

المكافحة الحيوية للأمراض النباتية

BIOLOGICAL CONTROL OF PLANT DISEASES

فيروسات البكتيريا ملتهومات البكتيريا
البكتريوفاج BACTERIOPHAGES

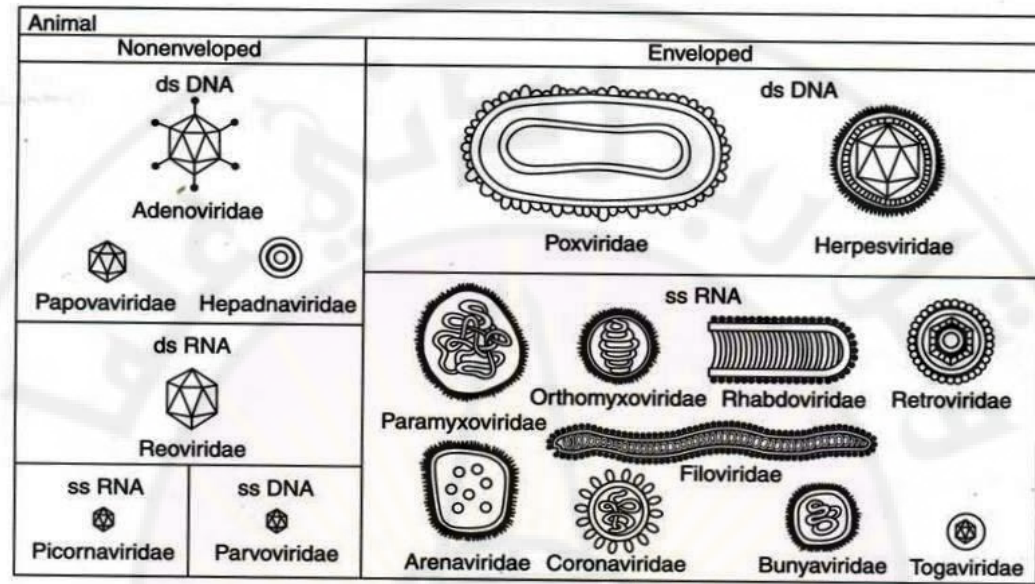
الأستاذ الدكتور هدى زاهي قواص

الأسس المعتمدة في تصنيف الفيروسات:

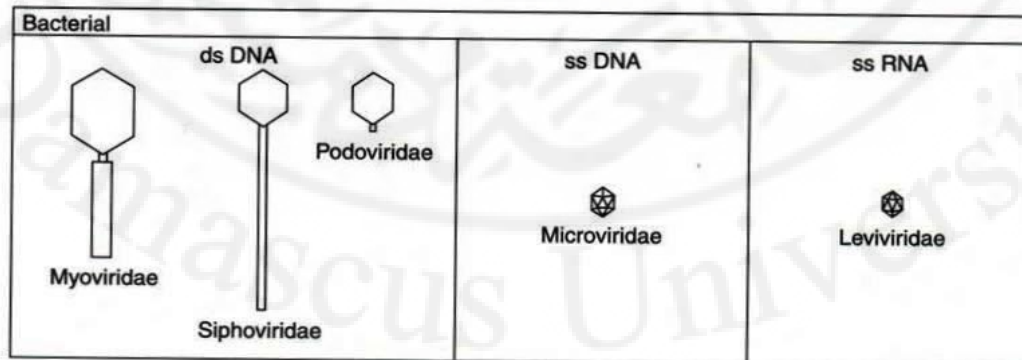
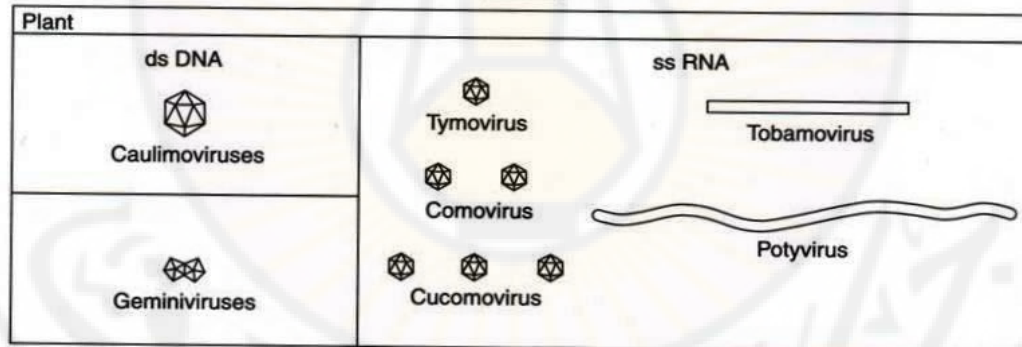
- 1- نوع الحمض النووي رنا RNA أو دنا DNA.
 - 2- عدد قطع الحمض النووي، مفرد أم مزدوج، دائري أم خطي.
 - 3- قطبية الحمض النووي المكون للجينوم، ولاسيما في الفيروسات ذات الحمض النووي الرنا RNA، فقد يكون موجب القطبية حيث يمكن استعماله مباشرة لعمل كحمض نووي رنا رسول mRNA فلا يحتاج إلى نسخ، أو يكون سالب القطبية فيحتاج إلى نسخ وإلى حمض نووي رنا رسول.
 - 4- التناظر Symmetry في شكل الجسيم الفيروسي - الفيون Virion والقفيصة النووية - النكليوكابسيد Nucleocapsid.
 - 5- وجود غلاف Envelope أو عدم وجود غلاف.
- ويلخص الجدول أهم الفيروسات التي تصيب الأحياء وتصنيفها وفق نوع الحمض النووي وعدد السلاسل والشكل والمضيف مع فيروس نمطي للمجموعة.

تصنيف المضيفات الفيروسية المهمة

المجموعة Group	المضيف	الشكل	مثال عن الفيروس
Class I Viruses: Double stranded DNA Genomes			
Myoviridae	Bacteria	Complex	T4
Siphoviridae	Bacteria	Complex	λ
Papovaviridae	Bacteria	Complex	T7
Podoviridae	Animal	Naked icosahedral	Polyomavirus, SV40
Adenoviridae	Animal	Naked icosahedral	Adenovirus
Herpesviridae	Animal	Enveloped icosahedral	Herpes simplex, Varicella-zoster
Poxviridae	Animal	Complex	Smallpox, Vaccinia
Hepadnaviridae	Animal	Enveloped icosahedral	Hepatitis B
Caulimoviruses	Plant	Naked icosahedral	Cauliflower mosaic
Class II Viruses: Single-stranded DNA Genomes			
Microviridae	Bacteria		ϕ X174
Parvoviridae	Animal	Naked icosahedral	Parvovirus, Adeno-associated virus
Geminiviridae	Plant	Fused-pair icosahedral	Maize streak
Class III Viruses: Double-stranded RNA Genomes			
Reoviridae	Animal	Naked icosahedral	Reovirus, Rotavirus
Class IV Viruses: positive-strand RNA Genomes			
Leviviridae	Bacteria	Naked icosahedral	MS2, Q β
Picirnaviridae	Animal	Naked icosahedral	Poliovirus, Rhinovirus, Hepatitis A, Coxsackievirus
Togaviridae	Animal	Enveloped icosahedral	Sindbis
Coronaviridae	Animal	Enveloped helical	Murine hepatitis
Potyvirus	Plant	Naked Helical	Potato Y
Tymovirus	Plant	Naked icosahedral	Turnip yellow mosaic
Tobamovirus	Plant	Naked helical	Tobacco mosaic
Comovirus	Plant	Naked icosahedral	Cowpea mosaic
Class V Viruses: Negative-strand RNA Genomes			
Rhabdoviridae	Anim. & Pl.	Enveloped helical	Rabies, Vascular stomatitis
Paramyxoviridae	Animal	Enveloped helical	Mumps, Measles, Parainfluenza
Filoviridae	Animal	Enveloped helical	Ebola
Orthomyxoviridae	Animal	Enveloped helical	Influenza A, B
Bunyaviridae	Animal	Enveloped helical	Phlebovirus
Arenaviridae	Animal	Enveloped helical	Lassa
Class VI viruses: Retroviruses			
Retroviridae	Animal	Enveloped icosahedral	Human immunodeficiency virus (HIV)



100 nm



Bacterial

ds DNA



Myoviridae



Siphoviridae



Podoviridae

ss DNA



Microviridae

ss RNA



Leviviridae

:BACTERIOPHAGES ملتهفات البكتريا فيروسات الجراثيم

- فصيلة :Microviridae
جنس *Microvirus* ونمط النوع *Coliphage fX174*
جنس *Bdellovibrio* ونمط النوع *MAC1*
جنس *Chlamydia* ونمط النوع *Chlamydia phage 1*
فصيلة :Mycoviridae
جنس *T4-like phages* ونمط النوع *Coliphage T4*
فصيلة :Podoviridae
جنس *T7-like phages* ونمط النوع *Coliphage T7*
فصيلة :Siphoviridae
جنس *lambda-like Phages* ونمط النوع *Coliphage lambda*
فصيلة :Tectiviridae
جنس *Tectivirus* ونمط النوع *Enterobacteria phage PRD1*
- فصيلة :Corticoviridae
جنس *Corticovirus* ونمط النوع *Alteromonas phage PM2*
فصيلة :Cystoviridae
جنس *Cystovirus* ونمط النوع *Pseudomonas phage f6*
فصيلة :Inoviridae
جنس *Inovirus* ونمط النوع *Coliphage fd*
فصيلة :Leviviridae
جنس *Levivirus* ونمط النوع *Enterobacteria phage MS2*
جنس *Allolevivirus* ونمط النوع *Enterobacteria phage Q β*

ملتهمات (عائيات) الجراثيم BACTERIAL VIRUSES , BACTERIOPHAGES

كان اكتشاف العائيات ملتهمات الجراثيم Bacteriophages مصادفة عندما حاول الطبيب الانكليزي فريدريك تورت Twort Frederick في عام 1915 أخذ قيقح من بثرة ملوثة لإنسان مصاب بالجذري Smallpox وزرعها في طبق على وسط آغار، بالطبع لم يتضاعف الفيروس في وسط غير حي، ولأحظ نمواً جرثومياً بلون معتم Opaque تتخلله مساحات متناوبة شفافة، ومع إعادة المحاولة لاحظ أن المساحة تتسع لتلتحم، وسميت بعدها روائق Plaques ويختفي معها النمو الجرثومي بعد تحلل Lysis الجراثيم. وتبع ذلك العالم الفرنسي دهيريل d'Herelle في عام 1916 الذي اكتشف في أثناء زراعة الجراثيم العصوية المسببة للزحار *Bacillus dysentrae* مناطق نمو الجراثيم المعتمدة تتخللها مساحات شفافة، ومع إعادة التجارب تأكد مرور العامل عبر المرشحات الجرثومية، وعند استخدام تراكيز مختلفة تأكد أن ظهور الروائق يتناسب مع التركيز وأطلق عليها اسم آكلات الجراثيم Bacteria eaters أو ملتهمات الجراثيم Bacteriophage.

استطاع شليزنجر Schlesinger في عام 1933 عزل أول ملتهم
WII، واكتشف ماكس ديلبروك Max Delbrück طفرات
Mutations في ملتهم الجراثيم في عام 1939 (وحاز على جائزة
نوبل)، وأدى اكتشاف المجهر الإلكتروني في مطلع ثلاثينيات القرن
المنصرم إلى توصيف العاثيات، كما تمكن سلفادور لوريا
Salvador Luria من اكتشاف تضاعف الملتهمات في عام 1942
(وحاز على جائزة نوبل).

اكتشف سافرمان وموريس Safferman و Morris فيروسات الجراثيم
الزرقاء Cyanophages في عام 1963، كما وصف ليدربرج وزندر
Lederberg و Zinder في عام 1952 ظاهرة التوصيل الوراثي
Genetic transduction حيث تنقل بعض ملتهمات الجراثيم المادة
الوراثية من خلية جرثومية لأخرى فتكتسب الأخيرة صفات وراثية
جديدة.

المكافحة الحيوية للأمراض النبات

البكتريوفاج BACTERIOPHAGES

وأثبتت تشيس وألفريد هيرشي Chase و Alfred Hershey في عام 1952 أن المادة الوراثية في الأحياء هي الحمض النووي Nucleic acid وليس النوكليين Nuclein (الحمض النووي والبروتين) وبعد تعليم Labeling الملتهم ت2 (T2) الذي يصيب جراثيم العصية القولونية *Escherichia coli* (وحازا على جائزة نوبل)، واستخدم الفوسفور المشع P^{32} للحمض النووي للفاج والكبريت المشع S^{35} لبروتين الفاج الموجود في الرأس والذيل، يلي ذلك إصابة خلايا الجراثيم القولونية فأظهرت بعد التضاعف أنه في الحمض النووي دنا DNA المعامل بالفوسفور المشع، بينما كان الكبريت المشع في الذيل والرأس خارج الخلية الجرثومية المصابة، وبالتالي فإن مادة التضاعف هي الحمض النووي الفيروسي.

المكافحة الحيوية للأمراض النباتية

ملتهيمات البكتيريا

وقد نال ديلبروك Delbruck ورفاقه جائزة نوبل في عام 1969 على أبحاثهم في مجال ملتهيمات الجراثيم، التي أسهمت كنموذج يلخص طريقة إصابة الخلية بالفيروسات وطريقة تضاعف الفيروسات والوراثة الجزيئية.

وتعد الملتهيمات سبباً في إحداث خسائر مهمة لصناعة منتجات الألبان Dairy industry ولاسيما ملتهيمات *Lactobacillus*، وكذلك من الملتهيمات المهمة في المجال الطبي ملتهيمات *Staphylococcus* كصادات حيوية وفي نقل المورثات Recombinant DNA vectors والتنسيل والإنزيمات (الملتهم (T4 DNA ligase).

وتسهم دراسة ملتهفات الجراثيم في التطوير المعرفي لعدة نواح علمية وتطبيقية مثل الكيمياء الحيوية وفيزيولوجيا الجراثيم والمعرفة لكثير من الظواهر الأحيائية، إذ إن الفيروس يصيب خلية واحدة فيمكن معرفة تسلسل الأحداث باستخدام المواد المشعة والتحليل الكيميائية لفهم آلية التضاعف، الأمر الذي أسهم في تأسيس علوم كثيرة، كما أدى تحديد المادة الوراثية وهي الحمض النووي دوراً في تأسيس علم الوراثة الجزيئية Molecular genetics، كما أدت من خلال فهم طبيعة الطفرات والتغيرات الوراثية إلى تأسيس علم الهندسة الوراثية وتطويره Genetic engineering. كما ساهمت دراسة الملتهفات وعلاقتها بالإمراضية في فهم وبائية الأمراض ولاسيما في الفيروسات المسببة للسرطان في حالة الاستذابة (ليزوجيني) Lysogeny التي تبديها بعض الفيروسات الجرثومية.

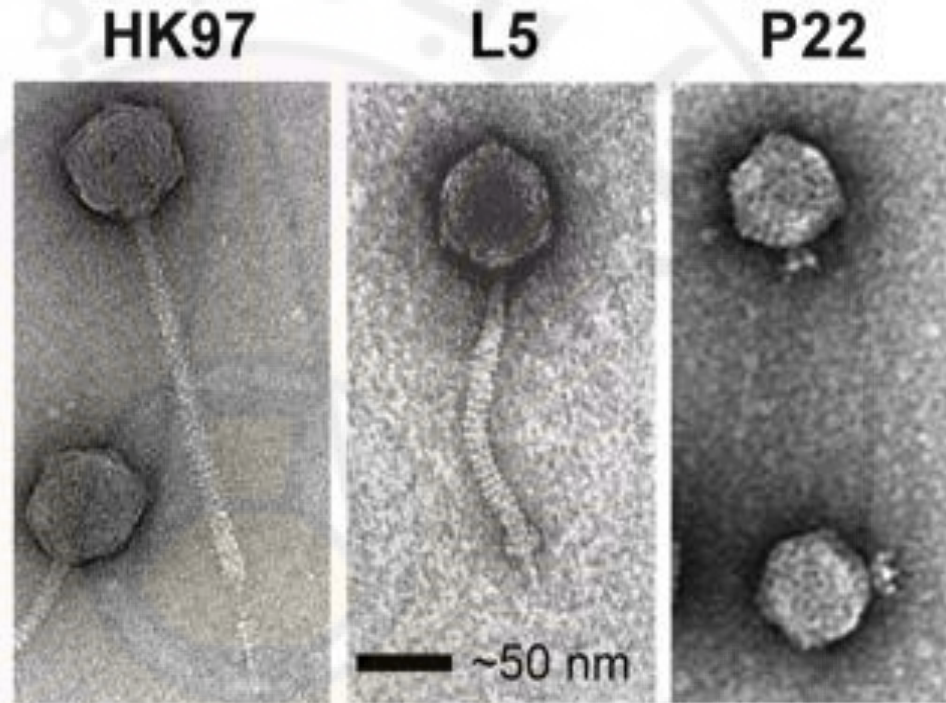
وأشارت الدراسات إلى الأهمية الاقتصادية لملتهفات الجراثيم ولاسيما في مجال صناعة الألبان وملتهفات الجراثيم *Lactobacillus*، وفي المجال الطبي ملتهم *Staphylococcus* كمضاد جرثومي، وفي مجال البيولوجيا الجزيئية ملتهم T4 DNA ligase.

تسمية ملتهمات الجراثيم :NOMENCLATURE OF BACTERIOPHAGES

تعدّ أشكال الملتهمات محدودة بشكل عام، ولكنها تتنوع في التركيب والسلوك والتخصص، ويمكن لخلية جرثومية واحدة أن تصاب بنوع واحد أو عشرات من الملتهمات، كما لوحظ أن الملتهمات لا تبدي أعراض إصابة كما هي حال فيروسات الإنسان والحيوان، لذلك لم يعتمد تسمية فيروسات الجراثيم على اسم المضيف أو أعراض الإصابة أو البلد والعالم الذي اكتشف المسبب، بل أعطيت حروف إنكليزية M و T و P و S أو لاتينية لامدا λ بيتا β كيو ρ ميو μ فاي ϕ ، وأرقاماً عربية 1 و 2 و 3 و 4 أو كليهما معاً

المكافحة الحيوية BIOLOGICAL CONTROL

تسمية ملتهفات الجراثيم وفق أرقام وأحرف:



Viral Family		Siphoviridae	Siphoviridae	Podoviridae
Bacterial Host		<i>Escherichia coli</i>	<i>Mycobacterium smegmatis</i>	<i>Salmonella enterica</i>
Shared Genes	HK97	-	0 %	20 %
	L5	0 %	-	0 %
	P22	22 %	0 %	-

:GENERAL CHARACTERISTICS OF BACTERIOPHAGES

تعدّ الملتهمات واسعة الانتشار كما هي الفيروسات عموماً، وتوجد في كل البيئات التي تنتشر فيها الجراثيم، وتصاب معظم أنواع الجراثيم بالملتهمات وبأكثر من نوع للخلية الجرثومية الواحدة أحياناً. ويتم عزل الملتهمات بسهولة، وتتكون الملتهمات أساساً من الحمض النووي الفيروسي والبروتين، ويوجد نوعان منها: الملتهمات المحللة Lytic وهي تحلل وتدمر الخلية المصابة والنوع الثاني الملتهمات المعتدلة Temperate أو عديم الفوعة Avirulent وهي تبقى الخلية المصابة حية وسليمة.

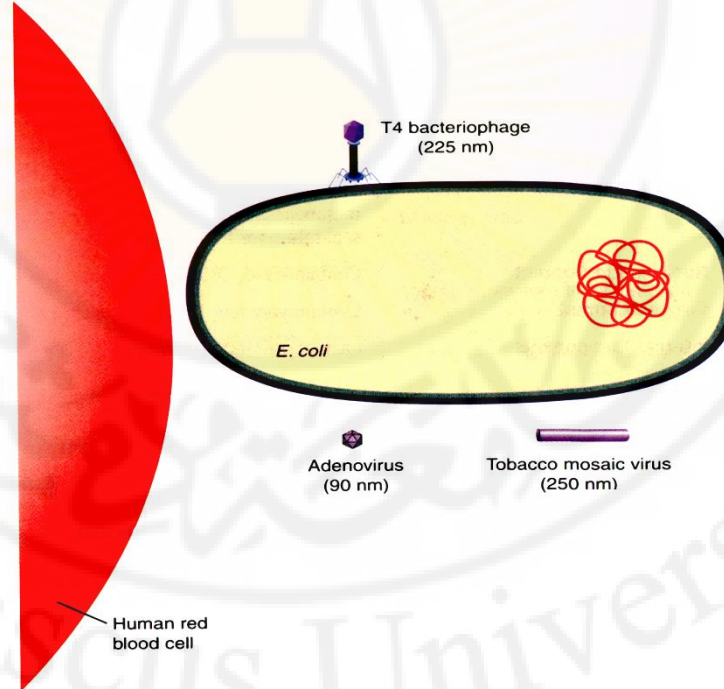
المكافحة الحيوية BIOLOGICAL CONTROL

خصائص ملتهامات البكتريا

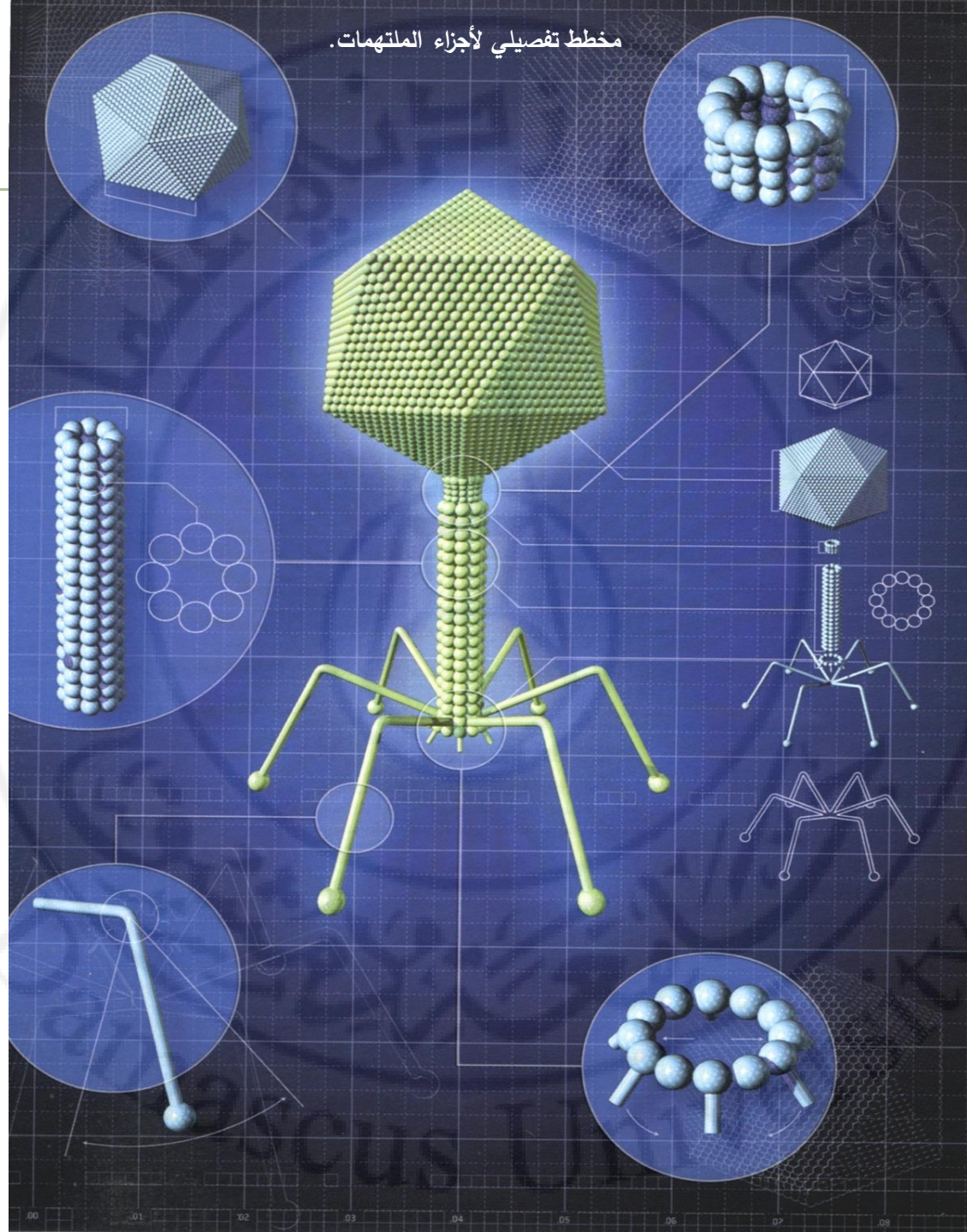
تتميز الملهامات بتخصص عال بالنسبة للمضيف الذي تصيبه أو في مجموعة معينة، مثل: الجراثيم الزرقاء *Cyanobacteria* أو الـ *Actinomycetes* أو الـ *Rickettsia* أو الـ *Mycoplasma* أو الجراثيم الحقيقية *True bacteria*، والفيروسات التي تصيب مجموعة من أنواع الجراثيم السابقة الذكر لا تصيب مجموعة أخرى، والتخصص أيضاً على مستوى المجموعة أو الجنس الجرثومي مثل جنس السالمونيلا *Salmonella* أو الأزوتوباكتر *Azotobacter* أو الـ *Streptomyces* إلخ. كما يكون التخصص على مستوى النوع مثل ملتهم يصيب الجراثيم العقدية من جنس الـ *Rhizobium* الخاص بالبازلاء يختلف عن ملتهم الـ *Rhizobium* الذي يصيب فول الصويا أو اللوبياء، ويكون التخصص على مستوى السلالة أحياناً ويكون المدى المضيفي للملتهام محدوداً *Restricted* ويسمى أحادي التكافؤ *Monovalent*، أما عندما يصيب الملتهام أكثر من نوع أو سلالة جرثومية من النوع نفسه أو الجنس نفسه أو عدة أجناس تتبع المجموعة نفسها يسمى متعدد التكافؤ *Polyvalent*.

الشكل والتركيب :MORPHOLOGY AND STRUCTURE

تملك الملتهمات محوراً من نوع واحد من الحمض النووي يحاط بغطاء بروتيني Coat أو كابسيد Capsid ويتكون من وحدات مورفولوجية تسمى كابسوميرات Capsomeres وساهم المجهر الإلكتروني في توضيح أشكال الملتهمات والشائع في الملتهمات وهو الملتهم المذيل Tailed phage المتميز بالرأس والذيل.



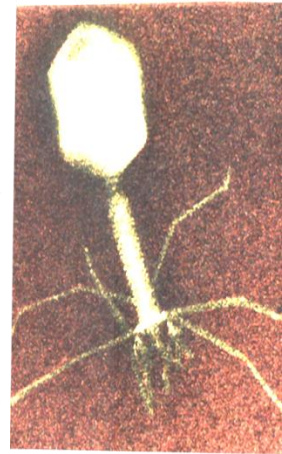
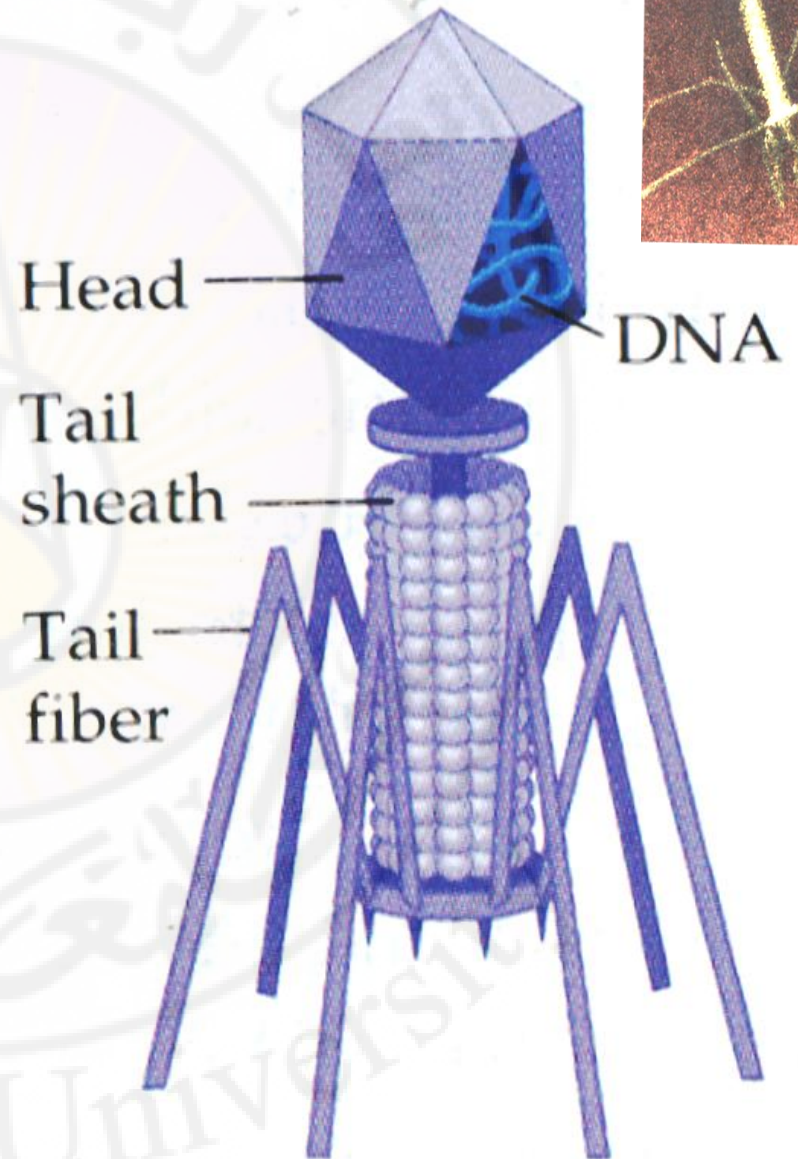
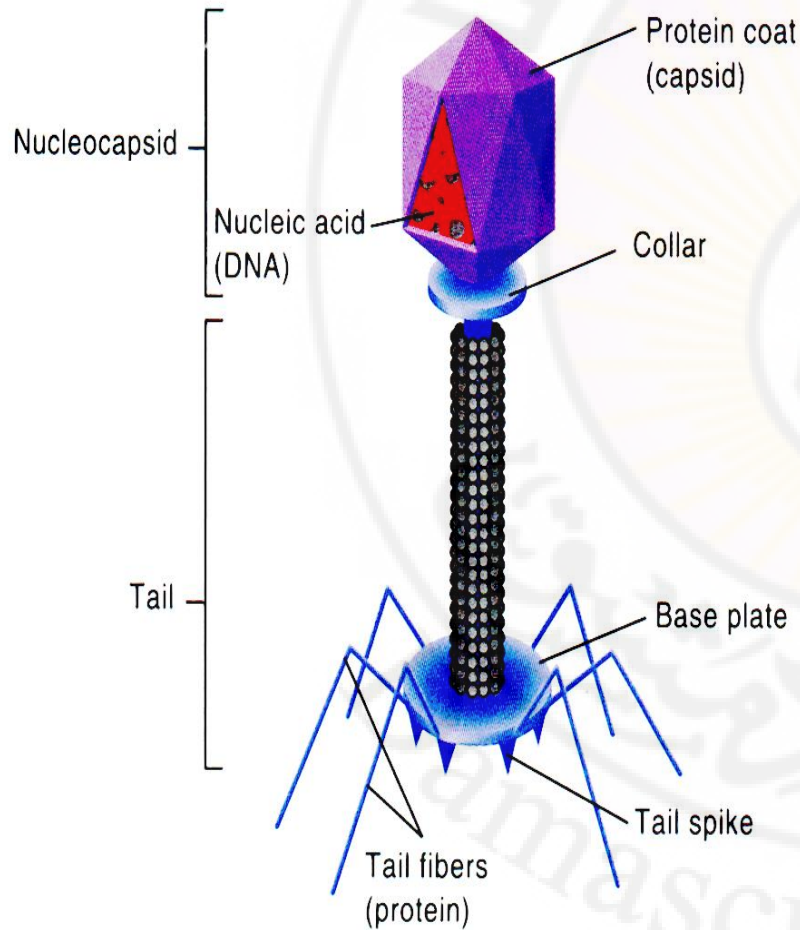
مخطط تفصيلي لأجزاء الملتهمات.



أجزاء ملتهم

أجزاء الملتهم T4

(c) Complex (T4 bacteriophage)



تقسم الملتهمات من حيث الشكل إلى سبع مجموعات هي:

- 1 - **مجموعة A:** يكون رأس الملتهم سداسياً Hexagonal والذيل صلباً Rigi مع غمد متقبض Contractile sheath وألياف Fibers الذيل، مثل ملتهمات جراثيم العصية القولونية *E. coli* T2 و T4 و T6 (الشكلان 149 و 150).
- 2 - **مجموعة B:** تشبه المجموعة A بأن الرأس سداسي ولكن الذيل دون غمد والذيل مرن Flexible وقد يمتلك أليافاً أو دون ألياف، مثل ملتهمات جراثيم العصية القولونية *E. coli* T1 و T5.
- 3 - **مجموعة C:** يملك الملتهم رأساً سداسياً والذيل أقصر من الرأس، وليس للذيل أي غمد، وقد يمتلك أليافاً أو دون ألياف.
- 4 - **مجموعة D:** يمتلك الملتهم رأساً دون ذيل، ويتكون الرأس من كابسوميرات كبيرة، مثل ملتهمات جراثيم العصية القولونية *E. coli* فاي اكس ØX-174 و S13.
- 5 - **مجموعة E:** يمتلك الفاج رأساً دون ذيل، ويتكون الرأس من كابسوميرات صغيرة، مثل ملتهمات جراثيم العصية القولونية *E. coli* F2 و MS2.
- 6 - **مجموعة F:** الملتهم خيطي الشكل Filamentous مثل ملتهمات جراثيم العصية القولونية *E. coli* ملتهم Fd و F1.
- 7 - **مجموعة G:** فيروسات متغيرة الشكل Pleomorphic تحتوي على الدهون Lipids والحمض النووي دنا DNA مزدوج السلسلة، مثل ملتهم الميكوبلاسما MV-L2 وملتهم *Pseudomonas phaseolicola* فاي 6 Ø6.

Family or Group	Genera	Type Member	Particle Morphology	الغلاف Envelope	Genome
Corticoviridae	<i>Corticovirus</i>	PM2	isometric	غير موجود	supercoiled ds DNA
Cystoviridae	<i>Cystovirus</i>	Ø6	isometric	موجود	3 segments ds RNA
Inoviridae	<i>Inovirus</i>	coliphage fd	rod	غير موجود	circular ss DNA
	<i>Plectrovirus</i>	Acholeplasma phage			
Leviviridae	<i>Levivirus</i>	coliphage MS2	icosahedral	غير موجود	1 (+)strand RNA
	<i>Allolevirus</i>	coliphage Qbeta			
Lipothrixviridae	<i>Lipothrixvirus</i>	Thermoproteus phage 1	rod	موجود	linear ds DNA
Microviridae	<i>Microvirus</i>	coliphage ØX174	icosahedral	غير موجود	circular ss DNA
	<i>Spirovirus</i>	Spiroplasma phages			
		Mac-1 phage			
Myoviridae		coliphage T4	tailed phage	غير موجود	linear d/s DNA
Plasmaviridae	<i>Plasmavirus</i>	Acholeplasma phage	pleiomorphic	موجود	Circular ds DNA
Podoviridae		coliphage T7	tailed phage	غير موجود	linear ds DNA
Siphoviridae	<i>lambda phage group</i>	coliphage lambda	tailed phage	غير موجود	linear ds DNA
Sulpholobus shibatae virus		SSV-1	lemon-shaped	غير موجود	circular d/s DNA
Tectiviridae	<i>Tectivirus</i>	phage PRD1	icosahedral	غير موجود	linear d/s dna

تصنيف الفيروسات الجرثومية :CLASSIFICATION OF BACTERIAL VIRUSES

التصنيف المتبع عالمياً، وضعت الفيروسات الجرثومية في فصائل تنتهي تسميتها باللاحقة فيريدي viridae- وفق اللجنة الدولية لتسمية الفيروسات والمضيف جراثيم (Domain: Bacteria) (Phylum:) *Proteobacteria* مثل *Firmicutes* و *Cyanobacteria*.

1- فيروسات الجراثيم غير المغلفة Non-enveloped:
فصيلة فيروسات الجراثيم متقبضة الذيل Myoviridae (= Myo contractile):

المضيف هو الجراثيم وأجناس الفيروسات التي تتبع لهذه لفصيلة هي:
جنس T4-like phages ونمط النوع *Coliphage T4*، و جنس P1-like phages و جنس P2-like phages و جنس Mu-like phages و جنس SP01-like Phages و جنس PhiH-like viruses.

الجينوم: الفريون خيطي والحمض نووي دنا dsDNA مزدوج السلسلة يتبدل إلى دائري، طول الجينوم 336000 nt، نسبة Guanine + Cytosine %35، وقد وجد نكليوتيد خاص في الجينوم هو 5-hydroxy-methyl cytosine بدلاً من التيميدين Thymidine، ولم يثبت وجود الدهون Lipids.

التشابه والقاربة مع فصائل أخرى: تشبه فيروسات الجراثيم فصيلة ذات الذيل *Tectiviridae* بوساطة وجود تركيب نمط الذيل لإدخال الحمض النووي دنا DNA لكنها تختلف عنها بالطبيعة الدائمة للذيل، وتشبه فيروسات ذات الذيل فصيلة *Herpesviridae* في الشكل وفي آلية التضاعف (استعمال البروتينات Scaffolding proteins وتغليف الحمض النووي دنا DNA إلى تشكيل ونضج طلائع الغلاف بوساطة انقسام تحلل بروتيني وتمدد الكابسيد)، وملتهمات ذات الذيل المعتدلة وفصيلة *Herpesviridae* قابلة لتأسيس الإصابة الكامنة.

الشكل: غير مغلف ويتألف من رأس وذيل (تناظر ثنائي Binal symmetry)، ويفصل بين الرأس والذيل عنق، والذيل معقد يتألف من أنبوب مركزي وصفيحة متقبضة مزودة بحلقة وصفيحة قاعدية و6 نتوءات قصيرة و6 ألياف طويلة، ويتطلب التقبض طاقة ATP، والغلف النووي Nucleocapsids متساوية الطول إلى متطاولة طوله 95 - 111 نانومتراً وقطره 65 - 80 نانومتراً، والذيل بطول 80 - 455 نانومتراً وعرض 16 نانومتراً، من الأمثلة ملتهمات جراثيم العصية القولونية الزوجية T2 و T4 و T6، ويكون الرأس في ملتهم T2 متطاول بينما في P2 متساوية الطول Isometric. وتضم مجموعة من الملتهمات غير المنسوبة (الجدول) تختلف في الأهمية والشكل العام.

UNASSIGNED VIRUSES الملتهمات غير المنسوبة

المضيف	الملتهم
<i>Aeromonas salomicida</i>	Aeromonas virus 31
<i>Aeromonas salomicida</i>	Aeromonas virus 31
<i>Bacillus megaterium</i>	Bacillus virus G/TD
<i>Bacillus cereus</i>	Bacillus virus Bace-11
<i>Bacillus megaterium</i>	Bacillus virus MP13
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	Acinetobacter virus E14
<i>Virus infects Gluconobacter</i>	Gluconobacter virus Wer
<i>Bacillus subtilis</i>	"Killer" virus defect particle

فصيلة الفيروسات الخرطومية (Stylos=column =Tail) Styloviridae: الملتهمات ذات الذيل الطويل غير المتقبض:

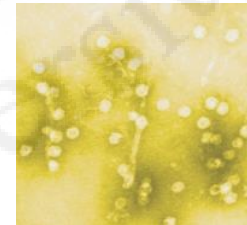
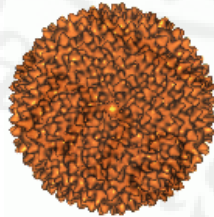
تحتوي على حمض نووي دنا dsDNA مزدوج السلسلة، ويتبع لها ملتهمات لها رأس متساوي الأضلاع ملتهم لامدا λ أو T_i و T_s من ملتهم جراثيم العصية القولونية والملتهم 11 و SDI و 317 و N5 و 24، والملتهمات ذات الرأس المتطاوّل مثل PT11 و 7-7-7 و XP-12 و R1 و R2.

فصيلة الفيروسات القدمية (podo = foot) Podoviridae:

هي ملتهمات الرأس متساوي الأضلاع والذيل قصيرة والحمض النووي دنا DNA مزدوج السلسلة، ويتبع الفصيلة جنس *T7-like phages* ونمط النوع *Coliphage T7*، أيضاً مثل T3 و 114 و $\phi 2042$ ، ومنها ملتهمات ذات رأس متطاوّل مثل $\phi 29$ و 128.

فصيلة الفيروسات المغطاة (Tectus=covered) Tectiviridae:

الملتهم عشروني الوجوه Icosahedral قطره 65 نانومتراً، والحمض النووي دنا dsDNA مزدوج السلسلة، وتحتوي أشواكاً Spikes على الأركان Vertices ويتكون الغطاء من طبقتي كابسيد Double capsid، يتبع الفصيلة جنس *Tectivirus* ونمط النوع *Enterobacteria PRD1 phage* (PRDI) الذي يصيب الجراثيم السالبة لصبغة غرام، ومثل ملتهم Bam35، كان الهدف من دراسة هذا الجنس في إيجاد علاج ضد الجراثيم، إلا أن الجراثيم أظهرت مقاومة للملتهم، وتستخدم هذه الملتهمات كنموذج لفيروسات الإنسان.



ملتهم يتبع جنس *Tectivirus*.

فصيلة الفيروسات القشرية Corticoviridae (Cortico = cortex-bark):

الملتهم عشروني الوجوه Icosahedral قطره 60 نانومتراً، والحمض النووي دنا dsDNA مزدوج السلسلة، وتحتوي أشواكاً Spikes تشبه الفرشاة على الأركان Vertices ويتكون الغطاء من عدة طبقات Multilayered capsid، ويتبع الفصيلة جنس Corticovirus ونمط النوع *Alteromonas phage PM2*، ومثل ملتهمات *Marine pseudomonas*.

فصيلة الفيروسات العضلية Inoviridae (Ino = muscle):

الملتهمات إما أن تكون عصوية الشكل طويلة أو قصيرة، والحمض النووي دنا ssDNA مفرد السلسلة دائري، والأغلفة حلزونية Helical، وتخرج الملتهمات من خلال الغشاء للخلية الجرثومية ولا تحدث تحللاً ويبقى المضيف حياً، مثل فيروس المايكوبلازما MV-L1 type. أو أن تكون الملتهمات خيطية مرنة Filamentous بطول 760 - 1950 نانومتراً وقطر 6 نانومتراً، ويتبع الفصيلة جنس *Inovirus*، ونمط النوع *Coliphage fd* كذلك ملتهم *Coliphage M13* و *Coliphage f1* وملتهم V6 الذي يصيب *Vibrio*.

فصيلة الفيروسات الصغيرة Microviridae (micro = small):

الفيروس عشروني الوجوه Icosahedral قطره 27 نانومتراً ذات 12 كابسوميراً، والحمض النووي دنا ssDNA مفرد السلسلة دائري، والشوكة شبة عقدية، ويتبع الفصيلة جنس *Microvirus* ونمط النوع *Coliphage fX174* و *Bdellovibrio phage MAC1* و *Chlamydia microvirus* و *Chlamydia phage 1* ونمط النوع *Chlamydia phage 1*.

فصيلة الفيروسات الخفيفة Leviviridae (Levi = light):

الفيروس عشروني الوجوه قطره 23 نانومتراً ذات 32 كابسوميراً، والحمض النووي رنا ssRNA مفرد السلسلة، ويتبع الفصيلة جنس *Levivirus* ونمط النوع الملتهم الجرثومي *Enterobacteria phage MS2* و *Allolevivirus* ونمط النوع الملتهم الجرثومي *Enterobacteria phage Q β* .

فصيلة Siphoviridae:

يتبع الفصيلة جنس *lambda-like Phages* ونمط النوع *Coliphage lambda*.

2- فيروسات الجراثيم المغلفة ENVELOPED BACTERIOPHAGES

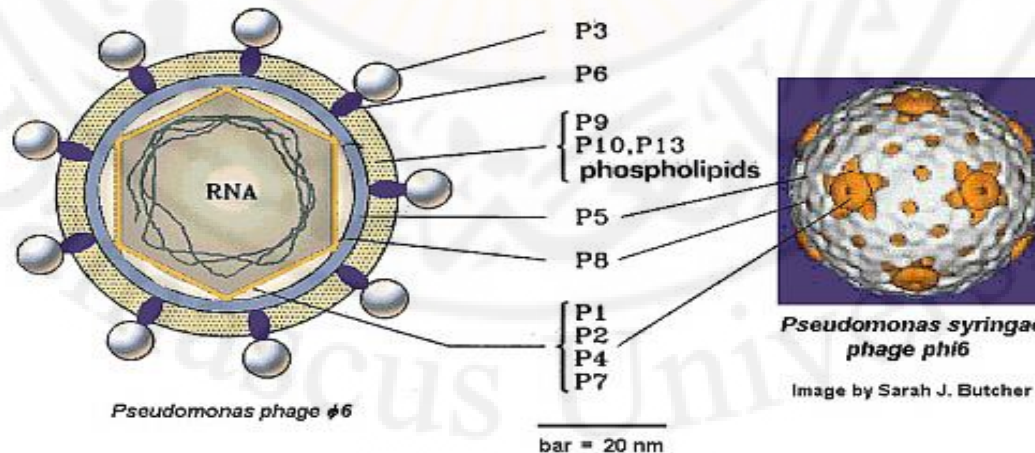
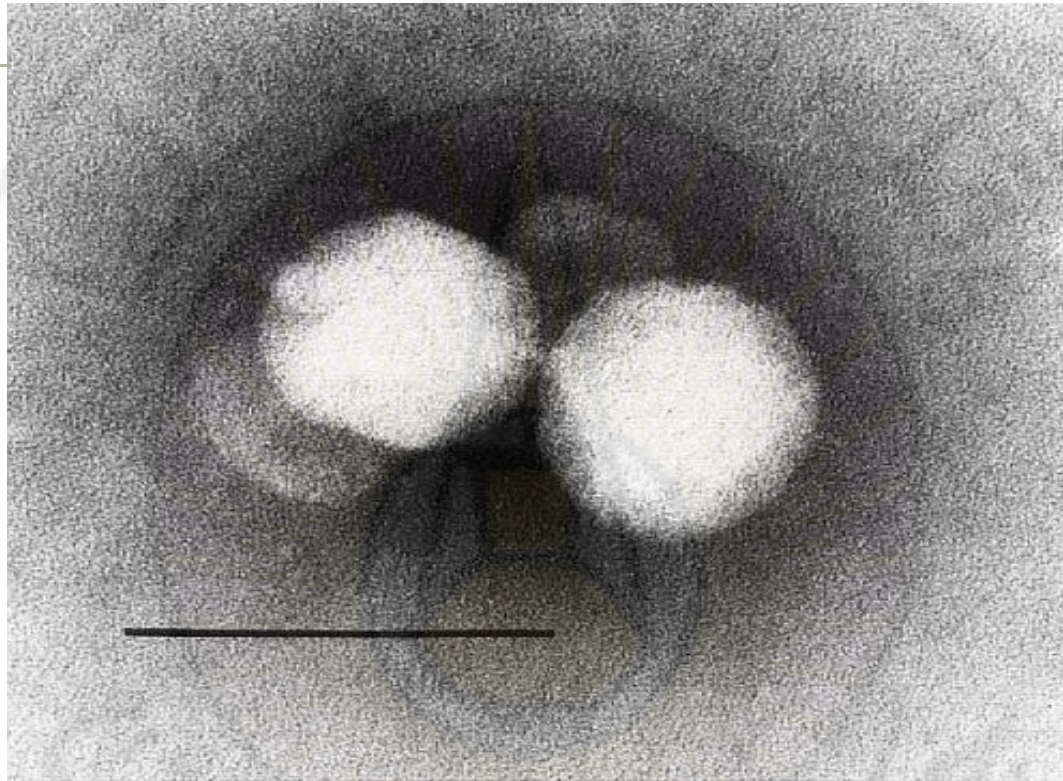
الفصيلة المتشكلة (Plasma=shaped) Plasmaviridae:

الفيروسات متغيرة الشكل ذات أغلفة مرنة وقطرها 50-120 نانومتراً، والحمض النووي دنا ds-DNA مزدوج السلسلة دائري، ويتم تحرر الفيروسات الناضجة بالتبرعم من الغشاء البلاسمي للخلية الجرثومية، ولا تتحلل الخلية المصابة وتعيش كمسبب للليزوجيني (الإستدابة) Lysogen، مثل الملتهم MV-L2.

الفصيلة المجزأة (Cysto = segmented) Cystoviridae:

اشتق الاسم *Cysto* من اليونانية *kystis* وتعني الكيس *sack* أو المثانة *Bladder*، الفيروسات متساوية الأضلاع قطرها 86 نانومتراً، والحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة مؤلف من ثلاث قطع، والغلاف مزدوج مكعب الشكل من يتألف من غمد *Envelope* وكابسيد *Capsid* ومعد إنزيم بلمرة *Polymerase* *complex*، والسطح ذو أشواك من نمط واحد من البروتين، يدمص الملتهم على مواقع نوعية متخصصة على الأهداب *Pili* وتتقبض ليصبح الفيرون بتماس مع الغشاء الخارجي للمضيف بالتالي يندمج غلاف الفيروس ويهضم بواسطة إنزيم محل *Lytic enzyme*، يتبع الفصيلة جنس *Cystovirus* ونمط النوع *Pseudomonas phage f6*، ويصيب خاصة سلالات نوع *P. pseudoalcaligenes* معدة التركيب.

فیروس $\Phi 6$ PSEUDOMONAS PHAGE یتبع جنس CYSTOVIRUS.



3- فيروسات جراثيم العصية القولونية *ESCHERICHIA COLI VIRUSES*:

لاقت الأبحاث حول فيروسات جراثيم العصية القولونية اهتماماً كبيراً وبالتالي كانت الأبحاث التي تناولت الملتهمات التي تصيبها لها الأولوية، ومنها مجموعة T الحمض النووي فيها دنا ds-DNA مثل: T1 و T2 و T3 و T4 و T5 و T6 و T7 وفاي $\phi 80$ و P1 و P2، ويكون الحمض النووي دنا ssDNA مفرد السلسلة في الملتهم $\phi X-174$ و f1 و fd ويكون الحمض النووي رنا ssRNA مفرد السلسلة في الملتهمات f2 و MS2 و QB. ويوضح الجدول 13 الوضع التصنيفي لملتهمات جراثيم العصية القولونية .

أنواع الإصابة بالملتهات :TYPE OF PHAGE INFECTIONS

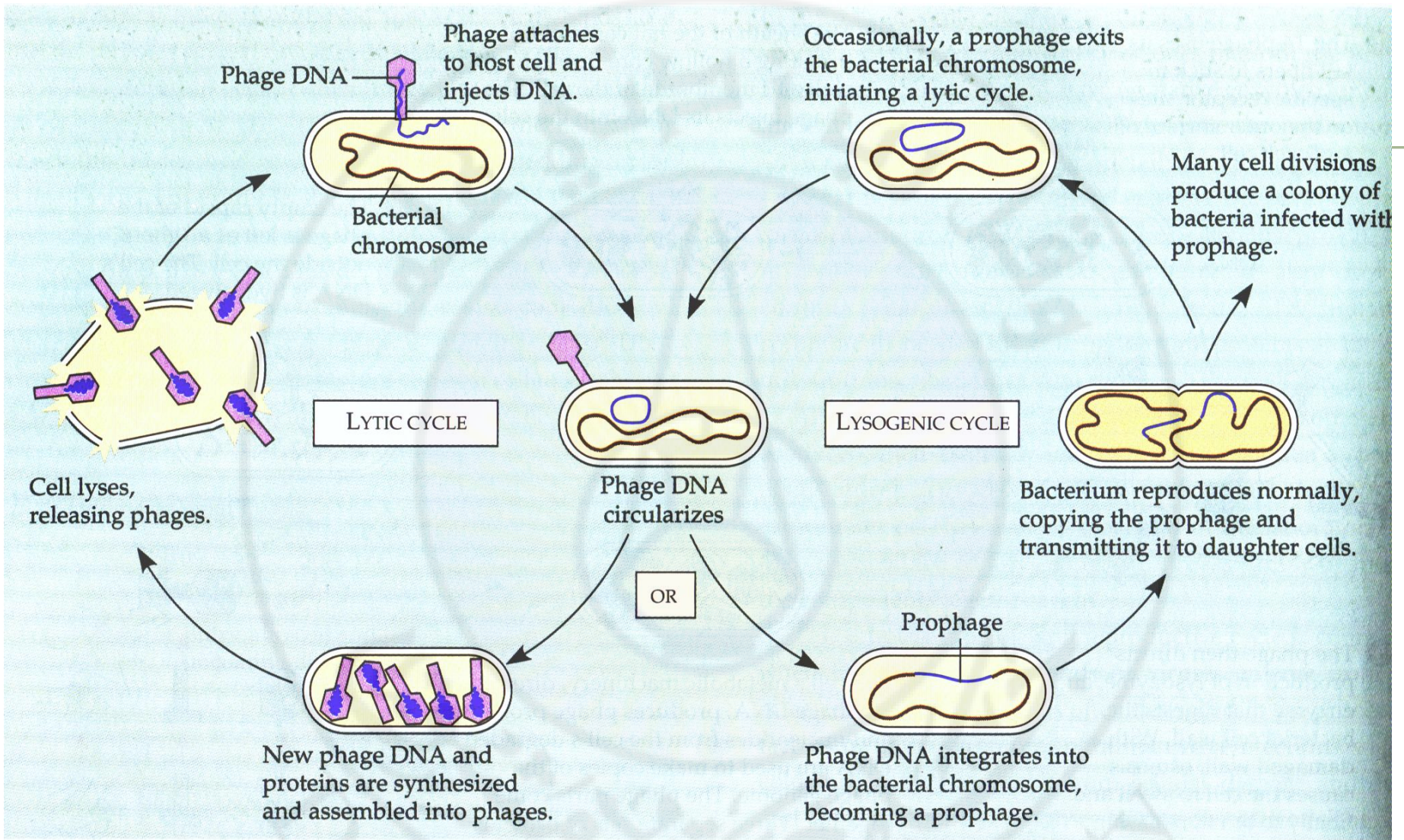
الإصابة التحللية :Lytic – infection

تؤدي الإصابة إلى تحلل الخلية المصابة بالملتهم، وتدعى أيضاً إصابة إعاشية (خضرية) Vegetative أو تضاعفية Replicative أو منتجة Reproductive حيث يتضاعف الملتهم ضمن الخلية وينسخ إلى عدة نسخ. ويطلق على ملتهات هذا النوع اسم الفيروسات الفوعة.

الإصابة غير التحللية :Non-lytic infection

يكون الملتهم الأولي أو البادئ Prophage معتدلاً Temperate ويلتحم بعد اختراق الخلية مع جينوم الخلية الجرثومية التي لها صبغي واحد دائري، فتدعى الخلية عندها باسم خلية مندرجة Lysogenic ويعرف الجينوم الفيروسي الملتحم بأنه ملتهم أولي. وتسمى عملية التحام جينوم الملتهم مع جينوم الخلية الجرثومية المندرجة بالاستذابة (ليزوجيني) Lysogeny.

ويتضاعف جينوم الملتهم الملتحم كلما تضاعف جينوم الخلية الجرثومية معاً كوحدة (التزامن Synchronously)، لكن جينوم الملتهم الملتحم لا يمكن له أن يتضاعف بمفرده كما يحدث عادة عندما يكون غير متكامل في الخلية، ولا تحوي الجراثيم المندرجة أي ملتهم يمكن الكشف عنه بتجارب العدوى أو مصلياً أو شكلياً، ولكن عند زرع الجراثيم المندرجة مع زيادة من الجراثيم الحساسة (سلالات دالة Indicator strain)، حيث تنمو كل خلية جرثومية مندرجة إلى مستعمرة يتحرر فيها قليل من جسيمات الملتهم وبالتالي تهاجم الملتهمات الخلايا الحساسة لتشكل روائق Plaques غالباً عكرة Turbid، تبدو على غشاء النمو الجرثومي، حيث يظهر في مركز كل رائق مستعمرة من الجراثيم المندرجة.



