به زراعی کشاورزی
دوره ۱۵ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۲
صفحه‌های ۱۱۰-۹۵

تأثیر مدیریت تلفیقی کود فسفر بر عملکرد کمی و کیفی دو رقم ذرت علوفه‌ای در ورامین

سید محمدرضا احتشامی*[۱]، ایمان جان‌زمین[۲]، مهدی رمضانی[۳]، کاظم خاوازی[۴]، بهنام زند[۵]

۱. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان
۲. کارشناس ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد رودهن
۳. دانشجوی دکترای زراعت دانشگاه گیلان
۴. عضو هیأت علمی مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب کرج
۵. عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی استان تهران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۱/۴/۱۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۲/۳۱

چکیده

به منظور بررسی تأثیر باکتری Bacillus cogulans بر عملکرد کمی و کیفی دو رقم ذرت علوفه‌ای، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی استان تهران، در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸، اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق شامل نوع منبع تأمین‌کننده فسفر و رقم بودند. عامل نوع منبع تأمین‌کنندهٔ فسفر در ٦ سطح شامل دارای سوپر فسفات تریپل و بدون تلقیح بذر، بدون کود و بدون تلقیح بذر، تلقیح بذر+۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفر، تلقیح بذر+۷۵ درصد کود شیمیایی فسفر، تلقیح بذر+۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر، تلقیح بذر و بدون کود شیمیایی فسفره و عامل رقم در دو سطح (سینگل کراس ۷۰٤ و ٦٤۷) اعمال شدند. تیمار ۷۵ درصد کود و تلقیح بذر در اکثر صفات مورد بررسی دارای بالاترین میزان بود. از نظر کیفیت علوفه نیز تیمار ۷۵ درصد کود و تلقیح بذر بیشترین قابلیت هضم علوفه خشک، پروتئین خام و کربوهیدرات محلول در آب را به خود اختصاص داد. بیشترین فیبر خام و خاکستر نیز در تیمار بدون کود و بدون تلقیح بذر مشاهده شد. همچنین، بالاترین درصد بازدهٔ نسبی زراعی و بازدهٔ زراعی کود در تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر و کمترین آن در تیمار بدون کود و بدون تلقیح بود. یافته‌های این تحقیق نشان داد که ریزسازواره‌ها فعالیت چشمگیری دارند و نسبت به تیمار شاهد و کود شیمیایی تلاش بیشتری برای جذب رطوبت و عناصر غذایی از خود نشان داده‌اند تا از این طریق بتوانند سبب افزایش عملکرد گیاه شوند. این ریزسازواره‌ها در تلفیق با کود شیمیایی می‌توانند به افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه منجر شوند.

کلیدواژه‌ها: بازدهٔ زراعی کود، بازدهٔ زراعی نسبی، باکتری حل‌کنندهٔ فسفات، فسفر، کیفیت.

* نویسنده مسئول
Email: smrehteshami@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

گیاهان علوفه‌ای، جایگاه ویژه‌ای در تولید پروتئین مورد نیاز انسان دارند. طبق آمار، حدود ۱۱۹ میلیون واحد دامی در کشور وجود دارند و نیاز علوفه‌ای کل کشور در سال، ۳۱/۱ میلیون تن است. مجموع تولید علوفه کشور معادل ۲۱/٦ میلیون تن و مجموع تولید مراتع و محصولات ثانویهٔ زراعی قابل‌مصرف به‌وسیله دام، ۵/۳ میلیون تن است. پس، در کشور حدود ٤/۲ میلیون تن کمبود علوفه داریم [٦]. یکی از مشکلات اساسی کشور در ارتباط با پرورش دام، کمبود علوفه است. این موضوع موجب فشار بیش از حد بر مراتع و در نتیجه، افزایش شدت چرا و در پی آن تخریب مراتع، فرسایش خاک و در نهایت، بیابان‌زایی شده است [۳].

با توجه به احساس و درک عمیق موضوع اهمیت تولید سالم محصولات کشاورزی در تأمین امنیت غذایی، نیل به خودکفایی و خوداتکایی به تولیدات داخلی، در نهایت، قطع وابستگی به خارج است که نقش تعیین‌کننده‌ای در حفظ تمامیت ارضی کشور خواهد داشت. تلاش برای استفاده هرچه بیشتر از راه‌حل‌های زیستی برای تغذیهٔ بهینهٔ گیاه و تأمین سلامت آن، نمودهای روشنی را برای کارشناسان بخش کشاورزی ایجاد کرده است. بنابراین، اتخاذ شیوه‌های نوین مدیریتی، با حفظ ساختار طبیعی سیستم زنده خاک ضروری به‌نظر می‌رسد [٤]. شاید توجه به تولید و مصرف محصولات زیستی در سال‌های اخیر، در جوامع پیشرفته نیز ناشی از نگرانی به‌دلیل مصرف بیش از حد نهاده‌های شیمیایی در کشاورزی باشد. در سال‌های اخیر، نگرانی از تخریب خاک‌ها به‌عنوان تنها منبع تأمین‌کنندهٔ غذا در سطح جهان به آن توجه می‌شود. بخش کشاورزی در گسترهٔ ایران زمین از نظر سهم آن در تولید ناخالص ملی، تأمین مواد غذایی مورد نیاز جمعیت رو به رشد کشور، تأمین مواد خام و اولیه مورد نیاز صنایع غذایی و تبدیلی، اشتغال و صادرات غیرنفتی در اقتصاد کلان کشور جایگاه بالایی دارد.

تعداد زیادی از ریزجانداران خاک که در ریزوسفر گیاهان زندگی می‌کنند، می‌توانند با مکانیزم‌های متفاوتی رشد گیاه را بهبود بخشند. این موجودات در مجموع، ریزجانداران محرک رشد گیاه (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) نامیده می‌شوند. باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه به گروه نامتجانس از ریزجانداران ریزوسفر اطلاق می‌شود که با استفاده از یک یا چند مکانیسم خاص، موجب بهبود شاخص‌های رشد و نمو گیاه می‌شوند [۱۷]. این اصطلاح را کلوپر و چراس، اولین‌بار در سال ۱۹۸۷، در مورد باکتری‌های ریزوسفری به‌کار بردند که با کنترل عوامل بیماریزا به‌طور غیرمستقیم باعث افزایش عملکرد می‌شوند. تحقیق دربارهٔ این باکتری‌ها و مکانیزم‌های اثر آن‌ها در تحریک رشد گیاه به‌منظور بهره‌برداری در تولید کودهای زیستی رو به افزایش است [۲۱]. از جمله فعالیت‌های مفید این باکتری‌ها می‌توان به تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه به‌ویژه اکسین‌ها، توانایی حل فسفات‌های آلی و معدنی، تولید سیدروفور، تأثیر مثبت روی رشد و مورفولوژی ریشه و بهبود رابطهٔ همزیستی با گیاه میزبان اشاره کرد [۲٦]. در بین باکتری‌های محرک رشد گیاه، باکتری‌های جنس سودوموناس و باسیلوس به دلیل توزیع گستردهٔ آن‌ها در خاک، توانایی کلونیزه‌کردن ریزوسفر بسیاری از گیاهان و تولید طیف متنوعی از متابولیت‌ها اهمیت ویژه‌ای دارند. باکتری‌های باسیلوس، باکتری‌های گرم منفی، مارپیچی و خمیده با طول ٤ ـ ۲ میکرون و قطر ۸ ـ ۱ میکرون، دارای یک تاژک قطبی و چند تاژک جانبی، شیمیوارگانوتروف و هوازی هستند [۱۰]. این باکتری‌ها در اطراف ریشه و بیشتر در ناحیهٔ ریشه‌های فرعی و تارهای موبین یافت می‌شوند و علاوه بر سطح ریشه، درون سلول‌های لایهٔ کورتکس،

