مقاله پژوهشی

تأثیر گچ، میکوریز و کمپوست زباله جامد شهری بر ویژگی‌های دانه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بادام‌زمینی در کشت مزرعه‌ای

مریم جانبازی، حمیدرضا دورودیان*، ناصر محمدیان روشن، سید مصطفی صادقی و مجید عاشوری

گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۰۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۴/۱۴)

چکیده

بادام زمینی غنی از پروتئین و انرژی بوده و در اکثر کشورها جهت تأمین نیازهای غذایی استفاده می‌شود. در این مطالعه تأثیر گچ، کمپوست زباله جامد شهری و میکوریزا بر ویژگی‌های دانه و فعالیت کاتالاز و پراکسیداز بادام زمینی طی دو سال زراعی در قالب طرح اسپلیت پلات فاکتوریل مورد بررسی قرار گرفت. در سال زراعی اول، بیشترین تعداد غلاف (۱۲۱/۳۳ عدد در بوته)، طول دانه (۲۲/۰۷ میلی‌متر)، وزن هزار دانه (۱۱۷/۹۲ گرم)، تعداد دانه (۱۵۶/۳۳ عدد در بوته) و عملکرد دانه (۱۳۷۴۶/۲ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب با وجود میکروریزا و عدم کاربرد گچ و کمپوست، کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گچ با وجود میکوریزا و بدون کاربرد کمپوست، بدون وجود میکوریزا و کاربرد شش تن در هکتار کمپوست و با وجود میکوریزا، بدون کاربرد گچ و استفاده از چهار تن در هکتار کمپوست بدست آمد. در سال زراعی دوم، بیشترین فعالیت کاتالاز و پراکسیداز (۳۶/۱۸ و ۹۲/۲۶ واحد در میلی‌گرم پروتئین)، مقدار کلسیم و آهن دانه (۷/۴۵ و ۸۸/۵۷ میلی‌گرم در کیلوگرم)، درصد روغن (۵۴/۷۶ درصد) و درصد پروتئین (۲۷/۶۲ درصد) به‌ترتیب با وجود میکوریزا، کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گچ و هشت تن در هکتار کمپوست، با وجود میکوریزا و عدم کاربرد گچ و افزودن هشت تن در هکتار کمپوست، عدم کاربرد گچ، با وجود میکوریزا و کاربرد چهار تن در هکتار کمپوست و با وجود میکوریزا و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گچ و دو تن در هکتار کمپوست بدست آمد. در این مطالعه استفاده همزمان از کمپوست زباله جامد شهری و میکوریزا پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: بادام زمینی، عملکرد دانه، کمپوست زباله جامد شهری، گچ، میکوریزا

مقدمه

بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) یکی از گیاهانی است که بطور گسترده در دنیا کشت می‌شود. این گیاه در مناطقی بین ۴۰ درجه شمالی تا ۴۰ درجه جنوبی و در مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیر کشت می‌گردد. بادام‌زمینی بهتر است در خاک‌های لومی – شنی سبک با pH خنثی (۶/۵-۶) کشت شود و نیاز به دامنه دمایی ۲۸ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و بارندگی ۶۰۰-۵۰۰ میلی‌لیتر دارد (Prasad *et al*., 2010). بادام‌زمینی غذایی ارزان و بسیار مقوی است؛ سرشار از پروتئین (۳۶-۲۵ درصد)، کربوهیدرات (۱۵-۱۰ درصد)، فیبر، چربی غیراشباع (۵۳-۴۷ درصد)، تعداد مواد معدنی نظیر فسفر، کلسیم، منیزیم، ویتامین‌های E، B و K است (Prasad *et al*., 2010; Vijaya Kumar and Stigter, 2010). در سراسر جهان از آن به اشکال مختلف استفاده می‌شود؛ به‌عنوان آجیل بو داده، آجیل تازه،

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: agroecologist.hamid@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]

روغن بادام‌زمینی، کره بادام‌زمینی و آرد بادام‌زمینی استفاده می‌شود (Ross and de Klerk, 2012). در کشاورزی از آن به عنوان کود و خوراک دام (مواد سبز، دانه و کاه) استفاده می‌شود. بادام‌زمینی کاربردهای فراوانی داشته و به‌عنوان یک محصول سودآور جهت تجارت در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته است (Prasad *et al.*, 2010; Vijaya Kumar and Stigter, 2010).

روش‌ها و راهکارهای زیادی برای بهبود محصولات زراعی وجود دارد. یکی از این راهکارها اصلاح شیمیایی خاک است (Sharma and Minhas, 2005). استفاده از کلسیم می‌تواند خصوصیات مختلف خاک را بهبود بخشیده و به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک عمل می‌کند و می‌تواند روی رشد گیاه، بهره‌وری محصول و عملکرد تأثیر داشته باشد (Chintala *et al.*, 2010). کلسیم یکی از عناصر حیاتی در رشدونمو دانه‌های بادام‌زمینی بوده و عامل اصلی محدودکننده تولید بادام‌زمینی در بسیاری از نقاط جهان محسوب می‌شود (Norman *et al.*, 2005). وجود مقدار کافی کلسیم در خاک اطراف غلاف‌های بادام‌زمینی منجر به افزایش عملکرد، روغن دانه و محتوای پروتئین می‌شود. تعداد غلاف پوسیده کاهش یافته و جذب مواد مغذی دیگر نیز افزایش می‌یابد. وجود کلسیم کافی در خاک از سیاه‌شدن پوست و ترک‌خوردن غلاف جلوگیری کرده و مقدار آفلاتوکسین را کاهش می‌دهد. کمبود کلسیم در خاک منجر به مشکلات جدید از جمله تولید جنین سیاه در غلاف، جوانه‌زنی ضعیف بذرها و افزایش تولید آفلاتوکسین می‌شود (Ebrahim and Ashraf, 2016). ترکیباتی نظیر کلرید کلسیم ($CaCl_2.2H_2O$) و گچ ($CaSO_4.2H_2O$) می‌تواند به‌عنوان منبع مستقیم کاتیون Ca^{2+} استفاده شود؛ با این حال، گچ به‌طور معمول در دسترس بوده و نسبتاً ارزان است. گچ از طریق تأمین Ca^{2+} نقش مهمی در احیاء خاک‌ها دارد (Kitila *et al.*, 2020; Mohamed *et al.*, 2011). برخی از محققان اظهار داشتند که افزودن گچ به خاک باعث افزایش حلالیت نیتروژن، کلسیم، منیزیم، منگنز، کلر و گوگرد و کاهش حلالیت فسفر، سدیم، آهن، مس، روی و بور می‌شود که ناشی از غلظت‌های بالای یون‌های Ca^{2+} و سولفات (SO_4^{2-}) در محلول خاک است. همچنین، اگر غلظت Ca^{2+} هم در خاک کافی باشد ممکن است تأثیر منفی بر جذب منگنز، پتاسیم و منیزیم داشته باشد (Elrashidi *et al.*, 2010). گچ باعث کاهش منیزیم و پتاسیم قابل تبادل در خاک می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که گچ دسترسی و جذب پتاسیم و آهن توسط گیاه را تحت‌تأثیر قرار داده و اطلاعات اندکی در مورد آن وجود دارد (Sheikhi Shahrivar and Khademi, 2018). بررسی‌ها بیانگر آن است که اصلاح خاک با گچ به‌عنوان منبع کلسیم منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰ غلاف در بادام زمینی می‌شود (Kabir *et al.*, 2013). بنابراین، وجود کلسیم کافی در بادام زمینی می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه شود (Chalwe *et al.*, 2020).

گسترش شهرنشینی و صنعتی‌شدن باعث تجمع مقادیر عظیمی از زباله‌های شهری شده است. زباله جامد شهری بخشی از جریان زباله جامد خانه‌ها، نهادها، مؤسسات تجاری و خدمات، دفاتر و امکان عمومی و ساخت و سازها و تخریب‌ها است. زباله‌های جامد شهری به دو دسته انعطاف‌پذیر (آلی) و غیر انعطاف‌پذیر تقسیم می‌شود. مواد غیر انعطاف‌پذیر به راحتی تجزیه نمی‌شوند و عبارتند از شیشه، فلزات، منسوجات و پلاستیک‌ها. بخش آلی زباله جامد شهری پتانسیل آلودگی محیط زیست را به حداقل رسانده و مقادیر مواد زائد باقی‌مانده آن ۶۰-۴۰ درصد کمتر است. بخش تجزیه‌پذیر زباله جامد شهری به‌عنوان ذخیره خوراکی بوده و در طول فرآیند تجزیه کنترل شده (کمپوست) به سرعت مواد آلی را تثبیت کرده و برای اصلاح خاک استفاده می‌شود و موجب بهبود حاصلخیزی خاک، بافت و ظرفیت نگهداری آب می‌گردد (Ghaly and Alkoaik, 2010). استفاده از کمپوست یکی از روش‌های تبدیل زباله به کمپوست کشاورزی است که هدف آن تأمین نیازهای نیتروژن گیاهان است (Hargreaves *et al.*, 2008). کمپوست برای خاک‌هایی که حاوی مقادیر اندکی مواد آلی هستند مفید بوده و می‌تواند روی کانی‌سازی مواد مغذی و رشد گیاهان تأثیر گذارد (Hargreaves *et al.*, 2008).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]

کمپوست می‌تواند موجب کاهش سطح فلزات سنگین سمی در خاک شود (Yuksel, 2015). کودهای آلی نظیر کمپوست می‌توانند کمبود عناصر غذایی و محتوای مواد آلی خاک را بازیابی کنند که در کشت لوبیا و ذرت مشاهده شده است (Abdelhamid *et al*., 2004; Carbonell *et al*., 2011). همچنین، استفاده از کمپوست باعث افزایش فعالیت میکروبی و تنفس خاک خاک می‌شود و درنتیجه تغییرات پویایی در ساختار جامعه میکروبی و فعالیت آنزیم‌های خاک جهت تبدیل مواد مغذی و افزایش زیست‌توده میکروبی مرتبط با ریشه‌های همزیست افزایش می‌یابد (Bouzaiane *et al*., 2014). استفاده از ۱۲۰–۴۰ کیلوگرم در هکتار کمپوست موجب افزایش هدایت الکتریکی خاک، کربن آلی و نیتروژن کل، روی، سرب و مس خاک شده و جذب روی توسط گیاه را افزایش می‌دهد. یکی از خطرات استفاده از کمپوست زباله جامد شهری احتمال افزایش فلزات سنگین است که می‌تواند پیامدهای زیست‌محیطی منفی داشته باشد؛ با این حال، گزارش‌های اندکی در مورد آلودگی‌های آلی پایدار در مزارع از طریق کاربرد کمپوست زباله جامد شهری وجود دارد (Hargreaves *et al*., 2008).

قارچ میکوریزا یکی از مهمترین میکروارگانیسم‌های خاک است که می‌تواند با گیاهان همزیستی میکرویزایی را تشکیل دهد. قارچ‌های میکرویزا می‌توانند باعث بهبود رشد بسیاری از گیاهان از طریق مسیرهای مختلف نظیر افزایش جذب مواد مغذی (Zhang *et al*., 2011)، بهبود تحمل خشکی (Auge *et al*., 2015)، بهبود تحمل شوری (Evelin *et al*., 2009) و کاهش آسیب عوامل بیماری‌زا (Zhang *et al*., 2018) شوند. مطالعات روی طیف وسیعی از گیاهان نشان می‌دهد که تشکیل میکوریزا می‌تواند باعث کاهش H_2O_2، تجمع مالون دی‌آلدهید، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (Benhiba *et al*., 2015) و تجمع قند محلول در گیاهان میزبان (Yooyongwech *et al*., 2013)، تنظیم بیان ژن‌های آکواپورین هر دو همزیست (Barzana *et al*., 2014; Li *et al*., 2013)، بهبود جذب فسفر توسط میزبان (Li *et al*., 2015)، فتوسنتز برگ (Gehring *et al*., 2017)، بیوماس گیاه (Ruiz-Lozano *et al*., 2016) و تغییر خصوصیات هیدرولیکی ریشه گیاه (Zhao *et al*., 2015) می‌شود. با توجه به افزایش شهرنشینی و صنعتی‌شدن و تأثیر منفی آن ویژگی خاک و تأثیر مثبت گچ بر بهبود ویژگی‌های خاک و تأثیر مثبتقارچ میکوریزا بر بر بهبود رشد گیاه، در این مطالعه برای اولین بار تأثیر همزمان استفاده از گچ، کمپوست زباله جامد شهری و میکوریزا بر ویژگی‌های دانه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و پراکسیداز بادام‌زمینی مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

شرایط کشت و ویژگی‌های خاک: این مطالعه در زمین‌های کشاورزی شهر آستانه اشرفیه در روستای پرکاپشت (UTM ۳۹۶–۴۰۷۲۳۲–۴۱۳۱۱۹۳) در دو سال انجام گرفت. میانگین بارش سالیانه ۱۲۱۱/۳ میلی‌متر بود. حداکثر و حداقل دمای روزانه در طول فصل رشد بادام‌زمینی به‌ترتیب بین ۲۹/۷ تا ۳۷/۹ درجه سانتی‌گراد و ۲۶/۶ تا ۱۴/۶ درجه سانتی‌گراد بود. میانگین رطوبت نسبی روزانه بین ۴۵ تا ۹۱ درصد بود. برای آنالیز ویژگی‌های خاک نمونه‌برداری از عمق ۳۰ سانتی‌متری صورت گرفت. نتایج آنالیز خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. قبل از کشت بذر در مزرعه عملیات شخم و دیسک صورت گرفت. بذرهای گواهی شده بادام‌زمینی رقم NC2 از ایستگاه تحقیقات کشاورزی فخرآباد لشت نشاء تهیه گردید. برای کشت بذرها، شیارهایی با عمق ۶ سانتی‌متر ایجاد شده و بذرها در داخل شیارها قرار گرفته و با خاک پوشانده شدند. قبل از کاشت ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و پتاسم به خاک اضافه شد. همچنین، کود اوره به مقدار ۶/۷۲ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله قبل از کاشت و بعد از گلدهی به خاک اضافه شد.

