



بررسی خصوصیات جوانه‌زنی و خسارت مکانیکی وارده به بذر سویا در زمان فرآوری تحت آزمون‌های جوانه‌زنی استاندارد، هدایت الکتریکی و پیری‌زودرس

حسین صادقی*^۱، بابک میرشکارنژاد^۲، سامان شیدایی^۲، بیتا اسکویی^۴

۱. عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج - ایران
۲. کارشناس ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت - ایران
۳ و ۴. کارشناس ارشد زراعت، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج - ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۹/۱۱

تاریخ وصول مقاله: ۹۲/۳/۱۷

چکیده

به منظور بررسی خصوصیات جوانه‌زنی و خسارت مکانیکی وارده به بذرهای سویا در زمان فرآوری پژوهشی براساس یک آزمایش فاکتوریل ۶×۳ با ۱۸ تیمار بر مبنای طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران (ساری)، در سال ۱۳۸۸-۸۹، انجام شد؛ عامل اول، مراحل مختلف فرآوری بذر شامل ۶ مرحله: قبل از بوجاری، بعد از بالابر، بعد از پیش بوجاری، بعد از بوجاری، بعد از خشک‌کردن و بعد از بسته‌بندی و عامل دوم، ۳ رقم سویا شامل: تلار، ساری و رقم ۰۳۳ بود. نتایج نشان داد که رقم ۰۳۳ بیشترین درصد جوانه‌زنی در آزمون جوانه‌زنی استاندارد (۸۳/۵ درصد)، بیشترین درصد جوانه‌زنی در آزمون پیری‌زودرس (۷۱/۶ درصد)، بیشترین شاخص بنیه گیاهچه (۱۲/۷۶) و کمترین میزان هدایت الکتریکی (۴۱/۷۳) میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم) را دارا بود. همچنین، مشخص شد رقم تلار بیشترین درصد بذرهای با پوسته ترک‌خورده (۱۰/۳۸ درصد) را داشت. اثر مراحل مختلف بوجاری بر تمام صفات بررسی شده، معنی‌دار بود. به‌نحوی که کمترین درصد جوانه‌زنی (۷۸/۳۶ درصد)، بیشترین درصد بذرهای شکسته (۱۶/۷۲ درصد) و بیشترین درصد بذرهای با پوسته ترک‌خورده (۱۳/۵۵ درصد) در مرحله بعد از بالابر ایجاد شد. اثر متقابل رقم×مراحل مختلف بوجاری بر صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود، ولی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی (۸۶/۹ درصد) در رقم ۰۳۳ بعد از مرحله خشک‌کن و کمترین آن (۷۷/۸ درصد) در رقم تلار بعد از مرحله بالابر حاصل شد.
کلیدواژه‌ها: بذرهای شکسته، بنیه بذر، پوسته بذر، درصد جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی.

حسین صادقی و همکاران

۱. مقدمه

بذر سویا، طی بسته‌بندی و فرآوری پس از برداشت، به خسارت مکانیکی بسیار حساس است و نوع و میزان خسارت مکانیکی ایجادشده بر قابلیت حیات و بنیه بذر سویا طی انبارداری اثر می‌گذارد [۳۸]. فرآوری بذر سویا در کشور ما شامل مراحل برداشت و دریافت محصول بذری توسط کارخانه، بوجاری، خشک‌کردن، بسته‌بندی، پارت‌چینی^۱ و انبارداری است که طی این مراحل مختلف ممکن است از طریق ماشین‌های فرآوری به بذرها خسارت مکانیکی وارد شود [۱۹]. شکسته‌شدن بذر و ترک‌های پوسته مهم‌ترین نوع خسارت مکانیکی وارده به پوسته بذر است که در ذرت و سویا گزارش شده است. در این خصوص رطوبت بذر در میزان خسارت مکانیکی بذر نقش مهمی دارد [۲۹]. خسارت مکانیکی و فیزیولوژیک وارده به بذر و دانه نتیجه اثر متقابل عوامل مختلفی است که کیفیت نهایی بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این عوامل شامل فشار وارده به بذر، رطوبت بذر، رقم، اندازه بذر، فشار ناشی از عملیات بارگیری، خصوصیات و جنس دستگاه‌های مورد استفاده هستند [۶، ۱، ۲۰]. به علت ماهیت پیچیده خسارت مکانیکی و فیزیولوژیک وارده به بذر، کنترل و تنظیم دقیق دستگاه‌های فرآوری بذر بسیار مشکل و حساس است [۱۸].

وجود لیگنین در پوسته بذر مقاومت آن را در مقابل خسارت مکانیکی افزایش می‌دهد و سبب محافظت سلول‌ها در برابر میکروارگانیزم‌ها می‌شود [۳۲]. اگر پوسته بذر سویا نازک و شکننده باشد، ریشه‌چه که در زیر پوسته بذر قرار گرفته است، به خوبی محافظت نمی‌شود. به همین دلیل خسارت مکانیکی یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش کیفیت بذر سویا است [۱۴]. مشخص شده است که لیگنین

بخش اصلی دیواره سلولی را تشکیل می‌دهد و سبب استحکام و نفوذناپذیری این سلول‌ها نسبت به آب می‌شود [۱۰].

بذرها به طور مداوم در معرض فشارهای مختلف ناشی از قطعات فلزی و سایر بذرها قرار می‌گیرند. این فشار ممکن است بر اثر بخش‌های گردان متحرک، بخش‌های متحرک بالابر، تخلیه گریز از مرکز، تخلیه و بارگیری و نقاله‌های چرخشی به بذر وارد شود [۲۵، ۲۷]. در تحقیقی اثر شدت‌ها و جهت‌های مختلف فشار وارده به بذرها با رطوبت‌های متفاوت بررسی شد، نتایج نشان داد فشاری که از سطوح فلزی به بذر وارد می‌شود بیشترین خسارت (۴۱ درصد جوانه‌زنی و ۵۴ درصد ترک‌های پوسته بذر و خردشدن) و فشار ناشی از سطوح پلی‌اورتان کمترین خسارت (۸۷ درصد جوانه‌زنی بدون ترک‌های پوسته بذر) را در بذر ایجاد کرد و با افزایش شدت فشار از ۱۰ تا ۴۰ متر بر ثانیه خسارت وارده افزایش یافت. همچنین، مشخص شد که اگر فشار در ناحیه اطراف لپه‌ها^۲ به بذر وارد شود، حداقل خسارت (۶۷ درصد جوانه‌زنی و ۲۵ درصد ترک‌های پوسته) به بذرها وارد شده است، در حالی که، اگر فشار وارده به بذر در ناحیه پشت بذر و مقابل ناف باشد، بیشترین خسارت (۵۷ درصد جوانه‌زنی و ۳۵ درصد ترک‌های پوسته) به بذر وارد می‌شود، زیرا فشاری که به ناحیه ناف وارد می‌شود، سبب ایجاد بافت‌های آسیب‌دیده می‌شود و در نتیجه گیاهچه‌های غیرعادی تولید می‌شوند [۱۳].

