مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۶ ، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳

مجله پژوهش‌های به زراعی

اثر جوانه‌زنی اولیه، بسترها و دماهای آزمون جوانه‌زنی استاندارد بر جوانه‌زنی بذر و بنیه گیاهچه سه رقم تجاری سویا (*Glycine max* (L.) Merrill)

عسل خسروی[۱]، آیدین حمیدی[۲*]، جهانفر دانشیان[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، 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: ۱۴۰۳/۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۱۷

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی اثر جوانه‌زنی اولیه، بسترها و دماهای آزمون جوانه‌زنی استاندارد بر جوانه‌زنی بذر و بنیه گیاهچه سه رقم تجاری سویا (*Glycine max* (L.) Merrill) در آزمایشگاه تجزیه بذر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج در سال ۱۴۰۲ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل بذر دارای قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا (بالای استاندارد= بالاتر از ۸۰ درصد) و پائین (زیر استاندارد=کمتر از ۸۰ درصد) سه رقم تجاری سویا، صبا (L17)، کوثر (M7) و M9 و بسترهای آزمون جوانه زنی استاندارد روی کاغذ (TP)، بین کاغذ (BP) و ماسه (S) و دماهای ۲۵ درجه سلسیوس ثابت و ۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب بودند. صفات بررسی شده شامل درصد جوانه‌زنی نهایی، درصد گیاهچه عادی، سرعت جوانه‌زنی، متوسط مدت زمان، جوانه‌زنی متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی روزانه، ضریب سرعت جوانه‌زنی، شاخص وزنی بنیه گیاهچه، شاخص طولی بنیه گیاهچه، طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و وزن تر گیاهچه بودند. نتایج نشان داد بذرهای تمامی ارقام بررسی شده دارای قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا به‌لحاظ تمامی صفات بررسی شده برتر از بذرهای قابلیت جوانه‌زنی اولیه پائین بودند. رقم صبا(L17) ازلحاظ خصوصیات جوانه‌زنی بذر و بنیه گیاهچه نسبت به ارقام کوثر (M7) و M9 از برتری برخوردار بود. استفاده از بسترهای بین کاغذ (BP) و ماسه (S) و دمای جوانه‌زنی۲۵ درجه سلسیوس ثابت و۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب به یک اندازه برای انجام آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذر این ارقام مناسب بودند.

واژه‌های کلیدی: ارقام سویا، آزمون‌های بنیه بذر، شاخص بنیه گیاهچه

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

مقدمه

سویا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی و پروتئینی به‌شمار می‌رود که با دارا بودن ۲۰-۱۴ درصد روغن و ۴۰-۳۰ درصد پروتئین اهمیت فوق‌العاده‌ای در تغذیه انسان، دام و طیور و مصارف متعدد صنعتی داشته و درحال حاضر این گیاه روغنی از نظر مجموع تولید و تجارت بین‌المللی، مهم‌ترین دانه نیامداران می‌باشد (Norberg & Deutsch, 2023). براساس آخرین آمار منتشره وزارت جهاد کشاورزی سطح کشت سویا در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در ۲۴۱۸۹ هکتار، میزان تولید ۴۵۲۲۳ تن و عملکرد در هکتار آن در زراعت دیم ۱۴۲۶ و در زراعت آبی ۱۹۳۲ کیلوگرم در هکتار بوده است (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2022). همچنین در کشور در سال ۱۴۰۲ از سطح۱۰۰۵ هکتار اراضی مزارع تولید بذر سویا ۲۴۵۰ تن بذر سویا تولید و گواهی شده است (Seed and Plant Certification and Registrtation Institute, 2023). برای به حداکثر رساندن تولید سویا نیاز به تأمین بذر کافی و با کیفیت بالا از رقم‌های اصلاح شده است. این حجم زیاد بذر برای کاشت، در درجه اول به‌وسیله صنعت بذر متشکل از تولیدکنندگان حرفه‌ای بذر تأمین می‌شود. با این حال، تقریباً تمام بذر مورد نیاز برای کاشت، باید هر سال تولید و به بازار عرضه گردد، چون بذر سویا دارای کیفیت نامشخص و طول عمر کوتاه است. از آزمون جوانه‌زنی جهت تعیین حداکثر قوه‌نامیه[1] و قابلیت جوانه‌زنی[2] توده بذری و مقایسه نتیجه به‌دست آمده با کیفیت سایر توده‌ها و همچنین برآورد ارزش کاشت در مزرعه استفاده می‌گردد. نتایج آزمایش در شرایط مزرعه موثق نمی‌باشد. زیرا این نتایج قابل تکرار نمی‌باشند. در نتیجه از روش‌های آزمایشگاهی استاندارد، برای کنترل شرایط محیطی به‌منظور جوانه‌زنی

[1] - Viability
[2]- Germination ability

کامل، سریع و یکنواخت در اکثر نمونه‌های بذرهای گونه‌های مختلف ازجمله سویا استفاده می‌گردد. شرایط آزمون جوانه‌زنی باید استاندارد باشند تا به‌توان نتایج آزمایش‌ها را تحت شرایط کنترل شده و نزدیک به شرایط محیطی با استفاده از نمونه‌های تصادفی دوباره تکرار نمود. سرعت، ارزانی، قابلیت تکرار، دقیق بودن، سادگی و همبستگی مثبت و بالا با کارکرد[1] بذر در مزرعه آزمون جوانه‌زنی و بنیه می‌تواند در آگاهی و تصمیم راجع به اختلاف ارزش توده بذرها استفاده شود (Hamidi, 2017).

سرعت بالای جوانه‌زنی بذر و ظهور گیاهچه در مزرعه سویا در تولید محصول آن بسیار مهم است زیرا عاملی تعیین‌کننده در تراکم بوته مطلوب و درنتیجه تولید عملکرد مورد انتظار محصول می‌باشد. بنابراین ارزیابی دقیق پتانسیل جوانه‌زنی بذرهای مورد استفاده برای کاشت به اندازه‌گیری کیفیت جوانه‌زنی اولیه بذرهای تازه برداشت و فرآوری شده سویا از اهمیت برخوردار است (Milivojević *et al.*, 2020).

جوانه‌زنی و بذر و ظهور گیاهچه سویا می‌تواند تحت تأثیر گروه رسیدگی رقم، ترکیب بذر و شرایط مزرعه محل کشت و سایر عوامل محیطی و نیز مدیریت تولید قرار گیرد. استاندارد ملی رطوبت بذر سویا ۱۲ درصد می‌باشد (www.spcri.ir) ولی وقوع شرایط آب و هوائی گرم و خشک و وزش بادهای گرم و خشک در دوره رسیدگی بذر سویا روی گیاه مادری در مزرعه تولید بذر در مناطق تولید این بذر که از آب و هوای مرطوب برخوردار نیستند می‌تواند منجربه کاهش شدید محتوای رطوبت بذرها و درنتیجه خسارت مکانیکی به‌صورت لپه شدن و ترک خوردگی و شکستگی لپه شده و نیز باعث کاهش جوانه‌زنی و بنیه بذرها به‌علت بروز خسارت ناشی از جذب آب زیاد در طی فرآیند جوانه‌زنی[2] شود، زیرا بذرهای به شدت خشک شده به مقدار و با سرعت بیشتر از حد معمول آب از محیط کشت جذب می‌نمایند.

[1]- Performance

[2]- Imbibition injury

خسارت ناشی از جذب آب زیاد در طی فرآیند جوانه‌زنی عارضه‌ای است به‌علت برخورداری لپه‌های بذر سویا از میزان زیادی پروتئین و سایر مواد جذب کننده رطوبت می‌تواند با جذب آب بیشتر از حد نیاز به محور جنینی در حین جوانه‌زنی آسیب وارد نماید. بذرهای ارقام مختلف سویا باتوجه به میزان مواد پروتئینی جاذب‌الرطوبه محتوی ترکیب بذر ممکن است در هنگام برداشت و یا در پایان فرآوری به میزان۰/۱۲ گرم آب به ازای هر گرم وزن تر (میزان رطوبت معادل[1] استاندارد) و یا مقادیر رطوبت معادل کمتر، مثلاً ۰/۰۸ یا ۰/۰۷ گرم آب به ازای هر گرم وزن تر (میزان رطوبت معادل کمتر از استاندارد برخوردار باشند (Le Van *et al.*, 2008) . براساس قوانین بین‌المللی آزمون بذر [2]انجمن بین‌المللی آزمون بذر(ISTA)[3] آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذر سویا برای گواهی آن می‌تواند در دمای‌های ۲۵ درجه سلسیوس ثابت یا ۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب و در بسترهای کشت روی کاغذ (TP)، بین کاغذ (BP) و ماسه(S) درون ژرمیناتور کالیبره انجام شود. علاوه‌بر عوامل و شرایط مؤثر بر جوانه‌زنی بذر و ظهور گیاهچه سویا فوق الذکر محیط کشت آزمون جوانه‌زنی استاندارد نیز در بذرهای برداشت شده با رطوبت کمتر از استاندارد ممکن است به‌علت برخورداری محیط‌های کشت آزمایشگاهی از محتوای رطوبت متفاوت، سبب بروز خسارت ناشی از جذب آب زیاد در طی فرآیند جوانه‌زنی گردد که نتیجه آزمون جوانه‌زنی استاندارد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر بستر کشت و دمای آزمون جوانه‌زنی استاندارد بر بذرهای دارای قابلیت جوانه‌زنی اولیه پائین و بالای استاندارد سه رقم تجاری سویا برداشت شده با رطوبت زیر استاندارد اجرا شد.

[1] -Equilibrated moisture content
[2]- International Rules for Seed Testing
[3]- International Seed Testing Association (ISTA)

مواد و روش

به‌منظور ارزیابی جوانه‌زنی و بنیه بذرهای دارای قابلیت جوانه‌زنی اولیه متفاوت سه رقم تجاری سویا در دماها و بسترهای مختلف آزمون جوانه‌زنی استاندارد[1]، تحقیقی در آزمایشگاه تجزیه بذر اعتبارسنجی شده(آکرودیته[2]) بین-المللی(IRDL01) مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی نهال در کرج در سال۱۴۰۲ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل بذرهای دارای قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا (بالای استاندارد)، و پائین(زیر استاندارد) سه رقم تجاری سویا صبا (L17)، کوثر (M7) و M9، دو دمای ۲۵ درجه سلسیوس ثابت[3] و ۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب[4] و سه بستر کشت آزمون جوانه‌زنی استاندارد طبق دستورالعمل بین‌المللی آزمون بذر انجمن بین‌المللی آزمون بذر (ISTA) روی کاغذ (TP)[5]، بین کاغذ (BP)[6] (کاغذ جوانه‌زنی نوع واتمن شماره۱) و ماسه (S)[7] بودند (ISTA, 2023). باتوجه به این که استاندارد ملی درصد جوانه‌زنی بذر سویا۸۰ درصد است (www.spcri.ir)، نمونه‌های کاری[8] بذرهای مورد استفاده از نمونه‌های ارسالی[9] از توده بذرهای تولید شده در سال۱۴۰۲ دارای بالاترین(۸۳ درصد) و پائین‌ترین(۷۰ درصد) قابلیت جوانه‌زنی هر رقم انتخاب شدند. سپس آزمون جوانه‌زنی استاندارد و تجزیه و تحلیل رشد گیاهچه به‌صورت آزمایش فاکتوریل ۴ عاملی(رقم در ۳ سطح × قابلیت جوانه‌زنی اولیه در ۲ سطح× دمای جوانه‌زنی در ۲ سطح × بستر کشت در ۳ سطح) بر پایه طرح آزمایشی کاملاً تصادفی (CRD)[10] با چهار تکرار اجرا شد.

