

الباب السابع

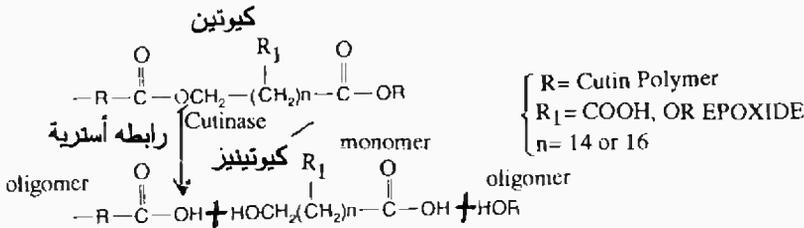
دور الأنزيمات والسموم ومنظمات النمو في أمراض النبات

عند تعريف الإصابة infection ذكر أن الطفيل يستمد غذاؤه من خلايا النبات الحية أو الميتة وفي أثناء ذلك قد يفرز الطفيل أنزيمات تساعد في تحليل المركبات المعقدة إلى مركبات بسيطة وبذلك يسهل على الطفيل استخدامها. وقد يفرز سموم تساعد في موت الخلايا وقد يفرز منظمات للنمو تغير في تكوين الخلايا والأنسجة. يفرز الطفيل هذه المركبات لتساعده في عملية الإصابة والتطفل لأخذ الغذاء من العائل في صورة مركبات بسيطة وبذلك يكون قادر على استعمالها بكفاءة عالية.

الأنزيمات Enzymes

تكون الطفيليات نوعين من الأنزيمات وهما إنزيمات داخل الخلية intracellular حيث تبقى هذه الأنزيمات داخل الخلية ولا تفرز خارجها ومثال ذلك الأنزيمات التي تقوم بعملية التنفس فإنها توجد في داخل الميتوكونديا أو في الأغشية أو الميسوسوم تبعاً لنوع الطفيل. وهذه المجموعة تشمل أنزيمات كثيرة وهي أساسية لحياة الطفيل إلا أنها لا تؤدي دور في أمراض النبات. أما المجموعة الثانية وهي إنزيمات خارج الخلية extracellular حيث تخلق داخل الطفيل ثم يفرزها خارج الخلية لتنتشر في البيئة المحيطة وتقوم بتحليل المركبات المنتشرة في بيئة الطفيل. وهذه المجموعة من الأنزيمات لها دور هام في أمراض النبات وفيما يلي أمثلة من هذه الأنزيمات.

عند حدوث الإصابة قد يواجه الطفيل ببشره النبات والتي يوجد عليها طبقة من الكيوتيكل التي تتكون من مادة الكيوتين وقد يتداخل معها طبقة شمعية. لا يوجد حتى الآن دليل على أن الطفيليات يمكنها أن تفرز أنزيمات تحلل الشموع ولكن يوجد دليل على أن قليل من الطفيليات يمكنها إفراز إنزيم كيوتينيز cutinase والذي يقوم بتحليل الكيوتين وذلك بتحليل وكسر الروابط الأستريه ester linkages بين وحدات الكيوتين وينتج عن ذلك جزئيات منفردة monomers وأيضاً جزئيات بها عدد محدود من وحدات جزئيات الكيوتين oligomers (شكل ٣٥) وذلك كما في الفطر *Penicillium spinulosum*. وفي حالة الفطر *Fusarium* وجد



(شكل ٣٥) : تحليل الكيوتين بواسطة أنزيم Cutinase

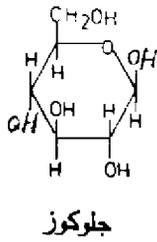
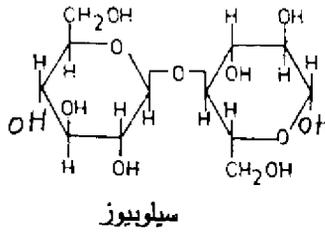
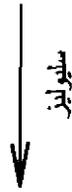
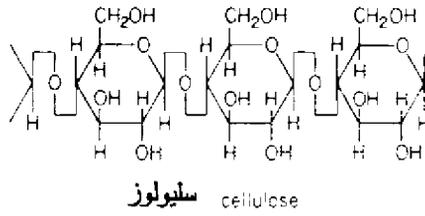
أن السلالات المرضيه تفرز تركيز أكبر من cutinase عنه في السلالات الغير ممرضه لنفس الفطر. ومما هو جدير بالذكر أنه إذا أضيف أنزيم كيوتينيز نقي لجراثيم السلالات الغير ممرضه لهذا الفطر فإن هذه السلالات تصبح ممرضه للنبات وقادرة على الإصابة. يتكون الكيوتين من وحدات كثيرة مرتبطة ببعضها تسمى بوليميرات cutin polymers .

قد تحدث الإصابة عن طريق القلف أو الجذور وحيث يتكون الجزء الخارجى من الجذور أو القلف من نسيج ثانوى يتكون من خلايا مغلظه بالسيورين فقد أتضح أن الفطر *Armillaria mellea* والذي يكون حبل فطرى يسمى rhizomorpe قادر على الاختراق المباشر للجذور أو

القلق فإنه يسبب تناقص تركيز السيوبرين في مكان الإصابة وذلك دليل على أنه يحلل السيوبرين ولكن حتى الآن لم يتم عزل هذا الأنزيم المحلل للسيوبرين ولكن يستدل على وجوده فقط.

يواجه الطفيل بعد ذلك جدار الخلية النباتية الذي يتكون أساساً من السيليلوز. يوجد كثير من الطفيليات تفرز أنزيم سلوليز cellulase وهو أنزيم يتكون من مجموعة من الأنزيمات تقوم بتحليل السيليلوز إلى مركبات بسيطة وهي سيلوبيوز وهو سكر يتكون من إلتحام جزئين من سكر الجلوكوز. ثم تفرز الطفيليات أنزيم سيلوبيبيز cellobiase حيث يقوم بتحليل المركب الأخير إلى سكر الجلوكوز. توجد كثير من الفطريات والبكتريا تفرز هذه الأنزيمات ومثال ذلك البكتريا *Pseudomonas solanacearum* المسببه لمرض العفن البنى في البطاطس ومرض الذبول في الطماطم (شكل ٣٦).

تدخل المركبات البكتينية في تركيب جدار الخلية النباتية ومنها بكتات الكالسيوم والمغنسيوم ويوجد كثير من الطفيليات تفرز أنزيمات محله للمركبات البكتينية pectolytic enzymes (شكل ٣٧) وبالتالي فإنها تكون قادرة على تحليل هذه المركبات المعقدة إلى جزيئات صغيرة بسيطة التركيب مثل مركب galacturonic acid المشتق من سكر أحادى وهو الجالاكتور. يوجد تسعة أنزيمات محله لهذه المركبات ومنها أنزيم pectin methyl esterase (PME) والذي يقوم بفصل مجموعة الميثيل من البكتين ويتكون نتيجة لذلك كحول الميثيل وسلسلة طويلة تتكون من وحدات كثيرة من galacturonic acid وتسمى هذه السلسلة polygalacturonic acid. يوجد أنزيم آخر يسمى polygalacturonase يقوم بتحليل المركب الأخير في وجود الماء إلى وحدات منفصلة مستقلة من galacturonic acid. يوجد إنزيم ثالث (PMG) polymethylgalacturonase حيث يقوم بتحليل البكتين في وجود الماء إلى وحدات من أسترميثيل حامض جالاكتورنيك ester methyl galacturonic acid. يوجد إنزيم رابع وهو pectic acid lyase (PAL) حيث يحلل حامض polygalacturonic acid إلى سكر أحادى ولا يدخل الماء في التفاعل وذلك على العكس من جميع الحالات السابقة. يوجد أنزيم خامس وهو pectin lyase (PL) حيث يحلل البكتين إلى سكر أحادى ولا يدخل الماء في التفاعل أيضاً. ويوجد للأربعة أنزيمات الأخيره نوعين أحدهما يعمل على الجزيئ من طرفه ويسمى exo والثاني يحلل الجزيئ من الوسط ويسمى endo. يسمى حامض polygalacturonic acid بإسم حامض البكتيك pectic acid (شكل ٣٨).



