Archive of SID

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۴ (ص ۴۹۶-۴۸۵)

تأثیر پوشش‌دار کردن بذر با باکتری‌های محرک رشد و عناصر ریزمغذی بر عملکرد کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای

فاطمه سعادت[۱]، سید محمدرضا احتشامی[۲*]، جعفر اصغری[۳] و محمد ربیعی[۴]
۱، ۲، ۳. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، استادیار و استاد، دانشگاه گیلان
۴. محقق، مؤسسهٔ تحقیقات برنج رشت

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۵/۷)

چکیده

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهانی است که تولید علوفهٔ آن در کشور رو به توسعه است. این پژوهش صحرایی به منظور بررسی تأثیر پوشش‌دار کردن بذر با باکتری‌های محرک رشد (*ازتوباکتر* و *سودوموناس*) و عناصر ریزمغذی (روی، بر، مولیبدن، مس، آهن و منگنز) بر عملکرد کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای رقم ۶۴۰NS به اجرا درآمد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور در سال ۱۳۹۳ انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل بذر بدون پوشش، بذر پوشش‌دار بدون باکتری و بدون عناصر ریزمغذی، پوشش بذر با عناصر ریزمغذی (روی، مولیبدن، بر، مس، آهن و منگنز) و بدون باکتری، پوشش بذر با باکتری *سودوموناس* و بدون عناصر ریزمغذی، پوشش بذر با باکتری *سودوموناس* و عناصر ریزمغذی، پوشش بذر با باکتری *ازتوباکتر* و بدون عناصر ریزمغذی، پوشش بذر با باکتری *ازتوباکتر* و عناصر ریزمغذی، پوشش بذر با مخلوطی از باکتری‌های *سودوموناس* و *ازتوباکتر* و بدون عناصر ریزمغذی و پوشش بذر با مخلوطی از باکتری‌های *سودوموناس* و *ازتوباکتر* و عناصر ریزمغذی بودند. تیمار پوشش بذر با باکتری *سودوموناس* و عناصر ریزمغذی در بیشتر صفات مورد بررسی بالاترین میزان را داشتند. از نظر کیفیت علوفه نیز، تیمار یادشده بیشترین قابلیت هضم علوفهٔ خشک، پروتئین خام و کربوهیدرات محلول در آب را به خود اختصاص داد. بیشترین فیبر خام و خاکستر نیز در تیمار شاهد مشاهده شد. نتایج نشان داد که باکتری‌های محرک رشد به همراه عناصر ریزمغذی اثربخشی بیشتری در رشد گیاه دارند. این باکتری‌ها در تلفیق با عناصر ریزمغذی می‌توانند به افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه منجر شوند.

واژه‌های کلیدی: *ازتوباکتر*، پروتئین خام، *سودوموناس*، عملکرد علوفه، قابلیت هضم علوفه.

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) گیاهی علفی، تک‌لپه، یکساله و از خانوادهٔ گندمیان (Poaceae) است، که تنوع رخ‌نمونی (فنوتیپی) بسیار زیادی دارد. پس از گندم و برنج، مهم‌ترین مادهٔ غذایی جهان را تشکیل می‌دهد. در بین غلات، این گیاه بیشترین تنوع در مصرف را دارد، زیرا افزون بر مصرف به عنوان غذای انسان، به عنوان علوفه برای دام‌ها، صنایع تخمیری و تهیهٔ فرآورده‌های گوناگون صنعتی از جمله اتانول نیز استفاده می‌شود (Hamidi *et al*., 2007; Imam, 2003).

* تلفن: ۰۹۱۲۲۱۶۵۷۴۸
E-mail: smrehteshami@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

کودهای زیستی در حقیقت ماده‌ای شامل انواع مختلف ریزجانداران آزادزی بوده که توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی را از شکل غیر قابل دسترس به شکل قابل دسترس در فرایندهای زیستی داشته (Vessey, 2003) و منجر به توسعهٔ نظام ریشه‌ای و جوانه‌زنی بهتر بذرها می‌شوند (Chen, 2006). باکتری‌های آزادزی سودمند فراریشه (ریزوسفر) را اغلب باکتری‌های محرک رشد گیاه[1] یا PGPR می‌نامند (Klopper *et al*., 1991). این باکتری‌ها می‌توانند به‌طور مستقیم (تثبیت نیتروژن، تولید مواد تنظیم‌کنندهٔ رشد گیاه، تولید آنزیم ACC دآمیناز، افزایش قابلیت جذب عناصر مختلف برای گیاه، تولید ویتامین‌ها و دیگر مواد محرک رشد گیاه) و یا غیرمستقیم (تولید پادزیست یا آنتی‌بیوتیک، تخلیهٔ فراریشه از آهن، رقابت با گونه‌های زیان‌آور برای سرایت به ریشه، تولید آنزیم‌های متلاشی (لیز)کنندهٔ دیوارهٔ یاخته‌ای (سلولی) قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی، ایجاد مقاومت نظام‌یافته (سیستمیک) در گیاه و نیز با افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های غیرزنده) موجب افزایش رشد گیاه شوند. باکتری‌های محرک رشد همچنین میزان‌های بالای ویتامین B، اسید نیکوتینیک، هتروکسین‌ها و دیگر ترکیبات را در خاک آزاد می‌کنند که منجر به افزایش رشد گیاهان می‌شود (Ramakrishnan & Selvakumar, 2012). از سویی دیگر، تسریع فرایند جوانه‌زنی، پیش‌نیاز استقرار یک پوشش گیاهی خوب و استفادهٔ کارآمد از منابع و افزایش عملکرد است (Harris, 1996).

پوشش‌دار کردن بذر[2] یکی از روش‌های تقویت‌کنندهٔ بذر است که با هدف‌های مختلفی از جمله افزایش سرعت و میزان جوانه‌زنی، جلوگیری از آسیب و زیان آفات و بیماری‌ها، آسان‌سازی عملیات بذرکاری، توزیع یکنواخت بذر (به‌ویژه در بذرپاشی هوایی)، حفظ رطوبت در اطراف بذر با استفاده از مواد جذب‌کنندهٔ رطوبت، افزایش عملکرد، تأخیر در جوانه‌زنی، جلوگیری از خورده شدن بذر توسط جانوران و افزایش سرعت و توان استقرار گیاه انجام می‌گیرد (Zohoryan Mehr, 2006; Jafarian & Lahoti, 2006; Kephart *et al*., 2004; Scott *et al*., 1997). در پوشش‌دار کردن بذر، مواد مناسبی از جمله ریزجانداران، مواد تنظیم‌کنندهٔ رشد گیاه، عناصر غذایی و چندین مادهٔ شیمیایی دیگر به همراه یک مادهٔ چسباننده در اطراف بذر قرار می‌گیرند (Farooq *et al*., 2012). هاوارد و ترنر (Mehrabi *et al*., 2010) با انواع مواد پوشش‌دهندهٔ رسی، بذر گیاهان علوفه‌ایی (گراس‌هایی) مانند علف گندمی بلند (*Agropyron elongatum*) و لگوم‌هایی مانند یونجه (*Medicago sativa*) را پوشش‌دار کرده و در بذرکاری مراتع استفاده کردند. گزارش شده است که تلقیح بذر با مخلوطی از باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* به همراه کاربرد کودهای فسفاته و نیتروژنه موجب افزایش رشد و عملکرد تاتوره (*Datura stramonium*) شد (Sharaf, 1995).

