مجله ترویجی گیاهان دانه روغنی
جلد اول، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۸، ص ۱۸-۱
http://jop.areeo.ac.ir

تاثیر جدایه‌های باکتریایی شورپسند بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم کنجد حساس و مقاوم به شوری.

مهرنوش اسکندری تربقان [۱] و مسعود اسکندری تربقان [۲*]

[۱] محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

[۲] عضو هیات علمی بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

چکیده

باکتری‌های جدا شده از محیط‌های پرتنش به افزایش تحمل گیاهان به شوری کمک می‌نماید. در این پژوهش اثر باکتری‌های شورپسند جدا و خالص‌سازی شده از خاک‌های شور استان خراسان رضوی بر عملکرد دو رقم کنجد مقاوم (فردوس) و حساس به شوری (کلات)، در شرایط گلخانه بررسی شد. بیشترین وزن تر اندام هوایی با ۷۲/۰ ، ۶۱/۸ ، ۵۷/۵ ، ۳۰/۱ و ۲۸/۵ درصد افزایش به ترتیب در جدایه‌های H8، H6، H7، H5 و H13 مشاهده گردید. تلقیح جدایه‌ها باعث افزایش تعداد دانه در کپسول در تمامی آن‌ها گردید. بیشترین افزایش عملکرد دانه به ترتیب در جدایه‌های H8 (۷۰/۸ درصد) و H7 (۵۶/۳ درصد) از جنس ویرجی باسیلیوس، H6 (۵۲/۴ درصد) و H5 (۷/ ۴۱ درصد) از جنس باسیلیوس و H13 (۲۵/۵ درصد) نیز از جنس باسیلیوس با اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهد ($P\leq ۰/۰۱$) مشاهده شد. بیشترین تعداد دانه در کپسول، وزن‌تر و خشک اندام هوایی و عملکرد دانه در ترکیب رقم مقاوم به شوری فردوس همراه با باکتری ویرجی باسیلیوس دوخنسیس و همچنین همین باکتری با رقم حساس به شوری کلات به دست آمد. نوع رقم، بیشتر بر صفات ظاهری و تلقیح جدایه‌ها بیشتر بر عملکرد کنجد تاثیر داشت. همچنین جدایه ویرجی باسیلیوس دوخنسیس از pH محیط رشدی مناسب‌تری برخوردار بود که شاید بتوان آن را دلیلی بر بالاتر بودن عملکرد گیاه کنجد در مجاورت با این جدایه دانست.

واژه‌های کلیدی: بهبوددهنده رشد، ریز جانداران مقاوم به شوری، رقم کنجد فردوس، محصول، تنش.

* نویسنده مسوول: tem3431@gmail.com

مقدمه

تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محدودکننده تولید محصولات زراعی است و بیش از حدود ۱۰۰ سال است که موضوع بسیاری از تحقیقات بوده است. تحمل به شوری در گیاهان یک فرآیند پیچیده است که در آن تغییرات مورفولوژیک، فرآیندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی درگیر هستند. ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارد که در این مناطق به علت کافی نبودن بارندگی سالانه جهت آب‌شویی، نمک‌های جمع شده در منطقه ریشه گیاهان زراعی باعث بروز شوری می‌شود. محدودیت منابع آب شیرین در این مناطق سبب شده است تا کشاورزان برای رسیدن به تولید پایدار و اقتصادی، کاربرد آب‌های نامتعارف را در برنامه ریزی آبیاری خود قرار دهند (کافی و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین تنش شوری همواره کشاورزی فاریاب ایران را تهدید می‌کند که برای کم کردن اثرات تنش شوری بایستی راه‌کارهایی اندیشیده شود.

کنجد یکی از قدیمی‌ترین دانه‌های روغنی است که توسط انسان مورد بهره‌برداری قرار گرفته است (لنگام و وایمرس، ۲۰۰۲). سادگی تهیه روغن، پایداری زیاد، خاصیت ضد پیری، داشتن مقاوت زیاد به تخریب اکسیدان‌ها به دلیل داشتن ترکیبات ضداکسایشی سزامین و سزامولین و مقاومت به خشکی از خصوصیات بارز آن است (چایجان،۲۰۱۰). عملکرد دانه کنجد و شاخص برداشت آن اغلب پایین بوده و این صفتی بسیار تاثیرگذار است که وابستگی زیادی به محیط کشت، عملیات کشاورزی و رقم دارد (بریگام، ۱۹۸۵). از این رو توانایی عمل‌آوری کنجد به‌وسیله اجزای عملکرد، تمامی شرایط محیطی تاثیرگذار و عملیات زراعی تعیین می‌شود. هازاریکا (۱۹۹۸) اظهار داشت که عملکرد دانه کنجد به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر رقم، تاریخ کاشت و شرایط محیطی قرار دارد. افزایش عملکرد دانه از اهداف بسیاری از اصلاح‌کنندگان بوده و ارتباط مهمی بین کنترل ژنتیکی و اجزاء مختلف عملکرد (تعداد شاخه در گیاه، تعداد کپسول در گیاه، تعداد کپسول در محور برگ، طول کپسول در ساقه اصلی، تداوم گلدهی و وزن دانه) وجود دارد (بایدر و همکاران، ۱۹۹۹). تعداد کپسول در محور هر برگ یکی از اجزای مهم عملکرد بوده و با آن همبستگی مثبت معنی‌داری دارد (نظامی و همکاران، ۲۰۱۴). ارقام سه کپسولی واکنش‌های متفاوتی به شرایط محیطی نشان می‌دهند. برای مثال در شرایط حاصل‌خیزی اندک خاک و تنش خشکی و شوری، آنها در محور هر برگ یک کپسول تولید می‌کنند و زمانی که شرایط تغذیه‌ای و آبیاری مناسب می‌شود به سه کپسولی تغییر می‌یابند (لانگمن، ۲۰۰۷).

ریز جانداران شورپسند خاک قادر به رشد در محیط‌های با غلظت زیاد نمک بوده و برای رشد در چنین شرایطی سازگاری یافته‌اند (زنجیربند و همکاران، ۲۰۱۳). جداسازی این باکتری‌ها از مناطقی مانند دریاچه‌های قلیایی، دریاچه‌های تبخیری نمک، شوراب‌های نمکی، چشمه‌های کربناتی و دریاهای نمکی و نیز از محیط‌های شور و قلیای معمولی مانند خاک‌های شور و قلیا انجام می‌شود (سینگ و همکاران، ۲۰۱۰). از سوی دیگر تولید محصولات کشاورزی متاثر از شوری خاک‌ها بوده و تاثیر منفی نمک‌ها بر گیاهان به‌وسیله کمبود آب و در نتیجه تنش اسمزی و نیز یون‌های سدیم اضافی در فرآیندهای بیوشیمیایی مهم گیاه اختلال ایجاد می‌نماید (دتکووا و بولتیانسکایا، ۲۰۰۷). در پاسخ به تنش شوری، گیاهان شروع به تجمع ترکیبات تنظیم کننده اسمزی مانند الکل‌های شیرین و اسیدهای‌آمینه می‌کنند. تجمع این ترکیبات یک مکانیسم اولیه در مقاومت به شوری و

سازگاری به تنش اسمزی در گیاهان است. از آنجا که در برخی موارد، مقدار تنظیم کننده‌های اسمزی کافی نیست، تنظیم کننده‌های اسمزی با منشا باکتریایی می‌تواند در گیاهان مورد استفاده قرار گیرد (رونتین و همکاران، ۲۰۰۲). در آزوسپیریلیوم هالوپرافرنس و آزوسپیریلیوم برازیلنس، گلایسین بتائین رشد گیاه و تثبیت نیتروژن را در شرایط تنش شوری تحریک می‌کند (هارتمن، ۱۹۸۸). این باکتری‌ها از طریق تثبیت نیتروژن و تولید هورمون‌هایی مانند اکسین می‌توانند مقاومت گندم را به شرایط شوری بهبود بخشند (ساتوویچ، ۲۰۰۶). استفاده از چهار جنس باکتری و دو جنس اکتینومایست دی آزوتروف‌های غیر همزیست شور و قلیا پسند بر گندم نشان داد که در تیمارهای اکتینومایست وزن خشک بیشتری نسبت به جنس‌های باکتری به‌دست آمده است، ولی ارتفاع گیاهان در تیمارهای حاوی باکتری بیشتر بود (بوتال و همکاران، ۲۰۱۰). محققان گزارش کردندکه باکتری هالوباکتریوم پراویلنس بیشترین میزان تجزیه ترکیبات آروماتیک نیتروژن‌دار را در شوری ۱۳ تا ۱۴ درصد دارا بود (اورن و همکاران، ۲۰۰۱). در یک مطالعه در دو خاک شور مشاهده گردید که جمعیت دی آزوتروف‌های آزادزی و کل باکتری‌های هتروتروف در خاک با شوری ۳۵ dS/m به‌طور قابل توجه و معنی‌داری بیشتر از خاک با شوری ۷۰ dS/m بود (مرادی و همکاران، ۲۰۱۱).

