





سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مرکز ملی مدیریت منابع ژنتیکی کشاورزی و منابع طبیعی کشور



راهنما و اصول تأسیس نسخه پشتیبان منابع ژنتیکی گیاهی

نویسندگان:

معصومه پوراسماعیل، مصطفی آقائی سربرزه، محمد جعفر آقایی
میر جمال الدین پوریغمبر، رها عابدینی و محمد امین مخدومی

عنوان و نام پدیدآور	راهنم‌ها و اصول تاسیس نسخه پشتیبان منابع ژنتیکی گیاهی/نویسندگان معصومه پوراسماعیل ... [و دیگران]؛ ویراستاران علمی ولی‌اله رسولی و محمد محمودی
مشخصات نشر	تهران: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، ۱۴۰۳.
مشخصات ظاهری	شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۹۴۹-۷۵-۹ ۱۰۲ص. وضعیت فهرست نویسی: فیبا
یادداشت	نویسندگان معصومه پوراسماعیل، مصطفی آقایی سربرزه، محمد جعفرآقایی، میرجمال‌الدین پوریغمبر، رها عابدینی و محمدامین مخدومی.
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	گیاهان -- ذخایر ژنتیکی Germplasm resources, Plant گیاهان -- ذخایر ژنتیکی -- جمع‌آوری و نگهداری Germplasm resources, Plant -- Collection and preservation
شناسه افزوده	پوراسماعیل، معصومه، ۱۳۵۶-
شناسه افزوده	رسولی، ولی‌الله، ۱۳۴۸-، ویراستار
شناسه افزوده	محمودی، محمد، ۱۳۵۳-، ویراستار
شناسه افزوده	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت آموزش و ترویج. نشر آموزش کشاورزی
رده بندی کنگره	QK۹۸۱
رده بندی دیویی	۵۸۱/۳۵
شماره کتابشناسی ملی	۹۷۵۵۴۳۷
اطلاعات رکورد کتابشناسی	فیبا

ISBN:978-622-7949-75-9

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۹۴۹-۷۵-۹



راهنم‌ها و اصول تاسیس نسخه پشتیبان منابع ژنتیکی گیاهی

نویسندگان: معصومه پوراسماعیل، مصطفی آقایی سربرزه، محمد جعفرآقایی، میر جمال‌الدین پوریغمبر،

رها عابدینی و محمدامین مخدومی

ویراستاران علمی: ولی‌اله رسولی و محمد محمودی

ناشر: نشر آموزش کشاورزی-چاپ به سفارش مرکز ملی مدیریت منابع ژنتیکی کشاورزی و منابع طبیعی کشور

نوبت چاپ: اول / ۱۴۰۳

شمارگان: محدود

قیمت: ۵/۰۰۰/۰۰۰ ریال

مسئولیت صحت مطالب این کتاب با نویسندگان است

این کتاب تحت شماره مورخ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی
به ثبت رسیده است.

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، مجموعه مؤسسات تحقیقاتی کشاورزی کشور، مرکز ملی مدیریت منابع ژنتیکی

کشاورزی و منابع طبیعی تلفن: ۰۲۶۳۲۷۰۰۹۸۹ وبگاه: www.ncgr.areeo.ac.ir

فهرست مطالب

ز	پیشگفتار
۱	فصل اول
۱	۱- حفاظت منابع ژنتیکی و چالش های آن
۱	۱-۱- اهمیت حفاظت منابع ژنتیکی گیاهی
۶	۱-۲- چالش های پیش روی مراکز حفاظت کننده منابع ژنتیکی
۱۱	فصل دوم
۱۱	۲- نسخه پشتیبان منابع ژنتیکی
۱۱	۲-۱- هدف تاسیس نسخه پشتیبان
۱۲	۲-۲- جنبه های تکنیکی و استانداردهای نسخه پشتیبان
۱۲	۲-۲-۱- نسخه پشتیبان نمونه های نگهداری شده در بانک های ژن بذور ارتودکس
۲۸	۲-۲-۲- نسخه پشتیبان نمونه های نگهداری شده در کلکسیون های زنده گیاهی
۳۹	۲-۲-۳- نسخه پشتیبان نمونه های نگهداری شده در کلکسیون های درون شیشه ای
۴۵	۲-۲-۴- نسخه پشتیبان نمونه های نگهداری شده در کلکسیون های فراسرد
۵۰	۲-۲-۵- بانک های DNA روشی مکمل برای حفاظت منابع ژنتیکی گیاهی
۵۳	فصل سوم
۵۳	۳- سوالبارد نروژ یک نمونه از نسخه پشتیبان بذور ارتودکس منابع ژنتیکی گیاهی
۵۶	۳-۱- امکانات حفاظتی خزانه جهانی بذر سوالبارد
۶۰	۳-۲- ویژگی های سپرده گذاری در خزانه جهانی بذر سوالبارد
۶۵	فصل چهارم
۷۰	۴-۱- نسخه پشتیبان منابع ژنتیکی کشور
۷۱	۴-۲- فضای مورد نیاز گلخانه و اسکرین هاوس
۷۴	جمع بندی کلی
۷۵	منابع مورد استفاده
۷۸	پیوست (توافقنامه سپرده گذاری در خزانه جهانی بذر سوالبارد)

پیشگفتار

کشورها برای دستیابی به ظرفیت بالقوه سازگاری، انعطاف پذیری روش‌های تولید و پاسخگویی به نیاز جمعیت انسانی در حال افزایش، به تنوع ژنتیکی وابسته هستند. منابع ژنتیکی پشتوانه امنیت غذایی، رشد اقتصادی و توسعه ملی بوده و ضامن ثبات امنیت غذایی و زیست‌بوم پایدار است.

ایران کشوری با تنوع ژنتیکی بسیار بالا (مگادایورس)^۱ و غنی از منابع ژنتیکی گیاهی است. حفظ و حراست از این منابع ملی که حاصل هزاران سال تکامل پویای طبیعت و انتخاب نیاکان است حائز اهمیت بسیار زیادی است. این منابع ژنتیکی به دلیل داشتن ژن‌های مقاومت به تنش‌های محیطی و آفات و بیماری‌ها و سازگاری بسیار زیاد با اقلیم کشور زیر بنای حفظ پایداری تولید و تداوم امنیت غذایی و زیست‌بوم می‌باشند.

با در نظر گرفتن چالش‌ها و تنگناهای مختلف پیش روی امنیت غذایی از قبیل تغییر اقلیم، شیوع سویه‌های جدید و نوپدید آفات و بیماری‌ها، تحریم‌ها، وقوع جنگ‌های منطقه‌ای و...، حفاظت مؤثر و بهره‌برداری منابع ژنتیکی مهم‌ترین راه اطمینان از ثبات امنیت غذایی و پایداری تولید در کشور می‌باشد. عدم وجود روش حفاظتی کارآمد و استاندارد برای بانک‌های ژن، آنها را در برابر تهدیدهای ناشی

1-Megadiverse

از خطاهای انسانی و یا بلایای طبیعی آسیب‌پذیر می‌سازد. از اینرو افزایش ضریب امنیت و ایمنی بانک‌های ژن هم از طریق نوسازی و تجهیز مجموعه‌های موجود و هم از طریق تأسیس نسخه پشتیبان منابع ژنتیکی یک ضرورت محسوب می‌شود که نیاز به اقدامات سریع مدیریتی و تأمین اعتبارات مالی در سطح ملی دارد. در حال حاضر عدم وجود نسخه پشتیبان، یکی از بزرگ‌ترین تهدیدهای منابع ژنتیکی کشاورزی و منابع طبیعی کشور محسوب می‌شود که زیرساخت‌های ضروری در تأمین امنیت غذایی و زیست بوم پایدار را در طول زمان دچار مخاطره می‌سازد لذا تأسیس نسخه پشتیبان راه حلی اساسی در حفاظت این ثروت عظیم ملی برای جمعیت فعلی و نسل‌های آینده است.

در این نوشتار سعی شده است با تشریح استانداردهایی که ضرورت دارد در زمان تأسیس نسخه پشتیبان مد نظر قرار گیرد، اصول و راهبرد تشکیل نسخه پشتیبان برای کلکسیون‌های مختلف از جمله کلکسیون‌های بذور ارتودکس^۱، کلکسیون‌های زنده گیاهی، کلکسیون‌های درون شیشه‌ای و فراسرد تبیین شوند. در ادامه به تاریخچه تأسیس خزانه جهانی بذر سوالبارد، تأسیسات، نیازها و روند سپرده‌گذاری در آن اشاره شده و در نهایت با ذکر ویژگی‌های منابع ژنتیکی کشور از حیث تعداد و نوع نمونه ژنتیکی به تشریح حداقل‌های لازم برای تأسیس نسخه پشتیبان برای این منابع ژنتیکی پرداخته می‌شود.

گروه هدف این کتاب سیاست‌گذاران حوزه منابع ژنتیکی گیاهی، کلیه بانک‌های ژن محافظت‌کننده منابع ژنتیکی و محققین و علاقمندان این حوزه می‌باشد.

۱- بذرهایی که می‌توانند تا محتوای رطوبتی پایین (۳-۷ درصد) خشک شده و در دمای پایین و بدون آسیب نگهداری شوند تا طول عمر بذر افزایش یابد.

فصل اول

۱- حفاظت منابع ژنتیکی گیاهی و چالش‌های آن

۱-۱- اهمیت حفاظت منابع ژنتیکی گیاهی

اهمیت حفظ ذخایر ژنتیکی و تنوع زیستی محرز بوده و بر اساس طرح کلی سازمان خواربار جهانی حفاظت و استفاده پایدار از منابع ژنتیکی گیاهی پیش نیاز مقابله با چالش‌های پیش رو، تامین امنیت غذایی و کاهش فقر می‌باشد. جهان با انبوهی از چالش‌های جدی از جمله تغییرات اقلیمی، از دست دادن تنوع زیستی، فقر و نابرابری، ناامنی غذایی و تغذیه‌ای و افزایش درگیری و بی‌عدالتی مواجه است. با توجه به چالش‌های پیش رو، تنوع ژنتیکی روز به روز در حال کاهش بوده و فرسایش ژنی و انقراض گونه‌های گیاهی شیب تندی پیدا کرده است و لازم است برای حفاظت موجودی کنونی این ذخایر تلاش بیشتری به عمل آید. برای رویارویی با این چالش‌ها، نیاز فوری به جمع‌آوری و حفاظت منابع ژنتیکی وجود دارد. بانک‌های ژن در سراسر دنیا با هدف نگهداری گسترده منابع ژنتیکی، ایجاد ارقام محلی سازگار با شرایط نامساعد و محیط‌های پرتنش برای تضمین تولید پایدار بوجود آمده‌اند.

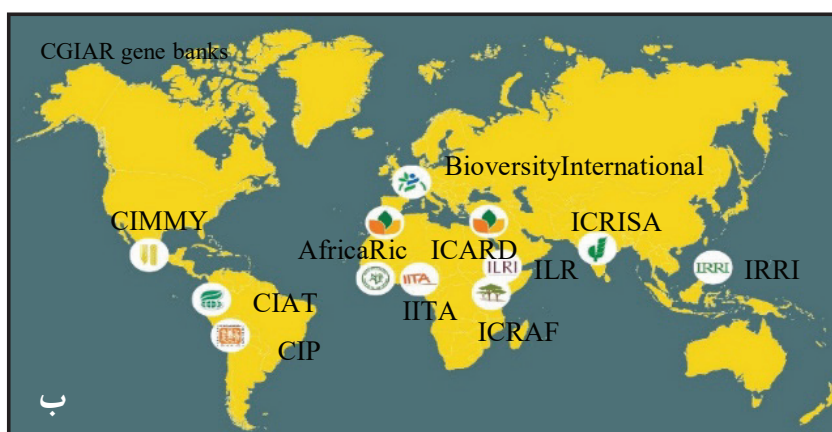
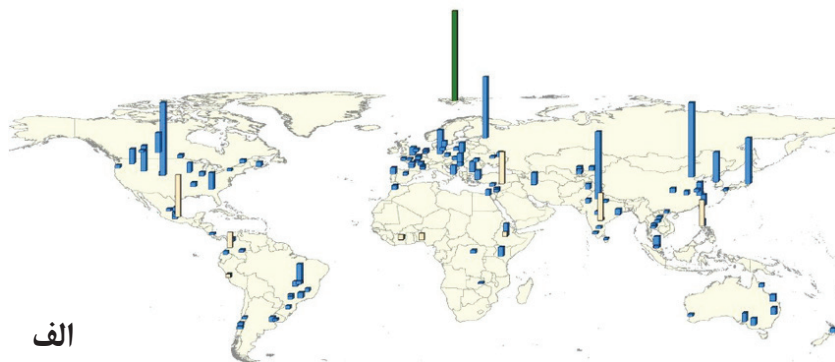
بانک‌های ژن از طریق تضمین تداوم دسترسی به منابع ژنتیکی برای پژوهش، اصلاح و بهبود و تامین بذر برای سیستم‌های کشاورزی پایدار، حفاظت، دسترسی

و کاربرد گستره عظیمی از تنوع ژنتیکی گیاهی را عهده‌دار هستند و به مثابه پل ارتباطی گذشته، حال و آینده نقش مهم و بی‌بدیلی دارند.

تعداد بانک‌های ژنی که از دهه ۱۹۶۰ در سراسر جهان ایجاد شده‌اند، گواهی بر اهمیت حفظ طولانی‌مدت منابع ژنتیکی گیاهی (PGR)^۱ برای امنیت جهانی غذا و کشاورزی است. در حال حاضر بیش از ۱۷۵۰ بانک ژن در جهان وجود دارد که بیشتر آنها روی حفاظت منابع ژنتیکی گیاهان زراعی و خویشاوندان وحشی آنها تمرکز دارند. شکل ۱ (الف) توزیع جغرافیایی بانک‌های ژن دارای بیشتر از ده هزار نمونه ژنتیکی را نشان می‌دهد. در میان این بانک‌های ژن، یازده مرکز بین‌المللی منابع ژنتیکی (شکل ۱، ب) خدمات بین‌المللی ارائه می‌دهند و سایر بانک‌های ژن خدمات منطقه‌ای و یا ملی ارائه می‌دهند. گروه مشورتی تحقیقات بین‌المللی کشاورزی (CGIAR)^۲، متشکل از یازده مرکز بین‌المللی منابع ژنتیکی، در مجموع، بیش از ۸۶۰۰۰۰ نمونه شامل ۳۰۰۰ گونه از ۵۰۰ جنس مختلف را نگهداری می‌کنند. بانک‌های ژن ملی بخش مهمی از تلاش‌های جهانی برای حفظ تنوع محصولات ذیل معاهده بین‌المللی منابع ژنتیکی گیاهی برای غذا و کشاورزی، تضمین امنیت غذایی تحت تغییرات آب و هوا هستند. این بانک‌های ژن دامنه وسیعی از منابع ژنتیکی گیاهی را با هدف کلی حفاظت طولانی‌مدت و فراهم ساختن امکان دسترسی ژرم‌پلاسما گیاهی برای به‌نژادگران، محققین و کاربردهای دیگر نگهداری می‌کنند. تخمین زده می‌شود که بیش از ۷۰ درصد تنوع ژنتیکی ۳۰۰ گیاه زراعی در حال حاضر در بانک‌های ژن حفاظت می‌شود. تعداد منابع ژنتیکی نگهداری شده در بانک‌های ژن بین‌المللی بر اساس آخرین آمارهای منتشر شده در (جدول ۱) آورده شده است. بانک‌های ژن برزیل، کانادا، چین، آلمان، ژاپن، هند، روسیه، کره جنوبی و ایالات متحده آمریکا، از جمله بانک‌های ژن ملی هستند که بیش از ۱۰۰۰۰۰ نمونه را مدیریت می‌کنند (Herbold et al., 2023).

1-Plant genetic resources

2-Consultative Group on International Agricultural Research



شکل ۱- توزیع جغرافیایی بانک‌های ژنی که بیش از ۱۰۰۰۰۰ نمونه نگهداری می‌کنند (الف) و یازده بانک ژن بین‌المللی گروه CGIAR (ب)

در شرایطی که انقراض گونه‌ها به واسطه فرسایش ژنتیکی، تغییرات کاربری اراضی زراعی و مرتعی و جنگلی، گسترش شهرها و تغییرات اقلیمی رو به گسترش است، حفاظت نمونه‌های ژنتیکی در بانک‌های ژن یکی از مطمئن‌ترین روش‌های مورد وثوق جامعه جهانی برای حفاظت موثر منابع ژنتیکی می‌باشد. از اینرو هیئت بین‌المللی منابع ژنتیکی گیاهی (IBPGR)^۱ که تحت گروه مشورتی تحقیقات بین‌المللی کشاورزی (CGIAR)^۲ سازماندهی شده بود از زمان تأسیس در سال

1-The International Board for Plant Genetic Resources

2-Consultative Group on International Agricultural Research

جدول ۱- تعداد نمونه‌های ژنتیکی نگهداری شده در بانک‌های ژن بین‌المللی (WIEWS, 2022)

کشور	کد موسسه	نام موسسه	تعداد نمونه ژنتیکی
بلژیک	BEL084	Bioversity International Musa Germplasm Transit Centre (ITA)	۱۶۲۵
ساحل عاج	CIV033	Africa Rice Center (AfricaRice)	۲۱۸۱۵
کلمبیا	COL003	Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)	۶۶۵۹۹
اتیوپی	ETH013	International Livestock Research Institute (ILRI)	۱۸۶۴۱
هند	IND002	International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT)	۱۲۸۶۹۱
کنیا	KEN056	Genetic Resources Unit (ICRAF)	۱۵۱۵۷
لبنان	LBN002	International Centre for Agricultural Research in Dry Areas (ICARDA)	۱۵۱۸۵۸
مکزیک	MEX002	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)	۲۱۰۸۵۱
نیجریه	NGA039	International Institute of Tropical Agriculture (IITA)	۳۶۵۳۱
پرو	PER001	Centro Internacional de la Papa (CIP)	۱۸۰۶۶
فیلیپین	PHL001	International Rice Research Institute (IRRI)	۱۳۲۱۴۱
تایوان	TWN001	World Vegetable Center (WorldVeg)	۵۹۹۵۴
جمع کل			۸۶۱۹۲۹

۱۹۷۴، تلاش نمود تا انجام فعالیت‌های حفاظت منابع ژنتیکی مؤسسات ملی و مراکز تحقیقات کشاورزی بین‌المللی را هماهنگ نموده و انجام مأموریت‌های جمع‌آوری و فراهم‌سازی تسهیلات حفاظتی را مورد حمایت قرار دهد (Herbold *et al.*, 2023). اهمیت حفاظت منابع ژنتیکی به صورت خارج از محل^۱ در بانک‌های ژن تاحدی است که در بسیاری از اسناد جهانی بر آن تاکید شده است. از جمله در سند استراتژی جهانی حفاظت تنوع ژنتیکی گیاهان که آخرین به روزرسانی آن در دهمین نشست کنوانسیون تنوع زیستی صورت پذیرفت، ۵ هدف کلی (جدول ۲) و شانزده هدف جزئی مد نظر قرار گرفته است (GSPC, 2011).

1- ex-situ conservation

اهداف جزئی ۸ و ۹ از هدف کلی ۲ به ترتیب تاکید می‌کند که حداقل ۷۵ درصد از گونه‌های گیاهی در معرض تهدید در بانک‌های ژن ترجیحاً در کشور مبدا حفاظت شوند و ۷۰ درصد از تنوع ژنتیکی محصولات زراعی و خویشاوندان وحشی آنها و سایر گونه‌های گیاهی با ارزش اجتماعی-اقتصادی و دانش بومی و محلی مرتبط با آنها حفظ شود (Liu et al., 2020).

جدول ۲- اهداف کلی سند استراتژی جهانی حفاظت تنوع ژنتیکی گیاهان (۲۰۱۱-۲۰۲۰)

اهداف	ردیف
تنوع گیاهی به خوبی درک و شناخته شده و مستندسازی شود (هدف ۱-۳)	۱
تنوع گیاهی به طور فوری و موثر حفظ شود (هدف ۴-۱۰)	۲
تنوع گیاهی به شیوه‌ای پایدار و عادلانه مورد بهره‌برداری قرار گیرد (هدف ۱۱-۱۳)	۳
آموزش و آگاهی در مورد تنوع گیاهی، نقش آن در معیشت پایدار و اهمیت آن برای حفظ حیات روی کره زمین آگاهی رسانی و ترویج شود (هدف ۱۴)	۴
با افزایش تعداد افراد آموزش دیده و ایجاد موسسات و تقویت مشارکت‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی در زمینه حفاظت از گیاهان، ظرفیت‌سازی‌های لازم در جهت رسیدن به اهداف استراتژی توسعه یابد (هدف ۱۵-۱۶)	۵

در اهداف هفده گانه توسعه پایدار (SDG)^۱ که در سال ۲۰۱۶ با هدف «صلح و رفاه برای مردم و کره زمین، در شرایط حال و آینده» توسط سازمان ملل متحد ارائه شد، اهداف مهمی در زمینه اهمیت حفاظت منابع ژنتیکی گیاهی ترسیم شده است. از جمله هدف ۲ به خاتمه دادن به گرسنگی، امنیت غذایی، بهبود تغذیه و ترویج کشاورزی پایدار اشاره دارد و بند ۵ این هدف که به حفظ تنوع ژنتیکی بذرها، گیاهان زراعی و حیوانات اهلی و گونه‌های وحشی مرتبط با آنها، از جمله از طریق مدیریت کارآمد بانک‌های ژن در سطوح ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی و ارتقای دسترسی و تقسیم عادلانه و منصفانه مزایای ناشی از استفاده از منابع ژنتیکی و دانش سنتی مرتبط^۲ مربوط است، به روشنی بر اهمیت حفاظت منابع ژنتیکی گیاهان غذا و کشاورزی و خویشاوندان وحشی آنها در بانک‌های ژن و توسعه فناوری‌های مورد

استفاده برای حفاظت در بانک‌های ژن تاکید دارد (SDG, 2015).
نگاهی به نتایج پانزدهمین اجلاس کنوانسیون تنوع زیستی که در دسامبر سال ۲۰۲۲ در مونترال کانادا برگزار گردید، نشان می‌دهد که در بین ۲۳ هدفی که تا پایان ۲۰۳۰ برنامه‌ریزی شده است اهداف حفظ و احیا تنوع ژنتیکی درون و بین جمعیت‌های گیاهی بومی اهلی و وحشی از طریق حفاظت در داخل^۱ و خارج^۲ از رویشگاه اصلی مورد تاکید قرار گرفته است. این اسناد به روشنی نشان می‌دهد که حفاظت در بانک‌های ژن استراتژی مورد وثوق جامعه جهانی بوده و بر اهمیت بانک‌های ژن به ویژه بانک‌های ژن ملی در کشورهای مگادایورس تاکید دارد. اما بانک‌های ژن و مجموعه‌های حفاظت کننده منابع ژنتیکی با مشکلات و چالش‌های مختلفی مواجه هستند به نحوی که حفظ و نگهداری ژرم پلاسما که یکی از مهمترین و اصلی‌ترین وظایف آنها است را دچار اختلال می‌کند.

۲-۱ - چالش‌های پیش روی مراکز حفاظت کننده منابع ژنتیکی

علی‌رغم وجود تعداد زیادی بانک ژن در سراسر جهان، بسیاری از آنها، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، قادر به تضمین ایمنی موادی که در خود نگهداری می‌کنند نیستند و مجموعه‌های ارزشمند به دلیل نامناسب بودن شرایط نگهداری و مدیریت آنها در خطر هستند. از دست دادن مجموعه‌ای منحصر به فرد از تنوع محصولات امروزی در یک کشور به معنای از دست دادن فرصت‌های اصلاح و معرفی ارقام گیاهی سازگار برای آینده است. اطمینان از حفاظت مؤثر منابع ژنتیکی در بانک‌های ژن مستلزم ملزومات و شرایط خاصی است. یکی از این شرایط که جزو مبانی حفاظت محسوب می‌شود التزام به افزایش ضریب امنیت و ایمنی بانک‌های ژن هم از بعد حفاظت فیزیکی و هم از بعد حفاظت فنی است. چرا که هدف از نگهداری یک نمونه ژنتیکی در بانک‌های ژن حفاظت و نگهداری طولانی مدت آن است. توجه به این نکته که بسیاری از منابع ژنتیکی نگهداری شده در بانک‌های ژن در حال حاضر به دلیل فرسایش ژنتیکی دیگر در طبیعت یافت نشده

1-In situ conservation

2-Ex situ conservation

و لذا قابلیت جایگزینی ندارند اهتمام و توجه بیشتر به منابع جمع‌آوری و نگهداری شده در بانک‌های ژن را نمایان می‌سازد.

بانک‌های ژن در برابر بسیاری از مشکلاتی که می‌تواند مجموعه‌های آنها را به خطر اندازد از جمله قدیمی بودن و فرسوده بودن ابنیه، مستهلک بودن زیر ساخت‌ها و تجهیزات، مدیریت ضعیف، کمبود بودجه، خرابی تجهیزات، بلایای طبیعی (سیل، زلزله، طوفان) و غیر طبیعی (آتش‌سوزی)، کشمکش‌های داخلی، جنگ و فعالیت‌های تروریستی آسیب پذیر هستند.

در دستورالعمل‌های مربوط به حفاظت و بهره‌برداری از منابع ژنتیکی، توسعه و تجهیز نسخه پشتیبان یکی از مهمترین و اصولی‌ترین اقدامات برای امنیت فیزیکی و فنی و ممانعت و به حداقل رساندن این تهدیدات و چالش‌های بانک‌های ژن ذکر شده است. در این خصوص اغلب دستورالعمل‌ها به وجود حداقل یک نسخه پشتیبان از نمونه‌های ژنتیکی و اطلاعات مربوط به آن‌ها اشاره داشته و همواره تاکید بر این است که این نسخه پشتیبان در یک مکان جغرافیایی دیگر با فاصله از بانک ژن محل نگهداری نمونه و با شرایطی مشابه و یا بهتر از بانک ژن اصلی وجود داشته باشد و موقعیت این نسخه پشتیبان باید طوری انتخاب شود که هرگونه ریسک احتمالی به حداقل برسد و برای به حداقل رساندن ریسک‌هایی که ممکن است هر کشوری را تهدید کند و به صورت ایده‌آل نسخه پشتیبان باید در خارج از هر کشور در نظر گرفته شود (Westengen et al., 2013).

مرور اتفاقات رخ داده در منطقه در کمتر از دو دهه اخیر اهمیت توجه به وجود نسخه پشتیبان برای منابع ژنتیکی را به خوبی روشن می‌سازد. در سال ۲۰۰۲، جنگ آمریکا در افغانستان، بانک ملی بذر در کابل را تخریب کرد. در سال ۲۰۰۳ بانک ملی بذر عراق در ابوغریب تخریب شد. در صورتی که نسخه پشتیبان این نمونه‌ها در ایکاردا (ICARDA)^۱ ذخیره‌سازی نشده بود، این منابع از دسترس بشریت خارج می‌شد. بانک ژن ملی فیلیپین در سال ۲۰۰۶ در اثر سیل به دلیل طوفان و در سال ۲۰۱۲ توسط آتش‌سوزی آسیب دید. در سال ۲۰۱۱، بانک ژن ملی تایلند دچار آب

1-The International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

گرفتگی شد، که باعث از بین رفتن ۲۰۰۰۰ نمونه برنج منحصر به فرد موجود در آن شد (Herbold *et al.*, 2023).

