نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و دوم، شماره یکم، ۱۳۹٤
http://jopp.gau.ac.ir

تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه و قارچ میکوریزا بر ظهور گیاهچه، استقرار و رشد اولیه دو اکوتیپ گیاه یونجه در شرایط تنش شوری

***امید یونسی[۱] و علی مرادی[۲]**

[۱]دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه تهران،

[۲]استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۲۳

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه و قارچ میکوریزا بر ظهور گیاهچه، استقرار و رشد اولیه یونجه در شرایط تنش شوری، آزمایشی در تابستان ۱۳۹۰ در گلخانه گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم و مهندسی زراعی پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران به صورت فاکتوریل اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش شوری شامل شاهد (بدون تنش) (S_0)، ٦۰ (S_1) و ۱۲۰ (S_2) میلی‌مولار نمک کلرید سدیم، دو اکوتیپ یونجه (بمی و یزدی) و یازده پیش‌تیمار مختلف باکتریایی و میکوریزا بود. سطوح پیش‌تیمار زیستی شامل شاهد (بدون باکتری)، ازتوباکتر کروکوکوم، آزوسپریلیوم لیپوفروم، سودوموناس فلورسنت، سینوریزوبیوم ملیلوتی و قارچ میکوریزا (گلوموس موسائی) به‌صورت منفرد و به صورت ترکیب دوتایی ریزوبیوم با هریک از جنس‌های باکتریایی و قارچ میکوریزا و نیز تلفیقی از کلیه تیمارهای زیستی بود که در مجموع یازده سطح پیش‌تیمار مختلف باکتریایی و میکوریزا را تشکیل داد. صفات مورد ارزیابی در این تحقیق شامل ظهور گیاهچه، سرعت ظهور گیاهچه، ارتفاع بوته و وزن خشک ریشه و شاخساره بود. اعمال تنش شوری منجر به کاهش معنی‌دار ظهور گیاهچه، سرعت ظهور گیاهچه و رشد گردید که این روند نزولی در تیمار شاهد (عدم پیش تیمار بذر) بیشتر بود. به کارگیری پیش‌تیمار زیستی به ویژه تیمار منفرد

*نویسنده مسئول: omidyounesi@gmail.com

سودوموناس و تیمار تلفیقی نقش برجسته‌ای در کاهش اثرات منفی شوری بر صفات مورد ارزیابی داشتند. با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق به نظر می‌رسد باکترهای محرک رشد گیاه و قارچ میکوریزا به واسطه بهبود جذب آب و عناصرغذایی در گیاه در شرایط تنش، موجب حفظ رشد گیاه در هنگام مواجه با تنش شوری می‌گردند.

واژه‌های کلیدی: باکتری محرک رشد، رشد اولیه، شوری، ظهور گیاهچه، قارچ میکوریزا، یونجه

مقدمه

گیاهان زراعی اغلب در معرض عوامل محدود کننده محیطی نظیر شوری خاک و کمبود آب آبیاری قرار دارند که با ایجاد محدودیت در آب قابل استفاده گیاه کلیه فرایندهای متابولیکی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (گرور و همکاران، ۲۰۰۱). تنش شوری و کمبود آب همواره رابطه مستقیم و غیرقابل تفکیکی با یکدیگر دارند. در گیاهان مواجه با شوری علاوه بر تأثیر اسمزی تنش شوری که همانند تنش خشکی باعث برهم خوردن روابط آبی گیاه می‌شود، اثر اختصاصی تنش شوری نیز مطرح است که به صورت تأثیر یون‌ها روی سوخت و ساز سلولی و در برخی موارد سمیت ناشی از تجمع یون‌ها خودنمایی می‌کند (ژیانگ و همکاران، ۲۰۰۲).

جوانه‌زنی بذر یکی از مراحل حیاتی و تعیین‌کننده در چرخه رشد گونه‌های گیاهی است زیرا در استقرار موفق گیاه نقش دارد. اولین اثر شوری بر گیاهان، عدم یکنواختی جوانه‌زنی و استقرار ضعیف گیاهچه می‌باشد به نحوی که منجر به کاهش تراکم نهایی گیاهی در واحد سطح و در نتیجه عملکرد محصول می‌گردد (حسینی و جعفری، ۲۰۰۲).

یونجه گیاهی علوفه‌ای از تیره نیامداران بوده و از جایگاه ویژه‌ای در میان گیاهان زراعی برخوردار است. یونجه به عنوان یک گیاه نیمه مقاوم به شوری شناخته می‌شود (یونسی و همکاران، ۲۰۱۲). با این وجود مرحله جوانه‌زنی و استقرار اولیه این گیاه حساسیت بالایی را نسبت به شوری نشان می‌دهد (پاریدا و داس، ۲۰۰۵).

امروزه با وجود این‌که اصلاح ژنتیکی بذرها توانسته است تاحدودی از طریق بهبود جوانه‌زنی در شرایط نامساعد، عملکرد را تحت تأثیر قرار دهند، لیکن روش‌های تقویت بذر نظیر پرایمینگ یا پیش تیمار بذر از جمله روش‌های کارآمد در جهت افزایش سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی ظاهر شدن

گیاهچه و نیز افزایش مقاومت در برابر شرایط نامساعد محیطی می‌باشد (رشید و همکاران، ۲۰۰۵). تیمارهای آماده‌سازی بذر یکی از آسان‌ترین و در عین حال کارآمدترین راه‌های بهبود استقرار گیاهچه محسوب می‌شود (ناشیموتو، ۲۰۰۳). در میان روش‌های گوناگون پیش‌تیمار بذر، پیش‌تیمار باکتریایی بذر با استفاده از باکترهای محرک رشد گیاه[1] یکی از بهترین این روش‌ها بوده و در حال جایگزینی تدریجی با تیمارهای شیمیایی می‌باشند.

اصطلاح باکتری‌های محرک رشد گیاه برای اولین بار توسط لیفشیتز و همکاران (۱۹۸۷) مورد استفاده قرار گرفت. آنها سویه‌هایی از باکتری‌ها را یافتند که در محیط گلخانه و نیز در مزرعه موجب افزایش ظهور گیاهچه‌های کلزا شدند. ریزوبیوم، ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس از جمله این باکتری‌های افزاینده رشد گیاه می‌باشند که نقش مثبت آنها در عملکرد گیاهان مختلف زراعی مورد تأیید قرار گرفته است (ساتوویچ، ۲۰۰٦؛ عباس‌زاده و همکاران، ۲۰۱۰). در این راستا هاسانیودین (۲۰۰۳) گزارش کرد که باکتری ازتوباکتر قابلیت جذب نیتروژن و فسفر را به بالاترین حد خود رسانید و میزان محصول ذرت را به میزان قابل توجهی افزایش داد. گلیک و همکاران (۱۹۹۷) در بررسی تأثیر سودوموناس بر رشد گیاهچه‌های کلزا در حضور غلظت بالای کلرید سدیم (NaCl) مشاهده کردند که کاربرد این باکتری منجر به افزایش طول اندام هوایی و ریشه و وزن خشک آنها شد. الکوک و همکاران (۲۰۰۸) نیز نشان دادند که پیش‌تیمار بذر نخود با ریزوبیوم و سودوموناس باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی، ریشه و گره‌ها گردید.

قارچ میکوریزا از طریق برقراری رابطه همزیستی با ریشه گیاهان موجب بهبود عملکرد و جذب عناصر غذایی در شرایط نامساعد خاک به‌ویژه تحت شرایط تنش شوری می‌شود (گری و میوکرجی ، ۲۰۰٤). به‌طوری‌که سلیمان و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی واکنش بذر نخود به تلقیح قارچ میکوریزا و ریزوبیوم مشاهده کردند که تمامی صفات اندازه‌گیری شده (ارتفاع گیاه، تعداد گره و وزن خشک گره) نسبت به شاهد برتری داشت. هامدا و همکاران (۲۰۰۷) نیز برهمکنش‌های مثبت هم‌افزایی بین قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد نظیر تثبیت‌کننده‌های نیتروژن و سودوموناس را گزارش کردند.

1- Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

اکثر تحقیقات انجام شده در زمینه محرک‌های رشد گیاهی، بر تأثیر آنها بر عملکرد و اجزاء آن تمرکز دارد و کمتر به نقش آنها بر ظهور گیاهچه و استقرار اولیه آن پرداخته شده است. این در حالی است که در اندک تحقیقات انجام شده، تأثیر مثبت پیش‌تیمار باکتریایی و میکوریزا در بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی و استقرار بهتر گیاهچه گزارش شده است. در این ارتباط حافظ و همکاران (۲۰۰٤) مشاهده کردند که پیش‌تیمار باکتریایی بذرها منجر به ظهور سریع‌تر ارقام پنبه گردید. بیسواس و همکاران (۲۰۰۰) نیز نشان دادند که پیش‌تیمار باکتریایی بذرها موجب افزایش شاخص بنیه گیاهچه برنج گردید. لذا باتوجه به نقش مثبت باکتری‌های محرک رشد گیاه در رشد اولیه و عملکرد گیاهان زراعی، تحقیق حاضر سعی بر آن دارد اثرات باکتری‌های افزاینده رشد گیاه و قارچ میکوریزا را بر ظهور اولیه، استقرار گیاهچه و نیز رشد یونجه در شرایط تنش شوری مورد بررسی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر پیش‌تیمار باکتریایی و قارچ میکوریزا بر ظهور اولیه گیاهچه و عملکرد دو اکوتیپ یونجه در شرایط تنش شوری به‌صورت آزمون گلخانه‌ای در گلخانه گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران در تابستان ۱۳۹۰ اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش شوری، شاهد (بدون تنش) (S_0)، ٦۰ (S_1) و ۱۲۰ (S_2) میلی‌مولار نمک کلرید سدیم، دو اکوتیپ یونجه (بمی و یزدی) و یازده پیش‌تیمار مختلف باکتریایی و میکوریزا بود. سطوح پیش‌تیمار زیستی شامل شاهد (بدون باکتری)، ازتوباکتر کروکوکوم[۲]، آزوسپریلیوم لیپوفروم[۳]، سودوموناس فلورسنت[٤]، سینوریزوبیوم ملیلوتی[٥] و قارچ میکوریزا (گلوموس موسائی[٦]) به‌صورت منفرد و به‌صورت تلفیق دوتایی ریزوبیوم با هریک از جنس‌های باکتریایی و میکوریزا و نیز تلفیقی از کلیه تیمارهای زیستی مورد ارزیابی بود که در مجموع یازده سطح پیش تیمار مختلف زیستی را تشکیل داد. تیمار شوری از طریق آب آبیاری اعمال گردید.

1. Azotobacter chrococcum
2. *Azospirillum lipoferum/*
4. Pseudomonas fluorescence
5. Sinorhizobium meliloti
6. Glomus mosseae

بذرهای مورد نیاز برای اجرای آزمایش (تولید سال ۱۳۸۹) از موسسه تحقیقات اصلاح نهال و بذر کرج تهیه گردید و پیش از اجرای طرح، یک پیش آزمایش جهت تعیین قوه نامیه انجام شده و قوه نامیه ۱۰۰ درصد در هر دو اکوتیپ یونجه مشاهده گردید. مایه تلقیح از هریک از باکتری‌های مورد آزمایش به‌صورت آماده از گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران تهیه گردید. قارچ میکوریزایی لازم جهت اجرای تحقیق از موسسه تحقیقاتی واقع در منطقه اسدآباد همدان تأمین گردید.

ابتدا قبل از کشت، بذرها با مایه تلقیح مایع خالص باکتریایی به صورت منفرد و مایع تلقیح ترکیبی از ریزوبیوم و دیگر جنس‌های باکتری تلقیح شدند. برای اجرای تیمار تلقیح باکتریایی میزان هفت میلی‌لیتر مایه تلقیح که هر میلی‌لیتر آن دارای ^{۷} ۱۰ عدد باکتری زنده و فعال بود (اندازه‌گیری بوسیله اسپکتروفتومتر در طول موج ٦۰۰ نانومتر) مورد استفاده قرار گرفت. برای شمارش تعداد باکتری در سوسپانسیون، چهار میلی‌لیتر از سوسپانسیون باکتری را در یک ویال شیشه‌ای ریخته شد. از مایع مورد استفاده در تهیه سوسپانسیون در ویال دیگری ریخته تا به‌عنوان شاهد استفاده شود. زیرا ممکن است درصدی از نور توسط ماده زمینه جذب شود. سپس طول موج ٦۰۰ نانومتر روی دستگاه اسپکتروفتومتر تنظیم گردید. دستگاه با توجه به درصد نور عبوری، عددی به ما می‌دهد که می‌توان با نمودارهای استاندارد مقایسه کرد و تعداد باکتری‌های موجود در واحد حجم را به دست آورد.

بذرهای هر تیمار درون ظرف‌های پتری با افزودن مایه تلقیح و آغشته کردن آنها تیمار شدند و به منظور تکمیل تلقیح به‌مدت ۳۰ دقیقه در مایع تلقیح باقی ماندند. همچنین برای اعمال تیمار میکوریزا و تیمار دوتایی ریزوبیوم و میکوریزا مقدار ۲۰ گرم خاک حاوی اسپور قارچ به گلدان‌های حاوی تیمارهای مذکور اضافه گردید. گلدان‌های استفاده شده، گلدان‌های سفالی با قطر دهانه ۲۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر بودند. خاک مورد استفاده برای اجرای طرح از مزرعه تحقیقاتی واقع در منطقه انارستان شهرستان قم تهیه گردید. شوری خاک مذکور برابر ۸/٦۲ دسی‌زیمنس بر متر، بافت خاک متوسط تا سبک (لومی شنی) و از نظر مواد غذایی اصلی گیاه مانند فسفر و پتاسیم قابل جذب فقیر بود (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

	بافت خاک	قدرت نگهداری آب (درصد)	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب
							میلی‌گرم در کیلوگرم	
نمونه خاک مزرعه	لومی شنی	۲٤	۸/٦۲	۷/۸	۰/۲۲	۰/۰۲۵	۷/۵	۲۲۰
حد معمول	لومی	۳۰-۳۵	‹۲	۷/۵ -٦/۵	۲-۳	۰/۲ – ۰/۳	۱٦	۳۰۰-۳۵۰

برای اجرای آزمایش در هر تکرار سه گلدان سفالی در نظر گرفته شد و در هریک از گلدان‌ها تعداد ۱۵بذر از هریک از دو اکوتیپ یونجه پس از ضدعفونی و اعمال تیمار باکتریایی مورد نظر در عمق ۳ سانتی‌متری کشت گردید. به منظور ضدعفونی کردن بذرها قبل از کشت، بذرها به‌مدت ۳۰ ثانیه در محلول سه درصد هیپوکلریت سدیم قرار گرفتند و بلافاصله چندین بار با آب مقطر شسته شدند. میانگین دمای گلخانه در روز حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در شب در حدود ۱۷ درجه سانتی‌گراد در نوسان بود. با رسیدن رطوبت خاک به ۸۰ درصد ظرفیت زراعی،آبیاری گیاهان مطابق به تیمارهای شوری به صورت دستی صورت گرفت. بازدید گلدان‌ها بطور روزانه انجام شده و تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده تا ۱٤ روز پس از کاشت روزانه یاداشت گردید. صفات مورد ارزیابی در این تحقیق شامل ظهور گیاهچه، سرعت ظهور گیاهچه، ارتفاع بوته و وزن خشک ریشه و شاخساره بود. ظهور اولیه گیاهچه‌ها ٦ روز پس از کاشت و درصد ظهور نهایی گیاهچه‌ها ۱٤ روز پس از کاشت محاسبه گردید. متوسط زمان ظهور گیاهچه[1] با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید (ارچارد، ۱۹۷۷):

$$MET= \sum f_i x_i / F$$ رابطه (۱)

