الباب الثامن

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 سيلى شرحه ولكن للتحقق من أهميته كمنظم للنمو عرفت حديثا نسبيا عام ١٩٦٢. وبداية التعرف على أهمية الايثيلين ما لاحظة العالم الألمانى Girardin سنة ١٨٦٤ فى برلين حيث أن تسرب غاز الإضاءة illuminating gas وهو يحتوى على كمية قليلة من الايثيلين يسبب ضرر للأشجار المزروعة على جانبى الطريق. وبعد ذلك وضح عالم النبات الروسى Neljubow أن غاز الأيثيلين يؤثر على إنتحاء الجذور ويغير من أتجاهها 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 البادارت للايثيلين يسبب قصر فى نمو الساق أى السويقة الجنينية العليا وأيضا غلظ فى الساق أى السويقة الجنينية العليا وأن الساق تنمو أفقيا بدلا من نموها رأسيا وقد سمى هذه الحالة بالأستجابة الثلاثية triple response of ethylene للأثيلين.

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

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

لم يمكن إثبات أن الإيثلين هورمون نباتى إلا خلال الستينات حيث أنه فى فترة الأربعينات والخمسينات كانت الأبحاث تجرى بنشاط كبير على الأوكسينات والجبريللينات والسيتوكينينات وعامة لم يتقدم البحث بطريقة فعالة على غاز الإيثيلين كمنظم للنمو إلا بعد إختراع جهاز gas chromatography وأيضاً بعد إجراء التحسينات الكبيرة عليه لكى يتمكن من قياس تركيزات قليلة من هذا الغاز حيث أن هذا الغاز يوجد فى النبات بتركيزات قليلة جداً يصعب قياسها أو يستحيل 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 الجـــهاز . يوجد نوع أكثر تطور gas liquid chromatography يمكن بواسطته قياس تركيز الغاز حتى ثلاثة أجزاء فى البليون.

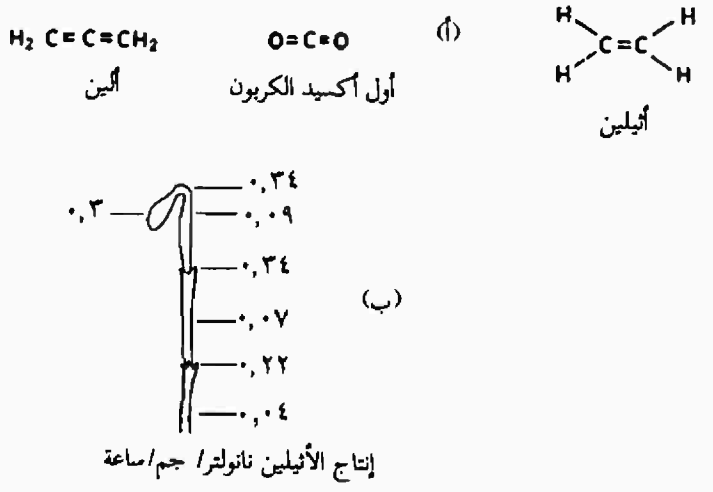
أثبت Thimann و Burg عام ١٩٦٠ أن الايثيلين يوجد طبيعياً فى أجزاء النبات المختلفة مثل الجذور والسيقان والأزهار والثمار . وفى الفترة من عام ١٩٦٠ حتى ١٩٦٩ أمكن إثبات وجود الإيثيلين فى كثير من النباتات وأصبح الإيثيلين أحد منظمات النمو فى النبات أى أحد هورمونات النبات وقد أعترف به عام ١٩٦٩ كهورمون نباتى.

خواص الإيثيلين:

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

أنواع مركبات الأثيلين:

يعتبر الإثيلين الحر هورمون نباتى أى أنه منظم نمو طبيعى natural. ولكن توجد مركبات أخرى يتم تخليقها صناعياً وتعتبر تركيبية حيث أنها لاتتكون طبيعيا فى النبات مثل ethylene chlorhydrin. يستعمل المركب الأخير فى كسر سكون براعم درنات البطاطس.



(شكل ١٧٧) : أ – التركيب الجزيئي للأثيلين وبعض المركبات الأخري المشابهة.

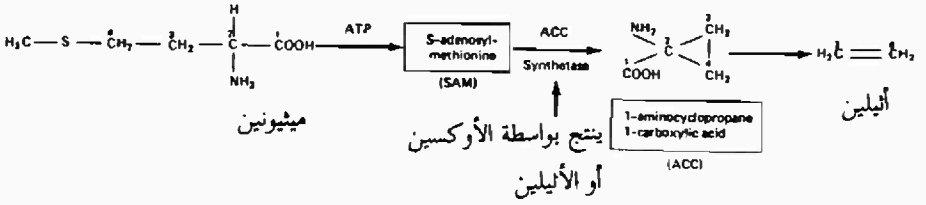
ب – إنتاج الأثيلين من الأجزاء المختلفة لبادرة البسلة عمرها ٧ أيام وشاحبة ضوئياً (نانولتر/جم/ساعة).

طريقة تخليق الأثيلين :

يعتبر الأثيلين من الهيدروكربونات ومن الثابت أن هذا الغاز يتكون من الحامض الأميني 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 جزيئ 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 لابد أن يكون L-methionine وأن D-methionine المشابه الآخر غير فعال فى ذلك. يتضح أيضا أن المرافق الأنزيمى FMN هام وضرورى لتخليق الأثيلين من الميثيونين. كما أن مركب ميثيل سلفيد يكون فى صورة غازية ويبقى فى داخل الأنسجة ولاينتشر إلى الخارج وذلك دليل

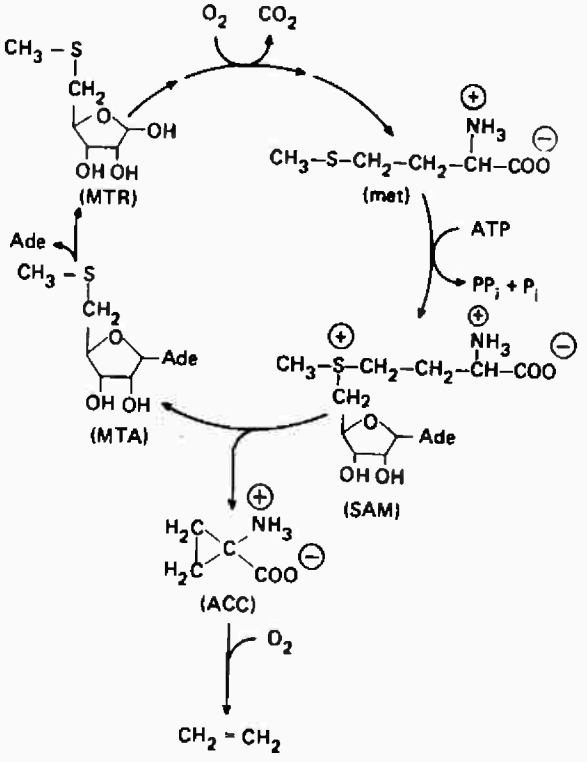
على أن هذا المركب أو مركب شبيه يحتوى على ذرة الكبريت يتم إستعماله مرة أخرى فى داخل أنسجة النبات ليدخل فى دوره مرة أخرى recycled لتخليق الميثيونين. وهكذا تتكرر الدورة مرات عديدة. أى أن المركب الناتج من تخليق الأثيلين من الميثيونين والمحتوى على ذرة كبريت يكون فى صورة غازية ويدخل فى دورة أخرى لتخليق الميثيونين.

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 علي مصير ذرات الكربون الموجودة في الميثيونين.

يمكن شرح طريقة تخليق الأثيلين بالتفصيل (شكل ١٧٩) حيث أنه من التجارب وجد أن مجموعة CH_3S فى الميثيونين تتحرر من المركب S-adenosylmethionine (سام SAM) فى صورة methylthioadenosine (MTA) ثـم تتحلل مائياً بسرعة إلى methylthioribose (MTR) ثم تدخل مجموعة CH_3S مرة أخرى فى الدورة recycled back ليتكون الميثيونين. وجد حديثاً نسبياً عام ١٩٨٢ أن الريبوز والمرتبط معه ribose moiety فى المركب MTR CH_3S يتحد مباشرة ليكون مركب 2-aminobutyrate moiety والذى يتحد مع مجموعة CH_3S ليتكون الميثيونين. ومن هذه الدورة يتضح أن مجموعة CH_3S يحتفظ بها أثناء الدورة لتكون الميثيونين مرة أخرى.



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

وجد أن إنتاج الأثيلين داخل أنسجة النبات يتوقف فى .الظروف اللاهوائية وبإستعمال ثمار التفاح أمكن إثبات أن MTR يتحول إلى مركب

1-amino-cyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) وأن الأخير لايتحول إلى الأثيلين إلا فى وجود الهواء أى الأوكسجين. ولذلك فإن الخطوة الأخيرة فى أنتاج الأثيلين وهى تحول ACC إلى أثيلين لا تحدث فى ظروف لاهوائية ولابد من وجود ظروف هوائية. ولذلك يعتبر ACC هو المركب الأصلى precursor الذى يتكون منه الأثيلين. وجد فى مستخلص الطماطم أنزيم يسمى ACC synthetase والذى يحول SAM إلى ACC. وجد أن هذا الأنزيم يحتاج إلى مرافق أنزيمى pyridoxal phosphate ولذلك فإن المركب الأخير ضرورى لوصول الأنزيم قمة نشاطه كما وجد أيضاً أنه يمكن تثبيط الأنزيم بمثبطات متخصصة فى تثبيط الأنزيمات ذات

المرافق الأنزيمى pyridoxal phosphate مثل aminooxyacetic glycine (AOA) ومركب aminoethoxyvinyl glycine (AVG).

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

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

an important mechanism for regulation of ethylene biosynthesis.

أماكن وجود الأثيلين في النبات:

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

لاتوجد 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 فى ثمار التفاح هو ٢٥٠٠ جزء فى المليون بينما لايزيد التركيز فى ثمار الموز عن ٠١, جزء فى المليون (جدول ١١) .

