

## محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و کیفیت دانه تربیتکاله تحت تأثیر مایکوریزا و کمپوست کود دامی غنی شده با زئولیت

معصومه مکنونی<sup>۱</sup>، عبدالمهدی بخشنده<sup>۲</sup>، آیدین خدایی جوقان<sup>۳\*</sup>، علی مشتقی<sup>۳</sup> و محمدرضا مرادی تلاوت<sup>۴</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۴/۲۸)

### چکیده

به منظور بررسی اثر تلقیح قارچ مایکوریزا و کمپوست کود دامی غنی شده با زئولیت بر رنگدانه‌های فتوسنتزی و خصوصیات کیفی دانه تربیتکاله، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کاربرد مایکوریزا در دو سطح (تلقیح و بدون تلقیح) و مقدار ترکیب زئولیت با کود دامی در شش سطح (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد وزنی کود دامی زئولیت) بود. بر اساس نتایج، در شرایط کاربرد قارچ مایکوریزا با افزایش مصرف زئولیت تا سطح ۱۵ درصد شاخص سبزیگی برگ افزایش یافت اما پس از آن با کاهش مواجه شد. بیشترین میزان کلروفیل a (۲/۶۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) از تیمار ۱۵ درصد زئولیت و کمترین آن (۱/۸۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) از شاهد به دست آمد. تلقیح قارچ مایکوریزا سبب افزایش ۱۴ درصدی کاروتنوئید نسبت به عدم تلقیح شد. تلقیح قارچ مایکوریزا موجب افزایش مقدار فسفر دانه (۰/۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم نسبت به عدم تلقیح ۰/۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) شد. در شرایط تلقیح مایکوریزا بیشترین عملکرد دانه (۳۵۱۱ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کاربرد ۱۰ درصد زئولیت به دست آمد در حالی که در شرایط عدم کاربرد قارچ مایکوریزا برای افزایش عملکرد دانه به زئولیت بیشتری نیاز بود و با افزایش میزان زئولیت تا ۲۰ درصد عملکرد دانه افزایش یافت. بیشترین عملکرد پروتئین (۳۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار عدم تلقیح مایکوریزا و ۱۵ درصد زئولیت و کمترین عملکرد پروتئین (۱۱۶ کیلوگرم در هکتار) از تیمار تلقیح مایکوریزا با ۲۵ درصد زئولیت حاصل شد. در نهایت یافته‌های این پژوهش نشان داد که با کاربرد زئولیت در کود دامی و تلقیح قارچ مایکوریزا می‌توان غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی و کیفیت دانه تربیتکاله را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد پروتئین، غلظت کلروفیل، فسفر دانه، کود آلی، کود زیستی

۱، ۲، ۳ و ۴. به ترتیب دانش آموخته آگرواکولوژی، استاد، استادیار و دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

\*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: a.khodaei@asnrukh.ac.ir

## مقدمه

در سال‌های اخیر روند توجه به سلامت و کیفیت خاک به‌منظور تولید پایدار محصولات زراعی زیاد شده است، به‌طوری که در کشورهای توسعه یافته برای تولید غذای سالم، استفاده از نهاده‌های طبیعی درون مزرعه‌ای و غیرشیمیایی مورد توجه روز افزون است (۱۰). استفاده از منابع گیاهی و حیوانی قابل تجدید و منابع بیولوژیک به‌جای منابع شیمیایی می‌تواند نقش مهمی در باروری و حفظ فعالیت‌های زیستی خاک، افزایش تولید محصولات کشاورزی و سلامت بوم سامانه داشته باشد (۴۰). کودهای دامی ضمن در دسترس قرار دادن بسیاری از عناصر کم‌مصرف و پرمصرف، باعث بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و ایجاد محیط مناسب برای رشد بهتر و کیفیت بالاتر گیاهان می‌شود (۱). در آزمایشی نشان داده شد که مصرف کود دامی موجب افزایش ارتفاع گیاه، ماده خشک و محتوای کلروفیل برگ‌های جو بهاره شد و کود دامی اثر معنی‌داری بر غلظت عناصر، در بافت‌های مختلف گیاه داشت (۲۹). در پژوهشی دیگر کاربرد کود دامی باعث افزایش جذب عناصر غذایی و عملکرد ماده خشک گیاه جو شد (۲۲).

با وجود اثرات مثبتی که گفته شد، استفاده از کودهای دامی تازه به‌دلیل افزایش ذخیره بذری علف‌های هرز در مزرعه، افزایش جمعیت آفات و بیماری‌ها و آسیب‌دیدگی ریشه گیاهان از طریق تجمع آمونیاک می‌تواند برای گیاه مشکل‌آفرین باشد (۹) و مهم‌تر آنکه پوساندن کودهای دامی و انجام روند کمپوست‌سازی حتی در بهترین شرایط باعث هدر رفتن ۴۰ تا ۶۰ درصد نیتروژن آن می‌شود (۱۱). بنابراین ارائه راهکارهایی برای حل مشکلات استفاده از کودهای دامی و افزایش کیفیت کمپوست مهم است. زئولیت‌ها خانواده بزرگی از کانی‌های آلومینوسیلیکاته را تشکیل می‌دهند که با ساختمان کریستالی و متخلخل، مانند غربال مولکولی عمل کرده و به‌دلیل داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، می‌توانند باعث افزایش کارایی کودهای آلی و رشد گیاه شوند (۳۱). چنانچه این مواد در ابتدای عمل‌آوری کمپوست، به کودهای دامی تازه اضافه شوند،

علاوه بر اینکه شرایط تهویه‌ای را برای فعالیت میکروارگانیسم‌های هوازی فراهم می‌کنند (۲۱) باعث جذب مواد مغذی کود دامی می‌شوند و در نتیجه از هدرروی نیتروژن موجود در کود دامی به‌صورت آمونیوم و یا نترات جلوگیری می‌کنند (۱۱).

یکی دیگر از روش‌های افزایش رشد و عملکرد کیفی گیاهان استفاده از رابطه همزیستی مایکوریزایی است. قارچ‌های مایکوریزایی امروزه کاربرد فراوانی در سامانه‌های کشاورزی اکولوژیک (به‌منظور دستیابی به افزایش کیفیت و پایداری عملکرد محصولات زراعی و باغی) دارند. این قارچ موجب افزایش جذب عناصر غذایی معدنی غیرمتحرک مانند فسفر، روی و مس شده و تولید زیست‌توده را در خاک‌هایی با کمبود منیزیم، کلسیم و فسفر بهبود می‌بخشد (۱۴). در این رابطه نشان داده شد که استفاده از مایکوریزا سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه، عملکرد دانه و تعداد خوشه سورگوم دانه‌ای شد (۳۲). گزارش شده است که مصرف مایکوریزا و باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن منجر به حصول بیشترین عملکرد دانه و وزن خشک ریشه گندم شد (۳۵). در آزمایشی نشان داده شد که غلظت آهن و روی اندام‌های هوایی ذرت علوفه‌ای در گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا بیشتر بود (۵).

