مجله به‌زراعی کشاورزی، دوره ۱۴، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۱، صص ۹۷-۸۳

کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر خصوصیات جوانه‌زنی بذور دو رقم یونجه تحت شرایط تنش شوری

امید یونسی [۱*]، کاظم پوستینی [۲]، محمدرضا چای‌چی [۳] و احمد علی پوربابایی [۴]

(E-mail: omidyounesi@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۰۱ و تاریخ پذیرش: ۹۱/۷/۱۵

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد گیاه بر جوانه‌زنی و رشد اولیه یونجه در شرایط تنش شوری، آزمایشی در آزمایشگاه تحقیقات بذر دانشکده علوم و مهندسی زراعی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش شوری شامل شاهد (بدون تنش) (S_0)، ۶۰ (S_1) و ۱۲۰ (S_2) میلی‌مولار نمک کلریدسدیم، دو رقم یونجه 'بمی' و 'یزدی' و ۱۶ پیش‌تیمار مختلف باکتریایی بود. سطوح پیش‌تیمار باکتریایی شامل شاهد (بدون باکتری)، ازتوباکتر، آزوسپریلیوم، سودوموناس و ریزوبیوم ملیلوتی به صورت منفرد و نیز به صورت تلفیق دوتایی، سه‌تایی و چهارتایی از باکتری‌های مختلف بود که در مجموع ۱۶ سطح پیش‌تیمار مختلف باکتریایی را تشکیل می‌داد. اعمال تنش شوری منجر به کاهش معنی‌دار جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گردید که این کاهش در تیمار شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر) در بیشترین مقدار خود مشاهده شد. به‌کارگیری پیش‌تیمار باکتریایی به ویژه تیمار باکتری سودوموناس و تیمارهای تلفیقی نقش مؤثری در تعدیل اثرات منفی شوری بر صفات مورد ارزیابی داشتند.

کلمات کلیدی: باکتری محرک رشد، جوانه‌زنی، رشد اولیه، شوری، یونجه

۱ - دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج - ایران **(نویسنده مسئول مکاتبات *)**

۲ - استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده دانشکده علوم و مهندسی زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج - ایران

۳ - دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده دانشکده علوم و مهندسی زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج - ایران

۴ - استادیار، گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج - ایران

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

تنش هنگامی روی می‌دهد که عوامل محیطی در سطحی فراتر یا زیر سطح مفید و یا خارج از دامنه قابل تحمل گیاه واقع شوند که این مسأله به‌ویژه در مورد مواد غذایی آشکارتر است. غلظت‌هایی که مواد غذایی اثر خود را اعمال می‌کنند، غالباً از یونی به یون دیگر و از گیاهی به گیاه دیگر تفاوت عمده‌ای را نشان می‌دهد. این مسأله به طور خاص در مورد یون‌های غیرضروری همچون سدیم و کلر که نقش چندانی در سوخت و ساز گیاه ندارند، آشکارتر است.

درخصوص شوری تعریف‌های مختلفی ارائه شده است، اما به‌طورکلی، خاک‌هایی که هدایت الکتریکی (محلول) آنها بالاتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر باشد، خاک‌های شور نامیده می‌شوند (۱۹). در بیشتر گیاهان زراعی، مرحله جوانه‌زنی حساس‌ترین مرحله به تنش شوری تلقی می‌شود (۲۵). شوری با افزایش فشار اسمزی و درنتیجه کاهش جذب آب و همچنین از طریق اثرات سمی یونی جوانه‌زنی بذور را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۴). لذا عمده‌ترین مشکل پیش رو در راستای تولید محصول در این مزارع مربوط به جوانه‌زنی و استقرار مناسب گیاهچه در مزرعه است. ظهور سریع و یکنواخت گیاهچه‌ها در مزرعه عاملی مهم در دستیابی به عملکرد کمی و کیفی بالقوه گیاهان زراعی می‌باشد.

یونجه یکی از مهمترین و باکیفیت‌ترین گیاهان علوفه‌ای است که در میان گیاهان زراعی از جایگاه ویژه برخوردار است. گزارش منتشر شده در رابطه با تحمل به شوری در یونجه نشان می‌دهد که این گیاه از نظر مقاومت به شوری در گروه گیاهان نیمه متحمل قرار دارد، به‌طوری‌که شوری بیش از دو دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش رشد و عملکرد آن می‌گردد (۲۴).

امروزه فناوری‌های مختلفی در جهت ارتقای کیفیت بذر با هدف افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و استقرار بهتر گیاهچه تحت شرایط نامساعد محیطی توسط محققین مورد ارزیابی قرار گرفته است. یکی از این فناوری‌ها، تیمار پیش از کاشت و یا پرایمینگ بذر می‌باشد (۲). پرایمینگ فناوری است که به واسطه آن بذور پیش از قرار گرفتن در بستر کشت از لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به دست می‌آورند. این امر سبب تغییرات زیستی و فیزیولوژیکی زیادی در بذور و همچنین گیاه حاصل از آن می‌گردد، به‌طوری‌که نتیجه آن جوانه‌زنی بهتر و استقرار مناسب گیاهچه است (۲).

در حال حاضر، تقویت زیستی بذر با به‌کارگیری باکتری‌های افزاینده رشد گیاه[1] از جمله کارآمدترین روش‌های پرایمینگ بذر بوده و در حال جایگزینی تدریجی با تیمارهای شیمیایی می‌باشد. باکتری‌های افزاینده رشد گیاه از طریق سازوکارهای متفاوت بر شاخص‌های مختلف رشد تأثیر می‌گذارند. از جمله این سازوکارها می‌توان به تولید و ترشح تنظیم‌کننده‌های رشد مثل اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکنین‌ها، تثبیت نیتروژن، توان حل‌کنندگی فسفات‌های نامحلول و سایر عناصر غذایی و نیز کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی اشاره کرد (۴). اصطلاح باکتری‌های افزاینده رشد گیاه برای نخستین بار توسط لیفشیتز مورد استفاده قرار گرفت (۲۰). آنها سویه‌هایی از باکتری‌ها را یافتند که در محیط گلخانه و نیز در مزرعه موجب افزایش ظهور گیاهچه‌های کلزا شدند.

عمده باکتری‌های محرک رشد گیاه که استفاده از آنها در تحقیقات سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته به جنس‌های آزوسپریلیوم، ازتوباکتر، سودوموناس و ریزوبیوم مربوط می‌باشند (۳۱). این مطالعات به طور عمده شامل اثرات تیمار بذری این میکروارگانیسم‌ها بر عملکرد و اجزای آن است، به‌طوری‌که بررسی تأثیر سویه‌های مختلف آزوسپریلوم نشان داد که این باکتری‌ها می‌توانند مقاومت گندم را به شوری و درنهایت عملکرد گیاه را نسبت به تیمار شاهد افزایش دهند (۲۹). مطالعه‌ای دیگر نشان داد که باکتری‌های محرک رشد گیاه باعث افزایش رشد گیاهان و گسترش ریشه آنها می‌شوند (۱۲). همچنین در یک بررسی گلخانه‌ای ذرت به پیش‌تیمار باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و فسفر در بیشتر شاخص‌های رشد مثبت بوده است (۳۰). همچنین طبق گزارشات درنتیجه پیش‌تیمار باکتریایی ازتوباکتر، عملکرد برنج به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (۲۷).

1 - Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

Archive of SID

www.SID.ir

امروزه تحقیقات انجام شده در مورد تأثیر پیش‌تیمار باکتریایی بذور گیاهان زراعی بر عملکرد و اجزای آن متعدد می‌باشد. این امر در حالی است که به ندرت به نقش این باکتری‌ها در بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی و استقرار بهتر گیاهچه پرداخته شده است. در این راستا مشاهده گردید تلقیح بذور سویا با باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش ظهور گیاهچه شد (۵). دیگر محققین نیز نشان دادند که لیپواولیگوساکارید تولید شده توسط ریزوبیوم جوانه‌زنی بذرهای ذرت، برنج و آرابیدوپسیس را تحریک کرده و نیز رشد اولیه گیاهچه‌های ذرت را در شرایط گلخانه‌ای افزایش داد (۲۸). تلقیح سویا با سودوموناس و ریزوبیوم ژاپونیکوم جوانه‌زنی و ایستادگی گیاهچه را بهبود بخشید (۳۲). ظهور سریع و یکنواخت گیاهچه‌ها در مزرعه از جمله عوامل در استقرار و حصول تراکم بوته مطلوب برای دستیابی به عملکرد کمی و کیفی بالقوه گیاهان زراعی است.