يعتبر كيوكيل الثمار مانع رئيسى لخروج الأثيلين من الثمار ولذلك فإن تركيز الأثيلين فى الثمار أعلى من تركيزه فى الجو الخارجى. وجد أن نباتات الطماطم

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

المركبات الشبيهة بالأثيلين:

توجد بعض الغازات الغير مشبعة أى ذات الروابط المزدوجة وتكون قريبة نسبياً فى تركيبها للأثيلين مثل أستيلين acetylene وبروبيلين propylene وأول أوكسيد الكربون وألين allene يكون لها نشاط فسيولوجى مشابه للأثيلين، ولكن يعتبر الأثيلين هو أكثر هذه المركبات نشاطاً فسيولوجياً يليه بروبيلين ثم أستلين.عامة كلما صغر حجم الجزيئ 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 بالأثيلين وبين ذرتى الكربون رابطة مفردة فأنها مركبات عديمة النشاط .زيادة عدد الروابط بين ذرتى الكربون عن رابطتين يقلل من نشاط المركب ولذلك فإن الأسيتلين أقل نشاط من الأيثيلين (شكل ١٨٠).

(شكل ١٨٠) : المركبات القريبة في 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 ذاخل البنات عند معرفة سرعة إنتاج الأيثيلين وثابت التحويل (جدول ١١).

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

العضو والنبات	سرعة تخليق وإنتاج الأيثيلين (nl/g/h) (نانولتر / جرام / ساعة)	ثابت التحويل (ميكرولتر/ نانولتر/ حجم/ ساعة).
climacteric fruits		
أفوكادو	٠,٠٢ ـ ١٣٠	٠,٧
موز	٠,٠٢ ـ ٢٠	١,٩
cherimoya	٠,١٠ ـ ٣٢٠	٠,٤ ـ ١,٣
مانجو	٠,٠١ ـ ١	٣,٨
كانتلوب	٠,٠٢ ـ ٨٠	٢,٥
طماطم	٠,٠٢ ـ ٢٠	٢,٠
non climacteric fruits		
الليمون	٠,٠٢ ـ ٠,١	١,٨
البرتقال	٠,٠٢ ـ ٠,١	٤
أوراق التبغ	٠,٥٠ ـ ٢	٠,١
ساق الفاصوليا	٢	٠,٤
أزهار القرنفل	٠,٠٥ ـ ٣٠	
فطريات (مزرعة نقية)		
Penicillium digitatum	٦٠٠٠	
Fusarium oxy-sporum f.s.p. tulipae	٣٨٠٠	

مضاد الأيثيلين Ethylene Antagonist :

يقلل وجود ثانى أكسيد الكربون من نشاط وفاعلية الأيثيلين ومن أفضل الأمثلة لذلك هو أن تخزين الثمار فى جو ثانى أكسيد الكربون بنسبة مرتفعة نسبياً يسبب حفظها طازجة أطول مدة ممكنة وعند إزالة ثانى أكسيد الكربون من الجو بأمتصاصه

فى محلول إيدروكسيد بوتاسيوم فإنه يحدث نضج سريع للثمار 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:

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

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

٢ ـ 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 ـ عند أنبات البذور ففى كثير من الحالات ينتج غاز الايثيلين.

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

٥ ـ 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 الايثيلين.ينتج عن أصابة النبات بالفطر أو البكتريا أو الفيرس 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 الايثيلين بكفاءة عالية جداً ولذلك فأن الطرق الحديثه الحالية لتقدير سرعة نمو وتعداد وكفاءة هذه البكتريا فى العقد الجذرية يمكن أن تقاس بهذا التفاعل حيث أنه كلما زادت كفاءة البكتيريا فى تحويل غاز الاسيتيلين إلى غاز الايثيلين 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 هـــذه الطريقة الحديثة أثبتت أنها أكثر كفاءة وأكثر دقة من الطرق السابقة وتجرى عملية القياس للغاز فى هذه الطريقة باستعمال جهاز Gas chromatography .

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

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

٧ ـ 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 الأصابة بالأمراض أو أضرار الحشرات أو الجروح. وجد أيضاً أن هز النبات بشدة يسبب تخليق الأثيلين بتركيز عال نسبيا.

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

سرعة تخليق الايثيلين:

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

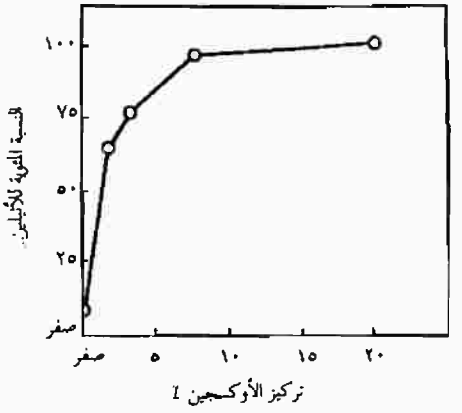
الظروف البيئية التى تؤثر فى تكوين الايثيلين:

١ ـ درجة الحرارة العالية والمنخفضة تقلل من انتاج الايثيلين (شكل ١٨١).

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

٢ ـ وجود الاوكسيجين مهم، وفى تركيز أقل من ٢ ٪ يتوقف انتاج الايثيلين أو يقل بدرجة ملحوظة.

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



(شكل ١٨٢) : تأثير تركيز الأوكسجين علي إنتاج الأثيلين في ثمار التفاح.

٣ ـ الجروح وقطع الانسجة وآماكن الاحتكاك تزيد من كفاءة تكوين الايثيلين.

٤ ـ وجد فى تخزين ثمار التفاح أن وجود ك أ بتركيز مناسب عالى نسبياً يضاد تأثير الايثيلين وبذلك يساعد على طول مدة وفترة التخزين.

٥ ـ للضوء تأثير هام على إنتاج الايثيلين عند انبات البذور ذوات الفلقتين فعند انبات البذرة يكون الجزء تحت القمى من السويقة الجنينية العليا أو السفلى منحنى hooked ويحدث ذلك لأن هذه القمة تنتج اثيلين بتركيز كبير وعند تعريض البادرة للضوء العادى أو الضوء الاحمر فأن الانحناء يستقيم . وجد أن تركيز الايثيلين الناتج

يقل بدرجة كبيرة جداً أثناء الأستقامة وقد وجد أنه يمكن انتاج كمية كبيرة مرة أخرى من الأيثيلين عند تعريض البادرة للـ far red ويحدث أيضاً انحناء مرة أخرى ولذلك فأن هذه الحالة من حيث تأثير الضوء وانتاج الايثيلين و استقامة أو انحناء القمة للبادرة يتحكم فيها صبغة الفيتوكروم لأنها تتأثر بالضوء الأحمر و الضوء الأحمر البعيدfar red بطريقة عكسية . كيفية تحكم الفيتوكروم فى الأيثيلين غير معروفة.

أنتقال الايثيلين:

نظراً لأن الايثيلين عبارة عن هورمون فى حالة غازية وهو الهورمون الوحيد الموجود فى الحالة الغازية وهو ذو وزن جزيئى صغير وحجم صغير فأنه ينتقل فى داخل النبات بسهولة وحرية ومما يزيد سرعة انتقاله وتخلله لانسجة النبات أنه قابل للذوبان فى الماء وعلاوة على ذلك فأنه قابل للذوبان بدرجة أكبر فى الدهون وقد وجد أن حركة الايثيلين فى النبات تماثل حركة ك أ٢ فى النبات تماماً وأن كل منهما يتبع فى انتشاره فى النبات قانون Fick للأنتشار Fick's Law of Diffusion . وحيث يستعمل فى حالة مرور الغاز خلال غشاء المعادلة الآتية :

$$Js = K_s \Delta C_s$$

حيث أن

Js= كمية الغاز التى تتخلل وحدة المساحة فى وحدة الزمن ($mol/m^2/s$)

Ks= معاملة النفاذية(m/s)

ΔCs= الفرق فى التركيز بين المنطقتين (mol/m^3)

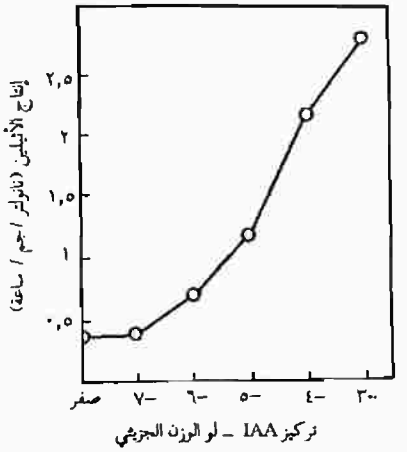
حركة الايثيلين فى داخل أنسجة النبات تكون عن طريق المسافات البينية ولكن لقدرته الكبيرة على الذوبان فى الماء فأنه ينتقل بواسطة الماء المنتشر ولقدرته العالية جداً فى الذوبان فى الدهون فيمكن أيضاً أن يتخلل الخلايا ويخترقها بسهولة لأنه يخترق الغشاء البلآزمى للخلية بسهولة لأنه قابل للذوبان فى الدهن.

ومن المعروف أن الغشاء البلازمى يتكون أساساً من دهون فوسفورية وبروتين وإنه كلما زادت كفاءة المركب فى الذوبان فى الدهن كلما ذادت كفاءتة على النفاذية من الغشاء البلازمى من وإلى الخلية بسهولة أذ أنه من المعروف أن العامل المحدد فى نفاذية المركبات من وإلى الخلية هو الغشاء البلازمى. كما أن كيوتيكل النبات يمنع خروج الغاز بدرجة كبيرة جداً وبذلك يحافظ على تركيز الايثيلين ثابت بداخل النبات بدرجة كبيرة ولذلك فأنه من المعتاد وفى الظروف البيئية العادية يكون تركيزه داخل النبات أكثر من تركيزه خارجه.

أهمية الأوكسين فى أنتاج الأيثيلين:

أول من أكتشف أهمية الأوكسين فى تنظيم إنتاج الأيثيلين هما Zimmerman ,Wilcoxonعام ١٩٣٥ حيث لاحظا أن أستعمال إندول حامض الخليك (هيتروأوكسين heteroauxin) فى معاملة المجموع الخضرى للنبات يسبب حدوث إنفراج زاوية عنق الورقة epinasty لنباتات أخرى مجاورة غير معاملة بالأوكسين مع ملاحظة أن جميع هذه النباتات تكون فى حجره واحدة أو فى صندوق واحد same container. وقد وجد بعد ذلك أن بعض تأثيرات أندول حامض الخليك على النبات تماثل تأثير الأيثيلين ولذلك فقد تم أفتراض أن بعض تأثيرات الأوكسين تكون نتيجة تأثير الأيثيلين وأن الأخير ينتج نتيجة لتأثير الأوكسين . أى أن الأوكسين ينشط إنتاج الأيثيلين. ظل هذا الأفتراض مهمل حتى تمكن كلا من مورجان وهال Morgan, Hall عام ١٩٦٤ من أثبات أن الأوكسين ينشط تخليق الأيثيلين. وقد تم أثبات هذه الحقيقة فى كثير من المعامل بعد ذلك (شكل ١٨٣).

