الحقل. أما بعد الحصاد فإن المعاملة تكون غالبًا باستعمال أسطوانات الغاز المضغوط (Saltveit ٢٠٠٤ب).

التأثيرات المثبطة للإثيلين

يحفز الإثيلين ما يلي:

١- تمثيل الإثيلين فى الثمار الكلايمكتيرية أثناء نضجها.

٢- نضج الثمار الكلايمكتيرية وبعض الثمار غير الكلايمكتيرية.

٣- تمثيل الأنثوسيانين فى الثمار أثناء نضجها.

٤- تحلل الكلوروفيل والاصفرار.

٥- إنبات البذور.

٦- تكوين الجذور العرضية.

٧- التنفس والـ phenylpropanoid metabolism.

٨- التهيئة للإزهار فى الأناناس.

٩- الشيخوخة وتكوين طبقة الانفصال.

ويثبط الإثيلين ما يلي:

١- تمثيل الإثيلين فى الأنسجة الخضرية وفى الثمار غير الكلايمكتيرية.

٢- الإزهار وتطور الأزهار فى معظم النباتات.

٣- انتقال الأوكسينات.

٤- استطالة الجذور والسيقان (أى تثبيط النمو).

وعلى المستوى الخلوى يمكن أن يُحدث الإثيلين أيًا من التأثيرات الآتية:

١- تحفيز أيض الـ phenylpropanoid.

٢- تثبيط انتقال الأوكسين.

٣- تثبيط استطالة السيقان.

٤- تغيير اتجاه الألياف الدقيقة microfibres بالجدر الخلوية.

٥- تحفيز تمثيل الإنزيمات المحللة للجدر الخلوية.

٦- تحفيز إنتاج الأنثوسيانينات والكاروتينات التى تكسب الثمار ألوانها المميزة، والتى يعد معظمها من مضادات الأكسدة.

٧- تحفيز تحلل الكلوروفيل.

ويصاحب تلك التغيرات الخلوية – غالبًا – نشاطًا فى عديد من الإنزيمات، مثل:

Polygalacturonase	chlorophyllase
Cellulase	polyphenoloxidase
Peroxidase	phenylalanine amonia lyase

أما على مستوى النبات فإن الإثيلين يمكن أن يؤثر كما يلى:

١- تحفيز نضج الثمار الكلايمكتيرية.

٢- تحفيز شيخوخة بعض الثمار والأزهار.

٣- تحفيز إنبات البذور.

٤- تحفيز تكوين الجذور العرضية.

٥- سقوط بعض الأعضاء النباتية.

٦- زيادة معدل التنفس.

ويستخدم الإثيفون – المنتج للإثيلين – قبل الحصاد فى إسراع نضج التفاح مبكرًا، وحث تكوين طبقة الانفصال فى الموالح أو إسراع نضج التين. كما يستعمل الإثيلين بعد الحصاد فى أنضاج الموز والمانجو والكنتالوب والطماطم بتركيزات تتراوح بين ١٠٠ و ١٠٠٠ جزء فى المليون، وللتخلص من اللون الأخضر فى ثمار الموالح، وحفز تمثيل الكاروتينات بتركيزات تتراوح بين جزء واحد وخمسة أجزاء فى المليون.

كذلك يلعب الإثيلين دورًا فى الاستجابات الدفاعية للنباتات؛ فهو يزيد من قابلية إصابة ثمار الموالح ببعض الإصابات التى كانت كامنة فينشطها (مثل أعفان طرف

العنق)، ولكنه يقلل الأعفان التى تحدث فيها الإصابة عن طريق الجروح (Baldwin ٢٠٠٤).

التأثيرات المفيدة والضارة للإثيلين

يمكن أن يكون للإيثيلين تأثيرات مفيدة وأخرى ضارة على الفاكهة والخضر والزهور بعد الحصاد حسب عدد من المتغيرات، كما يلى:

التأثيرات المفيدة:

١- تحفيز تلوين الثمار.

٢- تحفيز نضج الثمار الكلايمكتيرية.

٣- تحفيز التخلص من اللون الأخضر فى ثمار الموالح.

٤- تحفيز تفتح الثمار فى النقل.

٥- تغير من التعبير الجنسى فى القرعيات.

٦- يحفز الإزهار فى الأناناس.

٧- يقلل رقاد محاصيل الحبوب.

