الفصل الرابع عشر

تخزين وحيوية البذور

تعتبر القدرة على الإنبات هى الدليل العملى على حيوية البذور Seed Vlability . وتتأثر حيوية البذور من وقت حصادها لحين زراعتها – أى أثناء فترة تخزينها – بعديد من العوامل .

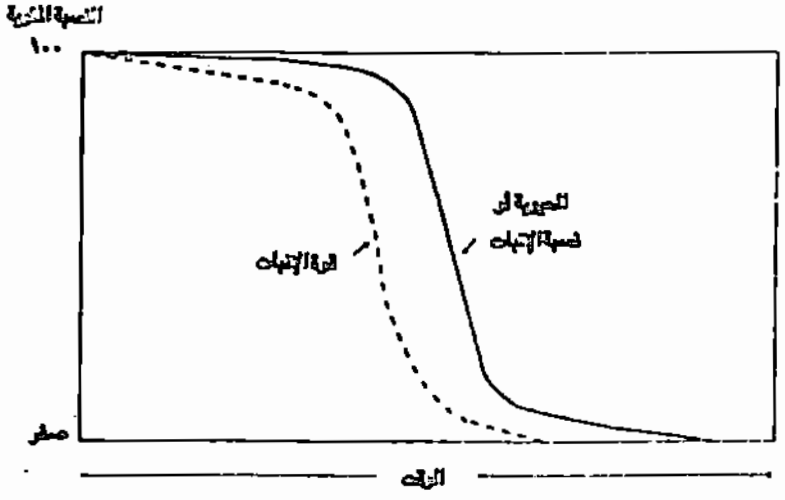
وترتبط قوة البذور Seed Vigor فى عينةٍ ما ارتباطاً وثيقاً بنسبة الإنبات فيها . وتعرف قوة البذور بأنها القدرة على الإنبات ، وإعطاء بادرات قوية سليمة تحت ظروف لاتعد مثالية للنوع ، كدرجات الحرارة المنخفضة نسبيًا ، أو فى التربة الثقيلة المتماسكة . وأيًا كانت ظروف التخزين .. فإن نسبة الإنبات وقوة البذور لا 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 (١٤ – ١) (Justice & Bass ١٩٧٩) .

تأثير درجة حرارة المخزن ، ورطوبته النسبية ، ونسبة الرطوبة بالبذور فى حيوية البذور

ترتبط هذه العوامل الثلاثة (درجة حرارة المخزن ، ورطوبته النسبية ، ونسبة الرطوبة بالبذور) ارتباط وثيقاً من حيث تأثيرها فى حيوية البذور أثناء التخزين ؛ ولذلك فإنها سوف تناقش معاً . كما أنها تعد أهم العوامل المؤثرة فى 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 حرارة ٥ – ١٠°م ، مع جعل نسبة الرطوبة بالبذور منخفضة نسبياً . كما أنه يمكن تخزين البذور فى 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) .



شكل (١٤ – ١) : التدهور فى نسبة إنبات وقوة البذور Seed vigor مع الوقت .

كذلك فإن معظم الأنواع النباتية يمكن أن تحتفظ بذورها بحيويتها لفترات طويلة ؛ وذلك 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 أضراراً جسيمة فى حالة زيادة نسبة الرطوبة فى البذور على 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 مثلا (James وآخرون ١٩٦٧).

وفى الجانب الآخر .. فإن الحد الأقصى للحرارة التى تتحملها البذور هو ٥٠°م . وتتدهور حيوية البذور سريعاً فى درجات الحرارة الأعلى من هذا الحد ، حتى لو كانت

مجففة جيداً . 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 (١٤ – ١) (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠) .

جدول (١٤ – ١) : الحدود المأمونة 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 – ١٠	٢١	٢٧
القاصوليا	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
الباميه	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

هذا .. والعلاقة عكسية تماماً بين نسبة الرطوبة فى البذور ومدة احتفاظها بحيويتها . وتزداد أهمية خفض نسبة الرطوبة فى البذور عند تخزينها فى أوعية غير منفذة للرطوبة ؛ 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 : ٥ر٥ ٪ ، والخيار – البطيخ – القاوون – البصل – الباذنجان : ٦ ٪ ، والبقدونس : ٥ر٦ ٪ ، والجزر – البسلة : ٧ ٪ ، والبنجر : ٥ر٧ ٪ ، والسبانخ – الذرة السكرية – الفاصوليا : ٨ ٪ (Bass وآخرون ١٩٦١) .

وفى إحدى الدراسات حفظت بذور بصل ، وطماطم ، وفلفل ، وبطيخ رطوبتها ٥٪ فى أوعية غير منفذة للرطوبة فى درجة حرارة الفرفة لمدة ٣ سنوات . وبعد انتهاء فترة التخزين كانت نسبة الإنبات لاتزال مرتفعة ؛ حيث بلغت ٨٠ ٪ فى البصل ، و٨٥ ٪ فى الطماطم ، و٧٥ ٪ فى الفلفل ، و٩٠ ٪ فى البطيخ .

ومن الدراسات الكلاسيكية – التى أجريت 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 عاماً . وقد أجريت هذه الدراسة على بذور الجزر ، والباذنجان ، والخس ، والبصل ، والفلفل ، والطماطم (Croker & Barton ١٩٥٣) .

والمتخزين التجارى يفضل خزن البذور فى 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 على ٤٠ ٪ تنبت ، ولا يمكن تخزينها .

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

٣ – 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 ممكنه ، ويؤدى كل خفض مقداره ١ ٪ فى نسبة الرطوبة فى هذا المجال إلى مضاعفة فترة احتفاظ البذور بحيويتها ؛ فمثلاً .. بذور البصل التى تبلغ نسبة رطوبتها ١٤٪ تفقد حيويتها خلال أسبوع واحد فى حرارة ٣٥°م ، بينما قد تحتفظ بحيويتها لمدة ٢٠ عاماً 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 الميرستيمية ؛ 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 غيرمرغوب فيها ؛ فيؤدى تفاعلها مع المواد البروتينية إلى وقف نشاط الإنزيمات ، ومع الأحماض النووية إلى إيقاف نشاطها (Harrington ١٩٧٠).

وبرغم أن خفض رطوبة البذور إلى ٤ – ٦ ٪ يساعد على احتفاظها بحيويتها لفترات طويلة ، إلاّ أن معظم الدراسات تشير إلى أن ذلك يكون مصحوباً بظهور بادرات شاذة عند الإنبات ؛ كما فى فول الصويا . وقد يتأخر الإنبات وتظهر تشققات بالأوراق الفلقية ، كما فى الفاصوليا . ومع ذلك .. يبدو أن هذه الأعراض تحدث نتيجة للظروف التى تمر بها البذور وقت إنباتها ؛ نظراً لأن تشربها للماء يكون سريعًا بدرجة كبيرة .

ولعلاج ذلك ينصح بأن تكون رطوبة البذور منخفضة أثناء التخزين ، ثم تنقل 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 .

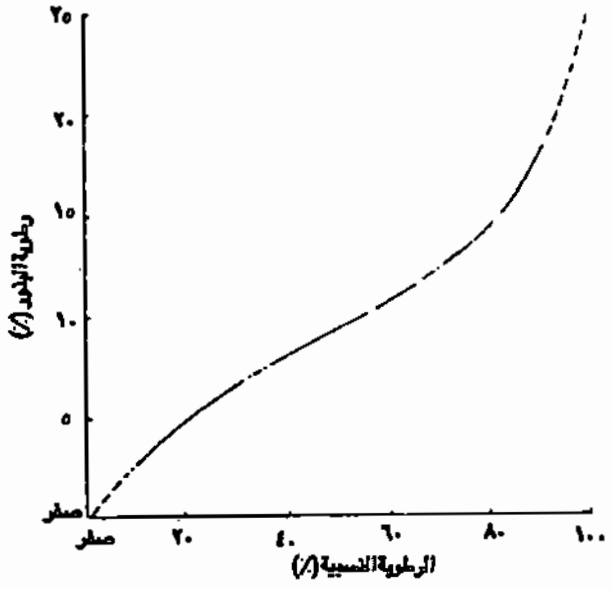
وعموماً .. يجب عدم خفض رطوبة البذور عن ٣ – ٤ ٪ للتخزين التجارى . أما عند حفظ الجيرمبلازم germplasm (بذور الأنواع البرية والأصناف وسلالات التربية ، أى المادة الوراثية المستخدمة فى التربية) .. فإنه يحسن خفض رطوبة البذور إلى ٢ – ٣ ٪ (Harrington ١٩٧١ ، Justice & Bass ١٩٧٩) .

هذا .. وعندما تكون البذور مخزنة فى أوعية منفذة للرطوبة .. فإن نسبة الرطوبة فى البذور تتغير باستمرار ، وتظل دائماً 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 لو 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 وقتاً طويلاً قد يمر 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 دائماً بتجفيف البذور إلى الحد المناسب قبل تخزينها .

هذا .. ويصعب تعرف 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 من٩٥ – ١٠٠ ٪ (Harrington ١٩٧٠) .

ويوضح شكل (١٤ – 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 .



شكل (١٤ – ٢) : تأثير الرطوبة النسبية فى هواء المخزن على النسبة المئوية للرطوبة فى البذور ، عندما تصل رطوبة البذور إلى حالة توازن مع الجو المحيط بها .

إلا أنه يجب أن يراعى أن لكل محصول خضر منحنى خاصاً به ، ينحرف بعض الشئ عن هذا المنحنى العام (عن Justice وآخرين ١٩٧٩) .

ويوضح جدول (١٤ – ٢) النسبة المئوية للرطوبة فى بذور الخضر عندما تصل إلى حالة توازن مع جو المخزن .

