعموماً يتناسب معدل النمو تناسباً عكسياً مع درجة الحرارة (في حدود قدرة تحمل النوع) كما يتضح ذلك من شكل (8-3، 8-4) والسبب في ذلك ان الحشرات من الكائنات ذوات الدم البارد.

وفي دراسة عن تأثير درجة الحرارة على معدلات النمو والخصوبة في منّ القطن *Aphis gosypii* ان فترات نمو الأطوار غير الكاملة تراوحت بين 12 يوماً عند (15°م) و4,5 يوماً عند (30°م) كما وجد درجات الحرارة العالية (35°م) مميتة للأطوار غير الكاملة لهذا النوع من المنّ. يمكن للحشرات ان تتحمل التغيرات البيئية في حدود معينة وهناك علاقة عامة بين درجة حرارة البيئة ومعدلات نمو ونشاط الحشرات (الشكل 3-8).



الشكل (8-3): العلاقة بين درجة الحرارة ومستوى نشاط الحشرة.

يظهر الشكل الحد الأدنى والأعلى لحدود تحمل الحشرة لدرجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة. عندما تقل درجة الحرارة عن الحد الأدنى لتحمل الحشرة تتعرض الحشرة للموت ومع ارتفاع درجة الحرارة تزداد معدلات الأيض والنشاط حتى تصل إلى الذروة ثم يقل النشاط والنمو مع ارتفاع درجة الحرارة حتى تصل درجة الحرارة إلى أقصى حد يمكن ان تتحمله الحشرة. وتعرف درجة الحرارة المشار إليها بالسهم رقم (1) بالنقطة (أو درجة الحرارة) المميتة السفلى أو الدنيا ويشير السهمين (2، 3) إلى درجات الحرارة التي يتوقف عندها النشاط والنمو ويشير السهم رقم (4) إلى النقطة (درجة الحرارة) المميتة العليا أو القصوى.

وكما ذكرنا سابقاً تتأثر معدلات نمو الأطوار المختلفة بدرجة الحرارة وعلى سبيل المثال، إذا تم تعريض كميات من البيض، لنوع معين من الحشرات، إلى درجات حرارة متدرجة فسوف نلاحظ اختلاف فترة الحضانة مع درجة الحرارة السائدة في الوسط وسوف تظهر العلاقة بين درجات الحرارة وفترات النمو، كما في شكل (a8-4) أما العلاقة بين درجات الحرارة ومعدلات النمو فتظهر كما في شكل (b8-4) لأن معدل النمو يتناسب تناسباً عكسياً مع فترات النمو فمثلاً إذا كانت فترة الحضانة عشرة أيام فسوف يكون معدل النمو اليومي "10%" أو "10/1" وإذا كانت فترة الحضانة عشرون يوماً فيصبح معدل النمو اليومي "5%" أو "20/1" وهكذا.

الجدول (8-2): فترات الحضانة لبيض نطاط *Aiolopus thalasinus* تحت درجات مختلفة.

درجة الحرارة	متوسط فترة الحضانة
25	25.3
28	19.2
30	16.7
33	13.0
35	12.1

11.5	37
11.4	40

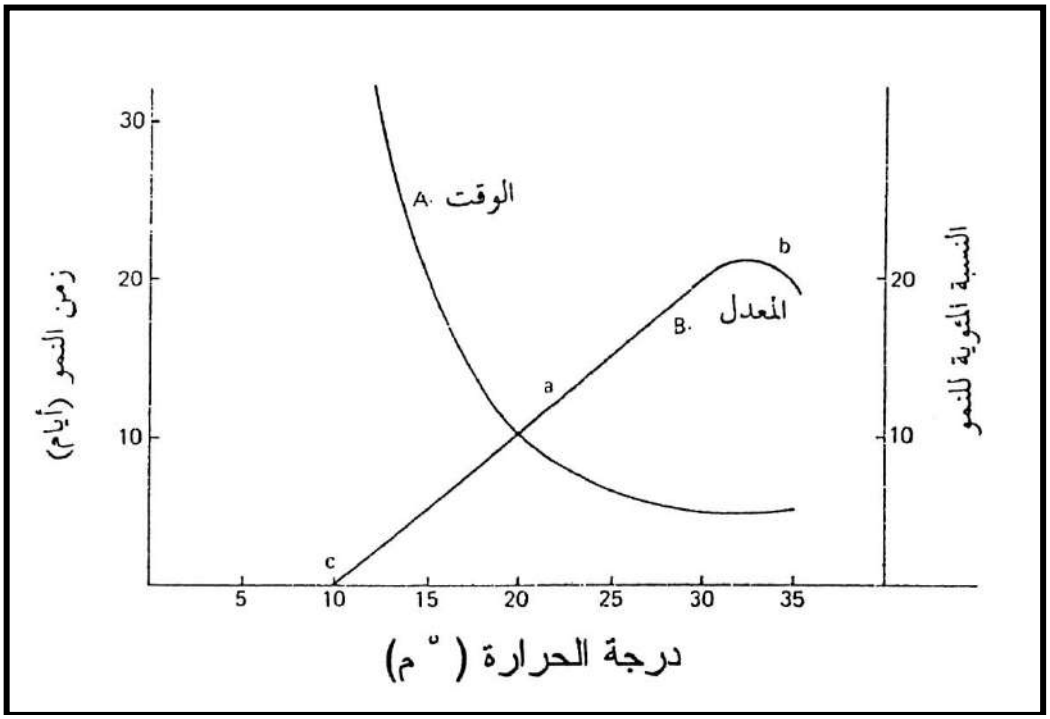
ويظهر الجدول انخفاض متوسط فترة الحضانة مع ارتفاع درجة الحرارة ولكن العديد من كتل البيض التي حفظت عند درجة حرارة عالية (°40م) لم تفقس بالرغم من اكتمال النمو الجنيني ويعزى انخفاض نسبة الفقس إلى عدم قدرة الجنين على كسر قشرة البيضة Shell نظراً لزيادة صلابة القشرة أثناء فترة التعرض للحرارة العالية.