آسیب‌های فیزیکی و فیزیولوژیک واردآمده به غشای سلول اساسی‌ترین عامل پیری و زوال بذر هستند [۲۸]. تغییرات آنزیمی، تنفسی و هورمونی، کاهش ساخت پروتئین، آسیب‌های ژنتیکی و تجمع متابولیت‌های سمی نیز

2. Cotyledons

1. Stacking

بررسی خصوصیات جوانه‌زنی و خسارت مکانیکی وارده به بذر سویا در زمان فرآوری تحت آزمون‌های جوانه‌زنی استاندارد، ...

الکترولیت‌ها را در این محلول آزاد می‌کنند و کاهش توان فیزیولوژیک بذر و کاهش درصد جوانه‌زنی با افزایش مقدار یون‌های تجزیه‌گر ارتباط مستقیم دارد که حاصل کاهش یک‌پارچگی غشا است [۲۱، ۲۴، ۳۹].

هدف از اجرای این پژوهش نیز بررسی میزان خسارت وارد شده به بذر سویا در مراحل مختلف فرآوری و همچنین، ارزیابی حساسیت بذر ارقام نسبت به فرایند بوجاری بود که با استفاده از آزمون‌های جوانه‌زنی استاندارد، هدایت الکتریکی و پیری‌زودرس انجام شد تا رقم و مرحله‌ای مشخص شود که در آن بیشترین خسارت به بذر وارد می‌شود.

۲. مواد و روش‌ها

این مطالعه با هدف بررسی میزان خسارت مکانیکی وارده به بذرهای سویا در زمان فرآوری براساس یک آزمایش فاکتوریل ۶×۳ با ۱۸ تیمار که عامل اول، مراحل مختلف فرآوری در ۶ مرحله: قبل از بوجاری، بعد از بالابر، بعد از پیش بوجاری، بعد از بوجاری، بعد از خشک‌کردن و بعد از بسته‌بندی و عامل دوم، شامل ۳ رقم سویا: تلار، ساری و رقم ۰۳۳ بود که بر پایه طرح پایه کاملاً تصادفی با ۳ تکرار، در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران (ساری) در سال ۸۹-۱۳۸۸، انجام شد.

در خلال زوال بذر حادث می‌شوند [۱۱]. آزمون پیری تسریع شده در آغاز به‌عنوان آزمونی برای تخمین طول عمر بذر در انبار، برای پیش‌بینی مدت زمان زنده‌بودن تعدادی از گونه‌های مختلف گیاهی به‌کار گرفته شد [۱۲]. روش پیری تسریع شده به‌عنوان روشی است که در مدت کوتاهی اطلاعاتی در مورد بنیه بذر می‌دهد و بسیار زیاد استفاده می‌شود. با این روش، تغییرات سلولی که در نگهداری طولانی مدت در بذر اتفاق می‌افتد از طریق قراردادن کوتاه مدت بذر در معرض دمای بالا (۴۵-۴۰ درجه سانتی‌گراد) همراه با رطوبت زیاد (رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد) قابل شبیه‌سازی است [۱۲].

آزمون هدایت الکتریکی رسانایی الکترولیت‌های نشت‌یافته از بافت گیاهی را اندازه‌گیری می‌کند. ضعف ساختار غشا معمولاً با زوال و بنیه پایین بذرها همراه است. هنگامی که این بذرها در آب خیس می‌خورند، نشت بیشتر الکترولیت‌ها به‌ویژه اسیدهای آمینه و آلی موجب می‌شوند رسانایی آبی افزایش یابد که خیساندن در آن انجام شده است و این ناشی از بنیه پایین بذر است [۲۲، ۲۳]. در این آزمون میزان آسیب وارد شده به غشای سلولی از طریق تخریب بذر به‌طور غیرمستقیم و با اندازه‌گیری میزان یون‌های تجزیه‌گر در محلول تعیین می‌شود.

بذرهایی که توان فیزیولوژیک کمتری دارند، به دلیل کم‌تر بودن خاصیت انتخابی غشا سلولی، حجم زیادتری از

جدول ۱. مشخصات ارقام مورد استفاده

| تیپ رشد | گروه رسیدگی | طول دوره رشد | وزن هزاردانه | رنگ گل | رنگ دانه |
|---------|-------------|--------------|--------------|--------|----------|
| تلار | محدود | ۵ متوسطرس | ۱۴۰ | سفید | کرم روشن |
| ساری | نیمه محدود | ۵ دیررس | ۱۴۵ | بنفش | کرم تیره |
| ۰۳۳ | ۵ متوسطرس | ۱۴۰ | ۱۶۰ | سفید | زرد |

همه ظرف‌های محتوی آب و بذر با ورقه فویل آلومینیومی پوشانده شدند و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در پایان دوره ۲۴ ساعت خیساندن بذر، قابلیت هدایت الکتریکی محلول با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی اندازه‌گیری شد. میزان هدایت الکتریکی آب دیونیزه ظرف شاهد در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نیز اندازه‌گیری و مقدار آن از میزان هدایت الکتریکی هر ظرف کم شد. سپس، میزان قابلیت هدایت الکتریکی به ازای هر گرم وزن بذر برای هر نمونه با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد [۲].

= میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم

میزان هدایت الکتریکی (میکروزیمنس) برای هر ظرف

وزن نمونه بذر (بر حسب گرم)

برای انجام آزمون پیری تسریع‌شده، ۴۲ گرم بذر سویا توزین و روی سینی درون اتاقک تسریع پیری‌درونی (جعبه‌ای پلاستیکی حاوی ۵۰-۴۰ میلی‌لیتر آب) قرار داده شد. اتاقک تسریع پیری‌درونی، داخل یک اتاقک تسریع پیری‌بیرونی قرار داده شد و بذرها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۴۱ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا دچار پیری‌زودرس شوند. پس از اتمام زمان لازم برای تسریع پیری، بذرها را از اتاقک تسریع پیری‌بیرونی خارج کردند و پس از ۱ ساعت، برای آزمون جوانه‌زنی استاندارد کشت شدند [۲].

