الباب السابع

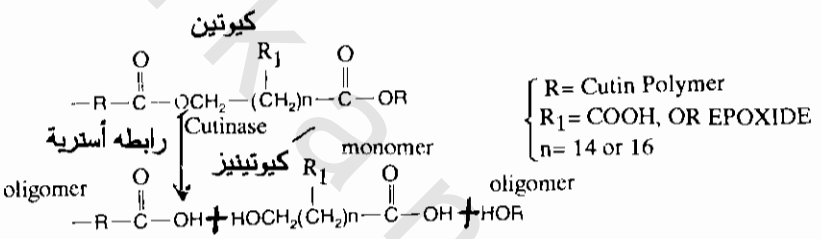
دور الأنزيمات والسموم ومنظمات النمو في أمراض النبات

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

الأنزيمات Enzymes

تكون الطفيليات نوعين من الأنزيمات وهما إنزيمات داخل الخليه intracellular حيث تبقى هذه الأنزيمات داخل الخليه ولاتفرز خارجها ومثال ذلك الأنزيمات التى تقوم بعملية التنفس فإنها توجد فى داخل الميتوكوندريا أو فى الأغشيه أو الميسوسوم تبعاً لنوع الطفيل. وهذه المجموعة تشمل أنزيمات كثيرة وهى أساسيه لحياة الطفيل إلا أنها لاتؤدى دور فى أمراض النبات. أما المجموعة الثانية وهى إنزيمات خارج الخليه extracellular حيث تخلق داخل الطفيل ثم يفرزها خارج الخليه لتنتشر فى البيئة المحيطة وتقوم بتحليل المركبات المنتشرة فى بيئة الطفيل. وهذه المجموعة من الأنزيمات لها دور هام فى أمراض النبات وفيما يلى أمثلة من هذه الأنزيمات.

عند حدوث الاصابة قد يواجه الطفيل ببشره النبات والتى يوجد عليها طبقة من الكيوتيكل التى تتكون من مادة الكيوتين وقد يتداخل معها طبقة شمعيه. 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 والذى يقوم بتحليل الكيوتين وذلك بتحليل وكسر الروابط الأستريه ester linkages بين وحدات الكيوتين وينتج عن ذلك جزئيات منفرده monomers وأيضاً جزئيات بها عدد محدود من وحدات جزئيات الكيوتين oligomers (شكل ٣٥) وذلك كما فى الفطر *Penicillium spinulosum*. وفى حالة الفطر *Fusarium* وجد



(شكل ٣٥) : تحليل الكيوتين بواسطة أنزيم Cutinase

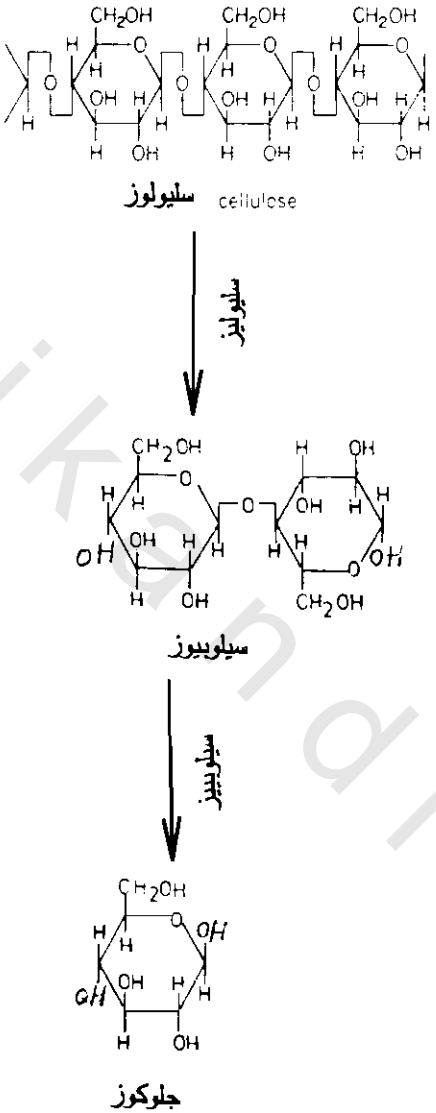
أن السلالات المرضيه تفرز تركيز أكبر من cutinase عنه فى السلالات الغير ممرضه لنفس الفطر. ومما هو جدير بالذكر أنه إذا أضيف أنزيم كيوتينيز نقى لجراثيم السلالات الغير ممرضه لهذا الفطر فإن هذه السلالات تصبح ممرضه للنبات وقادرة على الإصابة. يتكون الكيوتين من وحدات كثيرة مرتبطة ببعضها تسمى بوليميرات cutin polymers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

قد تحدث الاصابة عن طريق القلف أو الجذور وحيث يتكون الجزء الخارجى من الجذرأو القلف من نسيج ثانوى يتكون من خلايا مغلظه بالسيوبرين فقد أتضح أن الفطر *Armillaria mellea* والذى يكون حبل فطرى يسمى rhizomorphe قادر على الاختراق المباشر للجذور أو