(شكل ٣٦) : خطوات تحليل السليولوز بالأنزيمات

PECTIN SPLITTING ENZYMES

Pectinmethylgalacturonases (PMG)	Pectin-trans-eliminases (PTE) = Pectin Lyase (PL)
1. Endo-PMG	3. Endo-PTE =PL
2. Exo-PMG	4. Exo-PTE =PL

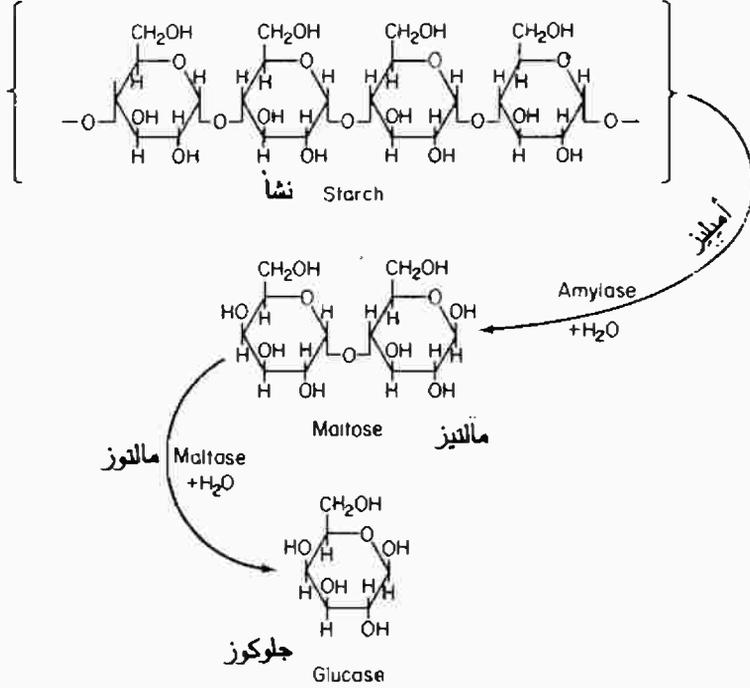
PECTIC ACID SPLITTING ENZYMES

Polygalacturonases (PG)	Pectic Acid-trans-eliminases (PATE) = Pectic Acid Lyase (PAL)
5. Endo-PG	7. Endo-PATE =PAL
6. Exo-PG	8. Exo-PATE =PAL

(شكل ٣٨) : أنواع الأنزيمات التي تنقل من طول سلسلة المركبات البكتينية .

وجد المؤلف أن فطر *Botrytis cinerea* المسبب للعفن الرمادي في الفاصوليا وكثير من الخضر ونباتات الزهور قادر على إفراز هذه الأنزيمات وينتج عن هذه الأنزيمات تحليل للصفحة الوسطى لخلايا النبات والتي تتكون من بكتات الكالسيوم أو المغنسيوم وتعتبر الصفحة الوسطى هي المادة اللاصقة التي تربط خلايا النبات ببعضها ونتيجة لتحلل هذه المركبات تفقد خلايا النبات ترابطها وينتج عن ذلك طراوة في النسيج المصاب وعادة يحدث نتيجة لذلك عفن طرى *soft rot* . يمكن للطفيليات أن تستخدم حامض galacturonic في تغذيتها كمصدر للكربون .

تفرز كثير من الطفيليات مجموعة أنزيمات تحلل النشا إلى سكر مالتوز وتسمى هذه الأنزيمات في مجموعها أنزيم الأميليز *amylase* (شكل ٣٩) . ثم تفرز إنزيم المالتيز ليحلل المركب الأخير إلى سكر الجلوكوز . يعتبر تحليل النشا إلى سكر جلوكوز هو طريق سهل بالنسبة للطفيليات للحصول على الجلوكوز حيث تمتصه داخل خلاياها وتستفيد منه كمصدر للكربون



(شكل ٣٩) : خطوات تحليل النشا

للقيام بوظائفها الحيوية. تفضل الغالبية العظمى من الطفيليات إن لم يكن جميعها مع وجود بعض الاستثناءات سكر الجلوكوز كمصدر للكربون وللتنغذية. وحيث أن النشا هو المركب الأساسي المختزن في النبات وحيث أن الطفيل غير قادر على إمتصاص النشا لكبر حجم الجزئ فإنه يفرز إنزيم الأميليز والمالتيز لينتج سكر الجلوكوز وهو الهدف المفضل لجميع

الطفيليات بإستثناء بعض الحالات النادرة. قام المؤلف بإختبار ١٥ نوع من فطر *Fusarium* ووجد أن جميع هذه الفطريات تفرز أنزيم الأميليز. ووجد ذلك أيضاً بالنسبة لأنواع الفطر *Aspergillus* وأيضاً فطر *Botrytis cinerea* وقد وجد أيضاً أن الفطر الأخير يفرز إنزيم المالتيز. يعتقد البعض أن الطفيليات تقوم بالتطفل وإصابة النبات وإختراق جدار الخلية النباتية للوصول إلى غذائها المفضل وهو سكر الجلوكوز الناتج من تحليل النشا بواسطة أنزيم الأميليز. يعضد هذا الرأي أن خلايا النبات يوجد بها عامة كمية هائلة نسبياً أو معتدلة من النشا ينتج عنها تحرر كميات كبيرة من سكر الجلوكوز وهو الغذاء المفضل وبذلك يجد الطفيل وفره من غذائه المفضل وبذلك يمكنه أن ينمو أو يتكاثر بكفاءة عالية. أى أن إختراقه لجدار الخلية هو وسيلة وليست هدفاً في كثير من الطفيليات، ولكن يعتقد البعض عكس ذلك حيث أن الفطر يقوم بتحليل الجدار وغيره من أجزاء الخلية للحصول على غذائه من سكر الجلوكوز الناتج من تحليل جدار خلية النبات وأيضاً من نواتج تحليل المركبات البكتينية.

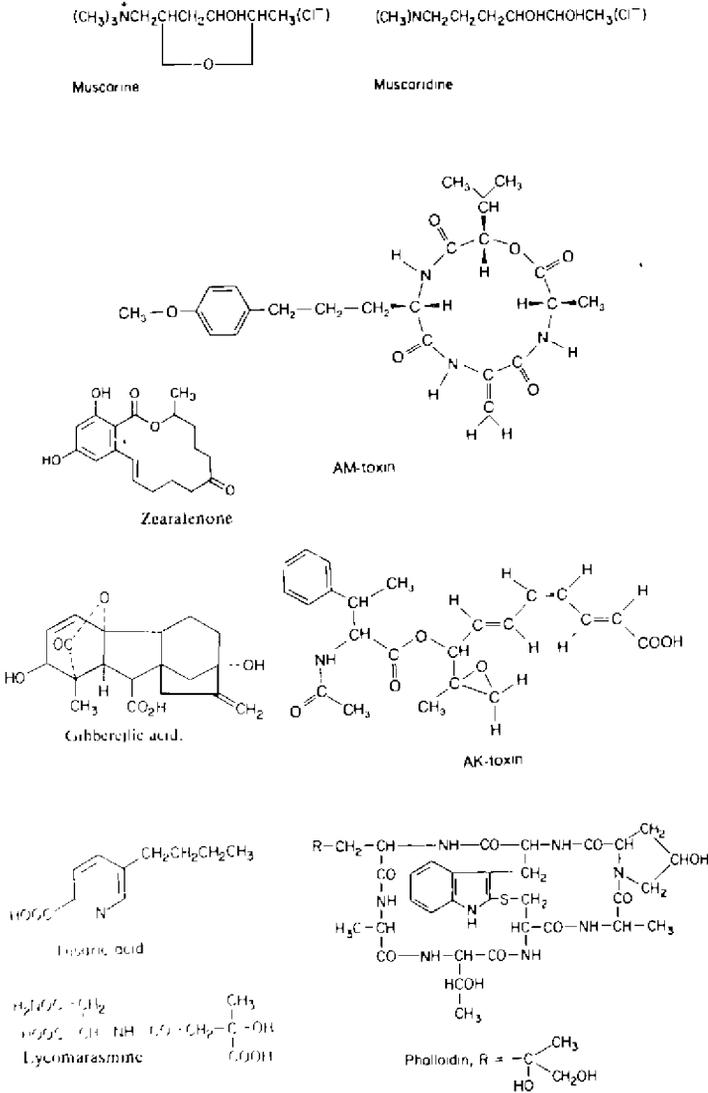
يقوم النبات بتجهيز غذاؤه العضوى وذلك عن طريق عملية البناء الضوئى فى الأجزاء الخضراء ثم ينتقل هذا الغذاء العضوى فى صورة سكرورز عادة من المجموع الخضرى إلى المجموع الجذرى عبر نسيج اللحاء ليتم تغذية الجذر بالغذاء العضوى المجهز والغير قادر الجذر على تجهيزه لخلوه من البلاستيدات الخضراء. تفرز بعض الطفيليات أنزيم سكريز *sucrase* لتحليل السكرورز إلى جلوكوز وفركتوز وكلاهما يستخدم بسهولة بواسطة الطفيليات. تعيش وتتكاثر البكتريا *Erwinia amylovora* المسببه لمرض اللفحة الناريه فى التفاح والكمثرى فى رحيق أزهار التفاح والكمثرى والذي يحتوى على تركيز مناسب من السكرورز.