در پژوهش حاضر، اثرات باکتری‌های افزاینده رشد گیاه بر فرایند جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه یونجه در شرایط تنش شوری مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه تحقیقات بذر گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم و مهندسی زراعی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران (کرج) در تابستان سال ۱۳۹۰ اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش شوری شامل شاهد (بدون تنش) (S_0)، ۶۰ (S_1) و ۱۲۰ (S_2) میلی‌مولار نمک کلرید سدیم، دو رقم یونجه 'بمی' و 'یزدی' و ۱۶ پیش‌تیمار مختلف باکتریایی بود. سطوح تیمار تلقیح باکتریایی شامل شاهد (بدون باکتری)، ازتوباکتر، آزوسپریلیوم، سودوموناس و ریزوبیوم به صورت منفرد و نیز به صورت تلفیق دوتایی، سه‌تایی و چهارتایی از باکتری‌های مختلف بود که در مجموع ۱۶ سطح پیش‌تیمار باکتریایی را تشکیل می‌داد.

بذور و باکتری‌های مورد استفاده برای اجرای آزمایش به ترتیب از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) و آزمایشگاه میکروبیولوژی خاک دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران تهیه گردید. به منظور ضدعفونی کردن بذرها قبل از کشت، بذور به مدت ۳۰ ثانیه در محلول هیپوکلریدسدیم قرار گرفتند و بلافاصله چندین بار با آب مقطر شسته شدند. برای اجرای تیمار تلقیح باکتریایی میزان هفت میلی‌لیتر مایه تلقیح که هر میلی‌لیتر آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود، مورد استفاده قرار گرفت. بذرهای هر تیمار درون ظرف‌های پتری‌دیش با افزودن مایه تلقیح و آغشته کردن آنها تیمار شدند و به منظور تکمیل تلقیح به مدت ۳۰ دقیقه در مایع تلقیح باقی ماندند. در مرحله بعد، در هر تکرار از هر تیمار تلقیح باکتریایی ۲۵ بذر در داخل پتری‌دیش بر روی کاغذ صافی قرار داده شد و بسته به تیمار آزمایشی از آب مقطر یا آب با شوری موردنظر اضافه و درب آنها را با پارافیلم کاملاً بسته و برای جوانه‌زنی به ژرمیناتور با رطوبت نسبی ۷۰ درصد و درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد منتقل گردید. در طول آزمایش هر روز بذور از نظر جوانه‌زنی و نیاز به افزودن محلول مورد بررسی قرار گرفتند. معیار بذور جوانه زده خروج ریشه‌چه به اندازه دو میلی‌متر بود. با شمارش روزانه بذرهای جوانه‌زده متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی[1] که شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی محسوب می‌گردد، با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۹):

$$MGT = \sum nidi/\sum n \quad (۱)$$

در این رابطه، MGT متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی، n_i تعداد بذرهای جوانه زده در روزه i ام، d_i تعداد روز تا شمارش i ام و n تعداد کل بذرهای جوانه زده می‌باشد. متوسط جوانه‌زنی روزانه[2] که شاخصی از سرعت جوانه‌زنی روزانه است، با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید (۱۶):

$$MDG = FGD/D \quad (۲)$$

1 - Mean Germination Time

2 - Mean Daily Germination

Archive of SID

www.SID.ir

در این رابطه، MDG متوسط جوانه‌زنی روزانه، FGP درصد جوانه‌زنی نهایی[1] و D تعداد روزهای انجام آزمایش[2] بود.

در پایان دوره آزمایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه[3] (SDW) اندازه‌گیری شد و با استفاده از داده‌های به‌دست آمده شاخص بنیه گیاهچه[4] (SVI) تعیین گردید (۱):

$$SVI = FGP \times SDW \quad (۳)$$

در پایان آزمایش، تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات با استفاده از نرم‌افزار MSTAT C انجام گردید. مقایسه میانگین هر صفت با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده نقش مؤثر پیش‌تیمار باکتریایی در ارتقاء قدرت جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه به ویژه در شرایط تنش شوری بود. به‌کارگیری باکتری‌های آزادزی و همزیست در این تحقیق، شاخص‌های مختلف مورد ارزیابی را تحت تأثیر قرار داد و منجر به افزایش معنی‌دار این شاخص‌ها در شرایط تنش شوری گردید (جدول ۱).

قابلیت جوانه‌زنی

نتایج به‌دست آمده از این آزمایش نشان داد که اثر تنش شوری و رقم بر قابلیت جوانه‌زنی بذور معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه سطوح تنش با آزمون دانکن در سطح پنج درصد نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری از قابلیت جوانه‌زنی به میزان قابل توجهی کاسته شد و رقم بمی از قابلیت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بود. اثر متقابل تنش و رقم بر این صفت معنی‌دار ($P< ۰/۰۵$) بود (جدول ۱). در شرایط آبیاری نرمال (S_0) و سطح شوری S_1 تفاوتی بین ارقام به لحاظ درصد جوانه‌زنی وجود نداشت، اما در سطح شوری S_2 رقم 'بمی' درصد جوانه‌زنی بالاتری را نشان داد (شکل ۱). جوانه‌زنی یکی از حساس‌ترین مراحل زندگی گیاه است. سپری کردن موفق این مرحله به ویژه در شرایط تنش می‌تواند شانس زنده ماندن و استقرار مناسب گیاهچه را افزایش دهد. لذا ارقام مقاوم‌تر به تنش در مرحله جوانه‌زنی از توانایی بالاتری برای بقاء و درنتیجه ایجاد تراکم بوته مطلوب برخوردار هستند.

بررسی اثرات سطوح پیش‌تیمار باکتریایی بر قابلیت جوانه‌زنی نشان داد که بین سطوح پیش‌تیمار باکتریایی از لحاظ این صفت اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۱). میانگین درصد جوانه‌زنی ارقام مورد ارزیابی در واکنش به پیش‌تیمار باکتریایی به نحو مطلوبی افزایش یافت و به بالاترین میزان خود در پیش‌تیمار تلفیقی ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس رسید که اختلاف ۱۳ درصدی را نسبت به تیمار شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر) نشان داد. سایر مطالعات انجام گرفته در این زمینه نتایج مشابهی را گزارش نموده و نقش مؤثر پیش‌تیمار باکتریایی را بر افزایش قابلیت جوانه‌زنی بذور مورد تأیید قرار داده‌اند (۱۴ و ۲۹). در میان پیش تیمارهای باکتریایی مورد ارزیابی، باکتری‌های ریزوبیوم و آزوسپریلیوم درمقایسه با دیگر تیمارها تأثیر کمتری در ارتقاء قدرت جوانه‌زنی بذور داشتند.

برهمکنش تنش شوری و پیش‌تیمار باکتریایی بر قابلیت جوانه‌زنی معنی‌دار گردید (جدول ۱). در شرایط آبیاری نرمال (S_0) اختلاف معنی‌داری میان تیمارهای باکتریایی با شاهد مشاهده نگردید. لیکن با اعمال تنش شوری اختلاف میان تیمارها آشکار گردید، به نحوی که در سطح شوری S_2 تیمار شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر) کاهش ۱۶ درصدی را نسبت به شرایط آبیاری نرمال نشان داد (شکل ۲). این در حالی است که در شرایط مشابه میزان کاهش جوانه‌زنی بذور پیش‌تیمار تلفیقی ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس تنها حدود دو درصد بود. در گیاهانی که با بذر تکثیر می‌شوند، مرحله جوانه‌زنی به علت تأثیری که بر تراکم گیاهان دارد بسیار مهم و حساس است، زیرا بقای گیاه و استقرار آن به مرحله ابتدایی رشد وابسته است. شوری به واسطه تأخیر و کاهش

