

## النمو The growth

تمر النباتات أثناء دورة حياتها بعدد من المراحل تشمل مرحلة الإنبات ، النمو الخضري ، الإزهار ، الإخصاب وتكوين البذور ، وفي كل مرحلة من هذه المراحل يحدث نمو – وكلمه نمو تعنى زيادة دائمة وغير عكسية في الشكل والحجم والوزن كنتيجة لانقسام الخلايا ( زيادة في العدد ) وزيادتها في الحجم والوزن ، ويحدث النمو في المناطق النشطة ذات القدرة على الانقسام بسرعة كما هو الحال في المناطق الميرستيمية النشطة بالقمم النامية للساق والجذر والأفرع وغيرها من مناطق النمو ، ومراحل النمو المختلفة للنبات قد تكون محددة وواضحة وقد تتداخل مع بعضها البعض فعلى سبيل المثال تتداخل مرحلة النمو الخضري مع مرحلة الإزهار في الطماطم حيث تصل النباتات إلى مرحلة الإزهار بعد تكوين عدد محدود من الأوراق ثم يستمر تكوين كل من النموات الخضرية (الأوراق والأفرع ) مع تكوين العناقيد الزهرية.

يعبر عن الزيادة الدائمة وغير عكسية الناتجة عن النمو بمقاييس مختلفة مثل الزيادة في الطول أو الحجم أو الوزن سواء الطازج أو الجاف أو المساحة الورقية وغيرها من مقاييس إلا أن أدق هذه المقاييس من الناحية العملية هو مقياس الوزن الجاف Dry weight

### منحنى النمو Growth curve

بغض النظر عن العضو النباتي الذي سيدرس عليه النمو سواء كان خلية فردية أو عضو نباتي أو نبات كامل وسواء كان معبرا عن النمو بمقياس الطول أو الحجم أو الوزن أو المساحة فإنه يلاحظ دائما انه في المراحل الأولى تحدث زيادة طفيفة وبطيئة في النمو ( معدل نمو بسيط ) وفي المرحلة التالية تكون الزيادة في النمو كبيرة وسريعة ( معدل نمو سريع ) ثم في المرحلة التالية تكون الزيادة في النمو طفيفة حتى تكاد تتوقف ( معدل نمو بطيء جدا ) وتسمى الفترة التي يكون فيها النمو كبيرا وسريعا بفترة النمو القصوى maximum growth duration وعند رسم العلاقة بين الزمن ( ساعة ، يوم ، أسبوع ..... ) والزيادة في النمو معبرا عنها بالطول أو الحجم أو الوزن أو المساحة نجد أن المنحنى يأخذ شكل حرف  $\int$  sigmoid curve ولقد وجد أن العوامل الداخلية أو الخارجية التي تؤثر على النمو لا تؤثر على شكل المنحنى ، وتشمل العوامل الخارجية المؤثرة على النمو كل من العوامل المناخية climatic factors مثل الحرارة Temperature ، الضوء Light والذي يشمل شدة الضوء Light intensity ، نوع الضوء light quality فترة الضوء Light duration والرطوبة الجوية والرياح ، العوامل الأرضية مثل الإمداد الغذائي Nutritional supply ، الإمداد المائي Water supply ، وحموضة التربة soil acidity وقوام

التربة soil texture ،العوامل الحيوية biological factors وتشمل الكائنات الحية الدقيقة microorganisms التى تعيش بالتربة.

### مرحلة إنبات البذور Seed Germination stage

يقصد بإنبات البذور تشرب البذرة للماء واستعادة الجنين لنشاط النمو حيث تبدأ خلاياه في الانقسام والكبر والتميز لتضغط على أغلفة البذرة فتتمزق ويبرز منها نبت صغير يعرف بالجذير ، ويعتبر خروج الجذير دليلا على الإنبات من الناحية النباتية أما ظهور البادرات فوق سطح الأرض فيعتبر دليلا على الإنبات من الناحية الزراعية . تنبت البذور عادة عندما تتوفر الظروف المناسبة للإنبات مثل الحرارة والرطوبة والأكسجين وغيرها ، وفى هذا الصدد فإنه يمكن لبذور بعض النباتات أن تنبت وهى مازالت داخل الثمرة إذا ما توافرت الظروف الملائمة للإنبات كما هو الحال في البازلاء والطماطم والبطيخ ، إلا أن بذور بعض النباتات الأخرى لا تستطيع أن تنبت قبل انقضاء عدة أسابيع أو أشهر بعد حصادها حتى لو توافرت الظروف المناسبة للإنبات حيث تمر بذور تلك النباتات بحالة من السكون Dormancy.

يلزم كي تبدأ البذور في الإنبات أن تتحول المواد الغذائية المعقدة والمخزنة بالبذرة ( نشا ، هيميسليلوز ، بروتين ، دهون ، ..... ) إلى مواد غذائية بسيطة ( سكريات بسيطة ، أحماض امينية ، أحماض دهنية ، ..... ) يمكن استخدامها في إنتاج الطاقة لبدء عملية النمو في الجنين وبالتالي بدء الإنبات ويتم ذلك من خلال الخطوات التالية

#### 1. تشرب وامتصاص الماء water imbibitions and absorption

عند توفر الماء تتشرب أغشية البذرة الماء فيحدث لها ليونة Softness كما يجد الماء طريقة إلى داخل البذرة من خلال أغشية البذرة وفتحة النقيير ليصل إلى خلايا الإندوسبرم التى تحتوى على المواد الغذائية المعقدة وخلايا الجنين فتنتفخ مما يولد ضغطا داخليا يؤدي إلى تمزق أغشية البذرة.

## 2. الهضم Digestion

يقصد بعملية الهضم تحول المواد الغذائية المخزنة بالإندوسبرم من الصورة المعقدة إلى الصورة البسيطة ، وتشارك في عملية الهضم الكثير من الإنزيمات إذ ينشط إنزيمي الالفا اميليز  $\alpha$  amylase والبيتا اميليز  $\beta$  amylase تحول النشا starch إلى سكريات بسيطة simple sugars وينشط إنزيم الليبيز Lipase تحول الدهون Fats إلى أحماض دهنية Fatty acids وينشط إنزيم protease تحول البروتين protein إلى أحماض امينية amino acids وفي نفس الوقت فأن تحول المواد الغذائية من المواد المعقدة إلى مواد بسيطة يسهل حركتها من خلية إلى أخرى

## 3. انتقال الغذاء المهضوم digestive food translocation

نظرا لأن جهاز نقل الغذاء المهضوم بالبذرة بسيط وغير مكتمل التكوين فإن انتقال الغذاء المهضوم بين الخلايا إلى خلايا الجنين يتم بالانتشار Diffusion

## 4. التنفس respiration

تستخدم خلايا الجنين المواد الغذائية المهضومة والموجودة في صورة بسيطة في عملية التنفس لإنتاج الطاقة اللازمة للنمو والعمليات الفسيولوجية الأخرى

## 5. النمو growth

يبدأ النمو بزيادة حجم خلايا الجنين كنتيجة لتشرب البذرة للماء وزيادة عدد الخلايا بقمة الجذير والريشة كنتيجة للانقسام وأول عضو للجنين يبرز خارج البذرة هو الجذير

## العوامل المؤثرة على إنبات البذرة Factors affecting seed germination

يمكن تقسيم العوامل التي تؤثر على إنبات البذرة إلى مجموعتين من العوامل:

1. عوامل متعلقة بالبذرة ( داخلية )

2. عوامل متعلقة بالبيئة المحيطة بالبذرة ( خارجية )

## أولاً: العوامل المتعلقة بالبذرة

تشمل العوامل المتعلقة بالبذرة والتي تؤثر على إنباتها كل من :-

1. درجة نضج البذرة
2. حجم البذرة
3. عمر البذرة
4. وجود الأجنة الأثرية أو الضامرة
5. وجود الأجنة الساكنة
6. طبيعة غلاف البذرة

### 1. درجة نضج البذرة Seed maturity

تؤثر درجة نضج البذرة تأثيراً بالغاً على إنباتها فبعض النباتات كما هو الحال في نباتات العائلة الخيمية مثل الجزر والكرفس ونباتات العائلة المركبة مثل الخس نجد أن هناك تفاوتاً في ميعاد خروج النورات وبالتالي فهناك تفاوت في مواعيد عمليات التلقيح والإخصاب والعقد وعندما يتم جمع بذور تلك النورات في وقت واحد يترتب عليه وجود بذور ذات درجات نضج مختلفة مما يعنى عدم قدرة البذور الغير تامة النضج على الإنبات ولذا فأنه من الضروري تحديد طور النضج الأمثل لحصاد نورات تلك النباتات ، أيضاً وجد أن بذور الفلفل المستخلصة من ثمار خضراء محمرة ( ثمار تحتوى على بذور غير تامة النضج ) ذات نسبة إنبات منخفضة ( 68.5 % ) بينما بذور الفلفل المستخلصة من ثمار فلفل حمراء ( ثمار تحتوى على بذور تامة النضج ) ذات نسبة إنبات مرتفعة ( 96 % )

### 2. حجم البذرة Seed size

أثبتت دراسات عديدة سابقة أن لحجم البذرة تأثيراً معنوياً على نسبة إنبات تلك البذور وعلى نمو ومحصول النباتات الناتجة منها ، فعلى سبيل المثال وجد زيادة في نسبة إنبات بذور السبانخ والقرع العسلي والخس والفجل بزيادة حجم البذور المستخدمة ويمكن تفسير ذلك على أساس أن البذور الأكبر حجماً تحتوى على كمية أكبر من المواد الغذائية اللازمة لتوليد الطاقة اللازمة لعمليات نمو الجنين ، كما أشارت النتائج أن استخدام بذور الخس الأكبر حجماً أعطت شتلات أقوى ورؤوس خس ذات حجم ووزن أكبر ( محصول أكبر ) مقارنة باستخدام البذور الأصغر حجماً .

### 3. عمر البذرة Seed age

تتأثر نسبة الإنبات (النسبة المئوية لعدد البذور النابتة خلال فترة محددة ) وقدرة البذور على الإنبات ( النسبة المئوية لعدد البذور النابتة بغض النظر عن المدة التي تستغرقها البذور للإنبات ) تأثراً كبيراً بعمر البذور وبصورة عامه فهناك تناسب عكسي بين نسبة وقدرة البذور على الإنبات من جهة وعمر البذرة من جهة أخرى ، هذا وتتراوح قدرة بذور معظم محاصيل الخضر على الإنبات بين 1 - 5 سنوات إذا ما خزنت تحت ظروف درجات حرارة ورطوبة مناسبة ، إلا أن هناك بذور لبعض محاصيل الخضر تنخفض قدرتها على الإنبات بعد فترة وجيزة من استخراجها كما هو الحال في بذور البصل إذ لا ينصح بزراعة بذور البصل ذات عمر أكبر من سنة لانخفاض نسبة إنباتها ، كما أن بذور بعض المحاصيل الأخرى لا تثبت عقب استخراجها من الثمار لمرورها بفترة سكون بعدها تصبح قادرة على الإنبات وتستمر قادرة على الإنبات لفترة طويلة.

### 4. النضج الفسيولوجي للجنين physiological maturity of embryo

على الرغم من اكتمال نمو الأجنة عند نضج البذور إلا أن بذور الكثير من الأنواع النباتية يفشل إنباتها على الرغم من توفر الظروف المناسبة للإنبات وقد يعزى ذلك إلى عدم اكتمال النضج الفسيولوجي لتلك الأجنة - وهو ما يطلق عليه السكون الفسيولوجي للأجنة أو الأجنة الساكنة - والذي يشمل سلسلة من التغيرات من شأنها أن تحول الجنين من حالة السكون إلى حاله النشاط أو القدرة على النمو ، وحتى الآن غير معروف طبيعة تلك التغيرات - ولقد أمكن التغلب على السكون الفسيولوجي للأجنة بتخزين البذور لفترة في ظروف ملائمة للتخزين حتى يكتمل نضجها الفسيولوجي.

### 5. الأجنة الأثرية أو الضامرة

أثناء تكوين البذور في بعض محاصيل الخضر لا ينمو الجنين بالسرعة التي تنمو بها الأنسجة المحيطة به مما يترتب عليه عدم اكتمال نمو هذه الأجنة ( أجنة ضامرة أو أثرية ) عند انتشار البذور كما في بذور العائلة الخيمية مثل الجزر والبقدونس حيث يستمر نمو الجنين في بذور تلك المحاصيل بعد استخلاصها لعدة اشهر قبل أن تصبح قادرة على الإنبات ، ولقد وجد أن هناك نسبة من تلك البذور تتراوح بين 8 - 34 % خالية من الأجنة

## 6. طبيعة غلاف البذرة Seed coat nature

تلعب أغشية البذرة دورا هاما في تحديد قدرتها على الإنبات – فقد تكون أغشية البذرة ذات مقاومة ميكانيكية عالية لتمدد الجنين أو المحتويات الأخرى بالبذرة وبالتالي يفشل الإنبات ما لم تصبح أغشية البذرة لينة soft ، كما قد تكون أغشية البذرة غير منفذة للماء وتعرف هذه البذور بالبذور الصلدة حيث تحتوى على اندوسبرم صلد غير منفذ للماء وبالتالي يفشل الإنبات كما هو الحال في بذور الباميا والفول الرومي ، أيضا قد تكون أغشية البذرة غير منفذة للغازات وبخاصة غاز الأكسجين اللازم لتنبيه العديد من العمليات الفسيولوجية بالجنين والاندوسبرم لتبدأ عملية الإنبات، هذا ويمكن التغلب على الحالات السابقة بمعاملات خدش Scarification لغطاء البذور لجعله ليناً ومنفذاً للماء والغازات وتتمثل هذه المعاملات في :

1. حك البذور على سطح خادش مثل ورق الصنفرة Sand paper مع ملاحظة أن الخدش الغير كافي لن يحسن من الإنبات ، بينما الخدش الزائد أو الجائر سوف يؤدي إلى حدوث أضرار للأنسجة الداخلية أو الجنين أو كليهما مما يؤدي إلى فشل الإنبات

2. تعريض البذور للحرارة لفترة قصيرة تكون كافية لتمزيق أغشية البذرة بدرجة تسمح بمرور الماء والغازات والطريقة المثلى لذلك وضع البذور في وعاء به ماء يغلي بحيث يكون حجم الماء ثلاثة أمثال حجم البذور وبحيث يتم إزاحة اللهب من تحت الوعاء بعد إضافة البذور ، تترك البذور لفترة قصيرة وتنقل بعدها إلى ماء مبرد وتترك لتبرد بالتدريج

3. غمس البذور في بعض الأحماض القوية مثل حمض الكبريتيك المركز لفترة من الزمن تتوقف على نوع البذرة فمدة النقع لبذور البطاطا 20 دقيقة ولبذور الشليك 35 دقيقة ، هذا ويجب غسيل البذور جيدا بالماء عقب النقع للتخلص من آثار الحامض ومثل هذه المعاملة من شأنها أن تؤدي إلى طراوة أو ليونة أغشية البذرة بدرجة تسمح بمرور الماء والغازات