درجة الحرارة الحرجة: Threshold temperature

يظهر منحنى النمو (الشكل 4-8) ثلاث مناطق مميزة: (1) المنطقة الوسطى ونلاحظ أن العلاقة بين درجات الحرارة والنمو والنشاط تمثل على شكل خط مستقيم أو بعبارة أخرى تتناسب معدلات النمو والنشاط تناسب طردياً مع درجة الحرارة في هذه المنطقة وهذه المنطقة تسمى بالمدى المثالي Optimum range، (2) والفترة الهابطة في المنحنى (b) تعني ان معدلات النمو تتباطأ مع ارتفاع درجة الحرارة حتى الوصول إلى درجة الحرارة المميتة العليا Upper Iethal temperature ، (3) النقطة التي يقطع عدنا منحنى النمو المحور الأفقي (النقطة C) تعرف بدرجة الحرارة الحرجة threshold temperature وهي درجة الحرارة التي يتوقف عندها النمو أو بمعنى آخر هي درجة الحرارة التي يكون عندها معدل النمو قريباً من الصفر.

الجدول (8-4): متوسط فترة أطوار الحورية لنطاط *Acrida pellucida* في أقفاص حقلية.

الشهر	متوسط درجة الحرارة	شهر الفقس	متوسط فترة الطور الحوري بالأيام
كانون الثاني	12.6	--	--
شباط	16.2	--	--
اذار	22.7	--	--
نيسان	24.6	--	--
ايار	27.3	ايار	80.5
حزيران	28.8	حزيران	69.6
تموز	27.5	تموز	69.6
اب	24.6	اب	77.5
ايلول	19.8	ايلول	92.5
تشرين الأول	13.5	تشرين الأول	--
تشرين الثاني	13.6	تشرين الثاني	--
كانون الأول	10.9	كانون الأول	--



الشكل (8-4): العلاقة بين درجة الحرارة ومعدلات وزمن النمو.

ودرجة الحرارة التي تتعرض لها الحشرة وتكون مرتفعة عن درجة الحرارة الحرجة تعرف بدرجة الحرارة الفعالة Effective temperature لأن معدلات النمو ترتفع عن الصفر عند التعرض لهذه الدرجة. فإذا كانت درجة الحرارة الحرجة لبيض أحد أنواع الحشرات هي 10°م (هذا يعني ان معدل نمو الجنين عند هذه الدرجة = صفر) وحفظ البيض في درجة حرارة 35°م فإن درجة الحرارة الفعالة تكون كالآتي:

درجة الحرارة الفعالة = درجة الحرارة التي يتعرض لها البيض – درجة الحرارة الحرجة = 35-10=25°م.

وتحتاج مراحل النمو إلى أوقات مختلفة عند درجات الحرارة المختلفة وأثناء هذا الوقت تتعرض الحشرة إلى كم معين من الحرارة يلزم للنمو وكمية الحرارة التي تحتاجها الحشرة لإكمال مرحلة معينة من النمو تقاس بوحدة تعرف بدرجات الحرارة اليومية Day degrees فوق درجة الحرارة الحرجة. ويمكن معرفة درجات الحرارة اليومية في المثال السابق كما يلي:

نفترض ان درجة الحرارة الحرجة هي 10°م.

وان البيض حفظ في درجة حرارة 35°م.

وأن فترة الحضانة هي 10 أيام.

فتكون درجة الحرارة الفعالة = 35-10=25°م.

وكمية الحرارة المطلوبة لإتمام نمو البيض (درجة يومياً) = 10×25=250 درجة يومياً Day degree فوق درجة الحرارة الحرجة (10°م) ويمكن التعبير عن هذه الكمية الحرارية كما يلي:

250 درجة يومياً / 10°م _____ 250 dd / 10

ويجب ملاحظة ان هذا الكم من الحرارة (250 درجة يومياً) هو الكم المطلوب للفقس (إتمام النمو الجنيني) عند أي درجة حرارة أخرى في المدى المثالي للحرارة ومن ثم يمكن التنبؤ بفترة حضانة البيض عند أي درجة حرارة أخرى.

وتعرف كمية الحرارة الكلية المطلوبة لإتمام نمو مرحلة معينة من دورة حياة الحشرة بالثابت الحراري Thermal constant.