جنگ در سوریه آسیب قابل توجهی به امکانات حفاظت منابع ژنتیکی مرکز بین‌المللی ایکاردا وارد ساخت. نسخه پشتیبان این منابع ژنتیکی در بانک ژن سوالبارد نروژ کمک موثری به احیا و بازگرداندن این منابع به چرخه تولید لاین‌ها و ارقام کشاورزی نمود. ایکاردا در فاصله سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۸ بیش از ۸۰ درصد از مجموعه جهانی منحصر به فرد از منابع ژنتیکی گیاهی خود را، متشکل از ۱۱۶۴۸۰ نمونه گیاهی از مهم‌ترین محصولات زراعی، برای نگهداری یک نسخه امنیتی به خزانه جهانی بذر^۱ در مجمع الجزایر سوالبارد نروژ ارسال نمود. پس از جنگ و تخریب زیرساخت‌های حفاظتی بانک ژن ایکاردا در سوریه و راه اندازی بانک‌های ژن در تربل^۲ لبنان و در رباط^۳ مراکش برای نگهداری نمونه‌های بذری ایکاردا، نمونه‌ها طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ بازپس‌گیری شد و بعد از احیا آنها سپرده‌گذاری مجدد در خزانه جهانی بذر طی سال‌های ۲۰۲۳-۲۰۱۷ انجام پذیرفت (Bhattacharya, 2016؛ Westengen *et al.*, 2020).

جنگ در اکراین نیز آسیب قابل توجهی به امکانات حفاظت منابع ژنتیکی بانک ژن ملی اکراین در خارکیف^۴ وارد ساخت. از اینرو برای حفاظت نمونه‌های ژنتیکی این بانک ژن، شبکه ذخائر توارثی اروپا تصمیم به ارسال نمونه‌های ژنتیکی این بانک ژن به خزانه جهانی بذر سوالبارد گرفت و ۲۷۰۰ نمونه ژنتیکی این بانک ژن برای سپرده‌گذاری در بانک ژن سوالبارد به نروژ ارسال شد (FAO, 2023). این مثال‌ها به روشنی اهمیت وجود نسخه پشتیبان برای به حداقل رساندن تهدیدات و چالش‌های بانک‌های ژن را به تصویر می‌کشد.

نتایج مطالعه تجزیه و تحلیل ریسک ۸۰ بانک ژن مهم ملی و بین‌المللی (که تقریباً ۶۵٪ از نمونه‌های ژنتیکی حفاظت شده در خارج از محل در سراسر جهان

1-Svalbard Seed Vault

2-Terbol

3-Rabat

4-Kharkiv

در آنها نگهداری می‌شود) با بهره‌گیری از ابزار ارزیابی "Munich Re Natural Hazards Edition" نشان داد بانک‌های ژن در منطقه آسیا و اقیانوسیه بیشتر در معرض خطرات طبیعی هستند. در حالی که موسسات در آفریقا و برخی از کشورهای آسیایی بیشتر در معرض خطرات سیاسی هستند و مخاطرات ناشی از تامین مالی یک مشکل عمده برای بانک‌های ژن ملی در کشورهای در حال توسعه است. بر اساس نتایج این بررسی بانک‌های ژن تایوان (WorldVeg)^۱، فیلیپین (IRRI)^۲ و پرو CIP^۳ به ترتیب با شاخص ریسک جهانی ۱۳۹، ۱۱۲ و ۷۸ در دسته پرمخاطره‌ترین بانک‌های ژن قرار گرفتند. برخی از بانک‌های ژن بین‌المللی مهم از جمله IITA^۴ در نیجریه، ILRI^۵ در اتیوپی، ICARDA در لبنان، ICRAF^۶ در کنیا، و AfricaRice در ساحل عاج در کشورهایی قرار دارند که دارای ریسک سیاسی بالایی هستند (Herbold *et al.*, 2023).

در سال‌های اخیر بانک‌های ژن بین‌المللی CGIAR^۷ به‌ویژه با دریافت حمایت‌های مالی از صندوق جهانی حفاظت تنوع ژنتیکی پیشرفت‌هایی در تقویت مدیریت کیفیت و ریسک داشته‌اند. همچنین برخی از بانک‌های ژن ملی (به عنوان مثال در آلمان، هلند، ایالات متحده آمریکا و کانادا)، در زمینه مدیریت ریسک پیشرفته‌تر هستند. اما وضعیت بانک‌های ژن ملی بسته به ساختار سازمانی و مدیریتی، بودجه کلی دولت و اولویت‌بندی دولت‌های ملی بسیار متنوع است و در بسیاری موارد مبنای علمی برای شناسایی، ارزیابی و مدیریت ریسک‌ها و مخاطرات در آنها وجود ندارد و لذا بیشتر در معرض آسیب قرار دارند.

یکی از راه‌های پیشگیری و کاهش مخاطرات داشتن نسخه پشتیبان از منابع ژنتیکی نگهداری شده در بانک‌های ژن است. اما نسخه پشتیبان هم از لحاظ فیزیکی و هم از لحاظ فنی دارای خصوصیتی است که در ادامه مطلب به آنها اشاره می‌شود.

1-World Vegetable Center

2-The International Rice Research Institute

3-The International Potato Center

4-The International Institute of Tropical Agriculture

5-The International Livestock Research Institute

6-The International Centre for Research in Agroforestry

7-Consultative Group on International Agricultural Research

فصل دوم

۲- نسخه پشتیبان منابع ژنتیکی

۲-۱- هدف تأسیس نسخه پشتیبان

نسخه پشتیبان، شامل یک نمونه مشابه از نظر ژنتیکی با نمونه اصلی است که برای کاهش خطر از بین رفتن کلی یا جزئی نمونه^۱ اصلی در اثر بروز فجایع طبیعی یا حوادث اتفاقی ایجاد و نگهداری می‌شوند. نمونه موجود در نسخه پشتیبان از نظر مشخصات دقیقاً مشابه نمونه موجود در کلکسیون اصلی بوده و در شرایطی مشابه با آن نگهداری می‌شود. نسخه پشتیبان شامل مواد ژنتیکی و اطلاعات مربوط به آن می‌شود (Engels and Ebert, 2021).

هدف از تأسیس نسخه پشتیبان حفظ و حراست از منابع ژنتیکی در برابر ناپایداری‌های اقلیمی، بحران‌های سیاسی، اجتماعی و زیست‌محیطی است. از لحاظ پدافند غیر عامل، در هر کشوری وجود نسخه پشتیبان برای منابع ژنتیکی ضروری است تا در صورت هر گونه رخداد نامترقبه، نظیر بلایای طبیعی و غیرطبیعی، این منابع ارزشمند از دسترس خارج نشده و قابل جایگزینی باشند.

نسخه پشتیبان، به عنوان یک بیمه برای بانک‌های ژن عمل می‌کند، اگر به هر دلیلی از جمله بلایای طبیعی یا انسانی بانک‌های ژن مواد خود را از دست بدهند

مجموعه‌ها قادر به احیا مجدد مواد نگهداری شده خواهند بود. برای به حداقل رساندن ریسک‌های تهدید کننده هر کشور؛ به صورت ایده‌آل نسخه پشتیبان باید در خارج از هر کشور (Westengen et al., 2013) وجود داشته باشد. نسخه پشتیبان شرایط خاصی را می‌طلبد و این واقعیت که یک نمونه ژنتیکی در یک کلکسیون دیگر وجود دارد دلالت نمی‌کند بر اینکه آن نمونه ژنتیکی دارای نسخه پشتیبان در شرایط حفاظت بلند مدت است.

۲-۲- جنبه‌های تکنیکی و استانداردهای نسخه پشتیبان

۲-۲-۱- نسخه پشتیبان نمونه‌های نگهداری شده در بانک‌های ژن بذور ارتودکس

نسخه پشتیبان لازم است برای تمام نمونه‌های اصلی جمع‌آوری شده و نگهداری شده در بانک ژن ایجاد گردد. برای نمونه‌هایی که تکراری هستند، از بانک دیگری دریافت شده یا در بانک‌های مشابه وجود دارند نیازی به نگهداری کپی پشتیبان نیست. مگر آنکه نسبت به اصالت، سلامت و یا دسترسی مجدد به نمونه موجود در بانک‌های دیگر تردید وجود داشته باشد. بانک‌های ژن راهنماهای مختلفی را در زمینه نسخه پشتیبان اتخاذ کرده‌اند. به عنوان مثال IPK^۱ در آلمان تنها نمونه‌های ژنتیکی را در خزانه جهانی بذر سوآلبارد به عنوان تنها نسخه پشتیبان نمونه‌های ژنتیکی سپرده‌گذاری نموده است. در صورتیکه بانک ژن هلند نمونه‌های ژنتیکی را در یک بانک ژن ملی دیگر در داخل کشور و همزمان در سوآلبارد ذخیره‌سازی نموده است (Herbold et al., 2023).

۲-۲-۱-۱- استانداردهای تعیین محل تاسیس نسخه پشتیبان

به لحاظ فنی امکان‌سنجی و احداث نسخه پشتیبان و نگهداری از آن نیازمند ارزیابی‌های حرفه‌ای است تا اولاً هیچ خطری اعم از موانع و بلایای طبیعی تا تعرضات عامدانه؛ نمونه‌ها را تهدید ننماید، ثانیاً امکان دسترسی مناسب و حمل و نقل آسان باشد و ثالثاً تداوم فراهم‌سازی امکانات تجهیزات فنی، عملیات اجرایی و اداره تأسیسات مجموعه فراهم باشد. از اینرو مکان نسخه پشتیبان باید طوری

انتخاب شود که ریسک بروز خطرات احتمالی طبیعی و غیرطبیعی در حداقل سطح ممکن باشد و بهترین امکانات موجود برای نگهداری فراهم باشد.

طبق استانداردهای جهانی نسخه پشتیبان باید در یک منطقه جغرافیایی دور دست، تحت همان شرایط یا شرایط بهتر بانک ژن اصلی احداث شود. هنگام انتخاب مکان برای نسخه پشتیبان، توجه اولیه به موقعیت جغرافیایی و شرایط محیطی مکان از جمله موارد زیر ضروری است:

- منطقه از نظر زمین‌شناسی پایدار و دارای سطح تابش کم باشد.
- ترکیبی منحصر به فرد از دوری و قابلیت دسترسی، قرار گرفتن در نقطه‌ای دور دست، ایمن از خطرات انسانی و در عین حال فراهم بودن امکان حمل راحت و سریع بذور فراهم باشد.
- منطقه اوضاع سیاسی پایدار داشته باشد؛ فعالیت‌های نظامی در آن ممنوع باشد و محیط امن و دور از اغتشاشات اجتماعی، سیاسی و نظامی باشد.
- منطقه از شرایط دمایی مناسب و ارتفاع مناسب از سطح دریا برخوردار باشد.
- شرایط طبیعی دمای پایین و زیر صفر برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی و امکان ذخیره‌سازی بدون آسیب به نمونه‌ها در شرایط قطعی‌های برق موردی و از کار افتادن برق منابع محلی و یا برق اضطراری مهم است.
- همچنین این تأسیسات باید در ارتفاعی واقع شود که زهکشی مناسب هنگام بارندگی‌های فصلی را تضمین کند و خطر سیلاب وجود نداشته باشد.
- دسترسی به منابع ذخیره آب برای انتخاب مکان مورد نظر باید لحاظ گردد.
- جهت حمل و نقل منابع ژنتیکی باید سریع‌ترین وسیله حمل و نقل در دسترس باشد از اینرو مکان‌هایی با امکان دسترسی به حمل و نقل هوایی برای جلوگیری از کاهش کیفیت نمونه‌ها در هنگام حمل و نقل مورد توجه قرار گیرد.

۲-۱-۲-۲- استانداردهای لازم جهت تجهیزات و تأسیسات نگهداری نسخه پشتیبان

تجهیزات و تأسیسات نسخه پشتیبان لازم است به گونه‌ای طراحی و تأسیس شوند که از مخاطرات مختلف متشکل از خطرات زمین‌شناسی (زلزله، آتشفشان)،

خطرات هیدرولوژیکی (سونامی، آب گرفتگی و سیل)، خطرات هواشناسی (طوفان، گردباد، تگرگ و رعد و برق) و خطرات اقلیمی (آتش سوزی) به دور باشد. مخاطرات و اقدامات کنترل کننده و پیشگیرانه زیرساختی برای بانک ژن پشتیبان در جدول ۳ خلاصه شده است. سازه نسخه پشتیبان باید ایمن در برابر زلزله، طوفان، سیل و... باشد. در زمان تاسیس نسخه پشتیبان امکانات حفاظت فیزیکی مجموعه مد نظر قرار گرفته و اقدامات امنیتی کافی از جمله نصب دوربین های مدار بسته و درب های امنیتی برای حفاظت از تأسیسات طراحی و کار گذاشته شود. نسخه پشتیبان باید مجهز به ژنراتورهای برق اضطراری بوده و یک ژنراتور پشتیبان جایگزین با منبع سوخت کافی برای تامین پایدار و پیوسته انرژی لازم است فراهم شود. نصب صاعقه گیر توصیه می شود. نسخه پشتیبان باید به تجهیزات اعلام و اطفای حریق مجهز باشد و این تجهیزات به طور دوره ای مورد تست و ارزیابی قرار گیرند. استانداردهای ساخت و نصب، با در نظر گرفتن شرایط محلی و در صورت امکان با استفاده از مواد در دسترس محلی انجام شود. قطعات یدکی در دسترس برای تعمیر و نگهداری تجهیزات وجود داشته باشد و امکان انجام بازدیدهای دوره ای تجهیزات به صورت روتین فراهم باشد. افزایش انعطاف پذیری زیرساخت ها، امکانات فنی و زیرساخت های فناوری اطلاعات، تأثیر مخاطرات طبیعی، قطع برق و عملکرد نادرست دستگاه های فنی را کاهش می دهد.

سازماندهی فضای ذخیره سازی باید به گونه ای بهینه صورت پذیرد که بتوان حداکثر تعداد بذر را ذخیره کرد. بسته به تعداد نمونه ژنتیکی و اندازه دانه ها می توان از سردخانه ها و یا فریزرها به عنوان فضای ذخیره سازی استفاده نمود. برای تعیین اندازه فضا و نوع تجهیزات مورد نیاز (سردخانه یا فریزر)، اندازه مجموعه فعلی و تعداد احتمالی نمونه هایی که انتظار می رود در ده سال آینده به مجموعه اضافه شود لازم است مد نظر قرار گیرد. سردخانه ها ضرورت دارد مجهز به سنسورهای حرارتی، مجهز به سیستم های دستی و اتوماتیک کنترل دما و رطوبت، سیستم های هشدار و تجهیزات باز کردن درب از داخل باشند. برای ساخت سردخانه ها توصیه می شود که از عایق مناسب با ضخامت ۱۵۰-۲۰۰ میلی متر استفاده شود تا هزینه های جاری برق کاهش یابد.

جدول ۳- مخاطرات و اقدامات کنترل کننده و پیشگیرانه زیرساختی برای هر یک از آنها

منبع خطر	اقدامات کنترل کننده و پیشگیرانه
خطرات طبیعی	رعایت مقررات ملی و استانداردهای فنی ساختمان برای ساخت ساختمان ایمن در برابر زلزله، باد شدید و بار برف
قطع یا خرابی امکانات فنی	سیستم‌های هشدار (به عنوان مثال، برای درهای باز، تغییرات ناگهانی در نور، دما و رطوبت)؛ تشخیص زودهنگام آتش سوزی، گاز، دود یا آب؛ تجهیزات پشتیبان یا اتاق‌های اضافی موجود و آماده؛ قطعات یدکی ضروری در انبار؛ کارکنان واجد شرایط برای تعمیرات یا برون‌سپاری تعمیرات و سرویس تجهیزات به شرکت‌های آماده ارائه خدمات
آتش سوزی	فراهم ساختن دستگاه‌های تشخیص دود و آتش، سیستم‌های اسپرینکلر (شبکه‌های بارنده خودکار اطفای حریق)؛ کپسول‌های آتش‌نشانی، درب‌های ضد حریق؛ جداسازی کافی بین ساختمان‌ها، نصب آتش‌شکن‌ها، کنترل بار سوخت در مجاورت بانک ژن و هماهنگی با نزدیکترین خدمات آتش‌نشانی محلی
قطع منبع تغذیه	فراهم‌سازی خط دوم برق، ژنراتور برق اضطراری (برای اتاق‌های ذخیره‌سازی، دستگاه‌های مانیتورینگ، روشنایی ضروری و غیره) و نصب صاعقه گیر
دزدی، خرابکاری و تروریسم	نصب سیستم‌های هشدار، قفل‌ها، دوربین‌های نظارتی و سنسورها برای جلوگیری از ورود افراد غیرمجاز (علاوه بر نظارت امنیتی)
حملات سایبری به فناوری اطلاعات	استانداردهای بالای امنیت سایبری

۲-۲-۱-۳- استانداردهای آماده‌سازی و ذخیره نمونه‌ها در نسخه پشتیبان

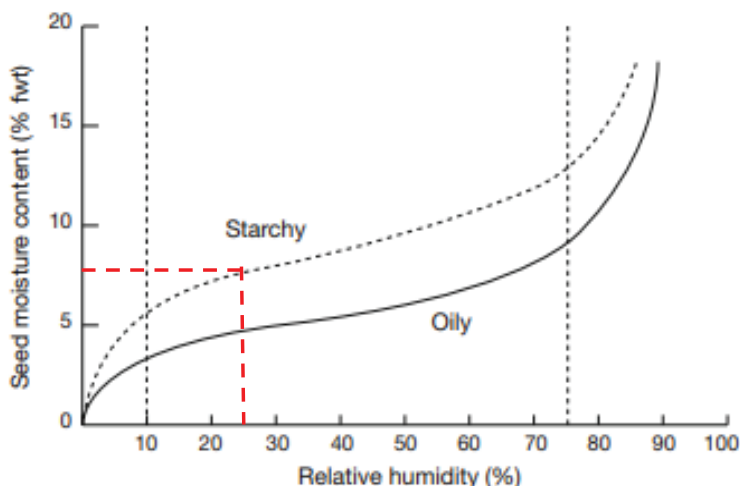
آماده‌سازی نمونه‌ها برای نسخه پشتیبان مشابه آماده‌سازی برای کلکسیون پایه می‌باشد. شرایط آماده‌سازی بذور باید در حد شرایط نگهداری بلندمدت ژرم‌پلاسما در بانک ژن، دقیق و سخت گیرانه و بذرها تمیز، سالم و عاری از بیماری‌ها و آفات باشند. برای جلوگیری از بین رفتن قدرت جوانه‌زنی، بذرها باید تا حد رطوبت

بحرانی خشک شوند. محتوای رطوبت بالاتر از این محدوده منجر به از دست دادن سریع تر قوه نامیه بذر می شود. رطوبت بحرانی میزانی از رطوبت است که حداکثر طول عمر بذر را فراهم نموده و کاهش بیشتر از آن، دیگر باعث افزایش طول عمر بذر نمی شود. رطوبت بحرانی برای گونه های مختلف متفاوت است. به طوری که برای دانه های حبوبات غنی از پروتئین شامل نخود فرنگی و ماش حدود ۶ درصد، برای غلات غنی از نشاسته مانند برنج، گندم و جو ۵-۴ درصد، برای ذرت ۸-۶ درصد، برای گونه های روغنی مانند دانه سویا حدود ۳/۵ درصد و برای بادام زمینی کمتر از ۲ درصد تعیین شده است.

استانداردهای بانک ژن خشک کردن بذر را در یک محیط کنترل شده با دمای ۲۰-۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۲۵-۱۰ درصد توصیه نموده است (شاهمرادی و پوراسماعیل، ۱۴۰۰). این شرایط تضمین کننده خشک شدن دانه های بیشتر گونه ها تا رطوبت (حدود ۳-۲ درصد برای دانه های روغنی، ۶-۵ درصد برای حبوبات و ۷ درصد برای دانه های غلات) است (شکل ۲). بسیاری از بانک های ژن اتاق خشک کردن خود را در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد و رطوبت ۱۵ درصد تنظیم می نمایند. اما در برخی موارد پیش نیازهایی وجود دارد، بررسی ها نشان داده است که اگر به دلیل شرایط آب و هوایی، بذر برنج در زمان برداشت رطوبت بالایی داشته باشد (بیش از ۱۶/۵٪)، خشک کردن اولیه در دمای ۴۵-۴۰ درجه سانتی گراد و به دنبال آن خشک کردن نهایی در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد و رطوبت ۱۵ درصد ضرورت دارد. بر اساس این تحقیقات، بانک ژن IRRI^۱ در حال حاضر به طور معمول از یک فرآیند خشک کردن دو مرحله ای برای کل مجموعه برنج زراعی و وحشی استفاده می کند. دانه های تازه برداشت شده ابتدا به مدت سه روز در اتاق در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۳۰ درصد خشک شده و به دنبال آن خشک کردن نهایی در اتاق خشک کن در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد و رطوبت ۱۵ درصد انجام می شود (Engle and Ebert, 2021).

به طور کلی طول عمر بذر با کاهش رطوبت افزایش می یابد. در بسیاری از

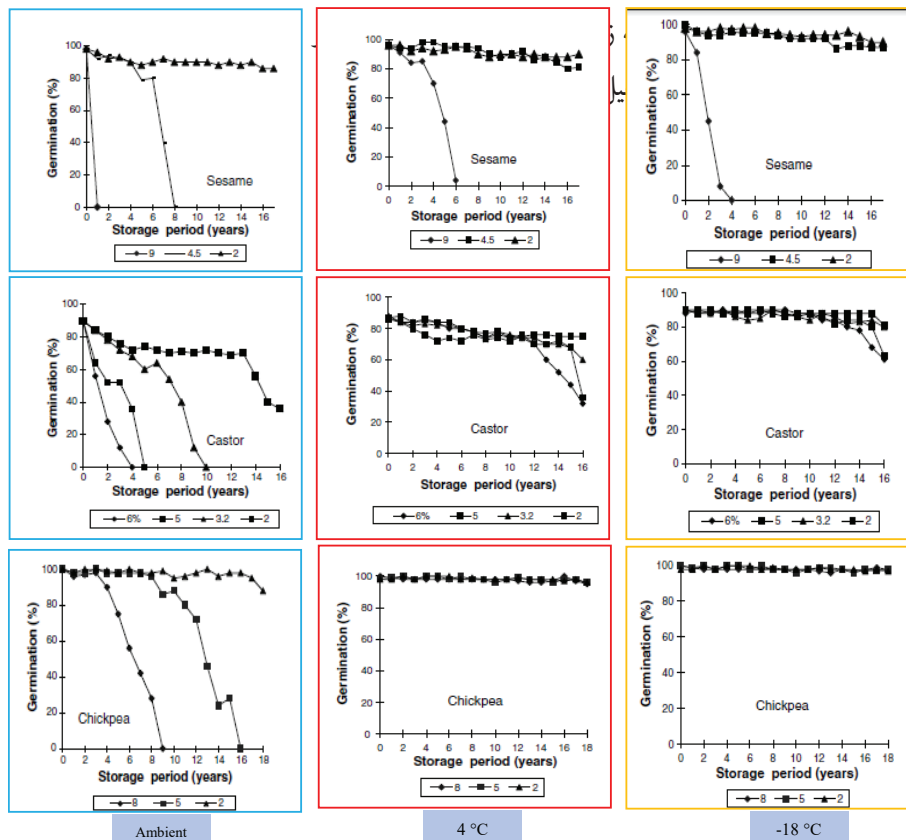
گونه‌ها، به ازای کاهش ۱ درصد رطوبت، طول عمر بذرها تا دو برابر افزایش پیدا می‌کند. شکل ۳ اهمیت خشک نمودن نمونه و رسیدن محتوای رطوبت نمونه‌ها به رطوبتی مطلوب قبل از ذخیره‌سازی، به ویژه برای طولانی‌تر شدن زنده‌مانی بذر در طول ذخیره‌سازی، در خصوص گیاهانی که حساسیت بیشتری به طول دوره انبارداری دارند از جمله دانه‌های روغنی را نشان می‌دهد (Singh *et al.*, 2016).



شکل ۲- نمودار مقایسه تعادل رطوبت نسبی محیط با رطوبت بذر در بذر دانه‌های روغنی و غلات

برای ذخیره‌سازی در نسخه پشتیبان بذرها حداقل باید دارای قوه نامیه ۸۵ درصد باشند (Rao *et al.*, 2006). در جمعیت‌های ناهمگن نیاز است که بذرهایی با قوه نامیه اولیه بالای ۹۰ درصد ذخیره شوند تا از اثر انتخاب صفات و تغییر در ترکیب ژنتیکی توده جلوگیری شود (Tay *et al.*, 2008). حدود جوانه‌زنی برای انواع گیاهان وحشی ۶۰ درصد است (شاهمرادی و پوراسماعیل، ۱۴۰۰).

لازم است دسته‌بندی بذرها به نوعی انجام شود که بذرهای با طول عمر یکسان (بذرهای یک گونه یا زمان احیاء مشابه) در یک دسته قرار گیرند. دسته‌بندی بذور بر اساس گروه‌های بذری با طول عمر کوتاه، متوسط و بلند قبل از ارسال بذور برای نسخه پشتیبان، می‌تواند مفید باشد. به عنوان مثال در بانک ژن آلمان (IPK) بسته به حساسیت گونه‌های مختلف گیاهی به افت قوه نامیه در اثر گذشت



شکل ۳- مقایسه درصد جوانه‌زنی نمونه‌های ژنتیکی خشک شده در درصد رطوبت‌های مختلف در طول زمان نگهداری در دماهای مختلف

از آنجا که شرایط نگهداری برای نسخه پشتیبان باید مشابه یا بهتر از شرایط نگهداری کلکسیون پایه باشد، اگر استانداردهای شرایط نگهداری رعایت گردد و ظروف نگهداری مشابهی استفاده گردد، امکان پایش قوه نامیه از نمونه‌های مشابه در کلکسیون بلندمدت و تعمیم آن به نسخه پشتیبان وجود خواهد داشت. در برخی از موارد، نمونه‌های آزمون جوانه‌زنی در یک جعبه جداگانه با نسخه پشتیبان ارسال می‌گردد و پایش قوه نامیه بر اساس توافق‌نامه با سپرده‌گذار، انجام می‌گیرد. پایش بذره‌های نسخه پشتیبان معمولاً هر ۱۰ سال یکبار انجام می‌شود. فاصله آزمایش برای گونه‌هایی که طول عمر کوتاهی دارند به ۵ سال کاهش می‌یابد.

