

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

آزمون‌های تعیین کیفیت بذر سویا

تألیف:

پرستو مجیدیان^{۱*}، بهرام مسعودی^۲، بیتا اسکوئی^۳

- ۱- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
- ۲ استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
- ۳ استادیار پژوهشی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

سرشناسه	: مجیدیان، پرستو، ۱۳۶۳-
عنوان و نام پدیدآور	: آزمون‌های تعیین کیفیت بذر سویا/ تالیف پرستو مجیدیان، بهرام مسعودی، بیتا اسکویی؛ ویراستار علمی ابوالفضل فرجی، ولی اله رامته؛ [برای] وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.
مشخصات نشر	: تهران: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، ۱۴۰۴.
مشخصات ظاهری	: ح، ۱۵۴ ص.: مصور (رنگی). شابک: 978-622-363-105-4 وضعیت فهرست نویسی: فیا
یادداشت	: ص.ع. به انگلیسی: Parastoo Majidian, Bahram Masoudi, Bitā Oskouei. Soybean seed quality determination tests.
یادداشت	: کتابنامه: ص. [۱۴۵] - ۱۵۴.
موضوع	: سویا -- بذرها -- کیفیت سویا -- بیماری‌ها و آفت‌ها بذرها -- بیماری‌ها و آفت‌ها Soybean -- Seeds -- Quality Soybean -- Diseases and pests Seed pathology
شناسه افزوده	: مسعودی، بهرام، ۱۳۵۹- شناسه افزوده: Masoudi, Bahram شناسه افزوده: اسکویی، بیتا، ۱۳۵۴-
شناسه افزوده	: فرجی، ابوالفضل، ۱۳۴۹-، ویراستار شناسه افزوده: رامته، ولی اله، ۱۳۴۶-، ویراستار
شناسه افزوده	: موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر
شناسه افزوده	: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت آموزش و ترویج. نشر آموزش کشاورزی
رده بندی کنگره	: ۹/ ۲۵/ SB رده بندی دیویی: ۶۳۳/۳۴ شماره کتابشناسی ملی: ۱۰۱۸۱۶۷۹ اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیا

ISBN: 978-622-363-105-4

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۳۶۳-۱۰۵-۴



آزمون‌های تعیین کیفیت بذر سویا

تألیف:	پرستو مجیدیان، بهرام مسعودی و بیتا اسکویی
ویراستاران علمی:	دکتر ابوالفضل فرجی و دکتر ولی اله رامته
ناشر:	نشر آموزش کشاورزی - معاونت ترویج و آموزش کشاورزی
شمارگان:	۱۰۰ جلد
چاپ اول:	۱۴۰۴
قیمت:	
مسئولیت درستی مطالب کتاب با مؤلفان است	

این کتاب تحت شماره ۳۱۴۰۴۱۵ مورخ ۱۴۰۴/۶/۲۷ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نشانی: کرج، بلوار شهید فهمیده، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر،

تلفن: ۰۲۶-۳۲۷۰۰۰۴۲-۳

پیشگفتار

گیاه سویا به عنوان دانه روغنی نقش مهمی را در تأمین روغن نه تنها در صنعت کشاورزی بلکه در صنایع تبدیلی و پزشکی در دنیا ایفا می‌کند. در واقع بیش از نیمی از روغن‌های گیاهی که در دنیا مصرف می‌شود به گیاه سویا اختصاص دارد. اهمیت سویا نه تنها از جنبه تأمین روغن بلکه از جهت تهیه دو سوم پروتئین مورد نیاز برای دام و طیور نیز از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. علاوه بر آن، گیاه سویا با داشتن ویژگی‌های منحصر به فرد نظیر محتوای بالای روغن و پروتئین، قابلیت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، بهبود خواص فیزیکی خاک، وجود کربوهیدرات‌ها، مواد معدنی و ترکیبات دارویی همچون ایزوفلاون، توکوفرول و لسیتین جایگاه ویژه‌ای را در بین محصولات زراعی به خود اختصاص داده است.

تولید بذر سویا یکی از مهم‌ترین بخش‌ها در زمینه خودکفایی سویا در ایران است. سالانه درصد قابل توجهی از ارز دولتی به واردات بذر سویا اختصاص می‌یابد که با افزایش تولید بذر در داخل کشور می‌توان گامی عظیم در جهت خودکفایی تولید روغن و تأمین زنجیره غذایی انسان و دام نهاد. در این راستا، توجه به کمیت و کیفیت بذر سویا به منظور دسترسی به بذر مطلوب و افزایش عملکرد مد نظر می‌باشد. بذر با کیفیت نه تنها سود بیشتری برای کشاورزان به همراه دارد، بلکه باعث می‌شود محصول نهایی مناسب‌تر و مقاوم‌تر باشد. به همین دلیل، بررسی کیفیت بذر با استفاده از آزمون‌های مختلف اهمیت زیادی دارد. این کتاب با زبانی ساده و کاربردی به شما کمک می‌کند تا با ویژگی‌های اصلی بذر سویا، روش‌های آزمایش تجزیه و تحلیل کیفیت آن، و همچنین راه‌های مقابله با بیماری‌ها و نگهداری درست بذر آشنا شوید.

کلمات کلیدی: آزمون، سویا، بذر، کیفیت

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۵
فصل اول: اصطلاحات مرتبط با بذر.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۱
۲-۱- سلامت بذر.....	۱
۳-۱- خلوص بذر.....	۲
۴-۱- قابلیت حیات بذر.....	۳
۵-۱- قوه نامیه بذر.....	۳
۶-۱- بذر سویا.....	۴
۷-۱- روند جوانه‌زنی بذر و ظهور گیاهچه سویا.....	۵
فصل دوم: آزمون‌های رشد.....	۱۵
۱-۲- مقدمه.....	۱۵
۲-۲- آزمون استاندارد جوانه‌زنی بذر سویا.....	۱۵
۱-۲-۲- وسایل و تجهیزات مورد نیاز.....	۱۵
۲-۲-۲- مراحل آزمون جوانه‌زنی استاندارد.....	۱۶
۳-۲-۲- شمارش اولیه.....	۱۷
۴-۲-۲- سرعت جوانه‌زنی.....	۱۷
۵-۲-۲- طول و وزن خشک گیاهچه.....	۱۸
۶-۲-۲- شاخص‌های قدرت گیاهچه.....	۱۸
فصل سوم: آزمون‌های تنش.....	۱۹
۱-۳- مقدمه.....	۱۹
۲-۳- آزمون سرما.....	۱۹
۳-۳- آزمون جوانه‌زنی پیری تسریع شده.....	۲۰
فصل چهارم: آزمون ترازولیوم.....	۲۱

۲۱	۴-۱- مقدمه
۲۲	۴-۲- اصول آزمون تترازولیوم
۲۳	۴-۳- تجهیزات و منابع
۲۴	۴-۴- محلول‌های تری فنیل تترازولیوم کلراید
۲۵	۴-۵- آماده‌سازی بذر
۲۶	۴-۶- ارزیابی بذر
۳۰	۴-۷- تشخیص علل زوال بذر سویا
۳۴	۴-۸- شناسایی سطوح زنده‌مانی
۶۸	۴-۹- ثبت داده‌ها
۷۰	۴-۱۰- تفسیر نتایج
۷۲	۴-۱۱- مزایا و محدودیت‌های آزمون تترازولیوم
۷۲	۴-۱۲- چه زمانی از آزمون تترازولیوم می‌توان استفاده کرد؟
۷۵	فصل پنجم: آزمون هدایت الکتریکی
۷۵	۵-۱- مقدمه
۷۶	۵-۲- ابزار مورد نیاز
۷۷	۵-۳- آماده‌سازی نمونه
۷۸	۵-۴- اندازه‌گیری رسانایی
۸۰	۵-۵- محاسبه رسانایی منبع اصلی آب
۸۳	فصل ششم: آزمون‌های مربوط به عوامل بیماری‌زا بذرزا
۸۳	۶-۱- مقدمه
۸۳	۶-۲- روش مبتنی بر کاغذ فیلتری (آزمون بلاتر)
۸۴	۶-۲-۱- مواد و وسایل مورد نیاز
۸۵	۶-۲-۲- روش آزمایش
۸۷	فصل هفتم: عوامل بیماری‌زا مهم
۸۷	۷-۱- مقدمه

۸۷	۲-۷- قارچ سرکوسپورا کیکوچی
۸۹	۳-۷- قارچ کولتوتریکوم ترانکاتوم
۹۲	۴-۷- قارچ فوزاریوم
۹۴	۵-۷- قارچ ماکروفومینا فاسئولینا
۹۷	۶-۷- قارچ فوموپسیس
۹۹	۷-۷- قارچ رایزوکتونیا سولانی
۱۰۲	۸-۷- قارچ اسکروتینیا اسکروتیوروم
۱۰۶	۹-۷- قارچ اسکروتیوم رولفسی
۱۰۸	۱۰-۷- قارچ فیتوفترا سوژا
۱۱۱	۱۱-۷- قارچ‌های انباری
۱۱۲	۱-۱۱-۷- قارچ آسپرگیلوس
۱۱۴	۲-۱۱-۷- قارچ پنسیلیوم
۱۱۵	۱۲-۷- آلوده کننده‌ها یا ساپروفیت‌ها
۱۱۵	۱-۱۲-۷- قارچ آلترناریا
۱۱۶	۲-۱۲-۷- باکتری‌ها
۱۱۷	۳-۱۲-۷- باکتری بوتریودیپلودیا
۱۱۸	۴-۱۲-۷- قارچ چائتومیوم
۱۱۹	۵-۱۲-۷- قارچ کلدوسپوریوم
۱۲۰	۶-۱۲-۷- قارچ رایزوپوس
۱۲۲	۷-۱۲-۷- قارچ تریکودرما
۱۲۳	فصل هشتم: تمایز گیاهچه‌های عادی از گیاهچه‌های غیرعادی
۱۳۷	فصل نهم: شرایط نگهداری بذر سویا
۱۴۲	جمع‌بندی و پیشنهادات
۱۴۵	منابع

فصل ۱

اصطلاحات مرتبط با بذر

۱-۱- مقدمه

استفاده از بذر مرغوب و با کیفیت یک عامل کلیدی در تولید موفق محصول می‌باشد. ویژگی‌هایی مانند درصد جوانه‌زنی، سالم و رسیده بودن بذور، قدرت رویش بذور، رطوبت بذور و همچنین خلوص و غیره همگی می‌توانند بر کیفیت بذر و در نتیجه سودآوری محصول بعدی تأثیر بگذارند (راجو و همکاران، ۲۰۱۲). یک بذر خوب منجر به سبز شدن بیشتر محصول (بیش از ۷۰ درصد)، تولید توده‌های گیاهی یکنواخت‌تر و رشد سریع‌تر گیاه می‌شود. رشد مطلوب گیاه در مراحل اولیه رشد، مقاومت محصول را در برابر آفات و بیماری‌ها افزایش می‌دهد. مهم‌ترین خصوصیات بذر خوب عبارت‌اند از خلوص بذر^۱، سالم بودن بذر^۲، قابلیت حیات بذر^۳، قوه نامیه بذر^۴، رطوبت بذر^۵، وزن هزار دانه بذر^۶ و غیره می‌باشد.

۱-۲- سلامت بذر

نگهداری و تبادل ایمن ژرم‌پلاسماها نیازمند تولید بذورهای عاری از آفات و بیماری‌ها می‌باشد که در خطر قرنطینه هستند. سلامت بذر با حضور یا عدم حضور عوامل بیماری‌زا نظیر قارچ‌ها، باکتری‌ها، ویروس‌ها و آفات مرتبط می‌باشد (هیدینک و همکاران،

-
1. Seed purity
 2. Seed health
 3. Seed viability
 4. Seed vigor
 5. Seed humidity
 6. 1000 seed weight

۲۰۲۳). مخرب‌ترین اثر عوامل بیماری‌زای بذرزاد ایجاد آلودگی در مناطق عاری از بیماری و توزیع بیماری‌های جدید است. کاشت بذرهای آلوده نه تنها سبب گسترش عوامل بیماری‌زا می‌گردد بلکه سبب کاهش معنی‌دار عملکرد بین ۱۵ تا ۹۰ درصد نیز می‌شود. از این رو، استفاده از آزمون‌های تعیین سلامت بذر جهت صدور گواهی بذر، گواهی بهداشت گیاهی، و برنامه‌های قرنطینه در سطوح ملی و بین‌المللی مورد نیاز می‌باشد (سدالی، ۲۰۱۵). تشخیص عوامل بیماری‌زای بذرزاد/انتقالی در اطمینان حاصل کردن از سلامت منبع بذوری که برای تکثیر وسیع بذر مورد استفاده قرار می‌گیرد و حفظ ژرم پلاسِم گیاهی برای برنامه‌های تحقیقاتی و توسعه محصول در آینده، اهمیت بسزایی دارد.

۱-۳- خلوص بذر

بذر خالص به بذری گفته می‌شود که عاری از کلیه مواد خارجی و بذور گیاهان دیگر باشد. مهم‌ترین مواد خارجی موجود در بذور کشاورزی عبارت‌اند از بذور گیاهان دیگر و مواد غیر بذری. بذور گیاهان دیگر به غیر از بذور گیاه اصلی جزو ناخالصی محسوب می‌شوند، زیرا همگی آنها پس از کاشت گیاه به عنوان علف هرز شمرده خواهند شد و برای رشد گیاه اصلی ایجاد مشکل خواهند کرد (سندکی، ۲۰۲۰). به هر گیاه دیگر به جز گیاه اصلی که ناخواسته در زمین زراعی سبز شود، علف هرز گفته می‌شود نظیر بوته‌های گندم در یونجه‌زارها، گیاه ذرت در اراضی آفتابگردان، یونجه در اراضی جو، چچم در گندم‌زارها - که بذر آن باعث کاهش ارزش نانوائی می‌گردد و بذور تاجریزی که موجب رنگین شدن محصول می‌شوند (شلار و همکاران، ۲۰۰۸).

مواد غیر بذری شامل ذرات خاک، ماسه و کاه و کلش می‌باشند. زیرا حضور این گونه مواد می‌تواند در دستگاه‌های بذرپاش ایجاد اشکال نماید. به طور کلی بذوری که دارای ناخالصی‌های بیشتری هستند، در صورتی می‌توانند برای کاشت بکار گرفته شوند که ناخالصی‌های موجود، از نوع غیر بذری باشد و ایجاد مشکل در کاشت نکند (جسوس و همکاران، ۲۰۲۱).

۱-۴- قابلیت حیات بذر

قابلیت حیات بذر مفهومی مورد اختلاف و ابهام در بین متخصصان این حوزه می‌باشد (اسکوئی و همکاران، ۲۰۱۲). از دیدگاه کارشناسان بذر، توانایی بذر در جوانه زنی و تولید گیاهچه طبیعی نشان دهنده قابلیت حیات بذر است (تکرونی و همکاران، ۱۹۸۰). در حالی که از دیدگاه سایر متخصصان، قابلیت حیات بذر نشان دهنده درجه زنده بودن، فعالیت متابولیکی و دارا بودن آنزیم‌های مورد نیاز برای واکنش‌های متابولیکی برای جوانه زنی و رشد گیاهچه است. عموماً زمان رسیدگی فیزیولوژیک کامل بذر به عنوان زمان حداکثر قابلیت حیات بذر در نظر گرفته می‌شود. اصطلاح حیات بذر به این معناست که یک بذر زنده قابلیت جوانه زنی در شرایط مناسب را دارد. به عبارت دیگر، اجزای گیاه همچون بذر، قلمه و غیره توانایی جوانه زنی و رشد را دارند (بوفونگ و همکاران، ۲۰۱۳).

۱-۵- قوه نامیه بذر

قوه نامیه بذر - به عنوان شاخص مهم کیفیت بذر - ضامن اولیه در جهت دسترسی به تعداد مناسب بوته در واحد سطح و همچنین عملکرد پایدار محصول می‌باشد. سطح بالای قوه نامیه بذر می‌تواند پتانسیل ظهور سریع و یکنواخت بذر را تعیین کند و تا ۲۰ درصد عملکرد را افزایش دهد (تکرونی و اگلی، ۱۹۷۷). قدرت بذر مجموعه‌ای از ویژگی‌های متعدد است که کیفیت بذر و پتانسیل ظهور یکنواخت گیاهان در مزرعه را تحت شرایط مختلف محیطی تعیین می‌کند. عوامل متعددی نظیر ساختار ژنتیکی، محیط رشد و تغذیه گیاه مادری، رسیدگی در زمان برداشت، اندازه و وزن بذر، پایداری مکانیکی، آسیب دیدگی، پیری و عوامل بیماری‌زا تعیین کننده قوه نامیه بذر می‌باشند (چو و اسکات، ۲۰۰۰). قدرت بذر را می‌توان با روش‌های مختلف همچون آزمون‌های رشد، آزمون‌های تنش، آزمون‌های بیوشیمیایی، آزمون‌های مرتبط با عوامل بیماری‌زا بذرزاد سنجید. به دلیل اینکه قوه نامیه بذر تحت تأثیر عوامل متعدد از جمله نوع گونه، ژنوتیپ و شرایط محیطی می‌باشد، هیچ روش عمومی و واحدی برای آزمون قوه نامیه بذر وجود ندارد (صادقی و همکاران، ۲۰۱۱). در جدول شماره ۱ ویژگی‌های آزمون حیات بذر و قوه نامیه بذر نشان داده شده است.

جدول ۱- مقایسه حیات بذر و قوه نامیه بذر

حیات بذر	قوه نامیه بذر
به ظرفیت بذر برای جوانه‌زنی و تولید گیاهچه سالم بر می‌گردد.	به سرعت جوانه‌زنی بذر بر می‌گردد.
آزمون حیات بذر به منظور تعیین بذور زنده یا مرده در یک نمونه بذری به کار می‌رود.	آزمون قوه نامیه بذر توان بذرها را تعیین می‌کند.
آزمون حیات بذر شامل آزمون جوانه‌زنی، آزمون ترازولیوم و غیره می‌باشد.	آزمون قوه نامیه بذر شامل آزمون جوانه‌زنی پیری تسریع شده، آزمون سرما و غیره می‌باشد.
قابلیت حیات بذر زمانیکه بذر به رسیدگی فیزیولوژیک می‌رسد، کم می‌شود.	بذرهاى مختلف سطوح متفاوتی از قوه نامیه را دارند.
آزمون حیات بذر توسط یک نوع وارته از بذرها قابل انجام است.	حداقل دو گونه متفاوت از بذرها برای آزمون قوه نامیه بذر مورد نیاز می‌باشد.
حیات بذر به صورت درصد اندازه‌گیری می‌شود.	صرفاً جهت مقایسه انعطاف‌پذیری یک گونه بذر نسبت به دیگری انجام می‌شود.

۱-۶- بذر سویا

بذر سویا نسبت به بذر غلات حاوی غلظت بیشتری از پروتئین و چربی است و اکسیداسیون این مولکول‌های زیستی به طور قابل توجهی طول عمر بذر را کوتاه کرده و توانایی جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد (شکل ۱). از این رو، بذر کاهش یافته و گیاهچه‌ها ضعیف می‌شوند (اسمیت و کمپر، ۱۹۷۵). به علاوه، ایجاد شرایط نامطلوب طی فرآیند تشکیل بذر در مزرعه و یا شرایط نامناسب انبارداری بذر، سبب زوال شدید و کاهش کیفیت بذر می‌گردد. به طور کلی بذرهایی که دارای قدرت رشد بیشتری هستند، دارای جوانه‌زنی سریع، یکنواخت و بیشتری نیز می‌باشند و بوته‌های حاصل از آنها نیز رشد اولیه سریع‌تری خواهند داشت (حمیدی و همکاران، ۲۰۲۰). این رشد اولیه و استقرار سریعتر باعث دریافت تشعشع بیشتر و در نهایت افزایش عملکرد محصول می‌شود. رشد اولیه سریعتر و بسته شدن زودتر پوشش گیاهی در مراحل اولیه رشد باعث کاهش نفوذ نور به

زیر پوشش تاج شده و قابلیت رقابت گیاه سویا را با علف‌های هرز افزایش می‌دهد (پورسل و همکاران، ۲۰۱۴).



شکل ۱- بذر سویا در مزرعه

به طور کلی، دانه‌های سویا را به دلیل کاهش شدید قوه نامیه بذر می‌توان برای کمتر از یکسال در محیط معمولی نگهداری کرد. قوه نامیه ضعیف بذر می‌تواند باعث از بین رفتن ۵ تا ۱۰۰ درصد توانایی جوانه‌زنی بذر شود. از این رو، به دلیل پایین بودن قوه نامیه بذر سویا، بذر پاشی بیش از حد در حین کاشت رواج دارد که باعث افزایش هزینه بذر می‌شود (مورتزینیس و همکاران، ۲۰۱۷).

۱-۲- روند جوانه‌زنی بذر و ظهور گیاهچه سویا

مرحله رویشی^۱

پس از کاشت و در صورت وجود رطوبت، بذر سویا شروع به جذب آب می‌کند که منجر به تغییر محتوای رطوبتی از کمتر از ۱۳ درصد تا تقریباً ۵۰ درصد در عرض چند ساعت می‌گردد (مسعودی، ۲۰۲۱). طی یک یا دو روز در دمای مطلوب، ریشه اولیه

(ریشه‌چه) از بذر متورم شده از طریق پوسته بذر خارج و به سمت پایین رشد می‌کند تا ریشه اولیه را توسعه دهد (مجیدیان و همکاران، ۲۰۲۴). هنگامیکه، ریشه‌های جانبی طویل شده و ریشه‌های موئین از ریشه‌چه و ریشه‌های جانبی رشد می‌کند، ریشه‌های جانبی به سرعت از ریشه‌چه خارج می‌شوند (باستیداس و همکاران، ۲۰۰۸). ریشه‌های موئین به ساختار اصلی جذب آب و مواد غذایی تبدیل می‌شوند. جدول ۲ ساختار گیاهچه سویا و ویژگی‌های هر اندام را نشان می‌دهد.

جدول ۲- ساختار گیاهچه سویا و ویژگی‌های هر اندام

ویژگی‌ها	ساختار
بذر را از آسیب‌های فیزیکی، دمايي و ناشی از آب محافظت می‌کند، به نگه داشتن خواب بذر کمک می‌کند.	پوشش بذر ^۱
محلی که بذر به تخمدان گیاه درون غلاف متصل می‌شود.	ناف بذر ^۲
بخش اولیه جنین که به پوشش بذر نفوذ می‌کند و به سمت ریشه اصلی گسترش می‌یابد	ریشه‌چه
بافت بین کوتیلدون‌ها و ریشه‌چه که بعد از جوانه‌زنی تبدیل به ساقه گیاه می‌شود.	هیپوکوتیل
ناحیه ساقه بالای کوتیلدون‌ها که شامل یک ساقه، دو برگ اولیه، و یک جوانه انتهایی می‌باشد.	ابی کوتیل
دومین برگ‌هایی که بعد از کوتیلدون‌ها ظاهر می‌شوند، برگ‌هایی منفرد و غیر مرکب هستند که به طور همزمان در مقابل همدیگر توسعه می‌یابند.	برگ‌های تک برگچه‌ای
برگ‌های حقیقی اولیه گیاه سویا، برگ‌های مرکبی هستند که از سه برگچه تشکیل می‌شوند، هر یک در یک زمان بعد از برگ‌های تک برگچه‌ای به صورت متناوب توسعه می‌یابند.	برگ‌های سه برگچه‌ای

1. Testa

2. Seed hilum or scar

پنج تا ده روز پس از کاشت، گیاهچه جدید از زیر سطح خاک بیرون می‌آید که نشاندهنده شروع رشد رویشی یا ظهور گیاهچه^۱ می‌باشد. هیپوکوتیل شروع به طویل شدن کرده و قلابی را تشکیل می‌دهد که با هل دادن سطح خاک، کوتیلدون‌ها (لپه‌ها) را به سمت بالا می‌کشد. کوتیلدون‌ها به عنوان منبع موقت مواد غذایی ذخیره شده برای گیاهچه عمل می‌کنند (مجیدیان و همکاران، ۲۰۲۲). اندکی پس از ظهور، کوتیلدون‌ها به دلیل قرار گرفتن در معرض نور خورشید باز شده و سبز رنگ می‌شوند و از طریق فتوسنتز شروع به تولید مواد غذایی اضافی می‌کنند. با باز شدن کوتیلدون‌ها، اپی کوتیل آشکار می‌گردد که دارای برگ‌های کوچک، جوانه‌ها و نقطه اصلی رشد می‌باشد (پورسل و همکاران، ۲۰۱۴).

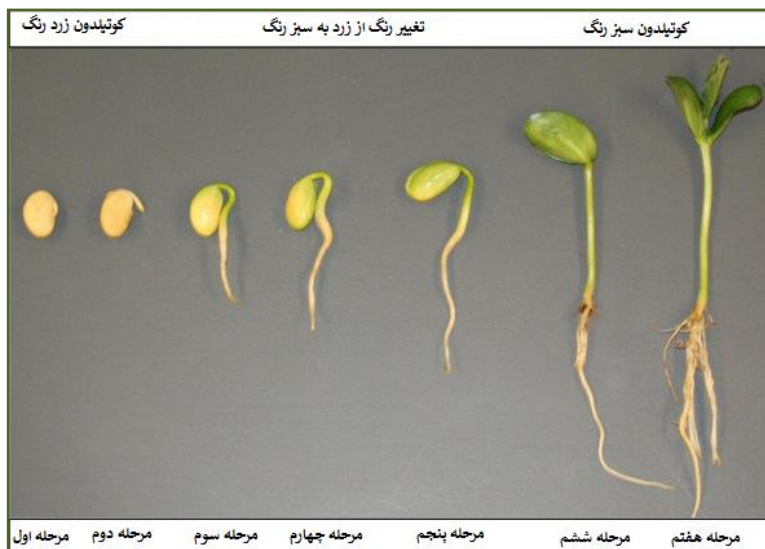
برگ‌های تک برگچه‌ای در مرحله بعدی نمایانگر مرحله رشد کوتیلدونی^۲ می‌باشند. برگ‌های تک برگچه‌ای برگ‌هایی منفرد و غیر مرکب هستند که به طور همزمان در طرفین مخالف هم روی ساقه ظهور می‌یابند (مجیدیان و همکاران، ۲۰۲۴). در این مرحله، کوتیلدون‌ها ۷۰ درصد وزن خود را از دست می‌دهند که اگر یک کوتیلدون از دست برود، اثر آن بر نرخ رشد گیاه حداقل می‌باشد. اما اگر هر دو کوتیلدون در مرحله شروع رشد رویشی یا مرحله رشد کوتیلدونی از بین بروند، گیاهچه کوچک شده و عملکرد به میزان ۸ تا ۹ درصد کاهش می‌یابد.

به دنبال ظهور برگ‌های تک برگچه‌ای، برگ‌های سه برگچه‌ای ظاهر می‌شوند، به طوری که اولین برگ حقیقی گیاه سویا بیانگر اولین مرحله از ظهور برگ سه برگچه‌ای می‌باشد. برگ‌های سه برگچه‌ای برگ‌های مرکبی هستند که از سه برگچه تشکیل شده‌اند که هر کدام در یک زمان ظهور می‌یابند. این برگ‌ها به طور متناوب در نقطه مقابل هم روی ساقه قرار دارند. ظهور برگ سه برگچه‌ای بعدی بیانگر دومین مرحله از ظهور برگ سه برگچه‌ای می‌باشد و به دنبال آن ایجاد هر برگ سه برگچه‌ای جدید نشان‌دهنده یک

1. Vegetative emergence (VE)

2. Vegetative cotyledon (VC)

مرحله جدید از مرحله رویشی است (شکل ۲). مراحل رشد رویشی جدید، حدوداً هر ۵ روز از مرحله کوتیلدون‌ی تا پنجمین مرحله از ظهور برگ سه برگچه‌ای و سپس هر سه روز از پنجمین مرحله از ظهور برگ سه برگچه‌ای تا مقداری پس از مرحله رشد زایشی شروع تشکیل بذر برای ارقام رشد نامحدود، زمانیکه حداکثر تعداد گره‌ها توسعه یافته‌اند، ظهور می‌یابد (معجیدیان، ۲۰۲۲).



شکل ۲- روند جوانه‌زنی و سبز شدن بذر سویا

در دومین مرحله از ظهور برگ سه برگچه‌ای، گیاه سویا ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر طول دارد و دارای دو گره برگ‌های سه برگچه‌ای کاملاً توسعه یافته می‌باشد. اکثر نیتروژن مورد نیاز برای سویا می‌تواند از طریق فرآیندی به نام تثبیت نیتروژن تأمین گردد. از طریق تثبیت نیتروژن، باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن در ریشه‌های سویا قادر به تبدیل نیتروژن اتمسفری به شکل قابل استفاده نیتروژن برای گیاه می‌باشند. باکتری‌ها از طریق ریشه‌های موئین وارد گیاه می‌شوند. گره‌ها یا برآمدگی‌های روی ریشه بعد از مرحله ظهور گیاهچه نمایان می‌شوند، اما تثبیت نیتروژن فعال تا مراحل تشکیل دومین برگ سه برگچه‌ای تا تشکیل سومین برگ سه برگچه‌ای فعال نمی‌شود.

در مرحله تشکیل سومین برگ سه برگچه‌ای، گیاه سویا ۱۸ تا ۲۳ سانتی‌متر طول دارد و دارای سه گره برگ سه برگچه‌ای کاملاً توسعه یافته می‌باشد. در مرحله تشکیل چهارمین برگ سه برگچه‌ای و تشکیل پنجمین برگ سه برگچه‌ای گیاه سویا به ترتیب دارای ۲۰ تا ۲۷ و ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر طول است و به ترتیب دارای ۴ و ۵ گره برگ سه برگچه‌ای کاملاً توسعه یافته می‌باشد. معمولاً، در این مرحله گیاه سویا دارای بیش از ۶ شاخه فرعی در شرایط مزرعه می‌باشد. در مرحله تشکیل پنجمین برگ سه برگچه‌ای، گیاه سویا دارای جوانه انتهایی در نوک ساقه است که به خوشه‌های گل توسعه می‌یابد.

در مرحله تشکیل ششمین برگ سه برگچه‌ای، گیاه سویا ۳۰ تا ۳۶ سانتی‌متر طول دارد و دارای شش گره برگ‌های سه برگچه‌ای توسعه یافته می‌باشد. در این مرحله کوتیلدون‌ها و برگ‌های تک برگچه‌ای به مرحله پیری رسیده و از گیاه می‌ریزند. هر مرحله رشد رویشی جدید هر ۲ تا ۵ روز ظاهر می‌شود.

مرحله زایشی^۱

اولین مرحله زایشی آغاز گلدهی^۲ نام دارد که در این مرحله حداقل تعداد یک گل باز بر روی هر گره در ساقه اصلی ظاهر می‌شود که آن را شکفتن گل می‌نامند (شکل ۳). در این مرحله، گیاه سویا معمولاً ۳۸ تا ۴۶ سانتیمتر طول دارد. به طور معمول، مرحله گلدهی بر روی سومین تا ششمین گره از ساقه اصلی بسته به مرحله رویشی آغاز می‌شود و به سمت بالا و پایین بوته توسعه می‌یابد. در هر خوشه گل، گلدهی از پایین به سمت رأس رخ می‌دهد به این معنی که غلاف‌های زیری همیشه زودتر به مرحله رسیدگی می‌رسند. گل‌ها بر روی گره در شاخه‌های فرعی چند روز بعد ظاهر می‌شوند. در این مرحله، ریشه‌های عمودی به سرعت تا مرحله تشکیل غلاف کامل^۳ و شروع تشکیل بذر^۴ رشد می‌کنند (پورسل و همکاران، ۲۰۱۴).

-
1. Reproductive stage
 2. Beginning bloom (R1)
 3. Full pod (R4)
 4. Beginning seed (R5)

در مرحله گلدهی کامل^۱، گیاه سویا دارای یک گل باز شده در دو گره انتهایی روی ساقه اصلی می‌باشد و حداقل یکی از دو گره انتهایی یک برگ کاملاً توسعه یافته را شامل می‌شود. ارتفاع بوته سویا در این مرحله ۴۳ تا ۵۶ سانتیمتر است. در این مرحله، گیاه سویا ۲۵ درصد از وزن کل خشک، حدود ۵۰ درصد از ارتفاع و حدود ۵۰ درصد از تعداد کل گره را تجمع کرده است (علیزاده و همکاران، ۲۰۲۴). همچنین، این مرحله نشانه شروع خیلی سریع تجمع ماده خشک و مواد غذایی می‌باشد که تا مرحله رشدی تشکیل بذر کامل^۲ ادامه می‌یابد. نرخ تثبیت نیتروژن توسط گره‌های ریشه به سرعت در این مرحله افزایش می‌یابد. ۵۰ درصد از دست رفتن برگ‌ها در این مرحله، عملکرد گیاه را به میزان ۶ درصد کاهش می‌دهد. عمق ریشه سویا در مرحله گلدهی دو برابر ارتفاع ساقه است ولی وزن خشک ریشه کمتر از اندام‌ها هوایی است.

در مرحله شروع توسعه غلاف^۳، گیاه سویا حدود ۵۸ تا ۸۱ سانتی‌متر طول دارد (شکل ۳). در این مرحله یکی از بالاترین گره‌ها دارای غلاف ۰/۵ سانتی‌متری می‌باشد. در این مرحله، گیاه سویا دارای غلاف‌های در حال توسعه، گل‌های باز و جوانه‌های گل می‌باشد و غلاف‌های در حال توسعه در گره‌های پایین‌تر جاییکه که گلدهی شروع می‌شود، قرار دارند. تنش دمایی و رطوبتی خاک در مرحله شروع توسعه غلاف می‌تواند بر عملکرد گیاه از طریق کاهش یک یا بیشتر اجزای عملکرد تأثیر بگذارد.

در این مرحله تشکیل غلاف کامل گیاه سویا دارای غلاف ۲ سانتی‌متری در یکی از ۴ گره بالایی روی ساقه اصلی می‌باشد (شکل ۳). ارتفاع گیاه سویا ۷۱ تا ۱۰۰ سانتی‌متر است. یکی از مشخصه‌های اصلی این مرحله، رشد سریع غلاف و شروع توسعه بذر است. در این مرحله، غلاف‌ها رشد سریع و تجمع وزن خشک بین مرحله تشکیل غلاف کامل تا مرحله شروع تشکیل بذر را نشان می‌دهند. غلاف‌ها در گره‌های پایین‌تر روی ساقه اصلی

-
1. Complete flowering (R2)
 2. Full seed (R6)
 3. Beginning pod development (R3)

به اندازه کامل خود رسیده‌اند، اما اکثر غلاف‌ها در مرحله شروع تشکیل بذر به اندازه کامل خود می‌رسند. در مرحله رشدی تشکیل غلاف کامل، گیاه بسیار حساس به تنش‌های محیطی نظیر رطوبتی، نور، دمایی و کمبود مواد غذایی می‌باشد.



شکل ۳- مراحل گلدهی، شروع غلاف‌دهی و تشکیل غلاف کامل در سویا

در مرحله شروع تشکیل بذر یا مرحله شروع تشکیل بذر، طول گیاه ۷۶ تا ۱۰۹ سانتی‌متر و طول بذر ۳ میلی‌متر می‌باشد که روی یکی از ۴ گره بالایی روی ساقه اصلی قرار دارد (شکل ۴). مشخصه مرحله شروع تشکیل بذر رشد سریع بذر و باز پخش وزن خشک و مواد غذایی درون گیاه است. زمانی که بذر توسعه می‌یابد، رشد ریشه به آرامی به سمت پایین هدایت می‌شود. در نیمه این مرحله گیاه دارای حداکثر ارتفاع، تعداد گره و سطح برگ است و بیشترین میزان تثبیت نیتروژن در این مرحله رخ می‌دهد.

مرحله تشکیل بذر کامل زمانی شروع می‌شود که گیاه ارتفاعی حدوداً برابر با ۷۹ تا ۱۲۰ سانتی‌متر دارد (شکل ۴).



شکل ۴- مراحل شروع تشکیل بذر و تشکیل بذر کامل در سویا

در این مرحله گیاه دارای غلافی سبز رنگ به همراه بذر سبز رنگ است که گودی های غلاف را پر می‌کند (بر روی حداقل یکی از چهار گره بالایی روی ساقه اصلی). وزن کلی غلاف به حداکثر می‌رسد و نرخ رشد بذر ها و کل گیاه بسیار سریع می‌باشد، اما به آرامی در کل گیاه بعد از این مرحله کند می‌شود. زرد شدن برگ‌ها به زودی بعد از مرحله تشکیل بذر کامل آغاز و به سرعت تا مرحله رسیدگی کامل^۱ ادامه می‌یابد. به علاوه، رشد ریشه در نیمه مراحل تشکیل بذر کامل تا شروع رسیدگی^۲ کامل می‌شود. زمانی گیاه به مرحله شروع رسیدگی می‌رسد که یک غلاف طبیعی در ساقه اصلی به رنگ قهوه‌ای تبدیل شود (شکل ۵).

