مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد ۱۵ ، شماره ۱، تابستان ۱۴۰۲

مجله پژوهش‌های به زراعی

# ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر روی برخی ویژگی‌های جوانه‌زنی و بنیه بذر چهار رقم تجاری سویا تولید شده در شرایط کم آبیاری با آزمون جوانه‌زنی استاندارد

**زهرا سادات حسینی تهرانی[1]، آیدین حمیدی[2*]، جهانفردانشیان[3]**

**۱-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران**
**۲-دانشیار پژوهش سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج، ایران**
**۳- استاد پژوهش بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران**

**تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۲۲**

## چکیده:

به منظور ارزیابی تأثیر تنش‌خشکی بر روی برخی ویژگی‌های جوانه‌زنی و بنیه بذر ارقام تجاری تنش کم‌آبیاری دیده سویا در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، آزمایشی در سال ۱۴۰۰ با استفاده از آزمون جوانه زنی استاندارد در آزمایشگاه تجزیه بذر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. تیمارها شامل اعمال ۴ سطح تنش‌خشکی پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ با پتانسیل‌های ۰ (بدون تنش) ، ۳-، ۶- ، ۹- مگاپاسکال، بر بذرهای ۴ رقم تجاری سویای ویلیامز، هامیلتون× ایسکس، TMS و بانتی تولید شده در ۳ سطح تنش کم آبیاری گیاه مادری، آبیاری پس از مقادیر ۵۰ (آبیاری مطلوب و شاهد)، ۱۰۰(تنش خفیف) و ۱۵۰(تنش شدید) میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) بودند. ویژگی‌های بررسی شده شامل: درصد جوانه‌زنی نهایی، درصد گیاهچه‌های عادی، درصد گیاهچه‌های غیر عادی، درصد بذر سخت، درصد بذر پوسیده، متوسط جوانه‌زنی روزانه، متوسط زمان جوانه زنی، طول گیاهچه و شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه بودند. نتایج نشان داد، اثر متقابل تنش‌خشکی، تنش کم آبیاری و رقم تأثیر معنی‌داری بر تمامی ویژگی‌های بررسی شده داشت. در تیمار تنش خشکی ۹- مگاپاسکال و بدون تنش کم آبیاری، رقم ویلیامز نسبت به تیمار بدون تنش خشکی و بدون تنش کم آبیاری متوسط جوانه‌زنی ۰/۹۰ روز، درصد بذر پوسیده، بذرسخت و گیاهچه‌های غیرعادی به‌ترتیب ۰/۱۸ درصد، ۵/۷۵۰ درصد و ۰/۶۰ درصد افزایش و متوسط جوانه‌زنی روزانه ۱/۲۸روز، جوانه‌زنی نهایی و گیاهچه عادی به‌ترتیب ۱/۲۸ درصد و ۴/۹۲ درصد کاهش یافت. به‌طورکلی در میان ارقام مورد بررسی، رقم ویلیامز بهترین و رقم بانتی ضعیف‌ترین واکنش به تنش کم آبیاری و خشکی را نشان دادند.

**واژه‌های کلیدی:** بنیه بذر، تنش خشکی، سویا، کم آبیاری، قابلیت جوانه زنی

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

## مقدمه

سویا [*Glycine max* (L.) Merrill] یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی جهان و ایران می‌باشد و طبق آخرین آمار منتشره وزارت جهاد کشاورزی، در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹سطح کشت، میزان تولید و عملکرد دیم و آبی دانه سویا به‌ترتیب۲۷۲۰۲ هکتار، ۵۲۶۴۳ تن و ۱۶۴۲ و ۱۹۶۷ کیلوگرم در هکتار بوده‌اند (Anonymous, 2022).

بروز تنش‌های محیطی در مدت تشکیل بذر روی گیاه مادری اثر قابل ملاحظه‌ای بر جوانه‌زنی و بنیه دارد (Hamidi *et al.*, 2016). تنش معمولاً به‌عنوان یک عامل خارجی که اثرات سوء برگیاه به‌جا می‌گذارد تعریف می‌شود. خشکی شایع‌ترین تنش محیطی است که در مناطق خشک و نیمه خشک به‌وقوع می‌پیوندد و تقریباً تولید محصول ۲۵درصد زمین‌های زراعی جهان را محدود می‌کند (Mareri *et al.*, 2022). اخیراً افزایش تحمل دربرابر خشکی و معرفی ارقام متحمل گیاهان دانه روغنی نسبت به تنش خشکی اهمیت یافته است. تنش کم آبی زمانی ایجاد می‌شود که میزان آب مورد نیاز گیاه بیش از میزان آب قابل دسترس خاک باشد. این شرایط می‌تواند به چند دنملیل حادث شود، مثلاً در اثر تبخیر شدید، اتصال اسمزی آب در خاک‌های شور، یا یخزدن خاک ایجاد می شود. همچنین خشکی می‌تواند در نتیجه عدم جذب آب کافی توسط گیاه در خاک‌های کم عمق اتفاق افتد (Du *et al.*, 2020).

بذر به عنوان مظهر تجلی دستاوردهای پژوهش‌های بهنژادگران و عامل تکثیر و بروز ویژگی‌های زراعی یک ژنوتیپ مهمترین نهاده برای تولید محصولات زراعی و دستیابی به پتانسیل واقعی عملکرد می‌باشد و باتوجه به اهمیت کیفیت بذر، حفظ و ارتقای آن دارای نقش ویژه‌ای در یک برنامه تولید و فرآوری موفق بذر می‌باشد (Hamidi, 2017). بررسی و ارزیابی کیفیت بذر به‌عنوان اندام تکثیر گیاهان زراعی و مهم‌ترین نهاده برای تولید محصولات زراعی از جایگاه ویژه‌ای در تولید و کنترل و گواهی بذر برخوردار است (Elias *et al.*, 2012).

شرایط محیطی طی نمو و رسیدگی بذر توانایی بالای جوانه‌زنی بذر، بنیه گیاهچه و سلامت فیزیکی بر ویژگی‌های مهم کیفیت بذر سویا تأثیر می‌گذارد (Hamidi, 2023). اثرات عوامل تنش‌زای محیطی بر گیاه مادری می‌تواند به نتاج انتقال یابد (Wijewardana *et al.*, 2019). تنش‌های محیطی درطول دوره تولید بذر سویا می‌تواند بر کیفیت بذر بعدی مؤثر باشد (Hamidi *et al.*, 2016). کیفیت بذر که طی نمو بذر کسب می‌شود در زمان یا بعد از رسیدگی فیزیولوژیکی به بیشترین میزان خود می‌رسد. در این مرحله جوانه‌زنی و بنیه بذرها خیلی حساس به تنش‌های محیطی بوده و می‌تواند به سرعت کاهش یابد اگر که بذرها با شرایط محیطی متغییری روبرو شوند. به‌عنوان مثال دما و رطوبت نسبی بالا سبب کاهش سریع جوانه‌زنی و بنیه بذر سویا می‌شود (Tavakkol Afshari *et al.*, 2021). ارقام سویای با بذر ریز از کیفیت بذر بالاتری نسبت به ارقام بذر درشت در شرایط تنش خشکی برخوردار است.