در سال‌های اخیر، توجه به تریتیکاله به‌دلیل پتانسیل مطلوب تولید دانه و استفاده از آن به‌عنوان علوفه گسترش پیدا کرده است. باتوجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک کشور تریتیکاله می‌تواند به‌عنوان غله‌ای متحمل به شرایط محیطی مانند تنش کم‌آبی، گرما و شوری به‌عنوان محصول دانه‌ای، علوفه‌ای و دومنظوره مورد کاشت قرار گیرد (۲). دانه تریتیکاله دارای ارزش غذایی مناسبی است به‌طوری که می‌توان از دانه آن تا ۷۵ درصد به‌جای ذرت و تا ۱۰۰ درصد به‌جای گندم در جیره غذایی طیور استفاده کرد. دانه تریتیکاله در مقایسه با سایر غلات میزان پتاسیم، فسفر و منیزیم بیشتری دارد و سبوس آن حاوی درصد بالایی از عناصر کلسیم، سدیم، آهن، روی و مس است (۲۷). طبق آخرین آمار سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

EC	pH	OC	N	P	K	بافت خاک
(دسی زیمنس بر متر)		(درصد)	(درصد)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	رسی سیلتی
۲/۷	۷/۵	۰/۵	۰/۰۵	۹/۲	۱۳۵	

جدول ۲. ویژگی‌های کود دامی مورد استفاده در آزمایش

نیتروژن کل (درصد)	نسبت کربن به نیتروژن	کربن آلی (درصد)	اسیدیته (پی اچ)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
۱/۳۵	۳۰/۸	۴۱/۵۸	۸	۲۰/۲
منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم کل (درصد)	فسفر کل (درصد)
۲۶۷/۶	۸۴۳۵	۴۰۹/۴	۲/۵۵	۰/۶۶

فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، قبل از کاشت و شروع آزمایش از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر خاک مزرعه نمونه‌ای مرکب تهیه و در آزمایشگاه از لحاظ برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ارزیابی شد (جدول ۱).

برای تهیه کمپوست‌های مناسب اجرای آزمایش، ابتدا کود گاوی تازه (کودی که از جمع‌آوری آن در دامداری بیش از ۲۰ روز نگذشته بود) از ایستگاه دامپروری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به مزرعه منتقل شد که ویژگی‌های آن در جدول ۲ مشاهده می‌شود. سپس شش ردیف هم وزن به طول پنج متر، عرض ۸۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر از کود دامی توزین شد که در یکی از ردیف‌ها هیچ‌گونه ماده اضافی مصرف نشد ولی در ردیف‌های دیگر به ترتیب ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد وزن کود دامی، زئولیت طبیعی به صورت لایه لایه با توده کمپوست مخلوط شد و برای جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید بر ردیف‌های کود دامی، سطح ردیف‌ها به وسیله کاه و کلش به طور کامل پوشانده شد. زئولیت مورد نیاز از شرکت افرنند توسکا و از معادن سمنان تهیه شد (زئولیت از نوع کشاورزی به صورت کریستاله با رنگ سفید، دانه‌بندی پودری و درصد خلوص ۹۰ درصد) که درصد ترکیبات آن در جدول ۳ مشاهده می‌شود.

در سال ۲۰۱۷ میلادی، سطح زیر کشت و تولید جهانی تریتیکاله به ترتیب حدود ۴/۲ میلیون هکتار و ۱۵/۵ میلیون تن گزارش شده است. با توجه به اهمیت تولید محصول با کیفیت در کشت و کار تریتیکاله از یک سو و توجه به پایداری و سلامت بوم نظام‌های زراعی از سوی دیگر، هدف از انجام این پژوهش بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد کیفی تریتیکاله با افزایش کارایی کمپوست کود دامی و کاربرد همزمان این کود و مایکوریزا بود.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در ۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز و در حاشیه شرقی رودخانه کارون با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۵ دقیقه و ارتفاع حدود ۳۴ متر از سطح دریا اجرا شد. عوامل آزمایش شامل دو سطح کاربرد مایکوریزا (تلقیح و عدم تلقیح) و شش سطح مقدار ترکیب کود دامی و زئولیت (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد وزنی کود دامی زئولیت) بود. به منظور بررسی ویژگی‌های

جدول ۳. درصد ترکیبات شیمیایی و ظرفیت تبادل کاتیونی زئولیت مورد استفاده

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۵	۱/۶	۲/۲	۰/۱	۱/۱	۳/۰	۱۲/۰	۰/۶۵

ظرفیت تبادل کاتیونی = ۲۰۰ میلی اکی والان در صد گرم

میانگین وزن هزار دانه ۴۵-۴۷ گرم) تهیه شده از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر بود. کاشت در تاریخ ششم آذر ماه انجام شد. برای کشت بذر ابتدا خطوط کشت را ایجاد کرده و بذر را به صورت دستپاش در هر خط کشت شدند و سپس آبیاری صورت گرفت. آبیاری به صورت غرقابی، با توجه به نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی انجام شد. در طی فصل رشد برای حصول اطمینان از برقراری همزیستی، در محیط آزمایشگاه با استفاده از روش فیلپس و همین (۳۰) رنگ آمیزی ریشه صورت گرفته و برای مشاهده ریشه‌های آلوده از بنیکولار استفاده شد.

برای تعیین شاخص سطح برگ در مرحله گلدهی از خطوط نمونه برداری هر کرت به صورت تصادفی نمونه گیری شد و سطح برگ همه بوته‌ها با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج (مدل WINAREA-UT-11، شرکت FANAVARAN ALBORZ ANDISHEH) محاسبه شد (۳۴). سپس شاخص سطح برگ از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$LAI = LA/GA \quad (1)$$

در رابطه یک LA، LA و GA به ترتیب شاخص سطح برگ، سطح برگ‌های نمونه برداری شده و مساحت زمین تحت اشغال بوته‌های نمونه برداری شده بود. به منظور تعیین شاخص سبزیگی از هر کرت پنج بوته از خطوط میانی و از هر بوته آخرین برگ توسعه یافته که برگ‌های آن کاملاً باز شده بود، انتخاب و عدد کلروفیل از سه نقطه مختلف آن توسط دستگاه کلروفیل متر (مدل spad-502 plus، شرکت konica Minolta، ژاپن) قرائت شد. سپس میانگین ۱۵ قرائت انجام شده به عنوان عدد کلروفیل آن کرت منظور شد (۳۳). در مرحله ۵۰ درصد گل دهی، از برگ‌های برداشت شده هر تیمار ۱/۰ گرم جدا و درون فالكون‌هایی حاوی ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰ درصد به مدت

مدت زمان تبدیل کود دامی تازه به کمپوست‌های قابل استفاده ۸۵ روز به طول انجامید. در این مدت تأمین رطوبت مورد نیاز (۶۰ درصد) و شرایط هوازی، برای فعالیت ریز موجودات در ردیف‌های کود دامی لحاظ شد. در شش نوبت دمای توده کود در عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی متری به وسیله دماسنج جیوه‌ای اندازه‌گیری شد تا از رسیدن دمای ردیف‌های کودی به مقدار مناسب (۶۰ درجه) برای از بین رفتن بذر علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها اطمینان حاصل شود (۳۶). نیاز نیتروژنی گیاه با توجه به عملکرد مورد انتظار (تن در هکتار)، درصد کربن آلی خاک و اقلیم منطقه ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد. بدین منظور مقدار نیتروژن کمپوست اندازه‌گیری و با احتساب اینکه به ترتیب ۴۰ و ۳۰ درصد از نیتروژن آن در سال اول و دوم قابل دسترس است (۱۲) در تمام سطوح تیماری، میزان کمپوست زئولیتی معادل ۴۰ تن در هکتار قبل از کاشت توسط کولتیواتور دستی به خاک هر کرت اضافه شد. مایه تلقیح قارچ مایکوریزا گونه *Glomus interadices* از مؤسسه تحقیقات آب و خاک کشور تهیه شد که دارای ۳۰۰ اسپور زنده در هر گرم مایه تلقیح بود. قبل از کشت مایه تلقیح قارچ با بذر را به‌طور کامل مخلوط شد، به‌گونه‌ای که تمامی بذر را با یک لایه یکنواخت از مایه تلقیح پوشانده شدند.

