نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۵، ص. ۸۲۸-۸۱۷

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 3, Jul.-Agu. 2016, p. 817-828

بررسی اثر تلقیح میکوریزی و پرایمینگ بذر بر برخی خصوصیات کمی و کیفی عدس (*Lens culinaris* L.)

محسن آذرنیا[۱]- عباس بیابانی[۲]- عبدالطیف قلی‌زاده[۳]- حمیدرضا عیسوند[۴]- ابراهیم غلامعلی پور علمداری[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۲۰

چکیده

به منظور ارزیابی عکس‌العمل عدس به پرایمینگ بذر (بدون پرایمینگ بذر، هیدروپرایمینگ، ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک، ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک، ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک + ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک) و تلقیح میکوریزایی خاک (عدم تلقیح به عنوان شاهد، تلقیح با گلوموس اینترارادیسز و تلقیح با گلوموس موسه)، آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس در سال ۹۳-۱۳۹۲ به اجرا درآمد. صفت‌های مورد اندازه‌گیری شامل؛ طول ریشه، تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن، غلظت فسفر اندام هوایی، غلظت فسفر دانه، جذب فسفر دانه، جذب فسفر اندام هوایی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بودند. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای مختلف تلقیح میکوریزی، پرایمینگ و اثر متقابل آن‌ها تاثیر معنی‌داری بر صفات مورد مطالعه نظیر طول ریشه، تعداد گره‌های تثبیت کننده نیتروژن، غلظت فسفر اندام هوایی، غلظت فسفر دانه، میزان جذب فسفر اندام هوایی، میزان جذب فسفر دانه، عملکرد زیستی و عملکرد دانه داشتند. در این مطالعه بیشترین طول ریشه (۳۹/۵ سانتی‌متر)، تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن (۱۱۴)، جذب فسفر اندام هوایی (۱۲/۱ کیلوگرم در هکتار) در کاربرد توام تلقیح با گلوموس اینترارادیسز + ۱۰۰ پی‌پی‌ام جیبرلین بدست آمد. درحالی که بیشترین غلظت فسفر اندام هوایی (۰/۲۴ درصد) و جذب فسفر دانه (۲۲/۸ کیلوگرم در هکتار) در کاربرد توام میکوریزای گلوموس موسه و هیدروپرایمینگ مشاهده شد. پرایمینگ هورمونی با اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد و سایر تیمارهای پرایمینگ هورمونی سبب افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه‌ای و بیولوژیک شد. هیدروپرایمینگ در سه سطح کود زیستی اثر مثبت معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت که با اسید سالیسیلیک غیر معنی‌دار ولی با سایر تیمارهای پرایمینگ اختلاف معنی‌داری داشت.

واژه‌های کلیدی: اسید جیبرلیک، جذب فسفر، گره‌های تثبیت کننده نیتروژن، گلوموس موسه، هیدروپرایمینگ

مقدمه

در میان حبوبات، عدس (*Lens culinaris* L.) با میزان پروتئین تقریبی ۲۸ درصد، از حبوبات عمده در کشورهای در حال توسعه بوده و به سبب توانایی تثبیت نیتروژن، موجب افزایش حاصلخیزی خاک شده و در تناوب با برخی گیاهان زراعی خصوصاً غلاتی نظیر گندم و جو، بهبود و پایداری عملکرد را به دنبال خواهد داشت (۴۷). عدس یکی از مهم‌ترین لگوم‌های دانه‌ای است که در مناطق مختلف ایران، بخصوص مناطق خشک و نیمه‌خشک که بارش باران کم و یا متغییر است کشت و کار می‌شود. در این مناطق تنش‌های غیر زنده همچون گرمای آخر فصل، تنش خشکی اول یا آخر فصل و تنش شوری به تنهایی و یا با هم بر جوانه‌زنی، سبز شدن، استقرار گیاهچه، و نهایتاً عملکرد تأثیر منفی زیادی بر جای می‌گذارند (۲۳). بنابراین افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی اهمیت زیادی در بهبود استقرار و عملکرد گیاهان زراعی دارد. راه‌حل مناسب جهت افزایش کیفیت، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر و نهایتاً رشد و عملکرد گیاهان زراعی در سال‌های مختلف، پرایمینگ می‌باشد. پرایمینگ، قرار دادن بذر در یک محلول با پتانسیل آبی مشخص جهت جذب آب و انجام بعضی از مراحل جوانه‌زنی قبل از کاشت می‌باشد (۴۲). پرایمینگ می‌تواند باعث رشد سریع‌تر گیاهچه (۳۶)، افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی (۲۹)، تحمل گیاه به خشکی از طریق توسعه ریشه‌ها تحت شرایط متغیر محیطی (۲۸)، گلدهی زودتر و افزایش کمی و کیفی عملکرد (۱۱و ۱۲) و افزایش جذب مواد غذایی (۹) شود. در روش پرایمینگ می‌توان از هورمون‌های گیاهی همچون اسید سالیسیلیک و اسید جیبرلیک استفاده کرد که در این رابطه محققان گزارش کردند اسید سالیسیلیک، قابل حل در آب و یک ترکیب آنتی اکسیدانی است و از جمله هورمون‌های گیاهی به شمار می‌رود (۵۸). پیش تیمار اسید سالیسیلیک، نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف

۱، ۲، ۳ و ۵- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استادیاران، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
(*- نویسنده مسئول: Email: latif_gholizadeh@yahoo.com)
۴- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

از قبیل رشد، تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی بسته به غلظت مورد نظر، گونه گیاه، دوره رشدی و شرایط محیطی ایفا می‌کند (۳۷) این ماده همچنین به عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در نوسانات گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی شناخته شده است (۵۲).

