

# غاز الأيثيلين

## ETHYLENE

### مقدمة تاريخية :

من الجدير بالذكر أن هذا الغاز يعتبر أقدم منظم للنمو عرف حتى الآن. وتأثير هذا الغاز على النبات عرف منذ زمن قديم كما سيلي شرحه ولكن للتحقق من أهميته كمنظم للنمو عرفت حديثا نسبيا عام ١٩٦٢. وبداية التعرف على أهمية الايثيلين ما لاحظة العالم الألماني Girardin سنة ١٨٦٤ في برلين حيث أن تسرب غاز الإضاءة illuminating gas وهو يحتوى على كمية قليلة من الايثيلين يسبب ضرر للأشجار المزروعة على جانبي الطريق. وبعد ذلك وضح عالم النبات الروسى Neljubow أن غاز الأيثيلين يؤثر على إنتحاء الجذور ويغير من اتجاهها فى البسلة. كما وضح أن أهم مكون فى غاز الإستصباح ينظم نمو النبات هو الايثيلين وله تأثير على إنبات البادرات مثل بادرات البسلة حيث وجد أن تعريض هذه البادرات للايثيلين يسبب قصر فى نمو الساق أى السوقة الجنينية العليا وأيضا غلظ فى الساق أى السوقة الجنينية العليا وأن الساق تنمو أفقيا بدلا من نموها رأسيا وقد سمى هذه الحالة بالاستجابة الثلاثية triple response of ethylene للأيثيلين.

ويعتبر Knight وآخرون سنة ١٩١٠ أول من أثبتوا حدوث ظاهرة epinasty فى النبات. فى سنة ١٩١٠ أيضا أوضح Cousins أن ثمار البرتقال تنتج غاز يساعد على سرعة نضج ثمار الموز المخزنه معه ولم يتمكن فى ذلك الوقت من معرفة الغاز

المسبب ولكن اتضح فيما بعد أن الغاز المسبب هو الأيثيلين. ويعتبر Denny سنة ١٩٢٤ أول من أوضح أن غاز الأيثيلين يسبب سرعة نضج ثمار الليمون بعد جمعها حيث أن ثمار الليمون في ذلك الوقت تجمع خضراء وتترك فترة في التخزين فعند تعريضها لغاز الأيثيلين في هذا الوقت فإنه يسبب سرعة نضج الثمار. وفي سنة ١٩٢٥ أثبتت Rosa أن الأثيلين يسبب كسر طور السكون للبراعم على درنات البطاطس. وفي سنة ١٩٣١ تمكن Zimmerman من إثبات أن الأيثيلين يسبب سقوط الأوراق. وفي سنة ١٩٣٢ تمكن Rodriguez من إثبات أن غاز الأيثيلين يساعد على الأزهار في نبات الأناناس. أثبت Gane عام ١٩٣٥ أن غاز الأيثيلين ينتج طبيعياً أثناء نضج ثمار التفاح أثناء التخزين وقد يكون له دور في تنشيط نضج الثمار. أثبت Denny and Miller عام ١٩٣٥ أن أجزاء أخرى في النبات تنتج الأثيلين بالإضافة إلى الثمار الناضجة وهذه الأجزاء هي الأزهار والبذور والأوراق والجذور. وفي عام ١٩٣٥ اقترح Crocker ومساعدوه أن غاز الإثيلين هورمون نباتي لأنه يوجد في النبات بتركيزات تسمح بأن ينظم العمليات الفسيولوجية. إلا أن كل من Went & Thimann عارضا ذلك بشدة، حيث أنه في هذه الفترة كانت الأوكسينات تعتبر الهورمون الأساسي المنظم لنمو النبات وأن تأثير الأثيلين هو نتيجة للاختلاف في تركيز الأوكسين. أثبت Michener عام ١٩٣٨ أن معاملة بعض أجزاء أو أنسجة النبات بالأثيلين تسبب خفض تركيز الأوكسين وفي معاملات أخرى أتضح وجود تعاون بين الإوكسين والأثيلين في حدوث الانتفاخ swelling وعملية التجذير rooting. لا حظ كل من Zimmerman و Wilcoxon عام ١٩٣٥ أن المعاملة بالأوكسين تنشط أحيانا تكوين الأثيلين.

منذ هذه الفترة وحتى عام ١٩٦٠ اعتبر الأيثيلين مركب يمكن أن يعامل به النبات exogenous chemical ويسبب تغييرات واضحة في النبات وبعض هذه التغييرات يكون مرغوب ولكن بالنسبة لفسيولوجيا الفاكهة فإنه يعتبر مركب هام في نضج ثمار الفاكهة important self regulator of ripening وحتى هذه الفترة لم يعتبر الأثيلين منظم للنمو.

لم يمكن إثبات أن الإيثيلين هورمون نباتي إلا خلال الستينات حيث أنه في فترة الأربعينات والخمسينات كانت الأبحاث تجرى بنشاط كبير على الأوكسينات والجبريلينات والسيبتوكينينات وعامة لم يتقدم البحث بطريقة فعالة على غاز الإيثيلين كمنظم للنمو إلا بعد إختراع جهاز gas chromatography وأيضاً بعد إجراء التحسينات الكبيرة عليه لكي يتمكن من قياس تركيزات قليلة من هذا الغاز حيث أن هذا الغاز يوجد في النبات بتركيزات قليلة جداً يصعب قياسها أو استحليل بأى من الطرق القديمة ولكن أمكن قياسها باستعمال جهاز gas chromatography الحديث المعدل. ولذلك فإن تقدم البحوث منذ الستينات على غاز الإيثيلين راجع إلى إستخدام هذا الجهاز. يوجد نوع أكثر تطوراً gas liquid chromatography يمكن بواسطته قياس تركيز الغاز حتى ثلاثة أجزاء في البليون.

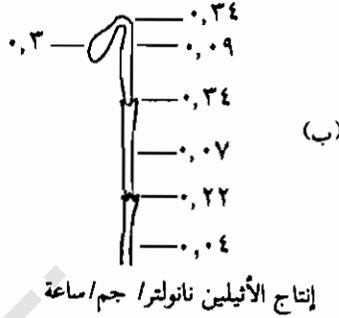
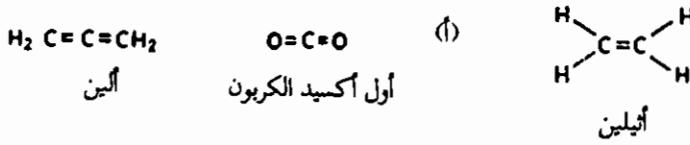
أثبت Burg و Thimann عام ١٩٦٠ أن الإيثيلين يوجد طبيعياً في أجزاء النبات المختلفة مثل الجذور والسيقان والأزهار والثمار. وفي الفترة من عام ١٩٦٠ حتى ١٩٦٩ أمكن إثبات وجود الإيثيلين في كثير من النباتات وأصبح الإيثيلين أحد منظمات النمو في النبات أى أحد هورمونات النبات وقد أعترف به عام ١٩٦٩ كهورمون نباتي.

### خواص الإيثيلين:

الإيثيلين عبارة عن غاز خفيف نسبياً وزنه الجزيئي ٢٨ ومن الإيدروكربونات الغير مشبعة صغير الحجم ، وهو عديم اللون ذو رائحة معينة تشبه رائحة الإيثير وهو سهل الاشتعال ويساعد على الاشتعال ويشتعل بفرقة ودرجة غليانه -١٠٣ درجة مئوية ويكون في الحالة السائلة عند -١٦٩ درجة مئوية (شكل ١٧٧).

### أنواع مركبات الأثيلين:

يعتبر الإثيلين الحر هورمون نباتي أى أنه منظم نمو طبيعي natural. ولكن توجد مركبات أخرى يتم تخليقها صناعياً وتعتبر تركيبية حيث أنها لا تتكون طبيعياً في النبات مثل ethylene chlorhydrin. يستعمل المركب الأخير في كسر سكون براعم درنات البطاطس.



(شكل ١٧٧) : أ - التركيب الجزيئي للأثيلين وبعض المركبات الأخرى المشابهة.

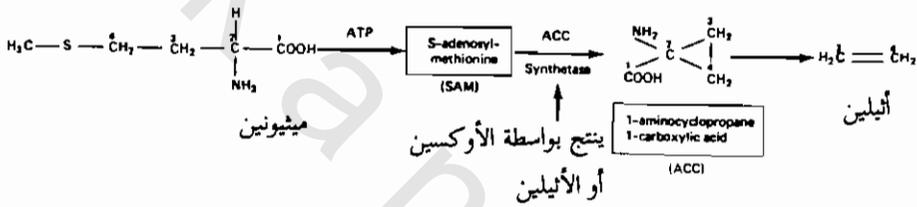
ب - إنتاج الأثيلين من الأجزاء المختلفة لبادرة البسلة عمرها ٧ أيام وشاحبة ضوئياً (نانولتر/جم/ساعة).

### طريقة تخليق الأثيلين :

يعتبر الأثيلين من الهيدروكربونات ومن الثابت أن هذا الغاز يتكون من الحامض الأمينى ميثيونين وحيث توجد دلائل توضح أهمية الميثيونين كمركب أصل precursor يتكون منه الأثيلين . عندتغذية أنسجة التفاح بالميثيونين يتكون الأثيلين بكثرة. عند معاملة الأنسجة النباتية بأحد مضادات الأثيلين وهو مركب ethionine فإن تكوين الأثيلين يقل أو يتوقف. عند إستعمال ميثيونين به كربون مشع ومعاملة ثمار التفاح بهذا المركب فإن الأثيلين الناتج يكون مشع عندما تكون ذرتى الكربون رقم ٣ و ٤ فى جزئى الميثيونين مشعة. وعندما يكون الإشعاع فى ذرات كربون أخرى فإن الأثيلين الناتج يكون غير مشع. يتضح من ذلك أن ذرتى الكربون ٣ و ٤ يتكون منهما الأثيلين. يتضح من التجارب أيضاً أنه لا بد أن يكون L-methionine وأن D-methionine المشابه الآخر غير فعال فى ذلك. يتضح أيضاً أن المرافق الأنزيمى FMN هام وضرورى لتخليق الأثيلين من الميثيونين. كما أن مركب ميثيل سلفيد يكون فى صورة غازية ويبقى فى داخل الأنسجة ولا ينتشر إلى الخارج وذلك دليل

على أن هذا المركب أو مركب شبيهه يحتوى على ذرة الكبريت يتم إستعماله مرة أخرى فى داخل أنسجة النبات ليدخل فى دوره مرة أخرى recycled لتخليق الميثيونين. وهكذا تتكرر الدورة مرات عديدة. أى أن المركب الناتج من تخليق الأثيلين من الميثيونين والمحتوى على ذرة كبريت يكون فى صورة غازية ويدخل فى دورة أخرى لتخليق الميثيونين.

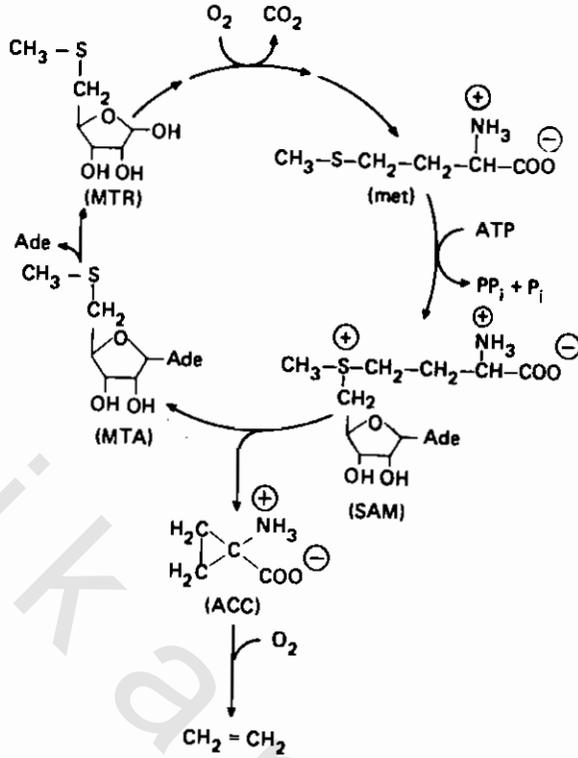
يمكن تلخيص طريقة تخليق الأثيلين (شكل ١٧٨) حيث أن الميثيونين يتحول فى وجود ATP إلى مركب S-adenosyl methionine (SAM) ويتحول المركب الأخير فى وجود أنزيم ACC synthetase إلى مركب (ACC) 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid ومن الأخير يتكون الأثيلين والذى يتكون من ذرتى الكربون فى الميثيونين رقم ٣ و ٤.



(شكل ١٧٨) : خطوات تخليق الأثيلين من الميثيونين.

تدل الأرقام على مصير ذرات الكربون الموجودة فى الميثيونين.

يمكن شرح طريقة تخليق الأثيلين بالتفصيل (شكل ١٧٩) حيث أنه من التجارب وجد أن مجموعة  $\text{CH}_3\text{S}$  فى الميثيونين تتحرر من المركب S-adenosylmethionine (سام SAM) فى صورة methylthioadenosine (MTA) ثم تتحلل مائياً بسرعة إلى methylthioribose (MTR) ثم تدخل مجموعة  $\text{CH}_3\text{S}$  مرة أخرى فى الدورة recycled back ليتكون الميثيونين. وجد حديثاً نسبياً عام ١٩٨٢ أن الريبوز والمرتبطة معه ribose moiety فى المركب  $\text{MTR CH}_3\text{S}$  يتحد مباشرة ليكون مركب 2-aminobutyrate moiety والذى يتحد مع مجموعة  $\text{CH}_3\text{S}$  ليتكون الميثيونين. ومن هذه الدورة يتضح أن مجموعة  $\text{CH}_3\text{S}$  يحتفظ بها أثناء الدورة لتكون الميثيونين مرة أخرى.



(نكل ١٧٩) : تخليق الأثيلين من الميثيونين في أنسجة التفاح.

وجد أن إنتاج الأثيلين داخل أنسجة النبات يتوقف في الظروف اللاهوائية وباستعمال ثمار التفاح يمكن إثبات أن MTR يتحول إلى مركب

1-amino-cyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) وأن الأخير لا يتحول إلى الأثيلين إلا في وجود الهواء أي الأوكسجين. ولذلك فإن الخطوة الأخيرة في إنتاج الأثيلين وهي تحول ACC إلى أثيلين لا تحدث في ظروف لاهوائية ولا بد من وجود ظروف هوائية. ولذلك يعتبر ACC هو المركب الأصلي precursor الذي يتكون منه الأثيلين. وجد في مستخلص الطماطم أنزيم يسمى ACC synthetase والذي يحول SAM إلى ACC. وجد أن هذا الأنزيم يحتاج إلى مرافق أنزيمي pyridoxal phosphate ولذلك فإن المركب الأخير ضروري للوصول الأنزيم قمة نشاطه كما وجد أيضاً أنه يمكن تثبيط الأنزيم بمشبطات متخصصة في تثبيط الأنزيمات ذات

المرافق الأنزيمي pyridoxal phosphate مثل aminoxyacetic glycine (AOA) ومركب aminoethoxyvinyl glycine (AVG).

عند إضافة ACC إلى أعضاء مختلفة لنباتات مختلفة مثل الجذور والسيقان والأوراق والنورات والثمار فإنه تحدث زيادة ملحوظة في تخليق الأثيلين. يثبت ذلك أن الأنزيم اللازم لتحويل (ACC) إلى أثيلين موجود في غالبية الأنسجة النباتية.

يمكن أن تحدث عملية إرتباط conjugation لمركب ACC حيث يتحول إلى N-malonyl-ACC بواسطة أنزيم موجود في الأنسجة النباتية وحيث أن هذا الإرتباط غير عكسي فإن هذا المركب المرتبط يعتبر مركب نهائي end-product ولا يعتبر مركب لتخزين ACC (storage form of ACC). ولذلك يعتبر تكوين هذا المركب عامل هام في تنظيم إنتاج الأثيلين داخل الأنسجة النباتية.

an important mechanism for regulation of ethylene biosynthesis.

### أماكن وجود الأثيلين في النبات:

ينتج الأثيلين بكثرة في مناطق العقد nodes والأنسجة المرستيمية . أمكن إثبات ذلك في بادرات البسلة الشاحبة etiolated (شكل ١٧٧). يكون عالي التركيز في البراعم الساكنة لنبات التفاح ويقل التركيز عند نمو البرعم كما يكون التركيز عال أيضاً في الأوراق والأزهار البادئة في مرحلة الشيخوخة . ينتج الأثيلين بتركيزات عالية عند مرحلة البلوغ maturity ومرحلة النضج ripening في الثمار.

لا توجد علاقة ثابتة بين سرعة تخليق الأثيلين وتركيزه داخل النبات . تنتج كلا من ثمار الموز والتفاح الأثيلين بتركيزات عالية أثناء مرحلة النضج أثناء التخزين ولكن بالرغم من ذلك نجد تركيز الأثيلين في ثمار التفاح هو ٢٥٠٠ جزء في المليون بينما لايزيد التركيز في ثمار الموز عن ٠,١ جزء في المليون (جدول ١١) .

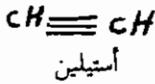
يعتبر كيوكيل الثمار مانع رئيسي لخروج الأثيلين من الثمار ولذلك فإن تركيز الأثيلين في الثمار أعلى من تركيزه في الجو الخارجي . وجد أن نباتات الطماطم

و *Coleus* تنتج كميات أكبر من الأثيلين عند وضعها أفقياً عنه عند وضعها رأسياً وقد يكون للجاذبية الأرضية دور في ذلك. كما أن نبات الأناناس الأفقى يزهر أسرع من الرأسى لنفس السبب.