تعداد بذر هر نمونه برای ذخیره‌سازی در نسخه پشتیبان باید به اندازه کافی باشد تا در صورت از دست رفتن مجموعه بتوان مجموعه اولیه را با حفظ تمامیت ژنتیکی اولیه بازیابی و احیا نمود. استفاده از تعداد کمتر بذر برای احیای هر نمونه ممکن است منجر به از بین رفتن آلل‌ها و تنوع ژنتیکی در توده‌ها شود. اثرات رانش ژنتیکی، جریان ژن، و اندازه جمعیت کوچک در گیاهان دگرگشن نسبت به گیاهان خودگشن بارزتر است (Del Rio *et al.*, 1997). کروسا (Crossa, 1995) اندازه نمونه متشکل از ۲۰۰ بذر یا بیشتر را برای نمونه‌هایی که احتمال رانش ژنتیکی آنها بیشتر است را پیشنهاد کرد، با این روش می‌توان با احتمال بالاتری آلل‌های کمیاب در فراوانی‌های پایین را حفظ نمود.

توصیه شده است که اندازه نمونه در نسخه پشتیبان باید برای حداقل سه مرحله فرآیند احیاء، کافی باشد. حفظ ۳۰۰ بذر از هر نمونه ژنتیکی با قوه نامیه ۸۵٪ تنها یک بار با استفاده از حجم نمونه ۲۰۰ بذر امکان احیا را فراهم می‌کند. در صورت ناموفق بودن تلاش برای احیا، مجموعه ممکن است در معرض خطر قرار بگیرد و لذا این تعداد بذر ناکافی است.

حفظ ۵۰۰ بذر از یک نمونه با قوه نامیه ۸۵ درصد، ۴۲۵ بوته را فراهم می‌کند. این تعداد امکان دو بار تلاش برای احیا با اندازه نمونه ۲۰۰ بوته را فراهم می‌کند. اگرچه تعداد تلاش‌های احیا در این فرایند کمتر از سه مرحله توصیه شده است، با این وجود باید برای احیای نمونه‌ها کافی باشد (Rao *et al.*, 2006). حفظ ۱۰۰۰ بذر با قوه نامیه ۸۵٪ برای هر نمونه امکان سه تلاش برای احیای نمونه‌ها با تعداد بیش از ۲۰۰ بوته را مهیا می‌کند.

با این حال، تعداد نمونه زیاد مدیریت نسخه پشتیبان را با هزینه بالایی روبرو می‌سازد. از اینرو برای آماده‌سازی نمونه برای نسخه پشتیبان پیامدهای حاصل از هزینه‌ها، اندازه بذر و سهولت تولید بذر باید در تعیین اندازه نمونه در نظر گرفته شوند. برای گونه‌هایی که دانه‌های بزرگی دارند (مانند بادام زمینی)، نگهداری ۱۰۰۰ دانه به ظروف و فضای ذخیره‌سازی بزرگ نیاز دارد. بسیاری از خویشاوندان وحشی گیاهی و گونه‌های علوفه‌ای محدودیت‌هایی برای تولید مقادیر زیاد بذر

دارند، بنابراین آماده‌سازی این میزان بذر ممکن است برای بسیاری از نمونه‌های ژنتیکی غیر ممکن باشد. در نمونه‌های ژنتیکی که همگن بوده و تنوع درون نمونه‌ها نسبتاً ناچیز است، از آنجایی که رانش یا جهش ژنتیکی احتمال وقوع کمتری دارد، داشتن اندازه نمونه کوچک برای جمعیت‌های همگن مقرون به صرفه است. از اینرو اندازه توصیه شده برای نسخه پشتیبان گیاهان دگرگشن و توده‌های ناهمگن با تنوع بالا حداقل ۵۰۰ بذر زنده بوده و برای نمونه‌هایی که از نظر ژنتیکی یکنواخت هستند حداقل ۳۰۰ بذر می‌باشد. برای نمونه‌های دارای قوه نامیه پایین‌تر، لازم است تعداد بذر بیشتری در نظر گرفته شود.

در این میان بانک‌های ژن مختلف روش‌های مختلفی را برای ذخیره‌سازی به کار می‌برند. بانک بذر میلیوم (MSB)^۱ و بانک ژن نروژ (NGB)^۲ به ترتیب ۱۵۰ و ۵۰۰ دانه را برای همه محصولات خود بدون توجه به وزن و نوع سیستم گرده افشانی ذخیره می‌کنند. در مرکز منابع ژنتیکی هلند (CGN)^۳ به استثنای کتان (۴۰۰۰) و سیب زمینی (۱۰۰ تا ۱۰۰۰) در سایر گیاهان از ۱۰۰ تا ۶۰۰ بذر بسته به نوع گیاه حفاظت می‌شود. در بانک‌های ژن CGIAR^۴ نیز تعداد بذر در هر نمونه در نسخه پشتیبان یکنواخت نیست و بسته به نوع محصول از ۳۰۰ دانه برای بیشتر غلات و حبوبات تا ۴۰۰۰ برای ارزن با دانه‌های بسیار ریز متغیر است (جدول ۴). یک بسته ذرت در CIMMYT^۵ حاوی ۲۵۰۰ دانه است که چهار برابر بیشتر از نمونه‌های ذرت ذخیره‌سازی شده در IITA^۶ است. لوبیا و علوفه بخشی از هر دو مجموعه CIAT^۷ و ILRI^۸ هستند. در CIAT تعداد دانه‌ها از ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ دانه است، در حالی که در ILRI، ۱۰۰۰ دانه برای هر نمونه ژنتیکی ذخیره می‌شود (جدول ۴).

1-The Millennium Seed Bank

2-The Nordic Genetic Resource Center

3-Center for Genetic Resources

4-Consultative Group on International Agricultural Research

5-International Maize and Wheat Improvement Center

6-International Institute of Tropical Agriculture (IITA)

7-Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)

8-International Livestock Research Institute (ILRI)

جدول ۴- اندازه نمونه ژنتیکی در نسخه‌های پشتیبان نگهداری شده در بانک‌های ژن بین‌المللی

نام بانک ژن	نوع محصول	تعداد بذر (وزن) هر نمونه
CIMMIT	گندم، جو، چاودار و تریتیکاله	۳۰۰ (۱۰g)
	ذرت	۲۵۰۰ (۱۰۰۰g)
ICRISAT	با دام زمینی	۳۰۰ (۸۰g)
	نخود	۳۰۰ (۸۰g)
	نخود دانه کبوتری	۸۰۰ (۸۰g)
	سورگوم	۲۰۰۰ (۲۵g)
	ارزن مرواریدی	۳۰۰۰ (۲۵g)
	سایر ارزن‌ها	۴۰۰۰ (۲۵g)
ICARDA	نخود	۳۰۰ (۸۰g)
ILRI	علوفه	۱۰۰۰
IITA	ذرت	۶۰۰ - ۲۵۰
IRRI	برنج	۵۰۰ (۱۰g)
		۱۰۰۰ (۲۰g)
		۵۰ (۱g)
IITA	لوبیا، لوبیا چشم بلبلی زراعی و وحشی، بادام زمینی، سویا	۶۰۰ - ۲۵۰
	لوبیا و علوفه	۱۰۰۰ - ۱۰۰
CIAT	لوبیا و علوفه	(۵-۲۰۰g)

با در نظر گرفتن حداقل موجودی بذر و با لحاظ این واقعیت که داشتن یک نسخه پشتیبان با تعداد کم نمونه بهتر از نداشتن نسخه پشتیبان است و از آنجایی که نمی‌توان ۱۰۰ درصد زنده ماندن نمونه‌ها را تضمین کرد، تعداد حداقل ۲۰۰ دانه بذر برای نسخه پشتیبان توصیه می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴- تصویری از آماده‌سازی نمونه و پاکس‌های ارسال نمونه بانک ژن آلمان برای ارسال به سوآلبارد (۲۰۰ عدد بذر نخود فرنگی (درون یک زیپ کیپ کوچک) و سپس درون پاکت‌های آلومینیومی کوچک آماده شده است).

اگرچه مطلوب است که همه نمونه‌های ژنتیکی موجود در بانک ژن دارای نسخه پشتیبان باشند، اما اغلب اوقات به دلیل محدودیت‌های مالی این مورد ممکن نیست. لذا توصیه می‌شود با در نظر داشتن اهمیت و ارزش نمونه‌های ژنتیکی نگهداری شده، نمونه‌ها جهت ذخیره‌سازی در کلکسیون پشتیبان اولویت بندی شوند. یک مثال جالب در این زمینه کانادا است، که نتایج تجزیه و تحلیل نشانگرهای مولکولی هنگام اولویت بندی در نظر گرفته می‌شود. تخمین زده شده است که تنها بین ۲۵ تا ۳۰ درصد از نمونه‌های ژنتیکی در مجموعه‌های خارج از محل منحصر به فرد هستند (FAO, 2010).

۲-۲-۱-۴- استانداردهای بسته‌بندی، برچسب گذاری و انتقال

خواص ظروف و پوشش نگهداری بذر بر راندمان کلی حفاظت بذر تأثیر می‌گذارد. میزان بخار آبی که وارد ظرف نگهداری بذر می‌شود بر میزان رطوبت بذر و در نتیجه طول عمر بذر تأثیر می‌گذارد. از اینرو ضرورت دارد این ظروف استحکام خوبی داشته، غیر قابل نفوذ به آب، گازها و مواد فرار آلی باشند. از نظر دسترسی و تأمین کنندگان و از نظر هزینه‌ای به صرفه باشد.

مواد بسته‌بندی برای تکرار امنیتی باید از ضخامت کافی برخوردار باشد. با افزایش ضخامت ظروف، خاصیت نفوذپذیری و میزان نفوذ بخار آب کاهش می‌یابد. فویل آلومینیومی چندلایه که برای بسته‌بندی بذر استفاده می‌شود از

سه لایه (پلی استر بیرونی، آلومینیوم میانی و پلی اتیلن داخلی) تشکیل شده است. ضخامت هر لایه بسته به نوع برند مورد استفاده متفاوت است. پلی استر دارای ضخامت ۲ یا ۱۲ میکرومتر با وزن ۱۲ گرم در متر مربع است. ضخامت فویل آلومینیومی ۸، ۹ یا ۱۲ میکرومتر یا ۲۴ گرم در متر مربع است. ضخامت غلاف داخلی پلی اتیلن ۵۵، ۷۰، ۷۵ یا ۸۰ میکرومتر یا ۳۴ گرم در متر مربع است. جدول ۵ ضخامت کیسه‌های آلومینیومی چند لایه مورد استفاده در بانک‌های ژن مختلف را نشان می‌دهد. بسته‌بندی‌های با چگالی بالای پلی اتیلن نفوذپذیری کمتری نسبت به بخار آب و گازها نشان می‌دهد. علاوه بر این لایه پلی اتیلن ضخیم‌تر مقاومت بالاتری در برابر سوراخ شدن بسته‌بندی ایجاد می‌کند.

جدول ۵- ضخامت لایه‌های مختلف (μ) کیسه‌های آلومینیومی چند لایه مورد استفاده در بانک‌های ژن مختلف

نام بانک ژن / کشور	لایه داخلی (پلی اتیلن)	لایه میانی (آلومینیوم)	لایه بیرونی (پلی استر)
International Centre for Agricultural Research in Dry Areas	۷۰	۱۲	۱۲
International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics	۷۰	۱۲	۱۲
International Livestock Research Institute	۵۵	۹	۱۲
International Rice Research Institute	۷۵	۱۲	۲۳
Nordic Gene bank	۷۰-۷۵	۹	۱۲
EMBRAPA/CENARGEN, Brazil	۷۵	۱۲	۲۳
Center for Genetic Resources, The Netherlands	۷۵-۸۰	۸-۱۲	۲

سرعت انتقال بخار آب در فویل آلومینیومی پایین است. فویل آلومینیومی نازک دارای روزنه‌های کوچکی است که روزنه‌های سوزنی نامیده می‌شوند. یک روزنه منفرد به ابعاد ۵-۱۰×۴ اینچ مربع حدود ۰/۱۹ گرم بخار آب در هر ۲۴ ساعت در دمای ۳۷/۸ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد منتقل می‌کند. هرچه

فویل ضخیم‌تر باشد، تعداد و اندازه سوراخ‌ها کمتر شده و در نتیجه سرعت انتقال بخار آب کاهش می‌یابد.

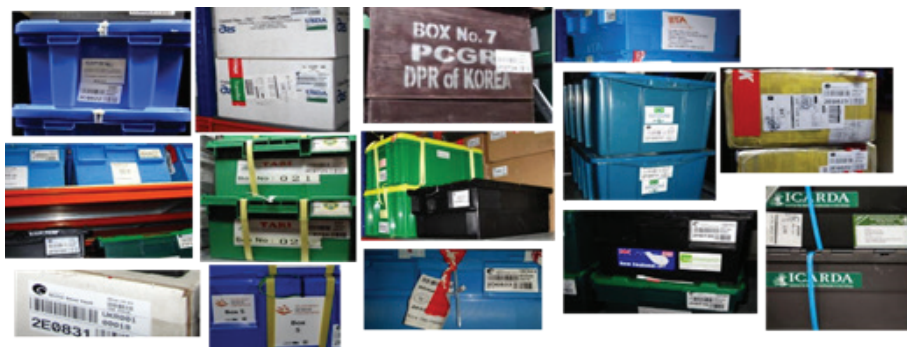
نوع آلومینیومی که در حال حاضر توسط بانک‌های ژن استفاده می‌شود، حداکثر ضخامت ۲۰ میکرومتر دارد و ممکن است حاوی سوراخ‌های کوچکی باشد که آب می‌تواند از طریق آن نفوذ کند. لایه‌های نفوذناپذیر پلی‌استر و پلی‌اتیلن این موضوع را جبران می‌کند. فویل‌های آلومینیومی با ضخامت ۳۰ و ۴۰ میکرومتر «بدون روزنه» می‌باشند. از اینرو توصیه می‌شود که مواد بسته‌بندی بذرها برای نسخه پشتیبان از ۱۲ میکرومتر پلی‌استر، ۳۰ میکرومتر فویل آلومینیومی و یک لایه داخلی پلی‌اتیلن با چگالی بالا به ضخامت ۸۰ میکرومتر ساخته شود. این امر باعث ضد آب شدن بسته‌بندی می‌گردد و امکان انتقال و نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ سال را مقدور می‌سازد (Tay et al., 2008). اندازه بسته‌های بذری به اندازه بذور بستگی دارد و در مواردی که بسته‌ها حاوی دانه‌های تیز هستند، باید از آسترهای مناسب برای به حداقل رساندن خطر سوراخ شدن بسته‌ها استفاده شود. بسته‌ها یا به صورت حرارتی یا در خلا بسته‌بندی شوند.

برای حفظ هویت نمونه‌ها لیل‌های خود چسب کاغذی محکم پلی‌استری که در برابر دماهای زیر صفر و لک و خراش مقاوم هستند بیرون و داخل بسته‌های بذری قرار داده می‌شود تا از شناسایی صحیح ژرم‌پلاسم اطمینان حاصل گردد. زمانی که فقط بسته‌های بذری یک برچسب بیرونی داشته باشند، خطر از بین رفتن آنها بالاست، مخصوصاً زمانی که برچسب‌ها خاصیت چسبندگی بالایی نداشته و در برابر مواد شیمیایی و رطوبت مقاوم نباشند که موجب محو شدن چاپ روی برچسب‌ها می‌شود.

برای اطمینان از اینکه برچسب‌ها پس از سال‌ها ذخیره به راحتی قابل خواندن باشند استفاده از جوهر مناسب و کیفیت چاپ از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چاپگرهای حرارتی مستقیم و چاپگرهای حرارتی انتقالی، چاپی با کیفیت بالا با حروف واضح تولید می‌کنند. چاپگر حرارتی انتقالی به دلیل پایداری طولانی مدت تصویر، گزینه بهتری برای برچسب زدن نسخه پشتیبان می‌باشند (Rojas, 2008).

برای برچسب‌های داخل بسته، مواد ترجیحی کاغذ یا کارت ضخیم چاپ شده توسط کامپیوتر است.

غالباً ذخیره‌سازی بصورت جعبه سیاه^۱ صورت می‌گیرد بدین معنی که بانک‌های ژن دریافت کننده نمونه حق استفاده و توزیع ژرم پلاسما را ندارند (شاهمرادی و پوراسماعیل، ۱۴۰۰) برای اینکه جعبه بتواند وزن بذرها را تحمل کند و در زمان حمل و نقل پایدار باقی بماند باید از دوام و استحکام کافی برخوردار باشد، همچنین ضرورت دارد در برابر ذخیره‌سازی در دمای پایین مقاوم باشد. در حال حاضر جعبه‌های مقوایی مهر و موم شده، جعبه‌های پلاستیکی، جعبه‌های آهنی گالوانیزه و یا جعبه‌های چوبی مواردی هستند که برای ارسال نمونه‌ها به نسخه پشتیبان سوالبارد مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۵). جعبه‌ها باید به خوبی مهر و موم شوند.



شکل ۵- تصاویری از جعبه‌های مختلف بذرهای ارسال شده به خزانه جهانی بذر سوالبارد

روش حمل و نقل باید با در نظر گرفتن عملی‌ترین و سریع‌ترین روش‌های انتقال از طریق هوایی، پیک و یا زمینی، انتخاب گردد تا از زوال بذور و کاهش کیفیت آنها در حین انتقال جلوگیری گردد. دمای بالا در طول حمل و نقل می‌تواند باعث زوال سریع بذرها در طول ذخیره‌سازی شود. انجام فرایند حمل و نقل از سریع‌ترین مسیر در ماه‌های سرد سال می‌تواند به کاهش خطرات در طول حمل و نقل کمک کند.

1- Black Box

هر جعبه باید برای اطمینان از روش جابجایی و شناسایی مناسب برچسب زده شود. این برچسب شامل نام سپرده گذار، نام گیرنده و شماره شناسایی است. استفاده از برچسب‌ها یا مهرهایی که روی آن نوشته شده است «مواد شکننده»، «مواد گیاهی فاسد شدنی»، «مستقیماً زیر نور آفتاب قرار نگیرید» توصیه می‌شود. به منظور ممانعت از باز شدن جعبه‌ها، اسناد اصلی حمل و نقل مانند گواهی بهداشت گیاهی، مجوز واردات و فهرست کامل مواد، باید در خارج از هر جعبه ضمیمه شود تا هنگام بازرسی در دسترس آسان مقامات گمرکی و قرنطینه گیاهی باشد. پیشنهاد می‌شود روی هر جعبه یک «کارت وضعیت ورود» اضافه شود که بلافاصله پس از دریافت، توسط گیرنده پر شود. اطلاعات کارت وضعیت مواد، داده‌ها و نوسانات دما در جعبه را همانطور که توسط دیتالاگر ثبت می‌شود گزارش می‌کند. این کارت باید به سرعت به سپرده گذار بازگردانده شود، زیرا اطلاعات به تعیین طرح نظارت بر زنده‌مانی نمونه‌ها کمک می‌کند (Tay et al., 2008).

مسئولیت هر نوع صدمه در زمان حمل و نقل، افت قوه نامیه زودتر از موعد نمونه‌ها به دلیل تنش‌های وارد شده در حین انتقال، وجود رطوبت به دلیل بسته‌بندی نادرست جعبه‌ها و یا نوسانات شدید دمایی بر عهده موسسه مبدأ می‌باشد.

۲-۱-۵- شرایط نگهداری نمونه‌ها

طول عمر بذرها در زمان نگهداری بستگی به قوه نامیه اولیه بذر، میزان رطوبت بذر در طول نگهداری و دمای انبار دارد. به‌طور کلی محتوای رطوبت کم بذور (۳ تا ۷ درصد) و دماهای پایین نگهداری باعث کاهش اتلاف قوه نامیه در طول ذخیره‌سازی می‌شود. برای حفظ طول عمر بذرها در طول ذخیره‌سازی نسخه پشتیبان می‌توان از ترکیبات مختلف رطوبت و دما برای دستیابی به نتایج یکسان استفاده کرد (Tay et al., 2008).

با کاهش دمای ذخیره‌سازی و میزان رطوبت بذر طول عمر بذر افزایش می‌یابد. بر اساس قوانین هرینگتون، به ازای هر ۵ درجه سانتی‌گراد کاهش دمای نگهداری بذر، طول عمر بذر دو برابر می‌شود. همچنین وقتی رطوبت دانه بین

۵ تا ۱۴ درصد باشد، هر یک درصد کاهش در رطوبت بذر، طول عمر بذرها را دو برابر می کند (Harrington *et al.*, 1972). واکنش های شیمیایی که در بذرها ذخیره شده انجام می شود عمدتاً به رطوبت بذر و همچنین دمای نگهداری بستگی دارد. در شرایط نگهداری رطوبت کم (کمتر از ۱۰٪) و دمای پایین (دمای کمتر از پنج درجه سانتی گراد و زیر صفر)، سیتوپلاسم شیشه ای می شود، این موضوع مانع تحرک مولکول ها شده و از واکنش های شیمیایی دخیل در پیری بذر جلوگیری می کند (Buitink *et al.*, 2000). طول عمر مطلوب زمانی حاصل می شود که بذرها در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد یا کمتر ذخیره شوند. با این حال، کاهش دما باید با سطوح رطوبت مناسب همراه باشد. مقادیر رطوبت بحرانی بسته به گونه متفاوت است، محتوای رطوبت بذر ۶ درصد برای بذرها سرشار از پروتئین نظیر حبوبات، ۴/۵-۵ درصد برای بذرها سرشار از نشاسته نظیر غلات (برنج، گندم و جو) و ۳-۲ درصد برای بذر گیاهان روغنی (۳/۳٪ برای سویا، ۲/۷٪ برای کتان و ۲٪ برای بادام زمینی و آفتابگردان) توصیه شده است (Rao *et al.*, 2006). از اینرو در استانداردهای حفاظت بانک ژن برای نگهداری بذر ارتودکس محتوای رطوبت بذر ۷-۳ درصد و دمای ۱۸- تا ۲۰- درجه سانتی گراد را توصیه نموده است (شاهمرادی و پوراسماعیل، ۱۴۰۰).

۲-۲-۱-۶- شرایط دسترسی و تجدید نمونه ها در نسخه پشتیبان

هر قرارداد نسخه پشتیبان نیازمند یک موافقت نامه قانونی واضح و امضاء شده بین سپرده گذار و دریافت کننده نسخه پشتیبان است. که وظایف طرفین را مشخص می کند و مدت و شرایط نگهداری نمونه ها را تعیین می کند. نسخه پشتیبان عموماً بر اساس رویکرد «جعبه سیاه» تهیه می گردد. این بدان معناست که بانک های ژن مخزن (دریافت کننده) حق استفاده و توزیع ژرم پلاسم مورد نظر را ندارند. در صورت تقاضای موسسه مبدأ نمونه های سپرده گذاری شده به مبدأ ارسال شده، از بین رفته و یا با نمونه های جدید جایگزین می شوند.

بانک ژن اصلی وظیفه اطمینان از کیفیت بالای مواد سپرده شده و وظیفه پایش

عمر طولانی دارند و یا به طور معمول به صورت رویشی تکثیر می‌شوند عمدتاً از طریق این روش حفاظت می‌شوند.

در بین روش‌های رایج حفاظت، نمونه‌های ژنتیکی نگهداری شده در کلکسیون‌های زنده گیاهی عمدتاً بیشترین آسیب‌پذیری را در برابر خطرات طبیعی و همچنین بروز آفات و بیماری‌ها دارند، زیرا در مجموعه اقدامات کاهش دهنده مخاطرات این کلکسیون‌ها تنها به تأمین ابزارهای زیرساختی اعم از فراهم ساختن تأسیسات آبیاری، فراهم ساختن شبکه‌هایی برای حفاظت در برابر تگرگ و یا حصار و نرده برای حفاظت کلکسیون بسنده می‌شود. بنابراین، از منظر مدیریت ریسک، تلاش‌های بیشتری برای ایمن‌سازی نمونه‌های ژنتیکی در کلکسیون‌های زنده باید صورت پذیرد. بدین منظور، دو روش اصلی برای نسخه پشتیبان این نمونه‌های ژنتیکی وجود دارد که در استانداردهای بانک ژن تبیین شده توسط سازمان خواربار و کشاورزی جهان شرح داده شده است (شاهمرادی و پوراسماعیل، ۱۴۰۰).

۱) تکرار مجموعه‌ها در مکان دیگر (جایی که در معرض خطرات مشابه کلکسیون اصلی قرار ندارند).

برای کلکسیون‌های زنده گیاهی، ایجاد حداقل یک تکرار از کلکسیون در منطقه ای با و شرایط آب و هوایی و آگرواکولوژی مناسب و به دور از عوامل خطر تهدید کننده کلکسیون اصلی توصیه می‌شود. محل کلکسیون پشتیبان می‌تواند در منطقه‌ای با ریسک آفات و بیماری‌های متفاوت برای ایمنی کلکسیون قرار داشته باشد. همکاری نزدیک با جوامع محلی برای افزایش سطح آگاهی مردم در خصوص هدف و ارزش این کلکسیون‌ها می‌تواند به ایجاد احساس مالکیت و افزایش امنیت منطقه کلکسیون، کمک کند.

۲) حفاظت نمونه‌های ژنتیکی با روش‌های حفاظتی مکمل و جایگزین، مانند حفاظت در شرایط آزمایشگاهی و فراسرد.

علاوه بر تشکیل کلکسیون از نمونه‌های ژنتیکی در مکان دیگر به عنوان نسخه پشتیبان، برای آن دسته از گونه‌هایی که بذرها با طول عمر کوتاه داشته و یا بذور ریکالسیترنت تولید می‌کنند، ذخیره کوتاه مدت بذر و احیاء بذرها قبل از

اینکه افت شدید قوه نامیه رخ دهد، یک روش تهیه نسخه پشتیبان موثر و مقرون به صرفه به شمار می رود.

علاوه بر این استفاده از روش‌های مکمل حفاظت نظیر کشت در شرایط درون شیشه‌ای یا نگهداری فراسرد در صورت وجود دستوالعمل‌های لازم، به عنوان نسخه پشتیبان نمونه‌های نگهداری شده در کلکسیون‌های زنده گیاهی، یک راهبرد مهم برای کاهش تهدیدها و خطرات و یک روش اقتصادی در درازمدت است.

حفاظت در شرایط آزمایشگاهی و فراسرد^۱ آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات محیطی و زیستی (آفات و بیماری‌ها) را کاهش می‌دهد اما هر دو روش جایگزین، به نیروهای فنی و آموزش دیده برای مدیریت مناسب حفاظت نیاز دارند. با این حال، اشکال عمده برای این دو روش این است که (۱) حفاظت در شرایط آزمایشگاهی برای حفاظت میان مدت و بلندمدت مناسب نیست. (۲) هزینه‌های راه اندازی به‌طور قابل توجهی بیشتر از کلکسیون‌های زنده است. از اینرو اگر کمبود منابع مالی وجود داشته باشد، کپی کردن کلکسیون در مکانی دیگر ممکن است جایگزین مناسبی باشد. قابل ذکر است که روش فراسرد، پس از استقرار سیستم، هزینه‌های جاری نسبتاً کم‌تری نسبت به حفاظت کلکسیون‌های زنده گیاهی دارد زیرا یک روش حفاظت طولانی مدت و ایمن است و تنها پس از چند صد سال نیاز به احیا دارد (Herbold *et al.*, 2023). علاوه بر موارد فوق، ذخیره‌سازی گرده و DNA نیز به عنوان یک روش مؤثر و کم هزینه برای حفاظت تنوع کلکسیون‌های زنده می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

برای تأسیس نسخه پشتیبان کلکسیون‌های زنده گیاهی مواردی باید مد نظر قرار گیرد که در ادامه به شرح آنها پرداخته می‌شود.