به منظور تعیین خسارت مکانیکی وارده به پوسته بذر، از هر یک از نمونه‌ها تعداد ۱۰۰ عدد بذر به مدت ۱۰ دقیقه در محلول ۱ درصد هیپوکلریت سدیم قرار داده شد، پوسته بذرهایی که به آن‌ها خسارت وارد شده بود، متورم شدند و آماس کردند و از بذر جدا شدند. با شمارش بذرهایی که پوسته آن‌ها جدا شده بود، خسارت مکانیکی وارده به بذر به صورت درصد بذرهای با پوسته ترک‌خورده بیان

با رسیدن رطوبت بذرها در مزرعه به ۱۴-۱۳ درصد، برداشت بذرها با استفاده از کمباین^۱ انجام شد. عملیات فرآوری بذر نیز در کارخانه فرآوری بذر شرکت سهامی خاص توسعه کشت دانه‌های روغنی، نمایندگی ساری با دستگاه بوجاری جداکننده با هوا^۲ مدل ۱۰۰۰ ساخت شرکت کاماس وستراپ^۳، انجام گرفت و در هر یک از مراحل ذکر شده نمونه‌برداری از بذر اجرا شد. بذرهای کیسه‌های پلاستیکی ریخته شدند و سر کیسه‌ها کاملاً بسته شد تا نمونه‌ها رطوبت خود را از دست ندهند و بلافاصله به آزمایشگاه تجزیه بذر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج منتقل شدند. در آزمایشگاه پس از تعیین دقیق درصد رطوبت بذر، به روش استاندارد با آون در دمای 103 ± 2 درجه سانتی‌گراد به مدت 17 ± 1 ساعت، تعداد ۱۰۰ عدد بذر که ظاهر سالم داشتند انتخاب و در شرایط استاندارد در دمای ۲۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد با بستر کاشت روی کاغذ جوانه‌زنی^۴ کشت شدند و تعداد بذرهای جوانه‌زده پس از ۸ روز، به عنوان درصد جوانه‌زنی تعیین شد [۵]. همچنین، آزمون هدایت الکتریکی^۵ و آزمون پیری تسریع‌شده^۶ انجام شد و شاخص وزنی بینه گیاهچه^۷ نیز از رابطه درصد جوانه‌زنی × وزن خشک گیاهچه محاسبه شد [۴].

به منظور انجام آزمون هدایت الکتریکی ۴ نمونه ۵۰ بذری از بذر مربوط به هر تیمار به‌طور تصادفی تهیه و در ظرف‌های محتوی ۲۵۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه^۸ قرار داده شد.

1. Class
2. Air Screen Separator
3. Kamas Westrup
4. Top of paper
5. Electrical Conductivity Test
6. Accelerated Ageing Test
7. Seedling Vigor Index
8. Deionized water

بررسی خصوصیات جوانه‌زنی و خسارت مکانیکی وارده به بذر سویا در زمان فرآوری تحت آزمون‌های جوانه‌زنی استاندارد، ...

شد [۱۵]. همچنین، به منظور تعیین درصد بذرهای شکسته پس از هر مرحله، مقدار ۲۰۰ گرم بذر از هریک از نمونه‌ها با یک غربال ۴ میلی‌متری به‌صورت دستی الک شد و بذرهای شکسته که از غربال عبور کردند، وزن شدند و به‌صورت درصد بیان شد [۱۵]. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (Ver 9) و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم و مراحل مختلف فرآوری بر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال آماری ۱ درصد معنی‌داری بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در مورد اثر رقم بر درصد جوانه‌زنی مشخص کرد که بیشترین میزان آن مربوط به رقم ۰۳۳ به میزان ۸۳/۵ درصد بود و ارقام تلار و ساری به‌ترتیب با ۸۱/۲۱ و ۸۱/۰۸ درصد در رده‌های بعدی قرار

گرفتند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین میزان درصد جوانه‌زنی مربوط به مرحله بعد از بالابر بود (۷۷/۵۲ درصد) که حدود ۴/۳۲ درصد نسبت به مرحله قبل از بوجاری (۸۱/۸۴ درصد) کاهش یافت، خسارت وارده به بذرها از طریق بالابر سبب شده است که درصد جوانه‌زنی بذرها پس از مرحله بالابر، کمتر از استاندارد (۸۰ درصد) لازم برای تأیید بذر گواهی شده باشد، در حالی که، سایر مراحل بوجاری سبب بهبود کیفیت بذرها و افزایش درصد جوانه‌زنی شدند (جدول ۳).

در مورد اثر متقابل رقم×مراحل مختلف فرآوری هرچند نتایج تجزیه واریانس معنی‌دار نبود؛ مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی در رقم ۰۳۳ بعد از مرحله خشک کردن (۸۶/۹ درصد) و کمترین آن مربوط به رقم تلار بعد از مرحله بالابر (۷۷/۸ درصد) بود (جدول ۴).

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی

| منابع تغییرات | درجه آزادی | شاخص | هدایت الکتریکی | میانگین مربعات | | | درصد جوانه‌زنی | متوسط | درصد بذرهای | درصد |
|------------------|------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|------|
| | | | | بذرها | با پوسته | ترک‌خورده | | | | |
| رقم | ۲ | ۱۱/۰۱** | ۲۶/۰۹* | ۲۵/۸۰* | ۰/۰۴۷ ^{ns} | ۲۱/۴۰۷** | ۰/۰۱۷ ^{ns} | ۳۳/۲۸** | ۳۳/۲۸** | |
| مرحله فرآوری | ۵ | ۷۷/۹۱** | ۶۲۸/۲۹** | ۷۵/۱۸** | ۶/۴۳** | ۴۴/۴۱** | ۱۴/۲۲** | ۸۶/۱۱** | ۸۶/۱۱** | |
| رقم×مرحله فرآوری | ۱۰ | ۰/۹۸۳ ^{ns} | ۵۰/۰۹ ^{ns} | ۰/۰۸ ^{ns} | ۰/۶۶۲ ^{ns} | ۲/۱۶ ^{ns} | ۰/۰۳۶ ^{ns} | ۱/۰۸ ^{ns} | ۱/۰۸ ^{ns} | |
| خطا | ۳۶ | ۱/۱۶ | ۷/۹۷ | ۷/۴۸ | ۰/۰۸۷ | ۱/۳۷ | ۰/۰۷ | ۲/۰۰۱ | ۲/۰۰۱ | |
| ضریب تغییرات | | ۹/۰۷ | ۶/۵۴ | ۳/۹ | ۸/۸۱ | ۱۱/۰۳ | ۱۰/۷۱ | ۱/۷۲ | ۱/۷۲ | |

ns: بدون معنی و * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های اثر رقم و مراحل فراوری بر صفات مورد بررسی

