الباب الثالث عشر

منظمات النمو وأمراض النبات

يمكن لبعض مسببات أمراض النبات أن تفرز منظمات النمو أى هورمونات وبذلك يزداد تركيز الهورمونات فى النبات أو فى أجزاء النبات المصابة وبذلك يحدث اختلال فى فسيولوجى النبات ويظهر على النبات أورام نتيجة لزيادة تركيز الهورمونات ومثال ذلك البكتريا *Agrobacterium tumefaciens* المسببة لمرض التدرن التاجى. وقد تفرز مسببات أمراض النبات مركبات تختلف فى تركيبها عن الهورمونات ولكن لها نفس التأثير والنشاط ومثال ذلك مركب helminthosporol ومركبhelminthosporic acid حيث أنه يشابه فى نشاطه وتأثيره تأثير الجبريللين gibberelline - like activity ويفرز هذا المركب بواسطة الفطر *Helminthosporium sativum* المسبب لمرض لفحة الهلمنثورسيوريوم فى الأرز.

يمكن أيضا لبعض مسببات أمراض النبات أن تفرز مثبطات لمنظمات النمو وقد تكون مثبطات طبيعية موجودة فى النبات وبالتالى يزداد تركيزها فى النبات أو فى الجزء المصاب أو تكون مثبطات جديدة خاصة بالطفيل ولا توجد فى النبات أصلا أو طبيعيا. يمكن أيضا لمسببات أمراض النبات أن تنتج مركبات تنشط أو تثبط تخليق الهورمونات أو مثبطات الهورمونات فى النبات. وفى جميع الحالات السابقة ومع أختلاف ميكانيكية حدوثها فتكون النتيجة النهائية فى جميع الحالات أختلال فى النظام الهورمونى فى النبات وينتج عن ذلك أختلال فى نمو النبات وتظهر نتيجة

لذلك أعراض مرضية مثل التقزم stunting والنمو الزائد overgrowth والتورد rosetting والتفريع الزائد للجذور وتشوه الساق stem malformation وأنفراج زاوية عنق الورقة مع الساق leaf epinasty وسقوط الأوراق defoliation وتثبيط نمو البراعم. وفيما يلى شرح لأهمية الهورمونات فى حدوث الأمراض أو مقاومتها. .

١ ـ الأوكسينات:

يعتبر أندول حامض الخليك أوكسين طبيعى (هورمون) وهو عام الأنتشار فى النباتات ويتم تحطيمه بواسطة أنزيم أوكسيديز أندول حامض الخليك وذلك يسبب عدم زيادة تركيز الهورمون فى النبات.

تأثير أندول حامض الخليك على النبات متعدد حيث أنه يسبب أستطالة الخلايا وله دور فى التشكل differentiation ويسبب زيادة فى سرعة التنفس كما أنه ينشط تخليق m RNA وبالتالى ينشط تكوين البروتينات ومنها الأنزيمات وعند أمتصاص غشاء الأكتوبلاست لأندول حامض الخليك يسبب تغيير فى نفاذية الغشاء.

تختلف مسببات أمراض النبات مثل الفطريات والبكتريا والفيرس والميكوبلازما والنيماتود فى تأثيرها على الهورمون فالبعض منها يسبب زيادة تركيزه والبعض الآخر يسبب خفض تركيزه. ومن أمثلة الفطريات التى تزيد من تركيز الأوكسين *Plasmodiophora brassicae* المسبب لمرض الجذر الصولجانى فى الكرنب و *Phytophthora infestans* المسبب لمرض اللفحة المتأخرة فى البطاطس و *Ustilago maydis* المسبب لمرض التفحم فى الذرة الشامية و*Gymnosporangium juniperi - virginiana* المسبب لمرض صدأ التفاح *Fusarium oxsporum f.s.p cubense* المسبب لمرض ذبول الموز والنيماتود *Meloidogyne* المسبب لمرض تعقد الجذور وتوجد أمثلة أخرى كثيرة حيث تسبب زيادة فى تركيز أندول حامض الخليك فى النباتات وعلاوة على ذلك فإن بعض منها يفرز أندول حامض الخليك. وفى بعض الأمراض تكون زيادة تركيز أندول حامض الخليك نتيجة لتثبيط أنزيم

أوكسيديز أندول حامض الخليك جزئيا أو كليا ومثال ذلك مرض تفحم الذرة الشامية ومرض صدأ الساق فى القمح.

