Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۸
۱۳۹-۱۲۳
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.1152.1235

تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی نیتروژن و فسفر بر عملکرد کمی و کیفی ذرت تحت شرایط تنش خشکی

صادق بهامین[۱]، علیرضا کوچکی[۲*]، مهدی نصیری محلاتی[۲]، سید علیرضا بهشتی[۳]

۱. دانشجوی دکترای اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲. استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳. دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۴

چکیده

کاهش عناصر غذایی در خاک‌های زراعی دنیا به علت زراعت‌های متوالی و بی‌رویه استفاده از کود را در مزرعه ضروری نموده است. این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی نیتروژن و فسفر بر عملکرد کمی و کیفی ذرت تحت تنش خشکی انجام شد. بدین منظور، آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل با ۴ تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مردادماه سال ۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان مهران (عرض جغرافیایی '33°07 شمالی و طول جغرافیایی '46°10 شرقی) استان ایلام انجام شد. عامل‌های موردبررسی شامل آبیاری در ۳ سطح شامل عدم تنش (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی مزرعه‌ای)، تنش خشکی بر اساس ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی (۷۵ و ۵۰٪ تخلیه رطوبتی از نقطه ظرفیت زراعی) مزرعه؛ کود نیتروژن شامل ۱۰۰٪ نیاز کودی به شکل نیتروژن خالص شیمیایی (در سه مرحله قبل از کاشت، ساقه رفتن و گلدهی)، تیمار شاهد و کود بیولوژیک ازتوباکتر به روش تلقیح با بذر؛ کود فسفر شامل ۱۰۰٪ نیاز کودی به شکل سوپر فسفات تریپل، تیمار شاهد و کود بیولوژیک‌سودوموناس که به روش تلقیح با بذر اعمال شد. در کلیه سطوح تنش و مصرف سوپرفسفات تریپل ازتوباکتر موجب افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد، به‌طوری‌که در تیمار خشکی ۵۰٪ ظرفیت زراعی همراه با مصرف سوپرفسفات تریپل و ازتوباکتر، بیشترین عملکرد دانه به مقدار ۸۰۹۳/۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. در تیمار آبیاری کامل همراه با مصرف سوپرفسفات تریپل و ازتوباکتر بیشترین عملکرد پروتئین به مقدار ۱۱۰۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. در کلیه سطوح تنش و مصرف سوپرفسفات تریپل ازتوباکتر موجب افزایش عملکرد پروتئین نسبت به تیمار شاهد شد، به‌طوری‌که در تیمار خشکی ۵۰٪ ظرفیت زراعی همراه با مصرف سوپرفسفات تریپل، بیشترین عملکرد پروتئین با مصرف ازتوباکتر به مقدار ۶۳۹/۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. در تیمار تنش خشکی ۷۵٪ ظرفیت زراعی همراه با مصرف سودوموناس و ازتوباکتر عملکرد پروتئین به مقدار ۷۷۴/۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که برتر از سایر تیمارها در این سطح تنش بود. به‌طورکلی نتایج این بررسی نشان داد که سودوموناس و ازتوباکتر چه در حالت اعمال تنش با مقدار پایین و چه در حالت اعمال تنش به مقدار زیاد موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه ذرت شدند. به‌علاوه، می‌توان نتیجه گرفت که کود زیستی سودوموناس و ازتوباکتر می‌توانند اغلب مواد غذایی موردنیاز ذرت را به‌ویژه در زمان محدودیت آب تأمین کنند.

***واژه‌های کلیدی*: ازتوباکتر، پروتئین، تلقیح، سودوموناس، عملکرد.**

مقدمه

ذرت با نام علمی .*Zea mays* L پس از گندم و برنج، مهم‌ترین ماده غذایی دنیا را تشکیل می‌دهد. ذرت ازلحاظ فتوسنتزی گیاهی چهار کربنه است و از گیاهان گرمسیری و نیمه گرمسیری است که عملکرد آن در مناطق معتدله بیشتر است. ذرت علوفه‌ای به‌عنوان گیاهی با توانایی تولید بالا و سازگاری در اکثر مناطق کشور می‌تواند نقش مهمی در تأمین علوفه موردنیاز دام‌ها به‌ویژه در فصل زمستان ایفا نماید. این گیاه باوجود داشتن یک مرحله برداشت دارای عملکرد ماده

* نگارنده پاسخگو: علیرضا کوچکی. پست الکترونیک: akooch@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

خشک بالایی است. سیلوی آن به‌آسانی تهیه می‌شود و یک علوفه خوش‌خوراک با کیفیت پایدار برای دام است و انرژی بیشتری نسبت به سایر علوفه‌ها داراست (Momeni, 2011). ازجمله عواملی که بر تولید ذرت بسیار مؤثر است عناصر پرمصرفی همچون فسفر و نیتروژن می‌باشند.

مشکلات اقتصادی ناشی از افزایش روبه رشد هزینه کودهای شیمیایی از یک‌سو و مسائل زیستی محیطی مرتبط با مصرف غیراصولی این کودها از سوی دیگر تفکر استفاده از شیوه‌های زیستی تثبیت عناصر برای تقویت رشد گیاهان را افزایش داده است (Amoaghaei et al., 2003). از طرفی کاهش عناصر غذایی در خاک‌های زراعی دنیا به علت زراعت‌های متوالی و بی‌رویه، استفاده از کود را در مزرعه ضروری نموده است (Taheri Oshtrinani and Fathi, 2016). در صورت وجود مقدار کافی نیتروژن در خاک، گیاهان زراعی دارای رشد رویشی، سطح برگ بیشتر و عملکرد مناسب خواهند بود (Zabet et al., 2014; Bahamin, 2011).

در بسیاری از نظام‌های کشاورزی، کمبود فسفر پس از نیتروژن به‌عنوان اساسی‌ترین عامل در تولید محصولات زراعی مطرح شده است (Mosali et al., 2006). مطالعات بلندمدت اثبات کرده است که استفاده مفرط از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. این کاهش عملکرد نتیجه اسیدی شدن خاک، کاهش فعالیت‌های بیولوژیک خاک، افت خصوصیات فیزیکی خاک و عدم وجود عناصر غذایی کم‌مصرف در کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم است (Adediran et alm 2004; Sabahi, 2006). مصرف زیاد نیتروژن، نسبت کربن به نیتروژن را بر هم می‌زند و درنتیجه مواد آلی موجود در خاک‌های زراعی به دلیل افزایش یک‌باره و سریع جمعیت میکروب‌های مصرف‌کننده کربن، از بین می‌روند (Koocheki et al., 2005). لذا با در نظر گرفتن آبشویی نیترات در مناطق مرطوب و افزایش غلظت آن در آب‌های زیرزمینی، تصعید آمونیاک و دنیتریفیکاسیون در شرایط غرقابی (Fageria and Baligar, 2005)، برای صرفه‌جویی و افزایش کارایی مصرف کودهای نیتروژنه، استفاده از باکتری‌های محرک رشد تثبیت‌کننده نیتروژن که در طول رشد گیاه، نیتروژن را تثبیت و در اختیار گیاه قرار دهند، مفید به نظر می‌رسد (Zahir et al., 2004). به نظر بسیاری از محققان از گزینه‌های مناسب که می‌تواند بدون تخریب محیط‌زیست، باروری خاک و نهایتاً افزایش عملکرد گیاهان را تضمین کند، استفاده از کودهای بیولوژیک است. در دنیا مطالعات زیادی در زمینه جبران کمبود نیتروژن از شیوه‌هایی غیر از کاربرد کودهای شیمیایی؛ مانند آغشته کردن بذور با میکروارگانیسم‌هایی همچون ازتوباکتر صورت گرفته است (Fasihi et al., 2006; Bahamin et al., 2013). کودهای بیولوژیک در مقایسه با مواد شیمیایی مزیت‌های قابل‌توجهی دارند؛ از آن جمله این‌که در چرخه غذایی، مواد سمی و میکروبی تولید نمی‌کنند، قابلیت تکثیر خودبه‌خودی دارند، باعث اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند و ازنظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه و از دیدگاه زیست‌محیطی قابل‌پذیرش هستند (Fallahi et al., 2009).

خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی است که ۴۰ تا ۶۰٪ اراضی کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bary, 1997). بعضی از خصوصیات فیزیولوژیکی و زراعی گیاهان در تحمل به خشکی آن‌ها نقش دارد و از این خصوصیات در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی استفاده می‌شود. خشکی یکی از عمده‌ترین موانع برای تولید موفق محصولات زراعی است. عوامل مختلفی می‌تواند خشکی را ایجاد کند که کمبود آب، پایین بودن رطوبت نسبی هوا، گرما و یخبندان و شوری ازجمله آن‌ها می‌باشند. ترکیب این عوامل منجر به ایجاد انواع خشکی می‌شود. این تنوع خشکی منجر به ایجاد مکانیسم‌های مختلف تحمل در سطوح مختلف موجود زنده (مولکولی، سلولی، اندام و گیاه) می‌گردد (Fathi and Tari, 2016).