ويستخدم مفهوم الثابت الحراري في التنبؤ بمعدل نمو الحشرات في الطبيعة، وتستعمل متوسطات الحرارة اليومية نظراً لأن درجة حرارة الحقل متغيرة:

$$\text{المتوسط اليومي لدرجة الحرارة} = \frac{\text{درجة الحرارة العظمى + درجة الحرارة الصغرى}}{2}$$

فإذا كانت درجة الحرارة العظمى هي (°40م) والصغرى (°20م) فيكون المتوسط اليومي لحرارة هذا اليوم هو:

$$\frac{20 + 40}{2} = 30°م$$

وهذا يعني ان البيض تعرض إلى (°10-30م) = 20 درجة يومية فوق الدرجة الحرجة.

وبما ان البيض في المثال السابق يحتاج إلى 250 درجة يومية لإتمام النمو الجيني فإن هذا البيض يحتاج إلى 20/250 يوماً لإتمام النمو الجيني (20/250= 12,5 يوماً). ولكن بشرط ثابت درجات الحرارة العظمى والصغرى في هذه المدة ولكن هذا نادراً ما يحدث في الطبيعة حيث تتغير درجات الحرارة الصغرى والعظمى من يوم إلى اليوم الذي يليه فإذا كان متوسط درجات الحرارة اليومية في البيئة في أيام متتالية من بداية وضع البيض هو 20°م، 21°م، 24°م، 28°م، 32°م، 35°م، 25°م، 30°م،30°م،40°م، 30°م، 35°م، 35°م، ... فان البيض في المثال السابق سوف يفقس بعد التعرض لكم من الحرارة = 250 درجة يومياً منذ لحظة وضع البيض (10 + 11 + 14 + 18 + 22 + 25 + 25 + 15 + 20 + 30 + 20 + 25 + 25 = 250 درجة يومياً). أي ان فترة الحضانة هي ثلاثة عشرة يوماً.

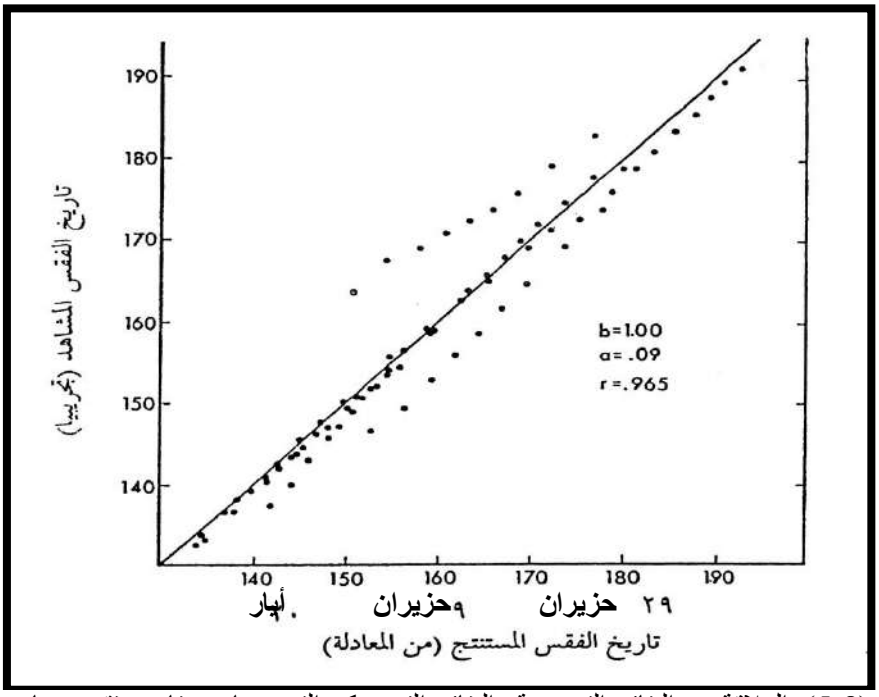
ولكن الطريقة السابقة تحتاج إلى بعض التحسين نظراً للأسباب الآتية:

1. تختلف درجة الحرارة على سطح النبات (حيث تتواجد الحشرة) عن درجة حرارة الهواء نتيجة لعملية النتح كما تختلف درجة حرارة السطح السفلى للورقة عن السطح العلوي نظراً لأن سطح الورقة السفلى لا يتعرض لحرارة الشمس المباشرة، فإذا كانت درجة حرارة الورقة (أو المسكن البيئي للحشرة) أقل من درجة حرارة الهواء وكان التنبؤ يعتمد على متوسطات درجة حرارة الهواء فسوف تكون فترة النمو "أقل" من الفترة الحقيقية في الطبيعة. إذا كانت درجة حرارة المسكن البيئي أعلى من درجة حرارة الهواء فسوف يتم النمو بمعدلات "أسرع" من المعدلات التي يتم التنبؤ بها.
2. بعض الحشرات تعرض أجسامها للشمس في الأيام الباردة فتمتص أجسامها كميات من الحرارة أعلى من درجة حرارة الهواء والعكس يحدث في الأيام الحارة حيث تحاول الحشرة الاختباء من حرارة الشمس في الأماكن الظليلة أو الرطبة.
3. أحياناً يكون المتوسط اليومي لدرجة الحرارة أقل من درجة الحرارة الحرجة.

