تاثير الهرمونات النباتية على نمو ونضج الثمار :-

يمكن التحكم في نمو ونضج الثمار باستعمال الهرمونات النباتية وبعض منظمات النمو مثل زيادة سرعة نمو الثمار و زيادة الحجم و التبكير في نضج الثمار وانضاج الثمار صناعياً كما يمكن تغيير شكل منحنى نمو بعض الاصناف التي يكون منحنى نموها من النوع ذو الذروتين مثل الخوخ بالرش ببعض الاوكسينات مثل 2,4,5-T وذلك بتقصير فترة الخمول النسبي مما يؤدي إلى زيادة حجم الثمار والتبكير في نضجها اما الاصناف التي يكون منحنى نموها ثمارها من ذروه واحدة فيلاحظ ان اثر منظمات النمو يكون قليلاً على النمو فيها كما هو الحال عند رش التفاح بمنظم النمو NAA وكذلك فان رش اشجار التفاحيات بالجبرلين يسبب عقد الثمار بكرياً ويزيد من حجم الثمار ويحسن شكلها .

ان فترة نضج الثمار كبقية المراحل تكون تحت سيطرة الهرمونات في الثمرة .فمن ناحية نجد ان نضج الثمار يتحفز بفعل التركيز الداخلي للاثلين كما هو الحال في البطيخ ومن ناحية اخرى نجد ان النضج يتاخر بفعل الجبرلينات والسايتوكانينات كما هو الحال في انضاج ثمار البرتقال.

ويتضح من الامثلة اعلاه ان الهرمونات تلعب دوراً مهماً في جميع اطوار نمو الثمرة وذلك نتيجة الارتباط الوثيق بين تركيز الهرمونات في الثمرة وبين مختلف مراحل نموها وتطورها كذلك فانه بمعاملة الثمار بمنظمات النمو الطبيعية والصناعية قد امكن التحكم في عقد ونمو ونضج الثمار .

توجد خمسة انواع من الهرمونات الطبيعية تلعب دوراً هاماً في نمو ونضج الثمار وهي:

1 -الاوكسينات Auxins :

ان معظم الاوكسينات التي تم عزلها من الثمار وتشخيصها تعود إلى مجموعة الاندول Indole ومن اهمها حامض Indole Acetic acid ويرمز له IAA كما تم عزل عدة مركبات اخرى ذات فاعلية مشابهة لفاعلية الاوكسينات ولكن لم يتم تشخيصها ومعرفتها ان مركز انتاج الاوكسينات في الثمار الصغيرة يكون في البذور اثناء نموها وتكوينها اما بعد بلوغ البذور فيكون انتاج الاوكسينات في لحم او اجزاء الثمرة الاخرى .

تركيز الاوكسينات في البذور لا يبقى ثابتاً خلال فترة النمو مثلاً في ثمرة الشليك يتضاعف 20 مرة في الفترة التي تقع بين اليوم الثالث واليوم الثاني عشر بعد التلقيح ويتناسب ذلك مع نمو الاندوسبيرم ، ان استعمال الاوكسينات مثل IAA و BNOA (Beta naphthoxy acetic acid) يمكن ان يعوض عن البذور المزالة من الثمرة مسبباً نمو التخت في الشليك و رش الاوكسين 2,4,5-T سبب زيادة قطر ووزن ثمرة المشمش نتيجة زيادة حجم الخلايا وليس عن زيادة عددها وان مركبات اخرى يشابة تاثيرها تاثير الاوكسينات التي تسبب عقد الثمار بكرياً ومن هذه المواد الفعالة في احداث العقد العذري وهي Indole Acetic acid (IAA) و Indole Butyric acid (IBA) و Naphthalene Acetic acid (NAA) جميعها فعالة في احداث العقد البكري في الطماطة و IBA و NAA في احداث العقد البكري في التين.