-
1. Complete maturity (R8)
 2. Maturation beginning (R7)



شکل ۵- مراحل شروع رسیدگی و رسیدگی کامل در سویا

در این مرحله، وزن خشک بذر به حداکثر میزان می‌رسد. رنگ سبز بذرهای تدریجاً ناپدید می‌شود و هم بذر و هم غلاف‌ها به رنگ زرد در می‌آیند و بذرهای به میزان ۶۰ درصد رطوبت را در مرحله رسیدگی فیزیکی دارند. در این مرحله و مراحل بعدی، امکان کاهش عملکرد به دلیل تنش کمتر می‌شود.

در مرحله رسیدگی کامل، ۹۵ درصد غلاف‌ها از نظر رنگ به رسیدگی می‌رسند تا بعد از خشک شدن کامل برداشت شوند (شکل ۵). زمان برداشت مناسب سویا بسیار حائز اهمیت می‌باشد. به طور معمول، رطوبت بذر ۱۳ درصد برای برداشت و انبار کردن بذر مناسب است. هر گونه تأخیر در برداشت سویا (رطوبت کمتر از ۱۳ درصد) ممکن است سبب کاهش عملکرد به دلیل ترک خوردن بذر قبل از برداشت، تولید بذرهای خرد شده و بذرهای چروکیده شود.

فصل ۲

آزمون‌های رشد

۲-۱- مقدمه

اصل اساسی این آزمون‌ها در این است که بذوری که قدرت بالایی دارند با سرعت بیشتری در مقایسه با بذوری که پتانسیل قدرت کمتری دارند رشد می‌کنند. این اختلاف در رشد حتی در شرایط مطلوب نیز به راحتی قابل مشاهده است. بذره‌ای پر قدرت ذخایر غذایی خود را به سرعت متابولیزه کرده، جوانه زده و در مزرعه مستقر می‌شوند. بنابراین، هر روشی که برای تعیین سرعت رشد گیاهچه مورد استفاده قرار می‌گیرد، نشان‌دهنده میزان قدرت بذر است.

۲-۲- آزمون جوانه‌زنی استاندارد

آزمون جوانه زنی استاندارد بذر سویا یک جزء حیاتی در تضمین کیفیت بذر است و برای اطمینان از اینکه بذر سویا استانداردهای لازم برای کاشت و سبز شدن در مزرعه را برآورده می‌کند استفاده می‌شود (عیسی سوزا و همکاران، ۲۰۱۷). این آزمون به کشاورزان و تولیدکنندگان این اطمینان را می‌دهد که بذره‌ای مورد استفاده برای کشت از کیفیت مطلوب برخوردار هستند. استفاده از بذره‌ای با کیفیت بالا و با قدرت جوانه‌زنی مناسب می‌تواند تاثیر مستقیم بر عملکرد و یکنواختی مزارع داشته باشد (کولت و همکاران، ۲۰۲۳).

۲-۲-۱- وسایل و تجهیزات مورد نیاز

الف- ژرمیناتور: دستگاه ژرمیناتور نیاز اساسی برای ارزیابی جوانه‌زنی بذر با حفظ رطوبت نسبی، دما و نور می‌باشد.

ب- دستگاه شمارنده: دستگاه شمارنده شامل صفحه شمارش، دانه شمار خودکار و دانه شمار بر پایه می‌باشد. این دستگاه با به حداقل رساندن زمان صرف شده برای شمارش بذرها و همچنین ایجاد فاصله مناسب بذر روی بسترهای جوانه‌زنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. صفحه شمارش برای بذرها متوسط و پرننگ مناسب است، درحالی‌که می‌توان از شمارنده بر پایه خلا برای بذرها کوچک نیز استفاده کرد. در صورت عدم وجود دستگاه‌های شمارنده، شمارش بذر به صورت دستی انجام می‌شود.

سایر تجهیزات مورد نیاز برای آزمایش جوانه‌زنی شامل یخچال و فریزر، انکوباتور، بن‌ماری، پنس، کاردک، ظروف پلاستیکی، صفحات پلاستیکی یا جراحی و غیره می‌باشد. به علاوه، از آن با درجه حرارت ۱۰۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد جهت استریل‌سازی شنها (بستر جوانه‌زنی بذور) می‌توان استفاده کرد.

پ- ظروف شیشه‌ای، مواد شیمیایی، کاغذ جوانه‌زنی، شن، و سایر مواد و وسایل جز لوازم اصلی مورد نیاز برای آزمایش‌های جوانه‌زنی می‌باشند. علاوه بر این، آزمایشگاه ممکن است به تعدادی ظروف شیشه‌ای مانند پتری‌دیش، بشر، قیف، استوانه‌های مدرج، پارچه نخی، نوارهای لاستیکی، لوله‌ها و سایر مواد شیمیایی مانند نترات پتاسیم، تیواوره، اسیدجیرلیک و کلرید تترازولیوم برای اهداف اختصاصی نیاز داشته باشد. برای تأمین جریان الکتریکی ثابت نیاز به تثبیت کننده‌های ولتاژ می‌باشد که برای دستگاه‌های تهویه هوا و یخچال‌های گران قیمت ضروری هستند.

۲-۲-۲- مراحل آزمون جوانه‌زنی استاندارد

آزمون استاندارد جوانه‌زنی (آزمون گرم) میزان جوانه‌زنی بذر سویا را تحت شرایط جوانه‌زنی و توسعه ایده‌آل اندازه‌گیری می‌کند. چهار نمونه ۱۰۰ عددی بذر سویا بر روی کاغذ خشک کن مرطوب به مدت ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد یا ۷۷ درجه فارنهایت قرار داده می‌شوند. سپس، گیاهچه‌ها شمارش و به صورت طبیعی، غیر طبیعی، مرده (خوابیده) طبقه‌بندی می‌شوند. گیاهچه‌های طبیعی دارای تمامی ساختارهای اساسی

جهت تولید یک گیاه می‌باشند. در حالی که، گیاهچه‌های غیر طبیعی یک یا تعدادی از ساختارهای اساسی را از دست داده‌اند یا در اثر خسارت میکروب‌ها دچار آسیب شدند. بذرهای مرده هیچ رشدی را نشان نمی‌دهند و پوسیده‌اند و به دلیل داشتن پوشش بذر نفوذناپذیر رطوبت را جذب نمی‌کنند. بذرهای سویا با درصد جوانه‌زنی کمتر از ۸۰ درصد جهت کاشت توصیه نمی‌شوند. درصد جوانه‌زنی و ارتباط آن با ارزش بذر جهت کاشت در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- جوانه‌زنی استاندارد بذر و ارزش کاشت نسبی سویا

ارزش کاشت نسبی	جوانه‌زنی (درصد)
عالی	۹۰-۹۹
خوب	۸۰-۸۹
ضعیف	کمتر از ۸۰

۲-۲-۳- شمارش اولیه

این مرحله همراه با آزمون جوانه‌زنی استاندارد انجام می‌شود. بر اساس تعداد گیاهچه‌های طبیعی به دست آمده می‌توان به پتانسیل قدرت بذر در بین مجموعه‌ای از بذرها دست یافت. هر چه تعداد گیاهچه‌های طبیعی بیشتر باشد، قدرت بذر بیشتر خواهد بود. تعداد گیاهچه‌های طبیعی که در روز اول ظهور یافته‌اند، شمارش می‌شوند (کولت و همکاران، ۲۰۲۴).

۲-۲-۴- سرعت جوانه‌زنی

سنجش سرعت جوانه‌زنی را می‌توان با استفاده از روش‌های روی کاغذ یا روی شن در آزمون جوانه‌زنی استاندارد انجام داد. در این ارتباط، معمولاً ۱۰۰ عدد بذر در چهار تکرار کاشته می‌شوند. بستر بذرها در داخل ژرمیناتور در دمای تعیین شده برای محصول مورد نظر نگهداری می‌شود. تعداد گیاهچه‌هایی که روزانه جوانه می‌زنند از اولین روز کاشت تا کامل شدن جوانه‌زنی شمارش می‌شوند.

۲-۲-۵- طول گياهچه و وزن خشك

گياهچه‌ها در آزمونگاه، گلخانه يا مزرعه كشت مى‌شوند. در آزمونگاه، بذر ها بين دو كاغذ حوله‌اى مرطوب به طوري كه ميكروپيل‌ها به سمت پايين جهت جلوگيري از پيچيدگي ريشه قرار مى‌گيرند- قرار داده مى‌شوند. كاغذهاى حوله‌اى تاخوردۀ در ژرminatور در دماى پيشنهاد شده براى هر محصول زراعى نگهدارى مى‌شوند. پس از طى يك دوره زمانى مشخص، طول گياهچه ظهور يافته اندازه‌گيري شده و ميانگين طول گياهچه محاسبه خواهد شد. مجموعه‌اى از بذر ها كه گياهچه‌هاى طويل‌ترى توليد مى‌كنند به عنوان گياهچه‌هاى با قدرت بيشتر در نظر گرفته مى‌شوند. سپس، جهت تعيين وزن خشك، گياهچه‌ها در آون در دماى ۱۰۰ درجه سانتىگراد به مدت ۲۴ ساعت نگهدارى مى‌شوند.

۲-۲-۶- شاخص‌هاى قدرت گياهچه

فرمول شاخص قدرت (۱) = درصد جوانه‌زنى $\times$ متوسط طول گياهچه (سانتى‌متر)
 فرمول شاخص قدرت (۲) = درصد جوانه‌زنى $\times$ متوسط وزن خشك گياهچه
 (ميلي‌گرم يا گرم)

فصل ۳

آزمون‌های تنش

۳-۱- مقدمه

این آزمون‌ها متکی بر ارزیابی کارایی بذر تحت شرایط تنش می‌باشند. بذرهایی با پتانسیل قدرت بالا کارایی بهتری نسبت به بذرهایی با قدرت پایین دارند، بالاخص زمانی که تحت شرایط نامطلوب از جمله دمای خیلی پایین یا بالا، رطوبت بالا، برخی موانع فیزیکی و غیره مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

۳-۲- آزمون سرما

هدف از این آزمون ایجاد تمایز بین مجموعه‌ای از بذره‌ای ضعیف و قوی با استفاده از در معرض قرار گرفتن بذرها در دمای پایین قبل از جوانه‌زنی در دمای مطلوب می‌باشد. این آزمون به ما این امکان را می‌دهد تا قدرت و کیفیت بذرها مورد ارزیابی قرار گیرد (بلدیریم و همکاران، ۲۰۲۱). این روش شامل مراحل زیر است: در مرحله اول، خاک کوبیده و الک شده، به عمق ۲ سانتی‌متر در سینی پر می‌شود. سپس، پنجاه عدد بذر بر روی شن ریخته شده و با لایه ضخیم ۲ سانتی‌متری دیگری از خاک پوشیده می‌شود. در این حالت، خاک فشرده می‌شود و به اندازه کافی آب اضافه شده تا ظرفیت نگهداری آب در خاک به سطح اشباع برسد. بعد از آبیاری، سینی‌ها با کیسه‌های پلی اتیلن پوشیده شده و در یخچال در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد به مدت یک هفته قرار می‌گیرند. بعد از یک هفته، سینی‌ها در ژرمیناتور در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد قرار می‌گیرند. گیاهچه‌هایی که بعد از ۴ روز ظهور یافتند، شمارش شده و درصد جوانه‌زنی توسط شمارش تعداد گیاهچه‌های طبیعی محاسبه می‌شود. هر چه درصد جوانه‌زنی بالاتر باشد، قدرت بذر نیز بالاتر خواهد بود.

۳-۳ - آزمون جوانه‌زنی پیری تسریع شده

آزمون جوانه‌زنی تسریع شده (یا جوانه‌زنی در شرایط تنش) توانایی ظهور مقداری بذر سویا را تحت شرایط مزرعه‌ای پایین‌تر از حد ایده‌آل تخمین می‌زند و توانایی ظهور گیاهچه‌ها را در موقعیت واقعی مزرعه پیش‌بینی می‌کند (کاتیکاس و همکاران، ۲۰۲۴). ثابت شده است که آزمون جوانه‌زنی پیری تسریع شده ارتباط نزدیکی با ظهور واقعی گیاهچه سویا در مزرعه دارد (جدول ۴). به علاوه، میانگین ظهور گیاهچه حاصل از آزمون جوانه‌زنی پیری تسریع شده نشانه بهتری از ظهور واقعی زود و دیر هنگام در مزرعه را نسبت به آزمون جوانه‌زنی استاندارد نشان می‌دهد.

در طی آزمون جوانه‌زنی پیری تسریع شده، بذرهای سویا در معرض دمای ۴۰/۵ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد به مدت ۷۲ ساعت قبل از قرار گرفتن بر روی کاغذ خشک‌کن طبق روش آزمون جوانه‌زنی استاندارد قرار می‌گیرند (صادقی و همکاران، ۲۰۱۳). از این رو، این آزمون ۱۰ روز در مقایسه با ۷ روز زمان مورد نیاز برای آزمون جوانه‌زنی استاندارد زمان می‌برد. تفاوت بین درصد جوانه‌زنی در آزمون‌های جوانه‌زنی استاندارد و آزمون جوانه‌زنی پیری تسریع شده جهت برآورد کیفیت بذر سویا مورد استفاده قرار می‌گیرد (جدول ۴). عموماً، بذرهایی که در هر دو آزمون نتایج مشابه بدست آورده‌اند، به عنوان بهترین بذر از نظر درصد جوانه‌زنی محسوب می‌شوند.

جدول ۴- تفاوت بین درصد جوانه‌زنی استاندارد و پیری تسریع شده و کیفیت نسبی بذر

کیفیت بذر	تفاوت بین آزمون استاندارد جوانه زنی و پیری تسریع شده (درصد)
خوب	۱۵-۰
متوسط	۳۰-۱۵
ضعیف	۳۰ و بالاتر

فصل ۴

آزمون‌های تترازولیوم^۱

۴-۱- مقدمه

تولید بذرهای سویا با کیفیت مطلوب، عامل مهم و اساسی در موفقیت برنامه‌های اصلاحی این محصول زراعی محسوب می‌شود. به منظور دستیابی به این امر، برنامه کنترل کیفیت بذر سویا باید به صورت پویا و فراگیر انجام شود تا نتایج دقیق حاصل گردد. ویژگی‌های مختلف نظیر خلوص فیزیکی و ژنتیکی، میزان رطوبت و میزان آسیب مکانیکی می‌توانند در عرض چند دقیقه ارزیابی شوند که در نتیجه این نیازها نسبتاً تحقق می‌یابند (جسوس و همکاران، ۲۰۲۱).

یکی از ویژگی‌های آزمون جوانه‌زنی بذر، وقت گیر بودن آن است که محدودیت‌های زیادی را به دنبال دارد. علاوه بر این محدودیت، آزمون جوانه‌زنی اطلاعات بسیار محدودی را فراهم می‌کند که تنها در زمانی که شرایط بسیار ایده‌آل برای بذر فراهم باشد، قابل اطمینان هستند (جانسون و وکس، ۱۹۷۸). برای مثال، نتایج بدست آمده از این آزمون به طور مکرر توسط تخریب جذبی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و می‌تواند به شدت با استفاده از پاتوژن‌های مختلف از جمله *Phomopsis spp.*، *Fusarium semitectum* و *Colletotrichum truncatum* آلوده شوند. از آنجایی که این محدودیت‌ها اثر منفی بر تصمیم‌گیری در مورد عملیات تولید بذر نظیر برداشت، پردازش، انبارداری و تجاری‌سازی دارد، در نتیجه محدودیت‌های این آزمون ممکن است منجر به بروز خسارات جدی به تولیدکنندگان بذر شود.

1. Tetrazolium test (tz)

از این رو، آزمون تترازولیوم نتایج سریعتر و جامع‌تری را نسبت به آزمون جوانه‌زنی بذر نشان می‌دهد (فرانکانتو و همکاران، ۱۹۹۸). آزمون تترازولیوم علاوه بر تعیین پتانسیل جوانه‌زنی، می‌تواند شاخص قدرت بذر و دلایل ضعف بذر نظیر تخریب مکانیکی، مشکلات انبارداری، خسارت آفات موزی و خسارت یخ‌زدگی و گرما را نشان دهد (داسویرجینس و همکاران، ۲۰۱۹). شناسایی عوامل ضعف بذر به تولیدکنندگان بذر کمک می‌کند تا اصلاحات مورد نیاز به منظور بهبود کیفیت بذر سویا را در برنامه‌های آتی خود انجام دهند.

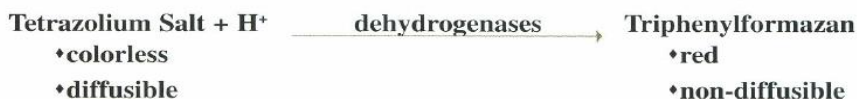
کارایی آزمون تترازولیوم به همراه سایر روش‌ها، این اطمینان را ایجاد می‌کند که تنها بذرهایی که از نظر کارایی کیفیت مناسبی دارند وارد بازار شوند. این امر منجر به ایجاد سیستم کنترل کیفیت بذر قابل اطمینان، با ارائه ضمانت سود بالا به تولیدکننده بذر شده است. طبق گزارشات مختلف حاصل از تولیدکنندگان بذر، استفاده از آزمون تترازولیوم، تعداد بذر جایگزین و عملیات واکاری بذر را کاهش می‌دهد که این امر منجر به کاهش هزینه‌های تولید می‌شود (ماسون و همکاران، ۱۹۸۲).

۴-۲- اصول آزمون تترازولیوم

آزمون تترازولیوم متکی بر فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز می‌باشد که واکنش‌های گلیکولیز و چرخه اسید سیتریک را کاتالیز می‌کند. این آنزیم‌ها -به طور اختصاصی اسید مالیک دهیدروژنازها (۲، ۳ و ۵ تری فنیل تترازولیوم کلراید)- سبب احیاء نمک تترازولیوم در بافت‌های زنده می‌شوند. زمانی که بذر سویا در محلول بی‌رنگ تری فنیل تترازولیوم غوطه‌ور می‌شود، تری فنیل تترازولیوم کلراید^۱ در بافت‌های بذر -جایی که تری فنیل تترازولیوم کلراید با احیاء فرآیندهای سلول زنده توسط پذیرش یک یون هیدروژن دخالت می‌کند- نفوذ می‌کند. در فرم احیاء شده، نمک تری فنیل تترازولیوم کلراید یک ماده قرمز رنگ، پایدار و قابل انتشار می‌باشد که تری فنیل فرمازان نام دارد (پریرا و همکاران، ۲۰۱۹).

1. Triphenyl tetrazolium chloroide (TTC)

زمانی که ترفیل فرمازان در بافت بذر تشکیل می‌شود، به این معنی است که فعالیت تنفسی در میتوکندری سلول‌های بافت بذر وجود دارد که سبب زنده ماندن بذر می‌شود. از این رو، رنگ قرمز منتج شده در بافت بذر یک نشانگر مثبت جهت تشخیص زنده ماندن بذر از طریق تشخیص غیر مستقیم فعالیت تنفسی در سطح سلول می‌باشد. بافت‌های بذر غیرزنده به ماده تری فنیل تترازولیوم کلراید واکنشی نشان نمی‌دهند و در نتیجه رنگ نمی‌گیرند (فرانکانتو و زیرانوسکی، ۲۰۱۹).



اگر بافت بذر سالم باشد، رنگ قرمز کم رنگ پدیدار خواهد شد. اگر بافت بذر ضعیف باشد، رنگ قرمز پررنگ به دلیل نرخ انتشار گسترده محلول تری فنیل تترازولیوم کلراید از طریق غشای سلولی بافت بذر توسعه خواهد یافت. اگر بافت بذر مرده باشد، هیچ واکنش احیاء صورت نخواهد گرفت و بافت مرده در مقایسه با بافت زنده رنگ شده به صورت سفید (بدون رنگ) پدیدار خواهد شد. این تفاوت رنگ‌ها به همراه شناخت ویژگی‌های مختلف بذر به محقق اجازه می‌دهد تا مکان و علل اختلالات در بافت‌های جنینی را ارزیابی کند.

۳-۴- تجهیزات و منابع

- تجهیزات و منابع ذیل برای انجام آزمون تترازولیوم مورد نیاز می‌باشند:
- الف) معرف: نمک تترازولیوم: ۲، ۳ و ۵ تری فنیل تترازولیوم کلراید، به طور استاندارد در فلاسک‌های ۱۰ گرمی وجود دارد
- ب) ظروف شیشه‌ای و پلاستیکی:
- پتری دیش
 - بشر ۵۰ میلی‌لیتری

• بطری‌های شیشه‌ای یا پلاستیکی تیره جهت نگهداری محلول تری فنیل تترازولیوم کلراید (در برابر نور احیاء می‌شود).

نکته: از فلاسک‌های فلزی خودداری نمایید، از آنجایی که احتمال دارد نمک تری فنیل تترازولیوم کلراید در تماس با فلزات خاص احیاء شود.

پ) تیغ تک لبه

ت) ژرومیناتور با ظرفیت دمایی ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد

ث) لنز با بزرگ‌نمایی (X₆) مجهز به لامپ‌های فلورسنت، ترجیحاً از نوع مدور باشد.

ج) فریزر جهت نگهداری محلول‌های تری فنیل تترازولیوم کلراید و نمونه‌های رنگ شده

د) کاغذ جوانه‌زنی

۴-۴- محلول‌های تری فنیل تترازولیوم کلراید

استفاده از محلول ۰/۰۷۵ درصد (v/v) نمک تترازولیوم پیشنهاد می‌شود. این غلظت از محلول منجر به رنگ‌آمیزی مناسب بذرها شده و به فرد آزمایش کننده بذرها اجازه می‌دهد تا تخریب مکانیکی رخ داده را که به شکل کبودی پدیدار می‌شود و به طور طبیعی در محلول‌های رقیق‌تر (۰/۱-۰/۵ درصد) تشخیص داده نخواهد شد- مشاهده کند. به علاوه، استفاده از محلول ۰/۰۷۵ درصد مقرون به صرفه است.

ابتدا، یک محلول پایه ۱/۰ درصد (w/v) از طریق رقیق‌سازی ۱۰ گرم نمک تترازولیوم در یک لیتر آب مقطر تهیه می‌شود. این محلول باید در بطری‌های تیره رنگ، در یک محیط خنک و تاریک، ترجیحاً در یخچال نگهداری شود. در صورت نیاز، محلول کار ۰/۰۷۵ درصد نمک تترازولیوم تهیه شود. این محلول نیز باید در شرایط مشابه با محلول پایه نگهداری گردد. ۱ لیتر از محلول ۰/۰۷۵ درصد نمک تترازولیوم برابر با ۷۵ میلی‌لیتر از محلول پایه (۱/۰ درصد) + ۹۲۵ میلی‌لیتر آب می‌باشد. آب مورد استفاده در محلول کار ممکن است آب مقطر یا آب شیر (در صورتی که pH آن بین ۶ تا ۷ باشد) باشد

۴-۵ آماده‌سازی بذر

• تهیه نمونه بذر

طبق قانون آزمون بذر، استفاده از ۴۰۰ بذر در هر نمونه بذر (۸ نمونه از هر ۵۰ بذر) برای آزمون جوانه‌زنی مناسب است. با این حال، استفاده از ۱۰۰ بذر (۲ نمونه از هر ۵۰ بذر) برای آزمون تترازولیوم سویا پیشنهاد می‌شود. علت استفاده کمتر بذر در آزمون تترازولیوم، این است که بذرها در معرض شرایط مشابهی در طی آماده‌سازی قرار می‌گیرند. با این حال، شرایط آزمایش تترازولیوم همیشه به صورت یکنواخت نمی‌باشد، بدین صورت که این احتمال وجود دارد که این آزمون تحت تأثیر منابع مختلفی از جمله رطوبت و شیب دمایی در ژرمیناتور، pH و بافت سوبسترا (شن یا کاغذ)، تفاوت در میزان آب اضافه شده به سوبسترا و حضور عوامل بذرزاد مشخص (*Phomopsis spp.* و *Fusarium spp.*) قرار گیرد. به علاوه، در آزمون تترازولیوم هر بذر به صورت انفرادی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد که در آزمون جوانه‌زنی این اتفاق رخ نمی‌دهد.

• پیش تیمار بذر

بذرها در یک حوله کاغذی جوانه‌زنی مرطوب در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به مدت ۱۶ ساعت در مدت یک شب نگهداری می‌شوند. این عملیات به بذر اجازه می‌دهد تا آب را به آرامی جذب کند، از این رو، فرآیند جوانه‌زنی فعال می‌شود. طی پیش تیمار، بذرهای پیچیده شده در کاغذ مرطوب باید در یک محیط اشباع شده، از جمله یک کیسه پلاستیکی در ژرمیناتور یا دسیکاتور با لایه‌ای آب در عوض ژل سیلیکا قرار گیرند. پوشش‌های بذری تیره رنگ واریته‌های سویا نسب به محلول تترازولیوم غیر قابل نفوذ هستند. از این رو، پوشش‌های بذر باید از این بذرها بعد از پیش تیمار و قبل از آغاز رنگ‌آمیزی حذف شوند.

جهت سرعت بخشیدن به این فرآیند، از یک روش جایگزین می‌توان استفاده کرد: پیش تیمار بذرها به مدت ۴ ساعت در دمای ۴۱ درجه سانتیگراد. این روش مدت زمان آماده‌سازی بذر را به مدت ۱۰ ساعت بدون اتلاف دقت نتایج، کاهش می‌دهد.

• رنگ آمیزی

بعد از پیش تیمار، بذرها در بشر قرار گرفته و با محلول تترازولیوم ۰/۰۷۵ درصد آغشته می‌شوند. سپس، این بشرها در خشک کن یا ژرminatور در دمای ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۸۰ دقیقه قرار می‌گیرند. مراقبت‌های ویژه جهت نگهداری محلول‌های تترازولیوم و رنگ آمیزی بذرها در تاریکی باید انجام شود، از آنجایی که این معرف‌ها نسبت به نور حساس می‌باشند.

• شستشو نمونه

بعد از رنگ آمیزی، بذرها چندین بار با آب شیر به منظور توقف واکنش رنگ آمیزی شسته می‌شوند. این نکته حائز اهمیت است که بذرها را در آب فرو برده تا از دهیدراته شدن آن‌ها جلوگیری شود. بذره‌های رنگ آمیزی شده می‌توانند در یخچال در یک دوره ۱۲ ساعته قبل از ارزیابی ذخیره شوند.

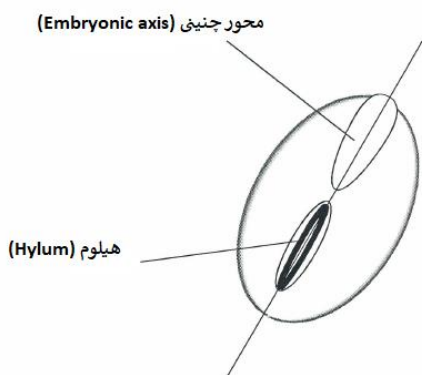
۴-۶- ارزیابی بذر

برخلاف تجهیزات و منابع بسیار ارزان قیمت و ساده مورد استفاده در آزمون تترازولیوم، این آزمون به مهارت یک تحلیل‌گر بذر آموزش دیده نیز نیاز دارد. فهم ساختارهای بذر و گیاهچه یک فاکتور کلیدی مورد نیاز برای تحلیل‌گر می‌باشد. تجربه، قضاوت و احتمالاً تصور نیز برای تحلیل‌گر جهت به تصویر کشیدن انواع آسیب‌های گیاهچه نمایان شده توسط آزمون تترازولیوم ضروری می‌باشد. دقت و اعتبار این آزمون متکی بر تمام روش‌های این آزمون است.

به طور کلی، سه هدف اساسی برای ارزیابی بذر وجود دارد: الف) تعیین پتانسیل جوانه‌زنی بذر تحت ایده‌آل‌ترین شرایط، ب) دسته‌بندی بذر به گروه‌های متفاوت زنده‌مانی جهت گزارش درجه‌بندی آزمون قوه نامیه بذر و پ) تشخیص علل احتمالی ضعف بذر که منجر به از دست دادن زنده‌مانی می‌شود. دو هدف اولیه با استفاده از توصیف چهار ویژگی اساسی می‌تواند بدست آید: شرایط و رنگ بافت بعد از رنگ آمیزی، موقعیت و میزان تخریب. توانایی تحلیل‌گر بذر جهت شناسایی علائم انواع

مختلف تخریب در تشخیص صحیح علل از دست دادن زنده‌مانی بذر امری ضروری می‌باشد.

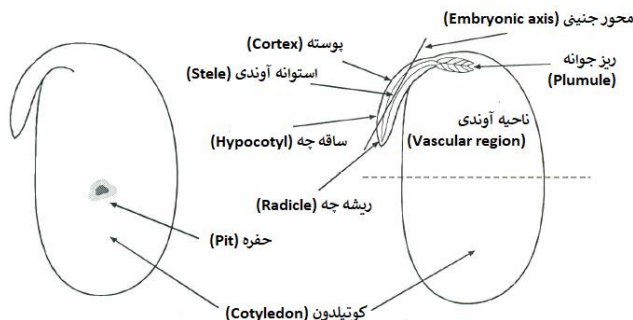
بذرهای انفرادی از طریق لnzهای با بزرگنمایی ۶ تا ۱۰ برابر زیر نور فلورسنت بررسی می‌شوند. از یک تیغ تک لبه جهت برش بذر از طریق پوشش بذر و از نظر طولی از طریق بخش میانی محور جنینی استفاده می‌شود (شکل ۶). برش محور جنینی باید با دقت در بخش میانی انجام شود. اگر محل برش خارج از ناحیه مرکز بذر باشد، ارزیابی شرایط محور جنینی باید در نیمه بذر که شامل بخش بزرگتری از محور است انجام شود که بعد از برش اضافی در معرض بخش میانی قرار می‌گیرد. بعد از اینکه بذر تقسیم شد، نیمه‌های بذر از هم جدا می‌شوند و پوشش بذر حذف شده تا در معرض سطح بیرونی کوتیلدون‌ها قرار بگیرد. تحلیل گران بذر باید به منظور جستجو انواع نواقص، سطوح درونی و بیرونی کوتیلدون‌ها را مشاهده کنند. در زمان ارزیابی محور هیپوکوتیل ریشه‌چه باید مراقبت‌های ویژه‌ای صورت گیرد. این محور از دو نوع بافت تشکیل شده است: پوسته و آوند چوبی (شکل ۶).



شکل ۶- تصویر مکان برش از طریق بخش میانی یک بذر سویا

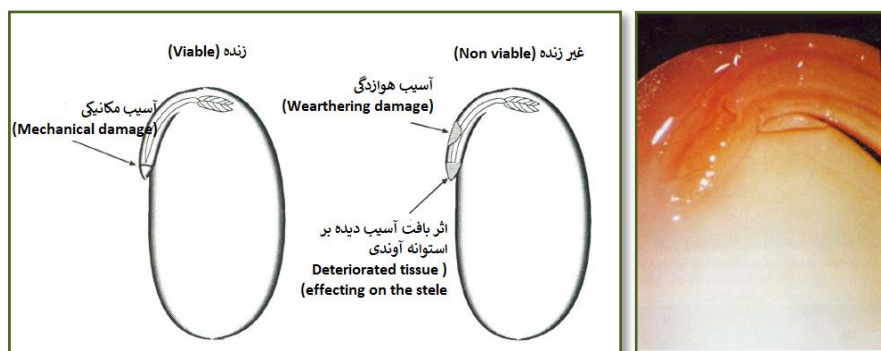
آوند چوبی مهمترین ساختار محور هیپوکوتیل ریشه‌چه می‌باشد. به عنوان یک قاعده کلی، اگر این محور دچار آسیب شود اما آنقدر عمیق نباشد که آوند چوب را زخمی

کند بذر ممکن است زنده به نظر برسد. با این حال، اگر این آسیب به آوند چوب صدمه بزند، بذر به صورت غیر زنده برآورد می‌شود (شکل ۷).



شکل ۷- ساختار بذر سویا متورم شده با پوشش بذر حذف شده

علاوه بر آوند چوبی، ناحیه مهم دیگری در بذر که باید از آن مراقب بیشتری به عمل آید، وجود دارد که به آن منطقه آوندی می‌گویند (شکل ۶ و ۷). در این ناحیه، مجراهای کمی وجود دارند تا محور جنینی را به کوتیلدون‌ها ارتباط دهند و مواد ذخیره‌ای از کوتیلدون‌ها به گیاهچه در حال توسعه در مراحل اولیه جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه انتقال یابند. اگر این ناحیه آسیب ببیند، قوه نامیه بذر و یا زنده‌مانی بذر ممکن است به خطر بیفتد (شکل ۸).



شکل ۸- سمت چپ: تصویری از درجات متفاوت تخریب محور هیپوکوتیل ریشه‌چه، سمت راست: نمای نزدیک ناحیه آوندی و ساقه‌چه یک بذر قوی سویا. ناحیه مریستمی، پوسته و مجرای آوندی هیپوکوتیل را ملاحظه کنید.

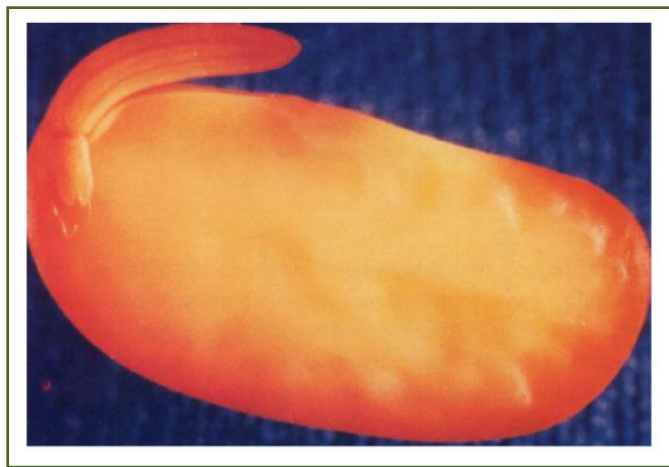
ویژگی‌های دیگری که باید مد نظر قرار گیرد، رنگ‌های افتراقی بافت‌های بذر می‌باشد:

- رنگ کارمین قرمز روشن: بافت سالم و قوی
- رنگ کارمین قرمز تیره: بافت رو به زوال
- رنگ سفید: بافت مرده

بافت سالم به تدریج و به طور یکنواخت از قسمت درونی سطح بذر که آسیب دیده است- لکه‌دار می‌شود (شکل ۹ و ۱۰). سطح بالایی از آماس (تورم) در بافت‌های مرطوب وجود دارد. رنگ کارمین قرمز تیره که در بافت‌های ضعیف دیده می‌شود در فرآیند زوال نقش دارد. به محض در معرض قرار گرفتن با هوای خشک، این بافت‌ها تورم خود را نسب به بافت‌های قوی با سرعت بیشتری از دست خواهند داد. رنگ سفید، بافت مرده را مشخص می‌کند که فاقد فعالیت آنزیمی ضروری برای تولید تری فنیل فرمازان می‌باشد. بافت‌های مرده معمولاً چروکیده و سفید گچی هستند، اما ممکن است رنگ‌های زرد، سبز یا خاکستری را نشان دهند به ویژه زمانی که بافت دچار آسیب در اثر سن سویا شده است. در برخی موارد نادر، برخی بافت‌های مرده احتمالاً رنگ قرمز خال خال را به دلیل فعالیت زیاد میکروبی نشان می‌دهند. با این حال، این بافت‌ها به آسانی از بافت‌های مرده به دلیل چروکیدگی و شکنندگی شان متمایز هستند.



شکل ۹- الگوی رنگ‌آمیزی متداول یک بذر سویا سالم و با قوه نامیه مطلوب



شکل ۱۰- الگوی رنگ‌آمیزی سطح درونی یک بذر سویا با قوه نامیه مطلوب

باید تاکید کنیم که بعد از اینکه بذر تقسیم شد، سطح درونی کوتیلدون زنده -به دلیل فقدان انتشار محلول ترازولیوم به بافت‌های درونی کوتیلدون‌ها- به طور طبیعی سفید می‌باشد (شکل ۱۰).

موقعیت و میزان یک آسیب خاص جز ویژگی‌های ضروری برای ارزیابی صحیح بذر می‌باشند و باید به صورت ترکیبی در نظر گرفته شوند. برای مثال، در سویا، یک ناحیه کوچک آسیب دیده در اثر تغذیه یک سن سویا روی هیپوکوتیل -که به مجرای آوندی صدمه می‌زند- منجر به پیامدهای جدی‌تری نسبت به یک ناحیه بزرگ آسیب دیده در اثر تغذیه یک سن سویا در حال تغذیه از نیمه پایینی کوتیلدون بسیار دور از محور جنینی خواهد شد.