پس از رسیدن رطوبت خاک مزرعه به حالت گاورو، عملیات خاکورزی شامل شخم و دو دیسک عمود بر هم برای تسطیح و خرد کردن کلوخه‌ها انجام شد. سپس کرت‌های مورد نظر توسط مرزبند احداث و نه‌رها با استفاده از نه‌رکن ایجاد شد. تهیه نهایی کرت‌ها به صورت دستی انجام شد. ابعاد هر کرت دو متر در دو متر، فاصله بین هر کرت نیم متر و فاصله هر بلوک دو متر در نظر گرفته شد. بذر کشت شده در این آزمایش رقم سناباد (بهاره، متوسط رس، مقاوم به خوابیدگی و

مایکوریزا در سطح احتمال خطای یک درصد و اختلاط زئولیت با کود دامی و اثر متقابل مایکوریزا و اختلاط زئولیت با کود دامی در سطح احتمال خطای پنج درصد بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر مایکوریزا و زئولیت نشان داد که در شرایط کاربرد قارچ مایکوریزا با افزایش زئولیت تا سطح ۱۵ درصد شاخص سطح برگ افزایش یافته اما پس از آن با کاهش مواجه شده و تقریباً ثابت ماند هر چند که بین سطح عدم کاربرد زئولیت و بقیه سطوح به غیر از ۲۵ درصد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در حالت عدم کاربرد قارچ مایکوریزا برای افزایش شاخص سطح برگ به زئولیت بیشتری نیاز بود به طوری که بیشترین شاخص سطح برگ (۵/۰۲) از تیمار ۲۰ درصد زئولیت و کمترین شاخص سطح برگ (۳/۱۸) از تیمار عدم تلقیح و عدم کاربرد زئولیت به دست آمد، البته در شرایط عدم کاربرد مایکوریزا بین سطح عدم مصرف زئولیت و بقیه سطوح اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (شکل ۱- الف). به نظر می‌رسد که با کاربرد زئولیت به دلیل فراهمی آب و نیتروژن بیشتر شرایط برای رشد و گسترش قارچ مایکوریزا فراهم شده و قارچ با جذب آب و عناصر غذایی از یک سو و تولید هورمون‌های رشد گیاهی سبب افزایش فتوسنتز و ماده‌سازی و در نهایت افزایش شاخص سطح برگ شده است. احتمالاً اضافه کردن زئولیت به کود دامی تازه علاوه بر اینکه مانع هدرروی نیتروژن موجود در کود دامی طی فرایند کمپوست‌سازی شده، فراهمی بیشتری از عناصر غذایی را در طول دوره رشد گیاه ایجاد کرده است. این طور به نظر می‌رسد که افزایش نیتروژن قابل دسترس در طول دوره رشد گیاه باعث افزایش شاخص سطح برگ شده است. در پژوهشی مصرف هشت تن در هکتار زئولیت تعداد برگ بوته آفتابگردان را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (۳۸). کاهش شاخص سطح برگ پس از سطوح ۱۵ درصد (در شرایط کاربرد قارچ) و ۲۰ درصد (در شرایط عدم کاربرد قارچ) را می‌توان این گونه توجیه کرد که با افزایش زئولیت در کمپوست از

۷۲ ساعت غوطه‌ور شدند سپس میزان کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل spkol، شرکت Analytic Jena آلمان) در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ قرائت شد و در نهایت با استفاده از رابطه‌های ۲، ۳ و ۴ میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن نمونه تر به دست آمد. در رابطه‌ها (۲، ۳ و ۴) w و v به ترتیب حجم نمونه استخراج شده و وزن تر نمونه است (۶).

$$\text{Chla} = [12/7(A663) - 2/59(A645)] \cdot [V/(1000 \times W)] \quad (2)$$

$$\text{Chlb} = [22/9(A645) - 4/69(A663)] \cdot [V/(1000 \times W)] \quad (3)$$

$$\text{Carotenoides} = [1000(A470) - 1/8(\text{Chla}) - 85/02(\text{Chlb})] + 198 \quad (4)$$

درصد نیتروژن دانه توسط دستگاه کج‌جلدال اتوآنالایزر اندازه‌گیری شد (۸). برای اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه، درصد نیتروژن به دست آمده از روش کج‌جلدال در ضریب پروتئینی ۵/۷ ضرب شد. فسفر دانه به روش امامی (۱۳) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری پتاسیم دانه به روش خاکستریگری خشک با اسیدکلریدریک و توسط دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. عملکرد پروتئین از حاصل ضرب عملکرد در درصد پروتئین دانه به دست آمد.

بعد از پایان اجرای آزمایش (بعد از برداشت گیاه) از خاک هر کرت نمونه‌ای از عمق تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و ماده آلی با روش سوزاندن در کوره (۴۰۰)، مقدار نیتروژن کل با روش هضم، تقطیر و تیتراسیون و توسط دستگاه کج‌جلدال اندازه‌گیری شد (۱۷). در نهایت نرمال بودن داده‌ها توسط نرم‌افزار Minitab مورد بررسی قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل نتایج از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال خطای پنج درصد انجام شده و شکل‌ها به‌وسیله نرم‌افزار Excel رسم شد.

## نتایج و بحث

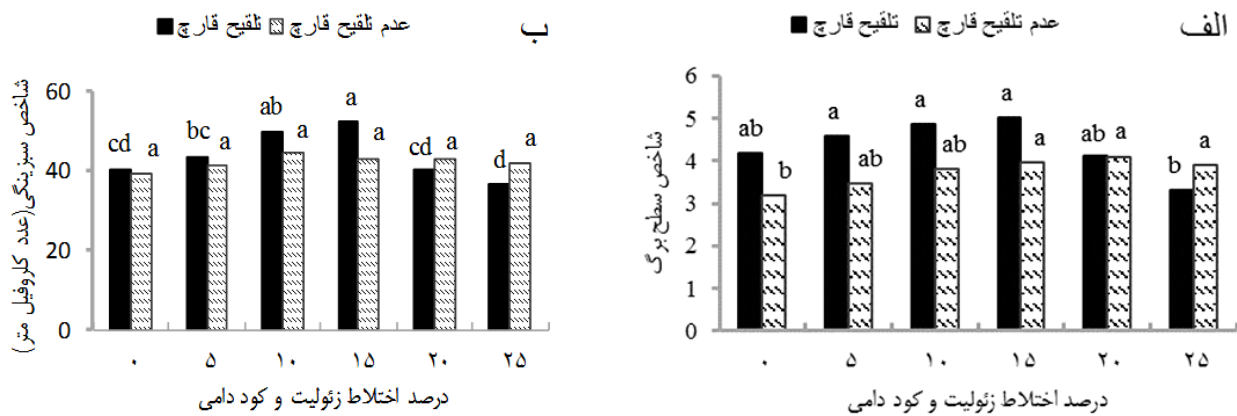
### شاخص سطح برگ و شاخص سبزی‌نگی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار تلقیح قارچ

