الفصل الرابع عشر

التســـاقــط

Abscission

obeikan.com

obeikan.com

مقدمة:

التساقط هو أحد مظاهر الشيخوخة أو هو أحد مظاهر انتهاء عمر العضو داخل منظومة النبات حيث إن جميع النباتات الراقية وخاصة الأشجار مستديمة الاخضرار أو متساقطة الأوراق قد تتخلص من أعضاءها المسنة سواء لكانت أوراقا أو أزهار أو ثمارا بعد وصول كل منها طور الشيخوخة والتحلل والهدف من تساقطها هو استبدالها بأخري حديثة ونشطة فسيولوجيا وكيميائيا· ويتم سقوط هذه الأعضاء خاصة الأوراق إما منفردة و علي فترات متباعدة علي مدار العام كما في الأشجار مستديمة الخضرة أو تسقط الأوراق دفعة واحدة خلال فصل الخريف و تصبح الأشجار عارية تماما في الشتاء كما في متساقطة الأوراق التي تمر نباتاتها بفترة السكون أو الراحة نتيجة انخفاض الحرارة شتاء ثم تستأنف نموها بعد تكشف براعمها لتتحول الي الأوراق الحديثة أو الأزهار أو كلاهما مع تكوين النموات الخضرية خلال فصل الربيع لارتفاع معدل الحرارة و سريان العصارة و توفير الماء و الغذاء · حتي الأزهار و الثمار تسقط منفردة أو علي دفعات بعد عملية الإخصاب أو العقد أو تكوين الثمار الصغيرة و يتم سقوط كل منها طبيعيا أو بعوامل المناخ مثل الرياح الشديدة · وفي بعض الحالات الشاذة قد تسقط هذه الأعضاء دفعة واحدة نتيجة الاستعمال الخطأ بفعل مبيدات الحشائش أو الفطريات المرضية ·

العوامل المؤثرة علي سقوط الأوراق :

وبالنسبة لسقوط الأوراق سواء أكانت للأشجار المستديمة أو المتساقطة لابد من حدوث بعض التغيرات المورفولوجية تركيبيا و التفاعلات الكيميائية داخليا من خلال مراحل و خطوات متتالية تؤدي في النهاية الي سقوط الورقة و التي تتلخص خطوات هذه المتغيرات تبعا للأتي :

أ – التغيرات التشريحية : تتلخص فى التالي :

١ - عند دخول الورقة مرحلة شيخوختها يبدأ ظهور اختناق دائري مقعر الشكل في صورة حلقة خارجية عميقة نوعا حول قاعدة عنق الورقة ويأخذ لونا خاصا دون باقي العنق خارجيا ٠

٢ - عند عمل قطاع طولي في الجزء الحلقي المقعر حول قاعدة الورقة يتميز بوجود الأوعية الناقلة ضيقة القطر وشكلها منضغط الي الداخل مع قلة خلايا العنق سواء أكانت خلايا كولنشيمية او اسكلرانشيمية أو تكاد تكون منعدمة مع وجود طبقتين أو أكثر من الخلايا البارنشيمية ذات الجدر الرقيقة غير المنتظمة شكلا وغير المتساوية حجما والمنضغطة طوليا واحتواءها علي كثير من الأنوية والميتوكوندريا ٠ وعندما يتصف هذا الاختناق بهذه الصفات التركيبية يطلق عليها طبقة الانفصال Separating layer أو منطقة التساقط Abscission zone.