اعمال تیمارهای گچ، میکوریزا و کمپوست: برای اعمال تیمارها، ۶۰ کرت به ابعاد ۳ × ۲/۵ متر مربع تهیه شد. برای جلوگیری از تداخل تیمارهای اعمال شده بین کرت‌ها فاصله قرار داده شد. علف‌های هرز بلافاصله پس از ظاهرشدن به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل مورد آزمایش در عمق ۳۰ سانتیمتری

ویژگی‌های شیمیایی		ویژگی‌های فیزیکی	
نیتروژن	۰/۰۸٪	شن	٪۳۱
فسفر	۹/۱۵ mg/kg	سیلت	٪۶۳
پتاسیم	۲۵۶/۸ mg/kg	رس	٪۶
کلسیم	۶/۴ Meq/L		
اسیدیته	۷/۲۲		
هدایت الکتریکی	۰/۲۹۷ dS/m		
کربن آلی	۰/۹۴٪		

جدول ۲- ویژگی‌های کمپوست زباله جامد شهری مورد استفاده در مطالعه

هدایت الکتریکی	۱۰/۹۳ dS/m	نیتروژن	٪ ۱/۶۶	مس	۱۸۰ mg/kg
اسیدیته	۷/۵۶	نسبت کربن:نیتروژن	۱۲/۸۴	آهن	٪ ۲/۵
مواد آلی	٪ ۳۶/۷۷	کلسیم	۲/۴ mg/kg	منگنز	۴ mg/kg
کربن آلی	٪ ۲۱/۳۲	پتاسیم	٪ ۰/۳۱	روی	۴۶ mg/kg
اندازه ذرات	۱/۱۸ mm	سدیم	۴۵۸/۲۶ mg/kg	سرب	۵۰ mg/kg
ظرفیت تبادل کاتیون	۸/۱۱ Meq/۱۰۰g	نیکل	۷ mg/kg	فسفر	٪ ۰/۰۰۱

صورت دستی وجین شدند. کمپوست زباله جامد شهری از شرکت کود آلی گیلان تهیه گردید. ویژگی‌های کمپوست زباله جامد شهری مورد استفاده در جدول ۲ نشان داده شده است. سطوح مختلف گچ شامل صفر و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و سطوح مختلف کمپوست زباله جامد شهری شامل صفر، ۲، ۴، ۶ و ۸ تن در هکتار در شرایط حضور و عدم حضور قارچ میکوریزا آربسکولار در مرحله رشد گیاه و قبل از گلدهی بکار گرفته شدند. قارچ میکوریزا آربسکولار نیز از شرکت دانش بنیان زیست‌فناور پیشتاز واریان تهیه و به‌ازای هر کیلوگرم بذر، ۱۰ گرم قارچ میکوریزا آربسکولار در یک لیتر آب و ۴۰۰ گرم شکر مخلوط و به‌مدت یک ساعت تیمار گردید.

برداشت و اندازه‌گیری شاخص‌ها: گیاهان بادام‌زمینی در مرحله بلوغ فیزیولوژیکی (رسیدگی دانه) و ۱۱۱ روز پس از کاشت برداشت شدند. گیاهان با استفاده از کج بیل از خاک خارج گردیدند. پس از شستشوی خاک شاخص‌های تعداد غلاف، تعداد دانه، طول دانه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در برگ، غلظت کلسیم و آهن در دانه و درصد روغن و پروتئین دانه اندازه‌گیری شد.

تعیین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز: فعالیت کاتالاز با استفاده از روش Lin و همکاران (۲۰۰۶) تعیین گردید. برای این منظور، ۰/۲ گرم برگ یخ زده در ۹۹۰ میکرولیتر بافر HEPES (۴- (۲- هیدروکسی اتیل)-۱- پیپرازین اتیل سولفونیک اسید) ۱۰۰ میلی‌مولار (با pH:7) حاوی PMSF (فنیل متان سولفونیک فلوراید) ۱میلی‌مولار و ۰/۰۳ گرم PVP (پلی‌وینیل پیرولیدون) همگن شد. عصاره حاصل با دور ۱۳۰۰۰ rpm در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ (بکمن، انگلیس) شد. سپس، محلول رویی برای سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز در لوله آزمایش تازه جمع‌آوری شد. فعالیت کاتالاز با اندازه‌گیری سرعت ناپدید-شدن H_2O_2 مورد سنجش قرار گرفت. دو میلی‌لیتر مخلوط سنجش واکنش حاوی ۵۰ میلی‌مولار بافر پتاسیم فسفات (pH=۷)، ۱۵ میلی‌مولار H_2O_2 و ۲۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]

بود. مقدار جذب در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و فعالیت کاتالاز توسط ضریب کاهش H_2O_2 بدست آمد (Lin *et al.*, 2006). فعالیت پراکسیداز نیز با استفاده از روش Sung و Jeng (۱۹۹۴) اندازه‌گیری شد. برگ‌های تازه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در هاون چینی به همراه تری‌کلر استیک اسید ۵ درصد همگن شده و به‌مدت ۲۰ دقیقه با دور rpm ۱۴۰۰۰ سانتریفوژ شد. محلول رویی برای تعیین فعالیت پراکسیداز در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر استفاده شد (Sung and Jeng, 1994).

اندازه‌گیری مقدار کلسیم و آهن دانه: برای این منظور، نمونه‌های آماده شده به‌صورت ذرات کمتر از ۲ میلی‌متر خرد شدند. ۰/۵ گرم از نمونه با ۶ میلی‌لیتر اسید نیتریک در مخزن هضم قرار داده شد و به‌مدت یک ساعت نگهداری شد. سپس ۲ میلی‌لیتر H_2O_2 اضافه شد و مخزن هضم در مایکروویو هضم‌کننده قرار گرفت. پس از هضم، مخزن با آب شسته شد و محلول شستشو توسط فیلتر ۰/۲۲ میکرومتر فیلتر شد. در نهایت، محتوای فلزات کلسیم و آهن با استفاده از طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP-MS) اندازه‌گیری شد. دستگاه Perkin Elmer Elan 9000 ICP-MS با نبولایزر متحدالمرکز از جنس کوارتز و لوله مشعل کوارتز یکپارچه استفاده شد.

اندازه‌گیری روغن و پروتئین دانه: دانه‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت سه روز در آون خشک شدند. برای هر نمونه، ۲۰ گرم دانه در ۵۰ میلی‌لیتر پترولیوم همگن شد. روغن با دستگاه سوکسله با استفاده از اتر پترولیوم (۴۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد) استخراج شد و به‌مدت ۴ ساعت جوشانده شد. حلال‌ها تحت فشار کاهش یافته در یک اواپراتور دوار حذف شدند. درصد روغن با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Yol *et al.*, 2017).

درصد روغن = (وزن روغن استخراج‌شده (گرم)/ وزن نمونه دانه) ×۱۰۰

درصد پروتئین نیز با استفاده از روش Lowry و همکاران (۱۹۵۱) بدست آمد. در این روش، ۵۰۰ میکرولیتر از محلول بدست آمده با ۲/۵ میلی‌لیتر محلول استخراج (۱ میلی‌لیتر سولفات مس (۱ درصد)، ۱ میلی‌لیتر سدیم پتاسیم تارتارات (۲ درصد)، ۴۹ میلی‌لیتر محلول سود ۰/۱ نرمال و ۴۹ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم ۲ درصد) مخلوط شده و بلافاصله ورتکس گردید و ۱۰ دقیقه در تاریکی و دمای اتاق نگهداری شد. سپس ۲۵۰ میکرولیتر محلول فولین رقیق شده (نسبت ۱:۱ با آب) به هر نمونه اضافه شده و ورتکس گردید. بعد از ۲۰ دقیقه میزان جذب نور در طول‌موج ۷۳۴ نانومتر خوانده شد. از محلول استاندارد آلبومین سرم گاوی برای تعیین درصد پروتئین استفاده گردید (Lowry *et al.*, 1951).

آزمایش در قالب طرح اسپیلیت پلات فاکتوریل با چهار فاکتور در سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل دو سال زراعی، سطوح مختلف گچ (صفر و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، قارچ میکوریزا (حضور و عدم حضور قارچ میکوریزا) و سطوح مختلف کمپوست زباله جامد شهری (صفر، ۲، ۴، ۶ و ۸ تن در هکتار) بود. داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS 24.0 آنالیز و مقایسه میانگین به روش آزمون توکی (HSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج

تجزیه واریانس اثرات اصلی برای صفات مختلف نشان داد که سال‌های اجرای آزمایش از نظر تعداد غلاف و دانه، وزن غلاف و دانه، عملکرد دانه، فعالیت کاتالاز و پراکسیداز، مقدار کلسیم و آهن و درصد پروتئین با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. اثر اعمال گچ نیز بر تعداد غلاف و دانه، طول دانه، عملکرد دانه، فعالیت کاتالاز و پراکسیداز، مقدار کلسیم و آهن و درصد روغن و پروتئین معنی‌دار بود. همچنین، وجود و عدم وجود قارچ میکوریزا تعداد غلاف و دانه، طول دانه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، فعالیت کاتالاز و پراکسیداز، مقدار کلسیم و آهن و درصد روغن و پروتئین را تحت‌تأثیر قرار داد. کاربرد سطوح مختلف کمپوست زباله جامد شهری نیز روی تعداد غلاف و دانه، عملکرد دانه، فعالیت کاتالاز و پراکسیداز، مقدار کلسیم و آهن و درصد روغن و پروتئین تأثیر قابل‌توجهی داشت (جدول ۳). در بین سال‌های مختلف بیشترین تعداد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر بلوک، سال زراعی، سطوح مختلف گچ، میکوریزا و سطوح مختلف کمپوست زباله جامد شهری بر صفات دانه در کشت مزرعه‌ای بادام‌زمینی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		تعداد غلاف	تعداد دانه	طول غلاف	طول دانه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
بلوک (B)	۲	۲۰۴/۴۱ ns	۴۹۶/۸۶ ns	۶/۵۴ ns	۰/۴۲ ns	۰/۲۲ ns	۱۷۷۱۴۱/۰۷ ns
سال زراعی (Y)	۱	۵۰۰۲۰/۸۳ **	۹۵۰۹۰/۷ **	۴/۰۷ ns	۴/۴۱ ns	۰/۰۰۵ ns	۵۰۳۹۳۷۶۰۸/۷ **
گچ (G)	۱	۳۲۸۶/۵۳ **	۴۲۴۸/۳۰ **	۱/۱۰ ns	۱۳/۸۷ **	۷۴/۲۶ ns	۵۵۷۰۶۶۵۲/۷ **
Y × G	۱	۴۷۲/۰۳ **	۴۸۰/۰۰ ns	۰/۳۵۲ ns	۸/۹۶ *	۰/۳۰ ns	۱۲۰۸۶۰۱۷/۰۷ **
خطای اصلی	۶	۱۱۰/۹۴	۵۵۸/۸۶	۲/۰۲	۰/۳۸۰	۸۳/۴۷	۶۵۷۷۳۵/۵۴
میکوریزا (M)	۱	۱۸۷/۵۰ *	۲۰۶۶/۷۰ **	۰/۲۱۷ ns	۶/۶۳ *	۷۲۵/۲۱ **	۳۴۷۸۲۶۱/۳۰ *
Y × M	۱	۴۸۰/۰۰ **	۴۸/۱۳ ns	۹/۸۰ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۱۰۳۸/۴۱ **	۸۳۵۱۵۵۵/۵۸ **
G × M	۱	۰/۸۳ ns	۱۲۰/۰۰ ns	۰/۴۹۴ ns	۱۶/۴۳ **	۱۹/۳۶ ns	۵۶۶۳۵۱۹/۸۰ *
Y × G × M	۱	۳/۳۳ ns	۱۸۷/۵۰ ns	۴/۸۴ ns	۷/۱۰۵ *	۱۳/۴۷ ns	۶۰۹۴۱۲/۳۹ ns
کمپوست زباله جامد شهری (C)	۴	۵۳۴/۸۰ **	۱۵۴۸/۴۹ **	۴/۰۳ ns	۱/۲۴ ns	۸۳/۴۴ ns	۷۷۷۶۷۴۴/۶۴ **
Y × C	۴	۵۹۶/۱۵ **	۱۷۵۸/۳۷ **	۰/۴۸۲ ns	۰/۹۷۶ ns	۴۳/۱۳ ns	۱۴۶۵۸۳۰۶/۲۰ **
G × C	۴	۶۲۱/۸۰ **	۱۰۹۱/۰۵ **	۰/۹۸۹ ns	۱/۳۳ *	۱۵۵/۴۷ ns	۲۸۰۸۵۶۱۲/۶۵ **
Y × G × C	۴	۴۲۳/۶۸ **	۱۲۴۸/۷۹ **	۳/۱۴۹ ns	۱/۲۲ ns	۱۹۰/۹۷ *	۶۰۷۸۹۶۴/۵۶ **
M × C	۴	۸۳۳/۴۰ **	۱۴۵۲/۷۸ **	۳/۴۲۴ ns	۴/۴۹ *	۱۹۸/۲۹ *	۶۶۳۳۸۶۴/۵۱ **
Y × M × C	۴	۸۶۰/۰۲ **	۱۱۸/۰۹ ns	۰/۶۸۹ ns	۲/۳۱ ns	۳۲۶/۰۷ **	۱۰۰۱۳۶۷۶/۴۹ **
G × M × C	۴	۸۵۰/۹۸ **	۵۰۸۶/۲۱ **	۳/۲۶۱ ns	۴/۶۴ *	۷۴/۶۷ ns	۲۸۸۹۳۷۷۲/۱۴ **
Y × G × M × C	۴	۸۵۸/۲۷ **	۳۶۵۰/۲۵ **	۳/۰۴۷ ns	۲/۷۴ ns	۲۷/۰۷ ns	۱۹۹۰۲۲۷۳/۲۷ **
خطای دوم	۷۲	۴۴/۶۰۵	۲۱۱/۵۱۶	۳/۰۸۳	۱/۵۷	۶۳/۳۸	۸۴۸۰۶۷/۵۱
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۰۵	۱۶/۴۲	۵/۲۶	۶/۱۷	۷/۶۳	۱۲/۹۳

