

جامعة الموصل

كلية الزراعة والغابات

قسم وقاية النبات

بيئة الحشرات (الجزء النظري)

للمرحلة الرابعة

أعداد

الأستاذ المساعد الدكتور

محمد يوسف سيد غني

2025 - 2024

المحاضرة الاولى

الفصل الأول

علم البيئة Ecology

لقد مررت 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 ويخترع منها غذاءه، كما تعايش مع سقوط الأمطار والتلوّح وهبوب الرياح وتعاقب الفصول وغيرها من التغيرات في العوامل البيئية المختلفة.

ومع التقدم الذي شهدته الإنسان في مجالات الحياة المختلفة استطاع ان يتکيف في مكان معيشته وغذائه خلال محاولة تفهمه لما يحيط به من كائنات حية وعوامل البيئة غير الحية تدل الشواهد المستمدة من دراسة المتحجرات التي جمعت من باقى مختلف من العالم على الهجرة المستمرة لبعض الأقوام والمجتمعات السكانية هروبًا 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 كالبعد بالآلهة 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 أسمهم البابليون بإنشاء بيئة اصطناعية مثل بناء الجنائن المتعلقة لتماثل البيئة الجبلية والتي تعد إحدى عجائب الدنيا السبع.

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

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، وهي مجتمعة أم منعزلة، آكلة لحوم أم آكلة حشائش، مستقرة أم مهاجرة. ثم جاء ثيو فراستس تلميذ أرسطو (372-287 ق.م) والذي عده بعض العلماء عالم البيئة الأول إذ جاء بمعلومات تخص النباتات ومجتمعاتها في البيئات المختلفة ودرس النباتات وب بيئاتها بطريقة تصنيفية، فقد درس الطرز النباتية أو الأشكال النباتية من حيث علاقتها بالارتفاع والرطوبة والعرض للضوء.

لقد كتب العلماء العرب العديد من المراجع والمؤلفات ذات العلاقة بالبيئة، فقد كتب الجاحظ (873-968م) تصنيفاً للحيوانات على أساس عاداتها وب بيئاتها، وبذلك يعد أول الذين تطرقوا عن أثر البيئة في الكائنات الحية.

كما يعتبر الرازمي (950-985م) أول من طبق عملياً علم البيئة في الطب إذ درس العلاقة بين موقع 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 رايت Reiter في عام 1865 المصطلح Ecology والمستمد من المقطع اليوناني oikos والذي يعني بيت أو مسكن المعيشة، والمقطع Logos يعني دراسة أو

المحاضرة الأولى

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

ثم أعقبه العالم الألماني أرنست هيكيل 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 علمًا هاماً ومفيداً في حل العديد من المشاكل التي تواجه الحياة في هذا العصر. ولقد بات واضحًا 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 أعواام الستينيات 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 واحتلال بالتوازن البيئي مما جعل الانتباه يتوجه 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 المضطرب للنظام البيئي الطبيعي من أبرز التطورات العلمية التي ظهرت في السبعينيات من القرن العشرين.

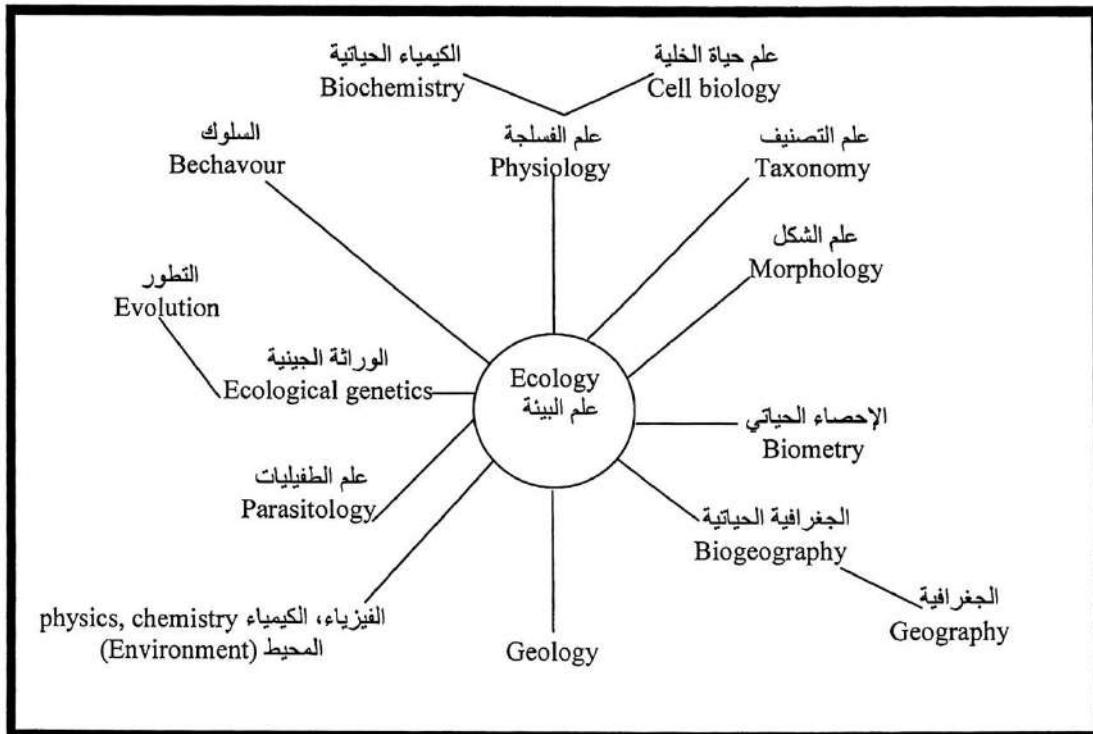
وقد تزايدت هذه الأهمية لعلم البيئة بسبب تعاظم التأثير السلبي للأنشطة البشرية المتعددة على عناصر النظام البيئي مما يؤدي إلى الإخلال بالتوازن البيئي الطبيعي.

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، والفالسجة، 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) محیط المعيشة:

يرتبط علم البيئة ارتباطاً وثيقاً في المكان وما يحويه من نظم حياتية. وعند النظر على الكورة الأرضية نلاحظ نوعين متبابعين من المحیط Environment وهو الماء الذي تشكل أكثر من (70%) من الكورة الأرضية واليابسة تمثل المتبقى 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 ثلاثة 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 بيئه المصبات: Estuarine Ecology

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

ج- علم بيئه المياه العذبة: Fresh water Ecology

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

2- علم بيئه 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 الموضع 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. | 4. بيئة الأدغال Weeds Env. |
| 2. بيئة المحاصيل Crop Env. | 5. بيئة البساتين Greenland Env. |
| 3. بيئة المراعي Grassland Env. | 6. بيئة المدن Urban Env. |

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

1. بيئة اللبان. 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 بكتيريا القولون، أو دراسة بيئة أشجار اليوكانتوس.

2. علم البيئة الجماعي: Syneiology

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 وعددأً:

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 Ecophysiology
2. علم البيئة الجغرافي Geographical Ecology
3. علم بيئة المتحجرات Paleoecology

المحاضرة الاولى

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 رئيسيين 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 آخر 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 وبعد 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 تخصل 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 تشارك الأحياء في العيش في موطن واحد فإنها تتفاعل بينها بصورة معقدة جداً إذ يتقرر بموجبهابقاء 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 الكثولية. 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 وتکاثرها في ذلك النظام البيئي.

من السهل تحديد النوع السائد في الأنظمة البيئية البسيطة التي تحتوي على نوع أو نوعين سائدين في كل مستوى اغذائي. في حين الأنظمة البيئية المعقدة يكون من الصعوبة تحديد الأنواع السائدة 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 وال العلاقات 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 السلسل الغذائية، وقد تكون تفاعلات أخرى أكثر تأثيراً ولا تتضمن التغذية بالضرورة. وبعضها يكون تعاونياً ونافعاً لواحدة أو أكثر من الجماعات المترادفة، بينما يكون بعضها الأخرى تنافسياً أو محدداً للجماعات المترادفة. وتمثل التفاعلات التعاونية بالتعايش Commensalism وتبادل المنفعة Mutualism . والتي تعد أنماطاً متخصصة للتكافل Symbiosis فایجابية وكما يأتي:-

أولاً: العلاقات السلبية Negative relationships

وتشمل:

المحاضرة الاولى

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 العائد 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 التناصي كثيراً ما يتضمن المكان والغذاء والضوء والتعرض للمفترسات والأمراض وغيرها. قد يحدث التنافس بين نوعين أو أكثر فيسمى التنافس البينوعي 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 الآخر في ذلك المكان ويجبره على الرحيل إلى مكان آخر.

3. قد يجبر أحد النوعين المتنافسين على استخدام غذاء من نوع آخر من مورد آخر.

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

2- الاقتراس Predation

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

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

ب. تساهم بعض حالات الاقتراس في تنظيم المجتمعات والوصول إلى حالة التوازن البيئي. ج. يعد الاقتراس عامل رئيسي في الانتخاب الطبيعي Natural selection إذ ظهرت الدراسات ان الاقتراس يزيل بصورة اختيارية الحيوانات المعمدة والمريضة أو المصابة والضعيفة من جماعة الفريسة. فعند إزالة تلك الأفراد والتي يمكن اقتناصها من الجماعة، في حين تكون الحيوانات النشطة 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 الأداء، أو من خلال التكيفات السلوكية والمظهرية مثل تغيير اللون وأطلاق 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

المحاضرة الاولى

تشمل العلاقة التغذوية كون كائن حي يعيش بــاح او على جسم كائن حي آخر بحيث يستمد غذاء منه وبذلك يؤدي ضرراً له يصل إلى حالة الموت.
لذا يتشارك مفهوم التطفل مع مفهوم الافتراض، عندما يُؤدى، التطفل، الى الموت

قد يكون الطفيلي طفيليًّا مؤقتاً كما في حالة قرادة الخشب، أو قد يكون طفيليًّا مقيماً بصورة دائمة كما في حالة الدودة الشريطية. أما الضرر الذي يسببه الطفيلي للمضيف فقد يكون ضئيلاً نسبياً أو ضرراً معيناً ومتقاوتاً وقد يصل أحياناً إلى الموت. يكون التغذى Host ظاهرة شاملة في جميع الكائنات الحية فقد يشمل الحيوانات والنباتات.

4- التضاد 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 كفالتها من الضوء

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

ثانياً: العلاقات الايجابية Positive relationships

يطلق على الارتباطات الوثيقة المختلفة بين الكائنات الحية من أنواع مختلفة مصطلح التكافل Symbiosis والذى 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 وموقع التعلق التي تنمو فيها خلايا الطحالب، وتقوم الطحالب بانتاج الغذاء ل نفسها وللفطريات معاً.

كما ان العلاقة بين جذور النباتات البقولية وبكتيريا ثبیت النتروجين، إذ تجهز الجذور موطنًا لمعيشة البكتيريا، وتجهز البكتيريا النتروجين للنبات بعد ثبیته على هيئة نترات تستطيع جذور النباتات امتصاصه.

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

بـ- 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 القرش بواسطة قرص محجمي قوي ويتم نقلها على

المحاضرة الاولى

نحو واسع وبصورة سريعة بواسطة الفاصلية 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 أن عدد من الكائنات الحية الكبيرة يمكن ان توفر موطن أو ملجاً للكائنات حية أخرى. فمثلاً الأشجار الكبيرة في الغابات تعد موطنًا لعدد من الحيوانات التعايشية لأنواع مختلفة من الطيور، إذ تسكن فيها وتتكاثر وتضع بيوضها وتربى افراخها دونضرر لتلك الأشجار.

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

تبين الأنواع Species diversity

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

1- مملكة الطلائعيات Kingdom Monera

وتشمل البكتيريا 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 الأنواع فيها هو (100) ألف نوع.

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

وتتشمل:-

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.

هـ. نباتات ذوات الفلقتين ويوجد فيها (170) ألف نوع.

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

يتأثر التنوع الاحيائى بالعديد من العوامل وهي:-

1. حدوث التغيرات الفيزياوية لموطن الكائنات الحية وبعض الاضطرابات الطبيعية. مثل حدوث حريق أو هبوب عواصف قوية، أو تدفق فجائي للمياه إلى بركة.

2. التغيرات في الظروف البيئية كدرجة الحرارة وسقوط الأمطار وتجهيز المغذيات.

3. التنوع الكبير في إحدى المستويات الاغذائية وزيادة في التنوع لمستوى اغذائي آخر. التحسن الكبير في عناصر البيئة مثل تربة غنية بالمواد العضوية حين تتمثل العلاقات التنافسية أو المحددة بالاقتراس Predation والتغذى Parasitism بما في ذلك الأمراض المعدية بجميع أنواعها، والتنافس Competition والتضاد Amensalism أو التضاد الحيوي Antibiosis.

المحاضرة الاولى

بصورة عامة يمكن اختصار جميع هذه العلاقات والتدخل بين الأنواع بالعلاقات السلبية
والعلاقات الـ .4

الفصل الثاني

قوانين التحمل والعوامل المحددة

Tolerance laws

يتأثر توزيع الكائنات الحية وانتشارها على الكره 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 الانواع 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 اليوكانبتوس. وهناك أنواع أخرى تعيش في منطقة محددة أي أنها محدودة الانتشار وذلك لعدم تحملها لبعض العوامل البيئية مثل الدبية وأشجار النخيل والبلوط والجوز واللوز.

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

ويمكن القول ان وجود أي كائن حي أو مجموعة من الكائنات الحية واستمرارها في بيئه 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 لييج 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 لييج Liebig على ان المواد الأساسية المتوفرة 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.

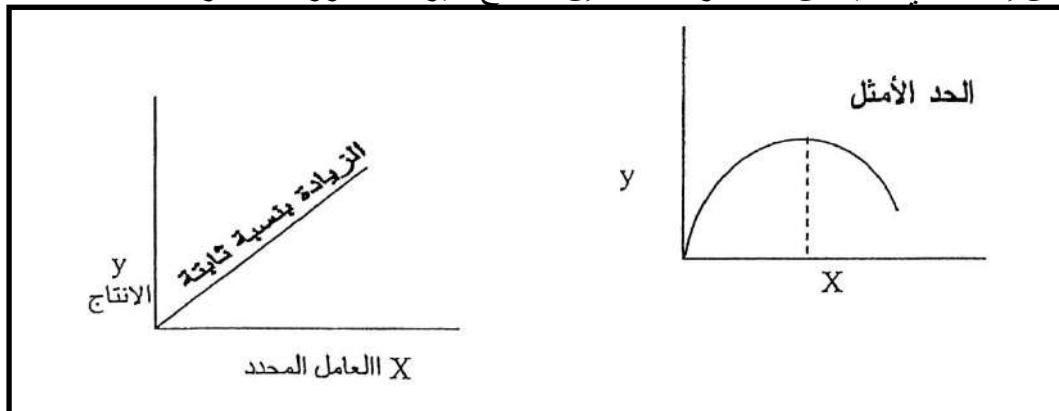
لذا سمي قانون لييج بقانون الحد الأدنى Law of minimum.

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

إذ عرف factor limiting العامل المحدد بما يلي:-

"إن 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 مضطربة ثابتة.



بعض الباحثون بعدئذ ليشمل عوامل مختلفة أخرى كالعامل الفيزياؤية مثل الضوء والعامل الكيمياؤية والبيولوجية فضلاً عن عامل الزمن.

لحد الأعلى Shelford's law of the maximum

جد الكائن الحي في موطن ما على أمور عدة، كما ان غياب الكائن الحي أو بـ موطن ما يمكن السيطرة عليه خلال زيادة ان ونقصان نوعاً أو كماً لبعض نـ ان تقترب من حدود التحمل لذلك الكائن.

عرف هذا القانون (ان بقاء أو عدم بقاء الكائن الحي في موطن ما يعتمد على معقدة وان زيادة كمية أو نسبة أي من العوامل لتقترب من حدود تحمل اع٥).

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

لمثال ان ارتفاع درجات الحرارة أو زيادة شدة الضوء أو زيادة كمية سقوط
ي إلى القضاء على العديد من الكائنات الحية التي لا تتحمل هذه الزيادات
لقد مهد قانون التحمل الطريق إلى تفهم الحدود التي يمكن ان تعيش فيها
ية الراقية منها والواطئة في الطبيعة مما ساعد على إدراك توزيع الأحياء
ية 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 إيجابياً 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 والاقتراس 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

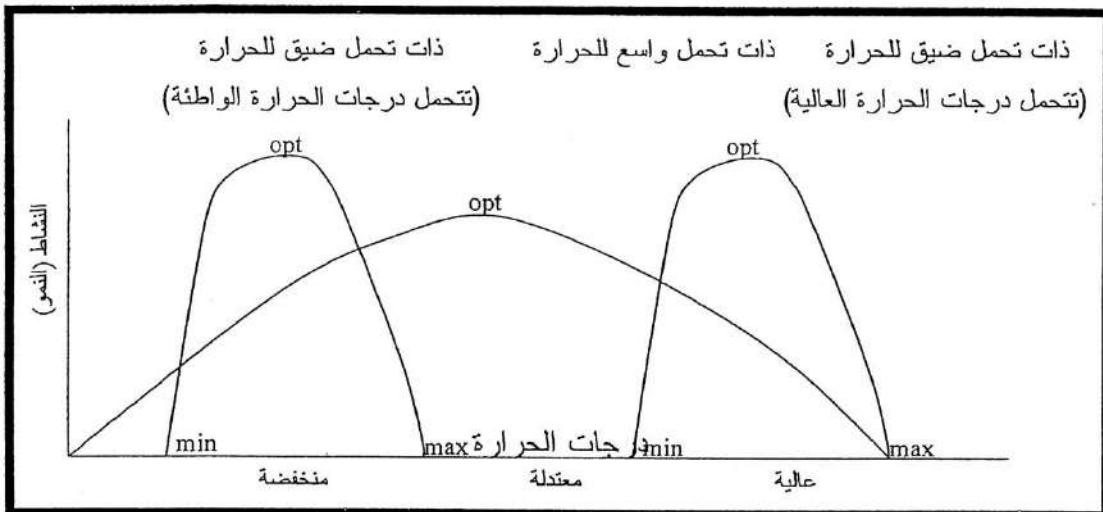
هناك قانون آخر يتعلق بالعوامل المحددة ومستويات التحمل وهذا القانون ينص على:
(ان بقاء الكائن الحي أو عدمه يعتمد على مجموعة من العوامل والظروف البيئية المتباينة، وان
أي من العوامل إذا اقترب من حدود التحمل أو تعداه يقال عنه يمثل العامل المحدد).

المحاضرة الثانية

أي ان العوامل المختلفة من حيث الكمية والنوعية يجب ان تتوارد بحد ادنى 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 مثلاً 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 تحمل 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 بالإضافة إلى كونها صيغة التحمل (Steno) أو تكون واسعة التحمل (Eury) وكما يلي:

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

العوامل المؤثرة ذات الأهمية كعوامل محددة:

ستنطرب هنا إلى العوامل البيئية اللاحياتية الفيزيائية منها والكيميائية 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 الأيضية Metabolism لكل الكائنات الحية كالتنفس والتفاعلات الإنزيمية المختلفة.

يلاحظ ان لكل كائن حي درجة حرارة مثلية 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.

المحاضرة الثانية

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: وتتوارد في منطقة ما بين النهرين دجلة والفرات في وسط العراق ويتراوح معدل سقوط الأمطار السنوي ما بين (200-100 ملم).

3. المنطقة المتوجة: وتقع شمال منطقة السهول ويتراوح معدل سقوط الأمطار السنوي ما بين (500-200 ملم).

4. المنطقة الجبلية: وتشمل منطقة السلسل الجبلية في الشمال والشمال الشرقي من القطر ويتراوح معدل سقوط الأمطار السنوي ما بين (700-1200 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 (290-5000) ملليميكرون أما الضوء فهو جزء من ذلك الإشعاع ويقع بطول موجي يتراوح بين (380-760) ملليميكرون.

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

1. الضوء مصدر للطاقة المهمة في عملية البناء الضوئي.

2. يعمل على بناء الكلوروفيل والصبغات الأخرى وبذلك يكون مسؤولاً عن تلوين النباتات والحيوانات.

3. ضروري للإبصار فبدونه تتغير أوضاع الكثير من الأحياء وتصرفها.

المحاضرة الثانية

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 للتواتق اليومي أو الفضلي 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، طبوغرافية الأرض، الكساد الخضري، كثافة الغيوم وجود الضباب والدخان والغبار.

ان الجزيئات الصلبة المنتشرة في الهواء (الغبار 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 جزيئات الدخان وترسبها بشكل طبقة أو غشاء رقيق على أوراق النباتات فتحجب كمية الضوء اللازم لعملية البناء الضوئي.

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

نوعية الضوء: Light quality

يتألف الضوء (الجزء المرئي من الأشعة) 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 الكلورو菲ل.

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 تأثيرها 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

المحاضرة الثانية

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

بـ- نباتات النهار القصير Short-day plants

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

جـ- 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، الفاصولياء، زهرة الشمس، القطن).

رابعاً: الغازات Gases

تعتبر من العوامل البيئية المهمة في البيئات الأرضية والمائية على حد سواء، إذ تعد كميات الأوكسجين المتوفرة عاماً مهماً للتنفس وهو ضروري للنبات والحيوان والإنسان على حد سواء. وإن ازدياد معدل التنفس يؤدي إلى زيادة تركيز غاز أوكسيد 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 أوكسيد الكاربون بحدود (0,03%) وكما هو معروف فإن CO_2 يعتبر عامل أساسى مهم في عملية البناء الضوئي. ويصبح الأوكسجين محدداً كلما تعمقتنا في التربة أو التربة الغدقة. تختلف الحالة في البيئات المائية لأن كميات الأوكسجين O_2 تذوب في الماء.

وبذا تكون في متداول أحياء مائية متعددة 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 أوطاً منها للحيوانات المساوية لها في الوزن، فعندما يحدث تناقض بين النباتات والحيوانات على الأوكسجين المتاح فإن، الحيوانات تموت قبل النباتات بسبب نقص الأوكسجين.

خامساً: التربة Soil

تعد التربة إحدى العوامل المهمة وأساسية لنمو الكائنات الحية وانتشارها. فالنباتات تمد جذورها في التربة لتحصل على الماء والعناصر الغذائية. كما ان التربة تعتبر موطنًا *Habitat* للأحياء المجهرية وللحيوانات مثل دودة الأرض والحيوانات الحافرة. وعند تواجد النباتات في التربة فسوف تتوارد 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 كالبكتيريا والفطريات والطحالب والابتدائيات.

تشكل التربة من تفتقن الصخور ويشارك في تكوينها الماء والهواء والأحياء المختلفة. التربة إذن عبارة عن تلك الطبقة السطحية من القشرة الأرضية التي تكونت خلال عملية تفتقن الصخور إلى جزيئات صغيرة تشمل كلًاً من جزيئات الرمل Sand والغررين Silt والطين Clay.

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

1. الدقائق المعدنية Minerals وهي الرمل والغررين والطين وتشكل نسبة 45%.

2. المادة العضوية Organic mater وتشكل نسبة 5%.

المحاضرة الثانية

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 مbazل 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 الملحي هي الترب التي تجتمع 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 مليموس/سم).

للملوحة تأثيرات فسلبية على النباتات وهناك مدى تحمل للملوحة يختلف من نوع نباتي إلى آخر. وتسمى النباتات التي تنمو في الترب الملحة Halophytes وكلما كان النوع النباتي ذا تحمل أكثر للملوحة كان مدى الملوحة للتربة التي ينمو عليها أوسع وأكبر. كما وتعتبر الملوحة عاملًا مهمًا 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 (0,5-30 جزء بالألف) هي مياه موبلحة Brackish water.

3. المياه التي ملوحتها أكثر من (30 جزء بالألف) هي مياه مالحة Saline water.

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

سابعاً: درجة الاس الهيدروجيني: PH

تبعد أهمية درجة الاس الهيدروجيني بشكل أوضح في مواطن خاصة مثل التربة حيث تعيش فيها الأحياء المجهرية كالبكتيريا والفطريات وجذور النباتات الراقية. وكذلك له أهميته في البيئة المائية. وتتراوح قيم الاس الهيدروجيني في المياه الطبيعية بين (4-9) 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 الأرضي 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 ويعن 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

المحاضرة الثانية

اللماح 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.

Nutrients: المغذيات:

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

1. المغذيات الكبيرة Macronutrients هي كبيرة مثل الكARBون، الهيدروجين، الأوكسجين، النتروجين، الفسفر، الكبريت، الكالسيوم، البوتاسيوم، والمغنيسيوم.

2. المغذيات الدقيقة Micronutrients وتشمل المنغنيز، الزنك، النحاس، البورون، الكلور، والموليبديوم، والحديد.

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

ان كلاً من هذه العناصر المغذية لابد وله دور أو وظيفة في إحدى العمليات الإيكولوجية 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.

تعتبر المغذيات عوامل محددة سواء في التربة أو في البيئة المائية، غالباً ما تشكل العناصر المغذية لكل من النتروجين والفسفور عوامل محددة في التربة. كما أن بعض المغذيات وخاصة الدقيقة منها والتي يحتاجها النبات والحيوان بتركيز قليل 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.

Tenth: الحرائق: Fires

تعتبر الحرائق إحدى العوامل المهمة المؤثرة في بيئه 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 أحدهما طبيعياً كالبرق، أما الآخر فهو بفعل الإنسان.

قد يكون الحرائق في بعض الأحيان مفيدةً لبعض المناطق مثل إزالة الأنواع النباتية غير المرغوب فيها أو القضاء على بعض الأمراض النباتية ومسايباتها.

تكون بعض الأنواع النباتية أكثر مقاومة للحرائق 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: تتم هذه الحرائق بسرعة لتشمل الأعشاب والشجيرات على سطح التربة.

المحاضرة الثانية

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.

الفصل الثالث

طرق دراسة علم بيئه الحشرات

عند البحث عن أفضل الطرق لدراسة بيئه الحيوانات والحشرات ينظر إلى الموضوع بمدى واسع وشمولية مقوله 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 منأخذ 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 الحالياً؟ المهم هو دراسة الحيوان من الوجوه البيئية بحيث تقرر لنا مسیرته في الطبيعة من ناحية الغذاء والمكان والجو وعلاقته بالحيوانات والنباتات الأخرى المحيطة به. وفي كل الأحوال فإن دراسة البيئة تتطلب على تحليل عناصر المحيط الذي يعيش به الحيوان لنفس أسباب كثرة أو قلة تكاثره وتقرر 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 اوجه فسيولوجية وسلوكية معينة حسب طبيعة البحث وأهدافه. وتدرس هذه الأوجه على مدى واسع بحيث لا تكون الدراسة مقتصرة على المختبر بل تتعداه إلى العقل. أي على العلماء البيئيين ان يكونوا علماء طبيعين.

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

ثالثاً: دراسة عدد الحيوانات في المجتمع المنتحب للدراسة وعلى العموم يجب ان يتميز البيئيون بعقل ذات رياضة ومرنة علمية في التفكير والإبداع واختيار أفضل الطرق في البحث علينا ان نعرف ان لكل مسألة ظروفها الخاصة فلا يجوز القلق الحرفي والاستساخ 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 المشغل في علم البيئة يجب ان تكون لديه معلومات جيدة الاحصاء وسبل كتابة البحوث بطريقة سهلة وممتعة واضحة. ويجب ان تتميز بحوث البيئة بالتدريج والتسلسل والوضوح لأن البيئة بطبيعتها علم به تداخل شديد تحتاج بحوثه إلى توضيح وتنظيم وتسبيب.

ان علم البيئة الشامل يتميز بدراسة التوزيع الطبيعي للحيوان Distribution وغزارتها 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 المواطن التي 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 المواطن بسهولة تمييزه عن غيره من المواطن. أما النوع Niche الذي يقع ضمن المواطن فهو المحل الذي توجد به مجموعة من الأحياء تعيش بعضها وتعرف من خلاله علاقة هذه الأحياء من ناحية الغذاء والأعداد.

وعليه فإن هناك ثلاثة مستويات أو قوانين في البيئة:

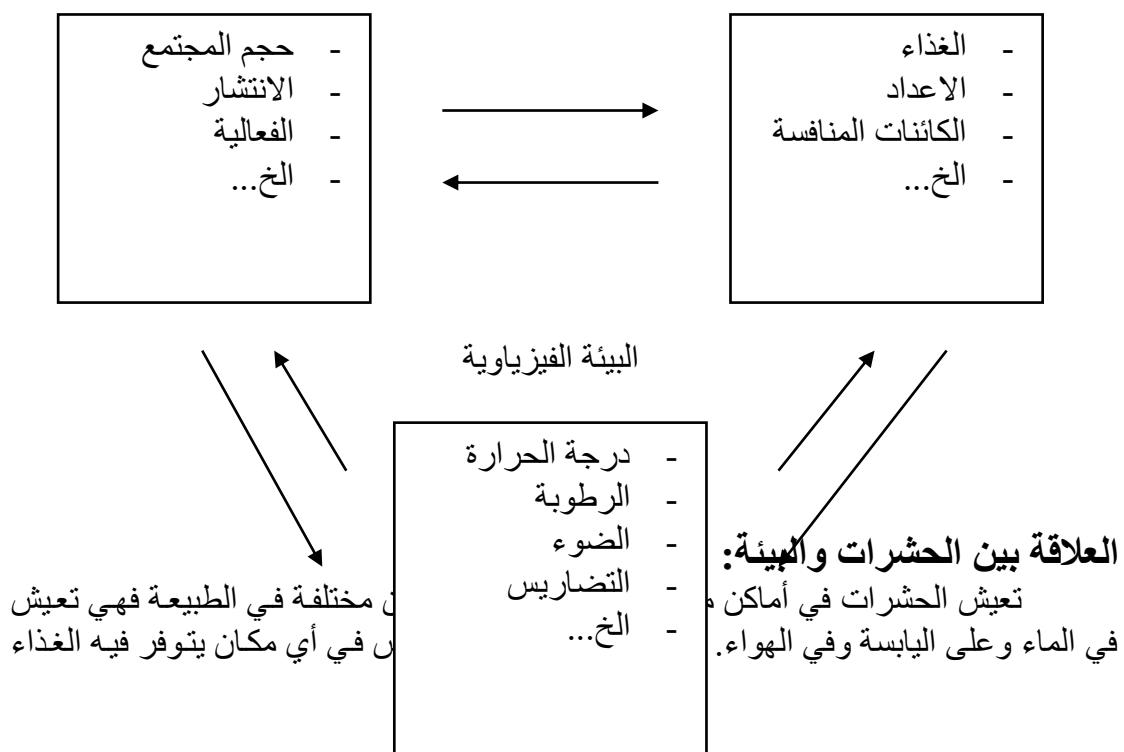
المحاضرة الثالثة

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 بيئه المجتمعات Population Ecology.

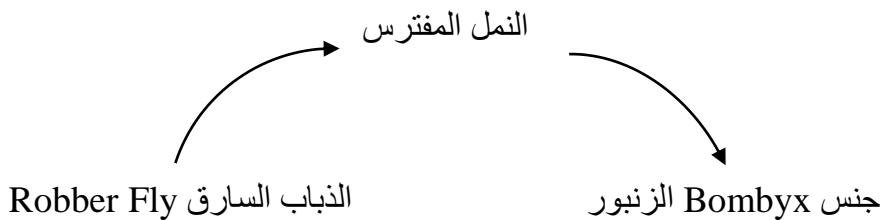
ثالثاً: القوانين التي تتحكم في المجتمعات Communities أو هي القوانين التي تتحكم بمجموعات متداخلة مع بعضها. وكما هو معروف فإن الانتقال في المعرفة من الجزء إلى الكل هو الطريق السليم للمعرفة ف تكون دراسة علم البيئة على ضوء هذه القوانين تتمثل بالتسلسل النازل لهذه القوانين أي نعرف علم بيئه المجتمع من خلال فسلجة وسلوك الأفراد ونعرف المجتمعات من خلال علم بيئه المجتمع وهكذا. ونظرا لأن هذه القوانين تشمل مواضع كثيرة تحتاج إلى معرفة و زمن كبيرين فان علم بيئه الحشرات يعني بمواضع المستويين الأول والثاني وإن ما يدفعنا بهذا الاتجاه هو توفر كثير من العلوم التي درست حولهما فهناك دراسة جيدة للفسلجة وتاثير الحرارة والرطوبة والغذاء والمسكن (القانون الأول) ودراسات حديثة عن حركة المجتمعات الأنواع وعن التوزيع والانتشار بالنسبة للأنواع الحشرية المهمة كما تتتوفر معلومات جيدة عن التزاحم والاقتراض 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 (بيئه المجتمعات) فهي التي تتحكم في نوعين أو أكثر من الأحياء يتغذيان على نفس النوع من الغذاء ويحتلان نوحاً واحداً ولهم نفس المفترسات أو المتنفلات.

