تأثیر دما و باکتری‌های محرک رشد بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کاسنی (*Cichorium intybus* L.)

میلاد همتی[۱*]، مجید امینی دهقی[۲]، حجت عطایی سماق[۳]، مهدی عقیقی شاهوردی[۴]، زینب کبری پیشوا[۵]، شهلا شفیعی ادیب[۶]

[۱]دانشجویان کارشناسی‌ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران
[۲]استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی و مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه شاهد تهران
[۳]دانشجویان کارشناسی‌ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران
[۴]دانشجویان دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران
[۵]دانشجویان دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی گروه زراعت و اصلاح‌نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران
[۶]دانشجویان دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی گروه زراعت و اصلاح‌نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۲۵

چکیده

به‌منظور بررسی اثر دما و باکتری‌های محرک رشد بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاهچه کاسنی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۵-۱۳۹٤ انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل دما در چهار سطح (۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) و کود زیستی در سه سطح (شاهد، باکتری سودوموناس و باکتری باسیلوس) بودند. اثرات اصلی دما و باکتری بر سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه، شاخص طولی قدرت گیاهچه و شاخص وزنی قدرت گیاهچه در سطح یک درصد و اثر اصلی دما بر متوسط جوانه‌زنی روزانه در سطح پنج درصد و همچنین اثر متقابل دما و باکتری بر طول ساقه‌چه و گیاهچه، نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه و شاخص طولی قدرت گیاهچه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. به طور کلی با افزایش دما از ۱۵ درجه سانتی‌گراد صفات سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، وزن خشک گیاهچه و شاخص وزنی قدرت گیاهچه افزایش یافت. به‌طوری که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به حداکثر مقدار خود رسیدند و پس از آن با افزایش دما مجدداً از مقدار آن‌ها کاسته شد. همچنین مقدار صفات مذکور با استفاده از کودهای زیستی به بیشینه خود رسید. متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی نیز عکس سرعت جوانه‌زنی بوده و بنابراین در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و عدم تلقیح با باکتری به حداکثر میزان خود رسید. صفات طول ساقه‌چه و گیاهچه و شاخص طولی قدرت گیاهچه با افزایش دما تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد و تیمار با کود زیستی (باکتری سودوموناس) به حداکثر میزان خود رسیدند. به نظر می‌رسد دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد همراه با کاربرد باکتری سودوموناس دارای اثر مثبت بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کاسنی است.

