تأثیر باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد بر بهبود تغذیه و رشد دانهال پسته در شرایط تنش خشکی

مهدی سرچشمه پور[1*]، غلامرضا ثواقبی، حمید سیادت و حسینعلی علیخانی

استادیار بخش خاکشناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ msarcheshmeh@gmail.com

دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران؛ savagheb@ut.ac.ir

استاد پژوهش سازمان تحقیقات کشاورزی؛ hsiadat@yahoo.com

دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران؛ Halikhani@yahoo.com

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی امکان استفاده ازسویه‌های برتر باکتری‌های ریزوسفری درختان پسته برای بهبود شرایط تغذیه‌ای و رشد این گیاه در شرایط تنش خشکی انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب یک طرح کاملاً تصادفی بود که طی آن تیمارهای مایه زنی شامل شاهد بدون تلقیح(T_1) ، تلقیح با دو جدایه مولد IAA (T_2)، یک جدایه مولد ACC دآمیناز (T_3) ، دو جدایه دارای توان بالای حلالیت فسفات (T_4)، چهار جدایه مولد حداکثر سیدروفور(T_5)، مخلوط جدایه‌های مولد IAA و ACC دآمیناز (T_6) و مخلوط کلیه جدایه‌های فوق (T_7) در 3 سطح تنش خشکی شامل (D_0) 80 ، (D_1) 50 و (D_2) 20 درصد آب قابل استفاده در شرایط گلخانه با 4 تکرار اجرا گردیدند. میانگین وزن خشک اندام هوایی و ریشه، ارتفاع نهال، تعداد و مجموع سطح برگ و حجم ریشه با افزایش خشکی به طور معنی‌داری کاهش یافت. حداکثر وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع نهال، تعداد و سطح برگ مربوط به تیمار T3 و حداقل آن مربوط به‌T1 بود. در سطح خشکی D2، تیمارT6 بعد از T3 و در یک گروه آماری قرار گرفت. در تنش شدید خشکی، تیمار T3 از نظر کلیه صفات مربوط به ریشه نیز دارای بیشترین مقادیر عددی بود. تنش شدید خشکی باعث افزایش معنی‌دار غلظت و کاهش مقدار فسفر، آهن و روی اندام هوایی شد. در بین تیمارهای تلقیح باکتری، حداکثر میانگین غلظت و مقدار فسفر به ترتیب مربوط به تیمار T6 و T3 و حداقل آنها مربوط به تیمارT1 بود. مایه زنی نهال‌های پسته با باکتری‌های مولدIAA و ACC دآمیناز و مخلوط آنها توانست در بهبود برخی شاخص‌های رشد در شرایط تنش خشکی مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: جذب عناصر غذایی در پسته، IAA، ACC دآمیناز.

مقدمه

پسته این محصول بیابان‌های گرم و خشک، از جمله مهمترین محصولات کشاورزی و یکی از منابع مهم ارزآور کشور می‌باشد. در حال حاضر کمبود شدید منابع آبی در استان کرمان باعث افت کمی و کیفی محصـول شـده و آبیاری باغ‌ها گاه فقط سه تا چهار بار در طول یکسال صورت می‌گیرد. اینگونه باغ‌ها دارای عمـلکرد اقتـصادی نبـوده، ظاهر باغ بسیار نامطلوب و توقف رشد و خشکیدگی سرشاخه‌ها با روندی رو به تزاید در آنها کاملاً مشهود است.

اگرچه درختان پسته نسبت به خشکی مقاومت نسـبی دارنـد، اما آبـیاری صحیـح به خـصوص در اثناء

[1] نویسنده مسئول، آدرس: کرمان، انتهای بلوار 22 بهمن، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کد پستی 133 - 76169

* دریافت: شهریور 1390 و پذیرش: آبان 1391

Archive of SID

www.SID.ir

ماه‌های تابستان میزان محصول آنها را افزایش می‌دهد (گلدهامر[1]، 1995). فن[2] و همکاران (1985) در کالیفرنیا، درختان پسته بارور را به روش قطره‌ای تحت تیمارهای آبی 25، 50، 75 و100 درصد تبخیر و تعرق قراردادند. تیمارهای 25و50 درصد باعث کاهش معنی‌داری در عملکرد و خصوصیات کیفی دانه شدند. در این تحقیق بین تیمار 75 و100 اختلاف معنی‌داری از نظر میزان عملکرد و خصوصیات دانه مشاهده نشد. موناسترا[3] و همکاران (1994) در آزمایشی درختان پسته واریته لارناکا را که روی پایه اینتگریما پیوند و با فاصله 6× 6 کاشته شده بودند، با 4 رژیم مختلف آبیاری به روش قطره‌ای به میزان‌های 0، 25، 50 و 75 درصد آب تلف شده از طریق تبخیر و تعرق آبیاری نمودند. انجام آبیاری به طور معنی-داری رشد رویشی، زایشی (گلدهی)، ساقه و تعداد گل به ازاء درخت را افزایش داد و قطر تنه در طی 7 – 5 سال بعد از کاشت در تیمار 75 درصد بیشترین بود.

سپاسخواه و مفتون (1981) تأثیر 3 دور آبیاری (1، 3 و 7روز) و 5 سطح شوری آب آبیاری (0/5، 1/5، 2/5، 3/5 و 4/5 دسی‌زیمنس‌برمتر) را در شرایط گلخانه بر رشد و نیازهای آبی ارقام پسته فندقی و بادامی مورد مطالعه قرار دادند. میزان و شدت تعرق در واحد سطح برگ بادامی و فندقی در دور آبیاری هفت روز کاهش یافت و میزان تبخیر و تعرق واریته بادامی کمتر از فندقی بود. کانبر[4] و همکاران (1993) یکی از دلایل اصلی سال آوری و نامنظمی تولید در باغ‌های سنتی پسته در ترکیه را تنش آبی طولانی مدت به واسطه عدم آبیاری و کمبود بارندگی سالانه دانسته‌اند. گزارش شده که در طول سال-های با تنش آبی طولانی مدت، درختان دچار برگ ریزی شده و ریزش برگ‌ها باعث ریزش و جلوگیری از رشد و توسعه جوانه‌ها و کاهش محصول در سال بعد می‌شود. آبیاری درختان توانست طول شاخه‌های جدید، سطح برگ و اندازه و وزن دانه را افزایش دهد. تاج آبادی و همکاران (2005) اثرات سه دور آبیاری (1 ،3 و 7 روز) و پنج سطح پتاسیم (0 ، 75 ، ۱۵۰،۲۲۵ و 300 میلی گرم بر کیلوگرم) را بر روابط آبی و رشد سه رقم پسته (بادامی، قزوینی و سرخس) دریک آزمایش گلخانه‌ای مورد مطالعه قرار دادند. بعد از 30 هفته، افزایش دور آبیاری وزن خشک برگ، ساقه و ریشه‌ها، سطح کل برگ همراه با تعداد برگ‌ها به ازاء گلدان و ارتفاع ساقه را کاهش داد. در مجموع باید توجه داشت که هر چند درختان پسته خشکی را تحمل کرده و توانایی زنده ماندن در شرایط خشکی زیاد را دارند، اما برای تولید مقدار کافی محصول خندان با کیفیت مناسب تجاری نیازمند رطوبت کافی در خاک، به خصوص در اواخر زمستان، بهار و اوایل تابستان می‌باشند (گلدهامر 1992، کانبر و همکاران 1993 و فن و همکاران 1985).

مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل پسته حداقل معادل یا ممکن است بیش ازمقادیر مربوط به سایر درختان خزان کننده باشد و به نظر می‌رسد در شرایط با آبیاری کافی، این درختان می‌توانند مقدار قابل توجهی از آب را مورد استفاده قرار دهند (گلدهامر،1992). تأمین نیاز آبی کامل گیاه در طول دوره رشد مغز جهت تولید محصول کافی و دانه‌های با وزن و خندانی مناسب ضروری است. بنابراین باید توجه داشت که ایجاد تنش شدید از اوایل تیر ماه تا زمان برداشت محصول، خندانی دانه و محصول قابل برداشت را کاهش خواهد داد. خندان شدن تا حد زیادی یک فرآیند مکانیکی است و برای رشد کافی مغز جهت شکافتن پوسته، نیازمند ادامه رشد مغز از اوایل مرداد تا اواسط شهریور ماه می‌باشد (گلدهامر 1992، گلدهامر 1995، گلدهامر و همکاران 2005 و فن و همکاران 1985).

باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد می‌توانند از طریق توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه (پتن و گلیک 2002)، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی (کارلیداگ و همکاران 2007)، بهبود ساختمان خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب، کاهش جذب سدیم و افزایش بیان ژن‌های مسئول ایجاد مقاومت در مقابل تنش‌های شوری و خشکی باعث افزایش تحمل گیاه به تنش‌های محیطی شوند. برخی از باکتری‌های محرک رشد گیاه میزان بیان ژن‌های مسئول مقاومت در مقابل تنش خشکی را تا 50 برابر افزایش داده و مسیرهای دفاعی گیاه را در مقابل تنش‌های زنده و غیر زنده فعال می‌کنند (باسیلی[5] و همکاران2004 و تیموسک و واگنر[6] 1999). باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه با تولید هورمون‌های گیاهی مانند اکسین و تولید ACC-دآمیناز، باعث افزایش وزن توده ریشه‌ها، افزایش رشد طولی و انشعابات فرعی، تولید ریشه‌های نازکتر و افزایش تولید تارهای کشنده شده و در نتیجه افزایش سطح سیستم

1. Goldhamer
2. Phene.
3. Monastera
4. Kanber
5. Bacili
6. Timmusk & Wagner

Archive of SID

www.SID.ir

ریشه‌ای و جذب آب و عناصر غذایی می‌شوند (ژرمن[1] و همکاران2000، گلیک[2] و همکاران 2007 و شاهارونا[3] و همکاران2006). در بین هورمون‌های گیاهی، گروه اکسین ها نقش بسیار مؤثری در تولید سیستم ریشه‌ای ایفا می کنند که مهمترین آنها ایندول- 3- استیک اسید (IAA) است. تعداد زیادی از باکتری‌های همیار با گیاهان تولید IAA می‌کنند (پتن[4] و گلیک، 2002). تلقیح گیاه با این باکتری‌ها منجربه افزایش طول و سطح ویژه ریشه‌ها و ایجاد سیستم ریشه‌ای با ریشه‌های بلندتر و نازکتر می‌شود. افزایش رشد طولی، سطح، وزن و میزان تارهای کشنده در اثر تلقیح با باکتری از جنس *ازوسپریلوم* در گندم، ذرت و سورگوم در شرایط گلخانه و مزرعه ثابت شده است (ژرمن و همکاران، 2000).

از دیگر مکانیسم‌های باکتری‌های ریزوسفری برای تحریک رشد گیاه، کاهش سطح اتیلن است. ACC پیش ماده تولید اتیلن است و در نتیجه فعالیت آنزیم ACC- اکسیداز به اتیلن تبدیل می‌شود. سویه‌های دارای آنزیم ACCدآمیناز قادر به استفاده از ACC به عنوان تنها منبع نیتروژن هستند و می‌توانند با کاهش غلظت اتیلن، اثرات منفی آنرا بر رشد ریشه کنترل کنند. این گونه باکتری‌ها با کاهش سطح اتیلن، گیاهان را از اثرات مخرب ناشی از تجمع این ماده در شرایط تنش‌های خشکی، شوری، گرما، سرما، غرقاب، بیماری و فلزات سمی محافظت می‌کنند (قوش[5] و همکاران 2003، گلیک و همکاران2007 و هونتزس[6] و همکاران 2004). باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه از ریزوسفر گیاهان مختلفی جدا شده و توانایی آنها در افزایش تحمل گیاهان در مقابل تنش‌های گوناگون باعث استفاده روزافزون از آنها شده است. سرچشمه‌پور و همکاران (1388) گزارش کردند که باکتری‌های جدا شده از ریزوسفر درختان پسته از صفات محرک رشدی و مقاومت به شوری و خشکی قابل توجهی برخوردار می‌باشند. بررسی تأثیر و پتانسیل کاربرد سویه‌های برتر جدا شده از ریزوسفر درختان پسته در بهبود شرایط تغذیه‌ای و رشد نهال پسته در شرایط تنش خشکی از جمله اهدافی است که به عنوان گامی اولیه از مطالعات مورد نیاز برای بهبود تغذیه این گیاه در قالب این تحقیق دنبال شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش تأثیر برخی از سویه‌های برتر جدا شده از ریزوسفر درختان پسته، بر بهبود تغذیه و رشد نهال در 3 سطح خشکی شامل (D_0) 80، (D_1) 50 و (D_2) 20 درصد آب قابل استفاده مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی بود که طی یک کشت گلخانه‌ای با 4 تکرار و 7 تیمار مایه‌زنی به شرح زیر اجرا گردید. مشخصات جدایه‌های مورد استفاده در جدول یک آورده شده است. لازم به ذکر است که جدایه‌های با جنس و گونه یکسان در این جدول، دارای صفات محرک رشدی متفاوتی می‌باشند.

T_1- شاهد (بدون تلقیح، بدون کود فسفر و آهن)

T_2- تلقیح با دو جدایه مولد حداکثر IAA (دو سویه متفاوت از *Bacillus megaterium*)

T_3- تلقیح با جدایه مولد ACC دآمیناز (*Pseudomonas thivervalensis*)

T_4- تلقیح با دو جدایه با حداکثر توان حلالیت فسفات معدنی (*Pantoea dispersa* و *P. thivervalensis*)

T_5- تلقیح با چهار جدایه مولد حداکثر سیدروفور: *Arthrobacter oxydans*، *A. sulfonivorans*- *Brevibacterium frigoritolerans* و *Corynebacterium sp*)

T_6- تلقیح با مخلوط جدایه‌های مولد IAA و ACC دآمیناز

T_7- تلقیح با مخلوط جدایه‌های فوق

آماده سازی گلدان‌ها

مقدار 6/2 کیلو گرم خاک الک شده به ازاء هر گلدان توزین و درون کیسه‌های پلاستیکی ریخته شد. خاک انتخابی دارای بافت شن لومی، pH آن 8، EC برابر 0/53دسی‌زیمنس‌برمتر، فسفر کل و قابل جذب به ترتیب 670 و 3/3 میکروگرم بر گرم و مقدار آهن و روی قابل جذب آن به ترتیب 2/2 و 0/42میکروگرم بر گرم خاک بود. کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان 35 میکروگرم به ازاء هر گرم خاک (300 کیلوگرم سوپر فسفات در هکتار) به صورت پودری توزین و دیگر کودهای مورد نیاز به صورت محلول‌های مایع تهیه و به خاک اضافه شدند. به تیمار شاهد کودهای فسفر و آهن، به تیمار شماره 4 فسفر، به تیمار شماره 5 آهن و به تیمار شماره 7 فسفر و آهن اضافه نشد تا تأثیر تیمارهای تلقیح بر افزایش قابلیت جذب این عناصر مورد بررسی قرار گیرد. با مقایسه تیمارهای حاوی جدایه باکتری و بدون

---

1. German
2. Glick
3. Shaharoona
4. Patten
5. Ghosh
6. Hontzeas

Archive of SID

www.SID.ir

عنصر با تیمار شاهد (بدون جدایه و بدون عناصر)، به تأثیر تیمارهای مایه‌زنی پی خواهیم برد.