### ثانيا : العوامل المتعلقة بالبيئة المحيطة بالبذرة

تشمل العوامل الخارجية المحيطة بالبذرة والتي تؤثر على إنباتها كل من :-

1. الرطوبة 2. الحرارة

3. الضوء 4. الأكسجين

## 1. الرطوبة

يعتبر توفر الرطوبة من أهم العوامل البيئية التي تحيط بالبذور والتي تحدد نجاح إنباتها فلا يمكن أن يحدث إنبات ما لم تكن البذور قادرة على امتصاص الماء من البيئة المحيطة بها فالماء هو الوسط الذي تحدث به سلسلة العمليات الفسيوكيميائية بالخلايا والتي من شأنها أن تعيد تنشيط الجنين الساكن وتؤدي في نهاية الأمر إلى إنبات البذور ، وتمتص البذور الماء عن طريق التشرب لأغطية البذرة من خلال فتحة النقيير وفتحات الأغذية الممزقة ، هذا وتختلف بذور الخضر في قدرتها على الإنبات تبعا للمحتوى الرطوبى بالتربة وغالبا ما يتم الإنبات في مستويات رطوبة أرضية تتراوح بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم ويتضح ذلك من الجدول التالي :-

محتوى رطوبة التربة				
قريب من نقطة الذبول	أكبر من نقطة الذبول بمقدار			قريب من السعة الحقلية
	20%	33%	50%	
البطيخ	الجزر	البسلة	البنجر	الكرفس
الكرنب	الخيار	فاصوليا الليما	الخس	
القرع والقاوون	السبانخ	السبانخ النيوزيلندى		
الفجل والثفت	الفاصوليا			
الفلفل				

## 2. الحرارة

تعتبر درجة الحرارة من بين العوامل البيئية الرئيسية والهامة المؤثرة على إنبات البذور ويعزى تأثير درجة الحرارة على إنبات البذور إلى تأثيرها على امتصاص الماء ونشاط الإنزيمات وسرعة التنفس والعمليات الكيميائية بخلايا البذرة ليبدأ نشاط الجنين الساكن في النمو ويحدث الإنبات، ولبذور كل محصول من محاصيل الخضر نطاق حرارى تستطيع البذور أن تنبت فيه وخارج هذا النطاق فإنها لا تستطيع أن تنبت ، ويحدد هذا النطاق ثلاث درجات حرارة دنيا ، ومثلى ، وعظمى والمقصود هنا درجة الحرارة المثلى للإنبات هى الدرجة التى تكون عندها كل من نسبة وسرعة الإنبات أفضل ما يمكن وانحراف درجة الحرارة عن الدرجة المثلى يصاحبه انخفاض في كل من نسبة وسرعة الإنبات ( كلما انخفض عدد الأيام اللازمة للإنبات كلما زادت سرعة الإنبات ) ، وعموما تفضل محاصيل الجو البارد الإنبات في درجات حرارة منخفضة نسبيا ( صفر – 15 درجة مئوية ) مثال ذلك بذور محاصيل الخس والسبانخ والبسلة ، بينما تفضل محاصيل الموسم

الدافىء الإنبات فى درجات حرارة مرتفعة نسبيا ( 15 – 26 درجة مئوية ) مثال ذلك بذور محاصيل القرعيات والكرنب والقرنبيط ، فى حين تنبت بذور محاصيل أخرى فى مدى واسع من درجات الحرارة مثال ذلك بذور محصول البصل

### 3. الضوء

من المعروف أن الضوء عبارة عن طاقة تتولد نتيجة تفاعلات نووية فى الشمس ، وتنتقل هذه الطاقة فى الفضاء على هيئة إشعاعات solar radiation ذات أطوال موجات مختلفة

موجات الراديو	أكبر من 2000 نانومتر
الأشعة تحت الحمراء	من 800 – 2000 نانومتر
الأشعة الحمراء البعيدة	700 – 800 نانومتر
أشعة الضوء المرئى	400 – 700 نانومتر
الأشعة فوق بنفسجية	170 – 400 نانومتر
أشعة اكس	أقل من 170 نانومتر

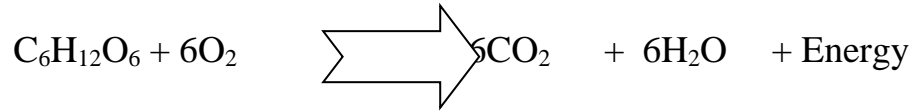
وكما يتضح من الجدول السابق فإن أطوال موجات أشعة الضوء المرئى تتراوح بين 400 – 700 نانومتر ولقد امكن تحليل أشعة الضوء المرئى إلى أشعة أخرى ذات أطوال موجات وألوان مختلفة لتشمل اللون البنفسجى – النيلى – الأزرق – الأخضر – الأصفر – البرتقالى – الأحمر ، ولقد وجد أن معظم بذور الخضر تستطيع أن تنبت فى عدم وجود الضوء (الظلام ) كما هو الحال فى إنبات بذور الكوسة والفلل والطماطم والفاصوليا وغيرها ، إلا أن بذور بعض أصناف الخضر لها احتياجات ضوئية خاصة لإنباتها ولقد وجد أن أشعة الضوء المرئى الأحمر ( 650 – 700 نانومتر ) هى الأكثر تأثيرا على إنبات تلك البذور - فبذور الخس صنف Hubbard market الحديثة الحصاد لا تستطيع أن تنبت فى الظلام لمدة أسبوع بعد الحصاد - ولقد أمكن التغلب على هذه الظاهرة بتعريض البذور للضوء الأحمر أثناء تشربها للماء لمدة ثوان قليلة ، كما أمكن التغلب عليها بالمعاملة بالكيمواويات التى تحل محل الاحتياجات الضوئية وتحديث نفس التأثير الذى يحدثه الضوء على الإنبات ، وفى هذا الصدد وجد أن نقع بذور الخس صنف Hubbard market فى الثيوريا بتركيز 3 - 5 % لمدة قصيرة أدى إلى إنباتها ومن المواد الأخرى المستخدمة فى هذا المجال نترات البوتاسيوم  $KNO_3$  ، أيضا تستخدم الهورمونات النباتية مثل الجبريلينات Gibberellins والسيتوكينينات Cytokinins لتحل محل الاحتياجات الضوئية اللازمة للإنبات ، أيضا من الأمثلة الأخرى لتأثير الضوء على إنبات البذور تشجيع أشعة الضوء المرئى الأحمر Red لإنبات بذور



الخس صنف Grand Rapid بينما أشعة الضوء الأحمر البعيد FR تثبط إنبات بذور هذا الصنف ، وعموماً فإن تأثير الضوء على العمليات الفسيولوجية والحيوية بخلايا البذرة والتي من شأنها استعادة الجنين لنشاطه ليبدأ إنبات البذرة معقدة جداً وغير معروفة بالتحديد

#### 4. الأكسجين

يحتاج إنبات البذور إلى توفر الغازات وبخاصة الأكسجين اللازم لهدم المواد الغذائية البسيطة ( الكربوهيدرات ) الموجودة بخلايا بالبذرة من خلال عملية التنفس لانطلاق الطاقة اللازمة لاستعادة الجنين لنشاطه لتبدأ عملية الإنبات



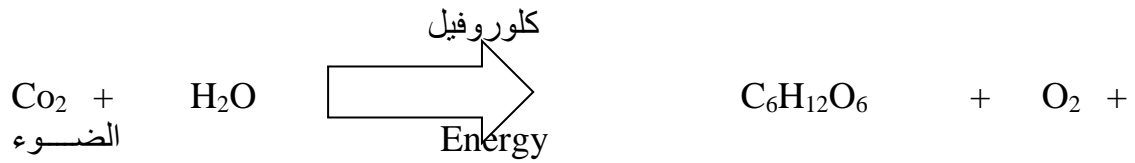
هذا وتختلف كمية الأكسجين اللازم توفرها باختلاف نوع البذرة ، كما يفشل أو يقل الإنبات بنقص كمية الأكسجين وزيادة كمية ثاني أكسيد الكربون حول البذور .

## 2. مرحلة النمو الخضري Vegetative Growth Stage

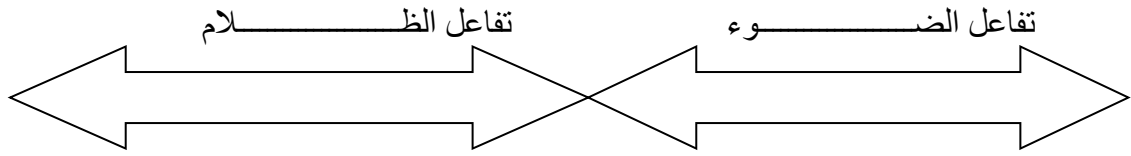
يقصد بالمجموع الخضري للنبات الأعضاء الخضرية فوق سطح الأرض والتي تشمل الساق والأوراق والأفرع والبراعم الخضرية ، ومرحلة النمو الخضري هي المرحلة التي تعقب مرحلة الإنبات والتي قد تتداخل مع مرحلة نمو تالية ، ويتأثر نمو وتطور الأجزاء الخضرية للنبات بالتركيب الوراثي وعوامل أخرى بيئية تحيط بالنبات أثناء نموه ، ويعتبر الضوء والحرارة من أهم العوامل البيئية التي تؤثر على نمو وتطور مرحلة النمو الخضري للنبات .

### أولاً: تأثير الضوء

تعتبر عملية البناء الضوئي Photosynthesis في النباتات الخضراء من أهم العمليات الحيوية التي تحدث فوق سطح الأرض والتي يستطيع النبات من خلالها أن يكون غذاؤه من مواد بسيطة ( الماء وثنائي أكسيد الكربون ) وتتطلب هذه العملية كمية كبيرة من الطاقة التي يحصل عليها النبات من ضوء الشمس وتلعب المادة الخضراء chlorophyll دورا بارزا في امتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها إلى طاقة كيميائية



وتتم عملية البناء الضوئي من خلال تفاعلين الأول ويسمى تفاعل الضوء Light reaction وسمي هذا التفاعل بهذا الاسم لاعتماده المباشر على الضوء أما التفاعل الثاني فيسمى تفاعل الظلام Dark reaction وتسمية هذا التفاعل بهذا الاسم لا تعني أنه يتم في الظلام وإنما تعني أنه لا يعتمد على الضوء بصورة مباشرة ، وفي تفاعل الضوء يتم تحليل الماء ضوئيا Photolysis بمساعدة المرافق الإنزيمي Nicotinamid adenine dineoclutide phosphate ( NADP ) والذي يختزل إلى NADPH ليخرج الأكسجين  $\text{O}_2$  ، كما تتكون جزيئات الاديونوسين ثلاثي الفوسفات Adenosin Triphosphate ( ATP ) الغنية بالطاقة ، وفي التفاعل الثاني يختزل ( يثبت ) ثاني أكسيد الكربون  $\text{Co}_2$  بمساعدة جزيئات ATP والمرافق الإنزيمي المختزل NADPH الناتجين من تفاعل الضوء بالإضافة إلى إنزيمات أخرى من خلال دورة كالفن – بنسون لتتكون المواد الكربوهيدراتية البسيطة ( CHO )



تتأثر عملية البناء الضوئي وهى المسئول الأول عن النمو الخضري والتكاثرى بالعوامل البيئية المحيطة مثل الضوء والحرارة والماء وثانى اكسيد الكربون وغيرها

### 1. تأثير الضوء

يشمل تأثير الضوء المرئى على عملية البناء الضوئي تأثير كل من :

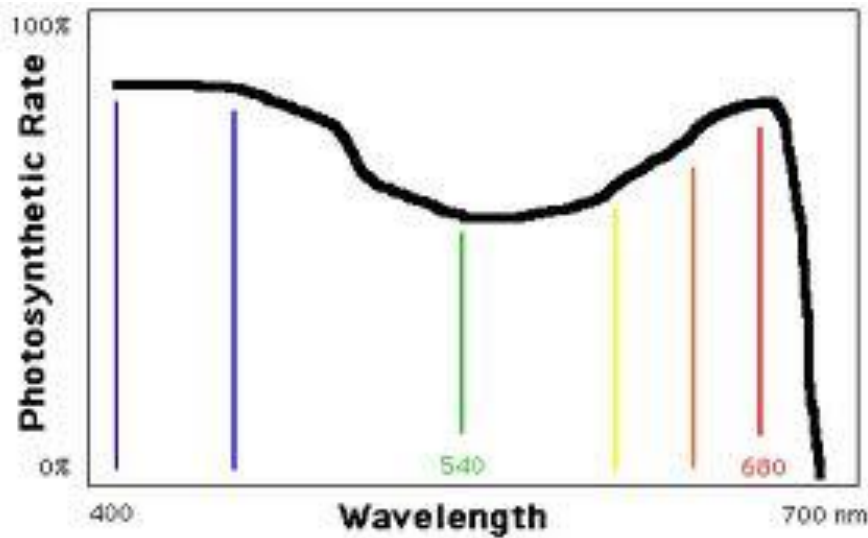
أ. نوع الضوء (طول الموجة)

ب. شدة الضوء

ج. فترة الضوء

أ. نوع الضوء (طول الموجة)

أثبتت التجارب العديدة التى نفذت في السابق لدراسة تأثير طول موجة الضوء المرئى على البناء الضوئي أن أعلى معدل للبناء الضوئي عند طول موجة 700 نانومتر (الضوء الأحمر) ، بينما أقل معدل لكفاءة البناء الضوئي عند طول موجة 540 نانومتر (الضوء الأخضر)



## ب. شدة الضوء

يقصد بشدة الضوء Light intensity عدد وحدات الضوء الساقطة على سطح معين أو يقصد بها كمية الضوء التي تصل إلى النبات ، وفي الحالة المثالية لشدة الإضاءة يكون معدل البناء الضوئي أعلى ما يمكن بينما يكون التنفس عاديا في حين يكون صافي معدل البناء الضوئي أكبر ما يمكن، وعند انحراف شدة الإضاءة عن الحالة المثالية ينخفض معدل البناء الضوئي وينخفض في نفس الوقت صافي معدل البناء الضوئي وبالتالي يقل المحصول الناتج – هذا وتختلف شدة الإضاءة المثالية للنمو والتطور من محصول إلى آخر فبعض المحاصيل يلائمها للنمو والتطور شدة إضاءة منخفضة كما هو الحال لمعظم محاصيل الخضر الشتوية مثل البسلة والجزر والكرنب ، بينما البعض الآخر يلائمها للنمو والتطور شدة إضاءة مرتفعة كما هو الحال لمعظم محاصيل الخضر الصيفية مثل الكوسة والفلفل والخيار ، ويمكن تفسير انخفاض معدل البناء الضوئي كنتيجة لانحراف شدة الإضاءة عن الحالة المثالية إلى بعض أو كل مما يأتي :-

1. نقص تكوين صبغة الكلوروفيل وتحللها جزئيا لتصبح خضراء مصفرة بسبب ارتفاع درجة الحرارة الناجمة عن زيادة شدة الإضاءة
2. بطيء انتشار ثاني أكسيد الكربون بالأوراق كنتيجة لغلق الثغور جزئيا أو كليا بسبب زيادة فقد الماء عن طريق النتح ونقص معدل امتصاص الماء والناتج عن ارتفاع درجة الحرارة بسبب زيادة شدة الإضاءة مما يؤدي إلى انخفاض معدل البناء الضوئي
3. زيادة تراكم النشا بالأوراق كنتيجة لزيادة نشاط الإنزيمات التي تحول السكر إلى نشا بسبب ارتفاع درجة الحرارة الناتج عن زيادة شدة الإضاءة مما يؤدي إلى انخفاض معدل البناء الضوئي.

