تأثير مرحلة التكوين والنضج

تتباين مختلف المنتجات فى معدل تنفسها. ويرتبط ذلك بتباينها فى الأجزاء النباتية التى يزرع من أجلها المحصول. فنجد – مثلا – أن معدل التنفس يكون منخفضًا فى النقل والدرنات، بينما الأنسجة التى تتكون من أنسجة ميرستيمية مثل الأسبرجس والبروكولى يكون فيها معدل التنفس عاليًا. ومع اكتمال تكوين الأعضاء النباتية فإنه ينخفض معدل تنفسها. ويعنى ذلك أن المنتجات التى تُحصد خلال فترة نموها النشيط – مثل كثير من الخضر والثمار غير المكتملة التكوين – يكون فيها معدل التنفس عاليًا. أما الثمار المكتملة التكوين والبراعم الساكنة وأعضاء التخزين فيكون معدل التنفس فيها منخفض نسبيًا.

وبعد الحصاد نجد أن معدل التنفس ينخفض، ويكون ذلك الانخفاض بطيئًا فى الثمار غير الكلايمكتيرية وفى أعضاء التخزين، وسريعًا فى الأنسجة الخضرية والثمار غير المكتملة التكوين. ويفترض أن التناقص السريع فى معدل التنفس يعكس استهلاكًا للمواد العضوية اللازمة للتنفس، وهى التى تكون بطبيعتها منخفضة التركيز فى مثل تلك الأنسجة. ويشذ عن قاعدة التناقص فى معدل التنفس بعد الحصاد الزيادة التى تكون أحيانًا سريعة جدًا فى معدل التنفس فى الثمار الكلايمكتيرية. وتجزأ تلك الزيادة على أربع مراحل مميزة. هى: التناقص قبل الكلايمكتيرى، والارتفاع الكلايمكتيرى، والقمة الكلايمكتيرية، والتناقص بعد الكلايمكتيرى (عن Saltveit ٢٠٠٤أ).

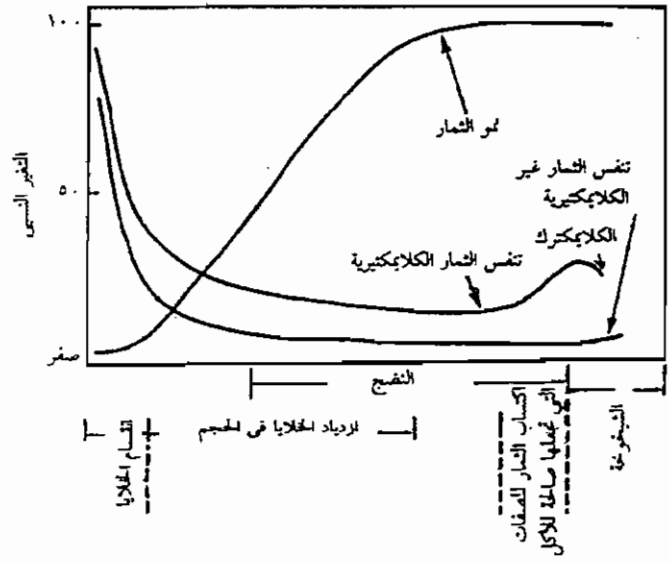
ظاهرة الكلايمكترك

اكتشف Kidd & West ظاهرة الكلايمكتريك Climacteric أثناء دراستهما للتغيرات فى معدل تنفس ثمار التفاح عند نضجها، فقد لاحظا أن ثمار التفاح تمر بثلاث مراحل كالتالى:

١– فى المرحلة الأولى يحدث انخفاض طفيف فى معدل التنفس، يستمر – تدريجيًا

– مع كبر حجم الثمار. حتى تصل إلى أكبر حجم لها. ويطلق على هذه المرحلة اسم "ما قبل الكلايمكتريك" Preclimacteric Stage.

