فِيزيولوجيَا الفَاكِهَة

السنة: الرابعة

القسم: علوم البستنة

مَنشورات جَامعة دِمشق

كلِية الـهَندسَة الزِراعية

فِيزيولوجيَا الفَاكِهَة

الدكتورة

رولا بَايرلي

أستاذ في قسم علُوم البَستنة

جَامعة دِمشق

1448-1447 هـ

2025 -2024 م

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفهرس

مقدمة الكتاب **9**

الفصل الأول: فيزيولوجيا النمو الخضري **13**

1-1 مفاهيم النمو والتطور والتكشف في شجرة الفاكهة. 14

1-2 الأطوار الفينولوجية في حياة شجرة الفاكهة. 16

1-3 التفاعل بين العوامل المؤثرة في نمو وتطور شجرة الفاكهة. 32

الفصل الثاني: فيزيولوجيا الإزهار والإثمار **43**

2-1 التغيرات التي تحدث في شجرة الفاكهة عند الانتقال للإزهار. 43

2-2 الفرق بين المريستيم الخضري و المريستيم الزهري. 45

2-3 مراحل تكون البرعم الزهري. 46

2-4 العوامل المؤثرة في تكشف البرعم الزهري. 47

2-5 الإزهار والتلقيح والإخصاب وعقد الثمار. 58

2-6 مراحل نمو وتطور الثمرة. 45

2-7 التغيرات التي تحدث أثناء نمو ونضج الثمار. 59

2-8 العوامل المؤثرة في نمو الثمار. 69

2-9 معايير النضج في ثمار الفاكهة. 69

الفصل الثالث: فيزيولوجيا سكون البذور وإنباتها في أشجار الفاكهة. **73**

3-1 تكوين البذور. 73

3-2 ظاهرة الأبومكسي في أشجار الفاكهة. 81

3-3 حفظ بذور أشجار الفاكهة. 84

3-4 إنبات بذور أشجار الفاكهة. 85

3-5 سكون البذور في أشجار الفاكهة. 95

3-6 التأثير الفيزيولوجي للتخزين البارد. 99

الفصل الرابع: فيزيولوجيا سكون البراعم. **101**

4-1 مفاهيم السكون الحقيقي والسكون الاضطراري والسكون العميق 101

في أشجار الفاكهة.
4-2 التغيرات الفيزيولوجية التي تحدث في شـــجرة الفاكهة أثناء طور السكون. 102
4-3 نماذج وحدات البرودة. 109
4-4 مراحل السكون في براعم أشجار الفاكهة. 115
4-5 التحكم في سكون البراعم. 116
الفصل الخامس: فيزيولوجيا التساقط. **119**
5-1 مفهوم التساقط. 119
5-2 خصائص منطقة التساقط مورفولوجيا وتشريحياً وفيزيولوجياً. 119
5-3 تحريض التساقط. 121
5-4 تساقط الأوراق . 122
5-5 تساقط الأزهار والخف. 123
5-6 تساقط الثمار والجمع. 125
الفصل السادس: فيزيولوجيا التجذير. **129**
6-1 اختلاف استجابة قدرة عقل أشجار الفاكهة على التجذير. 129
6-2 مراحل تكوين الجذور. 129
6-3 علاقة التركيب التشريحي بتكوين الجذور. 136
6-4 تأثير التركيب الكيميائي الداخلي للعقل في تكوين الجذور. 137
6-5 التغيرات الكيميائية والفيزيولوجية التي تحدث أثناء التجذير. 140
6-6 التفسير الفيزيولوجي للتجذير. 141
الفصل السابع: تطبيقات هرمونات النمو النباتية في أشجار الفاكهة. **145**
7-1 دور هرمونات النباتية في النمو والتطور. 146
7-2 دور هرمونات النمو النباتية في السكون والإنبات. 164
7-3 دور هرمونات النمو النباتية في الإزهار والعقد والخف والإنضاج الثمري. 167

7-4 دور هرمونات النمو النباتية في التساقط. 172
7-5 دور هرمونات النمو النباتية في التجذير. 178
الفصل الثامن: التغذية المعدنية في بساتين الفاكهة. 181
8-1 أهمية التغذية المعدنية لأشجار الفاكهة. 181
8-2 دور العناصر المعدنية في نمو وتطور شجرة الفاكهة. 186
8-3 دور العناصر المعدنية في عمليات الاستقلاب. 216
الفصل التاسع: الزراعة العضوية والحيوية في بساتين الفاكهة. 221
9-1 تعريف الزراعة العضوية والحيوية. 221
9-2 فلسفة منظومة المزرعة العضوية. 222
9-3 المواد العضوية. 228
9-4 إدارة التربة الزراعية في المزارع العضوية. 234
9-5 أنواع الأسمدة العضوية والمخصبات الحيوية. 236
9-6 مزايا الزراعة العضوية في بساتين الفاكهة. 250
9-7 سلبيات الزراعة العضوية والحيوية. 253
الفصل العاشر: أهم العمليات الفيزيولوجية في أشجار الفاكهة. 255
10-1 النتح . 255
10-2 التنفس 263
10-3 البناء الضوئي 273
المراجع 289

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المقدمة

يعد علم فيزيولوجيا النبات Plant physiology من أهم علوم النبات إذ يعنى بدراسة وظائف الأعضاء المختلفة للنباتات، وكيفية قيامها بهذه الوظائف، بما في ذلك إنتاج الغذاء والاستفادة منه في النمو والتطور والتكاثر، وكيفية استجابة النبات مع العالم الخارجي حيث تأخذ النباتات مواداً من الأرض ومن الهواء وتحولها إلى غذاء.

يستخدم هذا الغذاء في إنتاج الطاقة المستخدمة في نمو النباتات وكذلك في إنتاج المواد اللازمة لبناء جسم النبات. وتسمى هذه العمليات بالاستقلاب أو الأيض. كما يهدف هذا العلم إلى فهم جميع العمليات الحيوية التي تحدث داخل النباتات، لمعرفة كيفية عمل النباتات ووظيفتها .

يشكل علم فيزيولوجيا النبات محوراً أساسياً من محاور علم النبات، حيث يوفر فهماً عميقاً لآليات النبات في النمو والتطور والتكشف والاستجابة للبيئة .يسهم هذا الفهم في تحسين إنتاجية النباتات، ومواجهة تحديات الأمن الغذائي، وتطوير تقنيات زراعية مستدامة. ويهتم علم فيزيولوجيا النبات بدراسة فيزيولوجيا الفاكهة والخضار والمحاصيل نباتات الزينة والنباتات الطبية والعطرية.

لا يعد علم فيزيولوجيا الفاكهة مهماً للمهتمين بمجال الفيزيولوجيا النباتية فحسب بل لكل المهتمين بدراسة علوم النبات عموماً فهو العلم الوحيد الذي يجيب على جميع التساؤلات التي قد يسألها أي باحث وأي دارس لعلوم النبات مثلاً: لماذا يتجه الجذر نحو الأسفل بينما يتجه الساق نحو الأعلى؟ ولماذا تحمل الأوراق على الساق؟ وما أهمية عملية الدفع الزهري؟ ولماذا تستمر بعض الثمار بالنضج بعد قطافها؟ ولماذا تدخل أشجار الفاكهة بطور السكون؟ ولماذا تختلف أشجار الفاكهة في قدرتها على التجذير؟ ولماذا لا تنبت بذور بعض أنواع الفاكهة بعد زراعتها مباشرة؟ ولماذا تختلف حلقة النمو السنوية والأطوار الفينولوجية من شجرة فاكهة لأخرى؟

شمل هذا الكتاب على عشرة فصول، تم في الفصل الأول دراسة فيزيولوجيا النمو الخضري والنمو والتطور والتكشف في أشجار الفاكهة ودراسة التفاعل بين العوامل المؤثرة في نمو وتطور شجرة الفاكهة.

في الفصل الثاني تم شرح فيزيولوجيا الإزهار والإثمار في أشجار الفاكهة بما يشمل من معرفة العوامل المؤثرة في الدفع الزهري ومراحل تكوين البرعم الزهري والعوامل المؤثرة في تكشفه والإزهار والتلقيح والإخصاب والعقد والإثمار ومراحل نمو وتطور ثمرة الفاكهة والتغيرات التي تحدث أثناء نموها ونضجها.

في الفصل الثالث تم تسليط الضوء على فيزيولوجيا سكون البذور وإنباتها في أشجار الفاكهة ومعرفة ظاهرة الأبومكسي وأنواعها.

تم في الفصل الرابع دراسة فيزيولوجيا السكون في البراعم وتوضيح الفرق بين السكون الحقيقي والسكون الأولي والثانوي

والاضطراري المؤقت والعميق كما تم تحديد نماذج وحدات البرودة وطرائق التحكم في سكون البراعم.

في الفصل الخامس تمت دراسة فيزيولوجيا التساقط وميكانيكية تحريض التساقط في الأوراق والأزهار والثمار.

أما فيزيولوجيا التجذير فقط تم شرحه في الفصل السادس إذ تم إيضاح أسباب اختلاف استجابة عقل أشجار الفاكهة على التجذير ومراحل تكوين الجذور وتم تحديد علاقة التركيب التشريحي والكيميائي بالتجذير كما تم شرح أهم التغيرات الفيزيولوجية والكيميائية التي تحدث أثناء التجذير مع تفسير ميكانيكية التجذير من الناحية الفيزيولوجية.

في الفصل السابع تمت دراسة تطبيقات هرمونات النمو النباتية في أشجار الفاكهة من حيث دورها في النمو والتطور والسكون والإنبات والإزهار والعقد والإثمار والخف والإنضاج الثمري والتساقط والتجذير.

اختص الفصل الثامن بالتغذية المعدنية في أشجار الفاكهة من حيث أهميتها ودور العناصر المعدنية في نمو وتطور شجرة الفاكهة وفي عمليات الاستقلاب (البناء والهدم).

في الفصل التاسع تمت دراسة الزراعة العضوية في أشجار الفاكهة باختصار وكيفية إدارة بستان الفاكهة بشكل عضوي ومراحل التحول للزراعة العضوية وواقع الزراعة العضوية في سورية وأهمية الزراعة العضوية وتطبيقاتها في تحقيق التنمية المستدامة.

تم تخصيص الفصل العاشر لدراسة أهم العمليات الفيزيولوجية في أِشجار الفاكهة وهي النتح والتنفس والبناء الضوئي.

أتمنى أن تكون الموضوعات التي تم تقديمها في هذا الكتاب شاملة لكل ما يتعلق بفيزيولوجيا الفاكهة وأن تحقق الفائدة المرجوة لطلابنا في كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق وأن يكون هذا الكتاب نواة حقيقية في علم فيزيولوجيا الفاكهة. والله من وراء القصد وهو ولي التوفيق.

المؤلف

أ.د. رولا بايرلي

14/ 7/ 2025

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الأول

فيزيولوجيا النمو الخضري

Vegetative growth physiology

ما يهمنا في هذا الفصـــل هو معرفة العوامل التي تحكم عمليات النمو والتطور، كيف يمكن للبيضـــة الملقحة أن تكون الجنين؟ كيف يتطور الجنيxن إلى بادرة؟ كيف تتكشف الخلايا لأداء وظيفة معينة؟ ماذا يحدث على المستوى البيوكيميائي والفيزيولوجي والمورفولوجي والجزيئي خلال مراحل التطور المختلفة؟

يبدأ طور النمو الخضري في النبات بدءاً من خلية البيضة المخصبة الملقحة (zygote) ثم تتطور هذه البيضة المخصبة خلال عدة مراحل هي:

1- الانقسام الخلوي Cell Devison
2- الاستطالة الخلوية Cell expansion
3- التمايز الخلوي Cell differentiation

وهنا نميز احتمالين لمراحل تطور هذه البيضة المخصبة:

أ- إذا حدثت المراحل الثلاث لتطور البيضة الملقحة بشكل عشوائي تام فستكون النتيجة تشكل مجموعة هائلة من الخلايا غير المنتظمة وغير المتمايزة، وهذا ما يلاحظ غالباً في مزارع الأنســـجة النباتية (Tissue culture) ويطلق على النسيج الناتج اسم كالس (Callus).

ب- إذا حدثت المراحل الثلاث لتطور البيضـــة المخصـــبة بشـــكل منتظم إذ يحدث انقسام خلوي ثم استطالة فتكشف (وهذا ما يحدث غالباً في الطبيعة) فستكون النتيجة تكون الجنين كامل التكوين (Embryogenesis).

في المملكة النباتية (وعلى عكس المملكة الحيوانية) يحدث تكون الأعضـــاء (Organogenesis) في مناطق النمو وهي القمم النامية Shoot tips أو القمم

الميرســـتيمية Meristem tips ويكون النمو في الأعضـــاء الخضـــرية غير محدود Indeterminate growth.

تكون الجنين هو مرحلة البدء في تطور النبات وهو النواة الأساسية لتكوين كامل أعضاء النبات اليافع بما يحتويه من أنسجة ميرستيمية قمية وقمم نامية وأعضاء نمو.

هناك سلسلة مستمرة من عمليات الاصطناع لجزيئات معقدة بدءاً من الأيونات والجزيئات الأصغر التي تعد المادة الخام للنمو.

يؤدي الانقسام الخلوي إلى تكوين خلايا جديدة، هذه الخلايا ليس بالضرورة أن تكون أكبر حجماً إنما هي أكثر تعقيداً.

1-1-مفـاهيم النمو والتطور والتكشـــف: Growth, Development and differentiation

هناك ثلاثة مصطلحات مهمة تستخدم لوصف الحالات والتغيرات التي تحدث في النبات خلال الدورة الخلوية Cell life cycle هي النمو والتطور والتكشف.

- النمو: Growth

هو مصـطلح كمي Quantitative يشـير إلى الزيادة في الحجم والكتلة. يمكن أن يقاس نمو الخلايا أحياناً بحسب زيادة عدد الخلايا – أو حجمها – أو بتقدير الوزن الجاف إذ لا يمكن اعتماد الوزن الرطب في أشـــجار الفاكهة لأن تقدير الوزن الرطب هو طريقة غير دقيقة حيث أن الماء يشكل أكثر من 80% من محتوى أنسجة النبات. وبشكل عام فإن النمو عملية غير عكوسة.

- التكشف: Differentiation

هو مصـطلح نوعي Qualitative يشـير إلى تمايز الخلايا إلى أنسـجة وأعضـاء. عندما يبدأ التكشـف تبدأ معه حدوث –تغيرات تشـريحية وبالتالي وظيفية في الخلية إذ ينتج عن ذلك تكوين الأعضـــاء المختلفة في النبات والتي تختلف عن بعضـــها وظيفياً وتشـــريحياً (جذور – سوق.....) وعلى عكس النمو فإن التكشف هو عملية عكوسة إذ يمكن نزع تكشف الخلايا المتكشفة المتمايزة.

- **التطور: Development**

هو مجموع عمليتي النمو والتكشـف إذ يشـير إلى التغيرات التي تحدث خلال دورة النمو الخلوي بدءاً من إنبات البذور – تكوين البادرة – نمو البادرة – النضـــج – الإزهار – الإثمار – الشيخوخة.

يشير التطور إلى:

- تكوين الخلايا للأنسجة والأعضاء كاملة التخصص في النبات الكامل.
- انتقال النبات من مرحلة النمو الخضري إلى مرحلة الإزهار.

تترافق عمليات التطور مع تغيرات تشـريحية – بيوكيميائية – فيزيولوجية ومورفولوجية في النبات.

يطلق على التطور أيضاً مصطلح آخر هو التكون الشكلي (Morphogenesis) والذي يشـير إلى الاختلافات الشـكلية المورفولوجية التي تطرأ على خلية النبات بدءاً من مرحلة البيضـــة الملقحة وانتهاءً بتكوين النبات الكامل. وهناك العديد من العوامل التي تحكم هذا التكون الشكلي:

1- عوامل وراثية: فالجينات تحكم اصـــطناع الأنزيمات والتي بدورها تتحكم بكيمياء الخلية كلها خلال مراحل النمو والتكشف والتطور.
2- تأثير المواد الكيميائية: وخاصـــة منظمات النمو أو الهرمونات النباتية التي لها دور مهم وفاعل في معظم عمليات النمو.
3- تأثير العوامل البيئية: وفي مقدمتها:

أ- الضوء: له دور مهم في التركيب الضوئي.

ب- الحرارة: لها دور مباشر في كل مراحل نمو وتطور النبات..

من أهم الأمثلة على التكون الشـــكلي في النبات هو التحول من مرحلة النمو الخضـــري Vegetative Stage إلى مرحلة النمو التكاثري Reproductive Stage وهنا يجب أن يحدث الانقسـام والتمايز بصـورة مختلفة بحيث تتشـكل الأعضـاء التكاثرية في النبات وإن الهرمونات النباتية لها دور مهم في هذه المرحلة.

يحدث النمو في النباتات في المناطق الميرستيمية والقمم النامية ويكون النمو:

- غير محدود: بالنسبة للمجموع الخضري والجذري إذ تمتلك الجذور والسوق تركيب خلوي غير محدود النمو.
- محدود: في الأوراق – الأزهار – البراعم – الثمار فهذه الأعضاء ذات تركيب خلوي محدود النمو.

تكون الجنين Embryogenesis بدءاً من خلية البيضة إلى جنين.

يعد تكون الجنين جزءاً مهماً من مراحل تطور النبات ويحدث داخل الكيس الجنيني للبويضة أو للبذرة غير الناضجة.

يتطور الجنين إلى نبات بالغ نتيجة عمليات التطور المختلفة التي تتبع ثلاثة نماذج:

- النمو القطري الشعاعي للأنسجة.
- النمو القمي الطولي.
- تشكل الميرستيمات الأولية ذات الدور الأساسي في تكوين النبات كاملاً.

1-2-الأطوار الفينولوجية في حياة شجرة الفاكهة:

تمر شجرة الفاكهة بدءاً من تكوين الخلية المفردة وحتى الشجرة البالغة بعدة مراحل إذ تتكون أولاً البيضة الملقحة فالجنين ثم البادرة فالشجرة الفتية فالناضجة (البالغة) وانتهاءً بالشيخوخة والموت.

وتتميز شجرة الفاكهة في كل مرحلة من هذه المراحل بخصائص مورفولوجية وفيزيولوجية وتشريحية تختلف عن المرحلة الأخرى، وبشكل عام يقسم علماء الفيزيولوجيا الأطوار الحياتية لشجرة الفاكهة إلى ثلاثة أطوار هي:

- طور الفتوة: Juvenility phase
- طور النضج: Maturity phase
- طور الشيخوخة: Senescence phase

يبدأ طور الفتوة مع تكون البادرة الفتية ويستمر حتى يبدأ النبات بتكوين الأعضاء التكاثرية.

تتميز البادرات الفتية بمعدل انقسام عالي وكذلك ارتفاع معدل النشاط الاستقلابي بينما في مرحلة الشجرة الناضجة فيقل معدل النمو الخضري بشكل عام ويزيد معدل النمو الإعاشي أما النشاط الاستقلابي فيكون غير مستقر زيادة أو نقصاناً (معدل البناء = معدل الهدم **نظرياً**).

وعند بدء مرحلة الشيخوخة يزيد معدل الهدم عن معدل البناء – يتوقف النمو – تبدأ معظم الأعضاء بالتساقط.

تختلف مدة كل مرحلة من هذه المراحل بحسب النوع النباتي، فبالنسبة لشجرة الفاكهة والتي تبدأ بالإزهار والإثمار بعد عدة سنوات من النمو الخضري وبالتالي يتأخر طور الشيخوخة، ومن المهم هنا أن شجرة الفاكهة قد لا تدخل بطور الشيخوخة بشكل مطلق (بعض الأعضاء تدخل في هذا الطور بينما أعضاء أخرى لا تزال في مرحلة النضج)، ففي أشجار الفاكهة متساقطة الأوراق تصل الأوراق لمرحلة الشيخوخة ثم تتساقط كل خريف، أما في أشجار الفاكهة مستديمة الخضرة تتأخر في الدخول بطور الشيخوخة عدة سنين، وهناك بعض أشجار الفاكهة عشبية النمو (مثل الموز) تدخل الساق الكاذبة فيها بمرحلة الشيخوخة ثم الموت رغم بقاء الكورمة (الساق الحقيقية) حية وقوية تحت سطح التربة لعدة سنوات.

البتلات والأسدية في الأزهار تدخل مرحلة الشيخوخة وتتساقط بعد تفتح الزهرة وكذلك الأزهار غير الملقحة – وتدخل الثمار بطور الشيخوخة بعد نضجها. وتوضح الأشكال 1، 2، 3، 4، 5، الأطوار الفينولوجية في حياة شجرة الدراق والموز والخوخ والزيتون والتفاح على التوالي.

هناك عدة عوامل تحكم هذه المراحل:

1- عوامل بيئية: الضوء والحرارة خاصة.

2- عوامل وراثية تتعلق بنوع شجرة الفاكهة (متساقطة الأوراق أم مستديمة الخضرة).

3- عوامل كيميائية: خاصة محتوى الهرمونات وتوازنها.

1- طور الفتوة: Juvenility, Juvenile phase

هو عبارة عن أول طور من أطوار النمو في شجرة الفاكهة إذ يبدأ تكون الشكل المورفولوجي للأوراق وفي هذا الطور لا يمكن دفع النبات للإزهار تحت تأثير أي معاملة من المعاملات. وهنا نميز نوعين من أشجار الفاكهة:

1- النوع الأول: ينتقل فيه النبات للإزهار بعد الانتهاء الكامل من طور الفتوة بدون حاجة إلى أي معاملات أو محرضات Inducers للدفع الزهري (الفاكهة المستديمة)

2- النوع الثاني: في هذا النوع تحتاج شجرة الفاكهة إلى ظروف بيئية معينة حتى تنتقل لمرحلة الدفع الزهري وبالتالي فإن انتهاء طور الطفولة فيها ليس شرطاً لبدء الإزهار، وفي هذا النوع يشير مصطلح النضج لبدء الإزهار – Ripe – to flower إلى اكتمال طور الطفولة والدخول في طور النضج مع عدم الإزهار بسبب عدم توفر الظروف المناسبة. (الفاكهة المتساقطة).

تختلف مدة طور الفتوة بحسب النوع النباتي:

ففي أشجار الفاكهة العشبية (مثل الموز) فإن طور الفتوة قصير جداً بينما في أشجار الفاكهة الخشبية (مثل معظم الأشجار المستديمة الخضرة والمتساقطة الأوراق) فإن هذا الطور طويل جداً قد يستمر عدة سنوات ويعتبر العامل المشترك لهذا الطور (سواء كانت شجرة الفاكهة عشبية herbaceous أو خشبية woody) هو عدم حدوث الإزهار خلال طور الطفولة. يرتبط الانتقال من طور الطفولة إلى طور النضج ثم النضج الكامل فالإزهار بحدوث تغيرات عديدة في الخصائص المورفولوجية والفيزيولوجية خاصة على مستوى:

1. الأوراق (شكل الورقة- مساحتها- ثخانتها- نظام التعريق- نظام التموضع على الساق- تركيبها الكيميائي- ومحتوى الأصبغة).
2. القدرة على التجذير.

3. حدوث تغيرات في المناطق القمية هذه التغيرات تؤدي إلى انتقال الميرســـتيمات القمية إلى طور النضـــج بينما تبقى الأجزاء القاعدية بطور الفتوة وبهذه المرحلة تكتسب الأفرع خصائص الطورين معاً (المسافة بين القاعدة والقمة) حتى تنتقل لاحقاً إلى مرحلة النضج التام.

4. حدوث تغيرات في النشاط الاستقلابي إذ يزيد معدل الاستقلاب Metabolism rate مع استمرار النمو ويبدأ تكشف الأعضاء في المراحل المتقدمة أو النهائية من طور الفتوة.

5. تكوين طبقات الانفصال Abscission layersوهذه الخاصية تميز الأوراق في مرحلة الفتوة عنها في مرحلة النضج إذ لا تستطيع الأوراق في طور الفتوة تكوين طبقة انفصـــال وتبقى الأوراق على الســـوق حتى اســـتئناف النمو والنشـــاط في الربيع. بينما في طور النضـــج فإن الأوراق قادرة على تكوين طبقة الانفصـــال وبالتالي تســـقط ورقة الشـــجرة الناضـــجة في الخريف "وهذا ما يحدث في جميع الأشجار متساقطة الأوراق".

6. تختلف الأعضـاء الفتية Juvenile organs عن الأعضـاء الناضـجة adult or mature organs بالتركيب البنائي الداخلي والخارجي مثال على ذلك يختلف تركيب الورقة الفتية عنها في الورقة الناضجة.

7. إن الأعضـــــاء الفتية تحتوي محتوى أكبر من حمض الجبريليك بالمقارنة مع الأعضاء الناضجة وكذلك بالنسبة للمحتوى الأوكسيني وهذا ما يفسر استجابة البادرة الصـغيرة للسيادة القمية أو للانجذاب الأرضـي أو لتكوين الجذور بشكل أكبر من الشجرة الناضجة.

8. حدوث تغيرات على المستوى الأنزيمي سواء من حيث اصطناع أنزيمات جديدة أو تنشيط أنزيمات كانت موجودة سابقاً تترافق هذه التغيرات مع انتقال العضو النباتي الفتي لطور النضج.

9. العوامل البيئية لها تأثير مباشـــر في انتقال النبات من طور الفتوة إلى طور النضج.

تســتعيد أشــجار الفاكهة متســاقطة الأوراق أوراقها خلال فصــل الربيع (خاصــية من خصائص طور الفتوة).

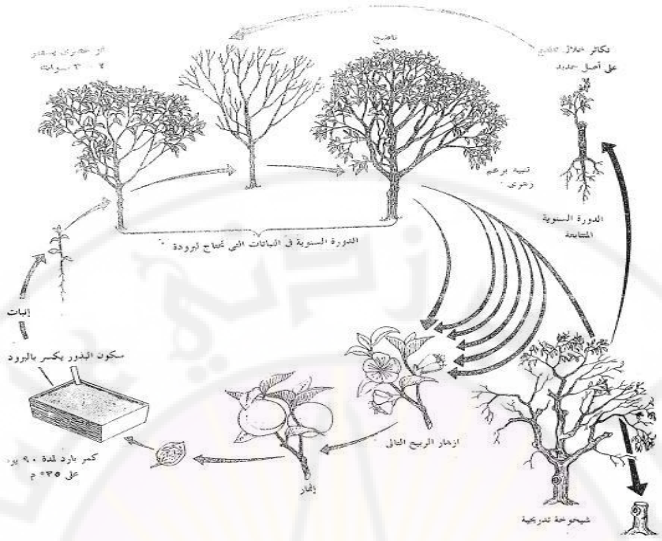
بعد الانتهاء من طور الفتوة والدخول في طور النضـــج فلا يحدث عودة لطور الفتوة مرة ثانية ما عدا حالات تكون الأبومكسـيس Apomictic والإكثار الجنسـي (في هذه الحالة يتم اســـتعادة ظروف طور الفتوة من جديد). ويكون الثبات نســـبياً بين الطورين (الفتوة والنضج) واضحاً أكثر في حالات الإكثار الخضري.

ويبقى السؤال من الناحية الفيزيولوجية:

- ما السبب الأساسي في انتقال الشجرة من طور الفتوة إلى طور النضج.
- ما سبب الاختلاف في معدل الانقسام الخلوي بين الطورين.

هناك تفسـير يفترض حدوث توازن معين بين حمض الجبرليك وحمض الأبسـيسـيك إذ نتقل الشـجرة من طور إلى آخر وهنا تجب الإشـارة إلى أن الجبرلين له دور مهم وفاعل في الدفع الزهري وبالتالي قد يؤثر بشكل مباشر في خروج النبات من طور الفتوة.

في مجال زراعة الأنسجة النباتية تعد الأعضاء التكاثرية /حبوب الطلع والبويضات/ مميزة لطور الفتوة أكثر من الجنين الناضـج وبالتالي ورغم أن طور الطفولة يشير إلى عدم قدرة الشجرة على الانتقال للإزهار إلا أن الأزهار نفسها "الأعضاء الزهرية التكاثرية" هي مثال هام جداً عن أعضاء بطور الفتوة.



الشكل (1): الأطوار الفينولوجية في حياة شجرة الدراق.

الشكل (2): الأطوار الفينولوجية في حياة شجرة الموز.

2 – طور النضج Maturity phase

يأتي هذا الطور بعد طور الفتوة ويتداخل معه وقبل طور الشـيخوخة ويتداخل معه ويتميز بانخفاض معدل النمو الخضـــري وتطور الأزهار والأعضـــاء التكاثرية الأخرى

وتستمر فيه عمليات الاستقلاب للمركبات العضوية والمعادن وتنتقل نواتج الاستقلاب إلى الأعضاء التكاثرية بشكل عام والثمار والبذور بشكل خاص.

إن الإزهار يثبط النمو الخضري ويسرع من دخول الشجرة في طور النضج ويمكن تفسير ذلك فيزيولوجياً بأن الأعضاء التكاثرية ربما تفرز مواد مثبطة للنمو الخضري. في النباتات الناضجة كما هو في الفتية تكون عمليات البناء Anabolic أسرع من عمليات الهدم Catabolic فمثلاً – يزيد معدل بناء البروتينات وتكوين الأحماض النووية عن معدل الهدم – ويزيد معدل التركيب الضوئي / التنفس – يزيد معدل تراكم المركبات المعقدة "كربوهيدرات – بروتينات – لبيدات" والمركبات الأخرى والتي تعد ضرورية لتطور الأعضاء التكاثرية /خاصة البذور والثمار/.

– يقل المحتوى الأوكسيني مع تطور الأعضاء من طور الفتوة وحتى النضج ويفترض أن انخفاض المحتوى الأوكسيني يرتبط مع بدء تطور الأعضاء التكاثرية.

تختلف مدة طور النضج حسب النبات فبينما يستمر عدة أشهر في أشجار الفاكهة العشبية (مثل الموز) يستمر سنوات في أشجار الفاكهة الخشبية حتى تصل إلى طور الشيخوخة.

إن دخول الشجرة بطور النضج لا يعني ذلك انتقالها إلى مرحلة الإزهار فإن فيزيولوجيا الإزهار يكون محكوماً بعوامل أخرى كثيرة وبالتالي هناك العديد من أنواع أشجار الفاكهة التي تصل إلى مرحلة النضج الكامل ولا تزهر أو تزهر بصورة غير منتظمة / مثل biennial bearing in apples / وبنفس الآلية فإن انخفاض معدل الإزهار أو عدم انتظامه لا يشير بالضرورة إلى استمرارية طور الفتوة أو طور الطفولة.

وبشكل عام مع انتقال النبات للنضج يزيد حجم العضو النباتي بشكل عام (زيادة النمو) وبالتالي فإن كل ما يحفز النمو يؤدي إلى اختزال طور الطفولة والانتقال إلى طور النضج، وعلى العكس فإن كل ما يبطئ النمو ويحفز الإزهار في الشجرة الناضجة (مثل مثبطات النمو، الأصول القزمية المقصرة) تؤدي إلى زيادة طور الفتوة.

وتعتبر الظروف المثالية أساساً لمرور الشجرة بأطوارها المميزة، فطور الفتوة (في مرحلة البادرة) ثم النضج (النمو الخضري – الزهري – الثمري) فالشيخوخة.

يعد حجم الشـــجرة من أهم العوامل المؤثرة في الدخول بطور النضـــج لأن الحجم الكافي للأشـــجار يســـاعد على نقل إشـــارة أو أكثر إلى القمم (إشـــارة النمو) كذلك فإن الميرستيم القمي يستجيب بصورة فردية.

تعد القمم النامية مكاناً مهماً لتجمع المواد الغذائية ومواد النمو إلى أن تنتقل من كامل أجزاء النبات لتتجمع في القمم، وتختزن فيها. ولكن أي من هذه المواد لا يعد محفزاً أو مثبطاً لبقاء النبات بطور الفتوة، أو الانتقال لمرحلة النضـــج، رغم أن الحرارة المرتفعة مثلاً مع الإضـــاءة المنخفضـــة تؤدي إلى انخفاض معدل تراكم الكربوهيدرات وبالتالي انخفاض تركيزها في المناطق القمية ما يؤدي إلى امتداد طور الفتوة وعدم دخول النبات في طور النضـــج. كذلك يؤثر حجم القمة النامية نفســـه في الانتقال إلى النضـــج فالقمم النامية القديمة أكبر من حجماً (تحتجز كميات أكبر من الغذاء) والقمم النامية الناضـــجة تتميز بوجود ميرستيمات قمية بشكل أكبر من القمم النامية الفتية.

يعتقد أن محتوى حمض الجبرلين لـه دور مهم في انتقال النبات من طور إلى آخر، وقد وجد أن إضافة الجبرلين GA_3 خارجياً كان له دور هام في الإسراع من الإزهار في نباتات فصـــيلة Pinaceae بينما كان لـه دور في اســـتمرارية فتوة النباتات في الحمضياتCitrus واللوزيات Prunus أو بعودة النبات لطور الفتوة.

يؤدي إضـــافة بعض مثبطات النمو مثل Amo1618 إلى انخفاض المحتوى الجبرليني في القمم وبالتالي عدم الانتقال إلى مرحلة النضج في بعض النباتات.

إضـــافة مثبط نمو آخر (Ancymidol) الذي يثبط التخليق الحيوي للجبرلين قد منع من الانتقال التلقائي من طور إلى أخر وبالعكس. وبالتالي رغم وجود عوامل كثيرة تسبب الاستمرار في طور الفتوة ولكن يعد عاملي الزمن والحجم من أهم العوامل المساعد على الانتقال لمرحلة النضج، وفي بعض الحالات قد تعتبر مواد النمو من العوامل الهامة المســـاعدة على الإزهار، فالجبرلين مثلاً من الهرمونات الهامة جداً والتي تثبت دورها الفاعل في إزهار العديد من أشـــجار الفاكهة (بينما الإيتيفون كان له تأثير منخفض في إزهار أشجار المانجو) ومع ذلك لا يمكن افتراض أن الهرمون GA_3 هو المسؤول المباشر عن الانتقال الحقيقي من طور إلى آخر.

وعلى العموم فإن تحول العضـــو الفتي إلى عضـــو ناضـــج ما يزال غامضـــاً من الناحية الوراثية والجزيئية ولكن يفترض بعض علماء البيولوجيا الجزيئية حدوث تغيرات نوعية في الحمض النووي الريبي RNA بين النبات الفتي والناضـــج وهذا يشـــير إلى أن الانتقال من طور إلى آخر يتضـــمن حدوث تغيرات في معدل نســـخ جينات نوعية متخصصـة وتغيرات أخرى في تعبير الجين عن نفسـه، وبالتالي فإن بعض التتابعات في شـريط الحمض النووي DNA قد تؤدي إلى نسـخ مادة وراثية جديدة في النبات الفتي قد تكون غير فعالة في النبات البالغ والعكس بالعكس.

وفي النهاية فإن انتقال كامل المنطقة القمية إلى طور النضج هو مؤشر مهم على ثبات هذه المرحلة.

الشكل (2): الأطوار الفينولوجية في حياة شجرة الخوخ.

الشكل (4): الأطوار الفينولوجية في حياة شجرة الزيتون.

3- طور الشيخوخة: Senescence phase

بهذا الطور يحدث تغيرات مورفولوجية وفيزيولوجية في شجرة الفاكهة هذه التغيرات ستؤدي إلى موت الشجرة (بشكل مطلق مباشر أو بشكل جزئي غير مباشر).

ترتبط الشيخوخة Senescence أحياناً بالتساقط Abscission كما يحدث في أشجار الفاكهة عندما تتساقط الأوراق في الخريف Autumnal senescence and shedding of leaf

يتداخل طور الشيخوخة مع طور النضج وينتهي بموت الشجرة.

الشكل (5): الأطوار الفينولوجية في شجرة التفاح.

التحكم في طور الشيخوخة:

تمر شجرة الفاكهة بأطوار مختلفة إذ تمر الأعضاء الفتية بطور النضج والشيخوخة والحقيقة أن طور الشـــيخوخة غير محدد Un determined ببداية أو نهاية إذ يتداخل مع طور النضج ومع مرحلة التساقط فالموت.

أ- تختلف ظاهرة الشـيخوخة في أشـجار الفاكهة مسـتديمة الخضـرة عنها في متسـاقطة الأوراق ففي الأشجار المتساقطة ولو افترضنا أن شيخوخة الأوراق يسبق تساقطها فبالتالي سـتلاحظ ظاهرة الشـيخوخة بشـكل سـنوي في كل موسـم تسـاقط (بداية الخريف والخريف المتأخر) وهذا ما يفسـر التداخل بين طور الشـيخوخة مع طوري النضـج والتسـاقط، بينما في أشـجار الفاكهة المسـتديمة التي سـتبقى أوراقها في فصـل الخريف وذلك لعدة سـنوات فيقتصر التساقط على الأوراق المريضة والتي بها خلل فيزيولوجي.

ب- على مسـتوى الشـجرة نفسـها نلاحظ أن الشـيخوخة ليسـت طوراً واحداً يسـود كامل أعضاء الشجرة بشكل واحد فقد تدخل الأجزاء السفلية من شجرة الفاكهة بطور الشيخوخة قبل الأجزاء العلوية التي ما تزال فتية.

وهناك العديد من الدراســات التي تثبت دور منظمات النمو في جميع مراحل نمو وتطور النبات بدءاً من طور الفتوة وحتى الشــيخوخة والتســاقط وهناك عوامل أخرى تحكم هذه الأطوار ولكن من الصـعب جداً حصـرها وتحديدها لأن كل نوع نباتي يختلف في سـلوكه الوراثي والفيزيولوجي عن نبات آخر.

مؤشرات الدخول في طور الشيخوخة:

1- على المســـتوى الجزيئي يختلف التعبير الجيني في هذا الطور عنـه في الأطوار الأخرى وبالتالي فإن طور الشيخوخة هو طور مستقل عن باقي أطوار نمو وتطور شجرة الفاكهة إذ يتم نســـخ المادة الوراثية وترجمتها بما يتوافق مع تكوين بروتينات وأنزيمات خاصـــة بهذه المرحلة (وبالتالي فقد اختلف التعبير الجيني في طور الشــيخوخة عنه في الأطوار الأخرى).

2- هدم الكلوروفيل: مع اقتراب الأوراق الناضجة من طور الشيخوخة تأخذ بالاصفرار وهذا ما يشير إلى ارتباط الشيخوخة بيو- كيميائياً مع هدم أو فقد الكلوروفيل Chlorophyll lost, degradation هذا ما يقترن فيزيولوجياً بحدوث خلل في معظم العمليات الفيزيولوجية والبيو- كيميائية التي تحدث في النبات.

3- هدم البروتين: هناك العديد من الدراسات التي تشير إلى حدوث تغيرات كبيرة بين معدل بناء Synthesis وهدم Degradation البروتين عند بدء الدخول بطور الشيخوخة، وتشير معظم هذه الدراسات إلى انخفاض ملحوظ ومباشر ومستمر في المحتوى البروتيني مع تقدم الأوراق الناضجة بالنضج ودخولها بمرحلة الشيخوخة.

تتميز دورة البروتين بالخلية النباتية بالثبات والديناميكية إذ هناك حالة مستمرة من تحول البروتين إلى أحماض أمينية (هدم) وتحول الأحماض الأمينية إلى بروتين (بناء) وعند اقتراب الشجرة من طور الشيخوخة تفقد دورة البروتين هذا الثبات ولا يتحقق التوازن بين معدل البناء ومعدل الهدم إذ يزيد معدل الهدم بشكل مستمر ويتناقص بالمقابل معدل البناء إذ نصل في النهاية إلى مرحلة فقد البروتين Protein lost وهنا نجد تساؤلين هامين:

أ- كيف يمكن تحديد عمليات التحول المستمرة للبروتين (Protein turn over) من بروتين إلى أحماض أمينية وبالعكس؟

ب-ما هي العمليات الفيزيولوجية الأخرى التي ترتبط مع الصبغيات المختلفة للبروتين في الخلية؟

وعموماً هناك العديد من الدراسات التي أجريت بهدف تقدير البروتين (محتوى البروتين وصورة وجوده) في مرحلة التساقط وما قبلها وجميعها تشير إلى هدم البروتين وفقده في هذه المرحلة.

4- يلاحظ زيادة معدل التنفس والهدم مع اقتراب الشجرة من مرحلة الهرم وبدء الاصفرار وفقد الكلوروفيل ويظهر الفحص المجهري للخلايا في مرحلة الشيخوخة أن الميتوكوندريا

في الأوراق الهرمة تكون سليمة حتى في المراحل المتطورة من الهرم والتي تترافق مع هدم البروتين وهدم الكلوروفيل.

5- يقل معدل البناء والاصطناع الضوئي.

6- على الرغم من انخفاض المحتوى الكلي من البروتينات في الأشـــجار الهرمة إلا أنه تحدث زيادة مستمرة وملحوظة في معدل تكوين الريبوزوم السيتوبلاسمي.

7- ينخفض محتوى RNA في الأوراق الهرمة كذلك يقل معدل تكوينه بينما يزيد محتوى مثبطات تكوين RNA مثل Actinomycin. D (أكتينومايســـين د) وهناك العديد من الدراسات التي أجريت باستخدام الـــ Cordycepin (مادة مثبطة لهدم الـــ RNA) والتي كانت نتيجتها تأخير الشـــيخوخة وبنفس الآلية اســـتخدمت مواد مثبطة لتكوين الرايبوزوم التي كان من شأنها تثبيط مرحلة الشيخوخة مثل: Cycloheximide + MDMP

2,4-methyle- 2,4-dinitroanilroanilino- N-methyl- propionamide

8- يزيـد محتوى الأنزيمـات المســـؤولـة عن هـدم البروتين (مثـل Hyrolytic E- protenase)

9- المحتوى الهرموني: هناك دور مهم جداً وفاعل للهرمونات النباتية في هرم أشـــجار الفاكهة أو في المحافظة على فتوتها، وبشكل عام تزيد مثبطات النمو في طور الشيخوخة بينما تقل نسبة منشطات النمو.

دور هرمونات النمو النباتية في طور الشيخوخة في أشجار الفاكهة:

- اختلفت الاسـتجابة بحسـب النوع النباتي ففي الأشـجار ذات النواة الحجرية Stone fruit لوحظ أن IAA يؤخر من دخول النباتات بمرحلة الشيخوخة، بينما في أشجار أخرى لوحظ تأثير الســـيتوكينين وفي أنواع أخرى لم يلحظ أي تأثير للســـيتوكينين، بينما لوحظ تأثير الجبرلين في المحافظة على فتوة النباتات. وعموماً تختلف الاســـتجابة للهرمون بحســـب النوع النباتي- نوع الهرمون وتركيزه- التفاعل مع الهرمونات الأخرى- مدة المعاملة- التركيز المستخدم- عدد مرات المعاملة.

– هناك العديد من الأبحاث التي تشـــير إلى الدور المباشـــر للســـيتوكينين في تأخير الشيخوخة وذلك ربما يعزى إلى:

1– دور السيتوكينين في زيادة معدل بناء البروتين (وبالتالي تأخير الشيخوخة).

2– أو ربما يعزى إلى دوره في تنشيط الأنزيمات المسؤولة عن تخليق وبناء البروتين مثل بروتين كينيز Protien kinases.

3– أو ربمـا لـدوره في نقـل الأيونـات الضـــروريـة في عمليـات الفســـفرة Phosphorylation.

– بشـــكل عام يلاحظ انخفاض المحتوى الجبرليني مع هرم النباتات، كذلك بالنســـبة للمحتوى الســـيتوكينيني (الذي له دور مباشـــر في تأخير هرم النباتات والمحافظة على فتوتها).

ومعروف فيزيولوجياً أن السيتوكينين ينتقل في النبات بشكل قطبي قاعدي– قمي مع تيار النتح ويكون معدل الاســتقلاب عالياً في أنســجة الأوراق وبالتالي هناك احتمالية أن دور هرمون ما في تأخير الشـيخوخة عند إضـافته خارجياً على الأوراق المفصـولة من بعض أشـــجار الفاكهة ربما يتوقف على درجة ومعدل اســـتقلاب (تحول) الهرمونات الداخلية (Endogenus hormones) خاصة السيتوكينين.

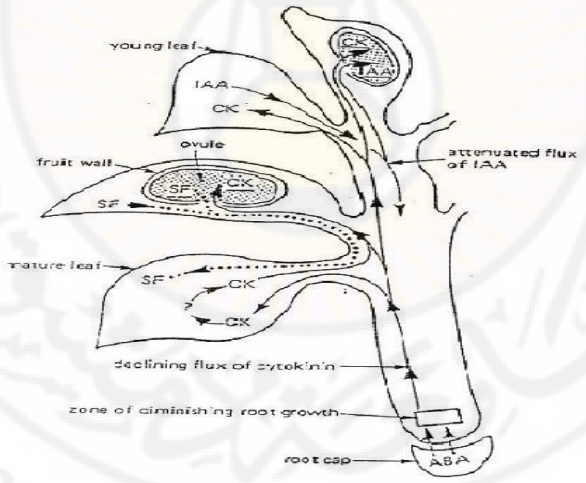
– من جهة أخرى لوحظ أن المعاملة بحمض الأبسـيسـيك تسـرع من شـيخوخة النباتات وهرمها في العديد من أشجار الفاكهة، ولكن لم يتم حتى الآن دراسة العلاقة بين المحتوى الكلي لحمض الأبسيسيك ومعدل الهرم أو درجة شيخوخة النبات ولكن بشكل عام لوحظ أن محتوى الأوراق الهرمة من حمض الأبســيســيك يفوق عدة مرات من محتوى الأوراق الفتية والناضجة (بحسب النوع النباتي).

– هناك عدة أدلة تشـير إلى إرتباط شـيخوخة الأوراق بارتفاع محتوى الإيتلين وربما في بعض الأنواع النباتية لا يكون لـه أي دور في الشـــيخوخة إنما من المؤكد أن الإيتلين لايحافظ على الفتوة.

كذلك لوحظ مع هرم الأوراق أنه فضـلاً عن ارتفاع محتوى الإيتلين فقد زاد أيضـاً محتوى بعض المركبات الوســـطية التي تدخل بالتكوين الحيوي للإيتلين بدءاً من الميثونين (مثل سـادينوسـيل ميثونين Sadenosyl methionine (SAM) و1–أمينو سـيكلو بروبان – 1– كربوكسيليك أسيد 1–aminocyclo propane–1–carboxylic acid (ACC).

كذلك فقد لوحظ أن المعاملة بإحدى هذه المركبات الوســـطية مثل ACC أدى إلى هدم الكلوروفيل– فقد البروتين– اصفرار وهرم الأوراق.

من المهم هنا معرفة أن المعاملة **بالأوكسين** تؤدي إلى زيادة محتوى الإيتلين وبشكل عام يعد نظام الشـيخوخة في أشـجار الفاكهة متكرر ومتعدد Polycarpic وذلك لأن أشـجار الفاكهة تسـتمر عدة سـنوات من النمو الخضـري والتكاثري بعد دخولها بطور الشـيخوخة. (الشكل 6).



الشكل (6): دور منظمات النمو في تنظيم طور الشيخوخة في النبات.

يوضح هذا الشكل:

أ- انخفاض تركيز الأوكسين (IAA elimination) مع بدء تحول القمم الخضرية إلى مرحلة التكشف والإزهار ونضج الأوراق الفتية.

ب- العوامل المسؤولة عن الشيخوخة Senescence factors (SF) التي تزيد بعد تكون الثمار في أنواع عديدة وتحرض الشيخوخة في الأنسجة.

1-3-التفاعل بين العوامل المؤثرة في النمو والتطور:

Interaction between factors affect the growth and development:

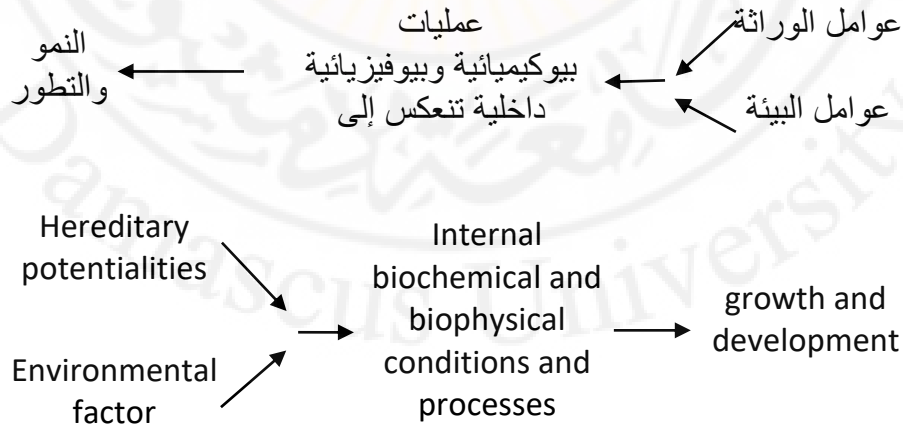
يتحدد نموذج تطور ونمو أي شجرة فاكهة بعاملين مهمين أساسيين:

1- عامل الوراثة Hereditary factor

2- عامل البيئة Environmental factor

إذ يؤدي التفاعل بين هذين العاملين إلى حدوث عمليات داخلية كيميائية حيوية وفيزيائية حيوية تنعكس بمجملها بحدوث النمو والتطور لشجرة الفاكهة وطبعاً كلا العاملين يؤثر في الآخر.

ويوضح المخطط (7) التفاعل بين العوامل المؤثرة في نمو وتطور شجرة الفاكهة



المخطط (7): التفاعل بين العوامل المؤثرة في نمو وتطور شجرة الفاكهة.

تحدد عوامل الوراثة وظيفة كل عضـــو، فمثلاً البرعم الزهري يختلف وراثياً عن البرعم الخضـــري وبالتالي لكل منهما دور مختلف في النبات (كالمثل في اختلاف وظيفة الخشب– اللحاء– الجذر– الساق– الأوراق).

نحدد عوامل البيئة ما يفعله العضو بالفعل The organism actually does وإلى أي درجة يمكن لهذا العضـــو أن يقوم بوظيفته في شـــجرة الفاكهة، مثال على ذلك: في بذور أشـــجار الفاكهة متســـاقطة الأوراق يعد الجنين وراثياً العضـــو المســـؤول عن تكوين نبات كامل (هو النبات نفسه) هذا العضو يبقى Worthless بدون قيمة ما لم تسمح الظروف البيئية الخارجية (حرارة منخفضة لكسر طور السكون عن طريق الكمر البارد) بإنبات هذا الجنين وتكوين البادرة الكاملة المكونة من جذر– ســاق– أوراق التي ســتتطور بدورها إلى نبات فتي ثم شجرة ناضجة بالغة.

مثال آخر: بادرات أصـــول الحمضـــيات التي عندها قدرة وراثية Hereditary potentialities على تكوين صـــبغة الكلوروفيل بالضـــوء Chlorophyll لا يمكنها أن تكون الكلوروفيل في الظلام. وتدعى النباتات التي فقدت قدرتها الوراثية على تكوين الكلوروفيل باسم ألبينو (Albino)، إعادة هذه النباتات أو البادرات إلى ظروف بيئة مغايرة (بالضوء) ستعود مرة ثانية إلى تكوين الكلوروفيل.

1– عوامل الوراثة Hereditary potentialities

تشـــير دراســـات البيولوجيا الجزيئية "Molecular biology" والوراثية البيو–كيميائية "Biochemical genetic" أن وظيفة كل عضـــو تتحدد بوجود جينات معينة في شريط المادة الوراثية DNA هذه الجينات تنسخ إلى شيفرة (كودون) متممة هي mRNA والذي يحمل بدوره التعليمات الوراثية الخاصـــة بتخليق البروتينات من النواة إلى الريبوزوم في الســيتوبلاســم وبالتعاون مع tRNA يتم ترجمة هذه الشــيفرة إلى ســلســلة متتابعة من الأحماض الأمينية التي تدخل في اصطناع البروتين.

وبالتالي تؤدي كل شـــيفرة وراثية إلى تكوين بروتينات (وبالتالي أنزيمات) مختلفة عن الشــيفرة الأخرى ما ينعكس بأداء تفاعلات بيوكيميائية معينة تنعكس في قيام كل عضـــو بوظيفة معينة يختلف عن العضو الآخر.

من المهم الإشـارة هنا إلى أن كل خلية خضـرية تمتلك كامل ونفس المجموعة الجينومية التي تمتلكها الخلية الخضـرية الأخرى بينما mRNA يتم نسـخه بحسـب مرحلة النمو والتطور لشـجرة الفاكهة وبالتالي لا تمتلك كل خلية خضـرية بوقت معين كل أشـكال mRNA (وبالتالي لا تمتلك كل البروتينات وكل الأنزيمات) التي تحملها شـيفرة المادة الوراثية الأساسية DNA إنما تختلف mRNA بحسب مرحلة النمو والتطور من خلية إلى أخرى ومن وقت إلى آخر وبالتالي تمتلك الخلايا المختلفة mRNA مختلف وبالتالي أنزيمات مختلفة وبروتينات مختلفة وبالتالي تفاعلات كيميائية حيوية مختلفة.

مثال: خلية ميزوفيل الورقة يمكن أن تخلق الكلوروفيل من دون الأنثوسيانين، وخلية البتلة يمكن أن تخلق الأنثوسيانين من دون الكلوروفيل.

على الرغم من أن كلا الخليتين (خلية الورقة وخلية البتلة) تحويان على كامل المعلومات الوراثية وكامل الجينوم "DNA set" لتخليق الأنثوسيانين والكلوروفيل إنما يتم نسخ mRNA خاص لتخليق الكلوروفيل في خلية الورقة وmRNA آخر مختلف خاص لتخليق الأنثوسيانين في خلية البتلة.

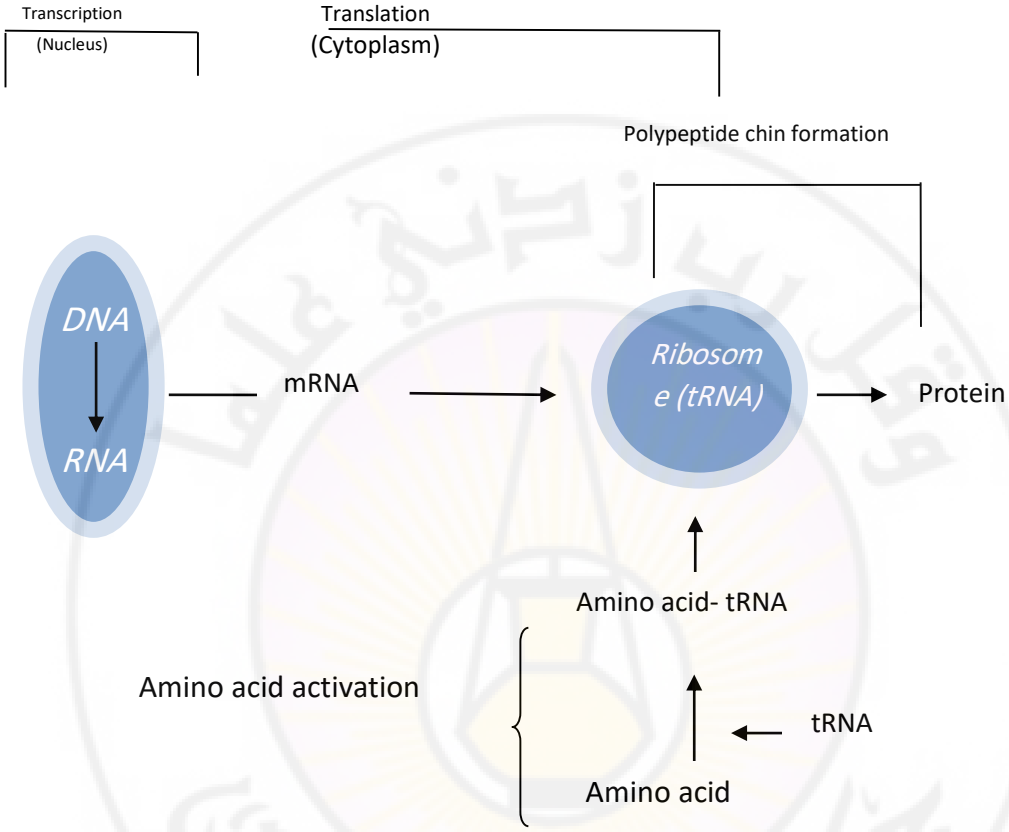
السؤال المهم هو ما الذي يحدد نسخ نوع معين من mRNA في خلية معينة وبوقت معين؟

هناك فرضية أن الجينات أحياناً تكون مثبطة Depressed or repressed نتيجة ارتباطها ببروتينات الهيستون (الموجودة في الكروموسومات) إذ يتكون معقد بين الـ RNA الكروموسومي مع الهيستونات وبالتالي تحرير قالب الـ DNA أو الجينات الأساسية والتي ستشفر إلى mRNA معين وبالتالي بروتين معين.

بعض الهرمونات النباتية لها دور مهم في إزالة تثبيط الجينات المثبطة نتيجة ارتباطها بالهيستونات إذ ترتبط هذه الهرمونات (الأكسينات) مع الهيستونات محررة المادة الوراثية وبالتالي انتهاء التثبيط.

كذلك فإن الجبرلين والذي له دور مهم في إنبات البذور إذ يشجع على إنتاج أنزيم α- أميليز وهذا لا يحدث إلا عن طريق تحريض نسخ mRNA معين يشفر لأنزيم معين هو أنزيم الألفا- أميليز.

ويوضح المخطط (8) دور عوامل الوراثة في النمو والتطور



المخطط (8): دور عوامل الوراثة في النمو والتطور.

2- عوامل البيئة Environmental factors

حتى لو امتلكت الخلية كامل الأنزيمات الضـــرورية لعمليات الاســـتقلاب فإن الاستقلاب لا يحدث بدون توفر الظروف البيئية المناسبة.

فمثلاً عملية التركيب الضـوئي Photosynthesis لا تحدث من دون وجود عوامل بيئية معينة مثل الضـــوء وغاز ثاني أكســـيد الكربون، وبالتالي فلا يمكن لعوامل الوراثة أن تنفصل عن عوامل البيئة.

تمتلك العوامل الحيوية والفيزيائية والكيميائية دوراً مهماً من العوامل البيئية في تأثيرها في النمو والتطور.

أولا- عوامل حيوية Biological factors

لن يتم التركيز على العوامل الحيوية حيث أنها من العوامل البيئية الهامة ولكن ليس ضمن هذا المقرر.

ولكن يمكن إيجازه أن العوامل الحيوية تؤثر في النمو والتطور فقد لوحظ تأثير فطر Gibberella fujikuroi في إحداث استطالة غير طبيعية في نباتات الرز والتي أصيبت من جراء هذا الفطر بمرض البادرة السخيفة تم على إثر ذلك اكتشاف هرمون الجبرلين وتحديد أدواره الفيزيولوجية المختلفة ومن بينها استطالة الخلايا في النباتات الكاملة وليس في الخلايا المفصولة والمزروعة مخبرياً.

مثال آخر في بعض أشجار الفاكهة خلطية التلقيح التي تحتاج إلى وجود ملقحات حيوية (مثل النخيل). أيضاً يلاحظ تأثير أشجار الفاكهة كبيرة الحجم في النباتات الأصغر والمزروعة معها في نفس الحقل. وكما ذكرنا فإن الحديث عن هذه العوامل يفرد لها جزء مهم في مقررات أخرى.

ثانياً- عوامل كيميائية Chemical factors

تحتاج كل شجرة فاكهة وخلال مراحل النمو والتطور المختلفة إلى المعادن (الصغرى والكبرى) وبعض الغازات (O_2-CO_2) والماء والمركبات العضوية، هذه المواد لها دور مباشر في نمو وتطور شجرة الفاكهة فلا يمكن أن تتم عملية التنفس الهوائي من دون أكسجين ولا تتم عملية التركيب الضوئي من دون CO_2. كذلك دور العناصر المغذية المباشر في النمو الخضري والزهري والثمري.

هناك مواد أخرى تصنف مع الملوثات و لها دور في النمو والتطور مثل دي أوكسيد الكبريت Sulfur dioxid وأحادي أكسيد الكربون Carbon monoxide ومركبات أخرى من مشتقات Hydrocarbons والمعادن السامة Toxic elements مثل Lead و Arsenic والمعادن الأساسية مثل النحاس والبورون عند زيادة تركيزها، فضلاً عن بعض

المواد الكيماوية المستخدمة في الزراعة مثل مبيدات الأعشاب والحشرات والفطور (Herbicides, Insecticides, Fungicides) كل هذه المواد يمكن أن تؤثر في نمو وتطور شجرة الفاكهة إن لم يكن بشكل مباشر فبشكل غير مباشر.

ثالثاً- عوامل فيزيائية Physical factors

على الرغم من أن العوامل الفيزيائية تشمل: الحرارة والضوء والأشعة الممغنطة والكهرباء والحقول المغناطيسية والجاذبية والأمواج الصوتية والطاقة، إلا أن الحرارة هي من أهم العوامل الفيزيائية المؤثرة في نمو وتطور شجرة الفاكهة.

- الجاذبية:Gravity

تؤثر الجاذبية بشكل مباشر في النمو والتطور إذ تختلف استجابة أنواع معينة للجاذبية الأرضية عن أنواع أخرى وهذا ما يدعى بـ Geotropic responses فعند زراعة جنين البذرة لشجرة فاكهة معينة نجد بعد مدة قد تطول أو تقصر تكون البادرة الكاملة والتي تتجه سوقها وأوراقها نحو الأعلى وبالتالي انتحاء سالب للجاذبية الأرضية وهذه الاستجابات المختلفة للجاذبية الأرضية لها دور مهم في بقاء البادرة ومن ثم نموها وتطورها. ويعد التوزيع غير المتساوي لهرمون الأوكسين ذي دور مباشر في الانتحاء الأرضي الموجب للجذور والسالب للسوق والأوراق.