ب - الإصابة التحليلية LYTIC-INFECTION

أ - الإصابة غير التحليلية NON-LYTIC INFECTION

أنواع الإصابة بالملتهيمات:

عملية الإصابة :INFECTION PROCESS

1- مرحلة الارتباط والادمصاص :ATTACHMENT AND ADSORPTION

تتوضع الفيروسات في أثناء انتقالها على مواقع Foci معينة على سطح الخلية الجرثومية الحساسة لملتهم معين، وتلتصق مع بعض التراكيب أو الأجزاء من سطح الملتهم مع مواضع استقبال Receptor sites نوعية، وتختلف هذه المواضع باختلاف نوع الملتهم ونوع الجراثيم، فقد يدمص على مواضع معينة خارجية أو داخلية على سطح الخلية الجرثومية، أو بوساطة الالتحام Adhering مع السياط Flagellae أو الزوائد الشعرية (الأهداب) Pili وهذه العملية كيميائية ولا بد من وجود اختلاف في الشحنات الكهربائية أو تتكون روابط هيدروستاتيكية Hydrostatic bonds بين الملتهم وموضع الاستقبال، وتسهم شوارد موجبة الشحنة مثل الكالسيوم Ca^{++} أو المغنيزيوم Mg^{++} وحموض أمينية مثل التريبتوفان Tryptophan كعوامل مساعدة في تقوية روابط الادمصاص، حيث تتأثر عملية الادمصاص بالقوة الشاردية ودرجة حموضة pH الوسط التي تؤثر بالتالي في نفوذية Permeability الغشاء الخلوي وتضاعف الحمض النووي والبروتينات.

2- الاختراق :PENETRATION

تختلف آلية الاختراق باختلاف نوع الملتهمات، بعد عملية ادمصاص الملتهم ينقبض الذيل Contracts ليؤدي إلى عملية اندماج Merging تحت الوحدات الصغيرة مع تحت الوحدات الكبيرة لكل حلقتين من حلقات الذيل، في ملتهم T2 يتكون من 24 حلقة من 6 تحت وحدات من حجم واحد تتبادل مع حلقة من 6 تحت وحدات أكبر حجماً فتتكون 12 حلقة بكل 12 تحت وحدة، ويندفع الأنبوب المركزي وهو غير متقبض وتشبه المحقن وبحركة التفاضلية تؤدي إلى قذف الحمض النووي الفيروسي إلى داخل الخلية، وتؤدي هذه العملية إلى هضم جزئي للجدار الخلوي بفعل إنزيمات ليزوزيم Lysozyme الموجودة ضمن ذيل الفاج وتتطلب العملية طاقة للتقبض تأتي من 144 جزيئاً من أدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP تكون من داخل غمد الذيل، وبعد الاختراق تبقى أغلفة العلب الفارغة خارج الخلية. ويكون لبعض الملتهمات شكل رأس وذيل منفرد لا يوجد في غيره من الفصائل الفيروسية خاصة بطريقة دخول الخلية.

أما في ملتهمات الحمض النووي دنا DNA الخيطية Filamentous فإنها تلتصق بالأهداب Pili الموجودة على الجدار الخلوي الجرثومي ويتم الاختراق عندما تنسحب أو تتراجع Retraction إلى داخل الخلية بالكامل، كذلك في الملتهمات التي تدمص على السياط Flagellae أما الملتهمات التي تدمص على قمة الأهداب Tip فتخترق الخلية عبر أنابيب أو قنيات Tubules هذه الأهداب ويدخل الجينوم الفيروسي أي الحمض النووي رنا RNA يرافقه نوع واحد من البروتين يدعى بروتين A.

3- نزع الغلاف (التعرية) UNCOATING:

هي مرحلة إزالة الغلاف الموجود حول الحمض النووي الفيروسي، في ملتهومات الحمض النووي دنا DNA ذات الذيل المتقبض يقذف الحمض النووي الفيروسي داخل الخلية الجرثومية دون الغلاف، وبالتالي لا يحتاج إلى مرحلة نزع الغلاف، أما عندما يدخل الملتهم كاملاً تقوم إنزيمات الخلية بتحليل البروتين الفيروسي ليصبح حراً .

4- التطور داخل الخلوي لملتهومات الجراثيم ذات الحمض النووي دنا DNA :INTRACELLULAR DEVELOPMENT OF DNA PHAGES

تحتل بعض الملهومات أحياناً ضمن المضيف بعد الإصابة ببضع جسيمات قبل أن تتمكن من التضاعف وهذا يتعلق بمدى فوعة Virulent أو اعتدال Temperate الملهومات، ويمكن أن لا تندمج المادة الوراثية للملهومات الفوعة في صبغي خلية المضيف وعادة تقتل خلايا المضيف كإصابة حالة Lytic infection (مثل ملتهومات T في *E.coli*) وفي الملهومات المعتدلة Temperate يمكن أن تتحد مع DNA المضيف مسببة الاستدابة (ليزوجيني) Lysogeny.

وأمكن بواسطة التشعيع متابعة عملية الإصابة التحللية التامة أو غير التامة ويمكن وضعها في مراحل توجز كما يلي:

أ- دور الاحتجاب ECLIPSE PERIOD:

تبدأ هذه الفترة منذ حدوث الإصابة وهي مرحلة لا يمكن فيها الكشف عن الملتهم من حيث الشكل أو مصلياً أو إثبات وجوده ضمن الخلية المصابة، ولكن تتبع طرائق أخرى للكشف عن طريق إحداث تحلل مبكر غير تام (بوساطة موجات فوق صوتية Ultrasonic oscillations) أو تحليل كيميائي وتعقب إشعاعي، وتتوقف الخلية عن تركيب الحمض النووي الجراثومي خلال هذه الفترة وتتحول إلى تركيب الحمض النووي الفيروسي بوساطة الجينوم الفيروسي، ويتضمن ذلك إنتاج نوع من البيريميدينات Pyrimidines (Hydroxy methyl cytosine) كما في ملتهم T2 و T4 و T6، ويوجه الملتهم إلى تركيب إنزيمات جديدة في خلايا المضيف الجديدة، وتشمل البروتينات الجديدة التي تُركب مبكراً Early proteins إنزيمات نوعية ضرورية لتركيب الحمض النووي الفيروسي مثل إنزيم بلمرة DNA Polymerase جديد يقوم بلمرة وإضافة نكليوتيدات في أثناء تركيب الحمض النووي الفيروسي، وتشمل إنزيمات فسفرة Kinases التي تحدث الفسفرة وتكوين نكليوتيد ثلاثي الفوسفات ومركب التيميدين في ملتهمات T2 و T4 و T6 التي تستخدم ميتيل سيتوزين بدلاً من السيتوزين في الحمض النووي دنا DNA الخاص بها، كما تُركب إنزيمات ضرورية لتخليق هيدروكسي ميتيل سيتوزين وإنزيمات تحطيم دي أوكسي سيتيدين ثلاثي الفوسفات Deoxy citidine Triphosphate الخاص بالخلية.

وتظهر في آخر فترة الخسوف البروتينات المتأخرة Late proteins التي تشمل تحت الوحدات البروتينية الخاصة بتكوين الرأس والذيل والإنزيمات المحللة Lysozymes التي تقوم بكسر طبقة الببتيدوغليكان المكونة لجدار الخلية، وجميع إنزيمات الملتهم وبروتيناته التي تتركب داخل الخلية المصابة تتكون من المعلومات الوراثية الخاصة بالملتهم وباستخدام آليات الخلية ومحتوياتها. وتكون الفترة بين دخول الفيروس للخلية وبين إنتاجه لفريونات جديدة بعد التضاعف تسمى فترة كمون Latent period أو دور الاحتجاب Eclipse period ويمكن الكشف عن الفيروس في نهاية هذه الفترة عندما يكون متوسط وحدة فيروسية معدية لكل خلية نتيجة لتضاعف الفيروس.

ب - فترة التراكم داخل خلوي THE INTRACELLULAR ACCUMULATION PERIOD

يعمل الجينوم في أثناء دور الاحتجاب على البدء بعمل قالب Template لإنتاج الحمض النووي رنا الرسول mRNA والذي يدعى النسخ المبكر Early Transcription ليعطي نسخ Transcript، وتترجم Translation النسخة إلى بروتينات معظمها غير تركيبية وهي الإنزيمات المستخدمة في عملية تضاعف الجينوم الفيروسي، فيستطيع الجينوم التضاعف لتكوين نسخ Copies مطابقة للجينوم الأصلي بوساطة الإنزيمات المُركب حديثاً وتكرر العملية عدة مرات لتؤدي إلى تكون المئات من الجينوم الفيروسي، في هذه المرحلة من الضروري لتكاثر الجينوم الفيروسي الذي يعمل كقالب من حمض نووي دنا مزدوج السلسلة وجود إنزيم التضاعف Replicase (DNA polymerase) ووجود نكليوتيدات مناسبة ومصدر طاقة ووسط مناسب، حيث يتكون كل سلسلة من نصفين نصف مماثل للجزء الأبوي ونصف آخر مُركب حديثاً ويدعى على هذا التضاعف نصف محافظ Semi conservative.

بعد تضاعف الجينوم تتكرر كل نسخة وتدعى مرحلة النسخ المتأخر Late Transcription ليعطي الحمض النووي رنا الرسول mRNA ويتم الترجمة وتدعى مرحلة الترجمة المتأخرة Late Translation وفي هذه المرحلة يتم تركيب بروتينات الغطاء وغيرها من البروتينات التركيبية المهمة لبناء التراكيب الضرورية لكل نوع فيروسي، وتنتهي العملية مع بدء عملية التجمع Assembly لتتكون الوحدات الكاملة المعدية أو الفريونات، بنهاية فترة الكمون تتراكم الفريونات المنتجة وتتحلل في الوسط.

ج - فترة التحرر :THE RELEASE PERIOD

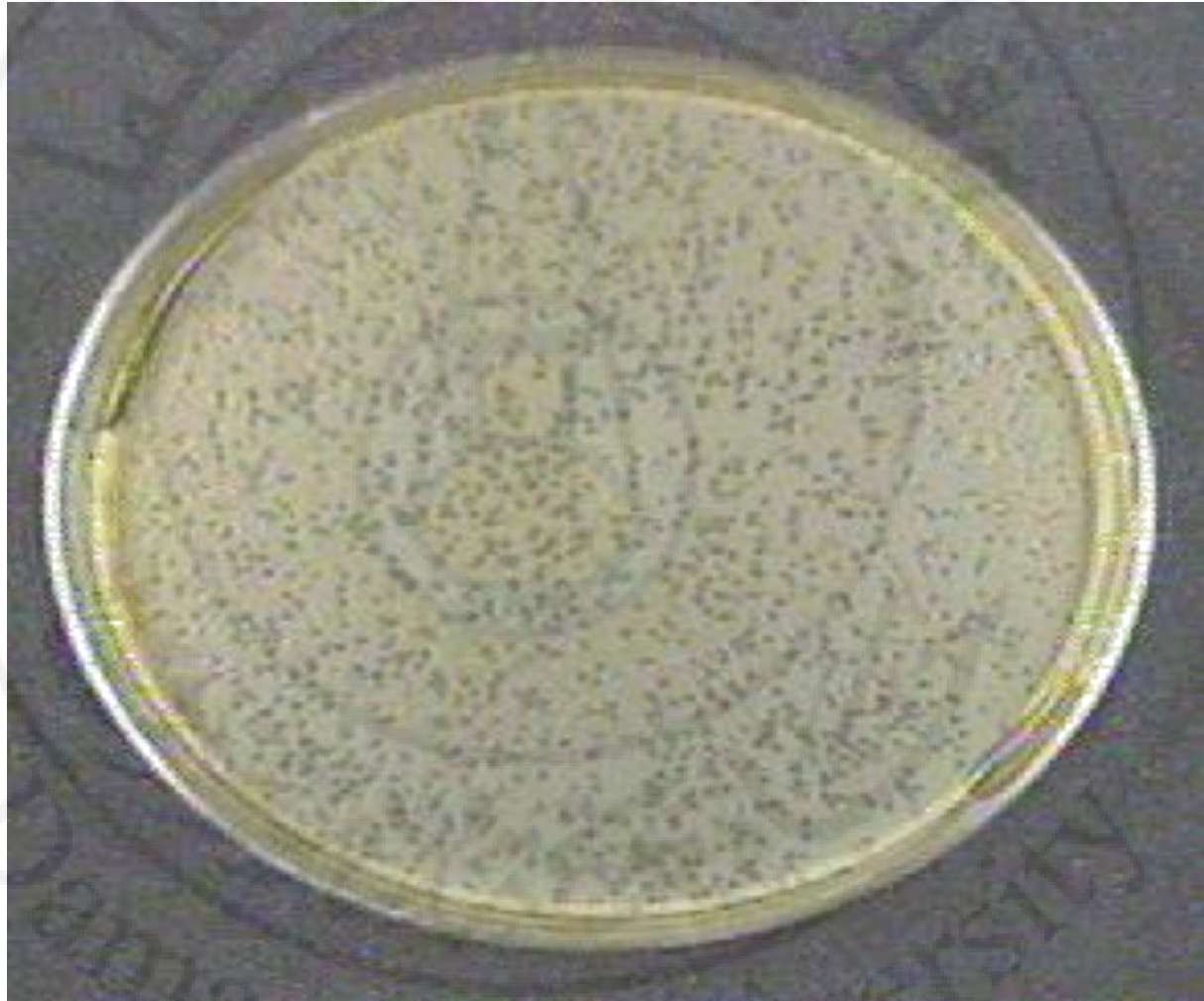
بعد فترة الكمون يبدأ إنتاج الفريونات ثم يتضاعف، ويتراوح متوسط عدد الفريونات المعدية لكل خلية منتجة بين 10 - 200 فريوناً، ويتم التحرر بواسطة تحلل الخلية بفعل إنزيمات محللة (Lysozymes) أو محلات (Lysines) أو نتيجة الضغط الحلولي وضعف الجدار الخلوي بما يسمى الانفجار Brust من الداخل نتيجة العمل الإنزيمي المتكون مع الملتهم.

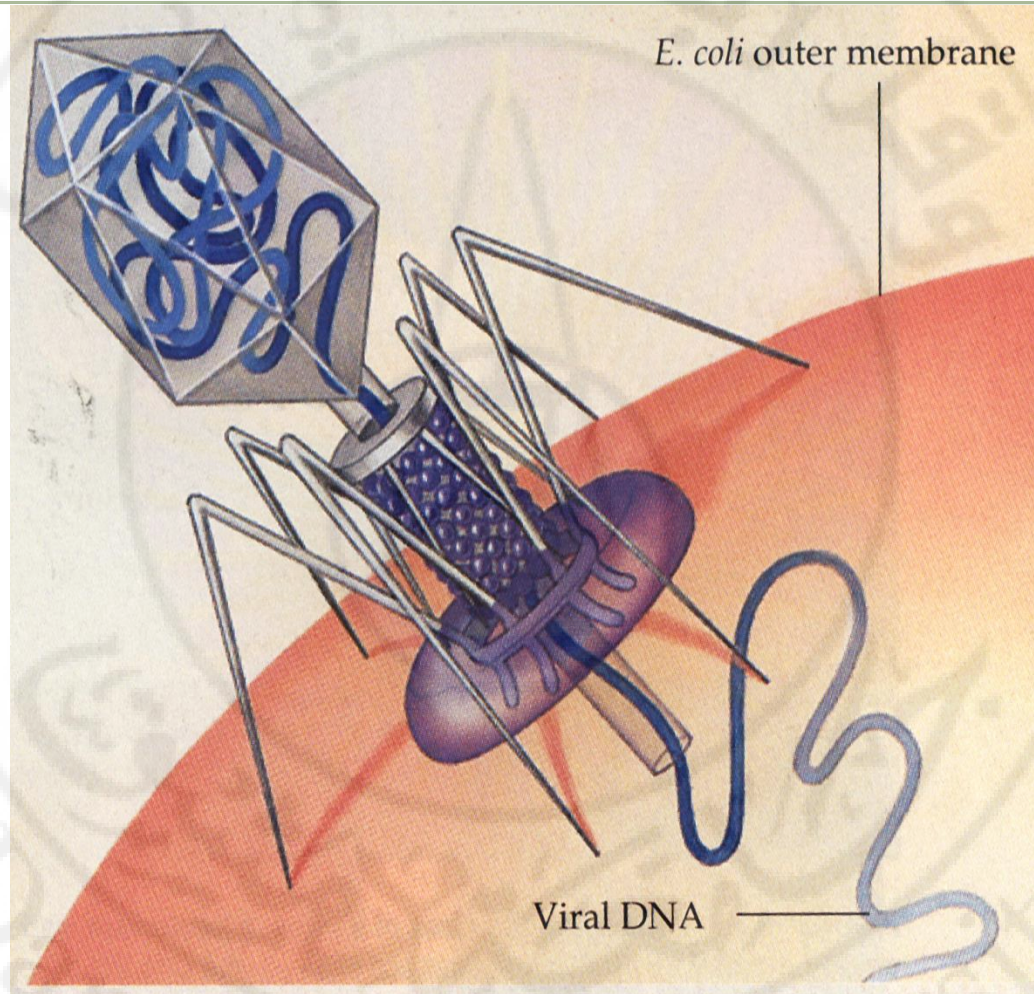
أما في الملتهمات ذات الحمض النووي دنا DNA الخيطية فتتضج الجسيمات وتتسرب خارج الجدار الخلوي دون موت خلية المضيف، بينما تتحرر ملتهمات الميكوبلاسما بالتبرعم أو النز والتسرب من خلال الغشاء الخلوي.

تضاعف ملتهفات الجراثيم ذات الحمض النووي رنا RNA :REPLICATION OF RNA BACTERIOPHAGES

تبدأ عملية تضاعف الحمض النووي رنا RNA مفرد السلسلة بعد دخوله إلى سيتوبلازما خلية المضيف، فتتعرف عليه ريبوزومات الخلية وترتبط به على أنه حمض نووي رنا رسول mRNA وتبدأ بترجمته إلى بروتين فيروسي، وأحد هذه البروتينات إنزيم البلمرة رنا RNA Polymerase الذي يساعد في تحفيز Catalyse هذا الإنزيم المعقد في تضاعف الحمض النووي الفيروسي من ريبونكليوتيدات ثلاثية الفوسفات (أدينين - غوانين - سيتوزين - يوراسيل) مستخدماً الجينوم الفيروسي كقالب Template، حيث تتكون وسائط تضاعفية Replicative intermediates ثنائية السلسلة إحداها موجبة + من مورث أبوي منفرد السلسلة ويرتبط بروابط هيدروجينية مع السلسلة المتممة Complimentary strand (السالبة -) المصنع بوساطة إنزيم بلمرة رنا RNA Polymerase، وهذه السلسلة المزدوجة تستخدم كقالب لإنتاج سلاسل جديدة موجبة ويتم التركيب على السلسلة السالبة، وتتكرر العملية بإحدى طريقتين: إما أن تستخدم السلاسل الموجبة الجديدة ليكون عليها وسائط تضاعف، أو تتجمع مباشرة في فريونات ناضجة بارتباطها مع تحت وحدات بروتين الغطاء.

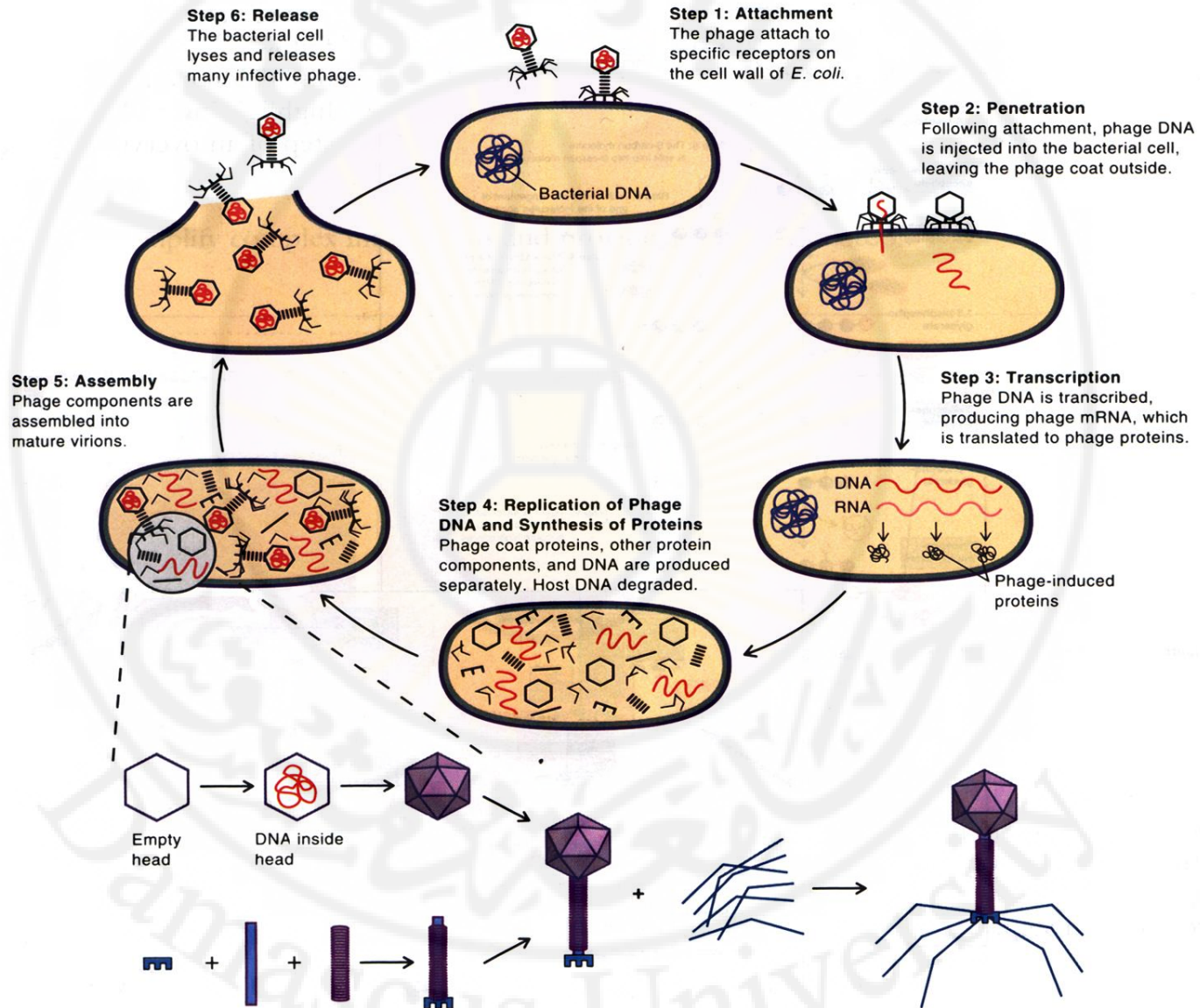
الروائق PLAQUES على سطح الآغار بعد إصابة *ESCHERICHIA COLI* بملتهم جرثوم العصية القولونية *COLIPHAGE T4*.





الملتهم على سطح جرثومة *E. coli* .

مراحل تضاعف الملتهم T4 في العصية العسوية القولونية *E. COLI*.



المكافحة الحيوية للأمراض النبات

BIOLOGICAL CONTROL OF PLANT DISEASES

MYCOVIRUSES فيروسات الفطريات

الأستاذ الدكتور هدى زاهي قواس

تاريخ علم الفيروسات HISTORY OF VIRUSES

❖ تتالت الاكتشافات التي ساهمت في تأسيس علم الفيروسات Virology وتطوره وزيادة أهميته، وأثبتت الدراسات منذ مطلع القرن التاسع عشر وجود عوامل ممرضة بأبعاد أصغر من الجراثيم المعروفة، وتبين أنها عوامل ممرضة تعيش متطفلة على النسيج الحية، وتؤدي إلى الكثير من الأمراض للإنسان والحيوان (باستور 1864 Pasteur) وكذلك للنباتات (إيفانوفسكي 1892 Ivanowski).

❖ حاول بيجرينك Beijerinck مدّة عشرين عاماً إثبات أن فيروس موزاييك التبغ *Tobacco mosaic virus* (TMV) مرض ناتج عن ميكروب خاص إلى أن استعمل مرشحة شامبرلان Chamberland فأثبت في عام 1898 وجود عوامل ممرضة تمر عبر المرشحات "Contagium vivum fluidum" وهذا ما أثبتته إيفانوفسكي Iwanovisky أيضاً، وتمكن ستانلي Stanley ونورثروب Northrup في عام 1935 من عزل الفيروس وتنقيته على شكل بلورات نقية بهدف الإجابة عن السؤال المطروح آنذاك: هل الفيروسات كائنات حية أم مادة كيميائية. فأجاب ستانلي Stanley وفالنس Valens "يتجلى الفرق بين الفيروسات والجزيئات الكيميائية في كون الفيروسات تصبح حية فقط لحظة إصابتها"، وحصل على جائزة نوبل نتيجة تنقية فيروس موزاييك التبغ (TMV) على شكل بلورات.

❖ وتالت الاكتشافات لأمراض عديدة تسببها الفيروسات كالحصبة والجدي وشلل الأطفال والأنفلونزا والطاعون البقري والحمى القلاعية وأمكن زراعة الفيروسات في بيض الدجاج في عام 1931 مما ساعد في إنتاج اللقاحات وكان له تأثير إيجابي في البشرية.

❖ كما اكتشفت ملتهمات الجراثيم Bacteriophages خلال الحرب العالمية الأولى على يد دي هريل D'herell وأسهمت في تشكيل نموذج يلخص طريقة إصابة الخلية بالفيروسات وطريقة تضاعف الفيروسات والوراثة الجزيئية.

❖ وأسهم سافرمان وموريس Safferman و Morris في عام 1963 في عزل ملتهمات الجراثيم الزرقاء Cyanophages،

❖ في مجال ملتهمات الفطريات بدأت التقارير الأولى في ستينيات القرن المنصرم عندما سجل هولينغز Hollings فيروسات من مزارع *Agaricus bisporus*، تلا ذلك أبحاث كلينشميت Kleinschmidt وآخرون وجود فيروسات الفطريات Mycoviruses على فطر *Penicillium stoloniferum*.

❖ نال ديلبروك Delbruck ورفاقه جائزة نوبل في عام 1969 على أبحاثهم في مجال ملتهمات الجراثيم،

❖ من 1935 إلى 1956: تمّ عزل الفيروسات ودراسة خواصها الطبيعية والكيميائية وأنها تتكون من حمض نووي رنا RNA وبروتين، وتؤكد في عام 1956 أن الحمض النووي قادر بمفرده على إحداث العدوى.

❖ من 1956 إلى 1970: تمّ اكتشاف وجود حمض نووي دنا dsDNA مزدوج السلسلة Double stranded في الفيروسات النباتية، واكتشاف الانترفيرون واستخدام المجهر الإلكتروني في فحص العينات والصبغ السالب.

❖ من 1970 إلى 1980: تمّ استخدام أشعة X في فهم التركيب ثلاثي الأبعاد للغمد (الغلاف) البروتيني الكابسيد أو القفيصة (Capsid) لبعض الفيروسات، وأتاح التقدم بدراسة البروتوبلاست Protoplast في دراسة تضاعف الفيروسات وأدت دراسة الحمض النووي رنا RNA في الزجاج in vitro إلى تطوير المعلومات عن جينوم الفيروسات النباتية والبدء باستخدام الفيروسات في الهندسة الوراثية.

❖ من 1980 إلى 1990 تمّت معرفة التابع النكليوتيدي في الجينوم الفيروسي والقدرة على إنتاج دنا متمم cDNA معدّ من نسخ من حمض نووي رنا RNA في الجينوم الفيروسي، وتقدمت طرائق تشخيص الفيروسات التي تعتمد على تهجين الحمض النووي، وتمّ تطوير أبحاث لتعديل أجزاء من جينوم الفيروس وإدخاله إلى نباتات بعض المحاصيل.

➤ ومع ابتكار طرائق حديثة لمقاومة الأمراض الفيروسية، وعلى الرغم من تطور طرائق التقانات الحيوية والبيولوجيا الجزيئية واستخدامها في مجال الفيروسات، لا يزال العديد من التساؤلات بانتظار الإجابة، مثل: فهم العلاقة بين التركيب والوظيفة في الغلاف البروتيني والتطهير، وآلية إحداث المرض ودور مورث الفيروس ومورث المضيف، ومناطق تضاعف الفيروسات وآلية تخلص الجينوم الفيروسي من الغلاف البروتيني بعد الاختراق، وطريقة توجيه العمليات البنائية في الخلية لإنتاج مركبات ضرورية لتمثيل الفيروس والآلية التي تحدد وتضبط انتقال الفيروس من خلية لأخرى في النسيج المصاب، وأهمية إصابة سلالة فيروسية لأصناف معينة دون أخرى.

➤ ولعل علم النانوتكنولوجيا Nanotechnology الذي يهتم بصنع الأشياء على مستوى أجزائها الأصغر، ويعتمد النانو (أي واحد في البليون) مقياساً، والذي يتوقع أن يحدث ثورة القرن الحادي والعشرين في العلوم، يستطيع الإجابة عن بعض هذه التساؤلات.

MYCOVIRUSES فيروسات الفطريات

فصيلة :Barnaviridae

جنس *Barnavirus* ونمط النوع *Mushroom bacilliform virus*.

فصيلة :Hypoviridae

جنس *Hypovirus* ونمط النوع *Cryphonectria hypovirus 1-EP713*.

فصيلة :Partitiviridae

جنس *Partitivirus* ونمط النوع *Gaeumannomyces graminis virus* .019/6A

جنس *Chrysovirus* ونمط النوع *Penicillium chrysogenum virus*.

جنس *Rhizidiovirus* ونمط النوع *Rhizidiomyces virus*.

توابع فيروسية :Satellites Viruses

فيروسات RNA مفرد السلسلة ssRNA Satellite ونمط النوع *Tobacco necrosis satellite*.

فصيلة :Totiviridae

جنس *Totivirus* ونمط النوع *Saccharomyces cerevisiae virus L-A*.

فيروسات الفطريات

- بدأت التقارير الأولى في مجال ملتهفات الفطريات في ستينيات القرن المنصرم، وكان هولينغز Hollings أول من اكتشف فيروسات الفطريات في مزارع الفطر المزروع *Agaricus bisporus* ، تلى ذلك أبحاث كلينشمت Kleinschmidt وآخرون عن وجود فيروسات الفطريات في فطر البنسيليوم *Penicillium stoloniferum* الذي دعي لاحقاً فيروس *Penicillium stoloniferum virus S* التي رافقت استخلاص بعض المركبات من رشاحة مزارع الفطر وهي المسؤولة عن إنتاج الإنترفيرون Interferon ومانعات الحمل Prophylactic لعدة ممرضات فيروسية في الفئران.



- تنتقل فيروسات الفطريات بين الخلايا، وتكون الإصابة عادة دون أعراض Cryptic، ولكنها تبدي تغيرات نوعية، وليس لها دورة حياة خارج خلايا الفطر، والعدد الكبير المعزول والموصف أدى إلى اقتراح وضعها في فصائل حديثة تصنيفاً .
- أشار بوك Buck في عام 1986 بأن التأخر في الكشف عن فيروسات الفطريات نظراً ل:
 - طبيعة بطء انتقال الفيروس بين الخلايا.
 - أن الإصابة غالباً دون أعراض.
 - أن الإصابة بفيروسات الفطريات لا تؤدي إلى تحلل خلية المضيف.
 - أشار إلى أن نسبة انتشار الفيروسات بين أنواع الفطريات تبلغ نحو 30%.

تعدّ فيروسات الفطريات طفيليات إجبارية، وتتألف من حمض نووي دنا DNA أو رنا RNA مفرد أو مزدوج السلسلة موجب القطبية، ويكون الحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة في جميع فيروسات الفطريات فيما عدا الأنواع التي تتبع جنس *Barnavirus* و *Rhizidiovirus*

المكافحة الحيوية للأمراض النباتية

أهمية دراسة فيروسات الفطريات

وقد ساهمت دراسة فيروسات الفطريات في تعميق فهم صلة القرابة بين الأنواع، ويقترح العلماء نتيجة التشابه بين نظام جينوم فيروسات الفطريات Mycoviruses ذات الحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة وأنماط الحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة في الأنواع الفطرية المختلفة ووجود قرابة بينهما، والذي يمكن أن يكون نتيجة الإصابة المشتركة Co-evolved infections أو الانتقال بين الأنواع Interspecies transfer، وقد أثبت van Diepeningen وآخرون أن فيروسات الفطريات ذات الحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة التي تصيب فطر فيوزاريوم *Fusarium poae* الذي يصيب حبوب القمح طبيعياً، توجد في 10% من سلالات وأنواع فطر العفن الأسود مثل *Aspergillus niger* و *A. tubingensis* نتيجة انتقال الفيروسات بين الأنواع Intrasppecies transfer الذي يحدث في الطبيعة، وتتم مثل هذه الدراسات باستخدام تقنية دمج البروتوبلاست.

المكافحة الحيوية للأمراض النباتية

تصنيف فيروسات الفطريات.

Families of Viruses Infecting Algae, Fungi, Yeast And Protozoa

Families of Viruses Infecting Algae, Fungi, Yeast And Protozoa

dsDNA



Phycodnaviridae



Rhizidiovirus

ssDNA

dsRNA

RNA



Totiviridae



Partitiviridae
Partivirus
Chrysovirus



Hypoviridae



100 nm

ssRNA (RT)



Pseudoviridae



Metaviridae
Metavirus

ssRNA



Narnaviridae



Barnaviridae

DNA

تصنيف فيروسات الفطريات

صنفت فيروسات الفطريات، بناء على الشكل وتنظيم الجينوم وطريقة التضاعف وعدد وحجم البروتينات البنائية وغير البنائية، ضمن 8 فصائل وجنس واحد غير مثبت في فصيلة وفق ريجنمورتل وآخرون van Regenmortel في عام 2000 ومايو Mayo في عام 2002 كما يلي:

أ- فيروسات ذات الحمض النووي رنا مزدوج السلسلة **dsRNA viruses**

1 - فصيلة **Totiviridae**:

الفريون متساوي الطول قطره من 30-40 نانومتراً، الحمض النووي رنا dsRNA خيطي، تكون الإصابة دون أعراض Cryptic infections، والأنواع التي تتبع جنس *Totivirus* تصيب الفطريات جنس *Helminthosporium* مثل فيروس *Helminthosporium victoriae virus 145S*، بينما تصيب أنواع الجنس *Giardiavirus* وجنس فيروسات الليشمانيا *Leishmanivirus* الأولي الحيوانية *Protozoa*، وقد تم تحديد تتاليات العديد من هذه الفيروسات وهي موجودة في بنك المورثات، وتسهم آليات الترجمة في فهم الهندسة الوراثية للكائنات.

تصنيف فيروسات الفطريات

2 - فصيلة *Partitiviridae*:

الفريون متساوية الطول قطره بين 30 و 40 نانومتراً، الحمض النووي رنا dsRNA خيطي من جزيئين متساويين، وتكون الإصابة دون أعراض ويصيب جنس *Partitivirus* الفطريات بينما وجدت أنواع تتبع جنس *Alphacryptovirus* و جنس *Betacryptovirus* تصيب النباتات.

3 - فصيلة *Chrysoviridae*:

اشتق الاسم من اليونانية *Chrysos* وتعني أصفر مخضراً *Yellow-green*، تضم جنس *Chrysovirus* ونمط النوع *Penicillium chrysogenum virus* (PcV)، الجسيمات الفيروسية متساوية الطول، وقطرها 35-40 نانومتراً، والحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة خيطي من 3 إلى 4 أجزاء، كما يتبع هذا الجنس الفيروسات التالية *Penicillium victorae virus 145S* (HvV-145S) وفيروس *Penicillium cyaneo-fulvum virus* (PbV) وفيروس *Penicillium brevicompactum virus* (Pc-fV)، وهي عموماً تشبه فصيلة *Partitiviridae*.

4 - فصيلة *Hypoviridae*:

يضم جنس *Hypovirus*، الفريون غير حقيقي، ويغلف الجينوم الخيطي داخلياً في حويصلة متعددة الأشكال *Pleomorphic vesicle* مشتقة من ليبيدات خلية المضيف، وقد وجد الفيروس في فطر *Cryphonectria parasitica* الذي يسبب مرض لفحة الكستناء *Chestnut blight*، وتؤدي إصابة الفطريات ببعض فيروسات الفطريات إلى تغير في قدرتها الإمرضية وقد تؤدي إلى نقص فوعة *Hypovirulence* (الشكل).

ب- فيروسات ذات الحمض النووي رنا مفرد السلسلة +SSRNA VIRUSES:

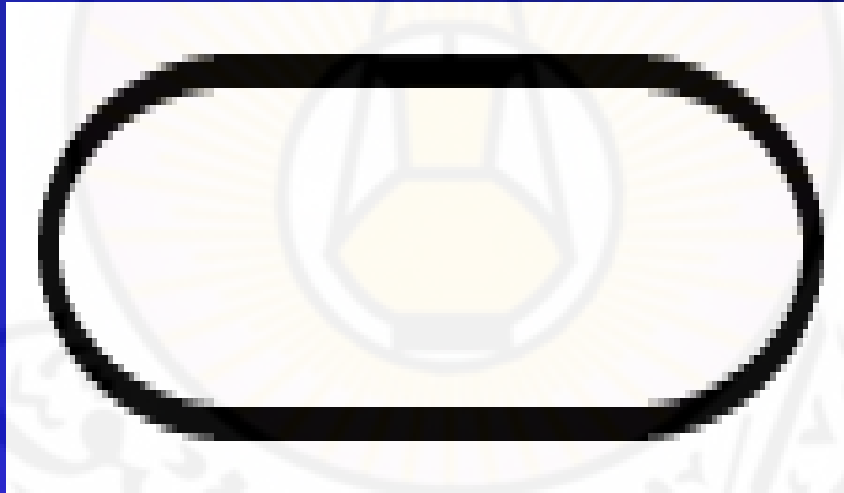
1- فصيلة Narnaviridae:

الفريون غير حقيقي، والفريون خيطي، يتوضع في الميتوكوندريا Mitochondria ويترجم فيها، يتبعه فرد واحد يصيب الفطريات من جنس Mitovirus، وهذا على عكس نوعي الجنس Narnavirus الذين يصيبان *Saccharomyces cerevisiae*.

2- فصيلة Barnaviridae:

يوجد نوع واحد يتبع جنس Barnavirus يصيب فطر *Agaricus bisporus*، الفريون عصوي غير مغلف طوله 48 - 53 نانومتراً وقطره 18 - 20 نانومتراً، والحمض النووي رنا ssRNA خيطي موجب القطبية، مثل *Mushroom bacilliform virus* (MBV) والجزئ بشكل عصوي Bacilliform، وتتشابه بروتينات الغلاف مع فصائل فيروسية تصيب النباتات مثل Luteoviridae و Carmoviridae.

شكل الفيروس العصوي في فصيلة BARNAVIRIDAE.



ج- عوامل شبيهة بالفيروسات العكسية :RETROVIRUS-LIKE ELEMENTS

1 - فصيلة Metaviridae:

يشمل *Metavirus* و *Errantivirus*، لم يكتمل التوصيف الشكلي للفيرون، والحمض النووي رنا ssRNA مفرد السلسلة موجب القطبية، وقد وجد ترانسبوزون عكسي Retrotransposons في الفطريات والنباتات واللافقاريات. وقد عُرِفَ 5 أنواع تصيب الفطريات، وقد يحوي الفيرون على وسائط متنوعة تتألف من حمض نووي رنا وDNA بأطوال مختلفة .

2- فصيلة Pseudoviridae:

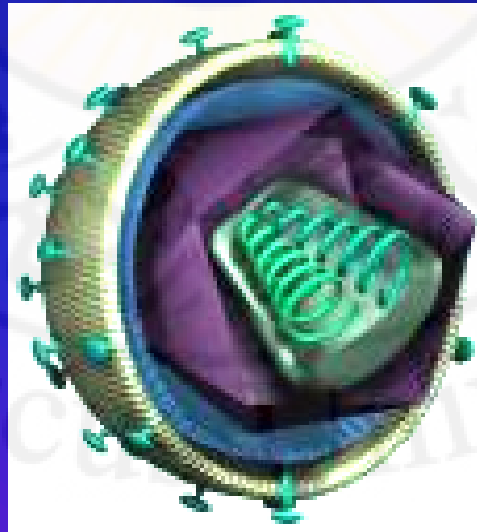
وجد ترانسبوزون عكسي Retrotransposons في الفطريات والنباتات واللافقاريات، والحمض النووي رنا ssRNA وكل أنواع الفصيلة التي تصيب الفطريات قد عزلت من *Saccharomyces cerevisiae* مثال فيروس *Saccharomyces cerevisiae virus LA* (ScV-L-A).

د- فيروسات ذات الحمض النووي دنا مزدوج السلسلة dsDNA:

جنس *Rhizidiovirus*:

قطر الفيرون 60 نانومتراً والحمض النووي دنا dsDNA مزدوج السلسلة خيطي، وقد وجد الفيرون فقط في *Rhizidiomyces* التي تتبع مملكة kingdom Stramipila الذي ليس له صلة بمملكة الفطريات kingdom Fungi،

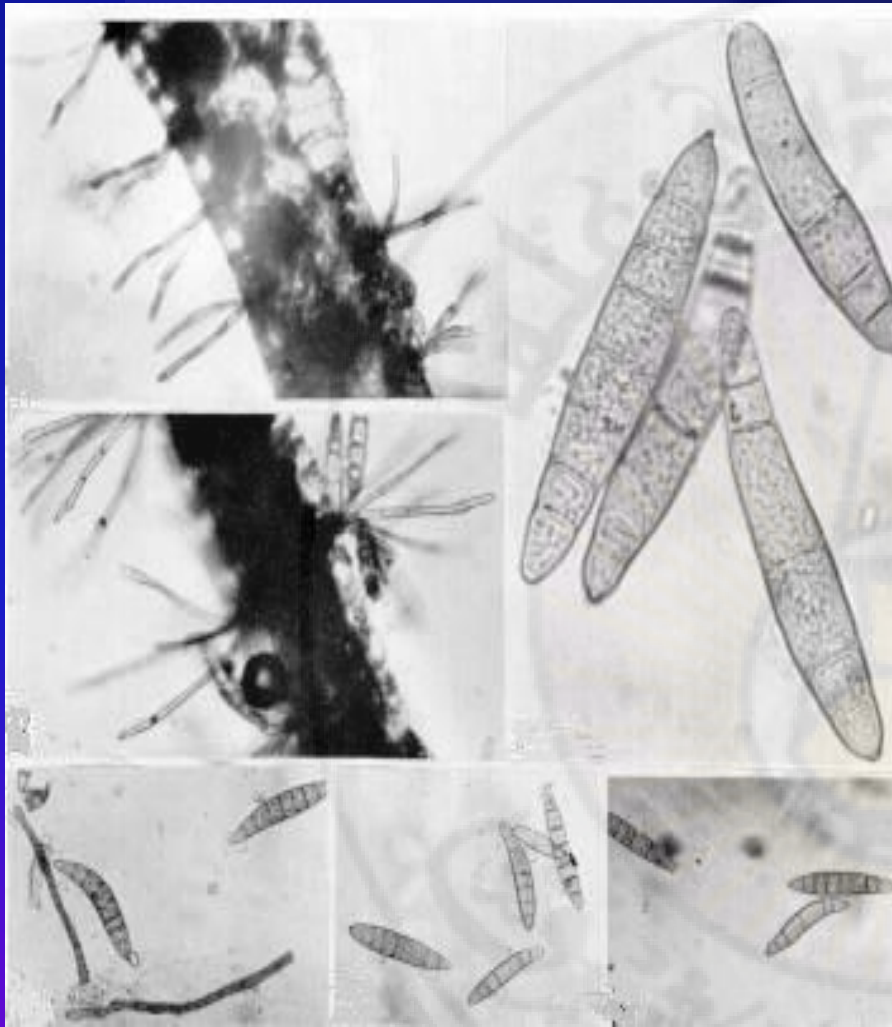
والسؤال هل يبقى تصنيف هذا الجنس في فيروسات الفطريات Mycovirus.



هناك العديد من فيروسات الفطريات والمعروف تتابعاتها في بنك المورثات، وغير المنسوبة إلى فصيلة ومعظمها DSRNA مزدوج السلسلة، والجسيمات الفيروسية متساوية الطول .

الفيروس	الفطر (المضيف)	قطر nm
<i>Agaricus bisporus virus 1</i>	<i>Agaricus bisporus</i>	25
<i>Aspergillus foetidus virus F</i>	<i>Aspergillus foetidus</i>	40-42
<i>Allomyces arbuscula virus</i>	<i>Allomyces arbuscula</i>	40
<i>Colletotrichum lindemuthianum virus</i>	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	30
<i>Gaeumannomyces graminis virus 45/101-C</i>	<i>Gaeumannomyces graminis</i>	29
<i>Helminthosporium maydis virus</i>	<i>Helminthosporium maydis</i>	48
<i>Lentinus edodes virus</i>	<i>Lentinus edodes</i>	39
<i>Periconia circinata virus</i>	<i>Periconia circinata</i>	32

بعض فيروسات الفطريات غير المنسوبة والحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة.



فطر *Helminthosporium maydis*.

الأبواغ وحوامل الفطر

أعراض إصابة الذرة

تنتقل الفيروسات ضمن خلايا مشيخة (مسلوم) وإلى الأبواغ الكونيدية وهي أبواغ ناتجة من تكاثر لا جنسي، وعادة لا تنتقل الفيروسات إلى الأبواغ الزقية (الأسكية)، وعلى العكس فإن فيروسات تتبع جنس *Mitovirus* مثل فيروس *Cryphonectria* *mitovirus-1* تعبر إلى الأبواغ الدعامية (البازيدية)، كذلك فإن الحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة يمكن أن يعبر إلى الأبواغ الدعامية والزقية لفطر *Heterobasidion annosum*، وأشير عند تحديد فيروسات فطر *Gremmeniella abietina* الذي يتبع الفطريات الزقية *Ascomycetes* وهو يسبب تفرح أشجار الصنوبر *Pinus sylvestris* إلى أن للفطر نمطين A و B يختلفان في الخصائص الإمراضية، وقد عزل من مشيخة الفطر ثلاثة أنواع من الحمض النووي رنا مزدوج السلسلة dsRNA، وجد أنها تنتمي إلى فصائل *Narnaviridae* و *Partitiviridae* و *Totiviridae* وثبت انتقال الفيروسات بوساطة الأبواغ الكونيدية.

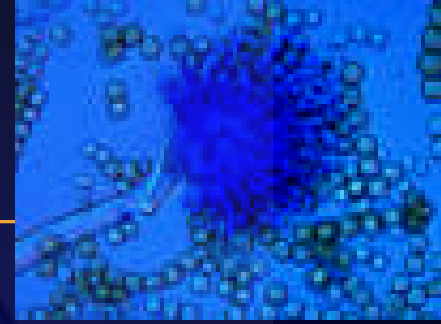
من المعروف أهمية فطر العفن *Aspergillus* في إصابة الإنسان والنبات، ويوجد على الأقل 185 نوعاً، عُرف 20 نوعاً منها كمرض للإنسان ودعيت Aspergillosis، وهو ثاني فطر في الأهمية للعلاج في الولايات المتحدة الأمريكية، وأهم السموم الفطرية Mycotoxins التي ينتجها الفطر أوكراتوكسين Ochratoxin الذي يضر بالكلى والكبد، وأشار إلى دوره المهم في إضعاف جهاز المناعة ويشتهر بكونه مادة مسرطنة Carcinogen والأفلاتوكسين Aflatoxin الذي ثبتت فاعليته كمادة مسرطنة ومشاكل صحية متنوعة في الإنسان، وقد سجل العديد من فيروسات الفطريات على الفطر .



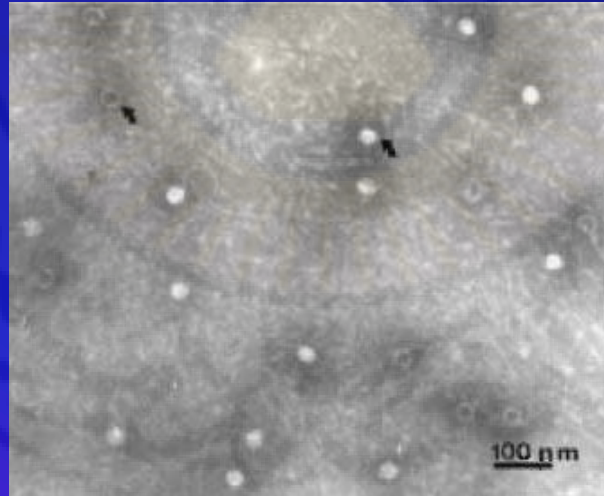
فطر اسبرجلاس .*Aspergillus spp.*



فطر *ASPERGILLUS FLAVUS*



وأشارت الأبحاث إلى أهمية استخدام فيروسات الفطريات في الحد من أضرار الفطريات كفطر *Aspergillus flavus* وجدت جسيمات قطرها 33 نانومتراً ضمن مشيخة الفطر سلالة NRRL5940 بعد الزراعة على وسط YES بمدة 12 يوماً.



مشيخة فطر *Aspergillus flavus* سلالة NRRL5940
مترافقة مع جسيمات قطرها 33 نانومتراً.

المكافحة الحيوية BIOLOGICAL CONTROL

يعود نقص فوعة Hypovirulence الممرضات النباتية إلى خفض قابلية الإصابة والتكاثر وسرعة القتل لسلاسل مختارة ضمن مجتمع الممرض في نسج المضيف الحساس، وترتبط عادة مع فيروسات الفطريات وعوامل الحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة التي يشير العلماء إلى إمكان استخدامها في المكافحة الحيوية من خلال استخدام سلاسل نقص الفوعة Hypovirulent isolates.

ظهر ذلك في فطر *Sclerotinia sclerotiorum* و *S. minor* وأنواع مختلفة من *S. homoeocarpa*، وحدوث نقص الفوعة مع عدة فيروسات تتبع جنس *Mitovirus* وأنواع أخرى محتملة تتبع جنس *Hypovirus*، أيضاً توابع فيروسية satellite RNA. وأدى استخدام فطر *Sclerotinia minor* الحاوي على الحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة إلى خفض شدة المرض إلى 50% وفي عدد السكايروتيا إلى 90%، وكانت المكافحة الحيوية فعالة لفطر *S. homoeocarpa* بنسبة تراوحت بين 80 و 90% في البيئة والحقل على التوالي، وتدوم الفاعلية إلى العام التالي، وعادة يتم التطبيق مرة واحدة على عكس التطبيق المتكرر لمبيدات الفطريات، وعند تطبيق سلالة الفوعة Sh12B التي تحوي سلالة *Ophiostoma* (OMV3a) *mitovirus* المعزولة من *Ophiostoma novo-ulmi* في أوروبا أثبتت فاعلية تعادل أربع مرات تطبيق مبيدات الفطريات معاً، وتسهم هذه الأبحاث في فهم الآليات الجزيئية المؤثرة في التعبير عن الفوعة في الممرضات النباتية، إضافة إلى أهمية التوسع بدراسة قدرة الفيروسات الفطرية كآلية فريدة لتطبيق لمكافحة الحيوية.

فطر *Cryphonectria parasitica*.



ب. أعراض التقرح على جذع الأشجار المصابة بالفطر.

ج. أشجار الكستناء المعالجة بسلالة نقص الفوعة

معالجة أشجار الكستناء المصابة

بفيروس فطر *Cryphonectria parasitica*.

المكافحة الحيوية للأمراض النباتية

BIOLOGICAL CONTROL OF PLANT DISEASES

MYCOVIRUSES فيروسات الفطريات

الأستاذ الدكتور هدى زاهي قواس

تاريخ علم الفيروسات HISTORY OF VIRUSES

❖ تتالت الاكتشافات التي ساهمت في تأسيس علم الفيروسات Virology وتطوره وزيادة أهميته، وأثبتت الدراسات منذ مطلع القرن التاسع عشر وجود عوامل ممرضة بأبعاد أصغر من الجراثيم المعروفة، وتبين أنها عوامل ممرضة تعيش متطفلة على النسيج الحية، وتؤدي إلى الكثير من الأمراض للإنسان والحيوان (باستور 1864 Pasteur) وكذلك للنباتات (إيفانوفسكي 1892 Ivanowski).

❖ حاول بيجرينك Beijerinck مدّة عشرين عاماً إثبات أن فيروس موزاييك التبغ *Tobacco mosaic virus* (TMV) مرض ناتج عن ميكروب خاص إلى أن استعمل مرشحة شامبرلان Chamberland فأثبت في عام 1898 وجود عوامل ممرضة تمر عبر المرشحات "Contagium vivum fluidum" وهذا ما أثبتته إيفانوفسكي Iwanovisky أيضاً، وتمكن ستانلي Stanley ونورثروب Northrup في عام 1935 من عزل الفيروس وتنقيته على شكل بلورات نقية بهدف الإجابة عن السؤال المطروح آنذاك: هل الفيروسات كائنات حية أم مادة كيميائية. فأجاب ستانلي Stanley وفالنس Valens "يتجلى الفرق بين الفيروسات والجزيئات الكيميائية في كون الفيروسات تصبح حية فقط لحظة إصابتها"، وحصل على جائزة نوبل نتيجة تنقية فيروس موزاييك التبغ (TMV) على شكل بلورات.

❖ وتالت الاكتشافات لأمراض عديدة تسببها الفيروسات كالحصبة والجدي وشلل الأطفال والأنفلونزا والطاعون البقري والحمى القلاعية وأمكن زراعة الفيروسات في بيض الدجاج في عام 1931 مما ساعد في إنتاج اللقاحات وكان له تأثير إيجابي في البشرية.

❖ كما اكتشفت ملتهمات الجراثيم Bacteriophages خلال الحرب العالمية الأولى على يد دي هريل D'herell وأسهمت في تشكيل نموذج يلخص طريقة إصابة الخلية بالفيروسات وطريقة تضاعف الفيروسات والوراثة الجزيئية.

❖ وأسهم سافرمان وموريس Safferman و Morris في عام 1963 في عزل ملتهمات الجراثيم الزرقاء Cyanophages،

❖ في مجال ملتهمات الفطريات بدأت التقارير الأولى في ستينيات القرن المنصرم عندما سجل هولينغز Hollings فيروسات من مزارع *Agaricus bisporus*، تلا ذلك أبحاث كلينشميت Kleinschmidt وآخرون وجود فيروسات الفطريات Mycoviruses على فطر *Penicillium stoloniferum*.

- ❖ نال ديلبروك Delbruck ورفاقه جائزة نوبل في عام 1969 على أبحاثهم في مجال ملتهمات الجراثيم،
- ❖ من 1935 إلى 1956: تمّ عزل الفيروسات ودراسة خواصها الطبيعية والكيميائية وأنها تتكون من حمض نووي رنا RNA وبروتين، وتؤكد في عام 1956 أن الحمض النووي قادر بمفرده على إحداث العدوى.
- ❖ من 1956 إلى 1970: تمّ اكتشاف وجود حمض نووي دنا dsDNA مزدوج السلسلة Double stranded في الفيروسات النباتية، واكتشاف الانترفيرون واستخدام المجهر الإلكتروني في فحص العينات والصبغ السالب.
- ❖ من 1970 إلى 1980: تمّ استخدام أشعة X في فهم التركيب ثلاثي الأبعاد للغمد (الغلاف) البروتيني الكابسيد أو القفيصة (Capsid) لبعض الفيروسات، وأتاح التقدم بدراسة البروتوبلاست Protoplast في دراسة تضاعف الفيروسات وأدت دراسة الحمض النووي رنا RNA في الزجاج in vitro إلى تطوير المعلومات عن جينوم الفيروسات النباتية والبدء باستخدام الفيروسات في الهندسة الوراثية.
- ❖ من 1980 إلى 1990 تمّت معرفة التابع النكليوتيدي في الجينوم الفيروسي والقدرة على إنتاج دنا متمم cDNA معدّ من نسخ من حمض نووي رنا RNA في الجينوم الفيروسي، وتقدمت طرائق تشخيص الفيروسات التي تعتمد على تهجين الحمض النووي، وتمّ تطوير أبحاث لتعديل أجزاء من جينوم الفيروس وإدخاله إلى نباتات بعض المحاصيل.

➤ ومع ابتكار طرائق حديثة لمقاومة الأمراض الفيروسية، وعلى الرغم من تطور طرائق التقانات الحيوية والبيولوجيا الجزيئية واستخدامها في مجال الفيروسات، لا يزال العديد من التساؤلات بانتظار الإجابة، مثل: فهم العلاقة بين التركيب والوظيفة في الغلاف البروتيني والتطهير، وآلية إحداث المرض ودور مورث الفيروس ومورث المضيف، ومناطق تضاعف الفيروسات وآلية تخلص الجينوم الفيروسي من الغلاف البروتيني بعد الاختراق، وطريقة توجيه العمليات البنائية في الخلية لإنتاج مركبات ضرورية لتمثيل الفيروس والآلية التي تحدد وتضبط انتقال الفيروس من خلية لأخرى في النسيج المصاب، وأهمية إصابة سلالة فيروسية لأصناف معينة دون أخرى.

➤ ولعل علم النانوتكنولوجي Nanotechnology الذي يهتم بصنع الأشياء على مستوى أجزائها الأصغر، ويعتمد النانو (أي واحد في البليون) مقياساً، والذي يتوقع أن يحدث ثورة القرن الحادي والعشرين في العلوم، يستطيع الإجابة عن بعض هذه التساؤلات.

MYCOVIRUSES فيروسات الفطريات

فصيلة :Barnaviridae

جنس *Barnavirus* ونمط النوع *Mushroom bacilliform virus*.