٣- تحلل طبقة الانفصال أو منطقة التساقط بفعل أنزيمات التحلل التي تعمل تحطيم وتحلل وإذابة الجدر الخلوية وخاصة الصفائح الوسيطة أو تتمزق الأخيرة بفعل الضغط الناشئ نتيجة التزاحم بين الخلايا الكبيرة و المجاورة لمنطقة التساقط و تأخذ هذه المنطقة شكل منتفخ و في حشوة جيلاتينية لامتلائها بالعصير الخلوي والسيتوبلازم مما يكسب هذه الطبقة اللون الداكن و المظهر

اللزج و تصبح الورقة متصلة بالساق عن طريق خلايا طبقة البشرة والأوعية الناقلة فقط لإختفاء خلايا طبقة البشرة نتيجة عمليات التحلل والإذابة مما يساعد ذلك علي سقوط الأوراق بسهولة بفعل ثقل وزنها أو بفعل الرياح العادية ٠

٤ - قبل سقوط الأوراق و بعدها مباشرة تتكون طبقة أو طبقتين من الخلايا البارنشيمية القريبة من منطقة الانفصال لغلق فوهة الأوعية الناقلة و تصبح محكمة القفل لمنع خروج العصارة النيئة من الخشب و الطازجة من اللحاء مع إضافة بعض المواد اللزجة و المنتجة ذاتيا من المواد التيلوزية لتكوين غشاءا أو غلافا وافيا ليزيد من إحكام القفل لفوهة الأوعية بفعل طبقتي الخلايا المتكونة حديثا و التي تتحول بعد ذلك الي خلايا فللينية بعد ترسيب مواد تدعيمية مثل اللجنين و السيوبرين بينها لشدة تماسك الطبقة الفللينية و عدم اتصال عصارة الأوعية الناقلة بالوسط الخارجي٠

٥ - عقب سقوط الأوراق مباشرة تتخلف عنها ندبة صغيرة الحجم مثلثة الشكل و لامعة المظهر ممثلة نقطة الاتصال بين الورقة و السوق الحامل لها٠

ب- التفاعلات الكيميائية :

وتتلخص خطوات العمليات الكيميائية التي تحدث داخل خلايا منطقة الانفصال في عنق الأوراق قبل تساقطها فى التالى :

١ - بعد دخول الأوراق مرحلة شيخوختها يبدأ ظهور علامات الشيخوخة علي نصل الأوراق نتيجة ظهور الاصفرار الكامل و سرعة ذبولها و يرجع ذلك الي تحلل الكلورفيل و المواد البروتينية و الأحماض النووية خاصة RAN بفعل نشاط الأنزيمات المتخصصة اللازمة لعمليات الهدم السريع مصحوبا ذلك بالبخر السريع لسرعة النفاذية من خلال الأغشية لجدر الأوراق المسنة بالإضافة الي ما سبق تكوين الأزهار و الثمار تعمل علي سحب معظم الغذاء من الأوراق و الجذور في صورة ذائبة معدنيا أو عضويا لاكتمال أجزاءها و تكوين ثمارها و نضج بذورها مما يدفع ذلك الأوراق علي دخولها مرحلة شيخوختها مبكرا و العمل علي سرعة سقوطها سواء أكانت أشجارا مستديمة الخضرة أو متساقطة الأوراق · بينما النباتات العشبية و المعمرة مثل الأبصال و الدرنات والريزومات تقوم بدورها علي سحب الغذاء المجهز سواء كان عضويا أو معدنيا في صورة ذائبة و سهلة الامتصاص و انتقالها من الأوراق الي الأعضاء المتحورة أرضيا لكي تتجمع بداخلها و تزداد أحجامها و تثقل أوزانها مما تدفع الأوراق بأن تدخل مرحلة الشيخوخة المبكرة بناءا علي ما سبق يمكن استغلال الظواهر السابقة في مجال الإنتاج لزراعي لتقليل التنافس علي الغذاء بين الأعضاء النباتية و لتأخير مرحلة الشيخوخة لها مع عدم سحب الغذاء من أحد الأعضاء الي الأخرى وعلي سبيل المثال عمليات إزالة البراعم الخضرية قميا أو جانبيا حتي البراعم الزهرية في نبات الدخان بغرض تشجيع النمو خضريا و تحسين صفات الأوراق مظهريا وزيادة محتواها الكيميائي داخليا و رفع النكهة و الرائحة بها· كما أثبتت الدراسات أن إزالة البراعم الزهرية يوميا من نبات فول الصويا قد تؤدي الي إطالة عمر الأوراق وتأجيل