اسید جیبرلیک (GA_3) از مهم‌ترین جیبرلین‌ها می‌باشد که در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان نظیر فعالیت تقسیم سلولی مناطق مریستم، افزایش طولی سلول‌ها (۳۹)، افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی، افزایش رشد گیاهچه‌ای در شرایط مزرعه (۲۸ و ۲۹)، زودرسی، گلدهی و عملکرد دخالت دارد (۱۱ و ۳۸). اثرات مفید پرایمینگ در گیاهان زراعی زیادی همچون ذرت (۴۶)، چغندرقند (۵۰)، هویج (۲۹)، علف پشمکی (۲۷)، علف گندمی (۳۰ و ۲۶)، آفتابگردان (۲۴)، گندم (۳۷)، پنبه (۲۲) و نیشکر (۴۸) و نخود زراعی (۱۱) به اثبات رسیده است. به گزارش فائو (۳۱) متوسط عملکرد عدس در کشور (۶۰۹ کیلوگرم در هکتار) از متوسط جهانی (۱۱۴۰ کیلوگرم در هکتار) خیلی کمتر است که این امر ناشی از کیفیت پایین گیاهچه‌های تولیدی، ظرفیت پایین جوانه‌زنی و سبز شدن، تنش‌های زنده و غیر زنده و استقرار نامطلوب گیاهچه، می‌باشد که به ناچار باید به دنبال راهی برای ارتقاء این مولفه‌ها بود. در کنار توجه به بهبود کیفیت بذر، جذب عناصر غذایی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از راهکارهای جدید جهت افزایش محصولات سالم کاربرد کودهای بیولوژیک است. میکوریز یکی از مجموعه بیولوژیک است که بخش مهمی از موجودات خاکزی را شامل می‌شود، همزیستی قارچ با ریشه گیاهان میزبان و تشکیل سیستم میکوریزی نقش مهمی در حاصلخیزی و پایداری اکوسیستم خاک، افزایش کمی و کیفی عملکرد گیاهان دارد (۲۵، ۳۵ و ۵۵). قارچ‌های میکوریزی قادرند با دو سوم تمام گونه‌های گیاهی همزیست شوند. مهم‌ترین نقش‌های میکوریزی آربوسکولار در کشاورزی شامل افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی به ویژه فسفر برای گیاهان (۲۵، ۵۶، ۵۷، ۵۴ و ۵۵)، افزایش کارایی مصرف آب در گیاهان میزبان (۵۴ و ۵۵)، افزایش مقاومت به تنش خشکی و شوری (۵۳، ۵۴ و ۵۵)، افزایش مقاومت میزبان به آفات و بیماری‌ها (۳۵، ۵۴ ۵۵)، افزایش غلظت هورمون‌های گیاهی (اکسین، سیتوکینین و جیبرلین) و محتوای کلروفیل (۲۵، ۵۶ و ۵۴)، تسریع در گلدهی گیاهان میزبان (۲۵، ۵ و ۵۵)، تأثیر در اختصاص مواد فتوسنتزی به اندام‌های مختلف گیاه میزبان (۵۳ و ۵۴)، ایجاد واکنش‌های مورفولوژیکی در گیاهان (۵۳ و ۵۴)، افزایش قدرت رقابت گیاه میزبان در مقابل علف‌های هرز (۱۷)، افزایش مقاومت گیاهان به فلزات سنگین (۲۱ و ۲۵)، بهبود ساختمان خاک و تشکیل خاکدانه (۲۱، ۲۵ و ۵۵)، کاهش اثر سوء مواد شیمیایی مانند ضد عفونی کننده‌ها، قارچ کش‌ها، آفت کش‌ها و علف کش‌ها (۱۷، ۲۱ و ۲۵)، تغییر در ساختمان ریشه (۱۰ و ۱۶)، افزایش کارایی تثبیت زیستی نیتروژن، دسترسی عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد (۵ و ۲۰)، تشدید فعالیت باکتری‌های ریزوبیوم و آزوسپریلیوم (۶ و ۷) می‌باشد.

برخی محققان از این دو راهکار در زمینه افزایش کمی و کیفی عملکرد گیاهان زراعی بهره جسته‌اند به عنوان مثال علیمددی و همکاران (۴) اظهار داشتند اثر ترکیبی پرایمینگ به علاوه تلقیح میکوریز تاثیر مثبت بیشتری بر گره‌زایی، درصد گره‌های فعال، وزن خشک گره‌های ریشه نخود نسبت به اعمال تنهایی آن‌ها و تیمار شاهد داشت. همچنین محققان گزارش نمودند که اثر توأمان پرایمینگ بذر و تلقیح میکوریزی سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول ریشه و گیاهچه، وزن خشک ریشه و گیاهچه و زمان تا جوانه‌زنی نخود را افزایش داد (۳). بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی اثر تلقیح میکوریزایی و پرایمینگ بذر با برخی تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر بعضی خصوصیات کمی و کیفی عدس انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی تاثیر تلقیح میکوریزی و پرایمینگ بذر عدس با اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک بر بعضی خصوصیات کمی و کیفی عدس، آزمایشی در آذر ماه سال ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. عامل اول استفاده از میکوریز در سه سطح [عدم تلقیح (شاهد)، تلقیح خاک با میکوریز جنس گلوموس اینترارادیسز و تلقیح با میکوریز جنس گلوموس موسه]. عامل دوم شامل تیمارهای پرایمینگ در ۵ سطح [هیدروپرایم (با استفاده از آب مقطر)، پرایمینگ با اسید جیبرلیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام، پرایمینگ با اسید سالیسیلیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام، پرایمینگ با اسید جیبرلیک۱۰۰ پی‌پی‌ام + پرایمینگ با اسید سالیسیلیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام و شاهد (بدون تیمار)] بود. برای تلقیح خاک از مایه تلقیح (که شامل مخلوط اسپور قارچ، میسلیوم‌های خارجی و قطعات ریشه کلنیزه شده بود) استفاده شد. از جمله دلایل سترون نشدن خاک در آزمایش حاضر؛ تغییر ویژگی‌های خاک از لحاظ بیولوژیکی و شیمیایی و تغذیه‌ای بود همچنین اگر خاک در دما و فشار زیاد سترون می‌شد قابلیت جذب عناصر غذایی کاملاً تغییر می‌کرد (مثلاً مقدار پتاسیم قابل جذب و حلالیت عناصر دیگر تغییر می‌کرد) از طرف دیگر هدف این مطالعه بررسی تاثیر قارچ‌های میکوریزی در شرایط طبیعی بود و برای این منظور تیمار شاهد و بدون تلقیح نیز در نظر گرفته شد. عدس با فاصله ردیف کاشت ۲۵ سانتی‌متر، فاصله روی ردیف ۴ سانتی‌متر و اندازه کرت‌های آزمایشی ۱/۲۵ × ۷ و فاصله بین کرت‌های آزمایشی نیم‌متر کاشته شد و رقم مورد استفاده، رقم کیمیا بود. در ابتدا بذرهای عدس قبل از اعمال تیمارهای پرایمینگ، با محلول دو درصد هیپوکلرید سدیم ضد عفونی، سپس کاملاً با آب

مقطر شسته شدند و قبل از کشت به مدت ۸ ساعت در محلول‌های مورد نظر (هورمون سالیسیلیک اسید و جیبرلیک اسید و آب مقطر) نگهداری، و جهت اعمال هرچه بهتر پرایمینگ و جذب رطوبت و تنفس بهتر بذور، از پمپ آکواریوم و سنگ هوا استفاده شد. سپس از محلول خارج و در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد خشک شدند؛ که به این بذور، بذور پرایم شده می‌گویند (۳۸). خاک مورد استفاده از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس با بافت سیلتی لومی، اسیدیته کل ۷/۹، درصد کربن ۰/۶۸، فسفر قابل جذب ۸/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ازت کل ۰/۰۷ و پتاسیم قابل جذب ۳۵۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم انتخاب شد (۴۵). قبل از کشت میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره به عنوان کود استارتر به خاک اضافه شد. ابتدا تیمارهای پرایمینگ در آزمایشگاه اعمال و سپس در زمان کاشت تیمارهای تلقیح میکوریز به مقدار ۵ گرم (میانگین ۴۰ اسپور در گرم) به ازای هر گرم بذر در نزدیکی و زیر بذور قرار گرفت. پس از استقرار بذور در بستر خود و جذب رطوبت (کشت در شرایط دیم)، مزرعه به صورت روزانه سرکشی شد. در طی مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی نمونه‌ای شامل برگ، ساقه و شاخه و غلاف‌های حاوی دانه گرفته و سپس به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند. همچنین در زمان رسیدگی فیزیولوژیک جهت تعیین غلظت فسفر دانه از دانه‌های عدس نمونه‌گیری و پس از خشک شدن آسیاب شدند. نمونه‌های گیاهی با روش سوزانیدن خشک و ترکیب با اسید کلریدریک (۱۵) هضم و با روش (۴۵) رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدوانادات) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر غلظت فسفر آن تعیین شد. برای تعیین جذب کل فسفر دانه و گیاهچه از حاصلضرب غلظت در عملکرد خشک استفاده شد.