٨- التخلص من اللون الأخضر فى ثمار الحمضيات.

٩- إزهار الأناناس.

١٠- زيادة تكوين السكر فى العنب.

١١- انفاصل وسقوط ثمار النقل.

١٢- عامل مساعد فى الحصاد بتحفيزه طبقة الانفصال.

١٣- خفض الإصابة بالبقع السوداء فى البطاطس.

١٤- خفض القابلية للإصابة ببعض مسببات الأمراض.

التأثيرات الضارة:

من التأثيرات الضارة ذات الطبيعة العامة أنه:

١- يحفز الوصول إلى الشيخوخة.

٢- يحفز فقد الصلابة فى الثمار.

٣- يحفز فقد الكلوروفيل (أى يحفز الاصفرار).

٤- يحفز تبرعم البطاطس.

٥- يحفز التغيرات اللونية (كتكوين اللون البنى browning).

٦- يحفز سقوط الأوراق والأزهار.

٧- يحفز أيض الـ phenylpropanoid (Saltveit ٢٠٠٤ب).

ومن أهم العالات الخاصة للأضرار التى يمكن أن تُصاحب تعرض منتجات الخضر للإثيلين من مصادر خارجية ما يلى:

١- التبقع الصدئ فى الخس على امتداد العرق الوسطى.

٢- الاصفرار أو فقدان اللون الأخضر (كما فى الخيار والبروكولى والكيل والسبانخ والأعشاب).

٣- زيادة صلابة اللفت.

٤- مرارة الجز والجزر الأبيض.

٥- اصفرار وانفصال الأوراق فى الكرنبيات.

٦- الطراوة والتنقير وظهور مذاق غير مرغوب فيه فى الفلفل والكوسة والبطيخ.

٧- التلون البنى والتغيرات اللونية الأخرى فى لب الباذنجان وبذوره.

٨- التغيرات اللونية وظهور طعم غير مرغوب فيه فى البطاطا.

٩- سرعة النضج والطراوة فى ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين (Suslow ٢٠٠٠).

١٠- انفصال الكأس كما فى الباذنجان.

١١- الذبول فى الخضر الورقية.

١٢- انهيار قشرة الثمرة كما فى الموالح.

١٣- زيادة صلابة مهاميز الأسبرجس واصفرار قمتها.

١٤- اصفرار قرون الفاصوليا.

١٥- اصفرار الأوراق الخارجية للكرنب بروكسل.

١٦- تغير لون أقراص القنبيط وسقوط الأوراق المحيطة بالقرص.

١٧- زيادة تزريع أبصال البصل أثناء التخزين.

١٨- اصفرار الكأس فى قرون البسلة الخضراء.

هذا .. وتعد تأثيرات الإثيلين متجمعة طوال فترة ما بعد الحصاد وحتى التسويق.

ومن أهم العيوب الفسيولوجية التى يتسبب فيها الإثيلين، ما يلى:

١- القلب البنى فى التفاح.

٢- الانهيار الداخلى فى الكيوى والبطيخ.

٣- التبقع الصدئ فى الخس.

٤- انفاصل أوراق الكرنب.

٥- زيادة الحساسية لأضرار البرودة فى الأفوكادو، والجريب فروت.

٦- الالتفاف نحو الداخل لبتلات الأزهار.

٧- انغلاق الأزهار المتفتحة.

٨- منع استطالة السيقان والجذور فى بعض الأنواع البصلية.

٩- تحلل البراعم فى التوليب.

١٠- زيادة التنفس فى السوسن وأبصال التوليب.

١١- حدوث ظاهرة الـ epinasty (انحناء الأوراق لأسفل) فى بعض نباتات الزينة (عن Baldwin ٢٠٠٤).

دور الإثيلين فى حث الشيخوخة والعيوب الفسيولوجية:

يؤدى وجود الثمار ذات المعدلات المرتفعة فى إنتاج الغاز، مثل: التفاح، والكمثرى، والبرقوق، والأفوكادو، والقاوون الشبكى، والباباظ، والخوخ، بجانب الخضر الحساسة للغاز إلى حدوث أضرار كثيرة.

وتتضمن التأثيرات الفسيولوجية والبيوكيميائية للإثيلين على الحالات البستانية ما يلى:

١– زيادة معدل التنفس.