## ج. فترة الإضاءة

يستخدم لفظ التوافق الضوئي Photoperiodism للتعبير عن استجابة النبات لفترتي الإضاءة والإظلام والتي تعكس تأثيرها على البناء الضوئي وتكوين المواد الكربوهيدراتية وتكشف وتكوين أعضاء التخزين والإزهار وغيرها . فبالنسبة لعملية البناء الضوئي والتي يلعب فيها الضوء دورا رئيسيا - يزداد معدل البناء الضوئي وكمية المواد الكربوهيدراتية الناتجة عنه واللازمة للنمو الخضري وغيرها من مظاهر النمو بزيادة طول الفترة الضوئية التي تتعرض لها النباتات إذ تزداد كمية المواد الكربوهيدراتية التي ينتجها النبات عند التعرض إلى 17 ساعة فترة إضاءة و 7 ساعات فترة إظلام يومية عن تعرض نفس النبات إلى 14 ساعة إضاءة و 10 ساعات إظلام يومية بغض

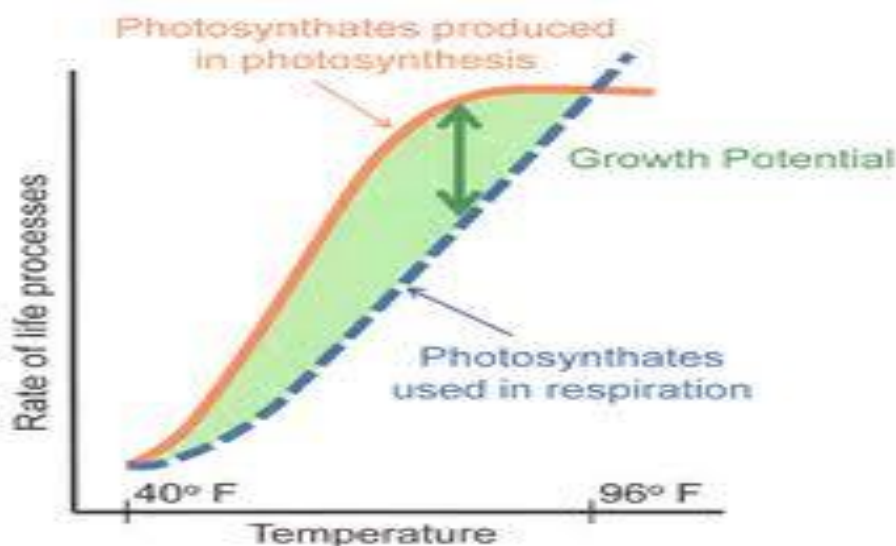
النظر عن الصنف المستخدم سواء كان قوى أو ضعيف النمو . أما بالنسبة لتأثير طول فترة الإضاءة على تكشف وتكوين أعضاء التخزين بالنبات فتكوين الدرنات لمعظم أصناف البطاطس ( أعضاء تخزين ) يحتاج إلى فترة إضاءة قصيرة وتتراوح الفترة الضوئية الحرجة لتكوين الدرنات لمعظم الأصناف بين 10 – 13 ساعة إضاءة يومية ، بينما تكوين الأبصال في البصل والثوم ( أعضاء تخزين ) فيحتاج إلى فترة إضاءة طويلة وتتراوح الفترة الضوئية الحرجة لتكوين الأبصال لمعظم الأصناف بين 13 – 15 ساعة إضاءة يومية ، أما بالنسبة لتأثير طول الفترة الضوئية على الإزهار فسوف نتناوله فيما بعد

## 2. الحرارة

يتراوح نطاق درجات حرارة الكون بين - 273 إلى عدة ملايين من الدرجات المئوية ، ويتراوح النطاق الحراري الذي تنمو فيه النباتات ما بين 10 – 40 درجة مئوية ، ويعزى تأثير درجة الحرارة على نمو وتطور المجموع الخضرى للنباتات إلى تأثيرها على العديد من العمليات التى تتم بالخلايا مثل البناء الضوئي ، التنفس ، نشاط الإنزيمات ، نفاذية الأغشية البلازمية ، النتج ، تكوين الصبغات النباتية وغيرها ، ويحدد النطاق الحراري لمرحلة النمو الخضرى ثلاث درجات ( عظمى – مثلى - دنيا ).

تعرف **درجة الحرارة المثلى** والتى تحتل مكانا وسطيا بين درجة الحرارة العظمى والدنيا بأنها الدرجة التى يحدث عندها أقصى استجابة للنمو الخضرى للعمليات الحيوية بالخلايا وعند هذه الدرجة يكون النمو أفضل ما يمكن، بينما تعرف **درجات الحرارة العظمى والدنيا** بأنها درجات الحرارة التى يكون عندها استجابة النمو الخضرى للعمليات الحيوية المختلفة أقل ما يمكن وعند هذه الدرجات يبطئ النمو لدرجة يكاد يتوقف . في حين تعرف **درجة الحرارة المميتة Lethal temperature** بأنها درجة الحرارة الأقل من الدنيا والأكبر من العظمى والتى لا يحدث عندها استجابة للعمليات الحيوية مما يؤدي إلى موت النبات.

وتعتبر عملية **البناء الضوئي** (لتكوين المواد الغذائية والتي تحدث في وجود الضوء - أثناء النهار ) و**عملية التنفس** (التي يهدم فيها المواد الغذائية المتكونة والتي تحدث أثناء الضوء والظلام) من أهم العمليات التي تتأثر بدرجة الحرارة وفي نفس الوقت تؤثر على النمو والشكل التالي يوضح العلاقة بين درجة الحرارة وكل من معدل التنفس والبناء الضوئي ويلاحظ من هذه العلاقة ما يلي



1. يبدأ التنفس عند درجات حرارة أعلى من تلك التي يبدأ عندها البناء الضوئي
2. النطاق الحراري المناسب للنمو ( درجة الحرارة المثلى للنمو ) يتمثل في أقصى فرق بين البناء الضوئي والتنفس
3. عند تقاطع المنحنيين يكون معدل البناء الضوئي ( البناء ) مساويا لمعدل التنفس ( الهدم ) وبالتالي يقف النمو وإذا استمرت هذه الحالة يموت النبات ، إذن لحدوث النمو في صورة المختلفة والتي منها النمو الخضرى فلا بد أن يكون هناك فائض من المواد الغذائية الناتجة عن البناء الضوئي والتي تحدث بالأوراق بالنهار والمستهلك منها خلال عمليات التنفس بأجزاء النبات المختلفة أثناء الليل والنهار كي يستخدم هذا الفائض في عمليات النمو بصورها المختلفة وهذا يعنى انه لابد أن يكون هناك فرق بين درجات حرارة النهار والليل حتى يتكون هذا الفائض - فعلى سبيل المثال نجد أن درجة الحرارة المثلى للنمو الخضرى لنبات الطماطم 24 – 29 أثناء النهار ، 15 – 20 م° أثناء الليل وانخفاض درجة الحرارة أثناء النهار عن الحدود المثلى يصاحبه نقص تدريجي في النمو الخضرى حتى 10 م° وبانخفاض درجة حرارة النهار عن 10 م° تحدث للنمو الخضرى أضرار البرودة حيث تتلون الأوراق بلون قرمزي كما تحترق حواف الأوراق وتجف وتذبل كما يقل تلون الثمار باللون الأحمر ، وعند درجة الصفر المئوى أو أقل يحدث موت للمجموع الخضرى ، أيضا

ارتفاع درجة الحرارة أثناء النهار عن 29 م° يصاحبه نقص تدريجي في النمو الخضرى حتى 36 م° حيث يقف النمو تماما ، كما لا تتلون الثمار باللون الأحمر كنتيجة لهدم صبغة الليكوبين المسؤولة عن هذا اللون ، أيضا تصاب الثمار خاصة الأصناف المحدودة النمو وذات طبيعة النمو المكشوف بلسعة الشمس – أيضا في محصول البطاطس نجد أن مرحلة النمو الخضرى والتي تعقب إنبات درنات التقاوى والتي تستمر نحو 6 أسابيع تبعا للصنف فيلائم هذه المرحلة أثناء النهار درجة حرارة مرتفعة نسبيا تتراوح بين 20 – 25 م° وفترة إضاءة طويلة نسبيا تتراوح بين 10 - 13 ساعة ضوء ، بينما أثناء الليل فيلائمها درجة حرارة منخفضة نسبيا 10 – 14 م° وارتفاع درجة الحرارة أثناء الليل عن الحدود المثلى السابقة يصاحبه ضعف النمو الخضرى والذى يتمثل في نمو سيقان وأفرع طويلة ورهيفه ذات أوراق رقيقة صغيرة الحجم مما يعكس تأثيرا سلبيا على تكوين وكبر حجم الدرنات المتكونة وبالتالي المحصول الناتج ، ولقد وجد أن ارتفاع درجة حرارة النهار إلى 29 م° مع ارتفاع درجة حرارة الليل عن الحدود المثلى يؤدي إلى عدم تكوين درنات بالمرّة.

## مرحلة الإزهار Flowering Stage

من المعروف أن النباتات أثناء نموها تمر بمراحل مختلفة ومنها مرحلة التحول من النمو الخضري إلى النمو الزهري ، ويصاحب هذا التحول تغير في شكل وطريقة انقسام الخلايا الميرستيمية النشطة إذ تصبح دائرية الشكل بدلا من المدببة الشكل ، كما أن سلسلة العمليات التي تحدث بالخلايا الميرستيمية المدببة والتي تؤدي إلى تكوين الأوراق نجد أن الخلايا الميرستيمية الدائرية الشكل يحدث بها سلسلة من التغيرات المتتالية والتي تؤدي إلى تكوين أعضاء جديدة مختلفة تشمل الغلاف الزهري والأعضاء الجنسية المذكرة والمؤنثة ، كما تختلف أيضا طريقة ترتيب الأعضاء الزهرية على الساق عن ترتيب الأوراق عليها. وقد عزي تحول البراعم من الحالة الخضرية الى الحالة الزهرية نتيجة انتقال مؤثر هرموني (هرمون الفلورجين) من الأوراق الى البراعم .

يتحكم في تحول النبات من الحالة الخضرية إلى الحالة الزهرية عوامل وراثية وأخرى بيئية محيطة بالنبات ، ويعتبر الضوء ودرجة الحرارة من أهم العوامل البيئية المحيطة بالنبات والتي تؤثر على تحول النباتات من الحالة الخضرية إلى الحالة الزهرية ، هذا ويمكن تقسيم النباتات تبعا لتأثير تحولها من مرحلة النمو الخضري إلى مرحلة النمو الزهري (إزهارها) بالعوامل البيئية إلى :-

1. مجموعة نباتات يتأثر تحولها من مرحلة النمو الخضري إلى الإزهار بالعوامل البيئية المحيطة **بدرجة طفيفة** فهي على سبيل المثال لا تحتاج إلى الضوء كعامل بيئي لتحولها من مرحلة النمو الخضري إلى الزهري إلا بدرجة بسيطة ، وأغلب نباتات هذه المجموعة يحدث تحولها إلى مرحلة الإزهار في مدى واسع من العوامل البيئية .

2. مجموعة نباتات يتأثر تحولها من مرحلة النمو الخضري إلى الإزهار بالعوامل البيئية المحيطة **بدرجة كبيرة** وخاصة الضوء والحرارة ، فبعض نباتات هذه المجموعة لا تتحول من مرحلة النمو الخضري إلى مرحلة النمو الزهري إلا إذا تعرضت لفترة ضوئية محددة والبعض الآخر لا يزهر إلا عندما تتعرض لدرجات حرارة منخفضة معينة ، وأغلب نباتات هذه المجموعة يحدث نموها الزهري في مدى ضيق من العوامل البيئية .



## القياس الكمي للإزهار

يمكن التعبير كميًا عن الإزهار بالمقاييس التالية :-

1. النسبة المئوية لعدد النباتات المزهرة بالنسبة للعدد الكلي للنباتات .
  2. عدد الأزهار على النبات .
  3. عدد الأيام اللازمة لظهور أول زهرة على النبات ( مقياس للتبكير في الإزهار ) .
  4. عدد الأوراق الخضرية المتكونة على النبات قبل ظهور أول زهرة ( مقياس للتبكير في الإزهار ) .
  5. عدد العقد على الساق الرئيسية التي يظهر عندها أول زهرة ( مقياس للتبكير في الإزهار ) .
- ويعتبر الضوء والحرارة من أهم العوامل البيئية المحيطة بالنبات والتي تؤثر على تحول النباتات من مرحلة النمو الخضري إلى الإزهار

## أولاً: تأثير الضوء

درس العالمان كراوس وكريبيلد Craus and Kribild تأثير التغذية في نباتات الطماطم على تحول النباتات من مرحلة النمو الخضري إلى مرحلة الإزهار وأوضحا أن التحول من مرحلة النمو الخضري إلى الإزهار يعزى إلى وجود نسبة معينة من الكربون : النتروجين بالنبات وانحراف هذه النسبة في النبات يؤدي إلى نقص أو عدم اتجاه النبات إلى الإزهار، ولقد سادت هذه النظرية لفترة إلا أن مجموعة أخرى من العلماء فيما بعد اعترضوا على هذه النظرية على أساس أن أنواع كثيرة من النباتات تزهر في مدى واسع من هذه النسبة ، ويرجع الفضل إلى العالم الفرنسي Tournois في اكتشاف أو معرفة أن التحول من مرحلة النمو الخضري إلى مرحلة الإزهار يحدث كنتيجة لاستجابة النباتات لفترة ضوئية محددة ولقد أكد العالمان جارنر وآلارد Garner and Allard النظرية التي توصل إليها Tournois في تفسير الإزهار وتبعاً لذلك فلقد أمكن تقسيم النباتات تبعاً لاستجابتها لفترات ضوئية معينة كي تزهر إلى :

## 1. نباتات النهار القصير Short day plants

وهي نباتات تستجيب لفترة إضاءة قصيرة نسبياً كي تتحول من مرحلة النمو الخضري إلى مرحلة الإزهار ، وإذا طالت فترة الإضاءة عن تلك الفترة يقل تكوين الأزهار وإذا طالت أكثر من ذلك بحيث أصبحت الإضاءة مستمرة فلا تتجه النباتات إلى الإزهار مطلقاً بل تستمر في النمو الخضري ومن أمثلة محاصيل الخضر التابعة لهذه المجموعة بعض أصناف البصل والخرشوف والفراولة

## 2. نباتات النهار الطويل Long day plants

وهي نباتات تستجيب لفترة إضاءة طويلة نسبياً قد تصل إلى حد الإضاءة المستمرة كي تتحول من مرحلة النمو الخضري للإزهار ، وإذا تعرضت النباتات لفترة إضاءة أقصر منها يقل الإزهار وإذا زادت فترة قصر الإضاءة فلا تتجه النباتات إلى الإزهار مطلقاً بل تستمر في النمو الخضري ومن أمثلة محاصيل الخضر التابعة لهذه المجموعة بعض أصناف البصل والسبانخ والفجل والكرنب والخس

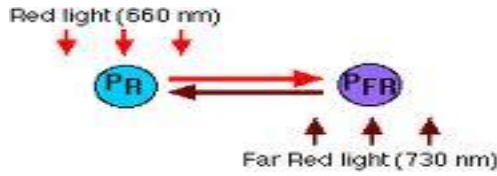
## 3. نباتات محايدة Neutral plants

وهي نباتات تستجيب لمدى واسع من فترات الإضاءة تتراوح بين فترات الإضاءة القصيرة إلى الإضاءة المستمرة كي تتحول من مرحلة النمو الخضري إلى الإزهار ومن أمثلة محاصيل الخضر التابعة لهذه المجموعة الطماطم والبسلة الباميا والفلفل

## 4. نباتات النهار المحدد Determinate plants

وهي تلك النباتات التي تزهر حينما تتعرض لنطاق معين من الفترة الضوئية .