جهت بررسی تغییرات ریشه (طول ریشه و تعداد گره) در کنار هر کرت آزمایشی یک گلدان با قطر دهانه و ارتفاع به ترتیب ۳۵ و ۲۵ سانتی‌متر با ۲۵ گیاهچه در نظر گرفته شد. بعد از سبز شدن کامل گیاهچه‌های هر گلدان عمل تنک شدن انجام شد و ۱۰ عدد از گیاهچه‌ها در هر گلدان‌ها باقی ماند. سپس برای اندازه‌گیری صفات مربوط به تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن در ریشه، ده بوته عدس از هر گلدان با دقت فراوان خارج شد و خاک اطراف ریشه با آب شستشو گردید. پس از انتقال سریع ریشه‌ها به آزمایشگاه، گره‌های تشکیل شده بر روی ریشه با دقت از ریشه جدا شده و تعداد کل گره شمارش شد (۱۴). طول ریشه‌ها با خط کش اندازه‌گیری شد. برای بررسی میزان تغییرات برخی صفات متأثر از قارچ‌های میکوریزی نسبت به شاهد درصد تغییرات نسبی آورده شده است (جدول ۲). در این تحقیق، برای محاسبه درصد تغییر نسبی اثرات ساده قارچ‌های میکوریزی نسبت به شاهد از معادله یک استفاده شد.

معادله درصد تغییرات نسبی: $RCPm=((m-c)/c) \times 100$

که در آن، RCP_m درصد تغییر نسبی میکوریزی نسبت به شاهد، m مقدار صفات اندازه‌گیری شده در تیمار مورد مطالعه، c مقدار صفات اندازه‌گیری شده در تیمار شاهد می‌باشد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

طول ریشه

اثر ساده و متقابل تیمارهای آزمایشی بر طویل شدن ریشه معنی‌دار ($P\leq0.01$) بود (جدول ۱). تیمار بذر با قارچ‌های گلوموس نسبت به شاهد سبب افزایش طول ریشه شد (جدول ۲)؛ که با نتایج اله دادی و همکاران (۲) که گزارش نمودند تحت شرایط تنش خشکی تلقیح میکوریزی بخصوص با قارچ گلوموس موسه طول ریشه را افزایش داد، مشابه می‌باشد. همچنین نتایج نشان دادند تیمارهای پرایمینگ در سطوح مختلف کودهای زیستی موثر بوده بطوریکه در شرایط بدون تلقیح میکوریزی؛ طویل‌ترین ریشه از تیمار جیبرلین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و تیمار جیبرلین ۱۰۰ پی‌پی‌ام × اسید سالیسیلیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام بدست آمد. در شرایط تلقیح میکوریزی؛ در ترکیب با قارچ گلوموس اینترارادیسز طویل‌ترین ریشه از تیمار جیبرلین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و در ترکیب با قارچ گلوموس موسه از تیمار اسید سالیسیلیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام بود. در بین کل تیمارهای آزمایشی تیمار ترکیبی قارچ گلوموس اینترارادیسز × جیبرلین ۱۰۰ پی‌پی‌ام بیشترین و تیمار تکی هیدروپرایمینگ کمترین اثر را در بهبود طول ریشه داشتند (جدول ۳). از آنجایی‌که گیاهانی که طول ریشه اصلی و تعداد ریشه‌های جانبی بالاتری دارند نسبت به گیاهانی که این خصوصیات را کمتر دارند مقاومت و تحمل بیشتری به تنش خشکی دارند این صفت بخصوص در شرایط دیم بسیار مهم می‌باشد. در این رابطه عیسوند و همکاران (۲۸) گزارش نمودند که پرایمینگ هورمونی با جیبرلین ۱۰۰ پی‌پی‌ام طول ریشه را افزایش داد و از این طریق اثرات مضر تنش خشکی را کاهش داد. علیمددی و همکاران (۴) گزارش نمودند کاربرد ترکیبی تیمار هیدروپرایمینگ و قارچ میکوریزی طول ریشه نخود را افزایش داد و این اثر با تیمار تکی آن‌ها اختلاف معنی‌داری داشت که این نتایج با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشت.

عملکرد زیستی و عملکرد دانه

اثر همه تیمارهای آزمایشی بر عملکرد زیستی معنی‌دار ($P\leq0.01$) بود (جدول ۱). اثرات توام پرایمینگ و تلقیح میکوریزی سبب بهبود عملکرد زیستی شد؛ به‌طوری‌که بیشترین عملکرد زیستی از تیمار ترکیبی قارچ گلوموس اینترارادیسز و اسید سالیسیلیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام بود که با تیمار ترکیبی قارچ گلوموس موسه و هیدروپرایمینگ اختلاف معنی‌داری نداشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تلقیح میکوریز و پرایمینگ بر برخی از صفات عملکرد کمی و کیفی گیاه و بذر عدس

Table 1. Analysis of variance effect of mycorrhizal inoculation and priming on some traits quantity and quality yield in seed and seedling of lentil

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square							
		طول ریشه Root length	تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن Nitrogen fixation nodules	غلظت فسفر اندام هوایی aerial parts phosphorus concentration	غلظت فسفر دانه grin phosphorus concentration	جذب فسفر دانه grin P uptake	جذب فسفر اندام هوایی aerial parts P uptake	عملکرد زیستی Biomass	عملکرد دانه Grin yield
بلوک Replication	3	11.6 ns	28.31ns	0.001ns	0.004ns	7.68*	3.98ns	8285432.2**	210513.66ns
تلقیح میکوریزی mycorrhiza inoculation	2	998.74**	2600.19**	0.024**	0.145**	240.32**	177.4**	8308285.3**	1748766.7**
پرایمینگ priming	4	56.19**	668.61**	0.027**	0.024**	194.75**	57.77**	3400992.85**	924008.36**
A*B	8	38.93**	449.56**	0.003**	0.014**	28.26**	17.56**	3764932.01**	343565.1**
خطا Error	42	9.1	22.25	0.0001	0.002	2.12	1.97	680322.03	83075.68
ضریب تغییرات CV	-	10.14	10.71	11.51	11.99	13.75	16.57	11.70	12.94

ns، * و ** به ترتیب مبین معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و غیر معنی‌دار می‌باشد ns, * and **, indicating no significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively

جدول ۲- درصد تغییرات برخی صفات عدس تحت تلقیح میکوریزی و پرایمینگ بذر

Table 2. Percent changes some characters of lentil Under mycorrhizal inoculation and seed priming

تغییرات نسبت به شاهد Changes compared to control	طول ریشه Root length (cm)	تعداد گره تثبیت نیتروژن Nitrogen fixation nodules	جذب فسفر دانه grin P uptake (kg/h)	جذب فسفر اندام هوایی aerial parts P uptake(kg/h)	غلظت فسفر اندام هوایی aerial parts phosphorus concentration (%)	غلظت فسفر دانه grin phosphorus concentration (%)	عملکرد دانه grin yield (kg/h)
گلوموس اینترارادیسز *G. intraradices*	61.63	70.13	70.11	112.37	48.46	59.97	30.78
گلوموس موسه *G. mosseae*	48.96	52.17	100	78.91	61.67	44.03	22.40

