مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۷ ، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴

مجله پژوهش‌های به زراعی

# تأثیر مدت نگهداری بذور تولید شده تحت تنش خشکی بر قابلیت جوانه‌زنی ارقام سویا [*Glycine max* (L.) Merr.] در منطقه کرج

آیت شیرود نجفی[۱]، آیدین حمیدی[۲*]، جهانفر دانشیان[۳]

۱-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران
۲- دانشیارپژوهش سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج، ایران
۳- استادپژوهش سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۳/۲۲

## چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر مدت نگهداری بذر و اعمال تنش خشکی در مدت تشکیل بذر بر قلبلیت جوانه‌زنی و برخی ویژگی‌های مرتبط سه رقم تجاری سویا، پژوهشی در مزرعه۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج و آزمایشگاه تجزیه بذر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ انجام شد. بدین‌منظور، آزمون جوانه‌زنی استاندارد برای بذرهای تازه برداشت شده و انبار شده به مدت یک سال سه رقم سویای تجاری صبا (L17)، همیلتون و ویلیامز که تحت اعمال تنش خشکی بر گیاه مادری به‌صورت آبیاری در مرحله پر شدن بذر پس از۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA تولید شده بودند، اجرا گردید. سپس درصد گیاهچه‌های عادی، متوسط زمان جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی روزانه، شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه تعیین شدند. نتایج نشان داد که افزایش شدت تنش خشکی اعمال شده بر گیاه مادری در دوره تشکیل بذر و نیز نگهداری بذر به‌مدت یک سال سبب کاهش شاخص‌های ارزیابی شده قابلیت جوانه‌زنی بذر و بنیه گیاهچه شده و رقم صبا (L17) از توانایی حفظ بهتر قابلیت جوانه‌زنی بذر و بنیه گیاهچه در شرایط مورد بررسی برخوردار بود.

**واژه‌های کلیدی:** آزمون جوانه‌زنی استاندارد، انبارکردن، تنش خشکی، سویا

* نگارنده مسئول (a.hamidi@areeo.ac.ir)

## مقدمه

از زمانی که بشر به اهلی‌کردن گیاهان پرداخت نگهداری بذر از اهمیت خاصی برخوردار بود. از زمان آغاز کشاورزی، کشاورزان مجبور بودند بذرهای خودشان را از یک فصل رشد برای فصل رشد بعدی (به عبارت دیگر انبارداری کوتاه مدت به‌طور معمول۳ تا ۱۸ ماه) نگهداری کنند. همچنین برخی اوقات لازم بود بذرها برای چندین سال (تا ۶ سال) نگهداری شوند در مقایسه با آن، در بانک ژن لازم است‌که قوه‌نامیه[1](قابلیت حیات) بذر برای دوره‌های نامشخص (۱۰ تا ۱۰۰ سال یا بیشتر) حفظ شود (Kumar *et al.*, 2024). در صنعت تولید بذر نیز، اغلب به‌دلیل تقاضای محدود برای کشت، وقوع شرایط غیرمنتظره نامناسب آب و هوائی و همچنین برای جلوگیری از عدم دسترسی به بذر ارقام موردنظر برای کشت، از بذرهایی که برای دو یا چند سال ذخیره شده‌اند، ممکن است استفاده شود (Matsue *et al.*, 2005). حال با استفاده از آزمون‌های ارزیابی کیفیت بذر می‌توان قبل از کاشت بذرها توسط کشاورزان تصویر نسبتاً روشنی از آنچه پس از کشت بذرها در مزرعه پیش خواهد آمد داشت. این آزمون‌ها اغلب برای ارزیابی قابلیت جوانه‌زنی، بنیه بذر[2] چگونگی واکنش بذور به تنش‌های سرمایی و گرمایی و ارزیابی گیاهچه‌های حاصل از آن بذور مورد استفاده قرار می‌گیرند (Hamidi, 2022).

سویا [*Glycine max* (L.) Merril.] در میان گیاهان روغنی یک گیاه منحصر به فرد است چون علاوه بر دارا بودن روغن و پروتئین بالا در دانه، کنجاله آن نیز برای تغذیه طیور مورد استفاده قرار می‌گیرد (Singh, 2010). استفاده از توده‌های بذر با کیفیت بالا یکی از عوامل مهم در موفقیت زراعت می‌باشد، زیرا سبز شدن یکنواخت و سریع گیاهچه شانس استقرار بیشتر گیاه و تراکم بالاتر را در پی دارد که در نتیجه منجر به افزایش عملکرد می‌شود. از این رو تولید بذرهای با کیفیت بالا و حفظ کیفیت آن امری بسیار مهم برای تولیدکنندگان بذر و

[1] - Viability

[2]- Seed Vigor

همچنین کشاورزان می‌باشند. کیفیت بذر شامل ویژگی‌های فیزیکی، فیزیولوژیکی و سلامتی است. علاوه بر این، جنبه‌های قابل توجه کیفیت بذر شامل جوانه‌زنی و بنیه بذر می‌شود (Hamidi, 2022). کیفیت بذر سویا در دوره‌های قبل و بعد از برداشت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بذر با کیفیت جوانه‌زنی و بنیه بذر بالا که تعداد کافی را بوته در مزرعه را فراهم می‌کند، اساس رشد و نمو و تولید موفق محصول سویا است. نگهداری بذر یکی از عوامل مهم مؤثر بر کیفیت بذر است. زوال بذر بلافاصله پس از رسیدن محصول به مرحله بلوغ فیزیولوژیکی آغاز می‌شود. میزان زوال بذر در طول انبارداری به گونه، محتوای بذر، تیمار بذر، محیط انبار، مدت زمان انبارداری و کیفیت اولیه بذرهای انبار شده بستگی دارد (Dadlani *et al.*, 2023). حفظ کیفیت بذر در طول انبارداری به‌دلیل مشکل از دست دادن سریع کیفیت بذر، مهم‌ترین چالش در این محصول است. در میان عوامل مؤثر بر زوال بذر، دما و رطوبت بذر ازنظر از دست‌دادن قوه‌نامیه در طول انبارداری از همه مهم‌تر هستند و در نهایت بر بنیه و پتانسیل جوانه‌زنی بذر تأثیر می‌گذارند. از همه مهم‌تر، زوال بذر یک فرآیند کاتابولیک برگشت‌ناپذیر است که پس از وقوع، قابل برگشت نیست. با این حال، عمر مفید بذر و همچنین میزان زوال آن تا حد زیادی به گونه و ژنوتیپ بستگی دارد (Del Bem Jr. *et al.*, 2020). سویا عموماً به‌عنوان گونه‌ای با بنیه بذر ضعیف، عمر کوتاه‌مدت و مستعد آسیب مکانیکی در نظر گرفته می‌شود، بنابراین کیفیت آن تا حد زیادی به مرحله بلوغ بستگی دارد که با طول عمر آن در طول ذخیره‌سازی مرتبط است (Shelar *et al.*, 2008).

