به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۶ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۳
صفحه‌های ۷۴۷-۷۳۳

اثر هم‌زیستی میکوریزایی و پرایم بذر در مزرعه بر خصوصیات سبزشدن، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays*) در مقادیر مختلف کود فسفات

محمدعلی ابوطالبیان[1]* و رنگین شبرندی[2]

۱. استادیار گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۵/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۹/۲۵

چکیده

به‌منظور ارزیابی تأثیر پرایم‌کردن بذر و قارچ میکوریز آربوسکولار در مقادیر مختلف کود فسفات بر صفات سبزشدن، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت نیمه میان‌رس اس- سنسور، آزمایشی در سال ۱۳۹۱ در مزرعهٔ پژوهشی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد که در آن عامل پرایم‌کردن در دو سطح شاهد (بدون پرایم) و پرایم با آب، عامل قارچ میکوریز در دو سطح شاهد و کاربرد قارچ و عامل سوم یعنی کود فسفات در سه سطح شاهد صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد از مقدار توصیه شدهٔ فسفات مطالعه شد. نتایج نشان داد که پرایم‌کردن بذر باعث افزایش ۱۵ درصدی سرعت سبزشدن شد. بیشترین درصد هم‌زیستی نیز در تیمار ۵۰ درصد مصرف کود فسفات به میزان ۶۵/۴۷ درصد به‌دست آمد. همچنین، پرایم‌کردن باعث افزایش تعداد دانه در بلال شد. وزن صددانه نیز تحت تأثیر تیمار پرایم‌کردن، تلقیح با میکوریز و ۵۰ درصد مصرف کود فسفات افزایش چشمگیری داشت. در این تحقیق، پرایم‌کردن باعث افزایش ۲۲/۳۲ درصدی عملکرد شد. بیشترین عملکرد دانه به میزان ۱۲۴۹/۵۹ گرم در مترمربع، مربوط به تیمار استفاده از ۵۰ درصد کود فسفات در تلقیح با میکوریز بود. لذا، در راستای کشاورزی پایدار می‌توان با کاربرد قارچ میکوریز مصرف کود فسفات را تا ۵۰ درصد کاهش داد.

کلیدواژه‌ها: بذر، بلال، پیش‌تیمار، میکوریز، هم‌زیستی.

* نویسنده مسئول Email: aboutalebian@yahoo.com

۱. مقدمه

ذرت[1] از غلات عمدهٔ مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب گرمسیری است که به دلیل قدرت سازگاری بالا، کشت آن در مناطق سردسیر نیز میسر شده است. موارد متعدد مصرف ذرت در تغذیهٔ انسان، دام، طیور و تولید حدود ۱۵۰۰ فرآوردهٔ متفاوت در صنایع مختلف، موجب شده که این محصول یکی از مهم‌ترین غلات شناخته شود [۷]. با رشد روزافزون جمعیت و نیاز به تولیدات دامی، افزایش تولید در گیاه ذرت ضروری است. برای دستیابی به تولید مطلوب، استفادهٔ بهینه از منابع رشد به‌ویژه عناصر غذایی، امری اجتناب‌ناپذیر است [۴].

یکی از عوامل دستیابی به عملکرد بالا در واحد سطح، درصد و سرعت بالای سبزشدن بذرهای کشت شده است [۸، ۱۰، ۱۷]. به طور طبیعی، هر چه سرعت سبزشدن و درصد بذرهای استقرار یافته در مزرعه بیشتر باشد، استفاده از منابع رشد نظیر نور، آب و عناصر غذایی بیشتر خواهد بود [۹، ۲۴]. در این خصوص، یکی از روش‌های ساده‌ای که قدرت و میزان استقرار گیاهچه‌ها را در مزارع بهبود می‌بخشد، پرایم‌کردن بذر است که با روش‌های مختلفی انجام می‌شود [۸، ۹، ۱۹، ۲۱، ۲۳، ۲۴]. در این میان روش پرایم‌کردن در مزرعه[2] به دلیل کم‌هزینه بودن به طور وسیعی استفاده می‌شود [۲۴، ۲۵، ۲۶]. در این روش، بذرها برای مدت از قبل مشخصی در آب معمولی یا نوعی محلول غذایی قرارمی‌گیرد و قبل از کاشت به‌منظور تسهیل در استفاده و جابه‌جایی به طور سطحی خشک می‌شود [۸، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸]. در جریان پرایم‌کردن، بذرها اجازه می‌یابند تا حد کنترل‌شده‌ای آب جذب کنند و تا قبل از خروج ریشه‌چه از محیط مرطوب خارج شوند [۹]. بذرهای پرایم‌شده پس از قرارگرفتن در بستر خود، زودتر جوانه می‌زنند و در پی آن استقرار در گیاهان حاصل از این بذرها سریع‌تر، بهتر و در عین حال یکنواخت‌تر انجام می‌پذیرد. همچنین، پرایم‌کردن بذر در مزرعه موجب تحمل بهتر گیاه به خشکی از طریق گسترش بهتر سیستم ریشه [۲۴]، گلدهی زودتر [۸ ، ۲۶]، افزایش عملکرد گیاهان ذرت [۲۴، ۲۶، ۳۸] نخود [۲۴] گندم [۸، ۲۵، ۲۷] و برنج [۲۴] در مناطق نیمه‌خشک شده است.