در شرایط نامساعد خاک‌های ایران از جمله اسیدیتهٔ بالای خاک، کمبود مادهٔ آلی، میزان‌های بالای کلسیم و کاربرد میزان‌های بالای کود فسفره، توانایی جذب عناصر کم‌مصرف کاهش می‌یابد که منجر به کاهش رشد گیاه نیز می‌شود (Safyan *et al*., 2012). عناصر کم‌مصرف اغلب به عنوان عامل کمکی (کوفاکتور) در سامانه‌های آنزیمی و در واکنش‌های اکسایش-احیا (Redox) شرکت می‌کنند. بیشترین اهمیت عناصر کم‌مصرف، نقش آنها در فرآیندهای کلیدی فیزیولوژیکی در نورساخت (فتوسنتز) و تنفس است و کمبود آنها می‌تواند از این فرآیندهای فیزیولوژیکی جلوگیری کند و سپس باعث محدودشدن عملکرد دانه شود (Marschner, 1995). گزارش شده است که میزان جوانه‌زنی بذرهای پنبهٔ پوشش‌دار شده با باکتری‌های محرک رشد Rs-5 و BCL-8، ۱۱/۳ درصد افزایش یافت (Zhansheng *et al*., 2012). نتایج بررسی گاد در مورد دو گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) و شوید (*Anethum graveolense*) نشان داد که حضور توأم باکتری و عناصر ریزمغذی تأثیر افزایشی بر عملکرد دانه داشت (Gad, 2001). به‌طورکلی در بررسی‌های انجام‌شده در ایران مشخص شد که در زمینهٔ پوشش بذر با هدف افزایش جوانه‌زنی

1. Plant Growth Promoting Rhizobacteria
2. Seed coating

www.SID.ir

Archive of SID

و استقرار گیاه تحقیقات کمی انجام شده و به‌ویژه به تأثیر مواد پوشش‌دهنده در جوانه‌زنی و استقرار آنها کمتر توجه شده است. هدف از این تحقیق، بررسی مواد مناسب برای پوشش بذر، نوآوری در شیوه‌های پوشش‌دارکردن بذر و در نهایت شناخت تأثیر باکتری‌های محرک رشد و عناصر کم‌مصرف به‌عنوان مواد پوشش‌دهندهٔ بذر بر میزان جوانه‌زنی، استقرار و عملکرد کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای رقم ۶۴۰NS بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال زراعی ۱۳۹۳ در مزرعهٔ پژوهشی مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور-رشت با طول جغرافیایی ۴۱ درجه و ۳۶ دقیقهٔ شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقهٔ شمالی و ارتفاع ۷ متر پایین‌تر از سطح دریاهای آزاد، واقع در کیلومتر ۸ جادهٔ رشت-قزوین به اجرا درآمد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. رقم ذرت مورد استفاده، ۶۴۰NS بود. تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق شامل بذر بدون پوشش (A)، بذر پوشش‌دار بدون باکتری و بدون عناصر ریزمغذی (B)، پوشش بذر با عناصر ریزمغذی (روی، مولیبدن، بر، مس، آهن و منگنز) و بدون باکتری (C)، پوشش بذر با باکتری *سودوموناس* و بدون عناصر ریزمغذی (D)، پوشش بذر با باکتری *سودوموناس* و عناصر ریزمغذی (E)، پوشش بذر با باکتری *ازتوباکتر* و بدون عناصر ریزمغذی (F)، پوشش بذر با باکتری *ازتوباکتر* و عناصر ریزمغذی (G)، پوشش بذر با مخلوطی از باکتری‌های *سودوموناس* و *ازتوباکتر* و بدون عناصر ریزمغذی (H) و پوشش بذر با مخلوطی از باکتری‌های *سودوموناس* و *ازتوباکتر* و عناصر ریزمغذی (I) بودند. عملیات خاک‌ورزی پیش از کاشت انجام شد و نمونهٔ مرکبی از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه برای آزمون خاک تهیه و به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل و نتایج در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

هدایت الکتریکی $EC\times10^3$	pH	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر (قسمت در میلیون)	پتاسیم (قسمت در میلیون)	آهن (قسمت در میلیون)	روی (قسمت در میلیون)	منگنز (قسمت در میلیون)	مس (قسمت در میلیون)	بافت خاک
۱	۶/۸۲	۱/۶۹	۰/۱۲۲	۲۸/۵	۳۰۰	۱۳/۴	۴/۴	۸/۶	۳/۱	سیلتی- رسی
≤ ۱/۵	۶/۵-۷	≥۲	≥۰/۲	≥۱۵	≥۲۵۰	۲۵	۸/۶	۲۲	۵	بهینه

برای انجام عملیات تهیهٔ زمین، شخم به عمق ۲۰-۳۰ سانتی‌متر با گاوآهن برگردان‌دار پیش از کشت انجام گرفت. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت به طول ۴ متر و به فاصلهٔ ۵۰سانتی‌متر، فاصلهٔ روی ردیف ۱۲سانتی‌متر، فاصلهٔ بین کرت‌های آزمایشی ۵۰ سانتی‌متر و بین دو تکرار ۲ متر در نظر گرفته شد. همهٔ کود فسفر و پتاسیم و یک سوم کود نیتروژن پیش از کاشت بنابر نتایج آزمون خاک و برابر با توصیهٔ کودی به خاک داده شد.

جدول ۲. عناصر ریزمغذی مورد استفاده

عناصر ریز مغذی	میزان به کار برده‌شده (میلی‌گرم بر کیلوگرم بذر)
سولفات روی	۱۰۰
براکس	۴۰
مولیبدات آمونیوم	۵۰
سولفات مس	۱۰
سولفات منگنز	۱۵
سولفات آهن	۵۰

www.SID.ir

Archive of SID

بنابر توصیهٔ مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب کشور، بذرها با استفاده از پوشش‌های بسپاری (پلیمری) به همراه عناصر ریزمغذی در نسبت ۱۰۰ گرم بذر با ۷ گرم عناصر ریزمغذی در همین مؤسسه پوشش‌دار شدند. میزان کاربرد عناصر کم‌مصرف بر حسب (میلی‌گرم بر کیلوگرم بذر) در جدول ۲ آورده شده است. همچنین تیمارها با باکتری‌هایی در جمعیت $۹/۸\times۱۰^{۷}$ پوشش‌دار می‌شدند (Becking, 2006). پس از پوشش‌دار کردن بذر با تیمارهای مورد نیاز، کاشت بذر به صورت دستی و در عمق ۳-۵ سانتی‌متری خاک انجام شد. رقم ذرت مورد استفاده، ۶۴۰NS بود. همهٔ عملیات زراعی لازم مانند وجین (به صورت دستی پیش از بسته شدن تاج‌پوشش یا کانوپی)، سله‌شکنی، تنک کردن، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و ... به طور همزمان در همهٔ کرت‌ها طی فصل رشد اعمال شد. آبیاری به گونه‌ای صورت گرفت که هر تکرار دارای یک جوی آب ورودی در بالا و یک جوی فاضلاب در پایین هر کرت بود تا آب آبیاری مربوط به هر تیمار وارد تیمارهای دیگر نشود. شمارش هر روزهٔ گیاهچه‌های سبزشده، به مدت ۱۰ روز متوالی پس از کشت برای بررسی سرعت ظهور گیاهچه انجام شد. از جمله ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری سرعت ظهور گیاهچه (Orchard, 1977)، اندازه‌گیری سطح برگ در مرحلهٔ تاسل‌دهی، اندازه‌گیری ارتفاع بوته، عملکرد علوفهٔ تر و خشک در زمان برداشت و اندازه‌گیری صفات کیفی علوفه بود.

$$\text{سرعت ظهور گیاهچه} = \frac{\text{درصد نهایی ظهور گیاهچه‌ها}}{\text{تعداد روز از کاشت تا پایان یادداشت‌برداری}} \quad (۱)$$

در مرحلهٔ تاسل‌دهی، شماری از بوته‌های موجود در ۱ مترمربع از هر کرت برای سنجش سطح برگ با رعایت اثر حاشیه‌ای، کف‌بر و با استفاده از دستگاه سطح برگ (Leaf Area Meter, UK)، گسترهٔ کل برگ‌های آنها اندازه‌گیری شد. پیش از برداشت، ارتفاع بوته‌ها با خط‌کش چوبی میلی‌متری در جا اندازه‌گیری شد. در پایان فصل رشد، ردیف‌های کناری هر کرت و ۰/۵ متر از دو انتهای هر ردیف به عنوان اثر حاشیه‌ای حذف و سطح باقی‌مانده در هر کرت برای تعیین عملکرد علوفه برداشت شد. برای اندازه‌گیری عملکرد علوفه از قپان (باسکول) استفاده شد. پس از توزین علوفهٔ تر، نمونهٔ ۲ کیلویی از بوته‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس خشک و به عنوان علوفه توزین شدند. شاخص‌های کیفی علوفه [درصد قابلیت هضم[1](DMD)، درصد پروتئین خام[2] (CP)، فیبر خام[3] (ADF)، خاکستر (ASH)، درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب[4] (WSC)] نیز با استفاده از دستگاه NIR [5] در مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور اندازه‌گیری شد (Jafari *et al.*, 2003). مقایسهٔ میانگین‌ها برپایهٔ آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخهٔ ۹/۱ انجام شد.