تغییرات شرایط محیطی مانند دوره نوری، آب، وضعیت مواد مغذی و تابش خورشیدی می‌تواند بر رشد و نمو گیاه تأثیر بگذارد. وامل متعددی از قبیل عوامل ژنتیکی، شرایط محیطی طی دوره تشکیل بذر، شرایط محیطی در فاصله بین رسیدگی فیزیولوژیک تا رسیدگی برداشت و شرایط انبارداری بر کیفیت بذر تأثیرگذار هستند (Pirredda *et al.*, 2024). وقوع تنش خشکی[1] در دوره

[1]- Drought Stress

رشد گیاهان زراعی امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. عکس‌العمل گیاهان مختلف و حتی رقم‌های مختلف از یک گیاه نسبت به تنش خشکی متفاوت است. بنابراین ارزیابی خصوصیات بذر و رشد گیاهچه‌های حاصل از آن در مزرعه میزان مرغوبیت بذر را تعیین خواهد نمود (Yigit *et al.*, 2016). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که برخی از اثرات عوامل تنش‌زای محیطی قابل انتقال به نسل بعدی هستند. شرایط محیطی بر اندازه بذر، غلظت هورمون‌های تنش در بذر و سرعت جوانه‌زنی تأثیر می‌گذارند. غلظت بالای هورمون‌های تنش در بذر ممکن است از طریق فعال‌سازی ژن‌های کنترل‌شده توسط عنصر پاسخ‌دهنده به اسید آبسیزیک، بر فیزیولوژی و بیان فنوتیپی تأثیر بگذارد. علاوه بر این، مکانیسم‌های اپی‌ژنتیکی که بدون تغییر توالیDNA اصلی، بر فعالیت ژن تأثیر می‌گذارند، به نسل‌های متوالی منتقل می‌شوند و منجر به تغییرات فنوتیپی در نتاج می‌شوند. Wijewardana *et al* (2019) اثرات اعمال تنش خشکی تحت شرایط کنترل‌شده به‌صورت رطوبت خاک، یعنی ۱۰۰، ۸۰، ۶۰، ۴۰ و ۲۰ درصد تبخیر و تعرق (ET) در طول رشد زایشی بر روی گیاه والد ارقام مختلف سویا بر جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه سویای نسل بعدی بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد، تنش رطوبت خاک بر روی گیاه والد باعث کاهش وزن بذر و دخایر غذایی آن و سرعت جوانه‌زنی بذر، حداکثر جوانه‌زنی بذر و کارکرد کلی گیاهچه-های بذرها در نسل بعدی شد و با افزایش سطح تنش خشکی این اثرات تشدید شد. بنابراین، تأمین بهینه آب در طول دوره تشکیل بذر سویا برای دستیابی تولیدکنندگان بذر به کیفیت جوانه‌زنی بذر و بنیه بذر و گیاهچه بهینه می‌گردد.

مشخص شده که، بذرهای رقم ویلیامز درخلال مراحل فرآیند پس از برداشت نسبت به رقم صبا (L17) از قابلیت جوانه‌زنی و بنیه بهتری برخوردار بودند ( Hamidi *et al.*, 2020). شرایط نامساعد انبار منجربه زوال و کاهش کیفیت بذرها در طی انبارداری می-گردند که شدت آن به شرایط محیطی در

طـی انبـارداری بسـتگی دارد (Kumar *et al.*, 2024). دما، رطوبـت نسـبی و متعاقبـاً رطوبت بـذر و دوره انبـارداری از مهـم تـرین عوامل موثر بر کیفیت بذر در طـی انبـارداری مـی‌باشـند (Dadlani *et al.*, 2023) پیش‌بینی طول عمر بذر برای تولیدکننـدگان بـذر مهـم اسـت و پـیش‌بینـی آن در عمـر (ماندگاری) بذر در انبار (انبارمـانی) بـه درک روابط کمی بین زوال بذر، رطوبت بذر و دمای انبـار بسـتگی دارد (Ranganathan and Groot, 2023). تلاش‌های متعـددی بـرای کمی کردن رابطه بین شرایط انبـار و قابلیـت حیات بذر صـورت گرفتـه اسـت. هـارینگتون[1] برای پیش‌بینی قابلیت حیـات بـذرها قـوانین ساده‌ای را ارائه داد وی بیـان داشـت کـه بـه ازای هر یک درصد کاهش رطوبت بـذر، عمـر بذر دو برابر می‌شود و همچنین بـازای هـر ۵ درجه سلسیوس کاهش دما، عمر بذر دو برابر مـی‌شـود (Hamidi & Naderi Arefi, 2013). البته این قوانین تنها در رطوبت۱۴-۵ درصـد و دمـای۴۰-۰ درجـه سلسـیوس صـادق اسـت. همچنـین هـارینگتون قـانون دیگری را نیز به قـوانین خـود اضـافه کـرد و بیان داشت بـرای انبـارداری مناسـب بـذرها، مجموع دما برحسب درجه فارنهایت و رطوبت نسـبی انبـار نبایـد بیشـتر از۱۰۰ باشـد (Ehteshami *et al.*, 2016). امـا ایـن قوانین اطلاعات دقیقی از رابطه دما، رطوبـت بذر و طول عمر بذر در اختیار ما قـرار نمـی-دهد. درحالی‌که مشخص شدن قابلیت حیات یک توده بذر در شرایط انبارداری و در مـدت معین دارای اهمیت می‌باشـد( Nadarajan *et al.*, 2023). کاهش قوه‌نامیه و جوانه‌زنی بـذرها در مـدت انبـارکردن و ذخیـره‌سـازی، خسارتی اتفاقی نیست و هـر بـذر بـه تـدریج ضعیف می‌شـود و جوانـه‌زنـی‌اش سـرانجام از مقدار قبلی جوانه‌زنی‌هـای عـادی در آزمـون جوانه‌زنی، کمتر می‌شود.

ویژگی‌های رشد و نمو و تولید محصول سـویا که از بذرهایی که برای دوره‌های مختلـف در دمای۵ درجه سلسیوس و رطوبـت نسـبی۴۰ درصد نگهداری شده بودند، اما جوانـه‌زنـی۸۰ درصد یا بالاتر داشتند، در مقایسه با بـذرهای تازه برداشـت شـده (بـذرهای جدیـد) مـورد بررسی قرار گرفت نشان داده شد که بذرهای

[1]- Harington

سویا که به‌مدت۲ سال و ۷ ماه (بذرهای نسبتاً قدیمی) و ۷ سال و ۷ ماه (بذرهای قدیمی) با جوانه‌زنی بیش از ۸۰ درصد در انبار نگهداری شده بودند، عملاً قابل کشت بوده و رشد و نمو و تولید عملکرد و محصول مطلوبی برخودار بودند. با این‌حال، بذرهای سویا که بیش از ۱۰ سال نگهداری شده بودند از قابلیت تولید عملکرد در مزرعه کمتری از بذرهای جدید برخوردار بودند( Matsue *et al.*, 2005). نشان داده شده است که اثر اعمال تنش خشکی بر گیاه مادری از مرحله۶-۸ برگی تا انتهای دوره رشد زایشی و رسیدگی فیزیولوژیک بر جوانه‌زنی و بنیه بذر ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف سویا مؤثر است (Hamidi *et al.*, 2016). بنابراین هدف این پژوهش بررسی اثر مدت نگهداری بر قابلیت جوانه‌زنی و برخی ویژگی‌های مرتبط بذرهای تولید شده تحت تنش خشکی سه رقم سویای تجاری با آزمون جوانه‌زنی استاندارد بود.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور مطالعه اثر مدت نگهداری(سن) بذر و اعمال تنش خشکی بر گیاه مادری بر جوانه‌زنی بذر و بنیه گیاهچه سه رقم تجاری سویای: ۱- صبا (L17)، ۲- ویلیامز و ۳- همیلتون در سال‌های۱۴۰۱و ۱۴۰۲ در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و آزمایشگاه تجزیه بذر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال در کرج اجرا شد. بدین‌منظور ابتدا در مزرعه تحقیقاتی۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج بذرهای طبقه مادری ۳ رقم تجاری مورد بررسی در شرایط اعمال تنش کم‌آبیاری بر گیاه مادری در دوره رشد زایشی(گل‌دهی و رسیدگی بذر) در سه سطح تیمار آبیاری گیاه مادری پس از۵۰ (آبیاری مطلوب، تیمار شاهد)، ۱۰۰ (تنش خشکی خفیف) و۱۵۰ (تنش خشکی شدید) میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA کشت شدند تا بذرهای طبقه گواهی‌شده این ارقام تولید شوند. همچنین

برای ارزیابی اثر مدت نگهداری(سن بذر) بر جوانه‌زنی بذر و بنیه گیاهچه، بذرهای تازه برداشت شده (سال ۱۴۰۱) و یک سال انبار شده (سال ۱۴۰۲) در انبار نگهداری نمونه-های بذر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال در دمای اتاق (۲۰ درجه سلسیوس) تحت آزمون جوانه‌زنی استاندارد با آزمایش فاکتوریل۳ عاملی (۳ رقم تجاری سویا×۳ سطح اعمال تنش خشکی بر گیاه مادری ×۲ مدت نگهداری) در قالب طرح کاملاً تصادفی با۴ تکرار قرار گرفتند.