2 - الجبرلينات Gibberellins :-

تعتبر الثمار والبذور مصدراً مهماً للجبرلينات وقد وجد ان مركز انتاج الجبرلينات هو البذور الصغيرة وفي الاندوسبيرم بالذات كذلك وجد ان نسيج الكيس الجنيني Nucellus يساهم في انتاج الجبرلينات اما في الثمار عديمة البذور فان مركز انتاج الجبرلينات هو نسيج الكيس الجنيني Nucellus بالدرجة الاولى وكما هو في حالة الاوكسينات فان مستوى الجبرلينات في الثمار يتغير خلال مراحل نمو الثمرة ان تركيز الجبرلينات في الثمار يزداد إلى الحد الاقصى له قبل الزيادة القصوى للاوكسينات وان الزيادة في الجبرلينات تسبق الزيادة في الاوكسينات لكن لايمكن ربط العلاقة بين تركيز الجبرلينات في الثمرة ومراحل نموها المختلفة ففي المشمش مثلاً وجد ان هناك علاقة بين تركيز الجبرلينات ونمو الانسجة التي تم عزل الجبرلينات عنها وليست بين تركيز الجبرلينات ونمو الثمرة باجمعها .لقد وجد ان العنب البذري يحتوي على تراكيز اعلى من الجبرلينات عما هو في العنب عديم البذور . كما وجد ان المعاملة بالجبرلينات تشجع انسجة الثمرة على انتاج المزيد من الاوكسينات فمثلاً ادت معاملة عناقيد العنب صنف دلور قبل تفتح الازهار بمدة عشرة ايام إلى زيادة في تركيز الاوكسينات اثناء تفتح الازهار بمقدار ثلاثة اضعاف عما هو في العناقيد غير المعاملة ان استعمال الجبرلينات قد يسبب زيادة حجم الثمار في العديد من الانواع مثل التفاحيات . كما ان الثمار اللوزية يمكن عقدها بكرياً عند رشها بحامض الجبرليك (GA3) . وجد ان ثمار التين والخوخ العاقد بكرياً بواسطة الجبرلين تكون مشابهة في الحجم للثمرة الناتجة عن التلقيح كذلك فان رش العنب عديم البذور بالجبرلين سبب زيادة ملموسة في حجم الثمار وان جميع اشجار العنب صنف Thompson seediess (عديمة البذور) المزروعة في كلفورنيا تعامل بحامض الجبرليكلزيادة حجم الثمار كما انم عملة بعض اصناف العنب الامريكي سبب انتاج ثمار عديمة البذور وتبكير في النضج . تعتبر الجبرلينات اقل فعالية من الاوكسينات لكنها اكثر فعالية في عقد الثمار اللوزية والتفاحية كاللوز والخوخ والكرز والتفاح .وتعتبر الجبرلينات ذات أهمية في زيادة حجم حبات اصناف العنب عديمة البذور لكنها غير فعالة مع الاعناف البذرية.

3 - السايتوكانينات Cytokanins

اهم المركبات التي تعود إلى هذه المجموعة هي الـ Zeiatein ومشتقاتة التي توجد بصورة طبيعية في الثمار واهم مركز انتاجة في البذور غير البالغة ويعتقد ان مركز تكوين السايتوكانينات هو الاندوسبيرم بالدرجة الاولى والدليل وجودها بتراكيز عالية في حليب جوز الهند واندوسبيرم بذور الخوخ غير البالغة ومن بعض الاجنة وتعتبر الجذور من بين المراكز الرئيسية لانتاج السايتوكانينات في النبات كما هو الحال في الاوكسينات والجبرلينات فان تركيز السايتوكانينات يتغير خلال اطوار نمو الثمرة مثلاً في الذرة والبزاليا يصل تركيز السايتوكانينات إلى اعلى تركيز له بعد اسبوع من التلقيح ثم يبدأ الانخفاض بعد 21 يوم من التلقيح .