نتایج و بحث

سرعت ظهور گیاهچه

بنابر نتایج، کاربرد تیمار پوشش‌دهی بذر تأثیر معنی‌داری بر سرعت ظهور گیاهچه نداشت (جدول ۳). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که هیچیک از تیمارهای به‌کار برده‌شده از نظر سرعت ظهور گیاهچه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول۵).

سرعت ظهور تجمعی گیاهچه

بنابر نتایج، تیمارهای پوشش‌دهی در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر سرعت ظهور گیاهچه داشتند (جدول ۳)، به طوری‌که بیشترین سرعت ظهور مربوط به تیمار شاهد (بدون پوشش) بود که به جز تیمارهای پوشش‌دهی با باکتری *ازتوباکتر* و عناصر کم‌مصرف و پوشش‌دهی با باکتری *ازتوباکتر* با دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که پوشش‌دهی بذر به دلیل وجود مواد پوشش‌دهنده باعث تأخیر در آغاز زمان سبز شدن بذرهای پوشش‌دار در مقایسه با بذرهای

1. Dry Matter Digestibility
2. Crude Protein
3. Acid Detergent Fiber
4. Water Soluble Carbohydrates
5. Near Infrared Reflectance Spectroscopy

www.SID.ir

Archive of SID

بدون پوشش شده است. گزارش شده است که پوشش بذر با فسفر بدون درنظر گرفتن ژن‌نمون (ژنوتیپ)های ارزن باعث تأخیر در جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه در حدود ۱ روز شد، با وجود این تأخیر کوتاه اولیه، زیست‌تودهٔ (بیوماس) گیاهی در ۲ و ۴ هفته پس از سبز شدن بسیار سریع و چشمگیر بود (Karanam & Vadez, 2010). Scott (1998) در بررسی تأثیر پوشش‌دار کردن بذر در گیاهان مختلف گزارش داد که پوشش‌دار کردن بذر بر جوانه‌زنی و استقرار گیاهان تأثیر داشته و در برخی موارد باعث تأخیر در جوانه‌زنی شده است. تأثیر کاربرد مادهٔ جذب‌کنندهٔ رطوبت سوپراسلارپر بر جوانه‌زنی چند گونهٔ مرتعی بررسی شد. نتایج گویای آن بود که تأثیر مادهٔ جذب‌کنندهٔ رطوبت مورد استفاده اختلاف معنی‌داری با تیمار بدون پوشش نداشت. پوشش‌دار کردن بذر با فسفر، رشد رویشی و عملکرد را در حدود ۵۰ درصد بیش از تیمارهای بدون پوشش افزایش داد (Karanam & Vadez, 2010).

ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشتند (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته از تیمار پوشش‌دهی تلفیقی با باکتری *سودوموناس* و عناصر ریزمغذی به‌دست آمد. نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ میانگین این تیمار با دیگر تیمارها به جز تیمار پوشش‌دهی با باکتری *ازتوباکتر*، پوشش‌دهی تلفیقی با باکتری‌های *ازتوباکتر* و *سودوموناس* و عناصر ریزمغذی و پوشش‌دهی تلفیقی با باکتری *ازتوباکتر* و عناصر ریزمغذی تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۵). کمترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار شاهد (بدون پوشش‌دهی) بود. همچنین نتایج همبستگی نشان داد که بین ارتفاع بوته با عملکرد علوفهٔ تر ($r=۰/۷۶^{**}$)، علوفهٔ خشک ($r=۰/۷۵^{**}$) و سطح برگ ($r=۰/۵۲^{**}$) همبستگی مثبت و با قطر ساقه ($r=-۰/۵۵^{**}$) همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷). با توجه به این موضوع که باکتری‌های محرک رشد در تولید هورمون اوکسین نقش دارند، به نظر می‌رسد با افزایش میزان اوکسین تولیدی توسط باکتری، با افزایش انبساط‌پذیری یاخته‌ها و همچنین افزایش غالبیت انتهایی در افزایش ارتفاع بوته مؤثر است. با افزایش ارتفاع بوته، شمار برگ‌ها و اندام‌های رویشی گیاه نیز افزایش یافته که در نتیجه باعث افزایش سطح برگ، عملکرد علوفهٔ تر و عملکرد علوفهٔ خشک می‌شود. در ضمن از آنجا که ارتفاع با قطر ساقه نسبت عکس دارد، هر چه ارتفاع بوته بیشتر شود، قطر ساقه کاهش یافته و خوشخوراکی آن نیز برای دام بیشتر خواهد شد. استفادهٔ بیشینه از منابع و شرایط رشدی مناسب به دلیل برخورداری از منابع می‌تواند عامل اصلی در افزایش ارتفاع بوته به‌شمار آید. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده به‌نظر می‌رسد که تیمار پوشش‌دهی بذر با باکتری‌های محرک رشد و عناصر ریزمغذی باعث افزایش در رشد رویشی گیاه شده است. تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش عملکرد گیاهانی از جمله جو (Ehteshami *et al*., 2013)، ذرت علوفه‌ای (Ehteshami *et al*., 2013) و سورگوم (Ehteshami *et al*., 2013) شده است. افزایش ۸/۵ درصدی ارتفاع بوتهٔ ذرت در نتیجهٔ تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* و *سودوموناس* گزارش شده است. تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر افزایش رشد ساقه را شاید بتوان به تولید هورمون‌های رشد از جمله اوکسین و جیبرلین تعمیم داد که بر رشد ساقه و ریشه تأثیرگذار است (Ehteshami *et al*., 2013). افزون بر باکتری‌های محرک رشد که تأثیر مثبت بر ارتفاع بوته دارند می‌توان گفت که عناصر ریزمغذی از جمله عنصر روی به دلیل تأثیر بر زیست‌ساخت (بیوسنتز) اوکسین می‌تواند در افزایش ارتفاع بوته مؤثر باشد (Malakoti *et al*., 1999). کمبود روی باعث کوتاه شدن طول میانگره‌ها و در نتیجه کاهش ارتفاع بوته می‌شود (Foth & Ellis, 1999). بدین صورت می‌توان استنباط کرد که یکی از دلایل افزایش ارتفاع بوته در این آزمایش می‌تواند به نقش عنصر روی در افزایش طول میانگره‌ها مرتبط باشد. با توجه به اینکه عنصر روی برای ساخت (سنتز) تریپتوفان به عنوان مادهٔ اولیه هورمون اسید ایندول استیک لازم است و کمبود این هورمون باعث کاهش رشد محصول می‌شود (Martens & Westermann, 1991). به نظر می‌رسد در این آزمایش کاربرد این عنصر در افزایش ارتفاع بوته مؤثر

www.SID.ir

Archive of SID

واقع شده است. همچنین گزارش شده است که کاربرد عنصر بر، در کلزا باعث افزایش ارتفاع بوته شد. محققان در این گزارش بیان داشتند که این افزایش را می‌توان به نقش عنصر بر در افزایش نورساخت و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز مرتبط دانست (Yung *et al*., 1993).

