دور الإتيلين في مرحلة ما بعد القطاف

الإيتلين (C_2H_4) هو أبسط المركبات الهيدروكربونية التي تؤثر في العمليات الحيوية والفسيولوجية بالحاصلات البستانية بعد الجمع . وهو ناتج طبيعي لعمليات البناء وتبادل المواد ويؤثر على نمو وتطور ونضج وشيخوخة الحاصلات البستانية وتأثيره قد يكون ضاراً لزيادة سرعة وصول الثمار إلى مرحلة الشيخوخة وتقليل فترات التخزين . وفي بعض الأحيان تأثيره مفيداً في تحسين الجودة والحصول على نضوج سريع ومنتظم قبل تجهيز الثمار للتسويق.

خواص الإتيلين:

- الإيتلين تنتجه الثمار خاصة في مرحلة النضج .وأثبتت الدراسات بأن معظم الإيثلين في النباتات يتكون عن طريق تمثيل الحامض الأميني "ميثايونين" في مجال حيوي يمر عبر بعض المركبات
- تختلف الحاصلات البستانية في كمية انتاج الإتلين، والثمار الكلايمكتيرية تنتجه بكميات كبيرة كما تختلف في التركيز الداخلي للإتيلين والذي يزداد بالثمار الكلايمكتيرية .
- يوجد ارتباط كبير بين شدة التنفس وشدة إنتاج الإيثلين في الثمار المختلفة حيث يحدث ارتفاع مفاجئ في إنتاج الإيثلين في الثمار الكلايمكتيرية مرتبط بالارتفاع المفاجئ في معدل التنفس.

أهم التأثيرات العامة للإيتلين في الحاصلات الزراعية :

– ينشط ويسرع من حدوث ظاهرة الكلايمكتريك في الثمار .
– يسرع من فقد صبغة اليخضور "الكلوروفيل" خاصة في محاصيل الخضر الورقية .
– يسبب فقدان لون الأزهار وتساقط البتلات .
– يمنع أو يقلل من تزريع بعض محاصيل الخضر الدرنية والبصلية .
– يشجع تكوين طبقة الانفصال في الثمار .

إنتاج بعض الحاصلات البستانية للإيثلين
ميكرو لتر/كغ/ساعة في درجة حرارة (٢٠°م)

المستوى	الكمية المنتجة	المحصول
منخفض جداً	٠,٠١ – ٠,١	البرتقال – الليمون – العنب – الفريز – الرمان – الخضر الورقية- الخضر الدرنية – البطاطا – الكرز
منخفض	٠,١ – ١,٠	الخيار – البامية – الفليفلة – الكاكي – الكيوي
متوسط	١,٠ – ١٠,٠	الموز – التين – البندورة – المانجو
مرتفع	١٠,٠ – ١٠٠,٠	التفاح – الدراق – الخوخ – المشمش – الزيدية – الأجاص – الشمام

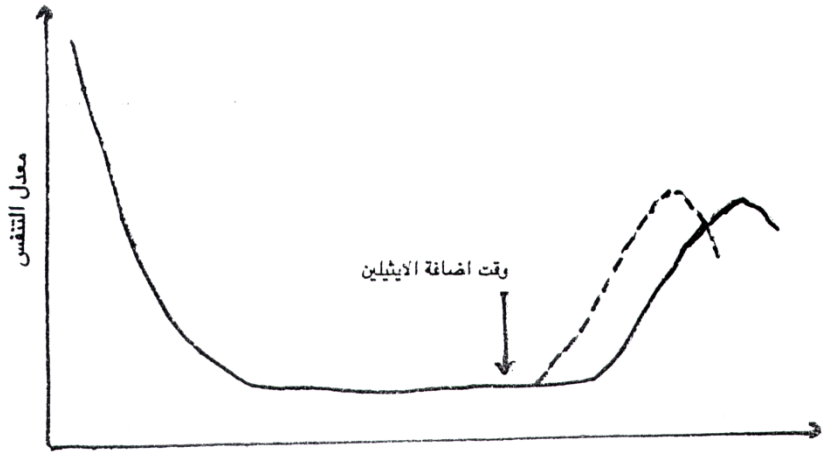
تأثير إضافة الإيثلين على الثمار :

أوضحت جميع الأبحاث أن كل الثمار تنتج كميات بسيطة من الإيثلين خلال فترة النمو ولكن وبالتوافق مع مرحلة النضج . في الثمار الكلايمكتيرية يرتفع معدل إنتاج الإيثلين بينما لا تحدث زيادة في إنتاج هذا الغاز في الثمار غير الكلايمكتيرية.

