الفصل السابع والعشرون

سكون وحيوية البذور

نتناول بالدراسة فى هذا الفصل موضوعى سكون وحيوية البذور بالقدر الذى يحتاجه منتج الخضر ، وبما لا يخرج عن أهداف هذا الكتاب أما الدراسة المستفيضة فى هذا المجال ، فإنها تدخل ضمن علم البذور Seed Science ، وهو علم يهم منتج بذور الخضر بالدرجة الأولى .

٢٧ - ١ : سكون البذور

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 ولو توفرت لها الظروف الخارجية المناسبة للإنبات . هذا .. إلّا أن الكثيرين يستخدمون لفظ السكون للدلالة على الحالات التى جرى العرف على تسميتها بطور الراحة ، وهو الأمر الذى سيتبع فى هذا الكتاب . وبناء على ما تقدم .. فإنه يمكن تقسيم حالات سكون البذور إلى ما 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 ، Villiers ١٩٧٢) .

ويطلق Hartmann & Kester (١٩٧٥) 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 .

٢٧ - ١ - ١ : السكون المتسبب عن المقاومة الميكانيكية لأغلفة البذرة

عدم نفاذية البذرة للغازات

تكون أغلفة بعض البذور منفذة للماء ، ولكنها غير منفذة للغازات ، وبذلك فإنها تظل ساكنة فمثلًا .. بذور الصليبيات التابعة للجنس **Brassica** لا تكون قادرة على الإنبات إذا حصدت وهى ما زالت خضراء بسبب عدم نفاذية أغلفة البذور للماء وهى فى هذه المرحلة من النضج ، ولكن يختفى هذا العائق للإنبات تدريجيًّا 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 لوجود النقير بالغشاء الخارجى . هذا .. ويكون الغشاء الداخلى أقل نفاذية للغازات فى البذور الرطبة نسبيًّا ، ولكن مع نضج البذور وجفافها تزداد نفاذيته تدريجيًّا .

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 . وتنتشر هذه الظاهرة فى العائلات البقولية ، والخبازية ، والزنبقية ، والعليقية .

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 التالية ، أو التى تعرف بمعاملات الخدش Scarification :

١ – يعمل ثقب فى البذرة ، كما فى البطاطا .

٢ – حك البذور على ورق السنفرة أو حجر الكاربورندم .

٣ – تحطيم أو تجريح أغلفة البذور آليًّا .

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 جيدًا بالماء بعد انتهاء فترة النقع مباشرة للتخلص من الحامض .

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

٢٧ – ١ – ٢ : السكون المتسبب عن عدم اكتمال نمو الجنين أو أحد أجزائه

الأجنة الأثرية

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 ، وبالتالى 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 ، إلّا أنه لم يكتمل النضج من الناحية الفسيولوجية . وتلاحظ هذه الظاهرة فى بذور الخس وبعض الفواكه ، وتتم معالجتها بتخزين البذور لفترة بعض الحصاد ، إما تخزينًا جافًا ، أو 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 من صفر إلى ٥°م . وتختلف الفترة اللازمة لكسر السكون حسب المحصول والظروف المحيطة . ويكتمل النضج الفسيولوجى لأجنة البذور عادة فى 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 ، مرسى ، وعبد الجواد ١٩٦٤ ، Devlin ١٩٧٥) .

٢٧ – ١ – ٣ : السكون المتسبب عن وجود مواد مانعة للإنبات فى البذور ، أو فى الأنسجة الثمرية المحيطة بها

المواد المانعة للإنبات كثيرة جدًّا ، وتوجد فى العديد 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 أو عصير الثمار ، 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 تدريجيًا 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 العديد من النباتات ما يلى :

Coumarin, dehydracetic acid, pthalides, parasorbic acid, ferulic acid, abscisin.

فمثلًا 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 الجذر 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 بداخل 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 (Huang & Yamaguchi ١٩٧١) . هذا .. وتنبت البذور داخل الثمار الناضجة فى بعض السلالات ، مثل : XP 615 ، و XP 616 لعدم توفر التركيز الكافى من المواد المثبطة للإنبات فى ثمار هذه الأصناف ، وتلك صفة غير مرغوبة فى أصناف الطماطم التجارية .

٢٧ – ١ – ٤ : السكون المتسبب عن وجود موانع بنائية (أى فى الميتابوليزم)

يعود السكون فى هذه الحالة إلى وجود موانع فى الميتابولزم Metabolic Blocks تمنع الإنبات ، ولا يمكن التخلص منها إلا بمعاملات خاصة ، كتعريض البذور للضوء أو الحرارة المنخفضة وهى متشربة بالماء ، أو بواسطة المعاملة ببعض المركبات الكيميائية . وتؤدى هذه المعاملات إلى إحداث تغيرات فى مسارات الميتابولزم تقود فى النهاية إلى إنبات البذور . وتعتبر بذور الخس من أبرز الأمثلة لهذه الحالة من السكون .

ويمكن تلخيص خصائص السكون فى بذور الخس فى النقاط التالية :

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

٢ – تختلف أصناف الخس فيما يلى :

(أ) شدة سكون بذورها بعد الحصاد .

(ب) طول المدة التى يلزم مرورها بعد الحصاد ، حتى تنتهى حالة السكون . فتتراوح فترة السكون من أسابيع قليلة إلى شهور ، وربما سنة أو أكثر فى الأصناف المختلفة . ويظهر السكون بوضوح ولفترة طويلة فى صنفى الخس جراند رابيدز Grand Rapids ، وهبّارد ماركت Hubbard Market .

٣ – بذور الخس غير الساكنة (أو التى انتهت فترة بعد النضج after ripening بها) يمكن أن تدخل فى طور سكون ثانوى secondary dormancy فى 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 اختلافًا كبيرًا فى درجة الحرارة القصوى التى يمكن أن يحدث عندها إنبات دون أن تدخل البذور فى طور سكون ثانوى . فباختبار ٢٢ صنفًا من الخس وجد أن درجة الحرارة المثلى للإنبات تراوحت من ١٥ – ٢٢°م ، ولكن درجة الحرارة العظمى تراوحت من ٢٥,٧°م فى الصنف هلدى Hilde إلى ٣٢,٨°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 مطلقًا ، 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 للضوء ، حتى يمكنها الإنبات . فبذور الخس صنف Hubbard Market لا تنبت مطلقًا فى الظلام لمدة أسبوعين بعد الحصاد . وترتفع نسبة إنبات البذور فى الظلام بصورة تدريجية مع التخزين الجاف ، ولكنها تظل منخفضة حتى بعد ١,٥ سنة من التخزين الجاف ، إذ تبلغ نسبة الإنبات حينئذ فى الظلام نحو ٥٠٪ ، ولكن هذه البذور تعطى إنباتًا كاملًا إذ 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 .

هذا .. ويمكن أن تحل المعاملة ببعض المركبات الكيميائية محل الاحتياجات الضوئية ، وتحدث نفس التأثير الذى يحدثه التعريض للضوء . فقد لوحظ أن الثيوريا Thiourea ($(NH_2)_2CS$) تحل محل الاحتياجات الضوئية فى الخس ، ثم لوحظت نفس الظاهرة فى عدد من المحاصيل الأخرى .

