علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۴ (ص ۳۹۴-۳۸۱)

جایگزینی کاربرد کود شیمیایی فسفاته با کودهای زیستی در تولید نخود در شرایط پیش‌تیمار کردن مزرعه‌ای بذر

محمدعلی ابوطالبیان[1]* و محمد اللهی[2]
۱ و ۲. استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۳/۲۳)

چکیده

برای بررسی تأثیر پیش‌تیمار کردن مزرعه‌ای بذر و دو کود زیستی بر ویژگی‌های سبز شدن و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در همدان طی سال ۱۳۹۲ انجام شد. عامل‌های آزمایشی شامل کود فسفات (۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد از میزان توصیه‌شده)، کود زیستی (قارچ‌ریشه یا میکوریزا، بارور۲، کاربرد توأم، بدون کاربرد) و پیش‌تیمار کردن (با و بدون) بودند. نتایج نشان داد پیش‌تیمار کردن درصد سبز شدن را ۷/۷ و سرعت سبزشدن را در تلفیق با قارچ‌ریشه و کاربرد ۱۰۰ درصد کود فسفات توصیه‌شده ۲۰/۷ درصد نسبت به بذرهای پیش‌تیمارنشده در حالت بدون کاربرد فسفات و کود زیستی افزایش داد. بالاترین میزان عملکرد زیست‌توده (بیولوژیک) و دانه به ترتیب ۳۰۳ و ۸۴۹ گرم در مترمربع بود که از بذرهای پیش‌تیمارشده و کاربرد توأم کودهای زیستی به ترتیب با کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ درصد فسفات به‌دست آمد که نسبت به شاهدهای خود در آن سطح کودی به ترتیب ۱۴۶ و ۲۵۰ درصد بیشتر بودند. در این بررسی بیشترین شاخص برداشت، شمار غلاف و دانه در مترمربع از تیمار پیش‌تیمارشده و کاربرد توأم دو کود زیستی با کاربرد ۵۰ درصد فسفات به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: **بارور، سبز شدن، عملکرد، قارچ ریشه.**

مقدمه

حبوبات به دلیل داشتن پروتئین زیاد (نزدیک به دو برابر غلات) و توانایی تثبیت زیستی نیتروژن در کشاورزی و تغذیهٔ بشر اهمیت قابل توجهی دارند. نخود (*Cicer arietinum* L.)، گیاهی خودگشن و دولاد (دیپلوئید) بوده و پس از نخود فرنگی و لوبیا، سومین لگوم دانه‌ای مهم جهان به شمار می‌آید (Aghaee & Kanouni, 2004). اصلی‌ترین کشورهای تولیدکنندهٔ نخود در جهان به ترتیب هند، پاکستان، ترکیه و ایران هستند. در سال ۲۰۱۲ سطح زیر کشت نخود در ایران ۵۶۵ هزار هکتار و میزان تولید ۳۱۵ هزار تن با عملکرد ۵۵۷ کیلوگرم در هکتار بوده است (Fao)[1].

استقرار سریع و به‌هنگام بذرهای کاشته‌شده عامل کلیدی در رسیدن به توان بالقوهٔ عملکرد خواهد بود (Harris *et al*., 1999). یکی از روش‌های ساده‌ای که توان و استقرار مناسب بذرهای کشت‌شده و در نتیجه کارایی گیاه را در کشتزارها بهبود می‌بخشد پیش‌تیمار کردن (پرایمینگ) بذر است (Yarniya *et al*., 2008). پیش‌تیمار کردن بذر عبارت است از کنترل جذب آب بذر، آنچنان که فعالیت سوخت و سازی (متابولیکی) لازم برای جوانه‌زنی رخ دهد، بدون اینکه ریشه‌چه از

* تلفن: ۰۸۱۳۴۴۲۴۱۹۲
E-mail: aboutalebian@yahoo.com
1. Faostat.fao.org

بذر خارج شود، در عین حال فعالیت‌های فیزیولوژیکی مختلفی در سطوح متفاوت رطوبتی درون بذر رخ می‌دهد که هدف از آن کاهش زمان جوانه‌زنی، بهبود زنده‌مانی و افزایش میزان جوانه‌زنی است (Harris, 1996). خیس کردن بذر در آب، محلول عناصر غذایی، محلول‌های اسمزی، مرطوب کردن با استفاده از ترکیبات زیستی و تیمار با مادهٔ جامد جاذب رطوبت (ماتریکی) به عنوان روش‌های مهم پیش‌تیمار کردن بذر شناخته شده‌اند (Khajeh-Hosseini, 2003; Ashraf & Foolad, 2005). پیش‌تیمار کردن مزرعه‌ای[1] یکی از روش‌های پیش‌تیمار کردن بذر است که به دلیل کم هزینه بودن به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود (Bakare & Ukwungwu, 2009). در پیش‌تیمار کردن مزرعه‌ای، بذرها برای یک مدت از پیش مشخص‌شده در آب معمولی یا محلول غذایی قرار می‌گیرند و پیش از کشت به منظور آسانگری در جابه‌جایی به صورت سطحی خشک می‌شوند. به عبارت دیگر مانند روش‌های معمول پیش‌تیمار کردن، بذر تا حد رطوبت اولیه خشک نمی‌شود. این روش به وسیلهٔ کشاورزان برای شماری از بذرهای محصولات کشاورزی مانند گندم، نخود و ذرت استفاده شده است (Harris, 2006). پیش‌تیمار کردن بذر، آسیب ناشی از جذب آب در دمای پایین را که به واسطهٔ کشت بذر در خاک‌های سرد رخ می‌دهد کاهش می‌دهد (Bennett & Waters, 1987). در بذرهای پیش‌تیمارشده نشت سوخت و سازگر (متابولیت)ها کمتر است (Styer & Cantliffe, 1983). بذرهایی که سریع‌تر جوانه می‌زنند پیش از اینکه لایهٔ سطحی خاک خشک، سخت و یا خیلی گرم شود نظام ریشه‌ای عمیقی تولید می‌کنند (Harris, 1996). Ashraf & Foolad (2005) نیز گزارش کردند که پیش‌تیمار کردن بذر با آب و یا محلول‌های اسموتیک در گیاه ذرت تحت شرایط تنش شوری، جوانه‌زنی و استقرار اولیه را بهبود بخشید. در نخود گزارش شده است که پیش‌تیمار کردن سبب افزایش ۱۱ درصدی عملکرد دانه شد (Kaur *et al*., 2005). روشن است که استقرار سریع‌تر و قوی‌تر گیاهچه باعث افزایش شاخص‌های رشدی و به دنبال آن عملکرد بیشتر می‌شود. افزایش شاخص سطح برگ با پیش‌تیمار کردن بذر برای گیاه سویا گزارش شده است (Mohammadi, 2009). Chandrakumar *et al*. (2006) نیز پیش‌تیمار کردن را به علت افزایش شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول عامل افزایش عملکرد گندم عنوان کرده‌اند. Farooq *et al*. (2006) هم نشان دادند که اعمال روش های مختلف پیش‌تیمار کردن از جمله پیش‌تیمار کردن با آب (هیدروپرایمینگ) سبب افزایش معنی‌دار سرعت رشد محصول در برنج شد. در سویا نیز گزارش شده است که پیش‌تیمار کردن باعث افزایش شاخص‌های رشدی مانند بیشترین شاخص سطح برگ، بیشترین سرعت رشد محصول، بیشترین عملکرد زیست‌توده (بیولوژیک)، دوام شاخص سطح برگ و دوام مادهٔ خشک کل شد (Rahchamandi *et al*., 2012). همچنین در لوبیا گزارش شده است که پیش‌تیمار کردن بذر باعث بهبود اجزای عملکردی مانند شمار غلاف در مترمربع، شمار دانه در غلاف و وزن صد دانه شد (Latifzadeh *et al*., 2013).