۴-۷- تشخیص علل زوال بذر سویا

عوامل متعددی سبب کاهش کیفیت بذر سویا می‌شوند. عامل اصلی -که توسط مور (۱۹۶۰، ۱۹۶۲ الف، ۱۹۷۳) و فرانکاتو (۱۹۸۴) توصیف شد- آسیب‌های مکانیکی و هوازدگی، آسیب سن سویا، آسیب حاصل از تنش خشکی و گرما، آسیب خشک کننده

و یخ‌زدگی می‌باشند. هر کدام از انواع آسیب‌ها با الگوهای رنگ‌آمیزی بسیار خاص و ویژگی‌های بافتی خاص مرتبط هستند که به طور خلاصه به شرح زیر می‌باشند:

• آسیب‌های مکانیکی (شکل ۱۱ تا ۱۶)، این نوع آسیب حاصل از ضربات فیزیکی، به ویژه در طی برداشت محصول، استفاده از کمباین، خشک کردن و کاشت بذر سویا ایجاد می‌شوند. سه نوع آسیب مکانیکی به سهولت توسط آزمون تترازولیوم تشخیص داده می‌شود: شکاف‌ها، ترک‌ها و کبودشدگی. در مورد کبودشدگی، در صورتیکه به تازگی ایجاد شده باشد، معمولاً نقاط قرمز تیره، یا اگر اخیراً ایجاد نشده باشد، به صورت بافت‌های چروکیده و سفید رنگ تشخیص داده می‌شود. گاهی اوقات ممکن است حفره^۱ آسیب مکانیکی در نظر گرفته شود (شکل ۲). در حالیکه پیت متشکل از گروهی سلول‌های اختصاصی روی سطح محوری کوتیلدون می‌باشد که در جهت مقابل آنتی پیت (لایه بزرگ شده‌ای از سلول‌ها روی سطح شکمی پوشش بذر) پوشش بذر قرار دارد (یا کلیچ و همکاران، ۱۹۸۶).

• آسیب هوازدگی (شکل‌های ۱۶ تا ۲۳)، همانگونه که توسط مور (۱۹۷۳)، فرانکا نتو (۱۹۸۴) و پیرا و اندرو (۱۹۷۶) توصیف شد، این آسیب در اثر در معرض قرار گرفتن بذر سویا با چرخه‌های متناوب خیس شدن-خشک شدن قبل از برداشت ایجاد می‌شود. این آسیب در صورتی که در محیط‌های گرم رخ دهد، دامنه بیشتری خواهد داشت. بذرهایی که دچار هوازدگی شده‌اند، اغلب چین و چروک‌هایی در ناحیه کوتیلدونی مقابل هیلوم یا روی محور هیپوکوتیل نشان می‌دهند. اگر این بذرها رنگ‌آمیزی شوند، لکه‌های سفید یا قرمز تیره روی بافت‌های جنینی بذرها دقیقاً زیر این چین و چروک‌ها قابل رویت می‌باشد. غالباً این ضایعات با آلودگی توسط قارچ‌های خاص همراه هستند. این ضایعات می‌توانند عمیق باشند و اگر مجرای آوندی آسیب ببیند، یا اگر بیش از ۵۰ درصد از بافت کوتیلدونی تخریب گردد، بذر غیر زنده در نظر گرفته می‌شود. مشخصه بسیار معمولی

اکثر بذوری که دچار هوازگی شده‌اند، تقارن ضایعات در هر دو نیمه بذر می‌باشد (شکل‌های ۱۷ و ۱۸).

• آسیب سن سویا (شکل‌های ۲۴ تا ۲۶)، می‌تواند به شدت روی کیفیت بذر سویا تأثیر بگذارد. در میان گونه‌های مختلف سن سویا که به سویا حمله می‌کنند، سن سویا سبز جنوبی (*Nezara viridula* L.) عموماً در اکثر مزارع تولید سویا یافت می‌شود (ترینسید و کوگان، ۱۹۷۶). در مورد سایر گونه‌ها، نظیر *Piezodorus guildini* (Westwood) و *Euchistus heros* (Fabricius) نیز گزارش شده است که سبب ایجاد آسیب‌های شدیدی به بذور سویا شده‌اند. بعلاوه، زمانی که سن‌های سویا از بذر سویا تغذیه می‌کنند، بذور سویا را با مخمر قارچی *Nematospora coryli* Peglion تلقیح می‌کنند (سینکлер، ۱۹۸۲). کلونیزاسیون این قارچ در بافت سویا اغلب سبب از دست دادن شدید زنده‌مانی و قوه نامیه بذر می‌شود (بولینگ، ۱۹۸۰ و ویلاس بوآس و همکاران، ۱۹۸۲). این آلودگی سبب ایجاد ضایعات دایره‌ای شکل، گاهی با اندازه کوچکتر و عمیق می‌گردد. بافت‌های دارای ضایعه از بین رفته و پوسته پوسته هستند و به طور معمول به رنگ سفید یا برخی مواقع سبز، زرد یا خاکستری-سفید ظاهر می‌شوند. یک مرز مجزا به رنگ قرمز-تیره به طور متداول بین بافت‌های سالم و آسیب دیده وجود دارد (شکل ۲۶). ضایعات متعدد روی یک بذر ممکن است ایجاد شود و اگر این آسیب‌ها همپوشانی داشته باشند، زخم معمول دایره‌ای شکل قابل تشخیص نخواهد بود. غالباً، یک سوراخ جزئی ایجاد شده در اثر حشره می‌تواند در مرکز آلودگی دایره‌ای شکل دیده شود. سوراخ‌های عمیق ایجاد شده در اثر حشره ممکن است منجر به تلقیح بافت‌های مرکزی بذر با *N. coryli* شود. از این رو، کلونیزاسیون این بافت‌ها توسط قارچ سبب ایجاد آسیب درونی خواهد شد که همیشه در بیرون بذر مشاهده نمی‌شود.

• آسیب‌های ناشی از گرما و خشکی (شکل ۲۷ و ۲۸)، در بذره‌ای ارقام مشخص - زمانی که دمای بالا (بالای ۳۰ درجه سانتیگراد) و خشکی در طی پر شدن دانه اتفاق می‌افتد - یافت می‌شود. نشانه‌های قابل مشاهده در بذره‌ای خشک متنوع می‌باشند. ضایعات

معمول ممکن است به اندازه یک فرورفتگی کوچک روی ناحیه کوتیلدونی مقابل هیلوم تا به صورت بذره‌های کاملاً چروکیده و بد شکل متغیر باشد. برخی از بذره‌های تولید شده تحت شرایط تنش ممکن است نسبت به آب غیر قابل نفوذ باشند. زمانی که بذره‌های دارای فرورفتگی رنگ آمیزی شوند، لکه‌های سفید یا قرمز تیره در بافت‌های آسیب دیده ایجاد می‌شوند و ممکن است با آسیب هوازدگی اشتباه گرفته شود. وجود لکه‌هایی بر روی بذره‌های خشک به تحلیلگر کمک می‌کند تا از تفسیر نادرست جلوگیری شود. بذره‌های چروکیده، بعد از رنگ آمیزی، احتمالاً تغییر شکل داده و لکه‌های سفید و قرمز تیره پراکنده در سرتاسر کوتیلدون با غلظت بیشتر در نیمه بالایی بذر نزدیک به محور جنینی را نشان می‌دهند (شکل ۲۷). بافت‌های مرده سست، چروکیده و شکننده می‌باشند. بذره‌های به شدت چروکیده به دلیل له شدن بافت‌های محور جنینی و کوتیلدون‌های بالایی جوانه نخواهند زد.

• آسیب‌های ناشی از خشک شدن زیاد منجر به خشک شدن بذرها و رسیدن محتوای رطوبتی به زیر ۱۰٪ می‌شود. ویژگی اصلی این آسیب به صورت حضور سطح بالایی از بذره‌های سویا با شکاف‌های عرضی در کوتیلدون‌ها که همیشه در موقعیت مشابه می‌باشند- مشخص می‌شود (شکل ۲۸). در این موقعیت، بذره‌های سویا خشک شده به شدت در برابر شکستگی، زمانی که در معرض یک ضربه مکانیکی قرار می‌گیرند، حساس می‌باشند.

• آسیب یخ زدگی در بذره‌های سویا، همانگونه که توسط مور (۱۹۷۳) توصیف شد، می‌تواند بسته به مرحله توسعه بذر (در زمان در معرض قرار گرفتن با آسیب یخ زدگی، دما و طول دوره یخ زدگی) تغییر کند. بذره‌های نابالغ عموماً از بین می‌روند و سبز باقی می‌مانند، اما بذره‌های بالغ و خشک تمایل به مقاومت در برابر آسیب را دارند. بافت‌های آسیب دیده با آزمون تترازولیوم می‌توانند شناسایی شوند، بدین صورت که جنین قرمز تیره‌تر از حد طبیعی می‌شود و تمایل به آزادسازی شیرابه‌ای که یک رسوب قرمز رنگ را تولید می‌کند، دارد (این رسوب قرمز رنگ درون پوشش بذر و محلول مورد آزمایش

تجمع می‌یابد). بافت‌های آسیب دیده در اثر یخ‌زدگی، همانگونه که توسط اوسوریو (۱۹۸۷) نشان داده شد، ظاهر قرمز-سبز یا قرمز-قهوه‌ای از خود نشان می‌دهند.

شدت آسیب‌های توصیف شده در بالا ممکن است در طی انبارداری تشدید شود. درجه این شدت متکی بر شرایط دمایی و رطوبت نسبی در طی انبارداری می‌باشد. آسیب‌های مکانیکی و هوازدهی، انواعی از آسیب‌ها هستند که در طی انبارداری به طور متداول گسترش می‌یابند و منجر به کاهش شدید قدرت و زنده‌مانی به طور قابل توجهی در هفته‌های آخر انبارداری می‌شوند.

معمولاً، بیش از یکی از آسیب‌های توصیف شده در بالا را می‌توان در یک بذر مشاهده کرد (شکل ۱۶). سایر آسیب‌ها با سن بذر و شرایط ضعیف انبارداری مرتبط هستند. شرایط گرم و مرطوب در حین انبارداری منجر به بروز آسیب‌های شدید به بذر خواهد شد. با آزمون تترازولیوم، نشانه‌های انبارداری نامناسب مشابه با نشانه‌های آسیب هوازدهی می‌باشد. تشخیص صحیح علت تخریب بذر را می‌توان با انجام یک آزمون زیستی نظیر آزمون لکه‌گذاری (blotter) به دست آورد. سطوح بالای آلودگی در اثر قارچ‌های انباری نظیر *Aspergillus spp* و *Penicillium spp* در بذرهایی با مشکلات انبارداری یافت خواهد شد، در حالی که، قارچ‌های *Fusarium spp*، *Phomopsis spp*، *Cercospora kikuchii* یا سایر عوامل بیماری‌زا در مزرعه به طور طبیعی روی بذرهایی با آسیب هوازدهی، یافت می‌شوند. در اولین نگاه، شناسایی علل ضعف بذر ممکن است پیچیده به نظر برسد، اما تحلیلگر بذر با آموزش و تجربه خوب می‌تواند به راحتی این علائم را تشخیص داده و از هم تفکیک کند.

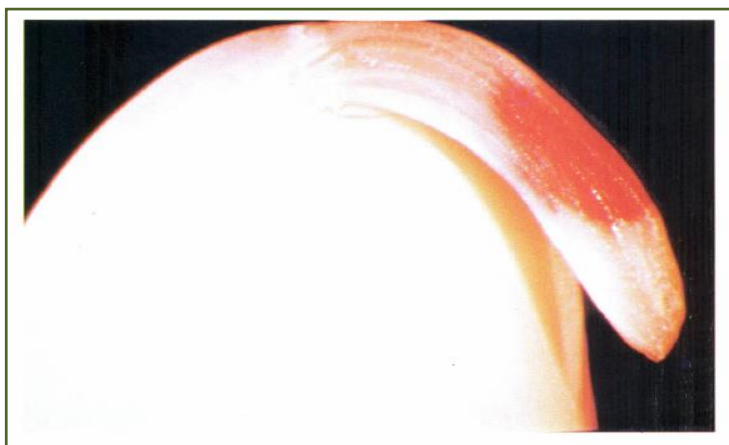
۴-۸- شناسایی سطوح زنده‌مانی

آزمون تترازولیوم بر اساس تجزیه و تحلیل شرایط بذرهایی منفرد می‌باشد. هر بذر به صورت زنده یا غیر زنده ارزیابی و علل ضعف بذر ثبت می‌شود. اگر بذر زنده باشد، به هر بذر درجه سلامت از ۱ تا ۵ داده می‌شود، اگر زنده نباشد، درجه ۶ تا ۸ به آن تعلق می‌گیرد. طبقه‌بندی بذرها بر اساس نوع رنگ آمیزی، مکان رنگ آمیزی و شرایط فیزیکی ساختارهای جنینی می‌باشد. توصیف موقعیت‌های متعدد برای هر گروه‌بندی به شرح ذیل

می‌باشد. تصاویر از بذرهای رنگ آمیزی شده در یک محلول تترازولیوم ۰/۰۷۵٪ (v/v) تهیه شد. هر تصویر بیانگر یک بذر می‌باشد که به صورت طولی تقسیم شده است. نمای بیرونی بذر در سمت چپ و نمای داخلی در سمت راست نشان داده شده است.



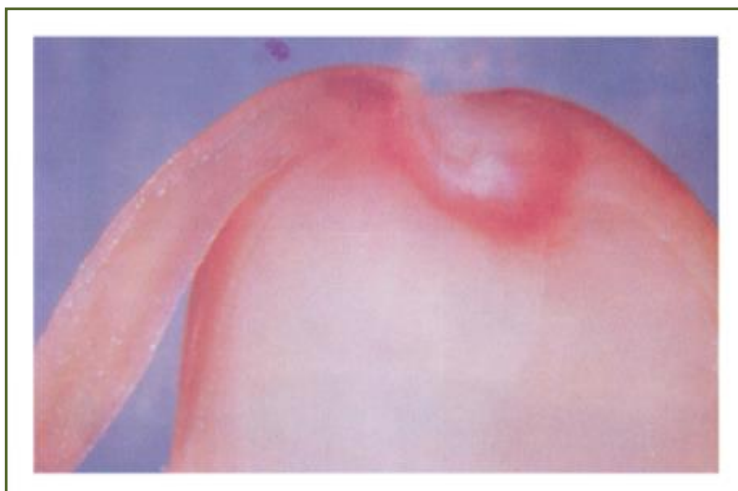
شکل ۱۱- بذرهای سویا با آسیب‌های متداول حاصل از خسارت مکانیکی. سمت چپ: بذر با خسارت نهفته (بذر کبود شده). سمت راست: آسیب شدید (بذر ترک خورده).
(تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)



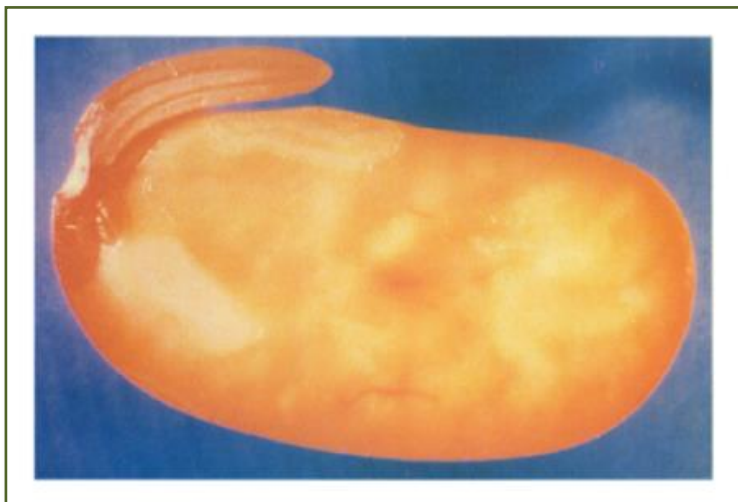
شکل ۱۲- آسیب مکانیکی بحرانی روی محور هیپوکوتیل-ریشه‌چه که به مجرای آوند می‌رسد.
(تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)



شکل ۱۳- هیپوکوتیل کبود شده در اثر آسیب مکانیکی که به مجرای آوند می‌رسد.
(تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)



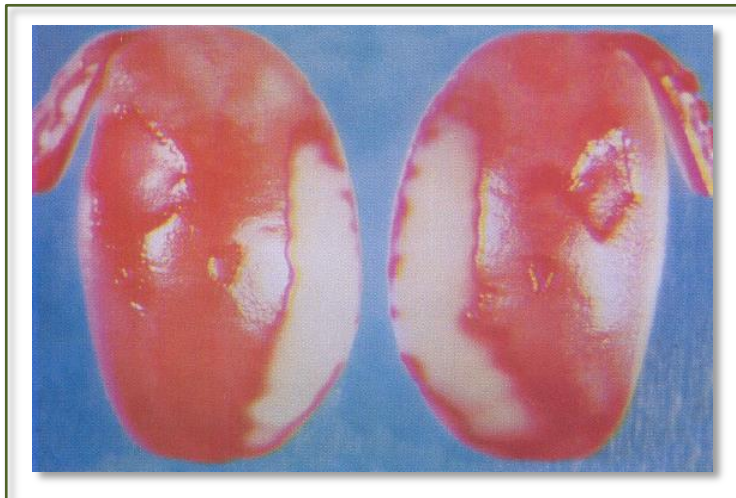
شکل ۱۴- آسیب مکانیکی که بر ناحیه مریستمی جوانه اولیه اثر می‌گذارد.
(تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)



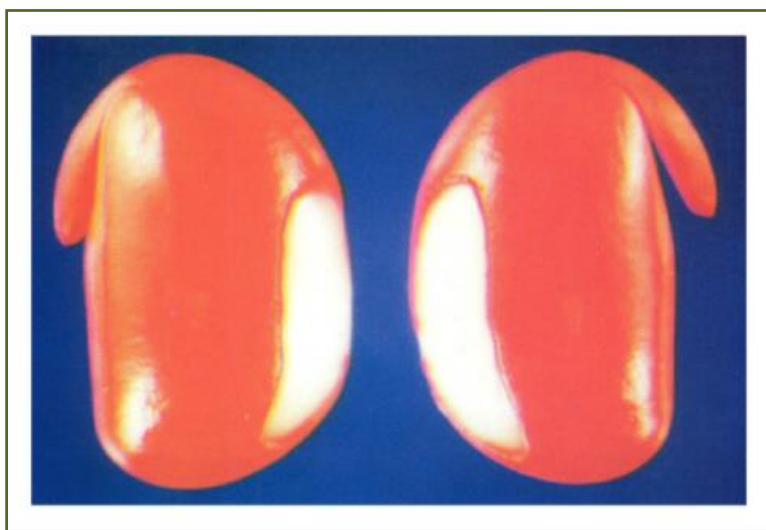
شکل ۱۵- آسیب مکانیکی جزئی که بر یک ناحیه حیاتی مجرای آوند و جوانه اولیه اثر می‌گذارد.
(تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)



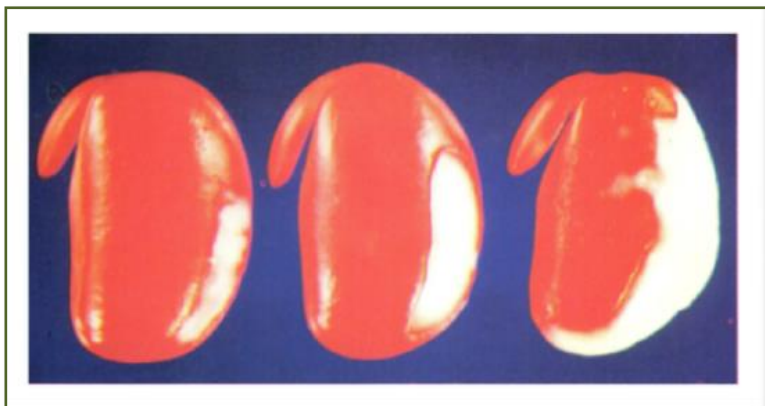
شکل ۱۶- بذر سویا با آسیب‌های متداول حاصل از تخریب مکانیکی روی ریشه‌چه و کوتیلدون و آسیب
هوازگی سطحی روی پوسته هیپوکوتیل. (تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)



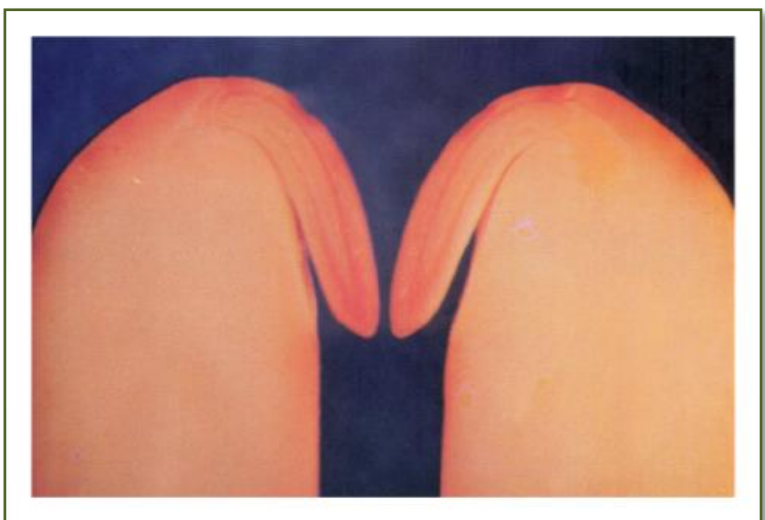
شکل ۱۷- بذر سویا با آسیب متداول حاصل از تخریب هوازدگی. به تقارن آسیب‌ها و علائم روی محور جنینی توجه کنید. (تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)



شکل ۱۸- بذر سویا با ضایعه متداول حاصل از آسیب هوازدگی. به تقارن آسیب‌ها روی کوتیلدون‌ها توجه کنید. (تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)



شکل ۱۹- بذره‌های سویا با سه سطح آسیب هوازدگی. (تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)

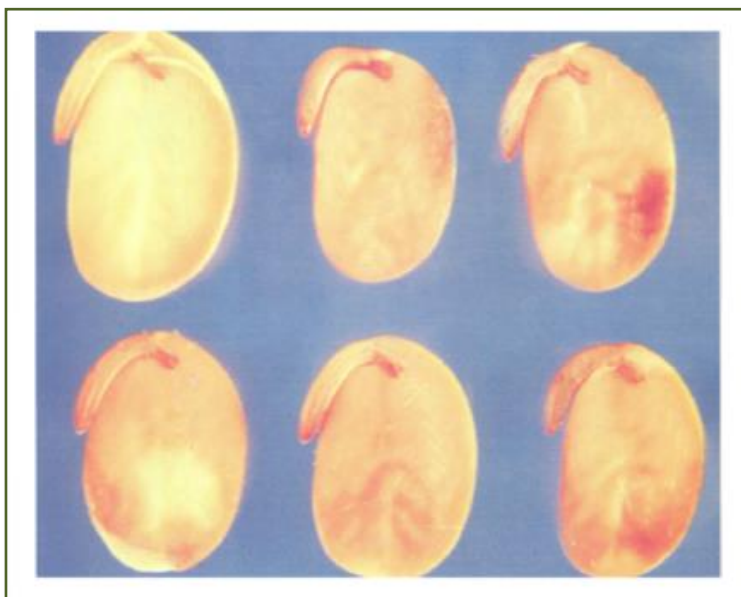


شکل ۲۰- بذر سویا با ضایعات سطحی ناشی از آسیب هوازدگی روی پوسته هیپوکوتیل.
(تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)



شکل ۲۱- صدمات شدید هوازدگی روی بذرهای سویا در مزرعه.

(تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)



شکل ۲۲- جوانه‌های اولیه رنگ‌آمیزی شده بذرهای سویا به دلیل هوازدگی شدید در مزرعه.

(تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)



شکل ۲۳- گروه ۸ بذرهای سویا به دلیل هوازگی شدید در مزرعه.
(تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)



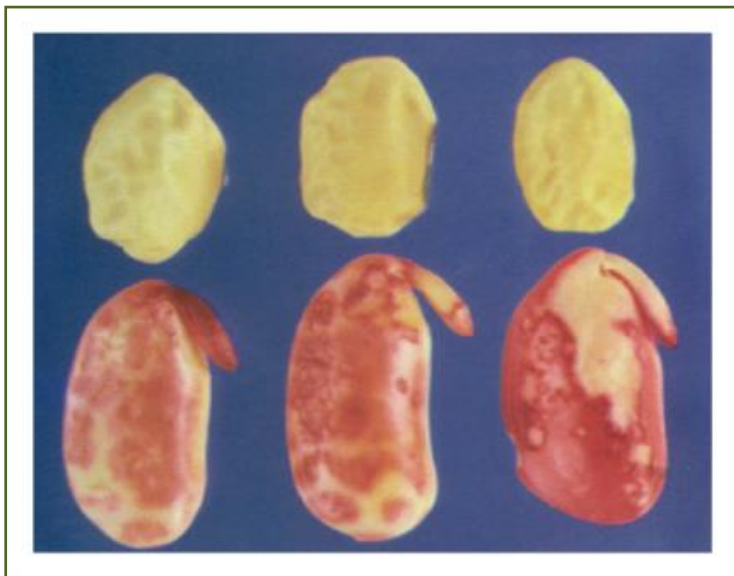
شکل ۲۴- صدمات متداول در اثر سن سویا روی کوتیلدون. (تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)



شکل ۲۵- بذرهای سویا با صدمات ناشی از سن سویا روی کوتیلدون‌ها و محور جنینی.
(تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)



شکل ۲۶- آسیب ناشی از سن سویا روی کوتیلدون. به پیکربندی دایره‌ای شکل ضایعه و حلقه قرمز
پر رنگ (بافت‌های در حال تخریب) اطراف بافت مرده توجه کنید.
(تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)



شکل ۲۷- بذره‌های سویا با ضایعات حاصل از وقوع دمای بالا و کمبود آب در طول پر شدن دانه.
شکل بالا: بذره‌های خشک، شکل پایین: بذره‌های رنگ آمیزی شده را نشان می‌دهد.
(تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)



شکل ۲۸- بذره‌های سویا با آسیب خاص ناشی از خشک شدن بیش از حد. فراوانی بالای این آسیب
نشان‌دهنده شکاف‌های عرضی روی کوتیلدون‌ها می‌باشد. (تصویر: فرانکو نتو جی. بی. سال ۱۹۹۸)

گروه یک (قدرت بسیار بالا)



- الف- بذرهایی که توسط رنگ آمیزی یکنواخت و سطحی به دلیل انتشار آهسته نمک تترازولیوم مشخص می‌شوند. سطوح داخلی کوتیلدون‌ها به جزء لبه‌هایشان^۱ رنگ آمیزی نمی‌شوند. تمام بافت‌های بذر طبیعی و محکم می‌باشند.



۱-ب- بذرها همان ویژگی‌هایی که در شکل ۱-الف نشان داده شد را نشان می‌دهند به جزء یک یا دو نوار در هر کوتیلدون که به شدت رنگ آمیزی شدند. این نوارها سطحی هستند (عمق یک یا دو دهم میلی‌متر) و حاصل از مراحل اولیه نفوذ آب در طی فرآیند هوازدگی می‌باشند.



۱- پ- بذرها رنگ آمیزی با یک الگوی موزائیکی (شکل ۲۹) را به دلیل جذب آهسته^۱ نشان می‌دهند. بافت‌های بذر محکم هستند، سطح داخلی کوتیلدون‌ها منحنی شکل‌اند که منجر به ایجاد یک فضای توخالی در بین آنها می‌شود. این امر به دلیل عدم جذب آب کافی توسط بذرها و معمولاً در بذره‌های نیمه نفوذپذیر رخ می‌دهد. به علاوه، ممکن است مرتبط با جذب ناکافی در طی شرایط پیش تیمار یا استفاده از بذره‌های بی نهایت خشک باشد.



شکل ۲۹. بذر سویا با رنگ آمیزی موزائیکی ناشی از فرآیند پیش تیمار (جذب) نامناسب. (عکس: کرزیزانوفسکی اف. سی)

گروه دو (قدرت بالا)



۲-الف- نوارهای کوچک روی سطح بیرونی "پشت" کوتیلدون‌ها، یعنی، روبروی محور جنین وجود دارد. این نوارها ناشی از آبرسانی‌های پی در پی (انبساط) و کم آبی‌ها (انقباضات) پوشش بذر و کوتیلدون‌ها در طی فرآیند هواز دگی می‌باشند. فشار ناشی از پوشش بذر روی کوتیلدون‌ها- به دلیل انقباض و انبساط نابرابر این ساختارها- به صورت سطحی به کوتیلدون‌ها آسیب خواهند رساند و باعث ایجاد نوار خواهند شد. عمق این نوارها از ۰/۵ میلی‌متر بیشتر نیست. سطوح داخلی کوتیلدون‌ها همانند ۱-الف توصیف شد. آسیب‌های وارد شده به کوتیلدون‌ها معمولاً متقارن هستند.



۲-ب- نوارهای کوچک روی محور جنینی وجود دارند. این خطوط به دلایل شرح داده شده در شکل ۲-الف ایجاد می‌شوند. این ضایعات سطحی هستند و نمی‌توانند روی بافت‌های داخلی محور جنینی بعد از تقسیم‌بندی، همانگونه که در شکل ۱-الف نشان داده شد، مشاهده شوند. صدمات وارد شده به کوتیلدون‌ها عموماً متقارن هستند.



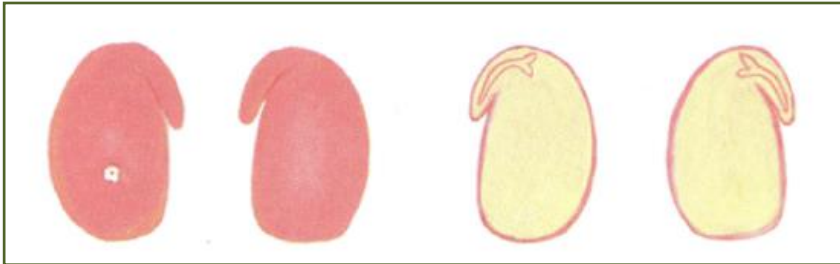
۲-پ- باندهای قرمز رنگ شدید در "پشت" کوتیلدون‌ها وجود دارند. این باندها ناشی از دسته‌بندی چندین نوار کوچک می‌باشند (همانگونه که در ۲-الف توصیف شد). سطوح داخلی کوتیلدون‌ها هیچ نقصی را-همانگونه که در شکل ۱-الف نشان داده شد- نشان نمی‌دهند. آسیب‌های وارده به کوتیلدون‌ها عموماً متقارن می‌باشند.



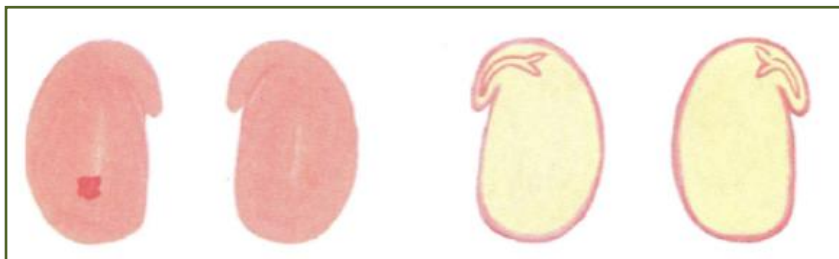
۲-ت- نوارهای کوچک در بافت رنگ آمیزی نشده (سفید و مرده) در "پشت" کوتیلدون‌ها دیده می‌شود. این نوارها نباید از آنچه که در شکل نشان داده شده، بزرگتر باشند. سطوح داخلی کوتیلدون‌ها- همانطور که در شکل ۱-الف توصیف شد- می‌باشند. عموماً، تمام ضایعات، که از شکل ۲-الف تا ۲-ت نشان داده شد- عموماً در هر دو کوتیلدون متقارن می‌باشند. از این مشخصه جهت تمایز آسیب هوازگی از سایر صدمات استفاده می‌شود.



۲-ث- کبودی‌های جزئی، به دلیل ضربه مکانیکی، روی سطوح خارجی لپه‌ها مشاهده می‌شود. ضایعات نباید بیشتر از ۰/۵ میلی‌متر عمق داشته باشد. سطوح داخلی کوتیلدون‌ها مشابه با توضیحات شکل ۱-الف می‌باشد.



۲-ج- صدمات جزئی سن سویا روی بذر مشاهده می‌شود. خسارت‌ها سطحی هستند (بیش از ۰/۵ میلی‌متر عمق ندارند) و شامل ناحیه‌ای بزرگتر از منطقه نشان داده شده در شکل نمی‌باشند. خسارت‌ها از ناحیه آوندی فاصله دارند، یعنی در نیمه بذر واقع شده که محور جنینی را در بر نمی‌گیرد. بافت‌های آسیب دیده، مرده و ترد و شکننده می‌باشند و به طور معمول سفید، یا گاهی مایل به سبز، مایل به زرد و یا خاکستری به نظر می‌رسند. محل حفره ایجاد شده توسط حشرات اغلب ممکن است مشاهده شود. سطوح داخلی لپه‌ها مشابه توضیحات شکل ۱-الف می‌باشد.



۲-چ- بذرها آسیب‌های مشابه با آنچه که در شکل ۲-ث بیان شد را نشان می‌دهند، اما بافت‌های خسارت دیده، مرده نیستند (سفید). بافت‌هایی که تحت تاثیر آسیب قرار گرفته‌اند، چروکیدگی با رنگ قرمز شدید را نشان می‌دهند. این آسیب‌ها ناشی از خسارت حمله سن سویا می‌باشد که در اواخر مراحل رسیدگی بذر رخ می‌دهد، هنگامی که بذرها آب از دست می‌دهند.



۲-ح- سه یا چند نوار، همانطور که در شکل ۱-ب شرح داده شد، در هر لپه وجود دارد. سطوح داخلی لپه‌ها مشابه با توضیحات شکل ۱-الف می‌باشد.



۲-خ- سطوح خارجی لپه‌ها رنگ طبیعی همانند توضیحات شکل ۱-الف نشان می‌دهند. سطوح داخلی لپه‌ها به دلیل نفوذ نمک تترازولیوم از طریق پارگی پوشش بذر بطور یکنواخت رنگ آمیزی می‌شوند.

تکته: بذرهایی که در گروه‌های ۱ و ۲ طبقه‌بندی شدند، هیچ آسیبی را در سطوح داخلی لپه‌ها نشان نمی‌دهند.

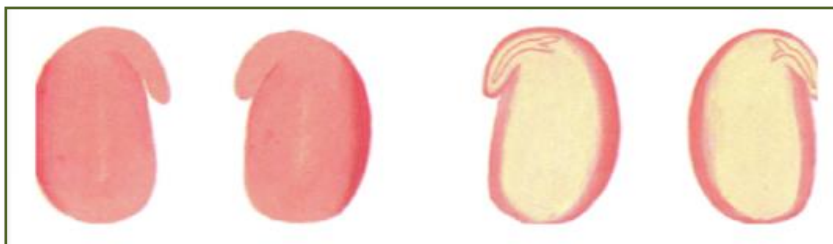
گروه سوم (قدرت متوسط)



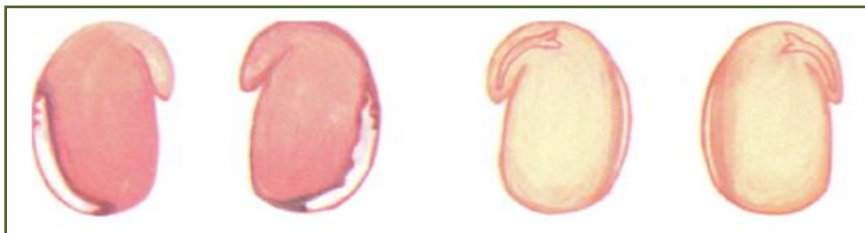
۳-الف- نوارهای قرمز تیره در "پشت" لپه‌ها با مساحت کل کوچکتر نسبت به آنچه در شکل دیده می‌شود-مشاهده می‌شوند. سطح داخلی لپه‌ها ممکن است که قرمز تیره کوچک با حداکثر عمق ۰/۵ میلی‌متر را نشان دهد.



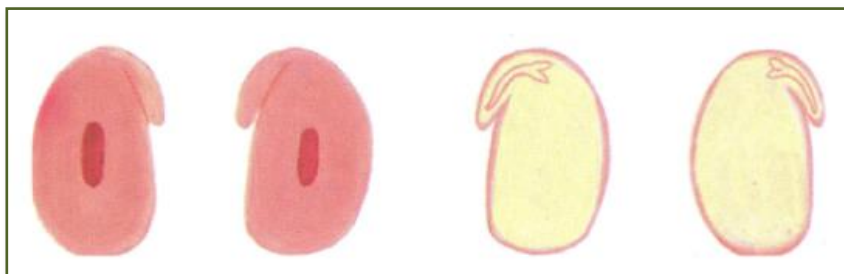
۳-ب- آسیب‌های وارده به بذر با آنچه که در شکل ۳-الف توصیف شد، مشابه می‌باشد، اما نوارها به رنگ شیری سفید هستند. سطح داخلی لپه‌ها شبیه به لپه‌هایی است که در شکل ۳-۱ نشان داده شد.