تهیه مایه تلقیح جدایه‌های برتر

مایه تلقیح جدایه‌های مورد آزمایش در تیمارهای تلقیح با استفاده از محیط NB و روش کدورت سنجی به نحوی تهیه شد که دارای جمعیت تقریبی $10^8 \times 1$ سلول باکتری (cfu) در هر میلی لیتر مایه تلقیح بود. مایه تلقیح جدایه‌های مورد استفاده در هر تیمار ابتدا به طور جداگانه تهیه و بر حسب تعداد جدایه مورد استفاده، بلافاصله قبل از استفاده به نسبت مساوی با هم مخلوط شدند. در نهایت مایه‌تلقیح یکسان‌سازی شده بر روی پرلیت استریل با نسبت مخلوط پرلیت و مایه تلقیح 1 به 4 (وزنی به حجمی) به نحوی منتقل شد که جمعیت کل باکتری‌ها به ازاء هر گرم پرلیت مساوی ($10^8 \times 4$ سلول باکتری (cfu) در هر گرم پرلیت) بود. برای تیمار شاهد از پرلیت حاوی NB استریل استفاده شد.

کاشت و اعمال تیمارها

ابتدا در هر گلدان تعداد 12 حفره به عمق 5-4 سانتیمتر ایجاد و در کف هر حفره 1/3 گرم از پرلیت حاوی مایه تلقیح مربوطه (معادل 1 میلی لیتر مایه تلقیح به ازاء هر بذر) ریخته شد. یک بذر جوانه‌دار شده در کف هر حفره جایگذاری و روی آن با خاک پوشانده شد. گلدان‌ها به مدت سه هفته به مقدار کافی آبیاری شدند و سپس تعداد نهال‌ها به هشت نهال یکنواخت در هر گلدان کاهش یافت. سه هفته بعد از کاشت، تیمارهای خشکی در سه سطح 80، 50 و 20 درصد آب قابل استفاده، با استفاده از توزین گلدان‌ها اعمال گردید و تعداد نهال‌ها نیز به شش نهال یکنواخت در هر گلدان کاهش داده شد (سرچشمه‌پور و همکاران 1388).

برداشت گیاه و تجزیه نمونه‌ها

پس از رشد کافی نهال‌ها طی یک دوره 6 ماهه، ابتدا تعداد برگ و ارتفاع نهال‌ها اندازه‌گیری شد. سپس ریشه و اندام هوایی گیاه به طور جداگانه برداشت و وزن خشک اندام هوایی و ریشه تعیین شد. در هنگام برداشت اندام هوایی، کلیه پهنک‌های برگ از ساقه جدا و سطح آنها با استفاده از دستگاه تعیین سطح برگ[1] اندازه‌گیری شد (فاگاریا[2]، 2005 و سونگسری[3] و همکاران، 2009). حجم ریشه‌ها از روی جابجا شدن آب پس از غوطه‌ور ساختن ریشه‌ها در آب توسط یک استوانه مدرج تعیین گردید. اندام هوایی مربوط به هر تیمار با استفاده از آسیاب برقی پودر گردید و عصاره‌گیری با استفاده از روش سوزاندن خشک[4] و سپس ترکیب با اسید کلریدریک1 نرمال به منظور تعیین غلظت و میزان جذب فسفر، آهن و روی انجام شد. اندازه‌گیری فسفر با استفاده از دستگاه اسپکترو فوتومتر مدل Uv-3100(Shimadzu,Japan) و تعیین غلظت آهن و روی با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل AA-670(Shimadzu,Japan) صورت گرفت (کوتنی[5]، 1980).

نتایج و بحث

وزن خشک اندام هوایی

تأثیر سطوح خشکی، تیمارهای باکتری و اثرات متقابل خشکی و باکتری بر وزن خشک اندام هوایی گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. میانگین وزن خشک اندام هوایی گیاهان با افزایش تنش خشکی به طور معنی-دار کاهش یافت. وزن خشک اندام هوایی در سطوح D1 و D2 به ترتیب15/3 و 41/4 درصد نسبت به تیمار D0 کاهش یافت (شکل 1). میانگین وزن خشک اندام هوایی در تیمارهای باکتریایی T_2، T_3، T_5 و T_6 افزایش معنی-داری را نسبت به شاهد بدون تلقیح داشتند (شکل 2). بیشترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به تیمار باکتریایی T3D0 با وزن 16/7 گرم در هر گلدان و حداقل آن 7/1 گرم در هر گلدان و مربوط به تیمار شاهد بدون تلقیح بود (جدول2). تیمار T3 در تمام سطوح خشکی بیشترین وزن خشک را با اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهد بدون تلقیح ایجاد کرد. استفاده از مخلوط باکتری‌های مولد IAA و ACCدآمیناز (T6) نیز نتایج مشابهی داشت. در بررسی تاج آبادی و همکاران (2005) افزایش فاصله دو آبیاری منجربه کاهش وزن خشک برگ، ساقه و ریشه، سطح کل و تعداد برگ‌ها در هر گلدان و ارتفاع ساقه شد. تأثیر مثبت آبیاری کافی بر رشد رویشی نهال توسط سعادتمند و همکاران (2007) و رشد رویشی و تولید محصول تجاری شامل افزایش توسعه و رشد تنه، شاخص سطح برگ (LAI) و تعداد گل‌های روی شاخه توسط موناسترا و همکاران (1994) نیز گزارش شده است. در بررسی مایاک[6] و همکاران (2004) نیز تلقیح گیاهان گوجه

[1] Leaf Area Meter
[2] Fagaria
[3] Songsri
[4] Dry Ashing
[5] Cottenie
[6] Mayak

Archive of SID

www.SID.ir

گوجه فرنگی و فلفل با باکتری دارای فعالیتACC دآمیناز باعث افزایش معنی‌دار وزن تازه و خشک نهال‌های هر دو گیاه در شرایط تنش آبی و کاهش معنی‌دار سطح اتیلن حاصل از تنش شد.

وزن خشک ریشه

تأثیر سطوح خشکی و تیمارهای باکتری بر وزن خشک ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار شد ولی اثرات متقابل خشکی و باکتری بر این صفت معنی‌دار نشد. میانگین وزن خشک ریشه در سطوح D1 و D2 به ترتیب 17/4 و 43/5 درصد کاهش وزن را نسبت به D0 نشان دادند. شکل 3 تأثیر سطوح خشکی را بر وزن خشک ریشه نشان می‌دهد. از نظر این صفت، تیمارهای باکتریایی T2، T3، T5 و T6 افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشتند. بیشترین میانگین وزن خشک ریشه 17/7 گرم در هر گلدان و مربوط به تیمار T2 بود. حداقل وزن خشک ریشه 15/2 گرم به ازاء گلدان، مربوط به تیمار T7 است که با تیمارهای T1 و T4 در یک گروه آماری قرار گرفت. بنابراین استفاده از باکتری‌های حل کننده فسفات به تنهایی (T4) یا مخلوط با دیگر باکتری‌ها (T7) نتوانست نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری ایجاد کند و احتمالا اختلاط باکتری‌ها با یکدیگر باعث کاهش کارایی آنها شده است. (شکل 4). به نظر می‌رسد باکتری‌های مولد IAA ریشه زایی گیاه را تحریک نموده‌اند. استفاده از باکتری-های مولد ACC دآمیناز و مخلوط با مولد IAA نیز اثرات مشابهی داشت. اثرات مفید این گروه از باکتری‌ها عمدتاً از طریق بهبود رشد ریشه اعمال می‌شود. تحریک رشد ریشه در اثر تلقیح با باکتری‌های مولد ACC دآمیناز یا IAA در کلزا (مادهائیان و همکاران، 2006 و پتن و گلیک،2002)، ذرت (شاهارونا و همکاران، 2006) و لوبیا (ژرمن و همکاران، 2000) نیز گزارش شده است. به هر حال با توجه به نتایج این تحقیق، باید توجه داشت که اختلاط چندین باکتری با یکدیگر ممکن است باعث کاهش کارایی آنها گردد.