در خصوص تأثیر میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات بر روی جذب عناصر غذایی، گزارش شده است که مصرف این‌گونه باکتری‌ها همراه با یک نوع فسفات معدنی غیرمحلول به نام تری کلسیم فسفات، موجب بهبود قابل‌توجه غلظت فسفر ساقه علف لیمو نسبت به تیمار شاهد گردید. در مطالعه دیگری که بر روی گیاه نیشکر صورت گرفت مشاهده شد که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات، غلظت فسفر غلاف برگ و عملکرد ساقه نیشکر را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (Saedi, 2007). در یک بررسی گلخانه‌ای نشان داده شده است که پاسخ گندم به تلقیح با سویه‌های *Pseudomonas Fluorescence* در مورد بیشتر شاخص‌های رشد مثبت است. در بررسی دیگری در مورد اثر باکتری‌های ریزوبیومی مولد آنزیم ACC دآمیناز بر گیاه گندم مشخص شده است که در صورت تلقیح گندم با این باکتری‌ها، طول ریشه، طول ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت به شاهد افزایش‌یافته و این افزایش در مورد طول ریشه معنی‌دار بوده است (Zabihi et al., 2009).

نتایج بررسی مجیدیان (Majidian et al., 2008) نشان داد که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش عملکرد دانه در ذرت می‌شود. علت اصلی کاهش عملکرد دانه در تیمار خشکی، کاهش تعداد دانه در بلال و وزن صد دانه ذکر گردید. همچنین این یافته‌ها با یافته‌های سلیسپور (Salispoor et al., 2009) در خصوص اثر تنش خشکی تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه در بلال و عملکرد دانه مطابقت داشت. کاهش تعداد دانه در بلال، ممکن است براثر تأخیر در ظهور کاکل و یا سقط‌جنین در اثر کمبود هیدرات‌های کربن باشد. البته تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی و شوری، باعث کوتاه شدن دوره‌ی تمایز سنبلچه‌ها می‌گردد و این منجر به کاهش تعداد سنبلچه در سنبله می‌شود. مهم‌ترین عاملی که باعث کاهش وزن دانه در شرایط تنش خشکی می‌شود، کوتاهی دوره پر شدن دانه است. بنابراین عرضه مواد پرورده تحت تأثیر تنش خشکی کاهش می‌یابد و عملکرد دانه، وزن دانه هر بلال و وزن هزار دانه نیز کاهش می‌یابد.

بنابراین هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی نیتروژن و فسفر بر عملکرد کمی و کیفی گیاه ذرت تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی در شرایط اقلیمی نیمه‌خشک شهرستان مهران بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مردادماه سال زراعی ۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان مهران از شهرهای جنوب غربی استان ایلام انجام شد. شهرستان مهران در عرض جغرافیایی '33°07 شمالی و طول جغرافیایی '46°10 شرقی قرار دارد. این شهرستان به لحاظ آب‌وهوایی دارای آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک و با میزان شوری و املاح خاک متوسط به بالا و میزان شوری آب آبیاری بالایی است. بر اساس آمار جهاد کشاورزی استان و شهرستان مهران، میزان EC خاک و آب آبیاری در سطح ۶۳٪ از زمین‌های کشاورزی شهرستان، بالاتر از حد نرمال بوده است (Movahedi, 2011).

به‌منظور بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی نیتروژن و فسفر بر عملکرد کمی و کیفی ذرت تحت تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل با ۴ تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. عامل‌های موردبررسی شامل آبیاری در ۳ سطح ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی یا شاهد (بدون تنش) و تنش خشکی بر اساس ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی مزرعه (آبیاری مجدد بر اساس ۷۵ و ۵۰٪ تخلیه رطوبتی از نقطه ظرفیت زراعی)؛ فاکتور دوم شامل کود بیولوژیک و شیمیایی نیتروژن در ۳ سطح شامل ۱۰۰٪ نیاز کودی به شکل نیتروژن خالص شیمیایی (۴۰۰ کیلوگرم اوره معادل ۱۸۴ کیلوگرم نیتروژن خالص)، کود بیولوژیک ازتوباکتر (۲/۸ لیتر در هکتار (Kizilkaya, 2009)) و تیمار شاهد؛ و فاکتور سوم شامل کود بیولوژیک و شیمیایی فسفر در ۳ سطح ۱۰۰٪ نیاز کودی به شکل سوپر فسفات تریپل (۳۰۰ کیلو سوپرفسفات تریپل معادل ۵۸ کیلوگرم فسفر خالص)، کود بیولوژیک سودوموناس فلورسنت (۱۰۰ گرم در هکتار (Yazdani et al., 2010)) و تیمار شاهد بودند.

مایه تلقیح مورداستفاده ازتوباکتر از بخش تحقیقات بیولوژی موسسه آب‌وخاک کرج تهیه شد. روی بذور از محلول ۲۰ درصد شکر و صمغ عربی استفاده شد. ۱۰ میلی‌لیتر ازتوباکتر مایع با جمعیت تقریبی باکتری‌ها 10^9 CFU در هر میلی‌لیتر کود بیولوژیک حدود ۶۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک خاک لومی-رسی (با میانگین تثبیت ۱۶/۳ میکروگرم نیتروژن در یک گرم خاک و با فرض وجود ۴ هزار تن خاک در یک هکتار تا عمق ۳۰ سانتی‌متر) تثبیت می‌کند (Kizilkaya, 2009). در بررسی حاضر از ازتوباکتر مایع با جمعیت تقریبی باکتری‌ها 10^7 CFU در هر میلی‌لیتر کود بیولوژیک استفاده شد، بنابراین میزان مصرف مایه تلقیح ازتوباکتر ۲/۸ لیتر به ازای ۳۰ کیلوگرم بذر ذرت (میزان موردنیاز برای یک هکتار) بود که این مقدار ازتوباکتر قابلیت تثبیت نیتروژن به مقدار حدود ۱۸۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را دارد (Kizilkaya, 2009). مایه تلقیح مورداستفاده سودوموناس فلورسنت از شرکت زیست فناور سبز تهیه شد. جمعیت تقریبی باکتری‌ها 10^8 CFU در هر میلی‌لیتر کود بیولوژیک بود. تلقیح میکروبی به‌صورت استفاده مستقیم زادمایه میکروبی با بذر انجام شد. هر ۱۰۰ گرم سودوموناس توان محلول‌سازی حداکثر ۷۰ درصد و به‌طور متوسط ۶۰ درصد فسفر در هکتار را دارد (Sarikhani et al., 2013). ۱ میلی‌گرم به ازای هر بذر استفاده شد بنابراین ۱۰۰ گرم سودوموناس فلورسنت پودری به مایه تلقیح دارای مواد غذایی و صمغ عربی (تهیه‌شده از موسسه آب‌وخاک کرج) اضافه شد. با توجه به میزان بالای فسفر نامحلول موجود در خاک محل آزمایش (۸۰ ppm) این مقدار از باکتری سودوموناس قادر به

www.SID.ir

Archive of SID

محلول‌سازی ۵۸ کیلوگرم فسفر در هکتار است تا نیاز گیاه به فسفر معدنی تأمین شود. باکتری سودوموناس و ازتوباکتر به‌روش تلقیح با بذر اعمال شدند.

کود اوره در سه مرحله قبل از کاشت، ساقه رفتن و گلدهی اعمال شد. آبیاری با روش کنترل‌شده (دارای کنتور اندازه‌گیری میزان آب خروجی) صورت گرفت. از ابتدای کشت تا هنگام برداشت، روزانه داده‌های تبخیر از تشت تبخیر کلاس A یادداشت‌برداری گردید. همچنین با در نظر گرفتن ضریب گیاهی Kc، میزان تبخیر و تعرق مشخص و بر اساس تخلیه رطوبتی و طبق تیمارهای مذکور تا رسیدن رطوبت خاک به حد FC، میزان آب موردنیاز محاسبه و حجم آب موردنیاز هر کرت توسط کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. در کلیه آبیاری‌ها جهت تأمین فشار و انرژی موردنیاز از پمپ استفاده شد. قبل از هر آبیاری از عمق مؤثر ریشه نمونه خاک تهیه و جهت تعیین درصد رطوبت وزنی به آزمایشگاه ارسال گردید. عمق آب در هر آبیاری I برحسب سانتی‌متر به کمک رابطه ۱ محاسبه می‌شد (Masjedi el al, 2008):

$$I = \frac{(\theta_f - \theta)(\rho_b/\rho_w)D}{۱۰۰} \qquad [۱]$$

که در آن t= رطوبت وزنی خاک به هنگام آبیاری؛ tf= رطوبت وزنی خاک در حالت ظرفیت زراعی؛ ub= چگالی ظاهری خاک و D= عمق مؤثر ریشه.