در این رابطه MET= متوسط زمان لازم برای ظهور گیاهچه f_i = تعداد گیاهچه ظاهر شده در روزiام، x_i = تعداد روز تا شمارش iام و F= حداکثر تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده می‌باشد. سرعت ظهور گیاهچه[2] با در نظر گرفتن تاریخ نخستین آبیاری به عنوان تاریخ کاشت و با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید (ارچارد، ۱۹۷۷):

$$SER = FEP/D$$ رابطه (۲)

1- Mean Emergence Time
2- Seedling Emergence Rate

در این رابطه SER= سرعت ظهور گیاهچه، FEP= درصد ظهور نهایی گیاهچه[9] وD = تعداد روز از کاشت تا پایان یادداشت‌برداری می‌باشد. سرعت ظهور تجمعی[10] گیاهچه با استفاده از رابطه زیر مشخص گردید (ارچارد، ۱۹۷۷):

$$CER= \sum F/ D$$ رابطه (۳)

در این رابطه CER= سرعت ظهور تجمعی گیاهچه، F = تعداد گیاهچه شمارش شده می‌باشد.

پس از استقرار کامل، بوته‌ها تنک شده و ۷ بوته در هر گلدان حفظ شد. در پایان دوره آزمایش (شش هفته پس از کاشت) ارتفاع بوته‌ها در هر گلدان و هر تیمار آزمایشی اندازه‌گیری شد. سپس بوته‌ها به‌طور کامل از گلدان‌ها خارج و به دو بخش شاخساره و ریشه تقسیم شدند و وزن خشک هر بخش با قرار دادن در آون به مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد و وزن آنها با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم تعیین شد. در پایان آزمایش تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات با استفاده از نرم‌افزار *MSTATC* انجام گردید. مقایسه میانگین هر صفت با کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده بیانگر نقش مؤثر تیمارهای زیستی در بهبود ظهور گیاهچه، استقرار و رشد اولیه یونجه به ویژه در شرایط تنش شوری بود. به کارگیری پیش‌تیمار باکتریایی و میکوریزا در این تحقیق، ظهورگیاهچه، سرعت ظهور گیاهچه و ظهور تجمعی، ارتفاع بوته و وزن خشک ریشه و شاخساره را تحت تأثیر قرار داد و منجر به افزایش معنی‌دار این شاخص‌ها در شرایط تنش شوری گردید (جدول ۲).

ظهور گیاهچه: شاخص ظهور گیاهچه معیاری برای استقرار گیاه در مزرعه است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس خصوصیات کیفی بذر در شرایط گلخانه‌ای در جدول ۲ نشان داده شده است. بررسی اثرات سطوح تنش بر ظهور گیاهچه نشان داد که بین سطوح تنش به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود داشت. مقایسه میانگین سطوح شوری کاهش معنی‌دار ظهور اولیه و نهایی گیاهچه را هم‌زمان با اعمال تنش شوری نشان داد که به پایین‌ترین میزان خود در سطح شوری S_2 رسید.

1- Final Emergence Percentage
2- Cumulative Emergence Rate

جدول ۲- خلاصه تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر شوری و پیش تیمار باکتریایی بر صفات اندازه گیری شده اکوتیپ‌های یونجه

	درصد ظهور اولیه گیاهچه	درصد ظهور نهایی گیاهچه	میانگین زمان ظهور گیاهچه	سرعت ظهور گیاهچه	سرعت ظهور تجمعی گیاهچه	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	وزن خشک شاخساره(گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
تکرار	۱۱٤/۰۲٤ ns	۲٦۰/۵۷ *	۱/٦۹۷ ns	٤/۱۵۷ ns	۰/۰۱۵ ns	۲۵/۱٦۱ ns	۰/۰۲۱ ns	۰/۰۱۹ *
اکوتیپ	۳۷/۹۰۳ ns	۱۱۸/۷٦۹ ns	۰/۰۱۰ ns	۰/۲۸ ns	۰/۳۵۷ **	۲۵/۷۹۱ ns	۱/٤۸۲ **	۰/٤۲۳ **
شوری	۲۷۱٦٦/۱۲۲ **	۱۸۸۳۰/٦٦ **	۲۱/۸۸۲ **	۵۲۳/۳۸۸ **	۲۹/٤۱٦ **	۱۸۹۱/۰۱۱ **	۱/۰۱۸ **	۰/۳۵٦ **
اکوتیپ × شوری	۱۵۷/۱۹ ns	۷۱٤/٦٦۲ **	٤/۲۰۹ **	۸/٦۱۷ **	۰/۲۱٦ *	۱٤/٦۸۸ ns	۰/۰۰٦ ns	۰/۰۲٦ **
باکتری	۲۱۵۹/۰۸۵ **	۹۳٦/۱۷۵ **	۳/۵٤٤ **	۲۵/۸۲۸ **	۲/۱٤۱ **	٤۹۹/۰۱۰ **	۰/٦۱۳ **	۰/۰۷ **
اکوتیپ × باکتری	۱۰۱/۱۵۹ ns	۵٦/۹۹ ns	۰/۸٤ ns	۱/۰٦۱ ns	۰/۰۷٤ ns	۳/۵۵۸ ns	۰/۱۲۵ **	۰/۰۰۸ ns
شوری × باکتری	۱۳۹/۱۹٤ ns	۱۲۳/۸۰۵ **	۰/۳۲۲ ns	۳ *	۰/۱۸٦ **	۱۵/۳۲٤ ns	۰/۰۲۲ ns	۰/۰۰۵ ns
اکوتیپ × شوری × باکتری	٤۲/۵۵ ns	٤۱/۱۳ ns	۰/٤۲۱ ns	۱/۰۲۸ ns	۰/۰۸۱ ns	۰/۹۹٦ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۲ ns

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی دار.

نتایج حاصل نشان می‌دهد که غلظت بالای نمک محیطی نامناسبی را برای جوانه‌زنی بذر فراهم کرده است، به‌نحوی که با افزایش شوری شاخص ظهور گیاهچه به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. به‌طور کلی کاهش فشار تورژسانس بافت‌ها، کاهش فعالیت فتوسنتزی و اثرات مستقیم نمک بر متابولیسم سلولی به عنوان سازوکارهای فیزیولوژیکی مسئول کاهش رشد بر اثر شوری شناخته شده‌اند (پاریدا و داس، ۲۰۰۵).

تفاوت اکوتیپ‌ها بر ظهور اولیه و نهایی گیاهچه معنی‌داری نبود و میان اکوتیپ‌های مورد ارزیابی به لحاظ ظهور گیاهچه اختلافی مشاهده نگردید (جدول ۲). اثر متقابل تنش و اکوتیپ بر ظهور نهایی گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و اکوتیپ بر صفت مذکور نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال و سطح شوری S_2 ظهور نهایی گیاهچه ارقام مورد ارزیابی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، ولی بر اکوتیپ یزدی در سطح تنش شوری S_1 از ظهور گیاهچه بالاتری برخوردار بود (جدول ۳).

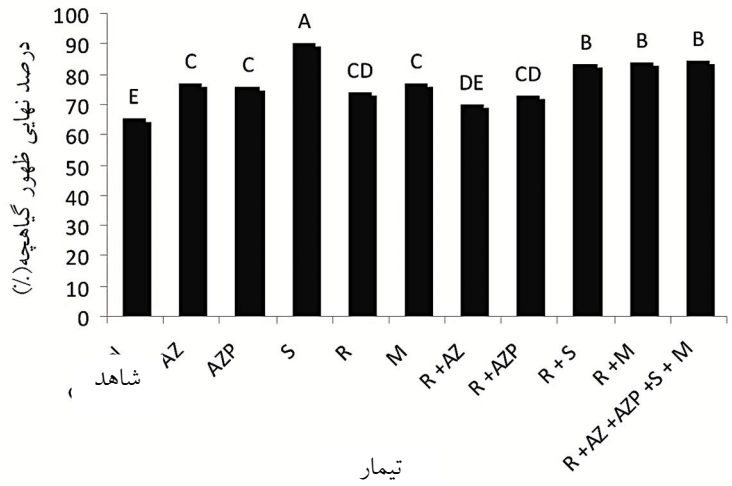
جدول ۳- اثرات متقابل شوری و اکوتیپ بر صفات مورد ارزیابی.