قطر ساقه

با توجه به نتایج، قطر ساقه تحت تأثیر پوشش بذر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول۳). با بررسی نتایج مقایسهٔ میانگین، بیشترین میزان مربوط به تیمار شاهد (بدون پوشش‌دهی) و کمترین میزان مربوط به تیمار پوشش‌دهی تلفیقی با باکتری *سودوموناس* و عناصر ریزمغذی و تیمار تلفیق با باکتری‌های *ازتوباکتر* و *سودوموناس* و عناصر ریزمغذی بود (جدول ۵). نتایج همبستگی نشان داد که بین قطر ساقه با عملکرد علوفهٔ تر ($r=-۰/۷۵^{**}$)، علوفهٔ خشک ($r=-۰/۵۶^{**}$)، سطح برگ ($r=-۰/۶۳^{**}$) و ارتفاع بوته ($r=-۰/۵۵^{**}$) همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷). بنابر نتایج این تحقیق می‌توان استنباط کرد که کاربرد عناصر ریزمغذی همراه با باکتری‌های محرک رشد گیاه باعث ایجاد شرایط مناسب برای تغذیه و رشد بهتر ذرت شده است، در نتیجه این عامل‌ها، باعث افزایش رشد رویشی با افزایش شمار و طول میانگره‌ها و در نهایت منجر به افزایش ارتفاع بوته نسبت به قطر ساقه شده‌اند. وجود همبستگی منفی بین این دو عامل یعنی افزایش ارتفاع و کاهش قطر ساقه از عامل‌های مهم تعیین‌کنندهٔ کیفیت علوفه به دلیل کاهش ترکیبات لیگنینی دیوارهٔ یاخته‌ای هستند. باکتری‌های محرک رشد گیاه با تولید مواد تنظیم‌کنندهٔ رشد مانند اوکسین و سیتوکنین باعث افزایش تقسیم یاخته‌ای و بزرگ شدن یاخته‌ها در برخی قسمت‌های گیاه می‌شوند (Larsen *et al*., 2009). بهبود شرایط تغذیه‌ای و نقش مثبت آهن و روی می‌تواند در نورساخت و عملکرد نظام‌های نوری در افزایش شاخص‌های رشد مانند قطر ساقه مؤثر باشد (Malakoti *et al*., 1999).

جدول ۳. میانگین مربعات صفات ساختارظاهری (مورفولوژیکی) و فیزیولوژیکی ذرت علوفه‌ای تحت تأثیر تیمارهای پوششی

منبع تغییرپذیری‌ها	درجهٔ آزادی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	سطح برگ	عملکرد علوفهٔ تر	عملکرد علوفهٔ خشک	FER	CER
تکرار	۲	۲۱۸/۹۲	۰/۳۴	۴۴/۱۹	۸۲۳۷۸۱۶/۴	۱۷۵۴۲۵۸/۳	۰/۳۳	۰/۳۹
تیمار	۸	۲۳۸/۵۵**	۱/۶۵**	۱۰۹۱/۲۹**	۱۲۲۱۶۶۶۷۳/۵**	۱۲۷۱۵۶۹۱/۶**	۰/۰۴۵^{ns}	۱/۸۶**
خطا	۱۶	۵۲/۸۱	۰/۱۹	۱۹۲/۶۷	۱۱۴۷۷۲۴۱	۱۹۸۷۱۳۴/۵	۰/۰۲۳	۰/۰۳
ضریب تغییرپذیری‌ها (٪)	-	۳/۴۲	۲/۷۱	۶/۲۱	۶/۵۴	۷/۲۶	۴/۳۱	۴/۷۸

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

سرعت ظهور گیاهچه در مزرعه (FER) و سرعت ظهور تجمعی گیاهچه (CER).

جدول ۴. میانگین مربعات صفات کیفی ذرت علوفه‌ای تحت تأثیر تیمارهای پوششی

منبع تغییرپذیری‌ها	درجهٔ آزادی	CP	WSC	ASH	DMD	ADF	NDF
تکرار	۲	۰/۰۹۸	۰/۳۹	۰/۰۳	۲/۸۱	۰/۶۳	۰/۶۷
تیمار	۸	۱/۵۷**	۳/۴۳**	۰/۳**	۶/۸۹**	۵/۲۱**	۲۶/۷۲**
خطا	۱۶	۰/۱۱	۰/۸۰	۰/۰۸	۰/۷۵	۰/۷۲	۱/۲۸
ضریب تغییرپذیری‌ها (٪)	-	۵/۴۶	۳/۱۵	۶/۶۷	۱/۲۵	۵/۲۹	۳/۸۹

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

پروتئین خام (CP)، کربوهیدرات محلول در آب (WSC)، خاکستر کل (ASH)، قابلیت هضم مادهٔ خشک (DMD)، الیاف محلول در شویندهٔ اسیدی (ADF) و الیاف محلول در شویندهٔ خنثی (NDF)

www.SID.ir

Archive of SID

گزارش شده است که قطر ساقهٔ ذرت در نتیجهٔ تلقیح با باکتری‌های *آزوسپریلیوم* و *ازتوباکتر* نسبت به شاهد به میزان ۳۸/۱ درصد افزایش یافت (Naserirad *et al*., 2011). قطر ساقه در ارقام دورگ (هیبرید) ذرت در نتیجهٔ تلقیح با باکتری‌های محرک رشد نسبت به شاهد افزایش نشان داده است (Hamidi, 2006) که نتایج به‌دست‌آمده مغایر با نتایج این آزمایش است. در این آزمایش قطر ساقه در تیمار پوشش بذر با باکتری *سودوموناس* و عناصر ریزمغذی ۱۲/۱۱ درصد نسبت به تیمار شاهد (بدون پوشش) کاهش یافته است. افزایش ارتفاع و کاهش قطر ساقه از عامل‌های مهم تعیین‌کنندهٔ کیفیت علوفه به دلیل کاهش ترکیبات لیگنینی دیوارهٔ یاخته‌ای است.

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین صفات ساختارظاهری و فیزیولوژیکی ذرت علوفه‌ای تحت تأثیر تیمارهای پوشش بذر

تیمار	FER (Num/day)	CER (Num/day)	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (mm)	سطح برگ (m^2)	عملکرد علوفهٔ تر ($Kg.ha^{-1}$)	عملکرد علوفهٔ خشک ($Kg.ha^{-1}$)
A	۳/۷۰^{a}	۴۵/۹۳^{a}	۱۹۳/۶۶^{c}	۱۷/۱^{a}	۱۹۵/۹۱^{d}	۳۹۴۶۷^{e}	۱۵۹۰۲^{d}
B	۳/۶۶^{a}	۴۵/۱۶^{a}	۲۰۹/۴۶^{ab}	۱۶/۸^{a}	۲۰۰/۷۹^{d}	۵۰۶۸۴^{bcd}	۱۸۳۷۳^{bc}
C	۳/۵۸^{a}	۴۴/۱^{a}	۲۰۴/۷۳^{bc}	۱۷/۰۷^{a}	۲۱۱/۳^{dc}	۴۸۵۸۷^{cd}	۱۷۳۱۶^{cd}
D	۳/۵۰^{ab}	۴۳/۲۶^{a}	۲۰۹/۶^{ab}	۱۶/۶۱^{ab}	۲۲۸/۰۳^{bc}	۴۷۹۹۱^{d}	۱۸۲۸۴^{bcd}
E	۳/۶۳^{a}	۴۴/۹^{a}	۲۲۰/۲۶^{a}	۱۵/۰۳^{d}	۲۵۴/۰۶^{a}	۶۲۶۱۳^{a}	۲۲۴۷۱^{a}
F	۳/۵۸^{a}	۲۰/۹۳^{c}	۲۱۷/۸۶^{a}	۱۵/۹^{bc}	۲۲۹/۹۷^{bc}	۵۴۳۳۸^{bc}	۲۰۳۳۷^{ab}
G	۳/۲۸^{b}	۳۹/۰۶^{b}	۲۱۹/۵۳^{a}	۱۶/۰۲^{bc}	۲۱۸/۳۴^{dc}	۵۳۲۴۴^{bcd}	۲۰۵۶۹^{ab}
H	۳/۵۴^{ab}	۴۳/۵۳^{a}	۲۱۵/۶۶^{ab}	۱۶/۵۹^{ab}	۲۲۶/۳۱^{bc}	۵۲۲۴۹^{bcd}	۲۰۲۶۷^{ab}
I	۳/۶۲^{a}	۴۴/۸۶^{a}	۲۱۹/۹۳^{a}	۱۵/۳۴^{dc}	۲۴۴/۸۱^{ab}	۵۶۴۸۹^{b}	۲۱۰۱۳^{ab}

میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک در هر ستون در سطح آماری ۵ درصد اختلاف آماری معنی‌داری با هم دارند.