ويختلف التركيز المناسب للثيوريا من ٠,٠٥ – ٣٪ . 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 راجعًا 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 عن بذور الخس والفاصوليا وغيرهما ، مما يدل على أن له دورًا فى الإنبات فى الطبيعة . كذلك يُحسن إندول حامض الخليك IAA من إنبات بذور الخس فى الظلام ، ولكن تأثيره لا يكون واضحًا إلّا عندما تكون نسبة الإنبات فى الظلام فى البذور غير المعاملة منخفضة بدرجة كبيرة . أما لو كانت نسبة الإنبات متوسطة الارتفاع أصلًا ، 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 عاملًا مساعدًا على الإنبات فى الظلام ، ولكنه لا يحل محل الاحتياجات الضوئية كلية .

ويمكن زيادة فاعلية المعاملة بالكينتين بنقع البذور فى الأسيتون ، أو فى الـ dichloromethan أولًا ، 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 .

دور الحرارة المنخفضة فى التغلب على السكون :

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

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

ورغم أن استنبات بذور الخس غير الساكنة فى حرارة مرتفعة (٢٥°م أو أعلى) يؤدى إلى دخول البذور فى طور سكون ثانوى secondary dormancy ، إلّا أن هذا السكون الثانوى يمكن تجنبه بتعريض

البذور المتشربة بالماء 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 ولو ارتفعت حرارة التربة إلى ٣٠ – ٣٥°م بعد الزراعة . وعمليًّا .. تتم هذه المعاملة بحفظ التقاوى 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 يسبق معاملتها بالحرارة المنخفضة (Thompson & Kelly ١٩٥٧) ، إلّا أن أصناف الخس تختلف فى درجة الحرارة القصوى التى يمكن معها إنبات البذور الحديثة الحصاد ففى درجة 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 ليلًا ونهارًا يساعد على إنبات بذور الخس . ففى حرارة متغيرة ١٥/٣٠°م (ليلًا/نهارًا) كانت نسبة الإنبات قريبة من نسبة الإنبات فى درجة حرارة ثابتة مقدارها ٢٠°م . أما الحرارة المتغيرة ٢٠/٣٠م (ليلًا/نهارًا) فلم يكن لها تأثير يذكر . وقد ازدادت استجابة البذور للحرارة المتغيرة مع تقدمها فى العمر ، كما اختلفت هذه الاستجابة باختلاف الأصناف (Crocker & Barton ١٩٥٣) .

السكون الثانوى Secondary dormancy

السكون الثانوى هو نوع من أنواع السكون الذى يرجع إلى وجود موانع بنائية للإنبات ، ويحدث عند تعريض البذور غير الساكنة لظروف خاصة تدفعها للدخول فى حالة سكون . فمثلًا تدخل بذور الخس غير الساكنة فى حالة سكون ثانوى عند تعريضها وهى متشربة بالماء 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 ضعيفًا للغاية فى حرارة ٣٠°م ، ومنعدمًا فى حرارة ٣٥°م . وتحدث نفس الظاهرة أيضًا عند محاولة إنبات بذور الكرفس والشيكوريا فى درجات الحرارة المرتفعة (Hartmann & Kester ١٩٧٥) .

ويمكن التغلب على حالة السكون الثانوى بعدد من المعاملات :

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

٢ – كما يمكن تجنب السكون الثانوى فى حرارة ٣٠°م بنقع البذور فى محلول ثيوريا بتركيز ٠,٥٪ ، ويظل تأثير الثيوريا فعالًا حتى مع تجفيف البذور قبل الزراعة .

٣ – كما وجد أن لكل من الإيثيلين ، وثانى أكسيد الكربون ، والجبريللين ، والكاينتين ، والإيثيفون تأثيرًا منشطًا على إنبات بذور الخس فى درجات الحرارة المرتفعة (Sharples ١٩٧٣) لكن

المعاملة بالجبريللين تحل مشكلة السكون الثانوى جزئيًا فقط ، إذا أن نقع البذور فى الماء لمدة ساعتين ، ثم فى الجبريللين لمدة ساعة أدت 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 بذور الخس فى درجة حرارة ٣٥°م بنقع البذور لمدة ٣ دقائق فى محلول كاينتين Kinetin بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون (Smith وآخرون ١٩٦٨) . وفى دراسة أخرى وجد أن نقع بذور الخس صنف هلدى Hilde فى الكاينتين (بتركيز ٢,٣ × ١٠$^{-٥}$ مولار) لمدة أربع ساعات ، ثم تجفيفها لمدة ٤٨ ساعة ، أدى إلى رفع درجة الحرارة القصوى للإنبات فى الضوء من ٢٢,٥ إلى ٣٠,٥°م ، واستمر ذلك التأثير ساريًا حتى بعد ٣٠ أسبوعًا من المعاملة (Gray & Steckel ١٩٧٧) . كما وجد أيضًا 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 الإسموزى المرتفع (Odegbaro & Smith ١٩٦٩) .

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

ويذكر أن سبب دخول بذور الخس فى حالة سكون ثانوى عند محاولة إنباتها فى درجات الحرارة المرتفعة أن التنفس يزداد بشدة تحت هذه الظروف ، وتزداد بذلك الحاجة إلى تبادل الغازات ، ولكن غشاء الإندوسبرم endosperm membrare قد يعوق حركة الغازات من وإلى البذور ، ومن ثم يتسبب فى دخول البذور فى حالة سكون ، إلّا أن محاولة استنبات البذور فى درجة حرارة منخفضة يساعد 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 أولًا 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 . فقد عامل الباحثون بذور الخس من صنف مينيتو Minetto بالنقع فى الماء فى حرارة ٢٠°م ، أو فى محلول فوسفات البوتاسيوم فى حرارة ١٥°م لمدد مختلفة ، وبعد تجفيف البذور قاموا باستنباتها فى حرارة ٣٠°م ، وكانت نتائج دراستهم كالتالى :

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

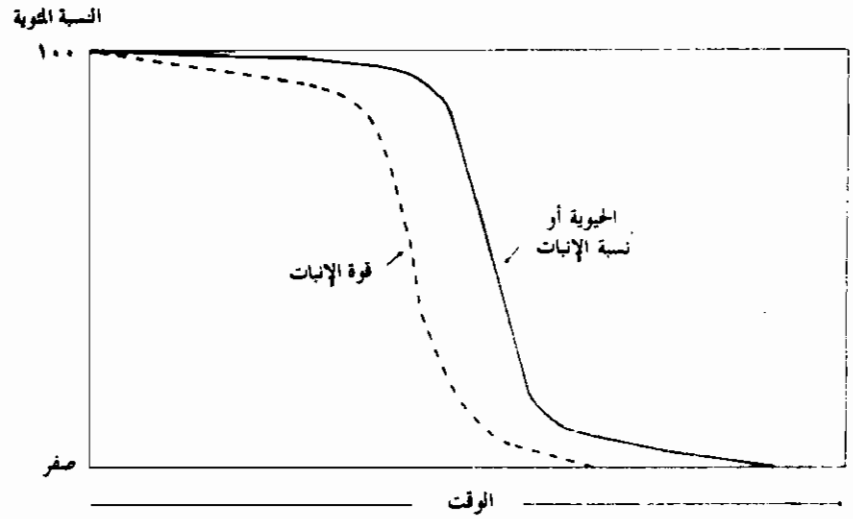
٢ – كان النقع فى محلول ١٪ فوسفات البوتاسيوم أكثر فاعلية فى التأثير على الإنبات فى حرارة ٣٥°م . وحدث أحسن إنبات عندما كانت فترة النقع ٩ ساعات ، وكانت فترات النقع الأقل من ذلك أقل فاعلية .

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 تدريجيًا مع زيادة فترة المعاملة ، حتى كان واضحًا تمامًا بعد ٢١ ساعة .