ns غیر معنی‌دار، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

غلاف، تعداد دانه و عملکرد دانه به‌ترتیب با مقدار ۸۰/۸۵ عدد در بوته، ۱۱۶/۷۲ عدد در بوته، ۹۱۷۲/۵۰ کیلوگرم در هکتار در سال زراعی اول بدست آمد که نسبت به سال زراعی دوم به ترتیب ۲/۰۲، ۱/۹۳ و ۱/۸۱ برابر بیشتر بود. بیشترین فعالیت کاتالاز و پراکسیداز، مقدار کلسیم و آهن و درصد پروتئین به ترتیب با مقدار ۲۴/۸۳ واحد در میلی‌گرم پروتئین، ۶۲/۹۸ واحد در میلی‌گرم پروتئین، ۴/۶۱ میلی‌گرم در کیلوگرم، ۶۱/۵۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و ۲۳/۴۲ درصد در سال زراعی دوم بدست آمد که نسبت به سال زراعی اول به‌ترتیب ۱/۱۸، ۱/۲۰، ۱/۲۰، ۱/۱۹ و ۱/۰۵ برابر بیشتر بود (شکل ۱).

مقایسه میانگین تأثیر استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گچ در خاک نشان داد که بالاترین تعداد غلاف (۶۵/۶۷ عدد در بوته)، تعداد دانه (۹۴/۵۲ عدد در بوته)، عملکرد دانه (۷۸۰۴/۶۱ کیلوگرم در هکتار)، غلظت کلسیم (۵/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم)، غلظت آهن (۶۶/۹۹ گرم در کیلوگرم) و درصد روغن (۴۸/۵۱ درصد) در شرایط عدم استفاده از گچ حاصل می‌شود؛ درحالی‌که، بالاترین مقادیر طول دانه (۲۰/۷ میلی‌متر)،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]

ادامه جدول ۳-

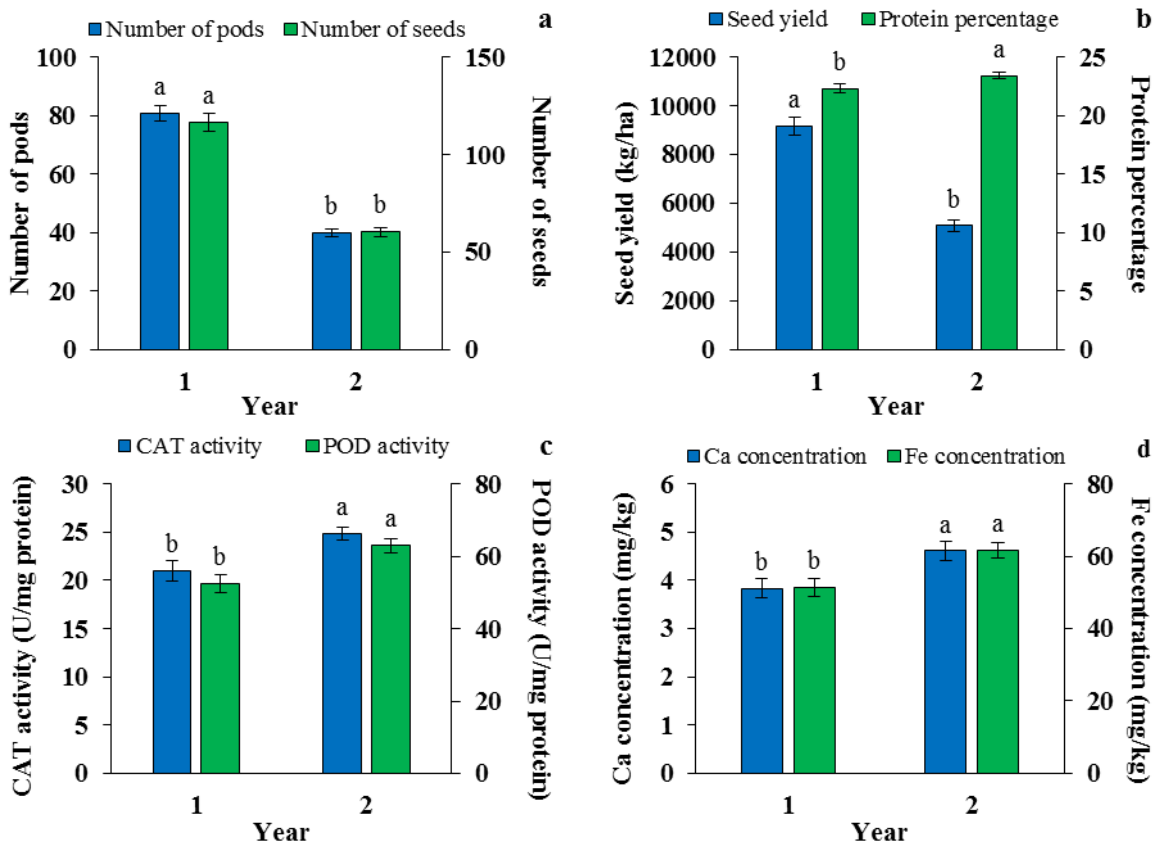
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		کاتالاز	پراکسیداز	مقدار کلسیم	مقدار آهن	درصد روغن	درصد پروتئین
بلوک (B)	۲	۵/۹۴ ns	۳۵/۴۶ ns	۰/۱۸ ns	۰/۰۰۱ ns	۲/۵۳ ns	۴/۴۰ ns
سال زراعی (Y)	۱	۴۳۹/۵۳ **	۳۳۰۳/۹۳ **	۱۸/۱۴ **	۰/۰۳۶ **	۳/۲۷ ns	۳۷/۳۶ **
گچ (G)	۱	۲۰۶۵/۶۸ **	۱۴۰۶۲/۹۷**	۷۴/۴۵ **	۰/۱۶۴ **	۳۵/۲۶ **	۱۷/۶۶ **
Y × G	۱	۳۵۱/۳۱ **	۲۲۸۲/۷۲**	۱۲/۰۱ **	۰/۰۲۶ **	۴/۸۵ ns	۰/۶۸ ns
خطای اصلی	۶	۶/۷۹	۳۳/۱۰	۰/۱۷	۰/۰۰۰۴	۷/۲۷	۱/۶۰۵
میکوریزا (M)	۱	۱۲/۲۶ *	۱۱۱/۷۹ **	۰/۶۰ **	۰/۰۰۴ **	۲۴/۲۰ *	۷۴/۳۹ **
Y × M	۱	۳۳/۹۲ **	۲۳۶/۹۴ **	۱/۳۳ **	۰/۰۰۱ *	۰/۱۷ ns	۰/۱۲ ns
G × M	۱	۰/۴۶ ns	۷/۹۴ ns	۰/۰۳ ns	۰/۰۰۱ ns	۲۴۹/۶۱ **	۶۴/۱۸ **
Y × G × M	۱	۲۱/۰۰ **	۲۱۳/۲۸ **	۱/۳۱ **	۰/۰۰۰۵ ns	۶/۵۳ ns	۱/۷۶ ns
کمپوست زباله جامد شهری (C)	۴	۶۰۹/۲۴ **	۳۳۷۲/۲۲**	۴۰/۷۸ **	۰/۱۴۳ **	۵۸/۱۸ **	۵۲/۳۶ **
Y × C	۴	۱۰/۳۶ **	۳۰۷/۱۹ **	۲/۰۸ **	۰/۰۰۳ **	۶/۷۲ ns	۷/۶۵ **
G × C	۴	۸/۳۴ *	۳۵۲/۴۸ **	۲/۹۸ **	۰/۰۰۸ **	۵۱/۷۸ **	۱۴/۸۵ **
Y × G × C	۴	۲۰/۴۶ **	۵۴/۳۷ **	۰/۴۱ **	۰/۰۰۲ **	۱۷/۸۹ **	۱/۷۹ ns
M × C	۴	۱۰/۹۲ **	۲۳۴/۸۷ **	۱/۲۹ **	۰/۰۰۲ **	۱۸۷/۴۶ **	۵۷/۴۶ **
Y × M × C	۴	۳۱/۲۴ **	۳۴/۸۳ ns	۰/۱۷ ns	۰/۰۰۰۲ ns	۲۴/۹۷ **	۲/۳۲ ns
G × M × C	۴	۱۷/۶۶ **	۱۲۲/۴۷ **	۰/۶۲ **	۰/۰۰۱ *	۱۰۶/۳۲ **	۱۴/۵۲ **
Y × G × M × C	۴	۱۱/۱۹ **	۸۵/۸۳ **	۰/۴۶ **	۰/۰۰۱ *	۱۵/۵۷ **	۱/۴۶ ns
خطای دوم	۷۲	۲/۷۰۱	۱۴/۴۶۲	۰/۰۸	۰/۰۰۰۲	۳/۷۵	۱/۱۷
ضریب تغییرات (٪)		۷/۱۷	۶/۵۹	۶/۷۰	۷/۳۰	۴/۰۴	۴/۷۳

ns غیر معنی‌دار، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

فعالیت کاتالاز (۲۷/۰۷ واحد در میلی‌گرم پروتئین)، فعالیت پراکسیداز (۶۸/۶۰ واحد در میلی‌گرم پروتئین) و درصد پروتئین (۲۳/۲۴ درصد) با افزودن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گچ به خاک مزرعه بدست می‌آید. در شرایط عدم کاربرد گچ تعداد غلاف، تعداد دانه، عملکرد دانه، غلظت کلسیم، غلظت آهن و درصد روغن نسبت به کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گچ به ترتیب ۱/۱۹، ۱/۱۴، ۱/۲۱، ۱/۴۶، ۱/۴۶ و ۱/۰۲ برابر بیشتر بود، اما با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گچ طول دانه، فعالیت کاتالاز، فعالیت پراکسیداز و درصد پروتئین به‌ترتیب ۱/۰۳، ۱/۴۴، ۱/۴۶ و ۱/۰۳ برابر افزایش یافته بود (شکل ۲).

