Journal of Vegetables Sciences, Autumn & Winter 2022, Vol 5, No 10(2), Pages 1-17

doi: 10.22034/iuvs.2021.541559.1180 Article Type: Research Online ISSN: 2676-4822

Comparison of the Effect of Biological and Non-Biological Fertilizers on Quantitative, Qualitative and Phytochemical Properties of Garlic (*Allium sativum* L.)

Mahdi Mardi[1], Ahmadreza Abbasifar[2*] and Babak ValizadehKaji[2]

1- M.Sc. Student of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran

2- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran

[*]**Corresponding author:** abbasifar1965@yahoo.com

(**Received:** 28 October 2021 **Revise:** 28 November 2021 **Accepted:** 27 December 2021)

Extended Abstract

1. Introduction: Biofertilizers are one of the most important components of organic and sustainable agriculture. The correct use of these fertilizers can increase the quantitative and qualitative yield of agricultural products, reduce the consumption of some types of chemical fertilizers and protect the environment.

2. Materials and Methods: In order to investigate the effect of biofertilizers on quantitative, qualitative, and chemical properties of Garlic, an experiment was conducted in a randomized complete block design with 10 treatments and four replications in Sarband section of Shazand city, Markazi province in 2017. Treatments included nitroxin, bio-superphosphate, supernitroplas, humic acid alone and the combination of nitroxin+ bio-superphosphate, bio-superphosphate+ supernitroplas, nitroxin+ humic acid+ bio-superphosphate, bio-superphosphate+ supernitroplas+ humic acid, application of macro chemical fertilizer (N-P-K-S) and no application of fertilizer (chemical and biological) as the controls. The treatments were applied as a seed coating.

3. Results and Discussion: The results showed that nutrition with biofertilizers had a significant effect on plant yield, clove weight, number of cloves, bulb width, bulb length, plant height, number of leaves, contents of carbohydrate, antioxidants, phenols, and flavonoids of bulbs. Compared to the control of no fertilizer application, supernitroplas led to an increase of 22.7%, 39.3%, 25.5%, and 20.8% in the number of cloves, clove weight, bulb width, and bulb length, respectively. The average plant height in biofertilizers was 25.8% higher than the control of no fertilizer application. Supernitroplas treatment increased yield and number of leaves by 24.7% and 15.8%, respectively, compared to the control of no fertilizer application. Also, supernitroplas treatment increased the amount of antioxidants, phenols, and flavonoids by 58.8%, 62%, and 65.6%, respectively, compared to the control of no fertilizer application. In addition, supernitroplas biofertilizer resulted in a 44.5% increase in bulb carbohydrates. Supernitroplas biofertilizer contains a variety of different species of nitrogen-fixing bacteria, bacteria that control soil pathogens and growth-promoting bacteria. In addition, Supernitroplas biofertilizer contains azospirillium, which is capable of producing auxin from multiple biosynthetic pathways. In addition to auxin, other hormones are synthesized by this bacterium, which increases root growth and improves water and mineral absorption, and ultimately increases the quantitative and qualitative yield of the plant.

4. Conclusion: Overall, since most nutrient treatments, especially supernitroplas, showed superiority in many traits over both controls (application of NPKS fertilizer and no fertilizer application), replacing biofertilizers with chemical fertilizers is highly recommended.

Keywords: Biofertilizer, Bio-superphosphate, Garlic, Nitroxin, Supernitroplas.

Citation: Mardi, M., Abbasifar, A. & ValizadehKaji, B. (2022). Comparison of the effect of biological and non-biological fertilizers on quantitative, qualitative and phytochemical properties of Garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Vegetables Sciences*, 10(2), 1-17. doi: 10.22034/iuvs.2021.541559.1180

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

دوفصلنامه علمی علوم سبزی‌ها، سال ۵، دوره ۱۰، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، صفحات (۱۷-۱)

شاپا الکترونیکی: ۴۸۲۲-۲۶۷۶ نوع مقاله: پژوهشی doi: 10.22034/iuvs.2021.541559.1180

مقایسه تأثیر کودهای زیستی و غیرزیستی بر خصوصیات کمی، کیفی و فیتوشیمیایی سیر (*Allium sativum* L.)

مهدی مردی[۱]، احمدرضا عباسی‌فر[۲*] و بابک ولی‌زاده‌کاجی[۲]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

[*]نویسنده مسئول: abbasifar1965@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۰۶ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۰/۰۹/۰۷ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۰/۱۰/۰۶)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی بر ویژگی‌های کمی، کیفی و فیتوشیمیایی گیاه سیر، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و چهار تکرار در بخش سربند شهرستان شازند استان مرکزی در سال ۱۳۹۶ صورت گرفت. تیمارها شامل نیتروکسین، بیوسوپرفسفات، سوپرنیتروپلاس و اسید هیومیک به‌تنهایی و ترکیب نیتروکسین+ بیوسوپرفسفات، بیوسوپرفسفات+ سوپرنیتروپلاس، نیتروکسین+ اسید هیومیک+ بیوسوپرفسفات، بیوسوپرفسفات+ سوپرنیتروپلاس+ اسید هیومیک، کاربرد کود شیمیایی کامل درشت مغذی (N-P-K-S) و عدم‌کاربرد کود (شیمیایی و زیستی) به‌عنوان شاهد بودند. تیمارها به‌صورت بذرمال اعمال شدند. نتایج نشان داد که تغذیه با کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد گیاه، وزن و تعداد سیرچه، عرض و طول سوخ، ارتفاع بوته، تعداد برگ، میزان کربوهیدرات، آنتی‌اکسیدان، فنول و فلاونوئید سیرچه داشت. کاربرد سوپرنیتروپلاس در مقایسه با شاهد (عدم‌مصرف) کود منجر به افزایش ۲۲/۷، ۳۹/۴۳، ۲۵/۵ و ۲۰/۸ درصدی به‌ترتیب در تعداد سیرچه، وزن سیرچه، عرض و طول سوخ شد. میانگین ارتفاع بوته با مصرف کودهای زیستی ۲۵/۸ درصد نسبت به شاهد (عدم‌مصرف کود) بیشتر بود. صفات عملکرد و تعداد برگ نیز کاربرد سوپرنیتروپلاس به‌ترتیب با افزایش ۲۴/۷ و ۱۵/۸ درصدی نسبت به شاهد (عدم‌مصرف کود) برتری نشان دادند. همچنین کاربرد سوپرنیتروپلاس در مقایسه با شاهد (عدم‌مصرف کود) میزان آنتی‌اکسیدان، فنول و فلاونوئید را به‌ترتیب به‌میزان ۵۸/۸، ۶۲ و ۶۵/۶ درصد افزایش داد. علاوه بر این، کود زیستی سوپرنیتروپلاس منجر به افزایش ۴۴/۵ درصدی در میزان کربوهیدرات‌های سوخ شد. این نتایج نویدبخش آن است که می‌توان کودهای زیستی را تا حدودی جایگزین کودهای شیمیایی نمود و بدین صورت خطرات زیست‌محیطی کودهای شیمیایی را تا حدودی کاهش داد و به تولید پایدار محصولات کشاورزی و سلامت محصولات غذایی به‌ویژه سبزی‌ها کمک کرد.