٢– زيادة نشاط بعض الإنزيمات، مثل:

polygalacturonase
peroxidase
lipoxidase
alpha-amylase
polyphenoloxidase
phenylalanine ammonia lyase

٣– زيادة نفاذية الأغشية الخلوية وفقد الخلايا لقدرتها على فصل بعض مكوناتها عن بعضها البعض (أى فقد ظاهرة الـ compartmentalization).

٤– تحوير أيض الأوكسين وانتقاله فى النبات.

٥– يتفاعل الإثيلين مع مختلف منظمات النمو: الأوكسينات، والجبريللينات، والسيتوكينينات، وحامض الأبسيسك.

٦– فقدان اللون الأخضر:

فالإثيلين يسرع من تحلل الكلوروفيل، ويؤدى إلى اصفرار الأنسجة الخضراء، فتنخفض بذلك صفات الجودة فى الخضر الورقية، وفى الثمار الخضراء الأخرى، كالبروكولى، والخرشوف. ومن أمثلة ذلك ما يلى:

أ– أدى تعرض الكرنب لـ ١٠–١٠٠ جزء فى المليون من الإثيلين أثناء التخزين فى حرارة ١°م لمدة خمسة أسابيع إلى فقدان اللون الأخضر وسقوط الأوراق. وتعتبر بعض أصناف الكرنب أكثر حساسية فى هذا الشأن؛ حيث تفقد اللون الأخضر فى تركيزات أقل من الإثيلين تقدر بحوالى ١–٥ أجزاء فى المليون.

ب– أدى تركيز ٤ أجزاء فى المليون من الغاز إلى زيادة الاصفرار ومعدل التدهور فى كرنب بروكسل، والبروكولى، والقنبيط فى حرارة ١°م.

جـ- لوحظ أن ثمار الكوسة المعرضة لتركيز ٥ أجزاء فى المليون من الغاز فى حرارة ١٥-٢٠°م قد فقدت لونها الأخضر.

د- أدت معاملة ثمار الخيار بتركيز ٠,١-١٠ أجزاء فى المليون من الإثيلين إلى فقدانها للون الأخضر، كما نقصت صلابة الثمار فى التركيزات المرتفعة.

٧- انفصال الأوراق والأعضاء النباتية الأخرى Abscission:

يؤدى التعرض للإثيلين إلى انفصال الأوراق وسقوطها فى الكرنب، وكرنب بروكسل، والقنبيط، والخضر الورقية، وانفصال البراعم فى البروكولى، وانفصال أوراق الكأس فى الباذنجان. فمثلاً .. أدى تعرض ثمار الباذنجان لغاز الإثيلين بتركيز ١-١٠ أجزاء فى المليون لمدة يومين إلى انفصال الكأس، وتلون لب الثمار والبذور باللون البنى، وسرعة تعفن الثمار.

٨- تأثيرات غير مرغوبة على القوام Texture:

يؤدى تعرض الثمار للإثيلين إلى فقدانها لصلابتها، وخفض فترة تخزينها ومقدرتها على الشحن؛ ومن أمثلة ذلك ما يلى:

أ- أدى تعرض ثمار البطيخ للإثيلين بتركيز ٥-٦٠ جزءًا فى المليون إلى فقدان الثمار لصلابتها، ونقص سمك قشرة الثمرة، وتهتك أنسجتها. وقد صاحب ذلك زيادة فى نشاط الإنزيمات التالية على الترتيب: peroxidase، و polyphenol oxidase، و esterase، و cellulase، و pectinase.

ب- برغم أن تعرض جذور البطاطا للإثيلين قد قلل من صلابتها بعد الطهى – وهى صفة مرغوبة – إلا أن المعاملة كان لها تأثير سئ على اللون والطعم.

جـ- أدى تعرض مهاميز الأسبرجس لتركيز ١٠٠ جزء فى المليون من الإثيلين لمدة ساعة إلى زيادة صلابتها، وكان ذلك مصحوبًا بزيادة فى نشاط إنزيم البيروكسيديز peroxidase مع زيادة تمثيل اللجنين.

٩- تغيرات فى المذاق:

رغم أن الإثيلين يحدث تغيرات مرغوبة فى طعم ونكهة الخضروات تشمل تحول

النشا إلى سكر، وفقدان الحموضة. وتكوين المركبات المتطايرة، إلا أنه يؤدى أيضًا إلى إحداث تغيرات غير مرغوبة، كما فى الحالات التالية:

أ- تكون مادة مرة (عبارة عن isocumarin) فى الجزر.