مقایسه میانگین تأثیر وجود و عدم وجود میکوریزا نشان داد که بیشترین تعداد غلاف با میانگین ۶۱/۶۸ عدد در بوته، تعداد دانه با میانگین ۹۲/۷۲ عدد در بوته، طول دانه با میانگین ۲۰/۵۵ میلی‌متر، وزن هزار دانه با مقدار ۱۰۶/۷۹ گرم، عملکرد دانه با میانگین ۷۲۹۳/۵۲ کیلوگرم در هکتار، درصد روغن با میانگین ۴۸/۴۲ درصد و درصد پروتئین با میانگین ۲۳/۶۵ درصد در شرایط عدم حضور میکوریزا مشاهده شد که نسبت به وجود میکوریزا به‌ترتیب ۱/۰۴، ۱/۱۰، ۱/۰۲، ۱/۰۵، ۱/۰۵، ۱/۰۲ و ۱/۰۷ برابر بیشتر بود. همچنین، بالاترین فعالیت کاتالاز با میانگین ۲۳/۲۰ واحد در میلی‌گرم پروتئین، فعالیت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]

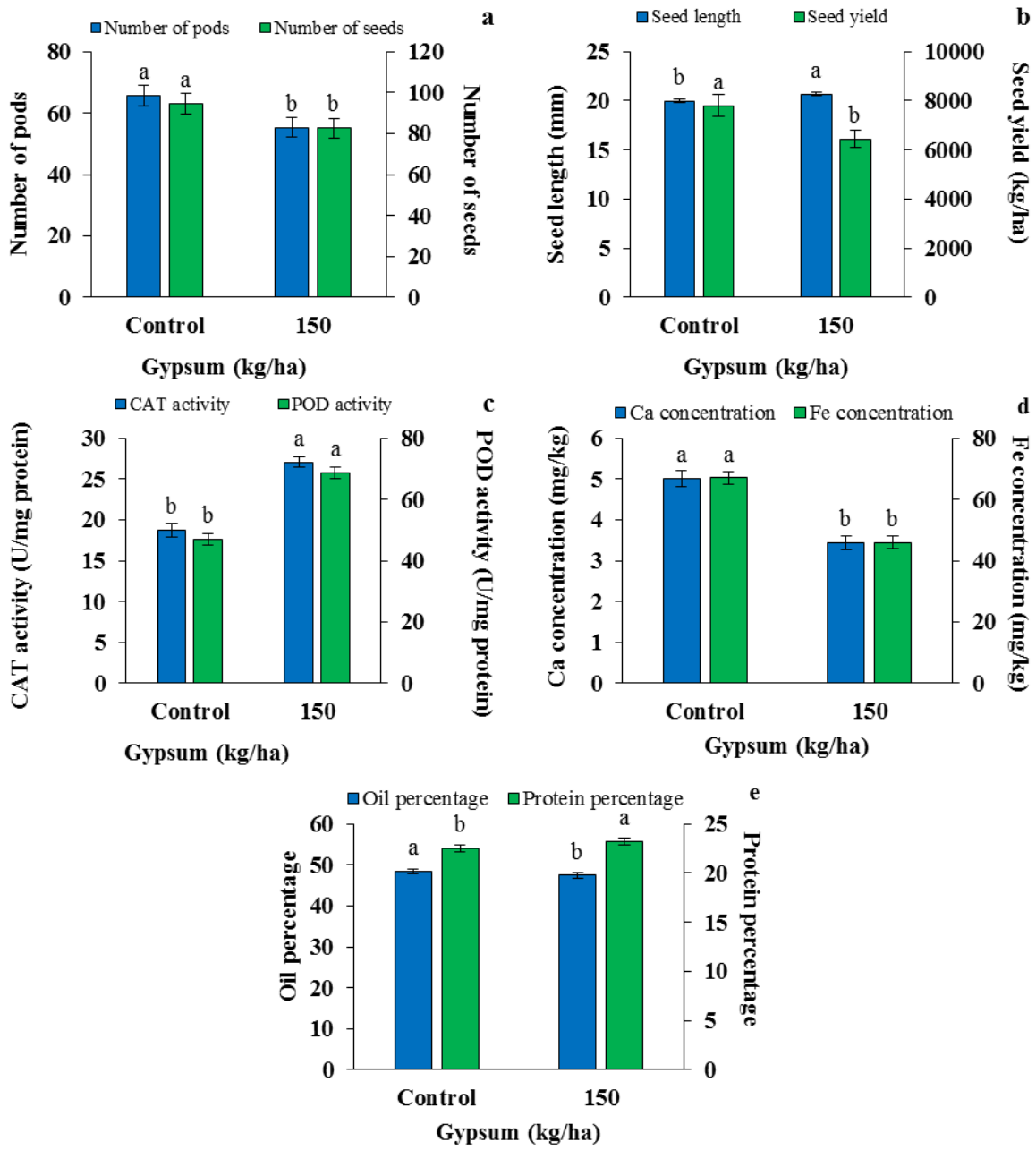


شکل ۱- تأثیر سال زراعی بر صفات اندازه‌گیری شده در کشت مزرعه‌ای بادام‌زمینی. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

پراکسیداز با میانگین ۵۸/۷ واحد در میلی‌گرم پروتئین، غلظت کلسیم با میانگین ۴/۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم و غلظت آهن با میانگین ۵۷/۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم در شرایط وجود میکوریزا بدست آمده که نسبت به عدم وجود آن ۱/۰۳، ۱/۰۳، ۱/۰۴ و ۱/۰۲ برابر بیشتر بود (شکل ۳).

مقایسه میانگین سطوح مختلف کمپوست زباله جامد شهری نشان داد که بیشترین تعداد غلاف با میانگین ۶۶/۷۵ عدد در بوته با کاربرد چهار تن در هکتار حاصل می‌شود که نسبت به شاهد، ۲، ۶ و ۸ تن در هکتار ۱/۰۴، ۱/۱۵، ۱/۱۸ و ۱/۱۸ برابر بیشتر بود. بیشترین تعداد دانه با مقدار ۹۹/۷۹ عدد در بوته در تیمار شاهد حاصل شد که بیانگر تأثیر منفی کاربرد کمپوست زباله جامد شهری بر تعداد دانه در بوته است. با کاربرد ۲، ۴، ۶ و ۸ تن در هکتار کمپوست زباله جامد شهری تعداد دانه در بوته به‌ترتیب ۱/۱۸، ۱/۰۶، ۱/۲۰ و ۱/۲۳ برابر کاهش یافته بود. بالاترین عملکرد دانه با میانگین ۷۸۸۷/۱۹ کیلوگرم در هکتار در شاهد حاصل شد که بیانگر تأثیر منفی استفاده از کمپوست زباله جامد شهری بر عملکرد دانه است. استفاده از ۲، ۴، ۶ و ۸ تن در هکتار کمپوست زباله جامد شهری به‌ترتیب باعث کاهش ۱/۱۵، ۱/۰۵، ۱/۲۲ و ۱/۱۴ برابری عملکرد دانه شده بود. از نظر فعالیت کاتالاز نتایج نشان داد که بیشترین فعالیت کاتالاز با میانگین ۲۹/۶۰ واحد در میلی‌گرم پروتئین با کاربرد ۸ تن در هکتار کمپوست زباله جامد شهری حاصل شد که نسبت به شاهد و سطوح ۲، ۴ و ۶ تن در هکتار به‌ترتیب ۱/۷۷، ۱/۵۰، ۱/۳۰ و ۱/۱۵ برابر افزایش یافته بود. بیشترین فعالیت پراکسیداز با مقدار ۷۰/۹۰ واحد در میلی‌گرم پروتئین با کاربرد ۸ تن در هکتار مشاهده شد که نسبت به شاهد و افزودن ۲، ۴ و ۶ تن در هکتار کمپوست زباله جامد شهری به‌ترتیب ۱/۷۱، ۱/۴۰، ۱/۱۹ و ۱/۰۷ برابر بیشتر بود. بیشترین غلظت کلسیم با مقدار ۵/۷۳ میلی‌گرم در کیلوگرم با کاربرد ۸ تن در هکتار کمپوست زباله جامد شهری

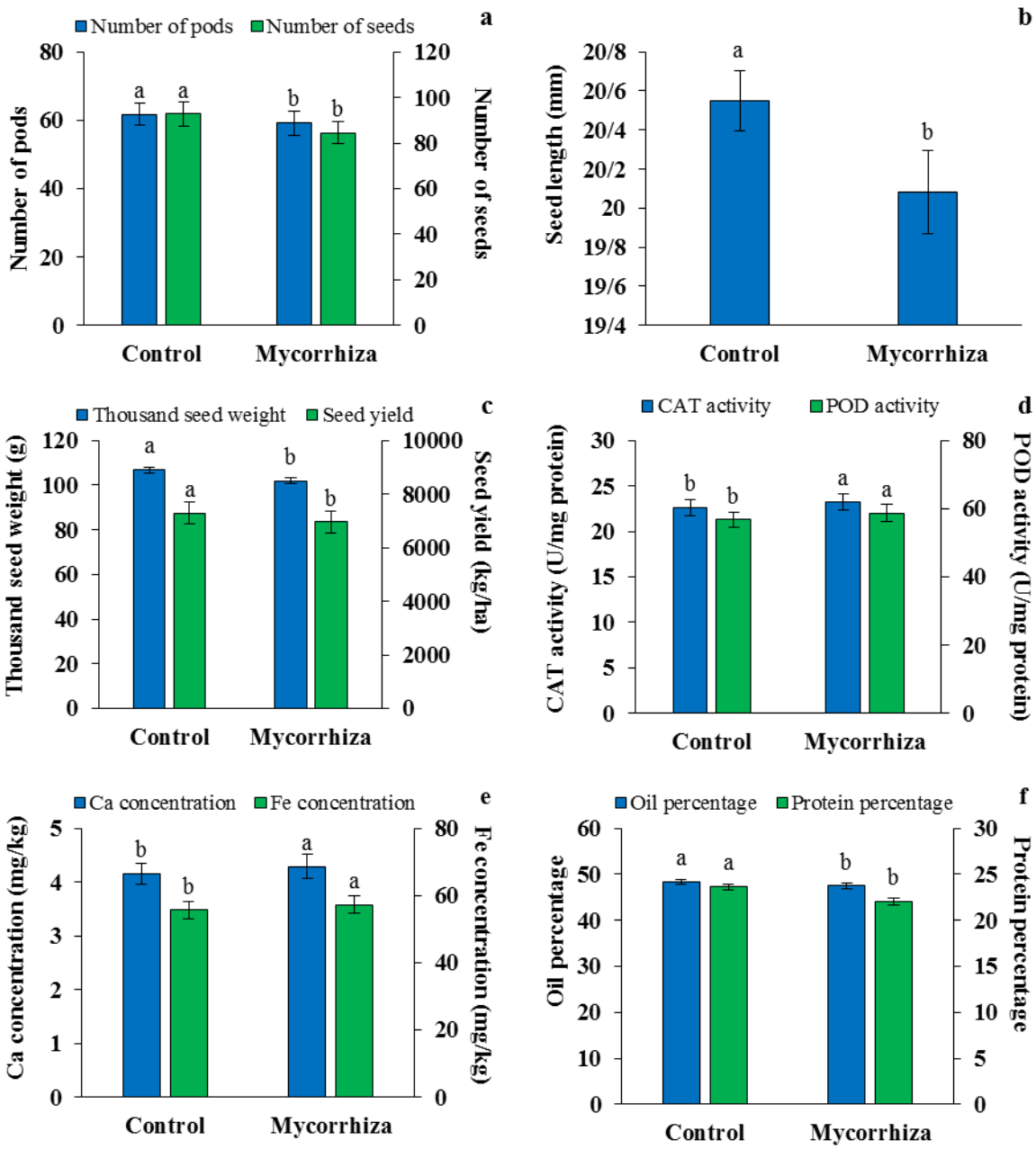
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]



شکل ۲- تأثیر گچ بر صفات اندازه‌گیری شده در کشت مزرعه‌ای بادام‌زمینی. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

به‌دست آمد که نسبت به شاهد و کاربرد ۲، ۴ و ۶ تن در هکتار کمپوست زباله جامد شهری به‌ترتیب ۲/۳۰، ۱/۶۷، ۱/۱۱ و ۱/۱۱ برابر بیشتر بود. از نظر غلظت آهن نیز بالاترین مقدار ۱/۹۵، ۱/۳۱، ۱/۱۳ و ۱/۰۱ درصد بیشتر بود. بالاترین درصد روغن با میانگین ۴۹/۶۵ درصد در ۴ تن در هکتار کمپوست زباله جامد شهری حاصل شد که نسبت به شاهد و استفاده از (۶۸/۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار ۸ در هکتار کمپوست زباله جامد شهری بدست آمد که نسبت به شاهد و کاربرد ۲، ۴، و ۶ تن در هکتار به‌ترتیب ۲، ۶ و ۸ تن در هکتار کمپوست زباله جامد شهری به‌ترتیب باعث افزایش ۱/۰۰۱، ۱/۰۵، ۱/۰۶ و ۱/۰۷ برابری شده بود. بیشترین درصد پروتئین با مقدار ۲۵/۰۰ درصد با کاربرد ۲ تن

