

اثر ورمی کمپوست بر خصوصیات مورفو- فیزیولوژیکی و عملکرد لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش خشکی

حسن نوریانی

تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۲۸

استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه پیام نور، ایران

E-mail: h_noryani@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی اثر ورمی کمپوست بر خصوصیات مورفو- فیزیولوژیکی و عملکرد لوبیا سبز تحت تنش خشکی، آزمایش مزرعه‌ای طی سال ۱۳۹۵ در منطقه دزفول به صورت کرت‌های یکبار خُرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. در این تحقیق، تنش خشکی به صورت دور آبیاری در چهار سطح، آبیاری پس از ۱۰۰، ۱۴۰، ۱۸۰ و ۲۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A در کرت اصلی، ورمی کمپوست نیز در چهار سطح صفر، ۸ و ۱۲ تن در هکتار به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. نتایج آزمایش نشان داد اثر سطوح مختلف تنش بر صفات ارتفاع بوته، طول نیام، تعداد نیام در بوته، عملکرد نیام سبز، عملکرد دانه، میزان پروتئین، کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئیدها معنی‌دار ولی بر صفت تعداد دانه در نیام معنی‌دار نبود. اثر تیمار ورمی کمپوست نیز بر کلیه صفات مورد ارزیابی بجز تعداد دانه در نیام و کارتنوئیدها معنی‌دار گردید. همچنین اثر متقابل تیمارهای آزمایش فقط روی عملکرد نیام سبز و عملکرد دانه معنی‌دار شد. بررسی واکنش گیاه نسبت به سطوح مختلف ورمی کمپوست توسط روابط رگرسیونی نشان داد بالاترین عملکرد نیام سبز و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (S_0)، به ترتیب با کاربرد ۸/۴۰ و ۸/۱۲ تن در هکتار حاصل گردید. براساس نتایج بدست آمده، افزایش مصرف ورمی کمپوست باعث کاهش اثرات سوء تنش و بهبود عملکرد گردید.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، تنش خشکی، کلروفیل، کود آلی، نیام سبز

Effect of Vermicompost on Morpho-Physiological Characteristics and Yield of Green Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under Drought Stress Condition

Hassan Nouriyani

Received: July 6, 2017 Accepted: November 19, 2017

Assist. Prof., Dept of Agronomy and Plant Breeding, Payame Noor University, Iran

*Corresponding Author: E-mail: h_nouryani@yahoo.com

Abstract

The effect of vermicompost on morpho-physiological characteristics and yield of green bean plant under drought stress were studied in Dezful during 2016. Experimental design was split plot based on randomized complete block design with four replications. In this research, drought stress was carried out in irrigation intervals at four levels as irrigation after 100, 140, 180 and 220 mm evaporation from class A evaporation pan in the main plots, and vermicompost was assigned as subplots at four levels (0, 4, 8 and 12 t.ha⁻¹). The results showed that the effect of different levels of stress on plant height, pod length, number of pods per plant, yield of green pod, grain yield, protein content, chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids were significant, but the number of grain per pod was not significant. The effect of vermicompost on all studied traits was significant except for the number of grain per pod and carotenoids. Also, the interaction of treatments was significant only on the yield of green pod and grain yield. Regression relations showed that the highest yield of green pods and grain yield produced under no stress condition (S₀), with the application of 8.40 and 8.12 t.ha⁻¹ vermicompost. Increasing of vermicompost consumption reduced the effects of stress and improved yield.

Keywords: Chlorophyll, Drought Stress, Green Pod, Organic Fertilizer, Protein

مقدمه

در سال‌های اخیر، روند توجه به سلامت و کیفیت خاک به منظور تولید پایدار محصولات زراعی افزایش یافته است، به طوری که در کشورهای صنعتی برای تولید غذای سالم، استفاده از نهاده‌های طبیعی درون مزرعه‌ای و غیرشیمیایی مورد توجه روزافزون قرار گرفته است. از طرف دیگر، افزایش قیمت‌های جهانی حامل‌های انرژی، کشاورزان را به استفاده از روش‌های جایگزین به منظور کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و مصنوعی ترغیب کرده است. به منظور افزایش عملکرد هماهنگ با حفظ محیط زیست و رسیدن به کشاورزی

پایدار، استفاده از کودهای آلی مهم می‌باشد (کوچکی و همکاران ۱۳۹۲). ورمی‌کمپوست، نوعی کمپوست است که از تجزیه مواد آلی طی یک فرایند غیرحرارتی، از طریق برهمکنش کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شود (کومار و همکاران ۲۰۱۱). ورمی‌کمپوست مزایایی از قبیل داشتن ماده آلی زیاد، بهبود ظرفیت نگهداری رطوبت خاک، افزایش جذب مواد مغذی، افزایش فعالیت شبه هورمونی گیاهان را دارا می‌باشد و امروزه استفاده از آن در کشاورزی پایدار، جهت بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی متداول می‌باشد (پزشکپور و همکاران ۱۳۹۳). حبوبات یکی از مهمترین منابع پروتئینی

در رژیم غذایی انسان می‌باشند. میزان پروتئین حبوبات از جمله لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris* L.) در حدود دو برابر غلات بوده که می‌تواند به عنوان مکمل پروتئین غلات در رژیم غذایی جای گیرد. خصوصیات همچون توانایی تثبیت نیتروژن، ریشه‌دهی عمیق و استفاده مؤثر از نزولات جوی، سبب شده است که این گیاه نقش مهمی را در ثبات تولید نظام‌های زراعی در کشاورزی پایدار ایفا نمایند (دورّی ۲۰۰۸). نتایج آزمایش پیری و همکاران (۱۳۹۰) روی لوبیا سبز نشان داد ورمی کمپوست اثر معنی‌داری بر تعداد برگ، طول نیام، وزن نیام و عملکرد نیام داشت.