1 - Final Germination Percentage

2 - Day

3 - Seedling Dry Weight

4 - Seedling Vigor Index

Archive of SID

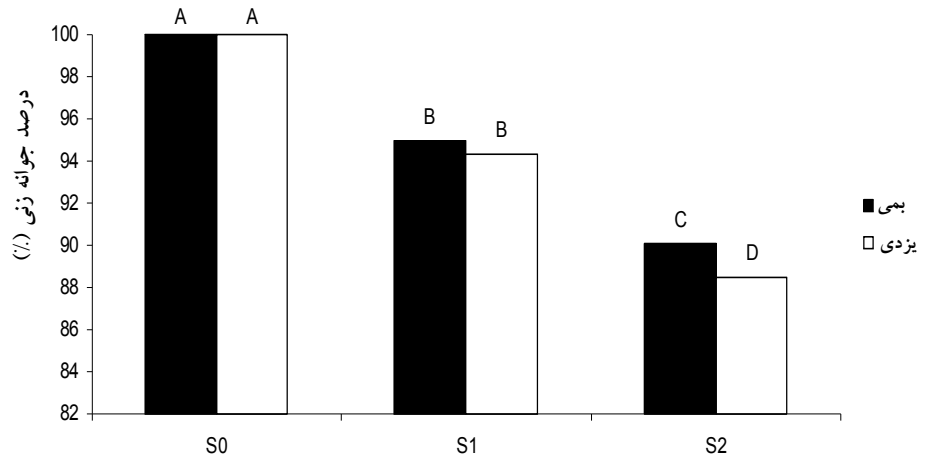
www.SID.ir

جوانه‌زنی عامل محدودکننده رشد اولیه گیاه محسوب می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از پیش‌تیمار باکتریایی راهکاری مناسب در جهت مقابله با تنش شوری است.

جدول ۱ - خلاصه تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر شوری و پیش‌تیمار باکتریایی بر صفات اندازه‌گیری شده ارقام یونجه

تیمار	درصد جوانه‌زنی	متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن خشک گیاهچه	شاخص بنیه بذر
رقم	۱۹۸۰/۴۰**	۰/۰۴^{ns}	۲۱/۵۸^{ns}	۰/۸۱**	۴۶/۴۲**	۰/۰۲۳**	۲۲۸/۴۴**
شوری	۲۷۵۲/۰۶**	۳۹/۷۰**	۷۴۸۶/۴۴**	۹۴/۸۴**	۹۱/۹۲**	۰/۰۹۸**	۱۰۳۸/۷۳**
باکتری	۲۴۴/۰۱**	۴/۳۶**	۲۹/۱۶**	۸/۱۱**	۶/۰۱**	۰/۰۰۲**	۵۸۱/۴۳**
رقم × شوری	۱۵/۴۰*	۰/۰۷^{ns}	۱۷/۶۰^{ns}	۰/۲۲*	۰/۳۵*	۰/۰۶۰*	۲۴/۳۶*
رقم × باکتری	۹/۹۰**	۰/۰۷^{ns}	۸/۶۰^{ns}	۰/۶۵**	۰/۶۷**	۰/۰۲۰**	۱۸۳/۲۷**
شوری × باکتری	۹۱/۱۰**	۰/۳۱**	۲۴/۷۰**	۰/۱۵**	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۲۰*	۱۷۱/۲۲*
رقم شوری × باکتری	۴/۳۱^{ns}	۲/۳۰^{ns}	۱۰/۶۰^{ns}	۰/۰۹*	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۵۱/۵۱^{ns}
خطا	۴/۳۰	۰/۰۵	۱۰/۶۳	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۱۵
ضریب تغییرات (٪)	۴/۲۸	۷/۶۲	۱۳/۴۸	۶/۳۲	۸/۴۲	۱۳/۵۰	۱۳/۲۳

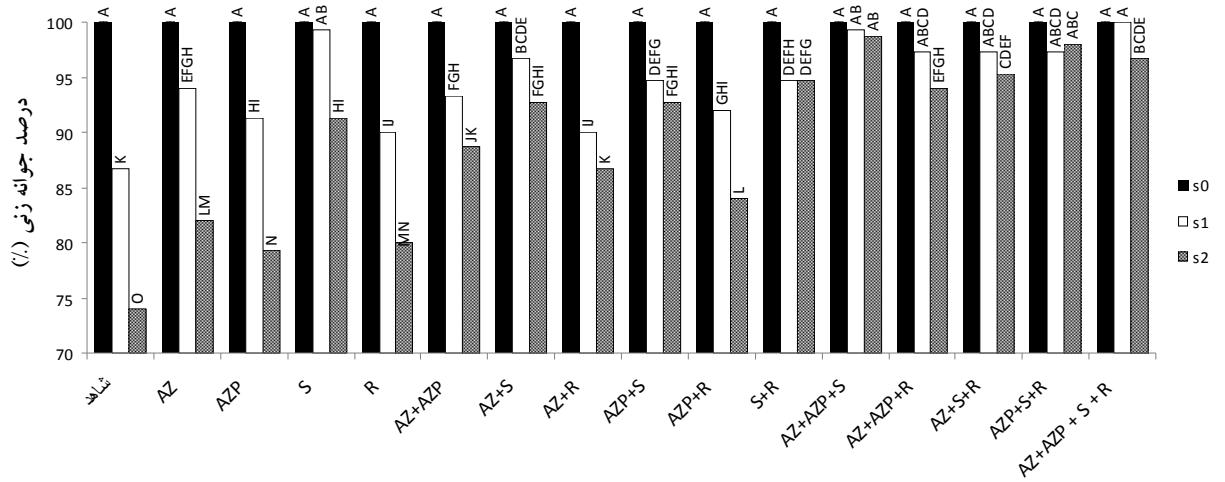
* و ** - به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ^{ns} - غیرمعنی‌دار



شکل ۱ - اثر شوری بر درصد جوانه‌زنی (حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.)

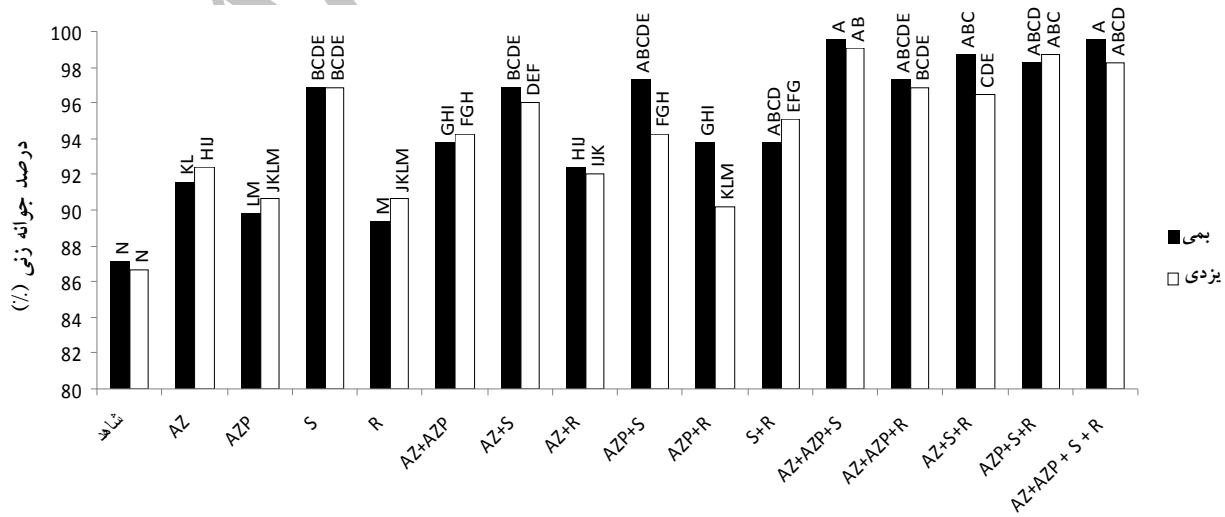
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲ - اثر متقابل شوری و پیش‌تیمار باکتریایی بر درصد جوانه‌زنی (حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.)

تفاوت سطوح اثر متقابل رقم و پیش‌تیمار باکتریایی بر قابلیت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین سطوح اثر متقابل پیش‌تیمار باکتریایی و رقم بیانگر واکنش بهتر قابلیت جوانه‌زنی رقم 'بمی' در پیش‌تیمارهای تلفیقی باکتریایی بود (شکل ۳). در هر دو رقم مورد ارزیابی بیشترین میانگین جوانه‌زنی به پیش تیمار تلفیقی ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس و کمترین میزان آن به تیمار شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر) مربوط بود. باتوجه به نتایج حاصل، به نظر می‌رسد به‌کارگیری پیش‌تیمارهای باکتریایی به دلیل تولید هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین، سیتوکنین و جیبرلین که در فرایند جوانه‌زنی تأثیر مستقیم دارند، نقشی کارآمد در ارتقای قابلیت جوانه‌زنی بذور به ویژه در شرایط تنش داشته باشد. مطابق با نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر، نقش مثبت هورمونی باکتری‌های محرک رشد بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه را مورد تأیید قرار گرفته است (۷).