مما سبق يتضح أن النباتات تحتوى على مادة أو مركب معين يتأثر بنوع الضوء الساقط عليها ولقد وجد أن هذا المركب عبارة عن صبغة تسمى الفيتوكروم phytochrom وهي صبغة تماثل في تركيبها تركيب الأنزيم حيث تتكون من جزء بروتيني وآخر يتأثر بالضوء يسمى حامل اللون أو الكروموفور Chromophore وهو عبارة عن صبغة تماثل صبغة الفيكوسيانين التي توجد في الطحالب الزرقاء المخضرة ، وهذه الصبغة تتحول من حالة إلى أخرى تبعاً لنوع الضوء الساقط عليها ، فإذا كانت الصبغة من النوع الذي يمتص الضوء الأحمر ( $P_R$ ) والضوء الساقط عليها من النوع الأحمر ( $R$ ) فإنها تمتصه وتتحول إلى صبغة تمتص الضوء الأحمر البعيد ( $P_{FR}$ ) والأخيرة إذا كان الضوء الساقط عليها من النوع الأحمر البعيد ( $FR$ ) فإنها تمتصه وتتحول إلى صبغة تمتص الضوء الأحمر ( $P_R$ )



ولقد وجد أن صبغة الفيتوكروم المستقبلية لنوع الضوء لا بد أن تشترك في عملية الحث أو التهيئة للإزهار Induction وهنا لا بد من معرفة بعض الأساسيات :-

## 1. مدة الدورة

ويقصد بها المدة المتعاقبة يوميا من فترة الضوء والظلام كي تستحث أو تهيئ النباتات للإزهار فبعض النباتات تحتاج إلى فترة إضاءة قصيرة يومية ( 20 دقيقة ضوء يوميا) لتهيئتها للإزهار ، بينما بعض النباتات تحتاج إلى فترة إضاءة طويلة يومية ( 14 – 16 ساعة ضوء يوميا ) لتهيئتها للإزهار كما هو الحال في بعض أصناف البصل الطويلة النهار

## 2. عدد مرات الدورة

ويقصد بها عدد مرات فترات الضوء والظلام المتعاقبة يوميا والتي يجب أن تتعرض لها النباتات حتى تنهيء أو تستحث على الإزهار وبصفه عامه تحتاج أغلب النباتات إلى أكثر من دورة متعاقبة من الضوء والظلام يوميا لحثها على الإزهار

وهنا يبرز السؤال هل تقيس النباتات فترة الضوء أم الظلام أم النسبة بينهما ، ولقد أثبتت الكثير من الدراسات التي أجريت في هذا الصدد أن النباتات تقيس فترة الظلام وليس فترة الضوء ولذا فإنه من الأفضل تسمية نباتات النهار القصير بنباتات الليل الطويل ، ونباتات النهار الطويل بنباتات الليل القصير ، وطالما أن النباتات تقيس فترة الظلام فلا بد أن تكون هناك فترة إظلام محددة أو حرجة لا بد أن تتعرض لها النباتات كي تنهيء للإزهار وتعرف باسم فترة الإظلام الحرجة Critical dark period

## 1. فترة الإظلام الحرجة لنباتات الليل الطويل

هي فترة الإظلام التي إذا عرضت النباتات لأقل منها لا تزهر بينما إذا عرضت لفترة إظلام أطول منها فأنها تزهر

## 2. فترة الإظلام الحرجة لنباتات الليل القصير

هي فترة الإظلام التي إذا عرضت النباتات لأقل منها فأنها تزهر بينما إذا عرضت لفترة إظلام أطول منها فأنها لا تزهر

دُرس تأثير الضوء الأحمر ( R ) والضوء الأحمر البعيد ( FR ) والذي عندما تمتص صبغة الفيتو كروم احدهما تتحول من حاله إلى أخرى على إزهار نباتات الليل الطويل ونباتات الليل القصير خلال فترتي الضوء والظلام فوجد ما يلي :-

ويمكن تفهم حث أو تهيئة نباتات النهار القصير والطويل على الإزهار إذا اخذنا في الاعتبار القواعد التالية :-

1. تحتوى النباتات الخضراء أثناء النهار على كميات متساوية من صبغتي  $P_{FR}$  ،  $P_R$

2. في أثناء الظلام تتحول تدريجيا الصبغة التي تمتص الضوء الأحمر البعيد  $P_{FR}$  إلى صبغة تمتص الضوء الأحمر  $P_R$

3. وجود صبغة  $P_R$  أثناء الظلام بكميات كبيرة يساعد على إزهار نباتات الليل الطويل ولا يساعد على إزهار نباتات الليل القصير

4 . وجود صبغة  $P_{FR}$  بكميات كبيرة يساعد على إزهار نباتات الليل القصير ولا يساعد على إزهار نباتات الليل الطويل

5. يحدث تغير فجائي وليس تدريجيا للصبغة من حالة إلى أخرى تبعا لنوع الضوء الساقط عليها فإذا كانت الصبغة من النوع  $P_{FR}$  وتعرضت لضوء من النوع FR فإن الصبغة تمتصه وتتحول فجأة وليس تدريجيا إلى صبغة من النوع  $P_R$  والعكس صحيح.

كمية الصبغة التي تمتص الضوء الأحمر البعيد  $P_{FR}$  تقل تدريجيا أثناء الظلام وتتحول إلى صبغة تمتص الضوء الأحمر  $P_R$  وعند تعرض الصبغة الأخيرة ( $P_R$ ) إلى الضوء الأحمر R فإنها تمتصه

وتتحول فجأة إلى صبغة  $P_{FR}$  وهكذا ، والآن سنحاول تفسير إزهار نباتات الليل الطويل ونباتات الليل القصير على أساس نوعية وكمية الصبغة التي تمتص الضوء الأحمر والأحمر البعيد

### أولاً: تفسير إزهار نباتات الليل الطويل

1. أثناء فترة الضوء القصيرة تكون كمية الصبغة التي تمتص الضوء الأحمر  $P_R$  مساوية لكمية الصبغة التي تمتص الضوء الأحمر البعيد  $P_{FR}$ .

2. أثناء فترة الظلام الطويلة تتحول صبغة  $P_{FR}$ . تدريجياً إلى صبغة  $P_R$  والتي يساعد وجودها بكميات كبيرة على إزهار نباتات الليل الطويل .

ضوء	ظلام
( إزهار )	

3. إذا تعرضت نباتات الليل الطويل أثناء فترة الظلام الطويلة لشعاع ضوئي من النوع الأحمر R لمدة قصيرة فإن صبغة  $P_R$  تمتصه وتتحول فجأة إلى صبغة  $P_{FR}$  والتي لا يساعد وجودها بكميات كبيرة على إزهار نباتات الليل الطويل

ضوء	ظلام	R	ظلام
( عدم إزهار )			

4. إذا تعرضت نباتات الليل الطويل أثناء فترة الظلام الطويلة لشعاع ضوئي من النوع الأحمر البعيد FR فإن صبغة  $P_{FR}$  تمتصه وتتحول فجأة إلى صبغة  $P_R$  التي يساعد وجودها بكميات كبيرة على إزهار نباتات الليل الطويل

ضوء	ظلام	FR	ظلام
( إزهار )			

## ثانياً: تفسير إزهار نباتات الليل القصير

1. أثناء فترة الضوء الطويلة تكون كمية الصبغة التي تمتص الضوء الأحمر  $P_R$  مساوية لكمية الصبغة التي تمتص الضوء الأحمر البعيد  $P_{FR}$
2. أثناء فترة الظلام القصيرة تتحول صبغة  $P_{FR}$  تدريجياً إلى صبغة  $P_R$  إلا أنه خلال فترة الظلام القصيرة مازالت كمية الصبغة التي تمتص الضوء الأحمر البعيد  $P_{FR}$  كبيرة بدرجة كافية لإزهار هذه المجموعة من النباتات

ظلام	ضوء
------	-----

( إزهار )

3. إذا تعرضت نباتات الليل القصير خلال فترة الظلام القصيرة لشعاع ضوئي من النوع الأحمر  $R$  لفترة قصيرة فإن صبغة  $P_R$  تمتصه وتتحوّل فجأة إلى صبغة  $P_{FR}$  والتي يساعد وجودها بكميات كبيرة على إزهار نباتات الليل القصير

ظلام	R	ظلام	ضوء
------	---	------	-----

( إزهار )

4. إذا تعرضت نباتات الليل القصير خلال فترة الظلام القصيرة لشعاع ضوئي من النوع الأحمر البعيد  $FR$  لفترة قصيرة فإن صبغة  $P_{FR}$  تمتصه وتتحوّل فجأة إلى صبغة  $P_R$  التي لا يساعد وجودها بكميات كبيرة على إزهار نباتات النهار الليل القصير

ظلام	FR	ظلام	ضوء
------	----	------	-----

( عدم إزهار )

5. إذا حدث وطالت فترة الظلام القصيرة فإن صبغة  $P_{FR}$  تتحوّل تدريجياً إلى  $P_R$  وبذلك تكون كمية  $P_{FR}$  موجودة بكمية غير كافية مما لا يساعد على إزهار نباتات الليل القصير

ظلام	ضوء
------	-----

( عدم إزهار )

يتضح مما سبق أن تحول  $P_R$  إلى  $P_{FR}$  أو العكس عامل محدد لفترة الإظلام الحرجة التي إذا تعرضت نباتات الليل الطويل لفترة إظلام أقصر منها فإنها لا تزهر وإذا عرضت نباتات الليل القصير لفترة إظلام أطول منها فإنها لا تزهر أيضا ، إلا انه يعتقد أن هناك عوامل أخرى محددة لفترة الإظلام الحرجة ومنها الرتم الداخلي أو التغيرات الداخلية Endogenous rhythms ويقصد بها التغيرات التي تحدث بالنبات بعد فترات ثابتة وبصفة متكررة ، هذا ويجب التمييز بين التغيرات التي تحدث نتيجة المؤثرات الخارجية وتلك التي تحدث نتيجة للمؤثرات الداخلية فعلى سبيل المثال في نبات الفاصوليا نجد أن الوريقات خلال الفترة من الصباح حتى الظهيرة تتحرك لتصبح أفقية ، بينما في الفترة من بعد الظهيرة حتى منتصف الليل تتحرك لتصبح عمودية على سطح الأرض ، وعند وضع نفس النبات في ظلام مستمر وجد أن الوريقات تتحرك بنفس الطريقة مما يدل على أن تعاقب الضوء والظلام ليس له تأثير على حركة الوريقات ولذا فإن هذا التغير يعتبر تغير داخلي – ومن هنا فإن هناك نظام داخلي بالنبات يقيس الوقت أو الزمن ويعرف بالساعة البيولوجية والتي يعبر عنها بنظام دائري يشبه الساعة والذي يحدث التأثير بعد عدد من الدورات والتي يحدث كل منها بعد زمن ثابت - أما عن كيفية عمل هذه الساعة فهو غير معروف بالضبط حتى الآن ، ويعتقد أن تحول  $P_R$  إلى  $P_{FR}$  أو العكس يؤثر على الساعة البيولوجية التي تقيس الزمن ( تقيس فترة الإظلام الحرجة ) ليبدأ تخليق الهرمونات المسؤولة عن الإزهار .

ضوء	ظلام			ضوء
تمثيل ضوئي	تحول $P_{FR}$	نظام يقيس الزمن	تخليق هرمونات	تمثيل ضوئي
	إلى $P_R$	(الساعة البيولوجية)	الإزهار (الفلورجين)	

## منظمات النمو النباتية

يعتبر نمو النبات بمراحله المختلفة عملية ديناميكية معقدة يتم التحكم الدقيق فيها عن طريق العوامل الوراثية للنبات والعوامل البيئية المحيطة بالنبات ، ولقد أوضحت الدراسات والبحوث على مدى سنوات عديدة أهمية منظمات النمو النباتية التي تنتج طبيعيا في النبات في تنظيم نمو النبات أثناء مراحل النمو المختلفة ، وفيما يلي أهم تأثيرات منظمات النمو على مراحل النمو المختلفة للنبات

### أولا: مرحلة النمو الخضري

1. تنشيط تكوين الجذور على العقل
2. تشجيع تكوين الأفرع الجانبية على النبات
3. استطالة الساق الرئيسية
4. كسر السيادة القمية للأفرع
5. كسر السيادة القاعدية
6. كسر طور السكون للبراعم
7. منع تزريع درنات البطاطس ورؤوس البصل والثوم
8. منع سقوط الأوراق

### ثانيا: مرحلة الإزهار

1. التذكير أو التأخير في الإزهار
2. تهيئة النباتات للإزهار
3. تغيير النسبة الجنسية

### ثالثا: مرحلة الإثمار

1. زيادة نسبة العقد
2. زيادة حجم الثمرة
3. تكوين الثمار اللابذرية

تعرف منظمات النمو النباتية التي تنتج طبيعيا بالنبات بأنها مركبات عضوية وليست غذائية ( يقصد بالمواد الغذائية المواد التي تمد النبات بالطاقة) تخلق في المناطق المرستيمية النشطة ( القمم النامية للسيقان والأفرع والجذور والأوراق الصغيرة والبذور والثمار )، وتحدث تأثيرها في أماكن تخليقها أو تنتقل إلى أماكن أخرى خلال الأنسجة الوعائية لتحدث تأثيرها ، وهي مؤثرة بتركيزات بسيطة (  $10^{-3}$  -  $10^{-10}$  جزء ) ، وقد تكون في بعض الأحيان غير متخصصة ( تحدث عدة تأثيرات تبعا لنوع النسيج أو العضو النباتي )



يطلق لفظ هورمونات نباتية plant hormones على منظمات النمو التي تنتج طبيعياً في النبات وتسمى في بعض الأحيان Phytohormones ، بينما يطلق لفظ منظمات النمو Growth regulators على تلك المركبات التي تخلق طبيعياً في النبات والتي أمكن تخليقها صناعياً في المعامل أو المصانع ولها تأثير مماثل لتأثير الهرمونات التي تنتج طبيعياً في النبات ولذا فإن كل هورمون منظم نمو ولكن ليس كل منظم نمو هورمون نباتي ، وعموماً يمكن تقسيم منظمات النمو سواء كانت طبيعية بالنبات أو صناعية تخلق في المعامل أو المصانع إلى الأقسام التالية:

1. الأوكسينات Auxins      2. الجبريلينات Gibberellins

3. السيتوكينينات Cytokinins

4. الإيثيلين Ethylene      5. حمض الأبسيسيك Absciscic acid

## أولاً: الأوكسينات Auxins

كلمة أوكسين كلمة مشتقة من اللغة اليونانية Auxien ومعناها ينمو to grow ويعتبر أندول حمض الخليك Indole acetic acid (IAA) أول أكسين طبيعي تم اكتشافه وعزلة من النباتات الراقية ، ولقد أمكن عزل مجموعة من المركبات التي تعتبر مشتقات لأندول حمض الخليك والتي تتحول إلى أندول حمض الخليك منها:

1. أندول ثلاثي الاسيتالدهيد 2. أندول حمض الكربوكسيلك

3. أندول حمض البيروفيك 4. أندول ثلاثي نيتريت

يخلق أكسين أندول حمض الخليك بالنبات من الحمض الأميني التربتوفان من خلال عدة خطوات وسطية ، وتنقل الأوكسينات بالنبات من أماكن تخليقها إلى أماكن تأثيرها خلال نسيج اللحاء في اتجاه واحد من أعلى إلى أسفل أي أن انتقال الأوكسينات بالنبات قطبي ، وتوجد الأوكسينات بتركيزات مرتفعة في القمم النامية للأفرع والجذور والأوراق الحديثة وفي البذور كما تزداد كمية في المبيض عقب التلقيح والإخصاب . يوجد الأوكسين بالنبات في الصور التالية:

1. الصورة الحرة Free auxin وهي الصورة القابلة للانتقال في النبات والتي تؤثر على عمليات النمو المختلفة وتحتوي القمم النامية للأفرع على تركيزات مرتفعة من الأوكسين ، بينما تحتوى الأوراق على تركيزات منخفضة منه.

