تستعمل منظمات النمو الثلاثة الأخيرة رشا على النباتات بتركيزات تتراوح بين ٢٠ إلى ١٠٠ جزء فى المليون؛ حيث تجعل النباتات أكثر قدرة على تحمل البرودة. وقد وجد أن معاملة نباتات الفلفل بأى منها يقى الثمار – الخضراء والحمراء – التى تحصد بعد المعاملة بثمانية أسابيع من أضرار البرودة عند تخزينها على حرارة ٢°م لمدة أربعة أسابيع (Lurie وآخرون ١٩٩٥).

١٠- البروهكساديون-كالسيوم Prohexadione-Ca

يعد البروهكساديون-كالسيوم من مثبطات النمو التى يُستفاد منها فى إنتاج الفاكهة – خاصة المتساقطة الأوراق – إلا أنها قليلة الاستخدام فى إنتاج الخضر.

وقد وجد أن رش الفراولة خلال سنة الزراعة بالبروهكساديون – كالسيوم فى ظروف النهار الطويل بالمناطق الشمالية – يؤدى إلى تقليل تكوين المدادات وزيادة محصول الثمار (Hytonen وآخرون ٢٠٠٨).

الإثيلين

يعد الإثيلين Ethylene من أهم الهرمونات الطبيعية التى تسرع الوصول إلى حالة الشيخوخة، كما يحدث – مثلاً – عند نضج الثمار؛ وبذا .. فهو يعد من مثبطات النمو، ولكننا نذكره منفردًا؛ لما له من أهمية كبيرة فى النبات.

وتقوم النباتات بتمثيل الإثيلين من المثيونين methionine عن طريق كل من:

S-adenosylmethionine (SAM)

1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC)

(عن Strange ١٩٩٣).

أهم منظمات النمو المنتجة للإثيلين

١- الإثيفون Ethephon:

يعرف الإثيفون بالاسم الكيميائى (2-chloroethyl) phosphonic acid، واختصارًا بـ CEPA.

ومن التحضيرات التجارية للإثيفون Amechem 66-329، و Ethrel، و Florel، و Etheverse، و Prep، و Cerone.

يعتبر الإثيفون أهم منظمات النمو المنتجة للإثيلين Ethylene. وقد تم تخليقه عام ١٩٤٦، لكن لم تعرف كيفية إنتاج الإثيلين منه إلا فى عام ١٩٦٣, ومن المعروف الآن أن الإثيفون يعطى عند تحلله أيونات الكلور والفوسفات وغاز الإثيلين؛ وبذلك فإن معاملة النباتات بالإثيفون تحقق المعاملة بالإثيلين دون ما حاجة إلى وضعها فى حيز مغلق لمنع تسرب الغاز.

وقد سُجَل استعمال الإثيفون على عديد من المحاصيل البستانية (من الفاكهة والخضر والزينة) والحقلية؛ لأجل أهداف متنوعة؛ مثل إسراع النضج وتجانسه وتحسين تلون الثمار فى التفاح والكريز، والعنب، وإسراع تفتح لوزات القطن الناضجة، ومنع رقاد محاصيل الحبوب، وتحفيز انسياب اللبن النباتى latex فى المطاط، إلا أننا نقصر مناقشتنا على استعمالات الإثيفون فى مجال الخضر.

ومن أهم تأثيرات واستعمالات الإثيفون فى مجال الخضر ما يلى:

أ- تُحْدِث المعاملة بالإثيفون تقزمًا دائمًا أو مؤقتًا لفترات مختلفة فى النباتات المعاملة، ويتوقف ذلك على المحصول، والتركيز المستخدم، ومرحلة النمو التى تجرى فيها المعاملة؛ فيقل النمو الخضرى فى عديد من الخضروات عند رشها بالإثيفون بتركيز ١٢٥-١٠٠٠ جزء فى المليون، كما فى الذرة السكرية، والفاصوليا الخضراء، والباذنجان، والبسلة، والفلفل، والطماطم وغيرها (Millar وآخرون ١٩٦٩).

ب- يسرع الإثيفون من تكوين طبقة الانفصال بالأوراق والثمار، وينظم تكوينها فى الإزهار والثمار غير العاقدة؛ وبذلك فهو يفيد فى إجراء عملية الخف.

جـ- 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.

د- يؤدى نقع بذور الفراولة الساكنة فى محلول إثيفون (بتركيز ١٠٠٠، و ٢٥٠٠، و ٥٠٠٠ جزء فى المليون لمدة ٢٤ ساعة) إلى إنباتها بنسبة ٣٠٪، و ٥٠٪، و ٩٠٪ على التوالى، بالمقارنة بإنبات قدره ٢٠٪ فى البذور غير المعاملة.

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

و- تؤدى معاملة درنات البطاطس المستعملة كتقاو بالإثيفون بغمسها لمدة دقيقتين فى محلول بتركيز ١٠-٢٥ جزءًا فى المليون، أو رش النموات الخضرية عدة رشات بتركيز ٢٥-٢٢٥ جزءًا 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.