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

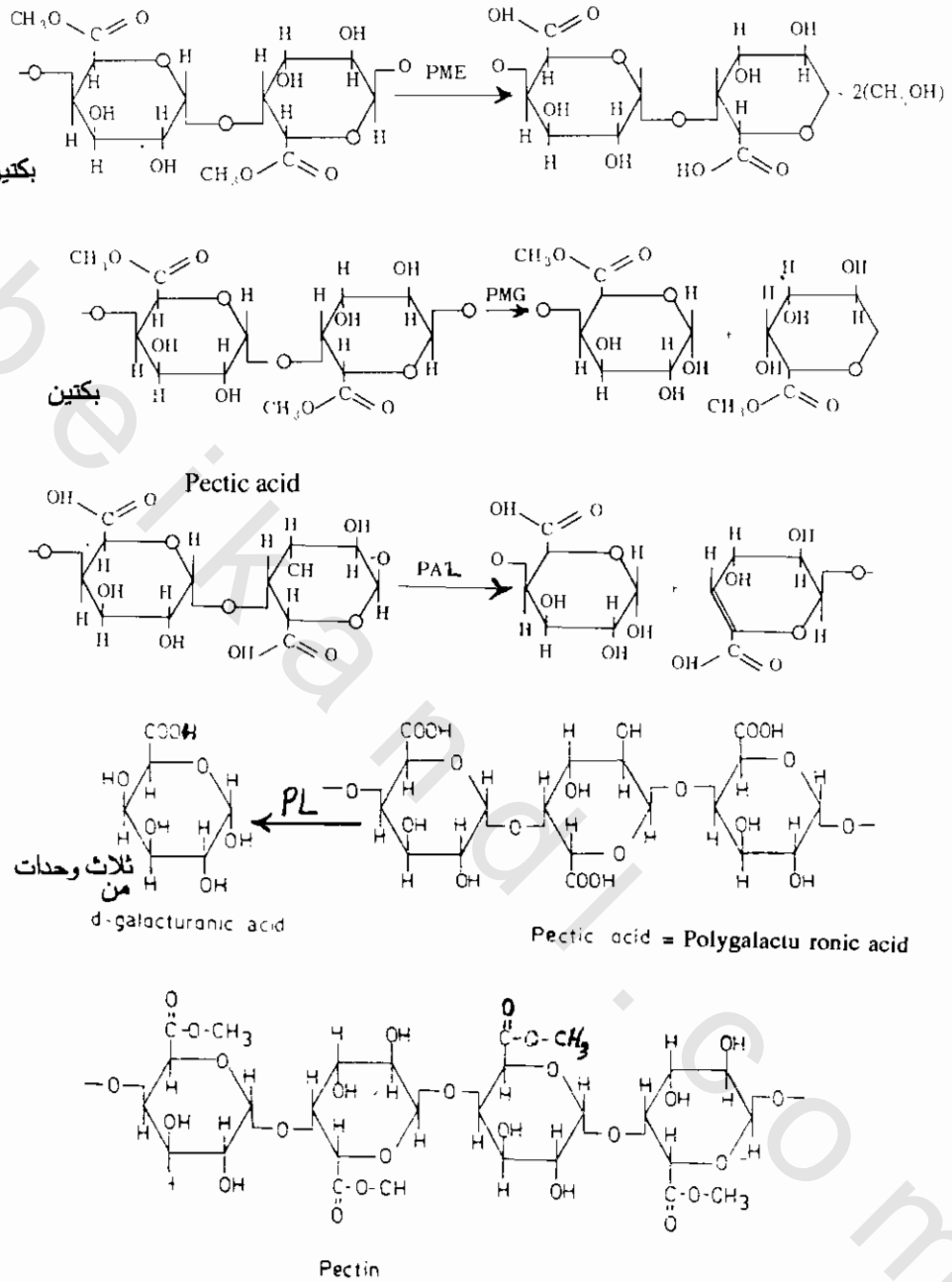
يواجه الطفيل بعد ذلك جدار الخليه النباتيه الذى يتكون أساساً من السيليلوز. يوجد كثير من الطفيليات تفرز أنزيم سليوليز cellulase وهو أنزيم يتكون من مجموعة من الأنزيمات تقوم بتحليل السليلوز إلى مركبات بسيطة وهى سيللوبيوز وهو سكر يتكون من إلتحام جزئين من سكر الجلوكوز. ثم تفرز الطفيليات أنزيم سيللوبييزcellobiase حيث يقوم بتحليل المركب الأخير إلى سكر الجلوكوز. توجد كثيرمن الفطريات والبكتريا تفرز هذه الأنزيمات ومثال ذلك البكتريا *Pseudomonas solanacearum* المسببه لمرض العفن البنى فى البطاطس ومرض الذبول فى الطماطم (شكل ٣٦).

تدخل المركبات البكتينيه فى تركيب جدارالخليه النباتيه ومنها بكتات الكالسيوم والمغنسيوم ويوجد كثيرمن الطفيليات تفرز أنزيمات محلله للمركبات البكتينيه pectolytic enzymes (شكل ٣٧) وبالتالى فإنها تكون قادرة على تحليل هذه المركبات المعقده إلى جزئيات صغيرة بسيطة التركيب مثل مركب galacturonic acid المشتق من سكر أحادى وهو الجالاكتوز. يوجد تسعة أنزيمات محلله لهذه المركبات ومنها أنزيم pectin methyl esterase (PME) والذى يقوم بفصل مجموعة الميثيل من البكتين ويتكون نتيجة لذلك كحول الميثيل وسلسلة طويله تتكون من وحدات كثيرة من galacturonic acid وتسمى هذه السلسلة polygalacturonic acid . يوجد أنزيم آخر يسمى polygalacturonase يقوم بتحليل المركب الأخير فى وجود الماء إلى وخدات منفصله مستقله من galacturonic acid . يوجد إنزيم ثالث polymethylgalacturonase (PMG) حيث يقوم بتحليل البكتين فى وجود الماء إلى وحدات من أسترميثيل حامض جالاكتويورنيك ester methyl galacturonic acid . يوجد إنزيم رابع وهوpectic acid lyase (PAL) حيث يحلل حامض polygalacturonic إلى سكر أحادى ولايدخل الماء فى التفاعل وذلك على العكس من جميع الحالات السابقة. يوجد أنزيم خامس وهوpectin lyase (PL) حيث يحلل البكتين إلى سكر أحادى ولا يدخل الماء فى التفاعل أيضاً. ويوجد للأربعة أنزيمات الأخيره نوعين أحدهما يعمل على الجزيئ من طرفه ويسمى exo والثانى يحلل الجزيئ من الوسط ويسمى endo . يسمى حامض polygalacturonic بإسم حامض البكتيك pectic acid (شكل ٣٨).



(شكل ٣٦) : خطوات تحليل السليلوز بالأنزيمات

obeikandl.com



(شكل ٣٧) : نشاط الأنزيمات المختلفة المحلله للمركبات البكتينيه PME ، PMG ، PAL ، PL وتركيب البكتين.

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

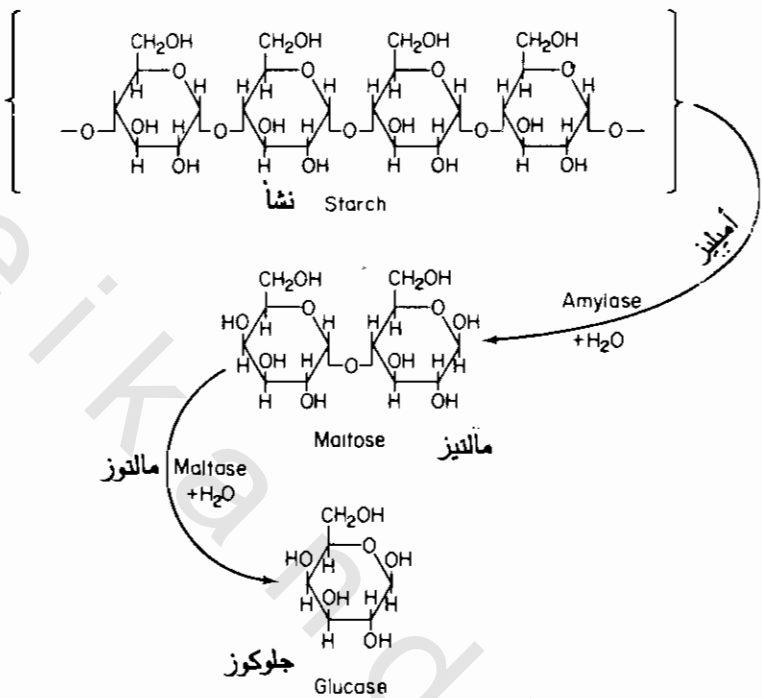
PECTIC ACID SPLITTING ENZYMES

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 التى تقلل من طول سلسلة المركبات البكتينيه .