وتؤثر حالة التوازن النهائية – التى تصل إليها رطوبة البذور مع الرطوبة النسبية فى جو المخزن – كثيراً فى مدة احتفاظ البذور بحيويتها أثناء التخزين ؛ ففى إحدى الدراسات .. قام Boswell وآخرون عام ١٩٤٠ (عن Thompson & Kelly ١٩٥٧) بتخزين بذور الفاصوليا ، والفاصوليا الليما ، والذرة السكرية ، والفول السودانى المقشر ، والبنجر ، والسبانخ ، والكرنب ، والجزر ، والبصل ، والطماطم على حرارة ١٠° ، أو ٢٧°م ، مع رطوبة

نسبية حوالى ٤٨ ٪ ، أو ٦٦ ٪ ، أو ٨٠ ٪ . ويعد أن حدث التوازن بين رطوبة البذور والرطوبة النسبية .. وُجِدَ أن رطوبة البذور تراوحت من ٥ ٪ فى الفول السودانى إلى

جدول (١٤ – 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	٤ر٦	٦ر٦	٧ر٧	٩ر٢	١١ر٠	١٣ر٨	١٥ر٠
الفاصوليا العادية	٣ر٠	٤ر٨	٦ر٨	٩ر٤	١٢ر٠	١٥ر٠	١٦ر٠
البنجر	٢ر١	٤ر٠	٥ر٨	٧ر٦	٩ر٤	١١ر٢	١٥ر٠
الفول الرومى	٤ر٢	٥ر٨	٧ر٢	٩ر٣	١١ر١	١٤ر٥	١٧ر٢
الكرنب	٣ر٢	٤ر٦	٤ر٥	٦ر٤	٧ر٦	٩ر٦	١٠ر٠
الجزر	٤ر٥	٩ر٥	٦ر٨	٧ر٩	٩ر٢	١١ر٦	١٢ر٥
الكرفس	٥ر٨	٧ر٠	٧ر٨	٩ر٠	١٠ر٤	١٢ر٤	١٣ر٥
الذرة السكرية	٣ر٨	٥ر٨	٧ر٠	٩ر٠	١٠ر٦	١٢ر٨	١٤ر٠
الخيار	٢ر٦	٤ر٣	٥ر٦	٧ر١	٨ر٤	١٠ر١	١٠ر٢
الباذنجان	٣ر١	٤ر٩	٦ر٣	٨ر٠	٩ر٨	١١ر٩	–
الخس	٢ر٨	٤ر٢	٥ر١	٥ر٩	٧ر١	٩ر٦	١٠ر٠
الباميه	٣ر٨	٧ر٢	٨ر٣	١٠ر٠	١١ر٢	١٣ر١	١٤ر٥
البصل	٤ر٦	٦ر٨	٨ر٠	٩ر٥	١١ر٢	١٣ر٤	١٣ر٦
البسلة	٤ر٥	٧ر٣	٨ر٦	١٠ر١	١١ر٩	١٥ر٠	١٥ر٥
الفلفل	٢ر٨	٤ر٥	٦ر٠	٧ر٨	٩ر٢	١١ر٠	١٢ر٠
الفجل	٢ر٦	٣ر٨	٥ر١	٦ر٨	٨ر٣	١٠ر٢	–
السبانخ	٤ر٦	٦ر٥	٧ر٨	٩ر٥	١١ر١	١٣ر٢	١٤ر٥
قرع الشتاء	٣ر٠	٤ر٣	٥ر٦	٧ر٤	٩ر٠	١٠ر٨	–
الطماطم	٣ر٢	٥ر٠	٦ر٣	٧ر٨	٩ر٢	١١ر١	١٢ر٠
اللفت	٢ر٦	٤ر٠	٥ر١	٦ر٣	٧ر٤	٩ر٠	١٠ر٠
البطيخ	٣ر٠	٤ر٨	٦ر١	٧ر٦	٨ر٨	١٠ر٤	١١ر٠

١٠ ٪ فى فاصوليا الليما عندما كان التخزين فى المستوى المنخفض للرطوبة النسبية ، بينما تراوحت رطوبة البذور من ٨ ٪ فى الفول السوادنى إلى ١٥ ٪ فى فاصوليا الليما عندما كان تخزينها فى المستوى المرتفع من الرطوبة النسبية .

وقد صاحب التخزين فى الحرارة والرطوبة العاليتين (٢٧°م ، و ٨٠ ٪ رطوبة نسبية) تدهور سريع فى حيوية البذور ؛ فبعد ١١٠ أيام من التخزين فى هذه الظروف .. تدهورت نسبة الإنبات إلى الصفر فى كل من البصل والفول السودانى ، وإلى ٢٥ ٪ فى السبانخ والذرة السكرية ، و ٧٠ ٪ فى البنجر والطماطم . أما التخزين لمدة سنة فى هذه الظروف .. فإنه أدى إلى تدهور نسبة الإنبات إلى ٦٨٪ فى الطماطم ، و٢٦ ٪ فى فاصوليا الليما ، و ٩ ٪ فى البنجر ، وصفر – ١ ٪ فى بقية الخضروات . وبالمقارنة .. فإن التخزين لمدة سنة فى الرطوبة النسبية المنخفضة (٥٠٪) لم يصاحبه نقص ملحوظ فى نسبة إنبات أى من بذور الخضر ، باستثناء الفاصوليا والذرة السكرية .

وتتوقف نسبة الرطوبة التى تصل إليها البذور – بعد أن تصل إلى حالة التوازن مع الرطوبة النسبية السائدة فى الهواء المحيط بها – على نوع الغذاء المخزن فى البذور ؛ فالمواد البروتينية لديها القدرة على امتصاص الرطوبة من الجو الخارجى (Hygroscopic) ، وتمتص المواد الكربوهيدراتية الرطوبة كذلك ، ولكن بدرجة أقل . أما المواد الدهنية .. فليس لديها القدرة على امتصاص الرطوبة (Hydrophobic) .

يتبين مما تقدم أن أكثر البذور امتصاصاً للرطوبة من الهواء المحيط بها هى التى يخزن فيها الغذاء على صورة مواد بروتينية ؛ مثل البقوليات ، تليها البذور التى يخزن فيها الغذاء على صورة مواد كربوهيدراتية كالنجيليات ، وأن أقلها امتصاصاً للرطوبة هى التى يخزن فيها الغذاء فى صورة مواد دهنية ؛ أى البذور الغنية بالزيوت ؛ مثل الخس ، والقرعيات (عن Justice & Bass ١٩٧٩) .

ويبين جدول (١٤ – ٣) نسبة الرطوبة التى تصل إليها البذور بعد أن تصبح فى حالة توازن مع الرطوبة النسبية فى الهواء المحيط بها عند اختلاف نسبة الدهون فى البذور ، ونسبة الرطوبة فى هواء المخزن .

وقد يستفاد مما تقدم أن البذور الزيتية تكون بطيئة فى فقدها لحيويتها ، مقارنة بالبذور التى يخزن فيها الغذاء على صورة بروتينات أو مواد كربوهيدراتية ، ولكن ذلك مخالف للواقع . ومرد ذلك إلى أن رطوبة البذور تقدر على أساس وزنها الكلى الرطب ؛ ولذا .. نجد – عند تساوى نسبة الرطوبة فى البذور الزيتية والبذور غير الزيتية – أن نسبة الرطوبة فى الأنسجة غير الدهنية – فى البذور الزيتية – تكون أعلى بكثير من نظيرتها فى البذور غير

جدول (١٤ – ٣) : نسبة الرطوبة (على أساس الوزن الرطب) التى تصل إليها بذور أنواع محصولية تختلف فى محتواها من الدهون ، بعد أن تصبح فى حالة توازن مع الرطوبة النسبية فى الهواء المحيط بها (عن Harrington ١٩٧٠)

النوع النباتى	الدهون (٪)	الرطوبة النسبية فى المخزن (٪)				
		١٥	٣٠	٤٥	٦٠	٧٥
Triticum vulgare	٢	٦ر٥	٨ر٥	١٠ر٤	١٢ر١	١٤ر٧
Zea mays	٥	٦ر٦	٨ر٤	١٠ر٢	١٢ر٧	١٤ر٤
Phaseolus vulgaris	٢	٥ر٠	٦ر٥	٨ر٥	١١ر٠	١٤ر٠
Soja max	١٩	–	٦ر٥	٧ر٤	٩ر٣	١٣ر١
Linum usitatissimum	٣٩	٤ر٤	٥ر٦	٦ر٣	٧ر٩	١٠ر٠
Brassica campestris	٣٥	٤ر٠	٤ر٥	٦ر٠	٧ر٠	٩ر٠
Brassica oleracea	٣٥	٣ر٥	٥ر٠	٦ر٠	٧ر٠	٩ر٠

الزيتية ؛ لأن الرطوبة تكون مركزة فى الأنسجة غير الدهنية ؛ بسبب عدم امتصاص المواد الدهنية للرطوبة ، بينما تكون الرطوبة موزعة على كل أنسجة البذرة فى الحالة الثانية، ومن ثم تفقد البذور الزيتية حيويتها بسرعة أكبر من البذور غير الزيتية عند تساوى الرطوبة فى كليهما .

ولكن الرطوبة – مع مرور الوقت – تصل فى الأنسجة غير الدهنية إلى حالة توازن مع الرطوبة النسبية فى هواء المخزن ، ونظراً لأن هذه الأنسجة تكون نسبتها فى البذور الزيتية أقل مما فى البذور غير الزيتية .. فإن رطوبة البذور – مقررة على أساس الوزن الكلى الرطب ، عندما تصل إلى حالة توازن مع الرطوبة النسبية فى هواء المخزن – تكون فى النهاية الأمر أقل فى البذور الزيتية منها فى البذور غير الزيتية (عن Harrington ١٩٧٠) .

يمكن لبذور معظم الخضر أن تحتفظ بحيويتها لعدة سنوات مادامت تحفظ فى مخازن برطوبة نسبية منخفضة ، فبعد ٤ سنوات من التخزين فى حرارة ٢١°م ورطوبة نسبية

٥٠ ٪ كانت نسبة الإنبات جيدة فى بذور : البسلة ، والفاصوليا ، والطماطم ، والخيار ، والبطيخ ، والذرة السكرية . وبخفض حرارة التخزين إلى ١٠°م لم يلاحظ سوى نقص بسيط فى حيوية بذور هذه المحاصيل بعد ٥ سنوات أخرى من التخزين (جدول ١٤ – ٤) (James وآخرون ١٩٦٧) . كما احتفظت بذور الخس بحيويتها بصورة جيدة لمدة ٤ سنوات عندما كانت الرطوبة النسبية ٥٨ ٪ ، بينما انخفضت حيويتها بشدة خلال سنة واحدة فى رطوبة نسبية ٦٧ ٪ ، أو ٧٥ ٪ (Bass ١٩٨٠) .

جدول (١٤ – ٤) : النقص فى نسبة إنبات الخضر المختلفة بعد التخزين لمدة ٨ – ٩ سنوات فى حرارة ١٠°م ، ورطوبة نسبية ٥٠ ٪ .

المحصول	عدد الأصناف المختبرة	متوسط النقص فى نسبة الإنبات (٪)
الطماطم	٢٦	٠ر٩
الفاصوليا	٢٥	٥ر٠
البسلة	٢٤	٤ر٦
الذرة السكرية	١٦	٠ر٧
الخيار	٢٤	٢ر٦
البطيخ	٢٤	٣ر٥

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

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

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

٣ – عندما تكون حرارة التخزين ٥ – ١٠°م يجب ألا تزيد الرطوبة النسبية على 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 على ٥٠ ٪ .. فإنه يجب تجفيفها إلى درجة الرطوبة المناسبة لدرجة الحرارة التى تتعرض لها من جديد ، إلاّ إذا تمت زراعتها خلال فترة وجيزة .