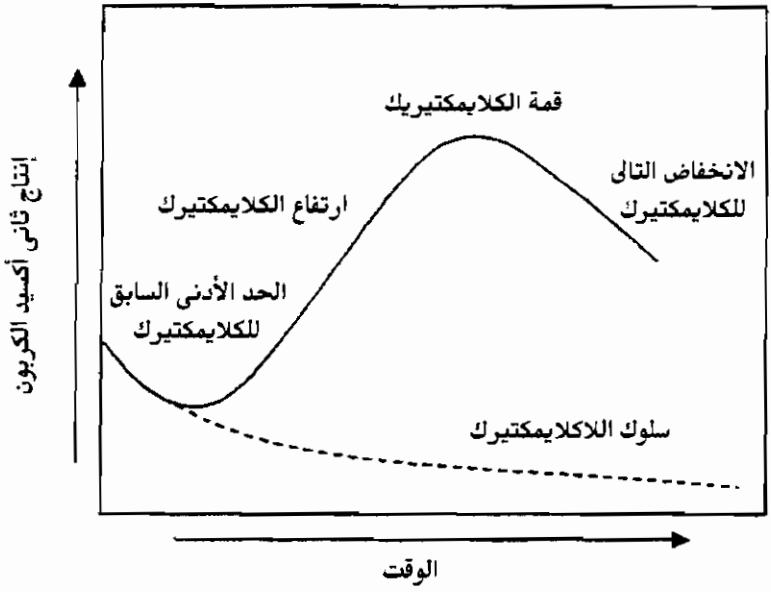
٢– تبدأ المرحلة الثانية بعد وصول الثمار إلى أكبر حجم لها، وتستمر أثناء نضجها. ويحدث أثناءها ارتفاع حاد فى معدل التنفس يصل إلى أقصاه عند اكتمال نضج الثمار. ويطلق على هذه المرحلة اسم "الكلايمكتريك"، أو "ذروة التنفس" Climacteric Stage (أشكال ٤–١أ، و ٤–١ ب. و ٤–١ جـ).



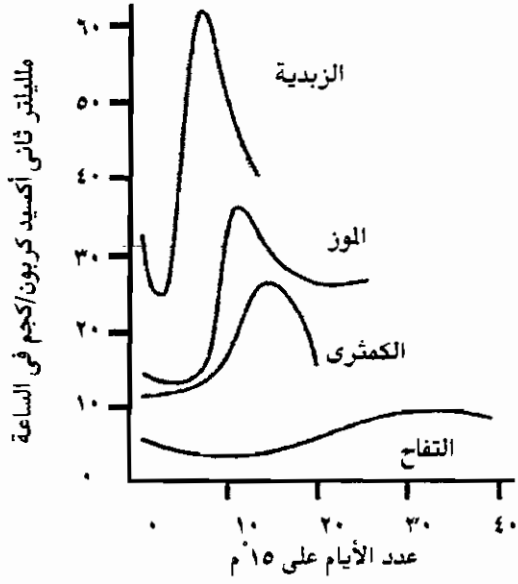
شكل (٤–١ أ): نمو وتنفس الثمار الكلايمكتيرية وغير الكلايمكتيرية أثناء تكوينها ونضجها (عن Wills وآخرين ١٩٨١).

وتقسم الثمار حسب التغيرات التى تلاحظ فى معدل التنفس بها بعد القطف إلى قسمين:

١– ثمار تحدث فيها ظاهرة الكلايمكتريك، وتسمى الثمار الكلايمكتيرية Climacteric Fruits، ومن أمثلتها: التفاح. والتين، والكمثرى، والمشمش، والخوخ، والبرقوق، والزبدية، والمانجو، والموز، والباباظ، والسابوتا، والبشملة، والطماطم، والقاوون – خاصة الكنتالوب – وكيزان العسل. والجوافة. والكيوى، والنكتارين. والكاكى.



شكل (٤–١ ب): المنحنى الكلاسيكى المعروف لتنفس الثمار الكلايمكتيرية وغير الكلايمكتيرية قبل مرحلة الكلايمكترك مباشرة، وأثناءها، وبعدها مباشرة.



شكل (٤–١ جـ): تباين منحنى الكلايمكتيرك التنفسى باختلاف الثمار.

٢- ثمار غير كلايمكتيرية Non-Climacteric Fruits: لا يلاحظ بها تغيرات كبيرة فى معدل التنفس بعد القطف. ومن أمثلتها: الكريز، والزيتون. والعنب، والفاصوليا الخضراء، والموالح، والأناناس. والفراولة، والخيار، والفلفل، والباذنجان. والبلوبرى. والكاجو، والجريب فروت، والزيتون، والبطيخ.

ويعطى جدول (٤-٣): قائمة مطولة بالثمار الكلايمكتيرية وغير الكلايمكتيرية وأسمائها العلمية (عن Watkins ٢٠٠٢).

كما يبين شكل (٤-٢) التغيرات فى كل من إنتاج الإثيلين وثانى أكسيد الكربون. والصلابة، ومحتوى الإثيلين فى ثمار الطماطم (وهى كلايمكتيرية) خلال مختلف مراحل تكوينها من قبل اكتمال التكوين حتى مرحلة النضج الأحمر (عن Srivastava ٢٠٠٢).