يبطن جدار الخلية من الداخل الغشاء البلازمى الأكتوبلاست وهو يتكون أساساً من الدهون الفوسفورية والبروتينات ولذلك فإن بعض الطفيليات يكون لها القدرة على إفراز الأنزيمات المحلله للدهون أو الدهون الفوسفورية ومثال ذلك إنزيم فوسفوليبيز *phospholipase* ويفرز بواسطة الفطر *Sclerotium rolfsii* المسبب لمرض اللفحة الجنوبيه فى كثير من النباتات. يمكن

أيضاً للطفيليات أن تفرز الأنزيمات المحللة للبروتين وبذلك تهاجم بروتين الخلية أو بروتين الغشاء البلازمي ومثال ذلك إنزيم بروتيناز *protease* والذي يفرز بواسطة الفطر *Piricularia oryzae* المسبب لمرض اللفحة في الأرز. ثبت أيضاً إفراز أنزيمات تؤكسد الأحماض الأمينية *amino acid oxidase* في الفطر السابق. ولذلك فإن هذه الأنزيمات المحللة للدهون أو البروتينيات والمؤكسدة للأحماض الأمينية تساعد الطفيل على الإصابة وقد يتغذى أو يستفيد الطفيل من نواتج التحلل لهذه المركبات.

مما سبق يتضح أن الطفيليات تهاجم وتصيب النبات للحصول على غذائها المناسب ولذلك فإنها تقوم بإفراز أنزيمات تحلل المركبات المعقدة إلى مركبات بسيطة ليسهل عليها إمتصاصها ثم الاستفادة منها في عملياتها الحيوية المختلفة.

يمكن تصنيف الأنزيمات تبعاً لوجود أو غياب مادة التفاعل إلى أنزيمات أصلية *constitutive enzymes* وأنزيمات تأقلمية *adaptive enzymes* وعندما يكون الطفيل الأنزيم في وجود مادة التفاعل أو في غيابها يعتبر أنزيم أصلي ومثال ذلك أنزيم سيلوليز المفرز بواسطة البكتريا *Pseudomonas solanacearum* حيث تكون البكتريا هذا الأنزيم في وجود أو غياب السيلولوز. عندما يكون الطفيل الأنزيم فقط في وجود مادة التفاعل فإنه يعتبر إنزيم تأقلمى وقد وجد المؤلف هذه الحالة في ثلاثة أنواع من الفطر *Fusarium* حيث وجد أن أنزيم الأميليز لا يفرز بواسطة الفطر إلا في وجود النشا في البيئة وفي حالة خلو البيئة من النشا فإن هذه الفطريات تكون غير قادرة على إفراز الأنزيم.



(شكل ٤٠) : أنواع مختلفة من السموم تفرز بواسطة الفطريات وأيضاً منظم الدم حامض الجبريليك.

السموم Toxins

تفرز مسببات أمراض النبات مجموعتين من السموم وهما السموم النباتية phytotoxins والسموم الفطرية mycotoxins (شكل ٤٠ و ٤١).

السموم النباتية: هي سموم تفرز عادة بواسطة الفطريات والبكتريا وتسبب ضرر لخلايا النبات. يفضل البعض تقسيم هذه السموم إلى ثلاثة أنواع وهي:

أ- **Pathotoxins** وهي سموم تسبب ظهور أعراض المرض على النبات القابل للإصابة وذلك في غياب الطفيل. أي أنه عند حقن السم في النبات يحدث أعراض المرض تماماً كما يحدثها الطفيل. علاوة على ذلك فإن السم يظهر الأعراض على النباتات القابلة للإصابة فقط بالطفيل ولا تظهر الأعراض على النباتات الأخرى similar host specificity. إختلاف سلالات الطفيل في قدرتها على إحداث المرض تتناسب طردياً مع قدرتها على إفراز السم فكلما زادت قدرة السلالة على إفراز السم كلما زادت قدرة السلالة على إحداث المرض. يعتبر سم فيكتورين victorin أحد الأمثلة لهذا النوع من السموم. ينتج هذا السم بواسطة *Helminthosporium victoriae* المسبب لمرض لفحة فيكتوريا في الزمير. اتضح أن سلالات الفطر القادرة على إحداث المرض تفرز هذا السم بتركيز عال أما سلالات الفطر الغير قادرة على إحداث المرض فإنها لا تفرز هذا السم. اتضح انه بعد حقن أصناف الزمير القابلة للإصابة بالسم فإن سرعة التنفس تزداد بينما تستمر سرعة التنفس ثابتة في الأصناف المقاومة. تتميز الأصناف المقاومة بقدرتها على معادلة أو منع تأثير السم. يسبب السم في الأصناف القابلة للإصابة تأثير على تركيب الجدار الخلوي والغشاء البلازمي الأكتوبلاست وينتج عن ذلك زيادة في نفاذية الغشاء البلازمي وبالتالي تزداد سرعة التنفس نتيجة لذلك وليست لتأثيرها المباشر على الميتوكوندريا. حيث وجد أن الميتوكوندريا الحرة المعزولة من النبات لا تتأثر بهذا السم. تزداد سرعة التنفس طردياً مع زيادة تركيز السم. يعتبر سم periconia الناتج من فطر *Periconia cir-cinata* المسبب لمرض ميلو milo في الذرة الرفيعة من هذا النوع. وسم AK وسم AM وكلاهما يفرزان بالفطر *Alternaria alternata* المسبب لمرض لطخة ألترناريا في التفاح ومرض بقعة الورقة السوداء في الكمثرى اليابانية من هذا النوع.

ب - Vivotoxins وهي سموم لها دور جزئي في ظهور أعراض المرض وعادة تكون سموم غير متخصصة في سميتها ويمكن عزلها من النباتات المصاب دون السليم ومنها fusaric acid و pircularin . يفرز حامض الفيوزاريك بواسطة الفطر *Fusarium oxysporum* المسبب لمرض الذبول. هذا السم له دور في اظهار بعض أعراض المرض ويسبب خفض سرعة التنفس في النباتات المصاب ويعتقد أن ذلك يحدث لأنه يرتبط أي يخلب بمعادن ثقيله ويسبب هذا المركب تثبيط إنزيمات الأوكسيداز الداخلة في عملية التنفس. يسبب هذا السم أيضاً زيادة في نفاذية الغشاء البلازمي الأكتوبلاست. ينتج pircularin بواسطة فطر *Piricularia oryzae* المسبب لمرض اللفحة في الأرز وله دور في ظهور بعض أعراض المرض. يسبب حقن السم في النبات زيادة سرعة التنفس. يثبط السم أنزيمات عديده منها الكاتاليز والبيروكسيداز والسيتوكروم أوكسيداز.

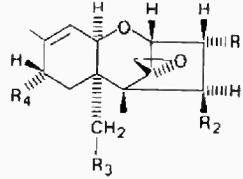
ج - Phytotoxins هي سموم ليس لها دور في حدوث أعراض المرض وقد يكون لها دور ضعيف وهي غير متخصصة في سميتها. لا يوجد علاقة بين إنتاج السم وقدرة الطفيل على الإصابة فقد ينتج الطفيل تركيز قليل من السم ولكنه يكون شديد القدرة المرضية ويمكن أن يكون العكس صحيح. يعتبر حامض ألترناريك *alternaric acid* والذي ينتج من الفطر *Alternaria solani* المسبب لمرض اللفحة المبكره في الطماطم و *lycomarasmine* والذي ينتج بواسطة الفطر *Fusarium oxysporum* المسبب لمرض الذبول من أمثلة هذه السموم. يسبب السم الأخير زيادة في سرعة نتح النبات وذلك بعد إرتباطه أي خلبه لذرة الحديد.