واژه‌های کلیدی: باکتری باسیلوس، سودوموناس، سرعت جوانه‌زنی، کاسنی، کود زیستی

*نویسنده مسئول: m.hemati1992@gamil.com

مقدمه

حدود ۲۵ درصد داروهای مدرن کنونی از گیاهان دارویی ساخته شده‌اند. در سال ۲۰۰۰ حدود ٦۰ میلیارد دلار درآمد کشورها از فروش این گیاهان بوده است (Moaveni, 2009). کاسنی با نام علمی *Cichorium intybus* متعلق به تیره *Asteraceae* می‌باشد که پراکندگی وسیعی در تمام نقاط ایران دارد. قسمت مورد استفاده، بیشتر ریشه آن است، ولی از برگ و گاهی تمام گیاه نیز استفاده به عمل می‌آید (Samsam-Shariyat, 2003). این گیاه در طب سنتی به عنوان مسهل و خنک کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد و تقویت کننده کبد و سیستم گوارش است. دانه‌ها در درمان تب، سردرد و بیماری‌های صفراوی و زردی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از مهم‌ترین ترکیبات دارویی این گیاه که در صنایع داروسازی کاربرد دارد می‌توان به اینولین، لاکتون‌های سزکوئی‌ترپن مانند لاکتوسین، ۸ دی‌اکسی لاکتوسین و لاکتوکوپیکرین و فیتوآلکسین‌ها اشاره کرد (Samsam-Shariyat, 2003). از آن‌جا که جوانه‌زنی شامل فرآیندهای پیچیده و متعدد آنزیمی، و معمولاً وابسته به شرایط محیطی از جمله دما و برهم‌کنش آنها می‌باشد (Szopińska et al., 2016). لذا تمامی گونه‌های گیاهی و از جمله کاسنی نیاز به دمای مطلوب برای جوانه‌زنی و سبز شدن در طی مراحل نمو دارند. درجه حرارت مطلوب برای جوانه‌زنی در زمان کاشت، در استقرار موفق گیاه و بهبود کیفیت رشد بسیار با اهمیت است (Taeger et al., 2015). واکنش جوانه‌زنی به دما به عواملی نظیر گونه، رقم، ناحیه رشد، کیفیت بذر و مدت زمان سپری شده از مرحله برداشت بستگی دارد. گزارش شده که بذرهای با کیفیت بالا می‌توانند در مقایسه با بذرهای با کیفیت پایین در دامنه بیشتری از تغییرات دما جوانه بزنند. براساس مطالعات انجام شده دمای مطلوب جوانه‌زنی بیشتر بذرها بین ۱۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد و دمای بحرانی جوانه‌زنی بیشتر گونه‌ها بین ۳۰ تا ٤۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، با وجود این برخی از گونه‌ها در دمای نزدیک به نقطه انجماد نیز جوانه می‌زنند (Ghaderi et al., 2008). در پژوهشی اثر دمای خاک در محدوده ۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد را بر غلات و کلزا بررسی کرده و اظهار داشتند که جوانه‌زنی و رشد گیاهچه این گیاهان در دماهای پایین بسیار متغیر و کند بود و با افزایش دما، جوانه‌زنی و زمان سبز شدن بسیار سریع‌تر و یکنواخت‌تر شد. ایشان هم‌چنین مشاهده کردند که درصد سبز شدن در دماهای بالاتر در مقایسه با دماهای پایین‌تر بیشتر بود. از طرفی، جوانه‌زنی بذور می‌تواند به وسیله کاربرد کودهای زیستی بهبود یابد (Jiang *et al.*, 2008). از جمله کودهای زیستی می‌توان به باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR) اشاره کرد. این گروه از باکتری‌ها در منطقه ریزوسفر از طریق مکانیسم‌های مختلفی سبب افزایش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در شرایط تنش می‌شوند. یکی از مکانیسم‌های مستقیم تأثیرگذار، تولید فیتوهورمون‌هایی از قبیل اکسین، سیتوکنین و جیبرلین و جلوگیری از تولید هورمون اتیلن می‌باشد (Chinnusamy et al., 2004). سایر مکانیسم‌هایی که به وسیله آن‌ها باکتری‌ها محرک رشد، موجب بهبود رشد در شرایط تنش می‌شوند، عبارتند از بهبود جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه، توسعه سیستم ریشه و جلوگیری از ریزش اندام هوایی، افزایش گره‌زایی و تثبیت زیستی نیتروژن مولکولی (Renaut et al., 2004). هدف اصلی این تحقیق، بررسی اثر کود زیستی (سودوموناس و باسیلوس) در دماهای مختلف بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کاسنی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثر دما و باکتری‌های محرک رشد بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاهچه کاسنی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۵-۱۳۹٤

انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل دما در چهار سطح (۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) و کود زیستی در سه سطح (شاهد، باکتری سودوموناس و باکتری باسیلوس) بودند. در این آزمایش به منظور ضدعفونی بذور از هیپوکلرید سدیم ۱۰ درصد به مدت پنج دقیقه و اتانول ۷۰ درصد به مدت یک دقیقه استفاده شد و تعداد ۲۰ عدد از بذرها بر روی کاغذ صافی واتمن در داخل پتری دیش ۱۰ سانتی‌متری قرار گرفتند (ISTA, 2011). قبل از قرار گرفتن بذور در پتری‌دیش‌ها، بذور به مدت ۱۵ دقیقه در داخل باکتری‌ها پرایم شدند. سوسپانسیون مایه باکتری‌ها شامل *Bacillus subtilis* و *Pseudomonas fluorescens* از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه گردید. سپس پتری دیش‌ها به ژرمیناتورهای دارای دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. شمارش تعداد بذرهای جوانه زده براساس خروج جوانه دو میلی‌متری به صورت روزانه در ساعتی معین تا روز ششم ادامه پیدا کرد (ISTA, 2011). در این آزمایش صفاتی از قبیل سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه، وزن خشک گیاهچه، شاخص طولی قدرت گیاهچه و شاخص وزنی قدرت گیاهچه مورد سنجش قرار گرفت. به منظور تعیین وزن خشک گیاهچه، نمونه‌ها به مدت ٤٨ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری صورت گرفت (ISTA, 2010).

سرعت جوانه‌زنی (Rs): اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی بذور از روش ماگوئر و با استفاده از رابطه (۱) (Kebreab and Murdoch, 1999) صورت گرفت.

$$Rs = \sum Si/Di$$ رابطه (۱)

Si: تعداد بذر جوانه زده در هر شمارش و Di: تعداد روز تا شمارش nام

متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی (MGT): شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی محسوب می‌گردد و از روی رابطه (۲) (Ellis and Robert, 1981) به‌دست آمد:

$$MGT = \frac{\sum(nd)}{\sum n}$$ رابطه (۲)

n: تعداد بذور جوانه‌زده در طی d روز، d: تعداد روزها از ابتدا جوانه‌زنی و ∑n: کل تعداد بذور جوانه‌زده