ایران دارای محیط‌های شور متنوعی می‌باشد که تنوع میکروبی آن‌ها و توانایی در تولید آنزیم‌های هیدرولیتیک خارجی، اسمولیت‌ها و از جنبه دارا بودن خصوصیات بهبود دهنده رشد گیاه (PGPR) در زمینه بیوتکنولوژی کشاورزی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است (روبان و همکاران، ۲۰۰۹). این مطالعه به منظور بررسی توانمندی جدایه‌های باکتریایی شورپسند بومی استان خراسان رضوی جداشده از خاک‌های شور مختلف، جهت کاهش خسارت تنش شوری همراه با دو رقم کنجد مقاوم و حساس به شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

جداسازی و شناسایی اولیه جدایه‌ها

به‌منظور جداسازی جدایه‌های شورپسند از نمونه خاک، نمونه‌برداری از شش منطقه مختلف از خاک‌های استان خراسان رضوی از عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متر خاک در تیر ماه سال ۱۳۹۳ انجام شد (جدول۱). سپس نمونه‌های ۲۰۰ گرمی خاک، در ظروف استریل به‌همراه ثبت مشخصات جغرافیایی محل نمونه‌برداری با GPS در مدت زمان کمتر از ۴۸ ساعت و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل و نگهداری شدند. جدا و خالص‌سازی هر یک از جدایه‌های شورپسند از نمونه‌های خاک توسط محیط کشت اختصاصی آن‌ها انجام شد (جدول۲). جهت جداسازی، سوسپانسیون ۱:۱ از خاک و آب (یک گرم خاک به یک میلی‌لیتر آب مقطر استریل) تهیه شد. ۵۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون فوق بر روی محیط کشت اختصاصی جامد ونتوسا و همکاران(۱۹۸۲) پخش گردید. محیط‌کشت‌ها در دمای ۳۵ سانتی‌گراد به مدت ۳ تا ۷ روز گرمخانه‌گذاری شدند (هوریکوشی، ۲۰۰۶). پانزده جدایه شورپسند توسط محیط کشت ونتوسا و همکاران (۱۹۸۲) جداسازی شدند. پس از جداسازی، برای اطمینان از خالص بودن آن‌ها، چندین مرتبه کشت مجدد انجام شد. جدایه‌های خالص‌سازی

شده جهت نگهداری طولانی مدت به روش نیتروژن مایع (هوریکوشی، ۱۹۹۹) ذخیره‌سازی شدند. پس از جداسازی این پانزده جدایه، پنج جدایه برتر بر اساس دارا بودن بالاترین خصوصیات بهبود دهندگی رشد شامل تولیدکنندگی آمونیاک، تری ایندول استیک اسید و ACC دی آمیناز، جهت بررسی توانمندی در بهبود رشد گیاه کنجد تحت شرایط شور انتخاب شدند (جدول ۴). مقادیر pH و هدایت الکتریکی برای جدایه‌ها توسط دستگاه pH متر –EC متر مدل (EW-35414-00) اندازه‌گیری گردید و پتانسیل اسمزی، کل مواد جامد محلول (علیزاده، ۱۳۷۸؛ مجللی، ۱۳۷۳) و غلظت در محیط کشت تمامی جدایه‌ها محاسبه شد (جدول ۳).

کشت گیاه و تلقیح باکتریایی

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل دو رقم کنجد (فردوس مقاوم به شوری و کلات حساس به شوری) و پنج جدایه باکتریایی (ویرجی باسیلیوس پانتاتنتیکوس(*Virgibacillus pantatenticus* L.) (H7)، ویرجی باسیلیوس دوخنسیس (H8)، باسیلیوس کلوزی(*Bacillus closy*) (H5, H6)، باسیلیوس نیلسونی(*Bacillus nilsony*) (H13)) جداسازی شده و منتخب شورپسند به‌همراه تیمار بدون تلقیح باکتری به عنوان شاهد (H5، H6، H7، H8، H13 و C) بودند (رشیدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ آستارایی و فرید حسینی، ۱۳۹۱). ۳۶ عدد گلدان با دهانه ۲۲ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر با یک خاک شور با هدایت الکتریکی ۶/۹۱ دسی زیمنس بر متر، پرگردید. مشخصات خاک مورد استفاده در جدول (۴) ذکر گردیده‌است. بذر مورد نیاز جهت کاشت از دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد که بر اساس انجام آزمایشات غربال‌گری اکوتیپ‌های کنجد به‌شوری شناسایی شده بود، تهیه شد (فاضلی کاخکی، ۲۰۱۲). جهت تلقیح سویه‌های شورپسند با بذرهای مذکور (ارقام حساس و مقاوم)، ابتدا پس از بازگشت سویه‌های منتخب، مقدار ۵۰ میلی‌گرم یا ۱۷۳ عدد بذر از هر رقم کنجد در هریک از ۳۶ ارلن حاوی محیط کشت دارای باکتری و برای شاهد (بدون باکتری) به‌صورت بذر مال، مخلوط و به مدت دو ساعت در دمای اتاق، خشک گردید.کشت بذور پس از آبیاری گلدان‌ها و رسیدن به ظرفیت زراعی در اردیبهشت ماه ۹۴ انجام شد.

پس از استقرار گیاهچه‌ها در مرحله چهار برگی و در ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری گیاهچه‌ها در هر گلدان تنک شده و تنها ۱۰ بوته در هر گلدان نگهداری گردید. هم‌زمان با تنک‌کردن بوته‌ها عملیات مبارزه دستی با علف‌های هرز نیز صورت گرفت. آبیاری با آب شهر، هر هفته بر اساس نیاز آبی کنجد در منطقه (فلاح قلهاری و همکاران، ۲۰۱۵) و بدون هر گونه آب‌شویی انجام شد. پس از رسیدگی محصول (۱۰۱ روز پس از کاشت)، صفات مورفولوژیکی شامل (ارتفاع گیاه، تعداد و ارتفاع شاخه جانبی، وزن تر و خشک اندام هوایی و زیرزمینی و حجم ریشه) و اجزای عملکرد (تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته، وزن تر و خشک ۱۰۰۰ دانه و وزن دانه در گلدان، وزن کل کپسول در گلدان) اندازه‌گیری و ثبت گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی از آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت استفاده گردید.

داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم افزار MSTAT-C تجزیه آماری و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

جدول۱- مشخصات جغرافیایی مناطق نمونه‌برداری شده از استان خراسان رضوی.