در بین عوامل بازدارنده محیطی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی، خشکی مهمترین عامل کاهش تولید بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌رود (فروغ و همکاران ۲۰۰۹). عباسی سیه‌جانی و همکاران (۱۳۹۶) با آزمایشی روی لوبیا قرمز بیان کردند تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار محتوای کلروفیل، شاخص سطح برگ، شاخص برداشت و میانگین تعداد دانه در بوته گردید. حسین زاده و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که اثر متقابل ورمی کمپوست و تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه چه و وزن خشک ریشه چه خود گذاشت. شریفی و همکاران (۱۳۹۲) با انجام آزمایشی روی لوبیا سبز گزارش نمودند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد نیام سبز و افت شدید عملکرد گردید. تصدیقی و همکاران (۱۳۹۴) براساس نتایج بدست آمده از آزمایشی روی بابونه آلمانی بیان کردند هر چند با کاهش آب مصرفی و بروز تنش خشکی از عملکرد گل در گیاه کاسته شد اما افزایش مصرف ورمی کمپوست از بروز اثرات منفی تنش خشکی بر عملکرد این گیاه کاست. بهبودی و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی اثر ورمی کمپوست روی خصوصیات زراعی لوبیاچیتی گزارش نمودند ورمی کمپوست باعث افزایش طول ساقه، طول نیام، تعداد دانه در نیام، وزن نیام، عملکرد دانه، شاخص برداشت و

میزان پروتئین دانه گردید. لخداری و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند با کاربرد ورمی کمپوست، محتوای کلروفیل و پروتئین و ظرفیت روبیسکو در گونه‌هایی از جو به طور معنی‌داری بهبود یافت و اثرات زیانبار تنش شوری بر رشد گیاه محدود شد. پزشکیپور و همکاران (۱۳۹۳) نیز تأثیر ورمی کمپوست را روی تعداد نیام بارور نخود مثبت گزارش نمودند و بیان کردند مصرف مقادیر مناسب ورمی کمپوست از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و تولید تنظیم کننده‌های رشد گیاه توسط این موجودات و نیز فراهمی جذب بیشتر عناصر غذایی، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی گردیده که این مسئله در نهایت به افزایش گلدهی و تعداد نیام می‌انجامد. اگرچه تحقیقات زیادی در رابطه با اثر تنش خشکی روی گیاهان زراعی انجام شده، اما در خصوص برهمکنش رفتار برخی از حبوبات از جمله لوبیا سبز تحت شرایط تنش خشکی با ورمی کمپوست مطالعات اندکی صورت گرفته است. بنابراین با توجه به ضرورت و اهمیت کودهای غیرشیمیایی در کشاورزی پایدار، هدف از این آزمایش بررسی اثرات تنش خشکی و کود آلی ورمی کمپوست بر خصوصیات مورفو- فیزیولوژیکی و عملکرد لوبیا سبز بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در شرایط مزرعه‌ای و به صورت کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در تابستان سال ۱۳۹۵ در منطقه دزفول (با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی) اجرا گردید. در این تحقیق، کرت‌های اصلی شامل تنش خشکی به صورت دور آبیاری در چهار سطح S_0 ، S_1 ، S_2 و S_3 (به ترتیب آبیاری پس از ۱۰۰، ۱۴۰، ۱۸۰ و ۲۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A)، مقادیر ورمی کمپوست به عنوان کرت‌های فرعی در چهار سطح Vm_0 ، Vm_1 ، Vm_2 و Vm_3 (به ترتیب صفر، ۴، ۸ و ۱۲ تن در هکتار)

در نظر گرفته شد. هر کرت شامل هشت خط کشت به طول شش متر در تمام تیمارها اعمال شد. بین کرت‌های فرعی دو خط و بین کرت‌های اصلی چهار خط بدون کشت به عنوان فاصله در نظر گرفته شد. فاصله بین دو بلوک سه متر، فاصله بین دو بوته ۴ سانتی‌متر، فاصله بین خطوط کشت ۹۰ سانتی‌متر و کاشت به صورت

دستی در اوایل تیرماه انجام شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دو دیسک عمود بر هم و تسطیح (ماله کشی) بود. مشخصات خاک محل آزمایش و کود ورمی-کمپوست مورد استفاده به ترتیب در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	نیترژن قابل جذب (ppm)	هدایت الکتریکی ($ds.m^{-1}$)	واکنش خاک (pH)	کربن آلی (درصد)	بافت خاک
۸۲/۰	۴/۹۰	۴/۵۰	۰/۷۴	۷/۶۸	۰/۴۶	سیلتی شنی

جدول ۲- برخی از مشخصات کود ورمی‌کمپوست مورد استفاده

پتاس (درصد)	فسفات (درصد)	نیترژن (درصد)	هدایت الکتریکی ($ds.m^{-1}$)	واکنش خاک (pH)	مواد آلی (درصد)
۳/۱۷	۰/۶۲	۴/۹۵	۱/۱	۷	۶۵

عملیات داشت شامل تیمار آبیاری و مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی صورت گرفت. محتوای کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کارتنوئیدها در اوایل مرحله گلدهی مطابق روش آرنون (۱۹۴۹) با دستگاه اسپکتروفتومتر به ترتیب در طول موج ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر در برگ‌ها اندازه‌گیری گردید (نوریانی و همکاران ۲۰۱۲). برداشت جهت برآورد عملکرد نیام سبز زمانی صورت گرفت که نیام‌ها سبز، جوان، آبدار و ترد بودند و قبل از اینکه رنگ نیام از سبز به سفیدی تغییر کند و حالت ترد و شکنندگی خود را از دست دهند، پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط وسط برداشت به عمل آمد. پس از توزین عملکرد نیام سبز، جهت تعیین تعداد نیام در واحد سطح، تعداد دانه در نیام، شمارش آنها انجام و طول نیام نیز با خطکش اندازه‌گیری شد. جهت برآورد عملکرد دانه، وزن دانه نمونه‌های برداشت شده پس از خشک کردن در آون با دمای ۷۵-۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در آزمایشگاه و اطمینان