ونظراً للأسباب السابقة يقوم الباحثون بعمل نماذج لنمو الأطوار المختلفة للحشرات وذلك بدراسة كل نوع على حده في الطبيعية واستعمال وحدة الدرجة اليومية لإكمال هذه النماذج، وعلى سبيل المثال توصل العلماء إلى نموذج يعتمد على الدرجة اليومية للتنبؤ بمستوى إصابة العائل النباتي بحشرة التربس *Gnophathrips fuscus*، كما يمكن ايجاد علاقة بين تراكم وحدات الدرجة اليومية ومعدلات وضع البيض والفقس.

ويمكن اختبار النماذج بمقارنة النتائج التي يتم التنبؤ بها من خلال النموذج الرياضي والنتائج الحقلية التي تم الحصول عليها من التجارب المعملية أو الحقلية وعلى سبيل المثال نمو مجاميع بيض جراد *Melanoplus sanguinipes* في الطبيعة حيث يمكن التنبؤ بتوقيت الفقس لبيض هذه الحشرة في الطبيعة والشكل رقم (8-5) يمثل العلاقة بين النتائج المتحصل عليها

تجريبياً والنتائج التي يمكن التنبؤ بها من النموذج الرياضي. ويتم اختبار النماذج بعمل بعض التحاليل الإحصائية البسيطة مثل تحليل الإنحدار Regression analysis وإيجاد معامل الارتباط Correlation coefficient وغيرها من الطرق الإحصائية.



الشكل (8-5): العلاقة بين النتائج التجريبية والنتائج التي يمكن التنبؤ بها عن تاريخ فقس مجاميع بيض *Melanoplus sanguinipes* في الطبيعة.

الأشعة فوق البنفسجية: Ultraviolet exposure

يعتبر التزايد في نسبة الأشعة فوق البنفسجية B "Ultraviolet B" "280-320 nm" التي تصل إلى الأرض نتيجة ثقب الاوزون من الموضوعات التي يتزايد الاهتمام بها نتيجة تأثيرها الضار على الكائنات الحية. ويؤدي تعرض النبات لتلك الأشعة إلى تغيرات كيميائية في النبات ومن ثم الأنواع التي تتفاعل مع النبات في البيئة، ويؤدي تعرض النبات للأشعة فوق البنفسجية إلى زيادة معدل إنتاج بعض المواد الفينولية ويتزايد الاهتمام بتأثير الأشعة فوق البنفسجية على النبات لأن النباتات هي الكائنات المنتجة في أول السلسلة الغذائية.

ان التغير في المحتوى الكيميائي للنبات نتيجة التعرض للأشعة فوق البنفسجية "B" يؤثر على الحشرات النباتية. وتم عمل نموذجاً لجهاز لإشعاع جرعات من الأشعة فوق البنفسجية "B" UV growth chamber، وقد استعمل هذا الجهاز في دراسة تأثير تعرض النبات لجرعات من الأشعة البنفسجية "B" على الحشرات التي تتغذى على هذا العائل النباتي وأظهرت الدراسة ان يرقات حشرة Lepidoptera: *Pieris rapae* تتغذى على كميات أقل من النبات في حالة تعرضه لجرعات عالية من الأشعة فوق البنفسجية "B".

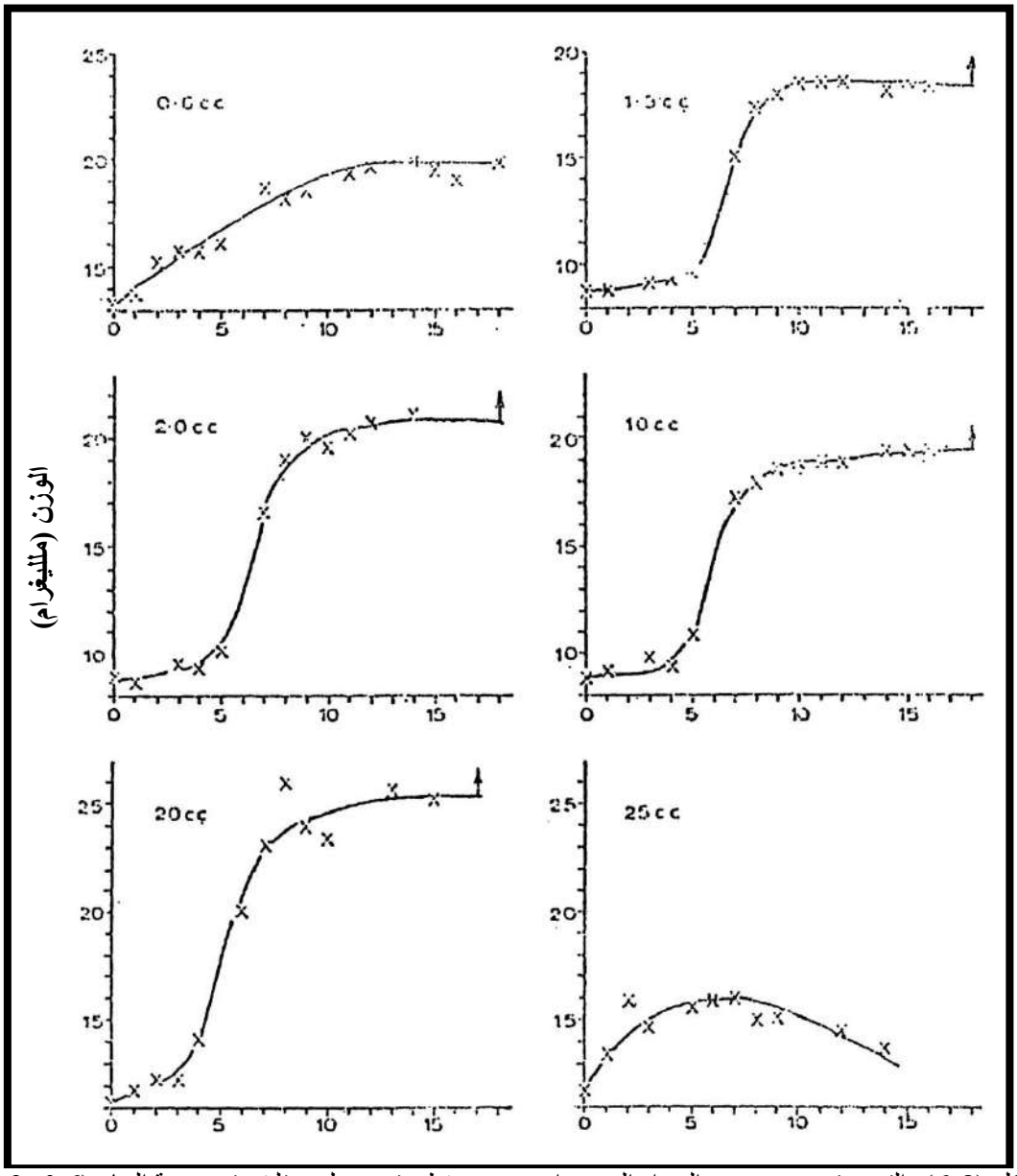
توازن الماء والرطوبة: Water balance and humidity