منطقه	محل نمونه‌برداری	مختصات نمونه‌برداری					ارتفاع (متر)	تعداد نمونه
		ثانیه	دقیقه		درجه	جهت		
۱	دریاچه نمک تبخیری بردسکن	۴۷	۳۶	۰۳	۳۵	N▪	۸۵۹	۲
		۶۰	۰۸	۵۳	۵۷	E△		
۲	کال شور عارف آباد کاشمر	۸۹	۵۱	۵	۳۵	N	۹۳۳	۱
		۷۸	۳۷	۳۸	۵۸	E		
۳	منطقه یونسی و مرندیز شهرستان بجستان	۳۰	۵۰	۴۷	۳۵	N	۷۹۸	۱
		۱۸	۲۲	۲۷	۵۸	E		
۴	باغات آستان قدس رضوی گناباد (۱)	۸۴	۳۳	۳۶	۳۴	N	۹۰۸	۱
		۶۳	۵۶	۵۶	۵۸	E		
۵	باغات آستان قدس رضوی گناباد (۲)	۸۹	۳۰	۲۶	۳۴	N	۸۸۴	۱
		۵۱	۲۷	۵۸	۵۸	E		
۶	کال شور عشق آباد شهرستان نیشابور	۲۷۶	-	۰۵	۳۶	N	۱۱۰۵	۱
		۶۴۳	-	۴۱	۵۸	E		

▪N جهت شمال، △E جهت شرق.

جدول ۲- محیط کشت ونتوسا و همکاران (۱۹۸۲) جهت جداسازی سویه های باکتریایی شور پسند.

ترکیبات	مقدار (گرم بر لیتر) شورپسند▪
گلوکز	۱
پلی پپتون	-
عصاره مخمر	۱۰
دی پتاسیم هیدروژن فسفات	-
سولفات منیزیوم هفت آبه	۹/۶
کربنات سدیم	-
کلرید سدیم	۸۱
کلرید منیزیوم دو آبه	۷
کلرید کلسیم	۰/۳۶
کلرید پتاسیم	۲
بی کربنات هیدروژن سدیم	۰/۰۶
برمیدسدیم	۰/۰۲۶
پروتئاز پپتون	۵
کازمینو اسید	-
تری سدیم سیترات	-
کلرید منگنز چهار آبه	-
سولفات آهن هفت آبه	-
آگار	۱۵

▪Hp محیط کشت قبل از استریل سازی با KOH یک نرمال بر روی ۷/۲ تنظیم گردید.

جدول ۳- مقادیر pH، هدایت الکتریکی، پتانسیل اسمزی، کل مواد جامد محلول و غلظت در محیط کشت جدایه‌های باکتریایی شور پسند در مرحله سکون.

جدایه	pH	هدایت الکتریکی (dS/m)	پتانسیل اسمزی (bar)	کل مواد جامد محلول(٪)	غلظت (meq/l)
H5	۸	۶۱/۴۴	۲۲/۱۲	۳/۳۹	۶۱۴/۴۶
H6	۸/۲	۶۸/۱۴	۲۴/۵۳	۴/۳۶	۶۸۱/۴۹
H7	۸/۱	۶۶/۴۷	۲۳/۹۳	۴/۲۵	۶۶۴/۷۳
H8	۷/۶	۶۷/۰۳	۲۴/۱۳	۴/۲۹	۶۷۰/۳۲
H13	۵/۱	۶۷/۰۳	۲۴/۱۳	۴/۲۹	۶۷۰/۳۲
C	۷/۲	۶۰/۸۵	۲۱/۹۰	۳/۸۹	۶۰۸/۵۰

جدول ۴- خصوصیات خاک قبل از شروع آزمایش.

ردیف	پارامتر	واحد	خاک زراعی
۱	بافت خاک	-	لوم
۲	pH	-	۷/۴
۳	هدایت الکتریکی	dS/m	۶/۹۱
۴	درصد اشباع خاک	%	۲۱/۳۱
۵	نیتروژن	%	۰/۰۴۳
۶	فسفر	ppm	۷/۸۶
۷	پتاسیم	ppm	۱۸۵
۸	کربن آلی	%	۰/۴۹
۹	موادآلی	%	۰/۸۶
۱۰	آهک	%	۱۵/۵
۱۱	گچ	mg/l	۷۴/۲۸
۱۲	سدیم	meq/l	۸/۷
۱۳	کلسیم و منیزیم	meq/l	۶/۰
۱۴	SAR	-	۵
۱۵	TDS	mg/l	۴۴۲۲/۴
۱۶	فشار اسمزی	bar	-۲/۴۸
۱۷	سولفات	meq/l	۸۶/۳۷
۱۸	طبقه بندی	-	C4-S1

تجزیه و تحلیل فیلوژنتیک جدایه‌های شورپسند

برای انجام تجزیه ژنتیکی، ابتدا از جدایه‌های برتر مرحله کشت گلخانه‌ای که در مجاورت با گیاه کنجد بالاترین عملکرد را ایجاد نموده بودند، کشت مایع تهیه گردید و جهت بررسی خلوص جدایه‌ها و کشت تک کلونی به منظور استخراج DNA، جدایه‌ها به‌روش کشت خطی بر روی محیط کشت جامد بازکشت شدند. به‌منظور توالی یابی ژنوم ابتدا این پنج جدایه منتخب با استفاده از رنگ‌آمیزی گرم به روش KOH سه درصد آزمون شدند (بارنز، ۱۹۸۴). با توجه به نتایج تست مذکور و گرم مثبت بودن تمامی جدایه‌ها، کیت اختصاصی باکتری‌های گرم مثبت و چهار گروه پرایمر عمومی 27F و 1492R ، 8Fd و 1488R که پرایمرهای عمومی شناسایی باکتری‌های شورپسند می‌باشند (شاهین‌پی و همکاران، ۱۳۹۲) از شرکت دنازیست تهیه گردید. کیت مورد نظر جهت جداسازی DNA از باکتری‌های گرم مثبت نیز از شرکت دنازیست تهیه گردید. استخراج DNA به روش دستی صورت گرفت (ردی و همکاران،۲۰۰۷).
جهت تکثیر ژن 16srRAN از DNA ژنومی، از دستگاه PCR مدل (T100ThermalCycler) شرکت USA-BIORAD گردید.

نتایج و بحث

بررسی ارقام کنجد نشان داد (جدول ۵) ارتفاع، تعداد دانه در کپسول، وزن تر و خشک اندام هوایی و زیر زمینی و نیز حجم ریشه به همراه وزن کل دانه در گلدان بین دو رقم دارای اختلاف معنی‌دار بود ($P\leq ۰/۰۵$). تمامی آنها برای رقم مقاوم به شوری فردوس بالاتر بود. سایر صفات در دو رقم اختلاف معنی‌داری نداشتند.

بیشترین عملکرد در جدایه H8 (*ویرجی باسیلیوس دوخنسیس*) و سپس جدایه‌های H6 و H7 که به ترتیب متعلق به *باسیلیوس کلوزی* و *باسیلوس پانتاتنتیکوس* می‌باشند، مشاهده گردید (جدول ۶). بیان شده که افزایش عملکرد و جذب نیتروژن در گندم پائیزه در اثر تلقیح با باکتری‌های ریزوسفر از جمله ازتوباکتر کروکوکوم، قابل توجه بوده است (رناتودفریتاس، ۲۰۰۰). رای وگاور (۱۹۸۸) اثر ازتوباکتر و آزوسپیریلوم را بر رشد و عملکرد گندم بررسی کردند، به طوری که ازتوباکتر به‌تنهایی ۸/۲، آزوسپیریلوم ۹/۱ و مخلوط این دو ۱۳/۹ درصد افزایش عملکرد را نسبت به شاهد بدون تلقیح، موجب شدند. همچنین سویه‌های مختلف باسیلوس توانستند از طریق تثبیت نیتروژن و انحلال فسفات‌های نامحلول، عملکرد جو را افزایش دهند (مصطفی و کنبولات، ۲۰۰۵). پوتن و باشان (۱۹۹۳) نیز تاثیر تلقیح آزوسپریلوم برازیلنس را بر رشد و دوام کاکتوس قابل توجه ذکر نمودند. بیشترین تعداد بوته در جدایه‌های H8 و H6 با اختلاف معنی‌دار با یکدیگر و شاهد و ۸۳/۳ و ۷۴/۲ درصد افزایش به ترتیب نسبت به شاهد مشاهده گردید.