| منابع تغییرات | شاخص | هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم) | درصد جوانه‌زنی در آزمون پیری زودرس | متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) | درصد بذرهای با پوسته ترک‌خورده | درصد بذرهای شکسته | درصد جوانه‌زنی |
|-------------------|--------------------|---|------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------|
| رقم | | | | | | | |
| ۰۳۳ | ۱۲/۷۶ ^a | ۴۱/۷۳ ^b | ۷۱/۶ ^a | ۳/۳۹ ^a | ۸/۵ ^b | ۶/۰۰۱۷ ^a | ۸۳/۵ ^a |
| ساری | ۱۱/۵۸ ^b | ۴۳/۸۷ ^a | ۶۹/۱۸ ^b | ۳/۳۶ ^a | ۱۰/۳۵ ^a | ۵/۸۶۶ ^a | ۸۱/۰۸ ^b |
| تلاز | ۱۱/۲۷ ^b | ۴۳/۷۶ ^a | ۶۹/۳۱ ^b | ۳/۲۹ ^a | ۱۰/۳۸ ^a | ۶/۱۵۷ ^b | ۸۱/۲۱ ^b |
| مراحل فراوری | | | | | | | |
| قبل از بوجاری | ۱۲/۱۱ ^b | ۴۳/۴۳ ^b | ۶۹/۹۴ ^b | ۳/۲۷ ^b | ۷/۷۷ ^c | ۹/۸۵ ^b | ۸۳/۱ ^b |
| بعد از بالابر | ۷/۸۳ ^c | ۴۸/۵۳ ^a | ۶۵/۶۲ ^c | ۴/۵۱ ^a | ۱۳/۵۵ ^a | ۱۶/۷۲ ^a | ۷۸/۳۶ ^c |
| بعد از پیش بوجاری | ۸/۶۴ ^c | ۴۶/۵۷ ^a | ۶۷/۰۰ ^c | ۴/۲۶ ^a | ۱۰/۵۵ ^b | ۵/۱۲ ^c | ۷۹/۷۳ ^c |
| بعد از بوجاری | ۱۴/۱۷ ^a | ۳۹/۶۰ ^c | ۷۲/۵۲ ^{ab} | ۲/۷۴ ^c | ۷/۷۷ ^c | ۱/۱۱ ^d | ۸۶/۶۸ ^a |
| بعد از خشک‌کردن | ۱۴/۳۸ ^c | ۴۰/۰۷ ^c | ۷۲/۹۴ ^a | ۲/۵۵ ^c | ۸/۵۵ ^{bc} | ۱/۴۳ ^d | ۸۶/۲۵ ^a |
| بعد از پارت‌چینی | ۱۴/۰۹ ^a | ۴۰/۵۱ ^c | ۷۲/۱۵ ^{ab} | ۲/۷۴ ^b | ۱۰/۳۳ ^b | ۱/۷۵ ^d | ۸۵/۵۰ ^a |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری ندارند.

[۳۴]. با توجه به این مطالب چنین استنباط می‌شود که احتمالاً به علت آسیب‌های مکانیکی درونی نامحسوس به بذر و یا فشاری که بر اثر بالابر به بذر وارد شده است، جوانه‌زنی تحت تأثیر قرار گرفته است. زوال بذر پدیده‌ای تدریجی و پویا است، به گونه‌ای که نواحی کوچکی از بذر که دچار خسارت مکانیکی شده‌اند ممکن است به تدریج وسعت یابند و بافت‌های جنینی زنده را تحت تأثیر قرار دهند که نتیجه آن کاهش کیفیت بذر است [۳۱، ۳۵]. همچنین، کاهش جوانه‌زنی و بنیه بذر را می‌توان به دلیل

تحقیقات نشان داده است که برداشت و فراوری بذر سویا با ماشین در مقایسه با برداشت و فراوری آن به صورت سنتی و بدون استفاده از ماشین‌آلات باعث ایجاد ترک‌هایی روی پوسته بذر سویا و افزایش تعداد گیاهچه‌های غیرعادی شده است و در نتیجه، جوانه‌زنی و بنیه بذر سویا را کاهش می‌دهد؛ از طرفی مشخص شده است که افتادن بذرهای سویا از ارتفاع بیشتر از ۱/۵ متری سبب وارد شدن خسارات مکانیکی به بذر می‌شود که باعث کاهش درصد جوانه‌زنی و کاهش بنیه گیاهچه می‌شود

بررسی خصوصیات جوانه‌زنی و خسارت مکانیکی وارده به بذر سویا در زمان فرآوری تحت آزمون‌های جوانه‌زنی استاندارد، ...

ضربه و خسارت وارده به جنین بذر سویا بیان کرد که در نزدیکی پوسته قرار گرفته و بسیار آسیب‌پذیر است [۱]، [۱۸]. در واقع هرچه خسارت به محور جنینی نزدیک‌تر باشد، احتمال ایجاد جوانه‌های غیرعادی بیشتر است، اگر خسارت از محور جنینی دورتر باشد، امکان اینکه بذر بتواند جوانه عادی و سالم تولید کند، بیشتر خواهد بود [۳۱، ۴۰].

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × مراحل فرآوری بذر بر صفات بررسی شده

| منابع تغییرات | شاخص بنیة گیاهچه | هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر بر گرم) | متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) | درصد جوانه‌زنی پس از آزمون پیری زودرس | درصد بذرهای با پوستة ترک خورده | درصد بذرهای شکسته | منابع تغییرات |
|-------------------------------|---------------------|---|----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| A ₁ B ₁ | ۱۳/۵۴ ^{ab} | ۴۰/۸۷ ^{bc} | ۳/۳۶ ^{۳c} | ۷۱/۴۷ ^{ab} | ۸۳/۳۷ ^b | ۹/۵۰ ^{۷b} | A ₁ B ₁ |
| A ₁ B ₂ | ۸/۵۸ ^{cd} | ۴۷/۱۷ ^{ab} | ۴/۷۱ ^a | ۶۶/۸۷ ^b | ۷۸/۷۷ ^c | ۱۶/۶۲ ^a | A ₁ B ₂ |
| A ₁ B ₃ | ۹/۲۰ ^{cd} | ۴۶/۷۷ ^{ab} | ۴/۴۲ ^a | ۶۷/۸ ^b | ۷۹/۷ ^c | ۵/۹۶ ^c | A ₁ B ₃ |
| A ₁ B ₄ | ۱۵/۰۶ ^a | ۳۹/۴ ^{bc} | ۲/۶۵ ^{۷d} | ۷۴/۵۳ ^a | ۸۶/۴۳ ^a | ۰/۹۴ ^{۳d} | A ₁ B ₄ |
| A ₁ B ₅ | ۱۵/۲۳ ^a | ۳۸/۴۷ ^c | ۲/۵۸ ^{۳d} | ۷۵ ^a | ۸۶/۹ ^a | ۱/۲۶ ^{۷d} | A ₁ B ₅ |
| A ₁ B ₆ | ۱۴/۹۵ ^a | ۳۷/۷۳ ^c | ۲/۶۳ ^{۷d} | ۷۳/۹۳ ^{ab} | ۸۵/۸۳ ^{ab} | ۱/۷۱ ^{۷d} | A ₁ B ₆ |
| A ₂ B ₁ | ۱۲/۵۸ ^b | ۴۳/۵ ^b | ۳/۲۸ ^{۷cd} | ۶۹/۹۳ ^b | ۸۳/۱ ^b | ۹/۸۹ ^{۷b} | A ₂ B ₁ |
| A ₂ B ₂ | ۷/۴۴ ^d | ۴۹/۷ ^a | ۴/۵۹ ^a | ۶۴/۷ ^c | ۷۸/۵۳ ^c | ۱۶/۲۲ ^a | A ₂ B ₂ |
| A ₂ B ₃ | ۸/۱۶ ^d | ۴۶/۱۷ ^{ab} | ۴/۲۴ ^{۳a} | ۶۶/۳ ^b | ۷۹/۹۷ ^c | ۴/۸۷ ^c | A ₂ B ₃ |
| A ₂ B ₄ | ۱۳/۸۳ ^{ab} | ۴۰/۳۳ ^{bc} | ۲/۶۳ ^{۷d} | ۷۱/۶ ^{ab} | ۸۶/۸۳ ^a | ۱/۰۷ ^{۷d} | A ₂ B ₄ |
| A ₂ B ₅ | ۱۳/۸۸ ^{ab} | ۴۰/۸ ^{bc} | ۲/۵۷ ^{۳d} | ۷۱/۶۷ ^{ab} | ۸۵/۶ ^{ab} | ۱/۳۶ ^d | A ₂ B ₅ |
| A ₂ B ₆ | ۱۳/۶۱ ^{ab} | ۴۲/۷۳ ^{bc} | ۲/۸۴ ^d | ۷۰/۹ ^{ab} | ۸۵/۶ ^{ab} | ۱/۷۷ ^{۷d} | A ₂ B ₆ |
| A ₃ B ₁ | ۱۰/۲۱ ^c | ۴۵/۹۳ ^{ab} | ۳/۱۶ ^{۷cd} | ۶۸/۴۳ ^b | ۸۲/۸۳ ^b | ۱۰/۱۵ ^b | A ₃ B ₁ |
| A ₃ B ₂ | ۷/۴۷ ^d | ۴۸/۷۳ ^a | ۴/۲۴ ^{۷a} | ۶۵/۳ ^c | ۷۷/۸ ^c | ۱۷/۴۸ ^a | A ₃ B ₂ |
| A ₃ B ₃ | ۸/۵۷ ^{cd} | ۴۶/۸ ^{ab} | ۴/۱۴ ^{۳b} | ۶۹/۹ ^b | ۷۹/۵۳ ^c | ۴/۵۵ ^{۳cd} | A ₃ B ₃ |
| A ₃ B ₄ | ۱۳/۶۴ ^{ab} | ۳۹/۰۷ ^{bc} | ۲/۹۳ ^{cd} | ۷۱/۴۳ ^{ab} | ۸۶/۸ ^a | ۱/۳۱ ^{۳d} | A ₃ B ₄ |
| A ₃ B ₅ | ۱۴/۰۴ ^{ab} | ۴۰/۹۷ ^{bc} | ۲/۵۰ ^{۳d} | ۷۲/۱۷ ^{ab} | ۸۶/۲۷ ^a | ۱/۶۶ ^{۳d} | A ₃ B ₅ |
| A ₃ B ₆ | ۱۳/۷۲ ^{ab} | ۴۱/۰۷ ^{bc} | ۲/۷۶ ^{۷d} | ۷۱/۶۳ ^{ab} | ۸۵/۰۸ ^{ab} | ۱/۷۸ ^{۳d} | A ₃ B ₆ |