متوسط جوانه‌زنی روزانه (MDG): شاخصی از سرعت جوانه‌زنی روزانه می‌باشد و از رابطه(۳) (Scott et al., 1984) تعیین گردید.

$$MDG = \frac{FGP}{d}$$ رابطه (۳)

FGP: درصد جوانه‌زنی نهایی (قوه نامیه) و d: تعداد روز تا رسیدن به حداکثر جوانه‌زنی نهایی (طول دورهٔ آزمایش)

شاخص قدرت گیاهچه (SVI): دو شاخص طولی و وزنی قدرت گیاهچه به‌ترتیب از طریق رابطه (٤) و (۵) (Abdul-Baki and Anderson, 1973) محاسبه شدند.

$SVI_{(1)}$ = میانگین طول گیاهچه × قوهٔ نامیه رابطه (٤)

$SVI_{(2)}$ = وزن خشک گیاهچه × قوهٔ نامیه رابطه (۵)

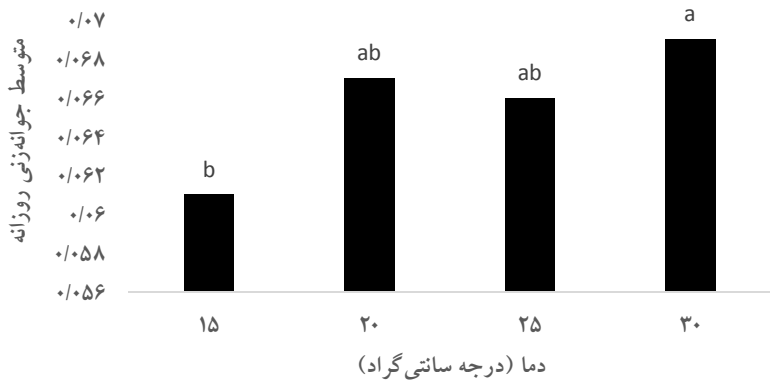
اطلاعات حاصل، از طریق برنامه آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج

سرعت جوانه‌زنی (RS): در این آزمایش، اثرات اصلی دما و باکتری بر سرعت جوانه‌زنی در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). در مقایسه میانگین اثر اصلی دما، بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب مربوط به تیمارهای دمایی ۲۵ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مقایسه میانگین اثر اصلی باکتری نیز نشان داد که بیشینه و کمینه سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب مربوط به تیمارهای تلقیح با باکتری سودوموناس و عدم تلقیح با باکتری بوده است. لازم به ذکر است که میان نتایج حاصل از تیمارهای کود زیستی (سودوموناس و باسیلوس) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).

متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی (MGT): نتایج آزمایش نشان داد که اثرات اصلی دما و باکتری بر متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). در مقایسه میانگین اثرات اصلی دما و باکتری، بیشترین و کمترین متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی بذرها به ترتیب مربوط به تیمارهای دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد عدم تلقیح با باکتری و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد تلقیح با باکتری باسیلوس می‌باشد. اگرچه میان تیمارهای کود زیستی (سودوموناس و باسیلوس) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

متوسط جوانه‌زنی روزانه (MDG): نتایج آزمایش بیانگر آن بود که اثر اصلی دما بر متوسط جوانه‌زنی روزانه در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین و کمترین متوسط جوانه‌زنی روزانه به ترتیب در دماهای ۳۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (شکل ۱).



شکل ۱: نمودار اثر دما بر متوسط جوانه‌زنی روزانه بذور کاسنی

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر کود زیستی (باکتری) و دما بر شاخص‌های جوانه‌زنی کاسنی

		میانگین مربعات		
منابع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی (df)	سرعت جوانه‌زنی	متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی	متوسط جوانه‌زنی روزانه
دما	۳	۲٤/۷۷ **	۱/۹۳ **	۵/۲۲ *
باکتری	۲	۱۲/۳۸ **	۰/۲۷ **	۱/۵۲ ns
دما × باکتری	٦	۲/۹ ns	۰/۰٦ ns	۰/۹۳ ns
خطا	۲٤	۱/٤	۰/۰٤	۱/٦٦
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۳/۵۵	۷/۷	۸/٤۲

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

طول ریشه‌چه: در این آزمایش، اثرات اصلی دما و باکتری بر میزان طول ریشه‌چه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثرات اصلی دما و باکتری، بیشترین طول ریشه‌چه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تلقیح با باکتری سودوموناس به دست آمد. کمترین طول ریشه‌چه نیز در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد عدم تلقیح با باکتری حاصل شد (جدول ۳).