از عدم کاهش رطوبت، با ترازوی دقیق مشخص گردید. برای اندازه‌گیری پروتئین دانه از دستگاه اسپکتروفتومتری با طول موج ۱۹۰ نانومتر و از محلول برد فرود برای سنجش پروتئین استفاده گردید (لک و همکاران ۱۳۹۴). کلیه محاسبات آماری مربوط به تجزیه واریانس بر روی صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.4 و MSTAT-C؛ مقایسه میانگین‌ها به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن (سطح احتمال ۵ درصد) و رسم نمودارها توسط برنامه Excel انجام گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار اثر ساده تنش خشکی و ورمی‌کمپوست روی ارتفاع گیاه بود (جدول ۳)، به طوری که با افزایش شدت تنش خشکی ارتفاع آن به شدت کاهش یافت (جدول ۴).

تولید هورمون‌هایی از قبیل اکسین و سیتوکینین، افزایش می‌یابد. لذا با افزایش این هورمون‌ها در گیاه، تقسیم سلولی، طولی شدن و بزرگ شدن سلول‌ها، اندام‌زایی و رشد اندام‌های گیاهی نیز افزایش می‌یابد.

تعداد نیام در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد صفت تعداد نیام در بوته تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۳)، به طوری که با افزایش سطح تنش، تعداد آن به صورت معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). به نظر می‌رسد، در چنین شرایطی یکی از دلایل کاهش تعداد نیام در بوته، کاهش دوره رشد گیاه باشد که در نتیجه آن تولید مواد فتوسنتزی نقصان می‌یابد. کاهش سنتز مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون بوته‌ای حاصل از آن به همراه ریزش گل‌ها در اثر تنش خشکی باعث کاهش تعداد نیام در بوته گردیده است. یافته‌های دیگر محققان نیز حاکی از کاهش معنی‌دار تعداد نیام در بوته در اثر تنش رطوبتی می‌باشد (شریفی و همکاران ۱۳۹۲). اثر تیمار ورمی کمپوست بر تعداد نیام در بوته نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار ولی اثر متقابل آن با تنش خشکی بر صفت مذکور معنی‌دار نگردید (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با مصرف ورمی-کمپوست، تعداد نیام در بوته به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (جدول ۴).

پزشکپور و همکاران (۱۳۹۳) نیز تأثیر ورمی-کمپوست بر روی تعداد نیام بارور را مثبت ارزیابی نمودند و بیان کردند مصرف مقادیر مناسب ورمی-کمپوست از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط این موجودات و نیز تدارک جذب بیشتر عناصر غذایی، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی شده که این مسئله در نهایت منجر به افزایش اجزای عملکرد از جمله تعداد نیام بارور در گیاه می‌گردد.

به نظر می‌رسد کاهش ارتفاع بوته در اثر تنش به علت محدودیت آبی است که موجب کاهش تقسیم و انبساط سلول‌ها می‌شود و از این طریق رشد اندام‌ها و ارتفاع بوته را کاهش می‌دهد. همچنین نتایج آزمایش نشان داد که ارتفاع بوته با کاربرد ورمی کمپوست افزایش یافت به طوری که بیشترین تأثیر بر ارتفاع مربوط به سطح ۱۲ تن ورمی کمپوست در هکتار بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد ورمی کمپوست از طریق قدرت زیاد جذب آب و فراهمی مطلوب عناصر غذایی (پرمصرف و کم‌مصرف) روی میزان فتوسنتز و تولید زیست توده تأثیر مثبت داشته و موجب افزایش ارتفاع بوته گردیده است. تحقیقات مشابهی توسط شریفی و همکاران (۱۳۹۲)؛ تصدیقی و همکاران (۱۳۹۴) نیز گزارش شده است.

طول نیام

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات ملاحظه می‌گردد اثر ساده تنش خشکی و ورمی کمپوست بر صفت طول نیام در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود ولی برهمکنش این تیمارها بر صفت مذکور معنی‌دار نگردید (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین طول نیام (۱۵/۶۳ سانتی متر) مربوط به تیمار بدون تنش خشکی (آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) بود که با افزایش شدت تنش خشکی این صفت تا ۹/۴۲ سانتی متر در تیمار آبیاری پس از ۲۲۰ میلی‌متر، کاهش یافت. همچنین در این آزمایش مصرف ورمی کمپوست باعث افزایش طول نیام گردید (جدول ۴). به نظر می‌رسد ورمی کمپوست از طریق افزایش چشمگیر فعالیت زیستی در محیط ریشه، زمینه لازم برای بهبود جذب آب و مواد غذایی را فراهم نموده و باعث افزایش فتوسنتز و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری را در جهت توسعه اندام‌های زایشی اختصاص داده است و این امر باعث افزایش طول نیام گردیده است. چاندا و همکاران (۲۰۱۱) بیان داشتند در اثر مصرف ورمی کمپوست، میزان نیتروژن افزایش یافته و با افزایش میزان نیتروژن،

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات مورفو- فیزیولوژیکی لوبیا سبز در سطوح مختلف کود ورمی کمپوست تحت تنش خشکی