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 لكتل معين في زمان معين لظروف ممتازة اتيحت له كغيب مفترس أو متطفل أو ملامضة جوية ممتازة أو توفر كميات كبيرة من الغذاء) في حشرة معينة في سنة معينة؟ لماذا تعيش حشرة السوننة 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:-
المجتمعات
البيئة الاحيائية



حيث ان لها قابلية تكيف كبيرة للبيئات المختلفة. ان الحشرات تعيش في بيئات ومجتمعات معقدة نوعاً وكما في ذلك هناك فريسة يتغذى عليها مفترس Predator أو متطفل Parasite و هناك مفترس أو متطفل ثانٍ 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 محیطها في أكثر الأحيان كخلايا النحل واعشاش النمل والارض. وان الزنابير التي تبني خلاياها عليها ان تختر نوعاً معيناً من التربة ويكون بناءها بهندسة خاصة. كل هذه المهارات هي لايجاد البيئة التي تحميها من الظروف القاسية المحاطة بها. وتتجدر الإشارة إلى ان مهارة الحشرات لا تعني انها حيوانات مفكرة او عاقلة بل انها تقوم بهذا الصنع الدقيق بدافع الجوع او المحافظة على الجنس واعمالها هذه غريبة غير تفكيرية ولا عاقلة. وكما في زنابير الحشرات المعقدة هناك نوعاً من الزنابير من الجنس Bombyx والذي هو في طبيعته حساس لدرجات الحرارة العالية ولذلك فهو يحرق 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 فإن 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 الخناfers وجدت تعيش على سينانيد الهيدروجين. ومن احسن الأمثلة التي يمكن ضربها بهذا الخصوص هو تكيف الحشرات لسموم المكافحة المختلفة والعيش دون تأثير هذه السموم عليها بعد ظهور المقاومة فيها. وعلى العموم فإن 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، وللذين قد تمر الحشرة باحدهما أو كلاهما.

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

السبات الصيفي Aestivation: وبالعكس فعند ارتفاع درجة الحرارة تلجم 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 محطيتها 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 الانتسار، 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 غذاءً قليلاً وملجاً بسيطاً كما يجعلها بعيدة عن متناول الأعداء الأكبر حجماً. هذا بجانب التلون والمحاكاة Mimicry أي تشبه الحشرة جزء أو شوكه من النبات وغيرها من الوسائل التي تجاهه بها الحشرة محطيها وأعداءها.

خامساً: التشكل Metamorphosis: تتر福德 الحشرات عن بقية الكائنات الأخرى بطريقه نموها حيث ترتبط دورة حياتها، القصيرة نسبياً، بأطوار مختلفة الأشكال (البيضة واليرقة والعذراء والحشرة البالغة) حيث يتيح هذا النمط من التشكل للأطوار المختلفة فرصه 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 العالمية High Fecundity والاقتدار الاحياني Biotic Potential العالي للحشرات: تعتبر الخصوبة العالمية، 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 الأرض مئات الآلاف من البيض.

ويقدم الذباب المنزلي أبرز الأمثلة على الكفاءة التناسلية العالمية للحشرات. إذ لو قدر لأنثى وذكر منه ان يتزاوجا عند بداية شهر نيسان وأمكن لنتائج هذا التزاوج ان يحييا باكمله إلى شهر آب لأصبح عدد أفراده خلال هذه الفترة (1.91×10^{19}) فرداً (والذي يتخذ عادة كمعدل للتکاثر الغریزی للحشرات) تكفي لتغطية سطح الأرض إلى 47 قدمًا. ومما يزيد من الكفاءة التناسلية للحشرات هو اقتدارها الاحياني، فبجانب اقتدارها البقائي Survival Potential الذي أسفلناه والمتمثل بشكل وحجم وتركيب جسم الحشرة وتألقها والسبات ودوره في تنظيم نمو المجتمعات، وتحويرات الموطن والقدرة على الطيران والهجرة والانتشار والتركيب الاجتماعي وتوزيع العمل وال العلاقات التعاونية للحشرات مع بعضها ومع الكائنات الأخرى، فإن الاقتدار الاحياني المتمثل بشكل خاص بتنوع طرق التكاثر وغزارته هو أبرز ما تتمتع به الحشرات من أسباب النشوء والسيطرة في الطبيعة.

تتكاثر معظم الحشرات تكاثراً جنسياً حيث تضع الأنثى أعداداً كبيرة من البيض تكفي للمحافظة على النوع لأجيال متعاقبة وبأعداد وافرة. بالإضافة لذلك فإن بعض الحشرات تتکاثر تكاثراً لا جنسياً فتضع الأنثى غير المخصبة أفراداً تحافظ بها كذلك على النوع وتدعم نموه كما في أنواع من 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 Sarcophagidae بيرقات بدل البيض حيث يفقس البيض أثناء مروره داخل آلة وضع البيض. وتضع بعض حشرات ذات الجناحين مثل جنس Pupipara وانثى ذبابة التسي تسبي Glossina عذاري بدل البيض حيث يحدث النمو اليرقي داخل رحم الأم المتكون من حجرة عضلية كبيرة نشأت غالباً كأشاع في المهبل وتحوي هذه الحجرة على عدد تقرز مادة غذائية لليرقة التي يكتمل نموها في هذا المكان لتحول خارجه إلى عذراء وذلك بمجرد ان تلدها الأنثى.

المحاضرة الثالثة

ومن مظاهر الاقتدار الاحيائي للحشرات هو ان بعض المتطفلات من رتبة غشائية الاجنحة تتميز بظاهرة انقسام نواة البيضة انقساماً اعтикаً فيتكون من كل نواة ناتجة عن هذا الانقسام كتلة من الخلايا المتلاصقة في صورة توئية 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 بعض الآلاف 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 العذاري حيث يحصل نمو فقط في أعضاء التنااسل دون بقية أعضاء الجسم التي لم تأخذ بعض خصائص الحشرة البالغة. يطلق على هذه الظاهرة توالد الأطوار غير الكاملة أو توالد الصغار Peadogenesis ومن الأمثلة على ذلك هو نمو البراعم التنااسلية Gonads ليرقة Gonads من جنس Miaster ليتكون بداخلها خلايا تنااسلية ينشأ عنها يرقات صغيرة تنهش احشاء الأم ثم يحدث داخل هذه اليرقات نفس الظاهرة السابقة إلى ان يتوقف نمو البراعم التنااسلية ليرقات جيل من الأجيال فتحول هذه اليرقات إلى طور العذراء.

تنزوج الحشرات الكاملة الناتجة من هذه العذاري لتضع بيضاً مخصوصاً بنفسه 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 وتکاثرها كما يأتي:-

أ- عوامل الاقتدار الحيوي وتشمل:

1. الكفاءة التنااسلية وتشمل، عدد البيض، نسبة الفقس، مدة الجيل، النسبة الجنسية.
2. الاقتدار الباقي: 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 طفيلييات 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 المنطق 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 و سيئة. وتتميز هذه المنطقة بأن عدد أفراد النوع فيها قليل.

ثالثاً: المنطقة الخارجية (المنطقة ج 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

المحاضرة الثالثة

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.

ج
ب
أ
ب
ج

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 محددة لمراعي الأغنام حيث هناك نوع واحد من الحشيش الأخضر في الصيف والذي لا يستطيع هذا الجراد أكله 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 41 إلى 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 عاملًا 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 تأثير 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 تقربياً على مر السنين ويعتبر هذا مثال جيد على التوزيع المثالي للحشرة في محيطها.

المحاضرة الرابعة

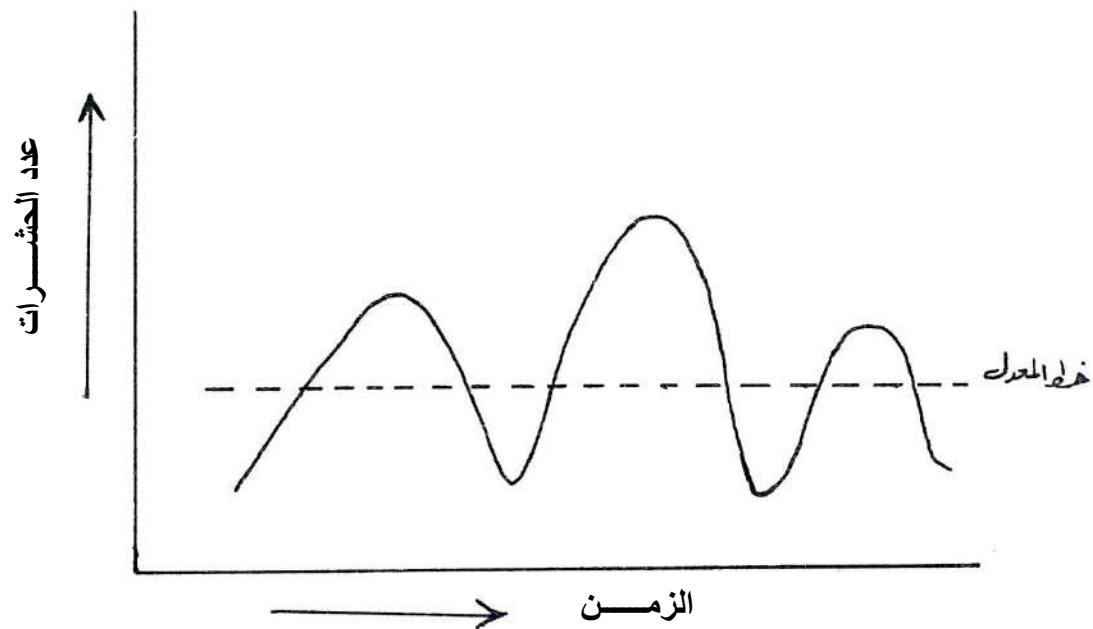
قابلية التكاثر الغريزي للحشرات

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

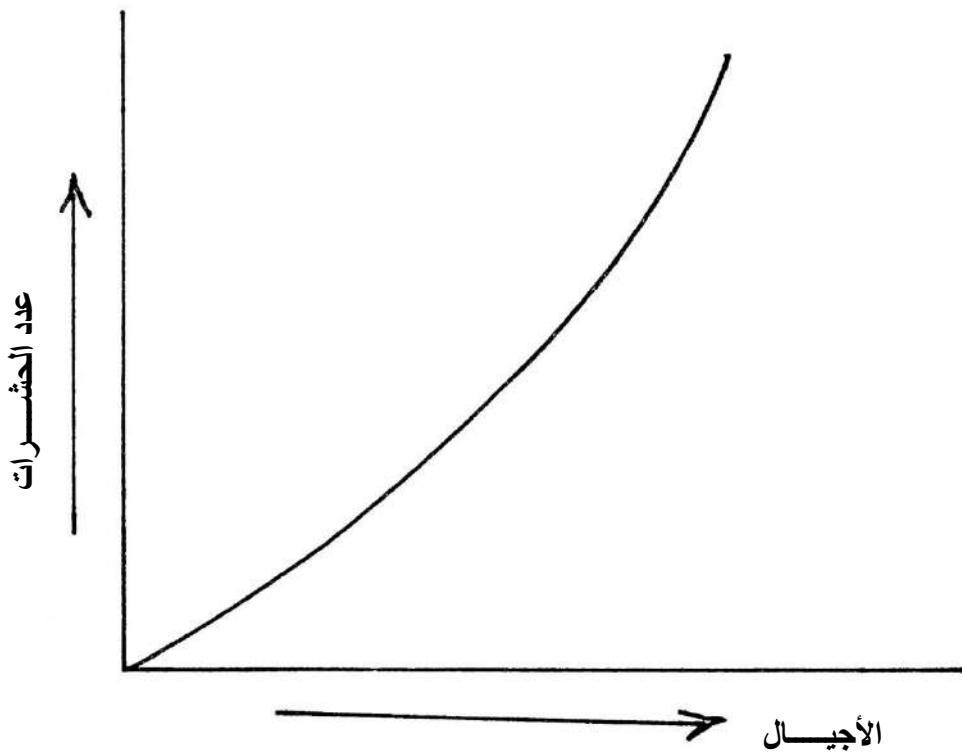
تختلف الأنواع في عدد الأجيال التي تتكون في السنة حسب طول دورة الحياة وقابلية وضع البيض وعدد البيض الموضوع في كل مرة الخ. وقد وضعت قوانين رياضية لقياس التكاثر الفطري أو الغريزي ويعتبر الرقم 1.91×10^{19} والذي أشير إليه سابقاً دليلاً على القابلية الفائقة للحشرات على التكاثر. ولكن هذا الرقم لم تصله أي من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

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

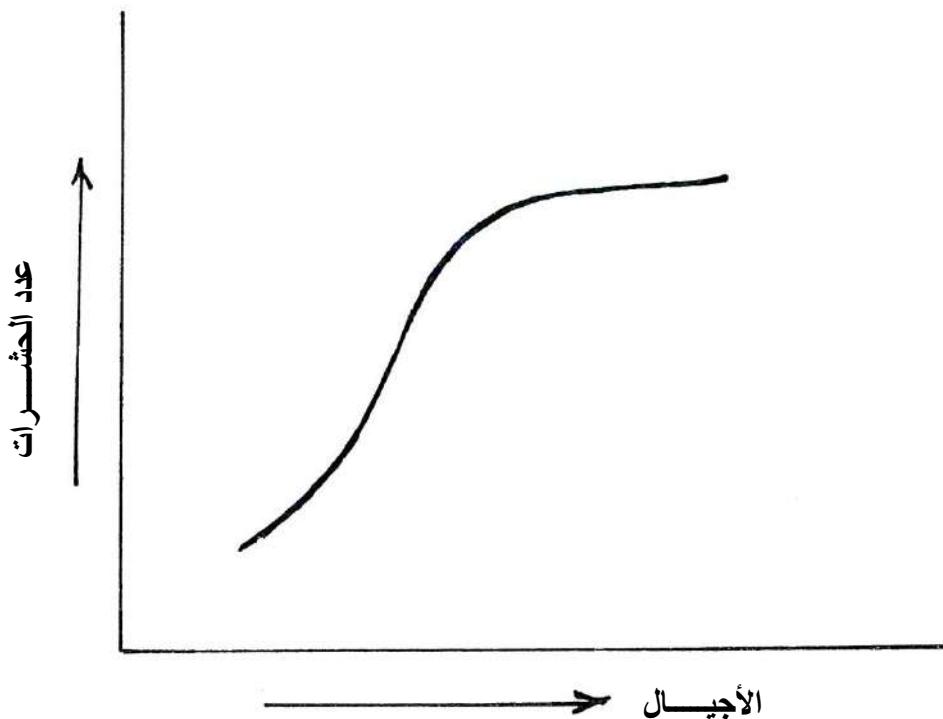
أما الخط البياني النظري لتكاثر الحشرات فيكون بشكل منحنى أسي Exponential Curve كما في الشكل (2-3) وذلك لأن تكاثر الحشرات من خلال غزارته، يتبع متداولة هندسية. ولكن في الظروف البيئية وتأثيرها على النوع سوف لا نجد الخط البياني ابداً بهذا الشكل بل سوف يكون على شكل منحنى نبغي شكل (3-3) ذلك لأن الخط البياني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



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



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



الشكل (3-3): يمثل المنحنى الواقعي لتكاثر النوع في الحشرات
وعند اخذ لوغاریتم عدد الحشرات مع الزمن يصبح المنحنى الاسي النظري بشكل مستقيم شكل (4-3). فإذا كان انحدار الخط المستقيم يساوي واحداً ف يعني ان تكاثر النوع يزداد بصورة غير معوقة من قبل عوامل المحيط لأن كل زيادة في الزمن تقابلها زيادة مماثلة في

المحاضرة الرابعة

لو غاريتكم عدد الحشرات (وهذا شيء مثالي لا يحدث إلا في المختبر في أحيان نادرة جداً). وكلما قل الانحدار فإنه يدل على تكاثر متأثر بمحيط الحشرة وتبيّن درجة انحداره معدل تأثير المحيط عليها. وإذا وصل الانحدار إلى الصفر فيعني أن ليس هناك تغيير 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.

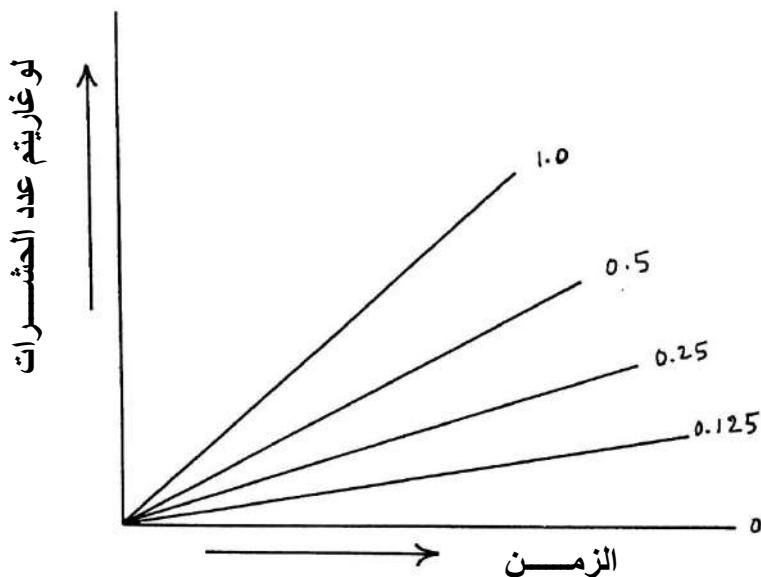
إن معدل التكاثر يرمز له r (r) وهو الفرق بين معدل الولادات ومعدل الوفيات. وهناك معادلات معقدة كثيرة لحساب هذا المعدل تأخذ الظروف المختلفة للبيئة بنظر الاعتبار وقدرة الحشرة على التكاثر ودرجة تأثيرها بعوامل المحيط، لا مجال لوضعها في هذا الكتاب. وعلى العموم عندما يزيد نمو المجتمع زيادة ثابتة في وحدة الزمن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

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

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) فإن معدل التكاثر في هذا المجال المجتمع يكون:

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

أي عشرة بالمائة في السنة.



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

إن معدل النمو السريع في عدد الحشرات يحدد عوامل عديدة منها المفترسات والمتطلبات والمناخ القاسي وقلة إنتاج الإناث وقلة الغذاء. في كل بيئه 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.

المحاضرة الرابعة

قابلية الاعاشة: Carrying Capacity

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

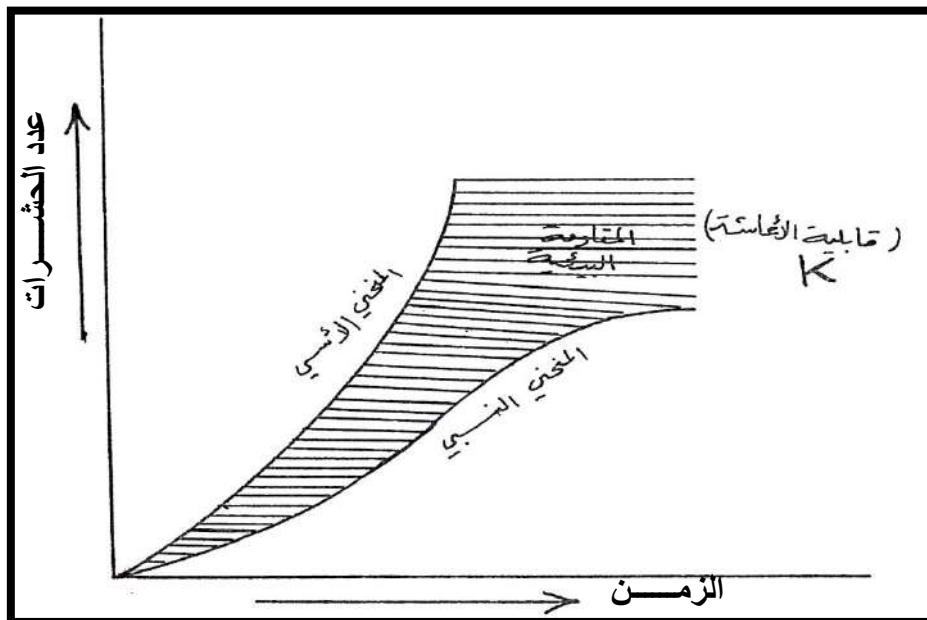
$$\frac{dN}{dt} = rN \frac{(K - N)}{N}$$

فعد اقتراب عدد أفراد المجتمع (N) من قابلية الاعاشة للبيئة (K) فان قيمة $\frac{(K - N)}{N}$

تنقص وبالتالي يقل معدل التكاثر وهكذا إلى ان يساوي عدد أفراد المجتمع قابلية الاعاشة ($N=K$) حيث يصبح معدل التكاثر صفرأ.

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

.Environmental Resistance



الشكل (5-3): 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 لنوع 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 زراعتها بزيادة الغذاء أو تهيئه عوامل مثالية أو تحسين العوامل البيئية الأخرى.
رابعاً: اختلاف تأثير عوامل المحيط على التكاثر.

المحاضرة الرابعة

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 تتدخل الأجيال فيجب معرفة تأثير العمر على الولادات والوفيات. وهناك فترات معينة تتمكن الإناث التكاثر بها أما في بقية عمرها ف تكون غير بالغة أو كبيرة العمر لا تتكاثر. وللحصول على معلومات دقيقة فإن أحسن طريقة لتقدير التكاثر هوأخذ أفراد فاقسة لتوها وتسجيل الملاحظات عنها حتى موت آخر فرد منها.

ان أفضل وأحدث وسيلة للحصول على معلومات وافية تردد 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 (1-3) 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 يُعرف بنسبة التعويض الصافية Net Replacement Rate (أي ان الأنثى الأم أنتجت بالمعدل ثلاثة إناث) ولذلك يكون هناك زيادة في المجتمع. أما المجتمع المستقر ف تكون فيه نسبة التعويض الصافية (1.0) أي ان الأنثى الأم تعطي أنثى واحدة فقط أي ان المجتمع يبقى محافظاً على أعداده بلا زيادة.

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

العمر في بداية احتمال البقاء للحشرة	عدد الإناث المتوقعة	التوقع التكاثري
(L _X M _X)	(M _X)	(L _X)

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

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 والصحراء وكثير من الحالات في المناطق الاستوائية) فان زيادة الأعداد جيلاً بعد جيل أو فصلأ بعد فصل أو سنة بعد سنة يتمثل بمعدل الزيادة للأفراد مضروباً في عدد الأفراد عند بدء الموسم وتكون المعادلة في هذه الحالة كالتالي:-

$$N_1 = \lambda N_0$$

حيث ان λ (لامبدا) تمثل معدل الزيادة، N_0 هي حجم المجتمع عند بدء التجربة، N_1 هي حجم المجتمع بعد جيل أو فصل.
ويكون حجم المجتمع في الفصل أو الجيل الثاني كالتالي:
وهكذا بقية الأجيال:

$$N_2 = \lambda^2 N_0$$

$$N_3 = \lambda^3 N_0$$

$$N_4 = \lambda^4 N_0$$

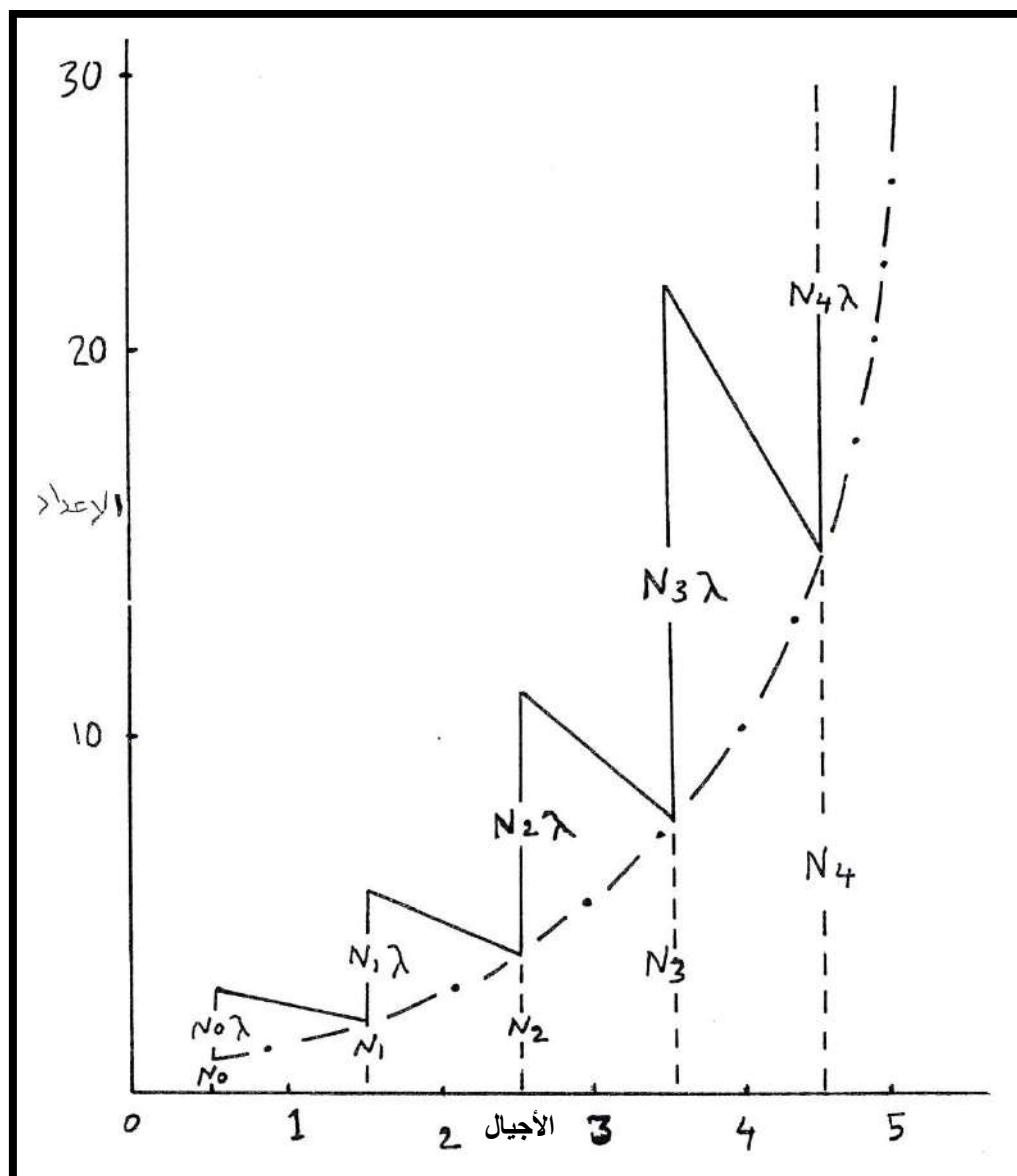
$$N_t = \lambda^t N_0$$

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 او 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.



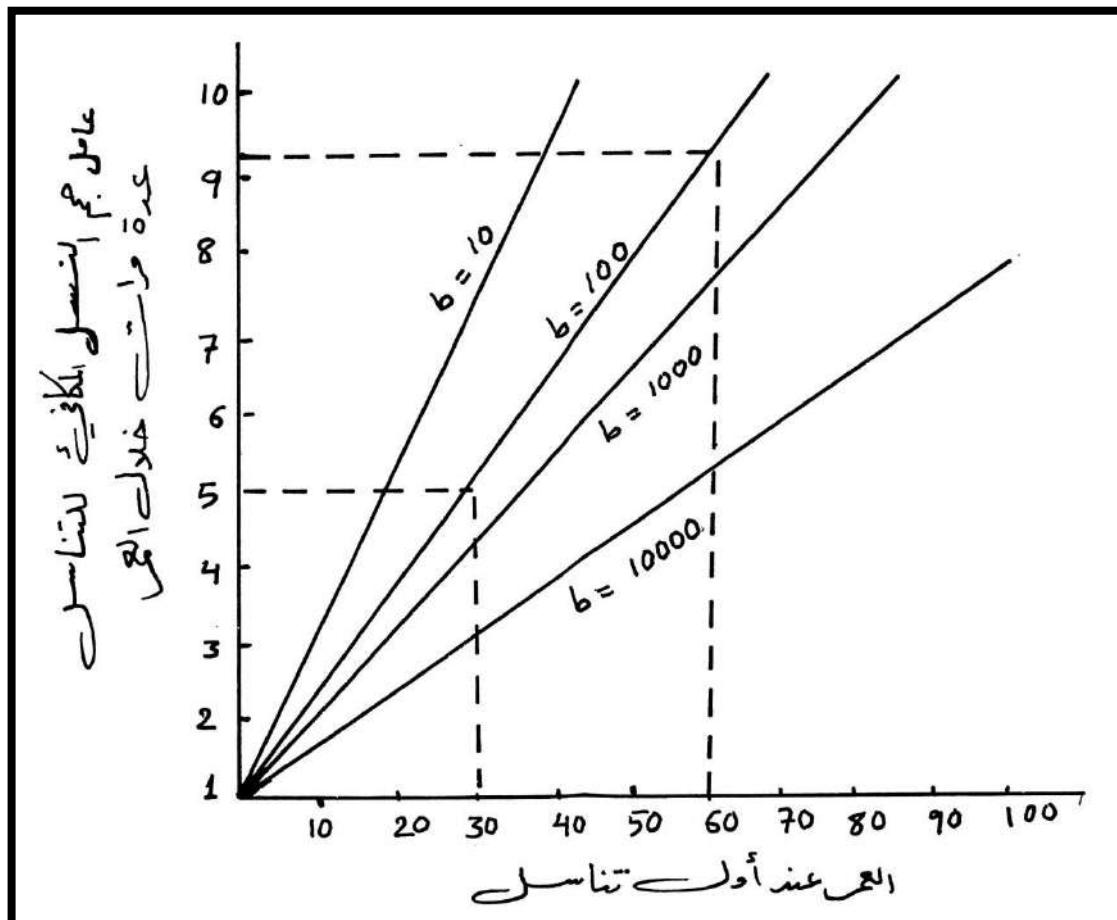
الشكل (3-6): نمو المجتمع في حالة التكاثر الموسمي حين تموت جميع أفراد الجيل السابق قبل موسم التكاثر اللاحق.
 N هو عدد الأفراد للأجيال المختلفة، λ هي معدل الزيادة للأفراد في الجيل الواحد.

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

- ما هو عدد النسل الذي تنتجه الأنثى بالمعدل في كل فترة من عمرها.
 - عدد الأفراد الموجودين في كل عمر أو في كل فئة من الأعمار.
- ويمكن ان تبسيط 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 او النوع خلال فترات طويلة من الزمن وانما يعمل الانتخاب الطبيعي على زيادة r من خلال التغيرات في تاريخ الحياة وبالفارق في التكاثر بين المجتمعات والأنواع. وعند مقارنة التناسل مرتاً واحدة في العمر Semelparity بالتناسل عدة مرات خلال العمر Iteroparity على نمو المجتمع. الشكل (7-3).