یکی از مهم‌ترین فاکتورهای غیرزنده محدودکننده جوانه‌زدن گیاه و مراحل رشد اولیه گیاهچه، کاهش پتانسیل آب به سبب خشکی یا شوری است (Kaya *et al.*, ؛ Almansouri *et al.*, 2001 ؛ ۲۰۰۶). تنش خشکی منجربه کاهش درصد و میزان جوانه زدن (Delachiave *et a*l., 2003) و رشد گیاهچه (Demiral & Türkan, 2006 ؛ Soltani *et al.*, 2006) می‌گردد. کاهش در رشد گیاهچه در گونه‌های گوناگون در نتیجه تنش خشکی به‌وسیله محققینی مانند Djbril *et al* (2005) و Sanchez *et al* (2004) گزارش گردیده است. Hadi *et al* (2010) مشاهده کردند ظهور در مزرعه گیاهچه ارقام مختلف مورد بررسی سویاکه بذر آن‌ها تحت اعمال تنش خشکی بر گیاه مادری تکوین یافته بود ارتباط معنی‌داری با درصد جوانه‌زنی در آزمون جوانه‌زنی استاندارد داشت.

درصد جوانه‌زنی نهایی که به‌عنوان قابلیت جوانه‌زنی بذر عمدتاً شاخص بیان کیفیت بذر محسوب می‌شود، درصد گیاهچه‌های عادی در پایان دوره آزمون جوانه‌زنی استاندارد را که در شرایط مطلوب برای جوانه‌زنی مشخص

می‌سازد (ISTA, 2018). جوانه‌زنی پائین بذرهای سویا سبب میزان ظهور ضعیف و درصد کم گیاهچه‌های تولید شده در مزرعه می‌باشد وجود همبستگی خوب بین میزان جوانه‌زنی بذر و ظهور گیاهچه در مزرعه، این موضوع را تأیید می‌کند (Pasandideh *et al.*, ۲۰۱٤). محدودیت عمده و اساسی آزمون جوانه‌زنی برای ارزیابی پتانسیل ظهور گیاهچه‌های بذرهای توده‌های بذر، به ناتوانی آن در تشخیص اختلاف کیفی بین توده‌های بذری دارای میزان جوانه‌زنی بالا می‌انجامد. تأثیر بنیه بذر بر میزان ظهور و استقرار گیاهچه در مزرعه به‌خوبی مورد بررسی قرار گرفته است و مشخص گردیده که بنیه بذر، میزان ظهور گیاهچه در مزرعه، سرعت ظهور گیاهچه‌ها و یکنواختی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد که کلیه این عوامل به‌طور بالقوه می‌تواند بر میزان تجمع ماده خشک توسط جامعه گیاهی و در نتیجه عملکرد مؤثر واقع گردند (Tavakkol Afshari *et al.*, 2021).

درحال‌حاضر القای تحمل به تنش خشکی در بذر گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی مانند خشکی تکوین یافته‌اند ازطریق پرایمینگ بذر روشی نوین در کاربرد فیزیولوژی تنش‌های محیطی و گیاهان در ایجاد تحمل در نتاج محسوب می‌گردد و این روش تحت عنوان خاطره تنش القاء شده با پرایمینگ[1] یا اختصاراً خاطره تنش نامیده می‌شود (Zhang *et al.*, 2023). خاطره تنش با تأثیر بر و تغییر فرآیندهای چندگانه فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در گیاهان مانند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، مواد تنظیم کننده اسمزی، مسیرهای انتقال علامت دهی، و متابولیت‌های ثانویه، به گیاهان کمک می‌کند تا سریع‌تر و مؤثرتر به تنشی که با آن مواجه گردیده اند پاسخ داده و این روش عملی برای محافظت نسل آتی در برابر تنش‌های محیطی محسوب می‌گردد (Li *et al.*, 2018).

باتوجه به امکان وقوع تنش خشکی درطول دوره رشد و نمو بذر سویا روی گیاه مادری در اغلب مناطق تولید بذر سویای کشور و امکان بروز تنش خشکی درحین جوانه‌زنی بذرهای تکوین یافته روی گیاه مادری تحت تنش

[1] Priming-induced stress memory

خشکی در خاک، این پژوهش به‌منظور ارزیابی اثر تنش کم آبیاری روی گیاه مادری و تنش خشکی درخلال جوانه‌زنی بذر با هدف بررسی اثر القای خاطره تنش القاء شده با پرایمینگ در بذرها بر برخی ویژگی‌های جوانه‌زنی و بنیه بذر چهار رقم تجاری سویای ویلیامز[۱] هامیلتون× ایسکس[۲] TMS و بانتی[۳] سویای در شرایط آزمون جوانه‌زنی استاندارد اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی برخی ویژگی‌های جوانه‌زنی و بنیه بذر چهار رقم تجاری ویلیامز، هامیلتون× ایسکس،TMS و بانتی تولید شده در شرایط اعمال تنش کم‌آبیاری بر گیاه مادری در دوره گل‌دهی و رسیدگی بذر در سه سطح تیمار شاهد۵۰ (آبیاری مطلوب)، ۱۰۰ (تنش خفیف) و ۱۵۰(تنش شدید) میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA و اعمال خشکی ا استفاده از پلی اتیلن گلایکول(PEG) در۴ سطح پتانسیل اسمزی ۰، ۳-، ۶- و ۹- مگاپاسکال با ۴ تکرار، این آزمایش به‌صورت طرح آزمایشی فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی اجرا شد.

برای تولید بذرهای سویا تحت تیمار کم آبیاری گیاه مادری در مزرعه تحقیقاتی۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، ابتدا قبل از کاشت به میزان معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل به‌صورت یکنواخت در زمین محل مزرعه پخش شد. سپس جهت زیر خاک کردن کود و خرد کردن کلوخ‌ها زمین دیسک زده شد و در نهایت با استفاده از ماشین تسطیح (لولر) تسطیح زمین انجام گرفت. بعد از آن خطوط کشت توسط فاروئر ایجاد و در نهایت نقشه طرح در زمین پیاده گردید. هر کرت آزمایشی به صورت پشته ای به عرض۶۰ سانتی متر و طول۲/۸۰ متر بود، به‌طوری‌که روی هر پشته دو خط کشت به فاصله ۱۵ سانتی‌متر و طول ۱/۴۰ متر در نظر گرفته شد، آماده گردید. سپس بذرهای طبقه مادری ارقام مورد بررسی به فاصله ۱۵ سانتی متر در دو طرف پشته در

۱- Williams
۲- Hamilton × Esex
۳- Boutny

محل داغاب داخل شیارهایی به عمق۵ سانتی متر که با استفاده از فوکا ایجاد گردیدند کشت شدند. پس از کاشت به منظور تعیین زمان آبیاری در هر قطعه از زمین یک بلوک گچی کار گذاشته شد و در قطعه زمین عدم تنش وقتی ۳۰ درصد آب زمین تخلیه می‌گردید آبیاری انجام و در قطعه زمین تحت تیمارهای کم آبیاری وقتی۶۰ درصد رطوبت زمین تخلیه می گردید، آبیاری انجام می‌شد. براساس آمار آب و هوایی بلندمدت(۴۰ ساله) سازمان هواشناسی شهرستان کرج، میانگین بارش سالانه کرج۲۴۲ میلی‌متر (با پراکنش عمدتاً در اواخر پاییز و اوایل بهار)، میانگین بیشینه دمای سالانه۲۶/۱ درجه سانتی‌گراد(در تیر ماه) و میانگین کمینه دمای۱ درجه سانتی‌گراد (در دی ماه)، میانگین دمای۱۳/۵ سانتی‌گراد و میانگین دمای خاک۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بنابراین این منطقه با داشتن ۱۸۰-۱۵۰ روز خشک و زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک جزء مناطق اقلیمی مدیترانه‌ای گرم و خشک[1] و رژیم رطوبتی خشک[2] محسوب می‌گردد (Anonymous, 2014). سایر عملیات داشت مزرعه به روال معمول در تمام طول دوره رشد و نمو و تشکیل بذر انجام گرفتند. پس از رسیدگی فیزیولوژیکی بذرها و کاهش رطوبت آن‌ها به میزان کافی برای برداشت، بذرها برداشت شدند.