A₁, A₂ و A₃ به ترتیب ارقام ۰۳۳، ساری و تلار و B₁, B₂, B₃, B₄ و B₅ به ترتیب مراحل فرآوری بذر شامل ۱. قبل از بوجاری ۲. بعد از بالابردن ۳. بعد از پیش بوجاری ۴. بعد از بوجاری ۵. بعد از خشک کردن و ۶. بعد از بسته بندی هستند و در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی داری ندارند.

درصد معنی‌دار بود (جدول ۲) و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین درصد بذره‌های با پوسته ترک‌خورده مربوط به رقم ۰۳۳ به میزان ۸/۵ درصد بود و ارقام ساری و تلامر به ترتیب با مقادیر ۱۰/۳۵ و ۱۰/۳۸ درصد در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۳). کمتر بودن میزان ترک‌خوردگی در بذره‌های رقم ۰۳۳ احتمالاً به دلیل مقاومت بیشتر پوسته بذر این رقم در برابر ضربات وارده به آن باشد که این امر احتمالاً می‌تواند به دلیل بالاتر بودن میزان لیگنین در پوسته بذر آن نسبت به رقم دیگر باشد. این خصوصیت، یعنی حساسیت به خسارت مکانیکی ژنتیکی بوده است و میزان مقاومت به این خسارت در ارقام مختلف متفاوت است و ثابت شده است که به میزان لیگنین موجود در پوسته بذر بستگی دارد [۱۴، ۳]. همچنین، اثر مراحل بوجاری نیز بر بذره‌های با پوسته ترک‌خورده در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بعد از مرحله بالابر، به طور متوسط میزان بذره‌های با پوسته ترک‌خورده در هر ۳ رقم (۱۳/۵۵ درصد) نسبت به مرحله قبل از بوجاری (۷/۷۷ درصد) حدود ۵/۷۳ درصد افزایش یافته است (جدول ۲) و این به دلیل فشار وارده به بذر در هنگام بارگیری از طریق بالابر و همچنین، فشاری است که بر اثر نیروی گریز از مرکز در هنگام تخلیه از دستگاه بالابر به بذر وارد می‌آید [۳۶]. در مورد اثر متقابل رقم×مراحل مختلف فرآوری هر چند نتایج تجزیه واریانس معنی‌دار نبود، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد بذره‌های با پوسته ترک‌خورده در رقم ساری بعد از مرحله بالابر (۱۵ درصد) و کمترین آن مربوط به رقم ۰۳۳ بعد از مرحله خشک‌کن (۶/۳۳ درصد) بود (جدول ۴).

در مراحل بعد از پیش بوجاری و بعد از بوجاری میزان بذره‌های با پوسته ترک‌خورده کاهش یافتند و در نتیجه، کیفیت بذرها افزایش یافت، ولی مراحل خشک‌کن و

اثر رقم بر درصد بذره‌های شکسته معنی‌دار نبود، ولی اثر مراحل بوجاری بر درصد بذره‌های شکسته در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد که بیشترین درصد شکستگی بذرها بعد از مرحله بالابر به میزان ۱۶/۷۲ درصد ایجاد شد که نسبت به مرحله قبل از بوجاری (۹/۵۸ درصد)، ۷/۱۴ درصد افزایش یافته است (جدول ۳). در مورد اثر متقابل رقم×مراحل مختلف فرآوری هر چند نتایج تجزیه واریانس معنی‌دار نبود، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد بذره‌های شکسته در رقم تلامر و بعد از مرحله بالابر (۱۷/۴۸ درصد) و کمترین آن مربوط به رقم ۰۳۳ بعد از مرحله بوجاری (۰/۶۴ درصد) بود (جدول ۴). در سایر مراحل بوجاری درصد بذره‌های شکسته کاهش یافت که سبب بهبود کیفیت بذر شد (جدول ۳). در مرحله بعد از بالابر، چون بذرها تا ارتفاع حدود ۴/۵ متری از سطح زمین بالا رفته‌اند و از آنجا تحت نیروی ثقلی وارد دستگاه بوجاری می‌شوند، طی این فرآیند بر اثر ضرباتی که از طریق دستگاه بالابر به بذر وارد می‌شود، پوسته بذر ضعیف و زمانی که وارد دستگاه بوجاری می‌شود، مجدد بر اثر فشار و ضرباتی که به بذر وارد می‌شود پوسته بذر از هم جدا و سبب شکستگی بذرها می‌شود. مشخص شده است که اگر بذر سویا از ارتفاع ۱ متری به زمین سقوط کند بر اثر ضربه‌ای که به آن وارد می‌شود میزان جوانه‌زنی آن حدود ۱۰ درصد کاهش می‌یابد [۳۷]. در مرحله بعد از پارت‌چینی نیز میزان بذره‌های شکسته (۱/۷۵ درصد) نسبت به مرحله قبل از آن، یعنی مرحله خشک‌کردن (۱/۴۳ درصد) ۰/۳۲ درصد افزایش یافته است. همچنین، به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی ارقام مختلف سویا، مقاومت در برابر خسارت مکانیکی در بذره‌های ارقام مختلف سویا متفاوت است [۱۴].