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی صفات فیزیولوژیکی عدس تحت تلقیح میکوریزی و پرایمینگ بذر Table 3- Comparison some characters of lentil Under mycorrhizal inoculation and seed priming

تلقیح میکوریزی mycorrhiza inoculation	تیمارهای پرایمینگ Priming treatment	جذب فسفر در اندام هوایی (کیلوگرم در هکتار) aerial parts P uptake (kg/h)	جذب فسفر در دانه (کیلوگرم در هکتار) grin P uptake (kg/h)	غلظت فسفر دانه (درصد) grin phosphorus concentration (%)	غلظت فسفر اندام هوایی (درصد) aerial parts phosphorus concentration (%)	تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن Nitrogen fixation nodules	طول ریشه (سانتی‌متر) Root length (cm)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) Biomass (kg/h)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grin yield (kg/h)
شاهد Control	Control	5.17f	5.76fg	0.208g	0.088gh	27.5h	20.92hi	6700bcd	2051bcd
	GA_{100}ppm	10.98ab	5.27fg	0.233g	0.090g	84bc	23.25gh	5878e	1780d
	SA_{100}ppm	9.25bcd	6.05fg	0.325ef	0.095fg	60.5f	22.2gh	6406cde	1849d
	hydropriming	0.316g	12.1cd	0.303f	0.194c	37g	18.52i	6233de	1923cd
	GA × SA	8.52cd	4.62g	0.3f	0.071i	69.5e	23.65gh	6494bcde	1892cd
گلوموس اینترارادیسز G. intraradices	Control	8.25d	10.23de	0.418bc	0.156e	80.5cd	38.03ab	6622bcde	1910cd
	GA_{100}ppm	12.05a	14.05bc	0.469b	0.205bc	114a	39.50a	6850bcde	2222bc
	SA_{100}ppm	7.27de	14.43b	0.337ef	0.154e	70.5e	35.03bcd	9329a	2817a
	hydropriming	0.41g	14.11bc	0.565a	0.208b	30.5gh	29.9ef	6800bcde	3184a
	GA × SA	4.20f	4.65g	0.403	0.074hi	89.5b	33de	6378cde	2227bc
گلوموس موسه G. mosseae	Control	5.98ef	9.62ef	0.337ef	0.143e	38.5g	30.38ef	6961bcd	1919cd
	GA_{100}ppm	5.71ef	13.11bc	0.468b	0.177d	60.5f	33.72cde	7400bc	3334b
	SA_{100}ppm	5.67ef	14.88b	0.385cde	0.199bc	82.5bcd	37.30abc	7461b	2416b
	hydropriming	8d	22.81a	0.438bc	0.241a	75de	33.13cde	9472a	2838a
	GA × SA	10.46abc	7.16f	0.345def	0.107f	54f	27.19fg	6733bcd	2059bcd
	LSD	1.99	2.08	0.0638	0.014	8.82	4.30	1053	367.9

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون LSD ، تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq0.05$).

Means in each column followed by at least one letter in common are not significantly different statistically, using LSD Test ($p\leq0.05$).

همچنین کمترین عملکرد زیستی از تیمار تکی اسید جیبرلین ۱۰۰ پی‌پی‌ام در سطح بدون کاربرد کود زیستی بود (جدول۲). اثر همه تیمارهای آزمایشی بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). کاربرد کود زیستی سبب افزایش عملکرد دانه عدس شد بطوری که بترتیب قارچ گلوموس اینترارادیسز و قارچ گلوموس موسه نسبت به شاهد سبب افزایش عمکرد دانه به میزان ۳۰/۷۸ و ۲۲/۴ درصد شدند. نتایج حاضر با نتایج محمدی و همکاران (۴۳) و (۱۳ و ۴۱) همسو بود. تیمارهای ترکیبی پرایمینگ و تلقیح میکوریزی نیز سبب بهبود عملکرد دانه شدند به‌طوری که در کل آزمایش بیشترین عملکرد دانه از تیمار ترکیبی قارچ گلوموس اینترارادیسز و هیدرو پرایمینگ بود البته با تیمار ترکیبی قارچ گلوموس موسه و هیدرو پرایمینگ اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین کمترین عملکرد دانه از ترکیب هورمون‌های جیبرلین ۱۰۰ پی‌پی‌ام × سالیسیلیک اسید ۱۰۰پی‌پی‌ام در سطح بدون کاربرد کود زیستی بود. در شرایط عدم کاربرد کود زیستی بیشترین و کمترین عملکرد دانه بترتیب از تیمارهای شاهد و جیبرلین ۱۰۰ پی‌پی‌ام بود که اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند اما در شرایط کاربرد هر دو کود زیستی گلوموس اینترارادیسز و موسه بیشترین و کمترین عملکرد دانه بترتیب از تیمارهای هیدروپرایمینگ و شاهد بدست آمد (جدول ۳). محققان گزارش نمودند که پیش تیمار بذور عملکرد و اجزای عملکرد نخود (۱۱)، عدس (۳۳)، سویا (۸ و ۳۲)، را افزایش داد همچنین برخی محققان نیز گزارش نمودند که تلقیح میکوریزی عملکرد عدس (۴۳)، لوبیا چیتی (۱۳) و سویا (۴۱) را بهبود بخشید که این نتایج با نتایج تحقیق حاضر نیز همخوانی داشت.

تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن

اثر اصلی تلقیح میکوریزی و پرایمینگ بذر و اثر متقابل این عوامل بر تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن معنی‌دار ($P\leq0.01$) بود (جدول ۱). تلقیح میکوریزی با قارچ گلوموس اینترارادیسز ۷۰ درصد و با قارچ گلوموس موسه ۵۲ درصد تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن را نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۲). همچنین اثر ترکیبی تلقیح میکوریزی و پرایمینگ نیز بر تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن اثر مثبت زیادی داشت به‌طوری‌که بیشترین تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن از تیمار جیبرلین ۱۰۰ پی‌پی‌ام در ترکیب با قارچ گلوموس اینترارادیسز بود و کمترین تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن از تیمار شاهد بدست آمد.

در این راستا علیمددی و همکاران (۳) گزارش نمودند کاربرد ترکیبی تیمار هیدروپرایمینگ و قارچ میکوریزی طول ریشه، تعداد گره، وزن گره و درصد فعالیت گره‌های تثبیت کننده نیتروژن در نخود را افزایش داد و این اثر با تیمار تکی آن‌ها اختلاف زیادی داشت. همچنین عیسوند و همکاران (۲۸) نیز گزارش نمودند که پرایمینگ هورمونی و هیدروپرایمینگ تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن و تعداد ریشه فرعی نخود را افزایش داد که این نتایج با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشت.