فسفر از عناصر ضروری و پرمصرف، محدودکننده‌ترین عنصر بعد از نیتروژن برای گیاه است [۱۲، ۴۱]. این عنصر چندین نقش کلیدی در گیاه ایفا می‌کند، شامل شرکت در واکنش‌های انتقال انرژی، فتوسنتز، تبدیل قند به نشاسته و انتقال خصوصیات ژنتیکی در گیاه [۵]. مزیت تغذیه با فسفر برای گیاه در تولید ریشه‌های عمیق‌تر و فراوان‌تر گزارش شده است [۳۷]. فسفر باعث زودرسی در گیاه، کاهش رطوبت دانه و بهبود کیفیت محصول می‌شود [۴]. این عنصر حساس‌ترین عنصر غذایی نسبت به اسیدیتهٔ خاک است. بهترین اسیدیته برای جذب فسفر به وسیلهٔ گیاه ۶/۵ اعلام شده است [۵]. مقادیر زیادی از فسفر موجود در کودهای شیمیایی بعد از ورود به خاک، نامحلول و از دسترس گیاه خارج می‌شود [۴۱]. تحرک این عنصر در خاک بسیار اندک است و پاسخگوی جذب سریع گیاه نیست [۳۰]. همین امر موجب ظهور و توسعهٔ مناطق تهی از فسفات در مجاورت سطح تماس ریشه‌ها با خاک می‌شود. بنابراین، گیاه به سیستمی کمکی نیاز پیدا می‌کند که بتواند به سهولت از این مناطق تخلیه‌شده فراتر رود و با توسعهٔ شبکه‌ای گسترده در اطراف سیستم ریشه‌ای، فسفر را از حجم بیشتری از خاک مجاور دریافت کند [۲]. کودهای بیولوژیکی از مؤثرترین یاری‌کنندگان گیاه برای تأمین این نیاز به شمار می‌روند که از میکروارگانیسم‌های مفید خاک تهیه می‌شوند و بالاترین کارایی و بازدهی از نظر تولید عوامل محرک رشد و فراهم‌سازی عناصر غذایی

1. *Zea mays* L.
2. On-farm seed priming

برای گیاهان زراعی را دارایند. کاربرد مایهٔ تلقیح‌های تهیه شده از این میکروارگانیسم‌ها، با وارد کردن جمعیت انبوه و فعالی از آن‌ها در حوزهٔ فعالیت ریشه توان گیاه برای جذب بیشتر عناصر غذایی را افزایش می‌دهد [۱، ۳، ۱۱، ۱۸، ۳۰].

قارچ‌های میکوریز آربوسکولار از جملهٔ این موجودات حل‌کنندهٔ فسفات نامحلول خاک محسوب می‌شوند [۱۲، ۱۸، ۲۹، ۳۲، ۳۹، ۴۰] که البته این مزیت با افزایش سطح تماس ریشه با خاک افزون‌تر می‌گردد [۱۲، ۳۲]. از دیگر خصوصیات قارچ‌هایی از این نوع آثار متقابل با دیگر میکروارگانیسم‌ها [۲۹]، تغییر در مورفولوژی ریشه و جلوگیری از بروز برخی بیماری‌های ریشه [۱۲] است.

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی آثار پرایم‌کردن بذر در مزرعه و نوعی قارچ میکوریز آربوسکولار و سطوح مختلف فسفر بر ویژگی‌های سبز شدن، عملکرد و اجزای عملکرد یک هیبرید ذرت در شرایط همدان بود.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تأثیر قارچ هم‌زیست میکوریز آربوسکولار گونهٔ موسه‌آ[1] و پرایم‌کردن بذر در شرایط مصرف مقادیر مختلف کود فسفات بر سرعت و درصد سبزشدن و عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای رقم ‘اس سنسور’[2] آزمایشی در سال ۱۳۹۱ در مزرعهٔ پژوهشی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا با ارتفاع ۱۶۹۰ متر از سطح دریا، عرض جغرافیایی ۱ °۳۵ شمالی و طول جغرافیایی ۳۱ °۴۸ شرقی انجام گرفت. منطقهٔ مورد بررسی براساس تقسیم‌بندی اقلیمی آمبرژه جزء مناطق نیمه‌خشک و سرد، با میانگین بارندگی سالیانهٔ ۳۳۳ میلی‌لیتر و متوسط درجه حرارت ۱۳ درجهٔ سانتی‌گراد در سال براساس آمار هواشناسی ۵۵ ساله است. آزمایش به صورت فاکتوریل سه فاکتوره در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد که در آن عامل پرایم‌کردن در دو سطح شاهد (پرایم نشده) و پرایم با آب، عامل قارچ میکوریز در دو سطح عدم مصرف و مصرف قارچ و عامل سوم یعنی کود فسفات در سه سطح شاهد صفر، مصرف ۵۰ و ۱۰۰ درصد از میزان توصیه‌شدهٔ کود فسفات توسط کارشناسان آزمایشگاه خاک‌شناسی (۱۰۰ کیلوگرم فسفات خالص در هکتار) بود که از منبع سوپرفسفات تریپل تأمین و در زمان کاشت بذور به صورت نواری مطابق تیمارهای مورد نظر مصرف شد. در جدول ۱مقدار عناصر ماکرو در خاک مورد آزمایش آورده شده است. رقم ذرت مورد بررسی، هیبریدی تری‌وی کراس، نیمه میان‌رس با گروه رسیدگی ۴۱۰ فائو، مقاوم به خشکی و ورس بود [۴۲].

برای تیمار پرایم، بذرها به مدت هجده ساعت در آب خیسانده شد [۲۶]. سپس، به طور سطحی خشک و بلافاصله در تاریخ ۱۲ خرداد عملیات کاشت انجام گرفت. در هر کرت شش ردیف کشت به طول ۷ متر و فاصلهٔ ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر درنظر گرفته شد. کاشت در عمق کشت ۵ سانتی‌متری با تراکم ۷۴۰۰۰ بوته در هکتار انجام گرفت. فاصلهٔ بین کرت‌ها ۱۵۰ سانتی‌متر و فاصلهٔ بین بلوک‌ها نیز ۲ متر در نظر گرفته شد. کود زیستی حاوی قارچ گلوموس موسه‌آ با نام تجاری مایکوپرسیکا از شرکت زیست‌فناوران توران واقع در شاهرود تهیه شد که در هر گرم آن تا ۱۵۰ اسپور قارچ وجود دارد و براساس توصیهٔ شرکت تولیدکننده به صورت خاک مصرف به میزان ۲۰ گرم در هر مترمربع زمین زراعی در تیمارهای مربوط در زمان کاشت مصرف شد. همچنین، براساس نتایج آزمایش خاک و توصیهٔ کارشناسان آزمایشگاه خاک‌شناسی میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در سه مرحلهٔ کاشت، هشت‌برگی و ظهور گل‌آذین نر به خاک اضافه شد (جدول ۱).