### المركبات الشبيهة بالأيثيلين:

توجد بعض الغازات الغير مشبعة أى ذات الروابط المزدوجة وتكون قريبة نسبياً فى تركيبها للأيثيلين مثل أستيلين acetylene وبروبيلين propylene وأول أو أكسيد الكربون وألين allene يكون لها نشاط فسيولوجى مشابه للأيثيلين، ولكن يعتبر الأثيلين هو أكثر هذه المركبات نشاطاً فسيولوجياً يليه بروبيلين ثم أستلين. عامة كلما صغر حجم الجزيء كلما زاد نشاطه. وكلما زاد طول السلسلة كلما قل النشاط ولذلك فإن نشاط ميثيل أستيلين أقل من نشاط الأستيلين.

وجود رابطة مزدوجة بين ذرتين الكربون ضرورى للنشاط ولذلك فإن المركبات الشبيهة بالأيثيلين وبين ذرتى الكربون رابطة مفردة فأنها مركبات عديمة النشاط. زيادة عدد الروابط بين ذرتى الكربون عن رابطتين يقلل من نشاط المركب ولذلك فإن الأستيلين أقل نشاط من الأثيلين (شكل ١٨٠).



(شكل ١٨٠) : المركبات القريبة فى تركيبها للأيثيلين.

### ثابت التحويل conversion constant :

هى النسبة بين تركيز الايثيلين فى داخل النبات (ميكروجرام لكل لتر) إلى سرعة تخليق الايثيلين (نانولتر / جرام / ساعة). يمكن حساب تركيز الايثيلين داخل النبات عند معرفة سرعة إنتاج الأيثيلين وثابت التحويل (جدول ١١).

(جدول ١١) : سرعة تخليق وإنتاج الأيثيلين في أجزاء مختلفة لنباتات مختلفة

العصو والنبات	سرعة تخليق وإنتاج الأيثيلين (nl/g/h) (نانولتر/ جرام / ساعة)	ثابت التحويل (ميكرو لتر/ نانولتر/ حجم / ساعة)
climacteric fruits		
أفوكادو	١٣٠ - ٠,٢	٠,٧
موز	٢٠ - ٠,٢	١,٩
cherimoya	٣٢٠ - ١٠	٠,٤ - ١,٣
مانجو	١ - ٠,١	٣,٨
كانتلوب	٨٠ - ٠,٢	٢,٥
طماطم	٢٠ - ٠,٢	٢,٠
non climacteric fruits		
الليمون	٠,١ - ٠,٢	١,٨
البرتقال	٠,١ - ٠,٢	٤
أوراق التبغ	٢ - ٥٠	٠,١
ساق الفاصوليا	٢	٠,٤
أزهار القرنفل	٣٠ - ٠,٥	
فطريات (مزرعة نقية)		
<i>Penicillium digitatum</i>	٦٠٠٠	
<i>Fusarium oxy-sporum</i>		
<i>f.s.p. tulipae</i>	٣٨٠٠	

## مضاد الأيثيلين Ethylene Antagonist :

يقلل وجود ثاني أكسيد الكربون من نشاط وفعالية الأيثيلين ومن أفضل الأمثلة لذلك هو أن تخزين الثمار في جو ثاني أكسيد الكربون بنسبة مرتفعة نسبياً يسبب حفظها طازجة أطول مدة ممكنة وعند إزالة ثاني أكسيد الكربون من الجو بامتصاصه

فى محلول إيدروكسيد بوتاسيوم فإنه يحدث نضج سريع للشمار نتيجة لزيادة نشاط الأيثيلين، ولذلك يمكن أن يعتبر غاز ثانى أوكسيد الكربون مضاد للأيثيلين، وفى حالة النباتات لعمل تأثير عكسى للأيثيلين نحتاج إلى تركيز كبير من ثانى أوكسيد الكربون ومثال ذلك البسلة حيث تحتاج إلى مائة ألف جزء فى المليون ثانى أوكسيد الكربون لكى يضاد تأثير واحد جزء فى المليون من الأيثيلين المؤثر على نمو ساق البسلة أى يحتاج تركيز ١٠ ٪ ثانى أوكسيد الكربون.

#### مصادر الايثيلين:

للإيثيلين مصادر عديدة جداً وكثيرة وهى على سبيل المثال وليست الحصر ما يأتى:

١ - النباتات: فمن المعروف أن الغالبية العظمى من النباتات تنتج أثناء قيامها بتفاعلاتها الكيموحيوية غاز الايثيلين.

٢ - جروح النباتات واحكاك النباتات بالأجزاء الصلبة وعند قطع أجزاء النبات ينتج عنه فى العادة غاز الإيثيلين. كما أن أضرار التلوث على النبات وأضرار مبيدات الحشائش يمكن أن ينتج عنها غاز الايثيلين. جروح النباتات نتيجة للحشرات أو نتيجة الأضرار الميكانيكية ينتج عنها غاز الايثيلين.

٣ - عند أنبات البذور ففى كثير من الحالات ينتج غاز الايثيلين.

٤ - عند جمع النباتات وحرقتها فأن ناتج الأحتراق وفى الادخنة المتصاعدة تحتوى على نسبة من هذا الغاز تختلف باختلاف النباتات المحترقة والظروف البيئية التى تجرى فيها عملية الأحتراق.

٥ - من المهم معرفة أن الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فى التربة مثل البكتريا والفطر يمكن أن تنتج غاز الايثيلين، ومما هو جدير بالذكر أن بعض البكتيريا فى الظروف اللاهوائية تنتج كميات كبيرة من غاز الايثيلين عنه فى الظروف الهوائية

ومن ذلك يتضح أن التربة ممكن أيضاً أن تكون مصدر لغاز الأيثيلين. ينتج عن أصابة النبات بالفطر أو البكتريا أو الفيروس فى بعض الحالات زيادة فى تركيز الأيثيلين.

ومن ما هو جدير بالذكر أن بكتريا العقد الجذرية ومنها جنس *Rhizobium* تقوم بتحويل غاز الاستيلين إلى غاز الأيثيلين بكفاءة عالية جداً ولذلك فأن الطرق الحديثة الحالية لتقدير سرعة نمو وتعداد وكفاءة هذه البكتريا فى العقد الجذرية يمكن أن تقاس بهذا التفاعل حيث أنه كلما زادت كفاءة البكتريا فى تحويل غاز الاستيلين إلى غاز الأيثيلين كلما كان ذلك دليل على زيادة تركيز ونمو بكتيريا العقد الجذرية وحيث يزداد peak الأيثيلين على chart الخاصة بالجهاز، وكانت الطرق القديمة لتقدير النمو كانت تعتمد على تقدير الوزن الجاف الا أن هذه الطريقة الحديثة أثبتت أنها أكثر كفاءة وأكثر دقة من الطرق السابقة وتجرى عملية القياس للغاز فى هذه الطريقة باستعمال جهاز Gas chromatography .

تنتج الفطريات *Aspergillus* و *Fusarium oxysporum* و *Penicillium digitatum* و *Mucor hiemalis* و *A. clavatus* و *flavus* الأثيلين. وقد وجد المؤلف أن ثمار التفاح المصابة بفطر *Botryodiplodia theobromae* تنتج كمية من الأثيلين أكبر من الثمار السليمة. وجد أيضاً أن البكتريا *Escherichia coli* تنتج الأثيلين.

٦ - يوجد غاز الأيثيلين فى عادم السيارات وأيضاً غاز الاستصباح والغازات الناتجة من المصانع ومن المعامل كل هذه الغازات تحتوى على نسبة من غاز الأيثيلين.

٧ - تعتبر بعض الظروف البيئية غير الملائمة عامل فى تنشيط تكوين الأثيلين فى النبات. ومن الضرورى أن تسبب هذه العوامل ضغط على النبات stress ويصبح النبات بأكمله أو جزء منه فى ظروف غير طبيعية. ومن أمثلة هذه الحالات تعريض النبات للجفاف أو الإصابة بالأمراض أو أضرار الحشرات أو الجروح. وجد أيضاً أن هز النبات بشدة يسبب تخليق الأثيلين بتركيز عال نسبياً.

٨ - ينتج من مزارع الأنسجة أثيلين عادة وقد يسبب ذلك تثبيط للنمو حيث أن الحيز مغلق ولايسمح بخروج الأثيلين إلى الجو الخارجى. ومثال ذلك أن الأثيلين

المتكون في حيز مغلق نتيجة لزراعة القمة النامية لساق القرنفل يسبب بطء في النمو وأنتفاخ الأوراق وجد أيضاً أن ذلك يسبب تثبيط لتكوين أو نمو درنات البطاطس وأيضاً تثبيط في أتساع ونمو أوراق البطاطس وذلك في حالة مزارع القبة النامية للساق. يؤثر الأثيلين في مزارع الأنسجة على نمو مزارع الكالس ومزارع أجزاء من الأوراق leaf segments لنبات الداليا ويتوقف تركيز الأثيلين الناتج من هذه المزارع في هذه الحالة على تركيز الأوكسين والسيستوكينين في البيئة.

### سرعة تخليق الايثيلين:

يخلق غاز الأثيلين في الثمار الناضجة والأزهار في بداية الذبول والبراعم الساكنة كما قد يوجد في الجذور والسيقان وسرعة تكوين وتخليق الغاز في المعتاد تتراوح من ٠,٥ - ٥,٠ نانولتر لكل جرام / ساعة. ولكن في بعض الثمار تصل النسبة إلى ١٠٠ نانولتر/جم/ساعة وأكبر كمية ايثيلين من حيث سرعة التخليق حتى الآن تنتج من الازهار أثناء ذبولها في أوركيد نبات *Vanda* حيث تصل ٣٤٠٠ نانولتر/جم/ساعة (النانولتر = ١٠<sup>-٩</sup> لتر). وفيما يلي جدول يوضح سرعة تخليق الايثيلين في أجزاء مختلفة لنباتات مختلفة (جدول ١١).

### الظروف البيئية التي تؤثر في تكوين الايثيلين:

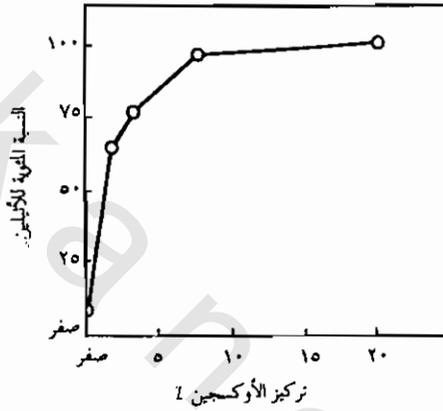
١ - درجة الحرارة العالية والمنخفضة تقلل من إنتاج الايثيلين (شكل ١٨١).



(شكل ١٨١): تأثير درجة الحرارة على إنتاج الأثيلين في ثمار التفاح.

٢ - وجود الأوكسجين مهم، وفي تركيز أقل من ٢٪ يتوقف إنتاج الإيثيلين أو يقل بدرجة ملحوظة.

ويزداد تركيز الأيثيلين بزيادة تركيز الأوكسجين حتى حد معين (شكل ١٨٢). ولذلك فإنه عند التخزين تستعمل درجة حرارة منخفضة وتركيز قليل من الأوكسجين فإن ذلك يقلل من كفاءة الثمار على تكوين الإيثيلين وبذلك يطول عمر تخزينها حيث أنه من المعروف وكما سيلي ذكره أن غاز الإيثيلين يساعد على نضج الثمار بسرعة.



(شكل ١٨٢) تأثير تركيز الأوكسجين على إنتاج الإيثيلين في ثمار التفاح.

٣ - الجروح وقطع الانسجة وأماكن الاحتكاك تزيد من كفاءة تكوين الإيثيلين.

٤ - وجد في تخزين ثمار التفاح أن وجود كأم بتركيز مناسب عالي نسبياً يضاد تأثير الإيثيلين وبذلك يساعد على طول مدة وفترة التخزين.

٥ - للضوء تأثير هام على إنتاج الإيثيلين عند انبات البذور ذوات الفلقتين فعند انبات البذرة يكون الجزء تحت القمي من السويقة الجنينية العليا أو السفلى منحني hooked ويحدث ذلك لأن هذه القمة تنتج إيثيلين بتركيز كبير وعند تعريض البادرة للضوء العادي أو الضوء الأحمر فإن الانحناء يستقيم. وجد أن تركيز الإيثيلين الناتج

يقبل بدرجة كبيرة جداً أثناء الاستقامة وقد وجد أنه يمكن إنتاج كمية كبيرة مرة أخرى من الأيثيلين عند تعريض البادرة للـ far red ويحدث أيضاً انحناء مرة أخرى ولذلك فإن هذه الحالة من حيث تأثير الضوء وإنتاج الإيثيلين واستقامة أو انحناء القمة للباردة يتحكم فيها صبغة الفيتوكروم لأنها تتأثر بالضوء الأحمر والضوء الأحمر البعيد far red بطريقة عكسية . كيفية تحكم الفيتوكروم في الأيثيلين غير معروفة .

### انتقال الإيثيلين :

نظراً لأن الإيثيلين عبارة عن هورمون في حالة غازية وهو الهورمون الوحيد الموجود في الحالة الغازية وهو ذو وزن جزيئي صغير وحجم صغير فإنه ينتقل في داخل النبات بسهولة وحرية ومما يزيد سرعة انتقاله وتخلله لأنسجة النبات أنه قابل للذوبان في الماء وعلاوة على ذلك فإنه قابل للذوبان بدرجة أكبر في الدهون وقد وجد أن حركة الإيثيلين في النبات تماثل حركة ك<sup>٢</sup> أ في النبات تماماً وأن كل منهما يتبع في انتشاره في النبات قانون Fick للانتشار Fick's Law of Diffusion . وحيث يستعمل في حالة مرور الغاز خلال غشاء المعادلة الآتية :

$$J_s = K_s \Delta C_s$$

حيث أن

$J_s$  = كمية الغاز التي تتخلل وحدة المساحة في وحدة الزمن (mol/m<sup>2</sup> /s)

$K_s$  = معامل النفاذية (m/s)

$\Delta C_s$  = الفرق في التركيز بين المنطقتين (mol/m<sup>3</sup>)

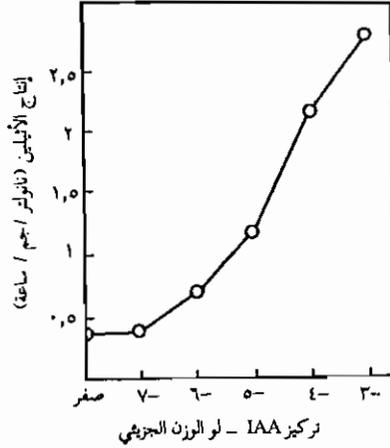
حركة الإيثيلين في داخل أنسجة النبات تكون عن طريق المسافات البينية ولكن لقدرته الكبيرة على الذوبان في الماء فإنه ينتقل بواسطة الماء المنتشر ولقدرته العالية جداً في الذوبان في الدهون فيمكن أيضاً أن يتخلل الخلايا ويخترقها بسهولة لأنه يخترق الغشاء البلازمي للخلية بسهولة لأنه قابل للذوبان في الدهن .

ومن المعروف أن الغشاء البلازمي يتكون أساساً من دهون فوسفورية وبروتين وأنه كلما زادت كفاءة المركب في الذوبان في الدهن كلما زادت كفاءة على النفاذية من الغشاء البلازمي من وإلى الخلية بسهولة أذ أنه من المعروف أن العامل المحدد في نفاذية المركبات من وإلى الخلية هو الغشاء البلازمي. كما أن كيوبيكل النبات يمنع خروج الغاز بدرجة كبيرة جداً وبذلك يحافظ على تركيز الأيثيلين ثابت بداخل النبات بدرجة كبيرة ولذلك فإنه من المعتاد وفي الظروف البيئية العادية يكون تركيزه داخل النبات أكثر من تركيزه خارجه.

### أهمية الأوكسين في إنتاج الأيثيلين:

أول من اكتشف أهمية الأوكسين في تنظيم إنتاج الأيثيلين هما Zimmerman و Wilcoxon عام ١٩٣٥ حيث لاحظا أن أستعمال إندول حامض الخليك (هيتروأوكسين heteroauxin) في معاملة المجموع الخضري للنبات يسبب حدوث إنفراج زاوية عنق الورقة epinasty لنباتات أخرى مجاورة غير معاملة بالأوكسين مع ملاحظة أن جميع هذه النباتات تكون في حجرة واحدة أو في صندوق واحد same container. وقد وجد بعد ذلك أن بعض تأثيرات إندول حامض الخليك على النبات تماثل تأثير الأيثيلين ولذلك فقد تم أفترض أن بعض تأثيرات الأوكسين تكون نتيجة تأثير الأيثيلين وأن الأخير ينتج نتيجة لتأثير الأوكسين. أي أن الأوكسين ينشط إنتاج الأيثيلين. ظل هذا الافتراض مهملاً حتى تمكن كلا من مورجان وهال Morgan Hall عام ١٩٦٤ من إثبات أن الأوكسين ينشط تخليق الأيثيلين. وقد تم إثبات هذه الحقيقة في كثير من المعامل بعد ذلك (شكل ١٨٣).

تعتبر الأوكسينات أهم عامل في تنشيط تخليق الأيثيلين، ولذلك تعتبر سرعة تخليق الأيثيلين في المجموع الخضري متوقفة على تركيز الأوكسينات داخل النبات. أي أن تركيز أوكسينات النبات تنظم عملية تخليق الأيثيلين في الأنسجة الخضرية. ولذلك فإن المناطق ذات التركيز العالي من الأيثيلين في النبات مثل القمة النامية



(شكل ١٨٣): تأثير الأوكسين على إنتاج الأثيلين في عنق ورقة الفاصوليا.

والأعضاء الصغيرة السن تحتوى أيضاً على تركيز عال من الأوكسينات، ويشد عن هذه القاعدة حالة واحدة فقط هي الأنسجة الهرمة أى كبيرة السن أى فترة الشيخوخة حيث يقل تركيز الأوكسينات وقد يزداد تركيز الأثيلين. درس تأثير الأوكسين في تخليق الأثيلين في بادرات البسلة وفاصوليا mung bean حيث وجد أن المعاملة بالأوكسين تزيد إنتاج وتخليق الأثيلين مائة مرة.