2. الصورة المقيدة Bound auxin وهذه الصورة توجد محجوزة أو مقيدة داخل الفجوة العصارية وهي غير قابلة للانتشار خارج الفجوة العصارية

3. الصورة المرتبطة conjugated وهذه الصورة يرتبط فيها الأوكسين سواء كان في الصورة الحرة أو المقيدة بمكونات أخرى في الخلية مثل البروتين مكونا معقدات عديمة الفاعلية كأوكسينات ، وتمثل الصورة المقيدة والمرتبطة نحو 90% من الأوكسين الطبيعي الكلي بالنبات

أمكن تحضير بعض المركبات الكيميائية في المعامل والمصانع لها تأثير يماثل تأثير الأوكسينات التي تخلق طبيعيا بالنبات منها

أندول حمض البيوتريك Indole butaric acid ( IBA)

الفا نفتالين حمض الخليك  $\alpha$  Naphthalene acetic acid

2,4 ثنائي كلوروفينوكسي حمض الخليك 2,4 dichlorophenoxy acetic acid

2,4,5 ثلاثي كلوروفينوكسي حمض الخليك 2,4,5 tri chlorophenoxy acetic acid

2,4,5 ثلاثي كلوروفينوكسي حمض البيوتريك 2,4,5 trichlorophenoxy butaric acid

## ثانيا: الجبريلينات Gibberellins

يرجع اكتشاف الجبريلينات إلى العالم الياباني كوراسوا (Kurosawa 1920) عندما لاحظ استطالة غير عادية لشتلات الأرز ، ولقد تمكن هذا العالم من إثبات أن هذه الظاهرة تعزى إلى مادة معينة يفرزها فطر يسمى الجبريلا Gibberella واستمرت الأبحاث في هذا الاتجاه إلى أن تمكن الباحثين في إنجلترا من معرفته التركيب الكيميائي لتلك المادة التي يفرزها الفطر وسميت حمض الجبريلليك (GA) Gibberellic acid ، وفيما بعد تم عزل عدد كبير من المركبات التي تحدث نفس التأثير على النباتات الراقية وسميت  $GA_1$  ،  $GA_2$  ،  $GA_3$  ، ولقد بلغ عدد المركبات التي تم عزلها من النباتات الراقية والتي لها تأثير جبريليني حوالى 48 مركب والتي تشترك فيما بينها في أن الهيكل التركيبى لها جميعا واحد وهو حلقة الجبانا Gabana carbon skeleton ويحتوى هذا الهيكل على اربع حلقات A ، B ، C ، D ذات عشرون أو تسعة عشرة ذرة كربون – هذا وتختلف انواع الجبريلينات عن بعضها البعض فيما يلى:

1. درجة تشبع الحلقة A

2. نوع ومواقع المجموعات الاستبدالية  $OH$  ،  $CH_3$  ،  $COOH$

3. تأثيراتها - فعل سبيل المثال تسبب جبريلينات  $GA_1$  ،  $GA_3$  ،  $GA_4$  استطالة السويقة الجنينية السفلى لبادرات الخيار ، بينما لا يسبب  $GA_5$  هذا التأثير.

تخلق الجبريلينات في النبات في اماكن عديدة مثل القمم النامية للسيقان والأفرع وفى الأوراق الحديثة وفى الثمار والبذور اثناء تكوينها ، ويعتقد أن الأنواع المختلفة من الجبريلينات تخلق من حمض الميفالونيك Mevalonic من خلال عدد من الخطوات الوسطية لتعطى هيكل الجبانا الذى تشق منه الأنواع المختلفة من الجبريلينات انتقال الجبريلينات بالنبات غير قطبى أى انه لا ينتقل في اتجاه واحد ولكنة يتحرك في جميع الاتجاهات عبر الأنسجة الوعائية للخشب واللحاء ، توجد الجبريلينات بالنبات على صورتان

1. الصورة الحرة Free gibberellins وهى الصورة القابلة للانتقال بالنبات وتؤثر على عمليات النمو المختلفة

2. الصورة المرتبطة conjugated gibberellins وفيها يرتبط جزء من الجبريلين الحر مع بعض المكونات الخلوية مكونا معقدات غير فعالة كجبريلين كما هو الحال عند ارتباط الجبريلين الحر مع سكر الجلوكوز بالخلية مكونا gibberellins – glucosides أو مع سكر الجالاكتوز gibberellins – galactosides

وبعكس الأكسينات فإن الجبريلينات لم يمكن تخليقها صناعيا لصعوبة تخليق هيكل الجبانا ولتكاليفها الباهظة ولذا فإن الجبريلينات عبارة عن هورمونات نباتية ، أيضا تؤثر الجبريلينات على النباتات السليمة فقط بينما تؤثر

الأوكسينات على الأجزاء المقطوعة والنباتات السليمة ، كما أن التركيزات المرتفعة من الجبريلينات لا تسبب  
أضرار للنباتات بينما العكس صحيح للأوكسينات

### ثالثا: السيتوكينينات Cytokinins

يعزى اكتشاف السيتوكينينات إلى العالم Skoog and Steward خلال الخمسينات في تجاربة على مزارع الأنسجة للخلايا البرانشيمية لساق نبات الدخان والذي أوضح أن وضع النسيج البرانشيمي لنخاع ساق نبات الدخان على بيئة من الآجار المضاف إليها عناصر غذائية معينة ثم أضيف إليها اندول حمض الخليك ( IAA ) فقط فإن النمو في هذه الخلايا اقتصر على زيادتها في الحجم فقط بدون حدوث أي انقسام أو تميز لها ، ولكن عندما أضيف إلى البيئة القاعدة النتروجينية البيورينية الأدينين Adenine في وجود IAA فإن الخلايا البرانشيمية لنخاع ساق نبات الدخان زادت في الحجم وانقسمت ( زيادة في العدد ) وتميزت ، بينما عند إضافة الأدينين فقط إلى البيئة بدون إضافة IAA فإن الانقسام الخلوى والتميز للخلايا لا يحدثان مما يدل على أن هناك تفاعل معين بين الأدينين و IAA ينتج عنه الانقسام الخلوى والتميز ، ويتقدم الدراسات في هذا المجال اكتشاف مركب آخر أكثر فاعلية من الأدينين في إحداث الانقسام الخلوى في وجود IAA هو 6 فيورفيورال ادينين 6 furfuryl adenine والذي يعتبر أحد نواتج تحلل الحمض النووى الريبوزى DNA والذي سمي فيما بعد للاختصار الكينتين Kinetin ، وبعد فترة وجيزة من اكتشاف الكينتين أمكن تخليق مركبات أخرى لها نشاط مماثل لنشاط الكينتين في الانقسام الخلوى عن طريق الاستبدال في السلسلة الجانبية لهذا المركب أو الاستبدال في القاعدة البيورينية الأدينين

حاول العلماء بعد اكتشاف الكينتين استخلاص مركبات لها تأثيرات مماثلة للكينتين من مصادر طبيعية وأول مركب طبيعي أمكن عزله بصورة نقية والتعرف على تركيبته وله تأثير مماثل لتأثير الكينتين في انقسام الخلايا كان من حبوب الذرة الشامية الصغيرة أثناء تكوينها على الكوز وسمى بالزياتين Zeatine نسبة إلى الاسم اللاتيني للذرة zea mays وذلك بواسطة العالم النيوزيلاندى Letham ( 1964 ) ، كما أمكن عزل مركب آخر من حبوب الذرة السكرية له نفس تأثير الكينتين وسمى زياتين ريبوسيد Zeathn riboside ( زياتين + السكر الخماسى الريبوز ) ، ولقد اتفق على تسمية المركبات التى تتكون بالنبات طبيعيا وتلك التى تخلق صناعيا والتى تشجع عملية الانقسام الخلوى بأسم السيتوكينينات Cytokinins .

والغالبية العظمى من السيتوكينينات يدخل في تركيبها القاعدة النتروجينية البيورينية الأدينين ويرتبط بها سلسلة جانبية مكونة من 5 ذرات كربون ، ولقد وجد انه بزيادة عدد ذرات الكربون في السلسلة الجانبية للمركب السيتوكينيني عن 5 يؤدى ذلك إلى نقص كفاءة ونشاط المركب كسيتوكينين ، بينما يتوقف نشاط وكفاءة المركب كسيتوكينين عندما يصل عدد ذرات الكربون في السلسلة الجانبية إلى 10 ذرات أو أكثر، كما وجد أن إضافة حلقة بنزين إلى السلسلة الجانبية للسيتوكينين كما في مركب البنزيل ادينين Benzyl adenine يؤدى ذلك إلى زيادة كفاءة ونشاط المركب بدرجة كبيرة ، بينما إضافة سكر الريبوز إلى السلسلة الجانبية للسيتوكينين كما في

مركب الزياتين ريبوسيد Zeatin riboside فأن ذلك يقلل من كفاءة ونشاط المركب كسيتوكينين، أيضا وجد أن إدخال مجموعة  $\text{CH}_3$  أو  $\text{NH}_2$  إلى القاعدة النتروجينية البيورينية الأدينين فأن ذلك يقلل من كفاءة ونشاط المركب كسيتوكينين ، في حين إدخال مجموعة OH إلى قاعدة الادينين يوقف تماما نشاط المركب كسيتوكينين. تتكون السيتوكينينات بالنبات كنتيجة لتحلل بعض الأحماض النووية غير أن تركيز السيتوكينينات بالنبات أعلى بكثير من سرعة تحلل الأحماض النووية ولذا فأن هناك طرق غير معروفة لتخليق السيتوكينينات بالنبات ، هذا ولقد سبق اكتشاف السيتوكينينات الصناعية مثل الكينيتين ، والبنزيل ادينين ، 6 فورفيورال ادينين اكتشاف السيتوكينينات الطبيعية مثل الزياتين Zeatin والزياتين ريبوسيد Zeatin riboside بوقت كبير

### تأثيرات السيتوكينينات على نمو وتطور النبات

1. يشجع على انقسام الخلايا
2. يشجع على تمدد الخلايا ( زيادتها في الحجم ) على المحور العرضي وليس المحور الطولي كما في الأوكسينات والجبريلينات
3. تشجيع تشكل وتميز الخلايا إلى أنسجة محددة وواضحة
4. تشجيع تكوين الثمار البكرية ( اللابذرية ) في حالة فشل حدوث عمليات التلقيح والإخصاب
5. تشجيع تهيئة وتكوين الأزهار في النباتات التي يحتاج تكوين الأزهار فيها إلى احتياجات خاصة من البرودة
6. تشجيع إنبات بذور بعض أصناف الخس الساكنة والتي يحتاج إنباتها إلى التعرض للضوء الأحمر
7. تثبيط ظاهرة السيادة القمية Apical dominance التي توجد في جميع نباتات ذوات الفلقتين وملخص هذه الظاهرة أن نمو البرعم الطرفي يمنع نمو البراعم الجانبية أسفل لمسافة ما كنتيجة لزيادة تركيز الأوكسينات حول هذه البراعم الجانبية الناتج عن إفراز هذه البراعم الجانبية للأوكسينات بالإضافة إلى الأوكسينات المنقولة إليها من البراعم الأعلى – ومن المعروف انه إذا زاد تركيز الأكسين عن حد معين حول البراعم فأن ذلك يمنع نموها – والمعاملة بالسيتوكينينات تضاد في تأثيرها التركيزات المرتفعة من الأوكسينات مما يبطل مفعول الأوكسينات وتنبت البراعم الجانبية
8. تأخير عملية تحلل واختفاء الكلوروفيل وعملية تحلل البروتين مما يؤخر من شيخوخة الثمار ويطيل من فترة احتفاظها بنضارتها وخاصة للمحاصيل الورقية مثل الخس والسبانخ والكرنب والكرفس
9. تشجيع تكوين الجذور العرضية على العقل ( التجدير ) إذا اضيف بتركيزات مناسبة

## رابعاً: الإيثيلين Ethylene

الإيثيلين منظم النمو الوحيد الذى يوجد بالنبات على صورة غازية ، وتركيبه الكيميائي بسيط  $C_2H_4$  على عكس منظمات النمو الأخرى ، وترجع أول ملاحظة عن إفراز النبات لهذا الغاز إلى عام 1910 حيث لوحظ أن ثمار البرتقال تنتج غاز يساعد على سرعة إنضاج ثمار الموز الموجودة معها في نفس المكان أثناء التخزين ، ثم توالى الدراسات بعد ذلك حتى استطاع أحد العلماء عام 1934 أن يثبت كيميائياً أن النباتات تنتج غاز الإيثيلين ، إلا أن الاهتمام بهذا الهرمون قد قل بعد اكتشاف الاوكسينات والجبريلينات والسيتوكينينات خاصة انه في ذلك الوقت لم تكن هناك طرق دقيقة لتقدير المركب ونشاطه ولم يأخذ الاهتمام الكافي الا بعد ظهور طرق التحليل الكروماتوجرافى الغازى Gas chromatography حيث أمكن تقدير التركيزات المنخفضة جداً من هذا المركب وملاحظة التأثيرات التى يحدثها أثناء مراحل النمو المختلفة للنبات.

يخلق الإيثيلين في النبات من مركبات عديدة مثل الحمض الدهنى اللينوليك والجليسرول والايثانول وغيرها إلا أن أهم هذه المركبات على الإطلاق هو الحمض الأمينى الميثيونين Methionine والذي ثبت انه المركب الأساسى الأول المسئول عن تخليق الإيثيلين داخل النبات ، ومعظم أجزاء النبات لها القدرة على إنتاج الإيثيلين ( الجذور – السيقان – الأوراق – البراعم – الأزهار – الثمار ) ولكن بتركيزات متفاوتة وفى توقيتات معينة ، وينتقل هذا الغاز داخل النبات بسهولة فيستطيع أن ينتشر خلال المسافات البينية للخلايا أو يرتبط مع الغشاء البلازمى للخلية لذوبانه الشديد في الدهون الموجودة بالغشاء البلازمى أو قد يكون ذائباً في المحتويات المائية بالخلية وكلها من العوامل التى تساعد على انتشار هذا الغاز داخل النبات.