میانگین مربعات (MS)											
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول نیام	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در نیام	عملکرد نیام سبز	عملکرد دانه	میزان پروتئین	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتونوئید
بلوک	۳	۴۰/۱۲۵	۳۵/۲۰۸	۸/۸۰۷	۱۰/۰۲۱	۱۰۰۴۱۶/۶۶۷	۲۵۴۵۱۸/۲۲۹	۱۲/۱۸۲	۷/۴۲۶	-/۰۷۰	۱۰/۰۵۷
تنش خشکی (S)	۳	۱۷۴۸/۳۷۵ ^{**}	۱۱۸/۲۷۵ [*]	۱۸۶/۴۳۲ ^{**}	n.s	۲۴۴۰۹۱۶/۶۱۸ ^{**}	۸۸۹۹۱۰۱/۵۶۳ ^{**}	۹/۷۶۶ [*]	۵/۲۰۸ [*]	۲/۳۲۶ [*]	۳۲/۱۸۲ [*]
خطای (a)	۹	-/۳۶۱	-/۲۵۰	-/۱۱۳	-/۰۲۳	۴۱۶/۶۱۲	۵۱۴۳/۲۲۹	-/۱۱۴	-/۰۳۳	-/۰۷۲	-/۰۸۵
ورمی- کمپوست (Vm)	۳	۵۱۳/۸۷۵ [*]	۳۸/۴۵۸ [*]	۲۸/۵۵۷ ^{**}	۷/۵۲۱ ^{n.s}	۱۶۳۹۱۲۵۰/۰۰۱ ^{**}	۱۳۱۸۸۸۹۳/۲۰۷ ^{**}	۶/۷۶۶ [*]	۶/۵۹۰ [*]	۱/۱۵۹ [*]	n.s
S × Vm	۹	۵۸/۲۲۳ ^{n.s}	۴/۲۱۵ ^{n.s}	۱/۵۳۰ ^{n.s}	-/۵۴۳ ^{n.s}	۸۶۸۰۵/۵۵۶ ^{**}	۱۷۲۱۵۷/۱۱۸ [*]	n.s	-/۱۶۱ ^{n.s}	-/۰۱۳ ^{n.s}	-/۰۲۱۳
خطای (b)	۳۶	-/۲۰۵	-/۳۲۳	-/۰۹۲	-/۰۳۵	۲۷۷/۷۱۸	۱۹۳۸/۶۵۷	-/۰۸۹	-/۰۴۸	-/۰۴۳	-/۰۳۶
ضریب تغییرات (CV)	(درصد)	۱۱/۵۶	۱۴/۹۲	۱۰/۹۹	۱۳/۱۷	۱۰/۲۹	۱۶/۳۴	۱۱/۲۷	۱۲/۶۵	۱۰/۲۳	۱۱/۷۱

*, **, و n.s: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و غیر معنی دار می باشد.

تعداد دانه در نیام

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات ساده تنش خشکی و ورمی کمپوست و اثر برهمکنش بین آنها بر صفت تعداد دانه در نیام معنی دار نگردید (جدول ۳). در این رابطه بیات و همکاران (۲۰۱۰) اظهار نمودند تعداد دانه در نیام با ثبات ترین جزء عملکرد در حبوبات محسوب شده و دارای واریانس ژنتیکی است و بنابراین کمتر تحت تأثیر عوامل به زراعی و محیطی قرار می گیرد. نتایج به دست آمده با دیگر گزارش ها نیز مطابقت داشت (لک و همکاران ۱۳۹۴). همان طور که در جدول ۳ مشاهده می گردد اگرچه اثر تیمار ورمی کمپوست بر تعداد دانه در

نیام معنی دار نگردید اما با افزایش میزان مصرف ورمی- کمپوست، تعداد آن اندکی افزایش یافت (جدول ۴). مفاخری و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند افزایش مقادیر ورمی کمپوست از طریق تأثیر بر قدرت جذب، نگهداری و تدارک بالای رطوبت و عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاس بر روی افزایش تعداد دانه نخود اثر گذاشته و موجب بهبود عملکرد دانه آن گردید.

عملکرد نیام سبز

نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر سطوح مختلف تنش خشکی، ورمی کمپوست و اثر متقابل بین آنها بر عملکرد نیام سبز در واحد سطح در جدول ۳ نشان داده

شده است. همان طور که مشاهده می شود اثر ساده تنش خشکی، ورمی کمپوست و اثر متقابل بین آنها بر صفت عملکرد نیام سبز در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردیده است. واکنش عملکرد نیام سبز در شرایط تنش خشکی و بدون تنش (شرایط مطلوب) به میزان ورمی- کمپوست مصرفی، از تابع درجه ۲ تبعیت نمود، به طوری که این تابع در شرایط تنش خشکی حدود ۹۴ درصد و در شرایط بدون تنش حدود ۹۸ درصد از تغییرات عملکرد نیام سبز را در لوبیا سبز توجیه نمود (شکل ۱). بررسی واکنش گیاه به سطوح مختلف ورمی کمپوست توسط روابط رگرسیونی نشان داد که بالاترین عملکرد نیام سبز در شرایط تنش خشکی با کاربرد ۹/۱۰ تن و در شرایط

بدون تنش (مطلوب) با کاربرد ۸/۴۰ تن ورمی کمپوست در هکتار، به ترتیب به میزان ۶۵۳۵ و ۷۹۵۵ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید (شکل ۱). بنابراین تنش خشکی باعث کاهش عملکرد نیام سبز در واحد سطح گردید، در حالی که مصرف ورمی کمپوست باعث افزایش صفت مذکور شد که این امر به دلیل تأثیر مثبت ورمی کمپوست بر تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و وزن دانه بود. ولی با مصرف ۱۲ تن در هکتار، صفت یاد شده مقداری کاهش پیدا نمود که دلیل آن را می توان به کاهش تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام در این سطح از ورمی کمپوست نسبت داد (شکل ۱).