وجد أن الأوكسين ينشط عملية تحويل SAM إلى ACC أثناء تخليق الأثيلين (شكل ١٨٥).

وقد أتضح أيضاً أن الأوكسين ينشط تكوين وتخليق الأنزيم الخاص بهذه الخطوة وهو ACCsynthetase (شكل ١٨٥). حيث وجد أن سيكلوهيكسيميد cycloheximide وهو مركب مثبط للبروتين يسبب تثبيط أنزيم ACCsynthetase وبالتالي يتوقف تخليق الأثيلين وبالرغم من وجود الأوكسين.

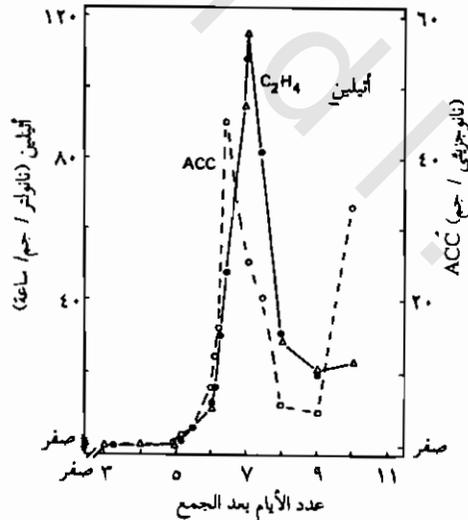
وجد أيضاً في بعض الحالات أن السيتوكينينات والجبريلينات تزيد تركيز الأثيلين بدرجة طفيفة. وأيضاً في بعض الحالات يسبب ABA زيادة في تركيز الأثيلين في الأوراق والثمار.

## تنظيم تخليق الأثيلين في الثمار الناضجة:

من المعروف الآن أن الأثيلين له دور رئيسي في نضج الثمار ذات القمة climacteric fruits. وقد تم دراسة التغير في تركيز ACC في داخل الثمار كمقياس لأهمية الأثيلين في نضج الثمار مثل الأفوكادو. تم دراسة التغير في تركيز ACC الطبيعي endogenous وأيضاً تأثير المعاملة بـ ACC المضاف إلى الثمار exogenous في إنتاج الأثيلين في ثمار الأفوكادو في أواخر فترة البلوغ وفي فترة النضج.

وجد أن تركيز ACC في ثمار الأفوكادو قبل القمة preclimacteric يكون منخفض جداً وهو أقل من ٠,١ نانو جزيئي لكل جرام n mol/g. وجد زيادة كبيرة في تركيز ACC الطبيعي عند النضج وعند زيادة تركيز الأثيلين بدرجة كبيرة أيضاً. يوضح المنحنى (شكل ١٨٤) العلاقة بين التغير في تركيز وأنتاج الأثيلين في ثمار الأفوكادو.

يزداد تركيز ACC إلى ٤٥ نانو جزيئي لكل جرام n mol/g في المرحلة الأخيرة من climacteric rise ثم يقل التركيز إلى ٥ نانو جزيئي لكل جرام وبعد ذلك يزداد



(شكل ١٨٤): تحول ACC إلى الأثيلين في ثمار الأفوكادو أثناء المراحل المختلفة للنضج.

التركيز مرة أخرى. لا تكون الزيادة الثانية في تركيز ACC مصاحبة لزيادة في تركيز الأثيلين حيث توقفت القابلية لتحويل ACC إلى الأثيلين.

نستنتج من ذلك أن الأثيلين في الفترة قبل القمة preclimacteric لا يتكون حيث أن ACC لا يتكون، وحيث أن المعاملة بـ exogenous ACC سببت زيادة طفيفة جداً في إنتاج الأثيلين في الفترة قبل القمة preclimacteric فإن ذلك دليل على أن أنسجة الثمار في هذه الفترة غير قادرة على تحويل ACC إلى الأثيلين حيث أنه بإضافة ACC لم يتكون الأثيلين، والعكس صحيح عند معاملة الثمار بالأثيلين في الفترة قبل القمة فإنه تتكون كميات هائلة من الأثيلين داخل الثمار. وتعرف هذه الظاهرة أي معاملة الثمار بتركيزات منخفضة من الأثيلين تسبب إنتاج كميات هائلة من الأثيلين بأسم إنتاج الأثيلين نتيجة للتحليل الذاتي autocatalytic ethylene production لا توجد هذه الظاهرة في الثمار فقط بل توجد في الأعضاء المسنة الهرمه أي في فترة الشيخوخة، وفي أوراق البرتقال توجد هذه الظاهرة عند تعريض الأوراق للأثيلين لمدة ٢٤ ساعة أو أكثر. يعزى تأثير الأثيلين في هذه الظاهرة أنه يشجع تخليق ACC وتحويله إلى أثيلين.

**تنظيم إنتاج الأثيلين الناتج عن الظروف البيئية القاسية:**

### Regulation of stress-induced ethylene production

توجد عوامل كثيرة تشجع تخليق الأثيلين بواسطة النبات بالإضافة إلى الأثيلين والأوكسينات ومنها السيتوكينينات و ABA والظروف القاسية (ضغوط stresses) مثل تأثير الكيماويات ودرجة الحرارة المنخفضة جداً والجفاف والفيضانات والري الغزير لمدة طويلة والأشعاع وضرر الحشرات والأمراض والجروح (شكل ١٨٥)، وأصبحت حقيقة مؤكدة الآن أن الضغوط تسبب تشجيع تكون الأثيلين بواسطة النبات ولذلك يطلق الأصيلين الضغط stress ethylene بكثرة أي الأثيلين الذي ينتج بواسطة النبات في وجود ضغط أو ضغوط أي في وجود ظروف بيئية

قاسية غير طبيعية. ينتج إثيلين الضغط نتيجة لعمليات التحول الغذائي بواسطة خلايا حية ولكنها تحت ضغط stressed but living cells .

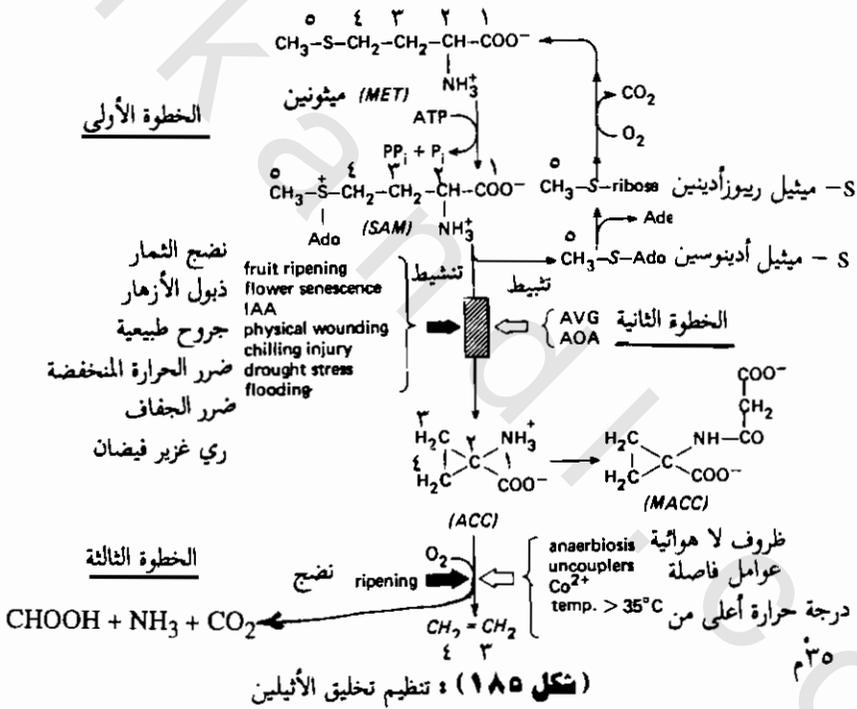
يسبب الضغط stress الزائد موت الخلايا وبالتالي توقف إنتاج الإثيلين. غير معروف بالضبط دور إثيلين الضغط في النبات إلا في حالتين وهما أنه يساعد في سقوط الأوراق وأيضاً يساعد على وجود الشبخوخة ومن ذلك يتضح أن الإثيلين يعتبر عامل يربط بين مدى تأثير النبات بالضغط وبين أستجابة النبات للضغط وذلك بسقوط الأوراق أو الشبخوخة أى أنه يعمل كرسول ثانوى second-messenger. ولتوضيح دور الإثيلين بصورة أسهل نفترض وجود النبات في بيئة قاسية شديدة الجفاف فإن النبات ينتج إثيلين بكثرة حيث أن هذا الإثيلين يسبب سقوط أوراق النبات أى الإثيلين هو الرسول الثانوى بين تأثير النبات وأستجابة النبات. وجد في بعض الحالات والتي لا يمكن تعميمها أن إثيلين الضغط له دور في إلتئام الجروح وفي إنتاج الفيتوأكسينات phytoalexins وفي زيادة مقاومة النبات للأمراض.

ثم دراسة التخليق الحيوى لإثيلين الضغط نتيجة للبرودة القارصة chilling والجفاف وغمر الجذور بالماء flooding والجروح فى أنسجة بعض النباتات. وجد فى جميع الحالات حدوث تحول الميثيونين إلى ACC. وفى جميع الحالات يكون تركيز ACC والإثيلين منخفض قبل حدوث الضغط وكلاهما يزداد بسرعة كبيرة بعد حدوث الضغط. وجد أن خطوة تحويل SAM إلى ACC هى خطوه تعتبر المفتاح key reaction فى التحكم فى تخليق إثيلين الضغط ومما يثبت ذلك أن أستعمال مركب AVG (aminoethoxy vinylglycine) والذى يسبب تثبيط أنزيم ACC synthetase يمنع تكوين ACC وأيضاً يمنع تكوين إثيلين الضغط. وجد أيضاً أن أستعمال مركب مشبط لتخليق البروتين مثل سيكلوهيكسميد يمنع تجميع ACC ويمنع أيضاً تخليق الإثيلين. يتضح من ذلك أن الضغط يشجع تخليق ACC synthetase والذى يسبب تجميع ACC وبالتالي زيادة تخليق الإثيلين.

من المعروف أن غمر الجذور بالماء لمدة طويلة flooding ينتج عنه ظروف لا هوائية في منطقة الجذر ويسبب زيادة تركيز الأثيلين في المجموع الخضري لكثير من النباتات.

وبداسة هذه الحالة في نباتات الطماطم وجد أن ACC يتكون في الجذور المغمورة في الماء waterlogged ثم ينتقل في نسيج الخشب إلى أعلى إلى المجموع الخضري وحيث يتحول إلى الأثيلين في وجود الهواء. يتضح من ذلك أن ACC يمكن يظهر تأثيره عن طريق الأثيلين في مناطق بعيدة عن مناطق تخليقه.

يمكن توضيح عملية تنظيم وتخليق الأثيلين حيويًا في الشكل (شكل ١٨٥). ويجب توضيح أن الأنزيم ACC synthetase الذي يحول SAM إلى ACC هو



Ade = أدينين

Ado = أدينوسين

aminoethoxyvinylglycine = AVG

aminoxyacetic acid = AOA

السهم الغامق تنشيط والسهم الفاتح تثبيط

الأساس فى عملية تنظيم تركيز الأيثيلين أى عملية تخليقه. وجد أن تخليق هذا الأنزيم يصاحبه بعض التغيرات الحيوية مثل نضج الثمار وشيخوخة الأزهار كما يمكن إنتاج هذا الأنزيم عند معاملة النبات بالإيثيلين أو الأوكسين exogenous ethylene or auxins كما أن عوامل بيئية قاسية أى الضغوط تسبب زيادة تخليق هذا الأنزيم ومن هذه العوامل الجروح وضرر الكيماويات وغمر الجذور بالماء والتنفس اللاهوائى للجذور والجفاف وضرر البرد القارص chilling injury. أما عن كيفية تحكم جميع هذه الحالات فى إنتاج أنزيم واحد فقط مفتاح key لإنتاج الأيثيلين فهو غير معروف وربما يمكن فهم ذلك فى المستقبل.

وفيما يلى ملخص لما سبق ذكره فى ثلاث خطوات (شكل ١٨٥).

**الخطوة الأولى:** تحويل methionine (MET) الميثيونين إلى S - أدينوزيل ميثيونين S-adenosylmethionine (SAM) ويحتاج ذلك إلى ATP الذى يعطى بيروفوسفات pyrophosphate والفسفور غير العضوى (Pi).

**الخطوة الثانية:** يتحول (SAM) إلى ١ - أمينوسيكلوبروبان - ١ - حمض الكربوكسيلك aminocyclopropane-l-carboxylic acid أو (ACC) وهذا التفاعل يحفزه إنزيم تخليق الـ ACC synthetase)ACC) وهذا على الأقل فى أنسجة الطماطم، وهذا الأنزيم يتحكم فى معدل تكوين الإيثيلين، وتنظم بعض الكيماويات نشاط هذا الأنزيم أو تركيزه والتى تشمل الـ IAA، وكذلك الجروح وفى وجود أو غياب الأوكسين (حيث يقل تركيز الإنزيم تحت الظروف اللاهوائية) وكذلك بعض العوامل (من المحتمل هورمونات نباتية) الخاصة بعملية الإنضاج (التسوية). وبمعنى أكثر دقة بميكانيكية ما مجهولة حالياً، فإن كل العوامل السابقة الذكر تعمل بطريق مباشر على حث الإنزيم وبهذه الطريقة تتحكم فى معدل تكوين إنزيم ACCsynthetase بالتالى تتحكم فى إنتاج الإيثيلين. والنقطة الهامة التى يجب التأكيد عليها هى أن الـ IAA ينبه إنتاج الإيثيلين وذلك من خلال فعله الأساسى على حث إنزيم ACC synthetase. تلك الحقيقة هامة لتفهم الفعل والعمل الهورمونى

على ضوء المعلومات الوراثية genetic information، وفضلاً عن ذلك فإن الهورمونات النباتية المحثة للإنزيمات لا بد أن تتفاعل كيميائياً مع الأحماض النووية. وكما هو موضح في (شكل ١٨٥) فإن الخطوة الثانية ممكن أن تثبط أيضاً بالمواد التي تثبط الإنزيم مثل الأمينو إيثوكسى فينيل جليسين aminoethoxyvinylglycine (AVG) والأمينو أوكسى حمض الخليك amino oxyacetic acid (AOA). كذلك فإن أحد الملامح الهامة الأخرى في الخطوة الثانية هي إعادة دخول الكبريت في تمثيل وبناء ميثيونين جديد. في هذا المسلك يوجد مركب «S-ميثيل أدينوزين» S-methyl adenosine والذي يؤدي إلى تكوين «S-ميثيل ريبوز» S-methylribose، وبالتالي يؤدي إلى تكوين الميثيونين.

**الخطوة الثالثة:** ويحدث فيها تحول (ACC) إلى الأيثيلين ويترتب على ذلك إنتاج CO<sub>2</sub> والأمونيا وحمض الفورميك (formic) وتنشأ المركبات الكربونية (فيما عدا الإيثيلين) من ذرتي الكربون الأولى والثانية الخاصة بالمثيونين، أما كربون الإيثيلين فيأتي من ذرتي الكربون الثالثة والرابعة للمثيونين. والعوامل التي تؤثر في هذا التفاعل هي العوامل التي تشجع الإنضاج (تسوية الثمار)، والمستوى العالي المثبط من CO<sub>2</sub>، بالإضافة إلى أن التفاعل يثبط بالمستويات العالية من CO<sub>2</sub> ودرجات الحرارة الأعلى من ٣٥ م والعوامل الفاصلة uncouplers والتي تفصل الفسفرة التأكسدية عن إنتقال الإلكترون مثل الداى نيترو فينول (DNP) dinitrophenol .

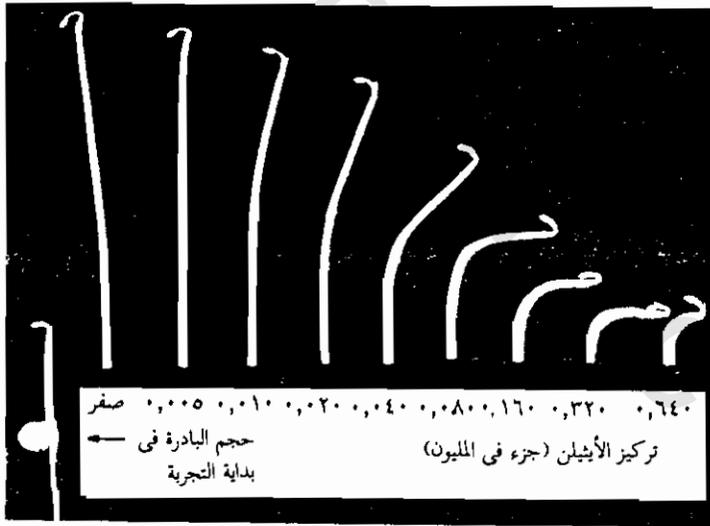
ولقد أشار يانج Yang أن فهم هذا المسلك مع ميكانيكية أو آلية تكوين الإنزيمات في الأنسجة النباتية سوف يؤدي ألى التحكم الناجح والمفيد في العمليات الفسيولوجية الضارة لمرحلة ما بعد الحصاد post-harvest ويؤدي كذلك إلى التحكم في إحداث التشكل المورفولوجي الوراثي morphogenetic events المتأثرة بالهورمونات النباتية.