سپس در آزمایشگاه تجزیه کیفی بذر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج، به‌منظور ایجاد تنش خشکی در هنگام جوانه-زنی بذر، جهت تهیه محلول‌های با فشار اسمزی مورد نظر با پلی‌اتیلن‌گلیکول (PEG)۶۰۰۰ برای هر سطح تنش خشکی به‌طور مجزا از رابطه۱ استفاده شد (Michel and Kaufman, 1973):

(رابطه ۱):

= پتانسیل آب

$$TC^2-(1.18\times10^{-2})C-(1.18\times10^{-6})C^2+(2.67\times10^{-4})CT+(8.39\times10^{-7})$$

در این رابطهC، غلظت پلی‌اتیلن گلیکول(گرم بر کیلوگرم آب) و T دما برحسب درجه سانتی‌گراد و واحد پتانسیل آب مگاپاسکال می‌باشند (Michel & Kaufman, 1973).

[1]- Xerothermo Mediterranean climate

[2]- Aridic

$10^5$ Pa=۱ bar یا 0.1MPa=1 bar

پس از تهیه محلول برای هر سطح تنش خشکی به‌طور جداگانه از هر نمونه بذرهای تولید شده تحت شرایط اعمال تنش کم آبیاری در مزرعه تعداد۴۰۰ عدد (۴ تکرار ۱۰۰ بذری) به‌طور تصادفی انتخاب شده و درون ظرف‌های پتری قرار داده شده و محلول‌های موردنظر به هر واحد آزمایشی اضافه شدند. سپس آزمون جوانه‌زنی استاندارد برای تعیین برخی خصوصیات جوانه زنی بذر و بنیه گیاهچه به شرح زیر اجرا گردید.

به‌منظور اجرای آزمون جوانه‌زنی استاندارد از هر واحد آزمایشی تعداد۴۰۰ عدد در ۴ تکرار ۱۰۰ بذری به طور تصادفی انتخاب شده و تحت آزمون جوانه‌زنی استاندارد قرار گرفت. برای اجرای این آزمون طبق استاندارد جوانه‌زنی انجمن بین‌المللی آزمون بذر(ISTA)، بذرها در فواصل مساوی به روش ساندویچی در کاغذ جوانه‌زنی کشت ، سپس به‌مدت هشت روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس (Anonymous, 2023) درون ژرمیناتور قرار داده شد. در طی دوره آزمون به‌طور روزانه بذرهای کشت شده مورد بازدید قرار گرفت و تعداد بذرهای جوانه‌زده یادداشت برداری شد. در پایان دوره اجرای آزمون گیاهچه‌های تولید شده مورد ارزیابی قرار گرفت و درصد جوانه‌زنی نهایی و درصد گیاهچه‌های عادی تعیین گردیدند با شمارش روزانه تعداد بذرهای جوانه‌زده شاخص مرتبط با قابلیت جوانه‌زنی و بنیه بذر شامل متوسط زمان جوانه‌زنی(MGT)[۱] که شاخص شتاب جوانه‌زنی است، از رابطه۲ محاسبه گردید(Ranal & De Santana, 2006):

(رابطه ۲):

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

که در این رابطه n تعداد بذرهای جوانه‌زده در طی d روز، D تعداد روزها، و$\sum n$ کل تعداد بذرهای جوانه‌زده می‌باشند. همچنین شاخص‌های طولی بنیه و وزنی بنیه گیاهچه به‌ترتیب از روابط ۳ و ۴ محاسبه شدند(Abdul-Baki and Aderson, 1973):

(رابطه ۳):

[۱]- Mean Germination Time (MGT)

شاخص طولی بنیه گیاهچه= (میانگین طول ساقه اولیه+ میانگین طول ریشه اولیه)× قابلیت جوانه‌زنی (رابطه ۴):

شاخص وزنی بنیه گیاهچه= وزن خشک گیاهچه× قابلیت جوانه‌زنی

تجزیه آماری داده‌های آزمایش شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) با استفاده از نرم‌افزارSAS نسخه۹/۴ انجام شد و به‌منظور تفکیک تفاوت میانگین‌ها با حروف، مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم‌افزارMSTAT-C اجرا گردید.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی ×تنش کم آبیاری ×رقم در سطح احتمال خطای آماری۱ درصد بر تمامی خصوصیات مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط عدم تنش (تنش ۰ بار) در آزمایشگاه در سطح آبیاری مطلوب گیاه مادری در رقم ویلیامز همچنین تنش۳- بار در آزمایشگاه در سطح تنش خفیف گیاه مادری در همین رقم با ۹۷/۰۰۰ درصد از بیشترین درصد جوانه‌زنی نهایی برخوردار بودند. در شرایط تنش ۹- بار در آزمایشگاه در سطح تنش خفیف گیاه مادری در رقم باتنی با ۱۷/۲۵۰ درصد از کمترین درصد جوانه‌زنی برخوردار بود (جدول۲). ویجواردانا و همکاران (Wijewardana *et al.*, 2019) با اعمال تنش خشکی به میزان۱۰۰، ۸۰، ۶۰، ۴۰ و ۲۰ درصد رطوبت خاک جایگزین تبخیر تعرق درطی دوره رشد و نمو زایشی بر بوته-های والدین نتاج نسل اول دورگ‌های سویا کاهش حداکثر و سرعت جوانه‌زنی و نمود کلی گیاهچه در نتاج نسل اول را مشاهده کردند. بنابراین نتیجه گرفتند اثر اعمال تنش خشکی بر گیاه مادری سویا قابل انتقال به نتاج نسل اول می‌باشد و از این رو آبیاری مطلوب گیاه مادری برای دستیابی به بذور برخوردار از جوانه‌زنی و بنیه بذر و گیاهچه مطلوب ضروری است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم ویلیامز در شرایط عدم تنش(تنش ۰ بار) در آزمایشگاه در سطح تنش شدید گیاه مادری با ۶۹/۷۵۰ درصد