واژه‌های کلیدی: بیوسوپرفسفات، سوپرنیتروپلاس، سیر، کود زیستی، نیتروکسین.

استناد: مردی، م.، عباسی‌فر، ا. و ولی‌زاده‌کاجی، ب. (۱۴۰۰). مقایسه تأثیر کودهای زیستی و غیرزیستی بر خصوصیات کمی، کیفی و فیتوشیمیایی سیر (*Allium sativum* L.). *علوم سبزی‌ها*، ۱۰(۲)، ۱۷-۱.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

سیر (*Allium sativum* L.) گیاه بومی مناطق مرکزی آسیا است که دارای تنوع مورفولوژیکی قابل‌توجهی می‌باشد (Alam *et al*., 2019). این گیاه به‌طور وسیعی در آشپزی به‌عنوان مکمل و طعم‌دهنده و برای درمان بسیاری از بیماری‌ها به‌ویژه بیماری‌های قلبی-عروقی و سرطان‌ها استفاده می‌شود. از خواص دارویی سیر می‌توان به تنظیم سطوح لیپید پلاسما و اثرات ضد مسمومیتی، ضد باکتریایی و ضد دیابتی آن اشاره کرد (Sharma *et al*., 2010).

از دیدگاه کشاورزی پایدار، خاک نه‌تنها یک بستر فیزیکی و شیمیایی به‌شمار می‌رود، بلکه یک پیکره زنده‌ای است که با مدیریت موجودات زنده، می‌توان تنوع زیستی آن را حفظ و حتی افزایش داد. به همین منظور جهت برخورداری از یک سیستم کشاورزی پایدار، استفاده از نهاده‌هایی که علاوه بر تأمین نیازهای گیاه و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی، جنبه‌های اکولوژیک سیستم را بهبود بخشند، ضروری به‌نظر می‌رسد (Nasiri *et al*., 2020). یکی از شیوه‌های زیستی برای افزایش تولید در کشاورزی، استفاده بالقوه از ریزموجودات مفید خاک‌زی است که به روش‌های مختلف باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند (Fallahi *et al*., 2008). کودهای زیستی حاوی گونه‌های میکروبی مؤثر برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان بوده که باعث افزایش میزان تولید محصول می‌شوند. علاوه بر این، کودهای زیستی باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب و همچنین بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند. این کودها از طریق اسیدی نمودن محلول خاک و ترشح برخی آنزیم‌ها موجب آزاد شدن عناصر از ترکیبات پیچیده موجود در خاک می‌شوند. استفاده از کودهای زیستی ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از آن‌ها، پایداری تولید را افزایش می‌دهد (Nasiri *et al*., 2020)؛ بنابراین کودهای زیستی به‌دلیل مزایای زیادی که دارند باعث افزایش عملکرد گیاه و تولید پایدار می‌شوند. تلقیح سیرچه‌های سیر با دو گونه میکوریز و نیتروکسین حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم سبب افزایش عملکرد سوخ گردیده است (Rezvani Moghaddam *et al*., 2015). کاربرد تلفیقی ازتوباکتر و آزوسپریلیوم تأثیر معنی‌داری بر پایداری تولید پیاز (*Allium cepa* L.) داشته است (Fatma *et al*., 2014).

Naeem و Otroshy (۲۰۱۵) نشان دادند که کاربرد ازتوباکتر و یا کاربرد توأم آن با گلوموس سبب افزایش طول ساقه و کاربرد تلفیقی ازتوباکتر+ سودوموناس+ گلوموس سبب افزایش عملکرد سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) شدند. این محققین نشان دادند که کاربرد کودهای زیستی به‌واسطه نقش مؤثری که در افزایش رشد و عملکرد غده‌های ریز سیب‌زمینی دارند، می‌توانند در کشاورزی ارگانیک به‌عنوان جایگزین کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار گیرند. Rashki Ghale و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که کاربرد همزمان کود شیمیایی و کود زیستی باعث افزایش صفات ارتفاع بوته، عرض سیر و وزن سیرچه‌های سیر نسبت به استفاده از کود شیمیایی می‌شود.