حجم آب آبیاری موردنیاز هر کرت به‌وسیله رابطه ۲ برآورد می‌گردید:

$$V = I \times A \times ۱۰۰۰ \qquad [۲]$$

که در آن V= حجم آب آبیاری استفاده‌شده در هر کرت (لیتر)؛ A= مساحت هر کرت (مترمربع)، و I= ارتفاع آب آبیاری (متر). بدین ترتیب مقدار کل آب مصرفی در تیمار آبیاری کامل یا بدون تنش (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی) معادل ۹۰۰۰ مترمکعب در هکتار، در تیمار تنش ۷۵٪ ظرفیت زراعی معادل ۶۷۵۰ مترمکعب در هکتار و در تیمار تنش ۵۰٪ ظرفیت زراعی معادل ۴۵۰۰ مترمکعب در هکتار محاسبه گردید. به‌منظور تعیین خصوصیات خاک قبل از اجرای آزمایش نمونه‌گیری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری انجام شد که نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the experimental field soil

عمق Depth (cm)	بافت خاک Soil texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن قابل‌جذب Available N (%)	فسفر قابل‌جذب Available P (ppm)	پتاسیم قابل‌جذب Available K (ppm)
0-30	Lomi-clay	2.7	01.1	91.0	06.0	10	150

ذرت مورداستفاده در این آزمایش رقم سینگل کراس ۷۰۴ بود. کاشت در تاریخ ۵ مردادماه سال ۱۳۹۴ انجام شد. هر کرت شامل ۹ خط کاشت به طول ۵ متر که فواصل بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد که بر روی هر پشته ۲ ردیف کاشت شد. در ابتدا قبل از کاشت زمین توسط گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد، سپس در دو نوبت به‌صورت عمود بر هم دیسک زده شد و با استفاده از ماله عملیات تسطیح زمین انجام شد. عمق بذر ۵-۳ سانتی‌متر به‌وسیله ایجاد شیار بر روی پشته ایجاد گردید. در مرحله ۴ تا ۵ برگی و پس از حصول اطمینان از سبز شدن و استقرار، بوته‌های اضافی حذف و کپه‌ها به‌صورت تک بوته باقی ماند. در هر تیمار پس از انجام عملیات کشت بذر، بلافاصله آبیاری به‌صورت هم‌زمان انجام گرفت.

به‌منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد دانه، با حذف ردیف‌های کناری و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه، یک مترمربع از هر کرت، جدا و سپس به آزمایشگاه منتقل گردید. برای محاسبه عملکرد بیولوژیک ۱ مترمربع از هر کرت کف بر شد و در دستگاه آون به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفت، سپس عملکرد بیولوژیک برحسب کیلوگرم در هکتار تعمیم داده شد. ارتفاع بوته نیز در پایان رشد و هم‌زمان با رسیدگی از کف خاک تا انتهای آخرین گل‌آذین با خط‌کش برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.

www.SID.ir

Archive of SID

هم‌زمان بـا برداشت، تعداد پنج بوته از هر کرت به‌صورت جداگانه انتخاب و تعداد ردیف دانه در بلال و تعـداد دانـه در ردیف شد. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک ضربدر عدد ۱۰۰ حاصل شد. جهت تعیین درصد پروتئین از روش کجلدال استفاده شد (Jackson, 1964) با استفاده از رابطه ۳، درصد پروتئین بذر به دست آمد.

درصد پروتئین = عدد تیتراسیون ×۶/۲۵ ×۰/۱۴/وزن نمونه [۳]

مقدار کلروفیل a و b طبق فرمول مکینی به دست آمد (Nasibi et al., 2003).

میلی‌گرم کلروفیل a در گرم برگ =
[۱۲/۷ (A ۶۶۳) – ۲/۶۹ (A ۶۴۵)] × V/W× ۱۰۰۰ [۴]

میلی‌گرم کلروفیل b در گرم برگ =
[۲۲/۹ (A ۶۴۵) –۴/۶۸ (A ۶۶۳)] × V/W× ۱۰۰۰ [۵]

که در آنها V= حجم محلول صاف‌شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)؛ A= جذب نور در طول‌موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر، و W= وزن تر نمونه برحسب گرم.

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از برنامه‌های آماری SAS 1.9 (Daily, 2006) و جهت مقایسه میانگین صفات موردنظر نیز از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی، کود نیتروژن و کود فسفر بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود ولی اثر متقابل هیچ‌کدام از تیمارها تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۲).

در تیمار آبیاری کامل ارتفاع بوته به مقدار ۱۹۰/۳ سانتی‌متر حاصل شد که نسبت به تیمار تنش ۵۰٪ ظرفیت زراعی ۱۲ درصد افزایش نشان داد. اختلاف بین سطوح تنش نیز معنی‌دار بود. در تیمار مصرف کود اوره ارتفاع متوسط بوته به مقدار ۱۹۱/۴ سانتی‌متر بود که با تیمار ازتوباکتر و شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. در تیمار مصرف سوپرفسفات تریپل ارتفاع بوته به مقدار ۱۸۵/۸ سانتی‌متر رسید که نسبت به تیمار سودوموناس اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). ارتفاع یک صفت ژنتیکی است اما تا حدود زیادی تحت تأثیر عوامل محیطی مثل خاک، رطوبت و مواد غذایی قرار می‌گیرد. معمولاً گیاهانی که تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرند، کوتاه‌تر از گیاهانی تحت آبیاری مطلوب می‌باشند (Bagheri, 2010).

نتایج مومنی (Momeni, 2011) نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته ذرت داشته است. همچنین داس و همکاران (Doss et al, 2011) بیان داشتند که تنش آب در مراحل اولیه نمو می‌تواند بر کاهش ارتفاع بوته اثر زیادی داشته باشد. نتایج یک تحقیق نشان داد که عمدتاً تیمار قطع آبیاری (تنش خشکی) در مراحل اولیه رشد اثر زیادی بر ارتفاع گیاه می‌گذارد. هر چه قطع آبیاری در مراحل اولیه رشد زودتر اتفاق بیفتد، ارتفاع گیاه بیشتر کاهش می‌یابد، این امر به تعداد گره کمتر و فاصله میانگره کوتاه‌تر مربوط می‌شود (Naderi darbaghshahi et al., 2010).

یافته‌های اشرف و همکاران (Afshar et al., 2011) نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته سورگوم در اثر محلول‌پاشی باکتری سودوموناس و کمترین آن در تیمار شاهد به دست آمد. در دسترس بودن آب و عناصر غذایی ضروری گیاه از طریق افزایش تعداد گره‌ها و طول میانگره‌ها ارتفاع گیاه را تحت تأثیر قرار داد. نتایج شالان (Shalan, 2005) نشان داد که تلقیح بذر سیاه‌دانه با کودهای بیولوژیک آزوسپیریلوم، ازتوباکتر و سودوموناس موجب بهتر شدن خصوصیات رشدی گیاه، نظیر ارتفاع گیاه شد. احتمالاً علت اصلی این امر افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه بوده است. نتایج پژوهش دیگری نشان داد که استفاده از کود بیولوژیک، سبب افزایش توسعه ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی و به دنبال آن رشد رویشی گیاه و ارتفاع بوته‌های آفتابگردان شده است (Emam and Ilkaei, 2002). ارتفاع گیاه ازجمله صفاتی است که به‌شدت تحت تأثیر کوددهی قرار می‌گیرد و در هر مرحله از رشد که رشد رویشی گیاه تحت تأثیر فسفر تحریک شود، ارتفاع گیاه نیز تحت تأثیر قرارگرفته و افزایش می‌یابد. افزایش ارتفاع بوته درنتیجه کاربرد کود فسفر را می‌توان این‌چنین توجیه نمود که کود فسفر با اثرات مثبتی که بر افزایش طول ریشه دارد، میزان جذب نیتروژن را در گیاه افزایش می‌دهد (Dodras, 2009; Kazemi et al., 2011). از سویی فسفر باعث افزایش سودمندی نیتروژن می‌شود که به‌تبع آن، رشد و نمو بخش رویشی گیاه نیز افزایش می‌یابد (Normohammadi et al., 2001).

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد ردیف دانه در بلال

نتایج این بررسی نشان داد که اثر تنش خشکی، کود نیتروژن، کود فسفر، اثر متقابل تنش خشکی و کود نیتروژن و اثر متقابل تنش خشکی و کود فسفر بر تعداد ردیف دانه در بلال معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که در تیمار آبیاری کامل همراه با مصرف ازتوباکتر تعداد ردیف دانه در بلال به مقدار ۱۷/۱ بود. کمترین مقدار نیز در تیمار تنش خشکی (بالاترین سطح تنش) ۵۰٪ ظرفیت زراعی و بدون مصرف کود به مقدار ۱۱/۲ به دست آمد.

در تیمار آبیاری کامل همراه با مصرف سوپرفسفات تریپل و سودومونواس (به‌صورت جداگانه) تعداد ردیف در بلال به مقدار ۱۶/۵ حاصل شد. کمترین مقدار نیز در تیمار تنش خشکی ۵۰٪ ظرفیت زراعی و بدون مصرف کود به مقدار ۱۱/۴ به دست آمد. در تمامی سطوح تنش خشکی مصرف کود باعث افزایش تعداد ردیف دانه در بلال شد (جدول ۴). کاهش تعداد ردیف دانه یکی از علل اصلی کاهش عملکرد گیاه ذرت است که نقش مستقیمی در این زمینه دارد. نتایج نشان داد که با کاهش تعداد ردیف دانه عملکرد کاهش یافت. مرحله رشد زایشی گیاه از مراحل حساس به تنش خشکی است و اعمال تنش در این مرحله موجب کاهش اجزاء مربوط به عملکرد دانه می‌شود که در آزمایش حاضر تنش خشکی در مرحله زایشی گیاه نیز اعمال شد. یافته‌های احمدآلی و خلیلی (Ahmadali and Khalili, 2006) و ضرابی و همکاران (Zarabi et al., 2010) نیز نشان داد که اعمال تنش خشکی منجر به کاهش تعداد ردیف دانه در بلال در رقم سینگل کراس ۷۰۴ می‌گردد.