شکل ۳ - اثر متقابل رقم و پیش‌تیمار باکتریایی بر درصد جوانه‌زنی (حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.)

Archive of SID
www.SID.ir

سرعت جوانه‌زنی

متوسط زمان جوانه‌زنی و متوسط جوانه‌زنی روزانه شاخصی از سرعت جوانه‌زنی بذر بوده و معیاری از یکنواختی جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه محسوب می‌گردند. اثر تنش بر صفات مذکور معنی‌دار بود (جدول ۱). قرارگیری بذور در معرض تنش منجر به افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی و کاهش میانگین جوانه‌زنی در هر روز گردید. آشکارترین اثر شوری تأخیر در رشد است. بروز تنش شوری به واسطه ایجاد خشکی فیزیولوژیکی موجب کاهش آب قابل دسترس و درنتیجه تأخیر و عدم یکنواختی جوانه‌زنی می‌گردد (۲۴). بررسی اثر رقم بر این صفات، عدم تفاوت معنی‌دار ارقام مورد ارزیابی را نشان داد (جدول ۱). تأثیر سطوح اثرات متقابل تنش شوری و رقم نیز بر صفات مورد ارزیابی معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و رقم، روند تغییرات مشابه متوسط زمان جوانه‌زنی و متوسط جوانه‌زنی روزانه ارقام مورد ارزیابی را در مواجهه با شرایط تنش نشان داد (جدول ۲).

جدول ۲ - اثرات متقابل شوری و رقم بر صفات مورد ارزیابی

رقم/ شوری		S_0	S_1	S_2
بمی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	۳۴/۹^{A}	۲۱/۱^{C}	۱۷/۴^{D}
	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	۴/۹^{B}	۳/۸^{D}	۲/۹^{E}
	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	۳/۹^{B}	۲/۹^{D}	۲/۱^{F}
	وزن خشک گیاهچه (گرم)	۰/۰۴^{A}	۰/۰۳^{B}	۰/۰۲^{C}
یزدی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	۲/۴^{A}	۳/۱^{B}	۳/۷^{C}
	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	۳۳/۴^{B}	۲۰/۹^{C}	۱۷/۴^{D}
	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	۵/۰^{A}	۴/۰^{C}	۲/۹^{E}
	وزن خشک گیاهچه (گرم)	۴/۸^{A}	۳/۸^{C}	۲/۷^{E}

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

تفاوت سطوح پیش‌تیمار باکتریایی بر صفت مورد ارزیابی معنی‌دار بود (جدول ۱). پیش‌تیمار باکتریایی بذور منجر به تسریع جوانه‌زنی بذور گردید. اعمال پیش‌تیمار بذر به دلیل افزایش سرعت جوانه‌زنی در محیط‌های شور سبب می‌شود، بذر کمتر تحت تأثیر اثرات سمّیت نمک و کمبود آب قرار گرفته و از این طریق، قدرت جوانه‌زنی تحت تنش شوری بهبود می‌یابد (۲). در میان پیش‌تیمارهای باکتریایی، پیش‌تیمار تلفیقی سه و چهار جنس باکتریایی بیشترین نقش را در کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی و درنتیجه افزایش متوسط جوانه‌زنی روزانه داشتند. در بسیاری از مطالعات مشخص شده است که پیش‌تیمار توأم باکتری‌های محرک رشد اثر بیشتر و سودمندتری بر رشد و عملکرد گیاهان در مقایسه با کاربرد منفرد آنها دارد (۳).

برهمکنش تنش شوری و پیش‌تیمار باکتریایی بر این صفات معنی‌دار بود (جدول ۱). در شرایط تنش، میانگین تغییرات متوسط زمان جوانه‌زنی و متوسط جوانه‌زنی روزانه پیش‌تیمارهای باکتریایی نسبت به شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر) کمتر بود (جدول ۳). باتوجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، به نظر می‌رسد به‌کارگیری پیش‌تیمار باکتریایی می‌تواند راهکاری مناسب در جهت کاهش تأثیرات منفی عوامل محیطی نظیر شوری بر فرایند جوانه‌زنی باشد. در تیمار شاهد همزمان با افزایش شدت تنش، متوسط زمان جوانه‌زنی افزایش قابل توجهی را نشان داد و لذا کمترین متوسط جوانه‌زنی روزانه در این تیمار به‌دست آمد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳ - اثرات متقابل شوری و پیش‌تیمار باکتریایی بر صفات مورد ارزیابی

(حروف مخفف. AZ: ازتوباکتر، AZP: آزوسپریلیوم، S: سودوموناس و R: ریزوبیوم)