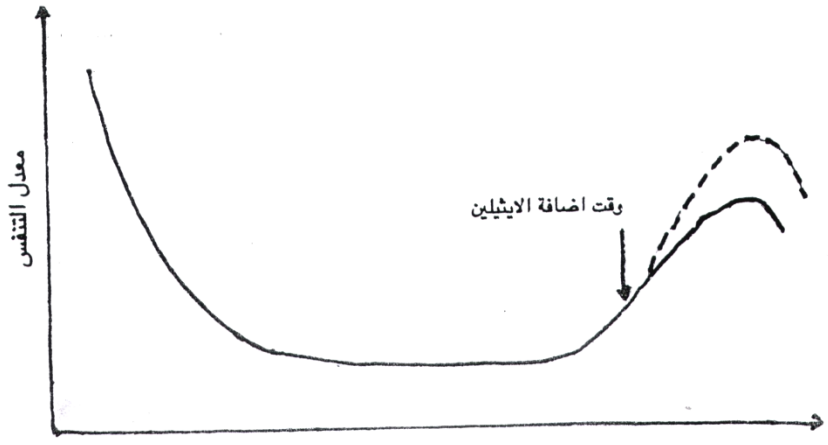
وتتأثر الثمار الكلايمكتيرية بإضافة الإيثلين ويختلف هذا التأثير باختلاف وقت الإضافة كما يلي:

أولاً : إذا أضيف الإيثلين قبل حدوث ظاهرة الكلايمكتيريك (بعد طور اكتمال النمو) فإنه يبكر في حدوثها بعدة أيام . إلا أنه لا يكون له تأثير على قمة الكلايمكتيريك . الشكل (١٠-٢)
ثانياً : إذا أضيف الإيثلين بعد بداية الكلايمتيريك ولكن قبل الوصول إلى الذروة (الحد الأقصى) فإنه يؤدي إلى ارتفاع الحد الأقصى (قمة) الكلايمكتيريك . الشكل (١٠-٢) .
ثالثاً : إذا أضيف الإيثلين بعد الوصول إلى ذروة الكلايمكتيريك فإن تأثيره يكون معدوماً على مستوى شدة التنفس .

أما في حالة الثمار غير الكلايميترية فإن المعاملة بالإيثلين تعطي تأثيرات وقتية فقط أي أن معدل التنفس يرتفع فقط وقت المعاملة فقط ويعود إلى المستوى الذي كان عليه عند وقف المعاملة بالإيثلين .



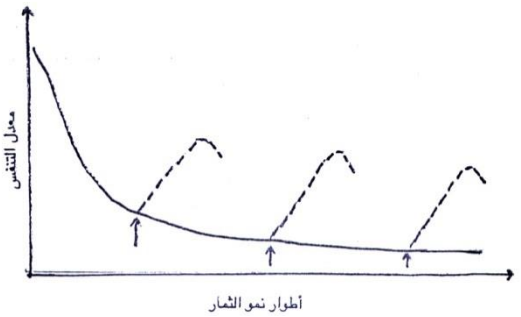
أ



ب

الشكل (١٠-٢) آ : أطوار نمو الثمار : يوضح أن إضافة الإيثلين قبل بدء الكلايمكتيريك يؤدي للإسراع بها

الشكل (١٠-٢) ب : يوضح أن إضافة الإيثلين بعد بدء الكلايمكتيريك يؤثر على الحد الأقصى للكلايمتريك



تأثير إضافة الإيتلين للثمار غير الكلايمكتيرية (ج) الإيثلين كهرمون لنضج الثمار :

إن أفضل الظروف المستخدمة تجارياً للحصول على نضج جيد هي :

- درجة الحرارة (١٨-١٥°م) – الرطوبة النسبية (٩٠-٩٥%) – تركيز الإيثلين (١٠-١٠٠) جزء بالمليون – فترة التعريض (٢٤-٧٢) ساعة حسب نوع الثمار – حركة الهواء يجب أن تكون مناسبة لتوزيع الإيثلين في غرف الإنضاج – التهوية كافية لمنع تراكم ثاني أكسيد الكربون .