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مختلف ذرت در شرایط تنش و سطوح مختلف کودهای شیمیایی و بیولوژیک نیتروژن و فسفر

Table 2. Analysis of variance for corn traits under stress conditions and levels of chemical and biological fertilizers of nitrogen and phosphorus

S.O.V منابع تغییر	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Height	تعداد ردیف دانه در بلال Number of seeds per ear	تعداد دانه در ردیف Number of seeds per row	عملکرد دانه Seed yeild	عملکرد بیولوژیک Biological yeild
تکرار Replication	3	68.9^{ns}	0.71^{ns}	19.97^{ns}	908171^{ns}	96218744**
تنش خشکی Drought stress	3	3819 **	76.62**	664.53**	117732016**	176698642**
خطای کرت اصلی Residual a	6	61.91	0.31	7.62	408370	1733976
کود نیتروژن N fertilizer	2	4487 **	104.6**	971.18**	67639527**	93378356**
تنش خشکی ×کود نیتروژن Drought stress × Nfertilizer	4	96.90^{ns}	8.94**	222.38**	5605719**	7715945**
کود فسفر P fertilizer	2	1456 **	64.99**	311.29**	52688683**	70378103**
تنش خشکی× کود فسفر Drought stress × Pfertilizer	4	69.7^{ns}	3.54**	22.48**	2549813**	3409299^{ns}
کود نیتروژن× کود فسفر Nfertilizer × Pfertilizer	4	68.5^{ns}	1.04^{ns}	2.57^{ns}	4379803**	3924634^{ns}
تنش خشکی × کود نیتروژن ×کود فسفر Drought stress ×N fertilizer× Pfertilizer	8	28.52^{ns}	0.75^{ns}	4.06^{ns}	1316575**	905355^{ns}
خطا Residual	72	38.2	0.80	3.27	345789	1550781

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد؛ **: معنی دار در سطح احتمال یک درصد؛ ns: غیر معنی دار.

*: Significant at 5%; **: Significant at 1%; ns: Non-significant.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	شاخص برداشت HI	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	پروتئین دانه Seed protein	عملکرد پروتئین Protein yield
Replication	تکرار	3	693.30**	4.16^{ns}	0.292^{ns}	2.60^{ns}	14989^{ns}
Drought stress	تنش خشکی	3	502.24**	156.2*	32.873**	2.06^{ns}	1078582**
Residual a	خطای کرت اصلی	6	42.77	20.90	1.631	2.73	41193
N fertilizer	کود نیتروژن	2	387.01**	24.8**	2.824**	4.40*	727892**
Drought stress × Nfertilizer	تنش خشکی ×کود نیتروژن	4	121.63*	0.11^{ns}	0.289^{ns}	1.31^{ns}	85811**
P fertilizer	کود فسفر	2	437.96**	6.11**	3.416**	2.31**	478622**
Drought stress × Pfertilizer	تنش خشکی× کود فسفر	4	165.95**	0.76^{ns}	0.137^{ns}	0.42^{ns}	24417**
Nfertilizer × Pfertilizer	کود نیتروژن× کود فسفر	4	316.78**	0.27^{ns}	1.219**	0.98^{ns}	30244**
Drought stress ×N fertilizer× Pfertilizer	تنش خشکی × کود نیتروژن ×کود فسفر	8	77.83^{ns}	0.11^{ns}	0.029^{ns}	1.72**	34756**
Residual	خطا	72	38.24	0.34	0.068	0.48	6283

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد؛ **: معنی دار در سطح احتمال یک درصد؛ ns: غیر معنی دار.

*: Significant at 5%; **: Significant at 1%; ns: Non-significant.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات اصلی بر صفات موردبررسی

Table 3. Mean comparison for the main effects on the studied traits

			ارتفاع بوته Hight (cm)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g fresh weight)
تنش خشکی Drought stress (percentage of field capacity)	Full irrigation	آبیاری کامل	190.31^{a}	11.0^{c}
	Stress of 75%	تنش ۷۵٪	181.9^{b}	13.8^{b}
	Stress of 50%	تنش ۵۰٪	169.8^{c}	15.1^{a}
کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer	Azotobacter	ازتوباکتر	181.5^{b}	13.2^{ab}
	Urea	اوره	191.4^{a}	14.2^{a}
	Control	شاهد	169.1^{c}	12.5^{b}
کود فسفره Phosphorus fertilizer	Triple Superphosphate	سوپرفسفات تریپل	185.8^{a}	13.6^{a}
	Pseudomonas	سودوموناس	182.7^{ab}	13.5^{a}
	Control	شاهد	173.6^{b}	12.8^{b}

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with similar letters in each column, show non- significant difference according to Duncan multiple range tests at 5% level.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و کود نیتروژن بر صفات موردبررسی

Table 4. Mean comparison for the interaction effects of drought stress and nitrogen fertilizer on the studied traits

کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer	تنش خشکی Drought stress (percentage of field capacity)	تعداد ردیف دانه در بلال Number of seeds per ear	تعداد دانه در ردیف Number of seeds per row
ازتوباکتر Azotobacter	آبیاری کامل Full irrigation	17.1[a]	35.1[b]
	75	14 [cd]	31.6[c]
	50	14.7 [c]	35.1[b]
اوره Urea	آبیاری کامل Full irrigation	16.3[b]	39.7[a]
	75	15.8 [b]	36.3[b]
	50	13.8 [d]	25.7[d]
شاهد Control	آبیاری کامل Full irrigation	14.5[cd]	30.7[c]
	75	11.3[e]	25.1[d]
	50	11.2[e]	18.9[e]

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with similar letters in each column, show non- significant difference according to duncan multiple range tests at 5% level

تعداد دانه در ردیف

اثر تنش خشکی، کود نیتروژن، کود فسفر، اثر متقابل تنش خشکی و کود نیتروژن؛ و اثر متقابل تنش خشکی و کود فسفر بر تعداد دانه در ردیف معنی‌دار بود ولی سایر اثرات متقابل تیمارها تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۲). نتایج نشان داد که در تیمار آبیاری کامل همراه با مصرف ازتوباکتر تعداد دانه در ردیف به مقدار ۳۹/۷ حاصل شد. کمترین مقدار نیز در تیمار تنش خشکی ۵۰٪ ظرفیت زراعی و بدون مصرف کود به مقدار ۱۸/۹ به دست آمد. نتایج این بررسی نشان داد که در تیمار آبیاری کامل همراه با مصرف سوپرفسفات تریپل تعداد دانه در ردیف به مقدار ۳۷/۲ حاصل شد. کمترین مقدار نیز در تیمار تنش خشکی ۵۰٪ ظرفیت زراعی و بدون مصرف کود به مقدار ۲۳/۴ به دست آمد. در تمامی سطوح تنش خشکی مصرف کود باعث افزایش تعداد ردیف دانه در بلال شد که اثر سوپرفسفات تریپل بیشتر سودوموناس بود (جدول ۵).

نتایج بررسی مومنی (Momeni, 2011) نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌داری بر تعداد دانه‌ی بلال شد. بیشترین تعداد دانه‌ی بلال مربوط به تیمار شاهد و کمترین آن مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله زایشی است. کاهش تعداد دانه در بلال ممکن است ناشی از تأخیر در ظهور کاکل یا سقط‌جنین در اثر کمبود هیدرات‌های کربن باشد. همچنین وقوع تنش در مرحله گرده‌افشانی موجب عقیم شدن دانه گرده و اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره‌شده به دانه‌ها می‌گردد که می‌تواند دلیلی بر کاهش تعداد دانه در گیاهان باشد.

یافته‌های یوهارت و آندراد (Uhart and Andrade, 1995) حاکی از افزایش تعداد دانه در اثر افزایش مصرف نیتروژن بود که این افزایش را به بهبود سرعت رشد محصول مرتبط دانسته و بیان داشتند که افزایش مصرف نیتروژن موجب افزایش کارایی مصرف نور در مرحله گلدهی و افزایش سرعت رشد محصول می‌شود. با توجه به وجود ارتباط معنی-دار بین سرعت رشد محصول و فراهمی مواد پرورده در هنگام گلدهی و تأثیر مثبت کاربرد نیتروژن بر این فرآیندها، افزایش تعداد دانه با افزایش مصرف نیتروژن قابل‌انتظار است.