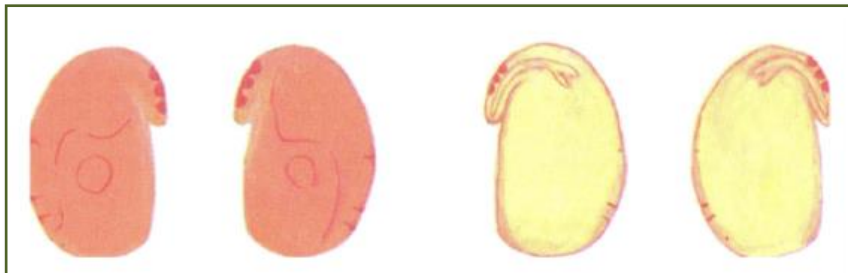
۳-پ- نواری قرمز تیره در "پشت" لپه‌ها، همانطور که در شکل نشان داده شده است، وجود دارند. این نواری احتمالاً ناشی از اتصال چندین نوار کوچک در طی فرآیند هوازگی بذر می‌باشند. بر همین اساس، یک باند تیره نیز ممکن است در سطح داخلی لپه‌ها مشاهده شود که حداکثر ضخامت آن ۰/۵ میلی‌متر می‌باشد.



۳-ت- بذرها همانگونه که در شکل‌های قبلی توضیح داده شد، دارای ضایعات مشابهی هستند، اما نوار سفید-شیری دارند (بافت‌های مُرده). ناحیه‌ای از بافت آسیب دیده بزرگتر از آنچه در شکل نشان داده شد، نمی‌باشد و حداکثر ضخامت آن ۰/۵ میلی‌متر است.



۳-ث- یک کبودی شدید قرمز به دلیل آسیب مکانیکی روی یک یا هر دو لپه وجود دارد. خسارت‌ها سطحی می‌باشند و از ۰/۵ میلی‌متر عمیق‌تر نیستند. سطوح داخلی لپه‌ها شبیه توضیحات شکل ۱-الف می‌باشد.



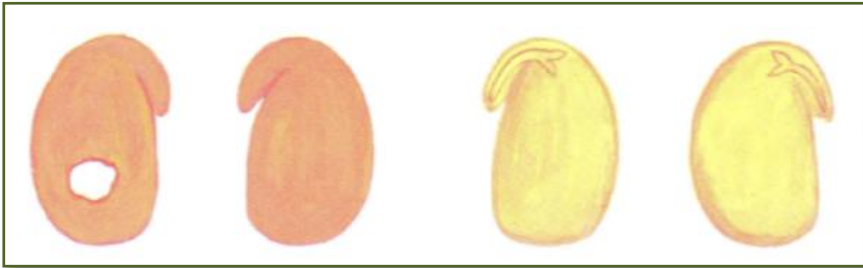
۳-و- تکه‌های قرمز تیره روی پوسته محور جنینی وجود دارد، اما بر استوانه مرکزی آوند تأثیر نمی‌گذارد.



۳-ج- بافت پوسته نوک ریشه به شدت قرمز یا شیری سفید است، اما استوانه مرکزی آوند تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد.



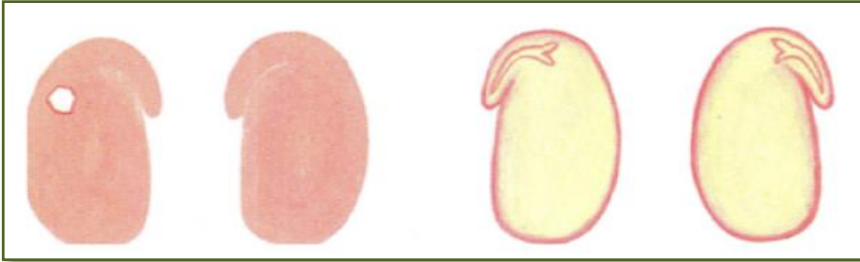
۳-چ- شکستگی‌های کوچک در محور ریشه‌چه-ساقه‌چه مشاهده می‌شود، اما بر استوانه مرکزی آوند تأثیر نمی‌گذارد.



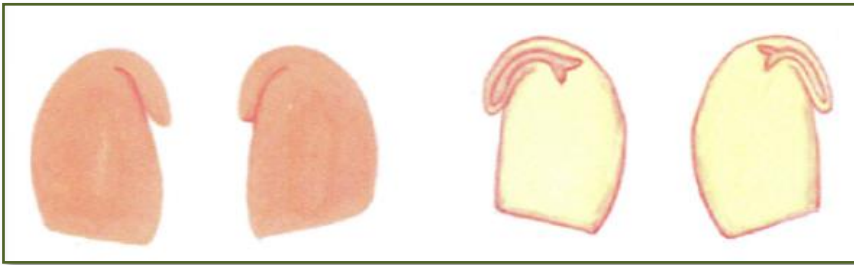
۳-ح- آسیب (های) سن همانطور که در شکل نشان داده شد، بر روی لپه مشاهده می‌شود. این آسیب کمی بزرگتر از آنچه که در شکل ۲-ث نشان داده شده است، می‌باشد و در فاصله نیمه محور جنینی روی بذر قرار دارد. بافت‌های آسیب دیده شکنندگی پایداری دارند و ممکن است به شدت قرمز یا سفید باشند (مرده). خسارت سطحی است و از ۰/۵ میلی‌متر عمیق‌تر نمی‌باشد. سطوح داخلی لپه‌ها مشابه با توضیحات شکل ۱-الف می‌باشد.



۳-خ- آسیب (های) سن سویا بزرگتر از آنچه که در شکل نشان داده شده است، روی لپه مشاهده نمی‌شود. بافت آسیب دیده سفید نیست (مُرده) و در فاصله نیمه از محور جنینی روی بذر قرار دارد. آسیب (ها) روی سطح داخلی یکی از لپه‌ها وجود دارد، که تکه‌های چروکیده را با نقاط قرمز کوچک به نمایش می‌گذارد. سطح داخلی لپه‌ها ممکن است به طور یکنواخت رنگ‌آمیزی شوند همانطور که در شکل ۲-ح توضیح داده شد.



۳-۵- صدمه جزیی سن سویا بزرگتر از آنچه که در شکل نشان داده شد، نمی‌باشد. خسارت در نیمه بذر نزدیک به محور جنینی روی بذر دیده می‌شود. خسارت سطحی است (عمقی بیش از ۰/۵ میلی‌متر ندارد) و بر اتصالات آوندی بین لپه و محور جنین تأثیر نمی‌گذارد.



۳-۶- لپه‌های شکسته شده با آسیب گسترده (که بزرگتر از آنچه در شکل نشان داده شد نمی‌باشد) قابل مشاهده است. سطح داخلی لپه‌ها احتمالاً همانند آنچه در شکل‌های ۱-الف و ۲-ح توصیف شد، می‌باشند.



۳-۷- نوک ریشه اولیه شکسته شده است، اما این آسیب بر استوانه مرکزی آوند تأثیر نمی‌گذارد. سطح داخلی لپه‌ها ممکن است مشابه با آنچه در شکل‌های ۱-الف و ۲-ح توضیح داده شد، باشد.



۳- ژ- آسیب (های) مکانی در نیمه بذر با فاصله از محور جنینی وجود دارد. بافت‌های آسیب دیده ممکن است قرمز تیره یا سفید (مُرده) باشند، اما ممکن است عمیق تر از ۵/۰ میلی‌متر نباشند. سطح داخلی لپه‌ها ممکن است مشابه با آنچه در شکل‌های ۱-الف و ۲-ح توضیح داده شد، باشد.



۳- ژ- آسیب (های) مکانیکی در نیمه بذر با فاصله از محور جنینی وجود دارد آسیب دیدگی‌ها عمیق هستند و همانطور که در شکل دیده می‌شود در سطح داخلی لپه‌ها قابل مشاهده است.

گروه ۴ (قدرت ضعیف)



۴-الف- یک منطقه قرمز تیره رنگ در هر دو لپه وجود دارد. بافت‌های آسیب دیده کمتر از نیمی از بافت‌های لپه را تشکیل می‌دهند. سطح داخلی لپه‌ها نیز تحت تأثیر قرار گرفته و قرمز تیره است. ناحیه آوندی بین محور جنین و لپه‌ها دچار آسیب نمی‌شود.



۴-ب- خسارات مشابه آنچه از قبل توصیف شد، می‌باشند، اما بافت‌های آسیب دیده، مرده هستند (سفید- شیری).



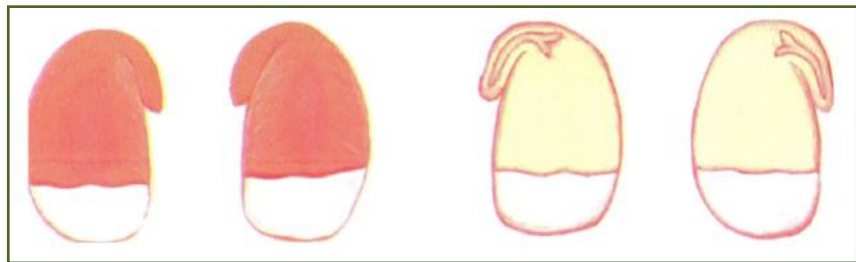
۴-پ- نواحی مرکزی بیرونی و داخلی لپه‌ها قرمز تیره است. بخشی از ناحیه آوندی، بین محور جنین و لپه‌ها ممکن است صدمه دیده باشد. با این وجود، بسیاری از اتصالات آوندی هنوز فعال هستند و این امکان را فراهم می‌آورند که ذخایر لپه به محور جنین منتقل شود.



۴-ت- نوارها در محور جنین وجود دارند. ضایعات عمیق هستند و بر روی استوانه مرکزی کمتر از نیمی از ضخامت آن تأثیر می‌گذارند.



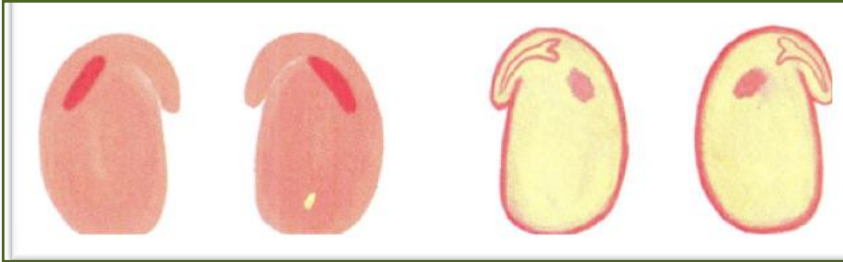
۴-ث- یک ناحیه قرمز تیره رنگ در محور جنین مشاهده می‌شود، اما ساختارهای پوسته و استوانه مرکزی به خوبی مشخص است.



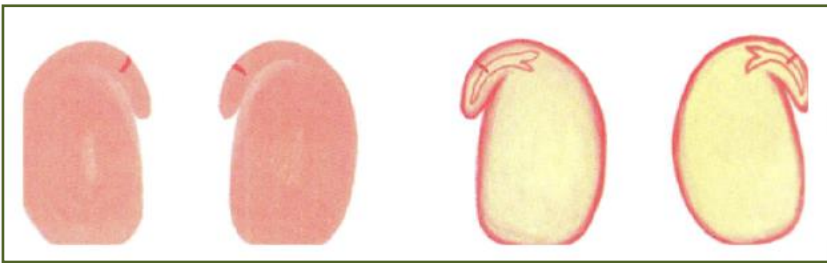
۴-ج- ناحیه بافت مرده در کمتر از نیمی از سطح لپه‌ها می‌باشد.



۴-چ- یک یا هر دو لپه ممکن است در ناحیه آوندی بین محور جنینی و لپه‌ها دچار شکستگی شوند. با این وجود، بسیاری از اتصالات آوندی هنوز فعال هستند و منجر به انتقال ذخایر لپه به محور جنین می‌شوند.



۴-ح- آسیب(های) مکانیکی در منطقه آوندی لپه‌ها وجود دارد و ممکن است در سطح داخلی لپه‌ها نیز مشاهده شود. با این وجود، بسیاری از اتصالات آوندی هنوز فعال هستند و سبب انتقال ذخایر لپه‌ها به محور جنینی می‌شوند.



۴-خ- شکستگی‌هایی در محور جنین وجود دارد. شکستگی‌ها عمیق هستند و بر روی استوانه مرکزی کمتر از نیمی از ضخامت استوانه آن تأثیر می‌گذارند.



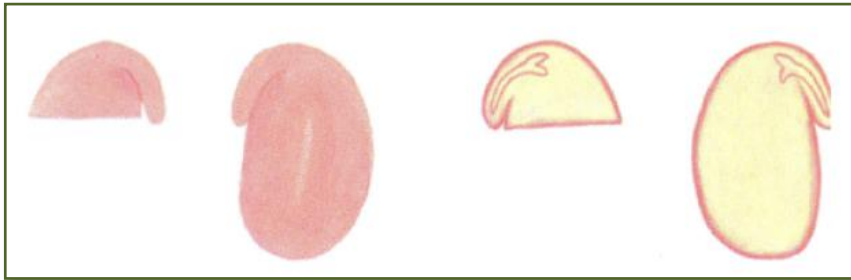
۵-۴- آسیب سن سویا با بافت نکروزه شده (سفید رنگ) در نیمه محور جنینی روی بذر دیده می‌شود. ضایعات عمیق می‌باشند و در سطح داخلی لپه‌ها قابل مشاهده‌اند.



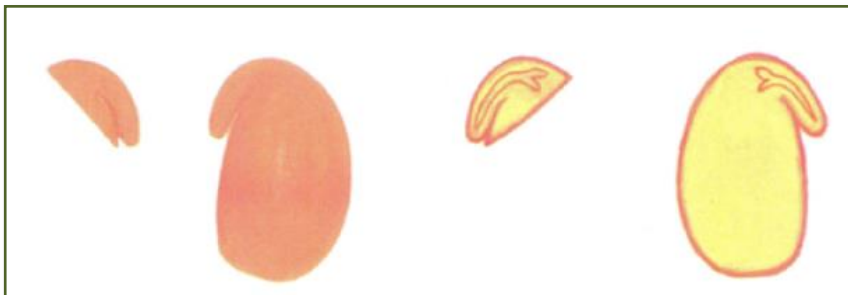
۶-۴- آسیب (های) سن سویا روی یکی از لپه‌ها دیده می‌شود که عملاً کارایی آن از بین رفته است. به علاوه، سطح داخلی لپه دوم به صورت سطحی تحت تأثیر قرار گرفته است.



۷-۴- آسیب سن سویا در ناحیه آوندی یکی از لپه‌ها به طور کامل منطقه آوندی را مسدود می‌کند. از این رو، این لپه کارایی خود را از دست می‌دهد. گیاهچه در حال جوانه زنی تنها به ذخایر غذایی یکی از لپه‌ها وابسته خواهد بود.



۴-۳- بیش از نیمی از یک لپه شکسته است. اما، لپه دیگر در وضعیت خوبی قرار دارد.



۴-۳- یکی از لپه‌ها به شدت شکسته شده است، اما محور جنینی (شامل ساقه‌چه) سالم می‌باشد.



۴-۳- هر دو لپه به شدت شکسته‌اند، اما بخش باقیمانده شامل بیش از ۵۰ درصد شامل بافت‌های لپه‌ای زنده و فعال می‌باشند.

گروه پنجم (قدرت بسیار پائین)

ناحیه بحرانی ارزیابی تترازولیوم بین گروه ۵ و ۶ است که گروه‌های بالاتر غیر زنده در نظر گرفته می‌شوند. اگر یک نمونه شامل تعداد زیادی بذراز گروه‌های ۵ و ۶ باشد، این امکان وجود دارد که اختلاف بین نتایج آزمون استاندارد جوانه‌زنی و تست تترازولیوم وجود داشته باشد.



۵-الف- هر دو لپه دارای ضایعات با الگوی موزائیکی هستند. لکه‌های قرمز تیره با بافت‌های قرمز کمرنگ یا سفید (مرده) مرتبط هستند. نواحی آسیب دیده تا عمق بیش از ۱ میلی متر گسترش یافته‌اند، اما از نیمی از ضخامت لپه تجاوز نمی‌کند. برخی از نواحی روی سطح داخلی لپه‌ها بیشتر رنگ آمیزی می‌شوند. محور جنین، پوسته و استوانه مرکزی به خوبی مشخص هستند.



۵-ب- آسیب(های) مکانیکی در یک لپه باعث اختلال در ناحیه آوندی بین لپه آسیب دیده و محور جنینی می‌شود. سطح داخلی مربوط به لپه دوم نیز تا حدی تحت تأثیر آسیب قرار می‌گیرد.



۵-پ- لپه‌ها به شدت شکسته‌اند، به طوری که اگر قسمت‌های باقیمانده بذر بیش از ۵۰ درصد کل بذر را تشکیل دهند، کوتیلدون‌ها به سختی قابل مشاهده‌اند.



۵-ت- آسیب (های) سن سویا بر ناحیه آوندی همانطور که در شکل ۵-ب توضیح داده شد، تاثیر می‌گذارد.

گروه ششم (غیر زنده)

بذرهایی که در گروه ۶ قرار دارند، ضایعات یا آسیب‌هایی مشابه با آنچه که در گروه ۵ شرح داده شد، نشان می‌دهند (لطفاً به تصاویر مراجعه شود). با این وجود، وسعت مناطق آسیب دیده بیشتر است و در نتیجه منجر به ایجاد بذرهای غیر زنده می‌شود.

گروه هفتم (غیر زنده)



۷-الف- هر دو لپه آسیب دیدگی با الگوی موزائیکی شکل را نشان می‌دهند. لکه‌های قرمز تیره با بافت‌های سفید (مرده) یا قرمز کمرنگ مرتبط می‌باشند. بافت‌های آسیب دیده بیش از نیمی از ضخامت لپه‌ها را در بر می‌گیرند، از این رو، به طور کامل ناحیه آوندی را مسدود می‌کنند.



۷-ب- بافت‌های قرمز تیره در سراسر محور جنینی گسترش می‌یابند.

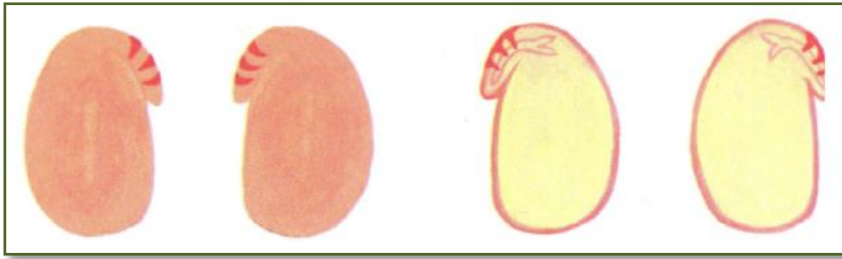


۷-پ- بافت‌های قرمز تیره (یا شیری-سفید) بر روی ناحیه آوندی هر دو لپه امتداد

یافته‌اند.



۷-ت- بیش از ۵۰ درصد از بافت‌های بذر به رنگ شیری-سفید (مرده) می‌باشند.



۷-ث- نوارهای قرمز تیره در محور جنین وجود دارد. ضایعات عمیق هستند و بر روی نیمی از ضخامت استوانه مرکزی گسترش یافته‌اند.



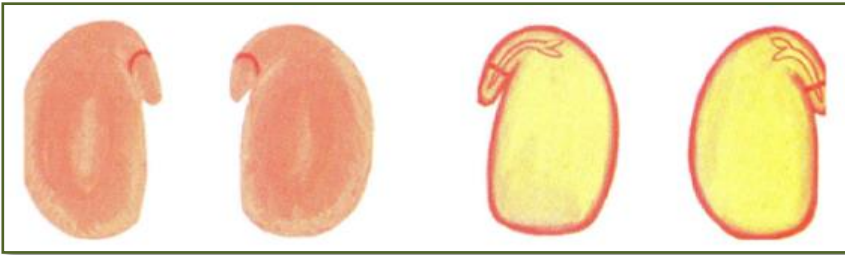
۷-ج- نواحی پوسته و استوانه مرکزی در نوک ریشه‌چه از بین رفته است (شیری-سفید).



۷-چ- شکستگی شدید در نوک ریشه، بر پوسته و استوانه مرکزی تأثیر می‌گذارد.



۷-ح- محور جنینی به لپه‌های شکسته متصل است. بقای این لپه‌ها کمتر از ۵۰ درصد از اندازه کل بذر می‌باشند.



۷-خ- محور جنین شکستگی را نشان می‌دهد که بر روی استوانه مرکزی اثر می‌گذارد.



۷-د- آسیب(های) مکانیکی که به شدت بر ناحیه آوندی بین لپه‌ها و محور جنینی تأثیر می‌گذارد.



۷-ذ- آسیب(های) سن سویا به شدت بر ناحیه آوندی بین لپه‌ها و محور جنینی تأثیر می‌گذارد.



۷-ر- ساقه چه از بین رفته است (قرمز پر رنگ)

گروه هشتم (دانه مرده)

در این حالت، بذور کاملاً مرده است که معمولاً سفید و به طور پراکنده صورتی رنگ می‌باشند. بافتهای بذر ترد و چروک شده هستند.

بذور سخت^۱: زمانیکه بذرهاى سفت در نمونه‌های بذری مشاهده می‌شوند، روش‌های اختصاصی مورد نیاز می‌باشند. اگر سطح سخت بذر (۲ درصد تا ۵ درصد) مشاهده شود، این بذرها ممکن است زنده و دارای قوه نامیه باشند و در گروه ۱ قرار گیرند. اما اگر سطح سختی آن بالاتر از ۵ درصد باشد، چنین بذرهایی باید با یک کاغذ شنی نرم شکافته شوند. سپس با یک کاغذ مرطوب پیش تیمار، رنگ آمیزی و به دنبال آن تفسیر نتایج انجام شود.

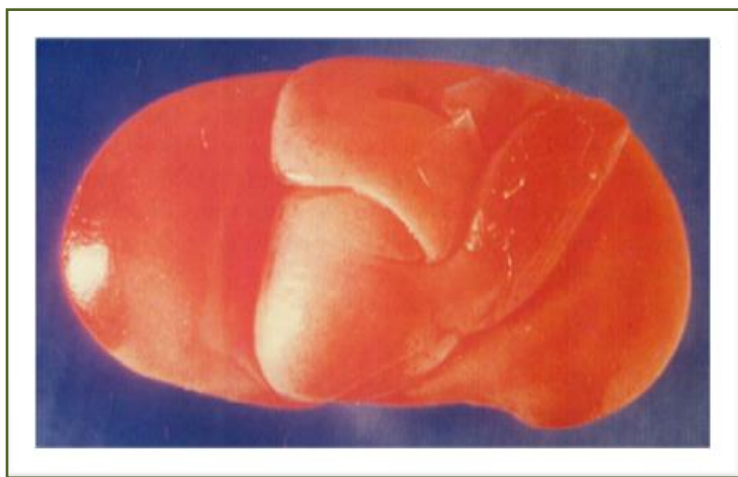
جنین غیرطبیعی^۲: در هنگام انجام تست تترازولیوم، انواع خاصی از ناهنجاری‌های جنین نظیر حضور سه یا تعداد بیشتری لپه، لپه‌های تاشده، و محورهای جنین ناب‌ه‌جا قابل مشاهده می‌باشند (شکل‌های ۳۰ و ۳۱). بسیاری از این بذور، گیاهچه‌های طبیعی را تولید نمی‌کنند، همانطور که در تصویر ۲۷ مشاهده می‌شود. از طرف دیگر، بذور با ناهنجاری‌های به تصویر کشیده شده در شکل ۳۰، در صورتی که صدمات جدی در اجزای حساس بذر ایجاد نشده باشد، ممکن است منتج به گیاهچه‌های طبیعی شوند.

1. Hard seeds

2. Abnormal embryo



شکل ۳۰- جنین غیر طبیعی بذر سویا، که توسط تست تترازولیوم شناسایی شد
(تصویر از جی. بی فرانکانتو سال ۱۹۸۸)



شکل ۳۱- دانه سویا با ناهنجاری‌های جنینی. به محل نامناسب محور جنین توجه داشته باشید
(تصویر از جی. بی فرانکانتو سال ۱۹۹۸)

۴-۹- ثبت داده‌ها

هر بذر از يك نمونه بذرى در يك گروه از زنده‌مانى درجه‌بندى مى‌شود و نوع/انواع نقص(ها) در هر بذر با استفاده از يك فرم گزارش -همانطور كه در ضميمه نشان داده شده است ثبت مى‌شود. نمادهائى كه در زير آورده شده است، ممكن است مورد استفاده قرار گيرند.

✓ بدون آسيب (مورد استفاده براى گروه ۱)

✓ خسارت مكانيكى (MD).

✓ خسارت سن سويا (SB).

✓ خسارت هوازديكى (WD).

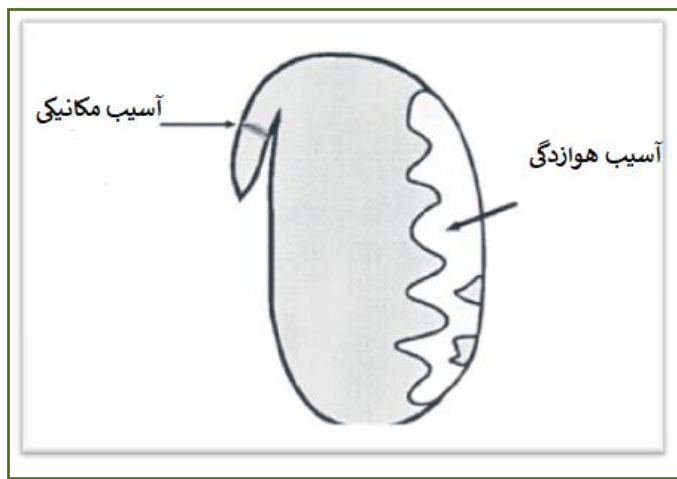
✓ خسارت مكانيكى + خسارت سن سويا (MD+SB).

✓ خسارت مكانيكى + خسارت هوازديكى (MD+ WD).

✓ خسارت آب و هوا + خسارت سن (WD+SB).

✓ خسارت مكانيكى + خسارت هوازديكى + خسارت سن سويا (MD+WD+SB).

مشاهدات مهم: يك بذر غيرزنده (گروه‌هاى ۶ و ۷) ممكن است علائم دو يا چند نوع آسيب را نشان دهد (شكل ۱۲). اگر اين مورد اتفاق بيافتد و فقط يك نوع آسيب سبب از بين رفتن قابليت زنده ماندن بذر شود، اين نوع نقص اختصاصى بايد در فرم گزارش با نماد آن به صورت پر رنگ نوشته شود. **براى مثال:** يك بذر كه دچار آسيب مكانيكى شديد شده است به طوري كه محور جنينى آن كاملاً خرد شده باشد-قابليت زنده ماندن را از دست مى‌دهد. اين بذر همچنين نشانه‌هاى سطحى از هوازديكى در لپه‌ها را دور از مناطق حساس خود نشان مى‌دهد (شكل ۳۲). اين بذر با خسارات مكانيكى و هوازديكى در گروه ۷ طبقه‌بندى مى‌شود.



شکل ۳۲- بذر سویا با آسیب هوازگی بر روی لپه‌ها و آسیب مکانیکی شدید که محور جنین را شکسته است.

با این حال، این آسیب هوازگی به اندازه کافی شدید نبود که روی زنده ماندن بذرتأثیر بگذارد. در این حالت، آسیب مکانیکی- که تنها عامل اصلی از بین رفتن قابلیت زنده ماندن بذر است- باید روی فرم گزارش با یک خط پررنگ ثبت شود. لطفاً به فرم‌های گزارش در پیوست مراجعه کنید.

پس از اینکه ۱۰۰ عدد بذر (۲ دسته ۵۰ تایی) از یک نمونه بذری ارزیابی شدند، درصد بذور رتبه‌بندی شده در هر گروه ۱ تا ۸ تعیین می‌شود. پتانسیل جوانه‌زنی با جمع‌بندی درصد بذر در گروه‌های یک تا پنج محاسبه می‌شود. امتیاز قوه نامیه بذر توسط کل بذر در گروه‌های یک تا سه تعیین می‌شود.

نتایج زنده‌مانی و قوه نامیه بذر برای دو نمونه بذری از یک نمونه بذری بزرگتر در قسمت پایین فرم گزارش نوشته می‌شود. درصد بذره‌های آسیب دیده بر اثر انواع آسیب‌های تعیین شده توسط آزمون (آسیب‌های مکانیکی، هوازگی و سن سویا) برای گروه‌های ۱ تا ۸ و ۶ تا ۸ محاسبه و همچنین ثبت می‌شود. برای سطوح ۱ تا ۸، تعداد بذرها در هر نمونه‌های بذری کوچکتر با علائم آسیب مکانیکی شمرده می‌شوند. برای مثال،

برای بدست آوردن مقدار درصد، عدد به دست آمده ضرب در ۲ می‌شود. همان روش برای نمونه بذری دوم انجام می‌شود و میانگین این دو مقدار در فرم محاسبه و ثبت می‌شوند. این روش مشابه برای سایر آسیب‌ها نیز اعمال می‌شود.

برای سطح ۶ تا ۸، همان روش قبلی انجام می‌شود. با این حال، برای بذور با بیش از یک نوع آسیب، فقط باید آسیب (های) مؤثر در از بین رفتن قابلیت زنده ماندن بذر (مشخص شده به صورت پررنگ) محاسبه شود. برای درک بهتر مطالب به فرم‌های گزارش در پیوست مراجعه کنید. در صورتیکه، ارزش یا درصد زنده‌مانی بذر در دو نمونه بذری کوچکتر به میزان ۱۰ درصد یا بیشتر از یکدیگر متفاوت باشد، نمونه بذری باید مجدداً مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

۴-۱۰ تفسیر نتایج

سطح قوه بذر رامی توان با توجه به طبقه‌بندی زیر تفسیر کرد:

□ بسیار بالا: ۸۵ درصد و بالاتر

□ بالا: ۷۵ درصد تا ۸۴ درصد

□ متوسط: ۶۰ درصد تا ۷۴ درصد

□ کم: ۵۰ درصد تا ۵۹ درصد

□ بسیار کم: زیر ۴۹ درصد

تفسیر نتایج زنده‌مانی باید همانند مقادیر جوانه‌زنی باشد.

تشخیص علت (های) کیفیت پایین بذر با تعیین درصد بذرهای متأثر از هر نوع آسیب مانند آسیب مکانیکی، هوازگی و صدمه ناشی از سن سویا از گروه‌های ۶ تا ۸ حاصل می‌شود. این اعداد به درصد کاهش زنده‌مانی بذر ناشی از هر نوع آسیب اشاره دارند. این میزان خسارت ممکن است طبق طبقه‌بندی زیر تفسیر شود:

□ بدون آسیب جدی (قابل قبول): حداکثر ۶ درصد

□ آسیب جدی: ۷ درصد تا ۱۰ درصد

□ آسیب بسیار جدی: بیش از ۱۰ درصد

اگر یک آسیب جدی یا بسیار جدی توسط تحلیلگر بذر با استفاده از آزمون تترازولیوم تشخیص داده شود، به عنوان مثال، سطح بالایی از آسیب مکانیکی یا صدمه ناشی از سن سویا رخ دهد. در این حالت به تولیدکننده بذر توصیه می‌شود که سیستم خرمن‌کوبی خود را تنظیم کند، یا روش‌های کنترل سن سویا را بهبود ببخشد.

نمونه‌هایی از نتایج ارائه شده توسط آزمون تترازولیوم در جدول ۵ ارائه شده است. نمونه بذری شماره ۱ زنده‌مانی و قوه نامیه بذر خوبی را نشان می‌دهد و هیچ آسیب جدیدی در رابطه با آسیب مکانیکی، هوازگی یا خسارت ناشی از سن سویا ندارد. نمونه بذری شماره ۲ دارای ۸۲ درصد قابلیت زنده‌مانی و میزان قوه نامیه بذر (۶۵ درصد) می‌باشد که در سطح متوسط به دلیل آسیب‌های جدی مکانیکی (۱۰ درصد) رتبه‌بندی می‌شود. نمونه بذری شماره ۳ به دلیل هوازگی (۱۲ درصد) و خسارت ناشی از سن سویا (۹ درصد) دارای زنده‌مانی ۷۵ درصد و قوه نامیه بذر بسیار کم (۴۹ درصد) بود. فرم گزارش مورد استفاده برای ثبت نتایج این سه نمونه بذری در ضمیمه نشان داده شده است.

۱ سطح قدرت بذر: بسیار بالا (بزرگتر، مساوی با ۸۵ درصد)، بالا (۷۵ تا ۸۴ درصد)، متوسط (۶۰ تا ۷۴ درصد)، پایین (۵۰ تا ۵۹ درصد)، بسیار پایین (کمتر، مساوی با ۴۹ درصد)

۲ درصد از دست دادن زنده‌مانی به دلیل از دست دادن انواع آسیب‌ها مربوطه

جدول ۵- نتایج بدست آمده از آزمون تترازولیوم برای سه نمونه بذری سویا

مقدار	نمونه بذری ۱	نمونه بذری ۲	نمونه بذری ۳
زنده‌مانی	۹۳	۸۲	۷۵
قدرت (بنیه بذر)	۸۶	۶۵	۴۹
آسیب مکانیکی	۲	۱۰	۵
آسیب هوازگی	۴	۵	۱۲
آسیب سن سویا	۱	۴	۹

۴-۱۱ - مزایا و محدودیت‌های آزمون تترازولیوم

مزایا

- مانع از بروز آسیب‌های حاصل از اختلالات محیطی اصلی می‌شود که ممکن است بر عملکرد آزمون‌های رشد تأثیر بگذارد.
- این آزمون هر بذر را به صورت منفرد بر اساس شرایط فیزیکی و فیزیولوژیکی ساختارهای جنینی ارزیابی می‌کند.
- ارزیابی در این روش سریع می‌باشد: ۸ ساعت برای بذر سویا
- با استفاده از این روش می‌توان سطح قدرت بذر را شناسایی کرد.
- علل زوال بذر را شناسایی می‌کند.
- تنها به ابزار ساده و ارزان قیمت نیاز دارد.
- یک تحلیلگر بذر خبره می‌تواند بین ۴ تا ۵ نمونه بذری را در هر ساعت مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد.
- معایب اصلی آزمون تترازولیوم به شرح ذیل می‌باشد:
- این آزمون نیاز به دانش ساختارهای بذر و فن‌آوری‌های توصیف آن دارد.
- به دلیل اینکه جهت اجرای این آزمون، تحلیلگر باید با صبر و تجربه هر بذر را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد، نسبتاً خسته‌کننده می‌باشد.
- این آزمون نسبت به آزمون جوانه‌زنی استاندارد زمان بیشتری ن. با این حال، آزمون تترازولیوم نسبت به آزمون استاندارد جوانه‌زنی استاندارد اطلاعات بیشتری را فراهم می‌کند.
- این آزمون تیمارهای شیمیایی بذر و آسیب‌های احتمالی را نشان نمی‌دهد.

۴-۱۲ - چه زمانی از آزمون تترازولیوم می‌توان استفاده کرد؟

سیستم کنترل کیفیت بذر را می‌توان با استفاده از آزمون تترازولیوم در کلیه مراحل تولید بذر بهبود بخشید: در زمان برداشت، قبل و بعد از فرآوری و خشک کردن بذر، انبار کردن و قبل از کاشت (نتو و کریزانوفسکی، ۲۰۲۲). این آزمون با موفقیت حتی قبل از

برداشت نیز انجام شده است: از بوته‌هایی که به مرحله رسیدگی رسیده‌اند، یک تا دو روز قبل از برداشت نمونه برداری انجام می‌شود. غلاف‌ها را با دست خرد و سپس از بذرها برای تجزیه و تحلیل استفاده می‌کنند. آزمون تترازولیوم نتایج حاصل از زنده‌مانی بذر، قدرت بذر و آسیب‌های ناشی از هوازدگی و سن سویا را نشان می‌دهد. بسته به نتایج بدست آمده، تولیدکننده بذر تصمیم خواهد گرفت که آیا بذرها حاصل از این مزرعه کیفیت کافی برای برداشت به عنوان بذر یا کنجاله را دارند یا خیر. اتخاذ این روش ممکن است موجب صرفه‌جویی قابل توجهی برای تولیدکننده بذر شود و از هزینه‌های غیر ضروری مربوط به حمل و نقل، خشک کردن، فرآوری، بسته‌بندی و انبارانبوه بذر با کیفیت پایین اجتناب کند.

فصل ۵

آزمون هدایت الکتریکی

۵-۱- مقدمه

تضعیف غشای سلولی در بذرهایی با قدرت پایین منجر به تهنشین شدن املاح قابل حل در آب نظیر کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه، الکترولیت‌ها و غیره در زمانیکه در آب غوطه ور هستند، می‌شود (سیلوا و همکاران، ۲۰۲۱). هدایت الکتریکی به صورت منفی با کیفیت بذر در ارتباط است (لثو، ۲۰۲۲). رسانایی نمونه بعد از رسانایی آب مقطر اندازه‌گیری می‌شود. این آزمایش بر این اصل استوار است که دانه‌هایی با ساختار غشایی ضعیف اجازه می‌دهند یون‌های بیشتری در طول جذب به بیرون منتشر شوند و در نتیجه سطوح رسانایی بالاتری ایجاد شود (کاتو و همکاران، ۲۰۲۱). این آزمون به طور گسترده در آزمایش بذر استفاده می‌شود، به ویژه برای حبوباتی مانند نخود باغی، سویا و نخود زراعی، از آنجاییکه می‌تواند عملکرد مزرعه را تخمین زده و تفاوت قدرت بذرها را تشخیص دهد. در این آزمون مقدار قرائت آب مقطر از مقدار قرائت نمونه کم می‌شود تا میزان هدایت الکتریکی شیرابه‌ها به دست آید. سپس، عدد بدست آمده برای دما اصلاح و در فاکتور ثابت سلول ضرب می‌شود. عدد حاصل از قرائت به صورت دسی زیمنس یا میکروزیمنس بر سانتیمتر بر گرم بذر بیان می‌گردد. هر چه میزان هدایت الکتریکی کمتر باشد، قدرت بذر بیشتر خواهد بود.