تعتبر الأوكسينات أهم عامل فى تنشيط تخليق الأثيلين، ولذلك تعتبر سرعة تخليق الأثيلين فى المجموع الخضرى متوقفة على تركيز الأوكسينات داخل النبات. أى أن تركيز أوكسينات النبات تنظم عملية تخليق الأثيلين فى الأنسجة الخضرية. ولذلك فإن المناطق ذات التركيز العالى من الأثيلين فى النبات مثل القمة النامية



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

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

وجد أن الأوكسين ينشط عملية تحويل SAM إلىACC 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 وبالتالى يتوقف تخليق الأثيلين وبالرغم من وجود الأوكسين.

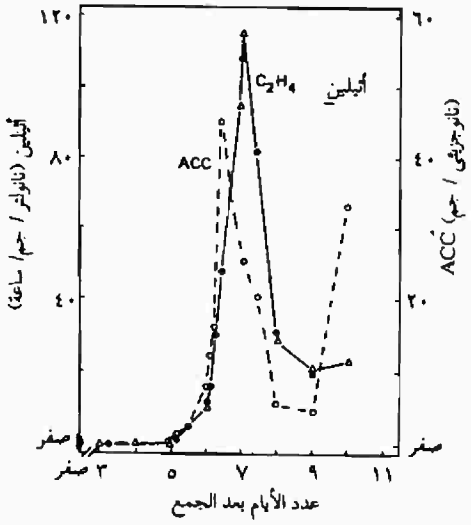
وجد أيضاً فى بعض الحالات أن السيتوكينينات والجبريللينات تزيد تركيز الأثيلين بدرجة طفيفة.وأيضاً فى بعض الحالات يسبب ABA زيادة فى تركيز الأثيلين فى الأوراق والثمار.

تنظيم تخليق الأيثيلين في الثمار الناضجة:

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

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

يزداد تركيز ACC إلى ٤٥ نانوجزيئى لكل جرام n mol/g فى المرحلة الأخيرة من climacteric rise ثم يقل التركيز ألى ٥ نانوجزيئى لكل جرام وبعد ذلك يزداد



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

التركيز مرة أخرى. لاتكون الزيادة الثانية فى تركيز ACC مصاحبة لزيادة فى تركيز الأثيلين حيث توقفت القابلية لتحويل ACC إلى الأثيلين.

نستنتج من ذلك أن الأثيلين فى الفترة قبل القمة preclimacteric لا يتكون حيث أن ACC لا يتكون، وحيث أن المعاملة بـ exogenous ACC سببت زيادة طفيفة جداً فى إنتاج الأثيلين فى الفترة قبل القمة preclimacteric فإن ذلك دليل على أن أنسجة الثمار فى هذه الفترة غير قادرة على تحويل ACC إلى الأثيلين حيث أنه بإضافة ACC لم يتكون الأثيلين، والعكس صحيح عند معاملة الثمار بالأثيلين فى الفترة قبل القمة فإنه تتكون كميات هائلة من الأثيلين داخل الثمار. وتعرف هذه الظاهرة أى معاملة الثمار بتركيزات منخفضة من الأثيلين تسبب إنتاج كميات هائلة من الأثيلين بأسم إنتاج الأثيلين نتيجة للتحليل الذاتى autocatalytic ethylene production لا توجد هذه الظاهرة فى الثمار فقط بل توجد فى الأعضاء المسنة الهرمه أى فى فترة الشيخوخة، وفى أوراق البرتقال توجد هذه الظاهرة عند تعريض الأوراق للأثيلين لمدة ٢٤ ساعة أو أكثر. .يعزى تأثير الأثيلين فى 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 بالأضافة إلى الأثيلين والأوكسينات ومنها السيتوكينينات و ABA والظروف القاسية (ضغوط stresses) مثل تأثير الكيماويات ودرجة الحرارة المنخفضة جداً والجفاف والفيضانات والرى الغزير لمدة طويلة والأشعاع وضرر الحشرات والأمراض والجروح (شكل ١٨٥)، وأصبحت حقيقة مؤكدة الآن أن الضغوط تسبب تشجيع تكون الأثيلين بواسطة النبات ولذلك يطلق الأصطلاح إثيلين الضغط stress ethylene بكثرة أى الأثيلين الذى ينتج بواسطة النبات فى وجود ضغط أو ضغوط أى فى وجود ظروف بيئية

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

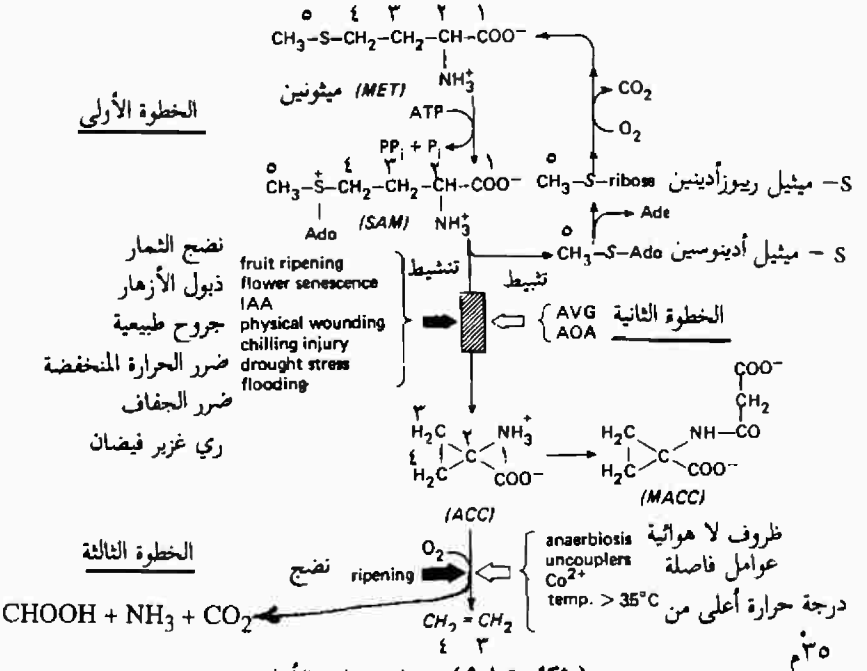
يسبب الضغط stress الزائد موت الخلايا وبالتالى توقف إنتاج الأثيلين. غير معروف بالضبط دور إثيلين الضغط فى النبات إلا فى حالتين وهما أنه يساعد فى سقوط الأوراق وأيضاً يساعد على وجود الشيخوخة ومن ذلك يتضح أن الأثيلين يعتبر عامل يربط بين مدى تأثر النبات بالضغط وبين أستجابة النبات للضغط وذلك بسقوط الأوراق أو الشيخوخة أى أنه يعمل كرسول ثانوىsecond-messenger. ولتوضيح دور الأثيلين بصورة أسهل نفترض وجود النبات فى بيئة قاسية شديدة الجفاف فإن النبات ينتتج إثيلين بكثرة حيث أن هذا الأثيلين يسبب سقوط أوراق النبات أى الأثيلين هو الرسول الثانوى بين تأثر النبات وأستجابة النبات.وجد فى بعض الحالات والتى لا يمكن تعميمها أن أثيلين الضغط له دور فى إلتئام الجروح وفى إنتاج الفيتو ألكسينات phytoalexins وفى زيادة مقاومة النبات للأمراض.

ثم دراسة التخليق الحيوى لاثيلين الضغط نتجة 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 والأثيلين 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 أثيلين الضغط. وجد أيضاً أن أستعمال مركب مثبط لتخليق البروتين مثل سيكلوهيكسميد يمنع تجميع ACC ويمنع أيضاً تخليق الأثيلين.يتضح من ذلك أن الضغط يشجع تخليق ACC synthetase والذى يسبب تجميع ACC وبالتالى زيادة تخليق الأثيلين.

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

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

يمكن توضيح عملية تنظيم وتخليق الأثيلين حيويا فى الشكل (شكل ١٨٥). ويجب توضيح أن الأنزيم ACC synthetase الذى يحول SAM إلى ACC هو



(شكل ١٨٥) : تنظيم تخليق الأثيلين

أدينين =Ade
أدينوسين = Ado
aminoethoxyvinylglycine =AVG
aminooxyacetic acid =AOA

السهم الغامق تنشيط والسهم الفاتح تثبيط

الأساس فى عملية تنظيم تركيز الأثيلين 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 بالإثيلين 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 لأنتاج الأثيلين فهو غير معروف وربما يمكن فهم ذلك فى المستقبل.

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

الخطوة الأولي: تحويل methionine (MET) المثيونين إلى S ـ أدينوزيل مثيونين S-adenosylmethionine (SAM) ويحتاج ذلك إلىATP الذى يعطى بيروفوسفات pyrophosphate والفسفور غير العضوى (Pi).

الخطوة الثانية: يتحول (SAM) إلى ١ ـ أمينوسيكلوبروبان ـ ١ ـ حمض الكربوكسيلك aminocyclopropane-l-carboxylic acid أو (ACC) وهذا التفاعل يحفزه إنزيم تخليق الـ ACC(ACC synthetase) 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 الأوكسجين (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 الهور مونى

على ضوء المعلومات الوراثية genetic information ، وفضلا عن ذلك فإن الهورمونات النباتية المحثة للإنزيمات لابد أن تتفاعل كيمائياً مع الأحماض النووية. وكما هو موضح فى (شكل ١٨٥) فإن الخطوة الثانية ممكن أن تثبط أيضا بالمواد التى تثبط الإنزيم مثل الأمينو إيثوكسى فينيل جليسين aminoethoxyvinylglycine (AVG) والأمينو أوكسى حمض الخليك amino oxyacetic acid (AOA). كذلك فإن أحد الملامح الهامة الأخرى فى الخطوة الثانية هى إعادة دخول الكبريت فى تمثيل وبناء ميثيونين جديد. فى هذا المسلك يوجد مركب « S-ميثيل أدينوزين»S-methyl adenosine والذى يؤدى إلى تكوين « S-ميثيل ريبوز»S-methylribose ، وبالتالى يؤدى إلى تكوين المثيونين.

