نمو ونضج الثمار (مراحل تكوين الثمار) :-

تتكون الثمرة من مبيض الزهرة وملحقاته وتنتج الثمرة من اخصاب الزهرة وتمر بمراحل مختلفة حتى تصل إلى مرحلة نضج الثمرة .

1 -مرحلة الازهار :

تبدأ هذه المرحلة من تكوين البراعم الزهرية وتنتهي بعد الاخصاب وتساقط الاوراق التويجية وهي من المراحل المهمة في تكوين الثمرة وتحدث فيها عملية التلقيح Pollination ويتوقف نمو الزهرة عند عدم حدوث التلقيح بسبب انخفاض مستوى الهرمونات في المبايض حيث يقل تركيز الجبرلينات والاوكسينات عند تفتح الازهار إلى الحد الادنى واذا لم يحدث التلقيح تتساقط الازهار لان التلقيح يودي إلى تشجيع نسيج المبيض على تكوينها .

2 -مرحلة الاخصاب :

تبدأ هذه المرحلة بعد اتمام عملية التلقيح وعملية الاخصاب تساعد على استمرار العمليات الناتجة من اجراء التلقيح وان حبوب اللقاح تفرز هرموناً إلى المبايض ولو انها قليلة ويعتقد انها تحتوي على انزيمات وعوامل مساعدة على تكوين هرمونات جديدة تسبب النمو.

3 -مرحلة عقد الثمار :

تمثل هذه المرحلة النمو السريع لمبيض الزهرة بعد عمليتي التلقيح والاخصاب حيث يزداد ارتباط الزهرة الصغيرة بالنبات وهذه العملية تحتاج إلى نشاط هرموني ومن هذه الهرمونات الاوكسينات والجبرلينات زالسايتوكانينات وبعض الثمار تعقد عذرياً بسبب تزويد جدار المبيض للاوكسينات.

4 -مرحلة النمو :

ان عملية نمو الثمار ترتبط بالبذرة النامية والتي تعتبر من العوامل المنتظمة المسيطرة على نمو الثمرة بسبب وجود تراكيز عالية من الهرمونات فيها وان بعض الاصناف تنمو الثمار وتنضج دون الحاجة إلى الاخصاب وتسمى بالعقد البكري (العذري) Parthenocarpy مثل برتقال فالنشيا وبعض اصناف التين والعنب . وقد استخدمت معاملة الازهار بالاوكسينات والجبرلينات والسايتوكانينات لاحداث العقد العذري والذي يكون فية النمو بالبداية بعد العقد مركز على انقسام الخلايا وتختلف مدتة من 5 – 8 ايام في القرع و 3-4 ايام في التفاح ، تليها مرحلة الزيادة في حجم الخلايا والتي تاتي بعد مرحلة انقسام الخلايا او قد تكون متداخلة معها حيث تزداد الثمار بالحجم نتيجة زيادة انتقال المواد الغذائية الممتصة من الجذور إلى الاوراق ثم إلى الثمار حتى اكتمال النمو (زيادة حجم الخلايا قد يصل إلى 6000 مرة).

وتقسم الثمار إلى مجموعتين حسب نوع او شكل منحنى نمو الثمرة :

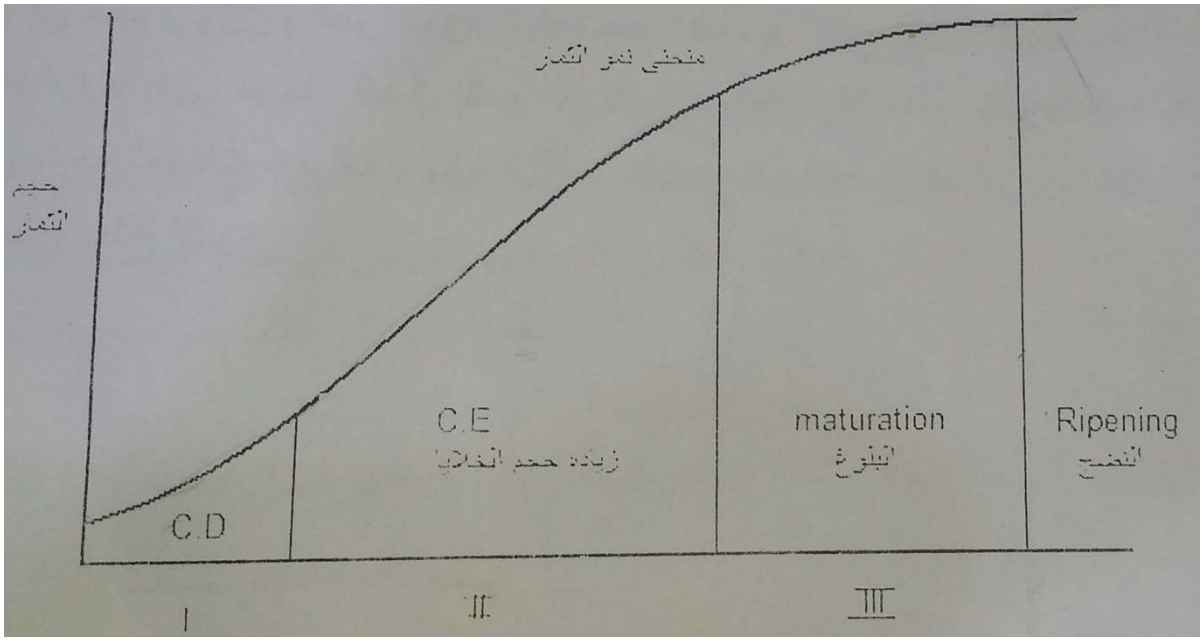
أ - النوع ذو الدورة الواحدة Single sigmoid