۲-۲-۱- چگونگی تعیین روش‌های مکمل مناسب

استفاده از بهترین روش ذخیره‌سازی یا ترکیبی از چند روش مختلف به نوع گیاه یا شاید به ژنوتیپ مورد نظر، فضا، امکانات، نیروی کار، بودجه و هدف بستگی دارد. حفظ کلکسیون‌های زنده گیاهی برای ارزیابی، شناسایی و در برخی موارد برای اهداف توزیع مهم است. کلکسیون‌های زنده گیاهی برای ژنوتیپ‌هایی که

1- Cryo-preserved

دچار آلودگی‌های ویروسی کم‌تری می‌شوند و یا واریانت‌های زیادی را ایجاد می‌کنند مناسب‌تر می‌باشد، زیرا این واریانت‌ها در شرایط مزرعه راحت‌تر از شرایط آزمایشگاهی شناسایی شده و حذف می‌شوند. در خصوص مجموعه‌هایی که به دلیل موارد ناشی از عوامل زنده (به ویژه ویروس‌ها) یا غیرزیستی (تنش‌های محیطی) در معرض خطر نابودی هستند، باید مزایای حفاظت درون شیشه‌ای در نظر گرفته شود. هر مجموعه نگهداری ژرم پلاسما که علاقه‌مند به نگهداری طولانی مدت ژرم پلاسما است، باید از طریق روش نگهداری فراسرد مبادرت به این اقدام نماید، این روش به ویژه برای نمونه‌های در معرض خطر و غیرقابل جایگزین و در مواردی نمونه‌هایی که زیستگاه آن‌ها تخریب شده پیشنهاد می‌شود (Reed et al., 2004). با در نظر گرفتن کلیه شرایط، پشتیبان صحیح می‌تواند ترکیبی از کلکسیون زنده گیاهی، حفاظت درون شیشه‌ای یا حفاظت فراسرد باشد (جدول ۶).

جدول ۶ - مزایای روش‌های مختلف حفاظت ژرم پلاسما

ویژگی	حفاظت گیاه زنده	حفاظت درون شیشه‌ای (رشد آهسته)	حفاظت فراسرد
میان مدت	+	+	-
بلند مدت	-	-	+
ارزیابی‌های عمومی و تخصصی	+	-	-
حذف ویروس‌ها	-	+	-
توزیع	+	+	-/+
کلکسیون پایه	+	+	-
کلکسیون هسته	+	-/+	-
نسخه پشتیبان	+	+	+

+ : قابل کاربرد، - : غیر قابل کاربرد

۲-۲-۲-۲-۲- استانداردهای نسخه پشتیبان کلکسیون‌های زنده گیاهی

۲-۲-۲-۲-۱- استانداردهای انتخاب مکان نسخه پشتیبان

در انتخاب مکان برای نسخه پشتیبان، ضرورت دارد مکان برای حداقل رساندن خطرات احتمالی و ارائه بهترین شرایط ممکن با در نظر گرفتن ویژگی‌هایی از قبیل شیوع کم بیماری و آفات، دسترسی به منبع مناسب آب و نیروی کار در یک موقعیت اجتماعی سیاسی و ژئوفیزیکی با ثبات انتخاب شود. برای انتخاب و تملک زمین جهت ایجاد کلکسیون‌های زنده موارد زیر لازم است مورد توجه قرار گیرد:

✓ محل انتخاب شده دارای شرایط آگرواکولوژیکی تا حد امکان مشابه با محیطی باشد که مواد گیاهی حفاظت شده از آنجا منشأ گرفته باشند.

انتخاب مکان کلکسیون با شرایط آب و هوایی، ارتفاعی و خاک که شرایط مناسبی را برای سازگاری و رشد خوب گیاهان فراهم می‌کند، مهم است. این امر خطر تلفات گیاه را به دلیل سازگاری ضعیف به حداقل می‌رساند. تولید تجاری محصول(های) هدف در نزدیکی محیط‌های اصلی ممکن است یک شاخص مفید برای شرایط رشد مناسب باشد.

✓ موقعیت آن در مکانی باشد که خطرات ناشی از بلایای طبیعی و انسانی را به حداقل رساند. ایمنی مجموعه‌ها اولویت هر بانک ژنی است. انجام ارزیابی ریسک برای حصول اطمینان از این که بلایای طبیعی و انسانی، ایمنی فیزیکی مجموعه‌ها را در محل بانک ژن انتخابی تهدید نمی‌کند ضروری است. ملاحظات ایمنی که هنگام انتخاب مکان باید در نظر گرفته شود عبارتند از:

- حفظ فاصله ایمن حداقل شعاع ۱۰ کیلومتری از آتشفشان‌های فعال برای جلوگیری از آسیب ناشی از جریان گدازه و سنگ
- اجتناب از مناطقی که اغلب در مسیر طوفان یا بهمن قرار دارند.
- اجتناب از مناطق نزدیک به محل‌های مسکونی که تحت تأثیر درگیری‌های داخلی شناخته شده‌اند.

✓ مکان انتخابی طوری انتخاب شود که خطر جریان ژن و آلودگی از محصولات و جمعیت‌های وحشی همان گونه و یا گونه‌های مرتبط را که می‌توانند با گونه‌های حفاظت شده دگرگوده افشانی انجام دهند، به حداقل برساند و در نتیجه یکپارچگی ژنتیکی را حفظ کند.

✓ مکان انتخابی در درازمدت (حداقل ۵۰ سال) بر اساس تمدید کتبی، تضمینی یا مالکیت زمین تحت پوشش امن باشد. ایجاد بانک ژن با گونه‌های درختی یا درختچه‌ها یک سرمایه‌گذاری بلند مدت است. بررسی طرح توسعه برای منطقه بسیار مهم است، زیرا ممکن است در آینده به مکان‌های نزدیک به یک شهر برای فعالیت‌های دیگر نیاز باشد.

✓ در صورت امکان، مکان انتخابی فضای کافی را برای گسترش کلکسیون در آینده فراهم کند، زیرا ممکن است پس از ایجاد کلکسیون، نمونه‌های جدید اضافه شوند.

✓ مکان مورد انتخاب برای کلکسیون باید طوری انتخاب شود که در صورت نیاز برای آبیاری تکمیلی به منبع آب دسترسی داشته باشد.

✓ دسترسی فیزیکی آسان به مکان کلکسیون، مدیریت و نظارت منظم را تسهیل می‌کند. از اینرو ضرورت دارد مکانی انتخاب شود که حمل و نقل آسان برای کارکنان و کارگران فراهم باشد.

۲-۲-۲-۲-۲- استانداردهای فیزیکی و آماده‌سازی فضای کلکسیون پشتیبان

علاوه بر انتخاب مکان که خطرات ناشی از بلایای طبیعی و انسانی را به حداقل می‌رساند، آماده‌سازی فیزیکی فضای نسخه پشتیبان برای حفاظت بیشتر از کلکسیون حائز اهمیت است. چنین اقداماتی شامل موارد زیر است:

- ایجاد آتش‌شکن در صورتی که آتش‌سوزی یک خطر شناخته شده باشد.
- نصب حصار و استخدام نگهبانان برای جلوگیری از خرابکاری، سرقت و آسیب توسط انسان و حیوانات بزرگ
- نصب توری حشرات و استفاده از قفس برای جلوگیری از آسیب حشرات، پرندگان و پستانداران کوچک

- نصب یک سیستم آبیاری تحت فشار برای نیاز به آبیاری گیاهان در صورت خشکسالی یا زمان‌های بحرانی رشد گیاه

۲-۲-۲-۳- استانداردهای تهیه و پیاده‌سازی نقشه کشت در کلکسیون پشتیبان

در هنگام برنامه‌ریزی و پیاده‌سازی نقشه‌های کشت برای کلکسیون‌های پشتیبان ضرورت دارد ملاحظات زیر در نظر گرفته شوند:

- یک نقشه کشت تهیه شود که مکان دقیق هر نمونه ژنتیکی را در پلات نشان دهد. در صورت امکان نسخه‌های فیزیکی و الکترونیکی هر دو نگهداری شده و به‌طور منظم به روز رسانی شود.
- اطمینان حاصل شود که هر پلات با برچسب‌ها و اتیکت‌های مقاوم در برابر آب و نور مشخص شده است. برچسب‌ها باید دائمی باشند و می‌توانند برچسب‌های چاپی کامپیوتری پلی استر یا پایه‌ها یا تابلوهای فلزی یا چوبی رنگ‌شده باشند.
- مکان بهینه هر نمونه ژنتیکی برای مدیریت مؤثر مجموعه و سهولت نظارت، شناسایی و ارزیابی مشخص شود.
- در هنگام محاسبه، اندازه کرت‌ها با توجه به نحوه رشد و اندازه گیاهان بالغ، فاصله مناسب بین گیاهان برای هر نمونه ژنتیکی در نظر گرفته شود تا امکان رشد مناسب گیاهان فراهم شود. معمولاً آرایش کاشت درختان با استفاده از حداقل فاصله کشت (سیستم کشت متراکم) با تاج محدود غیر گسترده و کنترل رشد در نظر گرفته می‌شود.
- در صورت کافی بودن فضا کاشت نمونه ژنتیکی مرجع برای تسهیل شناسایی نمونه‌ها توصیه می‌شود. در این شرایط قالب کشت در کلکسیون‌ها به صورت طرح آگمنت خواهد بود.

۲-۲-۲-۴- استانداردهای آماده‌سازی نمونه برای کلکسیون پشتیبان

برای استقرار موفقیت‌آمیز و نگهداری کارآمد کلکسیون‌های زنده گیاهی و تضمین سلامت و طول عمر بهینه گیاهان و حفظ تنوع ژنتیکی نمونه‌ها ضرورت دارد

نمونه‌های آماده‌سازی شده برای نسخه پشتیبان از کیفیت بالایی برخوردار بوده، عاری از هر گونه بیماری باشند و از نظر کمیت از تعداد کافی از هر گیاه کاشته شوند. از اینرو توجه به موارد زیر ضرورت دارد:

۱) در کلکسیون‌های زنده گیاهی به دلیل آسیب‌پذیری مجموعه در برابر فرسایش وجود تکرار از هر نمونه ژنتیکی بسیار مهم است. تعداد تکرارهای مورد نیاز در یک کلکسیون زنده گیاهی به تنوع ژنتیکی نمونه‌های گیاهی نگهداری شده و خطر تلفات بر اثر انتخاب صحیح مواد کاشت، شرایط محیطی، شیوه‌های کشت، مدیریت آفات و بیماری‌ها در طول نگهداری طولانی مدت بستگی دارد. ژرم پلاسِم نگهداری شده در کلکسیون‌های زنده ممکن است در اثر شیوع و همه گیری بیماری از بین برود، از اینرو برای نگهداری نمونه‌هایی با ریسک نگهداری بالا تکرارهای بیشتری برای نگهداری هر نمونه مورد نیاز است. در هر صورت باید اطمینان حاصل شود که نمونه‌های نسخه پشتیبان به اندازه کافی در نظر گرفته شده‌اند تا با خطر از دست رفتن مواجه نشوند.

در کلکسیون‌های پشتیبان حداقل سه تا پنج تکرار برای هر نمونه در نظر گرفته می‌شود تا نمونه در برابر تغییرات بافت خاک، قرار گرفتن در معرض بیماری یا سایر عوامل محیطی حافظت شوند و ضرورت دارد در زمانی که ۳۰٪ نمونه‌ها از بین رفته اند احیا و تجدید کلکسیون صورت پذیرد.

برای گونه‌های چند ساله درختی و درختچه‌ای حداقل ۲-۳ تکرار برای هر نمونه در نظر گرفته شود.

- برای گونه‌های دوپایه مانند خاس، مارچوبه و نخل خرما، کاشت تعداد مناسبی از والدین نر/ ماده اهمیت دارد.

- از قسمت‌های سالم و قوی گیاه برای تکثیر و کاشت استفاده شود.
- برای جلوگیری از ورود بیماری‌ها و آفات باید کنترل دقیق در هنگام ورود گیاهان به کلکسیون اعمال شود. برای گونه‌هایی که از طریق پیوند تکثیر می‌شوند، انتخاب پایه‌هایی که عاری از ویروس و سازگار با محیط هستند، اهمیت ویژه‌ای دارد.

۲-۲-۲-۵- استانداردهای کشت و نگهداری نمونه‌ها برای نسخه پشتیبان

۱) فراهم سازی شرایط بهینه برای استقرار گیاه

برای استقرار موفقیت آمیز و نگهداری کارآمد کلکسیون‌های زنده و تضمین سلامت و طول عمر بهینه گیاهان ضرورت دارد کلیه اقداماتی که شرایط بهینه را برای استقرار گیاه فراهم می کند شامل موارد زیر مد نظر قرار گیرد.

- داشتن اطلاعات دقیق از زمان مناسب گرفتن نمونه، انتقال و کاشت بسته به نوع گونه گیاهی
- درجه حرارت، سطح رطوبت خاک، نوع خاک و الزامات اقلیمی خاص، مانند شدت سایه زیاد یا کم با توجه به نیاز گیاهان مختلف لحاظ شود.
- فراهم کردن شدت سایه بیشتر و زهکشی مناسب، که شرایط رشد طبیعی خویشاوندان وحشی گیاهی که از جنگل‌های طبیعی منشأ می گیرند را شبیه سازی کند.
- برای گونه هایی که سایه پسند هستند، انتخاب درختان سایه انداز با توجه به الزامات گونه و شرایط محلی مهم است.
- ارزیابی کنترل علف‌های هرز برای رشد سریع گیاهان
- نظارت و کنترل آفات و بیماری‌ها
- ممانعت از اختلاط کلون‌ها با در نظر گرفتن فواصل کشت بیشتر برای گیاهانی که توسط ریزوم‌ها یا ساقه‌های رونده تکثیر می شوند
- برای گیاهان رونده خصوصاً زمانی که گسترش آنها زیاد است کاشت نمونه هایی با مورفولوژی‌های مختلف در کرت‌های مجاور پیشنهاد می شود.
- کلونهایی که رشد سریع و تهاجمی دارند در گلدان یا جعبه کشت شوند تا اختلاط یا رقابت با نمونه‌هایی با رشد کمتر کاهش یابد.

۲) حفظ یکپارچگی ژنتیکی مجموعه

ضروری است که کلکسیون‌های زنده به گونه‌ای مدیریت شود که یکپارچگی ژنتیکی مجموعه حفظ شود. به این منظور لازم است موارد زیر مد نظر قرار گیرد:

- نظارت منظم کلکسیون برای اطمینان از اینکه هر عضو و هر گیاه در هر نمونه ژنتیکی به درستی شناسایی شده است.
- هر گونه نهال بذری حذف شود.
- به صورت دوره‌ای برجسب‌های هر نمونه ژنتیکی با نقشه مزرعه‌ای بررسی شود.
- هر گیاه با هر نمونه ژنتیکی با طرح‌های پلات مقایسه شود.
- به طور دوره‌ای هویت هر نمونه ژنتیکی با استفاده از نشانگرهای مورفولوژیکی و مولکولی در صورت امکان تأیید شود.
- تمام نمونه ژنتیکی به طور منظم برای جلوگیری از آسیب حشرات، پرندگان و پستانداران و برای هر گونه آسیب‌های احتمالی تحت نظارت قرار گیرند.

۳) پایش، شناسایی و کنترل آفات و بیماری‌ها

- سیستمی برای پایش معمول و شناسایی صحیح آفات و بیماری‌های مرتبط و جلوگیری از شیوع آن‌ها وجود داشته باشد. از این‌رو لازم است به موارد زیر توجه شود:
- نگهداری گیاهان حساس در قرنطینه‌های ضدحشرات برای محافظت از آن‌ها در برابر ناقلین بیماری‌های ویروسی
 - حصول اطمینان از اینکه ابزار و ادوات کشاورزی، کفش‌پوش‌ها و خاک گلخانه‌ها به درستی ضدعفونی شوند.
 - حذف هر گونه میوه و شاخه‌های آلوده از گیاهان و مزرعه (از جمله بقایای گیاهی) جهت جلوگیری از پرورش حشراتی که بیماری‌ها را منتقل می‌کنند.
 - غربالگری دوره‌ای برای آلودگی‌های ویروسی با استفاده از کیت‌های تشخیصی گیاهی و روش‌های سنجش بیوشیمیایی نظیر (ELISA)^۱ و یا واکنش زنجیرهای پلیمرز با رونویسی معکوس (RT-PCR).
 - ضدعفونی هر گونه مواد کلونال آلوده با تیمارهای حرارتی و/یا کشت بافت
 - تحت کنترل نگه داشتن جمعیت حشرات بیماری‌زا برای جلوگیری از هجوم حشرات و بیماری‌های عمده

1-Enzyme-linked immunosorbent assay

- استفاده از مدیریت تلفیقی آفات (IPM) که شامل استفاده از کنترل بیولوژیکی، در صورت امکان، همراه با کنترل مکانیکی و کاربرد آفت کش همکاری با متخصصانی مانند بیماری‌شناسان گیاهی، از جمله ویروس شناسان و نماتولوژیست‌ها، برای اطمینان از شناسایی مناسب و دریافت مشاوره در مورد اقدامات کنترلی برای بیماری‌ها و آفات مفید می‌باشد.

۲-۲-۲-۶- اطلاعات ضروری برای نسخه پشتیبان کلکسیون‌های زنده گیاهی

تمام داده‌های مرتبط با نسخه پشتیبان کلکسیون‌های زنده گیاهی شامل موقعیت جغرافیایی و مرزها، شیب، اطلاعات آب و هوا و هرگونه توافق نامه قانونی در مورد مالکیت زمین، فهرست و نقشه‌های کشت و سایر اطلاعات ضروری ثبت و در سیستم مدیریت اطلاعات بانک ژن بارگذاری شوند. تمام داده‌های مرتبط با کاشت و داشت و حفاظت نمونه‌ها متشکل از محل کاشت نمونه ژنتیکی، فاصله‌گذاری، وجین، آبیاری، کود، استفاده از آفت کش و نتایج بررسی بیماری یا آفات لازم است در سیستم اطلاعات ثبت شوند. استفاده از دستگاه‌های الکترونیکی و برچسب‌های بارکد و بارکدخوان‌ها مدیریت نمونه ژنتیکی را تسهیل می‌کند و خطای انسانی را به حداقل می‌رساند.

۲-۲-۲-۷- استانداردهای بسته‌بندی و ارسال نمونه

قلمه‌ها، ریشه‌ها یا غده‌ها برای کشت در کلکسیون‌های زنده گیاهی در شرایط خنک در جعبه‌های پلاستیکی حمل می‌شوند. قلمه‌های ریشه‌دار را می‌توان مرطوب اما نه به صورت خیس نگه داشت تا از رشد قارچ و پوسیدگی در طول حمل و نقل جلوگیری شود. ریشه‌ها و غده‌ها در کیسه‌های کاغذی داخل جعبه‌های مقوایی یا پلاستیکی بسته‌بندی می‌شوند. انتخاب مواد بسته‌بندی، وسیله، زمان و شرایط حمل و نقل (درجه حرارت و رطوبت) باید طوری برنامه‌ریزی و انتخاب شود که امکان تحویل ایمن و به موقع نمونه‌های ژنتیکی در کلکسیون پشتیبان فراهم شود. در این مورد استفاده از دستورالعمل‌ها / توصیه‌های بسته‌بندی و حمل و نقل مشابه مواردی که برای توزیع استفاده می‌گردد، توصیه می‌شود (شاهمرادی و

پوراسماعیل، ۱۴۰۰).

ضرورت دارد اطلاعات مربوطه هر نمونه ژنتیکی از جمله فهرستی از اطلاعات شناسنامه‌ای نمونه‌ها، تعداد تکرار، تعداد کل پروپاگول‌ها (بر اساس وزن یا تعداد)، نوع کانتینر، ارجاع به موافقتنامه حقوقی، گواهی بهداشت گیاهی و غیره همراه با محموله ارسال شود و در سیستم بانک اطلاعاتی بارگذاری شوند.

۲-۲-۲-۸- استانداردهای عقد قرارداد حفاظت نسخه پشتیبان

در صورتی که برای نسخه پشتیبان از روش سپرده‌گذاری در بانک ژن دیگری استفاده می‌شود لازم است موارد زیر مد نظر قرار گیرد:

۱) هر نوع سپرده‌گذاری منوط به عقد یک توافق‌نامه حقوقی بین سپرده‌گذار و بانک ژن گیرنده است.

۲) در مراحل اولیه برنامه‌ریزی باید اسناد و مدارک مورد نیاز (هم برای سپرده‌گذار و هم برای بانک ژن گیرنده) و رویه‌های گمرکی و قرنطینه قابل اجرا، مشخص شود که به انتقال به موقع ژرم‌پلاسما کمک می‌کند.

۳) با توجه به اینکه کلکسیون‌های گیاهان زنده، نیازمند مدیریت و رسیدگی روزانه دارند، یک توافق‌نامه حقوقی واضح بین سپرده‌گذار و گیرنده تکرار امنیتی باید وجود داشته باشد که وظایف طرفین را تبیین و شرایط و ضوابطی که نمونه‌ها مطابق آن نگهداری می‌شود را مشخص می‌کند.

۲-۲-۳- نسخه پشتیبان نمونه‌های نگهداری شده در کلکسیون‌های درون شیشه‌ای

پروتکل‌های کشت‌بافت را می‌توان تقریباً برای هر گونه گیاهی توسعه داد. استفاده از این ظرفیت در دهه‌های گذشته برای حفاظت کوتاه‌مدت تا میان‌مدت طیف وسیعی از گونه‌های گیاهی با موفقیت به کار گرفته شده است (Ashmore, 1997 و Benson et al., 2011). این روش ضمن ارائه امکان حذف بیماری و تکثیر سریع کلون‌های گیاهان عاری از بیماری، روش مناسبی برای تبادل ژرم‌پلاسما با رعایت الزامات و مقررات بهداشتی گیاهی ملی و بین‌المللی است. با این حال، وقوع احتمالی ناپایداری ژنتیکی در نتیجه افزایش فشار انتخاب تحت شرایط

in vitro در مقایسه با *in vivo* ممکن است مانعی برای استفاده از آن برای حفظ طولانی مدت ژرم پلاسما گیاهی باشد (da Silva *et al.*, 2016). در این روش حفاظت، نمونه‌ها در اتاقک‌های رشدی که شرایط رشد آهسته را فراهم می‌نماید، نگهداری می‌شوند. هدف از رشد آهسته (یا رشد حداقل) کاهش فاصله‌ی بین واکشت‌ها به سطحی بحرانی است که تأثیر زیان‌آور طولانی مدتی روی ذخایر ژرم پلاسما یا پایداری گیاهان نداشته باشد. کاربرد دمای پایین، دوره روشنایی کم با نور محدود، ظروف کشت کوچک، اکسیژن کم، اعمال تنش‌های اسمزی، کاربرد تنظیم کننده‌های رشدی که تاخیر و یا بازدارندگی از رشد را موجب می‌شوند و تغذیه حداقلی با کاربرد سطوح پایین مواد مغذی میکرو و ماکرو از جمله تیمارهایی است که برای دستیابی به رشد حداقلی در زمان ذخیره‌سازی نمونه‌ها قابل کاربرد است. هر یک از این تیمارها می‌تواند به تنهایی و یا در ترکیب با تیمارهای دیگر به کار گرفته شود، انتخاب روش بهینه عمدتاً براساس نوع گونه‌ی گیاه و میزان تحمل تنش‌های ایجاد شده برای آن گیاه خاص تعیین می‌شود.

در بانک ژن IPK^۱ آلمان سه اتاقک رشد مختلف با دماهای 2 ± 2 ، 10 ± 2 و 22 ± 2 درجه سانتی گراد برای حفاظت درون شیشه‌ای وجود دارد. در اتاقک‌های رشد ۲ و ۱۰ درجه سانتی گراد گیاهان در فتوپریود ۱۲ ساعت نور و ۱۲ ساعت تاریکی و شدت نور ۲۰۰۰ لوکس قرار دارند. گیاهانی که می‌توانند دماهای ۲ و ۱۰ درجه سانتی گراد را تحمل نمایند در این شرایط نگهداری می‌شوند اما برای برخی نمونه‌ها به‌ویژه نمونه‌هایی که از مناطق گرم منشأ گرفته‌اند و نمی‌توانند این شرایط را تحمل کنند دمای ۲۲ درجه برای نگهداری استفاده می‌شود. در اتاقک رشد ۲۲ درجه سانتی گراد گیاهان در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در روز و ۲۰ درجه در شب و فتوپریود ۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریکی قرار دارند. در هر اتاقک رشد از هر نمونه ۴ شیشه و در هر شیشه ۵ گیاه وجود دارد (پوراسماعیل، ۱۳۹۸).

استفاده از دمای پایین، شدت نور پایین و مواد غذایی محدود برای نگهداری

گیاهان در شرایط درون شیشه‌ای در اتاقک رشد با دمای ۲ درجه سانتی گراد موجب شده که تعداد واکشت‌ها کاهش پیدا کرده و در مواردی گیاهان پس از دو سال نیاز به واکشت پیدا می‌کنند. برای نگهداری گیاهان در این دماهای پایین، نیاز است نمونه‌ها پیش تیمارهایی را برای آماده‌سازی دریافت نمایند. از اینرو در مورد گیاه سیر گیاهان به مدت ۸-۴ هفته در دمای ۲۴ درجه سانتی گراد در روز و ۱- درجه سانتی گراد در شب قرار داده می‌شوند. در مورد گیاه سیب زمینی گیاهان ۳-۲ هفته در دمای ۵ درجه سانتی گراد در تاریکی قرار داده می‌شوند و در مورد نعناع ۸-۴ هفته در دمای ۲۲ درجه سانتی گراد در روز و ۸ درجه سانتی گراد در شب قرار داده می‌شوند و سپس از این گیاهان برای گرفتن ریزنمونه استفاده می‌شود (پوراسماعیل، ۱۳۹۸).

با توجه به اینکه هزینه نگهداری مجموعه‌های درون شیشه‌ای بسیار بالاست، نکته مهمی که در زمان تشکیل نسخه اصلی کلکسیون درون شیشه‌ای ضرورت دارد مد نظر قرار گیرد این است که نمونه‌های تکراری تا حد ممکن حذف شده و مجموعه‌ای تشکیل شود که حاوی بیشترین تنوع ژنتیکی ممکن در کم‌ترین تعداد نمونه باشند. به عنوان مثال در بانک ژن CIP¹ با بهره‌گیری از ویژگی‌های مورفولوژیکی و باندهای الکتروفورزی برای شناسایی نمونه‌های تکراری، حجم کلکسیون درون شیشه‌ای از بیش از ۱۵۰۰۰ نمونه ارقام بومی سیب‌زمینی جمع‌آوری شده از آمریکای لاتین بود به حدود ۳۵۰۰ نمونه کاهش یافت (Huaman et al., 2000).