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

أ – يؤدى كل خفض فى درجة حرارة التخزين قدره خمس درجات – بين الصفر و٥٠°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 – لكل من درجة حرارة التخزين ورطوبة البذور تأثير مستقل ؛ بمعنى أنه عندما تكون رطوبة البذور ثابتة .. فإن البذور المخزنة فى حرارة ٥°م تحتفظ بحيويتها لفترة تزيد بمقدار ١٠٠٠ ضعف عن البذور المماثلة المخزنة فى حرارة ٥٠°م ، كذلك ففى درجة حرارة تخزين ثابتة .. فإن البذور التى تبلغ رطوبتها ٤ ٪ تحتفظ بحيويتها لفترة تزيد مقدار ١٠٠٠ ضعف عن البذور المماثلة التى تبلغ رطوبتها ١٤ ٪ ، كما أن البذور التى تبلغ رطوبتها ٤ ٪ ، ومخزنة فى حرارة ٥°م يمكنها أن تحتفظ بحيويتها لفترة تزيد بمقدار مليون ضعف عن البذور التى تبلغ رطوبتها ١٤ ٪ ومخزنة فى درجة حرارة ٥٠°م . وبرغم أن هذه القواعد لم تؤيدها نتائج التجارب بعد .. إلاّ أن البحوث المنشورة لا تتعارض معها أيضاً (Harrington ١٩٧٠) .

د – يلزم لحفظ حيوية البذور بحالة جيدة – مدة خمس سنوات أو أكثر – ألا يزيد مجموع درجات حرارة التخزين بالفهرنهيت والرطوبة النسبية على ١٠٠ ، بشرط ألا تكون الحرارة شديدة الارتفاع . كما يمكن تحقيق نفس الغرض بتجفيف البذور ؛ بحيث لا تزيد رطوبتها

على ٥ ٪ ، ثم تحفظ فى أوعية غير منفذة للرطوبة فى درجات الحرارة العادية ، بشرط ألا تزيد درجة الحرارة على ٣٢°م (Justice & Bass ١٩٧٩) .

ويشذ عما سبق بيانه – بالنسبة للعلاقة بين المحتوى الرطوبى للبذور ومدة احتفاظها بحيويتها – بذور بعض الأنواع النباتية التى لا تتحمل نقص نسبة الرطوبة عن حد معين (يتراوح عادة من ١٢ إلى ٣١ ٪) ؛ ومنها بذور : الموالح ، والبن ، وجوز الهند ، والبيكان ، والجوز ، والكستناء ، والبلوط ، وقصب السكر ، والشاى ، والكايوت . وتعرف هذه البذور باسم Recalcitrant Seed .

لا يمكن تخزين هذه البذور فى درجة حرارة تقل عن درجة التجمد ، ويمكن إطالة فترة احتفاظها بحيويتها لمدة أقصاها سنة واحدة ؛ بتخزينها فى جو معدل يحتوى على نسبة منخفضة من الأكسجين ، ونسبة مرتفعة من ثانى أكسيد الكربون ، مقارنة بما يوجد بالهواء العادى .

تأثير العوامل الداخلية الخاصة بالبذور فى حيويتها أثناء التخزين

. من أهم هذه العوامل ما يلى :

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 (١٤ – ٥) .

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 .

جدول (١٤ – ٥) : تأثير حيوية البذور قبل التخزين فى سرعة تدهورها أثناء التخزين (عن مرسى وعبد الجواد ١٩٦٤) .

المحصول	نسبة إنبات البذور قبل التخزين	مدة التخزين بالسنة	الفقد النسبى فى نسبة الإنبات
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

٣ – مدى نضج البذور :

لا تحتفظ البذور غير المكتملة النضج بحيويتها لفترة طويلة أثناء التخزين ؛ وذلك 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 الصلد بحيويتها لفترات أطول ؛ وذلك لبطء نفاذية هذه الأغطية للماء والغازات بين الجنين والجو الخارجى . وترجع الاختلافات بين الأنواع النباتية – فى مدة احتفاظ البذور بحيويتها أثناء التخزين بشكل أساسى إلى هذه الأغطية الصلدة .

٦ – تنفس البذور :

قد يؤثر التنفس من خلال استهلاك الغذاء المخزن بالبذور ، ولكن الأدلة البحثية لا تؤيد

هذا الفرض ؛ فمن المستبعد أن يؤدى التنفس إلى استهلاك كل الغذاء المخزن فى البذور أو معظمه 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 أولاً 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 ألاّ يحدث ذلك التأثير عندما تكون البذور مخزنة فى أوعية مفتوحة أو مسامية .

وتُحدث الطاقة المنطلقة من التنفس ارتفاعاً فى درجة حرارة البذور ؛ مما يقصر من فترة احتفاظها بحيويتها ، ولكن كمية الطاقة المنطلقة لا تكون مؤثرة إلاّ إذا كانت نسبة الرطوبة بالبذور مرتفعة ، والحرارة مرتفعة أصلاً ؛ 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 قدرة بذورها على الاحتفاظ بحيويتها أثناء التخزين . ومن أمثلة ذلك الاختلافات التى وجدت بين أصناف القاصوليا والبسلة ، والخيار ، والبطيخ ، والذرة السكرية .

تأثير العوامل البيئية الأخرى فى حيوية البذور أثناء التخزين

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

١ – منطقة إنتاج البذور :

تؤثر منطقة إنتاج البذور فى مدة احتفاظ البذور بحيويتها عند التخزين ؛ وذلك بسبب اختلاف مناطق الإنتاج فى الرطوبة النسبية ، وتأثير ذلك فى 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 قدرة البذور على الاحتفاظ بحيويتها أثناء التخزين (James وآخرون ١٩٦٧) .

٣ – الضوء :

تضاربت نتائج البحوث القليلة التى أجريت عن تأثير الإضاءة (طول الموجة وشدة الإضاءة) فى قدرة البذور على الاحتفاظ بحيويتها أثناء التخزين . ويستخلص من نتائج هذه الدراسات أن تأثير الضوء لا يعرف بعد على وجه الدقة ، ويحتاج إلى مزيد 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 راجعاً إلى الحرارة الصادرة من مصدر الضوء ، والتى ساعدت على التخلص من بعض الرطوبة من البذور وليس إلى الضوء نفسه .

٤ – تأثير التخزين فى الجو المعدل وتحت التفريغ :

إن الدراسات التى أجريت عن تأثير التخزين – تحت التفريغ أو فى جو تقل فيه نسبة الأكسجين عما هى فى الهواء الجوى – فى حيوية البذور لا تتفق فى نتائجها ؛ 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 Stor-age Laboratory فى الولايات المتحدة ، فخزنت بذور كثير من المحاصيل فى الهواء وتحت تفريغ وفى جو من النيتروجين ، أو ثانى أكسيد الكربون ، أو الهليوم ، أو الأرجون ، وفى درجات حرارة – ١٢ ، و –١ ، و ١٠ ، و ٢١ ، و ٣٢°م ورطوبة نسبية ٤ ٪ ، ٧ ٪ ، ١٠ ٪ . أجريت 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 ٪ O_2 ، و٠٫٠٣ ٪ CO_2 ؛ ليصبح ٨ ٪ O_2 ، و١٢ ٪ CO_2 ؛ وذلك بسبب تنفس البذور ، وحينئذ تدخل البذور فى طور سكون . ويتساوى فى ذلك الجو المعدل مع الجو العادى الذى حدث به تعديل طبيعى .

تأثير معاملة البذور بالمطهرات الفطرية فى 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 ، إلاّ أن بعض البحوث أفادت بأن بعض معاملات تطهير البذور لم يكن لها تأثير ضار فى مقدرة بذور بعض المحاصيل على الاحتفاظ بحيويتها أثناء التخزين .

تأثير الكائنات الدقيقة المصاحبة للبذور فى 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 البكتيريا .. فلا يمكنها النمو فى المخازن ؛ لأن نموها يتطلب 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

البذور ذاتها ، وتتضح من ذلك أهمية التهوية الجيدة فى مخازن البذور لتوزيع الحرارة والرطوبة بالتساوى فى أرجاء المخزن

تقسيم محاصيل الخضر - والنباتات عامة-حسب مدة احتفاظ بذورها بحيويتها

لا تعرف - على وجه الدقة - المدة التى يمكن لبذور معظم الأنواع النباتية أن تحتفظ خلالها بحيويتها تحت ظروف التخزين الجيدة ؛ لأن معظم معلوماتنا فى هذا الشأن مستمدة من دراسات أجريت لفترات تعد قصيرة نسبيا ، وفى ظروف لاتعتبر - حاليا - ظروفاً مثلى للمحافظة على حيوية البذور .

ويمكن القول - بوجه عام - إنه 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 (١٤ - ٦) ، بشرط أن تكون درجتا الحرارة والرطوبة النسبية منخفضتين نسبيًا أثناء التخزين .

جدول (١٤ - ٦) : تقسيم محاصيل الخضر حسب مدة احتفاظ بذورها بحيويتها أثناء التخزين فى الظروف الجوية المناسبة .

مدة التخزين بالسنة	الخضر
١ - ٢	الذرة السكرية - البصل .
٢	الباميه - البقدونس .
٣	الهليون -الفاصوليا - الجزر - الكرات - البسلة - اللوبيا .
٤	البنجر - السلق السويسرى - الفلفل - القرع العسلى - الفيتوكيا - الطماطم .
٥	البروكولى - كرنب بروكسل - الكرنب - القنبيط - الكرفس الشيكوريا - الكرنب الصينى - كرنب أبو ركبة - الخس - القاوون - الفجل - الخيار - البالنجان - الهندباء - السبانخ - الكوسة - الفت - البطيخ . (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠)
١٥ - ٢٠	البذور الحقيقية للبطاطس (عن Barker & Johnston ١٩٨٠) .

كما وجد عندما خزنت بذور عدد كبير من أصناف ستة أنواع من الخضر – لمدة ٨ – ٩ سنوات فى حرارة ١٠°م ، ورطوبة نسبية ٥٠٪ – أن مقدار النقص فى نسبة الإنبات – عما كان عليه الحال فى بداية فترة التخزين – كان كما يلى (عن Bass ١٩٨٠) .

المحصول	عدد الأصناف المختبرة	النقص فى نسبة الإنبات (٪)
الطماطم	٢٦	٩ر٠
الفاصوليا	٢٥	٥ر٠
البسلة	٢٤	٦ر٤
الذرة السكرية	١٦	٧ر٠
الخيار	٢٤	٦ر٢
البطيخ	٢٤	٥ر٣

وقد لخص Roos & Davidson (١٩٩٢) نتائج عديد من الدراسات التى أجريت على مدة احتفاظ بذور الخضر بحيويتها فى جدول (١٤ – ٧) .

وفى دراسة موسعة قام بها Roos & Davidson (١٩٩٢) على ٣ – ٦ أصناف من كل من ١٥ محصولا من الخضر .. درس الباحثان نسبة الإنبات فى لوطات مختلفة الأعمار لبذور من تلك المحاصيل . كانت هذه البذور قد استلمها مختبر البذور الوطنى National Seed Storage Laboratory (الأمريكى) فى عام ١٩٦٢ ، وكان يُحتفظ بها – قبل ذلك – فى أدراج معدنية بأحد مكاتب المحطة الحقلية الزراعية البستانية Agricultural Horticultural Field Station التابعة لوزارة الزراعة الأمريكية فى مدينة Cheyenne . وقد خزنت بعض لوطات البذور هذه – بعد أن اقتناها مختبر البذور الوطنى – فى حرارة ٥°م ورطوبة أقل من ٤٠ ٪ خلال الفترة من عام ١٩٦٢ إلى حوالى عام ١٩٧٧ . وأعقب ذلك تخزين البذور فى عبوات غير منفذة للرطوبة على حرارة – ١٨°م . أما بقية اللوطات .. فقد تركت فى أكياس ورقية فى ظروف الغرفة (حرارة حوالى ٢٠°م ، ورطوبة نسبية نحو ٥٠ ٪ أو أقل) قبل تخزينها فى الحرارة المنخفضة ، سواء أكانت ٥°م قبل عام ١٩٧٧ ، أم – ٢٠ °م بعد ذلك .