لقد درس دور الأوكسين فى أمراض النبات فى بعض الأمراض إلا أنه درس بتوسع أكبر فى بعض أمراض النبات البكتيرية. تنتج البكتريا *Pseudomonas solanacearum*، والتى تسبب مرض الذبول البكتيرى فى نباتات العائلة الباذنجانية الأوكسين بتركيز مائة ضعف فى النباتات المصابة عنها فى النباتات السليمة. وغير معروف حتى الآن كيف يؤثر الأوكسين على حدوث الذبول فى هذه النباتات. من المعروف أن الأوكسين يسبب مطاطية جدار الخلية وأستطالتها كما أن زيادة تركيز الأوكسين بدرجة كبيرة يسبب زيادة فى مطاطية جدران الخلايا ونتيجة لذلك يصبح سيليلوز وبكتين وبروتين الجدار الخلوى أكثر قابلية للتأثر بالأنزيمات المحللة للسليلوز والبكتين والبروتين والمفرزة بواسطة البكتريا. ويحتمل أن هذه الحالة تساعد أيضا على سهولة تحليل هذه المركبات بواسطة الأنزيمات المفرزة بالطفيل. تسبب زيادة تركيز الأوكسين تثبيط عملية التلجنن فى الخلايا وبذلك تطول الفترة والتى تكون فيها الخلايا غير ملجننه. وحيث تكون جدر الخلايا أكثر قابلية للتحل بالأنزيمات المذكورة سابقا، حيث أن تلجنن الخلايا يمنع أو يقلل من قابلية أو سهولة تحلل المركبات السابق ذكرها الموجودة فى الجدار الخلوى. يعتقد أن زيادة سرعة التنفس فى الأنسجة المصابة قد يكون نتيجة لزيادة تركيز الأوكسين. يؤثر الأوكسين على نفاذية الخلايا ولذلك فقد يكون له دور فى زيادة سرعة النتح فى النباتات المصابة.

تسبب البكتريا *Agrobacterium tumefaciens* مرض التدرن التاجى فى أكثر من مائة نوع من النباتات. تتكون الأورام أو التدرنات على الجذور والسيقان وأعناق الأوراق. يحدث الورم بعد أختراق البكتريا للنبات عن طريق الجروح ولا بد أن تكون جروح حديثة. قد أمكن للمؤلف عمل عدوى بهذه البكتريا بسهولة كبيرة فى نبات عباد الشمس صغير السن وكانت بداية ظهور الورم بعد عدة أيام من التلقيح. بعد

حدوث الجرح فإن الخلايا المحيطة بمنطقة الجرح تنقسم بسرعة كبيرة ولا تخترق البكتريا الخلايا ولكنها توجد على سطح جدارها الخلوى وتكون ملازمه لوجودها على سطح الخلايا. أثناء الأنقسام الشديد للخلايا بعد يومين أو ثلاثة من عمل الجرح فأن خلايا النبات تكون مهيئة لأستقبال جزء من بلازميد البكتريا plasmid وهو يتكون بالطبع من DNA ويسمى هذا الجزء T - DNA. يصبح هذا الجزء-T DNA جزء مكمل لـ DNA الموجود فى نواة خلية النبات حيث أنه يلتصق بـ DNA الخلية ويصبح جزء منها. نتيجة لذلك تصبح الخلية العادية خلية ورم أو تدرن tumor cell أى أنها خلية سرطانية أى أنها خلية لها قدرة كبيرة على الأنقسام وتكوين الورم أو التدرن. نتيجة لذلك فإن خلايا الورم تنقسم بسرعة كبيرة وتكون الورم وهى خالية من البكتريا ومستقلة عنها تماما وبعد وقت قصير تصبح سرعة أنقسام الخلية والخلايا الناتجة. ودرجة تكوين الورم أى حجمه وشكله غير خاضع لسيطرة النبات العائل. تحتوى خلايا الورم على كمية مع الأوكسين والسيتوكينين أكثر من الخلايا العادية. تنتج بكتريا التدرن التاجى هذا الأوكسين وأيضا سيتوكينين ووجد أن الجينات المسئولة عن تخليق الأوكسين والسيتوكينين موجودة على البلازميد Ti. يكون تركيز الأوكسين مرتفع فى خلايا الأورام حتى فى حالة خلوها من البكتريا. ومما هو جدير بالذكر أن خلايا الورم أصبحت قادرة على تخليق تركيزات عالية من الأوكسين والسيتوكينين. تعتبر التركيزات المرتفعة من الأوكسين والسيتوكينين فى خلايا الورم كافية لحدوث أستطالة وأنقسام لهذه الخلايا. ولكن العكس صحيح، عندما تحتوى خلايا عادية على هذه الأنواع والتركيزات من الأوكسين والسيتوكينين فأنها تكون غير قادرة على تحويل الخلايا العادية إلى خلايا أورام. وحتى الآن غير معروف ما هى المواد أو المركبات الأخرى اللازمة لتحويل الخلايا السليمة إلى خلايا ورم. ومما هو جدير بالذكر أيضا أن معاملة خلايا الورم بهذه الأنواع والتركيزات من الأوكسين والسيتوكينين تجعلها قادرة على أستطالة وأنقسام الخلايا ذاتيا autonomous والعكس صحيح فى الخلايا العادية. أنظر باب الهندسة الوراثية ومنظمات النمو.