Archive of SID
www.SID.ir

فضاهای بین سلول‌های این لایه، آندودرم و آوندهای آبکش ریشه زندگی و رشد می‌کنند [۱۱]. این باکتری‌ها می‌توانند جوانه‌زنی و رشد گیاه را در شرایط عادی و تنش افزایش دهند [۱]. سویه‌های باسیلوس، عملکرد برنج [۲۲]، چغندرقند [۱۳]، گندم [۱٤]، کلزا [۱۵] و ذرت [۱۸] را افزایش داده‌اند. همچنین، نتایج تحقیقات مختلف دربارهٔ کارایی باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات، مؤید نقش مؤثر آن‌ها در افزایش عملکرد کلزا، گندم و لوبیا است [۲۳]. نتایج تحقیقی در هند با استفاده از تیمارهای مختلف کود فسفره و باسیلوس در .Phaseolus mungo L نشان دادند که اثر متقابل بین میزان فسفر و کودهای زیستی معنی‌دار است. همچنین، تلقیح با هر دو مایهٔ تلقیح به‌علاوهٔ کاربرد ٦۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره باعث بالاترین تعداد گره در گیاه و عملکرد بذر شد [۲۷]. بهبهانی و خیام نیکویی [۲] در مناطق مختلف ایران، ۳ باکتری حل‌کنندهٔ فسفات به نام Pseudomonas putida strain PS13, Bacillus licheniformis strain PS7, Bacillus lentus strain PS5 را از ریزوسفر گیاه سیب‌زمینی و چغندرقند جدا و سپس، بررسی کردند. نتایج نشان داد که بالاترین وزن خشک ساقه و ریشه سیب‌زمینی و چغندرقند در هر ۳ سویه PS13, PS5, PS7 حاصل می‌شود. هدف از انجام این آزمایش نیز بررسی تأثیر باکتری حل‌کنندهٔ فسفات Bacillus cogulans بر عملکرد کمی و کیفی دو رقم ذرت علوفه‌ای بود.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار سال زراعی ۱۳۸۸، در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران (شهرستان ورامین) واقع در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۱ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقهٔ شرقی با ارتفاع ۹۲۷ متر از سطح دریا، اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار و ۱۲ تیمار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق شامل نوع منبع تأمین‌کنندهٔ فسفر و رقم بودند. تیمار نوع منبع تأمین‌کننده فسفر در ٦ سطح انجام شد که عبارت بودند از: تیمار واجد سوپر فسفات تریپل (براساس آزمون خاک، یعنی به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت و به‌صورت نواری) و بدون تلقیح، تیمار بدون کود فسفر و بدون تلقیح بذر با باکتری (شاهد)، تیمار تلقیح بذر با باکتری Bacillus cogulans+۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفره (براساس آزمون خاک، یعنی به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت و به‌صورت نواری)، تیمار تلقیح بذر با باکتری+۷۵ درصد کود شیمیایی (نسبت به تیمار واجد کود فسفره کامل، یعنی به میزان ۱۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت و به‌صورت نواری)، تیمار تلقیح بذر با باکتری+۵۰ درصد کود شیمیایی (نسبت به تیمار واجد کود فسفره کامل، یعنی به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت و به‌صورت نواری)، تیمار تلقیح بذر با باکتری و بدون کود شیمیایی فسفره. تیمار رقم در دو سطح در نظر گرفته شد که عبارت از ذرت سینگل کراس ۷۰٤ و ذرت ٦٤۷ بودند.

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

%T.N.V	کربن آلی ٪	نیتروژن ٪	فسفر (پی-پی‌ام)	پتاسیم (پی-پی‌ام)	آهن (پی-پی‌ام)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	منگنز (پی-پی‌ام)	روی (پی-پی‌ام)	مس (پی‌پی‌ام)	اسیدیته	بافت خاک
۱۵/۵	۰/۸۱	۰/۱	۹/۶	۲۶۰	۴/۱	۳/۱	۱۱/۳	۰/۸	۱/۳	۷/۱	لومی رسی

Archive of SID
www.SID.ir

هر کرت آزمایشی از ٦ ردیف کاشت به فاصلهٔ ٥٠ سانتی‌متر و به طول ٥ متر تشکیل شده بود. فاصلهٔ بوته‌ها بر روی ردیف نیز ١٢ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بین هر ٢ تیمار، ١ ردیف به‌صورت نکاشت در نظر گرفته شد و فاصلهٔ بین ٢ تکرار نیز ٢ متر تعیین شد. عملیات کاشت در نیمهٔ دوم اردیبهشت ماه انجام شد. باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات مورد نظر ابتدا در آزمایشگاه بیولوژی مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب فرموله و تهیه شدند. جمعیت باکتری‌ها در هر گرم مایهٔ تلقیح، $۹/۸\times۱۰^{۷}$ برآورد شد (براساس روش شمارش کلنی و با استفاده از محیط‌های کشت مناسب) [١٢]. برای کشت باکتری‌ها از محیط کشت Sperber استفاده شد [٨، ٢٥]. پس از کشت انفرادی باکتری‌ها، پس از ٤٨ ساعت، جمعیت آن‌ها به روش Plate Count و بر روی محیط‌های اختصاصی شمارش و سپس، حجم مساوی از آن‌ها تهیه و مجدد جمعیت در محیط کشت، شمارش و مایهٔ تلقیح آماده شد. در تیمارهایی که باید بذور با این باکتری‌ها تلقیح می‌شدند، پس از محاسبهٔ میزان بذر برای هر تیمار و ریختن بذور ذرت در داخل یک کیسهٔ پلی‌اتیلنی، مقدار ٢٠ میلی‌لیتر محلول شکر ٢٠ درصد به آن اضافه شد. آن‌گاه، کیسهٔ حاوی بذر و مادهٔ چسباننده برای مدت ٣٠ ثانیه به‌شدت تکان داده شد تا سطح همهٔ بذرها به‌طور یکنواخت چسبناک شود. سپس، مقدار ٢٠ گرم از باکتری‌ها به بذرهای چسبناک (٩٠ گرم بذر) اضافه شد و پس از ٤٥ ثانیه تکان‌دادن و اطمینان از چسبیدن یکنواخت باکتری‌ها به بذرها، بذرهای آغشته به باکتری‌ها بر روی ورقهٔ آلومینیومی تمیز در زیر سایه پهن شدند تا بذور خشک شوند [٢٤]. سپس، به سرعت نسبت به کاشت بذور اقدام شد. کاشت بذور روی خطوط کاشت در عمق ٣ تا ٥ سانتی‌متر انجام شد. همهٔ عملیات زراعی از قبیل واکاری، وجین، تنک‌کردن و مبارزه با آفات و بیماری‌ها به‌طور هم‌زمان و به‌نحو مطلوب در همهٔ کرت‌های آزمایشی انجام شد. در شروع گل‌دهی، از ردیف‌های دوم و پنجم هر کرت آزمایشی پس از حذف تأثیر حاشیه‌ای، ٤ بوته انتخاب و از ٤ برگ انتهایی بالای بوته که به رشد کامل رسیده بودند (حداکثر تجمع فسفر در گیاه در طول رشد در این قسمت است)، برای اندازه‌گیری میزان فسفر جذب‌شده در اندام هوایی، نمونه‌برداری و اندازه‌گیری فسفر در گیاه به روش کالری‌متری انجام شد. در این روش ابتدا ٢ میلی‌لیتر از محلول عصارهٔ گیاهی به بالن ژوژهٔ ٢٥ میلی‌لیتری منتقل شد، ٥ میلی‌لیتر از محلول آمونیوم مولیبدووانادات به آن افزوده و به حجم رسانده شد. پس از گذشت نیم ساعت، فسفر نمونه‌ها در طول موج ٦٤٠ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد [٧]. در زمان برداشت محصول نیز ارتفاع ساقه، قطر ساقه، سطح برگ، وزن تر و خشک اجزای مختلف بوته و میزان فسفر خاک اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت، در مرحلهٔ گل‌دهی، همهٔ بوته‌های سبز در هر کرت شمارش و سپس، از سطح خاک، قطع و برداشت شد. پس از اندازه‌گیری وزن تر با ترازو، سپس، به‌مدت ٤٨ ساعت در آون با درجه حرارت ٧٥ درجهٔ سانتی‌گراد خشک و به‌عنوان علوفه خشک توزین شد. پس از برداشت محصول، از خاک تک تک تیمارها نمونه‌گیری مرکب انجام شد. آن‌گاه، نمونه‌ها به‌طور کامل در هوا خشک و پس از عبور از الک ٢ میلی‌متری، آمادهٔ مراحل بعدی شدند. فسفر خاک با بی‌کربنات سدیم ٠/٥ مولار در اسیدیتهٔ ٨/٥ عصاره‌گیری و با استفاده از روش اسید اسکوربیک و اسپکتروفتومتر، طول موج ٨٨٢ نانومتر، اندازه‌گیری شد [٢٠]. شاخص‌های کیفی علوفه [درصد قابلیت هضم (Dry Matter Digestibility:DMD)، درصد پروتئین خام (Crude Protein: CP)، فیبر خام (Acid Detergent Fiber: ADF)، خاکستر (Ash)، درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب (Water Soluble Carbohydrates: WSC)] نیز با استفاده از دستگاه NIR