ترنر و بکمن (۱۹۸۹) نیز اثر *باسیلوس سابتلیس* بر افزایش تعداد بوته سبز شده بادام زمینی را معنی‌دار ذکر نمودند. میانگین ارتفاع گیاه در دو جدایه H13 و H5 با اختلاف معنی‌دار با شاهد و سایر جدایه‌ها مشاهده شد (جدول ۶). درصد کاهش ارتفاع برای دو جدایه H5 و H13 نسبت به شاهد به ترتیب برابر ۷۰/۲ و ۵۶/۹ بود. بر خلاف این نتیجه، تلقیح سویه‌های دارای خصوصیت PGPR به کلزا در یک آزمون گلخانه‌ای موجب افزایش

معنی‌دار ارتفاع اندام هوایی (تـا۱۵/۵٪) شد (خاکیپور و همکاران، ۲۰۱۲). احتمالاً تفاوت جنس و گونه باکتری‌ها و همچنین گونه گیاهی مورد بررسی باعث این اختلاف در نتیجه شده است. بیشترین تعداد شاخه جانبی در جدایه H8 با اختلاف معنی‌دار با شاهد و ۵۵/۶ درصد افزایش و پس از آن بدون اختلاف معنی‌دار با شاهد در جدایه H6 (۲۵/۰ درصد افزایش نسبت به شاهد) مشاهده گردید. ارتفاع شاخه‌های جانبی تحت تاثیر جدایه‌ها اختلاف معنی‌داری با یکدیگر و شاهد در سطح احتمال پنج درصد نشان ندادند (جدول ۶).

تعداد کپسول در گلدان در تمامی جدایه‌ها نسبت به شاهد افزایش نشان داد. بیشینه این افزایش به ترتیب برای جدایه‌های H8، H7، H6، H5 و H13 با ۷۰/۷، ۵۶/۲، ۵۲/۳، ۴۱/۶ و ۲۵/۳ درصد افزایش مشاهده گردید (جدول ۶). بیشترین تعداد کپسول در بوته در جدایه‌های H7 و شاهد مشاهده شد. بیشترین کاهش تعداد کپسول در بوته به ترتیب در جدایه‌های H13، H8، H6 و H5 مشاهده گردید (جدول ۶). مقایسه تعداد دانه در کپسول نشان داد (جدول ۶) تلقیح جدایه‌ها باعث افزایش تعداد دانه در کپسول در تمامی آن‌ها نسبت به شاهد به ترتیب با ۷۰/۷ ، ۵۶/۲ ، ۵۲/۳ ، ۴۱/۶ و ۲۵/۳ درصد به ترتیب در جدایه‌های H8، H7، H6، H5 و H13 گردید. وزن تر و خشک اندام هوایی کنجد نیز در تمامی جدایه‌ها نسبت به شاهد افزایش نشان داد. بیشینه وزن تر اندام هوایی با ۷۲/۰ ، ۶۱/۸ ، ۵۷/۵ ، ۳۰/۱ و ۲۸/۵ درصد افزایش به ترتیب در جدایه‌های H8، H6، H7، H5 و H13 مشاهده گردید (شکل ۱). تلقیح سویه‌های دارای خصوصیت PGPR موجب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک اندام هوایی در کلزا شد (خاکیپور و همکاران، ۲۰۱۲) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. روند افزایشی مشاهده شده برای وزن خشک اندام هوایی مشابه وزن تر اندام هوایی در جدایه‌ها بود (جدول ۶). روهاتاشا سینگ و همکاران (۱۹۹۳) افزایش وزن خشک ذرت در اثر تلقیح با باکتری ازتوباکتر را گزارش دادند.

مقایسه وزن تر و خشک ریشه و حجم ریشه‌ها نیز نشان داد که تلقیح جدایه‌ها موجب افزایش هر سه پارامتر نسبت به شاهد گردیده و حداکثر و کمینه این افزایش به ترتیب در جدایه‌های H8 و H13 با اختلاف معنی‌دار با یکدیگر و شاهد مشاهده شد (جدول ۶). اثر مثبت آگروباکتریوم، سودوموناس و باسیلوس در افزایش ریشه‌زایی بذرهای گیاهان مختلف همانند کاج، بادام، گردو، اکالیپتوس، هلو، آناناس و سیب به اثبات رسیده است (دامیانو و مونتیسلی، ۱۹۹۸). محققان افزایش وزن ریشه ذرت در اثر تلقیح با آزوسپریلوم برازیلنس را گزارش دادند (روهاتاشا سینگ و همکاران، ۱۹۹۳). وزن تر ۱۰۰۰ دانه اختلاف معنی‌دار در بین جدایه‌ها نداشت، لیکن وزن خشک ۱۰۰۰ دانه در تمامی جدایه‌ها نسبت به شاهد از روند کاهشی برخوردار بود. بیشترین مقدار این کاهش برای جدایه H7 با ۶۸/۷ درصد کاهش و کمترین کاهش در جدایه H13 با ۲۲/۱ درصد مشاهد شد (شکل۲).

جدول ۵- تاثیر نوع رقم بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد.

رقم	تعداد بوته	ارتفاع (cm)	تعداد شاخه جانبی	ارتفاع شاخه های جانبی(cm)	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول در گلدان	وزن تر اندام هوایی(g)	وزن خشک اندام هوایی(g)
T	۵/۸۸a	۳۳/۳۸a	۰/۵۰a	۹/۶۱ a	۶/۵۶a	۱۹۲۵/۷۷a	۴۵/۳۸a	۱۰/۲۶a
S	۴/۰۰a	۲۲/۲۲b	۰/۹۴a	۱۷/۰۵a	۸/۲۲a	۱۴۳۱/۱۱b	۳۴/۳۹b	۷/۸۹b
P_{value}	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱۳۵	۰/۰۴۹۹	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰

T = مقاوم (رقم فردوس) ، S = حساس (رقم کلات).

ادامه جدول ۵- تاثیر نوع رقم بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد.

رقم	وزن تر ریشه(g)	وزن خشک ریشه(g)	حجم ریشه (cm^3)	وزن خشک ۱۰۰۰ دانه(g)	وزن کل دانه ها در گلدان (g)	درصد رطوبت اندام هوایی	درصد رطوبت ریشه	وزن تر کل کپسول در گلدان (g)	وزن خشک کل کپسول در گلدان (g)	وزن تر ۱۰۰۰ دانه (g)
T	۱۲/۱۴a	۶/۴۷a	۱۳/۳۲a	۲/۱۲a	۵/۷۷a	۷۶/۶۴a	۴۴/۴۹a	۲/۹۸a	۳/۸۵a	۱/۶۷a
S	۶/۶۹b	۳/۹۱b	۷/۳۴b	۲/۲۲a	۴/۲۹b	۷۶/۴۴a	۴۳/۴۰a	۲/۳۶a	۳/۰۹a	۱/۶۴a
P_{value}	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	-	۰/۰۰۰۰	-	-	۰/۰۰۳۲	۰/۲۶۱۴	-

T = مقاوم (رقم فردوس) ، S = حساس (رقم کلات).