فصيلة :Hypoviridae

جنس *Hypovirus* ونمط النوع *Cryphonectria hypovirus 1-EP713*.

فصيلة :Partitiviridae

جنس *Partitivirus* ونمط النوع *Gaeumannomyces graminis virus* .019/6A

جنس *Chrysovirus* ونمط النوع *Penicillium chrysogenum virus*.

جنس *Rhizidiovirus* ونمط النوع *Rhizidiomyces virus*.

توابع فيروسية :Satellites Viruses

فيروسات RNA مفرد السلسلة ssRNA Satellite ونمط النوع *Tobacco necrosis satellite*.

فصيلة :Totiviridae

جنس *Totivirus* ونمط النوع *Saccharomyces cerevisiae virus L-A*.

فيروسات الفطريات

- بدأت التقارير الأولى في مجال ملتهفات الفطريات في ستينيات القرن المنصرم، وكان هولينغز Hollings أول من اكتشف فيروسات الفطريات في مزارع الفطر المزروع *Agaricus bisporus* ، تلى ذلك أبحاث كلينشمت Kleinschmidt وآخرون عن وجود فيروسات الفطريات في فطر البنسيليوم *Penicillium stoloniferum* الذي دعي لاحقاً فيروس *Penicillium stoloniferum virus S* التي رافقت استخلاص بعض المركبات من رشاحة مزارع الفطر وهي المسؤولة عن إنتاج الإنترفيرون Interferon ومانعات الحمل Prophylactic لعدة ممرضات فيروسية في الفئران.



- تنتقل فيروسات الفطريات بين الخلايا، وتكون الإصابة عادة دون أعراض Cryptic، ولكنها تبدي تغيرات نوعية، وليس لها دورة حياة خارج خلايا الفطر، والعدد الكبير المعزول والموصف أدى إلى اقتراح وضعها في فصائل حديثة تصنيفاً .
- أشار بوك Buck في عام 1986 بأن التأخر في الكشف عن فيروسات الفطريات نظراً ل:
 - طبيعة بطء انتقال الفيروس بين الخلايا.
 - أن الإصابة غالباً دون أعراض.
 - أن الإصابة بفيروسات الفطريات لا تؤدي إلى تحلل خلية المضيف.
- أشار إلى أن نسبة انتشار الفيروسات بين أنواع الفطريات تبلغ نحو 30%.

تعدّ فيروسات الفطريات طفيليات إجبارية، وتتألف من حمض نووي دنا DNA أو رنا RNA مفرد أو مزدوج السلسلة موجب القطبية، ويكون الحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة في جميع فيروسات الفطريات فيما عدا الأنواع التي تتبع جنس *Barnavirus* و *Rhizidiovirus*

المكافحة الحيوية للأمراض النباتية

أهمية دراسة فيروسات الفطريات

وقد ساهمت دراسة فيروسات الفطريات في تعميق فهم صلة القرابة بين الأنواع، ويقترح العلماء نتيجة التشابه بين نظام جينوم فيروسات الفطريات Mycoviruses ذات الحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة وأنماط الحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة في الأنواع الفطرية المختلفة ووجود قرابة بينهما، والذي يمكن أن يكون نتيجة الإصابة المشتركة Co-evolved infections أو الانتقال بين الأنواع Interspecies transfer، وقد أثبت van Diepeningen وآخرون أن فيروسات الفطريات ذات الحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة التي تصيب فطر فيوزاريوم *Fusarium poae* الذي يصيب حبوب القمح طبيعياً، توجد في 10% من سلالات وأنواع فطر العفن الأسود مثل *Aspergillus niger* و *A. tubingensis* نتيجة انتقال الفيروسات بين الأنواع Intrasppecies transfer الذي يحدث في الطبيعة، وتتم مثل هذه الدراسات باستخدام تقنية دمج البروتوبلاست.

المكافحة الحيوية للأمراض النباتية

تصنيف فيروسات الفطريات.

Families of Viruses Infecting Algae, Fungi, Yeast And Protozoa

Families of Viruses Infecting Algae, Fungi, Yeast And Protozoa

dsDNA



Phycodnaviridae



Rhizidiavirus

ssDNA

dsRNA



Totiviridae



Partitiviridae
Partivirus
Chrysovirus



Hypoviridae

100 nm

ssRNA (RT)



Pseudoviridae



Metaviridae
Metavirus

ssRNA



Narnaviridae



Barnaviridae

DNA

RNA

تصنيف فيروسات الفطريات

صنفت فيروسات الفطريات، بناء على الشكل وتنظيم الجينوم وطريقة التضاعف وعدد وحجم البروتينات البنائية وغير البنائية، ضمن 8 فصائل وجنس واحد غير مثبت في فصيلة وفق ريغنمورتل وآخرون van Regenmortel في عام 2000 ومايو Mayo في عام 2002 كما يلي:

أ- فيروسات ذات الحمض النووي رنا مزدوج السلسلة **dsRNA viruses**

1 - فصيلة **Totiviridae**:

الفريون متساوي الطول قطره من 30-40 نانومتراً، الحمض النووي رنا dsRNA خيطي، تكون الإصابة دون أعراض Cryptic infections، والأنواع التي تتبع جنس *Totivirus* تصيب الفطريات جنس *Helminthosporium* مثل فيروس *Helminthosporium victoriae virus 145S*، بينما تصيب أنواع الجنس *Giardiavirus* وجنس فيروسات الليشمانيا *Leishmanivirus* الأولي الحيوانية *Protozoa*، وقد تم تحديد تتاليات العديد من هذه الفيروسات وهي موجودة في بنك المورثات، وتسهم آليات الترجمة في فهم الهندسة الوراثية للكائنات.

تصنيف فيروسات الفطريات

2 - فصيلة *Partitiviridae*:

الفريون متساوية الطول قطره بين 30 و 40 نانومتراً، الحمض النووي رنا dsRNA خيطي من جزيئين متساويين، وتكون الإصابة دون أعراض ويصيب جنس *Partitivirus* الفطريات بينما وجدت أنواع تتبع جنس *Alphacryptovirus* و جنس *Betacryptovirus* تصيب النباتات.

3 - فصيلة *Chrysoviridae*:

اشتق الاسم من اليونانية *Chrysos* وتعني أصفر مخضراً *Yellow-green*، تضم جنس *Chrysovirus* ونمط النوع *Penicillium chrysogenum virus* (PcV)، الجسيمات الفيروسية متساوية الطول، وقطرها 35 - 40 نانومتراً، والحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة خيطي من 3 إلى 4 أجزاء، كما يتبع هذا الجنس الفيروسات التالية *Penicillium Helminthosporium victoriae virus* 145S (HvV-145S) وفيروس *Penicillium cyaneo-fulvum virus* (PbV) وفيروس *Penicillium brevicompactum virus* (Pc-fV)، وهي عموماً تشبه فصيلة *Partitiviridae*.

4 - فصيلة *Hypoviridae*:

يضم جنس *Hypovirus*، الفريون غير حقيقي، ويغلف الجينوم الخيطي داخلياً في حويصلة متعددة الأشكال *Pleomorphic vesicle* مشتقة من ليبيدات خلية المضيف، وقد وجد الفيروس في فطر *Cryphonectria parasitica* الذي يسبب مرض لفحة الكستناء *Chestnut blight*، وتؤدي إصابة الفطريات ببعض فيروسات الفطريات إلى تغير في قدرتها الإمرضية وقد تؤدي إلى نقص فوعة *Hypovirulence* (الشكل).

ب- فيروسات ذات الحمض النووي رنا مفرد السلسلة +SSRNA VIRUSES:

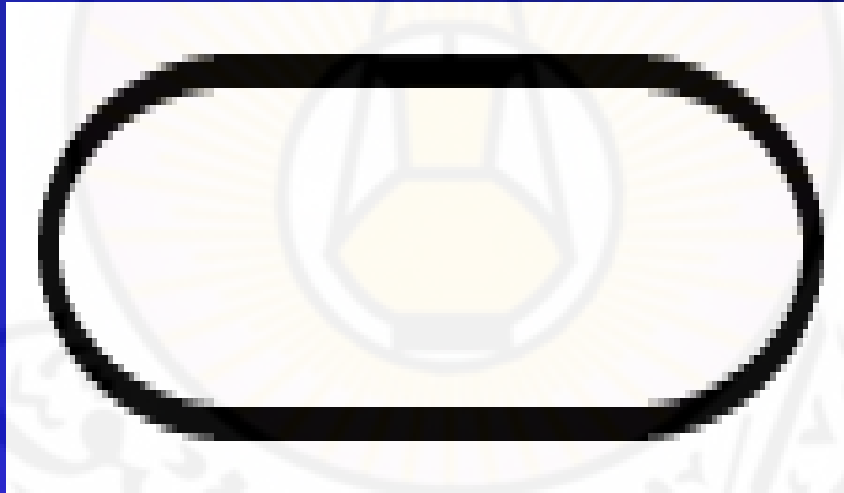
1- فصيلة Narnaviridae:

الفريون غير حقيقي، والفريون خيطي، يتوضع في الميتوكوندريا Mitochondria ويترجم فيها، يتبعه فرد واحد يصيب الفطريات من جنس Mitovirus، وهذا على عكس نوعي الجنس Narnavirus الذين يصيبان *Saccharomyces cerevisiae*.

2- فصيلة Barnaviridae:

يوجد نوع واحد يتبع جنس Barnavirus يصيب فطر *Agaricus bisporus*، الفريون عصوي غير مغلف طوله 48 - 53 نانومتراً وقطره 18 - 20 نانومتراً، والحمض النووي رنا ssRNA خيطي موجب القطبية، مثل *Mushroom bacilliform virus* (MBV) والجزئ بشكل عصوي Bacilliform، وتتشابه بروتينات الغلاف مع فصائل فيروسية تصيب النباتات مثل Luteoviridae و Carmoviridae.

شكل الفيروس العصوي في فصيلة BARNAVIRIDAE.



ج- عوامل شبيهة بالفيروسات العكسية :RETROVIRUS-LIKE ELEMENTS

1 - فصيلة Metaviridae:

يشمل *Metavirus* و *Errantivirus*، لم يكتمل التوصيف الشكلي للفيروس، والحمض النووي رنا ssRNA مفرد السلسلة موجب القطبية، وقد وجد ترانسبوزون عكسي Retrotransposons في الفطريات والنباتات واللافقاريات. وقد عُرِفَ 5 أنواع تصيب الفطريات، وقد يحوي الفيروس على وسائط متنوعة تتألف من حمض نووي رنا وDNA بأطوال مختلفة .

2- فصيلة Pseudoviridae:

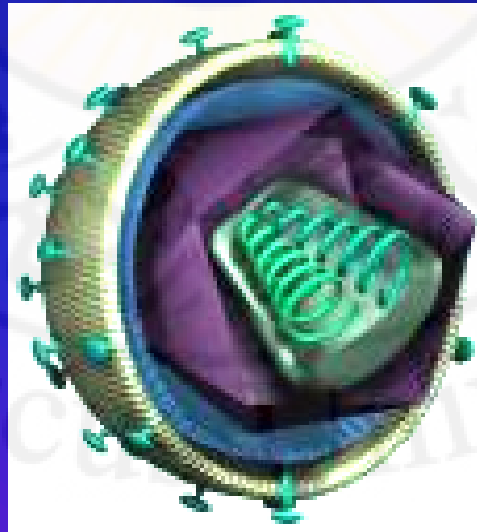
وجد ترانسبوزون عكسي Retrotransposons في الفطريات والنباتات واللافقاريات، والحمض النووي رنا ssRNA وكل أنواع الفصيلة التي تصيب الفطريات قد عزلت من *Saccharomyces cerevisiae* مثال فيروس *Saccharomyces cerevisiae virus LA* (ScV-L-A).

د- فيروسات ذات الحمض النووي دنا مزدوج السلسلة dsDNA:

جنس *Rhizidiovirus*:

قطر الفيرون 60 نانومتراً والحمض النووي دنا dsDNA مزدوج السلسلة خيطي، وقد وجد الفيرون فقط في *Rhizidiomyces* التي تتبع مملكة kingdom Stramipila الذي ليس له صلة بمملكة الفطريات kingdom Fungi،

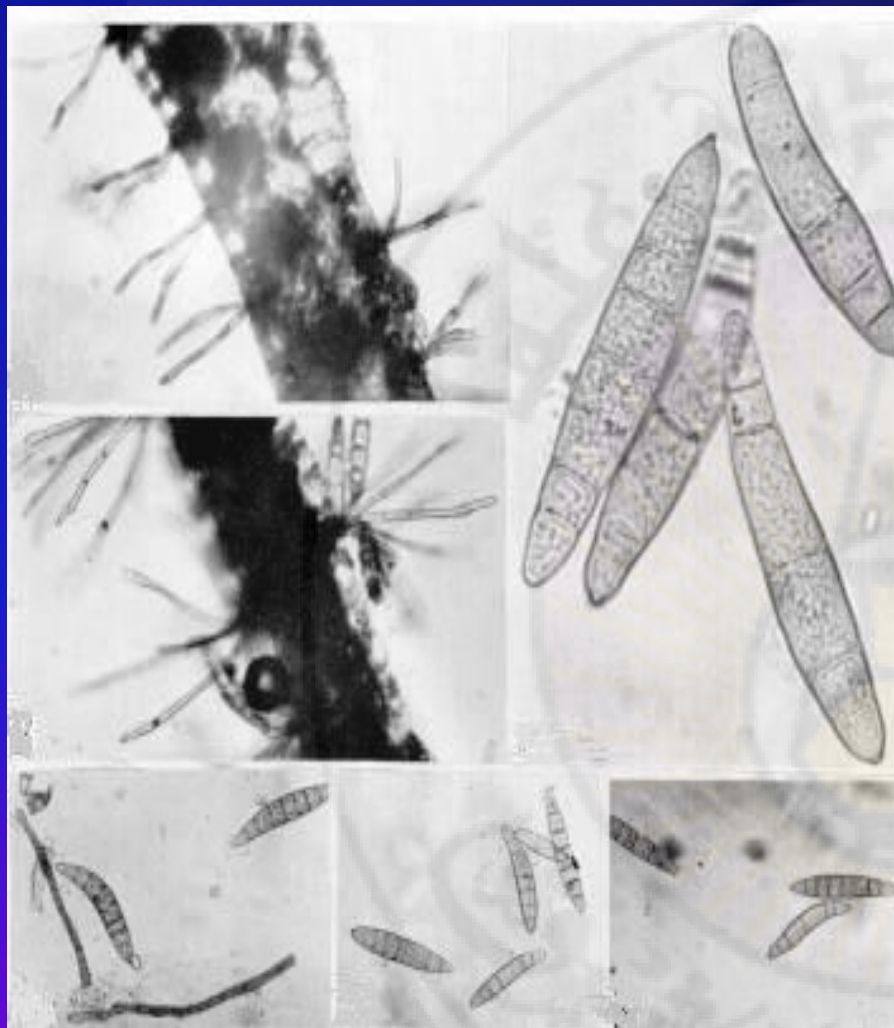
والسؤال هل يبقى تصنيف هذا الجنس في فيروسات الفطريات Mycovirus.



هناك العديد من فيروسات الفطريات والمعروف تتابعاتها في بنك المورثات، وغير المنسوبة إلى فصيلة ومعظمها DSRNA مزدوج السلسلة، والجسيمات الفيروسية متساوية الطول .

الفيروس	الفطر (المضيف)	قطر nm
<i>Agaricus bisporus virus 1</i>	<i>Agaricus bisporus</i>	25
<i>Aspergillus foetidus virus F</i>	<i>Aspergillus foetidus</i>	40-42
<i>Allomyces arbuscula virus</i>	<i>Allomyces arbuscula</i>	40
<i>Colletotrichum lindemuthianum virus</i>	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	30
<i>Gaeumannomyces graminis virus 45/101-C</i>	<i>Gaeumannomyces graminis</i>	29
<i>Helminthosporium maydis virus</i>	<i>Helminthosporium maydis</i>	48
<i>Lentinus edodes virus</i>	<i>Lentinus edodes</i>	39
<i>Periconia circinata virus</i>	<i>Periconia circinata</i>	32

بعض فيروسات الفطريات غير المنسوبة والحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة.



فطر *Helminthosporium maydis*.

أعراض إصابة الذرة الأبواغ وحوامل الفطر

تنتقل الفيروسات ضمن خلايا مشيخة (مسلوم) وإلى الأبواغ الكونيدية وهي أبواغ ناتجة من تكاثر لا جنسي، وعادة لا تنتقل الفيروسات إلى الأبواغ الزقية (الأسكية)، وعلى العكس فإن فيروسات تتبع جنس *Mitovirus* مثل فيروس *Cryphonectria* *mitovirus-1* تعبر إلى الأبواغ الدعامية (البازيدية)، كذلك فإن الحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة يمكن أن يعبر إلى الأبواغ الدعامية والزقية لفطر *Heterobasidion annosum*، وأشير عند تحديد فيروسات فطر *Gremmeniella abietina* الذي يتبع الفطريات الزقية *Ascomycetes* وهو يسبب تفرح أشجار الصنوبر *Pinus sylvestris* إلى أن للفطر نمطين A و B يختلفان في الخصائص الإمراضية، وقد عزل من مشيخة الفطر ثلاثة أنواع من الحمض النووي رنا مزدوج السلسلة dsRNA، وجد أنها تنتمي إلى فصائل *Narnaviridae* و *Partitiviridae* و *Totiviridae* وثبت انتقال الفيروسات بوساطة الأبواغ الكونيدية.

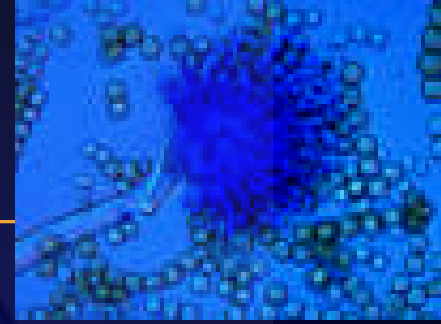
من المعروف أهمية فطر العفن *Aspergillus* في إصابة الإنسان والنبات، ويوجد على الأقل 185 نوعاً، عُرف 20 نوعاً منها كمرض للإنسان ودُعيت Aspergillosis، وهو ثاني فطر في الأهمية للعلاج في الولايات المتحدة الأمريكية، وأهم السموم الفطرية Mycotoxins التي ينتجها الفطر أوكراتوكسين Ochratoxin الذي يضر بالكلى والكبد، وأشار إلى دوره المهم في إضعاف جهاز المناعة ويشتهر بكونه مادة مسرطنة Carcinogen والأفلاتوكسين Aflatoxin الذي ثبتت فاعليته كمادة مسرطنة ومشاكل صحية متنوعة في الإنسان، وقد سجل العديد من فيروسات الفطريات على الفطر .



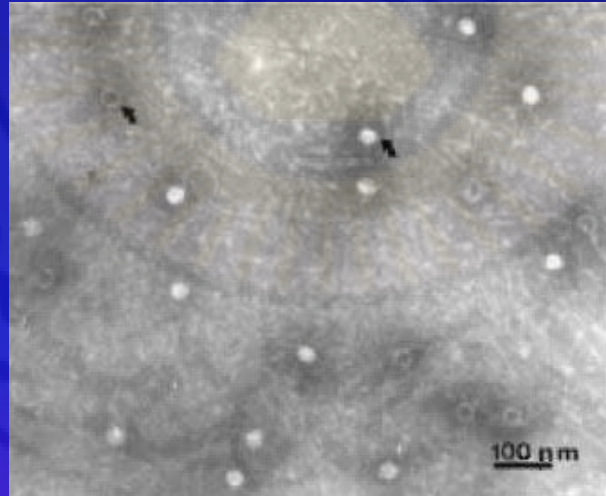
فطر اسبرجلاس .*Aspergillus* spp.



فطر *ASPERGILLUS FLAVUS*



وأشارت الأبحاث إلى أهمية استخدام فيروسات الفطريات في الحد من أضرار الفطريات كفطر *Aspergillus flavus* وجدت جسيمات قطرها 33 نانومتراً ضمن مشيخة الفطر سلالة NRRL5940 بعد الزراعة على وسط YES بمدة 12 يوماً.



مشيخة فطر *Aspergillus flavus* سلالة NRRL5940
مترافقة مع جسيمات قطرها 33 نانومتراً.

المكافحة الحيوية BIOLOGICAL CONTROL

يعود نقص فوعة Hypovirulence الممرضات النباتية إلى خفض قابلية الإصابة والتكاثر وسرعة القتل لسلاسل مختارة ضمن مجتمع الممرض في نسج المضيف الحساس، وترتبط عادة مع فيروسات الفطريات وعوامل الحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة التي يشير العلماء إلى إمكان استخدامها في المكافحة الحيوية من خلال استخدام سلاسل نقص الفوعة Hypovirulent isolates.

ظهر ذلك في فطر *Sclerotinia sclerotiorum* و *S. minor* وأنواع مختلفة من *S. homoeocarpa*، وحدوث نقص الفوعة مع عدة فيروسات تتبع جنس *Mitovirus* وأنواع أخرى محتملة تتبع جنس *Hypovirus*، أيضاً توابع فيروسية satellite RNA. وأدى استخدام فطر *Sclerotinia minor* الحاوي على الحمض النووي رنا dsRNA مزدوج السلسلة إلى خفض شدة المرض إلى 50% وفي عدد السكايروتيا إلى 90%، وكانت المكافحة الحيوية فعالة لفطر *S. homoeocarpa* بنسبة تراوحت بين 80 و 90% في البيئة والحقل على التوالي، وتدوم الفاعلية إلى العام التالي، وعادة يتم التطبيق مرة واحدة على عكس التطبيق المتكرر لمبيدات الفطريات، وعند تطبيق سلالة الفوعة Sh12B التي تحوي سلالة *Ophiostoma* (OMV3a) *mitovirus* المعزولة من *Ophiostoma novo-ulmi* في أوروبا أثبتت فاعلية تعادل أربع مرات تطبيق مبيدات الفطريات معاً، وتسهم هذه الأبحاث في فهم الآليات الجزيئية المؤثرة في التعبير عن الفوعة في الممرضات النباتية، إضافة إلى أهمية التوسع بدراسة قدرة الفيروسات الفطرية كآلية فريدة لتطبيق لمكافحة الحيوية.

فطر *Cryphonectria parasitica*.



ب. أعراض التقرح على جذع الأشجار المصابة بالفطر.

ج. أشجار الكستناء المعالجة بسلالة نقص الفوعة

معالجة أشجار الكستناء المصابة

بفيروس فطر *Cryphonectria parasitica*.

المكافحة الحيوية للأمراض النبات

BIOLOGICAL CONTROL OF PLANT DISEASES

الأستاذ الدكتور هدى زاهي قواس

THE FIRST POSSIBLE USE OF BIOLOGICAL CONTROL
WAS SOMEWHAT ANCIENT AND MOST LIKELY
ACCIDENTAL

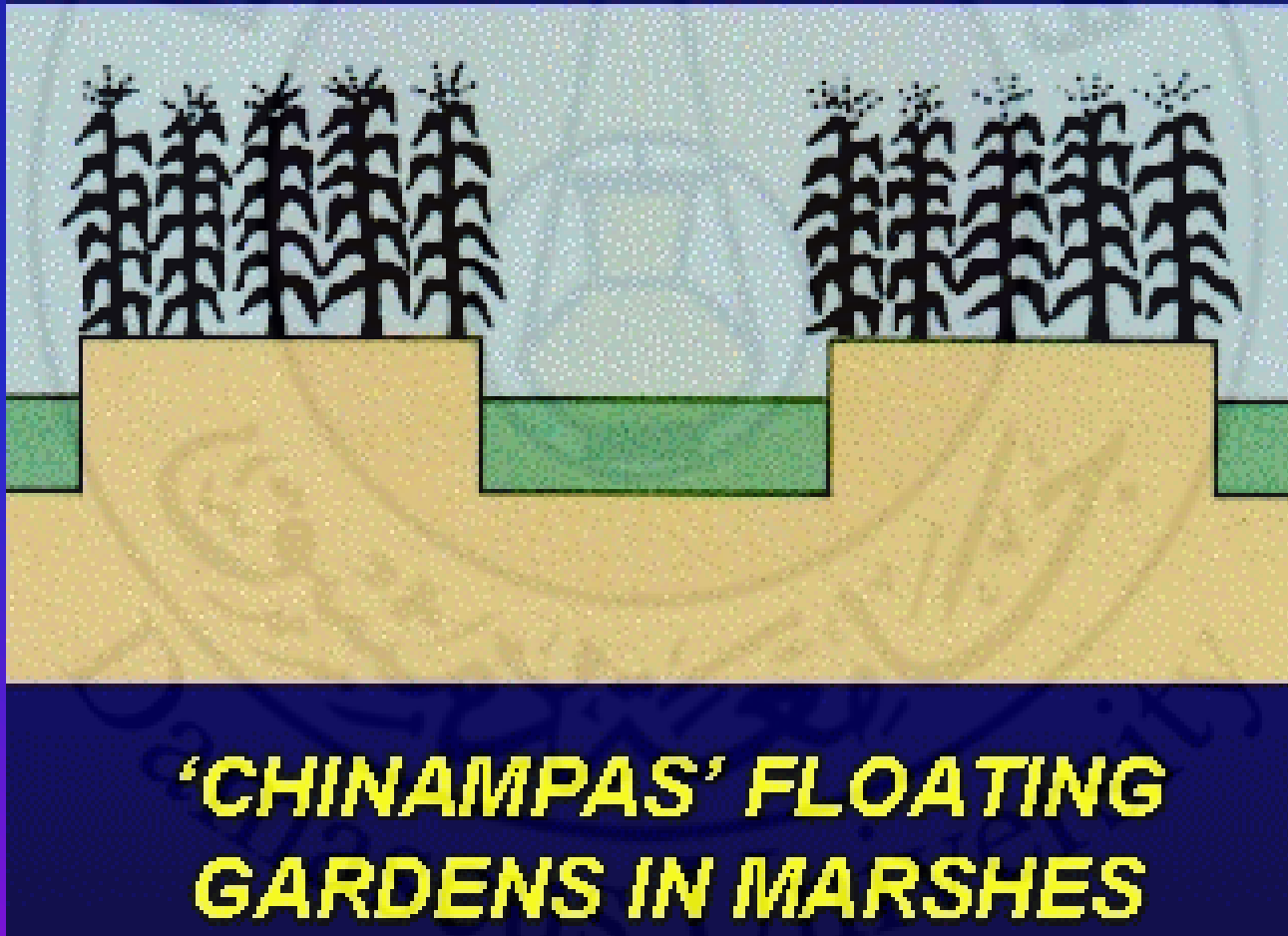
AZTEC AND MAYA CULTURES



THE AZTEC PEOPLE WERE A HUNTER-GATHERER PEOPLE, LATE COMERS TO THE REGION IN CENTRAL MEXICO THAT SERVED HOST TO OTHER DEVELOPED CIVILIZATIONS. ACCORDING TO LEGEND, THEY WOULD FIND THEIR NEW HOME WHERE AN EAGLE HOLDING A SNAKE WOULD BE PERCHED ON A CACTUS ON AN ISLAND. THUS THEY SETTLED IN AN MARSHY AREA NOW KNOWN AS MEXICO CITY, WHERE RUINS CAN BE FOUND.



CHINAMPAS – “FLOATING GARDENS” CONSTRUCTED OF WATTLES OR REEDS TIED TOGETHER AND LAYERED WITH MUD, LAKE SEDIMENT, AND AQUATIC WEEDS.



**'CHINAMPAS' FLOATING
GARDENS IN MARSHES**

THE RICHNESS OF THE CHINAMPAS ENCOURAGED ANTAGONISTIC ORGANISMS

- ❑ Eventually the chinampas became anchored by plant roots
- ❑ Grew plants in seed beds and transplanted to chinampas
- ❑ Soil contained many different biological control agents in equilibrium such as *Trichoderma*, *Pseudomonas*, and antagonistic *Fusarium*

VILE CONCOCTIONS

- *Nectria galligena* – a fungus, European Apple Canker
- Austen, 1657 - treat fresh pruning wounds with cow dung and urine to prevent apple canker



Wounds are prime sites for infectious agents such as fungi and bacteria

VILE CONCOCTIONS FOR TREE WOUNDS

- Forsyth, 1791 - fresh cow dung, lime, wood ashes, and sand
- Le Barryais, 1785 - fresh mud
- Weidlich, 1979 – soil on *Cryptonectria parasitica* (Chestnut Blight) cankers, *Trichoderma* sp.?
- MacDonald *et al.*, 1979 - soil applied to American chestnut caused *Endothia parasitica* cankers to heal - *Trichoderma* sp.?

مفردات المنهاج

❖ مقدمة وتعريف:

❖ عاثيات الجراثيم

❖ تصنيف عاثيات الجراثيم

❖ آلية تضاعف عاثيات الجراثيم

❖ مكافحة الحيوية لأمراض النبات البكتيرية بواسطة الفيروسات

❖ - حالات مدروسة

❖ إمكانية التطبيق الحقل

❖ مزايا ومساوئ المحتملة

❖ فيروسات الفطريات

❖ أهمية العلمية لفيروسات الفطريات

❖ تصنيف فيروسات الفطريات

❖ مكافحة الحيوية لأمراض النبات الفطرية بواسطة الفيروسات

❖ - حالات مدروسة

❖ إمكانية التطبيق الحقل

❖ مزايا ومساوئ المحتملة

❖ مكافحة الحيوية لأمراض النبات الفيروسية

❖ استخدام سلالات فيروسية مضعفة في مكافحة الفيروسات

❖ التحويل الوراثي

10/29/2023

المكافحة الحيوية للأمراض النباتية WHAT IS BIOLOGICAL CONTROL?

- إن مصطلح المكافحة الحيوية له عدة تعاريف وهو خفض اللقاح الممرض Inoculums أو أنه نشاط الناتج عن المرض أو الممرض أو عدة كائنات ممرضة ولكن هذا التعريف واسع بشكل كاف ليحيط بالتوجهات التقليدية في المكافحة الحيوية التي تؤثر مباشرة على مجتمع الكائن الممرض عبر التضاد Antibiosis والتطفل Parasitism والافتراس Predation أو توجه نحو خفض العامل الممرض عبر التنافس على الغذاء أو بواسطة المقاومة الجهازية وتعديل فزيولوجيا النبات أو بواسطة إستراتيجية النباتات المعدلة وراثياً.
- تحدث المكافحة الحيوية للممرضات النباتية بطريقة أو أكثر من الطرق وأهمها: التضاد الحيوي Antibiotic وفرط التطفل Hyperparasitism والقدرة التنافسية Competitive saprophytic ability وتدهور القدرة المرضية Hypovirulence والأراضي الكابحة Supperppressive soil والمقاومة المستحثة Induced resistance .
- في حين إن المكافحة الحيوية نوعية ومن المهم فهم العلاقة بين الكائنات المستوطنة في التربة والبيئة الصغرى Microflora Fauna والمسؤولة عن معظم عمليات خفض الممرضات عبر الدورة الزراعية وبالتكامل مع دور المواد العضوية، والدور النوعي لأفراد أو مجتمعات لهذه الكائنات في التأثير على مجتمعات الممرض أو في شدة المرض لا يزال غير معروف.
- وقد بذلت جهود بحثية في مجال المكافحة الحيوية وكانت واحدة تجاه عدة أمراض تصيب البطاطا وكان تركيز معظمها على العفن الطري البكتيري Soft rot والساق السوداء Blackleg والريزوكتونيا Rhizoctonia black scurf والتقرح Canker والذبول الفيرتيسليومي والعفن الجاف الفوزاريومي والجرب الفضي Silver scurf والنيماطودا، في حين كانت الفاعلية في المجال الحقل لمعظم أمراض البطاطا، مثل المرض المسبب عن بكتريا *Erwinia carotovora* subsp. *Carotovora* (Ecc.) تكون في أجزاء الدرنات المصابة بالتحلل وأجزاء الساق الهوائية المصابة بالعفن والأعفان الطرية ما بعد الحصاد.

المكافحة الحيوية للأمراض النبات

- وعلى الرغم من مئات الأبحاث عن التضاد Antagonists فإن العمل يبقى محدوداً بالمنتجات المتوفرة، وتوفر هذه المنتجات محدوداً بتطوير صيغ Formulations ثابتة، إنتاج مضادات Production of antagonist وكلفة إنتاج وإضافة كميات فعالة إلى التربة، وترتكز الأبحاث على طريقة عمل mode of action والتكامل Integration بين المكافحة الحيوية مع تطبيقات مكافحة Control measures أخرى ستطبق مستقبلاً وتؤمن منتجات حديثة، وتوجهات حديثة أخرى كاستخدام بطاطا محورة وراثياً تجاه مقاومة الأمراض وكانت شركة مونسانتو Monsanto Inc. الرائدة في إنتاج خط New leaf line of potato وتأسيس لأصناف مقاومة لفيروس التفاف أوراق البطاطا *Potato leaf roll virus* وفيروس Y البطاطا *Potato virus Y* وهي معدلة تجاه المعطف البروتيني، كما انتجت أصناف محورة وراثياً تجاه مقاومة فطر الذبول الفيترتيسيليومي *Verticillium wilt* أو اللفة المتأخرة late blight ، ولكن هذه الأصناف غير متاحة حيث لاقت صعوبات في تقبل المستهلك لمنتجات معدلة وراثياً ، وأشار Lorito وزملائه في عام 1998 إلى تحويل البطاطا باستخدام جين ThEn-42 من فطر *Trichoderma harzianum* ، ويشفر هذا الجين انزيم Endochitinase وتقاوم النباتات المحورة فطر اللفة المبكرة *Alternaria solani* والعفن الرمادي *Botrytis cinerea* وعفن ريزوكتوني *Rhizoctonia solani* ومفهوم استخدام جينات من كائنات لا تضادية Anatagonistic organisms يمكن أن يكون مفيداً لكائنات ممرضة أخرى.
- ولقوانين استخدام المبيدات ولخفض كلفة المبيدات ستصبح المكافحة الحيوية أهمية أكبر خاصة تطوير بواسطة antibiosis و competition و parasitism أو ISR أو تضافر عدة آليات معاً.

WHAT IS BIOLOGICAL CONTROL?

Pest suppression with biological agents operating in a background of integrated control that does not depend on host resistance, sterilization of the target pathogen, or modification of pest behavior

IS BIOLOGICAL CONTROL BIOTECHNOLOGY?

Biotechnology is a set of tools that utilize living things (and more recently, derivatives of living things) to solve problems or to produce products.

Of course it is!

Damascus University

BIOLOGICAL CONTROL INVOLVES

- Destruction of the propagative units or biomass of the pathogen.
- Prevention of inoculum formation.
- Weakening or displacement of the pathogen in infested residue.
- Reduction of vigor or virulence of the pathogen by agents such as mycoviruses or hypovirulence determinants.
- القضاء على وحدات التكاثر أو الكتلة الحيوية للعامل الممرض.
- منع تكوّن اللقاح.
- إضعاف أو استبعاد العامل الممرض في البقايا المصابة.
- خفض الشراسة في العامل الممرض بواسطة عوامل مثل فيروسات الفطريات أو نقص الفوعة.

أين يمكن أن نجد عوامل مكافحة الحيوية

WHERE DO YOU FIND BC AGENTS?

- Suppressive soils
- Old world
- New world
- Plant pathogens
- By accident
- On plant materials
- On “sick” pathogens and pests
- التربة الكابحة أو المزروعة المختلفة.
- العالم القديم.
- العالم الجديد.
- الأمراض النباتية.
- الصدفة.
- على المواد النباتية.
- على العوامل الممرضة المريضة أو الآفات.

IT'S A MATTER OF SURVIVAL...



- ✓ Most of the antibiotics discovered since Fleming's discovery of penicillin are from soil saprophytic microorganisms
- ✓ Meanwhile.....
 - ✓ *Pythium debaryanum* – pine seedling damping-off, Hartley, 1921
 - ✓ *Streptomyces scabies* – potato scab, grass clippings reduced disease, Millard and Taylor, 1927

BIOLOGICAL CONTROL

- Sanford and Broadfoot, 1931 - first used “Biological Control” in plant pathology

- 40 bacteria, 24 fungi

- Organisms or culture filtrates in sterile soil

- Found organisms more effective against *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*



Suppressive soils are locations or sites where a disease decreases gradually over time under continuous cropping with the same crop.

SUPPRESSIVE SOILS التربة المزروعة باستمرار

- Reinking and Manns, 1933
 - Central America soils
 - *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* - Panama disease of banana
 - Pathogen isolated from sandy soil but not from clay soils
 - Sandy soil plantings last 10 years (conducive)
 - Clay soil planting last 20 years (suppressive)

HOW DO SUPPRESSIVE SOILS WORK?

- Gerlagh, 1968
 - 4 successive crops in soil increased suppression of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*
 - **Steaming destroys antagonists**
- R. James Cook, David Weller, Linda Thomashow
 - USDA/ARS, WSU
 - *Pseudomonas fluorescens*, *P. aureofaciens*
 - 2-fluoroglucinol

WHAT KINDS OF THINGS FUNCTION AS BIOLOGICAL CONTROL AGENTS?

❖ Microorganisms

❖ Bacteria

❖ Fungi

❖ Nematodes

❖ Viruses

Macroorganisms ■

Insects ■

Man ■

Animals ■

آليات مكافحة الحيوية

BIOLOGICAL CONTROL MECHANISMS

- ❖ **Competition** – the BC agent more efficiently utilizes space and nutrients.
- ❖ **Antibiosis** – the BC agent produces one or more deleterious compounds.
- ❖ **Parasitism** – the BC agent utilizes the target for food or for reproduction.
- ❖ **Induced resistance** – the BC agent indirectly stimulates the plant to be resistant.

- ❖ التنافس حيث يكون عامل مكافحة الحيوية أكثر فاعلية باستخدام المكان والمواد الغذائية.
- ❖ التضاد حيث ينتج عامل مكافحة الحيوية واحد أو أكثر من المركبات السامة أو الضارة.
- ❖ التطفل عامل مكافحة الحيوية يستخدم الهدف كغذاء أو للتكاثر.
- ❖ المقاومة المحرصة يحرض عامل مكافحة الحيوية النبات بشكل غير مباشر ليصبح مقاوم للعامل الممرض.

كيف تطبق عوامل مكافحة الحيوية HOW ARE BIOLOGICAL AGENTS APPLIED?

❖ Importation

❖ الاستيراد

❖ Augmentation

❖ التربية

Mass production and periodic release (colonization) is the most common approach

❖ الحفاظ على الأعداء

❖ Conservation of
Natural Enemies

الطبيعية.



أهداف مكافحة الحيوية

BIOLOGICAL CONTROL TARGETS

- ❖ Agents that cause plant disease
- ❖ Agents that cause plant damage

PLANT DISEASES VS PLANT DAMAGE: WHAT'S THE DIFFERENCE?

- Plant disease is the abnormal physiological response of the plant to a chronic association with a primary causal agent.
- Plant damage is destruction of tissue due to an acute association with an agent.

- ❖ **Weeds** Any plant that is growing where it is not wanted.

HOW DO WE CONTROL PLANT DISEASE?

- ❑ Crop Rotation - lower inoculum density
- ❑ Adding Amendments - antagonist stimulation
- ❑ Alter pH
- ❑ Tillage - modify soil structure or aeration
- ❑ Planting date selection
- ❑ Apply organic amendments
- ❑ Irrigation practices
- ❑ Trap plants
- ❑ Adding antagonists

FUNGAL WEED KILLERS

- ✖ First pathogen isolated for weed control, *Colletotrichum gloeosporioides*, 1971.



Puccinia chondrillina - rust fungus



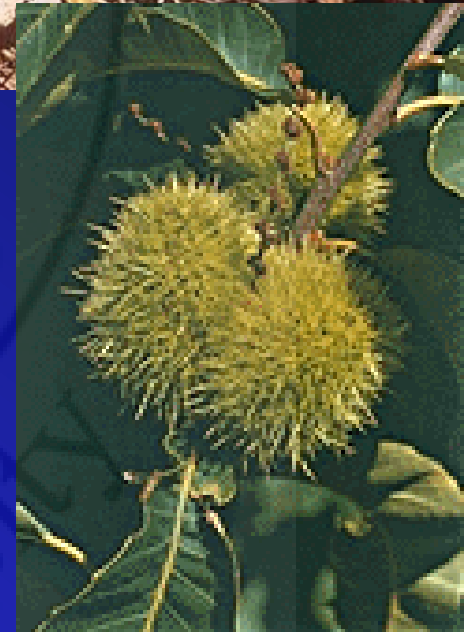
Strangler vine on a Cyprus tree.

The weed became a major pest of citrus groves in Florida.

CHESTNUT BLIGHT



Large Chestnut



Castanea dentata

■ *Castanea dentata*

- Highly popular tree in the Eastern US, 40% of tree stands
- Chestnuts roasting on an open fire and turkey dressing
- Wood highly resistant to rot: fencing, posts, building materials
- In 1904, first disease report near the Bronx Zoo
- In 50 years, reduced to a few trees
- Seven moth species became extinct

■ *Cryphonectria (Endothia) parasitica*

- Enters wounds, grows in and under bark
 - Kills cambium in infected twigs, branches, and trunks
 - Does not enter crown
 - Reduced chestnut trees to a multiple stemmed shrub
-
- Asexual (pycnidium, pycniospores) and sexual (perithecium, ascospores) spores are produced
 - Dispersed by wind, rain, insects.
 - Tracked up to 30 miles
 - No resistance in American chestnut



THE PLANT QUARANTINE ACT OF 1912 WAS TOO LATE

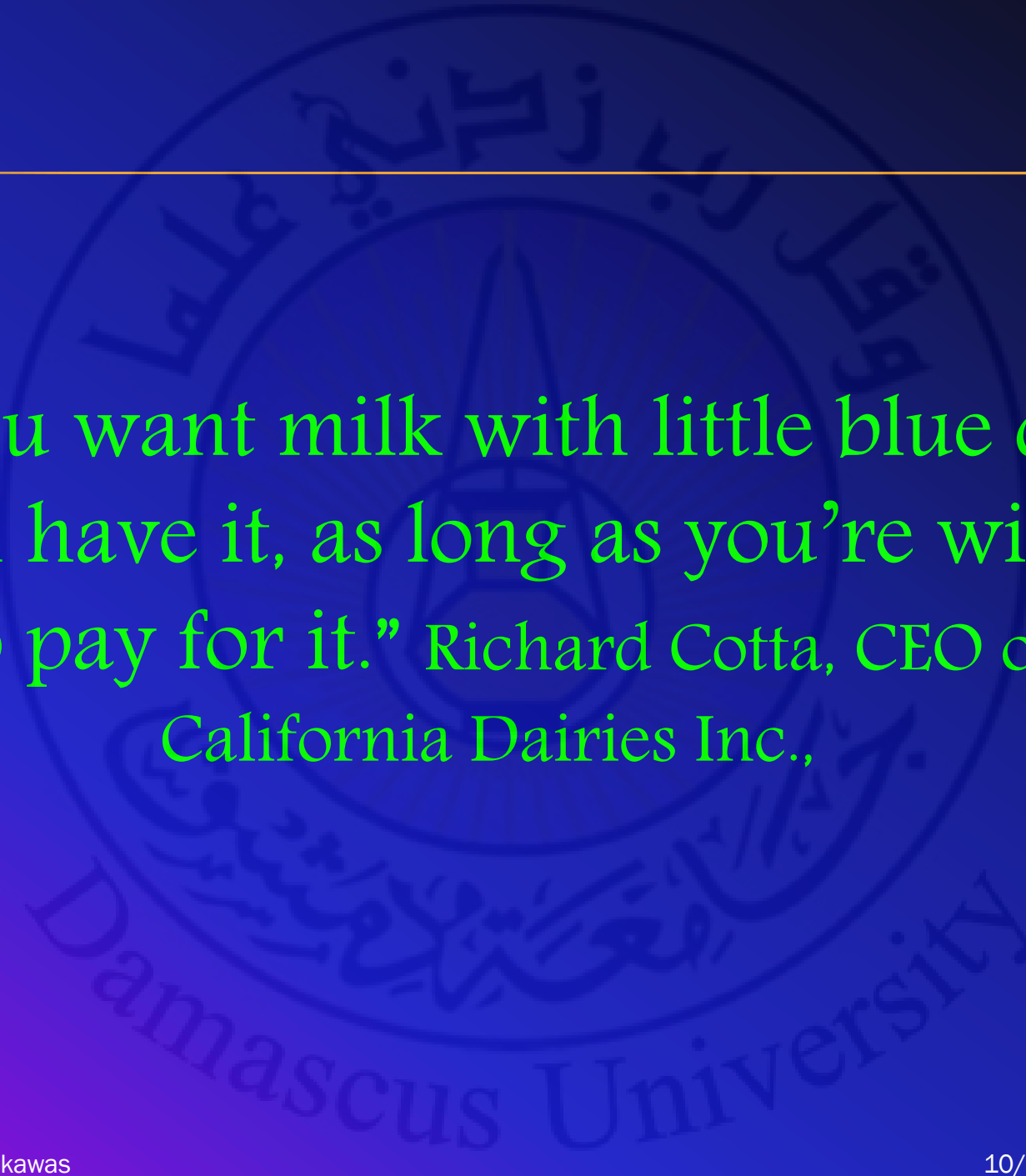
- Most likely introduced from nursery stock of Japanese chestnut (*Castanea crenata*) that was widely planted and grafted with other chestnut species (1876)
- By 1889, nearly 10,000 Japanese chestnut trees were being imported
- By 1904, found in the Bronx Zoo
- By 1906, widespread
- By 1908, out of control
- A low virulence isolate of *C. parasitica* found in Italy by Biraghi in European chestnut in 1850
- Also found and described as hypovirulent by Grente around 1965 and ascribed it to a transmissible determinant
- Van Elfen, James and Day, 1975
 - Environment influences canker sizes with both hypovirulent and virulent strains
 - Demonstrated transmission with auxotrophic mutants

1978-1983, DODDS, VAN ALFEN, DAY

- Hypovirulent strains of *C. parasitica* have dsRNA while virulent strains do not
- Three classes based on fragment banding patterns
 - Type III American
 - Type I and II European
- Inoculation with hypovirulent strains successful in Europe but not US
- Van Alfen, transmissible hypovirulence that may be determined by one or more dsRNA pieces

GENETICS TO THE RESCUE

- Vegetative compatibility
 - Anastomosis required for transfer of the virus
 - However, anastomosis requires compatible mating type
- Choi and Nuss, 1992
 - Full length infection cDNA clone
 - Transgenic strains
 - 100% efficiency of transfer

A large, faint watermark of the Damascus University seal is centered in the background. The seal is circular, featuring Arabic calligraphy around the perimeter and a central emblem. The text 'Damascus University' is written in English at the bottom of the seal.

“If you want milk with little blue dots,
you’ll have it, as long as you’re willing
to pay for it.” Richard Cotta, CEO of
California Dairies Inc.,

المكافحة الحيوية في إدارة أمراض النبات

Biological control in disease management

عموماً لمكافحة أي مرض نباتي، يجب أولاً دراسة الأسس التي يجب أن يبنى عليها مكافحة هذا المرض وهي:

- ❖ يجب دراسة طبيعة المرض من حيث المسبب وطريقة تأثيره على النبات وعلى أي جزء منه وتحت أي ظروف يظهر المرض.
- ❖ دراسة المسبب ودورة حياته وطبيعة تطفله، والظروف المختلفة التي تؤثر عليه والتغيرات المختلفة التي تحدث في المسببات الحية وطبيعتها الوراثية والتغيرات التي يمكن أن تحدث نتيجة لتغير ظروف البيئة.
- ❖ دراسة تأثير الظروف البيئية على العائل والتي يمكن أن تؤثر على النبات السليم وتؤدي إلى ضعفه وقابليته للإصابة، أو قد تؤدي إلى قوته وقدرته على المقاومة وهذه الظروف تشمل العوامل الجوية مثل درجة الحرارة والرطوبة والإضاءة وعوامل التربة (نوع التربة، قوامها، المواد الغذائية، الكائنات الدقيقة).
- ❖ دراسة طبيعة المقاومة الطبيعية في النبات وتأثير الظروف المختلفة عليها، بحيث تقويها أو تضعفها، وكذلك انتقال هذه الصفة من الناحية الوراثية. هذه الدراسات ستؤدي إلى مكافحة الأمراض بطريقة ناجحة سهلة اقتصادية.

عند بدء تطور مفهوم المكافحة الحيوية لأمراض النبات كان التوجه المباشر ضد العامل الممرض، خاصة في المكافحة الحيوية للعوامل الممرضة المحمولة في التربة، حيث بيئة التربة أكثر استقراراً كذلك درجة الحرارة والعوامل الفيزيائية الأخرى التي تؤثر في البيئة الحيوية في التربة أقل تأثراً بالعوامل البيئية الحيوية التي تتحكم في الأجزاء الهوائية للعائل حيث درجة الحرارة والأمطار وأشعة الشمس.. الخ بالتالي تؤدي إلى تأثير عكسي على عناصر المكافحة الحيوية المستخدمة. ويشمل حالياً مفهوم المكافحة الحيوية أمراض النبات التي تصيب المجموع الخضري والثمار، عموماً يظهر التضاد بشكل طبيعي، ويتم القضاء على العديد من العوامل الممرضة للنبات في المجموع الخضري والجذري.

والعناصر التي تستخدم في المكافحة الحيوية لأمراض النبات هي:

- (1) أفراد أو مجتمعات الكائنات الدقيقة غير الشرسة Avirulent أو منخفضة الشراسة Hypovirulent موجودة ضمن مجتمع العامل الممرض نفسه (الحماية المتصالبة Cross protection أو المناعة Immunity).
- (2) التعديل الوراثي للعائل النباتي (مقاومة العائل) بواسطة العمليات الزراعية أو بواسطة الكائنات الدقيقة نحو مقاومة فاعلة للعوامل الممرضة.
- (3) التضاد Antagonists (التضاد الحيوي أو المنافسة أو التطفل أو الافتراس) وتعرف بتدخل الكائنات الدقيقة مع أطوار أو في نشاط العوامل الممرضة، وتعتبر إدارة العائل عبر التحسين الوراثي (تربية النبات التقليدية وطرق التقانات الحيوية) من أهداف المكافحة الحيوية. كذلك تعتبر العمليات الزراعية التي تهدف إلى تعديل البيئة لتشجيع التنوع في المجتمعات الكائنات الدقيقة في التربة إنجازاً في المكافحة الحيوية.

طرق مكافحة الحيوية لأمراض النبات

➤ **التضاد الحيوي Antibiotic:** يعرف التضاد الحيوي بأنه إحباط نشاط كائن بنواتج التمثيل الغذائي لكائن آخر. وهذه تشمل عوامل مختلفة أو أنزيمات أو مواد متطايرة أو أي مواد سامة أخرى.

➤ **فرط التطفل Hyperparasitism:** يعرف بأنه تطفل طفيل على طفيل آخر ممرض للنبات وإنجاح مكافحة الحيوية باستخدام فرط التطفل فإنه يتطلب تعديل للظروف البيئية لصالح الكائن المتطفل على حساب العوامل الممرضة أو بإضافة المتطفل بكميات كبيرة لاستخدامه كمبيد حيوي. وفي هذه الحالة ينبغي التأكد التام من الأمان الحيوي لهذه المعاملة على النباتات المختلفة والإنسان والبيئة كذلك معرفة الظروف المثلى لتطفل هذا الكائن على العامل الممرض.

➤ **المقاومة المستحثة Induced resistance:** لوحظ هذا النوع من المقاومة عندما تتعرض النباتات للإصابة بطفيل ما وتكون هذه النباتات مقاومة لهذا الطفيل وتحدث إصابة تالية بطفيل آخر فقد لوحظ مقاومة عالية للنباتات رغم أنها تصاب بشدة. ولوحظ في حالات أخرى أن النباتات أصبحت أكثر مقاومة للعامل الممرض عند تعرضها للإصابة في أطوار نموها المبكرة والتي يكون فيها هذا النبات مقاوماً للعامل الممرض. وحالات المقاومة المستحثة كثيرة ومتعددة حيث لوحظ زيادة مقاومة النباتات المعاملة ببعض المركبات الكيميائية سواء بنقع البذور أو رش الأوراق بمحاليل مخففة لهذه المركبات. ومن هذه المركبات مواد مستخلصة من الفطريات والبكتيريا وكثير من المركبات الصناعية.

المكافحة الحيوية للعوامل الممرضة:

تتضمن المكافحة الحيوية للقاح الممرض القضاء على كامل أطوار أو أشكال العوامل الممرضة الموجودة في البقايا النباتية في التربة عن طريق فرط التطفل Hyperparasite وفرط الإمراضية Hyperpathogens والافتراس، كذلك منع تشكل اللقاح وإضعاف العامل الممرض والاستبدال بعناصر التضاد أو التنافس كما يتضمن خفض عدد السلالات الشرسة مثل استخدام فيروسات الفطريات Mycoviruses (dsRNA) أو سلالات نقص الفوعة Hypovirulence

➤ ويظهر سلالات منخفضة الشراسة أو الفوعة في الطبيعة Hypovirulent بين سلالات أمراض الفطريات وتفترض وجود عدوى بواحد أو أكثر الحمض النووي دنا مضاعف السلسلة dsRNA من العامل الممرض في هيفا الفطر ذات السلالات نقص الفوعة لتنافس السلالة الشرسة وتؤدي إلى خفض الأمراض، وقد وجدت الفيروسات الفطرية dsRNA في العديد من أنواع الفطريات مثل فطر *Rhizoctonia solani* وفي فطر *Cryphonectria parasitica* (قواص وحمد، 2007)، وأشارت بعض الأبحاث إلى أن سلالات نقص الفوعة لها عمر أقل في التربة ويعتبر ذلك من المساوئ ولكن من المعروف أن معظم فيروسات الفطريات بطيئة التضاعف وفي بعض الحالات تكون كامنة.

➤ وأشارت الأبحاث إلى أهمية استخدام فيروسات الفطريات في الحد من أضرار الفطريات كفطر *Aspergillus flavus* وقد وجدت جسيمات قطرها 33 نانومتراً ضمن مشيجة الفطر سلالة NRRL5940 بعد الزراعة على وسط YES لمدة 12 يوماً، وقد أدت العدوى بفيروسات الفطريات في فطر *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* إلى تدهور الفطر الممرض في التربة وإصابة الفطر بالفيروس شائعة في الطبيعة ووجدت هذه الفيروسات في فطر التفحم Karnal bunt

➤ أشير إلى أهمية فيروسات الفطريات مثل:

➤ فيروس 145S *Helminthosporium victoriae virus* (HvV-145S).

➤ فيروس *Penicillium brevicompactum virus* (PbV).

➤ فيروس *Penicillium cyaneo-fulvum virus* (Pc-fV).

➤ كذلك إلى الوظيفة الرئيسية للعديد من فيروسات البكتيريا أو ملتهمات البكتيريا (Bacteriophage) كأحد عناصر المكافحة الحيوية مثل النوع *Pseudomonas phage f6*، ويصيب خاصة سلالات نوع *P. pseudoalcaligenes*.

الحماية المتصلبة والمقاومة المستحثة:

CROSS PROTECTION AND INDUCED RESISTANCE

تستخدم عدة مصطلحات مثل الحماية المتصلبة Cross protection والمقاومة المستحثة أو المقاومة الجهازية المستحثة Induced systemic resistance (ISR) والمقاومة المكتسبة الجهازية Systemic acquired resistance (SAR) والمقاومة المكتسبة الموضعية Localized acquired resistance (LAR) بهدف معرفة ظروف النبات خلال مكافحة الحيوية أو المكافحة الكيميائية أو الإجهادات المحرضة لآليات المقاومة، تكون المقاومة جهازية في النبات (SAR) أو تبقى موضعية في موقع المعاملة (LAR) وفي هذه الحالة تتضاعف الإشارة لتعزيز القدرة التي يفتقدها النبات. إن المقاومة المستحثة ليست تشكيل لمقاومة لم تكن موجودة بل هي تفعيل آليات مقاومة كامنة. ويمكن تحريضها بواسطة أنماط أو أشكال غير شرسة أو غير ممرضة من العوامل الممرضة، مثل السلالات غير المتوافقة من العوامل الممرضة، وبواسطة عوامل ممرضة شرسة ضمن ظروف حيث تكون الإصابة موجودة في ظروف بيئية أو أوساط تسمح بالنمو والنشاط البكتيريا المحيط الجذري.