يشكل الماء حوالي 50-95% من الكتلة الحيوية Biomass ويعتبر الماء من أهم مكونات الكتلة الحيوية. والرطوبة النسبية RH هي النسبة المئوية الحقيقية لتركيز الماء في الجو بالنسبة إلى قيمة التشبع. ويفقد الماء من أجسام الكائنات الحية مع تغير درجة الحرارة ونسبة

الرطوبة في الجو. ويمكن ان تعوض الحشرات الفاقد من الماء بواسطة الشرب أو التغذية على مصدر غذائي يحتوي على نسب عالية من الماء. أما أطوار البيض والعذراء فيمكن تعويض الفاقد من الماء نتيجة العوامل الجوية بالماء الناتج من عمليات الأيض حيث ينتج كل ملليلتر مكعب من الاكسجين مما يعادل 0,56 ميكروجرام من الماء نتيجة اكسدة 0.5 ميكروجرام من الدهون. وفي بعض الحشرات تستخدم الطاقة الناتجة من عمليات الايض في التفاعلات الكيميائية المنتجة للماء إذا ما تعرضت لنسب منخفضة من الرطوبة.

لا توجد أي قاعدة عامة لوصف تأثير الرطوبة على نمو الحشرات حيث ان نسبة رطوبة الجو الطبيعية تتأثر بدرجة الحرارة السائدة بالإضافة إلى العديد من العوامل الأخرى مثل الكساء النباتي. وجد ان مراحل نمو بعض الحشرات تستجيب لتغيرات الرطوبة حيث تظهر معدلات مثالية للنمو عند نسب معينة للرطوبة تتراوح بين 30%-90% وهناك بعض الحشرات تظهر تأثراً طفيفاً أو غير ملحوظ مع تغير نسبة الرطوبة. بعض الحشرات تظهر زيادة في فترات نمو الأطوار اليرقية أو الحورية مع انخفاض أو ارتفاع الرطوبة النسبية عن نسبة معينة. والرطوبة المثالية لنمو الحشرة هي نسبة الرطوبة التي يصل فيها نمو الحشرة إلى أعلى معدل مع ثبات العوامل البيئية الأخرى (الغذاء – درجة الحرارة – الإضاءة ... الخ). وعموماً لا يتأثر البيض أو العذاري بنسبة الرطوبة الجوية. ومن الصعب دراسة تأثير درجة الرطوبة على نمو الحشرات في الطبيعة لأن نسبة الرطوبة الجوية تميل للتناسب عكسياً مع درجة الحرارة.