بیشترین درصد گیاهچه‌های عادی را به خود اختصاص داد. رقم باتنی در شرایط تنش۶- بار در آزمایشگاه در سطح تنش خفیف گیاه مادری فاقد گیاهچه عادی بود(جدول۲). مرتضوی و همکاران (Mortazavi *et al.*, 2017) بیشترین درصد گیاهچه‌های عادی مربوط به بذرهای تولید شده ارقام زان و صبا تحت تنش خشکی۱۰۰ میلی‌متر و رقم کلارک تحت تنش خشکی۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس S بود. Basal *et al* (2020) مشاهده کردند، حداکثر درصد جوانه‌زنی دو رقم سویا با فزایش فشار اسمزی اعمال شده به‌وسیله غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن‌گلایکول (PEG) نسبت به شاهد کاهش یافت.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بذرهای حاصل از شرایط تنش ۹- بار در آزمایشگاه در سطح آبیاری مطلوب گیاه مادری در رقم هامیلتون× ایسکس با ۵/۰۴۶ روز بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی را دارا بودند. بذرهای حاصل از شرایط عدم تنش(تنش ۰ بار) در آزمایشگاه در سطح آبیاری مطلوب گیاه مادری در رقم ویلیامز با متوسط جوانه‌زنی ۴/۴۰۵ روز از کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی برخوردار بودند (جدول۲). با توجه به این‌که متوسط زمان جوانه‌زنی شاخصی از سرعت جوانه‌زنی بذر بوده و معیاری از یکنواختی جوانه‌زنی و وضعیت بنیه گیاهچه محسوب می گردد (Ranal & De Santana, 2006) بروز تنش خشکی باعث عدم یکنواختی جوانه‌زنی و کاهش بنیه گیاهچه شد. Basal *et al* (2020) مشاهده کردند سرعت جوانه‌زنی دو رقم سویا با فزایش فشار اسمزی اعمال شده به‌وسیله غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن‌گلایکول (PEG) نسبت به شاهد کاهش یافت.

طول گیاهچه معیاری از بنیه گیاهچه محسوب شده و به‌عنوان یکی از شاخص‌های ارزیابی بنیه بذر و گیاهچه گیاهان زراعی مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد (Elias *et al.*, 2012). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گیاهچه رشد یافته از بذرهای ویلیامز حاصل از شرایط عدم تنش (تنش۰ بار) در آزمایشگاه در سطح آبیاری

مطلوب گیاه مادری با مقدار ۲۸/۶۴۵ سانتی متر، از طول بیشتری برخوردار بود. رقم باتنی حاصل از شرایط تنش ۹- بار در آزمایشگاه در سطح تنش خفیف گیاه مادری گیاهچه‌هایی به طول ۲/۷۵۰ سانتی متر ایجاد نمود که از کمترین مقدار طول گیاهچه برخوردار بود (جدول۲). باسال و همکاران(Basal *et al.*, 2020) مشاهده نمودند طول گیاهچه دو رقم سویا با فزایش فشار اسمزی اعمال شده به‌وسیله غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن‌گلایکول (PEG) نسبت به شاهد کاهش یافت.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بذرهای حاصل از شرایط عدم تنش(تنش صفر بار) در آزمایشگاه در سطح تنش شدید گیاه مادری رقم ویلیامز با ۱۸۶۴/۸ از شاخص طولی بنیه گیاهچه بیشتری برخوردار بود و در شرایط تنش۶- بار در آزمایشگاه در سطح تنش شدید گیاه مادری در رقم باتنی با مقدار۲۳ از کمترین میزان برخوردار بود (جدول۲). شاخص طولی بنیه گیاهچه تعریف شده توسط عبدالباقی و آندرسون ( Abdul-Baki & Aderson, 1973) ازجمله شاخص‌های مهم ارزیابی بنیه بذر و گیاهچه می‌باشد (Elias *et al.*, 2012).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بذرهای حاصل از شرایط عدم تنش(تنش صفر بار) در سطح آبیاری مطلوب گیاه مادری در رقم TMS با ۹۹/۵۰۰ از شاخص وزنی بنیه گیاهچه بیشتری برخوردار بود و رقم باتنی در شرایط تنش ۹- بار در آزمایشگاه در سطح تنش خفیف گیاه مادری با ۰/۲۵۰ از کمترین میزان برخوردار بود(جدول۲). شاخص وزنی بنیه گیاهچه تعریف شده توسط Abdul-Baki & Aderson (1973) ازجمله شاخص‌های مهم ارزیابی بنیه بذر و گیاهچه می باشد (Elias *et al.*, 2012). Pasandideh *et al* (2014) مشاهده کردند نتیجه آزمون درصد گیاهچه‌های عادی سویا در مقایسه با درصد جوانه زنی نهائی از همبستگی بالاتری با ظهور گیاهچه در مزرعه برخوردار بود. همچنین نتایج تحقیق مرتضوی و همکاران Mortazavi *et al* (2017) نشان داد درصد گیاهچه‌های عادی بذرهای سویای تحت تنش خشکی روی گیاه مادری

تکوین یافته پس از آزمون پیری تسریع‌شده از بیشترین همبستگی با شاخص سبز شدن گیاهچه سویا در مزرعه برخوردار بود.

## نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج این پژوهش، اثرمتقابل تیمارهای تنش خشکی در آزمایشگاه، تنش خشکی گیاه مادری، رقم تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی نهایی، درصد گیاهچه‌های عادی، متوسط زمان جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه، شاخص طولی بنیه گیاهچه و شاخص وزنی بنیه گیاهچه داشت. طبق نتایج بدست آمده از این پژوهش صفات مورد ارزیابی کاملاً به هم پیوسته بوده و به تنهایی برای نتیجه‌گیری نهایی فاقد ارزش می‌باشد. نتایج حاصل از آزمایش مذکور نشان داد که درصد جوانه‌زنی نهایی ارقام مورد آزمون تحت تأثیر تنش خشکی آزمایشگاه قرار نگرفت و درصدهای بالایی را نشان داد. اگرچه درصد گیاهچه های عادی، غیرعادی، بذر سخت، بذر پوسیده به شدت تحت تنش خشکی آزمایشگاه قرار گرفت. در تنش ۹- بار آزمایشگاه و آبیاری مطلوب مزرعه‌ای گیاه مادری رقم ویلیامز نسبت به عدم تنش آزمایشگاه و آبیاری مطلوب مزرعه‌ای گیاه مادری متوسط جوانه‌زنی ۰/۹۰روز ، درصد بذرپوسیده،درصد بذرسخت، درصد گیاهچه‌های غیرعادی به ترتیب ۰/۱۸، ۵/۷۵۰، ۰/۶۰افزایش، و متوسط جوانه‌زنی روزانه ۱/۲۸روز، درصد جوانه‌زنی نهایی، درصد گیاهچه عادی به ترتیب ۱/۲۸و۴/۹۲ کاهش یافت.