يكون فيها منحنى النمو ذو ذروه واحدة ويكون على شكل حرف S وتمثل التفاحيات والحمضيات والاناناس والطماطه والبزاليا وثمار العائلة القرعية ومعظم الخضراوات من اثمار التي تقع ضمن هذا النوع وتتميز ثمار هذا النوع بوجود ثلاث مراحل للنمو هي مرحلة انقسام الخلايا ومرحلة الزيادة في حجم الخلايا واخيراً مرحلة البلوغ Maturation .

في مرحلة انقسام الخلايا Cell division يكون النمو ناتج عن زيادة في عدد الخلايا ويكون النمو فيها بطئ نسبياً .

مرحلة الزيادة في حجم الخلايا Cell enlargement تسمى بمرحلة النمو السريع الناتج من زيادة حجم الخلايا وتستمر لحين اكمال نمو الثمرة وتتميز هذه المرحلة بجمع المواد الغذائية وتكون الزيادة في الحجم اكبر من الزيادة في وزن الثمرة بسبب زيادة المسافات البينية والفراغات الهوائية بين الخلايا في داخل الثمرة .

اما المرحلة الثالثة فهي مرحلة النضج الفسلجي او البلوغ او اكتمال النمو وفيها يكتمل حجم الثمرة وتصل إلى الحجم النهائي ويكون النمو بطئ في بداية المرحلة ثم يتوقف النمو بعد اكتمال الحجم مع استمرار التحولات الكيميائية والفسلجية داخل الثمرة .