ظاهراً با افزایش عملکرد و دیگر اجزای آن، وزن هزار دانه کاهش می‌یابد اما افزایش بقیه اجزای عملکرد این کاهش را به خوبی جبران نموده و در نهایت باعث افزایش محصول می‌گردد. وزن کل دانه‌ها تحت تاثیر جدایه‌ها قرار گرفت، بیشترین مقدار افزایش آن به‌ترتیب در جدایه‌های H8 (۷۰/۸ درصد)، H7 (۵۶/۳ درصد)، H6 (۵۲/۴ درصد)، H5 (۴۱/۷ درصد) و H13 (۲۵/۵ درصد) نسبت به شاهد مشاهده گردید. درصد رطوبت اندام هوایی تحت تاثیر تلقیح باکتریایی قرار نگرفت، لیکن درصد رطوبت اندام زیرزمینی در تمامی جدایه‌ها به استثنا جدایه H7 که ۳/۸ درصد افزایش داشت، نسبت به شاهد کاهش داشت (جدول ۶). بر خلاف این نتیجه، ساریج و همکاران (۱۹۸۸) گزارش کردند که بوته های سورگوم تلقیح شده با آزوسپیریلیوم به میزان کمتری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند. گیاهان تلقیح شده میزان آب بیشتری در پوشش گیاهی در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده داشتند. همچنین کاربرد ماده تلقیح موجب افزایش پتانسیل آب برگ‌ها و کاهش دمای کانوپی در مقایسه با گیاهان تلقیح نیافته شد. بوته‌های تلقیح یافته با آزوسپیریلوم رطوبت بیشتری را از خاک جذب کردند. کاربرد ماده تلقیحی سبب شد که آب از لایه‌های عمیق‌تر پروفیل خاک استخراج شود. بنابراین افزایش عملکرد سورگوم در گیاهان تلقیح یافته به بهبود استفاده از رطوبت خاک وابسته بود. اما در آزمایش حاضر، افزایش عملکرد کنجد مربوط به استفاده بهتر از رطوبت خاک نبوده و خواص دیگر باکتری‌ها باعث آن شده است. وزن تر کل کپسول در گلدان نیز در تمامی جدایه‌ها نسبت به شاهد افزایش نشان داد و بیشترین مقدار این افزایش در جدایه‌های H8 و H7 مشاهده شد (جدول ۶). مقایسه جدایه‌ها برای وزن خشک کل کپسول در گلدان در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار نبود.

جدول ۶- تاثیر انواع جدایه‌های باکتریایی شورپسند بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد.

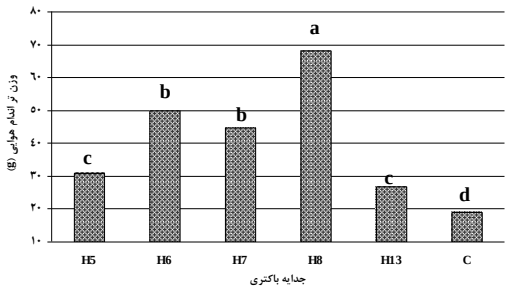
جدایه	تعداد بوته	ارتفاع (cm)	تعداد شاخه جانبی	ارتفاع شاخه های جانبی(cm)	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول در گلدان	وزن تر اندام هوایی(g)	وزن خشک اندام هوایی(g)
H5	۴/۸۳bc	۱۹/۵۵b	۰/۳۳۳ b	۵/۰۸a	۵/۵۷b	۱۴۵۶cd	۳۰/۷۹c	۷/۲۳c
H6	۵/۸۳b	۳۰/۳۰a	۰/۸۳۳ab	۱۴/۵۰a	۵/۷۸b	۱۷۸۳bc	۴۹/۸۶b	۱۰/۹۸b
H7	۵/۱۶bc	۳۰/۷۹a	۰/۵۰۰b	۱۵/۹۲a	۱۰/۸۱a	۱۹۴۱b	۴۴/۸۵b	۱۰/۴۷b
H8	۹/۰۰a	۳۱/۶۷a	۱/۵۰۰a	۲۲/۲۲a	۵/۸۱b	۲۹۰۳a	۶۸/۱۳a	۱۴/۸۶a
H13	۳/۳۳cd	۲۱/۲۱b	۰/۵۰۰b	۱۲/۸۳a	۶/۴۶b	۱۱۳۹de	۲۶/۶۴c	۶/۲۱cd
C	۱/۵۰d	۳۳/۲۹a	۰/۶۶۶b	۹/۴۳a	۶/۹۱a	۸۴۹/۳e	۱۹/۰۵d	۴/۷۴d
P_{value}	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۷۱	۰/۱۶۱۲	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰

C = شاهد، H5=جدایه شماره۵، H6= جدایه شماره۶، H7=جدایه شماره۷، H8=جدایه شماره۸، H13= جدایه شماره۱۳.

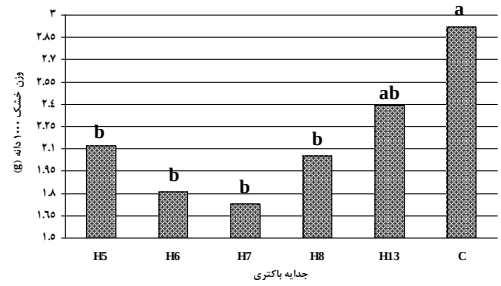
ادامه جدول ۶- تاثیر انواع جدایه‌های باکتریایی شورپسند بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد.

جدایه	وزن تر ریشه(g)	وزن خشک ریشه(g)	حجم ریشه (cm^3)	وزن خشک ۱۰۰۰ دانه(g)	وزن کل دانه ها در گلدان (g)	درصد رطوبت اندام هوایی	درصد رطوبت ریشه	وزن تر کل کپسول در گلدان (g)	وزن خشک کل کپسول در گلدان (g)	وزن تر ۱۰۰۰ دانه (g)
H5	۷/۲۴c	۴/۸۲bc	۷/۹۴c	۲/۱۲b	۴/۳۶cd	۷۵/۹۷a	۳۲/۸۴b	۲/۵۳bc	۳/۰۵a	۱/۵۴a
H6	۹/۰۹c	۵/۰۷b	۹/۹۸c	۱/۸۱b	۵/۳۴bc	۷۷/۸۴a	۴۳/۳۳ab	۲/۵۱bc	۳/۴۸a	۱/۵۶a
H7	۱۲/۴۷b	۴/۸۶bc	۱۳/۶۸b	۱/۷۳b	۵/۸۲b	۷۶/۳۶a	۵۵/۱۳a	۲/۶۶b	۲/۹۶a	۱/۶۳a
H8	۱۷/۸۳a	۱۱/۱۶a	۱۹/۵۶a	۲/۰۵b	۸/۷۰a	۷۸/۱۴a	۳۶/۹۶ab	۴/۶۰a	۳/۴۸a	۱/۷۷a
H13	۶/۳۶c	۳/۵۷c	۶/۹۸c	۲/۳۹ab	۳/۴۱de	۷۶/۳۰a	۴۲/۴۴ab	۲/۰۴bc	۴/۰۷a	۱/۶۲a
C	۳/۵۲d	۱/۶۴d	۳/۸۷ d	۲/۹۲a	۲/۵۴e	۷۴/۶۶a	۵۲/۹۸a	۱/۶۷c	۳/۷۹a	۱/۷۸a
P_{value}	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰	–	۰/۰۲۳۲	۰/۰۰۰۰	–	–

C= شاهد، H5=جدایه شماره۵، H6= جدایه شماره۶، H7=جدایه شماره۷، H8=جدایه شماره۸، H13= جدایه شماره۱۳.



شکل ۱- تاثیر جدایه‌های باکتری شورپسند بر وزن تر اندام هوایی (g)



شکل۲- تاثیر جدایه‌های باکتری شورپسند بر وزن خشک ۱۰۰۰ دانه(g).

جدول ۷- اثرات متقابل رقم و جدایه باکتریایی شورپسند بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد.