السموم الفطرية *Mycotoxins* : هي أي سموم فطرية تسبب ضرر للإنسان أو الحيوان أو كليهما. تعرف حديثاً السموم الفطرية بأنها سموم تفرز بواسطة الفطر خارجياً *extracellular* وتسبب تأثير ضار على الإنسان أو الحيوان أو كليهما. ترجع أهمية هذه السموم إلى أن الفطر قد يتطفل أو يترمم على النبات ويفرز سموم خارجية تنتشر داخل النبات أو أي جزء من أجزائه. عند إستهلاك الإنسان أو الحيوان لهذا الجزء النباتي يحدث له ضرر نتيجة لهذه السموم بالرغم من عدم وجود الفطر المسبب وهذه الحالة المرضية تسمى *mycotoxicosis* . يوجد لذلك أمثلة كثيرة مثل سم *aflatoxin* والذي ينتج من فطر *Aspergillus flavus* ويسبب مرض *aflatoxicosis* . يسبب هذا السم ضرر للإنسان والحيوان حيث يسبب ضعف الكبد وضرر لخلايا القنوات المرارية ويسبب التركيز المرتفع موت الحيوان وعلاوة على ذلك فإنه

يمكن أن يسبب السرطان في أجزاء مختلفة من الجسم مثل الكبد والمرارة. يوجد أكثر من مركب أفلاتوكسين ومنها B₁ و B₂ و G₁ و G₂ وتشارك جميع هذه المركبات في تركيب حلقي أساسي وتختلف عن بعضها نتيجة الاختلاف في مجاميع على الجزيئ. تتميز الأفلاتوكسين B₁ و B₂ بأنها تشع ضوء أزرق عند تعريضها في جو مظلم للأشعة فوق البنفسجية ولذلك تسمى B نتيجة لإشعاع ضوء أزرق Blue وفي حالة G فإنها تشع ضوء أخضر Green. تصاب كثير من البذور بالفطر وتصبح ملوثة بالسم مثل بذور الفول السوداني والقطن والقمح والذره. وجد المؤلف أن أصناف الفول السوداني والذره الشاميه المختلفه تختلف في درجة تلوثها بالسم وعادة يوجد نوع أو أكثر من هذا السم في البذور. يمكن أن يوجد السم في الألبان ومنتجاتها مثل الجبن. يتأثر السم بدرجة الحرارة المرتفعة ويفقد كله أو جزء كبير منه. تشترط بعض الدول خلو البذور أو الحبوب المستوردة من السم أو وجود تركيز منخفض جداً. يعتبر B₁ أكثر أنواع الأفلاتوكسين انتشاراً.

توجد أنواع أخرى كثيرة من هذه السموم ويكتشف باستمرار أنواع جديدة من هذه السموم تفرز بواسطة فطريات مختلفة حيث أن هذه السموم عادة توجد بتركيزات صغيره جداً. تفرز أنواع الجنس *Penicillium* أنواع مختلفة من السموم وتفرز أيضاً أنواع الجنس *Fusarium* وبعض الفطريات الأخرى مجموعة من السموم تسمى *trichothecens* (شكل ٤٢). يفرز سم *zearalenone* بواسطة الفطر *Fusarium graminearum* ويصيب هذا الفطر نبات القمح ويسبب مرض الجرب كما أنه يصيب أو يترمم على الحبوب مثل القمح والذره والشعير والأرز. ولذلك فإن الحبوب قد تحتوى هذا السم. يسبب السم مرض للإنسان والحيوان. يسبب للإناث في الإنسان وخاصة صغار السن تضخم في فتحة التناسل *vulva* وترهل في المهبل وضمرور في المبيض وينتاج عن ذلك كثير من حالات العقم. يحدث في الذكور تضخم في أحد أجزاء عضو التناسل *prepuce* وقد يكون شديد مما ينتج عنه إحتباس في البول. تسمى الأمراض الناتجة عن سموم الفيوزاريوم *fusariotoxicosis*.

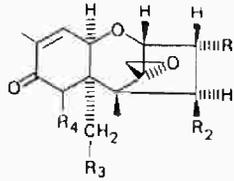
بعض الفطريات تكون السموم ولكنها لا تفرز خارجها بل تظل موجودة في خلايا الفطر وذلك على العكس من الحالات السابقة حيث أن السموم تفرز خارج الفطر ومنها الفطر *Claviceps purpurea* المسبب لمرض الأرجوت في الراى والقمح والشعير والمسبب لمرض الإرجوتزم في الانسان والحيوان هذا المرض اللعين الذي قاست منه البشرية كثيراً على مر العصور (انظر باب الأوبئة النباتية). تكون بعض الفطريات أجسام ثمرية كبيرة



مركبات الـ trichothecens

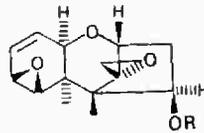
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	تفرز بواسطة
Trichodermol (= roridin C)	H	OH	H	H	<i>Trichoderma</i>
Trichodermin	H	OCO . CH ₃	H	H	<i>Trichoderma</i>
Diacetoxyscirpenol	OH	OCO . CH ₃	OCO . CH ₃	H	<i>Fusarium scirpi</i> <i>Fusarium tricinctum</i>
T ₂ -toxin	OH	OCO . CH ₃	OCO . CH ₃	X	<i>Fusarium nivale</i> <i>Fusarium tricinctum</i>
Verrucarol	H	OH	OH	H	<i>Myrothecium verrucaria</i>

X = OCO . CH₂ . CH . (CH₃)₂



مركبات الـ trichothecens

	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	تفرز بواسطة
Trichothecin	H	OCO . CH=CH . CH ₃	H	H	<i>Trichothecium roseum</i>
Trichothecolone	H	OH	H	H	<i>Trichothecium roseum</i>
Toxic diacetate	OH	OCO . CH ₃	OCO . CH ₃	OH	<i>Fusarium equiseti</i> <i>Fusarium scirpi</i>
Nivalenol	OH	OH	OH	OH	<i>Fusarium nivale</i>
Fusarenone	OH	OCO . CH ₃	OH	OH	<i>Fusarium nivale</i>



Crotocin R = CO . CH=CH . CH₃
Crotocol R = H

تفرز بواسطة

Cephalosporium

(شكل ٤٢) : التركيب الجزيئي لمركبات عديدة من سموم trichothecens تفرز بواسطة

فطريات مختلفة .

الحجم macrofungi يمكن رؤيتها بسهولة بالعين المجردة . بعض أنواع هذه الفطريات تستخدم كغذاء للإنسان كما في فطريات عيش الغراب mushrooms ولكن بعض أجناس وأنواع هذه الفطريات تكون سامه أو شديدة السمية وتكون قريبة في شكلها من فطريات عيش الغراب ولذلك يجب الحذر الشديد من استعمال الأخيرة في الطعام ولا تؤخذ إلا من مصادر موثوق بها . يعتبر الفطر *Amanita* وهو يكون جسم ثمرى مظلي الشكل يشبه فطر عيش الغراب من أشد الأجناس سمية . يوجد في الفطر أنواع عديدة أشدها سمية هو *A. phalloides* . ينتج هذا الفطر سم phalloidine في الهيفات والأجسام الثمرية وهو يقاوم للحرارة والجفاف وتأثير العصارة المعدية . لا يظهر تأثير هذا السم إلا بعد ٦-١٥ ساعة من التغذية على الأجسام الثمرية ويكون في هذا الوقت قد امتص بواسطة الجسم ونادراً في هذه الحالة ما يستجيب المريض للعلاج . نسبة الموت بهذا السم تتراوح بين ٥٠ - ٩٠٪ . يمكن استخلاص ١ جم من هذا السم على هيئة بلوريه نقيه من كل ٤٠ كيلوجرام أجسام ثمرية . وجد أن التركيز السام للفار الأبيض هو ٥٠ ميكروجرام حيث يسبب الموت بعد ١-٢ يوم . يفرز الفطر أيضاً سم آخر يسمى فالين phallin يسبب موت كرات الدم الحمراء وتحللها . تظهر أعراض التسمم بالآام في البطن ودوار وقيئ وإسهال . يصبح المريض متعب ومجهد وقد يحدث اضطراب عقلي وهلوسه . تصبح خلايا كرات الدم الحمراء هشه ثم يحدث الموت نتيجة لهبوط في القلب . يعالج المريض بسرعة كلما أمكن ذلك وذلك بعمل غسيل للجهاز الهضمي وخاصة المعدة والأمعاء والتغذية بمحلول الجلوكوز وتعاطي منشطات cardiac .