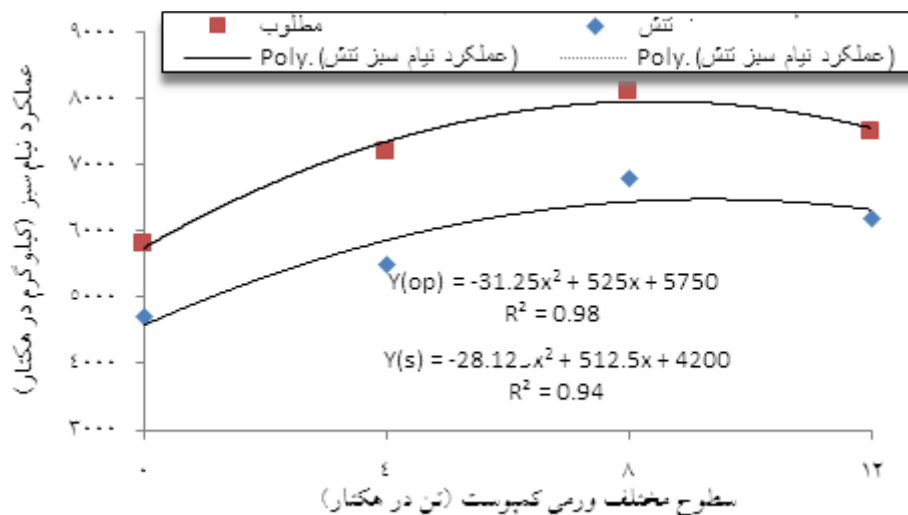
جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده خصوصیات مورفو- فیزیولوژیکی لوبیا سبز در سطوح مختلف کود ورمی کمپوست تحت تنش خشکی

شرح تیمار	ارتفاع بوته (سانتی متر)	طول نیام (سانتی متر)	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در نیام	میزان پروتئین (درصد)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم)	کارتونوئید (میکروگرم بر گرم)	تنش خشکی (میلی متر تبخیر)
$S_0 = 100$	۹۲/۷۵ a	۱۵/۶۳ a	۱۹/۳۱ a	۵/۴۵ a	۲۰/۸۱ c	۳/۵۹ a	۱/۵۱ a	۲۰/۸۸ a	
$S_1 = 140$	۸۷/۳۱ b	۱۴/۳۲ a	۱۶/۷۵ b	۵/۷۵ a	۲۲/۵۰ bc	۳/۰۴ a	۱/۱۱ b	۱۹/۵۰ b	
$S_2 = 180$	۷۵/۸۲ c	۱۱/۴۴ b	۱۲/۸۹ c	۶/۱۰ a	۲۳/۹۴ b	۲/۵۸ b	۰/۸۸ c	۱۸/۴۸ c	
$S_3 = 220$	۶۹/۸۷ d	۹/۶۳ c	۱۲/۰۰ c	۶/۰۸ a	۲۶/۴۴ a	۲/۲۸ b	۰/۶۱ d	۱۷/۶۶ d	
ورمی کمپوست (تن در هکتار)									
$Vm_0 = 0$	۷۵/۵۰ d	۱۱/۰۰ d	۱۳/۶۹ d	۵/۵۶ a	۲۱/۰۰ d	۲/۰۳ c	۰/۷۲ c	۱۸/۳۵ a	
$Vm_1 = 4$	۷۸/۰۶ c	۱۲/۰۶ c	۱۵/۰۰ c	۵/۸۷ a	۲۲/۸۲ c	۲/۷۸ b	۰/۹۰ bc	۱۸/۸۳ a	
$Vm_2 = 8$	۸۴/۳۲ b	۱۳/۳۸ b	۱۶/۹۴ a	۵/۹۰ a	۲۴/۱۹ b	۳/۱۲ a	۱/۱۴ a	۱۹/۴۱ a	
$Vm_3 = 12$	۸۷/۸۸ a	۱۴/۵۶ a	۱۵/۳۲ b	۶/۰۵ a	۲۵/۶۸ a	۳/۵۵ a	۱/۳۳ a	۱۹/۸۴ a	

در هر ستون میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن (سطح احتمال ۵ درصد) اختلاف معنی داری باهم ندارند.

تیمارهای کودی ورمی کمپوست، شیب کاهش عملکرد در سطوح بالای تنش خشکی ملایم‌تر گردید. نتایج به دست آمده با گزارش شریفی و همکاران (۱۳۹۲) نیز مطابقت داشت.

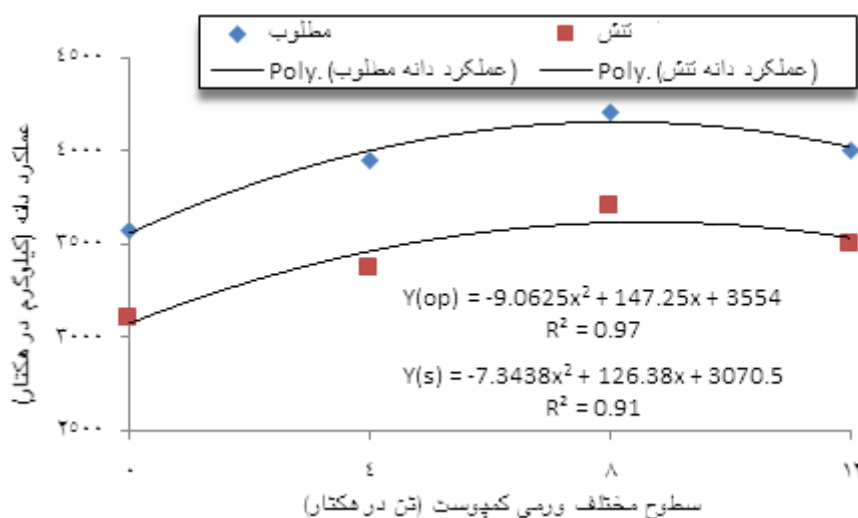
بنابراین در غلظت‌های بالای ورمی کمپوست وجود عناصر معدنی بسیار فراوان در محیط کشت گیاه، می‌تواند اثرات نامطلوب تنش کمبود آب را کاهش داده و متعاقب آن، سرعت جذب نیتروژن را جهت افزایش عملکرد بالا برده و به واسطه افزایش عملکرد در