الخطوة الثالثة: ويحدث فيها تحول (ACC) إلى الأيثيلين ويترتب على ذلك إنتاج CO_2 والأمونيا وحمض الفورميك (formic) وتنشأ المركبات الكربونية (فيما عدا الإيثيلين) من ذرتى الكربون الأولى والثانية الخاصة بالمثيونين، أما كربون الإيثيلين فيأتى من ذرتى الكربون الثالثة والرابعة للمثيونين. والعوامل التى تؤثر فى هذا التفاعل هى العوامل التى تشجع الإنضاج (تسوية الثمار) ، والمستوى العالى المثبط من CO_2 ، بالإضافة إلى أن التفاعل يثبط بالمستويات العالية من CO_2 ودرجات الحرارة الأعلى من ٣٥م والعوامل الفاصلة uncouplers والتى تفصل الفسفرة التأكسدية عن إنتقال الإلكترون مثل الداى نيترو فينول dinitrophenol (DNP) .

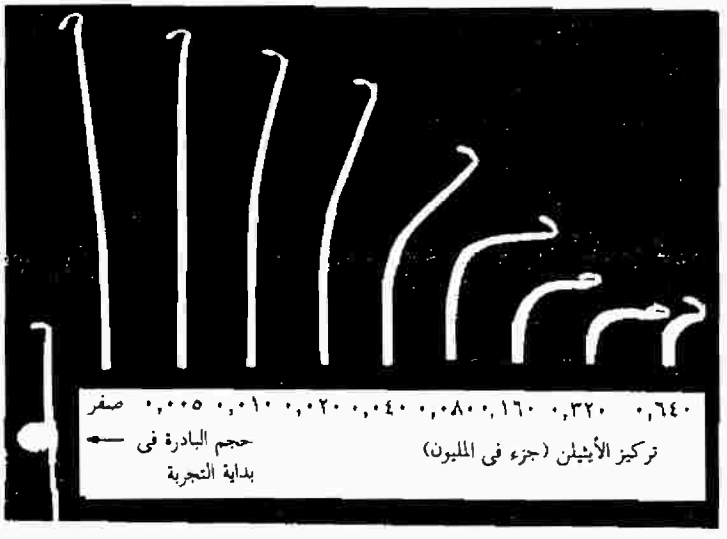
ولقد أشار ياخ Yang أن فهم هذا المسلك مع ميكانيكية أو آلية تكوين الإنزيمات فى الأنسجة النباتية سوف يؤدى ألى التحكم الناجح والمفيد فى العمليات الفسيولوجية الضارة لمرحلة ما بعد الحصاد post-harvest ويؤدى كذلك إلى التحكم فى إحداث التشكل المورفولوجى الورائى morphogenetic events المتأثرة بالهورمونات النباتية.

أهمية الأثيلين في التحكم فى شكل الخلية:

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

hook والبرعم الطرفى يكون متجه إلى أسفل وملامس السويقة. يعتبر هذه الأنحناء 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 الأنحناء أى يصبح النمو رأسى.وجد أن التعريض للأيثيلين فى هذه الحالة يسبب إنحناء القمة مرة أخرى حتى فى وجود الضوء.وجد أن التفريغ الجزئى partial vacuum أو وجود أيون الفضه 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 قلاقيل وقليلة التنعيم فإن ذلك يعتبر حائل أو مانع ضد نمو بادرة البسلة ولذلك يقل طول البادرة أى يبطء 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 التركيزمن الشمال إلى اليمين.يلاحظ تقزم وزيادة سمك الساق وحدوث نمو أفقى.

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

يوضح هذا المثال أن الأثيلين يؤثر على شكل الخلية حيث أنه يثبط 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 فى كلا الحالتين.

ولذلك فإن الأثيلين يعمل كمنظم لشكل الخلية والبادرة ولايعمل 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 البنات:

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 الإبتدائى 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 لابد من إجراء بحوث بكميات هائلة لكى نتأكد من أن هذا الإعتقاد 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 كيماوية 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 ـ طريقة Triple Response of Ethylene:

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

لتقدير تركيز الأيثيلين.وفى هذه الطريقة يجرى بالفعل استعمال بادرات نبات البسلة صنف Alaska والتجربة كلها تجرى فى الظلام حيث تنمى البادرات فى الظلام لمدة ٣ـ٧ أيام ثم تعرض لمدة يومين لتركيزات مختلفة من الأيثيلين ثم تؤخذ النتائج.وقد وجد أن التركيزات العالية من الاثيلين التى تتراوح من ٠,٠٨ ـ 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 (حـ) الساق ينمو أفقيا ولا ينمو رأسيا. وبذلك باستعمال تركيزات مختلفة مجهولة يمكن معرفة التركيز. .وعيوب هذه الطريقة:

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

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

حـ ـ هذه الطريقة غير متخصصة إذ وجد أن ملوثات الايثيلين من الغازات الأخرى مثل البروبيلين propylene و butylene و acetylene يمكن أن تحدث هذا التأثير ولذلك يجب أن يكون الغاز نقى تماما.

٢ ـ طريقة البروم:

وفى هذه الطريقة يمرر الايثيلين الناتج من النبات أو الثمار على ماء بروم brominewater على درجة حرارة ـ٦٥م لجعله سائل ونتيجة لذلك يصبح الايثيلين عبارة عن بروميد الايثيلين.

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

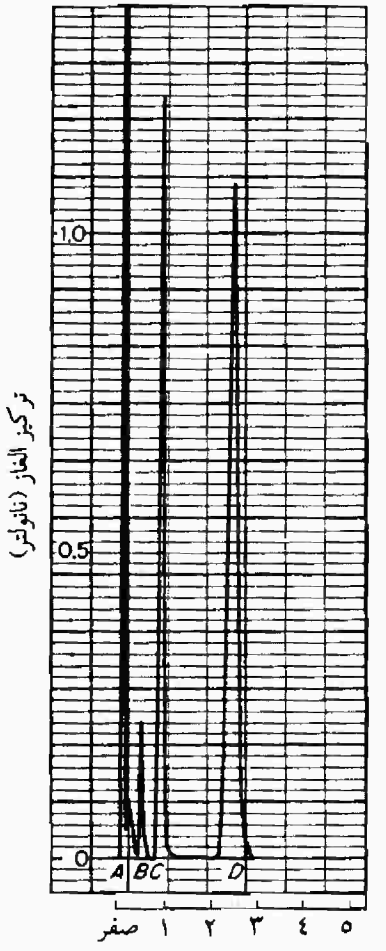
أى أنها طريقة معايره عادية من طرق المعايرة المستعمله فى الكيمياء.

وهذه الطريقة أول من استعملها Gane سنة ١٩٣٤ لتقدير تركيز غاز الايثيلين الناتج من ثمار التفاح أثناء نضجها وقد استعملت بعد ذلك لثمار كثيرة وعيوب هذه الطريقة: أنها غير دقيقه 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 الاثيلين وبذلك فإنها تتداخل فى تقدير تركيز غاز الاثيلين.

٣ ـ طريقة الغاز كروماتوجرافى Gas Chromatography:

هذه الطريقة أدق الطرق المستعملة وهى التى تستعمل الأن فى تقديرتركيز 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 أثيلين لكل بليون جزء. وهذا التركيز قليل جدا وكاف لدراسة العمليات الفسيولوجية فى النبات حيث أن هذه العمليات تحدث فى تركيزات أعلى من ذلك. وبإستعمال هذا الجهاز اتضح أن النبات السليم ينتج أيضا ايثيلين حيث يتدخل هذا الغاز فى العمليات الحيوية للنبات ولم يكن ذلك معروف من قبل ألا 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 الأثيلين 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.

فى هذه العينة يوجد إيثيلين بتركيز ٢و١ نانو لتر فى عينة تم حقنها بالجهاز وذات حجم نصف $\frac{١}{٢}$ 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 ـ 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 . والايثيلين 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 انتاج الايثيلين. وعامة فى حالة بادرة البسلة فإنها تنتج كمية أكبر من الأثيلين فى الظلام عنه فى الضوء . يتضح أيضا أن الضوء الاحمر ذو طول الموجة ٦٦٠ نانومتر هو المؤثر فقط دون ألوان الطيف الضوئى الأخرى ويسبب إستقامة الجزء المنحنى من قمة البادرة . يمكن إعادة حدوث الإنحناء 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 ـ 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 الاسيتيلين 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 الايثيلين وأن الأخير يساعد على الأزهار . لذلك فإنه يمكن دفع نبات الأناناس على الأزهار بتغطيته بكيس بلاستيك وبداخله 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 ـ ظاهرة السيادة القمية :

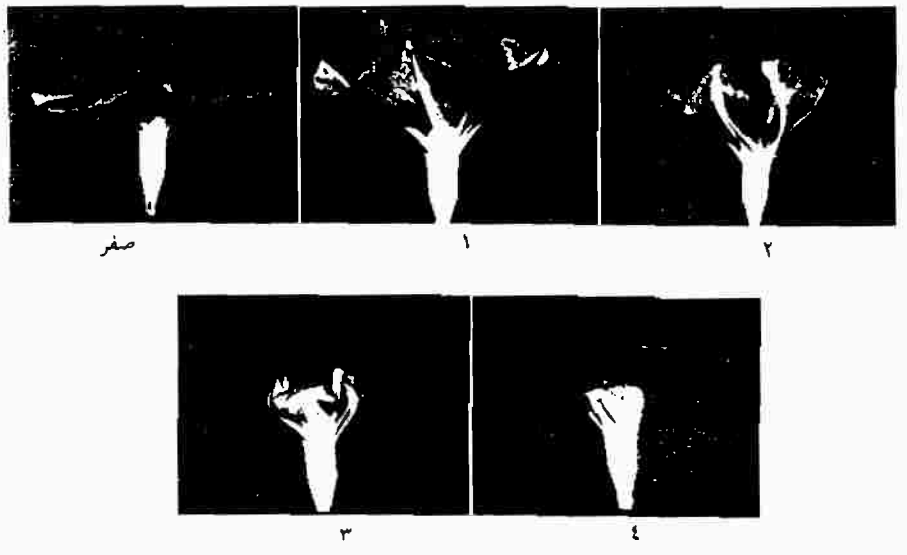
من المعروف أن هذه الظاهرة وكما سبق شرحة فى الأوكسينات تحدث لزيادة تركيز الأوكسين فى البراعم الأبطية ونتيجة لذلك ينتج الأوكسين غاز الايثيلين وهو الذى يسبب منع نمو البراعم الأبطية. أى يكون تأثير الأوكسين هو عن طريق الاثيلين.