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس صفات تربیکاله تحت تاثیر قارچ میکوریزا و اختلاط زولیت با کود دامی

ماده آلی خاک	نیترژن خاک	پتاسیم دانه	فسفر دانه	عملکرد پروتئین	پروتئین دانه	عملکرد دانه	کارتوتیوید	کلروفیل b	کلروفیل a	عدد کلروفیل متر	شاخص سطح برگ	درجه آزادی	منبع تغییر
۰/۰۳۷۰۴ <sup>MS</sup>	۰/۰۰۰۴۲ <sup>MS</sup>	۶۵/۸۷*	۰/۰۰۰۳۴ <sup>MS</sup>	۱۰۶۸۰/۳ <sup>MS</sup>	۰/۲۰ <sup>MS</sup>	۱۱۹۲۰/۸۵ <sup>MS</sup>	۰/۰۰۱ <sup>MS</sup>	۰/۰۲ <sup>MS</sup>	۰/۰۱ <sup>MS</sup>	۳/۵ <sup>MS</sup>	۰/۶۴ <sup>MS</sup>	۳	بلوک
۰/۰۰۰۰۳۵ <sup>MS</sup>	۰/۰۰۰۳۳۸**	۲۰/۶۹ <sup>MS</sup>	۰/۰۰۵۰۳۳**	۲۴۴۴۱/۸۳**	۶۶/۲۴**	۱۶۱۱۴۷/۳۶ <sup>MS</sup>	۰/۰۰۷**	۰/۰۹*	۰/۸۴**	۳۳/۰۸ <sup>MS</sup>	۴/۴۳**	۱	قارچ
۰/۱۱۳۱۶*	۰/۰۰۰۱۳۷**	۹۳/۷۹**	۰/۰۰۳۴۶۵**	۴۸۳۳۱/۲۵**	۶/۶۷**	۳۴۸۳۵۰/۴۵**	۰/۰۰۰۱ <sup>MS</sup>	۰/۰۵*	۰/۸۸**	۱۰۴/۹۸**	۰/۹۷*	۵	اختلاط زولیت
۰/۰۱۸۲۷ <sup>MS</sup>	۰/۰۰۰۲۷ <sup>MS</sup>	۸۹/۰۳**	۰/۰۱۲۷۳ <sup>MS</sup>	۸۲۵۸/۶۰**	۱/۶۲ <sup>MS</sup>	۹۳۷۴۸۱/۸۳**	۰/۰۰۱ <sup>MS</sup>	۰/۰۱ <sup>MS</sup>	۰/۱۶ <sup>MS</sup>	۵۲/۵۱*	۱/۰۳*	۵	قارچ × زولیت
۰/۰۴۴۵۳	۰/۰۰۰۱۸	۱۸/۶۴	۰/۰۰۶۳۹	۱۵۸۷/۳۰	۱/۶۵	۱۳۳۷۳۵/۷۴	۰/۰۲	۰/۴۹	۰/۱۰	۱۷/۴۲	۰/۸۹	۳۳	خطا
۱۵/۶۷	۱۰/۴۴	۱۲/۱۹	۱۹/۸۹	۱۸۷۰	۱۳/۹۹	۱۵/۴۲	۱۹/۷۵	۱۷/۱۴	۱۳/۲۶	۹/۶۹	۱۳/۴۶	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

\*, \*\*, \*\*\* به ترتیب نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد، یک درصد و غیر معنی دار



شکل ۱. الف) مقایسه میانگین شاخص سطح برگ (بدون واحد) و ب) شاخص سبزیگی (عدد کلروفیل متر) تحت تأثیر مایکوزیما و سطوح اختلاط زئولیت با کود دامی به روش برش‌دهی (حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد آزمون LSD است).

زئولیت مصرفی نسبت داد.

#### رنگدانه‌های فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مایکوزیما و اختلاط زئولیت با کود دامی بر کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما اثر متقابل مایکوزیما و اختلاط زئولیت با کود دامی بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۴).

کاربرد زئولیت در کود دامی نسبت به عدم کاربرد آن سبب افزایش میزان کلروفیل a شد. بیشترین میزان کلروفیل a (۲/۶۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) از تیمار ۱۵ درصد زئولیت حاصل شد که با سطوح دیگر کاربرد زئولیت از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان (۱/۸۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) از شاهد به‌دست آمد (جدول ۵). در شرایط تلقیح، میزان کلروفیل a بیشتری (۲/۵۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) نسبت به عدم تلقیح (۲/۲۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) به‌دست آمد (جدول ۵). در شرایط همزیستی، میزان هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلین افزایش می‌یابد که افزایش این هورمون‌ها به‌ویژه سیتوکینین می‌تواند شدت فتوسنتز را توسط باز شدن روزنه‌های هوایی که بر تنظیم محتوای کلروفیل مؤثر است، بهبود بخشد (۴).

نسبت میزان کود دامی کاسته شده و به‌علت کاهش نیتروژن قابل دسترس، شاخص سطح برگ کاهش یافته است.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ مایکوزیما بر عدد کلروفیل متر معنی‌دار نشد، اما اثر اختلاط زئولیت با کود دامی در سطح احتمال خطای یک درصد و اثر متقابل قارچ مایکوزیما و اختلاط زئولیت با کود دامی در سطح احتمال خطای پنج درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۴). در شرایط کاربرد قارچ مایکوزیما با افزایش مصرف زئولیت تا سطح ۱۵ درصد، شاخص سبزیگی برگ (۵۲/۳۱) افزایش یافته اما پس از آن با کاهش مواجه شد. در شرایط عدم کاربرد مایکوزیما افزایش زئولیت تا سطح ۱۰ درصد باعث افزایش شاخص سبزیگی برگ شد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح زئولیت نداشت (شکل ۱-ب). هر چه شرایط محیطی و تغذیه‌ای برای رشد گیاه مناسب‌تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل برگ‌ها و تولید انرژی بیشتر است. با توجه به این مهم که میزان کلروفیل در برگ به‌طور مستقیم با فراهمی نیتروژن در ارتباط است (۲۳) و همچنین زئولیت کلینوپتیلولیت یک جاذب انتخابی مناسب برای کاتیون آمونیوم است و باعث کاهش شستشوی نیتروژن از محیط ریشه می‌شود (۲۶ و ۳۱) لذا می‌توان برتری این دو تیمار در این صفت را به‌طور مستقیم به

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی تریتیکاله تحت تأثیر قارچ میکوریزا و درصد اختلاط زئولیت با کود دامی