رقم ×جدایه	تعداد بوته	میانگین ارتفاع (cm)	تعداد شاخه جانبی	میانگین ارتفاع شاخه‌های جانبی(cm)	میانگین تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول در گلدان	وزن تر اندام هوایی(g)	وزن خشک اندام هوایی(g)
T × H5	۷/۳۳ab	۲۹/۸۵cd	۰/۰۰۰d	۰/۰۰۰ d	۵/۲۱d	۲۱۰۹cd	۴۲/۱۶ef	۹/۹۰de
T × H6	۵/۳۳ bc	۳۳/۴۵bc	۱/۳۳۳ab	۲۱/۰۰ abc	۶/۷۷cd	۱۸۸۵de	۵۳/۷۳c	۱۱/۰۹cd
T × H7	۸/۶۶a	۳۳/۲۵bc	۰/۰۰۰d	۰/۰۰۰ d	۴/۹۵d	۲۳۸۹bc	۵۳/۳۷cd	۱۲/۴۰bc
T × H8	۸/۶۶a	۳۵/۸۳b	۱/۰۰۰bc	۱۶/۶۷ abcd	۶/۲۵d	۳۰۰۵a	۷۳/۲۱a	۱۵/۶۶a
T ×H13	۳/۳۳cd	۲۱/۰۰e	۰/۳۳۳ cd	۹/۶۶ cd	۵/۶۸d	۹۸۹/۳hij	۲۱/۷۰ij	۵/۶۴g
T × C	۲/۰۰de	۴۶/۹۲a	۰/۳۳۳cd	۱۰/۳۳ bcd	۱۰/۵۰b	۱۱۷۶ghi	۲۸/۱۳hi	۶/۹۰fg
S × H5	۲/۳۳de	۹/۲۵f	۰/۶۶۶bcd	۱۰/۱۷bcd	۵/۹۴d	۸۰۲/۷ ij	۱۹/۴۳j	۴/۵۷gh
S × H6	۶/۳۳b	۲۷/۱۴d	۰/۳۳۳cd	۸/۰۰cd	۴/۷۹d	۱۶۸۰def	۴۵/۹۹de	۱۰/۸۶cde
S × H7	۱/۶۶de	۲۸/۳۳cd	۱/۰۰۰bc	۳۱/۸۳a	۱۶/۶۷a	۱۴۹۳efg	۳۶/۳۴fg	۸/۵۴ef
S × H8	۹/۳۳a	۲۷/۵۰d	۲/۰۰۰a	۲۷/۷۷ab	۵/۳۷d	۲۸۰۰ab	۶۳/۰۵b	۱۴/۰۵ab
S × H13	۳/۳۳cd	۲۱/۴۳e	۰/۶۶۶bcd	۱۶/۰۰abcd	۷/۲۳cd	۱۲۸۸fgh	۳۱/۵۷gh	۶/۷۸fg
S × C	۱/۰۰e	۱۹/۶۷e	۱/۰۰۰bc	۸/۵۳cd	۹/۳۳bc	۵۲۲/۷j	۹/۹۶k	۲/۵۹h
P_{value}	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱۸۹	۰/۰۵۳۷	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۳۴

T = مقاوم (رقم فردوس)، S = حساس (رقم کلات)، C= شاهد، H5=جدایه شماره۵، H6= جدایه شماره۶، H7=جدایه شماره۷، H8=جدایه شماره۸، H13= جدایه شماره۱۳.

ادامه جدول ۷–اثرات متقابل رقم و جد.ایه باکتریایی شورپسند بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد.

رقم ×جدایه	وزن تر ریشه(g)	وزن خشک ریشه(g)	حجم ریشه (cm^3)	وزن خشک ۱۰۰۰ دانه(g)	وزن کل دانه‌ها در گلدان (g)	درصد رطوبت اندام هوایی	درصد رطوبت ریشه	وزن تر کل کپسول در گلدان (g)	وزن خشک کل کپسول در گلدان (g)	وزن تر ۱۰۰۰ دانه (g)
T × H5	۱۱/۰۰c	۷/۳۱c	۱۲/۰۷c	۲/۵۳b	۶/۳۲cd	۷۶/۴۰a	۳۲/۴۷c	۴/۰۷b	۳/۶۸a	۱/۴۹a
T × H6	۱۱/۴۳c	۶/۴۲c	۱۲/۵۴c	۱/۷۸cde	۵/۶۵de	۷۹/۲۵ a	۴۳/۱۶bc	۲/۶۵cd	۳/۳۶a	۱/۶۵a
T × H7	۱۹/۴۹a	۶/۷۳c	۲۱/۳۸a	۲/۰۵bcde	۷/۱۶bc	۷۶/۳۲a	۶۴/۶۷a	۳/۷۶b	۲/۸۱a	۱/۷۲a
T × H8	۲۱/۰۸a	۱۳/۲۰a	۲۳/۱۳a	۱/۵۲de	۹/۰۱a	۷۸/۶۶a	۳۷/۱۲c	۳/۵۶bc	۳/۸۰a	۱/۶۲a
T ×H13	۴/۹۵ef	۲/۷۵ef	۵/۴۳ef	۲/۵۳b	۲/۹۶hij	۷۳/۸۸a	۴۰/۸۵bc	۱/۸۱defg	۴/۹۰a	۱/۸۸a
T × C	۴/۹۲efg	۲/۳۹ef	۵/۴۰efg	۲/۳۲bc	۳/۵۲ghi	۷۵/۳۶a	۴۸/۶۸abc	۲/۰۲def	۴/۵۶a	۱/۶۵a
S × H5	۳/۴۸fg	۲/۳۳f	۳/۸۲fg	۱/۷۰cde	۲/۴۰ij	۷۵/۵۴a	۳۳/۲۱ c	۰/۹۹۱g	۲/۴۲a	۱/۵۹a
S × H6	۶/۷۶de	۳/۷۲de	۷/۴۲de	۱/۸۵bcde	۵/۰۴def	۷۶/۴۲a	۴۳/۵۰bc	۲/۳۷de	۳/۶۰a	۱/۴۸a
S × H7	۵/۴۴def	۲/۹۹ef	۵/۹۶def	۱/۴۰e	۴/۴۸efg	۷۶/۴۱a	۴۵/۵۹abc	۱/۵۵efg	۳/۱۰a	۱/۵۳a
S × H8	۱۴/۵۸b	۹/۱۱b	۱۵/۹۹b	۲/۵۷b	۸/۴۰ab	۷۷/۶۳a	۳۶/۸۰c	۵/۶۳a	۳/۱۶a	۱/۹۳a
S × H13	۷/۷۸d	۴/۴۰d	۸/۵۳ d	۲/۲۵bcd	۳/۸۶fgh	۷۸/۷۲a	۴۴/۰۳bc	۲/۲۸de	۳/۲۴a	۱/۳۷a
S × C	۲/۱۳g	۰/۹۰g	۲/۳۳g	۳/۵۳a	۱/۵۶j	۷۳/۹۶a	۵۷/۲۸ab	۱/۳۲fg	۳/۰۳a	۱/۹۲a
P_{value}	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱۲	–	–	۰/۰۰۰۰	–	–

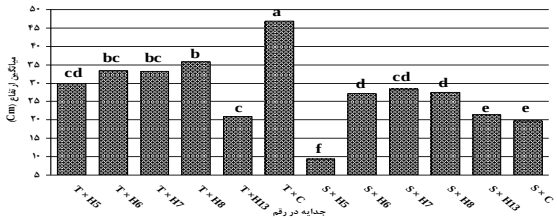
T = مقاوم (رقم فردوس)، S = حساس (رقم کلات)، C = شاهد، H5 = جدایه شماره ۵، H6 = جدایه شماره۶، H7 = جدایه شماره۷، H8 = جدایه شماره۸، H13 = جدایه شماره۱۳.

بررسی اثرات متقابل رقم و جدایه باکتریایی (جدول ۷) نشان داد که جدایه H8 باعث افزایش معنی‌دار اکثر صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد گردید و می‌توان گفت که اثر جدایه‌های باکتریایی در افزایش محصول کنجد بیشتر از اثر رقم بود. بیشترین تعداد بوته در تیمارهای S × H8 (با ۹۸/۲ درصد افزایش)، T × H8 و T × H7 (هر دو با ۷۶/۹ درصد افزایش نسبت به شاهد) و بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر مشاهده شد.