-الطاقة:Energy

تؤثر في نمو وتطور شجرة الفاكهة بشكل غير مباشر نتيجة تأثيرها في حركة الماء والهواء وبالتالي تأثيرها على معدلات التركيب الضوئي Photosynthesis والنتح Transpiration.

إن حركة الهواء في منطقة المجموع الخضري ستقلل من معدل تبخر الماء وتزيد من معدل تراكم CO_2 وبالتالي غلق الثغور (أما حركة الهواء فلها دور فقط في النباتات المائية إذ يزيد تركيز CO_2, O_2 – المعادن- الأملاح).

الحرارة Temperature

يعد تأثير الحرارة على نمو وتطور شجرة الفاكهة تأثيراً مباشراً وذلك نتيجة:

- تأثيرها على معدلات جميع التفاعلات الفيزيائية الحيوية والكيميائية الحيوية Bio physical, Bio chemical التي تحدث في عمليات الاستقلاب (عدا التفاعلات الكيميائية الضوئية "Photo chemical").

- تؤثر الحرارة في معظم عمليات الاصطناع الضوئي Photosynthesis والتخليق الحيوي Biosynthesis والتنفس Respiration.

- تؤثر الحرارة في الأنشطة الأنزيمية والتي تحكم التفاعلات الحيوية كافة ما يؤدي ارتفاع درجة الحرارة عن 40° م إلى انخفاض معدل النشاط الأنزيمين Enzyme inactivation وتتغير طبيعة الأنزيم أو معظم الأنزيمات بارتفاع الحرارة عن 60° م إذ يبدأ الضرر الفعلي للأشجار والذي قد يؤدي إلى الموت فيما لو ترافق مع الاستمرار في ارتفاع الحرارة.

بذور أشجار الفاكهة (والتي تتميز بارتفاع محتوى المادة الجافة فيها بالمقارنة مع باقي الأعضاء) يمكن أن تتحمل ارتفاع درجة الحرارة أكثر من باقي الأعضاء الهوائية والأرضية.

- تؤثر الحرارة في اتجاه التفاعل العكوس للنشاء إلى سكرجلوكوز-1- فوسفات.

- إن تأثير الحرارة في معظم عمليات الاستقلاب ستؤثر في معدل النمو نتيجة تأثيرها في:

- تحديد نوعية الغذاء الذي سيستخدم في عمليات التمثيل.

- معدل انتقال الغذاء.

- كمية الطاقة المتاحة لعمليات التنفس.

- معدلات التخليق الحيوي لهرمونات النمو النباتية.

- درجة الإماهة (والمحتوى المائي في الخلايا).

وبشكل عام ليس من الضرورة أن يترافق معدل النمو مع زيادة معدل الاستقلاب ولكن تحت ظروف الحرارة المثالية سيترافق معدل النمو مع زيادة معدل البناء الضوئي Photosynthesis بينما يؤدي ارتفاع الحرارة عن الحرارة المثالية Optimal temperature إلى انخفاض معدل البناء وبدء الجفاف Desiccation نتيجة ارتفاع معدل النتح Transpiration وتثبت جميع الدراسات أن ارتفاع الحرارة يرتبط مع زيادة معدل الهدم (التنفس) Respiration عن معدل البناء Photosynthesis.

وبشكل عام فإن درجة الحرارة المثالية لنمو أي شجرة فاكهة تتوقف على:

-1- التركيب الوراثي.

-2- درجة التطور (بادرة فتية- شجرة ناضجة- شجرة هرمة).

-3- مدة التعرض لدرجة الحرارة وزمن التعرض لها.

-4- مرحلة النمو (خضري- زهري- ثمري).

وبناء على ذلك تتحمل شجرة الفاكهة في المناطق المعتدلة حرارة أعلى بالمقارنة مع أشجار الفاكهة في المناطق الباردة Arctic بينما أشجار الفاكهة الاستوائية Tropical species فإنها تتحمل ارتفاع الحرارة أكثر من أشجار الفاكهة في المناطق المعتدلة Temperate zone fruit.

مثال على ذلك تتحمل أشجار نباتات المناطق Arctic plants الحرارة المنخفضة وتعد درجة الحرارة 10م مثالية للنمو وتتحمل حتى الصفر المئوي وتحت الصفر لفترات قصيرة بينما أشجار الفاكهة المعتدلة لا تنمو عند انخفاض درجة الحرارة عن 5°م وتعتبر الحرارة المثالية 25-35°م وتستمر بالنمو عند ارتفاع الحرارة إلى 35-40°م أما أشجار الفاكهة الاستوائية فتبدأ بالنمو عند حرارة 10°م وتعد الحرارة المثالية للنمو 30-35°م وتتحمل ارتفاع الحرارة حتى 45°م (المخطط، 9).

	الحرارة المثالية للنمو Optimum temp	بدء النمو	تتحمل الحرارة حتى
أشجار المناطق الباردة Arctic plants	10		0
أشجار فاكهة المناطق المعتدلة Temperate zone fruit trees	35-25	5	40-35
أشجار الفاكهة الاستوائية Tropical fruit trees	35-30	10	45

المخطط (9): درجات الحرارة المثالية لنمو أشجار الفاكهة في المناطق الباردة والمعتدلة والاستوائية.

وبشـــكل عام فإن درجة الحرارة التي تحدث فيها معظم العمليات الحيوية Biological processes تنحصـــر فيما درجة الحرارة التي يتهدم فيها البروتين (هدم- تخثر) ودرجة التجمد: لأن عند هذه الدرجة يتجمد جزيء الماء. وبالتالي يجب ألا تنخفض درجة الحرارة إلى درجة التجمد ولا ترتفع إلى الدرجة التي يبدأ عندها البروتين بالهدم Denaturation.

بين هاتين المنطقتين تنحصر درجات الحرارة العظمى والصغرى والمثلى (Optimum- Minimum- Maximum) المناسبة لنمو وتطور شجرة الفاكهة.

معظم البذور تتحمل الارتفاع أو الانخفاض في درجة الحرارة مقارنة مع باقي أجزاء النبات بسب ارتفاع محتوى المادة الجافة.

تعتبر الحرارة عامل أســاســي في توزيع وانتشــار النباتات وذلك لأن لها دوراً مباشــراً مع عمليات الاستقلاب وبالتالي على انتشار النبات في منطقة دون منطقة أخرى.

بشـــكل عام تتميز درجات الحرارة في المناطق الاســـتوائية بالثبات بينما في المناطق المعتدلة نجد تقلبات فصلية في درجات الحرارة (ربيع- صيف- خريف- شتاء) وبالتالي نجد أن أشــجار فاكهة المناطق المعتدلة لها اســتراتيجية معينة للبقاء والاســتمرار وتحمل التباينات الحرارية المختلفة عبر فصول السنة فهناك مراحل نشاط ومراحل سكون (سكون

البذور– ســـكون البراعم– الأزهار) كل هذه هي عبارة عن طرق لتجاوز المراحل الحرجة في حياة شجرة الفاكهة والتي قد تطول أو تقصر بحسب المنطقة وحسب نوع الشجرة.

هناك تفاعل بين درجة الحرارة وتأثير الفترة الضـــوئية، فهناك العديد من النباتات التي يجب أن تتعرض إلى درجات حرارة منخفضـــة حتى تزهر، ويطلق على هذه العملية أو الظاهرة اسم الارتباع.

ولا بد من الإشـــارة جزئياً إلى أن المعاملة بالجبرلين تســـاعد على إزهار النباتات ولكن لاتحل كلياً محل ظروف الحرارة المنخفضـة أو الاحتياجات الضـوئية إنما يمكن للجبرلين أن يحل جزئياً محل ظروف النهار أو درجة الحرارة.

هناك فرضـــيات تثبت وجود مواقع للاســـتجابة لدرجات الحرارة المنخفضـــة في المناطق القمية والميرســـتيمية نتيجة وجود هرمون الفيرنالين (وكما في الفلورجين فكلاهما هرمونان غير معزولان كيميائياً وما تزال فرضـــية الفيرنالين والفلورجين نظرية) ومن أجل ذلك لا يمكن عد الجبرلين مثل الفيرنالين.

الإشعاع أو الضوء:

يتراوح طيف الإشـعاع من أشـعة الكوزميك (طول موجي 10^{14} cm) وحتى أمواج الراديو (طول موجي 10^{6}cm).

الضـوء جزء من الأشـعة المرئية و له دور مهم في نمو وتطور النبات في مراحل مختلفة بالمقارنة مع باقي الإشعاعات.

يؤدي امتصـــاص الأشـــعة الحمراء البعيدة Infrared من قبل النبات إلى زيادة درجات الحرارة في النبات نفسه بينما لا تمتص النباتات أشعة الراديو ذات طول الموجة الأكبر.

الأشـعة قصـيرة الموجة (بالمقارنة مع الضـوء) مثل UV, X وأشـعة الكوزميك وجزيئات α وβ لها دور مهم في احداث طفرات في أشـــجار الفاكهة وبالتالي حدوث تغيرات في التخليق الشكلي.

أشـعة UV (التي تملك جزئياً أقل طول موجي) تمتص من الفضـاء الخارجي وتعد مميتة للأحياء الدقيقة ولكنها مؤثرة في النباتات الراقية خاصة على الأنسجة السطحية.

ثبت في العديد من الدراســـات أن أشـــعة UV ليس لها أي دور يذكر في نمو وتطور أشــجار الفاكهة النامية بمراحل مختلفة تحت ظروف البيت الزجاجي والبلاســتيكي الذي يمتص كامل الـ UV.

هناك مواد كيميائية معينة في النبات تمتص الضـــوء بأطوال مختلفة هذه المواد هي الأصـبغة. مثلاً يمتص الكلوروفيل الضـوء في المنطقة الحمراء والزرقاء من الطيف ويقل الامتصـاص في المنطقة الخضـراء من الطيف وبسـبب انعكاس الضـوء الأحمر أو نفاذه تبدو الكلوروفيل لنا على أنها بلون أخضر.

تتراوح ألوان الأصـــبغة النباتية بدءاً من أول لون في الطيف المرئي إلى آخر لون من بنفسجي- أزرق- أخضر- أصفر- أورانج- أحمر.

تشــمل عملية التركيب الضــوئي على عدة أصــبغة إضــافة للكلوروفيل مثل الكاروتين- الكزانثوفيل- الفيكوسيانبن- الفيكورثيرين.

تعد عملية التركيب الضــوئي من أهم العمليات التي تحدث في النبات وهي مؤشــر مهم للنمو في النبات إذ يؤدي قيام النبات بالتركيب الضوئي إلى تكوين الغذاء الأساسي لقيام النبات بعملية التنفس وبالتالي انخفاض معدل التركيب الضوئي هو مؤشر مهم لانخفاض معدل النمو ويقترن التركيب الضــوئي بوجود عامل بيئي مهم جداً هو الضــوء المسـؤول عن تحول البروتو- كلوروفيل إلى كلوروفيل، بينما باقي الأصـــبغة (أنثوســـيانين، أنثوكزانثين- بيتاسيانين) فهي ذوابة في الماء وتظهر في العصير الخلوي للفجوات.

يتراوح لون الأنثوســيانين من البنفســجي- الأزرق- الوردي- الأحمر حســب درجة PH المحلول، أما الأنثوكزانثين فيتميز باللون الأصفر.

هذه الأصـبغة مسـؤولة عن ألوان الأزهار ولها دور مهم في جذب الحشـرات في أشـجار الفاكهة خلطية التلقيح.

هناك صبغة نباتية لها دور مباشر في النمو والتطور هي الفيتوكروم Phytochrome (ذات لون أزرق شاحب) تنتشر في خلايا النبات بتراكيز منخفضة جدا وهي المسؤولة عن تكوينً أي لون مرئي حيث يعد الفيتوكروم مستقبل ضوئي Photoreceptor في النبات.

الفصل الثاني

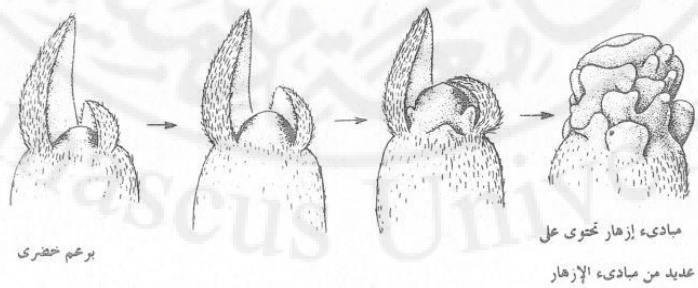
فيزيولوجيا الإزهار والإثمار

Flowering and fruiting physiology

2-1-التغيرات التي تحصل في شجرة الفاكهة عند الانتقال للإزهار:

تحمل عملية الإزهار في طياتها مدى واسع من التغيرات المورفولوجية والفيزيولوجية، وأول هذه التغيرات وأكثرها خطورة هو تحول المناشئ الخضرية للساق إلى المناشئ الزهرية، ومع مرور الوقت تحدث تغيرات بيو-كيميائية تؤدي إلى تغير في طرز التكشف الخاصة بأنسجة الورقة، البرعم والساق إلى الأنسجة التي تنتج الأعضاء التكاثرية، الكرابل، والأسدية مع الأجزاء الزهرية مثل السبلات والبتلات.

ويتبع عملية الدفع الزهري أو التنبيه الزهري Flower induction or initiation تطور الأجزاء الزهرية الفردية ثم النضج الزهري فالتفتح. وإذا حدث تنبيه بيوكيميائي للميرستيم يتحول من الحالة الخضرية إلى الحالة التكاثرية فيكون نتيجة ذلك حدوث تغيرات ميكروسكوبية متناسقة حيث يبدأ شكل البرعم بالتغير إذ يقل نمو الجزء المركزي من البرعم ويصبح شكل البرعم مفلطحاً على عكس الشكل المخروطي المميز له وهو في الحالة الخضرية، ثم تتكون نتوءات صغيرة حول الميرستيم بترتيب حلزوني. (الشكل، 10)



الشكل (10): تحول البرعم الخضري إلى برعم زهري.

على الرغم من أن مرحلة التكشف الزهري تماثل إلى حد كبير التكشف الخضري إلا أن الاختلاف الأساسي بينهما عدم استطالة المحاور بين مبادئ الأزهار المتعاقبة كما هو الحال بين مبادئ الأوراق.

تعد عملية تحول البرعم الخضري إلى زهري غير عكوسة في معظم النباتات إذ تستمر الأجزاء الزهرية بالتطور حتى مرحلة تفتح الزهرة حتى ولو تغيرت الظروف البيئية القائمة خلال فترة التنبيه الزهري، وأثناء تفتح الزهرة تكون عملية الانقسام الاختزالي قد انتهت وتم تكوين حبوب اللقاح والكيس الجنيني ويصبح النبات في هذه المرحلة مهيئاً للخطوة التالية في التطور وهي الإثمار.

دور C/N في الإزهار:

هناك اعتقاد بأن جميع عمليات النمو والتطور في النبات يمكن تفسيرها أو تنظيمها من خلال ضبط عمليات التغذية، وكذلك الأمر بالنسبة للعملية المهمة المتعلقة بالدفع الزهري حيث ثبت أنه يتم تنظيم التنبيه الزهري من خلال النسبة بين الكربوهيدرات/النتروجين.
معروف فيزيولوجياً أن:

الاستمرار في إضافة النتروجين يساعد على استمرار النمو الخضري وخفض معدل الإزهار.

انخفاض معدل النتروجين مع بقاء معدل التركيب الضوئي ضمن الحدود الطبيعية يؤدي إلى بدء النشوء الزهري.

انخفاض معدل النتروجين مع انخفاض معدل التركيب الضوئي يؤدي إلى انخفاض معدل النمو الخضري والزهري.

ومن هنا جاءت دراسات عديدة تثبت دور الكربوهيدرات المباشر في النشوء الزهري ودور النتروجين المباشر في النمو الخضري.

وتجدر الإشارة إلى أن توفر الحالة الغذائية للنبات بالصورة المثالية لا يعني حدوث الدفع الزهري من دون أن يسبق ذلك مؤشرات تتعلق بحدوث التنبيه الزهري فكثير من أشجار الفاكهة تبدأ في تنبيه مناشئ الأزهار قبل إزهارها بعدة شهور ففي التفاح مثلاً يتم تنبيه

البراعم الزهرية بدءاً من حزيران وحتى آب بحسب الصنف إلا أن عملية الإزهار نفسها تحدث في الربيع التالي. وفي الفريز يتم تنبيه الإزهار في آب وأيلول ويكون الحمل الغزير في حزيران.

دور هرمونات النمو Role of plant hormones

يتم استخدام العديد من منظمات النمو بشكل خارجي لدفع الإزهار فقد استخدم الأوكسين لدفع الإزهار في الأناناس وعزي ذلك إلى دور الأوكسين في إنتاج الإيتلين وتمت الاستعاضة عنه باستخدام مركبات منتجة للإيتلين مثل الإيتيفون.

نشوء الأزهار: Flower induction

لا تزال الأسس الكيماوية الحيوية لعملية الإزهار غير معروفة على وجه الدقة إذ يلعب العامل الهرموني دوراً فاعلاً (هرمون الفلوريجين) كذلك تأثير درجة الحرارة (والفترة الضوئية المرافقة لها) على الدفع الزهري وتطور الأزهار.

وعلى الرغم من أنه لم يتم عزل هرمون الفلوريجين إلا أنه ثبت بالدراسات العديدة أن الفلوريجين ليس هو الأكسين على الرغم من أن الأوكسين له دور مهم في نشوء الأزهار فقد لوحظ أنه يمكن تنشيط إزهار نبات الأناناس بالمعاملة بالإيتلين والأوكسين ودور الأوكسين هو زيادة معدل إنتاج الإيتلين.

كذلك تم التحكم بمشكلة تبادل الحمل Alternative bearing في التفاح باستعمال بعض المواد المثبطة للنمو مثل الألار – SADH (Succinic acid 2,2– dimethyl hydrazid) إذ تعمل هذه المواد على تثبيط إنتاج الجبرلين وانخفاض معدل النمو الخضري مما يشجع الدفع الزهري بالموسم التالي.

تنشيط العقد: Promotion of fruit set

تمت دراسة العلاقة بين الأوكسينات الطبيعية والإثمار. لوحظ أن استخدام بعض مشتقات الأوكسين تجارياً إلى تنشيط عقد الثمار بدون عملية التلقيح (العقد البكري) كما في العنب، ولكن أدى استخدام الأوكسين إلى إلحاق الضرر ببعض ثمار الفاكهة مثل التين إذ زادت ليونة الثمرة وزاد معدل التشوه عن الشكل الطبيعي المعروف لثمار التين.

كذلك لوحظ دور الجبرلين في إنتاج أصناف عنب لا بذرية (كما في صنف Delaware)

وبشكل عام وكما هو معروف فإن طور النمو التكاثري في النبات يبدأ من خلية البيضة الملقحة التي تمر بثلاث مراحل تطورية هي:

1- الانقسام الخلوي.

2- الاستطالة الخلوية.

3- التكشف.

يعد تكوين الجنين هو نواة النبات الكامل بما يحويه من ميريستيمات جاهزة لتكوين الأعضاء في النبات البالغ.

2-2-الفرق بين الميريستيم الخضري و المريستستيم الزهري:

يختلف الميريستيم الخضري عن الزهري في أن:

1- الميريستيم الخضري غير محدود في نموه وتطوره بينما يتميز الميريستيم الزهري بأنه محدود النمو إذ يتوقف عن النمو بعد تكوين الأعضاء الزهرية.

2- يمكن للميريستيم الخضري أن يتحول إلى زهري عند مرحلة الدفع الزهري ونشوء الإزهار.

3- يحتوي الميريستيم الخضري على مبادئ نشوء الأوراق الخضرية بينما يحتوي الميريستيم الزهري على نشوء مبادئ الأعضاء الزهرية (السبلات – البتلات – الأسدية والكرابل).

2-3-مراحل تكوين البرعم الزهري: Stages of flower bud formation

1- الميريستيم القمي .Apical meristem

2- القمة النامية .Shoot tip

3- السبلات والبتلات .Sepals and petals

4- خلية الكيس الجنيني .Embryogenic sac cell

5- المئبر والمبيض .Anthers and ovary

6- حبوب اللقاح والبويضة .Microspores and ovule

2-4-العوامل المؤثرة في تكشـــف البرعم الزهري: Differentiation of flower bud

1- عوامل فيزيا – كيميائية.

2- عوامل بيئية.

3- عوامل وراثية.

1- العوامل الفيزيا- كيميائية: Physio-chemical factors

1- تراكم السكريات في العصير الخلوي.

2- تكوين المواد الكربوهيدراتية الذائبة الكلية (TSS).

3- انخفاض المحتوى النتروجيني له دور منشـــط ومحفز في الدفع الزهري وتكوين الأزهار.

4- نسبة الكربون / النتروجين C/N إذ تؤدي زيادة هذه النسبة إلى نشوء وتطور الأزهار بينما يؤدي انخفاضها إلى النمو الخضري.

5- تركيز البوتاســيوم + الفوســفور P+K إذ تحتوي البراعم الزهرية تركيزاً أكبر من هذين العنصرين مقارنة مع البراعم الخضرية.

6- محتوى البروتين: تؤدي الزيـادة في المحتوى البروتيني الكلي إلى زيـادة معـدل الدفع الزهري وتكون الأزهار.

7- التغذية المائية والمعدنية بالصورة الجيدة لها دور مباشر في الدفع الزهري.

8- الحالة الفيزيولوجية للنبات الأم لها دور مباشـــر فاعل في هذه المرحلة (نبات سليم وغير مصاب أو مجهد).

9- هرمونات النمو النباتية (زيادة المنشطات وانخفاض المثبطات)

10-عمليات الاستقلاب: زيادة معدل البناء وانخفاض معدل الهدم.

11-العمر الفيزيولوجي للنبات: فالبادرات الصغيرة لا تزهر:

- لأنها لم تصل إلى العمر الفيزيولوجي المناسب للإزهار (لا تزال في طور الفتوة).
- انخفاض حجم المجموع الورقي (مساحة الأوراق وعددها) اللازم لبدء الإزهار.
- انخفاض نسبة المحتوى الكيماوي (سكريات وبروتينات .....).

2- العوامل البيئية Environmental factors

1- الضوء Light

يؤثر الضوء بشكل مباشر في عملية التركيب الضوئي وتراكم السكريات بالتالي في الدفع الزهري ونشوء الأزهار. وبشكل عام تختلف الشدة الضوئية:

- من مكان إلى آخر (باختلاف منطقة الزراعة).
- كذلك ضمن الشجرة الواحدة إذ تحصل الأجزاء الخارجية والعليا من الشجرة على كمية إضاءة أكبر من الأجزاء السفلى والداخلية.
- كما تؤثر طريقة الزراعة والكثافة الزراعية وطريقة التربية المتبعة في الشدة الضوئية.

2- الرطوبة Humidity

الأرضية أو الجوية إذ يؤدي زيادة معدل الهطول المطري إلى تثبيط الدفع الزهري لأن هذا العامل يزيد من طور النمو الخضري ويؤخر من بلوغ الطور التكاثري.

يؤدي الري المنتظم بالصورة المثالية إلى بلوغ الطور التكاثري في الوقت المحدد.

3 - التربة Soil

يؤدي زيادة معدل التسميد النتروجيني إلى زيادة معدل النمو الخضري بينما يتم تثبيط النمو الخضري وتحريض الدفع الزهري عند خفض معدل التسميد النتروجيني.

2-5-الإزهار والتلقيح والإخصاب وعقد الثمار

Flowering, pollination, fertilization and fruit set

تطور الثمار Fruits development

تقسم مراحل تطور الثمرة إلى:

1- تنبيه تكوين أنسجة الثمرة Stimulation of fruit tissue formation

2- تطور ما قبل التلقيح Pre-pollination development

3- نمو ما بعد التلقيح After-pollination growth

4- النضج- البلوغ- الشيخوخة Maturity and senescence

1- التنبيه:

تنشأ الثمرة من خلال تنبيه المناشئ الزهرية والتي تتطور عادة ملازمة لتطور الزهرة، وترجع الزيادة في حجم الثمرة خلال مرحلة ما قبل التلقيح إلى انقسام الخلايا، أما في مرحلة ما بعد التلقيح فترجع الزيادة بالحجم إلى تمدد الخلايا.

تأتي المواد الغذائية والمنبهات اللازمة للنمو في مرحلة ما قبل التلقيح عن طريق الجسم الرئيسي للنبات. وبشكل عام تتكشف مناشئ الأسدية قبل مناشئ المبايض في الزهرة الكاملة ويعتقد أنهما مرتبطان ببعضهما ما يلاحظ أن إزالة الأسدية غير مكتملة النمو يؤثر تأثيراً عكسياً في نمو المبيض.

لوحظ أن مستخلصات المآبر تحتوي على الأوكسين وثبت أنه يمكن الاستعاضة عن إزالة المآبر بالمعاملة بالأوكسين.

2- التلقيح:Pollination

تعد هذه المرحلة من العمليات الحرجة في تكون ونمو وتطور ثمرة الفاكهة، ولعملية التلقيح وظيفتين منفصلتين:

1- تنبيه العمليات الفيزيولوجية المرتبطة بعقد الثمار وتثبيط تساقط الأزهار والثمار.

2- إمداد الأعراس المذكرة اللازمة لعملية الإخصاب.

ولتأكيد أن العمليتين منفصلتين يتم استخدام حبوب لقاح ميتة ما أدى إلى عقد الثمار إلا أن عملية الإخصاب كانت مستحيلة.

تقوم حبوب اللقاح بوظيفة مركبة حيث ثبت بالتجربة أن المستخلص المائي لحبوب اللقاح يعمل على عقد الثمار نتيجة احتواء المستخلص على الأوكسين ولكن الكمية الضئيلة من الأوكسين المتواجد في حبوب اللقاح التي تسقط على الميسم لا يمكن اعتمادها مصدراً أساسياً للأوكسين الفعلي الضروري للعقد، وهنا يبدو أن حبوب اللقاح تقوم بوظيفة مركبة إذ أنها:

1- تعمل كأنزيم منشط لبادئ الأوكسين (التربتوفان) إذ تنشط تحويل التربتوفان إلى أكسين.

2- أو أنها تعمل منشطاً للأوكسين الموجود أصلاً.

وحتى إذا ما تمت عملية التلقيح فإن عملية الإخصاب لا يشترط أن تتم، إذ لا تنبت حبوب اللقاح أحياناً، وحتى وإن نبتت فقد لا تخترق الأنبوبة اللقاحية الميسم ولا تصل إلى المبيض.

ويعتمد إنبات حبوب اللقاح على:

1- وجود وسط أوسموزي مناسب، ويتم تنشيطها عن طريق توفر مواد غير عضوية معينة مثل كبريتات المنجنيز وعناصر الكالسيوم والبورون.

2- وجود مواد تعمل بطريقة كيماوية معينة تساعد على نمو أنبوبة اللقاح حيث لوحظ في تجربة بسيطة أن وضع ميسم زهرة على بيئة آجار تحتوي على السكر والبورون وأحيط الميسم بحلقة من حبوب اللقاح موضوعة على بعد معين منه أدى إلى نمو جميع أنابيب اللقاح باتجاه الميسم.

وإذا كان نمو الأنبوبة اللقاحية بطيئاً جداً فإن ذلك سوف يؤدي إلى سقوط الميسم وربما سقوط كامل الزهرة.

إن تأثير عملية التلقيح على عقد الثمار وكذلك تأثير البذور المتكونة على نمو الثمرة يجعل التلقيح عملية هامة جداً في إنتاج الكثير من المحاصيل الثمرية، ففي التفاح والأجاص حيث يمنع عدم التوافق الوراثي من التلقيح الذاتي داخل نفس السلالة وبالتالي فإن وجود أكثر من ملقح بحيث يتميز كل ملقح بوجود حبوب لقاح خصبة يصبح ضرورياً لتأمين إتمام عملية التلقيح (عن طريق وسيط حشري غالباً).

وعموماً تقوم عملية التلقيح بعدة وظائف:

1. الإخصاب.
2. العقد الثمري بعد نجاح الإخصاب
3. نمو أنسجة الثمرة، إذ لوحظ في نخيل البلح (وهو نبات ثنائي الجنس) أن إضافة إلى دور حبوب اللقاح بوظيفة عقد الثمار والإخصاب فإن لها دوراً هاماً جداً في نمو نسيج ثمرة البلح، وفي حجم الثمرة وموعد نضجها. يعرف هذا الدور الخاص جداً لحبوب اللقاح باسم ميتاكسينا Metaxenia.

3- تطور ما بعد الإخصاب Post fertilization development

يدخل النبات عقب عملية الإخصاب في مرحلة نشاط فيزيولوجي أقصاها بعد مرحلة إنبات حبوب اللقاح مباشرة، وبهذه المرحلة يصبح البذور داخل الثمار وهي مصدر المنبهات والمواد الغذائية وفي كثير من الثمار ينشأ ارتباط مباشر أو علاقة وثيقة بين وزن الثمرة وعدد البذور فيها.

إن تأثير البذور في تطور الثمار يتم عن طريق مواد كيميائية معينة ومثال على ذلك فإن مستخلص البذور غير تامة النضج يمكنه تنبيه نمو الثمار غير الملقحة.

هناك علاقة مباشرة بين التغيرات الفيزيولوجية التي تحدث في الثمرة ووجود منظمات النمو إذ لوحظ أن مستوى الأوكسينات يصل إلى معدل منخفض جداً في وقت التساقط خاصة عند حدوث التساقط الطبيعي للثمار الذي يحدث عادة للثمار المتطورة جزئياً ويعرف هذا التساقط بستانياً باسم تساقط حزيران.

فضلاً عن دور الأوكسين بشكل مباشر في عقد الثمار ونموها وتطورها فأحياناً تشترك هرمونات نمو نباتية أخرى في نمو وتطور الثمار، حيث لوحظ وجود قمتين لنمو ثمرة العنب:

1- ترتبط القمة الأولى بزيادة معدل إنتاج الأوكسين.

2- ترتبط القمة الثانية بزيادة التمثيل الحيوي للجبرلين.

هرمون الستوكينين له دور مباشر في مرحلة انقسام الخلايا، وهذه المرحلة ضرورية من أجل زيادة حجم الثمرة في مرحلة هامة من مراحل نمو وتطور الثمار يعقبها دور الأوكسين والجبرلين في المراحل التالية للنمو والتطور الثمري.

من الاستخدامات التطبيقية لهرمونات النمو النباتية أن استخدام هرمون الجبرلين بتركيز 20 جزء بالمليون أدى إلى مضاعفة حجم ثمار عنب المائدة المعد للتصنيع من صنف "Thompson seedless".

4- التغذية ونمو الثمار Nutrition and fruit growth

على الرغم من أن التحكم المركزي في نمو الثمرة يتركز أساساً في البذور إلا أن المواد الخام اللازمة لتطورها يأتي من أجزاء النبات الأخرى، وعلى ذلك فإن ظروف الرطوبة والتغذية تؤثر بشكل مباشر على حجم الثمرة، حيث لوحظ أنه لإنتاج ثمرة تفاح واحدة يلزم على الأقل وجود 40 ورقة على شجرة التفاح البالغة، وإذا اختلت هذه النسبة 40:1 نتيجة الحمل الزائد والعقد المرتفع للثمار فإن حجم الثمرة الواحدة سيقل، وكذلك مواصفاتها النوعية، ومن هنا تأتي أهمية عملية الخف.

5- النضج Maturity

تعد مرحلة الكليماكتريك من العمليات الفيزيولوجية النهائية التي تدل على نهاية مرحلة البلوغ والنضج وبدء شيخوخة الثمار إذ تتميز بارتفاع حاد ومفاجئ في معدل تنفس الثمار وتحدث تلقائياً بدون مؤثر خارجي، ثم يعود معدل التنفس إلى ما كان عليه (أو أقل مما كان عليه) قبل الوصول إلى هذه المرحلة.

ترتبط مرحلة نضج الثمار مع عدة تغيرات مثل تغير اللون إذ تكتسب الثمار اللون المميز للصنف كذلك تتحول المواد المعقدة إلى مواد بسيطة ويتم هذا التحول مباشرة بعد هذا الارتفاع المفاجئ بعملية التنفس وبدء الهدم (كما في التفاح والكمثرى والموز).

تتغير مدة ودرجة استمرار ذروة التنفس فقد تكون مدة قصيرة كما في الأفوغادو أو طويلة كما في التفاح.

تحدث عدة تغيرات فيزيولوجية أثناء هذا الارتفاع بمعدل التنفس:

*- تنخفض درجة حموضة محلول السيتوبلاسم وتزيد معدل النفاذية في الأغشية الخلوية وبالتالي ينتقل سكر الفركتوز المتراكم سابقاً في الفجوات إلى داخل السيتوبلاسم ويصبح مادة مناسبة لارتفاع معدل التنفس.

*- هناك دور مهم لمركبات الطاقة في الســـيتوبلاســـم إذ يتم تخزين جزء من الطاقة المنطلقة بعملية التنفس تساعد في تحول ADP إلى ATP وذلك بإضافة جزيء فوسفات إلى الـــــ ADP ثم يتم بعد ذلك تكسـير هذه الرابطة لإطلاق الطاقة التي تسـتخدم في عمليات التمثيل المختلفة، وعلى ذلك يعتقد أنه خلال بلوغ الثمار يزيد حجم الخلايا مع زيادة معدل التمثيل البروتيني ويطرأ نقص في كمية ADP ولكن مع إتمام عملية البلوغ الثمري تتزايد كمية ADP ويزيد معدل التنفس.

وجد أن إضافة ADP إلى أنسجة ثمار غير بالغة تسبب في زيادة معدل التنفس، إلا أنه مع اكتمال البلوغ يقل هذا التأثير حتى يفقد تماماً عند حدوث هذا الارتفاع الحاد المفاجئ في شدة التنفس.

*- لوحظ ارتفاع معدل RNA في الثمار يعقبه زيادة في الأنزيمات (أنزيمات التمثيل Synthetase وأنزيمات التحلل Hydrolases وأنزيمات الأكســـدة Oxidases). ويوضح الشكل (11) شكل ثمار بعض أصناف من الأجاص.

الشكل (11): شكل ثمار بعض أصناف الأجاص.

2-6-مراحل نمو وتطور ثمرة الفاكهة:

بعد نجاح عمليتي التلقيح والإخصـــاب فإن ثمرة الفاكهة تمر بعدة مراحل من بدء تكوينها وحتى تمام النضج:

1- مرحلة عقد الثمار:Fruit set stage

تتحول الزهرة إلى ثمرة صـغيرة وذلك بعد التلقيح والإخصـاب ويترافق ذلك مع ذبول باقي أجزاء الزهرة وتساقط البتلات ومعظم الأجزاء الزهرية الأخرى.

2- مرحلة نمو الثمار:Fruit growth stage

يبدأ المبيض بالنمو بعد تمام العقد وذلك لتكوين الثمرة، وعادة ما يتم النمو عن طريق نمو أنسـجة المبيض التي تنشـط بعد التلقيح ويتكون الجنين والإندوسبيرم، أما زيادة الثمرة بالحجم فيكون نتيجة عدة عوامل حيث تمر الثمرة بعدة أطوار تكون محصـــلتها تكوين الثمرة الناضجة المميزة للصنف من حيث اللون والنكهة والرائحة وتشمل هذه الأطوار:

أ- طور الانقسام الخلوي:Cell division phase

يتميز هذا الطور بارتفاع معدل نشاط الخلايا حيث تنقسم بصورة مستمرة، كذلك يتميز بـارتفـاع معـدل التنفس والهـدم في الخلايـا، ويختلف طول الفترة التي يســـتغرقها هذا الطور من نوع نباتي إلى آخر، ففي ثمار الفريز والأجاص قد يستمر حتى اكتمال النمو.

ب- طور الاستطالة الخلوية:Cell elongation phase

وفي هذا الطور تتحول الخلايا الميرسـتيمية من ميرسـتيمات نشـطة إلى نسـيج بارانشيمي، ويزيد حجم الخلايا نتيجة تراكم السكر والماء في الفجوات العصارية، وتتصـلب جدر الخلايا نتيجة تراكم وترسـب المواد البكتينية وتصـل الثمار بنهاية هذا الطور إلى الحجم النهائي والمميز للصنف.

3- مرحلة اكتمال النمو: Growth stage

يكتمل حجم الثمرة ولا تلاحظ تغيرات ملحوظة في الحجم بعد ذلك يكتمل التكوين الداخلي للثمرة من حيث السكريات-النشاء-الأحماض....

ملاحظة: (في بعض الثمار يمكن أن تفصـــل الثمرة عن الشـــجرة بعد انتهاء هذا الطور ويمكن للثمرة أن تســتمر بالنضــج بحالة طبيعية كما لو كانت على النبات الأم، كما في الموز) (الشكل 12 و13)

الشكل (12): بدء تكون ثمرة الموز.

الشكل (13): مراحل نمو ثمرة الموز.

4- مرحلة النضج:Maturity stage

هي المرحلة التي تصبح فيها ثمرة الفاكهة صالحة للأكل بالصورة المميزة للصنف من حيث الشكل-الحجم-اللون-النكهة-الرائحة. وفي هذه المرحلة تكتسب الثمرة اللون المميز – يتحول النشاء إلى سكر – تقل نسبة المواد القابضة- يلين جدار الثمرة- تبقى الثمرة بحالة جيدة وتقوم بالعمليات الفيزيولوجية كافة.

5- مرحلة الشيخوخة:Spinescence stage

تقل فيه حيوية الخلايا، وتفقد الخلايا قدرتها على القيام بالعمليات الفيزيولوجية المختلفة، وفي نهاية هذا الطور تتحول الثمرة إلى مجموعة من الأنسجة اللينة غير الحية، وتتحلل محتوياتها من سكريات وأحماض إلى $H_2O + CO_2$ وتصبح عرضة للإصابة بالأمراض الفيزيولوجية.

تختلف ثمار الفاكهة بمراحل نموها: - Double sigmoid – Simple sigmoid.

1- ففي الحمضيات-التفاح-الفريز تسلك الثمار منحنى نمو ذا دورة واحدة Simple sigmoid

2- أما بعض الثمار الأخرى مثل الخوخ-الدراق-المشمش-العنب-الزيتون-التين فتسلك المنحنى ذو الدورتين Double sigmoid

3- وتجدر الإشارة هنا إلى أن هناك ثماراً لبعض أشجار الفاكهة ذات النواة الحجرية ذات منحنى متعدد الدورات Multi sigmoid إذ يتوقف النمو في مراحل تكوين الخلايا الحجرية.

يمكن استخدام بعض الهرمونات النباتية للتحكم في شكل منحني النمو، فمثلاً يمكن اختصار الدورة الثانية في نمو ثمار التين عن طريق المعاملة بالأوكسينات، ويؤدي ذلك إلى الإسراع من اكتمال نمو الثمار.

وتوضح الأشكال (14) و(15) مراحل نمو ثمرة الدراق والعنب على التوالي.

الشكل (14): مراحل نمو ثمرة الدراق.

الشكل (15): مراحل نمو ثمرة العنب.

ملخص عام لمراحل تكون الثمار:

- نشوء وتكون البرعم الزهري Flower induction and formation

- التلقيح Pollination

- الإخصاب Fertilization

- المبيض ____ ثمرة Ovary_____ Fruit

- البويضة_____ بذرة Ovule _____ Seed

-غلاف البويضة____ غلاف البذرة Integument _____ Testa

- النوسيل_____ النسيج المغذي Nucellus_____ Perisperm

النواة الذكرية الأولى + النواتين القطبيتين _____ نسيج مغذي (أندوسبيرم 3 ن)

Sperm nuclei (1n) + 2 polar nuclei (2n)___Nutrition tissue (Endosperm)

النواة الذكرة الثانية + نواة البيضة _____البضة الملقحة

Sperm nuclei (1n) + Egg nuclei (1n) _____ Zygote (2n)

البيضة الملقحة _____جنين _____نبات كامل.

Zygote (2n) ⟶ Embryo(2n) ⟶ Whole plant (2n)

ويوضح الشكل (16) مراحل نمو التمر

الشكل (16): مراحل نمو التمر.

2-7-التغيرات التي تحدث أثناء نمو ونضج الثمار:

1- التغيرات الطبيعية والكيماوية.

2- التغيرات المورفولوجية والفيزيولوجية والتشريحية.

1- التغيرات الطبيعية والكيماوية:

هناك العديد من التغيرات الطبيعية والكيماوية التي تحدث في أثناء نمو وتطور ثمرة الفاكهة منها:

أولاً: التغيرات الطبيعية:

أ- تغير في الحجم:

إذ يزيد حجم الثمار خلال مراحل النمو، والسبب الرئيسي لزيادة حجم الثمار هو عمليتي الانقسام والاستطالة وبالتالي يتأثر حجم الثمرة النهائية بعدد من العوامل المتعلقة بعمليات الخدمة وعوامل بيئية مثل:

أ- **الرطوبة والري:** يؤدي توفر الماء بالصورة المثالية إلى تكوين ثمار عصيرية جيدة وذات حجم جيد، وعلى العكس تؤدي ظروف الجفاف إلى انخفاض معدل الانقسام والاستطالة وتكوين ثمار صغيرة.

ب- **التسميد:** من أهم العوامل التي تتحكم بحجم ثمرة الفاكهة وذلك خلال الأطوار المختلفة لنمو الشجرة (الخضري والزهري والثمري) فالنمو الخضري الجيد يؤدي إلى تكوين ثمار جيدة كبيرة الحجم، بينما تفقد الأشجار ذات النمو الخضري المتضرر قدرتها على الإزهار الجيد والعقد الجيد.

ومن الجدير بالذكر أنه يجب مراعاة نوعية السماد وكمية السماد المضاف بحسب كل مرحلة من مراحل نمو شجرة الفاكهة، وبشكل عام يؤدي عدم التسميد الجيد إلى تكوين ثمار صغيرة الحجم.

ج- **درجة الحرارة:** يؤدي الإجهاد الحراري (حرارة مرتفعة جداً أو منخفضة جداً عن الحد

الأمثل) إلى تكوين ثمار صغيرة الحجم مقارنة مع الظروف الحرارية المثالية.

د- **كمية الثمار على الأشجار:** كلما زاد عدد الثمار على الشجرة الواحدة كلما زاد معدل التنافس على الماء والغذاء وكلما أدى ذلك إلى تكوين ثمار صغيرة الحجم وبالتالي

فإن الشروط المثالية التي تحقق توازناً بين المجموع الخضري والمجموع الزهري والثمري.

ب- تغير في الوزن:

تترافق الزيادة في الحجم في المراحل الأولى من نمو الثمرة (حيث يزيد معدل الانقسام والاستطالة) مع الزيادة في الوزن، أما في المراحل الأخيرة لنضج الثمار فترجع الزيادة في الوزن إلى مخزون الثمرة من الماء والمواد المختلفة المخزنة فيها.

جـ- تغير في الشكل:

تحدث تغيرات ملحوظة في شكل الثمار خلال مراحل النمو المختلفة، فمثلاً تأخذ ثمار الأجاص الشكل الكروي في بداية العقد ومع تقدم النمو تكتسب الشكل الكمثري، كذلك في

ثمار الموز حيث تكون في بداية العقد مثلثية الشكل ثم كروية ثم تكتسب الشكل المنحني في المراحل الأخيرة. (توضح الأشكال 17 و18 التغيرات الشكلية والحجمية في ثمار الحمضيات والعنب على التوالي).

الشكل (17): التغيرات الشكلية والحجمية ثمار الحمضيات.

الشكل (18): التغيرات الشكلية والحجمية في ثمار العنب.

ثانياً: التغيرات الكيميائية:

يختلف التركيب الكيماوي لثمرة فاكهة عن ثمرة فاكهة أخرى بسبب اختلاف عوامل الوراثة والبيئة، ومن المهم معرفة التركيب الكيماوي لثمرة الفاكهة لأنه يرتبط بصـــفات الثمرة حيث تؤثر الســكريات والفينولات والأحماض على الطعم بينما تؤثر البكتينات على درجة الصلابة وتؤثر نوعية الأصبغة وتركيزها فياللون.

ويختلف التركيب الكيماوي لثمرة الفاكهة باختلاف مراحل نمو الثمرة، ومن أهم المكونات الكيماوية في الثمار:

1- الماء: Water

تحتوي معظم ثمار الفاكهة على أكثر من 75% ماء (حيث يبلغ المحتوى المائي 76% في الموز و90% في الفراولة و81% في العنب و89% في الليمون و85% في التفاح و89% في الخوخ و86% في الدراق و83% في الأجاص و85% في التفاح والمشمش).

ومن الجدير بالذكر أن المحتوى المائي يختلف إلى درجة كبيرة بحسب موعد جني الثمار (بعد النضج الكامل أو جمعها في مرحلة ما قبل النضج).

2- المواد الكربوهيدراتية Carbohydrates:

من أهم المواد الكيماوية بعد الماء، إذ تعد مصدراً للطاقة ومكسباً للطعم ولها دور في صـلابة الثمار، وبشكل عام يتراوح تركيز السكريات في ثمار الفاكهة بين 2-25% (22% في الموز و8,4% في الفراولة و9,5% في الليمون و17% في العنب و14% في التفاح و15% في الكمثرى و13% في المشـــمش و10% في الخوخ و12,3% في الدراق).

وتشمل المواد الكربوهيدراتية على:

- السكريات الأحادية: ثلاثية (مثل ألدهايد جليسرين) – خماسية (زيلوز – رايبوز) – سداسية (جلوكوز وفركتوز).
- السكريات الثنائية (السكروز – المالتوز) والثلاثية (رافينوز)

- ❖ السكريات العديدة من عدد كبير من جزيئات السكر الأحادية (أهمها السداسية) مثل النشاء والسكر.
- ❖ مشتقات السكر مثل السكريات الكحولية – الأحماض السكرية – الإسترات والجلوكوزيدات.

وعادة ما تخزن المواد الكربوهيدراتية بصورة نشاء ويتحول إلى سكريات بسيطة أثناء النضج (وبشكل عام تتميز فاكهة المناطق الإستوائية بنسبة سكر أكثر من فاكهة المناطق المعتدلة) ويتم تحلل النشاء إلى مكوناته البسيطة نتيجة نشاط عدة أنزيمات مثل: (أنزيم الأميليز: α أمليز يحول النشاء إلى ديكسترين و β أمليز يحول النشاء إلى ديكسترين ومالتوز و أنزيم المالتيز: يحول المالتوز إلى جلوكوز).

وبشكل عام يزيد تركيز المواد السكرية في الثمار مع النضج نتيجة تحلل المواد المعقدة إلى مواد بسيطة.

3- الأحماض العضوية: Organic acids

مثل:الأحماض العضوية عديدة الكربوكسيل: (مثل حمض الستريك – حمض الماليك) و الأحماض السكرية(حمض الجلوكونيك والجالاكتونيك) و الأحماض الأمينية (حمض الجلوماتيك والأسبارتيك).

وتختلف نوعية الأحماض بحسب اختلاف نوع الثمرة حيث تحتوي ثمار الحمضيات على حمض الستريك، أما ثمار العنب فتحتوي على حمض الطرطريك، ويوجد حمض الماليك في ثمار التفاح والموز والدراق.

كذلك تختلف نسبة الحموضة بحسب اختلاف الثمار إذ تتراوح من 0,1-0,4% في ثمار المانجو ومن 0,2 – 0,3% في الموز و0,7 – 1% في البرتقال وتصل إلى 7% في الليمون.

وعموماً يقل الطعم الحامض مع تطور نضج الثمرة ماعدا الثمار الحامضية كالليمون، وتجدر الإشارة هنا إلى انخفاض الحموضة ليس بالضرورة أن يترافق مع انخفاض كمية

الحمض، فقد تبقى كمية الحمض ثابتة أو تزيد ولكن قد تترافق هذه الزيادة مع زيادة في تركيز السكر ما يؤدي إلى انخفاض معدل الحموضة.

تعتبر درجة الحلاوة والحموضة مؤشرين مهمين لتحديد موعد نضج الثمار وبالتالي جني المحصول، وأحياناً تستخدم نسبة السكر/الحمض مؤشراً هاماً لتحديد الموعد الأمثل للجني (كما في ثمار الحمضيات والعنب).

4- المواد البكتينية:Pectins

وحدات متعددة من حمض الجالاكتورينك ترتبط ببعضها بروابط جليكوزيدية ومجموعات ميثانول ويدخل بتركيبها مواد أخرى مثل الجالاكتوز – الزايلوز – الأرابينوزوتشمل حمض البكتيك (لا يحوي مجموعة ميثيل) – حمض البكتينيك والبكتين (كلاهما غير ذائب في الماء ويحوي مجموعات ميثيل) – البروبكتين (غير ذائب في الماء).

للمواد البكتينية دوراً مهماً في تركيب الجدر الخلوية (فضلاً عن السللوز والهيمي سللوز) كذلك تدخل في تركيب الصفيحة الوسطى للخلية، وتختلف نسبة المواد البكتينية بحسب ثمرة الفاكهة حيث تصل إلى 30 – 35% في قشرة ثمار البرتقال والليمون و17% في التفاح.

وتزيد نسبة المواد البكتينية بالصورة غير الذائبة في الثمار غير الناضجة ومع تقدم تطور ونضج الثمرة تتحول المواد البكتينية إلى الصورة الذائبة مما يفقد الثمرة صلابتها ويكسبها الليونة المرغوبة.

تتحد المواد البكتينية أحياناً مع عنصر الكالسيوم وتكون بكتات الكالسيوم غير الذائبة في الماء والتي لها دور كبير في المحافظة على الصلابة.

تختلف سرعة تحلل المواد البكتينية في أثناء النضج بحسب نشاط الأنزيمات المحللة مثل (البروتوبكتينيز: تحلل البروتوبكتين إلى حمض بكتينيك و بكتين ميثيل أستيراز: يحول حمض البكتينيك إلى حمض بكتيك) .

وإن النشاط الأنزيمي يزيد مع استمرار نضج الثمار، وهناك من يعتقد أن تركيز الأنزيم يبقى ثابتاً لا يتغير إنما يكون غير نشط وغير فعال في بداية العقد ويزيد نشاطه مع تطور الثمار ونضجها.

وهناك فريق آخر يعتقد أن الأنزيمات تكون مثبطة في بداية العقد نتيجة ارتباطها بمواد أخرى مثل الفينولات والتانينات ثم مع نضـــج الثمار تقل نســـبة هذه المثبطات مما يزيد نشاط الأنزيم.

5- الصبغات النباتية:Plant pigment

ويعزى إليها اللون المميز لثمرة الفاكهة، وتقسم إلى:

1- صبغات غير ذائبة في الماء: وتشمل:

- الكلوروفيل (Clorophylh): المســؤول عن اللون الأخضـــر والموجود في البلاستيدات الخضراء، ويقل تركيزه مع تقدم الثمار نحو النضج الكامل بينما يزيد نشاط الأنزيم المحلل له (كلوروفيليز).
- الكاروتين (Carotenoids): المسؤول عن اللون الأصفر والبرتقالي، ويوجد في البلاســتيدات الملونة، ويزيد تركيزه مع تقدم الثمار نحو النضـــج الكامل وتضـــم أصـــبغة الكاروتين: $\alpha - \beta$ كاروتين، والزانثوفيل Xanthophylls، والليكوبين.

2- صبغات ذائبة في الماء: وتشمل:

- الفلافونويدس Flavonoids: في الفجوات الخلوية ويتوقف اللون الذي تعطيه هذه الصبغة على درجة تركيزها ودرجة الحموضة في العصير الخلوي.
- الأنثوسيانين Anthocyanin: يعزى إليها اللون الأحمر والأحمر كما في ثمار العنب-التفاح-الخوخ-الدراق-المشمش-الرمان-الفريز. ويختلف لونها حسب درجة الحموضة إذ تكتسب اللون الأحمر في الوسط الحامضي واللون البنفسجي بالوسط المتعادل واللون الأزرق بالوسط القلوي.

العوامل المؤثرة في تلون الثمار في شجرة الفاكهة:

1- **درجة الحرارة:** إذ يمنع الانخفاض الشديد في درجة الحرارة من تكوين اللون بالشكل النهائي، بينما يؤدي توفر الحرارة المثلى للنمو والإزهار والعقد والنضج إلى تلون الثمرة بالشكل المثالي.

كذلك هناك دور مهم للتفاوت الحراري بين الليل والنهار حيث يشجع هذا التفاوت على اكتمال تكوين اللون.

2- **الضوء:** يساعد على ظهور الألوان المميزة للثمار عند النضج ويلاحظ أن الثمار الموجودة في المحيط الخارجي للشجرة قد تلونت واكتسبت اللون المميز للصنف بصورة أفضل من الثمار الموجودة في المحيط الداخلي للشجرة.

3- **التسميد والتغذية:** وذلك من حيث التوازن بين كمية السماد ونوعه مع مرحلة نمو الشجرة فمثلاً تؤدي زيادة التسميد النتروجيني والإفراط فيه إلى زيادة غير مرغوبة في معدل النمو الخضري وبالتالي حجب كمية كبيرة من الضوء الضروري لتلون الثمار، كذلك لوحظ أن السماد البوتاسي له دور فاعل في تلون معظم ثمار أشجار الفاكهة (مثل الدراق والتفاح).

4- عدد الأوراق على الشجرة (قوة المجموع الخضري): هناك عدد معين من الأوراق يعتبر ضرورياً لنمو الثمار فمثلاً كل ثمرة تفاح تحتاج إلى 20-30 ورقة كاملة النمو ليكتمل نموها وتتلون بالصورة الجيدة، ويحتاج عنقود عنب وزنه 600غ إلى 22-26 ورقة ليتكون ويتلون بالشكل الجيد.

6- المركبات الفينولية:

عديدة جداً ومتعددة الوظائف، فمنها له وظيفة دفاعية ضد الأمراض، وبعضها مسؤول عن اللون أو الطعم وتحتوي الثمار على كمية كبيرة من المركبات الفينولية ويقل تركيز هذه المركبات مع تقدم الثمار بالنضج. من أهم المواد الفينولية هي التانينات المسؤولة عن الطعم القابض في الثمار غير الناضجة ويزيد تركيز التانينات في قشرة الثمار. تتأكسد المواد الفينولية بفعل أنزيم بولي فينول أكسيديز، ويتراوح تركيزها في ثمار التفاح والعنب والبلح والخوخ والأجاص حوالي 0,5-1غ/100غ وزن رطب، وتصل في بعض الثمار مثل الكاكي إلى 1غ/غ وزن جاف.

يختلف نوع المادة الفينولية بحسب نوع الثمرة إذ يوجد حمض الكلوروجينيك Chlorogenic acid في التفاح والأجاص وحمض الكوينيك Quinic في الخوخ والنارنجين Naringin في قشور الحمضيات.

7- البروتينات: Proteins

تعد ثمار الفاكهة بصورة عامة فقيرة في محتواها من البروتين حيث لاتتجاوز نسبة البروتين في معظم ثمار الفاكهة بنسبة 1,1% (0,6% في العنب والخوخ – 0,7% في الليمون والأجاص والفريز – 1,1% في المشمش والموز – 0,2 في التفاح) وتعد ثمار الزيتون مصدراً غنياً بالبروتين.

8- الدهون: Fats

مواد الطاقة، وتدخل في تكوين الأغشية الخلوية، وتختلف نسبتها في ثمار الفاكهة إذ تتراوح من 12–20% في ثمار الزيتون بينما لا تزيد عن 1% في معظم ثمار الفاكهة (0,2% في البرتقال – الليمون – الموز – المشمش – الدراق – 0,3% في العنب – 0,1% في الخوخ – 0,4% في الأجاص) و تتكون الدهون من اتحاد أحماض دهنية مع الجليسرول و تتحلل بفعل أنزيم الليباز. وتجدر الإشارة إلى دور الشموع (مواد تشبه الدهن باحتوائها على أحماض دهنية ولكن تحوي كحولات بدلاً من الجليسرين) في تكوين قشور بعض الثمار، ويعزى لها دور التقليل من معدل فقد الماء بالنتح، وتعطي الثمار البريق واللمعان ويزيد سماكة الطبقة الشمعية مع تقدم الثمار بالنضج.

9-الفيتامينات: Vitamins

ثمار الفاكهة مصدر مهم للفيتامينات ويختلف نوع الفيتامين وتركيزه بحسب نوع الثمرة ودرجة نضجها:

- حمض الأسكوربيك Ascorbic acid: (فيتامين جـ) يوجد بثمار الحمضيات–الفريز–المشمش–التفاح–الموزو يصل تركيزه إلى 40–55 مغ/100غ في الحمضيات و10مغ/100غ في التفاح والعنب والخوخ و20مغ/100غ في الموز، ويتأثر الفيتامين بالحرارة المرتفعة والرطوبة المنخفضة والأضرار الميكانيكية.
- فيتامين أ: في ثمار العنب والمشمش والخوخ (أقل من 5000 وحدة دولية/100غ).

- الأملاح المعدنية:Minerals

مثل الصوديوم–المغنسيوم–الفوسفور–البوتاسيوم–الكالسيوم–الحديد، وتحوي معظم الثمار على أكثر من 200مغ/100غ وزن رطب.

11- المركبات الطيارة:

يعزى إليها رائحة الثمار، وتشمل التربينات–الإسترات–الكحولات–الألدهيدات–الكيتونات–الأحماض، ويزيد إنتاجها في الثمار مع تقدم الثمار في النضج.

تحوي ثمار الفاكهة أكثر من 100 مركباً طياراً، لكن بعضاً منها المسؤول عن الرائحة بشكل مباشر مثل الستيرال في الليمون والفالنسين في البرتقال واليوجينول في الموز.

ثانياً- التغيرات المورفولوجية والفيزيولوجية والتشريحية:

1- زيادة معدل تراكم السكريات.
2- تراكم النشاء في الثمار غير الناضجة (يزيد معدل التراكم من الطبقات الخارجية وباتجاه الطبقات الداخلية في الثمرة).
3- تراكم السكريات البسيطة في الثمار الناضجة (بدءاً من الطبقات الداخلية وباتجاه الطبقات الخارجية للثمرة).
4- انخفاض تركيز الأحماض.
5- ارتفاع معدل التنفس.
6- يختلف تركيز بعض المواد الكيميائية الأخرى (مثل التانينات- البكتينات- المواد القابضة) زيادة أو نقصاً بحسب الصنف النباتي.
7- خلال نضج الثمار يزيد تركيز السكروز على حساب الفركتوز وهذا الأخير يزيد على حساب تركيز الجلوكوز.
8- زيادة تركيز الكاروتين والأنثوسيانين.
9- تتحول مركبات البرو–بكتين إلى بكتين (يتميز بقابلية عالية للذوبان مقارنة مع مركبات البرو–بكتين).
10- تفقد الثمار صلابتها شيئاً فشيئاً مع الاقتراب من النضج.

11- زيادة تركيز المركبات العطرية.

12- ظهور الخصائص المكسبة للنكهة والرائحة واللون المميز للصنف.

2-8-العوامل المؤثرة في نمو الثمار:

1- عدد البذور ودرجة تطورها.

2- شروط التغذية.

1- عدد البذور:

- يؤدي انخفاض عدد البذور/الثمرة إلى زيادة معدل التساقط.
- تؤثر البذور في الشكل النهائي للثمرة.
- تؤثر البذور في التركيب الكيميائي للثمرة إذ أن زيادة محتوى المادة الجافة في البذور يؤدي إلى زيادة حجم الثمرة.
- تؤثر البذور في نضـــج الثمار فالثمار الطبيعية الناتجة عن عملية تلقيح وإخصاب تنضج قبل الثمار البكرية مثال على ذلك في الأجاص.

2- التغذية:

2- نســـبة C/N وتحوي الثمار الموجودة على النبات الأم تركيزاً أعلى من C وN مقارنة مع الثمار المتساقطة.

3- يؤدي انخفاض تركيز C وN إلى زيادة معدل التناقص.

4- يؤدي زيادة حجم المجموع الخضري إلى:

- زيادة معدل تراكم السكر
- زيادة حجم الثمار
- تحسين نوعية الثمار وذلك لزيادة تركيز الأصبغة.

2-9-معايير النضج في ثمار الفاكهة:

يمكن تحديد علامات النضـــج (مقاييس النضـــج) في ثمار الفاكهة بحســـب العديد من المعايير منها:

1- درجة الصلابة: تقل درجة الصلابة Firmness مع اكتمال النمو والنضج، وتعد مؤشـــراً مهماً لتحديد موعد الجني وقطف الثمار في معظم ثمار الفاكهة مثل التفاح-الكمثرى-الدراق.

تختلف درجة الصلابة بحسب الصنف والنوع والظروف البيئية وعمليات الخدمة.

2- عدد الأيام بدءاً من الإزهار الكامل: وغالباً ما يعد هذا المؤشـــر ثابتاً للصـــنف الواحد مع اســـتثناء حدوث اختلافات في درجات الحرارة في أثناء نمو الثمار: التفاح والكمثرى..

3- اكتســـاب الثمرة اللون والحجم المميز للصـــنف، ويتأثر اللون أيضـــاً بالظروف البيئية خاصـــة الإضـــاءة والحرارة وكذلك بمدى الاهتمام بعمليات الخدمة كالري والتسميد والتقليم.

4- تقدير نسـبة المواد الصـلبة الذائبة الكلية، ويعد مؤشـراً مهماً لتحديد درجة نضـج الثمرة مثل العنب والحمضيات والتفاحيات.