اکوتیپ/ شوری		S_0	S_1	S_2
بمی	درصد ظهور نهایی گیاهچه	۹٤/۱٤A	۸۱/۰۱ B	۵۹/٦D
	میانگین زمان ظهور گیاهچه	٤/۹۸A	۵/٦B	٦/۳۳D
	سرعت ظهور گیاهچه	۱۲/۱۵A	۸/۸۹ B	٦/۲D
	وزن خشک ریشه	۰/۸۵B	۰/۷۵D	۰/٦٦ E
یزدی	درصد ظهور نهایی گیاهچه	۹۵/۵۵A	۷۱/۹۲ C	٦۲/٦۳ D
	میانگین زمان ظهور گیاهچه	٤/۹۷A	٦/۰۹CD	۵/۸BC
	سرعت ظهور گیاهچه	۱۲/۱۸A	۸/۲۷B	۷/۰۲C
	وزن خشک ریشه	۰/۹ A	۰/۸٦B	۰/۷۹C

برای هر صفت حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

اعمال پیش‌تیمار باکتریایی تأثیر به‌سزائی در افزایش ظهور گیاهچه داشت (جدول ۲). پیش تیمار منفرد باکتریایی سودوموناس بیشترین نقش را در افزایش ظهور اولیه و ظهور نهایی گیاهچه داشت (شکل ۱). بر اساس نتایج بدست آمده در این آزمایش به نظر می‌رسد به کارگیری پیش تیمارهای باکتریایی به واسطه تولید هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین، سیتوکنین و جیبرلین که در فرایند جوانه‌زنی

تأثیر مستقیم دارند، نقشی کارامد در بهبود ظهور گیاهچه به‌ویژه در شرایط تنش داشته باشند. در میان تیمارهای زیستی، پیش‌تیمارهای تلفیقی از وضعیت مطلوبی به لحاظ ظهور اولیه و نهایی گیاهچه برخوردار بودند. تیمارهای تلفیقی می‌توانند امکان برقراری رابطه هم‌افزایی را فراهم نماید که نتیجه آن افزایش اثرات مفید تیمارهای زیستی بر رشد گیاه می‌باشد (باشان و هولگین، ۱۹۹۷).



شکل ۱- اثر تیمار زیستی بر درصد ظهور نهایی گیاهچه. حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

تیمار ترکیبی ریزوبیوم و میکوریزا در مقایسه با پیش‌تیمار منفرد مایکوریزا و ریزوبیوم نقش کارآمدتری در بهبود ظهور اولیه و نهایی گیاهچه داشت. ریزوبیوم‌ها به واسطه ترشح ترکیبات مختلفی نظیر اکسین‌ها، سیتوکنین‌ها، ریبوفلاوین‌ها و ویتامین‌ها و نفوذ در ریشه بقولات و غیر بقولات باعث القای افزایش رشد می‌شوند (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۲). به نظر می‌رسد همزیستی هم‌زمان ریشه با ریزوبیوم و میکوریزا باعث نفوذ بهتر ریزوبیوم به درون ریشه گیاه میزبان می‌گردد (اصغری، ۲۰۰۸). ریسه‌های میکوریزا برای نفوذ به ریشه گیاهان آنزیم‌هایی را ترشح می‌کنند که باعث سستی دیواره سلول‌های گیاهی می‌شوند. این سستی دیواره، نفوذ باکتری ریزوبیوم را که برای نفوذ به ریشه گیاهان نیازمند آنزیم پکتیناز و سایر آنزیم‌های سست کننده دیواره است تسهیل می‌نماید (آلن، ۱۹۹۲).

اختلاف ظهور نهایی گیاهچه در بین سطوح اثرات متقابل تنش و پیش تیمار باکتریایی با اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط آبیاری نرمال ظهور گیاهچه در بالاترین میزان خود قرار داشت (جدول ٤). با شروع اعمال تنش از ظهور گیاهچه کم شد که در این بین تیمار شاهد (عدم پیش تیمار بذر) بیشترین کاهش ظهور گیاهچه را نشان داد. پیش تیمار بذرها بوسیله ریزوبیوم و به صورت تلفیقی با ازتوباکتر و آزوسپریلوم تأثیر چندانی در حفظ میزان ظهور گیاهچه در شرایط اعمال تنش نداشت.

ظهور اولیه و نهایی گیاهچه تحت تأثیر اثرمتقابل اکوتیپ و پیش تیمار باکتریایی قرار نگرفت (جدول ۲). مقایسه سطوح اثرمتقابل اکوتیپ و پیش تیمار باکتریایی، حاکی از واکنش مشابه ارقام مورد ارزیابی در پاسخ به پیش تیمار تلفیقی باکتریایی اعمال شده بود. با توجه اثر محدود کننده تنش شوری بر رشد گیاهان و نیز نقش مثبت تیمارهای باکتریایی، به نظر می‌رسد به کارگیری راهکارهایی زیستی نظیر پیش‌تیمار بذرها در جهت مقابله با تنش و با هدف ظهور سریع و یکنواخت گیاهچه‌ها در مزرعه و دستیابی به تولید بهینه محصولات زراعی امری ضروری و مفید باشد.

سرعت ظهور گیاهچه: سرعت ظهور گیاهچه و ظهور تجمعی گیاهچه تحت تأثیر سطوح تنش تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲). تنش شوری منجر به کاهش سرعت ظهور گیاهچه نسبت به شرایط آبیاری نرمال گردید. تأخیر در رشد معمول‌ترین اثر شوری است چراکه املاح زیاد موجود در محلول خاک باعث کاهش پتانسیل اسمزی خاک شده و منجر به کاهش جذب آب و در نتیجه کاهش سرعت ظهور گیاهچه می‌گردد (لوپز و همکاران، ۲۰۰۸).

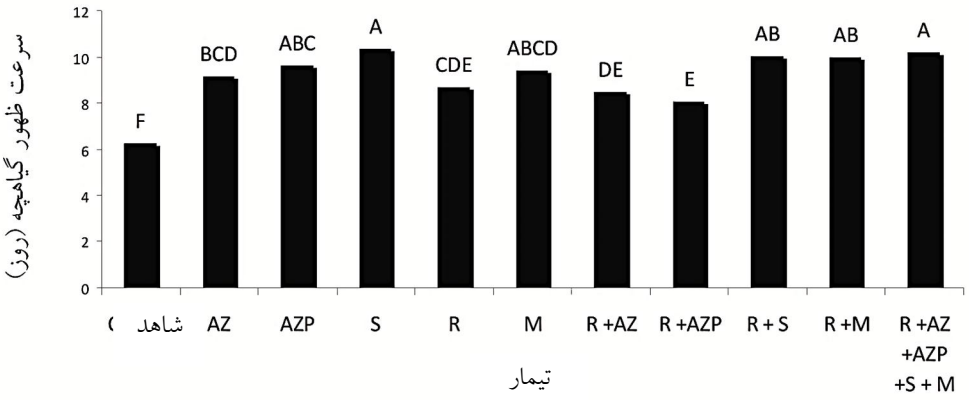
میانگین سرعت ظهور گیاهچه تفاوت معنی‌داری را میان اکوتیپ‌ها مورد ارزیابی نشان نداد و این صفات تحت تأثیر اکوتیپ قرار نگرفت، لیکن تفاوت اکوتیپ‌ها به لحاظ سرعت ظهور تجمعی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر متقابل اکوتیپ و تنش بر سرعت ظهور گیاهچه و ظهور تجمعی گیاهچه معنی‌دار بود. روند تغییرات سرعت ظهور گیاهچه و سرعت ظهور تجمعی در شرایط آبیاری نرمال و سطح S_1 تنش ارقام مورد ارزیابی مشابه یکدیگر بود، اما با افزایش شدت تنش شوری سرعت نزول سرعت ظهور گیاهچه و سرعت ظهور تجمعی در اکوتیپ بمی بیشتر بود (جدول ۳).

