الفصل الثالث عشر

سكون البذور

التعريف بالسكون وحالاته

يستخدم – عادة – لفظ سكون dormancy للدلالة على حالة عدم إنبات البذور التى ترجع إلى موانع خارجية تعوق الإنبات ؛ كعدم توفر رطوبة كافية ، أو عدم مناسبة درجة الحرارة للإنبات ، أو غير ذلك من المؤثرات الخارجية . كما يستخدم لفظ فترة راحة rest period عادة للدلالة على حالات عدم إنبات البذور التى ترجع إلى عوامل داخلية فى البذرة تمنعها من الإنبات ، حتى لو توفرت لها الظروف الخارجية المناسبة للإنبات . هذا .. إلا أن الكثيرين يستخدمون لفظ السكون للدلالة على الحالات التى جرى العرف على تسميتها بطور الراحة ، وهو الأمر الذى سيتبع فى هذا الكتاب .

ويقسم Lang وآخرون (١٩٨٧) حالات السكون – بصورة عامة – (فى البذور والبراعم) كما يلى :

١ – الـ Ecodormancy :

وتتضمن حالات السكون التى تتحدد بفعل العوامل الجوية ؛ أى التى لا يحدث فيها الإنبات أو النمو ؛ بسبب عدم توفر الحرارة أو الرطوبة أو الأكسجين اللازم لذلك . وتبعاً لهذا التقسيم .. فإن الحالات التى تتطلب إحداث جروح أو كسور بأغلفة البذور – ليمكنها الإنبات – تدخل ضمن الـ ecodormancy .

٢ – الـ Pa adormancy :

وتتضمن حالات السكون التى تتحدد بفعل الأجزاء النباتية الأخرى غير الجزء المعنى ؛ مثل سكون البراعم الجانبية ، بسبب وجود ظاهرة السيادة القمية ، وهى حالات يتحكم فيها

-غالبا- هرمونات تنتج فى مكانٍ ما من النبات .

وتبعاً لهذا التقسيم .. فإن الـ Paradormancy تتضمن - على سبيل المثال - ما يلى :

أ - حالات سكون القمة النامية التى يتطلب الخروج منها تعريض الأوراق لفترة ضوئية معينة .

ب - حالات سكون البراعم الجانبية التى يتطلب الخروج منها إزالة حراشيف البراعم budscales ، أو إزالة القمة النامية للنبات .

جـ - حالات سكون البذور التى يتطلب الخروج منها تلقى الغلاف البذرى لموجات ضوئية بطول معين (كما فى الخس) ، أو لحرارة منخفضه (كما فى Prunus persica) ، أو لحرارة متعاقبة بين الارتفاع والانخفاض (كما فى Cynodon dactylon) ، أو فصل الجنين عن الغلقات التى تحتوى على مواد مانعة للإنبات (كما فى Malus domestica) .

٣ - الـ Endodormancy :

وتتضمن حالات السكون التى يكون مردها إلى عوامل داخلية فى العضو المعنى ، والتى تُكسر بفعل تعرض هذا العضو لظروف معينة .

وتبعا لهذا التقسيم .. فإن الـ Endodormancy تتضمن - على سبيل المثال - ما يلى .

أ - حالات سكون القمة النامية التى يتطلب الخروج منها تعريض البرعم القمى لدرجات حرارة منخفضة ، أو لفترة ضوئية معينه (كما فى Fagus sylvatica) .

ب - حالات سكون الكامبيوم التى يتطلب الخروج منها تعرّضه لفترة ضوئية معينة (كما فى Pinus sylvestris) .

جـ - حالات سكون البذور التى يتطلب الخروج منها تعريض السويقة الجنينية العليا أو الجنين كله لدرجات حرارة منخفضة .

ولمزيد من التفاصيل عن هذا التقسيم لحالات السكون .. يراجع Lang واخرون (١٩٨٧).

ولاشك فى أن هذا التقسيم (Lang وآخرون ١٩٨٧) يتضمن كل حالات سكون البذور أياً كانت مسبباتها ، ولكن تعريف الظواهر المختلفة للسكون بمسمياتها يعد أفضل من الوجهة العملية ، وهو ما اهتم به Nikolaeva (١٩٦٧) فى تقسيمه الذى ننقله عن Hartman & Kester (١٩٧٥) ، والذى قُسِّمت فيه حالات سكون البذور كما يلى :

١ - حالات يكون فيها الجنين قادراً على الإنبات ، ولكن عدم الإنبات يكون مرده إلى عوامل توجد فى أغلفة البذرة غير الحية ، والتى من أمثلتها ما يلى :

أ - السكون المتسبب عن وجود غلاف بذرى صلد يمنع تشرب البذرة بالماء ، ولا يمكن لمثل هذه البذور امتصاص الرطوبة إلاّ بعد التأثير على الغلاف البذرى بالوسائل الطبيعية ، أو الصناعية . تسمى هذه البذور hard seed ، ويطلق على الظاهرة اسم Seed Coat Dormancy .

ب - السكون المتسبب عن وجود غلاف بذرى صلد يقاوم نمو الجنين وتمدده . وهذا النوع من السكون قليل الشيوع ، ولكنه قد يكون عاملاً هاماً فى تأخير إنبات البذور ذات الأغلفة الصلدة hard shells ، مثل الجوز ، أو ذات النوى الصلد pits ، مثل الفواكه ذات النواة الحجرية والزيتون ، أو ذات البيريكارب الصلد hard pericarp ، مثل الـ Crataegus . وفى حشيشة رجل الإوز pigweed (Amaranthus retroflexus) يمنع غلاف البذرة الصلد نمو الجنين وتمدده ، بالرغم من نفاذية الغلاف البذرى للماء والغازات .

جـ - السكون المتسبب عن وجود أغلفة بذرية تحتوى على مركبات تمنع الإنبات . توجد هذه المركبات غالبا فى البيريكارب ، كما فى عصير الثمار اللحمية ، أو الأغلفة الثمرية الجافة التى تتبقى محيطه بالبذرة فى بعض الأنواع النباتية . وقد توجد هذه المركبات فى أغلفة البذرة ، أو الإندوسبرم ، أو فى الجنين ذاته .

ويعرف هذا النظام لسكون البذور فى عديد من الأنواع النباتية الاستوائية والصحراوية ، التى يتم التغلب فيها على حالة السكون - فى الظروف الطبيعية - عندما تتعرض البذور لأمطار غزيرة تكفى لغسل هذه المركبات ؛ الأمر الذى يتوفر معه - فى الوقت ذاته - رطوبة أرضية تكفى لنمو النباتات ؛ وهو ما يفيد فى المحافظة على النوع النباتى وعدم اندثاره .

٢ - حالات تحتوى فيها البذور على أجنة ناقصة النمو Rudimentary Embryos . تكون هذه الأجنة - غالباً - أصغر جداً من حجمها الطبيعى مقارنة بالأنسجة الخازنة للغذاء (الإندوسبرم ، أو البيريسبيرم) ، ويتطلب الأمر زيادتها فى الحجم قبل أن تصبح قادرة على الإنبات .

٣ - حالات السكون الداخلى التى توجد مسببات السكون فيها فى الجنين ، أو فى الإندوسبرم ، أو فى الأغلفة integuments ؛ ومن أمثلتها ما يلى :

أ- حالة السكون الفسيولوجى الضعيف (Physiologically Shallow Dormancy) :

توجد هذه الحالة فى معظم البذور الحديثة الحصاد ، وتختفى بعد التخزين الجاف للبذور لعدة أيام ، أو لشهور قليلة . يكون الجنين فى هذه البذور فى حالة كمون quiescent ، وهى تكون - غالباً - حساسة للضوء ، أو للحرارة ، كما قد يتأثر إنباتها بعمليات التجريح الميكانيكية scarification ، والمعاملة بكل من نترات البوتاسيوم ، والجبريللين ، والكانيتين . ويوجد هذا النوع من السكون فى بذور عديد من النباتات العشبية .

ب - حالة السكون الفسيولوجى المتوسط (Physiologically Intermediate Dormancy) :

يوجد العامل المؤثر فى السكون - فى هذه الحالة - فى أغلفة البذرة غالبا ، ونادراً ما يوجد فى الجنين ويفيد الكمر البارد فى كسر سكون هذه البذور ، ولكنه ربما لا يكون ضرورياً . وينتشر هذا النوع من السكون فى بذور عديد من الأنواع الخشبية .

جـ - حالة السكون الفسيولوجى العميق (Physiologically Deep Dormancy) :

يوجد العامل المؤثر فى السكون - فى هذه الحالة - غالبا فى الجنين ، وقد يوجد - أيضا - فى الأغلفة المحيطة به . ويتم التغلب على هذا السكون بالكمر البارد للبذور لفترة طويلة . وينتشر هذا النوع من السكون فى عديد من الأنواع الخشبية .

ويدخل ضمن هذا النوع من السكون حالتان ؛ هما :

(١) حالة تتطلب فيها البذور فترة من الدفء قبل الكمر البارد ؛ لكى تنمو الجذور

والسويقة الجنينية السفلى كما فى الزنبق ، والفاوانيا (عود الصليب) peony .

(٢) حالة تتطلب فيها البذور فترة برودة ، ثم فترة دفء لنمو الجذور ، ثم فترة برودة أخرى لكى يحدث النمو الخضرى ؛ كما فى بعض النباتات المعمرة فى المناطق الباردة .

٤ – حالات يحدث فيها السكون نتيجة لتجمع عدد من العوامل يوجد بعضها فى الأغلفة الخارجية ، وبعضها الآخر فى الجنين ذاته .

وما يعنينا – فى هذا الكتاب – هو سكون البذور أياً كان مصدره ؛ لذا .. فإننا نتبع التقسيم التقليدى لحالات سكون البذور ، كما يلى :

١ – سكون خارجى : وهو الذى قد يرجع إلى عدم توفر الحرارة أو الرطوبة أو الأكسجين اللازم لإنبات البذور .

٢ – سكون داخلى : وهو الذى قد يرجع إلى :

أ – وجود أغلفة البذور الصلدة التى تعوق تمدد الجنين ، أو تعوق نفاذية الماء أو الغازات.

ب – وجود الأجنة الأثرية ، أو عدم اكتمال النضج الفسيولوجى للجنين أو أحد أجزائه .

جـ – وجود مواد مانعة للإنبات فى الجنين ، أو فى أغلفة البذور ، أو الثمار .

د – حالات السكون الثانوى (Pollock & Toole ١٩٦١ ، و Villiers ١٩٧٢) .

ويطلق Hartmann & Kester (١٩٨٣) اسم سكون dormancy على كل حالات السكون الداخلى للبذور . أما البذور القادرة على الإنبات عند توفر الظروف الخارجية المناسبة لذلك ، فيطلقان عليها صفة « هامدة quiescent » ، أو « غير ساكنة non - dormant » . والتسمية الأخيرة أفضل .

وعلى النقيض من السكون .. توجد حالات تنبت فيها البذور وهى مازالت داخل الثمار . تعرف هذه الظاهرة باسم Vivipary ، وتعرف الأجنة النابتة فى مثل هذه الحالات باسم Viviparous embryos .

تحدث هذه الظاهرة كطفرة غير مرغوب فيها فى كثير من الأنواع النباتية ؛ مثل

الطماطم ، والبطيخ ، والحمضيات ، وبعض المحاصيل النجيلية ، وهى إما أن تستبعد تلقائيا، بسبب إنباتها قبل حصادها ، وإما أن تستبعد أثناء استخلاص البذور . كذلك تحدث هذه الظاهرة بصورة طبيعية – مرغوب فيها – فى بعض الأنواع النباتية ، مثل نبات المانجروف Mangrove (Rhizophora mangle) الذى ينمو فى المستنقعات الملحية والشواطئ البحرية الضحلة ، ويعد إنبات بذوره – وهى مازالت داخل الثمار – نوعاً من التأقلم ؛ حيث تتجه النموات الجذرية نحو المياه الضحلة أسفل منها ؛ لتثبت النبات فى التربة ، بينما تكون النموات الهوائية للنبات الجديد مازالت معلقة بثمار النبات الأم (Hartmann & Kester ١٩٨٣) .