1. Glomus mosseae
2. ES-SENSOR

جدول ۱. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

درصد رس	سیلت (٪)	شن (٪)	بافت	فسفر قابل‌جذب (mg/Kg)
۳۵	۴۵	۲۰	لومی رسی	۸/۲
پتاسیم قابل جذب (mg/Kg)	درصد نیتروژن کل	**اسیدیته**	هدایت الکتریکی (dS/m)	کربن آلی (٪)
۲۲۰	۰/۱۳	۷/۴۶	۰/۴۰۹	۰/۷۲

آبیاری مزرعه نیز به فاصلهٔ هر هفت روز یک‌بار به روش بارانی انجام گرفت. هدایت الکتریکی و اسیدیتهٔ آب آبیاری به‌ترتیب ۰/۶۹ دسی‌زیمنس بر متر و ۷/۳۸ بود.

به‌منظور اندازه‌گیری سرعت و درصد سبزشدن پس از شروع سبز شدن هر روز به مدت ده روز در یک ردیف کاشت مشخص از هر واحد آزمایشی گیاهچه‌های سبزشده و رویت‌پذیر شمارش و با استفاده از روابط ۱ و ۲ به‌ترتیب درصد و سرعت سبزشدن اندازه‌گیری شد [۱۷].

(۱) سرعت سبزشدن $\sum n_i / \Sigma n_i d_i$

(۲) درصد سبزشدن $(\sum ni / N) \times 100$

در این رابطه‌ها، n_i و d_i به‌ترتیب تعداد بذرهای سبزشده و شمارهٔ روز از زمان کاشت در شمارش iام است و N تعداد بذور کشت شده در هر ردیف کاشت است. براساس آن مادهٔ خشک کل، عملکرد دانه (با رطوبت ۱۴ درصد) و اجزای عملکرد شامل تعداد ردیف در بلال، دانه در ردیف، دانه در بلال و وزن صددانه اندازه‌گیری شد. برای تعیین درصد رطوبت بذر از نسبت وزنی مقدار رطوبت بذر بر وزن تر بذر استفاده شد [۳۱].

به‌منظور تعیین درصد هم‌زیستی قارچ میکوریز آربوسکولار با ریشه، در مرحلهٔ گل‌دهی ریشهٔ سه بوته در هر واحد آزمایشی نمونه‌برداری و رنگ‌آمیزی شد. برای رنگ‌آمیزی از روش فیلیپس و هایمن [۳۴] استفاده شد. به این ترتیب که ابتدا ریشه‌ها شسته و به قطعات ۱ سانتی‌متری برش داده شد. به‌منظور شفاف‌سازی، ریشه‌ها به مدت ۴۵ دقیقه در محلول هیدروکسید پتاسیم ۱۰ درصد در بن‌ماری در حال جوش قرارگرفت. سپس، برای حذف هیدروکسید پتاسیم، ریشه‌ها سه بار با آب مقطر شسته شد و به مدت ۳ تا ۵ دقیقه در محلول اسیدکلریدریک ۱ درصد قرارگرفت. سپس، برای رنگ‌آمیزی، ریشه‌ها در محلول ۵ درصد آنیلین‌بلو در لاکتوفنول به مدت ۴۵ دقیقه در بن‌ماری در حال جوش قرارگرفت [۱۶]. به این ترتیب، اندام‌های قارچی با رنگ آبی در داخل ریشه‌های شفاف‌شده مشهود بود. در نهایت، با روش تقاطع خطوط شبکه درصد هم‌زیستی محاسبه شد [۱۸].

تجزیهٔ واریانس داده‌ها پس از آزمون نرمال بودن آن‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت. به‌منظور رسم نمودارها از برنامهٔ اکسل و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

۳.نتایج و بحث

۳.۱. درصد و سرعت سبزشدن

اثر پرایم‌کردن بذر در هر دو صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد. همچنین، آثار متقابل کود فسفات به همراه میکوریز و اثر پرایم‌کردن به همراه میکوریز برای صفت درصد سبزشدن در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد. اثر اصلی کود فسفات و میکوریز نیز برای سرعت سبزشدن به‌ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنادار شد (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج تجزیهٔ واریانس درصد هم‌زیستی و صفات سبزشدن

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات		
		درصد سبزشدن	سرعت سبزشدن	درصد هم‌زیستی
تکرار	۲	۵۲/۱۸۷^{ns}	۰/۰۰۰۱۸۷*	۵/۷۶۳^{ns}
فسفر	۲	۵۶۲/۱۳۷۷**	۰/۰۰۰۴۲۷**	۵۰۳/۳۵۵**
میکوریز	۱	۳۳۷/۳۳۴۵**	۰/۰۰۰۱*	۱۹۹۶۰/۹۸**
پرایم	۱	۳۴۲۲/۲۵**	۰/۰۰۲۴**	۱۶۲/۵۶۲**
فسفر× میکوریز	۲	۷۱/۹۸۱**	۰/۰۰۰۰۴^{ns}	۳۳۴/۴۶۸**
پرایم ×فسفر	۲	۵۰/۸۴۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۱^{ns}	۸/۲۵۰۸^{ns}
پرایم × میکوریز	۱	۱۵۸/۷۶۰**	۰/۰۰۰۰۰۴^{ns}	۹۸/۳۴۰۲**
پرایم ×فسفر× میکوریز	۲	۳۲/۶۵۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۶^{ns}	۱۵/۰۹۵۲^{ns}
خطا	۲۲	۱۷/۵۶	۰/۰۰۰۰۲	۶/۵۸۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۸/۲۳	۶	۴/۸

ns، *، ** : به‌ترتیب غیرمعنادار، معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

تیمارهایی که در آن‌ها از بذور پرایم‌شده به همراه قارچ میکوریز استفاده شد، بالاترین درصد سبزشدن را شامل شد (جدول ۳). همچنین، استفاده از میکوریز هم‌زمان با کاربرد کود فسفات سبب افزایش معنادار درصد سبزشدن شد (جدول ۴). پرایم‌کردن باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، افزایش سرعت جوانه‌زنی، جوانه‌زنی تحت شرایط متنوع محیطی و بهبود رشد گیاهچه می‌شود [۳۱]. بین تیمارهای پرایم و عدم پرایم برای صفت سرعت سبزشدن تفاوت معناداری مشاهده شد (جدول ۷). همچنین، کاربرد کود فسفات نیز باعث افزایش سرعت سبزشدن شد (جدول ۶). به‌طور کلی، علت تسریع جوانه‌زنی و در نتیجه سبزشدن سریع در بذرهای پرایم‌شده ممکن است ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده‌ای مثل آلفا آمیلاز، افزایش سطح انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، افزایش رونوشت‌برداری RNA و تولید DNA و افزایش تعداد و ارتقای عملکرد میتوکندری‌ها باشد [۱۰].