به‌منظور اجرای آزمون جوانه‌زنی استاندارد طبق استاندارد جوانه‌زنی انجمن بین‌المللی آزمون بذر(ISTA)[1] تعداد۱۰۰ بذر به-صورت۴ تکرار۲۵ بذری در بستر لابلای کاغذ جوانه‌زنی کشت شده و سپس درون جعبه-های پلاستیکی قرار داده شدند و بعد به-مدت۷ روز درون ژرمیناتور تحت دمای۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند ( ISTA, 2023). در طی دوره آزمون به‌طور روزانه بذرهای کشت شده مورد بازدید قرار گرفته و تعداد بذرهای جوانه‌زده یادداشت برداری شدند. در پایان دوره اجرای آزمون گیاهچه-های ایجاد شده طبق معیارهای انجمن بین-المللی آزمون بذر(ISTA) مورد ارزیابی قرار گرفت (Don & Ducournau, 2018) و تعداد گیاهچه‌های عادی به‌عنوان جوانه‌زنی نهایی[2]بذر تعیین گردیدند.

و همچنین با استفاده از داده‌های شمارش روزانه تعداد گیاهچه‌های جوانه‌زده شاخص-های مرتبط با جوانه‌زنی و بنیه بذر شامل متوسط زمان جوانه‌زنی[3]،ضریب سرعت جوانه‌زنی[4]،متوسط جوانه‌زنی روزانه[5]و سرعت جوانه‌زنی روزانه[6]به شرح زیر تعیین شدند:

متوسط زمان جوانه‌زنی که شاخصی از سرعت جوانه‌زنی بذر در هر کرت آزمایشی محسوب می‌گردد از روی رابطه زیر محاسبه گردید:

$$MTG = \frac{\sum(nd)}{\sum n}$$

در این رابطه: n = تعداد بذرهای جوانه‌زده در d روز، d = تعداد روزها و n = کل تعداد

[1]- International Seed Testing Association(ISTA)

[2] -Final Germination Percent (FGP)
[3]- Mean Time to Germination (MTG)
[4] -Coefficient of Velocity of Germination (CVG)
[5] -Mean Daily Germination (MDG)
[6] - Daily Germination Speed (DGS)

بذرهای جوانه‌زده می‌باشند (Ranal and De Santana, 2006).

ضریب سرعت جوانه زنی، مشخصه شتاب جوانه زنی بذرها می‌باشد از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$CVG = \frac{G1 + G2 + ... + Gn}{(1 \times G1) + (2 \times G2) + ... + (n \times Gn)}$$

که در رابطه اخیر G1-Gn تعداد بذرهای جوانه‌زده از روز اول تا آخر آزمون می‌باشد (Ranal and De Santana, 2006).

متوسط جوانه‌زنی روزانه که شاخصی از تعداد بذر جوانه-زده روزانه می‌باشد، از رابطه زیر تعیین گردید:

$$MDG = \frac{FGP}{D}$$

که در این رابطهFGP درصد جوانه‌زنی نهایی (قابلیت جوانه‌زنی) و d تعداد روزها تا رسیدن به حداکثر جوانه‌زنی (طول دوره اجرای آزمون) می‌باشد (Ranal & De Santana, 2006).

سرعت جوانه‌زنی روزانه این شاخص عکس متوسط جوانه‌زنی روزانه بوده، و مشخصه سرعت جوانه‌زنی روزانه می‌باشد که از رابطه زیر محاسبه گردید (Ranal & De Santana, 2006)

$$DGS = \frac{1}{MDG}$$

به‌منظور ارزیابی بنیه گیاهچه‌ها آزمون تجزیه و تحلیل رشد گیاهچه[1]با اندازه گیری طول و وزن خشک گیاهچه و شاخص‌های طولی[2] و وزنی[3]بنیه گیاهچه انجام شد. بدین‌منظور در پایان دوره آزمون جوانه‌زنی استاندارد از هر تکرار مربوط به هر تیمار تعداد ۱۰ گیاهچه عادی به‌طور تصادفی انتخاب و جدا گردیدند و طول و وزن خشک گیاهچه اندازه‌گیری شده و شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه با استفاده از روابط زیر شاخص بنیه بذر تعیین گردیدند.

[1]- Seedling Growth Analyses and Evaluation Test
[2]- Seedling Length Vigor Index
[3] -Seedling Weight Vigor Index

شاخص طولی بنیه گیاهچه = (میانگین طول ساقه اولیه + میانگین طول ریشه اولیه) × قابلیت جوانه‌زنی

شاخص وزنی بنیه گیاهچه = وزن خشک گیاهچه × قابلیت جوانه‌زنی

برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار MSTATC استفاده شد. تجزیه واریانس داده‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد، و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون توکی در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های بررسی اثر مدت نگهداری (سن) بذر و اعمال تنش خشکی بر گیاه مادری (تنش خشکی) مشخص نمود اثرمتقابل سن بذر× تنش خشکی و رقم × تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی نهائی معنی-دار بود. همچنین اثرات متقابل سن بذر× رقم و سن بذر× تنش خشکی بر متوسط زمان جوانه-زنی معنی‌دار بود. اثرمتقابل سن بذر×رقم×تنش خشکی برای ضریب سرعت جوانه‌زنی و متوسط جوانه‌زنی روزانه معنی‌دار شد و اثرمتقابل سن بذر× تنش خشکی برای سرعت جوانه‌زنی روزانه معنی‌دار بود. اثر سن (مدت نگهداری) بذر و تنش خشکی (اعمال تنش خشکی بر گیاه مادری) نیز بر طول گیاهچه معنی‌دار بود. وزن خشک گیاهچه ارقام مورد بررسی تفاوت معنی‌داری با یدیگرد داشتند و اثر تنش خشی بر وزن خشک گیاهچه نیز معنی‌دار بود. ارقام بررسی شده ازنظر شاخص طولی بنیه گیاهچه معنی‌دار بود و اثرمتقابل سن بذر× تنش خشکی بر شاخص طولی بنیه گیاهچه معنی‌دار شد. همچنین شاخص وزنی بنیه گیاهچه فقط تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۱).