A) بذر بدون پوشش، B) بذر پوشش‌دار بدون باکتری و بدون عناصر ریزمغذی، C) پوشش بذر با عناصر ریزمغذی (روی، مولیبدن، بر، مس، آهن و منگنز) و بدون باکتری، D) پوشش بذر با باکتری *سودوموناس* و بدون عناصر ریزمغذی، E) پوشش بذر با باکتری *سودوموناس* و عناصر ریزمغذی، F) پوشش بذر با باکتری *ازتوباکتر* و بدون عناصر ریزمغذی، G) پوشش بذر با باکتری *ازتوباکتر* و عناصر ریزمغذی، H) پوشش بذر با مخلوطی از باکتری‌های *سودوموناس* و *ازتوباکتر* و بدون عناصر ریزمغذی و I) پوشش بذر با مخلوطی از باکتری‌های *سودوموناس* و *ازتوباکتر* و عناصر ریزمغذی.

جدول ۶. مقایسهٔ میانگین صفات کیفی ذرت علوفه‌ای تحت تاثیر تیمارهای پوشش بذر

تیمار	CP (%)	WSC (%)	ASH (%)	DMD (%)	ADF (%)	NDF (%)
A	۵/۲۵^{e}	۲۷/۱۹^{c}	۳/۶۴^{d}	۶۷/۰۶^{e}	۱۷/۹۶^{a}	۳۲/۵۵^{a}
B	۵/۸۶^{bcd}	۲۸/۲۷^{bc}	۳/۹۴^{dc}	۶۸/۸۲^{dc}	۱۶/۸۳^{abc}	۳۲/۴۷^{a}
C	۵/۶۵^{cde}	۲۷/۳۹^{c}	۴/۲^{abc}	۶۸/۸۷^{dc}	۱۶/۳۲^{bcd}	۳۱/۴۸^{ab}
D	۵/۳۲^{ed}	۲۷/۷۷^{c}	۴/۱۱^{dc}	۶۷/۵۹^{de}	۱۷/۷۸^{ab}	۳۰/۳۲^{bc}
E	۷/۳۸^{a}	۳۰/۵۸^{a}	۴/۶۵^{a}	۷۰/۵۵^{ab}	۱۳/۷۶^{e}	۲۴/۸۸^{e}
F	۶/۲۲^{bc}	۲۸/۵^{bc}	۴/۳۹^{abc}	۷۰/۰۷^{bc}	۱۵/۶۳^{dc}	۲۹/۴۸^{c}
G	۶/۲۴^{b}	۲۸/۳۸^{bc}	۴/۳۲^{abc}	۶۹/۸۹^{bc}	۱۵/۳۹^{dc}	۲۸/۹۳^{dc}
H	۶/۱۸^{bc}	۲۸/۳۳^{bc}	۴/۱۴^{bc}	۶۹/۵۳^{bc}	۱۵/۶^{dc}	۲۷/۰۳^{d}
I	۷/۰۶^{a}	۲۹/۶۳^{ab}	۴/۶۱^{ab}	۷۲/۰۵^{a}	۱۵/۳۱^{d}	۲۴/۷۹^{e}

میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک در هر ستون در سطح آماری ۵ درصد اختلاف آماری معنی‌داری با هم دارند.

پروتئین خام (CP)، کربوهیدرات محلول در آب (WSC)، خاکستر کل (ASH)، قابلیت هضم مادهٔ خشک (DMD)، الیاف محلول در شویندهٔ اسیدی (ADF) و الیاف محلول در شویندهٔ خنثی (NDF).

A) بذر بدون پوشش، B) بذر پوشش‌دار بدون باکتری و بدون عناصر ریزمغذی، C) پوشش بذر با عناصر ریزمغذی (روی، مولیبدن، بر، مس، آهن و منگنز) و بدون باکتری، D) پوشش بذر با باکتری *سودوموناس* و بدون عناصر ریزمغذی، E) پوشش بذر با باکتری *سودوموناس* و عناصر ریزمغذی، F) پوشش بذر با باکتری *ازتوباکتر* و بدون عناصر ریزمغذی، G) پوشش بذر با باکتری *ازتوباکتر* و عناصر ریزمغذی، H) پوشش بذر با مخلوطی از باکتری-های *سودوموناس* و *ازتوباکتر* و بدون عناصر ریزمغذی و I) پوشش بذر با مخلوطی از باکتری‌های *سودوموناس* و *ازتوباکتر* و عناصر ریزمغذی.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷. ضریب‌های همبستگی بین صفات ساختار ظاهری، فیزیولوژیک و کیفی ذرت علوفه‌ای

ردیف	صفت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
۱	ارتفاع بوته	۱										
۲	قطر ساقه	-۰/۵۵**	۱									
۳	سطح برگ	۰/۵۲**	-۰/۶۳**	۱								
۴	عملکرد علوفهٔ تر	۰/۷۶**	-۰/۷۵**	۰/۵۸**	۱							
۵	عملکرد علوفهٔ خشک	۰/۷۵**	-۰/۵۶**	۰/۵۸**	۰/۸۲**	۱						
۶	CP	۰/۶۴**	-۰/۷۳**	۰/۶۶**	۰/۷۵**	۰/۶۷**	۱					
۷	WSC	۰/۵۵**	-۰/۶۸**	۰/۵۷**	۰/۶۸**	۰/۵۷**	۰/۷۱**	۱				
۸	ASH	۰/۴۹**	-۰/۶۱**	۰/۶۶**	۰/۶۰**	۰/۵۸**	۰/۶۴**	۰/۴۸*	۱			
۹	DMD	۰/۷۱**	-۰/۶۲**	۰/۴۸**	۰/۶۵**	۰/۶۳**	۰/۸۴**	۰/۶۵**	۰/۵۴**	۱		
۱۰	ADF	-۰/۶۶**	-۰/۵۹**	۰/۶۰**	-۰/۷۶**	-۰/۷۲**	-۰/۸۱**	-۰/۷۱**	-۰/۴۶**	-۰/۷۳**	۱	
۱۱	NDF	-۰/۷۲**	-۰/۶۹**	۰/۷۰**	-۰/۶۹**	-۰/۷۷**	-۰/۸۰**	-۰/۶۵**	-۰/۵۸**	-۰/۷۴**	۰/۷۰**	۱

به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد ns, *, **

پروتئین خام (CP)، کربوهیدرات محلول در آب (WSC)، خاکستر کل (ASH)، قابلیت هضم مادهٔ خشک (DMD)، الیاف محلول در شویندهٔ اسیدی (ADF) و الیاف محلول در شویندهٔ خنثی (NDF).