فى بعض الأمراض الأخرى التى يحدث فيها زيادة فى سرعة أنقسام الخلايا مثل مرض تعقد الزيتون وحيث توجد عقد أى تدرنات على سيقان وأفرع نبات الزيتون وأيضا نبات الدفلة (ورد الحمار) *Nerium oleander* ونبات اللجستروم *Ligustrum*. يتسبب المرض عن البكتريا *Pseudomonas savastanoi*. تنتج هذه البكتريا أندول حامض الخليك والذى يسبب تكوين العقد على النباتات المصابة. تختلف سلالات البكتريا فى قدرتها على تخليق وأفراز هذا الأوكسين وكلما زادت كمية الأوكسين الناتجة من السلالة كلما كانت الأعراض الناتجة شديدة. أما السلالات التى لا تنتج الأوكسين فإنها تكون غير قادرة على تكوين العقد على النبات المصاب. تحمل الجينات المسئولة عن أنتاج الأكسين على البلازميد الموجود داخل خلية البكتريا كما يوجد أيضا جين آخر يشترك فى عملية تخليق الأوكسين ولكنه يحمل على الكروموسوم الموجود داخل خلية البكتريا. أى أن عملية تخليق أندول حامض الخليك فى هذه الحالة يشترك فيها جينات عديدة بعضها محمول على البلازميد وواحد منها يحمل على الكروموسوم يمكن أن تحمل جميع هذه الجينات على الكروموسوم.

وجد أن بعض السموم التى تفرزها الفطريات والبكتريا يكون لها نشاط وتأثير مشابه لنشاط وتأثير أندول حامض الخليك auxin - like activity على النباتات المصابة ومثال ذلك سم fusicoccin والذى ينتجه الفطر *Fusicoccum amygdali* وسم coronatin والذى تنتجه البكتريا *Pseudomoas syringae pv atropurpurea*. والعكس صحيح فى حالة السم فيكتورين victorin حيث يسبب تثبيط عملية أستطالة الخلايا الناتجة عن وجود أندول حامض الخليك أى أنه يضاد فعل الأوكسين. يفرز هذا السم بواسطة الفطر *Helminthosporium victoriae*.

٢ ـ الجبريللينات:

توجد الجبريللينات طبيعيا فى النباتات الخضراء تنتج أيضا بواسطة العديد من الكائنات الحية الدقيقة. كان أول عزل للجبريللينات من نباتات الأرز المصابة بالفطر *Gibberella fujikuroi* والذى يسبب مرض البادرة البلهاء فى الأرز. بعض

المركبات الأخرى يكون لها نشاط مشابهة للجبريللينات مثل فيتامين E وأيضا helminthosporol.

تساعد الجبريللينات على زيادة أستطالة الساق وتشجع الأزهار ونمو الثمار. زيادة طول أو أستطالة الساق والجذور يشابه إلى حد ما الأستطالة الناتجة عن أندول حامض الخليك. ينشط الجبريللين تخليق أندول حامض الخليك. قد يعمل كل من أندول حامض الخليك والجبريللين سويا متعاونين synergistically. يبدو أن الجبريللينات تنشط الجينات التى كانت تعمل ثم توقف عملها previously turned off فتساعدها على أداء عملها مرة أخرى وتخرجها من حالة التوقف إلى حالة أظهار التأثير. فى مرض البادرة البلهاء فى الأرز تنمو البادرات والنباتات المصابة بسرعة كبيرة عن المعتاد وتصبح أكثر طولا من النباتات السليمة وذلك نتيجة للجبريللين الذى تم أفرازه بواسطة الفطر فى داخل النبات المصاب.