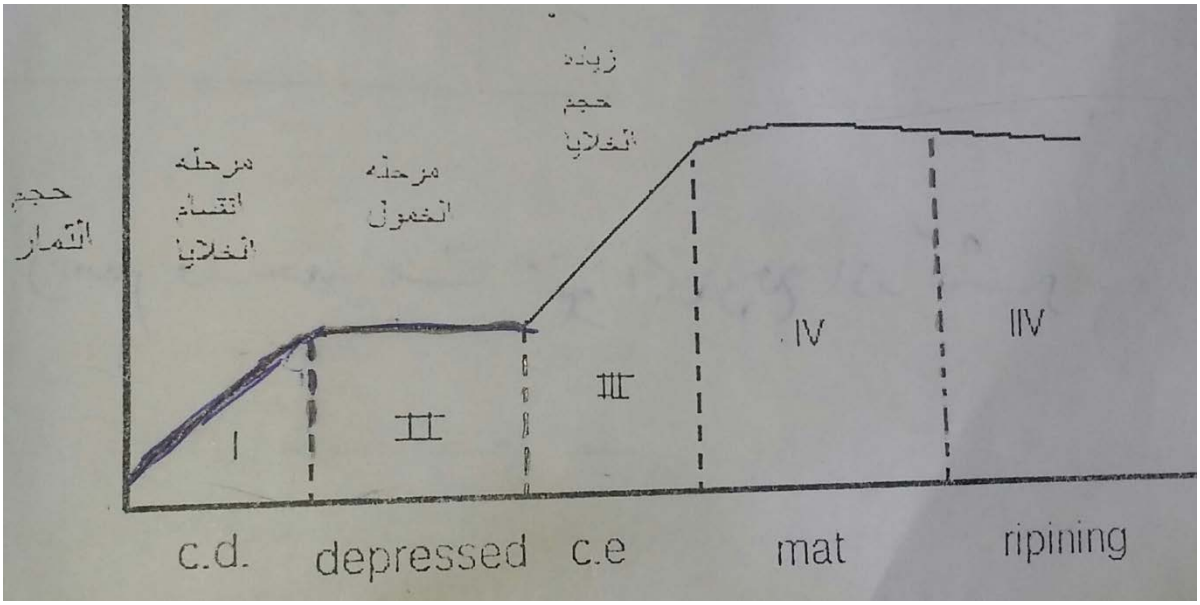
مخطط يوضح منحى النمو ذو الذروة الواحدة

المجموعة الثانية ذو دورتي النمو : Double-sigmoid curve

وتشمل هذه المجموعة الثمار اللوزية كالمشمش والخوخ والاجاص والكرز والتين والزيتون والعنب والتوت والشليك ،منحنى نمو هذه الثمار يكون ذو دورتين ويتكون من اربعة مراحل تشمل فترتين من النمو مفصولة بفترة من الخمول اضافة إلى مرحلة البلوغ واكتمال النمو Maturation وتمتاز المرحلة الاولى بنمو بطيء نسبياً ناتج عن انقسام الخلايا لذا تسمى مرحلة انقسام الخلايا وتستغرق هذه الفترة 30 يوم في المشمش و 40 يوم في الخوخوتبدأ من عقد الازهار حتى المرحلة الثانية مرحلة الخمول النسبي Depressed period يستدل على بدأ مرحلة الخمول النسبي من توقف الزيادة في حجم و وزن الثمار ويصبح المنحنى على شكل خط مستقيم وتبدأ هذه المرحلة بتصلب طرف النواة الزهري وتمتاز هذه المرحلة باكتمال نمو الجنين . ان السبب في عدم الزيادة في حجم الخلايا في هذه المرحلة يعود إلى امتصاص الجنين لمحتويات الاندوسبيرم او نقص الاوكسينات الذي يسبب انعدام نمو الثمرة .

المرحلة الثالثة هي الزيادة في الحجم وتسمى احياناً Final swell وتتميز هذه المرحلة بالزيادة في حجم و وزن وقطر الثمرة نتيجة تجمع الغذاء من باقي اجزاء النبات .

المرحلة الرابعة فهي مرحلة اكتمال النمو او البلوغ وفيها يتوقف نمو الثمرة وتبدأ بالنضج الفسلجي نتيجة تحولات كيميائية وفسلجية تؤدي بالنتيجة إلى النضج النهائي كما تتكون طبقة شمعية على سطح الثمرة .



مخطط يوضح منحى النمو ذو الذروتين

مقاييس اكتمال النضج :-

يمكن استعمال مقاييس Indices لتحديد الموعد المناسب لحصاد الثمار منها :

1 - البلوغ Maturation

في هذه المرحلة يصل الحجم إلى الحجم المناسب للصنف واكتمال النمو والحجم وقبل بدأ النضج النهائي يصبح التمثيل الغذائي منتظم والثمرة مستعدة للدخول في مرحلة النضج النهائي واحياناً تسمى بمرحلة النضج الفسلجي Maturation physiogical وتكون الثمار ذات صفات نوعية جيدة وقابلة للخزن ، وهي المرحلة التي تكتمل في نهايتها جميع التغيرات الحيوية والفسلجية المميزه للصنف وكلما تقدمت نحو النضج تحسنت صفاتها الاكلية وقلت قابليتها الخزنية . ويمكن الاستدلال على النضج الفسلجي من ثبات سرعة التنفس واذا قطعت الثمار في هذه المرحلة فيمكنها ان تستمر بالنضج حتى تصل مرحلة النضج النهائي .

2 - النضج النهائي Ripening

تمر الثمرة بسلسلة من التغيرات في اللون والطعم والنكهه والرائحة وزيادة نسبة السكريات وانخفاض الحموضة وتقل صلابتها وتصبح صالحة للاكل.

3 - البلوغ البستاني Horticultural maturation

وهي المرحلة التي تكون فيها الثمار صالحة للاستعمال والاكل عند القطف في اي مرحلة من مراحل النمو وقد يقع النضج الفسلجي والبستاني والنهائي في نفس الوقت وهنا يقع ضمن تعريف النضج النهائي Ripening ويمكن تقسيم الثمار إلى ثلاث مجاميع من حيث البلوغ البستاني :-

أ- ثمار يتم حصادها قبل مرحلة النضج الفسلجي او قبل البلوغ مثل الخيار والقرع والفلفل
ب- ثمار يتم حصادها عند مرحلة النضج الفسلجي او البلوغ وتصبح صالحة للاكل بعد فترة معينة من الخزن او الانضاج مثل الكمثرى والتفاح والموز.
ت- ثمار يتم حصادها بعد بلوغ مرحلة النضج النهائي Ripening مثل الشليك والعنب والطماطة الحمراء .