جدول (١٤ – ٧) : ملخص لعديد من الدراسات الخاصة بمدة احتفاظ بذور الخضر بحيويتها (من Roos & Davidson ١٩٩٢ [١]) .

محصول الخضر والصنف	عمر البذور (سنة)	الإنبات (٪)
الفاصوليا		
أصناف غير معروفة	١٨	٩٩
Alberta Brown	٢٩	٢٦
البنجر		
أصناف غير معروفة	٢٢	٧٥
Extra Early Bassano	٣١	٣١
الجزر		
أصناف غير معروفة	٢٠	٦٣
Int. Yellow Stump Rooted	٣١	٥
الذرة		
Early Surprise	٢٣	٨٢
Dakota Flint	٣٢	٧٩
الخيار		
أصناف غير معروفة	١٧	٩٨
Butcher's	٣٠	٧٧
الباذنجان		
أصناف غير معروفة	٢٠	٨٦
Black Pekin	٣٠	٣٠
القاوون		
Delicious 51	٢٣٫٥	٨١
West's	٣٠	٩٦
الباميا		
أصناف غير معروفة	١٧	٩٢
Extra Early Dwarf Green Pod	٢٢	٦٠
البصل		
Brigham Yellow Globe	٢٢	٧٥
Southport White Globe	٢٧	١٥
البسلة		
Alaska	٢٤	٨٦
Solo	٣١	٧٨

تابع : جدول (١٤ – ٧) .

محصول الخضر والصنف	عمر البذور (سنة)	الإنبات (٪)
الفلفل		
أصناف غير معروفة	٢٠	١٩
World Beater	٢٩	٣٤
السبانخ		
أصناف غير معروفة	٦١	١
Marco	٣٠	٨
السلق السويسرى		
أصناف غير معروفة	١٥	٩٤
Burpee's Rhubarb	٢٠	٨٨
الطماطم		
أصناف غير معروفة	٤٣	٧١
Marmon	٣٢	٨٧
البطيخ		
أصناف غير معروفة	١٧	٩٤
Arikara	٣٠	٩٢

(أ) يبين المرجع المصادر الأصلية للدراسات التى استخدمتْ نتائجها فى إعداد هذا الجدول .

وبرغم أنه لم تتوفر لدى الباحثين بيانات عن نسبة إنبات لوطات البذور بعد حصادها مباشرة .. فإن نسبة إنباتها كانت تقدر على فترات غير منتظمة خلال المدة من ١٩٦٢ إلى ١٩٩١ ؛ بحيث توفرت لديهما نتائج ٤–١١ اختبار نسبة إنبات لكل لوط من هذه البذور خلال تلك المدة ، بالإضافة إلى ما كان متوفراً من بيانات عن نسبة الإنبات فى بعضها قبل ذلك ، والتى يرجع أقدمها إلى عام ١٩٤٦ . وعن طريق هذه البيانات قدّر الباحثان – باستعمال معادلات خاصة لذلك أشارا إلى مصادرها – المدة التى يحتمل خلالها انخفاض نسبة إنبات البذور إلى ٥٠ ٪ لكل لوط من البذور ، ومتوسط هذه المدة لكل نوع محصولى . ونظراً لشمولية هذه الدراسة ، وأهميتها .. فإننا نقدم نتائجها كاملة فى جدول (١٤ – ٨) .

جدول (١٤ – ٨) : نسبة الإنبات ، وتقديرات مدة احتفاظ البذور بحيويتها لخمسة عشر محصولاً من الخضر (Roos & Davidson ١٩٩٢) .

المحصول	الصنف	العمر (سنة)	الإنبات(٪) ١٩٦٣	الإنبات(٪) ١٩٩١	$P_{50} \pm SE$ (١) (سنة)
الفاصوليا	Bean				
	Wyoming Pinto	48	72	24	31 ± 1
	Idaho Pinto	47	70	8	20 ± 1
	Dwarf Green Pod	46	64	64	90 ± 48
	Vermont Cranberry	45	78	52	51 ± 4
	Hidatsa	45	78	30	37 ± 2
	المتوسط		72	36	46
البنجر	Beet				
	Extra Early Bassano	59	71	8	39 ± 1
	Long Smooth Blood Turnip	56	62	18	41 ± 1
	Earlidark	53	63	14	35 ± 1
	Extra Early Red Turnip	49	85	36	43 ± 1
	Green Top Bunching	48	64	28	34 ± 1
	Early Flat Egyptian	47	94	78	66 ± 6
	المتوسط		73	30	43
الجزر	Carrot				
	Nantes Touchon Strain	46	63	24	30 ± 1
	Selected Long Orange Improved	46	70	22	30 ± 1
	Nancy	45	61	26	28 ± 2
	New Early Coreless	43	76	72	68 ± 16
	Wonderkugel	43	61	14	19 ± 1
	المتوسط		66	32	35
الذرة السكرية	Corn				
	Early Surprise	50	82	56	52 ± 3
	Marcross Northern	48	94	64	61 ± 5
	Lee (Resistant)	47	90	72	65 ± 8
	Earligold	46	92	84	86 ± 17
	Golden No. 10	45	90	70	63 ± 8
	المتوسط		90	69	65
الخيار	Cucumber				
	Danish Common	58	69	28	39 ± 1
	Snake	58	70	28	32 ± 2
	Lange Keeskemeter	54	79	48	52 ± 4
	Marketer	46	73	62	48 ± 10
	National Pickling	45	87	62	53 ± 6
	المتوسط		76	46	45
الباذنجان	Eggplant				
	Ebony King	56	69	4	33 ± 1
	Fort Myers Market	55	67	44	39 ± 2
	Blackee	50	62	12	27 ± 1
	Minnoval	48	92	80	119 ± 51
	المتوسط		72	35	54

تابع : جدول (١٤-٨) .

المحصول	الصنف	العمر (صنفة)	الإنبات (٪) ١٩٦٣	الإنبات (٪) ١٩٩١	$P_{50} \pm SE$ (١) (صنفة)
القاوون	Muskmelon				
	Extra Early Sunrise	58	82	42	53 ± 2
	Perfection	56	75	28	47 ± 1
	Bush Jenny Lind	55	79	52	55 ± 3
	New Ideal	53	99	76	70 ± 5
	Early Sunrise	50	92	74	79 ± 14
	المتوسط		85	54	61
الباميه	Okra				
	Extra Early Dwarf Green Pod	50	60	34	24 ± 3
	WyomingNo. 9	48	99	62	53 ± 2
	Wyoming No. 10	47	84	72	130 ± 71
	Wyoming No. 5	45	96	90	161 ± 102
	Wyoming No. 4	45	82	70	258 ± 573
	المتوسط		84	66	125
البصل	Onion				
	Valencia Sweet Spanish	52	76	20	33 ± 1
	Early Yellow Sweet Spanish	49	66	32	32 ± 1
	Yellow Sweet Spanish	48	79	14	32 ± 1
	San Joaquin	47	94	20	38 ± 1
	Espanloa	46	61	38	11 ± 6
	المتوسط		75	25	29
البسلة	Pea				
	Alaska	51	86	94	—
	Buxbom I	51	76	82	—
	Randolph Indian Var. 13, St.D	51	64	56	—
	Radio	51	76	45	46 ± 3
	Pedigree Extra Early	48	90	82	232 ± 292
	Extra Early D.S.C.	45	100	92	111 ± 42
	المتوسط		82	75	130
الفلفل	Pepper				
	Sweet (Thomsen's Own Select.)	51	84	28	37 ± 2
	Early Market	49	70	2	28 ± 1
	Victory	45	76	10	26 ± 1
	World Beater No. 13	45	66	26	17 ± 3
	المتوسط		74	16	27
السبانخ	Spinach				
	Blight Resistant Savoy	45	67	60	43 ± 8
	Mt. Evergreen	45	66	14	30 ± 1
	Viking	43	83	40	38 ± 1
	المتوسط		72	38	37
السلق السويسري	Swiss chard				
	Burpee's Rhubard	48	88	70	68 ± 8
	Special Large White Ribbed	47	76	66	64 ± 11
	Fordhook Giant	45	74	70	65 ± 9
	Dark Green	45	88	60	36 ± 1
	المتوسط		82	66	58

تابع جدول (١٤ – ٨) .

المحصول	الصنف	العمر (صنة)	الإنبات (٪) ١٩٦٣	الإنبات (٪) ١٩٩١	$P_{50} \pm SE$ (صنة) (١)
الطماطم	Tomato				
	Marmon	60	87	82	230 ± 233
	Early Bird	59	96	40	56 ± 1
	Florida Special	58	92	76	103 ± 23
	Morse's Special Early	57	95	82	109 ± 25
	Beauty of Loraine	56	95	98	—
	المتوسط		93	76	124
البطيخ	Watermelon				
	Colorado Preserving Citron	58	82	32	41 ± 1
	Arikara	57	76	20	34 ± 1
	Will's Sugar (28140.01)	57	88	24	47 ± 1
	New Winter	56	92	34	46 ± 1
	Will's Sugar (28142.01)	55	76	52	48 ± 2
	المتوسط		83	32	43

(أ) المدة (بالسنة) المقدرة لحين انخفاض نسبة إنبات البذور إلى ٥٠ ٪ ± الانحراف القياس .

يتبين من جدول (١٤ – ٨) أن أقدم لوطات البذور التي استخدمت في هذه الدراسة كان عمرها ٦٠ سنة لصنف الطماطم Marmon ، وكان إنباتها – وهي بهذا العمر – ٨٢ ٪ . وقد احتفظت عديد من اللوطات بحيويتها لأكثر من ٥٠ عاما ، وشملت كلاً من : البنجر ، والذرة ، والخيار ، والباذنجان ، والقاوون ، والبامية ، والبصل ، والبسلة ، والفلفل ، والبطيخ . وتتضمن تلك القائمة محاصيل كان يعتقد أن بذورها تفقد حيويتها بسرعة ؛ مثل : الجزر ، والبصل ، والفلفل ، بينما كان إنبات بذور بعض أصنافها كما يلي :

المحصول	الصنف	عمر البذور (سنة)	الإنبات (٪)
الجزر	New Early Carless	٤٣	٧٢
البصل	Sweet , Thomsen's Own Select	٤٦	٢٨
الفلفل	Espanola	٥١	٣٨

وباستثناءات قليلة .. فإن نسبة الإنبات انخفضت معنويا خلال الفترة من ١٩٦٣ إلى ١٩٩١ . وفى المتوسط .. فقدت معظم الأنواع المحصولية نحو ٣٠ ٪ أو أكثر من حيويتها ؛ باستثناء الذرة ، والبامية ، والبسلة ، والسلق السويسرى ، والطماطم . وكانت أكثر الأنواع المحصولية فقداً لحيويتها : البصل ، والفلفل ، والبطيخ ؛ حيث فقدت – فى المتوسط – ٥٠ ٪ ، و٥٨ ٪ ، و٥١ ٪ من إنباتها على التوالى ، بعد ٢٩ عاماً . هذا .. بينما فقدت بذور البسلة نحو ٧ ٪ من حيويتها – فى المتوسط – فيما بين عامى ١٩٦٣ ، و١٩٩١ .