امروزه استفاده از نظام‌های زراعی کم‌نهاده و ابداع شیوه‌های نوین مدیریت منابع رشد به منظور دستیابی به هدف‌های کشاورزی پایدار اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. فسفر پس از نیتروژن، دومین عنصر اصلی محدودکنندهٔ رشد گیاهان به شمار می‌آید (Conbolat *et al*., 2006). کود شیمیایی فسفر اصلی‌ترین منبع تأمین این عنصر در کشاورزی است ولی نزدیک به ۷۵ تا ۹۰ درصد از کود فسفر اضافه‌شده به خاک توسط ترکیب‌های پیچیدهٔ آهن، آلومینیوم و کلسیم تثبیت می‌شود (Turan *et al*., 2006). گروه بزرگی از ریزجانداران (میکروارگانیسم‌ها) خاک‌زی این توانایی را دارند که فسفر نامحلول خاک را به شکل قابل جذب گیاه تبدیل کنند. این ریزجانداران خاک‌زی را در اصطلاح ریزجانداران حل‌کنندهٔ فسفات[2] یا PSM می‌نامند (Egamberdiyeva *et al*., 2004). ریزجانداران حل‌کنندهٔ فسفات در افزایش رشد و

1. On-farm seed priming

2. Phosphate Solubilizing Micro-organisms

عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی مانند چغندرقند (Cakmakci *et al.*, 2006)، خردل (Asghar *et al.*, 2002) و کلزا (Glick *et al.*, 1994) نقش مهمی را ایفا کرده‌اند. در بین باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات، باکتری‌های جنس سودوموناس به دلیل توزیع گسترده در خاک و با توانایی کلونیزه کردن ریشهٔ بسیاری از گیاهان و تولید طیف گسترده‌ای از سوخت و سازگرها اهمیت ویژه‌ای دارند. از مهم‌ترین برتری‌های تلقیح بذر با زادمایهٔ این باکتری‌ها می‌توان به افزایش سرعت سبز شدن، افزایش رشد ریشه، کنترل عامل‌های بیماری‌زا، افزایش سطح برگ، افزایش مقاومت به خشکی، افزایش فعالیت میکروبی خاک و همچنین افزایش فراهمی عناصر غذائی برای گیاه اشاره کرد (Vessy, 2003). قارچ‌ریشه (میکوریزا)ها هم یکی از انواع کودهای زیستی هستند که دارای رابطهٔ همزیستی با ریشهٔ اغلب گیاهان زراعی بوده و با افزایش جذب عناصر غذایی (مانند فسفر، نیتروژن و برخی عناصر ریزمغذی)، افزایش جذب آب، افزایش مقاومت در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده سبب بهبود رشد، نمو و عملکرد گیاهان میزبان در نظام‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (Sylvia & Williams, 1992). مهم‌ترین و مؤثرترین رابطهٔ همزیستی با قارچ‌ریشه‌ها، افزایش جذب عناصر کانی به ویژه فسفر در گیاه میزبان است. این تأثیر به‌ویژه در اراضی که فسفر محلول در خاک کم یا در اثر خشکی ضریب پخشیدگی عنصر فسفر بسیار کاهش یافته است، مشهودتر خواهد بود (Ruiz-lozano & Azcon, 1996). ریسه (هیف)های قارچ‌ریشه می‌توانند به روزنه‌های بسیار ریزی که حتی تارهای کشنده قادر به نفوذ در آنها نیستند وارد شده و باعث افزایش میزان جذب آب شوند (Tisdall, 1991). هدف از اجرای این تحقیق، بررسی تأثیر کاربرد تلفیقی پیش‌تیمار کردن بذر و دو نوع کود زیستی به همراه کاربرد متعادل کود شیمیایی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار و تابستان ۱۳۹۲ در مزرعهٔ آموزشی تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه و ۴۹ ثانیهٔ طول شرقی و ۳۵ درجه و ۱ دقیقه و ۲۲ ثانیهٔ عرض شمالی و ۱۷۲۰ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. منطقهٔ مورد بررسی از نظر اقلیمی جزء مناطق نیمه‌خشک و سرد، با میانگین بارندگی سالیانه ۳۳۳ میلی‌لیتر و میانگین دمای ۲۴ درجهٔ سلسیوس در گرم‌ترین ماه سال بنابر آمار هواشناسی ۵۵ ساله است. مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش نیز در جدول ۱ ملاحظه می‌شود. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل‌های مورد بررسی شامل سه میزان کاربرد کود فسفات ۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد از میزان توصیه‌شده بر پایهٔ آزمون خاک به ترتیب معادل ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، چهار سطح کود زیستی شامل (قارچ‌ریشه، بارور۲، کاربرد توأم هر دو کود زیستی، هیچکدام) و ۲ سطح بدون پیش‌تیمار و با پیش‌تیمار با آب معمولی در نظر گرفته شدند. کود زیستی قارچ‌ریشهٔ آربوسکولار گونهٔ گلوموس موسه‌آ[1] با ۱۵۰ اسپور قارچ در هر گرم، از شرکت زیست‌فناوران توران شاهرود با نام تجاری مایکوپرسیکا تهیه شد که برابر توصیهٔ شرکت سازنده به میزان ۲۰ گرم در هر مترمربع زمین به صورت نواری در کنار بذر هنگام کاشت استفاده شد. در ضمن کود زیستی باکتریایی به شکل جامد بود، با باکتری‌های سودوموناس پوتیدا[2] و باسیلوس لنتوس[3]، که برابر توصیهٔ شرکت سازندهٔ آن (زیست‌فناور سبز) به میزان ۱۰۰ گرم در هر هکتار از طریق آغشته کردن به بذر، مصرف شد. مدت زمان انجام پیش‌تیمار ۸ ساعت بود و بذرها پس از پیش‌تیمار شدن به طور سطحی خشک و کشت شدند. نخود مورد بررسی رقم آزاد بود که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان تهیه شد. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول ۳ متر و فاصلهٔ خطوط ۵۰ سانتی‌متر و تراکم کشت ۳۶۰۰۰۰ بوته در هکتار بود. فاصلهٔ بین تکرارها ۲ متر و فاصلهٔ بین

1. Glomus mossea
2. Pseudomonas putida
3. Bacillus lentus

کرت‌ها ۱ متر در نظر گرفته شد. کاشت در ۱۰ فروردین ماه انجام شد و آبیاری زمین بدون فاصلهٔ زمانی پس از کاشت با سامانهٔ بارانی صورت گرفت و پس از آن دور آبیاری حدود هر ۷ روز یکبار تا پایان دورهٔ رشد تنظیم شد. مبارزه با علف‌های هرز نیز به صورت دستی انجام گرفت. به منظور اندازه‌گیری سرعت و درصد سبز شدن پس از آغاز ظهور گیاهچه‌ها، هر روز و در مدت ۱۰ روز در یک خط مشخص از هر واحد آزمایشی گیاهچه‌های ظاهرشده شمارش شدند.

سرعت و درصد سبز شدن با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه شدند:

(۱) سرعت سبز شدن $\Sigma n_i / \Sigma n_i d_i$

(۲) درصد سبز شدن $\Sigma n_i / N \times 100$

در این رابطه، n_i و d_i به ترتیب شمار گیاهچه‌های ظاهرشده و شمارهٔ روز از هنگام کاشت در شمارش i ام و Nشمار بذرهای کشت‌شده در هر ردیف کاشت است (Bodsworth & Bewley, 1981). در پایان فصل رشد برای برآورد اجزای عملکرد ۱۰ بوته به طور تصادفی گزینش شد و برای اندازه‌گیری عملکردهای زیست‌توده و دانه نیز ۲ مترمربع از هر کرت با رعایت اثر حاشیه برداشت شد. با اطمینان از عادی (نرمال) بودن باقی‌ماندهٔ داده‌ها پس آزمون عادی بودن (نرمالیته)، تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTATC و مقایسهٔ میانگین‌ها هم با آزمونLSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

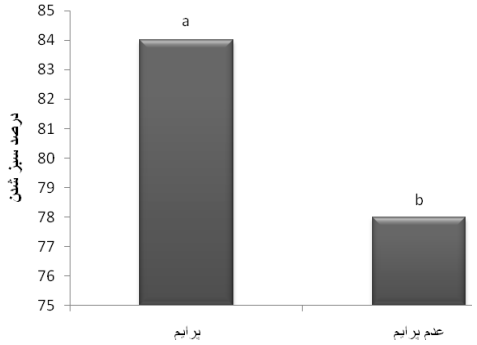
رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت خاک	فسفرقابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل (ppm)	نیتروژن کل (درصد)	pH	هدایت الکتریکی (dS/m)	کربن آلی (درصد)
۴۸	۳۲	۲۰	رسی سیلتی	۶/۱	۳۷۲	۰/۱۲	۷/۸	۰/۲۱۲	۱/۲

نتایج و بحث

درصد و سرعت سبز شدن

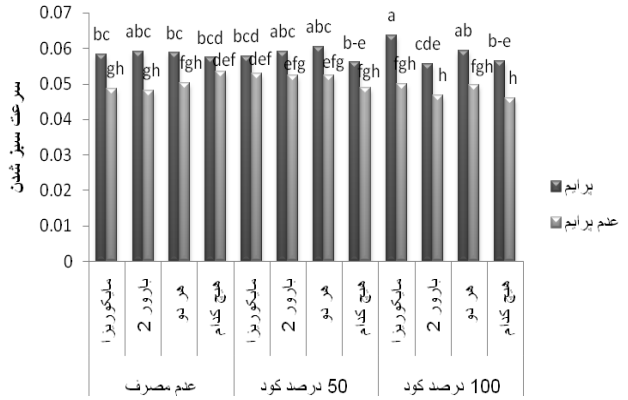
با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود تنها تأثیر پیش‌تیمار کردن در سطح ۵ درصد بر این صفت معنی‌دار شده است. پیش‌تیمار کردن سبب افزایش ۷ درصدی سبز شدن شد (شکل۱). به طورکلی علت افزایش میزان جوانه‌زنی در بذرهای پیش‌تیمارشده ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده‌ای مانند آلفاآمیلاز، افزایش سطح انرژی زیستی در قالب افزایش میزان ATP، افزایش ساخت (سنتز) RNA، DNA، افزایش شمار و در عین حال ارتقاء عملکرد میتوکندری‌ها است (Afzal *et al.*, 2002). بنابر گزارش Musa *et al.* (2001) پیش‌تیمار کردن بذرهای نخود در کشتزار باعث افزایش درصد جوانه‌زنی آن شد. افزایش درصد جوانه‌زنی در اثر پیش‌تیمار کردن، ناشی از افزایش فعالیت سوخت و سازی است که در فرآیند جذب آب رخ داده و باعث می‌شود بذرهای پیش‌تیمارشده از لحاظ مراحل جوانه‌زنی نسبت به بذرهای شاهد پیشرفته‌تر باشند (Basra *et al.*, 2003).