### درصد گیاهچه‌های عادی

مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل سن بذر× تنش خشکی و رقم × تنش خشکی مشخص نمود بذرهای تازه برداشت شده (سال اول) رقم صبا (L17) با درصد جوانه‌زنی نهایی ۸۵/۶۷۰ درصد و بذرهای رقم صبا (L17) تولید شده با آبیاری گیاه مادری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (آبیاری مطلوب به‌عنوان تیمار شاهد) با درصد جوانه‌زنی نهایی ۸۵/۵۰۰

درصد، دارای بیشترین درصد جوانه‌زنی نهایی و بالاتر از استاندارد ملی قوه‌نامیه (درصد جوانه‌زنی) بذر سویا به میزان حداقل ۸۰ درصد (www.spcri.ir) بودند. همچنین بذرهای ارقام صبا (L17) و ویلیامز تولید شده با آبیاری گیاه مادری پس از ۱۰۰ میلی-متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA (تنش خشکی خفیف) به‌ترتیب با ۸۳/۵۰۰ و ۸۱/۵۰۰ درصد جوانه‌زنی نهائی با بذرهای رقم صبا (L17) تیمار شاهد در یک گروه آماری قرار داشتند(جدول ۲). بیشترین قابلیت جوانه زنی بذرهای ارقام سویای بررسی شده به میزان ۸۷/۲۵ درصد مربوط به بذرهای تولید شده در شرایط آبیاری مطلوب (آبیاری گیاه مادری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA) بود (Tajik *et al.*, 2009). اجرای آزمون جوانه‌زنی استاندارد نشان داد، بذرهای سویای تولید شده در شرایط آبیاری مطلوب (آبیاری گیاه مادری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA) رقم منوکین و بذرهای تولید شده در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید (به‌ترتیب آبیاری گیاه مادری پس از ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA) رقم ویلیامز درصد گیاهچه عادی بیشتری داشتند (Hadi *et al.*, 2010). با بررسی اثر تنش خشکی متوسط و شدید (به-ترتیب آبیاری پس از ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA) در مقایسه با آبیاری مطلوب یا تنش خشکی ملایم (آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA به‌عنوان شاهد) بر جوانه‌زنی بذر و ظهور گیاهچه گیاه والد مادری شش رقم تجاری سویا شامل ویلیامز، صبا (L17)، M9، M11، کلارک و زان با آزمون جوانه‌زنی استاندارد مشخص شد، با افزایش شدت تنش خشکی بر گیاه مادری درصد گیاهچه‌های عادی کاهش یافت و بیشترین درصد گیاهچه‌های عادی مربوط به بذرهای تولید شده رقم صبا (L17) تحت تنش خشکی ۱۰۰ میلی‌متر تشتک تبخیر کلاسA بود (Mortazavi *et al.*, 2017). همچنین، شاخص ظهور گیاهچه در مزرعه با افزایش شدت تنش خشکی بر گیاه مادری

کاهش نشان داد. با افزایش زوال بذر سویای، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کاهش یافته که نتیجه آن افزایش پراکسیداسیون لیپید و افزایش هدایت الکتریکی مواد نشت یافته از بذربوده و موجب کاهش شدید قوه‌نامیه و جوانه زنی بذور می‌گردد (Mehravar *et al.*, 2014).

## متوسط زمان جوانه‌زنی

مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل سن بذر× رقم برای متوسط زمان جوانه‌زنی نشان داد که به‌جز بذرهای رقم همیلتون تولید شده در سال اول که از بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی (۲/۴۰۶ روز) برخوردار بود متوسط زمان جوانه‌زنی بقیه ارقام کمتر و در یک گروه آماری قرار گرفتند و بذرهای رقم ویلیام تولید شده در سال اول از کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی (۲/۱۹۱b روز) برخوردار بودند (جدول ۲). تفاوت معنی‌دار متوسط جوانه‌زنی بذرهای ارقام بررسی شده سویا مشاهده شد (Pasandideh *et al.*, 2014). بذرهای سویای رقم ویلیامز تولید شده با آبیاری گیاه مادری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA دارای کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی بودند (Vaseei Kashani *et al.*, 2015). متوسط زمان جوانه‌زنی معیاری برای ارزیابی مدت و سرعت جوانه‌زنی برای ارزیابی بنیه بذر است و هرچه مقدار آن کمتر باشد بیانگر جوانه‌زنی بذر در مدت کوتاه‌تری است که سرعت بیشتر جوانه‌زنی بذر را نشان می‌دهد (Ranal *et al.*, 2006).

## ضریب سرعت جوانه‌زنی

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سن بذر×رقم×تنش خشکی برای ضریب سرعت جوانه‌زنی مشخص کرد بذرهای رقم همیلتون تولید شده در سال اول با آبیاری گیاه مادری پس از۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA (شاهد) دارای بیشترین ضریب سرعت جوانه‌زنی به میزان۴/۹۴۳ بودند (جدول ۲).

**جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات انبارداری و تنش خشکی بر صفات مورد بررسی در آزمون جوانه‌زنی استاندارد و تجزیه و تحلیل گیاهچه بذرهای سه رقم تجاری سویا در آزمایشگاه**

| منابع تغیرات SOV | درجه آزادی df | میانگین مربعات (MS) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | درصد گیاهچه‌های عادی | متوسط زمان جوانه‌زنی | ضریب سرعت جوانه‌زنی | متوسط جوانه‌زنی روزانه | سرعت جوانه‌زنی روزانه | طول گیاهچه | وزن خشک گیاهچه | شاخص طولی بنیه گیاهچه | شاخص وزنی بنیه گیاهچه |
| سن بذر | ۱ | ۲۴/۵$^{n.s}$ | ۰/۰۰۴$^{n.s}$ | ۰/۰۰۳$^{n.s}$ | ۱۹/۹۵$^{n.s}$ | ۰/۰۰۳$^{n.s}$ | ۱۹۰/۴۱۸$^{**}$ | ۵۱۳۴/۲۲۳$^{n.s}$ | ۱۶۰۸۴۴۶/۷۲۲$^{**}$ | ۰/۵۹۸$^{n.s}$ |
| خطا | ۶ | ۳۴/۲۰۴ | ۰/۰۳۹ | ۰/۱۷۱ | ۱۲۷/۶۲۱ | ۶/۳۶۸ | ۴/۵۵۵ | ۱۱۳۰۱/۸۸۸ | ۱۱۲۸۸۹/۹۵۳ | ۱۷۰/۵۲۲ |
| رقم | ۲ | ۱۷۷/۰۵۶$^{*}$ | ۰/۰۹۴$^{**}$ | ۰/۲۷۳$^{*}$ | ۳۱/۱$^{n.s}$ | ۰/۲۲۵$^{n.s}$ | ۱۰/۱۵۳$^{n.s}$ | ۲۴۳۶۷/۰۵۶$^{*}$ | ۳۷۹۹۳۲/۱۴۳$^{*}$ | ۲۰۶/۹۹۴$^{n.s}$ |
| سن بذر× رقم | ۲ | ۵۰/۱۶۷$^{n.s}$ | ۰/۰۸۱$^{*}$ | ۰/۲۴۵$^{*}$ | ۱۱/۰۳۱$^{n.s}$ | ۲/۱۱۷$^{n.s}$ | ۹/۴۵۳$^{n.s}$ | ۱۳۵۳۶/۰۵۶$^{n.s}$ | ۱۱۲۶۰۳/۵۵۳$^{n.s}$ | ۵۲/۵۴۶$^{n.s}$ |
| تنش خشکی | ۲ | ۱۵۸/۷۲۲$^{*}$ | ۰/۶۶۶$^{**}$ | ۲/۴۴۴$^{**}$ | ۵۱۵/۹۲۴$^{**}$ | ۳۱/۲۷$^{**}$ | ۱۵۵/۰۰۱$^{**}$ | ۲۳۳۸۲۳/۰۱۴$^{**}$ | ۴۳۵۵۵۰/۷۹۲$^{*}$ | ۷۸۶/۹۶۱$^{**}$ |
| سن بذر× تنش خشکی | ۲ | ۳۹۶/۵$^{**}$ | ۰/۱۷۴$^{**}$ | ۰/۵۵۹$^{**}$ | ۱۰۰/۶۴۱$^{n.s}$ | ۶/۷۶۵$^{*}$ | ۴/۴۸۷۱$^{n.s}$ | ۴۶۹۰/۸۴۸$^{n.s}$ | ۳۲۰۹۷۳/۱۹۴$^{*}$ | ۷۸۶/۰۰۱$^{n.s}$ |
| رقم × تنش خشکی | ۴ | ۱۶۰/۷۲۲$^{**}$ | ۰/۰۳۸$^{n.s}$ | ۰/۱۱۸$^{n.s}$ | ۴۲/۱۲۶$^{n.s}$ | ۱/۹۶۷$^{n.s}$ | ۵/۰۹۹$^{n.s}$ | ۷۰۲۵/۹۰۹$^{n.s}$ | ۱۳۴۹۴۵/۵۴۳$^{n.s}$ | ۸۱/۵۴۲$^{n.s}$ |
| سن بذر×رقم×تنش خشکی | ۴ | ۷۳/۱۶۷$^{n.s}$ | ۰/۰۸۱$^{n.s}$ | ۰/۲۳۵$^{*}$ | ۱۱۴/۲۸۶$^{*}$ | ۳/۲۴۶$^{n.s}$ | ۶/۹۸۷$^{n.s}$ | ۸۷۵۶/۸۶۸$^{n.s}$ | ۳۳۲۷۰/۳۰۸$^{n.s}$ | ۱۷۵/۷۲۶$^{n.s}$ |
| خطای کل | ۴۸ | ۳۴/۲۰۴ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۶۸ | ۳۳/۵۷۳ | ۱/۸۹۷ | ۴/۷۵۷ | ۵۶۶۱/۳۱۶ | ۹۱۵۶۸/۳۵۸ | ۷۱/۷۹۲ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۷/۴۶ | ۵/۶۵ | ۵/۵۸ | ۵/۷۶ | ۲۶/۱۲ | ۷/۵۷ | ۱۴/۷۸ | ۱۳/۳۶ | ۲۱/۷۶ |