شوری	تیمار	صفات مورد ارزیابی: متوسط زمان جوانه‌زنی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	تیمار	صفات مورد ارزیابی: متوسط زمان جوانه‌زنی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)
S_0	شاهد	۳/۶^{P}	۱۸/۹$^{E-K}$	۳/۸^{E}	۳/۰^{HI}	۰/۰۲^{G}	AZP+S	۲/۴$^{A-E}$	۳۳/۳^{C}	۵/۵^{A}	۴/۶^{B}	۰/۰۵^{BC}
	AZ	۲/۷$^{E-H}$	۳۳/۳^{C}	۴/۴^{BCD}	۳/۹^{CDE}	۰/۰۳^{EF}	AZP+R	۲/۲^{ABC}	۳۳/۳^{C}	۴/۷^{B}	۴/۹^{CD}	۰/۰۴^{EF}
	AZP	۲/۵$^{B-E}$	۳۳/۳^{C}	۴/۴^{BCD}	۴/۱^{CD}	۰/۰۳^{EF}	S+R	۲/۱^{A}	۳۶/۱^{BC}	۵/۳^{A}	۴/۹^{AB}	۰/۰۵^{BC}
	S	۲/۶$^{D-G}$	۳۳/۳^{C}	۵/۵^{A}	۴/۹^{AB}	۰/۰۵^{CD}	AZ+AZP+S	۲/۲^{A}	۳۳/۳^{C}	۵/۴^{A}	۴/۷^{AB}	۰/۰۵^{BC}
	R	۲/۴$^{A-D}$	۳۳/۳^{C}	۴/۲۱^{D}	۳/۷^{DEF}	۰/۰۳^{EFG}	AZ+AZP+R	۲/۲^{A}	۳۸/۹^{AB}	۴/۷^{BC}	۴/۲^{C}	۰/۰۴^{EF}
	AZ+AZP	۲/۳$^{A-D}$	۳۳/۳^{C}	۴/۷^{B}	۳/۹^{CDE}	۰/۰۴^{EF}	AZ+S+R	۲/۱^{A}	۳۸/۹^{AB}	۵/۳^{A}	۴/۸^{AB}	۰/۰۴^{DE}
	AZ+S	۲/۴$^{A-E}$	۳۳/۳^{C}	۵/۴^{A}	۴/۸^{AB}	۰/۰۵^{DE}	AZP+S+R	۲/۲^{A}	۴۱/۷^{A}	۵/۷^{A}	۴/۸^{AB}	۰/۰۵^{BC}
	AZ+R	۲/۲^{AB}	۳۶/۱^{BC}	۴/۶^{BC}	۴/۱^{CD}	۰/۰۴^{DE}	AZ+AZP + S+R	۲/۱^{A}	۳۶/۱^{BC}	۵/۴^{A}	۵/۱^{A}	۰/۰۷^{A}
S_1	شاهد	۴/۶^{R}	۱۱/۹^{M}	۲/۳^{J}	۱/۹^{KL}	۰/۰۱^{G}	AZP+S	۳/۲۰$^{K-N}$	۲۱/۳^{DEF}	۴/۴^{CD}	۳/۴^{FG}	۰/۰۳^{EF}
	AZ	۳/۵^{NOP}	۱۸/۳$^{F-L}$	۳/۵^{EFG}	۳/۰^{HI}	۰/۰۲^{FG}	AZP+R	۳/۳$^{L-O}$	۲۰/۰$^{E-H}$	۳/۶^{EFG}	۳/۱^{GHI}	۰/۰۲^{FG}
	AZP	۳/۳$^{L-O}$	۲۰/۸$^{D-G}$	۳/۴^{G}	۳/۲^{GH}	۰/۰۲^{FG}	S+R	۳/۲^{KLM}	۲۱/۳^{DEF}	۴/۷^{BC}	۳/۹^{CDE}	۰/۰۳^{EF}
	S	۲/۸$^{F-I}$	۲۳/۲^{DE}	۴/۶^{BC}	۴/۰^{CDE}	۰/۰۳^{EF}	AZ+AZP+S	۲/۵$^{C-F}$	۲۳/۲^{DE}	۵/۰^{BCD}	۳/۷^{DEF}	۰/۰۴^{EF}
	R	۳/۱$^{L-M}$	۲۱/۸^{DEF}	۳/۰۱^{H}	۲/۹^{HI}	۰/۰۲^{FG}	AZ+AZP+R	۲/۶$^{D-G}$	۲۱/۹^{DEF}	۳/۷^{EFG}	۳/۱^{GHI}	۰/۰۳^{FG}
	AZ+AZP	۳/۱$^{L-M}$	۲۲/۶^{DEF}	۶۲۷۳^{EFG}	۲/۹^{HI}	۰/۰۲^{FG}	AZ+S+R	۲/۸$^{F-I}$	۲۰/۳$^{E-H}$	۴/۶^{BC}	۳/۹^{CDE}	۰/۰۳^{EFG}
	AZ+S	۲/۹$^{H-K}$	۲۱/۸^{DEF}	۴/۴^{BCD}	۳/۹^{CDE}	۰/۰۳^{EF}	AZP+S+R	۲/۶$^{D-G}$	۲۲/۷^{DEF}	۴/۵^{BCD}	۳/۶^{EF}	۰/۰۴^{EF}
	AZ+R	۳/۱^{KLM}	۲۰/۳$^{E-H}$	۳/۵^{FG}	۳/۱^{GHI}	۰/۰۲^{FG}	AZ+AZP + S+R	۲/۵$^{B-E}$	۲۵/۰^{D}	۴/۶^{BC}	۴/۰^{CDE}	۰/۰۴^{DE}
S_2	شاهد	۵/۵^{S}	۷/۹^{N}	۱/۰۲^{L}	۱/۱^{M}	۰/۰۶^{H}	AZP+S	۳/۶^{OP}	۱۸/۵$^{F-L}$	۳/۴^{G}	۲/۴^{J}	۰/۰۳^{FG}
	AZ	۴/۱^{Q}	۱۴/۶^{KLM}	۲/۵^{IJ}	۱/۹^{KL}	۰/۰۱^{G}	AZP+R	۴/۷^{Q}	۱۴/۹^{KLM}	۲/۷^{IJ}	۲/۰^{KL}	۰/۰۱^{G}
	AZP	۴/۰^{Q}	۱۵/۴$^{J-M}$	۲/۴^{J}	۲/۱^{JKL}	۰/۰۱^{G}	S+R	۳/۲$^{K-N}$	۱۹/۷$^{E-I}$	۳/۶^{EFG}	۳/۰^{HI}	۰/۰۲^{FG}
	S	۳/۴$^{M-P}$	۱۸/۳۷$^{F-L}$	۳/۸^{EF}	۳/۱^{GHI}	۰/۰۲^{FG}	AZ+AZP+S	۳/۲^{KLM}	۲۱/۴^{DEF}	۳/۵^{EFG}	۲/۸^{I}	۰/۰۲^{FG}
	R	۴/۱^{P}	۱۴/۲^{LM}	۱/۹۷^{K}	۱/۷^{L}	۰/۰۱^{H}	AZ+AZP+R	۳/۰۱$^{L-L}$	۱۹/۶$^{E-J}$	۲/۵^{IJ}	۲/۱^{JKL}	۰/۰۲^{G}
	AZ+AZP	۴/۱^{Q}	۱۵/۳$^{J-M}$	۲/۷^{HI}	۲/۰^{KL}	۰/۰۲^{G}	AZ+S+R	۳/۱$^{J-M}$	۲۱/۴^{DEF}	۳/۷^{EFG}	۳/۱^{GHI}	۰/۰۲^{G}
	AZ+S	۳/۶^{P}	۱۶/۵$^{G-L}$	۳/۹^{EFG}	۳/۰^{HI}	۰/۰۲^{FG}	AZP+S+R	۳/۷$^{L-M}$	۲۱/۳^{DEF}	۳/۵^{FG}	۲/۹^{HI}	۰/۰۳^{EFG}
	AZ+R	۴/۰^{Q}	۱۵/۹$^{H-M}$	۲/۷^{HI}	۲/۱^{JK}	۰/۰۲^{G}	AZ+AZP+S+R	۲/۹$^{G-J}$	۲۳/۳^{DE}	۳/۶^{EFG}	۳/۲^{GH}	۰/۰۳^{EFG}

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

باتوجه اثر محدودکننده تنش شوری بر رشد گیاهان و نیز نقش مثبت تیمارهای باکتریایی، به نظر می‌رسد به‌کارگیری راهکارهایی بیولوژیک نظیر پیش‌تیمار بذور در جهت مقابله با تنش و با هدف دستیابی به تولید بهینه محصولات زراعی امری ضروری باشد. در این راستا، بررسی تأثیر سویه‌های مختلف آزوسپریلوم نشان داد که این باکتری‌ها می‌توانند مقاومت گندم

Archive of SID
www.SID.ir

را به شوری افزایش داده و درنهایت عملکرد گیاه را نسبت به شاهد افزایش دهند (۲۹).

رشد گیاهچه

در این آزمایش، صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه به عنوان شاخص‌های رشد و نمو مورد ارزیابی قرار گرفتند (۲۰). تأثیر تنش شوری در سطح احتمال یک درصد بر صفات مورد ارزیابی معنی‌دار بود و تحت تأثیر تنش کاهش چشم‌گیری را نشان داد (جدول ۱). کاهش رشد گیاهچه در پاسخ به افزایش تنش شوری به دلیل اثرات اسمزی کمبود آب، اثرات سمی یون‌ها و عدم جذب متوازن مواد غذایی لازم بود که این حالت ممکن است متابولیسم گیاه را تحت تأثیر قرار دهد.

اثر رقم بر صفات مذکور معنی‌دار بود و رقم 'یزدی' از رشد گیاهچه بیشتری برخوردار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین سطوح برهمکنش تنش و رقم نشان داد که رقم یزدی در مواجه با شرایط تنش رشد بهتری داشت (جدول ۲). با این وجود، روند نزولی وزن خشک گیاهچه ارقام مورد ارزیابی در سطوح مختلف تنش شوری مشابه بود.

اثر پیش‌تیمار باکتریایی بر کلیه صفات مورد ارزیابی معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین سطوح پیش‌تیمار باکتریایی نشان داد که بیشترین میانگین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به باکتری سودوموناس و تیمارهای تلفیقی سه و چهار جنس باکتریایی تعلق داشت. نکته حائز اهمیت نقش مؤثر پیش‌تیمارهای باکتریایی دارای باکتری سودوموناس در حفظ رشد گیاهچه نسبت به دیگر تیمارهای باکتریایی بود. به نظر می‌رسد باکتری جنس سودوموناس به علت دارا بودن فعالیت آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات دِآمیناز از افزایش احتمالی اتیلن در شرایط تنش در گیاه جلوگیری می‌کند. اتیلن دارای اثرات بازدارندگی در رشد گیاهان می‌باشد. اتیلن از طویل شدن ریشه و ساقه جلوگیری کرده و در واقع فرایند پیر شدن در گیاه را تسریع می‌نمایند (۶). بیشترین میانگین وزن خشک گیاهچه در پیش‌تیمار تلفیقی چهار جنس باکتری به دست آمد. در تأیید نتایج این آزمایش نشان دادند که تیمارهای تلفیقی باکتریایی نقش مؤثری در افزایش وزن خشک گیاهچه نخود داشت (۸). دیگر محققین نیز بر اثرات سودمند تیمارهای تلفیقی در افزایش طول و وزن گیاهچه تأکید داشتند (۳). تفاوت سطوح اثر متقابل تنش و پیش‌تیمار باکتریایی به لحاظ صفات مذکور معنی‌دار بود (جدول ۱). در سطوح مختلف تنش شوری، پیش‌تیمار بذور با باکتری عکس‌العمل متفاوتی را به لحاظ رشد گیاهچه به همراه داشت (جدول ۳). پیش‌تیمارهای تلفیقی باکتریایی به ویژه تیمارهای دارای باکتری سودوموناس نقش مؤثری در تداوم رشد گیاهچه در شرایط نامطلوب اعمال تنش شوری داشتند (جدول ۳). گزارش‌های موجود حاکی است که باکتری سودوموناس آنزیم آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات دی‌آمیناز تولید می‌کند که بلافاصله آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات (ACC) که پیش‌ماده مستقیم اتیلن در گیاهان است را به آمونیاک و آلفاکتوبوتیرات تجزیه می‌کند. کاهش غلظت آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات درون گیاه باعث کاهش مقدار اتیلن تولید شده در گیاه و به دنبال آن سبب کاهش اثر بازدارندگی اتیلن بر طویل شدن ریشه می‌گردد (۱۶). بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاربرد سویه‌های باکتری سودوموناس سبب افزایش طول ریشه در کلزا، کاهو و گوجه‌فرنگی گردید (۱۱).