افزایش سرعت جوانه‌زنی در بذرهای غلات در اثر پرایم‌کردن گزارش شده است [۲۸]. گزارش شده است که کودهای بیولوژیکی از جمله میکوریز، توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی را از فرم غیرقابل جذب به فرم قابل جذب دارد و منجر به توسعه و استقرار سیستم ریشه‌ای و جوانه‌زنی بهتر و سریع‌تر بذور می‌شود [۳]. از آنجا که پرایم‌کردن بذر ذرت باعث کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی و افزایش طول ریشه و وزن خشک ساقه و ریشه می‌شود [۲۳]، همچنین میکروارگانیسم‌های زیستی از جمله میکوریز با ساخت هورمون‌های گیاهی، قابلیت دسترسی عناصر در خاک و رشد گیاه را افزایش می‌دهد [۲۱]، می‌توان معنادار بودن اثر متقابل پرایم و میکوریز را نتیجه گرفت (جدول ۳).

جدول ۳. آثار پرایم‌کردن بذر و تلقیح میکوریز بر درصدهای سبزشدن و هم‌زیستی

پرایم‌کردن	میکوریز	درصد سبزشدن	درصد هم‌زیستی
پرایم‌نشده	عدم تلقیح	۴۰/۲۵[b]	۶/۵۴[c]
	تلقیح	۴۲/۱۷[b]	۵۰/۳۳ [b]
پرایم‌شده	عدم تلقیح	۵۵/۵۵ [ab]	۷/۴۸[c]
	تلقیح	۶۵/۸۷[a]	۵۷/۸۸ [a]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

جدول۴. آثار مصرف کود فسفات و تلقیح میکوریز بر درصدهای سبزشدن و هم‌زیستی

کود فسفات	میکوریز	درصد سبزشدن	درصد هم‌زیستی
۰	عدم تلقیح	۴۱/۷۵[b]	۴/۵۸ [d]
	تلقیح	۴۴/۴۵[ab]	۴۲/۳۷[c]
۵۰ درصد	عدم تلقیح	۴۸/۲۷[ab]	۶/۹[d]
	تلقیح	۶۰ [a]	۶۵/۴۷[a]
۱۰۰درصد	عدم تلقیح	۵۳/۶۷[ab]	۹/۵۴[d]
	تلقیح	۵۷/۶ [a]	۵۴/۴۷[b]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

۲.۳. درصد هم‌زیستی

طبق نتایج تجزیهٔ واریانس، علاوه بر آثار اصلی، آثار متقابل فسفات و میکوریز، همچنین پرایم‌کردن و میکوریز بر این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد (جدول۲). بیشترین درصد هم‌زیستی (۶۵/۴۷ درصد) مربوط به تیمار مصرف ۵۰ درصد فسفات و تلقیح با میکوریز بود (جدول۴)، هرچند که درصد هم‌زیستی بین دو حالت پرایم‌شده و پرایم‌نشده در حالت تلقیح با قارچ تفاوت معناداری نداشت (جدول۳). درصد هم‌زیستی میکوریزی علاوه بر نوع گیاه و سیستم ریشه‌ای، به غلظت فسفر هم بستگی دارد. سطوح بسیار بالا و بسیار پایین فسفات خاک ممکن است سبب کاهش درصد هم‌زیستی این نوع قارچ شود. سطوح بیش از مقدار مورد نیاز فسفر، جهت رشد گیاه، سبب حذف آربسکول‌ها در هم‌زیستی قارچ‌های میکوریز می‌شود [۳۶].

جدول ۵. نتایج تجزیهٔ واریانس صفات اندازه‌گیری شدهٔ عملکرد و برخی اجزای عملکرد

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات							
		تعداد دانه در بلال	دانه در ردیف	وزن صد دانه	ردیف در بلال	قطر بلال	وزن خشک کل	عملکرد	شاخص برداشت
تکرار	۲	۷۹۲۴/۹۳*	۱/۴۵۵۲ns	۵/۴۶۴۹*	۲/۳۰۱۱*	۶/۳۱**	۴۳۹۶۹۶/۳۳**	۷۰۵۴۸/۷۳**	۲۸۳/۰۶**
فسفر	۲	۱۱۵۳۰۴/۹۷**	۳۳۵/۲۰۵۲**	۲۲۴/۲۳۰**	۱۴/۹۷۸**	۵/۷۱۰۱**	۷۲۷۳۵۲۰/۵**	۱۲۶۳۱۷۴**	۷۵/۳۱۶۶۸**
میکوریز	۱	۴۴۱ns	۱۱۹/۵۳۷**	۶۶/۸۵۷**	۴/۰۰۰**	۳/۶۶۰۸*	۴۱۶۱۶ns	۱۴۳۰۴۳/۹**	۱۰۴/۲۱۰۰۶**
پرایم	۱	۴۷۴۰۷/۸۰۴**	۷۷۰/۹۸۷**	۲۸/۸۳۶۹**	۱۰/۴۵۴۵**	۱۵/۸۹۳۵**	۱۳۴۷۹۲۱**	۳۴۳۸۶۱/۶**	۳۹/۴۱۷۶*
فسفر × میکوریز	۲	۴۰۵/۶۳۲۵ns	۲۷/۶۷۵*	۱۴/۹۶۱۳**	۱/۹۲۳۴*	۰/۴۴۲۱*	۲۹۸۳۹/۵۸ns	۴۰۹۷۷/۹*	۱۶/۳۹۹۱ns
پرایم × فسفر	۲	۲۱۳۹/۸۷۱ns	۱/۶۶۱۹ns	۳/۳۲۱۶ns	۰/۳۸۷۸ns	۰/۴۵۵*	۳۹۸۳۹/۵**	۵۵۳۷/۸۴ns	۳۱/۹۳۶۲*
پرایم × میکوریز	۱	۵۰/۸۸۴۴ns	۴۴/۸۹۰*	۳/۴۴۷۲ns	۰/۱۶۰۰ns	۰/۷۲۸۱**	۱۲۰۲۶/۷ns	۱۲۷۵۳/۸ns	۵/۷۰۴۱ns
پرایم × فسفر × میکوریز	۲	۳۴۳/۷۴۱۹ns	۴/۳۶۰ns	۷/۳۲۲۴**	۱/۴۸۰۰ns	۰/۳۵۰۱*	۲۶۹۹/۳۶ns	۳۳۱۶/۶۴ns	۲/۳۱۵۷ns
خطا	۲۲	۱۴۴۹/۵۵	۶/۶۹	۰/۹۷۳	۰/۴۵	۰/۰۸	۱۸۶۳۵/۷۹	۷۹۴۷/۰۴۳	۸/۹۵
ضریب تغییرات (٪)	–	۷/۱۶	۶/۶۲	۴/۰۹	۴/۰۸	۷/۳۵	۴/۷	۹/۱۶	۹