يوجد نوع آخر وهو *A. muscaria* حيث ينتج مركبين سامين وهما muscarine و muscaridine . تظهر أعراض السم على الإنسان سريعاً بعد ١-٦ ساعات وهي عبارة عن دوار وقيئ وآلام في البطن وعطش . تزداد سرعة التنفس ثم تنخفض . يؤثر السم على الجهاز العصبي ويتسبب عنه حالة جنون وهلوسه كما يحدث إختلال في السمع والبصر قد يحدث الموت نتيجة للإختناق وتوقف التنفس . يعالج المريض بسرعة بواسطة غسيل للمعدة والأمعاء . يتضح أيضاً إختلاف في ميكانيكية تأثير السموم mode of action فبعضها يحلل كرات الدم الحمراء والبعض الآخر يؤثر على الجهاز العصبي .

منظمات النمو Growth regulators

تتكون منظمات النمو من مجاميع من المركبات وهي الأوكسينات والجبريلينات والسيبتوكينينات والأثيلين وحامض الأبسيسك ومثبطات النمو وكلها تلعب دور هام في تنظيم نمو النبات. وجود الطفيل يسبب إختلال في النظام الهرموني في النبات وينتج عن ذلك أعراض مرضيه مثل تقزم النبات أو التورد أو النمو الزائد والتضخم. منظمات النمو التي تخلق طبيعياً في النبات تسمى هورمونات نباتيه.

تتميز الأوكسينات بأنها مركبات تسبب إستطالة خلايا النبات أى أنها تسبب إستطالة النبات ويمكن أن يكون لها تأثيرات أخرى. يعتبر هورمون إندول حامض الخليك من أهم الأوكسينات الموجودة في النبات. يمكن تحطيم جزيئ إندول حامض الخليك بواسطة إنزيم إندول حامض الخليك أوكسيديز وبذلك يقل تركيز هذا الهرمون في النبات. يزداد تركيز هذا الهرمون في النباتات المصابة ببعض الفطريات أو الفيروسات أو البكتريا أو الميكوبلازما أو ديدان النيماتود. وفي بعض الحالات قد يحدث العكس أى يقل هذا الهرمون في النبات بعد الاصابة. وجد في حالة مرض تفحم الذره المنسبب عن الفطر *Ustilago maydis* ومرض تعقد الجذور المتسبب عن النيماتود *Meloidogyne* يتسبب زيادة في تركيز هذا الهرمون في أنسجة النبات لأن هذه الطفيليات تفرز هذا الهرمون كما أنها تنبه تنشيط النبات لإنتاج زيادة من هذا الهرمون. وفي بعض الأمراض يكون زيادة تركيز الهرمون راجع لتثبيط نشاط إنزيم أوكسيديز إندول حامض الخليك كما في مرض تفحم الذره. ينتج عن ذلك زيادة في حجم الخلايا في المناطق المصابه ويمكن أن يحدث زيادة في عدد الخلايا وينتج عن ذلك أورام على النبات كما في مرض تفحم الذره ومرض تعقد الجذور. وجد المؤلف أن فطر *Peronospora parasitica* يسبب أورام صغيرة على نبات فجل الجمل وتتكون هذه الأورام نتيجة لزيادة عدد الخلايا hyperplasia عن المعتاد وأيضاً نتيجة لزيادة حجم الخلايا بها hypertrophy عن المعتاد في مكان الاصابة حيث تتكون خلايا متضخمه giant cells. وجد أن البكتريا *Pseudomonas solanacearum* المسببه لمرض الذبول البكتيرى في الطماطم والبطاطس تسبب زيادة في تركيز الهرمون مائة مرة في النبات المصاب عنه في النبات السليم.

وجد أن البكتريا *Agrobacterium tumefaciens* المسببه لمرض التدرن التاجى فى كثير من النباتات مثل عباد الشمس تسبب زيادة فى تركيز إندول حامض الخليك والسيٲوكينين فى خلايا التدرن وينتج عن ذلك زيادة كبيرة فى سرعة انقسام الخلايا عن المعتاد فيزداد التدرن فى الحجم. ولكن وجد أنه عند معاملة الخلايا السليمه بتركيز عال من إندول حامض الخليك فإنها لا تتأثر فى سرعة إنقسامها وتستمر عاديه طبيعیه. ولذلك يسمى العامل المسبب لإنقسام الخلايا وتكوين الورم بإسم الأساس المنتج للورم tumor-inducing principle وإختصاره TIP . (انظر مرض التدرن التاجى فى آخر باب فى هذا الكتاب).

تتميز الجبريلينات بأنها تسبب استطالة الساق وذلك نتيجة لاستطالة خلاياه . كما أنها تسبب تأثيرات أخرى على النبات. ومما هو جدير بالذكر أن اكتشاف الجبريلينات راجع إلى أمراض النبات. حيث لاحظ مزارعو الأرز فى اليابان أن بعض بادرات ونباتات الأرز تكون طويله من المعتاد وتموت قبل أن تعطى أزهار وقد تعطى أزهار ولكنها لا تكون حبوب. سمي هذا المرض بإسم مرض البادره الحمقاء foolish seedling disease أو مرض بكانى-Bakanae disease . تمكن الباحثون اليابانيون سنة ١٩٢٦ من إثبات أن هذا المرض يتسبب عن الفطر *Gibberella fujikuroi* وهو الطور الكامل للفطر *Fusarium moniliforme* . عند تنمية الفطر على بيئة صناعية فإنه يتكون فى البيئة مركب الجبريلين. عند معاملة النبات براشح الفطر فإنه يحد نفس الأعراض المرضيه حيث يسبب استطالة الساق. وقد تمكن العلماء بعد ذلك من عزل المركبات المسئولة عن استطالة النبات فى صورة نقيه والتعرف على تركيبها وسميت بإسم جبريلين١، جبريلين٢ وهكذا. توجد حالياً مركبات كثيرة من الجبريلينات ولكن أهمها وأكثرها شيوعاً هو جبريلين٣ والمعروف بإسم حامض الجبريليك gibberellic acid . تستخدم الجبريلينات بكثرة فى إنتاج الخضر والفاكهة على نطاق إقتصادى وذلك لتحسين خواصها. وهكذا كان هذا المرض النباتى هو السبب فى اكتشاف الجبريلينات (شكل ٤٠ و ٤١) . وجد أيضاً بعض المركبات تشابه فى تأثيرها الجبريلينات ومن هذه المركبات مركب كحولى helminthosporol أو مركب حامضى helminthosporic acid . تنتج هذه المركبات بواسطة الفطر *Helminthosporium sativum* المسبب لمرض لفحه الهلمنتوسپوريوم فى الأرز. تأثير هذه المركبات يشابه الى حد كبير تأثير مركبات الجبريلين على النبات كما تشابه نشاط

الجبريلين gibberellin-like activity . بالرغم من أن هذه المركبات تختلف في تركيبها الجزئي تماماً عن الجبريلين إلا أن لها نفس النشاط .

وفي حالة النباتات المصابة بالفيرس أو الميكوبلازما أو السبيروبلازما لا يحدث أى تغيير في تركيز الجبريلينات بالمقارنة بالنباتات السليمة . ولكن بعض الأعراض المرضية لهذه المسببات يمكن شفاؤها recovery عند رشها بحامض الجبريليك ومثال ذلك مرض تقزم الذرة المتسبب عن ميكوبلازما تقزم الذرة يمكن مقاومة التقزم برش النباتات المصابة بحامض الجبريليك فتصبح عادية الطول .

تتميز السيتوكينينات بأنها تسبب إنقسام الخلايا كما أنها تسبب تأثيرات أخرى على النبات . ومن السيتوكينينات التركيبية مركب الكينتين ولا يوجد طبيعياً في النبات ولكن يعتبر زياتين zeatin من السيتوكينينات الطبيعية ويوجد طبيعياً في النبات . يزداد تركيز هذه المركبات في حالة مرض التدرن التاجي كما سبق ذكره وأيضاً في مرض الجذر الصولجاني في الكرنب حيث تتضخم الجذور بدرجة كبيرة نتيجة لزيادة سرعة إنقسام الخلايا عن المعتاد وتأخذ الشكل الصولجاني ويتسبب هذا المرض عن الفطر *Plasmodiophora brassicae* . في بعض الحالات يقل تركيز السيتوكينين في النباتات المصابة وذلك بالمقارنة في النباتات السليمة ومثال ذلك في مرض الذبول في القطن المتسبب عن الفطر *Verticillium albo-atrum* .