شکل ۱- روند تغییرات رگرسیونی میزان عملکرد نیام سبز در سطوح مختلف ورمی کمپوست تحت شرایط متفاوت رطوبتی عملکرد دانه

مصرفی از تابع درجه ۲ تبعیت نمود، به طوری که این تابع در شرایط تنش خشکی حدود ۹۱ درصد و در شرایط بدون تنش حدود ۹۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را در لوبیا توجیه نمود (شکل ۲). بررسی واکنش گیاه به سطوح مختلف ورمی کمپوست بوسیله برآورد روابط رگرسیونی نشان داد بالاترین عملکرد دانه در شرایط تنش با کاربرد ۸/۶۰ تن و در شرایط بدون تنش با کاربرد ۸/۱۲ تن ورمی کمپوست در هکتار، به ترتیب به میزان ۳۶۱۵ و ۴۱۵۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (شکل ۲). در این زمینه آشوکا و همکاران (۲۰۰۸) با آزمایشی روی ذرت و ارائه نتایجی مشابه، دلیل این موضوع را تأمین عناصر غذایی کم مصرف و هورمون‌ها توسط ورمی کمپوست در کنار حداکثر دسترسی به NPK دانستند به طوری که عناصر پر مصرف از طریق این کودها سبب افزایش سازه‌های پروتوپلاسمی، تسریع در فرایندهای رشد و نمو سلولی و در نهایت افزایش رشد، زیست توده و عملکرد گیاه می‌گردند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بین سطوح مختلف تنش خشکی و ورمی کمپوست و برهمکنش آنها در سطح احتمال ۵ درصد از لحاظ عملکرد دانه بود (جدول ۳). کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی را می‌توان به کاهش تعداد نیام در بوته و وزن دانه نسبت داد که این موضوع با نتایج بیات و همکاران (۲۰۱۰)؛ احمدنجانر و خان (۲۰۱۳) مطابقت داشت. نتایج این آزمایش بیانگر آن است که افزایش عملکرد دانه در تیمارهای ورمی کمپوست، می‌تواند ناشی از بهبود اجزای عملکرد دانه در این تیمارها باشد. به نظر می‌رسد که افزایش ورمی کمپوست در محیط ریشه شرایط را برای جذب آب و عناصر غذایی بهتر مهیا نموده و در این شرایط به دلیل جذب بیشتر و کارآمدتر آب و عناصر معدنی مورد نیاز، تحمل به تنش در گیاه بهبود یافته است. عکس‌العمل عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی و بدون تنش (مطلوب) به میزان ورمی کمپوست



شکل ۲- روند تغییرات رگرسیونی میزان عملکرد دانه در سطوح مختلف ورمی کمپوست تحت شرایط متفاوت رطوبتی

نبود (جدول ۳). اگرچه میزان نسبی کارتنوئیدها تحت تأثیر معنی دار سطوح مختلف کود ورمی کمپوست قرار نگرفت، اما نسبت به شاهد اندکی افزایش یافت (جدول ۴). به نظر می رسد افزایش محتوای کلروفیل a و b و همچنین مقادیر کارتنوئیدها در اثر مصرف ورمی کمپوست، احتمالاً بدلیل تأثیر آن بر فعالیت های آنزیمی در برگ و یا افزایش اسیدهای آمینه و ترکیبات پروتئینی در ارتباط باشد. تأثیر مثبت ورمی کمپوست در افزایش مقادیر فوق در مطالعات دیگر نیز مورد تأکید قرار گرفته است (رشتبری و علیخانی ۱۳۹۰؛ کیانی و همکاران ۲۰۱۴).

میزان پروتئین

همان گونه که در جدول تجزیه واریانس ملاحظه می گردد، اثر ساده تنش خشکی و ورمی کمپوست در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان پروتئین معنی دار بود، این در حالی است که اثر برهمکنش تیمار تنش خشکی و ورمی کمپوست از نظر آماری تفاوت معنی داری بر صفت مذکور نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد با افزایش سطح تنش خشکی میزان پروتئین به صورت معنی داری افزایش یافت، به طوری که بیشترین درصد پروتئین (۲۶/۴ درصد) مربوط به تیمار آبیاری پس از ۲۲۰ میلی متر تبخیر و کمترین میزان آن (۲۰/۸ درصد) مربوط به تیمار شاهد (آبیاری پس از ۱۰۰ میلی متر تبخیر) بود (جدول ۴). به نظر می رسد که در شرایط

محتوای کلروفیل و کارتنوئیدها

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد، اثر ساده تنش خشکی و ورمی کمپوست بر محتوای کلروفیل a و کلروفیل b در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود ولی اثر برهمکنش آنها بر مقادیر صفات مذکور معنی دار نگردید (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر محتوای کلروفیل a و کلروفیل b مشخص نمود که با افزایش سطح تنش محتوای صفات مذکور به طور معنی داری کاهش یافت، به طوری که در تیمار آبیاری پس از ۱۰۰ میلی متر تبخیر بیشترین محتوای کلروفیل a و کلروفیل b و تیمار آبیاری پس از ۲۲۰ میلی متر تبخیر کمترین مقادیر فوق را تولید نمودند (جدول ۴). پاک نژاد و همکاران (۲۰۰۷) بیان نمودند تحت شرایط تنش خشکی بازیابی مواد و به ویژه نیتروژن کاهش می یابد و از آن جایی که کلروپلاست ها برای ساخت کلروفیل نیازمند نیتروژن می باشند، سرعت تولید کلروفیل کاهش یافته و کندتر می گردد. اخا و همکاران (۲۰۱۱)؛ احمدپور و حسین زاده (۲۰۱۷)؛ عباسی سیه جانی و همکاران (۱۳۹۶) نیز نشان دادند که میزان کلروفیل برگ با افزایش تنش خشکی کاهش می یابد. همچنین در این مطالعه اثر سطوح مختلف تنش بر روی محتوای کارتنوئیدها در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار، ولی اثر تیمار ورمی کمپوست و برهمکنش آنها بر روی صفت مذکور معنی دار