ان أهمية السايتوكانينات هي جذب او استقطاب المواد الغذائية في النبات إلى مركز تجمعها مسببة بذلك زيادة في النمو في موقع انتاجها او تجمعها لذلك وجودها في الثمار يزيد من سرعة نموها . ان المعاملة بالسايتوكانينات ادت إلى عقد الثمار بكرياً واستمرار نموها كما في العنب والتين وانتاج ثمار تفاح

متطاولة ذات نوعية جيدة كما ان استعمال مثبطات النمو CCC تسبب العقد البكري في العنب الاوربي لأنها تسبب زيادة تركيز السايتوكانينات في الازهار بمقدار 20 مرة .

4 -حامض الابسسك Abscissic acid (ABA)

لقد امكن عزلة لاول مرة من الثمار الصغيرة عام 1964 من قبل الباحث Addicott و وجد تركيزه عالياً جداً في الثمار الصغيرة الساقطة على الارض ويزداد تركيزه في الثمار الصغيرة مباشرة قبل سقوطها ويعزى اليه سقوط الاوراق والثمار ، ان وجود ABA في الثمرة يسبب تساقط البتلات في الازهار ويسبب التساقط الحزيراني ويزداد تركيزه عند العطش وارتفاع درجات الحرارة ان الثمار الصغيرة لها القابلية على تحويل حامض Mevalonic acid إلى ABA . لاتوجد استعمالات تطبيقية له على الثمار في الوقت الحاضر سوى انه يسبب سقوط الثمار كما ان الهرمونات مثل الاوكسينات والجبرلينات والسايتوكانينات يكون لها مفعول مضاد لمفعول ABA لذلك يجب اضافة كميات كبيرة جداً منه للتغلب على تاثير الاوكسينات والجبرلينات والسايتوكانينات.

5 -غاز الاثلين Ethylene :

جميع الثمار تنتج اثلين حتى لو كانت صغيرة في العمر ، كان يعتقد سابقاً ان أهمية الاثلين تنحصر في تنظيم نضج وتساقط الثمار إلى ان اثبت من قبل Maxie and Crane في عام 1968 ان الاثلين يسبب زيادة سرعة نمو ثمار التين لذلك اعتبر هرمون منظم للنمو والنضج لن زيادة تركيز الاثلين يكون قبل حدوث الارتفاع الكلايمكتيري في تنفس الثمار الذي يعتبر بداية مرحلة نضج الثمار ان معاملة الثمار بالتراكيز العالية من الاوكسينات يمكن ان تسبب زيادة انتاج الاثلين من قبل الثمار والاجزاء النباتية الاخرى وهذه الظاهرة تعتبر دلالة على حدوث الضرر في الخلايا النباتية نتيجة التراكيز العالية من الاوكسينات .

ان اكتشاف الاثر Ethereal التي تتحلل بداخل الثمار منتجة الاثلين سهل استعمال الاثلين في الحقل لذا يعتبر هذا الهرمون من اكثر الهرمونات استخداماً في الناحية التطبيقية فعند تعرض ثمار التين في مرحلة النمو الثانية إلى الاثلين سبب زيادة سريعة في النمو والحجم وتبكير في النضج . ان موعد المعاملة بالاثلين يكون مهماً للتبكير بالنضج مثلاً في العنب معاملة الثمار قبل المرحلة الثانية من النضج بالاثلين سبب تاخير النضج اما المعاملة بعد المرحلة الثانية سبب التبكير في النضج اما في التين فان المعاملة قبل بلوغ الثمار سبب تساقط الثمار وللاثلين دور مهم في انضاجالثمار صناعياً.