نتایج بررسی علیزاده (Alizadeh et al., 2011) نشان داد که استفاده از حد متوسط کودهای شیمیایی فسفره موجب افزایش تعداد دانه در بلال نسبت به حالت عدم مصرف و حد بالای مصرف شده است. ازآنجایی‌که فسفر عامل مهمی در گرده‌افشانی ذرت است با کمبود آن گرده‌افشانی گیاه به تعویق افتاده و به‌طور ناقص انجام می‌شود و درنتیجه باعث پوکی و عدم تشکیل دانه در بلال می‌گردد. همچنین

www.SID.ir

Archive of SID

ازآنجایی‌که فسفر نقش مهمی در فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان مانند فتوسنتز، تبدیل قند به نشاسته و انتقال خصوصیات ژنتیکی ایفا می‌کند، افزایش جذب فسفر و انتقال آن به سلول‌های گیاه، سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی گشته و درنتیجه در مرحله پر شدن دانه شیره پرورده کافی به بلال انتقال‌یافته و باعث کاهش طول کچلی بلال و افزایش تعداد دانه در بلال می‌گردد (Ghorchiani et al., 2011).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و کود فسفر بر صفات موردبررسی

Table 5. Mean comparison for the interaction effect of drought stress and phosphorus fertilizer on the studied traits

	تنش خشکی Drought stress (percentage of field capacity)	تعداد ردیف دانه در بلال Number of seeds per ear	تعداد دانه در ردیف Number of seeds per row	شاخص برداشت HI
سوپرفسفات تریپل Triple Superphosphate	آبیاری کامل Full irrigation	16.5[a]	37.2[a]	52.8[a]
	75	14.8[b]	34.4[b]	54.1[a]
	50	13.7[c]	27.1[e]	42.5[b]
سودوموناس Pseudomonas	آبیاری کامل Full irrigation	16.5[a]	36.7[a]	56.1[a]
	75	14.3[bc]	31.0[c]	52.0[a]
	50	14.7[b]	29.2[d]	51.8[a]
شاهد Control	آبیاری کامل Full irrigation	14.9[b]	31.6[c]	51.8[a]
	75	11.9[d]	27.7[e]	43.1[b]
	50	11.4[d]	23.4[f]	44.0[b]

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

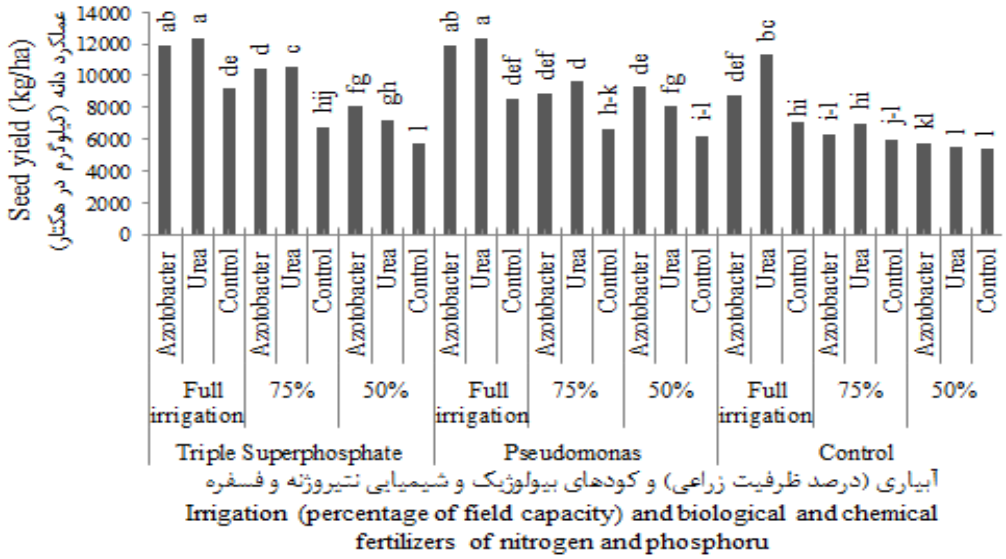
The mean with similar letters in each column, show non- significant difference according to duncan multiple range tests at 5% level

عملکرد دانه

نتایج این بررسی نشان داد که اثر تنش خشکی، کود نیتروژن، کود فسفر و اثر متقابل تمامی تیمارها بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که در تیمار آبیاری کامل همراه با مصرف سوپرفسفات تریپل و اوره بیشترین عملکرد دانه به مقدار ۱۲۳۷۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد ولی اختلاف معنی‌داری در همین سطح تنش همراه مصرف سوپرفسفات تریپل و ازتوباکتر (۱۱۸۷۳ کیلوگرم در هکتار) و تیمار آبیاری همراه با مصرف سودوموناس و اوره (۱۲۳۱۸ کیلوگرم در هکتار) نداشت. همچنین در کلیه سطوح تنش و مصرف سوپرفسفات تریپل ازتوباکتر موجب افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد، به‌طوری‌که در تیمار خشکی ۵۰٪ ظرفیت زراعی، مصرف سوپرفسفات تریپل و ازتوباکتر باعث شد که عملکرد دانه به مقدار ۸۰۹۳ کیلوگرم در هکتار حاصل شود که بالاترین عملکرد در سطح تنش خشکی ۵۰٪ ظرفیت زراعی بود. در تیمار تنش خشکی ۷۵٪ ظرفیت زراعی همراه با مصرف سودوموناس و ازتوباکتر نیز عملکرد دانه به مقدار ۸۹۰۱ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. این وضعیت بیانگر اثرات مثبت سودوموناس و ازتوباکتر در تعدیل اثرات تنش است (شکل ۱).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. اثر سطوح آبیاری (تنش خشکی) و کودهای شیمیایی و بیولوژیک نیتروژنه و فسفره بر عملکرد دانه

Fig. 1. Effect of irrigation levels (drought stress) and biological and chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus on seed yield.

وجود عملکرد دانه بالا تا میزان ۱۲ تن توسط موحدی (Movahedi, 2011) در منطقه مهران گزارش شده است. نتایج کلخوران و همکاران (Kalkhoran et al., 2010) نشان داد که تلقیح بذور با کود زیستی (ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) اثر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت، به‌طوری‌که در بذور تلقیح شده عملکرد دانه به مقدار ۲۵۰۸ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که نسبت به حالت عدم تلقیح ۱۰ درصد افزایش عملکرد حاصل شده بود. احتمالاً این افزایش می‌تواند به‌وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل‌دسترس ساختن و افزایش جذب آن توسط باکتری‌ها به دست آمده باشد (Bahamin, 2011). در این مطالعه با مصرف سطوح بالاتر کود اوره احتمالاً جذب و انتقال این عنصر به بخش‌های مختلف گیاه افزایش‌یافته و سپس در هنگام تکمیل فرآیند-های رشد زایشی، یعنی مرحله پر شدن دانه‌ها، انتقال مجدد مواد غذایی صورت گرفته و در پی آن عملکرد دانه نیز افزایش یافت.

عملکرد بیولوژیک

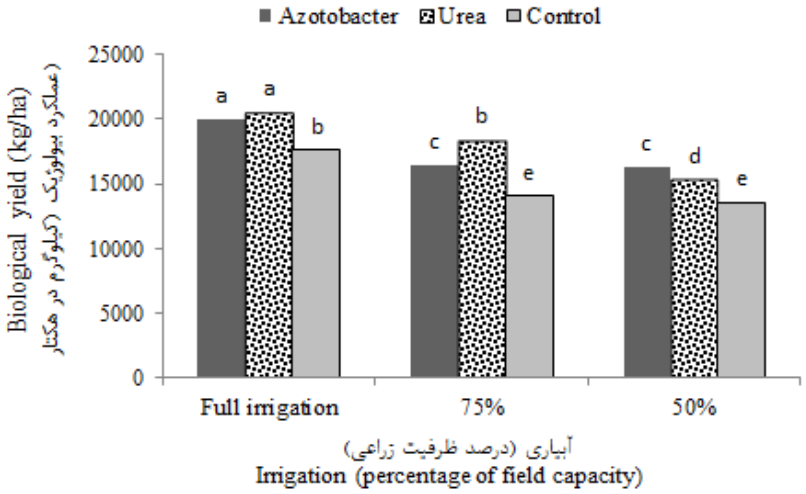
اثر تنش خشکی، کود نیتروژن و کود فسفر و اثر متقابل تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود ولی سایر اثرات متقابل تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها مشخص کرد که در تیمار آبیاری کامل همراه با مصرف ازتوباکتر، عملکرد بیولوژیک به مقدار ۲۰۰۳۵ کیلوگرم در هکتار است که تفاوت معنی‌داری با تیمار آبیاری کامل همراه با مصرف اوره (۲۰۵۰۶ کیلوگرم در هکتار) نداشت. کمترین مقدار نیز در تیمار تنش خشکی ۵۰٪ ظرفیت زراعی بدون مصرف کود به مقدار ۱۳۵۷۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. از طرفی در تمامی سطوح تنش همواره بیشترین مقدار این شاخص در تیمار مصرف اوره حاصل شد. در تمامی سطوح تنش کمترین مقدار این شاخص در تیمار شاهد حاصل شد (شکل ۲).