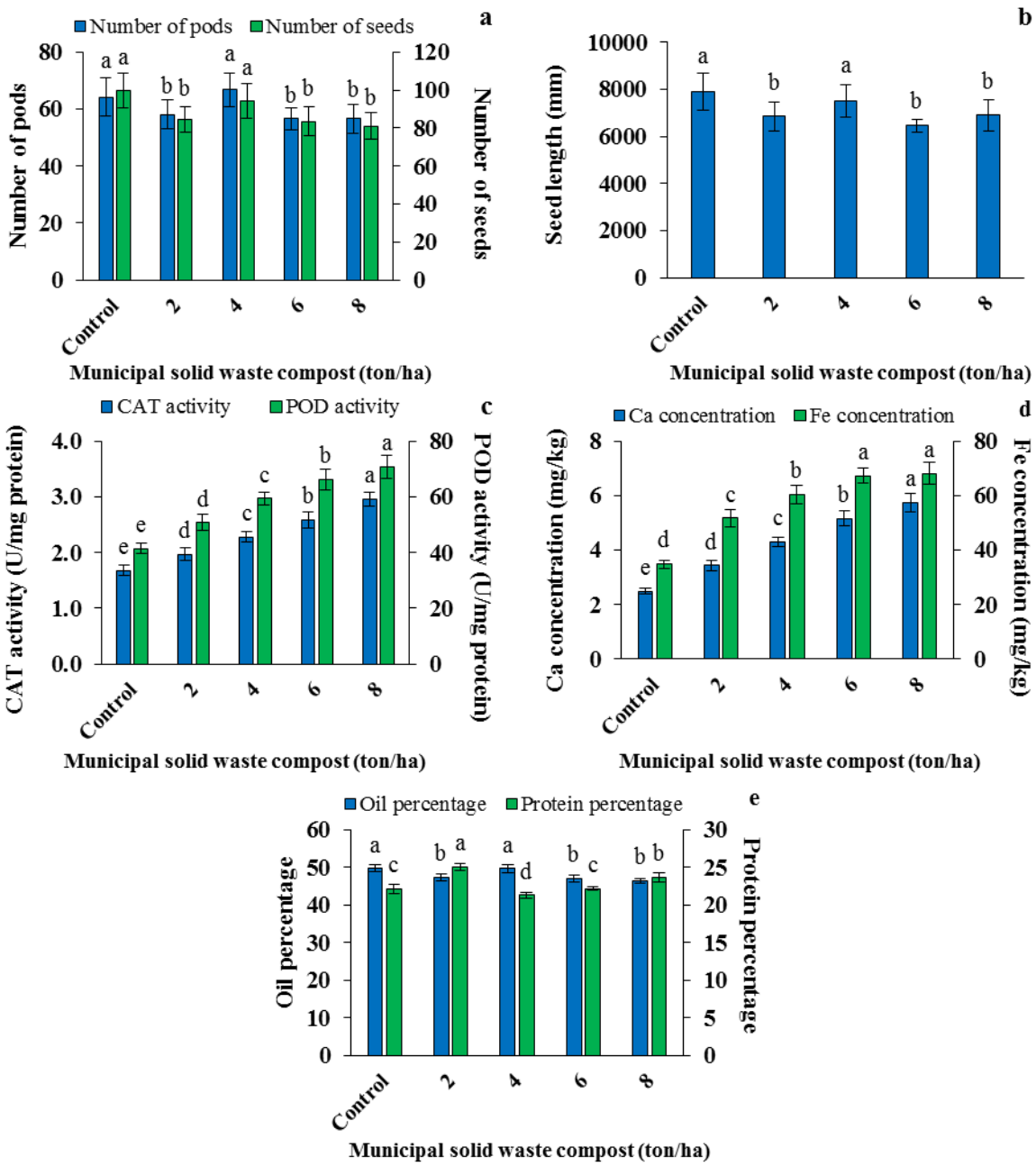
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]



شکل ۳- تأثیر میکوریزا بر صفات اندازه‌گیری شده در کشت مزرعه‌ای بادام‌زمینی. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

در هکتار کمپوست زباله جامد شهری بدست آمد که نسبت به شاهد و کاربرد ۴، ۶ و ۸ تن در هکتار کمپوست زباله جامد شهری ترتیب ۱/۱۳، ۱/۱۷، ۱/۱۳ و ۱/۰۵ برابر بیشتر بود (شکل ۴). نتایج آنالیز تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سال زراعی و گچ تأثیر معنی‌داری روی تعداد غلاف، طول دانه، عملکرد دانه، فعالیت کاتالاز و پراکسیداز، مقدار کلسیم و آهن دانه و درصد روغن و پروتئین دانه دارد. اثر متقابل سال زراعی و میکوریزا نیز تأثیر قابل‌توجهی روی تعداد غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، فعالیت کاتالاز و پراکسیداز، مقدار کلسیم و مقدار آهن دانه داشت. اثر متقابل گچ و میکوریزا تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر طول دانه، عملکرد دانه، درصد روغن و درصد پروتئین دانه داشت. اثر متقابل سال زراعی و سطوح

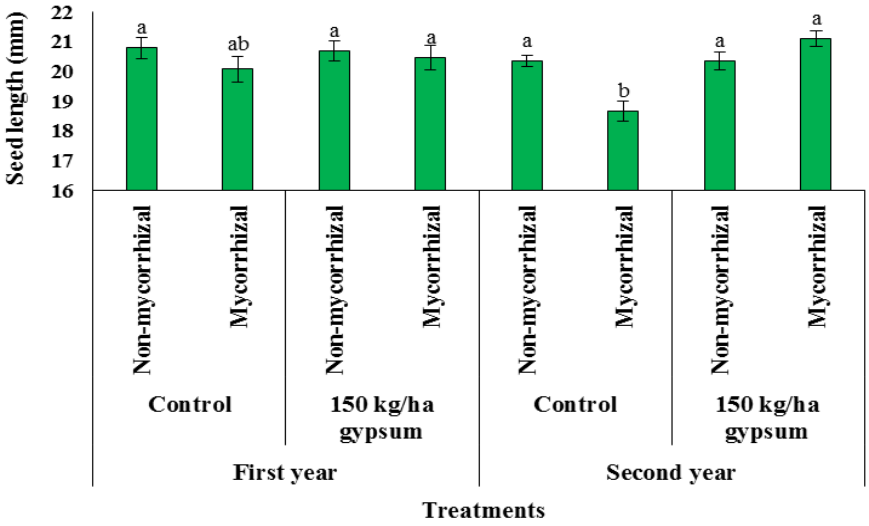
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]



شکل ۴- تأثیر سطوح مختلف کمپوست زباله جامد شهری بر صفات اندازه‌گیری شده در کشت مزرعه‌ای بادام زمینی. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

کمپوست زباله جامد شهری نیز تعداد غلاف، تعداد دانه، عملکرد دانه، فعالیت کاتالاز و پراکسیداز، مقدار کلسیم و آهن دانه و درصد پروتئین دانه را به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر قرار داده بود. اثر متقابل گچ و کمپوست زباله جامد شهری نیز تأثیر فراوانی روی تعداد غلاف، تعداد دانه، طول دانه، عملکرد دانه، فعالیت کاتالاز و پراکسیداز، مقدار کلسیم و آهن دانه و درصد روغن و پروتئین دانه برداشت داشت. درنهایت، اثر متقابل میکوریزا و کمپوست زباله جامد شهری نیز تأثیر قابل‌توجهی روی کلیه شاخص‌های مورد ارزیابی غیر از طول غلاف داشت. بین اثرات سه جانبه مورد بررسی، اثر متقابل سال زراعی، گچ و میکوریزا روی تعداد غلاف، طول دانه، فعالیت کاتالاز و پراکسیداز و مقدار کلسیم دانه؛ اثر متقابل سال زراعی، گچ و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]



شکل ۵- تأثیر سال زراعی، گچ و میکوریزا روی طول دانه در کشت مزرعه‌ای بادام زمینی. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

کمپوست زباله جامد شهری روی تعداد غلاف، تعداد دانه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، فعالیت کاتالاز و پراکسیداز، مقدار کلسیم و آهن دانه و درصد روغن دانه؛ اثر متقابل سال زراعی، میکوریزا و کمپوست زباله جامد شهری روی تعداد غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه فعالیت کاتالاز و درصد روغن دانه؛ و اثر متقابل گچ، میکوریزا و کمپوست زباله جامد شهری روی تعداد غلاف، تعداد دانه، طول دانه، عملکرد دانه، فعالیت کاتالاز و پراکسیداز، مقدار کلسیم و آهن دانه و درصد روغن و پروتئین دانه تأثیر معنی‌داری داشتند. اثر متقابل چهار جانبه سال زراعی، گچ، میکوریزا و کمپوست زباله جامد شهری نیز تأثیر معنی‌داری روی تعداد غلاف، تعداد دانه، عملکرد دانه، فعالیت کاتالاز و پراکسیداز، مقدار کلسیم و آهن دانه و درصد روغن دانه داشت (جدول ۳).

بطورکلی، بیشترین تعداد غلاف با میانگین ۱۲۱/۳۳ عدد در بوته در سال زراعی اول با وجود میکروریزا و عدم کاربرد گچ و کمپوست زباله جامد شهری حاصل شد. بیشترین طول دانه با مقادیر ۲۱/۱۱ و ۲۲/۰۷ میلی‌متر به‌ترتیب در سال زراعی دوم، با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گچ و با وجود میکوریزا و با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گچ با وجود میکوریزا و بدون کاربرد کمپوست زباله جامد شهری حاصل شد (شکل ۵ و جدول ۵). بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ۱۱۷/۹۲ و ۱۱۲/۰۷ گرم به‌ترتیب در سال زراعی اول بدون وجود میکوریزا و کاربرد ۶ تن در هکتار کمپوست زباله جامد شهری و سال زراعی اول با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گچ و ۸ تن در هکتار کمپوست زباله جامد شهری بدست آمد (جدول ۴). بیشترین تعداد دانه در بوته (۱۵۶/۳۳ عدد در بوته)، عملکرد دانه (۱۳۷۴۶/۲ کیلوگرم در هکتار) در سال زراعی اول، با وجود میکوریزا، بدون کاربرد گچ و استفاده از ۴ تن در هکتار کمپوست زباله جامد شهری بدست آمد. بیشترین فعالیت کاتالاز و پراکسیداز با مقدار ۳۶/۱۸ و ۹۲/۲۶ واحد در میلی‌گرم پروتئین در سال زراعی دوم با وجود میکوریزا، افزودن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گچ و ۸ تن در هکتار کمپوست زباله جامد شهری به خاک مشاهده شد. بیشترین مقدار کلسیم و آهن دانه با مقادیر ۷/۴۵ و ۸۸/۵۷ میلی‌گرم در کیلوگرم در سال زراعی دوم با وجود میکوریزا و عدم کاربرد گچ و افزودن ۸ تن در هکتار حاصل شد. بالاترین درصد روغن (۵۴/۷۶ درصد) در سال زراعی دوم در شرایط عدم کاربرد گچ، با وجود میکوریزا و کاربرد ۴ تن در هکتار کمپوست زباله جامد شهری حاصل گردید (جدول ۶). بالاترین درصد پروتئین با میانگین ۲۷/۶۲ درصد با وجود میکوریزا و کاربرد ۱۵۰

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]

جدول ۴- تأثیر سال زراعی، سطوح گچ و کمپوست زباله جامد شهری روی وزن هزار دانه و درصد مغزدهی در کشت مزرعه‌ای بادام زمینی