5- حجم الثمار: يزيد حجم الثمار تدريجياً مع نمو الثمرة حتى تكتســـب حجمها النهائي، ويتأثر الحجم بعمليات الخدمة خاصـة الري والتسـميد، كذلك يتأثر بعدد الثمار الموجودة على الشـــجرة، وبالتوازن ما بين المجموع الخضـــري والمجموع الزهري والثمري.

6- نسبة الحموضة: تقل درجة الحموضة مع اقتراب الثمار من النضج الكامل.

7- النشاء: مع نضج الثمار يتحول النشاء إلى سكريات.

8- لون البذور: يتغير لون البذور مع اكتمال نضـــج الثمرة ويكتســـب اللون المميز للصنف، فمثلاً يتغير لون بذور التفاح والأجاص من الأخضر إلى البني الغامق عند النضج.

9- سهولة فصل الثمرة عن النبات الأم مع الاقتراب من النضج.

10-نسبة الزيت مؤشر مهم لنضج ثمار الزيتون إذ تزيد مع نضج الثمرة.

11-كمية العصير كما في الحمضيات والعنب والرمان.

12-تزيد نسبة السكر/الحمض مع نضج الثمار كما في العنب والبرتقال.

13-تكتسب الثمرة النكهة والرائحة المميزة للصنف.

14-سهولة فصل النواة عن اللب في الثمار الناضجة (الشكل 19).

15-يزداد معدل إنتاج الإيتلين وتزداد سرعة التنفس.

16-نسبة التانينات: البلح- الكاكي.

17- اللون الداخلي للثمرة: الثمار ذات النواة الحجرية (الخوخ- المشـــمش- الدراق) (الشكل 20).

18-متوسط وحدات الحرارة خلال موسم النمو: التفاح والكمثرى.

19-تكوين طبقة الانفصال: التفاح

20-تركيز غاز الإيتلين- إنتاج CO_2: التفاح- الكمثرى.

الشكل (19): فصل النواة عن اللب في ثمار الدراق.

الشكل (20): اللون الداخلي للب الثمري في المشمش.

Damascus University

الفصل الثالث

فيزيولوجيا سكون البذور وإنباتها في أشجار الفاكهة

Physiology of seeds dormancy and germination in fruit trees

يشمل مصطلح إكثار النبات Plant propagation على التضاعف والتجذير والمحافظة على النبات (multiplication, regeneration, maintenance) بجميع الوسائل الخضرية والجنسية. وقد شغل إكثار النبات حيزاً كبيراً من تفكير الإنسان منذ بدء المدنية إذ ارتبط التطور الزراعي بأمرين:

1- إنتاج أنواع وأصناف من مختلف النباتات.

2- المحافظة على هذه الأنواع والأصناف عن طريق إكثارها إذ يتم المحافظة على خصائصها وصفاتها الوراثية من جيل إلى آخر.

هذا ويعتبر الإكثار البذري وسيلة الإكثار الأساسية في النباتات الحولية وثنائية الحول والكثير من النباتات المعمرة، إلا أن استخدامه في أشجار الفاكهة (مستديمة الخضرة أو متساقطة الأوراق) ينحصر في:

1- إنتاج أصناف جديدة (عن طريق برامج التربية والانتخاب والتهجين)

2- إنتاج الأصول البذرية خاصة في حال غياب الأصول الخضرية.

3- إكثار بعض أشجار الفاكهة التي يصعب إكثارها خضرياً مثل الجوافة والباباظ.

وتجدر الإشارة إلى أنه لا يعتمد على الإكثار البذري في أشجار الفاكهة التي يسهل إكثارها خضرياً وذلك يرجع إلى انعدام فرصة الحصول على أشجار مماثلة وراثياً للنبات الأم.

3-1-تكوين البذور في أشجار الفاكهة Seed formation in fruit trees

تعد البذرة وسيلة الإكثار الجنسي، وتتكون البذرة من اتحاد العروس المذكرة مع المؤنثة وذلك عبر 4 خطوات:

1- تكوين الأعراس المذكرة (حبوب اللقاح) Pollen grain formation:

يحدث ذلك في المآبر ففي الأطوار الأولى لتكوين المئبر تتشـــكل الخلايا الأمية لحبوب اللقاح Pollen mother cells ويطرأ على هذه الخلايا انقسامات:

أ- انقسام اختزالي ينتج عنه خليتين كل خلية أحادية الصيغة الصبغية haploid.

ب- انقسـام خيطي (ميتوزي) ينتج عنه 4 خلايا أحادية الصـيغة الصـبغية كل خلية من هذه الخلايا عبارة عن حبة لقاح.

عندما تقترب المآبر من مرحلة النضج تتحلل جدران المئبر وتنتثر حبوب اللقاح إذ تنقسم نواة حبة اللقاح خيطياً (ميتوزياً) لتشكل نواتين (الشكل 21 و22)

النواة الأولى تناســـلية Generative nuclear والنواة الثانية خضـــرية إعاشـــية Vegetative nuclear

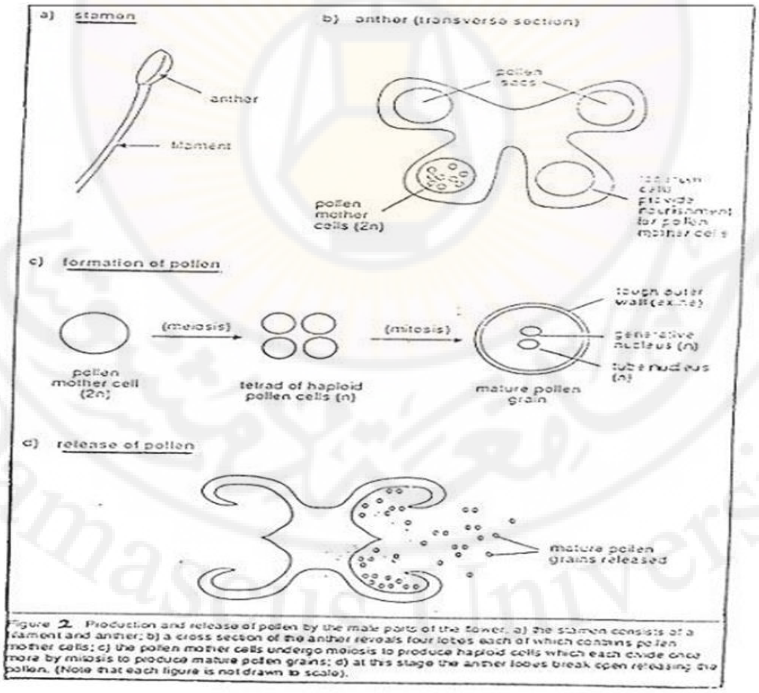
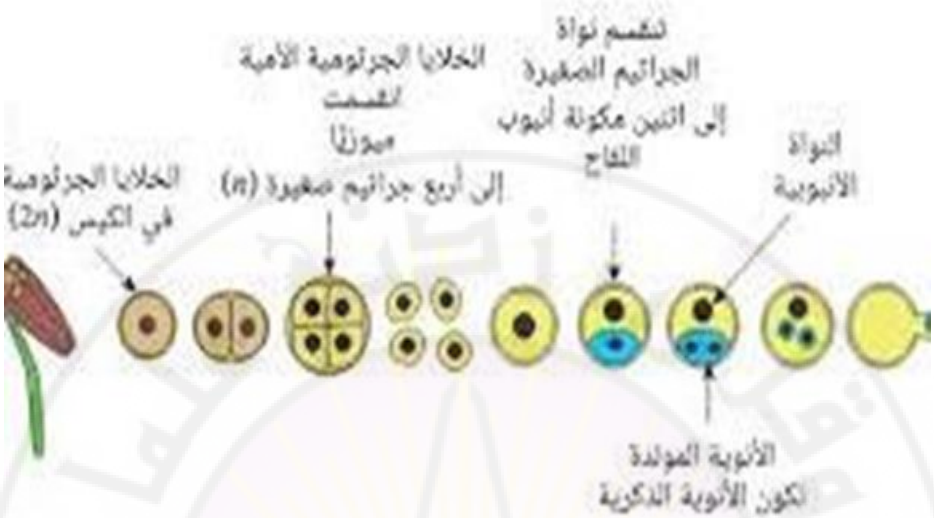


Figure 2. Production and release of pollen by the male parts of the flower. a) the stamen consists of a filament and anther; b) a cross section of the anther reveals four lobes each of which contains pollen mother cells; c) the pollen mother cells undergo meiosis to produce haploid cells which each divide once more by mitosis to produce mature pollen grains; d) at this stage the anther lobes break open releasing the pollen. (Note that each figure is not drawn to scale).

الشكل (21): شكل تخطيطي لتكوين الأعراس المذكرة.



الشكل (22): تكوين الأعراس المذكرة.

2- تكوين العروس المؤنثة (البويضة)Ovule formation :

تتكون البويضة في المبيض إذ تتصل بجدار المبيض عن طريق المشيمة، وتظهر البويضات داخل المبيض بصورة بروزات صغيرة ضمن نسيج النوسيل، ومع استمرار النمو تنمو خلية واحدة هي خلية البيضة وهي الخلية الأكبر حجماً من الخلايا الأخرى وتدعى الخلية الأمية للكيس الجنيني Embryo mother cell يطرأ على هذه الخلية انقسامان اختزالي وغير اختزالي ينتج عنهما تكوين 4 خلايا أحادية الصيغة الصبغية تتلاشى ثلاثة منها وتبقى واحدة تنمو وتشغل حيزاً كبيراً في نسيج النوسيل ثم تنقسم انقساماً خيطياً أولاً فتتشكل نواتين كل نواة تتمركز في طرف من أطراف الكيس الجنيني (الشكل 23 و24) تتحرك من كل مجموعة نواة واحدة نحو مركز الكيس الجنيني.

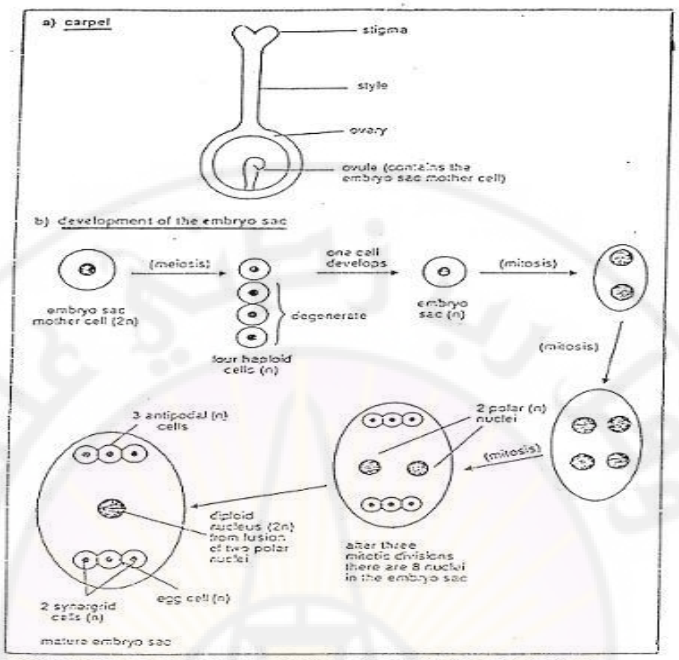


Figure 3 Formation of the embryo sac in the ovule. a) The carpel consits of the style and stigma attached to the ovary. The ovary is hollow and one or more ovules develop within it, each ovule containing the embryo sac mother cell; b) the mother cell undergoes meiosis but three of the four cells die. The remaining cell divides by mitosis to produce eight nuclei which, after two of them fuse, become arranged as the three antipodal cells, the two synergids, an egg cell and the central diploid nucleus. Note: n = haploid nucleus, 2n = diploid nucleus

الشكل (23): شكل تخطيطي لتكوين تكوين الأعراس المؤنثة.

الشكل (24): تكوين الأعراس المؤنثة.

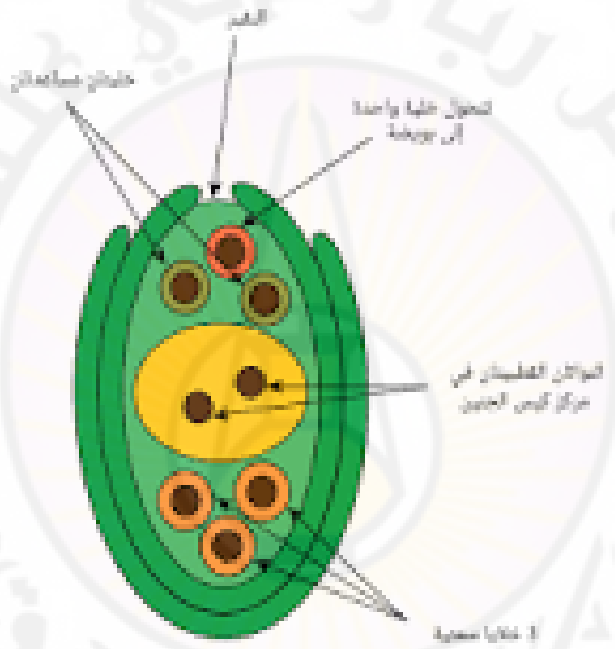
وبالتالي يشمل الكيس الجنيني على

ثلاثة أنوية سمتية Antipodal nuclei

نواتين قطبيتين Polar nuclei

نواة البيضة Egg nuclei

نواتين مساعدتين Synergic nuclei (الشكل 25)



الشكل (25): الكيس الجنيني.

3- التلقيح: Pollination

وهو عبارة عن انتقال حبوب اللقاح من المآبر إلى المياسم وذلك:

أ- إمـا ذاتيـاً: من مئبر زهرة إلى ميســـم نفس الزهرة Autogenic / self-pollination

ب-أو خلطيـاً: من مئبر زهرة إلى ميســـم زهرة أخرى Allogenic / cross pollination ويدعى التلقيح الخلطي مثل: الفستق والنخيل والعنب والتفاح.

4- الإخصاب: Fertilization

بعد سقوط حبوب اللقاح على المياسم تنبت مكونة الأنبوبة اللقاحية التي تخترق الميسم والقلم وتصل إلى المبيض وأثناء نمو الأنبوبة اللقاحية تنقسم نواة حبة اللقاح إلى النواة الخضرية والنواة التكاثرية وبنفس المرحلة تحدث انقسامات نواة البيضة وتتشكل 8 أنوية داخل الكيس الجنيني كما أسلفنا، وهنا تحدث عملية الإخصاب المضاعف Double fertilization إذ:

تتحد النواة الذكرية الأولى (التكاثرية) مع نواة البيضة وتكون البيضة الملقحة (2ن) (الزيغوت) التي تتطور وتعطي جنين البذرة.

تتحد النواة الذكرية الثانية (الإعاشية) مع النواتين القطبيتين ويتكون الأندوسبيرم (3ن) وهذا الأندوسبيرم إما أن يبقى في البذرة مثل بذور البلح، أو أن يتلاشى في البذرة مثل بذور الحمضيات.

وبما أن الأندوسبيرم نسيج غذائي حاضن للجنين ففي حال غياب هذا النسيج كما في الحمضيات يتطور نسيج النوسيل أو أي نسيج آخر ليشكل نسيجاً مخزناً للغذاء في البذرة ويدعى النسيج المغذي Nutrition tissue. (الشكل 26)

الشكل (26): الإخصاب المضاعف.

وكما هو ملاحظ فإن الجنين يتطور من البيضة الملقحة نتيجة انقسام الخلايا ويطلق على هذه المرحلة اسم تمايز الأنسجة العضوية الحية Histodifferentiation إذ تتعرض خلية البيضة المخصبة إلى سلسلة مستمرة من الانقسامات غير الاختزالية والتي تنتهي

بتكوين الجنين الكامل بأشـــكاله المختلفة بدءاً من الجنين الكروي Globular embryo فالقلبي Heart embryo فالتوربيدي Torpedo embryo الذي يحوي على كامل أجزاء البادرة الكاملة من أوراق فلقية – جذير – سويقة جنينية سفلى. (الشكل، 27 و28)

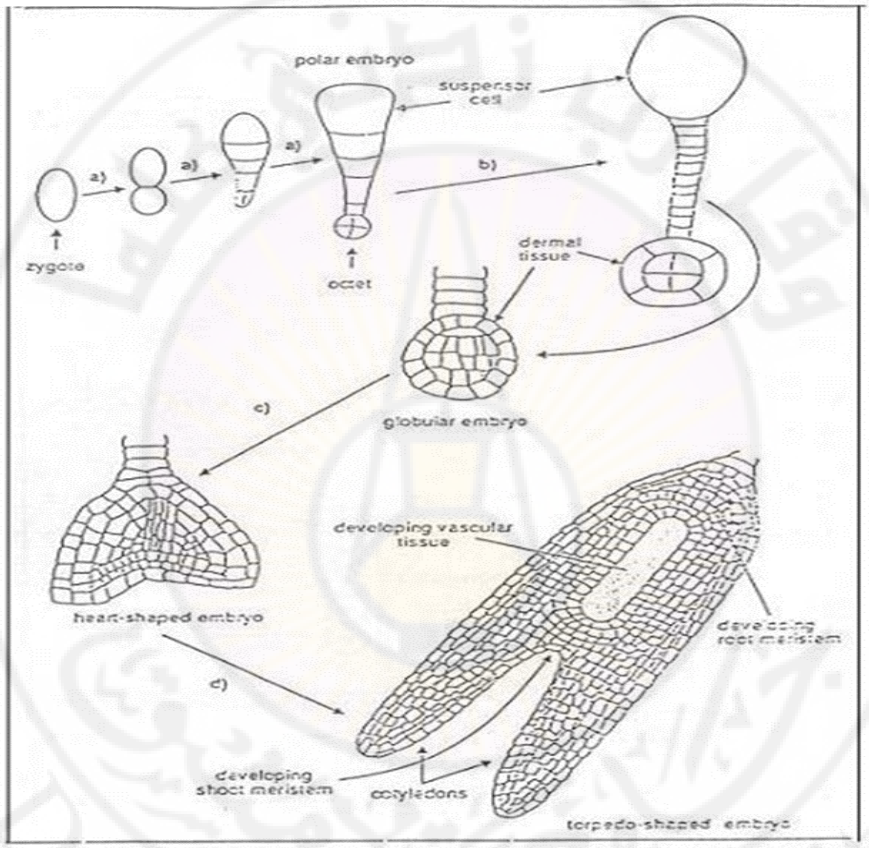


Figure 5 Major stages in the formation of the embryo. a) Formation of the polar embryo with a large suspensor cell at one end and an octet of cells at the other, b) division of octet to produce 16 cells in two layers, with subsequent development producing the globular embryo, c) uneven rates of cell division convert the globular-shaped embryo into a heart-shaped embryo and development continues to eventually produce the torpedo-shaped embryo shown in d). (Not drawn to scale).

الشكل (27): شكل تخطيطي لمراحل تطور الجنين (الطور الكروي – القلبي والتوربيدي).

الشكل (28): أطوار الجنين (الطور الكروي – القلبي والتوربيدي).

وبالتالي يمكن تمييز الأجزاء التالية في بذور أشجار الفاكهة:

1- الجنين:Embryo

وهو النبات الجديد الناتج من اتحاد العروس المذكرة مع العروس المؤنثة في أثناء عملية الإخصاب المضاعف ويشمل الجنين على المحور الجنيني Embryo axis الذي يحوي نقاط نمو في طرفيه (واحدة للجذر وأخرى للساق) إضافة إلى احتوائه على ورقة بذرية واحدة (فلقة) أو اثنتين.

وتقسم أشجار الفاكهة بحسب عدد الفلقات إلى:

- أشجار فاكهة وحيدة الفلقة Mono cotyledons مثل الموز والنخيل.
- أشجار فاكهة ثنائية الفلقة Di cotyledons مثل المشمش والخوخ والتفاح والإجاص والدراق وغيرها.

2- النسيج المغذي Nutrition tissue

هو النسيج الحاضن للجنين والمغذي له والنسيج المغذي إما أن يكون

إندوسبيرمياً: حيث يخزن الغذاء في الأندوسبيرم والبيرسبيرم كما في النخيل.

لا أندوسبيرمياً: وفي هذه الحالة يخزن الغذاء في الفلقات أو في أي نسيج حاضن آخر مثل النوسيل كما في الحمضيات.

3- الغلاف البذري:Seed coat

يتشكل الغلاف البذري من أغلفة البويضة Integuments أو من بقايا النوسيل أو الأندوسبيرم ويمكن أن تحوي البذرة على غلاف بذري واحد أو غلافين بذريين أحدهما مرن شفاف والآخر صلب سميك جاف.

وإن غلاف البذرة له مزايا عدة:

- فهو وسيلة لحماية البذور في أثناء عمليات النقل والتخزين.
- يؤمن حماية ميكانيكية للجنين.
- يميز نباتات العائلة الواحدة فمثلاً يختلف الغلاف البذري في التفاحيات عنه في اللوزيات.
- يؤثر بشكل مباشر في سرعة الإنبات.

3-2-ظاهرة الأبومكسيس . Apomixis في أشجار الفاكهة:

في بعض أشجار الفاكهة لا ينتج الجنين نتيجة الانقسام الاختزالي والإخصاب المضاعف وإنما من خلية من خلايا الكيس الجنيني يمكن أن تتطور من دون انقسام ميوزي وتكون زيغوت من دون تلقيح وإخصاب يتطور هذا الزيغوت ويشكل جنين له نفس التركيب الوراثي للنبات الأم.

حدوث عملية التكاثر اللا جنسي للجنين بدلاً من عملية التكاثر الجنسي والتلقيح والإخصاب المضاعف والانقسام لتكوين الجنين تعرف بظاهرة الأبومكسيس Apomixis

ويطلق على البادرات الناتجة عن هذه الظاهرة اسم أبومكتين Apomicts وتقسم أشجار الفاكهة إلى:

- **أشجار إجبارية الأبومكتين Obligate apomicts:** بذور هذه الأشجار لا تنتج إلا أجنة أبو مكسية فقط.

- **أشجار اختيارية الأبومكتين Facultative apomicts:** بذور هذه الأشجار تنتج أجنة جنسية وأخرى أبومكسية مثل الحمضيات.

أنواع الأبومكسيس Type of apomixes

هناك عدة أنواع للأبومكسيس:

1- أبومكسيس ثنائية الكروموسومات Recurrent apomixes

2- الأجنة العرضية Adventitious embryony

3- الأجنة النوسيلية Nucellar embryony

4- الأجنة الخضرية Vegetative embryony

5- الأجنة أحادية الكروموسومات Nome current apomixes

1-الأبومكسيس ثنائية الكروموسومات Recurrent apomixis

تتشكل الأجنة في هذه الحالة من:

- نمو خلية البيضة الأمية من دون انقسام اختزالي أو إخصاب.

- من نمو أي خلية أخرى من خلايا النوسيل وبهذه الحالة تنحل خلية البيضة الأمية.

الجنين الناتج يكون مماثلاً وراثياً للنبات الأم.

2- الأجنة العرضية Adventitious embryo

ويطلق عليها أيضاً اسم الأجنة النوسيلية Nucellar embryo ويتشكل الجنين في هذه الحالة من خلية واحدة أو من مجموعة من الخلايا:

- من نسيج النوسيل (غالباً).

- من الأغلفة.

تختلف الأجنة العرضية عن الأجنة ثنائية الكروموسومات بما يلي:

-1- بأن الأجنة العرضية تنشأ كما ذكرنا من خلايا خارج خلايا الكيس الجنيني.

-2- كذلك قد يتكون أحياناً جنين جنسي عن طريق التلقيح والإخصاب العادي فضلاً عن أجنة عرضية نوسيلية عدة (كما في الحمضيات).

3- الأجنة أحادية الكروموزومات Nome current apomixis

يتكون الجنين في هذه الحالة من نواة البيضة مباشرة من دون إخصاب وبما أن خلية البيضة أحادية الصيغة الصبغية فإن الجنين الناتج سيكون أحادي الصيغة الصبغية.

هذه الظاهرة نادرة الحدوث بالطبيعة وترجع أهميتها إلى الدراسات الوراثية فقط ولا تحدث باستمرار أو لا يتكرر حدوثها كما في حالة الأجنة ثنائية الكروموزومات أو الأجنة العرضية. ويمكن استحداث الأجنة أحادية الكروموزومات عن طريق زراعة البويضات مخبرياً والحصول على أجنة أحادية الصيغة الصبغية وبالتالي نبات أحادي الصيغة الصبغية Haploids.

4-الأجنة الخضرية Vegetative apomixis وظاهرة تعدد الأجنة Polyembryony

الظاهرة التي يتكون فيها أكثر من جنين داخل البذرة الواحدة وتشمل هذه الحالة على حالة أو أكثر من الحالات السابقة فقد تنتج الأجنة من خلايا النوسيل مثل البرتقال الثلاثي الأوراق الذي تحوي بذوره على جنين جنسي واحد ضعيف التكوين وأجنة نوسيلية عدة. وفي حالات أخرى قد تتطور الأجنة من إحدى الخلايا داخل الكيس الجنيني إضافة لخلية البيضة كما في الفستق الحلبي.

أهمية ظاهرة الأبومكسيس

1- إنتاج هجن قوية في بعض أنواع جنس Mallus فيما لو لقحت ذاتياً بينما على العكس يؤدي التلقيح الخلطي لهذه الأنواع إلى إنتاج بادرات هجينة ضعيفة.

2- تستخدم هذه الظاهرة بمعنوية في بساتين الفاكهة لإنتاج أصناف محددة إذ أن البادرات الناتجة ناتجة عن إكثار خضري لكنها تتبع نفس دورة حياة النباتات الناتجة عن الإكثار الجنسي.

3- إنتاج أصول متماثلة قوية النمو مقارنة مع الأصول الناتجة عن الإكثار الجنسي التي تكون غير متماثلة وغير أصلية بعواملها الوراثية.

4- إنتاج نباتات خالية من الفيروسات (خاصة في حال استخدام الخلايا الأحادية في إنتاج النبات الكامل).

5-تستخدم في برامج استحداث الطفرات والتربية والتحسين الوراثي (خاصة عند زراعة خلايا البويضة أو خلايا الطلع لإنتاج أجنة أحادية الصيغة الصبغية مخبرياً وبالتالي الحصول على أجنة أحادية ونبات كامل أحادي الصيغة الصبغية haploid يعتبر نباتاً نموذجاً لاستحداث الطفرات.

3-3-حفظ بذور أشجار الفاكهة Fruit seeds preservation

تختلف قدرة بذور أشجار الفاكهة على الحفظ بحسب عدة عوامل:

1 - عوامل وراثية Genetical factors تتعلق بالصنف أو نوع شجرة الفاكهة إذ تختلف بذور اللوزيات عن التفاحيات عن النخيل في القدرة على التخزين نتيجة اختلاف العوامل الوراثية.

2 - معاملات ما قبل الحصاد أو بيئة ما قبل الحصاد Preharvest environment ويقصد بها الظروف أو العوامل المؤثرة في نوعية ثمار الفاكهة وبذورها فالظروف السيئة التي قد تتعرض لها شجرة الفاكهة (إجهادات حيوية "أمراض – حشرات – فيروسات" أو لا حيوية "ملوحة – جفاف – صقيع – برودة – إشعاع") ستؤثر سلباً في نمو شجرة الفاكهة بالتالي في الثمار والبذور وفي قدرة البذور على الحفظ والتخزين الطويل.

3 - تركيب البذور يساعد في قدرتها على الحفظ والتخزين وخاصة بالنسبة للمحتوى المائي Water content فكلما زاد محتوى البذور من الماء قلت القدرة على التخزين.

4 - تعرض بذور أشجار الفاكهة إلى أضرار ميكانيكية Mechanical injuries قي أثناء عمليات النقل والشحن يقلل من القدرة التخزينية.

5- درجة نضـــج البذور Seed maturity فمن المعروف فيزيولوجياً أنـه مع اقتراب البذور من موعد النضــج يزيد تركيز المادة الجافة ويقل محتوى الماء الكلي وبالتالي تزيد القدرة على التخزين.

6-ظروف التخزين Storing circumstances وذلك من حيث درجة الحرارة والرطوبة بشـــكل خاص وتختلف درجة الحرارة المثالية اللازمة للتخزين بحســـب اختلاف الفاكهة وهناك العديد من الدراســات التي تحدد درجة الحرارة العظمى والصــغرى والمثلى لتخزين بذور كل نوع من أنواع بذور أشجار الفاكهة.

3-4-إنبات البذور أشجار الفاكهة seeds germination in fruit trees

كما ذكرنا سابقاً أن البذرة عبارة عن البويضـة الناضـجة Ripened ovule والمكونة من الجنين embryo المحاط بالنســيج المخزن الغذائي Stored tissue والمغلف بالغلاف البذري Seed coat.

يمكن تعريف إنبات البذور على أنه:

مجموع العمليات المتتالية التي تحدث في البذور الناضجة الجافة الساكنة التي تبدأ عندما تتشـــرب البذور بالماء imbibe water ما يؤدي إلى زيادة النشـــاط الاســـتقلابي metabolic activity بالتالي تكون بداءات البادرة الكاملة من الجنين Initiation of a seedling from the embryo.

أو أن الإنبات هو اسـترجاع Resumption أنسـجة البذرة لنموها ونشـاطها الاسـتقلابي ويتضـمن: إعادة التميه Re-hydration والاستفادة من المخزون الغذائي Utilization of nutrient reserves وتطور منتظم ومتتـالي في أنظمـة الاصـــطنـاع الحيوي Synthetic systems مما يمكن النبات الجديد الناضــج من التغذية الذاتية والاسـتبقاء Autotrophic existence.

وفي بعض أشـجار الفاكهة تنبت البذور بعد اسـتخلاصـها من الثمار وزراعتها مثل بذور الحمضيات – الجوافة – الأكي دنيا – الباباظ.

أما في أشـــجار فاكهة أخرى فإن البذور لا تنبت بمجرد نزعها من الثمار وزراعتها وذلك بسبب وجود عوامل فيزيائية أو كيميائية أو فيزيولوجية أدت إلى فشل الجنين في الإنبات وهذه البذور تحتاج إلى معاملات خاصة للتغلب على هذه المعوقات الفيزيائية أو الكيمائية أو الفيزيولوجية التي منعت من حدوث الإنبات مثل بذور معظم أشجار الفاكهة متساقطة الأوراق (تفاح – أجاص – مشمش – خوخ – فستق – لوز).

وبشكل عام هناك معايير عدة يجب توفرها في بذور أشجار الفاكهة لكي تنبت وهي:

1- حيوية البذور Seed viability: أن تكون البذور حية بمعنى أن يكون الجنين حياً قادراً على الإنبات Embryo is a live and capable to germinate.

2- أن تكون البذور غير ســاكنة Nondormant seeds بمعنى أنه لا يوجد أي مانع فيزيولوجي أو فيزيائي اوكيميائي يعيق الإنبات ويساعد على سكون البذور.

3- توفر الظروف البيئية المناســبة للإنبات Apporopriate environmental conditions مثل الحرارة والرطوبة ولأوكسجين.

4- الرطوبة أو الماء: إذ يكون الإنبات أســرع عندما يكون ماء التربة قريباً من الســعة الحقلية field capacity (fc) ويعد الماء عاملاً مهماً لبدء الإنبات ويجب التمييز هنا بين امتصاص الماء كعملية فيزيائية ينتج عنها انتفاخ البذرة وبين الإنبات الذي ينتج عن بدء النشاط الاستقلابي وارتفاع الأنشطة الفيزيولوجية والبوكيميائية التي تعقب امتصاص الماء وتسبق بزوغ الجذير.

5- الأوكســجين: يعتبر ضــرورياً لعمل الســلسـلة التنفســية Respiratory chain phosphorylation كذلك يعتبر ضــرورياً لعمليات الأكســدة لمعظم المركبات وبالتالي فإن وجوده شرط لحدوث الإنبات في أشجار الفاكهة بدون استثناء.

6-الحرارة: تختلف الاحتياجات الحرارية بحسب نوع شجرة الفاكهة ولكل نوع درجة حرارة مثالية يحدث عندها أعلى نسبة إنبات ودرجة حرارة عظمى لا يحدث الإنبات إذا ارتفعت الحرارة عنها ودرجة حرارة صغرى لا يحدث الإنبات فيما لو انخفضت الحرارة عنها.

وفي معظم أشجار الفاكهة المتساقطة Deciduous fruit trees تحتاج بذورها إلى فترة من التعرض لدرجات منخفضة من الحرارة (تختلف مدة التعرض ودرجة الحرارة بحسب الصنف أو النوع) وتدعى هذه العملية بالتخزين البارد Cold stratification أو التنضيد أو الكمر ويعتقد أن الحرارة المنخفضة:

- تزيل من تأثير المثبطات التي تعيق قدرة الجنين على الإنبات.
- تحفز على بدء الإنبات.

وهنا تجدر الإشارة إلى أن هذا التعرض لدرجات الحرارة المنخفضة ينتهي مع نهاية مدة الكمر الخاصة ببذور كل فاكهة وأن حرارة التخزين البارد تختلف لاحقاً عن الحرارة المثالية لبدء الإنبات والتي تختلف بدورها عن الحرارة المثالية لنمو وتطور البادرات.

مراحل الإنبات Stages of germination

في معظم الحالات نجد أن أول علامة مرئية للإنبات هي خروج الجذير Radicle emergence من الغلاف البذري (وفي حالات نادرة جداً لا تحدث في بذور أشجار الفاكهة قد تتكون الأفرع أولاً) يتبع خروج الجذير نمو البادرات إذ تنمو البادرات تحت الأرض Under ground ولا تعتمد بعد على التركيب الضوئي في نموها إذ تبدأ عملية التركيب الضوئي بعد نمو البادرة فوق سطح التربة Seedling emergence وتبدأ بالنمو الطبيعي.

وبشكل عام تشمل عملية إنبات البذور في أشجار الفاكهة على عدة مراحل نوجزها بما يلي:

1- مرحلة الإيقاظ أو التنشيط A wakening or activation

أ - التشرب Imbibition

ب -اصطناع وتنشيط الأنزيمات Enzymes synthesis and activation

ج-الاستقلاب والهدم والانتقال Metabolism, Digestion, Translocation

2- مرحلة خروج الجذير واســتطالة الخلايا Radical emergence and cell elongation

3- مرحلة نمو البادرات Seedling growth

1- مرحلة الإيقاظ أو التنشيط A wakening or activation

تشمل هذه المرحلة على عدة مراحل إذ تبدأ مرحلة التنشيط بعملية مهمة جداً هي:

أ - التشرب Imbibition

يعد التشرب أول عملية تحدث في الإنبات حيث تمتص البذور الماء نتيجة ارتفاع الجهد الأوســموزي في نســيج البذرة Osmotic pressure وبالتالي كلما زاد الفرق في الجهد بين الماء الحر النقي وبين الأوســـموزيات الموجودة داخل البذرة كلما كان معدل امتصاص الماء أكبر وهذا ما يفسر ارتفاع مقدار تشرب الماء في البداية بسبب زيادة قوة المص Suction forces التي تقل تدريجياً مع ارتفاع المحتوى الرطوبي داخل البذرة وبالتالي يقل معها معدل التشرب. وكما هو ملاحظ فإن القوى الأوسموزية من أهم العوامل التي تحدد سرعة التشرب ومقدار التشرب والمحتوى المائي النهائي الذي تصل إليه البذور في نهاية هذه المرحلة (إذ أن المحتوى المائي يزيد زيادة مضطردة حتى يثبت).

تجدر الإشــارة إلى أن عملية التشــرب عملية فيزيائية بحتة Physical process تحدث في البذور الحية أو الميتة (نتيجة اختلاف الجهد وليس نتيجة حيوية الجنين) - وتحدث في الظروف الهوائية واللاهوائية (حتى لو حدثت ببطء).

خلال مرحلة الإماهة hydration تمتص الغرويات الموجودة في البذرة الماء مما يؤدي إلى ترطيب الســيتوبلاســم وهنا يوجد مرحلة مهمة هي الإنتفاخ Swelling حيث تنتفخ أنسجة البذرة وتضغط على الغلاف البذري Seed coat وهذا يؤدي إلى تمزق أو تشقق rupture الغلاف. وفي بعض بذور أشـــجار الفاكهة مثل اللوزيات والتي تتميز بغلاف بذري قاســي ففي هذه الحالة يعد الغلاف البذري عاملاً محدداً لحدوث التشــرب والإنبات ويفضـــل إزالته كلياً أو ثقبه Puncturing أو خدشـــه Scarification أو تليينه بفعل

إنزيمات بكتيروسـليوليز إذ يزيد معدل امتصـاص الماء بشـكل معنوي طبقة تلو الطبقة باتجاه داخل البذرة Inward.

يختلف المحتوى المائي للبذور في بداية مرحلة التشرب عنه في نهايتها بحسب:

1- الصنف.

2- وجود الغلاف البذري.

3- درجة صلابة أو قساوة الغلاف البذري.

4- مدة النقع بالماء.

5- الجهد الأوسموزي للذائبات داخل نسيج البذرة.

من الجدير ذكره أن خلال مرحلة التشرب يزيد مستوى الـــ GTP – ATP بسرعة كذلك يزيد معدل تخليق البروتين نتيجة زيادة النشاط الريبوزومي ويرتفع مستوى السكريات التي ربما لها علاقة مباشرة في بداية النمو.

كذلك فقد لوحظ أنه مع بدء تشـــرب البذور للماء تحدث زيادة ملحوظة في معدل التنفس وربما يعزى ذلك إلى إماهة الأنزيمات الموجودة سابقاً في البذرة وتنشيطها.

ب- اصطناع وتنشيط الأنزيمات Enzymes synthesis and activation

تشمل هذه المرحلة على:

- تنشيط الأنزيمات الموجودة أصلاً في نسيج البذرة.

- اصطناع أنزيمات جديدة غير موجودة سابقاً.

ويختلف نوع الأنزيمات بحســـب اختلاف التركيب الكيميائي للبذور، ومعظم الأنزيمات تنشط بالإماهة.

فمثلاً في بذور المشـمش التي تحتوي على نشـاء ومركبات عديدة السـكر نجد أنزيم α- أميلاز الذي له دور مباشـر في تحول النشـاء إلى سكر والمركبات السكرية المعقدة إلى سكريات بسيطة (مالتوز – غلوكوز) وهنا في هذا المقرر نحن لسنا بصدد دراسة التركيب الكيميائي لبذور كل نوع من أنواع أشـــجار الفاكهة إنما يفترض أن الأنزيمات تكون دائماً

بحسب التركيب الكيميائي للبذور فالبذور التي تحوي بروتينات ينشط فيها أنزيم البروتيناز، والبذور التي تحوي لبيدات ينشـــط فيها أنزيم الليباز الذي يحول اللبيد إلى جليســـرول وأحماض دهنية بينما يحول البروتيناز البروتين إلى أحماض أمينية.

ومن الأنزيمات المهمة جداً في بذور معظم أشجار الفاكهة هي الفوسفاتيز والفوسفوكينيز فمعروف أن الفوسـفور يوجد ضـمن نسـيج معظم البذور كونه يدخل في تكوين نيكليوتيد الحمض النووي والفايتين Phytin وإن معظم المحتوى الفوســـفاتي داخل البذرة يوجد بالشكل المرتبط bound form بصورة أورثوفوسفات الذي يعد عاملاً محدداً في كثير من التفاعلات التي يشـترك فيها الفوسـفور بحسـب صـورة تواجده بشـكل فوسـفو لبيد أو في نيكلوتيـدات الأحمـاض النوويـة فهو يشـــارك في عمليـات التخليق الحيوي للبروتين Protein syntheses وفي عمليـات توليـد الطـاقـة Energy generation processes.

يعتقد أن أنزيم الفايتيز مهم في تحرير الفوسـفات من الـــ Plytin وبالتالي زيادة محتوى الفوسفات خلال مراحل الإنبات.

إن عملية تطور البذور بعد بدء التشرب تمثل نظام بيولوجي فيه ميكانيكية خاصـة بعملية الأيض أو الاسـتقلاب الخاصـة بالخلية التي تتحكم بها التعليمات الوراثية وبالتالي تشـمل هذه المرحلة على خطوتين:

1- نســـخ Transcription تعليمات وراثية خاصـــة من جزيء من RNA "tRNA الراسل".

2- ترجمة Translation هذه المعلومات بوسـاطة مجموعة أخرى من RNA "tRNA الناقل" وذلك لتخليق بروتينات جديدة محددة هي الأنزيمات التي ســتتحكم في التفاعلات البيوكيميائية المعقدة المتعلقة بالاستقلاب Metabolism والنمو Growth.

هذه المرحلة تحتاج إلى طاقة يتم الحصول عليها من الروابط الفوسفاتية عالية الطاقة في الـ ATP.

إن الاعتقاد الحالي يشـــير إلى أن بدء الإنبات يقترن مع نســـخ المادة الوراثية وتكوين mRNA خاص بالإنبات في أثناء تطور البذور الذي ينتهي بإنباتها نتيجة ترجمة التعليمات الخاصة بتخليق بروتينات وأنزيمات متخصصة بحدوث الإنبات.

ملاحظة: عملية التشرب شرط لتنشيط الـ ATP.

ج-الاستقلاب والهدم والانتقال Metabolism, Digestion, Translocation

تحوي بذور بعض أنواع الفاكهة على دهون – كربوهيدرات – بروتينات وفي هذه المرحلة نتيجة الاستقلاب والهدم تتحول هذه المركبات المعقدة والمخزنة إما في الأندوسبيرم (كما في النخيل) أو في الفلقات (كما في الحمضـــيات) إلى مركبات بســـيطة بفعل النشـــاط الأنزيمي وتنتقل هذه النواتج البســـيطة إلى مواضـــع النمو في المحور الجنيني، وتختلف صـــور عمليات الاســـتقلاب بحســـب اختلاف طبيعة المواد المخزنة في البذرة ويترافق الاستقلاب دائماً مع تنشيط الأنزيمات القديمة وتخليق أنزيمات جديدة من ثم تخليق مواد جديدة.

تشمل هذه المرحلة على:

1- هدم المواد الغذائية المعقدة.

2-نقل نواتج الهدم إلى مواضع النمو في المحور الجنيني.

3-تخليق مواد جديدة ناتجة عن نواتج الهدم ولم تكن موجودة أصلاً.

2- مرحلة خروج الجذير واســـتطالة الخلايا Radical emergence and cell elongation

يعد خروج الجذير الشـــاهد المرئي الأول لحدوث الإنبات ويحدث نتيجة انتقال الماء والغذاء بصورته البسيطة إلى موضع النمو في الجنين وتترافق هذه المرحلة مع انقسام الخلايا Cells division واستطالتها elongation.

يحمل المحور الجنيني في قمته ورقة بذرية واحدة (كما في بذور النخيل وبذور الموز في الأصول البذرية البرية accuminata و balbisiana أو ورقتين بذريتين (كما في بذور

التفاحيات واللوزيات ومعظم أشجار الفاكهة الأخرى) ويمكن تقسيم بذور أشجار الفاكهة إلى: بذور أحادية الفلقة Monocotyledon (النخيل) وبذور ثنائية الفلقة Dicotyledon(المشمش – الخوخ – الكرز – العنب)

3- مرحلة نمو البادرات Seedling growth

يحدث تطور البادرات نتيجة الانقسام المستمر للخلايا في مواضع النمو المنفصلة في المحور الجنيني يعقبه تمدد واستطالة في خلايا تراكيب البادرة، وإن انقسام الخلايا في مواضع النمو منفصلاً عن بدء الاستطالة الخلوية. وعموماً هناك معايير عدة تحدث مع بدء النمو في المحور الجنيني:

1- يزيد الوزن الطازج والوزن الجاف للبادرة ويقل الوزن الكلي للأنسجة المخزنة.

2-يزيد معدل التنفس بشكل مستمر مع تقدم النمو الذي يقاس بمعدل استهلاك O_2 .

3-يزيد معدل امتصاص الماء مع بدء خروج الجذير وتطور البادرة ويزيد الوزن الطازج للبادرات.

4-الأنسجة المخزنة للبذرة تتوقف في النهاية عن القيام بأي نشاط استقلابي وذلك مع بدء تكون الفلقات وبدء القيام بالتركيب الضوئي. ومع تقدم نمو البادرات:

- تصبح تراكيب البادرة مميزة محددة وواضحة.

- نقاط نمو الجذير والسويقة تأخذ مكانها في قاعدة المحور الجنيني بالنسبة للجذير وفي قمة المحور الجنيني بالنسبة للسويقة.

- ساق البادرة تقسم إلى جزأين:

*- جزء أسفل الفلقات ويدعى السويقة الجنينية السفلى Hypocotyl.

*- جزء أعلى الفلقات ويدعى السويقة الجنينية العليا Epicotyl.

وتوضح الأشكال 29 و30 و31 و32 إنبات بذور الليمون والتفاح والكرز والتمر والبرتقال.

الشكل (29): إنبات بذور الليمون.

الشكل (30): إنبات بذور التفاح.

الشكل (31): إنبات بذور الكرز.

الشكل (32): إنبات نوى التمر.

الشكل (33): إنبات بذور البرتقال.

3-5-سكون البذور في أشجار الفاكهة Seeds dormancy in fruit trees

يشـــير علماء الفيزيولوجيا إلى مصـــطلحين مهمين هما الســـكون Dormancy والهدوء Quiescence حيث:

يشـير الهدوء إلى: عدم قدرة البذور على الإنبات بسـبب عدم ملاءمة الظروف الخارجية المحيطة.

أما الســـكون فهو: عدم قدرة البذور على الإنبات نتيجة عوامل داخلية وبالتالي لا يحدث الإنبات حتى لو كانت جميع العوامل الخارجية مواتية لحدوث الإنبات.

وقد قسم علماء الفيزيولوجيا السكون بشكل عام إلى ثلاثة أقسام أو أنواع هي:

1- السكون البيئي: Eco dormancy

2- السكون الخارجي: Para dormancy

3- السكون الداخلي: Endo dormancy

*** السكون البيئي Eco dormancy:**

هو سـكون ناتج عن عدم مناسـبة أو ملاءمة العوامل البيئية بالتالي فإن السـكون هنا مرادف للهدوء.

*** السكون الخارجي Para dormancy:**

سكون ناتج عن عوامل فيزيائية أو بيوكيميائية خارجية المنشأ.

*** السكون الداخلي Endo dormancy:**

سكون ناتج عن عوامل فيزيولوجية داخلية المنشأ إذ يفشل جنين البذرة في الإنبات حتى لو تم تحريره من المعيقات الأخرى الخارجية أو البيئية كافة.

أنواع السكون Categories of dormancy

أولاً- سكون الغلاف البذري Seed-coat dormancy:

ويشمل:

-1- السكون الطبيعي الفيزيائي Physical dormancy

-2- السكون الميكانيكي Mechanical dormancy

-3-السكون الكيميائي Chemical dormancy

1- السكون الطبيعي الفيزيائي Physical dormancy

سـبب هذا السـكون (سـكوناً خارجياً Para dormancy) هو أغلفة البذرة التي تعمل حواجز ميكانيكية توفر الحماية للجنين من العوامل الخارجية وفي الوقت نفسه تعيق إنباته والجنين في هذه الحالة هادئ غير ساكن.

ويعتمد تصـلب الأغلفة على التركيب الوراثي للنوع والعوامل البيئية، وبشـكل عام هناك عدة عوامل تسـاعد على تليين أغلفة البذرة مثل: الخدش الميكانيكي Mechanical abrasion – التجميد والإذابة المتبادلة أو بإزالة الغلاف البذري أو بفعل المتعضـيات الدقيقة.

يلاحظ هذا النوع من السكون في بذور الحمضيات والتفاح والإجاص.

2- السكون الميكانيكي Mechanical dormancy

سـكون خارجي Para dormancy يحدث هذا السـكون في البذور التي تتميز بغلاف بذري شـديد الصـلابة والقسـاوة إذ يمنع من تمدد خلايا الجنين خلايا الإنبات كما في الغلاف الصـلب لبذرة الجوز Walnut shell أو الإندوكارب المتصـلب لذوات النواة الحجرية وتختلف هذه الحالة من السكون عن الحالة السابقة أن الأغلفة تمنع الجنين من الإنبات حتى لو نفذ الماء إلى داخل البذرة بسبب قساوة الغلاف البذري.

يلاحظ السـكون الميكانيكي في بذور الزيتون Olive – بذور أشـجار الفاكهة ذات النواة الحجرية Stone fruits – بذور الجوز – بذور النخيل.

يمكن التغلب على هذا النوع من السـكون إما بإزالة الغلاف البذري، أو بالخدش الميكانيكي، أو الخدش نتيجة التبادل الحراري، أو الخدش الكيماوي Chemical scarification.

3- السكون الكيميائي Chemical dormancy

سكون خارجي Para dormancy ويشير هذا النوع من السكون إلى وجود بعض المواد الكيماوية (التي ليس بالضـرورة أن تكون مثبطات نمو) المثبطة للإنبات وذلك عندما تكون البذور مغموسة داخل النسيج الثمري كما في الحمضيات مثلاً إذ تكون البذور على تماس مع المركبات الكيميائية الموجودة في العصير الثمري التي تلعب دوراً مثبطاً لإنبات البذور.

كذلك يلاحظ هذا النوع من السكون في بذور التفاح والإجاص والسفرجل والخوخ والمشمش والدراق والعنب والكرز.

من المواد المرتبطة بالتثبيط: الفينولات بأنواعها المختلفة – الكومارين – وحمض الأبسيسيك.

يمكن التغلب على هذا النوع من السـكون عن طريق غسـل البذور بالماء الجاري لمدة زمنية كافية أو إزالة الغلاف البذري أو نزع الجنين.

ثانياً- السكون المورفولوجي Morphological dormancy :

يحدث هذا النوع من السكون عندما يكون الجنين أثرياً بدائياً غير مكتمل النمو Rudimentary embryo أو أن يكون الجنين غير متطور Un developed embryo بحيث يمر الجنين بمرحلة التطور الكروي والقلبي ثم التوربيدي ولا يتطور عنه وفي هذه الحالة نجد أن الجنين يكون صغيراً جدا مقارنة مع الإندوسبيرم الكبير الذي يشغل معظم حيّز البذرة (كما في بذور النخيل) وفي هذه الحالة الجنين غير ساكن إنما يجب أن يكتمل نموه لكي يدخل في مرحلة الإنبات.

ثالثاً- السكون الداخلي:Endo-dormancy

يشمل هذا السكون:

-1- السكون الفيزيولوجي.

-2- السكون الجنيني.

1- السكون الفيزيولوجي Physiological dormancy

يحدث هذا النوع من السكون في البذور التي تحتاج إلى درجات حرارة وإضاءة ورطوبة معينة حتى تنبت (ولا تشير المراجع إلى حساسية بذور أشجار الفاكهة للحرارة أو الإضاءة حتى تنبت إنما يفترض أن كل نوع نباتي له درجة حرارة عظمى وصغرى ومثلى يتحقق عندها الإنبات ليست بالضرورة أن تكون نفسها الدرجة المثالية لنمو البادرات).

2- السكون الجنيني Embryo dormancy

في هذا النوع من السكون لا يمكن للجنين المفصول أن ينبت حتى لو توافرت شروط الإنبات الأخرى كاملة.

يحدث هذا النوع من السكون في أشجار فاكهة المناطق المعتدلة Temperate zone fruit trees إذ تحتاج بذورها إلى التعرض إلى مدة من البرودة الرطبة لكي يخرج الجنين من طور السكون، وهذه العملية معروفة بستانياً باسم الكمر أو التخزين البارد أو التنضيد Cold stratification: حيث يتم وضع البذور بين طبقات من الرمل المبلل في أكياس نايلون سوداء مثقبة أو في صناديق بالتربة ثم يتم تعريضها إلى درجات برودة لمدة زمنية تطول أو تقصر بحسب النوع النباتي، إذ تتمكن الأجنة في نهاية مدة التخزين البارد من

الإنبات عند درجة الحرارة المناسبة للإنبات مع توفر الماء والأكسجين (الهواء)، وكما ذكرنا تختلف مدة الكمر من عشرة أيام إلى أربعة أشهر أو أكثر بحسب النوع النباتي.
يلاحظ هذا النوع من السكون في بذور أشجار الفاكهة المتساقطة (تفاح – أجاص – بطم – كرز – خوخ – مشمش – دراق – عنب ...) وفي هذه الأنواع لا ينبت الجنين ما لم يستوف عدد معين من ساعات البرودة الرطبة، وتجدر الإشارة هنا إلى أن المعاملة بالجبرلين لا يمكنها أن تحل كلياً محل احتياجات البرودة إنما يمكن أن تحل جزئياً محل احتياجات البرودة أو محل مدة التخزين البارد.

3-6-التأثير الفيزيولوجي للتخزين البارد: Physiological effect of cold stratification

– يعتقد أنه خلال مدة التخزين البارد يزيد تراكم الأوسموزيات من المواد المعقدة كالبروتينات والنشاء والسكريات التي تعتبر بمجملها مصدراً مهماً للطاقة ولجذب الماء أو تشربه ثم الإنبات.
– هناك تفسير آخر أنه خلال مدة التخزين البارد تزيد أو تتراكم منشطات النمو Growth promoters مثل الجبرلين والسيتوكينين
– يقلل نسبة المثبطات Growth retardants
– تحدث بعض التغيرات الاستقلابية في البذور خلال مراحل البرودة إذ يتم إعادة توزيع النتروجين والكربون من نسيج الإندوسبيرم إلى الجنين.
لوحظ انخفاض منشطات النمو (أوكسين- جبرلين) في البذور الساكنة بينما ترتفع نسبة المثبطات (مثل ABA وبعض المركبات الأخرى مثل الكومارين- المركبات الفينولية- الأحماض الأمينية- مركبات السيانيد الموجودة في بذور التفاح)، وهذه المركبات الموجودة في البذور تمنع من حدوث الإنبات.
وتعمل الحرارة المنخفضة على خروج العديد من بذور أشجار الفاكهة من طور السكون (التفاحيات- اللوزيات)، وهناك بعض النباتات التي تحتاج إلى تغيير بدرجات الحرارة حتى ينبت الجنين مثلاً حرارة 5 و10، أو التعرض لدرجات حرارة منخفضة ثم رفع درجة الحرارة.

في أشجار فاكهة المناطق المعتدلة (متساقطة الأوراق) تمر بذورها بطور سكون جنيني، إذ لا يستطيع الجنين على الإنبات حتى لو توفرت كامل الظروف البيئية ولا ينبت إلا بعد استيفاء عدد معين من ساعات البرودة (مثل الأجاص Pear والتفاح Apple).

والجدير بالذكر هنا أنه بعد أن يستوفي جنين البذرة احتياجاته من البرودة فإن الإنبات لا يحدث حتى تصل درجة الحرارة إلى الحرارة المثالية المناسبة لنمو الجنين وإنباته وتطور البادرة.

يطلق على عملية تعريض البذور إلى درجات منخفضة من الحرارة ضمن شروط معينة ولمدةزمنية محددة اسم الكمر البارد أو التخزين البارد Cold stratification وهذه العملية معروفة ومستخدمة في بساتين الفاكهة بصورة عملية حيث يتم وضع البذور في بين طبقات من الرمل المرطب Moist sand أو البيت موس Pet moss ثم تترك على درجات حرارة منخفضة لمدة عدة أسابيع لتحريض الإنبات وكسر السكون.

تعد درجات الحرارة المنخفضة (وكما في البراعم) فعالة جداً في كسر سكون البذور (السكون الجنيني) غالباً الحرارة القريبة من الصفر وتعد الحرارة 5 مناسبة مع معظم الأنواع تقريباً.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن المعاملة بالجبرلين تساعد على كسر السكون إذ تحل جزئياً محل احتياجات البرودة.

يلاحظ أحياناً أكثر من حالة من حالات السكون في نوع نباتي واحد ويطلق اسم السكون المزدوج Double dormancy على سكون الجنين مع سكون الغلاف البذري ويلاحظ هذا السكون مثلاً في بذور المشمش التي يميز فيها السكون الجنيني – السكون الطبيعي الفيزيائي – السكون الميكانيكي والسكون الكيماوي (أي سكون جنيني وسكون أغطية البذرة) ويتم التغلب عليه من خلال:

- الكمر البارد للتغلب على السكون الجنيني.
- إزالة الغلاف البذري أو خدشه للتغلب على السكون الميكانيكي.
- غسيل البذور أو إزالة الغلاف البذري للتغلب على السكون الكيماوي.

الفصل الرابع

فيزيولوجيا سكون البراعم في أشجار الفاكهة

Physiology of buds' dormancy in fruit trees

4-1-مفاهيم السكون الحقيقي والسكون الاضطراري والسكون العميق في أشجار الفاكهة:

يشير مصطلح السكون Dormancy إلى عدم قدرة بعض الأنسجة النباتية (بذور- براعم- أبصال- كورمات) على النمو على الرغم من توفر الماء والأكسجين والحرارة المناسبة.

يشير عدد من العلماء إلى مصطلح الهدوء Quiescence بدلاً من السكون Dormancy أو طور الراحة Rest phase أو السكون الحقيقي True dormancy أو السكون العميق Deep dormancy أو الاضطراري المؤقت Temporarily dormancy وجميعها تشير بشكل مباشر أو غير مباشر إلى انخفاض معدل النمو النشط خلال مدة زمنية معينة تدخل فيها شجرة الفاكهة بطور سكون.

السكون عملية دورية مستمرة تحدث على درجات متفاوتة، فالبراعم التي دخلت بطور سكون مفاجئ وسريع على سبيل المثال يمكن أن تستعيد نموها النشط بسهولة عند توفر الشروط المناسبة أما البراعم التي دخلت بطور سكون عميق- طويل فتحتاج إلى معاملات أكثر كي تخرج من طور السكون.

وبشكل عام هناك عوامل داخلية Intrinsic وخارجية Extrinsic (Extrinsic- Intrinsic) تتداخل مع بعضها بهدف:

- استحداث السكون Dormancy induction
- استمرار استبقاء السكون Dormancy maintenance
- كسر السكون Dormancy release

هناك عدة تساؤلات تقترن مع دراسات طور السكون:

1- ما الإشارات (البيئية) التي تحرض على حدوث السكون وكيف يتم استقبالها؟

2- ما التغيرات الاستقلابية التي تحدث والتي يكون نتيجتها خفض معدل النمو النشط؟

3- ما الإشارات التي تستعيد الشجرة من خلالها نموها في زمن معين؟

4-2-التغيرات الفيزيولوجية التي تحدث في شجرة الفاكهة في أثناء طور السكون:

1- تساقط الأوراق Leaf fall

2- انخفاض نشاط الكامبيوم Decrease cambial activity

3- زيادة قدرة الأشجار على تحمل البرودة Increase cold hardiness

4- انخفاض معدل النمو

5- انخفاض معدلات الأوكسين والجبرلين (ويمكن تقدير محتوى الهرمونات قبل وبعد حدوث السكون)

6- ارتفاع محتوى حمض الأبسيسيك ومثبطات النمو الأخرى التي تترافق مع سكون البراعم وقد لوحظ أن معاملة البراعم الساكنة بـ ABA يطيل مدة السكون.

7- انخفاض النشاط التنفسي Respiratory activity.

8- عدم القدرة على النمو حتى لو توفرت كميات كافية من الماء والأكسجين والحرارة المناسبة.

9- انخفاض عمليات الاستقلاب.

10-زيادة نسبة مثبطات النمو بالنسبة لمنشطات النمو.

11- يفقد الكلوروفيل من الأوراق Chlorophyll lost

12- يترافق فقد الكلوروفيل مع ظهور أصبغة الكاروتين الصفراء والبرتقالية Yellow and orange carotenoid pigments

13- زيادة معدل اصطناع صبغة الأنثوسيانين Anthocyanin synthesis

14-انخفاض معدل البناء الضوئي.

15-إنخفاض معدل التكوين الحيوي للبروتينات والسكريات والأحماض.

إن سكون البراعم في أشجار الفاكهة المتساقطة الأوراق مناظر تماماً للاستجابة لظروف النهار القصـــير الذي يحدث في نهاية الصـــيف، وفي معظم الحالات يعد الفيتوكروم Phytochrome من العوامل المهمة في موضـــوع الســـكون وتعد الأوراق مســـتقبلات Preserves لتأثير الفترة الضوئية.

البرعم فعلياً ميرستيم لم تستطل فيه المسافات ما بين العقد وكذلك الأوراق وجميعها تتألف مجموعة من الأوراق المحورة يطلق عليها اسم Bud scale الـــحراشف البرعمية Bud scales التي لها وظائف عدة:

- تقوم بوظيفة حماية Protective function
- تمنع جفاف البرعم Bud desiccation
- تخفض معدل التنفس وتؤدي إزالتها إلى ارتفاع معدل التنفس.

و يوضح الشكال (34) الحراشف البرعمية في أزهار التفاح.

الشكل (34): الحراشف البرعمية في التفاح.

تشير بعض الدراسات الحديثة إلى أن مثبطات تخليق DNA والبروتين يمكن أن تمنع من دخول البراعم في طور السكون ويمكن أن يشمل السكون على استمرار نسخ مادة وراثية جديدة.

يمكن استحداث السكون عن طريق خفض درجات الحرارة (التي تترافق مع ظروف النهار القصير) ولكن التأثير الأكبر لدرجات الحرارة يظهر عند كسر السكون.

في معظم الحالات يكون التعرض لدرجات الحرارة المنخفضة أمراً ضرورياً قبل استئناف النمو النشط، بمعنى آخر يجب أن تستوفي البراعم الساكنة حدها من احتياجات البرودة Chilling requirement قبل أن تصبح الخلايا قادرة من جديد على الانقسام والاستطالة. تعد هذه العملية من العمليات الحساسة جداً في أشجار الفاكهة حيث يتم استحداث البرعم الزهري (المسؤول عن العقد والإثمار) في الصيف الماضي حيث تتجاوز الشتاء وتستوفي احتياجات البرودة وتستمر بنموها وتطورها في الربيع.