طول ساقه‌چه و طول گیاهچه: نتایج آزمایش نشان داد که اثرات اصلی دما و باکتری و اثر متقابل آن‌ها (دما در باکتری) بر میزان طول ساقه‌چه و طول گیاهچه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل دما و باکتری نشان داد که بیشترین طول ساقه‌چه و طول گیاهچه مربوط به تیمار ۲۵ درجه سانتی‌گراد و تلقیح با باکتری سودوموناس و کمترین طول ساقه‌چه و طول گیاهچه مربوط به تیمار ۱۵ درجه سانتی‌گراد و عدم تلقیح با باکتری بود (جدول ٤).

نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه: نتایج آزمایش بیانگر آن بود که اثر اصلی دما و اثر متقابل دما و باکتری بر نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر متقابل دما و باکتری، بیشترین نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه در تیمار دمایی ۱۵ درجه سانتی‌گراد به همراه عدم تلقیح با باکتری به دست آمد. کمترین نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه نیز در تیمار دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد به همراه عدم تلقیح با باکتری حاصل شد (جدول ٤).

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر کود زیستی (باکتری) و دما بر شاخص‌های رشدی گیاهچه کاسنی

منابع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات						
		طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	طول گیاهچه	نسبت‌طول ساقه‌چه به ریشه‌چه	وزن خشک گیاهچه	شاخص طولی قدرت گیاهچه	شاخص وزنی قدرت گیاهچه
دما	۳	٤۱/۹۹ **	۲۸/٤۱ **	۱۳۹/٤۷ **	۰/۱۱۷ **	۱۷۲/۹ **	۱۳٤۸۳۲۱/٤۸ **	۱٦۰۸۲٦۲/۰۸ **
باکتری	۲	٦/٦۹ **	۱۳/۰٤ **	۳۸/۰۳ **	۰/۰۰٤ ^{ns}	۸/۵۹ **	۳۹۱٤۲۰/٦۸ **	۱۰۵۸۳۷/۵۱ **
دما × باکتری	٦	۰/۲۵ ^{ns}	٤/۳۸ **	۵/۳۹ **	۰/۲۳۵ **	۰/۵۸ ^{ns}	۵۹۲۸۱/٤۵ **	۱۲۷٤۵/۰۸ ^{ns}
خطا	۲٤	۰/۲۷	۰/۱۷	۰/٤۲	۰/۰۲٦	۰/٤۳	٦۲۳۰/۳٤	۷۵۳٦/۷۲
ضریب‌تغییرات(٪)	-	۱۵/۱۵	۱۲/۹۵	۹/۷۷	۱٦/۱۵	۹/۵۹	۱۲/۷۵	۱۳/٦٦

ns، * و ** : به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

وزن خشک گیاهچه: در این آزمایش، اثرات اصلی دما و باکتری بر وزن خشک گیاهچه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی دما نشان داد که بیشترین وزن خشک گیاهچه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار آن در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد (جدول ۳). در مقایسه میانگین اثر اصلی باکتری، بیشترین وزن خشک گیاهچه در تیمار تلقیح با باکتری سودوموناس و کمترین مقدار آن در تیمار عدم تلقیح با باکتری حاصل شد (جدول ۳).

شاخص طولی قدرت گیاهچه: نتایج آزمایش نشان داد که اثرات اصلی دما و باکتری و اثر متقابل دما در باکتری بر شاخص طولی قدرت گیاهچه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر متقابل دما و باکتری، بیشترین شاخص طولی قدرت گیاهچه در تیمار دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد به همراه تلقیح با باکتری

سودوموناس به دست آمد. کمترین شاخص طولی قدرت گیاهچه نیز در تیمار دمایی ۱۵ درجه سانتی‌گراد به همراه عدم تلقیح با باکتری حاصل شد (جدول ٤).

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات اصلی دما و کود زیستی (باکتری) بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کاسنی

سطوح تیمار	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی(روز)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	شاخص وزنی قدرت گیاهچه
دما (درجه سانتی‌گراد)					
۱۵	۷/۰۹c	۳/۰۸a	۱/٥٤c	۱/٦۱d	۱٥۲/۲۸d
۲۰	۸/۰۹bc	۲/٦۱b	۳/۰۸b	۷/٤٦b	٦۷۲/۳۳b
۲٥	۱۱a	۲/۱۷c	٦/٥۳a	۱۲/۲۷a	۱۱۷٦/۲۲a
۳۰	۸/۸b	۱/۸۱d	۲/٦b	٦/۱٦c	٥٤۱/٤٤c
سطوح تیمار باکتری					
عدم تلقیح	۷/٦۲b	۲/٦٦a	۲/٦۷c	٦/۰٤c	٦/۰٤c
باکتری سودوموناس	۹/٥۹a	۲/٤۱b	٤/۱۹a	۷/۷۳a	۷/۷۳a
باکتری باسیلوس	۹/۰۳a	۲/۳۹b	۳/٤۳b	٦/۸٥b	٦/۸٥b

در هر ستون حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در بین میانگین تیمارها می‌باشند.