ب- تكوّن طعم مر فى الكرنب عند التعرض للغاز بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون.

١٠- تبرعم البطاطس:

تنمو البراعم من عيون البطاطس عند تعرضها لغاز الإثيلين بتركيز جزأين فى المليون لمدة ٧٢ ساعة؛ وبذلك تؤدى هذه المعاملة إلى إنهاء حالة السكون، إلا أنها تمنع استطالة النموات المتكونة. ويعد هذا التأثير مفيدًا فى حالة تقاوى البطاطس. ولكنه غير مرغوب فى البطاطس المعدة للاستهلاك. وتصاحب المعاملة بالإثيلين زيادة كبيرة فى معدل تنفس الدرنات.

١١- تكوين تبقعات صدئة russet spoting فى الخس:

يعتبر الإثيلين هو العامل الأساسى فى ظهور حالة التبقعات الصدئة فى الخس. ويكفى تعرض الخس لتركيز ٠,١ جزء فى المليون لظهور هذا العيب الفسيولوجى بصورة كبيرة أثناء الشحن العادى فى حرارة ٥°م لمدة ٥-٨ أيام. وتبدأ الأعراض فى الظهور على شكل بقع صغيرة فى البشرة أو النسيج الوسطى (الميزوفيل) تمتد حتى النسيج الوعائى؛ حيث يتدهور نسيج الميزوفيل، وتنشأ عن ذلك انخفاضات صدئة تشبه النقر (عن Kader ١٩٨٥).

وكثيرًا ما يكون التغير الذى يحدثه التعرض للإثيلين فى أحد المنتجات مرغوبًا فيه، بينما قد يكون نفس هذا التغير ضارًا فى محصول آخر. فمثلاً .. يستعمل الإثيلين لتحفيز النضج فى الموز، والكنتالوب، والطماطم، والتخلص من اللون الأخضر فى الموالح، وتمثيل الصبغات فى التفاح، ولكن هذه التغيرات ذاتها لا تكون مرغوبة عندما يحفز الإثيلين: النضج الزائد فى الثمار، واصفرار البروكولى، وتكوين بقع بنية صدئة فى الخس، وشيخوخة الأزهار. وبسبب ذلك فإن للتحكم فى فعل الإثيلين أهمية بالغة لجميع المتعاملين مع المحاصيل البستانية بدءًا من المنتجين حتى المستهلكين.

وفى معظم الأنسجة الخضرية لا يُنتج الإثيلين بكميات نشطة بيولوجيًّا إلا فى خلال مراحل تطورها الأولى، أو استجابة لأى حالة شدٍّ سواء أكانت بيئية أم حيوية.

وفى مقابل الأنسجة الخضرية، فإن الإثيلين يلعب دورًا حاسمًا فى تطور الأنسجة التكاثرية وفى نضج بعض الثمار الكلايمكتيرية. ويزداد معدل إنتاج الإثيلين بصورة واضحة مميزة أثناء نضج الثمار الكلايمكتيرية، مثل التفاح، والأفوكادو، والموز، والكنتالوب، والكمثرى، والطماطم. ففى تلك الثمار تؤدى المعاملة بالإثيلين أو إنتاجه بكميات قليلة إلى التحفيز الذاتى لزيادة إنتاجه، الأمر الذى يكون دليلاً على بداية النضج، حيث يلزم الغاز لتفاعلات أساسية لاستمرار النضج.

وما أن يزيد محتوى الإثيلين الداخلى عن مستوى معين – يتوقف على النوع النباتى، والنسيج، ومرحلة تطوره — فإن الإنتاج الإضافى للإيثيلين يحفِّز بوجود الإثيلين المنتج سابقًا. وبهذه الطريقة فإن التغذية الاسترجاعية feedback الذاتية الإيجابية تؤدى إلى زيادة إنتاج الإثيلين، وزيادة تركيزه الداخلى بنحو ١٠٠٠ ضعف أثناء النضج. ويمكن للمعاملة بالإثيلين إسراع نضج الثمار الكلايمكتيرية مثل الأفوكادو، والموز، وشهد العسل. والطماطم، وكذلك الإسراع بحدوث تغيرات الجودة المرغوب فيها فى الثمار غير الكلايمكتيرية، مثل التخلص من اللون الأخضر فى الليمون والبرتقال. وما أن يحدث التحفيز الداخلى الذاتى لإنتاج الإثيلين فإن خفض تركيزه الخارجى لا يكون له تأثير يذكر على مستواه الداخلى، أو معدل إنتاجه، أو فعله (Saltveit ٢٠٠٤ب).