العوامل التي تؤثر على إنتاج الإيثلين :

– العمر الفسيولوجي : كما سبقت الإشارة فإن الزيادة في إنتاج الإيثلين تكون مصاحبة للنضج

– درجة الحرارة : كلما ارتفعت درجة الحرارة ازداد معدل إنتاج الإيثلين

– تأثير الأكسجين : الأكسجين ضروري لاستمرار الإنتاج الحيوي للإيثلين وكلما قل تركيز الأكسجين حول الثمار قل إنتاج الإيثلين

– تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 : ينافس غاز CO_2 فعل الإيثلين أي أن زيادة تركيز غاز CO_2 حول الثمار يحد من غاز

– الضوء : وجدت الدراسات أن الضوء يزيد من إنتاج الإيثلين إلا أن التأثير ليس بدرجة كبيرة.

- الأضرار الخارجية : وهذه تشمل الأضرار الميكانيكية والإصابات الحشرية والمرضية والأشعة الشمسية كلها تزيد من معدل الإيثلين

– وجود المواد المثبطة : يوجد العديد من المواد التي تعمل على تثبيط عملية إنتاج الإيثلين ومن أهم هذه المواد : نترات الفضة وأمينو فينيل جليسين (AVG) – أمينو أوكسي حمض الخليك (AOA) – ثيوسلفات الفضة (STS) .

الاستعمالات المفيدة للإيثلين في مجال فسيولوجيا ما بعد القطف :

١ – الإنضاج الصناعي لبعض الثمار مثل التفاح – الإجاص – الموز – البندورة وغيرها .

٢ – التلوين الصناعي لبعض الثمار التي لا تصل إلى اللون المطلوب لعدم توفر الظروف المناسبة مثل تلوين ثمار الحمضيات .

٣ – استعماله في المساعدة في جمع بعض الثمار مثل الزيتون وثمار بعض أنواع الفاكهة لغرض التصنيع باستعمال مركبات تنتج الإيثلين مثل الاثيفون والألسول حيث تسرع من تكوين طبقة الانفصال

طرق التخلص من الإيثلين :

هناك طرق لمنع تراكم الإيثلين ومنع تأثيراته المسيئة منها :

١ – منع تخزين المحاصيل التي تنتج كميات كبيرة من الإيثلين مع المحاصيل الحساسة للإيثلين

٢ – عدم تخزين الثمار الناضجة مع الثمار غير الناضجة

٣ – تهوية المخازن لمنع تراكم الإيثلين إلى تركيزات مؤثرة في وسط التخزين .
٤ – استعمال مواد تمنع فعل الإيثلين مثل نترات الفضة أو استعمال مواد تمنع تكوينه مثل مركبات الآلار – مركب (AVG) ومركب (AOA) .
٥– استعمال مواد تمتص أو تؤكسد الإيثلين بعد تكوينه مثل :
– الفحم النشط – الأوزون (O_3) - برمنغنات البوتاسيوم تؤكسد الإيثلين . وتستعمل هذه الطريقة على نطاق واسع كونها سهلة الاستعمال وأثبتت نجاحاً في الحماية من ضرر الإيثلين في ثمار مختلفة أهمها التفاح – الموز .

الإنضاج الصناعي

تهدف معظم معاملات تداول وإعداد الحاصلات البستانية بعد القطاف إلى إبطاء عمليات النضج وتأخير حدوث الشيخوخة وإطالة بقاء المحصول بحالة جيدة في المخازن . إلا أنه تستدعي الحاجة أحياناً إلى الإسراع في إنضاج بعض المحاصيل صناعياً للإسراع في إيصال حالة الثمار إلى الشكل الصالح للاستهلاك. والإنضاج الصناعي هو عبارة عن تحفيز الأنزيمات وتنشيط العمليات الحيوية داخل الثمار لإحداث التغيرات اللازمة للنضج ، بهدف الوصول إلى حالة اكتمال نضج الثمار وبالتالي اكتساب الثمرة مواصفاتها الاستهلاكية والتسويقية المميزة وتصبح مناسبة للاستهلاك المباشر . حيث تتلون الثمرة وتصبح أكثر ليونة وتزداد نسبة السكريات وينخفض تركيز المواد القابضة وغير ذلك من التغيرات المرغوبة استهلاكياً .