٢٧ – ٢ : حيوية البذور

تعتبر المقدرة على الإنبات هى الدليل العملى على حيوية البذور Seed Viability . وتتأثر حيوية البذور من وقت حصادها لحين زراعتها – أى أثناء فترة تخزينها – بالعديد من العوامل . وتلك الحيوية هى موضوع هذا الجزء .

وترتبط قوة البذور Seed Vigor فى عينة ما ارتباطًا وثيقًا بنسبة الإنبات فيها . وتعرف قوة البذور بأنها المقدرة على الإنبات ، وإعطاء بادرات قوية سليمة تحت ظروف لا تعد مثالية للنوع ، كدرجات الحرارة المنخفضة نسبيًا ، أو فى التربة الثقيلة المتماسكة . وأيًا كانت ظروف التخزين ، فإن نسبة الإنبات وقوة البذور لا يتناقصان بصورة تدريجية مع الزمن ، بل إن البذور تحافظ على حيويتها بدرجة عالية لفترة تطول أو تقصر حسب ظروف التخزين ، ثم تنهار نسبة الإنبات وحيوية البذور بعد ذلك خلال فترة زمنية وجيزة ، كما هو مبين فى شكل (٢٧ – ١) (Justice & Brass ١٩٧٩) .



شكل ٢٧ – ١ : التدهور فى نسبة إنبات وقوة البذور seed vigor مع الوقت .

٢٧ - ٢ - ١ : تأثير درجة حرارة المخزن ورطوبته النسبية ونسبة الرطوبة بالبذور على حيوية البذور

ترتبط هذه العوامل الثلاثة (درجة حرارة المخزن ، ورطوبته النسبية ، ونسبة الرطوبة بالبذور) ارتباطًا وثيقًا فى التأثير على حيوية البذور أثناء التخزين ، ولذلك فإنها سوف تناقش معًا . وتعتبر هى أهم العوامل المؤثرة على حيوية البذور .

وكقاعدة عامة .. فإن مدة احتفاظ البذور بحيويتها تزداد كلما انخفضت درجة حرارة التخزين . وتعتبر درجة الصفر المئوى أفضل من الدرجات الأعلى من ذلك ، لكن دواعى الاقتصاد تستدعى أن يكون تخزين البذور التجارية فى درجة حرارة ٥ - ١٠°م ، مع جعل نسبة الرطوبة بالبذور منخفضة نسبيًا . كما أنه يمكن تخزين البذور فى درجة حرارة ٢١°م لمدة سنة على الأقل ، دون أن تفقد حيويتها إذا ما خفضت رطوبتها إلى ٤ - ٥٪ ، مع حفظها فى أوعية غير منفذة للرطوبة(Lorenz & Maynard ١٩٨٠) ، كذلك فإن معظم الأنواع النباتية يمكن أن تحتفظ بذورها بحيويتها لفترات طويلة بتخزينها فى درجات حرارة منخفضة بعد خفض نسبة الرطوبة فيها إلى ٢ - ٥٪ ، أو إلى أقل من ذلك . ويبدو أنه لا يوجد حد أدنى لدرجة الحرارة التى يمكن أن تخزن عليها البذور إلا أن التجمد يحدث أضرارًا جسيمة فى حالة زيادة نسبة الرطوبة فى البذور عن ١٥٪ . ولا يحدث ذلك إلا فى عدد قليل من الأنواع النباتية التى تفقد فيها البذور حيويتها إذا انخفضت نسبة رطوبتها عن حد معين ، كما فى بذور الموالح مثلًا (James وآخرون ١٩٦٧) .

وفى الجانب الآخر .. فإن الحد الأقصى للحرارة التى تتحملها البذور هو ٥٠°م . وتتدهور حيوية البذور سريعًا فى درجات الحرارة الأعلى من هذا الحد ، حتى ولو كانت مجففة جيدًا . ويرجع ذلك إلى حدوث « دنترة » denaturation لبروتين البذور ، وتوقف نشاط الإنزيمات ، لكن البذور الشديدة الجفاف قد تتحمل درجة حرارة تصل إلى ٨٠ - ١٠٠°م لمدة ساعات قليلة فى بعض الأنواع النباتية (Harrington ١٩٧٠) .

وعند تخزين البذور فى درجات الحرارة المنخفضة نسبيًا (٥ - ١٠°م) ، فإنه يجب أخذ الاحتياطات الكافية لمنع تكثف الرطوبة على البذور عند إخراجها من المخزن . وتقل فرصة تكثف الرطوبة على البذور عند انخفاض درجة الحرارة أو الرطوبة النسبية فى الجو الخارجى .

ويجب تقدير نسبة الرطوبة فى البذور قبل اختيار درجة حرارة التخزين ، لأن الحد الأعلى لدرجة الحرارة التى يمكن تخزين البذور فيها بأمان ينخفض مع ارتفاع نسبة الرطوبة فى البذور ، ولكن هذه العلاقة تتوقف على المحصول كما يتضح من جدول (٢٧ - ١) (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠) .

هذا .. والعلاقة عكسية تمامًا بين نسبة الرطوبة فى البذور ومدة احتفاظها بحيويتها . وتزداد أهمية خفض نسبة الرطوبة فى البذور عند تخزينها فى أوعية غير منفذة الرطوبة ، لأن تخزين البذور العالية الرطوبة فى مثل هذه الأوعية يعنى سرعة تعفنها وفقدها لحيويتها . وفيما يلى بيان بالحدود المناسبة لنسبة الرطوبة فى بذور الخضر عند تخزينها فى أوعية غير منفذة للرطوبة :

الطماطم – الفلفل – الكرنب – القنبيط : ٥٪ ، والكرفس – الخس : ٥,٥٪ ، والخيار – البطيخ – القاوون – البصل – الباذنجان : ٦٪ ، والبقدونس : ٦,٥ ، والجزر – البسلة : ٧٪ ، والبنجر : ٧,٥٪ ، والسبانخ – الذرة السكرية – الفاصوليا : ٨٪ (Bass وآخرون ١٩٦١)

جدول (٢٧ ـ ١) : الحدود الآمنة لنسبة الرطوبة فى بذور بعض محاصيل الخضر عند تخزينها فى درجات حرارة مختلفة .

الخضر	الحد الأقصى المسموح به لنسبة الرطوبة فى البذور عندما تكون حرارة التخزين (° م)		
	٥ ـ ١٠	٢١	٢٧
الفاصوليا	١٥	١١	٨
فاصوليا الليما	١٥	١١	٨
البنجر	١٤	١١	٩
الكرنب	٩	٧	٥
الجزر	١٣	٩	٧
الكرفس	١٣	٩	٧
الذرة السكرية	١٤	١٠	٨
الخيار	١١	٩	٨
الخس	١٠	٧	٥
البامية	١٤	١٢	١٠
البصل	١١	٨	٦
البسلة	١٥	١٣	٩
الفلفل	١٠	٩	٧
السبانخ	١٣	١١	٩
الطماطم	١٣	١١	٩
اللفت	١٠	٨	٦
البطيخ	١٠	٨	٧

وفى إحدى الدراسات حفظت بذور بصل ، وطماطم ، وفلفل ، وبطيخ رطوبتها ٥٪ فى أوعية غير منفذة للرطوبة فى درجة حرارة الغرفة لمدة ٣ سنوات . وبعد انتهاء فترة التخزين كانت نسبة الإنبات لا زالت مرتفعة ، حيث بلغت ٨٠٪ فى البصل ، و ٨٥٪ فى الطماطم ، و ٧٥٪ فى الفلفل ، و ٩٠٪ فى البطيخ .