Archive of SID
www.SID.ir

(Near Infrared Reflectance Spectroscopy) [۱۶] در مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور اندازه‌گیری شدند. تکنولوژی NIR براساس جذب و انعکاس اشعهٔ مادون قرمز در طول موج‌های بین ۲۵۰۰ـ۷۰۰ نانومتر استوار است. در این روش، اشعه بر جسم تابانیده می‌شود و انرژی منعکس‌شده (R) از نمونه براساس LogL/R اندازه‌گیری می‌شود و براساس برازش معادلات خطی رگرسیونی چند متغیره بین انرژی‌های منعکس‌شده از جسم و داده‌های شیمیایی، دستگاه کالیبره می‌شود. پس از کالیبراسیون دستگاه NIR، اندازه‌گیری صفات کیفی مذکور براساس روش فوق [۱۶] انجام شد. برای ارزیابی درصد بازدهٔ زراعی کود در تیمارهای مختلف آزمایش، از فرمول پومارز[۷] و همکاران استفاده شد:

رابطهٔ (۱). میزان کود دریافتی/(عملکرد در قطعهٔ شاهد منهای عملکرد در تیمار مورد نظر)=بازدهٔ زراعی کود

وزن خشک کل اندام هوایی در تیمارهای مختلف آزمایش و درصد بازدهٔ نسبی زراعی نیز از رابطهٔ زیر به‌دست آمد:

رابطهٔ (۲). a/b=درصد بازدهٔ نسبی زراعی

(وزن خشک در تیمار شاهد ـ وزن خشک در تیمار مورد نظر)=a

(وزن خشک در تیمار شاهد ـ وزن خشک در تیمار کود شیمیایی)=b

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و آزمون مقایسه‌های میانگین نیز از آزمون دانکن در برنامهٔ آماری SAS استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

اثر نوع کود فسفر بر ارتفاع گیاه در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود، اما اثر رقم و اثر متقابل نوع کود فسفر در رقم اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین بین سطوح فسفر مشخص کرد که بین تیمارها، اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری که بیشترین ارتفاع در تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر و کمترین ارتفاع در تیمار بدون کود و بدون تلقیح (شاهد) مشاهده شد (جدول ٦). همچنین، مشخص شد که بین ارتفاع گیاه با تعداد برگ ($r=$۰/٦٦)، وزن خشک ساقه ($r=$۰/٦٦)، وزن خشک برگ ($r=$۰/٦٤) و وزن خشک بلال ($r=$۰/۸۱) همبستگی بسیار معنی‌داری وجود دارد (جدول ۸). استفاده حداکثر از منابع و شرایط رشدی مناسب به دلیل برخورداری از منابع می‌تواند عامل اصلی در افزایش ارتفاع گیاه محسوب شود. نتایج ما نشان داد که همزیستی، اغلب تسهیم نسبی بیوماس را در درون گیاه تحت تأثیر قرار می‌دهد. اثر باکتری بر افزایش رشد ساقه را شاید بتوان به تولید هورمون‌های رشد از جمله اکسین و جیبرلین تعمیم داد که بر رشد ساقه و ریشه تأثیرگذار است. همچنین، به نظر می‌رسد که افزایش ارتفاع بوته وابسته به افزایش ذخیرهٔ فسفر گیاه باشد که با نتایج بعضی محققان مطابقت دارد [۳۰]. احتمالاً افزایش ارتفاع گیاهان همزیست با باکتری را می‌توان به دلیل تأثیر این ریزجانداران بر روابط کربن و نیتروژن و احتمالاً جنبه‌های دیگر بیوشیمی گیاه نیز نسبت داد. طبق نظر نیمیرا [۱۹] و همکاران، افزایش ارتفاع بوته‌های ذرت در تیمارهای تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کنندهٔ فسفات، به وجود یک رابطه بین هورمون‌های گیاهی و ویتامین‌ها در تأثیر این مواد تلقیحی بر ارتفاع گیاه نسبت داده شده است.

در قطر ساقه، بین سطوح فسفر و بین ارقام اختلاف بسیار معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود داشت (جدول ۲)، به‌طوری که مقایسهٔ میانگین‌ها بیانگر آن است که بیشترین قطر ساقه در تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر و کمترین آن در تیمار بدون کود و بدون تلقیح (شاهد) مشاهده شد. هرچند ارتفاع بوته در تیمار دارای باکتری و بدون کود کمتر از تیمار دارای کود شیمیایی کامل

Archive of SID
www.SID.ir

بدون تلقیح بود، اما این اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ٦). بین دو رقم نیز رقم ۷۰٤ نسبت به رقم ٦٤۷ در مقیاس بالاتری قرار گرفت (جدول ٤). افزایش قطر ساقه ناشی از افزایش و تجمع عناصر در ساقه است. از آنجایی که این باکتری‌ها توانایی زیادی در افزایش تولید هورمون سیتوکنین که در تقسیم سلولی نقش دارد، ممکن است باعث افزایش قطر ساقه گیاه شده‌اند. احتشامی [۱] و همکاران نیز گزارش دادند که ریزجانداران حل‌کنندهٔ فسفات باعث افزایش قطر ساقه ذرت و برنج می‌شوند. در تعداد برگ گیاه بین سطوح مختلف فسفر، اختلاف بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت، اما بین ارقام و اثر متقابل فسفر در رقم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

مقایسهٔ بین سطوح فسفر نیز نشان داد که تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر نسبت به دیگر تیمارها تعداد برگ بیشتری را به خود اختصاص داد و کمترین تعداد برگ مربوط به تیمار بدون کود و بدون تلقیح (شاهد) بود (جدول ٦). در تیمارهای تلقیح بذر با باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات به دلیل قدرت و کارایی بالایی که در جذب عناصر غذایی و به‌ویژه فسفر از خود نشان می‌دهند، باعث تداوم طول عمر برگ در مراحل نمو گیاه و در نتیجه باعث قابلیت انجام فتوسنتز بیشتر می‌شوند که می‌تواند باعث افزایش عملکرد گیاه شود، لیکن چون مقداری از مواد فتوسنتزی گیاه در حین رابطهٔ همزیستی مصرف می‌شود، کاهشی در بیوماس گیاه مشاهده می‌شود که دور از انتظار نیست.