وتجري هذه العملية عادة على الثمار التي اكتمل نموها والتي لم تكتسب بعد مواصفاتها الاستهلاكية المناسبة وغالباً ما تتم هذه العملية على الثمار الكلايمكيزية التي يمكن لها متابعة النضج بعد قطافها عند انتهاء طور اكتمال النمو .

ويحقق الإنضاج الصناعي العديد من الأغراض :

١ – التسويق المبكر : حيث يمكن قطف بعض الثمار وإنضاجها صناعياً للاستفادة من الأسعار المرتفعة في بداية الموسم . لأن إنضاج الثمار صناعياً يسرع من وصولها إلى الحالة الصالحة للاستهلاك وذلك بفقد اللون الأخضر وظهور الألوان المميزة للنوع والصنف وهذا يؤدي إلى تسويقها مباشرة في أوقات مبكرة .

٢ – تنظيم التسويق : حيث يمكن تنظيم تسويق بعض الثمار من حيث العرض والطلب وذلك بجمع الثمار في مرحلة اكتمال النمو وهي خضراء تقريباً ثم تخزينها وإنضاجها صناعياً فيما بعد وإمداد السوق بكميات محددة منضجة وحسب الطلب عليها

٣ – تسهيل عمليات الشحن : عند شحن الثمار لمسافات فإنه يمكن قطف الثمار في مراحل مبكرة بعد اكتمال النمو حتى تتحمل عمليات التداول والإعداد والنقل كون الثمار الخضراء ذات صلابة جيدة وأعلى من الثمار الناضجة ويمكن بهذه الحالة نقلها لمسافات طويلة أو تصديرها بعد توضيبها ، وبعد وصولها إلى أماكن التسويق يتم إنضاجها صناعياً هناك ومن أمثلة هذه الثمار : الموز – البندورة – المانجو – الأفوكادو .

٤ – اختصار عدد مرات الجمع : يتعذر أحياناً جمع الثمار في وقت واحد نظراً لعدم نضجها في نفس الوقت وهذا يلاحظ حتى على الشجرة الواحدة حيث تكون الثمار بدرجات مختلفة من النضج بحسب موقعها على الشجرة مما يستدعي جمع الثمار على دفعات ويمكن التغلب على

هذه المشكلة وذلك بجمع الثمار دفعة واحدة وفرز غير الناضج منها وإنضاجها صناعياً ويمكن الاستفادة من هذه الطريقة في عمليات الجمع الآلي .

٥ – تحسين صفات الجودة في الثمار : يعمل الإنضاج الصناعي على تحسين الخصائص الذوقية وصفات الجودة كالطعم واللون والرائحة والنكهة بالنسبة لبعض الثمار مثل : الموز والبندورة ، فالثمار الناضجة على نباتات الموز تكون أقل جودة من الثمار الناضجة صناعياً

٦ – إكساب الثمار المنظر الجذاب : مثل معاملة أعناق الكرفس ومهاميز الهليون بالإتيلين لإزالة اليخضور فتظهر بيضاء جذابة كما أنه يكتمل تلون ثمار البندورة الناضجة صناعياً باللون الأحمر المرغوب . وتعامل أحياناً ثمار الحمضيات الخضراء والتي لم تتلون نتيجة للظروف الجوية غير الملائمة بالإتيلين الذي يعمل على تلونها .

طرق الإنضاج الصناعي :

- الطرق الميكانيكية :

وهي من الطرق القديمة وتتمثل في إحداث خدوش أو جروح بسيطة في الثمار مثل ضرب الثمار بأفرع شائكة مما يسرع من نضج الثمار والأساس في هذه الطريقة أن الأذى الميكانيكي يشجع وينشط الأنزيمات وبالتالي تنشيط التفاعلات الحيوية وزيادة تنفس الثمار وزيادة إنتاج الإتيلين حيث تتراكم منه كمية كافية لإحداث النضج وتستعمل هذه الطريقة لإنضاج البلح .