تنش خشکی شدید، به دلیل کاهش جذب و افزایش هدرروی نیتروژن ناشی از کمبود شدید آب در خاک، پتانسیل عملکرد کاهش یافته و به دلیل وجود همبستگی منفی بین پتانسیل عملکرد و میزان پروتئین، این موضوع باعث افزایش میزان پروتئین شده است. مقایسه میانگین سطوح مختلف ورمی کمپوست نشان داد که مصرف ورمی کمپوست تأثیر مثبتی بر میزان پروتئین داشته و باعث افزایش درصد آن صفت گردیده است (جدول ۴). به نظر می‌رسد، برتری میزان پروتئین در سطوح مختلف کود ورمی کمپوست نسبت به تیمار شاهد، به افزایش غلظت نیتروژن در بخش‌های رویشی و انتقال مجدد و تجمع بیشتر آن در قسمت زایشی باشد. این نتیجه با یافته‌های بابائیان و همکاران (۲۰۱۱) همخوانی داشت.

ماتریس ضرایب همبستگی بین عملکرد و دیگر صفات

مورد ارزیابی

براساس نتایج جدول ۵ عملکرد نیام سبز با صفات ارتفاع بوته، طول نیام، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در

نیام، عملکرد دانه، کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئیدها همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید. بیشترین میزان همبستگی بین عملکرد نیام سبز با صفت تعداد نیام در بوته ($r=0/96^{**}$) مشاهده شد ولی بین عملکرد نیام سبز با میزان پروتئین کمترین همبستگی مثبت ($r=0/29$) مشاهده شد که معنی‌دار نبود. تعداد نیام در بوته با تعداد دانه در نیام همبستگی منفی نشان داد. به نظر می‌رسد با افزایش تعداد نیام در بوته، سهم هر نیام از مواد فتوسنتزی کم می‌شود و در نتیجه تعداد دانه در نیام کاهش یافته‌است. وجود این گونه همبستگی بیانگر این است که برای افزایش عملکرد می‌توان از چنین صفاتی در برنامه‌های به‌زراعی و به‌نژادی استفاده نمود. بیات و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعه ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی تحت شرایط کم آبی، در بین اجزای عملکرد بیشترین میزان همبستگی با عملکرد را در ارتباط با صفات تعداد نیام در بوته و وزن صد دانه گزارش کردند. چنین نتایجی با گزارش شریفی و همکاران (۱۳۹۲) نیز در یک راستا بود.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین عملکرد نیام سبز و دیگر صفات مورد ارزیابی

صفات	عملکرد نیام سبز	ارتفاع بوته	طول نیام	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در نیام	عملکرد دانه	میزان پروتئین	کلروفیل a	کلروفیل b
ارتفاع بوته	۰/۵۱*								
طول نیام	۰/۶۴**	۰/۲۱							
تعداد نیام در بوته	۰/۹۶**	۰/۳۳	۰/۸۵**						
تعداد دانه در نیام	۰/۷۵**	۰/۲۹	۰/۶۴**	-۰/۳۷					
عملکرد دانه	۰/۶۸*	۰/۴۳*	۰/۳۵	۰/۶۶**	۰/۵۱*				
میزان پروتئین	۰/۲۹	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۲۲	۰/۱۸			
کلروفیل a	۰/۷۰**	۰/۵۳*	۰/۴۹*	۰/۵۵*	۰/۵۰*	۰/۶۲**	۰/۵۴*		
کلروفیل b	۰/۶۲**	۰/۵۰*	۰/۴۷*	۰/۵۷*	۰/۶۳**	۰/۵۶*	۰/۴۷*	۰/۶۹**	
کارتنوئیدها	۰/۵۹*	۰/۵۷*	۰/۳۲	۰/۵۴*	۰/۴۱*	۰/۵۸*	۰/۳۰	۰/۲۸	۰/۳۷

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

نتیجه گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که تمام نسبت‌های ورمی کمپوست توانست اغلب خصوصیات مورفو- فیزیولوژیکی لوبیا سبز را به طور معنی‌داری بهبود بخشد. در این تحقیق اگرچه با کاهش میزان آب مصرفی و به تبع آن بروز تنش خشکی از عملکرد لوبیا سبز کاسته شد، اما افزایش مصرف ورمی کمپوست آثار سوء تنش خشکی را بر عملکرد این گیاه تقلیل داد. کارایی ورمی- کمپوست در افزایش مقاومت گیاه به تنش خشکی را عموماً می‌توان به اثرات سودمند آن در خاک و گیاه نسبت داد، زیرا اجزای تشکیل دهنده ورمی کمپوست نقش مهمی در تحریک فرآیندهای متابولیک، افزایش رشد و افزایش تولید و تجمع متابولیت‌ها در بافت‌های گیاهی در شرایط تنش‌های محیطی را دارند. نتایج کلی حاصل از این تحقیق نشان داد مصرف ورمی کمپوست علاوه بر اطمینان بیشتر و سطح بالای عملکرد، استفاده کارآتر از سایر نهاده‌های با ارزش نظیر نیتروژن را نیز ممکن می‌سازد، چرا که در شرایط مطلوب و حتی تنش خشکی

افزایش مصرف ورمی کمپوست با افزایش قابل ملاحظه عملکرد نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف ورمی- کمپوست) همراه بود. به عبارت دیگر، استفاده از کود آلی ورمی کمپوست ضمن اینکه عملکرد مورد نظر ما را تأمین می‌نماید، بستری جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و همچنین پایداری سیستم‌های کشاورزی و سلامت بیشتر محیط زیست مهیا نموده و کاربرد نهاده‌های شیمیایی را به مقدار زیادی کاهش می‌دهد و این راهی برای کاهش هزینه‌های تولید محصول و همچنین سلامت بیشتر محصولات تولیدی خواهد بود.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است که با همکاری و حمایت‌های مالی معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه پیام نور استان خوزستان انجام گردیده که بدینوسیله تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