عامل آزمایشی	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	فسفر دانه	پروتئین دانه	نیترژن خاک	ماده آلی خاک
زئولیت	(میلی گرم در گرم)	(میلی گرم در گرم)	(میلی گرم بر کیلوگرم)	(میلی گرم بر کیلوگرم)	(درصد)	(درصد)	(درصد)
۰	۱/۸۲ <sup>b</sup>	۰/۶۲ <sup>c</sup>	۰/۱۳ <sup>a</sup>	۰/۴۵ <sup>a</sup>	۸/۱۳ <sup>c</sup>	۰/۱۵ <sup>a</sup>	۱/۳۹ <sup>ab</sup>
۵	۲/۳۹ <sup>a</sup>	۰/۶۵ <sup>c</sup>	۰/۱۲ <sup>a</sup>	۰/۴۴ <sup>ab</sup>	۹/۲۰ <sup>bc</sup>	۰/۱۵ <sup>b</sup>	۱/۳۵ <sup>ab</sup>
۱۰	۲/۶۷ <sup>a</sup>	۰/۷۲ <sup>abc</sup>	۰/۱۴ <sup>a</sup>	۰/۴۰ <sup>ab</sup>	۹/۶۸ <sup>ab</sup>	۰/۱۲ <sup>bc</sup>	۱/۳۳ <sup>ab</sup>
۱۵	۲/۶۸ <sup>a</sup>	۰/۷۸ <sup>ab</sup>	۰/۱۳ <sup>a</sup>	۰/۴۲ <sup>ab</sup>	۱۰/۶۲ <sup>a</sup>	۰/۱۲ <sup>c</sup>	۱/۵۰ <sup>a</sup>
۲۰	۲/۵۰ <sup>a</sup>	۰/۸۳ <sup>a</sup>	۰/۱۳ <sup>a</sup>	۰/۳۶ <sup>bc</sup>	۹/۱۲ <sup>bc</sup>	۰/۱۲ <sup>bc</sup>	۱/۱۹ <sup>b</sup>
۲۵	۲/۳۹ <sup>a</sup>	۰/۶۶ <sup>bc</sup>	۰/۱۲ <sup>a</sup>	۰/۳۱	۸/۳۲ <sup>c</sup>	۰/۱۱ <sup>c</sup>	۱/۱۹ <sup>b</sup>
<b>قارچ</b>							
تلقیح	۲/۵۵ <sup>a</sup>	۰/۷۵ <sup>a</sup>	۰/۱۴ <sup>a</sup>	۰/۴۳ <sup>a</sup>	۱۰/۳۶ <sup>a</sup>	۰/۱۲ <sup>a</sup>	۱/۳۳ <sup>a</sup>
عدم تلقیح	۲/۲۹ <sup>b</sup>	۰/۶۶ <sup>b</sup>	۰/۱۲ <sup>b</sup>	۰/۳۷ <sup>b</sup>	۸/۰۱ <sup>b</sup>	۰/۱۲ <sup>b</sup>	۱/۳۲ <sup>a</sup>

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، با هم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد آزمون LSD ندارند.

میکوریزا در سطح احتمال خطای یک درصد بر کاروتنوئید معنی‌دار است (جدول ۴). تلقیح میکوریزا سبب افزایش ۱۴ درصدی کاروتنوئید نسبت به عدم تلقیح قارچ میکوریزا شد (جدول ۵). افکاری نیز افزایش میزان کاروتنوئید در ذرت تلقیح شده با میکوریزا در مقایسه با عدم تلقیح را گزارش کرد (۷).

#### پروتئین دانه و عملکرد پروتئین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان پروتئین دانه تحت تأثیر قارچ میکوریزا و اختلاط زئولیت در سطح احتمال خطای یک درصد قرار گرفت ولی اثر متقابل این دو تیمار اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۴). محتوای پروتئین دانه از لحاظ کیفیت دانه حائز اهمیت زیادی است (۲). در این پژوهش بیشترین میزان پروتئین دانه (۱۰/۶۲ درصد) مربوط به تیمار ۱۵ درصد زئولیت بود که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با ۱۰ درصد نداشت و کمترین میزان پروتئین دانه به ترتیب به تیمار صفر و ۲۵ درصد زئولیت تعلق داشت (جدول ۵). به‌کار بردن زئولیت از طریق جلوگیری از هدرروی نیترژن در توده کودی سبب افزایش دسترسی گیاه

اثر تیمار قارچ میکوریزا و اختلاط زئولیت با کود دامی در سطح احتمال یک درصد بر کلروفیل b معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین مقدار کلروفیل b (۰/۸۳) میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار ۲۰ درصد زئولیت مشاهده شد که با تیمار ۱۵ و ۱۰ درصد زئولیت اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان کلروفیل b (۰/۶۲) در تیمار عدم کاربرد زئولیت به‌دست آمد (جدول ۵). در آزمایشی کاربرد زئولیت سبب افزایش غلظت کلروفیل کلزا شد (۱۵).

تلقیح میکوریزا سبب افزایش ۱۲ درصدی کلروفیل b نسبت به شاهد شد. گزارش شده است که یکی از دلایل افزایش میزان کلروفیل در گیاهان تلقیح شده با قارچ، جذب بیشتر عناصر معدنی است (۱۹). در گزارشی نشان داده شد که بالا بودن میزان کلروفیل در گیاهان تلقیح شده با قارچ، می‌تواند به‌علت وجود رابطه مثبت بین غلظت فسفر و مقدار کلروفیل گیاهان باشد (۴۱). افزایش کلروفیل b به‌واسطه کاربرد قارچ میکوریزا در این آزمایش با نتایج کریمی و همکاران (۲۰)، جهان‌دیده و همکاران (۱۸) و حاجی‌نیا و زارع (۱۶) مطابقت دارد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کاربرد قارچ



کمپوست فرآوری شده بود که به فراهمی بیشتر نیتروژن تا انتهای فصل انجامیده و رهاسازی تدریجی این عنصر در تطابق بیشتر با نیتروژن در دسترس خاک و نیاز گیاه بود. همچنین استفاده از زئولیت در فرایند تولید کمپوست سبب ایجاد شرایط تهویه‌ای مناسب‌تر، فعالیت میکروبی بهتر و حفظ عناصر غذایی آن شده و در نتیجه کیفیت کمپوست را افزایش داد. همچنین به نظر می‌رسد که تلقیح بذر با قارچ مایکوریزا و احتمالاً ایجاد شرایط مناسب برای جوانه‌زنی باعث استقرار سریع‌تر گیاهچه و بهره‌مندی بیشتر از منابع محیطی توسط گیاه شد. چنین وضعیتی باعث می‌شود که گیاه شرایط مناسب‌تری برای پر کردن دانه‌ها داشته باشد که این وضعیت همراه با افزایش عملکرد دانه نمود بیشتری می‌یابد. افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد توأم کمپوست زئولیتی و قارچ مایکوریزا و جذب بیشتر آنها توسط گیاه، در نتیجه افزایش رشد و فتوستتزی با افزایش سطح برگ گیاه از عوامل افزایش عملکرد دانه در نتیجه کاربرد تیمارهای ترکیبی است.

#### فسفر و پتاسیم دانه

اثر اصلی قارچ مایکوریزا و زئولیت در سطح احتمال یک درصد بر میزان فسفر دانه معنی‌دار شد (جدول ۴). در این آزمایش افزایش زئولیت باعث کاهش میزان فسفر دانه شد (جدول ۵). در اکثر پژوهش‌ها زئولیت در جذب نیترات و آمونیوم مؤثر است در این پژوهش نیز اثر زئولیت بر جذب نیتروژن بیشتر از فسفر بوده است.