در گزارشی نیز پیش‌تیمار کردن با آب عامل افزایش درصد و سرعت سبز شدن گیاهچه‌های ذرت عنوان شده است (Nagar *et al.*, 1998). افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیکی چون α و β آمیلاز، ایزوسیترات لیاز (Varier *et al.*, 2010)، استروئاز، فسفاتاز و ۳- فسفو گلیسرید دهیدروژناز (Sivritepe & Dourado, 1995)، در بذرهای پیش‌تیمارشده، می‌تواند توجیهی بر بهبود ظهور گیاهچه در این بذرها باشد.



شکل ۱. مقایسهٔ میانگین تأثیر پیش‌تیمار کردن بر درصد سبز شدن

با توجه به جدول ۲ همهٔ اثرگذاری‌ها در سطح ۱ درصد بر سرعت سبز شدن معنی‌دار شده‌اند. بذرهای پیش‌تیمارشده نسبت به بذرهای شاهد جوانه‌زنی‌شان را زودتر آغاز کرده، در نتیجه زودتر استقرار یافته و زودتر از خاک خارج می‌شوند. در این تحقیق بیشترین سرعت سبز شدن در بذرهای پیش‌تیمارشده و تلقیح شده با قارچ‌ریشه و کاربرد ۱۰۰ درصد فسفات توصیه شده به‌دست آمد که البته بنابر شکل ۲ مهم‌ترین عامل افزایش سرعت سبز شدن پیش‌تیمار کردن بذرها بوده است. افزایش سرعت سبز شدن در بذرهای ذرت در اثر پیش‌تیمار کردن مزرعه‌ای گزارش شده است (Harris *et al*., 2007). نتیجهٔ به‌دست آمده با نتایج کار Aboutalebian *et al*. (2004) که افزایش سرعت سبز شدن گیاهچه‌ها، درصد نهایی سبز شدن و شاخص بنیهٔ گیاهچه را در بیشتر ارقام گندم پیش‌تیمارشده گزارش کردند، همخوانی دارد. در تحقیقی دیگر، اظهار شده است که مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی در سه گونهٔ گیاهی ماش، خردل و رایگراس یکسالهٔ پیش‌تیمارشده، به ترتیب ۸، ۶ و ۹ ساعت کاهش یافت (Snapp *et al*., 2008). گزارش شده است که کودهای زیستی از جمله قارچ‌ریشه، توانایی تبدیل عناصر غذایی را از شکل غیر قابل جذب به شکل قابل دسترس داشته و منجر به توسعه و استقرار نظام ریشه‌ای و جوانه‌زنی بهتر و سریع‌تر بذرهای می‌شود (Rudresh *et al*., 2005). همچنین کاربرد کود فسفات نیز باعث افزایش سرعت سبز شدن با افزایش سطح انرژی زیستی در قالب افزایش میزان ATP شد (Afzal *et al*., 2002). Krishna *et al*. (2008) نیز تأثیر کودهای زیستی را بر سرعت سبز کردن کلزا مثبت گزارش کردند.



شکل ۲. تأثیر کود زیستی، پیش‌تیمار کردن و میزان کاربرد فسفات بر سرعت سبز شدن

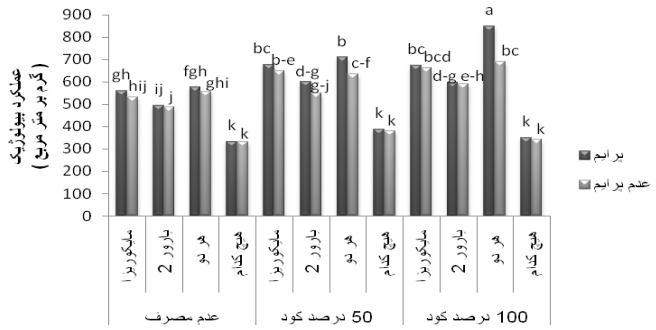
جدول ۲. تجزیهٔ واریانس تأثیرگذاری‌های پیش‌تیمار کردن، میزان فسفات و کود زیستی بر ویژگی‌های سبز شدن، عملکرد و اجزای آن در نخود

		میانگین مربعات								
منابع تغییر	درجهٔ آزادی	درصد سبزشدن	سرعت سبزشدن	عملکرد زیست‌توده	عملکرد دانه	شاخص برداشت	وزن صد دانه	شمار غلاف درمترمربع	شمار دانه درمترمربع	نسبت دانه به غلاف
تکرار	۲	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۵^{ns}	۵۳۹/۱۷^{ns}	۱۴/۵۶^{ns}	۰/۰۰۰۰۸^{ns}	۰/۸۲*	۳۰۵۴/۶*	۶۲۰۴/۲^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}
فسفات	۲	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۱۵**	۸۲۹۵۲/۵۲**	۱۰۸۷/۹**	۰/۰۰۴**	۴/۱۲**	۷۶۳۳/۸**	۸۱۵۵۳/۷**	۰/۰۷**
کود زیستی	۳	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۰۲۱**	۳۴۷۹۹۱/۰۱**	۱۰۰۹۰۶/۳**	۰/۰۸۵**	۱۳۵/۷۵**	۶۱۳۹۱۶/۷**	۲۵۶۹۳۰۸/۲**	۱/۳۴**
پیش‌تیمار	۱	۰/۰۷*	۰/۰۰۱۱**	۲۰۴۶۵**	۱۳۴۹۲/۹**	۰/۰۱۳**	۴۷/۸۲**	۲۳۴۴۵۷/۳**	۵۰۲۰۰۲**	۰/۰۵**
فسفات × کود زیستی	۶	۰/۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۰۲۳**	۹۹۱۶۹/۲۹**	۹۵۰/۵**	۰/۰۰۱۲**	۰/۹۶**	۴۸۸۹/۷**	۱۳۷۵۴/۶**	۰/۰۲**
فسفات × پیش‌تیمار	۲	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۰۳۲**	۱۹۴۱/۸۶*	۳۸۹/۳**	۰/۰۰۰۱۶^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۱۴۰۵/۵^{ns}	۱۷۲۸/۷^{ns}	۰/۰۰۸*
کود زیستی × پیش‌تیمار	۳	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۲۲**	۵۵۱۸/۷۳**	۲۳۶۱/۷**	۰/۰۰۱**	۱/۱۸**	۱۹۲۷۳/۱**	۷۰۳۶۴/۹**	۰/۰۰۰۴^{ns}
کود × فسفات × پیش‌تیمار	۶	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۲۸**	۲۳۱۰/۶۲**	۸۸/۲**	۰/۰۰۰۴**	۰/۸۸**	۳۴۱۶/۷**	۷۵۴۰/۶*	۰/۰۰۴*
خطا	۴۶	۰/۰۱	۰/۰۰۰۰۰۱۹	۵۱۸/۴	۱۷/۵	۰/۰۰۰۰۹	۰/۲۱	۹۱۸/۷	۲۴۹۳/۶	۰۰۱۸
ضریب تغییرپذیری‌ها (٪)	-	۱۳/۱۶	۲/۵۲	۴/۱۳	۲/۴۳	۳/۱۶	۱/۶۴	۴/۲۶	۶/۵۳	۴/۲۶