جدول ٤: مقایسه میانگین اثر متقابل دما و کود زیستی (باکتری) بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کاسنی

سطوح تیماری		طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	طول گیاهچه (سانتی‌متر)	نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه	شاخص طولی قدرت گیاهچه
دما (درجه سانتی‌گراد)	باکتری				
۱٥	عدم تلقیح	۱/۳۷h	۲/۳h	۱/٤۹ a	۲۲۰/۱۲h
	سودوموناس	۱/۹fgh	۳/۹fg	۰/۹٥ b	۳۹۰fg
	باسیلوس	۱/٦۷gh	۳/۳۷gh	۰/۹۹ b	۲۹۲/۱gh
۲۰	عدم تلقیح	۲/۳efg	٤/٥۹ef	۱ b	۳۸۷/۲fg
	سودوموناس	۳/٦۷c	۷/٥c	۰/۹۷ b	٦۷٦cd
	باسیلوس	۲/۷de	٥/۸۳d	۰/۸۷ b	٥٥۳/۸٥de
۲٥	عدم تلقیح	۲/٥۷def	۸/۲۳c	۰/٤٦ c	۷۸۲/۰۹c
	سودوموناس	۷/۸۳a	۱٥/٥۷a	۱/۰۲ b	۱٥٥٦/٦۷٦۷a
	باسیلوس	٦/۹b	۱۳/۱۱b	۱/۱٥ b	۱۲۰۲/۷۳b
۳۰	عدم تلقیح	۲/۱۱efgh	٤/۰۱fg	۱/۱ b	۳٤٦/۳۷fgh
	سودوموناس	۳/۱۱cd	٦/۳۱d	۰/۹۷ b	٥٥٦/٤۳de
	باسیلوس	۲/٥۷def	٥/۲۷de	۰/۹٥ b	٤٦٦/۰٦ef

در هر ستون حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در بین میانگین تیمارها می‌باشند.

شاخص وزنی قدرت گیاهچه: نتایج آزمایش بیانگر آن بود که اثرات اصلی دما و باکتری بر شاخص وزنی قدرت گیاهچه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر اصلی دما، بیشترین و کمترین شاخص

وزنی قدرت گیاهچه به ترتیب مربوط به تیمار دمایی ۲۵ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی باکتری نشان داد که بیشترین و کمترین شاخص وزنی قدرت گیاهچه به ترتیب در تیمار تلقیح با باکتری سودوموناس و عدم تلقیح با باکتری حاصل شد (جدول ۳).

بحث

در این تحقیق با افزایش دما از ۱۵ درجه سانتی‌گراد، سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت. به گونه‌ای که بیشترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. اما پس از آن با افزایش دما از میزان سرعت جوانه‌زنی کاسته شد. فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به جوانه‌زنی شامل فعالیت هورمون‌ها (به‌ویژه جیبرلین)، فعالیت آنزیم‌ها (آمیلاز، انورتاز، پروتئاز و لیپاز) و در نهایت هضم، تجزیه ذخایر بذر و انتقال آن به محور جنین، به طور عمده وابسته به درجه حرارت و رطوبت هستند. به علاوه جذب فعال آب توسط بذر در محیط مرطوب، متأثر از درجه حرارت است. گزارشات متعددی حاکی از اثر افزایشی درجه حرارت تا نقطه‌ای خاص بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور می‌باشد. دماهای بالاتر علاوه بر کاهش سرعت جوانه‌زنی سبب زوال بذر نیز می‌شوند (Bannayan et al., 2006; Hardegree, 2006). برخی مطالعات نشان می‌دهد که به طور معمول با افزایش دما سرعت جوانه‌زنی، حداقل در یک دامنه دمایی مناسب به طور خطی افزایش می‌یابد، ولی در دماهای بالاتر از آن افت شدیدی نشان می‌دهد. مطالعه درجه حرارت‌های مختلف بر سرعت جوانه‌زنی در چندین گونه از خانواده نعناییان اثر افزایش دما را بر کاهش سرعت جوانه‌زنی نشان داده است (Hardegree, 2006).