تأثیر سطوح اثر متقابل رقم و تیمارهای باکتریایی بر رشد گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۱). در هر دو رقم تیمار باکتری سودوموناس باعث رشد مطلوب ریشه‌چه وساقه‌چه گردید. رقم بمی در تیمار تلفیقی چهار جنس باکتریایی ریشه‌چه بلندتری تولید نمود (جدول ۴). با این وجود، در تیمار باکتریایی مذکور رقم 'یزدی' از طول ساقه‌چه و وزن خشک بالاتری برخوردار بود (جدول ۴). افزایش رشد ریشه یکی از مهمترین معیارها برای سنجش اثرات مفید باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشد. توسعه سریع ریشه‌ها از طریق افزایش طول ریشه‌های ابتدای و نیز با تکثیر ریشه‌های جانبی راهی مناسب برای گیاهچه‌های جوان است که توانایی خود را برای استقرار در خاک و جذب عناصر غذایی افزایش دهند. گزارش شده باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه که دارای آنزیم ACC دِآمیناز باشند می‌توانند از طریق کاهش سطح اتیلن در گیاه به تولید ریشه‌های بلندتر کمک کرده و باعث افزایش بقای گیاهچه‌ها به‌خصوص در چند روز اول بعد از کشت و در شرایط تنش‌های مختلف شوند (۱۲).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴ - اثرات متقابل رقم و پیش تیمار باکتریایی بر صفات مورد ارزیابی
(حروف مخفف AZ: ازتوباکتر، AZP : آزوسپریلیوم، S: سودوموناس و R: ریزوبیوم)

		صفات مورد ارزیابی						صفات مورد ارزیابی					
	تیمار	متوسط زمان جوانه‌زنی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	تیمار	متوسط زمان جوانه‌زنی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)
بمی	شاهد	۴/۷^{L}	۱۳/۳^{H}	۱/۹^{K}	۱/۷^{K}	۰/۰۱^{N}	AZP+S	۳/۰^{D_H}	۲۵/۰^{B_G}	۴/۵^{BCD}	۳/۵^{B}	۰/۰۳^{A_D}
	AZ	۳/۴^{J}	۲۲/۱^{G}	۳/۴^{GH}	۲/۶^{HI}	۰/۰۲^{E_H}	AZP+R	۳/۲^{E_HI}	۲۳/۹^{EFG}	۳/۶^{EFG}	۲/۷^{GHI}	۰/۰۲^{IJK}
	AZP	۳/۳^{IJ}	۲۲/۶^{FG}	۳/۳^{H}	۲/۸^{FGH}	۰/۰۲^{H_K}	S+R	۲/۸^{BCD}	۲۶/۹^{A_D}	۴/۵^{BCD}	۳/۵^{B}	۰/۰۴^{A_E}
	S	۲/۹^{CDE}	۲۴/۹^{B_G}	۴/۷^{AB}	۳/۶^{B}	۰/۰۳^{B_E}	AZ+AZP+S	۲/۶^{AB}	۲۶/۰^{A_F}	۴/۵^{BCD}	۲/۹^{EFG}	۰/۰۴^{A_E}
	R	۳/۲^{FGHI}	۲۲/۴^{FG}	۲/۶^{J}	۲/۵^{IJ}	۰/۰۲^{JKL}	AZ+AZP+R	۲/۶^{AB}	۲۶/۸^{A_E}	۳/۵^{EFG}	۲/۸^{FGH}	۰/۰۲^{E_H}
	AZ+AZP	۳/۱^{E_I}	۲۳/۸^{C_G}	۳/۷^{E}	۲/۸^{FGH}	۰/۰۲^{E_H}	AZ+S+R	۲/۵^{A}	۲۸/۹^{A}	۴/۶^{BCD}	۳/۴^{B}	۰/۰۳^{A_E}
	AZ+S	۳/۰^{D_I}	۲۳/۶^{C_G}	۴/۶^{BCD}	۳/۴^{BC}	۰/۰۳^{CDE}	AZP+S+R	۲/۶^{A}	۲۸/۱^{AB}	۴/۵^{BCD}	۳/۱^{CDE}	۰/۰۴^{A_D}
	AZ+R	۳/۱^{D_H}	۲۴/۶^{B_G}	۳/۵^{E_H}	۲/۷^{GHI}	۰/۰۳^{DEF}	AZ+AZP+S+R	۲/۴^{A}	۲۸/۹^{A}	۴/۹^{A}	۳/۶^{B}	۰/۰۴^{ABC}
یزدی	شاهد	۴/۴^{K}	۱۲/۵^{H}	۲/۹۸^{I}	۲/۳^{J}	۰/۰۱۴^{MN}	AZP+S	۳/۱^{E_I}	۲۳/۸^{C_G}	۴/۳^{CD}	۳/۴^{B}	۰/۰۳^{A_D}
	AZ	۳/۴^{J}	۲۲^{G}	۳/۵^{EFG}	۳/۳^{BCD}	۰/۰۲^{E_I}	AZP+R	۳/۲^{HIJ}	۲۲/۴^{FG}	۳/۷^{EF}	۳/۴^{B}	۰/۰۲۶^{DEF}
	AZP	۳/۲^{G_J}	۲۳/۶^{C_G}	۳/۵^{E_H}	۳/۵^{B}	۰/۰۲۵^{EFG}	S+R	۲/۸^{BCD}	۲۴/۵^{B_G}	۴/۶^{BCD}	۴/۴^{A}	۰/۰۳^{A_D}
	S	۲/۹^{DEF}	۲۴/۹^{B_G}	۴/۶۴^{BC}	۴/۳^{A}	۰/۰۳۷^{A_D}	AZ+AZP+S	۲/۷^{ABC}	۲۵/۹^{A_F}	۴/۵^{BCD}	۴/۵^{A}	۰/۰۴^{AB}
	R	۳/۳^{F_I}	۲۳/۸^{C_G}	۳/۴^{FGH}	۳/۱^{CDE}	۰/۰۱۶^{LM}	AZ+AZP+R	۲/۶^{A}	۲۶/۷^{A_E}	۳/۷^{EF}	۳/۵^{B}	۰/۰۳^{B_E}
	AZ+AZP	۳/۱^{E_I}	۲۳/۸^{C_G}	۳/۷^{E}	۲/۸^{FGH}	۰/۰۲۶^{EFG}	AZ+S+R	۲/۸^{BCD}	۲۴/۸^{B_G}	۴/۵^{BCD}	۴/۵^{A}	۰/۰۲۶^{DEF}
	AZ+S	۳/۰^{D_I}	۲۳/۶^{C_G}	۴/۵^{BCD}	۳/۴^{BC}	۰/۰۳۴^{B_E}	AZP+S+R	۲/۶^{AB}	۲۸/۹^{A}	۴/۵^{BCD}	۴/۵^{A}	۰/۰۴^{AB}
	AZ+R	۳/۱^{D_H}	۲۴/۶^{B_G}	۳/۵^{E_H}	۲/۷^{GHI}	۰/۰۲۸^{C_F}	AZ+AZP + S+R	۲/۷^{A}	۲۷/۳^{ABC}	۴/۳^{D}	۴/۶^{A}	۰/۰۴^{A}

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

شاخص بنیه بذر

در ارزیابی شاخص بنیه بذر به عنوان یکی از پارامترهای کیفیت بذر مشاهده گردید که اعمال تنش شوری منجر به کاهش شاخص بنیه بذر نسبت به شرایط آبیاری نرمال گردید. تفاوت میان ارقام مورد ارزیابی به لحاظ صفت مذکور معنی‌دار بود و رقم 'یزدی' از شاخص بنیه بیشتری برخوردار بود (جدول ۱).