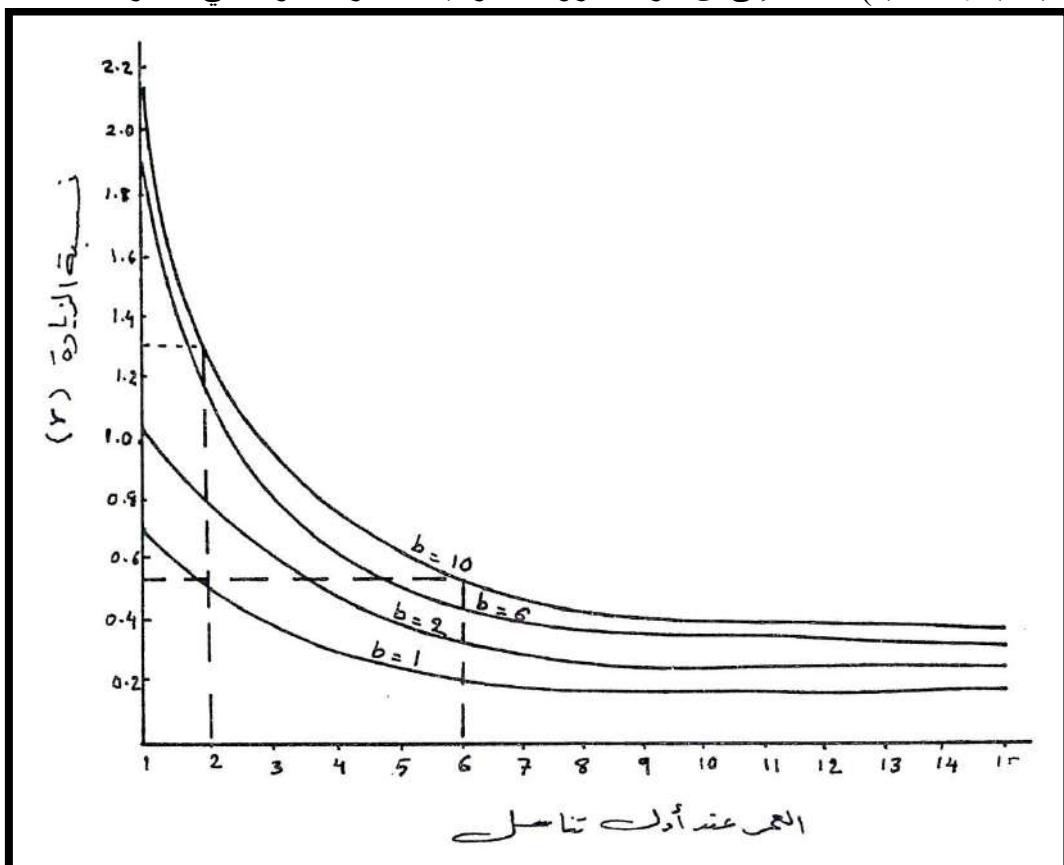


الشكل (7-3): المعامل الذي يجب ان يضرب به حجم النسل للحصول في عملية تناслед واحدة في العمر نفس نسبة الزيادة r التي تنتج من التناслед عدة مرات خلال العمر حيث (b) هي حجم الحضنة.

يمكن حساب عدد البيض الذي يجب ان تضعه أنثى تناслед مرة واحدة في العمر واحدة في العمر للحصول على نفس نسبة الزيادة في المجتمع (r) لنوع يتناслед عدة مرات خلال العمر. فمثلاً اذا كانت الأنثى من النوع الذي يتناслед عدة مرات في العمر وانها تبدأ بالتناслед في عمر 30 يوم وتضع 100 بيضة في كل حضنة فإن عدد البيض الذي يجب ان تضعه أنثى نوع آخر يتناслед مرة واحدة في العمر للحصول على نفس نسبة الزيادة (r) هو: 500 بيضاً = (معامل حجم النسل في الشكل) $5 \times (\text{حجم الحضنة من البيض}) 100$.

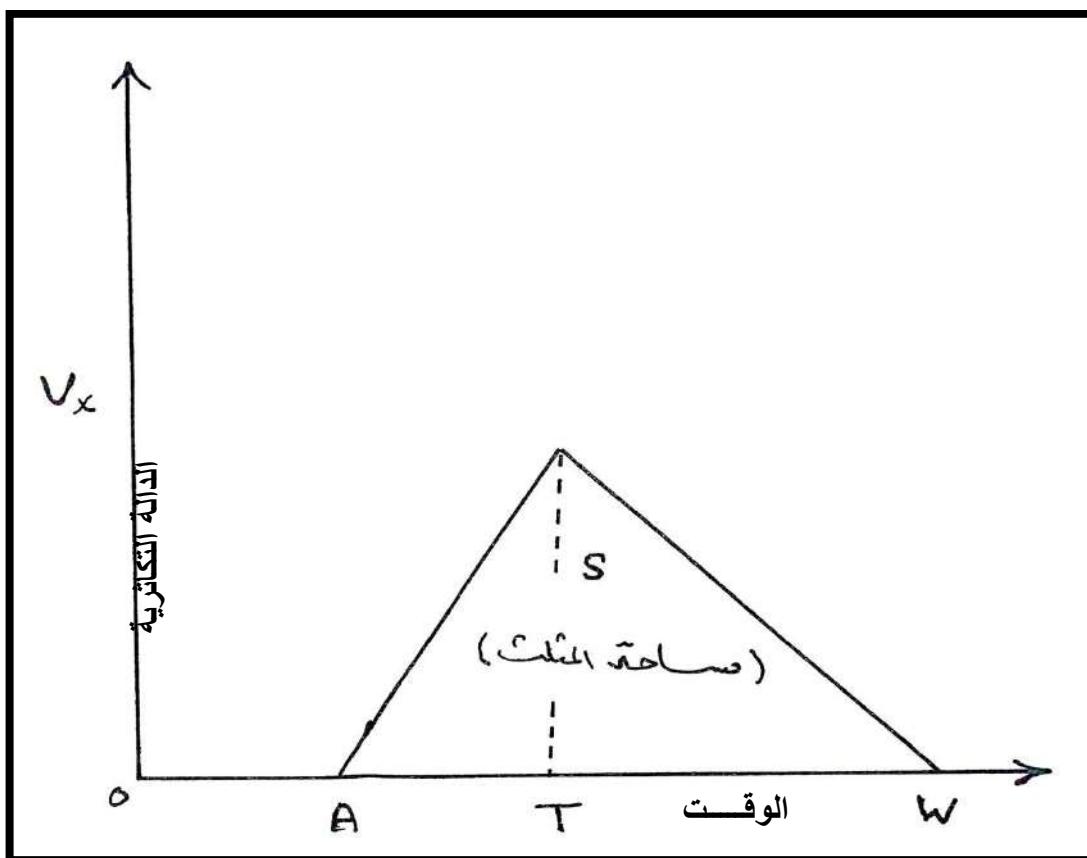
وإذا حصل التناслед في عمر 60 يوم وكانت الأنثى من النوع الذي يتناслед عدة مرات خلال العمر وتضع 100 بيضة في كل حضنة فإن الأنثى من النوع الذي يتناслед مرة واحدة في العمر يجب ان تضع 925 بيضة للحصول على نفس نسبة الزيادة في المجتمع r . وهذا نجد ان عدد البيض الذي تضعه الأنثى التي تتكرر مرة واحدة يكون أكبر بكثير 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 3-8) فمثلاً عندما يكون حجم الحضنة هو 10 فإن 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 التناслед محدودة فإن البلوغ والتناслед المبكر يكونان مهمين جداً لأن الوقت قصير (فلكل وحدة زمنية قيمتها العالية) اضافة إلى ان فترة الظروف المواتية للتکاثر محدودة هي الأخرى.



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

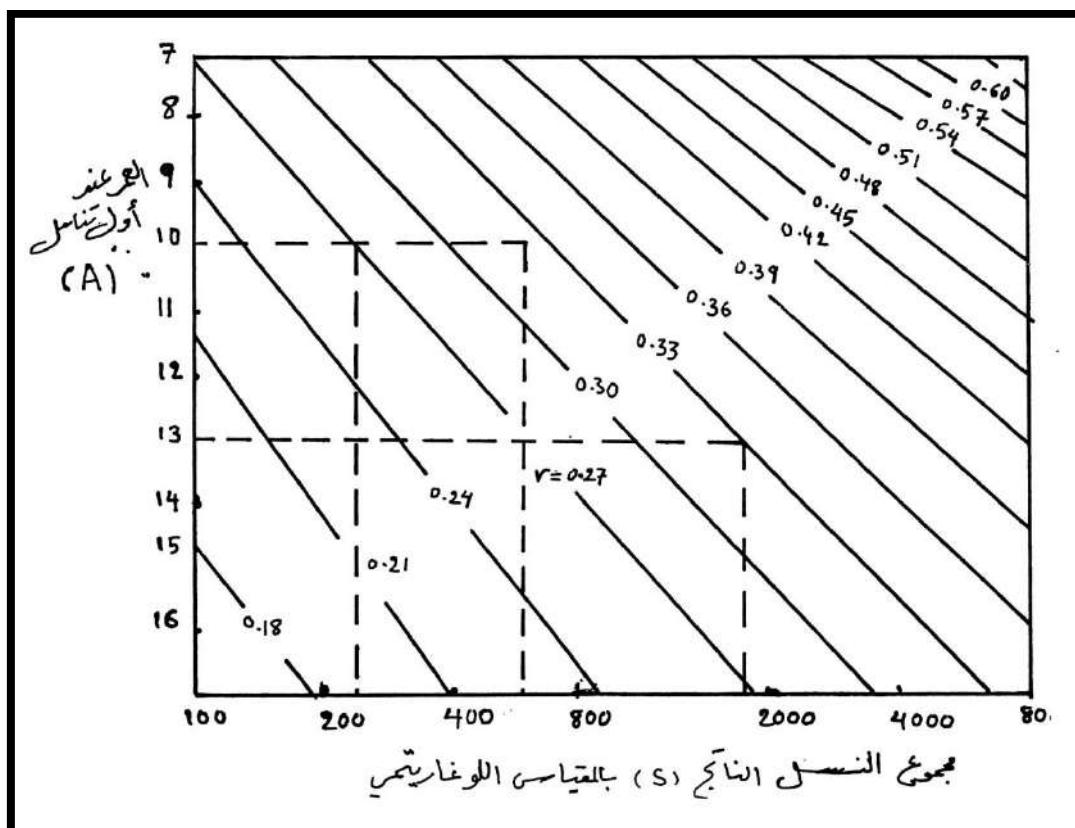
ولتأثير العمر الذي يحصل فيه أول تناسل والوقت الذي تحصل فيه قمة التناслед والعمر الذي ينتج فيه آخر نسل على نسبة الزيادة في المجتمع (r). فوجد أنه يمكن التعبير عن منحنى التوقع التکاثري Reproductive Expectation (L_X التي سبق ذكرها في جدول (1-3)) بشكل مثلى كما هو موضح في شكل (9-3). وبتحوير موقع الدالة التکاثرية 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 منحي التوقيع 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).

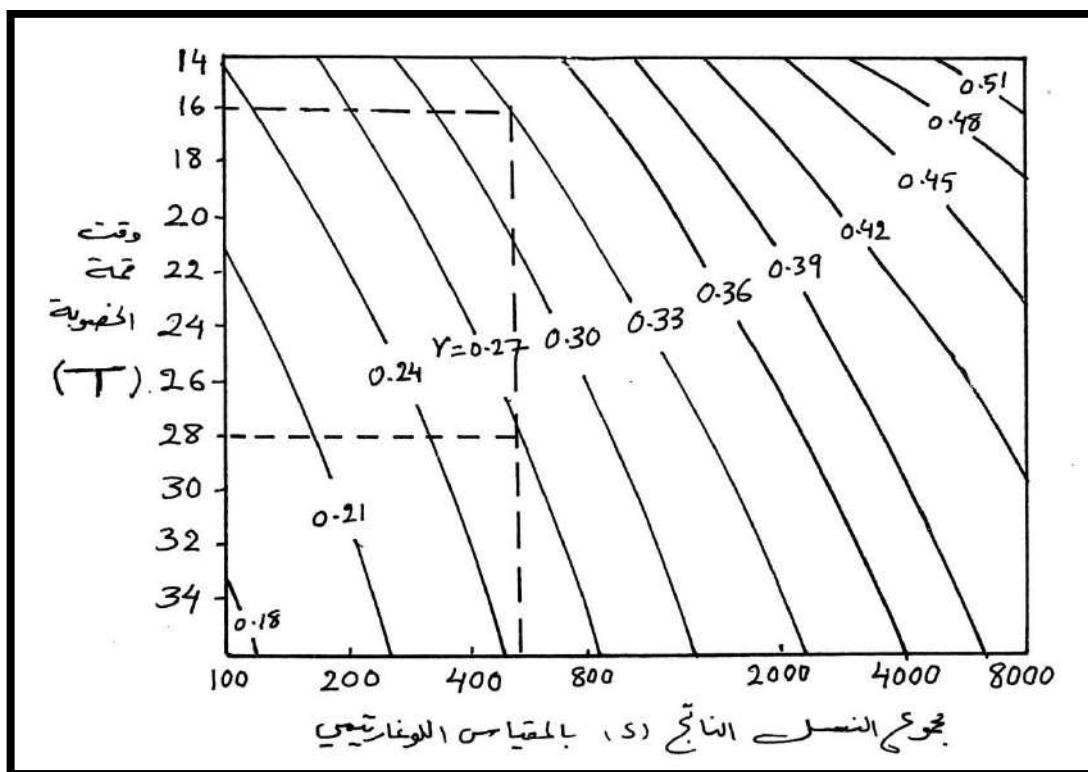
فمثلاً في شكل (3-10) يمكن ملاحظة التغير في نسبة الزيادة (r) عند تغير العمر عند أول تناسل A أو تغير مجموع النسل الناتج (S) أو كليهما. وفي حالة بقاء الخصوبة على قيمة (600) مثلاً وتغير العمر عند أول تناسل من (13) يوم إلى (10) أيام فان نسبة الزيادة في المجتمع تزداد من (0,27) إلى (0,33) تقريرياً (يكون ذلك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

وللإبقاء على نسبة الزيادة r على قيمة (0,27)، فإن النوع الذي يكون فيه أول تناسل في عمر (10) أيام يجب أن ينتج (260) بيضة فقط بدلًا من (600) وهو توفير كبير للطاقة المصروفة في إنتاج البيض كنتيجة لتباين كبير بسيط في النضج الجنسي (يمكن إيجاد ذلك بإزالة عمود من نقطة تقاطع الخط الأفقي على مستوى 10 مع الخط المائل (0,27)). بينما يجب أن 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 بإزالة عمود من نقطة تقاطع الخط الأفقي على مستوى 13 مع الخط المائل (0,33)).



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

ويبيّن شكل (11-3) 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) عندبقاء مجموع النسل الناتج كما هو (يمكن ملاحظة ذلك من الخطوط المنقطة في الشكل). ومعنى ذلك أن التكاثر يكون أعلى في المجتمع الذي تبلغ إنتاجه قمة الخصوبة في وقت أقل حتى وإن كان عدد النسل الناتج من كل أثني ثابتًا.



الشكل (11-3): 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 أن يحدث بعض التغيرات في الطبيعة لصالحه فأنتاج الأصناف النباتية الجيدة واستعمل النظم الزراعية النوعية التي تعود عليه بالانتاج الوافر وأكثر ناتجه الزراعي بمقاومة آفاته وذلك باستخدام السموم الكيمائية وانتاج الأصناف النباتية الممتازة والنظم الزراعية العلمية والمقاومة الكيمائية والعوامل الأساسية في الانتاج الزراعي المتتطور 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 الحقيقة في هذا المضمار هي "ليست احداث التغيير في النظام الزراعي ولكنها السيطرة على التغيرات التي تحدث بأن تكون لفائدة الإنسان دوماً".

ان ازدياد استعمال المبيدات الحشرية منذ الحرب العالمية الثانية أدى ان تكون هذه المبيدات عاملًا مؤثراً في بيئه المجتمعات ويثار السؤال هنا هل ان هذا العامل يختلف عن عوامل البيئة الأخرى التي تسبب الوفيات في المجتمعات. ان تعامل المبيدات كأى عامل من عوامل المقاومة البيئية Environmental Resistance وذلك لأن استجابة الكائنات الحية للمبيدات مشابهة لاستجابتها لأى عامل من عوامل الوفيات في المجتمعات. وما يؤكّد 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 او في اعداد حشرات أخرى لم تكن مهمة قبل استعمال المبيدات.

ومن الأسباب التي تؤدي إلى هذه الزيادة في الأعداد:

أولاً: تقليل الاعداد الطبيعية.

ثانياً: تقليل التناقص على الغذاء فتزيد نسب الولادات والبقاء.

ثالثاً: تقليل الضرر الذي تسببه الأفة 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*) 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 ضروريًا لمقاومتها مما أدى أيضًا إلى زيادة الاحلال 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 نادرًا ما تتم المقاومة بصورة دائمة 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 فإن الاستعمال المتكرر والمستمر للسموم الكيمائية سوف لا يؤثر على أعداد الحشرات ويصبح الاحتمال ضعيفاً في التمكن من التغلب على الآفات الحشرية باستعمال المبيدات الكيمائية 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 فإن 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 او 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 فيبقاء النوع وسيادته وأن التأثير على التكاثر سلباً أو إيجاباً 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 الإناث بشكل أساسى لأنها مصدر الأجيال والأعداد في كل جيل فيجدون السبل التي بواسطتها يقل أو يزيد عدد الإناث الخصبة من خلال التأثير على الظروف الحياتية للحشرة كالتزاحم والخصوبة والسبات. أو تطبيق طرق المقاومة قبل الزيادة العالية لأعداد الآفة أو البحث عن طرق نوعية تفرضها طبيعة وسلوك كل آفة وتطبيق وفق برنامج معد بعد دراسة مستفيضة لحياتية الآفة وسلوكها في الطبيعة. ويجب ان لا يغيب عن البال بأنه لا يمكن ان يتشابه نوعان في حياتيهما وسلوكهما مهما بلغا من تقارب وان لكل حشرة ظروفها الخاصة التي تميزها عن الحشرات الأخرى، وكل ذلك يجعل برامج المقاومة أو التربية نوعية وعلية 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 (مبكرًا أم متأخرًا) ووقت التناسل وعدد مراته، تلك العوامل الأساسية في تحديد كفاعة النوع في التناسل وفي الزيادة التي تحصل في مجتمعاته وتوقيت بدء الزيادة العالية للمجتمع وغيرها من حائق ترتبط بدقة من قبل الباحثين في هذا المجال ومن جداول الحياة المعدة لها لهذا الغرض ليتسنى على صوتها وضع برنامج علمي يحد تطبيقه من تأثير تلك الآفة. أو، بال مقابل، توضع برنامج 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 المترادفة على ضوء

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

ان مقدار نسبة الزيادة (r) كبيرة كانت أم صغيرة لها دلالات بيئية وبiology 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 وتركيزها 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 بكتافة ذلك المجتمع يكون عامل مستقل عن الكثافة ولكن البعض يقول بأنه لا يوجد أي مكون للبيئة يكون تأثيره مستقلًا 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 او استثنائية.

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

1- **الافتراس والتطفل:** هناك أمثلة كثيرة على ان المفترسات والمتطلفات هي ذات تأثير على تحديد اعداد الحشرات والكائنات الأخرى فمثلاً السيطرة الطبيعية على اعداد الحشرات من قبل الطيور وكذلك من قبل حشرات أخرى مفترسة أو متطلفة 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 والمتطلفات مع الغذاء فمثلاً الحشرة الفريسة تكون غذاء للحشرة المفترسة وبقلتها تقل اعداد الحشرات المفترسة ويقل نفعها وتأثيرها.

3- **المكان:** ويصبح المكان الملائم للعيش أو للتناسل محدداً أكثر وأكثر مع زيادة الأعداد لذلك يحاول الكائن الحي إيجاد أفضل الأمكانة التي تجهز غذاءً 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 يقلل أعداداً لا ترتبط بكتافة المجتمع لأن تأثيره يكون في مدى واسع جداً تقع ضمنه آلاف الأنواع من الكائنات الحية وبهذا فإن تأثير الطقس واسعاً وشاملاً ومحدوداً فقط بالفصول السنوية وبهذا يؤثر على كثافة المجتمعات ولا يتاثر بها. وهكذا فإن 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. وإذا ما استمرت هذه الفترة المناخية الجيدة بشكل اعتيادي فإن هذه الحشرة تصبح باعداد سائدة في الطبيعة ومضررة 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 بكتافة مجتمعات الحشرات مهما بلغت من وفرة أو غزارة. كما يؤكد ان العوامل غير المعتمدة على الكثافة تقدم 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 للأفراد التي لم تنتخب تحت ظروف التنافس ضمن النوع

يتحمل 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 ل MAVS (البيئة العالية).

3. تخزل المجتمعات كثيراً بالنكبات الطبيعية أو الاصطناعية.

في المجتمعات الوفيرة تكون الأفراد العدائية أكثر مواعنة نسبياً ولكن بتناقص المجتمع تصبح هذه الصفة لا تكفيه لأنها 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 فإن المدى الملائم من درجات الحرارة بالنسبة للحشرات يكون أوسع من المدى الملائم للحيوانات الأخرى وقد يتراوح (20) درجة مئوية، ومن الملاحظ ان درجات الحرارة المفضلة تختلف بالنسبة لأنواع 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.

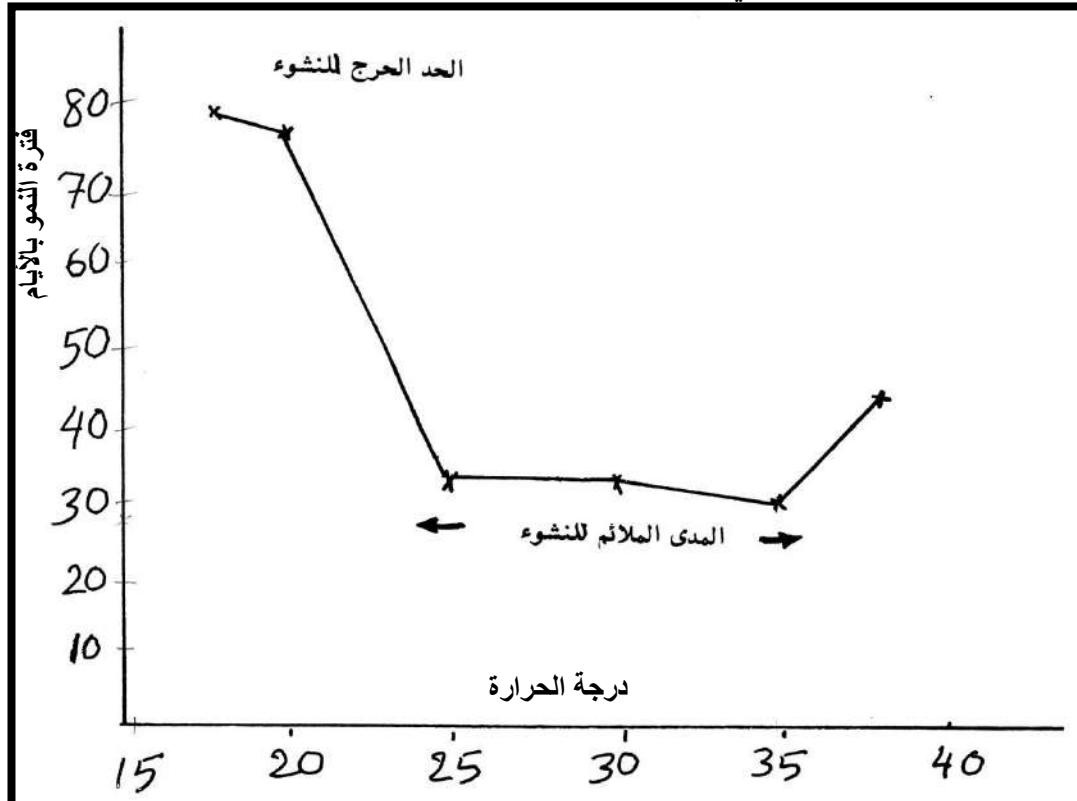
ومن الواضح انه لا يمكن فصل تأثير درجة الحرارة تماماً عن تأثير الرطوبة على الكائنات الحية لأن التغيرات في درجة الحرارة في الطبيعة ترافقتها عادة تغيرات في الرطوبة أيضاً ولكن يمكن ملاحظة تأثيرات درجة الحرارة على ظواهر الانبعاث وسرعة النشوء والخصوبية في الحشرات وهو ما سنأتي على ذكره بالتفصيل فيما يأتي:

أولاً: تأثير درجة الحرارة على الانبعاث: 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 تتتوفر فيها درجة الحرارة المفضلة أي عندما ترتفع درجة الحرارة عن حد معين فإن ذلك يزيد من نسبة الحشرات المنتشرة. وأن الحرارة تؤثر على نشاط نحل العسل حيث تجمع الشغالات لللقاء في فترة الصباح بينما تركز نشاطها مساء في جمع الرحيق حيث يتواافق نشاطها مع الحرارة المعتدلة صباحاً ومع الحرارة وطبيعة فتح الأزهار ونشر حبوب اللقاح وأفراز 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 اللوباء 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 4-1). ويعتبر الحلم من أشد الآفات الزراعية حساسية للحرارة فقد بلغت دورة حياة حلم الرمان الكاذب *Tenupalpus punicae* حوالي (29) يوماً على 25°C بينما بلغت حوالي (17) يوماً على درجة (33°C).

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 او التي تستمر لفترة طويلة تكون أكثر تحدياً لسرعة نشوء الحشرة.



الشكل (1-4): تأثير درجة الحرارة على سرعة النشوء للطورين اليرقي والعذري لخنفساء اللوبية 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 او 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 و اذا تعرضت مجموعة من الحشرات إلى درجة حرارة أقل من درجة الانجماد

لأنسجة 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 الانواع التي لا يحصل لها سبات . فمثلاً وجد ان التعرض لمدة (15) دقيقة إلى درجة حرارة (15) تحت الصفر المئوي يمكن ان تكون مميزة لبالغات خنفساء الطحين *Tribolium spp* حتى ولو ان انسجتها لم يحصل فيها انجماد. اما إذا كانت الحشرات من الانواع التي يحصل فيها سبات شتوي فان الأطوار السابعة تكون أكثر مقاومة لدرجات الحرارة المنخفضة من الأطوار غير السابعة. وهذا ما يفسر أهمية السبات بالنسبة للحشرات في مقاومة الظروف القاسية.

يمكن تقسيم الحشرات إلى ثلات 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 الهيليوتونش *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.

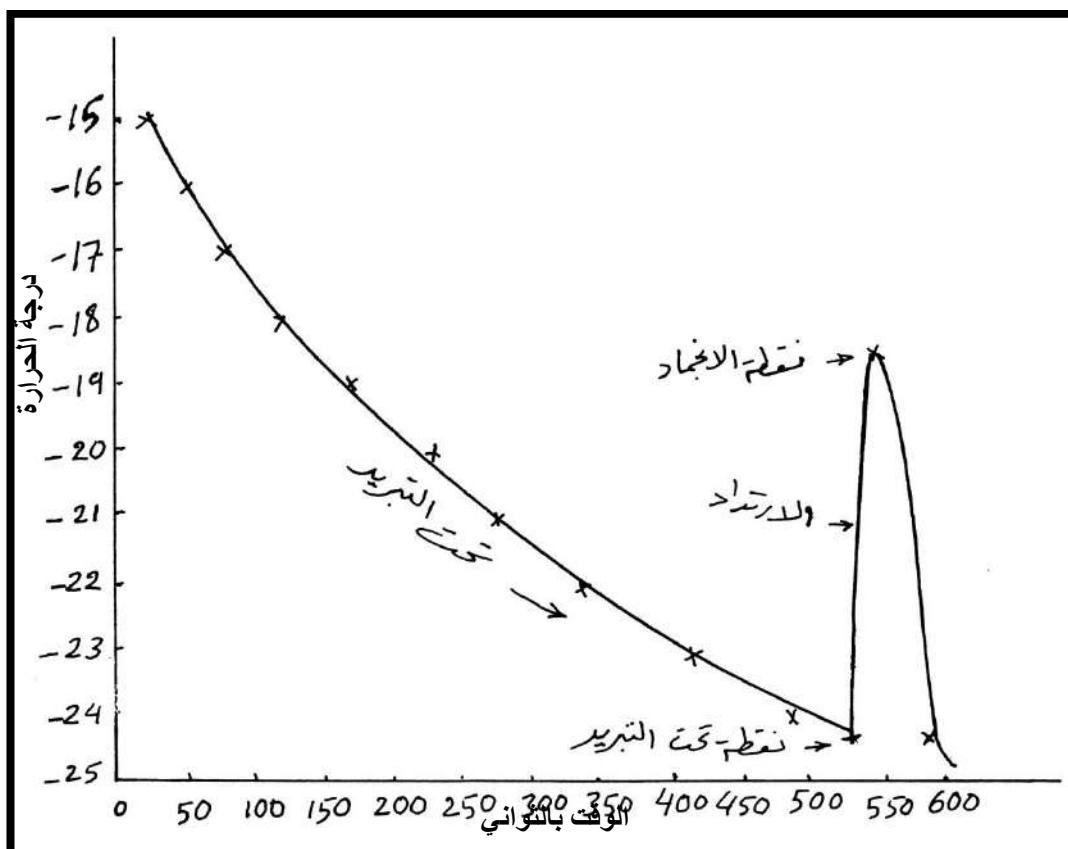
من هذا تتبيّن أهمية درجات الحرارة المنخفضة في تحديد الزيادة الطبيعية في اعداد الحشرات وفي أهمية المكان الذي تختاره الحشرات للسبات الشتوي في وقايتها من التعرض إلى درجات حرارة منخفضة جداً تؤدي إلى موتها.

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

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

بــ 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 بالارتفاع Rebound حين تتحرر الحرارة الكامنة للانجماد ثم يستمر انخفاض درجة الحرارة بعد ذلك (شكل 4-2).



الشكل (2-4): التأثير المميت للانجماد

ان الانجماد الذى يحصل عند الارتداد يؤدى إلى الموت فى معظم الأنواع.

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

من الصعب دراسة تأثير درجات الحرارة العالية بصورة مستقلة عن تأثير الرطوبة حيث أن 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 ذباب الفاكهة من جنس *Anastrepha* أمكن دراسة تأثير درجات الحرارة العالية علىبقاء هذه الحشرات وقابليتها على اكمال دورة حياتها لأن 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 متاخرة على هذه اليرقات نتيجة التعرض إلى الحرارة العالية. وحتى بالنسبة للحشرات المتكيفة لدرجات الحرارة العالية فإنها تتأثر بدرجات الحرارة التي تزيد عن (50) درجة مئوية وهذا يبين أيضاً أهمية درجات الحرارة العالية في تحديد الزيادة الطبيعية في اعداد الحشرات.

ويُمْكِنُ بِيَابَانِ تأثِيرِ درجَاتِ الحرارةِ المُخْتَلِفةِ عَلَى الحُشْرَاتِ بِصُورَةٍ عامَّةٍ حَسْبَ التَّدْرِجِ الْآتِيِّ:-

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	درجة مئوية منطقة ركود حراري (حيث يكون نشاط الحشرة قليلاً جداً).
40	درجة مئوية درجة النشاط القصوى (حيث يقل نشاط الحشرة فوق هذه الدرجة).
35	درجة مئوية درجة النشاط الفعال (حيث يبلغ نشاط الحشرة درجة مئوية 35).
30	درجة مئوية درجة الحرارة الملائمة لنشاط الحشرة (حيث يبلغ نشاط الحشرة درجة مئوية 30).
25	الحشرة أقصاه حسب الحشرات المختلفة وتكيفاتها البيئية).
20	درجة مئوية بداية منطقة الخمول البرودي (حيث يبدأ عندها السبات الشتوي).
15	درجة مئوية بداية الحرارة الواطئة المميتة.
-15	درجة مئوية بداية الحرارة المميتة.