همچنین اطلاعات حاصل از این مطالعه نشان داد که بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمارهای کود زیستی و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار عدم تلقیح با باکتری می‌باشد. در همین راستا (Hafeez et al., 2004) گزارش نمودند که بر اثر تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد گیاه، ظهور گیاهچه‌های ارقام پنبه سریع‌تر بوده است. نتایج آزمایشی دیگر نشان داد که باکتری‌های PGPR توانایی افزایش رشد گیاه، سرعت جوانه‌زنی، سرعت ظهور گیاهچه، حفاظت گیاه از بیماری‌ها و عوامل تنش‌زای خارجی را دارند (Dobbelaere et al., 2002). براساس نتایج به دست آمده از این آزمایش، با افزایش دما، متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی بذور کاسنی کاهش می‌یابد. همان‌طور که می‌دانید متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی عکس میزان سرعت جوانه‌زنی می‌باشد. طی آزمایشی بر روی بذور رازیانه انجام دادند، متوسط زمان جوانه‌زنی با افزایش دما تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد افزایش و سپس تا دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت (Ranjbar et al., 2013). در دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد مجدداً روند افزایشی مشاهده شد. آنان همچنین گزارش نمودند که بیشترین و کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی به ترتیب در دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. همچنین اطلاعات حاصل از این مطالعه نشان داد که با استفاده از کودهای زیستی (باکتری‌ها) متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی کاهش یافت. در این آزمایش، به طور کلی با افزایش دما، متوسط جوانه‌زنی روزانه افزایش یافت. به طوری که بیشترین مقدار آن در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش دما طول ریشه‌چه افزایش یافت. به طوری که بیشترین مقدار آن در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. پس از آن با افزایش دما، طول ریشه‌چه روند کاهشی یافت. همچنین بیشترین و کمترین طول ریشه‌چه به ترتیب در تیمارهای تلقیح با باکتری سودوموناس و عدم تلقیح با باکتری به دست آمد. در این تحقیق، بیشترین و کمترین طول ساقه‌چه و گیاهچه به ترتیب مربوط به تیمار دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد به همراه تلقیح با باکتری سودوموناس و تیمار دمایی ۱۵

درجه سانتی‌گراد به همراه عدم تلقیح با باکتری بود. در همین راستا گزارش شد که با افزایش دما از ۱۰ درجه سانتی‌گراد طول ریشه‌چه رازیانه افزایش یافت تا در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به حداکثر مقدار خود رسید (Alipour and Mahmodi, 2015). در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد طول ریشه‌چه مجدداً کاهش یافت. بیشترین طول ریشه‌چه بذور شاهدانه و کنجد به ترتیب در دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. با افزایش دما از ۱۰ درجه سانتی‌گراد طول ساقه‌چه رازیانه نیز افزایش یافت و حداکثر طول ساقه‌چه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. با افزایش دما از ۲۰ درجه سانتی‌گراد طول ساقه‌چه رازیانه روند نزولی داشت. بیشترین طول ساقه‌چه بذور شاهدانه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در بذور کنجد در دامنه دمایی ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (Langham et al., 2015). نیز بیشترین طول ریشه‌چه کنجد را در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. طی تحقیقی مشخص شد که طول ریشه‌چه گندم با افزایش دما افزایش یافته و در بهترین دما که حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود، به حداکثر خود رسید و با افزایش دما از این مقدار طول ریشه‌چه کاهش یافت (Tisdal et al., 2015). در آزمایشی دیگر که روی جوانه‌زنی بذور خرفه انجام شد، طول ریشه‌چه با افزایش دما به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد. ولی طول ساقه‌چه تحت تأثیر افزایش دما قرار نگرفت (Rahimi and Kafi, 2010). طول ریشه‌چه آفتابگردان نیز با افزایش دما از ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و بیشترین مقدار آن از دمای ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. با افزایش دما از ۳۰ تا ٤۰ درجه سانتی‌گراد طول ریشه‌چه روند کاهشی پیدا کرد. تاگر و همکاران (Taeger et al., 2015) نشان دادند که دمای مناسب می‌تواند تأثیری قابل توجه بر خصوصیات رشدی گیاهان در شرایط مختلف داشته باشد. از مزایای کاربرد PGPR، سنتز ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه (تریپتوفان و غیره) می‌باشد که اسیدآمینه تریپتوفان پیش‌ماده تولید اکسین بوده و این هورمون با تحریک تقسیم سلولی، تمایز سلولی و رشد طولی سلول به طور مستقیم در افزایش رشد ریشه و گیاه مؤثر می‌باشد (Gutierrez Mañerom et al., 2003). طبق برخی از گزارش‌ها تولید هورمون اکسین توسط باکتری‌های PGPR مخصوصاً سودوموناس و آزوسپریلیوم می‌تواند عامل اصلی افزایش ریشه، تعداد و طول تارهای کشنده و سطح ریشه باشد (Zahoor et al., 2004). براساس تحقیقات مختلف، باکتری‌های محرک رشد با سیستم ریشه‌ای ترکیب شده و جذب منابع را از محیط افزایش داده و در رشد، توسعه و سازگاری به تنش سهم دارند (Sharma, 2002). در این آزمایش، بیشترین و کمترین نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه به ترتیب مربوط به تیمار دمایی ۱۵ درجه سانتی‌گراد به همراه عدم تلقیح با باکتری و تیمار دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد به همراه عدم تلقیح با باکتری بود. همچنین در این تحقیق، با افزایش دما از ۱۵ درجه سانتی‌گراد وزن خشک گیاهچه کاسنی افزایش یافت تا در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به حداکثر مقدار خود (۱۲/۲۷ سانتی‌متر) رسید. با افزایش دما تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد وزن خشک گیاهچه مجدداً کاهش یافت. مطابق با نتایج فوق محققان گزارش نمودند که با افزایش دما از ۱۰ درجه سانتی‌گراد وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه رازیانه روند صعودی داشته تا در ۲۰ درجه سانتی‌گراد به حداکثر مقدار خود رسید و با افزایش دما تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد به حداقل مقدار خود رسید (Alipour and mahmodi, 2015). نتایج آزمایشی نشان داد که با افزایش سطوح دمایی، وزن گیاهچه خرفه نیز به طور معنی‌داری افزایش یافته است (Rahimi and Kafi, 2010). نتایج این آزمایش نشان داد که بیشترین و کمترین شاخص طولی قدرت گیاهچه به ترتیب مربوط به تیمار دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد به همراه تلقیح با باکتری سودوموناس و تیمار دمایی ۱۵ درجه سانتی‌گراد به همراه عدم تلقیح با باکتری بود. شاخص وزنی قدرت گیاهچه نیز با افزایش دما از ۱۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به حداکثر مقدار خود رسید. پس از آن با افزایش دما تا ۳۰ درجه