➤ ويمكن أن تعرض بواسطة تطبيقات خارجية مثل إضافة مستخلصات مائية للأسمدة العضوية أو الكومبوست Compost والمركبات الكيميائية العضوية وغير العضوية، وقد سجلت العديد من حالات المقاومة المستحثة في العديد من الأنواع النباتية، وتؤمن المقاومة (SAR) حماية كمية Quantitative تجاه طيف واسع من العوامل الممرضة الفطرية والبكتيرية والفيروسية وعرضاً الحشرات والنيوماتودا. استحثت في نبات الخيار المقاومة بواسطة سلالة 89B-27 من بكتيريا *Pseudomonas putida* تجاه مرض الأنثراكنوز ومرض تبقع الأوراق البكتيري والذبول الفوزاريومي والذبول البكتيري وفيروس موزاييك الخيار *Cucumber mosaic virus* (CMV) وحشرة خنفساء الخيار المنقطة *Diabrotica undecimpunctata*. كما استحثت المقاومة في الخيار بواسطة السلالة 99-166 من *Serratia marcescens* تجاه فيروس موزاييك الخيار (CMV) وخنفساء الخيار المخططة *Acalymma vittatum* وخنفساء الخيار المنقطة *D. undecimpunctata*. وتعرض المقاومة بطريقة مشابهة للتحصين في الثدييات ولكن بآليات مختلفة حيث يقود تحصين الثدييات إلى إنتاج الأجسام المضادة التي تحارب العوامل الممرضة، وفي الحماية المتصالبة أو في المقاومة المكتسبة الجهازية SAR تحريض المقاومة عبر واحد أو أكثر من الفعاليات أو الأنشطة التي تؤدي إلى تراكم البروتينات المرتبطة بالأمراض Pathogenesis related proteins (PR) وتنشيط تركيب اللجنين Lignin ويعزز نشاط أنزيم بيروكسيداز Peroxidase مؤدياً إلى تغيرات معروفة في استقلاب النبات. في الطبيعة تتعرض النباتات إلى أعداد متنوعة من الكائنات الدقيقة وهذه تسمح بتطوير مقاومة النبات للكائنات الدقيقة الضارة، ويمكن تحريض المقاومة SAR وISR تجاه عدة عوامل ممرضة بواسطة عامل مستحث حيوي أو كيميائي واحد.

➤ عُرِفَت المناعة المتصالبة Cross immunity أو الحماية المتصالبة Cross protection بشكل جيد في الأمراض الفيروسية، وهي واحدة من بعض معايير مكافحة المتبعة. فعند دخول سلالة غير شرسة أو مضعفة من الفيروس إلى العائل يمكن أن تحرض المقاومة في العائل تجاه سلالات شرسة للفيروس نفسه ويمكن لسلالات الفيروس نفسه من عوائل نباتية مختلفة أن تحرض مقاومة لعائل محدد. والسلالة مستحثة المقاومة نفسها غير ممرضة لعائل محدد، وأحد الفرضيات التي تفسر ذلك والمبنية على الملاحظات القائمة بين الحماية المتصالبة وعلاقة القرابة المصلية الفيروسية بأن المعطف البروتيني للفيروس الأول يمنع نزع المعطف البروتيني للفيروس الثاني وبالتالي يمنع تضاعف الفيروس.

➤ وترتبط عادة الحماية المتصالبة تجاه فيروس تدهور الحمضيات أو فيروس تريستيزا الحمضيات *Citrus tristesa virus* (CTV) على التدهور في البرتقال الحامض أو على الحماية من تنقر الساق stem pitting وأمكن وضع إستراتيجية مكافحة للمرض بهذه الطريقة (Costa and Muller, 1980)، كذلك طبقت في عدة أمراض فيروسية أخرى، وقد أدت الحماية المتصالبة من سلالة مضعفة لفيروس تريستيزا الحمضيات (CTV) على الليمون الحامض إلى الوقاية من السلالات الشرسة للفيروس في الهند. ويجب أن تكون السلالة الفيروسية المضعفة ثابتة وتصيب كافة أنواع وأصناف الحمضيات. وقد أشير إلى نجاح الحماية المتصالبة تجاه فيروس الدرنه المغزلية في البطاطا عن طريق العدوى المسبقة بواسطة تابع فيروس موزاييك الخيار *Cucumber mosaic virus satellite*.

CROSS PROTECTION: الحماية المتصالبة

لوحظ في بداية القرن الماضي أن النباتات المصابة بإحدى سلالات فيروس ما لا تظهر عليها أعراض إضافية بعد العدوى بسلالة أخرى من نفس الفيروس، واستخدمت هذه الاختبارات لتوصيف السلالات الفيروسية وصلة القرابة بينها. وتشكل هذه الظاهرة الأساس لاختبارات الوقاية باستخدام السلالات الضعيفة والتي تسمى بالحماية المتبادلة أو المتصالبة وذلك بإجراء العدوى الاصطناعية للنباتات. وتحدث السلالات الضعيفة بعض الأضرار لكنها تجنب المحصول الخسائر الشديدة في الإنتاج إذا ما أصيبت فيما بعد بسلالة شديدة. والفرضيات التي تفسر هذه الظاهرة:

□ التنافس على مواقع الاستنساخ حيث تحتل المواقع المتوفرة لتكاثر الفيروسات بواسطة السلالات الضعيفة أولاً بالتالي فإن السلالة الشرسة أقل قدرة على الارتباط بهذه المواقع. وبذلك يتم منع السلالات الخطيرة أو تتكاثر بكمية قليلة لا تؤثر على نمو النبات.

□ حدوث نقص في المواد الاستقلابية الضرورية – حيث تقوم السلالة الضعيفة باستهلاك المواد الاستقلابية الضرورية التي تحتاجها السلالة الخطيرة. ولكن حجز مواد الاستقلاب لا يعتبر سبباً مقنعاً لهذه الظاهرة لأن معظم الفيروسات تصنع الأحماض الأمينية والنيكليوتيدات والنباتات جيدة النمو توفر الأحماض الأمينية أو النيكليوتيدات داخل الخلية.

□ منع فصل الغطاء البروتيني عن الحمض النووي للسلالة الخطيرة، وقد لاقت هذه الفرضية قبولاً. حيث يمنع الغطاء البروتيني للسلالة الضعيفة الموجودة مسبقاً داخل الخلايا يمنع فصل الغطاء البروتيني عن الحمض النووي للسلالة الخطيرة أو يعمل على تغليف حمضها النووي مباشرة عندما يتم فصل الغطاء البروتيني عنه.

□ حجز سلاسل الحمض النووي رنا للسلالة الشرسة، تعتمد هذه الفرضية على أن سلاسل الحمض النووي الريبي الموجب للسلالة الضعيفة الموجودة من قبل داخل الخلايا ترتبط بسلاسل الحمض النووي الريبي السالبة (الرنا الشقيق) المنتجة في البداية للسلالة الخطيرة فتعمل على حجزها ومنع تكاثرها لاحقاً.

- ✗ يجب أن يتوفر في السلالة الواقية مجموعة من الصفات المميزة ليتمكن استخدامها للحماية تحت ظروف الحقل وأهم هذه الصفات هي:
- ✗ ☐ تسبب أعراض أقل من السلالات الشائعة والموجودة بالحقل وأن تكون أعراضها ضعيفة على جميع عوائلها، وعديمة التأثير أو ذات تأثير ضعيف جداً على المحصول.
- ✗ ☐ أن تصاب أنسجة النبات المختلفة جهازياً بذلك تحمي تلك الأنسجة من السلالة الشرسة.
- ✗ ☐ أن تكون ثابتة وراثياً ولا تتحول إلى سلالات شديدة مع مرور الوقت.
- ✗ ☐ أن تكون عديمة أو ضعيفة الانتشار بالكائنات الناقلة حتى لا تنتشر إلى المحاصيل أخرى بالحقول المجاورة.
- ✗ ☐ توفر الحماية ضد أكبر عدد ممكن من العزلات الشديدة.
- ✗ ☐ أن تتميز بسهولة الحصول عليها، ولا يلزم لإجراء العدوى بها تحت ظروف الحقل أجهزة مرتفعة الثمن بحيث تتم العدوى ببساطة وبدون تكاليف مرتفعة.
- ✗ كيفية الحصول على السلالات الضعيفة
- ✗ ☐ الاختلافات الموجودة طبيعياً – قد تتواجد أشجار أو نباتات مصابة وعليها أعراض خفيفة وسط أخرى عليها أعراض شديدة، كما أن الفحص السيروولوجي قد تظهر وجود فيروسات في بعض النباتات دون وجود أعراض عليها. مثل هذه السلالات يتم اختيارها وإجراء الاختبارات اللازمة

مخاطر استخدام الحماية المتبادلة.

- قد لا يمكن توفير الحماية الكاملة أو انهيارها.
- تسبب السلالة الضعيفة خسائر مؤكدة (ولكنها تكون منخفضة) بنسبة 5-10 %.
- النباتات المصابة بالسلالة الضعيفة قد تعمل كمصدر لعدوى عوائل أخرى أكثر حساسية محدثة خسائر كبيرة.
- قد تتحول السلالة الضعيفة إلى سلالة أكثر شدة داخل بعض العوائل وتحت ظروف حقل غير المتحكم بها.
- قد تحدث خسائر كبيرة في حال الإصابة المختلطة مع بعض الفيروسات الأخرى نتيجة للتأثير المشترك لها مع تلك الفيروسات.
- قد يتحد جين السلالة الضعيفة مع فيروس آخر مما يؤدي إلى ظهور فيروس جديد شديد الخطورة.
- في حال المحاصيل الحولية فان إدخال سلالة الضعيفة يحتاج إلى عناية خاصة.
- قد تكون التقاوي أو البذور المستخدمة مصابة أصلاً ببعض السلالات الشديدة.

- ✗ ☐ عند إجراء الالقاح الاصطناعي ببعض السلالات فقد تعطي إحداها بقع موضعية خفيفة, وفي مثل هذه الحالات يمكن اختيار بقعة واحدة وعزل السلالة منها وإخضاعها للاختبارات اللازمة.
- ✗ ☐ اختيار بقعة موضعية من بين البقع الناتجة عن العدوى بسلالة ما ومعاملتها بالحرارة أو البرودة أو ببعض المواد المطهرة (مثل حمض النتروز) ثم إعادة الالقاح واختيار بقعة واحدة وعزل السلالة منها
- ✗ ☐ بعد اختيار العزلة فانه يجب تقييمها تحت ظروف متحكم بها لدراسة الأعراض التي تعطيها على العائل الأساسي و العوائل الأخرى وتأثيرها على المحصول , ومدى مقدرتها على توفير الحماية (ضد أكبر عدد ممكن من العزلات القوية السائدة) تحت الظروف البيئية المختلفة وبوسائل وطرق نقل مختلفة مثل التطعيم والحشرات وغيرها.
- ✗ ☐ قبل توزيع مثل هذه السلالات المختارة على المزارعين فانه يجب اختبار نقاوة السلالة وطرق حفظها ودراسة كل ما يتعلق بها . يتم إنتاج السلالة المرغوبة تحت ظروف متحكم فيها. ويتم اختبارها سيرولوجياً للتأكد من عدم تلوثها بأية سلالة أخرى أو فيروس آخر
- ✗ ☐ تجرى العدوى بغمس الشتلات في معلق يحوي على السلالة الضعيفة بتركيز مناسب أو بالرش تحت ضغط عال. إذا كانت هذه الشتلات ستسلم للمزارعين فيجب الانتظار حتى تغزو السلالة جميع أنسجة الشتلة (تحت ظروف متحكم بها ومعزولة لا تسمح بإصابة الشتلة بأية إصابات أخرى) وذلك لضمان الحماية الكاملة للشتلة من السلالات القوية.

مقاومة متأتية بدمج جين بروتين غطاء الفيروس :

- طبقت هذه الإستراتيجية للحصول على نباتات مقاومة للفيروسات في المحاصيل زراعية مختلفة وهي من أكثر الاستراتيجيات استعمالاً لإنتاج نباتات مقاومة .
- وهذه المقاومة المتحصل عليها بهذه الطريقة هي في واقع الأمر محاكاة لظاهرة الحماية المتبادلة وهي المقاومة التحصل عليها عن طريق عدوى النبات بسلالات ضعيفة من الفيروس لحمايتها من خطورة السلالات الخطيرة.
- وما يميز هذه الطرق عن ظاهرة الحماية المتبادلة أن المقاومة المتأتية من هذه الطريقة فعالة ضد الفيروسات أو السلالات القريبة من السلالة التي أخذ منها جين بروتين الغطاء، وأقل فعالية ضد الفيروسات الأقل قرابة.
- ومن الآراء التي كثيراً ما تقدم لتفسير الآلية التي على أساسها تصبح النباتات المحورة بجين بروتين الغطاء مقاومة للفيروسات هو أن هذا البروتين المشفر في النباتات المحورة يثبط مرحلة مبكرة في دورة تضاعف الفيروسات قد تكون نزع الغلاف البروتيني من جسيمات الفيروس المهاجم، بدليل أنه عندما يتم ألقاح النباتات المحورة بالحمض النووي الريبي للفيروس بدلاً من الفيروس الكامل تفقد هذه النباتات وكذلك خلايا البروتوبلاست المأخوذة منها صفة المقاومة ((Beachy, 1993، وفي حالات أخرى وجد أن إحداث عدوى بالحمض النووي الريبي لم تؤدي إلى أية إصابة للنبات. وهذا مؤشر على أن سبب المقاومة قد يختلف باختلاف نوع النبات والفيروس وعوامل متغيرة باختلاف كل حالة.

مقاومة متأتية عن دمج جينات بروتينات فيروسية أخرى غير بروتين الغلاف:

بالإضافة إلى مورث بروتين الغلاف هنالك حالات اكتسبت فيها النباتات المحورة وراثياً صفة المقاومة نتيجة دمج الجين الخاص بإنزيم النسخ Polymerase والتي تعرف بالمقاومة الناتجة عن أنزيم النسخ Replicase-mediated resistance.

أمكن الحصول على نباتات مقاومة للفيروسات نتيجة دمج طفرة لبروتين الحركة مما يؤدي إلى عرقلة انتشار الفيروس في النبات بدل التأثير على عملية التكاثر.

تقنيات تطويع الجين (التحوير الوراثي) Gene manipulation:

التحوير الوراثي أو الجيني للكائنات باستخدام تقنيات تطويع الجين Gene manipulation أو الهندسة الوراثية يتم عن طريق إدخال مادة وراثية غريبة إلى جينوم الكائن المراد تحويره جينياً، ومصدر المادة الوراثية الغريبة أنواع أخرى من الكائنات. وتتكون المادة الوراثية المدخلة إلى جينوم الكائن المراد تحويره من المكونات الأساسية الآتية المادة الوراثية DNA لجين يشفر لصفة مرغوبة، بروموتر لتنظيم تعبير الجين المشفر للصفة المرغوبة و جين واسم marker gene يساعد في تحديد الخلايا التي تم تحويرها . و يتم غالباً في النبات إدخال قطعة الـ DNA الغريبة إلى الخلية المستقبلية عن طريق ناقل يتميز بقدرته على نقل قطعة الـ DNA إلى خلية العائل الضيف (الكائن المراد تحويره). وتعتبر البكتريا Agrobacterium tumefaciens من أشهر النواقل المستخدمة في تحوير النباتات .

وتستخدم غالباً جينات مقاومة المضادات الحيوية كواسمات Markers للمساعدة في انتخاب الخلايا النباتية التي تم تحويرها جينياً، ثم تنمى في مزارع الأنسجة لإنتاج النباتات المحورة جينياً. ولضمان تعبير الجين المنقول إلى النبات، يلصق غالباً بروموتر فيرس تبرقش القرنبيط CaMV مع DNA الجين المرغوب. ويتميز بروموتر CaMV بالقدرة العالية على تنظيم تعبير الجين – الوضع فتح – استجابة لكثير من المؤثرات، الحرارة، الضوء، المغذيات ..

الخ. (Barnum, 1998).

مخاطر استخدام تقنية النباتات المحورة وراثياً في إنتاج أصناف مقاومة للفيروسات:

- ✘ ☐ احتمال ظهور سلالة أو سلالات للفيروس أشد خطورة من السلالة المتواجدة في الطبيعة نتيجة استخدام النباتات المحورة بجين الغطاء البروتيني، وإصابة النباتات بفيروس آخر من نفس الجنس أو الفصيلة يمكن أن يتم تغليف هذا الفيروس المهاجم ببروتين الغطاء المشفر في النبات المحور، ويطلق على هذه الظاهرة التغليف المتباين Hetero encapsulations بالبروتين، وقد يكون الهجين المتكون بهذه الطريقة أشد خطورة من السلالة الأصلية المتوطنة في المنطقة، وقد يكتسب القدرة على إصابة عدد أكبر من العوائل والقدرة على الانتشار داخل العائل بكفاءة أعلى والانتقال بالحشرات.
- ✘ ☐ انتقال أو تسرب الجين المدمج من النبات المحور إلى نباتات عادية غير محورة في المحاصيل الزراعية أو النباتات البرية.
- ✘ ☐ حدوث ظاهرة التآزر Synergism طبيعياً عند إصابة النبات بأكثر من فيروس (إصابة مختلطة)، وذلك بين الجين أو الجينات الفيروسية المدمجة في النبات المحور وفيروس آخر يصيب نفس النبات.
- ✘ ☐ احتمال سمية بعض المنتجات النباتية المحورة أو إحداث حالات الحساسية عند الإنسان.

مقاومة ناتجة عن دمج حمض نووي ريبي تابع (Satellite RNA):

الحمض النووي التابع: Satellite RNAs هو أجزاء خيطية صغيرة من الرنا التابع RNAs توجد في الفيروسات (جزئ فيروسي واحد) في بعض التركيبات المتكررة من الفيروسات. ويمكن أن يكون له صلة قرابة مع رنا RNA الفيروسي أو مع العائل. وبشكل عام إن الرنا التابع RNAs يضاعف تأثير الإصابة الفيروسية ويمكن أن يكون استجابة وقائية للعائل من الإصابة الفيروسية، ويعرف الفيروس المرافق Satellite Viruses بأنها فيروسات مترافقة مع الفيروسات النموذجية لكنها تعتمد في تضاعفها واصابتها النبات على الفيروسات النموذجية، وتعمل على تقليل مقدرة الفيروسات النموذجية على التضاعف وتسبب المرض، أي تعمل كطفيليات على الفيروسات النموذجية (Agrios 1994).

وقد استخدمت هذه الطريقة للحد من تكاثر الفيروس المستهدف أو إضعاف شدة المرض الذي يسببه، وذلك حسب حالة كل فيروس مساعد والحمض الريبي التابع له (Gadani et al., 1990). مقاومة متأتية عن دمج الحمض النووي الريبي السالب:

يعمل الحمض النووي الريبي السالب عند نسخه في النبات المحور على تثبيط تكاثر الفيروس ويكون ذلك في الغالب إما بارتباطه بالحمض النووي الريبي للفيروس المهاجم مباشرة وحدث التهجين Hybridization أو ارتباطه بالحمض النووي الريبي الرسول mRNA يعيق دوره في عملية إنتاج البروتينات داخل الخلية المصابة.

تستخدم هذه التقنية في معالجة النباتات المصابة بالفيروسات أو ما يعرف بالعلاج الجيني Gene therapy.

مقدمة

تحدث مسببات امراض النبات سنوياً أضراراً كبيرة على المحاصيل والخضار لذلك فهي تحتاج الى مراقبة شديدة للحفاظ على صحة المنتجات الزراعية وبالتالي جودة ووفرة الغذاء التي ينتجها المزارعون في جميع أنحاء العالم. ويمكن استخدام الأساليب المختلفة لمنع أو تخفيف أو مكافحة الأمراض النباتية.

فبالإضافة إلى العمليات الزراعية الجيدة غالباً ما اعتمد المزارعون اعتماداً كبيراً على الأسمدة الكيماوية والمبيدات في تحسين إنتاجية المحاصيل ونوعيتها خلال ١٠٠ سنة الماضية. لكن تلوث البيئة الناتج عن الاستخدام المفرط وسوء استخدام الكيماويات الزراعية ، فضلاً عن إشاعة الخوف من قبل بعض المعارضين للمبيدات ، أدى إلى تغييرات كبيرة في مواقف الناس تجاه استخدام مبيدات الآفات في الزراعة. اليوم هناك لوائح صارمة على استخدام المبيدات الكيماوية ، وهناك ضغوط سياسية لإزالة معظم المواد الكيماوية الخطرة من السوق. بالإضافة إلى ذلك ، فإن انتشار الأمراض النباتية في النظم البيئية المختلفة قد يحول دون التطبيق الناجح للمواد الكيماوية ، بسبب حجم المساحات التي ستطبق عليها مكافحة. وبالتالي بعض الباحثين في إدارة الآفات ركزت جهودها على تطوير مداخلات بديلة للمواد الكيماوية الاصطناعية لمكافحة الآفات والأمراض. ومن بين هذه البدائل هي تلك التي يشار إليها باسم مكافحة الحيوية.

- بدأت في بداية التسعينيات أصوات تنادي بالاهتمام بالبيئة والإبتعاد عن تلوثها وقد عقد مؤتمر قمة الرض في مدينة ريدوجانيرو وذلك لوضع اتفاقيات للحد من تلوث البيئة وكان الإهتمام في هذا المؤتمر والمؤتمرات الأخرى يركز على ثقب الأوزون وتلوث الهواء الجوي وقليل من التركيز على تلوث التربة

بدأ الاهتمام بتلوث البيئة نتيجة انتشار كبير لبعض الأمراض المتسببة عن تلوث الغذاء أو الهواء ونتيجة استعمال المواد الكيماوية على المواد الغذائية ، حيث تستخدم آلاف من الأطنان من المبيدات على المنتجات الغذائية ' بعض هذه المبيدات تبقى آثارها في التربة حتى ٥٠ عاماً بالإضافة إلى الأثر المتبقي على الثمار والخضار وعلف الحيوان الذي ينتقل بدوره عن طريق الحليب أو اللحم إلى الإنسان. ومن الأسباب التي دفعت العلماء يتجهون بأبحاثهم إلى مكافحة الحيوية :

- ١- تلوث البيئة بالمبيدات
- ٢- الأثر المتبقي للمبيدات على المنتجات الغذائية ، وهناك حدود عالمية لكمية المبيدات المسموح بها على الثمار والخضار
- ٣- صعوبة مكافحة بعض الأمراض إما لعدم فعالية المبيدات المستخدمة أو لصعوبة تطبيقها على المنتجات الغذائية
- ٤- ظهور سلالات ممرضة مقاومة للمبيدات الكيماوية وهذا ما يدعو لاستخدام مبيدات أخرى وبتركيز مرتفعة والتي تظهر سلالات أخرى مقاومة
- ٥- كسر صفة المقاومة عند الأصناف المقاومة والتي استغرق استنباطها زمناً طويلاً
- ٦- عدم وجود أصناف مقاومة لبعض الأمراض النباتية

التعاريف

عرفت مكافحة الحيوية بأنها استعمال كائنات حية في مكافحة كائنات حية أخرى ضارة سواء في مجال الحشرات أو الأمراض أو حتى في الحيوانات الراقية.

استعمال الكائن الحي الدقيق الطبيعي أو المحور وراثياً أو منتجات المورث لخفض تأثير الكائنات الحية الدقيقة الأخرى غير المرغوبة وتكون متوافقة مع الكائنات الدقيقة النافعة وغير ضارة للمحاصيل الزراعية.

استخدمت مصطلحات "المكافحة البيولوجية" في مجالات مختلفة من علم الأحياء ، وعلى الأخص أمراض النبات والحشرات. في علم الحشرات ، فقد استخدمت لوصف استخدام الحشرات المفترسة العيش ، النيماتودا الممرضة للحشرات ، أو مسببات الأمراض الجرثومية لقمع مجتمعات لحشرات الضارة المختلفة. في أمراض النبات ينطبق المصطلح على استخدام الميكروبات المضادة لقمع الأمراض فضلاً عن استخدام مسببات الأمراض المتخصصة في مضيف محدد للسيطرة على مجتمعات الأعشاب. في كلا الميدانين ، الكائن الذي يقمع الآفات الحشرية أو الممرضات يطلق عليه عامل المكافحة الحيوية **biological control agent (BCA)**.

. على نطاق أوسع ، فإن مصطلح المكافحة البيولوجية تم تطبيقه أيضاً على استخدام المنتجات الطبيعية المستخرجة أو المخمرة من مصادر مختلفة، قد تكون هذه الصيغ مخاليط بسيطة جداً من المكونات الطبيعية مع أنشطة محددة أو خليط معقد مع تأثيرات متعددة على المضيف فضلاً عن استهداف الآفة أو الممرض

. تسببت التعاريف المختلفة التي نشرت في المؤلفات العلمية الارتباك والجدل أحيانا فعلى سبيل المثال ، أعضاء من الولايات المتحدة في المجلس القومي للبحوث أخذ في الاعتبار التطورات الحديثة للتقانة الحيوية وأشار إلى المكافحة البيولوجية بأنها "استخدام الكائنات الطبيعية أو المحورة والجينات ، أو منتجات الجينات، للحد من آثار الكائنات الحية غير المرغوب فيها وتشجيع الكائنات الحية المرغوب فيها مثل المحاصيل والحشرات المفيدة ، و "الكائنات الدقيقة ، ولكن هذه التعاريف دفعت الكثير من المناقشة واعتبرت واسعة جداً من قبل العديد من العلماء الذين عملوا في هذا مجال.

تختلف التعاريف المنشورة عن المكافحة البيولوجية تبعاً لهدف المكافحة ، وعدد ، نوع ومصدر للعوامل الحيوية ، ودرجة وتوقيت التدخل البشري . على نطاق واسع ، والمكافحة البيولوجية هو وقف الأنشطة الضارة لكائن واحد باستخدام واحد أو عدد من الكائنات الحية الأخرى ، التي غالباً ما يشار إليها بالأعداء الطبيعية. فيما يتعلق بالأمراض النباتية

، ويمكن تحقيق قمع بالعديد من الطرق. إذا نظرت في أنشطة المزارعين ذات الصلة ، العمليات الزراعية مثل استخدام الدورة وزراعة أصناف مقاومة للمرض (سواء انتخاب طبيعي أو مهندسة وراثياً) يمكن إدراجها في التعريف. لأن النبات المضيف يستجيب لعوامل بيولوجية عديدة ، سواء الممرضة وغير الممرضة ، إدخال المقاومة للمضيف يمكن اعتبارها شكلاً من أشكال المكافحة البيولوجية، أكثر دقة المكافحة الحيوية تشير إلى استخدام هادف للكائنات الحية المستوطنة أو المدخلة، غير النباتات المضيفة المقاومة للمرض ، لقمع أنشطة ومجتمعات واحد أو أكثر من مسببات الأمراض النباتية. وهذا قد يتطلب استخدام لقاحات ميكروبية لقمع نوع واحد أو مجموعة من الأمراض النباتية. أو ، قد يتطلب إدارة التربة لتعزيز الأنشطة المشتركة من الكائنات الحية في التربة الأصلية و المترافقة مع النبات التي تساهم في قمع عام. بشكل دقيق، المكافحة البيولوجية تشير إلى قمع لمرض واحد (أو آفة) ، عن طريق كائن مضاد واحد ، في محصولي واحد. معظم المتخصصين في هذا المجال تتفق مع واحدة من التعاريف الدقيقة الواردة أعلاه.

أنواع التفاعلات المساهمة في مكافحة البيولوجية

ويمكن. تتفاعل النباتات والمرضات خلال دورة حياتها مع طائفة واسعة من الكائنات الحية هذه التفاعلات تؤثر تأثيراً كبيراً على الصحة النباتية بطرق مختلفة. من أجل فهم آليات مكافحة البيولوجية، فإنه من المفيد أن نقدر الطرق المختلفة التي تؤثر بها الكائنات الحية مع ملاحظ، أيضاً، أنه من أجل التفاعل مع الكائنات يجب أن يكون لها شكلاً من أشكال الاتصال المباشر أو غير المباشر. وتنتمي أنواع التفاعلات إلى تبادل المنافع والمصالح تعايش تعاوني protocooperation تطاعم commensalism تعايش mutualism ،

الحياد neutralism والمنافسة competition تساغب amensalism التطفل parasitism الإقتراس predation .

في حين تطور مصطلح علم البيئة الواسع macroecology، فمثلاً يمكن العثور على أنواع من التفاعلات في العالم الطبيعي على مستوى العين المجردة أو المجهرية. وبما أن تطور الأمراض النباتية ويشمل كلا النباتات والميكروبات، فإن التفاعلات التي تؤدي إلى مكافحة البيولوجية تجري على مستويات متعددة الحجم

من وجهة نظر نباتية، ويمكن اعتبار مكافحة البيولوجية نتيجة إيجابية ناشئة عن مجموعة متنوعة من التفاعلات متخصصة وغير متخصصة، وإذا استخدمنا مفاهيم Odum، يمكننا تصنيف وترسيم مختلف مكونات النظم البيئية التي تساهم في مكافحة البيولوجية.

mutualism تبادل المنافع والمصالح (تعايش إجباري): هو وجود علاقة بين اثنين أو أكثر من الأنواع حيث كل من الأنواع يقدم فائدة للآخر. في بعض الأحيان، هو تفاعل إجباري مدى الحياة ينطوي على اتصال جسدي وكيميائي حيوي كالعلاقة بين النباتات وفطر الميكوريزا. ومع ذلك، فهي اختيارية عموماً وانتهازية. على سبيل المثال، البكتيريا في جنس الريزوبيوم يمكن أن تتكاثر سواء في التربة أو بدرجة أكبر، من خلال رابطة التعايش التبادلية مع النباتات البقولية. ويمكن لهذه الأنواع من التعايش المساهمة في مكافحة البيولوجية بتقوية النبات عن طريق تحسين تغذيته وتحفيز مقاومته

protocooperation تعايش تعاوني (تعايش اختياري): هو شكل من أشكال تبادل المنافع والمصالح، ولكن بقاء الكائنات على قيد الحياة لا يتوقف حصرياً على بعضها البعض، العديد من الميكروبات المعزولة ويمكن أن تصنف على أنها BCAs حيث يعتبر التعايش mutualists اختياري لديها، لأن بقاءها على قيد الحياة نادراً ما يعتمد على مضيف محددة وقدرتها على مكافحة المرض تختلف تبعاً للظروف البيئية السائدة

commensalism التطاعم: هو تفاعل تكافلي بين اثنين من الكائنات الحية، حيث أحدهما مفيد والآخر لا يضر ولا ينفع، ويفترض أن معظم الميكروبات المرافقة للنبات تكون رمية commensals فيما يتعلق بالنبات المضيف لأن وجودها، بصورة فردية أو جماعية نادراً ما يؤدي إلى فوائد أو أضرار للنبات، وبينما يؤدي وجودها إلى عوائق تجاه الإصابة بالمرض وغياب ملموس للإصابة أو لشدة المرض تشير إلى تفاعل التطاعم.

Neutralism الحياد: يصف التفاعلات الحيوية عندما تكون الكثافة العددية من نوع واحد ليس لها أي تأثير على الأنواع الأخرى، ومنها مجتمع الكائن الممرض.

Antagonism التضاد : منع نمو أحد الكائنات الحية أو كليهما نتيجة إفراز مادة أو أكثر تؤثر تأثيراً ضاراً على واحد أو أكثر م الكائنات الأخرى.

Competition التنافس: تناقص نمو أو نشاط أو خصوبة الكائنات المتفاعلة. وتحدث مكافحة الحيوية عندما الكائن غير الممرض ينافس الكائن الممرض على الغذاء أو المكان أو الهواء. وإن التفاعلات المباشرة التي تعود بالنفع على احد المجتمعات على حساب الآخر تؤدي أيضاً إلى مفهوم المكافحة البيولوجية.

Parasitism التطفل: تعايش بين كائنين مختلفين لفترة طويلة من الزمن حيث أحد الكائنين وهو الأصغر حجماً (يسمى الطفيل) يستفيد بينما الآخر (العائل أو المضيف) يتأذى بنسبة معينة. ومن المثير للاهتمام أن إصابة المضيف والتطفل بسلالة غير شرسة avirulent يمكن أن تؤدي إلى مكافحة حيوية لسلالة شرسة بتحفيز أنظمة دفاع المضيف.

Predation الافتراس: هو صيد أو قتل احد الكائنات بكائن آخر للاستهلاك أو التغذية. في حين يشير مصطلح المفترس عادة إلى الحيوانات التي تتغذى على أعلى مستويات التغذية في مجال الكائنات الكبيرة كما تم تطبيقها أيضاً على مستوى الميكروبات، على سبيل المثال الأوليات، و mesofauna ، و مفصليات الأرجل الدقيقة microarthropods ، التي تستهلك الكتلة الحيوية للممرض، مثل الديدان التي تتغذى على الفطور التي تستهلك كتلة الممرض يمكن أن تنتج المكافحة الحيوية بدرجات مختلفة من نماذج هذه التفاعلات بحسب الظروف البيئية المتوفرة خلال حدوث التفاعل

آليات المكافحة الحيوية:

بما أن المكافحة الحيوية تنتج عن نماذج مختلفة من آليات التفاعل بين الكائنات الدقيقة فقد ركز الباحثون على وصف الآليات العاملة في مختلف الحالات التجريبية. في جميع الحالات تثبط مسببات الأمراض بوجود ونشاط كائنات حية أخرى في الوسط هنا ، فإننا نؤكد أن آليات التضاد المختلفة تحدث بحسب حجم الاتصال بين الأنواع وتخصصية التفاعلات الناتجة عنها (جدول ١). يحدث التضاد المباشر نتيجة الاحتكاك الفيزيائي و أو بدرجة عالية من الانتقائية للكائن الممرض عن طريق آليات يحدثها عامل المكافحة الحيوية (BCA) . في مثل هذه الحالة فإن التطفل العالي (hyperparasitism) بطفيليات إجبارية لممرضات النبات يمكن اعتبارها أكثر طرق التضاد المباشرة بسبب أن أنشطة الكائنات الأخرى ستكون بحاجة ليكون لها تأثير القمعي. وفي المقابل ، فإن التضاد غير المباشر ينتج عن الأنشطة التي لا تنطوي على الاستشعار أو استهداف الممرض من قبل عامل المكافحة الحيوية، تحفيز النبات بطرق دفاعية مختلفة بواسطة عوامل مكافحة حيوية غير ممرضة هي أكثر الطرق الغير مباشرة للتضاد. ومع ذلك ، في سياق البيئة الطبيعية فإن معظم آليات مقومة الممرض الموصوفة سوف يتم تضمينها بالوجود النسبي للكائنات الأخرى بالإضافة للممرض. حاولت كثير من التحقيقات لتحديد الآليات الأكثر تخصصية من المكافحة الحيوية تجاه نظام إمرض () ووصف جميع الآليات الموجودة التي من المرجح أن تكون عاملة إلى حد ما في جميع النظم البيئية الطبيعية والمحسنة. وأكثر BCAs فعالة دراسة حتى الآن المضادة لمسببات الأمراض هي التي تتمتع بآليات متعددة.

Table 1. Types of interspecies antagonisms leading to biological control of plant pathogens.

Type	Mechanism	Examples
Direct antagonism	Hyperparasitism/predation	Lytic/some nonlytic mycoviruses <i>Ampelomyces quisqualis</i> <i>Lysobacter enzymogenes</i> <i>Pasteuria penetrans</i> <i>Trichoderma virens</i>
Mixed-path antagonism	Antibiotics	2,4-diacetylphloroglucinol Phenazines Cyclic lipopeptides
	Lytic enzymes	Chitinases Glucanases Proteases
	Unregulated waste products	Ammonia Carbon dioxide Hydrogen cyanide
	Physical/chemical interference	Blockage of soil pores Germination signals consumption Molecular cross-talk confused
Indirect antagonism	Competition	Exudates/leachates consumption Siderophore scavenging Physical niche occupation
	Induction of host resistance	Contact with fungal cell walls Detection of pathogen-associated, molecular patterns Phytohormone-mediated induction

Table 2. Some of antibiotics produced by BCAs

Antibiotic	Source	Target pathogen	Disease	Reference
2, 4-diacetyl-phloroglucinol	<i>Pseudomonas fluorescens</i> F113	<i>Pythium spp.</i>	Damping off	Shanahan et al. (1992),
Agrocin 84	<i>Agrobacterium radiobacter</i>	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Crown gall	Kerr (1980)
Bacillomycin D	<i>Bacillus subtilis</i> AU195	<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxin contamination	Moyne et al. (2001)
Bacillomycin, fengycin	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> FZB42	<i>Fusarium oxysporum</i>	Wilt	Koumoutsis et al. (2004)
Xanthobaccin A	<i>Lysobacter</i> sp. strain SB-K88	<i>Aphanomyces cochlioides</i>	Damping off	Islam et al. (2005)
Gliotoxin	<i>Trichoderma virens</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	Root rots	Wilhite et al. (2001)
Herbicolin	<i>Pantoea agglomerans</i> C9-1	<i>Erwinia amylovora</i>	Fire blight	Sandra et al. (2001)
Iturin A	<i>B. subtilis</i> QST713	<i>Botrytis cinerea</i> and <i>R. solani</i>	Damping off	Paulitz and Belanger (2001), Kloepper et al. (2004)
Mycosubtilin	<i>B. subtilis</i> BBG100	<i>Pythium aphanidermatum</i>	Damping off	Leclerc et al. (2005)
Phenazines	<i>P. fluorescens</i> 2-79 and 30-84	<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i>	Take-all	Thomashow et al. (1990)
Pyoluteorin, pyrrolnitrin	<i>P. fluorescens</i> Pf-5	<i>Pythium ultimum</i> and <i>R. solani</i>	Damping off	Howell and Stipanovic (1980)
Pyrrolnitrin, pseudane	<i>Burkholderia cepacia</i>	<i>R. solani</i> and <i>Pyricularia oryzae</i>	Damping off and rice blast	Homma et al. (1989)
Zwittermicin A	<i>Bacillus cereus</i> UW85	<i>Phytophthora medicaginis</i> and <i>P. aphanidermatum</i>	Damping off	Smith et al. (1993)

مزايا استخدام عوامل مكافحة الحيوية

- ١- أمانة للبيئة
- ٢- غير سامة للإنسان والحيوان والأسماك
- ٣- يمكن أن تحسن من تكوين التربة
- ٤- تبقى في التربة وتتكاثر لفترة طويلة
- ٥- تزيد من الإنتاج بحماية النبات من الممرضات وبتحريضه على النمو بتوفير بعض العناصر الغذائية له

مواصفات عامل مكافحة الحيوية

- ١- أن يكون قادراً على المنافسة والاستمرار

- ٢- أن يكون قادراً على التكاثر
- ٣- أن لا يكون ممرضاً للنبات وغير ضار للبيئة
- ٤- تكاليف إنتاجه غير مرتفعة
- ٥- يمكن إنتاجه بكميات كبيرة
- ٦- أن تكون حيويته طويلة (نصف العمر طويل نسبياً)
- ٧- أن يؤدي نشره وتطبيقه الغرض من استخدامه في مكافحة

معوقات تطبيق مكافحة الحيوية

- ١- صعوبة وطول فترة اعتماد المبيد الحيوي
- ٢- عدم التوافق بين BCA والنبات
- ٣- اختلاف التطبيقات الزراعية
- ٤- فقد فعالية BCA بسبب تشكل الطفرات
- ٥- مقاومة العامل الممرض لآلية تأثير BCA
- ٦- تأثير الظروف البيئية على حيوية وفعالية BCA
- ٧- حفظ المبيدات الحيوية يتطلب في كثير من الأحيان شروطاً خاصة ولفترة غير طويلة لأن نصف العمر عندها أقصر من المبيدات الكيميائية

آليات تأثير عوامل مكافحة الحيوية

- ١- التضاد ANTAGONISM
 - أ- إفراز المواد المضادة (antibiosis) - bacteriocins - Volatile
 - ب- المنافسة competition (Compounds and Enzymes)
 - ج - التطفل parasitism
- ٢- استخدام السلالات الفطرية ضعيفة العدوانية HYPOVIRULENCE عن طريق تلامس الهيفات anastomosis ونقل dsRNA فيروسي المنشأ مثال : لفحة الكستناء الناتجة عن الفطر *Cryphonectria parasitica*
- ٣- التحريض على المقاومة المستحثة induced systemic resistance (ISR) بواسطة البكتريا plant-growthpromoting rhizobacteria (PGPR)

التضاد Antagonism : مقدرة كائن حي على إفراز مادة أو أكثر من مواد الإستقلاب تؤثر تأثيراً ضاراً على واحد أو أكثر من الكائنات الحية الأخرى

أ- إفراز المواد المضادة antibiosis

١- المضادات الحيوية Antibiotics: هي مركبات عضوية ذات وزن جزيئي خفيف تنتجها كائنات حية دقيقة وتؤثر على كائنات أخرى بتركيز قليلة تؤدي إلى تثبيط نمو الكائن الممرض أو تقضي عليه كلياً أو توقف إنبات الوحدات التكاثرية للعامل الممرض

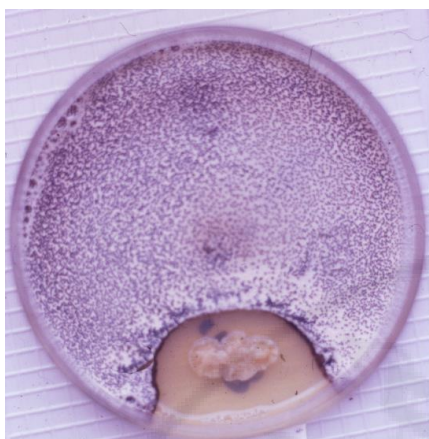


Table 2. Some of antibiotics produced by BCAs

Antibiotic	Source	Target pathogen	Disease	Reference
2, 4-diacetyl-phloroglucinol	<i>Pseudomonas fluorescens</i> F113	<i>Pythium spp.</i>	Damping off	Shanahan et al. (1992),
Agrocin 84	<i>Agrobacterium radiobacter</i>	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Crown gall	Kerr (1980)
Bacillomycin D	<i>Bacillus subtilis</i> AU195	<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxin contamination	Moyne et al. (2001)
Bacillomycin, fengycin	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> FZB42	<i>Fusarium oxysporum</i>	Wilt	Koumoutsis et al. (2004)
Xanthobaccin A	<i>Lysobacter</i> sp. strain SB-K88	<i>Aphanomyces cochlioides</i>	Damping off	Islam et al. (2005)
Gliotoxin	<i>Trichoderma virens</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	Root rots	Wilhite et al. (2001)
Herbicolin	<i>Pantoea agglomerans</i> C9-1	<i>Erwinia amylovora</i>	Fire blight	Sandra et al. (2001)
Iturin A	<i>B. subtilis</i> QST713	<i>Botrytis cinerea</i> and <i>R. solani</i>	Damping off	Paulitz and Belanger (2001), Kloepper et al. (2004)
Mycosubtilin	<i>B. subtilis</i> BBG100	<i>Pythium aphanidermatum</i>	Damping off	Leclerc et al. (2005)
Phenazines	<i>P. fluorescens</i> 2-79 and 30-84	<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i>	Take-all	Thomashow et al. (1990)
Pyoluteorin, pyrrolnitrin	<i>P. fluorescens</i> Pf-5	<i>Pythium ultimum</i> and <i>R. solani</i>	Damping off	Howell and Stipanovic (1980)
Pyrrolnitrin, pseudane	<i>Burkholderia cepacia</i>	<i>R. solani</i> and <i>Pyricularia oryzae</i>	Damping off and rice blast	Homma et al. (1989)
Zwittermicin A	<i>Bacillus cereus</i> UW85	<i>Phytophthora medicaginis</i> and <i>P. aphanidermatum</i>	Damping off	Smith et al. (1993)

- يمكن BCA أن تنتج مضاد حيوي واحد

Gliotoxin *Trichoderma virens* *Rhizoctonia solani* Root rots Wilhite et al. (2001)

- يمكن BCA أن تنتج أكثر من مضاد واحد

Bacillomycin, fengycin	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> FZB42	<i>Fusarium oxysporum</i>	Wilt	Koumoutsis et al. (2004)
---------------------------	--	-------------------------------	------	-----------------------------

- يمكن BCA أن يؤثر على كائن ممرض واحد

- يمكن BCA أن يؤثر على أكثر من كائن ممرض واحد

Iturin A	<i>B. subtilis</i> QST713	<i>Botrytis cinerea</i> and <i>R. solani</i>	Damping off	Paulitz and Belanger (2001),
----------	---------------------------	---	-------------	---------------------------------

- يمكن لبكتريا أن تنتج مضاد حيوي يؤثر فقط على نوع معين من البكتريا قريب تصنيفاً من النوع الأول يسمى المضاد بكتريوسين

Agrocin 84	<i>Agrobacterium radiobacter</i>	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Crown gall	Kerr (1980)
------------	--------------------------------------	--------------------------------------	------------	-------------

العلاقة بين التضاد الحيوي في المخبر والمقومة الحيوية في الحقل

١- وجود ارتباط بين التضاد الحيوي في المخبر والمقومة الحيوية في الحقل مثال : استخدام K84 من *A. radiobacter* في مكافحة مرض التدرن التاجي على اللوزيات

٢- عدم وجود ارتباط بين التضاد الحيوي في المخبر والمقومة الحيوية في الحقل وذلك بسبب:

١- اختلاف الظروف البيئية المخبر واحقل من درجة الحرارة حموضة التربة ، المكونات الغذائية ، الرطوبة

ب- وجود كائنات أخرى منافسة ل BCA وقد تفرز مركبات تثبط نموها

ج - التخصص الدقيق لعامل BCA في تأثيره على سلالة محددة من العامل الممرض كتأثير K84 من *A. radiobacter* على السلالة التي تنتج النوبالين فقط وليس على جميع السلالات التي تنتج جميع مركبات الأوبين

استعمال راسح المزرعة الميكروبية في مكافحة

- استخدام راسح أو مستخلص مزرعة *Trichoderma flvus*

في مكافحة والقضاء على الأجسام الحرة لفطر *Verticillium dahlia*

- استخدام راسح أو مستخلص مزرعة *Trichoderma harzianum* في مكافحة مرض العفن الأبيض على الثوم

ترتبط المضادات الحيوية في التربة بفييليزات الطين وبالمواد العضوية ، وتتحلل بواسطة ميكروفلورا التربة وقد تبقى آثارها حتى ٣٠ يوماً

المواد الطيارة الإنزيمات Volatile Compounds and Enzymes

١- المواد الطيارة:

- الأمونيا ammonia: تنتجها البكتريا *Enterobacter cloacae*

وتؤثر على *R. solani* , *V. dahliae* , *Pythium ultimum*

- alkyl pyrones: تنتجها *T. Harzianum* ضد *R. solani*

- سيانيد الهيدروجين hydrogen cyanide تنتجها *P. fluorescens* ضد

T. basicola الذي عفن الجذور الأسود

٢- الإنزيمات:

- الإنزيم glucose oxidase ينتجها الفطر *Talaromyces flavus* المستخدم في مكافحة فطر

Verticillium الذي يسبب مرض ذبول البانجان . يعتبر بيروكسيد الهيدروجين hydrogen peroxide أحد

نواتج تأثير الأنزيم glucose oxidase والذي يؤدي إلى موت الأجسام الحجرية للفطر في التربة ولا يستطيع الإنزيم لوحده أن يؤثر على الطر

المواد الطيارة الإنزيمات Volatile Compounds and Enzymes
١- المواد الطيارة:

- الأمونيا ammonia: تنتجها البكتريا *Enterobacter cloacae* وتؤثر على *Pythium ultimum*, *V. dahliae*, *R. solani*
- alkyl pyrones: تنتجها *T. Harzianum* ضد *R. solani*
- سيانيد الهيدروجين hydrogen cyanide: تنتجها *P. fluorescens* ضد *T. basicola* الذي عفن الجذور الأسود

٢- الإنزيمات:

- الإنزيم glucose oxidase ينتجها الفطر *Talaromyces flavus* المستخدم في مكافحة فطر *Verticillium* الذي يسبب مرض ذبول البانجان. يعتبر بيروكسيد الهيدروجين hydrogen peroxide أحد نواتج تأثير الأنزيم glucose oxidase والذي يؤدي إلى موت الأجسام الحجرية للفطر في التربة ولا يستطيع الإنزيم لوحده أن يؤثر على الطر

البكتريا المرافقة للنبات PLANT-ASSOCIATED BACTERIA

يعتبر النبات سكن للبكتريا على - البذور - الجذور - الثمار - الأوراق

The spermosphere المحيط البذري: هي المنطقة التي تتأثر بالبذور وهي تبعد عنها من ١ - ١٠ مم

المحيط الورقي *The phyllosphere*: هي المنطقة الخارجية من النبات الواقعة فوق سطح التربة (أوراق، ساق، ثمار، أزهار)

المجال الداخلي *Endophytic sites*: هي المنطقة الواقعة تحت بشرة النبات

المحيط الجذري *The rhizosphere*: هي المنطقة من التربة التي تتأثر بالجذور وتلتصق بها وهي كمية التربة التي تقع تحت تأثير جذور النبات والتي يحدث فيها عدد كبير من التفاعلات بين الكائنات الحية الدقيقة والنبات، فتؤثر هذه التفاعلات على كل من نمو النباتات وإنتاجية المحاصيل وعلى التطبيقات الحيوية. يحتوي المحيط الجذري على مجموعات مختلفة من الكائنات الحية الدقيقة التي تتفاعل وتتنافس فيما بينها وبين جذور النبات. يؤثر نشاط بعض هذه المجموعات على فيسيولوجية ونمو المجموعات الأخرى بالإضافة إلى التأثير على الصفات الفيسيولوجية والكيميائية للنبات.

تتأثر صحة التربة بعوامل عديدة: فيزيائية وكيميائية وحيوية فتؤثر على إنتاجية النبات، وتعد خصوبة التربة من العوامل الهامة التي تؤثر على صحة النبات وإنتاجيته، وتتمثل خصوبة التربة بمحتواها من المواد العضوية organic matter

بما في ذلك الأحياء الدقيقة وبنية وتركيب التربة ، عمق التربة ومحتواها من العناصر الغذائية وقدرتها الامتصاصية وغياب العناصر السامة.

وتعد المخصبات ضرورية للتربة لعدة أسباب :

- ١- فقر التربة بالعناصر الغذائية طبيعياً
 - ٢- نقص في العناصر الغذائية بسبب استهلاك المحاصيل لها
 - ٣- عند زراعة أصناف ذات إنتاجية عالية
- وتنقسم المخصبات إلى مخصبات كيميائية ومخصبات حيوية . وللمخصبات الكيميائية مساوئ عدة منها:
- ١- تؤثر سلباً على صحة الإنسان

- ٢- تؤثر على التربة الزراعية والسلامة الغذائية والمجاري المائية
- لهذه الأسباب وغيرها بدأ المزارعون بإيجاد بدائل عن الأسمدة الكيميائية بهدف تخفيض التكاليف وحماية صحة الإنسان والمحافظة على محتوى التربة من الموارد الغذائية باستخدام الزراعة العضوية .
- استخدم المزارعون في البداية السماد العضوي ثم عمدوا إلى تحسينه بإضافة الكائنات الدقيقة إليه وتكوين المخصبات العضوية الحيوية Bioorganic Fertilizers ، لهذا بدأ بتطبيق الملقحات الميكروبية وبخاصة PGPR لتحسين صحة النبات ونموه.

مزايا المخصبات الحيوية

- ١- صديقة للبيئة
- ٢- تزود النبات بمنشطات النمو مثل الهرمونات والفيتامينات وغيرها
- ٣- تزود النبات بالأزوت خلال فترة نموه
- ٤- ليس لها تأثيرات سامة
- ٥- تحسن من تركيب التربة
- ٦- قليلة التكاليف

تنقسم البكتريا المشجعة على نمو النبات Plant growth rhizobacteria إلى بكتريا داخلية Endophytic bacteria وبكتريا خارجية Exophytic bacteria البكتريا الداخلية لها فوائد على الكائنات الحية الدقيقة المتعايشة معها فهي :

- ١- فهي تعتبر منظم بيئي لها عند تعرضها لإجهاد خارجي

٢- مصدر ثابت ومستمر للغذاء والماء

كما لها فوائد للنبات المضيف:

١- تثبت الأزوت الجوي

٢- تعمل على مكافحة الحيوية للأمراض وآفات النبات

٣- تزيد من قدرة النبات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية

ومن الكتريا الداخلية المفيدة :

<i>Deleya</i>	<i>Enterobacter</i>	<i>Escherichia</i>
<i>Erwinia</i>	<i>Flavobacterium</i>	<i>Herbaspirillum</i>
<i>Kingella</i>	<i>Klebsiella</i>	<i>Lactobacillus</i>
<i>Leuconostoc</i>	<i>Methylobacterium</i>	<i>Micrococcus</i>
<i>Moraxella</i>	<i>Pantoea</i>	<i>Pasteurella</i>
<i>Photobacterium</i>	<i>Phyllobacterium</i>	<i>Providencia</i>
<i>Pseudomonas</i>	<i>Psychrobacter</i>	<i>Rahnella</i>
<i>Rhizobium</i>	<i>Rhodococcus</i>	<i>Serratia</i>
<i>Shewanella</i>	<i>Sphingomonas</i>	<i>Staphylococcus</i>
<i>Vibrio</i>	<i>Xanthomonas</i>	<i>Yersinia</i>

البكتريا الخارجية:

بكتريا المحيط الجذري المحرصة على نمو النبات

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

هي البكتريا التي تتواجد في المحيط الجذري للنبات والتي تعرض على نمو النبات بإنتاجها مركبات ثانوية تؤدي إلى خفض أو منع تأثير بعض الكائنات الدقيقة الممرضة للنبات في المحيط الجذري وبتهيئتها حصول النبات على بعض العناصر المعدنية من منطقة المحيط الجذري

تؤثر بكتريا (PGPR) على النبات بشكلين :

أ- تأثير مباشر Direct effect:

١- إنتاجها لمركبات السيروفور Siderophore production

٢- إنتاجها للهرمونات hormone production

٣- تثبيتها للآزوت الجوي Nitrogen fixation

٤- تحليلها للفوسفات Phosphate solubilization

ب- تأثير غير مباشر indirect effect:

١- المنافسة على المواد الغذائية Competition for nutrient

٢- التطفل والافتراس Parasitism for predation

٣- التضاد Antibiosis

٤- التحريض على المقاومة الجهازية Induced systemic resistance

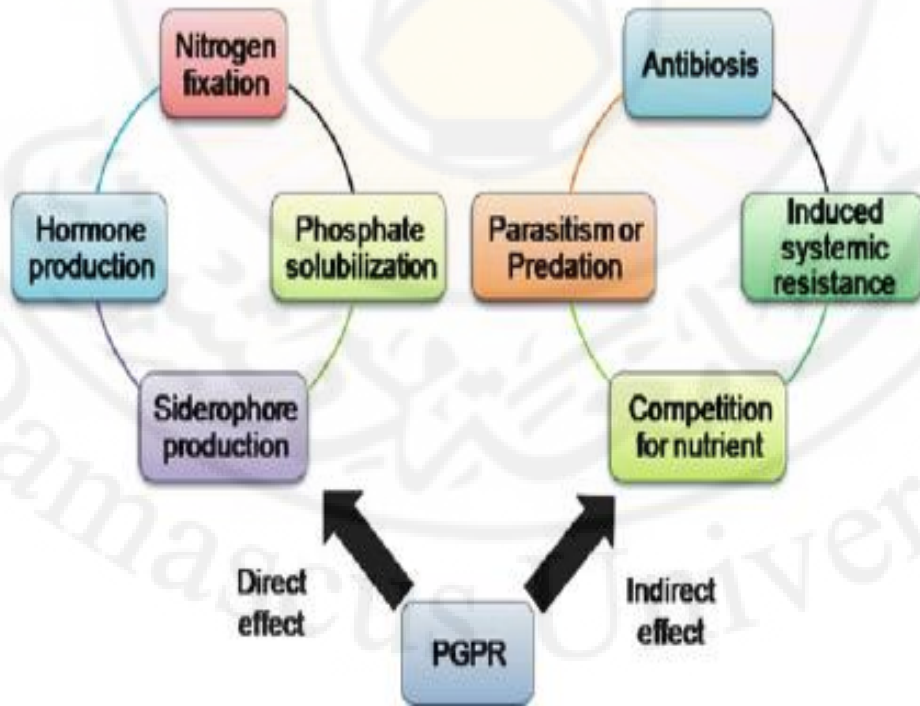


Fig. 1 Some direct or indirect effects of plant growth promoting rhizobacteria on the plant growth

من البكتريا المعروفة من PGPR:

<i>Enterobacteria</i> •	<i>Arthrobacter</i> •
<i>Klebsiella</i> •	<i>Acetobacter</i> •
<i>Proteus</i> •	<i>Azotobacter</i> •
<i>Pseudomonas</i> •	<i>Azospirillum</i> •
<i>Rhizobium</i>	<i>Bacillus</i> •

هناك العديد من الدراسات أجريت على أجناس مختلفة من البكتيريا إلا أن أكثرها كان يتركز على جنس *Pseudomonas* لما يتميز به وغيره من الأجناس من صفات أهمها:

- ١- سرعة نموها
 - ٢- سهولة إكثارها
 - ٣- يمكن تعديلها وراثياً في المختبر
 - ٤- إمكانية استخدامها لمركبات عضوية عديدة
 - ٥- تنتج العديد من المركبات كنواتج استقلاب بعضها مواد محرضة على نمو النبات
- التأثيرات المباشرة لبكتيريا PGPR :

- ١- إنتاجها للهرمونات:

تنتج النباتات العديد من الهرمونات كالجبرلين والسيتوكينين وحمض الإندول الخلي IAA والإثيلين وحمض الصفصاف Absciscic acid وغيرها ولكن تنتجها بكميات غير كافية للنمو بشكل الأمثل. وقد وجد العلماء أن استخدام كائنات حية دقيقة على البذور أو على الجذور تحسن من نمو النبات وذلك لأنها تنتج الهرمونات Plant growth promoting hormones (PGPHs)

- ١- إنتاج الأوكسين IAA:

في حالة نمو النبات بشكل طبيعي فإن منشط Activator مورثات النمو يكون متوقف أو معاق بمثبط Repressor مما يجعل نمو النبات أقل من الحجم الأمثل ، وعند وجود الميكروبات المنتجة IAA فإن ذلك سيسمح بتعطيم المثبط ويجعل مورثات النمو تعمل مما يؤدي إلى إنتاج نباتات أكبر حجماً وأكثر إنتاجية. شكل .