وجد المؤلف أن فطر *Botrytis cinerea* المسبب للعفن الرمادى فى الفاصوليا وكثير من الخضر ونباتات الزهور قادر على إفراز هذه الأنزيمات وينتج عن هذه الأنزيمات تحليل للصفيحه الوسطى لخلايا النبات والتى تتكون من بكتات الكالسيوم أو المغنسيوم وتعتبر الصفيحه الوسطى هى الماده اللاصقة التى تربط خلايا النبات ببعضها ونتيجة لتحلل هذه المركبات تفقد خلايا النبات ترابطها وينتج عن ذلك طراوة فى النسيج المصاب وعادة يحدث نتيجة لذلك عفن طرى soft rot . يمكن للطفيليات أن تستخدم حامض galacturonic فى تغذيتها كمصدر للكربون.

تفرز كثير من الطفيليات مجموعة أنزيمات تحلل النشا إلى سكر مالتوز وتسمى هذه الأنزيمات فى مجموعها أنزيم الأميليزamylase (شكل ٣٩) . ثم تفرز إنزيم الماليتز 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 الحيويه. تفضل الغالبية العظمى من الطفيليات إن لم يكن جميعها مع وجود بعض الاستثناءات سكر الجلوكوز كمصدر للكربون وللتغذيه. وحيث أن النشا هو المركب الأساسى المختزن فى 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 ١٥نوع 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 الخليه النباتيه للوصول إلى غذائها المفضل وهو سكر الجلوكوز الناتج من تحليل النشا بواسطة أنزيم الأميليز. يعضد هذا الرأى أن خلايا النبات يوجد بها عامة كمية هائلة نسبياً أو معتدله 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 عاليه. أى أن إختراقه لجدار الخليه هو وسيلة وليست هدف فى كثير من الطفيليات، ولكن يعتقد البعض عكس ذلك حيث أن الفطر يقوم بتحليل الجدار وغيره من أجزاء الخليه للحصول على غذائه من سكر الجلوكوز الناتج من تحليل جدار خلية النبات وأيضاً من نواتج تحليل المركبات البكتينيه.

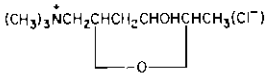
يقوم النبات بتجهيز غذاؤه العضوى وذلك عن طريق عملية البناء الضوئى فى الأجزاء الخضراء ثم ينتقل هذا الغذاء العضوى فى صورة سكروز عاده من المجموع الخضرى إلى المجموع الجذرى عبر نسيج اللحاء ليتم تغذية الجذر بالغذاء العضوى المجهز والغير قادر الجذر على تجهيزه لخلوه من البلاستيدات الخضراء. تفرز بعض الطفيليات أنزيم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

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

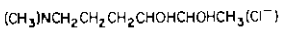
أيضاً للطفيليات أن تفرز الأنزيمات المحلله للبروتين وبذلك تهاجم بروتين الخليه أو بروتين الغشاء البلازمى ومثال ذلك إنزيم بروتييز protease والذى يفرز بواسطة الفطر *Piricularia oryzae* المسبب لمرض اللفحه فى الأرز. ثبت أيضاً إفراز أنزيمات تؤكسد الأحماض الأمينيه amino acid oxidase فى الفطر السابق. ولذلك فإن هذه الأنزيمات المحلله للدهون أو البروتينيات والمؤكسده للأحماض الأمينيه 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 المعقده إلى مركبات بسيطه ليسهل عليها إمتصاصها ثم الإستفادة منها فى عملياتها الحيويه المختلفه.

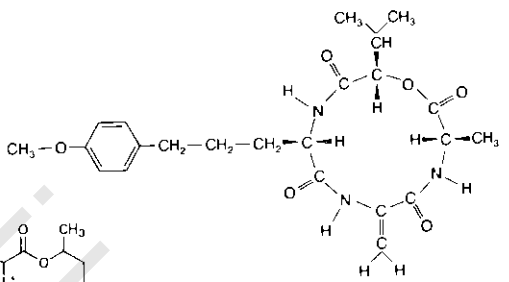
يمكن تصنيف الأنزيمات تبعاً لوجود أو غياب مادة التفاعل إلى أنزيمات أصليه constitutive enzymes وأنزيمات تأقلميه adaptive enzymes وعندما يكون الطفيل الأنزيم فى وجود مادة التفاعل أو فى غيابها يعتبر أنزيم أصلى ومثال ذلك أنزيم سيليوليز المفرز بواسطة البكتريا *Pseudomonas solanacearum* حيث تكون البكتريا هذا الأنزيم فى وجود أو غياب السيليلوز. عندما يكون الطفيل الأنزيم فقط فى وجود مادة التفاعل فإنه يعتبر إنزيم تأقلمى وقد وجد المؤلف هذه الحالة فى ثلاثة أنواع من الفطر *Fusarium* حيث وجد أن أنزيم الأميليز لايفرز بواسطة الفطر إلا فى وجود النشا فى البيئة وفى حالة خلو البيئة من النشا فإن هذه الفطريات تكون غير قادرة على إفراز الأنزيم.