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

عملکرد زیست‌توده

با توجه به جدول ۲ اثرگذاری‌های اصلی و اثرگذاری‌های متقابل دو و سه‌گانه در سطوح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار شد. با توجه به شکل۳، بیشترین عملکرد زیست‌توده مربوط به تیمار پیش‌تیمار کردن به همراه ۱۰۰ درصد کود فسفات و تلفیق قارچ‌ریشه و بارور۲ بود (۸۴۸/۹ گرم بر مترمربع) که اختلاف معنی داری با تیمارهای دیگر داشت. با دقت در شکل ۳ مشاهده می‌شود که در حالت کاربرد کود فسفات و کاربرد همزمان دو کود زیستی، پیش‌تیمار کردن منجر به افزایش معنی‌دار مادهٔ خشک تولیدشده، شد. در حالت کاربرد ۱۰۰ و ۵۰ درصد کود فسفات توصیه‌شده و کاربرد توأم دو کود زیستی، پیش‌تیمار کردن نسبت به بدون پیش‌تیمار، عملکرد زیست‌توده را به ترتیب حدود ۲۳ و ۱۲ درصد افزایش داد که می‌توان نتیجه گرفت تأثیر پیش‌تیمار کردن در کنار کاربرد کودهای زیستی و فسفاته تقویت می‌شود البته گزارش‌های چندی از تأثیر مستقل پیش‌تیمار کردن در افزایش عملکرد زیست‌توده در گیاهان مختلف ارائه شده است. در این رابطه گزارش شده است که پیش‌تیمار کردن بذر باعث افزایش عملکرد زیست‌توده در نخود و گندم شد (Farshidfar *et al*., 2002). Kaour *et al*. (2005) گزارش کردند فعالیت مخزن در گیاهان نخود به‌دست آمده از بذرهای پیش‌تیمارشدهٔ با آب در مقایسه با شاهد بالاتر بود که این امر با فعالیت بیشتر آنزیم‌های درگیر در سوخت و ساز ساکارز مانند ساکارز سینتتاز، اینورتازها و ساکارز فسفات سینتتاز مشخص شد، که در نهایت افزایش وزن هزاردانه و عملکرد را به دنبال داشت. همچنین پیش‌تیمار کردن بذرها توانسته است محتوای کل سبزینه (کلروفیل)، محتوای سبزینهٔ a و b و میزان نورساخت (فتوسنتز) را افزایش دهد (Roy & Srivastava, 2000)، و از این راه توان منبع و فراهمی فتواسیمیلات‌ها را زیاد کرده و در نهایت بهبود عملکرد را در بر داشته باشد. در توجیه افزایش عملکرد ناشی از پیش‌تیمار کردن می‌توان به استقرار سریع و مطلوب گیاهان (Ashraf & Foolad , 2005) و استفادهٔ بیشتر آنها از عناصر غذایی، رطوبت خاک و تشعشع خورشیدی اشاره داشت (Subedi & Ma, 2005). از آنجا که پیش‌تیمار کردن در بهبود گسترش ریشه در خاک نقش مهمی دارد بذرهایی که سریع‌تر جوانه می‌زنند پیش از این که لایهٔ سطحی خاک خشک، سخت و یا خیلی گرم شود نظام ریشه‌ای عمیقی تولید می‌کنند (Harris, 1996). به‌نظر می‌رسد وجود کودهای زیستی از منابع مختلف در افزایش توسعهٔ ریشه کارایی این تیمار را بهبود می‌بخشد. جدای از پیش‌تیمار کردن، شکل ۳ به خوبی تأثیر مثبت و معنی‌دار کاربرد کودهای زیستی را در افزایش مادهٔ خشک تولیدشده نشان می‌دهد. افزون بر نقش قارچ‌ریشه و باکتری‌های سودوموناس در افزایش جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر (Swift, 2004) و عناصر ریزمغذی مانند روی و مس این ریزجانداران باعث تحریک رشد گیاه نیز می‌شوند (Siddiqui *et al*., 2008). کود زیستی به واسطهٔ تولید هورمون‌های رشد مانند دای‌هیدروژن، اکسین و جیبرلین رشد اندام‌های هوایی گیاه را افزایش می‌دهد (Panwar, 1991; Samar bakhsh *et al*., 2009; Fankem *et al*., 2006). لذا در چنین شرایطی افزایش در مادهٔ خشک تولیدشده دور از انتظار نیست.



شکل ۳. تأثیر کود زیستی، پیش‌تیمار کردن و میزان کاربرد فسفات بر عملکرد زیست‌توده

عملکرد دانه

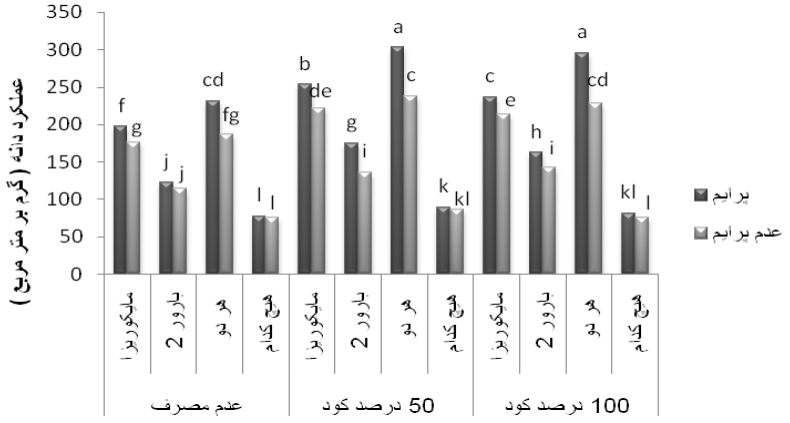
مهم‌ترین صفت مورد بررسی عملکرد دانه است که در سطح ۱ درصد تحت تأثیر همهٔ اثرگذاری‌ها از جمله اثرگذاری متقابل سه گانه قرار گرفت (جدول ۲). واکنش عملکرد دانه به تیمارهای به‌کار رفته مانند واکنش عملکرد زیست‌توده است (شکل ۴) به صورتی که در کاربرد توأم دو کود زیستی در کنار کاربرد ۵۰ یا ۱۰۰ درصد کود فسفات توصیه‌شده، تیمارهای پیش‌تیمارشده بالاترین عملکرد را تولید کردند این درحالی است که بین کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ درصد فسفات تفاوتی وجود ندارد (در هر یک از حالت‌های پیش‌تیمارشده و پیش‌تیمارنشده). البته در بررسی اثرگذاری‌های تک‌تک کودهای زیستی به خوبی مشخص است که کاربرد قارچ‌ریشه در مقایسه با بارور۲ تأثیر بیشتری بر افزایش عملکرد دارد (شکل۴). در بیشتر آزمایش‌های صورت گرفته در رابطه با کودهای زیستی و ریزجانداران حل‌کنندهٔ فسفات، عنوان شده که کاربرد این کودها و ریزجانداران، باعث بهبود شاخص سطح برگ شده است (Okan & Hadas, 1987). Medin *et al.* (1990) نیز درتحقیقات خود بر روی ماشک، دو گونه از قارچ‌ریشه (*G. etunicatum* و *G.intraradices*) را به کار بردند و گزارش کردند که قارچ ریشه سبب افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محصول شد، لذا در چنین شرایطی افزایش عملکرد محصول به‌طور کامل منطقی است. Marulanda *et al.* (2003) گزارش کردند که نظام ریشه‌ای در گیاهان قارچ‌ریشه‌ای توسعهٔ بیشتری یافته به‌طوری که قطر ریشه‌های فرعی در آنها کاهش و طول ریشه افزایش یافته است. همه این عامل‌ها باعث می‌شود که ریشهٔ قارچ‌ریشه‌ای سطح تماس بیشتری با خاک پیدا کرده و به‌دین صورت سریع‌تر آب را از خاک جذب نماید که باکتری‌های موجود در بارور۲ چنین نمی‌کنند همچنین افزون بر این اثرگذاری‌ها باید به تأثیر هورمون‌های تولیدشده توسط این ریزجانداران نیز اشاره کرد، این قارچ‌ها می‌توانند با تولید هورمون‌های گیاهی یا القاء ساخت آنها در گیاه، سبب نورساخت و رشد و نمو گیاه میزبان شوند (Warcup, 1971). نکتهٔ مهم دیگری که می‌توان بیان کرد تفاوت بسیار کم و غیرمعنی‌دار عملکرد در سه سطح کاربرد کود فسفات در حالت بدون کاربرد کودهای زیستی است یعنی مصرف نکردن با کاربرد ۱۰۰ درصد میزان توصیه‌شدهٔ فسفات، عملکرد را مانند آنچه در عملکرد زیست‌توده رخ داد (شکل ۳) تغییری نداد که به‌نظر می‌رسد به علت تثبیت و غیرقابل جذب شدن فسفات‌های مصرف‌شده در خاک باشد (Singh & Kapoor, 1994). این نارسایی تا حدود قابل توجهی با کاربرد کودهای زیستی قابل اصلاح است. در باقلا هم گزارش شده است باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات میزان کاربرد کود شیمیایی فسفات را تا ۵۰ درصد کاهش دادند (El-Habbasha, 1998). زیرا این ریزجانداران می‌توانند با ترشح اسیدهای آلی حلالیت عناصر غذایی خاک، از جمله فسفر، را زیاد کنند (Vazques *et al*., 2000; Ortus *et al*., 1996). در جو گزارش شده است که کاربرد ریزجانداران حل‌کنندهٔ فسفات همراه با مقادیر مناسب کود فسفات رشد رویشی را بهبود بخشید و سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد (Mehrvarz *et al*., 2008).