### أهمية الأثيلين في التحكم في شكل الخلية:

توضح بادرة البسلة تأثير الأثيلين في كثير من الحالات. عند معاملة البادرة بالأثيلين يظهر عليها حالة الإستجابة الثلاثية. يظهر على البادرة إنحناء في قمة السوقة natural

hook والبرعم الطرفي يكون متجه إلى أسفل وملامس السويقة. يعتبر هذه الانحناء هو المكان الذى ينتج منه كمية كبيرة من الأثيلين كما وجد أن الضوء وبالتحديد الضوء الأحمر يقلل من إنتاج الأثيلين فى هذه المنطقة. وجد أن معاملة وسطية إنتقالية بالضوء الأحمر transient redlight تسبب خفض متوسط إنتقالى فى تركيز الأثيلين وزيادة فى نمو الريشة أى أنفراج وأنفتاح الانحناء أى يصبح النمورأسى. وجد أن التعريض للأثيلين فى هذه الحالة يسبب إنحناء القمة مرة أخرى حتى فى وجود الضوء. وجد أن التفريغ الجزئى partial vacuum أو وجود أيون الفضة أو التركيز العالى من ثانى أكسيد الكربون يسبب إنفراج الإنحناء فى الظلام. توضح جميع الحالات السابقة أن نمو الإنحناء الطرفى يتحكم فيه تركيز الإثيلين.

عند إنبات بذرة البسلة فى التربة وفى وجود تربة بها قلاقل وقليلة التنعيم فإن ذلك يعتبر حائل أو مانع ضد نمو بادرة البسلة ولذلك يقل طول البادرة أى يبطئ نمو البادرة ويزداد سمك البادرة أى يزداد النمو القطرى وينمو المجموع الخضرى أفقيا ويعتبر ذلك دلائل الأستجابة الثلاثية للأثيلين (شكل ١٨٦). وتفسير ذلك أن



(شكل ١٨٦) : تأثير المعاملة بالأثيلين لمدة يومين على بادرات بسلة نامية فى الظلام. يزداد التركيز من الشمال إلى اليمين. يلاحظ تقزم وزيادة سمك الساق وحدوث نمو أفقى.

قلاقل التربة تعتبر حائل أو مانع ضد نمو البادرة بدرجة معينة مما يسبب زيادة إنتاج الأثيلين بواسطة البادرة وبالتالي يسبب الأثيلين التغيرات السابقة التي طرأت على نمو البادرة. يعتبر هذا التغير في تركيب البادرة عبارة عن طريقة فعالة تساعد البادرة على المعيشة والحياة وعدم الموت survival mechanism حيث أن الزيادة في قطر البادرة أو السويقة يجعلها أكثر قوة في إزالة أو إحتراق قلاقل التربة وذلك بالمقارنة بالبادرة العادية وبذلك يسهل ظهور البادرة فوق سطح التربة ولا تموت. كما أن النمو الأفقي يسبب وصول القمة النامية للبادرة إلى شق في القلاقل أى شق في التربة أو التعريض للضوء وبذلك لا يوجد حاجز لمنع البادرة من النمو ولذلك يقل إنتاج الأثيلين وتنمو البادرة رأسياً أى نمو عادى. لاحظ المؤلف هذه الحالة بوضوح كبير في حالة بادرات الفاصوليا والقطن المصابة بفطر *Rhizoctonia solani* أى أن هذا الفطر يسبب حالة الأستجابة الثلاثية للبادرات حتى في حالة تنعيم التربة حيث أن حالة الضغط في هذه الحالة هو نتيجة للأصابة بالفطر وليست قلاقل التربة وبذلك يسبب الفطر تنبيه للنبات لزيادة إنتاج الأثيلين وقد ينتج الفطر أيضاً الأثيلين فتزداد كمية الأثيلين في البادرات المصابة وتحدث الأستجابة الثلاثية في التربة الناعمة عديمة القلاقل. أى أن الأستجابة الثلاثية في البادرات تحدث نتيجة لوجود القلاقل وعدم تنعيم التربة أو نتيجة الأصابة بفطر *Rhizoctonia solani* أى نتيجة للأصابة بالأمراض أو نتيجة لعوامل ميكانيكية مثل عدم تنعيم التربة ووجود القلاقل.

يوضح هذا المثال أن الأثيلين يؤثر على شكل الخلية حيث أنه يشبط إستطالة الخلية cell elongation وينشط زيادة عرض الخلية cell radial growth وبذلك يقلل من طول البادرة ولكن يزيد من سمكها ولذلك نجد أن الوزن الغض للبادرة ثابت في كلا الحالتين.

ولذلك فإن الأثيلين يعمل كمنظم لشكل الخلية والبادرة ولا يعمل كمثبط لنمو البادرة.

Ethylene acts as a regulator of cell shape and seedling behavior rather than strictly as a growth inhibitor.

## دور الأثيلين فى نمو النبات:

يوجد دور للأثيلين فى التحكم فى كثير من العمليات الحيوية فى أثناء حياة النبات مبتدئاً من طور سكون البذور والمراحل الأولى للبادرة إلى سقوط الأوراق ونضج الثمار.

وجدت طفرة فى نبات الطماطم تنمو فيها الجذور والسيقان أفقياً ولها ساق رفيعة خالية من الأوعية الخشبية الكبيرة الخاصة بالخشب الثانوى كما أن الأوراق تظهر حالة الزاوية الضيقة بين عنق الورقة والساق hyponasty كما أن الجذر الابتدائى خال من الجذور الجانبية. وجد أن هذه البادرة الطفرة يمكن أن تصبح نبات عادى عند معاملتها بتركيز منخفض من الأثيلين وهو ٥ نانولتر لكل لتر، يتضح من ذلك أيضاً أن تركيز منخفض جداً من الأثيلين يمكن أن يتحكم وينظم نمو النبات. وجد أيضاً أن تكوين وتشكل القصيبات فى نسيج الخشب فى نبات الخس يحتاج إلى ١٠٠ نانولتر لكل لتر. يعتقد أن الأثيلين يؤثر على الكثير من العمليات الخاصة بنمو النبات أثناء مراحل النمو المختلفة ولكن لا بد من إجراء بحوث بكميات هائلة لكى نتأكد من أن هذا الاعتقاد واقع وحقيقة.

## طرق تقدير الأثيلين وتقدير تركيزه:

توجد لذلك طرق كثيرة يمكن بواسطتها تقدير تركيز غاز الأثيلين وإثبات وجوده أو عدم وجوده ومنها طرق قديمة غير دقيقة ومنها طرق كيميائية بحتة ومنها طرق bioassay أى أنها طرق تستعمل النبات أو أجزاء منه فى تقدير تركيز الأثيلين. إلا أنه كما سبق ذكره أن أهم هذه الطرق هو استعمال gas chromatography ولذلك فإن جميع الأبحاث الحالية التى تجرى على هذا الغاز تجرى بواسطة استخدام gas chromatography وفيما يلى شرح لهذه الطرق:

## ١ - طريقة Triple Response of Ethylene:

وهى تعتبر طريقة من طرق bioassay بمعنى أنها تستخدم النبات أو جزء منه

لتقدير تركيز الأيثيلين. وفي هذه الطريقة يجرى بالفعل استعمال بادرات نبات البسلة صنف Alaska والتجربة كلها تجرى فى الظلام حيث تنمى البادرات فى الظلام لمدة ٣-٧ أيام ثم تعرض لمدة يومين لتركيزات مختلفة من الأيثيلين ثم تؤخذ النتائج. وقد وجد أن التركيزات العالية من الأيثيلين التى تتراوح من ٠,٠٨ - ٠,١٤ جزء فى المليون تسبب حدوث triple response أى معناه وجود ٣ تأثيرات: (أ) قصر الساق و (ب) حدوث إنتفاخ swelling ويصبح الساق سميك و (ج) الساق ينمو أفقيا ولا ينمو رأسيا. وبذلك باستعمال تركيزات مختلفة مجهولة يمكن معرفة التركيز. وعيوب هذه الطريقة:

أ - بطيئة وتحتاج إلى حوالى ٣-٧ أيام لتنمية البادرات فى الظلام وأيضا يومين هما مدة المعاملة.

ب - يجب عمل التجربة فى جو خالى من الأيثيلين وهذا غير مضمون تماما وإلا سيتداخل التركيز الموجود مع التركيز المستعمل.

ج - هذه الطريقة غير متخصصة إذ وجد أن ملوثات الأيثيلين من الغازات الأخرى مثل البروبيلين propylene و butylene و acetylene يمكن أن تحدث هذا التأثير ولذلك يجب أن يكون الغاز نقي تماما.

## ٢ - طريقة البروم:

وفى هذه الطريقة يمرر الأيثيلين الناتج من النبات أو الثمار على ماء بروم brominewater على درجة حرارة ٦٥-م لجعله سائل ونتيجة لذلك يصبح الأيثيلين عبارة عن بروميد الأيثيلين.

ثم تجرى عملية تنقيط لهذا المركب بمركب الأيثيلين فيتكون المركب N,N, diphenylethylenediamine ويمكن حساب كمية الأيثيلين من المركب الأخير أو من كمية الأيثيلين المستعملة فى التنقيط فكلما زاد تركيز بروميد الأيثيلين كلما احتاج كمية أكبر من الأيثيلين aniline.

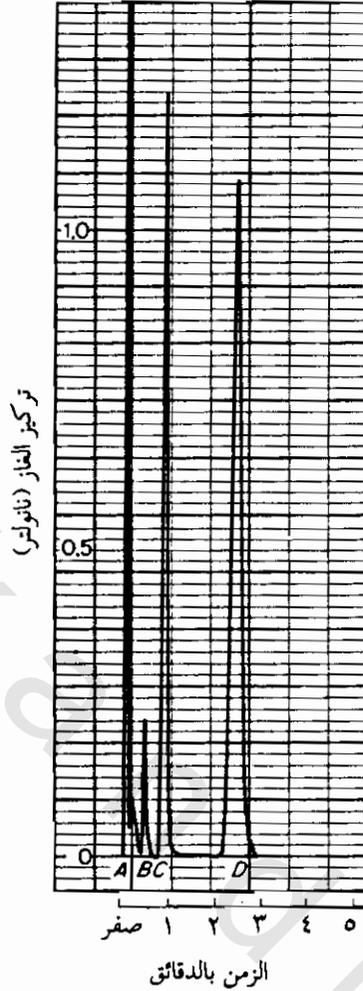
أى أنها طريقة معايير عادية من طرق المعايرة المستعملة فى الكيمياء.

وهذه الطريقة أول من استعملها Gane سنة ١٩٣٤ لتقدير تركيز غاز الايثيلين الناتج من ثمار التفاح أثناء نضجها وقد استعملت بعد ذلك لثمار كثيرة وعبوب هذه الطريقة: أنها غير دقيقة و غير متخصصة أيضا حيث أن المركبات الأخرى من الهيدروكربون الغير مشبعة أى التى تحتوى على رابطة مزدوجة والسابق ذكرها فى الطريقة السابقة يمكن أن يحدث لها نفس التفاعلات التى تحدث لغاز الايثيلين وبذلك فإنها تتداخل فى تقدير تركيز غاز الايثيلين.

### ٣ . طريقة الغاز كروماتوجرافى Gas Chromatography:

هذه الطريقة أدق الطرق المستعملة وهى التى تستعمل الآن فى تقدير تركيز غاز الايثيلين حيث تؤخذ عينة من النبات أو الثمار بواسطة حقنة (حقنة عادية) وتحقن هذه العينة فى الجهاز. وفى عمود الجهاز يتم فصل الأيثيلين عن الغازات الأخرى وفى نهاية العمود يتم الكشف والتعرف على الغاز بواسطة نوع حديث من detectors هو عبارة عن flame ionization detectors والذى يكون حساس لتركيزات قليلة جدا من غاز الايثيلين حتى جزء أئيلين لكل بليون جزء. وهذا التركيز قليل جدا وكاف لدراسة العمليات الفسيولوجية فى النبات حيث أن هذه العمليات تحدث فى تركيزات أعلى من ذلك. وباستعمال هذا الجهاز اتضح أن النبات السليم ينتج أيضا ايثيلين حيث يتدخل هذا الغاز فى العمليات الحيوية للنبات ولم يكن ذلك معروف من قبل إلا بعد تقدم طرق الفحص باستعمال جهاز Gas chromatography .

يتم فصل الغازات الموجودة فى العينة المختبرة بواسطة هذا الجهاز ويتم رسم منحنى تلقائى بواسطة هذا الجهاز (شكل ١٨٧). ومن هذا المنحنى يمكن التعرف على أنواع الغازات الموجودة فى العينة وتركيزها. حيث أن لكل غاز قمة عند مسافة معينة ثابتة من بداية الاختبار. تقاس هذه المسافة بمسطرة عادية من بداية الرسم. تعتبر مساحة الشكل القمى مقياس لتركيز غاز الأئيلين حيث أنه كلما زادت المساحة كلما زاد التركيز.



(شكل ١٨٧) : تسجيل نتيجة إختبار الكروماتوجرافى الغازى على ورقة رسم بيانى حيث A هواء و B غاز

إيثين ethane و C غاز الأثيلين و D البروبان.

$$\frac{1}{2}$$

فى هذه العينة يوجد إيثيلين بتركيز ٢ و١ نانولتر فى عينة تم حقنها بالجهاز وذات حجم نصف

مل. أى أن التركيز عبارة عن ٢,٤ جزء فى المليون.

### التأثيرات المختلفة للأيثيلين على النبات Endogenous Ethylene:

توجد تأثيرات كثيرة لهذا الغاز على نمو النبات أهمها ما يأتى:

## ١ - الشحوب الضوئى Etiolation :

تختلف النباتات التى تنمو فى الضوء عن النباتات التى تنمو فى الظلام حيث أن النباتات الأخيرة الشاحبة etiolated تكون سيقانها طويلة أكثر من المعتاد وأوراقها المتكونة بطريقة غير طبيعية حيث أنها تكون صغيرة الحجم بدرجة واضحة وأن الجزء الموجود تحت البرعم الطرفى يكون منحنى ليكون ما يسمى بالـ apical hook ويكون لون الساق والأوراق أصفر أو أخضر شاحب وليست أخضر . والأيثيلين لا يؤثر على جميع هذه الظواهر بل يؤثر فقط بطريقة واحدة ثابتة على apical hook تحت القمة المنحنية والتى سبق شرحها بالتفصيل فى تأثير الضوء على إنتاج الإيثيلين . وعامة فى حالة بادرة البسلة فإنها تنتج كمية أكبر من الأثيلين فى الظلام عنه فى الضوء . يتضح أيضا أن الضوء الأحمر ذو طول الموجة ٦٦٠ نانومتر هو المؤثر فقط دون ألوان الطيف الضوئى الأخرى ويسبب إستقامة الجزء المنحنى من قمة البادرة . يمكن إعادة حدوث الإنحاء للقمة المستقيمة عند تعريضها إلى ضوء أحمر بعيد far red وطول موجة ٧٣٠ نانومتر.

وجد أيضا أن للضوء الأحمر وأيضا الأحمر البعيد تأثير عكسى على نمو غمد الريشة لنبات الأرز.

## ٢ - إحداث الأزهار Floral Initiation :

من المعروف منذ زمن بعيد أن غاز الاستصباح يساعد على إزهار نبات الأناناس وقد وجد أن الأيثيلين وبعض الهيدروكربونات الغير مشبعة مثل غاز الاستيلين تساعد على إزهار بعض النباتات ومنها الأناناس . ومن المعروف أن معاملة النباتات بالأوكسين تشجع أزهار نباتات الأناناس ومن المعروف أن السبب فى ذلك هو أن الأوكسين يشجع تكوين غاز الإيثيلين وأن الأخير يساعد على الأزهار . لذلك فإنه يمكن دفع نبات الأناناس على الأزهار بتغطيته بكيس بلاستيك وبدخله موز ناضج . ومما هو جدير بالذكر أن القاعدة العامة هو أن غاز الأثيلين يسبب تثبيط الأزهار وأن بعض شواذ هذه القاعدة الأناناس و *Plumbago indica* .

## ٣ - ظاهرة السيادة القمية :

من المعروف أن هذه الظاهرة وكما سبق شرحه في الأوكسينات تحدث لزيادة تركيز الأوكسين في البراعم الأبضية ونتيجة لذلك ينتج الأوكسين غاز الايثيلين وهو الذى يسبب منع نمو البراعم الأبضية. أى يكون تأثير الأوكسين هو عن طريق الايثيلين.

وجد فى بعض الحالات كما سبق شرحه وفى هذه الحالة وفى الحالة السابقة أن تأثير الأوكسين هو نتيجة لتكوينه غاز الايثيلين ولكن هذا لا يعنى أن جميع التأثيرات المختلفة للأوكسينات هى نتيجة لانتاج غاز الايثيلين ولكن بعض من هذه الحالات فقط.

## ٤ - ذبول الأزهار Flower fading :

فى أزهار الأوركيد فى عدم حدوث الأخصاب والتلقيح فإن الزهرة تستمر عادية لفترة طويلة أما بعد التلقيح فإن الزهرة تذبل بسرعة وذلك راجع إلى أن التلقيح ينتج عنه غاز الايثيلين الذى يسبب ذبول وشيخوخة بتلات الزهرة.