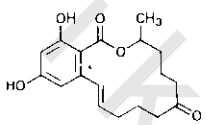
Muscarine



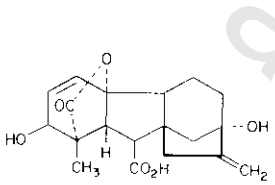
Muscaridine



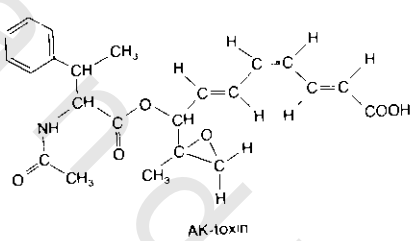
AM-toxin



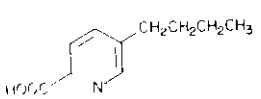
Zearalenone



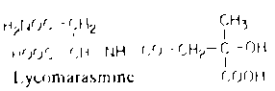
Gibberellic acid



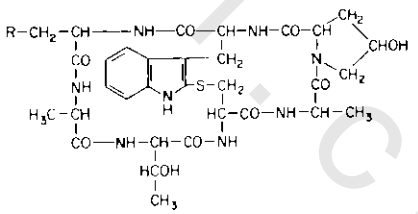
AK-toxin

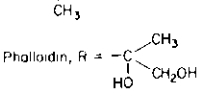


Fusaric acid

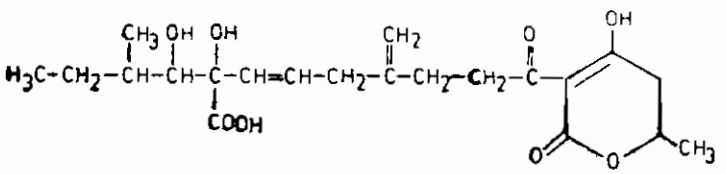


Lycomarasmine



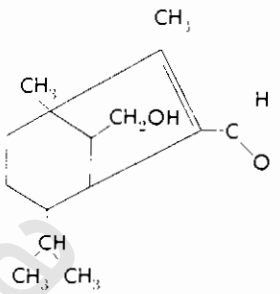


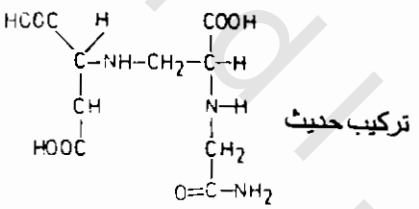
(شكل ٤٠) : أنواع مختلفة من السموم تفرز بواسطة الفطريات وأيضاً منظم النمو حامض الجبريلليك.



Alternaric acid

helminthosporol.

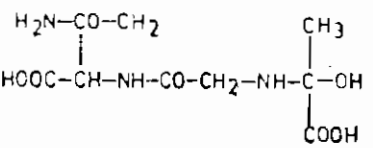




تركيب حديث

Lycomarasmine

تركيب خاطئ



(شكل ٤١) : التركيب الجزئيى لبعض سموم الفطريات ومنظم للنمو helminthosporol.

obeikandl.com

السمـوم Toxins

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

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

أ ـ Pathotoxins وهى سموم تسبب ظهور أعراض المرض على النبات القابل للإصابة وذلك فى غياب الطفيل. أى أنه عند حقن السم فى النبات يحدث أعراض المرض تماماً كما يحدثها الطفيل. علاوة على ذلك فإن السم يظهر الأعراض على النباتات القابله للإصابة فقط بالطفيل ولاتظهر الأعراض على النباتات الأخرى similar host specificity . إختلاف سلالات الطفيل فى قدرتها على إحداث المرض تتناسب طردياً مع قدرتها على إفراز السم فكلما زادت قدرة السلالة على إفراز السم كلما زادت قدرة السلاله على إحداث المرض. يعتبر سم فيكتورين victorin أحد الأمثلة لهذا النوع من السموم. ينتج هذا السم بواسطة*Helminthosporium victoriae* المسبب لمرض لفحه فيكتوريا فى 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 ثابته فى الأصناف المقاومة. تتميز الأصناف المقاومة بقدرتها على معادلة أو منع تأثير السم. يسبب السم فى الأصناف القابلة للإصابة تأثير على تركيب الجدار الخلوى والغشاء البلازمى الأكتوبلاست وينتج عن ذلك زيادة فى نفاذية الغشاء البلازمى وبالتالى تزداد سرعة التنفس نتيجة لذلك وليست لتأثيرها المباشر على الميتوكوندريا. حيث وجد أن الميتوكوندريا الحره المعزوله 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 فى الذره الرفيعه من هذا النوع. وسم AK وسم AM وكلاهما يفرزان بالفطر *Alternaria alternata* المسبب لمرض لطخة ألترناريا فى التفاح ومرض بقعة الورقه السوداء فى الكمثرى اليابانيه من هذا النوع.

ب ـ Vivotoxins وهى سموم لها دور جزئى فى ظهور أعراض المرض وعادة تكون سموم غير متخصصه فى سميتها ويمكن عزلها من النبات المصاب دون السليم ومنها fusaric acid و piricularin . يفرز حامض الفيوزارك بواسطة الفطر *Fusarium oxysporum* المسبب لمرض الذبول. هذا السم له دور فى اظهار بعض أعراض المرض ويسبب خفض سرعة التنفس فى النبات المصاب ويعتقد أن ذلك يحدث لأنه يرتبط أى يخلب بمعادن ثقيله ويسبب هذا المركب تثبيط إنزيمات الأوكسيديز الداخله فى عملية التنفس. يسبب هذا السم أيضاً زيادة فى نفاذية الغشاء البلازمى الأكتوبلاست. ينتج piricularin بواسطة فطر *Piricularia oryzae* المسبب لمرض اللفحه فى الأرز وله دور فى ظهور بعض أعراض المرض. يسبب حقن السم فى النبات زيادة سرعة التنفس. يثبط السم أنزيمات عديده منها الكاتاليز والبيروكسيديز والسيتوكروم أوكسيديز.

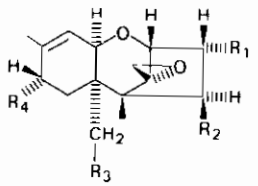
جـ ـ Phytotoxins هى سموم ليس لها دور فى حدوث أعراض المرض وقد يكون لها دور ضعيف وهى غير متخصصه فى سميتها. لايوجد علاقة بين إنتاج السم وقدرة الطفيل على الإصابة فقد ينتج الطفيل تركيز قليل من السم ولكنه يكون شديد القدرة المرضية ويمكن أن يكون العكس صحيح. يعتبر حامض ألترنارك alternaric acid والذى ينتج من الفطر *Alternaria solani* المسبب لمرض اللفحه المبكره فى الطماطم و lycomarasmine والذى ينتج بواسطة الفطر *Fusarium oxysporum* المسبب لمرض الذبول من أمثلة هذه السموم. يسبب السم الأخير زيادة فى سرعة نتح النبات وذلك بعد إرتباطه أى خلبه لذرة الحديد.

السموم الفطريه Mycotoxins : هى أى سموم فطريه 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 أى جزء من أجزاؤه. عند إستهلاك الإنسان أو الحيوان لهذا الجزء النباتى يحدث له ضرر نتيجة لهذه السموم بالرغم من عدم وجود الفطر المسبب وهذه الحالة المرضية تسمى mycotoxicosis . يوجد لذلك أمثلة كثيرة مثل سم aflatoxin والذى ينتج من فطر *Aspergillus flavus* ويسبب مرض aflatoxicosis . يسبب هذا السم ضرر للإنسان والحيوان حيث يسبب ضعف الكبد وضرر لخلايا القنوات المراريه ويسبب التركيز المرتفع موت الحيوان وعلاوة على ذلك فإنه

يمكن أن يسبب السرطان فى أجزاء مختلفة من الجسم مثل الكبد والمرارة. يوجد أكثر من مركب أفلاتوكسين ومنها B_1 وB_2 و G_1 وG_2 وتشترك جميع هذه المركبات فى تركيب حلقى أساسى وتختلف عن بعضها نتيجة الإختلاف فى مجاميع على الجزيئ. تتميز الأفلاتوكسين B_1 وB_2 بأنها تشع ضوء أزرق عند تعريضها فى جو مظلم للأشعة فوق البنفسجية ولذلك تسمىB نتيجة لإشعاع ضوء أزرق Blue وفى حالة G فإنها تشع ضوء أخضرGreen . تصاب كثير من البذور بالفطر وتصبح ملوثه بالسم مثل بذور الفول السودانى والقطن والقمح والذره. وجد المؤلف أن أصناف الفول السودانى والذره الشاميه المختلفه تختلف فى درجة تلوثها بالسم وعادة يوجد نوع أو أكثر من هذا السم فى البذور. يمكن أن يوجد السم فى 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 تزكيز منخفض جداً. يعتبر B_1 أكثر أنواع الأفلاتوكسين انتشاراً.