ز- يؤدى رش نباتات القرعيات مرة أو مرتين بالإثيفون (بتركيز ١٢٥-٢٥٠ جزءًا فى المليون خلال مراحل نمو الورقة الحقيقة الأولى حتى الخامسة) إلى إحداث زيادة جوهرية فى نسب الأزهار المؤنثة أو الخنثى، بينما يقل ظهور الأزهار المذكرة على الـ ١٥ عقدة الأولى، وتعود النباتات إلى حالتها الطبيعية فى الإزهار بعد ذلك. ويتبع ذلك زيادة المحصول المبكر والكلى، خاصة فى بعض أصناف الخيار والكوسة (de Wilde ١٩٧١).

وقد أدى رش الكوسة *C. pepo* بالإثيفون بتركيز ٥٠ جزء فى المليون إلى زيادة تكوين الأزهار المؤنثة ومنع تكوين الأزهار المذكرة، بينما أدى الرش بالجبريللين بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون أو نترات الفضة بتركيز ٢٠٠-٣٠٠ جزء فى المليون إلى زيادة تكوين الأزهار المذكرة ومنع تكوين المؤنثة. كان الرش فى كل الحالات فى مرحلة تكوين الأوراق الفلقية، وكانت استجابة الأصناف المختلفة متشابهة. وأدت زيادة تركيز الإثيفون إلى ١٠٠ جزء فى المليون إلى الإضرار بالنباتات أو موتها، كما أحدثت

المعاملة بالجبريللين بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون نموًّا خضريًّا زائدًا (Cheng وآخرون ٢٠٠٢).

ح- أفادت المعاملة بالإثيفون فى التخلص نهائيًّا من مرض فسيولوجى يظهر فى البطاطس، ويسمى التبقع البنى الداخلى Internal Brown Spot، أو Chocolate Spot، وذلك بمعاملة النباتات بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون ابتداء من بعد الزراعة بخمسة أسابيع، مع تكرار الرش أربع مرات بعد ذلك كل أسبوعين. وقد أدى الرش مرة واحدة بتركيز ٢٠٠-٦٠٠ جزء إلى مكافحة هذا المرض الفسيولوجى بنسبة ٩٨٪-٩٩٪.

ط- يستخدم الإثيفون فى إسراع نضج ثمار الطماطم المنتجة لغرض الاستهلاك الطازج برش النبات بتركيز ٢٥٠-٥٠٠ جزء فى المليون، بعد التلقيح بفترة قصيرة حتى مرحلة اكتمال نمو الثمار وهى خضراء وقبل ظهور أية علامة على تلونها.

كما تفيد المعاملة بالإثيفون فى تركيز نضج الثمار فى أصناف التصنيع؛ وبذلك تزيد كفاءة الحصاد الآلى الذى يتم مرة واحدة. ويجرى ذلك برش النباتات بالإثيفون بمعدل ٩٠-٥٥٠ جم للفدان، على أن يكون الرش عندما تبلغ نسبة الثمار التى بها أية درجة من التلوين من ١٪-٢٥٪. ويتم الحصاد بعد نحو ٢-٣ أسابيع من المعاملة.

وقد أدت المعاملة المبكرة للطماطم بالإثريل بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون إلى زيادة فترة انقسام خلايا الثمرة، وزيادة حجمها النهائى، وزيادة محصول الثمار مع تأخير فى النضج (Atta-Aly وآخرون ١٩٩٩).

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

ل- تؤدى معاملة نباتات الفلفل الشيلى Chili والبيمنتو Pimiento، بالإثيفون (بتركيز ٢٥٠-١٢٠٠ جزء فى المليون رشا 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 واحدة. ويؤدى الرش بتركيز ١٢٠٠ جزء فى المليون إلى سقوط بعض الأوراق والثمار مبكرًا. ومن جهة أخرى .. يؤدى غمس ثمار الفلفل البيمنتو الخضراء المكتملة النمو فى محلول إثيفون بتركيز ١٠٠٠–٥٠٠٠ جزء فى المليون بعد الحصاد إلى تلون الثمار بلون أحمر متجانس.

م– يستعمل الإثيفون فى تجريد نباتات الفاصوليا الخضراء من الأوراق 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 غزيرًا.

ن — يمكن إسقاط أزهار الطماطم عند الرغبة فى ذلك برش النباتات بالإثيفون بتركيز ١٠٠–٥٠٠ جزء فى المليون (Amer. Soc. Hort. Sci ١٩٧٠).

ش– يؤدى رش بادرات الطماطم والفلفل بالإثيفون قبل شتلها إلى سرعة تجديد الجذور وسرعة التغلب على صدمة الشتل.