### تأثيرات الإيثيلين على نمو النبات

1. انخفاض معدل النمو الطولى لخلايا نباتات ذات الفلقتين
  2. زيادة معدل النمو العرضى لخلايا نباتات ذات الفلقتين
  3. حدوث انتفاخ وتضخم للخلايا
- ويطلق على الظواهر الثلاثة السابقة اسم الاستجابة الثلاثية (Triple responses)
4. تشجيع تكوين الجذور العرضية والشعيرات الجذرية على أجزاء النبات
  5. تغيير الجنس في الأزهار كما هو الحال في العائلة القرعية حيث تؤدى المعاملة بالإيثيلين بتركيزات معينة إلى تشجيع تكوين الأزهار المؤنثة مما يعكس تأثيراً ايجابياً على المحصول الناتج
  6. تشجيع تكوين الأزهار في بعض النباتات مثل المانجو والأناناس عند استخدامه بتركيزات مناسبة



7. تثبيط تكوين الأزهار كما هو الحال عند معاملة نباتات البصل بتركيزات مرتفعة لتقليل أو منع الإزهار (الحنبطة )

8. الإسراع من نضج الثمار كما هو الحال في الموز والموالح

ونظرا لصعوبة استخدام الإيثيلين كغاز في المناطق المكشوفة فلقد انتح صناعيا صورة سائلة من هذا الغاز أطلق عليها اسم الايثرل Ethrel أو الايثفون Ethephon والتي يمكن رشها على النباتات في الحقول المكشوفة وعند امتصاصها يتحرر منها غاز الإيثيلين ليحدث تأثيراته المختلفة

### خامسا: حمض الأبسيسيك Absciscic acid

يعزى اكتشاف حمض الأبسيسيك Absciscic acid (ABA) أو مثبط النمو الطبيعي إلى مجموعتان منفصلتان من الباحثين الأولى في أمريكا وكانت تبحث عن السبب في تساقط الأوراق والثمار لنبات القطن والأخرى بانجلترا وكانت تبحث عن السبب في سكون أو كمون براعم بعض أشجار الفاكهة أثناء الشتاء ، ولقد نجحت المجموعة الأولى بأمريكا في التعرف على السبب في تساقط الأوراق والثمار لنبات القطن واستخلصته وأطلقت عليه اسم ابسيسين 2 (Abscisin 2) ، كما نجحت المجموعة الثانية في انجلترا في التعرف على سبب سكون براعم بعض أشجار الفاكهة واستخلصته وأطلقت عليه اسم دورمين (Dormin) ولقد اتضح أن كلا المركبين عبارة عن مركب واحد وسمي بعد ذلك حمض الأبسيسيك Absciscic acid وهذه التسمية مشتقة من أن المركب يسبب تساقط الأوراق والأزهار.....الخ من الأعضاء النباتية غير أن هذه التسمية غير دقيقة تماما حيث اتضح أن حمض الأبسيسيك غير جوهري في سقوط الأوراق وغيرها من الأعضاء النباتية بل قد يكون دورة محدودا في هذه العملية ولكن مازالت التسمية مستمرة حتى الآن .

يخلق حمض الأبسيسيك ABA في أماكن عديدة غير محددة بالضبط بالنبات ولكن من الثابت أنه يخلق بالبلاستيدات وخاصة البلاستيدات الخضراء ، ويعتقد انه يخلق بالنبات من حمض الميفالونيك Mevalonic أو من أكسدة بعض المركبات الأخرى مثل الزانثوفيللات Xanthophylls وخاصة مركب Viola xanthin ، ومن أهم خصائص حمض الأبسيسيك المخلق طبيعيا بالنبات أنه يحول الضوء المستقطب ناحية اليمين ABA + ، كما انه يشمل صورتان أو مشابهان هما المشابهة Cis وهو الصورة الفعالة من الحامض والمشباهة Trans وهو الصورة الغير فعالة من الحامض ، وينتقل حمض الأبسيسيك بالنبات خلال نسيج اللحاء ولكن انتقاله غير قطبي . يوجد حمض الابسيسيك بالنبات على صورتان - الصورة الفعالة والمؤثرة على عمليات النمو ( CisABA ) والصورة الغير فعالة والغير مؤثرة على عمليات النمو نتيجة لتعرض حمض الابسيسيك لبعض التحولات التي تفقد المركب خصائصه مثل

1. حدوث عملية أكسدة لحمض الابسيسيك ليتحول الى حمض Phasiec الغير فعال

2. تحول الصورة Cis ABA الفعالة بفعل التحويل الضوئي إلى الصورة Trans ABA الغير فعالة

3. ارتباط حمض الأبسيسيك مع بعض المركبات بالخلية مثل الجلوكوز لتكوين معقد Glucose-ABA الغير فعال

لحمض الأبسيسيك تأثيرات تضاد تأثيرات الجبريلينات والأوكسينات والسيتوكينينات ، ونظرا لأن كل من الجبريلينات وحمض الأبسيسيك يخلقان من حمض الميفالونيك ومسار تخليقها تقريبا واحد ( تخلق الجبريلينات

أثناء النهار الطويل بينما يخلق حمض الابسيسيك أثناء النهار القصير ) وبالتالي فان مستوى كل منهما بالنبات يتأثر بالآخر ، كما وجد أن تركيز حمض الأبسيسيك بالنبات يزداد تحت ظروف النقص الغذائي ونقص الماء

#### تأثيرات حمض الأبسيسيك على نمو النبات

1. تقزم النباتات إذ يسبب قصر طول السلاميات

2. صغر حجم الأوراق للتأثير الغير منشط لانقسام واستطالة الخلايا

3. سقوط الأوراق

4. سرعة الوصول إلى مرحلة الشيخوخة

5. سكون البراعم وعدم نموها

6. سكون البذور وعدم إنباتها

7. التحكم في فتح وغلق الثغور

من المعروف انه تحت الظروف الطبيعية أثناء الليل ينتقل ايون البوتاسيوم من الخلايا الحارسة إلى خلايا البشرة المجاورة مما يترتب عليه نقص الضغط الأسموزي للخلايا الحارسة عن الضغط الأسموزي لخلايا البشرة المجاورة للخلايا الحارسة وبالتالي ينتقل الماء من الخلايا الحارسة إلى خلايا البشرة المجاورة مما يسبب ترهل الخلايا الحارسة فيغلق الثغر ، وفي أثناء النهار ينتقل ايون البوتاسيوم من خلايا البشرة المجاورة للخلايا الحارسة إلى الخلايا الحارسة ونتيجة لذلك يزداد الضغط الأسموزي للخلايا الحارسة عن خلايا البشرة المجاورة وبالتالي ينتقل الماء من خلايا البشرة المجاورة للخلايا الحارسة إلى الخلايا الحارسة كما يتحول النشا الموجود بها إلى سكريات مما يؤدي إلى انتفاخ الخلايا الحارسة فيفتح الثغر ، ولقد وجد انه تحت ظروف النقص الغذائي ونقص الماء يزداد تركيز حمض الأبسيسيك بخلايا الورقة مما يشجع انتقال ايون البوتاسيوم من الخلايا الحارسة إلى خلايا البشرة المجاورة للخلايا الحارسة مما يترتب عليه غلق الثغر حتى أثناء النهار.

## التطبيقات العملية لاستخدام منظمات النمو في انتاج محاصيل الخضر

### إنبات البذور

1. أدى نقع بذور الفجل والفاصوليا والبسلة في محلول الجبريلين بتركيزات تراوحت بين 6 – 400 جزء في المليون إلى الإسراع من إنبات البذور

### النمو الخضرى

1. تشجيع تكوين الجذور على عقل البطاطا

وجد أن معاملة عقل البطاطا بأوكسينات أندول حمض البيوترىك ( IBA ) ونفثالين حمض الخليك ( NAA ) غمسا أو نقعا أدى إلى زيادة تكوين الجذور على العقل إلا أن IBA أكثر كفاءة من NAA في هذا الخصوص لسهولة تحلل الأخير بواسطة الأنزيمات

2. كسر طور السكون في البطاطس

تمر درنات البطاطس عقب حصادها بفترة سكون لا تنبت فيها العيون الموجودة على الدرنات تبلغ نحو شهرين تقريبا تحت الظروف المصرية ، وترجع أهمية كسر سكون الدرنات في البلاد التى تزرع فيها البطاطس في عروات متعاقبة ، ولقد أدى غمس درنات التقاوى الكاملة أو المجزأة في محلول الجبريلين بتركيزات مخففة ( 3 – 5 جزء في المليون ) إلى كسر سكون البراعم الساكنة.

3. كسر السيادة القاعدية في البطاطا

أمكن التغلب على ظاهرة السيادة القاعدية في جذور البطاطا والتى تنمو فيها السيقان من طرف الجذر الدرني القريب من منطقة اتصال الجذر الدرني بالنبات الأم وعدم تكونها على الآخر بالنقع في اكسين D – 2,4 بتركيز 10 جزء في المليون

4. منع تزرير بعض محاصيل الخضر أثناء التخزين

تتعرض بعض محاصيل الخضر مثل درنات البطاطس ورؤس البصل وجذورالجزر واللفت وغيرها أثناء تخزينها لمدة طويلة إلى التزرير أى تنببت البراعم الموجودة عليها مما يؤدى إلى استنفاد جزء من المواد الغذائية المخزنة بها مما يعكس انخفاضا ملموسا فى جودتها ، ولقد استخدمت منظمات النمو بنجاح في منع تزرير هذه المحاصيل ، فعلى سبيل المثال وجد أن رش نباتات البطاطس أثناء نموها بالحقل بميثبط النمو السيكوسيل ( CCC ) بتركيز 1500 جزء في المليون قبل الحصاد بفترة 1 - 2 أسبوع أدى إلى منع تزرير الدرنات الناتجة أثناء

تخزينها على درجة حرارة الغرفة العادية لمدة ثمانية اشهر ، كما أمكن منع تزرير البصل في المخازن العادية الغير مبردة لمدة سبعة أشهر برش النباتات في الحقل بمثبط النمو المالك هيدرازيد بتركيز 2500 جزء في المليون قبل الحصاد بأسبوعين ، كما نجحت نفس المعاملة في منع تزرير الثوم

## الإزهار

### 1. دفع النباتات للإزهار

من المعروف أن نباتات الجزر الأفرنجى لابد أن تتعرض لدرجات حرارة منخفضة ( 40 – 50 ف ) لفترة تمتد نحو شهر حتى تنهياً للإزهار وعندما تتعرض بعد ذلك لدرجات حرارة مرتفعة فإنها تندفع نحو الإزهار ونظرا لعدم توفر هذه الاحتياجات الحرارية تحت ظروفنا المحلية فإن هذه الأصناف من الجزر لا تزهر ولقد امكن عن طريق رش نباتات الجزر الأفرنجى خلال مرحلة النمو الخضري ثلاث مرات بعد 60 يوم من زراعة البذور وبفاصل أسبوعين بين الرش والآخرى وبتراكيزات تراوحت بين 25 – 50 جزء في المليون جبريلك اسيد أدى إلى دفع النباتات للإزهار

### 2. التذكير في الإزهار

من أهم مشاكل إنتاج الخرشوف في مصر انخفاض كمية محصول النورات المبكر خلال اشهر نوفمبر – يناير ، وخلال هذه الفترة يزداد الطلب على الخرشوف من الأسواق الخارجية نظرا لجودة النورات الناتجة ، ولقد أمكن عن طريق رش النباتات بالجبريلين ابتداء من عمر 6 - 8 ورقات حقيقية ثلاث مرات وبفاصل أسبوعين بين الرش والآخرى وبتراكيز 50 – 100 جزء في المليون من التذكير في الإزهار بفترة نحو أسبوعين وبالتالي زيادة كمية المحصول المبكر

### 3. تغيير النسبة الجنسية

تعرف النسبة الجنسية بعدد الأزهار المذكرة إلى عدد الأزهار المؤنثة أو الخنثى على النبات والمهم في هذه النسبة هو عدد الأزهار المؤنثة أو الخنثى التي تكون الثمار ، ولقد أمكن زيادة عدد الأزهار المؤنثة في بعض أصناف الخيار الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن برشها بالإيثيرل ( الإيثفون ) بتركيز 125 – 150 جزء في المليون رشه واحدة في مرحلة الورقة الحقيقية الأولى حتى الخامسة إذ أدت هذه المعاملة إلى انعدام ظهور الأزهار المذكرة على الخمسة عشر العقدة الأولى ثم عادت النباتات إلى حالتها الطبيعية بعد ذلك ، أما بالنسبة للأصناف الأنثوية التي تحمل أزهار مؤنثة فقط فلو حظ أن رشها بالجبريلين يؤدي إلى ظهور الأزهار المذكرة اللازمة لعملية التلقيح وإنتاج البذور لمثل هذه الأصناف الأنثوية

#### 4. تأخير أو منع الإزهار المبكر

تتعرض بعض محاصيل الخضر الثنائية الحول مثل الكرنب أو البصل إلى الإزهار المبكر (الإزهار الحولى) كنتيجة لتعرضها الى البرودة الكافية أثناء موسم نموها الأول (موسم النمو الخضرى) مما يسبب خسائر فادحة للمنتج والذي يكون هدفه الأساسي إنتاج الرؤوس أو الأبصال ولقد أمكن التغلب على ذلك في الكرنب برش النباتات أثناء تعرضها للبرودة الكافية في موسم النمو الأول برشها بمادة باراكلورو فينوكسى حمض البروبيونك (أكسين) ، كما امكن التغلب على ذلك في البصل برش النباتات بمثبط النمو المالك هيدرازيد

#### الإثمار

##### 1. زيادة نسبة العقد

يتسبب عن ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة عن حدود معينة أثناء نمو بعض محاصيل الخضر إلى فشل أو انخفاض نسبة العقد فعلى سبيل المثال وجد أن انخفاض درجة حرارة الليل عن 13 درجة مئوية أثناء مرحلة الإزهار لنباتات الطماطم يؤدي إلى فشل عملية العقد كما أن ارتفاع درجة حرارة النهار عن 24 درجة يؤدي إلى انخفاض نسبة العقد، ولقد أثبتت البحوث والدراسات أن مستوى إندول حمض الخليك (IAA) (الأكسين الطبيعي) يزداد عقب حدوث عمليتي التلقيح والإخصاب والذي يساعد على نمو وكبر المبيض لتكوين الثمرة ، ولقد أمكن باستخدام بعض منظمات النمو مثل باراكلورو فينوكسى حمض الخليك زيادة نسبة العقد في الطماطم إذ عوضت مثل هذه المادة نقص الهرمون الطبيعي في المبيض اللازم لنمو المبيض ، ولقد كانت معظم الثمار المتكونة عديمة أو قليلة البذور

##### 2. خف الثمار

قد يقتضى الأمر خف بعض الثمار في بعض محاصيل الخضر للحصول على جودة أفضل للثمار كما هو الحال في خف ثمار البطيخ، ولقد استخدم لهذا الغرض بعض منظمات النمو مثل نفتالين حمض الخليك وباراكلورو فينوكسى حمض الخليك

##### 3. زيادة حجم الثمار

أدت معاملة نباتات الطماطم رشا على المجموع الخضرى بمادة باراكلوروفينوكسى حمض البروبيونك بتركيز 25 جزء في المليون وبحمض الجبريليك بتركيز 50 – 100 جزء في المليون إلى زيادة جوهريّة في حجم الثمار الناتجة

## الأمراض الغير طفيلية " الفسيولوجية " لمحاصيل الخضر

### Non Parasitic "Physiological" Diseases of Vegetable Crops

تعرف الأمراض الغير طفيلية أو الاضطرابات الفسيولوجية بأنها أمراض لا تتسبب عن كائنات ممرضة مثل البكتريا والفطريات والفيروسات والميكوبلازما ولكنها تتسبب عن ظروف بيئية غير ملائمة Unfavorable Environmental-conditions وقد تسود هذه الظروف البيئية الغير ملائمة أثناء نمو المحصول في الحقل أو بعد الحصاد مما يترتب عليه عدم قدرة العضو النباتي على القيام بوظائفه الفسيولوجية لذا فإن هذه المجموعة من الأمراض تعرف بمجموعة الأمراض الوظيفية Functional Diseases ويمكن تقسيم الأمراض الغير طفيلية أو الفسيولوجية تبعاً لمسبباتها إلى المجموعات التالية :-

1. أمراض تتسبب عن ظروف حرارية غير مناسبة

2. أمراض تتسبب عن ظروف إضاءة غير مناسبة

3. أمراض تتسبب عن ظروف غير مناسبة للأوكسجين

4. أمراض تتسبب عن ظروف مائية غير مناسبة

5. أمراض تتسبب عن ظروف غذائية غير مناسبة

#### أولاً: أمراض فسيولوجية تتسبب عن الحرارة الغير مناسبة

من المعروف أن لكل نبات نطاق حراري ينمو خلاله وكذلك لكل مرحلة من مراحل النمو ويحدد هذا النطاق بثلاث درجات حرارة صغرى ومثلى وعظمى وخارج هذا النطاق لا تستطيع النباتات أن تعيش وتتعرض للموت ، وانحراف درجة الحرارة عن الدرجة المثلى داخل النطاق الذي ينمو فيه النبات أو العضو النباتي يصاحبه نقص في قدرة العضو النباتي على القيام بوظائفه على الوجه الأكمل والتي تعرف بالاضطرابات الفسيولوجية Physiological disorders ، بينما تؤدي زيادة الانحراف عن الدرجة المثلى إلى حدوث أضرار للعضو النباتي وفيما يلي بعض الاضطرابات الفسيولوجية الناجمة عن انحراف ( ارتفاع أو انخفاض ) درجات الحرارة أثناء مراحل النمو المختلفة عن الظروف المثلى.