۵-۲- ابزار مورد نیاز

الف) هدایت سنج: هدایت سنج باید قادر باشد محدوده رسانایی ۱-۱۹۹۹ میکرو زیمنس بر سانتیمتر، با دقت حداقل ۰/۱ میکرو زیمنس بر سانتیمتر و حدود اطمینان ± 1 درصد در محدوده دمایی ۲۰-۲۵ درجه سانتیگراد را اندازه‌گیری نماید (جدول ۶).

ب) ظروف: همانطور که در جدول مشخص شده است، قطر پایه ظرف باید اندازه‌ای باشد که عمق آب کافی را برای غوطه‌ور کردن تمام دانه‌ها و سنسور هدایت سنج فراهم کند. تمیزی ظروف مورد استفاده بسیار مهم بوده و همه ظروف قبل از استفاده باید کاملاً شسته شوند و دو بار با آب دیونیزه یا مقطر شسته شوند (قوانین بین‌المللی آزمون بذر ۲۰۲۴).

جدول ۶- شرایط آزمون هدایت الکتریکی در گونه‌های مختلف (قوانین بین‌المللی آزمون بذر ۲۰۲۴)

گونه آزمایشی	ظرف مورد استفاده	اندازه نمونه	محتوی رطوبت بذر	حجم آب (میلی لیتر)	دما (درجه سانتی‌گراد)	مدت غوطه‌وری (ساعت)
<i>Cicer arietinum</i>	بشر یا ارلن با ظرفیت ۴۰۰-۵۰۰	به میزان وزن ۴	۱۴-۱۰ درصد	۲۵۰	۲۰	۲۴
<i>Glycin max</i>	میلی لیتر و قطر سطح مقطع ۵±۸۰	تکرار ۵۰ بذری	تنظیم شود			
<i>Phaseolus vulgaris</i>	میلی لیتر لوله با ارتفاع ۷-۸	به میزان وزن ۴	نیازی به تنظیم نیست	۴۰	۲۰	۱۷
<i>Pisum sativum</i>	سانتی متر و قطر ۴ سانتی متر	تکرار ۱۰۰ بذری				
<i>Raphanus sativus</i>						

پ) آب: در این آزمون ضروری است که از آب دیونیزه یا آب مقطر استفاده شود. رسانایی آب دیونیزه یا مقطر نباید در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد از ۵ میکرو زیمنس بر سانتیمتر تجاوز کند. آب مورد استفاده برای آزمایش قبل از استفاده باید در دمای 20 ± 2 درجه سانتیگراد به تعادل برسد.

ت) ژرمیناتور، انکوباتور یا اتاق رشد: دمای ثابت 20 ± 2 درجه سانتیگراد مورد نیاز است. (قوانین بین‌المللی آزمون بذر ۲۰۲۴)

۵-۳- آماده‌سازی نمونه

همانطور که در جدول ۵ مشخص شده است، میزان رطوبت بذر بایستی در محدوده خاصی باشد و در غیر اینصورت به شرح زیر تنظیم می‌شود. اگر میزان رطوبت کمتر از ۱۰ درصد یا بالاتر از ۱۴ درصد باشد، رطوبت باید در محدوده ۱۴-۱۰ درصد تنظیم شود. برای تنظیم رطوبت بذر، ابتدا بذر خالص را کاملاً مخلوط کرده و به طور تصادفی یک نمونه از حداقل ۲۰۰ بذر تهیه می‌شود. در مورد رطوبت کمتر از ۱۰ درصد، با قرار دادن هر نمونه وزن شده بین پارچه‌های مرطوب (حوله کاغذی) رطوبت را افزایش داده، تا به وزنی معادل رطوبت بین ۱۰ تا ۱۴ برسیم.

تجربه نشان می‌دهد که برای افزایش رطوبت دانه‌های سویا با رطوبت اولیه ۷ درصد به رطوبت ۱۰ یا ۱۴ درصد، به ترتیب تقریباً ۳ یا ۷ ساعت زمان نیاز است. این زمان‌ها فقط باید به عنوان راهنما در نظر گرفته شوند، زیرا زمان‌های واقعی به میزان مرطوب شدن پارچه‌های اطراف دانه‌ها بستگی دارد. در مورد رطوبت بالای ۱۴ درصد، با قرار دادن پارچه زیر نمونه وزن شده در آون در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد، میزان رطوبت کاهش می‌یابد تا به وزنی معادل رطوبت بین ۱۰ تا ۱۴ درصد برسد. تجربه نشان می‌دهد که دانه‌هایی با رطوبت اولیه حدود ۱۵ درصد، ۱ ساعت طول می‌کشد تا به رطوبت ۱۴ درصد برسند و ۵ تا ۶ ساعت زمان می‌برد تا به رطوبت ۱۰ درصد برسند. هنگامی که رطوبت اولیه بذر تقریباً ۱۶ درصد باشد، با سپری شدن حدود ۱-۲ ساعت به رطوبت ۱۴ درصد و ۸ تا

۱۰ ساعت به رطوبت ۱۰ درصد می‌رسند. محدوده وزن بذر برای نمونه‌های فرعی که دارای رطوبت ۱۰ و ۱۴ درصد است را می‌توان برای هر دو روش با استفاده از معادله زیر محاسبه کرد:

وزن نمونه با رطوبت ۱۰ یا ۱۴ درصد برابر است با:

$$\text{وزن نمونه} = \text{وزن اولیه} \times (\text{رطوبت اولیه} - ۱۰) / (\text{رطوبت مورد نظر بذر} - ۱۰)$$

در معادله فوق میزان رطوبت مورد نظر ۱۰ یا ۱۴ درصد خواهد بود.

هنگامی که نمونه فرعی به وزنی معادل رطوبت بین ۱۴-۱۰ درصد رسید، باید در یک ظرف ضد رطوبت، مانند یک بسته فویل آلومینیومی یا کیسه پلی اتیلن، مهر و موم شود و به مدت ۱۲ تا ۱۸ ساعت در دمای ۵ تا ۱۰ درجه سانتیگراد نگهداری شود تا رطوبت در تمامی بذرها متعادل شود (قوانین بین‌المللی آزمون بذر ۲۰۲۴).

۵-۴- اندازه‌گیری رسانایی

آماده‌سازی نمونه‌های آزمایشی

چنانچه در جدول ۵ نشان داده شده است، چهار تکرار از بذور به طور تصادفی یا در صورت تنظیم رطوبت بذر، از نمونه فرعی با میزان رطوبت تنظیم شده، شمرده شده و سپس تکرارها با دو رقم اعشار (۰,۰۱ گرم) وزن می‌شوند.

آماده‌سازی ظروف

به ازای هر نمونه آزمایشی، چهار ظرف آماده و حجم مورد نیاز آب به آن اضافه می‌شود (مطابق جدول ۵). به منظور جلوگیری از آلودگی روی ظروف پوشانده شده و قبل از قرار دادن بذرها در آب، ظروف به مدت ۱۸ تا ۲۴ ساعت در دمای 20 ± 2 درجه سانتیگراد قرار داده می‌شوند تا دمای آب متعادل شود. برای هر آزمایش دو ظرف کنترل که فقط حاوی آب دیونیزه یا مقطر باشد در نظر گرفته می‌شود.

غوطه‌ور نمودن بذرها

پس از توزین، بذرها را در هر ظرف ریخته به آرامی چرخانده به طوری که تمام بذرها کاملاً در آب غوطه‌ور شوند. قبل از قرار دادن ظروف محتوی بذر در دمای 20 ± 2 درجه سانتیگراد (مطابق جدول ۵)، روی هر ظرف با فویل آلومینیومی یا پارافilm پوشانیده شده و اطلاعات لازم از جمله زمان شروع آزمون و مشخصات تکرارها روی هر ظرف درج می‌شود.

جهت ارزیابی رسانایی در زمان مناسب، باید توجه داشت که تعداد ظروف در هر آزمایش به اندازه‌ای باشد که ارزیابی بیش از ۱۵ دقیقه زمان نبرد. در این زمان حدود ۱۰-۱۲ ظرف قابل قرائت می‌باشد.

آماده شدن برای قرائت رسانایی

دستگاه هدایت سنج را قبل از آزمایش روشن نموده و با توجه به دستورالعمل هر دستگاه مدت زمانی جهت گرم کردن^۱ دستگاه در نظر گرفته شود. به منظور شستشوی سنسور دستگاه به ازای هر قرائت لازم است مقدار مناسب آب مقطر یا آب دیونیز آماده شود.

اندازه‌گیری رسانایی محلول

رسانایی محلول در پایان دوره خیساندن اندازه‌گیری می‌شود (با توجه به جدول ۶). مواد نشتی با یکی از روش‌های زیر مخلوط می‌شود:

۱) ظرف (با دانه‌ها) به آرامی به مدت ۱۰ تا ۱۵ ثانیه چرخانیده شده تا از مخلوط شدن کامل شیرابه اطمینان حاصل شود. سپس، پوشش ظرف را برداشته و سنسور دستگاه در محلول وارد می‌شود. در این مرحله باید دقت شود که سنسور مستقیماً روی دانه‌ها قرار نگیرد.

۲) قبل از اندازه‌گیری رسانایی، بذرها و محلول به آرامی با یک کاردک پلاستیکی مخلوط می‌شوند. در فاصله بین هر اندازه‌گیری کاردک باید دو بار با استفاده از آب شسته شده و روی یک حوله کاغذی تمیز خشک شود.

۳) در روش سوم، با ریختن دانه‌ها و مواد ناشی از یک الک نایلونی، محتویات ظرف را به ظرف دیگری منتقل نموده به‌طوری که قبلاً از تمیزی ظرف مورد استفاده برای انتقال اطمینان حاصل شود. مجدداً محلول از روی دانه‌ها داخل ظرف اصلی ریخته شده و سنسور در محلول وارد می‌شود.

۴) ضروری است پس از اندازه‌گیری رسانایی یک نمونه و قبل از آزمایش نمونه بعدی، سنسور و الک نایلونی را دو بار با آب شسته و با یک حوله کاغذی تمیز خشک کنیم.

پس از مخلوط شدن مواد ناشی، رسانایی چندین بار اندازه‌گیری می‌شود تا یک مقدار پایدار به دست آید. در صورت مشاهده بذره‌های سخت در حین آزمایش، باید پس از انجام آزمایش، آنها را جدا کرده و تعداد آنها را ثبت کرد. سپس بذور سخت را خشک و توزین نموده و وزن آنها از وزن اولیه تکرار کم می‌شود.

۵-۵ محاسبه رسانایی منبع اصلی آب

در ابتدا، رسانایی یک ظرف کنترل اندازه‌گیری می‌شود. هر گونه افزایش رسانایی بالاتر از ۵ میکروزیمنس بر سانتیمتر نشان دهنده یک مشکل بالقوه در تمیزی سنسور است. در این صورت سنسور را مجدداً شسته و رسانایی ظرف کنترل دیگری اندازه‌گیری می‌شود. اگر مجدداً افزایش میزان رسانایی مشاهده شد، مشکلی در حسگر دستگاه وجود دارد و تا زمانی که به طور رضایت‌بخشی تمیز نشده باشد، نمی‌توان اندازه‌گیری هدایت الکتریکی را انجام داد. چنانچه رسانایی ظرف کنترل دوم افزایشی بالاتر از ۵ میکروزیمنس بر سانتیمتر نشان ندهد، این مقدار یا میانگین بدست آمده از دو کنترل (در صورتی که

هیچکدام افزایش نیافته باشد) نشان‌دهنده رسانایی پایه است که باید از مقادیر ثبت‌شده‌ی هر تکرار کم شود.

محاسبه و بیان نتایج

پس از محاسبه رسانایی آب شاهد، رسانایی به ازای گرم وزن در هر تکرار محاسبه می‌شود و میانگین چهار تکرار نتیجه آزمایش تعداد بذر را ارائه می‌کند. بنابراین برای هر تکرار:

هدایت الکتریکی (میکروزیمنس/سانتیمتر/گرم) = (هدایت الکتریکی آب شاهد
هدایت الکتریکی قرائت شده)/وزن تکرار (گرم)

فصل ۶

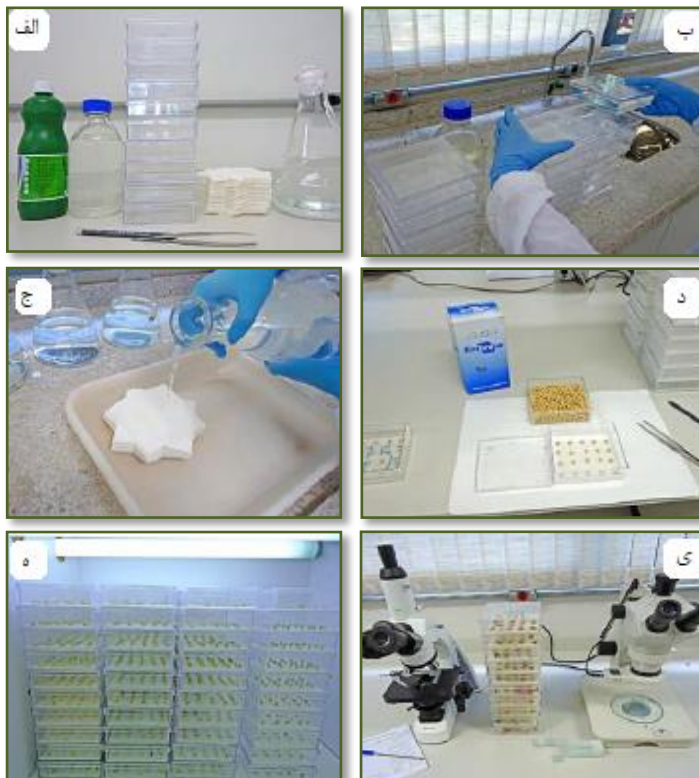
آزمون‌های مربوط با عوامل بیماری‌زا بذرزاد

۶-۱- مقدمه

آزمایش سلامت بذر برای اطمینان از عاری بودن دانه‌ها از عوامل بیماری‌زا می‌باشد که می‌تواند بر کیفیت و کمیت تولید محصول تأثیر بگذارد. وجود عوامل بیماری‌های بذرزاد می‌تواند منجر به کاهش جوانه‌زنی و در نهایت کاهش محصول شود (اختر و همکاران، ۲۰۱۷). آزمایش‌های مختلفی برای شناسایی عوامل بیماری‌زا ناشی از بذر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۶-۲- روش مبتنی بر کاغذ فیلتری (آزمون بالاتر)

روش فیلتر کاغذی متداول‌ترین روش مورد استفاده در آزمون سلامت بذر سویا می‌باشد. تجربه ثابت کرده است که این روش به طور کاملی قابل اجرا و کارآمدترین روش برای تجزیه و تحلیل بذر سویا محسوب می‌شود. در موارد خاص، این روش می‌تواند با تغییر دما و شرایط تلقیح، عوامل بیماری‌زا مهم همچون اسکروتینیا اسکلتريوم (کپک سفید) را شناسایی کند (قیمیر و همکاران، ۲۰۲۳). شکل ۳۳ مراحل روش مبتنی بر کاغذ فیلتر را نشان می‌دهد.



شکل ۳۳-آزمون بلاتر. الف) مواد مورد استفاده، ب) جعبه پلاستیکی که با NaOCl با غلظت ۱/۰۵ درصد ضدعفونی شده است، ج) آب تقطیر شده اتوکلاو جهت مرطوب کردن فیلتر کاغذی استریل، د) ۲۰ بذر در هر جعبه پلاستیکی، ه) نمونه‌ها در انکوباتور در دمای $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ به مدت ۷ روز و ی) ارزیابی عوامل بیماری‌زا و ساپروفیت‌ها

۶-۲-۱- مواد و وسایل مورد نیاز

- جعبه‌های پلاستیکی با ابعاد $11 \times 11 \times 35$ سانتی‌متر
- کاغذ فیلتری کیفی (۸۰ گرم در متر مربع)، ۴ صفحه $10/5 \times 10/5$ سانتی‌متر که از قبل در آون در دمای 160°C درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه استریل شده است.
- آب اتوکلاو شده و استریل یا استریل شده در مایکروویو
- موچین صاف، قیچی، قلم، قطره چکان با آب و لاکتوفنل با رنگ (آبی پنبه‌ای)، اسلایدهای شیشه‌ای

- دستگاه میکروسکوپ بیولوژیکی با حداقل بزرگنمایی ۴۰۰
- میکروسکوپ استرئوسکوپ با حداقل بزرگنمایی ۵۰
- محلول کلروکس شامل ۲۰ درصد سدیم هیپوکلریت (1.05% NaOCl) برای ضد عفونی کردن
- دستکش لاستیکی، دستکش غیر لغزشی و دستکش‌های جراحی
- نشانگرهای آبی
- پیشبند
- اتاقک تلقیح در دمای $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ با نور فلورسنت سفید

۶-۲-۲- روش آزمایش

در اجرای آزمایش، جعبه‌های پلاستیکی را می‌توان به مدت طولانی استفاده کرد در صورتیکه به طور کامل با مواد شوینده شسته شده و بعد از هر بار استفاده آبشویی و خشک شوند. قبل از استفاده از جعبه‌های پلاستیکی، باید آنها را با محلول سدیم هیپوکلرایت ۱/۰۵ درصد (سفیدکنندگی ۲۰ درصد) ضد عفونی کرد. قبل از شروع آزمایش، لازم است که صفحات (۱۰/۵ × ۱۰/۵ سانتی متر) فیلتر کاغذی (۸۰ گرم در متر مربع) را در کیسه قهوه‌ای رنگ کاغذی بسته‌بندی کرده و در دمای ۱۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه در آون قرار دهیم. بعد از استریل کردن، در آون را نباید تا زمانی که محتویات آن به دمای نزدیک دمای محیط برسند، باز کنیم.

آزمون با قرار دادن چهار صفحه فیلتر کاغذی با ابعاد ۱۰/۵ × ۱۰/۵ سانتی متر در هر جعبه پلاستیکی که از قبل استریل شده است، تنظیم می‌شود. آبی که از قبل اتوکلاو شده است، به فیلترهای کاغذی اضافه می‌شود تا به اندازه کافی کاغذها را مرطوب کند. این نکته حائز اهمیت است که باید از وجود آب اضافی که کمک به ظهور باکتری‌ها و آلترناریا می‌کند، جلوگیری شود. برای هر نمونه که حداقل ۴۰۰ بذر سویا دارد، جعبه‌های

پلاستیکی تهیه می‌شود. سپس، ۲۰ بذر به طور تصادفی از هر نمونه برداشت شده و به ترتیب ۴ × ۵ روی فیلتر کاغذی مرطوب قرار می‌گیرد.

بعد از تکمیل مرحله آماده‌سازی، جعبه‌های پلاستیکی به مدت ۷ روز در دمای 20°C $\pm$ ۲ تحت نور فلورسنت در شرایط ۱۲ ساعت تاریکی/۱۲ ساعت روشنایی نگهداری می‌شوند. جهت ارزیابی هر بذر، حضور عوامل بیماری‌زا مختلف در یک فرم مناسب ثبت و تفسیر می‌شود. آسپرژیلوس فلاوس و پنسیلیوم (جدا از اینکه به عنوان قارچ‌های دوست‌دار مواد گندیده شناسایی شدند)، این قارچ‌ها باید به عنوان قارچ‌های انباری که مسئول نابودی بذر در شرایط انبارداری نامناسب (دما و رطوبت بالا) هستند، شمارش شوند.

فصل ۷

عوامل بیماری‌زا مهم

۷-۱- مقدمه

قارچ‌های بذرزاد به طور قابل توجهی بر روی دانه سویا اثر می‌گذارند و جوانه‌زنی بذر، قدرت گیاهچه و سلامت کلی محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهند. این قارچ‌ها می‌توانند منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی و به خطر افتادن رشد گیاهچه شوند و در نهایت بر پتانسیل عملکرد تأثیر منفی بگذارند.

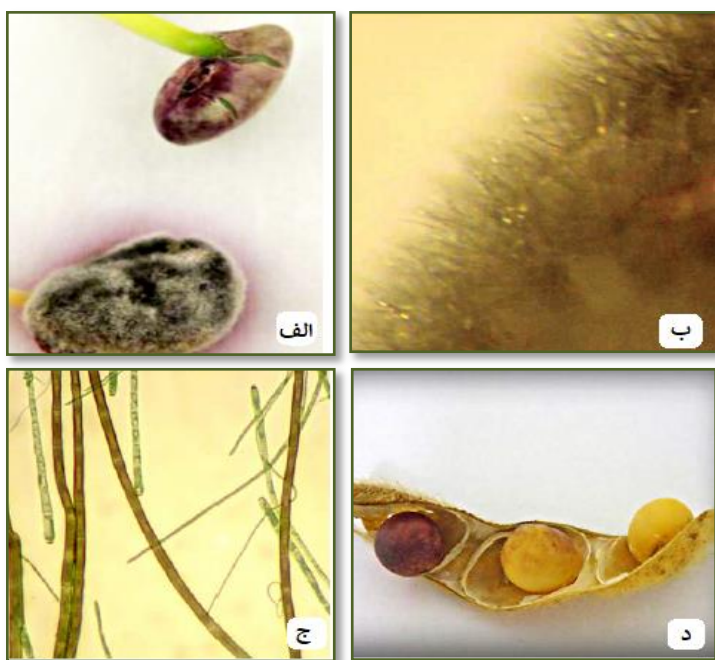
۷-۲- قارچ سرکوسپورا کیکوچی^۱

یکی از قارچ‌های بذرزاد سویا می‌باشد که اثری بر کیفیت بذر ندارد. نشانه‌های بیماری که در اثر این قارچ ایجاد می‌شود به صورت بروز لکه‌های ارغوانی رنگ بر روی بذر می‌باشد. لکه ارغوانی ایجاد شده در بذر در اثر این قارچ می‌تواند توسط فاکتورهای متنوعی تعیین گردد. در ابتدا بذره‌های آلوده شده لکه‌هایی دارند که معمولاً صورتی یا ارغوانی رنگ می‌باشند. اندازه لکه از کوچک تا مقداری که کل بذر را در بر گیرد می‌تواند متغیر باشد (گوهونگ و سباستین، ۲۰۱۵).

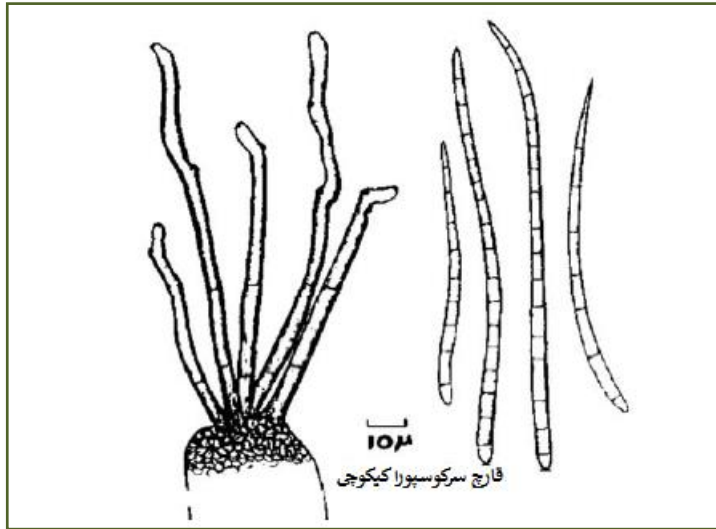
1. *Cercospora kikuchii*

رنگ‌بندی از ناحیه هیلوم بذر شروع خواهد شد. جوانه‌زنی و اندازه گیاهچه ممکن است بعد از اینکه ۵۰ درصد از بذر پوشش داده شد، به تأخیر بیفتد. همچنین، این بذرهای آلوده ممکن است روغن کمتر و پروتئین بیشتری داشته باشند. شکل ۳۴ و ۳۵ ویژگی‌های این قارچ را نشان می‌دهد.

آلودگی و توسعه بیماری با رطوبت و دمای بالا تشدید می‌شود و گیاهان از مرحله گلدهی تا رسیدگی به این بیماری حساسیت دارند. به منظور مدیریت بیماری بهتر است از بذر و ارقام عاری از عامل بیماری‌زا با حساسیت کمتر به این عامل بیماری استفاده شود. تناوب زراعی با محصولات دیگر بسیار کمک کننده است و استفاده از قارچ‌کش‌ها به صورت بذر مال یا محلول‌پاشی می‌تواند در مدیریت این بیماری مؤثر باشد (لی و همکاران، ۲۰۱۵).



شکل ۳۴- الف) قارچ سرکوسپورا کیکوچی. بذر با علائم لکه ارغوانی، ب) قارچ در حال اسپورزایی روی بذر، ج) کونیدیا (رنگ آبی) و کونیدیوفور (قهوه‌ای)، د) بذر آلوده شده درون غلاف



شکل ۳۵- کونیدیوفور (سمت چپ) و کونیدیا یا اسپوره‌های چندگانه جدا از هم (سمت راست)

۷-۳- قارچ کوتوتوتریکوم ترانکاتوم^۱

این قارچ عامل آنتراکنوز سویا می‌باشد که یکی از مهمترین فاکتورهای کاهش دهنده عملکرد سویا است (شکل ۳۶). اثرات آنتراکنوز ممکن است ۵۰ درصد عملکرد بذرها را مورد تهدید قرار دهد. نشانه‌های بیماری به صورت پیش یا پس ظهور بوته میری گیاهچه، ایجاد لکه‌های تیره و نامنظم بر روی کوتیلدون، ساقه‌ها، دمبرگ‌ها و غلاف‌ها و ایجاد رگبرگ‌های باریک نکروزه بر روی برگ که منجر به ریزش برگ‌ها قبل از رسیدگی (زودرس) می‌شود، ظهور می‌کند (روگریو و همکاران، ۲۰۱۷). به علاوه، علائم بیماری می‌تواند به صورت پوسیدگی غلاف، باز شدن غلاف‌های نارس و جوانه‌زنی زودرس بذرها ظاهر گردد (شکل ۳۶، ۳۷).

هنگامی که بذرهای آلوده کشت می‌شوند، ممکن است میرایی قبل و بعد از سبز شدن رخ دهد. ضایعات ایجاد شده به صورت فرورفته با رنگ قهوه‌ای تیره می‌باشند که بر روی

1. *Colletotricum truncatum*

لپه‌های گیاهچه جوان ایجاد می‌شود. این ضایعات ممکن است به ساقه گسترش یافته و گیاه جوان را از بین ببرد.

گیاهان در هر مرحله از رشد ممکن است دچار آلودگی به این قارچ شوند. شایع‌ترین علائم این بیماری به صورت ایجاد لکه‌های قهوه‌ای رنگ با شکل نامنظم روی ساقه، غلاف‌ها و دمبرگ‌ها است. ضایعات بزرگ ایجاد شده منجر به مسدود کردن دمبرگ‌ها شده و در آخر حذف زودرس برگ‌ها را به دنبال دارد (جونیر و همکاران، ۲۰۲۱). زمانیکه غلاف‌ها آلوده شوند، سیلیوم قارچ به طور کامل حفره‌های داخل غلاف را پر می‌کند و هیچ بذری تولید نمی‌شود (غلاف خالی از بذر/غلاف با بذرهای بسیار کوچک). بذرهایی که در این حالت تشکیل می‌شوند، معمولاً کپک زده و چروکیده و یا طبیعی به نظر می‌رسند. آسروول‌های قارچ در تمامی ضایعات و در تمامی نواحی بافت گیاهی میزبان ایجاد می‌شوند. آلودگی قارچی باعث پیچش برگ‌ها، تولید برگ‌های نکروزه، شانکر دمبرگ و ریزش زودتر از موعد برگ‌ها می‌شود (یانگ و همکاران، ۲۰۱۵).



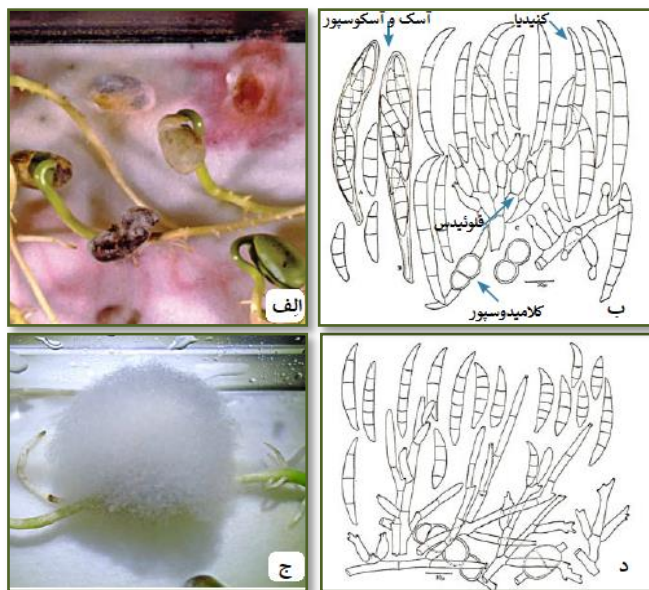
شکل ۳۶- الف) قارچ کولتوتریکوم ترانکاتوم. کنیدیا (اسپورها) و ب) کنیدیا و ساختار مو مانند کولتوتریکوم ترانکاتوم



شکل ۳۷- الف) کولتوتریکوم ترانکاتوم، ب) آسرول یا مو و توده اسپور (رنگ کرم)
روی پوشش بذر و ج) ریشه‌چه با آسرول‌های متعدد

۷-۴- قارچ فوزاریوم^۱

فوزاریوم یک قارچ خاکزاد بسیار رایج در دنیا می‌باشد که بیش از ۱۰ گونه مختلف شناخته شده آن سبب ایجاد پوسیدگی ریشه در گیاهان می‌شود. با این حال، تا به امروز گزارش معتبری در زمینه تأثیر اقتصادی آن بر عملکرد دانه ارائه نشده است (الیس و همکاران، ۲۰۱۱). گونه‌های فوزاریوم سبب از بین رفتن کیفیت بذر، پوسیدگی ریشه، بذر، غلاف و بلایت گیاهچه می‌شود. دو گونه متداول از فوزاریوم در بذرهای سویا وجود دارد که ممکن است درصد جوانه‌زنی در آزمون‌های آزمایشگاهی را کاهش دهد اما منجر به بیماری در گیاه سویا در مزرعه نمی‌شود (جاسنیک و همکاران، ۲۰۰۵). به طور مثال، آلودگی بذر سویا با *F. verticillioides* سبب تغییر محتوای فلاونوئید در بذرها و در نهایت کاهش کیفیت بذر می‌گردد (شکل ۳۸).



شکل ۳۸- الف) *Fusarium graminearum* و *Fusarium spp.* (ب) کونیدیا، آسکی و کلمیدوسپور فوزاریوم گرامیناروم، (ج) *Fusarium pallidoroseum*، (د) کونیدیوفور، کونیدیا و کلامیدوسپور فوزاریوم پالیدوروسوم (سمینکتوم)

1. *Fusarium spp.*

علائم بیماری

معمولاً، گیاهچه‌های آلوده به این قارچ، ظهور ضعیف و یا کندی دارند و گیاهچه تولید شده اغلب ارتفاع کوتاه دارد (شکل ۳۹). پوسیدگی ریشه در گیاهان آلوده به این قارچ به صورت تولید ریشه‌های بی رنگ و قهوه‌ای مایل به قرمز تا قهوه‌ای تیره می‌باشد و فرآیند گره‌زایی ریشه به کندی پیش می‌رود (آریاس و همکاران، ۲۰۱۳).

قارچ‌های عامل بیماری در خاک و در بقایای گیاهی زنده می‌مانند. برخی از علف‌های هرز ممکن است به عنوان میزبان برخی از گونه‌های بیماری‌زا فوزاریوم عمل کنند. تنش‌هایی همچون آسیب ناشی از علف کش‌ها، پی‌اچ بالای خاک، کلروز آهن، تغذیه با نماتد، و اختلالات تغذیه‌ای گیاه می‌تواند گیاه را مستعد آلودگی کند (ویمز و همکاران، ۲۰۱۵). پس از بروز آلودگی، اگر رطوبت خاک به دلیل محدودیت سیستم ریشه کم شود، آسیب وارده به گیاه بیشتر خواهد شد.



شکل ۳۹- علائم بیماری پوسیدگی ریشه فوزاریومی در گیاه سویا

کاهش یا حذف عوامل تنش‌زا همچون استفاده از علفکش‌هایی که به سویا آسیب می‌زنند، خاک مرطوب، نماتد سیست سویا منجر به کاهش مشکلات بیماری پوسیدگی ریشه می‌شود. در صورتی که پوسیدگی ریشه با کلروز ناشی از کمبود آهن مرتبط باشد، باید از گونه‌های متحمل به کلروز کمبود آهن استفاده شود. هیچ گونه گیاهی مقاوم به این بیماری وجود ندارد، با این حال، تیمارهای قارچ‌کش بذری قادر به حفاظت از گیاهچه‌ها می‌باشند (ونگ و همکاران، ۲۰۱۹).

۷-۵- قارچ ماکروفومینا فاسئولینا^۱

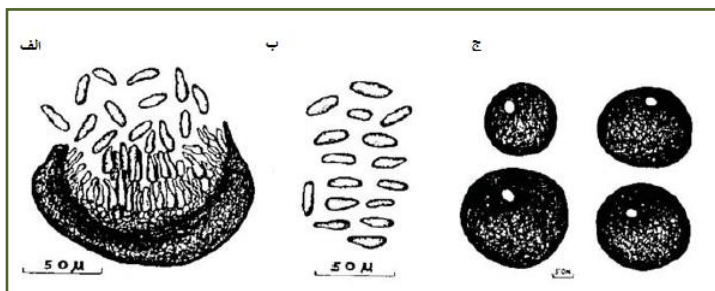
این قارچ به عنوان متداول‌ترین قارچ خاکزاد در سراسر دنیا وجود دارد. این قارچ عامل پوسیدگی ریشه و ساقه، پوسیدگی ذغالی و سوختگی گیاهچه می‌باشد. در دمای هوای بالا و رطوبت پائین خاک، این قارچ می‌تواند باعث کاهش عملکرد قابل توجهی در محصولاتی همچون سویا، سورگوم و بادام زمینی شود (کندینگ و همکاران، ۲۰۰۰). به دلیل دامنه وسیع میزبانی و ماندگاری بالای قارچ ماکروفومینا فاسئولینا در خاک به صورت میکرواسکلروت، کنترل بیماری چالش برانگیز است. بنابراین درک اساس مکانیسم بیماری‌زایی و تعامل قارچ با گیاه میزبان جهت کنترل عامل بیماری‌زا بسیار اهمیت دارد.

این قارچ خاکزاد با ایجاد بیماری پوسیدگی ذغالی در گیاهچه سویا منجر به مردن گیاهچه پس از ظهور با میزان بالای ۷۷ درصد می‌گردد. این قارچ می‌تواند سطح خارجی بذر را آلوده کند و همراه با بذر آلوده انتقال پیدا کند (شورت و همکاران، ۱۹۸۰). عمر این قارچ بر روی بذر حدود ۲ تا ۳ سال می‌باشد و روی بذره‌ای سویا در مناطق گرمسیری بیشتر از مناطق معتدل یافت می‌شود. علائم بیماری بر روی بذره‌ای سویا به صورت ظهور لکه‌های سیاه نامعین یا لکه‌هایی روی پوسته بذر می‌باشد (شکل ۴۰، ۴۱، ۴۲).

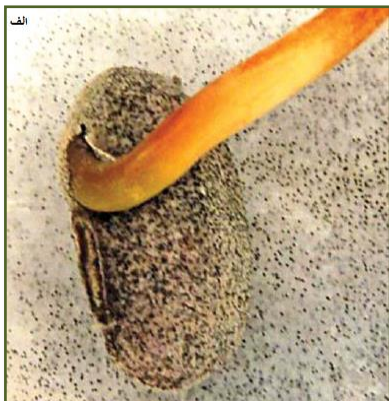
1. *Macrophomina phaseolina*



شکل ۴۰- کونیدیا (اسپورها) ماکروفومینا فاسئولینا



شکل ۴۱- ماکروفومینا فاسئولینا. الف) برشی از پیکنیدیوم با اسپورها، ب) اسپورها، ج) پیکنیدیا



شکل ۴۲- الف) ماکروفومینا فاسئولینا. گسترش میکرواسکلروتیا بر روی کاغذ فیلتر (بالاتر)، ب) بذر آلوده شده با ماکروفومینا فاسئولینا

مدیریت مزرعه

کنترل شیمیایی این قارچ دشوار است، از آنجاییکه قارچ‌کش‌های سیستمیک که به سمت ریشه حرکت کنند، وجود ندارد. با این حال، محققین بر روی اثربخشی قارچ‌کش‌های سیستمیک و غیر سیستمیک در غلظت‌های مختلف بر روی این قارچ در محیط این ویترو و این ویو آزمایشاتی را انجام داده‌اند که نتایج حاکی از وجود حساسیت میسلیم این قارچ به قارچ‌کش‌های مورد استفاده می‌باشد (لوکش و همکاران، ۲۰۲۰؛ پارمر و همکاران، ۲۰۱۵).