سطح برگ

بنابر نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس تأثیر تیمار پوشش بذر بر سطح برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول۳). با توجه به نتایج مقایسهٔ میانگین بیشترین میزان سطح برگ مربوط به تیمار باکتری *سودوموناس* و عناصر ریزمغذی و تیمار باکتری‌های *ازتوباکتر* و *سودوموناس* و عناصر ریزمغذی بود (جدول۵). با توجه به نتایج همبستگی، بین سطح برگ با عملکرد علوفهٔ تر، علوفهٔ خشک و ارتفاع، همبستگی مثبت و با قطر ساقه همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷). با توجه به اینکه عناصر ریز مغذی آهن، روی، منگنز، مس، بر و مولیبدن نقش به‌سزایی در رشد و توسعهٔ گیاهان از جمله ساخت سبزینه، ساخت تیلاکوئید، توسعهٔ کلروپلاست، سوخت‌وساز (متابولیسم) کربوهیدرات‌ها در نورساخت، افزایش نورساخت و میزان اکسیژن در کلروپلاست و انتقال الکترون بازی می‌کنند و اینکه با افزایش سطح برگ، جذب نور خورشید بهتر صورت می‌گیرد و کارایی نورساختی گیاه افزایش می‌یابد، تولید مادهٔ خشک در گیاه زیاد شده و این امر می‌تواند به افزایش عملکرد گیاه منجر شود. وجود همبستگی مثبت بسیار معنی‌دار بین سطح برگ و عملکرد علوفه این موضوع را تأیید می‌کند. تأثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد از جمله *سودوموناس* در ایجاد این‌گونه رابطه‌ها بسیار اهمیت دارد. در این رابطه باتوجه به نقش منگنز و منیزیم در انتقال الکترون و تولید سبزینه، با افزایش سطح منگنز و دیگر عناصر ریزمغذی بر میزان سطح سبز افزوده می‌شود که منجر به افزایش نورساخت می‌شود (Johnson *et al*., 2005). گزارش شده است که محلول‌پاشی باکتری‌های محرک رشد بر ذرت باعث افزایش جذب عناصری مثل روی و آهن شده است. همچنین بیان شده است که ضمن استفاده از این ریزجانداران، تولید اسید ایندول استیک و جیبرلین در گیاه افزایش می‌یابد که این عامل‌ها باعث افزایش درازا و پهنای برگ ذرت می‌شوند. سطح برگ در نتیجهٔ تلقیح باکتری *سودوموناس* با بذر افزایش نشان داده است (Ama *et al*., 2010). با توجه به این مطلب که کاربرد عناصر ریزمغذی به‌ویژه روی می‌توانند با فعال کردن سامانه‌های آنزیمی و فعالیت‌های سوخت‌وسازی باعث افزایش تولید انرژی، ساخت پروتئین و کربوهیدرات‌ها و درنتیجهٔ توسعهٔ سطوح برگی شوند (Pahlavan *et al*., 2006)، به نظر می‌رسد افزایش سطح برگ در این آزمایش با این موضوع مرتبط باشد.

عملکرد علوفهٔ تر و خشک

نتایج نشان داد که در عملکرد علوفهٔ تر و خشک بین تیمارهای مورد استفاده تفاوت معنی‌داری در سطح

www.SID.ir

Archive of SID

احتمال ۱ درصد وجود داشت (جدول ۳). با توجه به مقایسهٔ میانگین بین تیمارها (جدول ۵)، تیمار پوشش‌دار کردن بذر با باکتری *سودوموناس* و عناصر ریزمغذی بیشترین میزان عملکرد علوفهٔ تر و خشک را به خود اختصاص داد و کمترین میزان علوفه نیز به تیمار شاهد (بدون پوشش) تعلق داشت. باکتری‌ها می‌توانند قندهای موجود در ترشح‌های ریشه‌ای ذرت را به عنوان منبعی برای کربن استفاده کنند. بنابراین، این ترکیبات نه‌تنها بر رشد گیاه تأثیر دارند، بلکه بر تولید اوکسین نیز مؤثرند و می‌توانند عملکرد گیاه را ارتقا بخشند. با توجه به نتایج همبستگی بین عملکرد علوفهٔ تر و خشک، ارتفاع بوته، سطح برگ، پروتئین خام، کربوهیدرات محلول در آب، قابلیت هضم مادهٔ خشک و خاکستر کل، همبستگی مثبت بین صفات یادشده با قطر ساقه، الیاف محلول در شویندهٔ اسیدی و الیاف محلول در شویندهٔ خنثی همبستگی منفی وجود داشت (جدول۷). به دلیل کاربرد باکتری‌های محرک رشد و عناصر ریزمغذی، به‌واسطهٔ اثرگذاری‌های مثبت این باکتری‌ها مانند توسعهٔ نظام ریشه‌ای، شرایطی مناسب برای جذب بیشتر آب و مواد غذایی از خاک برای گیاه فراهم می‌شود و در نتیجه افزایش رشد رویشی گیاه، افزایش ارتفاع بوته، افزایش سطح برگ و در نتیجه جذب بهتر نور و به دنبال آن فعالیت‌های نورساختی بیشتر در گیاه انجام می‌شود و تولید مادهٔ خشک افزایش می‌یابد. همهٔ این عامل‌ها در نهایت باعث افزایش عملکرد علوفهٔ تر و خشک با کیفیتی مطلوب می‌شوند. نتایج تحقیقات نشان داده است که پوشش دادن بذر ذرت با روی (Masuthi *et al*., 2009; Singh *et al*., 2003)، بذر نخود با بر (Masuthi *et al*., 2009) و بذر لوبیا با مولیبدن (Biscaro *et al*., 2009)، باعث افزایش عملکرد گیاهان شده است. گزارش شده است که تلقیح بذر با باکتری‌های *آزوسپیریلوم* و پوشش‌دار کردن آن با عناصر ریزمغذی بر عملکرد دانه و اسانس زیرهٔ سبز (*Cuminum cyminum* L.) تأثیر مثبت دارد (Mirshekari *et al*., 2009). افزایش عملکرد با کاربرد عناصر ریزمغذی علت‌های مختلفی می‌تواند داشته باشد که از آن جمله می‌توان به افزایش زیست‌ساخت اوکسین در حضور عنصر روی (Sharafi *et al*., 2002)، افزایش سبزینه، افزایش فعالیت فسفواینول پیروات کربوکسیلاز و ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی و افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر در حضور عنصر روی اشاره کرد. در آزمایشی کاربرد آهن به صورت کلات آهن باعث افزایش میزان محصول در گندم شد. آهن با ایجاد رشد رویشی مناسب با افزایش شمار و سطح برگ، مشارکت در نورساخت، افزایش ارتفاع بوته و مادهٔ خشک باعث افزایش در عملکرد می‌شود (Pinto *et al*., 2005). همچنین دلیل این امر را می‌توان به نقش عنصر منگنز به عنوان گروه پروستیتیک آنزیم‌های مسیر زیست‌ساخت هورمون‌های گیاهی مربوط دانست، چراکه هورمون‌های گیاهی نقش عمده‌ای در تسهیم و انتقال اسیمیلات در ساختار گیاهی و در نتیجه افزایش رشد گیاه دارند (Reuter *et al*., 1988).