در مورد تأثیر سودمند پیش‌تیمار بذر بر عملکرد، بیشتر گزارش‌ها علت را به افزایش سرعت سبز شدن و بهبود استقرار بذرهای پیش‌تیمارشده نسبت داده‌اند (Arif *et al*., 2008; Ghasemi-Golezani *et al*., 2010; Harris *et al*., 1999). Rashid *et al.* (2004) عامل افزایش عملکرد دانه در بذرهای پیش‌تیمارشدهٔ ماش را، سبز شدن سریع‌تر گیاه و کاهش زمان تماس با ویروس موزاییک ماش عنوان کرده‌اند.

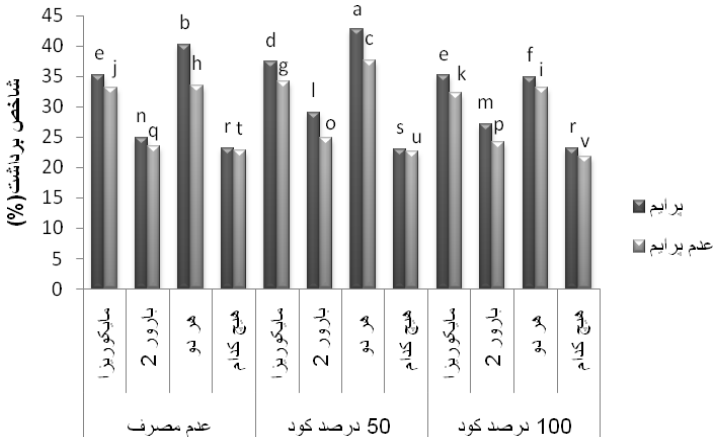
شاخص برداشت

با توجه به جدول ۲ اثرگذاری‌های اصلی و متقابل دو و سه‌گانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد، تنها اثرگذاری متقابل فسفات در پیش‌تیمار معنی‌دار نشد. با توجه به شکل ۵ تیمار ۵۰ درصد کاربرد فسفات به همراه پیش‌تیمار کردن و کاربرد تلفیقی قارچ‌ریشه و بارور۲ برای شاخص برداشت، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمارهای دیگر داشت (۴۲/۷۱ درصد). بالاتر بودن شاخص برداشت در تیمار پیش‌تیمار کردن، کود

زیستی و کاربرد ۵۰ درصد فسفات نشان می‌دهد که تخصیص مواد نورساختی بین مخزن‌های اقتصادی نسبت به دیگر مخزن‌های موجود در گیاه بیشتر بوده است، لذا نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده بیشتر شده است (Ngoc-Son *et al*., 2001). در آفتابگردان گزارش شد که پیش‌تیمار کردن بذرها سبب بهبود تسهیم مادهٔ خشک به سمت دانه و افزایش شاخص برداشت و عملکرد دانه شد (Hussain *et al*., 2006). در بررسی شاخص برداشت برنج به‌واسطهٔ پیش‌تیمار کردن با آب افزایشی ۳/۴ درصدی نشان داده است (Farooq *et al*., 2006). همچنین افزایش شاخص برداشت در تیمار پیش‌تیمار کردن با آب مقطر در گندم نیز گزارش شده است (Aboutalebian *et al*., 2004). از آنجا که رابطهٔ مثبتی بین میزان عملکرد دانه و شاخص برداشت وجود دارد لذا به نظر می‌رسد حضور قارچ‌ریشه با تأثیر بر شاخص برداشت، عملکرد دانه را افزایش داده است. فعالیت قارچ‌ریشه با تولید ترکیبات محرک رشد از جمله جیبرلین و سیستئین سبب افزایش نورساخت و ظرفیت مخزن و در نتیجه افزایش عملکرد در گیاه ذرت شد (Panwar, 1991). Mehrvarz *et al*. (2008) و Yazdani *et al*. (2009) گزارش دادند که کاربرد ریزجانداران حل‌کنندهٔ فسفات توأم با مقادیر مناسب کود شیمیایی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و شاخص برداشت ذرت شد.



شکل ۴. تأثیر کود زیستی، پیش‌تیمار کردن و میزان کاربرد فسفات بر عملکرد دانه

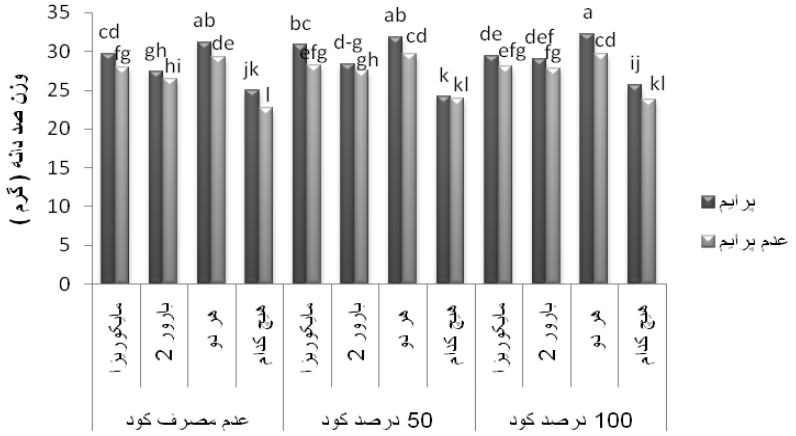


شکل ۵. تأثیر کود زیستی، پیش‌تیمار کردن و میزان کاربرد فسفات بر شاخص برداشت

وزن صد دانه

همهٔ اثرگذاری‌های اصلی و متقابل به جز اثرگذاری متقابل فسفات در پیش‌تیمار در سطح ۱ درصد بر وزن صد دانه معنی‌دار شد (جدول۲). همان‌طور که در

شکل ۶ مشخص است، کاربرد کود زیستی سبب افزایش معنی‌دار در وزن صد دانه در تیمارهای بدون کاربرد کود فسفر و کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ درصدی کود به ویژه در تیمارهای پیش‌تیمارشده، شد. افزایش وزن دانه بیشتر ناشی از افزایش طول دوره یا سرعت پر شدن دانه است که در این مورد توان مخزن نقش کلیدی دارد، Kaur *et al.* (2005) گزارش دادند فعالیت مخزن در گیاه نخود ناشی از بذرهای پیش‌تیمارشده با آب در مقایسه با شاهد بالاتر بود که این امر با بالاتر بودن فعالیت آنزیم‌های درگیر در سوخت و ساز مشخص شد که در نهایت افزایش وزن صد دانه و عملکرد را به دنبال داشت. Harris *et al.* (2007)، افزایش وزن هزاردانه را در اثر پیش‌تیمار کردن بذر گزارش کردند. Bastia *et al.* (1999)، نیز توانستند با به کارگیری تیمار پیش‌تیمار کردن با آب بذرهای گلرنگ، وزن هزاردانهٔ این گیاه را بهبود ببخشند. برخی محققان افزایش وزن صد دانهٔ ذرت را در نتیجهٔ آزاد شدن فسفر و جذب آن به وسیلهٔ ریزجانداران حل‌کنندهٔ فسفات گزارش کرده‌اند (Khaliq & Sanders, 2000). Ortus *et al.* (1996) افزایش اجزای عملکرد را نیز به تأثیر مثبت قارچ‌ریشه در افزایش سطح جذب ریشه‌ها با نفوذ میسیلیوم قارچ درخاک و در نتیجه دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک و انتقال آب و مواد غذایی به اندام های هوایی و بهبود رشد و نمو گیاه نسبت دادند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ظرفیت نورساختی گیاهان تیمارشده با ریزجانداران حل‌کنندهٔ فسفات به واسطهٔ تغذیهٔ بیشتر فسفات و به سبب تسریع درجوانه زنی به علت پیش‌تیمار کردن بذر، افزایش می‌یابد. در این صفت تأثیر قارچ‌ریشه‌ها بیشتر از اثر بارور۲ به ویژه در تیمارهای پیش‌تیمارشده، بوده است. برآورد می‌شود که حدود ۸۰ درصد جذب فسفر توسط گیاه با قارچ‌ریشه‌ها صورت می‌گیرد (Marschner & Dell, 1994).