يعتبر غاز الأثيلين هورمون نباتي وله تأثيرات عديدة مختلفة على النبات . يزداد تركيز الأثيلين عند إصابة النبات ببعض الطفيليات فقد وجد المؤلف أن ثمار التفاح المصابة بفطر *Botryodiplodia theobromae* والمسبب لمرض العفن الطرى البنى لثمار التفاح تنتج كميات كبيرة من الأثيلين وذلك بالمقارنة بالثمار السليمة . يمكن أن يكون للأثيلين دور في حالة إنفراج الزاوية بين عنق الورقة والساق epinasty وذلك في أمراض الذبول الوعائي أى الناتجة عن طفيليات تعيش في الأوعية الخشبية لنسيج الخشب مثل فطر *Fusarium oxysporum* والبكتريا *Pseudomonas solanacearum* . أيضاً تحدث نفس الحالة عند إصابة نبات *Physalis floridana* بفيروس البطاطس potato virus Y-Y .

يزداد تركيز حامض الأبسيسيك في النباتات المصابة بفيروس تبرقش الخيار وفطر *Verticillium* المسبب لمرض ذبول الطماطم ويعتقد أن لهذا الحامض دور في حدوث هذين المرضين .

سم الأفلاتوكسين Aflatoxins

كثير من الفطريات الأسكية والناقصة وقليل من الفطريات الزيجويه تفرز سموم فطرية mycotoxins. يعتبر الأفلاتوكسين من أوائل السموم الفطرية المكتشفة وأكثرها ذيوماً وانتشاراً. يفرز الأفلاتوكسين بواسطة نوعين من الفطريات *Aspergillus flavus* و *A. parasiticus*.

مقدمة تاريخية عن اكتشاف الأفلاتوكسين: اكتشف الأفلاتوكسين لأول مرة عام ١٩٦١ بعد تتبع الحالة الوبائية التي حدثت عام ١٩٦٠ في إنجلترا وأدت إلى موت مائة ألف من صغار الديوك الرومي خلال شهور قليلة. وقد اتضح أن السبب في ذلك هو تغذية هذه الحيوانات على غذاء ملوث بالفطر *A. flavus* وأن هذا الفطر يفرز مركب سمي بالأفلاتوكسين هو المسئول عن موت الدجاج الرومي.

طرق الإصابة بالفطر: يمكن أن يصيب الفطر الحريره أى أقلام ومياسم كوز الذره وينتقل منها إلى المبيض وبالتالي إلى الحبوب وخاصة إذا كانت درجة الحرارة مرتفعة من ٣٢-٣٨م ورطوبة أعلى من ٨٥%. تحدث الإصابة بالفطر لثمار الفول السوداني بعد إقتلاع النباتات وأثناء التجفيف. تساعد الجروح على الإصابة بالفطر. تساعد جروح فطريات التربة مثل *Sclerotium rolfsii* ، *Rhizoctonia solani* على إصابة فطر *A. flavus* لثمار الفول السوداني.

أهمية الأفلاتوكسين ومدى إنتشاره: يوجد الفطر في التربة وفي الحقول وفي المدن أى أنه عام الإنتشار. يوجد الفطر في مصر وجميع الدول العربية وفي كثير من دول العالم إن لم يكن جميعها. أى أنه عالمي وواسع الإنتشار. ينتشر الفطر على كثير من الحبوب والبذور ومنها القمح والذره والأرز والشعير والقطن وفول السوداني وفول الصويا كما يوجد أيضاً في الدقيق الناتج من القمح أو الذره. يمكن أن يصيب الفطر الجبن ومنتجات الألبان واللحوم وبذلك

تصبح ملوثة بالأفلاتوكسين. عند تغذية الحيوان على علفه ملوثة بالفطر فإن السم ينتقل إلى لبن الحيوان ويصبح اللبن ملوث وأيضاً الجبن الناتج منه ملوث. يدخل الفطر إلى الحبوب أو البذور عن طريق قاعدة المبيض إلى البويضة أو عن طريق الجروح أو نتيجة لضرر الحشرات.

الظروف البيئية وأثرها في إنتشار السم: تعتبر الرطوبة العالية والماء الحر من أهم العوامل التي تساعد على إصابة الحبوب أو البذور بالفطر وبالتالي إنتشار السم. ومثال ذلك أنه عند جمع الفول السوداني من الحقل وذلك بإقتلاع النباتات فإن الثمار والبذور تحتوى على الماء بنسبة ٣٠-٦٠%. وبعد ذلك تجف الثمار فتتخفض نسبة الماء إلى ١٠% أو أقل. ومن المعروف أنه في وجود نسبة الماء بالحبوب والبذور ٩% أو أقل تمنع تماماً نمو الفطر وبالتالي تمنع إصابة الحبوب أو البذور بالفطر. ولذلك فإن معظم حالات الإصابة في الفول السوداني تحدث أثناء تقطيع النباتات وتجفيفها. حيث تترك النباتات في الحقل بعد تقطيعها لكي تجف تحت أشعة الشمس. حيث تنخفض نسبة وتركيز الماء تدريجياً وتكون عادة أثناء التجفيف من ١٥-٢٥%. ولذلك يجب أن يكون التجفيف سريع بدرجة كبيرة لكي تقل فرص الإصابة.

درجة الحرارة العالية نسبياً أثناء التجفيف تساعد على الإصابة والعكس صحيح حيث أن درجة الحرارة المنخفضة أثناء التجفيف تقلل من الإصابة.

درجة الرطوبة النسبية للجو تؤثر على الإصابة فقد وجد في درجة حرارة ٣٢م ورطوبة نسبية ٨٥% ينمو الفطر ويتكون السم وفي درجة حرارة ٣٢م ورطوبة نسبية ٥٠% تكون البذور سليمة وفي درجة حرارة ٢١م ورطوبة نسبية ٥% تكون البذور سليمة. ولذلك يتضح أن خفض الرطوبة النسبية من شأنه تقليل أو منع الإصابة.

تختلف أصناف الفول السوداني في مقاومتها للفطر ويعتبر الصنفان 205 Spanish و Samara 38 أقل قابلية للإصابة من الأصناف الأخرى وبعض الأصناف الحديثة الأمريكية مقاومة تماماً.

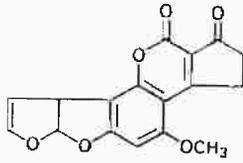
ويأخذ عينات من الفول السوداني وجد أن ٣,٣٪ من القرون شديدة السمية وتحتوى على أكثر من ٠,٢٥ ملليجرام أفلاتوكسين B₁ لكل كيلوجرام و ٢١,٧٪ متوسط السمية و ٧٥٪ غير سام. وفي مطحون الفول السوداني وجد أن ٤٢٪ من العينات شديدة السمية و ٤٩,٣٪ متوسط السمية و ٨,٧٪ غير سام. ولذلك يمكن أن تكون زبدة الفول السوداني ملوثة.

أنواع الأفلاتوكسين: توجد أنواع عديدة من الأفلاتوكسين وأهمها هي B₁، B₂، G₁، G₂ ولكن أكثرها انتشاراً هو النوع B₁. وتوجد أنواع مكتشفة حديثاً نسبياً ومنها M₁، M₂، P₁ وهي عامة أقل انتشاراً من الأنواع السابقة.

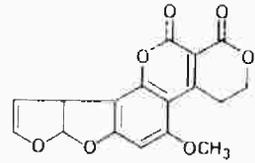
يتميز السم B بأنه يحول الأشعة فوق البنفسجية إلى اللون الأزرق blue وتسمى هذه العملية بالفلورة. وأما السم G فإنه تحدث عملية فلوره للأشعة فوق البنفسجية ويتكون لون أخضر green (شكل ٤٣). يحدث ذلك في الظلام التام في وجود الأشعة فوق البنفسجية.

تركيب الفطر: يكون الفطر هيفات مقسمه الى خلايا. يتكون نتوء رأسى من بعض خلايا الهيفا وتسمى كل خلية فى هذه الحالة خلية قدم. ينمو النتوء رأسياً ليكون حامل كونيدي قائم غير مقسم ينتهى بإنتفاخ شبه كروى يخرج منه زوائد قصيره تسمى ذنبيات أوليه وقد تسمى متيولاً يخرج من الذنبيب الأولى فروع قصيره تسمى ذنبيات ثانويه أوفالييدات. وكل ذنبيب ثانوى يحمل سلسله من الجراثيم الكونيديه الكروية الشكل الخضراء المصفرة اللون (شكل ٤٤).