وبرغم صحة هذا التقسيم من حيث التغيرات الملاحظة فى معدل التنفس بعد القطف، إلا أنه يمكن القول بأن ظاهرة الكلايمكتريك تحدث فى جميع الثمار اللحمية (اللبية) إذا قطفت بعد اكتمال نموها مباشرة، لكن ما يحدث هو أن بعض الثمار — كالخيار، والكوسة، والباذنجان — تقطف قبل وصولها إلى أقصى حجم لها؛ فلا تحدث بها الظاهرة؛ لأنها لا تنضج نباتيًا بعد القطف. والبعض الآخر يقطف بعد اكتمال نموه. ولكنه يستهلك قبل نضجه نباتيًا، كالفلفل، فلا تلاحظ به الظاهرة، كما أن بعض الثمار تقطف بعد اكتمال نضجها؛ فتكون ظاهرة الكلايمكتريك قد حدثت بها قبل القطف. كما فى العنب، والتين، والفراولة.

جدول (٤-٣): أنواع الحاصلات البستانية الثمرية الكلايمكتيرية وغير الكلايمكتيرية.

الاسم العادى		الاسم العلمى
أولاً: الثمار الكلايمكتيرية		
التفاح	Apple	*Malus pumila* Mill.
المشمش	Apricot	*Prunus armeniaca* L.
الكمثرى الآسيوية	Asian Pear	*Pyrus serotina* Rehder

تابع جدول (٤–٣).

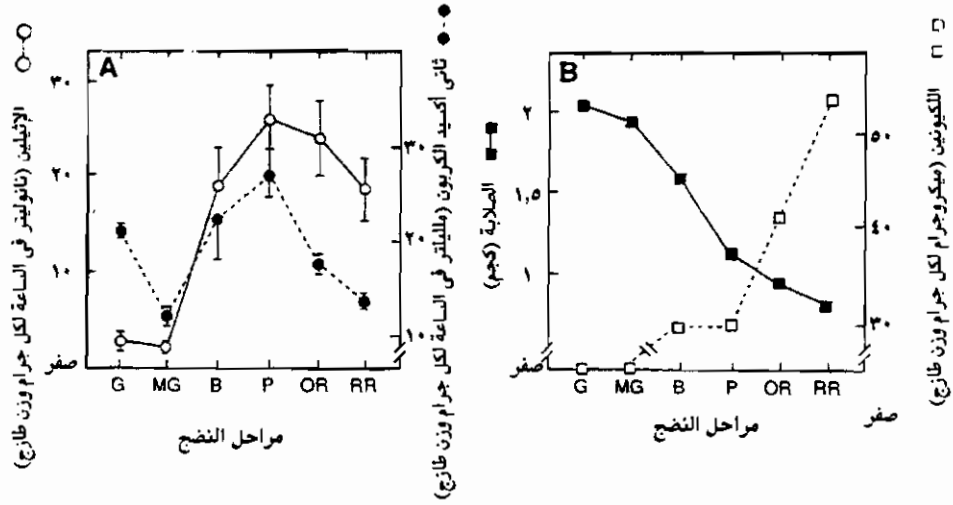
الاسم العادى		الاسم العلمى
Atemoya		*Annona squamosa* × *cherimola*
Avocado	الأفوكادو	*Persea americana* Mill.
Banana	الموز	*Musa* L.
Biriba		*Rollinia deliciosa* Safford
Bitter melon	الشمام المر	*Momordica charantia* L.
Blueberry. Lowbush		*Vaccinium angustifolium* Ait.
Blueberry. Highbush		*Vaccinium corymbosum* L.
Blueberry. Rabbiteye		*Vaccinium ashei* Reade
Bread fruit	ثمرة الخبز	*Arcocarpus altilis* (Parkins) Fosb.
Cantaloupe	الكنتالوب	*Cucumis melo* L. Cantalupensis group
Cherimoya		*Annona cherimola* Mill.
Corossol sauvage		*Rollinia orthopetala* A. DC.
Dates	البلح	*Phoenix dactylifera* L.
Durian		*Durio zibethinus* Murray
Feijoa		*Feijoa sellowiana* O. Berg.
Fig	التين	*Ficus carica* L.
Goldenberry		*Physalis peruviana* L.
Guava	الجوافة	*Psidium guajava* L.
Guava, 'Purple Strawberry'		*Psidium littorale* var. *longipes* (O. Berg.) Fosb.
Gauava, 'Strawberry'		*Psidium littorale* Raddi.
Guava, 'Yellow Strawberry'		*Psidium littorale* var. *littorale* Fosb
Honey Dew	شهد العسل	*Cucumis melo* L. Inodorus group
Jujube		*Ziziphus sativa* Mill
Kiwifruit, Chinese gooseberry		*Actinidia deliciosa* (A Chev) C. F. Liang et A. R. Ferguson var. *deliciosa*

تابع جدول (٤-٣).