تقسيم مقاييس النضج :-

أ - مقاييس حسية او مرئية Visual indices

وهي المقاييس التي تعتمد على الحواس البشرية كالنضر والذوق واللمس وتشمل :-

1 - التغير في لون الثمرة Skin color وهو انحلال اللون الاخضر وظهور اللون الاساس .
2 - التغير في لون الثمار او لحم الثمار Flesh color .
3 - التغير في طعم او نكهة الثمار .
4 - التغير في رائحة الثمار .
5 - التغير في صلابة الثمار.

ب| -المقاييس الفيزيائية :

وهي المقاييس التي يمكن قياسها فيزيائياً مثل مقياس القوه والحجم والكثافة وتشمل

1 -الكثافة النوعية وتحسب حسب النعادلة التالية

$$\text{الكثافة النوعية للثمار} = \frac{\text{وزن الثمرة}}{\text{حجمها}}$$

2 -حجم الثمار المميز للصنف.
3 -شكل الثمار المميز للصنف عند البلوغ.
4 -سهولة انفصال الثمار من النبات.
5 -صلابة الثمار .

ت| -المقاييس الكيميائية Chemical indices :-

وهي المقاييس التي تعتمد على التغيرات الكيميائية في الثمار عند النضج ومنها :

1 -نسبة السكريات في الثمار
2 -نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية TSS .
3 -نسبة الحموضة الكلية % Total acids .
4 -تركيز صبغة الكلوروفيل او الكاروتين او الانثوسيانين في قشور او عصير الثمار .
5 -نسبة المواد الصلبة الذائبة إلى نسبة الحموضة TSS/acid .
6 -تركيز النشأ (خاصة لتحديد نضج المانكو).
7 -قياس نسبة تحلل البكتين الاولي Proto pectin Hydrolysis .
8 -زيادة نسبة الزيت (الزيتون والافوكادو).
9 -زيادة المواد المسؤلة عن ظهور نكهة الثمار كالمواد الايسترية Esters.

ث| -المقاييس الفسلجية Physiological indices :-

تعتمد التغيرات الفسلجية في الثمار خلال النمو والنضج منها :

1 -التنفس.
2 -النقص في مقاومة الثمار للنضج مثل زيادة حساسية الثمار للاثلين وزيادة انتاجة في الثمرة.
3 -التغير في الخواص الفيزيائية للبروتوبلازم : ينحسر السايتوبلازم إلى جهة جدار الخلية ويزداد حجم الفجوة داخل الخلايا وتنحل البلاستيدات.
4 -نقص قابلية تحمل الثمار للخزن في الظروف الغير ملائمة Stress.

ج- المقاييس الحسابية :-
1 - عدد الايام من اكتمال التزهير إلى الحصاد .
2 - عدد الوحدات الحرارية المتجمعة خلال فترة نمو الثمار .

ان المدى الحيوي يقع ضمن درجة حررة (7-30)م^0 لكن هذه المقياس يكون غير دقيق خارج المدى الحيوي (7-30)م^0 وهناك مرحلتين حيويتين في المقاييس هما :

1 - المرحلة الحرجة الاولى خلال 30 – 60 يوم بعد التزهير .

الحرارة المنخفضة خلال هذه الفترة تؤخر نمو ونضج الثمار والحرارة المعتدلة او الدافئة تساعد على تبكير النمو ونضج الثمار.

2 - المرحلة الحرجة الثانية : تكون خلال 20 – 3- يوم قبل الجني الحرارة المنخفضة اقل من الحرارة الحيوية تسرع من نضج الثمار لكن يكون عمرها الخزني قصير او قد تؤدي الحرارة المنخفضة إلى تساقط الثمار لان درجة الحرارة المنخفضة خلال هذه الفترة تحول النشأ إلى سكر وتحلل البكتين مما يؤدي إلى النضج.

التغيرات التي تحدث في الثمار اثناء النضج :-

1 - النشأ يتحول إلى سكر.
2 - البكتين الغير ذائب يتحول إلى ذائب.
3 - تقل الحموضة .
4 - يقل تركيز المواد الفينولية .
5 - المواد القابضة او التانينية تتحلل او تختفي.
6 - يحدث توازن بين السكريات والاحماض العضوية .
7 - تلون لب الثمار .
8 - تزداد حلاوة الثمار نتيجة زيادة السكريات .
9 - يختفي اللون الاخضر وتظهر الالوان الاخرى نتيجة تحلل الكلوروفيل .
10 - يحدث ارتفاع مفاجئ في سرعة التنفس.
11 تكون بعض المواد المتطايره Volatiles.
12 زيادة تركيز صبغات الكاروتين والزانثوفيل والنثوسيانين.
13 تزداد نسبة المواد الصلبة الذائبة .
14 يزداد محتوى الثمار من المادة الجافة.