ومن الدراسات الكلاسيكية التى أُجريت على بذور بعض محاصيل الخضر اتضح أنه يلزم خفض نسبة الرطوبة فى البذور إلى ٤ – ٦٪ حتى تحتفظ بحيويتها فى درجة حرارة الغرفة لمدة خمس سنوات . أما عندما كان التخزين فى حرارة – ٥°م وفى أوعية مغلقة وبالبذور هذه النسبة المنخفضة من الرطوبة ، فقد احتفظت بحيويتها بصورة كاملة مدة ٢٠ عامًا . وقد أُجريت هذه الدراسة على بذور الجزر ، والباذنجان ، والخس ، والبصل ، والفلفل ، والطماطم . (Croker & Barton ١٩٥٣)

وللتخزين التجارى يفضل خزن البذور فى درجة حرارة ٥°م ورطوبة نسبية ٢٥٪ ، على أن تكون نسبة الرطوبة ٦٪ فى البذور الزيتية ، مثل : البطيخ ، والطماطم ، والجزر ، وأقل من ١٠٪ فى البذور النشوية ، كالفاصوليا ، والبسلة ، والذرة السكرية . فتحت هذه الظروف تحتفظ البذور بحيويتها بصورة جيدة لمدة ٤ سنوات .

وتتوقف سرعة تدهور البذور على نسبة رطوبتها كالتالى :

١ – البذور التى تزيد نسبة الرطوبة فيها عن ٤٠٪ تنبت ولا يمكن تخزينها .

٢ – البذور التى تتراوح نسبة رطوبتها من ٢٠ – ٤٠٪ يكون معدل تنفس أنسجتها ومعدل تنفس الكائنات الدقيقة الملتصقة بها مرتفعًا إلى درجة كبيرة ، ويصاحب ذلك ارتفاع درجة حرارة البذور وفقدها لحيويتها . وقد يحدث تنفسًا لا هوائيًا .

البذور التى تتراوح رطوبتها من ١٤ – ٢٠٪ تتدهور حيويتها بسرعة كبيرة هى الأخرى بسبب مهاجمة الكائنات الدقيقة لأجنتها .

٤ – البذور التى تتراوح رطوبتها من ٤ – ١٤٪ تحتفظ بحيويتها لأطول فترة ممكنة ، ويؤدى كل خفض مقداره ١٪ فى نسبة الرطوبة فى هذا المجال إلى مضاعفة فترة احتفاظ البذور بحيويتها . فمثلًا .. بذور البصل التى تبلغ نسبة رطوبتها ١٤٪ تفقد حيويتها فى خلال أسبوع واحد فى درجة حرارة ٣٥°م ، بينما قد تحتفظ بحيويتها لمدة ٢٠ عامًا إذا كانت رطوبتها ٤٪ .

٥ – البذور التى تقل رطوبتها عن ٤٪ تتدهور بسرعة أكبر من تلك التى تتراوح رطوبتها من ٤ – ٧٪ . وقد يرجع ذلك إلى الأكسدة الذاتية للمواد الدهنية فى خلايا الجنين ، خاصة فى المناطق المرستيمية ، مما يؤدى إلى فقد الأغشية التى يدخل فى تركيبها البروتينات الليبيدية Lipoprotein ، كما أن الجزيئات ذات الشحنة التى تنتج من أكسدة المواد الدهنية قد تدخل فى تفاعلات غير مرغوبة ؛ فيؤدى تفاعلها مع المواد البروتينية إلى وقف نشاط الإنزيمات ، ومع الأحماض النووية إلى وقف نشاطها (Harrington ١٩٧٠) .

ورغم أن خفض رطوبة البذور إلى ٤ – ٦٪ يساعد على احتفاظها بحيويتها لفترات طويلة ، إلّا أن معظم الدراسات تشير إلى أن ذلك يكون مصحوبًا بظهور بادرات شاذة عند الإنبات ، كما فى فول الصويا ، وقد يتأخر الإنبات وتظهر تشققات بالأوراق الفلقية ، كما فى الفاصوليا . ومع ذلك .. فيبدو أن هذه الأعراض تحدث نتيجة للظروف التى تمر بها البذور وقت إنباتها ، نظرًا لأن تشربها بالماء يكون سريعًا بدرجة كبيرة . ولعلاج ذلك ينصح بأن تكون رطوبة البذور منخفضة أثناء التخزين ، ثم تنتقل قبل الزراعة بأسبوع إلى مخزن بارد رطوبته النسبية ٦٥ – ٧٠٪ ، مع إخراج البذور من أوعيتها غير المنفذة للرطوبة . وإن لم تزرع كل البذور ، فإنه يمكن إعادة تجفيفها وتخزينها من جديد .

وعمومًا .. يجب عدم خفض رطوبة البذور عن ٣ – ٤٪ للتخزين التجارى . أما عند حفظ الجيرمبلازم germplasm (بذور الأنواع البرية والأصناف وسلالات التربية ، أى المادة الوراثية

المستخدمة فى التربية) ، فإنه يحسن خفض رطوبة البذور إلى ٢ – ٣٪ (Harrington ١٩٧١ ، Justice & Bass ١٩٧٩) .

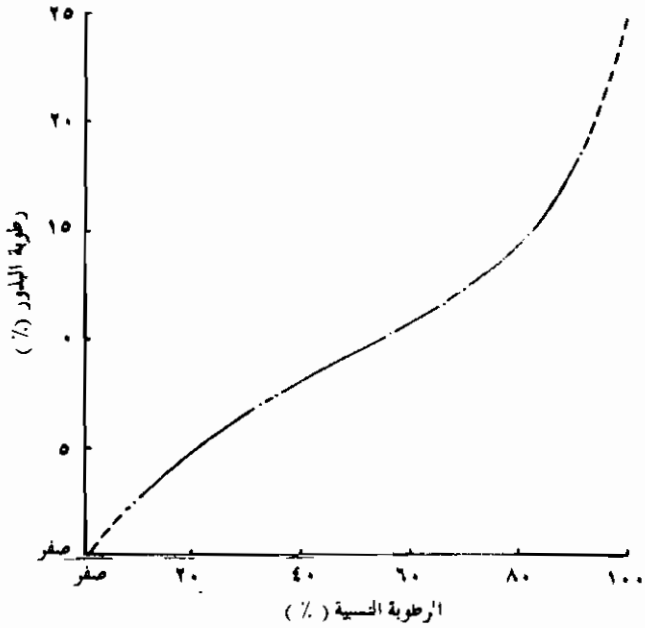
هذا .. وعندما تكون البذور مخزنة فى أوعية منفذة للرطوبة ، فإن نسبة الرطوبة فى البذور تتغير باستمرار ، وتظل دائمًا فى حالة توازن مع الرطوبة النسبية فى جو المخزن . وتصل الرطوبة فى البذور إلى حالة التوازن مع الجو الخارجى بعد حوالى ٣ أسابيع من التخزين بالنسبة للبذور الصغيرة ، وبعد حوالى ٣ – ٦ أسابيع فى البذور الكبيرة الحجم (Lorenz & Maynard ١٩٨٠) . وربما تصل المدة إلى ثلاثة أشهر فى بعض البذور .

ومن الناحية النظرية ، فإن حفظ البذور (حتى ولو كانت نسبة رطوبتها عالية) فى مخازن رطوبتها النسبية ١٥٪ يؤدى إلى جفافها بصورة تدريجية إلى أن تصل إلى حالة التوازن مع الجو الخارجى . وتكون نسبة الرطوبة فى البذور بعد الوصول إلى حالة التوازن مناسبة للتخزين لفترات طويلة ، ولكن قد يمر وقت طويل قبل أن تصل رطوبة البذور إلى حالة التوازن مع الرطوبة النسبية فى جو المخزن ، الأمر الذى قد يعرضها للتلف ، ويفقدها حيويتها قبل أن تصل إلى حالة التوازن . لذا فإنه ينصح دائمًا بتجفيف البذور إلى الحد المناسب بعد تخزينها .