السكون المتسبب عن المقاومة الميكانيكية لأغلفة البذرة

عدم نفاذية أغلفة البذرة للغازات

تكون أغلفة بعض البذور منفذة للماء ، ولكنها غير منفذة للغازات ؛ وبذلك فإنها تظل ساكنة ؛ فمثلاً .. بذور الصليبيات التابعة للجنس Brassica لا تكون قادرة على الإنبات إذا حصدت وهى مازالت خضراء ؛ بسبب عدم نفاذية أغلفة البذور للماء وهى فى هذه المرحلة من النضج ، ولكن هذا العائق للإنبات يختفى تدريجياً مع نضج البذور (Crocker & Barton ١٩٥٣) .

وتتميز بذور الكوسة بغشاء داخلى منفذ للغازات بدرجة أكبر من الغشاء الخارجى . وبرغم ذلك .. فإن الغشاء الداخلى هو المحدد لدخول الأكسجين إلى البذرة ؛ وذلك لوجود النقير بالغشاء الخارجى . هذا .. ويكون الغشاء الداخلى أقل نفاذية للغازات فى البذور الرطبة نسبياً ، ولكن مع نضج البذور وجفافها تزداد نفاذيته تدريجياً .

والمثال الكلاسيكى المعروف لهذا النوع من السكون هو سكون بذور نبات الـ Cocklebur (جنس Xanthium) . يوجد فى كل ثمرة (bur) من هذا النبات بذرتان تكون أغلفتها منفذة للماء ، ولكن الغلاف البذرى للبذرة السفلية فقط هو الذى يكون منفذا للغازات . ولمزيد من التفاصيل عن ميكانيكية السكون فى هذا النبات .. يراجع Devlin (١٩٧٥) .

ويمكن كسر سكون هذه البذور بزيادة ضغط الأكسجين حول البذور ، أو بتجفيف البذور ،

أو بتخزينها حتى تجف فى درجات الحرارة العادية . ويؤدى التجفيف إلى إزالة طبقة الماء التى توجد بين غطاء البذرة وبين الجنين والأعضاء المخزنة للغذاء ؛ فيسهل بذلك تبادل الغازات .

عدم نفاذية أغلفة البذرة للماء

تعرف البذور غير المنفذة للماء باسم البذور الصلدة hard seeds . وتحتوى هذه البذور على إندوسبرم صلد غير منفذ للماء بدرجة كبيرة . وعندما يحيط بغطاء البذرة الصلد غطاء آخر شمعى .. فإن البذور تصبح غير منفذة للماء كلية . تنتشر هذه الظاهرة فى العائلات البقولية ، والخبازية ، والزنبقية ، والعليقية .

تجهز البذور الصلدة بجهاز يسمح بفقد الماء ويمنع دخوله ثانية ؛ ففى بذور بعض الأنواع النباتية .. توجد تشققات على طول الأخدود الذى توجد فيه السرة ، تعمل كجهاز هيجروسكوبى . يبدأ هذا الجهاز فى العمل عندما تنخفض نسبة الرطوبة فى البذور بعد نضجها واستخلاصها ؛ ففى الجو الحار .. تتفتح التشققات ، ويخرج منها بخار الماء ، بينما تغلق هذه التشققات فى الجو الرطب ، فلا يدخل بخار الماء فى البذور . وتعد فاصوليا الليما من النباتات التى يؤثر فيها التركيب التشريحى لسرة البذرة والمنطقة المحيطة بها على امتصاصها للماء . ويمكن الرجوع إلى تفاصيل هذا الأمر فى Stienswat وآخرين (١٩٧١).

تختلف نسبة البذور الصلدة باختلاف الأنواع النباتية ، وباختلاف الأصناف والسلالات فى النوع الواحد . وتتأثر النسبة بالعوامل البيئية السائدة وقت إنتاج البذور ؛ فمثلا .. يزيد الكالسيوم من نسبة البذور الصلدة ، وتعمل الفترة الضوئية الطويلة – أثناء نضج البذور – على زيادة النسبة فى النوع Chenopodium amaranticolor (عن Devlin ١٩٧٥ ، ومرسى وعبد الجواد ١٩٦٤) .

طرق معالجة حالة السكون المتسبب عن المقاومة الميكانيكية لأغلفة البذرة

يمكن معالجة حالات السكون – التى ترجع إلى المقاومة الميكانيكية لأغلفة البذور لتمدد ونمو الجنين ، أو عدم نفاذية أغلفة البذرة للماء أو للغازات – بإحدى المعاملات والتى تعرف بمعاملات الخدش Scarification ، وهذه المعاملات هى :

١ – بعمل ثقب فى البذرة كما فى البطاطا .

٢ – حك البذور على ورق السنفرة أو حجر الكاربورندم .

٣ – تحطيم – أو تجريح – أغلفة البذور ألياً .

٤ – المعاملة ببعض المذيبات العضوية ؛ مثل : الأسيتون ، والكحول .

٥ – المعاملة بحامض الكبريتيك المركز لمدة تختلف باختلاف نوع البذرة . فتنقع بذور البطاطا لمدة ٢٠ دقيقة ، وبذور الشليك لمدة ١٥ دقيقة . ويجب غسل البذور جيداً بالماء بعد انتهاء فترة النقع مباشرة للتخلص من الحامض .

٦ – يكفى – أحياناً – مجرد النقع فى الماء لمدة ٤ – ٥ أيام مع تغيير الماء يوميا ، أو بإمرار تيار من الهواء فيه ، ويكون الماء الدافئ أكثر فاعلية ؛ فمثلاً .. تمتص بذور الهليون كل احتياجاتها من الرطوبة خلال ٣٥ ساعة عندما تكون حرارة الماء ٣٠°م ، بينما يلزم لذلك ٦٥ ساعة عندما تكون حرارة الماء ١٨°م .

السكون المتسبب عن عدم اكتمال نمو الجنين أو أحد أجزائه

الأجنة الأثرية (أو غير المكتملة النمو)

الأجنة الأثرية Immature Embryos هى الأجنة التى لم يكتمل نموها برغم اكتمال نضج الثمار . وتبدو هذه الظاهرة واضحة فى بذور نباتات العائلة الخيمية ؛ مثل : الجزر ، والكرفس ، والبقدونس ، وغيرها ؛ حيث يستمر نمو الجنين فيها لعدة أشهر قبل أن تكون البذرة قادرة على الإنبات . وتستغرق هذه الفترة فى الجزر حوالى ٣ أشهر .

وتؤدى هذه الظاهرة فى الجزر إلى تفاوت فى سرعة إنبات البذور ؛ ومن ثم .. ظهور اختلافات فى أحجام الجذور عند الحصاد .

ويتم التخلص من حالة السكون هذه بتخزين البذور بعد حصادها فى ظروف جيدة ، إلى أن يكتمل نمو الأجنة ، وتصبح قادرة على الإنبات .

عدم اكتمال النضج الفسيولوجى للجنين

حالات عدم النضج الفسيولوجى After ripening هى تلك التى يكون فيها الجنين

كامل النضج من الناحية المورفولوجية ، إلا أنه لم يكتمل النضج من الناحية الفسيولوجية . وتلاحظ هذه الظاهرة فى بذور الخس وبعض الفواكه ، وتتم معالجتها بتخزين البذور لفترة بعد الحصاد ، إما تخزيناً جافاً ، وإما وهى مرطبة بالماء لحين اكتمال النضج الفسيولوجى للجنين .

ويعرف التخزين الرطب باسم التنضيد stratification ، وفيه توضع بذور بعض الفواكه فى طبقات متبادلة مع الرمل أو البيت موس المبلل ، وتحفظ فى درجة حرارة تتراوح من صفر إلى ٦°م . وتختلف الفترة اللازمة لكسر السكون باختلاف المحصول والظروف المحيطة . ويكتمل النضج الفسيولوجى لأجنة البذور عادة خلال ٢ – ٥ أشهر . وتتبع هذه المعاملة عند إنبات بذور الفواكه ذات النواة الحجرية ، والتفاحيات ، والعنب .

أما التخزين الجاف .. فيعرف باسم dry after ripening ، ويتبع فى حالة الخس ؛ حيث تترك البذور فى حرارة الغرفة ، إلى أن يكتمل النضج الفسيولوجى لأجنتها (Adriance & Brison ١٩٥٥ ، ومرسى وعبد الجواد ١٩٦٤ ، و Devlin ١٩٧٥) .

كذلك يُذكر (عن Edwards وآخرين ١٩٨٦) أن بذور الخيار تمر بمرحلة سكون بعد الحصاد إذا استنبتت على ١٥°م – وليس على ٢٥°م – وأن هذه الحالة تقل – تدريجيا – مع التخزين الجاف .

السكون المتسبب عن وجود مواد مانعة للإنبات فى البذور ، أو فى الأنسجة الثمرية المحيطة بها

المواد المانعة للإنبات كثيرة جداً ، وتوجد فى كثير من الأنواع النباتية ، ولا يقتصر مكانها على جزء معين من البذرة ، وإنما توجد فى أى مكان بها ، كما قد توجد فى التراكيب الخارجية التى تغطى البذور ، وفى لب الثمار أو عصيرها ، أو الغلاف البذرى ، أو الإندوسبرم ، أو الجنين ... إلخ (Devlin ١٩٧٥) .

وهذه المواد غير متخصصة ؛ بمعنى أنها تمنع الإنبات فى كثير من الأنواع النباتية ، بالإضافة إلى الأنواع التى توجد فيها . ولإثبات أن مادة ما مانعة للإنبات .. فإنها يجب أن تتواجد بتركيز مرتفع فى البذور ، أو فى الأنسجة الثمرية المحيطة بها ، وأن يقل تركيزها

تدريجيا مع بدء الإنبات (مع انتهاء فترة الراحة) . وإذا حدث ودخلت البذور فى سكون ثانوى ، فإن تركيزها يجب أن يرتفع ثانية (Pollock & Toole ١٩٦١) .

ومن أمثلة المثبطات الطبيعية للإنبات – والتى توجد فى بذور أو ثمار كثير من النباتات – ما يلى :

Coumarin	Dehydracetic acid
Pthalides	Parasorbic acid
Ferulic acid	Abscisin

فمثلاً يمنع الأبسيسين Abscisin إنبات بذور الخس بتركيز ٥ – ١٠ أجزاء فى المليون . ويمكن التغلب على هذا التأثير المثبط بمعاملة البذور بالكينتين بتركيز جزء واحد فى المليون (Devlin ١٩٧٥) .

وتوجد فى كرات بذور seed balls السلق والبنجر مواد نيتروجينية تؤخر الإنبات ، وتقلل نسبته ، وتغير لون الجنر الأولى ، ثم موته عند ملامسته لكرة البذور ؛ نتيجة لانطلاق الأمونيا من هذه المواد النيتروجينية أثناء الإنبات (U.S.D.A ١٩٥٢) .

وتحتوى ثمار الطماطم على مواد تمنع إنبات البذور داخل الثمار . وتؤدى محاولة إنبات البذور – فى وجود عصير الطماطم – إلى نقص نسبة الإنبات ومعدل نمو البادرات . ويزداد هذا النقص كلما ازداد تركيز العصير المضاف . وتختلف أصناف الطماطم فى كمية العامل المثبط للإنبات ، والذى يوجد بالعصير .