#### 1. سمطه أو لسعة الشمس في الطماطم Sun scald of tomato

يتسبب هذا المرض عند تعرض المجموع الخضرى لنباتات الطماطم أو المجموع الخضرى والثمار لأشعة الشمس القوية ( درجة حرارة مرتفعة كثيراً عن الدرجة المثلى ) مما يؤدي إلى زيادة معدلات التنفس والنتج وحدوث تغير في تركيب البروتين بالخلايا. وتظهر أعراض الإصابة على المجموع الخضرى على شكل بقع

مائية صفراء لا تلبث أن تجف وتصبح ذات لون بني وتظهر هذه الأعراض بصورة واضحة عندما يعقب الجو الممطر الملبد بالغيوم جو مشمس جاف.

تظهر أعراض الإصابة على الثمار سواء كانت في طور النضج الأخضر أو في أطوار النضج التالية ، وسواء كانت متصلة بالنبات أو بعد قطفها. أما مظاهر أعراض الإصابة على الثمار فتظهر على الجانب من الثمرة المعرض لأشعة الشمس في صورة بقعة مائية ذات مظهر لامع نتيجة لزيادة معدل التنفس للنسيج المعرض للشمس ، ولا تلبث أن تفقد مأوها ويتكرمش النسيج النباتي تحتها ويصبح في مستوى منخفض عن سطح الثمرة ويتلون بلون ابيض في الثمار الخضراء وبلون مصفر في الثمار التي قاربت على النضج بينما تأخذ بقية الثمرة اللون الطبيعي. تزداد شدة إصابة الثمار بهذا المرض في الأصناف ذات النمو الخضري المحدود والذي لا يغطي الثمار أو الأصناف ذات النمو الخضري المفتوح أو كنتيجة لإصابة المجموع الخضري للنباتات ببعض الأمراض التي تسبب تساقط الأوراق مثل الندوة المتأخرة أو البياض الدقيقي أو كنتيجة للممارسات الزراعية الخاطئة مثل قلب النباتات عند العزيق مما يعرض الثمار لأشعة الشمس القوية ، أحيانا لا تظهر أعراض الإصابة بلسعة الشمس على الثمار عند قطفها ولكن تظهر عند تخزينها.

## 2. الثمار المجوفة أو المساكن الفارغة في الطماطم Puffiness of tomato

يتسبب هذا المرض عند تعرض النباتات أثناء نموها في مرحلة الإزهار والإثمار لدرجات حرارة ورطوبة مرتفعة كثيرا عن الدرجة المثلى مما يؤدي إلى عدم حدوث عملية إخصاب أو موت الجنين عقب الإخصاب أو موت الأوعية الناقلة بأنسجة المشيمة وبالتالي يعاق نمو الانسجة الداخلية للثمرة بينما يستمر نمو الانسجة الخارجية بصورة طبيعية مما يترتب عليه ظهور فجوات أو جيوب (تجاويف) في مساكن الثمرة . تظهر هذه الظاهرة بالثمار وهي في طور النضج الأخضر وعندما تصل إلى 2/3 حجمها الطبيعي أو أطوار النضج التالية .

**ولتجنب الإصابة بهذا المرض يراعى الآتي :-**

1. تجنب زراعة الأصناف الحساسة لهذه الظاهرة.
2. تجنب معاملة الأزهار ببعض منظمات النمو التي تساعد على تكوين الثمار بدون إخصاب.
3. زيادة معدلات التسميد البوتاسي والفوسفوري وتقليل التسميد الأزوتي أثناء الإزهار لتحسين العقد.
4. رش النباتات بالعناصر الصغرى وخاصة الزنك.



### 3. الموت الموضعي لأنسجة درنات البطاطس الداخلية Necrosis

يلاحظ هذا المرض عند تعرض درنات البطاطس قبل أو خلال الحصاد أو أثناء النقل والتخزين لدرجة حرارة التجمد (الصفر المئوي) مما يؤدي إلى حدوث موت موضعي للأنسجة الداخلية للدرة Necrosis ويمكن تمييز ثلاثة أنواع من الموت الموضعي للأنسجة الداخلية :

- أ . موت موضعي حلقي Ring necrosis وأهم ما يميزه اختفاء اللون في منطقة الحزمة الوعائية
- ب . موت موضعي تام Net necrosis وأهم ما يميزه اسوداد في الأنسجة الدقيقة للحاء والتي تكون مبعثرة في لحم الدرة
- ج . التبقعات Blotches وأهم ما يميزها وجود مناطق ميتة غير منتظمة الشكل ذات لون رمادي إلى أسود بلحم الدرة. أوضحت بعض البحوث أن الدرنات المصابة بالأنواع المختلفة من الموت الموضعي لا تصلح للاستخدام كتقاوى باستثناء حالة التبقعات.

### 4. وجه القط في الطماطم Tomato cat-face

مرض فسيولوجي ينشأ في المراحل المبكرة من تطور البرعم الزهري كنتيجة لانخفاض درجة الحرارة تحت 15م<sup>0</sup> لعدة ايام في مراحل النمو الأولى مما يؤدي الى النمو الشاذ للأنسجة بين القلم والمبيض والذي يؤدي إلى حدوث تشوه للثمار.

كما أن المحتوى المرتفع من النتروجين بالتربة والتقليم الجائر واستخدام مبيدات الحشائش التي تحتوي على مركبات الفينوكسي مثل مثل 2,4-D ايضا يمكن ان تعتبر من الاسباب التي تشجع تشوه الثمار ، وفي نفس الوقت فإن الجو البارد الملبد بالغيوم وقت الإزهار يمكن أن يكون سببا في التصاق ازهار الطماطم بالثمار العاقدة حديثا أو كلاهما ببعضهما البعض مما يسبب تشوه الثمار الناتجة عندما تنمو. تظهر تشوهات الثمار في الطرف الزهري على شكل تجاعيد وتجاويف قد تكون عميقة جدا لتصل إلى داخل الثمرة وربما تظهر الثمار كلوية الشكل أو اشكال أخرى من التشوهات في شكل الثمار، وتشوهات ثمار الطماطم اكثر شيوعا في الاصناف ذات الثمار الكبيرة الحجم.

#### طرق الوقاية من الإصابة بتشوهات ثمار الطماطم :-

1. المحافظة على درجة الحرارة فوق 15م أثناء نمو الشتلات بالصوب.
2. تجنب زراعة الأصناف ذات الثمار الكبيرة الحجم في العروة ذات موسم النمو البارد.
3. تجنب إضافة المعدلات المرتفعة من التسميد الأزوتي للتربة.
4. تجنب استخدام مبيدات الحشائش الهرمونية مثل 2,4-D .

## ثانيا: أمراض فسيولوجية تتسبب عن ظروف إضاءة غير مناسبة.

نادرا ما تلاحظ أضرار الضوء على النباتات في مصر حيث لا توجد عواصف رعدية ، ولكن عند حدوث عاصفة رعدية وهى عبارة عن شحنات كهربائية موجبة وأخرى سالبة تصطدم مع بعضها البعض مسببة شرارة ضوئية (البرق) والتي يصاحبها تفريغ للهواء مما يؤدي إلى حدوث أضرار للنباتات في دائرة قطرها 60 قدم حيث تكون الأضرار في مركز الدائرة اكبر ما يمكن. وتظهر أعراض الإصابة خلال ساعات من حدوث البرق وأول هذه الأعراض حدوث ذبول دائم بسرعة للنباتات يتبعه موت لها ، وفي الحالات الأقل قسوة تموت بعض الأوراق ثم تستعيد النباتات نشاطها ولكن تظهر على السيقان والأفرع درجات مختلفة من الكرمشه ، كما تتلون الثمار من الداخل بلون بني.

### **الاخضرار Greening**

ويحدث هذا المرض الفسيولوجي كنتيجة لتعرض الدرنات أثناء نموها بالحقل للضوء مما يؤدي إلى تكوين وتراكم الكلوروفيل في الجزء المعرض للضوء مما يعطى لذلك الجزء مظهرا مخضرا.

ونفس التأثير يمكن أن يحدث بإطالة فترة التعرض لمستويات ضوء منخفضة في المخازن وفي هذه الحالة ينتشر تلون اخضر خفيف ليشمل كل الدرنه. ويصاحب تكوين وتراكم الكلوروفيل في الجزء المعرض للضوء من الدرنات تكوين مادة السولانين وهى عبارة عن نوع من الجليكوسيدات الصابونية glycoalkaloids السامة والتي تحمى النبات من المفترسات الضارة والتي تتركز عموما في الأوراق والسيقان والنبوت والدرنات ولقد وجد أن أعلى تركيز من الجليكوسيدات توجد تحت جلد الدرنه ، كما وجد ان التعرض للضوء والأضرار الميكانيكية والتقدم في العمر يزيد من محتوى الجليكوسيدات بالدرنه.

لا تدمر الجليكوسيدات الموجودة بالدرنات كليا بالطبخ أو القلى في الزيت ولكن وجد أن الطهى في درجات حرارة مرتفعة ( أعلى من 170 م° أو 340 ف°) يدمر جزئيا هذه المركبات السامة ولذا يجب على المستهلك تجنب استخدام درنات بها علامات للاخضرار في الطعام ، ومن اعراض التسمم الناتج عن تناول درنات بها تركيزات مرتفعة من السولانين الصداع أو الاسهال أو التشنجات وفي الحالات الشديدة يسبب غيبوبة وموت ، ومع ذلك فأن السمية التي تحدث عن اخضرار درنات البطاطس نادرة جدا. الاخضرار الناتج عن تعرض الدرنات للضوء نتيجة لتكوين الكلوروفيل يعطى علامة ظاهرية للمساحة على الدرنات التي ربما تصبح اكثر سمية ومع ذلك فأن هذه العلامة لا تعتبر دليل محدد للسمية لأن تخليق السولانين يحدث بالتوازي مع الكلوروفيل ولكن مستقل عن تخليق الكلوروفيل فكلاهما يمكن ان يخلق بدون وجود الآخر فتخليق الكلوروفيل يحتاج إلى وجود الضوء بينما تخليق السولانين لا يحتاج إلى الضوء ولكنه يشجع تكوينه بقوة إذ تشجع الاشعة فوق بنفسجية ( 180 - 400 ملليمكرون) والضوء المرئى في منطقة الضوء البنفسجى – الأزرق تكوين السولانين في درنات البطاطس .

اوضحت نتائج تحليل الدرنات العادية ( لا يظهر بها اخضرار) ان محتوى الجليكوسيدات بها يتراوح من 12 – 20 ملليجرام / كجم درنات بينما تحتوى الدرنات الخضراء على 250 – 280 ملليجرام / كجم درنات في حين يحتوى جلد الدرنه الاخضر على 1500 – 2200 ملليجرام/ كجم درنات.

انسب الوسائل للوقاية من هذا الاضطراب التريدم الجيد على الدرنات أثناء نموها بالحقل ، واختيار الاصناف الأقل قابلية لحدوث هذا الاضطراب.

### ثالثا. أمراض فسيولوجية تتسبب عن ظروف غير مناسبة للأوكسجين.

#### **1. القلب الأسود في البطاطس Black heart**

من الاضطرابات الفسيولوجية التي تظهر بدرنات البطاطس أثناء نموها بالحقل تحت الظروف الغدقه (نقص الأوكسجين) وارتفاع درجة الحرارة أو بالدرنات المخزنة بالثلاجات عند ارتفاع درجة الحرارة وظروف نقص الأوكسجين .

تحت ظروف الحرارة المرتفعة تزداد سرعة تنفس الدرنات وتزداد الحاجة إلى كميات أكبر من الأوكسجين اللازمة للتنفس . وتحت ظروف سوء التهوية سواء بالمخازن أو بالحقل نتيجة الظروف الغدقه تقل كمية الأوكسجين التي تنفذ إلى أنسجة الدرنه وخصوصا الأنسجة الداخلية بمركز أو قلب الدرنه مما يؤدي إلى موت الخلايا بقلب الدرنه في حين تستمر الإنزيمات المؤكسدة في عملها حيث يتأكسد الحمض الأميني التيروسين بفعل انزيم التيروسينيز Tyrosenase وخلال سلسلة من التفاعلات الوسطية تتكون مركبات لها صفة عدم الذوبان يطلق عليها اسم الميلانين وهى ذات لون بنفسجي والذي لا يلبث أن يتحول إلى اللون البنى الداكن ثم الأسود . وقد يمتد هذا اللون من قلب الدرنه إلى سطحها.

استطاع العالم Bortholomew أن يثبت أن نقص الأوكسجين هو السبب الرئيسي في ظهور أعراض هذا المرض بالدرنات حيث لاحظ أن هذا المرض يمتنع ظهوره تماما عند تعريض الدرنات لدرجة حرارة مرتفعة ( 42 م ° ) إذا كان هناك تيار من الأوكسجين أثناء التعريض لهذه الدرجة المرتفعة.

هذا وتختلف الأصناف عن بعضها البعض في المدة اللازمة لظهور أعراض المرض لاختلاف نفاذية جلد الدرنات للغازات فعلى سبيل المثال تظهر أعراض الإصابة على درنات الصنف Russet Burbank الأكثر نفاذية للغازات متأخرا عن درنات أصناف أخرى ذات جلد أقل نفاذية للغازات.

كما وجد أن هناك علاقة بين القابلية للإصابة بهذا المرض ومرحلة السكون التي تمر بها الدرنات إذ لوحظ أن الدرنات التي في منتصف مرحلة السكون أكثر قابلية للإصابة من الدرنات التامة الساكنة.