ونظراً للاختلاف الكبير بين الحشرات وللتدخل 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 الأدنى 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 وفقدانه 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⁽¹⁾ Diapause 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 كثيرة من التجارب على أن سرعة التبخر خلال الكيوتكل والفتحات التنفسية تزداد باختلاف الرطوبة النسبية في كل درجة من درجات الحرارة كذلك وجده 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 الخطير من قلة الرطوبة هو الجفاف بينما في حالة كثرة الرطوبة يكون الخطير من كثرة نمو الفطريات والبكتيريا وكذلك غرق الحشرة اذا كانت الرطوبة الزائدة بشكل ماء.

تأثير المميت للجفاف:

يعتمد تأثير الجفاف على الحشرات على عاملين هما:

أولاً: السرعة التي يتبخّر 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 المجموعات إلى ظروف جفاف متشابهة.

ثانياً: مقدار الجفاف الذي يمكن ان تتحمله الحشرة في أنسجتها، فمثلاً 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 خفسيات 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 النرمة والطور البالغ في سوسنة الجت. وتمر معظم الحشرات في طور راحة أثناء وجود العذراء داخل الشرفة.

المحاضرة السابعة

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

تأثير المميت للرطوبة العالية:

من المعروف ان الرطوبة العالية تحد من انتشار 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 الباكتيرية 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 او زادت الرطوبة النسبية عن هذا المدى الملائم لوضع البيض كما في الجراد كما ويحصل تداخلاً بين تأثير درجة الحرارة والرطوبة النسبية بالنسبة للخصوصية كما في سوسنة 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 او 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 متسلية عندما تتراوح الرطوبة بين 20% و80%.

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

تأثير الرطوبة والحرارة معاً 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 معاً 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 سرعة درجة حرارة جسم الحشرة حتى تصل إلى درجة حرارة البيئة. لأن الماء الذي يمثل الرطوبة في مثل هذه البيئة موصل للحرارة ويساعد على فقد حرارة الجسم. وهنا يكون نمو الحشرة بطبيأ.

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 بطبيأً والعمليات الحيوية أسرع قليلاً من البيئة السابقة.

3- بيئة حارة جافة: Warm-dry-atmosphere

في مثل هذه البيئية يزداد تخمير الماء من جسم الحشرة لذلك تل JACK إلى خفض درجة حرارة الجسم إلى الدرجة الملائمة لنشاطها نتيجة لهذا التبخير. وإذا استمر التبخر من جسم الحشرة فقد يخلل التوازن المائي. وإذا استمر الجفاف لمدة طويلة فقد تضطر الحشرة إلى عمليات الأكسدة لنوعيض النقص في المحتويات المائية.

4- بيئة حارة رطبة: Warm-moist-atmosphere

المحاضرة السابعة

توجد هذه البيئة التي يتلزمه 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 لتدخل 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 المثلثة لبعض الحشرات قد تكون مميتة لحشرات أخرى في درجات معينة.

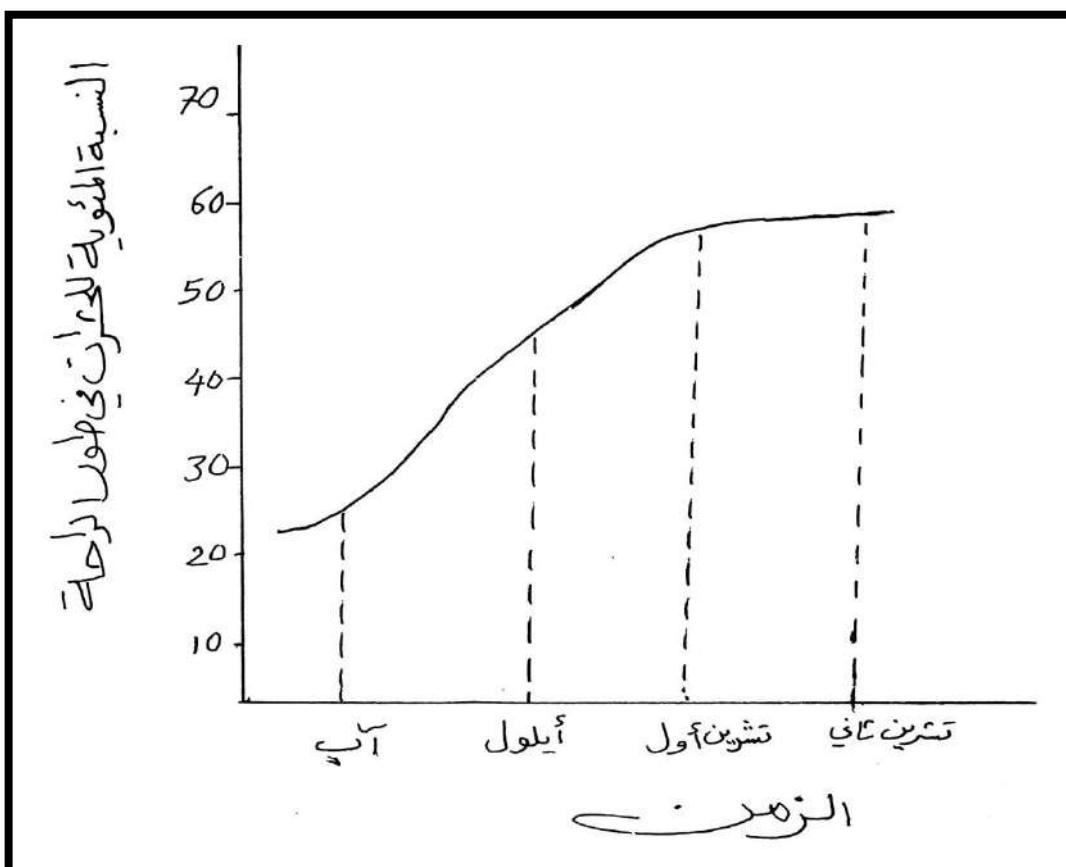
وفي بعض التجارب وجد ان درجة 26°C مع رطوبة 90% كانت درجة مثلث بالنسبة لسوء المخزن بينما لنفس الدرجة من الحرارة كانت الرطوبة المنخفضة جداً (5%) مميتة لنفس الحشرة.

لذا نجد أنه عند دراسة توزيع الحشرات في بيئه من البيئات فإنه يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار تداخل هذين العاملين معًا في البيئة الطبيعية التي تعيش فيها الحشرة. وتقاوم الحشرة الظروف الجوية أيضاً 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 (20°C) تحت الصفر وهكذا كلما زاد الماء المقيد في الخلية زادت مقاومة الحشرة للظروف القاسية. كما تعمل الدهون على زيادة الماء المقيد 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 مباشرأ على الحشرات وإنما 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 تحسّن التغيرات الموسمية في الظروف المحيطة من قبل الحشرة وبالتالي حصول تزامن بين دورة حياتها وبين الفصول السنوية.

ان أهم التأثيرات هذه هو تتبّيه الفترة الضوئية للحشرات لتدخل طور الراحة. وبعد 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 يتتأثر حصول طور الراحة بالفترة الضوئية كما في ذباب الغنم Blowfly Sheep ويوضح الشكل البياني في شكل (3-4) نسبة دخول معظم الحشرات في طور الراحة بتغيير الفترة الضوئية.



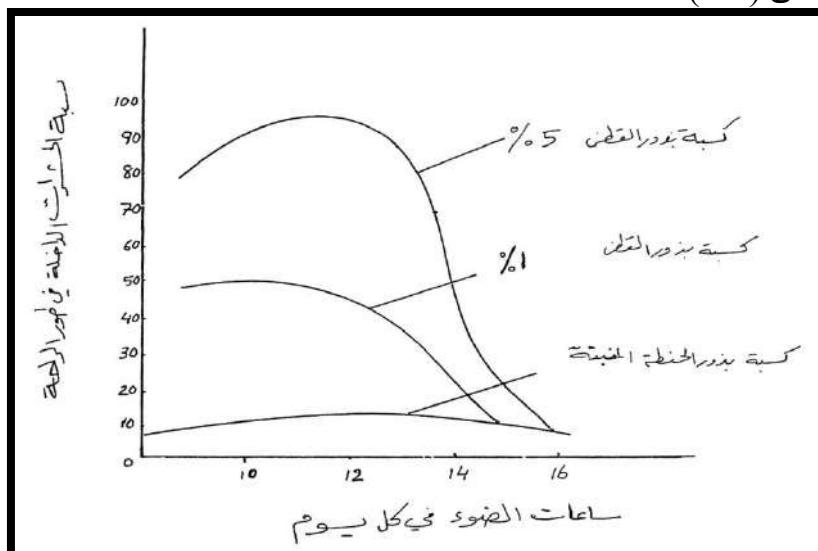
الشكل (3-4): تأثير الفترة الضوئية في طور الراحة في الحشرات

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 لأنتج بيوض تمر بطور راحة في كل فترة ضوئية. بينما في درجات الحرارة التي تتراوح بين (24) و(28) مئوي فإن جميع البيوض أنتجت بالغات تضع جميعها بيوضاً غامقاً 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 تقفس من البيوض بعد منتصف آب (أي عند قصر الفترة الضوئية) تدخل في طور الراحة، حيث يحدث طور الراحة في هذه الحشرة في البرقة 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 تنشط النشوء، وفي هذه الحشرات يكون طور الأطوار البرقية 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 التوب 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 وتتوفر 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 يحتوى على بروتين مختلف مع فترة صنوئية ثابتة يجعل الحشرات تدخل طور الراحة أكثر كلما يحتوى الغذاء على بروتين أعلى. فكانت نسبة الحشرات الداخلة طور الراحة 75% عندما أعطى الحشرات غذاء يحتوى على 5% من علقة 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 المبنية 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 pomonella* ودودة جوز القطن الشوكية *Eriias spp.* وبعض ذباب الفاكهة فإن سوسة البقوں *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. وإن الأشعة فوق البنفسجية أدت إلى بطء نمو اليرقات وإطالة مدة الجيل والتي قلة ما تضعه الأنثى من بيض لا يفقس في خففاء الحبوب الشعرية. كما

المحاضرة السابعة

و جداً ان الضوء الأزرق جذب الذكور والإناث للتزاوج مقارنة بالظل암 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 مجذحة أو غير مجذحة 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 للعنة 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 لانقال 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 يؤكّد تداخل الرياح مع الحرارة بشكل خاص في تأثيرها 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 للترابة تأثيرات غير مباشرة على حياة وتكاثر الحشرات التي تتغذى على النباتات فمثلاً يؤثر توفر العناصر الغذائية في التربة على 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 عولم 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 إصابة في العروة الريعية وسبب اعطاء الفسفور والبوتاسي معاً أقل إصابة في العروة الخريفية. ويدل هذا على أهمية التربة وأنواعها ومكوناتها في التأثير على نمو مجتمعات الحشرات.

للتربة أيضاً تأثير خاص في طور الراحة للحشرات حيث تحفظ الترب الحاوية على مادة عضوية أكثر من الترب الفقيرة بهذه المادة والتي تكون باردة وحرارتها متغيرة وبشكل متقلب مع تغير حرارة المحيط وكذلك بالنسبة للرطوبة فالتراب الرملي مثلاً لا تحفظ الرطوبة وبعكسها الترب الغرينية والترب الحاوية على المادة العضوية. ان لذلك دوره في توفير المحيط الملائم للتنشئة 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 أنه يؤثر على بقاء وتكاثر الحشرات بتأثيره على سرعة نشوئها وطول عمرها وخصوبتها وذلك لاحتوائه على الأحماض الأمينية والسكريات والفوسفوليبيدات، هذه المواد المهمة الأساسية في تجهيز الطاقة وفي عملية البناء وفي تحفيز التفاعلات الكيميائية. بينما 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 والستيروولات والحوامض الأمينية 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 بفضيل غذائي عالي حيث أنها لا تصيب إلا جزءاً معيناً من نبات معين فمثلاً دوباس النخيل يصيب السعف وحمير النخيل تصيب الثمار وحفار ساق النخيل يصيب الساق وليس لهذه الحشرات عائلاً آخر تصيبه ويكون التخصص أكثر دقة في بعض الحشرات فمثلاً في بعض قفازات الأوراق يتغذى نوع منها على خلايا البشرة فقط من الورقة ويتجذر نوع آخر على الطبقة العمادية فقط من الورقة ويتجذر نوع ثالث على الطبقة الاسفنجية هذا بالنسبة للعمق اما بالنسبة للمساحة فان أنواعاً من قفاز الأوراق تتغذى على أبط الورقة قريراً من النصل الرئيسي وبعضها يتغذى من طرف الورقة وبعضها يتغذى على طول المساحة القريبة من النصل الرئيسي للورقة. وعلى العكس من هذا كله فإن 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 أنها 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 Phytopagous 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 متعددة نباتية وحيوانية وتسمى Omnivorous insects وتضم حوالي 12% من الحشرات.

4. الحشرات المفترسة أو المتطرفة التي تتغذى على المواد الحيوانية الحية وتسمى Zoophagous insects (or Carnivorus) وتضم حوالي 14% من الحشرات.
أما من حيث تخصص الحشرات بالنسبة لعائلتها 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 أنها 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 إذا وجد عائلها. مثل سوسية جوز القطن التي تصيب جوز القطن فقط.

ثانياً: المناخ: بالإضافة إلى تأثير العوامل الجوية على حياة وتكاثر الحشرات والتي سبق ذكرها فإن 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 المتغذلة على هذه الحشرات. فمثلاً 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 إذا كانت كمية الغذاء محدودة كما يحصل في سوسية الحبوب فإذا زاد عدد الحشرات وكانت كمية الحبوب قليلة يحصل ما يُعرف بالتنافس ضمن النوع Intra-Specific Competition وقد يكون هناك حشرات من أنواع مختلفة تتغذى على نفس النباتات فيحصل عندهن تنافس بين الأنواع Inter-Specific Competition.

حيث أن الضرر الذي يسببه نوع معين من الحشرات للنباتات يقلل كمية ونوعية الغذاء بالنسبة لأنواع الأخرى المنافسة بالإضافة إلى الظروف المناخية غير الملائمة لهذه الحشرات نتيجة ارتفاع ثاني أوكسيد 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 وتكاثر فانها تحتاج في غذائها إلى كميات كافية من الماء وبعض العناصر المعدنية ومركبات عضوية كمصادر للطاقة والكاربون والنتروجين والكربون ومجموعة من المركبات العضوية الخاصة مثل الحوامض الأمينية الأساسية والستيرولات ومجموعة فيتامينات (B). لذلك فان نوعية الغذاء بالنسبة لاحتواها على هذه المركبات الضرورية تؤثر على طول عمر الحشرات وخصوبتها وسرعة نشوئها كما نلاحظ من الأمثلة الآتية:-

أ- تأثير نوعية الغذاء على البقاء:

للحظ أن فورانات برامع التتو布 Spruce Budworm التي تحصل أحياناً في غابات كندا تترافق مع وجود أعداد كبيرة من أشجار تتوب البلسم وهي في حالة ازهار وقد وجد ان السبب في ذلك يعود إلى ان نسبة البقاء في اليرقات الصغيرة تكون أعلى في حالة تغذيتها على حبوب اللقاح أو الأوراق الفتية مما في حالة تغذيتها على الأوراق المسنة لأشجار التتوب. ولما كانت أشجار تتوب البلسم المزهرة توفر كثيراً من حبوب اللقاح والأوراق الفتية فمن الواضح ان السبب الرئيسي لهذه الفورانات هو توفر الغذاء الملائم. كذلك فإنه 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 فإن كل انثى تضع عدداً من البيض يتراوح بين (30) و(50) بيضة في كل مرة مقارنة بعده من البيض يتراوح بين (8) و(20) بيضة في حالة تغذى الخنافس على أوراق البطاطا المسنة. ومن الواضح أن هذا الفرق الكبير في الخصوبة يؤدي إلى فروق كبيرة في نسبة الزيادة في أعداد هذه الحشرات في الحالتين.

جــ تأثير نوعية الغذاء على سرعة النشوء:

إذا كانت نوعية الغذاء غير ملائمة للحشرة فإنها تحتاج لمدة أطول لإكمال نشوئها فمثلاً تحتاج بيرقات خنفساء الطحين إلى حوالي (28) يوماً لإكمال الطور البريقي 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 البريقي في حالة تغذيتها 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 الريبعي وبعد (1977) ان الأطوار البريقية الثلاثة لاسد المن استغرقت (25) يوماً عند تغذيتها على بيض البق الدقيقي واستغرقت (18) يوماً عند تغذيتها على من الخوخ الأخضر.

ويتدخل 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 وتکاثر. وفي تجربة اجرتها 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 سوسية جوز القطن.

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

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

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

تأثير المكان في الحشرات:

يعتبر المكان من العوامل التي تعتمد عليها كثافة الحشرة Density-dependent فهو كالغذاء والأعداء الطبيعية والأنواع المزاحمة من الحشرات، وعليه يعتمد حجم مجتمعات الحشرات. وعلى الأمكانة 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:-

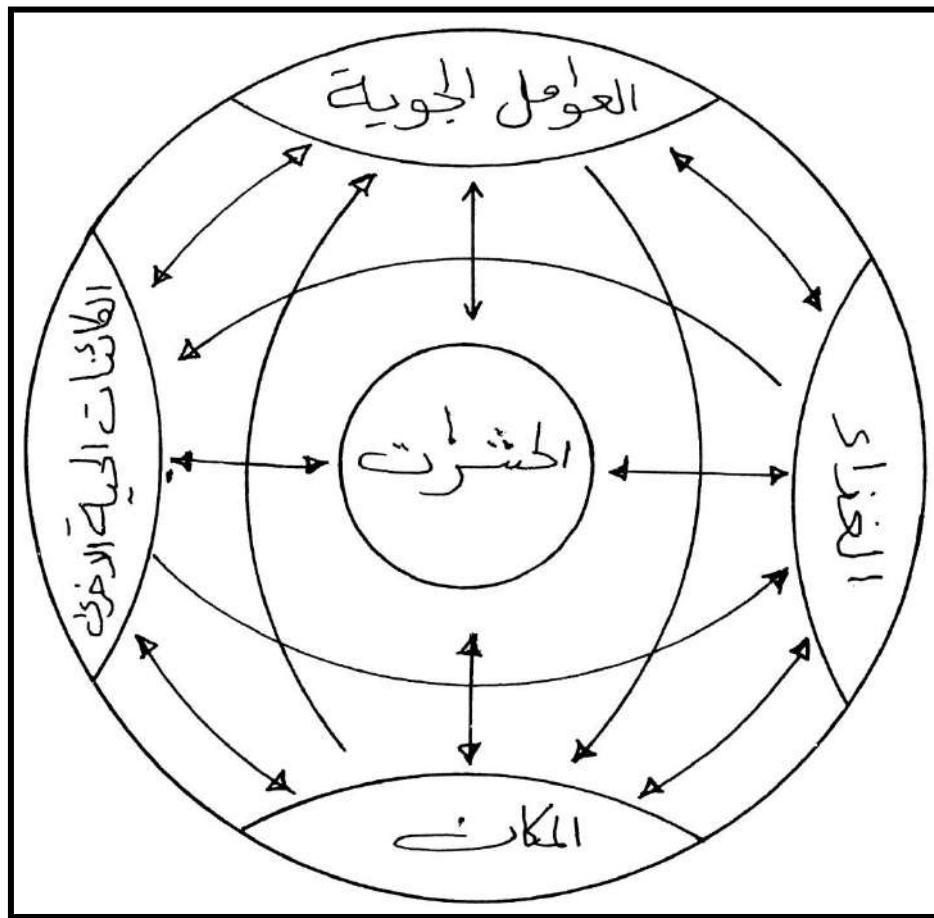
أولاً: حماية الحشرة من تأثيرات العوامل الجوية كالحرارة والبرودة والجفاف.. الخ.

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 يتبيّن 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 (4-5). حيث وضعت الحشرات في هذا المخطط في وسط دائرة تمثل المكونات الأربع 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 الأربع 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 خنفسيات 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 سميكًا ولفترات كافية كان احتمالبقاء هذه الخنافس أكبر خلال الشتاء. وبجانب حرارة التربة فإن 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 فإن 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 صرصار 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 فقسها

فإن 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 تلتصق بيضها عند وضعه فالرطوبة مهمة لتسهيل هذه العملية وإنجاحها.

جــ التداخل بين المكان والكائنات الحية الأخرى :

توجد الحشرة الفشرية *Saissetia oleae* على أشجار الحمضيات في جنوب كاليفورنيا ولكن المفترس *Metaphycus helvolus* يتغذى على الأطوار غير البالغة لهذه الحشرة الفشرية ولذلك فإن بقاء هذه الحشرة يعتمد على لجوئها إلى الأغصان السفلية الكثيفة من نبات الدفلة حيث أن المفترس لا يصل إلى هذه الأماكن والتي توفر وبالتالي 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 لو لا وجود نباتات الدفلة في هذه الحالة لقضى المفترس على الحشرة الفشرية على الحمضيات في هذه المنطقة ويمكن ان تقوم نباتات الاذغال بدور مشابه في حماية الحشرات الأخرى التي تصيب المحاصيل الزراعية.

دــ 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 صالحأً وذلك لتكاثر الحشرات السريع ونمو اعدادها. كما ان لنوع الغذاء تأثيراً مهماً في تحديد عدد الاجيال للحشرة في الامكنة المختلفة. فقد وجد مثلاً ان للحشرة الفشرية *Saissetia oleae* على أوراق كريبي فروت grape fruit أجيالاً أكثر من الاجيال التي تنتجهما هذه الحشرة على أوراق الليمون الحامض. ولربما كان ذلك بسبب سماك أوراق نبات الكريبي فروت وعرضها وكثافة الشجرة مما يعطي حماية لهذه الحشرة أكثر مما تعطيها أوراق الحمضيات الأخرى.

تكاثر الحشرات وتعدد الامكنة 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 صالحأً فانه سوف يفقد صفاته الجيدة كلما تكاثرت مجتمعات الحشرات فيه حيث يرتفع ثانوي اكسيد الكاربون وترتفع الحرارة والرطوبة ويقل الغذاء فإذا كان عدد الامكنة الصالحة كثيراً فان اعداد الحشرات سوف تهاجر إلى هذه الامكنة بحيث تحله اعداد تناسب 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 والتكون 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.

تفاعلات النظام البيئي والحشرات

استعمل لفظ النظام البيئي Ecosystem في النبات للتعبير عن بيئه 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 لا بد 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 بيئه مناسبة وتتدخل العلاقات بين أفراد النوع الواحد والأنواع المختلفة في هذا المجتمع وقد عرف النظام البيئي على أنه "مجموعة من المجتمعات المكونة من أنواع 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 مصدر 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. وقد يكون السبب في هذا الارتباط هو اعتماد بعض هذه الانواع على الانواع 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 يمتلك العصارة مثل المن والبعض يتغذى على حوف الورقة والبعض الآخر يتغذى داخل ثقوب أو أنفاق صغيرة في الورقة.

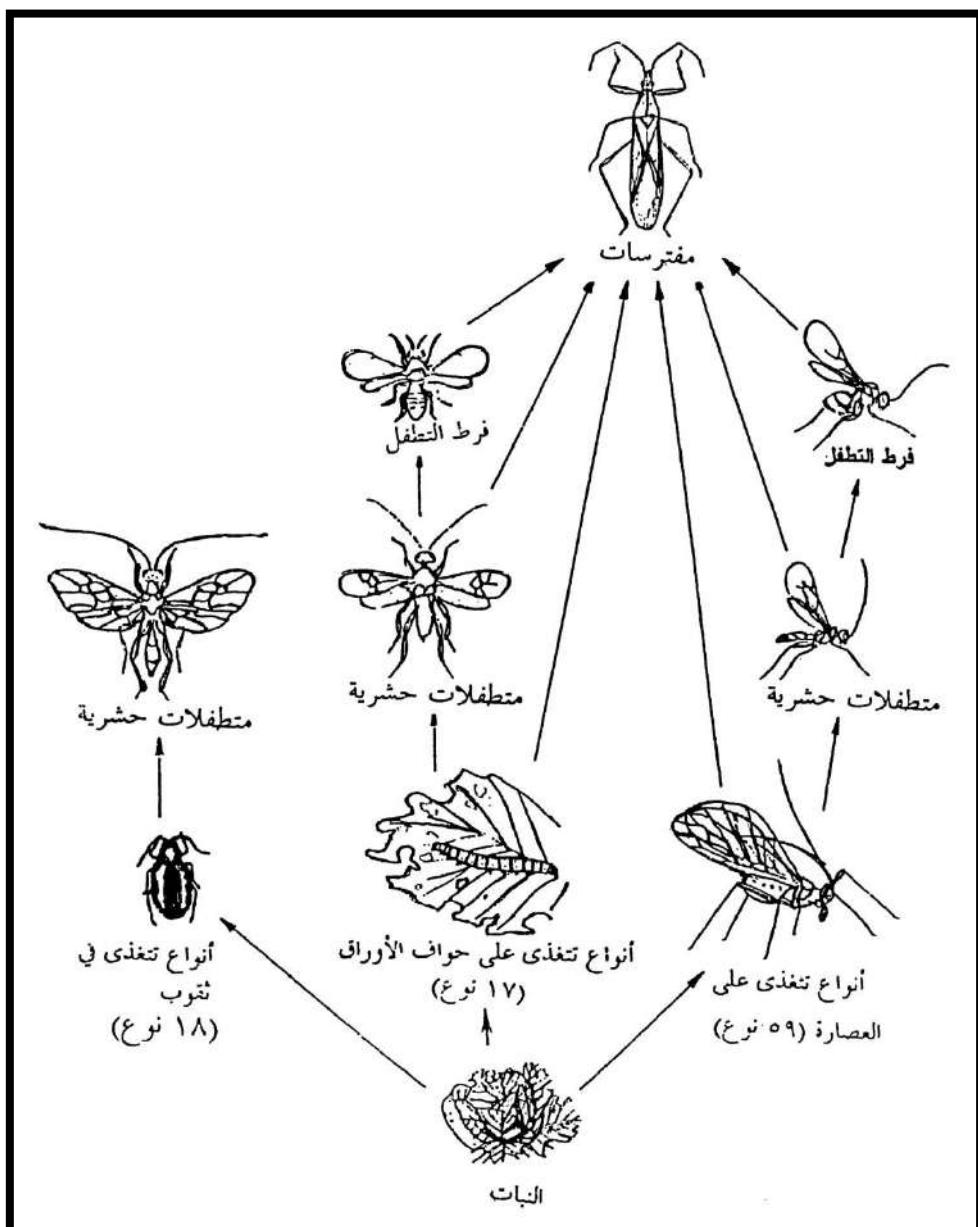
تنقسم المجموعات إلى أنواع Species ويمكن تعريف النوع على أنه "مجموعة من الأفراد التي تتكرر فيما بينها والتي تتعزل تكاثرياً عن المجموعات الأخرى". ويمكن تعريف المجتمع على أنها "مجموعات من أفراد النوع الواحد التي تتكرر فيما بينها في منطقة واحدة". ويتميز كل فرد بطراز جيني Genotype وطراز شكلي Phenotype وقد تتحول 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 الكفاء 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 أو ذاتية التغذية في أي نظام بيئي هي النباتات التي تحتوي على صبغ الكلوروفيل وتقوم بعمليه 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 وتسمى حيوانية Herbivores 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 حرأ ويمكن ان يقتل العديد من أفراد العائل عن طريق وضع البيض أو اليرقات على العائل أو بالقرب منه (شكل 5-1).



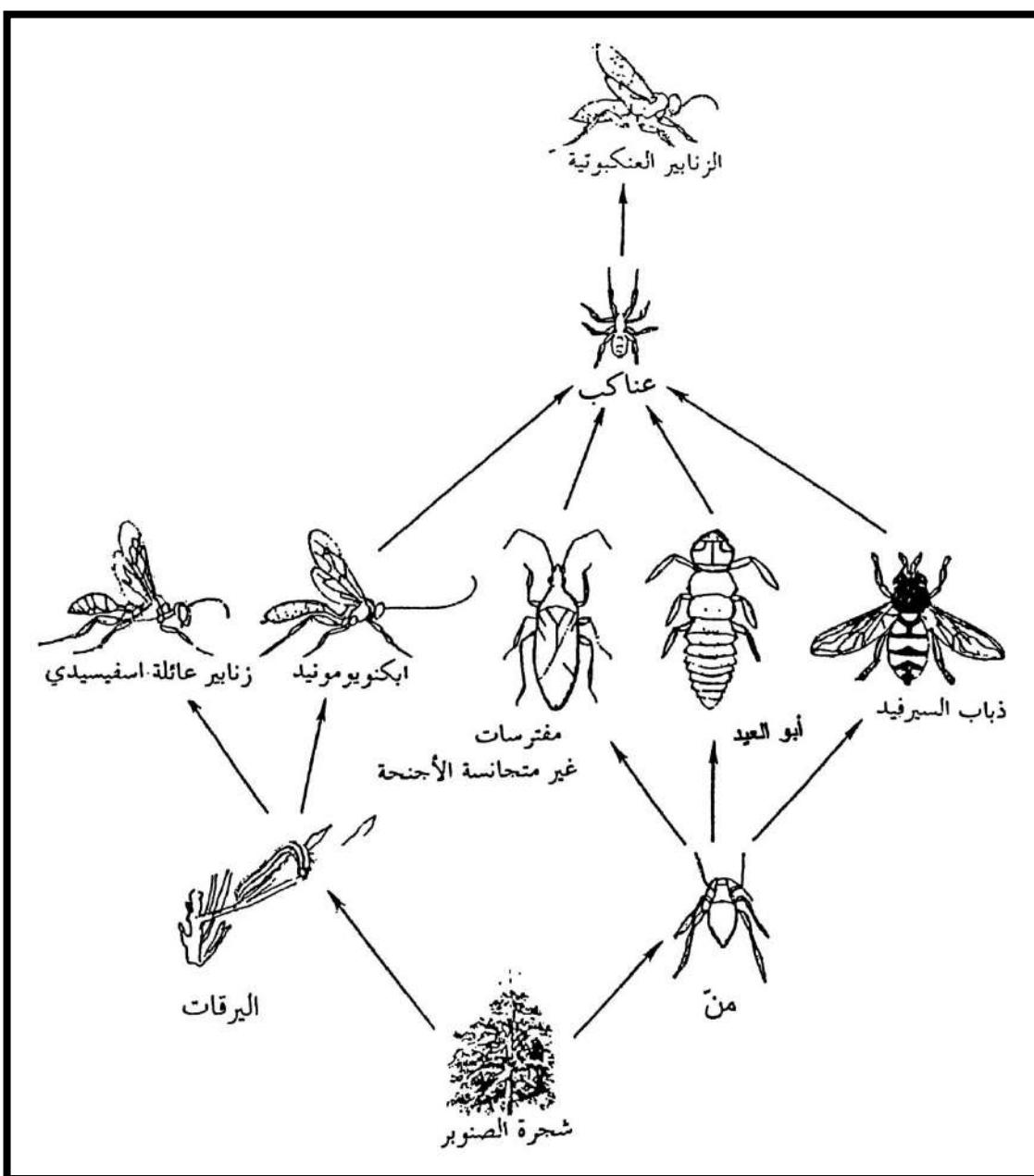
شكل (1-5): شبكة غذائية Food web تعتمد على نبات يشبه الكرنب لإيضاح ثلاث مجموعات من الحشرات النباتية وطفيليات هذه الانواع والانواع التي تنتمي الى هذه الطفيليات (فرط التنسل Hyperparasitism) والمفترسات.

تتوزع مجموعات الحشرات النباتية تبعاً للظروف البيئية التي تؤثر على صفات الورقة في العائل النباتي وتؤثر بعض العوامل البيئية على نوعية الأوراق ومحتوها من الألياف وهذه العوامل تؤثر بدورها على المجتمعات الحشرية التي ترتبط بالنبات. إن 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، أن 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.