در ارتباط با وزن تر و خشک برگ، بین سطوح فسفر و ارقام، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). مقایسهٔ بین سطوح فسفر حاکی از آن بود که تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر بیشترین وزن تر و خشک برگ را شامل شد و کمترین وزن تر و خشک برگ در تیمار بدون کود و بدون تلقیح (شاهد) رؤیت شد (جدول ٦). بین دو رقم، رقم ۷۰٤ وزن تر و خشک برگ بیشتری را نسبت به رقم ٦٤۷ به خود اختصاص داد (جدول ٤). بیشترین وزن تر برگ نیز در رقم ۷۰٤ در تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر مشاهده شد (شکل ۱). افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر، مهم‌ترین عاملی است که وزن خشک گیاه را در همزیستی با این باکتری‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد. البته سایر جنبه‌های بیوشیمیایی گیاه میزبان در همزیستی با این باکتری‌ها می‌تواند اندازهٔ اندام گیاه میزبان را تحت تأثیر قرار دهد. در ضمن، همزیستی، اغلب تسهیم نسبی بیوماس را در درون گیاه تغییر می‌دهد. بنابراین، اندازهٔ گیاه و تناسب اندام درون گیاه از قبیل نسبت ساقه به ریشه، برگ، اندام زایشی و ... می‌تواند دستخوش تغییر به دلیل وجود روابط همزیستی شود، به خصوص زمانی که رطوبت خاک عامل محدودکننده باشد [۹].

در وزن تر و خشک ساقه بین سطوح فسفر و ارقام و همچنین، اثر متقابل باکتری در رقم اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین‌ها بین سطوح فسفر نشان داد که تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر، بیشترین و تیمار بدون کود و بدون تلقیح (شاهد) کمترین وزن تر و خشک ساقه را به خود اختصاص دادند (جدول ٦). بین دو رقم نیز رقم ۷۰٤ وزن تر و خشک ساقه بیشتری را نسبت به رقم ٦٤۷ شامل خود کرد (جدول ٤). رقم ۷۰٤ در تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر دارای بیشترین وزن تر و خشک ساقه بود (شکل ۲، ۳). این باکتری‌ها با سنتز هورمون‌های گیاهی موجب افزایش سطح ریشه، توانایی ریشه در جذب آب و مواد غذایی و در نتیجه، رشد گیاه می‌شوند. رشد بهتر ریشه می‌تواند رشد مطلوب اندام هوایی را سبب شود. از طرفی، افزایش حلالیت عناصر غذایی از قبیل فسفر و آهن ناشی از رهاکردن سیدروفورها و اسیدهای آلی توسط PGPR، مکانیسمی مهم برای افزایش جذب عناصر غذایی و رشد گیاه شناخته شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲. جدول تجزیهٔ واریانس صفات کمی در دو رقم ذرت علوفه‌ای در سطوح مختلف فسفر

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	قطر	تعداد برگ	وزن تر ساقه	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	وزن تر بلال	وزن خشک بلال
تکرار	۲	۲۵/۹ ns	۷/۶ ns	۰/۱۱ ns	۵۴/۳ ns	۱۸/۱ ns	۱۰/۱ ns	۵۱/۹ *	۱/۲ ns
فسفر	۵	۳۳۳/۳ **	۱۵۳/۶ **	۱۰/۶ **	۱۳۳۶۳/۶ **	۶۱۴۵/۸ **	۲۱۴/۶ **	۹۵۹/۷ **	۹۲۹/۳ **
رقم	۱	۷۶۹ ns	۶۶/۷ *	۴ ns	۶۰۸۴۴/۴ **	۱۷۰۷۳/۸ *	۱۰۱۳/۳ **	۴۵۵/۱ **	۲۳۰ **
فسفر در رقم	۵	۲۰۷ ns	۹/۴ ns	۰/۷ ns	۶۸۹/۹ **	۵۷۸/۲ **	۷/۶ ns	۲۹/۸ ns	۱۳/۷ ns
خطا	۲۲	۱۲/۹	۲/۹	۱	۵۹/۸	۵۳/۷	۶/۸	۱۳/۲	۱۱/۴

**،*،nsاختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۱ درصد، ۵ درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۳. جدول تجزیهٔ واریانس عملکرد و صفات کیفی در دو رقم ذرت علوفه‌ای در سطوح مختلف فسفر

منبع تغییرات	درجه آزادی	علوفه تر	علوفه خشک	فسفر گیاه	فسفر خاک	DMD	CP	WSC	ADF	ASH
تکرار	۲	۲۱۴۰۴۴ ns	۴۷۰۰۴۴/۴ ns	۰/۰۴۹ **	۰/۰۳۶ n.s	۲۴/۶ ns	۱/۳ ns	۹/۷ ns	۵/۸ ns	۰/۰۱ ns
فسفر	۵	۱۲۸۳۵۸۶۸۴۴ **	۹۱۷۳۲۷۶۴/۴ **	۰/۲۲ **	۰/۲۷ **	۲۰/۱ ns	۵/۹ ns	۱۴/۴ ns	۳/۷ ns	۰/۱۳ ns
رقم	۱	۴۰۶۸۷۳۸۴۴ **	۱۲۶۴۲۲۴۰ **	۰/۰۵ *	۱۱/۰۴ n.s	۲۵/۹ ns	۷/۶ ns	۲۰۲/۳ **	۴۲/۱ ns	۲/۰۸ *
فسفر در رقم	۵	۲۳۰۵۷۰۶/۷ ns	۰/۰۱۷ ns	۰/۰۰۷	۲۱/۵۵ n.s	۳۳ *	۲/۳ ns	۳۳/۷ ns	۳۰/۶ ns	۰/۳۵ ns
خطا	۲۲	۲۳۰۷۰۱۵۱ **	۸۶۸۷۸۳/۸	۰/۰۰۷	۱/۹	۱۰/۸	۲/۵	۲۱/۳	۱۵/۸	۰/۳۲

**اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۱ درصد　　*اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد　　nsعدم وجود اختلاف معنی‌دار

DMD: درصد قابلیت هضم علوفه خشک　　CP: درصد پروتئین خام　　WSC: درصد کربوهیدرات های محلول در آب　　ADF: درصد فیبر　　ASH: درصد خاکستر

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤. جدول مقایسهٔ میانگین صفات کمی بین دو رقم ذرت علوفه‌ای

رقم	ارتفاع (سانتی‌متر)	قطر (میلی‌متر)	تعداد برگ	وزن تر ساقه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن تر برگ (گرم)	وزن خشک برگ (گرم)	وزن تر بلال (گرم)	وزن خشک بلال(گرم)
سینگل کراس ۷۰۴	۱۷۲/۱۷a	۲۶/۴۴a	۱۳/۶۱a	۳۸۸/۵a	۶۷/۷۸a	۲۱۹/۸۹a	۴۷/۷۸a	۷۶/۶۱a	۵۳/۳۳a
سینگل کراس ۶۴۷	۱۷۰/۸۹a	۲۳/۷۳b	۱۲/۹۴a	۳۰۶/۲۸b	۵۹/۱۱b	۱۷۶/۳۳b	۳۷/۱۷b	۶۹/۵b	۴۸/۲۸b