هذا .. ويستخدم الإثيفون تجاريًا فى الأغراض التالية (عن Read ١٩٨٣):

المحصول	الهدف من الاستخدام
الخيار والكوسة	تحوير الجنس لتسهيل إنتاج بذور الهجن
الكنتالوب	زيادة الأزهار المؤنثة وزيادة المحصول، وإسراع النضج وحث انفصال الثمار
الطماطم	زيادة المحصول المبكر بحث النضج — إسراع النضج فى نهاية فترة الحصاد – تركيز النضج لأجل الحصاد الآلى — زيادة تجانس النضج
الفلفل	تحسين تجانس التلوين — تركيز الحصاد — تجانس النضج
البصل	منع تزريع البصيلات فى المخازن — منع رقاد الشماريخ الزهرية فى حقول إنتاج البذور

٢– الإثيلين Ethylene

يُعد غاز الإثيلين المحضَّر صناعيًّا — ذاته — من منظمات النمو الهامة. وهو يستعمل فى إنضاج الموز، والحمضيات، وشهد العسل honeydew (إحدى مجموعات القاوون)، والكمثرى،

والأناناس، والطماطم. كما يستعمل فى تحفيز إزهار الأناناس. وتحقن بـه التربـة لتحفيـز إنبـات بذور بعض النباتات الزهرية المتطفلة؛ حيث يمكن التخلص منها بسهولة – قبل الزراعة.

٣- ألسول Alsol

الألسول منتج تجارى، يعرف كذلك بالرمز CGA 15281، ويحمل الاسـم الكيميـائى 2-chloroethyl-tris-(2-methoxyethoxy) silane، وينتج الإثيلين عند تحلله.

٤- ريليز Release

ريليز منتج تجارى، يعرف كذلك بالرمز CMNP، ويحمل الاسم الكيميائى 5-chloro-3-methyl-4-nitro-1 H-pyrazole، وينتج غاز الإثيلين عند تحلله.

٥- سيكلوهكسيمايد Cycloheximide

من تحضيراته التجارية Acti-aid، ويعرف كذلك بالأسماء CHI، و Actidone. وهـو يحمل الاسم الكيميائى:

3-[-2-(3,5-dimethyl-2-oxycyclohexyl)-2-hydroxyethyl]-glutarmide

وهو ينتج غاز الإثيلين عند تحلله.

٦- جليوكسيم Glyoxime

يعرف الجليوكسيم – كيميائيًّا – باسم Glyoxal dioxime. ومن تحضيراته التجاريـة Pike-Off. وهو ينتج غاز الإثيلين عند تحلله (عن Luckwell ١٩٨١).

ولمزيد من التفاصيل عن الإثيلين واستخداماته فى المجال الزراعى .. يراجع Abeles (١٩٧٣). وللإطلاع على التفاصيل الخاصة بتمثيل الإثيلين والحساسية لـه فـى النباتـات .. يراجع Klassen & Bugbee (٢٠٠٤).

مضادات الإثيلين

يعد المركب 1-methylcyclopropene (اختصارًا: 1-MCP) مثبطًا لفعل الإثـيلين فـى عديد من أنواع الفاكهـة والخضـر ونباتـات الزهـور، وذلـك عنـد المعاملـة بـه بتركيـزات

منخفضة تتراوح بين ٢,٥ نانوليتر/لتر إلى ١ ميكروليتر/لتر. وتجرى المعاملة بالمركب – عادة – على حرارة ٢٠–٢٥°م، وإن كان من الممكن أن تُجرى على حرارة أقل من ذلك فى بعض المحاصيل. وتكفى – عادة – المعاملة لمدة ١٢–٢٤ ساعة لتحقيق استجابة كاملة. ويؤخذ فى الحسبان عند المعاملة عددًا من العوامل، منها الصنف، ومرحلة التكوين، والمدة التى تنقضى من الحصاد إلى المعاملة، واحتمالات تكرار المعاملة. ويتباين تأثير الـ 1-MCP على المحصول المعامل بخصوص كل من معدل التنفس، وإنتاج الإثيلين، وإنتاج المواد المتطايرة، وتحلل الكلوروفيل، والتغيرات اللونية الأخرى، والتغيرات فى البروتين والأغشية البلازمية، وفقد الصلابة، والحموضة، والسكريات، والعيوب الفسيولوجية. وللتفاصيل المتعلقة بالـ 1-MCP واستعمالاته .. يراجع Blankenship & Dole (٢٠٠٣).

مانعات النمو والمثبذات

تؤدى مانعات النمو Growth Inhibitors والمثبّذات Pinching Agents إلى وقف نمو الأوراق، والسيقان، والأزهار عادة.

ومن أهم مانعات النمو والمثبّذات ما يلى:

١– كلوربروفام Chlorpropham

يعرف الكلوربروفام بالاسم الكيميائى Isopropyl-m-chlorocarbanilate (اختصارًا: CIPC)، وهو من مركبات الكاربامات، ويستعمل كمبيد حشائش، إلا أنه من أهم مانعات النمو؛ لذا .. فإنه صُنِّف ضمن هذه المجموعة.

ومن تحضيراته التجارية المعروفة: Chloro IPC، و Sprout Nip، و Spud-Nic، و Bud-Nip، و Taterpix، و Decco-276EC.

يستعمل CIPC فى منع تزريع درنات البطاطس، وأبصال البصل، وجذور البطاطا فى المخازن.