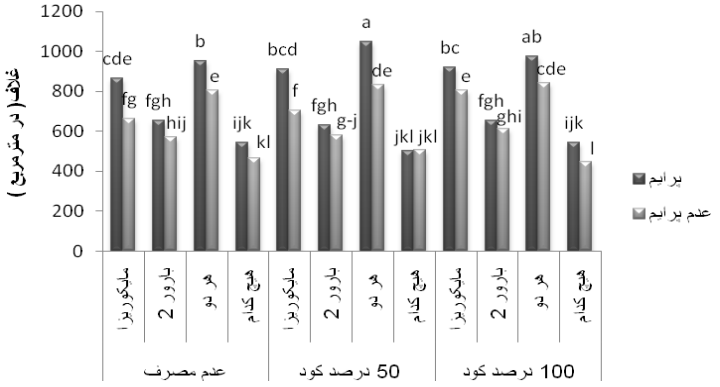


شکل ۶. تأثیر کود زیستی، پیش‌تیمار کردن و میزان کاربرد فسفات بر وزن صد دانه

شمار غلاف در مترمربع

با توجه به جدول ۲ اثرگذاری‌های اصلی و اثرگذاری متقابل دو و سه‌گانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد، تنها تأثیر متقابل فسفات در پیش‌تیمارشده معنی‌دار نشد. با توجه به شکل ۷ تفاوت معنی‌داری از لحاظ پیش‌تیمارشده و بدون پیش‌تیمار، کاربرد فسفات ۵۰ و ۱۰۰ درصد و بدون کاربرد، کاربرد کود زیستی و بدون کاربرد مشاهده شد. شمار دانه در غلاف یکی از اجزای مهم برای رسیدن به عملکرد اقتصادی مطلوب در نخود است و تحت تأثیر شمار غلاف در گیاه است. به‌طوری که بیشترین شمار غلاف در مترمربع (۱۰۴۹) مربوط به تیمار پیش‌تیمار کردن به همراه کاربرد ۵۰ درصد فسفات و کاربرد تلفیقی قارچ‌ریشه و بارور۲ بود. این نتایج با مشاهده‌های Kaur *et al.* (2005) که افزایش شمار غلاف در بوته در گیاه نخود را گزارش کرد، همخوانی دارد. Rashid *et al.* (2004) نشان

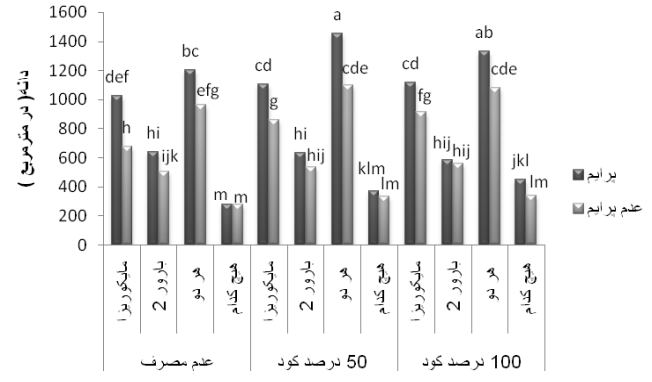
دادند که پیش‌تیمار کردن بذرهای ماش، شمار غلاف در گیاه را افزایش داد. به نظر می‌رسد فراهمی رطوبت قابل دسترسی، سبب افزایش توسعهٔ تاج‌پوشش (کانوپی) گیاه شده، در نتیجه انرژی تشعشعی بیشتری جذب گیاه می‌شود که منجر به افزایش اجزای عملکرد از جمله شمار غلاف در بوته می‌شود (Kokubun & Watanabe, 1983). بررسی‌ها نشان می‌دهد که فسفر جذبی بوسیلهٔ گیاهان در هنگام تلقیح با ریزجانداران حل‌کنندهٔ فسفات افزایش معنی‌داری در شمار غلاف در مترمربع نسبت به شرایط بدون تلقیح دارد (Vessey, 2003). در اینجا نیز تأثیر سودمند تلفیق پیش‌تیمار کردن با کاربرد همزمان دو کود زیستی در کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ درصدی کود فسفات به خوبی نمایان است (شکل ۷) و اینکه کاربرد ۵۰ درصد فسفات به همان اندازهٔ کاربرد ۱۰۰ درصد توصیه‌شدهٔ فسفات، مؤثر بوده است.



شکل ۷. تأثیر کود زیستی، پیش‌تیمار کردن و میزان کاربرد فسفات بر شمار غلاف در مترمربع

شمار دانه در مترمربع

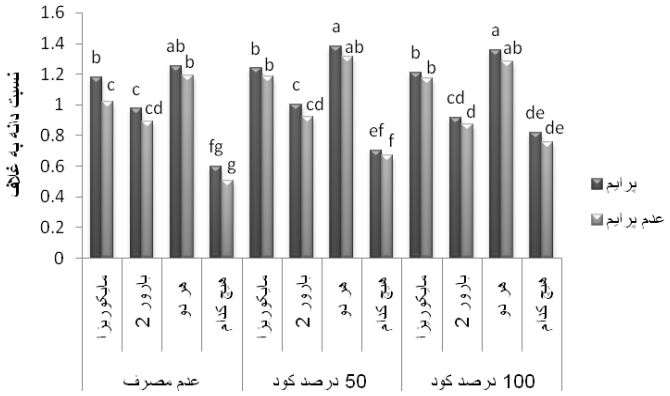
با توجه به جدول ۲ اثرگذاری‌های اصلی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. همچنین اثرگذاری متقابل دو و سه‌گانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. مانند بعضی دیگر از صفات تنها تأثیر متقابل فسفات در پیش‌تیمارشده معنی‌دار نشد. همان‌طور که در شکل ۸ نشان داده شده است، کاربرد همزمان کود قارچ‌ریشه و بارور۲ سبب افزایش معنی‌دار شمار دانه در مترمربع در سه سطح بدون کاربرد و کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ درصدی کود فسفات به ویژه در تیمارهای پیش‌تیمارشده شد. به‌طوری که بیشترین شمار دانه در مترمربع (۱۴۵۲) مربوط به تیمار پیش‌تیمار کردن به همراه کاربرد ۵۰ درصد فسفات و کاربرد تلفیقی قارچ‌ریشه و بارور۲ بود. کاربرد تیمارهای پیش‌تیمار کردن اسمزی (اسموپرایمینگ)، مقاوم‌سازی (هاردنینگ) و پیش‌تیمار کردن با مادهٔ جامد جاذب رطوبت (ماتریک پرایمینگ) در مورد کلزا نیز سبب افزایش عملکرد با بهبود شاخص‌هایی چون شمار دانه و وزن هزاردانه شد (Afzal *et al*., 2004).



شکل ۸. تأثیر کود زیستی، پیش‌تیمار کردن و میزان کاربرد فسفات بر شمار دانه در مترمربع

نسبت دانه به غلاف

جدول ۲ نشان می‌دهد که بیشتر اثرگذاری‌های اصلی و متقابل بر نسبت دانه به غلاف (شمار دانه در غلاف) به جز اثرگذاری متقابل کود زیستی در پیش‌تیمارشده، معنی‌دار شده است. همان‌طور که در شکل ۹ ملاحظه می‌شود، کاربرد همزمان کود قارچ‌ریشه و بارور۲ سبب افزایش معنی‌دار نسبت دانه به غلاف در تیمارهای بدون کاربرد کود فسفر و کاربرد کود ۵۰ و ۱۰۰ درصدی کود شد. البته تأثیر قارچ‌ریشه بر این صفت بیشتر از بارور۲ است چرا که در تحقیقات به این موضوع اشاره شده است که قارچ‌ریشه سبب افزایش میزان تلقیح تخمک‌ها می‌شود که این امر با افزایش توان باروری دانه‌های گرده میسر می‌شود (Hartnett & Wilson, 2002). در پژوهشی که بر خانوادهٔ سولاناسه انجام گرفت مشاهده شد که قارچ‌ریشه باعث افزایش رشد لولهٔ گرده و همچنین کیفیت دانهٔ گرده شد (Stephenson *et al*., 1998) و در نتیجه دانهٔ بیشتری در غلاف تولید می‌شود. در این صفت بیشترین شمار دانه در غلاف (۱/۳۸) مربوط به تیمار پیش‌تیمار کردن به همراه کاربرد ۵۰ درصد فسفات و کاربرد تلفیقی قارچ‌ریشه و بارور۲ بود. که البته تفاوت معنی‌داری با سطح بدون کاربرد و کاربرد ۱۰۰درصد فسفات به ویژه در حالت پیش‌تیمارشده نشان نداد.