سانتی‌گراد شاخص وزنی قدرت گیاهچه مجدداً کاهش یافت. همچنین بیشترین و کمترین شاخص وزنی قدرت گیاهچه به ترتیب در تیمارهای تلقیح با باکتری سودوموناس و عدم تلقیح با باکتری حاصل شد. (Iannucci et al., 2000) اعلام کردند که بنیه بذر، سرعت جوانه‌زنی و توسعه سریع گیاهچه برای استقرار مناسب گیاه مهم می‌باشند و عوامل محیطی مثل درجه حرارت و رطوبت خاک می‌توانند بر این خصوصیات اثرات نامطلوبی داشته باشند. گزارش شد که بنیه گیاهچه رازیانه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به حداکثر مقدار خود رسید و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد مقدار بنیه بذر کاهش یافت (Alipour and mahmodi, 2015). بنیه گیاهچه شاهدانه نیز روندی مشابه با بنیه گیاهچه رازیانه داشت. بیشترین بنیه گیاهچه کنجد نیز در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد و در دمای بیشتر و کمتر، مقدار آن کاهش یافت. نتایج آزمایشی دیگر نشان داد که بیشترین شاخص بنیه گیاهچه خرفه در دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد مشاهده گردید ولی تفاوت معنی‌داری در دامنه ۲۵ تا ٤٠ درجه سانتی‌گراد در این شاخص دیده نشد (Rahimi and Kafi, 2010). با توجه به نتایج حاصل، به نظر می‌رسد این دو صفت نیز از اثرات مثبت باکتری‌های محرک رشد که به پاره‌ای از آن‌ها در بخش‌های قبل اشاره شد؛ سهم داشته‌اند. به علاوه تولید ترکیبات ضد قارچ و سیدروفرها از اولین مکانیسم‌های مقابله با بیماری به وسیله باسیلوس‌ها و سودوموناس‌ها می‌باشد (Dey et al., 2004) که این ترکیبات خود به نوعی به بهبود قدرت گیاهچه کمک می‌کند.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی نتایج حاصل از این آزمایش بیانگر آن بود که با افزایش دما از ۱۵ درجه تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد صفات سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، وزن خشک گیاهچه و شاخص وزنی قدرت گیاهچه افزایش یافت و پس از آن با افزایش دما مجدداً از مقدار آن‌ها کاسته شد. کاربرد باکتری محرک رشد منجر به افزایش معنی‌دار صفات مذکور گردید. همچنین افزایش دما تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد به همراه تیمار با کود زیستی (باکتری سودوموناس) منجر به افزایش معنی‌دار صفات طول ساقه‌چه و گیاهچه و شاخص طولی قدرت گیاهچه گردید. به نظر می‌رسد دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد همراه با کاربرد باکتری سودوموناس دارای اثر مثبت بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کاسنی است.

Reference

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

Adam, N.R., Dierig, D.A., Coffelt, T.A. and Wintermeyer, M.J. 2007. Cardinal temperatures for germination and early growth of two Lesquerella species. Industrial Crops and Products, 25: 24-33.