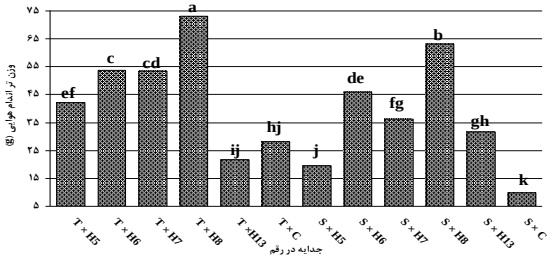
استفاده از جدایه‌ها باعث جلوگیری از مرگ و میر گیاهان و افزایش تعداد بوته باقی مانده در هر دو رقم کنجد فردوس و کلات نسبت به شاهد گردید. حداقل تعداد بوته باقی‌مانده در تیمارهای شاهد هر دو رقم (S × C و T × C) مشاهده شد (جدول ۷). کاربرد جدایه‌ها باعث افزایش ارتفاع رقم حساس و کاهش ارتفاع رقم مقاوم نسبت به شاهد گردید (شکل ۳). بیشترین افزایش ارتفاع در تیمار شاهد (T × C) متناظر با کاهش سایر پارامترها در این تیمار دیده شد (جدول ۷). ارتفاع گیاهان تحت تاثیر جدایه قرار گرفت و ارتفاع رقم مقاوم بیشتر از رقم حساس به شوری بود. حداکثر تعداد شاخه جانبی در تیمار S × H8 و T × H6 مشاهده گردید (جدول ۷). جدایه‌های H5 و H7 در رقم مقاوم به شوری فردوس هیچ‌گونه شاخه جانبی تولید نکرد. بیشینه ارتفاع شاخه جانبی در تیمارهای S × H7 و S × H8 مشاهده شد (جدول ۷). بیشترین تعداد کپسول در گلدان در جدایه H8 برای هر دو رقم مقاوم و حساس به ترتیب با ۶۰/۸ و ۸۱/۳ درصد افزایش نسبت به شاهد مشاهده شد. تیمار T × H7 با ۵۰/۷ درصد افزایش در جایگاه سوم بعد از دو تیمار بیشینه قرار گرفت. تعداد کپسول در بوته فقط برای سه تیمار S × H7 ، T × C و S × C با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۷). حداکثر تعداد دانه در کپسول، وزن تر و خشک اندام هوایی به ترتیب در تیمارهای T × H8 و S × H8 مشاهده گردید که نشان دهنده تاثیر جدایه H8 در افزایش عملکرد کنجد در مقایسه با اثر رقم (مقاوم و حساس) بود (جدول ۷ و شکل ۴). بررسی وزن تر و خشک ریشه و حجم ریشه تحت تاثیر جدایه و رقم نشان داد که بیشینه این پارامترها در جدایه H8 و ارقام مقاوم و حساس و سپس جدایه H7 رقم مقاوم مشاهده شد. کمترین مقدار این پارامترها در تیمار S × C مشاهده گردید. حداکثر وزن تر و خشک و حجم ریشه با ۷۶/۶، ۸۲/۳ و ۷۶/۶ درصد افزایش در تیمار T × H8 مشاهده گردید (جدول ۷). وزن تر ۱۰۰۰ دانه در هیچ یک از تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان نداد، لیکن حداکثر وزن خشک ۱۰۰۰ دانه در تیمار S × C با اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها مشاهده گردید (جدول ۷). وزن هزار دانه نسبت به دیگر اجزای عملکرد، کمتر تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد و معمولاً پایدارتر است. حداکثر وزن کل دانه در تیمار T × H8 (۶۰/۹ درصد افزایش) و S × H8 (۸۱/۴ درصد افزایش) بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر مشاهده گردید (جدول ۷). این دو با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشتند. رطوبت ریشه دارای اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها بود و حداکثر آن در تیمارهای T × H7 و S × C مشاهده گردید (جدول ۷) که نشان می‌دهد باکتری یا رقم اثری روی درصد رطوبت ریشه نداشته‌اند. بیشترین وزن تر کپسول تحت تاثیر جدایه و رقم در تیمار S × H8 با اختلاف معنی‌دار و سپس در تیمارهای T × H5 و T × H7 بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر مشاهده گردید. وزن خشک کپسول تحت تاثیر رقم و جدایه قرار نگرفت.

مقدار pH درجدایه‌های شورپسند ۷/۴ بود (جدول ۳) که نسبت به pH اولیه در محیط کشت ۰/۲ واحد بالاتر بود. رشد اکثر جدایه‌ها در محیط کشت موجب تغییر pH گردید. حداکثر و حداقل pH به ترتیب با ۸/۲ و ۵/۱ برای جدایه‌های H6 و H13 مشاهده گردید. رشد جدایه H13 موجب کاهش مقدار pH نسبت به محیط

کشت اولیه گردید، لیکن رشد سایر جدایه‌ها موجب افزایش pH در محیط کشت شد (جدول ۳). جدایه H8 که باعث تولید بیشترین عملکرد کنجد شد دارای pH مناسب رشد گیاه، یعنی ۷/۶ بود. در این pH بیشتر عناصر مورد نیاز و ضروری گیاه از جذب بالاتری برخوردارند. متوسط هدایت الکتریکی محیط dS/m ۶۵/۱۶ بود (جدول ۳). پتانسیل اسمزی، کل مواد جامد محلول و غلظت به ترتیب bar ۲۳/۴، ۴٪/۰۷ و meq/l ۶۵۱/۵۶ بود. فشار اسمزی زیاد در محیط کشت باکتری‌ها که تقریباً برابر فشار اسمزی در خاک در نقطه پژمردگی دائم (atm ۱۰تا۲۰) می‌باشد را می‌توان یکی از دلایل زنده مانی و احتمالا کارایی این باکتری‌ها در شرایط شوری زیاد خاک دانست. این نتیجه با گزارشات سایر محققان، مطابقت دارد (ساتوویچ، ۲۰۰۶ و میشرا و همکاران، ۲۰۱۵).



شکل ۳- تاثیر جدایه‌های باکتری شورپسند و رقم بر میانگین ارتفاع (cm).



شکل ۴- تاثیر جدایه‌های باکتری شورپسند و رقم بر وزن تر اندام هوایی.

نتیجه گیری

بهترین باکتری‌ها برای افزایش عملکرد کنجد به ترتیب H8 (*ویرجی باسیلیوس دوخنسیس*) و H7 (*باسیلوس پانتاتنتیکوس*) بودند. بررسی حاضر نشان داد که تاثیر تلقیح جدایه در افزایش عملکرد کنجد بیش از نوع رقم بود (جدول ۷). تلقیح نژادهای باکتریایی شورپسند به دو رقم کنجد مقاوم و حساس به شوری نشان داد که در رقم فردوس (مقاوم) باعث افزایش عملکرد و اجزای آن گردید درحالی‌که تلقیح همان سویه‌ها در رقم کلات (حساس به شوری) باعث افزایش صفات ظاهری گیاه مانند ارتفاع، تعداد و ارتفاع شاخه جانبی گردید، هرچند که تیمارهای حاوی جدایه‌های شورپسند نسبت به تیمارهای شاهد در هر دو رقم، افزایش در صفات ظاهری و عملکرد داشتند. در تیمار شاهد رقم حساس، بیشتر صفات اندازه‌گیری شده در حداقل بود. اختلافات مشاهده شده در عملکرد و اجزای عملکرد (درصدهای افزایش) در رقم حساس نسبت به تیمار شاهد همان رقم (S × C) در مقایسه با رقم مقاوم نسبت به شاهد آن (T × C) بیشتر بود. تنها تفاوت محسوس دو جدایه H8 و

H13 در هنگام رشد (جدول ۳)، میزان تغییر pH از pH اولیه ۷/۲ به ترتیب به ۷/۶ و ۵/۱ در محیط کشت آنها بود که شاید بتوان آن را دلیلی بر افزایش یا کاهش خصوصیات رشدی و عملکرد این دو رقم کنجد به شمار آورد.