- Abbasi Seyahjani E, Yarnia M, Faravash F, Khorsidi Benam MB and Asadi Rahmani H. 2017. Influence of rhizobium, pseudomonas and fungi mycorrhiza on some traits of red beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 27(1): 85-102. (In Persian).
- Ahmadpour R and HosseinZadeh SR. 2017. Change in growth and photosynthetic parameters of lentil (*Lens culinaris Medik.*) in response to methanol foliar application and drought stress. *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 6(1): 7-12.
- Ahmed-Najar I and Khan A. 2013. Effect of vermicompost on growth and productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum*) under field conditions. *Acta Biology Malaysia*, 2(1): 12-21.
- Akhkha A, Boutraa T and Alhejely A, 2011. The rates of photosynthesis, chlorophyll content, dark respiration, proline and abscisic acid (ABA) in wheat (*Triticum durum*) under water deficit conditions. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13: 215-221.
- Ashoka P, Mudalagiriappa M, Pujari BT, Hugard PS and Desai BK. 2008. Effect of nutrients with or without organic manures on yield of baby corn (*Zea mays* L.- Chickpea (*Cicer artietinum* L.) Sequence. *Karnataka Journal of Agriculture Science*, 21: 485-487.
- Babaeian M, Esmaeilian Y, Tavassoli A, Asgharzade A and Sadeghi M. 2011. The effects of water stress, manure and chemical fertilizer on grain yield and grain nutrient content in barley. *Scientific Research and Essays*, 6(17): 3697-3701.

- Bayat AA, Sepehri A, Ahmadvand G and Dorri HR. 2010. Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Science, 12: 42-54. (In Persian).
- Behbodi F, AllahDadi E and Mohamadi Goltape E. 2015. Effect of produced vermicompost from cow manure impregnated to copper oxide (CuO) and Zinc oxide (ZnO) nanoparticles on some properties of wax bean crop (*Vigna unguiculata*). Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 104: 126-134. (In Persian).
- Chanda GK, Bhunia G and Chakraborty SK. 2011. The effect of vermicompost and other fertilizers on cultivation of tomato plants. Journal Horticulture and Forestry, 3(2): 42-45.
- Dorri HR. 2008. Bean agronomy. Publication Series of Research Center of Bean, Khomein, Iran. (In Persian).
- Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D and Basra SMA. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy Sustainable Development, 29: 185-212.
- HosseinZadeh SR, Amiri H and Esmaeili A. 2016. Effect of vermicompost extract on germination characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Journal of Plant Researches, 29(3): 506-521. (In Persian).
- Kiani Z, Esmaeilpour B, Hadian J, Soltani Toolarood AA and Fathololumi S. 2014. Effect of organic fertilizers on growth properties nutrient absorption and essential oil yield of medicinal plant of spearmint (*Mentha spicata* L.). Journal Plant Production Research, 21(4): 63-80.
- Koocheki A, Hosseini M and Khazaie R. 2012. Sustainable agriculture systems. Publication of Jahadedaneshgahi Mashhad. (In Persian).
- Kumar GA, Bishwas R, Mahendra PS, Vibha U and Chandan KS. 2011. Effect of fertilizers and vermicompost on growth, yield and biochemical changes in abelmoschus esculentus. Plant Archives, 11(1): 285-287.
- Lack Sh, Kermanshahi M and Noryani H. 2016. Variation trend of leaf area index, yield and yield components of green beans (*Phaseolous vulgaris* L.) by using zinc sulfate and nitrogen. Journal of Crop Ecophysiology, 9(4): 599-610. (In Persian).
- Lakhdar A, Hafsi C, Rabhi M, Debez A, Montemurro F, Abdely C, Jedidi N and Ouerghi Z. 2008. Application of municipal solid waste compost reduces the negative effects of saline water in *Hordeum maritimum* L. Bioresource Technology, 99: 7160-7167.
- Mafakheri A, Siosemardeh A, Bahramnejad B, Struik PC and Sohrabi E. 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. Australian Journal of Crop Science, 4(8): 580-585.
- Nouriyani H, Majidi E, SeyyedNejad SM, Siadat SA and Naderi A. 2012. Evaluation of interaction of paclobutrazol and nitrogen on correlation between yield and photosynthetic pigments contents in two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Research on Crops, 13(2): 446-452.
- Paknejad F, Nasri M and Tohidi Moghadam HR. 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. Journal of Biology Science, 7(6): 841-847.
- Peeri M, Peyevast Gh, HassanPour Asil M and GhasemNejad M. 2011. Effect of vermicompost and vermiculatum on yield and some growth characteristics of green beans (*Phaseolous vulgaris* L.). The 7th Horticultural Science Congress of Iran. Esfahan, Iran. Pp. 564-565.
- Pezeshkpour P, Ardakani MR, Paknejad F and Vazaan S. 2014. Application effect of vermicompost, mycorrhizal symbiosis and biophosphate solubilizing on physiological traits and yield of chickpea. Crop Physiology Journal, 6(23): 53-65. (In Persian).
- Rashtbari M and Alikhani A. 2011. Evaluation the appropriate levels of vermicompost and municipal solid waste compost on nutrient uptake and yield of canola under drought stress conditions. Journal of Agricultural Engineering, 34(2): 85-96. (In Persian).

- Sharifi P, Karbalavi N and AminKhah H. 2014. Effects of drought stress and potassium sulfate fertilizer on green bean yield. *Electronic Journal of Crop Production*, 6(4): 137-149. (In Persian).
- Tasdighi HR, Salehi A, Movahhede Dehnavi M and Behzadi Y. 2015. Survey of yield, yield components and essential oil of *matricaria chamomilla* L. with application of vermicompost and different irrigation levels. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 25(3): 61-78. (In Persian).