ومن البكتيريا المنتجة ل IAA يكون البكتيريا التابعة لجنس *Acinetobacter* المعزولة من جذور نبات القمح ، وقد وجد أن المورث المسؤول عن إنتاجه محمول على بلاسميد. وتعتبر العزلة *Pseudomonas putida* GR 12-2 من البكتيريا المرشحة للاستخدام

كمنشطات نمو للبندوره وبعض المحاصيل الأخرى، وتتميز هذه العزلة بقدرتها على إنتاج السيدروفور وبالتالي تزويد النبات بالحديد وبقدرتها على تقليل كمية الإيثيلين المثبطة للنمو في نسيج النبات بإنتاجها **1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) deaminase** وكذلك قدرتها على إنتاج IAA.

٢- إنتاج حمض الجبرلين **Gibberellic acids**:

تعتبر البكتريا التابعة للجنس **Azospirillum spp** من البكتريا المحفزة على نمو النبات وزيادة إنتاجه وذلك بإفرازها للجبرلين ، ومن البكتريا المنتجة للجبرلين :

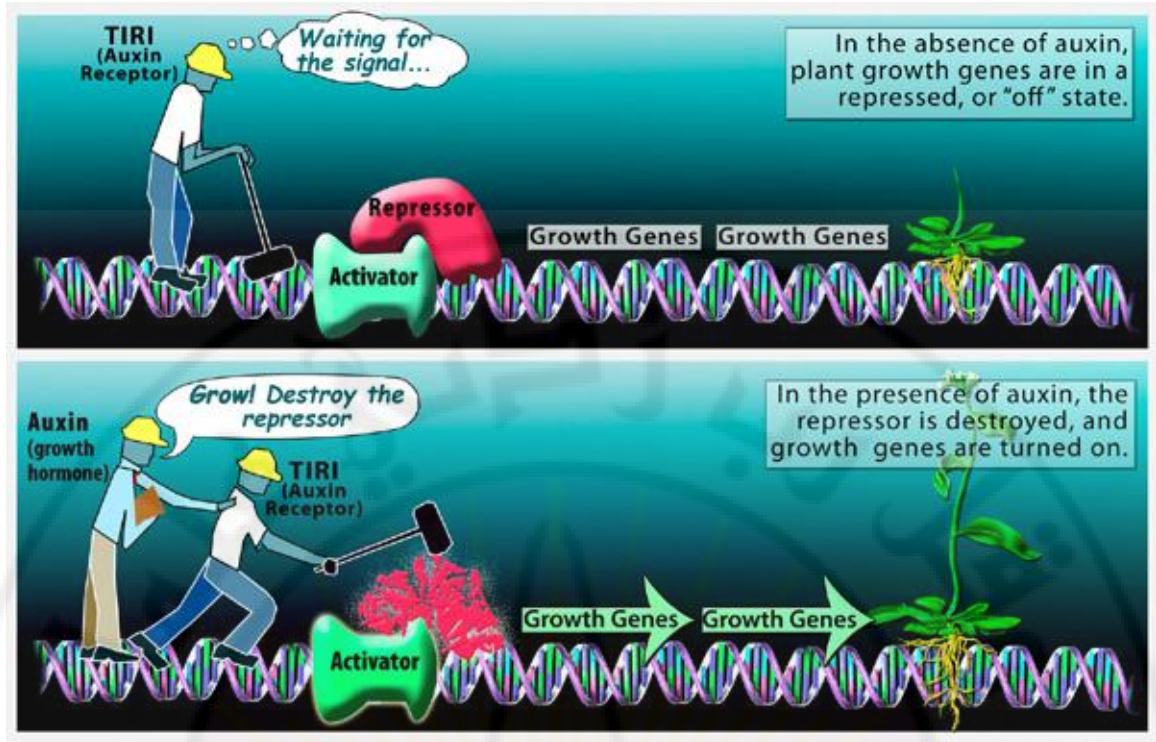
Azospirillum lipoferum ، **Acetobacter diazotrophicus**

Rhizobium phaseoli ، **Herbospirillum seropedicae**



Table 1 Examples of plant growth stimulating phytohormones produced by PGPR

Phytohormones	PGPR	References
Gibberellin	<i>Acetobacter diazotrophicus</i>	Bastian et al. (1998)
	<i>Herbospirillum seropedicae</i>	
	<i>Bacillus licheniformis</i>	
	<i>Bacillus pumilus</i>	Gutierrez-Manero et al. (2001)
	<i>Bacillus cereus</i> MJ-1	
	<i>Bacillus macroides</i> CJ-29	Joo et al. (2004)
IAA	<i>Bacillus pumilus</i> CJ-69	
	<i>Agrobacterium</i> sp.	Barazani and Friedman (1999)
	<i>Alcaligenes piechaudii</i>	
	<i>Comamonas acidovorans</i>	
	<i>Azospirillum brasilense</i>	Kaushik et al. (2000)
	<i>Aeromonas veronii</i>	
	<i>Enterobacter cloacae</i>	Mehnaz et al. (2001)
	<i>Enterobacter</i> sp.	Mirza et al. (2001)
	<i>Comamonas acidovorans</i> RC41	Erturk et al. (2008)
	<i>Paenibacillus polymyxa</i> RC05	
	<i>Bacillus</i> RC23	
	<i>Bacillus simplex</i> RC19	
	<i>Bacillus</i> RC03	
	<i>Bacillus megaterium</i> RC01	
	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	
Cytokinin	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Timmusk et al. (1999)
		de Salamone et al. (2001)
		Bent et al. (2001)
ACC deaminase	<i>Pseudomonas putida</i>	Mayak et al. (1999)
	<i>Pseudomonas cepacia</i>	Cattelan et al. (1999)
	<i>Enterobacter cloacae</i>	Saleh and Glick (2001)
	<i>Pseudomonas brassicacearum</i> Am3	Belimov et al. (2007)
	<i>Variovorax paradoxus</i> 5C-2	Belimov et al. (2009)
	<i>Pseudomonas putida</i> Biovar B	Rodriguez et al. (2008)
	<i>Pseudomonas putida</i> N21	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> N39	Zahir et al. (2009)
	<i>Serratia proteamaculans</i> M35	



٣- إنتاج الإثيلين C_2H_4 :

لوحظ تأثير على نمو أجزاء النبات المختلفة : إنبات البذور ونمو البدرات ونمو الجذور والأوراق وعلى نضج النبات والشيخوخة. وإن الإنتاج الميكروبي لـ C_2H_4 له تأثير على إنتاج النبات ضمن شروط محددة ، فإذا كان إنتاج C_2H_4 أقل أو يساوي $10 \mu g/l$ فيكون له تأثير إيجابي ، أما إذا كان تركيزه يساوي $25 \mu g/l$ يمكن أن يؤدي إلى انخفاض في الثمار والأزهار.

٤ – السيتوكينين : إن وجود البكتريا المنتجة للسيتوكسينسن سيؤدي إلى زيادة تركيزه في التربة وفي النبات مما يساعد على زيادة نمو النبات

٢ – تحليل الفوسفات Phosphate solublization :

يعد وجود بكتريا قادره على تحليل الفوسفات وتحويله إلى عنصر الفوسفور مهم للنبات ، حيث أن تحرر الفوسفور يعود إلى نواتج استقلاب البكتريا التي تؤدي إلى خفض PH التربة وبالتالي تحرير الفوسفات من المواد العضوية وغير العضوية. ومن البكتريا المحللة للفوسفات

Pseudomonas, Micrococcus, Bacillus, Aerobacter, Xanthomonas, brevibacterium, Alcaligenes, Rhizobium

وهذه البكتريا PGPRs تكون في التربة بأعداد غير قادرة على منافسة الأحياء الدقيقة الأخرى المتواجدة في منطقة المحيط الجذري ، لذلك فإن إضافة هذه البكتريا بتركيز عالية ستؤدي إلى تحسين نمو النبات وإنتاجه. ومن البكتريا المحللة للفوسفات *Acinetobacter*

Moraxella sp., Pesudomonas sp., Serratia sp., and Pseudomonas putida NCIM1313, *Escherichia coli* NCIM2810.

٣ - تثبت الآزوت الجوي :

تعمل بعض أنواع البكتريا على تثبيت الآزوت الجوي وتحويله إلى مواد عضوية في النباتات . وتقوم بعضا الأنواع بالقيام بهذه العملية بشكل تعايشي مع النبات أو غير تعايشي :

غير تعايشي	تعايشي
Azotobacter	Rhizobium
Azospirillum	Bradyrhizobium
Bacillus	Cyanobacteria
Klebsiella	Anabaena
Clostridium	
P.vulgaris	

٤ - إنتاجها لمركبات السيدروفور التي تعمل على ربط الحديد بشكله الثلاثي وتحرمه من الممرضات النباتية

ب - التأثير غير المباشر للبكتريا المشجعة على النمو :
١ - المنافسة :

تقوم هذه البكتريا بمنافسة الممرضات النباتية على الغذاء والمكان فمثلاً تقوم بكتريا *Psudomonas* بمنافسة العامل الممرض عل شوارد الحديد وتحرمه منها بإفرازها لمركب **pyoverdine siderophore** الذي يرتبط بشوارد الحديد وبذلك يمنع الفطور الممرض مثل البيثيوم والفيوزاريوم من النمو.
٢ - التضاد :

يفرز عامل المكافحة الحيوية بعض المضادات الحيوية التي تمنع نمو بعض العوامل الممرضة مثل :

١ - المكافحة الحيوية لمرض جرب البطاطا الشائع *Streptomyces scabies*

باستخدام البكتريا *Bacillus sp. sunhua*

آلية تأثير *Bacillus sp. Sunhua* تفرز البكتريا المركب *iturin A* الذي يمنع تشكل البواغ و *macrolactin A* الذي يمنع تشكل الأبواغ وكذلك تخريب ميسليوم الفطر

٢ - البكتريا *Bacillus subtilis* تستطيع منع نمو الفطر *Nectria galligena* مسبب تقرح أشجار التفاح ، تمضي هذه البكتريا فترة الشتاء وبداية الربيع على ندبات الأوراق وبالتالي تمنع دخول الفطر الممرض عبر ندبات الأوراق وبالتالي تقلل من إصابة الأفرع بالمرض، وقد تبين ان هذه البكتريا تفرز مضاد حيوي على بيئة الزرع تمنع نمو الفطر

Table 2 Examples of suppression of bacterial diseases by PGPR in different plant species

Phytopathogens	Species	PGPR	References
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>lachrymans</i>	Cucumber	<i>Pseudomonas putida</i> 89B-27 <i>Serratia marcescens</i> 90-166	Liu et al. (1995)
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>glycinea</i>	Soy bean	<i>Pseudomonas</i> sp. <i>Erwinia herbicola</i>	May et al. (1996)
<i>Xanthomonas albilineans</i>	Sugar cane	<i>Pentoena dispersa</i>	Zhang and Birch (1997)
<i>Erwinia amylovora</i>	Apple	<i>Erwinia herbicola</i> C9-1 <i>Pseudomonas fluorescens</i> A506 Single-strain treatments and three-way mixture of <i>Bacillus pumilus</i> INR7, <i>Curtobacterium flaccumfaciens</i> ME1 and <i>Bacillus subtilis</i> GB03	Pusey (1997) Raupach and Kloepper (1998, 2000)
<i>Ralstonia solanacearum</i>	Tomato	<i>Bacillus subtilis</i> B2G <i>Pseudomonas</i> sp. (APF1) <i>Acinetobacter</i> sp. (Xa6) <i>Enterobacter</i> sp. (Xy3) <i>Azospirillum brasilense</i> Sp7	Lemessa and Zeller (2007) Xue et al. (2009)
<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>		<i>Azospirillum</i> sp. (BNM-65)	Romero et al. (2003)
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i>			
<i>Ralstonia solanacearum</i>	Eucalyptus	<i>Pseudomonas fluorescens</i> WCS417r <i>Pseudomonas putida</i> WCS358r	Ran et al. (2005)
	Potato	<i>Bacillus subtilis</i> PFMRI <i>Paenibacillus macerans</i> BS-DFS and PF9	Aliye et al. (2008)
<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>malvacearum</i>	Cotton	<i>Bacillus cereus</i> MT5-5, MT5-6, L2-1 <i>Achromobacter xylosoxidans</i> L2-2, <i>Brevibacterium</i> sp. MT5-11	Ishida et al. (2008)

Table 3 Examples of suppression of fungal diseases by PGPR in different plant species

Phytopathogens	Species	PGPR	References
<i>Rhizoctonia solani</i> <i>sclerotia</i>	Cyclamen	<i>Serratia marcescens</i> B2	Someya et al. (2000)
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cyclaminis</i>			
<i>Fusarium oxysporum</i>	Soybean	<i>Pseudomonas</i> PMZ2 <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	Zaidi (2003)
<i>Sclerospora graminicola</i>	Pearl millet	<i>Bacillus pumilus</i> INR7 and SE34 <i>Bacillus subtilis</i> GB03 <i>Pseudomonas fluorescens</i> UOM SAR 14	Raj et al. (2003b) Raj et al. (2004)
<i>Cronartium quercuum</i> f.sp. <i>fusiforme</i>	Loblolly pine	<i>Bacillus pumilus</i> SE34 and T4	Enebak and Carey (2004)
<i>Puccinia psidii</i>	Eucalyptus	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> FL2 <i>Pseudomonas</i> sp. MF4	Teixeira et al. (2005)
<i>Didymella bryoniae</i>	Muskmelon	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Sudisha et al. (2006)
<i>Pythium ultimum</i> , <i>Pythium debaryanum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Phytophthora capsici</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Botrytis allii</i> , <i>Cladosporium fulvum</i> , <i>Aspergillus</i> sp.	Sesame (in vitro)	<i>Paenibacillus polymyxa</i> E681	Ryu et al. (2006)
<i>Exobasidium vexans</i>	Tea	<i>Pseudomonas fluorescens</i> Pf1	Saravanakumar et al. (2007)
<i>Fusarium</i> spp. <i>Didymella bryoniae</i> <i>Myrothecium</i> spp.	Watermelon	<i>Bacillus subtilis</i> GBO-3 and <i>Brevibacillus brevis</i> IPC-11 <i>Bacillus pumilus</i> SE34 and T4	Lokesh et al. (2007)
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	Tomato	<i>Paenibacillus lentimorbus</i> GBR158	Son et al. (2008)
<i>Phytophthora capsici</i>	Red pepper	<i>Bacillus subtilis</i> R33 and R13	Lee et al. (2008b)
<i>Phytophthora capsici</i>	Chili pepper	<i>Paenibacillus polymyxa</i> GBR-462	Kim et al. (2009)
<i>Fusarium oxysporum</i> L. sp. <i>lycopersici</i>	Tomato	<i>Azospirillum brasilense</i> <i>Bacillus subtilis</i>	Abo-Elyousr and Mohamed (2009)
<i>Rhizoctonia solani</i>	Wheat	<i>Azotobacter</i> sp. WPR-51	Fatima et al. (2009)

Table 4 Reported PGPR show antagonistic effects against nematodes

Nematodes	Species	PGPR	References
<i>Meloidogyne incognita</i>	Lettuce and tomato	<i>Pseudomonas</i> sp. W34 <i>Bacillus cereus</i> S18	Hoffmann-Hergarten et al. (1998)
<i>Globodera pallida</i>	Potato	<i>Agrobacterium radiobacter</i> G12A <i>Rhizobium etli</i> G12	Hackenberg et al. (1999) Reitz et al. (2000)
<i>Meloidogyne incognita</i>	Tomato and banana	<i>Bacillus cereus</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Pseudomonas chlororaphis</i> <i>Burkholderia cepacia</i>	Jonathan et al. (2000)
	Bell pepper	<i>Burkholderia cepacia</i> Bc-2 <i>Burkholderia cepacia</i> Bc-F	Meyer et al. (2001)
<i>Meloidogyne javanica</i>	Tomato	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> IE-6S(+) <i>Pseudomonas fluorescens</i> CHA0	Siddiqui and Shaukat (2002) Siddiqui and Shaukat (2003)
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i> strain 7NSK2	Siddiqui and Shaukat (2004)
<i>Globodera rostochiensis</i>	Potato	<i>Pseudomonas fluorescens</i> CHA0 <i>Pseudomonas oryzihabitans</i>	Andreoglou et al. (2003)
<i>Meloidogyne javanica</i>	Lentil	<i>Pseudomonas putida</i> , <i>P. alcaligenes</i> , <i>Paenibacillus polymyxa</i> , <i>Bacillus pumilus</i>	Siddiqui et al. (2007)
<i>Meloidogyne incognita</i>	Tomato and soybean	<i>Pseudomonas fluorescens</i> CHA0	Siddiqui et al. (2005)
	Tomato	<i>Rhizobium etli</i> G12 <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> FZB42	Reimann et al. (2008) Burkett-Cadena et al. (2008)
	Chickpea	<i>Pseudomonas alcaligenes</i> <i>Bacillus pumilus</i>	Akhtar and Siddiqui (2008)
<i>Meloidogyne javanica</i>	Chickpea	<i>Pseudomonas putida</i> 3604 <i>Pseudomonas alcaligenes</i> 493	Siddiqui and Akhtar (2009a)
<i>Meloidogyne incognita</i>	Tomato	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Paenibacillus polymyxa</i> <i>Burkholderia cepacia</i>	Siddiqui and Akhtar (2009b)
	Chickpea	<i>Pseudomonas putida</i> <i>Pseudomonas alcaligenes</i>	Akhtar and Siddiqui (2009)

٣ - التحريض على المقاومة المستحثة : **ISR**

يعرف بأن إصابة النبات بسلالة ضعيفة من العامل الممرض يمكن أن تحرض النبات على مقاومته للإصابة بسلالة أكثر شراسة وهذه الآلية من المقاومة تسمى بالمقاومة المكتسبة، systemic acquired resistance (SAR) حيث يكون لحمض الصفصاف salicylic acid .

دور في هذه المقاومة

وعند تعرض النبات لبكتريا غير ممرضة مثل PGPR فإنها قد تحرض لديه مقاومة

تسمى بالمقاومة الجهازية المستحثة ، induced systemic resistance (ISR)

ويكون لحمض الياسمين Jasminic acid دور مهم في هذه الآلية من المقاومة.

ومن التغيرات التي تحدثها المقاومة المستحثة في النبات :

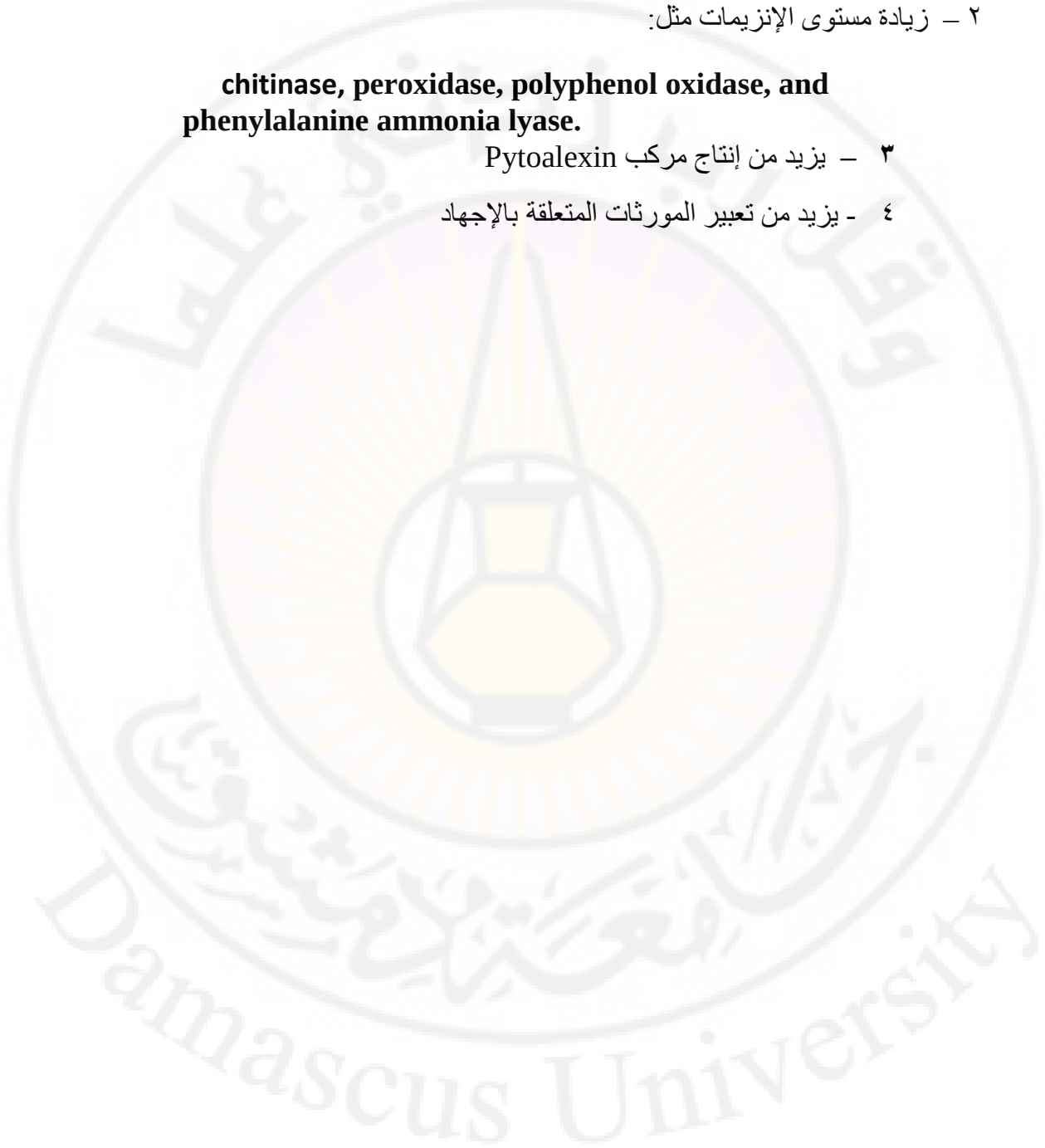
١ - تقوية بشرة وقشيرة النبات مما يشكل عائق أمام العامل الممرض

٢ - زيادة مستوى الإنزيمات مثل:

**chitinase, peroxidase, polyphenol oxidase, and
phenylalanine ammonia lyase.**

٣ - يزيد من إنتاج مركب Pytoalexin

٤ - يزيد من تعبير المورثات المتعلقة بالإجهاد



المكافحة الحيوية في إدارة الأمراض Biological control in disease management:

أشار Jacobsen الباحث في جامعة مونتانا إن مصطلح المكافحة الحيوية له عدة تعاريف منها تعريف Cook و Baker بأنه خفض كمية اللقاح الممرض أو أنه نشاط ينتج عن المرض أو العامل الممرض أو عدة كائنات ممرضة. ولكن هذا التعريف واسع بشكل كاف ليحيط بالتوجهات التقليدية في المكافحة الحيوية التي تؤثر مباشرة على مجتمع الكائن الممرض عبر التضاد Antibiosis والتطفل Parasitism والافتراس Predation، أو التوجه نحو خفض أعداد مجتمعات العوامل الممرضة عبر التنافس على الغذاء أو بواسطة المقاومة الجهازية وتعديل فسيولوجيا النبات أو بواسطة إستراتيجية النباتات المعدلة وراثياً، وتحدث المكافحة الحيوية للممرضات النباتية بطريقة أو أكثر من الطرق وأهمها: التضاد الحيوي Antibiotic وفرط التطفل Hyperparasitism والقدرة التنافسية Competitive saprophytic ability وتدهور القدرة المرضية Hypovirulence والأراضي الكابحة Suppressive soil والمقاومة المستحثة Induced resistance .

التضاد الحيوي Antibiotic: يعرف التضاد الحيوي بأنه إحباط نشاط كائن بنواتج التمثيل الغذائي لكائن آخر. وهذه تشمل عوامل مختلفة أو أنزيمات أو مواد متطايرة أو أي مواد سامة أخرى. وللحصول على مكافحة حيوية بأحد الكائنات المضادة فإنه يلزم إجراء عملية عزل للكائنات الدقيقة من على أو حول جذور النبات أو سطح الأوراق أو الثمار وذلك حسب تواجد الكائن الممرض ثم يجرى اختبار لمعرفة قدرة الكائنات على التضاد الحيوي، وبعد اختيار أكثرها كفاءة يعاد اختبارها في التربة أو على سطح الأوراق أو الثمار في ظل ظروف الإصابة الطبيعية للوصول إلى أفضل هذه الكائنات المعزولة قدرة على مكافحة للكائن الممرض.

فرط التطفل Hyperparasitism: يعرف بأنه تطفل طفيل على طفيل آخر ممرض للنبات ولنجاح المكافحة الحيوية باستخدام فرط التطفل فإنه يتطلب تعديل للظروف البيئية لصالح الكائن المتطفل على حساب العوامل الممرضة أو بإضافة المتطفل بكميات كبيرة لاستخدامه كمبيد حيوي. وفي هذه الحالة ينبغي التأكد التام من الأمان الحيوي لهذه المعاملة على النباتات المختلفة والإنسان والبيئة كذلك معرفة الظروف المثلى لتطفل هذا الكائن على العامل الممرض.

المقاومة المستحثة Induced resistance:

لوحظ هذا النوع من المقاومة عندما تتعرض النباتات للإصابة بطفيل ما وتكون هذه النباتات مقاومة لهذا الطفيل وتحدث إصابة تالية بطفيل آخر فقد لوحظ مقاومة عالية للنباتات رغم أنها تصاب بشدة. كما لوحظ في حالات أخرى أن النباتات أصبحت أكثر مقاومة للعامل الممرض عند تعرضها للإصابة في أطوار نموها المبكرة والتي يكون فيها هذا النبات مقاوماً للعامل الممرض. وحالات المقاومة المستحثة كثيرة ومتعددة حيث لوحظ زيادة مقاومة النباتات المعاملة ببعض المركبات الكيميائية سواء بنقع البذور أو رش الأوراق بمحاليل مخففة لهذه المركبات. ومن هذه المركبات مواد مستخلصة من الفطريات والبكتيريا وكثير من المركبات الصناعية.

إن مكافحة الحيوية النوعية ستناقش بالتفصيل ومن المهم فهم العلاقة بين الكائنات المستوطنة في التربة والبيئة الصغرى النباتية والحيوية المسؤولة عن معظم عمليات خفض فعالية العوامل الممرضة بواسطة الدورة الزراعية وبالتكامل مع دور المواد العضوية، ولا يزال الدور النوعي للأفراد أو المجتمعات لهذه الكائنات في تأثيرها على مجتمعات العوامل الممرضة أو في شدة المرض غير معروف (Bull,2001; Baker and Cook,1989).

إن إدارة الأمراض بواسطة العمليات الزراعية تعزز التنوع الحيوي في التربة وتعمل على الحد من فاعلية وإبادة العوامل الممرضة بواسطة الأحياء الدقيقة، وهذا الدور للأحياء الدقيقة هو جزء من المكافحة الطبيعية Natural control أو المكافحة الحيوية Biological control للعوامل الممرضة. وقد عرّف Garrett في عام 1965 المكافحة الحيوية بأنها أي ظروف أو تطبيق يؤدي إلى خفض عدد الأطوار الحية الممرضة أو الحد من نشاط العوامل الممرضة عبر عوامل أخرى أو نشاط كائنات حية أخرى (عدا الإنسان) مع نتيجة خفض تواجد العوامل المسببة للمرض، كما أشار Baker و Cook في عام 1974 إلى أن المكافحة الحيوية هي خفض في كثافة اللقاح الممرض أو خفض في نشاط العوامل الممرضة بكافة أطوارها وأشكالها وبالتالي خفض نسبة حدوث المرض نتيجة واحد أو أكثر من الكائنات المتواجد طبيعياً أو بواسطة الإطلاق في البيئة أو العائل أو التضاد بواسطة الإدخال المكثف. وبعد ذلك قام كلا الباحثين بالتعريف بأنها خفض كمية اللقاح أو خفض نشاط مسبب المرض بواسطة واحد أو أكثر من الكائنات عدا الإنسان (Baker and Cook,1990) وقد تطور مفهوم المكافحة الحيوية منذ عام 1965 وسجلت العديد من الأبحاث (Cook,1990; Whipps,1997).

وتأسس مبدأ المكافحة الحيوية على ظاهرة طبيعية حيث أن لكل كائن حي له عدوه الطبيعي، وقد أشار إلى أن داروين قد ذكر " أن كل شيء ولد ليأكل وليؤكل " (Stone,1980)، وهذا يؤدي إلى المحافظة على التوازن الطبيعي، ولذلك تعتمد المكافحة الحيوية لأمراض النبات على التواجد الطبيعي وليس الإدخال المكثف أو التداخل مع التضاد بواسطة الإنسان ما لم يكن التضاد موجوداً بشكل طبيعي في البيئة الصغرى للعامل الممرض.

في خمسينيات القرن المنصرم بدأ استعمال المضادات الحيوية في مقاومة أمراض النبات، وفي عام 1954 ظهرت سلالات بكتيرية ممرضة للنبات مقاومة لبعض المضادات الحيوية، وفي ستينيات القرن المنصرم وجد أن بعض سلالات الفطريات الممرضة للنبات أبدت مقاومة لبعض المبيدات الفطرية الوقائية، ومع انتشار استعمال المبيدات الفطرية الجهازية ظهرت سلالات جديدة من الفطريات الممرضة وأبدت مقاومة لهذه المركبات، وبدأ تطبيق المكافحة الحيوية لمرض التدرن التاجي البكتيري باستعمال بكتيريا أخرى في عام 1972.

عند بدء تطور مفهوم المكافحة الحيوية لأمراض النبات كان التوجه المباشر ضد العامل الممرض، خاصة في المكافحة الحيوية للعوامل الممرضة المحمولة في التربة، حيث بيئة التربة أكثر استقراراً كذلك درجة الحرارة والعوامل الفيزيائية الأخرى التي تؤثر في البيئة الحيوية في التربة أقل تأثراً بالعوامل البيئية الحيوية التي تتحكم في الأجزاء الهوائية للعائل حيث درجة الحرارة والأمطار وأشعة الشمس.. الخ بالتالي تؤدي إلى تأثير عكسي على عناصر المكافحة الحيوية المستخدمة. عموماً بما أن التضاد يظهر بشكل طبيعي، ويشمل حالياً مفهوم المكافحة الحيوية أمراض النبات التي تصيب المجموع الخضري والثمار (Saikia

الطبيعية يتم القضاء على العديد من العوامل الممرضة للنبات في المجموع الخضري والمجموع الجذري. (and Chowdhury,1993; Verma, et al.,1983; Janisiewicz,1988; Wilson and Lawrence,1985)

والعناصر التي تستخدم في مكافحة الحيوية لأمراض النبات هي: (1) أفراد أو مجتمعات الكائنات الدقيقة غير الشرسة Avirulent أو منخفضة الشراسة Hypovirulent موجودة ضمن مجتمع العامل الممرض نفسه (الحماية المتصالبة Cross protection أو المناعة Immunity)، و (2) التعديل الوراثي للعائل النباتي (مقاومة العائل) بواسطة العمليات الزراعية أو بواسطة الكائنات الدقيقة نحو مقاومة فاعلة للعوامل الممرضة، (3) التضاد Antagonists (تضاد حيوي أو المنافسة أو التطفل أو الافتراس) وتعرّف بتدخل الكائنات الدقيقة مع أطوار أو في نشاط العوامل الممرضة، وتعتبر إدارة العائل عبر التحسين الوراثي (تربية النبات التقليدية وطرق التقانات الحيوية) من أهداف مكافحة الحيوية. كذلك تعتبر العمليات الزراعية التي تهدف إلى تعديل البيئة لتشجيع التنوع في المجتمعات الكائنات الدقيقة في التربة إنجازاً في مكافحة الحيوية.

وقد حققت مكافحة الحيوية لأمراض النبات تطوراً في العقود الماضية وذلك نتيجة لعدة أسباب أهمها إن مكافحة الحيوية مكافحة طبيعية ولذلك فهي الأقل ضرراً للبيئة وأمنة الاستخدام للعمال الزراعيين أو الإنسان، كما أنها تؤدي إلى حماية الثمار من أمراض ما بعد الحصاد مثل أمراض تحلل الثمار وذلك دون استخدام مركبات كيميائية سامة تضر بالمستهلكين، أيضاً مع استبعاد الأذى الحاصل عند استخدام المعالجة الحرارية للثمار، وهناك العديد من أمراض النبات المحمولة بالتربة لا يوجد لها مبيدات كيميائية أو عدم توفر أصناف مقاومة للمرض من العائل النباتي ولذلك من المحتمل أن يتم الحد من انتشارها بأحد عناصر مكافحة الحيوية. كما أصبحت مرحلة تطبيق مكافحة الحيوية على المستوى التجاري أكثر سهولة، وقد طبقت بعض عناصر مكافحة الحيوية كالبكتيريا والفطريات وتم تنميتها على أوساط مناسبة وصنعت مواد حبيبية أو على شكل بودرة تستخدم لمكافحة الحيوية لأمراض النبات كمعاملة التربة أو المجموع الخضري. وبعض التطبيقات الحديثة تعزز بكتيريا المحيط الجذري وليس فقط كفعل التضاد مع العوامل الممرضة بل تسمح بنمو النبات وتحفيز المقاومة المتعددة لأمراض النبات الجهازية، وخلال العقود الأخيرة تنامي التركيز على مكافحة الحيوية في استراتيجيات الإدارة المتكاملة لأمراض النبات كبديل عن استخدام المبيدات الكيميائية (Jeyrajan,1989).

توجهات مكافحة الحيوية Approaches of biological control:

إن أهم توجهات مكافحة الحيوية لأمراض النبات هي (1) مكافحة الحيوية للقاح العوامل الممرضة النباتية (2) الوقاية الحيوية للسطوح النباتية (3) الحماية المتصالبة والمقاومة المستحثة.

أ - مكافحة الحيوية للعوامل الممرضة Biological control of inoculums:

تتضمن مكافحة الحيوية للقاح الممرض القضاء على كامل أطوار أو أشكال العوامل الممرضة الموجودة في البقايا النباتية في التربة عن طريق فرط التطفل Hyperparasites وفرط الإراضية Hyperpathogens والافتراس، كذلك منع تشكل اللقاح

وإضعاف العامل الممرض والاستبدال بعناصر التضاد أو التنافس كما يتضمن خفض عدد السلالات الشرسة مثل استخدام فيروسات الفطريات Mycoviruses (dsRNA) أو سلالات نقص الفوعة Hypovirulence.

إن من الشائع تدمير البقايا النباتية المصابة بواسطة المكافحة الحيوية أو تعقيم التربة ويمكن أن يتحقق بواسطة عدة تطبيقات زراعية مثل الدورة الزراعية والتطويف والتبوير، بالإضافة إلى إضافة عناصر التضاد والتنافس على المكان والغذاء وإنتاج المضادات الحيوية كذلك التطفل والافتراس سواء خلال العمليات الزراعية المختلفة أو عبر تعديل الظروف الخاصة.

أشير إلى فاعلية التطفل مثل فطر *Trichoderma viride* تجاه فطر *Rhizoctonia solani* (Weindling, 1932) ومنذ ذلك الحين تستخدم العديد من أنواع الفطر *Trichoderma spp.* في التضاد ليس فقط تجاه الأمراض المحمولة في التربة بل والتي تصيب المجموع الخضري أيضاً (Chet, 1987; 1991; Chet, et al., 1981; Henis, et al., 1984) وتشمل آلية عمل فطر *Trichoderma* كل المناحي المطلوبة في عنصر المكافحة كالتضاد والمنافسة على المكان والغذاء وإنتاج أنزيمات مثل جلوكيناز glucanase وكيثيناز Chitinase ويقوم بتحليل الجدار الخلوي للفطر الممرض وينتج مضادات حيوية تحبط الاستقلاب والتكاثر (Dennis and Websster, 1971a,b) وتأثير الافتراس أو التطفل المباشر على العامل الممرض، وينتج الفعل غير المباشر بتعديل الظروف البيئية لتصبح غير ملائمة للفطر الممرض، عموماً تتزايد مجتمعات فطر *Trichoderma* طبيعياً بواسطة المواد العضوية في التربة.

كما يتم القضاء على الأجسام الحجرية للعديد من أمراض النبات الفطرية بواسطة التطفل من فطريات أخرى مثل *Sporodesmium sclerotivorum* (Adams, 1990; Adams and Ayers, 1982) وفطر *Trichoderma harzianum* وفطر *Coniothyrium minitans* (Ahmad and Tribe, 1977) وفطريات أخرى. عندما يصبح ميسيليوم فطر *C. minitans* بتماس مع فطر *Sclerotinia sclerotiorum* ينتج عضو التصاق ينتفخ ويتقطع الميسيليوم ويتدهور، كما وجد ميسيليوم الفطر المتطفل ضمن ميسيليوم الفطر الممرض، ويكون التطفل باختراق جدار خلايا الأجسام الحجرية بواسطة الضغط وتدمير الخلايا الملامسة وينمو ضمن أو بين الخلايا إلى الأنسجة الداخلية للجسم الحجري بفعل الأنزيمات الحالة والضغط الفيزيائي، ويتشكل من الفطر المتطفل أوعية بكنيدية على السطح. يؤدي إدخال فطر *Trichoderma viride* إلى التربة الحاوية على فطر *Verticillium dahlia* قبل زراعة القطن إلى خفض الإصابة بمرض ذبول القطن (Michail, 1989)، وهناك بعض عوامل التضاد المطبقة في أمراض الثمار بعد الحصاد (جدول 5).

جدول 5. عوامل التضاد الفعالة ضد أمراض بعد الحصاد.*

عنصر التضاد	المرض والعامل المسبب
<i>Trichoderma viride</i>	العفن الرمادي على الليمون <i>Penicillium digitatum</i>
<i>Trichoderma spp.</i>	عفن الفريز <i>Botrytis sp.</i>

<i>Lasiodiplodia</i> عفن ثمار الجوافة والمنانجه <i>theobromae</i> <i>C. gloeosporioides</i> <i>Rhizopus arrhizus</i> عفن ريزوبس	
<i>Rhizopus artocarp</i> عفن الثمار	<i>Trichoderma viride</i> <i>T. lignorum</i>
<i>Aspergillus tamar</i> عفن جوز الهند	<i>Aspergillus niger</i>
عفن بنسيليوم على التفاح والليمون وعفن رمادي <i>Botrytis</i> sp. على التفاح	<i>Candida</i> sp.
عفن ثمار الليمون	الخمائر

* المصدر (Prasad, et al.,2001).

بدأ الاهتمام بدور الفطريات كعنصر في مكافحة الحيوية للنيماتودا في عام 1936، وهناك العديد من الأمثلة على تطفل وافتراس الفطريات للنيماتودا في التربة (Davies,et al.,1991) ويرتبط دور الفطريات المتطفلة على النيماتودا باحتواء التربة على المواد العضوية، وأشار إلى افتراس الفطريات للنيماتودا في محاصيل عديدة وذلك بوجود السماد الأخضر مع ورق الملفوف المقطع في التربة لمكافحة النيماتودا المتحوصلة في الشوندر نوع *Heterodera schachtii* والقمح والنيماتودا المتحوصلة نوع *H. avenae*، كذلك إضافة السماد الأخضر مع أوراق مقطعة من نباتات تتبع العائلة الصليبية مع زيت الخردل إلى التربة لمكافحة نيماتودا المتحوصلة في البطاطا *G. rostochiensis*، ويعود ذلك لوجود الممكبات Isothiocyanates أي زيت الخردل. كما تقضي عدة أنواع فطريات مثل *Verticillium chlamydosporium* و *Cylindrocarpon destructans* و *Acremonium strictus* على البيض في نيماتودا *Heterodera schachtii* و *H. avenae*، ويدخل فطر *Phialophora heterodera* إلى الحويصلات ويخترق كيس البيض في نيماتودا *Globodera rostochiensis* مما يؤدي إلى خفض حيوية البيض، وتتطفل عدة أجناس وأنواع فطرية على البيض والإناث لنيماتودا *Meloidogyne* spp. وكيس البيض في نيماتودا *G. pallid* مثل *Dactylella oviparasiticus* و *Paecilomyces lilacinus* حيث تخترق هيفاً الفطر وتحطم محتوى الجدار من الكيتين والليبيد، ويتطفل فطر *Nematophora gynophila* على بيض نيماتودا *H. avenae* ويعتبر كعامل يحد من تكاثر النيماتودا في الطبيعة. وعموماً فإن صيد الفطر للنيماتودا قليل المنافسة في التربة ولكن وجود يقايا محاصيل مثل العائلة الصليبية يزيد من المنافسة لأنه يزيد من كثافة المجتمع النيماتودي (Kerry,1980;1981). كما تؤدي بعض أنواع الفطريات دور المصائد اللاصقة مثل *Arthrobotrys oligospora* و *Dactylella lobata* و *D.cinophaga* و *D.ellipsospora* حيث تلتقط النيماتودا وبشكل خطّاف ثم تتطفل على النيماتودا بعد اختراق جسمها. وقد أشار إلى العديد من أنواع البكتيريا التي تتطفل على النيماتودا مثل *Bacillus penetrans* على نيماتودا تعقد الجذور وفي الإنتاج الكمي والذي

أدى إلى نجاح مكافحة وإلى زيادة الإنتاج، يتم التجفيف في الهواء لجذور البندورة الحاوية على إناث نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne spp.* والحاوية على المتطفل *B. penetrans* وتعلّب على شكل بودرة وتستهمل بمعدل 100مغ/كغ تربة (Brown, et al.,1985) وهناك العديد من المبيدات الحيوية (جدول 6).

جدول 6. المبيدات بعض الحيوية الفطرية المطبقة في مكافحة بعض أنواع النيماتودا*.

المبيد الحيوي الفطري	الجرعة طن/ هكتار	النيماتودا المستهدفة
<i>Arthrobotrys irregularis</i>	2.5	<i>Meloidogyne spp.</i>
<i>A. musiformis</i>	1.4	<i>Rotylenchulus similis</i>
<i>A. robusta</i> <i>Dactylaria candida</i> <i>Trichothecium cytosporium</i>	2.5	<i>Heterodera avenae</i>
<i>A. dactyloides</i> <i>Dactylella ellipospora</i>	0.2	<i>M. incognita</i>
<i>D. thaumasia</i> <i>D. doedycoides</i>	13.6	<i>H. schachtii</i> <i>Globodera rostochiensis</i> <i>H. avenae</i>
<i>A. robusta</i>	140 غ/م ²	<i>Ditylenchus myceliophaga</i>
<i>A. irregularis</i>	140 غ/م ²	<i>M. incognita</i>

*المصدر (Dasgupta,1998).

يترافق هذا العدد الهائل من الأعداء الحيوية للعوامل الممرضة للنبات والنشط في التربة عادة مع نسبة موت طبيعي من أعداد مجتمعات العوامل الممرضة حتى في غياب الأعداء الحيوية ولكن بمعدل بطيء. وقد بدأت منذ عشرينيات القرن الماضي عدة طرق لتربية الأعداء الحيوية وتطبيقها في التربة وخطها مع عدة مركبات وخططات سمادية بهدف خفض كثافة مجتمعات العوامل الممرضة في التربة، وهدف معظمها إلى زيادة التنوع الحيوي في الكتلة الحيوية الميكروبية.

يطبق التطوير كطريقة فعالة وسريعة نسبياً لاستبعاد العوامل الممرضة المحمولة بالتربة والأطوار الساكنة الموجودة في البقايا النباتية وقد ذكر ذلك في التوبر والتطوير في العمليات الزراعية.

قد يكون القضاء على الوحدات الفردية للعوامل الممرضة أو منع تشكل اللقاح بواسطة التضاد غير فعال أو غير عملي في حال العديد من أمراض النبات، ومنع تشكل اللقاح للعوامل الممرضة في البقايا النباتية في التربة أو الأجزاء الهوائية قد يكون أكثر فاعلية، في الواقع هناك تشابه في التأثير بين هذين التوجهين في العديد من العوامل الممرضة، والمنطق خلف هذه التوجهات (1) منع إنتاج اللقاح أو منع الإناث النيماتودا من وضع البيض (2) منع العوامل الممرضة الفطرية من تشكيل مستعمرات على البقايا النباتية (3) تشجيع تطور التضاد على المجموع الخسري حيث يمكن منع تشكل اللقاح أو تشكل الأبواغ (4) زراعة المحاصيل المصيدة والتي يتم إبادتها قبل تشكل اللقاح وطرحه في التربة.

كما نجحت مكافحة الحيوية للعوامل الممرضة الموجودة على سطح النبات ومنعت تشكل اللقاح الممرض كما في مرض البياض الدقيقي والصدأ وثبتت كفاءة الفطريات *Ampelomyces* و *Cladosporium* و *Tilletiopsis* و *Verticillium* ومن

الحشرات حشرة التريبس *Thrips tabaci* في القضاء على فطر البياض الدقيقي كفرط التطفل Hyperparasites وهي تتطفل على الميسيليوم الخارجي وتدمر الجدار كما تخفض تشكل الأبواغ الكونيدية (Falk, et al.,1995;1996). ويمكن معالجة التربة الموبوءة بالعوامل الممرضة بواسطة التشعيع أو المعالجة الحرارية بالتبخير أو الأوتوكلاف عند درجة حرارة 60°م لفترة 30 دقيقة، كذلك المعالجة ببروميد الميثيل والتعقيم أي المعاملات كيميائية أو فيزيائية أو بواسطة تعديل الظروف الحيوية بواسطة الأحياء الدقيقة وإضافة الأسمدة المختلفة خاصة العضوية. ويظهر سلالات منخفضة الشراسة أو الفوعة في الطبيعة Hypovirulent بين سلالات أمراض الفطريات (Ellison,1982; Sneh,1998) وتقتض وجود عدوى بواحد أو أكثر الحمض النووي دنا مضاعف السلسلة dsRNA من العامل الممرض في هيف الفطر ذات السلالات فرط الفوعة لتنافس السلالة الشرسة وتؤدي إلى خفض الأمراض، وقد وجدت الفيروسات الفطرية dsRNA في العديد من أنواع الفطريات مثل فطر *Rhizoctonia solani* (Costanho and Butler,1978) وفي فطر *Cryphonectria parasitica* (قواص وحمد،2007)، وأشارت بعض الأبحاث إلى أن سلالات فرط الفوعة لها عمر أقل في التربة ويعتبر ذلك من المساوي ولكن من المعروف أن معظم فيروسات الفطريات بطيئة التضاعف وفي بعض الحالات تكون كامنة.

وأشارت الأبحاث إلى أهمية استخدام فيروسات الفطريات في الحد من أضرار الفطريات كفطر *Aspergillus flavus* وقد وجدت جسيمات قطرها 33 نانومتراً ضمن مشيجة الفطر سلالة NRRL5940 بعد الزراعة على وسط YES لمدة 12 يوماً، وقد أدت العدوى بفيروسات الفطريات في فطر *Gaeumannomyces graminis var. tritici* إلى تدهور الفطر الممرض في التربة وإصابة الفطر بالفيروس شائعة في الطبيعة كما وجدت هذه الفيروسات في فطر النقم Karnal bunt (Buck,1984; Buck, et al.,1981)، كما أشير إلى أهمية فيروسات الفطريات مثل *Helminthosporium victoriae* virus 145S (HvV-145S) وفيروس *Penicillium brevicompactum virus* (PbV) وفيروس *Penicillium cyaneo-fulvum virus* (Pc-fV) كذلك إلى الدور الهام للعديد من فيروسات البكتيريا أو ملتهيمات البكتيريا (Bacteriophage) كأحد عناصر مكافحة الحيوية مثل النوع *Pseudomonas phage f6*، ويصيب خاصة سلالات نوع *P. pseudoalcaligenes* (حمد وقواص،2007).

ب - الوقاية الحيوية للسطوح النباتية Biological protection of plant surfaces:

إن بعض أهم إنجازات مكافحة الحيوية في أمراض النبات هو إدخال التضاد وكما نوقشت سابقاً في إبادة اللقاح ومنع تشكيل اللقاح في التربة، فهذا التوجه يتطلب تأسيس التضاد في أو حول المواقع المحتملة للعدوى بالمرض وتأمين حماية لهذه المواقع من هجمات لاحقة من العوامل الممرضة، وأدى العمل في هذا الاتجاه إلى تطبيقات عملية في مكافحة الحيوية لأمراض المحاصيل الحقلية والأشجار المثمرة، ولا يتطلب ذلك تفاعلاً مباشراً بين العائل النباتي وعناصر التضاد ويؤمن وجود عنصر التضاد على سطح العائل النباتي وقيامه من الأمراض وذلك :

1) **وقاية المواد النباتية المستخدمة في الزراعة:** إن مكافحة الحيوية لمرض التدرن التاجي تذكر دائماً كمثال ناجح على المستوى التجاري. ويسبب المرض بكتيريا *Agrobacterium radiobacter* pv. *Tumefaciens* والجين المسؤول عن إحداث الورم أو التدرن في البكتيريا موجود ضمن بلازميد كبير والبلازميدات موجودة في سلالات أخرى ولكن لا تؤدي إلى حدوث التدرنات وبعض السلالات مثل *A. radiobacter* pv. *radiobacter* (K84) يحمل البلازميد مورثات إنتاج البكتيريوسين Bacteriocin (Agricin84) الفعال في القضاء على عدة سلالات شرسة من البكتيريا، وقد أنتجت هذه السلالة باستخدام الهندسة الوراثية وطرحت سلالة (K1026) المعدلة وراثياً بتقنية الدنا المشوب على المستوى التجاري (Kerr,1972;1980;1989; Thomson;1987). واستخدمت سلالة منتجة البكتيريوسين (K84) في معاملة الشتول والبذور وفي الحقل، ويمكن أن تخزن على شكل بودرة جافة لفترة طويلة عند درجة حرارة 4°م. ويجب أن يتوفر في عناصر التضاد في مكافحة الحيوية لأمراض النبات القابلة لإنتاج المضادات الحيوية المرغوبة والعدوانية أو الشراسة Agressivness لتستعمر سطح الجذور أو العائل. ويمكن لكلا الحالتين أن يتم تعديلها بواسطة التقانات الحيوية واستخدام الهندسة الوراثية.

كما استخدمت مكافحة الحيوية بمعاملة البذور، مثل معاملة بذور الكوسا والبازلاء والفاصولياء بالأبواغ الأسكية لفطر *Chaetomium globosum* للوقاية من بكتيريا *Pseudomonas* وأمراض فطرية منقولة بذرياً (Hubbard, et al.,1982)، كما عوملت بذور البصل بسلالة مضعفة من بكتيريا *Pseudomonas cepacia* وأدت إلى وقاية النباتات من مرض الذبول *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*، وهناك العديد من المركبات المنتشرة تجارياً تعتمد على فطر *Trichoderma* واستخدمت بكثافة في معظم دول العالم، كذلك بكتيريا *Bacillus subtilis* و *Pseudomona fluorescens*... إلخ، ولها العديد من الأسماء التجارية مع اختلاف شكل المحضرات وطرق التطبيق وتم تطويرها لزيادة إمكانية حفظها وتخزينها وإطالة فترة حيويتها في الحقل والمخزن وتحسين طرق تداولها، وقد تزايد الاهتمام باستخدام البكتيريا في معاملة الجذور أو المحيط الجذري كعنصر في مكافحة الحيوية لأمراض النبات المحمولة في التربة وليس فقط لأنها تؤمن الوقاية من معظم الأمراض عبر التنافس على المكان والغذاء وإنتاج المضادات الحيوية والمقاومة المستحثة ولكن لأن معظمها يحرض نمو النبات، ويوصى باستخدامها وإن لم يكن هناك إصابة بالأمراض وذلك لأن استخدامها يؤدي إلى زيادة الإنتاج (Schipper, et al.,1987;Sticher, et al.,1997; Van Loon, et al.,1998 ; Weller,1988). وسميت سلالات البكتيريا بكتيريا المحيط الجذري المحرصة لنمو النبات (PGPR) Plant growth promoting rhizobacteria وارتبط مصطلح Rhizobacteria مع البكتيريا التي لها قابلية استعمار جذور النبات بشراسة ولذلك تنافس معظم العوامل الممرضة، كما أشير إلى أن وجود بكتيريا المحيط الجذري وبدون التضاد تؤدي إلى مكافحة حيوية جيدة أكثر من استخدام فطر *Trichoderma* وبكتيريا *Pseudomona fluorescens* (Jubina and Girija,1998)، وقد أشير إلى استخدام البكتيريا المحيط الجذري *Pseudomona fluorescens* و *Pseudomona putida* و *P. alcaligenes* لمعاملة بذور

القطن لتحسين الإنبات ونمو البادرات وأيضاً للمكافحة الحيوية لمرض *Xanthomonas axonopodis* pv. *malvacearum* ويفسر ذلك بتحريض المقاومة الجهازية (Mondal, et al., 1999).

(2) **وقاية المجموع الخضري والأزهار:** من المعروف وجود العوامل الممرضة المحمولة بواسطة الأجزاء الهوائية في أحد مراحل دورة الحياة على سطح الأجزاء النباتية وهناك تأثير بين العوامل الممرضة وغير الممرضة والنبات، ويعتبر خط الدفاع الأول هو قدرة السطح النباتي على تشجيع التضاد بين الأحياء الدقيقة مع العوامل الممرضة، وقد أُشير إلى العديد من أمراض النبات التي يتم القضاء عليها بوجود الأحياء الدقيقة على الأجزاء النباتية حيث يكون مرض اللفحة النارية على التفاح والإجاص *Erwinia amylovora* بنسبة منخفضة بوجود تنوع الأحياء الدقيقة على السطوح النباتية وذلك لوجود التنافس والمضادات الحيوية وفرط التطفل والمقاومة المستحثة، وكان نجاح مكافحة المرض برش معلق بكتيريا *Pseudomona fluorescens* متماثلاً مع نتيجة رش المضادات الحيوية مثل Streptomycin (Thomson, et al., 1992)، كما انخفضت نسبة انتشار مرض العفن الرمادي على الفريز *Botrytis cinerea* بوجود فطر *Gliocladium roseum* نتيجة التضاد بنسبة 90% (Sutton, et al., 1997)، وأشار Agarwal و Tripathi في عام 1999 إلى فعالية مكافحة العفن الرمادي على محصول الحمص برش معلق أبواغ فطر *Trichoderma viride* كذلك نجحت المكافحة بمزيج الفطر مع 0.2% من مبيد الفطريات Ronilan .

(3) **منع تدهور الثمار بعد الحصاد:** كانت معظم محاولات القضاء على العوامل الممرضة التي تؤدي إلى أعفان الثمار بعد الحصاد بواسطة المواد الكيميائية والمعاملة الحرارية والتي من الممكن أن تكون ضارة للمستهلكين أو تؤدي إلى خفض فترة تخزين الثمار، وقد زاد الاهتمام بالمكافحة الحيوية لأمراض بعد الحصاد في العقود الأخيرة وذلك لنجاح العديد من الحالات المدروسة، خاصة استخدام التضاد البكتيري والفطري كبديل عن استخدام المبيدات الفطرية في الحمضيات والتفاح والدرق والإجاص والكرز وذلك مثل استخدام *Bacillus subtilis* لمكافحة مرض العفن البني واستخدام *Enterobacter cloacae* لمكافحة عفن ريزوبس *Rhizobus*، ويمكن المكافحة الحيوية لعشر عوامل ممرضة وذلك بغمر ثمار الحمضيات بمعلق بكتيريا *Bacillus subtilis* بواسطة إنتاج المضادات الحيوية (Singh and Deverall, 1984)، وكما إن تطبيق فطر *Trichoderma viride* كان فعالاً لمكافحة عفن ثمار الحمضيات *Penicillium spp.* كذلك أدى غمر ثمار الليمون بعد الحصاد بمعلق بكتيريا *Pseudomonas cepacia* إلى القضاء على 80% من العفن الأخضر *Penicillium digitatum* وبدون ظهور أي أعراض للأضرار على الثمار، كما أدت معاملة ثمار التفاح والإجاص ببكتيريا *Pseudomonas cepacia* إلى القضاء على مرض العفن الأزرق ومرض العفن الرمادي، وأدت المعاملة ببكتيريا *Sporobolomyces roseus* إلى خفض تحلل الثمار أثناء التخزين (Janisiewicz and Roitman, 1988; Janisiewicz, et al., 1994).