وجد فى بعض الحالات كما سبق شرحة 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 ـ 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 الايبوميا *Ipomoea tricolor* فإن الزهرة تفتح فى الصباح ثم تبدأ فى الأرتخاء فى فى منتصف النهار ثم تذبل وتلتوى وتتجعد 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.



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

ثبت أن معاملة أزهار الأوركيد بتركيز من الأيثيلين أقل من واحد جزء فى المليون يسبب ذبولها.

٥ ـ تفتح البراعم الزهرية :

يمنع الأثيلين تفتح البراعم الزهرية. وحتى فى 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 ـ تكوين الجذور العرضية والشعيرات الجذرية :

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

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

يساعد كل من الأوكسينات والأيثيلين على تكوين الجذور العرضية على العقل الساقية ويمكن أن يكون تأثير هما مختلطين منشط synergistic. وفى بعض الحالات وجد أن معاملة الأوراق المقطوعة بالأثيلين تسبب تكوين الجذور العرضية.

٧ ـ قصر الساق:

من المعروف وكما سبق ذكره فى حالة الأستجابة الثلاثية أن التركيزات العالية من غاز الايثلين تمنع النمو الطولى للخلايا وتسمح بالنمو العرضى لها ولذلك يحدث لها أنتفاخ swelling . يسمى النمو العرضى للخلايا isodiametrical .

فى حالة الأستجابة الثلاثية triple response فإن الساق تكون قصيرة وسميكة وتنمو أفقيا.

يسبب الأثيلين قصر نمو الساق ويوجد شواذ لذلك مثل غمد الريشةmesocotyl لنبات الأرز ونبات *Callitriche* .

٨ ـ قصر الجذور وتفرعها:

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

٩ ـ الأنتحاء الأرضى:

عند تعريض الساق النامية رأسيا للأيثيلن فإنها تنحنى وتنمو أفقيا. وعند وضع النبات أفقيا فإنه ينحنى ويتجه إلى أعلى وعند تعريضه للأثيلين فإن الساق يستقيم وينمو أفقيا (شكل ١٨٦). أى أن الأثيلين يسبب نمو الساق وأيضا الجذور نمو أفقى أى عمودى على إتجاه الجاذبية الأرضية diageotropic response .

١٠ ـ نقص تركيز الكلوروفيل:

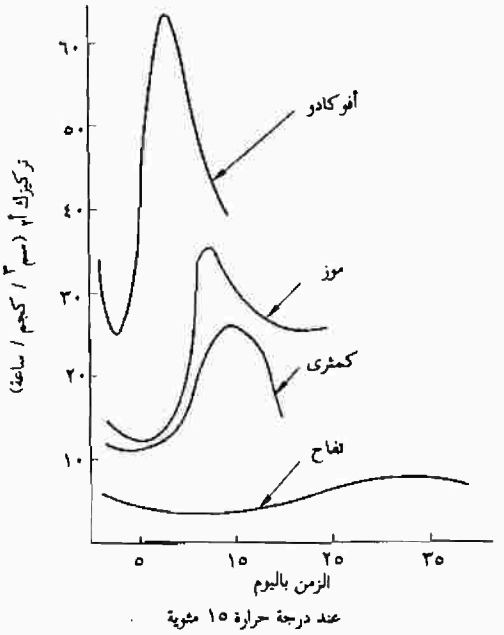
تسبب المعاملة بالأثيلين تغير اللون من الأخضر إلى الأصفر فى ثمار البرتقال والموز. ثبت زيادة نشاط أنزيم الكلوروفيللیز والذى يحلل الكلوروفيل وبالتالى يقل تركيزة. تطبق هذه المعاملة على نطاق تجارى لتساعد فى تغيير لون ثمار الموز والمانجو والبرتقال من اللون الأخضر إلى اللون الأصفر أو البرتقالى. كما ثبت أن هذه المعاملة تشجع تخليق B-caroteneوlycopene فى ثمار الطماطم والأنثوسيانين فى ثمار العنب.

١١ ـ نضج الثمار:

يلعب الأثيلين دور هام فى إنضاج الثمار وسبق القول أنه بعد التلقيح يكبر حجم المبيض نتيجة لتكون بعض من الهورمونات 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 الماليك 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 أ٢ الناتج من التنفس وذلك لمدة قصيرة ثم يلى ذلك نقص كبير فى التركيز فجأة أيضا وهذه الفترة التى يحدث فيها زيادة سرعة التنفس وزيادة انتاج ك أ٢ 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 فى الثمار الناضجة.

وهذا climacteric يمكن منعه باستخدام مثبطات التنفس أو بتركيز عالى من ك أ٢ أو بتركيزات من غاز النيتروجين أو بدرجة الحرارة المنخفضة وعلى العكس من ذلك فإن غاز الايثيلين يساعد على حدوث climacteric والنضج فى 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 فى الثمار أثناء فترة climacteric وقد وجد إنه عند منع نضج الثمار باستعمال درجة حرارة منخفضة فإن انتاج الايثيلين يقل أيضا ولذلك فأن الايثيلين يعتبر natural fruit ripen hormone هرمون طبيعى لنضج الثمار وأمكن إثبات ذلك أيضا باستبعاد الايثيلين المتكون بسرعة من الثمار وذلك بتعريض الثمار لضغط منخفض مع وجود تركيز عادى من الأوكسجين وتحت هذه الظروف فإن النضج يتأخر.

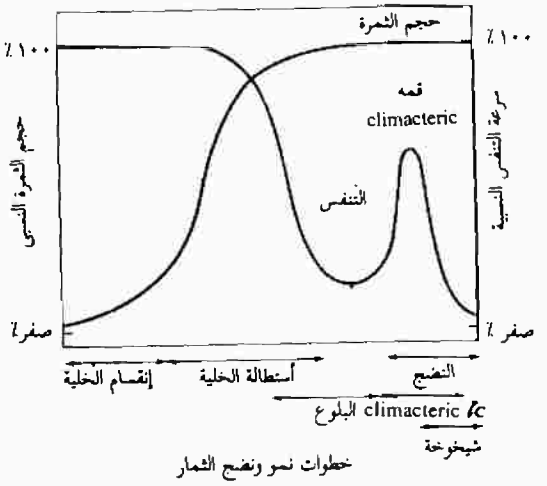
أما عن كيفية حدوث النضج بواسطة الايثيلين فإنه بالرغم من أنه فى بعض الثمار مثل الأفوكادو والمانجو أن أنتاج الايثيلين وزيادة سرعة التنفس مصاحبة لبعضهما فإنه فى بعض الثمار الأخرى مثل الموز فإن الايثيلين يقل قبل وصول السرعة المثلى للتنفس. وهذا يدل على أن الايثلين ينشط بعض العمليات التى من شأنها تحدث نضج الثمار ولذلك فإن للايثيلين تأثيرين: (أ) عملية الانضاج تحتاج أنزيمات أى تخليق بروتين وأن الايثيلين يساعد على سرعة تخليق البروتين (ب) أن الايثيلين يؤثر على نفاذية الأغشية مثل غشاء tonoplast وبذلك يسمح بخروج مركبات من الفجوة العصارية إلى السيتوبلازم بعد أن كانت محصورة فى الفجوة العصارية أو العضيات المختلفة للخلية. وبذلك تعمل الأنزيمات الموجودة فى السيتوبلازم على هذه المركبات المحررة من أجزاء الخلية المختلفة. وأيضا كما سبق شرحه بالتفصيل فى زهرة الإيبوميا فى 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. وفى حالة المجموعة الثانية فإن سرعة التنفس تقل تدريجيا مع عدم وجود إرتفاع أو إنخفاض مفاجئ حاد peak. تسبب المعاملة بالأثيلين نضج الثمار فى الحالة الأولى ولا تؤثر على نضج الثمار فى 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 الهورمونات بأن تركيز قليل منه فى البداية يسبب زيادة كبيرة جداً فى تركيزه بعد ذلك ويحدث ذلك فى الثمار ذات القمة ولكنه لايحدث فى 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 فى حجم الخلايا وفى المراحل الأخيرة من كبر حجم الخلايا تدخل الثمار فى مرحلة البلوغ maturation وفى نهاية مرحلة البلوغ تبدأ مرحلة النضج وفى أثناء المرحلة الأخيرة تحدث حالة القمة climacteric. وفى أثناء النضج تبدأ مرحلة الشيخوخة senescence. يزداد حجم الثمرة ثم يتوقف فى نهاية مرحلة البلوغ. وفى مرحلة النضج لايحدث تغيير فى حجم الثمار بل تحدث تغييرات فى عمليات التحول الغذائى فى الثمار ومن أمثلتها زيادة نشاط الأنزيمات المحللة للمركبات البكتينية والتى ينتج عنها طراوة فى الثمار (شكل ١٩٠). بعد بداية القمة climacteric يحدث تحول سريع وكبير فى عمليات التحول الغذائى ينتج عنها نضج الثمار.



خطوات نمو ونضج الثمار

(شكل ١٩٠) : التغيرات التى تحدث فى حجم الخلية وفى سرعة التنفس أثناء نمو وبلوغ ونضج الثمار.

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

تغليف الثمار بالشمع waxing يسبب تأخير عملية النضج وأيضاً تأخير إنتاج الأثيلين حيث أن الشمع يمنع أو يقلل نفاذ الأوكسجين إلى داخل الثمار وبالتالى يقل تركيز الأوكسجين فى الثمار وبالتالى يقل إنتاج وتركيز الأثيلين فى الثمار.