هذا .. ويصعب التعرف على نسبة الرطوبة فى البذور بعد أن تصل إلى حالة التوازن مع الجو الخارجى فى مخازن رطوبتها النسبية ١٠٠٪ ، لأن الكائنات الدقيقة تنمو بسرعة ، وتتلف البذور تحت هذه الظروف . ولكن أغلب الأنواع النباتية تصل نسبة الرطوبة فى بذورها إلى ٢٠ – ٣٠٪ عندما تصل إلى حالة توازن مع مخازن رطوبتها النسبية من ٩٥ – ١٠٠٪ (Harrington ١٩٧٠) . ويوضح شكل (٢٧ – ٢) متوسط العلاقة (لعشرة أنواع من الخضر) بين النسبة المئوية للرطوبة فى البذور ، والرطوبة النسبية فى جو المخزن بعد أن تصل رطوبة البذور إلى حالة توازن مع رطوبة المخزن .

إلا أنه يجب أن يراعى أن لكل محصول خضر منحنى خاصًّا به ينحرف بعض الشيء عن هذا المنحنى العام (عن Justice وآخرين ١٩٧٩) . ويوضح جدول (٢٧ – ٢) النسبة المئوية للرطوبة فى بذور الخضر عندما تصل إلى حالة توازن مع جو المخزن .

ويمكن لبذور معظم الخضر أن تحتفظ بحيويتها لعدة سنوات طالما أنها تحفظ فى مخازن ذات رطوبة نسبية منخفضة . فبعد ٤ سنوات من التخزين فى حرارة ٥°٢١م ورطوبة نسبية ٥٠٪ كانت نسبة الإنبات جيدة فى بذور البسلة ، والفاصوليا والطماطم ، والخيار ، والبطيخ ، والذرة السكرية . وبخفض حرارة التخزين إلى ٥°١٠م لم يلاحظ سوى نقص بسيط فى حيوية بذور هذه المحاصيل بعد ٥ سنوات أخرى من التخزين .(جدول ٢٧ – ٣) (James وآخرون ١٩٦٧) . كما احتفظت بذور الخس بحيويتها بصورة جيدة لمدة ٤ سنوات عندما كانت الرطوبة النسبية ٥٨٪ ، بينما انخفضت حيويتها بشدة فى خلال سنة واحدة فى رطوبة نسبية ٦٧٪ ، أو ٧٥٪ (Bass ١٩٨٠) .



شكل ٢٧ – ٢ : تأثير الرطوبة النسبة فى هواء المخزن على النسبة المئوية للرطوبة فى البذور عندما تصل رطوبة البذور إلى حالة توازن مع الجو المحيط بها .

جدول (٢٧ ـ ٢): النسبة المئوية للرطوبة فى بذور محاصيل الخضر عندما تصل إلى حالة توازن مع الرطوبة النسبية فى المخزن .

المحصول	النسبة المئوية للرطوبة فى البذور عندما تصل إلى حالة توازن مع مخازن رطوبتها النسبية (٪)						
	١٠	٢٠	٣٠	٤٥	٦٠	٧٥	٨٠
فاصوليا الليما	٤,٦	٦,٦	٧,٧	٩,٢	١١,٠	١٣,٨	١٥,٠
الفاصوليا العادية	٣,٠	٤,٨	٦,٨	٩,٤	١٢,٠	١٥,٠	١٦,٠
البنجر	٢,١	٤,٠	٥,٨	٧,٦	٩,٤	١١,٢	١٥,٠
الفول الرومى	٤,٢	٥,٨	٧,٢	٩,٣	١١,١	١٤,٥	١٧,٢
الكرنب	٣,٢	٤,٦	٥,٤	٦,٤	٧,٦	٩,٦	١٠,٠
الجزر	٤,٥	٥,٩	٦,٨	٧,٩	٩,٢	١١,٦	١٢,٥
الكرفس	٥,٨	٧,٠	٧,٨	٩,٠	١٠,٤	١٢,٤	١٣,٥
الذرة السكرية	٣,٨	٥,٨	٧,٠	٩,٠	١٠,٦	١٢,٨	١٤,٠
الخيار	٢,٦	٤,٣	٥,٦	٧,١	٨,٤	١٠,١	١٠,٢
الباذنجان	٣,١	٤,٩	٦,٣	٨,٠	٩,٨	١١,٩	—
الخس	٢,٨	٤,٢	٥,١	٥,٩	٧,١	٩,٦	١٠,٠

جدول (٢٧ - ٢) : يتبع .

المحصول	النسبة المئوية للرطوبة فى البذور عندما تصل إلى حالة توازن مع مخازن رطوبتها النسبية (٪)						
	١٠	٢٠	٣٠	٤٥	٦٠	٧٥	٨٠
البامية	٣,٨	٧,٢	٨,٣	١٠,٠	١١,٢	١٣,١	١٤,٥
البصل	٤,٦	٦,٨	٨,٠	٩,٥	١١,٢	١٣,٤	١٣,٦
البسلة	٥,٤	٧,٣	٨,٦	١٠,١	١١,٩	١٥,٠	١٥,٥
الفلفل	٢,٨	٤,٥	٦,٠	٧,٨	٩,٢	١١,٠	١٢,٠
الفجل	٢,٦	٣,٨	٥,١	٦,٨	٨,٣	١٠,٢	—
السبانخ	٤,٦	٦,٥	٧,٨	٩,٥	١١,١	١٣,٢	١٤,٥
قرع الشتاء	٣,٠	٤,٣	٥,٦	٧,٤	٩,٠	١٠,٨	—
الطماطم	٣,٢	٥,٠	٦,٣	٧,٨	٩,٢	١١,١	١٢,٠
اللفت	٢,٦	٤,٠	٥,١	٦,٣	٧,٤	٩,٠	١٠,٠
البطيخ	٣,٠	٤.٨	٦,١	٧,٦	٨,٨	١٠,٤	١١,٠

جدول ٢٧ ـ ٣ : النقص فى نسبة إنبات الخضر المختلفة بعد التخزين لمدة ٨ ـ ٩ سنوات فى درجة حرارة ١٠°م ، ورطوبة نسبية ٥٠ ٪

المحصول	عدد الأصناف المختبرة	متوسط النقص فى نسبة الإنبات (٪)
الطماطم	٢٦	٠,٩
الفاصوليا	٢٥	٥,٠
البسلة	٢٤	٤,٦
الذرة السكرية	١٦	٠,٧
الخيار	٢٤	٢,٦
البطيخ	٢٤	٣,٥

وللمحافظة على حيوية البذور لأطول فترة ممكنة أثناء التخزين ، تجب مراعاة ما يلى :

١ - عندما تزيد درجة حرارة التخزين عن ٢٧°م يجب ألا تزيد الرطوبة النسبية عن ٤٥٪ .

٢ - عندما تكون حرارة التخزين ٢١°م يجب ألا تزيد الرطوبة النسبية عن ٦٠٪ .

٣ - عندما تكون حرارة التخزين ٥ - ١٠°م يجب ألا تزيد الرطوبة النسبية عن ٧٠٪ ، وتفضل رطوبة نسبية ٥٠٪ . كما يجب خفض الرطوبة النسبية عن الحدود المبينة أعلاه عند تخزين البذور القصيرة العمر ، كالبصل ، والبذور التى مضى وقت طويل على إنتاجها ، وكذلك البذور المصابة بالأمراض .