التنفس في ثمار الحاصلات البستانية وعلاقته بالنضج والتخزين :-

التنفس : Respiration

هي عملية اكسدة المواد الغذائية المخزنة في الثمار كالكاربوهيدرات او الدهون او البروتينات او الاحمض إلى مواد بسيطة وتنتج الطاقة المهمة للعمليات الحيوية التي تحتاجها الخلية لديمومة حياتها . نتيجة للاكسدة تتحرر الطاقة والتي يستهلك منها 40% من قبل لديمومة تفاعلاتها الحيوية و 60% المتبقية تتحول إلى حرارة فالتنفس يستهلك جزء من المواد الغذائية المخزونة في الثمار قبل الجني تعوضه الاوراق لكن بعد الجني لا يوجد تعويض للمواد الغذائية المستهلكة بالتنفس ويحدث استنزاف في مخزون الثمرة الغذائي والاسراع في عملية التنفس تعني زيادة سرعة استهلاك المواد الغذائية في الثمار وبالتالي سرعة تدهورها والخزن الجيد هو الذي يحد من الاستهلاك الغذائي إلى اقصى حد ممكن لذلك بدات الدراسات العلمية سنة 1981-1935 من قبل الباحث West and Kidd وهما الرائدان في دراسة تنفس الثمار و وجدوا ظاهرة الارتفاع المفاجئ في التنفس Climacteric rise سنة 1934 وفي عام 1935 اثبت الباحث Millered حدوث دورة كربس Kreb cycle في الثمار بعد الحصاد .

وفي سنة 1956 اثبت الباحث Tager واخرون حدوث دورة السكريات في الثمار وهي السؤله عن تحرر Co_2 . والتنفس يشمل عدة مراحل ابسط عملية له هي التنفس الهوائي .

ان الوزن الجزيئي الواحد Mole من سكر الكلوكوز عندما يتاكسد بصورة تامة بالتنفس ينتج 686000 سعرة حرارية او (2671 وحدة حرارية بريطانية BTU) والطاقة الناتجة يستفيد منها النبات بداخلة بتحويلها إلى مركبات ذات طاقة عالية (ATP) .

المرحلة الاولى من التنفس تسمى الكلكزة Glycolysis وتحدث في السايتوبلازم ويلاحظ فيها ان جزئ من الكلوكوز يتحول إلى جزيئتين من حامض البيروفيك Pyruvic acid .

starch

↓

Starch short chain

↓

glucos ⟶ Glucose-6-phosphat

↓

Pyruvic acid ⟶ المرحلة الثانيةKrebs cycl

$C_6H_{12}O_6$ ⟶ Acetyi-Co A

ودورة Krebs تمثل المرحلة الثانية من عملية التنفس وتحدث في المايتوكوندريا وهي مرحلة انتاج الطاقة .

التنفس اللاهوائي : Anerobic Respiration

وتحدث في حالة تخزين الثمار في جو يكون فيه نسبة الاوكسجين قليلة وفيه لاتحدث دورة الاحماض العضوية (دورة كربس) السابقة في المايتوكوندريا وتتجة نحو التنفس اللاهوائي

Pyruvat ⟶ Acetyl dehid ⟶ Ethanol

Glucose ⟶ Ethanol+ Energy 24Kcal

$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2Co_2 + 24\ Kcal$

من المعادلة الاخيرة نلاحظ ان كمية الطاقة المتحررة في عملية التنفس اللاهوائي (24 Kcal) تكون قليلة واذا اريد الحصول على نفس الطاقة من التنفس الهوائي للمحافظة على الخلايا يجب حرق عدد من الجزيئات اكبر في حالة التنفس اللاهوائي (التخمر) وهذا يعني تدهور سريع للحاصلات البستنية المخزونة. كما ان نتيجة هذا التفاعل هو انتاج رائحة غير مقبولة في الثمار من الكحول المتكون كما ان تكوين الكحول داخل انسجة الثمرة يؤدي إلى تسمم الخلايا وموتها وتلف المحاصيل.