میانگین‌ها به روش آزمون دانکن و در سطح آماری ۵ درصد مقایسه شده‌اند. اعداد داخل هر ستون با حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۵. جدول مقایسهٔ میانگین عملکرد و صفات کیفی بین دو رقم ذرت علوفه‌ای

رقم	علوفه تر (کیلوگرم در هکتار)	علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار)	فسفر گیاه (٪)	DMD (٪)	CP (٪)	WSC (٪)	ADF (٪)	ASH (٪)
سینگل کراس ۷۰۴	۱۰۹۶۰۰a	۲۷۰۲۲/۲a	۲/۸۲b	۵۸/۱۶b	۹/۷۴a	۱۰/۶۶a	۲۴/۸۹a	۶/۶۵b
سینگل کراس ۶۴۷	۸۸۳۳۷/۸b	۲۳۱۲۸/۹b	۲/۹ a	۵۹/۸۶a	۹/۷۴a	۲۰/۱۵b	۲۳/۶۴a	۷/۱۳a

میانگین‌ها به روش آزمون دانکن و در سطح ۵ درصد مقایسه شده‌اند. اعداد داخل هر ستون دارای یک حرف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶. جدول مقایسهٔ میانگین صفات کمی بین سطوح مختلف فسفر

سطوح باکتری	ارتفاع (سانتی‌متر)	قطر (میلی‌متر)	تعداد برگ	وزن تر ساقه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن تر برگ (گرم)	وزن خشک برگ (گرم)	وزن تر بلال (گرم)	وزن خشک بلال (گرم)
کود و بدون تلقیح	۱۷۲/۵bc	۲۵/۸۳b	۱۳/۱۷b	۳۴۸/۶۷c	۶۵b	۲۰۷/۶۷b	۴۳b	۷۴/۱۷b	۶۲/۶۷a
بدون کود و بدون تلقیح بذر	۱۶۱/۱۷e	۱۸/۱۷d	۱۲/۵c	۲۸۸e	۵۴/۱۷d	۱۵۵e	۳۴/۱۷d	۵۴/۱۷d	۳۲/۱۷c
۱۰۰٪ کود و تلقیح بذر	۱۷۵b	۲۹/۳۳a	۱۴/۶۷a	۳۹۵/۵b	۶۸/۸۳a	۲۲۹/۸۳a	۴۹a	۸۶/۳۳a	۵۲/۶۷b
۷۵ درصد کود و تلقیح بذر	۱۸۳/۱۷a	۳۱/۶۷a	۱۵a	۴۰۵/۱۷a	۷۰/۸۳a	۲۳۵a	۴۹/۱۷a	۸۷/۵۵a	۶۵/۵۵a
۵۰٪ کود و تلقیح بذر	۱۷۰/۳cd	۲۴/۶۷b	۱۲/۸۳b	۳۴۳/۶۷c	۶۱/۶۷bc	۱۹۰/۳۳c	۴۱/۶۷b	۷۰bc	۵۰/۱۷b
تلقیح بذر و بدون کود	۱۶۷d	۲۰/۸۳c	۱۱/۵bc	۳۰۳/۳۳d	۶۰/۱۷c	۱۷۰/۸۳d	۳۷/۸۳c	۶۶/۱۷c	۴۰/۶۷b

میانگین‌ها به روش آزمون دانکن و در سطح ۵ درصد مقایسه شده‌اند. اعداد داخل هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۷. جدول مقایسهٔ میانگین عملکرد و صفات کیفی در سطوح مختلف فسفر

سطوح باکتری	عمود تر (کیلوگرم در هکتار)	علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار)	فسفر گیاه (٪)	فسفر خاک (ppm)	DMD (٪)	CP (٪)	WSC (٪)	ADF (٪)	ASH (٪)
کود و بدون تلقیح بذر	۱۰۰۸۸۰c	۲۵۷۰۶۲۷b	۲/۹۲b	۵/۹b	۵۹/۹a	۱۰۰۵۵۲a	۱۰۰۲۲۲a	۲۲/۴۷a	۶/۸۷a
بدون کود و بدون تلقیح بذر	۷۹۵۴۷۱f	۱۹۴۴۰۰e	۲/۶۴c	۳/۸۱d	۵۵/۸b	۸/۵۹b	۸/۵۵۲a	۲۰۰۱۵a	۷/۰۹a
۱۰۰ درصد کود و تلقیح بذر	۱۱۳۸۶۷b	۲۸۸۸۰a	۳/۰۲a	۷/۷۳a	۶۰/۵a	۱۰۰۷۹a	۸/۵۹b	۲۳/۸۸a	۶/۷۳a
۷۵ درصد کود و تلقیح بذر	۱۱۶۴۲۷a	۲۹۶۸۰a	۳/۱۱a	۶/۴a	۶۰/۷a	۱۱۳۸a	۱۱۳۸a	۲۴/۴a	۶/۷۳a
۵۰ درصد کود و تلقیح بذر	۹۶۶۴۰d	۲۴۵۶۰c	۲/۷۴c	۵/۷۲b	۵۸/۷۵ab	۱۰۰۳۸ab	۲۲/۴۱a	۲۴/۴۹a	۶/۹۷a
تلقیح بذر و بدون کود	۸۶۴۵۳e	۲۲۱۸۶۷d	۲/۷۱c	۴/۹۳c	۵۸/۵۵ab	۹/۵۲۵b	۲۱/۵۶a	۲۵/۲۷a	۶/۹۴a

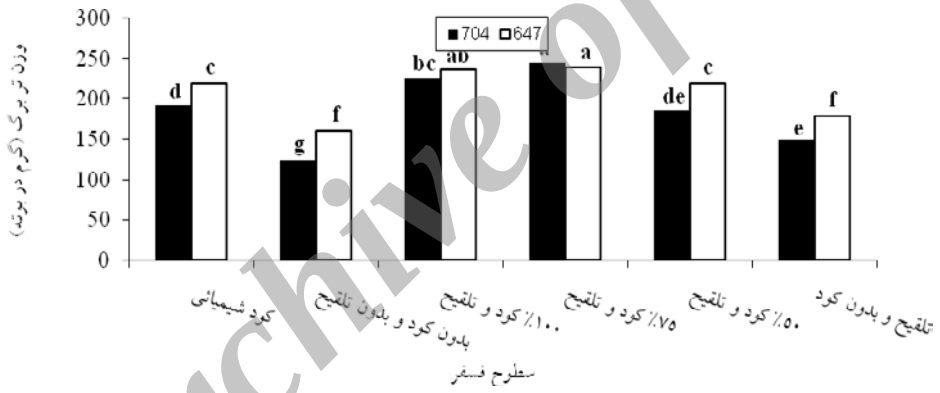
میانگین‌ها به روش آزمون دانکن و در سطح ۵ درصد مقایسه شده‌اند. اعداد داخل هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Archive of SID