تیمار		وزن هزار دانه (گرم)		تیمار		وزن هزار دانه (گرم)	
گچ (کیلوگرم در هکتار)	کمپوست زباله جامد شهری (تن در هکتار)	سال زراعی اول	سال زراعی دوم	میکوریزا	کمپوست زباله جامد شهری (تن در هکتار)	سال زراعی اول	سال زراعی دوم
صفر	صفر	۹۸/۷۸±۶/۶۳^{b}	۱۰۲/۹۲±۲/۴۴^{b}	بدون میکوریزا	صفر	۱۰۷/۰۷±۴/۶۴ ^{ab}	۱۰۳/۴۲±۲/۵۶^{ab}
	۲	۱۰۵/۹۷±۲/۸۳^{b}	۱۰۲/۳۸±۲/۰۰^{b}		۲	۱۰۶/۰۲±۴/۷۹ ^{ab}	۱۰۲/۲۲±۲/۰۱^{ab}
	۴	۱۰۴/۰۰±۲/۸۸^{b}	۱۰۴/۵۵±۱/۵۰^{b}		۴	۱۰۶/۸۰±۴/۳۱ ^{ab}	۱۰۴/۰۸±۱/۳۲ ^{ab}
	۶	۱۰۸/۰۵±۹/۲۰^{b}	۱۰۲/۱۲±۱/۵۹^{b}		۶	۱۱۷/۹۲±۵/۰۱ ^{a}	۱۰۲/۹۳±۱/۳۵ ^{ab}
	۸	۱۰۱/۲۰±۱/۳۴^{b}	۱۰۵/۴۷±۳/۰۰^{b}		۸	۱۱۰/۸۸±۴/۲۶ ^{ab}	۱۰۶/۵۵±۲/۷۷ ^{ab}
۱۵۰	صفر	۱۰۷/۷۰±۴/۷۰^{b}	۱۰۴/۱۲±۲/۴۱^{b}	با میکوریزا	صفر	۹۹/۴۲±۶/۸۳ ^{bc}	۱۰۳/۶۲±۲/۳۰ ^{ab}
	۲	۱۰۲/۲۷±۴/۳۵^{b}	۱۰۲/۲۵±۱/۹۶^{b}		۲	۱۰۲/۲۲±۱/۹۸ ^{ab}	۱۰۲/۴۲±۱/۹۵ ^{ab}
	۴	۱۰۸/۹۵±۴/۶۸^{b}	۱۰۱/۵۲±۱/۳۲^{b}		۴	۱۰۶/۱۵±۳/۷۵ ^{ab}	۱۰۱/۹۸±۱/۶۵ ^{abc}
	۶	۹۴/۳۸±۶/۵۶^{b}	۱۰۷/۰۰±۱/۵۸^{b}		۶	۸۴/۵۲±۳/۱۳ ^{c}	۱۰۶/۱۸±۲/۱۲ ^{ab}
	۸	۱۱۲/۰۷±۳/۷۱^{a}	۱۱۰/۹۲±۲/۸۳^{b}		۸	۱۰۲/۳۸±۱/۳۹ ^{ab}	۱۰۹/۸۳±۳/۳۵ ^{ab}

حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۵- تأثیر سطوح گچ، کمپوست زباله جامد شهری و میکوریزا روی عرض غلاف، طول دانه و درصد مغزدهی در کشت مزرعه‌ای بادام زمینی

تیمار		طول دانه (میلی‌متر)		درصد پروتئین	
گچ (کیلوگرم در هکتار)	کمپوست زباله جامد شهری (تن در هکتار)	بدون میکرویزا	با میکوریزا	بدون میکروویزا	با میکوریزا
صفر	صفر	۲۰/۷۲±۰/۳۲ ^{abc}	۱۹/۱۲±۰/۶۹ ^{bc}	۲۵/۹۲±۰/۳۷ ^{ab}	۱۹/۸۸±۰/۴۹ ^{hij}
	۲	۲۱/۳۸±۰/۳۴ ^{ab}	۱۹/۱۳±۰/۹۰ ^{bc}	۲۵/۷۷±۰/۴۲ ^{b}	۲۲/۲۹±۰/۵۹ $^{d-g}$
	۴	۲۰/۷۳±۰/۵۳ ^{abc}	۲۰/۲۵±۰/۵۰ ^{abc}	۲۰/۰۷±۰/۳۴ ^{hij}	۲۲/۴۷±۰/۸۳ $^{d-g}$
	۶	۲۰/۸۲±۰/۳۱ ^{abc}	۱۸/۵۵±۰/۵۲ ^{c}	۲۲/۰۷±۰/۴۶ $^{d-g}$	۲۱/۴۵±۰/۶۳ ^{fgh}
	۸	۱۹/۲۵±۰/۳۱ ^{bc}	۱۹/۸۰±۰/۶۴ ^{abc}	۲۶/۱۴±۰/۴۱ ^{ab}	۱۸/۷۰±۰/۳۸ ^{j}
۱۵۰	صفر	۱۹/۸۰±۰/۲۵ ^{abc}	۲۲/۰۷±۰/۲۱ ^{a}	۲۳/۳۲±۰/۶۶ ^{cde}	۱۹/۵۳±۱/۰۳ ^{ij}
	۲	۲۰/۸۷ ±۰/۵۰ ^{abc}	۲۰/۱۷± ۰/۳۱ ^{abc}	۲۴/۴۰ ± ۰/۴۲ ^{bc}	۲۷/۶۲ ± ۰/۵۶ ^{a}
	۴	۲۱/۱۰± ۰/۴۴ ^{abc}	۲۰/۲۷± ۰/۷۹ ^{abc}	۲۰/۷۱ ± ۰/۷۳ ^{ghi}	۲۱/۹۰ ± ۰/۴۱ ^{efg}
	۶	۲۰/۲۷± ۰/۵۸ ^{abc}	۲۰/۴۲± ۰/۶۴ ^{abc}	۲۲/۰۷ ± ۰/۷۵ $^{d-g}$	۲۳/۱۱ ± ۰/۴۲ $^{c-f}$
	۸	۲۰/۵۷± ۰/۷۲ ^{abc}	۲۱/۰۳± ۰/۳۱ ^{abc}	۲۵/۹۹ ± ۰/۳۸ ^{ab}	۲۳/۷۸ ± ۰/۵۳ ^{cd}

حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]

جدول ۶- تأثیر سال زراعی، سطوح گچ، کمپوست زباله جامد شهری و میکوریزا روی تعداد غلاف، دانه، وزن غلاف و دانه، عملکرد و بیوماس دانه و شاخص برداشت در کشت مزرعه‌ای بادام زمینی

سال زراعی	گچ (کیلوگرم در هکتار)	میکوریزا	کمپوست زباله جامد شهری (تن در هکتار)	تعداد غلاف (عدد در بوته)	تعداد دانه (عدد در بوته)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	فعالیت کاتالاز
اول	صفر	بدون میکوریزا	صفر	۹۷/۰۰±۴/۳۶ bcd	۱۴۴/۶۷±۲/۳۳ abc	۱۲۶۰۱/۹±۲۱۰/۶ ab	۱۰/۱۲± ۰/۱۴ q
			۲	۸۷/۰۰± ۳/۰۰ b-g	۱۳۴/۶۷±۶/۰۱ a-e	۱۱۷۷۵/۰±۱۲۳/۳ abc	۱۱/۱۵ ± ۰/۴۷ q
			۴	۹۸/۶۷± ۴/۶۷ abc	۱۳۶/۶۷±۶/۱۲ a-d	۱۱۲۲۹/۱±۲۱۱/۴ a-e	۱۴/۴۲ ± ۰/۷۲ op
			۶	۸۸/۶۷± ۸/۹۵ b-g	۱۵۳/۶۷±۲۷/۶۴ a	۸۴۶۰/۲± ۴۹۱/۶ d-i	۱۴/۶۱± ۱/۰۰ nop
			۸	۶۵/۶۷ ± ۲/۹۶ g-l	۶۰/۰۰ ± ۲/۸۸ hij	۷۷۶۴/۷± ۹۷۵/۹ f-j	۲۸/۲۶± ۰/۶۲ def
		با میکوریزا	صفر	۱۲۱/۳۳ ± ۶/۶۴ a	۱۵۵/۳۳ ± ۸/۶۶ a	۱۳۲۷۰/۸± ۱۰۲/۵ a	۹/۵۸ ± ۰/۷۱ q
			۲	۷۵/۳۳ ± ۸/۳۵ c-i	۹۸/۶۷± ۳/۷۶ b-h	۶۴۷۶/۰±۸۹۷/۶ h-n	۱۱/۵۸ ± ۰/۶۱ pq
			۴	۹۱/۶۷ ± ۳/۷۱ b-f	۱۵۶/۳۳ ± ۵/۲۴ a	۱۳۷۴۶/۲± ۳۲۵/۴ a	۱۹/۱۹±۲/۶۷ klm
			۶	۷۱/۰۰ ± ۵/۲۰ e-j	۸۹/۰۰ ± ۲/۶۴ d-j	۶۶۷۱/۸±۳۰۸/۶ h-n	۱۵/۳۱ ± ۱/۱۵ no
			۸	۸۴/۳۳± ۵/۴۶ c-h	۱۱۷/۶۷±۱۰/۷۴ a-f	۹۷۱۶/۷±۹۲۶/۱ b-g	۱۷/۲۳±۲/۰۵ mno
	۱۵۰	بدون میکوریزا	صفر	۶۷/۳۳± ۲/۶۰ g-k	۱۴۳/۶۷±۲۶/۱۹ abc	۶۵۰۴/۱±۱۰۲۷/۴ h-n	۲۰/۴۸± ۰/۴۸ j-m
			۲	۴۶/۳۳± ۱/۲۰ k-q	۶۲/۶۲ ± ۶/۴۴ g-j	۴۴۸۲/۱± ۲۹۲/۹ l-o	۲۱/۰۴± ۰/۸۳ ijk
			۴	۱۰۹/۶۷±۱۰/۶۸ ab	۱۴۷/۶۷±۱۶/۵۹ ab	۸۴۱۳/۳± ۹۵۰/۱ e-i	۲۶/۷۳± ۰/۰۸ efg
			۶	۵۱/۰۰ ± ۵/۱۳ j-q	۷۴/۶۷ ± ۳/۸۴ f-j	۶۴۸۶/۳±۱۶۴/۸ h-n	۳۱/۹۱ ± ۱/۷۵ bc
			۸	۸۹/۶۷± ۴/۶۳ b-g	۱۴۴/۰۰±۱۱/۳۷ abc	۱۳۰۷۳/۱±۱۱۸۱/۳ a	۳۳/۴۵ ± ۲/۸۲ ab
		با میکوریزا	صفر	۶۷/۳۳± ۵/۰۴ g-k	۹۴/۳۳ ± ۱/۴۵ c-i	۹۰۸۹/۹±۵۷۹/۳ c-h	۱۹/۹۴± ۰/۰۹ j-m
			۲	۹۵/۰۰ ± ۱/۵۳ b-e	۱۲۹/۳۳± ۵/۶۱ a-e	۱۱۳۹۸/۸±۲۱۶/۵ a-d	۲۳/۷۸± ۰/۴۱ ghi
			۴	۶۸/۶۷ ± ۳/۱۸ f-k	۹۵/۰۰ ± ۵/۵۱ c-i	۷۵۸۲/۵± ۳۹۶/۱ f-k	۲۶/۳۲± ۰/۲۷ efg
			۶	۶۸/۳۳ ± ۶/۸۴ f-k	۱۱۲/۳۳±۸/۱۱ a-g	۷۵۹۹/۲± ۴۵۷/۹ f-k	۳۱/۹۵ ± ۰/۳۴ bc
			۸	۷۳/۰۰ ± ۳/۰۰ d-j	۸۴/۰۰ ± ۱/۷۳ e-j	۷۱۰۹/۱±۳۵۶/۰ f-m	۳۳/۰۶ ± ۰/۵۸ b

حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

کیلوگرم در هکتار گچ و ۲ تن در هکتار کمپوست زباله جامد شهری بدست آمد (جدول ۵).

بحث

مطالعات نشان می‌دهد که کشت مداوم گیاهچه‌های بادام‌زمینی موجب کاهش قابل‌توجه فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، فتوسنتز برگ و کاهش زیست‌توده و عملکرد گیاه می‌شود (Liu *et al.*, 2015). همان‌طور که نتایج این مطالعه نشان داد، کشت بادام‌زمینی در دو سال زراعی متوالی موجب کاهش تعدادی از شاخص‌های مورد ارزیابی شده بود که با نتایج مطالعه انجام‌شده توسط Li و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد.