**جدول۱ – تجزیه واریانس(میانگین مربعات) برخی ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و بنیه گیاهچه ارقام موردبررسی سویا تحت تیمارهای کم آبیاری و تنش خشکی.**

| منبع تغییرات | درجه آزادی | میانگین(MS) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | درصد جوانه‌زنی نهایی | درصد گیاهچه‌های عادی | متوسط زمان جوانه‌زنی | طول گیاهچه | وزن خشک گیاهچه | شاخص طولی بنیه گیاهچه | شاخص وزنی بنیه گیاهچه |
| تنش خشکی | ۳ | ۲۶۴۳۷/۴۳۶** | ۶۵۳۷/۰۶۱** | ۰/۹۴۹** | ۵۸۵/۱۸۹** | ۳/۳۷۱** | ۱۴۶۶۵۹۱۳/۷۰** | ۲۷۲۱۶/۹۵۳** |
| خطای الف | ۱۲ | ۷۵/۹۴۶ | ۴۲/۳۰۷ | ۰/۰۱۰ | ۶/۱۱۳ | ۰/۰۱۸ | ۲۳۲۵۹/۳۵ | ۵۸/۶۹۴ |
| تنش کم آبیاری | ۲ | ۲۷۵۱/۱۸۸** | ۷۵/۰۶۳* | ۰/۰۴۱* | ۱۷۰/۰۹۹** | ۰/۵۵۲** | ۵۹۴۱۰۱/۱۶** | ۳۷۷۷/۴۴۸** |
| تنش خشکی × تنش کم آبیاری | ۶ | ۲۲۳/۶۳۹** | ۱۹۰/۵۳۵** | ۰/۰۱۵ | ۲۳/۹۸۸** | ۰/۰۷۳** | ۱۹۹۸۱۹/۹۹** | ۱۳۹۵/۶۵۲** |
| رقم | ۳ | ۸۲۶۱/۲۰** | ۱۱۳۶/۹۲۲** | ۰/۱۵۳** | ۵۳۷/۴۳۳** | ۱/۲۹۲** | ۲۲۲۲۶۰۷/۶۳** | ۴۲۹۴/۳۱۵** |
| تنش خشکی×رقم | ۹ | ۱۳۴۰/۴۵۴** | ۲۵۸/۸۰۶** | ۰/۰۵۹** | ۴۳/۴۰۵** | ۰/۰۵۲** | ۳۹۳۱۶۹/۷۸** | ۱۰۳۰/۷۸۴** |
| تنش کم آبیاری×رقم | ۶ | ۱۷۱۰/۶۷۴** | ۱۹۹/۴۳۸** | ۰/۰۱۵ | ۱۱۱/۳۱۲** | ۰/۱۱۰** | ۲۹۲۲۲۹/۳۸** | ۶۴۸/۰۲۵** |
| تنش خشکی×تنش کم آبیاری×رقم | ۱۸ | ۴۴۳/۲۵۵** | ۱۴۸/۳۳۶** | ۰/۰۲۶** | ۲۵/۵۰۴** | ۰/۰۴۳** | ۱۱۳۹۸۱/۷۸** | ۴۱۰/۶۸۶** |
| خطای ب | ۱۳۲ | ۳۱/۷۹۹ | ۲۳/۴۶۳ | ۰/۰۰۹ | ۴/۰۵۸ | ۰/۰۰۹ | ۱۳۷۳۷/۱۷ | ۴۷/۹۵ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۹/۶۳ | ۵/۹۲ | ۱۰/۳۷ | ۲/۰۴۸ | ۲۰/۳۷ | ۷/۲۰۶ | ۳۰/۶۰ |

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

**جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی آزمایشگاهی×رقم×تنش رطوبتی گیاه مادری.**

| تنش خشکی (بار) | تنش کم‌آبیاری (میلی‌متر تبخیر) | رقم | درصد جوانه‌زنی نهایی | درصد گیاهچه‌های عادی | متوسط زمان جوانه-زنی(روز) | طول گیاهچه (سانتی‌متر) | وزن خشک گیاهچه(گرم) | شاخص طولی بنیه گیاهچه | شاخص وزنی بنیه گیاهچه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۵۰ | ویلیامز | ۹۷/۰۰۰ a | ۶۱/۵۰۰ b-d | ۴/۴۰۵ u | ۲۸/۶۴۵ a | ۱/۰۴۰ a | ۱۷۶۱/۲۵ a-e | ۷۲/۷۵۰ bc |
| | | هامیلتون× ایسکس TMS | ۹۳/۷۵۰ a-d | ۶۶/۰۰۰ a-c | ۴/۵۵۰ p-t | ۲۴/۴۰۹ b-e | ۱/۰۴۶ a | ۱۶۱۰/۷۵ c-e | ۸۰/۲۵۰ b |
| | | بانتی | ۹۰/۵۰۰ a-e | ۶۳/۲۵۰ a-d | ۴/۵۱۳ q-u | ۲۶/۱۰۷ ab | ۰/۷۵۵ c-f | ۱۶۸۷۴/۵۰ b-d | ۹۹/۵۰۰ a |
| | | | ۹۱/۰۰۰ a-e | ۵۹/۵۰۰ cd | ۴/۴۸۲ r-u | ۲۴/۸۷۰ b-e | ۰/۷۹۰ c-f | ۱۴۷۸/۷۵ ef | ۵۶/۰۰۰ d |
| | ۱۰۰ | ویلیامز | ۹۲/۷۵۰ a-e | ۶۸/۰۰۰ ab | ۴/۴۵۰ tu | ۲۶/۱۰۸ a-d | ۰/۹۷۴ ab | ۱۷۸۰/۰۰ ab | ۷۵/۰۰۰ bc |
| | | هامیلتون× ایسکس TMS | ۹۲/۷۵۰ a-e | ۶۷/۲۵۰ ab | ۴/۶۹۶ h-o | ۲۳/۴۱۰ d-f | ۰/۸۷۴ b-d | ۱۵۷۳/۵۰ de | ۶۹/۰۰۰ c |
| | | بانتی | ۵۷/۵۰۰ qr | ۵۲/۰۰۰ ef | ۴/۶۲۲ l-q | ۲۶/۳۰۵ a-c | ۰/۶۶۳ f-h | ۱۳۶۹/۲۵ fg | ۴۱/۵۰۰ e-g |
| | | | ۴۶/۵۰۰ t | ۱۷/۵۰۰ l-n | ۴/۶۵۰ k-p | ۱۸/۲۵۷ k-q | ۰/۴۸۵ i-m | ۳۲۴/۵۰ n-r | ۹/۵۰۰ k-o |
| ۰ | ۱۵۰ | ویلیامز | ۸۵/۲۵۰ e-j | ۶۹/۷۵۰ a | ۴/۴۵۴ s-u | ۲۶/۷۳۵ ab | ۰/۸۲۵ c-e | ۱۸۶۴/۷۵ a | ۶۷/۷۵۰ c |
| | | هامیلتون× ایسکس TMS | ۸۱/۰۰ g-k | ۵۶/۰۰۰ de | ۴/۶۱۱ m-r | ۲۳/۵۴۳ c-f | ۰/۷۰۷ e-g | ۱۳۲۰/۷۵ fg | ۴۷/۰۰۰ d-f |
| | | بانتی | ۷۳/۲۵۰ l-n | ۴۹/۲۵۰ e-g | ۴/۴۰۹ u | ۲۵/۵۹۳ b-d | ۰/۵۱۳ i-l | ۱۲۵۴/۰۰ g | ۳۰/۷۵۰ hi |
| | | | ۶۱/۰۰۰ p-r | ۱۵/۰۰۰ m-o | ۴/۷۷۹ e-k | ۱۸/۹۶۵ i-p | ۰/۲۹۲ o-s | ۲۹۴/۰۰ o-s | ۵/۰۰۰ l-o |

درهر صفت اعدادی که دارای حروف مشابه هستند با آزمون (LSD) در سطح ۵ درصد، درگروه آماری مشابهی قرار دارند.