يلاحظ ذلك من النتائج التى توصل إليها Huang & Yamaguchi (١٩٧١) اللذان درسا تأثير عصير ثمار عدة أصناف من الطماطم فى إنبات بذور ونمو بادرات الصنف " فى إف ٣٦ VF36 " . استخدم الباحثان العصير بتركيز ٢٠ ٪ بعد التخلص من المواد الصلبة غير الذائبة ، وبعد وصول الثمار إلى طور النضج التام (جدول ١٣– ١) .

يلاحظ من الجدول أن الأصناف تفاوتت كثيراً فى مدى تأثير عصير ثمارها فى إنبات بذور الصنف " فى إف٣٦ VF 36 " ، ولكنها تدرجت بنفس الترتيب – تقريبا – من حيث

تأثير عصيرها فى جميع الصفات المقيسة .

جدول (١٣ – ١) : تأثير عصير بعض أصناف الطماطم بتركيز ٢٠٪ فى إنبات بذور ، ونمو بادرات وجذور صنف الطماطم VF 36 .

الصنف	التأثير كنسبة مئوية من معاملة الشاهد		
	إنبات البذور	نمو البادرات	نمو الجذور
Yellow Pear	٥٦	٣٨	٥٦
Jubilee	٥٢	٢٢	٢٦
Red Cherry	٥١	١٣	٣٥
VF 145	٤٦	٢٥	٢٥
Early Pak	٤٦	٢٠	٢٦
VF 36	٤٥	١٨	٢١
Chico Grande	٤٣	١٧	١٨
Tiny Tim	٣١	١١	١٢
Burpee Globe	٢٩	٩	٩
Red Current	١٥	٦	٦
Hardin's Minature	٢	٤	٥
أقل فرق معنوى (٥ ٪)	١٢	٦	١١

كذلك وجد الباحثان أن النقص فى نسبة الإنبات ازداد بزيادة تركيز العصير ، ولم يكن مرد ذلك إلى زيادة الضغط الأسموزى ؛ إذ إن مقدار النقص فى الإنبات فى عصير بتركيز ٢٠ ٪ – وهو الذى يبلغ ضغطه الأسموزى أقل من ١ر٠ M – كان أقل جوهريا مما فى محلول ١ر٠ M جلوكوز أو مانيتول ، مع ١٠ر٠ M حامض ستريك فى pH ٤ر٤ .

وقد أوضحت الدراسة أن العامل المثبط للإنبات فى عصير ثمار الطماطم لم يتأثر بالحرارة العالية ، ولكن فاعليته انخفضت مع ازدياد فترة التخزين على – ٢٠°م . وكان تأثير هذا العامل فى إنبات بذور القمح والخس أقل من تأثيره فى إنبات بذور الطماطم .

هذا .. وتنبت البذور داخل الثمار الناضجة في بعض سلالات الطماطم (مثل : XP 615 ، و XP 616) ؛ وذلك لعدم توفر التركيز الكافي من المواد المثبطة للإنبات في ثمار هذه الأصناف ، وتلك صفة غير مرغوبة في أصناف الطماطم التجارية .

السكون المتسبب عن وجود موانع أيضية

يعود السكون في هذه الحالة إلى وجود موانع أيضية Metabolic Blocks تعيق الإنبات، ولايمكن التخلص منها إلا بمعاملات خاصة ، كتعريض البذور للضوء أو الحرارة المنخفضة وهي متشربة بالماء ، أو بواسطة المعاملة ببعض المركبات الكيميائية . وتؤدي هذه المعاملات إلى إحداث تغيرات في مسارات الميتابولزم تقود في النهاية إلى إنبات البذور . وتعتبر بذور الخس من أبرز الأمثلة لهذه الحالة من السكون .

ويمكن تلخيص خصائص السكون في بذور الخس في النقاط التالية :

١ – تظهر حالة السكون بوضوح في الأسابيع القليلة التالية للحصاد ، ثم تخف حدتها – تدريجيا – مع التخزين الجاف للبذور ؛ حيث تستكمل البذور نضجها أثناء تلك الفترة (تسمى بفترة الـ after ripening) ، وهي التي يتم خلالها تخلص البذور من موانع الإنبات .

٢ – تختلف أصناف الخس فيما يلي :

أ – شدة سكون بذورها بعد الحصاد .

ب – طول المدة التي يلزم مرورها بعد الحصاد ، حتى تنتهي حالة السكون ؛ فتتراوح فترة السكون من أسابيع قليلة إلى شهور ، وربما سنة أو أكثر في الأصناف المختلفة . ويظهر السكون بوضوح – ولفترة طويلة – في صنفي الخس جراند رابيدز Grand Rapids ، وهبّارد ماركت Hubbard Market .

٣ – بذور الخس غير الساكنة (أو التي انتهت فترة بعد النضج after ripening بها) يمكن أن تدخل في طور سكون ثانوي secondary dormancy في حرارة مرتفعة (٢٥°م ، أو أكثر) .

٤ – يمكن التغلب على سكون البذور الحديثة الحصاد – وكذلك السكون الثانوى – بتعريض البذور للضوء ، أو للحرارة المنخفضة ، أو لبعض المعاملات الكيميائية ، بشرط تشرب البذور بالماء أثناء تلك المعاملات .

٥ – تختلف أصناف الخس اختلافاً كبيراً فى درجة الحرارة القصوى التى يمكن أن يحدث عندها إنبات دون أن تدخل البذور فى طور سكون ثانوى . فباختبار ٢٢ صنفا من الخس وجد أن درجة الحرارة المثلى للإنبات تراوحت من ١٥ – ٢٢ °م ، ولكن درجة الحرارة العظمى تراوحت من ٢٥ر٧°م فى الصنف هلدى Hilde إلى ٣٢ر٨°م فى الصنف أفون كرسب Avon Crisp (Gray ١٩٧٥) .

دور الضوء فى التغلب على السكون

تختلف الأنواع النباتية فى نوعية استجابة بذورها للضوء ؛ فبعضها لا يتأثر بالضوء مطلقاً ، وبعضها لا تنبت بذوره إلا بعد تعريضها للضوء وهى متشربة بالماء ، والبعض الآخر يؤدى تعريضها للضوء – وهى متشربة بالماء – إلى تثبيط إنباتها ، وبعض الأنواع لا تنبت بذورها إلا بعد تعريضها لفترة ضوئية معينة .

وتمر البذور الحديثة الحصاد – من بعض أصناف الخس – بدور سكون تحتاج خلاله إلى الضوء ، حتى يمكنها الإنبات ؛ فبذور الخس صنف Hubbard Market لا تنبت مطلقا فى الظلام لمدة أسبوعين بعد الحصاد . وترتفع نسبة إنبات البذور فى الظلام بصورة تدريجية مع التخزين الجاف ، ولكنها تظل منخفضة حتى بعد سنة ونصف السنة من التخزين الجاف؛ إذ تبلغ نسبة الإنبات حينئذ فى الظلام نحو ٥٠ ٪ ، ولكن هذه البذور تعطى إنباتاً كاملاً إذا عُرضت للضوء ولو لمدة ثوان قليلة أثناء تشربها بالماء . وبالمقارنة .. فإن بعض الأصناف الأخرى يمكن أن تنبت بذورها بصورة كاملة فى الظلام بعد فترة قصيرة من التخزين الجاف.

وقد حظيت بذور الخس بعديد من الدراسات الخاصة بتأثير الضوء فى الإنبات ، وكان Borthwick ومجموعة من الباحثين معه (١٩٥٢ عن Devlin ١٩٧٥) أول من اكتشفوا تأثير الضوء الأحمر والأشعة تحت الحمراء far red فى إنبات بذور الخس ؛ فبتحليل

الموجات الضوئية المختلفة فى منطقة الضوء المنظور .. وجد أن الضوء الأحمر – الذى يبلغ طول موجته ٦٦٠ ملى ميكروناً – كان أقواها تأثيراً فى إخراج بذور الخس من حالة السكون .

كذلك وجد أن تعريض البذور للأشعة تحت الحمراء – التى تبلغ طول موجتها ٧٣٥ ملى ميكروناً – يدفع البذور إلى الدخول فى حالة السكون مرة أخرى ؛ مُزيلاً بذلك أثر التعرض للضوء الأحمر .

وتبين من تلك الدراسة الكلاسيكية أن نسبة الإنبات تتحدد – دائماً – بالمعاملة الأخيرة التى تتعرض لها البذور : أهى الضوء الأحمر (R) ، أم الأشعة تحت الحمراء (FR) ، كما يلى :

المعاملة	الإنبات فى ٢٠ °م (٪)
R	٧٠
R --> FR	٦
R --> FR --> R	٧٤
R --> FR --> R --> FR	٦
R --> FR --> R --> FR --> R	٧٦
R --> FR --> R --> FR --> R --> FR	٧
R --> FR --> R --> FR --> R --> FR --> R	٨١
R --> FR --> R --> FR --> R --> FR --> R --> FR	٧

تكون نسبة الإنبات دائماً مرتفعة عندما تكون المعاملة الأخيرة هى التعريض للضوء الأحمر ، بينما تكون دائماً منخفضة عندما تكون المعاملة الأخيرة للبذور هى التعريض للأشعة تحت الحمراء .

ولكى تُحدث الأشعة تحت الحمراء تأثيرها المتمثل فى دفع البذور إلى الدخول فى حالة سكون .. فإنه يتعين أن تتعرض البذور لها بعد تعرضها للضوء الأحمر مباشرة . وتقل

فاعلية الأشعة تحت الحمراء – تدريجيًا – كلما ازدادت المدة التى تمر بعد تعريض البذور للضوء الأحمر ، فإذا مرّت ١٢ ساعة على التعرض للضوء الأحمر .. فإن البذور لا تستجيب لمعاملة التعرض للأشعة تحت الحمراء .

ويبدو أن التغيرات الأيضية التى تُحدثها معاملة التعرض للأشعة الحمراء – والتى تؤدى إلى خروج البذور من حالة السكون – تكون قد بدأت بالفعل وتقدمت خلال فترة الاثنتى عشرة ساعة ، إلى درجة لا يمكن معها إيقافها بالتعريض للأشعة تحت الحمراء .

وتتأثر الاستجابة للضوء بمدى تشرب البذور للماء ؛ حيث تزداد الاستجابة للضوء الأحمر – تدريجيا – مع زيادة فترة نقع البذور فى الماء حتى ١٠ ساعات (عن Devlin ١٩٧٥).

كذلك وجد أن بذور الطماطم – وهى التى ليست لها أية احتياجات ضوئية لكى تنبت – تصبح حساسة للضوء إذا عرضت – وهى متشربة للماء – للأشعة تحت الحمراء لمدة ١٢ ساعة ؛ فلا يمكنها الإنبات بعد هذه المعاملة إلاّ إذا عرضت للضوء الأحمر .

وقد اقترح Borthwick والمشتغلون معه وجود صبغة – أطلقوا عليها اسم فيتوكروم Phytochrome – هى التى تحدث من خلالها الاستجابة لطول الموجات الضوئية ؛ حيث تتحول من صورة إلى أخرى حسب معاملة الموجة الضوئية .

فعند تعريض البذور للأشعة الحمراء .. فإن الصبغة تتحول من الصورة P_{660} إلى الصورة P_{730} . وتكون الصبغة – وهى على هذه الصورة الأخيرة – قادرة على الدخول فى تفاعلات أيضية تقود فى نهاية الأمر إلى إنهاء حالة السكون . أما عندما تتعرض البذور للأشعة تحت الحمراء .. فإن الصبغة تتحول – مرة أخرى – إلى الصورة P_{660} ، وهى صورة غير قادرة على الدخول فى التفاعلات الأيضية التى تقود إلى إنهاء حالة السكون (عن Villiers ١٩٧٢) .