سویای رقم کوثر (M7) در سال۱۳۷۲ ازطریق پرتوتابی گاما بر روی بذرهای رقم کلارک(Clarck)، اصلاح گردید و مقاومت

[1]- Standard germination test
[2]- Accredited
[3]- Constant
[4]- Alternating
[5]- Top of paper
[6]- Between paper
[7]- Sand
[8]- Working samples
[9]- Submited samples
[10]-Completely Randomized Design (CRD)

بالاتری نسبت به بیماری بوته‌میری فیتوفترایی و کم آبی، داشته و متوسط طول دوره رشد آن۱۰۰ تا ۱۱۰ روز بوده و از ارقام زودرس محسوب می‌شود. تیپ رشدی نامحدود، گل‌های بنفش، سیستم چندشاخه، ۲۱ درصد روغن، ۳۷ درصد پروتئین، ارتفاع بوته ۹۰ سانتی‌متر، مقاوم به ریزش دانه و خوابیدگی از دیگر ویژگی های این رقم است. به‌طور میانگین۲ تا ۲/۵ تُن در هکتار دانه تولید کرده و در شهرهای اصفهان، مشهد، سنندج، خرم‌آباد، الشتر، بروجرد کشت و کار می‌شود (Babaei *et al.*, 2019). سویای رقم صبا (L17) در سال ۱۳۶۲ از دورگ‌گیری دو لاین یونیون [1]و الف[2] اصلاح شده و رقمی میان‌رس و دارای رشد نامحدود و فرم شاخه بندی تک شاخه با متوسط ارتفاع بوته ۱۱۰ سانتی‌متر و دارای عملکرد مناسب (۳/۵ تا ۴ تن در هکتار)، مقاوم به خوابیدگی بوته و ریزش دانه و نیمه‌متحمل به تنش کم‌آبی است. دانه این رقم به‌طور متوسط ۲۰ درصد روغن و ۳۶ درصد پروتئین دارد و در اکثر نقاط کشور کشت و کار می‌شود، اما در استان اردبیل عملکرد بهتری داشت. همچنین رقم تجاری سویای M9 یک جهش یافته(موتانت) زودرس است که ازطریق جهش‌زائی(موتاسیون) از رقم تجاری کلارک[3] اصلاح شده و برای کشت در اقلیم معتدل و معتدل سرد مناسب است (Daneshian *et al.*, 2021).

به‌منظور تعیین سرعت و زمان جوانه‌زنی به طور روزانه ظرف‌های کشت شده مورد بازدید قرار گرفت و تعداد بذرهای جوانه‌زده یادداشت شد. با شمارش روزانه تعداد بذرهای جوانه‌زده، برخی از شاخص‌های جوانه‌زنی مرتبط با بنیه بذر و گیاهچه به شرح زیر برآورد گردیدند:

۱-متوسط زمان جوانه‌زنی (MTG)[1] که شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی محسوب

[1]- Union
[2]- Elf
[3]- Clark

می‌گردد با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Ranal & De Santana, 2006):

(رابطه ۱)

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

که در این رابطه : n تعداد بذر جوانه زده در طی d روز، d = تعداد روزها و $\sum n$ = کل تعداد بذرهای جوانه زده هستند (Ranal & De Santana, 2006).

۲-ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG)[2] نیز که مشخصه سرعت و شتاب جوانه‌زنی بذر است از رابطه زیر محاسبه شد:

(رابطه ۲)

$$CVG = \frac{G_1 + G_2 + ... + G_n}{(1 \times G_1) + (2 \times G_2) + ... + (n \times G_n)}$$

که در این رابطه G_1-G_n تعداد بذر جوانه زده از روز اول تا آخر آزمون است (Ranal & De Santana, 2006).

در پایان آزمون جوانه‌زنی استاندارد تمامی بذرهای جوانه‌زده و گیاهچه‌های ایجاد شده شمارش و درصد آنها به‌عنوان درصد جوانه‌زنی نهائی (FGP)[3] تعیین شد. همچنین گیاهچه‌ها براساس معیارهای انجمن بین‌المللی آزمون بذر(ISTA) ارزیابی شدند (Don & Ducournau, 2018) و گیاهچه‌های عادی[4] تعیین و درصد آنها ثبت شد. داده‌های درصد جوانه‌زنی نهایی به‌منظور محاسبه شاخص‌های زیر مورد استفاده قرار گرفتند:

۳-متوسط جوانه‌زنی روزانه (MDG)[5] که شاخصی از سرعت جوانه‌زنی روزانه است، با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید (Ranal & De Santana, 2006):

(رابطه ۳)

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

در این رابطه، FGP درصد جوانه‌زنی نهایی و D تعداد روز تا رسیدن به حداکثر جوانه‌زنی

1- Mean time to germination
2- Coefficient of Velocity of Germination
3- Final Germination Percent(FGP)
4- Normal seedlings
4 Mean daily germination

نهایی (طول دوره اجرای آزمون) است (Ranal & De Santana, 2006).

۴-سرعت جوانه‌زنی روزانه (DGS)[1] نیز عکس متوسط جوانه‌زنی روزانه است که با فرمول زیر محاسبه شد (Ranal and De Santana, 2006).

(رابطه ۴)

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

همچنین به‌منظور بررسی و ارزیابی بنیه بذر و گیاهچه تیمارهای موردنظر، تجزیه و تحلیل رشد گیاهچه پس از پایان آزمون جوانه‌زنی استاندارد انجام شد. بدین منظور تعداد ۱۰ گیاهچه عادی به‌طور تصادفی از هر تکرار انتخاب شدند. سپس اندازه‌گیری طول گیاهچه، با استفاده از خط‌کش مدرج برحسب سانتی‌متر با دقت ۱ میلی‌متر انجام شد و وزن‌تر گیاهچه‌ها با استفاده از ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۱ ± گرم اندازه‌گیری شد. وزن خشک گیاهچه‌ها نیز با خشک‌کردن آنها در آون با دمای ۰/۵ ± ۷۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت با توزین با استفاده از ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۱ ± گرم مشخص گردید.

همچنین با استفاده از داده‌های طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و درصد گیاهچه‌های عادی شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه با استفاده از روابط زیر محاسبه گردیدند (Milošević *et al.*, 2010).

(رابطه۵)

شاخص طولی بنیه گیاهچه =

طول گیاهچه × قابلیت جوانه‌زنی

(رابطه۶)

شاخص وزنی بنیه گیاهچه =

وزن خشک گیاهچه × قابلیت جوانه‌زنی

تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.2 و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel 2013 انجام شدند. توزیع نرمال داده‌های صفات درصدی و کشیدگی[2] و چولگی[1] آنها ابتدا بررسی شده و

[1]- Daily germination speed

[2] -Kurtosis

درصورت نیاز تبدیل آرک سینوسی شدند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از طرح آزمایشی کاملاً تصادفی (CRD) انجام شد. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن[۲] استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد، اثرات متقابل قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت و رقم × دمای جوانه‌زنی بر درصد جوانه‌زنی نهایی معنی‌دار بودند. همچنین اثرات متقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه، قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت و بستر کشت × دمای جوانه‌زنی درصد گیاهچه‌های عادی معنی‌دار شدند. سرعت جوانه‌زنی نیز به طور معنی داری تحت تأثیر اثرات متقابل رقم× قابلیت جوانه‌زنی اولیه و بستر کشت× دمای جوانه‌زنی قرار داشت. اثرات متقابل بستر کشت × دمای جوانه‌زنی و رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه × دمای جوانه‌زنی برای متوسط زمان جوانه‌زنی معنی‌دار بودند. متوسط جوانه‌زنی روزانه به طور معنی داری تحت تأثیر اثرات‌متقابل قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت و اثرمتقابل رقم × دمای جوانه‌زنی قرار گرفت. اثرات‌متقابل قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت و رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه × دمای جوانه‌زنی بر سرعت جوانه‌زنی روزانه معنی دار شدند. اثرات‌متقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه × دمای جوانه‌زنی و بستر کشت × دمای جوانه‌زنی بر ضریب سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بودند. اثرمتقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی × بستر کشت × دمای جوانه‌زنی بر روی شاخص وزنی بنیه گیاهچه معنی‌دار بود. همچنین اثرات‌متقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه × دمای جوانه‌زنی و بستر کشت × دمای جوانه‌زنی بر شاخص طولی بنیه گیاهچه و اثر دمای جوانه‌زنی و اثرمتقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت بر طول گیاهچه و اثرات‌متقابل رقم × دمای جوانه‌زنی و قابلیت جوانه‌زنی اولیه× بستر کشت × دمای جوانه‌زنی بر وزن خشک گیاهچه معنی

[1] -Skewness
[2]- Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

دار بوده و وزن تر گیاهچه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرمتقابل رقم× قابلیت جوانه‌زنی اولیه بذر× بستر کشت× دمای جوانه‌زنی قرار داشتند (جدول ۱).

درصد جوانه‌زنی نهایی

مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت نشان داد بالاترین درصد جوانه‌زنی نهایی مربوط به بذرهای با قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا کشت شده بین کاغذ به میزان۹۹ درصد بود و کمترین مقدار آن مربوط به بذرهای با قابلیت جوانه‌زنی اولیه پایین در روش کشت بذر روی کاغذ جوانه‌زنی به میزان ۸۸/۷ درصد بود (شکل۱). محققین مختلفی جوانه‌زنی بذر و بنیه، ظهور و استقرار گیاهچه متفاوت بذرهای ارقام و توده‌های مختلف بذر یک رقم سویا در شرایط مختلف محیطی گزارش کردند که این امر نشان‌دهنده اثر متقابل بین توده بذر و شرایط محیطی ازجمله دمای و بستر بذر جوانه‌زنی بذر است (Abd Ghani *et al.*, 2023; Bagateli *et al.*, 2019; Khajeh-Hosseini *et al.*, 2003). Khajeh-Hosseini *et al* (2003) بیان نمودند، بذرهای دارای قابلیت جوانه‌زنی مختلف سویا ازلحاظ برخی صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر دارای تفاوت معنی‌داری بودند.

Pasandideh *et al* (2014) نشان دادند، بذرهای با قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالاتر دارای درصد گیاهچه عادی و ظهور گیاهچه بیشتر می‌باشند. باتوجه به این که آزمون جوانه‌زنی استاندارد در شرایط بهینه برای جوانه‌زنی در محیط کنترل شده (ژرمیناتور و یا اتاق رشد) اجرا می‌گردد، بنابراین درصد جوانه‌زنی بذر در