درصد فسفر (غلظت فسفر) کل بوته

نتایج نشان داد که اثر اصلی تیمارهای پرایمینگ و تلقیح میکوریزی و اثر متقابل عوامل اثرات مثبت معنی‌داری بر غلظت فسفر بوته عدس داشت (جدول ۱). تلقیح میکوریزی سبب افزایش جذب و در نتیجه افزایش غلظت فسفر در پیکره گیاه شد بطوری که قارچ گلوموس اینترارادیسز ۴۸/۴۶ درصد و تلقیح با قارچ گلوموس موسه ۶۱/۶۶ درصد فسفر بیشتری نسبت به شاهد در گیاه داشتند. که این بیانگر رابطه‌ای ایده‌آل بین قارچ‌های مذکور و تیمارهای مورد استفاده و گیاه عدس می‌باشد (جدول ۲). همچنین تیمارهای پرایمینگ، و اثر ترکیبی عوامل نیز سبب افزایش غلظت فسفر موجود در کل بوته شدند بطوری که بیشترین غلظت فسفر کل گیاه در تیمار ترکیبی قارچ گلوموس موسه با هیدروپرایمینگ مشاهده شد و کمترین آن از تیمار تلفیقی جیبرلین ۱۰۰ پی‌پی‌ام × اسید سالیسیلیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام بدون کاربرد کود زیستی بود. در این آزمایش تیمار جیبرلین حالت بینابین داشت (جدول ۳). این نتایج با نتایج برخی محققان (۱، ۴۹ و ۱۸) که گزارش نمودند، گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزی سبب افزایش میزان فسفر در پیکره و دانه گندم، لوبیای سودانی و ذرت شد، همخوانی داشت. مشاهده شده است که پرایمینگ باعث تغییرات وسیع شاخص‌های مورفولوژیکی ریشه به ویژه گره بندی و افزایش طول ریشه می‌شود (۲۸ و ۳) و از این رو می‌توان گفت تیمارهای پرایمینگ سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی مورد نیاز گیاه می‌شوند.

درصد فسفر دانه (غلظت فسفر دانه)

اثر همه تیمارهای آزمایشی بر غلظت فسفر دانه معنی‌دار ($p<0.01$) بود (جدول ۱). تلقیح میکوریزی سبب افزایش جذب و در نتیجه افزایش فسفر در پیکره گیاه شد بطوری که قارچ گلوموس اینترارادیسز ۶۰ درصد و تلقیح با قارچ گلوموس موسه ۴۴ درصد غلظت فسفر بیشتری نسبت به شاهد در دانه فسفر داشتند. که این بیانگر رابطه‌ای ایده‌آل بین قارچ‌های مذکور و تیمارهای مورد استفاده و گیاه عدس می‌باشد (جدول ۲). همچنین پرایمینگ نیز سبب افزایش غلظت فسفر موجود در دانه شدند بطوری که بیشترین فسفر دانه در تیمار ترکیبی قارچ گلوموس اینترارادیسز با هیدروپرایمینگ بود. کمترین غلظت فسفر نیز از تیمار شاهد بود. در این آزمایش جیبرلین‌ها در حالت بدون کاربرد کود زیستی غلظت فسفر دانه را افزایش ندادند و این ممکن است به خاطر رشد سریع گیاه تحت تیمار آن‌ها باشد

ولی در تیمار ترکیبی آن‌ها با قارچ‌ها نه تنها مصرف کننده فسفر نبودند بلکه آنرا نیز در دانه به میزان کافی ذخیره کردند که این فسفر نقش اساسی را در قسمت‌های مختلف (نوکلئوتیدها و .....) خواهد گذاشت (جدول ۳). این نتایج با نتایج برخی محققان (۱، ۴۹ و ۱۸) گزارش نمودند که گونه‌های مختلف قارچ های میکوریزی سبب افزایش میزان فسفر در پیکره و دانه گندم، لوبیای سودانی و ذرت شد، همخوانی داشت. مشاهده شده است که پرایمینگ باعث تغییرات وسیع شاخص های مورفولوژیکی ریشه به ویژه گره‌بندی و افزایش طول ریشه می‌شود (۲۸ و ۳) و از این رو می‌توان گفت تیمارهای پرایمینگ سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی مورد نیاز گیاه می‌شوند.

میزان جذب فسفر در بوته عدس در هکتار

نتایج نشان داد که اثر اصلی تیمارهای پرایمینگ و تلقیح میکوریزی و اثر متقابل عوامل اثرات مثبت معنی‌داری بر میزان جذب فسفر کل بوته عدس داشت (جدول ۱). تلقیح میکوریزی سبب افزایش جذب و در نتیجه افزایش فسفر در پیکره گیاه شد بطوری که قارچ گلوموس اینترارادیسز ۱۱۲درصد و تلقیح با قارچ گلوموس موسه ۷۸ درصد فسفر بیشتری نسبت به شاهد در گیاه فسفر تجمع کردند. که این مستلزم وجود ریشه‌های با کارایی بالا است (جدول ۲). همچنین پرایمینگ نیز سبب افزایش میزان جذب فسفر موجود در بوته شدند بطوری که بیشترین فسفر بوته در تیمار ترکیبی قارچ گلوموس اینترارادیسز با جیبرلین ۱۰۰ پی‌پی‌ام بود و کمترین آن از تیمار هیدروپرایمینگ بدست آمد (جدول ۳).

میزان جذب فسفر در دانه عدس در هکتار

اثر همه تیمارهای آزمایشی بر میزان جذب فسفر دانه معنی‌دار ($P\leq0.01$) بود (جدول ۱). تلقیح میکوریزی سبب افزایش جذب و در نتیجه افزایش فسفر در دانه گیاه شد بطوری که قارچ گلوموس اینترارادیسز ۷۰ درصد و تلقیح با قارچ گلوموس موسه ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد در دانه فسفر تجمع کردند. که این بیانگر رابطه‌ای ایده‌آل بین قارچ‌های مذکور و تیمارهای مورد استفاده و گیاه عدس می‌باشد (جدول ۲). همچنین تیمارهای پرایمینگ و اثر ترکیبی عوامل نیز میزان فسفر موجود در دانه را افزایش داد بطوری که بیشترین فسفر دانه در تیمار ترکیبی قارچ گلوموس موسه با هیدروپرایمینگ بدست آمد و کمترین آن نیز از تیمار پرایمینگ هورمونی با جیبرلین و اسید سالیسیلیک در تیمار ترکیبی با قارچ گلوموس موسه که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت، بود. در این آزمایش تیمارهای پرایمینگ در حالت بدون کاربرد کود زیستی میزان فسفر دانه را بطور چشمگیری افزایش ندادند و این ممکن است به خاطر رشد سریع گیاه تحت تیمار این هورمون‌ها باشد ولی در تیمار ترکیبی آن‌ها با قارچ‌ها نه تنها مصرف کننده فسفر نبودند بلکه آنرا نیز در دانه به میزان کافی ذخیره کردند که این فسفر نقش اساسی را در مراحل مختلف (نوکلئوتیدها و ...) خواهد گذاشت (جدول ۳).