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر درصد بذره‌های با پوسته ترک‌خورده در سطح احتمال آماری ۱

اثر رقم بر متوسط زمان جوانه‌زنی معنی‌دار نبود، ولی اثر مراحل بوجاری بر متوسط زمان جوانه‌زنی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به طوری که بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی در هر ۳ رقم بعد از بالابر به میزان ۴/۵۱ حاصل شد (جدول ۳). در مورد اثر متقابل رقم × مراحل مختلف فرآوری هرچند نتایج تجزیه واریانس معنی‌دار نبود، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی در رقم ۰۳۳ بعد از مرحله بالابر (۴/۷۱ درصد) و کمترین آن مربوط به رقم تلار بعد از مرحله خشک‌کن (۲/۵۰ درصد) بود (جدول ۴).

آزمون هدایت الکتریکی در ارقام مورد مطالعه نیز تفاوت معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نشان داد (جدول ۲). به نحوی که رقم ۰۳۳ کمترین میزان هدایت الکتریکی ۴۱/۷۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم را داشت و ارقام تلار و ساری بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر به ترتیب با مقادیر ۴۳/۷۶ و ۴۳/۸۷ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم در رده‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۳). به نظر می‌رسد این تفاوت احتمالاً ناشی از توان بالقوه ارقام مختلف باشد. برای مثال شاید میزان لینگین موجود در پوسته بذر رقم ۰۳۳ نسبت به سایر ارقام مورد بررسی بیشتر باشد که در نتیجه از توانایی بالاتری برای تحمل شرایط نامناسب طی فرایند فرآوری برخوردار است. همچنین، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مراحل مختلف فرآوری تأثیر معنی‌داری بر هدایت الکتریکی در سطح ۱ درصد داشت. به طوری که بیشترین میزان هدایت الکتریکی ۴۸/۵۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم در هر ۳ رقم مربوط به مرحله بعد از بالابر و کمترین میزان آن مربوط به مرحله بعد از بوجاری (۳۹/۶ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم) بود (جدول ۳). بعد از مراحل خشک‌کن و پارت‌چینی به دلیل خسارتی که در این مراحل به بذرها وارد شده است، مجدد، میزان هدایت الکتریکی افزایش یافته است. آزمون

پارت‌چینی باعث افزایش میزان بذرهای با پوسته ترک‌خورده شد که این امر احتمالاً به دلیل کم‌دقتی در خشک‌کردن، جابه‌جایی کیسه‌ها و پارت‌چینی حادث شده است، به‌عنوان مثال ممکن است در حین جابه‌جایی کیسه‌ها و پارت‌چینی کارگران با رهاکردن کیسه‌ها از ارتفاع بالا، به بذرها صدمه بزنند و ضربه وارد کنند و سبب ایجاد ترک‌ها شوند. نتایج تحقیقات بسیاری از محققان نیز این نکته را تأیید می‌کند [۳۷، ۴۰].

ارقام و مراحل مختلف بوجاری به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد بر میزان جوانه‌زنی در آزمون پیری‌زودرس اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی در آزمون پیری‌زودرس مربوط به رقم ۰۳۳ به میزان ۷۱/۶ درصد بود و رقم‌های تلار و ساری به ترتیب با ۶۹/۳۱ و ۶۹/۱۸ درصد در رده‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۳). همچنین، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر ۳ رقم، مرحله بعد از خشک‌کن با میانگین ۷۲/۹۴ درصد بیشترین و مرحله بعد از بالابر با میانگین جوانه‌زنی ۶۵/۶۲ درصد کمترین درصد جوانه‌زنی را داشت (جدول ۳). در مورد اثر متقابل رقم × مراحل مختلف فرآوری هرچند نتایج تجزیه واریانس معنی‌دار نبود، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی بعد از آزمون پیری‌زودرس در رقم ۰۳۳ به ترتیب بعد از مرحله خشک‌کن (۷۵ درصد) بعد از مرحله بالابر (۶۴/۷ درصد) مشاهده شد (جدول ۴). در آزمون پیری‌زودرس وقتی بذرها در دمای بالا و رطوبت زیاد قرار گیرند که جزء شرایط سخت و نامناسب محسوب می‌شوند، بذرهای با پوسته سالم و بدون خسارت درونی این شرایط سخت را بهتر تحمل می‌کنند و نتایج جوانه‌زنی بهتری را نسبت به بذرهای آسیب‌دیده نشان می‌دهند که با نتایج سایر محققان مطابقت دارد [۳۱].

رقم ۰۳۳ بعد از مرحله پارت چینی (۳۷/۷۳ میکروزیمنس بر سانتی متر بر گرم) بود (جدول ۴).

شاخص بنیه گیاهچه تحت تأثیر رقم و مرحله بوجاری در سطح ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین شاخص بنیه گیاهچه در بین ارقام مربوط به رقم ۰۳۳ به میزان ۱۲/۷۶ بود و ارقام تلار و ساری به ترتیب به مقادیر ۱۱/۲۷ و ۱۱/۵۸ در رده‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۳). در مورد مراحل مختلف بوجاری نیز مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین میزان شاخص بنیه گیاهچه در هر ۳ رقم مربوط به مرحله بعد از بالابر و بیشترین مقدار آن به میزان ۱۴/۳۸ مربوط به مرحله بعد از خشک‌کن بود (جدول ۳). در مورد اثر متقابل رقم×مراحل مختلف فرآوری هرچند نتایج تجزیه واریانس معنی‌دار نبود، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین شاخص بنیه گیاهچه در رقم ۰۳۳ بعد از مرحله خشک‌کن (۱۵/۲۳) و کمترین آن مربوط به رقم ساری بعد از مرحله بالابر (۷/۴۴) بود (جدول ۴). از آنجا که شاخص بنیه گیاهچه تابعی از وزن خشک گیاهچه و درصد جوانه‌زنی است با توجه به تأثیر مراحل مختلف بوجاری بر درصد جوانه‌زنی بدیهی است که این شاخص نیز همانند درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر قرار گیرد. کاهش بنیه بذر بر اثر خسارت مکانیکی در بسیاری از مطالعات به اثبات رسیده است. نتایج سایر تحقیقات نیز همین مطلب را ثابت می‌کند [۸، ۱۶، ۳۷، ۴۰].