وقد أوضح Ikuma & Thiman فى عام ١٩٦٤ (عن Bass ١٩٨٠) أن إنبات بذور الخس يحدث على ثلاث مراحل ، كما يلى :

١ – مرحلة ماقبل التهيئة للإنبات Pre - Induction Phase :

تستغرق هذه المرحلة نحو ساعة ونصف الساعة على حرارة ٢٥°م ، وتتشرب البذور خلالها بالماء ، وتزداد سرعة التشرب مع ارتفاع درجة الحرارة . كذلك تزداد الحساسية للضوء – خلال هذه المرحلة – مع ارتفاع درجة الحرارة ، حيث يضعف التأثير المثبط للإنبات الذى تُحدثه الحرارة العالية مع التعرض للضوء الأحمر .

٢ – مرحلة التهيئة للإنبات Induction Phase :

تكون البذور فى هذه المرحلة فى أشد مراحل إنباتها حساسية للضوء ، وتحدث خلالها التفاعلات المؤدية إلى الإنبات أياً كانت درجة الحرارة ، وحتى فى غياب الأكسجين ؛ أى إن حدوث هذه التفاعلات لا يتوقف على تلك العوامل .

٣ – مرحلة ما بعد التهيئة للإنبات Post - Induction Phase :

تستغرق هذه المرحلة نحو ٩ ساعات على حرارة ٢٥°م . وتبدأ فى هذه المرحلة – وبعد التعرض للضوء الأحمر مباشرة – سلسلة من تفاعلات الأكسدة تقود إلى عدم استجابة البذور للتأثير المثبط للأشعة تحت الحمراء على الإنبات . وتتأثر هذه المرحلة بدرجة الحرارة ؛ حيث يزداد الإنبات فى الحرارة المعتدلة ، ويثبط فى الحرارة المنخفضة .

وتقل الحساسية للضوء بارتفاع درجة الحرارة ؛ ففى حرارة أعلى من ٢٥°م لا يكون للضوء الأحمر أى تأثير فى إنبات بذور الخس ، حيث يكون للمعاملة الحرارية تأثير مثبط واضح على إنبات البذور (جدول ١٣ – ٢) .

يلاحظ من جدول (١٣-٢) أن بذور الصنف White Boston لم تكن فى حالة سكون – أصلا – ولكنها دخلت فى سكون ثانوى عند محاولة استنباتها على ٢٥°م . هذا .. بينما كانت بذور الصنف Grand Rapids فى حالة السكون ، ثم ازداد هذا السكون حدة بدخولها فى سكون ثانوى لدى محاولة استنباتها على ٢٥ – ٣٠°م . وبينما أمكن التغلب على سكون بذور الصنف Grand Rapids باستنباتها فى حرارة معتدلة فى الضوء .. فإن السكون الثانوى (الذى أحدثته محاولة الاستنبات فى الحرارة العالية) لم يمكن التغلب عليه – فى أى من الصنفين – بالتعريض للضوء (عن Devlin ١٩٧٥) .

جدول (١٣ – ٢) : تأثير معاملات الضوء والظلام فى إنبات بذور الخس فى درجات الحرارة المختلفة .

الصنف	الحرارة (°م)	الإنبات (٪) فى	
		الظلام	الضوء
White Boston	١٠	٩٥	٩٩
	١٥	٧٨	٩٩
	٢٠	٥٧	٩٨
	٢٥	صفر	١
	١٥	٥٢	٩٤
Grand Rapids	٢٠	٤٠	٩٦
	٢٥	١٠	٩٦
	٣٠	صفر	١

هذا .. ويمكن أن تحل المعاملة ببعض المركبات الكيميائية محل الاحتياجات الضوئية ، وتحدث نفس التأثير الذى يحدثه التعريض للضوء ؛ فقد لوحظ أن الثيوريا Thiourea تحل محل الاحتياجات الضوئية فى الخس ، ثم لوحظت نفس الظاهرة فى عدد من المحاصيل الأخرى .

ويختلف التركيز المناسب للثيوريا من ٠٫٠٥ ٪ إلى ٢ ٪ . وتنقع البذور فى المحلول لمدة قصيرة ، ثم تغسل بعد ذلك بالماء ، وتزرع مباشرة أو تجفف ، وتحفظ لحين زراعتها .

ومن المواد الأخرى التى تحل محل الاحتياجات الضوئية كل من : نترات البوتاسيوم ، ومادة الإيثيلين كلوروهيدرين ethylene chlorohydren . وقد اكتشف تأثير نترات البوتاسيوم عندما لوحظ أن محلول نوب Knop المغذى يؤدى إلى تحسين إنبات بذور بعض الأنواع النباتية . وبالدراسة وجد أن ذلك التأثير كان راجعاً إلى نترات البوتاسيوم التى توجد فى المحلول المغذى . ويتوقف التأثير على التركيز المستخدم ودرجة الحرارة .

كذلك فإن معاملة بذور الخس ببعض منظمات النمو يمكن أن تحل محل الاحتياجات الضوئية لكسر حالة السكون . مثال ذلك .. المعاملة بحامض الجبريلليك الذى أمكن عزله من بذور الخس والفاصوليا وغيرهما ؛ مما يدل على أن له دوراً فى الإنبات فى الطبيعة . كذلك يُحَسِّن إندول حامض الخليك IAA من إنبات بذور الخس فى الظلام ، ولكن تأثيره لا يكون واضحا إلا عندما تكون نسبة الإنبات فى الظلام – فى البذور غير المعاملة – منخفضة بدرجة كبيرة . أما لو كانت نسبة الإنبات متوسطة الارتفاع أصلاً .. فإن المعاملة بالـ IAA لا يكون لها تأثير يذكر فى هذا الشأن (Mayer & Poljakoff - Mayber ١٩٨٢) .

كما تؤدى معاملة بذور الخس بالكينتين Kinetin إلى جعلها أكثر حساسية للضوء ؛ بحيث يمكن لأقل معاملة ضوئية أن تؤدى إلى كسر حالة السكون . لأجل ذلك يعتبر الكينتين عاملاً مساعداً على الإنبات فى الظلام ، ولكنه لا يحل محل الاحتياجات الضوئية كلية .

ويمكن زيادة فاعلية المعاملة بالكينتين بنقع البذور فى الأسيتون ، أو فى الـ dichlo-romethan أولاً ، ثم تجفيفها تحت تفريغ قبل نقعها فى محلول الكينتين فى حرارة ٢٥°م . وتعمل هذه المذيبات العضوية على إسراع تشرب البذور بالكينتين . كذلك وجد أن الأسيتون يسرع من تشرب البذور بالـ GA_3 ، و الـ IAA ، دون أن يكون له تأثير ضار على البذور .

كما وجد أن مزارع الفطر Fusicoccum amygdali تنتج مركباً يُطلق عليه اسم Fusicoccin ، يتميز بأنه أقوى فاعلية من الجبريللينات والسيتوكينينات والضوء فى تحفيز بذور الخس من الصنف Grand Rapids على الإنبات فى الظلام ، وكذلك فى التخلص من التأثير المثبط لحامض الأبسيسيك Abscisic Acid على الإنبات .

ومن جهة أخرى .. فإن معاملة بذور الخس غير الساكنة ببعض المركبات الكيميائية يدفعها إلى الدخول فى طور سكون ظلامى . ومن أمثلة ذلك مادة الكيومارين Coumarin التى يمكن التغلب على تأثيرها بتعريض البذور للضوء ، أو بمعاملتها بالثيوريا ، أو نيترات البوتاسيوم .

كذلك فإن لحامض الأبسيسك تأثيراً مماثلاً عند استخدامه بتركيز ٢ – ٦ ميكرو مولات . ويمكن التغلب على حالة السكون التى تُحدثها هذه المثبطات بمعاملة البذور بأى من الجبريللينات GA_3 ، أو GA_4 . أما إذا عُوملت البذور بتركيز ٨ ميكرومولات من حامض الأبسيسيك .. فإن الخروج من حالة السكون التى تحدثها هذه المعاملة يتطلب

المعاملة بالزياتين Zeatin والجبريللين معاً ، أو بالسيتوكينين والضوء معاً .

دور الحرارة المنخفضة فى التغلب على السكون

تحتاج بعض البذور إلى التعرض للحرارة المنخفضة وهى متشربة بالماء حتى تنبت . وتختلف تلك المعاملة عن معاملة التضيد التى تستمر مدة طويلة ، وتستكمل خلالها البذور نضجها الفسيولوجى . أما فى هذه الحالة .. فإن معاملة الحرارة المنخفضة – مثلها فى ذلك مثل معاملة التعريض للضوء – تؤدى إلى إحداث تغيرات بنائية من شأنها التخلص من موانع الإنبات والسكون (Pollock & Toole ١٩٦١) .

ويعتبر الخس أحد محاصيل الخضر التى تحتاج بذورها إلى التعريض للحرارة المنخفضة وهى متشربة للماء حتى تنبت . وتختلف أصناف الخس فى مدى احتياجها إلى هذه المعاملة ، كما تقل هذه الاحتياجات كلما تقدمت البذور فى العمر بعد الحصاد .

وبرغم أن استنبات بذور الخس غير الساكنة فى حرارة مرتفعة (٢٥°م أو أعلى) يؤدى إلى دخول البذور فى طور سكون ثانوى secondary dormancy ، إلا أن هذا السكون الثانوى يمكن تجنبه بتعريض البذور المتشربة للماء لحرارة ٤ – ٦°م لمدة ٣ – ٥ أيام قبل زراعتها . وتكفى هذه المعاملة لكسر سكون البذور الحديثة الحصاد، كما تمنع دخول البذور فى سكون ثانوى حتى لو ارتفعت حرارة التربة إلى ٣٠ – ٣٥°م بعد الزراعة .

وعملياً .. تتم هذه المعاملة بحفظ النقاوى بين طبقات من القماش المبلل فى الثلاجة لمدة ٤ أيام . وفى معظم الأصناف تعتبر حرارة ٢٠ – ٢٥°م هى الحد الأقصى للإنبات ؛ حيث تدخل البذور فى درجات الحرارة الأعلى من ذلك فى طور سكون ثانوى إن لم تسبق معاملتها بالحرارة المنخفضة (Thompson & Kelly ١٩٥٧) .

إلاّ أن أصناف الخس تختلف فى درجة الحرارة القصوى التى يمكن معها إنبات البذور الحديثة الحصاد ؛ ففى حرارة ٢٥°م تنبت بذور الصنف أيسبرج Iceberg بصورة جيدة ، بينما لا يحدث أى إنبات فى الصنف هوايت بوسطن White Boston . ومع تقدم البذور فى العمر بعد الحصاد يرتفع الحد الأقصى لدرجة الحرارة التى يمكن معها الإنبات . وبعد نحو أربعة أشهر من التخزين الجاف يمكن لبذور الخس أن تنبت بصورة لا بأس بها فى

حرارة ٢٥°م ، ولكن درجات الحرارة الأعلى من ذلك تدفع البذور إلى الدخول فى طور سكون ثانوى .

وقد وجد أن تبادل الحرارة بين الانخفاض والارتفاع ليلاً و نهاراً يساعد على إنبات بذور الخس ؛ ففى حرارة متغيرة ١٥ / ٣٠°م (ليلاً / نهاراً) كانت نسبة الإنبات قريبة من نسبة الإنبات فى درجة حرارة ثابتة مقدارها ٢٠°م . أما الحرارة المتغيرة ٢٠ / ٣٠°م (ليلاً / نهاراً) .. فلم يكن لها تأثير يذكر . وقد ازدادت استجابة البذور للحرارة المتغيرة مع تقدمها فى العمر ، كما اختلفت هذه الاستجابة باختلاف الأصناف (Crocker & Barton ١٩٥٣) .

وتوجد علاقة وثيقة بين الحرارة والضوء فى التأثير على إنبات بذور الخس ؛ فالحرارة المنخفضة تحفز إنبات البذور الحساسة للضوء . وقد أمكن استبدال الاحتياجات الضوئية للبذور بتعريضها لحرارة منخفضة ، ولكنها كانت أقل كفاءة – بكثير – من معاملة التعريض للضوء فى التأثير على كسر حالة السكون .