الاسم العادى		الاسم العلمى
Mammee apple		*Mammea americana* L.
Mango, common	المانجو	*Mangfera indica* L.
Mango, African		*Irvingia gabonensis* Baillon & Irvingiaceae
Oil rape	لفت الزيت	*Brassica napus* L.
Papaw		*Asimina triloba* (L.) Dunal.
Papaya	الباباظ	*Carica papaya* L.
Passion fruit		*Passiflora edulis* Sims
Peach	الخوخ	*Prunus persica* (L.) Batsch
Pear, European	الكمثرى الأوروبية	*Pyrus communis* L.
Pear, Chinese		*Pyrus bretschneideri* R.
Persimmon	الكاكى	*Diospyros kaki* L.
Plum	البرقوق	*Prunus americana* Marsh.
Rasberry	الراسبرى	*Rubus idaeus* L.
Sapote	السابوتة	*Casimiroa edulis* Llave
Saskatoon		*Amelanchier alnifolia Nutt.*
Soursop		*Annona muricata* L.
Sweetsop, sugar apple		*Annona squamosa* L.
Tomato	الطماطم	*Solanum lycopersicum* L.
ثانيًا: الثمار غير الكلايمكتيرية		
Asian pear		*Pyrus serotina* Rehder
Blackberry	البلاكبرى	*Rubus* L.
Cacao	الكاكاو	*Theobroma cacao* L.
Cactus pear		*Opuntia amyclaea* Tenore
Carambola		*Averrhoa carambola* L.
Cashew	الكاجو	*Anacardium occidentale* L.
Chery, sour	الكريز الحمضى	*Prunus cerasus* L.

تابع جدول (٤-٣).

الاسم العادى		الاسم العلمى
Cherry, sweet	الكريز الحلو	*Prunus avium* L.
Cucumber	الخيار	*Cucumis sativus* L.
Grape	العنب	*Vitus vinifera* L.
Grape fruit	الجريب فروت	*Citrus paradisi* Macf.
Java plum		*Syzygium cumini* (L.) Skeels
Lemon	الليمون الأضاليا	*Citrus jambhiri* Lush.
Litchi (lychee)		*Litchi chinensis* Sonn.
Loquat		*Eriobotrya japonica* Lindl.
Mountain apple		*Syzygium malaccense* (L.) Merrill & Perry
Olive	الزيتون	*Olea europaea* L.
Orauge	البرتقال	*Cirus sinensis* (L.) Osb.
Pepper	الفلفل	*Capsicum annuum* L.
Pineapple	الأناناس	*Ananas comosus* (L.) Merr.
Pitaya, yellow		*Selenicereus megalanthus* Scum. Ex. Vaupel
Pomegranate	الرمان	*Punica granatum* L.
Rambutan		*Nephelium lappaceum* L.
Rasberry	الراسبرى	*Rubus idaeus* L.
Rose apple		*Syzygium jambos* (L.) Alston
Satsuma nandarin	يوسفى تزوما	*Citrus reticulata* Blanco
Star apple		*Chysophyllum cainito* L.
Strawberry	الفراولة	*Fragaria ×ananassa* Duch.
Strawberry, wild		*Fragaria vesca* L.
Surinan cherry		*Eugenia uniflora* L.
Tamarillo	شجرة الطماطم	*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendtu
Watermelon	البطيخ	*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.



شكل (٤-٢): التغيرات التى تحدث فى ثمار الطماطم من قبل اكتمال تكوينها وحتى اكتمال نضجها فى كل من (A) إنتاج الإثيلين ومعدل التنفس (إنتاج ثانى أكسيد الكربون)، و (B) الصلابة ومحتوى الليكوبين.

طرق قياس معدل التنفس

بخلاف الماء الذى يفقد أثناء التنفس — والذى يتوفر فى الأنسجة الطازجة بكميات كبيرة — فإن معدل التنفس يمكن قياسه بتقدير معدل استهلاك أى من المواد الأولية المستعملة فى التنفس أو معدل فقد الأكسجين، أو معدل إنتاج ثانى أكسيد الكربون، أو معدل إنتاج الطاقة. وأكثر الطرق شيوعًا هى تقدير معدل إنتاج ثانى أكسيد الكربون إما بنظام استاتيكى أو ديناميكى.

ففى النظام الاستاتيكى يوضع المنتج فى حيز غير منفذ للهواء وتؤخذ عينات من الهواء بعد أن يكون قد تراكم ثانى أكسيد الكربون بقدر كاف لتقديره بدقة بأى من الأجهزة المستخدمة لهذا الغرض (مثل الـ gas chromatograph، أو الـ infrared CO_2 analyzer). وإذا ما كان الحيز الذى يوضع فيه المنتج محكم الإغلاق، فإن ثانى أكسيد الكربون يجب أن يزداد تركيزه خطيًّا مع الوقت. وبضرب التغير المشاهد فى التركيز فى