شيخوختها وعملية خف الأزهار أو الثمار الصغيرة لنباتات الفاكهة تعمل علي كبر حجم الثمار و رفع صفاتها الطبيعية و الكيميائية من حيث الطعم و اللون و خفض الحموضة و زيادة السكريات ٠

٢ - خلال مرحلة الشيخوخة للأوراق النباتية تحدث بدخل طبقة الانفصال في قاعدة الورقة بعض التغيرات الكيميائية مما ينتج عنها تحليل وهدم الجدر الخلوية والأغشية البروتوبلازمية والصفائح الوسيطة لخلايا القشرة مصحوبة بإذابة المواد البكتينية والهيميسليولوزية والمواد السكرية المعقدة وأهم الأنزيمات الداخلة في التفاعل والمتعلقة بالتحلل والهدم هي أنزيم البكتينيز ، السليوليز ، الفوسفاتيز ، البيروكسيديز ، حمض السكسينيك ديهيدروجينيز ، حمض الماليك ديهيدروجينيز ، البروتيز ، أكسيديز أندول حمض الخليك ٠ بعد الانتهاء من عمليات التحلل تصبح طبقة الانفصال متكونة من الخلايا المفككة والجدر الممزقة ذات المظهر الجيلاتين نتيجة نشاط أنزيم بكتين ميثايل الأستريز وأنزيم حامض RAN ase .

٣ - زيادة معدل التنفس بفعل الأنزيمات المتخصصة و بالاشتراك مع أنزيمات التحلل الأخرى قد تعمل معا علي سرعة التساقط في الأوراق فقد وجد أن مانعات التنفس تشترك بدورها في عدم أحداث التساقط فعند إعطاء جرعات من المواد السكرية خفيفة التركيز لمنطقة التساقط أسرعت من تساقط الأوراق مبكرا مما يؤكد أن عملية الأنفصال تحتاج الي طاقة حرارية تكون مصدرها الطبيعي عملية التنفس ٠

٤ - نقص المحتوي الكلي من الأوكسين أندول حمض الخليك في منطقة التساقط يعتبر عاملا محددا لهذه الظاهرة ٠ وتفاعلات الأكسدة الناتجة بفعل أنزيم أوكسيديز حمض أندول حمض الخليك تؤدي بدورها علي سرعة التساقط نتيجة خفض الأوكسين و عند أضافته علي طبقة الأنفصال فأنه يمنع أو يؤخر تساقط الورقة٠

٥ - انخفاض المحتوي البروتيني و الحامض النووى RNA مرتبطا بالنشاط الأنزيمي المحلل لكل منهما ويعزى ذلك الى ارتفاع معدل النشاط أنزيم البروتيز Protease ، وأنزيم الريبونيوكليز Ribonuclease على التوالى والمحللة لهما فى منطقة الانفصال ٠

تأخير سقوط الأوراق :