ت - الحماية المتصلبة والمقاومة المستحثة :Cross protection and induced resistance

تستخدم عدة مصطلحات مثل الحماية المتصالبة Cross protection والمقاومة المستحثة أو المقاومة الجهازية المستحثة (ISR) Induced systemic resistance والمقاومة المكتسبة الجهازية (SAR) Systemic acquires resistance والمقاومة المكتسبة الموضعية (LAR) Localized acquired resistance بهدف معرفة ظروف النبات خلال مكافحة الحيوية أو المكافحة الكيميائية أو الإجهادات المحرصة لآليات المقاومة (Kuc,1981;1985;1995)، تكون المقاومة جهازية في النبات (SAR) أو تبقى موضعية في موقع المعاملة (LAR) وفي هذه الحالة تتضاعف الإشارة لتعزيز القدرة التي يفقدها النبات (Liu, et al., 1995; Van Loon, et al., 1998; Wei, et al., 1996). إن المقاومة المستحثة ليست تشكيل لمقاومة لم تكن موجودة بل هي تفعيل آليات مقاومة كامنة. ويمكن تحريضها بواسطة أنماط أو أشكال غير شرسة أو غير ممرضة من العوامل الممرضة، مثل السلالات غير المتوافقة من العوامل الممرضة، وبواسطة عوامل ممرضة شرسة ضمن ظروف حيث تكون الإصابة موجودة في ظروف بيئية أو أوساط تسمح بالنمو والنشاط البكتيري المحيط الجذري. ويمكن أن تحرض بواسطة تطبيقات خارجية مثل إضافة مستخلصات مائية للأسمدة العضوية أو الكومبوست Compost والمركبات الكيميائية العضوية وغير العضوية، وقد سجلت العديد من حالات المقاومة المستحثة في العديد من الأنواع النباتية (Hammerschmidt and Kuc. 1995)، ولكن لم تسجل أي حالة عن المقاومة الجهازية المستحثة بواسطة بكتيريا المحيط الجذري في وحيدات الفلقة، وتؤمن المقاومة SAR حماية كمية Quantitative تجاه طيف واسع من العوامل الممرضة الفطرية والبكتيرية والفيروسية وعرضاً الحشرات والنيماطودا. استحثت في نبات الخيار المقاومة بواسطة سلالة 89B-27 من بكتيريا *Pseudomonas putida* تجاه مرض الأنتركونوز ومرض تبقع الأوراق البكتيري والذبول الفوزاريومي والذبول البكتيري وفيروس موزاييك الخيار *Cucumber mosaic virus* (CMV) وحشرة خنفساء الخيار المنقطة *Diabrotica undecimpunctata*. كما استحثت المقاومة في الخيار بواسطة السلالة 99-166 من *Serratia marcescens* تجاه مرض الذبول الوعائي *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* ومرض الأنتركونوز المسبب فطر *Colletotrichum orbiculare* وفيروس موزاييك الخيار (CMV) ومرض التبقع الزاوي لأوراق الخيار المسبب بكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *Lachrymans* وحشرة خنفساء الخيار المخططة *Acalymma vittatum* وخنفساء الخيار المنقطة *Diabrotica undecimpunctata* (Van Loon, et al.,1998). وتحرض المقاومة بطريقة مشابهة للتحصين في الثدييات ولكن بآليات مختلفة. يقود تحصين الثدييات إلى إنتاج الأجسام المضادة التي تحارب العوامل الممرضة وفي الحماية المتصالبة أو في المقاومة المكتسبة الجهازية SAR تحريض المقاومة عبر واحد أو أكثر من الفعاليات أو الأنشطة التي تؤدي إلى تراكم البروتينات المرتبطة بالأمراض Pathogenesis related proteins (PR) وتنشيط تركيب اللجنين Lignin يعزز نشاط أنزيم بيروكسيداز peroxidase مؤدياً إلى تغيرات معروفة في استقلاب النبات. في الطبيعة تتعرض النباتات إلى أعداد متنوعة من الكائنات الدقيقة وهذه تسمح بتطوير مقاومة النبات للكائنات الدقيقة الضارة، ويمكن تحريض المقاومة SAR وISR تجاه عدة عوامل ممرضة وعادة بواسطة عامل مستحث حيوي أو كيميائي واحد.

عُرفت المناعة المتصالبة Cross immunity أو الحماية المتصالبة Cross protection بشكل جيد في الأمراض الفيروسية، وهي واحدة من بعض معايير مكافحة المتبعية. فعند دخول سلالة غير شرسة أو مضعفة من الفيروس إلى العائل يمكن أن تحرض المقاومة في العائل تجاه سلالات شرسة للفيروس نفسه ويمكن لسلالات الفيروس نفسه من عوائل نباتية مختلفة أن تحرض مقاومة لعائل محدد. والسلالة المستحثة المقاومة نفسها غير ممرضة لعائل محدد، وأحد الفرضيات التي تفسر ذلك والمبنية على الملاحظات القائمة بين الحماية المتصالبة وعلاقة القرابة المصلية الفيروسية بأن المعطف البروتيني للفيروس الأول يمنع نزع المعطف البروتيني للفيروس الثاني وبالتالي يمنع تضاعف الفيروس.

وترتبط عادة الحماية المتصالبة تجاه فيروس تدهور الحمضيات أو فيروس تريستيزا الحمضيات *Citrus tristesa virus* (CTV) على التدهور في البرتقال الحامض أو على الحماية من تنقر الساق stem pitting وأمكن وضع استراتيجية مكافحة للمرض بهذه الطريقة (Costa and Muller, 1980)، كذلك طبقت في عدة أمراض فيروسية أخرى (Gonsalves and Gransey, 1989; Dunez, 1987)، وقد أدت الحماية المتصالبة من سلالة مضعفة لفيروس تريستيزا الحمضيات (CTV) على الليمون الحامض إلى الوقاية من السلالات الشرسة للفيروس في الهند. ويجب أن تكون السلالة الفيروسية المضعفة ثابتة وتصيب كافة أنواع وأصناف الحمضيات (Powell, et al., 1992; 1997). وقد أُشير إلى نجاح الحماية المتصالبة تجاه فيروس الدرنه المغزلية في البطاطا عن طريق العدوى المسبقة بواسطة تابع فيروس موزاييك الخيار *Cucumber mosaic virus* satellite.

كما أُشير إلى نجاح الحماية المتصالبة أو المقاومة المستحثة تجاه مرض الذبول البكتيري المسبب *Ralstonia solanacearum* في عدة أنواع عوائل نباتية بواسطة العدوى المسبقة بعزلات غير ممرضة وغير شرسة منتجة للبكتريوسين أو سلالات غير متوافقة من البكتيريا أو معاملة حرارياً بقتل الخلايا (Chen and Echand, 1984; McLaughlin and Secueira, 1988). وفعالية قتل الخلايا بواسطة تعريض البكتيريا للحرارة بأن كبج المرض يتم بواسطة طرق أخرى غير التضاد، وأشير إلى وقاية نباتات الموز من مرض الذبول البكتيري ومرض موكو Moko disease نتيجة العدوى بسلالة بكتيريا *Pseudomonas fluorescens* وأدى إلى خفض نسبة موت النباتات وإلى تحسين الإنتاج كمياً ونوعياً (Anuratha and Gnanamanickam, 1990).

هناك العديد من الأمثلة على الحماية المتصالبة أو المقاومة المستحثة تجاه الأمراض الفطرية مثل نجاح الوقاية من الإصابة بمرض التعفن الكلي للقمح Take-all والمسبب فطر *Gaeumannomyces graminis tritici* وذلك بالعدوى المسبقة بعزلات غير شرسة من فطر *Phialophora graminicola* الذي يتطفل على جذور الأعشاب، وكذلك معاملة شتول نبات النعناع قبل يومين من التشثيل بسلالات فطر *Verticillium nigrescens* يحميها من حدوث مرض الذبول المسبب *Verticillium dahliae*، وتكرار العدوى بفطر *Fusarium* وفطر *Verticillium* يزيد من مقاومة البندورة (Jorge, et al., 1992)، كما نجحت مقاومة نبات البندورة لمرض الذبول المسبب *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* بواسطة عدوى بسلالة غير ممرضة (Fo-47) من فطر *Fusarium oxysporum* (Fuchs, et al., 1997)، وأشير إلى حدوث

مقاومة مشابهة لأمراض الذبول والأنتراكناز في الخيار حيث نتجت مقاومة SAR خلال 7 ساعات بعد العدوى بفطر *Colletotrichum orbiculare* وذلك تجاه عدد كبير من الأمراض الفطرية والبكتيرية والفيروسية (Hammerschmidt and Kuc,1995;Schneider, et al.,1996)، كذلك أدت العدوى بسلاسل مضعفة أو غير شرسة من فطر *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* إلى حماية نبات القطن من الإصابة بمرض ذبول فيوزاريوم (Hillock,1986)، وقد عرف لمرض ذبول الحمص عدة عزلات فطر *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* وعدوى البذور بعزلة غير شرسة يعطي وقاية لباقي العزلات (Hervas, et al.,1995). وفي مرض ذبول البطيخ الأحمر المسبب فطر *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* أدت العدوى بسلالة غير شرسة إلى مقاومة النبات (Martyn, et al.,1991). في الأمثلة السابقة المقاومة المستحثة ذات علاقة قريبة من العوامل الممرضة. ويمكن للكائنات الدقيقة غير المتطفلة وغير مرتبطة بالمرض تحريض المقاومة المستحثة لواحد أو أكثر من الأمراض على العائل نفسه. وقد عرف دور التضاد في الفطريا والبكتيريا والخمائر لمنع المرض في السطح النباتي (الأوراق الثمار الجذور والبذور) كذلك التنافس وإنتاج المضادات الحيوية وتحلل العوامل الممرضة.

إن استخدام بكتيريا المحيط الجذري وخاصة *Pseudomonas* شائعة في المقاومة المستحثة كما أنها استخدمت تجاه العوامل الممرضة على المجموع الخضري وفي إنتاج المضادات الحيوية، كما يسمح نمو النبات البكتيريا المحيط الجذري المطبقة على البذور أو في التربة بالتوضع على سطح الجذور ويستحث مقاومة على الأوراق والساق،، ومن نتائج عدة تجارب أشير إلى أن بكتيريا المحيط الجذري المحرصة لنمو النبات *plant growth- promoting rhizobacteria* (PGPR) يمكن أن تؤمن حماية جهازية للنبات تجاه العديد من العوامل الممرضة بدون التسبب بظهور أي أعراض كما في الخيار تجاه فيروس موزاييك الخيار وأنواع فطر *Pythium* التي تسبب عفن التاج وأمراض أخرى، كذلك مقاومة الفاصولياء لمرض اللفحة الهالية المسبب بكتيريا *Pseudomonas savastoni* pv. *Phaseolicola* بواسطة بكتيريا المحيط الجذري *Pseudomonas* (Raupach, 1998; Schippers, 1988; Van Loon, et al., 1994; et al., 1994)، وقد نتجت المقاومة الجهازية المستحثة في الفاصولياء تجاه فطر العفن الرمادي *Botrytis cinerea* نتيجة المعاملة بسلالة 7NSK2 من بكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* (De Meyer and Hofte,1997)، كما عرف حمض الصفصاف Salicylic acid كمحرض لمورثات المقاومة في النبات أو يسمح لها لتصبح نشطة عندما يتم التحدي مع العوامل الممرضة، كما تنتج بكتيريا المحيط الجذري حمض الصفصاف.

ث - بعض الأمثلة عن المكافحة الحيوية لأهم أمراض النبات بإدخال التضاد أو بتعديل البيئة:

1- مرض الجرب العادي في البطاطا المسبب *Streptomyces scabies*: يصيب البطاطا في عدة مناطق في العالم خاصة ذات المناخ المعتدل، ومع زراعة المحصول الواحد تزداد نسبة الإصابة بالمرض، ويمكن تحسين التربة بالعناية بنسبة رطوبة التربة بمستوى السعة الحقلية خلال تشكل الدرنات، وتشجيع التضاد البكتيري بإضافة بكتيريا *Bacillus subtilis* في مواقع الإصابة ولمنع البكتيريا الممرضة *Streptomyces* التي تفضل التربة الجافة، إضافة الأسمدة الخضراء Green manuring مع البقوليات مثل فول الصويا يسمح بنمو بكتيريا *Bacillus subtilis*.

وقد بذلت جهود بحثية في مجال مكافحة الحبيوية لأمراض البطاطا وكانت واحدة تجاه عدة عوامل ممرضة، وعلى الرغم من مئات الأبحاث عن التضاد فإن العمل يبقى محدوداً بالمنتجات المتوفرة، وتوفر هذه المنتجات محدوداً بتطوير مركبات ثابتة، وإنتاج مضادات وكلفة الإنتاج وإضافة الكميات الفعالة إلى التربة، وترتكز الأبحاث على طريقة عمل المبيد الحيوي والتكامل بين طرق مكافحة الحبيوية مع معايير مكافحة الأخرى، وستطبق مستقبلاً، ومع توفر منتجات وتوجهات حديثة أخرى كاستخدام بطاطا محورة وراثياً تجاه مقاومة الأمراض، وكانت شركة مونسانتو Monsanto Inc. الرائدة في إنتاج خط New leaf line of potato وكان تأسيس لأصناف مقاومة لفيروس التفاف أوراق البطاطا *Potato leaf roll virus* وفيروس Y البطاطا *Potato virus Y* وهي معدلة تجاه المعطف البروتيني، كما انتجت أصناف محورة وراثياً تجاه مقاومة فطر الذبول الفيرتيسيليومي واللفحة المتأخرة، ولكن بعض هذه الأصناف غير متاحة حيث لاقت صعوبات في تقبل المستهلك لمنتجات معدلة وراثياً، وأشار Lorito وزملائه في عام 1998 إلى تحويل البطاطا باستخدام مورث ThEn-42 من فطر *Trichoderma harzianum*، ويشفر هذا الجين إنزيم اندوكيتيناز Endochitinase وتقاوم النباتات المحورة المنتجة مرض اللفحة المبكرة *Alternaria solani* والعفن الرمادي *Botrytis cinerea* والعفن ريزوكتونيا *Rhizoctonia solani*، ويمكن أن يكون مفهوم استخدام جينات من كائنات لا تضادية Anatagonistic organisms مفيداً لكائنات ممرضة أخرى. ونظراً لقوانين استخدام المبيدات ومقاومة المبيدات ستصبح للمكافحة الحبيوية أهمية أكبر خاصة التطور باستخدام التضاد والتنافس والتطفل والمقاومة الجهازية المستحثة ISR أو تضافر عدة آليات معاً.

2- **النيماتودا المتحوصلة في النجيليات *Heterodera avenae***: يشجع زراعة محصول حبوب حساس لسنوات عديدة في الحقل في المناطق المعتدلة مجتمع نيماتودا، ويتطفل فطر *Nematophthora gynophila* و *Verticillium chlamydosporum* و *Catenaria auxiliaries* على إناث النيماتودا ويمنعها من تشكيل الحويصلة، وعندما يكون مجتمع النيماتودا خلال فترة بدون محصول أو السكون على شكل بيض في الحويصلات، بالتالي فإن المعاملة بالنيماتودا *Nematophthora gynophila* يحد بنسبة تصل إلى 97% من الحويصلات، والفطر *Verticillium chlamydosporum* يتطفل على البيض وتبقى الأبواغ في التربة لفترة عامين ويزيد السماد الأخضر من مجتمع الفطر.

3- **التدرن التاجي *Agrobacterium radiobacter* pv. *tumefaciens***: تعامل الشتول قبل الزراعة بمعلق السلالة K84 بكتيريا *Agrobacterium radiobacter* pv. *Tumefaciens*، كما يمكن معاملة البذور، ويستخدم الأجروسين 84 كعنصر مكافحة حيوية بالتضاد للأنماط 1 و2 وليس النمط 3 الذي يصيب العنب.

4- **عفن الجذور في القمح المسبب *Fusarium roseum***: تظهر العدوى بالفطر الممرض خلال تكون السنابل بعد الري كما تظهر بكتيريا التضاد، كما تنمو على بقايا المحصول فطريات محمولة بالهواء مثل *Cladosporium* و *Alternaria*، ويمكن للعمليات الزراعية مثل التأخير بالزراعة وتقليل الري أن تخفض الأضرار.

5- **الذبول الوعائي المسبب *Fusarium oxysporum***: يوجد بعض أنماط وأنواع وسلالات غير شرسة من الفطر نفسه تؤدي إلى المقاومة المستحثة.

- 6- مرض سقوط البادرات المسبب *Pythium spp.* و *Rhizoctonia solani*: تؤدي المعاملة الحرارية والكيميائية للتربة إلى خفض عدد وأنواع الأحياء الدقيقة في التربة، وهذا يتطلب إضافة عناصر التضاد الفعالة تجاه الأمراض مثل *Trichoderma* و *Penicillium* و *Bacillus subtilis* و *Streptomyces*، كما أثبتت معاملة البذور بعناصر التضاد فاعليتها وتستخدم بتغطية البذور بمعلق أبواغ الفطر *Trichoderma harzianum* أو *T. hamatum* أو *Laetisaria arvalis* أو *Penicillium oxalicum* وتؤدي مع العديد من أنواع الفطريات إلى الوقاية بالتضاد تجاه مرض سقوط البادرات.
- 7- تعقد الجذور المسبب أنواع نيماتودا *Meloidogyne*: تتطفل بكتيريا *Bacillus penetrans* اجبارياً وتؤمن مكافحة طبيعية في الحقل، كما يتطفل فطر *Dactylella oviparasitica* على البيض، وإضافة الأسمدة الخضراء والعضوية، كما أشير إلى العديد من أنواع البكتيريا السامة للنيماتودا.

المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة

المفردات:

- 1- مقدمة
 - تعريف
 - نبذة تاريخية
 - هل المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة آمنة
 - أهم الأعداء الحيوية للأعشاب الضارة
- 2- أساسيات المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة.
 - شروط العدو الحيوي للأعشاب الضارة
- 3- إنشاء برنامج المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة.
 - قابلية العشب الضار للمكافحة حيويًا
 - البحث عن الأعداء الحيوية الطبيعية
 - الملاحظات البيئية
 - تحديد تخصصية العدو الحيوي
 - الإطلاق و التوطيد
 - تقييم الحالة
- 4- الصعوبات التي تعترض المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة.
 - تضارب المصالح
 - تخصصية العدو الحيوي
- 5- استخدام الحيوانات الراقية في المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة.
 - الدواجن والطيور
 - المواشي وغيرها
- 6- استخدام الحشرات في المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة.
 - أهمية الحشرات في مجال المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة
 - أمثلة
- 7- المكافحة الميكروبية للأعشاب الضارة.
 - أمثلة
- 8- المكافحة المتكاملة للأعشاب الضارة.
 - التضافر بين الأعداء الحيوية من أجل مكافحة الأعشاب الضارة.
 - سبل تطبيق التقانات الحيوية في مجال المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة.

ملاحظات هامة في مجال مكافحة الحيوية للأعشاب الضارة

- يجب عدم الاعتماد على المبيد الحيوي فقط لمكافحة الأعشاب المرافقة لمحصول ما وإنما استخدام المكافحة الكيميائية أو الميكانيكية مع هذا المبيد في وقت واحد حتى تتمكن من القضاء على معظم أنواع الأعشاب الموجودة في الحقل.

- المكافحة الحيوية للأعشاب تتطلب تواجد كثافة عالية من نباتات الأعشاب خلال فترة زمنية طويلة وتحقق الفعالية في القضاء على الأعشاب في فترة زمنية طويلة أيضاً .

- المكافحة الكيميائية تنفذ على نباتات الأعشاب في طور مبكر من النمو (بادرات فنية) وتحقق القضاء على هذه النباتات في عدة أيام أو أسابيع.

- يزيد استخدام مبيدات الأعشاب من تقاوم الإصابة بالعامل الممرض و يساعده على النمو وفي الوقت نفسه يلحق العامل الممرض أضراراً بالبشرة و القشرة لأنسجة النبات ويزداد بالتالي سهولة اختراق و امتصاص جزيء المبيد من قبل هذه الأنسجة.

- تتركز دراسة المكافحة الحيوية حالياً على الأنواع التالية من الأعشاب الضارة لأهميتها الاقتصادية وتواجدها مع المحاصيل الزراعية الرئيسة في العالم بكثافة عالية جداً و في توزيع جغرافي كبير : *Amaranthus spp.*, *Chenopodium spp.*, *Orobanche spp.*

Cyperus rotundus.

والأعشاب المائية مثل: *Eichhornia crassipes* ,

- يتوقف نجاح مكافحة نباتات نوع *Chenopodium album* باستخدام فطر *Ascochyta caulina* على العوامل المناخية السائدة و بشكل خاص الرطوبة النسبية للهواء بعد تنفيذ عملية المكافحة و طور النمو الخضري لنباتات *C. album* الذي يجب أن يكون في طور أربع أوراق حقيقية أو أكثر. يمكن زيادة فعالية الفطر باستخدام تركيز منخفض من بعض مبيدات الأعشاب.

- يتوقف نجاح مكافحة الأعشاب باستخدام فطور الصداً على توفر ساعة طويلة من الرطوبة أو الندى (حتى تنتش الأبواغ و تستطيع اختراق أنسجة الورقة). من هنا تأتي أهمية توسيع الأبحاث للوصول إلى طريقة مثلى لأحداث الإصابة، إما عن طريق:
- التعديل الوراثي للفطور وغيرها من الميكروبات حتى تصبح قادرة على إحداث العدوى دونما الحاجة إلى توفر الرطوبة الطويلة.
- استخدام بعض المواد المضافة مثل المرطبات ومواد التثبيت وغيرها لضمان بقاء الميكروب على سطح النبات.

المكافحة الحيوية للأعشاب تواجه العديد من الصعوبات:

- لا يمكن إدخال الطفيل إلا عندما تغطي الأعشاب الضارة مساحات كبيرة وبكثافة مرتفعة وهذه الشروط لا تتوفر في حالة الحقول المزروعة ومن خلال الدورة الزراعية وبالتالي تعاقب أنواع من الأعشاب مع كل محصول يهدد حياة الطفيل.
- إن تقدير فعالية المتطفل عند إدخاله إلى المنطقة غير ممكنة وقد تتخضع هذه الفعالية تدريجياً.

تؤدي المكافحة الحيوية إلى القضاء على الأعشاب الضارة بشكل تدريجي وهذا لا يتناسب مع الزراعة المكثفة للمحاصيل الزراعية والتي تفضل القضاء على الأعشاب بسرعة وفي وقت مبكر للحد من الضرر الذي يمكن أن تسببه هذه الأعشاب للمحصول.

مميزات العدو الحيوي للأعشاب الضارة:

التخصصية

التأقلم مع البيئة الجديدة

طبيعة التغذية

سهولة التربية والإنتاج

1- التخصصية:

يجب أن يكون متخصص بحيث لا يصيب أي محصول أو عشب آخر

مثال: الحلزون: *Marsia sp.* عدو حيوي فعال جداً على العديد من أنواع الأعشاب المائية

ولكنه يصيب بادرات الرز أيضاً ولذا لا يمكن استعماله

(يمكن استعماله في حالات خاصة ويكافح بعدها الحلزون)

مثال: حشرة *Teleonemia scrupulosa* تتغذى بشدة على نبات كلثوم *Lanatina camara*

ولكن وجد أنها تتغذى على أشجار التيك (خشب الساج) *Teak* والسمسم.

2- التأقلم مع البيئة الجديدة:

التأقلم مع البيئة بهدف الاستمرارية ولا يكون هناك حاجة لإعادة إطلاقه

من جديد مع بداية كل موسم. كذلك أن يكون قادر على تحمل فترة من الجوع في حال غياب النباتات العائل،

مثال: أسماك الكارب لا تتحمل الجوع.

3- طبيعة التغذية:

أهم الأعداء الحيوية هي تلك التي تهاجم الأزهار أو الثمار، تحفر الساق أو الجذور.

في بعض الحالات تلعب معربات الأوراق دور هام في مكافحة.

4- سهولة التربية و الإنتاج: صفة مهمة جداً في الحشرات، الممرضات، الحلزون و النباتات

المنافسة و لكنها قد تكون سيئة في حال الأسماك.

شروط مكافحة الحيوية للأعشاب الضارة:

أن يتناسب العشب مع طريقة مكافحة الحيوية:

هل العشب دخیل أم أصیل فی المنطقة

هل یوجد محاصیل قریبة من العشب وراثياً

هل یستطیع العدو الحیوی إكمال دورة حیاته على هذا العشب فی هذه المنطقة

عدة أنواع من الأعشاب

طبیعة مكان تواجد العشب: حقل، بستان، مرعى، غابة

ما هی ضرورة مكافحة العشب وسرعة المكافحة المطلوبة: محصول خضري سريع النمو

غابة الخ

مشاكل مكافحة الحيوية للأعشاب الضارة:

1- تضارب المصالح:

2- تواجد عدة أنواع من الأعشاب فی نفس المكان

البحث عن الأعداء الحیویة

أی كائن یؤدي إلى القضاء على عشب ما یمكن استخدامه فی المكافحة الحیویة للأعشاب الضارة، وهذا یطلب البحث فی كل المجالات عن أی كائن حی یتغذى على العشب ودراسته.

الملاحظات البیئية:

التعرف على الشروط المثلى لنمو العدو الحیوی فی بیئته الجديدة مثال: العدو الحیوی

Chrysolina hyperici على عشب *Hypericum* یتناسب مع المناطق الرطبة

بينما النوع *C. quadrigemina* مناسب للمناطق شبه الجافة

و الفراشة *Anaitis plagiata* للمناطق شديدة الجفاف.

حشرة *Teleonemia scrupulosa* تتغذى بشدة على نبات كلثوم *Lanatha camara*

في الصيف و لكن يستعيد النبات أوراقه خلال الشتاء.

بينما يقوم العدو الحيوي *Tyria jacobaeae* بتعرية العشب *Senecio jacobaeae* قبل

الشتاء بشهرين وذلك لا يسمح للنبات بتشكيل مجموع جذري جيد لمقاومة الصقيع.

لذلك نحتاج إلى دراسة دورة حياة النوع العشبي لمعرفة الطور الحساس ومهاجمته.

يفضل مهاجمة الأعشاب المعمرة عندما يكون مستوى المواد المدخنة أقل ما يمكن.

4- تحديد التخصصية:

لا يمكن إدخال عدو حيوي بدون دراسة مدى تخصصية هذا النوع وعدم مهاجمته للأنواع النباتية الأخرى في المنطقة.

لمعرفة الأنواع النباتية التي يمكن أن يهاجمها العدو الحيوي ندرس مورفولوجيا و فيزيولوجيا العدو

الحيوي (معرفة أجزاء الفم، آلة وضع البيض الخ)

معرفة الأنواع النباتية التي تصاب من قبل نفس فصيلة العدو الحيوي أم أن هذه الفصيلة وحيدة العائل.

هناك طريقتان لاختبار التخصصية:

1- الطريقة العامة:

اختبار العدو الحيوي على كل الأنواع النباتية الموجودة في المنطقة:

في حال عدم معرفة أي شيء عن هذا العدو الحيوي.

2- الطريقة المتخصصة: اختبار العدو الحيوي على عدد محدود من المحاصيل: في حال توافر معلومات كافية.

يتم الاختبار غالباً في المخبر ويمكن أن يتم في الحقل ضمن أقفاص محكمة.

قد يصيب عدو حيوي نبات ما خلال الاختبار ولكن لا يصيبه ولا يمكن أن يصيبه أبداً في الحقل

و لكن للأسف يستبعد.

يمكن التعرف على العوائل النباتية عن طريق المفرزات الكيميائية للعائل.

بعد الإطلاق:

- التأكد من عدم وجود مفترسات أو طفيليات لهذا العدو في المنطقة ومراعاة وقت إطلاق الأعداء الحيوية.
- مراعاة استخدام مبيدات الحشرات أو الأعشاب
- تقييم عملية مكافحة يفضل التقاط صور قبل وبعد المكافحة.

المكافحة باستخدام الحشرات

الحشرات مرغوبة جداً بسبب:

صغر الحجم

سهولة التربية

التخصصية العالية

الأعشاب الأرضية

- الصبار *Opuntia* spp. Cactaceae

أولى حالات النجاح في مكافحة الحيوية للأعشاب عام 1795 عندما أدخلت الحشرة القشرية القرمزية *Dactylopius ceylonicus* من البرازيل إلى الهند لإنتاج صبغة الكوشينيل وهربت من المخبر لتقضي و بشكل كامل على الصبار *O. vulgaris*

و بعدها ادخل النوع *D. opuntiae* لمكافحة الصبار *O. dillenii* في عام 1926 من سريلانكا وأدى إلى مكافحة مذهلة للنوعين

O. elatior, O. dillenii

ادخل النوع *D. cactarum* لمكافحة الصبار *O. stricta* و النوع *O. inermis*

نبات أم كلثوم: *Lanata camara* أول نبات يكافح بنجاح في هاوي باستخدام الفراشة: *Crocidosoma lantana* التي تتغذى على الأزهار و البذور

Hypena jussalis تعرية النبات بالكامل

في الهند البق *Teleonemia scrupulosa*

(أيضاً هرب من المخابر و ينتشر بكل مكان)

- تمت مكافحة عشب *Hypericum perforatum* على مساحة 2 مليون هكتار في

كاليفورنيا

تدني الإصابة إلى أقل من 1% إصابة

و أزيل من لائحة الأنواع الغازية والأعشاب بسبب استخدام الخنفساء

Chrysolina hyperici,

C. quadrigenina

الأعداء الحيوية المتخصصة

السعد الشرقي <i>Cyperus</i> spp.	الفراشة <i>Bactra</i> spp.
	السوسة <i>Athysapeuta cyperi</i>
<i>Senecio jacobaea</i>	الفراشة <i>Tyria jacobaeae</i>
الهالوك <i>Orobanch</i>	الذبابة <i>Phytomyza orobanchiae</i>

الأعشاب المائية

اسم العشب	العدو الحيوي
<i>Eichhornia crassipes</i> ياقوتية الماء	السوسة <i>Neochetina bruchi</i>
	السوسة <i>Neochetina eichhorneae</i>
	الأكاروس <i>Orthogalumna terebrantis</i>
<i>Salvinia molesta</i> سرخس الماء	السوسة <i>Cyrtobagous salviniae</i>
	النطاط <i>Paulinia acuminata</i>
<i>Alternanthera philoxeroides</i> عشبة التمساح	الخنفساء البرغوثية <i>Agasicles hygrophila</i>
<i>Pistia stratiotes</i> خس الماء	الفراشة <i>Namungana pectinicornis</i>

الأنواع الأخرى

البط و التركي مكافحة البقلة في الباذنجان - البندورة - الفليفلة - التبغ الخ

الوز: مكافحة *Digitaria* في حقول النعنع

مكافحة الهالوك في حقول التبغ

الحيوانات الكبيرة لمكافحة الأعشاب في بساتين الفاكهة والقهوة

أعشاب ضد أعشاب

البطاطا الحلوة ضد السعد الشرقي

المنافسة الخفية

مكافحة الأعشاب المائية باستخدام الحامل



المكافحة الميكروبية

- فطور - فطريات

- بكتريا

- فيروسات

غيرها

أهم النقاط حول استخدام المكافحة الميكروبية للأعشاب الضارة

1- الفعالية Efficacy

2- التخصصية Host specificity

3- الأمان Safety (حساسية - موت)

مصدر الميكروبات (الأعداء الحيوية)

• محلية:

• مستوردة: استيراد الميكروب من الخارج

ما هي إمكانية الاستخدام والفعالية.

* الفطريات.

توجد عدة أنواع من الفطريات التي تهاجم النبات وهي ذات تخصصية عالية في مهاجمة أنواع نباتية معينة.

Fusarium, Helminthosporium, Phragmidium, Albugo, Amerosporium,

Puccinia, Sphaerotheca, Uromyces, Ustilago. Erysiphe

هناك العديد من الأمراض الفطرية المتخصصة التي تصيب السعد مثل:

Puccinia romagnoliana و *Alternaria tenuissima*

Phytophthora cyperi

الأمراض الفطرية على الأعشاب

Fungal Diseases on weeds

Albugo candida

Host, *Capsella bursa pastoris*

Albugo candida

Host, *Sisymbrium irio*

Puccinia lagenophorae

Host: *Senecio vulgaris*

Melampsora annua

Host: *Mercuralis annua*

Melampsora helioscopia

Puccinia allii

Host: *Allium vineale*

Erysiphe convolvoli

Sphacelotheca reiliana تفحم رأسي

Host: *Sorghum halepense*

Sphacelotheca sorghi تفحم حبي مغطى

Host: *Sorghum halepense*

Puccinia malvacearum

Host, *Malva*

Puccinia romagnoliana

Host, *Cyperus rotundus*

صدأ متخصص على السعد الشرقي (Poster)

Puccinia graminis

Host, *Cynodon dactylon*

Uromyces setariae

Host, *Setaria glauca*

المفرزات النباتية

أية مفرزات لنباتات الأعشاب

تستخدم كمبيد أعشاب عام

توافق استخدام المكافحة الحيوية مع الطرق الأخرى للمكافحة

- يجب عدم الاعتماد على المبيد الحيوي فقط لمكافحة الأعشاب المرافقة لمحصول ما

وإنما استخدام المكافحة الكيميائية أو الميكانيكية مع هذا المبيد في وقت واحد حتى نتمكن

من القضاء على معظم أنواع الأعشاب الموجودة في الحقل.

- المكافحة الحيوية للأعشاب تتطلب تواجد كثافة عالية من نباتات الأعشاب خلال فترة

زمنية طويلة وتحقق الفعالية في القضاء على الأعشاب في فترة زمنية طويلة أيضاً.

- مكافحة الكيمائية تنفذ على نباتات الأعشاب في طور مبكر من النمو (بادرات فنية)

وتحقق القضاء على هذه النباتات في عدة أيام أو أسابيع.

- يزيد استخدام مبيدات الأعشاب من تقاوم الإصابة بالعامل الممرض ويساعده على النمو

و في الوقت نفسه يلحق العامل الممرض أضراراً بالبشرة والقشرة لأنسجة النبات

ويزداد بالتالي سهولة اختراق وامتصاص جزيء المبيد من قبل هذه الأنسجة.

- تتركز دراسة مكافحة الحيوية حالياً على الأنواع التالية من الأعشاب الضارة لأهميتها

الاقتصادية وتواجدها مع المحاصيل الزراعية الرئيسة في العالم بكثافة عالية جداً وفي

توزع جغرافي كبير: *Amaranthus spp* , *Chenopodium spp* ,

Orobanche spp. *Cyperus rotundus*.

و الأنواع المائية: *Eichhornia crassipes* ,

- يتوقف نجاح مكافحة نباتات نوع *Chenopodium album* باستخدام فطر

Ascochyta caulina على العوامل المناخية السائدة وبشكل خاص الرطوبة

النسبية للهواء بعد تنفيذ عملية مكافحة وطور النمو الخضري لنباتات

C. album الذي يجب أن يكون في طور أربع أوراق حقيقية أو أكثر. يمكن زيادة فعالية

الفطر باستخدام تركيز مخفض من بعض مبيدات الأعشاب.

- يتوقف نجاح مكافحة الأعشاب باستخدام فطور الصدأ على توفر ساعة طويلة من

الرطوبة أو الندى (حتى تنتش الأبواغ و تستطيع اختراق أنسجة الورقة).

من هنا تأتي أهمية توسيع الأبحاث للوصول إلى طريقة مثلى لأحداث الإصابة في بداية موسم النمو،

إما عن طريق:

1- التعديل الوراثي للفطور وغيرها من المكروبات حتى تصبح قادرة على إحداث العدوى دونما الحاجة إلى توفر الرطوبة الطويلة.

2- تعديل المكروبات هندسياً:

نقل جين من كائن إلى كائن آخر يصيب النباتات وبالتالي يصبح ذو مدى عائلي أوسع أو أشرس.

مثال: تعديل المكروب

Xanthomonas compestris pv. *campestris*

بنقل الجين *bialaphos gene* المسؤول عن إنتاج غلوتامين خاص *bialaphos* له خاصية مبيد الأعشاب وأنتج مبيد تحت أسم *Herbiace* وأصبح بالتالي المكروب السابق أكثر شراسة وأوسع مدى عائلي.

- استخدام بعض المواد المضافة مثل المرطبات ومواد التثبيت وغيرها لضمان بقاء الميكروب على سطح النبات (فيزيائياً وحيوياً).

سموم منتجة من قبل المكروبات:

• مادة الببتيد الثنائي الحلقي *Cyclic dipeptide (Maculosine)* وهي مادة تعزل من

بيئة فطر *Alternaria alternata* النامي على العشب *Centauria maculosa*

ولهذه المادة تخصصية عالية.

الببتيد *Tentoxin* ويعزل من *Alternaria alternata*

الفيروسات.

فيروس *Araujia mosaic virus* يسبب تقزم وموت الجنس *Araujia*

دمج طرق مكافحة مع بعضها

• دمج سوسة زهرة النيل *Neochetina bruchi* مع الفطر *Cercospora rodmanii*

أدى إلى مكافحة 99% حيث تسهل

تغذية الحشرات عملية دخول الفطر إلى أنسجة النبات.

• دمج عدد من الفطريات أو الأمراض السابقة مع بعضها.

• دمج فطر *Colletotrichum coccodes* مع منظم النمو thidiazuron لمكافحة

عشب (*Abutilon* spp.)

وهذا يسبب نقصان شديد في نمو العشب ضمن محصول الصويا.

Bioherbicides Mycoherbicides

خطوات التصنيع

إيجاد المكروب في الطبيعة

تصنيف واختبارات أولية

نظرية كوخ

حفظ - إكثار

بيئة مغذية وتصنيع

أبحاث متنوعة عديدة (تخصصية - فعالية - تركيز مناسب الخ)

تشكيل المبيد الحيوي

تطوير وإكمال

استخدام

إنتاج تجاري وتخزين



المكافحة الحيوية للأعشاب

لكل النباتات بما فيها الأعشاب الضارة، أعداء طبيعية. ويمكن في بعض الحالات التعامل مع هذه الأعداء لتؤثر سلباً في عائلها، وهو ما يطلق عليه المكافحة الحيوية أو البيولوجية. ومن أمثلة ذلك نقل حشرة كاكثوبلاستس كاكثورام *Cactoblastis cactorum* وهي حشرة آكلة للصبار من موطنها الأصلي في الأرجنتين إلى استراليا حيث خفضت كثافة نباتات التين الشوكي *Opuntia spp*. المنتشرة هناك إلى درجة كبيرة. كما أن خنفساء كريزولينا كوادريجيمينا *Chrysolina quadrigemina* الآكلة للأوراق والتي تم إدخالها من أوروبا إلى الولايات المتحدة عن طريق استراليا قد نجحت إلى حد كبير في مكافحة حشيشة القلب *Hypericum perforatum* السامة.

وقد لاقت الحشرات الكثير من الانتباه بغرض استخدامها في المكافحة الحيوية للأعشاب وذلك بسبب صغر حجمها ومعدل تكاثرها السريع وقدرتها العالية في التخصص على العائل. وقد نُشر الكثير عن نجاح المكافحة الحيوية للأعشاب باستخدام الحشرات (107)، ولهذا فإن الاهتمام بها يتزايد باضطراد كوسيلة حيوية للقضاء على الأعشاب.

الأعشاب والمكافحة الطبيعية

يمكن لكثير من أنواع النباتات البرية أن تنمو في معظم البيئات الطبيعية، حيث تتنافس مع النباتات الأخرى ذات الأهمية الاقتصادية للإنسان مؤثرة في إنتاجها. وفي بعض الأحيان قد تكون مصدر إزعاج للإنسان طبيعياً أو اقتصادياً "كالنباتات المنتجة لحبوب اللقاح المسببة للحساسية، وكثير من النباتات السامة". وفي أواسط السبعينيات سببت الأعشاب خسائر للزراعة في الولايات المتحدة قدرت بنحو 5 بلايين دولار سنوياً، وهذه الخسائر تزيد بكثير عن الخسائر الناجمة عن الآفات الحشرية.

ولا تتشابه مشاكل الأعشاب فيما بينها، ووفرة حشيشة معين في منطقة ما هو محصلة لتاريخ تلك المنطقة ولقدرة الحشيشة على التكاثُر في الظروف البيئية والمناخية والحيوية الموجودة بالمنطقة، فالاختلافات في نوع التربة والماء والنظام البيئي وعمليات الزراعة تؤثر كلها في تلك الوفرة.

وفي بعض الحالات يمكن التخطيط لتغيرات البيئة لتنظيم وفرة أنواع معينة من النباتات. وتعمل المكافحة الحيوية المتبعة على تخفيض وفرة نوع أو أنواع من الأعشاب بإدخال أو زيادة الأعداء الحيوية لها.

وفي حالات كثيرة ظهرت تأثيرات الأعداء الحيوية على وفرة النبات، فعلى سبيل المثال حدثت زيادة مفاجئة لحشرة أروجا وبستري *Aroga webstri* تسببت في تعرية نباتات أرتميسيا تريديناتا *Artemisia tridentata* في مساحات شاسعة في موطنها الأصلي في شمال غرب الولايات المتحدة، وخلال أعوام تسببت الحشرة في القضاء على النبات في آلاف الإيكارات من الأرض.

وهناك تأثيرات مشتركة للأعداء الحيوية منها تأثير الحشرة القشرية للجزر أورثيزيا *Orthezia annae* مع حشرة يوميسيا إيداهونسيس *Eumysia idahoensis* والذي أدى إلى القضاء على نبات أتريبلكس كونفرتيفوليا *Atriplex confertifolia* في وسط إيداهو بالولايات المتحدة.

وفي معظم الحالات التي تم فيها إدخال أنواع حشرية معينة للقضاء على حشيشة سائدة - خلال برنامج معين - حدث بالفعل خفض وتأثير كبيرين على الأعشاب المراد مكافحتها على الرغم من عدم الحصول على نتائج ناجحة بمجرد الإدخال.

إعداد برنامج المكافحة الحيوية

يختلف حد الضرر الاقتصادي للحشيشة باختلاف نوعها وباختلاف المحصول الذي تتنافس معه وبالعوامل عديدة أخرى، ولمواجهة هذه العوامل فإنه يلزم تنظيم طرق للمكافحة موجهة نحو الهدف. وتعتبر المكافحة الحيوية إحدى وسائل المكافحة المفضلة

عن غيرها ضد مشاكل بعض أنواع الأعشاب، وهي تعتمد على تيسير عوامل مكافحة الحيوية المتخصصة على العائل، كما تعتمد على سهولة ودرجة الأمان المتاحة عند التعامل معها. ومن كثير من الطرق المختلفة التي يمكن اتباعها في إعداد برنامج مكافحة الحيوية تلقى إدخال الأعداء الحيوية معظم الاهتمام.

وتتوقف طريقة إدخال الأعداء الحيوية على وفرة الكائنات التي يمكنها خفض كثافة الحشيشة دون سواها من النباتات الأخرى. ويتقدم العمل عموماً طبقاً لنظام معين، وفيما يلي خطوات إحدى النظم العلمية المقبولة :

- . تقدير ملائمة الحشيشة للمكافحة الحيوية.
- . إجراء حصر للأعداء الحيوية للحشيشة.
- . دراسة وتقييم بيئة الأعداء الحيوية المختلفة.
- . دراسات التخصص على العائل للكائنات التي تم التأكد من أمان إدخالها للمنطقة.
- . الإدخال وإقامة مجتمع الكائن.
- . دراسات التقييم.

أ- مدى ملائمة الحشيشة للمكافحة الحيوية - النبات والمشكلة

يوجد اعتبارين هامين فيما إذا كان نوع الحشيشة ملائماً للمكافحة الحيوية وهما النبات والمشكلة ذاتها، وهل نوع النبات مستوطن native species أو تم إدخاله introduced، وهل له أنواع قريبة relatives ذات أهمية اقتصادية لاحتمالات وجود أعداء حيوية مناسبة. وهل هذه الأعداء يمكن أن تقدم عوناً معتمداً على المشكلة، وذلك فيما يتعلق بعدد أنواع الأعشاب ونوع ومدى ثبات الموطن ودرجة الاستعجال في المكافحة.

وكلما زادت درجة القرابة لنباتات ذات أهمية اقتصادية أو بيئية كان من الصعب عموماً العثور على أعداء حيوية متخصصة على العائل "العشبة" لا تهاجم نباتات نافعة. فالعمل الذي أجرى على مكافحة الحيوية لنبات حشيشة الشوك thistle في شمال أمريكا قد أعيق بوجود نبات الخرشوف المنزرع ونبات القرطم المنتمي لنفس

العائلة "المركبة". كما أن استخدام مكافحة الحيوية ضد الأعشاب النجيلية لم تصل إلى درجة من النجاح بسبب القرب الوثيق بمحاصيل الحبوب.

وبالرغم من الأمثلة العديدة للمكافحة الناجحة للأعشاب المتوطنة بحشرات مدخلة فإن احتمالات العثور على أعداء حيوية قادرة على مكافحة حشائش مدخلة مع القليل من الاحتياطات والانتباه قوية بالمقارنة بحالة أنواع الأعشاب المتوطنة.

واستخدام المسببات المرضية للنبات *plant pathogens* وإمكانية العثور على أو استنباط سلالات أكثر فاعلية من المسببات الموجودة قد يحسن من المكافحة الحيوية للأعشاب المتوطنة. ويعضد ذلك ما حدث عند مكافحة حشيشة [البقة العقدية jointvetch](#) برشها بالمسبب المرضي الفطري المستوطن كوليكتوتريكوم جليوسبورويديس *Collectotrichum gloeosporioides* والذي سيذكر عنه في الفصل التالي. وقد حصل على الأعداء الحيوية للأعشاب المتوطنة من مناطق أخرى تعيش فيها الحشيشة ومن الأنواع النباتية القريبة لها.

وهناك نقطة أخرى تمثل دوماً عقبة في استخدام كائنات المكافحة الحيوية وهي تضارب الاهتمام، فبعض الأعشاب الهامة قد يكون لها فائدة في بعض الفصول والمناطق. فمثلاً حشيشة الفرس *Sorghum halepense* تعتبر حشيشة ضارة في معظم الولايات الأمريكية ولكن لأوراقها بعض الأهمية في عدد قليل من الولايات. كما أن النبات تماريكس بنتاندرا *Tamarix pentandra* يكون تجمعات كثيفة على المسطحات المائية في المناطق الشمالية لأريزونا ونيومكسيكو وبعض أجزاء من تكساس حيث يعوق المياه مسبباً للفيضانات خلال موسم المطر كما يسبب فقداً كبيراً للماء بالنتح في الأوقات الأخرى من العام. وعلى رغم ذلك فإن هذا النبات يعمل كمناطق أعشاش لنوع من الحمام الأبيض ذو أهمية كطائر صيد في المنطقة كما أنه يمثل مصدراً هاماً للرحيق.

ونظراً لأنه من الصعوبة بمكان في أغلب الأحوال الحد من توزيع الكائنات المتغذية على الحشيشة بمجرد إدخالها للمنطقة، فإن قيمة الحشيشة وأهميتها البيئية يجب أن يقدرها بعناية مقارنة بقدرة الحشيشة على إحداث خسائر.

ومما يساعد على حل هذا التضارب في الاهتمامات فإنه يجب تذكر أن مكافحة الحيوية - بخلاف مكافحة الكيميائية والميكانيكية - تسبب خفصاً تدريجياً في أعداد الحشيشة ونادراً ما يحدث استئصال في مساحات شاسعة. ولهذا، فإذا أمكن الوصول إلى مستوى منخفض لكثافة الحشيشة كجزء من مجتمع نباتي أكثر تنوعاً فإن التضارب في الاهتمام قد يحل. ويمكن تحديد مشكلة الأعشاب بعدد الأنواع النباتية الموجودة ونوع ودرجة ثبات البيئة ومستوى وتوقيت مكافحة لجعل الخسائر أقل ما يمكن.

وتعتبر الكائنات المتغذية على الحشيشة، المتخصصة على العائل، مفيدة في مكافحة الأنواع النباتية غير المرغوبة شديدة القرابة بالحشيشة. وحينما تشتمل المشكلة على نوعين أو أكثر من الأنواع النباتية أحدهما أو بعضهم غير عائل لتلك الكائنات، فإن الأنواع غير العائلة من الأعشاب سوف تنمو بكامل قوتها بل قد تزداد في وفرتها وقد يتطلب الأمر استخدام وسائل أخرى لمكافحتها أحدها هو إدخال أعداء حيوية إضافية. ففي بعض المناطق سبب نوع الخنافس أجاسيكلس هيجروفيللا *Agasicles hygrophila* خفصاً كبيراً لكثافة حشيشة التمساح *Alternanthera philoxeroides* وفي نفس الوقت حدثت زيادة في كثافة حشيشة ياسنت الماء *Eichhornia crassipes*. وقد تركزت معظم جهود مكافحة الحيوية على الأعشاب الأرضية *terrestrial weeds*، وقد يرجع هذا إلى الشعور بوجود أعداء أقل من الحشرات المتخصصة على العائل في حالة الأعشاب المائية *aquatic weeds* عنها في حالة النباتات الأرضية. وقد تكون هذه حقيقة في حالة النباتات المغمورة مثل الحرنبل الألفي *Myriophyllum spicatum*، لكن توجد أنواع حشرية كثيرة نسبياً على حشيشة التمساح مثلاً وهي نبات منبثق *emersed plant* وحشيشة ياسنت الماء وهي نبات طاف *floating plant*.

هذا وما زالت قيمة استخدام مكافحة الحيوية موضع شك في المناطق التي تتغير بدرجة عالية "مثل المناطق المنزرعة بالمحاصيل" خاصة عند استخدام طريقة التلقيح "بمعنى إطلاق الأعداء الحيوية وتركها لكي تزيد من تلقاء نفسها إلى المستوى الفعال". كما أنه إذا كانت دورة حياة العدو الحيوى طويلة فإن فرصة إعاقة تطوره عالية. وعلى رغم ذلك، فإن مكافحة الحشيشة الحولية إيمكس سباينوزا *Emex spinosa* في هاواي

وكذلك حشيشة الحسك *Tribulus terrestris* في هاواي ومناطق من كاليفورنيا وأريزونا قد ظهر منها أن المكافحة الحيوية في المناطق المتغيرة أو المثارة disturbed areas وكذلك التأثير على الأعشاب في المناطق قليلة التغير "مثل جوانب الطرق وخطوط الأسوار" قد يسببان أيضاً تأثيراً إيجابياً في المناطق المتغيرة المجاورة. وفي مناطق المحاصيل تعتبر المكافحة الفاعلة والسريعة للأعشاب مطلوبة إذا كان من الممكن تجنب حدوث خسائر. وعلى رغم أن الحشرات المتغذية على الأعشاب قد سببت مكافحة فاعلة في بعض الحالات، فإنه قد يتطلب الأمر عاماً كاملاً على الأقل في أفضل الظروف للوصول للمكافحة المرجوة. وفي معظم الحالات مضى ثلاثة إلى عشرة أعوام قبل حدوث خفض للأعشاب تحت المستوى الاقتصادي الهام.

ب - البحث عن الأعداء الحيوية

قد يستخدم أي كائن يقلل من نمو النبات أو تكاثره كعامل في مكافحة الأعشاب حيوياً. وقد تشمل هذه الأعداء - بخلاف الحشرات - كائنات دقيقة طفيلية مثل الفطريات والبكتيريا والفيروسات، لهذا يجب أن يشمل البحث عن الأعداء الحيوية الكائنات المصاحبة للنبات المستهدف target plant.

وقد استخدمت كائنات بخلاف الحشرات في مكافحة الأعشاب، ولو أن استخدامها كان بدرجة قليلة. وفي حالة ممرضات النبات كانت العقبة الأساسية هي صعوبة معرفة النوع النباتي بالتحديد، كما أن ضررها أقل وضوحاً عن الضرر المسبب بالحشرات إلى جانب إنها عادة ما تهاجم أطوراً من النبات أشد صعوبة في الفحص أو تتواجد فقط في وقت قصير من العام كالبادرات.

وعلى رغم ذلك فقد ازداد استخدام ممرضات النبات خاصة في حالة عدم توافر فاعلية كافية للأنواع الحشرية على حشيشة معينة أو عدم توافر التخصص على العائل لاستخدامها في المكافحة الحيوية. وقد حدث ذلك في حالة نبات الهندباء البرى *Chondrilla juncea* في غرب البحر المتوسط حيث كان الفطر المسبب للصدأ *Puccinia chondrilliana* أشد فاعلية في خفض كثافة النبات عن الحشرات

المتواجدة. ونظراً لتخصص هذا الفطر على هذا النبات فقد تم إدخاله إلى استراليا حيث انتشر سريعاً وسبب خفصاً كبيراً لهذا النوع النباتي الموجود منذ زمن بعيد. وقد كانت هناك محاولات لاستخدام الفيروسات أيضاً لمكافحة الطحالب المزدهرة في برك الصرف الصحي في بعض المناطق. ويستخدم حَلَم النبات plant mites acarians “بدرجة أقل في مكافحة الحيوية رغم التشابه الكبير بينه وبين الحشرات في التركيب العام ونوع الضرر المسبب. ومثال استخدام الحَلَم في مكافحة الأعشاب هو إدخال حَلَم أسيريا كوندريللا *Aceria chondrillae* إلى استراليا ضد نبات الهندباء البرى.

وفي الوقت المطلوب فيه مكافحة نوع معين من الأعشاب فإن التخصص على العائل يعد هاماً للغاية لحماية النباتات الأخرى المحيطة من الضرر. وحينما يكون المطلوب مكافحة عدة أنواع من الأعشاب في منطقة واحدة فإن القليل من التخصص على العائل مطلوب طالما كان من الممكن التحكم في انتشارها لتظل النباتات المفيدة غير مضرورة. وهذا هو الحال في حالة النباتات المائية حيث يسمح الوضع باستخدام عدد كبير من الكائنات ضد هذه النباتات.

ويستخدم حالياً بعض أنواع الأسماك كالشَّبوط العشبي (المبروك) *Ctenopharyngodon idella* لمكافحة الأعشاب المائية في عديد من دول العالم منها الولايات المتحدة واستراليا ومصر كوسيلة فاعلة في مكافحة تلك الأعشاب والحصول في نفس الوقت على عائد اقتصادي مفيد من الأسماك (39، 41، 143).

ج - ملاحظات أيكولوجية

ليست الملاحظات على بيئة الكائنات المتغذية على الأعشاب هامة فقط لتعميق الفهم عن التخصص على العائل بل أيضاً للتأكيد على اختيار الكائنات التي لها قدرة عالية في مكافحة.

وللتخصص على العائل دراسات تقييم مسبقة على فاعلية عوامل مكافحة الحيوية المرشحة. ولهذا السبب فكثير من الحشرات المتخصصة على العائل قد يتم إدخالها ولكن القليل فقط هو الذي يثبت فائدته. وعلى سبيل المثال فقد تم استيراد 51 نوعاً من الحشرات التي تتغذى على الصبار إلى استراليا ضد نبات [التين الشوكي](#) ولم يثبت كفاءة وقيمة من هذه الحشرات سوى خمس فقط. ونظراً لأن كل حشرة يتم إطلاقها تتطلب جهوداً وتكاليفاً من الوقت والمال فمن المفيد اختيار الكائنات الأعلى كفاءة في المكافحة.

هذا ويجب أن تتحمل أو تتأقلم الحشرات المدخلة مع الظروف البيئية في المنطقة المراد استخدامها فيها إذا ما تكاثرت ووصلت إلى مستويات المكافحة. ويؤخذ هذا عموماً في الاعتبار خلال الدراسات الأولية إذا ما بُدِل جهد لاختيار الأعداء الحيوية من المناطق المشابهة بيئياً للمنطقة التي تحتوي الأعشاب الممثلة للمشكلة.

وبمجرد إدخال كائنات المكافحة الحيوية وإقامة مجتمعها في منطقة جديدة فقد تتأقلم بصورة أفضل في بيئتها الجديدة وقد تمتد تدريجياً وتحسن من مكافحتها للحشيشة. فقد ظهر تأقلم حشرة كرايزولينا كوادريجيمينا *Chrysolina quadrigemina* مع الظروف المناخية لكولومبيا البريطانية وأعطت مكافحة متحسنة [لحشيشة القلب](#) [Hypericum](#).

ومن الأمور بالغة الأهمية تزامن الضرر *synchronization of damage* المسبب بالأعداء الحيوية لدورة تطور النبات وظروف معينة أو عوامل محددة تحتها يتطور النبات. فتساقط أوراق نبات حشيشة القلب في الخريف والشتاء بسبب يرقات كرايزولينا كوادريجيمينا يسبب موت النبات خلال موسم الصيف الجاف في كاليفورنيا، نظراً لأن النباتات التي تتساقط أوراقها ليس لديها وقتاً كافياً لإنتاج كمية كافية من المجموع الجذري قبل جفاف الصيف.

أما حشرة التيليونيميا سكرابيولوسا *Teleonemia scrupulosa* فتسبب تساقط أوراق نبات [اللاتانا](#) *Lantana* خلال الصيف في هاواي، ولكن النبات يمكنه استرداد قوته خلال الوقت الباقي من السنة. إلا أنه حينما تم مد فترة تساقط الأوراق بإدخال

عدة حشرات من رتبة حرشفية الأجنحة التي تتغذى على النبات خلال الشهور الباردة فإن كثيراً من هذه النباتات تم القضاء عليها في المناطق الأقل مطراً.