جدول ٤- اثرات متقابل شوری و پیش تیمار باکتریایی بر صفات مورد ارزیابی.(حروف مخفف :**AZ**: ازتوباکتر، **AZP**: آزوسپریلیوم، **S**: سودوموناس،**R**: ریزوبیوم

		پیش تیمار								
	شاهد	AZ	AZP	S	R	M	R+AZ	R+AZP	R+S	R+M	AZ +AZP +S +R +M
S_0	۸۲/۲۲e-h	۹۵/۵۵ab	۹۳/۳۳a-c	۹۸/۸۹ab	۹۵/۵۵ab	۹۵/۵۵ab	۹۲/۲۲a-d	۹۳/۳۳a-c	۱۰۰ a	۹۸/۸۹ab	۹۷/۷۷ab
	۸/۰۲h-l	۱۲/۲۲a-c	۱۲/۷۷ab	۱۳/۰۸ ab	۱۱/۷۷ b-d	۱۳/۸۲a	۱۱/۷۷b-d	۱۱/۰۲c-e	۱۲/۹٦ab	۱۳/۹۵ a	۱۲/٤۱abc
	۲/۲۱hi	۳/۱۵ a-c	۳/۱۷ab	۳/۲۹ab	۳/۰٦b-d	۳/۱۸ab	۳ b-e	۲/۹٤b-e	۳/۲۸b	۳/۲٤ab	۳/۳۹a
S1	٦۷/۷۸i-l	۷۳/۳۳h-j	۷٤/٤٤g-j	۸۸/۸۹b-e	۷۵/۵٦i-i	۷۰i-k	٦۷/۷۸i-l	۷۲/۲۲ij	۸۳/۳۳d-g	۸۳/۳۳d-g	۸٤/٤٤c-f
	٦٦۱۱l-o	۸/٤۹g-k	۹/۵۱ e-i	۹/۸۱ e-g	۸/۳۳g-l	۷/۵j-m	۸/۰۱h-l	۷/۷۸i-m	۹٦۷e-h	۹/٥٩f-j	۱۰/۲ d-f
	۱۷k-m	۲/۳۹gh	۲/۷۵ef	۲/۸۷c-f	۲/٤gh	۲/۳۹ gh	۲/۰۷ ij	۲/۲٤hi	۲/۵۹fg	۲/۵۸fg	۲/۸۱ d-f
	٤٦٦۷o	٦۱/۱۱k-m	۵۸/۸۹LMN	۸۲/۲۲e-h	۵۰NO	٦٤/٤٤j-k	۵۰no	۵۲/۲۲m-o	٦۵/۵٦i-l	۷۰i-k	۷/۹۲ h-l
S2	٤/۲۱ p	٦/۷٤k-o	٦/۵۹ LMNO	۸/۱۵g-l	٦/۱ MNO	٦/۹۳j-o	۵/۷۲ n-p	۵/۳۷ op	۷/۵۳ j-m	۷/٤۳j-n	۷/۹۲ h-l
	۱/۰۵۷o	۱/۹۱ j-l	۱/۳۸ LMN	۲/۷۳٤ef	۱/۳۸N	۱/۷۷ kl	۱/۳٦ n	۱/٤۳ mn	۱/۸۹ j-l	۱/۹۸ i-k	۲/۰٦۲ ij

برای هر صفت حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

بررسی اثرات سطوح پیش تیمار باکتریایی بر سرعت ظهور گیاهچه و ظهور تجمعی، اختلاف معنی‌دار سطوح پیش تیمار باکتریایی را در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح پیش تیمار باکتریایی به لحاظ سرعت ظهور گیاهچه نقش مؤثر پیش تیمارهایی باکتریایی سودوموناس را در بهبود صفت مذکور نشان داد. همچنین ارقام مورد ارزیابی در حضور تیمارهای ترکیبی سودوموناس و ریزوبیوم، ریزوبیوم و مایکوریزا و نیز تیمار تلفیقی از سرعت ظهور گیاهچه بالاتری نسبت به دیگر تیمارها برخوردار بودند (شکل ۲). برخی از باکتری‌های محرک رشد به ویژه باکتری سودوموناس حاوی آنزیمی موسوم به ACC دِآمیناز هستند که قادر است آمینوسیکلوپروپان -۱-کربوکسیلات (ACC) که پیش ماده مستقیم اتیلن در گیاهان است را به آمونیاک و آلفاکتوبوتیرات تبدیل و از این طریق موجب کاهش سطح اتیلن ناشی از تنش گردد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۰). اتیلن از جمله هورمون‌های بازدارنده رشد گیاهی است که در شرایط تنش به میزان قابل توجهی در گیاه افزایش یافته و منجر به تأخیر در رشد می‌گردد (کاستا، ۲۰۰٤). در این راستا پنروز و گلیک (۲۰۰۳) افزایش شاخص‌های رشد گیاه تحت تأثیر باکتری‌های دارای فعالیت آنزیم ACC دِآمیناز را گزارش نمودند. خان (۲۰۰٦) نیز افزایش رشد گیاه در اثر تلقیح با باکتری‌های سودوموناس را گزارش نمود.



شکل ۲- اثر تیمار زیستی بر سرعت ظهور گیاهچه. حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

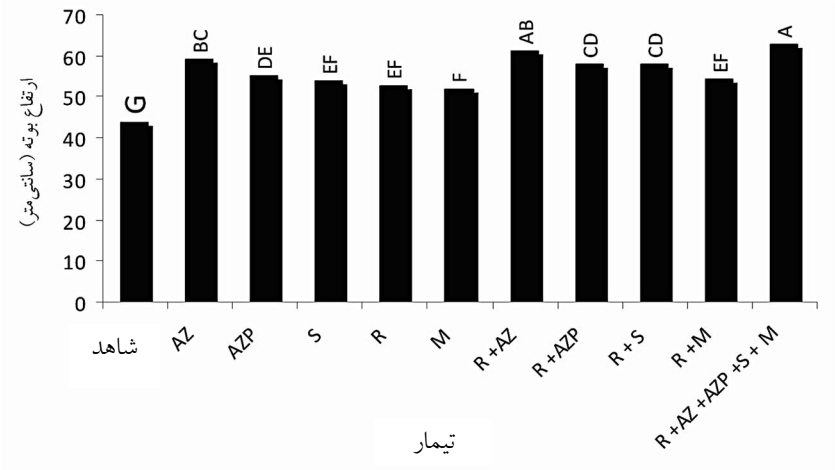
اثر متقابل تنش و پیش تیمار باکتریایی بر سرعت ظهور گیاهچه و ظهور تجمعی گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۲). روند کاهش سرعت ظهور گیاهچه و ظهور تجمعی در پیش تیمارهای باکتریایی در سطوح مختلف تنش شوری متفاوت بود. تیمار منفرد باکتریایی سودوموناس، ترکیبی ریزوبیوم و سودوموناس و نیز تیمار تلفیقی از روند تغییرات پایداری به لحاظ صفات مذکور برخوردار بودند (جدول ٤). این در حالی است که با اعمال تنش نسبت تغییرات تیمار منفرد میکوریزا و ترکیبی ریزوبیوم و میکوریزا از دیگر تیمارها بیشتر بود که نشان از حساسیت بالاتر آنها به شوری و کاهش کارایی آنها در شرایط اعمال تنش می‌باشد.