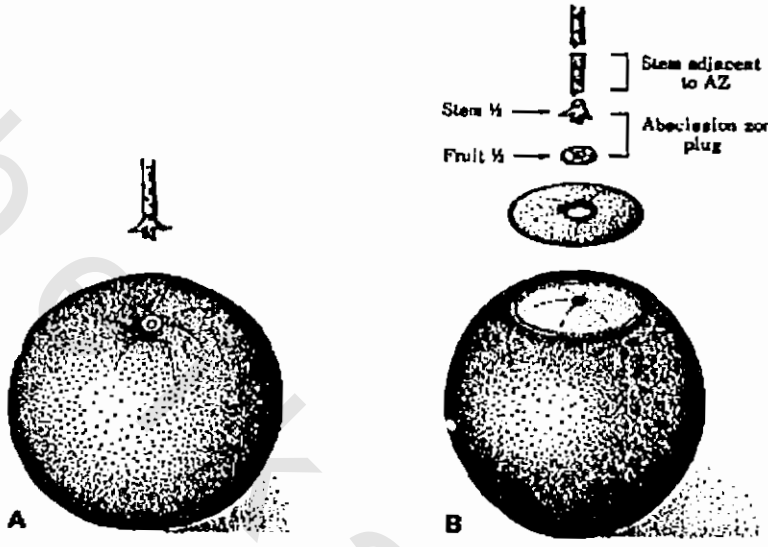
من المعروف أن الأوراق الحديثة تزداد فيها تركيزات الأوكسينات الطبيعية وتقل معدلها مع تقدم الأعضاء فى العمر وبالتالي يسهل سقوطها بعد تكون منطقة الانفصال لذلك يمكن منع تساقط الأوراق أو تأخير تساقطها بالرش بالأوكسينات وربما يرجع ذلك المنع الى زيادة سرعة الانقسام الخلوى وتجديدها عند قاعدة الورقة ووقف النشاط الأنزيمي المحلل لجدر خلاياها ٠

تساقط الثمار Fruit drop :

ظاهرة سقوط الثمار المنتشرة طبيعيا في أشجار الفاكهة تحدث عادة عقب عملية الإخصاب والعقد مباشرة أو أثناء نضج و اكتمال التسوية في الثمار ٠ مع العلم أن النسبة المرتفعة في ظاهرة التساقط الثمري تحدث في النباتات ذاتية التلقيح ٠ ويتم التساقط علي فترتين كما في أشجار التفاح ٠ يسمي الأول بالتساقط المبكر الذي يحدث بعد انتفاخ المبيض و تكوين الأندوسبرم البذري للثمرة و الثاني يعرف بتساقط يونية الذي يحدث خلال الفترة السريعة لتكوين الجنين وهناك نوع آخر من التساقط يعرف بتساقط ما قبل الجمع حيث تسقط الثمار وهى على وشك النضج ٠

تحدث منطقة الانفصال فى الثمرة إما فى منطقة اتصال العنق بالثمرة أو قد تحدث فى طبقة القشرة والبشرة للثمرة قرب العنق بمسافة نصف ملليمتر فى العنق أو عمقا فى الثمرة والذي يختلف مكانة باختلاف النوع النباتي التابعة له الثمرة فتنفصل ثمرة البرقوق بجزء من العنق فى التساقط الأول أما تساقط ما قبل الجمع فتنفصل بدون عنق

أما الكريز فيحدث منطقة الانفصال اما بين عنق الثمرة وحامل الثمرات أو بين حامل الثمار والدابرة ٠



تساقط ما قبل الجمع يؤدى الى الأضرار بالثمار الساقطة على سطح الأرض حول جذوع أشجارها حيث تتعرض هذه الثمار للإصابة البكتيرية و الفطرية نتيجة حدوث بعض الجروح الميكانيكية علي الثمار بعد سقوطها وتصبح بعد ذلك غير صالحة للاستهلاك أو البيع و يمكن تجنب مثل هذه الحالات بقطف الثمار قبل اكتمال تسويتها وتلوينها بالرغم من عدم صلاحيتها للاستهلاك والأفضل ترك هذه الثمار فوق الأشجار حتي تصبح مكتملة النضج والتسوية ولا يتأتي ذلك إلا باستخدام بعض المنظمات النباتية للعمل علي منع سقوطها أثناء النضج وبعده كما في ثمار التفاح و المشمش لأن ظاهرة التساقط الثمري قبل القطف Pre-harvest drop مرتبطة بالنقص فى معدل الأوكسين ويمكن التغلب عليها باستخدام الرش لمحاليل نفثالين حامض الخليك (١٠ جزء في المليون) بشرط أن يستخدم الأوكسين مرتين كل ٥-٦ أيام قبل سقوط الثمار لأشجار التفاح ، كما يستعمل (الآلار) مرة واحدة رشا علي الأشجار قبل سقوط