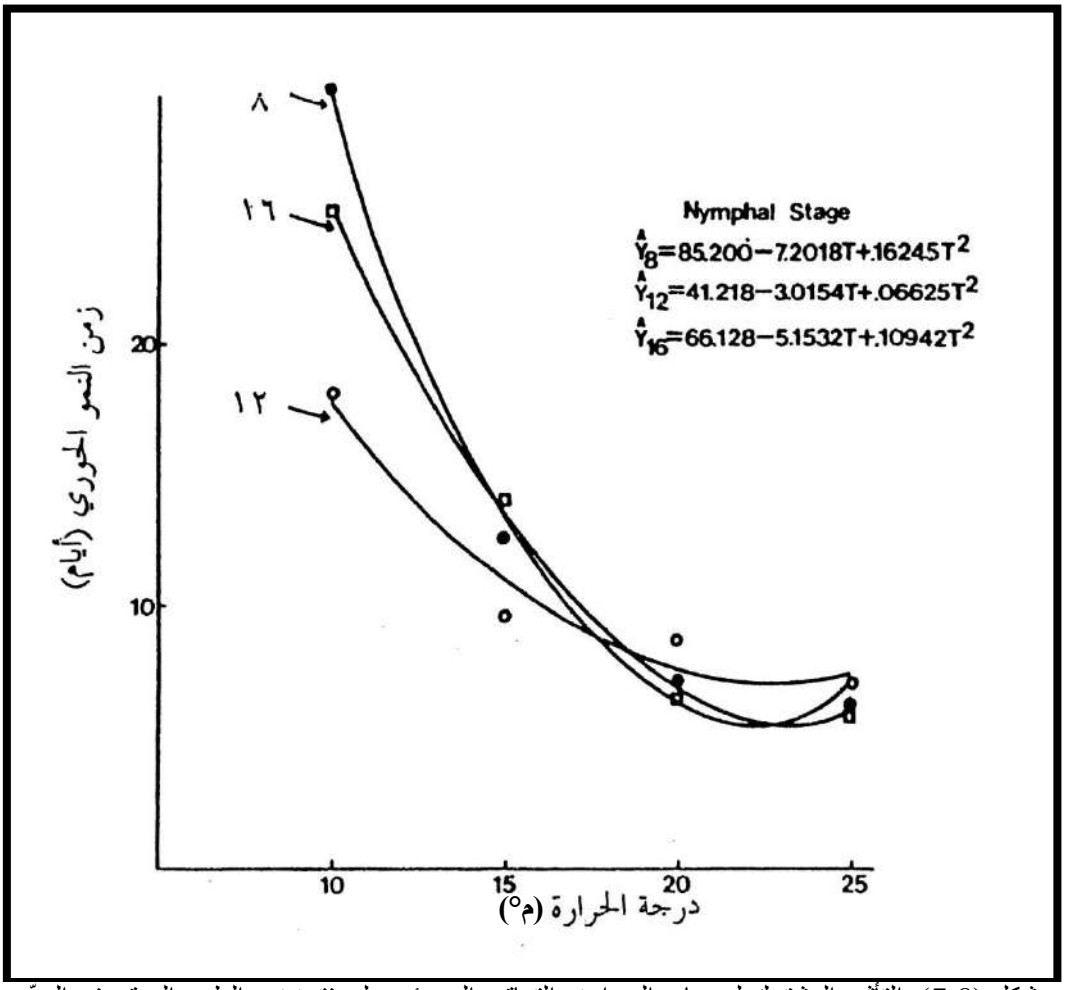
تتأثر معدلات نمو بيض الجراد والنطاط بدرجة تشبع الوسط الذي توضع فيه كتلة البيض ان تغير وزن بيض الجراد الصحراوي *Schistocerca gregaria* يتأثر بكمية الماء في الوسط (الرمل) حيث توضع كتل البيض (الشكل 6-8) بالإضافة إلى موت البيض عند وضع كتل البيض في الرمل المغمور بالماء أو الرمل الجاف أثناء فترات معينة من مراحل النمو. وفي دراسة عن تأثير الرطوبة فقس بيض الحلم من أنواع *Euselus finlandicus*، *Typhlodromus pyri*، *Kampimodromus abberans* أن الرطوبة تؤثر تأثيراً متفاوتاً على معدلات الموت والفقس في الأنواع الثلاثة.



شكل (8-6): التغير في وزن بيض الجراد الصحراوي عند حفظه في رمل يختلف في نسبة الماء (0,6، 1,3، 2,0، 10,0، 20,0، 25,0 سم^3 ماء لكل 100 غرام رمل). ويلاحظ عدم حدوث فقس عندما تكون نسبة الماء شديدة الانخفاض (0,6 سم^3 ماء لكل 100 غرام رمل) أو شديد الارتفاع (25 سم^3 ماء لكل 100 غرام رمل).

التعاقب الضوئي: Photoperiodism

يعتبر التعاقب الضوئي من العوامل البيئية التي تؤثر على معدلات نمو بعض أنواع الحشرات. بالإضافة إلى ان فترات التعاقب الضوئي (عدد ساعات الإظلام: عدد ساعات الإضاءة يومياً) تحور من تأثير درجة الحرارة على نمو الأطوار غير الكاملة لبعض الأنواع، والشكل رقم (8-7) يوضح تأثير عدد ساعات الإضاءة يومياً على معدلات نمو حوريات المنّ *Acyrthosiphon kondoi*، ويلاحظ من الشكل ان التعاقب الضوئي يؤثر على معدلات النمو عند درجات الحرارة المنخفضة.



شكل (8-7): التأثير المشترك لدرجات الحرارة والتعاقب الضوئي على فترة نمو الطور اليرقي في المنّ *Acyrthosiphon kondoi* (8، 12، 16 تعبر عن عدد ساعات الإضاءة اليومية).

كما يؤثر التعاقب الضوئي على عدد الأطوار اليرقية وخاصة في المناطق الباردة وفي دراسة على يرقات *Sesamia nonagrioides* ان التعاقب الضوئي الذي يستحث الكمون (10 ساعات إضاءة – 14 ساعة إظلام) يؤدي إلى حدوث انسلاخات إضافية.