در مطالعه‌ای که بر روی گیاه نیشکر (*Saccharum Offinarum*) صورت گرفت مشاهده شد که کاربرد باکتری-های حل‌کننده فسفات، غلظت فسفر غلاف برگ و عملکرد ساقه نیشکر را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Saedi, 2007). در آزمایشی تیمارهای ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به‌تنهایی و مخلوط این دو باکتری عملکرد گندم را به ترتیب ۹/۱، ۸/۲ و ۱۳/۹ درصد افزایش داده‌اند (Fasihi et al., 2006). بررسی جاوید (Javid et al., 2008) در واکنش گیاه ذرت به پرایمینگ با باکتری‌های محرک رشد حاکی از افزایش معنی‌دار وزن ساقه (۲۰/۸٪) و طول ساقه (۱۱/۶٪) نسبت به تیمار شاهد بود. از ۱۱ سویه مورد آزمایش در این تحقیق ۵ سویه که همگی از جنس سودوموناس بودند موجب افزایش رشد ذرت شدند. تحقیقات بسیاری (Ahmadali and Khalili, 2006; Javid et al.,

www.SID.ir

Archive of SID

2008; Saedi, 2007) تأثیر مثبت باکتری‌های جنس سودوموناس را در افزایش رشد و عملکرد گیاهان خانواده گرامینه و غیر گرامینه نشان داده‌اند. احتمالاً با مصرف باکتری‌های محرک رشد، جذب و ذخیره مواد غذایی در بخش‌های مختلف گیاه ازجمله برگ و ساقه افزایش می‌یابد و با ذخیره این مواد در گیاه، عملکرد ماده خشک کل گیاه نیز افزایش می‌یابد. باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر در این کود، علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پرمصرف و ریزمغذی موردنیاز گیاه، با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه نظیر انواع هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد مانند اکسین، ترشح اسیدهای آمینه مختلف، انواع آنتی‌بیوتیک موجب رشد قسمت‌های هوایی زعفران (*Crocus sativus*) شده است. همچنین این باکتری‌ها می‌توانند با سایر میکروارگانیسم‌های ریزوسفر اثر هم‌افزایی مفیدی بر گیاهان داشته باشند. احتمالاً در این آزمایش نیز مجموعه این عوامل موجب افزایش ماده خشک کل شده است.



شکل ۲. اثر سطوح آبیاری (تنش خشکی) و کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک

Fig. 2. Effect of irrigation levels (drought stress) and nitrogen fertilizer on biological yield.

شاخص برداشت

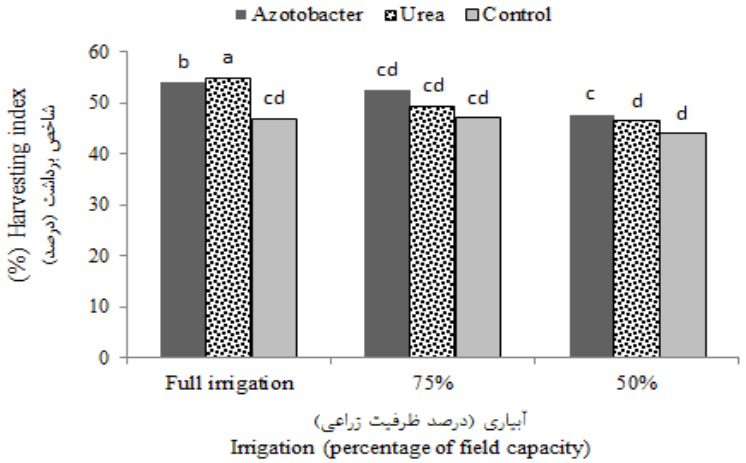
اثر تنش خشکی، کود نیتروژن و کود فسفر، اثر متقابل تنش خشکی و نیتروژن، اثر متقابل تنش خشکی و فسفر و اثر متقابل کود فسفر و کود نیتروژن بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج این بررسی نشان داد که در تیمار آبیاری کامل همراه با مصرف اوره شاخص برداشت به مقدار ۵۵ درصد است که اختلاف معنی‌داری با تیمار آبیاری کامل و مصرف ازتوباکتر نداشت. کمترین مقدار نیز در تیمار تنش خشکی ۵۰٪ ظرفیت زراعی بدون مصرف کود به مقدار ۴۴ درصد به دست آمد (شکل ۲). نتایج نشان داد که در تیمار آبیاری کامل همراه با مصرف سوپرفسفات تریپل شاخص برداشت به مقدار ۵۶/۱ درصد حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح تنش نداشت. در تیمار تنش خشکی ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی همراه با مصرف سودوموناس شاخص برداشت به مقدار ۵۱/۸ درصد حاصل شد که بیشتر از مصرف سوپرفسفات تریپل بود (جدول ۴). در تیمار مصرف سودوموناس و ازتوباکتر شاخص برداشت به مقدار ۴۶/۵ درصد حاصل شد. در تیمار عدم مصرف هر نوع کود شاخص برداشت به مقدار ۴۱/۴ درصد بود. در تمامی سطوح کود فسفر همواره بیشترین مقدار شاخص برداشت در تیمار مصرف ازتوباکتر به دست آمد (جدول ۶).

تنش خشکی باعث کاهش رشد اندام‌های مختلف گیاه ذرت و به‌تبع آن کاهش عملکرد بیولوژیک شده است؛ از این طریق شاخص برداشت را نیز تغییر داده است. نتایج مربوط به این بخش با نتایج احمدآلی و خلیلی (Ahmadali and Khalili, 2006) مبنی بر کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی مطابقت دارد. مهم‌ترین اثر کمبود آب،

www.SID.ir

Archive of SID

محدود کردن میزان توسعه برگ است که در بیشتر موارد، تجمع ماده خشک و عملکرد گیاه زراعی را محدود می‌کند. دلیل کاهش میزان تجمع ماده خشک در شرایط کم‌آبی، محدود شدن میزان توسعه سطح برگ است که با تجمع ماده خشک و عملکرد گیاه زراعی در ارتباط است.



شکل ۳. اثر سطوح آبیاری (تنش خشکی) و کود نیتروژن بر شاخص برداشت

Fig. 3. Effect of irrigation levels (drought stress) and nitrogen fertilizer on harvest index

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن و کود فسفر بر صفات موردبررسی

Table 6. Means comparison for the effect of interactions between nitrogen fertilizer and phosphorus fertilizer on the studied traits

کود فسفره Phosphorus fertilizer	کود نیتروژنه Nitrogen fertilizer	شاخص برداشت HI (%)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g fresh weight)
سوپرفسفات تریپل Triple Superphosphate	ازتوباکتر Azotobacter	46.5^{a}	4.92^{a}
	اوره Urea	44.8^{b}	4.62^{b}
	شاهد Control	42.7^{c}	4.01^{c}
سودوموناس Pseudomonas	ازتوباکتر Azotobacter	46.5^{a}	4.87^{a}
	اوره Urea	43.3^{bc}	4.52^{b}
	شاهد Control	44.7^{b}	4.01^{c}
شاهد Control	ازتوباکتر Azotobacter	44.9^{b}	4.02^{c}
	اوره Urea	41.9^{d}	3.74^{d}
	شاهد Control	41.4^{d}	4.11^{c}

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with similar letters in each column, show non- significant difference according to duncan multiple range tests at 5% level

www.SID.ir

Archive of SID

کلروفیل a و کلروفیل b

اثر تنش خشکی، کود نیتروژن و کود فسفر بر کلروفیل a معنی‌دار بود ولی هیچ‌یک از اثرات متقابل تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها بیانگر این است که در تیمار تنش ۵۰٪ ظرفیت زراعی، کلروفیل aبه مقدار ۱۵/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود که نسبت به تیمار آبیاری کامل ۱۳/۷ درصد افزایش نشان داد. اختلاف بین سطوح تنش خشکی نیز معنی‌دار بود.

در تیمار مصرف کود اوره شاخص فوق به مقدار ۱۴/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود که با تیمار ازتوباکتر اختلاف معنی‌داری نداشت. در تیمار مصرف سوپرفسفات تریپل کلروفیل aبه مقدار ۱۳/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود که نسبت به تیمار سودوموناس اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۳). نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی، کود نیتروژن و کود فسفر و اثر متقابل کود نیتروژن و کود فسفر بر کلروفیل b معنی‌دار بود ولی سایر اثرات متقابل تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۲). در تیمار مصرف سوپرفسفات تریپل و ازتوباکتر، کلروفیل b به مقدار ۴/۹۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود. در تیمار عدم مصرف هر نوع کود کلروفیل b به مقدار ۴/۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود. در تمامی سطوح کود فسفر همواره بیشترین مقدار کلروفیل b در تیمار مصرف ازتوباکتر حاصل شد (جدول ۶).

نیتروژن موجود در کود اوره به‌وسیله فعال نمودن آنزیم پروتولیز در برگ‌ها باعث افزایش فتوسنتز می‌گردد و جریان مواد نیتروژنی از برگ‌ها به بذرها را افزایش می‌دهد (Ghorbanli et al., 2006). ازآنجاکه نیتروژن مستقیماً در ساختار مولکول کلروفیل شرکت می‌کند، پس ارتباط مثبت و معنی‌داری بین مقدار نیتروژن برگ و مقدار کلروفیل وجود دارد (Ghorbanli et al., 2006). احتمالاً کود اوره و کود بیولوژیک با در اختیار قرار دادن عنصر نیتروژن برای گیاه موجب افزایش میزان کلروفیل برگ شده است.

درصد پروتئین

اثر تنش خشکی، کود نیتروژن، کود فسفر و اثر متقابل تمامی تیمارها بر درصد پروتئین معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج این بررسی نشان داد که در تیمار آبیاری کامل همراه با مصرف اوره و عدم مصرف کود فسفر بیشترین درصد پروتئین به - مقدار ۹/۳۹ درصد بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار آبیاری کامل و مصرف سوپرفسفات تریپل و ازتوباکتر؛ و تیمار آبیاری کامل و مصرف ازتوباکتر و عدم مصرف کود فسفره نداشت. همچنین در کلیه سطوح تنش و مصرف سوپرفسفات تریپل، ازتوباکتر موجب افزایش درصد پروتئین نسبت به تیمار شاهد شد. در تیمار تنش خشکی ۵۰٪ ظرفیت زراعی بدون مصرف کود، درصد پروتئین به مقدار ۶/۹۹ درصد حاصل شد که برتر از سایر تیمارها در این سطح تنش بود که به‌خوبی اثر سودوموناس و ازتوباکتر برای مقابله با تنش را نشان داد (جدول ۵).