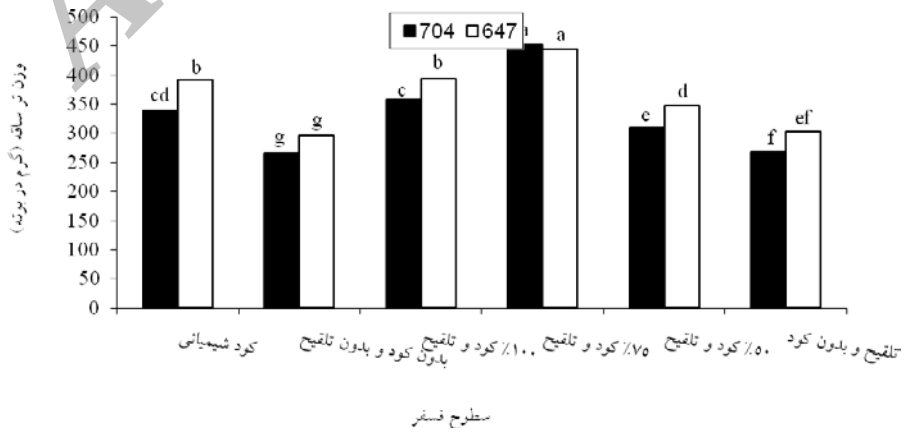
www.SID.ir

در وزن‌تر و خشک بلال بین سطوح فسفر و همچنین، بین ارقام در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف بسیار معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر، بیشترین وزن تر و خشک بلال را شامل خود کرد و کمترین آن در تیمار بدون کود و بدون تلقیح (شاهد) مشاهده شد (جدول ٦). بین دو رقم نیز رقم ۷۰٤ وزن تر و خشک بلال بیشتری را نسبت به رقم ٦٤۷ به خود اختصاص داد (جدول ٤)، اما اثر متقابل باکتری در رقم اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۲). همچنین، بین وزن خشک ساقه با وزن خشک بلال همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد (r=۰/۸) (جدول ۸). این موضوع نشان می‌دهد که احتمال وجود رابطه، بین مواد مترشحه از این باکتری‌ها و تأثیر آن بر رشد ریشه گیاه وجود دارد که باعث افزایش جذب آب و عناصر غذایی از خاک می‌شود.

نتایج نشان داد که در عملکرد علوفه تر و خشک بین سطوح فسفر و بین ارقام اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت (جدول ۳). مقایسهٔ بین سطوح فسفر نشان داد که تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر بیشترین عملکرد علوفه تر و خشک را به خود اختصاص داد و کمترین مقدار در تیمار بدون کود و بدون تلقیح (شاهد) دیده شد (جدول ۷). بین ارقام نیز رقم ۷۰٤ نسبت به رقم ٦٤۷ در سطح بالاتری قرار گرفت (جدول ۵). اثر متقابل رقم در باکتری نیز در عملکرد علوفه تر، معنی‌دار بود، اما در عملکرد علوفه خشک اثر معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).



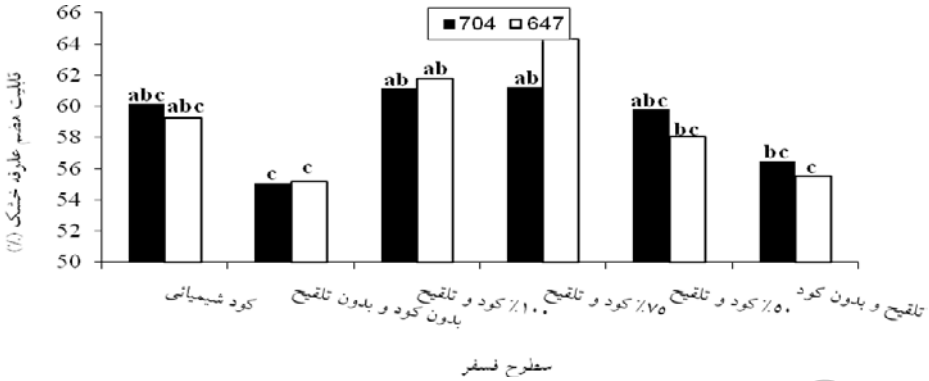
شکل ۱. اثر متقابل رقم در سطوح مختلف فسفر بر وزن تر برگ



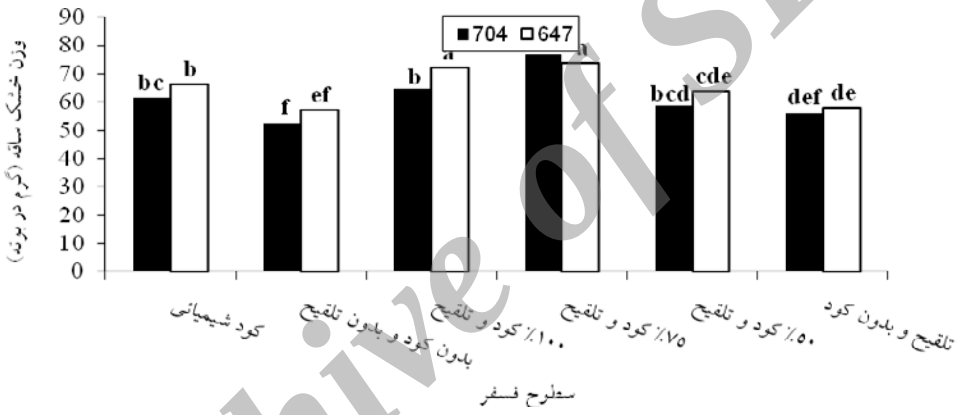
شکل ۲. اثر متقابل رقم در سطوح مختلف فسفر بر وزن تر ساقه

Archive of SID

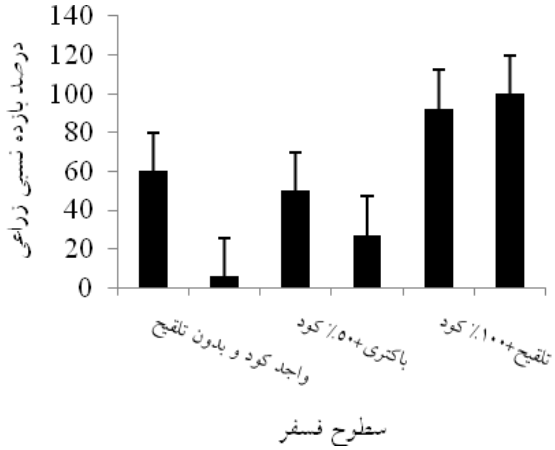
www.SID.ir



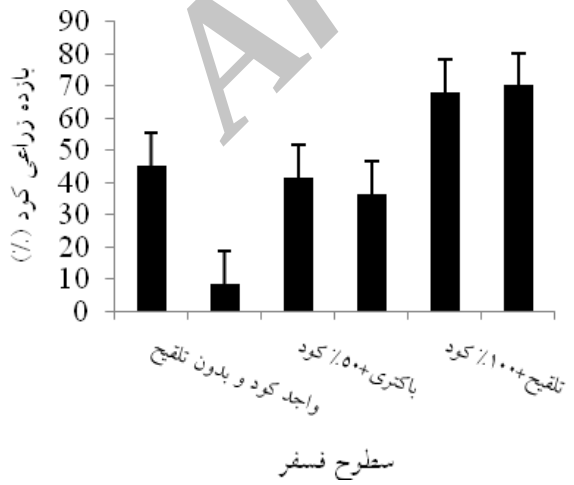
شکل ۳. اثر متقابل رقم در سطوح مختلف فسفر بر وزن خشک ساقه



شکل ٤. اثر متقابل رقم در سطوح مختلف فسفر بر قابلیت هضم علوفه خشک



شکل ۵. اثر سطوح مختلف فسفر بر درصد بازده نسبی زراعی



شکل ٦. اثر سطوح مختلف فسفر بر بازدهٔ زراعی کود

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۸ ضریب همبستگی ساده بین صفات مورد ارزیابی ارقام مختلف ذرت علوفه ای در سطوح مختلف کمفر