أضرار الإثيلين للمنتجات المجهزة للمستهلك

إن من أهم التغيرات التى تؤدى إلى فقد المنتج الطازج المجهز جزئيًّا pre-cut (أو partially processed) لقوامه وصلابته استمرار تحلل الصفيحة الوسطى بين الجدر الخلوية، الأمر الذى تزداد سرعته بالإثيلين الذى تحفز الجروح إنتاجه، فضلاً عن الجروح، والفقد المائى، والتغيرات الناشئة عن تقدم النضج (Toivonen & Brumnell ٢٠٠٨).

وسائل خفض وزيادة فاعلية الإثيلين

إن الإثيلين أحد منظمات النمو النباتية الهامة وله تأثيرات كبيرة على عدة أوجه من النمو والتطور فى النباتات. ويمكن بالتحكم فى فاعليته زيادة تأثيراته المفيدة وخفض تأثيراته الضارة.

ويتحقق خفض فاعلية الإثيلين بالوسائل التالية:

١- استعمال الأصناف الأكثر تحملاً للإثيلين.

٢- التخلص من الإثيلين الموجود فى هواء المخازن.

٣- المحافظة على أقل درجة حرارة يمكن أن يتحملها المحصول.

٤- التخزين فى CA أو MA، أو فى MAP.

٥- تقصير الفترة بين تعرض المنتج للإثيلين واستعماله.

أما زيادة فاعلية الإثيلين فتتحقق من خلال الوسائل التالية:

١- استعمال الأصناف الأكثر حساسية للغاز.

٢- المحافظة على مستوى نشط من الإثيلين فى الهواء.

٣- المحافظة على حرارة مثلى لفعل الغاز.

٤- التخزين فى وجود مستويات مناسبة من كل من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون.

٥- السماح بمرور وقت كافٍ بين المعاملة والاستهلاك (Saltveit ٢٠٠٤ب).

منع النسيج النباتى من التفاعل بيولوجيًّا مع الإثيلين

إذا ما تواجد الإثيلين بالهواء المحيط بالمنتج بتركيزات عالية فإنه يمكن اتباع بعض الوسائل التى تعترض النسيج من التفاعل بيولوجيًّا مع الغاز، كما يلى:

١- التخزين فى أقل درجة حرارة ممكنة، الأمر الذى يفيد فى إبطاء أى تفاعل بيولوجى.

٢- استعمال مثبطات التفاعل البيولوجى مع الغاز، مثل: ثانى أكسيد الكربون،

والفضة (مثلاً .. silver thiosulfate)، و 1-methyl cyclopropene (وهو الذى يُعطى الإسم المختصر 1-MCP).

٣- استعمال أصناف أقل حساسية للإثيلين.

٤- اعتراض الإشارة التى يستحثها الإثيلين (Saltveit ٢٠٠٤ب).

يمكن تنظيم مستوى الإثيلين إلى حد ما باستعمال مثبطات تمثيل الإثيلين. مثل AVG، و AOA، ومثبطات فعل الإثيلين، مثل الـ silver thiosulfate، و 2,5-norbornadiene، و trans-cyclootene، إلا أن استعمال تلك المركبات مع الأغذية لا يعد مقبولاً، فضلاً عن أن الفضة عنصر ثقيل، وأن لكل من الـ 2,5-norbornadiene، والـ trans-cyclooctene رائحة كريهة، بينما يلزم استعمالهما بتركيزات عالية. وقد حدى ذلك بالباحثين إلى البحث عن بدائل أخرى مقبولة، وهو ما وجدوه فى مركبات الـ cyclopropene، وخاصة المركب 1-methylcyclopropene (اختصارًا: 1-MCP)، وهو غاز عديم الرائحة وفعال بتركيز منخفض، وتدوم فاعليته لمدة ٢-٣ أسابيع فى الحرارة المنخفضة (Srivastava ٢٠٠٢).