$^{n.s}$ غیرمعنی‌دار* و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج و یک درصد.

**جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات مورد بررسی در آزمون تجزیه و تحلیل جوانه زنی گیاهچه در آزمایشگاه.**

| تیمار | | | صفات | | | | تیمار | | | صفات | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سن بذر (سال) | رقم | تنش خشکی (میلی‌متر) | درصد گیاهچه‌های عادی | متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) | سرعت جوانه‌زنی روزانه (بذر/روز) | شاخص طولی بنیه گیاهچه | سن بذر (سال) | رقم | تنش خشکی (میلی‌متر) | ضریب سرعت جوانه‌زنی | متوسط جوانه‌زنی روزانه (بذر/روز) |
| ۱ | صبا (L17) | – | – | ۲/۲۰۴b * | – | – | ۱ | ۱صبا(L17) | ۵۰ | ۴/۷۴۰abc | ۲۵/۵۲۰abc |
| ۱ | ویلیامز | – | – | ۲/۱۹۱b | – | – | ۱ | صبا(L17) | ۱۰۰ | ۴/۸۸۰ab | ۳۰/۸۳۰ab |
| ۱ | همیلتون | – | – | ۲/۴۰۶a | – | – | ۱ | صبا(L17) | ۱۵۰ | ۴/۱۶۰cd | ۱۷/۰۵۰bc |
| ۲ | صبا(L17) | – | – | ۲/۲۴۸b | – | – | ۱ | ویلیامز | ۵۰ | ۴/۹۱۰ab | ۲۵/۳۰۰abc |
| ۲ | ویلیامز | – | – | ۲/۲۴۹b | – | – | ۱ | ویلیامز | ۱۰۰ | ۴/۶۳۰abc | ۲۳/۲۰۰abc |
| ۲ | همیلتون | – | – | ۲/۲۵۰b | – | – | ۱ | ویلیامز | ۱۵۰ | ۴/۱۹۳c | ۱۶/۰۰۰bc |
| ۱ | – | ۵۰ | ۸۵/۶۷۰a | ۲/۰۰۷d | ۶/۹۰۲a | ۲۶۴۱/۰۰۰a | ۱ | همیلتون | ۵۰ | ۴/۹۴۳a | ۳۴/۶۵۰a |
| ۱ | – | ۱۰۰ | ۸۳/۵۰۰bc | ۲/۱۸۲cd | ۴/۶۴۶bc | ۲۴۵۳/۰۰۰ab | ۱ | همیلتون | ۱۰۰ | ۴/۲۴۷bc | ۲۰/۷۰۰abc |
| ۱ | – | ۱۵۰ | ۷۶/۳۳۰c | ۲/۵۴۹a | ۴/۲۸۴bc | ۲۱۴۹/۰۰۰bc | ۱ | همیلتون | ۱۵۰ | ۴/۴۹۵d | ۱۳/۹۳۰c |
| ۲ | – | ۵۰ | ۷۵/۶۷۰c | ۲/۱۷۰cd | ۵/۶۹۰ab | ۲۱۰۸/۰۰۰bc | ۲ | صبا(L17) | ۵۰ | ۴/۷۱۰abc | ۲۶/۷۵۰abc |
| ۲ | – | ۱۰۰ | ۸۴/۳۰۰ab | ۲/۲۴۶bc | ۴/۶۰۴bc | ۲۱۵۹/۰۰۰bc | ۲ | صبا(L17) | ۱۰۰ | ۴/۴۶۰abc | ۲۱/۸۵۰abc |
| ۲ | – | ۱۵۰ | ۸۳/۷۶۰c | ۲/۳۳۸b | ۳/۷۹۴c | ۲۰۸۰/۰۰۰c | ۲ | صبا(L17) | ۱۵۰ | ۴/۱۹۰c | ۱۷/۱۰۰bc |
| – | – | ۵۰ | ۸۵/۵۰۰a | – | – | – | ۲ | ویلیامز | ۵۰ | ۴/۵۵۰abc | ۲۰/۹۵۰abc |
| – | – | ۱۰۰ | ۸۳/۵۰۰a | – | – | – | ۲ | ویلیامز | ۱۰۰ | ۴/۵۷۰abc | ۲۵/۸۳۰abc |
| – | – | ۱۵۰ | ۷۶/۲۰۰ab | – | – | – | ۲ | ویلیامز | ۱۵۰ | ۴/۲۴۵bc | ۱۵/۸۰۰bc |
| – | – | ۵۰ | ۷۷/۵۰۰ab | – | – | – | ۲ | همیلتون | ۵۰ | ۴/۶۰۰abc | ۲۲/۶۵۰abc |
| – | – | ۱۰۰ | ۸۱/۵۰۰a | – | – | – | ۲ | همیلتون | ۱۰۰ | ۴/۳۲۰abc | ۲۳/۲۷۰abc |
| – | – | ۱۵۰ | ۷۰/۵۰۰b | – | – | – | ۲ | همیلتون | ۱۵۰ | ۴/۴۱۰abc | ۲۳/۵۰۰abc |
| – | – | ۵۰ | ۷۹/۰۰۰ab | – | – | – | | | | | |
| – | – | ۱۰۰ | ۷۹/۰۰۰ab | – | – | – | | | | | |
| – | – | ۱۵۰ | ۸۳/۰۰۰a | – | – | – | | | | | |

* اعدادی که دارای حروف مشابه هستند با آزمون توکی در سطح احتمال آماری ۵ درصد، درگروه آماری مشابهی قرار دارند.