نتایج حاصله و وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام مورد مطالعه نسبت به خسارت مکانیکی، نشان می‌دهد که صفت مقاومت به خسارت مکانیکی یکی از خصوصیات مربوط به رقم است. در واقع این صفت مرتبط با خصوصیات پوسته بذر است و هرچه پوسته بذر نازک‌تر و شکننده‌تر باشد حساسیت به خسارت مکانیکی افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات پیشین نیز این نکته را تأیید می‌کند [۳۷، ۴۰].

هدایت الکتریکی یکی از آزمون‌های اندازه‌گیری قابلیت حیات و بنیه بذر است به علت آسیب به پوسته بذر و ترک خوردن آن مواد و عناصر داخل بذر اجازه عبور می‌یابند، از بذر خارج می‌شوند و بذر آسیب‌دیده، میزان تراوش بیشتر و هدایت الکتریکی بالاتری خواهد داشت. نتایج تحقیقات گذشته مؤید این مطلب است [۳۱، ۴۰]. براساس قوانین و نتایج انجمن بین‌المللی آزمون بذر^۱، اگر میزان هدایت الکتریکی کمتر از ۲۵ میکروزیمنس بر سانتی متر بر گرم باشد بذرها دارای بنیه قوی هستند، اگر این میزان بین ۲۹-۲۵ باشند بنیه بذر خوب است و برای کاشت در اوایل فصل مناسب است، ولی کاشت در شرایط نامناسب با خطر سبز و استقرار ضعیف گیاهچه همراه است، در صورتی که هدایت الکتریکی بین ۴۳-۳۰ باشد بذرها دارای بنیه نسبتاً ضعیف هستند و برای کاشت زودهنگام به‌ویژه تحت شرایط نامساعد مناسب نیستند و اگر هدایت الکتریکی بیش از ۴۳ میکروزیمنس بر سانتی متر بر گرم باشد بنیه بذر ضعیف است و برای کاشت مناسب نیست [۲]. با توجه به این گروه‌بندی در بین ارقام مورد بررسی رقم ۰۳۳ با کمترین میزان هدایت الکتریکی ۴۱/۷۳ میکروزیمنس بر سانتی متر بر گرم نسبت به سایر ارقام وضعیت بهتری دارد و در بین مراحل فرآوری نیز بذره‌ای بعد از بوجاری با کمترین میزان هدایت الکتریکی ۳۹/۶ میکروزیمنس بر سانتی متر بر گرم نسبت به بذره‌ای سایر مراحل وضعیت مناسب‌تری دارند، در مورد اثر متقابل رقم×مراحل مختلف فرآوری هرچند نتایج تجزیه واریانس معنی‌دار نبود، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان هدایت الکتریکی در رقم ساری بعد از مرحله بالابر (۴۹/۷) میکروزیمنس بر سانتی متر بر گرم) و کمترین آن مربوط به

1. International seed testing association

بوجاری نیز مرحله بالابر به شدت سبب کاهش کیفیت بذر شده است، زیرا در این مرحله بر اثر ضرباتی که با دستگاه بالابر به بذر وارد آمده است پوسته بذر ضعیف و سبب شکستگی بذرها و ایجاد ترک‌های درونی بذر می‌شود. با توجه به این مطلب ضروری است تا در خصوص ایجاد تغییرات در سیستم بالابر و همچنین، تغییر در جنس مواد به‌کاررفته در دستگاه تحقیقاتی انجام شود تا بهترین وضعیت از این لحاظ برای بذرهای سویا انتخاب شود. در حال حاضر، دستگاه‌های بوجاری موجود در کشور برای تمام بذرهای یکسان هستند؛ بنابراین، طراحی دستگاه خاصی برای سویا با در نظر گرفتن خصوصیات فیزیولوژیکی و فیزیکی بذر سویا به منظور کاهش خسارت مکانیکی وارده به آن در زمان فراوری ضروری است.

منابع

1. خزایی، ج؛ (۱۳۸۲). «تعیین نیروی چیدن غلاف نخود و مقاومت مکانیکی آن به کوبیدن». پایان‌نامه دکتری. دانشگاه تهران، ۱۳۱ صفحه.
2. دهقان‌شعار، م؛ حمیدی، آ؛ مبصر، ص؛ (۱۳۸۴). شیوه‌های ارزیابی قدرت بذر. نشر آموزش کشاورزی، ۱۹۳ صفحه.
3. کوچکی، ع؛ سرمدنی، غ؛ م؛ (۱۳۷۷). فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۰۰ صفحه.
4. Abdul – Baki, A. A. and J. D Anderson. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. Crop Science. 13:630-633.
5. Anonymus (2011) Hand book for seedling evaluation. International Seed Testing Association (ISTA), Zurich, Switzerland.
6. Baryeh EA (2002) A simple grain impact damage assessment device for developing countries. Journal of Food Engineering. 56: 37-42.

همچنین، می‌توان کاهش جوانه‌زنی و بنیه بذر را به دلیل ضربه و خسارت وارده به جنین بذر سویا بیان کرد که در نزدیکی پوسته قرار گرفته و بسیار آسیب‌پذیر است. در واقع هرچه خسارت به محور جنینی نزدیک‌تر باشد، احتمال ایجاد جوانه‌های غیرعادی بیشتر است، اما اگر خسارت از محور جنینی دورتر باشد، امکان اینکه بذر بتواند جوانه عادی و سالم تولید کند افزایش می‌یابد. کاهش بنیه بذر بر اثر خسارت مکانیکی نیز به دلیل آسیب به جنین و قسمت‌های حیاتی بذر است. مشخص شده است که ارقام سویا از نظر حساسیت به آسیب مکانیکی متفاوت هستند و آسیب‌های سطحی و عمیقی که در طول فراوری بذر اتفاق می‌افتد به‌طور مستقیم جوانه‌زنی بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهند و یا اثرات نهفته‌ای را ایجاد می‌کنند که بنیه بذر و توان انبارداری آن را تقلیل می‌دهند [۷]. در آزمون هدایت الکتریکی به علت آسیب به پوسته بذر و ترک خوردن آن مواد و عناصر داخل بذر اجازه عبور می‌یابند، از بذر خارج می‌شوند و در نتیجه بذرهای آسیب‌دیده میزان تراوش بیشتر و هدایت الکتریکی بالاتری خواهند داشت. نتایج تحقیقات مؤید این مطلب است [۳۱]، [۳۷]. بذرهای سالم در آزمایش‌های جوانه‌زنی و بنیه، می‌توانند سرعت جذب آب را تنظیم کنند و از جنین در برابر صدمات احتمالی ناشی از جذب سریع حفاظت می‌کنند؛ در حالی که، بذرهای با پوسته آسیب‌دیده نمی‌توانند جذب آب را تنظیم کنند و همین امر سبب نتایج ضعیف آن‌ها و افزایش بذرهای فاسد در آزمایش‌های جوانه‌زنی می‌شود [۳۵].