صفات کیفی علوفه

پروتئین خام یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت علوفه است که به‌عنوان بخشی از مادهٔ آلی خوراک، شامل همهٔ ترکیبات نیتروژنهٔ خوراک است (Ross *et al*., 2005). نتایج نشان می‌دهد که تیمارهای مورد استفاده بر کیفیت علوفه مؤثر واقع شده‌اند و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۴). در ارتباط با صفات کیفی علوفه بیشترین درصد قابلیت هضم مادهٔ خشک، پروتئین خام، کربوهیدرات محلول در آب و خاکستر کل مربوط به دو تیمار پوشش بذر با باکتری *سودوموناس* و عناصر ریزمغذی و پوشش بذر با باکتری‌های *ازتوباکتر* و *سودوموناس* و عناصر ریزمغذی و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۶). با توجه به نتایج همبستگی، بین پروتئین خام، کربوهیدرات محلول در آب، قابلیت هضم مادهٔ خشک و خاکستر کل، همبستگی مثبت و بین صفات یادشده با الیاف محلول در شویندهٔ اسیدی و الیاف محلول در شویندهٔ خنثی همبستگی منفی وجود داشت (جدول ۷). افزایش درصد قابلیت هضم مهم‌ترین صفت اساسی در تعیین کیفیت علوفه شناخته شده است. در مورد میزان‌های

www.SID.ir

Archive of SID

صفات الیاف محلول در شویندهٔ اسیدی و الیاف محلول در شویندهٔ خنثی، بیشترین میزان در تیمار شاهد (بدون پوشش) و کمترین میزان در تیمار پوشش‌دهی با باکتری *سودوموناس* و عناصر ریزمغذی مشاهده شد. فراهمی آهن به‌طور مشخصی باز شدن روزنه‌ها را افزایش می‌دهد که ناشی از اثرگذاری‌های آهن در ساخت سبزینه است. این امر می‌تواند منجر به افزایش توان نورساختی و تخصیص اسیمیلات بیشتر برای تولید کربوهیدرات در گیاهان شود (Shiemshi, 2007). Wilson *et al*. (1982) بیان کردند که منگنز در فرایند نورساخت دخالت دارد. آنان اعلام کردند که منگنز در آزادسازی اکسیژن مولکولی در فرایند فتولیز آب، ساخت کربوهیدرات و سوخت‌وساز چربی‌ها نقش دارد. مارشنر اعلام کرد که منگنز، از عناصر ضروری برای تشکیل و پایداری کلروپلاست و ساخت برخی از پروتئین‌ها به شمار می‌رود و اثرگذاری‌های این عنصر در افزایش عملکرد گیاهان مربوط به نقش این عنصر بر فعالیت آنزیم‌ها است (Marschner, 1995). این آنزیم‌ها در سوخت‌وساز کربوهیدرات و پروتئین نقش دارند (Mahmoodian *et al*., 2002). همچنین عنصر مس در گیاه در سوخت‌وساز پروتئین و نیز واکنش‌های نورساختی نقش دارد. گزارش شده است که کاربرد عناصر بر و روی باعث افزایش ساخت پروتئین و بهبود کیفیت محصول ذرت می‌شوند (Tandon, 1995). به نظر می‌رسد این عامل‌ها در بهبود کیفیت علوفه مؤثر باشند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان استنباط کرد که پوشش‌دار کردن بذر با باکتری‌های محرک رشد و عناصر ریزمغذی با توسعهٔ نظام ریشه‌ای موجب بهبود جذب آب و عناصر غذایی، افزایش سطح برگ و در نتیجه بالا بردن کارایی نورساختی و تولید مادهٔ خشک در دورهٔ رویش ذرت شده و در نهایت باعث افزایش عملکرد و تولید علوفه با کیفیتی بالا شد. بنابر نتایج، کاربرد عناصر ریزمغذی همراه با باکتری‌های محرک رشد، میزان عملکرد محصول را نسبت به بدون کاربرد آنها به‌طور معنی‌داری افزایش داد. این موضوع می‌تواند به دلیل اثرگذاری‌های فعال‌کنندگی همهٔ این عناصر بر فعالیت‌های آنزیمی یاخته‌ها باشد.

REFERENCES

1. Amal, G. A., Orabi, S. & Gomaa, A. M. (2010). Bio-organic farming of grain sorghum and its effect on growth, physiological and yield parameters and antioxidant enzymes activity. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(3), 270-279.
2. Biscaro, G. A., Goulart Junior, S. A. R., Soratto, R. P., Freitas-Junior, N. A., Motomiya, A. V. A. & Calado-Filho, G. C. (2009). Molybdenum applied to seeds and side dressing nitrogen on irrigated common bean in cerrado soil. *Science Agrotechnology*, 33, 1280-1287.
3. Becking, J. H. (2006). Prokaryotes. Chapter 3. The Family Azotobacteraceae. 6, 759-783.
4. Chen, J. (2006). The combind use of chemical and organic fertilizers and /or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil–Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. 11, 16-20.
5. Ehteshami, S. M. R., Abbasi, M. R., Khavazi, M. K. & Zand, B. (2013). Influence of different strains of *Pseudomonas putida* on the quantity and quality of forage sorghum cultivars in Varamin. *Journal of Plant Process and Function*, 2 (4), 15-26. (in Farsi)
6. Ehteshami, S. M. R., Hakimian, F., Yousefi Rad, M. & Chaichi, M. R. (2013). Effect of Integrated management of phosphorus fertilizer on grain yield and its components in two varieties of winter barley. *Pajohesh and Sazandegi*, 101, 193-201. (in Farsi)
7. Ehteshami, S.M.R., JanZamin, A., Ramezani, M., Khavazi, K. & Zand, B. (2013). Effect of integrated management of phosphorus fertilizer on quantitative and qualitative yield of two forage corn cultivars in Varamin. *Journal of Crop Improvement*, 15 (1), 95-110. (in Farsi)
8. Foth, H.D. & Ellis, B.G. (1999). Soil Fertility (2^{th} edition). Lewis publishers CRC press, Dept. MLCHIGON. 290 Pp.
9. Farooq, M., Wahid, A. & Kadambot Siddique, H. M. (2012). Micronutrient application through seed treatments a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12 (1), 125-142.
10. Gad, W. M. (2001). Physiological studies on *Foeniculum vulgare* and *Anethum graveolense*. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, Kafr ELSheikh, Tanta University, Egypt.