n.s، *، **: به‌ترتیب غیرمعنادار، معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۶. اثر مصرف کود فسفات بر سرعت سبزشدن و تعداد دانه در بلال

کود فسفات (٪)	سرعت سبز شدن	تعداد دانه در بلال
صفر	۰/۰۷۶۱[b]	۴۲۱/۵۲[c]
۵۰	۰/۰۸۶۴[a]	۵۶۴/۸۸[b]
۱۰۰	۰/۰۸۶۵[a]	۶۰۹/۰۱[a]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

جدول۷. اثر پرایم‌کردن بذر بر برخی صفات بررسی‌شده

پرایم‌کردن	سرعت سبزشدن	تعداد دانه در بلال	ردیف در بلال	عملکرد (Kg/m^2)
پرایم‌شده	۰/۰۹۱۴ [a]	۵۶۸/۰۹[a]	۱۶/۹۳[a]	۱۰۷۰/۹۶[a]
پرایم‌نشده	۰/۰۷۴۸ [b]	۴۹۵/۵۱[b]	۱۵/۸۵[b]	۸۷۵/۴۹[b]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

۳.۳. تعداد دانه در بلال

آثار اصلی فسفر و پرایم بذر در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد دانه در بلال معنادار شد (جدول ۵). طبق نتایج موجود، افزایش میزان مصرف کود فسفات سبب افزایش تعداد دانه در بلال شد (جدول ۶). همچنین، پرایم‌کردن بذور توانست تعداد دانه در بلال را بیش از ۱۴ درصد افزایش و از ۴۹۵/۵۱ به ۵۶۸/۰۹ ارتقا دهد (جدول ۷). پرایم‌کردن بذر پتانسیل تعداد تخمک‌ها را در تعیین مراحل اولیهٔ رشد افزایش می‌دهد [۲۸]. در تحقیقی روی ذرت نیز اظهار شده است که پرایم‌کردن در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز منجر به افزایش تعداد دانه در بلال شده است که علت را در بهبود توان رقابتی گیاهان حاصل از بذور پرایم‌شده عنوان کرده‌اند [۶]. از سوی دیگر، فسفات به افزایش میزان تلقیح موفق در گیاهان می‌انجامد که با نتایج به‌دست آمده در این مطالعه هماهنگ است [۳۰].

تعداد دانه در ردیف

در این صفت آثار اصلی هر سه فاکتور در سطح احتمال ۱ درصد و آثار دوگانهٔ پرایم و میکوریز، همچنین فسفات و میکوریز در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد (جدول ۵). بیشترین تعداد دانه در ردیف مربوط به تیمار ۵۰ درصد فسفات و تلقیح با میکوریز (۴۵/۵۶) است (جدول ۸). همچنین، تیمار پرایم و تلقیح با میکوریز با تعداد ۴۴/۳۷ دانه در ردیف در رتبهٔ بعدی قرارگرفت (جدول ۹).

۴.۳. وزن صد دانه

در این صفت آثار فسفر، پرایم‌کردن و میکوریز، همچنین اثر متقابل فسفات و میکوریز و اثر متقابل سه‌گانهٔ پرایم × فسفر× میکوریز در سطح ۱ درصد معنادار بود (جدول ۵). برای این صفت، بین مصرف ۱۰۰ و ۵۰ درصد کود شیمیایی اختلاف معناداری مشاهده نشد، اما این اختلاف نسبت به عدم مصرف کود فسفاته معنادار بود (شکل ۱). برخی محققان افزایش وزن صددانهٔ جو را در نتیجهٔ آزادشدن فسفر و جذب آن به وسیلهٔ میکروارگانیسم‌های حل‌کنندهٔ فسفات گزارش کرده‌اند [۲۹]. میزان تبادل مواد فتوسنتزی در گیاهان تلقیح شده افزایش می‌یابد [۱۵].