ضریب سرعت جوانه‌زنی به میزان۴/۹۴۳ بودند (جدول ۲). ضریب سرعت جوانه‌زنی معیاری از سرعت جوانه-زنی بذر برای ارزیابی بنیه بذر می‌باشد (Ranal *et al.*, 2006). ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر در ارقام مختلف مورد بررسی سویا با افزایش شدت تنش خشکی، کاهش یافت و بیشترین ضریب سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار آبیاری گیاه مادری پس از۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA بود (Tajik *et al.*, 2009).

**متوسط جوانه‌زنی روزانه**

مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل سن بذر×رقم×تنش خشکی بر متوسط جوانه‌زنی روزانه نشان داد بذرهای رقم همیلتون تولید شده در سال اول با آبیاری گیاه مادری پس از۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA (شاهد) دارای بیشترین متوسط جوانه‌زنی روزانه به مقدار۳۴/۶۵۰ بذر در روز بود(جدول ۲). با اجرای آزمون جوانه‌زنی استاندارد، مشاهده شد بذرهای تولید شده سویای رقم منوکین در شرایط آبیاری مطلوب آبیاری گیاه مادری پس از۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA) و تنش خشکی متوسط(آبیاری گیاه مادری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA) و رقم ویلیامز حاصل از شرایط مختلف آبیاری متوسط جوانه‌زنی روزانه بیشتری داشتند و در نتیجه جوانه‌زنی نهایی بالاتری را نیز کسب نمودند (Hadi *et al.*, 2010). متوسط جوانه‌زنی روزانه یکی از معیارهای ارزیابی سرعت جوانه‌زنی برای ارزیابی بنیه بذر می-باشد (Ranal *et al.*, 2006).

**سرعت جوانه‌زنی روزانه**

مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل سن بذر× تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی روزانه مشخص نمود بذرهای تولید شده در سال اول با آبیاری گیاه مادری پس از۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA (شاهد) از بیشترین سرعت جوانه‌زنی روزانه (۶/۹۰۲ بذر/روز) برخوردار بودند و با افزایش شدت تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی روزانه کاهش یافت و سرعت جوانه‌زنی روزانه بذرهای تولید شده در سال اول بیشتر بود (جدول ۲). با اجرای

آزمون جوانه‌زنی استاندارد، مشاهده گردید که بذرهای تولید شده سویای رقم منوکین در شرایط آبیاری مطلوب آبیاری گیاه مادری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و تنش خشکی متوسط(آبیاری گیاه مادری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و رقم ویلیامز حاصل از شرایط مختلف آبیاری سرعت جوانه-زنی روزانه بیشتری داشتند و در نتیجه جوانه-زنی نهایی بالاتری را نیز کسب نمودند (Hadi *et al.*, 2010). مشاهده شده که بذرهای سویای رقم ویلیامز دارای بیشترین سرعت جوانه‌زنی روزانه بود (Vaseei Kashani *et al.*, 2015). سرعت جوانه‌زنی روزانه یکی از معیارهای ارزیابی سرعت جوانه-زنی برای ارزیابی بنیه بذر می‌باشد (Ranal *et al.*, 2006).

**جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده صفات مورد بررسی در آزمون تجزیه و تحلیل جوانه زنی گیاهچه در آزمایشگاه**

| تیمار | | | صفات | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| سن بذر (سال) | رقم | تنش خشکی (میلی‌متر) | طول گیاهچه (سانتی‌متر) | وزن خشک گیاهچه (میلی گرم) | شاخص طولی بنیه گیاهچه | شاخص وزنی بنیه گیاهچه |
| ۱ | - | - | ۳۰/۴۲۰a | - | - | - |
| ۲ | - | - | ۲۷/۱۷۰b | - | - | - |
| - | صبا(L17) | - | - | ۴۷۲/۲۰۰c | ۲۳۴۹/۰۰۰a | - |
| - | ویلیامز | - | - | ۵۲۸/۳۰۰b | ۲۱۲۰/۰۰۰۰b | - |
| - | همیلتون | - | - | ۵۲۶/۴۰۰a | ۲۳۲۶/۰۰۰ab | - |
| - | - | ۵۰ | ۳۱/۴۱۰a | ۴/۷۴۵a | - | ۴۶/۴۰۰a |
| - | - | ۱۰۰ | ۲۸/۶۵۰b | ۴/۵۲۳b | - | ۳۹/۴۲۰b |
| - | - | ۱۵۰ | ۲۶/۳۴۰c | ۴/۱۱۶c | - | ۳۲/۹۸۰c |

*در هر صفت اعدادی که دارای حروف مشابه هستند با آزمون توکی در سطح احتمال آماری ۵ درصد، درگروه آماری مشابهی قرار دارند.

## طول گیاهچه

بذرهای تازه برداشت شده در سال اول و بذرهای تولید شده با آبیاری گیاه مادری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (شاهد) به‌ترتیب با طول گیاهچه ۳۰/۴۲۰ سانتی‌متر و ۳۱/۴۱۰ سانتی‌متر از بیشترین

طول گیاهچه برخوردار بودند(جدول ۲). اخلاف معنی‌دار طول گیاهچه ارقام بررسی شده سویا گزارش گردیده است (Askari Dermanaki *et al.*, 2013 ). همچنین نشان داده شده است که بذرهای سویای رقم ویلیامز تولید شده تحت تیمار آبیاری گیاه مادری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA (تنش خشکی متوسط) دارای بیشترین طول گیاهچه بودند (Hadi *et al.*, 2008). طول گیاهچه معیاری برای ارزیابی بنیه بذر و گیاهچه است (Basu & Groot, 2023).

## وزن خشک گیاهچه

بذرهای رقم همیلتون با ۵۲۶/۴۰۰ گرم از وزن خشک گیاهچه بیشتری برخوردار بودند و نیز بذرهای تولید شده با آبیاری گیاه مادری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA (شاهد) دارای وزن خشک گیاهچه بیشتری به میزان ۴/۷۴۵ گرم بودند (جدول ۲). تفاوت معنی‌دار وزن خشک گیاهچه ارقام مورد بررسی سویا را مشاهده شده‌است ( Askari Dermanaki *et al.*, 2013). همچنین بیشترین وزن خشک گیاهچه سویا در تیمار آبیاری کامل (شاهد) در مقایسه با تیمار اعمال تنش خشکی با قطع آبیاری در مراحل مختلف فنولوژیکی گزارش شده است ( Bahrami *et al.*, 2018). وزن خشک گیاهچه شاخصی برای ارزیابی بنیه بذر و گیاهچه است ( Basu & Groot, 2023).

## شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه

بذرهای رقم صبا(L17) از بیشترین شاخص طولی گیاهچه به مقدار ۲۳۴۹/۰۰۰ برخوردار بوده و نیز بذرهای تولید شده با آبیاری گیاه مادری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA (شاهد) دارای بیشترین میزان وزنی بنیه گیاهچه به مقدار ۴۶/۴۰۰ بود (جدول ۲). Yahoeyan & Arvin (2019) تفاوت معنی‌دار شاخص طولی بنیه گیاهچه ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط تنش خشکی و عادی را معنی‌دار مشاهده کردند. یافته‌ها نشان داده شده است که شاخص وزنی بنیه گیاهچه دو رقم سویای ویلیامز و صبا ($L_{17}$)، تفاوت معنی‌داری نداشت

(Sadeghi *et al.*, 2016). ولی تفاوت معنی‌دار شاخص وزنی بنیه گیاهچه دو رقم سویای ویلیامز و صبا ($L_{17}$)، مشاهده شد و رقم ویلیامز از شاخص وزنی بنیه گیاهچه بیشتری نسبت به صبا ($L_{17}$) برخوردار بود (Hamidi *et al.*, 2010). شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه معیارهای ارزیابی بنیه بذر و گیاهچه هستند (Basu & Groot, 2023).