٤ - عند إخراج البذور من مخازن مبردة تزيد الرطوبة النسبية فيها عن ٥٠٪ ، فإنه يجب تجفيفها إلى درجة الرطوبة المناسبة لدرجة الحرارة التى تتعرض لها من جديد ، إلّا إذا تمت زراعتها خلال فترة وجيزة .

٥ – توصل Harrington إلى القواعد التالية فيما يتعلق بظروف تخزين البذور وعلاقة ذلك بمدة احتفاظها بحيويتها أثناء التخزين :

(أ) يؤدى كل خفض فى درجة حرارة التخزين قدره خمس درجات بين الصفر و ٥٠°م إلى مضاعفة فترة احتفاظ البذور بحيويتها .

(ب) يؤدى كل خفض فى نسبة رطوبة البذور قدره ١٪ بين ٤ – ١٤٪ إلى مضاعفة فترة احتفاظ البذور بحيويتها .

(جـ) لكلٍّ من درجة حرارة التخزين ورطوبة البذور تأثير مستقل عن بعضها البعض ، بمعنى أنه عندما تكون رطوبة البذور ثابتة ، فإن البذور المخزنة فى درجة حرارة ٥°م تحتفظ بحيويتها لفترة تزيد بمقدار ١٠٠٠ ضعف عن البذور المماثلة المخزنة فى درجة حرارة ٥٠°م ، كذلك ففى درجة حرارة تخزين ثابتة ، فإن البذور التى تبلغ رطوبتها ٤٪ تحتفظ بحيويتها لفترة تزيد بمقدار ١٠٠٠ ضعف عن البذور المماثلة التى تبلغ رطوبتها ١٤٪ ، كما أن البذور التى تبلغ رطوبتها ٤٪ ، ومخزنة فى درجة حرارة ٥°م يمكنها أن تحتفظ بحيويتها لفترة تزيد بمقدار مليون ضعف عن البذور التى تبلغ رطوبتها ١٤٪ ومخزنة فى درجة حرارة ٥٠°م . ورغم أن هذه القواعد لم تؤيدها نتائج التجارب بعد ، إلّا أن البحوث المنشورة لا تتعارض معها أيضًا (Harrington ١٩٧٠) .

(د) يلزم لحفظ حيوية البذور بحالة جيدة مدة خمس سنوات أو أكثر ألا يزيد مجموع درجات حرارة التخزين بالفهرنهيت والرطوبة النسبية عن ١٠٠ ، بشرط ألا تكون الحرارة شديدة الارتفاع . كما يمكن تحقيق نفس الغرض بتجفيف البذور ، بحيث لا تزيد رطوبتها عن ٥٪ ، ثم تحفظ فى أوعية غير منفذة للرطوبة فى درجات الحرارة العادية ، بشرط ألا تزيد درجة الحرارة عن ٣٢°م (Justice & Bass ١٩٧٩) .

٢٧ – ٢ – ٢ : تأثير العوامل الداخلية الخاصة بالبذور على حيويتها أثناء التخزين

١ – حيوية البذور قبل بدء التخزين :

كلما كانت حيوية البذور ضعيفة قبل بدء التخزين ، كان الفقد النسبى فى حيويتها أسرع أثناء التخزين . ويتضح ذلك فى جدول (٢٧ – ٤) .

جدول (٢٧ ـ ٤) : تأثير حيوية البذور قبل التخزين على سرعة تدهورها أثناء التخزين (عن مرسى وعبد الجواد ١٩٦٤) .

المحصول	نسبة إنبات البذور قبل التخزين	مدة التخزين بالسنة	الفقد النسبى فى نسبة الانبات
البصل	٩٥	٣	٢٨
	٨٧	٣	٣٥
	٦٣	٣	٦٨
الجزر	٨٦	٥	١٩
	٥٦	٥	٤٠
الجزر الأبيض	٩٤	٢	١٠
	٧٧	٢	٤٠

٢ – الإصابات الميكانيكية والمرضية والحشرية بالبذور :

من الطبيعى أن فترة احتفاظ البذور بحيويتها تقل مع ازدياد إصابتها الميكانيكية أو المرضية أو الحشرية . هذا .. بالإضافة إلى أن الأضرار البسيطة تجعل أجنة البذور أكثر عرضة للتلف مع التخزين ، وتعطى بادرات شاذة عند الإنبات . وقد وجدت اختلافات وراثية بين أصناف الفاصوليا فى مقاومتها للأضرار الميكانيكية ، وكانت معظم الأصناف المقاومة ذات بذور ملونة .

٣ – مدى نضج البذور :

لا تحتفظ البذور غير المكتملة النضج بحيويتها لفترة طويلة أثناء التخزين بسبب ارتفاع نسبة الرطوبة بها من جهة ، ولعدم اكتمال نمو أجنتها من جهة أخرى .

٤ – طبيعة الغذاء المخزن بالبذرة :

من المعتقد أن البذور الزيتية تحتفظ بحيويتها لفترات أقل من البذور النشوية .

٥ – نسبة البذور ذات الأغطية الصلدة :

تحتفظ البذور ذات الغطاء الصلب بحيويتها لفترات أطول لبطء نفاذية هذه الأغطية للماء والغازات بين الجنين والجو الخارجى . وترجع الاختلافات بين الأنواع النباتية فى مدة احتفاظ البذور بحيويتها أثناء التخزين أساسًا إلى هذه الأغطية الصلدة .

٦ – تنفس البذور :

قد يؤثر التنفس من خلال استهلاك الغذاء المخزن بالبذور ، ولكن الأدلة البحثية لا تؤيد هذا الغرض . فمن المستبعد أن يؤدى التنفس إلى استهلاك كل أو معظم الغذاء المخزن فى البذور خلال الفترة التى تفقد فيها البذور حيويتها ، خاصة إذا كان تخزين البذور تحت ظروف جيدة . كما أنه ثبت فى القمح أن التنفس يؤدى إلى استهلاك الغذاء المخزن فى الفلقات أولًا قبل الغذاء المخزن فى الجنين .

ويؤدى التنفس إلى تراكم غاز ثانى أكسيد الكربون عندما يكون تخزين البذور فى أوعية محكمة غير مسامية ، وقد يؤدى ذلك إلى تقليل سرعة التنفس وزيادة طول فترة احتفاظ البذور بحيويتها . ومن الطبيعى أن ذلك التأثير لا يحدث عندما تكون البذور مخزنة فى أوعية مفتوحة أو مسامية .

وتحدث الطاقة المنطلقة من التنفس ارتفاعًا فى درجة حرارة البذور ، مما يقصر من فترة احتفاظها بحيويتها ، ولكن كمية الطاقة المنطلقة لا تكون مؤثرة إلّا إذا كانت نسبة الرطوبة بالبذور مرتفعة ، والحرارة مرتفعة أصلًا ، حيث تكون معدلات التنفس مرتفعة . أما تحت الظروف المناسبة للتخزين ، فلا يؤدى تنفس البذور إلى أية زيادة ملموسة فى درجة الحرارة .

٧ – العوامل الوراثية :

تختلف الأصناف فى مقدرة بذورها على الاحتفاظ بحيويتها أثناء التخزين . ومن أمثلة ذلك : الاختلافات التى وجدت بين أصناف الفاصوليا والبسلة ، والخيار ، والبطيخ ، والذرة السكرية .