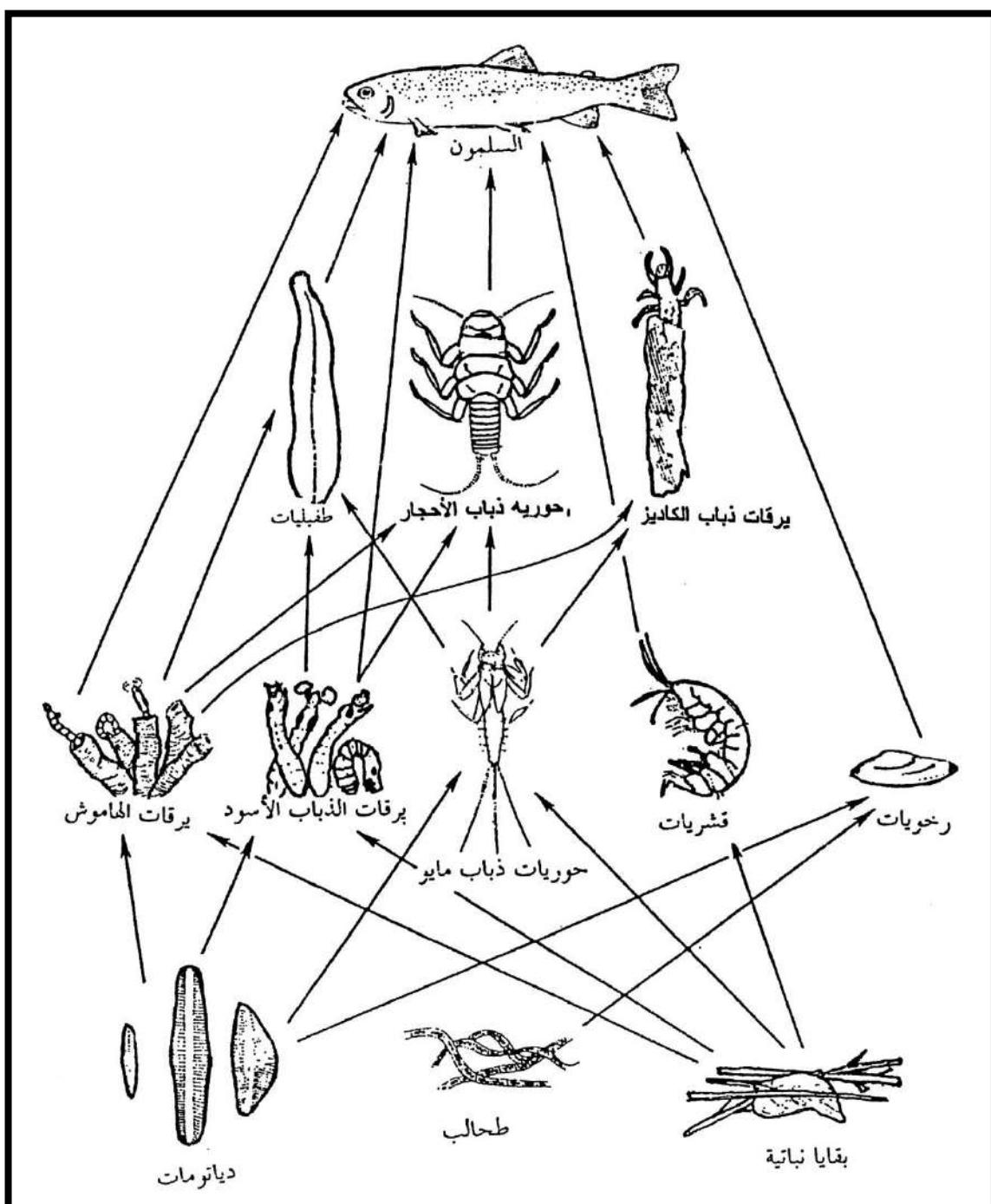
الشبكة الغذائية: Food web

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 بالسلسل الغذائية. يوضح شكل (2-5) أحد الأمثلة لمجتمع حشري يعتمد على أحد أشجار الصنوبر، حيث ترتبط العديد من مجموعات الحشرات في مجموعة من السلسل الغذائية التي تكون شبكة غذائية مكونة من يرقات فراش أشجار الصنوبر - الزنابير العنكبوتية - العناكب - الخنافس المفترسة - ذباب السيروفيد. ويمكن من تحليل الشكل ملاحظة أن المن ويرقات حرشفية الأجنحة ترتبط في نفس الشبكة الغذائية عن طريق العناكب التي تتغذى على مفترسات المن وطفيليات اليرقات.

ويمكن ان نلاحظ وجود أهمية كبيرة للحشرات في شبكة الغذاء المائي، حيث تعمل الحشرات على انسياط الطاقة وانتقال المواد عبر هذا النظام البيئي ويوضح شكل (3-5) 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.

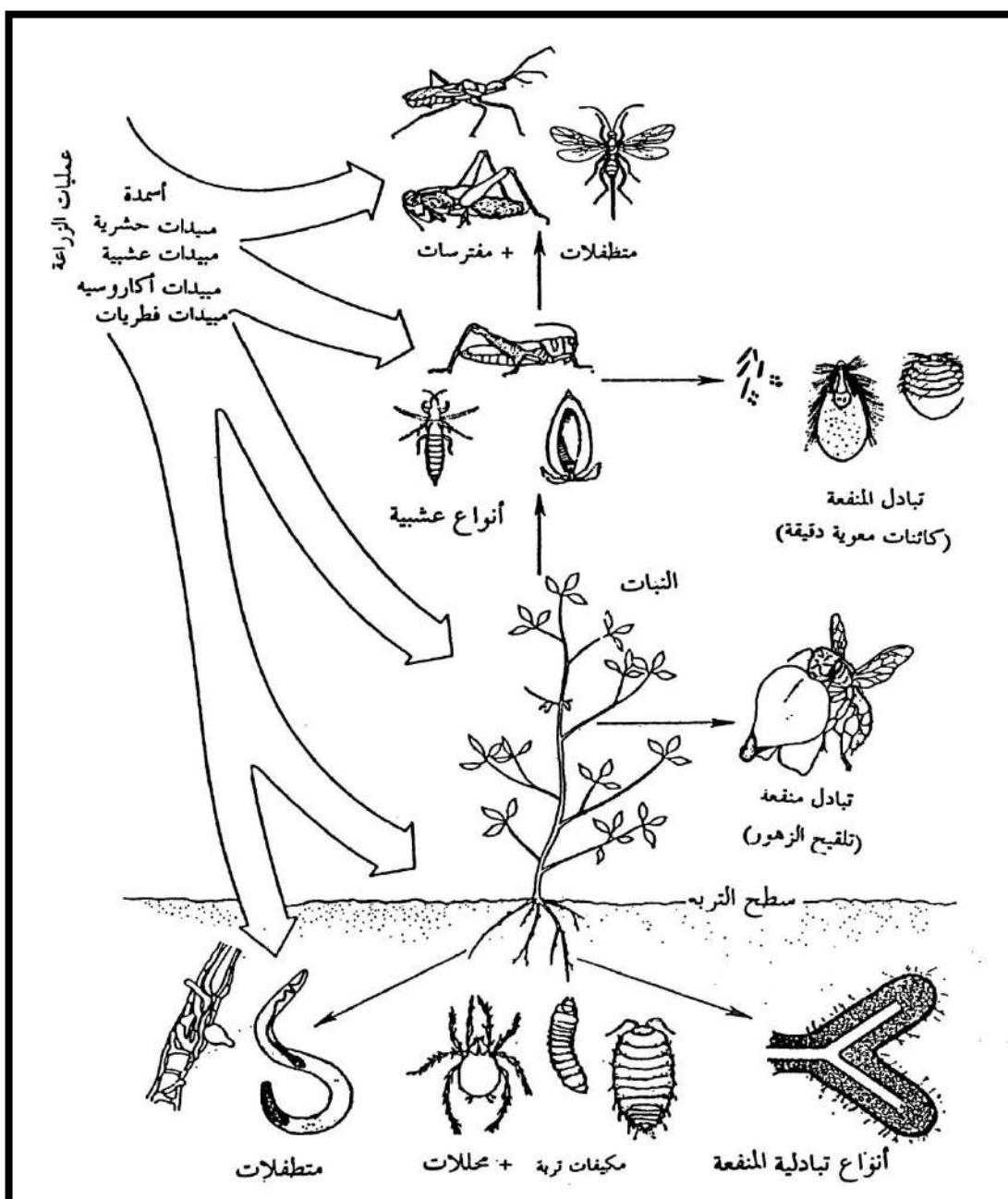


شكل (5-2): شبكة غذائية Food web تعتمد على شجرة صنوبر، الحشرات التي تتغذى على حواف الأوراق Strip feeders كانت أكثر تعداداً على الأوراق الأقل سماً والأكبر في المساحة والتي تميزت بها أشجار الصنوبر أثناء فصل الصيف في جنوب شرق أريزونا عن الأشجار التي تنمو في الجنوب الغربي من أريزونا نظراً لجفاف الطقس أثناء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



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

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



شكل (4-5): بعض العلاقات بين النباتات والحيوانات النباتية وأعدائها الطبيعية وأنواع التبادلية (تبادل المنفعة) والعوامل غير الحية التي يمكن أن توجد في حقول فول الصويا.
قة يعتمد على النظام البيئي لأشجار

تفاعلات النظام البيئي والحشرات

استعمل لفظ النظام البيئي Ecosystem في النبات للتعبير عن بيئه 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 لا بد 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 بيئه مناسبة وتتدخل العلاقات بين أفراد النوع الواحد والأنواع المختلفة في هذا المجتمع وقد عرف النظام البيئي على أنه "مجموعة من المجتمعات المكونة من أنواع 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 مصدر 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. وقد يكون السبب في هذا الارتباط هو اعتماد بعض هذه الانواع على الانواع 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 يمتلك العصارة مثل المن والبعض يتغذى على حوف الورقة والبعض الآخر يتغذى داخل ثقوب أو أنفاق صغيرة في الورقة.

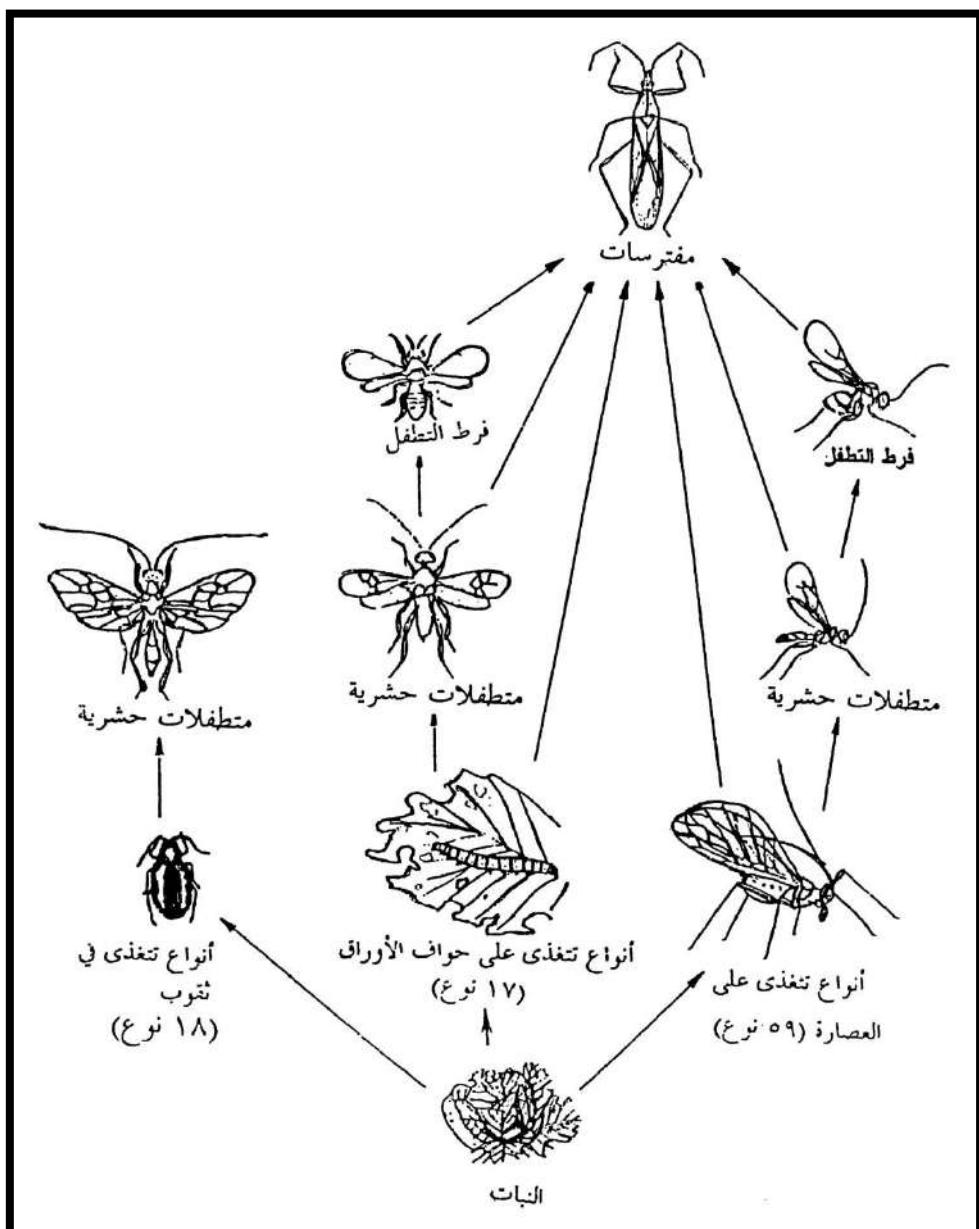
تنقسم المجموعات إلى أنواع Species ويمكن تعريف النوع على أنه "مجموعة من الأفراد التي تتكرر فيما بينها والتي تتعزل تكاثرياً عن المجموعات الأخرى". ويمكن تعريف المجتمع على أنها "مجموعات من أفراد النوع الواحد التي تتكرر فيما بينها في منطقة واحدة". ويتميز كل فرد بطراز جيني Genotype وطراز شكلي Phenotype وقد تتحول 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 الكفاء 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 وتشمل هذه الأنواع بالأنواع المنتجة Producers لأنها المصدر الرئيسي لإنتاج المركبات العضوية التي تعتمد عليها جميع أشكال الحياة الأخرى والكائنات المنتجة أو ذاتية التغذية في أي نظام بيئي هي النباتات التي تحتوي على صبغ الكلوروفيل وتقوم بعمليه 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 وتشمل حيوانية Herbivores وتشمل 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 حرأ ويمكن ان يقتل العديد من أفراد العائل عن طريق وضع البيض أو اليرقات على العائل أو بالقرب منه (شكل 5-1).



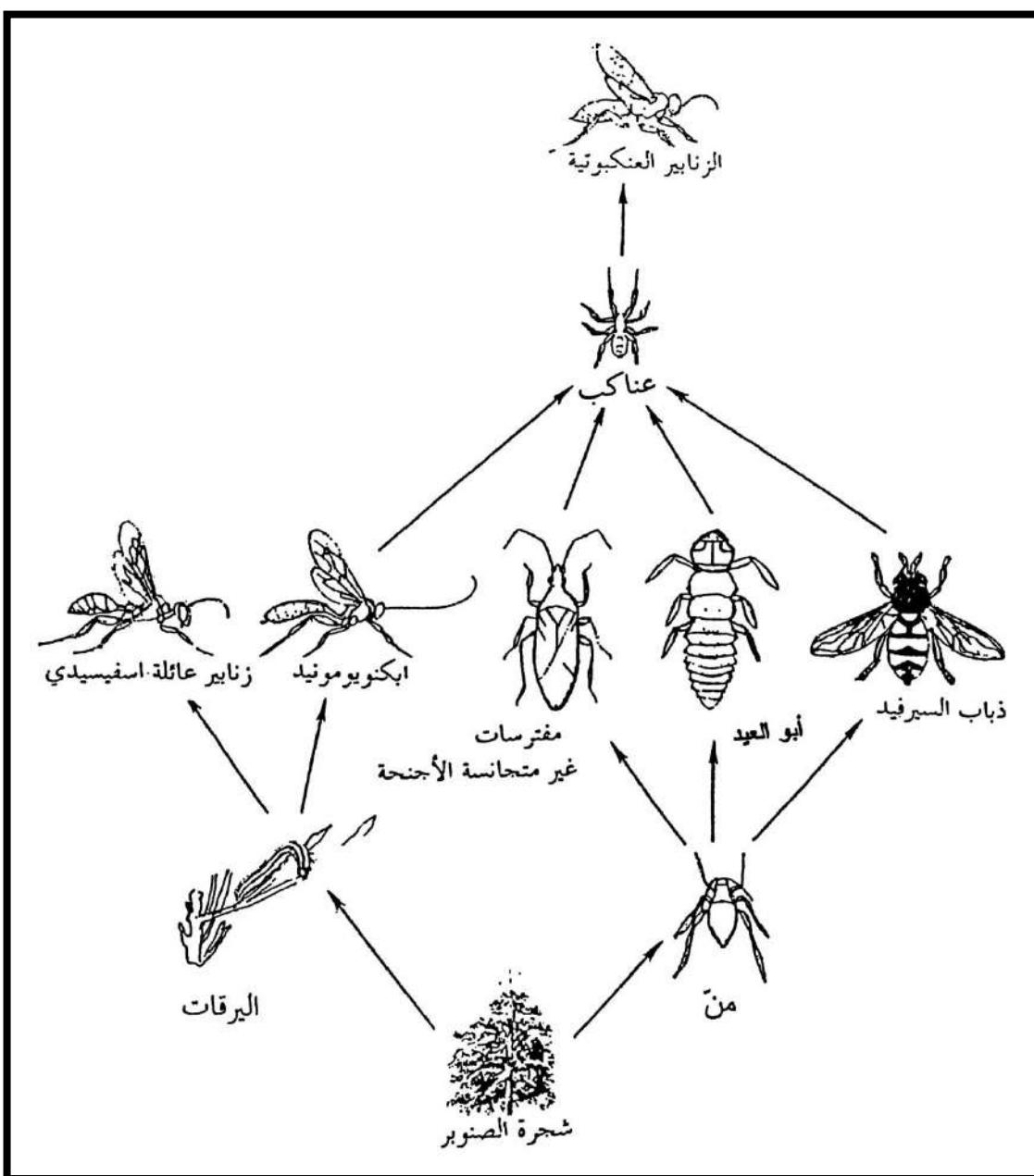
شكل (1-5): شبكة غذائية Food web تعتمد على نبات يشبه الكرنب لإيضاح ثلاث مجموعات من الحشرات النباتية وطفيليات هذه الانواع والانواع التي تنتمي الى هذه الطفيليات (فرط التنسل Hyperparasitism) والمفترسات.

تتوزع مجموعات الحشرات النباتية تبعاً للظروف البيئية التي تؤثر على صفات الورقة في العائل النباتي وتؤثر بعض العوامل البيئية على نوعية الأوراق ومحتوها من الألياف وهذه العوامل تؤثر بدورها على المجتمعات الحشرية التي ترتبط بالنبات. إن 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، أن 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.

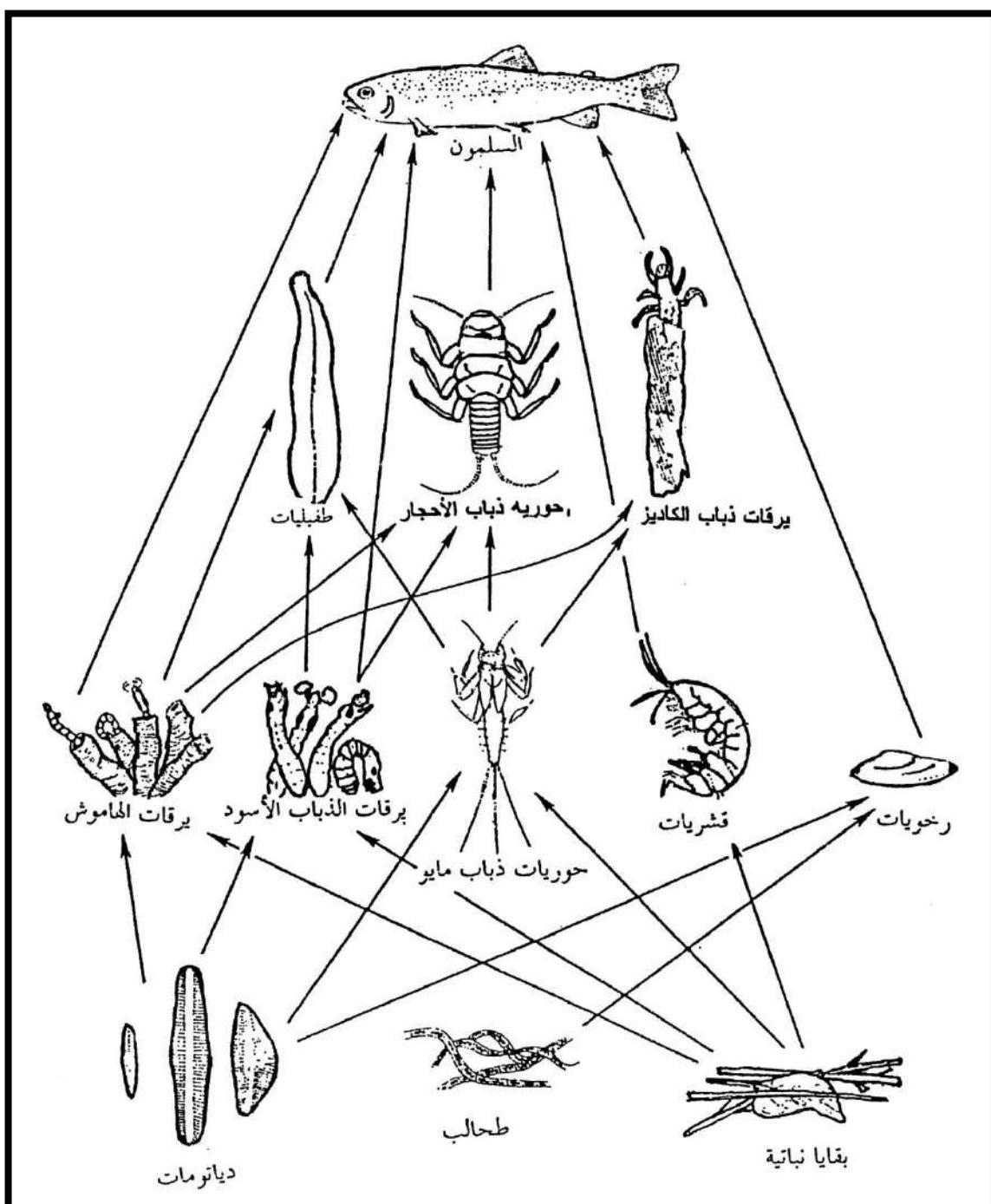
الشبكة الغذائية: Food web

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 بالسلسل الغذائية. يوضح شكل (2-5) أحد الأمثلة لمجتمع حشري يعتمد على أحد أشجار الصنوبر، حيث ترتبط العديد من مجموعات الحشرات في مجموعة من السلسل الغذائية التي تكون شبكة غذائية مكونة من يرقات فراش أشجار الصنوبر - الزنابير العنكبوتية - العناكب - الخنافس المفترسة - ذباب السيروفيد. ويمكن من تحليل الشكل ملاحظة أن المن ويرقات حرشفية الأجنحة ترتبط في نفس الشبكة الغذائية عن طريق العناكب التي تتغذى على مفترسات المن وطفيليات اليرقات.

ويمكن ان نلاحظ وجود أهمية كبيرة للحشرات في شبكة الغذاء المائي، حيث تعمل الحشرات على انسياط الطاقة وانتقال المواد عبر هذا النظام البيئي ويوضح شكل (3-5) 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.

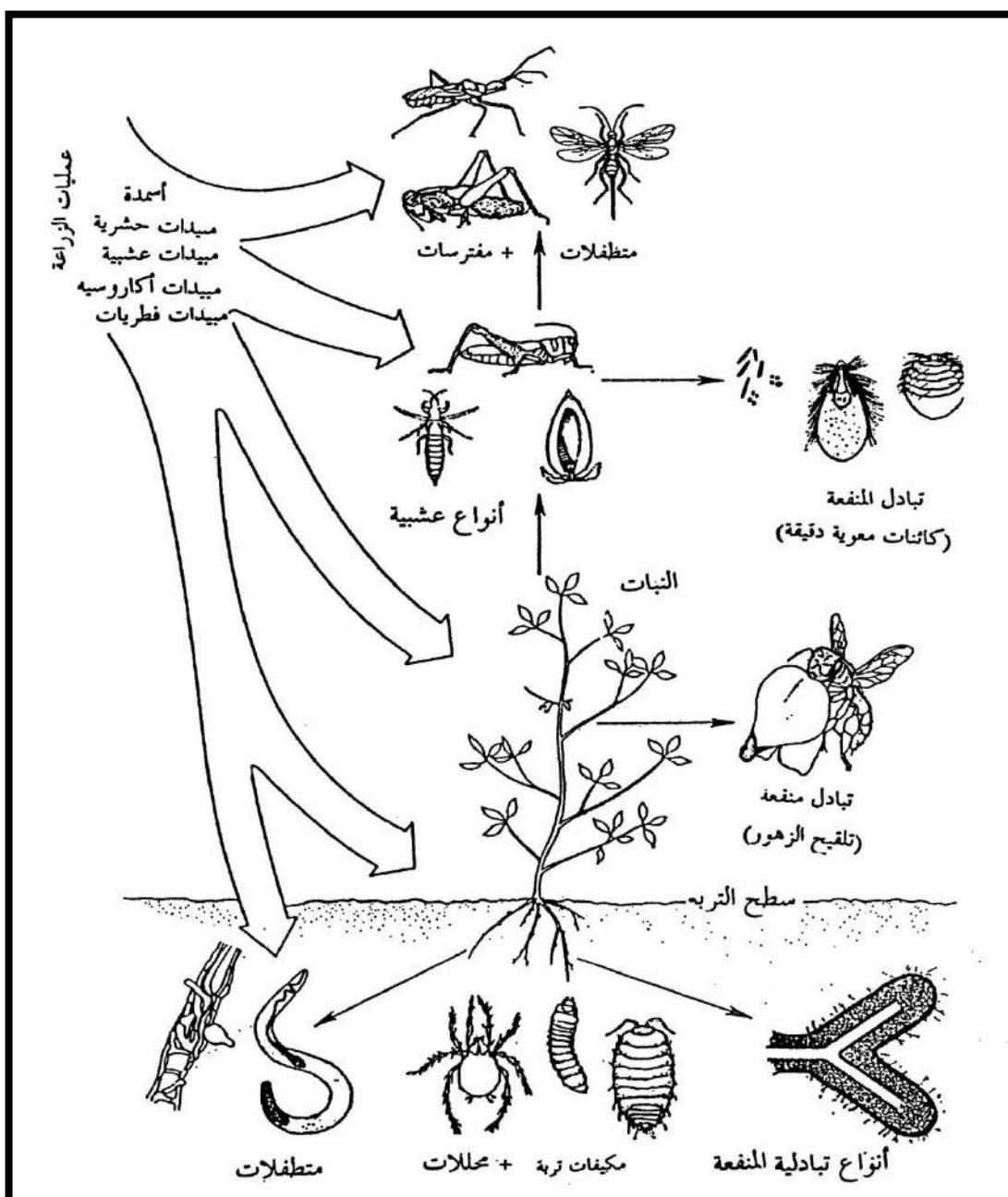


شكل (5-2): شبكة غذائية Food web تعتمد على شجرة صنوبر، الحشرات التي تتغذى على حواف الأوراق Strip feeders كانت أكثر تعداداً على الأوراق الأقل سماً والأكبر في المساحة والتي تميزت بها أشجار الصنوبر أثناء فصل الصيف في جنوب شرق أريزونا عن الأشجار التي تنمو في الجنوب الغربي من أريزونا نظراً لجفاف الطقس أثناء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



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

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



شكل (4-5): بعض العلاقات بين النباتات والحيوانات النباتية وأعدائها الطبيعية وأنواع التبادلية (تبادل المنفعة) والعوامل غير الحية التي يمكن أن توجد في حقول فول الصويا.
قة يعتمد على النظام البيئي لأشجار

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 للسلسلة الغذائية.

أهرام الأعداد

إذا نظرنا إلى نظام بيئي في بحيرة صغيرة أو مستنقع فسوف نجد أن أعداد الأنواع وحيدة الخلية يصل إلى الملايين، ونجد أن برغوث الماء (وهو يلي الأنواع وحيدة الخلية في السلسلة الغذائية) يصل تعداد أفراده إلى مئات الآلاف بينما نجد أعداد الخنازف 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 الاقتراس بما فيها افتراس الأنواع المفترسة والتطفل وفروط التطفل (التطفل على الأنواع المتطرفة).



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

أهرام الكتلة الحيوية: Pyramids of biomass

إذا وضع الأعداد المنتجة (النباتات) في أهرام الأعداد فسوف يؤدي ذلك إلى ظهور "هرم مقلوب" لأن الشجرة أو الشجيرة الواحدة يعتمد عليها. مئات أوآلاف 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 أن الهرم "غير مقلوب" حيث نجد أن 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 انسيابات الطاقة بين المستويات الغذائية المتتابعة في السلسلة الغذائية أو الشبكة الغذائية. ولا يمكن ان تتعكس أهرام الطاقة لأنها تتبع القانون الأول للديناميكا الحرارية والذي ينص على ان الطاقة لا تقني ولا تستحدث. (لاحظ أن هرم الأعداد يمكن ان ينقلب اذا وضعت الكائنات المنتجة - النباتات - في وضعها الطبيعي) ويوضح شكل (7-5) 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 (7-5): هرم للطاقة يعتمد على النظام البيئي لأشجار البلوط. وحدة الطاقة هي: كيلو كالوري/ هكتار/ سنوياً. والظاهر من الشكل ان إنتاج أكلات 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 النتروجين في الطبيعة، أما حركة الطاقة فيمكن تفسيرها من خلال قوانين الديناميكا الحرارية والتي ينص قانونها الأول على أن "الطاقة تتقلص (تقل) عندما تحول 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 تضمن الطاقة الموجدة 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 تتتساب 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.



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

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

طور النمو (الطور البريقي)	الطعام الذي يتم تمثيله (مليجرام)	النمو (مليجرام)	وزن الغذاء المستخدم في التنفس (الطعم 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			

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

الإنتاج الابتدائي: Primary production

عملية البناء الضوئي هي الأساس الذي تعتمد عليه كل أشكال الحياة وهي أيضاً نقطة البداية في دراسة أيضـ المـجـتمـعـات Community metabolism. وتشـكـلـ النـبـاتـاتـ الجـزـءـ الأـعـظـمـ منـ الكـتـلـةـ الحـيـوـيـةـ عـلـىـ الـأـرـضـ إـذـ يـبـلـغـ وزـنـ النـبـاتـاتـ حـوـالـيـ 99.9% منـ الـوزـنـ الـكـلـيـ لـلـكـائـنـاتـ الـحـيـةـ وـالـإـنـتـاجـ الـكـلـيـ الـابـتـدـائـيـ Gross primary production هو الطاقة التي يثـبـتـهاـ النـبـاتـ فيـ عـلـىـ الـأـرـضـ مـطـرـوـحـاـ مـنـ الطـاقـةـ الـتـيـ يـسـتـهـلـكـهاـ النـبـاتـ فيـ عـلـىـ الـنـفـسـ وـأـبـسـطـ الـطـرـقـ لـقـيـاسـ إـنـتـاجـ الـكـلـيـ الـابـتـدـائـيـ هي طـرـيقـةـ الحـصـادـ Harvest method. حيثـ تـعـتـبـرـ كـمـيـةـ النـبـاتـ الـمـنـتـجـةـ فيـ وـحدـةـ الـزـمـنـ ΔB مـساـوـيـةـ لـلـتـغـيرـ فيـ الـكـتـلـةـ الـحـيـوـيـةـ خـلـالـ الـفـرـةـ الـزـمـنـيـةـ "1" إـلـىـ "2" ($\Delta B_2 - \Delta B_1$) وـالـفـقـدـ فيـ الـكـتـلـةـ الـحـيـوـيـةـ لـلـنـبـاتـ يـحـدـثـ بـطـرـيقـتـيـنـ:-

1. فقد نتـيـجةـ مـوتـ النـبـاتـ (L).