Alipour, Z. and Mahmodi, S. 2015. Effects of temperature on germination of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.), Hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamus indicum* L.). Journal of Iran seeds, 2 (1): 51-37.

Bannayan, M., Nadjafi, F., Rastgoo, M. and Tabrizi, L. 2006. Germination properties of some willd medicinal plants from Iran. Journal of Seed Technology, 28: 80-86.

Chinnusamy, V., Schumaker, K. and Zhu, J.K. 2004. Molecular genetics perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signaling in plants. J. Exp. Bot., 55: 36- 225.

Czabator, F.J. 1962. Germination value: An index combining speed and completeness of pine seed germination. Forest Science, 8: 386-395.

Dey, R., Pal, K.K., Bhatt, D.M. and Chauhan, S.M. 2004. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria. J. Microbiological Res. 159: 371-94.

Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., Thys, A., Ptacek, D. and Vanderleyden, J. 2002. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on Effect of development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. Biol. Fert. Soils. 36 (4): 284-97.

Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9: 377-409.

Ghaderi, A., Kamkar, F.B. and Soltani, A. 2008. Seed Science and Technology. Jahad Daneshgahi Mashhad. 512.

Gutierrez Mañero, F.J., Probanza, A., Ramos, B., Colón Flores, J., Lucas, J. and Garc´ia, J.A. 2003. Effects of culture filtrates of *rhizobacteria* isolated from wild lupine on germination, growth and biological nitrogen fixation of *Lupinus albus* cv. Multolupa seedlings. Jounal of Plant Nutral. 26: 145- 58.

Hafeez, F.Y., Safdar, M.E., Chaudry, A.U. and Malik, K.A. 2004. Rhizobial inoculation improves seedling emergence, nutrient uptake and growth of cotton. Australian Journal of Experimental Agriculture. 44: 617-622.

Hardegree, S. 2006. Predicting germination response to temperature. I. Cardinal temperature models and Subpopulation specific regression. Annals of Botany, 97: 1115-1125.

Iannucci, A., Di Fonzo, N. and Martiniello, P. 2000. Temperature requirements for seed germination in four annual clovers grown under two irrigation treatments. Seed Science and Technology, 28(1): 59-66.

International seed testing association (ISTA). 2010. International rules for seed testing. Zurich, Switzerland.

Jiang, L., Xun, M.M., Wang, J.L. and Wan, J.M. 2008. QTL analysis of cold tolerance at seedling stage in rice (*Oryza sativa* L.) using recombination inbred lines. Cereal Science, 48: 9-173.

Kebreab, E. and Murdoch, A.J. 1999. A model of the effects of a wide range of constant and alternating temperatures on seed germination of four Orobanche species. Annals of Botany, 84(4): 549-557.

Langham, D.R. 2015. U.S. Patent No. 9,125,372. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Moaveni, P. 2009. Medicinal Plants. Qods city. Islamic Azad university.

Rahimi, Z. and Kafi, M. 2010. Evaluation of the Cardinal and the effects of temperature on germination indexs Purslane (*Portulaca oleracea* L.). Journal of Plant Protection, 24 (1): 86-80.

Ranjbar, F., Kochki, A., Nasiri-Mahalati, M. and Kamayastani, N. 2013. Evaluation of germination and cardinal temperatures fennel (*Foeniculum vulgar*). Seed Research, 3 (3): 68-61.

Renaut, J., Lutts, S., Hoffmann, L. and Hausman, J.F. 2004. Responses of poplar to chilling temperature: proteomics and physiological aspects. Plant Biol., 6: 81-90.

Samsam-Shariyat, H. 2003. Breeding of medicinal plants. Manny publications. 419 Page

Scott, S.J., Jones, R.A. and Williams, W.A. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science, 24: 1192-1199.

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India. pp: 407.

Szopińska, D., and Politycka, B. 2016. The effects of hydro and osmopriming on the germination, vigour and hydrolytic enzymes activity of common zinnia (*Zinnia elegans* Jacq.) seeds. Folia Hort, 3-11.

Taeger, S., Sparks, T.H. and Menzel, A. 2015. Effects of temperature and drought manipulations on seedlings of Scots pine provenances. Plant Biology, 17(2): 361-372.

Tisdal, J. M. and Swain, S. 2015. Low temperature exposure of root system and inflorescence affected flowering and fruit set in'Chardonnay'grapevines (*Vitis vinifera*). VITIS-Journal of Grapevine Research, 52(4): 165.

Zahoor, A., Ghafor, A. and Muhammad, A. 2004. Plantago ovate-A crop of arid and dry climates with immense herbal and pharmaceutical importance. Introduction of Medicinal Herbs and Spices as Crops Ministry of Food, Agriculture and Livestock, Pakistan. 5: 1101-15.