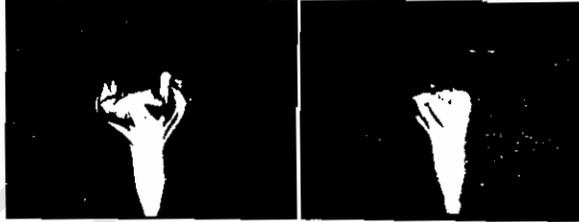
مثل آخر فى حالة زهرة الايوميا *Ipomoea tricolor* فإن الزهرة تفتح فى الصباح ثم تبدأ فى الأرتخاء فى فى منتصف النهار ثم تذبل وتلتوى وتتجدد بتلاتها فى المساء (شكل ١٨٨). قبل بداية التواء وتجعد البتلات يبدأ تكوين غاز الأيثيلين ويحدث الالتواء فى البتلات نتيجة التغير فى ضغط الانتفاخ لخلايا العرق الوسطى للبتلة. وتفسر هذه الحالة بأن كبر سن البتلة aging يجعل tonoplast وهو الغشاء البلازمى الذى يحيط بالفجوة العصارية ممكن أن ينفذ الحامض الأمينى ميثيونين الموجود فى الفجوة العصارية إلى السيتوبلازم. وفى الأخير يتحول هذا الحامض الأمينى إلى الايثيلين وأن الايثيلين بدوره يسرع من تحلل غشاء tonoplast وبذلك يزيد من سرعة العملية حيث ستنفذ كمية كبيرة من الحامض الأمينى المذكور من الفجوة العصارية إلى السيتوبلازم. يعتقد أن كبر سن البتلة يسبب أن يصبح غشاء التونوبلاست قابل إلى حد ما للرشح slightly leaky ولذلك ينفذ الميثيونين.



صفر

١

٢



٣

٤

(شكل ١٨٨) : زهرة الأيوميا *Ipomoea tricolor* في الفترة بين ٦ صباحا إلى الواحدة ظهرا. توضح ذبول الزهرة في هذه الفترة . يحدث ذبول الزهرة (شيخوخة الزهرة) نتيجة لانتاج الأثيلين بواسطة الزهرة بعد ساعات قليلة من تفتحها. بسبب ذلك تغيرات في ضغط الانتفاخ لخلايا العرق الوسطي للبتلات وينتج عن ذلك التجمد للبتلات وذبولها .

ثبت أن معاملة أزهار الأوركيد بتركيز من الأثيلين أقل من واحد جزء في المليون يسبب ذبولها.

##### ٥ - تفتح البراعم الزهرية:

يمنع الأثيلين تفتح البراعم الزهرية. وحتى في حالة تفتح البراعم فإنها تغلق مرة أخرى عند تعريضها للأثيلين. يسبب الأثيلين شيخوخة بعض الأزهار على الأقل حيث تذبل وقد تسقط. وتعتبر أزهار الأوركيد والورد والقرنفل شديدة الحساسية للأثيلين بينما أزهار الداليا عديمة الحساسية للأثيلين.

##### ٦ - تكوين الجذور العرضية والشعيرات الجذرية:

تتكون الجذور العرضية والشعيرات الجذرية بكميات كبيرة على الساق ومن ذلك يتضح أن الأثيلين أيضا يمكنه أن يساعد على انقسام الخلايا وتكوين الجذور

العرضية ويحدث ذلك في بعض من النباتات ومنها نبات الطماطم. كما وجد أيضا أن معاملة الجذور بالايثيلين يساعد على كثافة تكوين الشعيرات الجذرية.

يساعد كل من الأوكسينات والايثيلين على تكوين الجذور العرضية على العقل الساقية ويمكن أن يكون تأثيرهما مختلطين منشط synergistic. وفي بعض الحالات وجد أن معاملة الأوراق المقطوعة بالايثيلين تسبب تكوين الجذور العرضية.

#### ٧ - قصر الساق:

من المعروف وكما سبق ذكره في حالة الاستجابة الثلاثية أن التركيزات العالية من غاز الايثيلين تمنع النمو الطولي للخلايا وتسمح بالنمو العرضي لها ولذلك يحدث لها أنتفاخ swelling. يسمى النمو العرضي للخلايا isodiametrical.

في حالة الاستجابة الثلاثية triple response فإن الساق تكون قصيرة وسميكة وتنمو أفقيا.

يسبب الايثيلين قصر نمو الساق ويوجد شواذ لذلك مثل غمد الريشة mesocotyl لنبات الأرز ونبات Callitriche.

#### ٨ - قصر الجذور وتفرعها:

معاملة بعض النباتات بالايثيلين تسبب قصر الجذور وأيضا تظهر حالة غير طبيعية isodiametric حيث يحدث تفرع للجذور وذلك كما في جذور البصل.

#### ٩ - الأنتحاء الأرضي:

عند تعريض الساق النامية رأسيا للايثيلين فإنها تنحني وتنمو أفقيا. وعند وضع النبات أفقيا فإنه ينحني ويتجه إلى أعلى وعند تعريضه للايثيلين فإن الساق يستقيم وينمو أفقيا (شكل ١٨٦). أي أن الايثيلين يسبب نمو الساق وأيضا الجذور نمو أفقى أى عمودى على إتجاه الجاذبية الأرضية diageotropic response.

## ١٠ - نقص تركيز الكلوروفيل:

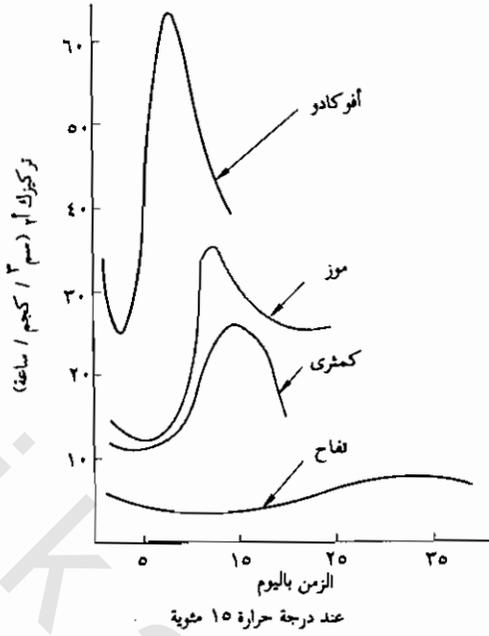
تسبب المعاملة بالأثيلين تغير اللون من الأخضر إلى الأصفر في ثمار البرتقال والموز. ثبت زيادة نشاط أنزيم الكلوروفيلليز والذي يحلل الكلوروفيل وبالتالي يقل تركيزه. تطبق هذه المعاملة على نطاق تجارى لتساعد فى تغيير لون ثمار الموز والمانجو والبرتقال من اللون الأخضر إلى اللون الأصفر أو البرتقالى. كما ثبت أن هذه المعاملة تشجع تخليق lycopene وB-carotene فى ثمار الطماطم والأنثوسيانين فى ثمار العنب.

## ١١ - نضج الثمار:

يلعب الأثيلين دور هام فى إنضاج الثمار وسبق القول أنه بعد التلقيح يكبر حجم المبيض نتيجة لتكون بعض من الهرمونات بتركيزات مناسبة منها الأوكسين والجبريللين ولكن بعد وصول الثمرة لتمام حجمها فإنه يحدث فيها تغيرات لكى يحدث النضج.

كثير من الثمار مثل التفاح بالرغم من وصولها إلى حجمها الطبيعى تكون غير قابلة للأكل لحموضتها وصلابتها والنضج فى التفاح يكون ضرورى وفيه يحدث اختفاء كمية كبيرة من حامض المالك والذى يسبب عدم نضج الثمرة كما يسبب الطعم الحامضى.

وعامة فإن كثير من الثمار تنضج بسرعة بعد قطفها وذلك يوضح أن تأثير النضج يحدث من الثمرة نفسها. والنضج فى بعض الثمار يكون مرتبطا بالزيادة فى سرعة التنفس وعند دراسة سرعة التنفس أثناء نضج الثمار فإننا نلاحظ عند زمن معين زيادة كبيرة جدا فجائية فى تركيزك أ<sub>٢</sub> الناتج من التنفس وذلك لمدة قصيرة ثم يلى ذلك نقص كبير فى التركيز فجأة أيضا وهذه الفترة التى يحدث فيها زيادة سرعة التنفس وزيادة إنتاج ك<sub>٢</sub> تسمى بالـ climacteric وبعد هذه الفترة مباشرة تتحول الثمرة بسرعة من ثمرة غير ناضجة إلى ثمرة ناضجة قابلة للأكل (شكل ١٨٩).



(شكل ١٨٩) : تقدير climacteric في الثمار الناضجة.

وهذا climacteric يمكن منعه باستخدام مثبطات التنفس أو بتركيز عالي من ك أ ه أو بتركيزات من غاز النيتروجين أو بدرجة الحرارة المنخفضة وعلى العكس من ذلك فإن غاز الايثيلين يساعد على حدوث climacteric والنضج في الثمار البالغة. قديما كان من الثابت أن الأيثيلين ينتج بعد فترة climacteric ولكن باستخدام جهاز gas chromatography أوضح أن الايثيلين ينتج قبل بداية climacteric مباشرة. وعامة فإن الايثيلين ينتج بكميات قليلة طول الوقت ولكن تتضاعف كمية إنتاجه مئات المرات في الثمار أثناء فترة climacteric وقد وجد إنه عند منع نضج الثمار باستعمال درجة حرارة منخفضة فإن إنتاج الايثيلين يقل أيضا ولذلك فإن الايثيلين يعتبر natural fruit ripen hormone هرمون طبيعي لنضج الثمار وأمكن إثبات ذلك أيضا باستبعاد الايثيلين المتكون بسرعة من الثمار وذلك بتعريض الثمار لضغط منخفض مع وجود تركيز عادي من الأوكسجين وتحت هذه الظروف فإن النضج يتأخر.

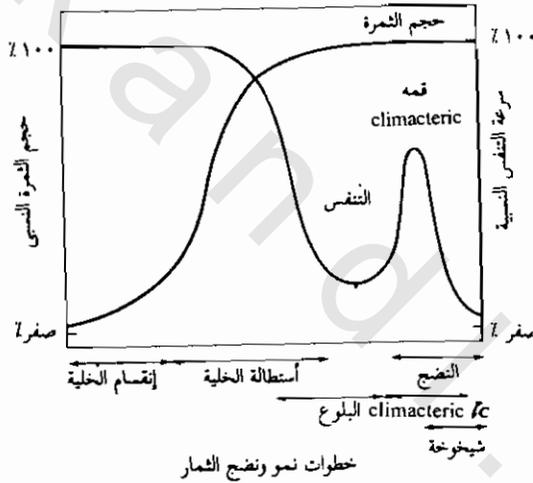
أما عن كيفية حدوث النضج بواسطة الاثيلين فإنه بالرغم من أنه في بعض الثمار مثل الأفوكادو والمانجو أن إنتاج الاثيلين وزيادة سرعة التنفس مصاحبة لبعضهما فإنه في بعض الثمار الأخرى مثل الموز فإن الاثيلين يقل قبل وصول السرعة المثلى للتنفس. وهذا يدل على أن الاثيلين ينشط بعض العمليات التي من شأنها تحدث نضج الثمار ولذلك فإن للاثيلين تأثيرين: (أ) عملية الانضاج تحتاج أنزيمات أى تخليق بروتين وأن الاثيلين يساعد على سرعة تخليق البروتين (ب) أن الاثيلين يؤثر على نفاذية الأغشية مثل غشاء tonoplast وبذلك يسمح بخروج مركبات من الفجوة العصارية إلى السيتوبلازم بعد أن كانت محصورة في الفجوة العصارية أو العضيات المختلفة للخلية. وبذلك تعمل الأنزيمات الموجودة في السيتوبلازم على هذه المركبات المحررة من أجزاء الخلية المختلفة. وأيضاً كما سبق شرحه بالتفصيل في زهرة الإيوميا في ذبول الأزهار.

يمكن تصنيف الثمار إلى ثمار ذات القمة climacteric fruits وثمار عديمة القمة nonclimacteric fruits. ومن أمثلة المجموعة الأولى التفاح والكمثرى والموز والأفوكادو. ومن أمثلة المجموعة الثانية العنب والتين والليمون والبرتقال. وفي حالة المجموعة الثانية فإن سرعة التنفس تقل تدريجياً مع عدم وجود إرتفاع أو إنخفاض مفاجئ حاد peak. تسبب المعاملة بالأثيلين نضج الثمار في الحالة الأولى ولا تؤثر على نضج الثمار في الحالة الثانية.

ومن وجهه النظر البستانية فإن الثمار عديمة القمة يمكن أن تنضج على النبات بينما الثمار ذات القمة فإن النضج يحدث بعد قطع أو جمع أو سقوط الثمار.

يتميز الأثيلين عن بقية الهرمونات بأن تركيز قليل منه في البداية يسبب زيادة كبيرة جداً في تركيزه بعد ذلك ويحدث ذلك في الثمار ذات القمة ولكنه لا يحدث في الثمار عديمة القمة. أى أن معاملة الثمار بتركيز منخفض تسبب تنشيط الثمار لتكوين كميات كبيرة نسبياً من الغاز.

يتضح مما سبق أن الثمرة أثناء تكوينها ونموها يحدث فيها إنقسام للخلايا ثم كبر في حجم الخلايا وفي المراحل الأخيرة من كبر حجم الخلايا تدخل الثمار في مرحلة البلوغ maturation وفي نهاية مرحلة البلوغ تبدأ مرحلة النضج وفي أثناء المرحلة الأخيرة تحدث حالة القمة climacteric. وفي أثناء النضج تبدأ مرحلة الشيخوخة senescence. يزداد حجم الثمرة ثم يتوقف في نهاية مرحلة البلوغ. وفي مرحلة النضج لا يحدث تغيير في حجم الثمار بل تحدث تغييرات في عمليات التحول الغذائي في الثمار ومن أمثلتها زيادة نشاط الأنزيمات المحللة للمركبات البكتينية والتي ينتج عنها طراوة في الثمار (شكل ١٩٠). بعد بداية القمة climacteric يحدث تحول سريع وكبير في عمليات التحول الغذائي ينتج عنها نضج الثمار.



(شكل ١٩٠) : التغيرات التي تحدث في حجم الخلية وفي سرعة التنفس أثناء نمو وبلوغ ونضج الثمار.

تقل سرعة عملية التنفس بزيادة عمر الثمرة وهكذا حتى تنخفض بدرجة كبيرة جداً أو تتوقف وفي هذه الأثناء تصبح الثمار عرضة للتلف وأيضاً للإصابة بالفطريات والبكتيريا الرمية.

تغليف الثمار بالشمع waxing يسبب تأخير عملية النضج وأيضاً تأخير إنتاج الأثيلين حيث أن الشمع يمنع أو يقلل نفاذ الأوكسجين إلى داخل الثمار وبالتالي يقل تركيز الأوكسجين في الثمار وبالتالي يقل إنتاج وتركيز الأثيلين في الثمار. تفشل كثير من الثمار في النضج في درجة ٣٥ مئوية وما فوقها حيث أن درجة الحرارة المرتفعة تسبب تثبيط تخليق الأثيلين.

يزداد تركيز RNA والبروتين أثناء عملية النضج ، أمكن إثبات ذلك بإستعمال uridine مشع حيث تصبح الثمار المعاملة بهذا المركب محتوية على RNA مشع في أثناء فترة النضج. أمكن أيضاً إثبات ذلك بإستعمال فوسفور مشع حيث تصبح الثمار المعاملة محتوية على أحماض أمينية مشعة وبروتين مشع أثناء فترة النضج. وفي أثناء فترة النضج يزداد نشاط بعض الأنزيمات منها الأنزيمات المحللة للمركبات البكتينية والتي تسبب طراوة الثمرة وأيضاً أنزيمات decarboxylase والتي تسبب زيادة سرعة التنفس.

يحدث أثناء عملية النضج عمليات كثيرة ومنها مايتأتى : تفقد الثمرة اللون الأخضر نتيجة لقلة تركيز الكلوروفيل. وغير معروف كيف يتم نقص تركيز الكلوروفيل بالتفصيل. يحدث تحلل في أغشية البلاستيدات الخضراء. يتم تخليق الزانثوفيل في التفاح و lycopene في الطماطم ويتسبب عن ذلك تغيير لون الثمار. يتحول النشا إلى سكر وتقل الحموضة وبالتالي يتحسن الطعم. تتكون مركبات متطايرة عديدة منها الأثيلين تعطى رائحة مرغوبة للثمار. ويزيادة النضج عن حد معين تصبح الثمرة قابلة للعفن بواسطة فطريات وبكتيريا رمية.

تسبب الزيادة في تركيز الأثيلين في الثمار زيادة في تركيز ABA في بعض حالات الثمار ذات القمة مثل التفاح والكمثرى والأفوكادو. لوحظت هذه الحالة أيضاً في أثناء نضج لوز القطن. وفي بعض الحالات تسبب المعاملة بالأثيلين زيادة تركيز ABA. ولذلك في بعض الثمار ذات القمة وفي لوز القطن يسبب الأثيلين زيادة في تركيز ABA وغير معروف ميكانيكية حدوث ذلك.

## ١٢- التنفس:

لا يؤثر الأثيلين على عملية التنفس في النبات عدا في بعض حالات نضج الثمار . يمكن أن تكون قمة منحنى التنفس ملازمة لقمة تركيز الأثيلين أو تسبقها أو تليها في الثمار ذات القمة أثناء مرحلة النضج. تزداد سرعة التنفس في كثير من الثمار على درجة ٣٥ مئوية بينما يتوقف أو تقل جدا عملية إنتاج الأثيلين ، يمكن أن يؤثر الأثيلين على إنتاج أو نشاط بعض أنزيمات التنفس ومما يثبت ذلك فشل المعاملة بالأثيلين لثمار الموز من عمل منحنى التنفس ذو القمة في وجود المضاد الحيوي cycloheximide والذي يسبب تثبيط تخليق البروتين ومنه بروتين الأنزيمات .

## ١٣- سقوط الأوراق:

يعتمد عادة سقوط الأوراق على وجود منطقة انفصال موجودة عند قاعدة عنق الورقة وهي تتكون أما مبكرا نسبيا عند تكوين الورقة أو عندما تكون الورقة بالغة تماما وذلك يتوقف على نوع النبات. يتميز تشريح منطقة الانفصال بأنها تتكون من خلايا بارنشيمية صغيرة الحجم عنه في الخلايا المجاورة كما أن الألياف قد تكون غائبة من الحزم في هذه المنطقة وأيضا أوعية الخشب وخلايا نسيج اللحاء تكون أقصر من مثيلاتها في المناطق الأخرى وهذا التركيب التشريحي يجعل هذه المنطقة منطقة ضعف في الورقة.