لم يذكر حتى الآن، أن هناك أختلاف واضح فى تركيز الجبريللينات فى النباتات المصابة عنه فى النباتات السليمة وذلك فى حالة الأصابة بالفيرس أو الميكوبلازما أو السبيروبلازما spiroplasma. ولكن ثبت أن رش النباتات المصابة بالجبريللين فأنه فى بعض الحالات يمنع ظهور الأعراض المرضية المتسببة عن الكائنات المذكورة. وجد أن رش النباتات المصابة بمرض تقزم الذرة والمتسبب عن سبيروبلازما تقزم الذرة وأيضا نباتات التبغ المصابة بفيروس أتش الحاد severe etch virus بالجبريللين يسبب منع ظهور أعَراض المرض وتصبح النباتات عادية المظهر ومشابهة للنباتات السليمة فى مظهرها. يمكن أن تسبب الأصابة بفيروس أصفرار الكريز الحمضىsour cherry yellows virus (SCYV) وأيضا بالأصابة بفيروس تجعد الأوراق على التبغ تثبيط نمو البراعم الأبطية على النباتات المصابة، وقد أمكن منع ذلك وذلك برش النباتات المصابة بالجبريللينات وحيث تنمو البراعم الأبطية طبيعيا بعد الرش. يسبب أيضا رش نباتات الكريز المصابة بالفيرس المذكور سابقا زيادة فى محصول الكريز فى النباتات المصابة. فى الغالبية العظمى من هذه الحالات يبدو أن الجبريللين ليس له أى تأثير على

الفيرس أو الميكوبلازما أو السبيروبلازما وبالأضافة إلى ذلك فأن الأعراض السابقة تظهر مرة أخرى على النباتات المصابة عند توقف المعاملة بالجبريللين. غير معروف حتى الآن ميكانيكية تأثير الطفيل على النبات أى أنه غير معروف حتى الآن إذا كان هذا التقزم أو تثبيط النمو راجع إلى تأثير الطفيل على الجبريللين أم لا وبمعنى آخر هل يؤثر الطفيل على خفض تركيز الجبريللين فى النباتات المصابة أم لا خاصة وأن نمو وأستطالة النباتات السليمة يزيد بنفس الدرجة وبالتساوى كما فى النباتات المريضة بعد معاملتها بالجبريللين.

٣ ـ السيتوكينينات:

هى مركبات تشجع إنقسام الخلايا كما أنها تعمل على منع أو خفض عملية هدم البروتين والأحماض النووية وبالتالى فأنها تؤخر حدوث الشيخوخة فى النبات كما أن لها القدرة على توجيه سير الأحماض الأمينية وغيرها من المركبات الأخرى خلال النبات فى أتجاه المنطقة ذات التركيز العالى من السيتوكينين. تمنع السيتوكينينات الجينات عن التوقف عن أداء عملها preventing genes from being turned off كما أن تنشط الجينات فى أداء عملها بعد أن تكون قد توقفت عن أداء عملها activating genes that have been previously turned off.

يزيد نشاط السيتوكينينات بدرجة ملحوظة فى الجذور المصابة فى حالة مرض الجذر الصولجانى فى الكرنب وغيرها من نباتات العائلة الصليبية وفى تدرنات مرض التدرن التاجى الذى يصيب مجموعة كبيرة من النباتات وفى الأورام الناتجة عن بعض أمراض التفحم وبعض أمراض الأصداء مثل مرض التفحم فى الذرة الشامية وفى أوراق نبات الفاصوليا والفول المصابة بالصدأ. يزداد نشاط السيتوكينين فى الحالة الأخيرة أى فى أوراق الفاصوليا والفول فى منطقة الجزر الخضراء green islands المحيطة بالبثرات. والعكس صحيح فى حالة عصير ومستخلص الأنسجة لنباتات القطن المصابة بمرض الذبول الفرتيسليومى وأيضا فى النباتات التى تعانى من الجفاف حيث يقل نشاط السيتوكينين بدرجة ملحوظة. تسبب السيتوكينينات زيادة أمتصاص خلايا

النبات لسم الفيكتورين victorin وذلك فى حالة نباتات الشوفان المصابة بفطر *Heminthosporium victoriae* المسبب لمرض لفحة الهلمنثوسبوريوم، وحيث أن الفطر يفرز هذا السم. والعكس صحيح فى حالة سم تابتوكسين tabtoxin حيث وجد أن حقن أوراق التبغ بالسم وأيضا بالكينتين يسبب عدم تكوين الأخضرار الباهت chlorosis المميز لهذا المرض على الأوراق ومما هو جدير بالذكر أن حقن هذا السم فى أوراق النبات دون الكينتين يسبب تكوين حالة الأخضرار الباهت المميزة لهذا المرض. يعتبر السيتوكينين مسئول عن حدوث أعراض مرض الدرنة المتورقة leafy gall والذى يتسبب عن البكتريا *Corynebacterium fasciens*. يمكن أن يكون السيتوكينين مسئول أيضا عن مرض مكنسة الساحرة المتسبب عن فطريات وميكوبلازما. راجع هذا المرض بالتفصيل فى باب السيتوكينينات.