تفشل كثير من الثمار فى النضج فى درجة ٣٥ مئوية ومافوقها 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 فى أثناء فترة النضج. أمكن أيضاً إثبات ذلك بإستعمال فوسفور مشع حيث تصبح الثمار المعاملة محتوية على أحماض أمينية مشعة وبروتين مشع أثناء فترة النضج. وفى أثناء فترة النضج يزداد نشاط بعض الأنزيمات منها الأنزيمات المحللة للمركبات البكتينية والتى تسبب طراوة الثمرة وأيضاً أنزيمات decarboxylase والتى تسبب زيادة سرعة التنفس.

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

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

١٢- التنفس:

لايؤثر الأثيلين على عملية التنفس فى النبات عدا فى بعض حالات نضج الثمار . يمكن أن تكون قمة منحنى التنفس ملازمة لقمة تركيز الأثيلين أو تسبقها أو تليها فى الثمار ذات القمة أثناء مرحلة النضج. تزداد سرعة التنفس فى 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 فى وجود المضاد الحيوى cycloheximide والذى يسبب تثبيط تخليق البروتين ومنه بروتين الأنزيمات.

١٣- سقوط الأوراق:

يعتمد عادة سقوط الأوراق على وجود منطقة انفصال موجودة عند قاعدة عنق الورقة وهى 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 فى الخلايا المجاورة كما أن الألياف قد تكون غائبة من الحزم فى هذه المنطقة وأيضا أوعية الخشب وخلايا نسيج اللحاء تكون أقصر من مثيلاتها فى المناطق الأخرى وهذا التركيب التشريحى يجعل هذه المنطقة منطقة ضعف فى الورقة.

سقوط الأوراق يحدث نتيجة لشيخوخة الورقة أما نتيجة natural aging كما فى الأشجار مستديمة الخضرة أو نتيجة للظروف البيئية كما فى الأشجار متساقطة الأوراق وفى الحالة الأخيرة فإن العامل البيئى يسبب قصر طول النهار وأيضا انخفاض درجة الحرارة وينتج عن هذين التأثيرين تغيرات فى التحول الغذائى فى داخل أنسجة الورقة والتى تسبب سقوط الأوراق.

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

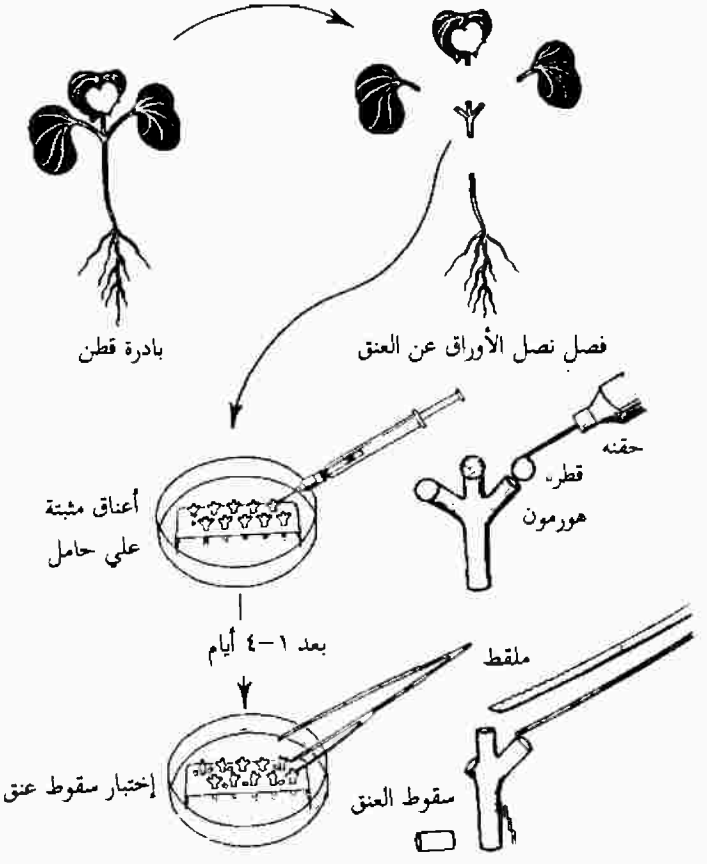
shaped cells في قاعدة الورقة ثم تحدث تغيرات فى التحول الغذائى فى منطقة الأنفصال من شأنها اذابة جزئية لجدر الخلايا والصفيحة الوسطى ومع كبر هذه الخلايا فى الحجم تصبح الخلايا منفصلة ونتيجة لذلك نجد أن ثقل الورقة يسبب كسر فى منطقة الأنسجة الوعائية وينتج عن ذلك سقوط الأوراق.

وتتكون طبقة من خلايا الفلين عند قاعدة الورقة لحماية أنسجة النبات من إصابتها بالفطريات أو البكتريا ولتحد أيضا من فقد الماء. ونجد أن أوعية الخشب فى هذه المنطقة تسد بواسطة نتوءات وبروزات من أغشية الخلايا البارنشيمية المحيطة والتى 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 ويثبط إنتقال الأوكسين من الورقة إلى النبات حيث وجد أن تركيز الأوكسين يقل فى الأوراق المعاملة بالأثيلين. أما عن كيفية وميكانيكية حدوث هذه التأثيرات المختلفة للأثيلين على الأوكسين فهى غير معروفة. وجد أن تركيز الأثيلين يزداد فى الأوراق الفلقية لبادرة القطن خاصة في فترة الشيخوخة وفى مرحلة سقوطها. وجد أن زيادة تركيز الأيثلين فى الأوراق الفلقية يصاحبة نقص فى إنتقال الأوكسين من الورقة الفلقية إلى السويقة الجنينية السفلى. كما وجد أن معاملة الأوراق الفلقية للقطن بالأثيلين يقلل من أنتقال الأوكسين ويسبب سقوطها حتى لو كانت مكتملة النمو والنضج وغير هرمه (شكل ١٩١) وجد أيضا أن تركيز الأثيلين فى عنق الورقة ستة أضعاف تركيزه فى نصل الورقة. أمكن تطبيق ذلك أيضا على نبات الفاصوليا ونباتات أخرى كثيرة . ومن ذلك يتضح أن الأوراق تخلق الأثيلين الذى يسبب سقوطها وجد أيضا نفس الشيئ فى سقوط البراعم الزهرية والأزهار والثمار الصغيرة وأيضا إنفتاح الثمار.

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

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



(شكل ١٩١) : تأثير الهورمون 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.

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

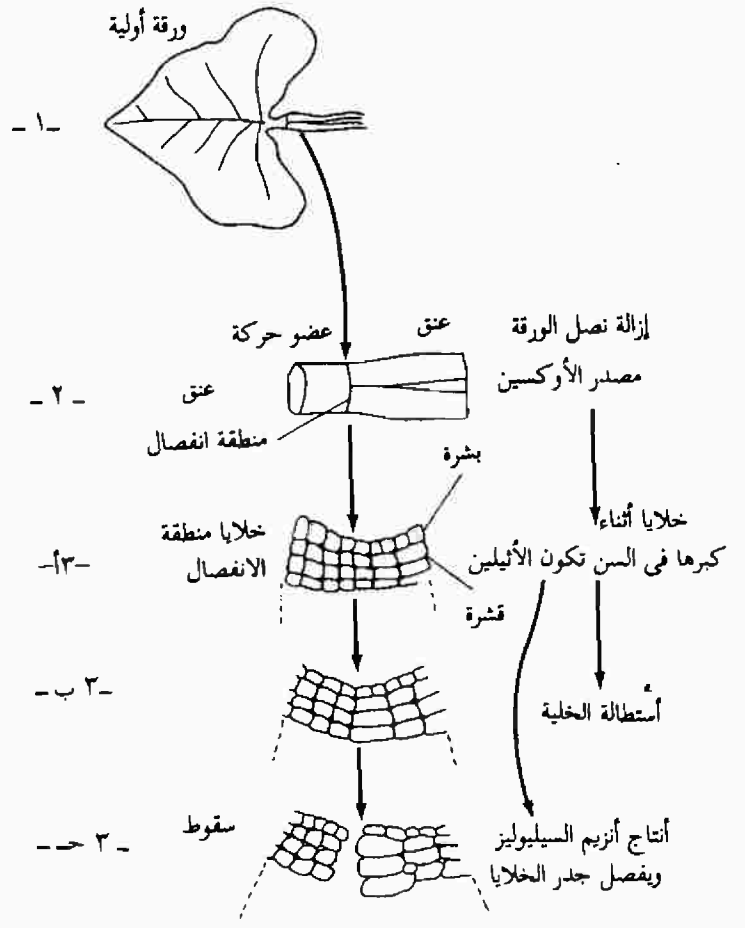
. هذه المركبات غير معروفة بالتفصيل وبعض الآراء توضح أن حامض الأبسيسيك هو أحد هذه المركبات ولكن الرأى الغالب الآن أن حامض الأبسيسيك ليس له دور كبير فى سقوط الأوراق.

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

الايثيلين هورمون يسبب سقوط الأوراق وذلك بأسراعه فى حدوث الشيخوخة لمنطقة الانفصال فأنه مسئول مباشرة عن حدوث تحلل الصفيحة الوسطى لهذه الخلايا وكبر حجمها وأيضا ذوبان الجدر الخلوية فى منطقة الانفصال فقد وجد أنه يشجع تكوين أنزيم السيليوليز بدرجة كبيرة وعلاوة على ذلك فإن غاز الأيثيلين ينظم أيضا تحرر وإنتقال هذا الأنزيم من سيتوبلازم إلى جدار الخلية، وقد وجد أ ن الأيثيلين يؤثر على هذه الخلايا فقط فى منطقة الانفصال وتكوين أنزيم السيليوليز فى هذه الخلايا فقط دون الخلايا الأخرى ولذلك فإن منطقة الانفصال من الناحية الفسيولوجية هى منطقة ذات خلايا متخصصة لأظهار تأثير الأيثيلين بوضوح عليها.

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

كما يسبب الأثيلين إنتفاخ الخلايا فى منطقة الانفصال فى 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 ـ حدوث Epinasty :

وجد أن الأثيلين يحدث هذه الظاهرة فى بعض النباتات دون الأخرى ويحدث ذلك نتيجة لحدوث نمو فى الخلايا الموجودة على الجزء العلوى من عنق الورقة أو قاعدتها عنه فى خلايا الجزء السفلى ونتيجة لذلك يحدث انحناء للورقة إلى أسفل . ومن النباتات التى تظهر هذه الظاهرة عند معاملتها بالأثيلين هى البسلة والطماطم وعباد الشمس والبطاطس. تحتاج المعاملة إلى تركيزات تتراوح بين ٠,٠١ – ٠,١ جزء فى المليون. يمكن استعمال تركيز أقل من ٠,١ جزء فى المليون فى النباتات الحساسة مثل الطماطم.