سقوط الأوراق يحدث نتيجة لشيخوخة الورقة أما نتيجة natural aging كما في الأشجار مستديمة الخضرة أو نتيجة للظروف البيئية كما في الأشجار متساقطة الأوراق وفي الحالة الأخيرة فإن العامل البيئي يسبب قصر طول النهار وأيضا انخفاض درجة الحرارة وينتج عن هذين التأثيرين تغيرات في التحول الغذائي في داخل أنسجة الورقة والتي تسبب سقوط الأوراق.

قبل سقوط الأوراق فإن تحدث تغيرات كثيرة في منطقة الانفصال فإن يحدث انقسام للخلايا بسرعة كبيرة وتكون طبقة من الخلايا لها شكل قالب الطوب brick

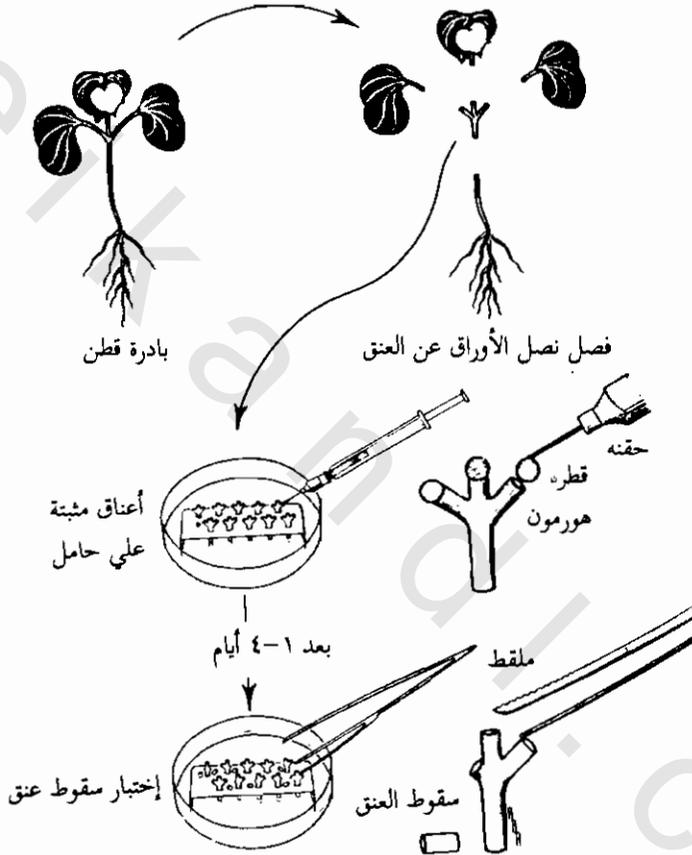
shaped cells في قاعدة الورقة ثم تحدث تغيرات في التحول الغذائي في منطقة الانفصال من شأنها اذابة جزئية لجدر الخلايا والصفحة الوسطى ومع كبر هذه الخلايا في الحجم تصبح الخلايا منفصلة ونتيجة لذلك نجد أن ثقل الورقة يسبب كسر في منطقة الأنسجة الوعائية وينتج عن ذلك سقوط الأوراق.

وتتكون طبقة من خلايا الفلين عند قاعدة الورقة لحماية أنسجة النبات من إصابتها بالفطريات أو البكتيريا ولتحد أيضا من فقد الماء. ونجد أن أوعية الخشب في هذه المنطقة تسد بواسطة تنوعات وبروزات من أغشية الخلايا البارنثيمية المحيطة والتي تسمى بالتيلوزات وبذلك يسد تماما مكان سقوط الورقة.

وجد أن كثير من التجارب تثبت أن الأثيلين يسبب تثبيط تخليق الأوكسين كما أنه ينشط تحطيم الأوكسين كما أنه ينشط عملية الارتباط للأوكسين وبشبط إنتقال الأوكسين من الورقة إلى النبات حيث وجد أن تركيز الأوكسين يقل في الأوراق المعاملة بالأتيلين. أما عن كيفية وميكانيكية حدوث هذه التأثيرات المختلفة للأثيلين على الأوكسين فهي غير معروفة. وجد أن تركيز الأثيلين يزداد في الأوراق الفلقية لبادرة القطن خاصة في فترة الشيخوخة وفي مرحلة سقوطها. وجد أن زيادة تركيز الأثيلين في الأوراق الفلقية يصاحبه نقص في إنتقال الأوكسين من الورقة الفلقية إلى السويقة الجنينية السفلى. كما وجد أن معاملة الأوراق الفلقية للقطن بالأتيلين يقلل من أنتقال الأوكسين ويسبب سقوطها حتى لو كانت مكتملة النمو والنضج وغير هرمه (شكل ١٩١) وجد أيضا أن تركيز الأثيلين في عنق الورقة ستة أضعاف تركيزه في نصل الورقة. أمكن تطبيق ذلك أيضا على نبات الفاصوليا ونباتات أخرى كثيرة. ومن ذلك يتضح أن الأوراق تخلق الأثيلين الذي يسبب سقوطها وجد أيضا نفس الشيء في سقوط البراعم الزهرية والأزهار والشمار الصغيرة وأيضا إنفتاح الشمار.

كلا من الأوكسين والأثيلين يشتركان في عملية سقوط الأوراق وأثناء فترة نشاط الورقة يتكون باستمرار أوكسين جديد وينتقل من نصل الورقة خلال العنق إلى الساق ولكن عندما تصبح الورقة في حالة عجز أى شيخوخة فإن إنتاج الأوكسين

وانتقاله يقل كما سبق شرحه في الأوكسينات وهذا النقص هو علامه لكي تحدث التغيرات في منطقة الانفصال والتي تسبب سقوط الأوراق وكما سبق القول فإن إضافة أوكسين للأوراق في هذه الحالة سيسبب عدم سقوط الأوراق لفترة أطول عنها في حالة عدم إضافة الأوكسين.



(شكل ١٩١): تأثير الهرمون علي سقوط الأوراق.

تستعمل أعناق أوراق قطن في طور البادرة وتعامل بالهورمون ثم تختبر بعد عدة أيام بواسطة الضغط عليها بقوة معينة قياسية ثابتة وذلك بواسطة ملاقط خاصة.

وفي فترة الشتاء أيضا فإن تموين الأوراق بالسيتوكينين المخلق في قمة الجذر والمنقول من الجذر يقل لانخفاض درجة الحرارة وغيرها من العوامل التي تساعد على عجز وشيخوخة الورقة. لأنه كما سبق القول أن السيتوكينين مضاد للشيخوخة في الأوراق. وعند عجز الأوراق فإنها تنتج مواد في خلايا الورقة تنتقل من النصل إلى قاعدة الورقة لكي تسبب عجز أنسجة العنق وتكوين التفاعلات الخاصة والتغيرات الخاصة في منطقة الانفصال وهذه العوامل تسمى بعوامل الشيخوخة أو العوامل المسببة للشيخوخة senescence factors.

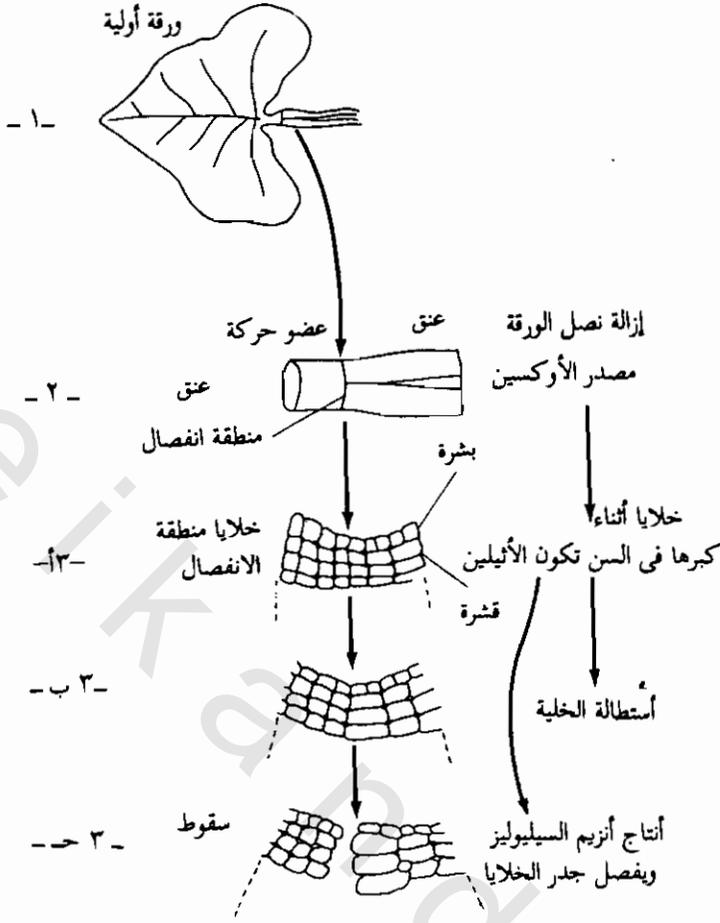
. هذه المركبات غير معروفة بالتفصيل وبعض الآراء توضح أن حامض الأبسيسيك هو أحد هذه المركبات ولكن الرأي الغالب الآن أن حامض الأبسيسيك ليس له دور كبير في سقوط الأوراق.

يساعد الايثيلين على سقوط الأوراق في وجود شرط هام وهو أن تكون الأوراق في حالة بلوغ أو نضج أو شيخوخة وإلا لن يحدث السقوط أى أنه لو عملت الأوراق أثناء تكوينها أو الأوراق الحديثة التكوين بالأيثيلين فلن تسقط.

الايثيلين هورمون يسبب سقوط الأوراق وذلك بأسرعه في حدوث الشيخوخة لمنطقة الانفصال فإنه مسؤل مباشرة عن حدوث تحلل الصفيحة الوسطى لهذه الخلايا وكبر حجمها وأيضا ذوبان الجدر الخلوية في منطقة الانفصال فقد وجد أنه يشجع تكوين أنزيم السيلوليز بدرجة كبيرة وعلاوة على ذلك فإن غاز الأيثيلين ينظم أيضا تحرر وانتقال هذا الأنزيم من سيتوبلازم إلى جدار الخلية، وقد وجد أن الأيثيلين يؤثر على هذه الخلايا فقط في منطقة الانفصال وتكوين أنزيم السيلوليز في هذه الخلايا فقط دون الخلايا الأخرى ولذلك فإن منطقة الانفصال من الناحية الفسيولوجية هي منطقة ذات خلايا متخصصة لأظهار تأثير الأيثيلين بوضوح عليها.

ethylene exerts its effect mainly on these cells often only one layer.

كما يسبب الأيثيلين إنتفاخ الخلايا في منطقة الانفصال في الجزء القريب من الساق فقط وبذلك يسبب سقوط عنق الورقة (شكل ١٩٢).



(شكل ١٩٢) : التغير في حجم خلايا منطقة الانفصال أثناء الانفصال نتيجة لتأثير الأثيلين في ورقة الفاصوليا.

#### ١٤ - حدوث Epinasty :

وجد أن الأثيلين يحدث هذه الظاهرة في بعض النباتات دون الأخرى ويحدث ذلك نتيجة لحدوث نمو في الخلايا الموجودة على الجزء العلوى من عنق الورقة أو قاعدتها عنه في خلايا الجزء السفلى ونتيجة لذلك يحدث انحناء للورقة إلى أسفل . ومن النباتات التي تظهر هذه الظاهرة عند معاملةها بالأثيلين هي البسلة والطماطم وعباد الشمس والبطاطس . تحتاج المعاملة إلى تركيزات تتراوح بين ٠,١ - ٠,١ جزء في المليون . يمكن استعمال تركيز أقل من ٠,١ جزء في المليون في النباتات الحساسة مثل الطمطم .

تعتبر الأوراق الصغيرة السن أكثر حساسية لتأثير الأثيلين بالمقارنة بالأوراق الكبيرة السن لنفس النبات. تظهر حالة epinasty بعد المعاملة بالأثيلين بحوالى ساعة إلى ثلاث ساعات. لا تظهر أوراق ذوات الفلقة هذه الحالة إطلاقاً .

تأثير الأثيلين فى حدوث هذه الظاهرة غير واضح ولكن يعتقد أنه يسبب إختلال فى التوزيع المنتظم للأوكسين على محيط عنق الورقة وبذلك يزداد تركيز الأوكسين فى الجزء العلوى عنه فى الجزء السفلى فيحدث الأنحاء وتستخدم هذه الطريقة فى بعض النباتات لقياس تركيز الأثيلين حيث أنه كلما زاد تركيز الأثيلين كلما زادت زاوية انفراج عنق الورقة ولكن هذه الطريقة غير دقيقة ولا تستعمل الآن لوجود gas chromatography.

وجد أن بعض غازات أخرى يمكن أن تنتج هذا التأثير مثل أول أكسيد الكربون وكبريتيد الأيدروجين hydrogen sulphide والأمونيا والفورمالدهيد.

#### ١٥ - أنبات البذور:

تسبب المعاملة بالأثيلين تنشيط إنبات بعض البذور والحبوب مثل الشعير وأصناف الفول السوداني ذات بذور تحتاج فترة كمون وأيضاً النبات المتطفل العدار *Striga* والشليك والتفاح. وجد أن المعاملة بالجبريللين أو الكيتينين فى بعض هذه البذور يسبب كسر طور السكون وسرعة الإنبات وفى جميع هذه الحالات يزداد تركيز الأثيلين نتيجة لهذه المعاملات. غير معروف كيفية حدوث ذلك.

#### ١٦ - نمو براعم الدرقات أو الكورمات أو الريزومات أو الساق المداده:

تسبب المعاملة بالأثيلين فى بعض الحالات نمو البراعم فى أنواع السيقان المختلفة مثل الدرقات والكورمات والريزومات والسيقان المداده ومن أمثلة ذلك أن معاملة درقات البطاطس بالأثيلين يسبب نمو البراعم الموجودة على الدرقات. يمكن أيضاً تشجيع نمو البراعم الخضرية الساكنة بواسطة معاملتها بالأثيلين كما فى نبات الحور *Betula*.

## ١٧ - الإفراز Secretion :

يساعد الأثيلين عملية الأدماع فى الفجل وعباد الشمس وبعض النباتات الأخرى . تساعد المعاملة بالأثيلين على تشجيع الإفرازات الصمغية خلال العديسات فى بعض النباتات مثل الخوخ والمشمش . تسبب المعاملة بالأثيلين ببطء إندمال الجروح فى سيقان أشجار المطاط وبذلك تستمر عملية إنسياب اللاتكس latex مدة طويلة .

## ١٨ - الجنس فى الزهرة Sex Expression :

لوحظ قديماً أثناء القرن التاسع عشر أن الدخان يسبب زيادة عدد الأزهار المؤنثة فى نبات الخيار . أتضح أن المركب الفعال فى الدخان هو الأثيلين . تسبب المعاملة بالأثيلين قلة عدد الأزهار المذكرة وزيادة عدد الأزهار المؤنثة وبذلك يزداد المحصول كما فى بعض النباتات مثل الخيار والقرع والعسلى و melons و ridge gourd وكلها تتبع العائلة القرعية .

وفى حالة نبات القنب أى الحشيش أى المارجوانا *Cannabis sativus* تسبب المعاملة بالأثيلين تكوين أزهار مؤنثة على النباتات المذكرة حيث أن النبات ثنائى المسكن . لا تؤثر المعاملة بالأثيلين على جنس الذكر فى نبات الذرة .

يعتقد أن الأثيلين يؤثر على نوع الجنس فى بعض النباتات دون الأخرى فقد وجد فى بعض سلالات نبات الخيار و muskmelon تكوين سلالات lines مؤنثة gynocious lines أى تحمل أزهار مؤنثة فقط . وقد أمكن إثبات أن هذه النباتات تنتج كميات كبيرة من غاز الأثيلين بالمقارنة بالنباتات العادية ذات الأزهار المذكرة والأزهار المؤنثة . وجد أيضاً أن السلالات المؤنثة من muskmelon تنتج نحو تكوين أزهار مذكرة عند زراعتها فى ظروف بيئية ذات ضغط جوى منخفض . يسبب الضغط الجوى المنخفض نقص فى تركيز الغازات الموجودة بداخل النبات ومنها الأثيلين . وجد أن معاملة النباتات بغاز أول أكسيد الكربون يسبب قلة عدد الأزهار المؤنثة ومن المعروف أن هذا الغاز له تأثير تثبيط تنافسى على غاز الأثيلين .

## ١٩ - نفاذية الأغشية Membrane permeability :

يذوب الأثيلين في الغشاء البلازمي وغشاء التونوبلاست ويسبب تغيير نفاذية هذا الغشاء . تسبب قابلية الأثيلين للذوبان في الدهون بدرجة كبيرة في نفاذيتها بسهولة خلال الغشاء البلازمي الأكتوبلاست وأيضاً التونوبلاست . يمكن أن ينتج عن ذلك تغيير في نفاذية هذه الأغشية وأيضاً منع حالة أو تثبيط في عضيات الخلية وفي حالة نصف حبة الشعير عديمة الجنين فإن تحرر أنزيم ألفا أميليز من طبقة الأليرون وإنتقاله إلى الأندوسبرم يكون نتيجة لزيادة نفاذية الأغشية في خلايا الأليرون وقد وجد أن هذه الحالة تزداد عند معاملة نصف حبة الشعير بالأثيلين . وجد أن عزل الميتوكوندريا من نبات القنبيط ومعاملتها بالأثيلين تزداد في الحجم وتنتفخ ويعزى ذلك إلى زيادة نفاذية الأغشية . أمكن إثبات ذلك أيضاً في خلايا الخميرة وكرات الدم الحمراء .