کود زیستی نیتروکسین حاوی باکتری‌هایی است که موجب تثبیت نیتروژن شده و اثرات مفیدی در رشد و نمو گیاهان دارد. کود زیستی بیوسوپرفسفات حاوی مجموعه‌ای از باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌باشد که توانایی تولید انواع اسیدهای آلی و معدنی و ترشح آنزیم فسفاتاز را دارند و با این روش می‌توانند ذخایر فسفر معدنی و آلی را که در خاک در حالت معمولی غیرقابل‌جذب می‌باشد به فرم قابل‌استفاده برای گیاه تبدیل نمایند. کود زیستی سوپر نیتروپلاس حاوی مجموعه‌ای از گونه‌های مختلف باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و کنترل‌کننده عوامل بیماری‌زای خاک‌زی و باکتری‌های محرک رشد می‌باشد. باکتری‌های موجود در این کود ضمن تثبیت نیتروژن با ترشح هورمون‌های محرک رشد، انواع سیدروفور و انواع

آنتی‌بیوتیک می‌توانند در کنترل بعضی از عوامل بیماری‌زا مانند پیتیوم، فوزاریوم، ورتی‌سیلیوم، فیتوفترا، ریزکتونیا و اسکلروتینا مؤثر باشند. اسید هیومیک شامل مواد ارگانیک یا کمپوست است که با بهبود شرایط فیزیولوژیکی و فیزیکی خاک، باعث حاصخیزی خاک می‌شود.

در سال‌های اخیر به‌دلیل قیمت بالای کودهای شیمیایی، استفاده از کودهای زیستی توجیه‌پذیر شده و اهمیت زیادی پیدا کرده است. از طرف دیگر، تاکنون مطالعه جامعی در زمینه تأثیر انواع مختلف کودهای زیستی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه سیر صورت نگرفته است و این اولین گزارش در این زمینه است که اثر انواع مختلف کودهای زیستی و ترکیب آن‌ها بر صفات مختلف گیاه سیر مورد بررسی قرار گرفته است. هدف دیگر این پژوهش، انتخاب کود زیستی مناسب برای این محصول مهم و استراتژیک در جهت کاهش اثرات مخرب مصرف کودهای شیمیایی است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در استان مرکزی شهرستان شازند، بخش سربند، روستای ده‌علیمراد در مزرعه‌ای با مختصات ۳۳ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. ارتفاع از سطح دریا ۲۱۵۰ متر بود و میانگین بارندگی بلندمدت این منطقه ۴۵۰ میلی‌متر در سال می‌باشد و در سال اجرای آزمایش میزان بارش ۵۶۰ میلی‌متر بود که ۲۰۰ میلی‌متر آن در زمان مناسب رشد سیر یعنی اردیبهشت‌ماه صورت گرفت.

طرح آزمایشی

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و ۱۰ تیمار کودی انجام گردید. تیمارهای کودی به شرح زیر بودند:

۱. کود زیستی نیتروکسین (حاوی باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) با کد N

۲. کود زیستی بیوسوپرفسفات (حاوی مجموعه‌ای از باکتری‌های حل‌کننده فسفات از جنس‌های آنتروباکتر و سودوموناس) با کد B

۳. کود زیستی سوپرنیتروپلاس (حاوی مجموعه‌ای از گونه‌های مختلف باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس ازتوباکتر و کنترل‌کننده عوامل بیماری‌زای خاک‌زی از جنس *Bacillus subtilis* و باکتری‌های محرک رشد از جنس *Pseudomonas fluorescens*) با کد S

۴. اسید هیومیک با کد H

۵. کود زیستی نیتروکسین+ کود زیستی بیوسوپرفسفات با کد N+B

۶. کود زیستی بیوسوپرپلاس+ کود زیستی بیوسوپرفسفات با کد S+B

۷. کود زیستی نیتروکسین+ بیوسوپر فسفات+ اسید هیومیک با کد N+B+H

۸. کود زیستی بیوسوپر فسفات+ سوپر نیتروپلاس+ اسید هیومیک با کد S+B+H

۹. کود کامل درشت مغذی (NPKS) پنج درصد بدون کود زیستی با کد C

۱۰. عدم‌کاربرد هر گونه کود زیستی و شیمیایی (شاهد) با کد A

کودهای مورد استفاده در آزمایش از شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا تهیه شدند.

مواد گیاهی و عملیات کاشت و داشت

سوخ‌های سیر توده بومی همدان از شهرستان همدان تهیه و سیرچه‌ها از سوخ‌ها تفکیک و سیرچه‌های آلوده و ناهمگن حذف و مقدار سیرچه مورد نیاز برای هر کرت به تعداد ۱۵۰ عدد شمارش شدند. تیمار سیرچه‌ها با کودهای زیستی به روش بذرمال و به‌مقدار یک لیتر برای ۱۰۰ کیلوگرم سیرچه ۱۲ ساعت قبل از کاشت صورت گرفت. در تیمارهایی که ترکیب دو یا سه کود زیستی بودند، حجم استفاده از هر نوع کود نیز به یک‌دوم و یک‌سوم کاهش پیدا کرد. در تیمار شاهد هیچ نوع کود زیستی و شیمیایی استفاده نشد.

کاشت سیرچه‌ها در تاریخ ۱۲ آبان‌ماه سال ۱۳۹۶ در کرت‌هایی به ابعاد ۱/۷۵×۳ مترمربع انجام شد. در هر کرت پنج پشته با فاصله ۳۵ سانتی‌متر ایجاد و روی هر پشته سیرچه به فاصله ۱۰ سانتی‌متر در عمق ۱۰ سانتی‌متری کشت شدند، به‌طوری‌که تعداد بوته روی هر پشته به ۳۰ عدد و در مجموع به ۱۵۰ عدد داخل کرت و تراکم بوته در هر مترمربع به ۲۸ بوته رسید. پس از کاشت، بلافاصله اولین آبیاری جهت استقرار سیرچه‌ها انجام شد و آبیاری بعدی ۱۰ روز بعد صورت گرفت. آبیاری کرت‌ها به صورت غرقابی انجام شد.