الثمار بحوالي شهر واحد ويمكن استخدام بعض المواد الصناعية من الأوكسينات لنفس الغرض السابق مثل مركب ثلاثي كلورو الفينوكسي حامض البروبيونيك ٠

يرجع تساقط الأزهار الى فشلها فى التلقيح والإخصاب فالفشل فى العقد يؤدى الى أن تحرم الأزهار من المدد الأوكسينى الذى يعينها على البقاء والاستمرار فى القيام بدورها ، كما إن فشل الأجنة فى النمو يؤدى الى تساقطها أيضا لنفس السبب وهو ما يحدث عادة بعد ذلك للثمار البذرية فى فترات يقل فيها الإمداد الأوكسينى من الأنسجة المختلفة المانحة للأوكسين بالبذرة فينحفض مستواه دون المستوى اللازم لاستمرار نموها ٠

وهناك العديد من البحوث التى أثبتت أن ظاهرة التساقط الثمري تعزي الى انخفاض مستوي الأوكسينات في الثمار أو الى التدرج الأوكسينى على جانبي منطقة الانفصال فأن كان مستوى الأوكسين على الجانب الداخلى أكبر منه على الجانب الخارجي فى هذه الحالة لا يحدث التساقط أما أن قل المستوى الأوكسينى الداخلى ليتساوى مع مستواه الخارجي البعيد عن منطقة التساقط فى هذه الحالة تتكون منطقة الانفصال ٠

ويزداد احتمال تساقط الثمرة كلما قل عدد البذور بها حيث يترتب علية انخفاض المحتوى الأوكسينى للثمرة وبالتالي انحفاض قدرتها على المنافسة للحصول على المواد والعناصر الغذائية اللازمة لنموها إذ إن الإفراز الهرموني يحدث مناطق جذب لهذه العناصر ٠

وقد وجد أن فى أوقات التساقط عادة ما يكون مستوى الأثيلين مرتفع والذي يسبب ضعف وتكسر الصفيحة الوسطى فتحدث منطقة الانفصال ويفترض تكون منطقة الانفصال بنشاط أنزيمي هادم لمحتويات جدر الخلايا مثل المواد البكتينية والسليولوزية والسكريات العديدة غير السليولوزية ويحدث هجرة لعنصر الكالسيوم والماغنسيوم من جدر الخلايا فى تلك المنطقة قبل أو عند نهاية الطور المؤدى للانفصال ولا يشمل هذا

التغير الحادث فى منطقة الانفصال الخلايا الخاصة بالحزم الوعائية مما يجعل الثمرة ملتصقة دون انفصال فترة حتى تتمزق هذه الحزم طبيعيا Physically ويختفى البكتين سواء المثيلى Methylated Pectins أو الكلى من خلايا الانفصال وتتلجن الخلايا فى أنسجة الثمرة عند منطقة الانفصال ويستمر بتقدم ظاهرة الانفصال حتى التساقط ٠

وقد أيد ذلك كل من Addicott Davies &Morgan (1972) حيث وجدوا أن زيادة إنتاج الأثيلين طبيعيا في ثمار القطن قبل سقوط اللوز (الثمرة) الصغير بينما ارتفع حمض الأبسيسك خلال سقوط ثماره مما نستنتج أن المركبين السابقين يشتركان معا فى ظاهرة التساقط الثمرى ٠

دور الهرمونات فى منع تساقط :