نیتروژن عنصر اصلی تشکیل‌دهنده ساختمان پروتئین است و با تثبیت بیولوژیک ازت توسط باکتری‌های محرک رشد و انتقال آن به دانه، درصد پروتئین دانه افزایش یافت. یافته‌های امیدی و همکاران (Omidi et al., 2008) نشان داد که کود زیستی نیتروکسین می‌تواند با فراهم‌سازی ترکیبات، مواد هورمونی و ویتامین‌های محلول در آب، ایجاد حالت همکاری متقابل با سایر میکروارگانیسم‌ها و تولید ترکیبات اولیه مؤثر در بیوسنتز گلوکوزیدها و تجزیه آن‌ها به ترکیبات ثانویه مثل پروتئین نقش داشته باشد. در تحقیق بحرانی و همکاران (Bohrani et al., 2007)بیان شد با توجه به اینکه ازتوباکتر و آزوسپیریلوم باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هستند و این عنصر ماده اولیه تشکیل-دهنده پروتئین است، احتمالاً یکی از دلایل درصد پروتئین با کاربرد باکتری‌های آزوسپیریلوم و ازتوباکتر، تثبیت نیتروژن توسط این باکتری‌ها است. همچنین ثانی و همکاران (Sani et al., 2007) در مطالعه‌ای بر روی گیاه ذرت نشان دادند که بالاترین درصد پروتئین دانه مربوط به اثر متقابل کاربرد ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و کود دامی به میزان ۹/۳۴٪ و کمترین میزان مربوط به عدم کاربرد این سه فاکتور به میزان ۷/۸۴٪ بوده است.

عملکرد پروتئین

اثر اصلی تنش خشکی، کود نیتروژن، کود فسفر و اثر متقابل تمامی تیمارها بر عملکرد پروتئین معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه نشان داد که در تیمار آبیاری کامل همراه با مصرف سوپرفسفات تریپل و ازتوباکتر، بیشترین عملکرد پروتئین به مقدار ۱۱۰۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد ولی اختلاف معنی‌داری در همین سطح تنش با مصرف سوپرفسفات تریپل و اوره (۱۰۳۶ کیلوگرم در هکتار)؛ تیمار آبیاری کامل و مصرف سودوموناس و اوره (۱۱۱۲ کیلوگرم در هکتار) و تیمار آبیاری کامل و مصرف اوره و عدم مصرف کود

www.SID.ir

Archive of SID

فسفره (۱۰۶۶ کیلوگرم در هکتار) نداشت. همچنین در کلیه سطوح تنش خشکی و مصرف سوپرفسفات تریپل، ازتوباکتر موجب افزایش عملکرد پروتئین نسبت به تیمار شاهد شد، به‌طوری‌که در تیمار خشکی ۵۰٪ ظرفیت زراعی همراه با مصرف سوپرفسفات تریپل، بیشترین عملکرد پروتئین با مصرف ازتوباکتر به مقدار ۶۳۹/۴ کیلوگرم در هکتار بود. در تیمار تنش خشکی ۷۵٪ ظرفیت زراعی همراه با مصرف سودوموناس و ازتوباکتر عملکرد پروتئین به مقدار ۷۴۴/۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که برتر از سایر تیمارها در این سطح تنش بود (جدول ۵).

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌جانبه بر صفات موردبررسی

Table 7. Comparison of the means for triple interaction effects on the studied traits

تنش خشکی Drought stress (percentage of field capacity)	کود فسفره Phosphorus fertilizer	Nitrogen fertilizer	کود نیتروژنه	درصد پروتئین دانه Seed Protein (%)	عملکرد پروتئین Protein yield (kg/ha)
آبیاری کامل Full irrigation	سوپرفسفات تریپل Triple Superphosphate	Azotobacter	ازتوباکتر	9.32^{a}	1106 ^{a}
		Urea	اوره	8.38^{a-f}	1036 ^{abc}
		Control	شاهد	7.81^{c-g}	721.0^{fgh}
75	سوپرفسفات تریپل Triple Superphosphate	Azotobacter	ازتوباکتر	8.62^{a-d}	900.2^{de}
		Urea	اوره	8.74^{abc}	923.5^{bcd}
		Control	شاهد	7.59^{c-g}	515.7^{jkl}
50	سوپرفسفات تریپل Triple Superphosphate	Azotobacter	ازتوباکتر	7.92^{b-g}	639.4^{hij}
		Urea	اوره	8.47^{a-f}	615.6^{hij}
		Control	شاهد	7.69^{c-g}	438.2^{hij}
آبیاری کامل Full irrigation	سودوموناس Pseudomonas	Azotobacter	ازتوباکتر	8.74^{abc}	1038.6^{ab}
		Urea	اوره	9.02^{ab}	1112 ^{a}
		Control	شاهد	7.75^{c-g}	656.9^{ghi}
75	سودوموناس Pseudomonas	Azotobacter	ازتوباکتر	7.98^{b-g}	710.4^{fgh}
		Urea	اوره	8.32^{a-f}	798.9^{ef}
		Control	شاهد	8.58^{a-e}	575.6^{i-l}
50	سودوموناس Pseudomonas	Azotobacter	ازتوباکتر	8.4^{a-f}	774.4^{fg}
		Urea	اوره	7.93^{b-g}	639.1^{hij}
		Control	شاهد	8.74^{abc}	542.8^{i-l}
آبیاری کامل Full irrigation	شاهد Control	Azotobacter	ازتوباکتر	7.98^{b-g}	702.8^{fgh}
		Urea	اوره	9.39^{a}	1066 ^{a}
		Control	شاهد	7.42^{efg}	520.3^{jkl}
75	شاهد Control	Azotobacter	ازتوباکتر	9.1^{ab}	574.0^{jkl}
		Urea	اوره	7.42^{efg}	513.2^{jkl}
		Control	شاهد	7.53^{d-g}	458.4^{klm}
50	شاهد Control	Azotobacter	ازتوباکتر	7.78^{c-g}	451.5^{klm}
		Urea	اوره	7.56^{d-g}	416.1^{lm}
		Control	شاهد	6.99^{g}	372.2^{m}

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with similar letters in each column, show non- significant difference according to Duncan multiple range test at 5% level.

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد پروتئین از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد پروتئین است، لذا افزایش عملکرد پروتئین با افزایش مصرف کود اوره و مصرف کود بیولوژیک قابل‌انتظار است. همچنین کاهش عملکرد پروتئین با افزایش شدت تنش به دلیل کاهش بیشتر عملکرد نسبت به افزایش درصد پروتئین رابطه مستقیمی دارد. در تحقیقی توسط موتازا (Mortaza et al., 2010) نشان داده شده است که اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه، مقدار پروتئین دانه سویا (*Glycine max*) را افزایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج نشان داد که سودموناس و ازتوباکتر چه در حالت اعمال تنش با مقدار پایین و یا به مقدار زیاد موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه ذرت شدند. کود زیستی سودوموناس و ازتوباکتر و کود اوره می‌توانند قسمت اعظم عناصر غذایی موردنیاز گیاه ذرت را تأمین کنند. همچنین اگر کود بیولوژیک ازتوباکتر و سودوموناس در حالت تنش ۵۰٪ ظرفیت زراعی مزرعه مصرف شوند موجب افزایشی ۱۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به همین سطح تنش و مصرف کود اوره می‌شود. همچنین اگر کود بیولوژیک ازتوباکتر و سودوموناس در حالت تنش ۵۰٪ ظرفیت زراعی مزرعه مصرف شوند؛ موجب افزایشی ۳۹ درصدی عملکرد دانه نسبت به همین سطح تنش و عدم مصرف هر نوع کود می‌شود. کود بیولوژیک ازتوباکتر و سودوموناس در بهبود و افزایش عملکرد پروتئین به‌عنوان یکی از اجزاء مهم کیفیت دانه نیز مؤثر واقع‌شده‌اند؛ که در صورت انجام این عملیات می‌توان مقدار مصرف کود اوره را پایین آورد. این موضوع می‌تواند در کاهش هزینه‌ها و حفظ پایداری بوم نظام‌های کشاورزی و سلامتی خاک تأثیر به سزایی داشته باشد.

منابع

Ahmadali, J., Khalili, M., 2006. Effect of low irrigation on yield and yield components of maize in Miandoab region. Iranian Journal of Water Research. 1(1), 17-28.

Ahmadian, A., Ghanbari A., Golvi, M., 2006. Effect of animal fertilizer use on quantitative and qualitative yield and chemical indices of cumin essential oil. Journal of Research and Development. 4(2), 1-10. [In Persian with English summary].

Alizadeh, A., Alizadeh, A., Khastkhodaei, A., 2008. Study on the application of mycorrhiza and Azospirillum with the aim of optimizing nitrogen fertilizer and phosphorus use in corn stable corn. Recent Agricultural Findings. 3(1), 55-65. [In Persian with English summary].