وجین علف‌های‌هرز در چهارم فروردین‌ماه به‌صورت دستی انجام شد. تغذیه عمومی خاک در ۱۲ فروردین‌ماه مطابق عرف منطقه، به‌مقدار ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم سولفات‌پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت جایگذاری نواری در خاک کنار پشته‌ها برای همه تیمارها انجام شد. اولین آبیاری فصل بهار در ۱۳ فروردین‌ماه صورت گرفت و کود سرک دوم نیز به‌مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، چهار هفته پس از سرک اول استفاده گردید. آبیاری منظم هر هفت روز یک‌بار تا اول تیرماه انجام شد.

نمونه‌برداری مورفولوژیکی و اندازه‌گیری عملکرد

در زمان برداشت، جهت حذف اثر حاشیه‌ای فقط از سه ردیف وسط تعداد سه نمونه از هر ردیف و در مجموع نُه بوته در هرکرت به‌طور تصادفی انتخاب و صفات ارتفاع بوته (طول بلندترین برگ تا سطح خاک بر حسب سانتی‌متر)، قطر طوقه (با استفاده از کولیس دیجیتالی)، عرض برگ (به‌وسیله خط‌کش مدرج فلزی از وسط برگ)، کلروفیل برگ (به‌وسیله دستگاه کلروفیل‌متر دستی $SPAD_{502}$ مدل ساخت کشور ژاپن)، اندازه‌گیری گردید و جهت مشخص شدن میانگین تعداد برگ تعداد ۲۷ بوته از هر کرت نیز به‌صورت تصادفی شمارش شد.

در هفتم تیرماه هنگامی‌که دوسوم برگ‌ها زرد شده بودند، پس از حذف دو ردیف حاشیه، سه ردیف به‌صورت دستی برداشت و سپس قسمت بالایی گیاه با چاقوی تیز جدا و حذف شد. سوخ‌ها به‌مدت دو هفته جهت خشک شدن در انبار خشک به‌طور مجزا قرار داده شدند و در ادامه جهت برآورد عملکرد، سوخ‌های هر کرت به‌طور کامل با ترازوی دیجیتالی (AND مدل EK 6100 i، ساخت ایران) توزین شد. صفات طول و عرض سوخ به‌وسیله کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد و تعداد سیرچه‌ها در هر سوخ با انتخاب ۱۰ عدد سوخ سیر به‌صورت تصادفی و تفکیک سیرچه‌ها شمارش گردید. وزن سیرچه‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتالی توزین و میانگین وزن هر سیرچه یاداشت شد. از هر کرت دو عدد سوخ به‌صورت تصادفی برای اندازه‌گیری صفات کیفی در آزمایشگاه انتخاب شد.

عصاره‌گیری

برای تهیه عصاره متانولی، یک گرم سیرچه بعد از هموژن نمودن با ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد مخلوط شد و به‌مدت ۲۴ ساعت روی شیکر (IKA مدل KS 130 control، ساخت ایران) در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و ۱۲۰ دور در دقیقه قرار گرفت. سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۰۰۰۰ سانتریفیوژ (مدل Hettich EBA 200، ساخت ایران) شد. روشناور حاصل در شیشه‌های تیره‌رنگ در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری گردید.

تعیین میزان ترکیبات فنولی

برای اندازه‌گیری ترکیبات فنولی از روش رنگ‌سنجی فولین سیوکالتیو استفاده شد. اساس این روش، احیاء معرف فولین توسط ترکیبات فنولی در محیط قلیایی و ایجاد کمپلکس آبی‌رنگ پایه‌گذاری شده است. برای انجام این آزمایش، ۴۰۰ میکرولیتر از عصاره به همراه ۲۰۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتیو (۱۰:۱) و ۱۶۰۰ میکرولیتر از محلول ۷/۵ درصد کربنات‌سدیم اضافه شد و بعد از ۳۰ دقیقه جذب مخلوط حاصل در طول موج ۷۶۵ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Cary Win UV 100، ساخت کشور استرالیا) خوانده شد (Singleton & Rossi, 1965).

برای رسم منحنی استاندارد از اسید گالیک استفاده شد. محلول پایه‌ای از این ماده با غلظت ۱۰۰۰

میکروگرم بر میلی‌لیتر تهیه گردید. سپس از این محلول پایه، محلول‌هایی با غلظت‌های مختلف تهیه و پس از انجام مراحل مختلف، مقدار جذب نمونه‌ها خوانده شد. پس از رسم منحنی استاندارد اسید گالیک، با قرار دادن مقدار جذب عصاره در معادله خطی مربوط به منحنی استاندارد، مقدار فنول کل موجود در عصاره محاسبه گردید. در نهایت داده‌ها بر اساس میلی‌گرم اسید گالیک بر وزن خشک بیان گردید.

تعیین مقدار فلاونوئیدها

میزان فلاونوئید کل عصاره به روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم اندازه‌گیری شد (Lamaison & Carnat, 1990). اصول روش رنگ سنجی آلومینیوم کلرید بر پایه تشکیل کمپلکس‌های اسیدی آلومینیوم کلرید با گروه کتو و یا گروه هیدروکسیل فلاونوئیدها می‌باشد که این ترکیبات بیشترین جذب را در ۴۱۵ نانومتر دارد. در این روش دو میلی‌لیتر از عصاره با دو میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم دو درصد درون لوله آزمایش تیره مخلوط شد. بعد از ۱۵ دقیقه جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در ۴۱۵ نانومتر خوانده شد. از فلاونوئید کوئرستین برای رسم منحنی استاندارد استفاده شد. بدین منظور، محلول پایه‌ای از کوئرستین با غلظت ۱۰۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر تهیه گردید و از این محلول پایه غلظت‌های مختلف تهیه و جذب نمونه‌ها خوانده شد. با قرار دادن جذب نمونه‌ها در معادله خط به‌دست آمده از منحنی استاندارد، مقدار فلاونوئید کل موجود در عصاره محاسبه گردید. نتایج بر حسب میلی‌گرم کوئرستین در گرم وزن خشک سیر بیان شد.