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با تلقیح قارچ مایکوریزا میزان فسفر دانه بیشتری (۰/۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم نسبت به عدم تلقیح (۰/۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) حاصل شد (جدول ۵). قارچ‌های مایکوریزا در خاک آنزیم‌هایی ترشح می‌کنند که موجب تبدیل فسفر آلی غیر قابل جذب به فسفر قابل جذب می‌شود (۲۴ و ۲۸). در آزمایشی نشان شده است که نقش اصلی قارچ‌های مایکوریزایی تأمین فسفر برای ریشه گیاه است (۳۷). بنابراین، قارچ‌های مایکوریزا در افزایش جذب مواد

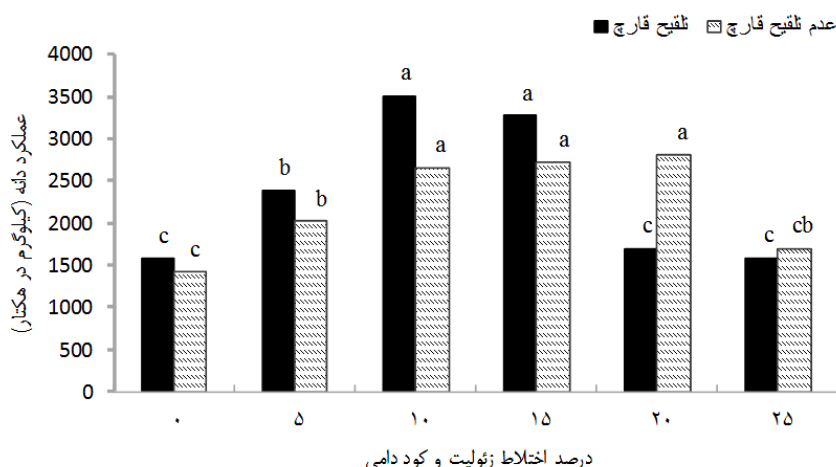
به این عنصر شده و لذا درصد پروتئین در تیمارهای به‌کارگیری زئولیت نسبت به تیمارهای بدون زئولیت بیشتر بوده است. کاهش پروتئین دانه پس از سطح ۱۵ درصد را می‌توان به کاهش سهم کود دامی در کمپوست نسبت داد. تلقیح با قارچ در مقایسه با عدم تلقیح، درصد پروتئین را حدود ۲۲ درصد افزایش داد (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تلقیح قارچ مایکوریزا و زئولیت و اثر متقابل هر دو تیمار در سطح احتمال خطای یک درصد بر عملکرد پروتئین معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین عملکرد پروتئین مربوط به تلقیح قارچ و کاربرد ۱۵ درصد زئولیت بود (شکل ۳- الف). با افزودن زئولیت به کود دامی فراهمی نیتروژن و کیفیت آن افزایش یافته و دسترسی بیشتر به نیتروژن، آب و همزیستی بهتر برای گیاه فراهم می‌شود لذا سطح برگ و مقدار فتوستتزی توسعه یافته و عملکرد دانه و درصد پروتئین افزایش می‌یابد.

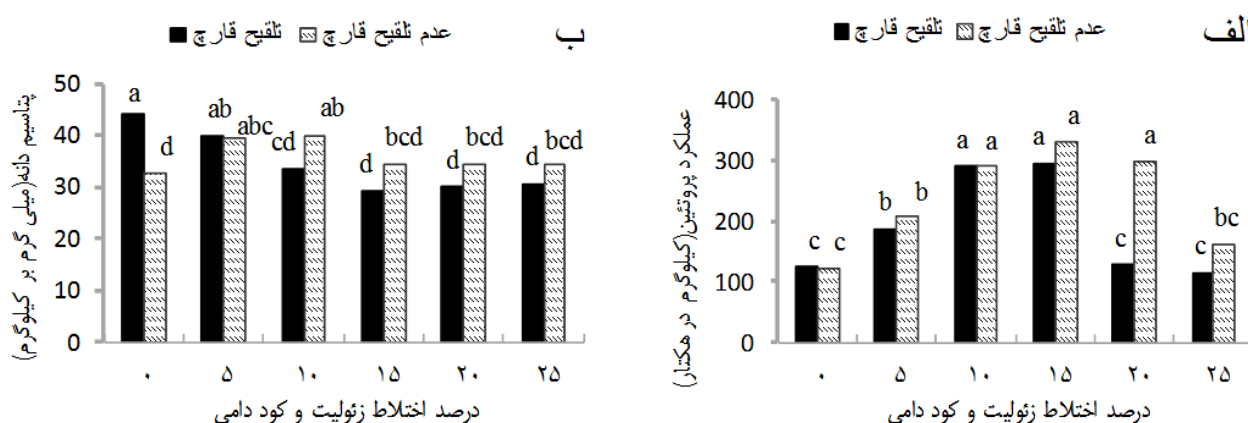
#### عملکرد دانه

در شرایط تلقیح مایکوریزا بیشترین عملکرد دانه (۳۵۱۰/۷ کیلوگرم در هکتار) به تیمار کاربرد ۱۰ درصد زئولیت و کمترین عملکرد دانه (۱۵۷۹/۶ کیلوگرم در هکتار) به تیمار عدم کاربرد زئولیت تعلق گرفت. هرچند اختلاف بین عدم کاربرد زئولیت و سطوح ۲۰ و ۲۵ درصد زئولیت معنی‌دار نبود. دلیل اصلی کاهش عملکرد دانه در سطوح بعد از ۱۰ درصد را می‌توان به کاهش مقدار کود دامی در کمپوست در این سطوح نسبت داد. در شرایط عدم کاربرد قارچ مایکوریزا برای افزایش عملکرد دانه به زئولیت بیشتری نیاز بود و با افزایش میزان زئولیت تا ۲۰ درصد عملکرد دانه افزایش یافت (شکل ۲).

تغییر در فراهمی نیتروژن عملکرد گیاه را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. مقدار نیتروژن قابل دسترس در طول فصل رشد، بر توزیع مواد فتوستتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی مؤثر بوده؛ بنابراین بر عملکرد تأثیر مستقیم دارد (۳۹). به‌نظر می‌رسد که دلیل اصلی بیشتر بودن عملکرد دانه استفاده از



شکل ۲. مقایسه میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر مایکوریزا و سطوح اختلاط زئولیت و کود دامی به روش برش‌دهی (حروف مشترک نشان‌دهنده نبودن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد آزمون LSD است).



شکل ۳. الف) مقایسه میانگین عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) و ب) پتاسیم دانه (میلی‌گرم بر کیلوگرم) تحت تأثیر مایکوریزا و سطوح اختلاط زئولیت با کود دامی به روش برش‌دهی (حروف مشترک نشان‌دهنده نبودن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد آزمون LSD است).

زئولیت بود که از نظر آماری با تیمارهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد زئولیت اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۳-ب). پژوهشگران مختلفی گزارش داده‌اند که تلقیح توسط قارچ‌های مایکوریزا هیچ‌گونه اثر معنی‌داری بر محتوا یا غلظت پتاسیم نداشت (۳ و ۲۵). با توجه به اینکه زئولیت تمایل بالایی در جذب پتاسیم از خاک و نگهداری آن دارد می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً پتاسیم توسط زئولیت تثبیت شده است.