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

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 الأنحناء وتستخدم هذه الطريقة فى بعض النباتات لقياس تركيز الايثيلين حيث أنه كلما زاد تركيز الايثيلين 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 ـ أنبات البذور:

تسبب المعاملة بالأثيلين تنشيط إنبات بعض البذور والحبوب مثل الشعير وأصناف الفول السودانى ذات بذور تحتاج فترة كمون وأيضا النبات المتطفل العدار *Striga* والشليك والتفاح. وجد أن المعاملة بالجبريللين أو الكينتين 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 ـ نمو براعم الدرنات أو الكورمات أو الريزومات أو الساق المداده:

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

١٧ ـ الأفراز Secretion:

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

١٨ ـ 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 gynoecious 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 تتجة 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 ـ نفاذية الأغشية Membrane permeability :

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

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

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

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

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

٢٠ ـ تخليق البروتين والأنزيمات :

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

وألفا أميليز و كاتاليز وperoxidase وسكريز. عند معاملة الأنسجة المعاملة بالأثيلين بمركب actinomycin وcycloheximide فإنها تـؤثر على تكوين أنزيمى cellulase وperoxidase. يتضح من ذلك أن الأثيلين له دور فى تخليق هذه الأنزيمات وخاصة الأنزيمين السابقين.

٢١ ـ 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 الجانبى للأوكسين أثناء الأنتحاء الضوئى والأنتحاء الأرضى .

٢٢ ـ إلتفاف 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 والتى ينتج عنها الأنحناء 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 المواجة 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 فى هذه الحالة هو إختلال فى نفاذية الغشاء فإنه ينتج عن ذلك إنتقال بعض محتويات الفجوة العصارية إلى السيتوبلازم وينتج عن ذلك إنكماش للخلايا فى الجزء المواجة للدعامة ونتيجة لذلك يحدث الألتفاف نتيجة للأختلاف فى 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 فى جميع هذه الحالات. وفيما يلى وصف لبعض المحاولات التى أجريت للتعرف على ميكانيكية تأثير الأثيلين على النبات.

١ ـ أستخدام مضادات الأثيلين:

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

أ ـ تركيز ثانى أكسيد الكربون: وجد أن التركيز العالى من ثانى أكسيد الكربون بين ٥ إلى ١٠ ٪ يمنع أو يقلل أو يؤخر تأثير الأثيلين على النبات. ومن الجدير بالذكر أن التركيز العالى من ثانى أكسيد الكربون لا يعتبر مضاد للأثيلين فى جميع الحالات حيث أنه يكون فعال فقط فى التركيزات المنخفضة من الأثيلين ولكن فى التركيزات المرتفعة وعندما يقترب تركيز الأثيلين من ١ ميكرولتر لكل لتر أو يزيد يقل تأثيرة. ولذلك لا يعتبر ثانى أكسيد الكربون مضاد طبيعى للأثيلين إلا فى الحالات التى يتجمع فيها فى المسافات البينية بين الخلايا وبتركيزات كبيرة وذلك كما هو الحال فى بعض الثمار. يستخدم التركيز العالى نسبيا من ثانى أكسيد الكربون فى زيادة مدة تخزين بعض الثمار حيث أنه يوخر من نضج هذه الثمار الناتج عن تأثير الأثيلين . وغير معروف حتى الآن ميكانيكية تأثير ثانى أكسيد الكربون على الأثيلين فى هذه الحالة ويعتقد أنها حالة تثبيط تنافسى لتأثير الأثيلين.

ب ـ الفضة: وجد أن رش المجموع الخضرى بواسطة نترات الفضة يمنع حدوث كثير من تأثيرات الأثيلين على النبات مثل تثبيط النمو والشيخوخة وتغيير الجنس. تعتبر الفضة أكثر فاعليه فى تثبيط الأثيلين بالمقارنة بثانى أكسد الكربون وعند أستعمال 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 فهى غير معروفة الآن.

٢ ـ العلاقة بين تركيزات الأثيلين والأستجابة للتأثير

.Dose-response relationships

وجد أن تركيزات الأثيلين اللأزمة للعمليات الحيوية فى النبات تتراوح بين ٠,٠١ إلى ٠,٢ ميكرولتر لكل لتر وأن التركيز ١٠ ميكرولتر 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 ميكرولتر 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.

ـ دراسات عن العلاقة بين التركيب الجزيئي للأثيلين ونشاطه

:Structure activity studies

وجد أن المركبات المماثلة للأثيلين فى نشاطها لابد وأن تتميز بوجود روابط مزدوجة أى تكون غيره مشبعة وثانياً أن الروابط المزدوجة تكون أكثر فاعلية فى 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 والتى تسبب خفض كثافة الألكترون electron density فى مكان عدم التشبع يسبب خفض كفاءة ونشاط المركب. وحيث أن الخواص والمواصفات المذكورة سابقاً تتوفر فى الأولفينات المرتبطة بالمعادن ولذلك يعتقد أن أماكن أستقباله فى النبات تحتوى على معدن. يعتقد أن النحاس هو أحد هذه المعادن ولكن حتى الآن الأدلة على ذلك غير كافية.

٤ ـ نوع تأثير الأثيلين Ethylene action model :

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

٥ ـ إستعمال أثيلين مشع به ديوتيريم Deuterated ethylene :

يستخدم الأثيلين المشع للتعرف على التغيرات التى تحدث عند موقع إستقبال الأثيلين ethylene receptor فى الخلية.عند تكوين الأثيلين مركب معدنى أثيلينى قابل للعكس reversible metal complex أى يرتبط الأثيلين بذرة معدن فإن الرابطة المزدوجة فى 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 أمكانية أحلال الأيدروجين فى الأيثيلين بذرة أخرى أو شق الرابطة بين الكربون والأيدروجين carbon to hydrogen bond splitting وذلك بإستخدام أثيلين مشع tetradeuteroethylene ($C_2 D_4$) ومعاملة النبات به ثم الكشف عن الغاز فى صورة غازية محوره وأهمها المركبات ($C_2 HD_3$) أو ($C_2 H_2 D_2$) أو ($C_2 H_3 D$)، وبالكشف عن الأثيلين الموجود فى النبات فأنه لم يمكن العثور على أى من المركبات الثلاثة السابقة. كما وجد أيضاً أن نشاط كلا المركبين $C_2 H_4$ و $C_2 H_2$ متساو ومتماثل تماماً أى أن ذرات الديوتيريم لم تؤثر ولم تغير من تنشيط أماكن الأستقبال. ومما سبق يتضح أن أستعمال المركب المشع لم يغير نشاط الأثيلين الغير مشع أى أن كلاهما له نفس التأثير ومن ذلك يمكن إستنتاج أن شق الروابط أو التحول الغذائى للأثيلين لا يحدث أثناء ميكانيكية التأثير للأثيلين.

٦ ـ التحول الغذائي للأثيلين Ethylene metabolism:

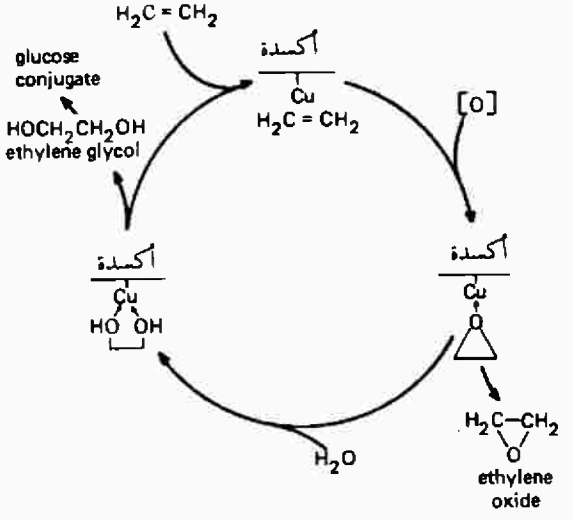
وجد فى بعض التجارب أنه يمكن أدخال الأثيلين المشع بواسطة الأيدروجين أو الكربون فى تفاعلات فى الثمار والأنسجة الخضرية. وجد أن هذه الدراسات غير مقنعة حيث أنه أستعمل فيها إثيلين غير نقى لم يجرى التأكد من درجة نقائه وأيضاً لم يتلافى فى هذه التجارب أحتمالات التلوث بالكائنات الحية الدقيقة وجميع هذه العوامل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

بعض مواصفات التحول الغذائي للأثيلين:

General features of ethylene metabolism

أمكن بأستعمال أثيلين مشع (ك^{14}) نقى تماماً وفى ظروف تعقيم تامة أثبات أن الأثيلين يحدث له تحول غذائى داخل النبات وأنه لا يعتبر خامل كما سبق القول.

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



(شكل ١٩٣) : التحول البيولوجى للأثيلين إلى أوكسيد الأثيلين وجليكول الأثيلين والأثيلين المرتبط بالجلوكوز.

وجد أن الحرارة العالية والظروف اللاأهوائية ومثبطات التحول الغذائى تثبط التحول الغذائى للأثيلين أو توقفه تماماً. يتضح من ذلك أن التحول الغذائى للأثيلين يحدث طبيعياً فى أنسجة النبات.

بعد عمل دراسات كثيرة بأستخدام أنسجة نباتية لكثير من النباتات مثل ثمار الطماطم وأزهار القرنفل وفلقات الفول ومنطقة الأنفصال فى فلقات القطن أمكن إستنتاج ما يأتى:

١ ـ تختلف سرعة التحول الغذائى للأثيلين بدرجة كبيرة فى الأنسجة المختلفة . وجد أن أعلى سرعة للتحول الغذائى للأثيلين فى فلقات الفول.

٢ ـ تعتبر خطوات التحول الغذائى للأثيلين متماثلة تماماً فى أنسجة النباتات المختبرة وأن نواتج التحول الغذائى الإبتدائية للأثيلين عبارة عن مركبات بسيطة مؤكسدة وهى ثانى أكسيد الكربون وأوكسيد الأثيلين وجليكول الأثيلين.