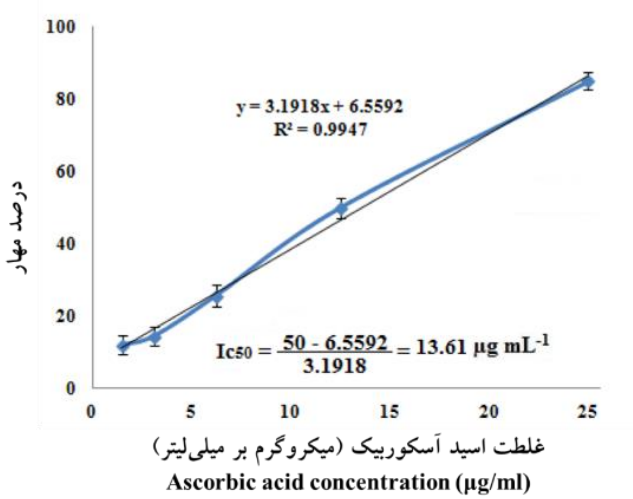
تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH

اساس این روش بر پایه سنجش مهار فعالیت رادیکال‌های آزاد در عصاره گیاهی است. در این روش از ۲-۲-دی فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) که یک رادیکال آزاد چربی‌دوست است به‌عنوان رادیکال آزاد استفاده می‌شود. گروه‌های هیدروکسیل ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با دادن H به مولکول رادیکال آزاد DPPH منجر به کاهش این مولکول می‌گردند که این واکنش با تغییر رنگ محلول واکنش از بنفش به زرد همراه است. برای انجام آزمایش محلول چهار میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر DPPH با متانول خالص تهیه شد و ۲۸۰۰ میکرولیتر از این محلول با ۲۰۰ میکرولیتر عصاره در لوله‌های آزمایش تیره مخلوط گردید. نمونه‌ها در محیط تاریک به‌مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شدند. در نهایت جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. درصد مهار رادیکال آزاد DPPH با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید (Akowuah *et al.*, 2005).

$$(\text{DPPH}):\frac{(\text{AC-AS})}{\text{AC}}\times 100 \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه Ac جذب شاهد و AS بیانگر جذب عصاره گیاه می‌باشد. برای محاسبه مقدار آنتی‌اکسیدانی هر یک از نمونه‌ها از منحنی استاندارد اسید آسکوربیک استفاده شد. در نهایت مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه بر اساس میلی‌گرم معادل اسید آسکوربیک در گرم وزن خشک بیان شد. مطابق این روش هر چه عدد نهایی به‌دست آمده بزرگ‌تر باشد قدرت آنتی‌اکسیدانی و یا مهار رادیکال‌های آزاد بیشتر است.

محلول استاندارد این پژوهش برای غیرفعال‌سازی رادیکال آزاد DPPH، آنتی‌اکسیدان اسید آسکوربیک بود که با غلظت‌های ۱/۵، ۳/۱۲۵، ۶/۲۵، ۱۲/۵ و ۲۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر تهیه شد و به دو میلی‌لیتر از هر کدام از آن‌ها، دو میلی‌لیتر رادیکال آزاد DPPH اضافه گردید. برای محاسبه درصد مهار رادیکال آزاد DPPH توسط آنتی‌اکسیدان اسید آسکوربیک طبق رابطه ۱ عمل شد که شکل ۱ این تغییرات را نشان می‌دهد.



شکل ۱- تغییرات درصد مهار رادیکال DPPH بر حسب غلظت‌های متفاوت اسید آسکوربیک

Figure 1- Changes in the percentage of DPPH radical inhibition in terms of different concentrations of ascorbic acid

اندازه‌گیری میزان قندهای محلول

به‌منظور بررسی محتوای قندهای محلول از روش آنترون استفاده شد. بر این اساس ۲۰۰ میلی‌گرم از سیرچه با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر هموژن گردید. بعد از گذشت یک ساعت محلول حاصل به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور سانتریفوژ شد. یک میلی‌لیتر از روشناور به پنج میلی‌لیتر آنترون (۱۰۰ میلی‌گرم آنترون+ ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد) اضافه گردید و نمونه‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ سانتی‌گراد قرار گرفت. بعد از خنک شدن مقدار جذب نمونه‌ها با اسپکتروفتومتر در ۶۲۰ نانومتر خوانده شد. برای رسم منحنی استاندارد از گلوکز استفاده شد. غلظت‌های مختلف از ۰/۵ تا پنج مولار از این ماده تهیه و جذب آن مطابق روش بیان شده خوانده شد. در نهایت میزان قند محلول نمونه‌ها بر اساس میلی‌گرم بر گرم وزن تازه سیرچه محاسبه شد (Yemm & Willis, 1954).