معدنی به‌ویژه فسفر و تجمع زیست‌توده بسیاری از محصولات تأثیر مثبت دارد. اثر برهم‌کنش اختلاط زئولیت و کود دامی و قارچ مایکوریزا بر پتاسیم دانه در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). در شرایط تلقیح قارچ مایکوریزا با افزایش زئولیت میزان پتاسیم دانه کاهش یافت و در شرایط عدم کاربرد قارچ مایکوریزا بیشترین میزان پتاسیم دانه مربوط به تیمار ۱۰ درصد

## نیترژن و ماده آلی خاک

قابل ملاحظه‌ای مواجه شد (جدول ۵). احتمالاً با افزایش درصد زئولیت در کود دامی از سهم کود دامی کاسته شده و ماده آلی کاهش پیدا کرده است.

## نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر می‌توان اظهار داشت که غنی‌سازی کمپوست کودهای آلی با زئولیت باعث بهبود رشد و عملکرد کیفی می‌شود. بیشترین شاخص سطح برگ، شاخص سبزی‌نگی و عملکرد پروتئین در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا و ۱۵ درصد زئولیت به دست آمد. بیشترین میزان کلروفیل a و پروتئین دانه از تیمار ۱۵ درصد زئولیت حاصل شد در حالی که بالاترین میزان کلروفیل b مربوط به تیمار ۲۰ درصد زئولیت بود. همچنین کاربرد قارچ میکوریزا باعث افزایش صفات کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید، فسفر دانه و نیترژن خاک شد. در نهایت می‌توان اظهار کرد افزودن زئولیت به کود دامی و کاربرد قارچ میکوریزا روش مناسبی برای بهبود رشد و افزایش کیفیت در کشت و کار پایدار تریتیکاله است.

اثر تلقیح میکوریزا و اختلاط زئولیت در سطح احتمال خطای یک درصد بر نیترژن خاک معنی‌دار شد ولی اثر متقابل دو تیمار معنی‌دار نشد (جدول ۴). با افزایش مصرف زئولیت، میزان نیترژن خاک کاهش یافت (جدول ۵). حضور زئولیت در خاک با افزایش فراهمی آب و مواد غذایی همچنین افزایش کارایی و دسترسی بیشتر نیترژن، جذب آن را برای گیاه مساعدتر کرده و باعث افزایش رشد ریشه‌ها و گیاه شده است. رشد و نمو گیاه مستلزم مصرف مقدار بیشتر نیترژن بوده بنابراین در انتهای فصل در تیمارهای کاربرد زئولیت نیترژن کمتری در خاک باقی مانده است. در رابطه با کاربرد قارچ میکوریزا بیشترین افزایش درصد نیترژن خاک در اثر تلقیح با قارچ (۰/۱۴) و کمترین در اثر عدم تلقیح (۰/۱۲) به دست آمد.

اثر قارچ میکوریزا و اثر متقابل قارچ و اختلاط زئولیت بر ماده آلی خاک معنی‌دار نشد در حالی که زئولیت اثر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر این صفت داشت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن است که درصد ماده آلی خاک تا سطح ۱۵ درصد زئولیت افزایش یافت اما پس از آن با کاهش

## منابع مورد استفاده

1. Ahmadinejad, R., N. Najafi, N. Aliasgharzad and S. Oustan. 2013. Effects of organic and nitrogen fertilizers on water use efficiency, yield and the growth characteristics of wheat (*Triticum aestivum* cv. Alvand). *Water and Soil Science* 23(2): 177-194. (In Farsi).
2. Akbarian, A., A. Arzani, M. Salehi and M. Salehi. 2011. Evaluation of triticale genotypes for terminal drought tolerance using physiological traits. *The Indian Journal of Agricultural Sciences* 81(12): 1110-1115.
3. Al-Karaki, G. N. 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza* 10: 51-54.
4. Allen, M., J. T. S. Moore and M. Christensen. 1982. Phytohormone changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae: II. altered levels of gibberellin like substances and abscisic acid in the host plant. *Canadian Journal of Botany* 60(4): 468-471.
5. Amirabadi, M., F. Rejali, M. R. Ardakani and M. Borji. 2009. Effect of azotobacter and mycorrhiza inoculation on some mineral elements uptake of forage maize (Single Cultivar 704) under different phosphorus levels. *Iranian Journal of Soil Research* 23(1): 107-115. (In Farsi).
6. Ashraf, M. Y., A. R. Azmi, A. H. Khan and S. A. Ala. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat [*Triticum aestivum* L.]. *Acta Physiologia Plantarum* 16(3): 191-185.
7. Afkari, A. 2019. Effect of arbuscular mycorrhiza symbiosis on some physiological characteristics of maize (SC704) under water deficit condition. *Journal of Developmental Biology* 11(3): 75-86.
8. Bremner, J. M. 1996. Nitrogen-Total. PP. 1058-1121. In: Sparks, D. L., A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Looppert and M. E. Summer (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods*. Soil Science Society of America Book Series, No. 5, Madison, WI, USA.
9. Cudney, D. W., S. D. Wright, T. A. Shulz and J. S. Reints. 1992. Weed seed in dairy manure depends on collection