ويدل جدول (١٤ – ٨) على أن الأنواع المحصولية – التى توقع لها الباحثان أن تعيش لأكثر من ١٠٠ عام قبل أن ينخفض إنباتها إلى ٥٠٪ – تشمل : البامية ، والبسلة ، والطماطم ، أما تلك التى قُدِّر لها من ٥٠ – ٧٠ عاماً فتشمل : الذرة ، والباذنجان ، والقاوون ، والسلق السويسرى . والتى قدرلها من ٣٠ – ٥٠ عاما تضم كلا من : الفاصوليا ، والبنجر ، والجزر ، والخيار ، والسبانخ ، والبطيخ ، فى حين أن تلك التى قدر لها أقل من ٣٠ عاماً لكى ينخفض إنباتها إلى ٥٠ ٪ تشمل : البصل ، والفلفل .

هذا .. وتحتفظ بذور بعض الأنواع النباتية بحيويتها لفترات طويلة جدا . وقد تأيدت تلك الحقيقة إما من واقع دراسات خزنت فيها البذور بالفعل لفترات طويلة ، وإما من دراسات أركيولوجية Archeological Studies ؛ حيث وجدت البذور مطمورة فى البيئة المحيطة بها منذ عصور طويلة ، ومن أمثلة ذلك ما يلى (عن Harrington ١٩٧٠) .

النوع النباتى	عمر البذور الحية (سنة)
التيموثى Timothy	٢١
الحنطة السواء	٢١
بنجر السكر	٢١
عشب كنتكى الأزرق	٣٩
الرجلة	٤٠
الخردل الأسود	٥٠
الخردل العادى	٦٠٠
الداندليون	٦٠٠
البرسيم الأبيض	٦٠٠
Lupins arcticus	١٠٠٠٠

حفظ (تخزين) بذور الجيرمبلازم (الأصول الوراثية)

يُعَرَّف الجيرمبلازم germplasm (الأصول الوراثية) بأنه أى مصدر لصفة معينة ، أو لمجموعة من الصفات الوراثية المحددة ، وهو اصطلاح واسع الاستعمال ؛ فعلى سبيل المثال .. يطلق على المجموعة العالمية لأصناف الطماطم وسلالاتها المزروعة والبرية – وهى تزيد على ٥ آلاف – جيرمبلازم الجنس Lycopersicon ، ويطلق اسم جيرمبلازم الطماطم المقاوم للحرارة العالية على مجموعة الأصناف والسلالات التى تتوفر فيها هذه الصفة ، كما تطلق كلمة جيرمبلازم على مجموعة الأصناف والسلالات التى تتوفر لدى المربى ؛ الذى يعمل على تحسين صفة ما أو مجموعة من الصفات فى محصول معين .

تختلف الطرق المتبعة فى تخزين تقاوى المحاصيل الزراعية التى تستخدم فى الزراعة لسنة أو سنوات قليلة عن تلك التى تتبع فى حفظ الجيرمبلازم وتخزينه لسنوات عديدة . وقد يكون الجيرمبلازم مخزناً على صورة بذور ، أو أجزاء خضرية ، أو مزارع أنسجة ، أو حبوب لقاح .. ولكن ما يعنينا فى هذا الكتاب هو تخزين الجيرمبلازم على صورة بذور .

ومن أهم مزايا حفظ الجيرمبلازم لفترات طويلة ، ما يلى :

١ – توفير نفقات إعادة زراعة السلالات على فترات متقاربة قبل أن تفقد حيويتها .

٢ – تجنب احتمالات الخلط الميكانيكى لبذور السلالات عند إعادة إكثارها

٣ – تجنب – أو تقليل – احتمال أى تغير وراثى فى مُجَمَّع الجينات gene pool الأصلى للسلالة ؛ الأمر الذى قد يحدث عند إكثارها من وقت لآخر (Stanwood & Roos ١٩٧٩) .

تخزين بذور الجيرمبلازم فى درجات الحرارة المنخفضة

يفضل تقسيم مجموعات الجيرمبلازم البذرية – حسب ظروف التخزين المناسبة – إلى فئتين ، كما يلى .

١ – المجموعات الأساسية Base Collections

تخزن بذور المجموعات الأساسية لمدة طويلة ، تحت ظروف مثلى من الحرارة والرطوبة .

لاتستعمل هذه المجموعات في التوزيع ، وتختبر حيويتها على فترات منتظمة ، ويجب أن يخزن من كل سلالة كمية من البذور ، تكفي الاحتياجات المتوقعة منها لاختبارات الإنبات خلال فترة التخزين ، ثم إعادة الزراعة حينما يحين وقت ذلك . وبرغم وجود عينات صغيرة منها لاختبارات الإنبات الدورية .. فإن الجزء الأكبر يبقى في أوعية غير منفذة للرطوبة ، لاتفتح إلا عند إعادة الزراعة التي تكون - عند انخفاض نسبة الإنبات - إلى ٨٠ - ٨٥ ٪ من النسبة الأصلية .

ويوصى بتخزين هذه البذور في حرارة -١٨°م ، أو أقل من ذلك في أوعية غير منفذة للرطوبة ، مع خفض رطوبة البذور قبل التخزين إلى ٥ ± ١ ٪ على أساس الوزن الرطب ؛ وهو ما يعني أن هذه الظروف لاتصلح لتخزين البذور التي تفقد حيويتها عند التجفيف . كما يجب توفر أجهزة توليد كهرباء إضافية ؛ لتعمل تلقائيا عند انقطاع التيار .

٢ - المجموعات النشطة Active Collections

تخزن بذور المجموعات النشطة لفترات متوسطة المدى ، وهي التي تستعمل في الإكثار ، والتوزيع ، والتقييم . ويعد الحد الأدنى المقبول - من الظروف التي تلزم لتخزين هذه المجموعات - درجة حرارة ٥°م ، مع خفض رطوبة البذور قبل التخزين إلى ٥ - ٧ ٪ ، وحفظها إما في أوعية غير منفذة للرطوبة ، وإما في أوعية منفذة للرطوبة ، لكن مع مراعاة ألا تزيد الرطوبة النسبية في جو المخزن على ٢٠ ٪ . وتحفظ بذور المجموعة النباتية - التي توجد في مخزن البذور الوطني في الولايات المتحدة - على حرارة ٤ر٤°م (٤٠°ف) ، مع رطوبة نسبية ٣٢٪ في أوعية غير منفذة للرطوبة (عن Justice & Bass ١٩٧٩) . كما تحفظ بذور بعض السلالات على درجة حرارة ١٢ - ١٠ °م تحت الصفر ، في أوعية منفذة للرطوبة . وتختبر حيوية السلالات المخزنة كل خمس سنوات ؛ حيث تكثر من جديد إذا وجد أن نسبة إنباتها قد انخفضت عن حد معين (Hartmann & Kester ١٩٨٣) .

ولمزيد من التفاصيل عن حفظ الجيرمبلازم بتخزين البذور فترات طويلة في الحرارة المنخفضة .. يراجع Harrington (١٩٧٠) ، و Roberts (١٩٧٥) ، و Bass (١٩٨٠).

حفظ بذور الجيرمبلازم بالتجفيد

مازال حفظ البذور بالتجفيد freeze - drying في مرحلة الدراسة والبحث . يراعى عند

اتباع هذه الطريقة .. أن تجفف البذور – أولا – بالطرق العادية ، إلى أن تنخفض نسبة رطوبتها إلى ١٠ ٪ ، ثم تجفف بالتجفيد (أى بالتبريد إلى درجة حرارة أقل من الصفر ، مع التجفيف تحت التفريغ فى آن واحد) ، إلى أن تنخفض رطوبتها إلى ٥٪ ثم تخزن – بعد ذلك – فى أوعية غير منفذة للرطوبة . تحتفظ البذور المجففة بهذه الطريقة بحيويتها لسنوات عديدة ، فى درجة حرارة الفرفة ، ولمدة غير محدودة ، إذا خزنت فى حرارة التجمد (عن دورية HortScience – العدد الثانى – المجلد ٢١ لعام ١٩٨٦) .

حفظ البذور فى النيتروجين السائل

لايوجد أى ضرر يمكن أن يحدث للبذور عند تعرضها لدرجات الحرارة الشديدة الانخفاض – حتى لو خزنت على درجة الحرارة المطلقة (وهى – ٢٧٣°م) – مادام محتوى البذور الرطوبى منخفضاً . أما البذور ذات المحتوى الرطوبى المرتفع فإنها تضار – بشدة – إذا تعرضت لدرجة التجمد ، ويتناسب مدى الضرر الحادث – طردياً – مع نسبة الرطوبة فى البذور ، ويظهر فى صورة تدهور شديد فى نسبة الإنبات ؛ وبذا .. فإن هذه الطريقة لاتصلح لتخزين البذور التى تفقد حيويتها عند التجفيف (recalcitrant seeds) ؛ كبذور الموالح ، والبن ، والكاكاو ، والمطاط ، ونخيل الزيت ، وجوز الهند .

ويوفر النيتروجين السائل درجة حرارة منخفضة (مقدارها – ١٩٦°م) ، وهى درجة تتوقف عندها كل العمليات الحيوية التى تؤدى إلى تدهور حيوية البذور ؛ فإذا تحملت بذور أى نوع نباتى التعرض لهذه الدرجة الحرارية – ولو لفترة قصيرة – ثم تحملت تدفئتها إلى درجة حرارة الفرفة بعد ذلك ، فإنها يمكن أن تُحْفظ بحالة جيدة فى النيتروجين السائل لفترات غير محدودة .

ولتخزين البذور فى النيتروجين السائل .. تجب مراعاة ما يلى :

١ – تجفف البذور – أولا – إلى درجة منخفضة من الرطوبة (حوالى ٥٪ على أساس الوزن الرطب) .

٢ – توضع البذور فى أوعية ألومنيومية ، أو بلاستيكية ذات غطاء .

٣ – تغمس الأوعية – بما فيها من بذور – فى النيتروجين السائل .

٤ – وتنقل الأومية – بما فيها من بذور – بعد انتهاء فترة التخزين ؛ من النيتروجين السائل إلى جو الغرفة مباشرة ، دون المرور بمراحل وسطية من درجات الحرارة (عن Sakai & Noshiro ١٩٧٥) .