تجزیه واریانس داده‌ها به روش GLM و با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

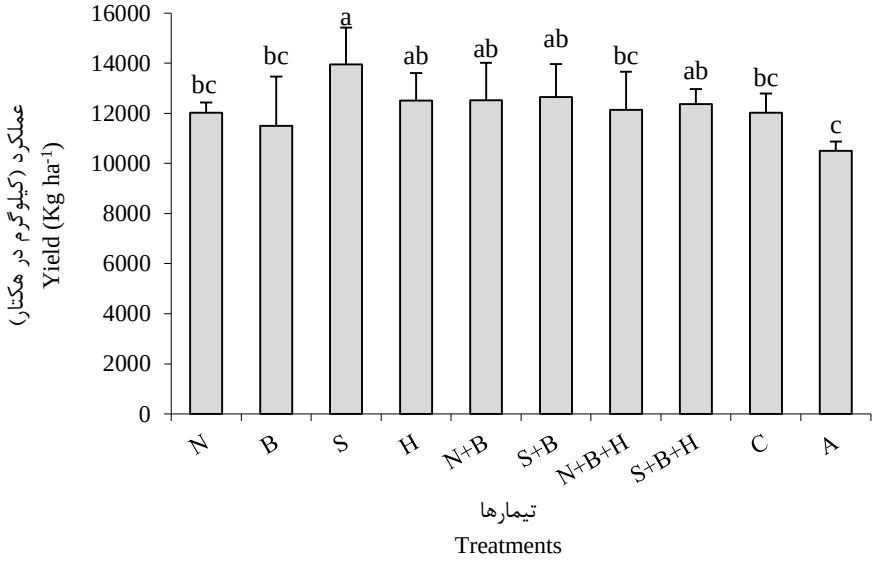
عملکرد

نتایج مقایسه میانگین تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد سیر نشان داد که بسیاری از کودهای زیستی باعث افزایش عملکرد نسبت به عدم‌مصرف کود و کود شیمیایی درشت مغذی شدند. بیشترین میزان عملکرد (۱۳۹۵۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به کاربرد سوپرنیتروپلاس بود، اگرچه اختلاف معنی‌داری با بسیاری از تیمارهای کود زیستی نشان نداد. کمترین عملکرد با میزان ۱۰۵۰۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به شاهد (عدم‌مصرف کود) بود؛ با این‌حال، اختلاف معنی‌داری بین شاهد و بسیاری از تیمارهای دیگر از نظر میزان عملکرد مشاهده نشد (شکل ۲).

تعداد سیرچه

مقایسه میانگین داده‌های آزمایش نشان داد که صفت تعداد سیرچه تحت تأثیر منابع مختلف کود زیستی قرار گرفت. بیشترین تعداد سیرچه (۱۱/۳۲ عدد) مربوط به کاربرد سوپرنیتروپلاس بود. اگرچه بین این تیمار با بسیاری از کودهای زیستی دیگر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین میزان تعداد سیرچه نیز مربوط به عدم‌مصرف کود و مصرف کود شیمیایی درشت مغذی بود. با این وجود اختلاف معنی‌داری بین این تیمارها با

برخی از کودهای زیستی از نظر تعداد سیرچه وجود نداشت (شکل ۳).

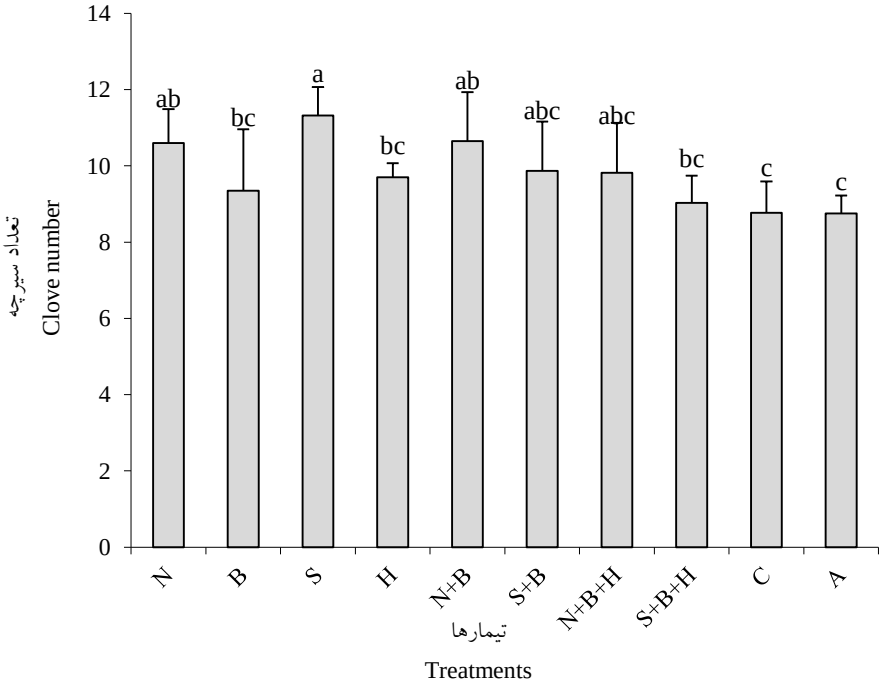


شکل ۲- تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر عملکرد گیاه سیر

Figure 2- The effect of different nutrient treatments on Garlic yield

(N: نیتروکسین، B: بیوسوپرفسفات، S: سوپرنیتروپلاس، H: هیومیک اسید، C: کاربرد کود درشت مغذی و A: شاهد عدم‌کاربرد کود).

(N: Nitroxin, B: Bio-superphosphate, S: Supernitroplas, H: Humic acid, C: Macro fertilizer application and A: Control of no-fertilizer application).



شکل ۳- تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر تعداد سیرچه گیاه سیر