نسبت اندام هوایی به ریشه (S/R)

تأثیر تیمارهای مختلف باکتری و اثرات متقابل تنش خشکی و باکتری بر نسبت ساقه به ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار شد اما سطوح تنش خشکی بر این نسبت تأثیر معنی‌داری نداشتند. میانگین این نسبت در تیمارهای باکتریایی T2، T3 و T6 تفاوت معنی‌داری را با تیمار شاهد (بدون تلقیح) نشان داد (شکل5). تأثیر باکتری‌های مولد IAA و ACC دآمیناز بر افزایش رشد اندام هوایی این تیمارها نسبت به تیمار شاهد، ممکن است بیشتر از طریق تحریک تولید ریشه‌های مویین و تارهای کشنده باشد که با اندازه‌گیری وزن ریشه قابل تشخیص نیستند. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین نسبت ساقه به ریشه مربوط به تیمار T6D2 (0/99) و کمترین آن مربوط به تیمار T1D1 (0/61) بود (جدول2). در مطالعه تاج آبادی و همکاران (2005) در شرایط تنش رطوبتی، کاهش وزن خشک سیستم ریشه‌ای نسبت به شاخسار کمتر بود. کاهش نسبت اندام هوایی به ریشه، یک مکانیسم مقابله با تنش خشکی و دسترسی بیشتر به رطوبت قابل استفاده خاک است.

ارتفاع گیاه

تأثیر سطوح تنش خشکی و تیمارهای باکتری بر متوسط ارتفاع نهال در سطح یک درصد معنی‌دار شد. با افزایش خشکی، میانگین ارتفاع نهال در تیمارهای D1 و D2 نسبت به شاهد به ترتیب 11/5 و 25/7 درصد کاهش یافت.

نمودار 6 تأثیر سطوح مختلف خشکی را بر متوسط ارتفاع نهال نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود مایه‌زنی گیاه با باکتری‌های محرک رشد (به جز تیمارT7) باعث افزایش معنی‌دار میانگین ارتفاع نهال نسبت به تیمار شاهد شده است. در بین تیمارهای باکتریایی، حداکثر میانگین ارتفاع نهال 21/8 سانتیمتر مربوط به تیمار T5 بود که 19/8 درصد افزایش معنی‌دار را نسبت به شاهد بدون تلقیح با حداقل میانگین ارتفاع داشت. میانگین ارتفاع نهال در تیمارهای T2، T3، T4 و T6 نیز نسبت به شاهد بدون تلقیح افزایش معنی‌داری را نشان داد (شکل 7). تأثیر خشکی و تلقیح بر این شاخص هماهنگ با وزن خشک اندام هوایی بود. کاهش ارتفاع نهال پسته در اثر تنش خشکی در گیاه پسته توسط تاج آبادی و همکاران (2005) و افزایش آن در اثر تلقیح با باکتری‌های مولد ACC دآمیناز یا IAA در کلزا توسط قوش و همکاران (2003)و گلیک و همکاران (2007)، در ذرت توسط شاهارونا و همکاران (2006) و در نهال‌های آلو و هیبرید آلو و بادام توسط بوناترا[1] و همکاران (2003) نیز گزارش شده است.

تعداد و سطح کل برگ‌ها

تأثیر سطوح خشکی، تیمارهای باکتری و اثرات متقابل خشکی و باکتری بر متوسط تعداد و سطح کل برگ نهال در سطح یک درصد معنی‌دار شد. با افزایش تنش خشکی متوسط تعداد برگ و سطح کل برگ در هر نهال به طور معنی‌داری کاهش یافت. متوسط تعداد برگ در

[1] Bonaterra

Archive of SID

www.SID.ir

سطوح D1 و D2 به ترتیب 6/6 و 28/7 درصد نسبت به D0 به طور معنی‌داری کاهش یافت. تیمار T3 با متوسط 17/2 برگ دارای بیشترین و تیمار شاهد بدون تلقیح با 12/8 برگ دارای حداقل میانگین برگ بودند که اختلاف آنها از نظر آماری کاملاً معنی‌دار بود. میانگین تعداد برگ در تیمارهای T2 و T6 نیز نسبت به شاهد بدون تلقیح افزایش معنی‌داری را نشان داد. مقایسه میانگین داده‌ها روشن ساخت که تیمار T3D0 با متوسط 19/4 و تیمار T1D2 با متوسط 9 برگ به ازاء هر نهال به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد برگ را داشتند (جدول 2). سطح کل برگ در تیمارهای D1 و D2 نسبت به تیمار شاهد به ترتیب13/1و 44/2 درصد کاهش داشت. تیمار T3 با میانگین 831 سانتیمتر مربع و تیمار شاهد بدون تلقیح با میانگین 567 سانتیمتر مربع به ترتیب دارای بیشترین و کمترین سطح برگ بودند که اختلاف آنها از نظر آماری کاملاً معنی‌دار بود. میانگین سطح کل برگ در تیمارهای باکتریایی T5،T2 و T6 نیز نسبت به شاهد بدون تلقیح افزایش معنی‌داری را نشان داد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین (جدول2)، بیشترین سطح برگ مربوط به تیمار T3D0 و کمترین آن مربوط به تیمار T1D2 و به ترتیب 992 و 328 سانتیمتر مربع بودند. کاهش اندازه برگ و ریزش آنها در پسته در شرایط کم آبی توسط کانبر و همکاران(1993) و افزایش سطح برگ در اثر آبیاری کافی توسط کانبر و همکاران(1993)، موناسترا و همکاران (1994) و تاج آبادی پور و همکاران (2005) نیز گزارش شده است. در تحقیقات برتأمین و همکاران (2006) گیاهان انگور تحت تنش آبی مقادیر وزن‌تر، خشک، تعداد و سطح برگ، مقدار کلروفیل و خالص فتوسنتز به طور معنی‌داری کاهش یافت. بهبود هدایت روزنه‌ای و پتانسیل آبی برگ در اثر تلقیح نهال‌های سرو با باکتری‌های محرک رشد در شرایط تنش آبی نیز توسط رینکون و همکاران (2008) گزارش شده است.

حجم ریشه

تأثیر سطوح خشکی و تیمارهای باکتری بر حجم ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. میانگین حجم ریشه در تیمارهای D1 و D2 به ترتیب 21/1 و 45/5 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت(نمودار 8). تیمار T6 با 47/2 سانتیمترمکعب بیشترین حجم ریشه را داشت و با تیمار T5 در یک گروه آماری قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری را با تیمار شاهد بدون تلقیح داشتند. تیمار T4 با حجم 40/3 سانتیمتر مکعب دارای کمترین حجم ریشه بود. حجم ریشه در تیمار T4 وT7 دارای کمترین میزان و از نظر آماری با تیمار شاهد در یک سطح می‌باشند که می‌تواند به دلیل عدم تأثیر باکتری‌های حل کننده فسفات (T4) و هم‌چنین کاهش کارآیی آنها در اثر اختلاط جدایه‌ها (T7) باشد. میزان فسفر خاک مورد استفاده کمتر از حد بحرانی بود که می‌تواند یک عامل محدود کننده رشد برای ریشه باشد. نمودار 9 تأثیر تیمارهای باکتری را بر حجم ریشه نشان می‌دهد. تحقیقات سونگسری و همکاران (2009) نشان داد ژنوتیپ های بادام زمینی با WUE بالا دارای سیستم ریشه‌ای گسترده‌تری تحت شرایط تنش و رطوبت کافی بودند. گلیک و همکاران (2007) و پتن و گلیک (2002)، گزارش کردند که باکتری‌های مولد IAA و ACC دآمیناز می‌توانند باعث افزایش طول ریشه‌های اولیه و تعداد انشعابات آنها و در نتیجه توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه شوند. در این تحقیق نیز استفاده توأم باکتری‌های مولد IAA و ACC دآمیناز بیشترین تأثیر را بر حجم ریشه داشتند.