شرایط آزمایشگاه همواره بیشتر از شرایط مزرعه می‌باشد و بر این اساس برآورد بنیه بذر اهمیت بیشتری دارد و به‌عنوان شاخص دقیق‌تری در بررسی کیفیت بذر نمود پیدا می‌کند (Milošević *et al.*, 2010).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ارزیابی صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر و بنیه گیاهچه سه رقم تجاری سویای مورد بررسی با قابلیت جوانه‌زنی اولیه متفاوت در بسترها و دماهای مختلف جوانه‌زنی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات(MS)					
		درصد جوانه‌زنی نهائی	درصد گیاهچه عادی	سرعت جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	سرعت جوانه‌زنی روزانه
رقم(A)	۲	۰/۰۱۵**	۰/۰۰۱۲۰**	۱۷/۵۲۳**	۰/۵۸۷**	۶۹۹/۶**	۱۹۳۶/۸**
قابلیت جوانه‌زنی اولیه(B)	۱	۰/۰۱۸**	۰/۰۰۲۳۱**	۳۳/۵۴۳**	۰/۵۳۴**	۱۹۷۰/۵**	۱۳۳۰۱/۸**
A×B	۲	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۶۵**	۸/۶۲۷**	۰/۰۲۲ns	۲۵۸/۵**	۹۷۳/۴**
بستر کشت(C)	۲	۰/۱۱۸**	۰/۰۰۰۲۳**	۲/۷۷۸**	۴/۸۲۸**	۳۷۸۵/۷**	۷۶۰/۱**
A×C	۴	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱۳**	۱/۴۹۴**	۰/۰۱۲ns	۳۲/۳ns	۶۰/۹ns
B×C	۲	۰/۰۲۵*	۰/۰۰۰۱۴*	۱/۴۶۵*	۱/۶۴۸**	۱/۹**	۲۷۷/۸*
A×B×C	۴	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۰۰۶ns	۰/۶۶۶ns	۰/۱۴۸*	۲۴/۸ns	۵۶/۹ns
دمای جوانه‌زنی(D)	۱	۰/۰۵۴**	۰/۰۰۰۲۶*	۳/۵۱۶**	۰/۱۱۳ns	۶۲۲/۱**	۵۳/۸ns
A×D	۲	۰/۰۶۲**	۰/۰۰۰۱۱ns	۰/۳۴۹ns	۰/۰۴۷ns	۶۳۳/۷**	۸/۸ns
B×D	۱	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۰۰۸ns	۰/۹۱۸ns	۰/۰۲۱ ns	۱۸/۸ns	۳۸/۸ ns
A×B×D	۲	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۰۰۱ns	۰/۱۲۷ns	۰/۱۰۸*	۶۹۸/۲**	۴۳۷/۴*
C×D	۲	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۰۲۴*	۱/۳۹۶*	۰/۱۵۳ ns	۶۸/۲ ns	۱۲۵/۴ ns
A×C×D	۴	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۰۰۳ns	۰/۲۶۸ns	۰/۰۱۵ns	۳۶/۰ ns	۱۶/۹ns
B×C×D	۲	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۰۰۴ns	۰/۴۶۵ns	۰/۰۴۵ns	۳۱/۸ns	۳۴/۸ns
A×B×C×D	۴	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۰۰۳ns	۰/۲۹۱ns	۰/۰۱۶ns	۸/۲ns	۸۸/۹ns
اشتباه آزمایش	۱۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۳	۰/۳۸۷	۰/۴۱۰	۱۸/۳	۶۳/۵
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۸۵	۶/۳۴	۵/۲۷	۷/۹۷	۱۱/۲۰	۱۰/۳۵

ns غیرمعنی‌دار و * و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

Rocha *et al* (2020) نشان دادند با بررسی جوانه‌زنی بذر سویا در بسترهای کشت مختلف، مشاهده نمودند فرآیند جوانه‌زنی بذر سویا برای گواهی در بستر بین کاغذ (BP) به نحو مطلوب‌تری انجام شد و درصد جوانه‌زنی بذرها بالاتر بود. بستر کشت و دمای جوانه‌زنی دو

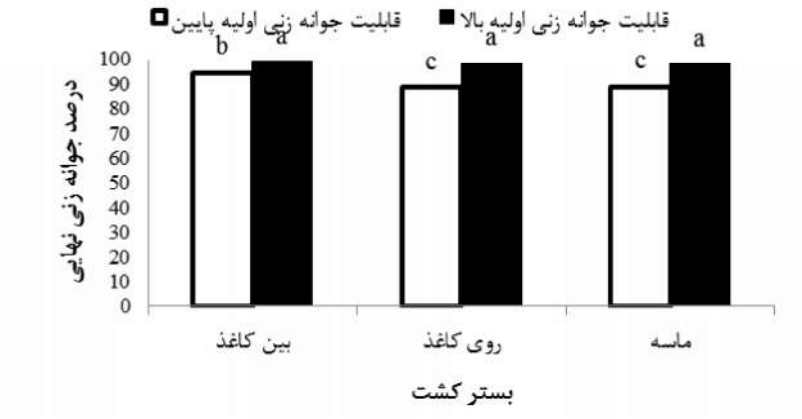
عامل مهمی هستند که بر رفتار جوانه‌زنی بذرها طی آزمون جوانه‌زنی تأثیر می‌گذارد (Oliveira *et al.*, 2015).

نوع بستر کشت در آزمون جوانه‌زنی بر جوانه‌زنی بذر و رشد بعدی گیاهچه براساس ظرفیت نگهداری آب، میزان قابلیت تهویه و آلودگی به عوامل بیماری‌زا مؤثر است. بستر کشت برای تأمین رطوبت مورد نیاز برای جوانه‌زنی بذر باید بتواند به‌طوری مرطوب باقی بماند که رطوبت مازاد در آن باقی نماند زیرا رطوبت زیاد در بستر کشت موجب تسریع زوال بذر با ایجاد شرایط مناسب برای رشد عوامل بیماری‌زا در آن گردد و برعکس ظرفیت ناکافی نگهداری رطوبت بستر کشت سبب عدم تأمین آب لازم برای اجرای فرآیندهای ضروی جوانه زنی بذر می‌گردد (Oliveira *et al.*, 2015).

ادامه جدول ۱-

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات(MS)					
		ضریب سرعت جوانه‌زنی	شاخص وزنی بنیه گیاهچه	شاخص طولی بنیه گیاهچه	طول گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	وزن تر گیاهچه
رقم(A)	۲	۱۱۲۱/۴**	۹۰/۱۱**	۳۰۸۹۹۵۶**	۱۱۰/۹**	۰/۰۰۲**	۰/۰۲۲*
قابلیت جوانه‌زنی اولیه(B)	۱	۲۱۵۶/۸**	۳۴۸/۴۴**	۱۱۳۱۹۳۰۰**	۱۴۳/۳**	۰/۰۰۲**	۰/۲۲۲**
A×B	۲	۵۲۲/۱**	۲/۷۵^{ns}	۱۲۵۷۳۰۶**	۱۳۶/۹**	۰/۰۰۱**	۰/۱۵۳**
بستر کشت(C)	۲	۱۷۷/۸**	۱۵۱/۳۲**	۱۷۱۹۷۱۵۶**	۲۳۷۱/۳**	۰/۰۱۳**	۵/۲۴۶*
A×C	۴	۹۵/۶**	۲/۶۵^{ns}	۹۰۲۰۰^{ns}	۰/۴^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}
B×C	۲	۲۵/۳ ^{ns}	۴/۵۹^{ns}	۳۹۵۲^{ns}	۴۴/۴**	۰/۰۰۰۶^{ns}	۰/۰۱۶^{ns}
A×B×C	۴	۴۲/۶^{ns}	۳/۸۹^{ns}	۵۲۹۷۱^{ns}	۱۶/۹*	۰/۰۰۱**	۰/۰۷۷**
دمای جوانه‌زنی(D)	۱	۲۵۵/۰**	۱/۲۳^{ns}	۴۸۱۴۰۰۲**	۷۶۸/۷**	۰/۰۰۰۳^{ns}	۱/۲۸۴**
A×D	۲	۸/۸^{ns}	۱/۸۲^{ns}	۳۹۷۸^{ns}	۳/۸^{ns}	۰/۰۰۳*	۰/۰۲*
B×D	۱	۵۸/۸^{ns}	۱۲/۸۰**	۹۲^{ns}	۱۰/۲^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۵۲**
A×B×D	۲	۸۶/۳*	۴/۱۷^{ns}	۲۳۸۴۲۹*	۱۵/۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}
C×D	۲	۹۳/۸*	۲۲/۳۹**	۲۴۴۹۶۲*	۴/۳^{ns}	۰/۰۰۱**	۰/۱۰۲**
A×C×D	۴	۱۷/۲^{ns}	۰/۹۴^{ns}	۹۱۹۷۸^{ns}	۷/۴^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}
B×C×D	۲	۲۹/۸^{ns}	۳/۴۳^{ns}	۱۵۰۵۷۹^{ns}	۱۰/۳^{ns}	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۵^{ns}
A×B×C×D	۴	۱۸/۶^{ns}	۵/۱۸*	۹۷۰۵۳^{ns}	۸/۴^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۳۱**
اشتباه آزمایش	۱۰۸	۲۴/۶	۱/۸۲	۶۷۰۵۵	۵/۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۶
ضریب تغییرات(درصد)		۵/۲۵	۱۴/۶۰	۶/۳۴	۹/۹۴	۷/۸۳	۷/۸۴

ns غیر معنی‌دار و * و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

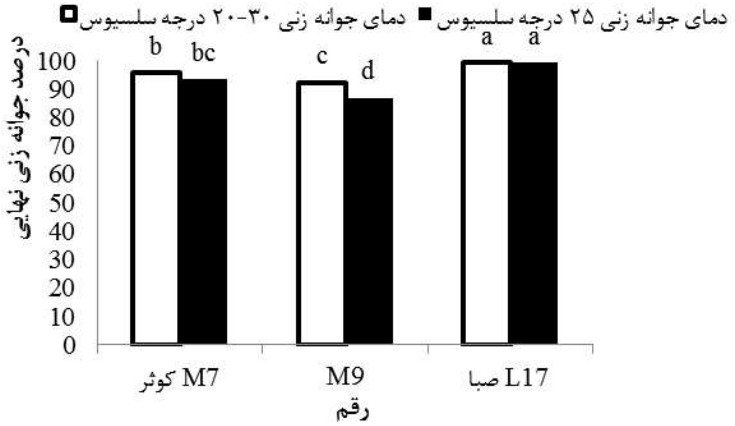


شکل ۱- مقایسه میانگین اثرمتقابل قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت بر درصد جوانه‌زنی نهایی
مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل رقم × دمای جوانه‌زنی نیز نشان داد بالاترین درصد جوانه‌زنی نهایی

به میزان ۹۹/۳ درصد مربوط به بذرهای رقم صبا (L17) کشت شده در هر دو دمای جوانه-زنی و کمترین مقدار آن به میزان ۸۷ درصد مربوط به بذرهای رقم M9 کشت شده در دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت بود (شکل۲). بنابراین این نتایج نشان داد که دمای بالاتر و ثابت تأثیر بهتری بر درصد جوانه‌زنی نهایی داشت.

Cover *et al* (2019) تفاوت معنی‌دار ارقام مورد بررسی سویا از لحاظ درصد جوانه‌زنی در شمارش نخست، در دماهای جوانه‌زنی مختلف را مشاهده کردند. (Abd Ghani *et al* 2023) نیز جوانه‌زنی بذر دو رقم سویا را تحت سه دمای۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سلسیوس در چهار مدت سه، پنج، هفت و ۹ روز بررسی کردند و نشان داد ارقام مورد بررسی ازنظر درصد جوانه‌زنی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند و بذرهای در دمای۲۵ درجه سلسیوس از درصد و سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بودند. دما یکی از عوامل محیطی است که جوانه‌زنی بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و البته هر گونه گیاهی از دماهای کمینه، بهینه و بیشینه اخصاصی برای جوانه‌زنی برخوردار است (Bewely *et al*., 2013). (Oliveira *et al* 2015) گزارش کردند بذرهای گونه *Callisthene fasciculate* در دمای

جوانه‌زنی ۲۰ و درجه سلسیوس دارای بیشترین درصد جوانه‌زنی بودند. دماهای متفاوت اثرات مختلفی بر جوانه‌زنی دارند به‌طوری‌که در دماهای پائین‌تر و یا بسیار بالاتر از دمای بهینه برای جوانه‌زنی هر گونه گیاهی جوانه‌زنی بذر به‌شدت کاهش یابد یا بذر جوانه نزند و یا سرعت جوانه‌زنی با افزایش دما از دماهای نزدیک به دمای بهینه برای جوانه‌زنی تا اندکی بالاتر افزایش یابد. گونه دمای بهینه برای جوانه‌زنی بذرها دمایی است که بذرها در آن دما از حداکثر جوانه‌زنی و بیشترین سرعت جوانه‌زنی برخوردار است (Bewely *et al.*, 2013).