هذا .. وتؤثر الحرارة المنخفضة من خلال نظام آخر غير نظام صبغة الفيتوكروم ، الذى يعمل عند تعريض البذور للأشعة تحت الحمراء (Devlin ١٩٧٥) .

وكما فى حالة الحساسية للضوء .. فقد أمكن التغلب على حاجة البذور إلى الحرارة المنخفضة – لإخراجها من حالة السكون – ببعض المعاملات الكيميائية ؛ فمثلا .. أدت معاملة بذور الخس الحديثة الحصاد بالثيوريا Thiourea (بتركيز ٥ر٠ ٪) إلى تحفيزها على الإنبات فى درجات الحرارة التى تعد مثبطة للإنبات فى الظروف العادية . كما أدت نفس هذه المعاملة – كذلك – إلى إسراع الإنبات وزيادة نسبته فى درجات الحرارة المرتفعة . ويبقى تأثير الثيوريا فى كسر حالة السكون الحرارى ساريًا حتى لو جففت البذور المعاملة بها قبل استنباتها .

وتزيد فاعلية المعاملة بالثيوريا فى كسر حالة السكون كلما ازدادت البذور عمراً بعد الحصاد ، كما تتباين الأصناف فى مدى استجابتها لمعاملة الثيوريا (Crocker & Barton ١٩٥٣) .

السكون الثانوى

السكون الثانوى Secondary Dormancy هو نوع من أنواع السكون الذى يرجع إلى وجود موانع أيضية للإنبات ، ويحدث عند تعريض البذور غير الساكنة لظروف خاصة تدفعها للدخول فى حالة سكون ؛ فمثلاً .. تدخل بذور الخس غير الساكنة فى حالة سكون ثانوى عند تعريضها – وهى متشربة للماء – لدرجات حرارة مرتفعة فى الظلام ، وهو الأمر الذى يحدث بصورة طبيعية عند محاولة زراعة البذور غير الساكنة فى أشهر الصيف أثناء ارتفاع درجة الحرارة ؛ حيث يكون الإنبات ضعيفاً للغاية فى حرارة ٣٠°م ، ومنعدماً فى حرارة ٣٥°م . وتحدث الظاهرة نفسها أيضاً عند محاولة إنبات بذور الكرفس والشيكوريا فى درجة الحرارة المرتفعة (Hatrmann & Kester ١٩٧٥) .

وقد تبين من إحدى الدراسات أن ٥٠ – ٨٠ ٪ من الاختلافات فى حجم رؤوس الخس فى الحقل ترجع إلى الاختلافات فى موعد إنبات البذور ، الذى يؤدى إلى عدم تجانس النمو النباتى (عن Perkins - Veazie & Cantliffe ١٩٨٤) .

ويمكن التغلب على حالة السكون الثانوى بعدد من المعاملات :

١ – التقاوى فى الثلاجة بين طبقات من القماش المبلل بالماء – لمدة أربعة أيام – إلى التخلص من سكون البذور الحديثة الحصاد ، وإلى تلافى دخول البذور فى سكون ثانوى عند الزراعة ، حتى إذا ارتفعت درجة حرارة التربة إلى ٣٠ – ٣٥°م .

٢ – يمكن تجنب السكون الثانوى فى حرارة ٣٠°م بنقع البذور فى محلول ثيوريا بتركيز ٥ر٠ ٪ ، ويظل تأثير الثيوريا فعالاً حتى مع تجفيف البذور قبل الزراعة .

٣ – وجد أن للإيثيلين ، وثانى أكسيد الكربون ، والجبريللين ، والكاينتين ، والإيثيفون تأثيراً منشطاً فى إنبات بذور الخس فى درجات الحرارة المرتفعة (Sharples ١٩٧٣) . لكن المعاملة بالجبريللين تحل مشكلة السكون الثانوى جزئياً ؛ إذ أدى نقع البذور فى الماء ساعتين ، ثم فى الجبريللين لمدة ساعة إلى إنبات بذور الصنف جراند رابيدز Grand Rapids فى حرارة ٢٥°م ، بينما لم يكن للمعاملة أى تأثير فى حرارة ٣٥°م (& Lewak Khan ١٩٧٧) .

وقد أمكن إنبات بنور الخس فى حرارة ٣٥°م بنقع البذور لمدة ٣ دقائق فى محلول كاينتين Kinetin ، تبركيز ١٠٠ جزء فى المليون (Smith وآخرون ١٩٦٨) .

وفى دراسة أخرى .. وجد أن نقع بذور الخس صنف هلدى Hilde فى الكاينتين (بتركيز ٢ر٣ × ١٠$^{-٥}$ مولاراً) لمدة أربع ساعات ، ثم تجفيفها لمدة ساعة ، أدى إلى رفع درجة الحرارة القصوى للإنبات فى الضوء من ٢٢ر٥ إلى ٣٠ر٥°م ، واستمر ذلك التأثير سارياً حتى بعد ٣٠ أسبوعاً من المعاملة (Gray & Steckel ١٩٧٧) .

كما وجد أيضاً أن نقع بذور الخس صنف فونكس Phoenix لمدة ٣ دقائق فى محلول كاينتين بتركيز ١٠ أجزاء فى المليون ، ثم تجفيفها فى الهواء .. أدى إلى زيادة نسبة إنبات البذور فى كل من درجة الحرارة المرتفعة والضغط الأسموزى المرتفع (& Odegbaro Smith ١٩٦٩) .

كذلك وجد Zeng & Khan (١٩٨٤) أن معاملة بذور الخس من الأصناف : جراند رابيز Grand Rapids ، وميزا ٦٥٩ Mesa 659 قبل الزراعة بأى من منظمات النمو phthalimide ، أو GA_{4+7} مع الكاينتين بمفرده أو مع الإيثيفون .. أدت إلى تقليل الأثر الضار للحرارة المرتفعة (٢٠°م ليلاً لمدة ١٢ ساعة / ٣٠°م نهاراً) على إنبات البذور وظهور البادرات من التربة . وقد أدت المعاملة بـ GA_{4+7} أيضاً إلى إحداث زيادة كبيرة فى طول السويقة الجنينة السفلى ، بالمقارنة بالمعاملة بالـ phthalimide .

كما بين Zeng & Zhu (١٩٩٢) أن معاملة بذور الخس من صنف جراند رابيدز بمركب Phhtalimide AC_{94377} (بتركيز ١ر٠ - ٠ر١ ملى مول لمدة ساعة قبل استنباتها فى الظلام على حرارة ٢٥°م) أعطت ١٠٠٪ إنباتاً ، مقارنة بنحو ١٨٪ إنباتاً فى الكنترول . وقد أحدثت المعاملة نقصاً واضحاً فى تركيز حامض الأبسيسك - الذى يتم تمثيلة أثناء الاستنبات تحت الظروف المثبطة للإنبات - مقارنة بالكنترول .

كما تمكن Sharples (١٩٧٣) من تحفيز بذور الخس من الصنفين GL659 ، و Vanguard إلى الإنبات فى حرارة ٣٠°م بمعاملتها بالإثيفون بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون ، إلاّ أن هذه المعاملة لم تكن فعالة فى حرارة ٣٥°م . وبينما تحسّن إنبات البذور إلى

درجة مقبولة – فى هذه الحرارة المرتفعة – بمعاملتها بالكاينتين بتركيز ١٠ أجزاء فى المليون .. فإن معاملة البذور بالكاينتين والإثيفون مجتمعين أدى إلى حدوث إنبات كامل تحت هذه الظروف .

هذا .. إلاّ أن معاملتى الكاينتين ، والإثيفون كانتا أقل تأثيراً على بذور الصنف Calmar ، الذى يعد أكثر حساسية للحرارة العالية من الصنفين الآخرين .

كذلك وجد أن تعريض بذور الخس لتركيزات مرتفعة من غاز ثانى أكسيد الكربون (٥ر٠ – ٥ر٠ ٪ بدلاً من النسبة العادية ٠٫٠٣ ٪) يزيد من فاعلية الإثيلين فى إنهاء حالة السكون الحرارى (عن Hartmann & Kester ١٩٧٥) .

ووجد – فى صنف الخس Mesa 659 – أن معاملة البذور بكل من الجبريللين ، والكاينتين والإثيلين أعطت أفضل إنبات فى حرارة ٣٥°م . وتبين أنه لكى يكون الجبريللين مؤثراً فى إنهاء السكون الحرارى يتعين توفر حد أدنى من كل من غازى الإثيلين وثانى أكسيد الكربون . أما الكاينتين .. فقد كان مستقلاً فى تأثيره عن أى من الغازين .

ومن المعروف أن الفيوزيكوكسين Fusicoccin – وهو diterpine glucoside – محفز جيد لإنبات البذور فى درجات الحرارة غير المناسبة ، كما أنه يحفز نمو السويقة الجنينية السفلى دون أن تصبح البادرات رهيفة وضعيفة .

وكما سبق بيانه .. فإن كلاً من حامض الجبريلليك والكاينتين يحفز إنبات بذور الخس فى الحرارة العالية ، إلاّ أن الجبريللين يجعل السويقة الجنينية السفلى طويلة والبادرات رهيفة وضعيفة ، بينما يثبط الكاينتين نمو الجذير .

وقد قام Nelsen & Sharples (١٩٨٦) بدراسة تأثير هذه المركبات الثلاثة فى إنبات بذور الخس من صنف إمباير Empire ، على حرارة ٣٣°م لمدة ١٠ ساعات ، بالتبادل مع ٢٣°م لمدة ١٤ ساعة ، ووجدا أن إنبات البذور تحسن كثيراً لدى معاملة البذور بالفيوزيكوكسين بتركيز ٥ر٠ ملى مول . ولم يكن حامض الجيريلليك أى الكاينتين فعالا عند استخدام أى منهما منفردا ، ولكن المعاملة بالفيوزيكوكسين مع أى منهما أحدثت زيادة فى الإنبات عن تلك التى حدثت باستعمال الفيوزيكوكسين منفرداً . إلاّ أن المعاملة بالفيوزيكوكسين – مثلها مثل المعاملة بالكاينتين – أحدثت تثبيطاً لنمو الجذير ، وقد أمكن

التغلب على ذلك باستعمال تركيز ٠٫٠٥ مللى مول بدلا من ٠٫٥ . وبرغم أن إنبات البذور كان بطيئًا فى هذه المعاملة .. إلاّ أن نسبة الإنبات النهائية لم تختلف عما فى حالة المعاملة بتركيز ٠٫٥ مللى مول فى درجات الحرارة العالية .

وتفيد عملية استنبات البذور فى المحاليل المحتوية على واحد أو أكثر من المركبات التى تمنع دخول البذور فى سكون حرارى (ثانوى) – قبل زراعتها فى الحرارة العالية – فى زيادة نسبة إنباتها فى مثل هذه الظروف . وتعرف عملية الاستنبات السابقة للزراعة باسم Seed Priming .

تسمح هذه العملية للبذور بامتصاص الماء ببطء ، وبدء العمليات الحيوية التى تقود إلى الإنبات ، شريطة انتشال البذور من المحاليل التى تنقع فيها قبل بزوغ الجذير منها . ويمكن تأخير بزوغ الجذير ؛ إما باستخدام محاليل ذات ضغط أسموزى عالٍ ، وإما بإجراء عملية النقع فى حرارة منخفضة . هذا .. وتجفف البذور بعد معاملتها – وقبل زراعتها – ثم تزرع بالطرق العادية .