جدول ۸. آثار میکوریز و مصرف فسفات بر عملکرد و برخی صفات دیگر

کود فسفات (٪)	میکوریز	ردیف در بلال	دانه در ردیف	عملکرد (kg/m^2)
صفر	عدم تلقیح	۱۵/۱[b]	۳۲/۴[c]	۵۶۸/۹۱[c]
	تلقیح	۱۵/۱۳[b]	۳۳/۴۸[bc]	۶۳۳/۹۵[bc]
۵۰	عدم تلقیح	۱۶/۱۱[ab]	۳۸/۵۶[abc]	۹۸۸/۷۶[b]
	تلقیح	۱۷/۶۸[a]	۴۵/۵۶[a]	۱۲۴۹/۵۹[a]
۱۰۰	عدم تلقیح	۱۶/۹۶[ab]	۴۰/۷[ab]	۱۱۷۲/۸۸[a]
	تلقیح	۱۷/۳۶[a]	۴۳/۵۵[a]	۱۲۲۵/۲۲[a]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

جدول ۹. آثار پرایم‌کردن بذر و میکوریز بر تعداد دانه در ردیف

پرایم‌کردن	میکوریز	تعداد دانه در ردیف
پرایم‌نشده	عدم تلقیح	۳۱/۴۷[b]
	تلقیح	۳۷/۳۵[ab]
پرایم‌شده	عدم تلقیح	۴۲/۹۶[a]
	تلقیح	۴۴/۳۷[a]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

شکل ۱. آثار پرایم‌کردن بذر، میزان فسفات و میکوریز بر وزن صددانه

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن تفاوت معناداری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

شکل ۲. آثار پرایم‌کردن بذر، کود فسفات و میکوریز بر قطر بلال

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن تفاوت معناداری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ظرفیت فتوسنتزی گیاهان تیمارشده با میکروارگانیسم‌های حل‌کنندهٔ فسفر به واسطهٔ تغذیهٔ بیشتر فسفر و به سبب تسریع در جوانه‌زنی و استقرار سریع گیاهچه‌ها به علت پرایم‌کردن بذر افزایش یافته است.

۵.۳. تعداد ردیف دانه در بلال و قطر بلال

طبق جدول تجزیهٔ واریانس، اثر متقابل فسفر و قارچ میکوریز در سطح ۵ درصد، همچنین اثر اصلی هر سه عامل مورد بررسی در سطح ۱ درصد بر تعداد ردیف در بلال معنادار شد. همچنین، آثار سه‌گانهٔ پرایم × فسفر× میکوریز بر صفت قطر بلال در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد (جدول ۵). بیشترین تعداد ردیف در بلال مربوط به تیمار ۵۰ درصد کود و تلقیح با میکوریز بود (۱۷/۶۸). تیمار ۱۰۰ درصد کود و تلقیح با میکوریز نیز ۱۷/۳۶ بود (جدول ۸). پرایم‌کردن بذر منجر به رسیدن تعداد ردیف در بلال به ۱۶/۹۳ شد (جدول ۷). در ذرت پرایم‌کردن بذر با آب و محلول‌های اوره و سولفات روی سبب افزایش تعداد ردیف دانه در بلال شد که علت آن تأثیر تیمارهای پرایم‌کردن بر افزایش مریستم‌های زایشی در جنین بذر عنوان شده است [۶].

بیشترین قطر بلال در این تحقیق مربوط به تیمار ۵۰ درصد کود همراه با پرایم و تلقیح با میکوریز بود (۱۴/۱۳ سانتی‌متر) که با بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال هماهنگی دارد (شکل ۲ و جدول ۸).

۶.۳. عملکرد

در این صفت، آثار اصلی در سطح ۱ درصد و اثر متقابل کود فسفات در میکوریز در سطح ۵ درصد معنادار بود (جدول ۵). عملکرد در شرایط استفاده از میکوریز در دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ درصد کود فسفات در یک سطح آماری قرارگرفت؛ یعنی، در حضور قارچ میکوریز با نصف کود فسفات توصیه شده می‌توان به همان عملکردی دست یافت که در شرایط نبود میکوریز و مصرف کامل کود فسفات به دست می‌آید (جدول ۸). این میکروارگانیسم‌ها از طریق کاهش اسیدیتهٔ خاک باعث افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود [۲۲، ۲۷]. محلول‌شدن فسفات‌های رسوب‌یافتهٔ خاک

توسط میکروارگانیسم‌ها از طریق تولید اسیدهای آلی علاوه بر افزایش سطح تماس ریشه با خاک، عامل دیگری در افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه افزایش عملکرد گیاهان زراعی است [۴۱]. استفاده از میکروارگانیسم‌های حل‌کنندهٔ فسفات باعث افزایش جوانه‌زنی، جذب عناصر، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه، گره‌بندی، عملکردهای بیولوژیکی و دانهٔ گیاه نخود نسبت به شاهد می‌شود [۱۱]. همچنین، پرایم‌کردن بذر عملکرد را ۲۲/۳ درصد افزایش و به ۱۰۷۰/۹۶ گرم در مترمربع رسانید (جدول ۷). افزایش عملکرد با پرایم‌کردن بذر به دلیل جوانه‌زنی بهتر، رشد سریع گیاهچه، استقرار مناسب و در نهایت استفادهٔ مطلوب از مواد غذایی و عوامل محیطی است [۴۰]. افزایش عملکرد ذرت به‌واسطهٔ پرایم‌کردن بذر در تحقیقات دیگر هم گزارش شده است که گواهی است بر نتایج به‌دست آمده در مطالعهٔ حاضر [۶، ۲۴، ۲۶، ۲۸].

۷.۳. وزن خشک کل

در صفت وزن خشک کل، آثار اصلی فسفات و پرایم‌کردن و اثر متقابل پرایم و فسفات در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد (جدول ۵). بیشترین وزن خشک مربوط به تیمار پرایم‌کردن به همراه صددرصد کود فسفات بود (۳۴۶۶/۸۳ گرم بر مترمربع) که اختلاف معناداری با تیمار ۵۰ درصد کود به همراه پرایم‌کردن نداشت (جدول ۱۰). از آنجا که پرایم‌کردن سبب افزایش سرعت استقرار گیاهچه [۸، ۱۳، ۱۴، ۲۴]، گسترش سیستم ریشه [۲۵]، افزایش شاخص سطح برگ و دوام آن [۲۰] و افزایش محتوای کلروفیل a و b [۳۵] می‌شود، لذا تولید بیشتر مادهٔ خشک دور از انتظار نیست. همچنین، فسفر باعث افزایش رشد طولی و سایه‌انداز گیاه و افزایش عملکرد بیولوژیکی گیاه می‌شود.