يبدو أن معاملة النباتات بالكينتين قبل أو بعد حقن الفيرس بمدة وجيزة فى النبات يقلل من عدد البقع الموضعية local - lesions على النباتات المصابة كما أنه يقلل من تكاثر الفيرس فى النباتات الجهازية الأصابة.

٤ ـ الأثيلين:

ينتج الأثيلين طبيعيا بواسطة النبات وله تأثيرات عديدة على النبات ومنها سقوط الأوراق والأخضرار الباهت للنبات وزيادة أنفراج الزاوية بين عنق الورقة والساق epinasty ونضج الثمار. يسبب الأثيلين علاوة على ذلك زيادة النفاذية لأغشية الخلية وهى حالة عامة وشائعة الحدوث نتيجة الأصابة بالطفيليات الممرضة للنبات. يشجع الأثيلين تكوين الفيتو ألكسينات phytoalexins فى أنسجة بعض النباتات كما أنه يشجع تخليق أو يزيد نشاط بعض الأنزيمات التى تلعب دورا هاما فى زيادة مقاومة النبات للأمراض. ينتج الأثيلين بواسطة عديد من الفطريات والبكتريا الممرضة للنبات مثال ذلك فطر *Rhizoctonia solani*. وجد المؤلف أن ثمار التفاح المصابة بالفطر *Botryodiplodia theobromae* تنتج أثيلين بدرجة كبيرة جدا وذلك بالمقارنة بالثمار السليمة. يحدث نفس الشئ فى ثمار الموز الخضراء المصابة

بالبكتريا *Pseudomonas solanacearum* حيث أن محتواها من الأثيلين يزداد أثناء النضج وذلك بالمقارنة بالثمار الخضراء السليمة الغير مصابة.

يكون للأثيلين دور فى زيادة أنفراج زاوية عنق الورقة مع الساق epinasty فى النباتات المصابة بأمراض الذبول الوعائى وأيضا للأثيلين دور فى تساقط الأوراق المبكر والملاحظ فى بعض أمراض النبات. يشجع أنبات بذور العدار *Striga*.

٥ ـ حامض الأبسيسيك:

أن هذا الحامض واحدا من عديد من مثبطات النمو الهامة المنتجة بواسطة النباتات بواسطة بعض الفطريات الممرضة للنبات. يشجع هذا الحامض إنبات جراثيم الفطريات. تحتوى بعض النباتات المتقزمه نتيجة للإصابة بالطفيليات الممرضة على تركيز عال من هذا الحامض بالمقارنه بالنباتات السليمة وذلك كما فى مرضان فيروسيان هما موزايك التبغ موزايك الخيار ومرض بكتيرى هو الذبول البكتيرى الجنوبى فى التبغ ومرض فطرى وهو ذبول الطماطم الفرتسيليومى. يعتقد أن هذا الحامض هو أحد العوامل التى تسبب تقزم النباتات المصابة بالأمراض السابق ذكرها.

٦ ـ الفلورجين:

لا بد وأن بعض الطفيليات المسببة لأمراض النبات تؤثر على الفلورجين. يعتبر الفلورجين هورمون الأزهار فى النبات وهو موجود بالدليل القاطع فى النباتات ولازم للأزهار إلا أنه حتى الآن لم يمكن عزله فى صورة نقية. وحيث أن بعض الأمراض تؤثر على الأزهار فقد تسبب قلة الأزهار أو تسرع أو تبطء من الأزهار فأنه يستنتج من ذلك أن هذه الأمراض تؤثر على الفلورجين بدرجة مؤكدة وقد يكون التأثير كلى أو جزئى. لم يمكن إثبات ذلك عمليا حيث أن الفلورجين أصلا وفى النباتات العادية السلمية لم يمكن عزله. ولذلك فأن الأستنتاج بأن بعض الطفيليات الممرضة للنبات تؤثر على الفلورجين بطريقة وبأخرى هو أستنتاج سليم ولكنه يحتاج إلى برهان.