نتیجه‌گیری کلی

نفوذ هورمون‌ها به‌خصوص جیبرلیک اسید به بذر سبب فعالیت بیشتر آنزیم‌های تسریع کننده جوانه‌زنی، درصد و سرعت سبز شدن بذر و افزایش طول ریشه می‌شود و در نتیجه رشد رویشی گیاهچه آن نیز افزایش چشمگیری می‌یابد، این اثرات شاید در شرایط کشت آبی کم رنگ باشد اما در شرایط دیم می‌تواند سبب بقای گیاهان شوند. جیبرلین‌ها طول ریشه و تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن را افزایش دادند و این به احتمال زیاد عامل مهمی در افزایش کمی (افزایش میزان دانه و علوفه در هکتار) و کیفی (افزایش میزان عناصر پرمصرف و کم مصرف در دانه و گیاهچه) عملکرد عدس می‌باشد. تیمارهای اسید سالیسیلیک حالت بینابین داشتند ولی در زمانی که با کودهای زیستی به صورت ترکیبی به کار برده شدند اثرات مثبت بیشتری بروز دادند. اکثر تیمارهای اعمال شده در این آزمایش شامل تیمارهای میکوریزایی، پرایمینگ و اثرات متقابل این عوامل اثرات مثبتی بر خصوصیات کمی و کیفی دانه و گیاهچه عدس داشتند. مکانیسم ایجاد چنین اثرات مثبتی می‌تواند به علت فراهمی عناصر غذایی توسط تیمارهای پرایمینگ و ریزجانداران، ترشح مواد محرک رشد و همچنین تغییر در ساختمان ریشه باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تیمارهای کود زیستی و پرایمینگ طول ریشه و تعداد گره‌های تثبیت نیتروژن را افزایش دادند و از این طریق جذب عناصر غذایی را بهبود بخشیدند. بنابراین می‌توان انتظار داشت که در طول رشد گیاه نیازی به کودهای شیمیایی نیست و این مهم علاوه بر مزایای زیست محیطی به لحاظ اقتصادی نیز اهمیت فراوانی دارد. تیمارهای ترکیبی پرایمینگ و تلقیح میکوریزی با افزایش سرعت و درصد سبز شدن و استقرار گیاهچه‌های عدس (داده‌ها ارائه نشدند) و ریشه دوانی مطلوب و تشکیل گره‌های تثبیت نیتروژن شد که نهایتاً سبب بهبود جذب فسفر و به دنبال آن عناصر ضروری همچون ازت و سبب تولید گیاهچه‌های قوی و شاداب شد که در آخر فصل همین گیاهان قوی تولید شده نیز عملکرد دانه و بیولوژیک بیشتری از سایر گیاهان داشتند که این یک نقطه عطف در کشاورزی امروز می‌باشد. این اثرات سودمند می‌تواند موجب استقرار مطلوب گیاهچه، ایجاد تراکم ایده‌آل و یکنواخت و در انتها باعث بهبود و افزایش عملکرد حبوبات، که از مواد غذایی مهم محسوب می‌شوند، گردد. دو قارچ مورد استفاد بسیار موثر در صفات مورد بررسی بودند ولی به نظر می‌رسد قارچ گلوموس اینترارادیسز هم از نظر کمی و هم از نظر کیفی موثرتر بود

اما در تحقیق حاضر اثر ترکیبی تیمارهای اعمال شده بسیار مفیدتر بود بطوریکه ایده‌آل ترین ترکیب تیماری (از لحاظ عملکرد و تجمع فسفر در گیاه) را می‌توان تیمار ترکیبی گلوموس اینترارادیس + هیدروپرایمینگ دانست.

سپاسگزاری

نویسندگان از جناب آقای مهندس جعفرزاده کارشناس محترم آزمایشگاه زراعت، جناب آقای مهندس بهلکه کارشناس محترم آزمایشگاه شیلات و سرکار خانم سراوانی کارشناس محترم آزمایشگاه فیزیولوژی بدلیل فراهم اوردن لوازم و تجهیزات آزمایشگاهی، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

1- Abdel-Fattah G.M., and Asrar A.W.A. 2012. Arbuscular mycorrhizal fungal application to improve growth and tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants grown in saline soil. Acta Physiologiae Plantarum 34:267–277.
2- Alahdadi I., Tajik M., Iran-nejad H., and Armandpisheh O. 2009. The effect of biofertilizer on soybean seed vigor and field emergence. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.7 (3&4): 420 – 426.
3- Alimadadi A., Jahansouz M.R., Besharati H., Tavakkol-Afshari R., and Tavakkoli M. 2010. Effect phosphate solubilizing micro-organisms, mycorrhiza and seed priming on the nodulation in chickpea crop (*Cicer arietinum* L.). Journal of Soil Research (Soil Science and Water) 24(1): 43-53. (in Persian with English abstract).
4- Alimadadi A., Jahansouz M.R., Besharati H., Tavakkol-Afshari R., and Tavakkoli M. 2011. Evaluating the effects of biofertilizers and seed priming on chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed quality. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.9 (2) :362 – 365.
5- Amer G.A., and Utkhede R.S. 2000. Development of formulation of biological agents for management of root rot of lettuce and cucumber. Canadian Journal of Microbiology, 46: 809–816.
6- Andre S., Galiana A., Le Roux C., Prin Y., Neyra M. and Duponnois R. 2004. Ectomycorrhizal symbiosis enhanced the efficiency of inoculation whit two *Bradyrhizobium* strains and *Acacia holosericea* growth. Mycorrhiza. 15 (5): 357-364.
7- Antunes P. M., Deaville D. and Goss M. J. 2005. Effect of two AMF life strategies on the tripartite symbiosis whit *Bradyrhizobium japonicum* and soybean. Mycorrhiza. Issue: Online First, Published online: 16 December 2005.
8- Arif M., Tariq Jan M., Mian I.A., Khan S.A., Philip H., and Harris, D. 2014. Evaluating the Impact of Osmopriming Varying with Polyethylene Glycol Concentrations and Durations on Soybean. international journal of agriculture & biology. 16(2):359–364.
9- Ashraf M., Karim F., and Rasul E. 2002. Interactive effects of gibberellic acid (GA3) and salt stress on growth, ion accumulation and photosynthetic capacity of two spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance. Plant Growth Regulator., 36(1): 49-59.
10- Atkinson S., Berta G., and Hooker J.E. 1994. Impact of mycorrhizal colonization on root architecture, root longevity and the formation of growth regulators. In Gianinazzi S. and H. Schüepp (Eds.), Impact of Arbuscular Mycorrhizas on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems (pp. 47-60). Basel, Switzerland: Birkhäuser Verlag.
11- Azarnia M., and Eisvand H.R. 2013 (a). Effects of Hydro and Hormonal Priming on Yield and Yield Components of Chickpea in irrigated and rain-fed conditions. 6 (4): 1-18. (in Persian with English abstract).
12- Azarnia M., and H.R. Eisvand. 2013 (b). Priming is a method for improve seed quality for increase growth and yield crop. Research achievements for field and horticulture crops. 2: 277-287. (in Persian with English abstract).
13- Badr E. A., Wali A.M., and Gehan A.A. 2013. Effect of Sowing Dates and Biofertilizer on Growth Attributes, Yield and its Components of Two Faba Bean (*Vicia faba* L.) Cultivars. World Applied Sciences Journal 28 (4): 494-498.
14- Beck D. P., Materon L. A. and Afandi F. 1993. Practical Rhizobium-legume technology manual. ICARDA, Aleppo, Syria.
15- Benton J.J. 2001. Laboratory guid for conducting soil test and plant analysis. 363 pp.USA. CRC Press.
16- Berta G., Fusconi A. and Hooker J. E. 2002. Arbuscular mycorrhizal modifications to plant root systems: scale, mechanisms and consequences. In Gianinazzi, S., H. Schüepp, J. M. Barea and K. Haselwandter (Eds.), Mycorrhiza Technology in Agriculture, from Genes to Bioproducts (pp. 71-85). Basel, Switzerland: Birkhäuser Verlag.
17- Bethlenfalavy G.J., Schreiner R.P., Mihara K.L., and McDaniel H. 1996. Mycorrhizae, biocides, and biocontrol. 2. Mycorrhizal fungi enhance weed control and crop growth in a soybean-cocklebur association treated whit the herbicide bentazon. Applied Soil Ecology. 3 (3): 205-2014.