٢٧ - ٢ - ٣ : تأثير العوامل البيئية الأخرى على حيوية البذور أثناء التخزين

من العوامل البيئية الأخرى المؤثرة على حيوية البذور أثناء التخزين (بخلاف الرطوبة النسبية) ما يلى :

١ - منطقة إنتاج البذور :

تؤثر منطقة إنتاج البذور على مدة احتفاظ البذور بحيويتها عند التخزين بسبب اختلاف مناطق الإنتاج فى الرطوبة النسبية ، وتأثير ذلك بالتالى على نسبة الرطوبة فى البذور عند بدء التخزين .

٢ - موسم إنتاج البذور :

لموسم الإنتاج تأثير مماثل لتأثير منطقة إنتاج البذور . فكلما كانت درجة الحرارة أو الرطوبة النسبية مرتفعة أثناء نضج وحصاد البذور ، زادت الإصابات المرضية والحشرية ، وانخفضت مقدرة البذور على الاحتفاظ بحيويتها أثناء التخزين (James وآخرون ١٩٦٧) .

٣ - الضـــوء :

تضاربت نتائج البحوث القليلة التى أُجريت عن تأثير الإضاءة (طول الموجة وشدة الإضاءة) على مقدرة البذور على الاحتفاظ بحيويتها أثناء التخزين . ويستخلص من نتائج هذه الدراسات أن تأثير الضوء لا يعرف بعد على وجه الدقة ، ويحتاج للمزيد من الدراسة . وأغلب الظن أن تعريض البذور للضوء أثناء التخزين ليس له تأثير إيجابى . وحتى فى الحالات القليلة التى ذكر فيها تأثير إيجابى للضوء ، فإنه يعتقد أن ذلك كان راجعًا إلى الحرارة الصادرة من مصدر الضوء ، والتى ساعدت على التخلص من بعض الرطوبة من البذور وليس للضوء نفسه .

٤ - تأثير التخزين فى الجو المعدل وتحت التفريغ :

لا تتفق نتائج الدراسات عن تأثير التخزين تحت التفريغ أو فى جو تقل فيه نسبة الأكسجين عما هى فى الهواء الجوى على حيوية البذور . فبعض البحوث تذكر زيادة فى فترة التخزين تحت هذه الظروف ، والبعض لم يذكر أى تأثير على الإطلاق . وقد درس ذلك الموضوع بالتفصيل فى مخزن البذور الوطنى National Seed Storage Laboratory فى الولايات المتحدة ، فخزنت بذور العديد من المحاصيل فى الهواء وتحت تفريغ وفى جو من النيتروجين ، أو ثانى أكسيد الكربون ، أو الهليوم ، أو الأرجون ، وفى درجات حرارة - ١٢ ، - ١ ، ١٠ ، ٢١ ، ٣٢°م ورطوبة نسبية ٤ ، ٧ ، ١٠٪ . أُجريت هذه التجارب على بذور الخس وبعض المحاصيل الحقلية لمدة ٨ سنوات . وقد اتضح من نتائج هذه الدراسة عدم وجود تأثير إيجابى مستمر للتخزين تحت التفريغ ، أو فى أى من الأجواء المعدلة فى أى من درجات حرارة التخزين أو مستويات الرطوبة النسبية التى استعملت . ويبدو أن نسبة الرطوبة بالبذور وقت وضعها فى الأوعية غير المنفذة للرطوبة وللغازات كانت أهم بكثير من طبيعة الجو المحيط بالبذور . كما يبدو أنه لا داعى للتخزين فى جو معدل ، لأن الفائدة المرجوة من ذلك أقل بكثير من التكاليف الإضافية . ومع ذلك .. فإن الأمر يحتاج إلى تجارب تخزين لفترات طويلة ، حتى يمكن الحكم على أهمية التخزين فى الجو المعدل أو تحت التفريغ (Justice & Bass ١٩٧٩) .

ويبدو أن من الأسباب التى لا تجعل التخزين فى جو معدل ذا أهمية كبيرة عند حفظ البذور فى أوعية غير منفذة للرطوبة أن الهواء الداخلى بالعلبة ، والذى قد يصل حجمه إلى نحو ٢٥٪ من الحيز الداخلى يتغير بمرور الوقت من ٢٠٪ أ$_{2}$ ، ٠,٠٣٪ ك أ$_{2}$ ليصبح ٨٪ أ$_{2}$ ، ١٢٪ ك أ$_{2}$ بسبب تنفس البذور . وحينئذ تدخل البذور فى طور سكون . ويتساوى فى ذلك الجو المعدل مع الجو العادى الذى حدث به تعديل طبيعى .

٢٧ – ٢ – ٤ : تأثير معاملة البذور بالمطهرات الفطرية على حيويتها أثناء التخزين

تؤدى معاملة البذور بالمطهرات الفطرية إلى تقليل حيويتها أثناء التخزين ، خاصة المعاملة بالمركبات الزئبقية العضوية التى تنبعث منها غازات تضر بالبذور . كذلك فإن معاملات التعريض للأبخرة والغازات لها تأثير ضار على البذور عند المعاملة وأثناء التخزين ، إلّا أن بعض البحوث أفادت بأن بعض معاملات تطهير البذور لم يكن لها تأثير ضار على مقدرة بذور بعض المحاصيل على الاحتفاظ بحيويتها أثناء التخزين .

٢٧ – ٢ – ٥ : تأثير الكائنات الدقيقة المصاحبة للبذور على حيوية البذور أثناء التخزين

يمكن أن تتأثر البذور أثناء تخزينها بتنفس ونمو الكائنات الدقيقة التى توجد مختلطة بها . والمجال الحرارى المناسب لنمو معظم الفطريات هو من ٥ – ٣٠°م . ويمكن لبعض الفطريات أن تنمو فى رطوبة نسبية أقل من ٧٥٪ ، ولكن معظمها لا يمكنه النمو إلا فى رطوبة نسبية أعلى من ذلك . أما البكتريا ، فإنها لا يمكنها النمو فى المخازن ، لأنها تتطلب نموها رطوبة نسبية أعلى من ٩٠٪ .

وقد يؤدى النمو الغزير للفطريات عند ارتفاع الرطوبة النسبية إلى ظهور ما يسمى بالبؤر الساخنة hot spots ، نتيجة معدلات التنفس المرتفعة لهذه الكائنات الدقيقة ، وكذلك للبذور ذاتها ، وتتضح من ذلك أهمية التهوية الجيدة فى مخازن البذور لتوزيع الحرارة والرطوبة بالتساوى فى أرجاء المخزن .

٢٧ – ٢ – ٦ : تقسيم محاصيل الخضر حسب مدة احتفاظ بذورها بحيويتها

عندما تكون بذور الخضر عالية الحيوية وخالية من الإصابات الميكانيكية والحشرية والمرضية ، فإنه يمكن تخزينها دون توقع تدهور فى نسبة الإنبات أو قوته قبل انقضاء الفترات المبينة فى جدول (٢٧ – ٥) ، بشرط أن تكون درجات الحرارة والرطوبة النسبية منخفضتان نسبيًّا أثناء التخزين .

٢٧ – ٣ : مصادر إضافية فى علم البذور

للتعمق فى دراسة موضوع حيوية وتخزين البذور يوصى بمراجعة كل من Barton (١٩٦١) ، و Bass وآخرين (١٩٦١) ، و Harrington (١٩٧٠ ، ١٩٧١) ، و Roberts (١٩٧٢) ، و Amer. Soc. Hort. Sci (١٩٨٠) .