-استخدام بعض المواد الكيميائية :

وهي طريقة قديمة تستخدم فيها بعض المحاليل الكيميائية لإنضاج بعض أنواع الثمار مثل :

- معاملة ثمار الكاكي بالكحول أو الخل أو محلول الجير .
- معاملة بعض أصناف البلح بالخل أو حامض البنزيوك أو بنزوات الصوديوم أو خلات الصوديوم أو بمعاملتها بمحلول ملحي بارد أو ساخن . أو بالمعاملة بحمض الأكساليك .

-استخدام الحرارة والرطوبة :

يمكن الإسراع في إنضاج عدد كبير من الثمار بتعريضها لدرجات حرارة ورطوبة مرتفعة ويمكن تحقيق ذلك بطرق عدة مثل :

١ – **الكمر :** وهي من الطرق المستخدمة قديماً في إنضاج الثمار ويتم فيها وضع الثمار في نشارة الخشب أو القش أو التبن أو الحشائش الجافة أو غير ذلك وضمن أوعية كالصناديق أو تغطى بالورق لعدة أيام بهدف الاحتفاظ بدرجة الحرارة الحيوية التي تطلقها الثمار نتيجة لعملية التنفس . فتزداد درجة الحرارة حول الثمار ويزداد إنتاج غاز الإتيلين من الثمار مما يؤدي إلى التسريع في نضجها . وتستخدم هذه الطريقة بنجاح للكثير من الثمار مثل التفاح والإجاص والموز والبندورة وخاصة في المنازل .

٢ – **استخدام المواقد :** وفيها تستخدم مواقد الكيروسين أو مواقد الفحم داخل غرف الإنضاج ويرجع تأثيرها في إسراع نضج الثمار إلى تأثير درجة الحرارة المرتفعة حول الثمار إضافة لتأثير الغازات الهيدروكربونية المشبعة ضمن غازات الاحتراق وخاصة غاز الإتيلين . ولبساطة هذه الطريقة وسهولتها فهي ما تزال منتشرة على نطاق تجاري محدود .

٣ – **غرف الإنضاج الخاصة :** تستخدم غرف إنضاج خاصة لإنضاج بعض أنواع الثمار حيث يمكن التحكم بدرجة حرارة الغرفة ما بين (٢٠-٢٥°م) وبوجود رطوبة نسبية قدرها (٩٠-٩٥%) وعادة تستخدم الطاقة الكهربائية لرفع درجة حرارة غرفة الإنضاج .

- استخدام الغازات :

أهم الغازات المستعملة هي : غاز الإيتيلين وغاز الأستيلين حيث تجري معاملة الثمار بالغازات في غرف إنضاج خاصة

آ – استخدام غاز الإتيلين بالإنضاج :

تستخدم لهذا الغرض غرف خاصة يدفع فيها الغاز لفترة معينة وتركيز محدد يعتمد على نوع وصنف الثمار . ويكثر استخدام الإيتلين في إنضاج ثمار الموز والبندورة وإزالة اللون الأخضر من ثمار الحمضيات . ويجب التحكم في درجة الحرارة والرطوبة في غرف الإنضاج وعادة ما تتراوح ما بين (١٨-٢٢°م) والرطوبة النسبية بين (٨٥-٩٥%) . وإضافة إلى استعمال الإيتلين في صورته الغازية يمكن معاملة الثمار ببعض المحاليل التي تطلق غاز الإيتلين عند تحللها مثل الإيثيفون Ethephon أو الألسول . كما يمكن استخدام مركبات لها نفس تأثير الإيتيلين مثل الأستيلين والبروبيلين إلا أنه يلزم استخدام تركيزات عالية حتى يمكن الحصول على التأثير المناسب مقارنة بتركيز غاز الإيتلين فمثلاً يلزم تركيز ١٢٥٠٠ جزء بالمليون من الأستيلين لإحداث نفس التأثير الذي يحدثه واحد جزء بالمليون من الإيتلين وعملياً يحضر الأستيلين بتفاعل كربيد الكالسيوم مع الماء .