التبادل الغازي في الثمار :-

يتم التبادل الغازي بين الهواء المحيط بالثمرة وداخل الثمرة عن طريق محل اتصال الثمرة بالنبات والثغور Stomates والعديسات Lanticels والشقوق والجروح الموجودة في الطبقة الشمعية Cuticle ومنها ينفذ الاوكسجين من الجو المحيط بالثمرة إلى المسافات البينية ثم يتنافذ مع المسافات البينية إلى جدران الخلايا ثم إلى الاغشية الخلوية واجزاء الخلية التي تحتاج الاوكسجين اما بقية الغازات مثل Co2 وغاز الاثلين وبخار الماء والمواد المتطايرة فتتنافذ بعكس اتجاه الاوكسجين وتختلف سرعة التبادل الغازي بين الثمار نتيجة للاختلافات المورفولوجية بين الثمار فمنها ثمار وجذور وابصال واوراق وازهار وسيقان ودرنات كما ان البشرة الفلينية في البطاطا تعيق حركة الغازات وتقارب الخلايا وكثافتها في الثمار والطبقة الشمعية في الطماطا وتعتمد سرعة التنافذ الغازي ايضاً على تدرج انتشار الغازات الذي يمثل تركيز اي غاز خارج وداخل الثمرة والذي يعتمد على ما يلي :

1 -نسبة المساحة السطحية إلى حجم الثمرة الكلي.
2 -مقاومة سطح الثمرة لتنافذ الغازات الذي يعتمد على حجم الثغور والعديسات والطبقة الشمعية المحيطة بالثمرة .
3 -معدل تكوين الغازات داخل الثمرة .

معامل التنفس : Respiration Quotient (RQ)

يقصد به عدد الاوزان الجزيئية من غاز Co2 التي تتحرر نتيجة التنفس مقسوماً على عدد الاوزان الجزيئية من غاز O2 الداخلة في التنفس.

$$RQ= \frac{Co2}{O2}$$

وقد وجد ان قيمة RQ في الثمار والبذور الخازنة للمواد الكاربوهيدراتية كالحنطة والشعير تعادل 1 لذلك.

1 - اذا كانت قيمة معمل التنفس تساوي (1) فالمادة المستهلكة في التنفس هي الكاربوهيدرات.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{طاقة}$$

$$RQ= \frac{6}{6}=1$$

2 - اذا كانت قيمة معامل التنفس اقل من واحد تكون المادة المستهلكة في التنفس هي احماض دهنية كما في الزيتون والجوز واللوز .

$$C_{18}H_{38}O_2 + 26.5O_2 \longrightarrow 18CO_2 + 14H_2O + \text{طاقة}$$

$$RQ= \frac{18}{26.5} =0.68$$

3 - اذا كانت قيمة معامل التنفس اكثر من واحد فان المادة المستهلكة هي حامض عضوي كما في ثمار البرتقال والرمان.

فائدة معامل التنفس

يعطينا فكرة عن نوعية المواد الغذائية المخزونة في الانسجة النباتية والتي تدخل في عملية التنفس كالكاربوهيدرات او الدهون او البروتينات.

المعامل الحراري : Temperature Quotient (Q10)

هذا المعامل وضع من قبل Vanthoff والذي ينص على ان سرعة التنفس تتضاعف لكل زيادة في درجة الحرارة مقدارها 10م^0 ويمكن ان تقاس عن طريق حساب سرعة التنفس بدرجات حرارة مختلفة على ان يكون الفرق في درجة الحرارة 10م^0 بين قياس واخر .

اذاً فالعامل الحراري Q10 هو عدد المرات التي يتضاعف فيها معدل سرعة تنفس نسيج نباتي معين عندما تزداد درجة الحرارة 10م0 ويفيد في معرفة نوعية التفاعل الفسيولوجي فيما اذا كان حيوياً او فيزيائياً فأذا كانت قيمة Q10 اقل من 3 في عملية التنفس فان تفاعلات عملية التنفس هي تفاعلات حيوية وهي تفاعلات انزيمية تتاثر بدرجة الحرارة فتقل اذا ارتفعت درجة الحرارة عن 25م0 . اما اذا كان التضاعف اكثر من 3 اي سرعة التفاعل تتضاعف اكثر من ثلاث مرات اذا ارتفعت درجة الحرارة 10م0 وتستمر بالزيادة مع ارتفاع درجة الحرارة وتتناسب معها طردياً ولا توجد حدود تنخفض فيها سرعة التفاعل فان التفاعل هو تفاعل اكسدة واختزال .