تعد درجات الحرارة المنخفضة جداً (فوق درجة التجمد) Just above freezing الأكثر فعالية في كسر السكون.

وبشكل عام تختلف احتياجات البرودة حسب الصنف وحسب موقع البرعم في الشجرة، فمثلاً

- يحتاج التفاح Apple (Malus pumila)- الأجاص Pear (Pyrus comminus)- الكرز Cherry (Prunus sps) إلى التعرض على درجة حرارة < 7°م لمدة تتراوح من 7-9 أسابيع حتى تخرج من طور السكون.

- أنواع أخرى مثل (Prunus Americana, Americana plum) تحتاج لمدة أطول تزيد عن 22 أسبوع.

- أنواع أخرى مثل المشمش Apricot يحتاج من 4-6 أسابيع.

- في الكاكي (Persimmons) تحتاج إلى 4 أيام فقط لاستئناف النمو النشط.

إن درجة الحرارة في المناطق المعتدلة تتفاوت بشكل كبير عبر الفصول ولكن لا تعاني البراعم الساكنة أي مشكلة من جراء التباينات الحرارية وهذه البراعم تبقى ساكنة ما لم تحصل على الحرارة الحرجة (الصفر البيولوجي) لمدة زمنية معينة لتستأنف بعدها نموها النشط.

يعد سكون البراعم في المناطق المعتدلة شائعاً ومعروفاً في معظم أشجار الفاكهة ويعد تحريض السكون أمراً مهماً وحرجاً تماماً كما هو الحال في كسر السكون.

بشكل عام، يبدأ سكون البراعم قبل شيخوخة الأوراق Leaf senescence فبراعم الكثير من أشجار الفاكهة تتوقف عن النمو في منتصف الصيف، وأحياناً ما يكون لها موجة نمو ثانية في نهاية الصيف قبل أن يبدأ طور السكون العميق في الخريف والشتاء، وإن البراعم الزهرية التي ستنمو في الفصل القادم تتشكل بشكل نموذجي واعتيادي على الأشجار المثمرة في منتصف الصيف.

تبقى الأوراق الخضراء وتستمر عملية التركيب الضوئي Photosynthesis بالشكل الفعال حتى الخريف المبكر إذ تدخل الأوراق في طور الشيخوخة وتبدأ استجابتها لظروف الحرارة المنخفضة.

وتجدر الإشارة إلى أن بداية الخريف الذي يترافق مع انخفاض في درجة الحرارة فإن هذا الانخفاض يرتبط مع ظروف النهار القصير والصقيع أحياناً (وبالتالي يعزى تفسير الكثير من الظواهر المتعلقة بانخفاض الحرارة إلى ظروف النهار القصير أيضاً وموجات الصقيع)، وبالتالي فإنه من الممكن تحريض سكون البراعم في معظم أشجار الفاكهة عن طريق درجة الحرارة المنخفضة (بينما لا يمكن تحريض السكون عن طريق الحرارة المرتفعة حتى لو كان النهار قصيراً، ومن ثم فإن انخفاض الحرارة شرط رئيس لسكون البراعم، بينما لا يلعب طول النهار أو قصره هذا الدور الهام بالنسبة لأشجار الفاكهة، حيث لوحظ في بعض أشجار فاكهة المناطق المعتدلة أن انخفاض درجة الحرارة إلى حدود خمس عشرة درجة مئوية يؤدي إلى حدوث السكون سواء في ظروف النهار القصير أو الطويل، (بينما قد يلعب النهار القصير دوراً إيجابياً في تحريض السكون عندما تكون درجة الحرارة في مجال 19 – 21 ْم).

إن ظاهرة السكون مثلها مثل أي ظاهرة فيزيولوجية أخرى تحدث نتيجة تداخل عوامل كثيرة داخلية وخارجية والعامل الأول المحدد للسكون هو التركيب الوراثي للنوع أو الصنف Genotype.

يحدث السكون الأولي للبراعم قبل السكون الحقيقي، والفرق بينهما أن السكون الأولي يمكن عكسه عادة باعتدال أو ارتفاع درجة الحرارة (التي تترافق مع نهار طويل وإضاءة مستمرة) ولكن عندما يصل البرعم إلى مرحلة السكون الحقيقي فهذا النوع من السكون لا يمكن التغلب عليه حتى يستوف البرعم عدداً معيناً من ساعات البرودة.

الشكل المورفولوجي للبرعم له دور كبير في حدوث السكون، إذ لوحظ أن البراعم الساكنة تمتلك مسافات قصيرة بين العقد، فضلاً عن أنها تحتوي على أوراق محورة تدعى الحراشيف البرعمية Bud scales التي لها دوراً كبيراً في حماية البراعم في ظروف الإجهاد ولا سيما الجفاف Desiccation أو أنها تحمي البراعم من انخفاض الحرارة الشديد وتحد من حركة الأكسجين والتبادل الغازي (وبالتالي فإن الحراشيف البرعمية لها دور مماثل للغلاف البذري الذي يحمي الجنين).

المحتوى الهرموني (نسبة المنشطات / المثبطات) ذو دور مهم في تحريض السكون فقد نشرت العديد من الأبحاث في مجال تحريض تكوين براعم ساكنة في العديد من أشجار الفاكهة عن طريق المعاملة بحمض الأبسيسيك ABA، لذلك لوحظ ارتفاع نسبة ABA عند اجراء تحليل كروماتوجرافي للبراعم الساكنة وانخفاض نسبة المنشطات (أوكسين + سيتوكينين) ومع ذلك فإن المحتوى الهرموني ليس المسؤول الوحيد عن حدوث السكون.

الحرارة هي المؤشر الأول لحدوث السكون وقد بدأت دراسة تأثير الحرارة في السكون منذ عام 1880 بينما لم تهتم الأبحاث بدراسة تأثير الفترة الضوئية أو طول النهار حتى 1950.

وبالتالي فإن الحرارة المنخفضة (المترافقة مع النهار القصير) تؤدي إلى دخول النبات بطور السكون بينما يتم كسر السكون بعد أن يستوف البرعم احتياجاته الكاملة من البرودة والذي يترافق مع ارتفاع درجة الحرارة (وظروف النهار الطويل) وذلك. وهنا تجدر الإشارة إلى دور صبغة الفيتوكروم إذ أن من المعروف أن صبغة الفيتوكروم تظهر بصورتين:

الصورة النشطة (Pfr): تتكون عند التعرض للضوء الأحمر Red (660 – 760 nm)

الصـــورة غير النشـــطة (Pr): تتكون عند التعرض للضـــوء الأحمر البعيد Far-Red (760 – 800 nm)

يمكن أن يكسر سكون البراعم بالتعرض إلى درجات منخفضـة من الحرارة ويتطلب الأمر شهوراً أحياناً على درجات حرارة أقل من 10 ْم وفي أشجار الفاكهة متساقطة الأوراق يعد المجال الحراري 5 – 7 ْم أكثر تأثيراً في كسر السكون من حرارة الصفر، وهناك دراسات عديدة أجريت على أشـــجار الفاكهة لتحديد أقل فترة برودة يمكن التعرض لها لكســـر السكون ودرجة الحرارة الواجب توفرها خلال هذه الفترة، فمثلاً يحتاج التفاح من 1000 – 1400 وحدة حرارية تكون فيها درجة الحرارة أقل من 7 و أعلى من الصفر المئوي.

تأثير الوحدات الحرارية (وحدات البرودة) لا يكون على كامل الشـــجرة بل على البراعم الساكنة فالفرع المعرض للحرارة المنخفضـة في الشتاء يمكن أن يورق بالربيع المبكر وما تزال البراعم ساكنة.

يعد طور السـكون في أشـجار الفاكهة متسـاقطة الأوراق وفي الأشـجار الخشـبية في المناطق المعتدلة من أهم الأطوار التي تحدث بصـورة دورية (حولية) خلال مراحل تطور شجرة الفاكهة، وذلك لأنه يساعد أشجار الفاكهة على تجاوز ظروف فصل الشتاء الباردة والقاسية والتي قد تترافق مع ظروف إجهاد عديدة وغير متوقعة (صقيع- فيضان- ثلوج- ....). ويعد البرعم في شـجرة الفاكهة هو عضـو الاسـتجابة للسـكون (تحريض- كسـر) حيث لوحظ في بعض أشجار الفاكهة متساقطة الأوراق أنه خلال طور السكون قد يستمر النمو بشكل بطيء في معظم أعضاء الشجرة على الرغم من أن البرعم في حالة سكون.

تسـتطيع شـجرة الفاكهة أن تقاوم درجات الحرارة المنخفضـة خلال طور السـكون وتفقد قدرتها على المقاومة بعد انتهاء وكسر السكون.

يلعب طور السـكون دوراً فاعلاً في حياة شـجرة الفاكهة متسـاقطة الأوراق إذ يؤثر بشـكل مباشر في أهم العمليات الحيوية الخاصة بالنمو الخضري والزهري.

يرغب علماء أشـــجار الفاكهة المهتمين بالإكثار والإنتاج بزراعة أشـــجار فاكهة المناطق المعتدلة في ظروف المناخ الدافئ إذ لا تتوفر درجات الحرارة المنخفضـــة ومدة البرودة

اللازمة لكسر سكون البراعم وفي هذه الحالة وجد العلماء أنه يجب تأمين كمية معينة أو عدداً معيناً من ساعات البرودة (Chilling units) لأشجار الفاكهة المتساقطة (حتى بظروف المناخ الدافئ) بحيث تتجاوز شجرة الفاكهة طور السكون ويتم كسر سكون البراعم ويحدث الإزهار في الربيع (وتلعب بعض المواد الكيماوية دوراً مهماً في كسر السكون حيث قد تحل جزئياً محل احتياجات البرودة).

وعموماً تحتاج كل أشجار الفاكهة متساقطة الأوراق إلى كمية محددة من ساعات البرودة وذلك:

- لتدخل في طور السكون.
- للخروج من طور السكون.

عندما تنخفض درجات الحرارة مع بدء فصل الخريف تبدأ شجرة الفاكهة بالدخول بطور السكون أو الراحة (Rest phase) وتستمر على هذه الحالة حتى تنخفض الحرارة أكثر في فصل الشتاء ما يؤدي إلى دخولها بطور السكون العميق (Deep dormancy) وتختلف الاحتياجات الحرارية من شجرة فاكهة إلى أخرى (من حيث درجة الحرارة نفسها- وعدد ساعات التعرض لهذه الدرجة) كذلك تختلف ضمن نفس الأنواع التابعة لنفس الجنس.

عندما تكون احتياجات البرودة كافية فتدخل الشجرة عندها بطور السكون (Eco-dormancy) حتى تعود درجة الحرارة إلى الحدود الطبيعية بحيث يحدث النمو والإزهار، وإن انخفاض درجة الحرارة المفاجئ Snap بعد أن تستأنف شجرة الفاكهة نموها فإن ذلك يؤدي إلى ضرر (وأحياناً موت) الأزهار المتفتحة والثمار الفتية ويطلق على هذه الحالة اسم خطر الصقيع المتأخر (Late frost danger) عندما لا تتعرض شجرة الفاكهة في الشتاء إلى احتياجاتها من البرودة يؤدي ذلك إلى نمو وإزهار غير منتظم في الربيع وتتأثر قوة نمو الشجرة بشكل سلبي وتعرف هذه الظاهرة بـ: تأخر النمو الخضري (Delayed foliation) أو طور راحة متأخر (Prolonged rest).

عندما تتعرض الأشجار لدرجات حرارة مرتفعة خلال النهار "$>19^{\circ}$م" فإن ذلك يؤثر سلبياً في الشجرة حتى إذا كانت درجات الحرارة بالليل منخفضة وأدت بمجموعها إلى تحقيق

الاحتياجات الحرارية اللازمة ونفس الأمر فيما لو حدث انخفاض شـديد في درجة الحرارة "<1,4°م".

4-3-نماذج وحدات البرودة Chill unit models

تم تطوير عدة نماذج مختلفة لقياس الاحتياجات الحرارية الخاصـة بأشـجار الفاكهة سواء من حيث المدة اللازمة لإنهاء طور السكون أو من حيث وقت الإزهار إذ درس:

1- الصفر البيولوجي: درجة الحرارة الحرجة التي يجب أن تتعرض لها الأشجار.

2- عدد ساعات التعرض للصفر البيولوجي.

وقد تم تحديد عدة نماذج منها:

1- نموذج Seeley and walker

اسـتخدم هذا النموذج في بداية الأمر لتحديد الاحتياجات الحرارية الخاصـة بشـجرة الأجاص Peach ثم طور ليشمل معظم أشجار فاكهة المناطق المعتدلة.

يعتمد هذا النموذج على تحديد عدد وحدات البرودة/سـاعة عند درجة حرارة الصـفر البيولوجي.

يعاب على هذا النموذج أنه غير دقيق خاصـة بالنسـبة إلى أشـجار الفاكهة المتسـاقطة النامية في ظروف شـتاء دافئ ترتفع فيه درجة حرارة النهار عن 19°م وبالتالي كان لابد من تطوير نموذج آخر لتحديد الاحتياجات الحرارية بشكل يومي إذ يؤخذ بالحسبان برودة الليل (حتى في ظروف النهار الدافئ نسبياً).

عدد الوحدات/سا	درجة الحرارة
0	<1,4
0,5	1,5 – 2,4
المثالي 1	2,5 – 9,1
0,5	9,2 – 12,4
0	12,5 – 15,9
-0,5	16,0 – 17,9
-1,0	>18

2-نموذج DPCUS (Daily positive chill units modal)

يعتمد هذا النموذج على تجميع الوحدات الحرارية باستخدام معدل درجة الحرارة/ساعة ثم بتجميع المعدلات خلال 24 ساعة، وبهذه الحالة:

- إذا كان مجموع معدلات الوحدات الحرارية خلال 24 ساعة أقل من الحد المطلوب فيعطى الرقم 0.

- إذا كان مجموع الوحدات الحرارية خلال 24 ساعة أعلى من الحد المطلوب فتعد النتيجة إيجابية وتضاف القيمة إلى الرقم النهائي لكامل احتياجات البرودة التي تحتاجها الشجرة.

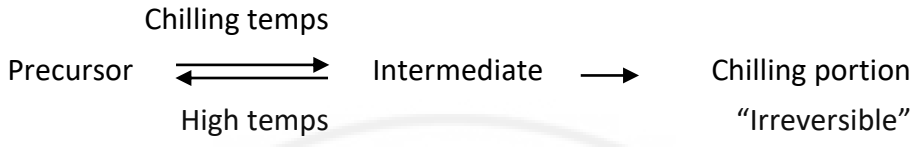
أطلق على هذا النوع اسم DPCUS ويتميز هذا النموذج بأنه أكثر دقة من سابقه خاصة بالنسبة لأشجار الفاكهة النامية بظروف شتاء دافئ (درجة حرارة نهار <1,4>

3 -النموذج الديناميكي، نموذج Fishman

وهو أعقد من النموذجين السابقين حيث تم إضافة عامل آخر هو مدة التعرض لدرجات الحرارة الحرجة. يفترض هذا النموذج أن معدل إتمام أو إنهاء طور السكون يعتمد معدل تراكم عامل كسر السكون في البرعم (Dormancy breaking factor) من خلال خطوتين:

- الخطوة الأولى عكوسة ينتج عنها مادة بدئ (بادئ) غير مستقرة حرارياً. يتم تحفيز تكوين هذا البادئ بالتعرض لدرجات الحرارة الباردة ($1.5-12.4^{o}c$) بينما تؤدي درجة الحرارة المرتفعة إلى عكس العملية.

- الخطوة الثانية غير عكوسة Irreversible إذ يتلقى هذا البادئ الحد الحرج أو المدى الحرج (تجميع عدد ساعات البرودة اللازمة) فعندها سينتقل بشكل غير عكوس مرحلة عامل كسر السكون الثابت العميق Stable dormancy breaking factor أو ما يسمى بجزء أو حد البرودة Chilling portion (CP) (Allan, 1999b). عندما يتشكل الـ Cp فهذه خطوة غير عكوسه حتى لو اتبعت بارتفاع بدرجات حرارة النهار. (المخطط 35)



المخطط (35): يوضح الخطوتين الخاصتين بالنموذج الديناميكي.

تم تقسيم أشجار الفاكهة بحسب عدد ساعات احتياجها للبرودة إلى:

- أنواع ذات احتياجات منخفضة من الحرارة.
- أنواع ذات احتياجات متوسطة من الحرارة.
- أنواع ذات احتياجات مرتفعة من الحرارة.

ففي ذوات النواة الحجرية تحتاج الأنواع ذات الاحتياجات الحرارية:

- المنخفضة إلى 250>
- المتوسطة إلى 250 – 400
- المرتفعة إلى 400>

وفي الـ Pome تحتاج الأنواع ذات الاحتياجات الحرارية

- المنخفضة إلى 600>
- المتوسطة إلى 600 – 1000
- المرتفعة إلى 1000>

أمثلة عن سكون البراعم في أشجار الفاكهة Bud dormancy

إن طور النمو الخضـــري لا يمثل عملية مســـتمرة لكنه يرتبط بمراحل يتميز فيها بالهدوء (Quiescent) أو الســـكون (Dormancy) وغالباً ما يكون ســـبب هذا الهدوء الظروف البيئية غير المناسبة.

وإن سكون البراعم مماثل لسكون البذور حيث يصل معدل النمو إلى أقل درجة ممكنة إلى حين ســـماح الظروف الخارجية باســـتعادة النمو الطبيعي. مثال على ذلك، تنتج النباتات

الخشبية في المناطق المعتدلة براعم خضرية على كل عقدة خلال موسم النمو، وإن عجز هذه البراعم عن النمو بعد تكوينها يرجع أساساً إلى ظاهرة السيادة القمية التي يتحكم فيها التوزيع غير المتساوي للأوكسين. في هذا الوقت يمكن دفع هذه البراعم للنمو عن طريق عمليات التقليم إذ يتم إزالة الميرستيمات القمية المثبطة للنمو، أما مع بدء حلول فصل الخريف وبدء انخفاض درجات الحرارة فإن هذه البراعم تدخل بطور سكون حقيقي (بغض النظر عن الأوكسين) لا تخرج منه ولا تستأنف نموها حتى ولو وضعت في ظروف مدفأة ضمن البيت البلاستيكي.

بشكل عام تختلف درجة السكون بحسب:

1- الأنواع النباتية: تختلف شدة السكون من نوع نباتي إلى آخر.

2- البراعم الموجودة على نفس النبات.

مثلاً تحتاج البراعم الزهرية لبعض أشجار الفاكهة مثل الخوخ والكرز واللوز والمشمش والتفاح إلى درجات حرارة أكثر انخفاضاً من البراعم الخضرية وبالتالي تخرج الأزهار قبل ظهور الأوراق.

ويستوجب الدخول بطور السكون في أشجار فاكهة المناطق المعتدلة توفر درجات منخفضة من الحرارة التي تترافق غالباً مع ظروف النهار القصير.

وهناك من يعزي تأثير الحرارة المنخفضة إلى أنها تسبب تراكم المثبطات وبالتالي الدخول في طور السكون. ومن الجدير بالذكر أن طور السكون هو طور مهم جداً لبقاء النبات واحتفاظه بحياته واستئناف نشاطه لاحقاً. ولا يختلف طول مدة السكون بحسب النوع النباتي فقط بل بحسب الأصناف التابعة لنفس النوع، ويجب أن يتحقق شرطان لكسر طور السكون:

1- أن تتعرض الشجرة لدرجة الصفر البيولوجي الذي يختلف من نوع نباتي إلى نوع نباتي آخر.

2- مدة التعرض لدرجة الصفر البيولوجي: حيث لا يمكن كسر السكون إلا باستيفاء عدد معين من ساعات البرودة.

مثال على ذلك تحتاج أشـجار الدراق إلى 350 – 1200 سـاعة برودة على درجة حرارة الصـفر البيولوجي للدراق (7°م). ضـمن هذا المدى (350 – 1200 سـاعة) تم انتخاب أصـناف خوخ مختلفة بحسـب عدد سـاعات احتياجها للبرودة إذ تم انتخاب أصـناف ذات احتياجات برودة أقل من أصناف أخرى.

وبالتالي فإن أشـــجار الفاكهة متســـاقطة الأوراق تحتاج إلى كمية معينة من البرودة Chilling من أجل كســـر طور الراحة الشـــتوي Winter Rest أو طور الســـكون Dormancy.

مثال على اختلاف مدة الاحتياج لساعات البرودة:

في التفاح صنف:

- Royal gala 1000 – 800
- Golden delicious 1000 – 800
- Granny smith 600
- Braeburn 800
- Fuji 1000 - 800

في الكرز تحتاج أصناف الـ Burlat – Lapins وBing جميعها إلى 1000 ساعة برودة.

في الـ Pears:

- Bon chretien 1000 – 800
- Golden russet bosc 1000 – 800
- Forelle 700 – 600
- Rosemarie 800 – 700
- Flamingo 900 – 700

وبالتالي تمر أشـجار الفاكهة متسـاقطة الأوراق Deciduous fruit trees في المناطق المعتدلـة بمراحـل معينـة يحـدث فيهـا توقف النمو النشـــط Cessation of active growth.

تتشكل البراعم في نهاية فصل الصيف وبداية الخريف وتمر بفصل الشتاء بطور سكون ولا تستعيد النمو النشط حتى بدء فصل الربيع.

يعد سكون البراعم ميكانيكية دفاعية تتجاوز فيها شجرة الفاكهة الظروف القاسية خلال فصل الشتاء.

إن دخول شجرة الفاكهة بطور سكون يجب أن يحدث قبل بدء الظروف القاسية المترافقة مع الانخفاض الشديد في درجة الحرارة ولا تخرج من طور السكون أيضاً إلا بعد انقضاء كامل الفترة الحرجة وبدء حدوث تغيرات بيئية (خاصة حرارية) تساعد على الخروج من السكون وبدء النمو والتطور من جديد (النمو النشط) وإن ارتفاع درجات الحرارة المفاجئ في فصل البرودة يؤدي إلى تعرض البراعم إلى ارتفاع مفاجئ في درجة الحرارة (غير مرغوب) Un seasonably worm period في موسم البرودة لا يعني خروج هذه البراعم من طور السكون فإن المعنى الدقيق للسكون يتجاوز كونه فقط مرحلة من عدم النشاط أو من انخفاض النشاط إلى الحدود الدنيا.

السكون في شجرة الفاكهة ظاهرة تحدث دورياً (سنوياً) Regulated phenomenon نتيجة تأثير عوامل البيئة ولا يكسر السكون إلا بتعديل عوامل البيئة والتي تترافق حكماً مع حدوث تغيرات استقلابية مهمة في شجرة الفاكهة.

هناك عدة معاملات لكسر السكون في البراعم منها:

– معاملة بمادة كيماوية مثل: 2 كلورو – إيتانول الذي يدعى تجارياً باسم كلوروهيدرني الإيتلين وقد استخدم بصورة غاز Vapor وثبت فعالية المركب في كسر سكون العديد من أشجار الفاكهة.

– المعاملة بالجبرلين أيضاً لها دور في كسر سكون الأشجار متساقطة الأوراق إذ يمكن أن يحل جزئياً محل احتياجات البرودة (تماماً كما هو دوره في كسر سكون البذور) ويحرض إزهار الأشجار التي تحتاج إلى حرارة منخفضة حتى تزهر.

4-4-مراحل السكون في أشجار الفاكهة:

1- مرحلة الاستحداث:

تتميز هذه المرحلة بانخفاض شديد وجاد في الـــ Promoters منشطات النمو وزيادة محتوى المثبطات Inhibitors وربما يتأثر هذا الطور أيضاً بالعوامل البيئية خاصة درجة الحرارة.

2- مرحلة السكون (الاستبقاء):

يتميز هذا الطور:

1- انخفاض النشاط الاستقلابي Metabolic activity

2- انخفاض محتوى المنشطات وارتفاع محتوى المثبطات

3- حدوث تغيرات في الظروف البيئية تؤثر في مدة هذا الطور، إذ لا تخرج الشجرة من طور السكون إلا باستيفاء ساعات البرودة من الصفر البيولوجي الخاص بالشجرة وضمن مدة معينة، وفي حال حدوث استثناءات كإجهاد الصقيع مثلاً فإنه يؤدي إلى خروج البراعم من طور السكون قبل أوانها.

3- مرحلة التنبه Trigger:

يتميز هذا الطور:

1- حساسية عالية للظروف البيئية

2- بدء انخفاض مستوى المثبطات Inhibitors وارتفاع حاد بمستوى المنشطات Promoters

4- مرحلة كسر السكون:

يتميز هذا الطور:

1- ارتفاع حاد بنسبة المنشطات وانخفاض نسبة المثبطات.

2- بدء النشاط الأنزيمي وزيادته زيادة طردية Enzyme activity

3- زيادة عمليات الاستقلاب والنشاط الاستقلابي.

إن طول كل مرحلة من المراحل السابقة أو قصرها يتوقف على الجنس والصنف، وبشكل عام فإن معظم المراجع تشير إلى:

1- الدور المباشر للجبرلين والسيتوكينين (منشطات) وحمض ابسيسيك (مثبط) في السكون وكسر السكون.

2- الدور غير المباشر للأوكسين والإيتلين في السكون وكسر السكون.

4-5-التحكم في سكون البراعم Control of Buds dormancy

هناك عدة عوامل تتحكم بالسكون:

1-عوامل وراثية Genetic factors

2-دور منظمات النمو Effect of Phyto hormones

3-تأثير عوامل البيئة Environment factors

1- العوامل الوراثية Genetic factors

تعد من أهم العوامل وأول العوامل التي تتحكم في السكون إذ تختلف مدة السكون بحسب النوع النباتي ضمن نفس الجنس نتيجة اختلاف التركيب الوراثي كذلك تختلف الاستجابة لمعاملات كسر السكون أيضاً بحسب اختلاف التركيب الوراثي.

2- دور منظمات النمو Effect of Phyto hormones

هناك عدة شواهد تشير إلى دور منظمات النمو في حدوث السكون وذلك في جميع مراحل السكون المختلفة (الاستحداث، الاستبقاء، التنبيه، وكسر الكون)

3- العوامل البيئية Environment factors

1- الحرارة:

من أهم العوامل التي تتحكم بدخول أشجار الفاكهة في طور السكون.

عندما يتوقف نمو الأفرع يحدث نوع من السكون الفيزيولوجي أو طور الراحة في الأفرع.

تأتي أهمية الحرارة ليس فقط في الدخول في طور السكون وإنما أيضاً بالخروج منه، إذ تحتاج البراعم إلى مدة من التبريد (Chilling) مشابهة لمدة الكمر البارد في البذور (Stratification) هذه المدة يجب أن تتعرض الشجرة خلالها لوحدات حرارية معينة (غالباً في مجال 5 – 7 ْم) لإنهاء طور الراحة، وغالباً ما تؤدي الحرارة خارج هذا المجال إلى نتائج غير مرغوبة إذ يؤدي الانخفاض الشديد في الحرارة أقل من 0 ْم إلى ضرر وصقيع الأشجار، كذلك ارتفاعها عن 12 ْم إلى عدم خروج الأشجار من السكون. إذن يجب أن يتم استيفاء الوحدات الحرارية اللازمة خلال فترة معينة طالت أم قصرت، ويختلف هذا بحسب الصنف والنوع.

2- الضوء:

بالنسبة لأشجار الفاكهة فإن الضوء (الفترة الضوئية) ليس مسؤولاً عن بدء – استمرار – نهاية السكون، إنما درجة الحرارة، ومع ذلك تجدر الإشارة إلى أن النهار القصير يحرض السكون بينما يفعل النهار الطويل عكس ذلك، وبالتالي فهناك تفاعل مهم بين درجة الحرارة وطول النهار، حيث يترافق انخفاض درجات الحرارة في المناطق المعتدلة في الخريف المبكر مع طول النهار القصير، ومع ذلك فليس النهار القصير المسؤول المباشر عن السكون لأن النهار القصير لو ترافق مع ارتفاع بالحرارة فلن يكون له أي دور في إحداث السكون بينما يمكن أن تؤثر الحرارة المنخفضة بشكل مباشر في تحريض السكون حتى بظروف النهار الطويل.(وبهذه الفقرة تجدر الإشارة إلى دور صبغة الفيتوكروم المشروحة سابقاً في هذا الفصل).

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الخامس

فيزيولوجيا التساقط

Physiology of abscission

5-1- مفهوم التساقط Abscission

يشير مصطلح التساقط إلى انفصال بعض الأعضاء النباتية عن النبات الأم بما يشمل من هدم للجدر الخلوية في أماكن حدوث الانفصال وزيادة نشاط الأنزيمات (أنزيمات الإماهة) المحللة لهذه المناطق أو الطبقات من أجل فصل عضو معين عن النبات الأم.

5-2-خصائص منطقة التساقط مورفولوجياً وفيزيولوجياً وتشريحياً:

منطقة التساقط (الانفصال) Abscission zone

يطلق مصطلح طبقة الانفصال أو طبقات الانفصال"Separation layers" على طبقة الخلايا التي تمزقت فيها الجدر الخلوية Cell wall breakdown.

من الناحية التشريحية لا يوجد خصائص مميزة لخلايا منطقة الانفصال فهي تحمل نفس التركيب التشؤيحي لباقي خلايا النسيج بشكل عام ولكن تتميز بأنها أكثر رقة "Subtle" ولكن الأمر الثابت عند تكوني طبقات الانفصال حدوث هدم للجدر الخلوية في منطقة الانفصال والمناطق المجاورة (طبقة خلايا من 5- 50 خلية عرضياً بحسب الصنف والنوع).

هناك بعض النباتات التي يحدث فيها التساقط دون أن تتكون طبقات الانفصال وهذه خاصية وراثية تميز أنواع نباتية عن أنواع أخرى (مثل بعض الطافرات المحدثة من نباتات الخضار).

يشمل التساقط على انفصال الثمار – الأوراق – البراعم – التراكيب الزهرية (سبلات – بتلات – مآبر – مياسم .....) ويمكن الافتراض نظرياً أن التساقط قد يشمل أي جزء هوائي في الشجرة "Arial parts". وهناك أمثلة كثيرة على حدوث التساقط سواء في أشجار الفاكهة المستديمة الخضرة أو متساقطة الأوراق إذ تختلف الأعضاء النباتية عن

بعضـــها البعض بالحجم (مثلاً الاختلاف بين حجم ووزن الثمرة عن حجم ووزن الأوراق) وبالتالي تختلف سرعة حدوث التساقط.

بشكل عام تتميز الخلايا في طبقة الانفصال:

1- إنها أصغر حجماً من باقي الخلايا في النسج المجاورة ويعزى ذلك إلى انخفاض معدل الاســـتطالة الخلوية "Cell enlargement" وانخفاض معدل النشـــاط المريستيمي "Meristematic activity".

2- زيادة معدل الانقسام الخلوي في مناطق الانفصال ويبدو أن هذه الخاصية شرط أساسي لتبدأ الخلايا بالاستجابة لحدوث التساقط.

3- انخفاض محتوى الليغنين والألياف.

4- زيادة تطور الخلايا الكولانشـــيمية، فقد لوحظ أن الجدر الخلوية الملجننة كانت مقاومتها مرتفعة للإماهة من قبل الأنزيمات Enzymatic hydrolysis بنفس الوقت نجد الجدر الكولانشيمية قد تهدمت بفعل هذه الأنزيمات.

5- زيادة كثافة السيتوبلاسم في خلايا طبقات الانفصال.

6- زيادة معدل وسرعة التنفس في خلايا منطقة التساقط عنه في الخلايا الأخرى.

7- زيادة معدل تخليق طلائع الحمض النووي RNA والبروتين وبالتالي فقد لوحظ أن اســـتخدام أي مثبط لعمليات التنفس أو لعمليات تخليق البروتين أو RNA يكون لها دور مباشر في تثبيط تكوين طبقة الانفصال.

8- زيادة معدل تخليق mRNA

9- ارتفاع معدل الاستقلاب Metabolism rate بشكل عام

10-تشير الفحوص المجهرية الدقيقة أنه يحدث إنحلال للصفيحة الوسطى والجدر الخلوية الأولية هذا الانحلال لا يشمل الخلايا البارانشيمية فقط بل يشمل الخلايا كافة في منطقة الانفصال بغض النظر عن طبيعتها التشريحية ويقل معدل الضرر بعد طبقة الانفصال فالطبقة التي تليها فالتي تليها.

10-زيادة النشاط الأنزيمي المسؤول عن إماهة الجدر الخلوية وهدمها.

11-تستبقي الجدر الخلوية في طبقة الانفصال خاصيتها المميزة في الاصطفاء والنفاذية Selective permeability.

12-المحافظة على امتلاء الخلية أمر مهم جداً في ميكانيكية حدوث الانفصال ولكن يحدث تهتك Cellular collapse عام في كامل خلايا طبقة الانفصال مع انتهاء التساقط.

بشكل عام ومن أجل دراسة خصائص منطقة التساقط يجب نزع خلايا من طبقة الانفصال ومن المناطق المجاورة وبالتالي يتم دراسة الفعل المثبط من قبل الأعضاء الأخرى على مناطق الانفصال وهنا تجدر الإشارة إلى أنه في مثل هذا النوع من الدراسات يمكن إضافة الإيتلين الذي يسرع من عملية التساقط (1-50 ppm وذلك بحسب النوع النباتي).

13-إنخفاض محتوى البكتين و السللوز و الهيمي سللوز.

5-3-تحريض التساقط Induction of abscission

هناك العديد من العوامل التي تحرض حدوث التساقط:

1- عوامل مناخية: من أهم العوامل المباشرة في حدوث هذه الظاهرة. ويختلف تأثير هذه العوامل (حرارة- إضاءة- رطوبة) بشكل كبير بحسب النوع النباتي.

2- عوامل تتعلق بالتربة: انخفاض معدل التغذية المعدنية يسرع من حدوث التساقط.

3- ظروف الإجهاد: (ملحي- مائي- حراري- إشعاعي) كلها لها دور في الإسراع من التساقط.

4- عملية التلقيح تسرع من تساقط البتلات.

5- عدم تطور الأجنة بشكل جيد يرتبط مع تساقط الثمار.

6- فشل التلقيح والإخصاب يرتبط مع تساقط الأزهار.

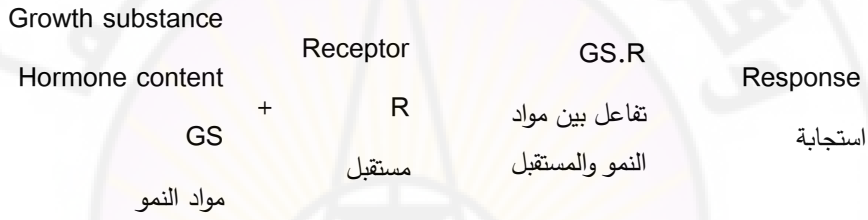
7- الهرمونات النباتية لها دور مهم في حدوث التساقط وبدأت دراسة تأثير الهرمونات من ملاحظة أن إزالة صفيحة الورقة Leaf blade يؤدي إلى تساقط عنق الورقة وبالتالي فإن الأوراق تفرز مواد كيميائية معينة يكون لها دور مباشر

في تثبيط تساقط الأعناق وتثبيط تكوين منطقة انفصال في الأعناق. ما الذي يحرض التساقط الطبيعي:

هناك عوامل داخلية تتحكم بحدوث التساقط Internal factors منها:

1- حدوث توازن بين المواد الكيميائية المنتجة طبيعياً في النبات مع بدء حدوث التساقط.

2- يختلف استجابة النبات للتساقط بحسب المحتوى الهرموني لتحدث الاستجابة يجب أن يكون هناك مستقبل للإشارة الهرمونية (وراثياً) (المخطط، 36)



المخطط (36): دور منظمات النمو وضرورة وجود مستقبِل لتحريض التساقط.

لذا يتساءل البعض أحياناً أنه رغم المعاملة الهرمونية لم تحدث الاستجابة والسبب يعزى إلى عدم وجود النسيج المستقبل الذي يستجيب للمعاملة، ما يفسر أن معاملة النباتات الفتية لم ينتج عنه أي استجابة للتساقط عكس معاملة النباتات البالغة أو الهرمة.

5-4-تساقط الأوراق:

من المعروف أن شيخوخة الأوراق وشيخوخة أي عضو نباتي في شجرة الفاكهة مؤشر مهم لبدء التساقط فشيخوخة الثمار تسبق يسبق تساقطها ويفترض بعض العلماء أن هرم العضو النباتي إشارة بدء لتحريض التساقط، ولكن هناك ملاحظات أخرى:

- ليس بالضرورة أن يترافق التساقط مع هرم الخلايا في المنطقة البعيدة عن الساق "Distal" إنما فقط يترافق مع هرم خلايا المنطقة القريبة.
- بعض الثمار تتساقط أحياناً قبل النضج التام وتنضج بعد التساقط.
- أحياناً تتساقط الأوراق نتيجة إجهاد حيوي (حشرات- أمراض) أو لاحيوي (إجهاد مائي) وهذا لا يترافق بالضرورة مع هدم الكلوروفيل.

- يحدث التساقط أحياناً بعد التلقيح مباشرة (مع عدم الإخصاب) من دون أي مؤشرات للهدم.
- تتســـاقط الأوراق في أشـــجار الفاكهة بالخريف المتأخر بينما تدخل بمرحلة الشيخوخة في الخريف المبكر.
- هناك العديد من التغيرات البيوكيميائية التي تترافق مع الهدم والتســاقط وتلعب الناحية الوراثية دوراً مهماً في هذه التغيرات حيث يختلف معدل الاســـتقلاب Metabolism بشـــكل واضـــح ويزيد معدل الهدم Anabolism على معدل البناء Catabolism.

5-5- تساقط الأزهار والخف:

يختلف معنى التســاقط عن الخف إذ يقصــد بالخف تقليل حمولة الأشــجار من الأزهار كما يمكن فصل بعض الثمار عن النبات الأم بعد وصولها إلى مستوى النضج المطلوب، ويمكن جمع الثمار يدوياً أو آلياً بحسب:

- الناحية الاقتصادية وهدف الجمع.
- نوع أشجار الفاكهة المزروعة.
- حجم الإنتاج وكثافته.
- طريقة الزراعة والمسافة الزراعية بين النباتات.
- الإمكانيات المتاحة لجمع الثمار بأي طريقة من الطرق المذكورة.

الجمع اليدوي:

يتم جمع ثمار الفاكهة يدوياً باستخدام بعض الوسائل المساعدة مثل: المقصات- أكياس الجمع- السلالم.

تتميز هذه الطريقة:

1- تحديد الوقت المثالي للجمع بحســـب درجة نضـــج الثمار إذ يمكن تكرار عملية الجمع أكثر من مرة.

2- لا يحتاج إلى أجهزة خاصة للقيام بعملية الجمع.

3- تقليل معدل الضرر الميكانيكي على الثمار.

ويعاب عليها:

1- ارتفاع تكلفة اليد العاملة.

2- تحتاج إلى وقت طويل خاصة بحال غزارة الإنتاج وارتفاع المساحة المزروعة.

الجمع الآلي:

يتم الاعتماد على آلات خاصـــة لجمع ثمار الفاكهة وبشـــكل عام فإن هذه الطريقة في الجمع تستخدم غالباً مع الثمار التي تجنى بهدف التصنيع وذلك لارتفاع معدل الضرر الميكانيكي عند جمع الثمار بهذه الطريقة.

وتمتاز هذه الطريقة بالجمع بـ:

- نقص تكلفة اليد العاملة.
- ضرورة تحسين أشجار الفاكهة واستنباط الأصناف الملائمة للجمع الآلي.
- توفير الوقت والجهد.

أما عيوبها فهي:

- إلحاق الضرر الميكانيكي بالثمار.

- قد لا تكون الثمار قد وصلت إلى نفس درجة النضج المطلوبة عند تحديد موعد جني الثمار وفي حال تكرار عملية الجمع الآلي أكثر من مرة فإن ذلك يلحق الضـــرر أكثر فأكثر على مستوى الشجرة.

بشكل عام يمكن تنفيذ طريقة:

*- الجمع باليد: في ثمار الدراق- الخوخ- المشمش- الفريز.

*- الجمع باستخدام سكين حاد: كما في جمع شماريخ الموز وعراجين البلح إذ يتم الجمع يدوياً باستخدام بعض الأدوات الحادة.

*- الجمع بالعصـــا: كما في ثمار الزيتون، وتنفذ هذه الطريقة بشـــكل الخاص في ثمار الزيتون المعدة للعمليات التصـنيعية (تخليل- استخلاص- زيت .....) ويمكن جمع ثمار الزيتون بهز كامل الشجرة وهذا أيضاً يلحق الضرر الميكانيكي بالثمار.

العوامل الواجب مراعاتها عند جمع ثمار الفاكهة:

1. **تحديد طور النضـــج الملائم:** يجب أن تجمع الثمار في طور النضـــج وليس في طور ما بعد النضج ويتوقف تحديد طور النضج على النوع- الصنف- الهدف من الاستهلاك (تجاري- تسويقي- تصنيعي) وبالتالي يمكن جمع الثمار قبل طور النضـــج إذا ما أعدت للشـــحن والتصـــدير (كما في ثمار الموز) أما إذا كان الهدف هو الاستهلاك والتسويق في السوق المحلية فيتم الجمع في مرحلة النضج.
2. **وقت الجمع:** يفضـل جمع ثمار الفاكهة في الصـباح الباكر أو عند بدء غروب الشـــمس إذ يتم تجنب درجة الحرارة المرتفعة التي قد تلحق الضرر بالثمار.
3. **مراعاة عدم إلحاق الأضرار الميكانيكية بالثمار** وخاصة بالنسبة للثمار سريعة العطب مثل الفريز والمشمش.

5-6-تساقط الثمار والجمع:Fruits abscission and thinning

يقصـــد بها إزالة أزهار أو ثمار من على الأشـــجار بهدف التقليل من العدد الكلي للثمار المتكونة على الشجرة.

هناك عدة طرائق للخف، منها الخف اليدوي أو الميكانيكي أو الكيماوي، وتعتمد طريقة الخف الكيماوي على التأثير الفيزيولوجي لهذه المواد الكيماوية في:

*- منع إتمام عملية الإخصاب داخل المبيض أو على قتل الأجنة أو إجهاضها وبالتالي يحدث تساقط طبيعي لهذه الثمار.

*- منع الإخصاب، وبهذه الحالة يحدث تساقط طبيعي للأزهار.

وبالتالي تقسم المواد الفعالة في عملية الخف إلى:

- مركبات خف الأزهار.

- مركبات خف الثمار.

*- تشمل مركبات خف الأزهار على المواد السامة مثل مركبات دي نتروز- الفينولات- الكريزولات هذه المواد تقتل الأزهار أو تجعلها عقيمة.

*- تشمل مركبات خف الثمار على مشتقات الأوكسين، وهذه المركبات تؤدي إلى الخف كونها تعمل على قتل الأجنة، وتجدر الإشـــارة هنا إلى الدور المهم والفاعل للأوكســـين الذي يعد مسـؤولاً عن إتمام العقد في شـجرة فاكهة معينة يعتبر نفسـه مسـؤولا عن خف العقد في شجرة فاكهة أخرى.

وليســت جميع الأوكســينات فعالة في عملية الخف إذ يعد حمض الخليك ومشــتقاته هو الفعال فقط في خف الثمار فقد دلت الدراسـات على اسـتخدام هذا الأوكسـين على نطاق واســـع في خف ثمار التفاح والخوخ والكمثرى والزيتون والعنب، أما الثمار ذات النواة الحجرية فقد ثبت أن المركب الفعال للخف هو Naphthyl phthalamic acid.

ولم تعرف آلية عمل الأوكسين في قتل الأجنة حيث من المعروف أن الأوكسينات تمتص من أسطح الأوراق بكفاءة أعلى من امتصاصها من أسطح الثمار.

تتأثر درجة الخف بحسب:

- نوع الأوكسين المستخدم.
- تركيز الأوكسين.
- توقيت الرش بالنسبة لمرحلة التطور الفيزيولوجي للثمار.
- نوع شجرة الفاكهة.
- تأثير عوامل البيئة (حرارة- رطوبة- رياح- صقيع).
- الناحية الوراثية.

ويشمل تساقط الثمار:

1- تساقط بعد الإزهار:

تتساقط الأزهار الشاذة (ذات شكل مورفولوجي غير مميز للصنف).

2- تساقط بعد نضج المبايض

وذلك بعد حدوث الإزهار الكامل والتلقيح والسبب فشل عملية الإخصاب فتتساقط المبايض غير المخصبة.

3- تساقط حزيران:

يحدث في المبايض الملقحة والمخصبة بسبب:

- انخفاض عدد البذور وحجمها.
- التنافس بين الثمار على امتصاص الماء والغذاء.
- العوامل البيئية.

هذا التساقط ربما يؤدي إلى تحسين نوعية الثمار المتبقية على الأشجار بعد التساقط.

4- تساقط الثمار الناضجة:

يحدث بعد النضج الكامل للثمار بسبب:

- انخفاض معدل الـ Mg.
- انخفاض معدل التغذية المائية.
- زيادة محتوى N.

هذا التساقط يؤدي إلى حدوث أضرار ميكانيكية والثمار المتضررة بهذا النوع من التساقط لا يمكن تسويقها أو إدخالها في معاملات ما بعد الحصاد.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السادس

فيزيولوجيا التجذير

Physiology of rooting

يعد الإكثار الخضـــري بالعقل من أرخص طرق إكثار نباتات الفاكهة وأكثرها ملاءمة إذ لا ينتج عنها تغير في التركيب الوراثي للنباتات وبالتالي فهي طريقة محافظة للصـــنف. إلا أن هناك بعض الأنواع يصـــعب إكثارها بالعقلة رغم أنه نظرياً يمكن لأي نبات أن يتكاثر بالعقلة إذا احتوى على ميرستيم أولي لكن عملياً لا يحدث ذلك لأنه يوجد عوامل معقدة تحكم ذلك.

6-1-إختلاف استجابة عقل أشجار الفاكهة على التجذير:

إن صـــعوبة التكاثر بالعقل ترجع إلى عوامل خارجية وداخلية وقد يرجع الاختلاف الموسمي في قدرة العقل على تكوين الجذور إلى:

1- الظروف البيئية.

2- نشاط الأنسجة الميرستيمية.

3- المواد الغذائية المخزنة.

4- الاختلاف في جهد الماء الموسمي الذي يتوقف على أطوار النمو.

5- انتقال المواد المســاعدة على تكوين الجذور إلى موضـــع تكوين مبادئ الجذور الذي يتوقف على نشاط النمو وقت تجهيز العقل.

6- قدرة العقل على تكوين الجذور قد يعود كذلك إلى التوازن بين المواد المعيقة والمواد المنشـــطة الموجودة بالعقلة وأن هذا التوازن لا يحكم فقط تكوين الجذور إنما يتحكم كذلك في إنبات البذور مثل الخوخ – المشـــمش – الخوخ – الكرز، فضـــلاً عن خروج البذور من طور الراحة (كالتفاح) وخروج البراعم من طور الراحة وتفتحها (دراق).

6-2-مراحل تكوين الجذور:

وجد أن تكوين الجذور العرضية نتيجة ثلاث مراحل متتابعة:

1- المرحلة الأولى:

إعادة تكشــف الخلايا العادية المتكشــفة وعملية إعادة التكشــف هذه هي نوع من العزل لخلايا معينة من النسـيج الذي تنتمي إليه هذه المجموعة من الخلايا تبدأ بالانقسـام وكذلك الخلايا الناتجة منها تستمر أيضاً في الانقسام، ويكون الانقسام أولاً غير منتظم ثم يصـبح منتظما، إذ ينتهي بتكوين الميرسـتيم العضـوي الذي يؤدي بدوره إلى تكوين مبادئ الجذور.

ومعروف قديما أن سـبب عملية إعادة التكشـف هو عملية الاسـتقطاب للخلايا، ويرجع سبب عملية الاستقطاب إلى تركيب جدار الخلية أو إلى تركيب السيتوبلازم:

- ففي الحالة الأولى يكون السبب اتجاه ترتيب الميسيلات في الجدار.
- وفي الحالة الثانية فهو يرجع إلى بناء جزيئات البروتين في السيتوبلازم.

2-المرحلة الثانية:

بعد تكوين الميرســتيم العضــوي، هل ســتتكون مبادئ أفرع أم مبادئ جذور؟ لا تتكون مبادئ البراعم والجذور في كل الأنسـجة من مصـدر واحد، ولكن أشـار بعض الباحثون إلى إمكانية تكوين مبادئ الجذور والبراعم من نفس النسـيج، وبهذه الحالة يشـجع التركيز العالي للأوكسين تكوين مبادئ الجذور، أما التركيز المنخفض فإنه يكون مبادئ البراعم.

هناك عدة نظريات لتفســير تكوين الجذور على قاعدة العقلة والبراعم على الجزء الطرفي منها:

1- يوجد تيارين من المواد المتكونة في اتجاهين متضادين.

2- تـدرج تركيز الأوكســينـات إذ يحتـاج تكوين الجـذور إلى تركيز عـالي من الأوكسينات بالمقارنة بما يحتاجه تكوين البراعم.

3- فضلاً عن تدرج تركيز الأكسينات هناك تدرج بتركيز الريزوكالين والكالوكالين.

4- تدرج تركيز المواد المعيقة.

3- **المرحلة الثالثة:**

نمو الجذور التي تكمن أساساً في استطالة الخلايا.

وبالتالي فإن مراحل تكوين الجذور هي:

1- إعادة التكشف.

2- التحديد ويمكن تقسيمها إلى:

أ- ترتيب الخلايا لتكوين الميرستيم العضوي.

ب- تكوين مبادئ الجذور أو مبادئ البراعم.

3- النمو.

وتوضح الأشكال 37، 38، 39 تجذير عقل الزيتون والعنب و التفاح

الشكل (37): تجذير عقل الزيتون.

الشكل (38): تجذير عقل العنب.

الشكل (39): تجذير عقل التفاح.

الشكل (40): تجذير عقل الليمون.

وقد أوضح بعض العلماء إلى أن هناك أربع خطوات لخروج الجذور على العقل:

1- تكوين عدد أو مجموعة من الخلايا الميرستيمية.

2- تكشف هذه الخلايا إلى مبادئ جذور، وباستمرار انقسام الخلايا تأخذ كل مجموعة من الخلايا مظهر قمة الجذور وتتكون الحزم الوعائية الجديدة في الجزء الجديد تتصل بالحزم الوعائية الأصلية.

3- خروج الجذور عن طريق تمزق أسطح بقية أنسجة الساق.

4- نمو الجذور خارج العقلة.

ويحدث الانقسام الخلوي بالخلايا البارانشيمية المواجهة للحزم الوعائية:

ففي الســوق الصــغيرة تتكون مبادئ الجذور قرب الجانب الخارجي للحزم الوعائية لكنها تكون أعمق من ذلك في السوق الأكبر سناً، وغالباً تكون في شريط الكامبيوم الوعائي.

أما بحالة النباتات التي يحدث بها نمو ثانوي أي التي بها أكثر من طبقة واحدة من الخشب واللحاء تتكون الجذور غالباً من اللحاء الثانوي ولو أن هذه الجذور قد تتكون من أنسجة كثيرة أخرى مثل الأشعة النخاعية أو حتى النخاع.

أكدت الدراسات على أن: مبادئ الجذور التي تتكون طبيعياً على النباتات الخشبية السهلة التكاثر بالعقلة وتظل ساكنة لمدة طويلة والتي يطلق عليها root germs لا تختلف في طريقة تكوينها عن مبادئ الجذور التي تتكون حديثاً على العقل إذ أن مصدر الاثنين واحد وتحتاج الـ root germs إلى ظروف مناسبة لتنمو.

مثلاً: تكوّن العقل الساقية بالعنب جذوراً بسهولة رغم عدم وجود مبادئ جذور، كذلك فإن كثيراً من العقل الغضة والخشبية لبعض أشجار الزينة تكون جذوراً بسهولة بالرغم من عدم وجود مثل هذه المبادئ.

وقد ثبت وجود مبادئ الجذور في عقل كل من النارنج، التين، كما وجد أيضاً أن إجراء عملية الإظلام لبعض أصول الخوخ تشجع تكوين مبادئ الجذور.

- لوحظ أن نظام خروج الجذور على العقل يتوقف على تركيب الساق في شجرة الفاكهة:

- فقد وجد **بالنارنج** أن عدداً قليلاً من الجذور يتكون فقط على قاعدة العقلة.
- بينما في **الترنج** تخرج الجذور على كل الجزء من العقلة المغطى بوسط الزراعة.
- وفي **الزيتون** فإن الجذور تخرج على العقد.
- وفي **العنب** فإن 75% من الجذور المتكونة يخرج أسفل البراعم و25% يخرج أسفل المحاليق، وعدد قليل جداً من الجذور يخرج على الجزء الجانبي من العقلة.
- وفي بحالة تمت معاملة عقل العنب بالأكسينات فإن الجذور تخرج من نسج مختلفة عدة:

1- من خلايا الكامبيوم.

2- من خلايا الأشعة النخاعية المتاخمة للخلايا الليفية للبريسيكل.

3- من برانشيمية القشرة الابتدائية.

أما بحالة العقل غير المعاملة بالأكسين فإنها تتكون من خلايا الأشعة النخاعية الأولية والمجاورة لألياف البريسيكل.

- وفي **الفريز** تخرج الجذور من عدد قليل من خلايا البريسيكل المتاخمة من الداخل لطبقة الإندودرم.

علاقة الكالوس بتكوين الجذور:

الكالوس:

مجموعة غير منتظمة من الخلايا البرانشيمية على درجات متفاوتة من اللجننة، وتنتج من انقسام خلايا الكامبيوم واللحاء المجاورة لها وقد تشترك معها خلايا القشرة والنخاع.

أشارت الدراسات إلى أنه ليس هناك علاقة بين كمية الكالوس المتكونة على قاعدة العقلة وبين عدد الجذور المتكونة، وأن عمليتي تكوين الكالوس والجذور هما عمليتان منفصلتان لكنهما يتكونان معاً لأن تكونهما يحتاج إلى عوامل داخلية وخارجية مشتركة.

ترجع فائدة نسيج الكالوس إلى معالجة جرح قاعدة العقلة وبالتالي حمايته من التلف بفعل الكائنات الدقيقة خاصة في حالة العقل التي تتأخر في تكوين الجذور.

كما وجد في حالة عقل العديد من أشجار الفاكهة أن نسيج الكالوس يحتوي على نسبة عالية من السكر والنشاء ما يشير إلى احتمال انتقال هذه المواد الغذائية إلى موضع تكوين الجذور.

ففي جنس Pyrus وجد أن هناك علاقة بين تكوين الكالوس وقدرة العقل على تكوين الجذور وأنه خلال مدة تكوين الكالوس يحدث انخفاض في محتوى العقل من المواد الكربوهيدراتية ويزيد نشاط البراعم، ولوحظ أن قدرة العقل على تكوين الجذور تتناسب عكساً مع طول المدة التي تمضي في التخزين قبل تكوين الكالوس.

من جهة أخرى أوضح بعض الباحثون أن نسيج الكالوس المتكون على قاعدة العقل يعوق امتصاص الماء.

وهنا نشير إلى أن: التركيب التشريحي للعقل لا يمثل في الواقع إلا أحد العوامل المؤثرة في تكوين الجذور على العقل إذ أنه لم يثبت وجود أي اختلاف تشريحي بين العقل لأصناف عديدة لأصل التفاح Malling السهلة تكوين الجذور والعقل الناضجة لنفس

النبات الصـــعبة تكوين الجذور، من هنا يظهر أهمية التركيب الكيماوي الداخلي للعقلة بوصفه عاملاً محدداً في تكوين الجذور على العقل.

6-3-علاقة التركيب التشريحي بتكوين الجذور:

ببعض النباتات توجد مبادئ تكوين الجذور في الساق قبل إعداد العقل كما في الأشجار الخشبية السهلة التكاثر بالعقلة التي تتكون على أفرعها مبادئ الجذور وما زالت متصلة بالشـــجرة الأم، ولكن في معظم النباتات لا تتكون مبادئ الجذور إلا بعد فصـــل العقل. وتتبع عملية تكوين الجذور اتجاهات خاصة تتماشى مع التركيب التشريحي للنبات فيبدو أن بعض التركيبات الخاصة للأنسجة أو نسبة الأنسجة المختلفة في الساق تناسب أكثر من غيرها تكوين الجذور فقد وجد أن:

تبادل الحلقات على قاعدة عقل الخوخ ماريانا و الميروبلان أدى إلى خفض نســبة نجاح تجذير عقل ماريانا من 92 إلى 78% بينما زادت نســبة نجاح الميروبلان من 3% إلى 9%.

أمكن الحصول على نتائج مشابهة بحال عقل الكمثرى صنف Santa Maria والسفرجل صـــنف Depage.E وكذلك الحال في عقل النارنج والترنج، فعقل الترنج تكوّن الجذور بســهولة على طول الســاق بعد مدة وجيزة من زراعتها، بينما نجد أن عقل النارنج تكون القليل من الجذور على قاعدتها بعد فترة طويلة.

وتجدر الإشـــارة إلى أن تكوين الجذور العرضـــية بأي نبات قد يكون راجعاً إلى عوامل وراثية وليس متعلقاً بالمواد الغذائية أو الهرمونات المنشــطة لتكوين الجذور وبشــكل عام يلزم لتكوين الجذور وجود خلايا لم تصـــل إلى درجة عالية من التكشـــف ومن ثم فإنها تكون نشيطة ويمكن إعادة تكشفها.

6-4- تأثير التركيب الكيماوي الداخلي للعقل في تكوين الجذور:

الحالة الغذائية بالعقل:

1- المحتوى الكربوهيدراتي:Carbohydrate content

- أشـــار الباحثون إلى أن: المحتوى الكربوهيدراتي للعقلة لا يمثل أهمية في قدرتها على تكوين الجذور وذلك في حال الأصـناف الصـعبة تكوين الجذور، بينما لا يحدث ذلك في الأصـــناف الســـهلة تكوين الجذور، وقد تأكد هذا الرأي حديثاً في عقل الكمثرى صـــنف Old Home .

وربما تظهر أهمية الكربوهيدرات بصفة خاصـة بحالة العقل الغضـة إذ تقوم أوراقها بتمثيل المواد الكربوهيدراتية، وقد ثبت ذلك في عقل الكرز المر و عقل الكمثرى التي نمت في مرحلة الطفولة فقد لوحظ أنها أكثر قدرة على تكوين الجذور في العقل الناضـــجة رغم انخفاض المحتوى الكربوهيدراتي في الأولى (كذلك بالتفاح) و قد وجد في عقل الخوخ والسـفرجل أن نسـبة نجاح التجذير تزداد كلما اتجهنا إلى قاعدة الفرع رغم تماثل المحتوى الكربوهيدراتي على طول الفرع، وهذا ما دفع بعض الباحثين إلى تفســـير أن المحتوى الهرموني للعقلة كأحد العومل المؤثرة في التجذير.

وقد اهتم بعض الباحثون بأهمية أنواع معينة من الكربوهيدرات من دون غيرها بالمســـاعدة على تكوين الجذور ففي عقل العنب: لوحظ أن العلاقة طردية بين محتوى النشاء وتكوين الجذور.

2- المحتوى النتروجيني: Nitrogen content

تختلف الدراسات على ذلك بحسب النوع النباتي:

1- ثبت أهمية نقص تركيز النتروجين في دفع العقل لتكوين الجذور كما في حال الخوخ، العنب.

2- بينما لم يظهر أثر الآزوت بصوره المختلفة بحالة عقل الكمثرىgrandiflora .

3- وكما الحال في الكربوهيدرات يبدو أن للمحتوى الآزوتي الكبير أهمية في تكوين الجذور في حالة العقل التي عليها أوراق مثل عقل الشاي، الكرز المر، hibiscus الصنف الأحمر السهل تكوين الجذور.

عموماً تعد كمية ونوعية المواد الغذائية المخزونة بالعقل من العوامل التي تؤثر في تكوين الجذور إذ تعتبر مصدراً للطاقة اللازمة لتكوين ونمو الجذور.

أشار كثير من العلماء إلى أن تكوين الجذور على العقل يتوافق مع وجود نسبة عالية من المواد الكربوهيدراتية إلى الآزوتية، ولوحظ أن أحسن نسبة من المواد الكربوهيدراتية إلى الآزوتية للحصول على تكوين الجذور بحالة جيدة هي 1:4.

3- محتوى الأحماض الأمينية: Amino acids content

يرى بعض الباحثين أن الأحماض الأمينية تعد ضمن منظمات النمو التي لها علاقة بتكوين البراعم والجذور. وقد لوحظ أن الحمض الأميني الثيروسين ينشط تكوين البراعم على نسيج الكالوس، وأنه أكثر الأحماض الأمينية (21 حمض أميني) تأثيراً في هذا الصدد. كما لوحظ أن معاملة عقل الكمثرى بالآرجنين يعطي نتائج جيدة في تكوين الجذور بينما لوحظ أن حمض الجلوتاميك والأسبارجين قد أعاق تكوين الجذور.

4- المواد المعيقة: Inhibitors

المواد المعيقة الطبيعية واسعة الانتشار في النباتات وتوجد في الأنسجة والأعضاء المختلفة للنباتات (البذور – الثمار – الأفرع – الجذور– الأوراق – البراعم – الأزهار)، وليس من الضروري أن يكون لها وظائف مضادات الأوكسينات:

1- لوحظ وجود اختلاف موسمي في تركيز هذه المواد المعيقة: ففي حال مستخلصات العقل المأخوذة في مرحلة السكون لوحظ أنها تعيق تأثير IAA على النمو أما العقل المأخوذة بنهاية مرحلة السكون أو الصيف ووضعت في الماء لتكوين الجذور قل تأثيرها المعيق بدرجة كبيرة.