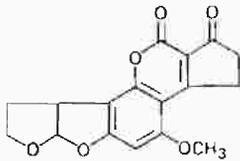
إختلاف سمية عزلات الفطر: يوجد للفطر عزلات وسلالات كثيره وتختلف فيما بينها فى درجة السمية. وتختلف سمية العزلات بإختلاف المحصول والدوله وعامة ٦٠٪ من العزلات تفرز السم و ٤٠٪ غير سامه. تختلف درجة السمية عادة من ١٠٠ إلى ألفان ملليجرام لكل كيلوجرام ولكن من الحالات النادرة أنه وجد تركيز السم فى جوز الهند ٨ جم/كيلوجرام. يعتبر B أكثرهم إنتشاراً ثم يليه G₁ ثم B₂، G₂. بعض عزلات الفطر تنتج جميع هذه الأنواع



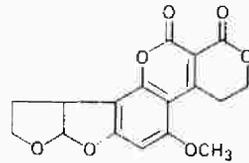
Aflatoxin B₁



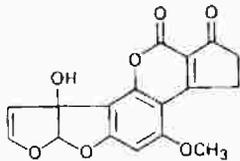
Aflatoxin G₁



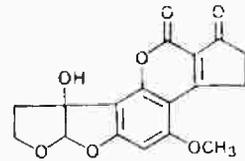
Aflatoxin B₂



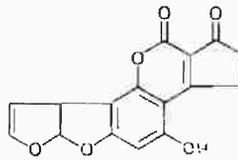
Aflatoxin G₂



Aflatoxin M₁

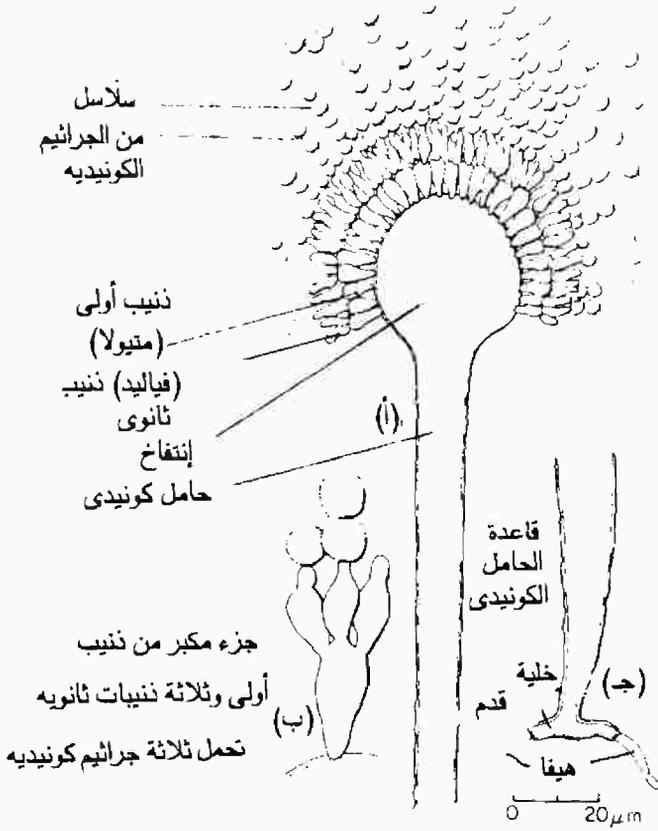


Aflatoxin M₂



Aflatoxin P₁

(شكل ٤٣) : التركيب الجزيئي لمركبات الأفلاتوكسين المختلفة.



شكل (٤٤) : الفطر *Aspergillus flavus*

- أ - حامل كونيدى يحمل جراثيم كونيدية على ذنبيات ثانويه . قمة الحامل تنتهى بإنتفاخ .
 ب - جزء مكبر لذنيب أولى وثلاث ذنبيات ثانويه تحمل ثلاثة جراثيم كونيدية .
 ج - هيفا بها خلية قدم وتسطيل خلية القدم لتكون الحامل الكونيدى .

من الأفلاتوكسفن والبعض الأخر ىنتج سم واطء أو أكثر. ىصعب التعمفز بفن العزلات السامة والغر سامة فلا توجد بفنهما فروق ظاهرفة فى الشكل الظاهرفى حتى باسئعمال المجره وأفضاً لا توجد فروق بفولوجفة. وعامة العزلات السامة تكون لها رؤوس خضراء فى المزارع المسنه وتكون الحوامل كونفدفة خشنه. بعض العزلات تفقد قدرتها على إنءاج السم عند نقلها عدة مرات على بفئات صناعفة وقد فءء العكس أن ءءءد قدرة العزلات على إنءاج السم عند نقلها عدة مرات على أنسجه حفة. وءء أن العزلات التى تنمو على بذور القطن والفول السوءانى تكون أكثر سمفة من العزلات التى تنمو على الحفوب عادة. وءء أن العزلات التى ءعزل من اللحوم والخبز والجبف تكون عءفمة أو قلفة السمفة عادة. ولا فمكن تعمفم ذلك ففء أن تنمو بعض العزلات الغر سامة على الفول السوءانى. وقد وءء أن بعض العزلات السامة عند نمفئها على بعض أصناف الفول السوءانى مثل صنف US 26 لا ءنءج أفلاتوكسفن ولا فوءء ففسفر لهذه الظاهرة. فقل أو فءئفى ءاأئر السام للفطر على الحفوب أو البذور وذلك نءفءة لوءوء فطرفات أو بكترفا مصاحبه للبذور وموءوءه على سطحها وهى التى تسبب ءشففب ءكون الأفلاتوكسفن أو ءءوله إلى مركبات أقل فى سمفئها. فزءاء ءركفز السم بزفءاء نمو الهففات حتى الحد الأمءل وعندما ءقل سرعة النمو أو ءءوقف نءفءة لكبر الفطر فى السن أو نءفءة لشفخوءة staling الفطر فأن ءركفز السم وسرعة ءكونه ءقل وقد ءءوقف. ءزءاء سرعة ءءلفق السم وءصل للحد الأمءل عند الزمن الأمءل لءءكون الجرائفم الكونفدفة للفطر.

مصفر الأفلاتوكسفن ءاأل جسم الإنسان : عند ءغذفة الإنسان على زفءه فول سوءانى بها أفلاتوكسفن فأن السم فظهر فى بول الانسان وأفضاً فى لبن الأمهات وفنءقل إلى الأطفال الرضع. فظهر السم أفضاً فى بول وبراز ولبن وءم الحفوانات. ءءئلف الحفوانات فى حساسفئها للسم فالخنازفر أكثرها ءأءراً فلفها البقر ثم الحصان. وفى مءموءة أخرى فأن البط أكثرها ءأءراً فلفها الءفوك الرومى ثم الأوز ثم الءواجن وقد وءء أن الأغنام مقاومة للأفلاتوكسفن.

يسبب الأفلاتوكسين حدوث طفرات فى جسم الإنسان أو الحيوان كما أن له دور فى حدوث بعض حالات السرطان mutagenic and carcenogenic .

يسبب الأفلاتوكسين نوعين من الأعراض على الإنسان والحيوان وهما أعراض حاده acute وفيها يحدث موت سريع للحيوان وبعد زمن قليل من حدوث الإصابة. يتوقف الزمن على مدى تركيز السم وحساسية الحيوان. يلاحظ فى هذه الحالة تضخم الكبد بدرجة كبيرة مع وجود بقع باهته عليه. كما تحدث تقرحات لبعض أنواع خلايا الكبد فى الخنازير الصغيرة والبط الصغير والديوك الرومى. وقد تكون أعراض مزمنة chronic وفيها لا تحدث الوفاة فى خلال أسبوع وتدخل تحت الأعراض المزمنة أعراض حدوث الطفرات mutagenicity وأعراض السرطان وتظهر أيضاً تقرحات وأورام على الكبد. وفى دول جنوب أفريقيا وحيث يتم استعمال غذاء ملوث بالفطر تزداد حالات سرطان الكبد فمثلاً وجد أن حالات سرطان الكبد فى موزمبيق هى ٥٨ ضعف حالات سرطان الكبد فى الولايات المتحدة. سبب هذا السم بعض الوفيات فى بعض الدول الأفريقية والدول النامية فى أمريكا الجنوبية وآسيا مثل الفلبين. ومن الثابت أنه فى غينيا البريطانية أن بعض المشعوذين يضعون فول سودانى مصاب بالفطريات فى شراب الأشخاص المحكوم عليهم بالإعدام وذلك لقتلهم بالسموم الفطرية. وفى هذه الدولة قتل أحد رجال الدين بهذه الطريقة سنة ١٩٦٤ وبعد معاناته من آلام كثيرة فى الكبد.