شکل ۹. تأثیر کود زیستی، پیش‌تیمار کردن و میزان کاربرد فسفات بر نسبت دانه به غلاف

نتیجه‌گیری کلی

پیش‌تیمار کردن سبب افزایش درصد و سرعت سبز شدن نخود شد و کاربرد کودهای زیستی قارچ‌ریشه و بارور۲ به تنهایی یا همزمان در تلفیق با پیش‌تیمار کردن بذر توانست سرعت سبز شدن را بیشتر افزایش دهد. اما بیشترین عملکرد زیست‌توده در شرایط پیش‌تیمار کردن و کاربرد همزمان کودهای زیستی و کاربرد ۱۰۰درصد کود فسفات توصیه شده، به‌دست آمد. البته در مورد بیشترین عملکرد دانهٔ همین ترکیب تیماری در کنار ترکیب کاربرد ۵۰درصد کود فسفات در بذرهای پیش‌تیمارشده و کاربرد همزمان هر دو کود زیستی به‌دست آمد. علت نبود تفاوت عملکرد دانه به‌رغم تفاوت در عملکرد زیست‌توده در دو سطح ۵۰ و ۱۰۰درصد فسفات توصیه‌شده در افزایش میزان سهم مواد نورساختی اختصاص یافته به دانه در تیمار ۵۰درصد کاربرد فسفات نسبت به سطح ۱۰۰درصد بود. اجزای مهم عملکرد نیز در شرایط کاربرد توأم دو کود زیستی، پیش‌تیمار کردن و کاربرد فسفات بالاترین میزان خود را نشان دادند.

REFERENCES

1. Aboutalebian, M. A., Sharifzadeh, F., Jahansouz, M. R., Ahmadi, A. & Naghavi, M. R. (2004). Effect of osmopriming treatments on speed of emergence, germination percentage, base temperature of germination and seedling vigor index of some wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 5(1), 67-82. (in Farsi)

2. Afzal, I., Basra, S. M. A., Ahmad, R. & Iqbal, A. (2002). Effect of different seed vigour enhancement techniques on hybrid maize (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 39, 109-112.
3. Afzal, I., Aslam, N., Mabood, F., Hussain, A. & Irfan, S. (2004). Enhancement of canola seed by different priming techniques. *Caderno de Pesquisa Série Biologia. Santa Cruz do Sul*, 16, 19-34.
4. Aghaee Sarbarzeh & Kanouni, H. (2004). Chickpeas. *Jihad-e-Agriculture Organization of Kermanshah*. P. 146. (in Farsi)
5. Arif, M., Tariqjan, M., Marwat K. R. & Azim khan, M. (2008). Seed priming improves emergence and yield of soybean. *Pakistan Journal of Botany*, 40(3), 1169-1177.
6. Asghar, H. N., Zahir, Z. A., Arshad, M. & Khaliq, A. (2002). Relationship between invitro production of auxins by rhizobacteria and their growth-promoting activities in *Brassica juncea* L. *Biology and Fertility of Soils*, 35, 231-237.
7. Ashraf, M. & Foolad, M. R. (2005). Pre-sowing seed treatment- a shotgun approach to improve germination plant growth and crop yield under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy*, 88, 223-271.
8. Bakare, S. O. & Ukwungwu, M. N. (2009). On-farm evaluation of seed priming technology in Nigeria. *African Journal of General Agriculture*, 5, 93-97.
9. Basra, S. M. A., Pannu, I. A. & Afzal, I. (2003). Evaluation of seedling vigour of hydro and matriprimed wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds. *International Agriculture Biological*, 5, 121-123.
10. Bastia, D. K., Rout, A. K., Mohanty, S. K. & Prysty, A. M. (1999). Effect of sowing date, sowing methods and seed soaking on yield and oil content of rainfed safflower grown in Kalahandi, Orissa. *Indian Journal of Agronomy*, 44, 621-623.
11. Bennett, M. A. & Waters, L. (1987). Seed hydration treatments for improved sweet maize germination and stand establishment. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112, 45-49.
12. Bodsworth, S. & Bewley, J. D. (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.
13. Cakmakci, R., Donmez, F., Aydýn, A. & Sahin, F. (2006). Growth promotion of plants by plant growth promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 1482-1487.
14. Chandrakumar, K., Halepati, A. S., Desai, B. K. & Pujari, B. T (2006). Influence of intergrated management of nutrients on growth and productivity of wheat. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 32, 501-509.
15. Conbolat, M. Y., Belin, S., Cakmakci, R., Sahin, F. & Adin, A. (2006). Effect of plant growth promoting rhizobacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. *Biology and Fertility of Soils*, 42, 350-357.
16. Egamberdiyeva, D., Juraeva, D., Poberejskaya, S., Myachina, O., Teryuhova, P. Seydalieva, L. & Aliev, A. (2004). Improvement of wheat and cotton growth and nutrient uptake by phosphate solubilizing bacteria. In: Proceedings of 26th Southern Conservation Tillage Conference. June 8-9. Raleigh, North Carolina. *North Carolina Agricultural Research Service, pp*. 322.
17. El-Habbasha, S. F., Hozay M. & Khalafallah, M. A. (2007). Integration effect between phosphorus levels and bio-fertilizers on quality and quantity yield of faba bean (*Vicia faba* L.) in newly cultivated sandy soils. *Research Journal of Agricultural and Biology Scieces*, 3, 966-971.
18. Fankem, H., Nwaga, D., Deubel, A., Dieng, L., Merbach, W. & Etoa, F. X. (2006). Occurrence and functioning of phosphate solubilizing micro organisms from oil palm tree (*Elaeis guineensis*) rhizosphere in Cameroon. *African Journal of Biotechnology*, 5(24), 2450-2460.
19. Farooq, M., Basra, S. M. A., Warraich, E. A. & Khaliq, A. (2006). Optimization of hydropriming techniques for rice seed invigoration. *Seed Scieces and Technology*, 34, 529-534.
20. Farshidfar, E., Mohammadi, R. & Sutca, J. (2002). Association between fields of drought tolerance in wheat diosmotic addition. *Acta Agronomica Hungarica*, 50, 377-381.
21. Ghassemi-Golezani, K., Chadordooz-Jeddi, A., Nasrullahzadeh, S. & Moghaddam, M. (2010). Influence of hydro-priming duration on field performance of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *African Journal of Agricultural Research*, 5(9): 893-89.
22. Glick, B. R., Jacobson, C. B., Schwarze, M. M. K. & Pasternak, J. J. (1994). 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase mutants of the plant growth promoting rhizobacteria *Pseudomonas putida* GR12-2 do not stimulate canola root elongation. *Canadian Journal of Microbiology*, 40: 911-915.
23. Hadas, R. & Okan, Y. (1987). Effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on root morphology and respiration in tomato seedling. *Biology and Fertility of Soil*, 5, 241-247.

24. Harris, D. (1996). The effects of manure, genotype, seed priming, depth and date of sowing on the emergence and early growth of *Sorghum bicolor* in semi-arid Botswana. *Soil and Tillage Research*, 40, 73-88.
25. Harris, D., Joshi, A., Khan, P.A., Gothkar, P. & Sodhi, P.S. (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.
26. Harris, D. (2006). Development and testing of on-farm seed priming. *Advances in Agronomy*, 90, 129-178.
27. Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M. & Shah, H. (2007). On-farm seed priming with zinc sulphate solution- a cost-effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. *Field Crops Research*, 102, 119-127.
28. Hartnett, D. C. & Wilson, G. W. T. (2002). The role of mycorrhizas in plant community structure and dynamics: Lessons from grasslands. *Plant and Soil*, 244(1-2), 319- 331.
29. Hussain, M., Farooq, M., Basra, S. M. A. & Ahmad, N. (2006). Influence of seed priming techniques on the seedling establishment, yield and quality of hybrid sunflower. *International Journal of Agriculture & Biology*, 8(1), 14-18.
30. Kaur, S., Gupta, A. K. & Kaur, N. (2005). Seed priming increase crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. *Journal Agronomy of Crop Science*, 191, 81-87.
31. Khajeh-Hosseini, M., Powell, A. A. & Binghman, I. J. (2003). The interaction between salinity stress and seed vigor during germination of soybean seeds. *Seed Science and Technology*, 27, 177-237.
32. Khaliq, A. & Sanders, F. E (2000). Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation on the yield and phosphorus uptake of field-grown barley. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 1691-1696.
33. Kokubun, M. & Watanable, D. (1983). Analysis of yield-determining process of field-grown soybeans in relation to canopy structure: VIII. Effect of source and sink manipulations during reproductive growth on yield components. *Japanese Journal of Crop Science*, 52, 215-219.
34. Krishna, A., Patil, C. R., Raghavendra, S. M. & Jakati, M. D. (2008). Effect of bio-fertilizers on seed germination canola inoculated with a phosphate – solubilizing isolate of *Penicillium bilaj*. *Canadian Ecology*, 28, 139-146.
35. Latifzadeh, M., Aboutalebian, M. A., Zavareh, M. & Rabiei, M. (2013). Effect of on-farm seed priming and sowing date on seedling emergence characteristics, yield and yield components of a local genotype of bean as a second crop in Rasht. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 1(44), 23-33. (in Farsi)
36. Marschner, H. & Dell, B. (1994). Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*, 159, 89-102.
37. Marulanda, A., Azcon, R. & Ruiz-Lozano, J. M. (2003). Contribution of six arbuscular mycorrhizal fungi isolates to water uptake by *Lactuca sativa* plants under drought stress. *Physiologia Plantarum*, 119, 525-533.
38. Medina, O.A., Kretschmer, A. E. & Sylvia, D. M. (1990). Growth response of field-grown siratro (*Macroptilium atropurpureum Urb*.) and *Aeschynomene americana* L. to inoculation with selected vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Biology and Fertility of Soils*, 9(1), 54-60.
39. Mehrvarz, S., Chaichi, M.R. & Alikhani, H.A. (2008). Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barely (*Hordeum vulgare* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science*, 3(6), 855-860.
40. Mohammadi, G. R. (2009). The effect of seed priming on plant traits of late- spring seeded soybean (*Glycine max* L.). *American- Eurasian Journal Agricultural & Enviromental Science*, 5(3), 322-326.
41. Musa, A. M., Harris, D., Johansen, C. & Kumar, J. (2001). Short duration chickpea to replace fallow after Aman rice: the role of on-farm seed priming in the High Barind Tract of Bangladesh. *Experimental Agriculture*, 37(4), 509-521.
42. Nagar, R. P., Dadlani, M. & Sharama, S. P. (1998). Effect of hydropriming on field emergence and crop growth of maize genotypes. *Seed Science and Technology*, 26, 1-5.
43. Ngoc Son, T. T., Man, V. V. & Hiraoka, H. (2001). Effect of organic and biofertilizer on quality, grain yield and soil properties of soybean under rice based cropping system. *Omon Rice*, 9: 55-61.
44. Ortus, I. & Harris, P. J. (1996) Enhancment uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plant as influenced by forms of nitrogen. *Plant and Soil*, 184, 225-264.
45. Panwar J.D.S. (1991) Effect of VAM and *Azospirillum brasilense* on photosynthesis, nitrogen metabolism and grain yield in wheat. *Indian Journal of Plant Physiology*, 34, 357-361.
46. Rahchmndi, H., Aboutalebian, M. A., Ahmadvand, G. & Jahedi, A. (2012). Effect of on-farm seed priming and planting date on emergence characteristics and some of physiological growth indices of three soybean cultivars (*Glycine max* L.) in Hamedan. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 4(43), 715-728. (in Farsi).