2- ويعزو كثير من الباحثين عدم نجاح العقل الصعبة تكوين الجذور وكذلك العقل سهلة تكوين الجذور في بعض مراحل الموسم إلى وجود المواد المعيقة أو إلى

التوازن بين المواد المعيقة والمنشـــطة. فقد وجد أن عقل العنب الســـهلة تكوين الجذور تحوي كمية من المواد المعيقة أقل بكثير من عقل أصـــناف العنب الصـــعبة تكوين الجذور، وأن معاملة عقل العنب الســـهلة تكوين الجذور بالمستخلص المائي للعقل الصعبة تكوين الجذور يسبب قلة تكوين الجذور على العقل.

3- لوحظ أن تعريض العقل لدرجات حرارة منخفضــة يقلل من محتوى المواد المعيقة في العقل، وأيدت الدراسات التي أجريت على عقل الكمثرى Old home السهلة تكوين الجذور والكمثرى Bartlett الصـــعبة تكوين الجذور هذا الرأي فقد لوحظ وجود كمية كبيرة من المواد المعيقة في عقل الـــ Bartlett طوال الموسم تقريباً بينما انحصر وجودها في الصنف Old home خلال طور الراحة فقط.

وقد أجريت العديد من الدراسات لمحاولة فصل والتعرف على طبيعة المواد المعيقة. حيث ثبت أن معظم هذه المواد تعود إلى القلويدات والفينولات والتي يعزى تأثيرها الفيزيولوجي إلى أنها توقف نقل الإلكترونات في سلسلة تفاعلات الفسفرة مما يؤدي إلى حرمان النسيج النباتي من الروابط الفوســـفاتية الغنية بالطاقة ATP واللازم لتفاعلات التحويل الغذائي، وقد أشار كثير من الباحثين إلى أن المادة المعيقة هي من المركبات الفينولية.

- ففي براعم الدراق ثبت أن المادة المعيقة التي توجد بالبراعم الساكنة هي النارنجين، ولو أن الدراسات الحديثة أكدت أن المادة الموجودة هي glycoside prunin – 7 وهي تعد أصـــل النارنجين الذي يلعب النظام الأنزيمي glycoside – aglyce – B – glycoside الدور المنظم للبراعم الساكنة. هذا ولم يثبت وجود النارنجين بالمشمش مما يؤكد الرأي بأن المركبات الفينولية تميل إلى التوزيع الخاص داخل الجنس الواحد، وأن المادة المعيقة بالمشمش هي حمض الأبسيسيك.

- وفي التفاح ثبت أن المادة المعيقة هي الفلوريدوزين توجد بالأوراق واللحاء والبذور والجذور وقشـــرة الثمار، وبتحليل الفلوريدزين داخل النســـيج النباتي أنزيمياً إلى: P- hydroxy benzoic acid , phlorogb-ocinol, phloretic acid, phloretin ولقد ثبت أن أكثر الإعاقة يسببها الفلوريدزين والفلورينين، بينما الفلوروجلوسينول أقلهم إعاقة.

– وفي الكمثرى وجد أن المادة المعيقة هي arbution كما أمكن فصل مركب أطلق عليه اسم pyraside وهي عبارة عن acetyl arbut من أوراق الكمثرى.

5- منظمات النمو Growth regulators

هناك مستويات معينة من منظمات النمو المختلفة تكون أكثر ملاءمة لتكوين الجذور على العقل وتشمل منظمات النمو هذه: الأوكسينات – السيتوكينينات – الجبرلينات فضلاً عن وجود مواد أخرى طبيعية لا تؤثر في تكوين الجذور العرضية على العقل.

6-5- التغيرات الكيماوية التي تحدث أثناء التجذير:

1- لوحظ أن محتوى السكريات غير المختزلة يزداد بالمعاملة بالأوكسينات وأنه خلال المرحلة الأولى لتكوين الجذور يكون الانخفاض في السكريات المختزلة قليلاً، بينما يزداد هذا الانخفاض في المراحل الأخيرة لتكوين الجذور.

2 – يحدث انخفاض بكمية النشاء وحمض الأسكوربيك والكلوروفيل، وأن هذا التناقص يقف عند بدء تكوين الجذور (كما في الفريز).

3- يزيد محتوى النتروجين البروتيني خلال الفترة التي تسبق تكوين الجذور، ثم تقل هذه الكمية عند تكوين الجذور.

4- ولوحظ أن التأثير المنشط للهرمونات على تكوين الجذور في عقل التوت يكون مصحوباً بزيادة نسبة الرطوبة والنتروجين الذائب.

5- يزداد كل من النتروجين الكلي والنتروجين البروتيني في قاعدة عقل الماريانا المزروعة والمعاملة بـ IBA بينما لم يظهر سوى زيادة طفيفة في النتروجين بالعقل غير المعاملة.

6- أشارت الدراسات التي أجريت على عقل الكرز المر أن الزيادة بالمحتوى النتروجيني غير البروتيني الذي يحدث في قواعد العقل يكون نتيجة هدم البروتين المخزن وانتقال نواتج الهدم لقاعدة العقلة.

7- زيادة في كمية الأحماض الأمينية الحرة في العقل بعد زراعتها خلال مرحلة تكوين الجذور (كما في عقل الخوخ).

8- تقل نسبة RNA والبروتين خلال مرحلة تكوين الجذور، بينما يزداد بعد تكوين الجذور.

9- وبالنسبة للتغير في المواد المنشطة والأوكسينات وجد أنه بحالة عقل الكرز المر (الصنف صعب تكوين الجذور) تكون الزيادة في المواد المنشطة لتكوين الجذور طفيفة، بينما في الأصناف السهلة تكوين الجذور كانت الزيادة ملموسة، وقد تأكدت نفس العلاقة في عقل الكمثرى صنف old home السهل تكوين الجذور، وBartlett الصعب تكوين الجذور. كذلك لوحظت زيادة في محتوى العقل من الهرمون الطبيعي IAA في المرحلة من بداية الزراعة وحتى تكوين الجذور ثم يقل المحتوى بعد ذلك وجدير بالذكر أن تجمع الأوكسينات الحرة في منطقة تكون الجذور يعد عاملاً أساسياً لهذه العملية بينما تعمل الأوكسينات المرتبطة على زيادة سرعة تكوين الجذور.

10- وبالنسبة للتغيرات في محتوى العقلة من المواد المعيقة خلال مرحلة تكوين الجذور فقد أثبتت الدراسة الحديثة على عقل الخوخ أنه:

- في فترات الموسم التي تنجح فيها العقل يقل محتواها من المواد المعيقة الممثلة في المركبات الفينولية وذلك خلال مرحلة تكوين الجذور.
- بينما في حالة فترات الموسم التي تنخفض أو تختفي فيها قدرة العقل على تكوين الجذور يلاحظ زيادة ملموسة في المحتوى الفينولي خلال مرحلة الزراعة.

6-6- التفسير الفيزيولوجي للتجذير:

- أشارت التجارب التي أجريت على العقل الخشبية لأنواع مختلفة من النباتات على أن الأكسينات ليست العامل الأساسي الوحيد المؤثر في تكوين الجذور إذ فشلت عقل كثير من النباتات في تكوين الجذور رغم معاملتها بالأكسينات بالتالي هناك عامل منشط آخر غير الأكسين ضروري لتكوين الجذور.

– اقترح بعض العلماء تسمية هذا العامل باسم الريزوكالين، وأنه يتكون في الأوراق بوجود الضـــوء، وهو غير غذائي، يقاوم الحرارة، يخزن في الفلقات، وانتقاله قاعدي طالما كان هناك اتصـــال بين الأوراق وقاعدة العقلة إذ أن إجراء عملية التحليق على قاعدة العقلة بحوالي 4سم قد أعاق تكوين الجذور رغم وجود الأكسينات والأوراق.

– فسر بعض العلماء سبب قدرة العقل الغضة على تكوين الجذور بينما تفشل البالغة إلى وجود مواد معينة في العقل الغضـة بينما لا توجد في العقل البالغة، وأن هذه المواد تنشـط فقط تكوين الجذور في حالة وجود الأكسين الطبيعي أو عند إضافة الأكسينات الصناعية مثل IBA.

– لكي يؤدي الأوكســـين دوره في العمليات الفيزيولوجية وعمليات النمو لا بد من وجود عوامل مساعدة لانقسام الخلايا واستطالتها وتكشفها وتكوين مبادئ الجذور.

– أطلق الكثير من الباحثين على المواد المنشـطة المسـتخلصـة من العقل السـهلة تكوين الجذور المفصــولة بورق الكروماتوجرافي اســم Co–factors توجد بالعقل ســهلة تكوين الجذور، بينما يقل عددها وتختفي في حالة عقل نفس الجنس أو النوع الصـــعب تكوين الجذور.

– وقد أشارت التجارب إلى أن قدرة العقل على تكوين الجذور بعد معاملتها بوسط مغذي + أكســين تحتاج إلى مدة زمنية ما يشــير إلى ضــرورة تمثيل مركب داخلي، وأن هذا التمثيل يتم ببطء.

– وقد وجد أنـه عند تجزئـة العقل إلى 2 – 4 – 8 أجزاء ثم أمدت بكميـة زائدة من الأكســين فإن مجموع الجذور المتكونة على هذه الأجزاء يســاوي عدد الجذور المتكونة على العقل السليمة علماً أن الأجزاء المختلفة لم تعط عدداً متساوياً من الجذور وقد كانت معظم الجذور المتكونة توجد على الأجزاء البعيدة من القمة ما يشـير إلى أن هناك عاملاً آخر غير الأوكسين والريزوكالين لا يوجد بكميات متساوية في الأجزاء المختلفة.

– وعلى ذلك يظهر أنه لتكوين الجذور يلزم الآتي:

1. عوامل متحركة (الأوكسين – الريزوكالين).

2. مركب ناتج من اتحاد الأوكسين مع الريزوكالين.
3. عامل خلوي داخلي هو الأنزيم. ويفترض أن هذا الأنزيم هو Polyphenol oxidase الذي يؤكسد الفينول الموجود داخل الخلية إلى مركب يتحد مع الأوكسين داخل الخلية.

وتفيد الآراء الحديثة أنه يلزم لتكوين الجذور وصول الأوكسينات مع مركبات الريزوكالين إلى الخلايا لم تصل إلى درجة عالية من التكشف ومن ثم فإنها تكون نشيطة ويمكن إعادة تكشفها. وأن الخلايا النشيطة التي تحتوي على كمية محددة من الأنزيمات المعيقة لعمل الأوكسينات، وتحتوي على كمية كبيرة من الفينولات، وهذه الفينولات يمكن أكسدتها إلى كيتون متحد مع الأكوسينات كونه مركبات نشطة تدفع الخلايا إلى إعادة التكشف عن طريق التضاعف.

وقد اقترح بعض العلماء ضرورة وجود مركب فينولي ثنائي الهيدروكسيل يحتوي على مجموعة الهيدروكسيل في الوضع Ortho وبقاء الوضع Para حراً وذلك في قاعدة العقل مع الأوكسين حتى تتكون الجذور، وقد افترض حدوث أكسدة لهذا المركب الفينولي إلى كيتون والأخير يتحد مع الأوكسين ويكون مركباً أكثر قدرة على التفاعل بوجود أنزيم ديهيدروجيناز والإتحاد الناتج بين الكيتون والأوكسين يمكن أن يحدث بطريقتين:

- إما أن يضاف الكيتون إلى نتروجين حلقة الإندول.
- أو يضاف إلى ذرات الكربون بالحلقة.

نرى بذلك أهمية التأثير المشترك Synergistic بين المواد بين المواد الفينولية والأوكسينات بتكوين الجذور.

ويعرف التأثير المشترك لمادتين إذا كان التأثير الناتج عن هاتين المادتين يفوق تأثير كل مادة على حدة، وقد لوحظ أن المركبات الفينولية الأحادية الهيدروكسيل التي بها مجموعة هيدروكسيل الوضع Ortho كانت فعالة.

وقد أجريت العديد من الدراسات لمعرفة سبب التأثير المشترك Synergistic بين الأوكسينات والفينولات، وقد افترضت التفسيرات التالية:

1- أن الأوكسينات يمكنها أن تثبط عمل أنزيم IAA oxidase الذي يسبب هدم IAA وذلك عن طريق استهلاك H_2O_2 اللازم لعمل الأنزيم.

2- إن الفينولات تساعد على تحول الحمض الأميني Tryptophan إلى IAA وقد وجد أن إضافة المركبات الفينولية ثنائية الهيدروكسيل التي تحوي على مجموعة هيدروكسيل في الوضع Ortho مع التربتوفان كانت تنشط تكوين الجذور ما يؤيد هذا الاقتراح.

3- إن المركبات الفينولية ثنائية الهيدروكسيل مثل Catechol و Chlorogenic acid و Caffeic acid تكون مركبات مع IAA وأن المركبات الناتجة لا تتأثر بفعل الأنزيمات المؤكسدة للأوكسينات أو أنها ذات تأثير أقوى من IAA.

- التأثير المشترك يزيد استجابة الخلايا للأوكسين، وهذا يؤدي إلى الحد من التأثر بوجود مواد معيقة مثل كلوريد الزئبق وحمض الكبريتيك.

- تؤكد الدراسات على عقل الكمثرى Old Home بالفصل الكروماتوجرافي وباختبارات الحيوية والإذابة، أن المركب الناتج ناتج عن تفاعل الأوكسينات مع الفينولات.

ويرى بعض العلماء أن هذا التأثير المشترك له تأثير على الخلايا إذ يهيئها للاستجابة لتأثير الأوكسين، وهذا ما يتفق مع الرأي الذي يقول أن بعض المواد المعيقة مثل حمض الكبريتيك وهيدروكسيد البوتاسيوم وكلوريد الزئبق عند معاملة عقل Coleus بها بتركيزات أقل من الحد المميت يزيد من تكوين الجذور.

- أكدت أبحاث عديدة على العلاقة السابقة بين الأوكسينات والفينولات، إذ أشار إلى أنه بدراسة ماهية العامل الداخلي المنشط لتكوين الجذور والذي يتكون في عقل الكمثرى صنف Old home التي عليها براعم والمعاملة بالهرمون IBA وذلك باستخدام الفصل الكروماتوجرافي والرش بالمواد المختلفة واختبارات الإذابة والاختبارات الحيوية وباستخدام Infrared spectroscopy spectrum أنه مركب ناتج من تكاثف الأوكسين الخارجي IBA مع مركب فينولي Pyrogallol يتكون بواسطة البراعم النشطة.

الفصل السابع

تطبيقات هرمونات النمو النباتية في أشجار الفاكهة

Applications of plant hormones in fruit trees

تشـــمل هرمونات النمو النباتية على منشـــطات النمو (الأوكســـينات و الجبرلينات و السيتوكينات) و مثبطات النمو (الإثيلين وحمض الأبسيسيك) وهي مركبات طبيعية تفرزها النباتات بشـكل طبيعي و تعمل على تنشـيط أو تثبيط أو تحوير معظم العمليات الحيوية التي تحدث في النبات (الشكل 41).

الشكل(41): منشطات و مثبطان النمو النباتية.

7-1-دور هرمونات النمو النباتية في النمو والتطور:

1- الأوكسين Auxin

- نمو وتكشف الخلايا:Cell growth and differentiation

من المعروف فيزيولوجياً أن الأوكســـين من أهم الهرمونات المســـؤولة عن نمو الخلايا والاستطالة الخلوية (الشكل 42).

الشكل (42): دور الأوكسين في الاستطالة الخلوية.

تختلف استجابة النبات للأوكسين بحسب:

1- تركيز الهرمون إذ قد تؤدي التراكيز المنخفضـــة جداً إلى تحريض النمو بينما تثبط التراكيز المرتفعة نمو الخلية وتطورها.

2- مصـدر الهرمون إذ تعمل الأوكسـينات الطبيعية Endogenous auxin على اســـتطالـة خلايـا شـــجرة الفاكهـة بينمـا لا يكون للأوكســـينـات الخـارجيـة Exogenous auxin أي تأثير يذكر على شـــجرة الفاكهة الناضـــجة البالغة وينحصـر تأثيرها على الخلايا المفصـولة من النبات الأم والمزروعة مخبرياً In vitro.

3- عدد مرات المعاملة.

4- المرحلة التي تتم فيها المعاملة (نمو خضـــري، أوج النمو الخضـــري، بدء الدفع الزهري، الإزهار، بدء العقد، الإثمار) وبشـكل عام يعد الأوكسـين هرمون النمو والاسـتطالة الخلوية والتكشـف ويسـاعد على نزع تكشـف وإعادة تكشـف الخلايا غير المتكشفة.

- نمو وتطور الأفرع الجانبية:Branches growth and development

من المعروف ومن أهم التطبيقات في بساتين الفاكهة أن إزالة البرعم القمي يحرض على نمو البراعم الجانبية وذلك بســـبب ســـيادة البرعم القمي على نمو البراعم الجانبية وانقسـام خلاياها واسـتطالتها ومن أجل ذلك سـميت هذه الظاهرة بالسـيادة القمية Apical dominance.

ولكن كيف يثبط البرعم القمي نمو البراعم الجانبية؟

1- إن التركيز الأمثل للأوكســـين والذي يســـاعد على نمو البراعم الجانبية أقل من التركيز اللازم للاسـتطالة الخلوية (خلايا السـوق) وإن انتقال الأوكسـين القطبي القاعدي يســـاعد على بقاء التركيز بالصـــورة المثبطة بالنســـبة للبراعم الجانبية وبالتالي فإن إزالة مصـــدر الأوكســـين (بإزالة القمم النامية De- capitation) يقلل من تزويد الأوكسين إلى مناطق نمو البراعم الجانبية وبالتالي يتثبط نموها.

2- هناك تفسير آخر أن بعض المركبات الكيماوية مثل Triiodo benzoic acid (TIBA) و Naphthyl phthalamic acid (NPA) (تراي- أيودوبنزويك أسيد ونفتيل فثالاميك أسـيد) تثبط انتقال الأوكسـين وبالتالي تحرر البراعم الجانبية من ظاهرة السـيادة عند إضـافتها في المنطقة بين البرعم القمي والقمة النامية والبراعم الجانبية.

3- أيضـاً هناك معاملة أخرى يمكن أن تحرر القمم الجانبية من سـيادة البرعم القمي وهي المعاملة بالسـيتوكينين الذي يعد مضـاد أكسـين كذلك فإن هناك علاقة بين تثبيط ننمو البراعم مع محتوى حمض الأبســـيســـيك فقد لوحظ أن محتوى ABA

في البراعم الجانبية يقل عند نزع القمم النامية ولم يعرف بعد تأثير ABA هل هو موضعي في موضع البرعم أو عام فيما لو تمت إضافته في أماكن أخرى من الشجرة.

4- إن إضافة ABA في القمة النامية تثبط نمو البراعم الجانبية، والإيتلين أيضاً له دور في تثبيط نمو البراعم الجانبية ومعروف أن الأوكسين يحفز من إنتاج الإيتلين وما تزال هذه النقطة غامضة وبالتالي فإن الأكسين هو هرمون السيادة القمية والسبب انتقاله القطبي القاعدي وبالتالي اختلاف التركيز وبالتالي تثبيط نمو البراعم الجانبية، ويؤثر السيتوكسينين وحمض الأبسيسيك بصورة غير مباشرة في هذه النقطة (ABA يثبط نمو البراعم والسيتوكينين يشجع نمو البراعم أما الإيتلين فما يزال دوره غامضاً).

- استطالة الجذور وتطورها: Roots elongation and development

يؤثر الأوكسين في نمو واستطالة خلايا الجذر (الشكل 43 و44) ولكن عند إضافته بتراكيز منخفضة جداً جداً ومن المهم هنا معرفة أن التركيز المرتفع من الأوكسين الذي قد ينشط نمو خلايا الساق يثبط نمو خلايا الجذر ويعزى التأثير المثبط لارتفاع تركيز الأوكسين إلى إنتاج الإيتلين إذ يفترض بعض العلماء أن الإيتلين لا ينتج إلا بارتفاع تراكيز الأوكسين.

بشكل عام تؤدي إزالة القمة النامية الجذرية أو إضافة الأوكسين خارجياً بتركيز مرتفع إلى تثبيط نمو الجذور إذ يفترض أساساً أن التركيز الداخلي للأوكسين في قمم الجذور مرتفع لدرجة مثبطة لنمو خلايا الجذور..

التركيز المرتفع للأوكسين الذي يثبط نمو خلايا الجذر الرئيس يعد تركيزاً منشطاً لنمو الجذور الثانوية وبالتالي فإنه بشكل عام تؤدي إزالة البراعم والأوراق الفتية (أهم مصادر الأوكسين) إلى انخفاض عدد الجذور الجانبية المتكونة في النبات.

الشكل (43): تأثير الأوكسين في تجذير عقل الزيتون.

الشكل (44): تأثير الأوكسين في تجذير عقل اللوز.

الإزهار: Flowering

تؤدي المعاملة بالأوكسين إلى تثبيط الإزهار، السبب يعود إلى دور الأوكسين في إنتاج الإتيلين ولكن بعد بدء الدفع الزهري Flowers– initiation يصبح دور الأوكسين مباشراً في تطور الأزهار والثمار.

يعد التلقيح والإخصاب شرطين لعقد الثمار، وقد لوحظ أن حبوب الطلع تعد مصدراً مهماً للأوكسين وأن مستخلص الطلع يمكن أن يحرض عقد الثمار في الأشجار غير الملقحة (عقد بكري) يستخدم الأوكسين الصناعي (4- كلوروفينوكسي أسيتيك أسيد 4- chlorophenoxy acetic acid) لتحريض العقد البكري في أشجار الحمضيات (التي تميل وراثياً إلى العقد البكري).

يستخدم الأوكسين أيضاً للتحكم بتساقط الثمار وذلك بحسب التركيز المستخدم وزمن المعاملة. ويستخدم أيضاً في تساقط الثمار وكذلك خف الثمار الناضجة Fruit drop كذلك يمنع تساقط الثمار في مرحلة ما قبل النضج Pre-mature fruit drop. ويمكن تحفيز تساقط الثمار مباشرة بعد العقد يختلف عن الخف الكيماوي للثمار وكلاهما يهدف إلى زيادة حجم الثمار المتبقية بعد الخف. كذلك فإن إضافة الأوكسين بشكل متأخر يؤخر التساقط الثمار في مرحلة الـ Pre-mature يساعد على بقاء الثمار على الأشجار إلى وقت الحصاد.

هناك تفاعل مهم بين الأوكسين والإيتلين إذ ارتفاع تركيز الأوكسين يؤدي إلى إنتاج الإيتلين وبالتالي عندما يعزى الفعل المثبط للأوكسين هو بالحقيقة نتيجة إنتاج الإيتلين وتعزى معظم التفاسير حول تأثير الأوكسين في الثمار والبراعم إلى الإيتلين.

الجبرلين: Gibberellin

-الاستطالة الخلوية:Cell elongation

هناك علاقة مباشرة بين الجبرلين والجينات المسؤولة عن التقزم الوراثي إذ لوحظ أن الجبرلين يساعد على استطالة الطافرات القزمية وعودتها إلى الصورة الطبيعية بينما لم يكن له أي دور يذكر في استطالة النباتات الطبيعية. وإن انخفاض طول الساق والذي يعزى إلى انخفاض معدل الانقسام الخلوي وانخفاض معدل الاستطالة الخلوية يمكن التغلب عليه بالمعاملة خارجياً بحمض الجبريليك.

على عكس الأوكسين فإن الجبرلين يعمل على استطالة الخلايا في النبات الكامل (الشكل 45 و46) بينما يعمل الأكسين على استطالة الأنسجة المفصولة عن النبات الأم (والمزروعة مخبرياً). وبالتالي فقد لوحظ أن إضافة أي مادة كيميائية تمنع مضادة

للجبرلين و مثبطـة للنمو Growth retardants antigiberellins (مثـل: Alar– AMO–1618 –ccc–Cycocel –D–Phosphor –Ancymidol) تمنع تكوين الجبرلين وبالتالي تمنع الاستطالة الخلوية.

الشكل (45): تأثير الجبرلين في استطالة بادرات الحمضيات.

الشكل (46): تأثير الجبرلين في استطالة عناقية العنب.

- **إنبات البذور Seed germination**

يتضـمن إنبات البذور إماهة مجموعة كبيرة من الأنزيمات من ضـمنها α أميليز وبروتييز والتي تعتبر ضـــرورية جداً لهضـــم الكربوهيدرات والبروتينات، يفرز جنين البذرة أنزيم α أميليز الذي يحول النشـاء إلى سكر (أو الأندوسبيرم النشوي) بحيث يحدث الإنبات، فلو تم نزع الجنين من البذور لا يحدث الإنبات لغياب الأنزيمات الهاضـــمة وعندما تمت معاملة البذور منزوعة الجنين بالجبرلين أدى ذلك إلى إفراز أنزيمات الأميليز والبروتييز.

يؤدي إضـافة بعض المثبطات مثل أكتينومايسين د- سيكلوهيكزاميد Actinomycin0D + Cycloheximide إلى تثبط تخليق الـ RNA والبروتين.

تؤدي المعاملة بالجبرلين إلى إنبات البذور (الشكل 47) وقد ثبت دوره المباشر في كسر سـكون بذور أشـجار الفاكهة المتسـاقطة حيث يحل جزئياً محل احتياجات البرودة وقد استخدم على نطاق واسع في كسر سكون بذور المشمش _ الخوخ _ الدراق .....

الشكل (47): تأثير الجبرلين في إنبات اللوز المر.

- الإزهار Flowering

من الصـــعوبة التمييز بين التحكم باســتطالة الســاق من جهة والتحكم بالإزهار من جهة أخرى. بالحالة العادية استطالة الساق ضرورية للإزهار، بنفس الوقت لوحظ أن الجبرلين يحل جزئياً محل احتياجات البرودة أو طول النهار.,وقد تم اســتخدام مثبطات النمو التي تمنع الاصـطناع الحيوي للجبرلين والتي تؤدي إلى تثبيط الاستطالة الخلوية وبالتالي عدم الإزهار.

الاستطالة الخلوية والإزهار عمليتان منفصلتان وإن دور الجبرلين المباشر هو بالاستطالة بينما له دور غير مباشر بالإزهار.

السيتوكينين Cytokinin

- الانقسام الخلوي والتخلق الشكلي Cell division and morphogenesis:

يحرض السـيتوكينين على الانقسـام الخلوي في مزارع الأنسـجة إذ أنه من المعروف أن الخلايا البالغة الناضـــجة المتكشـــفة ينخفض معدل الانقســـام فيها أو ينعدم مع اكتمال التكشف والتمايز ويمكن إعادة تحفيز انقسام هذه الخلايا عند زراعتها ضمن شروط معقمة على بيئة مغذية صـــناعية ومعقمة تحوي أملاحاً- فيتامينات- مصـــدر طاقة- وتركيزاً مثالياً لهرمونات النمو النباتية ما يشـجع انقسـام هذه الخلايا مهما كان مصـدر العضـو النباتي المأخوذة منه (ورقة- ساق- زهرة...) إذ تنقسم هذه الخلايا بمعدل سريع مشكلة ما يعرف بنسيج الكالس. ويمكن نقل هذا الكالس إلى بيئة سائلة لا تحوي مادة مهلمة مع إجراء رج مستمر بحيث نصل إلى مزارع المعلقات Cell suspension culture.

إن هذا الانقسـام لا يمكن أن يحدث من دون إضـافة السـيتوكينين. وإن اسـتمرار النقل على بيئة مغذية ومعقمة يزيد معدل الانقسام وتميل الخلايا إلى الاستفادة من السيتوكينين الداخلي (الموجود أو المخلَق) وبالتالي يســـتمر الانقســـام حتى لو تم النقل إلى بيئة لا تحوي سيتوكينين.

مرحلة الإكثار(التضاعف) هي مرحلة ثابتة تستمر عدة نقلات بحسب النوع النباتي.

أيضـاً للسـيتوكينين دور مهم في التخلق الشـكلي إذ بعد تكون نسـيج الكالس (كتلة غير متمايزة من الخلايا البرانشيمية) وعند الرغبة بإعادة تكشفه يجب إضـافة السيتوكينين من جديد وبتوازن معين مع هرمون الأكسين، حيث يؤدي ارتفاع تركيز السيتوكينين إلى زيادة معدل النمو الخضري.

- الشيخوخة Senescence

هناك ثلاثة أدلة على أن السيتوكينين يتحكم بعملية الشيخوخة:

1- الدليل الأول أن إضافة السيتوكينين خارجياً إلى الأوراق:

- يؤخر من شيخوختها.
- يمنع هدم الكلوروفيل.
- يحافظ على محتوى البروتين.

كذلك فإن السيتوكينين يؤخر الشيخوخة الطبيعية للنباتات الكاملة.

2- الدليل الثاني هو العلاقة بين محتوى السـيتوكينين الداخلي والشـيخوخة، مثلاً معاملة قاعدة العقل المفصولة من شجرة الفاكهة بهرمون الأكسين بهدف تشجيع التجذير يلاحظ أن العقل تبقى سليمة عدة أسابيع. بهذه الحالة يعزى التفسير إلى أن الجذور المتكونة هي مصـدر لإنتاج السـيتوكينين داخلياً وبالتالي ينتقل الهرمون قطبياً نحو القمة عبر الخشـب ليصـل إلى الأوراق وقد لوحظ بالتجربة ضـرر الأوراق السـريع فيما لو أزيلت الجذور المتكونة، وقد لوحظ انخفاض حاد في تركيز السيتوكينين الداخلي مع حدوث الشيخوخة الطبيعية.

3- تجارب الـ DNA المعاد تطعيمه Recombinant DNA تشـير إلى الدور المباشر للسيتوكينين في تأخير الشيخوخة.

- الاستقلاب Metabolism

السيتوكينين له دور مهم في تحريض عمليات الاستقلاب وبحركة نواتج الاستقلاب وذلك في موضع المعاملة الخارجية بالسيتوكينين.

حيث لوحظ أن السيتوكينين يحرض تخليق البروتين وذلك عن طريق تشجيع حركة المواد غير المستقلة مثل α- أمينو حمض البيوتريك.

حمض الأبسيسيك: Abscisic acid

تحريض السكون: Induction of dormancy

يتوقف النمو في معظم أشـــجار الفاكهة في المناطق المعتدلة Temperature zone fruit trees في مدة معينة خلال موســم النمو ويطبق ذلك على البراعم الجانبية والقمية بنفس الفترة وبعد توقف نمو الأفرع الذي يحدث غالباً في الصنف المتأخر وبداية الخريف تتساقط الأوراق وتدخل البراعم القمية والجانبية Terminal and axillary buds بمرحلة سكون فيزيولوجي Physiological dormancy وعلى العكس من ظاهرة السيادة القمية نتيجة وجود الأوكسين فإن إزالة تأثير الأوكسين عن طريق التقليم Pruning لن يكون له أي دور في استعادة نمو البراعم الساكنة.

يبلغ السكون أقصى درجة عندما ينتصف الشتاء (سكون عميق Deep dormancy) تستجيب البراعم خلاله لدرجات الحرارة المنخفضة حيث تستأنف نموها ونشاطها عند بدء فصل الربيع.

إرتبط كسر سكون البراعم مع اكتشاف هرمون الأبسيسيك وأجريت دراسات عديدة تربط بين علاقة سكون البراعم مع حمض الأبسيسيك واحتياجات البرودة ABA, Chilling and dormancy ومعظم الدراســـات تشـــير إلى العلاقة الوثيقة بين تركيز حمض الأبسيسيك وسكون البراعم وأن ABA عامل أساسي لتحريض السكون حيث يلعب ABA دوراً مهماً في عمليتين منفصلتين تماماً:

- نضج البذور
- آلية فتح وغلق الثغور

يرتبط تطور نضـــج البذور غالباً مع تغيرات بمعدلات الهرمونات بشـــكل عام في معظم بذور أشجار الفاكهة حيث:

– يكون محتوى الســـيتوكينين أعلى ما يمكن في المراحل المبكرة جداً من تطور الجنين وبنفس الوقت يكون معدل الانقسام الخلوي أعلى ما يمكن.

– في مرحلة النمو الســريع للبذرة Rapid growth ينخفض محتوى الســيتوكينين ويزيد معدل الأوكسين والجبرلين.

– في المراحل المبكرة جداً من تكون الجنين يكون محتوى ABA قليل جداً أو معدوم، بينما في المراحل المتأخرة من تطور الجنين يبدأ محتوى الأوكسـين والجبرلين بالانخفاض بينما يزيد محتوى حمض الأبسيسيك. إن محتوى ABA يبلغ ذروته في البذور عند مرحلة النضج الكامل ويرتبط ذلك مع زيادة الوزن الجاف.

بشكل عام يرتبط نضج الجنين مع:

- توقف نمو البذرة
- تراكم مخزون الغذاء
- زيادة المقاومة لظروف الجفاف

وبالتالي فإن حمض الأبســـيســـيك له دور فيزيولوجي مهم جداً في عمليات النضـــج Maturation processes حيث يؤدي ABA إلى تراكم البروتين في المراحل الأخيرة من تطور الجنين وهذا مـا ســـيمنع من تخليق أنزيمـات α– أميليز من قبـل هرمون الجبرلين. وبهذا فإن ABA له دور مهم في نضج البذور ومنع الإنبات المبكر.

زيادة تحمل الإجهاد: Increment of stress tolerant

إن الدور الآخر لحمض الأبسـيسـيك (إضـافة إلى نضـج البذور) هو منع أو تثبيط فتح الثغور فقد لوحظ أن إضـــافة الحمض خارجياً إلى بعض الأنواع النباتية تؤدي إلى غلق الثغور بشكل كامل Complete stomatal closure وبالتالي فإن غلق الثغور له دور هـام في تنظيم التوازن المـائي في النبـات حيـث أن محتوى ABA الـداخلي في الأوراق يكون غالباً منخفضاً جداً إذا كانت النباتات مروية بشكل كبير Well–watered.

تعريض النبات إلى إجهاد مائي يؤدي إلى تضـــاعف نســـبة ABA بمعدل Fortyfold وذلك خلال مدة بسيطة لا تزيد عن 30 دقيقة.

- الإيتلين Ethylene

الإيتلين هرمون غازي يتميز بالانتشار السريع من مكان اصطناعه إلى الأماكن الأخرى وهذه المشكلة الوحيدة في دراسة تأثيرات الإيتلين الفيزيولوجية.

الإيتلين له أدور فيزيولوجية عدة مثل:

- نضج الثمار
- زيادة تحمل النباتات لظروف الإجهاد
- له تأثير في النمو القطري بشكل مباشر أو غير مباشر في معظم عمليات النمو والتطور.

يمكن تقدير كمية الإيتلين في ثمرة الفاكهة حتى لو كانت بتراكيز منخفضة جداً وذلك باستخدام جهاز Gas- chromatograph.

الإيتيفون (2- كلورو إيثيل فوسفونيك أسيد 2-Chloroethylephosphonic acid) هو عبارة عن مركب ينتج الإيتلين عند درجة PH معينة ويعد استخدامه مهماً جداً وذا مزايا عديدة عند استخدامه بالتجارب المخبرية لأن التحكم بطريقة إضافته وتركيزه أكبر بكثير من هرمون الإيتلين الغازي Gaseous E .

1- التطور الخضري Vegetative development:

يحرض الإيتلين على إنتاج هرمون الجبرلين وبالتالي يخفف الجبرلين من تأثير الإيتلين (حسب عمر النبات) وتكن الاستجابة للجبرلين بزيادة معدل الاستطالة.

بشكل عام للإيتلين دور في:

- تنشيط إنبات البذور Seed germination
- تثبيط سكون البراعم الجانبية الساكنة وتثبيط السيادة القمية Apical dominance.
- الدفع الجذري Roots initiation

2- نضج الثمار وتطورها Fruit development

من أهم التأثيرات الفيزيولوجية للإيتلين أنه يساعد على نضج الثمار غير الناضجة Maturity of immature fruit (الشكل 48 و49) ومن أهم أشجار الفاكهة التي يلعب الإيتلين دوراً هاماً في نضج ثمارها (أو إنضاجها صناعياً) الموز والتفاح والكيوي والأفوغادو، حيث تطلق ثمار هذه الأشجار الإيتلين في المراحل المتأخرة من عمليات النضج.

وفي معظم الحالات يرتبط انطلاق الإيتلين مع زيادة حادة في معدل التنفس الذي يمكن تقديره عن طريق قياس معدل غاز ثاني أكسيد الكربون المنطلق (زيادة الكليماكتريك Climacteric).

الثمار الناضجة تفرز الإيتلين ما يؤدي إلى تحريض الثمار غير الناضجة للوصول لمرحلة الكليماكتريك.

ونتيجة لعمليات الكليماكتريك وإنتاج الإيتلين تحدث عدة تغيرات استقلابية نوعية (لها دور بتجديد نوعية ثمرة الفاكهة) تشمل هذه العمليات على:

- إماهة النشاء وتحوله إلى سكريات بسيطة.
- تهتك أنسجة الثمرة نتيجة هدم الجدر الخلوية بفعل النشاط الأنزيمي.
- تخليق الأصبغة Pigments biosynthesis
- تكوين المواد المكسبة للطعم Taste والنكهة Flavor.

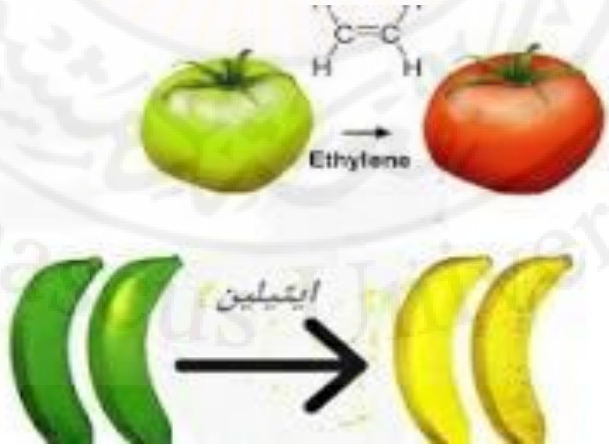
هناك بعض الثمار التي يطلق عليها ثمار غير كليماكتيرية Non-climacteric fruits مثل ثمار الحمضيات إذ أن ثمرة الحمضيات لا يرتبط نضجها مع ارتفاع الكليماكتريك سواء في معدل التنفس أو في إنتاج الإيتلين، وهذه الثمار سوف يزيد معدل نضجها فيما لو تم تعريضها لغاز الإيتلين.

يحرض الإيتلين نضج الثمار بصورة تجارية واقتصادية، فمثلاً في ثمار الموز غالباً ما يتم جمع السباطات غير الناضجة (الأصابع الخضراء) وهذا ما يسهل عمليات الشحن ثم

يتم تعريضـــها إلى غاز الإيتلين قبل البيع مباشـــرة حيث يعمل هذا الغاز على إنضـــاج الثمار غير الناضجة.

من أجل التخزين الطويل للثمار (مثل التفاح) Long-term storage فيجب في شروط التخزين أن يتم خفض معدل إنتاج وتراكم غاز الإيتلين وهذا ما يقترن عادة مع خفض درجة الحرارة- زيادة غاز ثاني أكســـيد الكربون ما يثبط من معدل التنفس أو من معدل التبادل الغازي المستمر بالتالي منع إنتاج الإيتلين.

الشكل (48): تأثير الإيثيلين في إنضاج الموز.



الشكل (49): تأثير الإيثيلين في إنضاج التفاح والموز.

3- الإزهار Flowering

يؤخر الإيتلين من الإزهار بشـكل عام، ولكنه يحرض على إزهار بعض نباتات الفصـيلة Bromeliaceae مثل الأناناس (Pineapple) (الشـكل 50 و51) وبشـكل عام يعزى التأثير في الأزهار إلى الأكسـين وهناك تفسـيرات أخرى بأن الأكسـين يحرض على إنتاج الإيتلين وبالتالي دوره في الإزهار.

عموماً يسـتخدم الإيتلين بشـكل تجاري (أو المواد المطلقة للإيتلين كالإيتيفون والإيتريل) في توحيد وقت الإزهار في حقول الأناناس.

الشكل (50): دور الإثيلين في إزهار الأناناس.

الشكل (51): دور الإثيلين في إزهار الأناناس.

البولي أمين Polyamine

يشـــير مصـــطلح البولي أمين إلى مجموعة المركبات عديدة التكافؤ التي تحوي على مجموعتين أو أكثر من مجموعات الأمين وقد شـغلت اهتمام علماء الفيزيولوجيا مع بداية السبعينيات.

تشتق مركبات البولي أمين من الحمض الأميني آرجينين وليسين ويشمل التخليق الحيوي لأهم مركبات البولي أمين (سـبيرمين وسـبيرميدين) على مركب وسـطي وهو سـانيدوسـيل ميثونين Sadenosylmethionine وهو مركب وسطي في خط التخليق الحيوي للإيتلين بدءاً من الميثونين.

بشـكل عام ترتبط مركبات البولي أمين في النبات مع المركبات الفينولية مثل (سـيناميك أسـيد- كوماريك أسـيد- كافييك أسـيد) وتعد مركبات البولي أمين منشـطات منظمة لنمو النبات Active regulator of plant growth.

في الحالة الطبيعية للخلية ترتبط مركبات البولي أمين (موجبة الشـــحنة) مع الأحماض النووية (سالبة الشحنة) والفوسفولبيدات في الغشاء البلاسمي، وبالتالي لها دور مباشر في الاصطفائية للأغشية الخلوية ولكن هل تعد مركبات البولي أمين من ضمن منظمات فإن هذا الأمر ما يزال غير مثبت Un profitable.

***- الفلورجين والفيرنالين Florgine- Vernalin**

تشير دراسات الإزهار إلى انتقال إشارات كيميائية معينة من الأوراق إلى القمم، وقد ثبت وجود هرمون الإزهار (الفلوروجين) وتأثيره بشـــكل نظري ولكن لم يتم عزله Have never been isolated وبشـــكل مشـــابه هرمون (الفيرنالين) الذي له دور مثل تأثير الحرارة المنخفضة على الإزهار في نباتات الحبوب وثنائيات الحول.

أما سبب فشل عزل هذه الهرمونات:

- ربما أن الجزيء يتهدم خلال الاستخلاص.
- صعوبة فحص النشاط البيولوجي للهرمون.
- الفلوروجين ربما هو معقد من عدة جزيئات منظمة أكثر من كونه هرمون تلقي إشارة لبدء الإزهار.

تطبيقات هرمونات النمو النباتية في بساتين الفاكهة:

تستخدم هرمونات النمو النباتية في مزارع بساتين الفاكهة على نطاق تجاري.

استخدمت الأوكسينات الصناعية على نطاق واسع إذ أنها:

1- تقاوم الأكسدة الأنزيمية التي تهدم الأوكسين الطبيعي (IAA).

2- تعد أكثر فعالية من الأوكسين الطبيعي في بعض الاستخدامات حيث استخدم 2.4-D مبيد أعشاب واستخدم 2,4,5-T و الديكامبا Dicamba لاستحداث الكالس في مزارع الأنســـجة في العديد من أشـــجار الفاكهة مثل المانجو، كذلك استخدم 4- Chlorophenoxy acetic acid (4-CPA) مبيد أعشاب.

3- منظمات النمو الصـــناعية أقل تكلفة وأكثر ثباتاً وقد اســـتخدم أندول حمض البيوتريك Indole butyric acid ونفتالين حمض الخليك Naphthalene acetic acid للنمو الخضـــري ولإكثار النباتات مخبرياً بدءاً من القمم النامية وكذلك لاستحداث التجذير.

4- تعد الأوكســينات هرمونات التجذير خاصـــة NAA-IBA فقد اســتخدمت في تجذير عقل العديد من أشـجار الفاكهة مثل الزيتون والتفاح، وقد اسـتخدم NAA في خف الثمار الحديثة العقد Fruit set ومنع تسـاقط الثمار في مرحلة ما قبل الحصاد في التفاح والأجاص.

وكما تلاحظ فقد كان للأوكسين تأثير عكسـي على نفس الأنواع النباتية والسبب اختلاف زمن المعاملة بحسب مرحلة الإزهار وبدء تطور الثمار حيث:

أ- يؤدي الرش في مرحلة بدء العقد وذلك بعد مدة قصيرة من تفتح الأزهار Early fruit set, shortly after flowers bloom إلى تساقط الثمار الفتية حديثة العقد (يعزى ذلك إلى دور الأوكسين في إنتاج الإيتلين). ويعد خف الثمار من العمليات الفيزيولوجية الهامة جداً حيث يؤدي إلى تقليل العدد الكلي للثمار على الشـجرة وبالتالي الحصـول على ثمار ذات نوعية أفضل.

ب - يؤدي الرش في مرحلة الثمار الناضـــجة إلى تأثير معاكس حيث يمنع هذه الثمار من التســاقط ويحافظ على الثمرة على الشــجرة حتى تصــل إلى مرحلة النضــج الكامل Fully mature الذي يعتبر مؤشراً لبدء الحصاد. وبالنسبة لبعض الأوكسينات (خاصـة تلـك المحتويـة على مجموعـة كلور مثـل 2,4-D - 4-CPA و 2,4,5-T) التي اسـتخدمت مبيدات حشـائش فإن لها محاذير أمنية نتيجة أضـرارها المباشـرة على الصـحة نتيجة احتوائها على نســبة عالية من الداي أكســين Dioxin الذي يعد كيميائياً عامل مسرطن Carcinogenic chemical.

5- يستخدم الجبرلين بصورة تجارية في شجرة العنب حيث :

- يؤدي الرش بالجبرلين في المراحل المبكرة من الإزهار إلى خف النموات Thin cluster نتيجة تحريض استطالة الأفرع الزهرية Floral stem وهذا يؤدي إلى خف النموات الزهرية ما يساعد على تطور الثمار المتبقية بصورة أفضل. والرش الثاني للحصول على ثمار أكبر حجماً أو ثمار بدون بذور يمكن إجراؤه عند وقت التلقيح والعقد.

- استخدم الجبرلين لتحريض إنبات البذور وتشجيع وزيادة سرعة معدل بزوغ البادرات في العنب- الحمضيات- الكرز- التفاح- الخوخ.

7-2-دور هرمونات النمو النباتية في السكون والإنبات:

دلت الدراسات أن التحكم بالسكون والإنبات يتعلق بهرمونات معينة منشطة (الجبرلين – السيتوكينين) وأخرى مثبطة (ABA) وتأتي هذه الأدلة من دراسات بيوكيميائية وفيزيولوجية لمراحل السكون والإنبات والتغيرات في المحتوى الهرموني خلال هذه المراحل.

ومن الجدير ذكره أن هذه الارتباطات لا تثبت بالضرورة إذ تختلف الاستجابة لمنظمات النمو خارجياً كما لوحظ بالتجربة بحسب النوع النباتي / طبيعة السكون / مرحلة الإنبات / كفاءة الهرمون.

أولاً-سكون البذور وإنباتها:

***- الجبرلين:**

يتحكم بصورة مباشرة في إنبات البذور (الشكل 52) ويعدGA3 أكثر الجبرلينات شيوعاً واستخداماً، فقد لوحظ أن الجبرلين يوجد بتركيز مرتفع أثناء نمو البذور وتطورها ويقل تركيزه مع استمرار النضج وفي البذور مكتملة النضج خاصة البذور ثنائية الفلقة.

الجبرلين له دور في عدة من مراحل الإنبات حيث له دور في نسخ المادة الوراثية وتكوين mRNA الخاص بتخليق الأنزيمات، كذلك له دور في تنشيط الأنزيمات الخاصة بعمليات الاستقلاب والمسؤولة عن تحويل المركبات المعقدة إلى مركبات بسيطة.

يستخدم الجبرلين لكسر السكون الجنيني إذ يحل جزئياً محل احتياجات البرودة كذلك لكسر السكون الفيزيولوجي.

الشكل (52): تأثير الجبرلين في إنبات البذور.

***- السيتوكينين:**

يزيد تركيزه في أثناء نمو وتطور البذور ويصعب الكشف عنه في البذور الناضجة ويعتقد أن عمل السيتوكينين في أثناء الإنبات هو تقليل فعل المثبطات (ABA) أو أن يآزر فعل المنشطات (الجبرلين).

***- حمض الأبسيسيك:**

أكثر مثبطات النمو معنوية وله دور في:

1- عدم تطور الأجنة.

2- يمنع إنبات البذور غير الساكنة ويعد مضاد جبرلين بهذا الشأن.

3- إحداث السكون الكيماوي في بذور الخوخ – الجوز – التفاح – الدراق، إذ يزيد تركيزه مع نضج الثمار ويرتبط مع السكون حيث تم فصله من البذور الساكنة في التفاح والدراق ويقل تركيزه ويختفي في أثناء الكمر.

ثانياً–السكون وكسر السكون في البراعم:

حمض الأبسيسيك ABA

تحدث تغيرات بمســـتويات ABA الداخلية بدءاً من مرحلة بدء الســـكون إذ يزيد تدريجياً حتى السكون الكامل العميق، ثم يقل خلال مرحلة كسر السكون، وبشكل عام فإن مستوى ABA ينخفض أثناء فترة البرودة ولكن ما يزال هناك تساؤل هام: هل البرودة هي الوحيدة المســـؤولة عن انخفاض محتوى ABA وبالتالي الدخول بطور الســـكون أم أن انخفاض ABA هو المحرض الفاعل للدخول بالسكون؟

هناك عدة أبحاث تشـــير إلى أن المعاملة بالفلوريدون (fluoridone) وهو مثبط لتخليق ABA فإنه لا يمنع من تحريض الســـكون فيما لو ترافق مع انخفاض الحرارة (دليل أن الحرارة هي العامل الأول المســـؤول عن الســـكون) كذلك لا يمنع من تحريض الســـكون عندما يضـــاف بعد ارتفاع مســـتوى ABA ووصـــوله إلى حد معين من تأثيره في إحداث السكون.

هناك وجهات نظر أخرى تفيد أن حمض الأبسـيسـيك لا يملك إمكانية تحريض السـكون إنما له دور في زيادة فترة السكون.

الجبرلين:

إضـافة الجبرلين خارجياً لها دور في التخفيف من أنواع معينة من السـكون وهو السـكون العكوس أو السكون الحقيقي العميق فلا يمكن كسره بالمعاملة بالجبرلين ولا يكسر إلا :

- بتعرض الشجرة لدرجة الصفر البيولوجي.
- باســـتيفاء الوحدات الحرارية من درجة الصـــفر البيولوجي وبالتالي فإن الجبرلين يحل جزئياً محل الحرارة المنخفضة.

الستوكينين:

بعض الدراسات تشير إلى أن الستوكينين له دور في كسر سكون البراعم ودراسات أخرى تنفي هذا الدور، ولكن بشـكل عام يقل المحتوى السـيتوكينيني خلال طور السـكون ويزيد مع بدء كسر السكون.

الإيتلين:

ليس له دور مباشر في كسر السكون فقد لوحظ تأثيره في بعض الأشجار التي تحررت جزئياً أو كلياً من السكون الأصلي بالتعرض للبرودة وبالتالي لم يكن له دور منظم ومباشر في سكون البراعم.

الأوكسين:

هناك أبحاث كثيرة تفيد بأن الأوكسين ليس له أي دور في فيزيولوجيا السكون، ورغم انخفاض تركيزه في فترة السكون وارتفاع تركيزه في مرحلة بدء كسر السكون إلا أنه ليس العامل المحدد أو المنظم للدخول في طور السكون أو الخروج منه.

7-3-دور هرمونات النمو النباتية في الإزهار والعقد والخف والنضج الثمري:

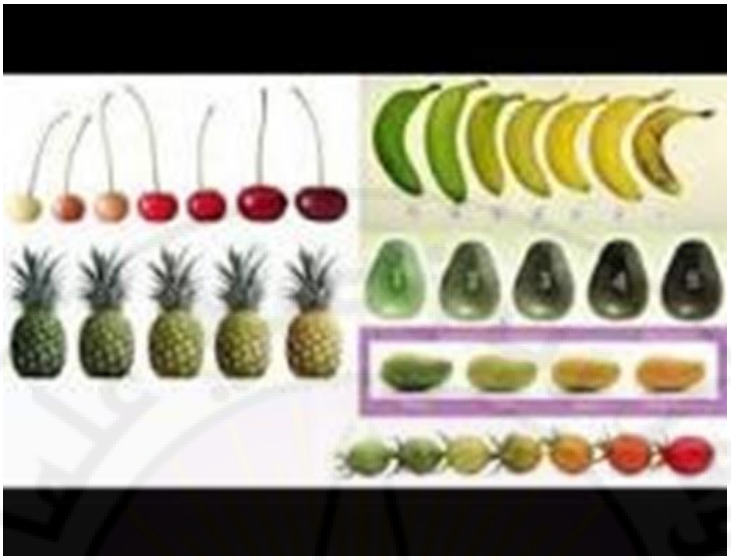
يستخدم الجبرلين و الأوكسين و الإثيلين في الإزهار التبكير و التأخير بمواعيد الإزهار و تختلف الاستجابة للهرمون المستخدم بحسب النوع النباتي و تركيز الهرمون و عدد مرات المعاملة و طريقة المعاملة. بينما ليس للسيتوكينين دوراً مباشراً في الإزهار و العقد و الخف.

أما بالنسبة للإنضاج الثمري فيعتبر غاز الإيتلين هو هرمون النضج الثمري (الشكل 53) حيث تؤدي زيادة تركيز الإيتلين في أنسجة الثمرة إلى:

1- زيادة معدل التنفس والهدم في الثمار حيث تتحول المركبات المعقدة إلى مواد بسيطة.

2- زيادة معدل تركيز الأصبغة المسؤولة عن اللون النهائي المميز للصنف.

3- زيادة معدل تركيز المواد العطرية المسؤولة عن الرائحة.



الشكل (53): تأثير الإثيلين في الإنضاج الثمري للعديد من ثمار الفاكهة.

وبشكل عام يختلف تأثير المعاملة بالإيتلين بحسب:

1- النوع النباتي: تشير جميع الدراسات إلى أن إنتاج الإيتلين يختلف بحسب نوعية ثمرة الفاكهة حيث تنتج الثمار الكليماكتيرية (مثل التفاح-الخوخ-الموز-المانجو) معدل أكبر من غاز الإيتلين مقارنة مع الثمار غير الكليماكتيرية (مثل العنب-الأناناس-الحمضيات).

2- معدل إنتاج الإيتلين: الذي يتوقف أساساً على النوع النباتي (الناحية الوراثية) وطبيعة الثمرة ومراحل نموها.

3- طبيعة المعاملة بالإيتلين: تختلف الاستجابة للمعاملة بالإيتلين بحسب التركيز المستخدم- مدة المعاملة- زمن إضافة الهرمونات أو مرحلة نمو ثمرة الفاكهة وعدد مرات المعاملة، حيث لوحظ مثلاً أن:

أ- *- إضافة الإيتلين بعد اكتمال طور النمو يسرع من الوصول إلى أقصى درجة للتنفس والهدم (إسراع حاد في معدل التنفس).

*- أما إذا أضـــيف بعد وصـــول الثمار طبيعياً إلى ذروة معدل التنفس المفروض فإن الإيتلين لن يكون له أي دور يذكر على تنفس الثمار وبالتالي على جميع عمليات الهدم.

ب- وجد في معاملة بعض الثمار (مثل الحمضـيات) أن الإيتلين له تأثير وقتي محدود إذ يزيد سرعة التنفس مباشرة بعد المعاملة ثم يعود مستوى التنفس إلى ما كان عليه تماماً قبل المعاملة بالإيتلين.

4- درجة اكتمال نضج الثمرة (مدة المعاملة)

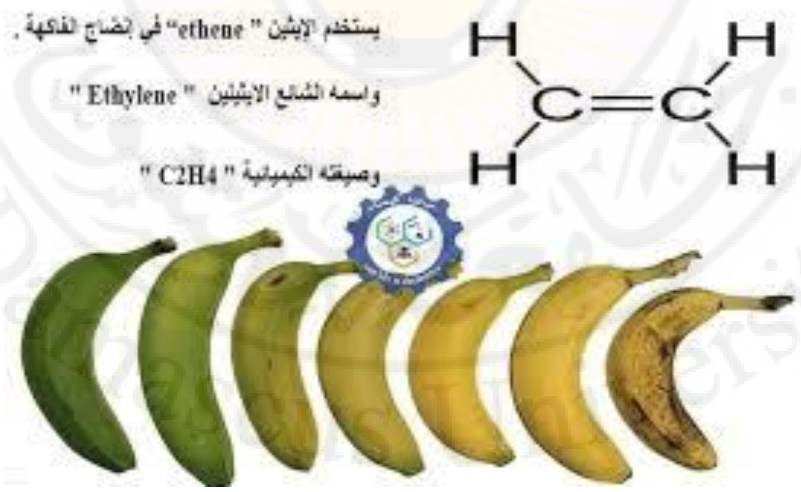
5- تركيز الإيتلين المستخدم

6- عدد مرات المعاملة

7- طول مدة تعرض الثمار للإتيلين

8- درجة الحرارة والرطوبة النسبية حول الثمار المعاملة وكذلك التهوية.

ويوضح الشكل 54 و 55 تأثير الإثيلين في إنضاج الموز



الشكل (54): تأثير الإثيلين في إنضاج الموز.

الشكل (55): تأثير الإثيلين في إنضاج الموز.

وتشير العديد من الدراسات أن الإيتلين ينتج طبيعياً في الثمار ويتوقف إنتاجه على عدة عوامل:

1- **العمر الفيزيولوجي Physiological age:**

يزيد معدل إنتاج الإيتلين مع نضـج الثمار، وتشـير العديد من الدراسـات إلى عدم وجود الإيتلين في الثمار غير الناضـــجة نتيجة عدم وجود الأنزيمات المخلقة للهرمون Ethelyne synthesis.

2- **درجة الحرارة Temperature:**

يزيد معدل إنتاج الإيتلين مع ارتفاع درجة الحرارة إلى حد معين (الدرجة الحرجة) ثم يقل أو ينعدم بعد هذه الدرجة، وقد لوحظ أن أنزيمات تخليق الإيتلين تكون نشـــطة وفعالة عند درجات الحرارة المقاربة لـ 35ْ م بينما ينعدم نشاط الأنزيم عند درجات الحرارة المنخفضة وهذا ما يفسر انخفاض تركيز الإيتلين في الثمار المتضررة بالبرودة.

3- **التبادل الغازي Gas exchange:**

خاصـة الأكسـجين وثـاني أكسـيد الكربـون إذ أن وجـود الأكسـجين ضـروري لإنتـاج الإيتلـين وكلمـا قـل تركيـز الغـاز حـول محـيط الشـجرة كلمـا انخفـض معـدل

إنتـاج الإيتلـين وعلـى العكـس فـإن وجـود غـاز ثـاني أكسـيد الكربـون حـول الثمـار يؤدي إلى انخفاض معدل إنتاج الإيتلين.

4- **الضوء Light:**

كلما زادت كثافة الزراعة وعدد الثمار على الشـــجرة الواحدة زاد حجم المجموع الخضـــري وأدى ذلك إلى انخفاض معدل إنتاج الإيتلين، ومن الجدير بالذكر أن تأثير الكثافة العالية لا ينعكس فقط على انخفاض تركيز الضوء بل أيضاً على التبادل الغازي.

5- **الإصابات والأضرار Injuries:**

تؤدي الأضـــرار الميكانيكية والإصـــابات المرضـــية والأمراض الفيزيولوجية والإجهادات البيئية إلى خلل في معدل إنتاج الإيتلين الطبيعي، ولكن بشـــكل عام يزيد معدل إنتاج الإيتلين في الثمار المتضررة.

6- **تركيز المثبطات:**

تعمل بعض المثبطات (مثل نترات الفضـة- أمينو فينيل- - ثيو سـلفات الفضـة) على منع تحول المركب الوسـطي أمينو سـيكلو بروبان حمض الكربوكسـيليك إلى إيتلين وبالتالي تقلل من معدل إنتاج الإيتلين وبشـكل عام اسـتخدم الإيتلين لإنضـاج العديد من الثمار مثل التفاح والموز والمانجو.

وعلى الرغم من المزايا العديدة التي يحققها الإيتلين في التبكير بالنضـــج أو في توحيد زمن الحصاد إلا أن المعاملة به لها عدة سلبيات مثل:

- الشيخوخة المبكرة للثمار.
- انخفاض قدرة الثمار على التخزين الطويل فيما بعد الحصاد وببعض الأحيان لن يكون هناك أي إمكانية للتخزين.
- يساعد على ظهور بعض الأمراض الفيزولوجية.
- يساعد على زيادة معدل تكون طبقة الانفصال وبالتالي زيادة معدل تساقط الأوراق والأزهار والثمار.