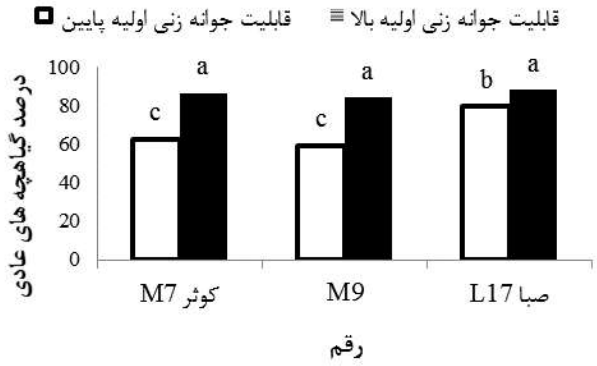


شکل ۲- مقایسه میانگین اثرمتقابل رقم × دمای جوانه‌زنی بر درصد جوانه‌زنی نهایی

درصد گیاهچه‌های عادی

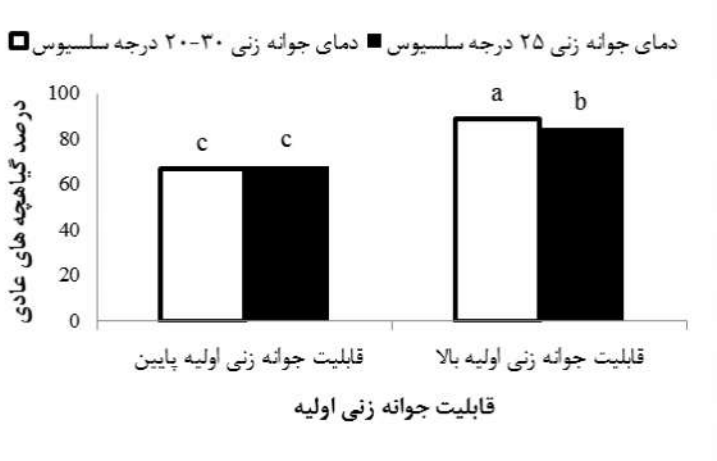
مقایسه میانگین اثرمتقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه نشان داد بالاترین درصد گیاهچه عادی به میزان ۸۶/۸ درصد مربوط به رقم کوثر (M7) با قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا بود، و کمترین مقدار آن مربوط به رقمM9 با قابلیت جوانه‌زنی اولیه پایین به میزان ۵۹/۵ درصد بود (شکل۳). Hamidi *et al* (2020) نشان دادند در مراحل مختلف فرآوری و پس از فرآوری بذر رقم صبا (L17) از درصد گیاهچه‌های عادی کمتری برخوردار بود. سویا رقم بذرها زمانی که آسیب جزئی غشایی دیده

باشند تحت تأثیر تیمارهای مختلف ممکن است با ترمیم غشاء قوه‌نامیه یک توده بذر را بالا ببرند. در کل می‌توان گفت بذری که بنیه خود را برای تولید یک گیاهچه عادی از دست داده باشد غیرقابل برگشت است (Melero *et al.*, 2024).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرمتقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه بر درصد گیاهچه‌های عادی

همچنین مقایسه میانگین اثرمتقابل قابلیت جوانه‌زنی اولیه × دمای جوانه‌زنی نشان داد، بالاترین درصد گیاهچه‌های عادی در بذرهای با قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا در دمای جوانه‌زنی ۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب به میزان ۸۸/۶ درصد بود و کمترین مقدار آن مربوط به بذرهای با قابلیت جوانه‌زنی اولیه پایین کشت شده در دمای ۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب به میزان۶۶/۶ درصد و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ثابت به میزان۶۸/۱ درصد بود. بنابراین بذرهای با قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالاتر از درصد گیاهچه‌های عادی بالاتری برخوردار بودند(شکل ۴). ( ) Cover *et al* 2019 تفاوت معنی‌دار ارقام مورد بررسی سویا از لحاظ درصد گیاهچه‌های عادی را مشاهده کردند.



شکل۴- مقایسه میانگین اثرمتقابل قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت بر درصد گیاهچه‌های عادی

مقایسه میانگین‌ها اثرمتقابل بستر کشت × دمای جوانه‌زنی بر درصد گیاهچه‌های عادی مشخص نمود بالاترین درصد گیاهچه عادی به میزان ۸۲/۷ درصد مربوط به بستر کشت ماسه (S) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بود و کمترین مقدار آن به میزان۶۸/۸ درصد مربوط به بستر کشت روی کاغذ در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ثابت بود (شکل ۵). Milivojević *et al* (2020) اثر چهار بستر کشت روی کاغذ (TP)، بین کاغذ (BP) و ماسه (S) و آلی (O)[1] و دو دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت و ۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب بر درصد گیاهچه‌های عادی و غیرعادی و بذرهای مرده در بذرهای توده های مختلف بذری سویا با قابلیت جوانه‌زنی متفاوت از ۷۷ تا۹۴ درصد را بررسی کردند و مشاهده نمودند در دمای جوانه‌زنی۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب درصد گیاهچه‌های عادی و غیرعادی[2] و بذرهای مرده در بسترهای کشت بررسی شده به طور جزئی و غیرمعنی-داری در بستر کشت آلی نسبت به سایر بسترهای ولی در دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت به‌ویژه در بذرهای با قبلیت جوانه‌زنی اولیه پائین استفاده از بستر کشت آلی

[1] - Organic

[2]- Abnormal seedlings

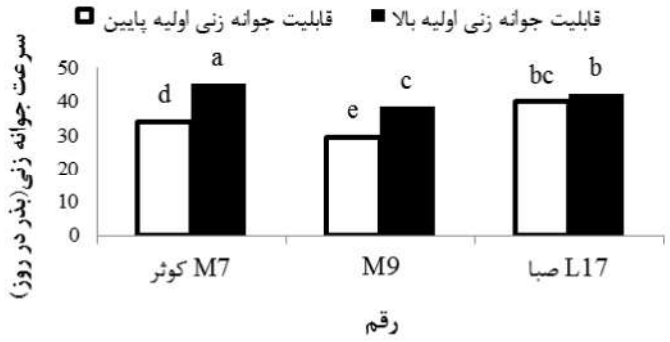
بذرها از جوانه‌زنی بهتری برخوردار بوده و دارای درصد گیاهچه‌های عادی بیشتری بودند. Oliveira *et al* (2015) اثرمتقابل دمای جوانه‌زنی × بستر کشت بر درصد جوانه‌زنی بذر گونه *Callisthene fasciculate* را معنی دار گزارش کردند و بذرهای این گونه در دمای جوانه‌زنی ۲۰ درجه سلسیوس ثابت و بستر کشت بین کاغذ (TP) و نیز دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت و بستر کشت ماسه (S) دارای بیشترین درصد جوانه‌زنی بودند. Pereira & Masetto (2021) جذب آب به‌وسیله توده‌های بذرهای درخلال جوانه‌زنی یک رقم سویا در دماهای جوانه‌زنی ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس بررسی کردند و مشاهده نمودند بذرهای برخوردار از محتوای رطوبت کمتر که رطوبت را برای جوانه‌زنی با سرعت بیشتری جذب می‌نمایند که می‌تواند موجب بروز خسارت ناشی از جذب آب زیاد در طی فرآیند جوانه‌زنی شده و سبب کاهش جوانه‌زنی شود.

شکل۵- مقایسه میانگین اثرمتقابل بستر کشت × دمای جوانه‌زنی درصد گیاهچه‌های عادی

سرعت جوانه‌زنی

نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر اثرمتقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه بذر قرار گرفت و سرعت جوانه‌زنی در بذرهای رقم کوثر (M7) با قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا بیشترین میزان (۴۵/۲۵ بذر در روز) و بذرهای همین رقم با قابلیت جوانه‌زنی اولیه پائین (۳۴/۱ بذر در روز)

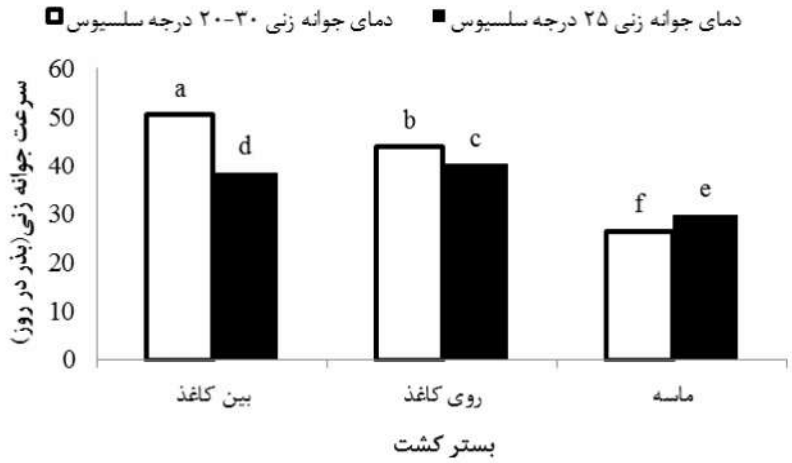
بود. به‌طورکلی بیشترین سرعت جوانه‌زنی بذر در رقم کوثر (M7) و در بذرهای با قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا مشاهده گردید (شکل ۶). سرعت جوانه‌زنی یکی از اولین و مهم‌ترین شاخص‌های بنیه بذر است. سرعت جوانه‌زنی همبستگی زیادی با کیفیت جوانه‌زنی بذر دارد و عکس متوسط جوانه‌زنی روزانه است (Ranal & De Santana, 2006). (Cover *et al* 2019) تفاوت معنی‌دار ارقام مورد بررسی سویا از لحاظ شاخص سرعت جوانه‌زنی را مشاهده کردند.



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم× قابلیت جوانه‌زنی اولیه بر سرعت جوانه‌زنی

نتایج مقایسه میانگین اثرمتقابل بستر کشت× دمای جوانه‌زنی بر سرعت جوانه‌زنی نشان داد که سرعت جوانه‌زنی بذر در بستر بین کاغذ (BP) و دمای۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب در مقایسه با بسترهای کشت روی کاغذ (TP) و ماسه (S) و دمای ۲۵ درجه‌سلسیوس ثابت بیشتر بود (شکل۷). (Abd Ghani *et al* 2023) جوانه‌زنی بذر دو رقم سویا را تحت سه دمای ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سلسیوس در چهار مدت سه، پنج، هفت و ۹ روز بررسی کردند و نشان دادند ارقام مورد بررسی ازنظر سرعت جوانه‌زنی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند و بذرهای در دمای۲۵ درجه سلسیوس از درصد و سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بودند.

Oliveira *et al* (2015) نیز اثرمتقابل دمای جوانه‌زنی × بستر کشت بر سرعت زمان جوانه‌زنی بذر گونه *Callisthene fasciculate* را معنی‌دار اعلام نمودند، مشاهده کردند بذرهای این گونه در دمای جوانه‌زنی ۲۰ درجه سلسیوس ثابت و بستر کشت بین کاغذ (TP) و نیز دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت و بستر کشت ماسه (S) دارای بیشترین سرعت جوانه‌زنی بودند.