Amoaghaei, A, R., Mostajeran, A., Emtiazi, G., 2003. Effect of Azospirillum on some growth and yield indices of three wheat cultivars. Journal of Crop Production and Processing. 7(2), 127-138.

Bagheri, H., Shirani Rad, A.H., Mirahadi, M.J., Delkhosh, B., 2009. Effect of different drought stress severity on quantitative and qualitative traits (*Brassicas napus* L.) of two canola cultivars, Journal of Crop Physiology. 1(4), 1-14. [In Persian with English summary].

Bahamin, S., Parsa, S., Ghoreishi, S., 2013.The examination of effects of growth stimulating and salinity bacteria on the characteristics of *Mentha spicata* leaves. International Journal of Agronomy and Plant Production. 4(9), 2119-2125.

Bahamin, S., 2011. Effect of Biological, Livestock and Chemical Fertilizers on Quantitative and Qualitative Function of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). Master's thesis for Agro-ecology, Birjand University. [In Persian with English Summary].

Bary, S.A., 1997. Soil Nutrient Bioavailability. A Mechanistic Approach. John Willey and Sons, New York. pp. 114-134.

Bohrani, A, Hosseini, M., Memar, S., Tahmasbi Sarvestani, Z., 2007. Effect of Azospirilum and Azotobacter bacteria along with micronutrient application as spraying and application in soil on quantitative and qualitative characteristics of five wheat cultivars after corn cultivation in Fars province. Journal of Agricultural Sciences. 2(3), 376-367.

Dordas, C., 2009. Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation. Partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source-sink relation. European Journal of Agronomy. 30, 129-139.

www.SID.ir

Archive of SID

Doss, B.D., Pearson, R.W., Howard. T.R. 1974. Effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield. Journal of Agronomy and Life Sciene. 66(5), 297-299.

Emam, Y., Eilkaee, M. N. 2002. Effects of plant density and chlormequat chloride (CCC) on morphological characteristics and grain yield of winter oilseed rape cv. Talayeh. Iranian Journal of Crop Sciences. 4(4), 1-8.

Fageria, N.K., Baligar, V.C., 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advance in Agronomy. 88(7), 97-185.

Fallahi, J., Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P., 2009. Effect of biological fertilizers on quantitative and qualitative yield of German chamomile (*Matricaria chamomilla*). Iranian Journal of Crop Research. 1(2), 135-127. [In Persian with English Summary].

Fathi, A., Tari, D.B., 2016. Effect of drought stress and its mechanism in plants. International Journal of Life Sciences. 10(1), 1-6.

Gorchiani, M., Akbari, Gh., Alikhani, H., Allah Dadi, A., Zarei, M., 2011. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and *Pseudomonas fluorescens* on Phosphorus Fertilizer Use Efficiency, Mycorrhizal Dependence and Maize Yield under Water Deficit Conditions. Journal of Water and Soil Science, 21 (1), 97-114. [In Persian with English Summary].

Jackson, M.C., 1964. Soil chemical analysis. Constable Co. Ltd. London. Pp. 183-192.

Kazemi, Sh., Azarabadi, S., Rahimzadeh Khui, F., Nazari, N., Mardan, R., 2011. Effect of Different Levels of Triple Super Superconduct Trees on Grain Yield and Morphological Characteristics of Maize. The First National Conference on Modern Issues in Agriculture, University of Saveh, November 2011.

Kizilkaya, R., 2009. Nitrogen fixation capacity of Azotobacter spp. strains isolated from soils in different ecosystems and relationship between them and the microbiological properties of soils. Journal of Environment Biology. 30(1), 73-82.

Koocheki, A., Jami Al-Ahmadi, M., Kamkar, B., Mahdavi, D., 2005. Ecological Principles of Agriculture. Powers, L.E., and McSorley, R. (translated). Jahad daneshgahi press. p 472.

Majidian, M., Ghalavand A., Kamgar Haghighi, A., Karimian, N., 2008. Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and organic fertilizer on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components in grain maize CV. SC 704. Journal of Agricultural Sciences. 10(3), 330-303. [In Persian with English Summary].

Masjedi, A., Shokohfar, A., Alavi Fazel, M., 2008. Determination of the most suitable irrigation intervals of summer corn and studying the effect of drought stress on the product using class a pan evaporation information. Agricultural and Natural Resources Science and Technology. 12 (46), 543-550. [In Persian with English Summary].

Momeni, S., 2011. Effect of Seed Priming with Salicylic Acid and Polyethylene Glycol, and Plant Salmonella with Salicylic Acid on Drought Resistance of Maize (*Zea mays* L.). Master's thesis for seeds science and technology, Birjand University. [In Persian with English Summary].

Mosali, J., Desta, K., Teal, K.R., Freeman, K.W., Martin, K.L., Lawles, J., Raun, W.R., 2006. Phosphorus uptake, and use efficiency. Journal of Plant nutrition. 4(3), 12-24.

Movahedi, M., 2012. Evaluation of the Effect of Potassium and Zinc Fertilizers on Drought Tolerance; Yield and Yield Components of Sweet Corn in Dehloran City. Master's thesis for Agronomy. Islamic Azad University, Dezful Branch. [In Persian with English Summary].

Naderi darbaghshahi, M., Madani, H., Hosseini, S., Javanmard, H., 2010. Investigation of the response of autumn rape hybrids to irrigation in different stages of growth, New Finding in Agriculture. 7(4), 385-397. [In Persian with English Summary].

Omidi, H., NaghdiBadi, H.A. Golzad, A., Torabi, H., Ftokian, M.H., 2009. The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of Saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Medicinal Plants, 8(2): 98-109.

Sabahi, H., 2006. Effects of integrated application of chemical and organic fertilizers on biological activity, soil physiochemical properties and Canola yield in Zirab of Sary province in Iran. Master's thesis for Agronomy, Tarbiat Modaress University. [In Persian with English Summary].

Saedi, H., 2007. Effect of some high and low consumption elements on yield components and other agronomic traits of sunflower in a calcareous soil in Isfahan. Journal of

www.SID.ir

Archive of SID

Agricultural Science and Technology. 1(11), 365-355. [In Persian with English summary].

Sani, B., Rajabzadeh, F., Liaqati, H., Ghoshchi, F., Carver, M., 2007. The role of biological fertilizers on quantitative and quantitative indices of corn in ecosystem. Proceedings of the Second National Conference on Ecological Agriculture of Iran. October 26-25, Gorgan, Iran. [In Persian].

Sarikhani, MR., Aliasgharzad, N., Malboobi, MA. 2013. Improvement of wheat phosphorus nutrition using phosphate solubilizing bacteria', Journal of Soil Management and Sustainable Production. 3(1), 39-57. [In Persian with English summary].

Shaalan, M.N., 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of (*Nigella sativa* L.) plants. Egyptian Journal of Agricultural Research. 83(3), 811-828.

Shoghi Kalkhoran, Q., Qalavand, A., Modares Sani, S.A.M., and Akbari, P. 2010. Effect of nitrogen fertilizer and bio fertilizer on yield and quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Agricultural Sciences of Iran. 12 (4), 481-467. [In Persian with English summary].

Siluppur, M., Jafari, P., Mallasin, H., 2009. The effects of drought stress and plant density on yield and some agronomic traits of maize (Sc301). Journal of Research in Agricultural Science. 2(2), 13-24. [In Persian with English summary].

Taheri Oshtrinani, F., Fathi, A., 2016. The impacts of mycorrhiza and phsphorus along with the use of salicylic acid on maize seed yield. Journal of Crop Ecophysiology. 10(3), 657-668. [In Persian with English summary].

Uhart, S.A., Andrade, F.H., 1995. Nitrogen deficiency in maize: II. Carbonnitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. Crop Science. 35(4), 1384-2010.

Yazdani, M., Pirdashti, H., Esmaili, M.A., and Bahmanyar. M.A. 2010. Effect of inoculation phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on nutrient use efficiency in corn (*Zea mays* L.) cultivation. Electronic Journal of Crop Production, 3(2), 65-80. [In Persian with English summary].

Zabet, M., Bahamin, S., Ghoreishi, S., Sadeghi, H., Moosavi, S., 2015. Effect of deficit irrigation and nitrogen fertilizer on quantitative yield of aboveground part of forage pear millet (*Pennisetum glaucum*) in Birjand. Environmental Stresses in Crop Sciences, 7(2), 187-194. [In Persian with English summary].

Zabihi, H.R., Sovagebi, G.R., Khavazi, K., Ganjali, A., 2009. Response of wheat growth and yield to application of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of phosphorus fertilization. Iranian Journal of Field Crops Research. 7(1), 51-41. [In Persian with English summary].

Zahir, A. Z., Arshad M., and Frankenberger, W. F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria. Advances in Agronomy. 81(4), 97-168.

Zarabi, M., Alahdadi, I., Akbari, Gh.A., Iran Nejad, H., Akbari. Gh.A., 2010. Reduction of drought stress effects on yield and yield components of grain corn (*Zea mays* L.) using mixed biofertilizers and phosphorus. Journal of Crops Improvement. 12(2), 37-50. [In Persian with English summary].

www.SID.ir