كمية الغذاء ونوعه: Quantity and quality of food

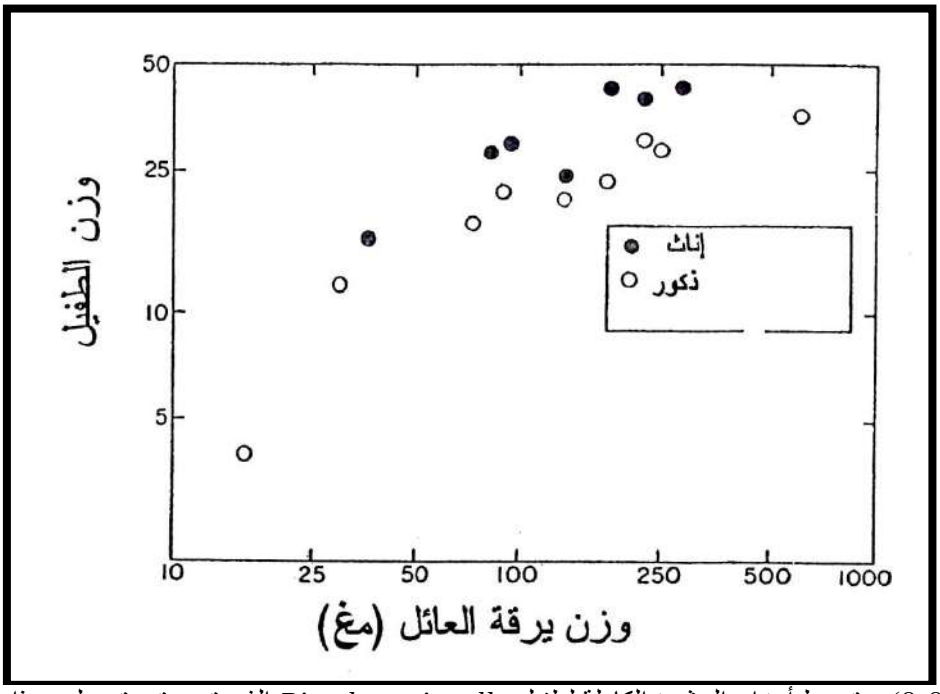
يعتبر الغذاء من أهم العوامل البيئية التي تحدد معدلات النمو في الأطوار غير الكاملة للحشرات وتعتمد صلاحية الغذاء على العديد من المعايير مثل التركيب الكيميائي للنبات ومرحلة النمو والخواص الفيزيائية مثل درجة نعومة النسيج النباتي وغيرها من الصفات الفيزيائية بالإضافة إلى مذاق النبات والذي يحدده التركيب الكيميائي للأنسجة النباتية والمواد المتطايرة من النبات وتؤثر هذه العوامل على أعضاء الحس في الحشرة في اتجاهين إما ان تمثل محفزات غذائية Phagostimulant أو محبطات غذائية Phagodeterrent.

يختلف تفضيل الحشرات للتغذية تبعاً لنوع الحشرة والعائل النباتي والحيواني (في حالة الأنواع المفترسة والمتطفلات الحشرية) ويعكس التفضيل الغذائي للحشرة تأثير الأنواع المختلفة للغذاء على النمو حيث أثبتت عدة بحوث ان الغذاء المفضل هو أكثر الأنواع ملاءمة لنمو وتطور الحشرة. ويختلف تفضيل الحشرات داخل الانظومات التصنيفية (مثل الأنواع التي تنتمي إلى جنس واحد أو فصيلة واحدة) لنفس العائل النباتي وعلى سبيل المثال نجد ان نطاط الأرز *Aiolopus thalasinus* يفضل التغذية على الحشائش Gramineae في حين ان نطاط البرسيم

المتشابه *Heteracris littoralis* يظهر أقل معدلات نمو على نباتات هذه الفصيلة. وتختلف الحشرات في عاداتها الغذائية. وعموماً يمكن تقسيم الحشرات تبعاً لتعدد عوائلها النباتية إلى أنواع متعددة العوائل النباتية Polyphagous، أنواع محدودة العوائل النباتية Oligophagous وأنواع أحادية العائل النباتي Monophagous حيث تتغذى المجموعة الأولى على العديد من العوائل النباتية أما المجموعة الثانية فيمكنها التغذية على عدد محدود من العوائل النباتية وتتميز أنواع المجموعة الثالثة بعدم قدرتها على التغذية في غياب العائل النباتي الوحيد. وتجدر الإشارة إلى أن الخطر الاقتصادي للحشرات يتزايد مع زيادة درجة التخصص الغذائي للحشرة.

تنمو الحشرات متعدد العوائل النباتية Polyphagous بدرجات متفاوتة على العوائل النباتية المختلفة وهناك العديد من البحوث التي تؤكد هذه الحقيقة وعلى سبيل المثال تراوحت فترة نمو الطور الحوري لبق الحشائش اللبنية *Spilostethus padurus* بين حوالي 14 يوماً (في حالة التغذية على بذور عباد الشمس و20 يوم في حالة التغذية على بذور البندق) بالإضافة إلى ان نوع الغذاء يؤثر على الوزن المكتسب للحشرة أثناء وفي نهاية فترات النمو. كما وجد أيضاً ان نمو المفترسات الحشرية يتأثر بنوع العائل وعلى سبيل المثال تراوحت فترات نمو الطور الحوري لبق الأزهار المفترس *Cardiastethus nazarenus* بين حوالي 26 و34 يوماً على عوائل مختلفة كما تأثرت أيضاً نسب موت المفترس أثناء فترات النمو بنوع العائل وتتأثر أيضاً معدلا نمو الطفيليات الحشرية بنوع العائل (الشكل 8-8).