وتتناول المصادر التالية موضوع فسيولوجيا وإنبات البذور بالتفصيل :

Crocker & Barton (١٩٥٣) ، Pollock & Toole (١٩٦١) ، Villiers (١٩٧٢) ، Mayer & Poljakoff-Mayber (١٩٨٢) ، Bewley & Black (١٩٨٢) .

أما المراجع التالية ، فهى فى مجال بيولوجيا وتقنية البذور : U.S.D.A (١٩٥٢ ، ١٩٦١) ، مرسى ؛ وعبـــد الجواد (١٩٦٤) ، Kozłowski(١٩٧٢ أ ، ١٩٧٢ ب) ، Copeland (١٩٧٦) .

جدول (٢٧ ـ ٥) : تقسيم محاصيل الخضر حسب مدة احتفاظ بذورها بحيويتها أثناء التخزين فى الظروف الجوية المناسبة .

مدة التخزين بالسنة	الخضر
١ ـ ٢	الذرة السكرية ـ البصل ـ الجزر الأبيض ـ السى كيل .
٢	البامية ـ البقدونس ـ السلسفيل ـ الداندليون .
٣	الهليون ـ الفاصوليا ـ الجزر ـ الكرات ـ البسلة . الروزيل ـ اللوبيا .
٤	البنجر ـ السلق السويسرى ـ المسترد ـ الفلفل ـ القرع العسلى الفينوكيا ـ الطماطم .
٥	البروكولى ـ كرنب بروكسل ـ الكرنب ـ القنبيط ـ الكرفس الشيكوريا ـ الكرنب الصينى ـ الكولارد ـ كرنب أبو ركبة ـ الخس ـ القاوون ـ الفجل ـ الروتاباجا ـ الخيار ـ الباذنجان ـ الهندباء ـ الكيل ـ السبانخ ـ الكوسة ـ اللفت ـ البطيخ . (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠)
١٥ ـ ٢٠	البـذور الحقيقيـة للبـطاطس (عـن Barker & Johnston ١٩٨٠)

٢٧ - ٤ : المراجـــع

مرسى ، مصطفى على وعبد العظيم عبد الجواد (١٩٦٤) . محاصيل الخضر - الجزء الرابع : التقاوى . إنتاج وفسيولوجيا وفحص التقاوى . مكتبة الأنجلو المصرية - القاهرة - ٥٦٩ صفحة .

Adriance, G.W. and F.R. Brison. 1955. Propagation of horticultural plants. McGraw-Hill Book Co., Inc., N.Y.298p.

American Society for Horticultural Science. 1980. Seed quality: an overview of its relationship to horticulturists and physiologists. HortSeience 15: 763-788.

Barker, W.G. and G.R. Johnston. 1980. The longevity of seeds of the common potato, **Solanum tuberosum.** Amer. Potato J. 57: 601-607.

Barton, Lela V. 1961. Seed preservation and longevity. Interscience Pub., Inc., N.Y. 216p.

Bass, L.N. 1980. Seed viability during long term storage. Hort. Rev. 2: 117-141.

Bass, L.N., T.M. Ching and F.L. Winter, 1961. Packages that protect seeds. In U.S.D.A. Seeds, pp. 330-338. Washington D.C.

Bewley, J.D. and M. Black. 1982 Physiology and biochemistry of seeds. Vol. 2. Viability, dormancy and environmental control. Springer-Verlag, Berlin. 375p.

Copeland, L.O. 1976. Principles of seed science and technology. Burgess Pub. Co., Minneapolis, Minnesota. 369p.

Crocker, W. and L.V. Barton. 1953. Physiology of seeds. Chronica Botanica Co., Waltham, Mass. 267p.

Devlin, R.M. 1975. Plant physiology. D. Van Nostrand Co., N.Y. 600p.

Gray, D. 1975. Effect of temperature on the germination and emergence of lettuce **(Lactuca sativa** L.) varieties. J.Hort. Sci. 50: 349-361.

Gray, D. and J.R.A. Steckel. 1977. Pre- sowing seed treatment with cytokinin to prevent high temperature dormancy in lettuce **(Lactuca sativa).** Seed Sci. and Tech. 5: 473-477.

Guedes, A.C., D.J. Cantliffe and T.A. Nell. 1981. Morphological changes during lettuce seed priming and subsequent radicle development. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106: 121-126.

Harrington, J.F. 1970. Seed and pollen storage for conservation of plant gene resources. **In** O.H. Frankell and E. Bennett (Eds) 'Genetic Resources in Plants: Their Exploration and Conservation, pp 501-521. Blackwell Sci. Pub., Oxford.

Harrington, J.F. 1971. The necessity for high- quality vegetable seed. HortScience 6: 550-551.

Hartmann, H.T. and D.E. Kester. 1975. (3rd ed.). Plant propagation: principles and practices. Prentice Hall of India Priv. Limited, New Delhi. 662p.

Huang, H. and M. Yamaguchi. 1971. Effects of tomato juice on seed germination and seedling growth. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 96: 315-319.

James, E., L.N. Bass and D.C. Clark. 1967. Varietal differences in longevity of vegetable seeds and their response to various storage conitions. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci, 91: 521-528.

Justice, O.L. and L.N. Bass. 1979. Principles and practices of seed storage. Castle House Pup Ltd., London. 289p.

Kozlowski, T.T. (Ed.). 1972a. Seed biology. Vol. 1. Academic Pr., N.N416p.

Kozlowski, T.T. (Ed.) 1972b. Seed Biology. Vol. 2. Academic Pr., N.Y. 447p.

Lewak, S. and A.A. Khan. 1977. Mode of aetion of gibberellic acid and light on lettuce seed germination. Plant Phys. 60: 575-577.

Lorenz, O.A. and D.N. Maynard. 1980 (2nd ed.). Knott's handbook for vegetable growers. Wiley-Interscience, N.Y. 390p.

Mayer, A.M and A. Poljakoff-Mayber. 1982 (3rd ed.). The germination of seeds. Pergamon Pr., Oxford, 211p.

Odegabro, O.A. and O.E. Smith. 1969. Effects of kinetin, salt concentration and temperature on germination of early seedling growth of **lactuca sativa** L. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 167-170.

Pollock, B.M. and V.K. Toole. 1961. Afteripening, rest period, and dormancy. **In** U.S.D.A'Seeds', pp. 106-112. Washington, D.C.

Roberts, E.H. (Ed.). 1972. Viability of seeds. Chapman and Hall Ltd, London. 448p.

Sharples, G.C. 1973. Stimulation of lettuce seed germination at high temperatures by ethephon and kinetin. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 98:209-212

Smith, O.E., W.W. L.Yen and J.M. Lyons. 1968. The effects of kinetin in overcoming high-temperature dormancy of lettuce seed. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci, 93: 444-453.

Thompson, H.C. and W.C. Kelly. Vegetable crops. McGraw-Hill Book Co., Inc., N.Y. 611p.

United States Department of Agriculture. 1952. Manual for testing agricultural and vegetable seeds. Agr. Handbook No. 30. Washington, D.C. 440p.

United States Department of Agriculture. 1961. Seeds. Yearbok of Agriculture. Washington, D.C. 591p.

Villiers, T.A. 1972. Seed dormancy. In T.T. Kozlowski (Ed.)Seed Biology,vol. 2.pp. 219-281. Academic Pr., N.Y.

Zeng, G.-W. and A.A. Khan. 1984. Alleviation of high temperature stress by preplant permeation of phthalimide and other growth regulators into lettuce seeds via acetone. J.Amer, Soc. Hort. Sci. 109:782-785