18- Bhattacharjee S., and Sharma G.D. 2012. Effect of Dual Inoculation of Arbuscular Mycorrhiza and *Rhizobium* on the Chlorophyll, Nitrogen and Phosphorus Contents of Pigeon Pea (*Cajanus cajan* L.). Advances in Microbiology. 2, 561-564.

19- Bianciotto V., Andreotti S., Balestrini R., Bonfante P., and Perotto S. 2001. Extracellular polysaccharides are involved in the attachment of *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium leguminosarum* to arbuscular mycorrhizal structures. European Journal of Histochemistry, 45: 39-49.

20- Biswas J.C., Ladha J.K., and Dazzo F.B. 2000. Rhizobia inoculation improves nutrient uptake and growth of low land rice. Soil Science Society of America Journal, 64: 1644–1650.

21- Cardoso Irene M., and Kuyper T. W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agric. Ecosys. Envirron. 116: 72-84.

22- Casenave E.C., and Toselli M.E. 2007. Hydropriming as a pre-treatment for cotton germination under thermal and water stress conditions. Seed Science Technology, 35:88–98.

23- Cheng Z. and Bradford K. J. 1999. Hydrothermal time analysis of tomato seed germination responses to priming treatments, Journal of Experimental Botany. 33, 89-99.

24- Demir Kaya M., Okcu Gamze Atak M., Cikili Y., and Kolsarici O. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Europe Journal Agronomy, 24: 291-295.

25- Dodd J. 2000. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in agro-natural ecosystems. Outlook on Agriculture. 29 (1): 63-70.

26- Eisvand H.R., Tavakkol-Afshari R., Sharifzadeh F., Madah Arefi H., and Hesamzadeh Hejazi S. M. 2008. Improvement of physiological quality of deteriorated tall wheat grass (*Agropyron elongatum* Host) seeds by hormonal priming for control and drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science. 1 (39) :53-65. (in Persian with English abstract).

27- Eisvand H.R., Alizadeh M.A., and Fekri A. 2010. (a). How hormonal priming of aged and non aged seeds of bromgrass affects seedling physiological characters. Journal of New seeds.11: 52-64.

28- Eisvand H. R., Tavakkol-Afshari R., Sharifzadeh F., Madah Arefi H., and Hesamzadeh Hejazi S.M. 2010. (b). Effects of hormonal priming and drought stress on activity and isozyme profiles of antioxidant enzymes in deteriorated seed of tall wheatgrass (Agropyron elongatum Host). Seed Science and Technology. 38,280-297.

29- Eisvand H.R., Azarnia M., Nazarian Firozabadi F., Sharafi R. 2011. (a). Effect of Priming by gibberllin and abcsisic acid on emergence and some seedling physiological characters of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under dry and irrigated conditions. Iranian Journal of Field Crop Science. 42(4): 789-797. (in Persian with English abstract).

30- Eisvand H.R., Shahrosvand S., Zahedi B., Heidari S., and Afroughe SH. 2011. (b). 'Effects of hydro-priming and hormonal priming by gibberellin and salicylic acid on seed and seedling quality of carrot (*Daucus carota* var. sativus)'. Iranian Journal of Plant Physiology. 1 (4), 233-239.

31- FAO. 2013. FAO Year Book. FAO Publication, (http://faostat.fao.org/site/).

32- GHassemi-Golezani K., Farshbaf-Jafari S., and SHafagh-Kolvanagh J. 2011. Seed Priming and Field Performance of Soybean (*Glycine max* L.) in Response to Water Limitation. (Available online at www.notulaebotanicae.ro). Notulae Botanicae Horticulture Agro-botanici Cluj-Napoca. 39(2):186-189.

33- GHassemi-Golezani K., Jabbarpour-Bonyadi Z., Shafagh-Kolvanagh J. Nikpour-Rashidabad N. 2013. Effects of Water Stress and hydro-priming duration on field performance of lentil. International Journal of Farming and Allied Sciences. 2(21):922-925.

34- Ghollarata M. 2005. The impact of mycorrhizal inoculation on berseem clover yield and nutrient uptake with different soil salinity and phosphorus levels. MSc. Thesis. Shahrekord univ. Iran.

35- Harrier L.A., and Watson C.A. 2004. The potential role of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi in the bioprotection of plants against soil-borne pathogens in and/or other sustainable farming systems. Pest Management Science. 60 (2):149-157.

36- Harris D. B.S.R., aghuwanshi G.S., Gangwar S.C., Singh K.D., Joshi A., Rashid H., and Hollington P.A. 2001. participatory evaluation by farmers of on farm seed priming in wheat in india Nepal and Pakistan .Experimental Agriculture, 37:403-415.

37- Iqbal M., and Ashraf M. 2006. Wheat seed priming in relation to salt tolerance, growth, yield and level of free salicylic acid and polyamines. Annals of Botany. 43(4): 250-259.

38- Kaur S., Gupta A.K., and Kaur N. 2005. Seed priming Increases Crop yield possibly by Modulating enzymes of Sucrose metabolism in chickpea. Journal of Agronomy and Crop Science. 191: 81-87.

39- Khoshkhouy M., Sheibani B., and Roohani Tafazzoli A. 1999. Gardening Principles (Principles of Garden Supplies). Shiraz University Press. 566 pages. (in Persian).

40- Kormanik P.P., and McGraw A.C. 1982. Quantification of vesiculararbuscular mycorrhizae in plant roots. In: Schenck NC (ed(Methods and Principles of Mycorrhizal Research. The American Phytopathological Society. St.