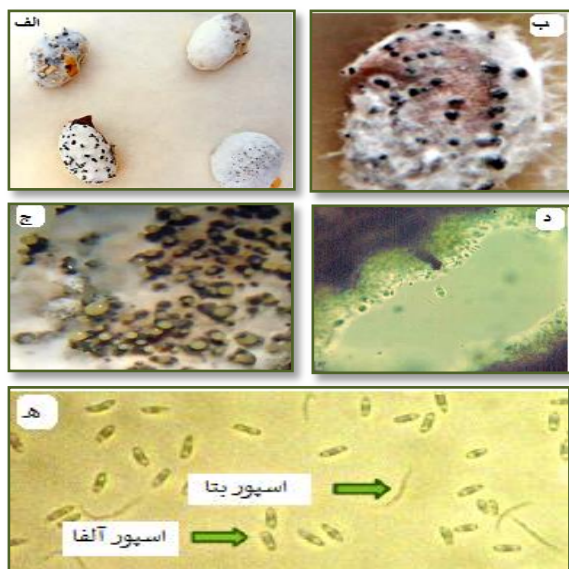
در سال‌های اخیر، استفاده از متابولیت‌های گیاهی و الیستورهای القاء کننده سیستم دفاعی گیاه به عنوان کنترل بیولوژیکی توجه خاصی را از سوی محققین و بهره‌برداران به خود جلب کرده است (مارکیوز و همکاران، ۲۰۲۱). برخی عوامل کنترل بیولوژیکی به طور مستقیم عامل بیماری‌زای قارچی را تحت تأثیر قرار داده و رشد آن را متوقف می‌کنند، در حالی که برخی دیگر به طور غیر مستقیم مسیرهای دفاعی گیاه میزبان را تحریک می‌کنند. از جمله عوامل بیولوژیکی که می‌توان به آن‌ها اشاره کرد عوامل بیولوژیکی قارچی و باکتریایی، تریکودرما، متابولیت‌های ثانویه با خاصیت ضد قارچی (همچون آلکالوئیدها، تانن‌ها، فلاونوئیدها و غیره)، الیستورهای محرک سیستم دفاعی گیاه (نظیر کیتوزان، بنزوتیادiazول، فنیل آلانین، اسید سالیسیک و غیره) می‌باشند (چترجی و همکاران، ۲۰۱۴؛ پائولوسکی و همکاران، ۲۰۱۶؛ آفتاب و همکاران، ۲۰۱۹؛ سانجیو کومار و همکاران، ۲۰۲۰؛ ژنگ و همکاران، ۲۰۱۸).

در مدیریت زراعی مزرعه، آبیاری می‌تواند تراکم میکرواسکلروت‌ها را تقریباً ثابت نگه دارد و ولی از آلودگی ناشی از قارچ ماکروفومینا جلوگیری نمی‌کند. با این حال، رطوبت بالای خاک (بیش از ۶۰ درصد) شدت بیماری را کاهش می‌دهد (جوردن و همکاران، ۲۰۱۹). دامنه وسیع میزبانی و ماندگاری بالای میکرواسکلروت‌های این قارچ در خاک باعث می‌شود تا روش‌های تناوب زراعی و کشت مخلوط کمتر مورد توجه قرار گیرد. اگرچه تناوب زراعی در کنترل این عامل بیماری‌زا نقش مؤثری نداشته است، اما کاهش تراکم اینوکولوم‌های قارچ در زمانی که کمتر از سویا در تناوب زراعی استفاده

می‌شود، گزارش شده است (فرنکل و همکاران، ۱۹۸۸). در ارتباط با کنجد، مطالعه قبلی نشان می‌دهد که کشت مخلوط آن با نخود منجر به بروز کمتر پوسیدگی ریشه و ساقه حاصل از ماکروفومینا و عملکرد دانه بیشتر در مقایسه با کشت کنجد به تنهایی شده است (راجپوروهیت، ۲۰۰۲).

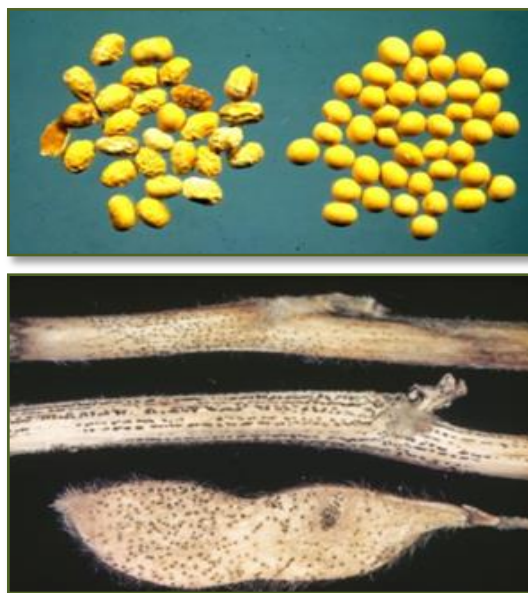
۶-۷- قارچ فوموپسیس^۱

پوسیدگی بذری فوموپسیس که عمدتاً توسط یک عامل بیماری‌زای قارچی بذرزاد به نام *Phomopsis longicola* ایجاد می‌شود، به عنوان یکی از مهم‌ترین بیماری‌های سویا در جهان شناخته شده است که از نظر اقتصادی خسارت قابل توجهی را به مزارع سویا وارد می‌کند (هابس و همکاران، ۱۹۸۵). شکل ۴۳ ویژگی‌های قارچ فوموپسیس را نشان می‌دهد. قارچ عامل بیماری پوسیدگی بذر فوموپسیس می‌تواند گیاه سویا را در اوایل فصل رشد آلوده کند و در نزدیک به زمان رسیدگی یا در زمان رسیدگی گیاه بذرها نیز آلوده می‌شوند.



شکل ۴۳- الف) قارچ فوموپسیس، ب) تراوش اسپورها توسط پیکنیدیا، ج) اسپور آلفا (جوانه زده) و بتا (جوانه نزده)

بذرهای آلوده معمولاً چروکیده با اندازه کوچک هستند و ظاهری سفید رنگ یا گچی دارند. اگر غلاف‌ها در مزرعه باز شوند، یک کپک پنبه‌ای شکل سفید رنگ قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۴۴). این بیماری دارای ویژگی بذرزاد است که می‌تواند از طریق بذر بیماری را انتقال دهد. بنابراین، شناسایی علائم این بیماری در مزرعه سویا حائز اهمیت است (ردر و همکاران، ۲۰۰۴). آب و هوای گرم و مرطوب در طی پر شدن غلاف و مرحله رسیدگی به توسعه این بیماری کمک می‌کند. هنگامیکه زمان برداشت سویا با رطوبت بالای بذر یا هوای بارانی همراه باشد، میزان آلودگی بذر بسیار بالا تخمین زده می‌شود (روپه و فریس، ۱۹۸۶). ارقامی از سویا که زودتر به مرحله رسیدگی می‌رسند، بیشتر در معرض خطر این بیماری قرار دارند. تنش‌های دیگر همچون کمبود مواد غذایی و آلودگی ناشی از ویروس‌ها نیز وقوع بیماری پوسیدگی بذر فوموپسیس را افزایش می‌دهد. بذر آلوده منبع محتمل پوسیدگی دانه فوموپسیس می‌باشد، با این حال، عامل بیماری‌زا می‌تواند بر روی بقایای سویا و علف‌های هرز با برگ‌های مخملی شکل زنده بماند (گلیسون و فریس، ۱۹۸۵).



شکل ۴۴- علائم بیماری پوسیدگی بذر فوموپسیس در گیاه سویا

مدیریت مزرعه

یکی از روش‌های کنترل بیماری، استفاده از تیمارهای قارچ کش بذری است که بروز آلودگی را کاهش می‌دهد (ردر و همکاران، ۲۰۰۴). انتخاب رقم مقاوم به این بیماری نیز یکی دیگر از روش‌های مدیریت مزرعه محسوب می‌شود که معمولاً بهتر است از ارقام دیررس با توجه به متحمل‌تر بودن به این بیماری نسبت به ارقام زودرس استفاده شود.

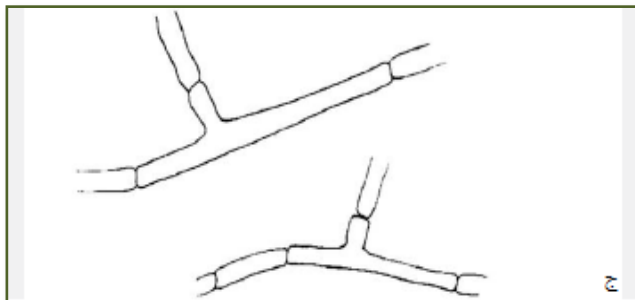
۷-۷- قارچ رایزوکتونیا سولانی^۱

این قارچ یک عامل بیماری‌زا بسیار متداول خاکزاد است که ممکن است بذر را در طی برداشت آلوده کند. همچنین قارچ ریزوکتونیا توانایی بقا در خاک را برای سال‌های زیادی دارد و می‌تواند از میزبانی به میزبان دیگر انتقال یابد (چلافیل و همکاران، ۲۰۰۲). هرچه خاک متراکم‌تر و با زهکشی کمتر باشد برای رشد و گسترش این بیماری بهتر است. ریزوکتونیا تمایل دارد که در لایه‌های بالایی خاک قرار گیرد اما در سطح خاک وجود ندارد و فقط از طریق نوک ریشه، گیاهچه را بلافاصله پس از جوانه زنی آلوده می‌کند (چانگ و همکاران، ۲۰۱۷). قارچ مورد نظر می‌تواند توسط آب، خاک، باد و ادوات کشاورزی جا به جا شود و همچنین به عنوان معروف‌ترین پاتوژن عامل پوسیدگی ریشه و سوختگی گیاهان زینتی شناخته می‌شود (شکل ۴۵).

پوسیدگی ریشه و ساقه رایزوکتونیا یکی از متداول‌ترین بیماری‌ها در سویا شناخته شده است که معمولاً بیشترین خسارت را به گیاهچه وارد می‌کند و در مرحله بعد گیاهان مسن‌تر نیز ممکن است دچار این بیماری شوند. از علائم بارز عفونت ناشی از این بیماری ایجاد ضایعات فرورفته قهوه‌ای رنگ و خشک روی ساقه و ریشه‌های سویا می‌باشد (میر و همکاران، ۲۰۰۶). ریشه‌های جانبی ممکن است پوسیده شوند. گیاهچه‌ها و یا گیاهان مسن‌تر ممکن است این عفونت را گسترش داده و دچار پوسیدگی، زردشدگی و پژمردگی شوند. عفونت‌های رایزوکتونیا می‌تواند سطحی باشند که در این حالت

1. *Rhizoctonia solani*

هیچ نشانه‌ای از خسارت در گیاه نشان نمی‌دهند و یا با ایجاد عفونت در ساقه سبب از بین بردن کامل گیاه شوند (شکل ۴۶).



شکل ۴۵- الف) قارچ رایزوکتونیا سولانی. ریزومورها در روش فیلتر کاغذی، ب) علائم بیماری گیاهی، ج) هیف‌های تقسیم شده با شاخه زاویه قائم



شکل ۴۶- تصاویری از پوسیدگی ریشه و ساقه رایزوکتونایی در گیاه سویا

زمان بروز بیماری

پوسیدگی رایزوکتونایی ساقه و ریشه معمولاً از اوایل تا نیمه تابستان رخ می‌دهد. علائم عارضه به صورت ردیفی از مزرعه یا در کل مزرعه قابل مشاهده هستند. عوامل متعدد همچون رطوبت و دمای بالای خاک، نوع خاک با مقادیر فراوان مواد آلی و تأخیر در سبز شدن گیاه در تشدید علائم این بیماری نقش ایفا می‌کند. تنش‌های محیطی برای مثال ناشی از استفاده علف‌کش‌ها، آسیب ناشی از تگرگ و خسارت نماتد سیست سویا نیز ممکن است بروز بیماری را تشدید کند (رحمان و همکاران، ۲۰۲۰).

قارچ خاکزاد رایزوکتونیا سولانی دارای طیف میزبان وسیعی شامل سویا، ذرت، یونجه و غیره می‌باشد، اما تنها برخی از انواع عوامل بیماری‌زا گیاه سویا را آلوده می‌کند (عباس و همکاران، ۲۰۲۳). رایج‌ترین سویه‌های قارچ رایزوکتونیا (گروه آناستوموزیز^۱ که به آن AG گفته می‌شود) که سویا را آلوده می‌کند، شامل AG-2-2 و AG-4 می‌باشد. گروه‌های مختلف AG قادر به ایجاد شرایط بهینه متفاوتی برای رشد و آلودگی سویا می‌باشند.

مدیریت مزرعه

یکی از مهمترین اقدامات در زمینه مدیریت مزرعه در برابر قارچ رایزوکتونیا سولانی، استفاده از بذر مرغوب و سالم می‌باشد تا کیفیت محصول را افزایش دهد. به علاوه، گیاه را باید از تنش‌های محیطی همچون آسیب ناشی از علفکش‌ها و آلودگی حاصل از نماتد سیست سویا دور نگه داریم (درنس و همکاران، ۲۰۰۳). در مواردی که بیماری شدت زیادی دارد، عملیات خاک‌ورزی و تناوب زراعی از اهمیت بسزای برخوردار می‌باشد. همچنین، آغشته کردن بذرها به قارچ‌کش رایزوکتونیا ممکن است آلودگی ناشی از این بیماری را تا چند هفته پس از کاشت کاهش دهد. ارقام مختلف سویا دارای سطوح مختلفی از تحمل به این بیماری می‌باشند، اما هیچکدام به طور کامل به این بیماری مقاوم نیستند (چانگ و همکاران، ۲۰۱۷).

۷-۸- قارچ اسکروتینیا اسکروتیوروم^۲

قارچ عامل بیماری‌زا اسکروتینیا اسکروتیوروم منجر به ایجاد بیماری کپک سفید یا پوسیدگی ساقه اسکروتینیا در سویا می‌شود که جزء بیماری‌های شایع در گیاه سویا می‌باشد. این قارچ دارای گستره میزبانی بیش از ۳۷۰ گونه گیاهی است و منجر به ایجاد بیماری در انواع مختلفی از محصولات زراعی شامل سویا، آفتابگردان، کلزا، سیب زمینی، یونجه، گندم، خردل، گلرنگ، عدس، کتان و غیره می‌شود. این بیماری در شمالی‌ترین مناطق کشت سویا در جهان گزارش شده است که منجر به کاهش عملکرد عمده در بذر

1. Anastamosis

2. Sclerotinia sclerotiorum

و یا حتی سبب نابودی کامل گیاه می‌شود، بالاخص زمانی که گیاه سویا در خاک آلوده به این عامل بیماری‌زا کشت شود و کانوپی گیاه به صورت متراکم باشد که منجر به باقی ماندن طولانی مدت رطوبت در اطراف گیاه گردد. معمولاً زمانی که وقوع بیماری ۱۵ درصد یا بیشتر باشد، عملکرد گیاه کاهش چشمگیری دارد. دامنه تلفات محصول (کاهش عملکرد) می‌تواند بین ۱/۳ تا ۳/۷ بوش/هکتار به ازای هر ۱۰ درصد افزایش در وقوع بیماری تغییر کند. برای مثال، بیماری اسکروتینیا در ایالت داکوتا شمالی در آمریکا تنها یک معضل جزئی برای تولیدکنندگان سویا محسوب می‌شود از آنجایی که این بیماری به ندرت در طی سال‌های خشکسالی مشاهده می‌شود.

آب و هوای مرطوب عامل اصلی در توسعه این بیماری است، از این رو، در سوییابی آبی این مشکل به صورت دائمی وجود دارد. علاوه بر کاهش عملکرد دانه، این بیماری سبب کاهش کیفیت بذر و آلوده شدن بذر به اسکروتینای سیاه قارچ می‌شود. آلودگی بذر می‌تواند یک مشکل جدی در صادرات بذر محسوب گردد زیرا ممکن است منجر به عدم پذیرش محموله بذر در بنادر کشورهای وارد کننده شود. علاوه بر آن، اسکروتینای که به خاک باز می‌گردد، قادر است که محصولات زراعی دیگر در تناوب را نیز تحت تأثیر قرار دهد. تولیدکنندگان سویا قادرند کشت سویا را با داشتن اطلاعات از مشخصات عامل بیماری‌زا و چرخه بیماری مدیریت کنند.

علائم بیماری

علائم این بیماری معمولاً تا زمانی که سایبان گیاه (کانوپی) در ردیف‌های کاشت بین بوته‌ها تکمیل شود و یک میکروکلیم مرطوب ایجاد گردد، مشاهده نمی‌شود. پژمردگی و پژمرده شدن برگ‌ها و به دنبال آن مرگ گیاه معمولاً اولین علائم قابل مشاهده در مزرعه می‌باشد (شکل ۴۷). با بررسی دقیق زیر سایبان گیاه، رشد میسلیم پنبه‌ای سفید (نوارهای قارچی) روی ساقه‌ها، برگ‌ها یا غلاف‌ها آشکار می‌شود. آثار خسارت به صورت بروز ضایعات روی ساقه‌های اصلی و شاخه‌های جانبی بروز می‌کند. به این

صورت که ضایعات رفته رفته ساقه‌ها را احاطه کرده و قسمت‌های بالائی گیاه می‌میرند. ساقه‌ها سفید شده و گاهی اوقات در اثر پوسیدگی زیاد تکه تکه به نظر می‌رسند. اسکروتیاهای بزرگ و سیاه رنگ با اشکال و اندازه‌های مختلف از میسلیم سفیدی که روی بافت گیاه رشد می‌کند، تشکیل می‌شود. اسکروتیاها همچنین در بخش مرکزی ساقه به صورت استوانه‌ای شکل تشکیل می‌شوند. بذرها در غلاف‌های آلوده معمولاً به صورت چروکیده در می‌آیند و ممکن است توسط قارچ آلوده شوند و یا با اسکروتیای سیاه رنگ جایگزین شوند. زمانیکه گیاهان آلوده برداشت می‌شوند، بذرها با اسکروتیا آلوده می‌شوند.



شکل ۴۷- الف) نمایی از آثار خسارت قارچ اسکروتینیا اسکروتیوروم بر روی ساقه، بذر و غلاف

مدیریت مزرعه

از اساسی‌ترین روش‌های کنترل بیماری پوسیدگی ساقه اسکروتینیا، انتخاب رقم مناسب، اجرای عملیات کشاورزی جهت کاهش شدت بیماری و اجتناب از کاشت سویا در زمین‌های آلوده به این قارچ می‌باشد. استفاده از بذر آلوده به قارچ نه تنها کیفیت محصول را کاهش می‌دهد بلکه قارچ با کشت بذر آلوده وارد مزرعه شده و کیفیت زراعت بعدی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از موارد دیگر کنترل این بیماری، از بین بردن علف‌های هرز پهن برگ می‌باشد که میزبان قارچ اسکروتینیا هستند.

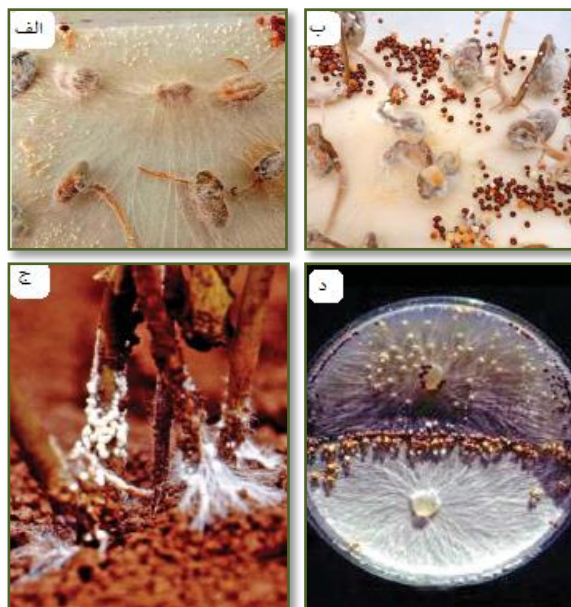
زمانی که میزان شدت بیماری کم تا متوسط باشد، با کم شدن فواصل ردیف کاشت خسارت بیماری افزایش می‌یابد. به طوریکه خطر آسیب بیماری در فاصله کاشت ۱۵ اینچ در مقایسه با ۷ اینچ بیشتر است. در شرایطی که شدت بیماری زیاد باشد، فاصله ردیف کاشت ممکن است بر شدت بیماری تأثیری نداشته باشد. این نکته حائز اهمیت است که فواصل کمتر ردیف‌های کاشت بر افزایش شدت بیماری تأثیر می‌گذارند، اما فواصل کمتر ردیف‌های کاشت نیز عملکرد محصول را افزایش می‌دهند. از این رو، حفظ فواصل کمتر ردیف کاشت - به طوری که هوا در جریان باشد تا رطوبت اطراف گیاه را کاهش دهد- می‌تواند نرخ خسارت بیماری را کاهش دهد. برای مثال، قرار دادن ردیف کاشت در مقابل مسیر باد به خشک شدن محصول پس از بارندگی کمک می‌کند. هنگامی که سویا تحت شرایط آبی کشت می‌شود، از اقدامات زراعی که منجر به متراکم شدن سایه‌بان و رطوبت اطراف گیاه بعد از مرحله گلدهی گردد باید خودداری کرد، زیرا شرایط ایده‌آلی را برای توسعه بیماری ایجاد می‌کند.

تحقیقات نشان داده‌اند که تنها وجود چند اسکروت در خاک برای بروز بیماری کافی است. تناوب زراعی عموماً تأثیر عمیقی بر بروز بیماری در کشت سویا نخواهد داشت. به طوری که، تناوب زراعی یک تا سه ساله اغلب به منظور کاهش سطح بیماری کافی نیست، اما تناوب‌های چهار تا پنج ساله احتمالاً سطح اسکروتیوم در خاک به میزان قابل

توجهی کاهش می‌دهد. به علاوه، تناوب زراعی با محصولات غیر میزبان (مانند ذرت و غلات دانه ریز) سطح اسکروتیا در خاک را کاهش می‌دهد. همچنین، استفاده از سموم بیوشیمیایی و مبارزه بیولوژیکی نیز می‌تواند در کنترل بیماری مؤثر باشد.

۷-۹- قارچ اسکروتیوم رولفسی^۱

این قارچ، قارچ خاکزاد متداول می‌باشد که گاهی اوقات با بذر مخلوط می‌شود. در ابتدا، این قارچ سفید رنگ است و سپس به قهوه‌ای تیره تغییر رنگ می‌دهد (اما مرکز آن سفید باقی می‌ماند) (شکل ۴۸).



شکل ۴۸- الف) قارچ اسکروتیوم رولفسی، ب) تولید اسکروتیا در روش فیلتر کاغذی،

ج) نشانه‌های بیماری در گیاهچه و د) تولید اسکروتیا در محیط کشت (PDA)

این قارچ خاکزاد قادر به ایجاد آلودگی در طیف وسیعی بیش از ۲۰۰ گونه گیاهی است که در سویا بیماری بلایت جنوبی^۲ را ایجاد می‌کند. علائم بیماری ممکن است در هر زمانی از فصل سال از گیاهچه جوان تا گیاه بالغ بروز کند. آلودگی گیاهچه جوان منجر به

1. *Sclerotium rolfsii*

2. Southern blight

میرایی گیاه قبل یا بعد از سبز شدن می‌شود. در اواخر فصل زراعی، کل گیاه زرد و پژمرده شده و برگ‌ها به رنگ قهوه‌ای تبدیل می‌شوند که اغلب به گیاه می‌چسبند. ضایعه تشکیل شده به رنگ قهوه‌ای تیره که ساقه را احاطه می‌کند، سطح خاک را پوشش می‌دهد (شکل ۴۹). این ضایعه عموماً با ایجاد حصیرهای پنکه مانند از میسیلیوم قارچ که در پایه ساقه قرار دارد، روی بقایای برگ و روی سطح خاک اطراف گیاهان آلوده تشکیل می‌شود. بدنه‌های قارچی گرد و کوچک متعددی که به اندازه دانه‌های خردل هستند (به نام اسکروتیا) در قسمت پائینی ساقه شکل می‌گیرند. در ابتدا، اسکروتیا به رنگ زرد رنگ می‌باشد، سپس به رنگ قهوه‌ای مایل به قرمز و در نهایت در زمان رسیدگی به رنگ قهوه‌ای تیره تبدیل می‌شود. عامل بیماری‌زا (اسکروتیا) در طول زمستان ۳ تا ۴ سال در نزدیک سطح خاک می‌تواند زنده بماند. دمای ۷۷ تا ۹۵ درجه فارنهایت و شرایط آب و هوایی مرطوب بیماری را گسترش داده که به همین علت این بیماری بلایت جنوبی نامیده می‌شود.



شکل ۴۹- علائم بیماری در مزرعه بر روی ساقه و برگ

۷-۱۰- قارچ فیتوفترا سوژا^۱

این قارچ که عامل بیماری پوسیدگی فیتوفترایی ریشه و ساقه سویا می‌باشد، در خاک به شکل اوسپور بیش از ۵ تا ۱۰ سال زنده می‌ماند. اوسپورها در بافت گیاهی آلوده در هنگام تجزیه تولید می‌شوند. سویا تنها گیاه میزبان شناخته شده برای این عامل بیماری‌زا معرفی شده است. این قارچ بیشترین فعالیت و آلودگی را در خاک‌های مرطوب ایجاد می‌کند (تایلر، ۲۰۰۷).

قارچ فیتوفترا سوژا اولین گونه شناخته شده است که باعث ایجاد بیماری پوسیدگی ریشه و ساقه در مناطق مختلف بر روی گیاه میزبان می‌شود اما گونه‌های شناخته نشده دیگری نیز عامل ایجاد این بیماری در سویا معرفی شده‌اند. قارچ عامل بیماری قادر به از بین رفتن گیاهچه جوان و گیاه بالغ در طول فصل رشد از زمان کاشت تا زمان برداشت می‌باشد (شیمیتسر، ۲۰۰۰). این بیماری در شرایط خاک گرم و مرطوب به ویژه در اوایل فصل رشد، منجر به بروز علائم بیماری می‌شود. عامل این بیماری قادر است در جاییکه که فاصله بین ردیف‌های کاشت وجود دارد، با ورود به خاک وارد ناحیه بذر شده و قبل از ظهور گیاهچه باعث پوسیدگی بذر گردد. در این حالت، بذرها ممکن است جوانه بزنند ولی به سطح خاک نرسند یا از خاک بیرون آیند و بعد در اثر پوسیدگی از بین بروند. گیاهان در حال مرگ یا مُرده در سطح خاک یا کمی قبل از رسیدن به خاک آثار لهیدگی ساقه را نشان می‌دهند که این علامت معمولاً میرایی^۲ نامیده می‌شود (گیزن و کوتوب، ۲۰۰۹).

این نکته حائز اهمیت است که در این مرحله تشخیص علائم عامل بیماری پوسیدگی ریشه فیتوفترایی از پوسیدگی ریشه پیتیوم^۳ دشوار است به این دلیل که هر دو بیماری باعث میرایی و پوسیدگی سیستم ریشه جوان می‌شوند. در حالت کلی، پیتیوم در خاک‌های سرد

1. *Phytophthora soja*
2. Damping off
3. Pythium

و فیتوفترا در خاک‌های گرم فعال‌تر است. با این حال، تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که برخی از گونه‌های پیتیوم متعلق به مناطق گرمسیر برای ایجاد بیماری در خاک‌های گرم‌تر سازگار شده‌اند.

مرحله پوسیدگی ساقه به راحتی با بروز یک ضایعه قهوه‌ای شکلاتی رنگ بر روی ساقه که از سطح خاک به سمت بالا حرکت می‌کند، قابل تشخیص است (شکل ۵۰). در ابتدا، ناحیه بالائی ساقه سبز باقی می‌ماند، اما در نهایت گیاه پژمرده شده، به رنگ زرد در می‌آید و سپس با برگ‌هایی که بر روی ساقه مانده است، می‌میرد. در برخی مواقع، بیماری پوسیدگی ساقه با بیماری شانکر ساقه سویا نیز اشتباه گرفته می‌شود. در گره‌ها شانکرهای تیره رنگ کمی فرورفته ایجاد می‌شود. به طور معمول، ساقه بین گره‌ها سبز باقی می‌ماند، اما در موارد شدید، شانکرها ممکن است به طور کامل ساقه را ببندند و تا جایی بزرگ شوند که بافت سبز کمی روی ساقه قابل مشاهده باشد که در این حالت تشخیص بین این دو بیماری دشوار است. یک ویژگی متمایزکننده بین این دو بیماری این است که ریشه گیاهان آلوده به شانکر ساقه همچنان سالم به نظر می‌رسند.

پوسیدگی ریشه فیتوفترایی همچون پوسیدگی ساقه فیتوفترایی به آسانی قابلیت تشخیص ندارد. گیاهان آلوده معمولاً قد کوتاه‌تری دارند و ضعیف‌ترند که البته تشخیص این علائم دشوار است مگر اینکه گیاه آلوده با گیاه سالم مورد مقایسه قرار گیرد. یکی از علائم متمایزکننده گیاه آلوده از گیاه سالم این است که در گیاه آلوده کاهش شدید ریشه‌های فرعی سالم وجود دارد که در جذب آب و مواد غذایی اختلال ایجاد می‌کند. گیاهانی که دچار بیماری پوسیدگی ریشه فیتوفترایی شده‌اند، یک تا دو هفته زودتر از گیاهان سالم به مرحله رسیدگی می‌رسند (کستامیلان و همکاران، ۲۰۱۳).



شکل ۵۰- آلودگی ساقه بر روی چندین گیاه سویا حاصل از عامل بیماری‌زا فیتوفترا سوزا

مدیریت مزرعه

عواملی که در کاهش بیماری پوسیدگی فیتوفترایی ریشه و ساقه اهمیت دارند شامل پیشینه زراعت مزرعه، بارش‌های فصلی، نوع خاک و استفاده از ارقام مقاوم به بیماری می‌باشد. رعایت تناوب زراعی جهت کنترل این عامل بیماری از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (دورنس، ۲۰۱۸). کشت متوالی سویا در یک زمین زراعی خطر بروز این بیماری را افزایش می‌دهد. به علاوه، بارندگی‌های سنگین پس از کاشت سویا منجر به توسعه این بیماری می‌گردد از آنجاییکه به دلیل اشباع شدن خاک از آب، دمای خاک نیز افزایش یافته و به دنبال آن فعالیت عامل بیماری‌زا نیز افزایش خواهد یافت. یکی دیگر از عوامل افزایش دهنده عامل بیماری پوسیدگی فیتوفترایی ریشه و ساقه، کشت سویا در خاک‌های با زهکشی ضعیف می‌باشد که به دلیل وقوع سیل، فشرده شدن خاک و محتوای رُس بالا ایجاد می‌شود.

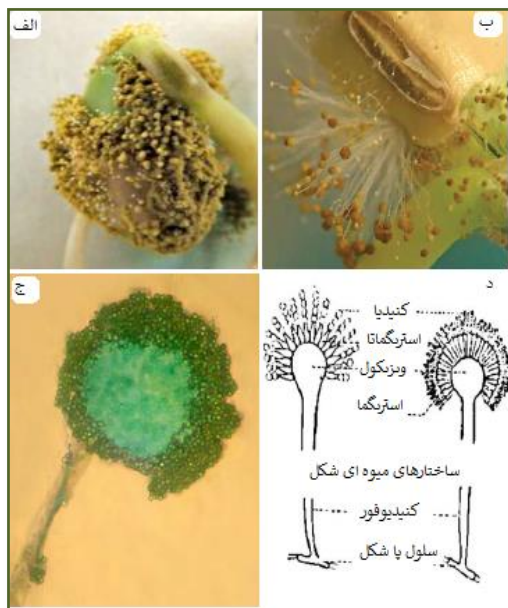
۷-۱۱- قارچ‌های انباری

قارچ‌های انباری، عموماً شامل گونه‌های مختلف آسپرژیلوس و پنسیلیوم هستند. این قارچ‌ها قبل از برداشت به بذرها آسیبی نمی‌زنند، ولی در طی انبارداری می‌توانند باعث کاهش جوانه‌زنی، تغییر رنگ و آسیب به جنین و کل بذر گردند. قارچ‌های انباری نیاز به یک رطوبت نسبی حداقل دارند که در رطوبت کمتر از آن نمی‌توانند رشد کنند. با این وجود عوامل دیگری نیز از قبیل توانایی نفوذ به بذر، شرایط بذر، دسترسی به عناصر غذایی و درجه حرارت نیز تعیین کننده آلودگی می‌باشند (ویدینورنر و همکاران، ۱۹۹۰).

گونه‌های آسپرژیلوس معمولاً در محدوده رطوبتی ۱۸-۱۳ درصد به بذرها انبار شده آسیب می‌زنند و گونه‌های پنسیلیوم معمولاً در پارت‌های بذری در دمای پایین و رطوبت بالای ۱۶ درصد خسارت بیشتری به بذر وارد می‌کنند. خسارت قارچ‌ها در بذرها با رطوبت بین ۱۴ و ۱۶ درصد علی‌رغم فاصله تنها ۲ درصدی قابل توجه می‌باشد (کولشرستا و همکاران، ۲۰۰۸). در مجموع قارچ‌های انباری روی بذر مرطوب و در دمای حدود ۳۰ درجه سلسیوس بیشترین سرعت رشد را دارند. همچنین در دمای ۱۵-۱۲ درجه سلسیوس، اکثر قارچ‌های انباری رشد کندی روی بذرها با رطوبت ۱۶-۱۴ درصد دارند. قارچ‌ها در رطوبت نسبی محیط زیر ۶۸ درصد، روی بذرها رشد نمی‌کنند. از این رو، آنها مسئول زوال در رطوبت‌های کمتر از حدود ۱۳ درصد در بذرها نشاسته‌ای و کمتر از ۸-۷ درصد در بذرها روغنی نیستند. آب و هوای گرمسیری با دما و رطوبت نسبی بالا در شرایط انبارداری غیر علمی، اثرات منفی بر بذرها انبار شده دانه‌های روغنی می‌گذارد. آسیب به بذر سویا به وسیله قارچ‌های مختلف از قبیل آسپرژیلوس نیگر، آسپرژیلوس فلاوس، آلترناریا دیانتکیلا، فوزاریوم اکسیسپوروم، فوزاریوم اکویستی، پنسیلیوم دیجیتانوم و پنسیلیوم کریسوژنیوم گزارش شده است. از آسیب‌های این قارچ‌ها می‌توان به تغییر رنگ بذر، پوسیدگی بذر، نکروزه شدن، و کاهش میزان جوانه‌زنی بذر اشاره کرد (کاکده و چاوان، ۲۰۱۱).

۷-۱۱-۱- قارچ آسپرژیلوس^۱

مهمترین گونه این قارچ *Aspergillus flavus* می‌باشد. این قارچ به عنوان قارچ ساپروفیت در خاک در سطح جهان یافت و سبب ایجاد بیماری در بسیاری از محصولات زراعی مهم می‌شود. میزبان‌های رایج این عامل بیماری‌زا شامل غلات، حبوبات، و درختان آجیلی می‌باشند. به طور ویژه، قارچ آسپرژیلوس فلاوس باعث پوسیدگی خوشه ذرت و کپک زرد در بادام زمینی قبل یا بعد از برداشت می‌شود. آلودگی حاصل از این قارچ در مزرعه، قبل از برداشت یا پس از برداشت، در حین انبارداری و حمل و نقل به وجود می‌آید. عموماً، زمانی که محصول میزبان هنوز در مزرعه وجود دارد، عامل بیماری‌زا ایجاد می‌شود، اما نشانه‌ها و علائم بیماری قابل مشاهده نیستند. این قارچ قادر است که گیاهچه‌های جوان را با اسپورزایی روی بذرهای آسیب دیده آلوده کند. به طور کلی، شرایط رطوبت بیش از حد و دمای بسیار بالا در زمان انبارداری غلات و حبوبات باعث افزایش تولید قارچ آسپرژیلوس فلاوس می‌شود. در شکل ۵۱ ویژگی‌های این قارچ نشان داده شده است.