وقد قام Stanwood & Roos (١٩٧٩) بتخزين بذور ١٤ نوعا من الخضر فى النيتروجين السائل لفترات : أسبوع ، وشهر ، وستة شهور – وهى فى أكياس ورقية – وتراوحت نسبة الرطوبة فى البذور المخزنة من ٥ – ٩ ٪ . وقد تبين من النتائج التى حصل عليها (جدول ١٤ – ٩) أن تخزين البذور فى النيتروجين السائل ، ثم إعادة إخراجها منه لم يكن له أى تأثير ضار على نسبة الإنبات ، كما لم تتأثر نسبة إنبات البذور بعد تخزينها لمدة ستة شهور . وقد قام الباحثان – كذلك – بدراسة تأثير حفظ بذور الفاصوليا والبسلة والخس فى النيتروجين السائل لمدة أسبوع على قوة الإنبات Vigor ، ولم يجد الباحثان أى تأثير للمعاملة على وزن السويقة الجنينية العليا epicotyl أو وزن البادرة بعد ثمانية أيام من بدء اختبار الإنبات .

ولمزيد من التفاصيل عن مشاكل حفظ الجيرمبلازم فى النيتروجين السائل .. يراجع Sakai & Nashiro (١٩٧٥) .

حفظ بذور الجيرمبلازم وهى متشربه للماء

وجد أن بذور بعض النباتات يمكن أن تحتفظ بحيويتها – لفترات طويلة – وهى متشربة للماء imbibed ، مع حفظها فى ظروف لا تسمح باستمرار الإنبات . ويحاول الإنسان – بذلك – محاكاة الطبيعة حينما تتشبع البذور التى توجد تحت أشجار الغابات بالماء ؛ ولكنها لاتباشر الإنبات ، لوجودها تحت غطاء سميك من البقايا النباتية غير المتحللة والمتحللة جزئياً ، ولكثافة الغطاء النباتى الذى يقلل كثيرا من وصول الضوء إليها . وربما تصلح هذه الطريقة لتخزين بذور الأنواع النباتية التى يتدهور إنباتها عند تجفيفها .

ومن بين الدراسات التى أجريت لحفظ البذور بهذه الكيفية دراسة خزنت فيها بذور رطوبتها ٥ ، و٧ ، و١٠ ، و١٣ ٪ ، وبذور متشبعة تماماً بالماء من صنف الخس Arctic King فى الظلام على حرارة ٣٠°م ، ثم قدرت نسبة إنباتها فى حرارة ٢٢°م ، وكانت النتائج كما يلى :

رطوبة البذور (٪)	فترة التخزين (شهر)	الإنبات (٪)
١٣	١	أقل من ٥
١٠	أقل من ٥	أقل من ٥
٧	١٥	٢٠
٥	١٥	أكثر من ٩٥
مشبعة تماماً بالماء	١٥	أكثر من ٩٥

جدول (١٤-٩) : تأثير تخزين بذور بعض محاصيل الخضر فى النيتروجين السائل على نسبة الإنبات .

المحصول	نسبة رطوبة البذور (٪)	نسبة الإنبات الأولية (٪)	الإنبات (٪) بعد الحفظ فى النيتروجين السائل لمدة		
			أسبوع	شهر	٦ شهور
الفاصوليا	٧	١٠٠	–	١٠٠	–
البنجر	٦ر٢	٩٦	٩٦	٩١	–
الكرنب	٦ر٢	٩٨	٩٤	٩٥	٩٢
القاوون	٥	٩٠	٨٩	٨٩	٩٢
الجزر	٦ر١	٨٧	٨٢	–	–
الخيار	١ر٥	٩٥	٩٤	٩٥	٩٢
الباذنجان	٦ر٢	٩٥	٩٥	٩٤	٩٢
الخس	٨ر٠	٩٩	٩٩	٩٩	–
البصل	٦ر٢	٩٨	٩٩	٩٩	٩٨
البسلة	٧ر٢	٩١	–	٩٦	–
الثلفل	٦ر٢	٩٣	٩١	٩٥	٩٣
الكوسة	٦ر٧	٨٢	٧٣	٧٧	٧٩
الطماطم	٥ر٣	٩١	٩٦	٩٢	٩٣
البطيخ	٩	٩٤	٩٥	–	–

وبالرغم من حدوث إنبات طفيف فى البذور المتشربة الماء فى هذه الدراسة .. فإن أكثر من ٨٠ ٪ من البذور التى تشربت بالماء ظلت ساكنة ، وأمكن دفعها إلى الإنبات بعد انتهاء

فترة التخزين ؛ وذلك بتعريضها للضوء واستنباتها على حرارة ٢٢°م . وقد نمت هذه النباتات بصورة طبيعية ، وأزهرت عندما عرضت لفترة إضاءة طولها ١٦ ساعة ، وانتجت جيلاً جديداً من البذور .

وقد استخدم الخس فى هذه الدراسات ؛ لأن بذوره تدخل فى طور سكون ثانوى إذا عرضت – وهى متشربة للماء – لحرارة عالية ؛ وبذا .. فإنها لاتنبت أثناء حفظها وهى متشربة للرطوبة . ويمكن منع بذور المحاصيل الأخرى من الإنبات بوسائل أخرى ؛ مثل حفظها – وهى متشربة بالرطوبة – فى محلول ذى ضغط أسموزى مرتفع (عن Villiers ١٩٧٥) .

وقد أمكن حفظ بذور الخس بهذه الطريقة – مع احتفاظها بحيويتها – لمدة ٥ – ٦ سنوات . كما أجريت دراسات مماثلة على بذور البندق .

ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع Villiers (١٩٧٥) .

اختبارات التنبؤ بالمدة التى يمكن أن تحتفظ فيها البذور بحيويتها

يمكن التنبؤ بقدرة البذور على الاحتفاظ بحيويتها بصورة جيدة تحت ظروف التخزين الجيدة ؛ وذلك بتعريضها لحرارة ٣٠°م ، ورطوبة نسبية ٧٥٪ لمدة تختلف من محصول لآخر، ثم تقدير نسبة إنباتها بعد ذلك ، فيما يعرف باختبار التعجيل بالشيخوخة Accelerated Aging Test ؛ حيث تدل نسبة الإنبات المرتفعة بعد هذا الاختبار على إمكان حفظ البذور المختَبَرة لفترة طويلة تحت ظروف التخزين الجيدة ؛ وبذا .. يمكن استبعاد لوطات البذور التى لاتتحمل التخزين (عن Justice & Bass ١٩٧٩) .

ومن أمثلة ذلك دراسة أجريت على بذور (حبوب) النرة ، حيث عرضت فيها البذور لحرارة ٤٠ – ٤٥°م ورطوبة نسبية ٩٠ ٪ لأيام قليلة ، ثم استمر تخزين البذور لمدة سنة ونصف السنة – بعد ذلك – فى مخازن عادية ، وكانت النتائج كما يلى (عن Thomson ١٩٧٩) :

نسبة الإنبات بعد ٥ر١ سنة من التخزين العادى	نسبة الإنبات بعد الاختبار	نسبة الإنبات الأولى	لوط البذور
٩٢	٩٢	٩٧	أ
٢٠	٤٧	٩٦	ب

وتختلف مدة اختبار التعجيل بالشيخوخة من محصول لآخر ، ويتطلب الأمر تحديدها – تجريبيا – لكل محصول على حدة ومن نتائج الدراسات – التى أجريت فى هذا الشأن – ما يلى :

المحصول	مدة الاختبار (التعجيل بالشيخوخة) بالأسبوع
الفاصوليا	٢٠
الذرة	٢٤
الخس	٩
البصل	٦
الفجل	٢٤
فول الصويا	٩
البطيخ	٢١

ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع Justice & Bass (١٩٧٩) .

وللتعمق فى دراسة موضوع حيوية البذور وتخزينها .. يوصى بمراجعة كل من Barton (١٩٦١) ، و Bass وآخـرين (١٩٦١) ، وHarrington (١٩٧٠ ، ١٩٧١) ، و Roberts (١٩٧٢) ، و Amer . Soc. Hort . Sci. (١٩٨٠) ، و Agrawal (١٩٨٠) .

وفى مجال بيولوجيا البذور بصورة عامة .. يراجع Kozloski (١٩٧٢ أ ، و١٩٧٢ ب).

تأثير الترطيب الدورى للبذور على احتفاظها بحيويتها

تمكن R.N.Basu – وفريق الباحثين المتعاونين معه – من إطالة فترة احتفاظ بذور عديد

من الخضر والمحاصيل الحقلية بحيويتها ؛ وذلك بنقع البذور – فى منتصف فترة التخزين المطلوبة – فى الماء ، أو فى محاليل مخففة (بتركيز ١٠$^{-٥}$ – ١٠$^{-٢}$ مولار) لعدد من المركبات الكيميائية لمدة ٢ – ٦ ساعات ، ثم إعادة تجفيفها سريعاً إلى وزنها الأصلى الذى كانت عليه قبل النقع . وقد كان لمجرد معاملة النقع فى الماء فقط ثم التجفيف أثر كبير فى إطالة فترة احتفاظ بذور معظم الأنواع النباتية – التى اختبرت – بحيويتها .

كذلك تبين أن مجرد رش البذور رشاً خفيفاً بالماء ، أو بالمحاليل الكيميائية المخففة ، أو حتى مجرد ترك البذور – فى جو مشبع بالرطوبة لمدة يوم أو يومين ؛ إلى أن تصل إلى حالة توازن رطوبى مع الهواء المحيط بها ، ثم تجفيف البذور إلى وزنها الأصلى الذى كانت عليه قبل معاملتها – أدى إلى إطالة فترة احتفاظ بذور القمح بحيويتها ، ولكن نتائج معاملة النقع فى الماء أو فى المحاليل المخففة كانت أفضل .

وقد وُجد أن معاملة البذور الحديثة الحصاد ، أو البذور التى خزنت بالفعل لفترات طويلة كانت أقل فاعلية من معاملة البذور التى سبق تخزينها لمدة ٤ – ٦ شهور فى مخازن عادية ؛ حيث ازدادت فترة احتفاظها بحيويتها عندما خزنت بعد هذه المعاملة .

وبرغم أن هذه المعاملات أدت إلى تحسين نسبة إنبات البذور عقب المعاملة مباشرة .. إلاّ أن تأثير المعاملة كان أكثر وضوحاً بعد فترة إضافية من التخزين ؛ حيث احتفظت البذور – التى عوملت بالرطوبة ثم جففت – بحيويتها بصورة أفضل بكثير من البذور التى لم تمر بهذه المعاملة (Basu ١٩٧٦) .