ومن الأمثلة الأخرى لعدم إمكانية الحشيشة تعويض الضرر المسبب بهجوم جيد التزامن هو تساقط أوراق نبات سينسيو يعقوب *Senecio jacobaea* بحشرة تيريا جاكوبيا *Tyria jacobaeae* في نوفا سكوتيا نحو شهرين قبل الصقيع بما لا يسمح للنباتات بأن تخزن احتياطياً كافياً بالجذور قبل حلول الشتاء مما يتسبب في موتها.

وقد تدل الملاحظات على دورة حياة النبات، على نوع ووقت الهجوم الذي يكون عنده النبات قابلاً للتأثر بهذا الهجوم. فمستوى المخزون من الكربوهيدرات في أعضاء التخزين في الأعشاب المعمرة هو المؤشر لرشات المعاملة بمبيدات الأعشاب. ويحصل عموماً على مكافحة أفضل عندما تكون المعاملة بالمبيد موقوتة بمستويات منخفضة من الكربوهيدرات المخزون. وقد استنتج أن عوامل المكافحة الحيوية المختارة لمهاجمة الحشيشة في وقت انخفاض مخزون الكربوهيدرات تعتبر مفضلة، ولكن أشير إلى أن هذه الفترة تختلف من نبات لآخر وحذر من أن التوقيت غير الدقيق للهجوم قد يسبب تنبيهاً للحشيشة. ويعد تساقط أوراق حشيشة التمساح بواسطة أجاسيليس هيجروفيل *Agasicles hygrophila* في الوقت الذي كان فيه مخزون الكربوهيدرات في النباتات في أقل مستوى "مارس - يونيو" من عوامل النجاح في مكافحة هذا النبات في إحدى مناطق فلوريدا التي تم فيها الإطلاق.

هذا وعلى رغم إتقان الملاحظات البيئية على النبات وأعداءه الحيوية فإنه ما زال صعباً التنبؤ بأي العناصر المستخدمة أعلى كفاءة في المكافحة. وقد اقترح لذلك حل ممكن وذلك بإعطاء نقاط تشمل 12 صفة لمقارنة فاعلية العناصر قبل البدء في اختبارات التخصص على العائل "مثلاً نوع الضرر الموجه وإنتاجية الحشرة وعدد الأجيال وعوامل الموت".

٤ - تقدير التخصص على العائل

يعتبر استخدام وسائل المكافحة الحيوية - المتوطنة indigenous أو المجلوبة exotic - عملياً إذا ما كانت هناك ثقة بعدم إضرارها بالنباتات النافعة. ولهذا

فإن الإثبات المستخدم لتقدير التخصص على العائل لعدو ما ودرجة الاعتماد التي يمكن وضعها عليه تعد ذات أهمية قصوى. ومعظم الإثبات يأتي طبيعياً من الاختبارات العملية. ولكن يجب الأخذ في الاعتبار أن قدرة الطفيل على أخذ غذاءه من نبات ما ليست سوى إحدى الضروريات لحياته، فيجب أن يكون أيضاً قادراً على أن يجد النبات وأن يتم دورة حياته في البيئة المحيطة. لهذا فإن الفحص الكامل للتخصص على العائل - والذي لا يعتبر دائماً ضرورياً - يوجه ناحية العنصر المستخدم. وفيما يلي ملخصاً لخطوات تعد ضرورية في دراسات التخصص على العائل للحشرات المتغذية على الأعشاب، وهذه الخطوات تحتاج إلى تعديلات عند التعامل مع المسببات المرضية أو غير الحشرية.

1- دراسة البيولوجي والتأقلم على العائل

المطلب الأول هو معرفة بيولوجي الحشرة مع التركيز على التأقلمات المورفولوجية والفسولوجية والسلوكية، وتلك المحددة للمدى من النباتات التي تتخصص عليها "فمثلاً طول آلة وضع البيض في كثير من الحشرات التي تبيض في رعوس الأزهار يحدد حجم الرعوس وبالتالي نوع النبات القابل للهجوم، كما أن التفاعل المعقد بين سلوك الحشرات المسببة للقروح النباتية والاستجابات الفسيولوجية المعينة للنبات تحدد ملائمة العائل". هذه الدراسات تدعم طبيعياً بحصر دراسي وحقلي واسع لتقدير المدى النباتي الحقيقي للعائل. وبالطبع فإن أفضل البراهين هو أن تكون الحشرة قد سبق استخدامها في المكافحة الحيوية وأثبتت أنها مأمونة، ولكن قد يحتاج الأمر إلى اختبارات إضافية إذا كان المجتمع النباتي متنوعاً في البيئة الجديدة.

2- النباتات المهاجمة بالحشرات الغريبة

يمكن الوصول إلى درجة عالية من الاعتماد للتخصص على العائل لحشرة ما إذا كانت تنتمي إلى مجموعة تقسيمية "genus, subgenus" يقتصر غذائها على مجموعة نباتية واحدة، وهذا يدل على أن الحشرة متخصصة على تلك المجموعة النباتية. ومن ثم فخلال فترة زمنية طويلة وعادة في مساحة جغرافية واسعة لم تستخدم

الحشرة أي نبات آخر. وفي هذا الصدد فإن النباتات العائلة من الأنواع النباتية الغربية تعتبر ذات أهمية خاصة.

3- اختبارات التخصص على العائل

توجد استراتيجيتان أساسيتان للاختبار هما تحديد النباتات التي لا يمكن استخدامها وتحديد المدى من النباتات التي يمكن استخدامها. وقد تستخدم طريقة واحدة من هاتين الطريقتين، ولكن معظم الباحثين يستخدم الاثنتين. ويُرَكَّز على الطريقة الأولى إذا كانت الحشرة من منطقة لا يعرف عنها إلا القليل فيما يختص بالتقسيم والمدى من العوامل أو عن الآفات لمحاصيل معينة. ولكن الطريقة الثانية مفضلة إذا ما كان هناك وفرة في المعلومات. وتجرى الاختبارات عادة في المعمل وقد تستعمل الأقفاص الحقلية field cages.

ويسمح التركيز على الطريقة الأولى بالتعرف على عدم إضرار الحشرة بنباتات محاصيل هامة، وهذا أمر ضروري بالذات لاختبار النباتات الاقتصادية التي قد تنمو مع الحشيشة المراد مكافحتها. وتلك الأنواع التي لم تتعرض أو تعرضت بدرجة بسيطة للحشرة من قبل ليس من المحتمل أن تحتوي على المنبه الذي يمكنه جذب الحشرة "إلا إذا كانت قريبة للعائل" ولكن قد ينقصها المثبطات المانعة لهجوم الحشرة، وهذا لا يجعلها حساسة لانتقال الحشرة إليها والذي يمكن أن يحدث بعد إضرار أو اختفاء الحشيشة مباشرة، وقد يحدث ضرر مؤقت للمحصول تحت هذه الظروف. ويعيب الطريقة الأولى أن النتائج قد لا تقود إلى الطريق السليم إذا ربيت الحشرات في أقفاص صغيرة أو تمت التغذية تحت ظروف إجبارية، حيث عادة ما تأكل الحشرة في مثل هذه الأحوال لتحافظ على حياتها ولكن في الطبيعة لا تتم التغذية. وتتميز الطريقة الثانية أنه إذا أمكن تحديد مدى العائل للعنصر المستخدم، فإن بقية النباتات الأخرى تعد منيعة، وتختار نباتات الاختبار على أساس الخطر المتوقع في الهجوم عليها.

4- تحليل التخصص على العائل النباتي

اختبار التخصص على العائل للحشرات التي تتغذى على أنواع قليلة من النباتات stenophagous يقدر أولاً باستخدام مواد نباتية ثانوية بالإضافة إلى المظاهر المرئية وباللمس. وتعتبر هذه التقديرات معقولة لمعرفة التخصص على العائل ولإيضاح العوائل غير القريبة تقسيمياً، إلا أن فحص علامات تعرف الحشرة على عائلها تعتبر صعبة لأن معظم الحشرات تتطلب عوامل عديدة لتكون جاهزة لقبولها للنبات تلقائياً.

هـ - الإطلاق وترسيخ المجتمع

على الرغم من التخطيط الحاذق في اختبار العناصر المرشحة لمكافحة الحشيشة، فإن ترسيخ مجتمعاتها قد يبيء بالفشل في المناطق المراد مكافحة حشائشها. فالطفيليات والمفترسات المتوطنة في مناطق الإطلاق قد تهاجم عوامل مكافحة "الحشرات الليلية nocturnal المطلقة خلال النهار قد تكون عرضه للافتراس بالذات"، كما أن الكائنات الممرضة التي قد تجلب مع الحشرات المتغذية على الحشيشة قد تسبب فشلاً في ترسيخ المجتمع الحشري. والإبادة الشاملة للنباتات في مناطق الإطلاق باستخدام مبيدات الأعشاب أو حيوانات الرعي أو بتأثير الفيضانات تمنع أيضاً ترسيخ المجتمع، كما أن الاختلاف في عوامل البيئة العديدة "مثل النباتات المنافسة وظروف التربة والمناخ" بين منطقة الإطلاق ومصدر عنصر مكافحة قد يؤخر أو يبطل فعل المكافحة.

و- دراسات التقييم

لا تعتبر دراسات التقييم ضرورية لنجاح مشروع مكافحة الحيوية قدر إفادتها في العمل على نجاح المشاريع المستقبلية. وبصفة مثالية فإنه يجب تقدير المجتمع الطبيعي للأعداء الطبيعية وربطه بالضرر المسبب على العائل النباتي. وقد يتراوح تأثير كائنات المكافحة ما بين إبادة كبيرة وسريعة للنوع النباتي إلى تقليل بسيط لدرجة تنافس النبات المستهدف مع النباتات الأخرى في المجتمع النباتي. وفي الأمثلة الأخيرة يتطلب الأمر إجراء دراسات على درجة إنتاجية النباتات المصابة وغير المصابة، كما أن التصوير قبل وبعد إجراء المشروع يعد مفيداً ويزود بتسجيل لدرجة نجاح المشروع.

تطبيقات مكافحة الحيوية

أثبتت الكائنات المجلوبة إلى منطقة لم يكن موجوداً بها من قبل أنها مفيدة عند غياب الأعداء الطبيعية الفاعلة. وعند وجود هذه الأعداء فإن إمكانية حفظ أو زيادة فاعليتها أمر يجب ألا يغفل عنه.

وقد ثبت أن حشرة داكلوبينس *Dactylopin* sp. لم تكن فاعلة في مكافحة التين الشوكي المنتشر بصورة وبائية كحشيشة ضارة في بعض المناطق بجنوب أفريقيا نتيجة لافتراس خنافس أبو العيد "Coccinellides" لتلك الحشرة. إلا أن المعاملة بجرعة منخفضة من مبيد D.D.T. "2 أوقية لكل إيكرو" على نباتات التين الشوكي مباشرة سببت خفضاً لأعداد المفترسات بدرجة كافية تم الحفاظ معها على الحشرة مما سمح لها بالقضاء على النباتات.

هذا ويوجد ما يربو عن 75 نوعاً من النباتات الخشبية أمكن إخضاعها للمكافحة الحيوية. والعدد الفعلي للمشاريع أكثر من هذا العدد نظراً لأنه بمجرد أن يثبت عامل مكافحة الحيوية نجاحه في منطقة ما فإنه غالباً ما ينقل إلى مناطق أخرى لمكافحة نفس النوع النباتي أو النباتات شديدة القرابة. ولهذا فإن محاولات مكافحة التين الشوكي *Opuntia spp.* حيويًا قد تمت في عشر مناطق مختلفة على الأقل في العالم، واللاتانا *Lantana* في إحدى عشرة منطقة، وحشيشة القلب *Hypericum* في ست مناطق، والسينسيو يعقوب *Senecio jacobaea* في أربع مناطق. ويبدو الآن أن الحشرات قد أظهرت مكافحة ممتازة لبعض الأعشاب صعبة المكافحة.

أ - الأعشاب المعمرة

1- التين الشوكي. Prickly pear Cacti Opuntia spp.

توجد أنواع مختلفة من التين الشوكي كنباتات ضارة في مدى ومناطق منزرعة بالمحاصيل من العالم زاحمة بذلك النباتات الورقية الأكثر فائدة. وقد أظهر خفض أنواع أوبانشيا إنيرميس *Opuntia inermis* وأوبانشيا ستريكا *O. strica* من 60 مليون من الإيكترات إلى جزء بسيط من هذه المساحة بواسطة الفراشة الأرجنتينية

كاكتوبلاستيس كاكثورام *Cactoblastis cactorum*، قيمة الطريقة الحيوية لمكافحة النباتات الضارة.

2- حشيشة القلب *Hypericum perforatum* Klamath weed

هذا النبات الأوروبي الموطن انتشر خلال كثير من المناطق الحارة في العالم ولكنه جذب الانتباه كأفة نباتية رئيسية في استراليا وشمال غرب أمريكا الشمالية وكندا حيث أجريت محاولات لمكافحته بالحشرات. وبعد حصر الحشرات المصاحبة لهذا النبات الضار في إنجلترا وجنوب فرنسا بواسطة العلماء الاستراليين تم إدخال ثمانية أنواع إلى استراليا، وقد تم الوصول إلى بعض المكافحة بنوعين من الخنافس هما كرايزولينا كوادريجيمينا *Chrysolina quadrigemina* وكرايزولينا هيبيريس *C. hyperici*. وقد أدخل علماء الحشرات الأمريكيون هذه الخنافس إلى الولايات المتحدة وصاحب هذا نجاحاً ملحوظاً "أكثر من 2 مليون إيكار من الأراضي الموبوءة بالنبات انخفضت إلى أقل من 1% من هذه المساحة".

وفي كندا قضت خنافس الكرايزولينا على هذا النبات في كولومبيا البريطانية فخفضت النبات بنسبة 98% من كثافته الأولية. وتمت محاولات للمكافحة في نيوزيلاندا وجنوب أفريقيا وغيرها وقد حالفها بعض النجاح.

3- اللانتانا *Lantana camara* Lantana

اللانتانا وموطنها الأصلي المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية في أمريكا الجنوبية والوسطى - أوبأت 443 ألف إيكار من الأرض في هاواي عام 1962م. وقد تم إدخال حشرة تيليونيما سكريولوسا *Teleonemia scrupulosa* من المكسيك إلى الولايات المتحدة في عام 1902م وخفضت من انتشار هذا النبات. وفي الخمسينات تم الحصول على مكافحة أفضل في المناطق الأكثر جفافاً بإدخال ثلاث حشرات من رتبة حرشفية الأجنحة المتغذية على الأوراق وهي : كاتابينا إيسولا *Catabena esula* وهيبيينا ستريجاتا *Hypena strigata* وسنجاميا هييموروداليس *Syngamia haemorrhoidalis* وحشرة أخرى للساق هي بلاجيوهاماس سبينيبينيس *Plagiohammus spinipennis* واثنان من الخنافس المتغذية على

الأوراق هما أكتوتوما سكابريبينيس *Octotoma scabripennis* ويوروبلاتا جيرارديا *Uroplata girardia* تم إدخالهم لمساعدة عملية مكافحة في المناطق الأعلى رطوبة. وقد حلت خنافس الأوراق الاثنتان محل حشرات حرشية الأجنحة في بعض المناطق. وفعالية الحشرات الأخيرة انخفضت أيضاً بحدوث تطفل على البيض واليرقات والعذارى.

4- سنسيو يعقوب *Tansy ragwort Senecio jacobaea*

هذا الحشيشة الأوروبية السامة تعتبر مشكلة في أراضي المراعي في شمال غرب الولايات المتحدة وأجزاء من كندا ونيوزيلندا وأستراليا وجنوب أفريقيا. وقد أُدخلت حشرة تيريا جاكوبيا *Tyria jacobaeae* التي تتغذى يرقاتها على الأوراق والأزهار إلى كثير من المناطق الموبوءة بهذه الحشيشة وأظهرت درجات مختلفة من المكافحة، كما حُصلَ على مكافحة جيدة في مناطق بكاليفورنيا وكندا. وهناك حشرتان أخريات هما ذبابة البذور هيليميا سينيستيللا *Hylemyia seneciella* وحشرة تصيب القمة هي لونجيتارساس جاكوبيا *Longitarsus jacobaeae* أدخلتا إلى الولايات المتحدة لتحسين المكافحة حيث زادت في كثافتهما إلى مستويات عالية في بعض المناطق مع تأثير جيد على النبات.

ب - الأعشاب الحولية

هناك الكثير من المشاريع لاستخدام عناصر المكافحة الحيوية لكثير من الأعشاب الحولية. فقد أمكن القضاء بكفاءة على حشائش المراعي إيمكس أوسترليس *Emex australis* وإيمكس سبينوسا *E. spinosa* في هاواي باستخدام السوسة الصغيرة أبيون أنتيكام *Apion antiquum* المدخلة من جنوب أفريقيا. وقد أُدخل نوعان آخران من السوس وهما ميكرولاريناس لاريني *Microlarinus lareynii* وميكرولاريناس ليبريفورميس *M. lypriformis* لمكافحة عشبة ضرر العجوز *Tribulus terrestris* في الولايات المتحدة وبعض المناطق الأخرى.

ج - الأعشاب المائية

1- حشيشة التمساح *Alligator weed Alternanthera philoxeroides*

في عام 1964م أدخلت خنفساء أجاسيليس هيجروفيللا *Agasicles hygrophila* إلى الولايات المتحدة لمكافحة الكتل الطافية فوق سطح الماء من حشيشة التمساح. كما أطلقت حشرة أخرى هي حفار الساق فوجتيا مالوى *Vogtia malloi* في عام 1971م. وقد كان لتساقط أوراق هذا النبات بواسطة اليرقات والحشرات الكاملة للأجاسيليس الأثر الأكبر في خفض كثافة النبات في شمال فلوريدا ولويسيانا وتكساس.

2- ياسنت الماء *Waterhyacinth Eichhornia crassipes*

أجرى العديد من المحاولات لمكافحة ياسنت الماء حيويًا، ومنها إطلاق أنواع السوس الصغيرة نيوختينا إيهورنيا *Neochetina eichhornia* (شكل أ) ونيوختينا بروخي *N. bruchi* (شكل ب) (شكل ج "النوعين معًا") لمكافحة النبات في الولايات المتحدة وأستراليا والسودان ومصر، وقد أثبتت كفاءة عالية في خفض كثافته. ونظرًا للتخصص العالي لهذه الحشرات وغيرها مثل يرقات حشرة ساميوديس البحيوتاليس *Sameodes albiguttalis* على الياسنت الذي يعد من أخطر عشر حشائش في العالم ويغزو مساحات مائية شاسعة كنهر النيل وروافده، كما ذُكر عنه تفصيلًا في الفصل الثالث، فهناك إمكانية عالية في التركيز على استخدام مكافحة الحيوية في مكافحته (48) إلى جانب الوسائل الميكانيكية الفاعلة التي تؤدي دورها حاليًا في مصر بكفاءة عالية خاصة بعد التوقف عن استخدام مبيدات الأعشاب المائية.

نماذج ناجحة

للمكافحة الحيوية للأعشاب الضارة

Cyperus rotundus السعد الشرقي

Onopordum illyricum شوك الجمل

Eichhornia crassipes زهرة النيل

Cyperus rotundus لمكافحة الحيوية لعشب السعد الشرقي،

أعراض الإصابة بالفراشة *Bactra* spp. (حفار الساق)

بيوض الفراشة

على العرق الوسطي للورقة

يرقات حديثة الفقس

فطر الصدأ

Puccinia romagnoliana

Onopordum illyricum شوك الجمل

Lixus cardui

تغذية الحشرة الكاملة

على الأوراق والساق

وضع البيض

تغذية اليرقات

على الساق

زهرة النيل

Eichhornia crassipes

Neochetina bruchi

– *Neochetina eichhornae*

– *Orthogalumna terebrantis*

– *Sameodes albiguttalis*

حالياً تستخدم الأعداء الحيوية لمكافحة الأنواع المائية مثل نبات زهرة النيل
Eichhornia crassipes باستخدام حشرات السوس: *Neochetina bruchi* و
N. eichhorneae

وقد تم إدخال هذه الحشرات بالفعل إلى سورية في 15/7/2011 من قبل لجنة خاصة
في وزارة الزراعة وتم نشرها في سد محردة.

أ: الهندسة الوراثية

مبيد الأعشاب glyphosate (Round up)

يمنع هذا المبيد تصنيع الأحماض الأمينية tryptophan, tyrosine, phenylalanine

وذلك بوقف عمل أنزيم (EPSPS)

تم الحصول على أنزيم (EPSPS) المقاوم لتأثير المبيد من بكتيريا *Agrobacterium*
السلالة CP4 (CP4 EPSPS).

ومن ثم نقلت المورثة المسؤولة عن تشكيل هذا الأنزيم من البكتيريا إلى بعض النباتات
(فول الصويا، الذرة الصفراء، الذرة البيضاء، الكانولا، الفص، القطن) للحصول على
نباتات محاصيل معدلة وراثياً مقاومة للمبيد glyphosate.

ب: زراعة الأنسجة.

يؤثر المبيد بنتازون bentazon على نباتات التبغ ويضر بها، ولكن وجد من خلال
بعض التجارب أن الأنسجة المتكونة على جروح هذا النبات والمحتوية على مادة

اليخضور لا تتأثر بذلك المبيد. وقد أمكن باستخدام تقنيات زراعة الأنسجة، عزل وتنمية تلك الأنسجة في المختبر والحصول منها على نباتات تبغ مقاومة للأثر الضار لهذا المبيد.



الفصل الثامن

المكافحة الحيوية للحشائش

لكل النباتات بما فيها الحشائش الضارة، أعداء طبيعية. ويمكن في بعض الحالات التعامل مع هذه الأعداء لتؤثر سلباً في عائلها، وهو ما يطلق عليه المكافحة الحيوية أو البيولوجية. ومن أمثلة ذلك نقل حشرة كاكيتوبلاستس كاكيتورام *Cactoblastis cactorum* وهي حشرة آكلة للصبار من موطنها الأصلي في الأرجنتين إلى استراليا حيث خفضت كثافة نباتات التين الشوكي *Opuntia spp*. المنتشرة هناك إلى درجة كبيرة. كما أن خنفساء كريزوليننا كوادريجيمينا *Chrysolina quadrigemina* الآكلة للأوراق والتي تم إدخالها من أوروبا إلى الولايات المتحدة عن طريق استراليا قد نجحت إلى حد كبير في مكافحة حشيشة القلب *Hypericum perforatum* السامة.

وقد لاقت الحشرات الكثير من الانتباه بغرض استخدامها في المكافحة الحيوية للحشائش وذلك بسبب صغر حجمها ومعدل تكاثرها السريع وقدرتها العالية في التخصص على العائل. وقد نُشر الكثير عن نجاح المكافحة الحيوية للحشائش باستخدام الحشرات (107)، ولهذا فإن الاهتمام بها يتزايد باضطراد كوسيلة حيوية للقضاء على الحشائش.

الحشائش والمكافحة الطبيعية

يمكن لكثير من أنواع النباتات البرية أن تنمو في معظم البيئات الطبيعية، حيث تتنافس مع النباتات الأخرى ذات الأهمية الاقتصادية للإنسان مؤثرة في إنتاجها. وفي بعض الأحيان قد تكون مصدر إزعاج للإنسان طبيعياً أو اقتصادياً كالنباتات المنتجة

لحبوب اللقاح المسببة للحساسية، وكثير من النباتات السامة". وفى أواسط السبعينيات سببت الحشائش خسائر للزراعة فى الولايات المتحدة قدرت بنحو 5 بلايين دولار سنوياً، وهذه الخسائر تزيد بكثير عن الخسائر الناجمة عن الآفات الحشرية.

ولا تتشابه مشاكل الحشائش فيما بينها، ووفرة حشيشة معين فى منطقة ما هو محصلة لتاريخ تلك المنطقة ولقدرة الحشيشة على التكاثف فى الظروف البيئية والمناخية والحيوية الموجودة بالمنطقة، فالاختلافات فى نوع التربة والماء والنظام البيئى وعمليات الزراعة تؤثر كلها فى تلك الوفرة.

وفى بعض الحالات يمكن التخطيط لتغيرات البيئة لتنظيم وفرة أنواع معينة من النباتات. وتعمل المكافحة الحيوية المتبعة على تخفيض وفرة نوع أو أنواع من الحشائش بإدخال أو زيادة الأعداء الحيوية لها.

وفى حالات كثيرة ظهرت تأثيرات الأعداء الحيوية على وفرة النبات، فعلى سبيل المثال حدثت زيادة مفاجئة لحشرة أروجا وبستري *Aroga webstri* تسببت فى تعرية نباتات أرتميسيا تريديناتا *Artemisia tridentata* فى مساحات شاسعة فى موطنها الأصلى فى شمال غرب الولايات المتحدة، وخلال أعوام تسببت الحشرة فى القضاء على النبات فى آلاف الإيكارات من الأرض.

وهناك تأثيرات مشتركة للأعداء الحيوية منها تأثير الحشرة القشرية للجذر أورثيزيا *Orthezia annae* مع حشرة يوميسيا إيداهونسيس *Eumysia idahoensis* والذى أدى إلى القضاء على نبات أتريبلكس كونفرتيفوليا *Atriplex confertifolia* فى وسط إيداهو بالولايات المتحدة.

وفى معظم الحالات التى تم فيها إدخال أنواع حشرية معينة للقضاء على حشيشة سائدة - خلال برنامج معين - حدث بالفعل خفض وتأثير كبيرين على الحشائش المراد مكافحتها على الرغم من عدم الحصول على نتائج ناجحة بمجرد الإدخال.

حشائش تسبب حساسية للإنسان (بالصور) :

http://www.peds.arizona.edu/allergyimmunology/southwest/grass_weeds/grassweedpictable.html

إعداد برنامج المكافحة الحيوية

يختلف حد الضرر الاقتصادى للحشيشة باختلاف نوعها وباختلاف المحصول الذى تتنافس معه وبالعوامل عديدة أخرى، ولمواجهة هذه العوامل فإنه يلزم تنظيم طرق للمكافحة موجهة نحو الهدف. وتعتبر المكافحة الحيوية إحدى وسائل المكافحة المفضلة عن غيرها ضد مشاكل بعض أنواع الحشائش، وهى تعتمد على تيسير عوامل المكافحة الحيوية المتخصصة على العائل، كما تعتمد على سهولة ودرجة الأمان المتاحة عند التعامل معها. ومن كثير من الطرق المختلفة التى يمكن اتباعها فى إعداد برنامج المكافحة الحيوية تلقى إدخال الأعداء الحيوية معظم الاهتمام.

وتتوقف طريقة إدخال الأعداء الحيوية على وفرة الكائنات التى يمكنها خفض كثافة الحشيشة دون سواها من النباتات الأخرى. ويتقدم العمل عموماً طبقاً لنظام معين، وفيما يلى خطوات إحدى النظم العلمية المقبولة :

. تقدير ملائمة الحشيشة للمكافحة الحيوية.

- . إجراء حصر للأعداء الحيوية للحشيشة.
- . دراسة وتقييم بيئة الأعداء الحيوية المختلفة.
- . دراسات التخصص على العائل للكائنات التي تم التأكد من أمان إدخالها للمنطقة.
- . الإدخال وإقامة مجتمع الكائن.
- . دراسات التقييم.

أ- مدى ملائمة الحشيشة للمكافحة الحيوية - النبات والمشكلة

يوجد اعتبارين هامين فيما إذا كان نوع الحشيشة ملائماً للمكافحة الحيوية وهما النبات والمشكلة ذاتها، وهل نوع النبات مستوطن native species أو تم إدخاله introduced، وهل له أنواع قريبة relatives ذات أهمية اقتصادية لاحتمالات وجود أعداء حيوية مناسبة. وهل هذه الأعداء يمكن أن تقدم عوناً معتمداً على المشكلة، وذلك فيما يتعلق بعدد أنواع الحشائش ونوع ومدى ثبات الموطن ودرجة الاستعجال في المكافحة.

وكلما زادت درجة القرابة لنباتات ذات أهمية اقتصادية أو بيئية كان من الصعب عموماً العثور على أعداء حيوية متخصصة على العائل "الحشيشة" لا تهاجم نباتاتاً نافعة. فالعمل الذي أجرى على المكافحة الحيوية لنبات حشيشة الشوك thistle في شمال أمريكا قد أعيق بوجود نبات الخرشوف المنزرع ونبات القرطم المنتمي لنفس العائلة "المركبة". كما أن استخدام المكافحة الحيوية ضد الحشائش النجيلية لم تصل إلى درجة من النجاح بسبب القرب الوثيق بمحاصيل الحبوب.

وبالرغم من الأمثلة العديدة للمكافحة الناجحة للحشائش المتوطنة بحشرات مدخلة فإن احتمالات العثور على أعداء حيوية قادرة على مكافحة حشائش مدخلة مع القليل من الاحتياطات والانتباه قوية بالمقارنة بحالة أنواع الحشائش المتوطنة.

واستخدام المسببات المرضية للنبات *plant pathogens* وإمكانية العثور على أو استنباط سلالات أكثر فاعلية من المسببات الموجودة قد يحسن من المكافحة الحيوية للحشائش المتوطنة. ويعضد ذلك ما حدث عند مكافحة حشيشة [البيقة العقدية jointvetch](#) برشها بالمسبب المرضي الفطري المستوطن كوليكوتريكوم جليوسبورويديس *Collectotrichum gloeosporioides* والذي سيذكر عنه في الفصل التالي. وقد حصل على الأعداء الحيوية للحشائش المتوطنة من مناطق أخرى تعيش فيها الحشيشة ومن الأنواع النباتية القريبة لها.

وهناك نقطة أخرى تمثل دوماً عقبة في استخدام كائنات المكافحة الحيوية وهي تضارب الاهتمام، فبعض الحشائش الهامة قد يكون لها فائدة في بعض الفصول والمناطق. فمثلاً حشيشة الفرس *Sorghum halepense* تعتبر حشيشة ضارة في معظم الولايات الأمريكية ولكن لأوراقها بعض الأهمية في عدد قليل من الولايات. كما أن النبات تماريكس بنتاندرا *Tamarix pentandra* يكون تجمعات كثيفة على المسطحات المائية في المناطق الشمالية لأريزونا ونيومكسيكو وبعض أجزاء من تكساس حيث يعوق المياه مسبباً للفيضانات خلال موسم المطر كما يسبب فقداً كبيراً للماء بالنتح في الأوقات الأخرى من العام. وعلى رغم ذلك فإن هذا النبات يعمل كمناطق أعشاش لنوع من الحمام الأبيض ذو أهمية كطائر صيد في المنطقة كما أنه يمثل مصدراً هاماً للرحيق.

ونظراً لأنه من الصعوبة بمكان في أغلب الأحوال الحد من توزيع الكائنات المتغذية على الحشيشة بمجرد إدخالها للمنطقة، فإن قيمة الحشيشة وأهميتها البيئية يجب أن يقدر بعناية مقارنة بقدرة الحشيشة على إحداث خسائر.

ومما يساعد على حل هذا التضارب في الاهتمامات فإنه يجب تذكر أن مكافحة الحيوية - بخلاف المكافحة الكيميائية والميكانيكية - تسبب خفصاً تدريجياً في أعداد الحشيشة ونادراً ما يحدث استئصال في مساحات شاسعة. ولهذا، فإذا أمكن الوصول إلى مستوى منخفض لكثافة الحشيشة كجزء من مجتمع نباتي أكثر تنوعاً فإن التضارب في الاهتمام قد يحل. ويمكن تحديد مشكلة الحشائش بعدد الأنواع النباتية الموجودة ونوع ودرجة ثبات البيئة ومستوى وتوقيت المكافحة لجعل الخسائر أقل ما يمكن.

وتعتبر الكائنات المتغذية على الحشيشة، المتخصصة على العائل، مفيدة في مكافحة الأنواع النباتية غير المرغوبة شديدة القرابة بالحشيشة. وحينما تشتمل المشكلة على نوعين أو أكثر من الأنواع النباتية أحدهما أو بعضهم غير عائل لتلك الكائنات، فإن الأنواع غير العائلة من الحشائش سوف تنمو بكامل قوتها بل قد تزداد في وفرتها وقد يتطلب الأمر استخدام وسائل أخرى لمكافحتها أحدها هو إدخال أعداء حيوية إضافية. ففي بعض المناطق سبب نوع الخنافس أجاسيكلس هيجروفيللا *Agasicles hygrophila* خفصاً كبيراً لكثافة حشيشة التمساح *Alternanthera philoxeroides* وفي نفس الوقت حدثت زيادة في كثافة حشيشة ياسنت الماء *Eichhornia crassipes*.

وقد تركزت معظم جهود المكافحة الحيوية على الحشائش الأرضية *terrestrial weeds*، وقد يرجع هذا إلى الشعور بوجود أعداء أقل من الحشرات المتخصصة على العائل في حالة الحشائش المائية *aquatic weeds* عنها في حالة النباتات الأرضية. وقد تكون هذه حقيقة في حالة النباتات المغمورة مثل الحزنبل الألفي *Myriophyllum*

spicatum، لكن توجد أنواع حشرية كثيرة نسبياً على حشيشة التمساح مثلاً وهى نبات منبثق emersed plant وحشيشة ياسنت الماء وهى نبات طاف floating plant.

هذا وما زالت قيمة استخدام مكافحة الحيوية موضع شك فى المناطق التى تتغير بدرجة عالية "مثل المناطق المنزرعة بالمحاصيل" خاصة عند استخدام طريقة التلقيح "بمعنى إطلاق الأعداء الحيوية وتركها لى تزيد من تلقاء نفسها إلى المستوى الفعال". كما أنه إذا كانت دورة حياة العدو الحيوى طويلة فإن فرصة إعاقة تطوره عالية. وعلى رغم ذلك، فإن مكافحة الحشيشة الحولية إيمكس سباينوزا *Emex spinosa* فى هاواى وكذلك حشيشة الحسك *Tribulus terrestris* فى هاواى ومناطق من كاليفورنيا وأريزونا قد ظهر منها أن المكافحة الحيوية فى المناطق المتغيرة أو المثارة disturbed areas وكذلك التأثير على الحشائش فى المناطق قليلة التغير "مثل جوانب الطرق وخطوط الأسوار" قد يسببان أيضاً تأثيراً إيجابياً فى المناطق المتغيرة المجاورة.

وفى مناطق المحاصيل تعتبر المكافحة الفاعلة والسريعة للحشائش مطلوبة إذا كان من الممكن تجنب حدوث خسائر. وعلى رغم أن الحشرات المتغذية على الحشائش قد سببت مكافحة فاعلة فى بعض الحالات، فإنه قد يتطلب الأمر عاماً كاملاً على الأقل فى أفضل الظروف للوصول للمكافحة المرجوة. وفى معظم الحالات مضى ثلاثة إلى عشرة أعوام قبل حدوث خفض للحشائش تحت المستوى الاقتصادى الهام.

ب - البحث عن الأعداء الحيوية

قد يستخدم أى كائن يقلل من نمو النبات أو تكاثره كعامل فى مكافحة الحشائش حيويًا. وقد تشمل هذه الأعداء - بخلاف الحشرات - كائنات دقيقة طفيلية مثل الفطريات والبكتيريا والفيروسات، لهذا يجب أن يشمل البحث عن الأعداء الحيوية الكائنات المصاحبة للنبات المستهدف target plant.

وقد استخدمت كائنات بخلاف الحشرات فى مكافحة الحشائش، ولو أن استخدامها كان بدرجة قليلة. وفى حالة ممرضات النبات كانت العقبة الأساسية هى صعوبة معرفة النوع النباتى بالتحديد، كما أن ضررها أقل وضوحاً عن الضرر المسبب بالحشرات إلى جانب إنها عادة ما تهاجم أطوراً من النبات أشد صعوبة فى الفحص أو تتواجد فقط فى وقت قصير من العام كالبادرات.

وعلى رغم ذلك فقد ازداد استخدام ممرضات النبات خاصة فى حالة عدم توافر فاعلية كافية للأنواع الحشرية على حشيشة معينة أو عدم توافر التخصص على العائل لاستخدامها فى مكافحة الحيوية. وقد حدث ذلك فى حالة نبات الهندباء البرى *Chondrilla juncea* فى غرب البحر المتوسط حيث كان الفطر المسبب للصدأ *Puccinia chondrilliana* أشد فاعلية فى خفض كثافة النبات عن الحشرات المتواجدة. ونظراً لتخصص هذا الفطر على هذا النبات فقد تم إدخاله إلى استراليا حيث انتشر سريعاً وسبب خفصاً كبيراً لهذا النوع النباتى الموجود منذ زمن بعيد.

وقد كانت هناك محاولات لاستخدام الفيروسات أيضاً لمكافحة الطحالب المزدهرة فى برك الصرف الصحى فى بعض المناطق. ويستخدم حَلَم النبات plant mites acarians "بدرجة أقل فى مكافحة الحيوية رغم التشابه الكبير بينه وبين الحشرات فى التركيب العام ونوع الضرر المسبب. ومثال استخدام الحَلَم فى مكافحة الحشائش هو إدخال حَلَم أسيريا كوندريللا *Aceria chondrillae* إلى استراليا ضد نبات الهندباء البرى.

وفى الوقت المطلوب فيه مكافحة نوع معين من الحشائش فإن التخصص على العائل يعد هاماً للغاية لحماية النباتات الأخرى المحيطة من الضرر. وحينما يكون المطلوب مكافحة عدة أنواع من الحشائش فى منطقة واحدة فإن القليل من التخصص على العائل مطلوب طالما كان من الممكن التحكم فى انتشارها لتظل النباتات المفيدة غير مضرورة. وهذا هو الحال فى حالة النباتات المائية حيث يسمح الوضع باستخدام عدد كبير من الكائنات ضد هذه النباتات.

ويستخدم حالياً بعض أنواع الأسماك كالشَّبوط العشبي (المبروك) *Ctenopharyngodon idella* ([شكل أ](#) ، [شكل ب](#)) لمكافحة الحشائش المائية فى عديد من دول العالم منها الولايات المتحدة وأستراليا ومصر كوسيلة فاعلة فى مكافحة تلك الحشائش والحصول فى نفس الوقت على عائد اقتصادى مفيد من الأسماك (39، 41، 143).

ج - ملاحظات أيكولوجية

ليست الملاحظات على بيئة الكائنات المتغذية على الحشائش هامة فقط لتعميق الفهم عن التخصص على العائل بل أيضاً للتأكيد على اختيار الكائنات التى لها قدرة عالية فى المكافحة.

وللتخصص على العائل دراسات تقييم مسبقة على فاعلية عوامل المكافحة الحيوية المرشحة. ولهذا السبب فكثير من الحشرات المتخصصة على العائل قد يتم إدخالها ولكن القليل فقط هو الذى يثبت فائدته. وعلى سبيل المثال فقد تم استيراد 51 نوعاً من الحشرات التى تتغذى على الصبار إلى أستراليا ضد نبات [التين الشوكى](#) ولم يثبت كفاءة وقيمة من هذه الحشرات سوى خمس فقط. ونظراً لأن كل حشرة يتم إطلاقها

تتطلب جهوداً وتكاليفاً من الوقت والمال فمن المفيد اختيار الكائنات الأعلى كفاءة في المكافحة.

هذا ويجب أن تتحمل أو تتأقلم الحشرات المدخلة مع الظروف البيئية في المنطقة المراد استخدامها فيها إذا ما تكاثرت ووصلت إلى مستويات المكافحة. ويؤخذ هذا عموماً في الاعتبار خلال الدراسات الأولية إذا ما بُدِل جهد لاختيار الأعداء الحيوية من المناطق المشابهة بيئياً للمنطقة التي تحتوى الحشائش الممثلة للمشكلة.

وبمجرد إدخال كائنات المكافحة الحيوية وإقامة مجتمعها في منطقة جديدة فقد تتأقلم بصورة أفضل في بيئتها الجديدة وقد تمتد تدريجياً وتحسن من مكافحتها للحشيشة. فقد ظهر تأقلم حشرة كرايزولينا كوادريجيמיينا *Chrysolina quadrigemina* مع الظروف المناخية لكولومبيا البريطانية وأعطت مكافحة متحسنة [لحشيشة القلب *Hypericum*](#).

ومن الأمور بالغة الأهمية تزامن الضرر *synchronization of damage* المسبب بالأعداء الحيوية لدورة تطور النبات وظروف معينة أو عوامل محددة تحتها يتطور النبات. فتساقط أوراق نبات حشيشة القلب في الخريف والشتاء بسبب يرقات كرايزولينا كوادريجيميينا يسبب موت النبات خلال موسم الصيف الجاف في كاليفورنيا، نظراً لأن النباتات التي تتساقط أوراقها ليس لديها وقتاً كافياً لإنتاج كمية كافية من المجموع الجذرى قبل جفاف الصيف.

أما حشرة التيليونيميا سكرابيولوسا *Teleonemia scrupulosa* فتسبب تساقط أوراق نبات [اللانтана *Lantana*](#) خلال الصيف في هاواي، ولكن النبات يمكنه استرداد قوته خلال الوقت الباقي من السنة. إلا أنه حينما تم مد فترة تساقط الأوراق بإدخال عدة حشرات من رتبة حرشفية الأجنحة التي تتغذى على النبات خلال الشهور الباردة فإن كثيراً من هذه النباتات تم القضاء عليها في المناطق الأقل مطراً.

ومن الأمثلة الأخرى لعدم إمكانية الحشيشة تعويض الضرر المسبب بهجوم جيد التزامن هو تساقط أوراق نبات [سينسيو يعقوب](#) *Senecio jacobaea* بحشرة تيريا جاكوبيا *Tyria jacobaeae* في نوفاسكوتيا نحو شهرين قبل الصقيع بما لا يسمح للنباتات بأن تخزن احتياطياً كافياً بالجذور قبل حلول الشتاء مما يتسبب في موتها.

وقد تدل الملاحظات على دورة حياة النبات، على نوع ووقت الهجوم الذي يكون عنده النبات قابلاً للتأثر بهذا الهجوم. فمستوى المخزون من الكربوهيدرات في أعضاء التخزين في الحشائش المعمرة هو المؤشر لرشات المعاملة بمبيدات الحشائش. ويحصل عموماً على مكافحة أفضل عندما تكون المعاملة بالمبيد موقوتة بمستويات منخفضة من الكربوهيدرات المخزون. وقد استنتج أن عوامل المكافحة الحيوية المختارة لمهاجمة الحشيشة في وقت انخفاض مخزون الكربوهيدرات تعتبر مفضلة، ولكن أشير إلى أن هذه الفترة تختلف من نبات لآخر وحذر من أن التوقيت غير الدقيق للهجوم قد يسبب تنبيهاً للحشيشة. ويعد تساقط أوراق [حشيشة التمساح](#) بواسطة أجاسيليس هيجروفيل *Agasicles hygrophila* في الوقت الذي كان فيه مخزون الكربوهيدرات في النباتات في أقل مستوى "مارس - يونيو" من عوامل النجاح في مكافحة هذا النبات في إحدى مناطق فلوريدا التي تم فيها الإطلاق.

هذا وعلى رغم إتقان الملاحظات البيئية على النبات وأعداءه الحيوية فإنه ما زال صعباً التنبؤ بأى العناصر المستخدمة أعلى كفاءة في المكافحة. وقد اقترح لذلك حل ممكن وذلك بإعطاء نقاط تشمل 12 صفة لمقارنة فاعلية العناصر قبل البدء في اختبارات التخصص على العائل "مثلاً نوع الضرر الموجه وإنتاجية الحشرة وعدد الأجيال وعوامل الموت".

٤ - تقدير التخصص على العائل

يعتبر استخدام وسائل مكافحة الحيوية - المتوطنة indigenous أو المجلوبة exotic - عملياً إذا ما كانت هناك ثقة بعدم إضرارها بالنباتات النافعة. ولهذا فإن الإثبات المستخدم لتقدير التخصص على العائل لعدو ما ودرجة الاعتماد التي يمكن وضعها عليه تعد ذات أهمية قصوى. ومعظم الإثبات يأتي طبيعياً من الاختبارات المعملية. ولكن يجب الأخذ في الاعتبار أن قدرة الطفيل على أخذ غذاءه من نبات ما ليست سوى إحدى الضروريات لحياته، فيجب أن يكون أيضاً قادراً على أن يجد النبات وأن يتم دورة حياته في البيئة المحيطة. لهذا فإن الفحص الكامل للتخصص على العائل - والذي لا يعتبر دائماً ضرورياً - يوجه ناحية العنصر المستخدم. وفيما يلي ملخصاً لخطوات تعد ضرورية في دراسات التخصص على العائل للحشرات المتغذية على الحشائش، وهذه الخطوات تحتاج إلى تعديلات عند التعامل مع مسببات المرضية أو غير الحشرية.

1- دراسة البيولوجى والتأقلم على العائل

المطلب الأول هو معرفة بيولوجى الحشرة مع التركيز على التأقلمات المورفولوجية والفسيوولوجية والسلوكية، وتلك المحددة للمدى من النباتات التي تتخصص عليها "فمثلاً طول آلة وضع البيض فى كثير من الحشرات التى تبيض فى رءوس الأزهار يحدد حجم الرءوس وبالتالي نوع النبات القابل للهجوم، كما أن التفاعل المعقد بين سلوك الحشرات المسببة للقروح النباتية والاستجابات الفسيولوجية المعينة للنبات تحدد ملائمة العائل". هذه الدراسات تدعم طبيعياً بحصر دراسى وحقى واسع لتقدير المدى النباتى الحقيقى للعائل. وبالطبع فإن أفضل البراهين هو أن تكون الحشرة قد سبق استخدامها

فى المكافحة الحىوية وأثبتت أنها مأمونة؁ ولكن قد يحتاج الأمر إلى اختبارات إضافية إذا كان المجتمع النباتى متنوعاً فى البيئة الجديدة.

2- النباتات المهاجمة بالحشرات الغربية

يمكن الوصول إلى درجة عالية من الاعتماد للتخصص على العائل لحشرة ما إذا كانت تنتمى إلى مجموعة تقسيمية "genus, subgenus" يقتصر غذائها على مجموعة نباتية واحدة؁ وهذا يدل على أن الحشرة متخصصة على تلك المجموعة النباتية. ومن ثم فخلال فترة زمنية طويلة وعادة فى مساحة جغرافية واسعة لم تستخدم الحشرة أى نبات آخر. وفى هذا الصدد فإن النباتات العائلة من الأنواع النباتية الغربية تعتبر ذات أهمية خاصة.

3- اختبارات التخصص على العائل

توجد استراتيجيتان أساسيتان للاختبار هما تحديد النباتات التى لا يمكن استخدامها وتحديد المدى من النباتات التى يمكن استخدامها. وقد تستخدم طريقة واحدة من هاتين الطريقتين؁ ولكن معظم الباحثين يستخدم الاثنتين. ويركّز على الطريقة الأولى إذا كانت الحشرة من منطقة لا يعرف عنها إلا القليل فيما يختص بالتقسيم والمدى من العوائل أو عن الآفات لمحاصيل معينة. ولكن الطريقة الثانية مفضلة إذا ما كان هناك وفرة فى المعلومات. وتجرى الاختبارات عادة فى المعمل وقد تستعمل الأقفاص الحقلية field cages.

ويسمح التركيز على الطريقة الأولى بالتعرف على عدم إضرار الحشرة بنباتات محاصيل هامة؁ وهذا أمر ضرورى بالذات لاختبار النباتات الاقتصادية التى قد تنمو

مع الحشيشة المراد مكافحتها. وتلك الأنواع التي لم تتعرض أو تعرضت بدرجة بسيطة للحشرة من قبل ليس من المحتمل أن تحتوى على المنبه الذى يمكنه جذب الحشرة "إلا إذا كانت قريبة للعائل" ولكن قد ينقصها المثبطات المانعة لهجوم الحشرة، وهذا لا يجعلها حساسة لانتقال الحشرة إليها والذي يمكن أن يحدث بعد إضرار أو اختفاء الحشيشة مباشرة، وقد يحدث ضرر مؤقت للمحصول تحت هذه الظروف. ويعيب الطريقة الأولى أن النتائج قد لا تقود إلى الطريق السليم إذا ربيت الحشرات فى أقفاص صغيرة أو تمت التغذية تحت ظروف إجبارية، حيث عادة ما تأكل الحشرة فى مثل هذه الأحوال لتحافظ على حياتها ولكن فى الطبيعة لا تتم التغذية. وتتميز الطريقة الثانية أنه إذا أمكن تحديد مدى العائل للعنصر المستخدم، فإن بقية النباتات الأخرى تعد منيعة، وتختار نباتات الاختبار على أساس الخطر المتوقع فى الهجوم عليها.

4- تحليل التخصص على العائل النباتى

اختبار التخصص على العائل للحشرات التى تتغذى على أنواع قليلة من النباتات stenophagous يقدر أولاً باستخدام مواد نباتية ثانوية بالإضافة إلى المظاهر المرئية وبالمس. وتعتبر هذه التقديرات معقولة لمعرفة التخصص على العائل ولإيضاح العوائل غير القريبة تقسيمياً، إلا أن فحص علامات تعرف الحشرة على عائلها تعتبر صعبة لأن معظم الحشرات تتطلب عوامل عديدة لتكون جاهزة لقبولها للنبات تلقائياً.

هـ - الإطلاق وترسيخ المجتمع

على الرغم من التخطيط الحاذق فى اختبار العناصر المرشحة لمكافحة الحشيشة، فإن ترسيخ مجتمعاتها قد يبوء بالفشل فى المناطق المراد مكافحة حشائشها. فالطيفيات

والمفترسات المتوطنة فى مناطق الإطلاق قد تهاجم عوامل المكافحة "الحشرات الليلية nocturnal المطلقة خلال النهار قد تكون عرضه للافتراس بالذات"، كما أن الكائنات الممرضة التى قد تجلب مع الحشرات المتغذية على الحشيشة قد تسبب فشلاً فى ترسيخ المجتمع الحشرى. والإبادة الشاملة للنباتات فى مناطق الإطلاق باستخدام مبيدات الحشائش أو حيوانات الرعى أو بتأثير الفيضانات تمنع أيضاً ترسيخ المجتمع، كما أن الاختلاف فى عوامل البيئة العديدة "مثل النباتات المنافسة وظروف التربة والمناخ" بين منطقة الإطلاق ومصدر عنصر المكافحة قد يؤخر أو يبطل فعل المكافحة.

و- دراسات التقييم

لا تعتبر دراسات التقييم ضرورية لنجاح مشروع المكافحة الحيوية قدر إفادتها فى العمل على نجاح المشاريع المستقبلية. وبصفة مثالية فإنه يجب تقدير المجتمع الطبيعى للأعداء الطبيعية وربطه بالضرر المسبب على العائل النباتى. وقد يتراوح تأثير كائنات المكافحة ما بين إبادة كبيرة وسريعة للنوع النباتى إلى تقليل بسيط لدرجة تنافس النبات المستهدف مع النباتات الأخرى فى المجتمع النباتى. وفى الأمثلة الأخيرة يتطلب الأمر إجراء دراسات على درجة إنتاجية النباتات المصابة وغير المصابة، كما أن التصوير قبل وبعد إجراء المشروع يعد مفيداً ويزود بتسجيل لدرجة نجاح المشروع.

تطبيقات المكافحة الحيوية

أثبتت الكائنات المجلوبة إلى منطقة لم يكن موجوداً بها من قبل أنها مفيدة عند غياب الأعداء الطبيعية الفاعلة. وعند وجود هذه الأعداء فإن إمكانية حفظ أو زيادة فاعليتها أمر يجب ألا يغفل عنه.

وقد ثبت أن حشرة داكلوبينس *Dactylopinus sp.* لم تكن فاعلة في مكافحة التين الشوكي المنتشر بصورة وبائية كحشيشة ضارة في بعض المناطق بجنوب أفريقيا نتيجة لافتراس خنافس أبو العيد "Coccinellides" لتلك الحشرة. إلا أن المعاملة بجرعة منخفضة من مبيد D.D.T. "2 أوقية لكل إيكرا" على نباتات التين الشوكي مباشرة سببت خفضاً لأعداد المفترسات بدرجة كافية تم الحفاظ معها على الحشرة مما سمح لها بالقضاء على النباتات.

هذا ويوجد ما يربو عن 75 نوعاً من النباتات الخشبية أمكن إخضاعها للمكافحة الحيوية. والعدد الفعلي للمشاريع أكثر من هذا العدد نظراً لأنه بمجرد أن يثبت عامل المكافحة الحيوية نجاحه في منطقة ما فإنه غالباً ما ينقل إلى مناطق أخرى لمكافحة نفس النوع النباتي أو النباتات شديدة القرابة. ولهذا فإن محاولات مكافحة التين الشوكي *Opuntia spp.* حيويًا قد تمت في عشر مناطق مختلفة على الأقل في العالم، واللاتانا *Lantana* في إحدى عشرة منطقة، وحشيشة القلب *Hypericum* في ست مناطق، والسينسيو يعقوب *Senecio jacobaea* في أربع مناطق. ويبدو الآن أن الحشرات قد أظهرت مكافحة ممتازة لبعض الحشائش صعبة المكافحة.

أ - الحشائش المعمرة

1- التين الشوكي. Prickly pear Cacti *Opuntia spp.*

توجد أنواع مختلفة من التين الشوكي كنباتات ضارة في مدى ومناطق منزرعة بالمحاصيل من العالم زاحمة بذلك النباتات الورقية الأكثر فائدة. وقد أظهر خفض أنواع أوبانشيا إنيرميس *Opuntia inermis* وأوبانشيا ستريكا *O. strica* من 60

مليون من الإيكرات إلى جزء بسيط من هذه المساحة بواسطة الفراشة الأرجنتينية كاكيتوبلاستيس كاكيتورام *Cactoblastis cactorum*، قيمة الطريقة الحيوية لمكافحة النباتات الضارة.

2- حشيشة القلب *Hypericum perforatum* Klamath weed

هذا النبات الأوروبي الموطن انتشر خلال كثير من المناطق الحارة في العالم ولكنه جذب الانتباه كأفة نباتية رئيسية في استراليا وشمال غرب أمريكا الشمالية وكندا حيث أجريت محاولات لمكافحته بالحشرات. وبعد حصر الحشرات المصاحبة لهذا النبات الضار في إنجلترا وجنوب فرنسا بواسطة العلماء الاستراليين تم إدخال ثمانية أنواع إلى استراليا، وقد تم الوصول إلى بعض المكافحة بنوعين من الخنافس هما كرايزولينا كوادريجيمينا *Chrysolina quadrigemina* وكرايزولينا هيبيريس *C. hyperici*. وقد أدخل علماء الحشرات الأمريكيون هذه الخنافس إلى الولايات المتحدة وصاحب هذا نجاحاً ملحوظاً "أكثر من 2 مليون إيكر من الأراضي الموبوءة بالنبات انخفضت إلى أقل من 1% من هذه المساحة".

وفي كندا قضت خنافس الكرايزولينا على هذا النبات في كولومبيا البريطانية فخفضت النبات بنسبة 98% من كثافته الأولية. وتمت محاولات للمكافحة في نيوزيلندا وجنوب أفريقيا وغيرها وقد حالفها بعض النجاح.

3- اللاتانا *Lantana camara* Lantana

اللاتانا وموطنها الأصلي المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية في أمريكا الجنوبية والوسطى - أوبأت 443 ألف إيكر من الأرض في هاواي عام 1962م. وقد تم إدخال

حشرة تيليونيما سكريولوسا *Teleonemia scrupulosa* من المكسيك إلى الولايات المتحدة في عام 1902م وخففت من انتشار هذا النبات. وفي الخمسينات تم الحصول على مكافحة أفضل في المناطق الأكثر جفافاً بإدخال ثلاث حشرات من رتبة حرشفية الأجنحة المتغذية على الأوراق وهي : كاتابينا إيسولا *Catabena esula* وهيبينا ستريجاتا *Hypena strigata* وسنجاميا هييمورويديليس *Syngamia haemorrhoidalis* وحشرة أخرى للساق هي بلاجيوهاماس سبينيبيينيس *Plagiohammus spinipennis* واثنان من الخنافس المتغذية على الأوراق هما أكتوتوما سكابريبيينيس *Octotoma scabripennis* ويوروبلاتا جيرارديا *Uroplata girardia* تم إدخالهم لمساعدة عملية مكافحة في المناطق الأعلى رطوبة. وقد حلت خنافس الأوراق الاثنتان محل حشرات حرشفية الأجنحة في بعض المناطق. وفعالية الحشرات الأخيرة انخفضت أيضاً بحدوث تطفل على البيض واليرقات والعدارى.