تأثیر سطوح اثرات متقابل اکوتیپ و پیش تیمار باکتریایی بر سرعت ظهور گیاهچه و ظهور تجمعی معنی‌دار نبود و در تیمارهای متفاوت زیستی اختلافی میان ارقام مورد ارزیابی مشاهده نگردید (جدول ۲). ظهور سریع و یکنواخت گیاهچه‌ها در مزرعه عامل مهم در استقرار تراکم بوته مطلوب و دستیابی به عملکرد کمی و کیفی بالقوه گیاهان زراعی است. با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد باکتری‌های افزاینده رشد گیاه می‌توانند سرعت ظهور گیاهچه در مزرعه و استقرار بوته را افزایش دهند. ظهور سریع‌تر گیاهچه امکان رهایی از خطر بیمارهای گیاهچه و بهره‌برداری بیشتر از فصل رشد را فراهم می‌سازد.

ارتفاع بوته: نتایج بدست آمده در این آزمایش نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار سطوح تنش شوری به لحاظ ارتفاع بوته بود (جدول ۱). مقایسه سطوح تنش با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری ارتفاع بوته اکوتیپ‌های مورد ارزیابی کاهش یافت. با این وجود اختلاف معنی‌داری میان ارقام مورد ارزیابی به لحاظ ارتفاع بوته مشاهده نگردید. نتادو و همکاران (۲۰۰٤) نیز کاهش ارتفاع گیاهان در محیط شور را گزارش کردند. تنش شوری از طریق صدمات اسمزی، تنش خشکی فیزیولوژیک یا صدمه به جذب املاح، باعث کاهش ارتفاع گیاهان می‌شود (ژیانگ و همکاران، ۲۰۰۲). تأثیر سطوح اثرات متقابل تنش شوری و اکوتیپ بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود (جدول ۱) و مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و اکوتیپ، روند تغییرات مشابه ارتفاع بوته ارقام مورد ارزیابی را در مواجهه با شرایط تنش نشان داد.

بررسی اثرات سطوح پیش تیمار باکتریایی و میکوریزا بر ارتفاع بوته نشان داد که بین سطوح پیش تیمار زیستی از لحاظ این صفت اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد (جدول ۲). به کارگیری تمامی پیش تیمارهای زیستی منجر به افزایش ارتفاع بوته نسبت به شاهد گردید. در میان

پیش تیمارهای زیستی، پیش‌تیمار ترکیبی ریزوبیوم و ازتوباکتر و پیش تیمار تلفیقی بیشترین نقش را در افزایش ارتفاع بوته ارقام مورد ارزیابی داشتند (شکل ۳). در تأیید نتایج این آزمایش، دلیپ و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که تیمار تلفیقی باکتریایی نقش مؤثری در افزایش وزن خشک گیاهچه نخود داشت. باشان و هولگین (۱۹۹۷) نیز بر اثرات سودمند تیمارهای ترکیبی و تلفیقی در افزایش طول و وزن گیاهچه تاکید داشتند. همچنین در تحقیق حاضر پیش‌تیمار منفرد میکوریزا موجب افزایش ارتفاع بوته نسبت به گیاهان تلقیح نشده گردید. در تأیید نتایج این آزمایش صالح و الگارنی (۲۰۰۶) نیز افزایش ارتفاع گیاهان میکوریزایی را گزارش کردند. با این وجود در این آزمایش پیش تیمار میکوریزای در مقیاسه با پیش تیمارهای باکتریایی نقش کمتری در افزایش ارتفاع بوته داشت.



شکل ۳- اثر تیمار زیستی بر ارتفاع بوته. حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

ارتفاع بوته تحت تاثیر سطوح اثر متقابل تنش و پیش تیمار زیستی و نیز اثر متقابل اکوتیپ و پیش تیمار زیستی قرار نگرفت (جدول ۲)، به‌نحوی که در تمامی پیش‌تیمارهای زیستی بالاترین وزن خشک ریشه و شاخساره در شرایط آبیاری نرمال بدست آمد و با اعمال تنش از وزن خشک ریشه و شاخساره کاسته شد. همچنین واکنش ارقام مورد ارزیابی را در پاسخ به پیش تیمار زیستی مشابه بود.

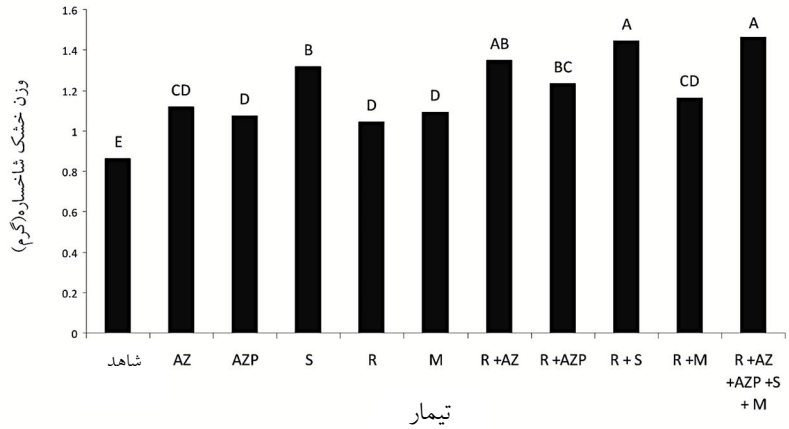
افزایش مستقیم رشد معمولاً مستلزم تولید یک ترکیب خاص و مؤثر بر رشد گیاه و یا تسهیل در جذب آب و عناصر غذایی مورد نیاز می‌باشد (کوهن و همکاران، ۲۰۰۸). قارچ‌های میکوریزی در شرایط شور با نفوذ ریسه‌های خود به ریشه‌های گیاه و محیط خاک اطراف ریشه موجب بهبود جذب آب و روابط آبی گیاه و تغذیه معدنی می‌گردند و در نتیجه سرعت رشد گیاه افزایش می‌یابد (الکراکی، ۲۰۰۰). لیفشیتز و همکاران (۱۹۸۷) نیز برای اولین بار نشان دادند که باکتری‌های محرک رشد قادرند از طریق ساز و کارهای مختلف نظیر تثبیت نیتروژن، تولید هورمون‌های گیاهی، حل فسفات کم محلول و کاهش سطح اتیلن گیاه مستقیماً رشد گیاهان را افزایش دهند.

وزن خشک ریشه و شاخساره: شوری باعث کاهش وزن خشک ریشه و شاخساره ارقام مورد ارزیابی گردید و تحت‌تأثیر تنش کاهش چشم‌گیری را نشان داد (جدول ۱). شوری از طریق کاهش پتانسیل اسمزی خاک، جذب آب توسط گیاه را مشکل می‌کند. علاوه بر این شوری بر تجمع ماده خشک در گیاه نیز تأثیر منفی می‌گذارد (پرساد، ۱۹۹۷). به نظر می‌رسد کاهش وزن خشک بافت های گیاهی به دلیل افزایش هزینه متابولیک، کاهش استفاده از کربن توسط گیاه برای تطابق با شوری می‌باشد (نتادو و همکاران، ۲۰۰٤).

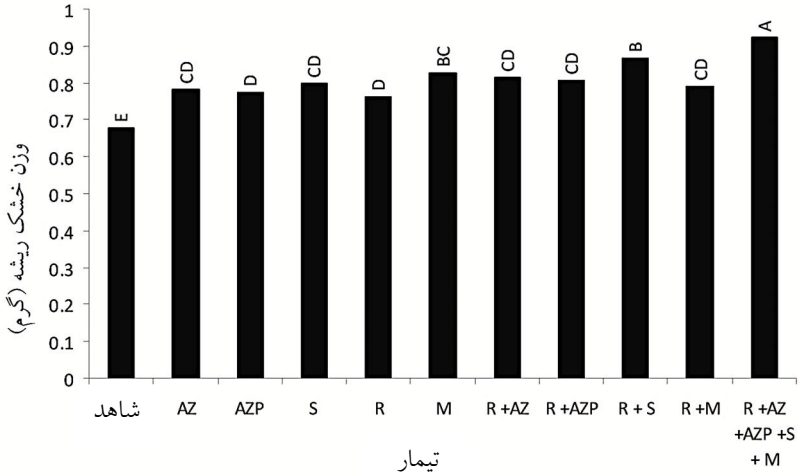
اثر اکوتیپ بر وزن خشک ریشه و شاخساره معنی‌دار بود (جدول ۲) و نتایج نشان داد که، اکوتیپ بمی از وزن خشک ریشه و شاخساره بالاتری برخوردار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و اکوتیپ برتری اکوتیپ بمی را در مواجه با شرایط تنش به لحاظ صفات مذکور نسبت به اکوتیپ یزدی نشان داد (جدول ۳).