كذلك أدت معاملة بذور (حبوب) القمح بفوسفات ثنائى الصوديوم إلى زيادة المحصول ومكوناته (عدد السنابل / نبات ، وعدد الحبوب / سنبلة ، ووزن ١٠٠٠ حبة) . وكانت أكثر المعاملات تأثيراً بعد فوسفات ثنائى الصوديوم هى كلوريد الصوديوم والماء . وكان تأثيرهذه المعاملات أكثر وضوحاً عندما أُعطيت عمليتا الرى والتسميد عناية خاصة . وربما يرجع تأثير المعاملة فى المحصول إلى ما تُحدثه المعاملة من تأثير جوهرى فى قوة نمو البادرات ؛ حيث يزداد نمو كل من الريشة والجذير عند الإنبات (Dasgupta وآخرون ١٩٧٦) .

وفى حالة الأرز .. أدت معاملة البذور الساكنة إلى التخلص من حالة السكون ؛ الأمر الذى

ساعد على تجانس الإنبات (Basu & Prativa ١٩٧٩) .

طريقة المعاملة

تُجرى المعاملة بنقع البذور لمدة ٢ – ٦ ساعات فى ضعف حجمها من الماء ، أو من المحلول الذى يُراد استخدامه ، مع ضرورة تقليب البذور عدة مرات أثناء النقع . ويتم – بعد انتهاء فترة النقع مباشرة – التخلص من الماء الزائد بتجفيف البذور على حرارة ٣٨°م . أما بذور معاملة الشاهد (المقارنة) .. فإنها تُعطَى معاملة التجفيف فقط (Basu & Prativa ١٩٧٩) .

وبرغم أن نقع البذور لمدة ١٥ دقيقة كان كافياً .. فإن إطالة مدة النقع أعطت نتائج أفضل . ولكن كان لإطالة فترة النقع – أكثر من ذلك – تأثير سيئ على نمو الجذير والريشة، ونسبة الإنبات . أما معاملة ترك البذور فى الجو المشبع بالرطوبة .. فإنها تجرى لمدة تتراوح من يوم إلى يومين على حرارة ٣٠°م .

وبالنسبة لمعاملة التقاوى على المستوى التجارى .. فإنها تجرى فى منتصف فترة التخزين التى تمر بها البذور – عادة – قبل أن يحدث أى نقص واضح فى حيويتها . يتم نقع التقاوى فى الماء ، أو فى محاليل الأملاح المخففة بمعدل ٢ – ٥ لترات / كجم من البذور لمدة ٢ – ٦ ساعات ، ثم تجفف البذور فى الشمس ، إلى أن تعود إلى وزنها الأصلى ، ثم يُعاد تخزينها . ويحسن أن تجفف البذور إلى أن تقل قليلاً عن وزنها الأصلى ؛ للتأكد من التخلص من الرطوبة ، ولعمل حساب البذور التى تفقد أثناء عمليتى النقع والتجفيف .

تُعد عملية التجفيف غاية فى الأهمية ، ويفضل أن تجرى سريعة فى المجففات الصناعية . وفى حالة عدم توفر المجففات .. فإن البذور تترك فى مكان مظلل جيد التهوية لمدة ساعة ، ثم يستكمل تجفيفها فى الشمس بعد ذلك .

وتفضل معاملة البذور على دفعات ؛ وذلك لتجنب مخاطر عدم توفر ظروف جوية مناسبة للتجفيف السريع . كما يجب إجراء المعاملة فى الصباح الباكر ؛ حتى يمكن الاستفادة من التجفيف فى الشمس لأطول فترة ممكنه . ويمكن – عند الضرورة – استمرار التجفيف خلال اليوم التالى أيضاً .

وإذا استدعى الأمر معاملة البذور بالمطهرات الفطرية أو الحشرية .. فإن ذلك يجب أن يتم بعد معاملة الترطيب ، وليس قبلها (Basu ١٩٧٧) .

ومن أمثلة المعاملات التى أثبتت فاعلية ما يلى :

١ - الملوخية :

تنقع البذور فى الماء ، أو فى محاليل بتركيز $١٠^{-٤}$ مولار لأى من المركبات : كلوريد الصوديوم ، وفوسفات أحادى أو ثنائى الصوديوم ، و Sodium thiosulphate .

٢ - الجزر :

تنقع البذور لمدة ساعتين ونصف الساعة فى محاليل أى من المركبات التالية :

Sodium thiosulphate بتركيز $١٠^{-٤}$ مولار .

فوسفات أحادى الصوديوم بتركيز $١٠^{-٤}$ مولار .

كلوريد الصوديوم بتركيز $١٠^{-٣}$ مولار .

أدت أى من هذه المعاملات إلى تحسين إنبات البذور عند تعريضها - بعد المعاملة - لظروف التدهور السريع (رطوبة ١٠٠ ٪ ، وحرارة ٤٠°م لمدة ١٥ يوماً) .

٣ - البصل :

تنقع البذور فى الماء لمدة ٦ ساعات فى حرارة ٢٥°م ، ولكن الأفضل النقع فى محاليل أى من المركبات التالية :

فوسفات أحادى أو ثنائى الصوديوم بتركيز $١٠^{-٤}$ ، و$١٠^{-٣}$ مولار .

حامض الأوكساليك بتركيز $١٠^{-٤}$ ، و$١٠^{-٣}$ مولار .

حامض البوريك بتركيز $١٠^{-٣}$ مولار .

كلوريد الزئبق بتركيز $١٠^{-٥}$ مولار .

٤ – الباميا :

تعامل البذور إما بالثيوريا بتركيز ١٠$^{-٥}$ مولار، وإما بفوسفات ثنائى الصوديوم بتركيز ١٠$^{-٤}$ مولار .

٥ – الطماطم والفلفل والباذنجان :

تنقع البذور فى الماء لمدة ٣ ساعات على حرارة ٢٥°م ، ولكن الأفضل النقع فى أى من المحاليل التالية :

فوسفات أحادى أو ثنائى الصوديوم بتركيز ١٠$^{-٤}$ مولار .

حامض التانيك Tannic Acid بتركيز ١٠$^{-٥}$ مولار ، أو ١٠$^{-٤}$ مولار .

٦ – القمح :

ثبت نجاح عديد من المركبات (الـ Free Radical Quenching Agents) ؛ مثل :

حامض الأسكوربيك ، وبارا أمينو حامض البنزويك ، والسيستين cysteine ، ويوديد البوتاسيوم بتركيزات تراوحت من ١٠$^{-٤}$ إلى ١٠$^{-٣}$ مولار (Basu ١٩٧٦) .

٧ – القطن :

تنقع البذور فى الماء لمدة ساعة واحدة ، والأفضل النقع فى محلول بتركيز ٢ × ١٠$^{-٤}$ مولار لأى من فوسفات ثنائى الصوديوم ، أو باراميدروكسى حامض البنزويك (Dharma-lingam & Basu ١٩٧٨) .

الأساس الفسيولوجى للمعاملة

ارتشاح مثبطات الإنبات

قد يؤدى نقع البذور فى الماء أو فى مختلف المحاليل لبضع ساعات إلى ارتشاح بعض المركبات – المعوّقة لإنبات البذور – منها . إلاّ أن هذا الأمر لايمكن أن ينطبق على الحالات التى تزيد فيها فترة احتفاظ البذور بحيويتها عند رشها بالماء ، أو عند مجرد تركها فى جو

تبلغ رطوبته النسبية ١٠٠ ٪ ، إلى أن يحدث التوازن بين رطوبة البذور والرطوبة فى الهواء المحيط بها .

تأثير التشبع المؤقت بالماء فى الإنبات

ربما يؤدى نقع البذور فى الماء أو فى المحاليل المجففة إلى بدء المراحل الأولى للإنبات ؛ وبذا .. فإن هذه البذور تكون قد أكملت بالفعل أولى خطوات الإنبات . وعند زراعة البذور – بعد تخزينها لفترة أخرى – فإن عملية الإنبات تستمر من حيث انتهت المعاملة . ويفيد ذلك فى الحالات التى يضر فيها التخزين بقدرة البذور على بدء المراحل الأولى للإنبات .

هذا .. إلاّ أن هذه النظرية الافتراضية لا تقدم تفسيراً للحالات التالية التى نجحت فيها – كذلك – معاملات نقع البذور :

١ – حالة البذور الساكنة :

ففى الأرز .. أدت معاملة البذور الساكنة إلى كسر حالة السكون ، واحتفاظ البذور – التى عرضت لاختبار التدهور السريع فى رطوبة ١٠٠ ٪ وحرارة ٤٥°م – بحيويتها . ولكن تأثير المعاملة فى الحيوية لم يكن له الفاعلية ذاتها ، كما كان عليه الحال عندما عوملت البذور المخزنة غير الساكنة .

كذلك تتطلب بذور صنف الخس Sutton's Al تعريضها للحرارة المنخفضة لكى تنبت، ولكن معاملتها بالنقع فى فوسفات ثنائى الصوديوم بتركيز $١٠^{-٤}$ مولار – دون تعريضها للبرودة – أدى إلى احتفاظها بحيويتها عندما عرضت لاختبار التدهور السريع .

٢ – حالة معاملة البذور بمثبطات الإنبات :

ففى صنف القمح Sonalika لم يؤدِ وجود حامض الأبسيسك بتركيز $١٠^{-٥}$ مولار – أثناء معاملة البذور بفوسفات ثنائى الصوديوم – إلى تقليل فاعلية المعاملة (Basu ١٩٧٦) .

دور نظام الصيانة الخلوية

لا يُنتظر أن يكون لنظام الصيانة الخلوية Cellular Repair System أى دور عند

إجراء معاملة التقع ؛ لأن معاملة التقع تجرى لفترة محدودة للغاية تصل – أحياناً – إلى ١٥ دقيقة فقط ، بينما يتطلب تمثيل البروتينات وبدء عمل هذا النظام ، وتشرب البذور الكامل للرطوبة وقتاً أطول . كما أنها لا تقدم تفسيراً للتأثير الإيجابى لمعاملة ترك البذور فى جو مشبع بالرطوبة (Basu & Prativa ١٩٧٩) .

تأثير المعاملة فى الأغشية الخلوية

وجد أن درجة التوصيل الكهربائى لمنقوع البذور المعاملة – بعد تعريضها لاختبار التدهور السريع ، أو تخزينها فى المخازن العادية – كانت أقل جوهريا من درجة التوصيل الكهربائى لمنقوع البذور غير المعاملة ؛ ويعنى ذلك أن المعاملة أثرت فى الأغشية الخلوية بطريقة جعلتها أكثر احتفاظاً بخصائصها .

ومن المعلوم أن تفاعل الأكسجين مع المكونات الدهنية بالأغشية الخلوية من أهم أسباب تدهور البذور وفقدها لحيويتها أثناء التخزين . وقد لوحظ فى القمح أن مجرد ترك البذور فى رطوبة ١٠٠ ٪ وحرارة ٢٣°م – لمدة ١٢ إلى ٤٨ ساعة – كان كافيا لزيادة مدة احتفاظ البذور بحيويتها ، وكان ذلك مصاحباً بنقص فى درجة التوصيل الكهربائى لمنقوع البذور ، ونقص فى معدل ارتشاح السكريات والأحماض الأمينية منها ، وزيادة فى نشاط إنزيمات الـ amylolytic ، و الـ dehydrogenase فى البذور النابتة مع نقص فى الـ Lipid peroxidation .. وجميعها عوامل تعنى أن المعاملة جعلت الأغشية الخلوية تحفظ بتركيبها وخصائصها دونما تغيير (Rudrapal & Basu ١٩٧٩) .