ان دراسة تأثير المصادر الغذائية المختلفة على معدلات النمو قد تعطي نتائج مضللة إذا كانت الدراسة محصورة في فترة نمو معينة (مثل تأثير الغذاء على احد أو كل الأطوار غير الكاملة) أو حتى على جيل واحد والسبب في ذلك ان اليرقات التي تربى على غذاء يمكن ان تستمر، بشكل مؤقت، في النمو عند انتقالها إلى عائل أقل في الكفاءة الغذائية. وعلى سبيل المثال وجد ان يرقات الطور الخامس لحشرة *Profenia eridanea* التي يتم تغيير عائلها الغذائي في بداية هذا الطور من *Chenopodium album* إلى نباتي *Malus floribunda* و *Ulmus pumilia*تنمو بمعدل أسرع على نبات *Malus* في الطور الخامس ولكنها تموت في الطور السادس أما اليرقات التي تربى منذ الفقس على نبات *Malus* فيمكنها ان تكمل جميع الأطوار اليرقية حتى تصل إلى طور الحشرة الكاملة. وقد أثبتت بعض الدراسات ان بعض الأنواع متعددة العوائل النباتية مثل *Hyphantria cunea* لا تستطيع ان تستمر لعدة أجيال متتالية على أنواع معينة من العوائل النباتية بأن دراسة تأثير المصادر الغذائية المختلفة على معدلات النمو قد تعطي نتائج مضللة اذا كانت الدراسة محصورة في مرحلة معينة من النمو أو حتى في جيل كامل أو بضع أجيال.



الشكل (8-8): متوسط أوزان الحشرة الكاملة لطفيل *Pimpla turionella* الذي تمت تربيته على عذاري تسعة أنواع مختلفة من حرشفية الأجنحة (يعبر المحور الأفقي عن نمو العذاري باستعمال الوزن حيث يختلف متوسط وزن العذراء من نوع لآخر).

أوضحت بعض الدراسات ان معدلات نمو المفترسات والطفيليات الحشرية لا تتأثر فقط بنوع العائل، ولكنها تتأثر أيضاً بتغذية العائل حيث وجد ان أفراد العائل التي تتغذى على مصادر نباتية تحتوي على مواد مثبطة للتغذية Allelochemicals تؤثر سلباً على معدلات نمو المفترس أو الطفيل الذي يتغذى على هذه العوائل. فقد وجد ان بعض أنواع البق المفترس استغرقت وقتاً أطول في النمو بالإضافة إلى صغر حجم الحشرات البالغة عندما تغذت على فرائس تحتوي على مثبطات غذائية Allelochemicals موجودة في نبات الطماطم، ومن ناحية أخرى وجد ان بعض المفترسات الحشرية لها القدرة على التمييز بين أفراد العائل التي تغذت على مواد نباتية تحتوي على مثبطات النمو وهذا السلوك الذي يكتسبه المفترس يساعده على تجنب أفراد العائل التي تحتوي على هذه المواد.

تأثير العائل النباتي على تحمل الظروف البيئية القاسية:

Effect of host plant on the tolerance of severe environmental condition

يؤثر الارتباط بالعائل النباتي على مقاومة بعض الحشرات للانخفاض في درجة الحرارة وقد تم التوصل إلى هذه الحقيقة من خلال عدة دراسات على أحد أنواع المنّ *Myzus persicae* في انجلترا حيث أثبتت بعض الدراسات ان وجود المن على النبات يسبب نسبة موت عالية للمن نظراً لأن وجود المن على النبات يمكن ان يسبب الموت عند الانخفاض الشديد في درجة الحرارة نتيجة تجمد العصارة النباتية أثناء مرورها في أجزاء الفم. بالإضافة إلى ملاحظة أفراد المن الميتة معلقة على العائل النباتي وأجزاء الفم داخل أنسجة النبات ولكن أحدث الدراسات المتاحة أثبتت عدم صحة هذا الفرض فعند تعريض المنّ *Rhopabsiphum padi* إلى درجات حرارة منخفضة (-5°م، -10°م) في وجود وغياب العائل النباتي وجد ان الطور الحوري الأول وكذا الحشرة الكاملة تقاوم درجات الحرارة المنخفضة عندما تكون ملامسة للعائل النباتي وقد أرجع المؤلفون زيادة مقاومة الحشرة للبرودة في حالة ملامستها للعائل النباتي إلى سبب سلوكي حيث تستغرق الحشرات غير الملامسة للنبات وقتاً أطول للبحث عن العائل أثناء الانخفاض الشديد في درجة الحرارة بينما تكون الحشرات الملامسة للنبات في وضع

يساعدها على بدأ التغذية والنشاط مع بداية تحسن الظروف المناخية وعموماً يمكن ان نقول ان ميكانيكية تأثير العائل على مقاومة الحشرة للبرودة موضوع يحتاج إلى المزيد من البحث.

جامعة الموصل
كلية الزراعة والغابات/ قسم وقاية النبات

المرحلة: الرابعة
المادة: بيئة حشرات نظري
الدكتور: عبدالجبار خليل ابراهيم

المحاضرة الخامسة عشر