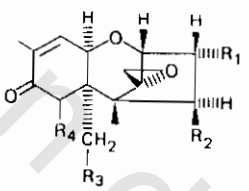
توجد أنواع أخرى كثيرة من هذه السموم ويكتشف بإستمرار أنواع جديدة من هذه السموم تفرز بواسطة فطريات مختلفة حيث أن هذه السموم عادة توجد بتركيزات صغيره جداً. تفرز أنواع الجنس *Penicillium* أنواع مختلفة من السموم وتفرز أيضاً أنواع الجنس *Fusarium* وبعض الفطريات الأخرى مجموعة من السموم تسمى trichothecens (شكل ٤٢) . يفرز سمzearalenone 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 فى الإنسان وخاصة صغار السن تضخم فى فتحة التناسل vulva وترهل فى المهبل وضمور فى المبيض وينتج عن ذلك كثير من حالات العقم. يحدث فى الذكور تضخم فى أحد أجزاء عضو التناسل prepuce وقد يكون شديد مما ينتج عنه إحتباس فى البول. تسمى الأمراض الناتجه عن سموم الفيوزاريوم fusariotoxicosis .

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

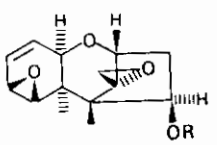


مركبات الـ trichothecens	R_1	R_2	R_3	R_4	تفرز بواسطة
Trichodermol (= roridin C)	H	OH	H	H	*Trichoderma*
Trichodermin	H	OCO . CH_3	H	H	*Trichoderma*
Diacetoxyscirpenol	OH	OCO . CH_3	OCO . CH_3	H	*Fusarium scirpi* *Fusarium tricinctum*
T_2-toxin	OH	OCO . CH_3	OCO . CH_3	X	*Fusarium nivale* *Fusarium tricinctum*
Verrucarol	H	OH	OH	H	*Myrothecium verrucaria*

X = OCO . CH_2 . CH . $(CH_3)_2$



مركبات الـ trichothecens	R_1	R_2	R_3	R_4	تفرز بواسطة
Trichothecin	H	OCO . CH=CH . CH_3	H	H	*Trichothecium roseum*
Trichothecolone	H	OH	H	H	*Trichothecium roseum*
Toxic diacetate	OH	OCO . CH_3	OCO CH_3	OH	*Fusarium equiseti* *Fusarium scirpi*
Nivalenol	OH	OH	OH	OH	*Fusarium nivale*
Fusarenone	OH	OCO . CH_3	OH	OH	*Fusarium nivale*



Crotocin	R = CO.CH=CH CH_3	تفرز بواسطة
Crotocol	R = H	*Cephalosporium*

(شكل ٤٢) : التركيب الجزيئى لمركبات عديده من سموم trichothecens تفرز بواسطة فطريات مختلفة.

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

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

منظمات النمو Growth regulators

تتكون منظمات النمو من مجاميع من المركبات وهى الأوكسينات والجبريللينات والسيتوكينينات والأثيلين وحامض الأبسيسك ومثبطات النمو وكلها تلعب دور هام فى تنظيم نمو النبات. وجود الطفيل يسبب إختلال فى النظام الهورمونى فى النبات وينتج عن ذلك أعراض مرضيه مثل تقزم النبات أو التورد أو النمو الزائد والتضخم. منظمات النمو التى تخلق طبيعياً فى 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 فى النبات. يمكن تحطيم جزيئ إندول حامض الخليك بواسطة إنزيم إندول حامض الخليك أوكسيديز وبذلك يقل تركيز هذا الهورمون فى النبات. يزداد تركيز هذا الهورمون فى النباتات المصابة ببعض الفطريات أو الفيروسات أو البكتريا أو الميكوبلازما أو ديدان النيماتود. وفى بعض الحالات قد يحدث العكس أى يقل هذا الهورمون فى النبات بعد الاصابة. وجد فى حالة مرض تفحم الذره المتسبب عن الفطر *Ustilago maydis* ومرض تعقد الجذور المتسبب عن النيماتود *Meloidogyne* يتسبب زيادة فى تركيز هذا الهورمون فى أنسجة النبات لأن هذه الطفيليات تفرز هذا الهورمون كما أنها تنبه تنشيط النبات لإنتاج زيادة من هذا الهورمون. وفى بعض الأمراض يكون زيادة تركيز الهورمون راجع لتثبيط نشاط إنزيم أوكسيديز إندول حامض الخليك كما فى مرض تفحم الذره. ينتج عن ذلك زيادة فى حجم الخلايا فى المناطق المصابه ويمكن أن يحدث زيادة فى عدد الخلايا وينتج عن ذلك أورام على النبات كما فى مرض تفحم الذره ومرض تعقد الجذور. وجد المؤلف أن فطر *Peronospora parasitica* يسب 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 فى مكان الاصابة حيث تتكون خلايا متضخمه giant cells . وجد أن البكتريا *Pseudomonas solanacearum* المسببه لمرض الذبول البكتيرى فى الطماطم والبطاطس تسبب زيادة فى تركيز الهورمون مائة مرة فى النبات المصاب عنه فى 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 والسيتوكينين 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 طبيعيه. 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 الجبريللينات بأنها تسبب استطالة الساق وذلك نتيجة لاستطالة خلاياه. كما أنها تسبب تأثيرات أخرى على النبات. ومما هو جدير بالذكر أن اكتشاف الجبريللينات راجع إلى أمراض النبات. حيث لاحظ مزارعو الأرز فى اليابان أن بعض بادرات ونباتات الأرز تكون طويله عن المعتاد وتموت قبل أن تعطى أزهار وقد تعطى أزهار ولكنها لاتكون حبوب. سمى هذا المرض باسم مرض البادره الحمقاء foolish seedling disease أو مرض بكانى Bakanae dis-ease . تمكن الباحثون اليابانيون سنة ١٩٢٦ من إثبات أن هذا المرض يتسبب عن الفطر *Gib-berella fujikuroi* وهو الطور الكامل للفطر *Fusarium moniliforme*. عند تنمية الفطر على بيئة صناعية فإنه يتكون فى البيئة مركب الجبريللين. عند معامله النبات براشح الفطر فإنه يحد نفس الأعراض المرضيه حيث يسبب إستطالة الساق. وقد تمكن العلماء بعد ذلك من عزل المركبات المسئولة عن إستطالة النبات فى صورة نقيه والتعرف على تركيبها وسميت بإسم جبريللين١، جبريللين٢ وهكذا. توجد حالياً مركبات كثيرة من الجبريللينات ولكن أهمها وأكثرها شيوعاً هو جبريللين٣ والمعروف بإسم حامض الجبريلليك gibberellic acid . تستخدم الجبريللينات بكثره فى إنتاج الخضر والفاكهة على نطاق إقتصادى وذلك لتحسين خواصها. وهكذا كان هذا المرض النباتى هو السبب فى اكتشاف الجبريللينات (شكل ٤٠ و ٤١) . وجد أيضاً بعض المركبات تشابه فى تأثيرها الجبريللينات ومن هذه المركبات مركب كحولى helminthosporol أو ومركب حامضى helminthosporic acid . تنتج هذه المركبات بواسطة الفطر *Helminthosporium sativum* المسبب لمرض لفحه الهلمنثوسبوريوم فى الأرز. تأثير هذه المركبات يشابه الى حد كبير تأثير مركبات الجبريللين على النبات كما تشابه نشاط