7-4-دور هرمونات النمو النباتية في التساقط:

الأوكسين Auxin

- يترافق حدوث التساقط مع انخفاض تركيز الأوكسين، ومن جهة أخرى تؤدي إضافة الأوكسين خارجياً إلى تأخير أو تقليل معدل التساقط. كذلك فإنه من المعروف أن الأوكسين ينتقل قطبياً بالاتجاه القمي- القاعدي "Acro and basipital" ومع اقتراب حدوث التساقط يقل معدل انتقال الأوكسين بالاتجاه الطبيعي له كذلك يقل معدل انتقاله من صفيحة نصل الورقة وباتجاه السويقة (الحامل) (Petiole) وبالتالي يقل تركيزه تدريجياً كلما اقتربنا من منطقة الانفصال.
- من جانب آخر هناك فريق آخر من العلماء أثبت أن التساقط يترافق مع ارتفاع تركيز الأوكسين وأن الأوراق الهرمة هي أحد المصادر الرئيسية للأوكسين.
- هناك تفسيرات عديدة تثبت صحة الفرضيتين السابقتين ويمكن أن يعزى التساقط إلى تركيز الأوكسين في المنطقة القريبة من الساق "Proximal- stem end" والمنطقة البعيدة عن الساق والقريبة من نصل الورقة "Distal- lamina end" فقد تم إثبات ما يلي:

إذا كان تركيز الأوكسين في المنطقة القريبة من الساق أكبر من تركيزه في المنطقة البعيدة فسوف يحدث التساقط.

إذا كان تركيزالأوكسين في المنطقة القريبة من الساق أقل من تركيزه في المنطقة البعيدة فلا يحدث التساقط.

إذا كان تركيز الأوكسين متساوياً في المنطقتين فلا يحدث تساقط.

التالي فإن التدرج في تركيز الأوكسين أمر مهم جداً لحدوث أو منع حدوث التساقط. وفضلاً عن أهمية التركيز فهناك عامل آخر لا يقل أهمية وهو زمن المعاملة حيث لوحظ أنه لتأخير التساقط يمكن المعاملة بالأوكسين مباشرة بعد نزع صفيحة الورقة وأن تأخير المعاملة بالأوكسين يفقد فعله المثبط لتأكيد هذه الفرضية تم افتراض أن النبات يمر بمرحلتين:

1- مرحلة I: إضافة الأوكسين فيها يثبط من حدوث التساقط.

2- مرحلة II: إضافة الأوكسين فيها ينشط ويسرع من حدوث التساقط

وهنا تجدر الإشارة إلى أن:

*- إضافة الأوكسين في المنطقة البعيدة عن الساق "Distal" سينتج عنه حركة سريعة للأوكسين نتيجة عاملي الانتشار والانتقال القطبي الطبيعي للأوكسين بينما إضافة الأوكسين في المنطقة القريبة من الساق "proximal" سينتج عنه انتقال بطيء أو حركة بطيئة للأوكسين لأن الانتشار سيكون عكسي بعكس الانتقال القاعدي للأوكسين.

*- وبالتالي نتيجة الاختلاف في سرعة انتقال الأوكسين فإن:

إضافة الأوكسين بالمنطقة البعيدة عن الساق_سيصل الأوكسين لمنطقة التساقط في المرحلة I بالتالي تثبيط التساقط.

إضافة الأوكسين بالمنطقة القريبة من الساق سيصل الأوكسين لمنطقة التساقط متأخراً في المرحلة II بالتالي حدوث التساقط.

وبالتالي يمكن أن يعزى تأثير الأوكسين في حدوث التساقط إلى:

1- اختلاف تركيز الأوكسين وتدرجه.

2- زمن المعاملة بالأوكسين.

هناك عدة تفسيرات تشرح سبب اختلاف تأثير الأوكسين في تنشيط أو تثبيط التساقط، أهم هذه التفسيرات أن الأكسين (NAA+IAA) يزيد معدل انتاج الإيتلين.

ومعروف أن غاز الإيتلين يسرع من حدوث التساقط وأن إضافة هذا الغاز في المرحلة I أو II يؤدي إلى حدوث التساقط، إنما يكون تأثيره الفيزيولوجي أكبر فيما لو تمت إضافته في المرحلة II.

وبالتالي: تأخير المعاملة بالإيتلين حتى نهاية المرحلة II لم يتم التثبيط نتيجة إضافة الأوكسين إنما نتيجة حدوث الاستجابة للإيتلين المنتج بعد المعاملة بالأوكسين.

المعاملة المبكرة بالأوكسين خلال المرحلة I تكون استجابة الأنسجة لإنتاج الإيتلين قليلة (انخفاض معدل إنتاج الإيتلين) بالتالي عدم حدوث تساقط.

الإيتلين Ethylene

يعد الإيتلين هرمون التساقط، ويمكن أن يحدث التساقط بتراكيز منخفضة جداً.

معروف أن النبات ينتج الإيتلين بشكل طبيعي وإن تأثير الإيتلين (بدراسة مخبرية) في الإسراع من عملية التساقط يقل مع المعاملة بالأوكسين وذلك إذا كان تركيز الإيتلين منخفضاً أما المعاملة بالإيتلين بتركيز مرتفع فيؤدي ذلك إلى حدوث التساقط سواء أضيف الأوكسين أم لا.

تم افتراض أن هناك توازناً معيناً بين الأوكسين والإيتلين ويجب أن يتحقق هذا التوازن لكي يحدث التساقط، إذ أنه في الأوراق الحديثة هناك كمية كافية من الأوكسين التي تثبط من تأثير الإيتلين في إحداث التساقط وعلى العكس ينخفض تركيز الأوكسين بالأوراق القديمة مما يسرع من حدوث التساقط.

من جهة أخرى يؤدي الأوكسين إلى زيادة معدل إنتاج الإيتلين ما يؤدي إلى تسريع التساقط (ولكن حسب زمن المعاملة) حيث:

- إضافة الأوكسين بالمرحلة I لا يحدث التساقط وذلك لأن أنسجة النبات تكون غير حساسة للمعاملة بالإيتلين (أو لإنتاج الإيتلين نتيجة المعاملة بالأوكسين)
- إضافة الأوكسين بالمرحلة II يتم التساقط نتيجة الاستجابة السريعة لأنسجة النبات للإيتلين (الناتج بعد المعاملة بالأوكسين أو للإتيلين المضاف خارجياً).

تؤدي المعاملة بالإيتلين إلى زيادة معدل تخليق الحمض النووي الريبي (RNA) كذلك إلى زيادة معدل تخليق البروتين وذلك عندما تتم المعاملة المتأخرة (II) بينما ليس له أي تأثير فيما لو تمت المعاملة بصورة مبكرة (I).

تؤدي المعاملة ببعض المركبات (مثل أكتينومايسين د Actinomycin D) إلى تثبيط عمل الإيتلين في إحداث التساقط وذلك عن طريق تثبيط نسخ mRNA اللازم لتخليق الأنزيمات الضرورية لهدم الجدر الخلوية في منطقة التساقط.

لكن يبقى العامل المهم هو زمن المعاملة حيث أن الأنســـجة الفتية في المرحلة (I) غير حساسة ولا تستجيب لهذه المعاملات أو تقترن هذه الأنسجة بعوامل الفتوة Juvenility" factors" بينما المعاملة في مرحلة النضـــج (II) فتكون الأنســـجة عالية الحســـاســـية والاستجابة لهذا النوع من المعاملات.

تم تحديد نسبة الإيتلين أثناء حدوث التساقط الطبيعي وبدون أي إضافة خارجية للهرمون ولوحظ أنه يصـــل إلى أعلى التراكيز قبل حدوث التســـاقط هذه التراكيز المرتفعة تثبط من انتقال الأوكســـين من الأوراق وبالتالي فيمكن أن يعزى تأثير الإيتلين إلى أنه يقلل من معدلات الأوكسين في مناطق التساقط وبالتالي فإن:

تثبيط انتقال الأوكســين إضــافة إلى وجود الإيتلين في منطقة الانفصــال ســيؤدي إلى حدوث التساقط.

من جهة أخرى أجريت عدة دراســـات بهدف معرفة العلاقة بين تركيز الإيتلين وحدوث التساقط ولوحظ أن ثمار البرتقال (صنف فالنسيا Valencia orange) المتساقطة نتيجة الصقيع تحتوي نسبة مرتفعة من الإيتلين.

وعموماً في العديد من أشـــجار الفاكهة لوحظ أن تركيز الإيتلين يزيد في الأوراق الهرمة وفي الثمار والأزهار المتساقطة.

أخيراً فإن المعاملة بمثبطات الإيتلين تؤخر من حدوث التساقط.

حمض الأبسيسيك Abscisic acid

تؤدي المعاملة بحمض الأبســيســيك (وبعض مثبطات النمو الأخرى) إلى الإســراع من حدوث التساقط وكذلك إلى زيادة معدل التساقط سواء تمت المعاملة للأوراق أو للثمار.

لوحظ أن ABA يحدث دوراً هاماً في التســـاقط وبتراكيز منخفضـــة جداً ومن المعروف فيزيولوجياً أنه مع تقدم النباتات بالعمر يقترن هرم النبات مع عوامل عديدة يطلق عليها اسم عوامل الشيخوخة Senescence factors وأن ABA يمتلك نفس الخصائص التي تميز هذه العوامل.

هناك العديد من الدراســات التي تشــير إلى أن تســاقط الأوراق والثمار يقترن مع زيادة ملحوظة في محتوى هذا الحمض أما بالنسبة لحساسية النبات للمعاملة الخارجية بحمض الأبسيسيك واستجابته لحدوث التساقط فتختلف بحسب النوع النباتي ولكن لوحظ أن أفضل وقت للمعاملة هو الوقت الذي يترافق مع قدرة النبات على إنتاج الإيتلين وبالتالي يحدث التساقط ويرى فريق من العلماء أن المعاملة بحمض الأبسيسيك لها دور مباشر في إنتاج الإيتلين ربما يعزى ذلك إلى دور الحمض في هرم الأشــجار وشــيخوختها وبالتالي زيادة إنتاج الإيتلين.

لوحظ في عدة دراسات أن حمض الأبسيسيك يفقد تأثيره تماماً فيما لو ترافقت المعاملة به مع المعاملة بمواد مثبطة لتخليق الإيتلين Ethylene– synthesis inhibitor AVG.

أما بالنسبة للتأثير الفيزيولوجي لحمض ABA فهو يؤثر بشكل مباشر في هدم الجدر الخلوية ما يساعد في حدوث التساقط.

حمض الجبريليك Gibberellic acid

ربما يمتلك الجبرلين دور غير مباشر في حدوث التساقط عن طريق:

- زيادة معدل إنتاج الإيتلين
- أو أن الجبرلين يعتبر مضــاد أوكســيني بالنســبة لظاهرة التســاقط "Auxin antagonist" عند إضـافته مع الأوكسـين حيث يقل التأثير المثبط للأوكسـين بإضافة الجبرلين ويقل تأثير الجبرلين المنشط بإضافة الأوكسين.

السيتوكينين Cytokinin

بالنســبة للســيتوكينين فلا دور له في حدوث التســاقط بل على العكس تؤدي المعاملة بالســيتوكينين إلى المحافظة على فتوة النباتات وتأخير الهرم والشــيخوخة وعندما حللت الأوراق والثمار المتساقطة كان هناك انخفاض ملحوظ في تركيز السيتوكينين.

تساقط ما قبل الجمع:

يستخدم الأوكسين في منع تساقط ما قبل جمع الثمار إذ يعمل على تثبيط عمليات الانفصال والتساقط، ويعتقد أن الأوكسين الطبيعي (الذي تنتجه البذور لمنع الانفصال) يتناقص تدريجياً مع اقتراب اكتمال نمو الثمرة.

تستعمل عدة مركبات مصنعة لتأخير أو منع التساقط الثمري مثل نفتالين حمض الخليك NAA و 2,4,5- Trichlorophenoxy propionic acid و 2,4,5- Trichlorophenoxy acetic acid وأصبح التحكم الكيماوي في تساقط ما قبل الجمع مستعملاً على نطاق واسع في العديد من أشجار الفاكهة مثل التفاح- المشمش- الأجاص- الخوخ- اللوز- الحمضيات. كذلك تستخدم نفس المركبات لمنع التساقط الذي يشتد عقب موجات الصقيع.

تجدر الإشارة إلى ضرورة عدم استخدام هذه المركبات بعد اكتمال النضج وتلون الثمار باللون المميز للصنف حيث يؤدي ذلك إلى الإسراع من تطور نضج الثمار وبالتالي تصبح غير قابلة للتخزين.

من جهة أخرى استخدم مركب الألار (SADH) من أجل زيادة تطور الأحمر في ثمار التفاح (حيث اعتبر مضاد جبرلين) وبنفس الوقت من أجل تأخير معدل التساقط وقد ثبت أن له دوراً آخر في إطالة العمر التخزيني لثمار التفاح والحد من الأضرار التخزينية.

بشكل عام لا يمكن ألا نتحدث عن دور الإيتلين في الحث على انفصال الأوراق والثمار وكذلك الأمر بالنسبة لجميع المواد المنتجة للإيتلين أو المواد المشجعة لإنتاج الإيتلين الطبيعي ورفع مستواه في الأنسجة الحية مثل الأكسين وحمض الأبسيسيك ومن أهم المواد المنتجة للإيتلين:

- الإيتيفون: ويستخدم في أشجار الكرز.
- ألسول (Silan) 2-chloro-tris-2-methoxy ويستخدم في أشجار الحمضيات.
- ريليز 5-chloro, 4-nitro, 3-methyl perazol ويستخدم في أشجار الحمضيات أيضاً.

7-5-دور هرمونات النمو النباتية في التجذير:

أ- الأوكسينات:

يظهر تأثير الأوكسينات بتركيزات بسيطة، وتوجد في الكثير من أجزاء النباتات وتتكون في البراعم والأوراق الصغيرة وفي قمم الأفرع والجذور، وتنقل داخل النبات من القمة إلى القاعدة خلال اللحاء ولكن عند إضافة الأوكسينات الصناعية مثل نقع قواعد العقل في محلول الأوكسين الصناعي بأنها تنتقل من أسفل إلى أعلى خلال أوعية الخشب.

- والأوكسينات الصناعية لها نفس تأثير الأوكسينات الطبيعية وتشابهها في التركيب الجزيئي إلى حد ما، وتبلغ سرعة انتقال الأوكسينات الصناعية بالنبات 10 أمثال سرعة انتقال الأوكسينات الطبيعية، وأثبتت التجارب أن الأوكسينات هي أحد العوامل المسؤولة عن تكوين الجذور، تبعاً لتركيبها الكيماوي فقد لوحظ أن تكوين الجذور لا يحدث إلا في الأماكن التي تتجمع فيها الأوكسينات المرتبطة، ولكنه من الضروري وجود الأوكسينات الحرة، ويرى البعض أن العامل المؤثر في تكوين الجذور هو الأوكسينات التي بها مجاميع الهيدروكسيل.

وإضافة للأوكسينات الحرة والمرتبطة توجد أيضاً في الأنسجة النباتية مركبات الأوكسينات وبادئ الأوكسينات أو التربتوفان الذي يعتبر فعالاً في هذا المجال.

أشرنا سابقاً إلى أن خطوات تكون الجذور على العقل تقسم إلى ثلاث مراحل، ويتلخص تأثير الأوكسينات على هذه المراحل كالتالي:

1- إعادة التكشف: يدفع الأوكسين إلى إنقسام و تمايز الخلايا

2- التحديد: وتقسم إلى:

- ترتيب الخلايا لتكوين الميرستيم ، ونظام تأثير الأوكسين هنا غير معروف.
- التحديد لتكوين مبادئ الجذور: هناك احتمال كبير لتأثير الأوكسين في هذه المرحلة، لكن لا يوجد إثبات مباشر.

3- النمو: ينشط الأوكسين بتركيز منخفض نمو استطالة الجذور.

الشكل (56): دور الأكسين في التجذير.

السيتوكينينات:

أجريت العديد من الدراسات على العقل الورقية لدراسة العلاقة بين الأوكسين والستوكينين فقد لوحظ أن استخدام تراكيز منخفضة من الكينيتين يزيد في تأثير IAA في تكوين الجذور في العديد من عقل أشجار الفاكهة.

جـ- الجبرلينات:

لا يوجد ما يثبت دور الجبرلين في تكوين مبادئ الجذور في العقل الساقية بل ثبت في الدراسة على عدد من الأنواع النباتية أنها تعيق تكوين الجذور.

وهناك من الدلائل على أن الجبرلينات تمنع انقسام الخلايا وهي الخطوة التالية لتحول الخلايا البالغة إلى خلايا ميرستيمية، كما أنه يحتمل أن التأثير المعيق للجبرالينات يكون نتيجة علاقتها بتنشيط النمو الخضري، وهي الحالة المعرضة لانقسام الخلايا.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثامن

التغذية المعدنية في بساتين الفاكهة

Mineral nutrition in frit tress orchards

8-1-أهمية التغذية المعدنية:

يشـير مصـطلح تغذية النبات إلى دراسـة العناصـر الغذائية اللازمة لنمو النبات وتطوره إذ تدخل معظم العناصـر الغذائية في تكوين المركبات العضـوية اللازمة للنمو والإزهار والإثمار وتعد المصـادر الثلاثة الرئيسـية للعناصـر الغذائية للنباتات هي الماء والهواء والتربة. وان تغذية النباتات الخضـراء هي تغذية غير عضـوية ويطلق عليها عادة اسم التغذية المعدنية *Mineral Nutrition* ويطلق على العناصـر الغذائية التي يمتصـها النبات من التربة (فيما عدا الاوكسـجين والهيدروجين والكربون) اسـم العناصـر المعدنية *.Mineral Elements*

تُعرف العناصر المشتقة أساساً من التربة بشكل غير عضوي بالعناصر المعدنية الأسـاسـية. بينما تُعرف العناصـر التي يتم الحصـول عليها من الهواء بالعناصـر غير المعدنية، مثل الكربون والأكسجين والهيدروجين. تعتبر مياه الري أيضاً مصدراً للعناصر المعدنية من الأملاح الذائبة، وخاصـة كلوريد الصـوديوم والبوتاسـيوم (الشـكل57) وتعد التربة من أهم مصـادر تغذية النبات. ويوجد في التربة أكثر من 60 عنصـراً معدنياً، لكن النباتات لا تمتصها جميعها.

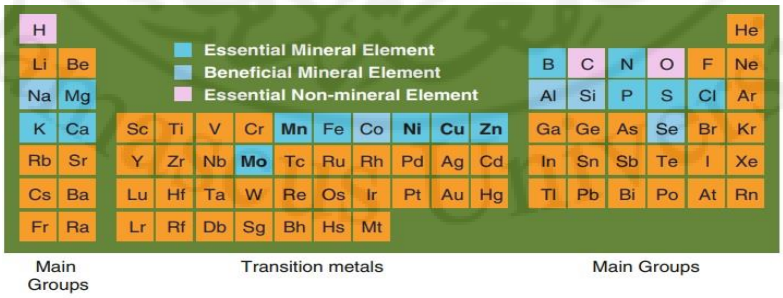


Fig. 2.1 Distribution of essential and beneficial mineral elements. All, except molybdenum, are among the 30 lightest elements. Elements in bold letters are hyperaccumulators in plants

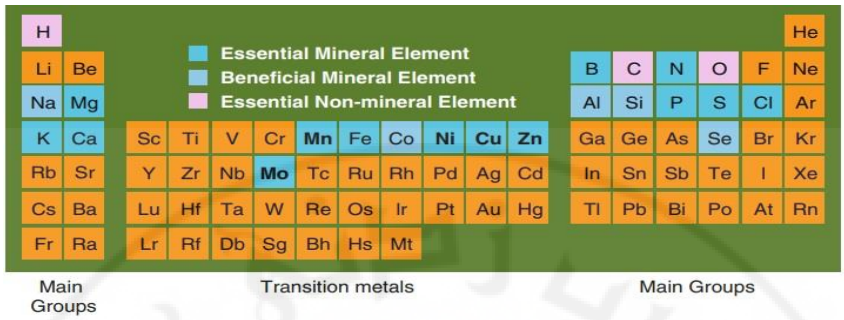


Fig. 2.1 Distribution of essential and beneficial mineral elements. All, except molybdenum, are among the 30 lightest elements. Elements in bold letters are hyperaccumulators in plants

الشكل (57): العناصر الأساسية المعدنية وغير المعدنية.

وتقسم العناصر المعدنية التي تحتاجها شجرة الفاكهة إلى:

1-عناصر أساسية Essential Elements:

وهي العناصر التي تحتاجها شجرة الفاكهة بشكل أساسي لنموها وتطورها وتتطلب النباتات 17 عنصراً لإنتاج كتلة حيوية مثلى (14 عنصر معدني، بالإضافة إلى O_2,C, H عناصر غير معدنية). وتؤدي بشكل أساسي أدواراً هيكلية، وتعمل كمنشطات للإنزيمات، ومنظمات أوسموزية في النباتات. وتعود أهمية هذه العناصر إلى ما يلي:

- نقص العناصر الأساسية يمنع اكتمال دورة الحياة وينتج عنه أعراض نقص في النبات.
- لا يمكن استبدالها بعنصر آخر له نفس الخصائص.
- يشارك العنصر الأساسي بشكل مباشر في عملية التمثيل الغذائي للنبات.
- في حالة عدم وجود العناصر الأساسية، فإن النباتات غير قادرة على إنتاج بذور خية قادرة على استئناف الدورة الحياتية.
- يجب أن تكون العناصر الأساسية مكونات لبعض المستقلبات النباتية الأساسية، على سبيل المثال، Mg2 + هو أحد مكونات جزيء الكلوروفيل.

وتنقسم العناصر الأساسية بدورها إلى قسمين:

A. عناصر أساسية يحتاج إليها النبات بكميات كبيرة نسبياً ويطلق عليها اسم المغذيات الكبرى (الشكل 58)، مثل النتروجين والبوتاسيوم والفوسفور والكبريت وهي عبارة عن مغذيات معدنية يتم استهلاكها بكميات أكبر وتتواجد في الأنسجة النباتية بكميات تتراوح من 0.2٪ إلى 4.0٪ على أساس وزن المادة الجافة.

الشكل (58): المغذيات الكبرى

B. عناصر أساسية يحتاج إليها النبات بكميات ضئيلة نسبياً ويطلق عليها اسم المغذيات الصغرى، وهذه العناصر توجد بكميات ضئيلة جداً في أنسجة النبات، مثل: البورون والزنك والمنغنيز والمغنيزيوم والحديد والموليبدينوم والصوديوم والكلور وهي عبارة عن مغذيات معدنية يتم استهلاكها بكميات أقل وتتواجد في الأنسجة الناتجة بكميات تتراوح من 5 إلى 200 جزء في المليون أو أقل من 0.02٪ على أساس وزن المادة الجافة.

2-عناصر غير أساسية Non-essential Elements:

وهي عناصـر توجد عادة في النبات ولكن لم يثبت حتى الآن أن غيابها يؤثر في نمو النبات أو يؤدي إلى ظهور أعراض مرضـية عليه، وبعض هذه العناصـر إذا أعطيت للنبات كان لها تأثيراً منشطاً في نموه، مثل: السيليكون، اليود.

تؤدي العناصر المعدنية وظائف رئيسية عدة نذكر منها

1- تســهم في بناء الأحماض الأمينية والنووية والبروتينات والأنزيمات واليخضــور، ومركبات الطاقة مثل: N.
2- تسهم في مضخة البوتاسيوم الضرورية في النقل الغشائي مثل K.
3- تسهم في بناء الجدار الخلوي، مثل: Ca.
4- ضرورية لعمليات التنفس الخلوي والانقسام الخلوي، مثل: P.
5- تدخل في بنية اليخضور، مثل: ,Mg.
6- تسهم في تفاعلات سلسلة الأكسدة والإرجاع مثل: Fe.
7- تسهم في عملية الاصطناع الضوئي مثل: Fe.
8- تنشط الأنزيمات.
9- تسهم في نقل الغذاء.
10-تسهم في الاصطناع الحيوي لهرمونات النمو النباتية.
11-لها دور مباشر في إحداث التضاد وحماية الخلايا من السمية.
12-تعدل درجة الحموضة وتنظم الأوسموزية.

وتقسم العناصر بحسب وظائفها الفيزولوجية إلى:

المجموعة الأولى:

تضم الكربون، الهيدروجين، الأكسجين، النتروجين، الكبريت، السليكون، وهي تمثل المكونات الرئيســية للمادة العضــوية، كما تشــترك في التفاعلات الإنزيمية وتفاعلات الأكسدة والاختزال.

المجموعة الثانية:

تضم الفوسفور والبورون، وتشترك في تفاعلات انتقالات الطاقة والأسترة بواسطة المجموعات الكحولية المتكونة بالنبات.

المجموعة الثالثة

تضم البوتاسيوم، الكالسيوم، المغنيزيوم، المنجنيز، الكلور، الصوديوم والكوبالت، وهذه المجموعة تختص بالأوسموزية والتوازن المعدني إضافة إلى بعض الوظائف الخاصة في التفاعلات الإنزيمية.

المجموعة الرابعة:

تضم الجديد، الزنك، النحاس، الموليبدينوم، وتعمل هذه العناصر كمواد مخلبية أو تكون الجزء المعدني من البروتينات وتعمل على نقل الإلكترون عن طريق قدرتها على تغيير شحنتها الإستاتيكية.

ويجب التنويه إلى أن هناك بعض العناصر مثل السيلينيوم واليود وهما غير ضروريان للنبات ولكن يمتصها النبات من التربة وليس لها دور في الأيض الحيوي بل يعدان ضروريين للإنسان الذي يتغذى على النبات الذي يحتوي على هذين العنصرين.

ورغم أهمية جميع العناصر إلا أن زيادتها عن حاجة النبات يؤدى إلى حدوث تأثيرات ضارة ومنها:

1- خلل في امتصاص العناصر الغذائية بواسطة الجذور وذلك نتيجة لعمليات التضاد بين العناصر وبعضها

2- خلل في العمليات الفيزيولوجية داخل أنسجة النبات وذلك نتيجة لعدم التوازن في نسب العناصر بين بعضها البعض.

3- تراكم بعض العناصر في الأوراق أو الجذور أو الثمار مما يؤدي ارتفاع تركيزات العناصر المتراكمة داخل النبات إلى درجة السمية.

8-2-دور العناصر المعدنية في نمو وتطور النبات:

للعناصر المعدنية الأساسية (كبرى وصغرى) دوراً مباشراً في نمو وتطور شجرة الفاكهة فهي تؤثر بشكل مباشر في جميع أطوار النمو (الفتوة والنضج والشيخوخة) ويؤدي نقصها إلى ظهور الأمراض الفيزيولوجية على الأشجار والثمار وذلك لوظائفها الفيزيولوجية الهامة في النبات والتي سنذكرها بشيء من الإيجاز:

النيتروجين:

يعد النتروجين من العناصر الأساسية التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة وله دور مباشر في النمو الخضري والزهري والثمري وذلك لوظائفه الفيزيولوجية المهمة:

1- يدخل في تكوين الاحماض الامينية والبروتينات.
2- يدخل في تكوين الأحماض النووية.
3- يدخل في تركيب الكلوروفيل والقلويدات والانزيمات والكو أنزيمات.
4- يدخل في تكوين النواتج الثانوية.
5- يدخل في تكوين مركبات الطاقة.
6- يدخل في تكوين البروتوبلازم.
7- له دور في عمليات الأكسدة والإرجاع وعمليات البناء والهدم.
8- يدخل في تكوين الهرمونات.

❖ ومن أهم أعراض نقصه (الشكل 59 و60 و61 و62):

1-اصفرار عام في الأوراق خاصة في الأجزاء السفلية.
2-ضعف في النمو بسبب تثبيط انقسام الخلايا وصغر حجم السوق والجذور.
3-انخفاض معدل الاصطناع الضوئي.
4-انخفاض معدل الاستقلاب.

الشكل (59): أعراض نقص الآزوت.

الشكل (60): أعراض نقص الآزوت في المانجو.

الشكل (61): أعراض نقص الآزوت في الحمضيات.

الشكل (62): أعراض نقص الآزوت في الزيتون.

الفوسفور:

الفوسفور من العناصر الأساسية التي لها دور فاعل في دورة حياة النبات ولا سيما في نمو الجذور والثمار وتطورها ومن أهم أدواره الفيزيولوجية:

1- يشترك في تركيب مركبات الطاقة.
2- يدخل الفوسفور في تركيب مشتقات الدهون والبروتينات والسكريات.
3- يدخل في تكوين الأحماض النووية.
4- يعمل مرافقاً انزيمياً لبعض الانزيمات.
5- يتواجد بنسبة عالية في البذور والثمار.
6- من العناصر المتحركة داخل النبات مثل النيتروجين ولذلك يوجد بكثرة في الانسجة الميرستيمية
7- يعمل الفوسفور على الإسراع في عملية الازهار بينما النتروجين يؤخر الازهار.
8- له دور مباشر في نمو وتطور المجموع الجذري.
9- يوجد الفوسفور غالبا في صورة غير صالحة وغير ذائبة في الأراضي القلوية اما في الأراضي الحمضية فيمكن الاستفادة من الفوسفور الموجود بها.

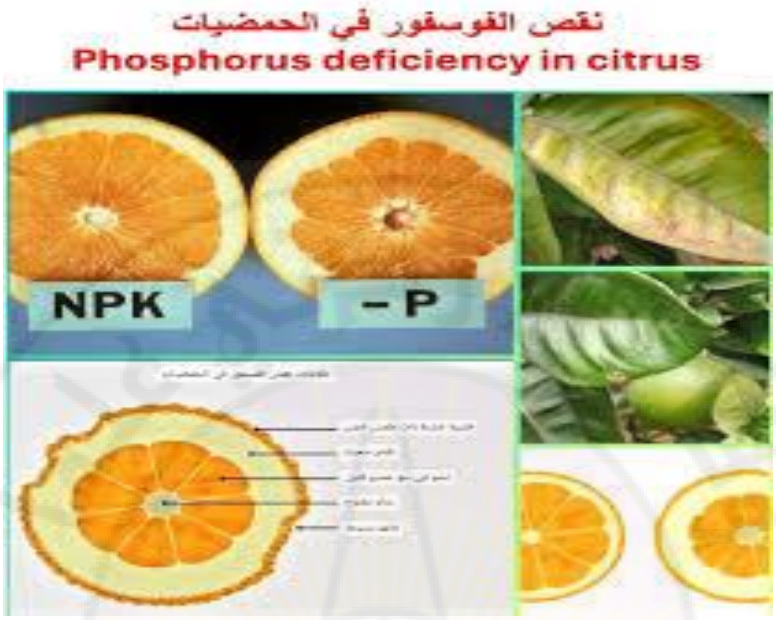
❖ من أهم اعراض نقصه:

1- صغر حجم النبات والأوراق.
2- تأخذ الأوراق لونا قاتما وقد يظهر اللون القرمزي على الاعناق والعروق وقد تظهر بقع قرمزية او بنية على نصل الورقة وهذا اللون يرجع لتراكم أصبغة الانتوسيانين.
3- يؤثر نقص الفوسفور بشكل مباشر في الثمار فعلى سبيل المثال نجد أن نقص الفوسفور في مزارع الحمضيات يؤدي إلى زيادة سماكة طبقة الألبيدو في الثمرة على حساب اللب والعصير الثمري.

ويوضح الشكل 63 و64 و65 أعراض نقص الفوسفور

الشكل (63): أعراض نقص الفوسفور.

الشكل (64): أعراض نقص الفوسفور في الكرمة.



الشكل (65): أعراض نقص الفوسفور في الحمضيات.

البوتاسيوم:

يعتبر البوتاسيوم من العناصر الأساسية الكبرى وله دوراً مباشراً في نمو وتطور النبات و في في زيادة تحمل النبات للإجهادات اللاحيوية و من أهم أدواره الفيزيولوجية:

1- من العناصر المتحركة (مثل الآزوت والفوسفور) ويوجد بنسبة عالية في الأطراف النامية لكل من الجذور والساق والأوراق فيحفز النمو.

2- له دور مهم في بناء السكريات والنشاء.

3- منظم لعمليات فتح وغلق الثغور.

4- يعدل الأوسموزية وله دور مباشر في زيادة الجهد الأوسموزي.

5- يزيد من قدرة الأشجار على زيادة تحمل الإجهادات البيئية اللاحيوية وخاصة الجفاف.

6- له دور مباشر في مضخة الصوديوم/بوتاسيوم.

❖ من اهم اعراض نقصه (الشكل 66 و67 و68 و69):

1- احتراق حواف الأوراق وتشتد هذه الاعراض على الأوراق السفلية.

2- يبدو النبات ضـــعيفا وقصـــيرا واوراق أشـــجار الفاكهة تتلون باللون الارجواني وتحترق حوافها والأوراق المسنة مجعدة ومكرمشة.

3- ضعف النمو القمي.

4- زيادة معدل تساقط الثمار.

5- ثمار صغيرة الحجم ذات ألوان باهتة.

وبشكل عام فإن الأراضـي الرملية فقيرة في محتواها من البوتاسيوم كما أن الزيادة الكبيرة في نسـبة البوتاسـيوم في التربة تؤدي إلى إعاقة امتصـاص العديد من العناصـر الأخرى (التضاد)

الشكل (66): أعراض نقص البوتاسيوم في الحمضيات.

الشكل (67): أعراض نقص البوتاسيوم في الكرمة.

الشكل (68): أعراض نقص البوتاسيوم.

الشكل (69): أعراض نقص البوتاسيوم.

الكبريت:

من أهم العناصـر الأسـاسـية التي يحتاجها النبات خلال دورة حياته الخلوية وذلك لأدواره الفيزيولوجية:

1- يدخل في تكوين البروتينات والأحماض الأمينية مثل السيستيئين والميثيونين والجلوتامين والمرافقات الانزيمية (استيل كو أ).

2- يدخل في تكوين السيتوكروم.

3- يدخل في تركيب فيتامين الثيامين والبيوتين.

4- يدخل في تكوين المواد الطيارة مثل زيت الخردل والثيوكبريتات في البصل والثوم.

5- له علاقة مباشر في بناء الكلوروفيل.

6- ينشط انزيمات اختزال النترات.

7- يزيد من قدرة النبات على زيادة تحمل الإجهادات البيئية اللاحيوية وخاصة البرودة.

❖ من أهم اعراض نقصه (الشكل 70، 71، 72):

1- اصفرار عام في الأوراق وذلك مثل التتروجين تماماً إلا أن الاصفرار يظهر على الأجزاء القمية من الشجرة لأن الكبريت عنصر بطيء الحركة.

2- ضعف نمو النبات.

الشكل (70): أعراض نقص الكبريت.

الشكل (71): أعراض نقص الكبريت عل المانجو.

الشكل (72): أعراض نقص الكبريت عل الكرمة.

الكالسيوم:

عنصر أساسي بنائي يحتاجه النبات بكميات كبيرة وله دوراً مهماً في نمو وتطور النبات كونه:

1- يدخل في بناء الجدر الخلوية ويدخل مع المواد البكتينية في تركيب الصفيحة الوسطى للخلية.
2- ضروري لعمليات الانقسام الخلوي.
3- يعادل التأثير السام لحمض الأوكزاليك ويترسب في صورة بلورات من أوكزالات الكالسيوم.
4- يسهم في عمليات تحويل النشا الى سكريات والعكس.
5- يتحرك ببطء في النبات ولذلك تبدو اعراض نقصه على الأوراق العليا والقمة النامية.
6- يتحكم في النفاذية الاصطفائية للغشاء الخلوي.
7- ينظم عملية التنفس وتكوين الميتوكوندريا.
8- ينشط لبعض الأنزيمات مثل الفوسفاتيز والكينيز.
9- يزيد من تحمل النبات للأمراض الحيوية مثل الإصابات الحشرية.

❖ اهم اعراض نقصه (الشكل 73، 74، 75، 67، 77):

1- احتراق حواف الأوراق وتشوه النموات الحديثة.
2- تصبح الأوراق غير منتظمة وتموت القمم النامية للسوق وتموت البذور او تكون ضـــعيفة التكوين وتموت الأوراق مبتدئة بالأوراق العليا متجهة نحو القاعدة.
3- انخفاض معدل صلابة الثمار وانخفاض قدرتها التخزينية.

4- ترهل الجدر الخلوية ونقص معدل صلابتها.

5- يؤدي نقص عنصر الكالسيوم إلى ظهور أعراض التسمم بعنصر المغنيزيوم وذلك لزيادة معدل امتصاص النبات لعنصر المغنيزيوم في حالة عوز الكالسيوم.

6- يؤدي نقص عنصر الكالسيوم إلى ظهور العديد من الأمراض الفيزيولوجية مثل النقرة المرة والقلب المائي والعفن والتشقق.

7- يؤدي ارتفاع تركيز عنصر البوتاسيوم والمغنيزيوم إلى انخفاض معدل امتصاص الكالسيوم (تضاد).

الشكل (73): أعراض نقص الكالسيوم على ثمار التفاح "التفلن".

الشكل (74): أعراض نقص الكالسيوم على الليمون.

الشكل (75): أعراض نقص الكالسيوم على العنب.

الشكل (76): أعراض نقص الكالسيوم على ثمار التفاح "النقرة المرة".

الشكل (77): أعراض نقص الكالسيوم على ثمار التفاح "القشب".

المغنيزيوم:

من العناصر الأساسية المهمة وذلك لأدواره الفيزيولوجية الخاصة في اصطناع اليخضور إضافة إلى أدواره الفيزيولوجية العديدة التي من أهمها:

1- يدخل في تكوين جزيئة الكلوروفيل.

2- له دور مباشـــر في عملية البناء الضـــوئي وبناء الكربوهيدرات وبدونه لا تحدث عملية الاصطناع الضوئي.

3- ينشط الانزيمات المصاحبة لتمثيل الاحماض النووية.

4- وجوده ضروري لتنشيط أنزيمات كالفن وكذلك ينشط أنزيمات البروتين.

5- المغنيزيوم عنصـر ناقل للفوسـفور ويزيد من معدل انتقاله وامتصـاصـه في النبات.

❖ من أهم أعراض نقصه (الشكل 78، 79، 80):

1- اصفرار النصل بينما تظل العروق خضراء شاحبة.

2- تظهر أعراض نقص هذا العنصـر في الأراضـي الجيرية التي تحتوي على نسـبة عالية من الكالسيوم او الأراضي الحامضية او المسمدة بالنترات.

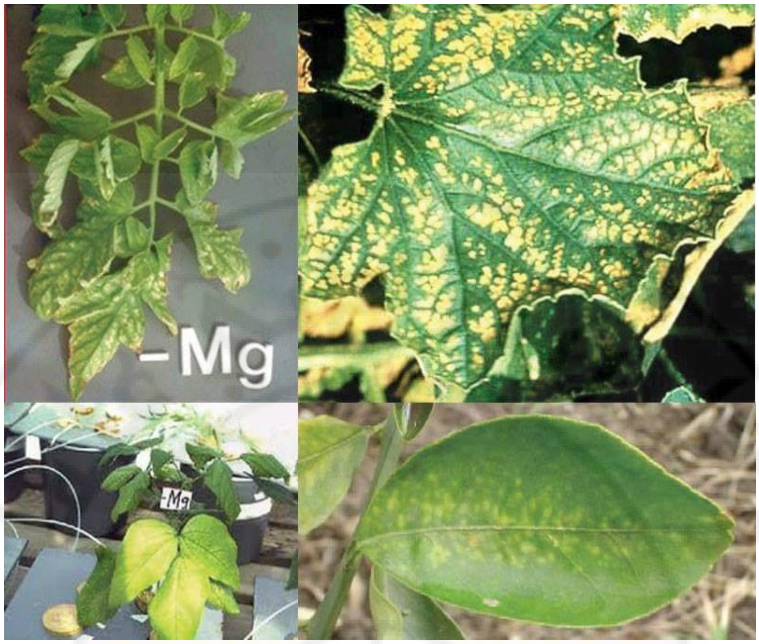
3- تلون الأوراق بألوان قرمزي وأصـفر وبرتقالي نتيجة ارتفاع معدل تكون الأصـبغة الأنثوسيانية على حساب أصبغة الكلوروفيل.

4- تجعد ونكروز وتساقط الأوراق.

5- تجعد وتساقط الثمار.

6- القلب المائي في الثمار.

7- ضعف وانخفاض معدل الإزهار.



الشكل (78): أعراض نقص المغنيزيوم.

الشكل (78): أعراض نقص المغنيزيوم على الكرمة.

الشكل (80): أعراض نقص المغنيزيوم على الكرمة.

الحديد:

يشترك الحديد مع المغنيزيوم بدوره المباشر في الاصطناع الضوئي وبالتالي له دورا في كامل مراحل نمو النبات وذلك لأدواره الفيزيولوجية التالية:

1- يعد الحديد عنصرا أساسيا ولكن يحتاجه النبات بتراكيز منخفضة حيث يحدث تأثيرات فيزيولوجية هامة عند وجوده بتراكيز منخفضة.

2- عنصر مهم جدا لتكوين الكلوروفيل علماً انه لا يدخل في تركيبه.

3- يدخل في تركيب انزيمات الاكسدة (الاوكسيديزوالبيروكسيديز).

3- يدخل في تكوين السيتوكروم ويسهم بشكل مباشر في عمليات التنفس والهدم.

4- له دور مباشر في أكسدة الكربوهيدرات.

- من اهم اعراض نقصه (الشكل 81، 82، 83):

1- اصـــفرار الأوراق الحديثة بينما الأوراق المســـنة تبدو طبيعية وهذا يدل على ان الحديد من العناصر بطيئة الحركة.

2- تظهر اعراض نقص الحديد في الأراضي القلوية إذ يوجد في صورة غير صالحة للامتصـــاص ويعمل وجود النحاس والمغنيزيوم على خفض معدل امتصـــاص الحديد وذلك بسبب التضاد

3- من أهم أعراض نقص الحديد هو اصـفرار كامل لنصـل الورقة مع بقاء العروق خضراء داكنة.

4- ضعف النمو الجانبي للأشجار.

5- ضعف معدل النمو مع انخفاض معدل تكوين الثمار.

الشكل (81): أعراض نقص الحديد.

الشكل (82): أعراض نقص الحديد في الكرمة.

الشكل (83): أعراض نقص الحديد على الأجاص.

البورون:

من العناصر الأساسية التي يحتاجها النبات بكميات قليلة وله دور مباشر في مراحل نمو النبات ومن أهم أدواره الفيزيولوجية:

1- له دور مهم في اصطناع الهرمونات.
2- يسهم في تكوين الدهون.
3- له دو في تنظيم حركة العناصـــر المعدنية في النبات وفي امتصـــاص النتروجين.
4- له دورقي اصطناع السكريات والبروتينات وانتقالها.
5- يسهم في عملية التلقيح والإخصاب.
6- له دور مباشر في تكوين البذور ونموها وتطورها.
7- يعمل منظماً لمعدل امتصاص وفقد الماء.
8- له دور فاعل في تكوين العقد الجذرية في النباتات البقولية.
9- يزيد من تحمل النبات للإجهادات اللاحيوية خاصة أضرار البرودة.

❖ أهم اعراض نقصه (الشكل 84، 85، 86):

1- تشوه الأطراف النامية وموت قواعد الأوراق وتشقق السيقان.
2- تصبح الأوراق قصيرة وسميكة (التورد).
3- شحوب الأوراق (كلوروز).
4- سيقان سهلة التكسير.
5- فشل التلقيح والإخصاب وضعف تطور الأزهار.
6- تلف وترهل وتشوه الثمار وجفاف لب الثمرة.
7- أمراض فيزيولوجية في الثمار مثل التشقق والقلب البني وعفن الثمار والتفلن الخارجي والقشب.
8- تساقط العقد والثمار الصغيرة.

الشكل (84): أعراض نقص البورون على الكرمة.

الشكل (85): أعراض نقص البورون على التفاح "القشب"

الشكل (86): أعراض نقص البورون على الفريز.

الزنك:

أحد أهم العناصـــر المعدنية الأســـاســـية التي يحتاجها النبات بكميات قليلة وله أدوار فيزيولوجية هامة تؤثر في نمو وتطور النبات من أهمها:

1- عامل مساعد في تفاعلات أنزيمات الاكسدة والاختزال.

2- مهم لاصطناع الكربوهيدرات وانتقالها.

3- مهم لضبط درجة الحموضة في الخلية.

4- وسيط في تحول التربتوفان (بادئ الأوكسين) إلى أوكسين.

5- يلعب دوراً مهماً في تكوين الاحماض النووية والبروتينات.

6- يتواجد في الترب الحامضـية بشـكل أكبر من معدل تواجده في الترب القلوية ويكون بالشكل المتاح عندما تكون التربة غنية بالمادة العضوية.

❖ ومن أهم أعراض نقصه (الشكل 87، 88، 89):

1- تظهر أعراض نقصه بشكل واضح في أشجار الفاكهة إذ تتشوه الأوراق وتصبح صغيرة ورفيعة والساق قصيرة.

2- تتساقط البراعم الزهرية قبل تفتحها.

3- تقزم وعدم استطالة الساق.

4- أوراق صغيرة وعقد قصيرة (تورد).

5- كلوروز الأوراق وتعرية الطرود.

الشكل (87): أعراض نقص الزنك في المانجو "التورد".

الشكل (88): أعراض نقص الزنك في الحمضيات.

الشكل (89): أعراض نقص الزنك في العنب.

المنغنيز:

من العناصر الأساسية التي يحتاجها النبات بكميات قليلة وله أدوار فيزيولوجية كثيرة من أهمها:

1- عامل مساعد في تفاعل الضوء في عملية البناء الضوئي.

2- يدخل في تركيب الانزيمات وهو منشط أنزيمي.

3- يعمل مرافقاً أنزيمياً لإتمام عمليات الاكسدة والاختزال.

4- يساعد في عملية انقسام البلاستيدات الخضراء.

5- يسهم في التحولات الغذائية للآزوت.

❖ أهم أعراض نقصه (الشكل 90' 91، 92):

1. تظهر على الأوراق الحديثة والنموات الفتية أعراض الكلوروز.
2. ضعف نمو الجذور.
3. تبقعات في الأوراق فيما بين العروق.

الشكل (90): أعراض نقص المنغنيز.

الشكل (91): أعراض نقص المنغنيز على الحمضيات.

الشكل (92): أعراض نقص المنغنيز على الكرمة.

النحاس:

1- يدخل في تركيب كثير من انزيمات الأكسدة والإختزال.

2- يساعد في نمو وتطور الأجنة.

3- يدخل في تركيب الأنزيمات المؤكسدة.

4- له دور مباشر في الاصطناع الضوئي وذلك لاحتواء الصانعات الخضراء على بروتين يحتوي على عنصر النحاس وهو البلاستوسيانين.

5- زيادة نركيز هذا العنصر سام للنبات ولكن ظاهرة التضاد وخاصة في التركيزات المخفضة تخفف كثيرا من حدة السمية لهذا العنصر.

6- يستخدم مع المبيدات الفطرية وكذلك للتخلص من الطحالب في المياه الراكدة.

❖ من أهم أعراض نقصه (الشكل، 93، 94):

1- اصفرار الأوراق وذبولها.

2- ضعف النمو.

3- قشب الثمار.

الشكل (93): أعراض نقص النحاس.

الشكل (94): أعراض نقص النحاس.

الموليبدنيم:

من العناصـر الصـغرى التي يحتاجها النبات بشـكل أسـاسـي ولكن بكميات قليلة خلال مراحل نموه وتطوره ومن أهم وظائفه الفيزيولوجية:

1- يلعب دوراً مهماً في تحول النترات الى أمونيا داخل الخلية تمهيدا لعملية بناء الأحماض الأمينية والبروتينات.

2- كما أنه مهم في تثبيت النيتروجين الجوي بواسطة بكتيريا الرايزوبيوم.

❖ من أعراض نقصه (الشكل 95، 96):

1- إحتراق الأوراق (والتي تتشـابه مع اعراض نقص كل من النحاس والزنك) فتظهر بقع بنية على الأوراق وتموت حوافها.

2- سقوط الازهار.

الشكل (95): أعراض نقص الموليبدينوم.

الشكل (96): أعراض نقص الموليبدينوم في الحمضيات.

إضافة إلى ما سبق فهناك بعض العناصر المعدنية الأخرى التي لها دوراً في نمو وتطور النبات مثل:

1- الكلور والذي يعتبرعاملاً مساعداً في عملية التحلل الضوئي للماء وذلك في تفاعل الضوء في عملية البناء الضوئي وأعراض نقصه تشبه الى حد كبير اعراض نقص المنغنيز.

2- عنصر الصوديوم يكون أساسيا لنمو بعض الطحالب البحرية وخاصة الطحالب الخضراء المزرقة وفي النباتات الراقية يحل الصوديوم محل البوتاسيوم.

3- عنصر السليكون الذي له دوراً مهماً في زيادة تحمل النباتات للإجهادات اللاحيوية وخاصة الملوحة والجفاف.

4- الالمنيوم والذي يحسن من نمو بعض النباتات الا أنه معروف بسميته خاصة عند ارتفاع تركيزه في النسيج النباتي.

8-3- دور العناصر المعدنية في عمليات الاستقلاب:

تؤثر العناصر المعدنية في عمليات الاستقلاب إذ يؤدي نقصها إلى خلل في استقلاب النبات على النحو الآتي:

الآزوت:

ينظم الآزوت دورة الغليكولات عن طريق تكوين الغليسين والسيرين.

يؤدي تراكم أيونات الأمونيوم إلى تحطم الكلوروفيل و الكلوروبلاست

يؤدي انخفاض تركيز النتروجين إلى انخفاض كفاءة عملية الاصطناع الضوئي

يؤدي انخفاض تركيز النتروجين إلى تثبيط انتقال الجلوكوز المصطنع من عملية البناء الضوئي.

الفوسفور:

يؤدي نقص الفوسفور إلى:

1- زيادة نسـبة نشـاء/ سـكروز، وهو مرتبط بالتغير في النشـاط الكلي للأنزيمات المؤثرة في تحولات كل من النشاء والسكروز.

2- نقص حاد في كفاءة عملية البناء الضوئي.

3- نقص في انتقال الطاقة من الكلوروبلاست إلى أجزاء النبات الأخرى.

4- تثبيط تفاعلات دورة حمض الليمون (حلقة كريبس) ما يؤدي إلى تراكم حمض البيروفيك بالإضافة إلى حدوث نقص واضح في اصطناع البروتين والأحماض النووية.

البوتاسيوم:

يؤدي نقص البوتاسيوم إلى:

1- نقص حاد في كفاءة عملية البناء الضوئي، وزيادة في معدل التنفس.

2- نقص في انفتاح الثغور، وبالتالي نقص دخول غاز ثاني أكسـيد الكربون إلى أنسجة الأوراق.

3- نقص واضح في عدد صفائح الغرانا في الكلوروبلاست.

4- نقص واضح في المساحة الورقية.

5- نقص واضـح في انتقال نواتج عملية البناء الضـوئي، وحدوث زيادة في تراكم السكروز، والهكسوزات.

الكالسيوم:

1- له دور في التوازن الكاتيوني والأنيوني داخل الفجوات.

2- له دور مباشر في الإستطالة الخلوية.

3- له دور مباشر في تركيب الميتوكوندري ووظائفها.

المغنيزيوم:

يؤدي نقص المغنيزيوم إلى:

انخفاض في محتوى النشـاء في أنسـجة التخزين حيث يتراكم المحتوى الأكبر من النشاء في الأوراق.

المغنيزيوم له دور مثبط في انطلاق الأكسـجين من الكلوروبلاسـت خلال تفاعل الضوء.

المنغنيز:

ضـروري لانطلاق الأكسـجين الناتج من تحلل الماء ضـوئياً من خلال النظام الضـوئي الثاني في تفاعل هيل ويعد المنغنيز مانحاً لإلكترونات للكلوروفيل في هذا النظام.

الزنك:

يعمل الزنك بشكل مشابه للمنغنيز والمغنيزيوم إذ يشجع الارتباط بين مادة التفاعل والأنزيم.

البورون:

يؤدي نقصه إلى:

نقص معدل تحول الجلوكوز الناتج من البناء الضوئي إلى مركبات متعددة السكر مثل السللوز الذي يقل محتواه ما يؤثر في بناء مواد الجدار الخلوي.

يتغير شكل الكلوروبلاست وتركيبها.

انخفاض شديد في معدل كفاءة عملية البناء الضوئي.

النحاس:

يؤدي نقص النحاس إلى نقص نشاط وفعالية عملية البناء الضوئي.

نقص معدل تفاعلات الضوء (تفاعل هيل).

خلل في عمل أنزيم الفينوليز واللاكتيز المسـؤولة عن أكسـدة الفينولات التي تعد المصدر الأساسي لاصطناع اللغنين.

نقص معدل انطلاق الأكســـجين من خلال النظام الضـــوئي الثاني ويكون معدل التثبيط في النظام الضـــوئي الثاني أكثر من معدل التثبيط في النظام الضـــوئي الأول.

الصوديوم:

له دور في نباتات رباعية الكربون إذ يقوم بتحويل البيروفات إلى فوســـفور إينول البيروفات في خلايا الطبقة الوسطى في النبات.

الكلور:

له وظيفة حيوية في انطلاق الأكسجين من خلال النظام الضوئي الثاني في تفاعل الضوء في عملية البناء الضوئي.

له دور مباشـر في إمداد الكلوروفيل بالإلكترونات الضـرورية التي فقدتها أصـبغة الكلوروفيل خلال عملية نقل الإلكترونات في التفاعل الضوئي الثاني.

الموليبدينوم:

يؤدي نقصه إلى نقص في معدل البناء الضوئي.

يؤثر في أكسدة الماء ضوئياً.

يؤثر بشكل مباشر في تفاعل هيل.

له دور في تركيب البروتوبلاست وشكلها.

الكبريت:

يؤدي نقص الكبريت إلى انخفاض نشاط عملية البناء الضوئي

إنخفاض محتوى الأصبغة اليخورية.

انخفاض معدل انتشار غاز ثاني أوكسيد الكربون ودخوله من خلال الثغور.

انخفاض معدل اصطناع بعض المركبات الكبريتية.

ومن الجدير بالذكر أن نقص الزنك والكبريت معاً يؤدي إلى:

انخفاض نشاط أنزيم مالات ديهايروجينيز.

انخفاض معدل نشاط أنزيم غلوكوز 6 فوسفات ديهايدروجينيز.

نقص محتوى البروتين والنشاء في البذور.

زيادة السكريات الذائبة.

تراكم النشاء في الأعضاء النباتية.

الفصل التاسع

الزراعة العضوية والحيوية في بساتين الفاكهة

Bio and organic culture in fruit trees orchards

بدأت الزراعة العضـــوية في العالم في منتصـــف القرن العشـــرين وتعد محاصـــيل البن والزيتون والمكسرات والكاكاو من أهم الزراعات العضوية. أما في الوطن العربي فقد بدأت في مطلع الثمانينيات من القرن الماضـــي في كل من مصـــر وتونس وســـوريا والســـعودية والمغرب ولبنان. وفي سورية هناك توجه نحو الزراعة العضوية من خلال مشروع التعزيز المؤســـســـاتي للزراعة العضـــوية والذي تم تنفيذه من قبل وزارة الزراعة والإصـــلاح الزراعي بالتعاون مع منظمة ا223لأغذية والزراعة للأمم المتحدة وذلك في عدة بساتين فاكهة مثل الحمضيات والزيتون والكرمة.

9-1 تعريف الزراعة العضوية:

نظام زراعي إنتاجي آمن بيئياً يعتمد على الاســـتغلال الأمثل للموارد الطبيعية الزراعية، مع التركيز على الموارد الداخلية للمزرعة وتقليل الاســـتفادة من المدخلات الخارجية، من دون اســـتخدام الأســـمدة والمبيدات الكيميائية المصـــنعة والمواد المعدلة وراثياً ومنظمات النمو والإضافات العلفية المصنعة، مع الاعتماد على استخدام الدورات الزراعية والأسمدة العضـــوية، وعلى المكافحة الوقائية والحيوية، وذلك بهدف تقليل التأثير البيئي، تعزيز التوازن البيئي، وتعزيز خصوبة التربة والتنوع البيولوجي.

تعتمد الزراعة العضـوية على مبدأ الاسـتدامة في الزراعة إذ يتم اسـتغلال التربة الزراعية مع الحفاظ على صفاتها وخصوبتها ومصادرها المائية للأجيال القادمة، وكذلك المحافظة على صـــحة الإنســـان والحيوان وســـلامة البيئة. ويتحقق ذلك عن طريق التحكم بجميع المدخلات إلى المزرعة العضـــوية بحيث يتم اســـتخدام مواد صـــديقة للبيئة فتســـتخدم المخصـبات الطبيعية العضـوية (الشـكل،97) والحيوية (الشـكل، 98) بدلاً عن الأسـمدة الكيميائية وتســـتخدم المكافحة الحيوية بدلاً عن المبيدات الكيميائية بحيث يتم ضـــمان الاستدامة في الزراعة.

الشكل (97): الأسمدة العضوية.

الشكل (98): الأسمدة الحيوية.

2-9 فلسفة منظومة المزرعة العضوية:

يعتمد مبدأ الزراعة العضـــوية على مفهوم النظام البيئي الطبيعي المغلق (مع تقليل المدخلات والمخرجات إلى أدنى حد) ومحاولة اســـتغلال المكونات الطبيعية الموجودة

بالفعل في النظام البيئي، حيث يتم إعادة تدوير معظم العناصـــر داخل المزرعة مما يضمن الاستدامة (الشكل، 99).

على سـبيل المثال، لنفترض أننا ندير بسـتان زيتون تتم زراعته عضـوياً، فبدلاً من إزالة الأغصان المقطوعة وحرقها بعد التقليم، يتم سحقها بآلات خاصة، وصناعة نشارة خشب تضـــاف إلى التربة، و بهذه الطريقة يتم اســـتخدام أقل قدر ممكن من المدخلات والمخرجات، وتم إعادة تدوير العناصر داخل بستان الزيتون ، ولكن هناك بالطبع حالات يجب فيها إزالة أغصـان الأشـجار فوراً من أي بسـتان عضـوي، على سـبيل المثال عندما يعاني نسيج الشجرة من آفة أو مرض ما..

وفي مثال آخر في واحات النخيل حيث يمكن إيجاد نظام عضـوي كامل بالاسـتفادة من مخلفات الاشجار وإعادة تدويرها.

بشكل عام، تمثل الزراعة العضوية نهجاً شمولياً للزراعة يعطي الأولوية للاستدامة والإدارة البيئية وصحة كل من الإنسان والبيئة.

الشكل (99): منظومة الزراعة العضوية.

أهداف الزراعة العضوية:

1-المحافظة على صـــحة الإنســـان والحيوان عن طريق تأمين غذاء آمن خالٍ من مخلفات الكيماويات الزراعية، وبجودة عالية.

2-حماية البيئة من التلوث.

3-زيادة خصوبة التربة والمحافظة على النشاط البيولوجي الحيوي فيها.

4- المحافظة على التوازن البيئي والتنوع الحيوي بالاستغلال الأمثل والمستدام للموارد الطبيعية (مثل المياه والتربة والمواد العضوية) والطاقة.

التحول للزراعة العضوية:

- مرحلة التحول مرحلة انتقالية من النمط الزراعي العادي أو التقليدي إلى النمط العضوي، أي أنها المرحلة الضرورية الممتدّة منذ بداية تغيير المنظومة الزراعية إلى الموعد الذي تدخل فيه المزرعة إلى نظام الزراعة العضوية.
- تهدف هذه المرحلة إلى الحصول على نظام زراعي مستدام إذ تؤدي إلى:

1- تحسين خصوبة التربة.

2- التقليل من الأمراض والحشائش.

3- التخلص من متبقيات المبيدات في المحاصيل والتربة.

4- تُمّكن الممارس للزراعة العضوية من التأقلم حسب اللائحة التنفيذية لنظام الزراعة العضوية المتبع في الدولة.

وتشمل خطوات التحول للزراعة العضوية على:

1- توعية المزارع بالزراعة العضوية بتوفير قدر وافر من المعلومات والإرشادات والتقنيات البديلة من خلال حملات التوعية المستمرة، وإلمامه بأسس ومبادئ وممارسات الزراعة العضوية، والقوانين والتشريعات المنظمة لها.

2- يبدأ التحول للزراعة العضوية بمساحة صغيرة لمعرفة محددات الإنتاج وتحديد المشاكل المحتملة، كما يتم الاختيار المناسب لموقع المزرعة مع الأخذ بالحسبان الظروف البيئية والموارد المتاحة للمزارع وتشمل (المساحة / نوع التربة / خصوبة التربة / الأصناف المختارة للزراعة / البنية التحتية) وغيرها.

3- إجراء تحليل عينات من تربة المزرعة للتعرف على محتواها من المادة العضوية، الأملاح، العناصر المغذية، وتقدير درجة ال PH، والسعة التبادلية الكاتيونية CEC، والناقلية الكهربائية.

4- وضع خطط التسميد والدورات الزراعية والمكافحة البيولوجية للآفات الزراعية من قبل المزارع، بما يتناسب مع القوانين والتشريعات المتّفق عليها، أو بإشراف متخصصين بالزراعة العضوية.

5- تحديد جهة التصدير المناسبة بناءً على السوق المراد العمل به، وتجهيز كل الوثائق المطلوبة للتعاقد مع المصدرين. وعند التحول إلى الإنتاج العضوي يتم حساب المدة الانتقالية على النحو التالي:

1. في المحاصيل الحولية: تحتاج المزرعة إلى مدة تحول سنتين خلال الزراعة للحصول على المنتج العضوي، لكن يمكن تسويق المنتجات في فترة التحول للزراعة العضوية تحت اسم منتجات تحت التحول وذلك خلال السنة الثانية.
2. أشجار الفاكهة والمحاصيل المعمرة: تحتاج المزرعة على الأقل ثلاث سنوات قبل أول حصاد للحصول على المنتج العضوي، لكن يمكن تسويق المنتجات في مدة التحول تحت اسم منتجات تحت التحوّل وذلك خلال السنة الثانية والثالثة.
3. لا تحتاج المزرعة مرحلة انتقالية في حال لم يسبق زراعتها، وذلك بناءً على تحليل التربة والتأكد من خلوها من المتبقيات الكيميائية والعناصر الثقيلة.