اثر متقابل تنش شوری و رقم بر شاخص بنیه بذر نیز معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و رقم، شاخص بنیه بالاتر رقم 'یزدی' را در سطوح S_1 و S_2 شوری نشان داد (شکل ۴).

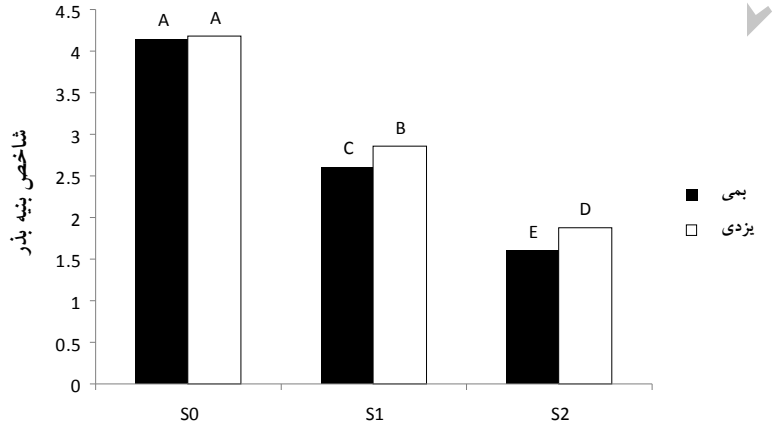
تفاوت شاخص بنیه بذر بین سطوح پیش‌تیمار باکتریایی معنی‌دار بود (جدول ۱). تیمار باکتریایی تلفیقی چهار جنس باکتری از بالاترین و تیمار شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر) از

Archive of SID

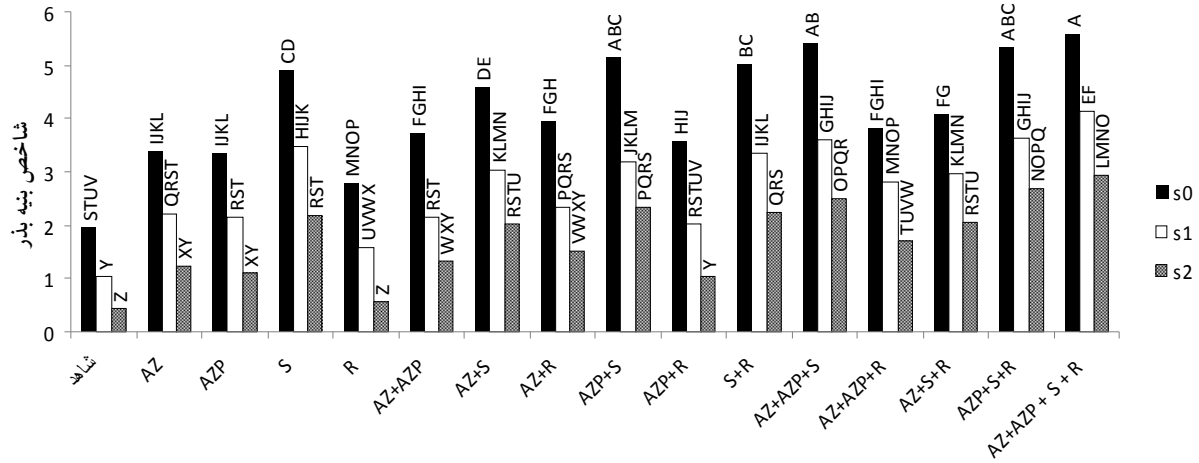
www.SID.ir

کمترین شاخص بنیه بذر برخوردار بودند. در این راستا، افزایش معنی‌دار بنیه بذر را در پاسخ به پیش‌تیمار باکتریایی گزارش شده است (۲۸). اثر متقابل تنش و پیش‌تیمار باکتریایی به لحاظ شاخص بنیه بذر معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و پیش‌تیمار باکتریایی بر شاخص بنیه بذر نشان داد که تیمار باکتریایی تلفیقی چهار جنس باکتریایی بیشترین شاخص بنیه بذر را در شرایط آبیاری نرمال و سطح شوری S_1 نسبت به سایر تیمارهای باکتریایی داشت، اما با تشدید شرایط شوری شاخص بنیه بذر این تیمار باکتریایی به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۵).

برهمکنش رقم و پیش‌تیمار باکتریایی بر شاخص بنیه بذر معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین سطوح اثر متقابل پیش‌تیمار باکتریایی و رقم نشان داد که بذور رقم یزدی در پیش‌تیمار تلفیقی چهار جنس باکتریای بیشترین شاخص بنیه بذر را داشتند، هرچند در بیشتر موارد، انجام پیش‌تیمار باکتریایی هر یک از ارقام مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان نداند (شکل ۶).

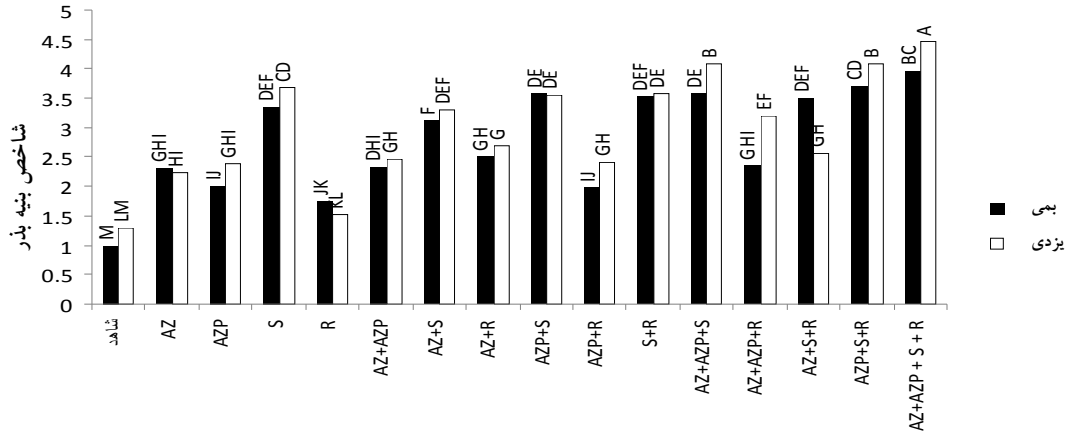


شکل ۴ - اثر شوری بر شاخص بنیه بذر (حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.)



شکل ۵ - اثر متقابل شوری و پیش‌تیمار باکتریایی بر شاخص بنیه بذر (حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.)

www.SID.ir



شکل ۶ - اثر متقابل رقم و پیش‌تیمار باکتریایی بر شاخص بنیه بذر
(حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.)

طبق نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر، اعمال تنش شوری موجب ایجاد محیطی نامناسب برای جوانه‌زنی بذور گردید، به نحوی که کلیه صفات مورد ارزیابی کاهش معنی‌داری را نشان داد. با این وجود، اعمال پیش‌تیمار باکتریایی در حفظ کیفیت بذور در شرایط تنش کارآمد بود. امروزه پژوهشگران، ساخت باکتریایی هورمون‌های گیاهی و تنظیم باکتریایی تولید اتیلن در گیاهچه‌های جوان را مهمترین سازوکار باکتری‌های محرک رشد در تحریک رشد گیاهان می‌دانند (۳). گزارش شده که باکتری‌های جنس سودوموناس، آمونیوم حاصل از تجزیه آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات را به عنوان منبع نیتروژن مورد استفاده قرار می‌دهند و با مصرف پیش‌ماده اتیلن موجب کاهش اتیلن ناشی از تنش می‌شوند (۲۶). باتوجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، به نظر می‌رسد که پیش‌تیمار باکتریایی بذور به‌ویژه تیمارهای تلفیقی و باکتری سودوموناس می‌تواند عاملی مؤثر در جهت افزایش قدرت جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه در شرایط تنش شوری باشد. همان‌گونه که اشاره شد باکترهای محرک رشد از طریق سازوکارهای متفاوتی می‌توانند بر رشد گیاه تأثیر بگذارند. لذا چنانچه سویه یا سویه‌هایی از این باکتری‌ها دارای مزیت های مختلفی باشند، می‌توانند اثرات بهتری در رشد گیاه داشته باشند. به عنوان نمونه، کاهش اثرات تنشی اتیلن بر روی رشد گیاه می‌توانند از طریق استفاده از باکتری‌های دارای توان تولید آنزیم آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات دِآمیناز حاصل شود. بدیهی است که در شرایط تنش شوری خاک‌های ایران این موضوع دارای اهمیت بالایی است.