الجبريللين gibberellin-like activity . بالرغم من أن هذه المركبات تختلف فى تركيبها الجزيئى تماماً عن الجبريللين إلا أن لها نفس النشاط.

وفى حالة النباتات المصابة بالفيرس أو الميكوبلازما أو السبيروبلازما لايحدث أى تغيير فى تركيز الجبريلينات بالمقارنة بالنباتات السليمه. ولكن بعض الأعراض المرضيه لهذه المسببات يمكن شفاؤها recovery عند رشها بحامض الجبريلليك ومثال ذلك مرض تقزم الذرة المتسبب عن ميكوبلازما تقزم الذرة يمكن مقاومة التقزم برش النباتات المصابة بحامض الجبريلليك فتصبح عادية الطول.

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

يعتبر غاز الأثيلين هورمون نباتى وله تأثيرات عديده مختلفه على النبات. يزداد تركيز الأثيلين عند إصابة النبات ببعض الطفيليات فقد وجد المؤلف أن ثمار التفاح المصابه بفطر *Botryodiplodia theobromae* والمسبب لمرض العفن الطرى البنى لثمار التفاح تنتج كميات كبيرة من الأثيلين وذلك بالمقارنة بالثمار السليمه. يمكن أن يكون للأثيلين دور فى حالة إنفراج الزاويه بين عنق الورقه والساق epinasty وذلك فى أمراض الذبول الوعائى أى الناتجة عن طفيليات تعيش فى الأوعيه الخشبيه 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 فى النباتات المصابة بفيروس تبرقش الخيار وفطر Verticillium المسبب لمرض ذبول الطماطم ويعتقد أن لهذا الحامض دور فى حدوث هذين المرضين.

سم الأفلاتوكسين Aflatoxins

كثير من الفطريات الأسكيه والناقصه وقليل من الفطريات الزيجويه تفرز سموم فطريه mycotoxins. يعتبر الأفلاتوكسين من أوائل السموم الفطرية المكتشفة وأكثرها ذيوعاً 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 التى حدثت عام ١٩٦٠ فى إنجلترا وأدت إلى موت مائة ألف من صغار الديوك الرومى خلال شهور قليلة. وقد اتضح أن السبب فى ذلك هو تغذية هذه الحيوانات على غذاء ملوث بالفطر *A. flavus* وأن هذا الفطر يفرز مركب سمى بالأفلاتوكسين هو المسئول عن موت الدجاج الرومى.

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

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

تصبح ملوثه بالأفلاتوكسين. عند تغذية الحيوان على عليقه ملوثه 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 فى إنتشار السم: تعتبر الرطوبة العالية والماء الحر من أهم العوامل التى تساعد على إصابة الحبوب أو البذور بالفطر وبالتالى إنتشار السم. ومثال ذلك أنه عند جمع الفول السودانى من الحقل وذلك بإقتلاع النباتات فإن الثمار والبذور تحتوى على الماء بنسبة ٣٠-٦٠ ٪. وبعد ذلك تجفف الثمار فتنخفض نسبة الماء إلى ١٠ ٪ أو أقل. ومن المعروف أنه فى وجود نسبة الماء بالحبوب والبذور ٩ ٪ أو أقل تمنع تماماً نمو الفطر وبالتالى تمنع إصابة الحبوب أو البذور بالفطر. ولذلك فإن معظم حالات الإصابة فى الفول السودانى تحدث أثناء تقليع النباتات وتجفيفها. حيث تترك النباتات فى الحقل بعد تقليعها لكى 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 لكى 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 فى درجة حرارة ٣٢°م ورطوبة نسبية ٨٥ ٪ ينمو الفطر ويتكون السم وفى درجة حرارة ٣٢°م ورطوبة نسبية ٥٠ ٪ تكون البذور سليمه وفى درجة حرارة ٢١°م ورطوبة نسبية ٥ ٪ تكون البذور سليمه. ولذلك يتضح أن خفض الرطوبة النسبية من شأنه تقليل أو منع الإصابة.

تختلف أصناف الفول السودانى فى مقاومتها للفطر ويعتبر الصنفان Spanish 205 وSamara 38 أقل قابلية للإصابة من الأصناف الأخرى وبعض الأصناف الحديثة الأمريكية مقاومة تماماً.

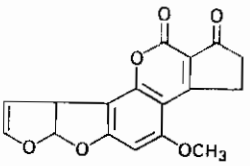
وبأخذ عينات من الفول السودانى وجد أن ٣,٣٪ من القرون شديدة السميه وتحتوى على أكثر من ٠,٢٥ ملليجرام أفلاتوكسينB_1 لكل كيلوجرام و٢١,٧٪ متوسط السميه و٧٥٪ غير سام. وفى مطحون الفول السودانى وجد أن ٤٢٪ من العينات شديدة السميه و٤٩,٣٪ متوسط السميه و٨,٧٪ غير سام. ولذلك يمكن أن تكون زبدة الفول السودانى ملوثه.

أنواع الأفلاتوكسين: توجد أنواع عديدة من الأفلاتوكسين وأهمها هى B_1، B_2، G_1، G_2 ولكن أكثرها انتشاراً هو النوع B_1 . وتوجد أنواع مكتشفه حديثاً نسبياً ومنها M_1، M_2، P_1 وهى عامة أقل انتشاراً من الأنواع السابقة.