برخی مطالعات نشان داده‌اند که عملکرد بادام‌زمینی با استفاده از کودهای سولفور و کلسیم نظیر سوپرفسفات، سولفور، گچ و همچنین سولفات آمونیوم در خاک‌های قلیایی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]

ادامه جدول ۶-

سال زراعی	گچ (کیلوگرم در هکتار)	میکوریزا	کمپوست زباله جامد شهری (تن در هکتار)	فعالیت پراکسیداز	مقدار کلسیم	مقدار آهن	درصد روغن
اول	صفر	بدون میکوریزا	صفر	۲۶/۲۱ ± ۱/۳۱ ^{p}	۲/۹۱ ± ۰/۰۱ ^{lmn}	۴۰/۸۲ ± ۰/۱۲ ^{lm}	۴۵/۳۹ ± ۰/۵۸ $^{j-n}$
			۲	۲۶/۵۷ ± ۱/۸۲ ^{p}	۴/۱۱ ± ۰/۳۴ ^{hij}	۶۲/۰۴ ± ۵/۲۳ ^{hji}	۴۳/۰۳ ± ۱/۶۳ $^{l-q}$
			۴	۶۱/۰۵ ± ۱/۳۴ ^{hij}	۴/۹۸ ± ۰/۲۷ ^{ef}	۷۷/۸۶ ± ۱/۸۲ ^{bcd}	۵۰/۷۱ ± ۰/۷۳ $^{b-g}$
			۶	۴۰/۰۸ ± ۰/۵۵ ^{mn}	۶/۳۰ ± ۰/۱۵ ^{d}	۷۴/۴۴ ± ۱/۸۲ $^{c-g}$	۵۲/۰۲ ± ۰/۸۸ $^{a-d}$
			۸	۴۰/۱۵ ± ۱/۶۸ ^{mn}	۶/۱۲ ± ۰/۲۴ ^{d}	۷۲/۷۰ ± ۲/۸۶ $^{d-h}$	۴۵/۹۸ ± ۰/۸۵ $^{i-m}$
		با میکوریزا	صفر	۳۴/۸۹ ± ۴/۸۶ ^{mno}	۲/۸۶ ± ۰/۰۳ ^{lmn}	۴۰/۲۰ ± ۰/۴۱ ^{lm}	۵۴/۳۱ ± ۰/۷۰ ^{ab}
			۲	۳۱/۳۲ ± ۳/۷۳ ^{op}	۴/۰۶ ± ۰/۰۷ ^{hij}	۶۱/۳۰ ± ۵/۸۳ ^{ij}	۴۷/۹۷ ± ۱/۱۴ $^{e-k}$
			۴	۳۳/۰۷ ± ۲/۴۸ ^{nop}	۴/۹۹ ± ۰/۰۵ ^{ef}	۷۵/۸۱ ± ۰/۳۳ $^{c-f}$	۵۳/۴۳ ± ۰/۵۳ ^{abc}
			۶	۳۷/۹۵ ± ۲/۸۱ ^{mno}	۶/۱۳ ± ۰/۰۳ ^{d}	۷۴/۵۳ ± ۰/۸۰ $^{c-g}$	۳۹/۹۱ ± ۰/۷۳ ^{q}
			۸	۴۱/۶۷ ± ۲/۲۰ ^{lm}	۶/۹۱ ± ۰/۱۲ ^{bc}	۸۲/۱۸ ± ۵/۸۸ ^{abc}	۴۸/۷۳ ± ۱/۲۵ $^{d-j}$
	۱۵۰	بدون میکوریزا	صفر	۴۸/۶۰ ± ۰/۱۵ ^{kl}	۱/۵۹ ± ۰/۰۸ ^{q}	۲۲/۰۲ ± ۱/۱۰ ^{q}	۴۵/۸۷ ± ۰/۲۵ $^{j-m}$
			۲	۶۰/۸۲ ± ۵/۱۳ ^{hij}	۱/۸۳ ± ۰/۱۲ ^{pq}	۲۷/۱۰ ± ۱/۸۶ ^{pq}	۵۱/۹۹ ± ۰/۹۳ $^{a-d}$
			۴	۶۸/۹۲ ± ۳/۷۸ ^{efg}	۴/۴۲ ± ۰/۱۰ ^{ghi}	۳۸/۴۷ ± ۰/۵۳ ^{mn}	۵۳/۴۵ ± ۰/۵۷ ^{abc}
			۶	۸۱/۱۱ ± ۱/۸۹ ^{cd}	۳/۱۵ ± ۰/۰۴ ^{l}	۶۵/۹۳ ± ۱/۴۵ ^{ghi}	۵۰/۰۴ ± ۱/۲۲ $^{c-h}$
			۸	۷۵/۷۳ ± ۲/۹۸ ^{de}	۳/۲۷ ± ۰/۱۳ ^{kl}	۳۸/۵۴ ± ۱/۶۱ ^{mn}	۴۴/۴۶ ± ۰/۸۱ $^{k-p}$
		با میکوریزا	صفر	۴۷/۸۵ ± ۰/۴۸ ^{kl}	۲/۱۰ ± ۰/۲۸ ^{opq}	۲۹/۳۱ ± ۴/۰۸ ^{opq}	۵۰/۲۸ ± ۱/۱۳ $^{c-h}$
			۲	۶۰/۱۰ ± ۱/۰۵ ^{hij}	۲/۱۴ ± ۰/۲۵ ^{op}	۳۱/۹۵ ± ۳/۸۰ $^{m-p}$	۴۲/۸۴ ± ۰/۲۶ $^{l-q}$
			۴	۶۹/۰۱ ± ۰/۷۴ ^{efg}	۲/۴۲ ± ۰/۱۸ ^{no}	۳۶/۴۳ ± ۲/۷۰ ^{mno}	۴۱/۷۵ ± ۱/۱۰ $^{n-q}$
			۶	۷۸/۹۷ ± ۰/۳۵ ^{cd}	۲/۹۸ ± ۰/۲۲ ^{lm}	۳۵/۷۱ ± ۲/۶۸ $^{m-p}$	۴۷/۵۳ ± ۰/۵۴ $^{f-k}$
			۸	۸۵/۶۰ ± ۱/۴۹ ^{abc}	۳/۴۰ ± ۰/۱۷ ^{kl}	۴۰/۰۱ ± ۲/۱۱ ^{lm}	۴۶/۴۶ ± ۲/۲۵ $^{h-m}$

حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

افزایش طول دانه و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز شده بود. این افزایش می‌تواند به‌دلیل تأثیر همزمان سولفور آزادشده از گچ بر در دسترس بودن سایر مواد مغذی خاک و جذب آن‌ها توسط گیاه باشد (Shah *et al*., 2012).

در مطالعه انجام‌گرفته روی تأثیر کمپوست زباله جامد شهری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های بادام‌زمینی گزارش شد که کمپوست زباله جامد شهری موجب افزایش رشد گیاهچه‌های بادام‌زمینی می‌شود و درنتیجه کمپوست زباله جامد شهری می‌تواند موجب بهبود مواد مغذی خاک و تسریع رشد بادام‌زمینی شود (Guptaa *et al*., 2020).

قارچ‌های میکوریزا نه تنها توانایی گیاهان برای جذب مواد مغذی را افزایش می‌دهد، بلکه مزایای غیرتغذیه‌ای را نیز برای گیاه میزبان فراهم می‌کند که از آن جمله می‌توان به تحمل تنش‌های غیرزیستی و مقاومت در برابر پاتوژن‌ها اشاره کرد (Nadeem *et al*., 2014). در این مطالعه بررسی هم‌افزایی گچ، میکوریزا و کمپوست زباله جامد شهری نشان داد که حضور

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]

میکوریزا می‌تواند تأثیر متفاوت روی صفات مورد مطالعه داشته باشد؛ به‌طوری‌که، بیشترین فعالیت کاتالاز و پراکسیداز و غلظت کلسیم و آهن دانه در حضور میکوریزا حاصل شده بود. این یافته‌ها با گزارش برخی محققان که گزارش کردند رشد، عملکرد بیوماس و عملکرد دانه در گیاهان بادام‌زمینی تیمار شده با قارچ افزایش می‌یابد، مطابقت ندارد (Doley and Jite, 2012; Uko *et al*., 2019). افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی بادام زمینی توسط قارچ میکوریزا در این آزمایش می‌تواند به‌دلیل جذب بهتر عناصر غذایی به‌ویژه عناصر کم‌تحرک، بهبود تغذیه نیتروژن به‌دلیل برهمکنش بین قارچ‌های میکوریزا، ریزوبیای تثبیت‌کننده نیتروژن و سایر میکروارگانیسم‌های مفید باشد که باعث افزایش میزان سازگاری بهتر با تنش زیستی و غیرزیستی می‌شود (Hodge and Storer, 2015; Watts-Williams and Cavagnaro, 2014; Xiang *et al*., 2015). قارچ میکوریزا توانایی افزایش جذب عناصر غذایی کم‌متحرک نظیر فسفر، مس، روی و آهن را درنتیجه فعل و انفعالات آن‌ها با کاتیون‌های خاک نظیر Fe^{3+}، Ca^{2+} و Al^{3+} را دارد. این امر از آنجا امکان‌پذیر است که قارچ می‌تواند شبکه گسترده‌ای از هیف‌ها با سطح بسیار بزرگ و با پتانسیل زیادی برای کشف حجم بیشتری از خاک برای استخراج مواد مغذی ایجاد کند (Uko *et al*., 2019).

استفاده از کمپوست باعث بهبود عملکرد گیاهان، عناصر غذایی خاک، فعالیت میکروبی، بافت خاک و ظرفیت بافری می‌شود (Bouzaiane *et al*., 2014; Weber *et al*., 2014). کمپوست سرشار از مواد آلی، نیتروژن و ترکیبات هیومیک (عمداً اسید هیومیک و اسید فولیک است) است (Garcıa-Gil *et al*., 2004). مواد آلی خاک نقش مهمی در حفظ کیفیت خاک دارد، زیرا موجب بهبود خواص فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌شود (de Araujo *et al*., 2010). اسید هیومیک موجود در کمپوست موجب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت بافری خاک می‌شود (Garcıa-Gil *et al*., 2004). محققان گزارش کرده‌اند که استفاده مکرر از کمپوست در زمین‌های کشاورزی به افزایش محتوای مواد آلی و نسبت کربن/نیتروژن خاک کمک می‌کند (Hargreaves *et al*., 2008). بنابراین، به حفظ باروی خاک و بهره‌وری آن کمک می‌کند. با این حال، وجود فلزات سنگین (کادمیوم، مس، روی، سرب و غیره) در کمپوست همیشه نگران کننده است، زیرا می‌تواند در خاک تجمع یافته و توسط محصولات کشاورزی جذبو باعث ایجاد انواع مختلف مشکلات در سلامتی انسان شود (Alvarenga *et al*., 2015). علاوه بر این، در بعضی موارد این فلزات سنگین و مواد مغذی اضافی از طریق خاک نفوذ کرده و در نهایت آب‌های زیرزمینی را آلوده می‌کنند (Hargreaves *et al*., 2008). همچنین، گاهی اوقات کمپوست دارای غلظت بالایی از نمک است که می‌تواند بر بافت خاک و رشد گیاهان تأثیر منفی بگذارد (Srivastava *et al*., 2016). نتایج این بررسی نشان داد که استفاده از کمپوست روی برخی از شاخص‌های مورد ارزیابی تأثیر مثبت و روی برخی تأثیر منفی داشت. این نتایج ممکن است به‌دلیل سمیت کمپوست باشد. مطالعات نشان می‌دهد که مرحله جوانه‌زنی گیاه حساس‌ترین مرحله رشد محصول نسبت به سمیت فلزات است (Naderi and Ghadiri, 2010). گزارش شده که کمپوست باعث کاهش جوانه‌زنی بذر برنج، گندم و خیار می‌شود (Pal and Bhattacharyya, 2003).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد گچ، قارچ میکوریزا و کمپوست زباله جامد شهری تأثیر مثبتی روی عملکرد بادام زمینی دارد. استفاده از گچ موجب افزایش طول دانه، فعالیت کاتالاز و پراکسیداز و درصد پروتئین می‌شود. استفاده از میکوریزا موجب بهبود تعداد غلاف، طول دانه، تعداد دانه، عملکرد دانه، مقدار کلسیم و آهن، درصد روغن و پروتئین می‌شود. استفاده از کمپوست زباله جامد شهری موجب افزایش وزن هزار دانه، تعداد دانه، عملکرد دانه، فعالیت کاتالاز و پراکسیداز، مقدار کلسیم و آهن، درصد روغن و پروتئین می‌شود. بنابراین، برای افزایش عملکرد دانه بادام‌زمینی و غلظت کلسیم و آهن در دانه‌ها پیشنهاد می‌شود که زباله جامد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]

شهری (۴ تن در هکتار) و میکوریزا به‌صورت همزمان استفاده شود.

منابع

Abdelhamid, M. T., Horiuchi, T. and Oba, S. (2004) Composting of rice straw with oilseed rape cake and poultry manure and its effects on faba bean (*Vicia faba* L.) growth and soil properties. Bioresource Technology 93: 183-189.

Alvarenga, P., Mourinha, C., Farto, M., Santos, T., Palma, P., Sengo, J., Morais, M. C. and Cunha-Queda, C. (2015) Sewage sludge, compost and other representative organic wastes as agricultural soil amendments: Benefits versus limiting factors. Waste Management 40: 44-52.

Auge, R. M., Toler, H. D. and Saxton, A. M. (2015) Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply watered conditions: a meta-analysis. Mycorrhiza 25: 13-24.

Barzana, G., Aroca, R., Bienert, G. P., Chaumont, F. and Ruiz-Lozano, J. M. (2014) New insights into the regulation of aquaporins by the arbuscular mycorrhizal symbiosis in maize plants under drought stress and possible implications for plant performance. Molecular Plant-Microbe Interactions 27: 349-363.

Benhiba, L., Fouad, M. O., Essahibi, A., Ghoulam, C. and Qaddoury, A. (2015) Arbuscular mycorrhizal symbiosis enhanced growth and antioxidant metabolism in date palm subjected to long-term drought. Trees 29: 1725-1733.