References

1 . Abdul-Baki AA and Aderson JD (1983) Vigor determination in soybean by multiple criteria. Crop Sciences. 13: 630-633.

2 . Ashraf M and Foolad MR (2005) Pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions. Advances in Agronomy. 88: 223-271.

3 . Bashan Y and Holguin G (1997) Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances. Canadaian Journal of Microbiology. 43: 103-121.

4 . Bashan Y, Holguin G and De-Bashan L (2004) Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances. Canadaian Journal of Microbiology. 50: 521-577.

Archive of SID
www.SID.ir

5 . Cattelan AJ, Hartel PG and Fuhrman JJ (1999) Screening for plant growth – promoting Rhizobacteria to promote early soybean growth. American Journal of Soil Science Society. 63: 1670-1680.

6 . 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 Biology and Technology. 35: 191-199.

7 . Dakora FD (2003) Defining new roles for plant and rhizobial molecules in sole and mixed plant cultures involving symbiotic legumes. New Phytologist. 157: 39-49.

8 . Dileep Kumar SB, Berggren I and Martensson AM (2001) Potential for improving pea production by coinoculation with fluorescent *Pseudomonas* and Rhizobium. Plant and Soil. 229: 25-34.

9 . Elis RH and Roberts EH (1981) Towards a rational basis for testing seed quality. In, Seed Production (ed. P.D. Hebblethwaite), Butterworths London. Pp. 605-645.

10 . Glick BR (1995) The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Canadaian Journal Microbiology. 41: 109-117.

11 . Glick BR, Liu C, Ghosh S and Dumbroff EB (1997) Early development of canola seedlings in the presence of the plant growth-promoting rhizobacterium Pseudomonas putida GR12-2. Soil Biology and Biochemistry. 29: 1233-1239.

12 . Glick BR, Penrose D and Wendo M (2001) Bacterial promotion of plant growth. Biotechnology Advances. 19: 135-138.

13 . Grichko VP and Glick BR (2001) Amelioration of flooding stress by ACC deaminase-containing plant growth-promoting bacteria. Plant Physiology and Biochemistry. 39: 11-17.

14 . Hafeez FY, Safdar ME, Chaudry AU and Malik KA (2004) Rhizobial inoculation improves seedling emergence, nutrient uptake and growth of cotton. Australian Journal of Experimental Agriculture. 44: 617-622.

15 . Hampton JG and Tekrony DM (1995) Hanbook of vigour test methods. International Seed Testing Association (ISTA). Zurich, Swirztland. 730 p.

16 . Hunter EA, Glasbey CA and Naylor RE (1984) The analysis of data from germination tests. Agricultural Science. 102: 207-231.

17 . Khan AG (2006) Mycorrhizoremediation-an enhanced form of phytoremediation. Zhejiang University Science Biology. 7: 503-514.

18 . Klee HJ, Hayford MB, Kretzmer KA, Barry GF and Krishore GM (1991) Control of ethylene sysnthesis by expressioof a bacterial enzyme in transgenic tomato plants. Plant Cell. Pp. 1187-1193.

19 . Lamond RE and Whitney DA (1992) Management of saline and sodic soils. Kansas State University. Depertment of Agronomy.

20 . Lifshitz R, Kloepper JW, Kozlowski M, Simonson C, Carlson J, Tipping EM and Zaleska I (1987) Growth promotion of canola (rapeseed) seedling by a strain of *Pseudomonas putida* under gnotobiotic conditions. Canadaian Journal of Microbiology. 33: 390-395.

21 . Ma W, Sebestianova, BR, Sebestian J, Burd GI, Guinel FC and Glick BR (2003) Prevalence of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase in *Rhizobium* spp. Antonie Van Leeuwenhoek. 83: 285-291.

22 . Marguire JD (1962) Speed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sciences. 2: 176-177.

23 . Martinez-Beltran J and Manzur CL (2005) Overview of salinity problems in the world and FAO strategies to address the problem. In: Proceedings of the

Archive of SID

www.SID.ir

hnternational salinity, Forum Riverside, California. April 2005. Pp. 311-313.

24 . Mass EV and Hoffman GJ (1977) Crop salt tolerance – current assessment. Irrigation and Drainage. 103: 115-134.

25 . Patanea C, Cavallaroa V and Cosentinob S (2009) Germination and radicle growth in unprimed and primed seeds of sweet sorghum as affected by reduced water potential in NaCl at different temperatures in dustrial. Ind. Crops and Products. 30: 1-8.

26 . Penrose DM and Glick BR (2003) Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-ontaining plant growth-promoting rhizobacteria. Plant Physiology. 118: 10-15.

27 . Piao Z, Cui Z, Yin B, Hu J, Zhou C, Xie G, Su B and Yin S (2005) Changes in acetylene reduction activities and effects of inoculated rhizosphere nitrogen-fixing bacteria on rice. Biology and Fertility of Soils. 41: 371-378.

28 . Prithiviraj B, Zhou X, Souleimanov A and Smith DL (2000) Nod Bj V (C18: 1MeFuc) a host specific bacterial-to-Plant signal molecule, enhances germination and early growth of diverse crop plants. In: Book of Abstracts, 17th North American Conference on Symbiotic Nitrogen Fixation 23-28 July 2000. Quebec, Canada. 80. University of Laval, p. E6.

29 . Saatovich SZ (2006) Azospirilli of Uzbekistan soils and their influence on growth and development of wheat plants. Plant and Soil. 283: 137-145.

30 . Wue SC, Cao ZH, Li ZG, Cheung KC and Wong MH (2005) Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma. 125: 155-166.

31 . Yasari E and Patwardhan IS (2007) Effects of Aztobacter and Azospirillium inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of Canola. Asian Journal of Plant Sciences. 6: 77-82.

32 . Zaidi SFA (2003) Inoculation with Bradyrhizobium japonicum and fluorescent *Pseudomonas* to control *Rhizoctonia solani* in soybean [*Glycine max* L. Merr]. Annals of Agricultural Research. 24: 151-153.

33 . Zahir AZ, Arshad M and Frankenberger WF (2004) Plant growth promoting rhizobacteria: aplications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy. 81: 1-97.

34 . Zhu JK (2002) Salt and drought stress signal transduction in plants. Annual Review of Plant Biology. l53: 247-274.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of Growth Promoting Rhizobacteria on germination and early growth of two alfalfa cultivars under salinity stress condition

O. Younesi [1*], K. Poustini [2], M. R. Chaichi [3] and A. A. Pourbabaie [4]

(E-mail: omidyounesi@ut.ac.ir)

Abstract

In order to study the effects of seed-bacterial priming (inoculation) on germination and early growth of alfalfa under salinity stress conditions, an experiment was conducted at seed research laboratory and Greenhouse of College of Agriculture, University of Tehran in Karaj (Iran) in 2011. The experiment was arranged as a factorial in Completely Randomized Design (CRD) with three replications. Experimental treatments including: three levels of salinity stress (zero (S_0), 60 (S_1) and 120 (S_2) mmol), two levels of alfalfa cultivars ('Bami' and 'Yazdi') and 16 levels of bacterial priming (*Azetobacter, Azospirillum, Pseudomonas and Rhizobium meliloti* in single and different double, triple and quadratic integrated forms). The results indicated that applying salinity stress significantly decreased germination and early seedling growth. This descending trend in control (no inoculation) treatment was more than that of treated seeds. Application of bacterial priming especially *Pseudomonas* priming and integrated treatments played an important role in moderating the negative effects of salinity on measured traits. According to the results of this study, it seems that plant growth promoting bacteria, by producing and releasing phytohormones such as auxin, gibberellins and cytokinin along with decreasing ethylene level, improve plant growth under salinity stress condition.

Keywords: Alfalfa, Early growth, Germination, Growth Promoting Rhizobacteria (GPR), Salinity

1 - Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resource, University of Tehran, Karaj - Iran **(Corresponding Author *)**

2 - Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resource, University of Tehran, Karaj - Iran

3 - Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resource, University of Tehran, Karaj - Iran

4 - Assistant Professor, Department of Soil Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resource, University of Tehran, Karaj - Iran

Archive of SID

www.SID.ir