4- سنسيو يعقوب *Tansy ragwort Senecio jacobaea*

هذا الحشيشة الأوروبية السامة تعتبر مشكلة في أراضي المراعى فى شمال غرب الولايات المتحدة وأجزاء من كندا ونيوزيلندا وأستراليا وجنوب أفريقيا. وقد أُدخلت حشرة تيريا جاكوبيا *Tyria jacobaeae* التى تتغذى يرقاتها على الأوراق والأزهار إلى كثير من المناطق الموبوءة بهذه الحشيشة وأظهرت درجات مختلفة من المكافحة، كما حُصلَ على مكافحة جيدة فى مناطق بكاليفورنيا وكندا. وهناك حشرتان أخريات هما ذبابة البذور هيليميا سينيبيلا *Hylemyia seneciella* وحشرة تصيب القمة هي لونجيتارساس جاكوبيا *Longitarsus jacobaeae* أدخلتا إلى الولايات المتحدة

لتحسين مكافحة حيث زادت في كثافتهما إلى مستويات عالية في بعض المناطق مع تأثير جيد على النبات.

ب - الحشائش الحولية

هناك الكثير من المشاريع لاستخدام عناصر مكافحة الحيوية لكثير من الحشائش الحولية. فقد أمكن القضاء بكفاءة على حشائش المراعى إيمكس أوسترالييس *Emex australis* وإيمكس سبينوسا *E. spinosa* في هاواي باستخدام السوسة الصغيرة أبيون أنتيكام *Apion antiquum* المدخلة من جنوب أفريقيا. وقد أُدخل نوعان آخران من السوس وهما ميكرولاريناس لاريني *Microlarinus lareynii* وميكرولاريناس ليبريفورميس *M. lypriformis* لمكافحة حشيشة تريبولاس تيريستري *Tribulus terrestris* في الولايات المتحدة وبعض المناطق الأخرى.

ج - الحشائش المائية

1- حشيشة التمساح *Alternanthera philoxeroides* Alligator weed

في عام 1964م أدخلت خنفساء أجاسيليس هيجروفيلا *Agasicles hygrophila* إلى الولايات المتحدة لمكافحة الكتل الطافية فوق سطح الماء من حشيشة التمساح. كما أطلقت حشرة أخرى هي حفار الساق فوجتيا مالوى *Vogtia malloi* في عام 1971م. وقد كان لتساقط أوراق هذا النبات بواسطة اليرقات والحشرات الكاملة للأجاسيليس الأثر الأكبر في خفض كثافة النبات في شمال فلوريدا ولويسيانا وتكساس.

2- ياسنت الماء *Waterhyacinth Eichhornia crassipes*

أجرى العديد من المحاولات لمكافحة ياسنت الماء حيويًا، ومنها إطلاق أنواع السوس الصغيرة نيوختينا إيهورنيا *Neochetina eichhornia* (شكل أ) ونيوختينا بروخي *N. bruchi* (شكل ب) (شكل ج "النوعين معاً") لمكافحة النبات في الولايات المتحدة وأستراليا والسودان ومصر، وقد أثبتت كفاءة عالية في خفض كثافته. ونظراً للتخصص العالي لهذه الحشرات وغيرها مثل يرقات حشرة ساميوديس البجيو تاليس *Sameodes albiguttalis* على الياسنت الذي يعد من أخطر عشر حشائش في العالم ويغزو مساحات مائية شاسعة كنهر النيل وروافده، كما ذُكِرَ عنه تفصيلاً في الفصل الثالث، فهناك إمكانية عالية في التركيز على استخدام المكافحة الحيوية في مكافحته (48) إلى جانب الوسائل الميكانيكية الفاعلة التي تؤدي دورها حالياً في مصر بكفاءة عالية خاصة بعد التوقف عن استخدام مبيدات الحشائش المائية.

مكافحة إحيائية للأعشاب الضارة

2012/03/23 Comments: 3 علوم زراعية

مقدمة -

تعتبر الأعشاب الضارة مشكلة حقيقية من الضروري مكافحتها ولكنه تحدي مرتفع التكاليف، حيث تكلف مكافحة الكيمائية للأعشاب الضارة حوالي أكثر من 14 بليون دولار سنوياً. وذلك بدون التكاليف المرتفعة كون مبيدات . الغير المباشرة على المنتج، المستهلك والبيئة، والتي ينتج عنها تطور أنماط عشبية مقاومة الأعشاب الكيمائية تسيطر على نباتات غير مرغوبة فإن العديد من هذه المبيدات عملياً لم تعد متوفرة بسبب قلة إعادة تسجيل، منافسة بعض المنتجات الأخرى، وتطوير العديد من المحاصيل المعدلة وراثياً مقاومة لمبيدات زاد تطبيق إجراءات الزراعة الحافظة (للتقليل من (glufosinate و glyphosate) الأعشاب واسعة الطيف التعري وتعزيز بنية التربة أو تسهيل إدارة المحاصيل) من الاعتماد على مبيدات الأعشاب " الحارقة - المسقطة" وأحل ضغوط انتخاب إضافية للأعشاب لتطوير المقاومة، فبعد سنوات من استخدام مبيدات الأعشاب ووجود كثافة عالية من الأعشاب، عرف حوالي 180 نوع عشبي مقاوم لمبيدات الأعشاب. تستخدم مبيدات الأعشاب غالباً في المناطق الزراعية أو الهامشية، ولكن القليل منها سجل أو بدأ تطويره لمعاملة مساحات صغيرة أو مشكلة أعشاب محدودة، مثل غزو الأعشاب لمناطق غير زراعية. بالإضافة لذلك فإن مكافحة الكيمائية للأعشاب غير مرغوبة في نظام الزراعة العضوية والبيئات الحساسة. أدت التكلفة المرتفعة لتطوير وتسجيل مبيدات الأعشاب، والوعي البيئي الحاصل تجاه المبيدات بشكل عام، لحث الباحثين على تطوير طرق أول من أشار عام 1969 لمكافحة Charles Wilson إضافية لمكافحة الأعشاب مثل الممرضات النباتية. كان الأعشاب بالاعتماد على الممرضات حيث كتب " إن فكرة استخدام الممرضات النباتية لمكافحة الأعشاب قديمة ولكن " بذور هذه الفكرة ..بقية ساكنة منذ زرعها". مذ ذلك التقرير، حوالي 49 عام، "بقدم علم أمراض النبات عرف العديد من الممرضات لمكافحة الأعشاب والقليل منها لاقت نجاح تجارياً

لإدارة مجتمعات العشب. وهي (وظفت مكافحة الحيوية التقليدية للأعشاب الآفات الغريبة (غير محلية يمكن تطبيق الممرض بشكل مباشر كطريقة بديلة لسحق العشب . إستراتيجية مكافحة فاعلة في العديد من النظم المستهدف، أو التطبيقات المتعددة للممرض. لأن هذا التكتيك يستخدم الممرض بتطبيق مشابه للمبيدات الكيمائية وعندما يكون الممرض فطر تسمى هذه (bioherbical)والتي عادة تعرف بمقاربات مبيدات أحيائية المنشأ (mycoherbicides) المبيدات بمبيدات أعشاب فطرية المنشأ

استكشاف مبيدات الأعشاب أحيائية المنشأ -

غالباً ما تكون العشب المراد مكافحته . يجب إتباع إستراتيجية علمية في استكشاف عوامل مكافحة الأحيائية غريب، لذا يجب أن يتم البحث بالقرب من منطقة المنشأ لإيجاد عوامل مكافحة أحيائية ذات تطور مشترك مع (على غير الهدف) ثم (العشب العائل. تغربل هذه العوامل بعد ذلك لاستبعاد غير المرغوب، واسعة التأثير تدرس لانتخاب برامترات التأثير البيئي. يعتبر التخصص الشديد على العائل مطلوب ولا يمكن إهماله كما في (Centaurea) أمراض الصدا، ومثال على الأعمال الجارية المسعى لمكافحة نبات الشوك النجمي الأصفر *jaceae var. solstitialis Puccinia solstitialis* بصدأ

تعتمد مقارنة المبيدات الأحيائية، بشكل مغاير للمكافحة الأحيائية التقليدية، على الممرضات المحلية. الاعتقاد الشائع أن الممرضات شديدة الشراسة تجعل المبيدات الأحيائية أكثر فعالية دائماً، ولكن هذا المفهوم تم تحديه علمياً. تنتج بعض تفاعلات الممرض - العائل أعراض درامية، ولكن ربما ليست كافية لخفض مجتمع العشب. ، وهو من *Colletotrichum gloeosporioides f. sp. Aeschynomene* بشكل مغاير، لا يسبب الفطر

أكثر المبيدات الأحيائية نجاحاً حتى الآن، أية أعراض مؤثرة أو قتل جزئي سريع على العشب المستهدف يعود نجاحه بدلاً من ذلك ل: (1) تكلفة إنتاج منخفضة، (2) متطلبات تركيبها (*Aeschynomene indica*) بسيطة نسبياً و (3) انتشارها الثانوي السريع في الحقل. وربما هذا ليس النموذج الوحيد الناجح في المبيدات الأحيائية، لكنه يعطي نموذج ناجح لمقارنة المبيدات الأحيائية المقترحة

تتضمن الاعتبارات العملية الأخرى للنجاح التجاري لمبيد أحيائي سهولة الحصول على براءة اختراع وتسجيل المنتج.

bioherbicide الوضع الحالي لتطوير المبيدات الحيوية -

انتخبت العديد من العوامل الميكروبية و طورت أو هي قيد التطوير للتطبيق التجاري. وصف استكشاف، بشكل واسع. تألفت مبيدات Mycoherbicide تطوير، تطبيق جزئي و الاتجار بالمبيدات العشبية فطرية المنشأ من ممرضات النبات التقليدية التي تؤثر على الأجزاء الهوائية للعشب العائل مسببة mycoherbicide أعراض مرضية مرئية. كما يمكن استزراع كمي لهذه الفطور على بيئات صناعية لإنتاج كمية كبيرة من اللقاح المطلوب للتطبيق الحقل. يمكن تصنيف العوامل الميكروبية، التي تشكل المبيدات العشبية الأحيائية الحديثة، بشكل أوسع لتشمل المتطفلات الفطرية الإجبارية، الممرضات الفطرية المنقولة بالتربة، الفطر غير الممرضة للنباتات، البكتريا والفيما تودا. تتطلب العديد من هذه الأحياء أدوات زراعة وتطبيق مختلفة عن تلك التي تتطلبها المبيدات mycoherbicide المبكرة.

تتضمن المبيدات العشبية الأحيائية الموجودة في الجدول أحياء انتخبت بشكل واسع للتطوير التجاري متضمنة العديد من تلك المختبرة حقلًا وقيمت حسب ما مطلوب من وكالات التسجيل. اعتمد مفهوم المبيدات العشبية الأحيائية الأصلية (الفطرية) على الزراعة الكتلية الصناعية للكائن لإيجاد كمية كبيرة من اللقاح للتطبيقات غمر العشب العائل للوصول لحالة وباء سريعة ومستوى عالي من المرض. لكن بالنسبة للمبيدات الأحيائية الحديثة تغير التعريف الأصلي للمتطلبات الإنتاج الكمي والتطبيق، فقد أعيد تعريف مفهوم المبيدات الأحيائية كمنتجات حية تكافح أعشاب محددة بشكل مشابه للكيماويات. وسيتم توضيح بعض الأمثلة لإنتاج وتطبيق لأحدث المبيدات الأحيائية.

Cyperus، وهو متطفل إجباري على السعد الأصفر *Puccinia canaliculata* يجب أن ينمو فطر الصدأ ، مباشرة على النباتات العائلة التي يحصد منها الأبواغ الداخلية وتخزن كاملة قبل تحضير المنتج. *esculentus* على الجذوع المجروحة أو قواعد الأنواع *Chondrostereum purpureum* يجب تطبيق المبيد الأحيائي الشجرية المعشبة لتثبيط إعادة الإشتاء عبر زيادة تعفن الأنسجة المعشبة. أصبحت الفطور المنقولة بالتربة مبيدات أحيائية مبشرة هامة، فهذه الفطور عند تطبيقها مباشرة على التربة يمكن أن تقلل من مجتمعات الأعشاب من خلال تعفن البذور في الفترة قبل الإنبات أو قتل البادرات بعد الإنبات بفترة قصيرة. كما أدت الأبحاث لتطوير مبيدات أحيائية من نيماتودا محددة لإدارة مجال واسع من الأعشاب واسعة الانتشار.

Mycoherbicide تقانات إنتاج المبيدات العشبية فطرية المنشأ -

يجب إنتاج الوحدات التكاثرية للمبيدات الأحيائية بسرعة ورخص وذلك لأسباب اقتصادية وعملية. يعتبر إنتاج الأبواغ الجنسية للفطور أو الكونيدية بشكل عام أكثر ربحية وأسهل إنتاج تحت الظروف المخبرية. ينبغي أن تكون الأبواغ، والتي تمثل الطريقة الشائعة للانتشار الطبيعي ولها بقيا طويلة، المرشح الأساسي لتكوين مبيدات ، أما بالنسبة للفطور التي لا تشكل أبواغ أو أن تشكلها ضعيف يمكن استخدام كسرات Mycoherbicide الميسليوم، ولكن يواجه استخدام كسرات الميسليوم تحدي بكونها أصعب من حيث القياس، والفصل عن بيئة الزراعة و كذلك أقل عدوى من الكونيدات. تتمتع الأبواغ بعمر تخزين أطول وأكثر تحمل لظروف تخزين دون

المستخدم *Mycoleptodiscus terrestris* المثالية. حددت أبواغ الميكروسكوليتا المقاومة للجفاف في فطر كلفاح ينتج بسهولة *hydrilla(Hydrilla verticillata)* لمكافحة عشبنة

اختيار بيئة الزراعة:

يمكن استخدام بيئة أغار أو عصير الخضار لإنتاج اللقاح في النظم التجريبية، ويجب على الباحثين تحديد مقترح وخاصة ما يتعلق بمصادر الكربون والأزوت، *Mycoherbicide* المتطلبات الغذائية الخاصة لكل مبيد ، المتطلبات اللاعضوية وعناصر الصغرى، في بعض الأحيان الفيتامينات، حمض الأمونيوم، و الزيوت pH الأساسية. ولكن بالنسبة للإنتاج الكمي على نطاق واسع لتجارب حقلية أو إنتاج صناعي لهذه المبيدات فيجب أن وغالبا ما تتحقق هذه المتطلبات باستخدام المواد الزراعية أو الصناعية الخام. تقاس هذه المتطلبات اقتصادياً والتي تكون متوفرة بسهولة وبتكلفة منخفضة. من المواد التي استخدمت كمصدر للأزوت طحين فول الصويا، طحين الذرة، خميرة البيرة وبعض المواد الصلبة مثل كسبة القطن والكتان. أما مصادر الكربون تشمل اختبار دقيق الذرة، دقيق الذرة، السكر المهدرج المستخرج من الذرة ، والجلسرين والسكروروز. بالإضافة إلى ذلك، تتطلب بعض الفطريات الضوء لتتبع، والذي قد يضيف المزيد من التعقيدات وزيادة تكاليف الإنتاج. قد تعزز مصادر الكربون، التي لا تحقيق أقصى قدر من النمو الخضري، التبوغ. قد تتطلب مستويات الكربون والنروجين والمعادن التي تحقق نمو وتبوغ أمثليين موازنة دقيقة وتجريبية، وبالإضافة لتأثير معدل الكربون : نتروجين على النمو والتبوغ فقد تأثر على البقاية وطول العمر وشراسة الفطر فمثلاً زاد النمو الخضري لفطر في حين انخفضت شراسته على عائله النباتي C:N بزيادة معدل *Fusarium solani f. sp. phaseoli* لخفض النمو الخضري والتبوغ وزيادة في C:N في حين أدى معدل منخفض من *Phaseolus vulgaris* تزايد خطي في عدد الأبواغ وعدد النوى، (Phillips and Margosan 1987) شراسة المرض. وقد وجد وذلك كاستجابة لزيادة تركيز الغلوكوز (*Rosa spp.*) على نبات الورد *Botrytis cinerea* وشراسة الفطر

وآخرون (2003) النهج المنظم لتقييم كل من القدرات التجارية لسلاسل مكافحة Slininger استعرض الإحيائية واختيار البيئة. يتضمن اختيار البيئة إنتاج كميات كبيرة من اللقاح بسرعة وبتكلفة زهيدة مع الحفاظ في المستخدم في مكافحة *Colletotrichum truncatum* الوقت نفسه على شراسة الممرضات، وجد في حالة لإنتاج الكونيدات لا تعطي كونيدات شرسة، لذا تم C:N أن المعدل المثالي من *Sesbania exaltata* عشبنة العثور على نقطة توازن للوصول للهدفين معاً. كما يمكن أن يؤثر نسبة اللقاح على تبوغ الفطر، فقد وجد *Colletotrichum* من (2.5 X 106 spores/ml) وآخرون (1987) أن معدل مرتفع من اللقاح Slade أنتج كتل لزجة من الكونيدات، تسمى " البقع اللزجة" وذلك عندما نمت على بيئة إنبات *gloeosporioides* عامة. ترتبط هذه البقع اللزجة بتبوغ دوري دقيق، حيث يحدث التبوغ مباشرة بعد إنبات الأبواغ في غياب لنمو الميسليوم. بالمقابل أثر خفض معدل اللقاح أو تركيز بيئة النمو في كثافة و نمو الميسليوم الخضري وكذلك لم يحدث تبوغ دوري دقيق

تخمير الركيزة الصلبة:

قد تكون طريقة تخمير المواد الصلبة هي الطريقة العملية الوحيدة لإنتاج الأبواغ إذا لم يك إنتاجها باستخدام التخمير المغمور. استخدمت العديد من الحبوب والمخلفات النباتية لإنتاج لقاح بشكل سهل وغير مكلف قش القمح المعدات بفطر (McCain 1978) و Hildebrand للعديد من الفطور الممرضة للنبات. استخدم Boyette استخدم *Cannabis sativa* لمكافحة المرجونا *Fusarium oxysporum f. sp. cannabis* لمكافحة يقطين تكساس *F. solani f. sp. cucurbitae* وآخرون (1984) بذور الشوفان المعدات بفطر يصعب تعقيم هذه الركائز الضخمة، وتلقيحها وتخزينها حتى يتم استخدامها في هذا *Cucurbita texana* . المجال. يمكن تخطي بعض هذه المعوقات عبر فصل الأبواغ من الركيزة لتجفيف اللاحق، التحضير والتخزين. أضافت هذه العمليات تكلفة وتعقيد لتطوير المنتج

دمج الركائز الصلبة والتخمير المغمور

باستخدام تقنيات جمع التخمير الصلب والمغمور. كان الممرض mycoherbicide تم إنتاج العديد من مبيدات أول ممرض يتم إنتاجه كميًا *Anoda cristata* المستخدم في مكافحة عشب *Alternaria macrospora* عبر زراعة ميسليوم الفطر لمدة 48 ساعة في بيئة سائلة من عصير خضار. ثم تم جمع كتلة الفطر، خلطها ثم مزجها مع الفيرميكوليت، وتوزيعا في أحواض مبطنة بالقصدير وتعريضها لضوء فلوروسنت أو أشعة الشمس مباشرة لزيادة التبوغ. بعد التجفيف الهوائي يدخل المزيج ويخزن عند درجة حرارة 4 . استخدمت هذه *F.* و فطر *Sida spinosa* لمكافحة عشب *Colletotrichum malvarum* الإجراءات لإنتاج لقاح *lateritium* لمكافحة *Abutilon theophrasti* .

ضد mycoherbicide لاستخدامها ك *A. cassiae* استخدمت هذه الطريقة المعدلة لإنتاج أبواغ (*Senna obtusifolia*) حيث نمي ميسليوم الفطر في بيئة مغمورة لمدة 24 ساعة ثم جمعت و تمت مجانستها ووضع (*obtusifolia*) في صواني مبطنة بالقصدير ثم عرضت لمدة 10 دقائق لضوء فوق بنفسجي كل 12 ساعة لمدة 5 أيام لحت التبوغ. تبوغ الفطر بغزارة كما لو أن وسط جف. بعد 72 ساعة جمعت الأبواغ عن طريق مفرغ، جففت عبر كبريتات الكالسيوم و حفظت عند درجة 4. وأنتجت ما يقرب من 8 غرام من الأبواغ للتر الواحد لمتوسط النمو بهذه التقنية البسيطة لتعطي كثافة 108 بوغة / غرام

تخمير البيئة المغمورة

من وجهة نظر عملية واقتصادية، تعتبر عوامل مكافحة الحيوية الفطرية التي تتبوغ في بيئة سائلة مفضلة أكثر من تلك التي تتطلب خطوات إضافية لحت التبوغ. أثبت هذا العامل لوحده أنه مفيد لتطوير يمكن إنتاج اللقاح في دوارق هزازة، وذلك في دراسات التطوير الأولية في التجارب mycoherbicide. الضيقة النطاق، على كل حال، ولكن من الصعب تثبيت وتعديل البرامترات التي تؤثر على النمو بالنسبة الصحيح، درجة الحرارة التهوية المطلوبة للنمو المثالي والتبوغ. تعتبر أجهزة pH للدوارق الهزازة، مثل التخمير أوتنسية بالنسبة لكميات الضخمة من اللقاح أو الأنظمة التي تتطلب سيطرة أكثر دقة، النطاق المخبري. بعض أجهزة التخمير تراقب وتتحكم برمجياً بالعوامل البيئية المتضمنة الحرارة، التهيج، الأوكسجين المنحل و pH.

في *Colletotrichum gloeosporioides* وآخرون (1987) طريقة بسيطة لتقييم إنتاج لقاح Slade طور البيئات السائلة مستخدم اختبار الأطباق الصغيرة للفطور على بيئات صلبة متعددة. يمكن أن يستخدم هذا النظام لتزويدنا بوسائط مضبوطة وسريعة ورخيصة لغربلة العديد من بيئات النمو لمحصول الأبواغ والشراسة. يمكن أن تنتج المقاربات المنظمة لتطوير النمو المتوسط عوائد اقتصادية هامة. اختبرت ميشيل *Septoria* مصدر للكربون في تأثيرها على الإنتاج الأعظمي لأبواغ الفطر 47 (2003) بعد تعريف بازلاء الماء المالح *(Polygonum spp)* smartweed. الممرض لنبات *polygonorum* كأفضل مصدر للكربون، تم غربلة 38 عامل (العديد من المحسنات اللاعضوية، أحماض دهنية، مصادر بوغة /مل. 10^8 نترجين معقدة، عوامل سطحية،...) لإيجاد أفضل توليفة. أعطت التركيبة النهائية أكثر من يمكن التوصل لأعلى مستوى إنتاج باستخدام اختبارات منهجية لمكونات مختلفة، عند تراكيز عديدة، بعدة توليفات، مع عوائد اقتصادية

قائمة بأسماء الحشرات المسجلة في دائرة مكافحة الحيوية للأعشاب الضارة في مركز بحوث ودراسات مكافحة الحيوية.

التاريخ	مكان الجمع	العائل	الاسم العلمي	الاسم العربي
2013	كلية الزراعة - جامعة دمشق	<i>Tribulus terrestris</i> (Zygophyllaceae)	<i>Microlarinus lareynii</i> (Coleoptera: Curculionidae)	سوسة ثمار ضرس العجوز
2013	كلية الزراعة - جامعة دمشق	<i>Tribulus terrestris</i> (Zygophyllaceae)	<i>M. lypriformis</i> (Coleoptera: Curculionidae)	سوسة ساق ضرس العجوز
2010	القنيطرة - السويداء	<i>Onopordum acanthium</i> (Asteraceae)	<i>Lixus carduii</i> (Coleoptera: Curculionidae)	حفار ساق شوك الجمل
2008	القنيطرة - كلية الزراعة - جامعة دمشق	<i>Cyperus rotundus</i> (Cyperaceae)	<i>Bactra verutana</i> Zeller (Lepidoptera: Tortricidae)	فراشة السعد
2008	القنيطرة - كلية الزراعة - جامعة دمشق	<i>Cyperus rotundus</i> (Cyperaceae)	<i>B. minima</i>	فراشة السعد
2000	حمص الحواش	<i>Cyperus rotundus</i> (Cyperaceae)	<i>Puccinia romagnoliana</i>	صدأ السعد
2011	كلية الزراعة - جامعة دمشق	<i>Amaranthus retroflexus</i> (Amaranthaceae)	<i>Hypolixus truncatulus</i>	حفار ساق عرف الديك
2010	الحسكة	<i>Solanum elaeagnifolium</i> (Solanaceae)	<i>Epitrix atropae</i> Foudras (Coleoptera: Chrysomelidae)	خنافس البتلات
2010	الحسكة	<i>Solanum elaeagnifolium</i> (Solanaceae)	<i>Piesma quadratum</i> (Fie B) (Hemiptera: Piesmidae)	بق الباذنجان

تسجيل ودراسة بيولوجيا (*Lixus cardui* Olivier (Coleoptera: Curculionidae)

العدو الحيوي لعشب شوك الجمل *Onopordum illyricum* L. في سورية

غسان سمعان ابراهيم⁽¹⁾

ملخص

تم إجراء هذا البحث لدراسة بيولوجيا حفار ساق شوك الجمل *Lixus cardui* Olivier (Coleoptera: Curculionidae) العدو الحيوي لعشبة شوك الجمل *Onopordum illyricum* L. في مناطق انتشاره في سورية. وتم الجزء المخبري في مخابر مركز بحوث ودراسات مكافحة الحيوية، كلية الزراعة في جامعة دمشق، في السنوات 2008-2010 م.

يعد عشب شوك الجمل *O. illyricum* من الأعشاب الشائكة جداً التي تحتل أطراف الحقول والطرق والمناطق المهملة وغرف الصيانة ومباني المزارع، كما يغزي المروج وحقول المزروعات الشتوية. تم تسجيل هذا العدو الحيوي، *Lixus cardui* لأول مرة في سورية ودلت النتائج على توافق عالي جداً بين بيولوجيا هذه الحشرة والأطوار الفينولوجية للنبات العائل، *O. illyricum*. تخرج الحشرات الكاملة في بداية الربيع مع فترة تشكل الأوراق الحقيقية للنبات وتبدأ بالتغذية عليها ومع بدأ استطالة الساق تحفر الإناث الساق لتضع بيوضاً داخل الحفر وقد وجد العديد من الحفر على الساق الواحدة. تواجد عدد كبير من اليرقات داخل الساق الواحدة وأدت تغذية تلك اليرقات إلى ضعف شديد في النمو وتكسر الأغصان وانخفاض عدد الرؤوس الزهرية للنبات. استمر الطور اليرقي نحو 42.4 ± 4.33 يوماً والعذراء مدة 10.2 ± 1.2 أيام وتطورت إلى حشرات كاملة ضمن الساق المحفورة خلال شهر حزيران، وتبقى ساكنة في مكانها حتى بداية الربيع القادم. أثبتت الدراسة تخصصية العدو الحيوي على عشب *O. illyricum* ولم تتغذى الحشرات الكاملة أو تضع البيض على كل النباتات المختبرة.

الكلمات المفتاحية: بيولوجية - شوك الجمل - *Onopordum illyricum* L. - حفار

ساق شوك الجمل - *Lixus cardui* Olivier.

1. مدرس، قسم وقاية النبات - كلية الزراعة - جامعة دمشق.

Abstract

Recording and Biology of *Lixus cardui* Olivier (Coleoptera: Curculionidae) a bioagent for Illyrian thistle, *Onopordum illyricum* L. in Syria

Ghassan Saman Ibrahim ⁽¹⁾

The investigation was carried out to study the biology of *Lixus cardui* (Coleoptera: Curculionidae) the bioagent of scotch thistle, *Onopordum illyricum* in the area of its spread in Syria. Laboratory works done at the Biological Control Studies and Research Center, faculty of Agriculture, Damascus University during 2008-2010.

The scotch thistle, *Onopordum illyricum* is one of the very spiny plants that occupied the field edges and road sides and around the service rooms and farm buildings, also it invades the rangelands and fields of winter crops. The species *L. cardui* was recorded for the first time in Syria. Results showed a high level of synchronization between the bioagent and the weed phonological stages. Adults appeared in early spring at the time of forming the first true leaves of the plant and to feed on them and at the time of stem elongation females started to bore the elongated stem to lay eggs inside the holes, however many bores were found in each stem. Many larvae were found to feed inside stem and that cause a heavy reduction in the plant growth and number of flowering heads.

Larval stage lasted for 42.4 ± 4.33 days and pupal stage for 10.2 ± 1.2 days and reached to adult stage inside the bored stem were they overwinter till next spring. Host specificity test proved that the bioagent was very specific to the weed, *O. illyricum* and the adult never fed or laid eggs on the tested plants.

1- Assistant Professor, Dept. Plant Protection, Damascus University.

1. المقدمة

ينتمي نبات شوك الجمل *Onopordum illyricum* L. إلى مجموعة أعشاب الشوك (Thistle)، وهي مجموعة من النباتات الشائكة جداً تتبع إلى الفصيلة المركبة Asteraceae و قبيلة Cardueae وتحت قبيلة Cardueae (Bremer, 1994) وتضم العديد من الأجناس النباتية الهامة منها: *Onopordum, Cirsium, Carduus, Notobasis* وهي واسعة الانتشار في المناطق الهامشية وأطراف الحقول ومداخل المزارع والأماكن المهملة، وتتشابه نباتات هذه الأجناس إلى درجة كبيرة من ناحية أماكن التواجد وطبيعة النمو والإزهار والثمار والأضرار التي تحدثها. يعد نبات شوك الجمل *Onopordum illyricum* L. أحد أنواع الأعشاب عالمية الانتشار حيث ينتشر في أكثر من 50 دولة (CAB International, 2004). وهو نبات ذو حجم خضري كبير وشائك جداً وقد يصل ارتفاع النبات حتى 2 م (Whitson et al., 1996)، ويحتل هذا النبات مكان غيره من النباتات في المراعي وغيرها. كما يعيق حركة الحيوانات ووصولها إلى مصادر المياه ويعيق دخول الإنسان إلى الأراضي الزراعية والاستمتاع بالمناظر الطبيعية والمناطق السياحية أو الصناعية، أو الاستفادة من تلك الأماكن بسبب نمواته الكثيفة المترصة على شكل مجموعات كبيرة. كما يمكن أن ينمو هذا العشب في حقول القمح والمحاصيل الشتوية (الكمون، اليانسون وغيرها) مسبباً مشاكل كثيرة لعمليات خدمة المحصول وخصوصاً الحصاد (Young and Evans, 1969 and Hooper et al., 1970).

يغطي النبات طبقة كثيفة جداً من الأوبار بيضاء اللون أو الرمادية ويحمل عدد كبير من الأشواك القاسية القصيرة منها والطويلة على طول الساق والتفرعات وعلى حواف الأوراق وتكون قمة النموات الحديثة مغطاة بالكامل بهذه الأشواك. وتتسبب الأشواك القصيرة بإزعاجات كثيرة كونها تدخل في جسم الإنسان أو الحيوانات وتختفي تحت الجلد.

موطنه الأصلي أوروبا و آسيا وهو منتشر في أغلب الولايات المتحدة الأمريكية ما عدا هاواي، فلوريدا وألاسكا، نيوزيلندا وفي استراليا وأمريكا الجنوبية وكندا. ونقلت إلى مواقع جديدة لأسباب منها كنبات زينة، ولكنه انتشر وغزى معظم الحقول الزراعية وغيرها. ينمو شوك الحقل بشكل طبيعي على ارتفاع 2500 عن مستوى البحر على تربة حامضية. وهو ينتشر بسرعة في المناطق التي خضعت للتغير على أحداث الاضطرابات الطبيعية مثل الانهيارات الأرضية والفيضانات، لكنه لا ينمو بشكل جيد في الشروط المظلمة والجافة أو شديدة الرطوبة.

من الصعب جداً مكافحة هذه الأنواع بالطرق التقليدية الميكانيكية أو الكيميائية وذلك بسبب الانتشار الواسع للنباتات على أطراف الحقول وغيرها من المناطق التي يصعب الوصول إليها

علاوة عن الحاجة إلى عدد كبير من العمال والمواد الكيميائية وإلى ما قد تلحقه عمليات مكافحة من تخريب للمناطق البيئية المستهدفة. يدل ذلك على أهمية مكافحة الحيوية وضرورتها في مكافحة تلك الأنواع لأنها لا تتسبب بأي ضرر بيئي لمناطق انتشار نباتات الشوك، كما تسهم في الحد من نموه دونما القضاء عليه نهائياً، وهذا يحقق فائدة بيئية في المحافظة على النوع والتوازن الطبيعي. هناك عدد محدود من الدراسات المرجعية حول العشب والحشرات التي تصيبه.

من هنا أتت أهمية تنفيذ هذا البحث لدراسة بيولوجية حشرة السوس *Lixus cardui* المنتشرة على نباتات شوك الجمل *O. illyricum* في المنطقة الجنوبية من سورية (منطقة جديدة عرطوز، قطنا، سعسع وخان الشيخ في ريف دمشق، ومحافظة القنيطرة والسويداء). ويعد هذا البحث جزء من دراسة موسعة للأعداء الحيوية التي تهاجم نباتات هذه المجموعة في سورية.

مواد وطرائق العمل:

دراسة الأطوار الفينولوجية وانتشار النوع *O. illyricum*:

شملت عمليات المسح للتحري عن وجود النبات معظم المناطق السورية من خلال القيام بالجولات الحقلية الدورية إلى معظم المحافظات السورية بالإضافة إلى تسجيل وجود أنواع الشوك الأخرى. وقد تم اختيار منطقة جنوب ريف دمشق والقنيطرة والسويداء لتنفيذ البحث نظراً لعدم تواجد العشب في غير تلك المناطق. تم تقدير كثافة النباتات باستخدام النظر فقط لصعوبة تطبيق تجارب الكثافة العديدة على هذه النباتات. كما تم تسجيل الملاحظات الحقلية الخاصة بالأطوار الفينولوجية للنبات مثل الإنبات، المراحل الأولى للبادرات، مرحلة استطالة الساق، مرحلة تشكل الأزهار ومرحلة جفاف الثمار وسقوط البذور إلى التربة.

بيولوجيا العدو الحيو *Lixus cardui*

تم جمع العينات النباتية بمعدل مرة كل 15 يوماً ابتداءً من شهر كانون الثاني حتى نهاية أيلول من مناطق انتشار النوع (ريف دمشق: جديدة عرطوز، قطنا، سعسع، القنيطرة، السويداء) وذلك بقطع ساق النبات عند سطح التربة ووضع العينات في أكياس بلاستيكية كبيرة أو في علب كرتونية وترسل إلى المخبر. يتم التعرف على النباتات المصابة من خلال حفر وضع البيض على الساق أو من خلال ملاحظة الحشرة الكاملة على النبات. تفحص العينات تباعاً وبشكل دقيق للتحري عن وجود بيوض الحشرة ومن ثم شق الساق بشكل طولي للتعرف على الأطوار المختلفة للحشرة داخل الساق وتسجيل كافة الملاحظات.

كما تم متابعة تطور الحشرة على النباتات الحية في الحقل من خلال القيام بفحص دوري كل 15 يوم لنباتات مصابة في حقل في منطقة جديدة عرطوز لتسجيل مدة الأطوار الحشرية المختلفة، وذلك بأخذ عينة من فرع مصاب من كل نبات دون إلحاق الأذى بالنبات الأم. وتم أيضاً متابعة تربية الحشرة من خلال جمع البيوض قبل الفقس من الحقل ونقلها إلى أجزاء نباتية سليمة في المخبر وذلك بشق الساق وإدخال البيوض داخل الشق وتغطيتها ببقايا النبات ومن ثم توضع في الحاضنة (60% رطوبة جوية و درجة حرارة 23 م) وتم الفحص الدوري لتلك الأجزاء ونقل الطور الحشري إلى جزء نباتي جديد وسليم كلما دعا الأمر، وتم تسجيل الملاحظات لكل حشرة على حدى.

اختبار التخصصية:

تم هذه الاختبار عن طريقتين: 1- بوجود العائل 2- بدون وجود العائل.

1- بوجود العائل: وتم ذلك في الأقفاص الزجاجية المزودة بأكمام طويلة. حيث يوضع نبات الشوك المزروع في أصيص في القفص ويكون النبات بمرحلة أربع أوراق حقيقية، يتم بعدها إطلاق 3 أزواج من الحشرات جمعت خلال عملية التزاوج، وبعد 3 أيام يتم إزالة نبات شوك الحقل ويستبدل بنبات اختبار من نوع نباتي غير النبات العائل وتستمر هذه المعاملة مدة 6 أيام. وكانت النباتات المختبرة: الأعشاب، *Cirsium arvense* L., *Carduus nutans* L., *Centuaria calcitrapa* L., والأرضي شوكي، *Cynara scolymus* L. في الاختبار الثاني، بدون وجود العائل، يتم إدخال نوعين من النباتات، النبات العائل والنبات المختبر بنفس الوقت وبمراحل عمرية مناسبة وتترك الحشرات مدة 6 أيام، تمت مراقبة هذه الحشرات وسلوكيتها داخل الأقفاص.

بعد انتهاء فترة الاختبار يحصى عدد الحشرات الحية ويقدر الضرر الحاصل لكل نبات على حدى بملاحظة وجود حفر التغذية أو حفر وضع البيض وتترك كل النباتات لتنمو بشكل طبيعي وتفحص بعد 20 يوم داخلياً بشق الساق طولياً من أجل ملاحظة وجود أية يرقات متطورة كنتيجة لاحتمال وضع البيض على هذه العوائل. تم إجراء 3 مكررات لكل عائل نباتي.

النتائج والمناقشة

انتشار النوع *O. illyricum* في سورية:

أظهرت عمليات المسح الحقلية انتشار هذا النوع في المناطق الجنوبية الغربية من سورية فقط، فقد سجل انتشاره ابتداءً من منطقة جديدة عرطوز باتجاه محافظة القنيطرة، حيث وجد في منطقة خان الشيخ امتداداً إلى قطنا والمناطق المحيطة بها. ولم يلاحظ النوع في المناطق المرتفعة مثل مناطق حينة وعرنة. وكانت المساحة التي يغطيها النوع تزداد مع اتجاه محافظة القنيطرة مما يدل على بدأ انتشار النوع من ذلك المكان باتجاه المناطق الجديدة. ومن خلال مراقبة عملية سقوط البذور من القرص الزهرية لوحظ أن ثقل البذرة يمنعها من الانتقال إلى مسافات بعيدة رغم وجود مظلة لكل بذرة والتي لعبت دور في توجيه البذرة نحو الأسفل وهذا ما يفسر ببطء انتشار النوع، وقد بلغ وزن البذرة الواحدة من 0.0079 - 0.013 غرام بمتوسط 0.0071 غرام أي حوالي 150 بذرة / غرام. كما سجل انتشار النوع في مدينة السويداء، شهباء والمزرعة في محافظة السويداء. لم يلاحظ النوع في مناطق ريف دمشق الأخرى ولا في المحافظات الأخرى الداخلية والساحلية وقد يعود السبب إلى طبيعة المناطق الباردة التي ينتشر فيها النبات.

الأطوار الفينولوجية للعشب *O. illyricum*:

بدأ ظهور البادرات مع بداية شهر كانون الثاني في معظم مناطق الانتشار ما عدا المناطق المرتفعة مثل رنكوس، وكانت البادرات ناتجة عن إنبات البذور أو ظهور النموات من الجذور المعمرة لنباتات المواسم السابقة ويكون الخلاف بين تلك البادرات بسرعة النمو في بدايته. بعد تشكل 3 إلى 4 وريقات يتباطأ النمو بشكل ملحوظ ويبقى النبات في طور البادرة القصيرة حتى بدأ ارتفاع درجات الحرارة في منتصف شهر آذار حيث يشكل النبات مجموعة من الأوراق الكبيرة التي قد تصل إلى طول 60 سم ويبدأ بعدها النبات بالاستطالة والتفرع، ويصل ارتفاع النبات إلى 150 - 200 سم و يحمل عددً من الرؤوس الزهرية من 20 إلى 50 (8.7 ± 30.8) مختلفة في الحجم بحث كانت أكبر الرؤوس تلك الموجودة على قمة الأفرع المركزية للنبات وتكون الرؤوس الجانبية صغيرة الحجم. تظهر الأزهار في أوائل آذار وتتضج البذور في حزيران وتموز وهي تحتاج حوالي شهر واحد تقريباً بعد الإزهار حتى تمام النضج.

في نهاية شهر تموز، وبحسب المنطقة، يبدأ جفاف النبات التدريجي حيث تجف الأزهار أولاً ثم الأفرع حتى الساق الرئيسي وتبقى الأفرع الجافة قائمة في الحقل حتى بداية فصل الأمطار حيث تتكسر بفعل الرياح والمطر. وما يميز النوع، *Onopordum illyricum* هو بقاء نباتاته خضراء لفترة طويلة بعد انحباس الأمطار على عكس باقي أنواع نباتات الشوك (*Cirsium*, *Carduus*) التي تجف في وقت مبكر جداً من العام وتتخطم سوقها سريعاً. ذكر Briese وزملاؤه (1990)

أن هذا النوع من النباتات ثنائية الحول التي تنمو خضرياً خلال فصل النمو الأول وفي فصل النمو الثاني (الصيف) تستطيل بشدة وسرعان ما تحمل الأزهار وتتضج البذور في منتصف الصيف.

المواصفات المورفولوجية والبيولوجية العدو الحيوي *Lixus cardui*

المواصفات المورفولوجية للحشرة الكاملة: الحشرة الكاملة عبارة عن سوسة بطول (15 ملليمتر) وعرض (5) ملليمتر، تكون بلون بني مشقر مغطاة بزغب أصفر وذات منقار أسود وأرجل رمادية. كان التشابه شديد جداً بين الذكور والإناث فيما عدا أسوداد رأس المنقار عند الذكور والحجم الكبير للإناث وتغيرات نهاية البطن. ذكر Dellow و Holtkamp (2005) أن الحشرة الكاملة تبلغ 15 مم طولاً وهي بنية اللون. بينما ذكر Anthony و John 2007 أن الحشرات الكاملة تكون بنية عند في أول حياتها وسرعان ما تصبح سوداء

البيوض:

بعد استطالة ساق نبات الشوك تبدأ إناث الحشرة بحفره بمنقارها من أجل وضع البيض داخل الحفر، بدأً من شهر نيسان. تكون البيوض كروية الشكل بلون مصفر، توضع بمعدل 1-2 بيضة في كل حفرة، ويمكن تمييز حفر وضع البيض بسهولة على الساق وقد سجل وجود عدد كبير من الحفر على النبات الواحد وصل إلى 20 حفرة في أحد الحقول في منطقة قطنا. وجد Anthony و Brieese 2002 أن الأنثى تضع من 5-6 بيضة في كل حفرة وأن ملاحظة هذه البقع دليل واضح على الإصابة وأشار Anthony و John 2007 إلى استمرار وضع البيض مدة شهر إلى 6 أسابيع حتى بدأ جفاف النبات. أظهرت الدراسة المخبرية للعينات المجموعة مباشرة بعد وضع البيض إلى أن فترة حضانة البيوض كانت بين 8-9 (8.52 ± 0.5) يوم في درجة حرارة الحاضنة ($60\% \text{ RH}$ و 23°C) (جدول 1). في هذه التجربة لم يتم تحديد عدد البيوض الموضوعة لكل أنثى في حين ذكر Brieese وزملاؤه 2004 أن الأنثى الواحدة تضع (200) بيضة .

جدول 1. الفترات الزمنية لتطور *Lixus cardui* حفار ساق *Onopordum*.

الطور الحشري	بيضة	اليرقة	العذراء
المدة (يوم)	8-9 (8.52 ± 0.51)	33-51 (42.4 ± 4.33)	8-13 (10.2 ± 1.2)

اليرقة:

تفقس البيوض عن يرقات بيضاء بطول 2 مم تقريباً وهي تبدأ بالتغذية على أنسجة الساق الداخلية، حيث تحفر أنفاق ضيقة في أنسجة الساق باتجاه الأعلى، ومع التقدم بالعمر تدخل اليرقة لتصل إلى لب الساق حيث تتغذى بشراهة على لب الساق. لوحظ وجود عدد كبير من اليرقات داخل الساق الواحدة وتراوح عدد اليرقات داخل النبات الواحد من 1-35 يرقة (بمعدل 11.86 ± 7.7). تبقى اليرقات داخل الساق بعيدة عن بعضها البعض بحوالي 15 سم أي أنها لا تتواجد في نفس المنطقة. وفي النهاية تتغذر اليرقات ضمن الساق وتتحول إلى حشرات كاملة داخله.

بلغت مدة تطور الطور اليرقي 33-51 يوماً (بمعدل 42.4 ± 4.33) وذلك اعتماداً على العينات المجموعة من حقل التجربة في جديدة عرطوز.

من الملاحظ أن لهذا النبات مجموع خضري قوي جداً ويبقى المجموع الخضري قائماً في الحقل بعد جفافه لفترة طويلة وهذا ما يسمح لليرقات الموجودة داخل الساق بمتابعة تطورها حتى التغذر. تتميز نباتات جنس *Onopordum* بهذه الخاصية التي لا توجد لدى الأنواع الأخرى من أجناس الشوك مثل *Cirsium* أو *Carduus* والتي تنكسر نباتاتها الجافة فوراً بسبب الضعف الشديد للساق. يدل هذا على أن اليرقات تتغذى خلال مرحلة من حياتها على الجزء الخشبي الجاف للنبات.

كانت اليرقات مكتملة النمو بيضاء عاجية اللون مقوسة وبلغت 9-13 مم (11.44 ± 1.51) طولاً و 1-3 مم عرضاً بمعدل 1.84 ± 0.5 مم عند قاعدة رأس اليرقة. لم نتمكن من دراسة الأعمار اليرقية لصعوبة مراقبة اليرقة داخل الساق ولكن تم نقل اليرقة من ساق إلى أخرى بسهولة وتابعت دورة حياتها.

العذراء:

تتغذر اليرقات داخل الساق في مكان حفر اليرقات بدءاً من نهاية أيار وتستمر حوالي 10 أيام حتى تتحول إلى حشرة كاملة، تبقى الحشرات الكاملة ساكنة داخل الساق حتى بداية العام القادم، في

حال تحرير الحشرة الكاملة من ساق النبات فأنها تبدأ بالتحرك فوراً وحتى التغذية على النباتات حديثة النمو في حال توفرها في المخبر وبالطبع في هذه الفترة لا تتواجد نباتات خضراء في الحقل وهي لا تتشط بطبيعة الحال في الحقل لأن الحشرات الكاملة تبقى ساكنة داخل سوق النبات الجافة وبقايا النبات المتجمعة على سطح التربة وهذا يتوافق مع Gultekin، 2007 حيث أشار إلى أن هذه الحشرة تقضي فترة البيات ضمن أعشاش العذارى داخل سوق نبات *Onopordum* spp.

- بدأ نشاط الحشرات الكاملة

بعد فترة البيات الصيفي والشتوي الطويلة للحشرات الكاملة في بقايا النبات المتراكمة على سطح التربة أو المدفونة في التربة، يبدأ ظهور الحشرة في الحقل منذ بداية شهر آذار في منطقة خان الشيخ وجديدة عرطوز. تبدأ الحشرات الكاملة بالتغذية على الأوراق وعلى كامل المجموع الخضري ويظهر ذلك على شكل ثقوب على الأوراق أو الأفرع ولوحظ وجود عدد كبير من الحشرات الكاملة على النباتات شديدة الإصابة وكان ذلك وسيلة مساعدة لنا في عملية التحري عند وجود هذه الحشرة في المناطق الجديدة وكذلك خلال عملية جمع الحشرة أيضاً. وقد تؤدي الإصابة الشديدة إلى ذبول الأفرع وتكسرها. وأدى ذلك إلى حدوث نقص واضح في نمو وطول نباتات الشوك مقارنةً بالنباتات السليمة. لوحظ الغياب الكامل للحشرات الكاملة في آخر نيسان حيث تموت معظم الحشرات الكاملة بعد هذا التاريخ وقد شوهدت بعض الحشرات الميتة عند البحث بين أوراق النبات المفترشة عند قاعدة النبات. كمعظم حشرات السوس كانت الحشرات الكاملة لهذه الحشرة تسقط نفسها من على الأوراق عند شعورها بأي خطر.

دورة حياة الحشرة.

احتاجت البيوض من 8-9 (8.52 ± 0.51) أيام حضانة ودام الطور اليرقي 33-51 (44.4 ± 4.33) يوماً وطور العذراء 8-13 (10.2 ± 1.2) يوماً، فاحتاج التطور من البيضة حتى ظهور الحشرة الكاملة 58-63 (60.94 ± 4.23) يوماً. وأظهرت الدراسة الحالية وجود جيل واحد فقط للحشرة خلال العام. وهذا يتوافق مع ما ذكره Anthony و John 2007

الضرر :

تتغذى الحشرات الكاملة بعد خروجها في الربيع على الأوراق الحديثة فتؤدي إلى إحداث ثقوب عديدة جداً كما تتلف القمم النامية حديثة التشكل. وقد تؤدي الإصابة إلى تجريد النبات من الأوراق في بعض السنين عند اشتداد الإصابة. تعد اليرقات الأشد ضرراً حيث تحفر داخل ساق النبات مما يؤدي إلى ضعف عام في النمو وكذلك تؤدي إلى تكسر السوق وصغر حجم الرؤوس الزهرية وعدد البذور المتشكلة وحيويتها. أشار Dellow و Holtkamp (2005) إلى أن التأثير المشترك لليرقات التي تحفر الساق والحشرات الكاملة التي تتغذى على الأوراق يؤدي إلى إضعاف النبات والتقليل من إنتاج البذور كما أشارا إلى أن الضرر السابق يزيد من فعالية سوسة الرؤوس الزهرية *Larinus* spp.

تم من خلال الأبحاث التي استمرت أكثر من 15 عاماً في استراليا تسجيل وإطلاق العديد من الحشرات التي تهاجم نبات الشوك ومنها سوسة البذور *Larinus latus* وسوسة حفار الساق *Lixus cardui* وسوسة الرؤوس الزهرية *Trichosiocalus briesei* و فراشة الأوراق *Eublemma amoena* وحققت هذه الحشرات مجتمعةً انخفاضاً في نسبة تشكل البذور بمقدار 90%.

تم تسجيل عدد من الحشرات التي تصيب نباتات الشوك كالسوسة الأوربية *Rhinocyllus conicus* التي أطلقت في أمريكا عام 1969 لمكافحة نوع *Carduus nutans* وبعض الأنواع القريبة منه (Turner et al., 1987; Louda, 2000) وسمح بنقل هذه الحشرة عبر الأراضي الأمريكية دون قيود (Piper and Coombs, 2004) كما تم اعتماد هذه الحشرة في أمريكا بشكل رسمي كعدو حيوي لعشب *Carduus* (Balciunas and Coombs, 2004). كما نشرت السوسة *Larinus planus* لمكافحة النوع *Cirsium undulatum* var. *tracyi* والنوع *C. arvensis* (Louda and O'Brien, 2002).

تخصيص الحشرة:

لم تهاجم الحشرة في المختبر أي من أجناس الشوك الأخرى مثل *Cirsium* و *Carduus* ولا حتى نبات الأراضي شوكي بوجود العائل أو عند عدم وجوده. وقد وجدنا أن السوسة *Lixus cardui* تصيب نباتات الجنس *Onopordum* دون غيره. لم يسجل Balciunas، 2007 أية تغذية أو إصابة على نباتات الأراضي شوكي وقد أشار الباحث إلى إمكانية استخدام هذه الحشرة في استراليا دونما مخاوف وذلك لعدم وجود أنواع برية قريبة من جنس *Onopordum*. في حين أوضح (Zwölfer and Brandle, 1989, Briesse et al. 1994, 2004) أن هذه الحشرة متخصصة بالتغذية على جنس *Onopordum* فقط.

توافقية تطور العدو الحيوي مع عائله:

وجد أن هناك توافق كبير بين دورة حياة حشرة حفار ساق الشوك *L. cardui* والأطوار الفينولوجية لنبات الشوك *Onopordum* (جدول 2). حيث نلاحظ خروج الحشرة الكاملة مع تشكل عدد من الأوراق الحقيقية للنبات والتي تتغذى عليها الحشرات الكاملة. يليها بدأ وضع البيض مع بداية استطالة وتفرع الساق ويساعد بقاء النبات منتصباً في الحقل بعد جفافه مدة كافية تسمح لليرقات بالتطور والوصول إلى طور الحشرة الكاملة التي تختبئ في النهاية داخل الساق الجافة المنتصبة أو المتراكمة على سطح التربة حتى بداية الربيع المقبل.

جدول 2. التزامن بين الأطوار الفينولوجية لنبات *Onopordum* والأطوار الحشرية لـ *L. cardui*.

الشهر	الطور الفينولوجي لنبات <i>Onopordum</i>	الأطوار الحشرية لـ <i>Lixus cardui</i>
كانون الثاني	إنبات البذور	لا نشاط للحشرة
آذار	بادرة ورقية	بدأ نشاط الحشرة الكاملة
نهاية آذار	تجدد النمو وبدأ الاستطالة	التغذية على الأوراق والساق
نيسان	استطالة	بدأ وضع البيض
آخر نيسان	بداية الأزهار	الطور اليرقي
أيار	قمة الإزهار وبدأ تشكل البذور	نهاية الطور اليرقي وبدأ التعذر
حزيران	نضج البذور وسقوطها	التعذر والتحول لحشرات كاملة ضمن الساق

تموز	جفاف النبات	دخول الحشرات الكاملة في طور السكون الصيفي
------	-------------	--

يدل هذا التوافق الكبير بين العدو الحيوي *L. cardui* والنبات العائل *Onopordum* على التعايش الطويل بينهما ويدل أيضاً على تخصصية عالية بينهما.

شكر Acknowledgements.

الشكر الجزيل لكل الباحثين العاملين في مركز بحوث ودراسات مكافحة الحيوية، كلية الزراعة جامعة دمشق، لتأمين كافة مستلزمات البحث ووسائل النقل.

References

- Anthony, S. and Bries, D., 2000. Agent Release Techniques: What is Appropriate for Redistribution Projects That Involve Community Groups? Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds 783, 4-14 July 1999, Montana State University, Bozeman, Montana, USA. Neal R. Spencer [ed.]. pp. 783-788.
- Balciunas, J.K. and Coombs, E.M. 2004. international codes for biological control of weeds. In E.M. Coombs, J.K. Clark, G.L. Piper and A.F. Cofrancesco Jr. Editors, *Biological Control of Invaasive Plants in the United States*, Oregon State University Press. Corvallis, 130-136.
- Balciunas, J.K., 2007. *Lixus cardui* , a biological control agent for scotch thistle (*Onopordum acanthium*): safe for Australia, but not for USA?. Biological Control J. 41(1): 134-141.
- Bremer, K., 1994. Asteraceae: Cladistics and Classification. Timber Press, Portland, Oregon.

- Briese, D. T., Pettit, W. J., Walker, A., Evaluation of the biological control agent, *Lixus cardui*, on *Onopordum* thistles: experimental studies on agent demography and impact. *Biol. Control* 31, 165–171.
- Briese, D.T., Pettit, W.J., Swirepik, A., Walker, A., 2002a. A strategy for the biological control of *Onopordum* spp. thistles in South-eastern Australia. *Biocontrol Sci. Technol.* 12, 121–136.
- Briese, D.T., Sheppard, A.W., Zwolfer, H., Boldt, P.E., 1994. Structure of the phytophagous insect fauna of *Onopordum* thistles in the northern Mediterranean basin. *Biol. J. Linn. Soc.* 53, 231–253.
- CAB International, 2004. Crop Protection Compendium, CAB International, Wallingford, UK. Available from: <http://www.cabi.org/compendia/cpc/>.
- Hooper, J.F., Young, J.A., Evans, R.A., 1970. Economic evaluation of Scotch thistle suppression. *Weed Sci.* 18, 583–586.
- Louda, S.M., 2000. Negative ecological effects of the musk thistle biological control agent, *Rhinocyllus conicus*. In: Follet, P.A., Duan, J.J. (Eds.), *Nontarget Effects of Biological Control*. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, pp. 215–243.
- Louda, S.M., O'Brien, C.W., 2002. Unexpected ecological effects of distributing the exotic weevil, *Larinus planus* (F.), for the biological control of Canada thistle. *Conserv. Biol.* 16, 717–727.
- Piper, G.L., Coombs, E.M., 2004. *Rhinocyllus conicus*. In: Coombs, E.M., Clark, J.K., Piper, G.L., Cofrancesco, A.F., Jr. (Eds.), *Biological Control of Invasive Plants in the United States*. Oregon State University Press, Corvallis, OR, pp. 365–368.
- Turner, C.E., Pemberton, R.W., Rosenthal, S.S., 1987. Host utilization of native *Cirsium* thistles (Asteraceae) by the introduced weevil *Rhinocyllus conicus* (Coleoptera: Curculionidae) in California. *Environ. Entomol.* 18, 111–115.
- Whitson, T.D., Burrill, L.C., Dewey, S.A., Cudney, D.W., Nelson, B.E., Lee, R.D., Parker, R., 1996. *Weeds of the West*, Fifth ed. Western Society of Weed Science, Jackson, Wyoming.
- Young, J.A., Evans, R.A., 1969. Control and ecological studies of Scotch thistle. *Weed Sci.* 17, 60–63.
- Zwolfer, H., Brandl, R., 1989. Niches and size relationships in Coleoptera associated with Cardueae host plants: adaptations to resource gradients. *Oecologia* 78, 60–68.