يعتبر هذا التأثير غير متخصص بالنسبة للأثيلين حيث وجد أن غازات أخرى يمكن أن ينتج عنها نفس التأثير .

وفي حالة سقوط الأوراق فإن الأثيلين يسبب تخليق أنزيم السيلوليز كما أنه يساعد على تحرر هذا الأنزيم من سيتوبلازم خلية النبات وإنتقاله إلى الجدار ليظهر تأثيره ويكون ذلك راجع لزيادة نفاذية الأغشية في السيتوبلازم .

وعلى العكس مما سبق فقد وجد أن الأثيلين لا يؤثر نفاذية الخلايا في البطاطس والبسلة وريو *Rhoeo* . كما أنه لا يؤثر على حالة البلازما في النبات الأخير أى أنه لا يؤثر على النفاذية .

تعتبر النتائج متضاربة في هذه الحالة ويلقى ذلك ظلال من الشك حول أهمية غاز الأثيلين في نفاذية الأغشية، ولكن يمكن القول أن الأثيلين له دور في بعض النباتات دون الأخرى .

## ٢٠ - تخليق البروتين والأنزيمات :

يساعد الأثيلين في تخليق البروتين و mRNA . توجد مجموعة من الأنزيمات تنشط بدرجة ملحوظة في الأنسجة المعاملة بالأثيلين مثل cellulase و protease

وألفا أميليز و كاتاليز و peroxidase وسكريز. عند معاملة الأنسجة المعاملة بالأثيلين بمركب actinomycin و cycloheximide فإنها تؤثر على تكوين أنزيمي cellulase و peroxidase. يتضح من ذلك أن الأثيلين له دور فى تخليق هذه الأنزيمات وخاصة الأنزيمين السابقين.

## ٢١ - تخليق ونشاط الأوكسين:

يؤثر الأثيلين على الأوكسين فى بعض العمليات الحيوية . تسبب المعاملة بالأثيلين نقص فى تركيز الأوكسين الحر . يمكن أن يكون ذلك نتيجة لتثبيط تخليق الأوكسين أو خفض معدل إنتقال الأوكسين أى خفض سرعة إنتقاله أو يسبب ربط الأوكسين بمركبات أخرى ويصبح أوكسين مقيد أو مرتبط.

يقلل الأثيلين من سرعة الأنتقال الجانبي للأوكسين أثناء الأنتحاء الضوئى والأنتحاء الأرضى .

## ٢٢ - إنتفاف المحاليق:

قد يلتف المحلاق حول الدعامة كما فى العنب والبسلة وقد يكون المحلاق فى قمته وسادة لاصقة لتلتصق الوسادة بالدعامة أو الجدار كما فى نبات *Parthenocissus tricuspidata*. وجد أن الأوكسين والأثيلين ينظمان التغير فى حجم الخلايا فى المحلاق والتي ينتج عنها الأحناء والألتفاف. وجد أن المحاليق المقطوعة والنامية على محلول خاص تلتف على نفسها فى عدم وجود الدعامة عند معاملتها بأوكسين أندول حامض الخليك ومن أمثلة هذه المحاليق البسلة وكثير من النباتات الأخرى كما وجد أيضا أن معاملة المحلاق بأندول حامض الخليك تسبب تكوين الوسادة اللاصقة فى نبات *Parthenocissus* (شكل ٢٥). وجد أن الأوكسين ينشط تخليق الأثيلين فى المحلاق ولكن تخليق الأثيلين فى الجزء من المحلاق المواجهة للدعامة يكون أضعاف تخليق الأثيلين فى الجزء من المحلاق البعيد عن الدعامة، وحيث أن الأثيلين فى حالات كثيرة يسبب رشح الأغشية ومنها غشاء

التونوبلاست معنى الرشح في هذه الحالة هو إختلال في نفاذية الغشاء فإنه ينتج عن ذلك إنتقال بعض محتويات الفجوة العصارية إلى السيتوبلازم وينتج عن ذلك إنكماش للخلايا في الجزء المواجه للدعامة ونتيجة لذلك يحدث الألتفاف نتيجة للأختلاف في سرعة نمو الجانب المواجه للدعامة والجانب البعيد عن الدعامة.

### ميكانيكية تأثير الأثيلين على النبات:

تأثير الأثيلين عام كثير من العمليات الحيوية وأيضاً على كثير من الأنسجة والأعضاء ولذلك من المستحيل معرفة ميكانيكية تأثير الأثيلين في جميع هذه الحالات. وفيما يلي وصف لبعض المحاولات التي أجريت للتعرف على ميكانيكية تأثير الأثيلين على النبات.

### ١ - استخدام مضادات الأثيلين:

توجد بعض مركبات يمكن أن تعمل كمضادات للأثيلين ethylene antagonists مثل التركيز المرتفع من ثاني أكسيد الكربون وأيضاً الفضة.

أ - تركيز ثاني أكسيد الكربون: وجد أن التركيز العالي من ثاني أكسيد الكربون بين ٥ إلى ١٠ ٪ يمنع أو يقلل أو يؤخر تأثير الأثيلين على النبات. ومن الجدير بالذكر أن التركيز العالي من ثاني أكسيد الكربون لا يعتبر مضاد للأثيلين في جميع الحالات حيث أنه يكون فعال فقط في التركيزات المنخفضة من الأثيلين ولكن في التركيزات المرتفعة وعندما يقترب تركيز الأثيلين من ١ ميكرو لتر لكل لتر أو يزيد يقل تأثيره. ولذلك لا يعتبر ثاني أكسيد الكربون مضاد طبيعي للأثيلين إلا في الحالات التي يتجمع فيها في المسافات البينية بين الخلايا وبتراكيز كبيرة وذلك كما هو الحال في بعض الثمار. يستخدم التركيز العالي نسبياً من ثاني أكسيد الكربون في زيادة مدة تخزين بعض الثمار حيث أنه يوخر من نضج هذه الثمار الناتج عن تأثير الأثيلين . وغير معروف حتى الآن ميكانيكية تأثير ثاني أكسيد الكربون على الأثيلين في هذه الحالة ويعتقد أنها حالة تثبيط تنافسي لتأثير الأثيلين.

ب - الفضة: وجد أن رش المجموع الخضري بواسطة نترات الفضة يمنع حدوث كثير من تأثيرات الأثيلين على النبات مثل تثبيط النمو والشيخوخة وتغيير الجنس. تعتبر الفضة أكثر فاعلية في تثبيط الأثيلين بالمقارنة بثاني أكسيد الكربون وعند استعمال تركيزات مناسبة من مركب الفضة فإن تأثير أيون الفضة على تضاد الأثيلين يكون متخصص ومستديم وغير سام للنبات، ولا يوجد أى معدن له هذه الخواص. أما عن ميكانيكية تأثير الفضة على الأثيلين فهي غير معروفة الآن.

## ٢ - العلاقة بين تركيزات الأثيلين والاستجابة للتأثير

.Dose-response relationships

وجد أن تركيزات الأثيلين اللازمة للعمليات الحيوية فى النبات تتراوح بين ٠,٠١ إلى ٠,٢ ميكرو لتر لكل لتر وأن التركيز ١٠ ميكرو لتر لكل لتر يعتبر تركيز تشبعى saturating dose أى يزيد عن تركيز النهاية العظمى. وعند الأخذ بهذه التركيزات يجب توحيد زمن التعريض للأثيلين وظروف المعاملات الأخرى والظروف البيئية أى أنه يمكن أن تتغير هذه التركيزات نتيجة لأختلاف العوامل السابقة ومن أمثلة ذلك أن معاملة أزهار القرنفل بتركيز من الأثيلين ٠,٢ ميكرو لتر لكل لتر لمدة ستة ساعات لم يكن لها أى تأثير على الأزهار بينما نفس التركيز لمدة يوم كامل يسبب شيخوخة للأزهار.

وجد أن تأثير التركيزات المختلفة على العمليات الحيوية التى تتأثر بالأثيلين فى النباتات المختلفة تكون تقريباً متماثلة ومتساوية ويدل ذلك على أن تأثير الأثيلين على العمليات الحيوية المختلفة يكون له ميكانيكية أساسية واحدة basic mechanism أى يوجد تفاعل معين رئيسى مشترك فى جميع الحالات ثم تحدث بعد ذلك تفاعلات فرعية خاصة بكل عملية أو تأثير.

## - دراسات عن العلاقة بين التركيب الجزيئي للأثيلين ونشاطه

### :Structure activity studies

وجد أن المركبات المماثلة للأثيلين في نشاطها لا بد وأن تتميز بوجود روابط مزدوجة أى تكون غيره مشبعة وثانياً أن الروابط المزدوجة تكون أكثر فاعلية في نشاط المركب بالمقارنة بالروابط الثلاثية وثالثاً يحتاج النشاط إلى وجود ذرة كربون طرفية ملاصقة لرابطة غير مشبعة ورابعاً أن نشاط المركب يتناسب عكسياً مع حجمه وخامساً أستبدال ذرات المركب بذرات أخر مثل الهالوجينات والتي تسبب خفض كثافة الألكترونون electron density في مكان عدم التشبع يسبب خفض كفاءة ونشاط المركب. وحيث أن الخواص والمواصفات المذكورة سابقاً تتوفر في الأولفينات المرتبطة بالمعادن ولذلك يعتقد أن أماكن أستقباله في النبات تحتوي على معدن. يعتقد أن النحاس هو أحد هذه المعادن ولكن حتى الآن الأدلة على ذلك غير كافية.

### ٤ - نوع تأثير الأثيلين Ethylene action model :

يتميز تأثير الأثيلين بأنه عكسي reversible في كثير من العمليات ولذلك يعتقد أن الأثيلين يرتبط في الخلية بمعدن وأيضاً عكسياً reversible binding to a metal وأنه لأستقبال المعدن للأثيلين لا بد من ظروف هوائية أى توفر الأوكسجين الجوى. حيث أنه في ظروف لا هوائية أو في تركيز منخفض من الأوكسجين يصبح الأثيلين غير فعال.

### ٥ - استعمال أثيلين مشع به ديوتيريم Deuterated ethylene :

يستخدم الأثيلين المشع للتعرف على التغيرات التي تحدث عند موقع إستقبال الأثيلين ethylene receptor في الخلية. عند تكوين الأثيلين مركب معدني أثيليني قابل للعكس reversible metal complex أى يرتبط الأثيلين بذرة معدن فإن الرابطة المزدوجة في الأثيلين يحدث لها دوران double bond rotation وبذلك يمكن الكشف عن تنشيط المستقبل receptor activation بسهولة نسبياً، ولشرح كيفية

تحقيق الحالة السابقة فإنه يتم معاملة بادرة البسلة بأثيلين مشع *cis-dideuteroethylene* وبعد عدة أيام يتم الكشف عن الغاز ويتم الكشف على وجه الخصوص على المشابه ترانس *trans isomer* ويمكن أيضاً الكشف عن إمكانية أحلال الأيدروجين في الأثيلين بذرة أخرى أو شق الرابطة بين الكربون والأيدروجين *carbon to hydrogen bond splitting* وذلك باستخدام أثيلين مشع *tetraduteroethylene (C<sub>2</sub> D<sub>4</sub>)* ومعاملة النبات به ثم الكشف عن الغاز في صورة غازية محوره وأهمها المركبات  $C_2 HD_3$  أو  $C_2 H_2 D_2$  أو  $C_2 H_3 D_1$  وبالكشف عن الأثيلين الموجود في النبات فإنه لم يمكن العثور على أى من المركبات الثلاثة السابقة. كما وجد أيضاً أن نشاط كلا المركبين  $C_2 H_2$  و  $C_2 H_4$  متساو ومتماثل تماماً أى أن ذرات الديوتيريم لم تؤثر ولم تغير من تنشيط أماكن الاستقبال. ومما سبق يتضح أن استعمال المركب المشع لم يغير نشاط الأثيلين الغير مشع أى أن كلاهما له نفس التأثير ومن ذلك يمكن إستنتاج أن شق الروابط أو التحول الغذائي للأثيلين لا يحدث أثناء ميكانيكية التأثير للأثيلين.

#### ٦ - التحول الغذائي للأثيلين : Ethylene metabolism

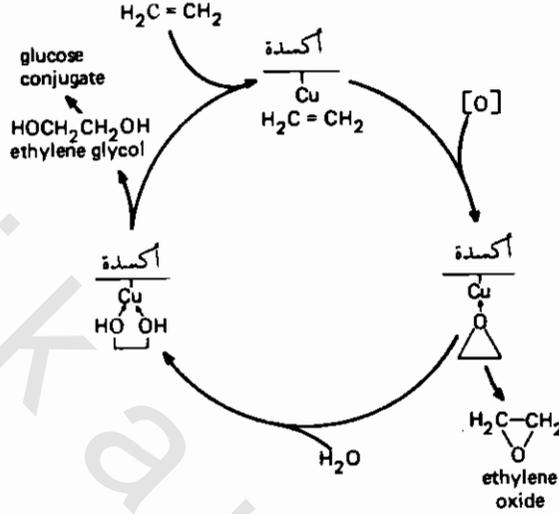
وجد في بعض التجارب أنه يمكن إدخال الأثيلين المشع بواسطة الأيدروجين أو الكربون في تفاعلات في الثمار والأنسجة الخضرية. وجد أن هذه الدراسات غير مقنعة حيث أنه أستعمل فيها إثيلين غير نقى لم يجرى التأكد من درجة نقائه وأيضاً لم يتلافى في هذه التجارب احتمالات التلوث بالكائنات الحية الدقيقة وجميع هذه العوامل تؤثر على النتائج، ونتيجة لذلك ونتيجة لما تم إثباته في رقم ٥ أى الجزء السابق فقد أمكن إستنتاج أن الأثيلين حامل من ناحية التحول الغذائي للنبات *ethylene was metabolically inert in plants* ولكن وجد عكس ذلك في حالات أخرى كما سيلي في الجزء التالي.

#### بعض مواصفات التحول الغذائي للأثيلين:

##### General features of ethylene metabolism

أمكن بأستعمال أثيلين مشع (ك<sup>١٤</sup>) نقى تماماً وفي ظروف تعقيم تامة أثبات أن الأثيلين يحدث له تحول غذائي داخل النبات وأنه لا يعتبر حامل كما سبق القول.

يتحول الأثيلين في بادرات البسلة النامية في الظلام إلى ثاني أكسيد الكربون وأكسيد الأثيلين ethylene oxide. وجد أيضاً أن الأثيلين يتحول إلى عديد من نواتج التحول الغذائي metabolites الذائبة ومنها جليكول الأثيلين ethylene glycol وأيضاً المرتبط conjugate جلوكوز الأثيلين glucose conjugate (شكل ١٩٣).



(شكل ١٩٣): التحول البيولوجي للأثيلين إلى أكسيد الأثيلين وجليكول الأثيلين والأثيلين المرتبط بالجلوكوز.

وجد أن الحرارة العالية والظروف الأهوائية ومثبطات التحول الغذائي تثبط التحول الغذائي للأثيلين أو توقفه تماماً. يتضح من ذلك أن التحول الغذائي للأثيلين يحدث طبيعياً في أنسجة النبات.

بعد عمل دراسات كثيرة باستخدام أنسجة نباتية لكثير من النباتات مثل ثمار الطماطم وأزهار القرنفل وقلقات الفول ومنطقة الانفصال في فلقات القطن أمكن إستنتاج ما يأتي:

١ - تختلف سرعة التحول الغذائي للأثيلين بدرجة كبيرة في الأنسجة المختلفة. وجد أن أعلى سرعة للتحول الغذائي للأثيلين في فلقات الفول.

٢ - تعتبر خطوات التحول الغذائي للأثيلين متماثلة تماماً في أنسجة النباتات المختبرة وأن نواتج التحول الغذائي الإبتدائية للأثيلين عبارة عن مركبات بسيطة مؤكسدة وهي ثاني أكسيد الكربون وأوكسيد الأثيلين وجليكول الأثيلين.

٣ - تختلف سرعة خطوات التحول الغذائي للأثيلين أثناء مراحل النمو المختلفة للنبات.

٤ - تتوقف سرعة تحول الأثيلين إلى ثاني أوكسيد الكربون وأوكسيد الأثيلين على نوع النسيج النباتي وأيضاً على الزمن.

٥ - تختلف نواتج التحول الغذائي باختلاف الزمن ونوع النسيج أو النبات حيث وجد أن الناتج بعد ستة ساعات من المعاملة بالأثيلين المشع هو ثاني أكسيد الكربون وذلك في قمة السويقة الجنينية للبصلة بينما بعد يوم كامل يكون أكسيد الأثيلين أما في حالة الفول فأن الناتج الغازي الوحيد هو أوكسيد الأثيلين بينما في حالة منقطة إنفصال فلقة القطن وزهرة morning glory يكون الناتج الغازي الوحيد هو ثاني أكسيد الكربون (جدول ١٢). أهمية هذه الاختلافات في نوع الغازات المتكونة في أجزاء النباتات المختلفة غير معروفة.

(جدول ١٢): درجة تحويل الأثيلين إلى ثاني أوكسيد الكربون وأوكسيد الأثيلين في

أنسجة نباتات مختلفة

النسيج	زمن التعريض بالساعات	ثاني أوكسيد الكربون (%)	أوكسيد الأثيلين (%)
قمة السويقة الجنينية العليا في البصلة	٦	٩٠	١٠
	٢٤	٤٠	٦٠
فلقات الفول	٦	صفر	١٠٠
	٢٤	صفر	١٠٠
أزهار morning glory	٦	٩٨	صفر
	٢٤	٩٩	صفر
مناطق الأنفصال في فلقات القطن	٦	١٠٠	صفر
	٢٤	١٠٠	صفر

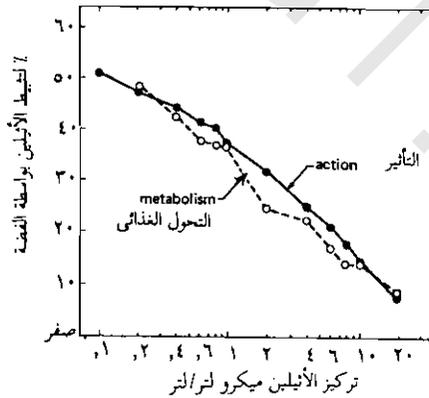
يعتبر أنزيم الأوكسيجينيز oxygenase له دور فى تحويل الأثيلين إلى أوكسيد الأثيلين حيث أن هذا التفاعل يحتاج إلى الأوكسجين و حيث أن معاملة، فلقة الفول بأوكسجين مشع ( $^{14}C$ ) ينتج عنها أوكسيد الأثيلين المشع.