وقد وجد Guedes & Cantliffe (١٩٨٠) أن من الأفضل نقع بذور الخس فى محلول ١٪ فوسفات البوتاسيوم الثلاثى (K_3PO_4) لمدة ٢٠ ساعة فى الظلام على حرارة ١٥°م ، مع استمرار تهوية محلول النقع أثناء المعاملة ؛ حيث أنبتت هذه البذور عندما زرعت – بعد ذلك – فى حرارة ٣٥°م .

وقد أدت إضافة منظم النمو 6 - Benzyladenine (BA) – إلى محلول فوسفات البوتاسيوم الثلاثى – بتركيز ١٠٠ مجم /لتر – إلى إحداث زيادة كبيرة فى نسبة إنبات البذور على حرارة ٣٥°م ؛ حيث ازدادت نسبة الإنبات فى بذور الصنف South Bay من ٢٤ ٪ للبذور التى نقعت فى محلول فوسفات البوتاسيوم بدون BA إلى ٨٦٪ عند إضافة الـ BA . وكانت الزيادة فى الصنف جريت ليكس من ٦٥ ٪ إلى ٩٢ ٪ للمعاملتين على التوالى (Cantliffe ١٩٩١) .

وفى دراسة لاحقة .. وجد Perkins - Veazie & Cantliffe (١٩٨٤) أن بذور الخس لا تستجيب لمعاملة الـ priming ، إلاّ إذا كانت عالية الحيوية . أما البذور القديمة أو التى

تدهورت حيويتها .. فلم تستجب لمعاملة الـ priming عندما استنبتت فى حرارة ٣٥°م بعد ذلك .

ويذكر أن سبب دخول بذور الخس فى حالة سكون ثانوى – عند محاولة إنباتها فى درجات الحرارة المرتفعة – هو أن التنفس يزداد بشدة تحت هذه الظروف ، وتزداد بذلك الحاجة إلى تبادل الغازات ، ولكن غشاء الإندوسبرم endosperm membrane قد يعوق حركة الغازات من البذور وإليها ؛ ومن ثم .. يتسبب فى دخول البذور فى حالة سكون ، إلاَّ أن محاولة استنبات البذور فى درجة حرارة منخفضة تساعد على تمزق هذا الغشاء ، واستكمال المراحل الأولى للإنبات ؛ بحيث يمكن للبذور أن تنبت بسهولة بعد ذلك فى درجات الحرارة المرتفعة .

وقد حصل Guedes وآخرون (١٩٨١) على نتائج تؤيد هذه النظرية ، عندما قاموا بنقع البذور أولاً لفترة محدودة فى حرارة معتدلة ، وإثبات أن التمزقات التى تحدث فى غشاء الإندوسبرم آنذاك لها علاقة أكيدة بإمكان إنبات البذور فى حرارة مرتفعة بعد ذلك . وقد عامل الباحثون بذور الخس من صنف مينيتو Minetto بالنقع فى الماء فى حرارة ٢٠°م ، أو فى محلول فوسفات البوتاسيوم فى حرارة ١٥°م لفترات مختلفة ، وبعد تجفيف البذور قاموا باستنباتها فى حرارة ٣٠°م ، وكانت نتائج دراساتهم كالتالى :

١ – لم يكن للنقع فى الماء – لمدة ٦ ساعات – تأثير فى إنبات البذور فى درجات الحرارة المرتفعة ، ولكن فاعلية معاملة النقع فى الماء ازدادت مع زيادة مدة المعاملة . وحدث أحسن إنبات فى حرارة ٣٥°م ، عندما كان النقع فى الماء لمدة ١٦ ساعة .

٢ – كان النقع فى محلول ١ ٪ فوسفات البوتاسيوم أكثر فاعلية فى التأثير على الإنبات فى حرارة ٣٥°م . وحدث أحسن إنبات عندما كانت فترة النقع ٩ ساعات ، وكانت فترات النقع الأقل من ذلك أقل فاعلية .

٣ – عند النقع فى محلول ١٪ فوسفات البوتاسيوم لم يظهر أى تمزق بغشاء الإندوسبرم فى فترات النقع القصيرة ، ولكن بعد ٩ ساعات من النقع ظهر التمزق ، وازداد ظهوره – تدريجيا – مع زيادة فترة المعاملة ، حتى كان واضحا تماما بعد ٢١ ساعة .

وقد وجد Dunlap وآخرون (١٩٩٠) أن حساسية صنفين من الخس للحرارة العالية نقصت (ازداد تحملهما للحرارة العالية) عندما أزيل الغلاف البذرى عن جنين البذرة .

هـذا .. إلاّ أن Small & Gutterman (١٩٩١) توصلا إلى أن السكون الحرارى الثانوى يحدث نتيجة لتمثيل مثبطات للإنبات أثناء محاولة استنبات البذور فى درجات الحرارة العالية ؛ فقد وجد الباحثان أن غسيل بذور الخس جراند رابيدز (التى جرت محاولة استنباتها على حرارة ٣٨°م) بالماء أكسبها قدرة قليلة على الإنبات ، ولكن استمرار تعريضها للغسيل بالماء المقطر أثناء محاولة استنباتها فى الحرارة العالية منع – تقريبا – دخولها فى سكون حرارى ؛ إذ إن هذه البذور لم تتطلب سوى التعريض للضوء لكى تنبت فى الحرارة المعتدلة ، كما أنبتت فى الظلام عندما عوملت بحامض الجيبرلليك . كذلك وجد أن الماء الذى نقعت فيه البذور فى الحرارة العالية (وهى البذور التى دخلت فى سكون ثانوى) منع إنبات بذور الخس غير الساكنة .

دور منظمات النمو فى التغلب على السكون

سبقت الإشارة إلى تأثير عديد من منظمات النمو فى سكون البذور . ويمكن إيجاز هذا الموضوع فى أنه توجد علاقة قوية بين إنبات البذور وأربع مجاميع من منظمات النمو ؛ هى :

١ – الجبريللينات :

وهى أكثر منظمات النمو تأثيراً فى إنبات البذور ؛ فمثلاً .. وجد فى بذور الشعير أن امتصاص البذور غير الساكنة quiescent للماء يؤدى إلى ظهور الجبريللين فى الجنين ، ثم انتقاله إلى طبقة الأليرون (وهى طبقة مكونة من ٣ – ٤ خلايا تحيط بالإندوسبرم) ؛ حيث يؤدى إلى تكوين إنزيم ألفا أميليز alpha amylase . الذى ينتقل إلى الإندوسبرم ؛ حيث يساعد على تحول النشا إلى سكر ، الذى ينتقل بدوره إلى أماكن نمو الجنين لإمداده بالطاقة اللازمة للنمو . كما يعمل الجبريللين على إنتاج – أو تنشيط إنتاج – إنزيمات أخرى فى بذور الشعير .

٢ – حامض الأبسيسك :

يمكن لهذا الهرمون الطبيعى وقف تأثير الجبريللين المحفز للإنبات . وتدل الدراسات التى

أجريت على بذور الشعير أن حامض الأبسيسك يوقف تأثير الجبريللين المحفز لإنتاج إنزيم ألفا أميليز ؛ بمنعه من تمثيل الريبونيوكليك أسيد (RNA) .

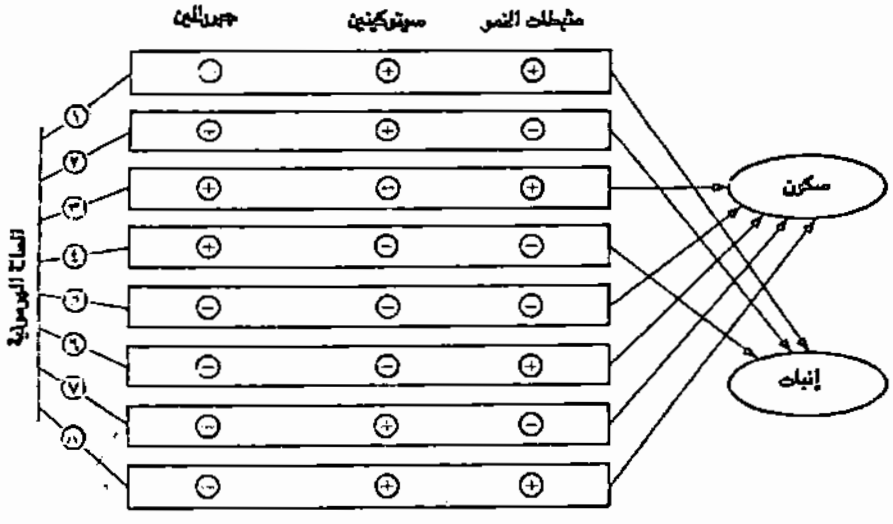
٣ – السيتوكينينات :

تتحكم السيتوكينينات فى إنبات البذور (ربما على مستوى تمثيل البروتين) . وفى بعض النباتات يمكن للسيتوكينينات التغلب على تأثير حامض الأبسيسك المثبط لفعل الجبريللين .

٤ – الإيثيلين :

وجد أن للإيثيلين علاقة بإنبات البذور فى بعض النباتات .

ويعتقد معظم علماء فسيولوجيا النبات أن الإنبات يتوقف على وجود توازن ديناميكى بين منظمات النمو المشجعة والمثبطة للإنبات بالبذور . وتعتبر الجبريللينات من أكثر مشجعات الإنبات ، كما يعد حامض الأبسيسك من أكثر مثبطات الإنبات تأثيراً . وتبعاً لشكل (١٣–١) فإن الإنبات لا يحدث إلاّ فى وجود الجبريللين . وعند وجود مثبط للإنبات .. فإنه يمنع فعل الجبريللين ولا يحدث إنبات (الحالة رقم ٣) ، لكن إضافة السيتوكينين توقف فعل المثبط ، وتسمح بالإنبات (الحالة رقم ١) .



شكل (١٣–١) : تأثير المجاميع المختلفة لمنظمات النمو فى إنبات البذور .

هذا .. ولا تنتب بنور الخس من صنف جراند رابيدز Grand Rapids فى الظلام ، ولكن الإنبات يحدث عند معاملة البنور بالجبريللين . وتؤدى إضافة حامض الأبسيسك إلى الجبريللين إلى وقف تأثير الجبريللين . كما تؤدى إضافة الكينتين إلى وقف فعل حامض الأبسيسك جزئياً ، إلاّ أنه لا يزيد من فعل الجبريللين كما فى شكل (١٣- ٢) . كما يحدث إنبات كامل لبنور نفس الصنف فى الضوء ، ولكن حامض الأبسيسك يمنع هذا الإنبات فى الضوء . وتتناسب شدة التأثير فى الإنبات مع تركيز الحامض . ويتحسن الإنبات جزئيًا عند إضافة الكينتين (شكل ١٣ - ٣) (عن Hartmann & Kester ١٩٧٥) .