۲-۲-۱-۳-۱- تعداد تکرار برای نسخه پشتیبان کلکسیون‌های درون شیشه‌ای

اگر مجموعه *in vitro* تنها روش حفاظت مواد گیاهی است، نسخه پشتیبان باید حداقل در دو مکان نگهداری شود. تعداد تکرار برای گیاهان حفاظت شده در کشت درون شیشه‌ای به خطر از دست رفتن در طی مراحل واکشت و ذخیره‌سازی بستگی داشته و بسته به گونه گیاهی متغیر است. خطر از دست دادن مواد ژنتیکی ذخیره شده در شرایط آزمایشگاهی بیشتر است زیرا دما اجازه نگهداری بیش از ۱۰ تا ۱۲ ماه را نمی‌دهد. هنگامی که دوره ذخیره‌سازی طولانی است به تکرارهای

بیشتری نیاز است. بهتر است در کشت‌های آزمایشگاهی حداقل برای هر نمونه تعداد ۳ تا ۵ تکرار ذخیره شود. تعداد ریزنمونه‌ها در هر لوله آزمایشی به اندازه لوله بستگی دارد. در مورد سیب‌زمینی، ۵ ریزنمونه درلوله‌های ۲۵ در ۱۵۰ میلی‌متری و برای سیب‌زمینی شیرین و کاساوا ۲ ریزنمونه در لوله‌های ۱۸ در ۱۵۰ میلی‌متر قرار می‌گیرد. در بانک ژن ITC^۱ برای هر نمونه موز و چنار ۳ لوله برای نسخه پشتیبان حفاظت می‌شود (Tay *et al.*, 2008).

۲-۳-۲-۲- شرایط نگهداری کلکسیون‌های درون شیشه‌ای

این روش نگهداری برای ذخیره‌سازی میان مدت منابع ژنتیکی عالی است. شرایط نگهداری کلکسیون‌های درون شیشه‌ای برای ذخیره‌سازی میان مدت در بانک‌های ژن مختلف به ویژه از نظر دمای نگهداری متفاوت است (جدول ۷). کلون‌هایی که در محفظه‌های رشد آهسته نگهداری می‌شوند می‌توانند ۱۰ تا ۲۴ ماه (یام)، ۸ تا ۱۸ ماه (کاساوا) و ۴ تا ۶ ماه (موز) زنده بمانند (Tay *et al.*, 2008). گزینه‌های ذخیره‌سازی موجود در مراکز مختلف نیز متفاوت است. نمونه‌های ژنتیکی جمع‌آوری شده از مناطق معتدل می‌توانند در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد یا کمتر ذخیره شوند، در حالی که ژنوتیپ‌های گرمسیری به دمای ۱۵ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد جهت ذخیره‌سازی نیاز دارند. شرایط نور ممکن است تاریکی یا یک دوره نوری ۱۲-۱۶ ساعته باشد. شدت نور بسته به نوع محصول متفاوت است و به طور گسترده مورد مطالعه قرار نگرفته است (Reed *et al.*, 2008).

جدول ۲- شرایط نگهداری نمونه‌های ژنتیکی کلونال در شرایط درون شیشه‌ای در بانک‌های

ژن CGIAR^۱

بانک ژن	نوع ژرپلاسم	تعداد تکرار	دما (°C)	رطوبت (%)	دوره روشنائی / شدت نور
	سیب زمینی	۴ تیوپ	۶-۸	۶۰-۷۰	۱۶ ساعت / ۱۰۰۰ لوکس
CIP, Peru ^۲	سیب زمینی شیرین	۳ تیوپ	۱۶-۱۸	۶۰-۷۰	۱۶ ساعت / ۲۰۰۰ لوکس
	سایر گیاهان ریشه‌ای و غده‌ای *	۶ تیوپ	۱۸-۲۲	۶۰-۷۰	۱۶ ساعت / ۳۰۰۰ لوکس
IITA, Nigeria ^۳	کاساوا و یام	۵-۱۰ تیوپ	۱۸-۲۵	۵۰	-

*: ۹ گونه از گیاهان ریشه‌ای و غده‌ای کمتر شناخته شده و اهلی شده در ناحیه آند (Andean root and tuber crops; ARTCs) جنوب آمریکا به نام‌های oca, ulluco, mashua، mauka و achira، yacon، maca، arracacha، ahipa که نقش مهمی در تغذیه، سلامت و امنیت غذایی هزاران خانواده کشاورز این منطقه دارند.

۲-۲-۳- استانداردهای ظروف نگهداری، بسته‌بندی، برچسب‌گذاری و انتقال

برای کشت‌های با رشد آهسته در شرایط آزمایشگاهی توصیه می‌شود از لوله‌های آزمایش شیشه‌ای یا کیسه‌های پلی اتیلن نفوذپذیر به گازها و بسته‌بندی شده با حرارت و گرما استفاده شود (Tay et al., 2023).

برای حفظ هویت نمونه‌ها باید از برچسب‌های دائمی خودچسب مقاوم استفاده شود. برچسب‌های پلی پروپیلن گزینه مناسب و قابل اعتمادی برای استفاده در شرایط حفاظت میان مدت هستند (Tay et al., 2023). در صورت امکان برچسب‌گذاری به صورت بارکد انجام شود که نظارت و ردیابی کارآمد فعالیت‌های مختلف را بهبود دهد.

حفاظت بهینه از کشت‌های *in vitro* باید در طول حمل و نقل تضمین شود. به منظور محافظت از کشت‌ها در برابر تکان‌های شدید، استفاده از محیط کشت حاوی

1-Consultative Group on International Agricultural Research

2-The International Potato Center

3-International Institute of Tropical Agriculture

غلظت بالاتر آگار به عنوان مثال ۰/۹۵ درصد پیشنهاد می‌شود. لوله‌های آزمایش باید با نوار تراوا مهر و موم شده و در قفسه‌های پلی‌استایرن با درپوش‌های مناسب در شرایط استریل بسته‌بندی شوند تا در طول حمل و نقل پایدار بمانند و به راحتی بتوانند در هنگام رسیدن به مقصد منتقل شوند.

قفسه‌ها در جعبه‌های مقوایی ضخیم یا پلاستیکی محکم برای حمل و نقل بسته‌بندی می‌شوند تا از خطر تغییرات محیطی شدید (گرمای بیش از حد، یخ زدگی، باران شدید) یا حوادث (آتش‌سوزی) که می‌تواند به مواد آسیب برساند، جلوگیری شود. یخ‌زدگی یا گرمای بیش از حد می‌تواند باعث کاهش زنده ماندن گیاهان شود. گیاهچه‌های آزمایشگاهی می‌توانند دو یا سه هفته بدون نور زنده بمانند. در دمای بالا رشد گیاهان سرعت یافته و افزایش سرعت رشد می‌تواند به دلیل افزایش میزان تنفس در مقابل فتوسنتز منجر به مرگ ریزنمونه‌ها شود. تفاوت‌های بحرانی بین دمای محیط کشت و دمای خارجی می‌تواند منجر به افزایش رطوبت نسبی در ظروف شده و تاثیر سوء بر بقای گیاهچه‌ها می‌گذارد. توصیه می‌شود که جابجایی در فصول سرد سال و با بهره‌گیری از مستقیم‌ترین و سریع‌ترین مسیر انجام شود. استفاده از دیتالاگراها برای نظارت بر تغییرات دما در حین حمل و نقل توصیه می‌شود. در صورت بسته‌بندی مناسب و حمل و نقل در دمای مطلوب، کشت‌های آزمایشگاهی می‌توانند تا یک ماه زنده مانده و حتی گیاهچه‌ها پس از تاخیر طولانی گمرکی سالم می‌مانند (Reed et al, 2002). استفاده از برچسب‌ها یا مهرهایی که روی آن نوشته شده است «مواد شکننده»، «مواد گیاهی فاسد شدنی»، «منجمد نکنید» «مستقیماً زیر نور آفتاب قرار نگیرد» و «به این سمت بالا» نیز توصیه می‌شود.

۲-۳-۴- استانداردهای شرایط دسترسی و تجدید نمونه‌ها

در صورتی که برای حفاظت نمونه‌های پشتیبان از روش سپرده‌گذاری استفاده می‌شود، ضرورت دارد یک موافقت‌نامه قانونی واضح و امضاء شده بین سپرده‌گذار و دریافت‌کننده نمونه‌های پشتیبان وجود داشته باشد که وظایف

طرفین و مدت و شرایط نگهداری نمونه‌ها در آن تعیین شده باشد. اگرچه نسخه پشتیبان نمونه‌های بذری معمولاً تحت شرایط جعبه سیاه انجام می‌پذیرد، نسخه پشتیبان منابع ژنتیکی درون شیشه‌ای می‌تواند با رویکرد «جعبه سیاه» و یا به صورت فعال در یک مرکز دیگر نگهداری شوند. به عنوان مثال بانک ژن CIP^۱ در پرو با آزمایشگاه‌های دیگر برای ذخیره‌سازی جعبه سیاه کشتهای آزمایشگاهی موافقت نامه‌های رسمی دارد (Huaman et al., 2000).

توصیه می‌شود تکرار امنیتی نمونه‌های نگهداری شده در شرایط کشت درون شیشه‌ای تحت توافق نامه‌هایی انجام شود که اگرچه بانک‌های ژن مخزن (دریافت کننده) حق استفاده و توزیع ژرم پلاسما را ندارند اما آنها را ملزم به کمک در نظارت و گزارش دهی می‌سازد (Reed et al., 2004). به محض اینکه یک تکرار از نمونه‌های ذخیره‌سازی شده در کلکسیون پشتیبان در حال از بین رفتن باشد یا علائم پیری نشان دهد، نمونه‌ها باید توسط سپرده‌گذار و از طریق کشت مجدد نمونه‌های نگهداری شده در بانک ژن اصلی تجدید شوند (Tay et al., 2023).

۲-۳-۵- اطلاعات ضروری برای نمونه‌های نسخه پشتیبان درون شیشه‌ای

نسخه پشتیبان علاوه بر مواد ژنتیکی شامل اطلاعات آن‌ها هم می‌شود. کد سپرده‌گذار (کد مؤسسه‌ای که نمونه در آن وجود دارد)، شناسه نمونه، کشور یا محل جمع‌آوری نمونه، نام علمی شامل جنس و گونه، تعداد تکرار (لوله آزمایش، تعداد ریزنمونه در ظرف) و تاریخ (ماه / سال) واکشت از اطلاعات ضروری برای ذخیره‌سازی نمونه‌های درون شیشه‌ای در نسخه پشتیبان به شمار می‌رود.

۲-۲-۴- نسخه پشتیبان نمونه‌های نگهداری شده در کلکسیون‌های فراسرد

در روش نگهداری مواد ژنتیکی در دمای فراسرد فرآیندهای متابولیکی به حالت تعلیق در می‌آیند. مزیت روش پشتیبان‌گیری فراسرد ماندگاری بالای نمونه‌ها بوده و لذا حفاظت فراسرد بهترین گزینه برای حفاظت نامحدود و مطمئن در دراز مدت است. به طوری که بسته به گونه پس از ۵۰ تا ۱۰۰ سال نیاز به احیا وجود دارد.

اما مشکلات متعددی از جمله عدم دسترسی به پروتکل‌های کارآمد برای بسیاری از گونه‌های گیاهی، چالش‌های موجود در اجرای پروتکل‌های موجود عمدتاً به دلیل پاسخ‌های خاص ژنوتیپ، چالش‌هایی نظیر کمبود بودجه، کمبود تجهیزات و زیرساخت‌ها و کمبود پرسنل ماهر با دانش کافی در مورد منابع ژنتیکی گیاهی موجب شده تا این روش همچنان برای محصولات محدودی به کار گرفته شود.

در حال حاضر دستورالعمل‌ها و روش‌های انجماد فراسرد برای گیاهانی از قبیل سیب‌زمینی، کاساوا، نعنای، موز، توت، سیر و توت‌فرنگی و برای یک سری از گونه‌های درختان میوه از جمله کیوی، خرمالو، سیب، زیتون، جنس *Prunus*، گلابی و انگور در دسترس است (Benelli et al., 2013). اگرچه تعداد فزاینده‌ای از روش‌ها در مقیاس آزمایشی برای گونه‌های مختلف در کشورهای مختلف وجود دارد.

از نمونه‌های کاربرد معمول انجماد برای ذخیره طولانی مدت ژرم‌پلاسما گیاهان زراعی و باغی در بانک‌های ژن در حال حاضر می‌توان به مجموعه‌های حفاظت فراسرد کلکسیون سیر کره جنوبی (Kim et al., 2012) سیب و گلابی در مرکز ملی حفاظت از ذخایر ژنتیکی (NCGRP)^۱ ایالات متحده آمریکا (Benelli et al., 2013) و مرکبات در خزانه ملی ژرم‌پلاسما کلونال مرکبات (NPGS)^۲ در ایالات متحده آمریکا اشاره داشت (Volk et al., 2012, 2017).

در صورتی که انجماد فراسرد در دسترس باشد، می‌تواند یک نسخه پشتیبان ایمن با هزینه عملیاتی پایین را فراهم کند. اگرچه هزینه راه اندازی سیستم در ابتدا زیاد است اما، پس از استقرار سیستم، هزینه‌های جاری آن نسبتاً کم‌تر از روش‌های دیگر است. روش حفاظتی فراسرد نباید به عنوان تنها پشتیبان برای یک مجموعه در نظر گرفته شود، بلکه یک مجموعه پایه به عنوان تضمین در برابر از دست دادن مزرعه یا نمونه‌های ذخیره شده در شرایط آزمایشگاهی باشد.

1-National Center for Genetic Resources Preservation

2-National Clonal Germplasm Repository for Citrus

در حال حاضر، حدود ۱۸ بانک ژن از روش حفاظت فراسرد برای نگهداری نمونه‌های زراعی خود استفاده می‌کنند. پیش‌بینی می‌شود که حدود ۱۰۰۰۰۰ نمونه ژنتیکی منحصر به فرد از محصولات زراعی که به صورت رویشی تکثیر می‌شوند، به‌طور بالقوه نیاز به حفاظت طولانی مدت از طریق روش حفاظت فراسرد دارند، این در حالی است که در حال حاضر این روش تنها برای حدود ۱۰۰۰۰ نمونه اعمال می‌شود (Acker et al., 2017).

در بانک ژن IPK آلمان ۱۶۶۳ نمونه سیب‌زمینی، ۱۵۷ نمونه نعناع و ۱۲۲ نمونه سیر به شکل فراسرد حفاظت می‌شوند. نسخه پشتیبان این نمونه‌ها، در DSMZ^۱، در براونشوایگ^۲ آلمان (شهری واقع در جنوب شرقی ایالت نیدرزاکسن و دومین شهر بزرگ این ایالت پس از هانوفر) نگهداری می‌شوند (پوراسماعیل، ۱۳۹۸). این نمونه، مثال خوبی از چگونگی استفاده موفق از روش حفاظت فراسرد به‌عنوان مجموعه‌ی نسخه پشتیبان است.

روش انجماد فراسرد یک سری تنش‌های فیزیکی، شیمیایی و فیزیولوژیکی را بر مواد گیاهی تحمیل می‌کند که این موضوع ممکن است تغییرات ژنتیکی را در و گیاهان احیا شده ایجاد کند. با این حال، تا به امروز، مطالعات مختلف نشان داده‌اند که هیچ تغییر فنوتیپی، بیوشیمیایی، کروموزومی یا مولکولی وجود ندارد که بتوان آن را به روش‌های انجماد فراسرد نسبت داد (Panis et al., 2020). در این روش در مقایسه با روش حفاظت درون شیشه‌ای احتمال جهش‌های سوماتیکی بسیار اندک است.

۲-۲-۴-۱- تعداد تکرار برای نسخه پشتیبان در شرایط حفاظت فراسرد

درصد احیا بعد از ذخیره‌سازی در شرایط فراسرد تعیین کننده تعداد تکرار مناسب برای هر نمونه در شرایط حفاظت فراسرد می‌باشد. حداقل تعداد نمونه لازم برای حفاظت در شرایط فراسرد از ضرب ضریب احیا و تعداد دفعاتی که قرار

1-Leibniz Institute DSMZ-German Collection of Microorganisms and Cell Cultures GmbH
2-Braunschweig

است احیا انجام شود به دست می آید. حداقل درصد احیا مورد قبول در محدوده ۷۰-۶۰ درصد است. توصیه شده است دو تکرار جداگانه از هر نمونه، هر یک متشکل از حداقل ۱۰۰ واحد تکثیری یا پروپاگول ذخیره سازی شود تا احتمال خطر به حداقل برسد. برای کاهش احتمال خطر تکرارها در بسته های جداگانه^۱ قرار داده شوند. در مورد نمونه های گیاهی که درصد احیای پایینی را نشان می دهند، پیشنهاد می شود تعداد نمونه های ذخیره سازی در شرایط فراسرد افزایش یابد (Tay et al., 2023).

۲-۲-۴-۲- استانداردهای ظروف نگهداری، بسته بندی، برچسب گذاری و انتقال

برای پشتیبان گیری از نمونه های فراسرد ضرورت دارد از ویال های پلی پروپیلن با در پوش مطمئن استفاده شود. برچسب های استفاده شده در سیستم حفاظت فراسرد باید در برابر دمای انجماد نیتروژن مایع (۱۹۶- درجه سانتی گراد) و مواد شیمیایی مقاوم باشند. بعلاوه با توجه به احتمال چرخه های مکرر انجماد و ذوب ضرورت دارد در برابر رطوبت نیز مقاوم باشند. لیبل های پلی استر چاپ شده به وسیله چاپگرهای انتقال حرارتی بهترین گزینه برای برچسب زدن کرایوویال ها هستند.

روش حمل و نقل قدیمی شامل بسته بندی مواد با یخ خشک و استفاده از حمل و نقل سریع مستلزم ریسک بالا با میانگین از دست رفتن ۲۰ درصدی است. بهترین جایگزین برای حمل و نقل نمونه های فراسرد، استفاده از حمل کننده های خشک در دمای فراسرد است. در این روش از مواد جاذب استفاده می شود که از ریختن مایع جلوگیری می کند و تا زمانی که نیتروژن مایع از ماده جاذب تبخیر شود، دما تقریباً در محدوده ۱۵۰- درجه سانتی گراد باقی می ماند (Panis et al., 2020).

شرایط در زمان حمل و نقل نمونه های انجماد فراسرد باید از این نظر اطمینان حاصل شود که فاز مایع نیتروژن (۱۹۶- درجه سانتی گراد) حفظ می شود. تغییر فاز مایع به گاز (در دمای ۱۳۵- درجه سانتی گراد) خطر بالایی دارد زیرا گاز نیتروژن

به راحتی تبخیر شده و منجر به آسیب نمونه‌ها می‌شود. فلاکس‌های حمل و نقل نیتروژن، معمولاً نیتروژن را برای مدت ۱۵ روز حفظ می‌کند، بنابراین می‌تواند برای محموله‌های بین‌المللی نیز استفاده شود (Reed, 2008). کشت‌های فراسرد نباید در طول حمل و نقل ذوب و منجمد شوند. از اینرو بهتر است ظروف نگهداری نمونه‌ها از نوعی انتخاب شود که گردن باریک دارند و مجهز به سیستم هشدار برای نشان دادن سطح نیتروژن مایع باشد. آستانه دما در انجماد به روش فراسرد بسته به نوع نمونه (گرده، بذر، بافت مریستمی) متفاوت است. از اینرو توصیه می‌شود برای نظارت بر تغییرات دما در حین حمل و نقل، یک دیتالاگر در خارج از جعبه قرار گیرد و برچسب جعبه‌ها به وضوح نیاز به کنترل دما و جابجایی مناسب در حین حمل و نقل را نمایان سازد.

توصیه می‌شود که جابجایی و انتقال نمونه‌ها در فصول سرد سال و با بهره‌گیری از مستقیم‌ترین و سریع‌ترین مسیر انجام شود.

۲-۲-۳- استانداردهای شرایط دسترسی و تجدید نمونه‌ها

در صورتی که برای حفاظت نمونه‌های پشتیبان از روش سپرده‌گذاری استفاده می‌شود، ضرورت دارد یک موافقت‌نامه قانونی واضح و امضاء شده بین سپرده‌گذار و دریافت‌کننده نمونه‌های پشتیبان وجود داشته باشد که وظایف طرفین و مدت و شرایط نگهداری نمونه‌ها در آن تعیین شده باشد. تکرار امنیتی نمونه‌های نگهداری شده در شرایط فراسرد تحت توافق‌نامه‌هایی انجام می‌شود که اگرچه بانک‌های ژن مخزن (دریافت‌کننده) حق استفاده و توزیع ژرم‌پلاسما را ندارند اما ملزم به کمک در نظارت و گزارش‌دهی می‌باشند (Reed et al., 2004). زمانی که زنده‌مانی نمونه‌ها در شرایط ذخیره‌سازی مشابه در مجموعه کرایو سپرده‌گذار شروع به کاهش می‌کند، نمونه‌ها باید توسط سپرده‌گذار تجدید شوند. نمونه‌های موجود در جعبه سیاه را می‌توان از بین برد یا به فرستنده بازگرداند و با یک دسته جدید جایگزین کرد (Tay et al., 2023).

۲-۲-۴- اطلاعات ضروری برای نمونه‌های نسخه پشتیبان فراسرد

نسخه پشتیبان علاوه بر مواد ژنتیکی شامل اطلاعات آن‌ها هم می‌شود. کد سپرده‌گذار (کد مؤسسه‌ای که نمونه در آن وجود دارد)، شناسه نمونه، کشور یا محل جمع‌آوری نمونه، نام علمی شامل جنس و گونه، تعداد تکرار (تعداد کرایویال) و تاریخ (ماه / سال) انجماد از اطلاعات ضروری برای ذخیره‌سازی نمونه‌های فراسرد در نسخه پشتیبان به شمار می‌رود.

۲-۲-۵- بانک‌های DNA روشی مکمل برای حفاظت منابع ژنتیکی گیاهی

ذخیره‌سازی DNA به‌عنوان فعالیتی در دست انجام، تقریباً به‌صورت مشابه در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه رایج است و بیش از نیمی از بانک‌های DNA در مؤسسات تحقیقات ملی قرار دارند. آمریکا با هشت مؤسسه، انگلستان با چهار مؤسسه، کلمبیا، آلمان و ژاپن (هر کدام با سه مؤسسه) و استرالیا، کانادا، جمهوری چک، هند (هر کدام با دو مؤسسه) بیشترین فعالیت را در ذخیره‌سازی DNA منابع ژنتیکی گیاهی داشته‌اند.

اگرچه تاکنون موردی که بانک‌های DNA به‌طور خاص برای جایگزینی کامل روش‌های سنتی حفاظت از منابع ژنتیکی ایجاد شده باشند وجود ندارد، اما ذخیره‌سازی DNA می‌تواند یک راهنبرد حفاظتی مکمل برای حفظ تنوع ژنتیکی ذخیره ژنی یک گونه، به‌خصوص در ترکیب با حفاظت درون شیشه‌ای یا روش فراسرد باشد. بانک‌های DNA همچنین می‌توانند به‌عنوان نسخه‌های پشتیبان مجموعه‌های فیزیکی بذر یا کلکسیون‌های زنده گیاهی عمل کنند.

ذخیره‌سازی DNA به‌ویژه برای گونه‌هایی مفید است که نمی‌توان آنها را به روش‌های حفاظتی دیگر نگهداری کرد و یا به دلیل ریسک‌های بالا، حفاظت *in situ* آنها مقدور نیست. همچنین حفاظت DNA برای گونه‌هایی که در معرض خطر انقراض هستند، نقش مهمی ایفا می‌کند. اگرچه (هنوز) بازیابی یک گیاه از نمونه DNA امکان‌پذیر نیست، با این وجود از طریق تهیه کتابخانه ژنومی امکان حفظ اطلاعات ژنتیکی ارزشمند آن را فراهم می‌کند و بنابراین به هدف حفاظت

ژن یا ژنوم کمک می‌کند.

اطلاعات کمی در مورد پایداری طولانی‌مدت DNA استخراج‌شده در طول ذخیره‌سازی در شرایط انجماد وجود دارد، اما اکثر منابع چند دهه را به‌عنوان دوره‌ی واقع‌بینانه عنوان نموده‌اند. در این خصوص پروتکل‌های استاندارد ذخیره‌سازی باید توسعه‌یافته و استفاده شوند و هرگونه ریسک و تغییرات محیطی در طول دوره‌ی ذخیره‌سازی باید مستندسازی شوند.

توصیه شده است که نمونه‌های DNA برای ذخیره‌سازی کوتاه‌مدت و میان‌مدت (تا ۲ سال) در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد و برای مدت طولانی‌تر در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد یا در نیتروژن مایع نگهداری شوند. برای کاهش مخاطرات ناشی از خرابی تجهیزات نمونه‌ها در دو یا سه تکرار نگهداری می‌شوند.

ذخیره‌سازی DNA به دلیل حجم کم نمونه لازم برای نگهداری اطلاعات ژنتیکی و پایداری DNA در شرایط سرد، آینده‌ی امیدوارکننده‌ای دارد. با این حال، استفاده از بانک‌های DNA در حفاظت محدودیت‌هایی دارد.

یکی از محدودیت‌های قابل توجه بانک‌های DNA این واقعیت است که فناوری‌های لازم برای بازسازی گیاهان از DNA ذخیره‌شده هنوز در دسترس نیستند. بنابراین، حفاظت DNA را نمی‌توان جایگزینی برای روش‌های حفاظتی سنتی در نظر گرفت، بلکه فقط می‌توان آن را به‌عنوان یک راهبرد مکمل در نظر گرفت.

مقاومت برخی از گونه‌های گیاهی، از جمله گیاهانی که غلظت بالایی از پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، تانن و لیپیدها دارند، در برابر روش‌های معمول استخراج DNA محدودیت دیگر این روش است. غلبه بر این محدودیت، نیازمند بهبود و اصلاح روش‌های موجود است. یکی دیگر از محدودیت‌های بانک‌های DNA، طول عمر نسبتاً کوتاه DNA ذخیره‌شده است که نیاز به جایگزینی آن در فواصل زمانی کوتاه را ضروری می‌کند. با این حال، با بهینه‌سازی عوامل مختلف مانند روش‌های استخراج و خالص‌سازی و مدیریت شرایط نگهداری، می‌توان به سهولت طول عمر را افزایش داد.