### التأثير الفسيولوجى للتحويل الغذائى للأثيلين:

#### Physiological role of ethylene metabolism

تختلف الآراء حول التأثير الفسيولوجى للتحويل الغذائى للأثيلين حيث يعتبر البعض أن ذلك يسبب تنظيم تركيز الأثيلين فى الأنسجة حيث أن التحويل الغذائى يقلل أو يوقف نشاط الأثيلين لتحويله إلى مركبات أخرى وبذلك يقلل تركيزه.

وبذلك يعتبر التحويل الغذائى صمام أمن لتركيز الأثيلين فى الأنسجة النباتية خاصة وان كمية الأثيلين المحولة غذائياً تكون قليلة عادة، وتوجد آراء أخرى تثبت أن عملية التحويل الغذائى للأثيلين هى جزء من ميكانيكية تأثير الأثيلين على النبات ومما يعضد هذا الرأى أن تثبيط كل من التحويل الغذائى للأثيلين وتأثير الأثيلين على النسيج متلازمان تماماً حيث أن أستعمال أيون الفضة يثبط كلاهما تماماً وتكون سرعة التثبيط بينهما متماثلة تماماً عندما يزيد تركيز الأثيلين من ٠,٢ إلى ٢٠ ميكرو لتر لكل لتر (شكل ١٩٤).



(شكل ١٩٤) : تثبيط تأثير الأثيلين وأيضاً التحويل الغذائى للأثيلين بواسطة أيون الفضة.

## قيد والتصاق الأثيلين Ethylene binding:

وجد أن الأثيلين يتجمع في تجمعات داخل الخلية ويسمى هذا التجمع compartmentation . وللتمييز بين الأثيلين الحرفى الخلية أو النسيج وبين الأثيلين المقيد bound فإن الأثيلين الحر يمكن إزالته أو التخلص منه من النسيج بتهوية النسيج أما الأثيلين المقيد فلا يتأثر بتهوية النسيج وأن معدل انفصال الأثيلين dissociation من مكان القيد binding site يكون منخفض جداً . أتضح أن أماكن القيد تكون مصاحبة وملازمة للشبكة الأندوبلازمية أو جهاز جولجى وأمكن التعرف على ذلك بإستعمال أجزاء من خلايا الفاصوليا وأيضاً *Phaseolus aurens* .

تتحمل أماكن القيد درجة الحرارة العالية ولكنها تفسد عند أستعمال أنزيمات محللة للبروتين نقية نسبياً ولذلك يعتقد أن أماكن القيد تكون مدفونه فى الأغشية الخاصة بالشبكة الأندوبلازمية أو بجهاز جولجى . وجد أيضاً أن بعض الجواهر الكشافة للبروتين protein reactive reagents تثبط عملية قيد الأثيلين بينما بعض الكاتيونات والهورمونات النباتية لا تؤثر على عملية القيد.

وجد أن مناطق تقييد الأثيلين لها جاذبية affinity عالية للأثيلين وأيضاً متخصصة فى جذب الأثيلين وأيضاً تظهر حركيات التشبع saturation kinetics ، ووجد أن  $K_D$  لمواقع القيد هى حوالى ٠,١ ميكرو لتر لكل لتر. يعتبر ذلك هو التركيز اللازم لشغل نصف أماكن القيد كما وجد أنه يماثل تماماً نصف تركيز النهاية العظمى للأثيلين half-maximal concentration اللازم لحدوث كثير من تأثيرات الأثيلين على النبات. كما وجد أيضاً إرتباط وتوافق بين المركبات التى يمكن أن تخل محل الأثيلين فى تأثيره ethylene analogs حيث أنها أيضاً تتنافس مع الأثيلين على هذه الأماكن لتقوم بعمل وتأثير الأثيلين (جدول ١٣).

وجد أن الجاذبية affinity والتخصص فى مكان القيد للأثيلين ينظم تركيز الأثيلين فى داخل النبات أو يمكن أن يكون مكان حقيقى لأستقبال الهورمون hormone-receptor site . يعضد الرأى الأول أن فلقات الفاصوليا تقيد كمية من

الأثيلين وتكون مصدر ملائم مستمر لمد العضو بالأثيلين لمدة مائتين ساعة على الأقل وحيث يتحرر الأثيلين من مكان القيد. ولكن السؤال في هذه الحالة هل الكمية التي يتم تخليقها داخل العضو مساوية لكمية الأثيلين الخارجة من النسيج أو العضو أو غير متساوية ولذلك يلزم كمية من الأثيلين المحرر. حتى الآن الأجابة على هذا السؤال غير واضحة.

(جدول ١٣): نشاط المركبات المشابهة لنشاط الأثيلين وأيضاً درجة منع التقييد في أماكن القيد.

المركب	التركيب	(١) النشاط النسبي	(٢) درجات تثبيط القيد النسبية
Ethylene	CH <sub>2</sub> = CH <sub>2</sub>	١	١
Propylene	CH <sub>3</sub> CH=CH <sub>2</sub>	١٠٠	١٢٨
Vinyl chloride	CH <sub>2</sub> =CHCl	١٤٠٠	٤٦٦
Carbon monoxide	CO	٢٧٠٠	١٠٦٨
Acetylene	CH≡CH	٢٨٠٠	١٠١٣
Vinyl fluoride	CH <sub>2</sub> =CHF	٤٣٠٠	١١٣٩
Propyne	CH <sub>3</sub> C≡CH	٨٠٠٠	٢٦٥١
Vinyl methyl ether	CH <sub>2</sub> =CH-O-CH <sub>3</sub>	١٠٠٠٠٠	١٣٦١٩٦
1-Butene	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH=CH <sub>2</sub>	٢٧٠٠٠٠	٦٠١٢٢٧
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	٣٠٠٠٠٠	١٤١١٠٤

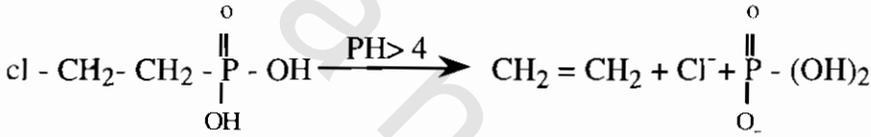
(١) يقدر النشاط النسبي على أساس التركيز النسبي لتثبيط نمو ساق البسلة.

(٢) تقدير نسبي لتثبيط القيد.

استعمال الأثيلين في Horticulture وغيرها من الاستعمالات الاقتصادية

نقل الموز وهو أخضر يكون أقل تأثير بضر الاحتكاك من الموز الناضج ولذلك يفضل نقل الموز الأخضر ثم في أماكن الوصول يعامل بالأثيلين لينضج.

كانت من الحالات المحددة لاستعمال الايثيلين فى الاغراض الاقتصادية أنه موجود فى الحالة الغازية وبذلك يحتاج إلى حيز مغلق لكى يستعمل ولكن حديثاً أمكن عمل مركبات عديدة يدخل فى تركيبها الايثيلين ثم تعامل بها النباتات حيث يتحرر منها الايثيلين بعد المعاملة وأحد وأول هذه المركبات هو المركب المعروف باسم ethrel يعرف أيضاً باسم ethephon وتركيبه عبارة ٢ - كلوروايثايل فوسفونك أسيد 2-chloroethyl phosphonic acid وقد وجد أن هذا المركب يستعمل كمحلول مائى بتركيز ١٠٠ - ٥٠٠٠ جزء فى المليون ويحدث تحلل للأيثيلين فى pH أعلى من ٤ . فبعد امتصاص هذا المركب فى خلايا النبات وتكون درجة pH النبات أعلى من ٤ يتم التفاعل كما يلى وحيث يتحرر غازى الأيثيلين والكلور وينتج حامض الفوسفونك.



أمكن تسجيل سلامة استعمال الأثريل على ما يزيد على عشرون محصول حتى الآن.

#### استعمالات مركب Ethrel :

١ - عند جرح أشجار المطاط لأخذ سائل المطاط فإنه يحدث التئام للجرح بسرعة كبيرة نسبياً فنحتاج لعمل جروح أخرى ولكن وجد أن المعاملة بهذا المركب ethrel تؤخر من حدوث عملية الالتئام ولذلك فإنها تنتج سائل المطاط بكمية أكبر وجروح أقل.

٢ - تكوين ثمار متجانسة من حيث اللون وأيضاً تجانس وتوحيد موعد النضج

وبذلك تسهل عملية الجمع الالى فى وقت واحد ومثال ذلك نبات الطماطم حيث يعامل بـ ٢٥٠ جزء فى المليون من ethrel فيعطى لون متجانس مرغوب ونفس ميعاد النضج.

٣ - سرعة سقوط الثمار بواسطة هذا المركب ليسهل عملية الجمع الالى فى العنب والكريز والموالح وأيضاً القطن وفى الحالة الأخيرة يساعد أيضاً على تفتح اللوز.

٤ - يزيد هذا المركب من انتاج الأزهار المؤنثة فى نباتات القرعيات وبالتالي يزيد المحصول فى الخيار والقرع والبطيخ.

٥ - يسرع من شيخوخة أوراق نبات التبغ وتعتبر صفة مرغوبه لمزارعى التبغ.

٦ - تشجيع انتاج الازهار وتوحيد موعد النضج فى نبات الاناناس.

٧ - زيادة نسبة السكر فى نبات قصب السكر.

٨ - يساعد فى نضج كثير من الثمار مثل الطماطم والتفاح وحببات البن coffee berries والعنب يساعد فى تلوين التفاح.

ومن أهم تأثيرات واستعمالات الإيثيفون فى محاصيل الخضر مايلى :

١- تحدث المعاملة بالإيثيفون تقزماً دائماً أو مؤقتاً لفترات مختلفة فى النباتات المعاملة، ويتوقف ذلك على المحصول، والتركيز المستخدم، ومرحلة النمو التى تجرى فيها المعاملة، فيقل النمو الخضرى فى العديد من الخضروات عند رشها بالإيثيفون بتركيز ١٢٥-١٠٠٠ جزء فى المليون، كما يحدث ذلك أيضاً فى الذرة السكرية، والفاصوليا الخضراء، والباذنجان، والبسلة، والفلفل، والطماطم وغيرهم.

٢- يسرع الإيثيفون من تكوين طبقة الانفصال فى الأوراق والثمار، وينظم تكوينها فى الإزهار والثمار غير العاقدة، وبذلك فهو يفيد فى إجراء عملية الخف.

٣- يؤدى غمس جذور البطاطا المستعملة فى زراعة المشاتل فى محللول الإيثيفون

بتركيز ٤٠٠٠ جزء في المليون لمدة ١٥ دقيقة قبل زراعتها إلى إحداث زيادة جوهرية في عدد الشتلات المنتجة منها.

٤ - يؤدي نقع بذور الشليك الساكنة في محلول إيثفون بتركيز ١٠٠٠، ٢٥٠٠، ٥٠٠٠ جزء في المليون لمدة ٢٤ ساعة إلى إنباتها بنسبة ٣٠، ٥٠، ٩٠٪ على التوالي وذلك بالمقارنة بإنبات قدرة ٢٠٪ في البذور غير المعاملة.

٥ - يؤدي رش البصل بالإيثفون بتركيز ٥٠٠ - ١٠٠٠٠ جزء في المليون وهو في طور الورقة الحقيقية الرابعة حتى الخامسة، مع تكرار الرش أسبوعياً لمدة ٣-٥ أسابيع إلى إسراع تكوين الأصيل وزيادة معدلات تكوينها وإسراع نضجها.

٦ - تؤدي معاملة درنات البطاطس المستعملة كتقاو بالإيثفون بغمرها لمدة دقيقتين في محلول تركيزه ١٠-٢٥ جزءاً في المليون، أو رش النموات الخضرية عدة رشات بتركيز ٢٥-٢٢٥ جزء في المليون مع بداية النمو الخضري حتى الإزهار إلى زيادة عدد الدرنات المتكونة، وصغر حجمها، دون التأثير على المحصول الكلى. وتفيد هذه المعاملة عند الرغبة في إنتاج حجم صغير من درنات البطاطس لاستعمالها كتقاو، أو فى التعليب.

٧ - يؤدي رش نباتات القرعيات مرة أو مرتين بالإيثفون بتركيز ١٢٥-٢٥٠ جزء في المليون خلال مراحل نمو الورقة الحقيقية الأولى حتى الخامسة إلى إحداث زيادة جوهرية فى نسبة الأزهار المؤنثة أو الخنثى، بينما يقل ظهور الأزهار المذكورة على الـ ١٥ عقدة الأولى، وتعود النباتات لحالتها الطبيعية فى الإزهار بعد ذلك. ويتبع ذلك زيادة المحصول المبكر والكلى، خاصة فى بعض أصناف الخيار والكوسة.

٨ - أفادت المعاملة الإيثفون فى التخلص نهائياً من مرض فسيولوجى يظهر فى البطاطس، ويسمى التبقع البنى الداخلى Internal Brown Spot، أو Chocolate Spot، وذلك بمعاملة النباتات بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون بعد موعد الزراعة بخمسة أسابيع، مع تكرار الرش أربع مرات بعد ذلك كل أسبوعين. وقد أدى الرش

مرة واحدة بتركيز ٢٠٠-٦٠٠ جزء في المليون إلى مكافحة هذا المرض الفسيولوجى بنسبة ٩٨ - ٩٩٪.

٩ - يستخدم الإيثيفون فى إسراع نضج ثمار الطماطم المنتجة لغرض الاستهلاك الطازج برش النبات بتركيز ٢٥٠ - ٥٠٠ جزء فى المليون بعد التلقيح بفترة قصيرة وحتى طور النضج الأخضر وقبل ظهور أية علامة على تلون الثمار. كما تفيد المعاملة بالإيثيفون فى توحيد موعد نضج الثمار فى أصناف التصنيع، وبذلك تزيد كفاءة الحصاد الآلى الذى يتم مرة واحدة. ويجرى ذلك برش النباتات بالإيثيفون بمعدل ٩٠ - ٥٥٠ مل للفدان، على أن يكون الرش عندما تبلغ نسبة الثمار التى بها تلوين خفيف من ١ - ٢٥٪. ويتم الحصاد بعد نحو ٢-٣ أسابيع من المعاملة.

١٠ - تؤدى معاملة نباتات القاوون بالإيثيفون بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون. قبل أول جمعة بنحو ١-٢ يوم إلى تبكير وتركيز نضج باقى الثمار.

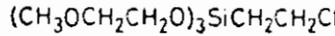
١١ - تؤدى معاملة نباتات الفلفل الشيلى Chili والبيمنتو Pimiento، بالإيثيفون بتركيز ٢٥٠ - ١٢٠٠ جزء فى المليون رشاً على النباتات عندما تبدأ الثمار فى التلون باللون الأحمر المخضر أو بعد أول حصاد للثمار الحمراء بفترة قصيرة إلى التبكير فى التلون وزيادة محصول الثمار فى حالة إجراء الحصاد مرة واحد. ويؤدى الرش بتركيز ١٢٠٠ جزء فى المليون إلى سقوط بعض الأوراق والثمار مبكراً. ومن جهة أخرى يؤدى غمس ثمار الفلفل البيمنتو الخضراء الناضجة فى محلول إيثيفون بتركيز ١٠٠٠ - ٥٠٠٠ جزء فى المليون بعد الحصاد إلى تلون الثمار بلون أحمر متجانس.

١٢ - يستعمل الإيثيفون فى سقوط الأوراق من نباتات الفاصوليا قبل الحصاد برشها بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون قبل الحصاد بنحو ٣-٥ أيام. ولهذه المعاملة أهمية خاصة فى الحالات التى يكون فيها النمو الخضرى غزيراً.

١٣ - يمكن إسقاط أزهار الطماطم عند الرغبة فى ذلك برش النباتات بالإيثيفون بتركيز ١٠٠-٥٠٠ جزء فى المليون.

### مركب Etacelasil :

يعتبر etacelasil مركب يتحرر منه الأثيلين ويسبب سقوط ثمار الزيتون وبذلك يسهل جمع الثمار. يرش قبل الجمع من ٦ إلى ١٠ أيام. يباع تجارياً تحت أسم Alsol. تركيبه الكيماوي 2-chloroethyltris (2-methoxyethoxy) silane (شكل ١٩٤).



etacelasil

(شكل ١٩٤ أ) : التركيب الجزيئي للـ etacelasil

### معاملات لتثبيط الأثيلين :

وجد أن بعض المعاملات والتي تسبب تثبيط الأثيلين تكون مرغوبة وخاصة أثناء النقل والتخزين لتقليل سرعة نضج الثمار ومنها التحكم في مكونات الظروف الجوية المحيطة بالثمار مثل زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون أو التخزين في ضغط منخفض hypobaric storage وأيضاً معاملة أجزاء نباتات القرنفل المقطوعة بالفضة لزيادة مدة حياتها حيث تعيش الأزهار المقطوعة في الفازات لمدة أطول نتيجة للمعاملة بواسطة مركب فضة هو كبريتيت الفضة  $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2$ .

يمكن في المستقبل تخليق مركبات يمكن أستعمالها على نطاق تجارى في تثبيط تخليق الأثيلين أى أنها مركبات عكسية في تأثيرها عند مقارنتها بالأثريل.