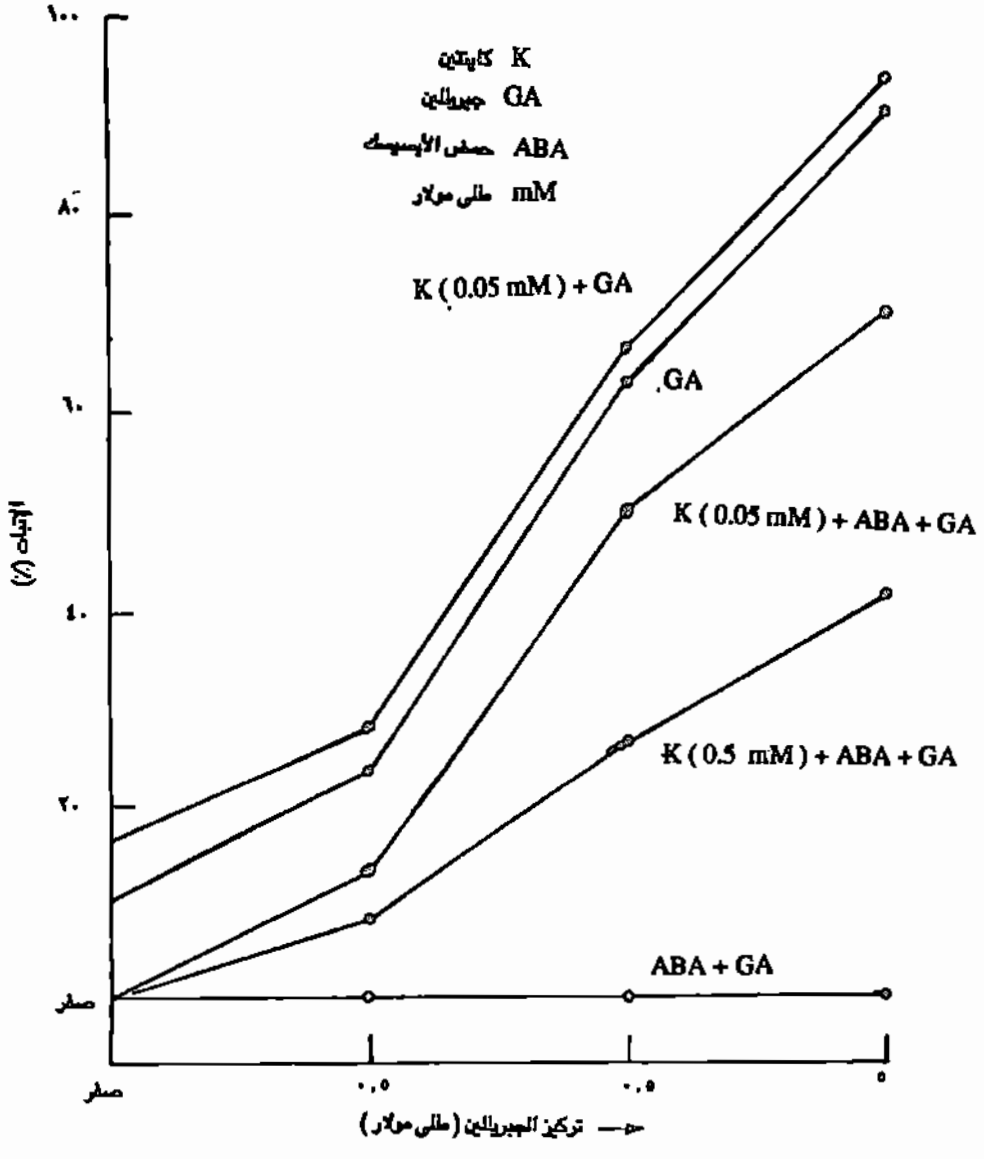
تأثير المعاملة بالتيار الكهربائى فى سكون البذور وإنباتها

وجد أن معاملة البنور بالتيار الكهربائى تؤدى إلى زيادة نسبة إنباتها ، مع زيادة نمو النباتات الناتجة منها والتبكير فى إثمارها ، وزيادة محصولها . وأوضحت الدراسات أن هذه المعاملة (التعرض لتيار كهربائى يبلغ تردده ٤٤ M Hz) تُحدث زيادة كبيرة فى نسبة إنبات بنور الجزر ، والبصل ، والبنجر ، والخس ، والطماطم . وأمكن زيادة الإنبات فى لوطات من بنور البسلة والبرسيم الحجازى تحتوى على نسبة عالية من البذور الصلدة ؛ بتعريضها لتيار كهربائى ذى تردد ١٠ M Hz .

كذلك أحدثت المعاملة بـ ٢٧ M Hz زيادة كبيرة فى نسبة إنبات بنور البرسيم الحجازى بإنقاصها لنسبة البذور الصلدة ؛ حيث أدت المعاملة إلى زيادة قدرة البذور على امتصاص الرطوبة ، وظل تأثير المعاملة فعّالاً لمدة ٤ سنوات بعد إجرائها .

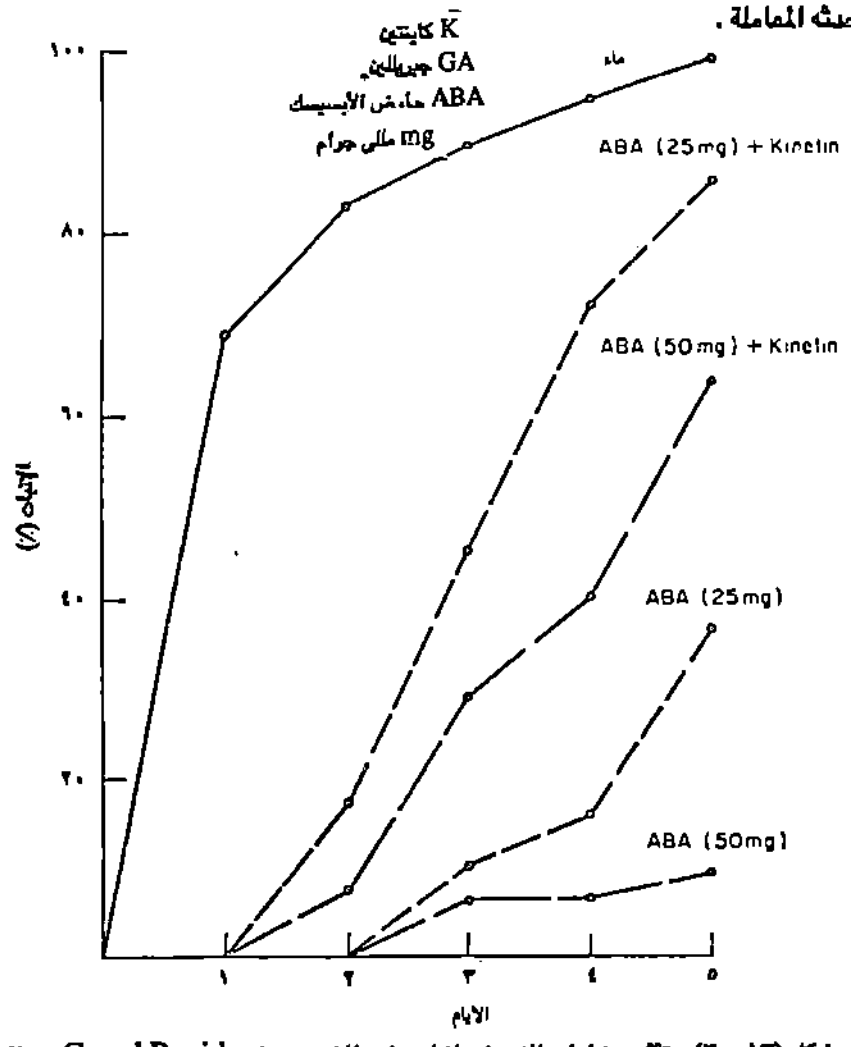
وقد لوحظ من الدراسات التى أجريت على بنور البرسيم الحجازى أن البذور الجافة تتحمل ارتفاع درجة الحرارة الذى ينشأ عن المعاملة بدرجة أكبر من البذور الرطبة . كما أن التغلب على مشكلة البذور الصلدة يزداد عند إجراء المعاملة على البذور الجافة مقارنة بالبذور الرطبة .

وقد عَرَض Nelson وآخرون (١٩٧٠) بنور فاصوليا ، وكرنب ، وقاوون ، وخيار، وخس ، ـ مية ، وبصل ، وبسلة ، وفلفل ، وسبانخ ، وطماطم لتيار كهربائى بلغ تردده ٤٠ M Hz ، ـجدوا أن نسبة الإنبات ازدادت جوهريا فى كل من الفاصوليا ، والبامية ، والبسلة ،



شكل (١٣ – ٢) : تأثير منظمات النمو فى إنبات بذور الخس صنف Grand Rapids فى الظلام .

نتيجة تقليل المعاملة لنسبة البذور الصلدة في هذه المحاصيل . كما أسرعت المعاملة من الإنبات في بذور الطماطم والسبانخ ، وأرجع ذلك إلى الارتفاع في درجة حرارة البذور الذي تحدثه المعاملة .



شكل (١٣ – ٣) : تأثير منظمات النمو في إنبات بذور الخس صنف Grand Rapids في الضوء .

تتم معاملة البذور بوضعها بين لطبين موصلين لتيار كهربائي . وتتراوح – حادة – درجة تردد الحقل الكهربائي من ١ – ١٠٠ M Hz (ميجاهيرتز ، أي ميجاسيكلز/ ثانية) . عندما يكون التيار الكهربائي بقوة كيلو فولت واحد / سم ، أو أكثر من ذلك ، والتردد في هذا المدى .. فإن البذور تمتص الطاقة من الحقل الكهربائي .

وتقدر كمية الطاقة الممتصة – كمياً – بالمعادلة التالية :

$$P = 0.556\ f\ E^2E''$$

حيث إن :

P = عدد الـ Watts / سم٣ .

f = التردد بالميجاهيرتز M Hz .

E = شدة التيار الكهربائى بالكيلوفولت / سم .

E" = الـ diaelectric loss factor للمادة المعاملة وهى البنور ، ويمكن التعرف على قيمتها لأنواع عديدة من البنور فى مستويات رطوبية مختلفة ، وعلى درجات تردد مختلفة ؛ وذلك بالرجوع إلى Nelson (١٩٥٥) ، الذى يعطى – أيضاً – طريقة تقدير هذا المعامل (الثابت) للبنور بصورة عامة .

ويعد ارتفاع درجة الحرارة المظهر الوحيد لامتصاص الطاقة فى البنور . وفى حالة عدم تبخر الرطوبة من البنور – مع إهمال الفقد فى الحرارة الممتصة إلى الهواء المحيط بها بالإشعاع – فإن الارتفاع فى حرارة البنور بالدرجات المئوية / ثانية يقدر بالمعادلة التالية :

$$\frac{dT}{dt} = \frac{0.239P}{cp}$$

حيث إن :

T = درجات الحرارة (°م) .

P = عدد الـ Watts / سم٣ .

c = الحرارة النوعية .

p = الكثافة بالجرام / سم٣ .

وتقدر كثافة الحقل المعامل (البنور) بالمعادلة التالية :

$$E = V / (d_1 + d_2)\frac{E_1}{E_2}$$

حيث إن :

V هى الـ RF electrode voltage بين القطبين المتصلين بقمة وقاعدة صندوق البذور، الذى يكون مصنوعاً من البوليسترين .

d_1 = سمك طبقة البذور فى الصندوق الذى يكون ممتلئاً تماماً بالبذور وعموديًا على محور القطبين plane of electrodes .

d_2 = سمك غطاء وقاع الصندوق معاً .

E_1 ، و E_2 هى relative diaelectric constants لكل من البذور والبوليسترين ، علماً بأن E_2 = ٢ر٤ (عن Nelson ١٩٧٠) .

أمثلة لبعض حالات سكون البذور فى محاصيل الخضر

سبق تناول موضوع السكون فى بذور الخس بشئ من التفصيل . ونقدم – فيما يلى – شرحاً لحالة السكون فى بعض محاصيل الخضر الأخرى .

الفاصوليا

يرجع السكون فى بذور الفاصوليا – إن وجد – إلى صلابة قصرة البذرة ، وعدم نفاذيتها للماء ، وهى الحالة التى تعرف باسم hard seed coats ، أو اختصاراً بالبذور الصلدة hard seeds . وبرغم أن هذه الظاهرة شائعة فى السلالات البرية من الفاصوليا إلاّ أنها نادرة فى الأصناف التجارية . ومن الأصناف التجارية التى وجدت بها هذه الحالة كل من : Top Notch ، و Golden Wax ، و Blue Lake ، و Green Savage ، و White Seeded Kentucky Wonder .