غلظت و مقدار عناصر معدنی در اندام هوایی

غلظت و مقدار فسفر اندام هوایی

تأثیر سطوح خشکی، تیمارهای باکتریایی و اثرات متقابل خشکی و باکتری بر غلظت و مقدار فسفر جذب شده در اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. غلظت فسفر در تیمارD1 ،6/7 درصد کاهش و در تیمارD2 ، 9/3 درصد افزایش را نسبت به تیمار شاهد نشان داد و تیمارهای D0 و D1 از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند. میانگین غلظت فسفر اندام هوایی در تیمارهای باکتریایی T2، T3، T5 و T6 افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد بدون تلقیح نشان دادند. حداکثر میانگین غلظت فسفر اندام هوایی 0/215 درصد، مربوط به تیمار T6 و حداقل آن0/130 درصد و مربوط به تیمار شاهد بدون تلقیح بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، تیمار T6D0 با 0/242 درصد حداکثر و تیمارT7D0 با 0/108 درصد حداقل غلظت فسفر اندام هوایی را داشتند (جدول 3). افزایش تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار در میانگین مقدار فسفر اندام هوایی تیمارها شد به طوری‌که مقدار فسفر جذب شده در تیمارهای D1 و D2 به ترتیب 18/1 و 36/2 درصد نسبت به سطح D0 کاهش یافت. میانگین مقدار فسفر اندام هوایی در تیمارهای باکتریایی T2، T3، T5 و T6 افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد بدون تلقیح نشان داد. افزایش مقدار فسفر اندام هوایی تیمارهای فوق در تمام سطوح خشکی نسبت به شاهد بدون تلقیح معنی‌دار بود. حداکثر میانگین مقدار فسفر اندام هوایی 29/8 میلی‌گرم در گلدان، مربوط به تیمار T3 و حداقل آن13/7 میلی‌گرم در گلدان و مربوط به تیمار

Archive of SID

www.SID.ir

شاهد بدون تلقیح بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمارها، حداکثر میانگین مقدار فسفر اندام هوایی 37/8 میلی‌گرم در گلدان بود که مربوط به تیمار T6D0 و حداقل میانگین آن 10/3 میلی‌گرم و مربوط به تیمار T1D2 می‌باشد (جدول 3). تیمار T4 که فاقد مصرف کود فسفر و حاوی باکترهای حل کننده فسفات بود نتوانست در افزایش غلظت و مقدار جذب تأثیر معنی‌داری داشته باشد و بهبود سیستم ریشه ای در اثر تلقیح (تیمارT6) از این نظر بیشتر مؤثر تر بود. بنابراین مایه زنی با باکتری‌های حل کننده فسفات از این نظر بی‌تأثیر بوده است. در تحقیقات فرناند[1] و همکاران (2007) نیز علیرغم افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه، هیچ‌یک از سویه‌های حل‌کننده فسفات نتوانستند جذب فسفر توسط سویا را افزایش دهند. اگر چه میزان فسفر کل در خاک مورد استفاده کافی (670 میلی‌گرم بر کیلو گرم) بود، اما میزان فسفر قابل جذب آن کم(3/3 میلی گرم بر کیلوگرم) و درصد آهک معادل آن زیاد (18/1 درصد) بود، که شاید از عوامل اصلی کاهش غلظت و مقدار جذب فسفر توسط گیاه باشند. باکتری‌های مورد استفاده در این تحقیق، بر اساس ارزیابی‌های آزمایشگاهی از توانایی زیادی در انحلال فسفات‌های نامحلول برخوردار بودند (سرچشمه‌پور و همکاران، 1388).

غلظت و مقدار آهن اندام هوایی

تأثیر تیمارهای باکتری و اثرات متقابل خشکی و باکتری بر غلظت آهن اندام هوایی گیاه به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد. غلظت آهن اندام هوایی در تیمارهای T2، T3، T4 و T6 افزایش کاملاً معنی‌داری را نسبت به شاهد بدون تلقیح نشان داد. حداکثر میانگین غلظت آهن مربوط به تیمار T4 و حداقل آن مربوط به تیمارT5 بود که با تیمارهای T7 و T1 در یک سطح آماری قرار گرفتند. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، حداکثر غلظت آهن 140 میکروگرم بر گرم مربوط به تیمار T4D1 و حداقل آن 49/1 میکروگرم برگرم و مربوط به تیمار T5D0 می‌باشد (جدول 3). تأثیر سطوح خشکی، تیمارهای باکتریایی و اثرات متقابل خشکی و باکتری بر مقدار آهن اندام هوایی گیاه نیز در سطح یک درصد معنی‌دار شد. افزایش تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار میانگین مقدار آهن اندام هوایی شد. این مقدار در سطوح D1 و D2 به ترتیب 7/8 و 41 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. حداکثر میانگین مقدار آهن اندام هوایی 1873 میکروگرم بر گرم و مربوط به تیمار T3 بود. مقدار آهن در تیمارهای T2، T4 و T6 نیز نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری را نشان دادند. حداقل میانگین مقدار آهن اندام هوایی 759 میکروگرم و مربوط به تیمار شاهد بدون تلقیح بود که با T7 و T5 به ترتیب با مقادیر جذب 761 و 830 میکروگرم بر گرم در یک گروه آماری قرار گرفتند. با توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمارها، حداکثر مقدار آهن جذب شده 2270 و حداقل آن 565 میکروگرم بود که به ترتیب مربوط به تیمارهای T3D0 و T1D2 می‌باشند (جدول3). غلظت زیاد آهن در تیمار T4 می‌تواند با توجه به اثرات متقابل منفی بین فسفر و آهن تا حدودی ناشی از عدم مصرف کود فسفر و غلظت کم فسفر در این تیمار باشد. تیمار حاوی باکتری‌های مولد سیدروفور نیز نتوانست تأثیر معنی‌داری را بر غلظت و مقدار جذب آهن داشته باشد و از این نظر مشابه وضعیت فسفر و احتمالاً ناشی از آهک زیاد خاک باشد. آهک خاک تأثیر زیادی بر قابلیت جذب آن دارد. در مطالعه کارلیداگ[2] و همکاران (2007) تلقیح نهال‌های سیب با سه سویه باکتری محرک رشد در شرایط باغ به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر باعث افزایش معنی‌دار غلظت تمامی عناصر غذایی به جز منیزیم شد.

غلظت و مقدار روی در اندام هوایی

تأثیر سطوح خشکی و تیمارهای باکتریایی بر غلظت روی در اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. با افزایش خشکی میانگین غلظت روی نیز افزایش یافت به طوری که غلظت این عنصر در سطوح D1 و D2 به ترتیب 35/1 و 57/4 درصد نسبت به سطح D0 افزایش نشان داد. در بین تیمارهای باکتری حداکثر میانگین غلظت روی 51/4 میکروگرم بر گرم مربوط به T4 و حداقل آن 19/5 میکروگرم بر گرم و مربوط به T5 بود که در دو گروه آماری کاملاً متفاوت قرار می‌گیرند (جدول 4). تأثیر سطوح خشکی و تیمارهای باکتریایی بر مقدار روی اندام هوایی نیز در سطح یک درصد معنی‌دار شد. میانگین مقدار روی اندام هوایی در سطوح خشکی D0، D1 و D2 به ترتیب 379، 423 و 343 میکروگرم در گلدان بود که سطوح D1 و D2 در دو گروه آماری جداگانه قرار گرفتند. در بین تیمارهای باکتریایی، تیمارهای T2، T3، T4 و T6 افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد بدون تلقیح داشتند. حداکثر میانگین جذب روی550 میکروگرم در گلدان، متعلق به