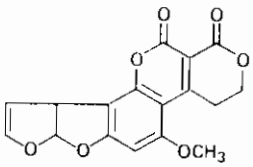
يتميز السم B بأنه يحول الأشعه فوق البنفسجيه إلى اللون الأزرق blue وتسمى هذه العملية بالفلوره. وأما السمG فإنه تحدث عملية فلوره للأشعة فوق البنفسجيه ويتكون لون أخضرgreen (شكل ٤٣) . يحدث ذلك فى الظلام التام فى وجود الأشعة فوق البنفسجية.

تركيب الفطر: يكون الفطر هيفات مقسمه الى خلايا. يتكون نتوء رأسى من بعض خلايا الهيفا وتسمى كل خليه فى هذه الحاله خلية قدم. ينمو النتوء رأسياً ليكون حامل كونيدى قائم غير مقسم ينتهى بإنتفاخ شبه كروى يخرج منه زوائد قصيره تسمى ذنيبات أوليه وقد تسمى متيولاً يخرج من الذنيب الأولى فروع قصيره تسمى ذنيبات ثانويه أوفياليدات. وكل ذنيب ثانوى يحمل سلسله من الجراثيم الكونيديه الكروية الشكل الخضراء المصفره اللون (شكل ٤٤) .

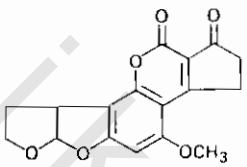
إختلاف سميه عزلات الفطر: يوجد للفطر عزلات وسلالات كثيره وتختلف فيما بينها فى درجة السميه. وتختلف سمية العزلات بإختلاف المحصول والدوله وعامة ٦٠٪ من العزلات تفرز السم و٤٠٪ غير سامه. تختلف درجة السميه عادة من ١٠٠إلى ألفان ملليجرام لكل كيلوجرام ولكن من الحالات النادرة أنه وجد تركيز السم فى جوز الهند ٨جم/كيلوجرام. يعتبرB أكثرهم إنتشاراً ثم يليهG_1 ثم B_2، G_2 . بعض عزلات الفطر تنتج جميع هذه الأنواع



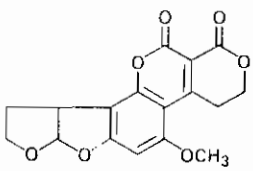
Aflatoxin B_1



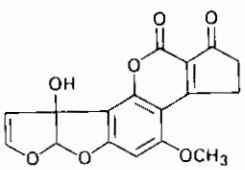
Aflatoxin G_1



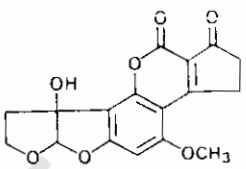
Aflatoxin B_2



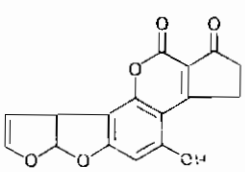
Aflatoxin G_2



Aflatoxin M_1



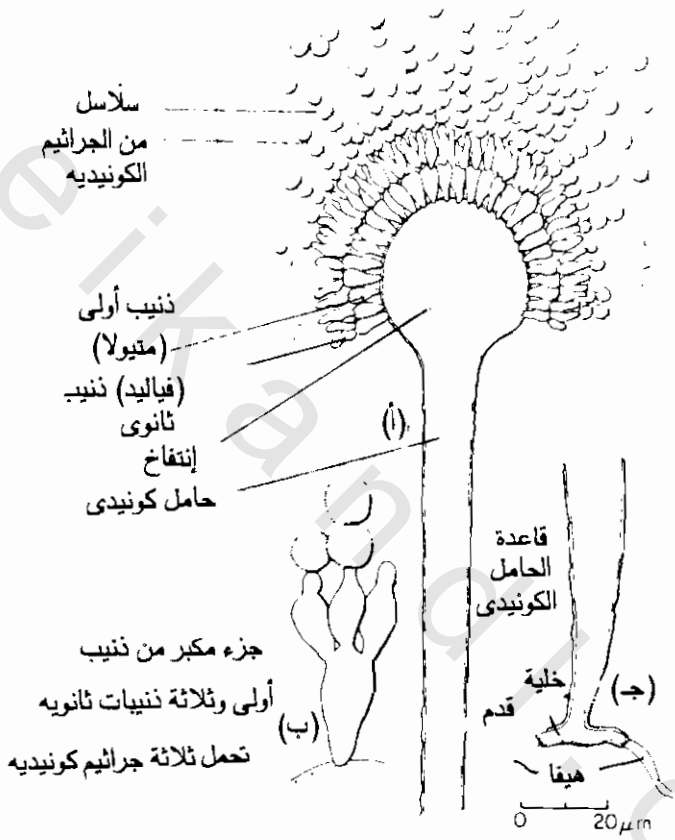
Aflatoxin M_2



Aflatoxin P_1

(شكل ٤٣) : التركيب الجزيئى لمركبات الأفلاتوكسين المختلفة.

obeikandl.com



(شكل ٤٤) : الفطر Aspergillus flavus

أ ـ حامل كونيدى يحمل جراثيم كونيدية على ذنيبات ثانويه . قمة الحامل تنتهى بإنتفاخ .

ب ـ جزء مكبر لذنيب أولى وثلاث ذنيبات ثانويه تحمل ثلاثة جراثيم كونيديه .

جـ ـ هيفا بها خلية قدم وتستطيل خلية القدم لتكون الحامل الكونيدى .

من الأفلاتوكسين والبعض الآخر ينتج سم واحد أو أكثر. يصعب التمييز بين العزلات السامه والغير سامه فلاتوجد بينهما فروق ظاهريه فى الشكل الظاهرى حتى بإستعمال المجهر وأيضاً لاتوجد فروق بيولوجيه. وعامة العزلات السامه تكون لها رؤوس خضراء فى المزارع المسنه وتكون الحوامل كونيديه خشنه. بعض العزلات تفقد قدرتها على إنتاج السم عند نقلها عدة مرات على بيئات صناعية وقد يحدث العكس أن تجدد قدرة العزلات على إنتاج السم عند نقلها عدة مرات على أنسجه حيه. وجد أن العزلات التى تنمو على بذور القطن والفول السودانى تكون أكثر سميه من العزلات التى تنمو على الحبوب عادة. وجد أن العزلات التى تعزل من اللحوم والخبز والجبن تكون عديمة أو قليلة السميه عادة. ولايمكن تعميم ذلك حيث يمكن أن تنمو بعض العزلات الغير سامه على الفول السودانى. وقد وجد أن بعض العزلات السامه عند تنميتها على بعض أصناف الفول السودانى مثل صنف US 26 لاتنتج أفلاتوكسين ولايوجد تفسير لهذه الظاهرة. يقل أو يختفى التأثير السام للفطر على الحبوب أو البذور وذلك نتيجة لوجود فطريات أو بكتريا مصاحبه للبذور وموجوده على سطحها وهى التى تسبب تثبيط تكوين الأفلاتوكسين أو تحوله إلى مركبات أقل فى سميتها. يزداد تركيز السم بزيادة نمو الهيفات حتى الحد الأمثل وعندما تقل سرعة النمو أو تتوقف نتيجة لكبر الفطر فى السن أو نتيجة لشيخوخة staling الفطر فإن تركيز السم وسرعة تكوينه تقل وقد تتوقف. تزداد سرعة تخليق السم وتصل للحد الأمثل عند الزمن الأمثل لتكوين الجراثيم الكونيديه للفطر.