۸.۳. شاخص برداشت

در این تحقیق، آثار اصلی فسفات و قارچ میکوریز در سطح ۱ درصد، اثر اصلی پرایم و اثر متقابل فسفات و پرایم در سطح ۵ درصد برای صفت شاخص برداشت معنادار شد، به‌طوری که بالاترین شاخص برداشت مربوط به تیمار پرایم و صددرصد کود فسفات با مقدار ۳۶/۸۱ درصد بود (جدول‌های ۵ و ۱۰).

جدول ۱۰. آثار مصرف فسفات و پرایم‌کردن بذر بر وزن خشک و شاخص برداشت

کود فسفات (٪)	پرایم‌کردن	وزن خشک کل (gr/m^2)	شاخص برداشت (٪)
صفر	عدم پرایم	۱۶۰۴/۵ ^{c}	۳۱/۳۰ ^{ab}
	پرایم	۲۴۱۱/۸۳ ^{b}	۳۰/۰۴ ^{b}
۵۰	عدم پرایم	۳۲۶۱/۶۷ ^{a}	۳۰/۸۶ ^{ab}
	پرایم	۳۴۲۲/۸۳ ^{a}	۳۶/۱۱ ^{ab}
۱۰۰	عدم پرایم	۳۲۷۴/۳۳ ^{a}	۳۴/۵۳ ^{ab}
	پرایم	۳۴۶۶/۸۳ ^{a}	۳۶/۸۱ ^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

تیمار ۵۰ درصد کود به همراه پرایم نیز با ۳۶/۱۱ درصد در رتبهٔ دوم قرارگرفت که البته تفاوت آماری ندارد. در ذرت سینگل کراس ۳۰۱ نیز پرایم با آب و محلول سولفات روی سبب افزایش شاخص برداشت شد [۶]. در مطالعه‌ای شاخص برداشت برنج به واسطهٔ هیدروپرایم‌کردن افزایشی ۳/۴ درصدی نشان داده است [۲۰]. همچنین، افزایش شاخص برداشت در تیمار پرایم‌کردن با آب مقطر در گندم نیز گزارش شده است [۹].

تلقیح با میکوریز باعث افزایش ۱۰/۸ درصدی شاخص برداشت نسبت به عدم تلقیح شد (جدول ۱۱). فعالیت قارچ میکوریز از طریق تولید ترکیبات محرک رشد از جمله جیبرلین و سیستئین سبب افزایش فتوسنتز، ظرفیت مخزن و وزن دانه در نتیجهٔ افزایش عملکرد در گیاه ذرت شد [۳۳]. همچنین، در گندم استفاده از میکوریز با یا بدون کود فسفات سبب افزایش شاخص برداشت شد [۳۸] که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

جدول ۱۱. اثر میکوریز بر شاخص برداشت

میکوریز	شاخص برداشت (٪)
تلقیح	۳۴/۹۸[a]
عدم تلقیح	۳۱/۵۷[b]

۴.نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که علاوه بر پرایم‌کردن بذر در مزرعه که از طریق کاهش متوسط زمان و افزایش درصد سبزشدن باعث افزایش عملکرد ذرت می‌شود، کاربرد میکوریز در تلفیق با نصف میزان توصیه‌شدهٔ کود شیمیایی فسفاته ضمن کمک در کاهش مصرف این نهادهٔ شیمیایی، عملکردی برابر با زمانی دارد که کود فسفات به طور کامل مصرف می‌شود.

منابع

۱. سلیسپور م (۱۳۸۲) مطالعه مزرعه‌ای اثر بخشی کودهای میکروبی فسفاته حاوی میکروارگانیسم‌های حل‌کنندهٔ فسفات بر عملکرد کمی و کیفی ذرت. سومین همایش ملی توسعهٔ کاربرد مواد بیولوژیک و استفادهٔ بهینه از کود وسم در کشاورزی ۴-۲ اسفند ۱۳۸۲. تهران.

۲. صالح‌راستین ن (۱۳۸۰) کودهای بیولوژیکی و نقش آن در راستای نیل به کشاورزی پایداری. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. نشر آموزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.

۳. کوچکی ل، تبریزی ر، قربانی م ع (۱۳۸۷) ارزیابی اثر کودهای بیولوژیکی بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱(۵): ۱۲۷-۱۳۷.

۴. ملکوتی م ج (۱۳۷۸) کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. چاپ دوم، نشر آموزش کشاورزی.

۵. ملکوتی م ج و نفیسی م (۱۳۷۳) مصرف کود در اراضی زراعی، فاریاب و دیم (ترجمه). چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

۶. مهدی‌زاده ا، ابوطالبیان م ع، حمزه‌ای ج، احمدوند گ و موسوی ر (۱۳۹۱) اثر پرایمینگ بذر و کنترل علف-های هرز بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت ذرت. پژوهش‌های زراعی ایران : ۱۰(۳): ۶۲۲-۶۳۳.

۷. نورمحمدی ق، سیادت ع و کاشانی ع (۱۳۸۳) زراعت، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

8. Aboutalebian MA, Zare Ekbatani G and Sepehri A (2012) Effects of on-farm seed priming with zinc sulfate and urea solutions on emergence properties, yield and yield components of three rainfed wheat cultivars. Annals of Biological Research. 3(10): 4790-4796.

9. Aboutalebian MA, Sharifzadeh F, Jahansouz MR, Ahmadi A and Naghavi MR (2007)The effect of seed priming on germination, stand establishment and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in three different climates of Iran. Iranian Journal of Field Crop Science. 39(1): 145-154.

10. Afzal I, Basra SMA, Ahmad R and Iqbal A (2002) Effect of different seed vigor enhancement techniques on hybrid maize (*Zea mays* L.). Pakistan Journal of Agricultural Science. 39(2): 109-112.

11. Alagawadi R and Gaur AC (1988) Associative effect of Rhizobium and phosphate-solubilizing bacteria on the yield and nutrient uptake of chickpea. Plant and Soil. 105: 241-246.

12. Alloush GAZ, Zeto SK and Clark RB (2000) Phosphorus source, organic matter, and arbuscular mycorrhizae effects on growth and mineral acquisition of chickpea grown in acidic soil. Journal of Plant Nutrition. 23: 1351-1369.