يمنع الأوكسين تكون وتخلق طبقات الانفصال ويرجع ذلك الى دورة فى منع تكوين الأنزيمات الهادمة للبكتين مثل Pectin methyl esterase وأيضا لدورة فى التدرج الأوكسينى Auxin gradient عند النهاية القمية للعنق Proximal end (اتصال العنق بالثمرة) وقد أفادت تلك المعلومات فى منع التساقط باستعمال الأوكسينات٠ فقد وجد أن استعمال Naphthalen acetamide بتركيز ١٥ – ٢٠ جزء فى المليون عند تساقط أول ثمرة تفاح ثم تكرار المعاملة حتى الجمع ويستعمل D-- ٢،٤ بتركيز ٨ – ١٠ جزء فى المليون لمنع تساقط ثمار الموالح " أبو سرة " والتفاح والكمثرى ٠ وقد وجد أن الرش البرتقال أبو سرة قبل الأزهار بستة أسابيع زاد الحجم وقل التساقط أي أن تأثير دام سبعة شهور ٠

فى أشجار المانجو و أصنافها المختلفة تصل نسبة تساقط الثمار غير تامة النضج حوالي ٩٨ % و يتبقى من الثمار العالقة بالأشجار حتي تنضج تماما حوالي ٢% و يمكن التغلب على نقص العقد لارتفاع التساقط بالاستخدام الامثل من نفثالين حمض الخليك أو مركب ل $T-٤،٢$ ٠

أما عن دور الجبرللين فعند المعاملة به على ثمار التفاح فقد قل التساقط بنسبة ٢٠-٥٠ % وكانت المعاملة بعد ٦ أسابيع من تساقط البتلات الزهرية بتركيز ٢٥-100 جزء فى المليون غيرأن الجبرللين لم يعطى نتائج إيجابية أخرى فى منع تساقط كثير من الثمار للأنواع الأخرى ٠

أشارت الأبحاث الأخيرة أيضا اثر B_9 فى منع التساقط أو التقليل منه بالتفاح عند الرش به بعد ثلاث أسابيع من التزهير وتساقط البتلات بتركيز ٢٠٥ جم / لتر٠

الخف Thinning :

أمكن استغلال ظاهرة سقوط الأوراق أو الأزهار أو الثمار الطبيعية صناعيا وذلك بتحفيز او تسريع تكوين طبقة الانفصال لأحداث التساقط المبكر وذلك باستعمال الاوكسين أيضا فكما أن له دورا فى منع التساقط فقد وجد أن له أيضا دورا فى الإسراع من حدوث التساقط وهو تعديل التدرج الاوكسينى لصالح حدوث الانفصال ٠ كما توجد بعض المحاولات لتقليل الإنتاج الثمرى للمحافظة على النوعية الثمرية لأشجار الفاكهة بإضافة حمض لجبريللين على الأشجار خارجيا فى وقت إحداث التنبية الزهرى Flower Induction لأزهار الموسم التالى والذى يسبب تقليل عدد البراعم الزهرية وتكشفها ٠ إلا أن الهرمون يعمل على تشجيع النمو الخضرى على حساب النمو الزهري فى بعض الأشجار الخشبية ٠ وعلية يفضل استخدام الأوكسينات مثل نفثالين حامض الخليك عقب العقد وتكوين الثمار الصغيرة كما فى التفاح والخوخ والعنب ٠ كما يفضل استخدام الأوكسين فى صورة نفثالين حمض الخليك أثناء العقد الثمرى لنبات العنب ، بينما يفضل استعمال حامض الجبريلليك قبل تفتح الأزهار للعنب لتقليل ظاهرة العناقيد المزدحمة ومنع تعفن الثمار مصحوبا باستطالة العناقيد وخفض نسبة العقد مما يسبب زيادة الإنتاج الثمري لكبر حجم الحبات العالقة حتي مركبات المورفاكتين و الأثيفون قد تستخدم لنفس الغرض السابق في أشجار العنب لأنها تعمل علي سقوط حبات أو ثمار العنقود لتقليل تراحمه مؤديا في النهاية الي كبر حجم الثمار المتبقية علي العنقود وقد وجد أن استخدام مركب الأيثيريل أثناء عقد الثمار لأشجار

الخوخ يعمل علي تقليل الثمار الناتجة مع زيادة أحجامها و أوزانها وتحسين صفاتها الطبيعية والكيميائية ٠