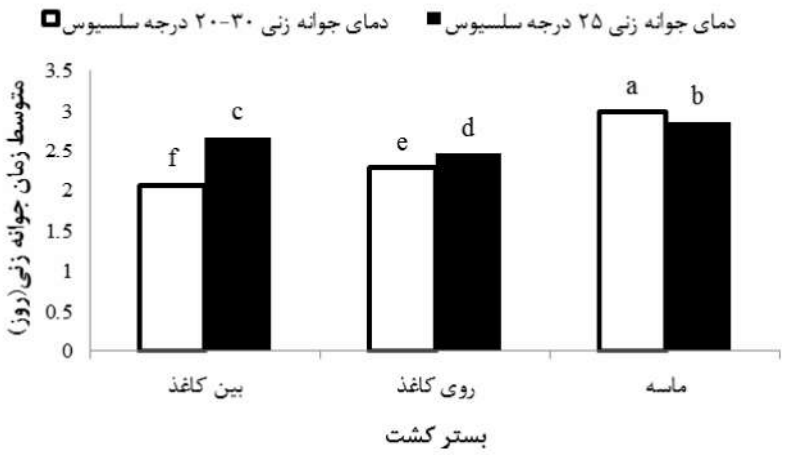


شکل ۷- مقایسه میانگین اثرمتقابل بستر کشت× دمای جوانه‌زنی بر سرعت جوانه‌زنی

متوسط زمان جوانه‌زنی

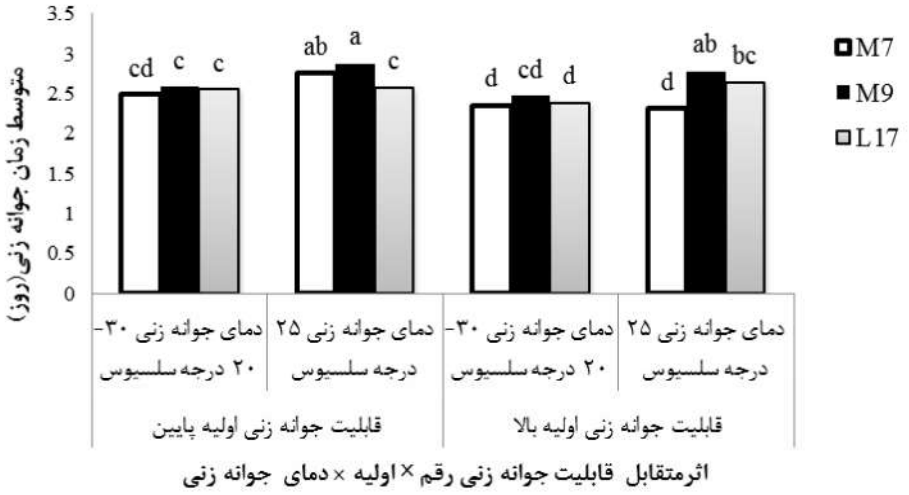
مقایسه میانگین اثرمتقابل بستر کشت × دمای جوانه‌زنی بر متوسط زمان جوانه‌زنی نشان داد کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی در بستر کشت بین کاغذ(BP) و دمای ۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب مشاهده شد (شکل ۸). این نتیجه بیانگر سریع‌تر بودن جوانه‌زنی در این شرایط بود و این درحالی بود که متوسط زمان جوانه‌زنی در بستر کشت ماده در هردو دمای۲۵ درجه سلسیوس ثابت و ۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب بیشتر بود (شکل۸) بنابراین در این شرایط جوانه‌زنی کندتر بود. Oliveira *et al* (2015) اثرمتقابل دمای جوانه‌زنی × بستر کشت بر متوسط زمان جوانه-زنی بذر گونه *Callisthene fasciculate* را معنی‌دار گزارش کردند و بذرهای این گونه در

دمای جوانه‌زنی۲۰ درجه سلسیوس ثابت و بستر کشت بین کاغذ (TP) و نیز دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت و بستر کشت ماسه(S) دارای بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی بذر بودند.



شکل ۸ – مقایسه میانگین اثرمتقابل بستر کشت × دمای جوانه‌زنی بر متوسط زمان جوانه‌زنی

براساس مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه × دمای جوانه‌زنی بر متوسط زمان جوانه‌زنی نشان داد بذرهای دارای قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالای رقم کوثر (M7) در دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت و۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب و بذرهای دارای قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالای رقم صبا (L17) در دمای جوانه‌زنی۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب از مدت جوانه‌زنی کمتری برخوردار بوده و بنابراین سریع‌تر جوانه زدند (شکل ۹). (Khajeh-Hosseini *et al* 2003) مشاهده کردند، بذرهای شش رقم سویای دارای قابلیت جوانه‌زنی بالا دارای کمترین و بذرهای قابلیت جوانه‌زنی پایین دارای بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی بودند و هرچه متوسط زمان جوانه‌زنی کمتر باشد سرعت جوانه‌زنی بیشتر است.

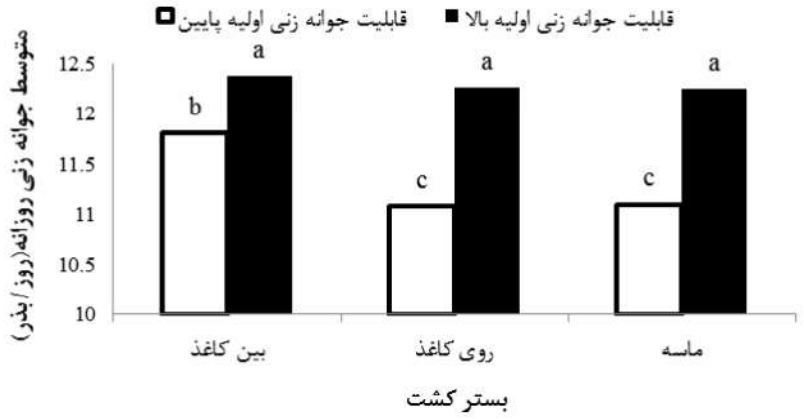


شکل ۹- مقایسه میانگین اثرمتقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه × دمای جوانه‌زنی بر متوسط زمان جوانه‌زنی

متوسط جوانه‌زنی روزانه

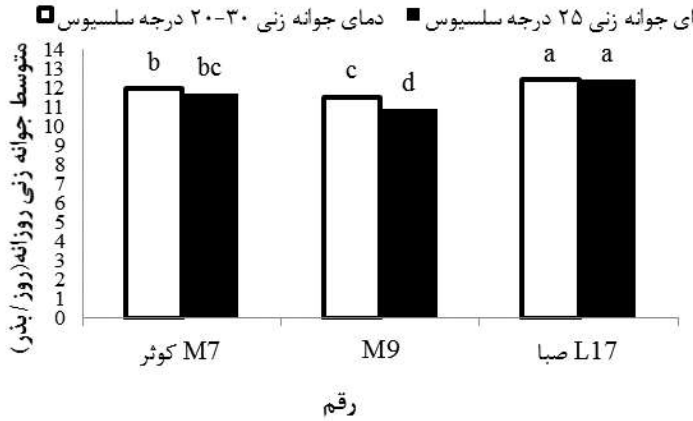
همچنین مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت نشان داد بذرهای دارای قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا کشت شده در محیط‌های کشت روی کاغذ (TP)، بین کاغذ (BP) و ماسه (S) دارای متوسط جوانه‌زنی روزانه بیشتری بوده ولی بذرهای کشت شده در بستر کشت بین کاغذ به‌طور اندکی از متوسط جوانه‌زنی روزانه بیشتری برخوردار بود (شکل ۱۰).

Oliveira *et al* (2015) اثرمتقابل دمای جوانه‌زنی × بستر کشت بر شاخص سرعت جوانه‌زنی بذر گونه *Callisthene fasciculate* را معنی‌دار مشاهده نمودند و بذرهای این گونه در دمای جوانه‌زنی۲۰ درجه سلسیوس ثابت و بستر کشت بین کاغذ (TP) و نیز دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت و بستر کشت ماسه(S) دارای بیشترین شاخص سرعت جوانه‌زنی بودند.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثرمتقابل قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت بر متوسط جوانه‌زنی روزانه

میانگین‌های متوسط جوانه‌زنی روزانه نیز در ارقام مختلف سویا و دماهای مختلف جوانه‌زنی و بسترهای مختلف کشت تفاوت معنی‌دار را نشان داد. به‌طوری‌که مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل رقم × دمای جوانه‌زنی، مشخص کرد بذرهای رقم صبا (L17) در دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت و۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب دارای بیشترین متوسط جوانه‌زنی روزانه بود. بنابراین نسبت به سایر ارقام ازنظر سرعت جوانه‌زنی برتری داشت (شکل ۱۱).



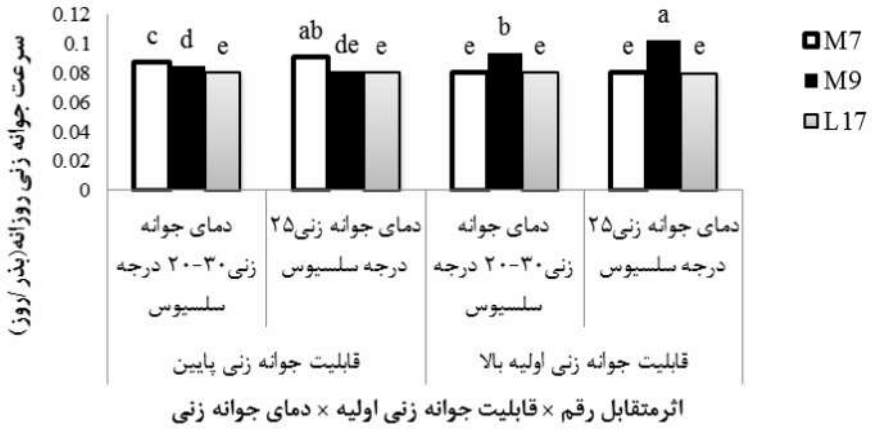
شکل۱۱- مقایسه میانگین اثرمتقابل رقم × دمای جوانه‌زنی بر متوسط جوانه‌زنی روزانه

سرعت جوانه‌زنی روزانه

مقایسه میانگین اثرمتقابل قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت بر سرعت جوانه‌زنی روزانه مشخص نمود بذرهای با قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا در بسترهای کشت بین کاغذ (BP) و ماسه (S) از بالاترین سرعت جوانه‌زنی روزانه برخوردار بودند (شکل ۱۲). بنابراین سرعت جوانه‌زنی روزانه بذر در بذرهای با قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا بیشتر از بذرهای با قابلیت جوانه‌زنی‌اولیه پایین از بود و از نظر بستر کشت نیز سرعت جوانه‌زنی روزانه بذر در بستر کشت بین کاغذ (BP) مشابه بستر کشت ماسه (S) بود و بستر کشت بین کاغذی در مقایسه با سایر محیط‌های کشت کمترین سرعت جوانه-زنی روزانه را داشت. (Oliveira *et al* 2015) اثرمتقابل دمای جوانه‌زنی × بستر کشت بر شاخص سرعت جوانه‌زنی بذر گونه *Callisthene fasciculate* را معنی‌دار گزارش نمودند و بذرهای این گونه در دمای جوانه‌زنی ۲۰ درجه سلسیوس ثابت و بستر کشت بین کاغذ (TP) و نیز دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت و بستر کشت ماسه (S) دارای بیشترین شاخص سرعت جوانه‌زنی بودند.

شکل۱۲- مقایسه میانگین اثرمتقابل قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت بر سرعت جوانه‌زنی روزانه

مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه × دمای جوانه‌زنی بر سرعت جوانه‌زنی روزانه نشان داد، بذرهای کشت شده سویای رقم M9 با قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ثابت بیشترین ضریب سرعت جوانه‌زنی را داشتند. بنابراین ضریب سرعت جوانه‌زنی بذرهای دارای قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالاتر از در مقایسه با بذرهای با قابلیت جوانه‌زنی اولیه پایین کمتر بود (شکل ۱۳). سرعت جوانه‌زنی روزانه بیان کننده سرعت جوانه‌زنی در مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی بذر است.