توصیه های ترویجی

کاربرد کودهای زیستی که دارای باکتری‌های شورپسند هستند، برای افزایش عملکرد گیاه، مفید است و پیشنهاد می‌شود که کشاورزان از این کودها استفاده نمایند، زیرا توانایی افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری را دارند. بر اساس این بررسی، کاربرد باکتری شورپسند با نام: *باسیلوس دوخنسیس*، باعث بیشترین افزایش عملکرد در گیاه کنجد شد، لذا استفاده از این باکتری به کشاورزان توصیه می‌شود.

منابع

Alizade, A. 1999. Soil, water, plant relationship. Emam Reza University, Mashhad, Beh nashr Press.P: 353

Astaraei, A.R and A. R. Faridhosseini.2012.Biofertilizer, Technology, Marketing and Useage. Mashhad Press. P: 223.

Baydar, H., Marquard, R., and Turgut, I. 1999. Pure line selection for improved yield, oil content and different fatty acid composition of sesame, Sesamum indicumL. Plant Breed 118:462-464

Brigham, R.D. 1985. Status of sesame research and production in Texas and USA, in: L.A. Ashi (ed) Sesame and Safflower Status and potentials pubi. 66 FAO. Rome. 73-74.

Butale, SV., Raut, AA. and Sawant, T.B. 2010. Application of moderately haloalkaliphilic nonsymbiotic diazotrophs of Lonar lake to saline soils. International Journal of Microbiology Research; 2(2):1-4.

Chayjan, R.A. 2010. Modeling of sesame seed dehydration energy requirements by a soft-computing approach. Aust J Crop Sci 4:180-184.

Damiano, C. and S. Monticelli, 1998. In vitro fruit trees rooting by Agrobacterium rhoizogenes wild type infection. Journal of Biotechnology, htto/www.inea.it/ isf/index .html.

Detkova, E.N., Boltyanskaya, and Yu. V.2007. Osmoadaptation of Haloalkaliphilic Bacteria: Role of Osmoregulators and Their Possible Practical Application. Microbiology; 76(5): 511–522.

Falah Ghalhari, GH. A., Rah Chamani, M., and Biranond, F.2015.Sesame plant water requirement in the Sabzevar Region.Geographical Studies of Arid Zones. 2(26):1-14.

Fazeli Kakhki, F., Nezami, A., Parsa, M., and Kafi, M. 2012.Evaluation of sesame ecotypes (*Sesamum indicum* L.) for salinity tolerance in field and control conditions. Ferdowsi University of MashhadFaculty of Agriculture., Ph.D. Dissertation.

Hartman, A.1988.Ecophysiological aspects of growth and nitrogen fixation in AzospirillumSpp. Plant and Soil.110: 225-238.

Hazarika, D.K. 1998 .Influence of sowing date and varieties on development of powdery mildew of sesame in Assam. Journal of phytological Research .11: 73- 75.

Horikoshi, K. 1999. Alkaliphiles. Kodansha: Hardwood Academy Publisher, Germany, Springer.

Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masomi, A., and Nabati, J. 2009. Enviromental stress on plant physiology.Mashhad University Jahad.(Translation).

Khakipour, N. Khavazi, K. and Akhgar, A. 2012. Identification of Indole compounds produced by a selection of fluorescent Pseudomonas and their inoculation effect on the growth of rape. Iranian Journal of soil Research. (A) 26(4):415-423.

Langham, DR., and Wiemers, T. 2002.Progress in mechanizing sesame in the US through breeding. In: Janickand J, Whipkey A (ed) Trends innew crops and new uses, American Society for Horticultural Science Press, Alexandria, Virginia.

Langham, D. R. 2007. Phenology of sesame. Issues in new crops and new uses. J. Janick and A. Whipkey (eds.). ASHS Press, Alexandria, VA.

Mishra, S., Singh, RP., Raghuvanshi, S., and Gupta, S.2015. Deducing the Bio-Perspective Capabilities of Fe(II) Oxidizing Bacterium Isolated from Extreme Environment. Biochemistry & Analytical Biochemistry. 4:2:1-5.

Mojalali, H., 1994.Soil Chemistry.University Press Center. P: 344.

Moradi, A. Tahmourespour, A. Hoodaji, M. and Khorsandi, F. 2011. Effect of salinity on free living - diazotroph and total bacterial populations of two saline soils. African Journal of Microbiology Research. 5(2):144-148.

Mustafa, Y. and S.B. Canbolat. 2005. Effect of plat growth promoting bacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. Bio Fertil Soils. Original paper.

Nezami, A., Fazeli Kakhki, F., Zarghani, H., Shabahang, J., and Ghandom Zad, M.2014.A preliminary study on yield and yield components of sesame ecotypes (Sesamum indicum L.)in the weather of Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research.

Oren, A. Gurevich, and P. Henis, Y.2001. Reduction of nitro substituted aromatic compounds by the halophilic anaerobic eu-bacteriua Haloanaerobium praevalens and Sporohalobacfer marismortui. Applied and Environmental Microbiology. 57: 3367-3370.

Rai, S. N. and A.C. Gaur. 1988. Characterization of Azotobacter spp. and effect of Azotobacter and Azospirillum as inoculant on the yield and N-uptake of wheat crop. Plant and Soil 109:131-134.

Rashidi, Z., Pezeshkpour, P. and H. Kharestani.2014.Biofertilizer Manual. Agricultural Education and Natural Resources Research Press (Tak).P:190.

Renato de Freitas, J. 2000. Yield and N assimilation of winter inoculated wheat rhizobacteria. Pedobiologia 44:97-104.

Rohban, R. Amoozegar, MA. and Ventosa, A. 2009. Screening and isolation of halophilic bacteria producing extracellular hydrolyses from Howz Soltan Lake, Iran. Journal Industerial Microbiology and Biotechnology; 36:333–340.

Rohitashav-Singh, sood, B.K. V.K. sharma and R.singh. 1993. Esponse of forage maize (*Zea mays* L.) to Azotobacter inoculation and inoculation and nitrogen. IndianJournal of Agronomy.38:555-558.

Rontein, D. Basset, G. and Hanson, AD.2002. Metabolic Engineering of Osmoprotectant Accumulation in Plants. Metabolic Engineering. 4: 49–56.

Saatovich, SZ. 2006. Azospirilli of Uzbekistan soil and their influence on growth and development of wheat plants. Plant and Soil. 283:137-145.

Sahay, H., Mahfooz, S., Singh, A.K., Singh, S., Kaushik, R., Saxena, A.K. and Arora, D.K. 2012. Exploration and characterization of agriculturally and industrially important haloalkaliphilic bacteria from environmental samples of hypersaline Sambhar lake, India. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 28:3207–3217.

Singh, SP., Purohit, MK. Raval, VH., Pandey, S., Akbari, VG., and Rawal, CM.2010. Capturing the potential of Haloalkaliphilic bacteria from the saline habitats through culture dependent and metagenomic approaches. Curent Reasearch, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology. 81-87.

Turner, J.T. and Backman, P.A. 1989.Factors relating to peanut yield increases folloeing Bacillus subtilis seed treatment.Plant Disease, 73:464-468.

Uzun, B., Arslan, C., and Furat, S. 2008.Variation in fatty acid compositions, oil content and oil yield in a germplasm collection of sesame *(Sesamum indicum*L.). J Am Oil Chem Soc. 85:1135-1142

Ventosa, A., Quesada, E., Rodriguez-Valera, F., Ruiz-Berraquero, F., and Ramos-Cormenzana, A.1982. Numerical taxonomy of moderately halophilic Gram-negative rods. Journal of general microbiology. 128: 1959–1968.

Zanjirband, M.,Kasra Kermanshahi, R., and Golbang, N.2013. Isolation of the moderately halophilic bacteria and effects of pH and incubation on their growth. Journal of Taxonomy and Biosystematics. 1(1):21-32.