## نتیجه‌گیری

اعمال تنش خشکی بر گیاه مادری برای متوسط زمان جوانه‌زنی، شاخص سرعت جوانه-زنی و سرعت جوانه‌زنی روزانه معنی‌دار بودند. شاخص طولی بنیه گیاهچه ارقام با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند و اثرمتقابل مدت نگهداری بذر و اعمال تنش خشکی بر گیاه مادری بر این ویژگی معنی‌دار بود و شاخص وزنی بنیه گیاهچه تنها تحت تأثیر اعمال تنش خشکی بر گیاه مادری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین قابلیت جوانه‌زنی بذر با۸۵/۷ درصد مربوط به بذرهای تازه برداشت شده‌ای بود که گیاه مادری آن‌ها تحت تنش۵۰ میلی‌متر قرار داشته و نیز قابلیت جوانه‌زنی بذر۸۵/۵ درصد به رقم صبا (L17) و سطح تنش خشکی۵۰ میلی متر تعلق داشت. همچنین مشخص شد که با افزایش شدت تنش خشکی اعمال شده بر گیاه مادری و افزایش مدت نگهداری بذر، متوسط زمان جوانه‌زنی افزایش یافته و شاخص سرعت جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی روزانه کاهش یافتند. کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی۲/۰۴۸ روز مربوط به بذرهای تازه برداشت شده رقم صبا (L17) بود که تحت تنش۱۰۰ میلی‌متر تولید شده بودند. بیشترین شاخص سرعت جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی روزانه به‌ترتیب به میزان ۴/۹۴۹ و ۳۴/۶۴ بذر در روز نیز به بذرهای تازه برداشت شده رقم ویلیامز تولید شده با تنش۵۰ میلی‌متر تعلق داشتند. بیشترین شاخص طولی بنیه گیاهچه (۲۶۴۱) مربوط به بذرهای تازه برداشت شده و تولید شده با تنش۵۰ میلی‌متر و کمترین مقدار آن (۲۰۸۰) به بذرهای نگهداری شده به مدت یک سال و تحت تنش۱۵۰ میلی‌متر تولید شده مربوط بوده و رقم صبا (L17) دارای شاخص طولی و وزنی

بنیه گیاهچه بیشتری بود. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش شدت تنش خشکی اعمال شده بر گیاه مادری در دوره تشکیل بذر و نیز نگهداری بذر به مدت یک سال سبب کاهش قابلیت جوانه زنی بذر و بنیه گیاهچه شده و ارقام مورد بررسی از لحاظ واکنش به این عوامل متفاوت بوده و رقم صبا (L17) از توانایی حفظ بهتر قابلیت جوانه زنی بذر و بنیه گیاهچه در این شرایط برخوردار بود.

## منابع

**Askari Dermanaki, V, A., Hamidi, G. Tohidloo, and H.R. Gazor.** 2013**.** Effect of fluidized-bed drying method on seed vigor of two Soybean cultivars by cold test. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 2(2): 219-228.

**Bahrami, F., N. Latifi, and A. Tabasi.** 2018**.** Effect of Drought Stress on soybean Germination Indices. Journal of Seed Research, 8(1): 30-46.

**Basu, S. and S.P.C. Groot.** 2023**.** Seed Vigour and Invigoration. In: M. Dadlani, and D.K. Yadava (eds.), Seed Science and Technology, pp: 67-89. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_4.

**Dadlani, M., A. Gupta, S.N. Sinha, and R. Kavali, R.** 2023**.** Seed Storage and Packaging. In: M. Dadlani, D.K. Yadava (eds.), Seed Science and Technology, Biology, Production and Quality, pp 239–266, Springer Singapore, https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_11

**Del Bem Jr., L., J.L. Ferrari, G. Dario, and C.G. Raetano.** 2020**.** Impact of storage on the physiological quality of soybean seeds after treatment with fungicides and insecticides. Journal of Seed Science, 42(e202042037): 1-10, https://doi.org/10.1590/2317-1545v42236236

**Divsalar, M., Z. Tahmasbi Sarvestani, S.A.M. Modares Sanavi, and A. Hamidi,** 2016**.** The evaluation of drought stress impact as irrigation withholding at reproductive stages on quantitative and qualitative performance of soybean cultivars. Journal of Crop Improvement, 18(4): 481-493.https://doi.org/10.22059/jci.2016.56583

**Don, R. and S. Ducournau.** 2018**.** Hand book for seedling evaluation (4th. .Ed.).

Seed Science and Research, 3(2):109-124. https://doi.org/20.1001.1.24763780.1395.3.2.10.6

**Hamidi, A., H. Sadeghi, H. Gazor, S. Sheidaei, B. Oskoui, H. Mivechi Langroodi, M. Nouri, Sh. Alizadeh, S. Seifamiri, L. Zare, and A. Dashti.** 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): (pp: 271-288) https://doi.org/10.22034/ijsst.2019.124315.1243

**Hamidi, A. and A. Naderi Arefi.** 2013**.** Seed Development, Dormancy and Germination. By: Kenet J. Bradford and Hiroyuki Nanogaki, University of Tehran Press.

**Hay, F.R., R.M. Davies, J.B. Dickie, D.J. Merritt, and D.M. Wolkis.** 2022**.** More on seed longevity phenotyping. Seed Science Research, 32, 144–149. https://doi.org/10.1017/S0960258522000034

**ISTA,** 2023**.** International Seed Testing Association (ISTA). International rules for seed testing. Zürichstr. Bassersdorf, Switzerland.

International Seed Testing Association (ISTA), Zurich, Switzerland.

**Ehteshami, S.M.R., A. Hamidi, and M. Ramezani.** 2016**.** Seeds Biology, Development and Ecology. By: S.W. Adkins, Ashmore, S. and Sheldon, N.C., Gorgan Agriculture and Natural Resources University Press.

**Hadi, H., J. Daneshian, R. Zarghami, A. Hamidi, and A. Asgharzadeh.** 2008**.** Effect of *Azotobacter chroococcum* and *Bradyrhizobium Japonicum* on soybean produced under water deficit conditions. Iranian Journal of Biological Sciences, 3(2): 9-18.

**Hadi, H., J. Daneshian, A. Hamidi, and P. Jonoubi.** 2010**.** Relationship between laboratory seed characteristics and seedling emergence of soybean cultivar seeds produced under limited irrigation. Electronic Journal of Crop Production, 3 (1): 199-208.

**Hamidi, A.** 2022**.** Principles and Methods of Seed Technology (2nd. Vol.). Iran University Press.

**Hamidi, A., J. Daneshian, and A. Asgharzadeh.** 2016**.** A review of drought stress on mother plant effect on soybean seed germination and vigour improvement by some beneficial soil microorganisms treatment assessment Iranian Journal of

soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] cultivars on seed germination and seedling field emergence. Journal of Crop Science Research in Arid Regions, 1(2): 143-158. https://doi.org/csrar.01.02.02. 0.22034

**Nadarajan, J., C. Walters, H.W. Pritchard, D. Ballesteros, and L. Colville.** 2023**.** Seed Longevity—The Evolution of Knowledge and a Conceptual Framework. Plants, 12, 471. https://doi.org/10.3390/ plants12030471

**Parimala, K., K. Subramanian, S. Mahalinga Kannan, and K. Vijayalakshmi.** 2013**.** Seed Storage Techniques **-** A Primer. Centre for Indian Knowledge Systems, Chennai Revitalising Rainfed Agriculture Network.