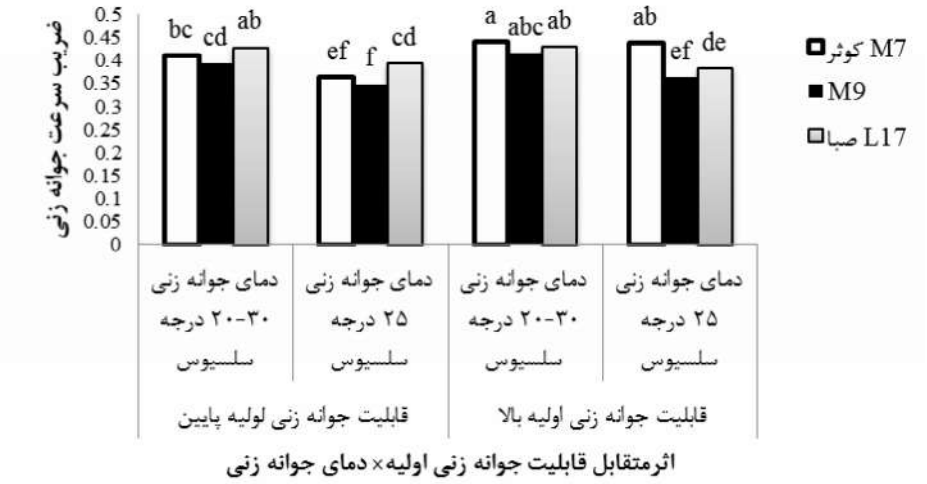


شکل۱۳- مقایسه میانگین اثرمتقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه × دمای جوانه‌زنی بر سرعت جوانه‌زنی روزانه

ضریب سرعت جوانه‌زنی

مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه × دمای جوانه‌زنی بر ضریب سرعت جوانه‌زنی مشخص نمود که کشت بذر رقم کوثر (M7) سویا با قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا در دمای جوانه‌زنی۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب بیشترین ضریب سرعت جوانه‌زنی را داشته است و به‌طور معمول مقادیر مربوط به ضریب سرعت جوانه‌زنی بذرهای دارای قابلیت جوانه‌زنی بالا در مقایسه با بذرهای با قابلیت جوانه زنی اولیه پایین بیشتر بود (شکل ۱۴). طبق نظر Oliveira *et al* (2015) گرچه بذر برخی گونه‌های گیاهی جوانه‌زنی بهتری را در دماهای ثابت نشان می‌دهند، اما گونه‌های

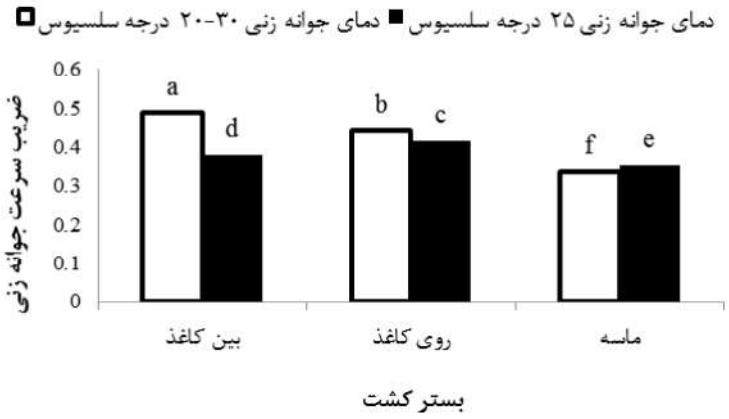
دیگر به دماهای متناوب تمایل دارند، که در آن دماهای طول روز بالاتر از دماهای طول شب است که شرایطی شبیه محیط طبیعی است.



شکل ۱۴- مقایسه میانگین اثرمتقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه × دمای جوانه‌زنی بر ضریب سرعت جوانه‌زنی

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثرمتقابل بستر کشت × دمای جوانه‌زنی نشان داد بذرهای کشت شده در بستر کشت بین کاغذ (BP) در دمای متناوب۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب دارای ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر بودند (شکل ۱۵).

Oliveira *et al* (2015) اثرمتقابل دمای جوانه‌زنی × بستر کشت بر شاخص سرعت جوانه‌زنی بذر گونه *Callisthene fasciculate* را معنی‌دار مشاهده نمودند و بذرهای این گونه در دمای جوانه‌زنی۲۰ درجه سلسیوس ثابت و بستر کشت بین کاغذ (TP) و نیز دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت و بستر کشت ماسه (S) دارای بیشترین درصد جوانه‌زنی بودند.



شکل ۱۵- مقایسه میانگین اثرمتقابل بستر کشت × دمای جوانه‌زنی بر ضریب سرعت جوانه‌زنی

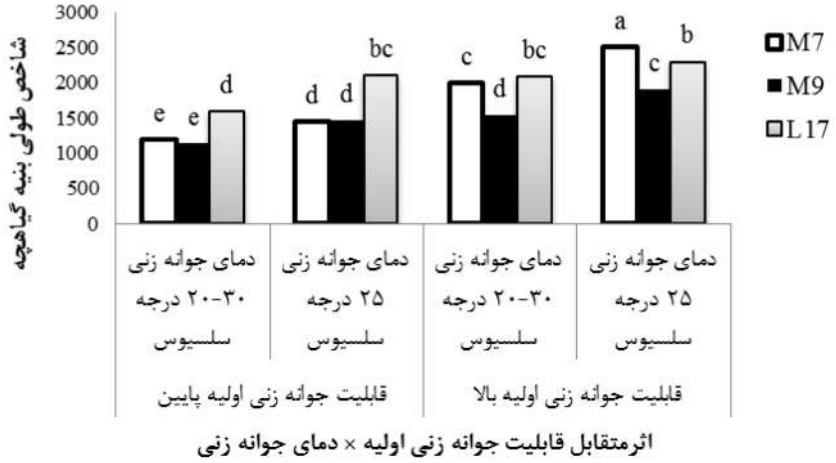
شاخص وزنی بنیه گیاهچه

باتوجه به نتیجه مقایسه میانگین‌ها اثرمتقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت× دمای جوانه‌زنی بر صفت شاخص وزنی بنیه گیاهچه نشان داد که بیشترین مقدار این شاخص در بذرهای رقم صبا (L17) با قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا کشت شده در بستر کشت ماسه در دمای جوانه‌زنی۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب مشاهده گردید (شکل۱۷). شاخص‌های وزنی و طولی بنیه گیاهچه توسط عبدالباقی و آندرسون در سال۱۹۷۳ تعریف شدند و از جمله شاخص‌های مهم ارزیابی بنیه بذر و گیاهچه است (Ebone *et al.*, 2020). وجود همبستگی بسیار نزدیک وزن خشک گیاهچه سویا (به جز لپه‌ها) با بنیه بذر را گزارش کردند (Abd Ghani *et al.*, 2023).

شاخص طولی بنیه گیاهچه

مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه × دمای جوانه‌زنی بر شاخص طولی بنیه گیاهچه مشخص کرد بیشترین شاخص طولی بنیه گیاهچه مربوط به بذرهای رقم کوثر (M7) با قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا و دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت بود (شکل ۱۶). ارزیابی طول گیاهچه سویا به‌عنوان

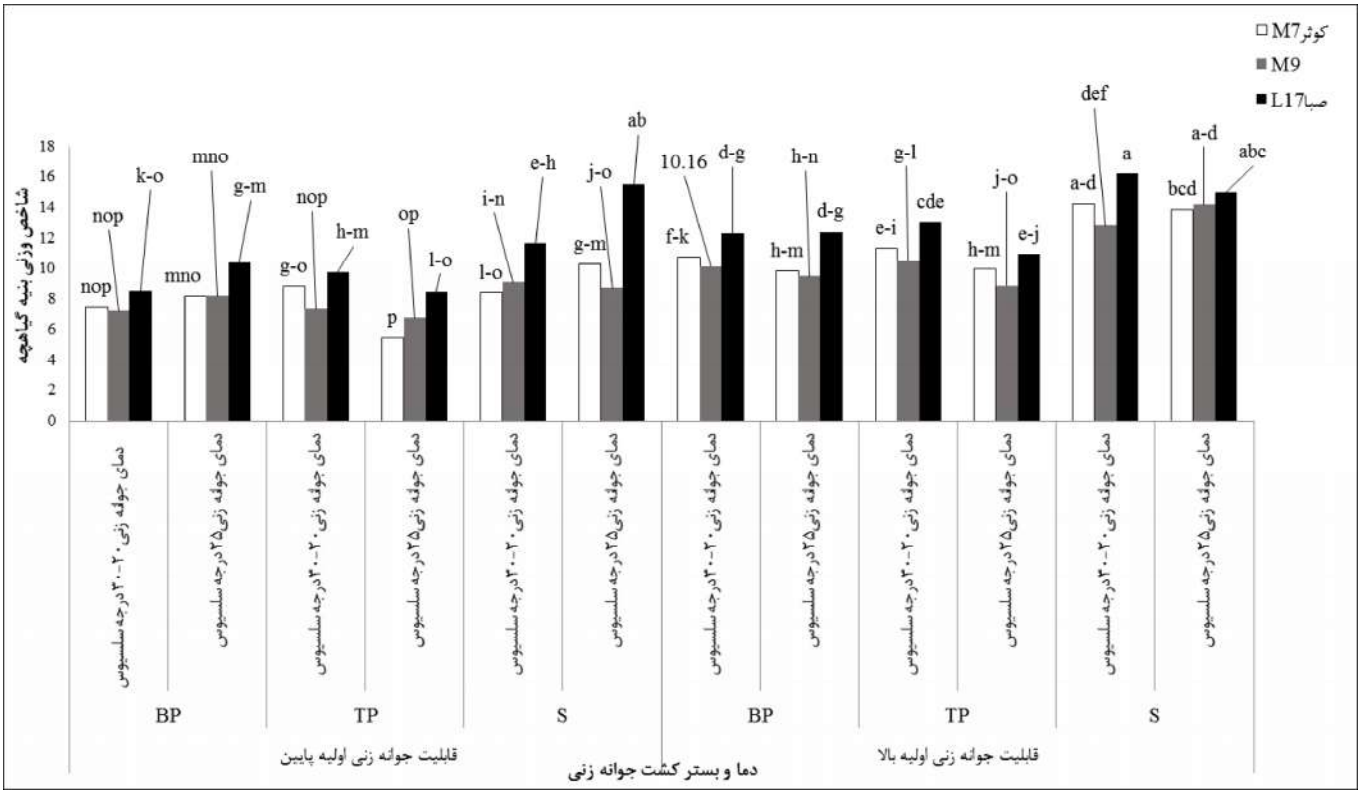
معیاری برای تعیین بنیه بذر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Meneguzzo *et al.*, 2021). شاخص‌های وزنی و طولی بنیه گیاهچه توسط عبدالباقی و آندرسون در سال۱۹۷۳ تعریف شدند و از جمله شاخص‌های مهم ارزیابی بنیه بذر و گیاهچه است (Ebone *et al.*, 2020). Cover *et al* (2019) تفاوت معنی‌دار ارقام مورد بررسی سویا ازلحاظ طول گیاهچه را مشاهده کردند. Abd Ghani *et al* (2023) نیز مشاهده نمودند طول گیاهچه‌های سویای ایجاد شده از بذرهای جوانه‌زده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ثابت بیشتر بوده و از بنیه قوی‌تری برخوردار بودند.