Paul, pp 37–45
41- Kurle J.E., and Pfleger E.I. 2005. Arbuscular- mycorrhizal fungus spore population responded to conversions between low-input and conventional management practices in a corn-soybean rotation. Agronomy Journal. 56 (3): 467-476.
42- McDonald M.B. 2000, Seed priming, Black, M., Bewley J.D., (Eds.), Seed Technology and Its Biological Basis, Sheffield Academic Press, Sheffield, UK, 287–325.
43- Mohammadi M., Moghadam H., Majnon Hossini N., Ahmadi A., and Khavazi K. 2011. the effect of phosphorus bio-fertilizer and chemical fertilizer on yield and yield components of two cultivar of lentil in different irrigation. 42 (4): 845-855. (in Persian with English abstract).
44- Mosse B. 1986. Mycorrhiza in a sustainable agriculture. Biological Agriculture and Horticulture, 3: 191-209.
45- Page A.L. 1982. Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI. 1159 pp.
46- Parera C.A., and Cantliffe D.J. 1994. Pre-sowing seed priming. Hort Rev 16:109-139.
47- Parsa M. and Bagheri A. 2008. Pulses. Jihad-e Daneshgahi Mashhad Publisher. (in Persian).
48- Patade V.Y., Bhargava S. and Suprasanna P. 2009. Halopriming imparts tolerance to salt and PEG induced drought stress in sugarcane. Agriculture Ecosystem Environmental. 134:24–28.
49- Poshtvareh R., Mirshekari B., and Mohammadi S. 2011. Sustainable Production of Corn (*Zea mays*) by Seed Inoculation with Mycorrhiza Strains. Middle-East Journal of Scientific Research 10 (2): 164-167.
50- Sadeghian S.Y., and Yavari N. 2004. Effect of warer-deficit stress on germination and early seedling growth in sugar beet. Journal of Agronomy and Crop Science. 190: 138-144.
51- Sannazzaro A.I., Ruiz O.A., Alberto E.O., and Menendez A.B. 2006. Alleviation of salt stress in lotus glaber byGlomus intradices.Plant Soil. 285:279-287.
52- Senaratna T., Touchell D., Bunn E., and Dixon K. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulate. 30: 157-161.
53- Subramanian K.S., and Charest C. 1997. Nutritional, growth, and reproductive responses of maize (*Zea mays* L.) to arbuscular mycorrhizal inoculation during and after drought stress at tasselling. Mycorrhiza. 7 (1): 25-32.
54- Varma A., and Hock B. 1999. Mycorrhiza: Structure, Function, Molecular Biology and Biotechnology. Springer microbiology book, Berlin. ISBN: 3-540-63981-0.
55- Watson C.A., and Harrier L. A. 2003. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable cropping system. Advance Aagronomy. 79: 185-225.
56- Zaidi A., Khan M.S., and Amil M. 2003. Interactive effects of Rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Agronomy, 19: 15-21.
57- Zaidi A., and Khan M.S. 2006. Co-inoculation Effects of Phosphate Solubilizing Microorganisms and *Glomus fasciculatum* on Green Gram-*Bradyrhizobium* Symbiosis. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 30: 223-230.
58- Zaki R.N., and Radwan T.E. 2011. Improving wheat grain yield and its quality under salinity conditions at a newly reclaimed soil by using different organic sources as soil or foliar applications. Journal of Applied Sciences Research. 7: 42-55.

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 3, Jul.-Agu. 2016, p. 817-828

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۵، ص. ۸۲۸-۸۱۷

Effect of Mycorrhizal Inoculation and Grain Priming on Some Quantity and Quality Properties of Lentil (*Lens culinaris* L.)

M. Azarnia[1]- A. Biabani[2]- A. Gholizadeh[3*]- H. R. Eisvand[4]- E. Gholamalipour Alamdari[5]

Received: 21-10-2014
Accepted: 12-10-2015

Introduction: The most important problems of farmers in arid and semi-arid regions are adequate nutrition, optimum rooting, emergence, establishment and optimal density, and ultimately plant yield. Using grain priming and mycorrhizal inoculation is effective strategies in these conditions. Priming can cause earlier growth of seedling, to increase emergence rate, emergence percentage, plant tolerance to drought and salinity stress, early flowering as well as to increase the quality and quantity of yield and nutrient absorption. Plant hormones such as salicylic acid and gibberellic acid can be used for priming. Regarding plant response to environmental stresses, salicylic acid, which is an important signal molecule, plays a key role in the regulation of several physiological processes such as growth and plant development, absorption of ions, emergence and photosynthesis. Gibberellic acid (GA3) has been shown to be involved in many physiological processes such as cell division activity of meristem regions, increase the cell length, emergence speed, and emergence percentage, seedling growth in field condition, early flowering and yield. Mycorrhizal inoculation increases the availability of nutrients especially plant phosphorus, concentrations of plant hormones (auxins, cytokinins and gibberellins), chlorophyll content, the efficiency of biological nitrogen fixation, assimilates allocation to host plant organs, the changes of root structure, and improve soil structure.

Materials and Methods: In order to evaluate the response of lentil to grain priming (without grain priming, hydro-priming, 100 ppm gibberellic acid, 100 ppm salicylic acid, 100 ppm gibberellic acid + 100 ppm salicylic acid) and soil mycorrhizal inoculation (non-inoculated control, inoculated with *Glomus moseae* and *Glomus intraradices*), a factorial experiment based on a completely randomized block design with four replications carried out in a greenhouse and research farm of the Gonbad Kavous University during 2013 and 2014. Various priming treatments - applied in the laboratory. Then, during planting, mycorrhizal inoculation treatment was kept in the closet place to the grains about 5 g per gram of grain (40 spores per gram). To determine the activity of roots (root length and number of nitrogen fixation nodes) 10 seedlings per pot were kept. Measured traits in the field condition were included the concentration and uptake of total phosphorus in aerial parts, concentration and total phosphorus uptake of grain, grain yield, and biological yield.

Results and Discussion: Variance analysis showed that different treatments of mycorrhizal inoculation, priming, and their interactions had significant effects on the studied traits such as the root length, number of nitrogen fixation nodules, phosphorus concentration of aerial parts, grain phosphorus concentration, grain phosphorus uptake, biological yield, and grain yield. In this study the highest root length (39.5 cm), nitrogen fixation nodules (114), aerial parts phosphorus uptake (12.1 kg/h) were obtained under combined treatment of G. *intraradices* inoculation+ 100 ppm gibberellic acid. While the aerial parts phosphorus concentration (0.24%) and grain phosphorus uptake (22.8 kg/ha) were higher due to using combined treatment of mycorrhizal G. *Moseae* + hydro-priming. Hormonal priming with salicylic acid increased grain yield and biological yield significantly over the other hormonal priming and control. Hydro-priming had a significant and positive effect on grain yield in three levels of bio-fertilizer. Results of salicylic acid treatment were similar to the results of hydropriming. Influence of hormones, especially gibberellic acid in grain causes more activities in some emergence catalytic enzymes, the emergence speed, emergence percentage and root elongation. These effects may be inconspicuous in irrigated cultivation, but it can lead to the survival of plants in the dry farming situation. In this study, gibberellins increased the radicle length and the number of nitrogen fixation nodules. It may be an

1, 2, 3, 5 - Ph.D student, Associate Professor and Assistant Professors, Plant Production Department, College of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University
(*-Corresponding Author Email: latif_gholizadeh@yahoo.com)
4- Assistant Professor of Plant Production Department, College of Agriculture Science and Natural Resources, Lorestan University

important factor in increasing the quality and quantity of grain yield of lentil. Various treatments of salicylic acid had a moderate effect. More positive effects were obtained when these treatments applied to the form of combination. The most applied treatments in this experiment such as mycorrhizal and priming treatments and their interaction had a positive effect on quality and quantity of grain properties of lentil aerial parts. This positive effect may be due to availability of some nutrients which is supplied using priming treatments, microorganisms, secretion of growth promotion and the change of root structure.

Conclusion: In the present study inoculation of both fungi and various treatments of priming had a positive effect on the studied traits individually, but the higher effects of them were found in the combined treatments. The effect of G. *intraradices* + hydro-priming was more outstanding. Overall, the present study indicated that the various treatments of bio-fertilizer and priming increased the root length and nitrogen fixation. Therefore, the absorption of nutrients was increased. It could be concluded that synthesis fertilizer is unnecessary.

Keywords: Gibberellic acid, *Glomus moseae,* Hydro-priming, Nitrogen fixation nodules, Phosphorus uptake