وتؤدى المعاملة بأيون الفضة – الذى يوقف نشاط مستقبل الإثيلين – إلى منع أى بدء للنضج عند المعاملة بالإثيلين. وكذلك إلى وقف – أى منع استمرار – عملية النضج التى ربما كانت قد بدأت. فعلى سبيل المثال .. يتوقف التطور اللونى والتثميل الإنزيمى (Wills وآخرون ١٩٩٨).

ويستخدم المركب 1-MCP فى معاملة الحاصلات البستانية بتركيز شديد الانخفاض يصل إلى ١٠ أجزاء فى البليون؛ لأجل تثبيط إنتاجها للإيثيلين، ومن تحضيراته التجارية Floralifa، وهو مسحوق. و EthylBloc، و SmartFresh.

تزداد فائدة معاملة الخضر بالـ 1-MCP عندما تخزن مختلطة معًا؛ الأمر الذى قد يؤدى إلى زيادة تركيز الغاز عن جزء واحد فى المليون، وهو المستوى الذى يضر – مثلاً – بالخضر الورقية. كما أن فائدة المعاملة تزداد عندما يكون التخزين فى حرارة تزيد عن الحرارة المثلى للمحصول (Bower & Mitcham ٢٠٠١).

وأوضحت دراسات Zhang وآخرون (٢٠٠٩) على الطماطم أن التأخير الذى يشاهد – أحيانًا – فى الاستجابة للمعاملة بالـ 1-MCP فى الثمار الكلايمكتيرية يتأثر بالمستوى الداخلى للثمار من الإثيلين.

إن أسهل وسيلة للتخلص من الإثيلين فى المخازن هو أكسدته بواسطة برمنجنات البوتسايوم. وفى المركب التجارى Ethylene Gaz Gurdian (اختصارًا: EGG) يُغَلَّف الزيوليت zeolite الطبيعى (وهو صورة نقية من الرماد البركانى) برمنجيات البوتاسيوم. وبما للـ zeolite من سطح خارجى كبير جدًّا، فإنه يعمل على امتصاص الإثيلين لكى يؤكسَد بالبرمنجنات. يوجد ذلك داخل "باكتات" خاصة تعرف باسم Tyvek packets مقاومة للماء، ولكنها منفذة للإثيلين بدرجة كبيرة فى الوقت الذى تمنع فيه أى من المكونات من التسرب إلى الخارج. وعلى الرغم من أن تلك المكونات ليست سامة فإنها قد تَخَتلط بالمنتج وتلونه. يستخدم هذا المنتج التجارى – خاصة – فى الثلاجات المنزلية.

وتُنتج شركة Ethylene Control, Inc. منتجات تجارية تُسهم فى التخلص من غاز الإثيلين الذى يتراكم فى المخازن. تتميز تلك المنتجات – كذلك – بأنها تفيد فى قتل البكتيريا والفيروسات العالقة بالهواء وكذلك بعض الفطريات المسببة للأعفان، مثل العفن الحامضى sour rot، والعفن الأزرق blue mold، والعفن البنى brown rot. ومن تلك المنتجات ما يُعرف باسم: Power Pellets، وهو منتج يعمل من خلال قدرته العالية على أكسدة الإثيلين. يتوفر المنتج على صورة أقراص تتحول تدريجيًّا – بعد أكسدتها للإثيلين – إلى ثانى أكسيد المنجنيز الذى يمكن استعماله كسماد (Ethylene Control, Inc. ٢٠٠٨ – الإنترنت).

وتتوفر منتجات تجارية أخرى مثل Ethysorb، و Purafil يمكن وضعها فى المخازن، أو حتى داخل عبوات المحصول، لأجل التخلص من الإثيلين. وهى تحضر بنقع أكسيد الألومنيوم Al_2O_3 فى محلول مشبع من برمنجنات البوتاسيوم، ثم تجفيفها. يكون أكسيد الألومنيوم مجرد حامل للبرمنجنات، ويكون على صورة