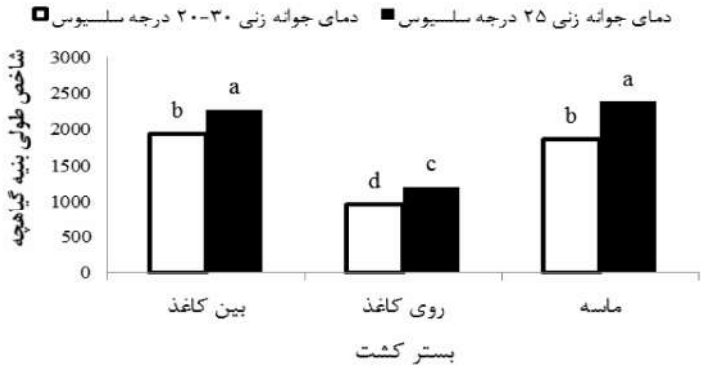
شکل ۱۶- مقایسه میانگین اثرمتقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه × دمای جوانه‌زنی بر شاخص طولی بنیه گیاهچه

براساس نتایج مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل دمای جوانه‌زنی× بستر کشت بر شاخص طولی بنیه گیاهچه نشان داد بیشترین شاخص طولی بنیه گیاهچه در بذرهای ارقام مختلف سویا در بستر کشت ماسه و دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت بدست آمده (شکل۱۸). Oliveira *et al* (2015) مشاهده نمودند، بذرهای گونه *Callisthene fasciculate* جوانه‌زده در دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت و کشت شده در بستر بین کاغذ دارای بیشترین طول گیاهچه بودند. ارزیابی طول گیاهچه سویا به‌عنوان معیاری برای تعیین

بنیه بذر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Meneguzzo *et al.*, 2021).



شکل ۱۷- مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل رقم× قابلیت جوانه‌زنی× بستر کشت× دمای جوانه زنی بر روی شاخص وزنی بنیه گیاهچه

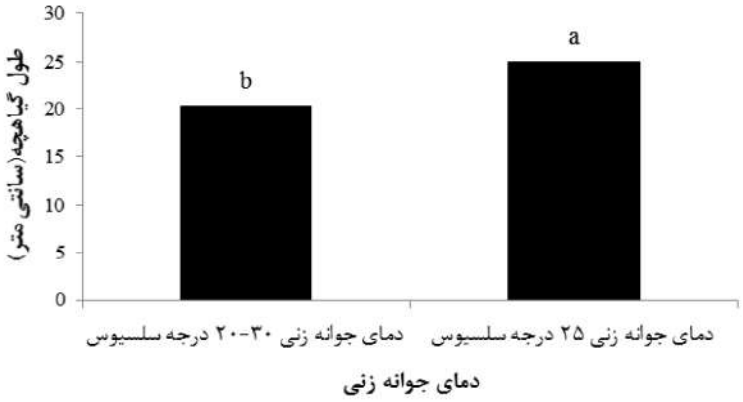


شکل۱۸- مقایسه میانگین اثرمتقابل بستر کشت × دمای جوانه‌زنی بر شاخص طولی بنیه گیاهچه

طول گیاهچه

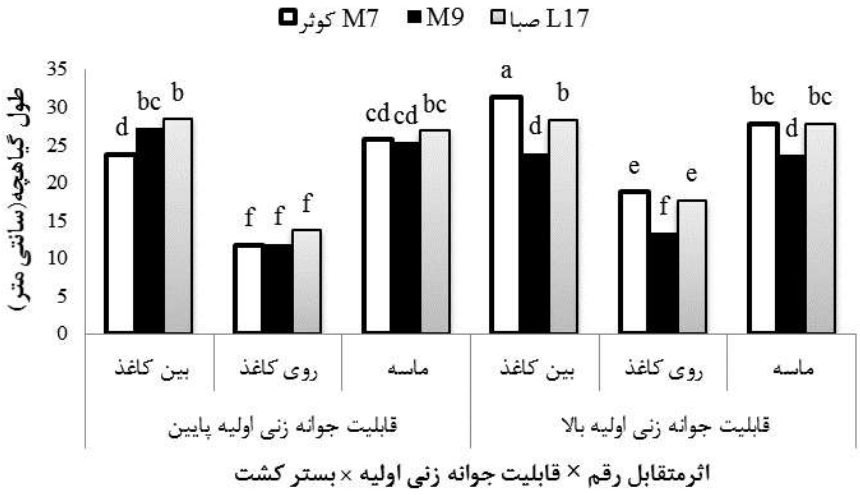
مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین طول گیاهچه در دمای۲۵ درجه سلسیوس مشاهده شد (شکل ۱۹).

Abd Ghani *et al* (2023) مشاهده کردند، طول گیاهچه‌های سویای ایجاد شده از بذرهای جوانه‌زده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ثابت بیشتر بوده و از بنیه قوی‌تری برخوردار بودند. ارزیابی طول گیاهچه سویا به‌عنوان معیاری برای تعیین بنیه بذر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Meneguzzo *et al.*, 2021).



شکل ۱۹- مقایسه میانگین اثر دمای جوانه‌زنی بر طول گیاهچه

مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت بر طول گیاهچه، مشخص نمود، رقم کوثر(M7) با قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا کشت شده در بستر کشت بین کاغذ (BP) دارای بیشترین طول گیاهچه بود (شکل۲۰). ارزیابی طول گیاهچه سویا به‌عنوان معیاری برای تعیین بنیه بذر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Meneguzzo *et al*., 2021). Oliveira *et al* (2015) مشاهده نمودند، بذرهای گونه *Callisthene fasciculate* جوانه‌زده در دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت و کشت شده در بستر بین کاغذ دارای بیشترین طول گیاهچه بودند.

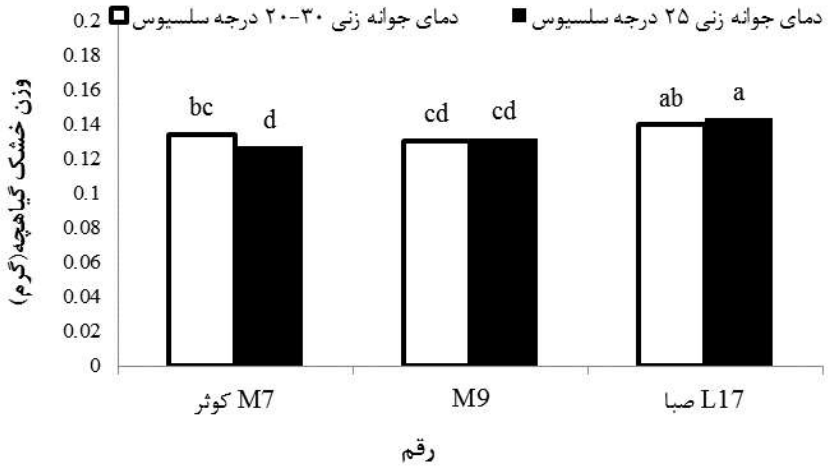


شکل ۲۰- مقایسه میانگین اثر رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت بر طول گیاهچه

وزن خشک گیاهچه

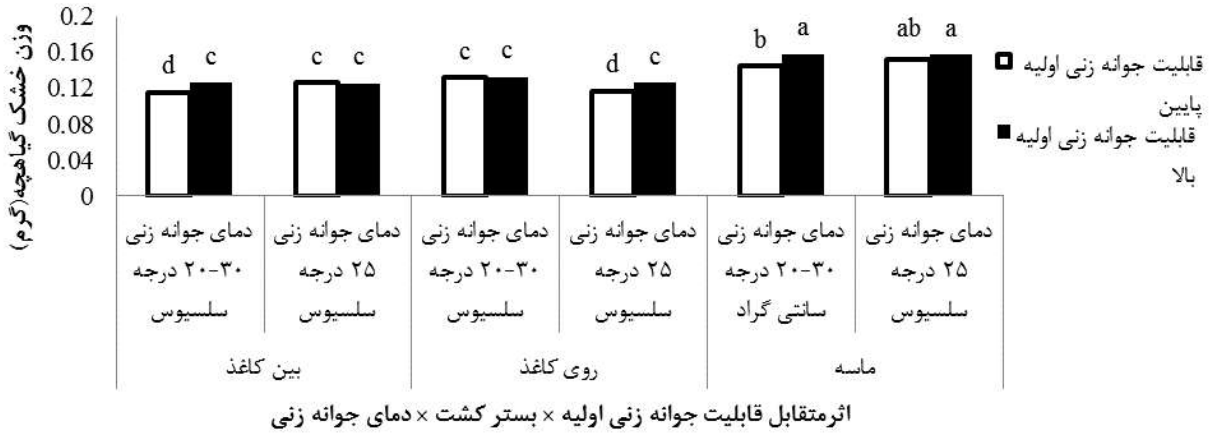
مقایسه میانگین اثرمتقابل رقم × دمای جوانه‌زنی بر وزن خشک گیاهچه نشان داد بیشترین وزن خشک گیاهچه در رقم صبا(L17) و دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت مشاهده گردید (شکل ۲۱). Szczerba *et al* (2021) اثر متقابل رقم × دمای جوانه‌زنی بر وزن خشک گیاهچه‌های ارقام بررسی شده را معنی‌دار گزارش کردند و مشاهده نمودند گیاهچه‌های حاصل از بذرهای جوانه‌زده در دماس ثابت۲۵ درجه سلسیوس از وزن خشک بالاتری برخوردار بودند. Abd Ghani *et al* (2023) وجود همبستگی بسیار نزدیک وزن خشک گیاهچه

سویا (به جز لپه‌ها) با بنیه بذر را گزارش کردند. وزن خشک گیاهچه یکی از بهترین معیارهای ارزیابی بنیه بذر است. Finch-Savage & Bassel (2016) معتقدند بذرهای قوی و دارای قابلیت جوانه‌زنی بالا به‌دلیل جوانه‌زنی سریع و یکنواخت و برخورداری از رشد بهتر گیاهچه‌ها، قادر خواهند بود از وزن خشک بالاتری برخوردار باشند.



شکل۲۱- مقایسه میانگین اثرمتقابل رقم × دمای جوانه‌زنی بر وزن خشک گیاهچه

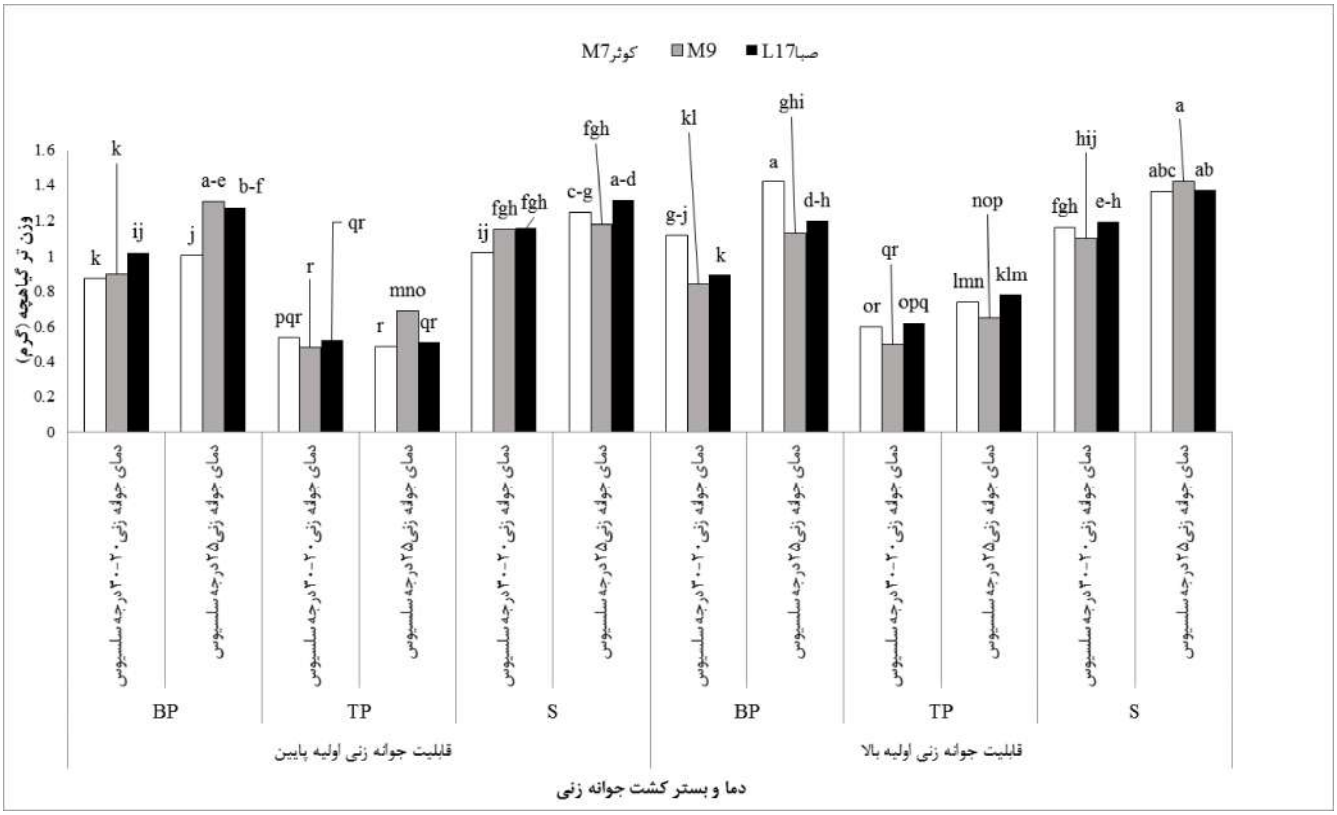
مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت × دمای جوانه‌زنی بر وزن خشک گیاهچه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بذرهای دارای قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا کشت شده در بستر کشت ماسه (S) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ثابت دارای بیشترین وزن خشک گیاهچه بودند (شکل ۲۲).