با توجه به مطالب فوق و نتایج تحقیق انجام‌شده می‌توان چنین نتیجه گرفت که بین ارقام سویا تفاوت بارزی از نظر مقاومت به خسارت مکانیکی وارده به بذر وجود دارد، به‌نحوی که در بین ارقام مورد مطالعه رقم ۰۳۳ بالاترین مقاومت را دارد. همچنین، در بین مراحل مختلف

7. Baudet L, Popinigis F and Peske S (1978) Mechanical damage in soybean seeds conveyed by an elevator system. *Revista Brasileira de Armazenamento*. 3: 29-38.
8. Berglund, DR and Helms TC (2003) Soybean Production .A-250 (Revised), North Dakota State University <http://www.ag.ndsu.nodak.edu/>
9. Bustamante L, Seddon MG, Don, R and Renne WJ (1984) Pea seed quality and seedling emergence in the field. *Seed Science and Technology*. 12: 551-558.
10. Campbell MM and Sederoff RR (1996) Variation in lignin content and composition. *Plant Physiol.*, 110:3-13.
11. Delouche JC (1976) Standardization of vigor tests. *Journal of Seed Technology*. 1:75-85.
12. Delouche JC, Baskin CC (1973) Accelerated ageing technique for predicting the relative storability of seedlots. *Seed Science and Technology*. 1: 427-452.
13. Evans MD, Holmes RG, and McDonald MB (1990) Impact damage to soybean seed as affected by surface hardness and seed orientation. *Trans. ASAE* 33:234-240.
14. França Neto BJ and Henning AA (1984) Qualidades fisiológica e sanitária de sementes de soja. (Physiological and pathological qualities of soybean seed). EMBRAPA – National Soybean Research Centre. Circular Técnica, 09, 39p. Londrina, Paraná, Brazil.
15. Henning A, Krzyzanowski F, França Neto, BJ and Nilton PC (2006) Technologies that add value to soybean seed. *Seed News*, The International Seed Magazine. www.Seednews.inf.br.
16. Herbek JH and Bitzer MJ (2001) soybean production in kentucky PART II: Seed Selection, Variety Selection And Fertilization Issued: 1-88 .Agr-129 .University Of Kentucky Publications.
17. Keng Feng Chen SH, Lai STC, and Shanmuga sundaram S (1991) Vegetable soybean seed production technology in Taiwan. Asian Vegetable Research and Development Center. P.O. BOX 42, Shanhua, Tainan 74199, Taiwan 45-52.
18. Khazaei J, Shahbazi F, Massah J, Nikravesh M, and Kianmehr MH (2008) Evaluation and modeling of physical and physiological damage to Wheat seeds under successive impact loading: mathematical and neural networks modeling. *Crop Science*. 48: 1532- 1544.
19. Krittigamas, NS, Vearasilp ST, Suriyong S, Pablek S and Pawelzik E (2001) Investigation of Post-harvest Soybean Seed Storability after Passing the Different Steps of Processing. Conference on International Agricultural Research for Development. Deutscher Tropentag - Bonn, 9-11 October 2001.
20. Krzyzanowski FC, França Neto JB. and Nilton PC (2006) Technologies that add value to soybean seed news, The international seed magazine. www.seednews.inf.br. Liu, M., K. Haghighi, R. L. Stroshine. 1989. Viscoelastic characterization of the soybean seed coat. *Transactions of the ASABE*. 32(3): 946-952.
21. Loeffler TM, TeKrony DM and Egli DB (1988) The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. *Journal of seed Technology*. 12:37-53.
22. Matthews S and Bradnock WT (1967) The detection of seed samples of wrinkle-seeded peas (*Pisum salivum* L.) of potentially low planting value. *Proc. Int; Seed Test. Assoc*. 32:553-563.
23. Matthews S and Bradnock WT (1968) Relationship between seed exudation and field emergence in peas and french beans. *Horticultural Research*. 8:89-93.
24. McDonald MB and Wilson JR (1979) An assessment of the standardization and ability of the ASA-610 to rapidly predict soybean germination. *Journal of Seed Technology*. 4:1-12.

25. Palusen MR, Nave WR and Gray LE (1981) Soybean seed quality as affected by impact damage. *Trans. ASAE*. 24(6): 1577-1582.
26. Palusen MR, Nave WR, Mounts TL and Gray LE (1981) Storability of harvest-damaged soybeans. *Trans. ASAE*. 24(6): 1583-1589.
27. Paulsen MR (1978) Fracture resistance of soybeans to compressive loading. *Trans. A.S.A.E.*, 21(6): 1210-1216.
28. Powell AA (1988) Seed vigor and field establishment. *Advanced Research Technology Seeds*. 11: 29-80.
29. Quiroga M, Guerrero C, Botella MA, Barceló A, Amaya, I, Medina MI, Alonso FJ, Forchetti SM, Tigier H and Valpuesta V (2000) A tomato peroxidase involved in the synthesis of lignin and suberin. *Plant Physiology*. 122: 1119-1127.
30. Qutob D, Fengshan MA, Peterson CA, Bernards MA and Gijzen M (2008) Structural and permeability properties of the soybean seed coat. *Canadian Journal of Botany*. NRC research press. Michigan.
31. Rahman MM, Hampton JG and Hill MJ (2004) Effect of seed moisture content following hand harvest and machine threshing on seed quality of cool tolerant soybean. *Seed Science and technology*. 32: 149-158.
32. Schoorl D and Holt JE (1983) Mechanical Damage in Agricultural Products: A Basis for Management. *Agricultural Systems*. 11: 143-157.
33. Sérgio Carbonell AM. and Natal VA (2001) Genetic Analysis of Soybean Seed Response to Mechanical Damage. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 1(1): 35-43.
34. Shelar VR (2008) Role of mechanical damage in deterioration of soybean seed quality during storage- A Review. *Agricultural Review*. 29(3): 177 – 184.
35. Shreekant RP, Kausal RT, Jayas DS and White NDG (2002) Mechanical damage to soybean seed during processing. *Journal of Stored Products Research*. 38: 385–394.
36. Shrivastava PK and Ojha TP (1986) Features of material handling in case of soybean. *Proceedings of the National Seminar on Soybean Processing and Utilization in India*. CIAE. Bhopal, MP, November 22–23, 1986, 10 p.
37. Sosnowski S and Kuzniar P (1999) Effect of dynamic loading on the quality of soybean. *Int. Agrophysics*. 13:125-132.
38. Stephens LE and Foster GH (1977) Reducing damage to corn handled through gravity spouts. *Trans. A.S.A.E.*, 20(2): 367-71.
39. Tao K (1980) The 1980 vigor "referee" test for soybean and corn seed. *Assoc. Off. Seed Anal. Newsl.* 54:53-68.
40. Veerasilpa S, Somchai P, Nattasak K, Sanguanak T, Sangtiwa S and Elke P (2001) Assessment of Post Harvest Soybean Seed Quality Loss. *Conference on International Agricultural Research for Development Institute for Agricultural Chemistry, Georg-August University, Göttingen, 37075 Germany*.