خصوبة التربة في الزراعة العضوية:

تعبر خصوبة التربة عن مدى توافر عوامل النمو بالتربة خاصةً الهواء والماء والعناصر الغذائية بصورة ميسرة في منطقة انتشار الجذور، بكميات كافية وبنسب متوازنة في الأوقات التي يحتاج إليها النبات خلال مراحل نموه المختلفة، لذا في نظام الزراعة العضوية يُنظر إلى خصوبة التربة وحيوتها على أنها نظام حي محدد لتغذية النبات. ومن الجدير بالذكر أن خصوبة التربة لا تكفي لتقييم القدرة الإنتاجية للأرض، حيث لابد

أن تتوافر أيضـــاً جميع عوامل النمو الأخرى التي تتعلق بالظروف الجوية التي تؤدي في النهاية إلى زيادة القدرة الإنتاجية للأرض للوصول إلى أعلى عائد اقتصادي ممكن.

وهماك علاقة مباشرة بين خصوبة التربة والكائنات الحيّة في التربة،

تعد العناصـــر المعدنية مجهدة للتربة في حال زيادتها، أما المواد العضـــوية (النباتية والحيوانية) فتعمل على تحسين الحالة الفيزيائية للتربة وتوفير مصدر طاقة لنمو الكائنات الحية الدقيقة فيها، والتربة من دون مادة عضـوية هي تربة فقيرة، لا يمكن للكائنات الحية الدقيقة المعيشة فيها.

والكائنات الحية في التربة مسؤولة عن العديد من الوظائف المهمة في التربة مثل:

1- تحلل المواد العضوية.

2- تثبيت النيتروجين الجوي.

3- إعادة تدوير العناصر الغذائية.

4- تحسين بناء التربة.

5- خفض PH ما يؤدي إلى تحرير العناصـــر الغذائية الموجودة فيها وتحســـين خصوبتها، وتحسين قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء.

ومن أهم العوامل التي يجب أن تتوافر في التربة الخصبة:

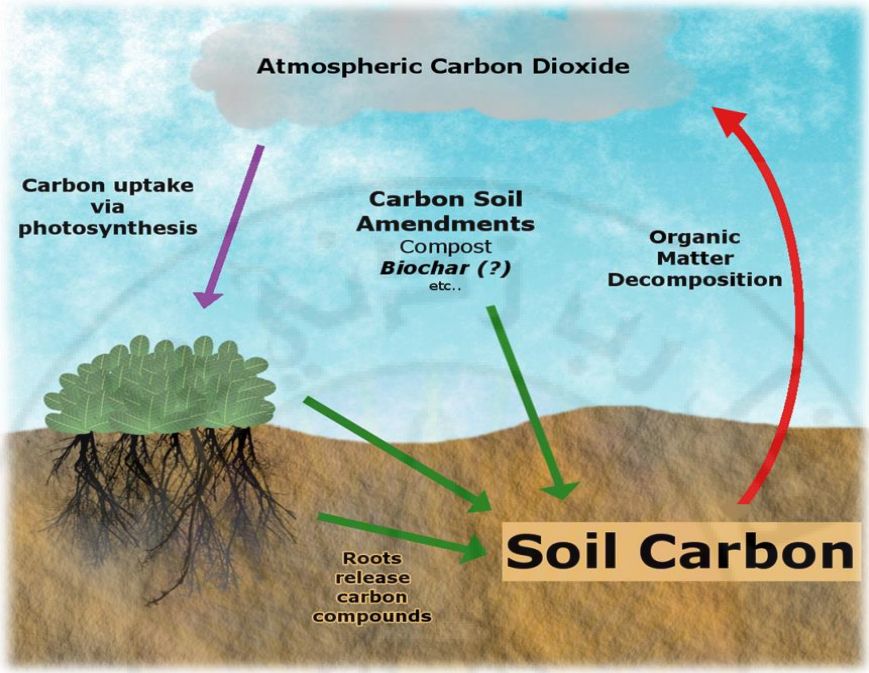
1. أن يكون لها قدرة كافية على الاحتفاظ بالعناصـر الغذائية الأساسية (الشكل، 100) في صورة ميسرة سهلة الامتصاص أو قابلة للاستفادة بواسطة النباتات، سـواء في الصـورة العضـوية (الدبال) أو الصـورة غير العضـوية المتبادلة على الحبيبات بالتربة والذائبة أو القابلة للذوبان في محلول التربة.
2. أن يكون لها قدرة على تحويل العناصـــر الغذائية من الصـــورة غير الميســـرة (المثبتة أو الصلبة) إلى الصورة الميسرة القابلة للاستفادة بواسطة النباتات.

3. أن يكون لها القدرة على حفظ التوازن ما بين ما تفقده من مواد ومغذيات عن طريق الامتصاص بواسطة النباتات النامية أو الغسيل أسفل منطقة انتشار الجذور وما تيسره من مغذيات، وعموماً فإن درجة خصوبة التربة تقل كلما زادت الحاجة إلى إمداد خارجي بالأسمدة والمخصبات الأخرى للحفاظ على هذا التوازن.(الشكل 101)

4. أن يكون لها القدرة على توفير عوامل النمو الأخرى والتي من أهمها الماء والهواء.

5. عدم احتوائها على تركيزات ضارة من المواد الكيميائية المصنعة أو الكائنات الحية المسببة للأمراض.

الشكل (100): العناصر الأساسية في التربة الخصبة.



الشكل (101): حركة الكربون بين النبات والتربة.

3-9 المواد العضوية:

- تُعرف المادة العضوية بأنها مجموع البقايا النباتية والمخلفات الحيوانية المختلفة سواء أكانت هذه البقايا متحللة كلياً أم جزئياً أم في طريقها إلى التحلّل وكذلك الأحياء الدقيقة الموجودة فيها.
- تقسم مصادر المادة العضوية في التربة SOM إلى مكونات "حية" و "ميتة"، ويمكن أن تتراوح من المدخلات الحديثة جداً مثل القش وبقايا النباتات إلى المواد المتحللة إلى حد كبير والتي قد يكون عمرها مئات السنين وهي الدبال.

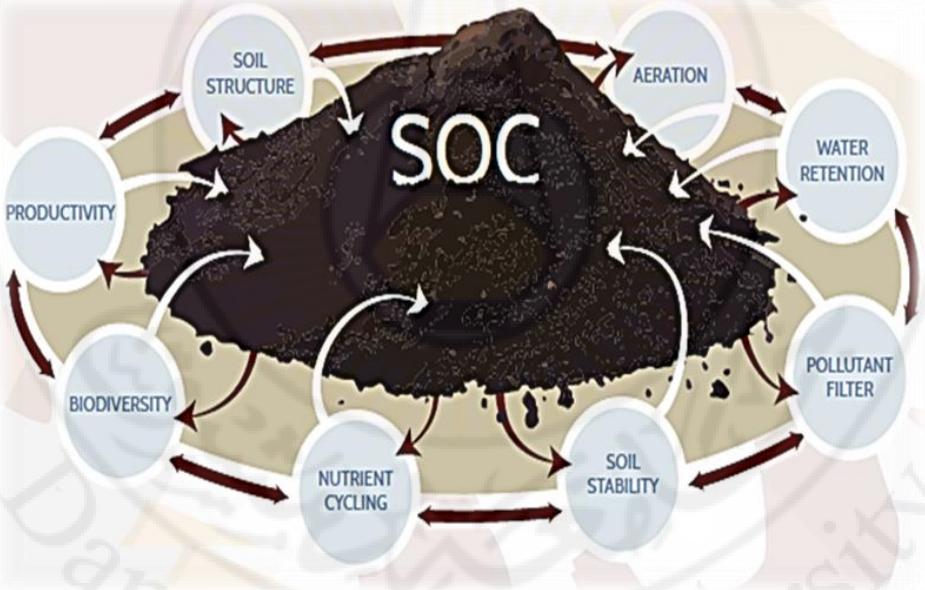
الدبال:

مركب معقد ينشأ من الانحلال التدريجي للمواد العضوية بفضل الميكروبات المختلفة، ويتصف الدبال بصفات عامة أهمها:

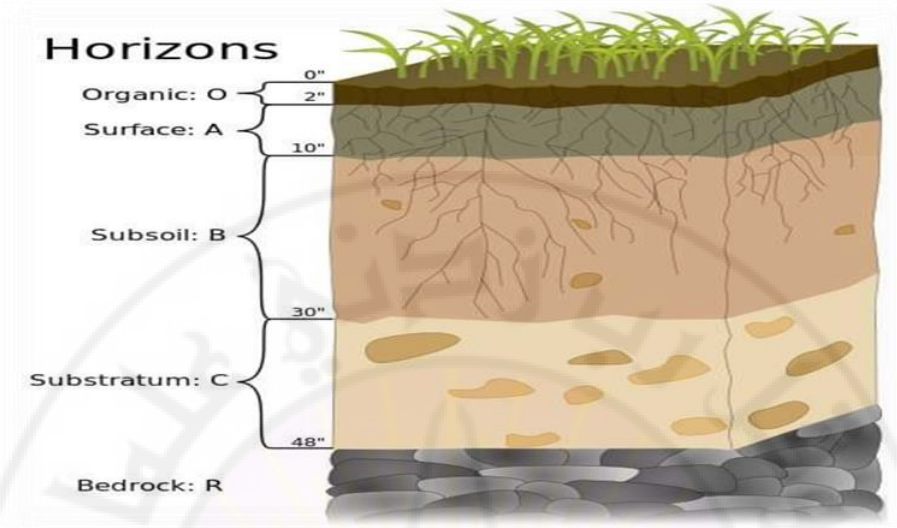
1. لونه الأسمر الداكن أو الأسود.
2. لا يذوب في الماء، وإنما يكّون معه محلولاً غروياً.
3. يحتوي على نسبة من الكربون أعلى مما يوجد في أجسام النباتات والميكروبات، وتبلغ هذه النسبة عادة ما بين 55–56% وقد تصل إلى 58 %.
4. يحتوي على نسبة كبيرة من البروتين قد تصل إلى أكثر من 17%.
5. تقل نسبة الكربون إلى النتروجين فيه حتى تصل نحو 1:10

- توجد المادة العضـوية في التربة SOM كأربعة أجزاء مميزة تختلف بشـكل كبير في الحجم ووقت الدوران والتكوين في التربة وهي: مواد عضـوية وبقايا عضـوية وكائنات حية ودبال (الشكل، 102، 103).
- تتكون المادة العضـوية في التربة بشكل أسـاسـي من عناصـر ومركبات كيميائية مثل الكربون والهيدروجين والأوكسجين وتحتوي على كميات صـغيرة من العناصـر الأخرى مثل النيتروجين والفوسـفور والكبريت والبوتاسـيوم والكالسـيوم والمغنيزيوم الموجود في المخلفات العضـــوية، بالمقابل فإن حوالي 10٪ من المادة العضـــوية هي الكائنات الحية تحت الأرض مثل جذور النباتات، الكائنات الحية بأنواعها المختلفة من ديدان الأرض إلى الحشرات ومفصـليات الأرجل وغيرها، وصـولاً إلى الكائنات الحية الدقيقة من بكتيريا وفطريات وخمائر وغيرها، كلها تشـــكل مجتمعة "مادة عضـــوية حية" ، هذه المجموعة أساس حيوية التربة ودليل على غناها وخصوبتها.
- تختلف تركيبة المادة العضـوية في التربة حسـب طبيعة التربة: تربة بكر، تربة زراعة مستثمرة لعشرات السنوات، تربة صحراوية فقيرة، وتربة غدقة.
- التربة الفقيرة جداً بالمادة العضـــوية هي تربة لا يمكن للكائنات الحية الدقيقة العيش فيها فهي بحاجة للمادة العضـــوية والكربون والســـكريات والطاقة لاســـتمرار حياتها ونموها وتكاثرها.

- تعمل إضـافة المواد العضـوية على تحسـين الحالة الفيزيائية للتربة وتوفير مصـدر طاقة لنمو الميكروبات والكائنات الحية فيها، إذ أن هذه الكائنات الحية في التربة مسؤولة عن العديد من الوظائف المهمة في التربة، بما في ذلك تحلل المواد العضوية وتثبيت النيتروجين من الجوي وتحول العناصـــر الغذائية (أي التحكم في دورات الكربون والنيتروجين والكبريت) وبالتالي تحسـين بنية التربة وخصـوبتها وقدرتها على الاحتفاظ بالماء، وتعزيز إزالة الســـموم من التربة والناتجة عن الملوثات العضـــوية وغير العضوية والتي تحدث بشكل طبيعي.



الشكل (102): مصادر المادة العضوية.



الشكل (103): المادة العضوية في التربة.

- **تقوم المادة العضوية بدور هام (الشكل، 104) في:**

1) تغذية النبات:

تعد المادة العضـــوية وســـيلة مهمة للمحافظة على العناصـــر الغذائية اللازمة لنمو النبات فهي تساعد أثناء تحللها التدريجي في تحويل النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم وغيرها من العناصـر المعدنية أو العناصـر النادرة الموجودة في المادة العضـوية إلى صورة ميسرة للنبات.

2) تحسين بناء التربة:

المادة العضـــوية لها أهمية كبيرة في تحســين صـــفات التربة الفيزيائية من حيث تماسـكها وتحسـين تهويتها وتسـهل اختراق الجذور ونموها فيها، وفي الأراضـــي الرملية تزيد تماسكها وقدرتها على حفظ الماء وتقلل فقد العناصـر الغذائية منها، كما تعمل على الحد من انجراف التربة، ورفع درجة حرارتها.

3) زيادة النشاط الميكروبي في التربة: تعد المادة العضـوية مصـدراً لغذاء الكائنات الحية الدقيقة بالتربة، إذ تسهم المواد العضوية بما تحتويه من اللجنين والسيليلوز

والنشـــاء والســـكريات والدهون والبروتينات الفرصـــة للأعداد الهائلة من الكائنات الأخرى المتطفلة عليها.

4) تحسين مقاومة النبات للأمراض.

الشكل (104): أهمية المادة العضوية في التربة.

- **العوامل المؤثرة في نسبة المادة العضوية في التربة:**

أولاً : العوامل الطبيعية :

العوامل المتعلقة بالبيئة بما تشـــمل من عوامل المناخ (أمطار، حرارة، رياح...إلخ) وعوامل التربة

ثانياً : العوامل البشرية:

تؤثر أساساً في وقتنا الحاضر على نسبة المادة العضوية والكربون العضوي في التربة.

- على الرغم من صعوبة قياس الكميات الدقيقة للنشاط البشري في الزراعة وتأثيره على الكربون العضوي، إلا أن الأنشطة البشرية قد تسببت في خسائر فادحة في الكربون العضوي في التربة على النحو التالي:

1. يؤدي الحرث والفلاحة المتكررة بصـــورة غير صـــحيحة والصـــرف إلى تعريض المادة العضـــوية للتربة للأوكســجين والأكســدة وبالتالي تفككها وفقدانها، إضـــافة لذلك تمنع الفلاحة نمو الأعشـــاب البريّة الطبيعية والتي هي من أهم مصـــادر تعزيز الكربون في التربـة عن طريق التمثيل الضـــوئي وتثبيت الكربون الجوي فضـــلاً عن بقايا تحلل النباتات بعد موتها، الفلاحة تعني منع نمو هذه النباتات وبالتالي يقل محتوى التربة من الكربون بالتدريج.
2. الرعي الجائر الذي يعرض التربة للتدهور الشـــديد (إما من خلال إدخال أعداد كبيرة من قطعان المجترات، أو مراحل الرعي الطويلة) ما يسـبب أيضًـا خسـائر كبيرة في الكربون العضوي للتربة.
3. حرق بقايا المحاصـيل وحرائق الغابات كذلك إزالة الغابات التي تزيل غطاء التربة النباتي وتؤدي إلى تعريتها وإلى خســائر فورية ومســتمرة في الكربون العضــوي فيها.

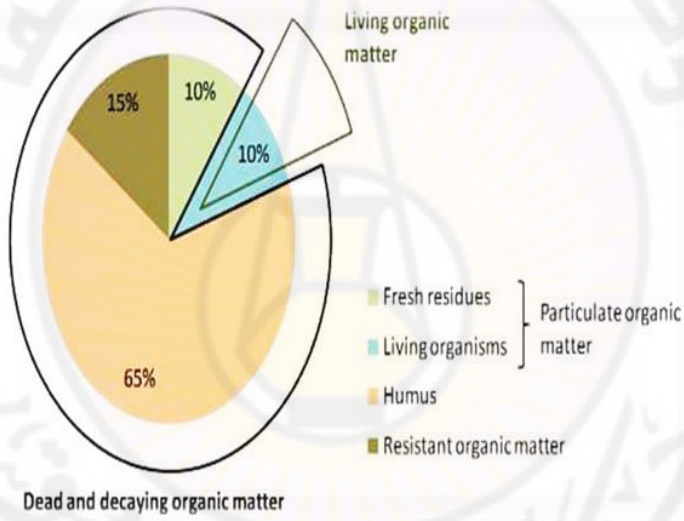
<u>الكربون العضوي:</u>

- يشـــير إلى الكربون المحتجز في التربة ويعبر عنه بنســـبته المئوية من الوزن (غرام كربون/ كلغ تربة).
- يكون للتغيرات المناخية في درجات الحرارة والترســـيب تأثير كبير على تحلل وكمية الكربون العضوي المخزن في نظام بيئي ما والذي يتمّ إطلاقه في الهواء.
- الكربون العضوي في التربة ضروري للحفاظ على خصوبة التربة، احتفاظها بالماء.
- يرتبط الكربون العضـوي في التربة ارتباطاً وثيقاً بكمية المادة العضـوية في التربة وفقاً للتقدير التقريبي:

  الكربون العضوي في التربة × 1.72 = المادة العضوية في التربة
- يعد كربون التربة مؤشـــراً رئيســـيا على جودة التربة، فهو مكون رئيس في المادة العضوية، وله دور مباشر في خصوبتها
- تقوم النباتات الخضراء بعملية البناء الضوئي وتحول CO_2 إلى كربوهيدرات (مركبات عضـــوية تحتوي على الكربون) التي تعود إلى الجذور فالتربة، وتعدّ النباتات أهم

عوامل تخفيض نسـبة غاز ثاني أوكسـيد الكربون في الجو وزيادة الكربون في التربة لأنّ أكبر مصــدر لكربون التربة هو من منتجات التمثيل الضــوئي وبالتالي كلما زاد عدد وتنوع النباتات في الأرض كلما كانت كمية الكربون العضـــوي في التربة أكثر وأعمق.

- تتمتع التربة بالقدرة على الاحتفاظ بالكربون.
- أنّ الفلاحة ومكافحة الأعشــاب هي من أهم عوامل تقليل الكربون في التربة وإفقارها، وبالتالي يصبح النبات بحاجة لمصدر إضافي من الأسمدة. (الشكل، 105)



الشكل (105): صور ونسب المادة العضوية في التربة.

9-4-إدارة التربة الزراعية في المزرعة العضوية:

يجب العمل على إدارة التربة والمحافظة على خصــوبتها في المزرعة العضــوية بما يضــمن أن تفي بالاحتياجات الغذائية للنباتات والحفاظ على إنتاجيتها، ويجب أن يتم إجراء تحاليل دورية للتربة لمعرفة خواصــها الطبيعية والكيميائية والحيوية على المدى الطويل وهناك بعض الممارســات التي تســهم في المحافظة على المادة العضــوية الموجودة في التربة مثل:

أولاً- اتباع الدورات الزراعية.

ثانياً- المحافظة على التنوع الحيوي في التربة.

تعد تربة المزارع العضوية بيئة خصبة ووسطاً ملائماً لنمو وتكاثر العديد من الكائنات الحية مثل البكتيريا / الفطريات / الطحالب / النيماتود / العناكب / الخنافس / ديدان التربة / اليرقات / النمل / الحلزون / القوارض والعديد من الحشرات المختلفة، وتعد هذه الكائنات ذات فائدة كبيرة للتربة، إذ تتغذى على المواد العضوية في التربة وتحولها إلى مواد ميسرة للامتصاص بواسطة النبات، فضلاً عن أن بعضها يعمل على تثبيت النيتروجين الجوي في التربة.

ثالثاً- إضافة الأسمدة المعدنية ذات الأصل الطبيعي:

قد تظهر الحاجة لتوفير مصادر طبيعية أخرى تُغني عن استعمال الأسمدة الكيميائية المصنعة مثل بعض البدائل الطبيعية الموافق عليها من قبل أغلب أنظمة وتعليمات الزراعة العضوية، وهي:

1. مصدر للبوتاسيوم: رماد الخشب، الصخور البوتاسية، أملاح البوتاس الخام، ومخلفات مزارع الفطر.
2. مصدر للفوسفات: صخور الفوسفات الطبيعي، مسحوق العظام، مخلفات مزارع الفطر، مستخلص الأعشاب البحرية والطحالب، وسماد.
3. مصدر للكالسيوم: كربونات الكالسيوم الطبيعي، الجبس، ومسحوق العظام.
4. مصدر للنيتروجين: مسحوق الدم والأسماك، مخلفات مزارع الفطر، مستخلص القريص، مستخلص الأعشاب البحرية والطحالب.
5. مصدر للمغنيسيوم: الدلوميت وسلفات المغنيسيوم.
6. مصدر للعناصر الصغرى: شاي الكومبوست ومستخلص الأعشاب البحرية والطحالب.

رابعاً- الأسمدة العضوية:

الناتجة عن المخلفات العضـوية النباتية والحيوانية التي تتفكك حيوياً عند إضـافتها للتربة وتعطي مركبات ومعقدات غروية يطلق عليها الدبال الذي يحسن خصـائص التربة.

9-5- أنواع الأسمدة العضوية والمخصبات الحيوية:

الأسمدة الخضراء:

- تعد الأسـمدة الخضـراء مصـدراً مهماً للسـماد العضـوي عن طريق زراعة نباتات المحاصـيل وتركها تنمو لحد معين ثم حرثها وقلبها في نفس التربة وهي خضـراء ويعتبر استخدامها شائعاً في معظم المزارع.
- فوائد الأسمدة الخضراء:

1. زيادة محتوى التربة من المادة العضوية.
2. تحسين خصوبة وبناء التربة، وزيادة قدرة حفظ التربة للماء.
3. زيادة نسبة النتروجين في التربة خاصة عند استخدام محصول بقولي بوصفه مصـدراً للسـماد الأخضـر الذي يقوم بتثبيت النتروجين بواسـطة البكتيريا الموجودة في العقد الجذرية.
4. زيادة كمية الفوسفور المتاح للنبات.
5. زيادة خصوبة التربة.
6. تعمل الأسـمدة الخضـراء بمثابة غطاء نباتي يحافظ على سـطح التربة من التعرية والانجراف بالرياح أو المياه.
7. المساعدة في التخلص من الحشائش وبذورها.

السماد البلدي (سماد المزرعة):

- يتكون السـماد البلدي من خليط من روث الماشـية وحيوانات المزرعة مضـافاً إليه طبقة تتكون من التربة أو المخلفات النباتية.

- تُعد مخلفات الأبقار بحالتيها الصلبة والسائلة مع الفرشة الحيوانية المادة الأصل للسماد البلدي، ويختلف تركيب هذه المخلفات تبعاً لنوع الحيوان وعمره وتركيب العليقة التي يتغذى عليها. ويختلف التركيب الكيميائي للمخلفات الناتجة حسب نوع وعمر الحيوان وأيضاً نوعية وكمية العليقة المقدمة له، ويمكن للسماد البلدي أن يقدم وسطياً حوالي 50% من المادة العضوية (75% من N، 80% من P، 90% من K) الموجود في العليقة التي يتناولها، وهذا يعظم من قيمة السماد البلدي وإنتاجه بالطرق السليمة.
- يمكن تحضير السماد البلدي بالمزرعة عن طريق اختيار مكان مناسب محمي من التيارات الهوائية والمسيلات المائية، ويتم عمل حفرة لاستقبال الكميات المناسبة من المخلفات، وينبغي أن تكون ارضياتها متراصة جيداً، مطلية بطبقة اسمنتية أو وضع رقائق من البولي ايتيلين للحيلولة دون فقد السوائل من السماد البلدي ثم تغطى سطح الكومة بطبقة من القش أو التراب لتقليل الفقد على شكل غازات. ثم تقلب الكومات السمادية كل أسبوعين مرة بهدف تهويتها وتأمين الرطوبة المناسبة.
- من مزايا السماد البلدي محتواه العالي من العناصر الغذائية، وقدرته على تحسين بنية التربة.
- ومن أخطر مساوئ السماد البلدي إدخال مسببات الأمراض أو بذور الحشائش، فضلاً عن احتمال غسل العناصر المغذية إذا لم يتم تطبيقه بشكل صحيح، إضافةً للتلوث الصحي الناتجين عن تجمع المخلفات الحيوانية على سطح الأرض.

سماد الدواجن:

- يعد من أفضل المخصبات العضوية التي يمكن تقديمها للتربة، لاحتوائه على نسب كبيرة من الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم وبعض العناصر المعدنية الضرورية لنمو النبات مثل الكالسيوم.
- محتوى Nو P في سماد الدواجن أعلى بمرتين على الأقل من محتوى سماد الأبقار
- يزيد من معدل تثبيت الجذور في التربة.

- يزيد من سرعة ومعدل الإنبات.
- يحفز على الإزهار.
- يزيد معدل تحمل النبات للإجهادات اللاحيوية والأمراض..

سلبيات سماد الدواجن:

1. قد يؤدي استخدامه مباشرة إلى حرق النبات لذلك يجب عدم ملامسته لجذوع الأشجار..
2. احتوائه على مسببات بعض الأمراض الضارة مثل الإشريكية القولونية أو السالمونيلا.

الكمبوست:

- سماد عضوي اصطناعي غني بالمكونات الدبالية التي يمكن الحصول عليها عند عملية تخمير المخلفات العضوية النباتية والحيوانية مع بعض الإضافات مثل المخلفات المنزلية المنتقاة، فضلاً عن بعض المواد التي تسهّل التحلل وتحسن الناتج النهائي

(تبن جاف/ قش/ أوراق أشجار/أفرع خشبية/رقائق خشب/ نفايات/أسمدة معدنية طبيعية مع تجنب الفحم وأوراق المجلات الصناعية والملونة و الشحوم و الدهون) (الشكل، 106)

الشكل (106): مكونات كومة الكمبوست.

- إنتاج الكمبوست:

تعد عملية التخمر أحد المعالجات البيولوجية العضوية سواء كانت المخلفات نباتية أو حيوانية، وذلك للحصول على سماد عضوي جيد، هذه العملية تعتمد على نشاط التمثيل الغذائي لعديد من الكائنات الحية الدقيقة، حيث تعتمد تلك الكائنات في تغذيتها على ما تحتويه هذه المخلفات النباتية والحيوانية من مواد كربوهيدراتية ونيتروجينية وينتج عن ذلك ارتفاع بدرجة الحرارة والرطوبة وزيادة تركيز غاز ثاني أوكسيد الكربون.

ولنجاح عملية التخمر يجب مراعاة النقاط التالية:

1. فرز المخلفات بغرض التخلص من المواد الصلبة صعبة التحلل.
2. تقطيع المخلفات النباتية إلى قطع صغيرة لزيادة السطح النوعي لها ما يقلل من المدة اللازمة لإتمام عملية التخمر.
3. خلط المخلفات مع مصدر للكائنات الحية اللازمة لإجراء عملية التخمر وعادة ما تخلط المخلفات بنسبة 1:10 مع أسمدة عضوية سبق تحللها أو تخمرها.
4. خلط المخلفات مع مصدر خارجي للنيتروجين المعدني، لتشجيع نشاط الكائنات الحية وزيادة عددها من خلال تكاثرها في بداية عملية التخمر، ويفضل استخدام النتروجين بشكل أمونيوم مثل كبريتات الأمونيوم.
5. خلط المخلفات مع بعض الأسمدة غير العضوية الرخيصة (مصدر للفسفور والبوتاسيوم والعناصر الصغرى) لرفع القيمة الغذائية لها عند الحاجة أو الضرورة.
6. توزيع المخلفات على مساحة من التربة على شكل كومات في صفوف متوازية بارتفاع 1–1.5م وبعرض حوالي 2م.
7. رش المخلفات بالماء عند الحاجة حتى لا تتعرض للجفاف خاصة إذا تمت عملية التخمر في فصل الصيف.
8. تقليب المخلفات عدة مرات في أثناء مدة التخمر لتنشيط عملية تحلل المخلفات العضوية وانطلاق المركبات العضوية البسيطة والعناصر الغذائية في صورة قابلة للاستفادة بواسطة النباتات.

9. يجب أن تتم عملية التخمر في أماكن معزولة داخل المزرعة.
10. إجراء تحاليل لتقدير نسبة (C/N) وتقدير درجة حرارة الكومات على فترات متتالية لاختبار كفاءة عملية التخمر واكتمال العملية
11. عدم إضافة مواد جديدة للكومة بعد التخمر.

- خواص الكمبوست الجيد:

1. اللون بني غامق إلى أسود.
2. الرائحة قريبة من رائحة التربة.
3. المحتوى الرطوبي لا يزيد عن 30%.
4. درجة الحموضة PH متعادل إلى حامضي.
5. الناقلية الكهربائية أقل من 2 ملليموز.
6. نسبة المادة العضوية لا تقل عن 30%.
7. نسبة النتروجين الكلي لا تقل عن 1.5%.
8. نسبة C/N يفضل ألا تزيد عن 1:20.
9. عدم وجود كتل كبيرة.
10. ألا تزيد درجة حرارة السماد 5مْ عن حرارة الجو المحيط.
11. خلوه من النيماتودا ومسببات الأمراض، ومن بذور الحشائش.

مزايا الكمبوست:

1. مصدر للمادة العضوية والآزوت.
2. يحسن خصوبة التربة على المدى الطويل، ويقلل فقد العناصر المعدنية.
3. يقلل الحاجة إلى الأسمدة الكيميائية الصناعية الحاوية على المعادن الثقيلة والتي تلوث التربة، النبات، والمياه الجوفية.
4. يسمح بإعادة تدوير النفايات العضوية وبقايا الطعام، ويحسن من صفات المحصول ويزيد الإنتاجية.

5. ينشـــط الكائنات الحية الدقيقة بالتربة التي بدورها تنشـــط من معدل إفراز منشطات نمو طبيعية.
6. يوفر مهداً مناسباً لإنبات البذور ونمو الجذور وانتشارها.
7. يساعد على تهوية التربة وزيادة الأوكسجين اللازم لنشاط النبات.
8. يحتوي على العناصر الغذائية اللازمة للنباتات مثل (N–P–K–S).
9. يحسن صفات التربة الفيزيائية (زيادة الماء الميسر للنبات حيث يحفظه من الفقد عن طريق البخر والتسرب والمحافظة على درجة حرارة التربة)
10. يحسن خواص التربة الكيميائية (مثل زيادة السعة التبادلية وزيادة المادة العضوية وخفض درجة PH التربة ما يزيد من جاهزية الكثير من العناصر الغذائية ويخفف من تأثير الأملاح في منطقة انتشار الجذور).

- **مساوئ الكمبوست:**

1. تشمل الوقت والجهد الكبيرين اللازمين لإنتاج سماد عالي الجودة.
2. احتمال حدوث اختلالات في العناصر الغذائية إذا لم يتم تصنيعه بشكل صحيح.

- **دورة نضج الكومبوست (الشكل، 107):**

مرحلة التسخين:

هي المرحلة الأولى في عملية صناعة الدبال، وتعرف بمرحلة التخمر أو التحلل، تكون البكتيريا نشطة جداً وتستطيع تحليل المواد العضوية سريعة التحلل وعادة يحدث التحلل بعد عدة أيام ويستمر من 1–2 أسبوع.

مرحلة التبريد:

في هذه المرحلة يقل التحلل، وتنخفض درجة الحرارة ويقل نشاط بعض الكائنات الحية ويزيد نشاط كائنات أخرى مثل الحشرات والديدان. هذه المرحلة تأخذ عدة شهور من 2–10 أشهر.

مرحلة النضج:

يتم فيها تحلل المادة العضوية، وتتلاءم فيها درجة الحرارة مع درجة حرارة التربة، وتستمر هذه المرحلة حتى يكتسب الكومبوست اللون والقوام المناسب.

الشكل (107): دورة الكومبوست.

علامات نضج الكمبوست:

1) عدم تمييز مكوناته الأصلية.

2) أن يكون ذا قوام متجانس متحلل ناعم وغير متكتل.

3) تركيبه حبيبي، وله رائحة التربة المبلولة.

4) لونه بني إلى أسود.

5) رطوبته بين 20–30%.

6) حرارته لا تزيد عن 5مْ عن حرارة الجو المحيط.

الفيرمي كومبوست:

Vermicomposting كلمة مشـــتقة من الكلمة اللاتينية Vermis تعني الديدان (الشكل، 108).

الفيرمي كومبوست سماد عضوي حيوي غني بالميكروبات النافعة للتربة يُصنع باستخدام ديدان الأرض التي تزدهر بشـــكل عام في التربة وتأكل الكتلة الحيوية وتقوم بتحويل المخلفات العضوية إلى سماد عضوي حيوي ذي نوعية جيدة غني بالمغذيات النباتية مثل (N–P–K) عن طريق تمرير هذه المخلفات عبر جهازها الهضـمي وإخراجها في شـكل حبيبات تســـمى Verm casts ، بالتالي فإن الفيرمي كومبوســـت خليط من إفرازات الديدان (الأنزيمات والهرمونات والأحماض الدهنية) والمواد العضـــوية بما في ذلك الدبال وديدان الأرض الحية والكائنات الحية الأخرى .

الشكل (108): الفيرمي كومبوست.

مكونات الفيرمي كومبوست :

1. فضلات الدود التي يطلق عليها كاستنج casting التي تخرج من الدود بعد تغذيته على المخلفات العضوية، ويتم معالجتها وإفراز الأنزيمات والهرمونات والأحماض الأمينية عليها داخل الجهاز الهضمي للدودة.
2. بقايا عضوية تحللت في بيئة الدود بفعل الفطريات والكائنات الدقيقة.

- **التركيب الكيميائي للفيرمي كومبوست:**

1- يحتوي على البكتريا المفيدة للنبات وللتربة.

2- مصدر غني بالكربون والهيدروجين والأوكسجين

3- ويحتوي على العناصر المغذية مثل (NO_3 / Ca / HPO_4 / N / K/ Mg/ S) والعديد من العناصر الصغرى ما يُحدث تأثيرات مشابهة للأسمدة المعدنية غير العضوية، ومنه فإن استخدام الفيرمي كومبوست يُلغي أية حاجة لاستخدام أي أسمدة كيميائية صناعية.

4- يحتوي على المواد الهيومية مثل لأحماض الهيومية والأحماض الفولفية والهيومين ما يؤمن البيئة المناسبة للعديد من التفاعلات الكيميائية والميكروبية التي تُحسن من نمو وإنتاجية النبات.

5- يحتوي على مركبات دفاعية مثل الفينولات وتحتوي على الأحماض الأمينية مما يزيد من تحمل النباتات للإجهاد.

6- يحتوي على بادئات للعديد من هرمونات النمو النباتية مثل الحمض الأميني التربتوفان الذي يعطي هرمون الأوكسين.

7- يعمل الفيرمي كومبوست على زيادة النشاط الأنزيمي للتربة مثل (اليورياز والفوسفومونوإستراز والفوسفوديإستراز).

- **مزايا الفيرمي كومبوست:**

1. تحسين تركيب التربة: إذ يسهم الفيرمي كمبوست في تحسين تركيب التربة وبناءها وقوامها ويزيد من قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء ويحسن تهوية

الجـذور ويحـافظ على التنوع والتوازن الحيوي البيولوجي بين مختلف أنواع الكائنات الحية الدقيقة.

2. زيادة توافر المغذيات: يزيد الفيرمي كمبوست من نسبة المادة العضوية، كما يحتوي على نسب عالية من العناصر الغذائية الهامة مثل N–P–K–Ca، هذه المغذيات تكون في شكل عضوي ميسر قابل للامتصاص بسهولة من قبل النباتات، فضـــلاً عن إحتوائه على الهرمونات الأنزيمات والأحماض العضوية هيومك اسيد وفولفيك اسيد طبيعياً.

3. تحســـين نمو وإنتاجية النباتات: يُعزز الفيرمي كمبوســـت من نمو الجذور والنباتات ويسهم في زيادة سرعة انبات بذور الخضار والفاكهة في المشاتل إذ يوفر مهداً مناسباً لها كما أنه يزيد من الإنتاجية.

المستخلص المائي للفيرمي كومبوست (شاي الفيرمي) Vermiwish:

عبارة عن مستخلص الفيرمي كومبوست، وإذا تم استخلاصه بطريقة صحيحة فهو عبارة عن ســائل رائق شــفاف ذي لون أصــفر باهت، غالباً ما يســتخدم بطريقة الرش الورقي فيكون له دور مباشر قي تحفيز نمو النبات وتحسين الإنتاجية (الشكل، 109)

ينقسم شاي الفيرمي إلى نوعين:

مستخلص الفيرميكومبوست يتم تحضيره مع تهوية أو من دون تهوية

- يتم تحضــير **المســتخلص مع تهوية** عن طريق توفير التهوية للســماد المعلق في الماء لمدة تتراوح بين 12 و24 ساعة.
- أما بالنسـبة لتحضـير **المسـتخلص من دون تهوية فـ**يتم عن طريق وضــع معلق السماد في لمدة 14 يوماً في حيز مغلق بحيث يتم استخلاص المواد الغذائية.
- تنطوي كلا الطريقتين على تخمير السـماد المنضـج في الماء لمدة زمنية معينة، ثم تتم تصــفيته قبل تطبيقه على النباتات، وخلال عملية التخمير للفيرمي كومبوســت في المـاء يتم اســـتخلاص المواد الغـذائيـة والكـائنـات المجهريـة، ويؤدي وجود الميكروبات إلى تحويل المواد الغذائية غير القابلة للذوبان إلى أشكال قابلة للذوبان،

وتُســـهم هذه المواد الغذائية المتاحة بدورها في تعزيز التنوع الواســـع للكائنات الموجودة في مستخلص الفيرميكومبوست أثناء عملية التخمير.

الشكل (109): تحضير شاي الفيرمي كومبوست.

الهيوميك أسيد:

عبارة عن خلاصة تحلل المادة العضوية سواء من أصل نباتي أو حيواني نتيجة تحللها من آلاف السنين وتحولها من الدبال إلى حمضين أمينين هما هيوميك أسيد سالب الشحنة وفولفيك أسيد موجب الشحنة، له تأثير حيوي وفسيولوجي على النباتات وأيضا تأثير فيزيائي وكيميائي وبيولوجي على التربة ويستخدم مع الأسمدة لكي يحسن من التربة ويزيد من معدل الاستفادة من الماء والأسمدة (الشكل، 110).

وحمض الهيوميك ذواب في الماء ويحتوي على كربون (50–60%) والأوكسجين (30–40%) والنتروجين (2–6%) والهيدروجين (2–8%). والأفضـــل معاملة النبات بع عن طريق التطبيق الأرضي.

الشكل (110): حمض الهيوميك.

ومن أهم صفاته:

1) تنوع وعدم انتظام وعدم تجانس حجم دقائق الحمض من حيث تفاصيل بنائها التركيبي، وبسبب هذه الميزات والصفات أصبح تحديد الوزن الجزيئي لأحماض الهيوميك معقداً جداً.
2) ذات لون بني فاتح إلى بني غامق إلى أسود تقريباً.
3) ترتبط أحماض الهيوميك بالدرجة الأساسية مع الكالسيوم والمغنيزيوم، لذلك تفقد قابليتها على الانتقال في قطاع التربة وتتجمع معظمها في الطبقات العليا.

الفولفيك أسيد:

عبارة عن المواد الدبالية ذات اللون الأصفر أو الأحمر الخفيف، ويرتبط اسم حمض الفولفيك بالكلمة اللاتينية (Fulvus) وتعني أصفر. ويعبر حمض الفولفيك عن المركبات ذات الأوزان الجزيئية العالية المتشابهة في بنائها التركيبي وتختلف نسب العناصر الأساسية الموجودة في حمض الفولفيك عما هو عليه في حمض الهيوميك حيث يحتوي

حمض الفولفيك على نسبة أقل من الكربون (44–49%) والنتروجين (2–6%) ونسبة أكبر من الهيدروجين (3.5–6%) والأوكسجين (44–49%) (الشكل، 111)

الشكل (111): حمض الفولفيك.

ومن أهم الفروقات بين الهيوميك و الفولفيك أسيد ما يلي:

1) الفولفيك أحد مركبات الهيوميك أسيد.

2) الفولفيك أسيد ذو وزن جزيئى أصغر من الهيوميك وبالتالي يمكن استخدامه بطريقة الرش الورقي حيث يتجانس انخفاض وزنه الجزيئي مع صغر حجم الثغور النباتية. كذلك يمكن استخدامه في التربة لارتفاع معدل امتصاصه بدون تراكم.

3) حمض الفولفيك يمكن أن يشكل مركبات مخلبية مع العناصر الصغرى بشكل أكبر من حمض الهيوميك ويعطى نتائج ممتازة عند خلطه بالعناصر الصغرى.

4) يمتاز الفولفيك بزيادة قدرته على تحسين التهوية والصرف في التربة أكثر من الهيوميك بسبب إرتفاع نسبة الأوكسجين فيه.

5) يمتاز الهيوميك بقدرته على زيادة معدل احتفاظ التربة بالماء التربة تحتفظ بكمية أعلى من الماء، وبالتالي ينصح باستخدامه في التربة الرملية الخفيفة سريعة الصرف إذ يعمل الهيوميك على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية مع ماء التربة.

6) للهيوميك دور كبير في تعويض نقص المادة العضوية في التربة.

7) للهيوميك قدرة عالية على تيسير الكالسيوم، كذلك يعمل على كسر الرابطة الأيونية بين الكلور والصوديوم في الأراضي الملحية.

أهمية هذه الأحماض:

- تحسين امتصاص العناصر الغذائية وزيادة جاهزيتها للنبات.
- تحسين نمو النبات وانبات البذور.
- زيادة معدل تنفس الجذور ونموها.
- تحفيز نمو الكائنات الحية الدقيقة في التربة.
- زيادة نسبة النيتروجين الكلي في التربة.
- تساعد أحماض الهيوميك على زيادة معدل نقل العناصر بين التربة والنبات.
- الحفاظ على المحتوى الرطوبي في محيط النبات.
- تحسين خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية.
- تحفيز النشاط الأنزيمي في النبات.
- تقليل معدل التبخر من التربة وهو أمر مهم خاصة في الأراضي التي يقل بها نسبة الطين وتقل قدرتها على الاحتفاظ بالماء.
- تحفيز امتصاص العناصر.
- تشجيع نمو وتكاثر الميكروبات التربة النافعة كالطحالب والخمائر.
- زيادة القدرة التخزينية للثمار وزيادة سماكة الجدر الخلوية.
- زيادة تحمل النباتات للإجهادات اللاحيوية وخاصة الملوحة والجفاف..

- تستخدم أحماض الهيوميك بكفاءة في خفض معدل التعرية نتيجة لزيادة معدل نمو الجذور وانتشارها في التربة.

6-9 مزايا الزراعة العضوية في بساتين الفاكهة:

1- الزراعة العضـوية والحيوية زراعة صـديقة للبيئة من شـأنها المحافظة على بيئة نظيفة وتعد واحدة من الطرق التي تسـهم بشـكل كبير في حل مشـكلة الاحتباس الحراري جزئياً.

2- تحقيق الأمن الغذائي للمستهلك.

3- تسـاعد على تقليل تلوث المياه الجوفية والأنهار السـطحية بمخلفات المواد الكيميائية إذ ينتج عن استخدام الأسمدة المعدنية خاصـة الأمونيا أو اليوريا أو النترات تلوثاً في التربة حيث تتسـرب وتتجمع في المياه الجوفية التي يكون لها أثر سام على صحة الإنسان والنبات والحيوان.

4- تقليل معدل تلوث الهواء والتربة ببقايا المواد الكيميائية.

5- تحسين بناء التربة وخصائصها الفيزيائية وتركيبها الكيميائي.

6- زيادة خصـوبة التربة والمحافظة عليها من التدهور إذ تعمل على توفير الاحتياجات الغذائية من النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وبعض العناصر الصغرى وبعض منظمات النمو.

7- نظام إدارة عالي الجودة يعتمد على اسـتغلال وإعادة تدوير كامل مخلفات المزرعة الحيوانية والنباتية والمخلفات المنزلية.

8- تسـهم في إثراء الحياة الفطرية وزيادة أعداد الأعداء الطبيعية والمفترسـات الحيوية المفيدة.

9- زيادة نشاط وتنوع الكائنات الحية الموجودة في التربة.

10- إعادة ضبط التوازن البيئي وتخفيض الأثر البيئي، بما في ذلك تقليل التلوث وانبعاثات الغازات الدفيئة.

11- الحد من نمو الطحالب الذي غالباً ما يكون ســـببه وجود المواد الكيميائية التي توفر بيئة مناسبة لنمو أنواع من الطحالب الضارة.

12- زيادة كفاءة امتصاص النبات:

13- تعمل المخصبات على زيادة معدل إفراز بعض المواد المنشطة لنمو النبات والأنزيمات وبعض الفيتامينات وبعض المضـادات الحيوية على الميكروبات الضـــارة في التربة ما يؤدي إلى زيادة كفاءة امتصـــاص الجذر للعناصـــر الغذائية الموجودة في التربة.

14- زيادة قدرة النبات على تحمل الظروف غير الملائمة لنمو النبات مثل ارتفاع الحرارة – زيادة الأملاح في التربة.

15- وكذلك تؤدي إلى زيـادة المحـافظـة على التوازن المـائي والغـذائي داخـل النبات.

16- زيادة مقاومة النبات لأمراض الجذور.

17- الحد من مشكلة متبقيات الأسمدة الضارة (Residual effect) الناتجة من خلال تقليل إضـــافة الأســـمدة النيتروجينية بحوالي 35% وكذلك الأســـمدة الفوسفاتية والأسمدة البوتاسية يحدث انخفاض متبقيات الأسمدة علاوة على أنها تعد رخيصة الثمن وسهلة الإنتاج وتقلل من التلوث البيئي.

18- إفراز الميكروبات العديد من المركبات أو الأحماض العضـوية: مثل حمض الفورميك والستريك والخليك واللاكتيك والبروبيونيك والجليكوليك والسكسينيك وكذلك إنزيم الفوســـفاتيز التي تعمل على إذابة الفوســـفات غير الذائبة في صـــورة فوســـفات الكالســـيوم الثلاثية وتحويلها إلى صـــورة أحادية قابلة لأن يســـتفيد منها النبات. كما تعمل المكيوريزا على إفراز مركبات تســـاعد على توفير العناصر المعدنية ليمتصها الجذر.

19- تثبيت الأزوت الجوي تكـافلياً مع جنس الريزوبيوم: تعد البقوليات من أهم النباتات التي يحدث لها تثبيت أزوت الهواء الجوي تكافلياً مع بكتريا من جنس الريزوبيوم إذ تغزو هذه البكتريا جذور النباتات البقولية وتكون عقداً

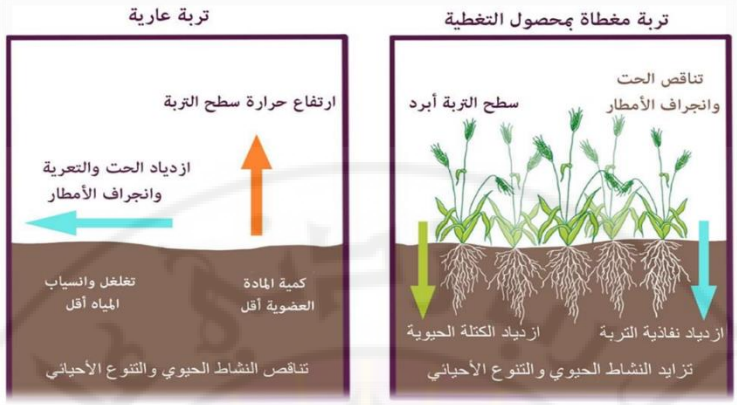
بكتيرية عليه ثم تقوم بتثبيت الأزوت الجوي تكافلياً. وتختلف كمية الأزوت المثبتة تكافلياً بوساطة البقوليات حسب نوع المحصول البقولي، كفاءة نوع الريزوبيوم في تثبيت أزوت الهواء الجوي، خصوبة التربة، الظروف الجوية المحيطة، الكيماويات في صورة مبيدات والتي تضاف إلى التربة.

20- تثبيت النتروجين الجوي لاتكافلياً وإفراز عوامل مساعدة على النمو عن طريق الطحالب الخضراء المزرقة: الطحالب الخضراء المزرعة اللاتكافلية تقوم بتثبيت النتروجين بدرجة عالية كذلك تقوم بإفراز عوامل مساعدة على النمو مثل IAA، حمض الأسكوربيك و فيتامين B12، ويمكن أن تثبت في موسم زراعة الأرز من 10–25 كجم أزوت/فدان وينساب حوالى 30٪ من الأزوت المثبت بالطحالب إلى الوسط الخارجي في صورة أحماض أمينية أهمها الجلوتاميك والإسبارتيك كما أنه قد ينساب النتروجين المثبت في صورة أمونيا.

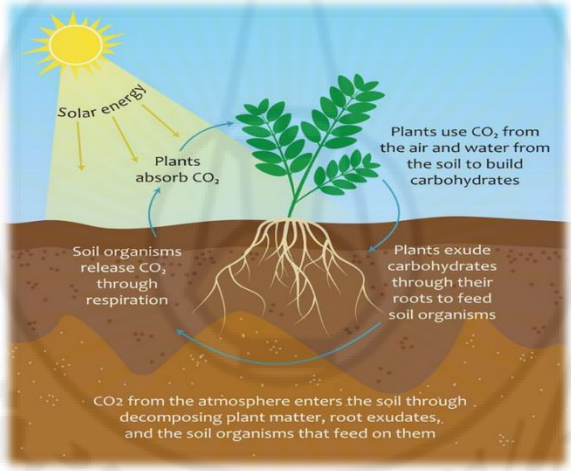
21- تعمل الطحالب الخضراء المزرقة على خفض PH التربة القلوية: إذ تستعمل هذه الطحالب أيون الكربونات باعتباره مصدر كربوني لبناء أجسامها عند PH أكبر من 9 يالتالي تستطيع النباتات النمو في مثل هذه الأراضي.

22- زيادة معدل البناء الضوئي والمخزون الغذائي: تعمل الأسمدة الحيوية على زيادة معدل البناء الضوئي والتخزين الغذائي عن طريق إفراز بعض الهرمونات بالتالي زيادة مكونات المحصول.

ويوضح الشكل، 112 أهمية الزراعة العضوية. كما يوضح الشكل، 113 العلاقة المتبادلة بين النبات و الكائنات الحية الدقيقة في التربة.



الشكل (112): أهمية الزراعة العضوية.



الشكل (113): العلاقة المتبادلة بين النبات والكائنات الحية الدقيقة في التربة.

9-7 سلبيات الزراعة العضوية والحيوية:

على الرغم من ممارسة العديد من الدول للزراعة العضوية حول العالم إلى أن هناك عيوب كذلك، ومن هذه العيوب:

1- يحتاج الانتقال الكامل للزراعة العضوية إلى مساحات زراعية أكبر بسبب انخفاض كمية الناتج النهائي وبالتالي ولتحقيق الإنتاج المطلوب يجب زيادة المساحات الزراعية.

2- انخفاض معدل الإنتاجية على حساب النوعية في الزراعة العضوية بالمقارنة مع الزراعة التقليدية.

3- ارتفاع ســـعر المنتج العضـــوي بالمقارنة مع ســـعر المنتج الناتج عن الزراعة بالطريقة التقليدية.

4- صعوبة المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة أحياناً.

الفصل العاشر

بعض العمليات الفيزيولوجية الهامة في أشجار الفاكهة

Some of important physiological processes in fruit trees

10-1 النتح: Transpiration

أهمية ودور الماء في نمو النبات: Important and role of water inn plant growth

يعد الماء مهماً جداً لحياة النباتات ويمثل أكثر من 90% من الوزن الرطب للنباتات العشبية وأكثر من 50٪ في النباتات الخشبية، ويعتمد المحتوى الماني في النبات على النوع والصنف النباتي والظروف البيئية التي تؤثر في امتصاص النبات للماء، وفي الماء المفقود نتيجة العملية النتح، وكذلك يعتمد المحتوى المائي على مرحلة النمو والتطور ونوع العضو النباتي سواء أكان جذراً أم ساقاً أم أوراقاً، ويؤثر الماء سواء بشكل مباشر أو غير مباشر في جميع العمليات الأيضية والفيزولوجية.

1- يعتبر الماء المكون الرئيسي للمادة الحية (البروتوبلازم).

2- الذي يحدد سيولة أو لزوجة البروتوبلازم.

3- مهم جداً لتفاعلات التحلل المائي التي تحفز إنزيمات التحلل؛ مثل تحلل النشا إلى سكريات بفعل أنزيم الأميليز، وتحلل الدهون إلى أحماض دهنية بوجود أنزيم الليبيز، وتحلل البروتينات إلى أحماض أمينية بفعل أنزيم البروتيز.

4- يعمل على تنظيم درجة حرارة النبات.

5- يدخل في تركيب الخلايا والأنسجة التي تقوم بوظائف فيزيولوجية مختلفة.

6- يشارك الماء في معظم التفاعلات الكيموحيوية. وجميع التفاعلات الكيميائية في الخلية لا تحدث إلا في الوسط المائي

7- يع الماء مصـــدراً للإلكترونات وأيونات الهيدروجين في تفاعلات الإضـــاءة في عملية التمثيل الضوئي والمهمة لاختزال ثاني أكسيد الكربون.

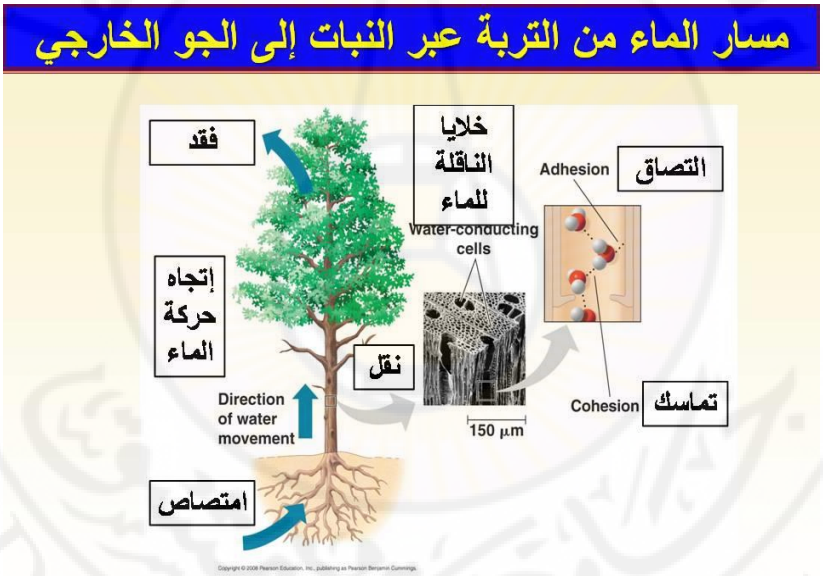
8- مهم جداً في عملية النتح.

9- مهم وضروري لعمليات استطالة ونمو الخلايا.

10- مهم جداً للمحافظة على جهد الإمتلاء في الخلايا والأنسجة النباتية.

11- يعمل على إذابة الأملاح والسكريات وينقلها من خلية إلى خلية أخرى.

ونلاحظ في الشكل (114) حركة مسار الماء من التربة عبر النبات فالجو الخارجي.



الشكل (114): حركة مسار الماء من التربة إلى النبات فالجو الخارجي.

النتح Transpiration

يعرف النتح بأنه فقد الماء على صـــورة بخار الماء وقد تصـــل كمية الماء المفقود بالنتح إلى 95% من جملة الماء الممتص.

طرق فقد الماء بواسطة النتح هي:

1- السيقان الحديثة تفقد الماء عن طريق الأدمة.

2- السيقان المسنة تفقد الماء عن طريق العديسات.

3- الأوراق تفقد الماء عن طريق الأدمة لكن القسم الأكبر عن طريق الثغور.

ويتأثر الجهاز المسامي في النبات بعدة عوامل:

1- النوع النباتي.

2- عدد الثغور.

3- مساحة المسام.

4- ميكانيكية انفتاح وانغلاق السم وحالة الثغور (الشكل، 115).

5- طريقة توزع المسام.

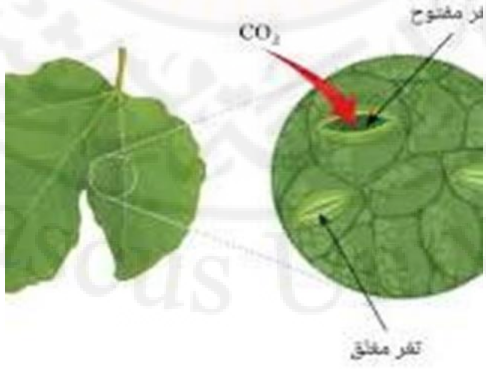
6- مساحة المسطح الورقي والوزن النوعي للأوراق.

7- نسبة المجموع الخضري/ الجذري.

8- طريقة توزع الأوراق على هيكل الشجرة.

9- شكل تاج الشجرة.

10-عوامل البيئة (مناخ وتربة).



الشكل (115): حالة الثغور.

العوامل المؤثرة في معدل النتح:Factors affect transpiration rate

تقسم هذه العوامل إلى:

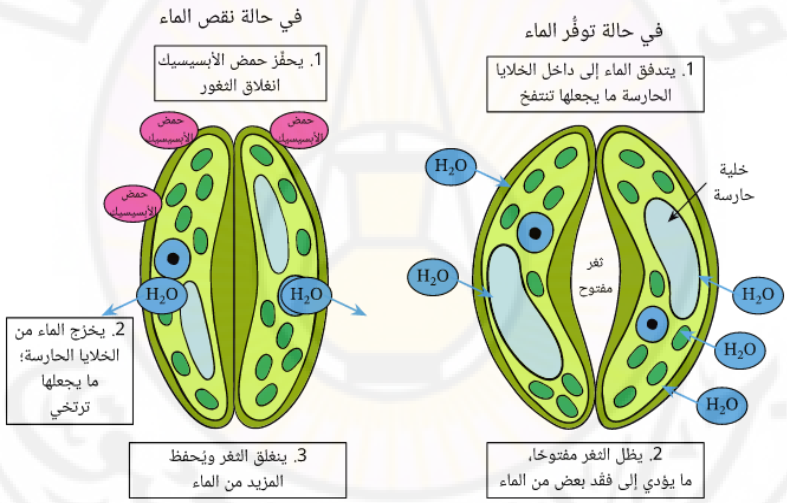
أولا: العوامل الداخلية:

1- عدد الثغور وتوزعها وحالتها (مفتوحة أو مغلقة) (الشكل، 116).

2- سمك طبقة الكيوتيكل على سطح الأوراق.

3- نوع النبات وشكله وحجمه.

4- درجة النشاط الفيزيولوجي بالنبات وخاصة عملية بناء السكر.



الشكل (116): حالة الثغور.

ثانياً: العوامل الخارجية البيئية:

1- درجة الحرارة إذ أن انخفاض الحرارة شتاءً يسبب انخفاض في معدل نمو الجموع الجذري بالتالي انخفاض كمية الماء الممتصة ومعدل النتح.

2- الرطوبة النسـبية: يؤدي ارتفاع الحرارة مع انخفاض الرطوبة النسـبية إلى زيادة معدل النتح.

3- شـدة الإضـاءة: إذ تؤدي الإضـاءة الشـديدة إلى ارتفاع حرارة المسـطح الورقي بالتالي زيادة معدل النتح بالأوراق.

4- -نسبة الماء الصالح للامتصاص بالتربة (تناسب طردي).

أشكال وجود الماء في النبات:

1- الماء الحر ويشكل من 92-95%.

2- الماء المرتبط ونسبته حوالي 2-5% يرتبط مع القوى الأوسموزية وقوى التشرب والقوى الشعرية.

3- الماء البنيوي ويوجد بنسبة تتراوح من 1-2%.

ويعبر المحتوى المائي عن محتوى الماء في النبات بالنسـبة للوزن الرطب ويختلف المحتوى النباتي في أشجار الفاكهة بحسب:

1- نوع النبات.

2- العضو والنسيج النباتي.

3- الطور الفينولوجي.

4- الحالة الفيزيولوجية للنبات.

5- العوامل البيئية (من مناخ وتربة).

الاحتياج المائي:

عدد الوحدات المائية اللازمة لإنتاج وحدة واحدة من المادة الجافة.

وتقسم أشجار الفاكهة بحسب احتياجاتها المائية إلى:

1- أشجار ذات احتياج مائي قليل: وهي الأشجار المتحملة نسبياً للجفاف مثل: التين والزيتون والليمون البنزهير والتين الشوكي والكرمة.

2- أشجار ذات احتياج مائي متوسط: مثل التفاحيات واللوزيات والحمضيات.

3- أشجار ذات احتياج مائي مرتفع مثل الموز والأفوكادو والباباظ والمانجو.

هناك عدة عوامل تؤثر في معدل الاحتياج المائي لشجرة الفاكهة مثل:

1- رطوبة التربة.

2- نسبة المادة العضوية في التربة.

3- العوامل المناخية من حرارة ورطوبة وإضاءة.

4- معدل الإصابة بالأمراض.

5- الإجهادات البيئية.