تفاوت سطوح پیش‌تیمار باکتریایی و میکوریزا به لحاظ وزن خشک ریشه و شاخساره معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین سطوح پیش‌تیمار زیستی نشان داد که بیشترین میانگین وزن خشک شاخساره به تیمارهای ترکیبی ریزوبیوم و سودوموناس، ریزوبیوم و ازتوباکتر و تیمار تلفیقی تعلق داشت (شکل ٤). همچنین بیشترین وزن خشک ریشه نیز در تیمار تلفیقی زیستی مشاهده گردید (شکل ۵). به کارگیری قارچ میکوریزا منجر به بهبود وزن خشک شاخساره و به‌ویژه ریشه نسبت به شاهد گردید. در این راستا الکراکی و حامد (۲۰۰۱) دو رقم از گوجه فرنگی را تحت تنش شوری و با حضور قارچ میکوریزا بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که وزن خشک قسمت هوایی گیاهان تحت شرایط تنش شوری در هر دو رقم در گیاهان میکوریزی بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزی بود. ربیعی و المدینی (۲۰۰۵) نیز افزایش وزن خشک گیاهان را در محیط شور در حضور میکوریزا تأیید

کردند. همچنین گوپتا و روتاری (۲۰۰۵) افزایش وزن خشک ریشه را در حضـور میکـوریزا گـزارش کردند. این تحقیق و تحقیقات مشابه نشان می‌دهد که گیاهـان میکـوریزایی در وضـعیت شـور، رشـد بهتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده نشان می‌دهند.

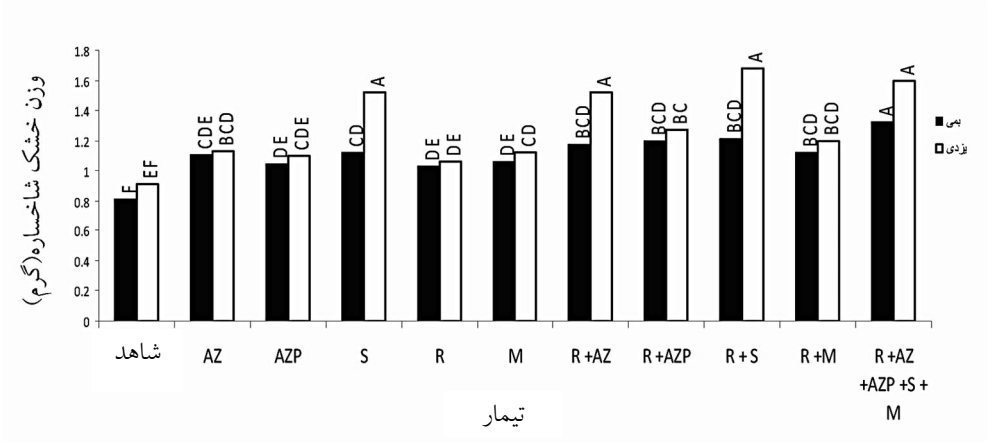


شکل ٤- اثر تیمار زیستی بر وزن خشک شاخساره. حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۵- اثر تیمار زیستی بر وزن خشک ریشه. حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

تفاوت سطوح اثرات متقابل تنش و پیش تیمار زیستی بذرها بـر وزن خشـک ریشـه و شاخسـاره معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح اثر متقابل تنش و پیش تیمار زیستی نشان داد کـه در تمامی پیش‌تیمارهای زیستی بالاترین وزن خشک ریشه و شاخساره در شرایط آبیـاری نرمـال بدسـت آمد و با اعمال تنش از وزن خشک ریشه و شاخساره کاسته شد. وزن خشک ریشه تحت تأثیر اثر متقابل اکوتیپ و پیش تیمار زیستی قرار نگرفت (جدول ۲) و اخـتلاف معنـی‌داری میـان ارقـام مـورد ارزیـابی در هریک از پیش تیمارهای باکتریایی به لحاظ وزن خشک ریشه مشـاهده نشـد. بـا ایـن وجـود وزن خشـک شاخساره تحت تاثیر اثر متقابل اکوتیپ و پیش تیمار زیستی قرار گرفت (جدول ۲) بـه‌نحـوی کـه اکوتیـپ بمی در واکنش به پیش‌تیمارهای زیستی به‌ویژه تیمـار باکتریـایی منفـرد سـودوموناس، ترکیـب ریزوبیـوم و سودوموناس و نیز تیمار تلفیقی واکنش بهتری را به لحاظ وزن خشک شاخساره از خـود نشـان داد (شـکل ٦). احتمال می‌رود باکتری جنس سودوموناس به علت دارا بودن فعالیت ACC دِآمیناز از افـزایش احتمـالی اتیلن در شرایط تنش در گیاه جلوگیری می‌کند و در نتیجه رشد گیاه را در محیط‌های شور بهبود مـی‌بخشـد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۰).



شکل ٦- اثر متقابل اکوتیپ و تیمار زیستی بر وزن خشک شاخساره.

حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق به نظر می‌رسد که پیش‌تیمارهای باکتریایی و میکـوریزا می‌تواند عاملی مؤثر در جهت بهبود ظهور اولیه و استقرار گیاهچه و نیز عملکـرد نهـایی محصـول در

شرایط تنش شوری باشد. در این آزمایش تفاوت معنی‌داری میان ارقام مورد ارزیابی در اغلب صفات مشاهده نگردید. با این وجود اکوتیپ بمی از وزن خشک شاخساره و ریشه بالاتری برخوردار بود. در میان تیمارهای زیستی، باکتری سودوموناس و تیمار تلفیقی از کلیه جنس های باکتریایی و میکوریزا نقش موثرتری در بهبود صفات مورد ارزیابی در شرایط تنش داشتند. بدیهی است که در شرایط تنش شوری خاک‌های ایران این موضوع دارای اهمیت بالایی است و می‌تواند به رویش، استقرار و عملکرد بهتر گیاهانی نظیر یونجه که از حساسیت بالایی در مراحل رشد اولیه در شرایط تنش برخوردارند کمک نماید.

منابع

1. Abbas-Zadeh, P., Saleh-Rastin, N., Asadi-Rahmani, H., Khavazi, K., Soltani, A., Shoary-Nejati, A.R., and Miransari, M. 2010. Plant growth promoting activities of fluorescent pseudomonads, isolated from the Iranian soils. Acta Physiol. Plant. 32: 281–288.
2. Al-Karaki, G. 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. Mycorrhiza. 10: 51-54.
3. Al-Karaki, G., and Hammad, N.R. 2001. Mycorrhizal influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. J. Plant Nutr. 24(8): 1311-1323.
4. Allen, M.F. 1992. Mycorrhizal functioning, an integrative plant – fungal process. New York, p 34.
5. Asghari, H.R. 2008. Vesicular – arbuscular (VA) mycorrhiza improve salinity tolerance in preinoculation subterranean clover (*Trifolium subterranean*) seedling. Inter; J. Plant Prod. 2,3.
6. Bashan, Y., and Holguin, G. 1997. Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances. Canadian J. Microbiol. 43: 103-121.
7. Biswas, J.C., Ladha, J.K., Dazzo, F.B., Yanni, Y.G., and Rolfe B.G. 2000 . Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. Agron. J. 92: 880-886.
8. Callan, N.W., Mathre, D.E., and Miller, J.B. 1991. Field performance of sweet corn seed bio-primed and coated with Pseudomonas fluorescence AB254. Hort. Sci. 26: 1163-1165.
9. Cohen, A.C., Bottini, R., and Piccoli, P.N. 2008. *Azospirillum brasilense* Sp. 245 produces ABA in chemically-defined culture medium and increases ABA content in arabidopsis plants. Plant Grow Reg. 54:97–103
10. Costa, M. Civello, P., Chaves G., and Martinez, G. 2005. Effect of ethephon and 6- benzylaminopurine on chlorophyII degrading enzymes and a peroxidase-linked chlorophyII bleaching during post-harvest senescence of broccoli (*Brassica Oleraceae* L.). Postharvest Biol. Technol. 35: 191-199.