التغيرات التى تطرأ على البذور الجافة أثناء التخزين

التغيرات الوراثية

لوحظ – فى أوائل القرن العشرين – زيادة معدل ظهور الطفرات فى النباتات الناتجة من زراعة بذور قديمة عما فى النباتات الناتجة من زراعة بذور حديثة . وكان الاعتقاد السائد آنذاك أن هذه الطفرات كانت موجودة منذ البداية ، وأنها – أى الطفرات – هى المسئولة عن احتفاظ البذور بحيويتها ؛ ومن ثم زيادة معدلات ظهورها عند التخزين ؛ لأن البذور الأخرى – التى لا تحتوى على هذه الطفرات – تفقد حيويتها مبكراً أثناء التخزين ، إلا أن خطأ هذا الاعتقاد ثبت تدريجاً

ففى أوائل الثلاثينيات لوحظ وجود نسبة مرتفعة من التغيرات الكروموسومية فى البذور القديمة . ثم لوحظ فى أواخر الثلاثينيات أن نسبة الطفرات تزداد مع ازدياد درجة حرارة التخزين ، ومع ازدياد الرطوبة النسبية فى المخازن ؛ أى كلما ازدادت ظروف التخزين سوءاً . ثم لوحظ فى الستينيات أن أى عامل يؤدى إلى زيادة تدهور البذور (كالحرارة المرتفعة ، أو الرطوبة العالية) يؤدى إلى زيادة معدل حدوث الطفرات والتغيرات الكروموسومية فى البذورالتى تحتفظ بحيويتها فى هذه الظروف .

وقد وجد أن ظروف التخزين التى تُحدث نقصاً فى الإنبات بنسبة ٥٠ ٪ يصاحبها ظهور طفرات فى الكلوروفيل بنسبة ١ - ٤ ٪ فى النباتات التى تنتج من البذور التى احتفظت بحيويتها . ونظراً لأن طفرات الكلوروفيل هى الأكثر وضوحاً ، وأنه يتوقع حدوث طفرات بذات النسبة - أو نسب قريبة منها - فى الجينات المسئولة عن الصفات الأخرى ؛ لذا .. فإن نسبة حدوث الطفرات - بصورة عامة - تكون عالية (Roberts ١٩٧٥) ، وقد تؤدى إلى فقدان البذور لحيويتها ؛ وهذا يعنى عدم اكتشافها .

ومن التغيرات الكروموسومية التى لوحظت فى البذور المخزنة كل من : كثرة ظهور الأجزاء الكروموسومية المفردة Fragmentation ، وتكوينات الجسور bridges ، والحلقات rings ، والالتحام fusion (عن Justice & Bass ١٩٧٩) .

ولمزيد من التفاصيل عن هذه التغيرات الكروموسومية عند تخزين البذور لفترات طويلة .. يراجع Roberts (١٩٧٥) .

التغيرات الفسيولوجية

وضعت عدة نظريات لتفسير فقدان البذور لحيويتها ونقص نسبة إنباتها أثناء تخزينها ؛ نذكر منها مايلى :

١ - استهلاك الغذاء المخزن فى البذور فى عملية التنفس أثناء التخزين :

تشير معظم الدلائل إلى عدم صحة هذه النظرية ، فمعظم البذور تفقد حيويتها وهى لاتزال محتفظة بكميات كبيرة من الغذاء المخزن ، كما أن بذور مئات الأنواع النباتية صغيرة بطبيعتها ، ولا تحتوى على كثير من الغذاء المخزن .

٢ – عدم وصول الغذاء إلى الأنسجة الميرستيمية فى الجذير والريشة :

تعتمد هذه النظرية على أن الأنسجة الميرستيمية تموت ؛ بعدم وصول الغذاء إليها – بالرغم من توفره بكميات كبيرة على بعد عدد من الخلايا منها – وذلك بسبب استهلاك الغذاء المخزن فى خلايا الأنسجة الموصلة بين الجنين والأنسجة الخازنة للغذاء ، مع استحالة تحرك هذا الغذاء عندما تكون نسبة الرطوبة فى البذور أقل من ١٢ ٪ .

٣ – تراكم المواد السامة فى أنسجة الجنين .

٤ – حدوث دنترة بطيئة للبروتينات ؛ الأمر الذى يؤدى إلى توقف نشاط الإنزيمات .

٥ – الأكسدة الذاتية للدهون :

تتدهور البذور – التى تقل نسبة الرطوبة فيها عن ٤ ٪ – بسرعة أكبر من تلك التى تتراوح رطوبتها من ٤ – ٧ ٪ ، وربما يرجع ذلك إلى حدوث أكسدة ذاتية للدهون فى خلايا الجنين ، خاصة فى المناطق الميرستيمية ؛ الأمر الذى يؤدى إلى فقد البروتينات الليبدية من أغشية الخلايا ؛ مما يفقدها خاصية نفاذيتها الاختيارية .

كذلك تدخل الـ free radicals – التى تنتج من الأكسدة الذاتية للمواد الدهنية – فى تفاعلات غير مرغوب فيها مع المواد البروتينية ؛ مما يؤدى إلى وقف نشاط الإنزيمات ، كما تدخل فى تفاعلات مع الأحماض النووية ؛ الأمر الذى يسبب فقد تلك الأحماض لخصائصها.

ويمكن وقف الأكسدة الذاتية للدهون بتخزين البذور فى أوعية محكمة الإغلاق ، خالية من الأكسجين ، غير منفذة للأشعة فوق البنفسجية (Harrington ١٩٧٠) .

هذا .. بينما لم يلاحظ أى ارتباط بين محتوى البذور من الـ ATP وبين النقص فى نسبة الإنبات ، أو قوته عند اختلاف مدة التخزين وظروفه والأنواع النباتية المخزنة (Styer وآخرون ١٩٨٠) .

ولمزيد من التفاصيل عن مختلف التغيرات التى تطرأ على البذور الجافة أثناء تخزينها .. يراجع Roos (١٩٨٠) .

التغيرات التى تطرأ على البذور المشبعة بالماء أثناء التخزين

لوحظ أن البذور المدفونة فى التربة تحتفظ بحيويتها لفترات طويلة ، برغم أنها تكون فى حالة تشرب تام للرطوبة ، هذا بينما تحتفظ البذور المجففة جيداً بحيويتها لفترات طويلة ، وتقل فترة احتفاظها بحيويتها كلما ازدادت رطوبتها ؛ فكيف يمكن تفسير هذا التناقض ؟

لقد ذُكر – فى محاولة تفسير ذلك – أن البذور المجففة تفقد حيويتها نتيجة لاستهلاك محتويات الخلايا ، وبسبب التغيرات التى تحدث فيها كتلك التى تحدث فى الدهون ، وأغشية الخلايا ، والحامض النووى ، والتغيرات الكروموسومية . تحدث هذه التغيرات مع طول عمر البذور ، وتتراكم – بصورة تدريجية – إلى أن تصل إلى حد يجعل البذور غير قادرة على الإنبات ؛ مما يفقدها حيويتها . ويزداد معدل حدوث هذه التغيرات مع زيادة رطوبة البذور ، ومع ارتفاع حرارة المخزن ، ورطوبته النسبية ، ونسبة الأكسجين فى هواء المخزن .

وتحتوى الأنسجة الحية – فى الظروف الطبيعية – على إنزيمات قادرة على أن تستبدل بالمحتويات التالفة للخلايا بأخرى جديدة بصورة دائمة ، ولكن هذه الإنزيمات لا تعمل بصورة جيدة فى الأنسجة القليلة الرطوبة كالبذور المجففة ؛ إذ تحتاج – لكى تعمل – إلى مستوى مرتفع من الرطوبة ؛ وبذا .. يمكن لهذه الإنزيمات أن تعمل – لإصلاح الأضرار – فى وجود مستوى مرتفع من الرطوبة ، وهو ما يحدث بالفعل فى الأنسجة المتشربة تماماً بالماء ؛ الأمر الذى يجعلها تحتفظ بحيويتها لفترات طويلة دون أن تحدث بها تغيرات وراثية ، كتلك التى تحدث فى البذور المخزنة الجافة .

وقد ثبت تجريبياً أن الطفرات والتغيرات الكروموسومية – التى تظهر فى البذور المخزنة الجافة ، والتى تزداد مع ازدياد فترة التخزين – تكون مُصَاحَبة بانخفاض فى نسبة الإنبات ، بينما لا تحدث تغيرات مماثلة فى البذور المتشربة للماء .

فمثلاً .. أجريت دراسات سيتولوجية على عينات من بذور خس تجارية سبق حفظها لمدة ١٤ – ٢٠ شهراً فى أوعية غير منفذة للرطوبة ، وكانت رطوبتها خلال فترة التخزين تتراوح من ٤ – ٦ ٪ ؛ حيث وجدت بها عديد من التغيرات الكروموسومية . وعندما شُبِّعَتْ هذه البذور بالماء ثم خزنت مرة أخرى .. بقيت دون أن يحدث فيها مزيد من التلفيات الكروموسومية ،

كما حدث فيها إصلاح بسيط لبعض هذه الأضرار ؛ حيث ظهر عدد أقل من التغيرات الكروموسومية.

هذا .. إلا أنه لم يمكن حفظ البذور التى وصلت فيها نسبة التغيرات الكروموسومية إلى ١٥ ٪ – بصورة جيدة – وهى متشربة الماء ؛ لأنها تدهورت بسرعة ، وتعفنت عندما شُبِّعَتْ بالرطوبة (Villiers ١٩٧٥) .

تأثير تخزين البذور لفترات طويلة على محصول النباتات التى تنتج منها

يؤدى تخزين البذور لفترات طويلة إلى حدوث تدهور فى كل من نسبة الإنبات وقوته ؛ ويترتب على ذلك زيادة عدد الجور الفائبة ، ونمو بادرات ضعيفة غير قادرة على تحمل الظروف البيئية غير المناسبة ، وغير قادرة على منافسة الحشائش ؛ ومن ثم يكون المحصول منخفضاً . وقد يمكن التغلب على هذه المشكلة جزئياً بزراعة كمية أكبر من التقاوى لتعويض النقص فى نسبة الإنبات ، مع الاعتناء بزراعتها ورعايتها لحين اكتمال الإنبات (عن Justice & Bass ١٩٧٩) .

وبالإضافة إلى ضعف نسبة وقوة إنبات البذور المخزنة .. فإن نسبة البادرات الشاذة تزيد بين نباتاتها كذلك . ففى الخس .. تظهر حالة تعرف باسم الفلقات الحمراء Red Cotyledon ، وفيها تتكون بقع حمراء متحللة على الأوراق الفلقية . ويزداد معدل ظهور هذه الحالة مع زيادة فترة التخزين ، وخاصة عندما تكون ظروف التخزين غير جيدة (عن Bass ١٩٨٠) .