**ادامه جدول۲ -**

| تنش خشکی (بار) | تنش کم‌آبیاری(میلی‌متر تبخیر) | رقم | درصد جوانه‌زنی نهایی | درصد گیاهچه‌های عادی | متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) | طول گیاهچه (سانتی‌متر) | وزن خشک گیاهچه(گرم) | شاخص طولی بنیه گیاهچه | شاخص وزنی بنیه گیاهچه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -۳ | ۵۰ | ویلیامز | ۹۵/۷۵۰$^{ab}$ | ۳۶/۰۰۰$^{hi}$ | ۴/۷۱۵$^{h-o}$ | ۲۰/۲۸۵$^{g-l}$ | ۰/۸۹۰$^{bc}$ | ۷۳۲/۴۶$^{ij}$ | ۳۸/۷۳۳$^{f-h}$ |
| | | هامیلتون× ایسکس TMS | ۹۴/۲۵۰$^{a-c}$ | ۲۵/۲۵۰$^{jk}$ | ۴/۸۱۸$^{d-h}$ | ۱۸/۹۶۵$^{i-p}$ | ۰/۷۱۰$^{e-g}$ | ۴۸۳/۳۹$^{l-n}$ | ۲۳/۰۵۳$^{ij}$ |
| | | بانتی | ۹۴/۵۰۰$^{a-c}$ | ۴۷/۲۵۰$^{fg}$ | ۴/۵۸۸$^{o-s}$ | ۲۰/۵۷۳$^{g-k}$ | ۰/۸۰۵$^{ce}$ | ۹۷۳/۹۳$^{h}$ | ۵۰/۳۴۰$^{de}$ |
| | | | ۹۵/۰۰۰$^{ab}$ | ۳۷/۵۰۰$^{h}$ | ۴/۵۸۲$^{o-t}$ | ۱۷/۶۸۸$^{l-q}$ | ۰/۷۵۸$^{c-f}$ | ۶۷۷/۸۶$^{i-k}$ | ۳۷/۱۱۰$^{gh}$ |
| | ۱۰۰ | ویلیامز | ۹۷/۰۰۰$^{a}$ | ۴۳/۰۰۰$^{gh}$ | ۴/۷۳۰$^{h-m}$ | ۱۹/۱۷۸$^{i-p}$ | ۰/۹۷۳$^{ab}$ | ۸۲۳/۹۹$^{hi}$ | ۴۸/۶۵۰$^{de}$ |
| | | هامیلتون× ایسکس TMS | ۹۴/۵۰۰$^{a-c}$ | ۲۴/۰۰۰$^{j-l}$ | ۴/۶۷۴$^{i-p}$ | ۱۷/۰۷۰$^{m-q}$ | ۰/۶۱۰$^{g-i}$ | ۴۱۰/۰۲$^{m-q}$ | ۱۷/۹۶۷$^{kj}$ |
| | | بانتی | ۸۱/۵۰۰$^{f-k}$ | ۲۹/۰۰۰$^{ij}$ | ۴/۷۷۲$^{e-k}$ | ۲۰/۳۲۳$^{g-l}$ | ۰/۵۲۸$^{h-k}$ | ۵۸۵/۹۶$^{j-l}$ | ۲۱/۷۴۵$^{ij}$ |
| | | | ۴۷/۵۰۰$^{st}$ | ۷/۲۵۰$^{p-t}$ | ۴/۷۶۴$^{f-k}$ | ۱۶/۳۶۰$^{p-r}$ | ۰/۳۳۰$^{n-q}$ | ۱۱۰/۱۰$^{u-y}$ | ۳/۱۳۰$^{m-o}$ |
| -۳ | ۱۵۰ | ویلیامز | ۸۸/۰۰۰$^{c-h}$ | ۳۹/۷۵۰$^{h}$ | ۴/۷۱۲$^{h-o}$ | ۱۸/۸۶۸$^{i-p}$ | ۰/۷۴۰$^{d-g}$ | ۷۴۹/۹۴$^{i}$ | ۳۴/۷۵۳$^{gh}$ |
| | | هامیلتون× ایسکس TMS | ۹۰/۲۵۰$^{a-e}$ | ۳۶/۵۰۰$^{h}$ | ۴/۸۳۰$^{d-h}$ | ۱۹/۵۹۵$^{i-m}$ | ۰/۶۹۳$^{e-g}$ | ۷۱۳/۸۱$^{ij}$ | ۳۰/۷۵۳$^{hi}$ |
| | | بانتی | ۸۰/۵۰۰$^{h-l}$ | ۲۵/۰۰۰$^{jk}$ | ۴/۷۷۶$^{e-k}$ | ۲۱/۴۴۵$^{f-i}$ | ۰/۴۴۸$^{j-n}$ | ۵۳۴/۸۲$^{k-m}$ | ۱۴/۴۵۵$^{k-l}$ |
| | | | ۳۷/۲۵۰$^{u}$ | ۹/۲۵۰$^{o-s}$ | ۴/۶۶۱$^{j-p}$ | ۱۷/۳۲۸$^{m-q}$ | ۰/۲۱۸$^{q-u}$ | ۱۵۷/۱۳$^{s-y}$ | ۳/۰۱۸$^{m-o}$ |

درهر صفت اعدادی که دارای حروف مشابه هستند با آزمون LSD در سطح ۵ درصد، درگروه آماری مشابهی قرار دارند.