11. Elkoca, E., Kantar, F., and Sahin, F. 2008. Influence of nitrogen fixing and phosphorus solubilizing bacteria on the nodulation plant growth and yield of chickpea. J. Plant Nutr. 31: 157-171.
12. Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in Sesbania aegyptiaca and Sesbania grandiflora under field condition: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhiza. 14: 307-312.
13. Glick, B.R., Liu, C., Ghosh, S., and Dumbroff, E.B. 1997. Early development of canola seedlings in the presence of the plant growth-promoting rhizobacterium Pseudomonas putida GR12-2. Soil Biol. Biochem. 29: 1233–1239.
14. Grover, A., Kapoor, A., Satya Lakshmi, O., Agarwal, S., Sahi, CS., and Dubey, H. 2001. Understanding molecular alphabets of the plant abiotic stress responses. Current Sci. 80:206-216.
15. Gupta, N., and Rutaray, S. 2005. Growth and development of AM fungi and maize under salt and acid stress. Acta Agri. Scand, Sec. B, Soil Plant Sci. 55: 151-157.
16. 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. Aust. J. Exp. Agri. 44: 617-622.
17. Hameeda, B., Srijana, M., Rupela, O.P., and Reddy, G. 2007. Effect of bacteria isolated from composts and macrofauna on sorghum growth and mycorrhizal colonization. World J. Microbiol. Biotech. 23: 883–887.
18. Hasanudin, H. 2003. Increasing of the nutrient and uptake avaliability of N and P and through corn yield of inoculation of mycorrhiza, azotobacter and on ultisol organic matter. J. Agri. Sci. Indonesia. 5(1):83–89.
19. Khan, A.G. 2006. Mycorrhizoremediation-an enhanced form of phytoremediation. J. Zhejiang University. Sci. Biol. 7: 503-514.
20. Lifshitz, R., Kloepper J.W., Kozlowski M., Simonson C., Carlson J., Tipping E.M., and Zaleska I. 1987. Growth promotion of canola (rapeseed) seedling by a strain of Pseudomonas putida under gnotobiotic conditions. Can. J. Microbiol. 33:390-395.
21. Lopez, M., Herra-cervera, J., Iribarne, C., Tejra, N., and Liuch, C. 2008. Growth and nitrogen fixation in Luus japonicus and Medicago truncatula under salinity stress: Noudle carbon metabolism. J. Plant Physiol. 165: 641-650.
22. Nascimento, W.M. 2003. Muskmelon seed germination and seedling development in response to seed priming. Scie. Agri. 60: 71-75.
23. Netondo, G.F., Onyango, J.C., and Beck, E. 2004. Crop physiology and metabolism. Sorghum and salinity: I. Response of growth, water relation and ion accumulation to NaCl salinity. Crop Soc. Amer. 44: 797-805.
24. Orchard, T. 1977. Estimating the parameters of plant seedling emergence. Seed Sci. Technol. 5: 61-69.
25. Parida, A.K. and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effect on plants: Review. Ecotox. Environ. Safety. 60: 324-349.

26. Penrose D.M., and Glick, B.R. 2003. Methods for isolating and characterizing ACC deaminase- ontaining plant growth-promoting rhizobacteria. Plant Physiol. 118: 10-15.
27. Prasad, M.N.V. 1997. Plant Eco physiology. John Wily and Sons. Inc.
28. Rabie, G.H., Almadini, A.M. 2005. Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of Vicia faba plants under salinity stress. Afr. J. Biotech. 4(3): 210-222.
29. Rashid, A., Harris, D., Hollington, P.A., and Rafig, M. 2005. Improving the yield of mungbean (*Vinga radiate*) in the North West Frontier Province of Pakistan using seed priming. Exp. Agri. 40(2): 223- 224
30. Saatovich, S.Z. 2006. Azospirilli of Uzbekistan soils and their influence on growth and development of wheat plants. Plant Soil. 283: 137-145.
31. Saleh, M., and Al-Garni, S. 2006. Increased heavy metal tolerance of cowpea plant by dual inoculation of an Arbuscular Mycorrhizal fungi and nitrogen-fixer Rhizobium bacterium. Afr. J. Biotech. 5(2): 133-142.
32. Solaiman, A.R.M., Rabbani, M.G., and Moll, M.N. 2005. Effect of inoculation of Rhizobium and Arbuscular Mycorriza, poultry litter, nitrogen and phosphorus on growth and yield in chickpea. Korean J. Crop Sci. 50: 256 -261.
33. Wang, C., Knill, E., Glick, B.R., and Defago, G. 2000. Effects of transferring 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) deaminase genes into Pseudomonase fluorescens strain CHAO and its gacA derivative CHA96 on their growth promoting and disease-suppressive capacities. Can. J. Microbiol. 46: 898-907.
34. Xiong, L., Schumaker, K.S., and Zhu, J.K. 2002. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. Plant Cell. 165–183.
35. Younesi, O., Poustini, K., Chaichi, M.R., and Pourbabaie, A.A. 2012. Effect of Growth Promoting Rhizobacteria on germination and early growth of two alfalfa cultivars under salinity stress condition. J. Crops Improv. 14(2):83-96. (In Persian)
36. Zhang, H., Daoust, F., Charles, T.C., Driscoll, B.T., Prithiviraj, B., and Smith, D.L. 2002. Bradyrhizobium japonicum mutants allowing improved nodulation and nitrogen fixation of field grown soybean in short season area. J. Agri. Sci. 138: 293-300.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. Plant Prod. Res. Vol. 22 (1), 2015
http://jopp.gau.ac.ir

The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and mycorrhizal fungi on seedling emergence, early establishment and growth of two ecotypes alfalfa (*Medicago sative*) under salinity stress condition

***O. Younes[1] and A. Moradi[2]**
[1]Ph.D. in Crop Physiology, University of Tehran,
[2]Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Yasuj University
Accepted: 18-5-2014 ; Received: 13-5-2014

Abstract

In order to study the effects of growth promoting bacteria (GPR) and mycorrhizal fungi on seedling emergence, establishment and growth of two ecotypes alfalfa under salinity stress condition, an experiment was conducted in greenhouse of college of agriculture and natural resources, University of Tehran in summer 2011. The experiment was arranged as a factorial with three replications. Experimental treatments including: three levels of salinity stress (0 (S_0), 60 (S_1) and 120 (S_2) µm), two levels of alfalfa cultivars (Bami and Yazdi) and eleven levels of Bio-treatments. The bio-treatments were four growth promoting rhizobacteria (*Azetobacter, Azospirillum, Pseudomonas* and *Sinorhizobium meliloti*) along with *mycorrhiza* in single form, four different double integrated forms of *Sinorhizobium meliloti* with other bio- treatments as well as a quintuplet form of all bio- treatments. The results indicated that applying salt stress significantly decreased seedling emergence, establishment and alfalfa biomass. The descending trend in control treatment was more than that of treated seeds. Appling bacterial priming especially pseudomonas priming and compiled treatments played an important role in moderating the negative effects of salinity on measured traits. With respect to the results of this study, it seems that plant growth promoting bacteria and mycorrhiza by an improvement in water and nutrient absorption, improve plant growth in salinity stress condition.

***Keywords*:** Alfalfa, Early growth, Emergence, Growth Promoting Bacteria (GPB), Mycorrhizal fungi, Salinity

*Corresponding author; omidyounesi@gmail.com