مصير الأفلاتوكسين داخل جسم الإنسان : عند تغذية الإنسان على زبده فول سودانى بها أفلاتوكسين فإن السم يظهر فى بول الانسان وأيضاً فى لبن الأمهات وينتقل إلى الأطفال الرضع. يظهر السم أيضاً فى بول وبراز ولبن ودم الحيوانات. تختلف الحيوانات فى حساسيتها للسم فالخنازير أكثرها تأثراً يليها البقر ثم الحصان. وفى مجموعة أخرى فإن البط أكثرها تأثراً يليها الديوك الرومى ثم الأوز ثم الدواجن وقد وجد أن الأغنام مقاومة للأفلاتوكسين.

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 الاصابة. 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 مزمنه chronic وفيها لاتحدث الوفاه فى خلال أسبوع وتدخل تحت الأعراض المزمنه 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 البريطانيه 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 ٧ملليجرام أفلاتوكسين لكل كيلوجرام وزن للفأر الأبيض تسبب مرض إلتهاب الكبد للكبد hepatites 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 فى الغذاء الملوث بالأفلاتوكسين: يوجد لذلك طرق عديدة وأهمها ما يأتى:

١- الفرز لإنتقاء الحبوب السليمه واستبعاد المصابه فمثلاً تكون الحبوب المصابه كثافتها منخفضه وعلى العكس من الحبوب السليمه فكثافتها عاليه. يمكن وضع الحبوب فى محلول ملحى فالحبوب أو البذور الطافيه على سطح الملحول تستبعد.

٢- التجفيف السريع للحبوب والبذور يمنع الفطر.

٣- ظروف التخزين فقد وجد أن ٧٦٪ رطوبة نسبية ودرجة حرارة ١٧°م وتركيز ٢٠٪ك أ٢ أو ٢٥°م وتركيز ٤٠٪ك أ٢ يمنع تكوين السم.

٤- تسخين بذور الفول السودانى على درجة حرارة ١٥٠°م لمدة نصف ساعة يسبب خفض تركيزه الأفلاتوكسين B_1 بنسبة ٨٠٪ وفى B_2 بنسبة ٦٠٪. وفى حالة الدقيق والذى يحتوى على ٠,٢ ملليجرام لكل كيلوجرام دقيق وعند عمل الخبز والتسخين فى الفرن أصبح تركيزه ٠,٠٤٤ ملليجرام لكل كيلوجرام. وهنا يكون للتسخين دور فى ذلك.

٥- إستخلاص الأفلاتوكسين بمذيبات عضويه مثل كحول الأيثيل وذلك أثناء استخلاص الزيوت مثل زيت الفول السودانى أو زيت القطن. وقد وجد أن استخدام كحول الإيثيل فى الاستخلاص من شأنه تقليل تركيز الأفلاتوكسين بدرجة كبيرة تصل إلى ٩٣-٩٦٪ فى بذور القطن و٩٦-٩٨٪ فى بذور الفول السودانى وذلك على درجة حرارة ٢٤°م.

٦- تغير فى تركيب جزيئ الأفلاتوكسين وبذلك يفقد الجزيئ سميته. يحدث ذلك فى الحيوانات المقاومة للأفلاتوكسين. ووجد أن هذه المركبات كثيرة ومنها methylamine و ethanolamine 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 الحيوى لتركيب الجزيئ bioconversion . يتم تحويل السم إلى مركب عديم السميه 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 hepatoxic lesions وأيضاً حدوث تمدد وتضخم لقنوات المرارة bile ducts . يستخدم البط لأنه شديد الحساسيه للأفلاتوكسين.

٢- إختبار جنين الكتكوت chick embryo test : يستخدم بكثره 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 لمده 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 فى الحيوانات فى البطن فى أماكن معينه ويجب أن يكون القائم بها مدرب على ذلك. تموت الحيوانات فى ظرف أسبوع إلى أسبوعين تبعاً لتركيز السم. وفى الحيوانات التى 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 فى حضان درجة حرارته ٢٧°م فيفقس فى أقل من يوم فى ماءِ 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 يرقه فى ١/٢ مل ماء فى زجاجة ساعه يحتوى على مستخلص السم المختبر. تترك لمدة يوم فى حضان درجة حرارته ٣٧.٥°م. تعد اليرقات الميته وتحسب النسبة المئوية. ومن المعروف أن ١/٢ ميكروجرام من الأفلاتوكسين B_1 لكل مل يسبب ٦٠٪ موت لليرقات. وأن ضعف هذا التركيز يسبب موت ٩٠٪ من اليرقات.

سم زيرالينون Zearalenone

ينتج هذا السم بواسطة عدد من الفطريات وأهمها فطر *Fusarium graminearum* المسبب لمرض الجرب فى القمح. يصيب هذا الفطر كثير من الحبوب فى أثناء النقل والتخزين مثل الذره الشاميه والقمح والأرز ويفرز هذا السم (شكل٤٠) فى الحبوب المصابه. يمكن الحصول على كمية مناسبة من السم عند تنمية الفطر على حبوب ذره شاميه أو أرز تحتوى على ٤٥٪ ماء على درجة حرارة ١٢°م. لاينتج السم على درجة حرارة ٢٥°م. ويختلف تركيز السم الناتج على البيئات الصناعية فى المعمل بإختلاف نوع البيئة. عند حقن السم فى نوعين من الحشرات تعيش على الدقيق وهما *Tribolium confusum* و *Alphitobius diaperinus* فإن هذا السم يظل محتفظ بتركيبه وفاعليته أثناء خطوات التطور المختلفة للحشرة فى 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 الثمريه الأسكيه لبعض الفطريات الأسكيه ومنها أيضاً فطر *F. graminearum* والتركيزات العاليه من هذا السم تثبط تكوين هذه الأجسام الثمريه الأسكيه 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.

obeikandl.com