شکل ۵۱- (الف) *Aspergillus spp.*
(ب) *Aspergillus flavus*
(ج) ساختار *Aspergillus flavus*
زیر میکروسکوپ مرکب (با بزرگنمایی ۴۰۰×)، (د) ساختار میوه‌ای (کونیدیوفور، ویزیگول و اسپورها) *Aspergillus flavus*

مدیریت مزرعه

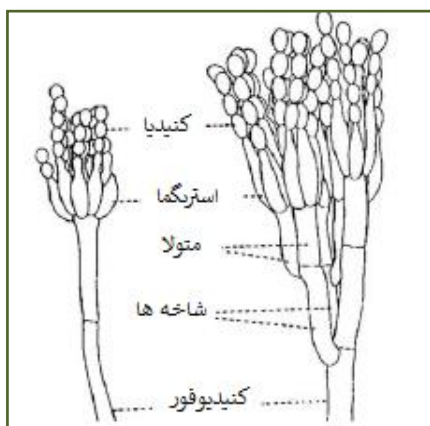
به منظور اطمینان از عاری بودن بذور غلات و حبوبات از آلودگی ناشی از آسپرژیلوس فلاوس، شرایط خاصی را باید قبل از برداشت، در زمان برداشت و بعد از آن رعایت کرد. میزان رطوبت بذر باید کمتر از ۱۵ درصد و دما در انبار تا حد امکان پائین نگه داشته شود زیرا عامل بیماری‌زا توانایی رشد در دمای کمتر از ۵ درجه سانتیگراد را ندارد. دمای پائین سبب کاهش سرعت تنفس و جلوگیری از افزایش رطوبت می‌شود. استفاده از مواد ضد عفونی کننده جهت کاهش بروز و ماندگاری حشرات و کنه‌ها که به رشد عوامل بیماری‌زا کمک می‌کند، می‌تواند یکی از راه‌های مدیریت و کنترل بیماری باشد. همچنین اقداماتی نظیر حذف بذورهای نارس و قدیمی، از بین بردن بذورهای شکسته و آسیب دیده و نظافت کلی انبار در کاهش تکثیر و پخش عامل بیماری‌زا نقش مهمی ایفاء کند.

رایج‌ترین روش مدیریت استفاده از سیستم‌های هوادهی مناسب است. جریان هوا با سرعت کم از میان مخازن ذخیره بذر عبور کرده و باعث می‌شود رطوبت و دمای اضافی از بین برود. در واقع، تنظیم جریان هوا باعث می‌شود که رطوبت محصولات برداشت شده در یک سطح ثابت باقی بماند و دمای داخل مخازن نگهداری بذر کاهش یابد. زمانیکه دما کاهش می‌یابد، فعالیت حشرات و کنه‌ها کاهش یافته که در نهایت مانع از رشد سریع عامل بیماری‌زا می‌شود.

یکی دیگر از روش‌های کنترل و مدیریت این عامل بیماری‌زا، استفاده از ارقام مختلف مقاوم به این بیماری است. ارقام مقاوم معمولاً در برابر شرایط نامساعد محیطی نیاز به عدم حفاظت یا حفاظت بسیار کمتری دارند. با این حال، عملیات آبیاری مناسب به کاهش تنش خشکی کمک می‌کند، که به نوبه خود، احتمال آلودگی ناشی از عامل بیماری‌زا را کاهش می‌دهد.

۷-۱۱-۲- قارچ پنسیلیوم^۱

قارچ پنسیلیوم نوعی قارچ انباری است ولی با فراوانی کمتر نسبت به *Aspergillus* spp. در سویا می‌باشد. ساختار قارچ در تصویر ۵۲ نشان داده شده است.



شکل ۵۲- الف) بذرهای آغشته به *Aspergillus sp.* و *Penicillium sp.*
ب) بذرهای آغشته به *Bacillus sp.* و *Penicillium sp.*

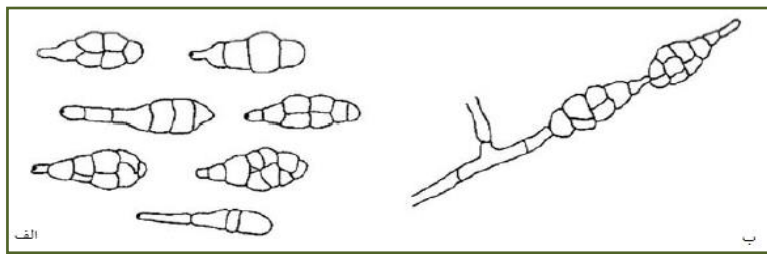
^۱ *Penicillium sp.*

۷-۱۲- آلوده‌کننده‌ها یا ساپروفیت‌ها

۷-۱۲-۱- قارچ آلترناریا^۱

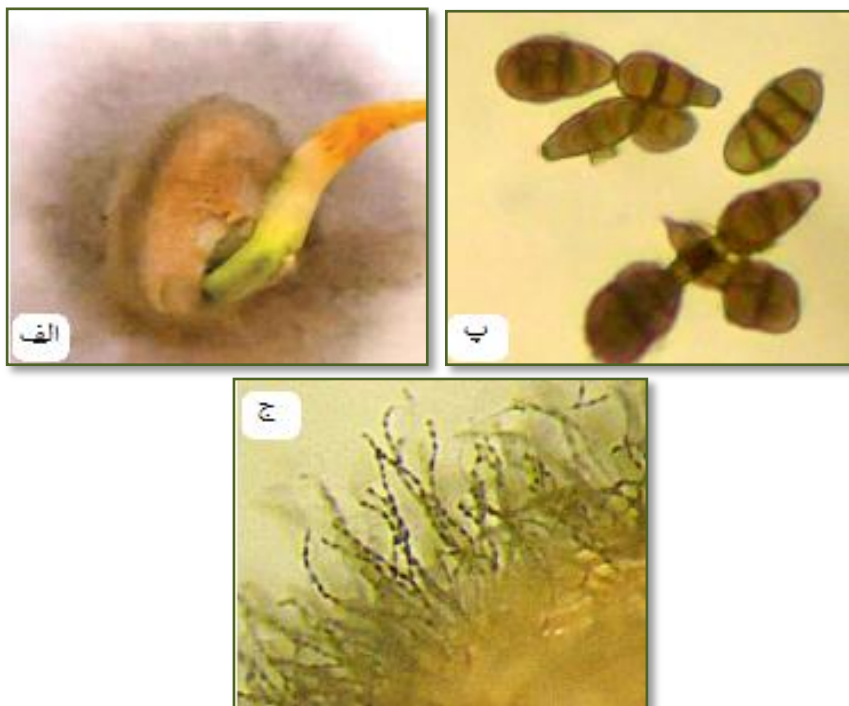
متداول‌ترین گونه‌های قارچ آلترناریا در بذرهاى سویا *A. tenuis* یا *A. alternaria* می‌باشد (شکل ۵۳ و ۵۴). بیماری لکه برگی آلترناریا سویا که توسط قارچ آلترناریا ایجاد می‌شود، معمولاً به دنبال آسیب مکانیکی، آسیب ناشی از حشرات یا سایر بیماری‌ها بروز کرده که به عنوان مهاجم ثانویه شناخته می‌شود. این بیماری گاهی در گیاهچه‌های جوان ظاهر می‌شود، اما به طور کلی به برگ‌ها و غلاف گیاهان نزدیک به مرحله بلوغ حمله می‌کند. از آنجاییکه قارچ عامل بیماری در اواخر فصل رشد ظاهر می‌شود، حداقل خسارت را به عملکرد وارد می‌کند. بنابراین، تاخیر در برداشت منجر به افزایش آلودگی و نفوذ آن به بذرها می‌شود. بذرهاى آلوده نیز چروکیده و به رنگ سبز تا قهوه‌ای هستند و بذرهایی که به شدت آلوده هستند جوانه نمی‌زنند.

ضایعات ناشی از بیماری به شکل مدور هستند که با مسدود شدن رگ اصلی ایجاد می‌شود. برخی از این ضایعات به صورت حلقه‌های متحدالمرکز قهوه‌ای رنگ با حاشیه مشخص نمایان می‌شوند. ضایعات ممکن است گسترش یابند، با ضایعات دیگر ترکیب شوند و مناطق مرده بزرگتری را روی برگ‌ها ایجاد کنند. در نهایت، برگ‌های آلوده خشک می‌شوند و می‌ریزند.



شکل ۵۳- الف) اشکال متفاوتی از کونیدیا (اسپورها) با سپتا طولی و متقاطع،
ب) اسپورها (کونیدیا) در زنجیره‌ها

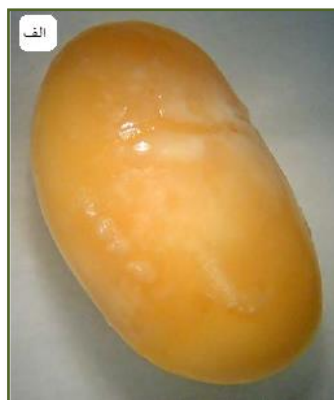
1. *Alternaria* spp.



شکل ۵۴- الف) بذرهای آغشته به *Alternaria spp* (ب) اسپورها در زیر میکروسکوپ بصری (با بزرگنمایی ۴۰×)، ج) اسپورزایی قارچ در زیر میکروسکوپ استرئوسکوپ (با بزرگنمایی ۵۰×)

۷-۱۲-۲- باکتری‌ها

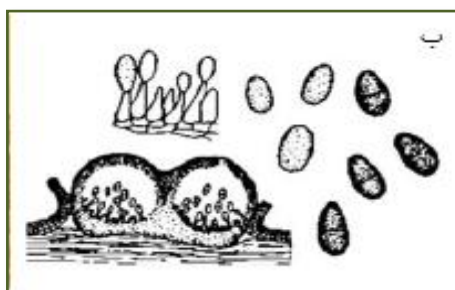
باکتری‌ها ساپروفیت‌هایی می‌باشند که در کنترل بیولوژیکی پاتوژن‌های مهم نقش دارند (شکل ۵۵). باکتری‌های متعلق به جنس‌های باسیلوس، استرپتومایسس، زودوموناس، بورخولدريا و آگروباکتریوم به عنوان عوامل کنترل بیولوژیکی شناخته شده‌اند. فعالیت ضد قارچی و ضد باکتریایی این ریزموجودات بر علیه فیتوپاتوژن‌ها می‌تواند به دلیل تولید سایر پروتئین‌ها، پپتیدها، لیپوپپتیدها، باکتریوسین‌ها یا متابولیت‌های ثانویه باشد و برای هر کدام از این مواد روش‌های اختصاصی جهت خالص‌سازی و توصیف آنها وجود دارد.



شکل ۵۵- باکتری‌ها. الف) بذر دارای آسیب فیزیولوژیکی ناشی از باکتری‌ها،
ب) آسیب‌های ناشی از باکتری باسیلوس و قارچ پنسیلیوم.

۷-۱۲-۳- باکتری بوتریودیپلودیا^۱

این باکتری آلوده کننده است اما پاتوژن نیست (شکل ۵۶ و ۵۷).



شکل ۵۶- الف) کونیدیا جوان (قهوه ای روشن) و بالغ، کونیدیا پیر (قهوه ای تیره) با سیتوم متقاطع.
ب) پیکنیدیا و کونیدیا

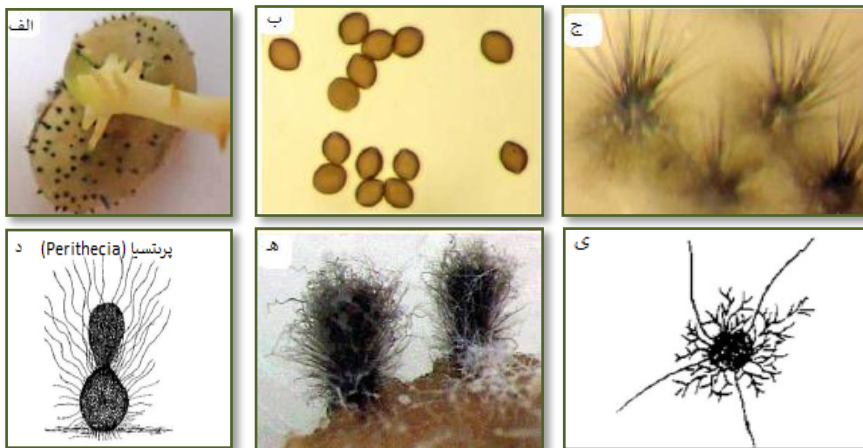
1. *Botryodiplodia* sp.



شکل ۵۷- الف) قارچ در حال رشد بر روی بذر و گسترده بر روی بلاتر، ب) بذر آغشته به *Botryodiplodia sp.* با پیکنیدیا متفاوت

۷-۱۲-۴- قارچ چائتومیوم^۱

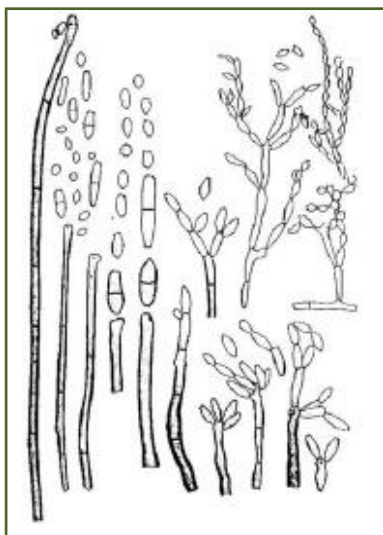
یک قارچ ساپروفیت و آلوده کننده است. شباهت زیادی به *Colletotricum* دارد. این قارچ پریتسیوم با ظاهر مویی شکل تولید می‌کند که ممکن است با ستا در *C. truncatum* اشتباه گرفته شود (شکل ۵۸).



شکل ۵۸- الف) بذر آغشته به *Chaetomium sp.* ب) آسکوسپور (اسپورها) در زیر میکروسکوپ (۴۰۰ برابر)، ج، د، ه و ی) پریتسیا و ساختارهای مویی مختلف

۷-۱۲-۵- قارچ کلدوسپوریوم^۱

سaprofیت و آلوده کننده است (شکل ۵۹).



شکل ۵۹- الف) کونیدیوفورها (تیره) و کونیدیا با اشکال و اندازه‌های مختلف،
ب) *Cladosporium* spp.

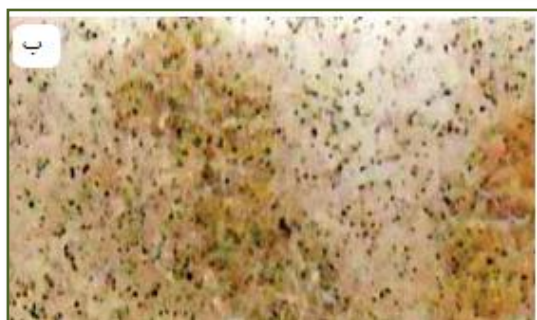
^۱ *Cladosporium* spp.

۷-۱۲-۶- قارچ رایزوپوس^۱

ساپروفیت و آلوده کننده است که ریزوئید تولید می کند که از *Mucor sp.* متمایز است. (شکل ۶۰ و ۶۱)



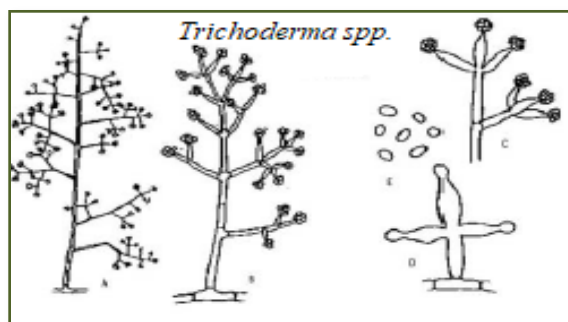
شکل ۶۰- الف، ب و ج) ساختار نشانگر ریزوئیدها که بر روی سوبسترا (پلاتر) با بزرگنمایی ۵۰ برابر زیر میکروسکوپ استروسکوپیک



شکل ۶۱- الف) *Rhizopus* ، ب) گسترده بر روی بذر و فیلتر کاغذی، ج) ساختار *Rhizopus spp*.
با میکروسکوپ بصری

۷-۱۲-۷- قارچ تریکودرما^۱

این عامل آلوده کننده به عنوان عامل کنترل بیولوژیکی علیه کپک سفید و سایر قارچ‌ها محسوب می‌شود (شکل ۶۲).



شکل ۶۲- الف، ب و ج) قارچ‌های گسترده بر روی بذر و فیلتر کاغذی

1. *Trichoderma spp.*

فصل ۸

تمایز گیاهچه‌های عادی از گیاهچه‌های غیر عادی

این آزمون برای تشخیص گیاهچه‌های معمولی از گیاهچه‌های غیر عادی، ارزیابی زنده ماندن و کیفیت بذراست. گیاهچه‌های معمولی آنهایی هستند که به گیاهی سالم با تمام ساختارهای ضروری مانند سیستم ریشه ای توسعه یافته، هیپوکوتیل دست نخورده و ساقه معمولی یا اپیکوتیل تبدیل می شوند. از سوی دیگر، گیاهچه‌های غیر عادی آنهایی هستند که جوانه زده اما دارای نقص‌های مهمی هستند که از تبدیل شدن آنها به یک گیاه معمولی جلوگیری می کنند. این عیوب می تواند شامل آسیب اولیه ریشه، تغییر شکل برگ ها یا سایر ناهنجاری های ساختاری باشد که تبدیل گیاهچه ها را به یک گیاه سالم بعید می کند (راجندرا پراساد، ۲۰۲۳).

معیارهای تمایز گیاهچه‌های عادی از گیاهچه‌های غیر عادی به شرح ذیل می باشد:

گیاهچه‌های عادی

سیستم ریشه

ریشه اولیه (سالم است یا دارای نقص‌های قابل قبول زیر می باشد):

- لکه‌های بافت مرده و بی رنگ
- شکستگی و شکاف‌های ترمیم شده
- شکستگی و شکاف سطحی (بدون تاثیر بر بافت آوندی)

سیتم ساقه‌چه

هیپوکوتیل و اپی کوتیل (سالم است یا دارای نقص‌های قابل قبول زیر می‌باشد):

- لکه‌های بافت‌مرده و بی‌رنگ
- شکستگی و شکاف‌های ترمیم شده
- شکستگی و شکاف سطحی (بدون تاثیر بر بافت آوندی)
- پیچ‌خوردگی شل
- جوانه انتهایی سالم است
- لپه (سالم است یا دارای نقص‌های قابل قبول زیر می‌باشد):
- به میزان ۵۰ درصد یا بیشتر از بافت‌های آن عادی است
- فقط یک لپه سالم است
- سه لپه دارد
- برگ اولیه (سالم است یا دارای نقص‌های قابل قبول زیر می‌باشد):
- به میزان ۵۰ درصد یا کمتر از بافت‌های آن عملکرد غیرطبیعی دارند
- فقط یک برگ اولیه سالم است
- سه برگ اولیه دارد
- شکل عادی دارد، اما رشد آن کند است

گیاهچه‌های غیر عادی

- تغییر شکل داده باشد
- شکسته باشد
- لپه‌ها پیش از برگ اولیه خارج شوند
- شامل دو گیاهچه متصل به هم باشد
- سفید یا زرد باشد
- دوکی شکل یا شیشه‌ای شده باشد

- پوسیدگی ناشی از آلودگی اولیه داشته باشد
- ریشه اولیه ناقص است اگر:
- کوتاه و ضخیم باشد
- رشد آن به تاخیر افتاده باشد
- فاقد ریشه باشد
- شکسته باشد
- از نوک، شکاف خورده باشد
- ریشه در پوسته بذر گیر افتاده باشد
- زمین‌گرایی منفی از خود نشان دهد
- جمع شده باشد
- دوکی شکل یا شیشه‌ای باشد
- پوسیدگی ناشی از آلودگی اولیه داشته باشد

سیستم ساقه چه

- هیپوکوتیل یا اپی کوتیل ناقص است اگر:
- ناقص است اگر:
- کوتاه و ضخیم باشد
- شکاف عمیق داشته باشد
- فاقد اپی کوتیل و یا هیپوکوتیل باشد
- خمیده یا به شکل حلقه درآمده باشد
- مارپیچی شده باشد
- پیچ‌وتاب محکم خورده باشد
- جمع شده باشد
- دوکی شکل یا شیشه‌ای شده باشد

- پوسيدگى ناشى از آلودگى اوليه داشته باشد
- جوانه انتهايى نافص است يا فاقد جوانه انتهايى باشد
- لپه نافص است اگر:
- كمتر از ۵۰ درصد از بافت آنها داراى عملكرد طبيعى باشد
- تغيير شكل داده، موج دار و يا متورم شده است
- شكسته و يا آسيبهاى ديگرى داشته باشد
- لپهها جدا شده يا فاقد لپه باشد
- بافت مرده يا بى رنگ باشد
- شيشه اى شده باشد
- پوسيدگى ناشى از آلودگى اوليه داشته باشد
- برگ هاى اوليه ناقص هستند اگر:
- نقص برگهاى اوليه به اندازه اى باشد كه كمتر از ۵۰ درصد از بافت آنها (يا نواحى مربوط به آنها) داراى عملكرد طبيعى باشند
- پيچ خورده يا به گونه ديگرى تغيير شكل داده باشند
- آسيب ديده باشند
- جدا شده يا فاقد برگ اوليه باشند
- بافت مردگى داشته باشند
- بى رنگ باشند
- شكل عادى داشته ولى اندازه آنها از يك چهارم اندازه طبيعى كوچكتر باشد
- پوسيدگى ناشى از آلودگى اوليه داشته باشد

نكات تكميلى

بر اساس قوانين ايستاء مربوط به آزمونهاى جوانه زنى سوياء، كشت بذر سوياء بين دو لايه كاغذ و روى بستر ماسه اى مجاز است. با توجه به روش كشت، ممكن است گياهچه ها

حتی در شرایط دمایی و طول دوره آزمون یکسان، ظاهری بسیار متفاوت داشته باشند. برای به دست آوردن نتایج یکسان، به تفسیر مناسب نتایج نیاز است.

۱- جوانه‌زنی در ماسه

گیاهچه‌های سویا پس از ۸ روز رشد، در بستر ماسه‌ای و در معرض نور، دارای ساختارهای ضروری زیر هستند:

یک سیستم ریشه بزرگ، شامل ریشه اولیه طویل و تعداد زیادی ریشه ثانویه؛

یک هیپوکوتیل طویل مستقیم و راست؛

یک اپی کوتیل طویل و راست؛

دو برگ اولیه بزرگ و پهن؛

دو لپه.

لپه‌ها در جنس‌های *Phaseolus* و *Vigna* پس از جوانه‌زنی بزرگ نمی‌شوند و لپه‌ها در این بذور، فعالیت فتوسنتزی محدودی دارند. مواد غذایی ذخیره‌ای لپه‌ها، بلافاصله توسط گیاهچه در حال رشد مصرف می‌شود و کار آنها پایان می‌یابد، در پایان دوره آزمون، ممکن است خشک یا حتی از گیاهچه جدا شوند و بیفتند؛ بنابراین نباید ارزیابی شوند. از طرف دیگر، لپه‌های *Glycine* و *Lupinus* طی دوره جوانه‌زنی و حتی پس از آن، به‌طور چشمگیری از نظر اندازه بزرگ می‌شوند؛ آنها سبز باقی می‌مانند و حتی پس از بزرگ شدن گیاهچه، به فتوسنتز ادامه می‌دهند؛ بنابراین باید طبق قانون ۵۰ درصد ارزیابی شوند.

در تمام جنس‌ها، برگ‌های اولیه بزرگ می‌شوند و فتوسنتز انجام می‌دهند. این ساختارها برای گیاهچه‌ها ضروری هستند و باید ارزیابی شوند. اگر برگ‌های اولیه شکل طبیعی داشته باشند و اندازه آنها کمتر از یک‌چهارم اندازه برگ‌های عادی در همان آزمون نباشد، عادی محسوب می‌شوند؛ با وجود این اگر برگ‌های اولیه آسیب دیده و یا تغییر شکل داده‌اند باید بر اساس قانون ۵۰ درصد بررسی شوند.

۲- جوانه‌زنی در کاغذ حوله‌ای

ساختارهای اصلی در گیاهچه‌های سویا، ۸ روز پس از رشد در بستر کاغذ حوله‌ای، به شرح زیر رشد و نمو می‌یابد:

- ساختار بذر خشک در شکل‌های ۶۳ و ۶۴ نشان داده شده است.
- یک ریشه اولیه با تعداد زیادی ریشه ثانویه جوان
- دو لپه متورم و گوشتی، معمولاً به رنگ زرد روشن یا سبزرنگ
- یک هیپوکوتیل با طول شدگی متوسط، که معمولاً به دلیل چرخش طبیعی گیاهچه (یا گاهی به علت محدودیت شرایط کشت در بستر کاغذ حوله‌ای)، به یک طرف خمیدگی دارد

- یک اپی کوتیل با اندکی طول شدگی که تنها بین دو لپه دیده می‌شود
- دو برگ اولیه کوچک تا شده، سبز یا زرد رنگ که بین دو لپه محصور شده یا تاحدودی بیرون زده است (شکل ۶۵ و ۶۶).

✓ در این مرحله رشدی گیاهچه‌ها، وجود لپه‌ها ضروری است و باید از قانون ۵۰ درصد تبعیت کنند. سالم بودن برگ‌های ثانویه هنگام ارزیابی ضروری است و باید هنگام ارزیابی برای دیدن آنها لپه‌ها را باز کرد.

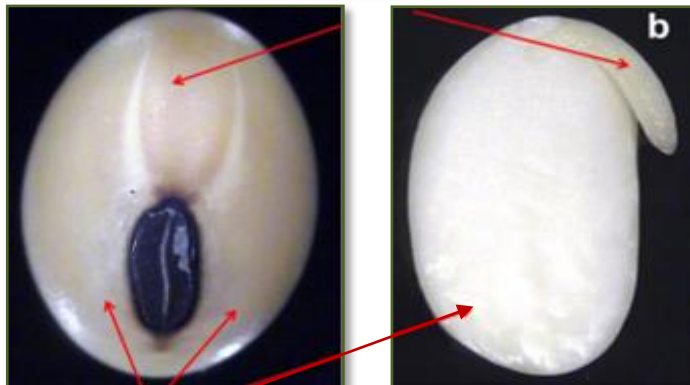
- ارزیابی برگ‌های اولیه، بر اساس قانون ۲۵ درصد
- ✓ اگر اندازه برگ‌های اولیه پس از شکل‌گیری کامل، از یک‌چهارم اندازه واقعی کمتر باشد، گیاهچه غیرعادی به‌شمار می‌آید.

در شکل‌های ۶۷ و ۶۸ به ترتیب مطابقت بذر با گیاهچه و ساختار گیاهچه عادی نشان داده شده است.



شکل ۶۳- نماهای مختلف از دانه خشک شده
(تصویر برگرفته از انجمن بین المللی آزمون‌های بذر).

محور ریشه چه-ساقه چه (Hypocotyl-epicotyl)



کوتیلدون ها (Cotyledons)

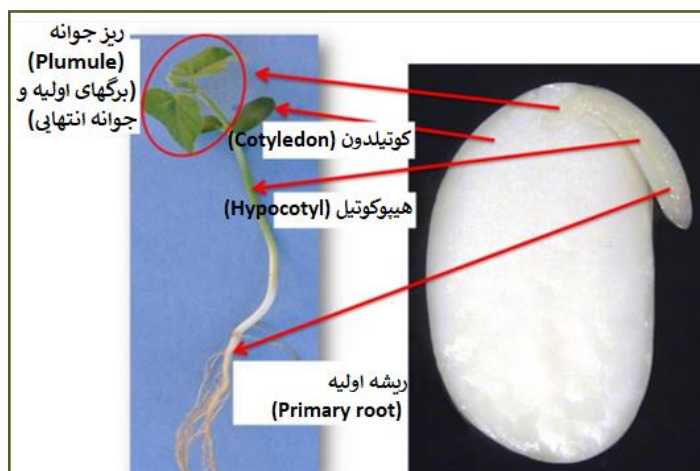
شکل ۶۴- الف) دانه خشک کامل، ب) برش طولی بذر هیدراته
(تصویر برگرفته از انجمن بین المللی آزمون‌های بذر).



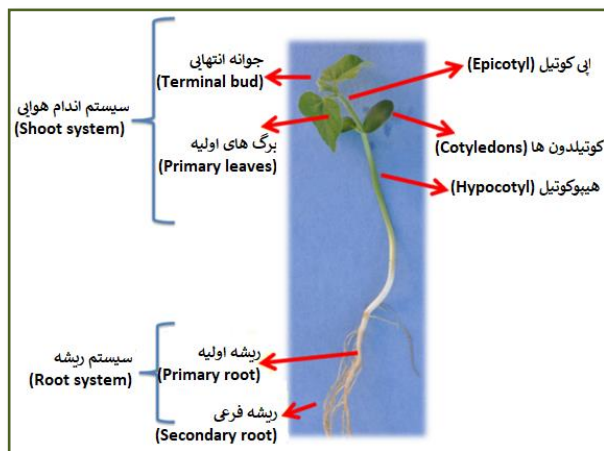
شکل ۶۵- رشد گیاهچه عادی در طول دوره آزمایش
(تصویر برگرفته از انجمن بین المللی آزمون‌های بذر).



شکل ۶۶- رشد نهال در روش کشت لوله‌ای
(تصویر برگرفته از انجمن بین المللی آزمون‌های بذر).



شکل ۶۷- مطابقت ساختار بذر و گیاهچه
(تصویر برگرفته از انجمن بین المللی آزمون‌های بذر).



شکل ۶۸ - ساختار گیاهچه عادی
(تصویر برگرفته از انجمن بین المللی آزمون های بذری).

سیستم ریشه‌ای

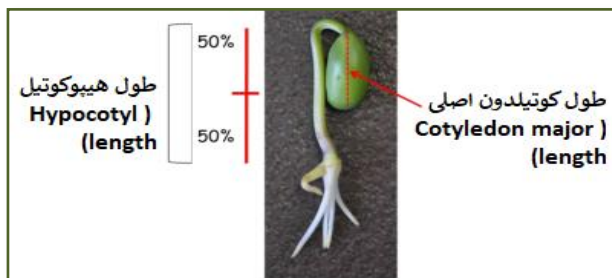
در طول دوره آزمایش، گیاهچه عادی دارای یک ریشه اولیه است که معمولاً دارای چندین ریشه ثانویه است (شکل ۶۹). که در این گونه، اگر ریشه اولیه ناقص باشد، در صورت وجود شاخص‌های زیر، ریشه‌های ثانویه می‌توانند جایگزین ریشه اولیه شوند و گیاهچه عادی طبقه بندی می‌شوند (میچالک و همکاران، ۲۰۱۹).

الف) حداقل دارای سه ریشه ثانویه کاملاً سالم و طبیعی باشد.

ب) طول هریک از این ریشه‌های ثانویه برابر یا بیش از نصف طول هیپوکوتیل باشد.

ج) طول هیپوکوتیل و هر یک از ریشه‌های ثانویه حداقل برابر با طول محور اصلی لپه

باشد.



شکل ۶۹ - نسبت طول لپه و هیپوکوتیل
(تصویر برگرفته از انجمن بین المللی آزمون های بذری).

تصاویری از ناهنجاری‌های کلی در گیاهچه سویا



شکل ۷۰- گیاهچه علایم مسمومیت بستر نشان داده است (تصویر سمت راست)، گیاهچه قبل از خروج ریشه اولیه از پوسته بذر از لپه خارج شد (تصویر سمت چپ)
(تصویر برگرفته از انجمن بین المللی آزمون‌های بذر)



شکل ۷۱- بدشکلی گیاهچه رخ داده است
(تصویر برگرفته از انجمن بین المللی آزمون‌های بذر).



شکل ۷۲- گیاهچه شکسته است
(تصویر برگرفته از انجمن بین المللی آزمون‌های بذر).



شکل ۷۳- تناسب هیپوکوتیل و ریشه در گیاهچه وجود ندارد
(تصویر برگرفته از انجمن بین المللی آزمون های بذر).



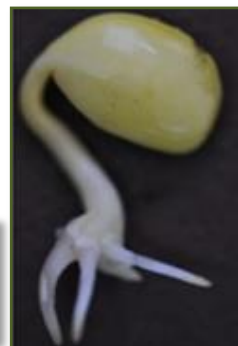
الف	قابل قبول
ب	قابل قبول
ج	قابل قبول



شکل ۷۴- تصویر گیاهچه عادی در سویا هر سه شاخص پیش گفته را دارا می باشد
(تصویر برگرفته از انجمن بین المللی آزمون های بذر).



الف	قابل قبول
ب	غیر قابل قبول
ج	غیر قابل قبول



شکل ۷۵- تصویر گیاهچه غیر عادی در سویا . گیاهچه فاقد شاخص "ب" و "ج" می باشد
(تصویر برگرفته از انجمن بین المللی آزمون های بذر).



شکل ۷۶- گیاهچه غیر عادی - ریشه اولیه در پوسته بذر به دام افتاده است (تصویر سمت راست)، گیاهچه غیر عادی - ریشه زمین گرایی منفی نشان داده است (تصویر سمت چپ) (تصویر برگرفته از انجمن بین المللی آزمون‌های بذر).



شکل ۷۷- گیاهچه غیر عادی - ریشه اولیه کوتاه است (تصویر برگرفته از انجمن بین المللی آزمون‌های بذر).



شکل ۷۸- گیاهچه غیر عادی- ریشه اولیه شکاف سراسری برداشته است (تصویر سمت راست)، گیاهچه غیر عادی- ریشه اولیه به دلیل آلودگی اولیه پوسیده است (تصویر سمت چپ) (تصویر برگرفته شده از آزمایشگاه ملی تجزیه کیفی بذر- موسسه ثبت و گواهی بذر و نهال)



شکل ۷۹- گیاهچه غیر عادی - پوسیدگی طوقه (تصویر سمت راست)، گیاهچه غیر عادی- شکاف عمیق هیپوکوتیل (تصویر سمت چپ) (تصویر برگرفته از آزمایشگاه ملی تجزیه کیفی بذر- موسسه ثبت و گواهی بذر و نهال)



شکل ۸۰- گیاهچه غیرعادی- پیچیدگی کامل هیپوکوتیل (تصویر سمت راست)، گیاهچه غیرعادی- پوسیدگی کامل یک لپه و لپه دیگر نیز کاملاً سالم نمی باشد (قانون ۵۰ درصد) (تصویر برگرفته از آزمایشگاه ملی تجزیه کیفی بذر- موسسه ثبت و گواهی بذر و نهال)



شکل ۸۱- گیاهچه غیرعادی- شکاف عمیق در محل اتصال لپه به محور زیر لپه (تصویر سمت راست)، گیاهچه غیرعادی- شکستگی عمیق هیپوکوتیل (تصویر سمت چپ) (تصویر برگرفته از آزمایشگاه ملی تجزیه کیفی بذر- موسسه ثبت و گواهی بذر و نهال)

فصل ۹

شرایط نگهداری بذر سویا

درک عواملی که عمر بذر را تعیین می کنند از نظر اکولوژیکی، زراعی و اقتصادی دارای اهمیت بسیار زیادی می باشند. زمانی که بذرها در طی نگهداری زوال پیدا می کنند، قوه نامیه خود را از دست می دهند و به تنش های محیطی در طی جوانه زنی حساس تر می شوند و سرانجام قادر به جوانه زنی نمی باشند (کورادی و همکاران، ۲۰۲۰). سرعت پیری تحت تأثیر ژنتیک و عوامل محیطی مثل دما، رطوبت بذر و کیفیت آن قرار دارد. بعد از برداشت اغلب توده های بذر از طریق خرید و فروش توزیع می شوند. بعد از فرآوری بذر ذخیره شده به طور معمول در انبار تا فصل کشت بعدی نگهداری می شود. در طول این دوره قابلیت جوانه زنی باید تضمین شود تا از تلفات اجتناب شود (وستگیت و همکاران، ۱۹۸۹).

انبار کردن از عوامل تأثیرگذار بر بذر می باشد. قوه نامیه بذر در زمان رسیدگی فیزیولوژیک در محصولات در حداکثر مقدار خود است، اما مسلماً پس از برداشت و در طول دوره انبار کردن قوه نامیه بذر در همین وضعیت باقی نمی ماند و زوال پیدا می کند (شیدائی و همکاران، ۲۰۱۹). از آنجا که بذر سویا دارای لیپید و پروتئین بالاست و قابلیت جوانه زنی خود را فقط تا چند ماه در شرایط معمولی حفظ می کند، نگهداری و انبارداری

بذر تا فصل بعدی رشد یا زمان فروش یکی از مراحل مهم در صنعت بذر سویاست و عدم توجه دقیق و کافی به آن سبب می‌شود بذر سویا دچار خسارت فیزیکی و فیزیولوژیکی شده و ترک‌دار شدن و زوال بذر تشدید شود (استمپس و همکاران، ۲۰۰۸).

پیری و زوال بذر به طور معمول در هنگام رسیدگی فیزیولوژیک بذر (قبل از برداشت بذر) رخ می‌دهد و در خلال برداشت فرآوری و انبار کردن بذر با شدتی که متأثر از عوامل ژنتیکی، محیطی و شرایط تولید بذر می‌باشد، ادامه می‌یابد. فرسودگی بذر به فرآیند از دست رفتن کیفیت بذر با گذشت زمان اطلاق می‌گردد و توانایی بذر را برای زنده ماندن کاهش می‌دهد (آدیسی و همکاران، ۲۰۰۴). به طور کلی زوال بذر را می‌توان تغییرات فاسد کننده در طول زمان تعریف کرد که آسیب‌پذیری بذر را نسبت به عوامل بیرونی افزایش می‌دهد و موجب کاهش توانایی زنده ماندن بذر می‌گردد. طبق نظر مک دونالد و نیلسون زوال بذر یک صفت نامطلوب کشاورزی است و کاهش درآمد ناشی از آن در حدود ۲۵ درصد از محصول برداشت شده است که می‌تواند ارزشی برابر میلیاردها دلار داشته باشد (شیدائی و همکاران، ۲۰۱۵).