در مرکز تحقیقات کشاورزی حاره‌ای و آموزش عالی کاتیه در کاستاریکا، عمر

۹ ساله برای DNA استخراج شده از ذخایر ژرم پلاسما قهوه مشاهده شده است. باغ گیاه‌شناسی سلطنتی کیو که بیش از ۱۳۰۰۰ نمونه DNA از گونه‌های مختلف گیاهان را در خود جای داده است، تا حد زیادی در ذخیره‌سازی طولانی‌مدت موفق بوده است (FAO, 2022).

روش‌های استخراج و فرآیند نگهداری آنها می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای استانداردسازی و بهبود روش‌های کاربردی مورد استفاده قرار گیرد. با استفاده از یک محیط جامد مانند کاغذ به‌جای محلول، می‌توان به حفاظت طولانی‌مدت DNA دست یافت. استفاده از کارت‌های مبتنی بر سلولز، روشی کارآمد برای ذخیره‌سازی طولانی‌مدت سلول‌های خونی انسان بوده است. استفاده از آن برای حفاظت از DNA گیاه نیز می‌تواند روشی کارآمد برای غیرفعال کردن عوامل بیماری‌زا و محافظت از تخریب DNA گیاه باشد. DNA را می‌توان پس از تخریب بافت گیاه و انتقال بستر به کاغذ، مستقیماً در کاغذ تحت تیمار نگهداری کرد. همچنین می‌توان آن را به‌عنوان DNA استخراج شده، پس از انجام روش استخراج بر روی بافت گیاه و انتقال اسید نوکلئیک به کاغذ، نگهداری کرد. DNA نگهداری شده در کاغذ حفاظتی را می‌توان در دمای اتاق در ظرفی حاوی ژل سیلیس خشک شده نگهداری نمود. DNA ذخیره‌شده در کاغذ می‌تواند تبادل نمونه بین مؤسسات را تسهیل کند.

فصل سوم

۳- سوالبارد نروژ یک نمونه از نسخه پشتیبان بذور ارتودکس منابع ژنتیکی گیاهی

نیاز به تاسیسات ایمنی جهانی برای حفاظت از بذور اولین بار در دهه ۱۹۸۰ توسط کری فاولر^۱، مدیر اجرایی وقت صندوق جهانی حفاظت از منابع ژنتیکی گیاهان زراعی مطرح شد. ایده تاسیس خزانه جهانی بذور در سوالبارد به این واقعیت برمی گردد که بانک ژن ملی نروژ با هدف داشتن یک پشتیبان از منابع ژنتیکی در نوامبر ۱۹۸۴ کانتینر فولادی حاوی بذور را به معدن زغال سنگ برای ذخیره سازی در یک شرایط سرما و انجماد طبیعی انتقال داد. نمونه ها در دو مجموعه یکی برای حفاظت بلند مدت و دیگری برای انجام یک آزمایش صد ساله تست قوه نامیه وارد معدن شد و تست قوه نامیه هر ۵ سال یکبار انجام می شد (شکل ۶).

پس از امضای معاهده بین المللی منابع ژنتیکی غذا و کشاورزی، پروژه نسخه پشتیبان جهانی سوالبارد توسط نخست وزیران کشورهای شمال اروپا در ژوئن ۲۰۰۶ اطلاع رسانی شد و با صرف هزینه ۸/۳ میلیون یورویی این نسخه پشتیبان در سال ۲۰۰۸ افتتاح گردید. در سال ۲۰۱۹-۲۰۱۸ برای عایق سازی تونل ورودی و به روز رسانی های تکنیکی و فنی ۲۰ میلیون یورو مجددا هزینه شد. هزینه سالیانه این خزانه بذور یک میلیون یورو برآورد شده است.



شکل ۶- تصویری از جعبه‌های بذر بانک ژن نروژ در معدن زغال سنگ به منظور داشتن نسخه پشتیبان

خزانه جهانی بذر سوالبارد تحت مالکیت دولت پادشاهی نروژ است و در لانگیربین^۱، سوالبارد واقع شده است. وزارت غذا و کشاورزی نروژ مقام ملی مسئول خزانه جهانی بذر سوالبارد است. دولت پادشاهی نروژ، خزانه جهانی بذر سوالبارد را تاسیس کرده است تا یک شبکه ایمن بین‌المللی جهت حفاظت از منابع ژنتیکی گیاهی مطابق با آخرین دانش علمی و مناسب‌ترین تکنیک‌ها و با هدف تامین حداکثر مقدار تنوع ژنتیکی گیاهی، که در دراز مدت نقش بسزایی برای بشریت دارد، فراهم آورد.

خزانه جهانی بذر سوالبارد با مشارکت وزارت غذا و کشاورزی نروژ، صندوق جهانی حمایت از منابع ژنتیکی گیاهی و مرکز منابع ژنتیکی نروژ مدیریت و اداره می‌شود. این سه نهاد توافق‌نامه‌ای را امضا کرده‌اند که مدیریت، بهره‌برداری و تامین مالی بلندمدت خزانه جهانی بذر سوالبارد را فراهم می‌کند. بر اساس این توافق‌نامه، مرکز منابع ژنتیکی نروژ ملزم است از سوی وزارت غذا و کشاورزی نروژ، قراردادهای سپرده‌گذاری را با سپرده‌گذاران بر اساس توافق‌نامه استاندارد سپرده منعقد و امضا کند. همچنین این مرکز وظیفه راهنمایی سپرده‌گذاران در

¹-Longyearbyen

خصوص جدول زمانی و فرآیند سپرده گذاری، بسته بندی و برچسب گذاری مطابق با دستورالعمل های بین المللی را عهده دار است. خزانه جهانی بذر سوالبارد ذخیره سازی ایمن، رایگان و طولانی مدت از نمونه های بذری ذخیره شده در بانک های ژن دنیا را فراهم می کند و از سال ۲۰۰۸ سپرده پذیری از بانک های ژن را آغاز نموده است. این بانک بذر تنها بذرهای گیاهانی که برای غذا و کشاورزی اهمیت دارند و دارای بذر ارتودوکس هستند را نگهداری می کند (Asdal and Guarino, 2018).

سوالبارد در اقیانوس منجمد شمالی و در ۶۰۰ کیلومتری شمال نروژ واقع شده است. سوالبارد به دلایل طبیعی، سیاسی، امنیتی مکانی بی نظیر و مناسب برای تأسیسات بین المللی تکرار ایمنی است: ۱) لایه های منجمد دائمی اعماق زمین حتی در موارد خرابی تجهیزات خنک کننده نوعی دمای انجماد طبیعی را برای حفاظت بذرها فراهم می سازد. در زمستان میانگین دمای هوا به ۱۲ درجه سانتی گراد زیر صفر می رسد. حتی در صورتی که برق منابع محلی از کار بیفتد، شرایط طبیعی دمای زیر صفر درجه فارنهایت در این انبار یخی، سرمای کافی را برای بقاء بذرهای گیاهان به مدت طولانی تضمین می نماید. ۲) سوالبارد ترکیبی منحصر به فرد از دوری و قابلیت دسترسی را فراهم می کند. به طوری که قرار گرفتن این منطقه در نقطه ای دور دست نزدیک به قطب شمال این مکان را از خطرات انسانی ایمن می سازد اما در عین حال امکان حمل بذر در داخل و خارج فراهم است. ۳) اوضاع سیاسی پایدار است و فعالیت های نظامی طبق شرایط معاهده بین المللی سوالبارد ممنوع است و این منطقه از نظر سیاسی نیز دارای استقلال و بی طرفی لازم برای ایجاد محیط امن و دور از اغتشاشات اجتماعی و نظامی است. ۴) قرار گرفتن در داخل یک کوه امنیت این مکان را افزایش داده و منطقه از نظر زمین شناسی پایدار است و دارای سطح تابش کم است و در بدترین شرایط گرم شدن کره زمین، به طور طبیعی یخ اطراف این خزانه برای مدت دوپست سال باقی خواهد ماند و از طرفی به علت ارتفاع ۱۳۰ متری آن از سطح آب، حتی در صورت ذوب شدن یخ های قطبی، در

معرض خطر قرار نخواهد گرفت. ۵) نروژ تعهد لازم به اقدامات بین‌المللی در زمینه حفاظت از منابع ژنتیکی گیاهی غذا و کشاورزی را دارد (Westengen et al., 2013).

۳-۱- امکانات حفاظتی خزانه جهانی بذر سوالبارد

خزانه جهانی بذر سوالبارد زیر ساختی به طول ۱۴۵ متر است که کاملاً در عمق کوه سنگی حفر شده است و از یک ورودی به شکل تونل ساخته شده از بتن ضد آب و سه محفظه نگهداری بذر حفر شده در دل کوه سنگی هر کدام به طول ۲۷ متر، عرض ۱۰ متر و ارتفاع ۶ متر و با ظرفیت ذخیره‌سازی ۱/۵ میلیون نمونه ژنتیکی تشکیل شده است (شکل ۸). این بانک بذر ظرفیت نگهداری ۴/۵ میلیون نمونه ژنتیکی را دارد. دمای محفظه‌های بذر از طریق سیستم برودتی فراهم شده روی ۱۸- تا ۲۰- حفظ می‌شود. شرایط منجمد دائمی در منطقه نیاز به انرژی کمتر برای خنک‌سازی تا دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد را فراهم آورده است. در مطالعه‌ای که بر روی تجزیه و تحلیل ریسک برای خطرات طبیعی با بهره‌گیری از ابزار ارزیابی «Munich Re Natural Hazards Edition» روی ۸۰ بانک ژن مهم ملی و بین‌المللی انجام شد، خزانه جهانی بذر سوالبارد شاخص ریسک ۹ را نشان داد. اگر چه منطقه‌ای که خزانه جهانی بذر واقع شده است عمده‌تاً در معرض طوفان است اما زیرساخت‌های خزانه جهانی بذر عمده‌تاً در زیر زمین قرار دارد و بنابراین آسیب‌پذیری بسیار کمی در برابر طوفان دارد.

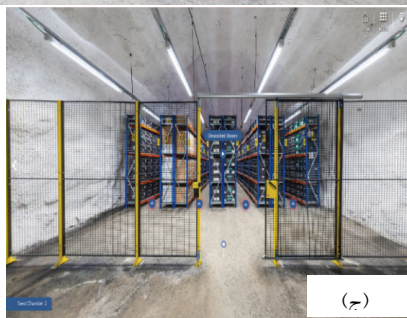
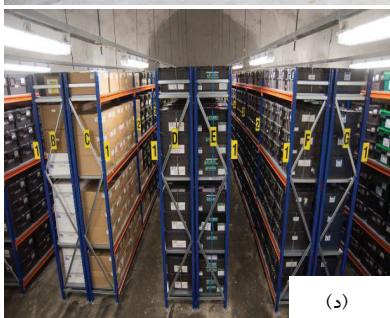
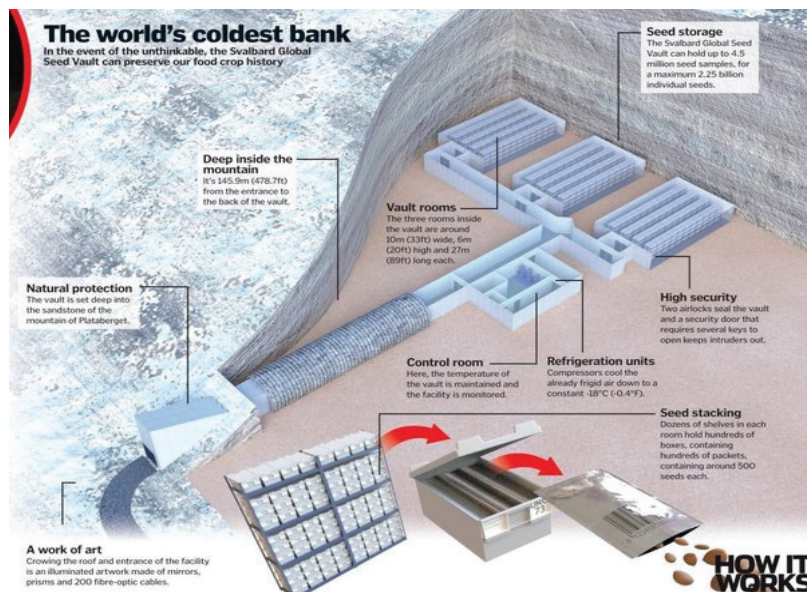
تا پایان سال ۲۰۲۳ حدود یک میلیون و سیصد هزار نمونه متشکل از ۱۱۶۱ جنس و ۶۱۲۰ گونه گیاهی در این بانک بذر نگهداری می‌شوند و بزرگ‌ترین تکرار ایمنی حفاظت‌کننده تنوع محصولات زراعی روی زمین به شمار می‌رود. بیشترین تعداد نمونه‌های ژنتیکی ذخیره شده به ترتیب عبارتند از انواع گندم (بیش از ۲۴۰ هزار نمونه)، برنج (بیش از ۱۷۰ هزار نمونه ژنتیکی)، جو (نزدیک به ۱۱۰ هزار نمونه ژنتیکی)، سورگوم (بیش از ۵۹ هزار نمونه ژنتیکی)، لویزا (بیش از ۵۱ هزار نمونه ژنتیکی)، سویا (بیش از ۵۰ هزار نمونه ژنتیکی)، ذرت (بیش از ۴۲ هزار نمونه

ژنتیکی)، لوییا چشم بلبلی (بیش از ۴۰ هزار نمونه ژنتیکی) و نخود (بیش از ۳۲ هزار نمونه ژنتیکی) (شکل ۹). اولویت اصلی این بانک بذور ایمن نگه داشتن این میراث برای جامعه جهانی است. شکل ۱۰ روند افزایشی تعداد سپرده گذاری شده در خزانه جهانی بذور را در فاصله سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۳ نشان می‌دهد. در حال حاضر ۱۰۲ بانک ژن و موسسه نمونه‌های خود را در این بانک جهانی سپرده گذاری نموده‌اند. در این میان سیمیت^۱ با ۱۸۱۶۴۱ نمونه ژنتیکی بیشترین و بانک ژن لامباردی^۲ دانشگاه پادووا ایتالیا با سپرده گذاری دو نمونه ژنتیکی کمترین تعداد نمونه ژنتیکی را سپرده گذاری نموده‌اند.

حدود دو سوم از نمونه‌های ژنتیکی سپرده شده در این خزانه از بانک‌های ژن بین‌المللی است، این دستاورد به‌ویژه ناشی از عملکرد صندوق جهانی حمایت از منابع ژنتیکی گیاهی است که حمایت مالی خود از بانک‌های ژن را منوط به اهداف عملکردی آنها، از جمله نرخ نمونه‌های سپرده گذاری شده در تکرار ایمنی سوالبارد نموده است. در بین بانک‌های ژن ملی، ایالات متحده آمریکا، آلمان، کانادا و هلند سپرده گذاران اصلی هستند، در حالی که برای بانک‌های ژن منطقه‌ای، بانک ژن نروژ سپرده گذار اصلی است. شکل ۱۱ ده بانک ژنی که بیشترین تعداد نمونه را در بانک بذور سوالبارد سپرده گذاری نموده‌اند نشان می‌دهد. اگرچه تا کنون هیچ بانک ژنی مستقر در ایران بذری را در خزانه بذور ذخیره نکرده است اما ۲۷۸۵۶ نمونه ژنتیکی نشات گرفته از ایران متشکل از ۸۸ جنس و ۲۵۴ گونه گیاهی توسط ۲۸ مؤسسه خارج از کشور در سوالبارد ذخیره سازی شده است. جدول ۸ موسساتی که بیشترین تعداد نمونه‌های با منشأ ایران را سپرده گذاری نموده‌اند نمایش می‌دهد (SGSV, 2023).

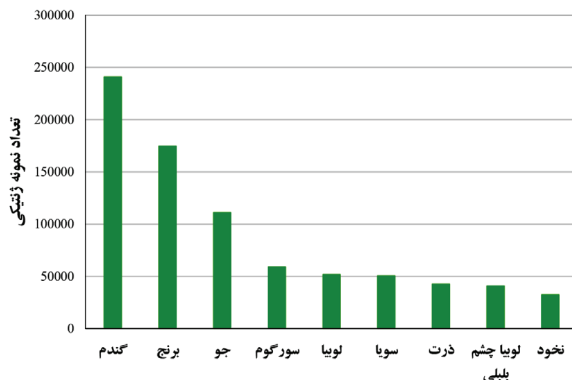
1-CIMMYT

2-Lambardy

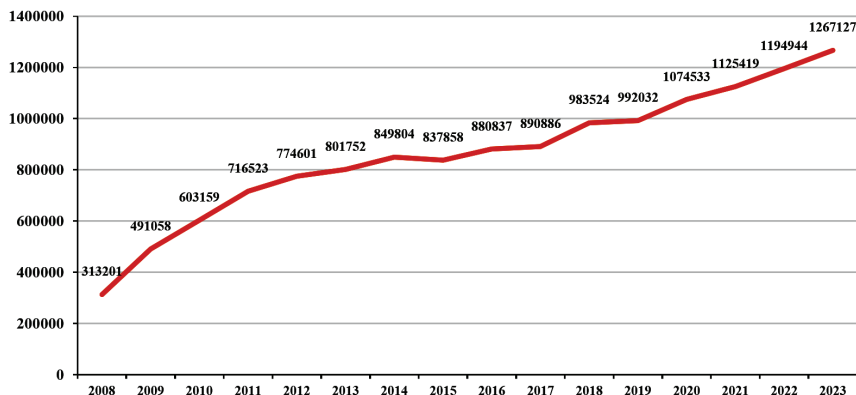


شکل ۸ تصویری شماتیک از امکانات حفاظتی سوابارد (الف)، محفظه‌های حفاظت بذر (ب) و فضای درونی محفظه ها (ج و د)

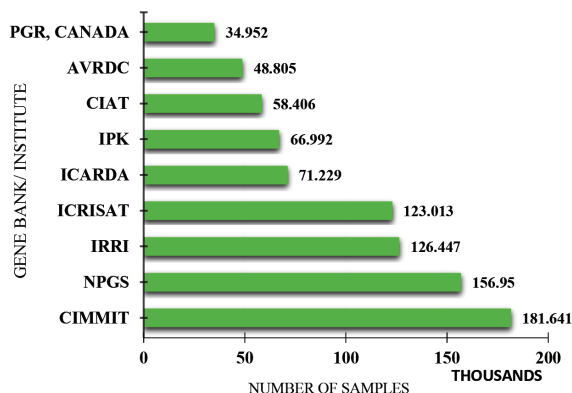
برای تور مجازی می‌توانید به آدرس <https://seedvaultvirtualltour.com> مراجعه کنید



شکل ۹- گیاهان زراعی با بیشترین تعداد نمونه‌های ژنتیکی ذخیره شده در خزانه جهانی بذر سوالبارد



شکل ۱۰- روند افزایش تعداد نمونه‌های سپرده‌گذاری شده در خزانه جهانی بذر سوالبارد در فاصله سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۳



شکل ۱۱- بانک‌های ژن با بیش‌ترین نمونه سپرده‌گذاری شده در سوالبارد

جدول ۸- موسسات که بیشترین تعداد نمونه ژنتیکی با منشأ ایران را در خزانه جهانی بذر سپرده گذاری نموده اند.

تعداد نمونه ژنتیکی	موسسه
۹۴۲۰	National Plant Germplasm System (USA)
۵۲۹۰	International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT)
۴۳۹۸	International Centre for Agricultural Research in Dry Areas (ICARDA)
۱۶۰۴	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)
۱۳۷۵	Australian Grains Genebank
۸۵۴	Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK)
۵۱۰	Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
۲۳۳	International Rice Research Institute
۵۲	Barley and Wild Plant Resources Center, National University Corporation Okayama University
۲۶	National Bureau of Plant Genetic Resources India
۲۳	N.I. Vavilov All-Russian Scientific Research Institute of Plant Industry

۳-۲- ویژگی های سپرده گذاری در خزانه جهانی بذر سوالبارد

سپرده گذاری در خزانه جهانی بذر سوالبارد پیرو امضای یک تفاهم نامه بین بانک ژن سپرده گذار و بانک ژن نروژ انجام می شود (Nordgen, 2008). متن توافق نامه سپرده گذاری با خزانه جهانی بذر سوالبارد در بخش پیوست آورده شده است. این موافقتنامه برای مدت ده (۱۰) سال لازم الاجرا خواهد بود و به طور خودکار برای دوره های ده ساله بعدی تمدید می شود، مگر اینکه یکی از طرفین حداقل شش ماه قبل از انقضاء، کتباً به طرف مقابل اطلاع دهد که مایل به تمدید این موافقتنامه نیست.

ویژگی های سپرده گذاری در خزانه جهانی بذر شامل موارد زیر است:

- سپرده گذاری و نگهداری بذر در انبار جهانی بذر سوالبارد رایگان است. با

فصل سوم / سوالبارد نروژ یک نمونه از نسخه پشتیبان بذور ارتودکس منابع ژنتیکی گیاهی ===== ۶۱

این حال، بانک ژن ارسال کننده هزینه‌های مربوط به بسته‌بندی و ارسال بذور را بر عهده دارد.

● در این بانک جهانی جعبه‌های بذور تحت «شرایط جعبه سیاه» ذخیره می‌شوند، به این معنی که سپرده‌گذاران تنها کسانی هستند که می‌توانند دانه‌های خود را برداشت کنند و بانک ژن سوالبارد حق استفاده و توزیع ژرم پلاسما را ندارند.

● هنگامی که بذرها در خزانه جهانی بذور سوالبارد سپرده می‌شوند، مالکیت قانونی آنها منتقل نمی‌شود. این بدان معناست که سپرده‌گذاری که انتخاب می‌کند دانه‌ها را در خزانه بذور ذخیره کند، همچنان مالک بذرها و تنها کسی است که می‌تواند آنها را در دسترس داشته باشد و یا از صندوق بذور خارج کند.

● بانک ژن سپرده‌گذار (ارسال کننده) وظیفه اطمینان از کیفیت بالای مواد سپرده شده و وظیفه پایش وضعیت نمونه‌ها و جایگزینی با نمونه‌های جدید در صورت لزوم را عهده دار است.

سه شرط اصلی برای انعقاد قرارداد سپرده وجود دارد که باید توسط بانک‌های ژن و مؤسسه‌هایی که می‌خواهند نسخه‌های پشتیبان بذرها را در صندوق بذور سپرده‌گذاری کنند، رعایت شود:

۱. بانک ژن/ مؤسسه ژن سپرده‌گذار نمونه‌های سپرده شده را در بانک ژن به صورت طولانی مدت حفظ می‌کند و ظرفیت تکثیر و احیا بذرها را دارد.

۲. سپرده‌گذار باید گواهی دهد که نمونه‌های سپرده شده در سوالبارد در یک بانک ژن مناسب دیگر (در داخل کشور) کپی شده‌اند و خزانه بذور جهانی سوالبارد دومین نسخه پشتیبان آن است.

۳. سپرده‌گذار باید موافقت کند که از ذخایر خود نمونه‌های بذور منابع ژنتیکی سپرده شده را برای اهداف اصلاحی، تحقیقاتی و آموزشی با شرایطی مشابه با معاهده بین‌المللی منابع ژنتیکی گیاهی برای غذا و کشاورزی و توافقنامه انتقال مواد استاندارد آن (SMTA)^۱ در دسترس قرار دهد.

۳-۳- فرآیند سپرده‌گذاری در خزانه جهانی بذر سوالبارد

به طور معمول مناسبت‌های باز شدن خزانه بذر ۳-۵ بار در سال برگزار می‌شود و بانک‌های ژن سپرده‌گذار مطلع و دعوت می‌شوند تا بذرها را ارسال کنند. ابتدا لیست بذور و سپس بذرها به موقع برای تاریخ افتتاح به سوالبارد فرستاده می‌شوند.

خشک کردن بذرها و سپس بسته‌بندی آنها در جعبه‌ها، توسط بانک ژن مبدأ انجام می‌شود (شکل ۱۲ الف و ب)، لیستی از بذرها درون جعبه‌ها نیز قرار داده می‌شود. جعبه‌های بذر توسط شرکت‌های باربری معمولاً با هواپیما، از بانک ژن به سوالبارد ارسال می‌شوند، هزینه‌های بسته‌بندی، بارگیری و حمل و نقل با بانک ژن مبدأ می‌باشد (شکل ۱۲ پ و ت). بعد از ورود جعبه‌های بذر به فرودگاه لانگرین، جهت ممانعت از ورود موارد غیر مجاز در سیستم امنیتی فرودگاه اسکن می‌شوند (شکل ۱۲ ث و ج). پرسنل بانک ژن نیروژ بذرها را از فرودگاه تحویل گرفته و در سوالبارد ذخیره می‌کنند (شکل ۱۲ چ و ح). برچسب‌هایی که اطلاعات اولیه را نشان می‌دهند روی جعبه‌های بذر نصب شده و جعبه‌های بذر در مکان مشخص در اتاقک‌های بذر قرار می‌گیرند (شکل ۱۲، خ و د). ورود بذر به سوالبارد و اطلاعات محل ذخیره شدن بذور به اطلاع سپرده‌گذار رسانده می‌شود. در حال حاضر بیش از ۳۰۰۰ جعبه با اشکال، رنگ‌ها و مواد مختلف، از تمام گوشه و کنار جهان در حال حاضر در سوالبارد حفاظت می‌شود (شکل ۵).



ب



الف



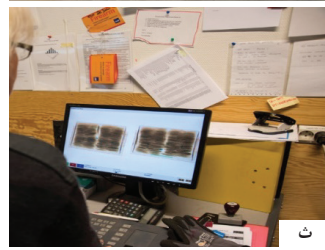
ت



پ



ج



ث



ح



چ



د



خ

شکل ۱۲- تصاویری از مراحل مختلف آماده‌سازی، ارسال، دریافت و ذخیره‌سازی بذر در خزانه جهانی بذر سوالبارد

فصل چهارم

۴- نسخه پشتیبان منابع ژنتیکی گیاهی کشور

ایران به عنوان یکی از کشورهای مگادایورس با داشتن حدود ۷۸۰۰ گونه گیاه بومی و حدود ۲۵۰۰ گونه اندمیک بعد از ترکیه رتبه دوم تنوع گونه‌ای در منطقه خاورمیانه را دارد. وجود منابع گیاهی متنوع سبب شده است که این منطقه به مهد تمدن کشاورزی و محل تکامل و اهلی شدن بسیاری از گیاهان غذایی و کشاورزی مهم تبدیل شود. ایران محل پیدایش و اهلی شدن و مرکز تنوع اولیه شماری از مهمترین گیاهان اقتصادی جهان به شمار می‌رود. اما متأسفانه امروزه این ذخایر ارزشمند به دلیل عوامل فرساینده ژنتیکی و تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، در معرض خطر جدی قرار داشته و دارای بالاترین درجه فرسایش می‌باشد. اگرچه افزایش حفاظت از زیستگاه‌ها اهمیت بالایی در حفظ اغلب گونه‌ها دارد، ولی گونه‌هایی که پیش‌بینی می‌شود کاهش شدیدتری در جمعیت داشته باشند، باید برای جمع‌آوری و حفاظت در بانک ژن در اولویت قرار گیرند.