وجد أن جرعه يومية ٠,١٥ ميكروجرام لكل فأر أبيض لمدد طويله تسبب سرطان الكبد. كما وجد أن أقل من ٧ ملليجرام أفلاتوكسين لكل كيلوجرام وزن للفأر الأبيض تسبب مرض إتهاب الكبد للكبد hepatitis وقد يعقب ذلك موت الفأر. كما وجد أن امتصاص ٢,٥ ملليجرام أفلاتوكسين على مدى ٨٩ يوم فى جسم الفأر الأبيض سبب حدوث سرطان الكبد.

إزالة السميه في الغذاء الملوث بالأفلاتوكسين: يوجد لذلك طرق عديدة وأهمها ما يأتي:

١- الفرز لإنقاء الحبوب السليمه واستبعاد المصابه فمثلاً تكون الحبوب المصابه كثافتها منخفضة وعلى العكس من الحبوب السليمه فكثافتها عاليه. يمكن وضع الحبوب في محلول ملحي فالحبوب أو البذور الطافيه على سطح المحلول تستبعد.

٢- التجفيف السريع للحبوب والبذور يمنع الفطر.

٣- ظروف التخزين فقد وجد أن ٧٦٪ رطوبة نسبية ودرجة حرارة ١٧م وتركيز ٢٠٪ ك٢ أو ٢٥م وتركيز ٤٠٪ ك٢ يمنع تكوين السم.

٤- تسخين بذور الفول السوداني على درجة حرارة ١٥٠م لمدة نصف ساعة يسبب خفض تركيزه الأفلاتوكسين B₁ بنسبة ٨٠٪ وفي B₂ بنسبة ٦٠٪. وفي حالة الدقيق والذي يحتوى على ٠,٢ ملليجرام لكل كيلوجرام دقيق وعند عمل الخبز والتسخين في الفرن أصبح تركيزه ٠,٠٤٤ ملليجرام لكل كيلوجرام. وهنا يكون للتسخين دور في ذلك.

٥- إستخلاص الأفلاتوكسين بمذيبات عضويه مثل كحول الأيثيل وذلك أثناء استخلاص الزيوت مثل زيت الفول السوداني أو زيت القطن. وقد وجد أن استخدام كحول الإيثيل في الاستخلاص من شأنه تقليل تركيز الأفلاتوكسين بدرجة كبيرة تصل إلى ٩٦-٩٣٪ في بذور القطن و٩٨-٩٦٪ في بذور الفول السوداني وذلك على درجة حرارة ٢٤م.

٦- تغير في تركيب جزيئ الأفلاتوكسين وبذلك يفقد الجزيئ سميته. يحدث ذلك في الحيوانات المقاومة للأفلاتوكسين. ووجد أن هذه المركبات كثيرة ومنها methylamine و ethanalamine و trimethylamine chloride. ومثال ذلك عندما يحتوى الخبز أو الغذاء على ٤ ملليجرام أفلاتوكسين لكل كيلوجرام وعند ضبط المحتوى المائى عند ١٥٪ وعند معاملته بواسطة methylamine ساخن تركيزه ١,٢٥٪ فإن تركيز الأفلاتوكسين ينخفض إلى ٠,٠٦٥ ملليجرام لكل كيلوجرام.

٧- التحويل الحيوي لتרכیب الجزيئ bioconversion . يتم تحويل السم إلى مركب عديم السمية بواسطة كائنات حيه دقيقة أخرى. فقد وجد أن الفطر *Aspergillus niger* أو البكتريا *Flavobacterium aurantiacum* قادرة على تحليل الأفلاتوكسين وتحويله إلى مركب غير سام .

كيفية الإستدلال على وجود الأفلاتوكسين:

يتم أولاً أستخلاص السم من الحبوب أو البذور ثم يتم تنقيته وللتعرف على وجوده بصفه مؤكده يكون ذلك بإستخدام التحليل الكروماتوجرافى الورقى paper chromatography أو التحليل الكروماتوجرافى ذو الطبقة الرقيقة thin layer chromatography .

وللتأكد من سمية الأفلاتوكسين فتجرى إختبارات بيولوجية كثيرة وفيها يستعمل البط الصغير عمره يوم واحد أو فيران بيضاء أو خنازير غينيا ويمكن أيضاً إستعمال بيض الدجاج أو نوع ما يشبه الجمبرى الصغير brine shrimp . وفيما يلى شرح لذلك :

١- إختبار صغار البط عمر يوم واحد one-day-old ducklings test : يتم إدخال السم المستخلص فى معدة البط الصغير بواسطة أنبوبة بلاستيك . ويتم حقن البط يومياً بتركيزات متزايدة . وفى حالة موت البط فى الأسبوع الأول من بداية التجربة فيكون ذلك دليل على التركيز الزائد للسم . وبعد أسبوع يفحص البط وذلك بفحص الكبد للتعرف على مدى وجود بثرات على الكبد hepatotoxic lesions وأيضاً حدوث تمدد وتضخم لقنوات المرارة bile ducts . يستخدم البط لأنه شديد الحساسيه للأفلاتوكسين .

٢- إختبار جنين الكتكوت chick embryo test : يستخدم بكثرة بعد الإختبار السابق أى فى التفضيل . وفيه يتم حقن مستخلص السم فى كيس الهواء air sac أو كيس المح yolk sac فى بيض دجاج اللجهورن الأبيض . ثم يوضع البيض فى الحضان لمدته خمسة أيام . يموت جنين الكتكوت فى مدى يومين فى حالة وجود تركيز مناسب من السم .

٣- إختبار الفيران البيضاء أو خنازير غينيا: يتم حقن المستخلص في الحيوانات في البطن في أماكن معينة ويجب أن يكون القائم بها مدرب على ذلك. تموت الحيوانات في ظرف أسبوع إلى أسبوعين تبعاً لتركيز السم. وفي الحيوانات التي لم تموت يمكن التأكد من وجود تأثير السم وذلك بفحص الكبد حيث يحدث فيه تضخم وقد تتكون بثرات أو تقرحات.

٤- إختبار يرقات brine shrimp larvae test : يأخذ البيض ويوضع في حضان درجة حرارته ٢٧م فيفقس في أقل من يوم في ماء saline أى saline water . ومن السهل إختيار اليرقات ذات الحيويه العاليه عند تعريض الماء لإضاءة من جانب واحد فتتحرك اليرقات من الظلام إلى الضوء وتأخذ اليرقات ذات الحيويه العاليه. تختار وتنقل من ٣٠-٥٠ يرقة في ١/٢ مل ماء في زجاجة ساعه يحتوى على مستخلص السم المختبر. تترك لمدة يوم في حضان درجة حرارته ٢٧.٥م. تعد اليرقات الميتة وتحسب النسبة المئوية. ومن المعروف أن ١/٢ ميكروجرام من الأفلاتوكسين B₁ لكل مل يسبب ٦٠% موت لليرقات. وأن ضعف هذا التركيز يسبب موت ٩٠% من اليرقات.

سم زيرالينون Zearealenone

ينتج هذا السم بواسطة عدد من الفطريات وأهمها فطر *Fusarium graminearum* المسبب لمرض الجرب في القمح. يصيب هذا الفطر كثير من الحبوب في أثناء النقل والتخزين مثل الذره الشاميه والقمح والأرز ويفرز هذا السم (شكل ٤٠) في الحبوب المصابه. يمكن الحصول على كمية مناسبة من السم عند تنميه الفطر على حبوب ذره شاميه أو أرز تحتوى على ٤٥% ماء على درجة حرارة ١٢م. لاينتج السم على درجة حرارة ٢٥م. ويختلف تركيز السم الناتج على البيئات الصناعيه في المعمل بإختلاف نوع البيئه. عند حقن السم في نوعين من الحشرات تعيش على الدقيق وهما *Tribolium confusum* و *Alphitobius diaperinus* فإن هذا السم يظل محتفظ بتركيبه وفاعليته أثناء خطوات التطور المختلفه للحشره في أثناء دورة حياتها ولكنه لا يؤثر على البيض الناتج من هذه الحشرات. يظهر المركب فلوره للأشعه فوق البنفسجيه ويعطى لون أزرق. وجد أن هذا السم بتركيزات مناسبه يسبب تنبيه وتنشيط تكوين

الأجسام الثمرية الأسكية لبعض الفطريات الأسكية ومنها أيضاً فطر *F. graminearum* والتركيزات العاليه من هذا السم تثبط تكوين هذه الأجسام الثمرية الأسكية *perithecia* . يسبب سم زيرالينون حدوث تضخمات فى الجهاز التناسلى للحيوان فقد يتضخم الرحم ويحدث به تقرحات أو ترهلات . كما يحدث ضمور فى المبيض وخصى الذكور الصغيرة فينتج عن ذلك الإجهاض أو العقم .