47. Rashid, A., Harris, D., Hollington, P.A. & Rafiq, M. (2004). Improving the yield of mungbean (*Vigna radiata*) in the northwest frontier province Pakistan using on-farm seed priming. *Experimental Agriculture*, 40, 233-244.
48. Roy, N. K. & Srivastava, A. K. (2000). Adverse effect of salt stress conditions on chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves and its amelioration through pre-soaking treatments. *Indian Journal* of *Agriculture Science*, 70, 777-778.
49. Rudresh, D. L., Shivaprakash, M. K. & Prasad, R.D. (2005). Effect of combined application of rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and *Trichoderma spp*. On growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Applied Soil Ecology*, 28, 139-146.
50. Ruiz-Lozano, J.M., Azcon, R. & Gomez, M. (1996). Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal *Glomus* species in *Lactuca sativa* plant. *Physiologia Plantarum*, 98, 767-772.
51. Ruiz-Lozano, J.M. & Azcon, R. (1996). Mycorrhizal colonization and drought stress as factors affecting nitrate reductase activity in lettuce plants. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 60 (2-3), 175-181.
52. Samarbakhsh, S., Rejali, F., Ardakani, M. R., PakNejad, F. & Miransari, M. (2009). The combined effect of fungicides and arbuscular mycorrhiza on corn (*Zea mays* L.) growth and yield under field conditions. *Journal of Biological Sciences*, 372-376. (in Farsi)
53. Siddiqui, Z. A. & Pichtel, J. (2008). Mycorrhizae: an overview. P. 1–35. In: Z.A. Siddiqui *et al*., (Eds) Mycorrhizae: Sustainable agriculture and forestry. *Springer Science Business Media* B. V.
54. Singh, S. & Kapoor, K. K.(1994). Solubilization of insoluble phosphates by bacteria isolated from different sources. *Environmental and Ecological Statistics*, 12, 51-55.
55. Sivritepe, H.O. & Dourado, A.M. (1995). The effect of priming treatments on the viability and accumulation of chromosomal damage in aged pea seeds. *Annals of Botany*, 75, 165-171.
56. Snapp, S., Price, R. & Morton, M. (2008) Seed priming of winter annual cover crops improves germination and emergence. *Agronomy Journal*, 100, 1506-1510.
57. Stephenson, A. G., Poulton, J. L., LAU, T. C. & Koide, R. T. (1998). Effects of soil phosphorus level and mycorrhizal infection on the male function of plants. *In* J. P. Lynch and J. Deikman [eds.], Phosphorus in plant biology: regulatory roles in molecular, cellular, organismic and ecosystem processes. *Current Topics in Plant Physiology*, 19, 52-67.
58. Styer, R. C. & Cantliffe, D. J. (1983). Evidence of repair processes in onion seed during storage at high seed moisture contents. *The Journal of Experimental Botany*, 34, 277-282.
59. Subedi, K. D. & Ma, B. L. (2005). Seed priming does not improve corn yield in a humid temperate environment. *Agronomy Journal*, 97, 211-218.
60. Swift, C.E. (2004). Mycorrhiza and soil phosphorus levels. *Area Extension Agentmen*. http://www.colostate.edu/Depts/CoopExt/TRA/PLANTS/mycorrhiza.
61. Sylvia, D. M. & Williams, S. E. (1992). Vesicular- Arbuscular Mycorrhizae and Environmental Stress: 101-124. In: Bethlenfalvay, G.J. and Linderman, R.G., (Eds). Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. American Society of Agronomy, Medison Wisconsin, 124 P.
62. Tisdall, J. M. (1991). Fungal hyphae and structural stability of soil. *Australian Journal of Soil Research*, 29(6), 729-743.
63. Turan, M., Ataoglu, N. & Sahin, F. (2006). Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of phosphorus in liquid culture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28, 99-108.
64. Varier, A., Vari, A. K. & Dadlani, M. (2010). The subcellular basis of seed priming. *Current Science*, 99, 450-456.
65. Vazques, P., Holguin, G. & Puente, M. E. (2000). Phosphate solubilizing micro-organism associtated with the rizospherte of mangroves in semi arid coastal lagoon. *Bioligy and Firitility of Soils*, 30, 460-468.
66. Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. *Plant and Soil*, 255, 571-586.
67. Warcup, J. H. (1971). Specificity of mycorrhizal association in some Australian terrestrial orchids. *New Phytologist*, 70, 41-46.
68. Yarniya, M., Ahmadzadeh, V., Farajzadeh Memari Tabrizi, A. & Noori, N. (2008). Effect of priming and seed size and treated with tumble weed extract on germination and growth of soybean. In: Proceedings of the First National Conference on Seed Science and Technology of Iran. *University of Agricultural Sciences and Natural Resources of Gorgan, Gorgan, Iran.* (in Farsi)
69. Yazdani, M., Bahmanyar, M. A., Pirdashti, H. & Esmaili, M. A. (2009). Effect of phosphate solubilizing micro-organisms (PSM) and plant promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of Corn (*Zea mays* L.). *Proceedings of World Academy of Sciences*. P: 2070-3740.

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

Replacement of phosphate fertilizer application by bio-fertilizers in chickpea production under on-farm seed priming conditions

Mohammad Ali Aboutalebian[1*] and Mohammad Elahi[2]
1, 2. Assistant Professor and M. Sc. Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Bu Ali Sina
(Received: Mar. 16, 2014 - Accepted: Jun. 13, 2015)

ABSTRACT

In order to study the effect of on-farm seed priming and two bio-fertilizers on emergence and yield characteristics of chickpea, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design in Hamedan with three replications in 2013. The factors consisted of phosphate fertilizer (0, 50 and 100 percent of recommended) bio-fertilizer (mycorrhizae, Barvar2, both of them and no-application) and priming (priming and no-priming). Results showed that priming increased emergence percent by 7.7 and emergence rate by 20.7 in conjunction with mycorrhizae and 100% phosphate fertilizer compared to no-primed, no-phosphate and no bio-fertilizer. Highest biological and grain yield were respectively 849 and 303 $g.m^{-2}$ that produced by primed seeds with application of two bio-fertilizers simultaneously at 100 and 50% of phosphate recommendation respectively that were 146 and 250 percent more compared to their controls in own phosphate fertilizer levels. In this study, the highest harvest index, number of pods and seeds per square meter were achieved in priming treatment with application of two bio-fertilizers simultaneously and phosphate fertilizer consumption of 50% recommended.

Keywords: Barvar, emergence, mycorrhizae, yield.

* Corresponding author E-mail: aboutalebian@yahoo.com Tel: +98 81 34424192