6- الحالة الفيزيولوجية للشجرة.

7- عمر الشجرة.

وبشكل عام يختلف الاحتياج المائي لشجرة الفاكهة في حلقة النمو السنوية على النحو الآتي:

1- في مرحلة النمو الخضري يكون الاحتياج المائي مرتفعاً ويجب ري الأشجار للحصول على أعلى نمو خضري.

2- في مرحلة الدفع الزهري يقل الاحتياج المائي وتؤدي زيادة الماء في هذه المرحلة إلى استمرار النمو الخضري على حساب النمو الزهري.

3- في مرحلة الإزهار يقل الاحتياج المائي ويؤدي الري الغزير في هذه المرحلة إلى تساقط الأزهار.

4- في مرحلة العقد والنمو الثمري يكون الاحتياج المائي متوسطاً ويؤدي انخفاض معد الري في هذه المرحلة إلى تكوين ثمار صغيرة الحجم

5- في مرحلة اكتمال النمو ونضج الثمار يكون الاحتياج المائي مرتفعاً ويؤدي نقص الماء في هذه المرحلة إلى تأخير نضج الثمار وإصابتها بالعديد من الأمراض الفيزيولوجية مثل القشب والتشقق.

6- في طور السكون يقل الاحتياج المائي لشجرة الفاكهة إذ ينخفض معدل جميع عمليات الاستقلاب وعمليات البناء والنتح.

وتختلف عدد الريات والمدة بين الرية والأخرى بحسب:

1- السعة الحقلية.

2- المساحة الورقة في الأشجار والتي تختلف من نوع نباتي لآخر.

3- عدد الثغور في الورقة.

4- سرعة النتح.

كفاءة استخدام الماء:

كمية الماء التي يحتاجها النبات لإنتاج جرام واحد من المادة الجافة.

المقنن المائي:

كمية الأمتار المكعبة اللازمة لري هكتار واحد من الأرض رية واحدة.

المقنن المائي النظري:

كمية الأمتار المكعبة اللازمة لري مساحة ما للحصول على أفضل محصول وإنتاج.

المقنن المائي الحقلي:

كمية الأمتار المكعبة التي تعطى فعلياً لري بستان الفاكهة فهو المقنن النظري مضافاً إليه معدل الفقد عن طريق التبخر والتسرب.

ويتوقف المقنن المائي على عدة عوامل:

1- نوع شجرة الفاكهة (المقنن المائي للزيتون يختلف عن المقنن المائي للموز).

2- نوع التربة حيث يختلف المقنن المائي في التربة الرملية عنه في التربة الطينية.

3- طريقة الري (بالتنقيط أو بالغمر وإذا كان بالتنقيط فيؤثر عدد النقاطات والمسافة فيما بينها).

4- عمليات خدمة التربة من تعشيب وتسوية وتخطيط.

5- العوامل البيئية وخاصة درجة الحرارة إذ يزيد المقنن المائي مع ارتفاع درجة الحرارة.

كفاءة ماء الري:

هو النسبة بين المقنن النظري والمقنن الحقلي.

التوازن المائي:

يعبر عن النسبة بين ما يمتصه النبات وما يفقده من الماء. ويتعلق بعدة عوامل:

1- قوة المجموع الخضري وقدرته على امتصاص الماء.

2- طبيعة التربة ونوعها وخصوبتها والمحتوى الرطوبة فيها ومدى قدرتها على الاحتفاظ بالماء.

3- العوامل المناخية المحيطة التي لها دور مباشر في فقد الماء.

4- النوع النباتي.

5- مساحة المسطح الورقي.

6- التركيب البنائي والتشريحي للأوراق.

7- عدد الثغور النباتية.

وتتميز النباتات التي لا يتحقق فيها التوازن المائي بما يلي:

1- الإصابة بالأمراض.

2- تعرض النبات إلى بعض الإجهادات اللاحيوية مثل الملوحة أو الجفاف.

3- ضعف المجموع الجذري وانخفاض معدل امتصاص الماء.

4- انخفاض المسطح الورقي.

5- انخفاض عدد الثغور.

6- سماكة الأدمة وزيادة معدل تراكم الليبيدات على الأسطح.

7- زيادة النسيج الدعامي على حساب النسيج الإسفنجي.

8- سرعة النتح رغم قلة معداه.

9- انخفاض نسبة النشاء إلى السكر.

10-إنخفاض الجهد الأوسموزي،

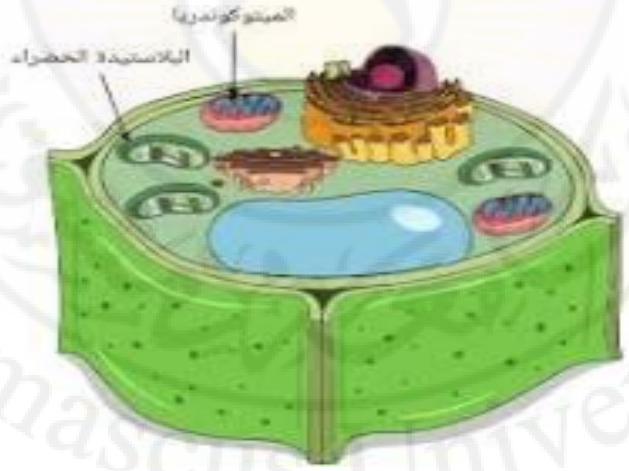
11-انخفاض لزوجة البروتوبلاسم.

12-ارتفاع نفاذية البروتوبلاسم.

13-انخفاض الوزن الجاف ومحتوى المادة الجافة.

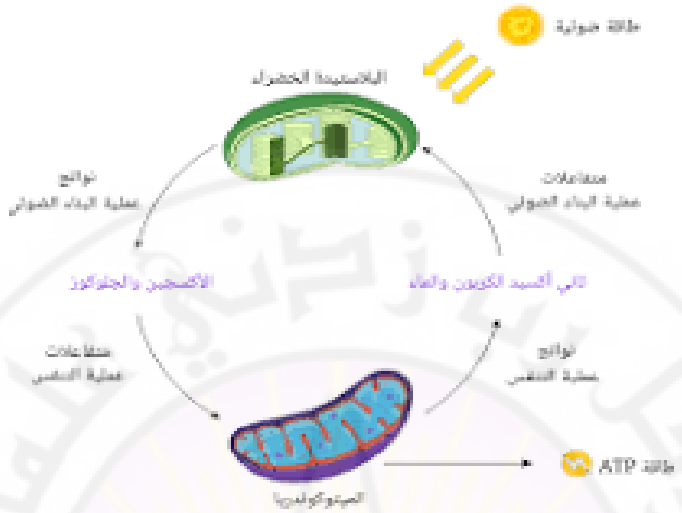
10-2 التنفس:

من أهم العمليات الاستقلابية في النبات ويشير مصطلح الاستقلاب إلى جميع العمليات الكيميائية الحيوية التي تحدث داخل الأنسجة النباتية ويشمل التنفس والاصطناع الضوئي في الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء (الشكل، 117)



الشكل (117): شكل تخطيطي للميتوكوندري و البلاستيدة الخضراء.

يتم من خلال لاستقلاب تكوين الغذاء وتحويل الغذاء إلى طاقة ويشمل الاستقلاب على منحيين أساسيين هما الهدم والبناء (الشكل،118).



الشكل (118): الاستقلاب في النبات.

التنفس (الهدم)

أهم العمليات الحيوية في الخلايا النباتية ومن خلالها يحصل النبات على الطاقة اللازمة لاستمرار حياته فمن خلال عملية الهدم يتم تكسير المواد الغذائية الرئيسية (كربوهيدرات بروتينات) خلال طرق مختلفة من التفاعلات الحيوية بوجود الأكسجين وتحويلها إلى جزيئات بسيطة هي غاز ثاني أوكسيد الكربون والماء مما يسبب إنتاج الطاقة.

يتم خلال عملية التنفس أكسدة المواد الغذائية باستخدام الأكسجين وينتج عن هذا التفاعل الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون وفق المعادلة التالية:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 _____ 6CO_2 + 6H_2O + E$$

هذه الطاقة الناتجة عن عملية التنفس يستخدمها النبات في اتجاهين وهما:

1. تشيط التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل الخلية.

2. زيادة سرحة حركة اندفاع الجذور نحو الأسفل بين حبيبات التربة وخروج الفلقات من تحت سطح التربة واندفاع المجموع الخضري.

يتم الاستدلال عن عملية التنفس بما يدعى بمعامل لتنفس والذي يعرف بأنه

النسـبة بين حجم CO_2 المنطلق أثناء عملية التنفس إلى حجم O_2 الممتص في العملية خلال مدة زمنية معينة.

يختلف معامل التنفس باختلاف عاملين أساسيين وهما:

- نوع المادة المستهلكة خلال عملية التنفس.
- نوع التنفس (هوائي أو لاهوائي).

كما يلي:

1- المواد الكربوهيدراتية: عند أكسدة الكربوهيدرات تكون نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون المنطلق إلى نسـبة الأوكسـجين الممتص تسـاوي الواحد وذلك في حال الأكسـدة الهوائية الكاملة أما في حالة الأكسـدة غير الكاملة فتنتج عنها كميات كبيرة من المواد الوسـطية مثل بعض الأحماض العضـوية ويكون معامل التنفس في هذه الحالة يساوي الصفر.

2- المواد الدهنية: وجد من التجارب أن معامل التنفس للمواد الدهنية يكون أقل من الواحد الصـحيح لأن نسـبة احتواء المواد الدهنية من الكربون عالية وبالتالي لكي تحترق تحتاج إلى نسبة كبيرة من الأكسجين.

3- الأحماض العضـوية: هذه الأحماض غنية بمحتواها من الأكسـجين وبالتالي يحتاج الجزيء الواحد إلى كمية قليلة من الأوكسجين الخارجي وبالتالي تزداد قيمة معامل التنفس إلى أكبر من الواحد الصحيح.

بالإضافة إلى مجموعة من العوامل التي تؤثر في معامل التنفس مثل:

- درجة الحرارة.
- تركيز الأكسجين.

- تركيز ثاني أوكسيد الكربون.

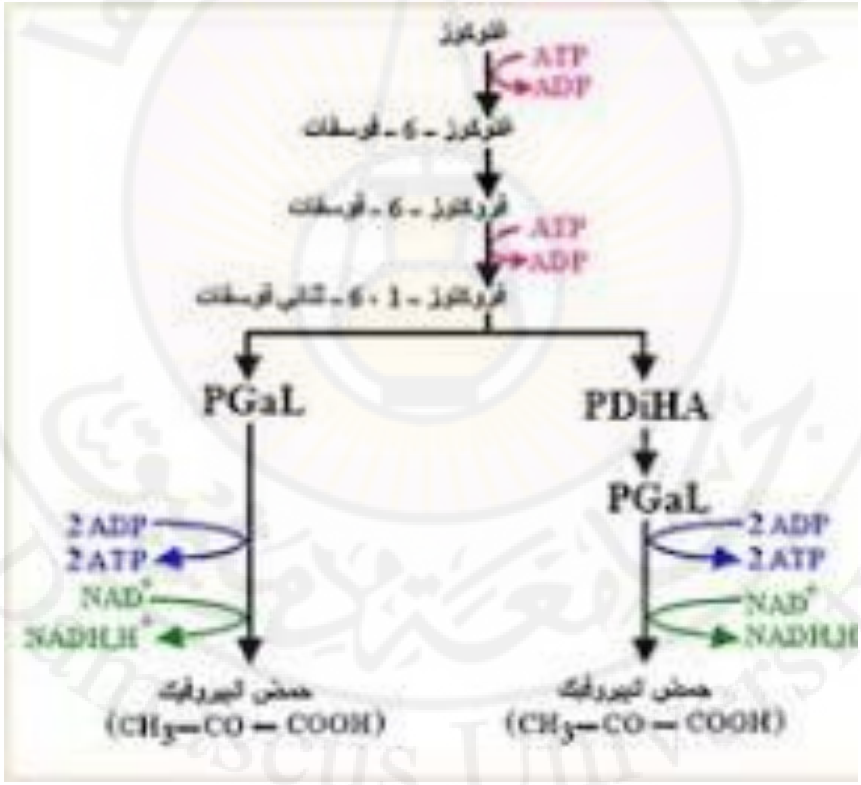
ميكانيكية عملية التنفس:

التنفس الهوائي:

ويتم على مرحلتين:

1- الجلايكوليز أو التحلل السكري الجليكولي:

ويتم خلال هذه المرحلة تحويل جزيء الجلوكوز بهدف تكوين حمض البيروفيك ويتم ذلك على مراحل وهذه المرحلة تتم بوجود أو بغياب الأكسجين. (الشكل ، 119)

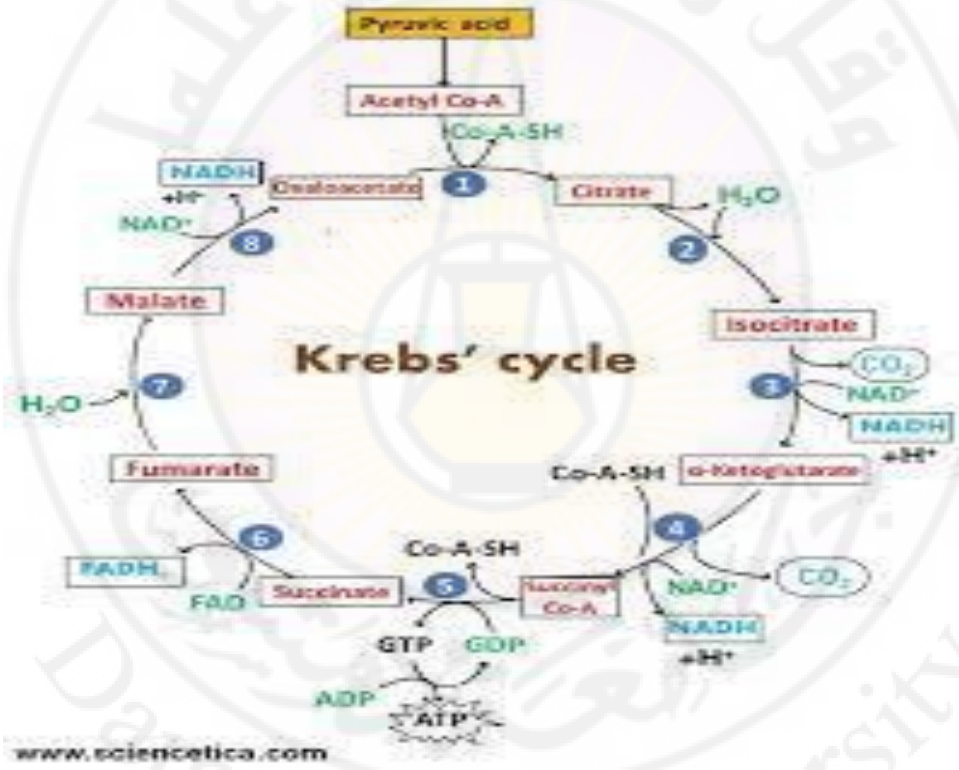


الشكل (119): التحلل السكري.

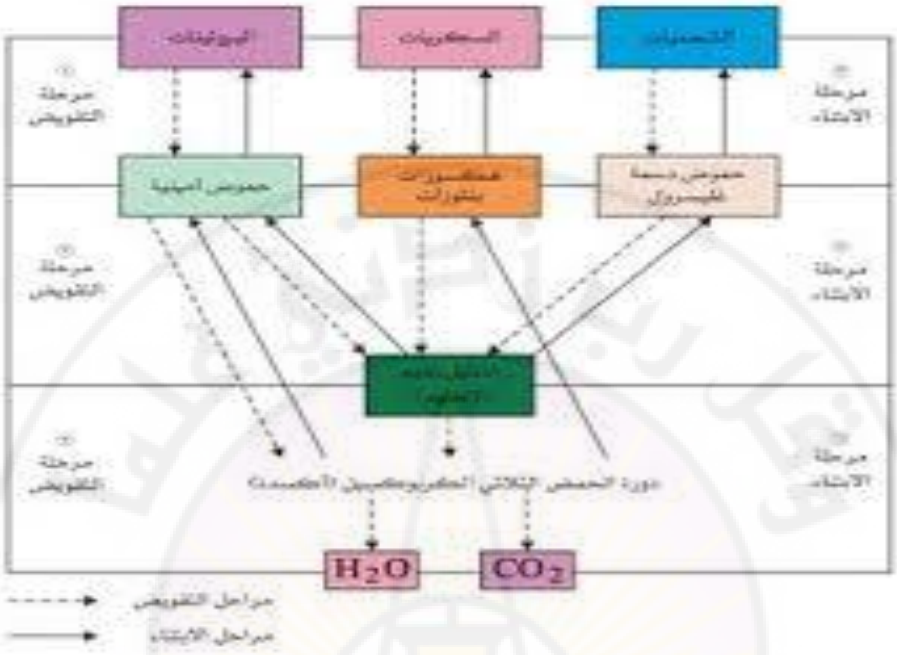
2- المرحلة الثانية:

وهي دورة كريبس وتعرف بدورة حمض الستريك.

يتم خلال هذه المرحلة أكسدة حمض البيروفيك الناتج من المرحلة الأولى أكسدة تامة هوائياً فقط ليعطي CO2 وماء. (الأشكال 120، 121)



الشكل (120): حلقة كريبس.

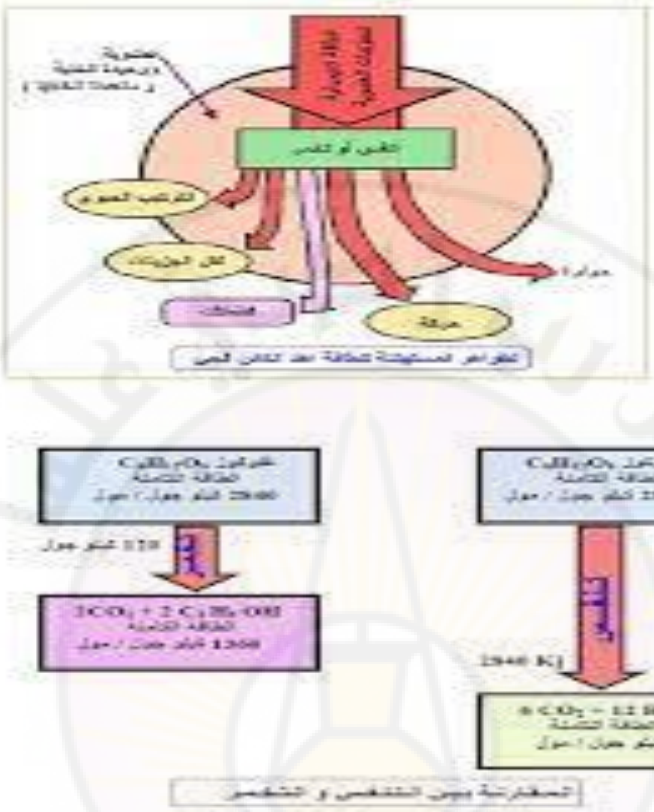


الشكل (121): شكل تخطيطي لحلقة كريبس.

التنفس اللاهوائي (التخمر):

يحدث بمعزل عن الهواء إذ يتم أكسدة المركبات العضوية كالسكريات مثلاً أكسدة غير تامة يتشكل في نهايتها بعض المركبات والأحماض العضوية ويتم تحرير طاقة أقل بكثير من الطاقة الناتجة عن التنفس الهوائي. (الأشكال، 122، 123).

الشكل (122): التنفس والتخمر.



الشكل (123): مقارنة بين التنفس والتخمر.

تستخدم جزيئات الطاقة الناتجة عن عملية التنفس في مجالات عديدة منها:

1- الانقسام.

2- الامتصاص.

3- حركة البروتوبلازم.

4- انتقال العصارة.

5- عمليات البناء.

6- النتح.

معدل التنفس (سرعة التنفس):

تقاس سـرعة التنفس بكميات الأكسـجين الممتص أو ثاني أكسـيد الكربون المنطلق أثناء عملية التنفس في فترة زمنية محددة على أساس الوزن الجاف

وقد وجد من التجارب أن سـرعة الخلايا المرسـتيمية عالية بينما في البذور يكون معدل التنفس قليلاً

وعموما توجد عدة عوامل تؤثر في سرعة التنفس هي:

1- نسبة الماء في النسيج:

كلما قلت كمية الماء في النسـيج أدى ذلك إلى قلة سـرعة التنفس والعكس صـحيح وهذا ما يفسر أن البذور الجافة تعيش أكثر من غيرها من الأنسجة النباتية المحتوية على نسبة عالية من الرطوبة.

2- درجة الحرارة:

وجد أن تأثير الحرارة على سـرعة التنفس تشـبه تماماً نفس تأثير الحرارة على التفاعلات الكيماوية (التفاعلات الأنزيمية) وذلك في حدود نطاق بعيد عن التأثير السـيء للحرارة على البروتوبلازم والأنزيمات بالتالي فإن سـرعة التنفس تزداد مع ارتفاع الحرارة ولكن الارتفاع الشديد في درجة الحرارة عن 45-50 درجة يؤدي إلى تخريب الطبيعة البروتينية للأنزيمات.

3- المادة المستهلكة في التنفس:

وجد من التجارب أنه كلما زادت كمية السـكريات الأحادية بالنسـيج النباتي أدى ذلك إلى زيادة سرعة التنفس وهذا ما يفسر أنه تزداد سرعة التنفس في الثمار والأنسجة النباتية بعد خروجها من برادات التخزين لأن درجة الحرارة المنخفضـة تعمل على زيادة تحول السكريات المعقدة إلى بسيطة.

4- تركيز الأكسجين في الجو الخارجي:

وجد أن معدل التنفس لا يتأثر كثيراً عندما يتراوح مسـتوى الأكسـجين ما بين 5-20% بالمستوى المحيط ثم تبدأ بعدها بالانخفاض.

بينما إذا قلت كمية الأكسـجين بالجو المحيط عن 5% يؤدي ذلك إلى انخفاض سـرعة التنفس بالأنسجة النباتية.

5- تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو الخارجي:

وجد أن سرعة التنفس بالأنسجة النباتية تقل بارتفاع نسبة غاز ثاني أوكسيد الكربون حول النسيج النباتي وقد استغلت هذه الخاصية في حفظ الخضار والفاكهة تحت جو وصلت فيه نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون إلى 13% وهي النسبة التي يقل عندها معدل التنفس الهوائي إلى أقل قدر ممكن وقد وجد أنه عند زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون عن هذا الحد يؤدي ذلك إلى التنفس اللاهوائي ويؤدي ذلك إلى تكوين مواد وسطية مثل كحول الإيثيل و الأسيد ألدهيد وغيرها.

6- الضوء:

يؤدي الضوء إلى زيادة طفيفة في معدل التنفس ففي النهار تكون عملية البناء الضوئي أسرع قليلا من عملية التنفس (حوالي 8 أمثال) وعلى ذلك فإن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن التنفس لا يكفي لتمويل عملية البناء الضوئي بالسرعة العادية.

ويؤثر الضوء في عملية التنفس تأثيرا غير مباشر كالآتي:

1- يزيد عملية البناء الضوئي.

2- يزيد تراكم السكر.

3- ترتفع درجة الحرارة.

4- يزيد انفتاح الثغور.

5- تنشيط التبادل الغازي فعملية التبادل الغازي تخضع لعملية البناء الضوئي لأنها العملية المؤثرة في صورة هذا التبادل ومقداره وبالتالي حجم كل من غاز ثاني أكسيد الكربون والأكسجين بينما في الظلام تتوقف عملية البناء الضوئي ويؤدي ذلك إلى انعكاس صورة التبادل الغازي وتغيره.

7- تأثير الجروح:

وجد أن الجروح بالأنســـجة النباتية تؤدي إلى زيادة ســـرعة التنفس وهذه الزيادة تكون مصحوبة بزيادة نسبة السكر في النسيج المجروح.

8- الحالة البروتوبلازمية:

الأنسـجة الغنية بالبروتوبلازم (الخلايا المرسـتيمية) عادة أنشـط في معدل تنفسـها ويعزى ذلك إلى احتواء النســـيج على نســـبة عالية من الماء والأنزيمات التي تقوم بالتفاعلات الحيوية المختلفة.

وتقسم ثمار الفاكهة بحسب معدل تنفسها إلى:

1- ثمار ذات معدل تنفس مرتفع مثل الفريز والأفوكادو.

2- ثمار ذات معدل تنفس متوسـط مثل المشـمش والكرز والدراق والأجاص والخوخ والموز والتين.

3- ثمـار ذات معـدل تنفس منخفض مثـل الرمـان والكيوي والعنـب والتفـاح والحمضيات.

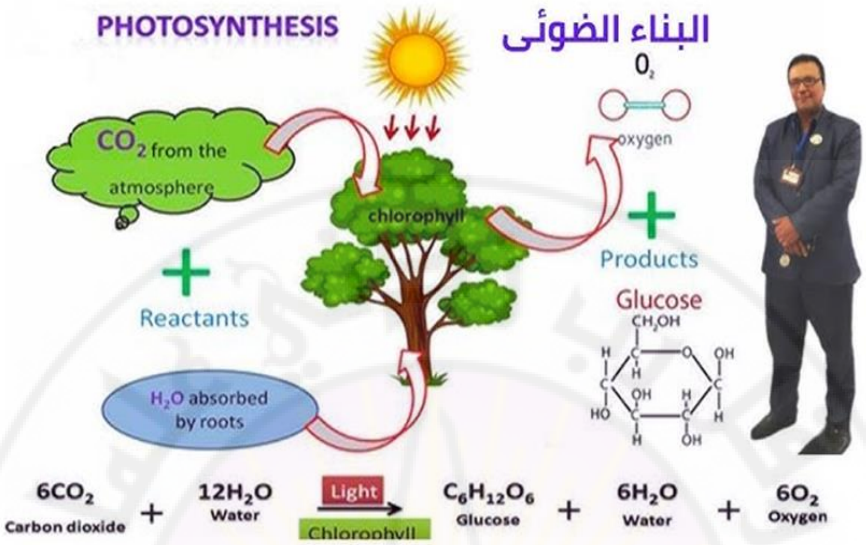
4- ثمار ذات معدل تنفس منخفض جداً مثل البلح.

10-3 البناء الضوئي Photosynthesis

عملية البناء الضـــوئيPhotosynthesis تدعى بالتمثيل اليخضـــوري Chlorophyll assimilation:ويتم في هذه العملية اسـتخدام المواد البسـيطة لبناء مركبات أكثر تعقيداً لاستخدامها في بناء الخلايا والنسج النباتية.

يقوم النبات الأخضر من خلال هذه العملية ببناء السكريات بدءاً من الماء الممتص من التربة وغاز CO2الممتص من الهوا بوجود الضوء وفق المعادلة التالية (الشكل، 124).

$$CO2 + 6H2O _____ C6\ H12\ O6 + O2$$



الشكل (124): معادلة البناء الضوئي.

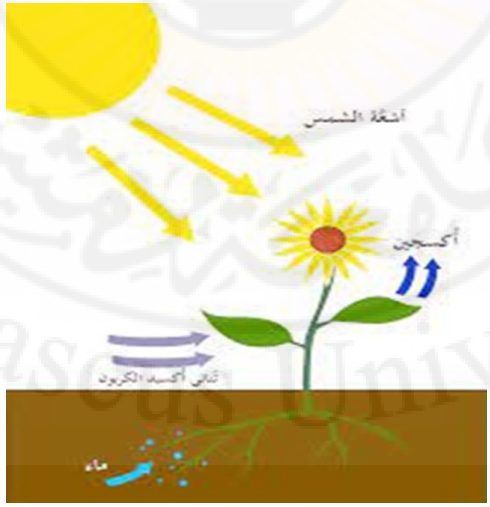
الأوراق عبارة عن مصـــنع إنتاج المواد الكربوهيدراتية إذ أنها تحتوي على البلاســـتيدات الخضـراء التي تحتوي على الكلوروفيلات التي تتأثر بالأشـعة الضـوئية (الشـكل، 125) وبناء على ذلك يتمكن النبات من القيام بعملية البناء الضـــوئي. ومن خلال هذه العملية يتحلل الماء بوجود الضـوء إلى أوكسـجين ينطلق وهيدروجين يسـتخدم في إرجاع الكربون لتكوين السكريات في حلقة كالفن.

والأشـــعة الضـــوئية المرئية التي يتأثر بها النبات ذات طول موجات من 390–760 ملليمكرون. وتقدر نسـبة الطاقة الضـوئية التي تدخل في عملية البناء الضـوئي بالنسـبة لمجموع الطاقة الإشعاعية التي تستقبلها الكرة الأرضية بحوالي 0.1% وهذه النسبة هي المسؤولة عن توفير مصادر الغذاء في العالم كله.

الشكل (125): الأوراق هي مصنع البناء الضوئي.

أهمية البناء الضوئي للنباتات:

يعدّ النبات كائناً ذاتي التغذية؛ أي أنه يعتمد على نفسه في توفير غذائه، ويحصل ذلك من خلال عملية البناء الضوئي الذي يستخدم فيها النبات الماء، والطاقة الشمسية، وغاز ثاني أكسيد الكربون لإنتاج السكريات والطاقة. (الشكل، 126)



الشكل (126): أهمية البناء الضوئي.

أصبغة البناء الضوئي:

تنتمي الأصبغة المتعلقة بالكيمياء الضوئية لعملية الاصطناع الضوئي إلى عدد أقسام محدودة أهمها:

1- الكلوروفيلات وهي أهم مجموعة.

2- الفيكوليبنات ويشابه تركيبها مجموعة الكلوروفيلات ويوجد منها نوعان رئيسيان هما الفيكوسيانينات ويكون لونها أزرق. والفيكوارثرينات وتكون حمراء اللون وتوجد في بعض الطحالب.

3- الكاروتينويدات القسم الثالث ومنها نوعان رئيسيان هما الكاروتينات والزانثوفيلات.

الكلوروفيلات

أهم الكلوروفيلات هي كلوروفيل أ، وب، وهما المسؤولان عن اللون الأخضر بالنبات.

كلوروفيل أ:

لونه أخضر مزرق وتحتوي على مجموعة الميثيل على ذرة الكربون رقم (3). وعند تعريضه إلى الأشعة فوق البنفسجية تشع هذه الصبغة لوناً أحمراً دموياً.

كلوروفيل ب:

لونه أخضر مصفر ويحتوي على مجموعة ألدهيد على ذرة الكربون وعند تعريض هذه الصبغة إلى الأشعة فوق البنفسجيات تشع لوناً أحمراً بنياً.

ويختلف كلوروفيل (أ) عن كلوروفيل (ب) في خاصية امتصاصه للضوء (حيث لكل منهما منطقتي امتصاص) فقد وجد أن منطقة الامتصاص الأولى تقع في النطاق الأزرق البنفسجي بينما تقع منطقة الامتصاص الثانية في النطاق الأحمر. ويعتقد أن هذه الصبغات تتحد مع نوع معين من البروتينات داخل البلاستيدة الخضراء وهذا يعطيها صورتها النشطة في البناء الضوئي.

الكاروتينات:

يوجد حوالي 60 نوعاً من هذه المركبات الطبيعية في النبات معظمها يتميز باللون الأصفر والبرتقالي وهي عبارة عن المادة الخام التي يبنى منها فيتامين أ.

العوامل المؤثرة في بناء الكلوروفيلات

1-عوامل وراثية:

هناك بعض البذور عند إنباتها تعطي نباتات بيضاء اللون خالية من الصبغة الخضراء حتى عند توفر جميع الظروف المناسبة للنمو وتعرف هذه الظاهرة باسم الألبينو وما تلبث هذه البادرات أن تموت بعد استنفاذ جميع المواد الغذائية الموجودة بها ويعزى ذلك لأسباب وراثية وتحدث نتيجة طفرات وكثيراً ما تحدث في بذور بعض أصول الحمضيات.

2- الضوء:

الضـــوء هام جداً في بناء الكلوروفيل وقد تتمكن بعض النباتات من بناء الكلوروفيل في الظلام ولكن ذلك قليل جداً ويلاحظ شـــحوب واضـــح في لون النباتات الخالية من الكلوروفيل بســـبب نموها في الظلام وعند تعرض هذه النباتات للضـــوء يعود إليها اللون الأخضر وخاصة إذا كانت في مرحلة البادرات.

3- الكربوهيدرات:

وجد أنه في غياب الســـكريات الذائبة لا يمكن للبادرات البيضـــاء النامية في الظلام أن تكتسب اللون الأخضر ولكن عند إضافة مصدر المواد الكربوهيدراتية يمكنها اكتساب اللون الأخضر بسهولة ويمكنها القيام بعملية الاصطناع الضوئي.

4- الأكسجين:

ضـــروري لعمليات بناء الكلوروفيل حيث وجد أنه في غيابه لا يمكن للبادرات البيضـــاء النامية في الظلام أن تكتســـب اللون الأخضـــر حتى عند توافر جميع الظروف الأخرى الملائمة لبناء الكلوروفيل فيما عدا الضوء.

5- النيتروجين:

يدخل هذا العنصـــر في بناء جزئ الكلوروفيل وعلى ذلك يؤدي نقصـــه إلى نقص بناء الكلوروفيل ووجود شحوب بالأوراق خاصة بالأوراق القديمة لأنه عنصر متحرك.

6- المغنيزيوم:

يدخل هذا العنصـر أيضـاً في تركيب جزئ الكلوروفيل وعلى ذلك فإن نقصـه يؤدي إلى تبقع واصفرار الأوراق خاصة القديمة لأنه عنصر متحرك.

7- الحديد وبعض العناصر الغذائية الصغرى:

وجد أن الحديد ضروري لبناء صبغة الكلوروفيل دون أن يدخل في تركيبها وفي غيابه أو نقصه لا يستطيع النبات بناء الكلوروفيل وكذلك وجد أن بعض العناصر الصغرى تلعب دوراً غير مباشر في بناء الكلوروفيل مثل المنجنيز والنحاس والزنك.

8- درجة الحرارة:

أثبتت الدراســـات أن النبات يمكنه بناء الكلوروفيل في نطاق حراري ما بين 3-48 م إلا أن المجال الحراري الأمثل لعملية البناء الضوئي هو ما بين 26-30 م.

9- الماء:

يؤدي الجفاف إلى انخفاض معدل بناء الكلوروفيل بل قد يؤدي إلى هدم الكلوروفيل نفسه الموجود بالأوراق ويظهر ذلك عند ظروف الجفاف الشديد..

10- الاضطرابات الفيزيولوجية:

وجد أنه عند حدوث اضـــطرابات فيزيولوجية بالنبات ناتجة عن ظروف الإجهادات المختلفة سواء كانت لاحيوية مثل الملوحة أو الجفاف أو الصقيع أو حيوية مثل إصابات النيماتود والأمراض الفيروسية والفطرية والحشرية والبكتيرية، كل ذلك يؤدي إلى انخفاض معدل بناء الكلوروفيل.

آلية عملية البناء الضوئي:

تتلخص عملية البناء الضـوئي في تفاعل كيماوي حيوي (تفاعل الضـوء) وتفاعل كيماوي (تفاعل الظلام) فالتفاعل الأول ســـريع جداً ويحتاج إلى الطاقة الضـــوئية بينما التفاعل

الثاني لا يعتمد على الضـوء ويتم بسـرعة بطيئة نسـبياً ولذلك فهو المحدد لسـرعة عملية البناء الضوئي الكلية ويمكن شرح عملية البناء الضوئي في تفاعلين أساسيين هما:

1- التفاعل الأول (تفاعل الضوء):

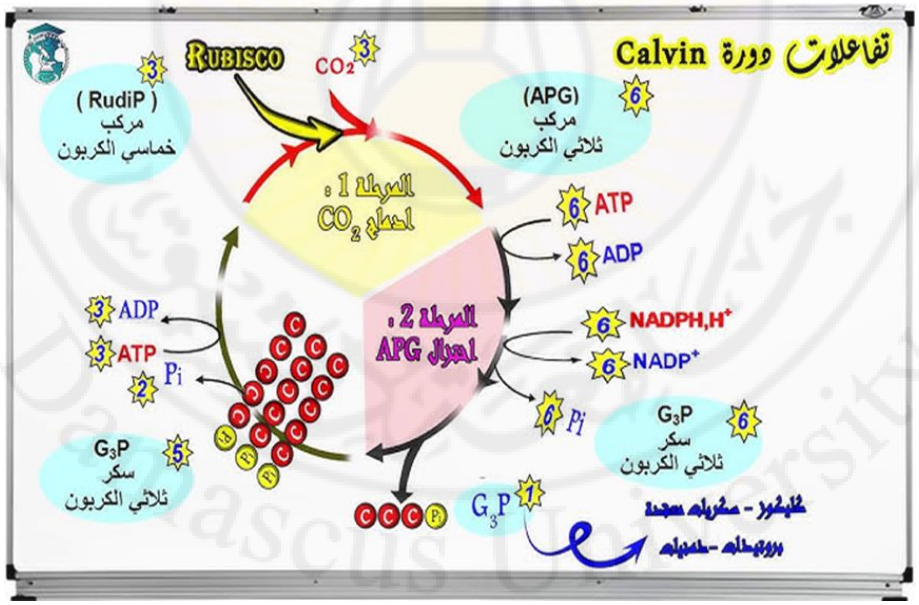
وهو عبارة عن تفاعل كيماوي ضوئي يعرف بتفاعل الضوء ومن خلاله يتحلل جزئ الماء ضـوئيا في وجود مواد مسـتقبلة للهيدروجين أو الالكترونات مثل وذلك في وجود الضـوء كشرط أساسي وبمساعدة صبغة الكلوروفيل الخضراء في النبات. والمركب المختزل الناتج (من اتحاد المستقبل للهيدروجين مع الهيدروجين) يمثل صـورة عالية من الطاقة الضـوئية بعد تحويلها إلى صـورة طاقة كيماوية ويتضـمن تكوين هذا المركب خطوات طويلة ومواد وسـيطة عديدة كما ينتج أيضـاً عن هذا التفاعل طاقة كيماوية في صـورة بناء جزيئات طاقة من أدينوزين ثلاثي الفوسـفات والأكسـجين الناتج عن التفاعل بخروج جميعه من تحليل الماء ويتصـاعد خارجاً من أنسـجة النبات إلى الجو الخارجي أو قد يستعمل النبات جزءاً منه في التنفس.

2- التفاعل الثاني (تفاعل الظلام):

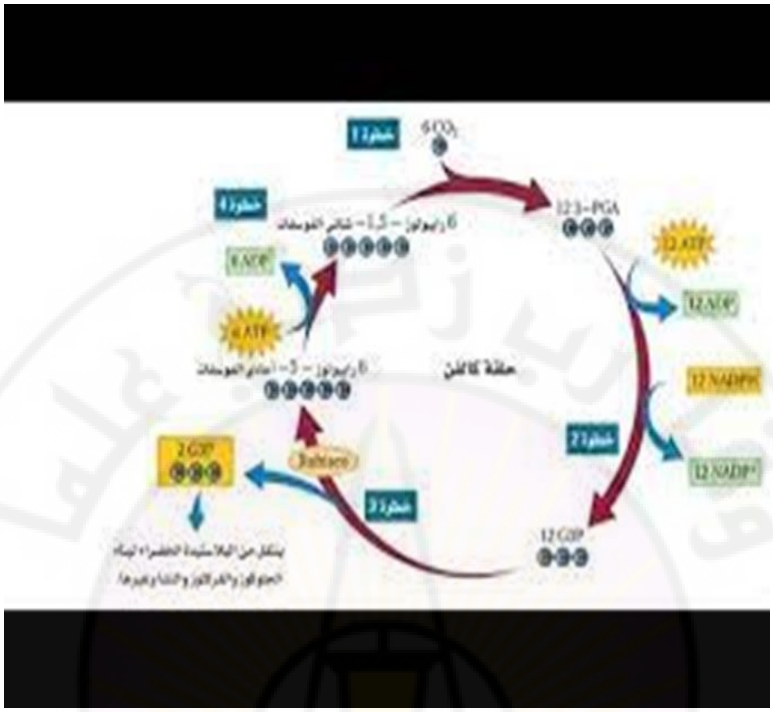
وهو عبارة عن تفاعل كيماوي يعرف بتفاعل الظلام ويتضـمن هذا التفاعل اختزال غاز ثاني أوكسيد الكربون بواسطة المركب المختزل الناتج من التفاعل السابق (المركب الناتج من اتحاد المسـتقبل للهيدروجين مع الهيدروجين) لتتكون منه سـلسـلة الكربون العضـوية (الكربوهيدرات) ويتبقى المسـتقبل للهيدروجين و يعاود إنتاج الماء الذي يتكون من اتحاد الأكسـجين (الناتج من اختزال ثاني اكسـيد الكربون) مع الهيدروجين الزائد من المسـتقبل الهيدروجيني وتتم خطوات هذه التفاعلات بمسـاعدة إنزيمات متخصـصـة توجد في البلاستيدات الخضراء وبما أن هذا التفاعل تفاعل كيماوي فإنه لا يتأثر بوجود الضوء من عدمه أي يمكن أن يحدث في وجود الضـوء أو الظلام على السـواء ويتوقف فقط على إمداد تفاعل الضـوء له بمصـادر الطاقة والشكل يبين مراحل هذا التفاعل كما يبين علاقة تفاعل الضوء به:

والكربوهيدرات الناتجة عن الدورة كما سبق هي الفراكتوز والجلوكوز والسكروز والريبولوز والنشاء.

وبما أن تفاعل الضوء هو تفاعل طبيعي فهو يتميز بأنه سريع بينما تفاعل الظلام يكون بطيئاً نسبياً وعلى ذلك فإنه تحت ظروف الإضاءة المحدودة وفي وجود ثاني أكسيد الكربون بتركيز المناسب فإن العامل المحدد للعملية هو تفاعل الضوء وتلعب شدة الضوء دوراً كبيراً في سرعة العملية بينما الحرارة يكون تأثيرها ضعيفاً في سير العملية لأن المكافئ الحراري للتفاعلات الضوئية لا يتأثر كثيراً أما عند توفر الإضاءة العالية ووجود كمية كافية من غاز ثاني أوكسيد الكربون فإن ارتفاعاً طفيفاً في درجة الحرارة ينتج عنه زيادة كبيرة في سرعة العملية لأنه تحت هذه الظروف يكون العامل المحدد هو التفاعلي الكيماوي ولذلك يتأثر كثيراً بدرجة الحرارة وتبدو قيمة المكافئ الحراري للعملية بمرحلتيها تحت هذه الظروف تساوي 2 وذلك في النطاق الحراري 15–25 م.(الشكل 127، 128)



الشكل (127): مخطط توضيحي لحلقة كالفن.



الشكل (128): حلقة كالفن.

ويلخص المخطط (128) الفرق بين تفاعل الضوء وتفاعل الظلام.

مقارنة بين تفاعلات الضوء وتفاعلات الظلام:

تفاعلات الظلام	تفاعلات الضوء
لا تحتاج لى ضوء	تتم بوجود الإضاءة
تتم في أغشية الستروما فقط	تتم في أغشية الكرانا للبلاستيدات
لا تحتاج أصبغة	تحتاج الكلوروفيل وأصبغة
تحتاج إلى طاقة كيميائية	ينتج عنها طاقة بصورة مركبات NADP , ATP
يتم هنا اختزال CO_2 وتكوين سكريتات بمساعدة الأنزيمات	يتم تحلل الماء وأكسدته وانطلاق غاز الأكسجين

المخطط (128): مقارنة بين تفاعل الضوء وتفاعل الظلام في عملية البناء الضوئي.

أهم العوامل التي تؤثر في عملية البناء الضوئي:

أولاً: العوامل الخارجية:

1- تركيز ثاني اكسيد الكربون:

يحتاج النبات أثناء عملية البناء الضوئي إلى غاز ثاني أكسيد الكربون في صورة ذائبة هي صورة حمض الكربونيك أو أحد أملاحه ويحتوي الهواء الجوي على نسبة حجمية حوالي 0.03% من غاز ثاني أكسيد الكربون وتثبيت هذه النسبة الصغيرة في صورة كربون عضوي أثناء عملية البناء الضوئي في النباتات الخضراء وهي المسؤولة عن إمداد معظم بل كل مركبات الكربون العضوية في الحياة وبديهي أن تتناقص هذه النسبة تدريجياً في الجو لحدوث البناء الضوئي إلا أنها تتجدد هذه النسبة باستمرار في الجو عن طريق:

1- تنفس النباتات والحيوانات والطيور وغيرها.

2- تحليل المتخلفات النباتية والحيوانية وغيرها بالتربة.

3- تنفس الكائنات الدقيقة بالتربة.

4- البراكين والوقود.

وجد أن ثاني أكسيد الكربون يدخل الأوراق عن طريق الثغور وقليل منه يدخل عن طريق الانتشار في خلايا البشرة مباشرة ثم يذوب هذا الغاز في أبخرة الماء الموجودة في غرفه الثغور وكذلك الماء المحيط بجدر الخلايا وزيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون حول النبات يسرع من معدل عملية البناء الضوئي إلى أن يصل تركيزه حوالي 15% ثم يبدأ معدل سرعة عمليه البناء الضوئي في النقصان عند زيادة تركيز ك أ$_2$ عن هذا الحد السابق الذكر إلى ان يصل إلى التركيزات العالية جداً التي تكون ذات تأثير سام على بروتوبلازم خلايا الأوراق.

2- الضوء:

يحتاج النبات إلى الضوء المرئي الطبيعي او الصناعي وتمتص الأوراق قدراً من هذا الضوء وينفذ البعض وينعكس البعض الآخر وقد وجد أن الأوراق تمتص حوالي 50-

80% من الأشعة المرئية التي تسقط عليها والأوراق السميكة تمتص عادة نسبة أعلى من الأوراق الاقل سمكاً.

وقد وجد أن الأوراق الخضـراء تعكس الأشـعة الضـوئية الحمراء طويلة الموجة أكثر من غيرها وبدرجة محدودة أقل من السابقة بالنسبة للأشعة الخضراء وعلى العكس من ذلك فإن الامتصاص يكون أقصى ما يكون عند الأشعة الزرقاء البنفسجية والبرتقالية الحمراء.

وتزداد العملية بسرعة بزيادة كمية الضوء إلى أن يصبح عاملاً آخر هو العامل المحدد وقد وجد أن تأثير الضوء يكون من ثلاثة عوامل هي:

أ- شدة الضوء:

تختلف كمية الضـوء التي تسـتقبلها الكرة الأرضـية باختلاف فصـول السـنة واختلاف سـاعات النهار والمنطقة التي تنمو فيها النباتات وقربها او بعدها عن خط الاسـتواء وعوامل أخرى كذلك وجد أن النباتات تختلف في اسـتجابتها لشـدة الإضـاءة كما تختلف درجة تأثيرها حسـب زاوية أو درجة التعرض ودرجة تغطية النباتات العالية للنباتات القصيرة ولهذا فتكون لدراسة البيئة النباتية اهمية خاصة.

الإضاءة الشديدة جداً يكون لها تأثير عكسي على سير عملية البناء الضوئي إذ تثبط من سير هذه العملية ويعزى هذا التأثير الضار بالعملية إلى الأكسدة الضوئية التي تجريها الخلية تحت هذه الظروف ويعمل الأكسجين الناتج عن هذه العملية على أكسدة مكونات الخلية المختلفة وهذه العملية تختلف تماماً عن عملية التنفس الطبيعية إذ أن الأكسـدة الضـوئية تتضـمن دورة البناء الضـوئي جميعها وتسـير بمعدل 3-4 مرات قدر معدل التنفس المألوف. وعملية الأكسدة الضوئية إذا حدثت بدرجة مألوفة لوقت قصير قد لا تكون ضارة بالنبات ولكن استمرارها لعدة ساعات يؤدي إلى هدم صبغة الكلوروفيل في النبات وبالتالي تقف عملية البناء الضوئي ويموت النسيج النباتي كلياً في النهاية.

كذلك وجد أن شـدة الإضـاءة يكون لها تأثير آخر على ميكانيكية فتح وقفل الثغور في نسيج الورقة. ففي الإضاءة القليلة تقفل الثغور وبذلك يقل نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون

الذي سيدخل إلى النسيج النباتي وهذا يؤدي إلى قلة سرعة عملية البناء الضوئي وفي هذه الحالة يكون الضوء العامل المحدد لهذه العملية.

أما تحت ظروف الإضاءة الشديدة فإن الثغور تكون مفتوحة وتسير العملية بسرعة أعلى وهذا يؤدي إلى زيادة سرعة النتح خاصة في درجة الحرارة العالية وبالتالي يحدث خلل في الاتزان المائي بالنبات إلى أن يصبح الماء هو العامل المحدد لنشاط عملية البناء الضوئي وكذلك تجب الإشارة إلى تأثير الإضاءة الحراري إذ أن الإضاءة من شأنها رفع درجة حرارة الورقة بضع درجات عن الجو الخارجي وتأثير هذا على نشاط عملية البناء الضوئي يكون كما سبق في ظروف الإضاءة الشديدة إذ يؤدي ذلك إلى زيادة معدل النتح ويقل نشاط عملية البناء الضوئي.

ب- نوع الضوء:

وجد من الأبحاث أن نوع الضوء وطول الموجة الضوئية يؤثر في سير عملية البناء الضوئي فقد وجد أن هذه العملية تكون في قمة نشاطها عند طول موجة 655 ملليميكرون ويكون عالياً أيضاً عند طول موجة 440 ملليميكرون ولكن بدرجة أقل عند طول الموجة السابقة وهذه العلاقة تختلف قليلاً عن علاقة امتصاص الكلوروفيل للضوء. وقد وجد أن النباتات تختلف فيما بينها اختلافاً بسيطاً في درجة تأثرها بطول الموجة الضوئية وأثرها في سير عملية البناء الضوئي بالنباتات.

ج- فترة التعرض للضوء:

وجد أن مادة تعرض النباتات للضوء تؤثر تأثيراً كبيراً على سير عملية البناء الضوئي وهذا يختلف حسب اختلاف المناطق الجغرافية فمثلا في المناطق القطبية عندما يبلغ طول النهار 24 ساعة يستمر سير عملية البناء الضوئي طوال فترة التعرض للإضاءة. وهذا يختلف عندما يكون طول النهار طويلاً (16 ساعة إضاءة) وهذا يختلف عندما يكون طول النهار قصيراً (أقل من 12 ساعة) وهذا يختلف عندما يكون النهار محايداً (12 ساعة).

3- درجة الحرارة:

تتم عملية البناء الضـوئي في درجات حرارة منخفضـة تصـل إلى 35 م تحت الصـفر المئوي وذلك في المناطق القطبية بينما في المناطق الاسـتوائية لا تتم عملية البناء الضـوئي عادة على درجة حرارة أقل من 5 م وذلك لأن النباتات التي تنمو في المناطق القطبية هي عبارة عن الأشـجار المتسـاقطة الأوراق التي تتحمل البرودة وبعض النباتات الأخرى التي تتحمل البرد المنخفض بينما النباتات التي تنمو في المناطق الاسـتوائية هي عبارة عن النباتات التي تتحمل الحرارة العالية ولا تتحمل انخفاض درجة الحرارة مثل الأشجار المستديمة الخضرة وبعض النباتات الأخرى.

وقد وجد أن الدرجة القصوى من الحرارة التي يمكن أن تحدث عليها عملية البناء الضوئي قد تصل إلى 75 م في بعض أنواع الطحالب المتأقلمة على مياه العيون الساخنة كما أن كثيراً من النباتات الصـحراوية يمكنها تحمل درجات حرارة قد تصـل إلى 55 م بينما وجد في المناطق المعتدلة تحدث عملية البناء الضـوئي على درجات حرارة 15-35 م بصـورة ممتازة و ذلك عندما يكون المكافئ الحراري للتفاعلات الكيماوية = 2-3 وإذا ارتفعت الحرارة عن ذلك تقل سرعة عملية البناء الضوئي إلى الحد الذي يكون ذا تأثير ضار لأن ارتفاع الحرارة يؤدي إلى زيادة معدل النتح ويقل معدل الماء الداخلي بالنباتات.

وبالتالي يحدث اختلال في التوازن المائي ويؤدي إلى وقف عملية البناء الضـوئي بل وقد يؤدي ذلك إلى تحلل الكلوروفيل نفسـه تحت ظروف ارتفاع الحرارة الشـديدة مع قلة ماء الري (الجفاف).

4- الماء الخارجي:

يدخل الماء في تفاعلات عملية البناء الضـوئي (تفاعل الضـوء) وتعد كمية الماء التي تدخل في العملية أقل من 1% من كمية الماء التي يمتصـها النبات وعلى ذلك فإنه من النادر أن يكون نقص الماء الخارجي عاملاً محدداً لسير عملية البناء الضوئي ولكن يبدو أنه يؤثر تاثيراً مباشـراً في دخوله في عملية البناء الضـوئي كما سـبق ويؤثر تأثيراً غير مباشـر في سـير هذه العملية عن طريق تقليل سـرعة انتشـار ثاني اكسـيد الكربون خلال

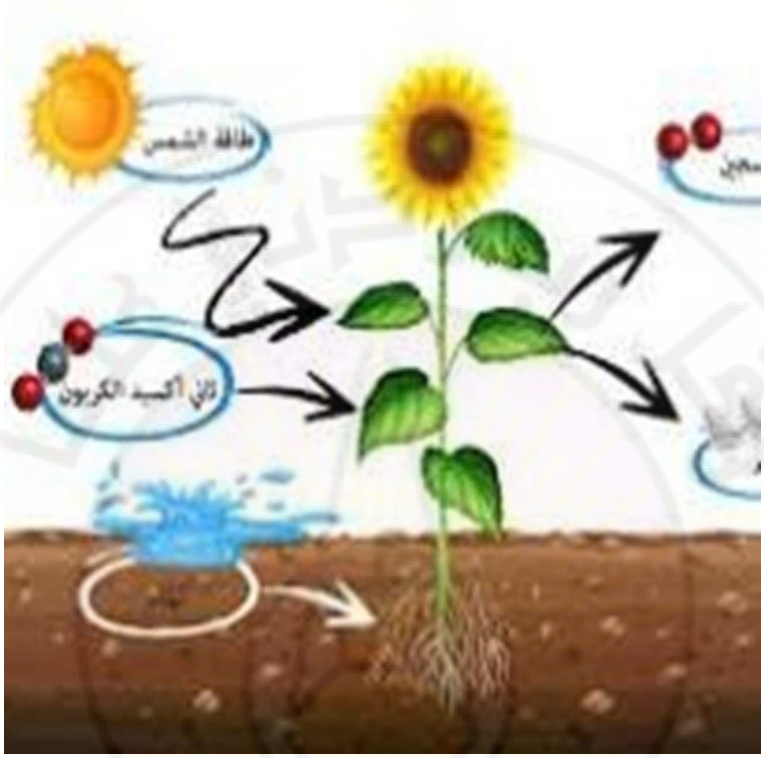
الثغور او تقليل الرطوبة الكافية اللازمة للبلاستيدات الخضراء و البروتوبلازم للتفاعلات الحيوية بها.

5- نسبة الأكسجين:

تبلغ نسبة الأكسجين في الهواء الجوي العادي حوالي 21% ولكن تحت ظروف نسبة أكسجين أقل من النسبة العادية في الجو فإن ذلك يؤدي إلى زيادة معدل سرعة عملية البناء الضوئي بشرط توافر جميع العناصر الأخرى اللازمة لإتمام هذه العملية وتحت ظروف قلة الأكسجين يؤدي إلى زيادة سير عملية البناء الضوئي بنسبة تصل إلى حوالي 30 – 50 % ولكن وجد عند زيادة الأكسجين بنسبة أكثر من النسبة الموجودة بالجو العادي (21%) حول النبات فإنه يكون ذا تأثير مثبط لعملية البناء الضوئي.(الشكل، 129)

6- تأثير بعض المواد الكيماوية:

وجد من الأبحاث أن بعض المواد الكيماوية ذات تأثير سلبي على درجة الامتصاص المائي عن طريق الجذور وبالتالي على كمية الماء داخل النبات وهذا يؤدي إلى قلة سير عملية البناء الضوئي مثال على ذلك وجد أن حمض الأيدروسيانيك بتركيز 4 * 10 مول ذو تأثير مثبط إنزيمي خاصة للإنزيمات التي تدخل في عملية البناء الضوئي. كذلك وجد أن مركبات الهيدروكسيل أمين وكبريتيد الهيدروجين واليود أستيل والكلوروفورم والإيثير ذات تأثير ضار على سير عملية البناء الضوئي ويكون تأثيرها مؤقتاً وعكسياً في التركيزات المنخفضة. أما في التركيزات العالية فإنها تميت الخلية وتأثيرها يصبح غير عكسي.



الشكل (129): العوامل الخارجية المؤثرة في البناء الضوئي.

ثانياً: العوامل الداخلية في النبات:

فضـــلاً عن العوامل البيئية الســـابقة الذكر فإن هناك عوامل أخرى داخل أنســـجة النبات تلعب دوراً كبيراً في معدل سير عملية البناء الضوئي ومن هذه العوامل:

1- محتوى الكلوروفيل بالنبات:

تتأثر سـرعة بناء الضـوئي بكمية الصـبغة الخضـراء الموجودة في النبات (كلوروفيل أ، ب) إلا أن هذه العناصـــر نادراً ما يكون عاملاً محدداً لســـير هذه العملية فقد وجد من الأبحـاث أن أقل كميـة من الكلوروفيل الموجودة في الأوراق تكفي لســـير عمليـة البنـاء الضوئي على الوجه الأكمل.

2- البنية التشريحية للورقة:

يختلف التركيب التشريحي للورقة من نباتات ذات الفلقتين عن نباتات ذات الفلقة الواحدة. كذلك يختلف تشريح الأوراق النامية في المناطق الرطبة عن المناطق الجافة وهكذا. وذلك لأن حجم وتوزيع المسافات البيئية في الورقة وكذلك حجم وتوزيع النسيجان العمادي والاسفنجي. وحجم وعدد وتوزيع وتركيب الثغور وسماكة طبقة الكبريتكل وخلايا البشرة لها دور كبير في كمية الإضاءة النافذة إلى النسيج العمادي وكذلك تؤثر في انتشار غاز ثاني أكسيد الكربون خلال الثغور إلى الخلايا الممثلة وسرعة خروج الكربوهيدرات والسكريات المتكونة إلى خارج خلايا الأوراق.

3- البروتوبلازم:

تعد حيوية البروتوبلازم أساسية لسير عملية البناء الضوئي إذ يتضمن هذا وجود الإنزيمات اللازمة لإتمام عملية البناء الضوئي بصورة نشطة وحية. كذلك درجة احتوائها على الماء.

4- تراكم نواتج عملية البناء الضوئي:

وجد نتيجة لسير عملية البناء الضوئي بسرعة عالية ينتج تراكم كمية كبيرة من الكربوهيدرات وذلك بسبب زيادة السرعة التي تتكون بها عن السرعة التي تنتقل بها من نسيج إلى آخر داخل النبات ولذلك عند حدوث تراكم للكربوهيدرات تنتج عن ذلك قلة سرعة عملية البناء الضوئي. إلا أن هذا العامل يكون تأثيره مقصوراً على ظروف محدودة بل هناك نتائج تشير إلى عدم أهميته على الإطلاق.

References:

Allan, P. (1999a). Research on evaporative cooling boosts early grape production. Deciduous Fruit Grower, 49 (7):1- 6.

Allan, P. (1999 b). Measuring winter chilling in areas with mild winters. Deciduous FruitGrower, 49 (10) :1-10.

Allan, P. and Hattingh, H. (1998). Winter chilling models and supplementing winter chilling in table grapes in subtropical areas by evaporative cooling. J. S. Afr. Soc. Hort. Sci. ,8(2) :91-93.

Erez, A. (2000). Bud dormancy: Phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. In: Erez , A (Ed) Temprate Fruit Crops in Warm Climates . Kluwer Academic Publishers, Dordrect .

Fishman, S.; Erez, A.and Couvillon, G.A. (1987). The temperature dependence of dormancy breaking in plants: Two steps modals involving a co- operation transition. J.Theor.Bio. 124:473-483.

Hopkins, W. G. (1995). Introduction to plant physiology. John Wiley Inc., New York. 454 pp.

Janik, J. (1985). Horticultural Scince . Freeman copyright company, London, Modern Egyptian press. pp 659.

Lang, G. A. (1987). Dormancy, a new universal terminology Hortscince,22:817-820.

Kader,A. A. ; Kasmire, R. F.; Mitchell, F.G.; Reid, S. M. and Thompson, J. F. (1985). Post-harvest technology of horticultural cooperative extension, University of California, 192 pp.

Linsley, G. C.; Allan, P. and Mathee, G.W. (1994). Modification of rest completion models for improved accuracy in South African stone fruits.J.S. Afr. Soc. Hort. Sci., 4 (1) :13-15.

Linsley, G. C.; Allan, P. and Louw, M. (1995) Estimation daily positive Utah chill units from maximum and minimum temperatures.J.S. Afr. Soc. Hort. Sci., 5 (1) :19-24.

Martin, G. C. (1991). Bud dormancy in deciduoud fruit trees. In F. C. Stewart and R. G. S. Bidewell (Eds). Plant Physiology: A treatise. Vol X. Acadimic Press, New York.

Mohr,H. and Schopfer, P. (1995) . Plant physiology. Springer press. 603 pp.

Taiz, L. and Zeiger, E. (1998). Plant physiology. Sinauer Associates inc, Publishers, Sunderland, Massachusetts, 2nd edition, 765 pp.

اللجنة العلمية:

أ.د. عماد العيسى.

أ.د. محمد بطحه.

أ.د. حسان عبيد.

المدقق اللغوي

أ.د. حسناء أقدح

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعا

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University