ومن المعروف جيداً أن بذور الفاصوليا تصبح صلدة إذا انخفضت نسبة الرطوبة فيها إلى أقل من ٨ ٪ ؛ فمثلاً .. وجد أن تخزين البذور فى حرارة ٢١°م ورطوبة نسبية ٢٠ ٪ – إلى أن وصلت رطوبتها إلى ٧ر٩ ٪ – جعلها صلدة ، كما أن تجفيف بذور الصنف White Seeded Kentucky Wonder فوق كلوريد الكالسيوم – لمدة ٦٠ يوماً فى جو رطوبته النسبية ١٠ ٪ – أدى إلى زيادة نسبة البذور الصلدة من ٥ر٣٣ ٪ إلى ٤ر٧٤ ٪ . علماً بأن نسبة الرطوبة فى البذور كانت ٨ر٣ ٪ عند بداية التجفيف . ويمكن تصحيح الوضع بالنسبة

لهذه البذور بتخزينها – لمدة تتراوح من أسبوع إلى أسبوعين قبل الزراعة – فى حرارة ٢١°م ، مع رطوبة نسبية مقدارها ٦٠ ٪ (Justice & Bass ١٩٧٩ ، Dickson & Boettger ١٩٨٢) .

وتفيد هذه المعاملة فى تحسين إنبات البذور فى الجو البارد ؛ فقد وجد لدى زراعة بذور تجارية تراوحت نسبة الرطوبة فيها من ٧ر٧ إلى ٧ر١٣ ٪ – فى أرض باردة – أن أفضل إنبات كان عند زيادة نسبة الرطوبة فى البذور على ١٢ ٪ . ولكن ذلك ربما لا يتحقق إذا كانت الزراعة فى تربة جافة ؛ نظراً لأن البذور الرطبة تفقد جزءاً من رطوبتها بسرعة كبيرة بعد الزراعة فى مثل هذه الظروف (Roos & Manalo ١٩٧٦) .

الفلفل

من المعروف أن بذور الفلفل تعد من البذور البطيئة الإنبات نسبياً ، كما أن نسبة إنباتها تكون منخفضة أيضا بدرجة ملحوظة عن بقية الخضروات ؛ الأمر الذى استدعى تخفيض الحد الأدنى لنسبة الإنبات المسموح بها لاعتماد بذور الفلفل .

وقد أمكن تحسين إنبات بذور الفلفل بإجراء معاملات خاصة على البذور ؛ فقد تمكن Fieldhouse & Sasser (١٩٧٥) من إسراع إنبات بذور الصنف كاليفورنيا وندر ، وزيادة قوة نمو البادرات بمعاملة البذور قبل الزراعة بمحلول هيبوكلوريت الصوديوم بتركيز ١ ٪ .

كذلك وجد Sach وآخرون (١٩٨٠) أن نقع بذور الفلفل فى الماء ، فى حرارة ٣٠°م لمدة ٤٨ ساعة ، أو فى محلول نترات البوتاسيوم لمدة ٦ ، أو ٨ أيام – مع تهوية المحلول بتيار مستمر من الهواء – أدى إلى تحسين الإنبات بعد ذلك على حرارة ١٥°م ، عندما زرعت البذور بعد انتهاء المعاملة مباشرة ، بينما أدى تجفيف البذور قبل زراعتها إلى تأخير الإنبات .

وقد وجد الباحثون أن إنبات بذور الفلفل فى درجات الحرارة المنخفضة لم يتأثر بأى من العوامل ، أو المعاملات التالية : حجم البذرة ، ونقع البذور فى الماء على حرارة ١٥°، أو ٢٥°م ، ونقع البذور لفترات قصيرة فى المذيبات العضوية أو فى الأحماض الدهنية المشبعة أو غير المشبعة .

كما تمكن Radwan وآخرون (١٩٨١) من تحسين نسبة الإنبات فى بذور الفلفل ؛ وذلك بنقع البذور لمدة ١٢ ساعة فى أحد المحاليل التالية : نترات البوتاسيوم ٠٫١ ٪ – ٠٫٥ ٪ ، وكبريتات الأمونيوم ٠٫١ ٪ – ١٫٠ ٪ ، وكبريتات النحاس ٠٫١ ٪ ، وكبريتات المنجنيز ٠٫٥ ٪ ، وكبريتات الزنك ٠٫٥ ٪ ، وحامض الجبريلليك ١٥٠ جزءاً فى المليون ، وحامض النفثالين أستيك ١٥٠ جزءاً فى المليون .

وقد أفادت هذه المعاملات فى تحسين الإنبات فى البذور المتوسطة فى نسبة الإنبات ، ولكنها لم تكن فعالة مع البذور المنخفضة جداً فى نسبة الإنبات ، أو البذور العالية الحيوية . ولتعرف التغيرات الكيميائية التى تحدث فى بذور الفلفل مع تقدمها فى العمر – مع التغيرات فى نسبة إنباتها – يراجع Ismail (١٩٨١) .

وقد وجد McGrady & Cotter (١٩٨٧) أن استنبات البذور فى الماء ، أو فى محلول مخفف من ($Na\ H_2PO_4$) K لمدة أربعة أيام (مع تغيير المحلول يومياً) ، ثم زراعتها بالطريقة السائلة fluid drilling ، وهى مخلوطة فى مادة غروانية (gel) خاصة (مثل Laponite 509 أو Vitterra II Hydrogel بتركيز ٢ ٪) أدى إلى تبكير الإنبات ، والنمو النباتى ، والإزهار . كما أدت إضافة الفوسفور إلى المحاليل التى نقعت فيها البذور إلى تحسين الإنبات ، ونمو البادرات ، إلا أنها أنقصت محصول الثمار .

هذا .. وتزداد مشكلة إنبات البذور حدة فى الأصناف التابعة للأنواع الأخرى غير النوع Capsicum ؛ ففى دراسة أجريت على ١٩ صنفاً تمثل أربعة أنواع من الجنس Capsicum .. تراوح عدد الأيام حتى إنبات ٥٠ ٪ من البذور من ١٤ – ٢٣ يوماً . وتتضح مشكلة إنبات البذور بوجه خاص فى الصنف تاباسكو Tabasco الذى يتبع النوع C.frutescens ؛ حيث يستغرق إنباته من ١٠ – ١٤ يوماً فى الظروف المثلى للإنبات ، ولاتزيد نسبة إنباته غالباً على ٦٠٪ . وقد تبيّن وجود ظاهرة بعد النضج After Ripening فى بذور بعض أنواع الجنس Capsicum ؛ حيث تستكمل البذور نضجها الفسيولوجى ، ويتحسن إنباتها بعد فترة من التخزين الجاف بعد استخلاص البذور . وتتوقف هذه الفترة على النوع ، والصنف ، ودرجة حرارة التخزين . وكانت الفترة المثلى للصنف تاباسكو ٢١ يوماً على حرارة ٢٥°م (Edwards & Sundstrom ١٩٨٧) .

الكرفس

تنخفض نسبة الإنبات فى بذور الكرفس – عادة – عن كثير من الخضر الأخرى ؛ ويرجع ذلك إلى الأسباب التالية :

١ – وجود بذور طبيعية المظهر ، ولكنها خالية من الأجنة ؛ بسبب تغذية حشرة الليجس Lygus bug على الأجنة أثناء تكوينها . كما توجد أدلة على أن الحشرة تفرز مواد سامة للجنين أثناء تغذيتها .

٢ – فشل أجنة بعض البذور فى أن تنمو بصورة كاملة .

٣ – مرور بذور الرفس بحالة سكون ، يتأثر خلالها الإنبات بكل من الضوء ودرجة الحرارة .

فقد وجد أن المجال الحرارى الملائم لإنبات بذور خمسة أصناف من الكرفس فى الضوء يتراوح من ١٠ – ١٥°م ، بينما تراوحت درجة الحرارة العظمى للإنبات من ٢٠ – ٣٠°م . وأدى تبادل درجات الحرارة (فيما بين ١٢° – ١٥°م ليلاً ، و ٢٢° – ٢٥°م نهاراً) إلى زيادة نسبة الإنبات إلى ٨٠ ٪ على الأقل .

كما وجد أن سكون البذور يتأثر بكل من الضوء الأحمر والأشعة تحت الحمراء ، وتتأثر الحاجة إلى الضوء بدرجة الحرارة ، وتختلف باختلاف الأصناف ؛ فقد أنبتت بذور خمسة أصناف من الكرفس – بنسب متفاوتة – فى الظلام فى حرارة ١٥°م . ولم يحدث إنبات إلاّ فى صنفين فقط – فى الظلام – مع حرارة ١٨°م ، بينما فشلت بذور الأصناف الخمسة فى الإنبات فى الظلام فى حرارة ٢٢°م . وعلى العكس من ذلك .. فقد أنبتت بذور جميع الأصناف بصورة طبيعية فى حرارة ٢٢°م فى الضوء . وكان الصنف لاثوم بلانشنج Lathom Blanching أكثرها تأثراً بالظلام والحرارة المرتفعة ، بينما كان الصنف فلوريدا ٦٨٣ Florida 683 أقلها تأثراً .

وقد أمكن التغلب على حاجة البذور إلى الضوء بمعاملتها بخليط من الجبريللينات $GA_{4/7}$ ، وكان التركيز المناسب للمعاملة مرتبطاً – سلبياً – بدرجة الحرارة اللازمة لتثبيط الإنبات . كما وجد أن بعض السيتوكينينات (مثل : الكينتين Kinetin ، وبنزيل أدينين N6-benzyladenine) تزيد من فاعلية الجبريللين (Ryder ١٩٧٩) .

الطرطوفة

تعد الطرطوفة Jerusalem Artichoke (Helianthus tuberosus) من محاصيل الخضر التى تتكاثر تجاريًا بالدرنات ، ولكن جرت حديثاً - فى كوريًا - محاولات لإنتاج أصناف منها تكثر جنسيًا بالبذور . ويعد التباين فى النمو النباتى (الذى يحدث بسبب الانعزالات الوراثية عند اللجوء إلى الكاثر الجنسى) ، وسكون البذور أكبر مشكلتين تواجهان الزراعة بالبذور .

وقد تراوحت نسبة الإنبات فى خمس عشائر بذرية من الطرطوفة من ٤ر٢ ٪ إلى ٧ر١٤ ٪ . وقد كانت نسبة الإنبات قريبة من الصفر فى البذور التى خزنت لمدة ثلاثة شهور بعد الحصاد على درجة حرارة الغرفة ، ولم يتحسن إنباتها بأى من المعاملات الحرارية ، أو الجبريللين ، أو التعريض للضوء . ولكن نسبة الإنبات ارتفعت إلى ٥ر٤٧ ٪ بعد التخزين لمدة ٢٧ شهراً على حرارة الغرفة .

وأدت إزالة الغلاف البذرى أو ثقبه إلى كسر حالة السكون ؛ حيث ازدادت نسبة الإنبات إلى ٨ر٨٦ ، و ٣ر٨٢ ٪ فى المعاملتين على التوالى . كما أدت معاملة تنضيد البذور الكاملة على حرارة ٥ر٢°م لمدة ٧٠ يوماً إلى زيادة نسبة إنباتها إلى أكثر من ٨٥٪ (Lim & Lee ١٩٨٩) .

وللتعمق فى دراسة موضوع فسيولوجيا وإنبات البذور .. يوصى بمراجعة كل من Crocker & Barton (١٩٥٣) ، و Pollock & Toole (١٩٦١) ، و Villiers (١٩٧٢) ، و Mayer & Poljakoff - Mayber (١٩٨٢) ، و Bewley & Black (١٩٨٢) .

وبخصوص إنبات البذور فى الظروف البيئية القاسية .. يراجع Amer. Soc. Hort. Sci . (١٩٨٦) بصورة عامة ، و Herner (١٩٨٦) فيما يتعلق بالإنبات فى الحرارة العالية ، و Norton (١٩٨٦) فيما يتعلق بالإنبات فى الأراضى الفقة .