٣ ـ تختلف سرعة خطوات التحول الغذائى للأثيلين أثناء مراحل النمو المختلفة للنبات.

٤ ـ تتوقف سرعة تحول الأثيلين إلى ثانى أوكسيد الكربون وأوكسيد الأثيلين على نوع النسيج النباتى وأيضاً على الزمن.

٥ ـ تختلف نواتج التحول الغذائى بإختلاف الزمن ونوع النسيج أو النبات حيث وجد أن الناتج بعد ستة ساعات من المعاملة بالأثيلين المشع هو ثانى أكسيد الكربون وذلك فى قمة السويقة الجنينية للبسلة بينما بعد يوم كامل يكون أكسيد الأثيلين أما فى حالة الفول فأن الناتج الغازى الوحيد هو أوكسيد الأثيلين بينما فى حالة منطقة إنفصال فلقة القطن وزهرة morning glory يكون الناتج الغازى الوحيد هو ثانى أكسيد الكربون (جدول ١٢). أهمية هذه الأختلافات فى نوع الغازات المتكونة فى أجزاء النباتات المختلفة غير معروفة.

(جدول ١٢) : درجة تحويل الأثيلين إلى ثانى أوكسيد الكربون وأوكسيد الأثيلين فى أنسجة نباتات مختلفة

النسيج	زمن التعريض بالساعات	ثانى أكسيد الكربون (٪)	أوكسيد الأيثلين (٪)
قمة السويقة الجنينية العليا فى البسلة	٦	٩٠	١٠
	٢٤	٤٠	٦٠
فلقات الفول	٦	صفر	١٠٠
	٢٤	صفر	١٠٠
أزهارmorning glory	٦	٩٨	صفر
	٢٤	٩٩	صفر
مناطق الأنفصال فى فلقات القطن	٦	١٠٠	صفر
	٢٤	١٠٠	صفر

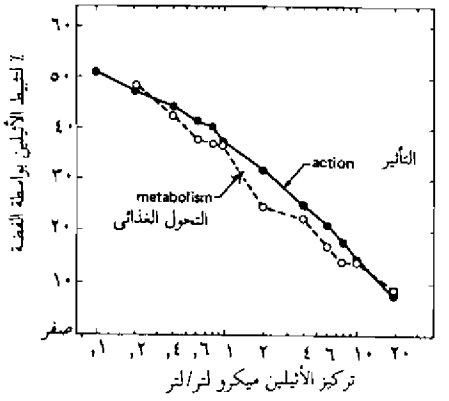
يعتبر أنزيم الأوكسيجينيز oxygenase له دور فى تحويل الأثيلين إلى أوكسيد الأثيلين حيث أن هذا التفاعل يحتاج إلى الأوكسيجين و حيث أن معاملة فلقة الفول بأوكسجين مشع ($^{18}O_2$) ينتج عنها أوكسيد الأثيلين المشع.

التأثير الفسيولوجى للتحول الغذائى للأثيلين:

Physiological role of ethylene metabolism

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

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



(شكل ١٩٤) : تثبيط تأثير الأثيلين وأيضا التحول الغذائى للأثيلين بواسطة أيون الفضة.

قيد وألتصاق الأثيلين Ethylene binding:

وجد أن الأثيلين يتجمع فى 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 إنفصال الأثيلين dissociation من مكان القيد binding site يكون منخفض جداً . أتضح أن أماكن القيد تكون مصاحبة وملازمه 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 لاتؤثر على عملية القيد.

وجد أن مناطق تقييد الأثيلين لها جاذبية affinity عاليا للأثيلين وأيضاً متخصصة فى جذب الأثيلين وأيضاً تظهر حركيات التشبع saturation kinetics، ووجد أن K_D لمواقع القيد هى حوالى ٠,١ ميكرولتر لكل لتر. يعتبر ذلك هو التركيز اللازم لشغل نصف أماكن القيد كما وجد أنه يماثل تماماً نصف تركيز النهاية العظمى للأثيلين half-maximal concentration اللازمه لحدوث كثير من تأثيرات الأثيلين على النبات. كما وجد أيضاً إرتباط وتوافق بين المركبات التى يمكن أن تحل 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 فى هذه الحالة هل الكمية التى 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 فى أماكن القيد.

المركب	التركيب	(١) النشاط النسبي	(٢) درجات تثبيط القيد النسبية
Ethylene	CH2 = CH2	١	١
Propylene	CH3CH=CH2	١٠٠	١٢٨
Vinyl chloride	CH2=CHC1	١٤٠٠	٤٦٦
Carbon monoxide	CO	٢٧٠٠	١٠٦٨
Acetylene	CH≡CH	٢٨٠٠	١٠١٣
Vinyl fluoride	CH2=CHF	٤٣٠٠	١١٣٩
Propyne	CH3C≡CH	٨٠٠٠	٢٦٥١
Vinyl methyl ether	CH2=CH-O-CH3	١٠٠٠٠٠	١٣٦١٩٦
1-Butene	CH3CH2CH=CH2	٢٧٠٠٠٠	٦٠١٢٢٧
Carbon dioxide	CO2	٣٠٠٠٠٠	١٤١١٠٤

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

(٢) تقدير نسبى لتثبيط القيد.

استعمال الأثيلين فى Horticulture وغيرها من الاستعمالات الاقتصادية

نقل الموز وهو أخضر يكون أقل تأثر بضرر الاحتكاك من الموز الناضج ولذلك يفضل نقل الموز الأخضر ثم فى أماكن الوصول يعامل بالأثيلين لينضج.

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

$$cl - CH_2 - CH_2 - \overset{\overset{O}{\|}}{\underset{OH}{|}}{P} - OH \xrightarrow{PH > 4} CH_2 = CH_2 + Cl^- + \overset{\overset{O}{\|}}{\underset{O^-}{|}}{P} - (OH)_2$$

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

استعمالات مركب Ethrel :

١ ـ عند جرح أشجار المطاط لأخذ سائل المطاط فأنه يحدث التئام للجرح بسرعة كبيرة نسبياً فنحتاج لعمل جروح أخرى ولكن وجد أن المعاملة بهذا المركبethrel تؤخر من حدوث عملية الالتئام ولذلك فأنها تنتج سائل المطاط بكمية أكبر وجروح أقل.

٢ ـ 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 منethrel فيعطى لون متجانس مرغوب ونفس ميعاد النضج.

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

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

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

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

٧ ـ زيادة نسبة السكر فى نبات قصب السكر.

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

ومن أهم تأثيرات واستعمالات الإثيفون فى محاصيل الخضر مايلى :

١ـ تحدث المعاملة بالإثيفون 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 بالإثيفون بتركيز ١٢٥–١٠٠٠ جزء فى المليون، كما يحدث ذلك أيضا فى الذرة السكرية، والفاصوليا الخضراء، والباذنجان، والبسلة، والفلفل، والطماطم وغيرهم.

٢ـ يسرع الإثيفون من تكوين طبقة الإنفصال فى الأوراق والثمار، وينظم تكوينها فى الإزهار والثمار غير العاقدة، وبذلك فهو يفيد فى إجراء عملية الخف.

٣ـ يؤدى غمس جذور البطاطا المستعملة فى زراعة المشاتل فى محلول الإثيفون

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

٤ ـ يؤدى نقع بذور الشليك الساكنة فى محلول إثيفون بتركيز ١٠٠٠، ٢٥٠٠، ٥٠٠٠ جزء فى المليون لمدة ٢٤ ساعة إلى إنباتها بنسبة ٣٠، ٥٠، ٩٠٪ على التوالى وذلك بالمقارنة بإنبات قدرة ٢٠٪ فى البذور غير المعاملة.

٥ ـ يؤدى رش البصل بالإثيفون بتركيز ٥٠٠ ـ ١٠٠٠٠ جزء فى المليون وهو فى طور الورقة الحقيقية الرابعة حتى الخامسة، مع تكرار الرش أسبوعياً لمدة ٣–٥ أسابيع إلى إسراع تكوين الأبصال وزيادة معدلات تكوينها وإسراع نضجها.

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

٧ ـ يؤدى رش نباتات القرعيات مرة أو مرتين بالإثيفون بتركيز ١٢٥–٢٥٠ جزء فى المليون خلال مراحل نمو الورقة الحقيقية الأولى حتى الخامسة إلى إحداث زيادة جوهرية فى نسبة الأزهار المؤنثة أو الخنثى، بينما يقل ظهور الأزهار المذكرة 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 ـ أفادت المعاملة الإثيفون 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 فى المليون إلى مكافحة هذا المرض الفسيولوجى بنسبة ٩٨ ـ ٩٩٪.

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

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

١١ـ تؤدى معاملة نباتات الفلفل الشيلى Chili والبيمنتو Pimiento، بالإثيفون بتركيز ٢٥٠ ـ 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 إثيفون بتركيز ١٠٠٠ ـ ٥٠٠٠ جزء فى المليون بعد الحصاد إلى تلون الثمار بلون أحمر متجانس.

١٢ـ يستعمل الإثيفون 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.

١٣ـ يمكن إسقاط أزهار الطماطم عند الرغبة فى ذلك برش النباتات بالإثيفون 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 تجاريا تحت أسم Alsol. تركيبه الكيماوى2-chloroethyltris (2-methoxyethoxy) silane (شكل ١٩٤أ).

$$(CH_3OCH_2CH_2O)_3SiCH_2CH_2Cl$$

etacelasil

(شكل ١٩٤ أ) : التركيب الجزيئى للـ etacelasil

معاملات لتثبيط الأثيلين :

وجد أن بعض المعاملات والتى تسبب تثبيط الأثيلين تكون مرغوبة وخاصة أثناء النقل والتخزين لتقليل سرعة نضج الثمار ومنها التحكم فى مكونات الظروف الجوية المحيطة بالثمار مثل زيادة تركيز ثانى أوكسيد الكربون أو التخزين فى ضغط منخفض hypobaric storage وأيضاً معاملة أجزاء نباتات القرنفل المقطوعة بالفضه لزيادة مدة حياتها حيث تعيش الأزهار المقطوعة فى الفازات لمدة أطول نتيجة للمعاملة بواسطة مركب فضه هو كبريتيت الفضه $Ag\ (S_2\ O_3)2$.

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