[1] Fernand

[2] Karlidage

Archive of SID

www.SID.ir

تیمار T4 و حداقل آن 244 میکروگرم در گلدان و مربوط به تیمار T5 بود (جدول4). استفاده از جدایه‌های مولد سیدروفور همانند آهن بر غلظت و جذب روی نیز بی-تأثیر بود. غلظت بالای روی در تیمار T4 می تواند با توجه به اثرات متقابل منفی بین فسفر و روی، ناشی از عدم مصرف فسفر در این تیمار باشد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، با افزایش تنش خشکی، میانگین وزن خشک اندام هوایی و ریشه، ارتفاع نهال، تعداد و مجموع سطح برگ و حجم ریشه به طور معنی‌داری کاهش یافت. تنش شدید خشکی باعث افزایش معنی‌دار غلظت و کاهش مقدار فسفر، آهن و روی در اندام هوایی شد. اگر چه مایه‌زنی نهال‌های پسته با باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد این گیاه توانست در بهبود برخی شاخص‌های رشد مؤثر باشد، اما برخی از تفاوت‌ها می-تواند ناشی از عناصر فسفر و آهن باشد. در این تحقیق استفاده از باکتری‌های مولدIAA و ACC دآمیناز و مخلوط آنها در شرایط تنش خشکی بیشترین تأثیر را داشت و استفاده از باکتری‌ای حل کننده فسفات و یا مخلوط کلیه جدایه‌ها نتوانست تأثیر معنی‌داری داشته باشد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی مصوب قطب علمی بهبود کیفیت خاک برای تغذیه متعادل گیاه در دانشگاه تهران است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می-نماید. از دیگر عزیزانی که در انجام این پژوهش ما را یاری رساندند، نیز سپاسگزاری می گردد.

جدول 1- مشخصات باکتری‌های مورد استفاده در آزمایش گلخانه‌ای

نام جدایه	تیمار اختصاصی	مشخصات محرک رشدی جدایه			
		تولید IAA (mg/lit)	تولید ACC دآمیناز (اختلافOD با شاهد)	انحلال فسفات نامحلول (درصد انحلال)	تولید سیدرورفور (قطر هاله به کلنی)
Bacillus megaterium(I1)	T_2	34/3	-	-	2/3
Bacillus megaterium(I2)	T_2	13/0	-	11/1	2/6
Pseudomonas thivervalensis(I1)	T_3	-	0/968	-	2/3
Pantoea dispersa	T_4	-	-	84/5	1
P Pseudomonas thivervalensis(I2)	T_4	3	-	59/9	1/5
Arthrobacter oxydans	T_5	-	-	-	3/67
A. sulfonivorans	T_5	-	-	-	4/37
Brevibacterium frigoritolerans	T_5	-	-	-	4/07
Corynebacterium sp	T_5	-	-	-	3/93

(-)= صفر یا ناچیز

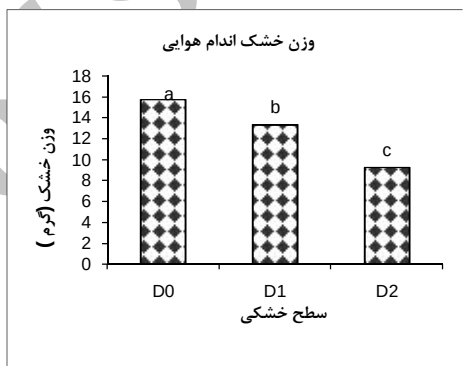
Archive of SID

www.SID.ir

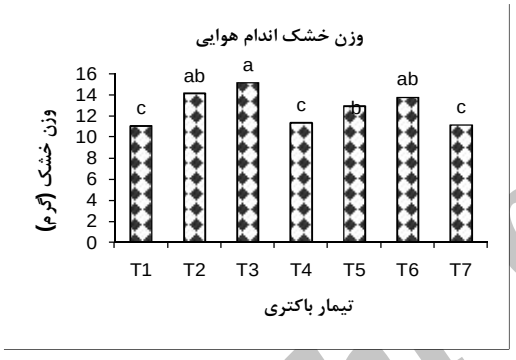
جدول 2- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح خشکی و تیمارهای تلقیح بر برخی صفات اندام هوایی نهال

صفت	تیمار خشکی	تیمار باکتریایی						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
وزن خشک اندام هوایی	D_0	15/8a	16/0 a	16/7 a	15/2 a	15/3 a	15/7 a	15/6c-g
	D_1	10/1c-f	16/5a	16/6 a	10/7c-e	14/9 a	14/0 ab	10/2 c-f
	D_2	7/1 g	9/7 c-g	11/9 bc	8/0 g-f	8/6 d-g	11/5b-d	7/5 fg
نسبت اندام هوایی به ریشه	D_0	0/84a-c	0/69 cd	0/77b-d	0/77b-d	0/73 cd	0/74 cd	0/83a-c
	D_1	0/61 d	0/95 ab	0/97 ab	0/70 cd	0/77b-d	0/78b-d	0/65 cd
	D_2	0/68 cd	0/8 a-d	0/96 ab	0/72 cd	0/7 cd	0/99 a	0/7 cd
تعداد برگ	D_0	16 b-d	16/8 bc	19/4a	16/5 bc	16/1b-d	15/9b-d	16 b-d
	D_1	13/3 ef	16/3 bc	18 ab	14/2c-e	16/5 bc	17/7 ab	13/1 ef
	D_2	9 g	13/5d-f	14/4c-e	11 fg	9/7 g	16/4 bc	9/5 g
سطح کل برگ (سانتیمتر مربع)	D_0	813 b	850 ab	992a	861 ab	718 bc	787b	805 b
	D_1	561d-g	799 b	864 ab	620 cd	786 b	856 ab	572 d-f
	D_2	328 h	466e-h	636 cd	425gh	450 f-h	597c-e	344 h

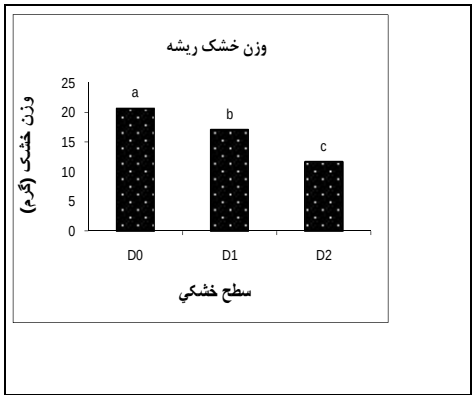
میانگین‌های مربوط به هر صفت که دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار به روش آزمون دانکن در سطح 5 درصد می‌باشند. (D0، D1 و D2 به ترتیب 80، 50 و 25 درصد آب قابل استفاده) و (T1= شاهد، T2= دو جدایه مولد IAA، T3= یک جدایه مولد ACCدآمیناز، T4= دو جدایه حل کننده فسفات، T5= چهار جدایه مولد سیدروفور، T6= T2+T3و T7= مخلوط کلیه جدایه‌ها)



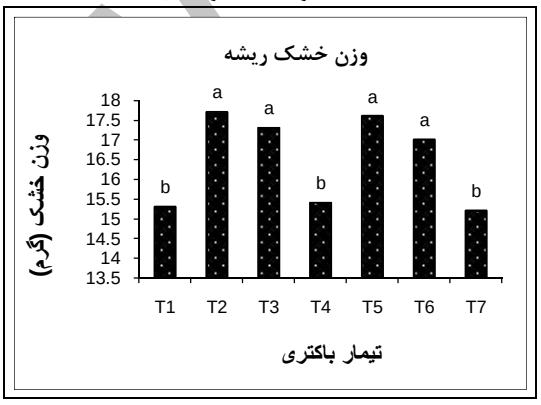
شکل 1- نمودار تأثیر سطوح خشکی بر وزن خشک اندام هوایی (D0، D1 و D2 به ترتیب 80، 50 و 25 درصد آب قابل استفاده)