وجد أن استخدام محاليل الرش لمركب الأيثيرل (١٠٠٠ جزء في المليون) على أشجار الجوز قبل ميعاد الجمع الثمري بحوالي أسبوعين يؤدي الي سهولة القطف ميكانيكيا تبعا لدراسة Martin (1971) وأمكن تطبيق هذه الطريقة بنفس المركب السابق علىٰ أشجار التفاح والمشمش والبرتقال لتسهيل سقوط الثمار العالقة بالأشجار عندما تهز فروعها وسوقها مع استقبال الثمار الساقطة علي مشمعات من البلاستيك لتقليل الجروح الميكانيكية نتيجة عملية التساقط لذلك شاع استعمال بعض المركبات الكيميائية الصناعية مثل الأيثيرل، البيوتايل كابتاكس الآراجيرانين ،البيوتيفوس وكلوريد المنجنيز للرش علي النبات خلال موسم الأزهار أو الأثمار لخف الأزهار والثمار للمحافظة علي الصفات الطبيعية والكيميائية للثمار المتبقية بشكل أفضل من حيث كبر الحجم وزيادة الوزن واللون وزيادة المحتوي السكري لتتناسب مع الذوق الاستهلاكي وفى القطن يتم إسقاط الأوراق صناعيا للتخلص من الأوراق لسهولة الجمع الميكانيكي ٠ كما توجد فى بعض أشجار الفاكهة ظاهرة تعرف بالحمل المتبادل كما فى النخيل والمانجو والتفاح بأن تعطى الأشجار إنتاجا ثمريا مرتفعا فى عام ثم تنتج ثمارا قليلة فى العام التالى وهكذا ، ويتم التغلب على هذه الظاهرة بإزالة الثمار الصغيرة خلال أطوار نموها الأولى مما يؤدى الى الحصول على حمل متوسط الإنتاج بدلا من الإنتاج الثمري الثقيل ٠ مع ملاحظة أن عملية الخف اليدوي للأزهار أو الثمار فى أشجار الفاكهة لم تكن مجدية عمليا بل الأفضل استخدام وسائل الخف الكيميائي باستعمال المركبات الكيميائية مثل مركب داى نيتروارثوكريسول (DNOC)) Dinitroorthocresol لخف الأزهار لكل من التفاح والخوخ عندما ترش على الأشجار ذات الأزهار المتفتحة ، لأن عملية خف الأزهار أفضل من خف الثمار غير الناضجة ٠

ويمكن توضيح ميكانيكية عمل المركبات الصناعية و المستخدمة في خف الثمار لأشجار الفاكهة المختلفة نتيجة العوامل التالية :

أ- منع أنبات حبوب اللقاح و عدم تكوين الأنابيب اللقاحية فيها ·

ب- إعاقة حركة و انتقال المواد الغذائية من الأوراق و باقي أجزاء النبات الي الثمار خلال مراحل تكوينها و نضجها ·

ج- تشجيع تداخل النمو لكل من الجنين و الاندسبرم يؤدي الي ظهور البذور المختزلة·

د- سرعة سقوط الثمار مباشرة ·

obeikan.com

مراجع مقترحة :

1- Ables, F.B. (1967): Mechanism of action of abscission accelerators. Physiol. Plant. 20: 442.

2- Addicott, F.T. and Lynch, R.S. (1951): acceleration and reterdation of abscission by indole- acetic acid. Science 114: 688.

3- Addicott, F.T. and Lynch, R.S. (1955): Physiology of abscission. Ann. Rev. Plant Physiol.6: 211.

4- Beyer, E.M. (1973): Abscission: support for a role of ethylene modification of auxin transport. Physiol. Plant. 52:1.

5- Sexton, R. and Roberts, J.A.(1982): Cell Biology of abscission. Ann. Rev. Plant Physiol. 33: 133-162.

openkan.com