Bouzaiane, O., Jedidi, N. and Hassen, A. (2014) Microbial biomass improvement following municipal solid waste compost application in agricultural soil composting for sustainable agriculture. Springer 199-208.

Carbonell, G., de Imperial, R. M., Torrijos, M., Delgado, M. and Rodriguez, J. A. (2011) Effects of municipal solid waste compost and mineral fertilizer amendments on soil properties and heavy metals distribution in maize plants (*Zea mays* L.). Chemosphere 85: 1614-1623.

Chalwe, H. M., Lungu, O. I., Mweetwa, A. M., Phiri, E., Yengwe, J., Njoroge, S. C. and Brandenburg, R. (2020) The effects of gypsum on pod-yield and pre-harvest aflatoxin contamination in selected peanut cultivars of Zambia. African Journal of Plant Science 14: 134-138.

Chintala, R., Mc Donald, L. M. and Bryan, W. B. (2010) Grouping soils by taxonomic order to improve lime recommendations. Communications in Soil Science and Plant Analysis 41: 1594-1603.

de Araujo, A. S. F., de Melo, W. J. and Singh, R. P. (2010) Municipal solid waste compost amendment in agricultural soil: Changes in soil microbial biomass. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology 9: 41-49.

Doley, K. and Jite, P. K. (2012) Response of groundnut ('JL-24') cultivar to mycorrhiza inoculation and phosphorous application. Notulae Scientia Biologicae 4: 118-125.

Ebrahim, P. and Ashraf, M. (2016) Effect of gypsum, boron and potassium on peanut yield, its oil contents and chemical properties. Zagazig Journal of Soil and Water Science 46: 2435-2446.

Elrashidi, M. A., West, L. T., Seybold, C. A., Benham, E. C., Schoeneberger, P. J. and Ferguson, R. (2010) Effects of gypsum addition on solubility of nutrients in soil amended with peat. Soil Science 175: 162-172.

Evelin, H., Kapoor, R. and Giri, B. (2009) Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. Annals of Botany 104: 1263-1280.

Garcıa-Gil, J., Ceppi, S., Velasco, M., Polo, A. and Senesi, N. (2004) Long-term effects of amendment with municipal solid waste compost on the elemental and acidic functional group composition and pH-buffer capacity of soil humic acids. Geoderma 121: 135-142.

Gehring, C. A., Swaty, R. and Deckert, R. (2017) Mycorrhizas, drought, and host-plant mortality mycorrhizal mediation of soil. Elsevier 279-298.

Ghaly, A. E. and Alkoaik, F. (2010) Effect of municipal solid waste compost on the growth and production of vegetable crops. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 5: 274-281.

Guptaa, N., Agrawal, M. and Palb, D. (2020) Physico-chemical analysis of municipal solid waste on germination and plantlet enhancement of groundnut (*Arachis hypogaea*) seeds. Journal of Indian Chemical Society 97: 989-992.

Hargreaves, J., Adl, M. and Warman, P. (2008) A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment 123: 1-14.

Hodge, A. and Storer, K. (2015) Arbuscular mycorrhiza and nitrogen: Implications for individual plants through to ecosystems. Plant and Soil 386: 1-19.

Kabir, R., Yeasmin, S., Islam, A. and Sarkar, M. R. (2013) Effect of phosphorus, calcium and boron on the growth and yield of groundnut (*Arachis hypogea* L.). International Journal of Bio-science and Bio-technology 5: 51-60.

Kitila, K., Chala, A. and Workina, M. (2020) Effect of gypsum and compost application in reclaiming sodic soils at small scale irrigation farm in Bora district of East Shewa Zone, Oromia, Ethiopia.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]

Li, C., Feng, G., Zhang, J. l., Sha, Y., Meng, J. J., Yun, G., Quan, W., Li, X. G. and Wan, S. B. (2019) Arbuscular mycorrhizal fungi combined with exogenous calcium improves the growth of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seedlings under continuous cropping. Journal of Integrative Agriculture 18: 407-416.

Li, T., Hu, Y. J., Hao, Z. P., Li, H., Wang, Y. S. and Chen, B. D. (2013) First cloning and characterization of two functional aquaporin genes from an arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. New Phytologist 197: 617-630.

Li, Z., Wu, N., Liu, T., Chen, H. and Tang, M. (2015) Effect of arbuscular mycorrhizal inoculation on water status and photosynthesis of *Populus cathayana* males and females under water stress. Physiologia Plantarum 155: 192-204.

Lin, K. H. R., Tsou, C. C., Hwang, S. Y., Chen, L. F. O. and Lo, H. F. (2006) Paclobutrazol pre-treatment enhanced flooding tolerance of sweet potato. Journal of Plant Physiology 163: 750-760.

Liu, W., Wang, Q., Wang, B., Wang, X., Franks, A. E., Teng, Y., Li, Z. and Luo, Y. (2015) Changes in the abundance and structure of bacterial communities under long-term fertilization treatments in a peanut monocropping system. Plant and Soil 395: 415-427.

Lowry, O. H., Rosebrough, N., Farr, A. L. and Randall, R. (1951) Protein measurment with the floin phenol reagent. Journal of Biological Chemistry 193: 265-275.

Mohamed, E., Morgun, E. and Bothina, S. G. (2011) Assessment of soil salinity in the Eastern Nile Delta (Egypt) using geoinformation techniques. Moscow University Soil Science Bulletin 66: 11-14.

Nadeem, S. M., Ahmad, M., Zahir, Z. A., Javaid, A. and Ashraf, M. (2014) The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. Biotechnology Advances 32: 429-448.

Naderi, R. and Ghadiri, H. (2010) Urban waste compost, manure and nitrogen fertilizer effects on the initial growth of corn (*Zea mays* L.). Desert 15: 159.

Norman, K., Wieck, L., Harden, P. and Baker, G. (2005) Peanut production guide. National Library of Australia Cataloguing-in-Publication Data 36.

Pal, R. and Bhattacharyya, P. (2003) Effect of municipal solid waste compost on seed germination of rice, wheat and cucumber. Archives of Agronomy and Soil Science 49: 407-414.

Prasad, P. V., Kakani, V. G. and Upadhyaya, H. D. (2010) Growth and production of groundnut. Unesco Encyclopedia 2: 1-26.

Rao, S. and Shaktawat, M. (2001) Effect of organic manure, phosphorus and gypsum on growth, yield and quality of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Indian Journal of Plant Physiology 6: 306-611.

Ross, S. and de Klerk, M. (2012) Groundnut Value Chain and Marketing Assessment in Eastern Province, Zambia. Lusaka, Zambia: Prepared for the Conservation Farming Unit.

Ruiz-Lozano, J. M., Aroca, R., Zamarreno, A. M., Molina, S., Andreo-Jimenez, B., Porcel, R., Garcia-Mina, J. M., Ruyter-Spira, C. and Lopez-Raez, J. A. (2016) Arbuscular mycorrhizal symbiosis induces strigolactone biosynthesis under drought and improves drought tolerance in lettuce and tomato. Plant, Cell and Environment 39: 441-452.

Shah, H., Khan, M. A., Azeem, T., Majid, A. and Mehmood, A. (2012) The impact of gypsum application on groundnut yield in rainfed pothwar: An economic perspective. Lahore Journal of Economics 17: 83-100.

Sharma, B. R. and Minhas, P. (2005) Strategies for managing saline/alkali waters for sustainable agricultural production in South Asia. Agricultural Water Management 78: 136-151.

Sheikhi Shahrivar, F. and Khademi, H. (2018) Effect of gypsum on potassium and iron release from phlogopite to alfalfa. Journal of Plant Nutrition 41: 509-519.

Srivastava, V., De Araujo, A. S. F., Vaish, B., Bartelt-Hunt, S., Singh, P. and Singh, R. P. (2016) Biological response of using municipal solid waste compost in agriculture as fertilizer supplement. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology 15: 677-696.

Sung, J. M. and Jeng, T. L. (1994) Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes associated with accelerated aging of peanut seed. Physiologia Plantarum 91: 51-55.

Uko, A. E., Udo, I. A. and Effa, E. B. (2019) Research article growth and yield responses of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to arbuscular mycorrhizal fungi inoculation in calabar, nigeria. Asian Journal of Crop Science 11: 8-16.

Vijaya Kumar, P. and Stigter, C. (2010) Guide to Agricultural Meteorological Practices. 3rd Ed. WMO 134.

Watts Williams, S. J. and Cavagnaro, T. R. (2014) Nutrient interactions and arbuscular mycorrhizas: a meta-analysis of a mycorrhiza-defective mutant and wild-type tomato genotype pair. Plant and Soil 384: 79-92.

Weber, J., Kocowicz, A., Bekier, J., Jamroz, E., Tyszka, R., Debicka, M., Parylak, D. and Kordas, L. (2014) The effect of a sandy soil amendment with municipal solid waste (MSW) compost on nitrogen uptake efficiency by plants. European Journal of Agronomy 54: 54-60.

Xiang, X., Gibbons, S. M., Yang, J., Kong, J., Sun, R. and Chu, H. (2015) Arbuscular mycorrhizal fungal communities show low resistance and high resilience to wildfire disturbance. Plant and Soil 397: 347-356.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]

Yadav, R., Jat, L., Yadav, S. N., Singh, R. and Yadav, P. (2015) Effect of gypsum on growth and yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Environment and Ecology 33: 676-679.

Yol, E., Ustun, R., Golukcu, M. and Uzun, B. (2017) Oil content, oil yield and fatty acid profile of groundnut germplasm in Mediterranean climates. Journal of the Americal Oil Chemists Society 94: 787-804.

Yooyongwech, S., Phaukinsang, N., Cha-um, S. and Supaibulwatana, K. (2013) Arbuscular mycorrhiza improved growth performance in *Macadamia tetraphylla* L. grown under water deficit stress involves soluble sugar and proline accumulation. Plant Growth Regulation 69: 285-293.

Yuksel, O. (2015) Influence of municipal solid waste compost application on heavy metal content in soil. Environmental Monitoring and Assessment 187: 313.

Zhang, T., Hu, Y., Zhang, K., Tian, C. and Guo, J. (2018) Arbuscular mycorrhizal fungi improve plant growth of *Ricinus communis* by altering photosynthetic properties and increasing pigments under drought and salt stress. Industrial Crops and Products 117: 13-19.

Zhang, T., Sun, Y., Song, Y., Tian, C. and Feng, G. (2011) On-site growth response of a desert ephemeral plant, *Plantago minuta*, to indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in a central Asia desert. Symbiosis 55: 77-84.

Zhao, R., Guo, W., Bi, N., Guo, J., Wang, L., Zhao, J. and Zhang, J. (2015) Arbuscular mycorrhizal fungi affect the growth, nutrient uptake and water status of maize (*Zea mays* L.) grown in two types of coal mine spoils under drought stress. Applied Soil Ecology 88: 41-49.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]

Effect of gypsum, mycorrhiz and municipal solid waste compost on grain characteristics and antioxidant enzymes activity of peanut in the field cultivation

Maryam Janbazi Roudsari, Hamid reza Doroudian*, Naser Mohamadian roshan, Seyed Mostafa Sadeghi, Majid Ashouri

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Lahijan Branch, Lahijan, Iran

(Received: 21/01/2022, Accepted: 05/07/2022)

Abstract

Peanut is rich in protein and energy and is used in most countries to supply nutritional needs. In this study, the effect of gypsum, municipal solid waste compost and mycorrhiza on grain characteristics and catalase and peroxidase activity of peanut during two cultivation years were investigated in a factorial split-plot design. In the first cropping year, the maximum number of pods (121.33 per plant), seed length (22.07 mm), thousand seed weight (117.92 g), number of seeds (156.33 per plant) and yield seed (13746.2 kg/ha) were obtained with the use of mycorrhiza and with no application of gypsum and compost, application of 150 kg/ha of gypsum with mycorrhiza and without application of compost, without mycorrhiza and application of 6 ton/ha of compost and with mycorrhiza, with no gypsum and 4 ton/ha of compos, respectively. In the second cropping year, the highest catalase and peroxidase activity (36.18 and 92.26 unit/mg of protein), calcium and iron content (7.45 and 88.57 mg/kg), oil percentage (76 54%) and protein percentage (27.62%) were obtained with mycorrhiza, application of 150 kg/ha of gypsum and 8 ton/ha of compost, despite mycorrhiza and with no application of gypsum and addition of 8 ton/ha of compost, with no application of gypsum , despite mycorrhiza and application of 4 ton/ha of compost and despite mycorrhiza and application of 150 kg/ha of gypsum and 2 ton/ha, respectively. In this study, the simultaneous use of municipal solid waste compost and mycorrhiza is proposed.

Keywords: Compost, Grain yield, Gypsum, Mycorrhiza, Peanut

Corresponding author, Email: agroecologist.hamid@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.4.2]