شکل۲۲- مقایسه میانگین اثرمتقابل قابلیت جوانه‌زنی اولیه × بستر کشت× دمای جوانه‌زنی بر وزن خشک گیاهچه

وزن تر گیاهچه

مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه بذر × بستر کشت × دمای جوانه‌زنی بر وزن تر گیاهچه نشان داد که بیشترین مقدار وزن تر گیاهچه در بذرهای رقم صبا (L17) کشت شده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ثابت در بستر بین کاغذ (BP) و رقم M9 کشت شده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ثابت در بستر ماسه(S) حاصل شد (شکل ۲۳). Szczerba *et al* (2021) اثرمتقابل رقم × دمای جوانه‌زنی بر وزن تر گیاهچه‌های ارقام بررسی شده را معنی‌دار گزارش کردند و مشاهده نمودند گیاهچه‌های حاصل از بذرهای جوانه‌زده در دماس ثابت۲۵ درجه سلسیوس از وزن تر بالاتری برخوردار بودند. Szczerba *et al* (2021) نیز بیان داشتند بذرهای با قابلیت جوانه‌زنی بالا، وزن تر گیاهچه بیشتری نسبت به بذرهای قابلیت جوانه-زنی پایین تولید می‌کند.



شکل ۲۳ – مقایسه میانگین‌های اثر متقابل رقم × قابلیت جوانه‌زنی اولیه بذر × بستر کشت× دمای جوانه‌زنی بر وزن تر گیاهچه

نتیجه‌گیری کلی

بذرهای تمامی ارقام بررسی شده دارای قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا به‌لحاظ تمامی صفات بررسی شده برتر از بذرهای قابلیت جوانه‌زنی اولیه پائین بودند. همچنین بذرهای رقم صبا (L17) دارای بالاترین درصد گیاهچه‌های عادی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی روزانه، شاخص وزنی بنیه گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و وزن تر گیاهچه بود. رقم کوثر (M7) دارای بالاترین بالاترین سرعت جوانه‌زنی، کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی، بیشترین ضریب سرعت جوانه‌زنی، شاخص طولی بنیه گیاهچه و طول گیاهچه و رقم M9 دارای بیشترین بیشترین ضریب سرعت جوانه‌زنی و وزن تر گیاهچه بودند. بنابراین رقم صبا (L17) ازلحاظ خصوصیات جوانه‌زنی بذر و بنیه گیاهچه نسبت به ارقام کوثر (M7) و M9 از برتری برخوردار بود. بذرهای کشت شده در بستر بین کاغذ (BP) دارای بیشترین درصد جوانه-زنی نهایی، کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی، بالاترین متوسط جوانه‌زنی روزانه، بالاترین سرعت جوانه‌زنی روزانه و بیشترین طول گیاهچه و بذرهای کشت شده در بستر ماسه (S) دارای بیشترین درصد گیاهچه‌های عادی، بالاترین سرعت جوانه‌زنی روزانه، بیشترین شاخص‌های وزنی و طولی بنیه گیاهچه، وزن خشک و تر گیاهچه بودند. همچنین بذرهای کشت شده در دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس ثابت از بیشترین درصد جوانه‌زنی نهایی، درصد گیاهچه‌های عادی، سرعت جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، ضریب سرعت جوانه‌زنی، شاخص طولی بنیه گیاهچه و بیشترین وزن خشک و تر گیاهچه و بذرهای کشت شده در دمای جوانه‌زنی۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب دارای بیشترین درصد جوانه‌زنی نهایی، درصد گیاهچه‌های عادی، سرعت جوانه‌زنی، کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی، بالاترین متوسط جوانه‌زنی روزانه، بالاترین سرعت جوانه‌زنی روزانه، ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر و بیشترین شاخص وزنی بنیه گیاهچه بودند. بنابراین استفاده از بسترهای کشت بین کاغذ (BP) و ماسه (S) و دمای جوانه‌زنی ۲۵ درجه

سلسیوس ثابت و۳۰-۲۰ درجه سلسیوس متناوب به یک اندازه برا انجام آزمون جوانه زنی استاندارد این ارقام مناسب بودند.

منابع

Abd Ghani, R., M. Jolánkai, S. Omar, N. Khalid, and Á. Tarnawa. 2023. Influence of temperature and variety on seed germination of soybean (*Glycine max* L. Merr) at different germination times. Acta Agraria Debreceniensis, (2): 5-12.

Babaei, H.R., H. Sabzi, J. Daneshian, M. Naseri, and S. Rahmanpour. 2019. Kousar, a New Soybean Cultivar Suitable for Spring Cultivation in Moderate Regions. Research Achievements for Field and Horticulture Crops, 7(2):127-138.

Bagateli, J.R., C.S. Dörr, L.O. Braga Schuch, and G.E. Meneghello. 2019. Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor. Journal of Seed Science, 41(2): 151-159.

Bewely, J.D., K., Bradford, H., Hilhorst, and H. Nonogaki. 2013. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. 3rd. New York: Springer, 392p.

Cover, J.E., C D. Aguiar, A.V. da Silva, C.M. da Silva, and F. Mielezrski. 2019. Productive potential and seed quality of soybean genotypes with different maturity groups. Australian Journal of Crop Sciemce, 13(07):1155-1161.

Daneshian, J., A. Faraji, S.A. Kalantar Ahmadi, G.H. Arab, A.A. Andarkhor, S. Seif Amiri, S. Hashem Beyk Mahallati, and N. Razmi. 2021. Yield Potential and loss Assessment in Soybean Fields. Ministry of Agriculture Jahad, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Seed and Plant Improvement Institute (SPII).

Ebone, L.A., A. Caverzan, A. Tagliari, J. L. Trevizan Chiomento, D. C. Silveira, and G. Chavarria, 2020. Soybean Seed Vigor: Uniformity and Growth as Key Factors to Improve Yield. Agronomy, 10 (545): 1-15.

Finch-Savage, W.E. and G.W. Bassel. 2016. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. Journal of Experimental Botany, 67(3): 567–591.

Khajeh-Hosseini, M., Powell, A.A. and I.J. Bingham. 2003. The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soyabean seeds. Seed Science and Technology, 31: 715-725.

LeVan, N.A., A.S. Goggi, and R. Mullen. 2008. Improving the Reproducibility of

Pereira, L.S. and T.E. Masetto. 2021. Water uptake dynamics in soybean seeds: influence in seeds performance and DNA integrity. Ciência Rural, Santa Maria, 51(3): 1-8.

Rocha, D.K., E.R Carvalho, R.M. de Oliveira Pires, H.O. dos Santos, A.C. Penido, and D.B. de Andrade. 2020. Does the substrate affect the germination of soybean seeds treated with phytosanitary products. Ciência Agrotecnologia, 44: 1-8.

Szczerba, A., A. Płazek, J. Pastuszak, P. Kope´c, M. Hornyák, F. Dubert. 2021. Effect of Low Temperature on Germination, Growth, and Seed Yield of Four Soybean (*Glycine max* L.) Cultivars. Agronomy, (11): 1-17.

Seed and Plant Certification and Registrtation Institute. 2023. Seed and Plant Certification and Registrtation Institute (SPCRI) performance analysis report. Ministry of Agriculture Jahad, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Seed and Plant Certification and Registrtation Institute (SPCRI).

Soybean Standard Germination Test. Crop Science, 48 (5): 1933-1940.

Milošević M., M. Vujaković, and D. Karagić. 2010. Vigour tests as indicators of seed viability. Genetika, 42(1): 103-118.

Milivojević M., D. Branković-Radojčić, R. Vukadinović, J. Kojić, Z. Dumanović, and T. Petrović. 2020. Experimental Evaluation of Organic Substrates for Germination Testing of Soybean Seed. Selekcija I Semenarstov, 26(2): 1-6.

Ministry of Jihad-e-Agriculture. 2022. Crops area, production and yield in 2020-2021 crop year report. Information and Communication Technology Center of Ministry of Jihad-e-Agriculture. 98p (in Persian).

Melero, F.C., T.E. Masetto, L.G. da Rocha, D.M. da Silva, B.do Amaral Crispim, and A. Barufatti. 2024. DNA degradation is involved with low physiological potential of soybean seed. Scientia Agricola, 81: 1-8.

Oliveira, A.K.M., S.A. Souza, J.S. Souza, and J.M.B. Carvalho. 2015. Temperature and Substrate influence on Seed Germination and Seedling Formation in *Callisthene fasciculata* Mart. (*Vochysiaceae*) in the Laboratory. Revista Árvore, Viçosa-MG, 39(3): 487-495.

The effect of primary germination, standard germination test substrates and temperatures on three Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) commercial cultivars seed germination and seedling vigour

A. Khosravi[1], A. Hamidi[2*], J. Daneshian[3]

1. M.Sc. graduated student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, 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, Iran.
3. Research Professor of Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Karaj, Iran.

Abstract

The research conducted in order to investigate and evaluate the effect of primary germination, standard germination test substrates and temperatures on three Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) commercial cultivars seed germination and seedling vigor, in the seed analysis laboratory of Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI) at Karaj in 2023. The experiment treatments include high primary germination ability (more than standard=higher than 80%) and low primary germination ability (sub-standard=less than 80%) seeds of three commercial soybean varieties, Saba (L17), Kausar (M7) and M9, and standard germination test substrates, top of paper (TP), between paper (BP) and sand (S) and germination temperatures, 25 Celsius degrees' constant temperature and 20-30 Celsius degrees alternating temperatures. The investigated traits include final germination percentage, normal seedling percentage, germination rate, mean germination time, mean daily germination, daily germination speed, coefficient of velocity of germination, seedling weight vigor index, seedling length vigor index, seedling length, seedling dry weight and seedling fresh weight. The results showed that the seeds of all studied cultivars having high primary germination ability were superior to the seeds of low primary germination ability in terms of all investigated traits. Saba cultivar (L17) was superior to Kausar cultivars (M7) and M9 in terms of seed germination and seedling characteristics. The use of substrate between paper (BP) and sand (S) and the germination temperature of 25 Celsius degrees' constant temperature and 20-30 Celsius degrees alternating temperatures were equally suitable for conducting the standard germination test of these cultivars seeds.

Keywords: Seedling Vigour Index, Seed vigour test, Soybean varieties

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