- site. *California Agriculture* 46: 31-32.
10. Den Hollander, N. G., L. Bastiaans and M. J. Kropff. 2007. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design. II. competitive ability of several clover species. *European Journal of Agronomy* 26(2): 104-112.
  11. Dwairi, I. M. 1998. Conserving toxic ammoniacal nitrogen in manure using natural zeolite tuff: a comparative study. *Bulletin of Environ Mental Contamination and Toxicology* 60(1): 126-133.
  12. Eghbal, B., B. Wienhold and J. Gilley. 2001. Intensive manure management for improved nutrient utilization and environment quality. *Soil and Water Conservation Research* 1: 128-135.
  13. Emami, A. 1996. Plant decomposition methods. Technical Journal no. 182. First Edition. Water and Soil Research Institute, Ministry of Agriculture. Tehran. (In Farsi).
  14. Esmailpour, B., P. Jalalvand and J. Hadian. 2013. Effects of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi on some morphophysiological traits and yield of savory. *Agroecology* 5(2): 169-177. (In Farsi).
  15. Gholamhoseini, M., M. Aghakhani and M. J. Malakouti. 2009. Effect of natural zeolite and nitrogen rates on canola forage quality and quantity. *Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)* 12(45): 537-548. (In Farsi).
  16. Hajiniya, S. and M. J. Zare. 2015. Effect of co-inoculation of endophytic fungus *Piriformospora Indica* and azospirillum strains on some physiological traits, nutrient absorption and grain yield of wheat (*Triticum aestivum* cv. Sardari) Under Salt Stress. *Plant Production Technology* 6(2): 149-161. (In Farsi).
  17. Hoffmann, P. C., R. R. Grummer, R. D. Shaver, G. A. Broderick and T. R. Drendel. 1991. Feeding supplemental fat and undegraded intake protein to early lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science* 74(10): 3468-3472.
  18. Jahandideh, V., M. Sepehri, A. H. Khosh Goftarmanesh, H. R. Eshghi and D. Rahmani. 2014. Investigation of the effects of piriformospora indica and pseudomonas putid fungi inoculation on growth and uptake of wheat elements in zinc deficiency conditions. *Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Sciences)*. 71(s): 191-204. (In Farsi).
  19. Jenschke, G., B. Brandes, A. J. Kuhn, W. H. Schroder, J. S. Becker and D. L. Godbold. 2000. The mycorrhizal fungus paxillus in volutes magnesium to norway spruce seedlings. Evidence from stable isotope labeling. *Plant Soil* 220: 243-246.
  20. Karimi, F., M. Sepehri, M. Afuni and M. Hajabbasi . 2015. Effect of Endophytic Fungus, *Piriformospora Indica*, on Barley Resistance to Lead. *Journal of Water and Soil Science* 19(71): 311-321.
  21. Lefcourt, A. M. and J. J. Meisinger. 2001. Effect of adding alud and zeolite to dairy slurry on ammonia volatilization and chemical composition. *Journal of Dairy Science* 84(8): 1814-1824. (In Farsi).
  22. Liang, Y. J. S., M. Nicolic, Y. Peng, Y. W. Chen and Y. Jiang. 2005. Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary salinization. *Soil Biology and Biochemistry* 37(6): 1185-1195.
  23. Malakouti, M. J. and A. Sepehr. 2004. Balanced Nutrition of Oil Crop "A Compilation of Paper". Publication Khaniran, Tehran.
  24. Marschner, H. and B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil* 159: 89-102.
  25. Mohammad, M. J., H. I. Malkawi and R. Shibli. 2003. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on growth and nutrient uptake of barley grown on soils with different levels of salts. *Journal of Plant Nutrition* 26: 125-137.
  26. Mumpton, F. 1999. La roca magica: uses of natural zeolite in agriculture and industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America* 96: 3467-3470.
  27. Niazmoradi, M., H. Kazemi and F. Ghaderifar. 2017. Investigation of yield, yield components and growth characteristics of triticale in gorgan township influenced different planting dates. *Journal of Crop Production* 10(1): 249-277. (In Farsi).
  28. Nurlaeny, N., H. Marschner and E. George. 1996. Effect of liming and mycorrhizal colonization on soil phosphate depletion and phosphate uptake by maize (*Zea Mays* L.) and soybean (*Glycine Max* L.) grown in two tropical acid. *Plant and Soil*. 181: 275-285.
  29. Ofosu-Anim, J. and M. Leitch. 2009. Relative efficacy of organic manures in spring barley *Hordeum vulgare* L. production. *Australian Journal of Crop Science* 3(1): 13-19.
  30. Philips, J. M. and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55(1): 158-161.
  31. Polat, E., M. Karaca, H. Demir and A. Naci Onus. 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research (Special Edition)* 12: 183-189.
  32. Rahimi, L., R. Ardekani, F. Pakinejad and F. Rejali. 2009. Investigating the role of mychorrhizal symbiosis in increasing drought resistance of two grain sorghum cultivars. *Journal of Agronomy and Plant Breeding* 5(1): 43-57. (In Farsi).

33. Reynolds, M. P., J. I. Ortiz-Monasterio and A. M. Cnab. 2001. Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico. D. F. Cimmyt.
34. Rushdie, M. 2012. Effect of low irrigation on physiological characteristics and oilseed yield. *Journal of Plant Physiology and Research* 14: 36 -23. (In Farsi).
35. Sadat, A., Gh. Savaghebi, F. Rejali, M. Farahbakhsh, K. Khavazi and M. Shirmardi. 2010. Effects of some arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria on the growth and yield indices of two wheat varieties in a saline soil. *Journal of Water and Soil Science (Agricultural Science and Technology)* 24(1): 53-62.
36. Salimi, H., J. Khalaghani, A. A. Ghare-daghi and H. Rahimian Mashhadi. 2008. Evaluation of weed grain viability in different layers of manure. *Journal of Pest and Diseases* 1: 103-122.
37. Turk, M. A., T. A. Assaf, K. M. Hameed and A. M. Tawaha. 2006. Significance of mycorrhizae. *World Journal of Agricultural Sciences* 2(1): 16-20.
38. Yousefvand, P., N. Sajedi and M. Mirzakhani. 2011. Effect of drought stress, zeolite and selenium on yield and yield components on sunflower. *New Finding in Agriculture* 5(3): 325-339. (In Farsi).
39. Vakilian, K. A. and J. Massah. 2017. A farmerassistant robot for nitrogen fertilizing management of greenhouse crops. *Computers and Electronics in Agriculture* 139: 153-163.
40. Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74(10): 3583-3597.
41. Zaidi, A., M. Saghir Khan and M. D. Amil. 2003. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer Arietinum* L.). *European Journal of Agronomy* 19: 15-21.

## Photosynthetic Pigments Content and Grain Quality of Triticale as Affected by Mycorrhiza and Zeolite Enriched Manure Compost

M. Makvandi<sup>1</sup>, A. Bakhshandeh<sup>2</sup>, A. Khodaei Joghani<sup>3\*</sup>, A. Moshatati<sup>3</sup>  
and M. R. Moradi Telavat<sup>4</sup>

(Received: May 31-2020; Accepted: July 18-2020)

### Abstract

In order to study the effect of mycorrhiza inoculation and zeolite-enriched manure compost on photosynthetic pigments content and qualitative properties of triticale grain, a factorial experiment in a completely randomized complete block design with four replications were conducted at Research Field of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan during 2016-2017 growing season. The experimental factors included mycorrhiza application at two levels (application and non-application of mycorrhiza), and mixing of zeolite to manure in six levels (0, 5, 10, 15, 20 and 25% w/w of zeolite/manure). According to the results, under conditions of mycorrhiza application with increasing zeolite up to 15% leaf greenness index (SPAD) increased but decreased afterwards. The highest chlorophyll a ( $2.68 \text{ mg g}^{-1}$ ) was obtained from 15% zeolite treatment and the lowest ( $1.82 \text{ mg g}^{-1}$ ) was detected in control. Mycorrhiza inoculation caused a 14% increase in carotenoid content compared to non-inoculation. Grain phosphorus content ( $0.43 \text{ mg kg}^{-1}$ ) was increased in mycorrhiza inoculation condition compared to non-inoculation ( $0.37 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Under inoculation conditions, the highest grain yield ( $3510.7 \text{ kg ha}^{-1}$ ) belonged to application of 10% zeolite. Under non-inoculation condition more zeolite was needed (in compare to inoculation treatment) to obtain the highest grain yield. The highest protein yield ( $329.97 \text{ kg ha}^{-1}$ ) was obtained from mycorrhiza inoculation treatment with 15% zeolite and the lowest protein yield ( $1152 \text{ kg ha}^{-1}$ ) was obtained from mycorrhiza inoculation treatment with 25% zeolite. Finally, the results of this study showed that the application of zeolite in manure and inoculation of mycorrhiza fungi can increase the concentration of photosynthetic pigments and grain quality of triticale.

**Keywords:** protein yield, chlorophyll content, grain phosphorus, organic fertilizer, bio-fertilizer

1. 2. 3 , 4. MSc. Graduated of Agroecology, Professor, Assistant Professor and Associate Professor, Respectively, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.

\*: Corresponding Author, Email: a.khodaei@asnrukh.ac.ir