**ادامه جدول۲ -**

| تنش خشکی(بار) | تنش کم آبیاری(میلی‌متر تبخیر) | رقم | درصد جوانه‌زنی نهایی | درصد گیاهچه‌های عادی | متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) | طول گیاهچه (سانتی‌متر) | وزن خشک گیاهچه(گرم) | شاخص طولی بنیه گیاهچه | شاخص وزنی بنیه گیاهچه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۶- | ۵۰ | ویلیامز | ۸۹/۰۰۰ b-f | ۲۴/۵۰۰ j-l | ۴/۷۲۳ h-n | ۱۸/۷۲۰ i-p | ۰/۷۷۸ c-f | ۴۵۷/۰۰ l-o | ۲۳/۲۵۰ ij |
| | | هامیلتون× ایسکس | ۸۸/۵۰۰ b-g | ۱۱/۵۰۰ n-r | ۴/۸۶۷ c-g | ۱۶/۸۸۸ m-r | ۰/۳۰۰ o-s | ۱۹۰/۲۵ r-x | ۴/۵۰۰ m-o |
| | | TMS | ۴۸/۰۰۰ st | ۹/۵۰۰ o-s | ۴/۶۹۸ h-o | ۲۲/۴۷۸ e-g | ۰/۱۳۳ t-v | ۲۱۳/۵۰ s-w | ۱/۵۰۰ no |
| | | بانتی | ۷۱/۵۰۰ m-o | ۱۱/۰۰۰ n-r | ۴/۷۱۳ h-o | ۱۹/۴۵۸ i-n | ۰/۳۰۳ o-s | ۲۰۹/۷۵ r-x | ۴/۵۰۰ m-o |
| | ۱۰۰ | ویلیامز | ۸۸/۷۵۰ b-f | ۱۸/۰۰۰ k-n | ۴/۷۷۸ e-k | ۱۸/۴۵۳ j-q | ۰/۵۵۰ h-j | ۳۲۹/۰۰ n-r | ۱۱/۷۵۰ k-m |
| | | ها | ۸۶/۵۰۰ c-f | ۱۵/۷۵۰ m-o | ۴/۷۹۵ d-j | ۱۹/۵۶۰ i-n | ۰/۳۹۳ k-o | ۳۰۱/۲۵ o-s | ۸/۲۵۰ l-o |
| | | لتون× ایسکس | ۷۷/۷۵۰ j-m | ۱۹/۵۰۰ k-m | ۴/۵۹۲ n-r | ۲۲/۷۶۰ e-g | ۰/۳۵۸ m-p | ۴۴۲/۰۰ l-p | ۹/۰۰۰ k-o |
| | | TMS | ۲۱/۲۵۰ vw | ۱/۵۰۰ t | ۴/۸۰۷ d-i | ۰/۰۰۱ t | ۰/۰۰۱ v | ۲۳/۰۰ y | ۰/۰۰۱ o |
| ۶- | ۱۵۰ | ویلیامز | ۷۹/۷۵۰ i-l | ۱۷/۵۰۰ l-n | ۴/۷۴۸ g-l | ۱۶/۷۵۵ n-r | ۰/۳۸۵ l-o | ۲۹۲/۵۰ p-s | ۸/۰۰۰ l-o |
| | | هامیلتون× ایسکس | ۸۶/۵۰۰ d-i | ۱۶/۲۵۰ m-o | ۴/۷۸۰ e-k | ۱۶/۴۶۳ o-r | ۰/۵۳۸ h-j | ۲۶۰/۲۵ q-v | ۱۰/۷۵۰ k-n |
| | | TMS | ۵۴/۷۵۰ rs | ۱۳/۲۵۰ m-p | ۴/۶۸۲ i-p | ۲۱/۲۶۰ f-j | ۰/۲۰۸ q-u | ۲۸۲/۲۵ p-t | ۳/۵۰۰ m-o |
| | | بانتی | ۲۷/۵۰۰ v | ۱/۵۰۰ t | ۴/۸۰۴ d-i | ۷/۷۰۰ s | ۰/۳۰۰ v | ۲۳/۰۰ y | ۰/۰۰۱ o |

درهر صفت اعدادی که دارای حروف مشابه هستند با آزمون حداقل تفاوت معنی دار(LSD) در سطح ۵ درصد، درگروه آماری مشابهی قرار دارند.

**ادامه جدول۲ -**

| تنش خشکی (بار) | تنش کم آبیاری (میلی‌متر تبخیر) | رقم | درصد جوانه‌زنی نهایی | درصد گیاهچه‌های عادی | متوسط زمان جوانه-زنی(روز) | طول گیاهچه (سانتی‌متر) | وزن خشک گیاهچه (گرم) | شاخص طولی بنیه گیاهچه | شاخص وزنی بنیه گیاهچه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -۹ | ۵۰ | ویلیامز | ۷۶/۰۰۰ $^{k-n}$ | ۱۲/۵۰۰ $^{m-q}$ | ۴/۹۲۰ $^{a-d}$ | ۲۱/۳۲۳ $^{f-i}$ | ۰/۳۲۳ $^{n-r}$ | ۲۶۷/۷۵ $^{i-l}$ | ۴/۵۸۴ $^{m-o}$ |
| | | هامیلتون× ایسکس | ۷۴/۲۵۰ $^{k-n}$ | ۶/۵۰۰ $^{p-t}$ | ۵/۰۴۶ $^{a}$ | ۱۹/۲۱۸ $^{i-o}$ | ۰/۱۹۰ $^{r-u}$ | ۱۲۳/۰۰ $^{t-y}$ | ۱/۶۰۱ $^{no}$ |
| | | TMS | ۴۲/۷۵۰ $^{tu}$ | ۵/۵۰۰ $^{q-t}$ | ۴/۷۶۹ $^{f-k}$ | ۱۸/۸۲۰ $^{i-p}$ | ۰/۱۰۰ $^{uv}$ | ۱۰۰/۷۵ $^{v-y}$ | ۰/۶۹۸ $^{o}$ |
| | | بانتی | ۵۹/۲۵۰ $^{qr}$ | ۴/۲۵۰ $^{r-t}$ | ۴/۸۰۰ $^{d-i}$ | ۱۸/۹۲۸ $^{i-p}$ | ۰/۱۷۸ $^{s-u}$ | ۸۱/۵۰ $^{w-y}$ | ۰/۹۱۸ $^{o}$ |
| | ۱۰۰ | ویلیامز | ۶۸/۵۰۰ $^{n-p}$ | ۱۲/۲۵۰ $^{m-q}$ | ۴/۸۸۷ $^{c-f}$ | ۱۸/۶۶۸ $^{i-p}$ | ۰/۳۶۵ $^{m-p}$ | ۲۲۹/۰۰ $^{r-w}$ | ۵/۰۹۶ $^{l-o}$ |
| | | هامیلتون× ایسکس | ۵۷/۰۰۰ $^{qr}$ | ۴/۷۵۰ $^{r-t}$ | ۵/۰۲۷ $^{ab}$ | ۱۵/۷۵۵ $^{qr}$ | ۰/۱۷۰ $^{s-u}$ | ۷۴/۰۰ $^{w-y}$ | ۰/۸۴۰ $^{o}$ |
| | | TMS | ۷۴/۷۵۰ $^{k-n}$ | ۱۳/۷۵۰ $^{m-p}$ | ۴/۸۲۶ $^{d-h}$ | ۲۰/۹۵۸ $^{f-k}$ | ۰/۲۷۸ $^{o-s}$ | ۲۸۹/۵۰ $^{p-s}$ | ۴/۸۲۲ $^{l-o}$ |
| | | بانتی | ۱۷/۲۵۰ $^{w}$ | ۱/۰۰۰ $^{t}$ | ۴/۷۸۸ $^{d-j}$ | ۲/۷۵۰ $^{t}$ | ۰/۰۰۱ $^{v}$ | ۱۱/۲۵ $^{y}$ | ۰/۲۵۰ $^{o}$ |
| -۹ | ۱۵۰ | ویلیامز | ۶۲/۲۵۰ $^{p-r}$ | ۱۵/۰۰۰ $^{m-o}$ | ۴/۹۰۵ $^{b-e}$ | ۱۷/۴۱۰ $^{m-q}$ | ۰/۲۳۸ $^{p-t}$ | ۲۶۲/۰۰ $^{q-v}$ | ۴/۱۲۲ $^{m-o}$ |
| | | هامیلتون× ایسکس | ۶۴/۰۰۰ $^{o-q}$ | ۲/۲۵۰ $^{st}$ | ۵/۰۴۴ $^{a}$ | ۲۰/۴۹۸ $^{g-l}$ | ۰/۰۹۳ $^{uv}$ | ۴۷/۷۵ $^{xy}$ | ۰/۳۰۰ $^{o}$ |
| | | TMS | ۴۳/۰۰۰ $^{tu}$ | ۳/۰۰۰ $^{st}$ | ۴/۹۹۲ $^{a-c}$ | ۲۲/۴۱۰ $^{e-h}$ | ۰/۱۰۳ $^{t-v}$ | ۶۶/۵۰ $^{w-y}$ | ۰/۵۰۱ $^{o}$ |
| | | بانتی | ۲۲/۲۵۰ $^{vw}$ | ۳/۲۵۰ $^{st}$ | ۴/۷۳۱ $^{h-m}$ | ۱۴/۲۳۳ $^{r}$ | ۰/۱۰۰ $^{uv}$ | ۴۷/۲۵ $^{xy}$ | ۰/۳۵۸ $^{o}$ |

درهر صفت اعدادی که دارای حروف مشابه هستند با آزمون (LSD) در سطح ۵ درصد، درگروه آماری مشابهی قرار دارند.