فعالیت‌های علمی حفظ و بهره‌برداری از منابع ژنتیکی گیاهی در کشور با جمع‌آوری ارقام بومی گندم بیش از ۸۰ سال پیش در مدرسه عالی فلاح‌آغاز شد و پس از آن با تأسیس بانک‌های ژن گیاهی ملی ایران و بانک ژن منابع طبیعی ادامه یافت. سال‌ها فعالیت در حوزه منابع ژنتیکی در کشور منتج به جمع‌آوری

و تشکیل کلکسیون‌های غنی از گیاهان زراعی، مرتعی، جنگلی و باغی در کشور گردیده است. در حال حاضر در کشور مجموعاً بالغ بر ۱۶۲ هزار نمونه بذری منابع ژنتیکی گیاهان غذا و کشاورزی در بانک‌های ژن و کلکسیون‌های مختلف (جدول ۹)، بالغ بر ۶۰۰۰ نمونه گیاه زنده در کلکسیون‌های باغی و زراعی (جدول ۱۰)، ۶۱ نمونه جنگلی به صورت حفاظت فراسرد، ۷۰۰۰ گونه در باغ‌های گیاهشناسی (جدول ۱۱) نگهداری می‌شوند. همچنین بالغ بر ۳۱۵۰۰۰ نمونه هرباریومی گیاهی در هرباریوم‌های اصلی منابع ژنتیکی گیاهی در سازمان تات متشکل از هرباریوم مرکزی موسسه تحقیقات جنگل و مرتع و ۲۴ هرباریوم استانی وابسته به آن، هرباریوم موسسه تحقیقات گیاهپزشکی و هرباریوم بانک ژن گیاهی ملی ایران در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر نگهداری می‌شود (جدول ۱۲).

حفظ و حراست از این منابع ملی که حاصل سال‌ها تکامل پویای طبیعت و انتخاب نیاکان است حائز اهمیت بسیار زیادی است. این منابع سازگار با اقلیم کشور بوده و به مثابه بلوک‌های ساختمانی زیر بنای امنیت غذایی هستند. این منابع به دلیل داشتن ژن‌های مقاومت به تنش‌های محیطی و آفات و بیماری‌ها برای ارزش افزایی به تولید کشاورزی و پایداری تولید اهمیت زیادی دارند.

عدم وجود نسخه پشتیبان برای منابع ژنتیکی گیاهی کشور حداقل در یک مکان دیگر در داخل کشور، یکی از بزرگترین تهدیدات پیش روی این منابع است. هر گونه آسیب عمدی و/یا غیر عمدی به این ثروت‌های عظیم ملی آسیب‌های کالبدی، اجتماعی و اقتصادی جبران ناپذیر را موجب می‌شود. تشکیل نسخه پشتیبان، یکی از راه‌حل‌های اساسی حفاظت این ثروت عظیم ملی و افزایش ضریب امنیت و ایمنی لازم برای حفاظت آنها است.

جدول ۹- کلکسیون‌های بذری مورد حفاظت و تعداد منابع ژنتیکی
نگهداری شده در سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی

تعداد نمونه ژنتیکی	کلکسیون	موسسه
۱۷۵۲۶	کلکسیون گندم	بانک ژن گیاهی ملی ایران
۱۰۳۹۲	کلکسیون جو	
۲۹۵۴	کلکسیون برنج	
۱۲۱۱	کلکسیون سایر غلات	
۴۸۷۱	کلکسیون خویشاوندان وحشی غلات	
۱۱۶۶۰	کلکسیون حبوبات	
۸۴۵۹	کلکسیون گیاهان علوفهای	
۴۱۲۸	کلکسیون گیاهان روغنی و صنعتی	
۱۰۳۲۰	کلکسیون سبزیجات و صیفی جات	
۹۴۲	کلکسیون دارویی	
۳۹۴	گیاهان شناسایی نشده	بخش تحقیقات غلات
۲۳۰۰۰	کلکسیون غلات	
۲۸۰۷		
۹۸۶۶۴		مراکز تحقیقات استانی
۲۲۳۶۴	کلکسیون گیاهان مرتعی	جمع موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر
۲۲۰۳۲	کلکسیون گیاهان دارویی	
۲۵۹۹	کلکسیون گیاهان جنگلی	
۲۰۰۰	سایر	
۸۲۲۱	گیاهان دارویی و مرتعی	بانک ژن منابع طبیعی ایران
۵۷۲۱۶		
۲۳۰۰	کلکسیون گلرنگ	مراکز تحقیقات استانی
۲۰۰۰	کلکسیون چغندر قند	جمع موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع
۱۵۰۰	کلکسیون غلات زراعی	موسسه تحقیقات کشاورزی دیم
۴۲۰	کلکسیون پنبه	موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند
		موسسه تحقیقات کشاورزی دیم
		موسسه تحقیقات پنبه
۱۶۲۱۰۰		جمع کل

جدول ۱۰- کلکسیون‌های باغی مورد حفاظت در سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی و تعداد منابع ژنتیکی نگهداری شده در آنها

کلکسیون	منابع ژنتیکی	تعداد نمونه
میوه‌های هسته‌دار	آلو، گوجه، هلو، شلیل، گیلان، آلبالو و زردآلو	۷۳۶
میوه‌های دانه‌دار	سیب، به، گلابی وحشی و ازگیل	۶۹۸
عنانب	عنانب	۹
میوه‌های ریز	انگور، توت‌فرنگی و زرشک	۸۱۲
میوه‌های خشک	گردو، بادام، فندق و پکان	۶۱۵
مرکبات	پرتقال، نارنگی، نارنج، لیموشیرین، لیموترش، گریپ‌فروت، کامکوات، بالنگ و بادرنگ	۲۵۸
میوه‌های نیمه‌گرمسیری	زیتون، انار و انجیر	۱۰۸۳
خرما	خرما	۱۲۸
میوه‌های گرمسیری	انبه، چیکو، پاپایا، تهرندی، موز، کنار، گوآوا، جم، لیچی، گیلان سورینام، نارگیل و کاستار ابل	۵۶
پسته	پسته	۲۱۰
چای	چای	۹۴
زعفران	زعفران	۱۲۸
گل و گیاهان زینتی	درختان و درختچه‌های زینتی، گل‌های آپارتمانی و فضای آزاد، گل‌های پیازی، رز و داودی	۱۳۶۶
جمع کل		۶۱۹۳

جدول ۱۱- باغ های گیاه شناسی موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور
و تعداد گونه مستقر در هر یک از آنها

تعداد گونه	
۴۰۰۰	باغ گیاه شناسی ملی ایران
۱۹۵۰	باغ گیاه شناسی نوشهر
۸۵۰	باغ گیاه شناسی فدک - اهواز
۲۱۳	باغ گیاه شناسی بوعلی سینا- همدان
۲۳۵	باغ گیاهان کویری یزد
۵۷۲	باغ گیاهان کویری کاشان
۳۰۰	باغ گیاه شناسی زاگرس - خرم آباد

جدول ۱۲- تعداد نمونه گیاهی هرباریومی نگهداری شده در هرباریوم های سازمان تات

تعداد نمونه	نام هرباریوم
۲۱۵۰۰۰	هرباریوم مرکزی موسسه تحقیقات جنگل و مرتع و ۲۴ هرباریوم استانی
۸۸۰۰۰	هرباریوم موسسه تحقیقات گیاهپزشکی
۱۲۰۰۰	هرباریوم بانک ژن گیاهی ملی ایران
۳۱۵۰۰۰	جمع کل

برای داشتن نسخه پشتیبان منابع ژنتیکی گیاهی بر اساس نوع روش نگهداری (بذر، کلکسیون زنده، نمونه هرباریومی) رویکردهای عملیاتی متفاوتی می تواند مد نظر قرار گیرد. بهره گیری از ظرفیتهای موجود در کشور با تبادل نمونه و اطلاعات در راستای پشتیبان گیری یکی از روش های عملیاتی و سهل الوصول می باشد. این مورد به ویژه در خصوص نمونه های هرباریومی توصیه می شود.

نمونه های هرباریومی نه تنها به عنوان یک منبع ژنتیکی بلکه به عنوان یک نمونه رمز گشاینده تاریخ طبیعی، علم فیلوژنی و طبقه بندی و آرایه شناسی نقش حیاتی ایفا می کنند. بنابراین نیازمند نگاهی دقیق تر به بهترین شیوه ها برای حفاظت

و نگهداری نمونه ها و اطلاعات ثبت شده به روشی ایمن می باشد. در بیشتر موارد، در زمان جمع آوری بیش از یک نمونه هرباریومی برای هر جمعیت تهیه می شود. نمونه تکراری می تواند از طریق برنامه های تبادل نمونه بین هرباریوم های مختلف توزیع شود تا نسخه پشتیبان برای منابع ژنتیکی هرباریومی و اطلاعات مربوطه فراهم شود. این موضوع به ویژه در خصوص نمونه های تیپ، حائز اهمیت بیشتری است. اسکن کردن نمونه های هرباریومی و رقومی (دیجیتایز) کردن هرباریوم ها نیز روشی مکمل برای داشتن نسخه پشتیبان از این نمونه ها است. اگرچه بر خلاف روش حفاظت فیزیکی نمونه در هرباریوم، در این روش امکان گرفتن نمونه های DNA یا بافت از نمونه های هرباریومی وجود ندارد اما در صورت از بین رفتن نمونه اصلی اطلاعات آن حفظ می شود.

فضای مورد نیاز برای نسخه پشتیبان منابع ژنتیکی بذره های ارتودکس و نمونه های موجود در کلکسیون های باغی که عمده منابع ژنتیکی گیاهی غذا و کشاورزی به دو شیوه نگهداری می شوند در ادامه آورده شده است. اگرچه بهره گیری از روش های نوین مانند راه اندازی و توسعه سیستم های حفاظت فراسرد برای منابع ژنتیکی باغی و جنگلی برای حصول اطمینان از حفاظت طولانی مدت این نمونه ها و استفاده از روش های مکمل نظیر تشکیل بانک های DNA برای این نمونه ها از اهمیت بسزایی برخوردار است.

۴-۱- فضای مورد نیاز سردخانه ها

در حال حاضر در کشور مجموعاً حدود ۱۶۲ هزار نمونه ژنتیکی بذری در بانک های ژن مختلف نگهداری می شوند که البته بخشی از این مواد ممکن است تکراری باشند. از سوی دیگر برخی از نمونه های ژنتیکی به ویژه لاین های اصلاحی که به عنوان کلکسیون های کاری در برخی از بخش های تحقیقاتی موسسات از جمله موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و موسسه تحقیقات دیم نیز تقریباً در هیچ کلکسیونی ثبت نشده و بنابراین در این آمار لحاظ نشده اند. علاوه بر این، توسعه فعالیت های جمع آوری منابع ژنتیکی در بانک های ژن می تواند این آمار را افزایش دهد.

اگر عدد ۲۰۰ هزار نمونه برای فاز اول به عنوان مبنای کار قرار گیرد برای ذخیره این تعداد نمونه در کلکسیون پشتیبان نیاز به حدود ۸۰ متر مکعب فضای ذخیره سازی مفید خواهد بود. با توجه به فضای مورد نیاز برای دسترسی و تردد، گردش هوا و نصب تجهیزات در درون سردخانه ها، فضای سردخانه ای با حجم ۲۰۰ متر مکعب مورد نیاز است (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- مختصات سردخانه، قفسه و سبدهای لازم جهت ذخیره سازی نمونه های بذر ارتودکس در نسخه پشتیبان

مختصات سردخانه			مشخصات قفسه ها		
عرض	۶	متر	عرض قفسه ها	۵	متر
طول	۱۱	متر	تعداد قفسه ها	۱۵	ردیف
ارتفاع	۳	متر	تعداد سبدها در هر قفسه	۱۰۸	عدد
مساحت	۶۶	متر مربع	تعداد سبدها در هر ردیف قفسه	۱۲	عدد
حجم کلی	۱۹۸	متر مکعب	تعداد سبدها در هر ستون قفسه	۹	ردیف
حجم مفید	۷۸	متر مکعب	تعداد کل سبدها در سردخانه	۱,۶۲۰	عدد
			ظرفیت سردخانه به نمونه	۱۹۴,۴۰۰	نمونه

۴-۲- فضای مورد نیاز گلخانه و اسکرین هاوس

کلکسیون های درختان میوه که جمع آوری آنها از سال ۱۳۰۹ آغاز شده است در مجموع در ۱۹۶ هکتار در ۴۲ ایستگاه در سراسر کشور پراکنده هستند. با توجه به تغییر اقلیم، امکان بروز و شیوع بیماری ها و کم آبی بسیاری از این کلکسیون ها در معرض خطر قرار دارند. اگرچه مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی برای بسیاری از محصولات کلکسیون پشتیبان مد نظر را در یکی از ایستگاه های تحقیقاتی مشخص نموده است اما برای بخشی از کلکسیون ها از جمله کلکسیون گلابی، زردآلو، هلو و شلیل، توت فرنگی، بری ها، زرشک، عناب، زعفران، سنجد و توت کلکسیون پشتیبانی تعریف نشده است.

در بسیاری از کلکسیون های اصلی و پشتیبان باغبانی، حداقل های ضروری برای

حفاظت استاندارد و بهینه کلکسیون‌ها وجود ندارد و یا نیاز به تجهیز و فراهم سازی ذخیره آبی، سیستم آبیاری مناسب و امکانات حفاظت فیزیکی و امنیتی از قبیل دوربین‌های امنیتی وجود دارد، اما باید توجه داشت که در بحث کلکسیون پشتیبان موضوعاتی نظیر ارزیابی صفات و بررسی ویژگی‌های باروری و میوه دهی وجود ندارد و لذا می‌توان با بهره‌گیری از روش‌های مکمل و در فضاهای محدود با تأسیس گلخانه‌ها و اسکرین هاوس‌های مناسب از حفاظت منابع ژنتیکی اطمینان حاصل نمود.

منابع ژنتیکی گیاهان باغی معتدله و سردسیری به شرایط سرد سازگار هستند. اما باید از سرمای خیلی شدید زمستان که ممکن است باعث خسارت به بافت‌های نهال‌ها بشوند محافظت شوند. لذا این گیاهان باید در داخل اسکرین هاوس و دور از دسترس حشرات نگهداری شوند. با کشت نهال‌ها با حداقل اندازه در داخل گلدان سطلی سایز ۴۰ ضمن کنترل تغذیه و هرس شدید از بزرگ شدن بیش از حد نهال‌ها جلوگیری می‌شود (شکل ۸). نهال‌ها با تراکم زیاد در داخل گلخانه یا اسکرین هاوس نگهداری می‌شوند. بطوریکه برای هر بوته ۲-۱ متر فضا در نظر گرفته می‌شود. در صورتی که نهال‌ها از اندازه معینی بزرگتر شوند با نهال جدیدی جایگزین می‌شوند. با در نظر گرفتن این شرایط در مجموع حداقل ۱۲۰۰۰ متر اسکرین هاوس برای نگهداری نمونه‌های گیاهان، معتدله، سردسیری و نیمه گرمسیری با امکانات آبیاری تحت فشار نیاز است.

منابع ژنتیکی میوه‌های گرمسیری حساس به سرما بوده و بنابراین در پائیز، زمستان و اوایل بهار باید در داخل گلخانه نگهداری شوند. اما از آنجا که می‌توانند شرایط گرما را بخوبی تحمل کنند نیازی به تأسیسات سرمایشی گران قیمت نبوده و در طول تابستان با استفاده از توری و گشودن درب و پنجره‌ها گلخانه خنک خواهد شد. از هر نمونه حداقل سه بوته در داخل گلدان بصورت رشد حداقل نگهداری و در صورت بزرگ شدن بیش از حد بوته با بوته جوان جدید جایگزین خواهند شد. برای نگهداری این گیاهان حداقل به ۱۲۰۰ متر گلخانه با تجهیزات گرمایشی و سیستم آبیاری تحت فشار نیاز هست.



شکل ۸- حفاظت از منابع ژنتیکی در داخل اسکرین هاوس و گلخانه

از اینرو با تأسیس گلخانه و اسکرین هاوس‌های مناسب می‌توان به صورت ضربتی کلکسیون پشتیبان برای نمونه‌های باغی تشکیل داد. اگر چه باید کلیه شرایطی که در بخش استانداردهای کلکسیون‌های زنده گیاهی در خصوص فضای تاسیس، نقشه و تعداد تکرار نمونه گفته شده مد نظر قرار گیرد.

همچنین در این حوزه انجام تحقیقات برای توسعه حفاظت فراسرد برای گونه‌های مختلف با توجه به ویژگی‌ها و نیازهای متفاوت هر گونه لازم است مورد توجه قرار گیرد تا ضمن تأمین امکانات در کلکسیون‌های موجود ضریب اطمینان از حفاظت موثر نمونه‌ها از طریق بهره‌گیری از چند روش مکمل حاصل شود.

جمع بندی کلی

سال‌ها فعالیت در حوزه منابع ژنتیکی در ایران منتج به جمع‌آوری و تشکیل کلکسیون‌های غنی از گیاهان زراعی، مرتعی، جنگلی و باغی در کشور گردیده است. در حال حاضر در کشور مجموعاً بالغ بر ۱۶۲ هزار نمونه بذری منابع ژنتیکی گیاهان غذا و کشاورزی در بانک‌های ژن و کلکسیون‌های مختلف (جدول ۹)، بالغ بر ۶۰۰۰ نمونه گیاه زنده در کلکسیون‌های باغی و زراعی (جدول ۱۰)، ۶۱ نمونه جنگلی به صورت حفاظت فراسرد و ۷۰۰۰ گونه در باغ‌های گیاه‌شناسی نگهداری می‌شوند. حفظ و حراست از این منابع ملی که حاصل سال‌ها تکامل پویای طبیعت و انتخاب نیاکان است حائز اهمیت بسیار زیادی است.

عدم وجود نسخه پشتیبان برای منابع ژنتیکی گیاهی کشور حداقل در یک مکان دیگر در داخل کشور، یکی از بزرگترین تهدیدات پیش‌روی این منابع است. عمده منابع ژنتیکی گیاهی غذا و کشاورزی به دو شیوه نگهداری بذری ارتودکس و کلکسیون‌های گیاهی زنده موجود در کلکسیون‌های باغی و باغ‌های گیاه‌شناسی نگهداری می‌شوند.

فضای سردخانه‌ای با حجم ۲۰۰ متر مکعب فضای مورد نیاز، ۱۲۰۰۰ متر اسکرین هاوس و ۱۲۰۰ متر گلخانه با تجهیزات گرمایشی و سیستم آبیاری تحت فشار حداقل فضای لازم برای تشکیل نسخه پشتیبان منابع ژنتیکی گیاهی است. اگرچه بهره‌گیری از روش‌های نوین مانند راه‌اندازی و توسعه سیستم‌های حفاظت فراسرد برای منابع ژنتیکی باغی و جنگلی برای حصول اطمینان از حفاظت طولانی مدت این نمونه‌ها و استفاده از روش‌های مکمل نظیر تشکیل بانک‌های DNA برای این نمونه‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار است. از اینرو انجام تحقیقات برای توسعه حفاظت فراسرد برای گونه‌های مختلف با توجه به ویژگی‌ها و نیازهای متفاوت هر گونه لازم است مورد توجه قرار گیرد تا امکان بهره‌گیری از این روش مکمل برای حفاظت نسخه پشتیبان منابع ژنتیکی حاصل شود.

منابع مورد استفاده

- پوراسماعيل، م. ۱۳۹۸. گزارش فنی بازدید از بانک ژن موسسه تحقیقات ژنتیک گیاهی و گیاهان زراعی IPK آلمان. انتشارات موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۸۵ صفحه.
- شاهمرادی، ش. و پوراسماعيل، م. ۱۴۰۰. استانداردهای بانک ژن منابع ژنتیکی غذا و کشاورزی. انتشارات موسسه نهال و بذر. ۲۰۵ صفحه.
- Acker, J.P., Adkins, S., Alves, A., Horna, D., Toll, J. 2017. Feasibility Study for a Safety Backup Cryopreservation Facility; Bioversity International: Maccaresse-Stazione, Italy.
- Asdal, A.; Guarino, L. 2018. The Svalbard global seed vault: 10 Years-1 million samples. Biopreserv. Biobank. 16, 391–392.
- Ashmore, S.E. 1997. Status Report on the Development and Application of In Vitro Techniques for the Conservation and Use of Plant Genetic Resources; International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Benelli, C., De Carlo, A. and Engelmann, F. 2013. Recent advances in the cryopreservation of shoot-derived germplasm of economically important fruit trees of *Actinidia*, *Diospyros*, *Malus*, *Olea*, *Prunus*, *Pyrus* and *Vitis*. Biotechnology Advances. 31 (2), 175-185.
- Benson, E.E., Harding, K., Debouck, D., Dumet, D., Escobar, R., Mafla, G., Panis, B., Panta, A., Tay, D., Van den houwe, I., Roux, N. 2011. Refinement and standardization of storage procedures for clonal crops Global Public Goods Phase 2: Part II. Status of *in vitro* conservation technologies for: Andean root and tuber crops, cassava, *Musa*, potato, sweetpotato and yam. System-wide Genetic Resources Programme, Rome, Italy.
- Bhattacharya, Sh. 2016. Syrian seed bank gets new home away from war. Nature. 538, 16-17.
- Buitink J., Leprince O., Hemminga M.A., Hoekstra F.A. 2000. Molecular mobility in the cytoplasm: An approach to describe and predict lifespan of dry germoplasm. Proceedings of the National Academy of Sciences 97, 2385-2396. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.040554797>.
- Crossa, J. 1995. Sample size and effective population size in seed regeneration of monoecious species. In: Engels, J.M.M. and R. Rao (eds.). Regeneration of seed crops and their wild relatives. Proceedings of a consultation meeting. IPGRI. Rome, Italy. pp 140-143.
- da Silva, R.L., Ferreira, C.F., da Silva Ledo, C.A., de Souza, E.H., da Silva, P.H., de Carvalho Costa, M.A.P., Souza, F.V.D. 2016 Viability and genetic stability of pineapple germplasm after 10 years of in vitro conservation. Plant Cell Tissue Organ Culture. 127, 123–133.

- Del Rio, A.H., Bamberg J.B. and Z. Huaman. 1997. Assessing changes in the genetic diversity of potato gene banks. 1. Effects of seed increase. *Theoretical and Applied Genetics* 95, 191-198.
- Engels, J.M.M., Ebert, A.W. A. 2021. Critical review of the current global ex situ conservation system for plant agrobiodiversity. I. History of the development of the global system in the context of the political/legal framework and its major conservation components. *Plants*. 10, 1557.
- FAO, 2010. The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture; Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.
- FAO, 2022. Practical guide for the application of the Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture.
- FAO, 2023. Ukraine's National Seed Collection Relocates to a Secure Site. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online: <https://www.fao.org/europe/news/detail/ukraine-s-national-seed-collection-relocates-to-a-secure-site/en> (accessed on 8 June 2023).
- GSPC, 2011. Global strategy for plant conservation.targets 2011-2020. <https://www.cbd.int/gspc/strategy.shtml>
- Harrington, J.F. 1972. Seed storage and longevity. In: Kozlowski TT. (ed.) *Seed biology, insects, and seed collection, storage, testing and certification*. Academic Press, New York, pp 145–245.
- Herbold, T., Engels, J.M.M. 2023 Genebanks at Risk: Hazard Assessment and Risk Management of National and International Genebanks. *Plants*. 12, 2874. <https://doi.org/10.3390/>
- Huaman, S., Salas, A., Gomez, R., Panta, A., Toledo, J. 2000. Conservation of potato genetic resources at CIP. In *Potato, Global Research and Development*; Khurana, S.M.P., Shekhawat, G.S., Singh, B.P., Pandey, S.K., Eds.; Indian Potato Association: Shimla, India.
- Kim, H.H.; Popova, E., Shin, D.J., Yi, J.Y., Kim, C.H., Lee, J.S., Yoon, M.K., Engelmann, F. 2012. Cryobanking of Korean Allium germplasm collections: results from a 10 year experience. *Cryoletters*. 33, 45–57.
- Liu U., Cossu T.A., Davis R. M., Frost F., Dichie J. B. and Breman E. 2020, Conserving orthodox seeds of globally threatened plants ex situ. *Biodiversity and Conservation*. 29, 2901–2949.
- Nordgen. 2008. Agreement between (depositor) and the Royal Norwegian Ministry of Agriculture and Food concerning the deposit of seeds in the Svalbard Global Seed Vault. The Svalbard Global Seed Vault.
- Panis, B., Nagel, M. and Van den houwe, I. 2020. Challenges and prospects for the

- conservation of crop genetic resources in field genebanks, in *In vitro collections and/or in liquid nitrogen Plants*. 9, 1634; doi: 10.3390/plants9121634.
- Rao, N.K., Hanson, J., Dulloo, M.E., Ghosh, K., Nowel, D. and Larinde, M. 2006. Manual of seed handling in genebanks. Handbooks for Genebanks No. 8. Bioversity International, Rome, Italy. 147pp.
- Reed, B.M., Engelmann, F., Dulloo, M.E., Engels, J.M.M. 2004. Technical Guidelines for the Management of Field and In Vitro Germplasm Collections; International Plant Genetics Resources Institute, Rome, Italy.
- SDG, 2015. The UN Sustainable Development Goals. United Nations, New York, 2015. Available at: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/summit/>. (accessed 16 January 2018)
- SGSV, 2023. Safeguarding Seeds for the Future. Available online: <https://www.seedvault.no/> (accessed on 3 March 2023).
- Singh, N., Dash, Sukanta, D. and Yasin, J. K. 2016. Survival of chickpea, sesame, Niger, castor and safflower seeds stored at low and ultra low moisture contents for 16-18 years. *Seed Science and Technology*. 44, 1-14.
- Tay, D., Ana Panta, A. and Espinosa, C. 2008. Technical analysis to mitigate risks. In: Principles and strategy for safety duplication of plant genetic resources for food and agriculture. Technical Report. DOI: 10.13140/2.1.3634.1127
- Tay, D., Panta, A., Espinosa, C., Horna, D., Hanson, J., Cantrell J., B., Jorge, A. 2023. Safety duplication, Crop Genebank Knowledge Base. <http://cropgenebank.sgrp.cgiar.org>. Date accessed: (accessed on 14 October 2023).
- Volk, G.M., Bonnart, R. Krueger, R. Lee, R. 2012. Cryopreservation of citrus shoot tips using micrografting for recovery. *Cryo Letters*. 33 (6), 418-26.
- Volk, G.M., Bonnart, R., Shepherd, A., Yin, Z.F., Lee, R., Polek, M., Krueger, R. 2017. Citrus cryopreservation: Viability of diverse taxa and histological observations. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 128, 327–334.
- Westengen, O. T., Lusty, Ch., Yazbek, M., Amri, A. and Asdal, Å. 2020. Safeguarding a global seed heritage from Syria to Svalbard. *Nature Plants*. 6. 1311–1317. 10.1038/s41477-020-00802-z.
- Westengen, O. T., Jeppson, S., Guarino, L., 2013. Global Ex-Situ Crop Diversity Conservation and the Svalbard Global Seed Vault: Assessing the Current Status. *PLoS ONE* 8 (5), e64146. doi:10.1371/journal.pone.0064146.
- WIEWS, 2022. Overview of World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online: <https://www.fao.org/wiews/data/ex-situ-sdg-251/overview/en/> (accessed on 30 April 2022).