حبيبات صغيرة، وكلما صغرت تلك الحبيبات كلما ازدادت مساحة سطحها الخارجى، وكلما كانت أكثر قدرة على الامتصاص. وإذا ما لامس أى جزئ إثيلين فى العبوة إحدى الحبيبات فإنه يتأكسد، وبذا .. تزداد سرعة تأكسد الإثيلين كلما ازداد مسطح الحبيبات. وهذا التأكسد يكون فى اتجاه واحد (أى لا يحدث تفاعل عكسى بالاختزال)، ويتغير لون الحبيبات من القرمزى إلى البنى؛ بما يعنى ضرورة استبدالها بأخرى جديدة. وفى إحدى الدراسات وجد أن تركيز الإثيلين فى العبوات المعدلة للهواء MAP للبروكولى انخفض – بعد ١٠ أيام من التخزين على الصفر المئوى – من ٠,٤٢٣ جزءًا فى المليون فى الكنترول إلى ٠,١٩٨ جزءًا فى المليون فى العبوات التى احتوت على Ethysorb. هذا .. وتقل كفاءة تلك المنتجات التجارية فى التخلص من الإثيلين مع زيادة الرطوبة النسبية؛ الأمر الذى يكون حتميًا سواءً فى الـ MAP، أم فى المخازن ذاتها (Thompson ١٩٩٨).

منع النبات من الاستجابة للإثيلين

من بين وسائل التحكم فى الإثيلين منع النبات من الاستجابة للغاز الذى يتفاعل معه بيولوجيًا.

ويتحقق ذلك المنع بإعاقة آلية الأيض التى استحثها التعرض للغاز بأى من الوسائل التالية:

١– التخزين فى أقل درجة حرارة ممكنة.

٢– التخزين فى CA، أو MA، أو MAP (لأجل خفض مستوى الأكسجين).

٣– تثبيط أو خفض أنشطة إنزيمية معينة باستعمال مثبطات كيميائية (مثل ATP) أو بوسائل الهندسة الوراثية.

٤– إعادة توجيه تمثيل البروتين (مثلاً بالصدمة الحرارية).

٥– سرعة استعمال (استهلاك) المنتج (Saltveit ٢٠٠٤ب).

هذا .. ويعتقد بأن إنتاج الإثيلين فى النباتات النامية ينظَّم عن طريق أكسيد النيتريك

NO. وأنه تحت ظروف الشدِّ البيئى – مثل نقص الرطوبة الأرضية. والحرارة والملوحة – لفترات قصيرة يؤدى إنتاج أكسيد النيتريك إلى الحد من تأثير الشدّ. واستطرادا مع ذلك المنطق فإنه يعتقد بأن المعاملة بأكسيد النيتريك يمكن أن تفيد فى إبطاء التأثيرات السلبية للإثيلين – والتى تبرز فى التعجيل بالنضج فى الثمار الكلايمكتيرية والتعجيل بالشيخوخة فى الأنسجة الخضرية – وذلك من خلال إبطاء إنتاج الإثيلين (عن Wills وآخرين ٢٠٠٠).

العلاقة بين أضرار البرودة وإنتاج الإثيلين

فى محاولة لدراسة العلاقة بين أضرار البرودة وإنتاج الإثيلين فى الثمار الحساسة للحرارة المنخفضة .. وُجد أن تعريض ثمار الخيار لحرارة ٢,٥°م أسرع من تمثيل مركب 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC)، وهو الذى يتحول إنزيميًّا إلى إثيلين، وذلك مقارنة بالثمار التى خزنت على حرارة ١٣°م. وحدث أعلى تمثيل للإثيلين بعد أربعة أيام من التعريض للحرارة المنخفضة، ثم توقف فى اليوم السادس. أما الـ ACC فقد وصل إلى أعلى مستوى له فى اليوم السابع بعد معاملة البرودة، ثم تدنى إلى مستوى منخفض بعد اليوم التاسع.

ويبدو أن التعرض للحرارة المنخفضة فترة طويلة يضر بالنظام الذى يحول الـ ACC إلى إثيلين. كما أن درجات الحرارة المفرطة فى الانحراف (سواء أكان ذلك بالارتفاع، أم بالانخفاض) تثبط من تمثيل الإثيلين من خلال تثبيطها لنشاط الإنزيمات المسئولة عن تكوينه.

وحيث إن الإثيلين غالبًا ما يزيد إنتاجه عند تعرض الأنسجة النباتية لحرارة منخفضة أو عالية لفترات محدودة .. فإنه يبدو أن الأضرار الفيزيائية التى تحدث بالأغشية البلازمية للخلايا النباتية وعضيّاتها – من جراء التعرض للحرارة المتطرفة – هى التى قد تعمل على إعادة تسكين decompartmentalization الإنزيمات المسئولة عن تمثيل الإثيلين؛ بما يؤدى إلى زيادة إنتاجه (عن Hale & Orcutt ١٩٨٧).