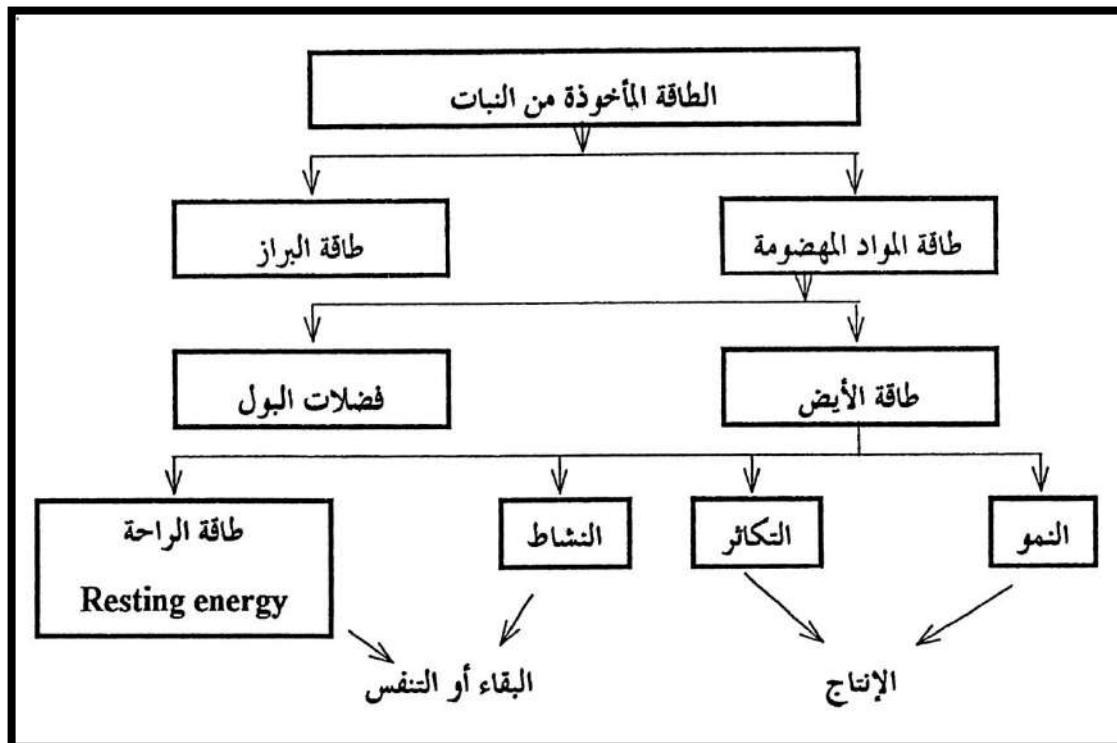
2. فقد نـتـيـجةـ تـغـذـيـةـ الـحـيـوـانـاتـ عـلـىـ النـبـاتـ (G).

ويمـكـنـ إـيجـادـ صـافـيـ إـنـتـاجـ الـابـتـدـائـيـ بـعـدـ مـعـرـفـةـ الـكـمـيـاتـ الـمـفـقـودـةـ مـنـ الـكـتـلـةـ الـحـيـوـيـةـ النـبـاتـيـةـ:

$$\text{صـافـيـ إـنـتـاجـ الـابـتـدـائـيـ} = G + L + \Delta B$$

الإنتاج الثانوي: Secondary production

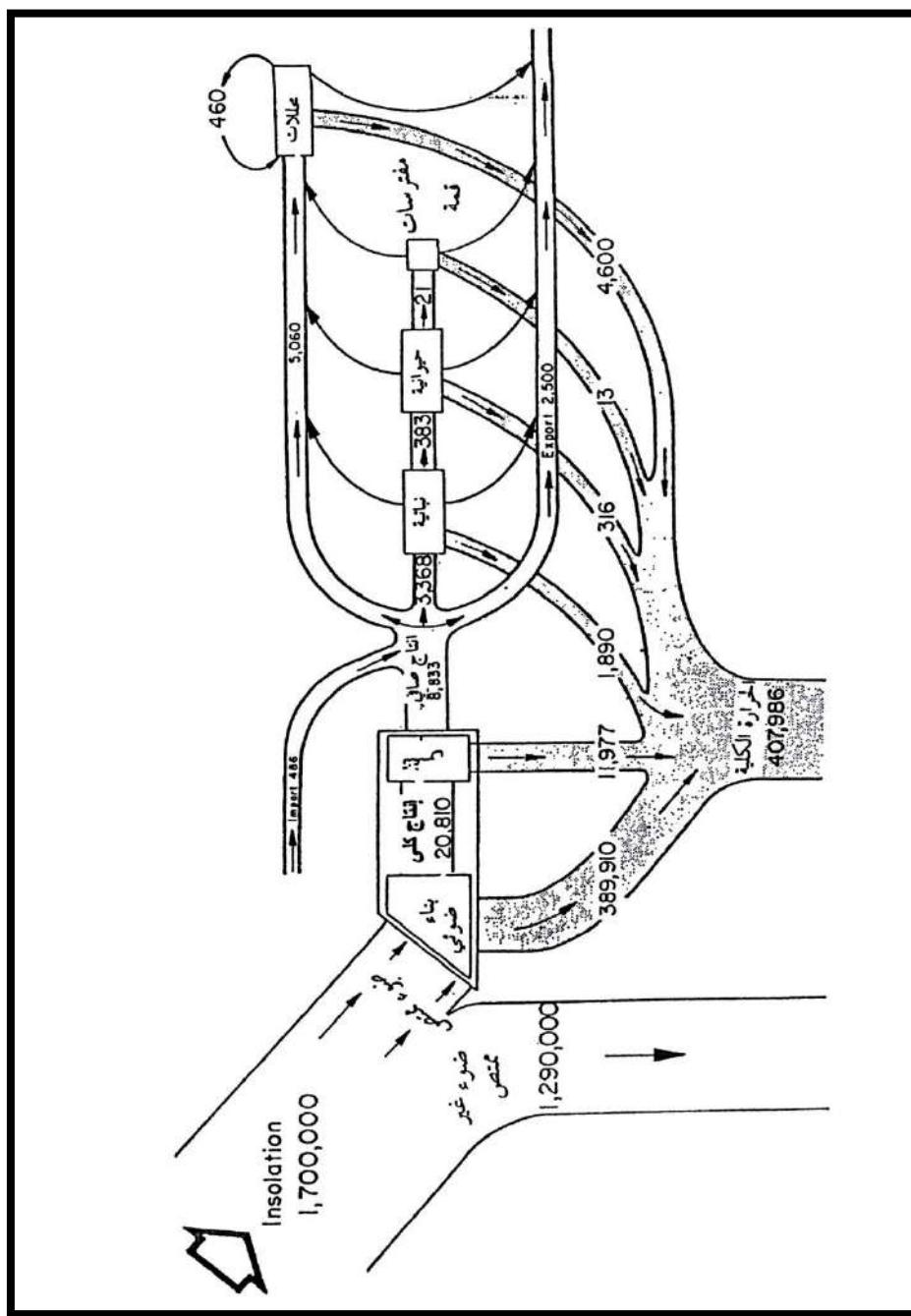
الكتـلـةـ الـحـيـوـيـةـ النـبـاتـيـةـ الـتـيـ تـتـرـاـكـمـ فـيـ الـبـيـئةـ نـتـيـجةـ عـلـىـ الـبـنـاءـ الضـوـئـيـ تـتـنـهـيـ إـلـىـ أحدـ الـاتـجـاهـيـنـ، إـماـ أـنـ تـتـغـذـىـ عـلـىـ الـحـيـوـانـاتـ النـبـاتـيـةـ أـوـ الـكـائـنـاتـ الـمـحـلـلـةـ (الـشـكـلـ 1-6). انـ الـكـائـنـاتـ الـمـحـلـلـةـ تـسـتـهـلـكـ حـوـالـيـ 80% مـنـ الـمـادـةـ النـبـاتـيـةـ بـعـدـ مـوـتـهاـ. وـلـكـنـ الـحـيـوـانـاتـ الـعـشـبـيـةـ تـشـكـلـ قـوـةـ هـامـةـ لـلـاـنـتـخـابـ الـطـبـيـعـيـ فـيـ النـبـاتـ وـالـإـنـتـاجـ الـثـانـويـ لـلـطـاقـةـ يـعـبرـ عـنـ كـمـ الطـاقـةـ الـذـيـ تـنـتـجـهـ الـأـنـوـاعـ الـتـيـ تـتـغـذـىـ عـلـىـ النـبـاتـ وـيـتـخـذـ سـرـيـانـ الـطـاقـةـ فـيـ الـحـشـرـاتـ عـدـةـ اـتـجـاهـاتـ:



شكل (6-1): سريان الطاقة في الحشرات

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

تقدير كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى الكروة الأرضية بحوالي $15,3 \times 10^8$ كالوري لكل متر مربع في السنة. ويتشتت جزء كبير من هذه الطاقة ويُضيع أيضًا جزء كبير من هذه الطاقة في عمليات البخر. وتختلف كمية الطاقة التي يستعملها النباتات تبعاً للموقع الجغرافي. أكثر من 95% من الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض يتم فقدانها على شكل حرارة والجزء المتبقى (5-1%) يستعمل في عملية البناء الضوئي، حيث يتحول إلى أنسجة نباتية تخزن الطاقة. وتوضح علاقات الطاقة في المستوى الغذائي الأول (الأنواع ذاتية التغذية – النباتات التي تقوم لعملية البناء الضوئي). وبفحص الشكل نجد أن فاعلية البناء الضوئي Photosynthesis efficiency منخفضة.

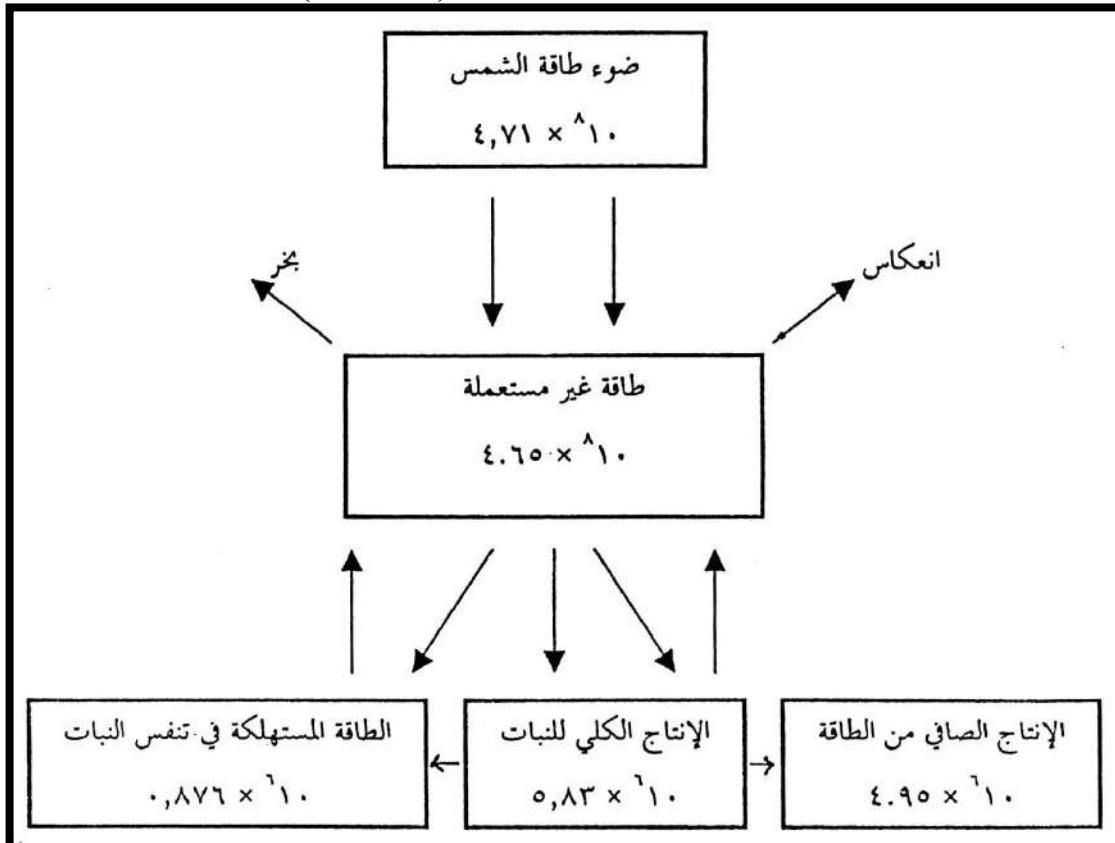


شكل (6-2): القدر في الطاقة مع انسيا بها من مستوى غذائي إلى المستوى الغذائي الذي يليه.

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 (6-3): علاقات الطاقة في النبات.

وتحتفل الكتلة الحيوية **Biomass** للحيوانات العشبية في الأنظمة البيئية المختلفة تبعاً لقدرة النبات على تثبيت وتخزين الطاقة الشمسية على صورة أنسجة نباتية يمكن أن 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 تخزن في بعض الأنظمة البيئية على شكل كتل كبيرة من الأنسجة الخشبية التي تمد بعض الأنواع الحشرية بمصدر غذائي مستمر.

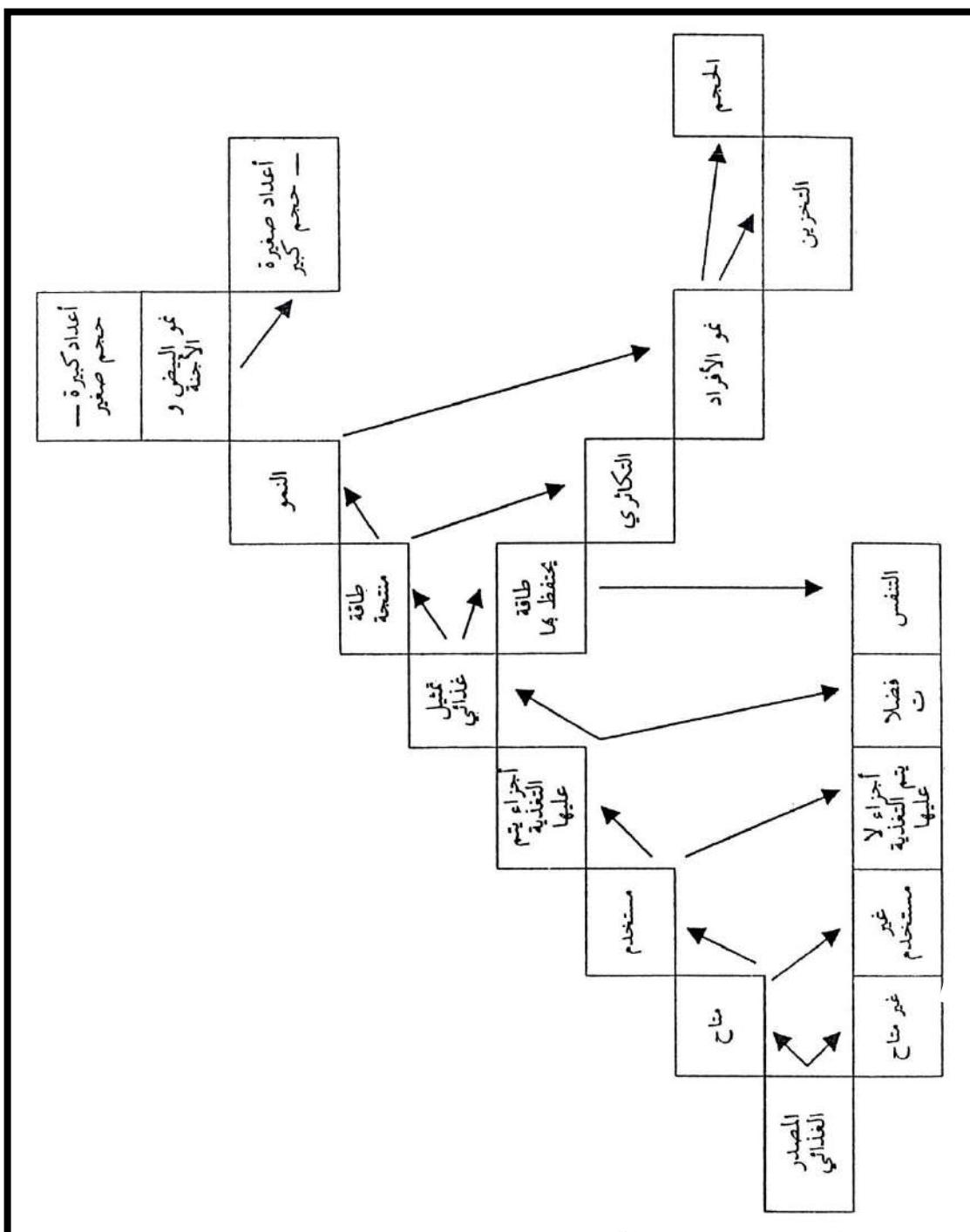
تتأثر الصفات البيولوجية للمجتمعات الحشرية بالطريقة التي تعتمد عليها الأنواع في الحصول على الطاقة، فنجد أن الأنواع التي تتغذى على الأنسجة الخشبية مثل ناخزات الخشب من رتبة غمديّة الأجنحة والسيكادا من رتبة متاجانسة الأجنحة تعيش فترات حياة طويلة وتحميّز بطول فترة الجيل مثل بعض أنواع السيكادا التي تستغرق 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 والخفسياء البرغوثية وصراسير الغيط وغيرها فتتميز بدوره حياة قصيرة يتكللها عادة سكون أو بيات شتوي في أحد أطوار النمو.

وكما تختلف النباتات في قدرتها على احتزان الطاقة، تختلف قدرة الحيوانات النباتية على احتزان 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 الأعداد) واستراتيجيات التكاثر (بعض الأنواع تنتج ذرية كبيرة العدد في فترة جيل

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

تصبح الطاقة جزء من الكائن الحي بعد ان تخزن 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 أساسى يضمن استمرار هذه التفاعلات. وبعد ثبيت الطاقة في الكائن الحي في شكل كربون مختزل تصبح "إنتاج كلٍي" Gross production وتتحرك هذه الطاقة في المسارات الآتية:

1. الايض التنفسى الذى 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): انسياپ الطاقة في أفراد أو مجموعات الأنواع غير ذاتية التغذية.
 عندما يكون صافي إنتاج الطاقة Net production موجباً 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 – البويلضات – 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 تقدر 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 الدافعية 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 (الكتانسات) التأثير على معدل إنتاج الطاقة لأنها لا تعمل إلا بعد موته.

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 ثلات مجموعات من المستهلكات الابتدائية وهي:

- عصفور السافانا *Passerculus sandwichensis* المتغذى على البذور.
- فئران الغيط *Peromyscus polinotus* المتغذية على البذور.
- النطاطات (*Melanoplus bilituratus; M. femur-rubrum*) مستقيمة الأجنحة.
- 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 لـ عدد 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 وإنثاجاً للطاقة من الفقاريات في نفس المستوى الغذائي وان انعدام الحشرات في النظام البيئي يؤدي إلى خفض عدد المستويات الغذائية وأضمحلال الكثير من الحلقات في الشبكة الغذائية.

يلخص الجدول انسياب الطاقة في حقول قديمين في جنوب كاليفورنيا وجنوب ميشيغان: الاستخدام السنوي للطاقة في المستهلكات الابتدائية في المجتمعات الحقول القديمة في جنوب كاليفورنيا وجنوب ميشيغان (كيلو كالوري / متر مربع / سنة).

| الحيوان | النوع |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| العصافير | جنوب كاليفورنيا |
| الفئران | جنوب كاليفورنيا |
| مستقيمة الأجنحة | جنوب كاليفورنيا |
| البق | جنوب كاليفورنيا |
| حشرات أخرى | جنوب كاليفورنيا |

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

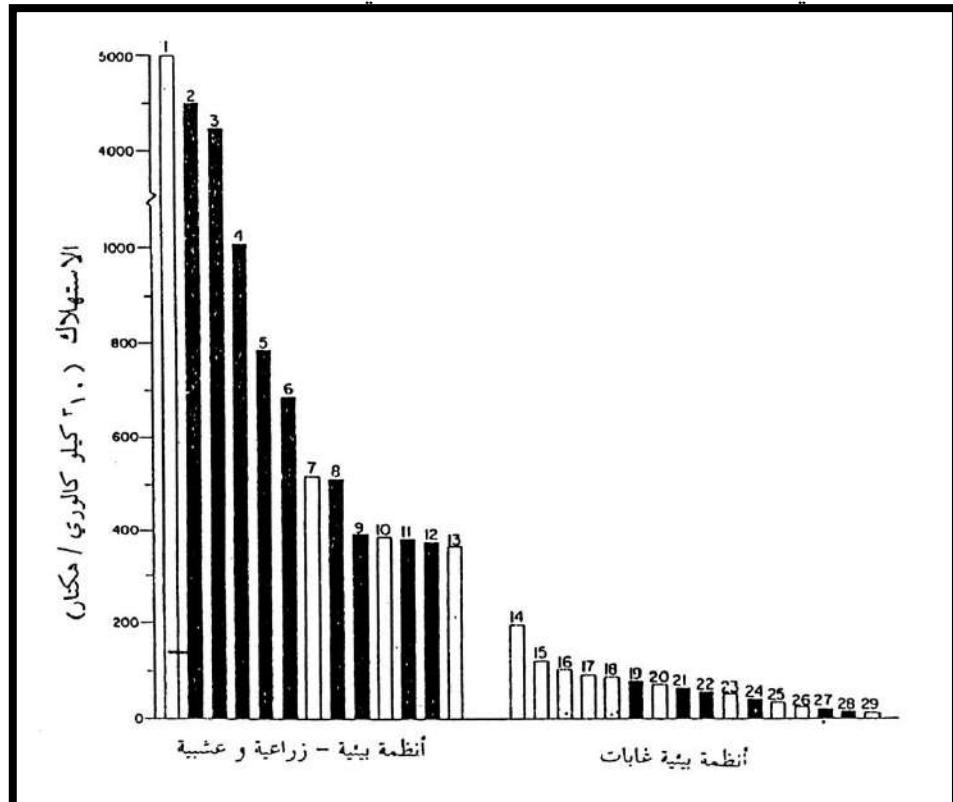
Assimilation efficiency في الفقاريات حتى تصل إلى أكثر من 25%， ولكن الحشرات عموماً أقل في القدرة على تمثيل الغذاء وهذا يؤدي إلى خروج كميات كبيرة من الغذاء غير الممثل على شكل فضلات برازية وهذه الفضلات لها أهمية كبيرة في المستوى الغذائي الذي يشتمل على الأنواع المختلفة للمواد العضوية.

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 بالتلطف أو الاقتراس مثل خنافس ابو العيد (فصيلة Coccinillidae) ومفترسات غير متجانسة الأجنحة من فصيلة Geocoridae والعديد من طفيليات غشائية الأجنحة التابعة لفصائل Calcidae و Braconidae 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 تستهلك 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 متيناً 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 وإنماح الطاقة حيث ان المن يخلص النبات من المواد المتراكمة والتي قد تؤدي إلى إضعاف عملية التمثيل الضوئي (الشكل 5-6).

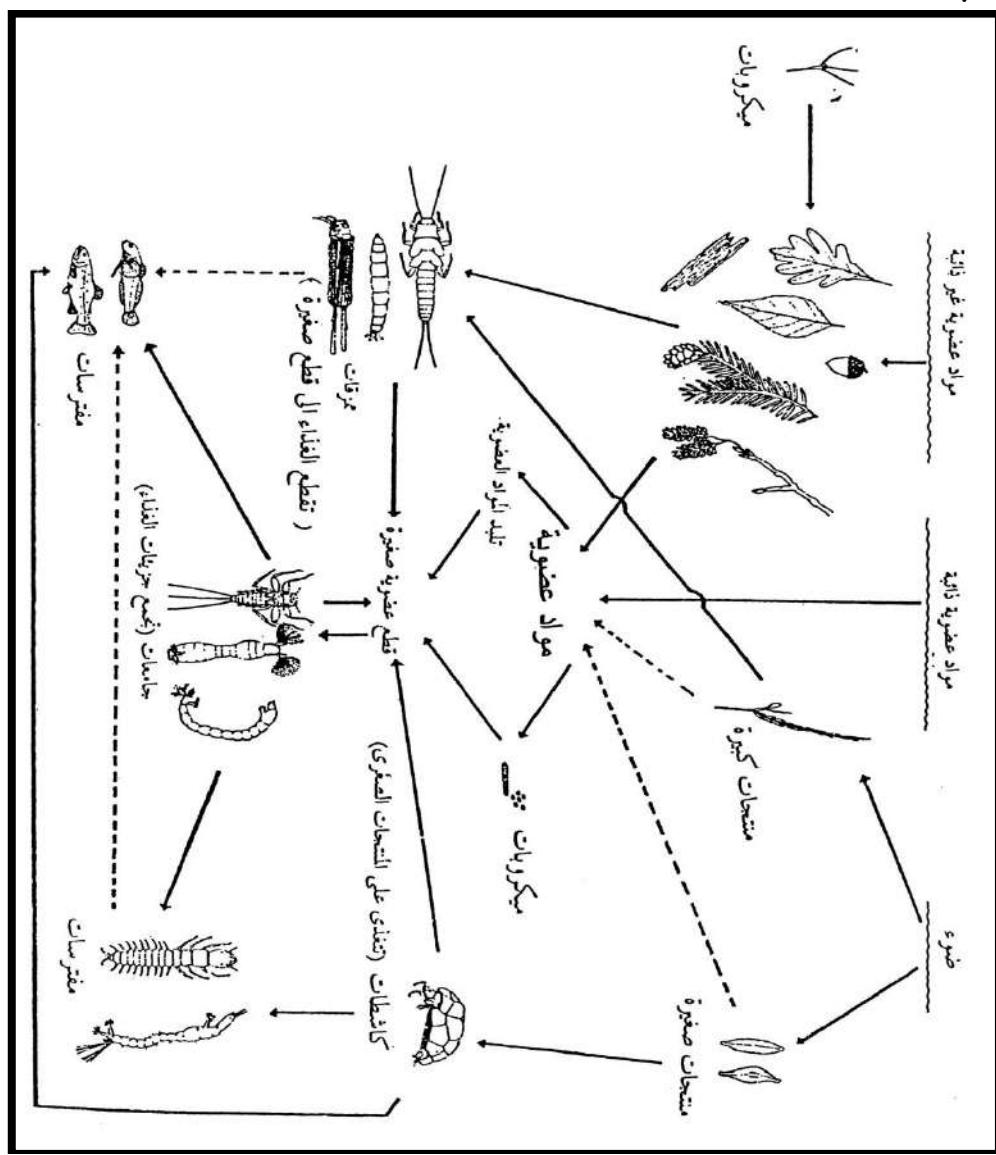
ويوضح تأثير الحشرات على عمليات انساب الطاقة في الأنظمة البيئية المختلفة، حيث نجد ان الحشرات هي أكثر المجموعات استهلاكاً للطاقة في الأنظمة البيئية.



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

ومع التطور في معرفة الأنظمة البيئية أعاد العلماء النظر في وضع الأنظometas 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) أن 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 انتساب الطاقة في النظام المائي حتى تصل إلى الأسماك ولكن العلاقة بين هذه المفصليات وأنظمة البيئة المائية غير واضحة.