13. Arif M, Ali S, Shah A, Javad N and Rashid A (2005) Seed priming maize for improving emergence and seedling growth. Sarhad Journal of Agriculture. 21: 539-543.

14. Assefa MK and Hunje R (2010) Seed priming for enhancing stand establishment, seed yield and quality of soybean. Karnataka Journal of Agricultural Science. 23(5): 701-707.

15. Auge RM, Duan X, Ebel RC and Stodola AJW (2001) Non-hydraulic signaling of soil drying in mycorrhizal maize. Planta. 193: 74-82.

16. Beck DP, Materon LA and Afandi F (1993) Practical Rhizobium-Legume Technology Manual. ICARDA, Aleppo, Syria.

17. Bodsworth S and Bewley, JD (1981) Osmotic priming of seeds of crop species with polyethylene glycol as a means of enhancing early and synchronous germination at cool temperature. Canadian Journal of Botany. 59: 672-676.

18. Dalp Y (1993) Vesicular-arbuscular mycorrhiza. In: M.R. Carter(ed). Soil Sampling and methods of Analysis. Lewis Publisher. Pp. 287-301.

19. Duman I (2006) Effect of seed priming with PEG and K_3PO_4 on germination and seedling growth in Lettuce. Pakistan Journal of Biological Sciences. 9(5): 923-928.

20. Farooq M, Shahzad M and Basra A (2006) Priming of field-sown rice enhances seed germination, seedling establishment, allometry and yield. Plant Growth Regulation. 49: 285-294.

21. Foti S, Cosentino SL, Patane C and Agosta GMD (2002) Effects of osmoconditioning upon seed germination of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under low temperatures. Seed Science and Technology. 30: 521-533.

22. Gharib FA, Moussa LA and Massond ON (2008) Effect of compost and bio-fertilizer on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Marjorana hortensis*) plant. International Journal of Agriculture and Biology. 10(4): 381-387.

23. Guan Y, Hu J, Wang X and Shao C (2009) Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature. Seed Science. 10(6): 427-433.

24. Harris D, Joshi A, Khan PA, Gothkar P and Sodhi PS (1999) On-farm seed priming in semi-arid agriculture: development and evaluation in

maize, rice and chickpea in India using participatory methods. Experimental Agriculture. 35: 15-29.

25. Harris D, Raghuwanshi BS, Gangwar JS, Singh SC, Joshi KD, Rashid A and Hollington PA (2001) Participatory evaluation by farmers of on-farm seed priming in wheat in India, Nepal and Pakistan. Experimental Agriculture. 37(3): 403-415.

26. Harris D, Rashid A, Miraj G and shah H (2007) On-farm seed priming whit zinc sulfate solution-A cost-effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. Field Crops Research. 102(2): 119-127.

27. Harris D, Raghuwenshi BS, Gangwar JS, Singh SC, Joshi KB, Rashid A.and Hollington PA (2001) Participatory evaluation by farmers of on-farm seed priming in wheat in India, Nepal and Pakistan. Experimental Agriculture. 37: 403-415.

28. Harris D, Rashid A, Hollington PA, Jasi L and Riches C (2002) Prospects of improving maize yields with on-farm seed priming. In: Rajbhandari, N. P., Ransom, J. K., Adikhari, K. and Palmer, A. F. E. (Eds.). Sustainable maize production systems for Nepal. Proceeding of a Maize Symposium Held. December 3-5, (2001) Kathmandu, Nepal. Pp. 180-185.

29. Khaliq A and Sanders FE (2000) Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation on the yield and phosphorus uptake of field-grown barley. Soil Biology and Biochemistry. 32: 1691-1696.

30. Khan MS, Zaidi A and Wani PA (2007) Role of phosphate-solubilizing micro organisms in sustainable agriculture. Agronomy for Sustainable Development. 27: 29-43.

31. McDonald M (2000) Seed primping. pp: 287-325. In: Black, M. and J.D. Bewley. (Eds). Seed technology and its biological basis. Sheffield Academic Press. Florida.

32. Ortas I (1996) The influence of use of different rates of mycorrhizal inoculum on root infection, plant growth, and phosphorus uptake. Communication Soil Science and Plant Analyses. 27(18-20): 2935-2946.

33. Panwar JDS (1991) Effect of VAM and *Azospirillum brasilense* on photosynthesis, nitrogen metabolism and grain yield in wheat. Indian Journal of Plant Physiology. 34: 357-361.

34. Philips JM and Hayman DS (1970) Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of British Mycological Society. 55: 158-161.

35. Roy N K and Srivastava AK (2000) Adverse effect of salt stress condition on chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves and its amelioration through pre-soaking treatments. Indian Journal of Agriculture Science. 70: 777-778.

36. Smith SE, Smith FA and Jakobsen I (2004) Functional diversity in arbuscular mycorrhizal (AM) symbiosis: the contribution of the mycorrhizal P uptake pathway is not correlated with mycorrhizal responses in growth or total P uptake. New Phytologist. 162: 511-52.

37. Sharma AK (2002) Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios Indian Publications. Pp. 456.

38. Singh SR and Singh U (2008) Efficacy of vesicular arbuscular mycorrhizae as influenced by phosphorus application in wheat (*Triticum aestivum*) under rainfed conditions of Kashmir. Indian Journal of Agriculture Science. 78(9): 771-776.

39. Toro M, Azcon R and Barea M (1998) The use of isotopic dilution techniques to evaluate the

interactive effects of rhizobium genotype, mycorrhizal fungi, phosphate solubilizing rhizobacteria and rock phosphate on nitrogen and phosphorus acquisition by *Medicago sativa*. New Phytologist. 138: 265-273.

40. Tzortzakis NN (2009) Effect of pre-sowing treatment on seed germination and seedling vigor in endive and chicory. Horticulture Science. 36(3): 117-125.

41. Vendan RT and Subramanian M (2000) Effect of phosphobacteria with graded levels of phosphate fertilizers on lowland rice. Crop Research. 19: 194-197.

42. www.Euralis-semences.fr/seeds/images/varietes/pdfs/ corn/ES_SENSOR.pdf