صفات	ارتفاع	قطر	تعداد برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک بلال	وزن تر ساقه	وزن تر برگ	وزن تر بلال	قابلیت هضم	کربوهیدرات محلول	پروتئین خام	فیبر خام	خاکستر	فسفر گیاه	عملکرد خشک	عملکرد تر
ارتفاع	۱																
قطر	۰/۷۱**	۱															
تعداد برگ	۰/۶۶**	۰/۸۳**	۱														
وزن خشک ساقه	۰/۶۶**	۰/۸۱**	۰/۸**	۱													
وزن خشک برگ	۰/۶۴**	۰/۸۱**	۰/۷۲**	۰/۸۵**	۱												
وزن خشک بلال	۰/۸۱**	۰/۸۹**	۰/۸۳**	۰/۹**	۰/۸۵**	۱											
وزن تر ساقه	۰/۶۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۹۱**	۰/۸۹**	۰/۸۳**	۱										
وزن تر برگ	۰/۷۴**	۰/۸۳**	۰/۸**	۰/۸۳**	۰/۸۷**	۰/۸۹**	۰/۸۳**	۱									
وزن تر بلال	۰/۷۲**	۰/۸۳**	۰/۸**	۰/۸۳**	۰/۸۷**	۰/۸۹**	۰/۸۳**	۰/۸۷**	۱								
قابلیت هضم	۰/۶۴**	۰/۸۱**	۰/۸**	۰/۸۳**	۰/۸۷**	۰/۸۹**	۰/۸۳**	۰/۸۷**	۰/۸۷**	۱							
کربوهیدرات محلول	۰/۶۴**	۰/۸۱**	۰/۸**	۰/۸۳**	۰/۸۷**	۰/۸۹**	۰/۸۳**	۰/۸۷**	۰/۸۷**	۰/۸۷**	۱						
پروتئین خام	۰/۶۴**	۰/۸۱**	۰/۸**	۰/۸۳**	۰/۸۷**	۰/۸۹**	۰/۸۳**	۰/۸۷**	۰/۸۷**	۰/۸۷**	۰/۸۷**	۱					
فیبر خام	ns۰/۲۴	۰/۲۸ ns	۰/۰۳ ns	۰/۰۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۱۱ ns	۰/۴۱*	۱				
خاکستر	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۰۳ ns	۰/۰۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۱۱ ns	۰/۰۸ ns	۰/۲۸ ns	۱			
فسفر گیاه	۰/۲۶ ns	۰/۲۶ ns	۰/۰۳ ns	۰/۰۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۰/۱۱ ns	۰/۴۱*	۰/۲۸ ns	۰/۲۸ ns	۱		
عملکرد خشک	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۱	
عملکرد تر	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۱

** اختلاف معنی دار در سطح آماری ۱ درصد

* اختلاف معنی دار در سطح آماری ۵ درصد

ns نداشتن اختلاف معنی دار

Archive of SID

www.SID.ir

به نظر می‌رسد وجود تریپتوفان به‌عنوان یک پیش ماده برای اکسین، تولید اکسین باکتریایی را تحریک می‌کند. همچنین، اسیدهای آمینه‌ای مانند آسپاراژین، آلانین و لیزین در ترشحات ریشه‌ای ذرت وجود دارند که می‌توانند فعالیت آنزیم‌هایی مانند ترپتوفان آمینوترانسفراز را تحریک کنند [۲۰]. به‌علاوه، باکتری‌ها می‌توانند قندهای موجود در ترشحات ریشه‌ای ذرت را به‌عنوان منبعی برای کربن استفاده کنند. بنابراین، این ترکیبات نه تنها بر رشد گیاه تأثیر دارند، بلکه بر تولید اکسین نیز مؤثرند و می‌توانند عملکرد گیاه را ارتقا بخشند.

بیشترین درصد قابلیت هضم علوفه خشک، درصد پروتئین خام و درصد کربوهیدرات محلول در آب را تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر سبب شد. بیشترین درصد فیبر نامحلول و درصد خاکستر نیز در تیمار بدون کود و بدون تلقیح (شاهد) گزارش شد (جدول ۷). افزایش درصد قابلیت هضم به‌عنوان مهمترین صفت اساسی در تعیین کیفیت علوفه شناخته شده است [٦]. وارد[۲۸] و همکاران با تحقیقی که روی گیاهان علوفه‌ای یک‌ساله تابستانه انجام دادند به این نتیجه رسیدند که مادهٔ خشک قابل هضم همبستگی منفی با درصد پروتئین خام، درصد فیبرهای نامحلول در شوینده اسیدی و خاکستر دارد. همچنین، نشان دادند که عوامل محیطی مانند دما، تنش رطوبتی، سایه، بافت خاک و غیره بر قابلیت هضم تأثیر دارند. وینبرگ(۲۹) و همکاران در مورد آفتابگردان نشان دادند گیاهانی که رطوبت بیشتری در یافت می‌کنند ADF و NDF بیشتری دارند. فولگوئیرا[٤] و همکاران نیز گزارش دادند که کاهش ADF علوفه سبب افزایش کیفیت علوفه می‌شود.

مقایسهٔ میانگین بین سطوح فسفر مشخص کرد که تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر بیشترین میزان فسفر را داشت و کمترین مقدار فسفر در تیمار بدون کود و بدون تلقیح (شاهد) مشاهده شد (جدول ۷). بین دو رقم نیز، رقم ٦٤٧ در سطح بالاتری نسبت به رقم ۷۰٤ قرار گرفت (جدول ۵). همچنین، بین غلظت فسفر گیاه و وزن خشک رابطهٔ مهمی وجود دارد، به‌طوری که در آزمایش ما یک رابطهٔ خطی بین این دو صفت وجود داشت. مقایسهٔ میانگین بین سطوح فسفر خاک مشخص کرد که تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر بیشترین میزان فسفر خاک را داشت و کمترین مقدار فسفر در تیمار بدون کود و بدون تلقیح (شاهد) مشاهده شد (جدول ۷). همچنین، نتایج ما نشان داد که بالاترین درصد بازدهٔ نسبی زراعی در تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر و کمترین آن در تیمار بدون کود و بدون تلقیح بود (شکل ۵). در ضمن بالاترین بازدهٔ زراعی کود نیز در تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر و کمترین آن در تیمار بدون کود و بدون باکتری (شاهد) بوده است (شکل ٦). مشخص شده است که باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات با تولید یون H^+ و انواع اسیدهای آلی به‌ویژه اسیدهای کتوگلوکونیک، سیتریک، اگزالیک، مالیک و ... می‌توانند در آزادکردن عناصر غذایی از ترکیب‌های معدنی نامحلول مؤثر باشند. همچنین، بسیاری از این باکتری‌ها می‌توانند آنزیم‌های فسفاتاز (اسیدی و قلیایی) را ترشح کنند که با معدنی‌کردن ترکیب‌های آلی، یون‌های قابل جذب برای گیاه را فراهم می‌کنند؛ اما شواهد حاکی از آن است که به دلیل وجود باکتری‌های حل‌کننده فسفات، شرایط مناسب‌تری برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه وجود دارد و این عامل در درصد بازدهٔ زراعی باکتری‌های مورد استفاده می‌تواند مؤثر باشد. همچنین، باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات فعالیت چشمگیری داشتند و نسبت به تیمار شاهد و کود شیمیایی تلاش بیشتری برای جذب رطوبت و عناصر غذایی از خود نشان داده‌اند تا از این طریق بتوانند از کاهش عملکرد گیاه بکاهند.