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

ديناميكية انتساب 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 لأنسياب الطاقة في النظام البيئي على مستوى الأفراد والمجتمعات حيث أن 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 يصاحبها "فقد" في جزء من الطاقة، أما المواد الكيميائية فلا تعاني من "الفقد" عندما تتحول من شكل إلى شكل آخر أثناء مرورها في السلسل الغذائية فنجد ان تحول المواد الكيميائية من أنسجة نباتية إلى أنسجة حيوانية لا يصاحبها أي فقد في كم هذه المواد وبالمثل لا يحدث أي فقد في الكل عند تحلل المواد العضوية إلى عناصر بسيطة. وخلاصة القول ان الطاقة تسري في اتجاه واحد أما حركة المواد الكيميائية فتتعدد 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 تتدخل 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 الأمينية 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:

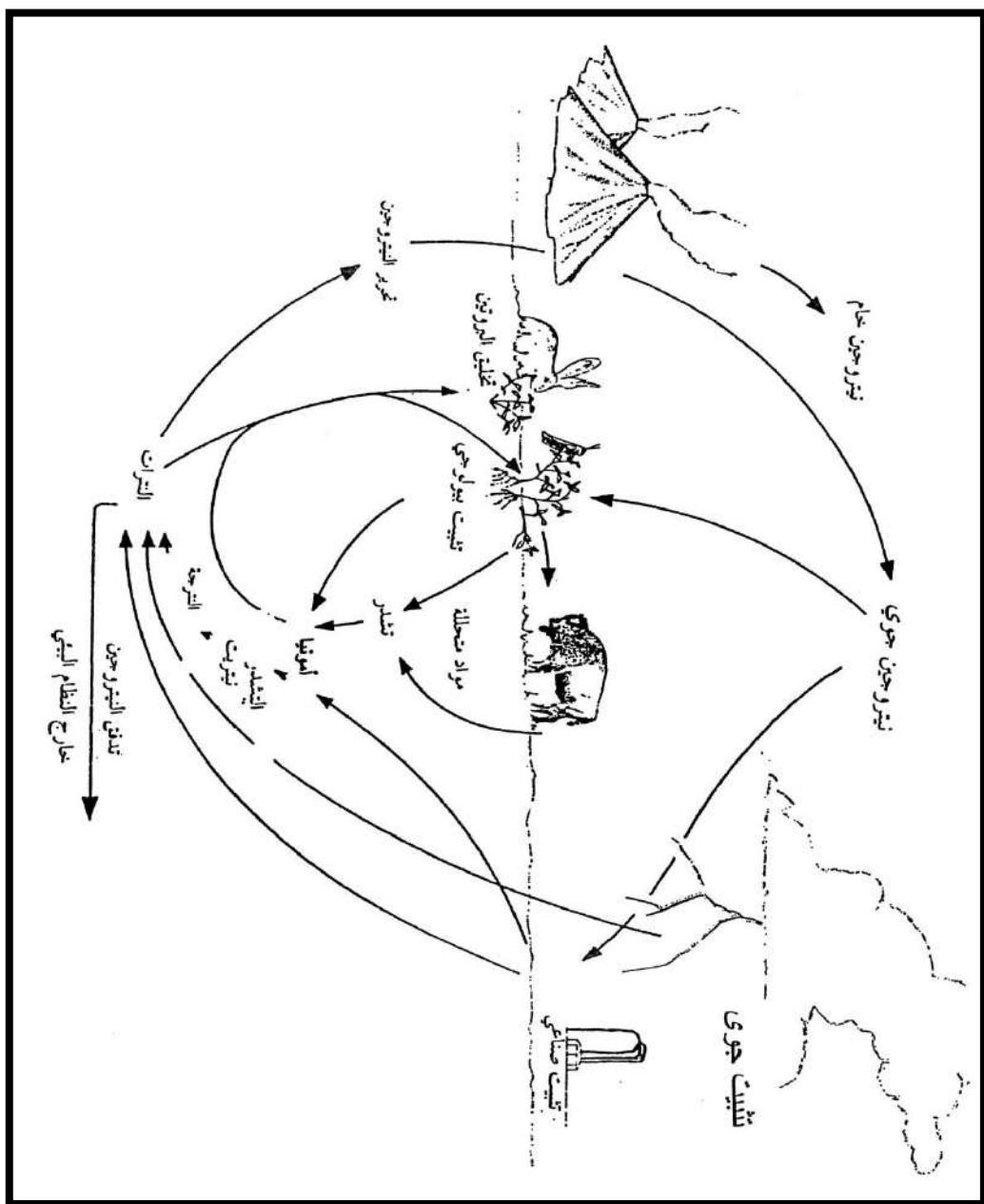
يتحول النيتروجين الجوي إلى مركبات نيتروجينية بواسطة البرق والتثبيت البيولوجي Biological fixation يمكن ان تستعين بها الكائنات الحية وتشمل التثبيت البيولوجي للنيتروجين عدة خطوات أو مراحل يمكن تلخيصها فيما يلي:

Nitrogen fixation: تثبيت النيتروجين

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

Nitrification: النيترنة

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



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

من المعروف أن 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 البكتيريا من جنس *Nitrobacter* على الطاقة عن طريق أكسدة النيتريت إلى نترات. وتعتبر النitrates من أهم مصادر النيتروجين المتاحة للنبات لأن أيونات النيتريات لا تمتزج مع جزيئات التربة مما يساعد النبات على سهولة امتصاصها. بينما تميل جزيئات الأمونيوم إلى الامتزاج مع جزيئات التربة. تمتص النباتات أيونات الأمونيوم أو النيتريات 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

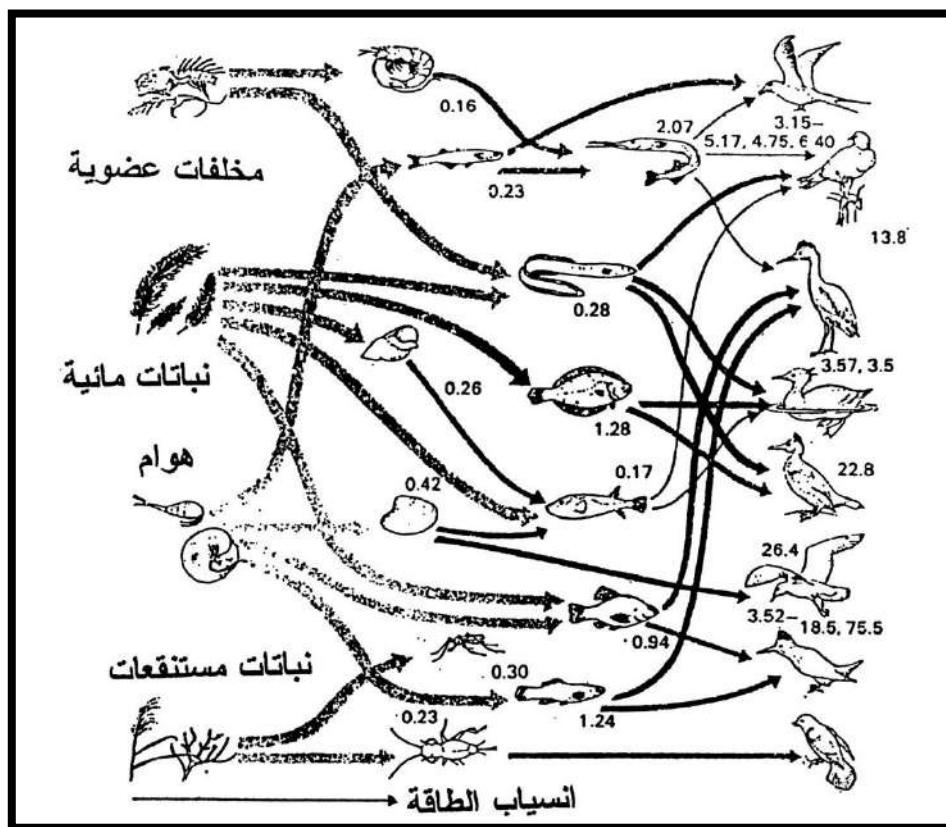
يتضاعد النيتروجين على شكل أمونيا من المواد العضوية المتحللة وتعرف هذه العملية بالنشارة أو التحول إلى مركبات نشادية ويتحول هذا النشار إلى نيترات في عملية النيترنة (الخطوة السابقة).

تحرير النيتروجين: Denitrification

تتكسر مركبات النيترات والنيتريت بواسطة البكتيريا المحللة مثل *Pseudomonas denitrificans* ويتضاعد غاز النيتروجين الخام مرة أخرى. ويعتبر النشاط البركاني من المصادر الطبيعية التي تضيف غاز النيتروجين إلى النظام البيئي. ويمكن أن يفقد النيتروجين من النظام البيئي خلال ترسب الجزيئات المحتوية على النيتروجين أو تدفق النترات مع المياه لتصب في الأنهار أو البحيرات أو حتى البحر المفتوحة. وتجدر الإشارة إلى أن دورة النيتروجين في الطبيعة تتأثر بالمخصبات أو الأسمدة النيتروجينية التي تضاف إلى التربة لزيادة معدلات نمو النبات. إن 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 و 10 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 لتحسين وزيادة كم الغذاء المقدم للحيوانات المتسائسة 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 بدوره النيتروجين في النظام البيئي حيث ان النيتروجين يعتبر من العوامل التي تحدد او العوامل المحددة للمستوى الغذائي الثاني حيث ان عمليات الأيض في الحشرات تؤدي إلى تركيز النيتروجين 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 تصعد إلى الأنظمة البيئية المائية حيث تحفظ الكائنات الصغيرة ببعض المركبات مثل مبيد د.د.ت DDT في الأنسجة الدهنية. وعندما تتغذى الكائنات الكبيرة على هذه الأنواع تحفظ الأنواع الكبيرة بكميات أكبر من المبيد في أجسامها ويزداد تركيز هذه المادة السامة مع المستويات الغذائية في الشبكة حيث تصعد إلى أعلى درجاته في المفترسات التي توجد في قمة الشبكة الغذائية (الشكل 6-8).

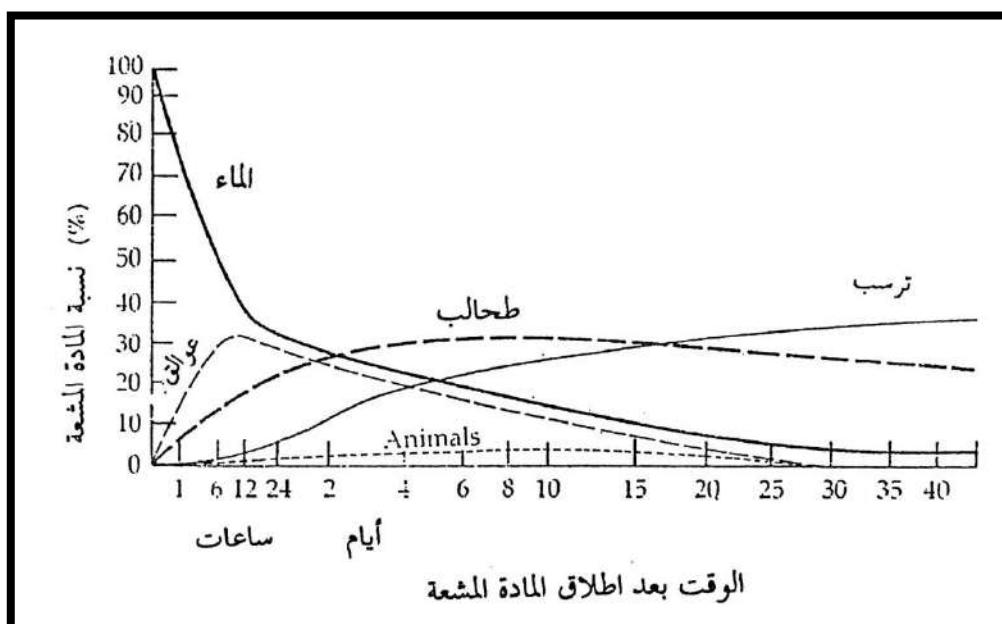


الشكل (6-8): حركة مبيد D.D.T في جزء من الشبكة الغذائية لتوضيح حركة المبيد. ويلاحظ ان انسياط الطاقة وحركة المبيد تسير في اتجاه الأسمهم وبوضوح الشكل تزداد تركيز المبيد (جزء لكل مليون – PPM) في المستويات الغذائية الأعلى حيث يرتفع في السمك عن العوالق والنباتات المائية ويرتفع في الطيور المفترسة عن الأسماك.

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 Phytoplankton 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 6-9).



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

Insects and pollution of ecosystem: الحشرات وتلوث الأنظمة البيئية

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 اللون في فراش *Lymantira dispar* عند تعرضها لثاني اكسيد الكبريت بتركيز مقداره $1.400 \text{ ميكروجرام}/\text{م}^2$ وقد أعزى 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 خفف새 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 الهمامة على بعض الذباب *Culicoides variipennis sonorensis* وجد ان هذا الطفيلي لا يتحمل الملوحة العالية أو التلوث بروث بعض الحيوانات وهذه النتائج تؤكد ان تلوث الأنظمة البيئية قد يقلل من فرص المكافحة البيولوجية لبعض الآفات الحشرية.

Ecological succession: التتابع البيئي

نشأ مفهوم التتابع البيئي Ecological succession عندما لاحظ علماء النبات التغير في تركيب المجتمعات النباتية المختلفة والتدرج في المحتوى النباتي للبيئات المجاورة. وعلى سبيل المثال نجد ان التدرج واضح في المناطق الساحلية بدءاً من النباتات الملحية *Halophytes* ثم الأشجار الخفيفة *Shrubs* وأخيراً الغابات *Woodland*. وكانت الفرضية الرئيسية التي تفسر هذا النمط هي ان كل نوع يستوطن منطقة معينة يؤدي إلى تغيير البيئة (مثل زيادة الأماكن الظليلة 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 انفراضاً أو هجرة كائن حي من إحدى البيئات أحد العوامل التي يمكن أن تؤثر على هذه البيئة. واستطيطان 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 الكساد النباتي إلى تغير في مجتمعات الحيوان التي تسكن بيئة معينة.

والتابع 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 أن 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 الكساد النباتي وطبيعة التربة. ومن ناحية أخرى ان أنواع الحشرات من رتبة Collembola والتي تتغذى على بقايا الحيوانات والنباتات الميتة تظهر تتابعاً بيئياً على بقايا الحيوان والنبات، حيث تختفي أنواع وتحل محلها أنواع أخرى في المراحل المتناثبة من تحل الجسم الحيوي والنباتي، وينطبق هذا أيضاً على العديد من مغذيات الرمة من الذباب والخنا足س.

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 لأنواع التي تفضلها الحشرات كغذاء بينما تزداد القدرة التنافسية لأنواع غير المرغوبة من الحشرات. ويجب الإشارة أيضاً إلى أهمية الحشرات وخاصة غشائية الأجنحة في عملية تلقيح النبات في الطبيعة ومن المنطق أن نتوقع ان توزيع وكثافة اعداد النباتية التي تعتمد على الحشرات كأحد عوامل التلقيح سوف يتاثر 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 الحشرية Bioindicators على مسار التتابع البيئي، وأدلة قوية على إمكانية دراسة التتابع البيئي من خلال دراسة التغير في كثافة وتركيب مجتمعات النمل التي أعطت مؤمراً 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.

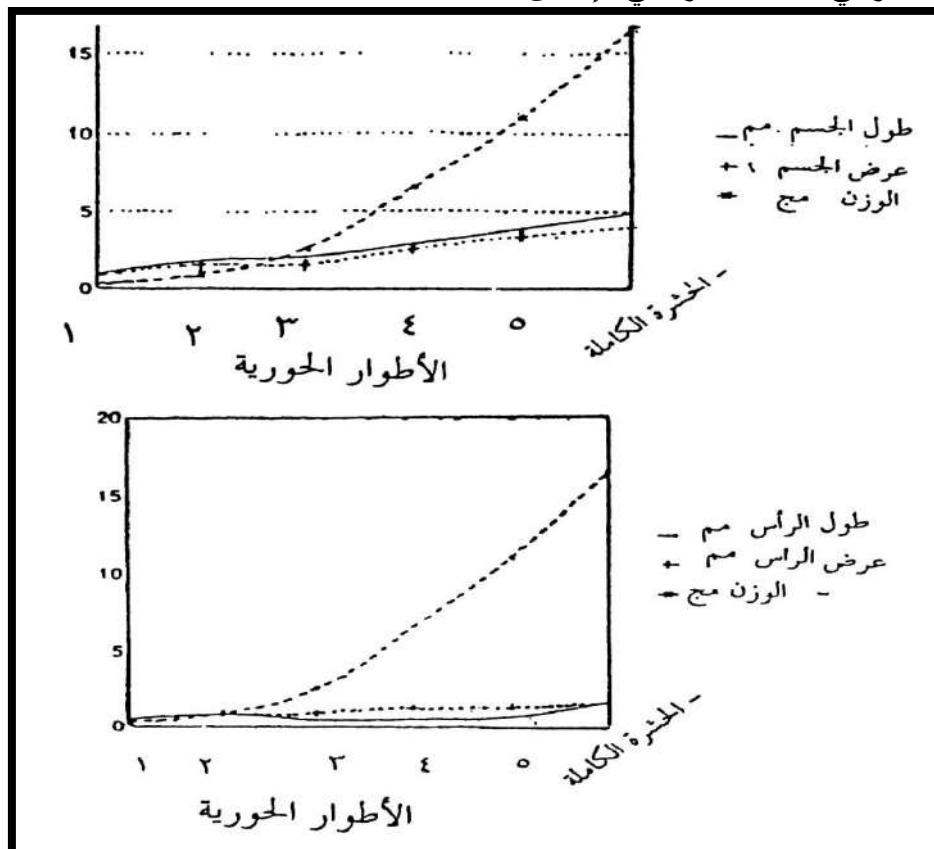
العلاقة بين صفات الحشرات والبيئة

يعتبر حجم الجسم من المفاتيح التي تحدد الصفات البيئية والفيسيولوجية 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 ونادرًا 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 إدراكتها بإحساسه العادي.

أبعاد الجسم والوزن: Body dimensions and weight:

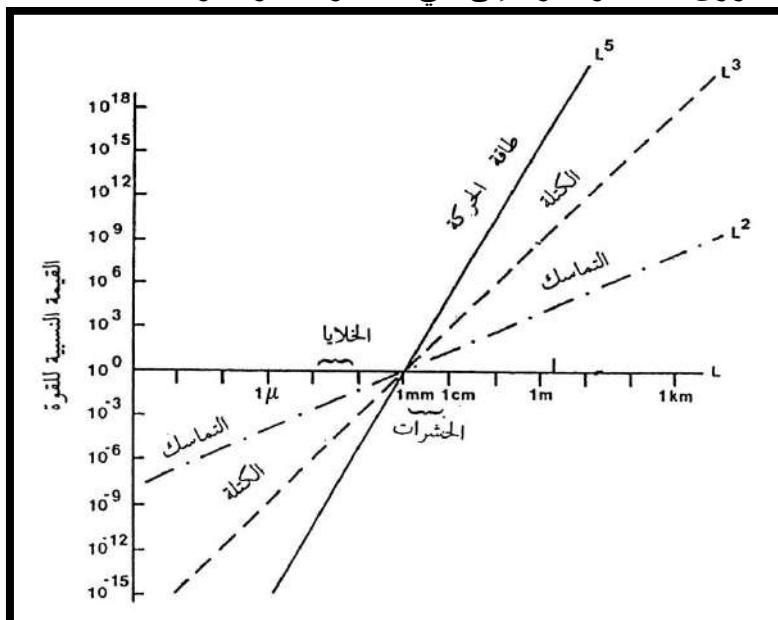
هناك العديد من الدراسات التي تحاول إيجاد علاقة بين أبعاد جسم الحشرة والوزن خلال مراحل النمو ويمكن ملاحظة الفجوة الكبيرة بين طول الحشرة والوزن في شكل (7-1) الذي يوضح الزيادة في طول الجسم وعرض الرأس بالنسبة للزيادة في الوزن في بق *Eysarcoris ventralis*. ونلاحظ من الشكل ان وزن الحشرة الكاملة لا يتعدى 0,4 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 وزنه 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 والتلمسان Cohesion (شكل 7-2). وعلى سبيل المثال نجد ان قوة التلمسان في مكعب أبعاده 1 مم أكبر من قوة التلمسان في مكعب أبعاده 1 سم لأن قوة التلمسان مع الأسطح سوف تعادل قوة الجاذبية الأرضية في حالة المكعب الصغير ولكن المكعب الكبير لا يستطيع التلمسان مع السطح لأن قوة الجاذبية المؤثرة عليه تعادل 50 ضعف قوة التلمسان بين جزيئاته نظراً لأن الالتصاق والتلمسان 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 التلمسان بين ارجل 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 تشن 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 جداً ولكن اذا غمرنا ذبابة في الماء لحظة واحدة فسوف يتضاعف وزن الذبابة وتحول إلى شيء لا حول له ولا قوة.



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

الهيكل الخارجي: Exoskeleton

تتميز الكائنات صغيرة الحجم مثل اللافقاريات بوجود هيكل خارجي Exoskeleton يعطي الجسم، بينما يحتوي جسم الكائنات الكبيرة على الهيكل الداخلي Endoskeleton وإذا تأملنا الحشرات سوف نجد أنها تتميز بقوه وقدرات خارقة. ان قدرة البرغوث على القفز تعتبر قدرة هائلة و اذا 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 الم gioفة (نظرأً لوجود هيكل خارجي وعدم وجود هيكل داخلي) أما الفقاريات فقد شبها بالاسطوانة المصمتة (نظرأً لوجود هيكل داخلي). وعندما نحاول ثني الاسطوانة لأسفل سوف يصبح السطح العلوي محدباً ومنضغطاً بينما يكون السطح السفلي مقعرأً ومبسط. والاسطوانة الم gioفة تكون أكثر مرنة من الاسطوانات المصمتة. فإذا افترضنا ان (I) تتناسب مع الصلابة (مؤشر الصلابة) فيمكن حساب قيمة (I) بالنسبة للاسطوانة الم gioفة كما يلي:-

$$I = \frac{1}{4} \pi (R^4 - r^4)$$

حيث:

نصف القطر الخارجي = R.

نصف القطر الداخلي = r.

وتتناسب 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 م gioفة تماماً مثل جسم الحشرات الذي يحتوي على هيكل خارجي ولا يحتوي على هيكل داخلي والجدول رقم (1-7) 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 7-1).

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 (1-7): العلاقة بين نصف القطر والصلابة والقوة في أسطوانة م gioفة.

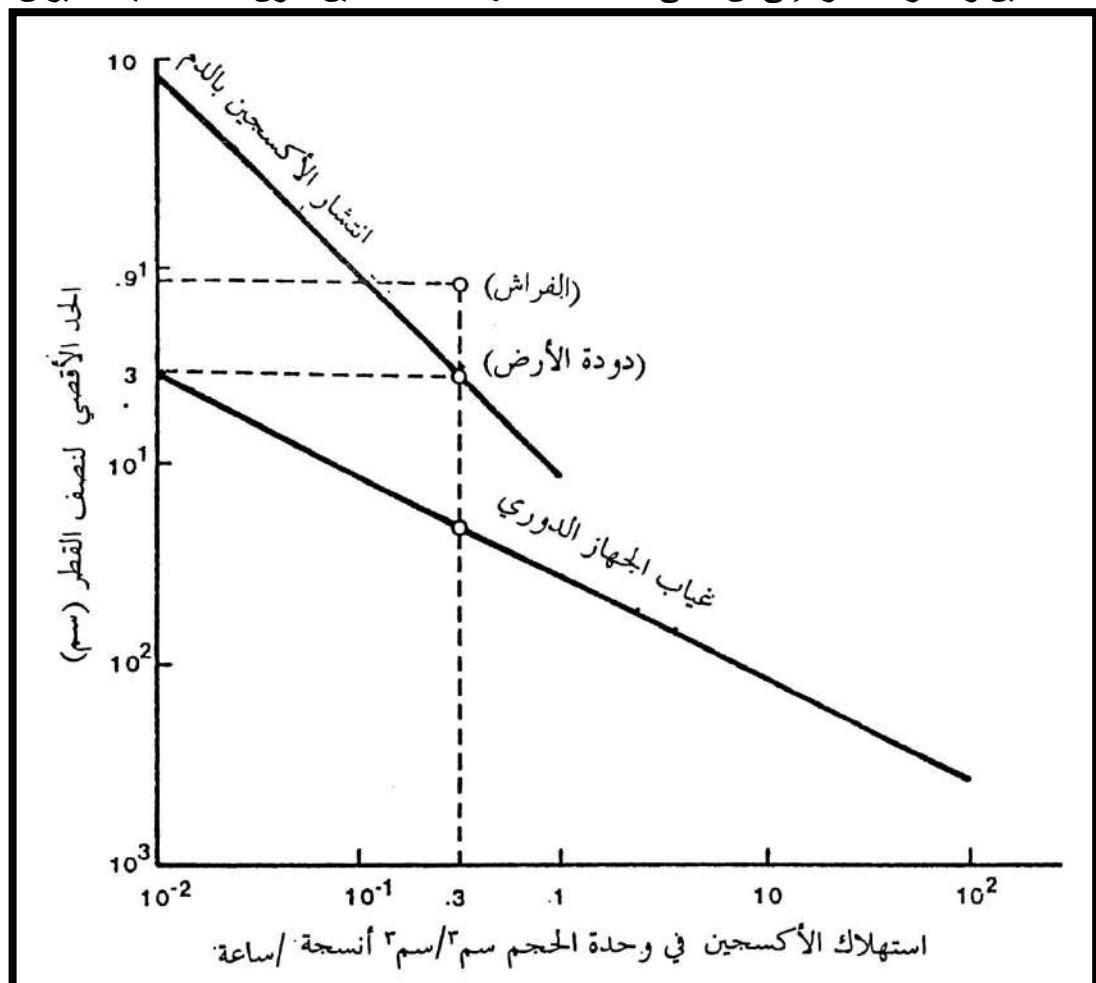
نصف القطر الخارجي	الصلابة النسبية	القوة النسبية
10	4	2
199	31	7
19.9	7.8	3.5

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 7-3) ويعبر الشكل عن الحجم باستخدام نصف القطر بفرض ان الحشرات والحيوانات الأخرى تشبه الاسطوانة ويتبين 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 التنفسى للحشرة أعلى من معدلات انتشار الاكسجين في الدم أو في الانسجة الحيوانية.

تحتاج الحشرات إلى كميات قليلة من الاكسجين (شكل 7-3) 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 تحتاج الى الرميات يحتاج إلى كميات أكبر من الاكسجين للمساعدة على الطيران بينما تحتاج اليرقة التي تعيش داخل اللحم إلى كميات أقل من الاكسجين وتتجدر الاشارة إلى ان أعلى معدلات لاستهلاك الاكسجين تكون أثناء عملية الطيران.



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

اختلاف الحجم الضمنوي: Intraspecific size variation:

ناقشتنا 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 الذي تستغرق وقتاً أطول في النمو تكون أكبر في الحجم" وهناك العديد من النماذج الرياضية التي تربط حجم الحشرة بالعمر وقت البلوغ.

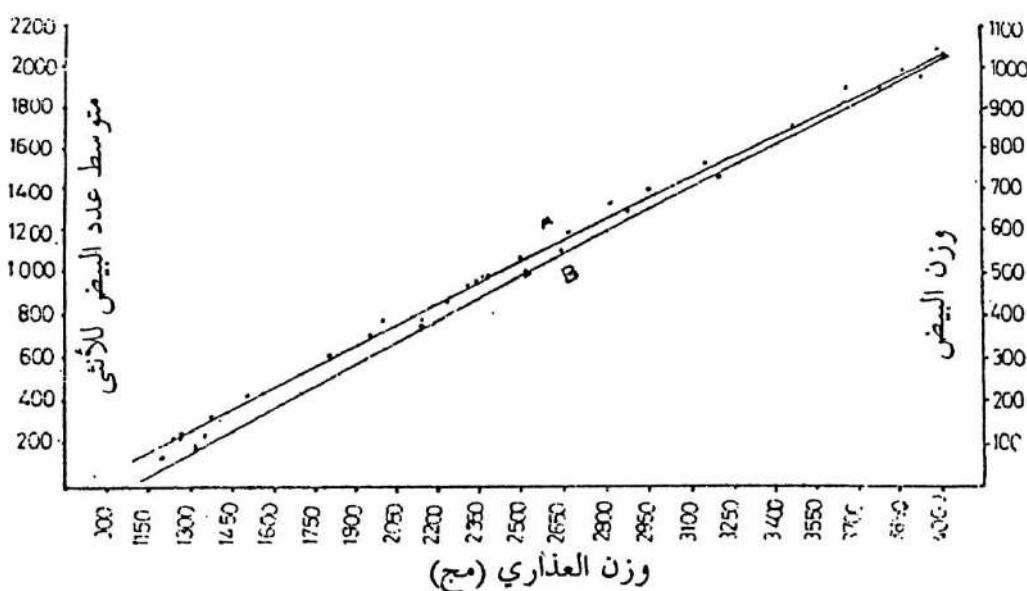
الخصوبة: Fecundity:

وتقترض الكثير من هذه النماذج ان الخصوبة تتحدد بحجم الجسم وغالباً ما تكون العلاقة خطية. واقترض 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°C ، 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 7-4).

هذا ومن ناحية أخرى، أوضحت دراسة حديثة أجريت في كندا على البق المائي "Heteroptera: Gerridae" *Gerris buenoi* تربى في الظروف الحقيقة وبين فترة النمو وهذا ينافي 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 بيئته لأخرى ومن ثم فمن الصعب التوصل إلى فرضية أو نظرية تربط الحجم الضمنوعي للأفراد بزمن النمو والقدرة التكاثرية لمجموعة الحشرات التي تتكون من حوالي مليون نوع وتداخل صفاتها البيئية والفيزيولوجية 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 ل القيام بعملية التزاوج ويختلف سلوك العثور على الأنثى من نوع لآخر وأحياناً بين أفراد النوع الواحد وعموماً هناك طريقتان للعثور على الأنثى: الطريقة الأولى وتحظى بالاستراتيجية الجلوس Perching وهي أن 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 أن الطريقة الأولى تحتاج إلى طيران سريع لمسافات قصيرة أما الطريقة الثانية فتحتاج إلى

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

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

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 1/10 إلى 1/1000 من حجم الحشرة البالغة باستثناء الممن الذي يصل حجم البيض في بعض أنواعه إلى حجم الحشرة الكاملة تقريباً. ويتراوح وزن البيضة من 0,1 ميكروغرام (في بعض طفيلييات غشائية الأجنحة) إلى مئات المليغرامات في بعض خناص المناطق الاستوائية. وتحتوي جزيئات المح Yolk على البروتينات الفسفورية Phosphorprotein والجليكوبروتين والجليكوجين والأحماض النوويّة وتلاثي الجلسريد Triglyceride الذي يخزن الطاقة ويمثل حوالي 50% من الوزن الجاف وتغطي البيضة بالقشرة Chorion ونلاحظ ان المح والقشرة مختزلة في الأنواع داخلية التطفل Endoparasites وأنواع 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

يشبه الطور الحوري الأول للحشرات خارجية الأجنحة Exopterygota مع الحشرة الكاملة (باستثناء الحشرات غير متGANSAة 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 تقسم حتى تصل إلى عشرين ضعفاً أثناء فترات الانسلاخ. ويتضاعف عدد خلايا المناسب أثناء فترات النمو الحوري وخاصة في الطور الحوري الأخير وتميز هذه الخلايا إلى أعضاء في الطور الحوري الأخير وبداية طور الحشرة الكاملة.

أطوار اليرقة والعناء: Larval and pupal stages

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

تنقاومت معدلات نمو اليرقات في الحشرات داخلية الأجنحة فنجد ان حجم ذباب 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 البروس) والعذراء لا تتغذى و تستطيع ان تقاوم الظروف الصعبة و تتميز 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 و 14 يوماً ولكن هذه الفترة يمكن ان تتطور مع انخفاض درجات الحرارة أو في حالة الكمون .Diapause

الطاقة اللازمة للبقاء على النشاط والنمو:

Energy required for maintaining activity and growth

يعتبر معدل استهلاك الأكسجين QO_2 أكثر الطرق شيوعاً لقياس معدل إنتاج الطاقة. حيث يقاس معدل استهلاك الأكسجين لكل ملagram من الأنسجة الحية في وحدة الزمن. و تتطلب 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 الأكسجين يعكس الطاقة الكلية التي تنتجهما الحشرة بغض النظر عن الاتجاه الذي سوف تسرى فيه هذه الطاقة في جسم الحشرة. ويتراوح معدل استهلاك الأكسجين QO_2 بين "0,01" (في حالة الكمون) و "100" في حالة الطيران النشط. ويلاحظ أن حالة الكمون Diapause تتميز بانخفاض حاد في معدلات الأيض، ومن ثم استهلاك الأكسجين، وتصل هذه الفترة إلى عدة أشهر ومن ناحية أخرى نلاحظ ان معدلات الأيض في حالة السكون لا تتأثر بالظروف البيئية المحيطة مثل درجة الحرارة بعكس حالة عدم الكمون أو الحالة العادية للحشرة حيث نجد ان معدل إنتاج 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 بتعيين معدلات الزيادة في الوزن أو بتعيين المؤشرات الغذائية Nutritional indices المختلفة. ولكن ذكر ان الفترة الزمنية اللازمة لنمو الاطوار المختلفة تحت ظروف بيئية معينة لا يمكن اعتبارها مقياساً لأن تأثير 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 (ليرقة أو حورية أو أي طور من أطوار النمو قبل الطور الكامل).

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

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

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

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

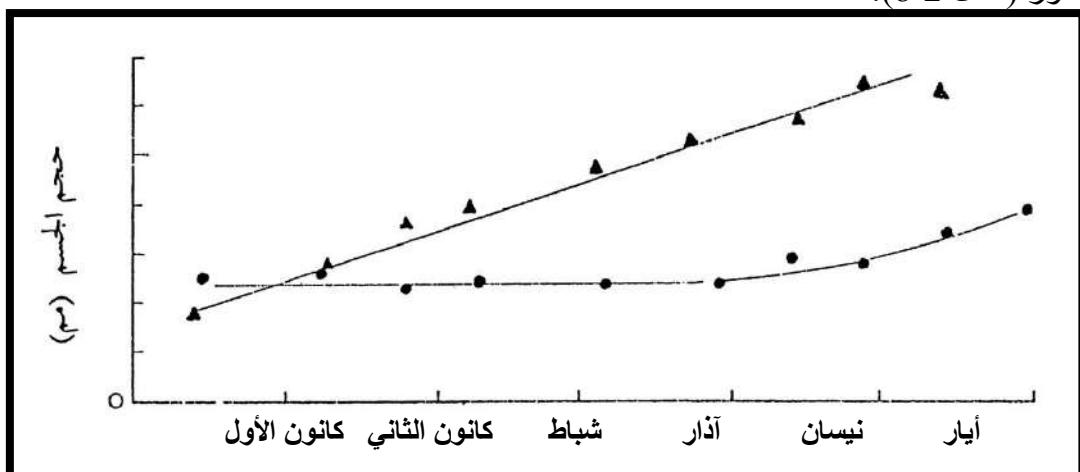
والجدول رقم (1-8) يوضح تأثير أنواع مختلفة من الغذاء على مؤشرات النمو المختلفة للطور الحورى في حشرة *Spilostethus pandurus*.