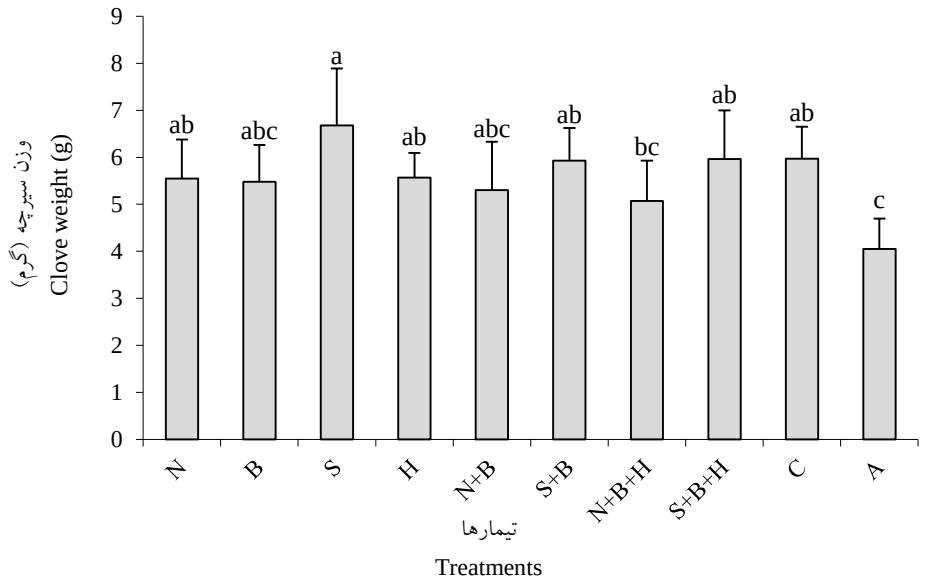
Figure 3- The effect of different nutrient treatments on clove number of Garlic

(N: نیتروکسین، B: بیوسوپرفسفات، S: سوپرنیتروپلاس، H: هیومیک اسید، C: کاربرد کود درشت مغذی و A: شاهد عدم‌کاربرد کود)

(N: Nitroxin, B: Bio-superphosphate, S: Supernitroplas, H: Humic acid, C: Macro fertilizer application and A: Control of no-fertilizer application).

وزن سیرچه

نتایج حاصل از بررسی مقایسه میانگین‌ها داده‌های مربوط به وزن سیرچه نشان داد که بیشترین وزن سیرچه (۶/۶۸ گرم) مربوط به کاربرد سوپرنیتروپلاس بود، اگرچه تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با بسیاری از تیمارهای دیگر و مصرف کود درشت مغذی از نظر وزن سیرچه مشاهده نشد. کمترین وزن سیرچه (۴/۰۵ گرم) نیز متعلق به شاهد (عدم‌کاربرد کود) بود، هر چند تفاوت معنی‌داری بین شاهد با برخی از تیمارهای تغذیه‌ای وجود نداشت (شکل ۴).



شکل ۴- تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر وزن سیرچه گیاه سیر

Figure 4- The effect of different nutrient treatments on clove weight of Garlic

(N: نیتروکسین، B: بیوسوپرفسفات، S: سوپرنیتروپلاس، H: هیومیک اسید، C: کاربرد کود درشت مغذی و A: شاهد عدم‌کاربرد کود)

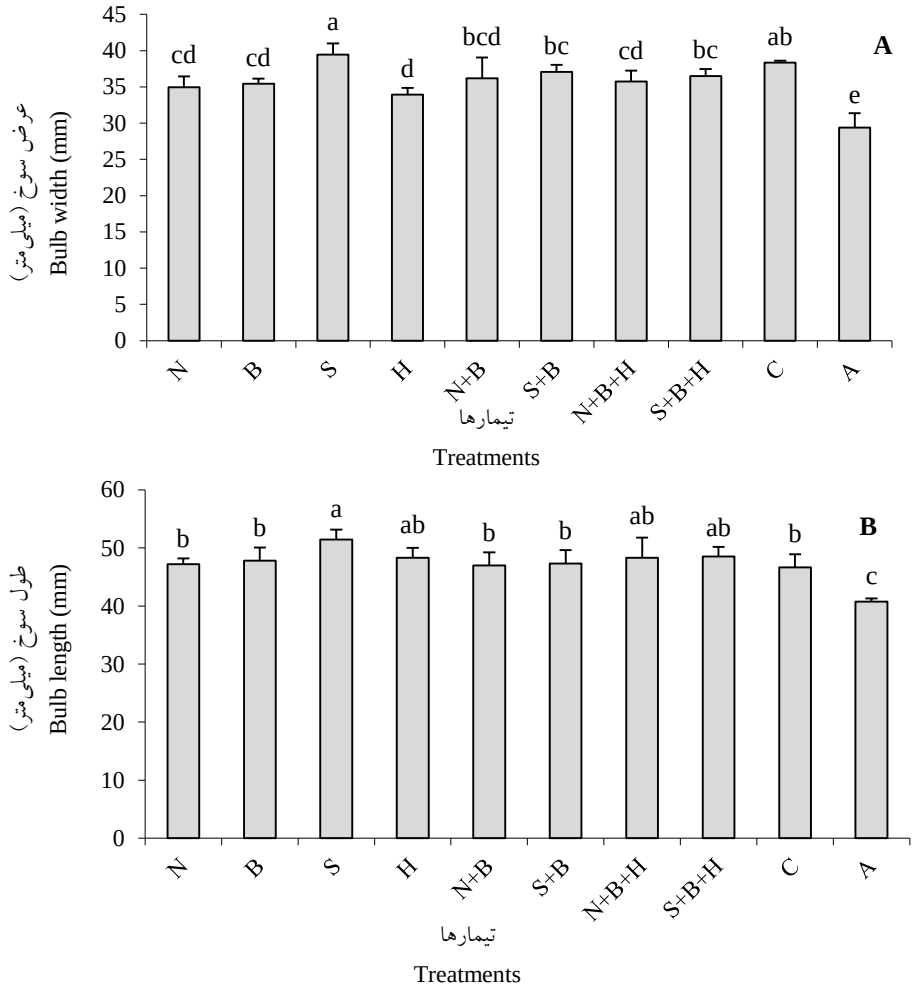
(N: Nitroxin, B: Bio-superphosphate, S: Supernitroplas, H: Humic acid, C: Macro fertilizer application and A: Control of no-fertilizer application).