ب – استخدام غاز الأستيلين (CH=CH) :

وهو غاز كربوني غير مشبع عديم اللون يستعمل بنجاح لإنضاج ثمار الموز والحمضيات والأناناس والخوخ ويستعمل بتركيز أعلى من الإيتلين ويؤثر في الثمار بشكل مماثل لتأثير الإيتلين ولكن بفعالية أقل

وعيب هذا الغاز أنه قابل لاشتعال وبالتالي هناك خطورة في استخدامه وقد يتسبب عنه انفجار في حجرات الإنضاج .

خامساً : استخدام منظمات النمو في الإنضاج :

يمكن تسريع نضج بعض الثمار باستخدام منظمات النمو مثل مركبات الفينوكسي (2 , 4 – D) و(2,4,5-T) ومادة نفتالين حمض الخليك (نفتالين استيك أسيد) بتركيز (١٠٠-١٠٠٠جزء/مليون) تبعاً للنوع والصنف ودرجة النضج وذلك بغمس الثمار بعد القطف في محلول المادة المنظمة للنمو لمدة محدودة لتشجيع إنتاج الإيتلين الذي يقوم بدوره بتسريع النضج.

لا بد من التفريق بين الإنضاج الصناعي والتلوين الصناعي والذي هو عبارة عن إضافة لون إلى الثمار كمعاملة إضافية أثناء عمليات الإعداد والتجهيز ، وتستخدم لذلك مركبات لونية نباتية تستخرج من بعض أنواع النباتات كتلوين ثمار الحمضيات في بعض البلدان حيث أن ثمار البرتقال لا تكتسب اللون البرتقالي المميز لها طبيعياً نتيجة العوامل البيئية والظروف الجوية أثناء فترة تلوين ونضج الثمار وبذلك تظهر الثمار من الخارج كأنها غير ناضجة بينما تكون في الواقع مكتملة النضج من حيث نسبة السكريات إلى الأحماض وغيرها من مؤشرات النضج والصلاحية الاستهلاكية. علماً بأنه يمكن أن تستخدم تقنية الإنضاج الصناعي باستخدام الإيتلين لإزالة اللون الأخضر وتلوين ثمار الحمضيات دون تأثير على نضج الثمار المعاملة .

جدول (١٠-٣) أنسب ظروف الإنضاج باستعمال الإيثلين لبعض الحاصلات البستانية

المحصول	تركيز الإيثلين PPM	درجة الحرارة م°	الرطوبة النسبية %	المدة اللازمة للإنضاج
الموز	١٠٠٠	٢٢-١٨	٩٥-٩٠	يومان أو أكثر
الإجاص	١٠٠٠	٢٧-٢٢	٩٠	٤-٨ أيام
التمر	١٠٠٠	٢٢-١٨	٩٠	٥-٦ أيام
المانجو	١٠٠٠	٢٢-١٨	٩٥-٩٠	٣-٤ أيام
الزبدية	١٠٠٠	٢٢-١٨	٩٥-٩٠	٢-٣ أيام
البرتقال	١٠٠٠-٥٠٠	٣٢-٢٧	٩٠	٣-٥ أيام
الليمون	١٠٠٠-١٠٠	٢٢-١٨	٨٥-٨٠	٣-٤ أيام
البندورة	١٠٠٠-٢٥٠	١٨	٩٠-٨٥	٣-٤ أيام

جدول (١٠-٤) : برنامج إنضاج ثمار الموز باستعمال غاز الإيثلين

الأيام المرغوب إنضاج الثمار خلالها	درجة الحرارة م°							
	اليوم الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	الساد س	السابع	الثامن
٣	١٩	١٩	١٩					
٤	١٨	١٨	١٥,٥	١٥,٥				
٥	١٦,٥	١٦,٥	١٦,٥	١٦,٥	١٥,٥			
٦	١٦,٥	١٦,٥	١٥,٥	١٥,٥	١٥,٥	١٤,٥		
٧	١٥,٥	١٥,٥	١٥,٥	١٥,٥	١٥,٥	١٤,٥	١٤,٥	
٨	١٤,٥	١٤,٥	١٤,٥	١٤,٥	١٤,٥	١٤,٥	١٤,٥	١٤,٥