www.SID.ir

Archive of SID

11. Harris, D. (1996). The effects of manure, genotype, seed priming, depth and date of sowing on the emergence and early growth of *Sorghum bicolor* (L.) Moench in semi-arid Botswana. *Soil and Tillage Research*, 40, 73-88.
12. Hamidi, A., Asgharzadeh, A., Choukan, R., Dehghan Shoar, M., Ghalavand, A. & Malakouti, M. J. (2007). Study on plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) biofertilizers application in maize (*Zea mays* L.) cultivation by adequate input. *Environmental Sciences*, 4(4), 1-19.
13. Hamidi, A. (2007). Effect of plant growth enhancer bacteria (PGPR) on grain yield and some features in maize. *Journal of Agricultural Science*, 37 (1), 499-493. (in Farsi)
14. Imam, y. (2003). Cereal Crops. Shiraz University Publication. (in Farsi)
15. Jafari, A., Connolly, V., Frolich, A. & Walsh, E. K. (2003). A note on estimation of quality in perennial ryegrass by near infrared spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 42, 293-299.
16. Jafarian, V. & Lahoti, V.A. (2006). Application of water Superabsorbent polymers in projects bleaching-biological desert. *Journal of Forest and Rangeland*, 70: 62-58. (in Farsi)
17. Karanam, P. V. & Vadez, V. (2010). Phosphorus coating on pearl millet seed in low P Alfisol improves plant establishment and increases stover more than seed yield. *Explimentary Agriculture*, 46 (4), 457-469.
18. Kloepper, J.W., Zablowicz, R.M., Tipping, B. & Lifshitz, R. (1991). Plant growth mediated by bacterial rhizosphere colonizers. PP. 315-326. *In*: Keister, D. L. and B. Gregan (Eds.), The Rhizosphere and Plant Growth, BARC Symposium.
19. Kephart, K. D., Wichman, D. M., Topinka, K. & Kirkland, K. J. (2004). Seeding date and polymer seed coating effects on plant establishment and yield of fall seeded canola in the Northern Great Plains. *Canadian Journal of Plant Science*, 84, 955-963.
20. Larsen, J., Cornejo, P. & Barea, J. M. (2009). Interactions between the arbuscular mycorrhizal fungus Glomus intraradices and the plant growth promoting rhizobacteria *Paenibacillus polymyxa* and *P. maserans* in the mycorrhizosphere of *Cucumis sativus*. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(2), 286-292.
21. Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd ed. Academic Press, London, UK.
22. Masuthi, D. A., Vyakaranahal, B. S. & Deshpande, V. K. (2009). Influence of pelleting with micronutrients and botanical on growth, seed yield and quality of vegetable cowpea. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 22, 898-900.
23. Martens, D. C. & Westermann, D. T. (1991). Fertilizer application for correcting micronutrient deficiencies. Micronutrients in Agriculture. Soil Science Society of America, Madison, 549-592.
24. Mozaffari, C. & Abbasi, M. (2005). Forage crops genetic resources in National Plant Gene Bank of Iran. Proceedings of the First National Forage Crops Congress of Iran, College of Agriculture, Tehran University, Karaj, Iran. (in Farsi)
25. Mehrabi, R., ChaiChi, M. R., Tavakol Afshari, R. Madah Arefi, H. & Zahedi Amiri, G. A. (2010). Effects of seed coating methods on seed germination of *Sanguisorba minor* in different soil moisture levels and sowing depths. Iranian Journal of Range and Desert Research, 17(3), 498-489. (in Farsi)
26. Mirshekari, B., Asadi Rahmani, H. & Mirsafari Roodsari, A. (2009). The effect of seed inoculation with *Azospirillium* strains and coating with micronutrients on seed yield and essence of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 25 (4), 471-481. (in Farsi)
27. Malakouti, M. J. & Tehrani, M. M. (1999). Effects of micronutriens on the yield and quality of agricultural products. Tarbiat Modarres University Publications, Tehran, Iran, 292 pp. (in Farsi).
28. Mahmoodian, M., Mokhtarpour, H. & Kazemi, M. (2002). Various effects of micronutrients on growth, yield and qualitative and quantitative properties of corn. Proceedings of the 7th Iranian Congrees in Agronomy and Plant Breeding, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran, P, 274. (in Farsi)
29. Naserirad, H., Soleymanifard, A. & Naseri, R. (2011). Effect of integrated application of biofertilizer on grain yield, yield components and associated traits of maize cultivars. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 10 (2), 271-277.
30. Orchard, T. (1977). Estimating the parameters of plant seedling emergence. *Seed Science and Technology*, 5, 61-69.
31. Pahlavan, M.R., Keykha, G.A., Eatesa, G.R., Akbarimoghaddam, H., Kookhan, S.A. & Naroueiral, M. R. (2006). The study of effects Zn, Fe and Mn on quantity and quality of grain wheat. Presented in 18th World Congress of Soil Science, 9-15 July, pp. 23.
32. Pinto, A., Mota, M. & Varennes, A. (2005). Influence of organic matter on the uptake of zinc, copper and iron by sorghum plants. *Science of the Total Environment*, 326, 239-247.

www.SID.ir

Archive of SID

33. Ross, S. M., King, J. R., Donovan, J. T. O. & Spaner, D. (2005). The productivity of oats and berseem clover intercrops. I. Primary growth characteristic and forage quality at four densities of oats. *Grass and Forage Science*, 60, 74-86.
34. Reuter, D. J., Alston, A. M. & Farlane, J. D. (1988). Occurrence and correction of manganese deficiency in plant. pp. 205-225. *In*: Graham *et al* (Eds.). Manganese in soil and plants. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherland.
35. Ramakrishnan, K. & Selvakumar, G. (2012). Effect of biofertilizers on enhancement of growth and yield on Tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *International Journal of Research in Botany*, 2(4), 20-23.
36. Sharaf, M.S. (1995). Response of some medicinal plants to inoculation with a symbiotic N_2- fixer. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Ain Shams University, Egypt.
37. Shiemshi, D. (2007). Leaf chlorosis and stomatal aperture. *New Phytologist*, 166, 455-461.
38. Sharafi, S., Tajbakhsh, M., Majidi, M. & Pourmirza, A. (2002). Effect of iron and zinc fertilizer on yield and yield components of two forage corn cultivars in Urmia. *Soil and Water*, 12, 85-94. (in Farsi)
39. Scott, J. M., Blair, G. J. & Andrews, A. C. (1997). The mechanics of coating seeds in a small rotating drum. *Seed Science and Technology*, 25, 281-292.
40. Scott, D., (1998). Effects of seed coating on establishment. *NewZealand Journal of Agricultural Research*, 18, 59-67.
41. Safyan, N., Naderi darbaghshahi, M. R. & Bahari, B. (2012). The effect of microelements spraying on growth, qualitative and quantitative grain corn in Iran. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3, 2780-2784.
42. Tandon, H. (1995). Micronutrient in soil, crops and fertilizers. Fertilizer development and consultation organization (C- 110), Greater Kailash, New Delhi, India.
43. Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. *Plant Soil*, 255(2), 571-586.
44. Wilson, D. O., Boswell, F. C., Ohki, K., Parker, M. B., Shuman, L. M. & Jellum, M. D. (1982). Change in soybean seed oil and protein as influenced by manganese nutrition. *Crop Science*, 22, 948-952.
45. Yung, G. Y., Chen, Z. H., JIau, C. & Iu, C. Z. (1993). Effects of soil selenium on Se content in rapeseed (*B. napus*) plants and on their growth and yield. Oil Crops of China. Institute of oil crops, CAB, Wuhan, Hubei, China.
46. Zhansheng, W., Yao, L., Kaleem, I. & Li, C. (2012). Application efficacy of biological seed coating agent from combination of PGPR on cotton in the field. *Asian International Soil Sciences*, 134, 903-910.
47. Ziaeian, A. (2006). Effect of potassium and zinc application in forage corn cultivation. *Iranian Journal of Soil Research (Soil and Water Science)*, 20(1), 42-35. (in Farsi)
48. Zohoryan Mehr, M. (2006). Superabsorbents. Polymer Society Press, 83 pages. (in Farsi)

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Filed Crop Science, Vol. 46, No. 3, Autumn 2015

Effect of seed coating with growth promoting bacteria and micronutrients on quantitative and qualitative yield of forage corn (*Zea mays* L. SC. 640)

Fatemeh Saadat[1], Seyed Mohammadreza Ehteshami[2*], Jafar Asghari[3] and Mohammad Rabiee[4]
1, 2, 3. M. Sc. Student, Assistant Professor and Professor, University of Guilan, Iran
4. Researcher, Rasht Institute of Rice Research, Iran
(Received: Feb. 2, 2015 - Accepted: Jul. 29, 2015)

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is one of the most crop that its forage produce is developed in the country. This field research carried out in order to investigate the effect of seed coating with growth promoting bacteria (*Azotobacter* and *Pseudomonas*) and micronutrients (Zn, B, Mo, Cu, Fe and Mn) on quantitative and qualitative yield of forage corn (*Zea mays* L. SC. 640) .The experiment design consisted of three randomized complete blocks was performed in 2013-2014 cropping season in Rice Researches Institute of Rasht. Investigated treatments in this research were including seed without coating, seed coating without bacteria and micronutrients, seed coating with micronutrients and without bacteria, seed coating with *Pseudomonas* and without micronutrients, seed coating with *Pseudomonas* and micronutrients, seed coating with *Azotobacter* and without micronutrients, seed coating with *Azotobacter* and micronutrients, seed coating with (*Azotobacter* and *Pseudomonas*) and without micronutrients, seed coating with (*Azotobacter* and *Pseudomonas*) and micronutrients. Seed coating with *Pseudomonas* and micronutrients treatment was highest in the most of characteristics. For purposes of forage quality, Seed coating with *Pseudomonas* and micronutrients treatment allocated the highest of dry matter digestibility percentage, crude protein percentage and water soluble carbohydrates percentage, too. Also, the highest of acid detergent fiber percentage and ash percentage observed in control. The present finding showed that growth promoting bacteria with micronutrients have a greater impact on plant growth. These bacteria in combination with micronutrients can improve quantitative and qualitative yield of plant.

Keywords: *Azotobacter*, crude protein, forage digestibility, forage yield, *Pseudomonas*.

* Corresponding author E-mail: smrehteshami@yahoo.com Tel: +98 912 2165748

www.SID.ir