پیوست

(توافقنامه سپرده‌گذاری در خزانه جهانی بذر سوالبارد)

توافق نامه سپرده بین سپرده گذار و وزارت کشاورزی و مواد غذایی سلطنتی نروژ

مقدمه

۱. دولت پادشاهی نروژ، خزانه جهانی بذر سوبالارد (که از این پس به عنوان «خزانه بذر» نامیده می شود) را تاسیس کرده است تا یک شبکه ایمن بین المللی جهت حفاظت از منابع ژنتیکی گیاهی مطابق با آخرین دانش علمی و مناسب ترین تکنیک ها و با هدف تامین حداکثر مقدار تنوع ژنتیکی گیاهی، که در دراز مدت نقش بسزایی برای بشریت دارد، فراهم آورد.

۲. خزانه جهانی بذر سوبالارد تحت مالکیت دولت پادشاهی نروژ است و در لانگیرین، سوبالارد واقع شده است. وزارت غذا و کشاورزی نروژ مقام ملی مسئول خزانه جهانی بذر سوبالارد است.

۳. وزارت غذا و کشاورزی نروژ، همراه با صندوق تنوع محصولات زراعی جهانی و مرکز منابع ژنتیکی نروژ توافق نامه های را امضا کرده اند که مدیریت، بهره برداری و تامین مالی بلندمدت خزانه جهانی بذر سوبالارد را فراهم می کند. بر اساس این قرارداد، مرکز منابع ژنتیکی نوردیک موظف است با سپرده گذاران در رابطه با موادی که قرار است سپرده شود و جدول زمانی و فرآیند سپرده گذاری، از جمله راهنمایی سپرده گذاران در مورد بسته بندی و برچسب گذاری مواد، مطابق با دستورالعمل ها و قوانین ملی و بین المللی قابل اجرا ارتباط برقرار کند، و ملزم است از سوی وزارت غذا و کشاورزی نروژ، قراردادهای سپرده گذاری را با سپرده گذاران بر اساس توافق نامه استاندارد سپرده منعقد و امضا کند (بازبینی شده در ۲۸ ژانویه ۲۰۱۳).

[*****] (از این پس به عنوان سپرده گذار نامیده می شود)
مجموعه ای از بذرهای متمایز از منابع ژنتیکی گیاهی را که برای بشریت اهمیت دارد، در اختیار دارد و مایل است از ایمنی طولانی مدت آن مجموعه با سپرده گذاری نمونه ها در خزانه جهانی بذر سوبالارد اطمینان حاصل کند.

بنابراین، وزارت غذا و کشاورزی نروژ و سپرده گذار (که از این پس در مجموع «طرفین» نامیده می شوند) بدین وسیله به شرح زیر موافقت می کنند:

طرفین توافق

۱-توافقتنامه استاندارد حاضر بین

(نام سپرده گذار) (سپرده گذار) و

وزارت غذا و کشاورزی نروژ (وزارت) با نمایندگی: مرکز منابع ژنتیک نروژ

۲-موضوع توافقنامه

سپرده گذار و وزارت موافقت می کنند که مواد سپرده شده در خزانه جهانی بذر سوالبارد مطابق با شرایط و ضوابط مندرج در این موافقتنامه سپرده شود. این توافق نامه تمام مواد سپرده شده توسط سپرده گذار در انبار جهانی بذر سوالبارد را پوشش می دهد.

۳-حقوق، مسئولیت و تعهدات سپرده گذار

۱-۳ الزامات مواد سپرده شده

۱- با رعایت بند (۲) این ماده، سپرده گذار فقط نمونه هایی از ذخایر ژنتیکی گیاهی که:

الف: تا جایی که سپرده گذار اطلاع دارد

I. از بعد امنیت غذایی و کشاورزی پایدار دارای اهمیت است.

II. نمونه هایی از منابع ژنتیکی گیاهی که تاکنون در خزانه جهانی بذر سوالبارد ذخیره نشده است.

ب: دارای نسخه پشتیبان در یک بانک ژن مناسب است.

ج: به گونه ای در دسترس سایر اشخاص حقیقی یا حقوقی است که موجب تسهیل دسترسی برای حفاظت و استفاده پایدار با رعایت قوانین ملی و معاهدات بین المللی می شود.

۲- هر یک یا همه الزامات مندرج در بند ۱ ممکن است توسط وزارتخانه یا

مرکز منابع ژنتیکی نیروژ یا سایر مؤسساتی که توسط وزارت تعیین شده‌اند تا از سوی آن به عنوان مدیر خزانه جهانی بذر سوالبارد اقدام کند، چشم‌پوشی شود. هرگونه معافیت اعطایی باید به صورت کتبی باشد.

۲-۳ حمل و نقل

۱- سپرده گذار باید موجودی هر محموله از مواد سپرده شده را طبق این موافقتنامه مطابق با استانداردهای مندرج در پیوست ارائه دهد.

۲- هزینه‌های مربوط به بسته‌بندی و حمل و نقل مواد سپرده شده به عهده سپرده گذار یا شخص ثالثی است که موافقت کرده است این هزینه‌ها را پوشش دهد.

۳- سپرده گذار باید اطمینان حاصل کند که مواد سپرده شده در هر محموله:

الف) قبل از حمل و نقل، مطابق با اطلاعات موجود در فهرست الکترونیکی ارسال شده به مرکز منابع ژنتیکی نیروژ است.

ب) با هرگونه گواهی لازم در رابطه با سلامت گیاهی نمونه‌ها که ممکن است توسط قوانین کشور صادر کننده، دولت پادشاهی نیروژ و هر کشور دیگری که مواد سپرده گذاری شده از طریق قلمرو آن ترانزیت می‌شود، همراه باشد. همچنین سایر رویه‌های مورد نیاز آن قوانین در مورد محموله رعایت شده باشد.

ج) سپرده گذاری مطابق با استانداردهای فائو در زمینه بانک‌های ژن و یا سایر استانداردهای فنی بین‌المللی قابل اجرا انجام می‌شود.

د) بسته‌بندی، مهر و موم، برچسب گذاری و مستندسازی مطابق با استانداردهای مندرج در ضمیمه این موافقتنامه انجام شود. با در نظر گرفتن دستورالعمل‌هایی که ممکن است هر از گاهی توسط وزارت صادر شود.

ه) طبق برنامه زمانبندی توافق شده با مرکز منابع ژنتیکی نیروژ ارسال خواهد شد.

۳-۳ برداشت مواد سپرده شده

۱. سپرده گذار این حق را خواهد داشت که تمام یا هر یک از مواد سپرده شده خود را در هر زمانی با اعلان کتبی پس بگیرد.

۲. هر اعلان کتبی که بر اساس این ماده داده می‌شود باید جعبه‌های جداگانه‌ی

مواد سپرده شده که قرار است پس گرفته شوند مشخص شود.

۳. وزارت متعهد می شود که مواد سپرده شده را ظرف مدت یک سال از تاریخ دریافت اعلان کتبی بازگرداند.

۴. هزینه های بسته بندی و حمل در رابطه با بازگرداندن مواد سپرده شده بر عهده سپرده گذار خواهد بود، مگر اینکه بین طرفین توافق دیگری صورت گرفته باشد.

۵. سپرده گذار مسئول رعایت کلیه مراحل ترخیص صادراتی است که توسط دولت پادشاهی نروژ در خصوص بازگرداندن مواد سپرده شده و کلیه مراحل واردات یا ترانزیت مورد نیاز کشور وارد کننده یا ترانزیت اتخاذ شده، است. وزارت باید نهای ت تلاش خود را برای ارائه چنین اسنادی در مورد مواد سپرده شده و شرایط سپرده گذاری، به نحوی که ممکن است برای تسهیل چنین رویه هایی ضروری باشد، به کار گیرد.

۶. در صورتی که سپرده گذار دیگر مایل نباشد که مواد سپرده شده در خزانه جهانی بذر سوالبارد نگهداری شود اما مایل نباشد مواد سپرده شده به آن بازگردانده شود، باید کتباً به وزارت اطلاع دهد. در چنین مواردی، مواد سپرده شده توسط وزارت بر اساس قوانین عملیاتی و رویه های مربوط به خزانه جهانی بذر سوالبارد حذف خواهد شد.

۴- حقوق و تعهدات وزارت غذا و کشاورزی نروژ

۴-۱ تعهد وزارت

۱- مواد سپرده شده در شرایط دائمی یخبندان همراه با تبرید مطابق با استانداردهای بین المللی جهت نگهداری طولانی مدت بذر نگهداری می شود.

۲- مواد سپرده شده، تنها به سپرده گذار اصلی، نماینده آن یا مطابق با دستورالعمل های سپرده گذار انتقال داده می شوند.

۳- کلیه هزینه های ذخیره سازی مربوط به مواد سپرده شده بر عهده وزارت خواهد بود، مگر اینکه بین طرفین توافق دیگری صورت گرفته باشد.

۴- مواد سپرده شده در پاکت‌های مهر و موم شده بسته‌بندی شده و در جعبه‌های مهر و موم شده باقی می‌ماند، مگر اینکه با سپرده گذار توافق شود. در مواردی که بسته‌ها یا جعبه‌ها در حین حمل یا نگهداری آسیب ببینند یا بسته‌ها یا جعبه‌ها برای بازرسی توسط گمرک یا سایر مقامات باز شده باشد، وزارت باید به سپرده گذار اطلاع دهد. در مواردی که دانه‌ها ریخته باشند از بین خواهند رفت. در صورتی که صدمه یا آسیب دیگری رخ دهد که از جمله در بسته‌بندی که الزامات ضمیمه را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد وزارت تلاش خواهد کرد تا در صورت امکان آسیب را ترمیم کند یا بسته‌بندی مجدد یا مهر و موم مجدد مواد سپرده شده را با مشورت و با موافقت سپرده گذار فراهم کند.

۵- وزارتخانه مسئولیتی در قبال نظارت بر زنده ماندن و احیای مواد سپرده شده ندارد. در صورتی که نمونه‌های اضافی توسط سپرده گذار به منظور آزمایش جوانه‌زنی مواد سپرده شده با توافق وزارتخانه ارائه شده باشد، نمونه‌ها به درخواست و هزینه سپرده گذار عودت داده می‌شود. نمونه‌های تست باید در جعبه‌های جداگانه بسته‌بندی شود.

۶- وزارت باید محل محل مواد سپرده شده در انبار جهانی بذر سوالبارد را به اطلاع سپرده گذار برساند.

۲-۴ حفظ دوام و کیفیت

۱- وزارت مسئولیت نظارت بر دوام و کیفیت نمونه‌های ژنتیکی اصلی ارائه شده در مواد سپرده شده را بر عهده ندارد.

۲- وزارتخانه مسئولیت نظارت دوره‌ای قوه نامیه و احیای نمونه‌های ژنتیکی اولیه مواد سپرده شده را بر عهده ندارد.

۳-۴ حق امتناع از نمونه‌ها

۱- وزارت می‌تواند از پذیرش نمونه برای سپرده خودداری کند.

الف) اگر سپرده گذار به طور کامل از شرایط و ضوابط مندرج در این قرارداد پیروی نکند.

ب) به دلایل اضطرار شرایط

۲- وزارتخانه این حق را برای خود محفوظ می‌دارد که ذخیره‌سازی ایمن منابع ژنتیکی گیاهی برای غذا و کشاورزی که برای حفاظت و استفاده پایدار مطابق با قوانین بین‌المللی قابل اجرا در دسترس هستند را در اولویت قرار دهد.

۴-۴ فسخ سپرده

۱- در صورتی که سپرده‌گذار به طور کامل از شرایط و ضوابط مندرج در این موافقتنامه پیروی نکند، وزارت حق فسخ سپرده یا بخشی از آن را خواهد داشت.

۲- وزارتخانه حق فسخ سپرده یا بخشی از آن را در صورت اخطار کتبی یک ساله خواهد داشت، در صورتی که این فسخ در نتیجه هرگونه تغییر در سیاست خزانه جهانی بذر سوالبارد یا دولت پادشاهی نروژ در رابطه با خزانه جهانی بذر سوالبارد باشد.

۳- در صورتی که مواد سپرده شده در نتیجه اعمال حق فسخ توسط وزارتخانه طبق این ماده بازگردانده شود، هزینه‌های بسته‌بندی و حمل در رابطه با بازگرداندن مواد سپرده شده بر عهده وزارت خواهد بود.

۵- مقررات عمومی

۵-۱ تأثیر سپرده بر حقوق مالکیت

۱- عمل سپرده‌گذاری مواد سپرده شده در انبار جهانی بذر سوالبارد هیچ تأثیری بر ماهیت و میزان حقوق مالکیت مربوط به مواد سپرده شده نخواهد داشت.

۲- بدون لطمه وارد شدن به کلیت موارد فوق، عمل سپرده به هیچ وجه در انتقال مالکیت مواد سپرده شده به مرکز منابع ژنتیکی نروژ یا وزارتخانه عمل نمی‌کند.

۵-۲ اصلاحیه

۱- این موافقتنامه و ضمیمه آن ممکن است با توافق کتبی متقابل طرفین اصلاح شود.

۲- هر اصلاحیه در تاریخ مقرر در موافقتنامه اصلاحی لازم الاجرا خواهد شد.

۳-۵ لازم الاجرا شدن

این موافقتنامه پس از امضای آن توسط نمایندگان مجاز سپرده گذار و وزارت غذا و کشاورزی نیروژ لازم الاجرا خواهد شد.

۴-۵ مدت قرارداد

۱- این موافقتنامه برای مدت ده (۱۰) سال لازم الاجرا خواهد بود و به طور خودکار برای دوره‌های ده (۱۰) سال دیگر تمدید می‌شود، مگر اینکه یکی از طرفین حداقل شش ماه قبل از انقضاء، کتباً به طرف مقابل اطلاع دهد که مایل به تمدید این موافقتنامه نیست.

۲- این قرارداد ممکن است با توافق دوجانبه بین طرفین این موافقتنامه فسخ شود.

۶-مسئولیت

۱- وزارتخانه به هر دلیلی هیچ گونه مسئولیتی در قبال خسارات وارده به مواد سپرده شده ندارد، مگر اینکه این خسارات ناشی از تخلف یا سهل انگاری از سوی وزارتخانه یا یکی از کارکنان یا کارگزاران وزارتخانه باشد.

۲- در صورت بروز هر گونه خسارت ناشی از تخلف یا سهل انگاری از سوی وزارتخانه یا یکی از کارکنان یا کارگزاران وزارتخانه، مسئولیت وزارتخانه محدود به هزینه‌های بسته‌بندی و ارسال نمونه‌های جدید بوده است و هزینه‌های احیا منابع ژنتیکی یا هزینه‌های مشابه را در بر نخواهد داشت.

۷- حل و فصل اختلافات

۱- هر اختلافی، که از طریق مذاکرات بین طرفین این موافقتنامه حل و فصل نشود، در نهایت توسط داور مطابق با قوانین یا توسط اتاق بازرگانی بین‌المللی که یک یا چند داور طبق مقررات مذکور منصوب شده اند حل و فصل خواهد شد.

۲- این موافقتنامه توسط قوانین پادشاهی نیروژ اداره می‌شود. فقط دادگاه محلی

نروژ صلاحیت اجرای حکم علیه وزارت غذا و کشاورزی سلطنتی را خواهد داشت، و تنها دادگاهی که صلاحیت محلی برای سپرده گذار است، صلاحیت اجرای حکم علیه سپرده گذار را خواهد داشت.

۳- این موافقتنامه موجب حقوق یا تعهداتی بر اساس قوانین بین المللی نمی شود.

۸- امضا

این موافقتنامه در سه نسخه امضا خواهد شد.

امضا از سوی وزارت غذا و کشاورزی نروژ:	امضا از سوی سپرده گذار:
.....امضا	امضا
.....نام	نام
.....عنوان	عنوان
.....تاریخ	تاریخ

ضمیمه ۱

الزامات برای کیفیت، کمیت، بسته‌بندی، موجودی و حمل و نقل مواد به سوالبارد

۱- نمونه‌های ذخایر ژنتیکی گیاهی برای غذا و کشاورزی (PGRFA) باید از بذرهایی تا حد امکان با قابلیت زنده‌مانی بالا، عاری از بیماری‌ها و آفات و قادر به حفظ سطوح کافی جوانه‌زنی برای حداقل ۱۰ سال باشد.

۲- نمونه‌ها برای داشتن تکرار ایمن باید با همان روشی که برای مجموعه پایه سپرده‌گذار آماده شده، تهیه شوند. شرایط باید حداقل به اندازه شرایط نگهداری طولانی مدت ژرم پلاسما در بانک‌های ژن سپرده‌گذار دقیق باشد. کیفیت آماده‌سازی بذر (به عنوان مثال، خشک کردن) اهمیت دارد.

۳- حجم نمونه واقعی باید بر اساس صلاحدید سپرده‌گذار مطابق با آخرین رویه علمی باشد. در صورت امکان، هر نمونه باید حاوی دانه‌های کافی برای حفظ تمامیت ژنتیکی نمونه‌ها حداقل برای سه سیکل احیا باشد. در صورت امکان، یک نسخه تکراری ایمن باید حاوی حداقل ۵۰۰ بذر زنده برای نمونه‌های هتروژن با تنوع بالا و حداقل ۳۰۰ بذر برای نمونه‌های هموژن باشد.

۴- نمونه‌های بذر باید در بسته‌های فویل آلومینیومی سه لایه بسته‌بندی و مهر و موم شده قرار گیرند که لایه فویل فلزی میانی آن ضخامت مناسبی داشته باشد. در کیسه‌ها از هر چهار طرف درزگیری شده باشد. بسته‌های فویل باید بادوام و غیر قابل نفوذ در برابر رطوبت باشند و به طور کلی با استانداردهای توصیه شده برای نگهداری بذر در دمای پایین مطابقت داشته باشند. در مواردی که بسته‌ها حاوی دانه‌های تیز هستند، باید از آسترهای مناسب برای به حداقل رساندن خطر سوراخ شدن بسته‌ها استفاده شود.

۵- هر بسته دانه باید با شناسه/شماره نمونه سپرده‌گذار برچسب گذاری شود. برچسب‌ها باید در شرایط نگهداری طولانی مدت در دمای پایین بادوام باشند. برای اطمینان از اینکه ژرم پلاسما به درستی شناسایی می‌شود، باید یک برچسب بیرونی و داخلی روی هر بسته بذر گذاشته شود.

۶- بسته‌های بذر باید در جعبه‌های سپرده بسته‌بندی و مهر و موم شوند. جعبه‌ها

باید بادوام باشند، از موادی ساخته شده باشند که به اندازه کافی محکم باشد تا بتواند وزن بسته‌های بذری را که در آنها قرار دارد تحمل کند، در هنگام حمل و نقل مقاومت کند و در طول ذخیره‌سازی در سردخانه سفت و سخت باقی بماند و به طور کلی مطابق با استانداردهای توصیه شده برای نگهداری در دمای پایین باشد. اگر در مورد انتخاب جعبه‌های سپرده شک دارید، با هماهنگی کننده عملیات و مدیریت با مرکز منابع ژنتیک نروژ تماس بگیرید.

۷- یک جعبه سپرده تا حد امکان باید با نمونه‌هایی پر شود که انتظار می‌رود طول عمر یکسانی داشته باشند (یعنی از یک گونه و یک دوره نیاز احیا)، بنابراین به طور کلی نیاز به جایگزینی همان زمان دارند.

۸- هر جعبه باید دارای برچسب نام سپرده گذار و شماره شناسایی باشد. به هر جعبه در محموله خود یک شماره منحصر به فرد بدهید و اطمینان حاصل کنید که شماره روی برچسب با شماره نهایی محموله مطابقت دارد. از اعداد اعشاری یا حروف استفاده نکنید، فقط از اعداد صحیح استفاده کنید: (۱، ۲، ۳، ۴، ...). از اعداد متوالی برای محموله‌های متوالی استفاده کنید (مثلاً اگر اولین محموله شما شامل ۳۵ جعبه است، جعبه‌های محموله بعدی باید جعبه‌هایی از ۳۶ به بالا را نشان دهند). اگر علاوه بر جعبه‌های سپرده، جعبه‌هایی با نمونه‌های آزمایشی ارسال کرده باشید، اینها نیز باید شمارش شوند. برچسب‌ها باید در شرایط نگهداری طولانی مدت در دمای پایین بادوام باشند و باید در بالا و چهار طرف جعبه قرار گیرند.

۹- ابعاد جعبه سپرده بیشتر از طول ۶۰ سانتی‌متر در عرض ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۸ سانتی‌متر نبوده و همچنین کمتر از ۵۵ سانتی‌متر در عرض ۳۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر نباشد. در مواردی که جعبه‌های سپرده شده با ابعاد کوچک‌تر ضروری هستند (به نکته ۶ توجه کنید)، حداکثر دو جعبه اما بیش از سه جعبه را نمی‌توان در یک جعبه ذخیره‌سازی که با حداکثر و حداقل ابعاد مورد نیاز مطابقت دارد قرار داد. در این موارد، جعبه بیرونی باید با نام سپرده گذار و شماره شناسایی جعبه‌های داخل آن نیز برچسب گذاری شود.

۱۰- هر جعبه از نمونه‌های آزمایشی برای بررسی جوانه‌زنی (که ممکن است

با مرکز منابع ژنتیکی نیروژ توافق شده باشد) باید به وضوح علامت‌گذاری شود.
۱۱- همه جعبه‌ها باید فهرستی از محتویات خود را در جعبه مهر و موم شده داشته باشند. فهرست باید حداقل اطلاعات مرتبط را برای هر نمونه بذر در جعبه ارائه کند:

- کد موسسه FAO WIEWS
- شماره جعبه سپرده‌گذاری شده
- نام مجموعه
- شماره نمونه
- نام علمی کامل
- منبع یا کشور محل جمع‌آوری
- تعداد بذر در نمونه
- سال احیا

۱۲- برای هر محموله برنامه ریزی شده به انبار جهانی بذر سوالبارد:

• حمل و نقل طبق برنامه زمانبندی توافق شده با مرکز منابع ژنتیکی نیروژ انجام می‌شود. ارسال سپرده‌ها از قبل اعلام می‌شود و سپرده‌گذار در هر زمان می‌تواند برنامه زمان‌بندی ارسال را درخواست کند. اطلاعیه حمل و نقل باید حداقل شش هفته قبل از تاریخ ارسال برنامه ریزی شده، انجام شود و ارسال باید بر اساس پذیرش و تایید مرکز منابع ژنتیکی شمال اروپا باشد.

• فهرست الکترونیکی محتویات تمام جعبه‌های سپرده در محموله باید حداقل شش هفته قبل از تاریخ انتقال برنامه ریزی شده به مرکز منابع ژنتیک نیروژ ارسال شود. سپرده‌گذار باید داده‌های مورد نیاز در مورد محتویات فهرست شده در بند ۱۰ و مشخص شده در دستورالعمل‌های سپرده‌گذاری را در <https://seedvault.nordgen.org/Information/DepositorGuidelines> بارگذاری کند. محتویات الکترونیکی باید با الگوی ارائه شده توسط مرکز منابع ژنتیکی نیروژ مطابقت داشته باشد.

• پس از دریافت تاییدیه از مرکز منابع ژنتیکی نیروژ مبنی بر امکان ادامه سپرده‌گذاری و واردات در سوالبارد، حمل و نقل باید به صورت هوایی به فرودگاه

اسلو گاردرمون، نروژ و بعد از آن به سوالبارد انجام شود. در صورت امکان، سریع ترین و مستقیم ترین مسیر و اجتناب از عبور و مرور از طریق فرودگاه هایی که دمای هوا بالا است، مد نظر قرار گیرد. اطمینان حاصل شود که تمام اسناد مورد نیاز برای ترخیص کالا از گمرک آماده شده است.

• همه محموله ها باید با الزامات مندرج در این ضمیمه و هر دستورالعمل فنی اضافی ارائه شده توسط مرکز منابع ژنتیکی نروژ در <https://seedvault.nordgen.org> مطابقت داشته باشد و شامل کلیه اسناد صادراتی، بهداشت گیاهی و واردات باشد.

• حمل و نقل باید به آدرس ارائه شده توسط هماهنگ کننده عملیات و مدیریت انجام شود. مطمئن شوید که آدرس استفاده شده آخرین آدرس ارائه شده باشد.

Therefore, increasing the security and safety factor of gene banks both through the renovation and equipping of the existing collections and through the establishment of a safty backup of genetic resources is considered a necessity, which requires quick management measures and providing financial credits at the national level. Currently, the lack of a safty duplicate is considered one of the biggest threats to the country's agricultural and natural resources genetic resources, which endangers the body and blocks of providing essential infrastructure in ensuring food security over time. Therefore, the establishment of a safty duplicate is one of the basic solutions in protecting this huge national wealth for the current population and future generations.

In this book, an attempt has been made to explain the standards and the principles that need to be considered during establishment of a safty backup for different plant genetic resource collections, including orthodox seed collections, living plant collections, in-vitro as well as cryo collections. In the following, history, achievement, facilities for long-term conservation and deposit process and requirements of Svalbard global seed valut as the largest backup in the world are described. In addition to, the status of plant genetic resource for food and agriculture conservation of and minimum facility to establish the safty back up for them in the country is explained. The target groups of this book are all policy makers and planners in the field of genetic resources, all stalkholders and gene banks conserving agricultural and natural resources plant genetic resources, and researchers and those interested in plant genetic resource conservation.

Strategies and Principles for Safety Duplication of Plant Genetic Resources

Preface

Genetic resources are the basis of food security, economic growth and national development. They are essential to achieve the potential of adaptive capacity, to maintain the resilience of production systems, and to meet the needs of a growing human population of a country as well as guarantor of the security in the region and the world.

Iran is a country with very high genetic diversity (megadiverse) and is rich in plant genetic resources. The preservation and protection of these national resources, which are the result of thousands of years of dynamic evolution of nature and selection of ancestors, is very important. These genetic resources, due to having genes for resistance to environmental stresses and pests and diseases, and due to their high adaptability to the country's climate, are the foundation for maintaining the stability of production and the continuation of food security.

Considering the various challenges and bottlenecks facing food security, such as climate change, the spread of new and emerging strains of pests and diseases, sanctions, the occurrence of regional wars, etc., effective conservation and exploitation of genetic resources is the most important way to ensure food security and production stability in the country.

The lack of an efficient and standard conservation system for gene banks makes them vulnerable to threats caused by human errors or natural disasters.



Agricultural Research Education And Extension Organization
National Center for Genetic Resources



Strategies and Principles for Safety Duplication of Plant Genetic Resources

By:

Masoumeh Pouresmael, Mostafa Aghae Sarbarzeh,
Mohammad Jaffar Aghae, Mir Jamaledin Pourpeighambar,
Raha Abedini and Mohammad Amin Makhdomi

2024