### رابعا. أمراض فسيولوجية تتسبب عن ظروف مائية غير مناسبة

#### **1. عفن الطرف الزهري Blossom end rot**

أحد الأمراض الفسيولوجية التي تصيب ثمار الطماطم بجانب مجموعة أخرى من ثمار محاصيل أخرى مثل الفلفل والبطيخ والخيار ، وتحدث الإصابة بهذا المرض سواء كانت الثمار نامية في الحقل المفتوح أو تحت ظروف الزراعة المحمية . تظهر أعراض الإصابة على الثمار في أي مرحلة من مراحل نمو الثمرة حتى تصل إلى أقصى نمو لها وقبل بداية التلوين على هيئة بقعة بنية عند الطرف الزهري للثمرة ( الطرف البعيد عن منطقة اتصال الثمرة بالعنق ) لا تلبث أن تتسع تدريجيا مع زيادة الثمرة في الحجم ويتكرمش النسيج المصاب ويصبح غائر قليلا عن مستوى سطح الثمرة ، كما يصبح صلبا وجلدي الملمس ويظهر حد فاصل وبوضوح بين النسيج المصاب والنسيج السليم للثمرة. في بعض الأحيان يهاجم فطر العفن الأسود منطقة النسيج المصاب كإصابة ثانوية فتصبح المنطقة المصابة رخوة ذات لون اسود وفي أحيان أخرى يهاجم فطر الألترناريا سولاني *Altrnaria solani* المنطقة المصابة مسببا الإصابة بالندوة المبكرة *Early blight*.

#### تعزى الإصابة بهذا المرض إلى عاملين أساسيين:-

أ. التذبذب في مستوى الرطوبة الأرضية مما يؤدي إلى اختلال في التوازن المائي بالثمرة والذي يترتب عليه فشل خلايا أنسجة الطرف الزهري للثمرة في الحصول على ما تحتاج إليه من الماء اللازم لها فتنهار الأنسجة الثمرية في تلك المنطقة.

#### وتزداد حدة الإصابة بهذا المرض في الحالات التالية:-

1. نقص الرطوبة الأرضية ( العطش ) فجأة بعد فترة من النمو القوي للنبات والتي تحتاج فيها خلايا أنسجة الطرف الزهري للثمار إلى كمية أكبر من الماء وبالتالي نقص كمية الماء التي تصل إلى الطرف الزهري للثمرة. وتظهر الإصابة بهذا العرض على الثمار النامية في الأراضي الرملية بدرجة أكبر عنها في الأراضي الثقيلة نظرا للتذبذب الكبير في مستوى الرطوبة الأرضية للأراضي الرملية مما يترتب عليه نقص كمية الماء التي تصل إلى الطرف الزهري للثمرة.

2. الظروف التي تساعد على زيادة كمية الماء التي تفقد من النبات عن طريق النتح عن كمية الماء الممتصة بواسطة الجذور مثل هبوب الرياح الساخنة الجافة مما يترتب عليه نقص كمية الماء التي تصل إلى الطرف الزهري للثمرة.

3. ملوحة التربة الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الضغط الأسموزي لمحلول التربة مقارنة بالضغط الأسموزي لخلايا النبات مما يقلل من كمية الماء الممتصة بواسطة النبات ونقص كمية الماء التي تصل إلى الطرف الزهري للثمرة.

4. زيادة الرطوبة الأرضية باستمرار الأمر الذى يترتب عليه ضعف قدرة الجذور على امتصاص الماء ونقص كمية الماء التى تصل إلى الطرف الزهرى للثمرة.

#### ب. نقص الكالسيوم

أثبتت الكثير من دراسات المحاليل الغذائية على نباتات الطماطم وجود ارتباط بين ظهور أعراض الإصابة بمرض عفن الطرف الزهرى ونقص محتوى الكالسيوم في ثمار الطماطم.

إذ تظهر الإصابة على الثمار التى يقل محتوى الكالسيوم بها عن 0.02 % . فمن المعروف أن الكالسيوم يدخل في تركيب الصفيحة الوسطى للجدر الخلوية على صورة بكتات كالسيوم وفى نفس الوقت فالكالسيوم عنصر غير متحرك بالنبات ولكنه يتحرك إلى الأوراق مع تيار الماء إلى أعلى بفعل قوة الشد الناشئة عن عملية النتج ومن هنا فأن أي من العوامل التى تقلل من امتصاص الكالسيوم مثل نقص الإمداد الغذائى بهذا العنصر وزيادة التسميد الأمونيومى  $NH_4^+$  أو الإفراط فى الإمداد المائى باستمرار أو زيادة ملوحة التربة أو سرعة فقد الماء من التربة كما في الأراضي الرملية وغيرها من العوامل يؤدي إلى نقص وصول الكالسيوم إلى خلايا الطرف الزهرى للثمار وفشل تكوين الجدر الخلوية وأيضاً نقص كمية الماء التي تصل إلى خلايا الطرف الزهرى مما يؤدي حدوث اختلال في التوازن المائى للخلايا وانهيارها وظهور أعراض الإصابة بالمرض.

#### 2. تشقق الثمار Fruit cracking

أحد الأمراض الفسيولوجية التي تصيب ثمار الطماطم ودرنات البطاطس ، وتعزى الإصابة بهذا المرض إلى نقص الكالسيوم أو أي عوامل أخرى تقلل من امتصاصه ، بالإضافة إلى تذبذب مستوى الرطوبة الأرضية مثل التعطيش ثم الري الغزير المفاجئ والذي يترتب عليه زيادة ضغط الامتلاء للخلايا مسبباً انفجار جدرها.

#### أ. تشقق ثمار الطماطم

أوضحت دراسات عديدة على نباتات الطماطم أن هذا المرض يحدث خلال الفترة التي تتحول فيها الثمار من طور النضج الأخضر إلى الأحمر ، ومن المعروف أن المواد البكتينية توجد بوفرة في الصفيحة الوسطى لجدر الخلايا على صورة املاح الكالسيوم والمغنسيوم ولقد امكن تمييز ثلاثة أنواع من المواد البكتينية هي :-

#### حمض البكتيك Pectic acid

يتكون حمض البكتيك من سلسلة مستقيمة غير متفرعة تتكون من 100 جزيء من حمض د- جلاكتيرونك (D,gluturonic acid) المرتبطة مع بعضها بروابط جليكوسيدية الفا - 1,4 - (αglucoside) يختلف حمض الجلاكتيرونك عن سكر الجلاكتوز في ذرة الكربون رقم 6 حيث تحل مجموعة الكربوكسيل CooH بدلا من مجموعة الكحول الأولى CH<sub>2</sub>OH

## البكتين Pectin

يشبه في تركيبه حمض البكتيك بدرجة كبيرة أي يتكون من وحدات من حمض الجلاكتيرونك المرتبطة مع بعضها بروابط α - 1,4 glucoside ، ويختلف البكتين عن حمض البكتيك في تفاعل مجموعة الكربوكسيل الموجودة على ذرة الكربون رقم 6 في حمض البكتيك مع كحول الميثايل CH<sub>3</sub>OH ليتكون مجموعه استر 0=C-O-CH<sub>3</sub>

## البروتوبكتين ( البكتين الأولى ) Protopectin

يطلق اصطلاح بروتوبكتين على جميع المركبات البكتينية الغير ذائبة، وأثناء نضج الثمار وعند تحولها من طور النضج الأخضر إلى الأحمر يتحول البروتوبكتين الغير ذائب الموجود بجدر الخلايا إلى مواد بكتينية ذائبة ( حمض البكتيك وبكتين ) أكثر قابلية للذوبان في الماء كنتيجة لنشاط انزيم البولى جلاكتيرونيز polyglacturonase الذى يقوم بتكسير الروابط الجليكوسيدية الفا - 1,4 ونشاط انزيم البكتين استريز pectin esterase الذى يقوم بتكسير روابط الاستر مما يؤدي إلى ضعف جدر الخلايا وضعف صلابة الثمار.

وهنا نجد أن نقص الكالسيوم بالثمار يصاحبه نقص في تكوين بكتات الكالسيوم ( مادة بكتينية في صورة املاح الكالسيوم ) التى تدخل في تكوين الجدر الخلوية مما يزيد من ضعف جدر الخلايا ونقص صلابتها ، ونتيجة للرى الغزير أثناء هذه المرحلة من النضج يزداد امتصاص الماء كما يزداد ضغط الامتلاء على جدر الخلايا مسببا انفجارها وتشققها ، ومما سبق يمكن القول أن التشقق في ثمار الطماطم يحدث نتيجة للتأثير الغير مباشر لنقص الكالسيوم أو أي عوامل تؤدي إلى زيادة ضغط امتلاء الخلايا ولقد أمكن تمييز ثلاثة انواع من التشققات في ثمار الطماطم:-

### 1. التشقق الطولى أو القطرى Raddial cracking

وهو أخطر انواع التشققات ونادرا ما يظهر على الثمار في مرحلة طور النضج الخضر وفيه تمتد التشققات طوليا أو قطريا بطول 1 – 6 سم وهى تشققات عميقة.

### 2. التشقق الدائرى أو المركزى Concentric cracking

ويظهر غالبا على الثمار الخضراء على هيئة حلقات كاملة أو غير كاملة حول عنق الثمرة وهي شقوق سطحية قد تتعمق في لحم الثمرة.

### 3. التشقق المتفجر Brusting cracking

ويظهر على الثمار في مرحلة طور النضج الأحمر وهي تشققات قد تكون متعمقة أو غير متعمقة تبدأ من منتصف جدار الثمرة وتمتد نحو الطرف الزهري.

### 4. التشقق الفقري أو الشبكي Vertebra or net cracking

أقل أنواع التشققات خطورة ويظهر على الثمار في مرحلة طور النضج الأخضر على هيئة تشققات طولية وأخرى متعامدة عليها ( شبكية ) ولكنها غير متعمقة.

### ب. النمو المتشقق والنمو الثانوى في البطاطس

يحدث تشقق الدرنات عندما تنفلق أو تتجزأ الدرنات أثناء نموها تميزا لها عن التشققات التي تحدث نتيجة للأضرار الميكانيكية . تبدأ التشققات عادة على الدرنات ابتداء من النهاية الطرفية apical end أو من أى عين على الدرنات وتمتد طوليا ، كما تلتئم تلك التشققات وتغطي بطبقة من الجلد جيدا .well-healed with intact skin

أما النمو الثانوى فيقصد به النموات أو البروزات التي تنمو من البراعم الجانبية للدرنات ، وكلا الاضطرابان سواء التشققات أو النموات الثانوية يتسبب عن التذبذب في محتوى رطوبة التربة وعدم انتظام امتصاص الماء. ايضا فترات الجفاف أو الفترات التي ترتفع فيها درجات الحرارة والتي تعقب هطول الامطار يمكن أن تؤدي الى تشوهات في نمو الدرنات.

ويمكن الحد من التشوهات التي تحدث للدرنات بالمحافظة على محتوى مناسب من الرطوبة اثناء الموسم خصوصا اثناء فترات تكوين وكبر الدرنات في الحجم.

### ج. القلب الأجوف بدرنات البطاطس

القلب الأجوف بدرنات البطاطس عبارة نسيج ممزق ذات لون بني إلى أسود على شكل فجوة نجمية الشكل قد تمتد من منتصف الدرنات إلى الطرف القمى للدرنات ، وعلى الرغم أن الدرنات الكاملة المصابة بالقلب الأجوف يبدو منظرها من الخارج جيدا إلا أن الدرنات المقطعة يبدو منظرها غير جذاب ، ايضا وعلى الرغم أن الإصابة بالقلب الأجوف يتسبب عنها فقد جزء من لحم الدرنات قبل الطهي كنتيجة لإزالة الجزء المصاب الملون إلا أن الإصابة بالقلب الأجوف لا تؤثر على القيمة الغذائية أو طعم

الدرنات وأيضا غير ضارة بصحة الانسان. وقد تساهم الإصابة بالقلب الأجوف في حدوث عفن للدرنة عندما تصل تشققات القلب الأجوف إلى سطح الدرنة

تظهر اعراض الإصابة بالقلب الأجوف في مواعيد وأوقات مختلفة أثناء موسم النمو إذ قد يظهر مبكرا بعد فترة قصيرة من مرحلة صب وتكوين الدرنات وربما يظهر متأخرا أثناء الموسم عندما تكون الدرنات في طور التمدد والكبر في الحجم ، فإذا بدأت الإصابة بالقلب الأجوف مبكرا في مرحلة صب وتكوين الدرنات نجد أن موقع الفجوة الداخلية بالدرنة يمتد من منتصف الدرنة إلى نهاية الطرف القمي للدرنة ، كما يظهر في تلك الفجوة نسيج بنى اللون يدل على وجود أنسجة ميتة ، بينما إذا بدأت الإصابة بالقلب الأجوف متأخرا عندما تكون الدرنات في طور التمدد والكبر في الحجم تقع الفجوة الداخلية قريبة من منتصف الدرنة وتختفى الأنسجة الملونة.

تعزى الإصابة بالقلب الأجوف في درنات البطاطس إلى التغير الفجائي في ظروف النمو أثناء الموسم والذي يصاحبه تغير مفاجيء وسريع في معدل نمو الدرنات والذي يمكن أن يقود إلى تمزق وموت خلايا نسيج النخاع أو جزء منه تاركا فراغ أو فجوة في منطقة النخاع. بعدها يلتئم النسيج الممزق في منطقة النخاع ويترسب عليه طبقة من السيوبرين ذات اللون البنى.

### الظروف التى تشجع على الإصابة بالقلب الاجوف:-

1. انخفاض درجة حرارة التربة بين 10 – 13م° لمدة 5 – 7 ايام اثناء صب وتكوين الدرنات وارتفاع الرطوبة الارضية - فتأثيرهما كالحرق الغزير عقب فترة الجفاف - مما يؤدي إلى تغير مفاجيء في سرعة نمو الدرنات والذي يؤدي إلى تمزق وموت خلايا نسيج النخاع. لذا يجب تاخير الزراعة في الحقول المعرضة لانخفاض في درجة حرارة تربتها وزيادة الرطوبة حتى تتحسن الظروف الجوية.

2. الصنف المستخدم إذ أن بعض اصناف البطاطس تظهر قابلية للإصابة مثل الصنف Atalantic بينما الصنف Superior ،Norland نادرا ما يظهر قابلية للإصابة.

3. عدم انتظام رطوبة التربة اثناء موسم النمو - مثل التعرض لإجهاد مائي يعقبة رى غزير مما يؤدي إلى تغير مفاجيء وسريع في معدل نمو الدرنات وبالتالي زيادة القابلية للإصابة بالقلب الأجوف - يجب أن تكون رطوبة التربة بين 70 – 80 % من السعة الحقلية بعد الإنبات وقبل بدء صب الدرنات. أما في مرحلة صب وتكوين الدرنات "ويعرف ذلك ببدء تكوين الأزهار" فيجب المحافظة على محتوى رطوبة التربة بين 80 – 90 % من السعة الحقلية.

4. إضافة كميات كبيرة من الأسمدة الكيميائية النتروجينية دفعة واحدة في مرحلة متأخرة من نمو وكبر حجم الدرنة مما يؤدي إلى تغير مفاجيء سريع في معدل نمو الدرنات وبالتالي زيادة القابلية للإصابة



بالقلب الأجوف. لذا يراعى إضافة  $\frac{1}{3}$  -  $\frac{2}{3}$  كمية السماد النتروجيني بعد تكامل الإنبات والكمية المتبقية بعد 60 يوم من الزراعة.

5. الزراعة على مسافات مناسبة تبعا للصنف مع التأكد من تجانس مسافة الزراعة – فزراعة الأصناف التي تعطى عدد أقل واحجام أكبر من الدرنات وتلك التي تعطى عدد أكبر وأحجام أقل من الدرنات على مسافات أكبر من الموصى بها يزيد من فرصة كبر الدرنات في الحجم وبالتالي زيادة القابلية للإصابة بالقلب الأجوف.