در سطح جهانی، این تلفات به ویژه در کشورهایی که کمتر توسعه یافته‌اند و در نواحی جغرافیایی که بذرهای طی رسیدگی و انبار کردن با دما و رطوبت نسبی بالا مواجه می‌شوند، به مراتب بیشتر است (شلار و همکاران، ۲۰۰۸). اگر چه اهمیت این تلفات به خوبی روشن است، ولی اهمیت زوال بذر زمانی بیشتر ملموس خواهد شد که تلفات اقتصادی زیادی در هر سال به واسطه زوال بذر، خسارت ناشی از شکستن بذر و فساد به واسطه میکروارگانیسم‌ها در جریان تولید، انبار کردن و حمل و نقل آنها ایجاد می‌شود. جلوگیری یا به حداقل رساندن کاهش کیفیت بذر و قابلیت حیات در طی انبار کردن به منظور کاشت در فصول بعدی برای گیاهان زراعی حیاتی و ضروری است (شیدائی و همکاران، ۲۰۲۰). برخی بذرهای می‌توانند قابلیت زنده‌مانی خود را برای دوره‌های طولانی مدت حفظ کنند. بیشترین طول عمر بذر در رطوبت و دمای پایین حادث می‌شود. در حالی که عوامل مختلفی می‌توانند بر طول عمر بذر تأثیر گذار باشند، دو تا از مهمترین آنها میزان رطوبت

بذر و دما می‌باشد. رطوبت بذر و دما دو عامل محیطی اصلی در گیر در نگهداری بذر هستند (کورادی و همکاران، ۲۰۲۰).

رطوبت بذر یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر قابلیت انبارداری می‌باشد. با افزایش رطوبت بذر سرعت پیری افزایش و به دنبال آن قابلیت جوانه‌زنی نیز کاهش می‌یابد (پسکه و همکاران، ۲۰۰۴). در شرایطی که بذرها در رطوبت ۱۴-۱۲ درصد انبارداری می‌شوند، میزان رشد قارچ‌ها افزایش و در رطوبت ۲۰-۱۸ درصد علاوه بر افزایش رشد قارچ‌ها، تنفس و گرما نیز افزایش می‌یابد که این شرایط به زوال شدیدتر بذرها در طی انبار کردن منجر می‌گردد. رطوبت بذر کمتر از ۵ درصد باعث تجزیه ساختار غشا و در نتیجه تسریع زوال می‌گردد، بنابراین به نظر می‌آید انبار کردن اغلب بذرها در رطوبت بین ۵ تا ۶ درصد برای حصول حداکثر طول عمر حالتی ایده‌آل باشد. رطوبت اهمیت و تأثیری بیشتری نسبت به دما دارد، چرا که رطوبت محیط به طور مستقیم بر روی رطوبت بذر اثر می‌گذارد و با آن به تعادل می‌رسد (شلار و همکاران، ۲۰۰۷).

دما نیز قابلیت نگهداری بذر سویا را از راه‌های مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد. در رطوبت بالا، دمای بالا رشد سریع قارچ‌ها را تقویت کرده و سبب زوال بذر می‌گردد، بنابراین دما را باید کاهش داد. کاهش دما اثرات رطوبت بالا را تا حدی جبران خواهد کرد (سوزا و همکاران، ۲۰۲۳). بیشتر قارچ‌های مرسوم در نگهداری سویا در دمای بیش از ۱۶ درجه سانتیگراد رشد سریع‌تری دارند، این رشد در دمای کمتر از ۵ درجه متوقف می‌شود. حشرات مضر نیز بیشترین فعالیت را در دمای ۲۰-۳۲ درجه سانتیگراد دارند و در کمتر از این دما رشد متوقف می‌شود. آن‌ها در رطوبت‌های بذری کمتر از ۱۲ درصد نیز فعالیت کمتری دارند (فریرا و همکاران، ۲۰۱۷).

پیش‌بینی میزان کاهش کیفیت یک توده بذری که با رطوبت و قوه نامیه خاصی در یک انبار مشخص تا فصل کاشت نگهداری می‌شود، از اهمیت بالاتری برخوردار است تا تمهیدات لازم برای جلوگیری از جوانه زنی نامطلوب، کاهش رشد گیاهچه و در نتیجه

نقصان عملکرد صورت پذیرد. در بعضی از سال‌ها با توجه به شرایط مساعد محیطی، بذر گواهی شده بیش از نیاز مصرف تولید می‌گردد و با توجه به هزینه‌های بالایی که برای تولید بذرهای با کیفیت صرف می‌گردد، ضرورت توجه به نگهداری این بذرها و بررسی سازوکارهای زوال بذر بیش از پیش احساس می‌گردد.

میزان طول عمر بذر و مدت زمان نگهداری آن به کاهش رطوبت بذر به سطحی بستگی دارد که از زوال فیزیولوژیک و پاتولوژیک آن جلوگیری می‌کند (سولبرگ و همکاران، ۲۰۲۰). محتوای رطوبتی بالای بذر سبب افزایش سرعت تنفس و رشد و نمو قارچ‌ها می‌شود. افزایش سرعت تنفس سبب بالا رفتن دما می‌شود. تنفس باعث تهی شدن ذخیره غذایی بذر و آزاد شدن یا تجمع گازهایی می‌شود که ممکن است زنده‌مانی بذر را تهدید کند. همین طور سبب رها شدن انرژی اغلب به صورت گرما می‌شود. بذرها در مزرعه و شرایط نامناسب انبارداری با قارچ‌ها مواجه می‌شوند که باعث نابودی بذر از هر دو جنبه کمی و کیفی می‌شود (بختاور و افضل، ۲۰۲۰). قارچ‌های مزرعه‌ای بذر را در مزرعه طی نمویشان یا پیش از برداشت مورد هجوم قرار می‌دهند. قارچ‌های مزرعه‌ای به میزان رطوبت بالای بذر برای رشد نیاز دارند و از این رو فقط تحت شرایطی که بذرها بر اساس روند طبیعی خشک گردند بی‌اثر می‌گردند. یک دوره بارندگی شدید در زمان برداشت، می‌تواند باعث هجوم گسترده قارچ‌ها و زوال بذر گردد. عوامل زنده به ویژه قارچ‌ها و حشرات می‌توانند بر طول عمر بذر در انبار تأثیرگذار باشند.

نکات زیر در نگهداری بذرهای سویا بایستی رعایت شود تا کاهش در قوه نامیه به حداقل برسد:

- محتوای رطوبت: بذرهای سویا باید در رطوبت ۱۲ درصد نگهداری شوند تا تعادل با هوای بین دانه‌ای حفظ شود و از آسیب‌های ناشی از رطوبت جلوگیری شود (دا سیلوا آندره و همکاران، ۲۰۲۲).

- دما: نگهداری در دماهای سردتر می‌تواند به طور قابل توجهی کیفیت و طول عمر بذر را در مقایسه با شرایط محیطی بهبود بخشد (کوسکوسیدیس و همکاران، ۲۰۲۲).
 - بسته بندی: مواد بسته بندی مناسب مانند کیسه‌های پلی اتیلن ۷۰۰ به حفظ درصد جوانه زنی بالا و زنده ماندن بذر برای مدت طولانی تری نسبت به کیسه‌های پارچه‌ای کمک کند (شلار و همکاران، ۲۰۰۸).
 - عوامل ژنتیکی: مواد ژنتیکی بذرهای سویا بر قابلیت نگهداری آن‌ها تأثیر بگذارد. واریته‌هایی مانند *Celina Adonai* و *Neoplanta* دارای قابلیت نگهداری و تحمل بالاتری نسبت به شرایط نگهداری هستند (کوسکوسیدیس و همکاران، ۲۰۲۲).
 - اندازه بذر: بذرهای کوچکتر نسبت به بذرهای بزرگتر دیرتر از بین می‌روند که بر قابلیت نگهداری و کیفیت آن‌ها تأثیر می‌گذارد (شلار و همکاران، ۲۰۰۸).
 - جابجایی و فرآوری: روش‌های برداشت و جابجایی مناسب، مانند کوبیدن و فرآوری با ماشین، آسیب بذر را کاهش داده و قابلیت نگهداری را بهبود می‌بخشد (دلوش و همکاران، ۲۰۲۱).
 - نظارت و نگهداری: نظارت منظم بر شرایط ذخیره سازی، از جمله دما، رطوبت و سطوح دی اکسید کربن، به شناسایی مشکلات بالقوه و حفظ شرایط نگهداری بهینه کمک می‌کند (کورادی و همکاران ۲۰۲۰)
- با رعایت این دستورالعمل‌ها می‌توان بذرهای سویا را با کمترین میزان کاهش قدرت بذر و قوه نامیه بذر نگهداری کرد.

جمع‌بندی و پیشنهادات

این کتاب شامل مجموعه‌ای از مفاهیم و اصطلاحات مرتبط با بذر و روش‌های مختلف سنجش آزمایشگاهی بذر سویا می‌باشد که به بررسی بذر از جهات مختلف نظیر سلامت، قوه نامیه و قدرت بذر می‌پردازد. به طور مختصر آزمون‌های پیشنهادی برای هر یک از شرایط کیفیت بذر سویا به همراه پیشنهادات مفید عبارتند از:

خلوص بذر

آزمون‌های پیشنهادی:

- جداسازی بذر علف‌های هرز (مانند چچم یا تاج‌ریزی) از بذر سویا با روش‌های مکانیکی یا دستی.
پیشنهادات مفید:
- استفاده از بذر خالص، رقابت با علف‌های هرز را کاهش داده و کارایی کاشت را افزایش می‌دهد (بر اساس مقالات علمی).
- خلوص بالا به بهبود عملکرد محصول و کاهش هزینه‌های مدیریت مزرعه منجر می‌شود.

قابلیت حیات بذر

آزمون‌های پیشنهادی:

- آزمون جوانه‌زنی استاندارد برای بررسی زنده بودن بذرها.
- آزمون تترازولیوم برای ارزیابی سریع قابلیت حیات بذر (در کمتر از ۸ ساعت برای سویا).
- آزمون تترازولیوم به دلیل سرعت و دقت بالا، ابزاری مؤثر برای انتخاب بذرهای با قابلیت حیات حداکثری است.
پیشنهادات مربوطه:
- آموزش کشاورزان برای برداشت بذر در زمان رسیدگی فیزیولوژیک و استفاده از این آزمون برای تضمین کیفیت.
- توسعه آزمایشگاه‌های محلی در ایران برای اجرای این آزمون، کیفیت بذر را بهبود می‌بخشد.

قوه نامیه بذر

آزمون‌های پیشنهادی:

- آزمون‌های تنش (مانند آزمون سرما یا پیری تسریع شده) برای سنجش قدرت جوانه‌زنی بذر.
- آزمون تترازولیوم برای ارزیابی قوه نامیه و شناسایی ضعف‌های احتمالی بذر.

پیشنهادهای مفید:

- بذره‌ای با قوه نامیه بالا می‌تواند عملکرد را تا ۲۰ درصد افزایش دهند، به‌ویژه در شرایط تنش‌زا مانند خشکسالی.
- آزمون تترازولیوم به تولیدکنندگان کمک می‌کند تا فرآیندهای برداشت و انبارداری را بهینه کنند.
- توسعه بذره‌ای بومی مقاوم به تنش با استفاده از نتایج این آزمون توصیه می‌شود.

رطوبت بذر

آزمون‌های پیشنهادی:

- اندازه‌گیری رطوبت بذر با ابزارهای دقیق برای حفظ سطح بهینه (۵ تا ۶ درصد).
- آزمون تترازولیوم برای بررسی تأثیر رطوبت نامناسب بر زنده‌مانی بذر.

پیشنهادهای مفید:

- کنترل رطوبت از زوال بذر جلوگیری کرده و قوه نامیه را حفظ می‌کند.
- آزمون تترازولیوم می‌تواند نشان دهد که رطوبت بالا یا پایین چگونه بر کیفیت بذر اثر می‌گذارد.
- مدیریت صحیح رطوبت، هزینه‌های اضافی مصرف بذر را کاهش می‌دهد.

سلامت بذر

آزمون‌های پیشنهادی:

- آزمون شناسایی عوامل بیماری‌زا (قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها) با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی پیشرفته.

- آزمون ترازولیوم برای تشخیص بذرهای آلوده یا آسیب‌دیده از نظر زنده‌مانی و سلامت بافت‌ها.

پیشنهادهای مفید:

- صدور گواهی بهداشتی برای تأیید کیفیت بذرها.
- استفاده از آزمون ترازولیوم به دلیل سرعت بالا (نتایج در ۸ ساعت برای سویا) و دقت در شناسایی بذرهای معیوب، به‌ویژه در تشخیص آسیب‌های ناشی از عوامل بیماری‌زا، توصیه می‌شود.
- ایجاد آزمایشگاه‌های مجهز در ایران برای اجرای این آزمون و کاهش وابستگی به روش‌های سنتی.

• بذرهای سالم می‌توانند خسارت عملکرد را بین ۱۵ تا ۹۰ درصد کاهش دهند. همچنین، این کتاب با ارائه مطالب مفید در زمینه عوامل خسارت‌زا بذر شامل خسارت‌های مکانیکی، شیمیایی و زیستی و راهکارهای مقابله با آن به کارشناسان فنی و علاقه‌مندان به مباحث مرتبط با بذر سویا کمک می‌کند تا از اصول و روش‌های تجزیه و تحلیل بذر سویا بهره‌مند شوند. آزمون ترازولیوم برای ارزیابی سریع زنده‌مانی و قوه نامیه بذر سویا در کمتر از ۸ ساعت می‌تواند به دلیل سادگی و سرعت، ابزاری کلیدی برای کنترل کیفیت بذر سویا در ایران باشد و پیشنهاد می‌شود که با برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای کشاورزان و کارشناسان جهت یادگیری روش اجرای آزمون با ابزار ساده (مانند ژرمیناتور و محلول ترازولیوم) و گنجاندن این آزمون در فرآیند رسمی گواهی بذر برای تضمین کیفیت استفاده از آن در تولید بذر گسترش یابد. استفاده از نتایج آزمون برای شناسایی بذرهای مقاوم به تنش‌های محیطی متناسب با اقلیم ایران می‌تواند مفید باشد. در آینده، با ارائه دستورالعمل‌ها و راهکارهای فنی جدیدتر می‌توان به منظور بهبود بهره‌وری از بذر گیاهانی همچون سویا و به دنبال آن با افزایش عملکرد مناسب گامی مهم نهاد.

منابع:

1. Abbas, A., Ali, A., Hussain, A., Ali, A., Alrefaei, A. F., Naqvi, S. A. H., & Baloch, F. S. (2023). Assessment of genetic variability and evolutionary relationships of *Rhizoctonia solani* inherent in legume crops. *Plants*, 12(13), 2515.
2. Adebisi, M. A., Daniel, I. O., & Ajala, M. O. (2004). Storage life of soybean (*Glycine max* L. Merril) seeds after seed dressing. *Journal of Tropical Agriculture*, 42, 3-7.
3. Aftab, A., Yousaf, Z., Javaid, A., Riaz, N., Younas, A., Rashid, M., et al. (2019). Antifungal activity of vegetative methanolic extracts of *Nigella sativa* against *Fusarium oxysporum* and *Macrophomina phaseolina* and its phytochemical profiling by GC-MS analysis. *Intl. J.Agric. Biol.* 21, 569–576. doi: 10.17957/IJAB/15.0930
4. Akhtar, J. A. M. E. E. L., Singh, B. A. L. E. S. H. W. A. R., Kandan, A., Kumar, P., & Dubey, S. C. (2017). Status of *Colletotrichum* species infecting chilli germplasm processed for pathogen-free conservation in national gene bank, India. *Bangladesh Journal of Botany*, 46(2), 631-637.
5. Alizadeh, M. M., Gerami, M., Majidian, P., & Ghorbani, H. R. (2024). The potential application of biochar and salicylic acid to alleviate salt stress in soybean (*Glycine max* L.). *Heliyon*, 10(4).
6. Arias, M. M. D., Leandro, L. F., & Munkvold, G. P. (2013). Aggressiveness of *Fusarium* species and impact of root infection on growth and yield of soybeans. *Phytopathology*, 103(8), 822-832.
7. Bakhtavar, M. A., & Afzal, I. (2020). Seed storage and longevity: mechanism, types and management. *Advances in Seed Production and Management*, 451-468.

8. Bastidas, A. M., Setiyono, T. D., Dobermann, A., Cassman, K. G., Elmore, R. W., Graef, G. L., & Specht, J. E. (2008). Soybean sowing date: The vegetative, reproductive, and agronomic impacts. *Crop Science*, 48(2), 727-740.
9. Chang, K. F., Hwang, S. F., Ahmed, H. U., Strelkov, S. E., Harding, M. W., Conner, R. L., ... & Turnbull, G. D. (2017). Disease reaction to *Rhizoctonia solani* and yield losses in soybean. *Canadian journal of plant science*, 98(1), 115-124.
10. Chatterjee, S., Chatterjee, B. P., and Guha, A. K. (2014). International journal of biological macromolecules a study on antifungal activity of water-soluble chitosan against *Macrophomina phaseolina*. *Int. J. Biol. Macromol.* 67, 452–457. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2014.04.008
11. Chela Fenille, R., Luiz de Souza, N., & Eurya Kuramae, E. (2002). Characterization of *Rhizoctonia solani* associated with soybean in Brazil. *European journal of plant pathology*, 108, 783-792.
12. Cho, Y., & Scott, R. A. (2000). Combining ability of seed vigor and seed yield in soybean. *Euphytica*, 112, 145-150.
13. Colet, F., Lindsey, A. J., & Lindsey, L. E. (2024). Soybean planting date and seeding rate effect on germinability and vigor of harvested seed. *Crop Science*, 64(2), 903-913.
14. Coradi, P. C., Lima, R. E., Padia, C. L., Alves, C. Z., Teodoro, P. E., & da Silva Candido, A. C. (2020). Soybean seed storage: Packaging technologies and conditions of storage environments. *Journal of stored products research*, 89, 101709.
15. Costamilan, L. M., Clebsch, C. C., Soares, R. M., Seixas, C. D. S., Godoy, C. V., & Dorrance, A. E. (2013). Pathogenic diversity of *Phytophthora sojae* pathotypes from Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, 135, 845-853.
16. Couto, A. P. S., Brzezinski, C. R., Abati, J., Colombo, O. C., Henning, F. A., de Batista Fonseca, I. C., & Zucareli, C. (2021). Electrical conductivity test in the evaluation of the physiological potential of treated and stored soybean seeds.
17. da Silva André, G., Coradi, P. C., Teodoro, L. P. R., & Teodoro, P. E. (2022). Predicting the quality of soybean seeds stored in different environments and packaging using machine learning. *Scientific Reports*, 12(1), 8793

18. das Virgens, P. B. S., Conceição, T. A., & Barbosa, R. M. (2019). Tetrazolium test to evaluate viability and vigour in *Genipa americana* seeds. *Seed Science and Technology*, 47(3), 307-318.
19. de Jesus Souza, F. F., de Souza, J. E. A., Souza, N. O. S., Spehar, C. R., & de Jesus, T. F. (2017). Standardizing germination tests for quinoa seeds. *African Journal of Agricultural Research*, 12(3), 155-160.
20. Delouche, J. C. (2021). Physiological changes during storage that affect soybean seed quality
21. Dorrance, A. E. (2018). Management of *Phytophthora sojae* of soybean: a review and future perspectives. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 40(2), 210-219.
22. Dorrance, A. E., Kleinhenz, M. D., McClure, S. A., & Tuttle, N. T. (2003). Temperature, moisture, and seed treatment effects on *Rhizoctonia solani* root rot of soybean. *Plant disease*, 87(5), 533-538.
23. Ellis, M. L., Broders, K. D., Paul, P. A., & Dorrance, A. E. (2011). Infection of soybean seed by *Fusarium graminearum* and effect of seed treatments on disease under controlled conditions. *Plant disease*, 95(4), 401-407.
24. Ferreira, F. C., Villela, F. A., Meneghello, G. E., & Soares, V. N. (2017). Cooling of soybean seeds and physiological quality during storage. *Journal of Seed Science*, 39, 385-392.
25. França Neto, J. D. B., Krzyzanowski, F. C., & Da Costa, N. P. (1998). The tetrazolium test for soybean seeds.
26. França Neto, J. D. B., & Krzyzanowski, F. C. (2019). Tetrazolium: an important test for physiological seed quality evaluation. *Journal of Seed Science*, 41(3), 359-366.
27. Franc, L. J., Wyllie, T. D., and Rosenbrock, S. M. (1988). Influence of crop rotation on population density of *Macrophomina phaseolina* in soil infested with *Heterodera glycines*. *Plant Dis* 72, 760–764.
28. Gijzen, M., & Qutob, D. (2009). *Phytophthora sojae* and soybean. Oomycete genetics and genomics: Diversity, interactions, and research tools, 303-329.
29. Gleason, M. L., & Ferriss, R. S. (1985). Influence of soil water potential on performance of soybean seeds infected by *Phomopsis* sp. *Phytopathology*, 75(11), 1236-1241.

30. Guohong, C., & Sebastian, A. (2015). Fungicide Resistance in *Cercospora kikuchii*, a Soybean Pathogen.
31. Hamidi, A., Sadeghi, H., Gazor, H., Sheidaei, S., Oskoui, B., Mivechi Langroodi, H., Nouri, M., Alizadeh, Sh., Seifamiri, S., Zare, L., & Dashti, A. (2020). Study on effect of postharvest process on soybean two commercial cultivars Williams and Saba (L17) seed quality in Moghan region. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 8(2), 271-288
32. Hiddink, G. A., Willmann, R., Woudenberg, J. H., & Souza-Richards, R. (2023). Seed health testing: doing things right. *PhytoFrontiers™*, 3(1), 71-74.
33. Hobbs, T. W., Schmitthenner, A. F., & Kuter, G. A. (1985). A new *Phomopsis* species from soybean. *Mycologia*, 77(4), 535-544.
34. Jasnić, S. M., Vidić, M. B., Bagi, F. F., & Đorđević, V. B. (2005). Pathogenicity of *Fusarium* species in soybean. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, (109), 113-121.
35. Jesus, M. A. D., Reis, V. M. A., Sampaio, F. R., Posse, F. L., & Barbosa, R. M. (2021). Quality control charts in the processing of soybean seeds. *Journal of Seed Science*, 43, e202143031.
36. Johnson, R. R., & Wax, L. M. (1978). Relationship of soybean germination and vigor tests to field performance. *Agronomy Journal*, 70(2), 273-278.
37. Jordaan, E., van der Waals, J. E., and McLaren, N. W. (2019). Effect of irrigation on charcoal rot severity, yield loss and colonization of soybean and sunflower. *Crop Prot.* 122, 63–69. doi: 10.1016/j.cropro.2019.04.026
38. Júnior, M. B. D. S., Resende, M. L. V., Pozza, E. A., da Cruz Machado, J., de Resende, A. R. M., Cardoso, A. M. S., ... & dos Santos Botelho, D. M. (2021). Effect of temperature on *Colletotrichum truncatum* growth, and evaluation of its inoculum potential in soybean seed germination. *European Journal of Plant Pathology*, 160(4), 999-1004.
39. Kakde, R. B., & Chavan, A. M. (2011). Deteriorative changes in oilseeds due to storage fungi and efficacy of botanicals.
40. Kendig, S. R., Rupe, J. C., & Scott, H. D. (2000). Effect of irrigation and soil water stress on densities of *Macrophomina phaseolina* in soil and roots of two soybean cultivars. *Plant disease*, 84(8), 895-900.

41. Koskosidis, A., Khah, E. M., Pavli, O. I., & Vlachostergios, D. N. (2022). Effect of storage conditions on seed quality of soybean (*Glycine max* L.) germplasm. *AIMS Agriculture & Food*, 7(2).
42. Kulshrestha, R., Gupta, C. P., Shukla, G., Kundu, M. G., Bhatnagar, S. P., & Katiyar, C. K. (2008). The effect of water activity and storage temperature on the growth of *Aspergillus flavus* in medicinal herbs. *Planta medica*, 74(10), 1308-1315.
43. Lee, J. H., Hwang, S. R., Lee, Y. H., Kim, K., Cho, K. M., & Lee, Y. B. (2015). Changes occurring in compositions and antioxidant properties of healthy soybean seeds [*Glycine max* (L.) Merr.] and soybean seeds diseased by *Phomopsis longicolla* and *Cercospora kikuchii* fungal pathogens. *Food chemistry*, 185, 205-211.
44. Lokesh, R., Rakholiya, K. B., and Thesiya, M. R. (2020). Evaluation of different fungicides against *Macrophomina phaseolina* (Tassi) goid. causing dry root rot of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in vitro. *Artic. Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 9, 1–11. doi: 10.20546/ijcmas.2020.907
45. Majidian P, Masoudi B, Sadeghi Garmarodi H. (2019). Preliminary evaluation of imported cultivars and pure lines of soybean (*Glycine max* L.), based on agronomic traits and resistance to *Phytophthora rot*. *Journal of Crop Breeding*, 11(30), 98-107.
46. Majidian, P. (2022). Legume breeding: from conventional method to modern technique. In *Legumes Research-Volume 1*. IntechOpen.
47. Majidian, P., Ghorbani, H. R., & Farajpour, M. (2024). Achieving agricultural sustainability through soybean production in Iran: Potential and challenges. *Heliyon*, 10(4).
48. Majidian, P., Masoudi, B., Garmaroudi, H. S., & Dalili, S. A. (2022). Evaluation of genetic phenological and morphological in different soybean cultivars in Alborz Province. *Journal of Crop Breeding*, 14(43), fa180-fa191
49. Majidian, P., Masoudi, B., Hezarjaribi, E., Razmi, N., Peyghamzadeh, K., & Gholizadeh, A. (2024). Deciphering genotype-by-environment interaction in new soybean lines based on multiple traits using different adaptability and stability methods. *Food Science & Nutrition*, 12(5), 3295-3308.

50. Marquez, N., Giachero, M. L., Declerck, S., & Ducasse, D. A. (2021). *Macrophomina phaseolina*: General characteristics of pathogenicity and methods of control. *Frontiers in Plant Science*, 12, 634397.
51. Mason, S. C., Vorst, J. J., Hankins, B. J., & Holt, D. A. (1982). Standard, cold, and tetrazolium germination tests as estimators of field emergence of mechanically damaged soybean seed. *Agronomy Journal*, 74(3), 546-550.
52. Masoudi B. (2021). Screening of soybean genotypes at seedling stage under salinity stress. *Journal of Crop Breeding*, 13(38), 124-137.
53. Mbofung, G. C., Goggi, A. S., Leandro, L. F., & Mullen, R. E. (2013). Effects of storage temperature and relative humidity on viability and vigor of treated soybean seeds. *Crop Science*, 53(3), 1086-1095.
54. Meyer, M. C., Bueno, C. J., De Souza, N. L., & Yorinori, J. T. (2006). Effect of doses of fungicides and plant resistance activators on the control of *Rhizoctonia* foliar blight of soybean, and on *Rhizoctonia solani* AG1-IA in vitro development. *Crop Protection*, 25(8), 848-854.
55. Michalak, I., Lewandowska, S., Niemczyk, K., Detyna, J., Bujak, H., Arik, P., & Bartniczak, A. (2019). Germination of soybean seeds exposed to the static/alternating magnetic field and algal extract. *Engineering in Life Sciences*, 19(12), 986-999.
56. Mourtzinis, S., Gaspar, A. P., Naeve, S. L., & Conley, S. P. (2017). Planting date, maturity, and temperature effects on soybean seed yield and composition. *Agronomy Journal*, 109(5), 2040-2049.
57. Oskouei, B., Divsalar, M., Abbasian, A., Yari, L., Sheidaei, S., & Sadeghi, H. (2012). Allelopathic effects of rapeseed on soybean germination indices. *International Journal of AgriScience*, 2(10), 957-963.
58. Parmar, H. V., Kapadiya, H. J., and Bhaliya, C. M. (2017). Efficacy of different fungicides against *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid causing castor root rot. *Int. J. Chem. Stud.* 5, 1807–1809.
59. Pawlowski, M. L., Bowen, C. R., Hill, C. B., and Hartman, G. L. (2016). Responses of soybean genotypes to pathogen infection after the application of elicitors. *Crop Prot.* 87, 78–84. doi: 10.1016/j.cropro.2016.04.022
60. Pereira, D. F., Bugatti, P. H., Lopes, F. M., Souza, A. L., & Saito, P. T. (2019). Contributing to agriculture by using soybean seed data from the tetrazolium test. *Data in Brief*, 23, 103652.

61. Peske, S. T., Höfs, A., & Hamer, E. (2004). Seed moisture range in a soybean plant. *Revista Brasileira de Sementes*, 26, 120-124.
62. Purcell, L. C., Salmeron, M., & Ashlock, L. (2014). Soybean growth and development. *Arkansas soybean production handbook*, 197, 1-8.
63. Rahman, M. T., Rubayet, M. T., & Bhuiyan, M. K. A. (2020). Integrated management of *Rhizoctonia* root rot disease of soybean caused by *Rhizoctonia solani*. *Nippon Journal of Environmental Science*, 1(7), 1018.
64. Rajendra Prasad, S. (2023). Testing Seed for Quality. In *Seed Science and Technology: Biology, Production, Quality* (pp. 299-334). Singapore: Springer Nature Singapore
65. Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C., & Job, D. (2012). Seed germination and vigor. *Annual review of plant biology*, 63(1), 507-533.
66. Rajpurohit, T. S. (2002). Influence of intercropping and mixed cropping with pearl millet, green gram and mothbean on the incidence of stem and root rot (*Macrophomina phaseolina*) of sesame. *Sesame Safflower Newsl.* 17, 40–41.
67. Rogério, F., Ciampi-Guillardi, M., Barbieri, M. C. G., Bragança, C. A. D., Seixas, C. D. S., Almeida, A. M. R., & Massola Jr, N. S. (2017). Phylogeny and variability of *Colletotrichum truncatum* associated with soybean anthracnose in Brazil. *Journal of Applied Microbiology*, 122(2), 402-415.
68. Rupe, J. C., & Ferriss, R. S. (1986). Effects of pod moisture on soybean seed infection by *Phomopsis* sp. *Phytopathology*, 76(3), 273-277.
69. Sadeghi, H., Khazaei, F., Yari, L., & Sheidaei, S. (2011). Effect of seed osmopriming on seed germination behavior and vigor of soybean (*Glycine max* L.). *ARPJ Journal of Agricultural and Biological Science*, 6(1), 39-43.
70. Sadeghi, H., Mirshekarnejhad, B., Sheidaei, S., & Oskoue, B. (2013). Evaluation of germination traits and mechanical damage to soybean seed during processing, under standard germination, electrical conductivity and accelerated aging tests. *Journal of Crops Improvement*, 15(3), 187-199.
71. Sanjeevkumar, K., Kumar, K. S., Balabaskar, P., Sivakumar, T., Kannan, R., and Saravanan, K. R. (2020). Efficacy of seed plus soil

- application of *Bacillus cereus* on the root rot (*Macrophomina phaseolina* (tassi.) Goid.) incidence and plant growth of groundnut. *Plant Arch.* 20, 1217–1221.
72. Schmitthenner, A. F. (2000). *Phytophthora* rot of soybean. *Plant Health Progress*, 1(1), 13.
73. Sendekie, Y. (2020). Review on; Seed genetic purity for quality seed production. *International Journal of Scientific Engineering and Science*, 4(10), 1-7.
74. Sheidaei, S., Divsalar, M., Oskouei, B., Sadeghi, H., & Rezvani, E. (2015). Effects of storage duration and seed treatment on germination and vigor of soybean seeds. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 5(11), 31-38.
75. Sheidaei, S., Hamidi, A., Sadeghi, H., & Oskouei, B. (2020). Evaluation of initial seed quality and storage conditions on biochemical and physiological changes of soybean seeds. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 9(18), 101-118
76. Sheidaei, S., Hamidi, A., Sadeghi, H., Oskouei, B., & Zare, L. (2019). Impact of storage fungi on soybean seed deterioration in different Storage conditions and seed moisture content. *Iranian Journal of Seed Resources*, 6(1), 65-76
77. Shelar, V. R. (2007). Strategies to improve the seed quality and storability of soybean—A review. *Agricultural Reviews*, 28(3), 188-196.
78. Shelar, V. R., Shaikh, R. S., & Nikam, A. S. (2008). Soybean seed quality during storage: a review. *Agricultural Reviews*, 29(2), 125-131.
79. Short, G. E., Wyllie, T. D., & Bristow, P. R. (1980). Survival of *Macrophomina phaseolina* in soil and in residue of soybean. *Survival*, 7(13), 17.
80. Silva, P. C. D. C., Paula, R. C. D., Valdovinos, T. M., & Araújo, M. J. D. (2021). Quality of *Handroanthus serratifolius* (Vahl) SO Grose seeds evaluated by the electrical conductivity test. *Revista Ciência Agronômica*, 52(03), e20207365.
81. Smith, T. J., & Camper Jr, H. M. (1975). Effects of seed size on soybean performance. *Agronomy Journal*, 67(5), 681-684.
82. Solberg, S. Ø., Yndgaard, F., Andreassen, C., Von Bothmer, R., Loskutov, I. G., & Asdal, Å. (2020). Long-term storage and longevity of

- orthodox seeds: A systematic review. *Frontiers in plant science*, 11, 1007.
83. Souza, A. D. V., Santos, D., Rodrigues, A. A., Zuchi, J., Vieira, M. C., & Sales, J. F. (2023). Physical and physiological soybean seed qualities stored under different environmental conditions and storage bag depths. *Brazilian Journal of Biology*, 83, e277916.
 84. Stamps, W. T., Dailey, T. V., Gruenhagen, N. M., & Linit, M. J. (2008). Soybean yield and resource conservation field borders. *Agriculture, ecosystems & environment*, 124(1-2), 142-146.
 85. TeKrony, D. M., & Egli, D. B. (1977). Relationship between laboratory indices of soybean seed vigor and field emergence. *Crop Science*, 17(4), 573-577.
 86. TeKrony, D. M., Egli, D. B., & Phillips, A. D. (1980). Effect of field weathering on the viability and vigor of soybean seed. *Agronomy journal*, 72(5), 749-753.
 87. Tsedaley, B. (2015). Review on seed health tests and detection methods of seed-borne diseases. *J Biol Agric Healthc*, 5(5).
 88. Tyler, B. M. (2007). *Phytophthora sojae*: root rot pathogen of soybean and model oomycete. *Molecular plant pathology*, 8(1), 1-8.
 89. Wang, J., Sang, H., Jacobs, J. L., Oudman, K. A., Hanson, L. E., & Chilvers, M. I. (2019). Soybean sudden death syndrome causal agent *Fusarium brasiliense* present in Michigan. *Plant disease*, 103(6), 1234-1243.
 90. Weems, J. D., Haudenshield, J. S., Bond, J. P., Hartman, G. L., Ames, K. A., & Bradley, C. A. (2015). Effect of fungicide seed treatments on *Fusarium virguliforme* infection of soybean and development of sudden death syndrome. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 37(4), 435-447.
 91. Weidenbörner, M., Hindorf, H., Jha, H. C., & Tsotsonos, P. (1990). Antifungal activity of flavonoids against storage fungi of the genus *Aspergillus*. *Phytochemistry*, 29(4), 1103-1105.
 92. Westgate, M. E., Schussler, J. R., Reicosky, D. C., & Brenner, M. L. (1989). Effect of water deficits on seed development in soybean: II. Conservation of seed growth rate. *Plant Physiology*, 91(3), 980-985.

93. Wrather, J. A., Shannon, J. G., Stevens, W. E., Sleper, D. A., & Arelli, A. P. (2004). Soybean cultivar and foliar fungicide effects on *Phomopsis* sp. seed infection. *Plant disease*, 88(7), 721-723.
94. Yang, H. C., & Hartman, G. L. (2015). Methods and evaluation of soybean genotypes for resistance to *Colletotrichum truncatum*. *Plant disease*, 99(1), 143-148.
95. Yıldırım, K. C., Öztürk, A., & Demir, İ. (2021). Vacuum Versus Open Air Storage for Pepper (*Capsicum annuum* L.) Seed Longevity with Low Temperature and Seed Moisture Content Over 48 Months. *Horticultural Studies*, 38(2), 110-115
96. Zhang, Q., Gao, X., Ren, Y., Ding, X., Qiu, J., Li, N., et al. (2018). Improvement of Verticillium wilt resistance by applying arbuscular mycorrhizal fungi to a cotton variety with high symbiotic efficiency under field conditions. *Int. J. Mol. Sci.* 19:241. doi: 10.3390/ijms19010241

**Ministry of Agriculture-Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Seed and Plant Improvement Institute**

Soybean Seed Quality Determination Tests

By:

**Dr. Parastoo Majidian
Dr. Bahram Masoudi
Dr. Bitia Oskouei**

2025