شکل 2- نمودار تأثیر تیمارهای باکتری بر وزن خشک اندام هوایی (T1= شاهد، T2= دو جدایه مولد IAA، T3= یک جدایه مولد ACCدآمیناز، T4= دو جدایه حل کننده فسفات، T5= چهار جدایه مولد سیدروفور، T6= T2+T3و T7= مخلوط کلیه جدایه ها)

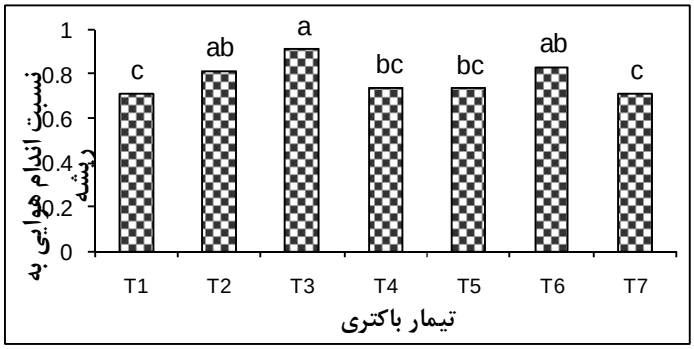


شکل 3 - نمودار تأثیر سطوح خشکی بر وزن خشک ریشه (D0، D1 و D2 به ترتیب 80، 50 و 25 درصد آب قابل استفاده)

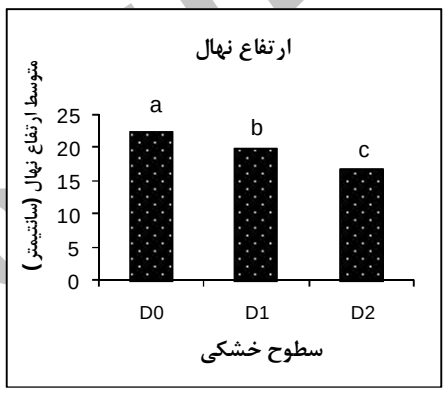


شکل 4- نمودار تأثیر تیمارهای باکتری بر وزن خشک ریشه (T1= شاهد، T2= دو جدایه مولد IAA، T3= یک جدایه مولد ACCدآمیناز، T4= دو جدایه حل کننده فسفات، T5= چهار جدایه مولد سیدروفور، T6= T2+T3و T7= مخلوط کلیه جدایه ها)

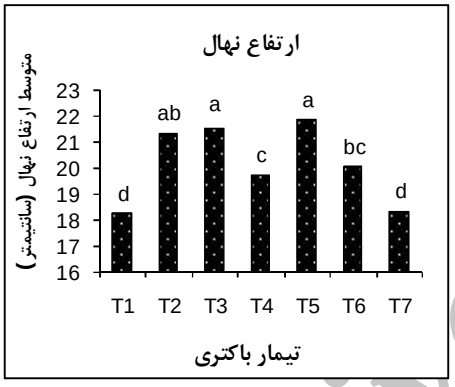
www.SID.ir



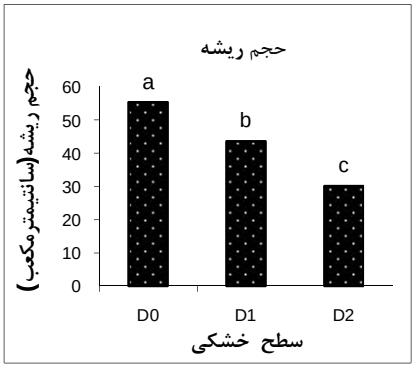
شکل 5 - نمودار تأثیر تیمارهای باکتری بر نسبت اندام هوایی بر ریشه (T1= شاهد، T2= دو جدایه مولد IAA، T3= یک جدایه مولد ACCدآمیناز، T4= دو جدایه حل کننده فسفات، T5= چهار جدایه مولد سیدروفور، T6= T3+T2و T7= مخلوط کلیه جدایه‌ها)



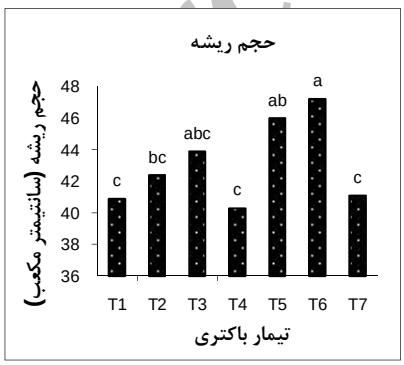
شکل 6 - نمودار تأثیر سطوح خشکی بر ارتفاع نهال (D0، D1 و D2 به ترتیب 80، 50 و 25 درصد آب قابل استفاده)



شکل 7- نمودار تأثیر تیمارهای باکتری بر ارتفاع نهال (T1= شاهد، T2= دو جدایه مولد IAA، T3= یک جدایه مولد ACCدآمیناز، T4= دو جدایه حل کننده فسفات، T5= چهار جدایه مولد سیدروفور، T6= T3+T2و T7= مخلوط کلیه جدایه‌ها)



شکل 8- نمودار تأثیر سطوح خشکی بر حجم ریشه (D0، D1 و D2 به ترتیب 80، 50 و 25 درصد آب قابل استفاده)



شکل 9- نمودار تأثیر تیمارهای باکتری بر حجم ریشه (T1= شاهد، T2= دو جدایه مولد IAA، T3= یک جدایه مولد ACCدآمیناز، T4= دو جدایه حل کننده فسفات، T5= چهار جدایه مولد سیدروفور، T6= T3+T2و T7= مخلوط کلیه جدایه‌ها)

www.SID.ir

جدول 3- مقایسه میانگین اثرات متقابل تأثیر سطوح خشکی و تیمارهای باکتری بر مقدار جذب فسفر و آهن اندام هوایی

صفت	خشکی	تیمار باکتریایی						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
غلظت فسفر (درصد)	D_0	0/111 g	0/225 ab	0/22a-c	0/114 g	0/19b-d	0/24a	0/108 g
	D_1	0/133 fg	0/18c-e	0/19b-d	0/14e-g	0/18c-e	0/20b-d	0/13 fg
	D_2	0/15e-g	0/221 ab	0/19b-d	0/16d-f	0/24 a	0/21a-c	0/16d-f
مقدار فسفر (mg/pot)	D_0	17/2 gh	35/5 a	35/9 ab	17/1 gh	29/2 bc	37/8 a	16/9 gh
	D_1	13/5 h-j	29/1 bc	31/1 b	15 hi	26/1c-e	27/5b-d	13/2 h-j
	D_2	10/3 j	20/8 fg	22/4 ef	12/8 ij	19/8 fg	23/5d-f	11/9 ij
غلظت آهن ($\mu g\ g^{-1}$)	D_0	58/6 gh	112 a-d	136 ab	130 a-c	49/1 h	124a-c	59/1 gh
	D_1	79/7e-h	120 a-c	125 a-c	140 a	70/7 gh	111a-d	75/2f-h
	D_2	79/5e-h	102 c-f	107b-e	116 a-c	85 d-g	103 c-f	79/5e-h
مقدار آهن (µg/pot)	D_0	910 f-h	1792b-d	2270 a	1929a-d	745 gh	1961a-c	921 f-h
	D_1	803 f-h	1965a-c	2078 ab	1493 de	1043f-h	1557c-e	769 gh
	D_2	565 h	970 f-h	1271 ef	920 f-h	703 h	1190e-g	593 h