## منابع

**Abdul-Baki, A.A. and J.D. Aderson**. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. Crop Science 13:630-633.

**Anonymus.** 2022**.** The report of crops area, production and yield in 2020-2021. Ministry of Jihad-e-Agricuture, Programing and economics deputy, Statistics and Information Technology Office, (In Persian).

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

**Basal, O., A. Szabó, and S. Veres.** 2020**.** PEG-induced drought stress effects on soybean germination parameters. Journal of Plant Nutrition, 43(12): 1768-1779.

**Demiral, T. and I. Türkan.** 2006**.** Exogenous glycinebetaine affects growth and proline accumulation and retards senescence in two rice cultivars under Nacl stress, Environ. Exp. Bot, 56: 72-79.

**Djbril, S., O.K. Mohamed, D. Diaga, D. Diegane, B.F. Abaye, S. Maurice, and B. Alain.** 2005**.** Growth and development of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seedling under drought and salinity stresses, Afr. J. Biotechnol, 4: 968-972.

**Du, Y., Q. Zhao, L. Chen, X. Yao, and F. Xie.** 2020**.** Effect of Drought Stress at Reproductive Stages on Growth and Nitrogen Metabolism in Soybean. Agronomy, 10(302): 1-21. Doi: 10.3390/agronomy10020302

**Elias, S.G., L.O. Copeland, M.B. McDonald, and R.Z. Baalbaki.** 2012**.** Michigan State University Press. Seed Testing, Principles and Practices.

**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 (Short Technical Report). Electronic Journal of Crop Production, 3(1): 199-208. (in Persian with English abstract).

2018. Melatonin alleviates low PS I-limited carbon assimilation under elevated $CO_2$ and enhances the cold tolerance of offspring in chlorophyll b-deficient mutant wheat. Journal of Pineal Research. 64: e12453.

**Mareri, L., L. Parrotta, and G. Cai.** 2022. Environmental Stress and Plants. International Journal of Molocular Science. 23(5416): 1-10.

**Mortazavi, S.M., J. Daneshian, A. Hamidi, and S.M.L. Mir Hadi.** 2017. Effect of drought level in parent plant of soybean [*Glycine max* L. (Merrill)] cultivars on seed germination and seedling field emergence. Journal of Crop Science Research in Arid Regions, 1(2): 143-153. (in Persian abstract).

**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, (in Persian with English abstract).

**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 micro-organisms treatment assessment. Iranian Journal of Seed Science and Research, 3(2): 109-124. (in Persian with English abstract).

**Hamidi, A.** 2017. Principles and Methods of seed Technology (1st. Vol.). Iran University Press. (in Persian abstract).

**Hamidi, A.** 2023. Principles and Methods of seed Technology (2nd. Vol.). Iran University Press. (in Persian abstract).

**Kaya, M.D., G. Okcu, M. Atak, Y. Cikili, Ö, Kolsarici.** 2006. "Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annus* L.)", European Journal of Agronomy, 24: 291-295.

**Li, X.N., M. Brestic, D.X. Tan, M. Zivcak, X.C. Zhu, S.Q. Liu, F.B. Song, R.J. Reiter, and F.L. Liu**.

**Tavakkol Afshari, R., A. Hamidi, and A. Shayanfar.** 2021. Seed Biology and Yield of Grain Crops (2nd Ed.). By: Egli, D.B. Mashad Ferdowsi University Press. (in Persian).

**Wijewardana C., K.R. Reddy, L.J. Krutz, W. Gao, and N. Bellaloui.** 2019. Drought stress has transgenerational effects on soybean seed germination and seedling vigor. PLoS ONE 14(9): e0214977.

**Zhang, P., H. Yang, F. Liu, and X. Li.** 2023. Stress Memories for Better Tolerance in Plants—A Potential Strategy for Crop Breeding. Agronomy, 139(2105):1-4.

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

**Sadikshya P., R. Reddy Vennam, A. Shrestha, K. Raja Reddy, N.K. Wijewardane, K.N. Reddy, and R. Bheemanahalli.** 2023. Resilience of soybean cultivars to drought stress during flowering and early-seed setting stages. Scientifc Reports, 13(1277): 1-13.

**Soltani, A., M. Gholipoor, and E. Zeinali.** 2006. "Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity", Environmental Exprimental Botany, 55: 195-200.

# Evaluation of drought stress effect on some germination and vigour traits of four soybeans commercial Cultivars seed produced under low irrigation conditions by standard germination test

**Z.S. Hosseini Tehrani [1], A. Hamidi [2 *], J. Daneshian [3]**

1- M.Sc Graduated, Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj. Iran.

2- Research Associate Professor of Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI), Karaj, Iran. Collection St, Seed and Plant Certification and Registration Institute, Karaj, Iran.

3- Research Professor of Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Karaj, Iran.

## Abstract

In order to evaluation effects of drought stress on some seed germination and vigour of soybean commercial cultivars under low irrigation stress in Seed and Plant Improvement Institute (SPII) research field, an experiment was conducted as factorial based on randomized completely blocks design by 4 replications at seed analysis laboratory of Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI) in Karaj. Treatments was include 4 levels of drought stress in laboratory stress with Poly Etilen Glycol 6000, in potential of 0,-3,-6,-9 MPa, 3 levels of low irrigation stress on seeds mother plant that produced from parent plant irrigation of plants after 50 (normal irrigation), 100 (medium stress), 150 (severe stress) mm evaporation from pan class A, 4 soybean commercial cultivars Williams ،Hamilton & Esex,TMS, Boutny.Studied traits including: Percentage (FGP), normal seedlings percent, abnormal seedlings percent, decay seeds percent, hard seeds percent, mean Germination time (MTG), mean daily germination (MDG), seedling length, seedling length and weight indices. Results showed that interaction of Low irrigation, drought stress, cultivar had significantly effects on all studied traits. Under -9 MPa drought stress in laboratory and normal irrigation of seeds that produced from parent plant in Williams as compared with no drought stress in laboratory and normal irrigation of seed that produced from mother plant MTG 0.90 days, percentage of decay seeds, hard seeds, abnormal seed respectively 0.18, 5.750, 0.60 have increased and MDG 1.28 days, percentage of FGP, normal seeds respectively 1.28 and 4.92 have decreased. Also the results showed that Williams and Boutny are respectively the best and the worst cultivars under drought stress in laboratory.

**Keywords**: Drought stress, Germinability, Low irrigation, Seed vigour, Soybean

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