**Pasandideh, H., R. Seyed Sharifi, A. Hamidi, S. Mobasser, and M. Sedghi.** 2014**.** Relationship of seed germination and vigour indices of commercial soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] Cultivars with seedling emergence in field. Iranian of Seed Sciences and Research, 1(1): 28-50.

**Pirredda, M., I. FañanásPueyo, l. Oñate-Sánchez, S. Mira.** 2024**.** Seed Longevity and Ageing: A Review on Physiological and Genetic Factors with an Emphasis on Hormonal Regulation. Plants, 13, 41. https://doi.org/10.3390/ plants13010041

**Koskosidis, A., E.M. Khah, O.I. Pavli, and D.N. Vlachostergios.** 2022**.** Effect of storage conditions on seed quality of soybean (*Glycine max* L.) germplasm. AIMS Agriculture and Food, 7(2): 387–402. https://doi.org/ 10.3934/agrfood.2022025

**Kumar, P., M. Meena, N. Tanveer, S. Dhiman, R. Sonam, M. Rajput, Y. Rajput, and N. Pandy.** 2024**.** A Review on Seed Storage Technology: Recent Trends and Advances in Sustainable Techniques for Global Food Security. AgroEnvironmental Sustainability, 2(1), 34-50. https://doi.org/10.59983/s2024020105

**Matsue, Y., O. Uchikawa, H. Sato, and K. Tanaka.** 2005**.** Productivity of the Soybean Seeds Stored for Various Periods. Plant Production Science, 8(4): 393 - 396.

**Mehravar, M., A. Sateai, A. Hamidi, M. Ahmadi, and M. Salehi.** 2014**.** Accelerated aging effect on lipid peroxidation and antioxidant enzymes activity of two soybean cultivars. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 3(5): 17-30.

**Mortazavi, S.M., J. Daneshian, A. Hamid, and S.M.J. Mir Hadi..** 2017**.** Effect of drought level in plant parent of

peroxidation, soluble sugars, protein, electrical conductivity, quality characteristics and seedling emergence Iranian Journal of Seed Science and Research, 5(4): 47-58. https://doi.org/10.22124/jms.2018.2945

(b) **Sheidaei, S., H. Heidari Sharifabad, A. Hamidi, G. Noor Mohammadi, and A. Moghadam.** 2016**.** Effect of Storage Condition, Initial Seed Moisture Content and Germination on Soybean Seed Deterioration. Iranian Journal of Seed Research, 2(2): 29-45. https://doi.org/10.29252/yujs.2.2.29

**Shelar, V.R., R.S. Shaikh, and A.S. Nikam.** 2008**.** Soybean Seed Quality During Storage: A Review. Agricultural Review, 29 (2): 125–131.

**Singh, G.** 2010**.** The Soybean Botany, Production and Uses. CAB International.

**Tajik, M., I. Alahdadi, J. Daneshian, H. Iran Nezhad, A. Hamidi, G.H. Akbari, and M. Naeemi.** 2009**.** Effect of biofertilizer on soybean field seedling emergence and seed vigour measured under laboratory conditions. Journal of Agricultural Science and Natural Resources, Vol. 15(6), 83-94.

**Tajik, M., I. Alahdadi, J. Daneshian, H. Iran nezhad, A. Hamidi, and H. Jabbari.** 2008**.** Consequense of

**Ranganathan, U. and S.P.C. Groot.** 2023**.** Seed Longevity and Deterioration. In: M. Dadlani, D.K. Yadava (eds.), Seed Science and Technology, Biology, Production and Quality, pp 91–108, Springer Singapore, https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_11.

**Ranal, M. and D.G. De Santana**. 2006. How and why to measure the germination process? Revista Brasilian Botanique, 29(1): 1-11.

(a) **Sadeghi, H., H. Heidari Sharifabad, A. Hamidi, G. Nourmohammadi, and H. Madani.** 2016**.** Effect of Harvesting Time and Drying Temperature on Soybean Seed Quality. Iranian Journal of Seed Research, 2(2): 85-97. https://doi.org/10.29252/yujs.2.2.85

**Sheidaei, S., A. Hamidi, H. Sadeghi, and B. Oskouei. 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(2): 101-118. https://doi.org/ 10.22034/ijsst.2019.123739.1232

**Sheidaei, S., H. Heidari Sharifabad, A. Hamidi, G. Noor Mohammadi, and A. Moghadam.** 2019**.** Impact of storage period of soybean seed on lipids

Drought stress has transgenerational effects on soybean seed germination and seedling vigor. PLoS ONE 14(9): e0214977. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214977

**Yahoeyan, S.H. and P. Arvin.** 2019**.** Evaluation of Soybean (*Glycin max* L.) Genotypes under Drought Stress using Total Ranking Index (TRI). Journal of Crop Breeding, 10(28): 83-92. https://doi.org/10.29252/jcb.10.28.83.

**Yigit, N., H. Sevik, M. Cetin, and N. Kaya.** 2016**.** Determination of the Effect of Drought Stress on the Seed Germination in Some Plant Species. In: Water stress in plants. Pp: http://dx.doi.org/10.5772/63197 By: I.M.M. Rahman, Z. Ara Begum and H. Hasegawa

application some of biofertilizers on improvement of the soybean *Glycine max* (L.) Merr. seed vigour produced under Water Deficit Condition. Agricpultural Research. (Water, Soil & Plant in Agriculture). A Quarterly Publication of Universities in the West of Iran, 7(4): 13-27.

**Vaseei Kashani, S.M., A. Hamidi, H. Heidari Sharifabad, and J. Daneshian.** 2015**.** Effect of matrix priming on some germination traits improvement of three commercial soybeans [*Glycine max* (L.) Merril] cultivars seeds grew by limited irrigation conditions. Iranian Journal of Seed Science and Research, 2(1): 1-14, https://doi.org/20.1001.1.24763780.1394.2.1.1.8.

**Wijewardana C., K.R. Reddy, L.J. Krutz, W. Gao, and N. Bellaloui.** 2019**.**

# The effect of storage duration of seeds produced under drought stress on germination ability of Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] cultivars in Karaj region

**Ayat Shirood Najafi[1], Aidin Hamidi[2*], Jahanfar Daneshian[3]**

1. M.Sc. Graduate student, Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.
2. Research Associate Professor of Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI), Karaj, Karaj, Iran.
3. Research Professor of Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Karaj, Iran.

**Received: 2025.4.8** **Accepted: 2025.6.12**

## Abstract

In order to investigate the effect of seed storage period and drought stress during seed formation on germination and some related characteristics of three commercial soybean cultivars, a research was conducted in the 400-hectare field of the Seed and Plant Improvement Institute (SPII) in Karaj and the Seed Analysis Laboratory of the Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI) in Karaj. For this purpose, a standard germination test was performed on freshly harvested and stored seeds for one year of three commercial soybean cultivars, Saba (L17), Hamilton, and Williams, which were produced under drought stress exertion on the mother plant by irrigation at the seed filling stage after 50, 100, and 150 mm of evaporation from a class A evaporation pan. Then, the percentage of normal seedlings, mean germination time, coefficient of velocity of germination, mean daily germination, daily germination speed, and length and weight seedling vigor indices were determined. The results showed that increasing the intensity of drought stress applied to the mother plant during the seed formation period and storing the seeds for one year reduced the evaluated indices of seed germination and seedling vigor, and the Saba (L17) cultivar had the ability to better maintain seed germination and seedling vigor under the conditions studied.

**Keywords:** Drought stress, Soybeans, Standard germination test, Storage

* Corresponding author (a.hamidi@areeo.ac.ir)