میانگین های مربوط هر صفت که دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک هستند فاقد تفاوت معنی دار به روش آزمون دانکن در سطح 5 درصد می باشند. (D0، D1 و D2 به ترتیب 80، 50 و 25 درصد آب قابل استفاده) و (T1= شاهد، T2= دو جدایه مولد IAA، T3= یک جدایه مولد ACCدآمیناز، T4= دو جدایه حل کننده فسفات، T5= چهار جدایه مولد سیدروفور، T6= T2+T3و T7= مخلوط کلیه جدایه ها)

جدول 4- مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح خشکی و تیمارهای باکتری بر غلظت و مقدار جذب روی اندام هوایی

صفت	تیمار خشکی			تیمار باکتری						
	D_0	D_1	D_2	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
غلظت ($\mu g\ g^{-1}$)	24/2c	32/7b	38/1a	27/4b	30/2b	30/3b	51/4 a	19/5c	32/4b	30/5 b
مقدار جذب (µg/pot)	379ab	423a	343b	276c	406b	448b	550a	244 c	439b	310 c

فهرست منابع:

1. سر چشمه پور، م. 1388. بررسی پتانسیل کاربرد جدایه‌ها برتر باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد (PGPR) درختان پسته برای بهبود تغذیه و رشد دانهال در شرایط تنش شوری و خشکی. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، 201 صفحه.
2. سرچشمه پور، م.، غ. ثواقبی، ن. صالح راستین، ح.ع. علیخانی و ا.ع. پوربابائی. 1388 . جداسازی، غربالگری، شناسایی نسبی و تعیین تحمل به تنش شوری و خشکی جدایه‌های برتر باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد (PGPR) درختان پسته. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره 40 ، ش. 2، 190-177.
3. Bacili, M., H. Rodriguez, and M. Moreno. 2004. Mitigation of salt stress in wheat seedlings by a gfp-tagged Azospirillum lipoferum. Biol. Fertil. Soils, 40(3): 188-193.
4. Bertamini, M., L. Zulini, K. Muthuchelian, and N. Nedunchezhian. 2006. effect of water deficit on photosynthetic and other physiological responses in grapevine (Vitis vinifera L. cv. Riesling) plants. Photosynthetica. 44(1): 151-154.

Archive of SID

www.SID.ir

5. Bonaterra, A., L. Ruz, E. Badosa, J. Pinochet, and E. Montesinos. 2003. Growth promotion of Prunus rootstocks by root treatment with specific bacterial strains. Plant Soil. 255: 555-569.
6. Cottenie, A. 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendation. FAO Soils Bulletin, No. 38/2.
7. Fagaria, N.K. 2005. Soil fertility and plant nutrition research under controlled conditions: basic principle and methodology. J. plant Nutr., 28(11): 1975-1999.
8. Fernandz, L.A., P. Zalba, M.A. Gomez, and M.A. Sargardoy. 2007. Phosphate-solubilization activity of bacterial strains in soil and their effect on soybean growth under greenhouse conditions. Biol. Fertil. Soils. 43(6): 805-809.
9. German, M.A., S. Burdman, and Y. Okon. 2000. Effect of Azospirillum brasilense on root morphology of common bean (Phaseolus vulgaris L.) under different water regims. Biol Fertil Soils, 32: 259-264.
10. Ghosh, S., J.N. Penterman, R.D. Little, R. Chavez, and B.R. Glick. 2003. Three newly isolated plant growth- promoting bacilli facilitate the growth of canola seedlings. Plant Physiology and Biochemistry, 41: 277- 281.
11. Glick, B.R., Z. Cheng, and J. Czarny. 2007. Promoting of plant growth by ACC deaminase – producing soil bacteria. Eur. J. Plant Pathol., 119: 329-339.
12. Goldhamer, D.A., 1992. Drought Tips: managing irrigation in fruit and Nut trees during drought.. UC, Davis, Department of water resource, publication series, No.92-09, 1-5.
13. Goldhamer, D.A. 1995. Irrigation management. In: Ferguson, L.; Pistachio Production (ed), pp. 71-81.
14. Goldhamer, D.A., R.H. Beede, T.J. Michailides, M. Salinas, and M.A. Doster. 2005. Effects of regulated deficit irrigation on splitting and nut quality at harvest (second year report). Annual report crop year 2004-2005.
15. Hontzeas, N., S.S. Saleh, and B.R. Glick. 2004. Changes in gen expression in Canola roots induced by ACC deaminase containing PGPR. The Am. Phytopathol. Soc., MPMI, 17(8): 865-871.
16. Kanber, R., A. Yazar, S. Onder, and H. Koksal.1993. Irrigation response of pistachio. Irrigation science, 14(1):7-14.
17. Karlidag, H., A. Esitken, M. Turan, and F. Sahin. 2007. Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient elements contents of leaves of apple. Scientia Horticulture, 114: 16-20.
18. Madhaiyan, M., S. Poonguzhali, J. Ryu, and T. Sa. 2006. Regulation of ethylene levels in Canola (Brassica campestris) by 1- aminocyclopropane-1- carboxylate (ACC) deaminase-containing Methylobacterium fujisawaense. Planta, 224: 268-278.
19. Mayak, S., T. Tirosh, and B.R. Glick. 2004a. Plant growth-promoting bacteria confer resistance to water stress in tomatoes and pepers. Plant Science. 66: 525-530.
20. Monastra, F., D. Avanzato, S. Martelli, and R. Dascanio.1994. Pistachio trial under different volume of irrigation in Italy. Acta Horticulturae, 419: 249-252 (First int. symp. Pis.).
21. Patten, C.L., and B.R. Glick. 2002. Role of Pseudomonas putida indoleacetic acid in development of the host plant root system. Appl. and Env. Microbiol., P.,3795-3801.
22. Phene, R.C., J.J.R. Menezes, D.A. Goldhamer, J. Aitkens, R.H. Beede, and R. Kjelgren.1985. Irrigation scheduling of drip irrigated pistachios. Drip/trickle irrigation in action. 2 :805-810.
23. Rincon, A., F. Valladares, T.E. Gimeno, and J.J. Pueyo. 2008. Water stress response of two mediterranean tree species influenced by native soil microorganisms and inocolation with a plant growth promoying rhizobacterium. Tree Physiology, 28: 1693 – 1701.

Archive of SID

www.SID.ir

24. Saadatmand, A.R, Z. Banihashemi, M Maftoun, and A.R. Sepaskhah. 2007. Interactive Effect of Soil Salinity and Water Stress on Growth and Chemical Compositions of Pistachio Nut Tree. J. plant Nut, 30(12) 2037-2050.
25. Saleem, M., M. Arshad, S. Hussain, and A.S. Bhatti. 2007. Perspective of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stress agriculture. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 34: 635-648.
26. Sepaskhah, A.R., andM. Maftoun. 1981. Growth and chemical composition of pistachio cultivars as influenced by irrigation regimes and salinity levels of irrigation water. I. Growth. J. Hort. Sci., 56(4): 277-284.
27. shaharoona, B., M. Arshad, Z.A. Zahir, and A. Khalid. 2006. Performance of Pseudomonas spp. Containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (Zea mays L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil Biol. & Biochem. 38: 2971- 2975.
28. Songsri, P., S. Jogloy, C.C. Holbrook, T. Kesmala, and N. Vorasoot. 2009. Association of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of Peanut under different available soil water. Agricultural Water Management. 96: 790-798.
29. Tajabadi pour, A., A.R. Sepaskhah, and M. Maftoun. 2005. Plant water relations and seedling growth of three Pistachio cultivars as influenced by irrigation frequency and applied potassium. J. Plant Nut., 28: 1413-1425.
30. Timmusk, S. and E.G.H. Wagner.1999. The PGPR Paenibacillus polymyxa induces changes in Arabidopsis thaliana gene expression: a possible connection between biotic and abiotic stress responses. The Am. Phytopathol. Soc., MPMI, 12(11): 951-959.

Archive of SID

www.SID.ir