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

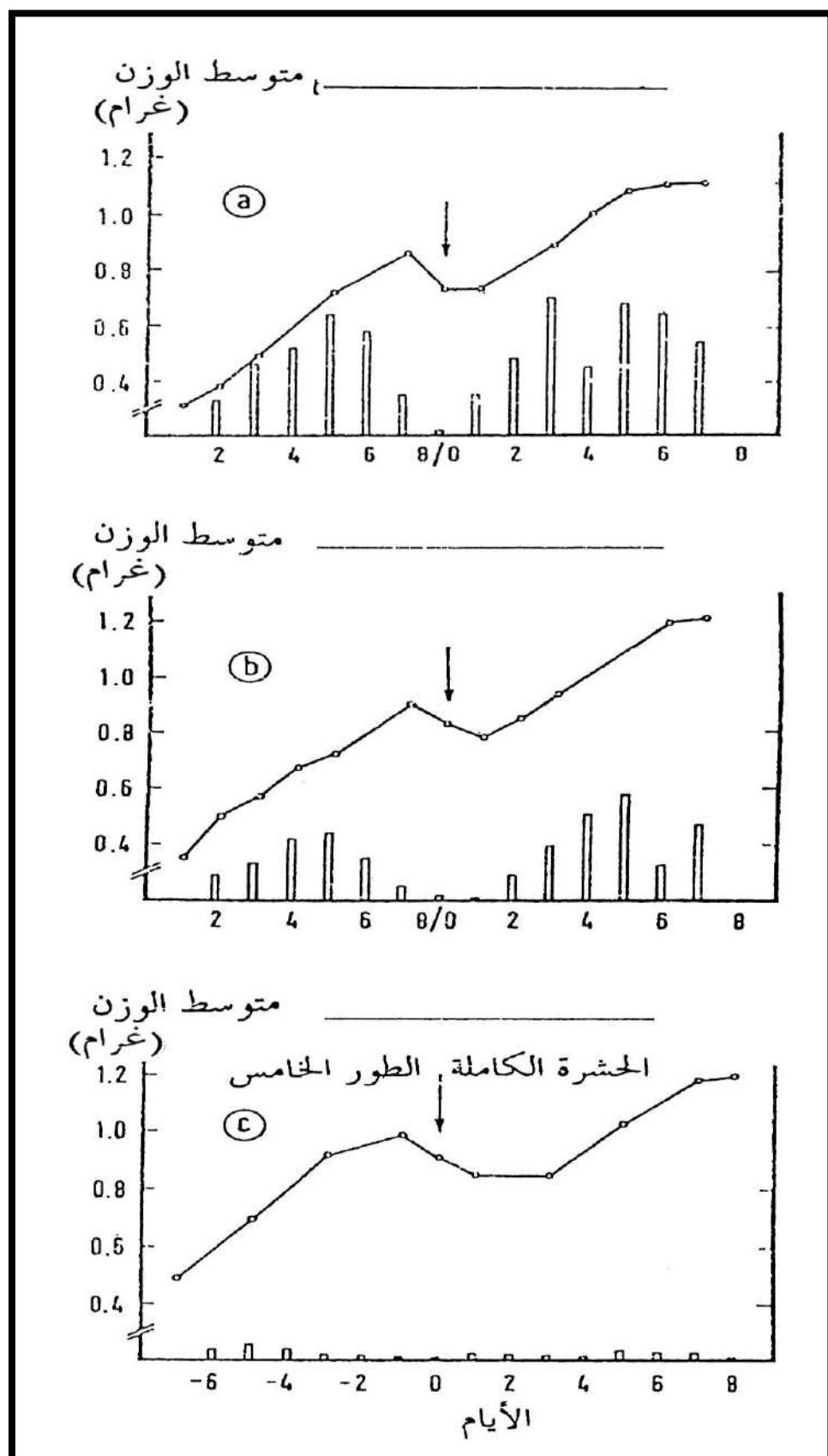
الغذاء	النسبة المئوية للنمو اليومي	مؤشر النمو	مؤشر البقاء	مؤشرات النمو
اللوز	6,92	5,26	0,90	
السمسم	6,05	4,24	0,83	
عباد الشمس	7,10	5,94	1,00	
الفول السوداني	6,49	5,06	0,93	
البندق	4,99	3,40	0,81	
القرع	6,64	4,87	0,86	

Morphometric and weight changes: التغير في الوزن وأبعاد الجسم

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 المراحل تحت الدراسة والشكل رقم (1-8) 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 8-2).



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



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

Growth curves: منحنيات النمو

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 (w_i) والوزن في آخر المرحلة هو (w_f), فيمكن التعبير عن معدل النمو بالنموذج الآتي:

$$\frac{dw/w}{dt} = \frac{d(\ln w)}{dt} = \frac{\ln w_f/w_i}{\tau} = K$$

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

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

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

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

المؤشرات الغذائية: Nutritional indices

يمكن مقارنة معدلات النمو لأي طور من أطوار نمو الحشرة تحت الظروف البيئية المختلفة باستعمال المؤشرات الغذائية بالإضافة إلى أن 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 وهضمها 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 التقريري:

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

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

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

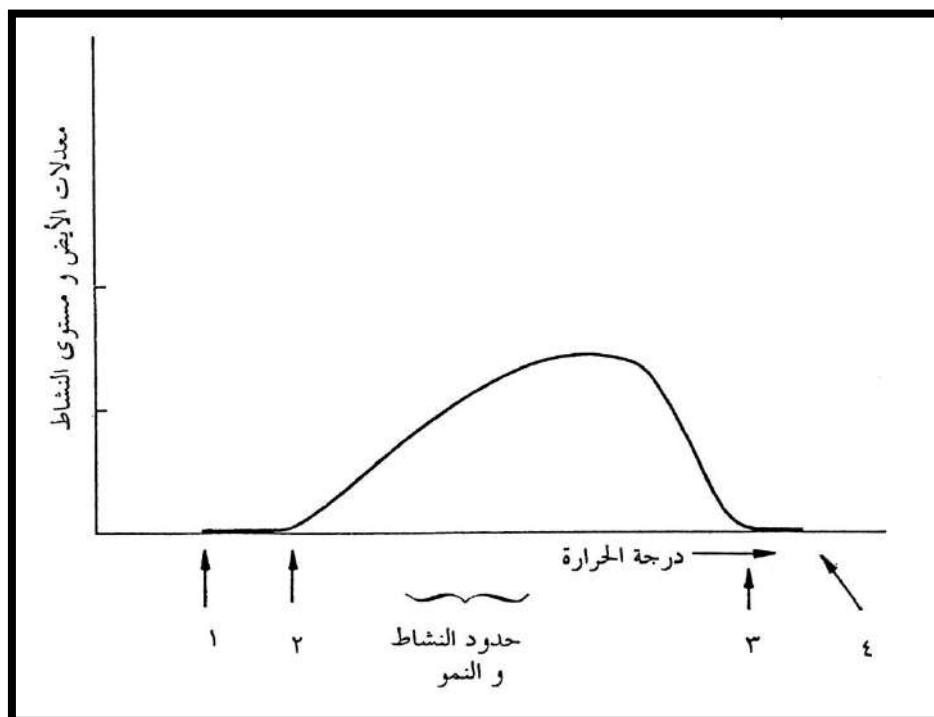
كما يمكن استعمال المؤشرات الغذائية للاستدلال على الحالة الفسيولوجية للحشرات تحت ظروف بيئية معينة مثل دراسة هذه المؤشرات في درجات الحرارة المختلفة أو غيرها من العوامل البيئية التي تواجه الحشرة في الطبيعة، دراسة عن تأثير الاليوكيمياويات وندرة العائل على مفترس من رتبة نصفية الأجنحة هو *Podisus maculiventris Pentatomidae*. كما وجد أن نبات الدفلة *Oleander* المحتوى على مركبات دفاعية كيميائية ضد الحشرات يؤثر سلباً على معدلات هضم الطعام وتمثله واستهلاكه في الجراد *Schistocerca gregaria* ويؤدي إلى إحباط عمله 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 يقسّم بيض الحشرات العصوية Walking sticks في أقل من عام في جنوب أستراليا (نظرًاً لحرارة الجو) بينما يستغرق مدة أكثر في المناطق الشمالية الباردة والجدول رقم (2-8) يعرض فترات حضانة البيض للنطاط *Aiolopus thalassinus* كما يظهر تأثير درجة الحرارة على طول الطور الحوري لنطاط *Acrida pellucida* في الأفواص الحقلية في الجدول رقم (3-8). وعموماً يتاسب معدل النمو تناضلاً عكسياً مع درجة الحرارة (في حدود قدرة تحمل النوع) كما يتضح ذلك من شكل (3-8) والسبب في ذلك أن الحشرات من الكائنات ذوات الدم البارد.

وفي دراسة عن تأثير درجة الحرارة على معدلات النمو والخصوبة في من القطن *Aphis gosypii* ان فترات نمو الأطوار غير الكاملة تراوحت بين 12 يوماً عند 15°C و 4,5 يوماً عند 30°C كما وجد درجات الحرارة العالية (35°C) مميتة للأطوار غير الكاملة لهذا النوع من المن. يمكن للحشرات ان تتحمل التغيرات البيئية في حدود معينة وهناك علاقة عامة بين درجة حرارة البيئة ومعدلات نمو ونشاط الحشرات (الشكل 3-8).



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

يظهر الشكل الحد الأدنى والأعلى لتحمل 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) (أو درجة الحرارة) المميتة السفلية 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 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 يتناصف تناصياً عكسيًا 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 (2-8): فترات الحضانة لبيض ناط Aiolopus thalassinus تحت درجات مختلفة.

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

11.5	37
11.4	40

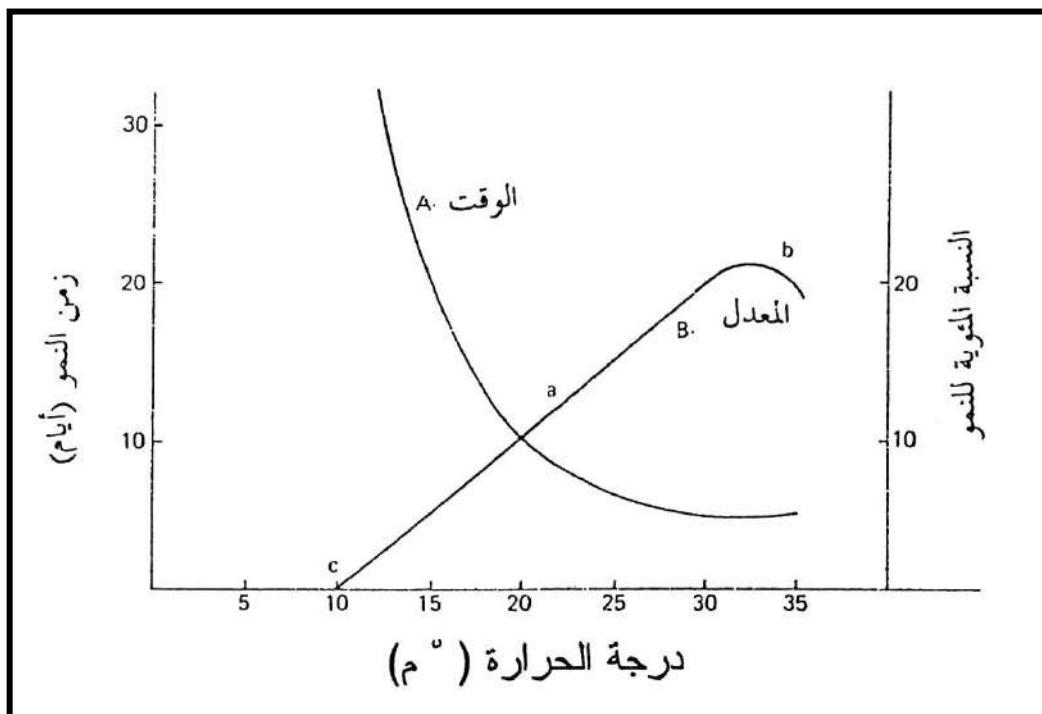
ويظهر الجدول انخفاضاً متوسط فترة الحضانة مع ارتفاع درجة الحرارة ولكن العديد من كتل البيض التي حفظت عند درجة حرارة عالية (40°C) لم تفقس بالرغم من اكتمال النمو الجنيني ويعزى انخفاض نسبة الفقس إلى عدم قدرة الجنين على كسر قشرة البيضة Shell نظراً لزيادة صلابة القشرة أثناء التعرض للحرارة العالية.

درجة الحرارة الحرجة: Threshold temperature

يظهر منحنى النمو (الشكل 4-8) ثلاثة 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 تتناسب طردياً مع درجة الحرارة في هذه المنطقة وهذه المنطقة تسمى بالمدى المثالي Optimum range، (2) والفترقة الهابطة في المنحنى (b) تعني أن معدلات النمو تتبايناً 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 (4-8): متوسط فترة أطوار الحورية لنطاط *Acrida pellucida* في أقصاص حلية.

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



الشكل (4-8): العلاقة بين درجة الحرارة ومعدلات وzman 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 أن معدل نمو الجنين عند هذه الدرجة = صفر) وحفظ البيض في درجة حرارة 35°م فإن درجة الحرارة الفعالة تكون كالتالي:

$$\text{درجة الحرارة الفعالة} = \text{درجة الحرارة التي يتعرض لها البيض} - \text{درجة الحرارة الحرجة} = 35 - 10 = 25^{\circ}\text{م}.$$

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 تُقاس بوحدة تعرف بدرجات الحرارة اليومية Day degrees فوق درجة الحرارة الحرجة. ويمكن معرفة درجات الحرارة اليومية في المثال السابق كما يلي:

نفترض أن درجة الحرارة الحرجة هي 10°م .

وان البيض حفظ في درجة حرارة 35°م .

وأن فترة الحضانة هي 10 أيام.

ف تكون درجة الحرارة الفعالة = $35 - 10 = 25^{\circ}\text{م}$.

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

$$250 \text{ dd} / 10 = 25 \text{ درجة يومياً / } 10^{\circ}\text{م}$$

ويجب ملاحظة أن هذا الكم من الحرارة (250 درجة يومياً) هو الكم المطلوب للفقس (إتمام النمو الجنيني) عند أي درجة حرارة أخرى في المدى المثلثي 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 متosteats الحرارة اليومية نظراً لأن درجة حرارة الحقل متغيرة:

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

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

$$\frac{20 + 40}{2} = 30^{\circ}\text{م}$$

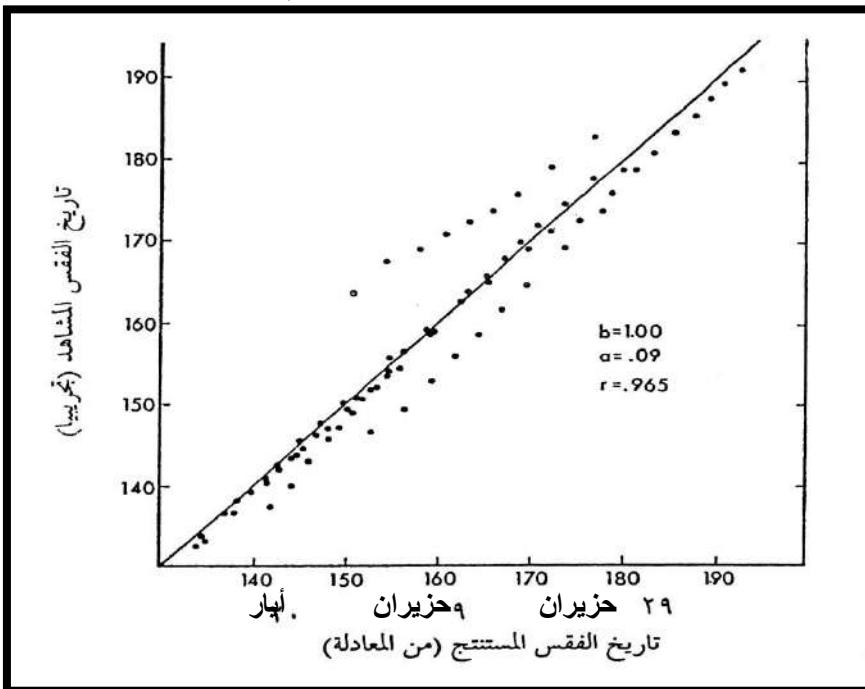
وهذا يعني ان البيض تعرض إلى ($10 - 30^{\circ}\text{م}$) = 20 درجة يومية فوق الدرجة الحرجة. وبما ان البيض في المثال السابق يحتاج إلى 250 درجة يومية لإتمام النمو الجيني فان هذا البيض يحتاج إلى $20/250$ يوماً لإتمام النمو الجيني ($20/250 = 12,5$ يوماً). ولكن بشرط ثابت درجات الحرارة العظمى والصغرى في هذه 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 , 22°م , 23°م , 24°م , 25°م , 26°م , 27°م , 28°م , 29°م , 30°م , 31°م , 32°م , 33°م , 34°م , 35°م , ... فإن البيض في المثال السابق سوف يفقس بعد التعرض لكم من الحرارة = 250 درجة يومياً منذ لحظة وضع البيض ($25 + 25 + 20 + 15 + 25 + 22 + 18 + 14 + 10 = 250$). 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 تتوارد الحشرة) عن درجة حرارة الهواء نتيجة لعملية النتح كما تختلف درجة حرارة السطح السفلي للورقة عن السطح العلوي نظراً لأن سطح الورقة السفلي لا يتعرض لحرارة الشمس المباشرة، فإذا كانت درجة حرارة الورقة (أو المسكن البيئي للحشرة) أقل من درجة حرارة الهواء وكان التنبؤ يعتمد على متosteats 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 تعيش أجسامها للشمس في الأيام الباردة فتقتصر أجسامها كميات من الحرارة أعلى من درجة حرارة الهواء والعكس يحدث في الأيام الحارة حيث تحاول الحشرة الاختباء من حرارة الشمس في الأماكن الظلية أو الربطة.
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 الطبيعة 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 *Gnophothrips fuscus*، كما يمكن ايجاد علاقة بين تراكم وحدات الدرجة اليومية ومعدلات وضع البيض والفقس.

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

الأشعة فوق البنفسجية: Ultraviolet exposure

يعتبر التزايد في نسبة الأشعة فوق البنفسجية "Ultraviolet B" 280-320 nm التي تصل إلى الأرض نتيجة ثقب الأوزون 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 المنتجة هي 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 على الحشرات التي تتغذى على هذا العائل النباتي وأظهرت الدراسة ان الأشعة البنفسجية "B" على الحشرات التي تتغذى على هذا العائل النباتي تغيرات جرعات لجرعات من الأشعة البنفسجية "B" على الحشرة *Pieris rapae*: Lepidoptera تتحسن على كميات أقل من النبات في حالة تعرضه لجرعات عالية من الأشعة فوق البنفسجية "B".

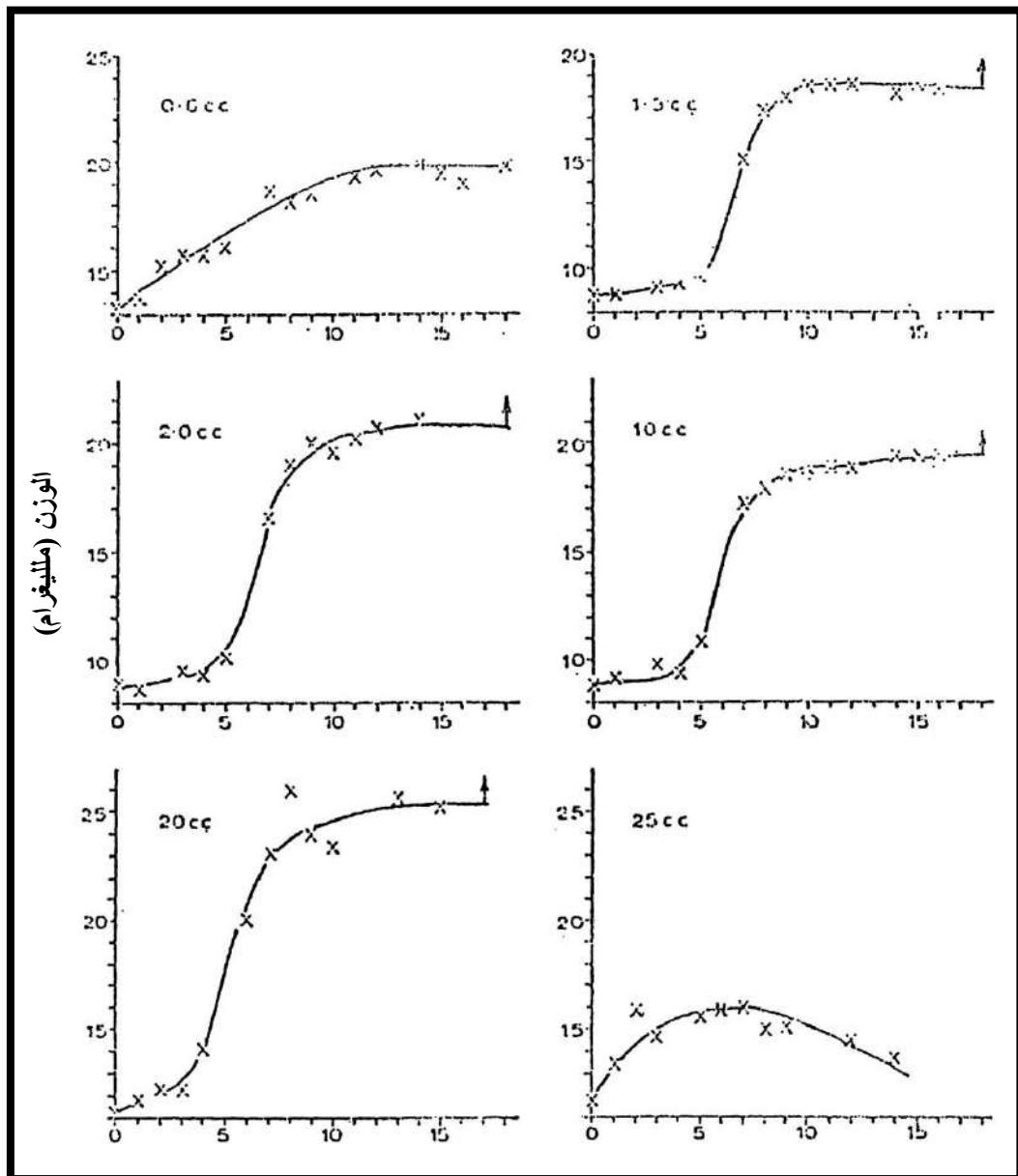
توازن الماء والرطوبة: Water balance and humidity

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 التنشبع. 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 الأكسجين مما يعادل 0,56 ميكروجرام من الماء نتيجة اكسدة 0.5 ميكروجرام من الدهون. وفي بعض الحشرات تستخدم الطاقة الناتجة من عمليات الأيض 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 الكساد 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 تأثيراً طفيفاً أو غير ملحوظ مع تغير نسبة الرطوبة. بعض الحشرات تظهر زيادة في فترات نمو الأطوار البرقية 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 تمثل للتقارب عكسياً مع درجة الحرارة.

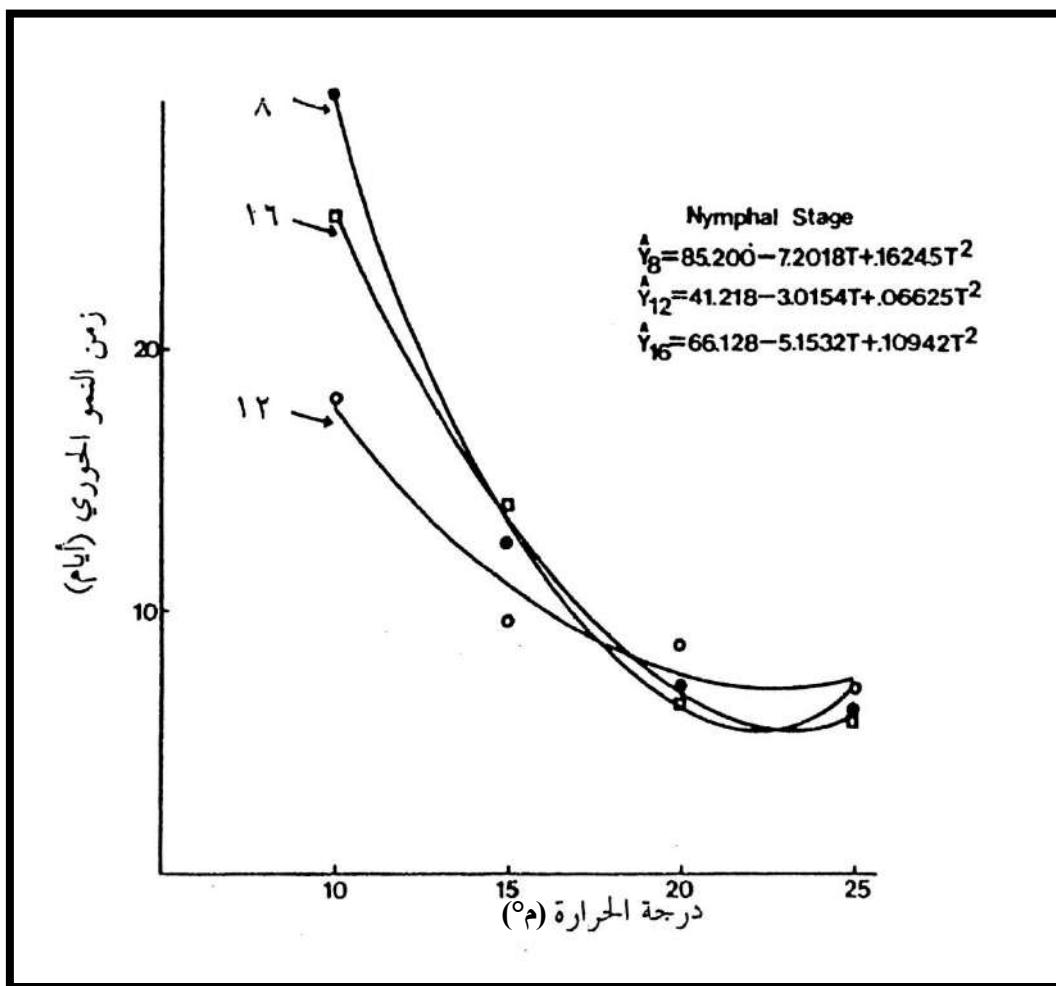
تتأثر معدلات نمو بيض الجراد والنطاط بدرجة تشبع الوسط الذي توضع فيه كتلة البيض ان تغير وزن بيض الجراد الصحراوي *Schistocerca gregaria* يتأثر بكمية الماء في الوسط (الرمل) حيث توضع كتل البيض (الشكل 8-6) بالإضافة إلى موت البيض عند وضع كتل البيض في الرمل المغمور بالماء أو الرمل الجاف أثناء فترات معينة من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



شكل (6-8): 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 سم³ ماء لكل 100 غرام رمل). ويلاحظ عدم حدوث فقس عندما تكون نسبة الماء شديدة الانخفاض (0,6 سم³ ماء لكل 100 غرام رمل) أو شديد الارتفاع (25 سم³ ماء لكل 100 غرام رمل).

التعاقب الضوئي: Photoperiodism

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



شكل (8-7): التأثير المشترك لدرجات الحرارة والتعابض الصوئي على فترة نمو الطور اليرقي في المن¹⁶ Acyrthosiphon kondoi 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 يستحوذ الكمون (10 ساعات إضافة - 14 ساعة إضلاع) يؤدي إلى حدوث انسلاخات إضافية.

كمية الغذاء ونوعه: Quantity and quality of food

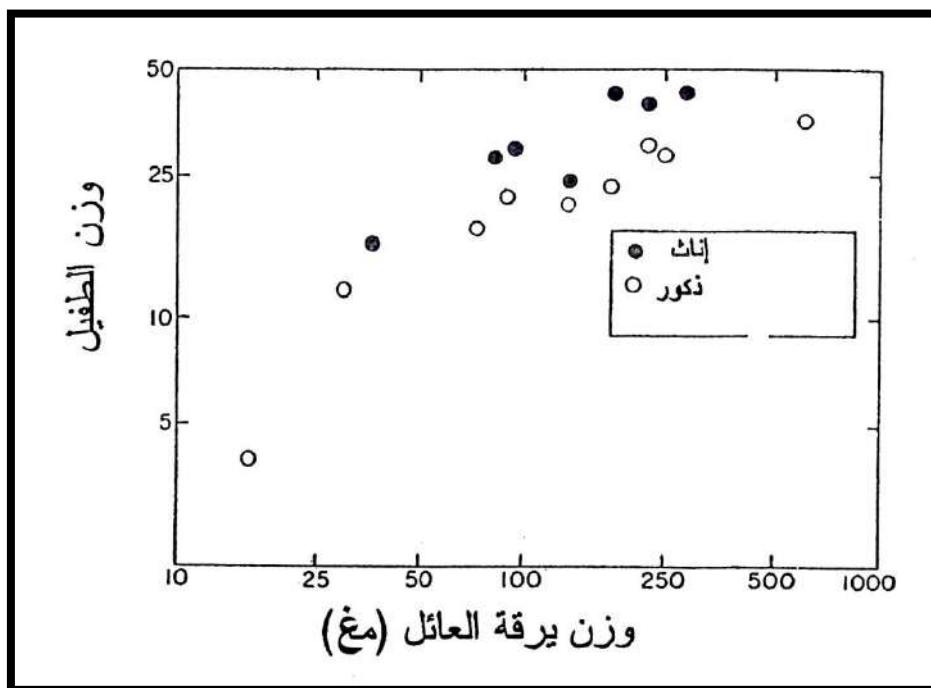
يعتبر الغذاء من أهم العوامل البيئية التي تحدد معدلات النمو في الأطوار غير الكاملة للحشرات وتعتمد صلاحية الغذاء على العديد من المعايير مثل التركيب الكيميائي للنبات ومرحلة النمو والخواص الفيزيائية مثل درجة نعومة النسيج النباتي وغيرها من الصفات الفيزيائية بالإضافة إلى مذاق النبات والذي يحدده التركيب الكيميائي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

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

المتشابه *Heteracris littoralis* يظهر أقل معدلات نمو على نباتات هذه الفصيلة. وتختلف الحشرات في عاداتها الغذائية. وعموماً يمكن تقسيم الحشرات تبعاً لتنوع 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. وتتجدر الإشارة إلى أن الخطر الاقتصادي للحشرات يتزايد مع زيادة درجة التخصص الغذائي للحشرة.

تنمو الحشرات متعدد العوائل النباتية Polyphagous بدرجات مقاومة على العوائل النباتية المختلفة وهناك العديد من البحوث التي تؤكد هذه الحقيقة وعلى سبيل المثال تراوحت فترة نمو الطور الحوري لبق الحشائش اللبناني *Spilostethus padurus* بين حوالي 14 يوماً (في حالة التغذية على بذور عباد الشمس و 20 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 و 34 يوماً على عوائل مختلفة كما تأثرت أيضاً نسب موت المفترس أثناء فترات النمو بنوع العائل وتتأثر أيضاً معدلاً نمو الطفيلييات 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 *Ulmus* و *Malus floribunda* *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 الانواع متعددة العوائل النباتية مثل *Hyphantria cunea* لا تستطيع ان تستمر لعدة أجيال متالية على أنواع معينة من العوائل النباتية لأن 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 بعض أجيال.



الشكل (8-8): متوسط أوزان الحشرة الكاملة لطفيل *Pimpla turionella* الذي تمت تربيته على عذاري تسعه أنواع مختلفة من حرشفة 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 تتاثر فقط بنوع العائل، ولكنها تتاثر أيضاً بتغذية العائل حيث وجد ان افراد 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 انواع 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 افراد العائل التي تغذت على مواد نباتية تحتوي على مثبطات النمو وهذا السلوك الذي يكتسبه المفترس يساعد على تجنب افراد 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 المن Myzus persicae في انجلترا حيث ثبتت 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 افراد المن الميتة معلقة على العائل النباتي وأجزاء الفم داخل أنسجة النبات ولكن أحدث الدراسات المتاحة أثبتت عدم صحة هذا الفرض فعند تعريض المن Rhopabsiphum padi إلى درجات حرارة منخفضة (-10°C, -5°C) في وجود غياب 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 سلوكى 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.