Archive of SID
www.SID.ir

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی تلقیح بذر ذرت با باکتری حل‌کنندهٔ فسفات *Bacillus cogulans* بر عملکرد گیاه از طریق افزایش جذب مواد غذایی به‌ویژه فسفر و نیز احتمالاً از طریق گسترش‌دادن سطح جذب ریشه (کلونیزه‌شدن) اثر مثبتی داشت. در حقیقت این آزمایش نشان داد که این باکتری برحسب ویژگی‌های خاک، ژنوتیپ گیاه و شرایط اقلیمی، خود را با محیط سازگار می‌کند و برای اینکه خود را در خاک تثبیت کنند، نیاز به زمان دارد. به این ترتیب پیش‌بینی می‌شود که در صورت تکرار آزمایش در محدوده‌ای وسیع از خاک، شرایط اقلیمی و عملیات زراعی، توانایی این باکتری‌ها در افزایش عملکرد گیاه در شرایط متفاوت اقلیمی بیشتر آشکار خواهد شد.

منابع

۱. احتشامی، س، م، ر؛ آقاعلیخانی، م؛ چایی‌چی، م، ر؛ خاوازی، ک؛ (۱۳۸۸). «تأثیر کودهای زیستی فسفاته بر خواص کمی و کیفی ذرت دانه‌ای تحت شرایط تنش کم آبی». *مجلهٔ علوم گیاهان زراعی ایران*. ۴۰، ۱، ص. ۲۷-۱۵.

۲. بهبهانی، م؛ خیام نکویی، م؛ (۱۳۸۲). «بررسی تأثیر باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات در عملکرد سیب‌زمینی در شرایط گلخانه‌ای». چکیدهٔ مقالات، *سومین همایش ملی توسعهٔ کاربرد مواد بیولوژیک و استفادهٔ بهینه از کود و سم در کشاورزی*. مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر، کرج، ص. ۳۱۶.

۳. چایی‌چی، م، ر؛ جهسانیان، آ؛ (۱۳۸٤). «معرفی خصوصیات اگرواکولوژیک تعدادی از گیاهان جدید علوفه‌ای مناسب برای ایران». *اولین همایش ملی گیاهان علوفه‌ای کشور*. دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران.

٤. خاوازی، ک؛ اسدی رحمانی، ه؛ ملکوتی، م، ج؛ (۱۳۸٤). «ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور». مجموعهٔ مقالات، *مؤسسه تحقیقات خاک و آب*. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی. ص. ٤۳۹.

۵. فاتح، ا؛ (۱۳۸۵). تأثیر سیستم‌های مختلف حاصلخیزی خاک (ارگانیک، تلفیقی و شیمیایی) بر روی عملکرد علوفه و خصوصیات دارویی گیاه کنگر فرنگی. دانشگاه تهران. تهران. رسالهٔ دکتری.

٦. مظفری، ج؛ عباسی، م؛ (۱۳۸٤). «ذخایر توارثی گیاهان علوفه‌ای در بانک ژن گیاه ملی ایران». *اولین همایش ملی گیاهان علوفه‌ای کشور*. دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران.

۷. ملکوتی، م، ج؛ همایی، م؛ (۱۳۷۲). *حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک «مشکلات و راه‌حل‌ها»*. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ص. ٤۹٤.

8. Alef K and Nannipieri P (1995) Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press.

9. Auge RM (2001) Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza. 11: 3–42.

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

11. Bashan Y and Holguin G (1998) Proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: Biocontrol-PGPB (Plant Growth-Promoting Bacteria) and PGPB. Soil Biology and Biochemistry. 30: 1225-1228.

Archive of SID

www.SID.ir

12. Becking JH (2006) Prokaryotes. 6: 759-783.

13. Cakmakci R Kantar F and Algur OF (1999) Sugar beet and barley yield in relation to *Bacillus polymyxa* and *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* inoculation. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 162: 437–442.

14. de Freitas JR (2000) Yield and N assimilation of winter wheat (*Triticum aestivum* L., var Norstar) inoculated with rhizobacteria. Pedobiologia. 44: 97–104.

15. Ebrahimi S Iran Nejad H Shirani Rad AH Akbari GA Amiry R and Modarres Sanavy SAM (2007) Effect of *Azotobacter chroococcum* Application on Quantity and Quality Forage of Rapeseed Cultivars. Pakistan Journal of Biological Sciences. 10: 3126-3130.

16. Jafari A Connolly V Frolich A and Walsh EK (2003) A note on estimation of quality in perennial ryegrass by near infrared spectroscopy. Irish journal of agricultural and food research. 42: 293-299.

17. Kirchner M 1993 Soil microbial population and activities in reduced chemical input agroecosystems. SSSAJ. 57:1289-1295.

18. Misko A and Germida JJ (2002) Taxonomic and functional diversity of *Pseudomonas* isolated from the roots of field-grown canola. FEMS Microbiology Ecology. 42: 399–407.

19. Niemira BA Safir GR Hammerschmidt R and Bird GW (1995) Production of prenuclear minitubers of potato with peat-based arbuscular mycorrhizal fungal inoculum. Agronomy Journal. 87: 942-946.

20. Olsen SR Cole CV Watanabe FS and Dean LA (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture Circular. 939: 1-19.

21. Ramezanian A (2004) Introduction of Rhizobium bacteria as plant growth promoting factors. Proceedings of the first Congrees in fabaceae. Tehran university. pp. 407-410.

22. Rodriguez H and Fraga R (1999) Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion (Review paper). Biotechnology Advances. 17: 319-339.

23. Saharan BS and Nehra V (2011) Plant growth promoting rhizobacteria: A critical review. Life Sciences and Medicine Research, Vol (21): 1-32.

24. Somasegaran P and Hoben HJ (1994) Hand book for rhizobia: Methods in legume-*Rhizobium* technology. New York. Springer-Verlag, U.S.A.

25. Sperber JI (1958) The incidence of apatite-solbilizing organisms in the rizhosphere and soil. Australian Journal of Agricultural Research. 9:778-781.

26. Sudha SN Jayakumar R and Sekar V (1999) Introduction and expression of the cry1Ac gene of *Bacillus thuringiensis* in a cereal-associated bacterium, *Bacillus polymyxa*. Current Microbiology. 38: 163–167.

27. Tanwar SPS SharmaGL and Chahar MS (2002). Effects of phosphorus and biofertilizers on the growth and productivity of black gram. Annuals of Agricultural Research. 23[3]: 491-493.

Archive of SID
www.SID.ir

28. Ward JD Redfearn DD McCormick ME and Cuomo GJ (2001) Chemical composition, ensiling characteristics, and apparent digestibility of summer annual forages in a subtropical double-cropping system with annual ryegrass. Dairy Science Journal. 84: 177-182.

29. Weinberg ZG Bar-Tal A Chen Y Gamburg M Brener S Dvash L Markovitz T and Landau S (2007) The effects of irrigation and nitrogen fertilization on the ensiling of safflower (*Carthamus tinctorius*). Animal Feed Science and Technology.134: 152–161

30. Weller DG and Thomashow LS (1994) Current challenges in introducing beneficial microorganisms into rhizosphere. *In*: O'Gara F Dowling DN and Boesten B (Eds.). Molecular Ecology of Rhizosphere Microorganisms: Biotechnology and the Release of GMOs. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, pp. 1–13.

Archive of SID

www.SID.ir