عرض و طول سوخ

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین عرض سوخ به‌میزان ۳۹/۴۷ میلی‌متر مربوط به کاربرد کود زیستی سوپرنیتروپلاس بود، هر چند بین این تیمار و کاربرد کود درشت مغذی از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین میزان عرض سوخ (۲۹/۳۹ میلی‌متر) نیز مربوط به شاهد (عدم‌مصرف کود) بود (شکل ۵ الف). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین طول سوخ به‌میزان ۵۱/۴۶ میلی‌متر مربوط به کاربرد سوپرنیتروپلاس بود که با بسیاری از کودهای زیستی دیگر و عدم‌مصرف کود و کود شیمیایی درشت مغذی اختلاف معنی‌داری نشان داد. کمترین میزان طول سوخ (۴۰/۷۴ میلی‌متر) نیز مربوط به شاهد (عدم‌مصرف کود) بود (شکل ۵ ب).

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین ارتفاع بوته نشان داد که این صفت تحت تأثیر اعمال تیمارهای مختلف کود زیستی قرار گرفت (شکل ۶). بیشترین میزان ارتفاع بوته (۷۳/۲۲ سانتی‌متر) مربوط به کاربرد سوپرنیتروپلاس بود. با این‌حال اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کود زیستی و مصرف کود شیمیایی درشت مغذی از نظر ارتفاع بوته مشاهد نشد. کمترین میزان ارتفاع بوته (۵۴/۳۲ سانتی‌متر) مربوط شاهد (عدم‌مصرف کود) بود که با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌دار نشان داد (شکل ۶).

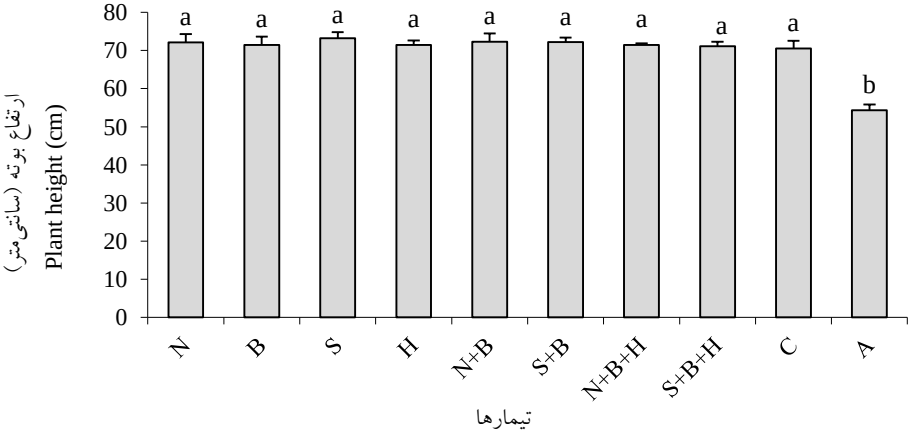


شکل ۵- تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر عرض (الف) و طول سوخ (ب) گیاه سیر

Figure 5- The effect of different nutrient treatments on bulb width (A) and length (B) of Garlic

(N: نیتروکسین، B: بیوسوپرفسفات، S: سوپرنیتروپلاس، H: هیومیک اسید، C: کاربرد کود درشت مغذی و A: شاهد عدم‌کاربرد کود)

(N: Nitroxin, B: Bio-superphosphate, S: Supernitroplas, H: Humic acid, C: Macro fertilizer application and A: Control of no-fertilizer application).



شکل ۶- میانگین تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر ارتفاع گیاه سیر

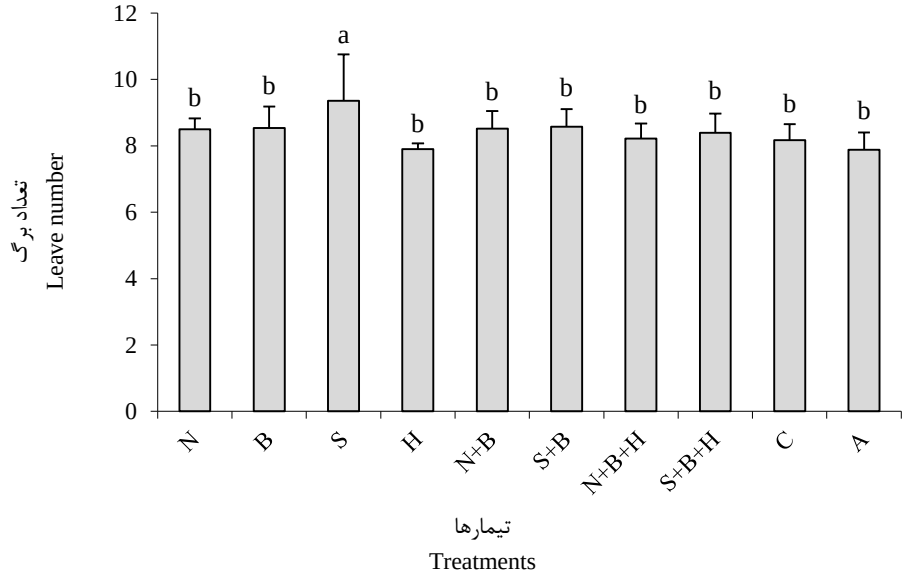
Figure 6- The effect of different nutrient treatments on plant height of Garlic

(N: نیتروکسین، B: بیوسوپرفسفات، S: سوپرنیتروپلاس، H: هیومیک اسید، C: کاربرد کود درشت مغذی و A: شاهد عدم‌کاربرد کود)

(N: Nitroxin, B: Bio-superphosphate, S: Supernitroplas, H: Humic acid, C: Macro fertilizer application and A: Control of no-fertilizer application).

تعداد برگ

بررسی نتایج مقایسه میانگین داده‌های آزمایش بیانگر آن است که در بین تیمارهای مختلف کود زیستی، کاربرد سوپرنیتروپلاس با میانگین تعداد ۹/۳۶ عدد برگ نسبت به سایر تیمارهای مصرف کودهای زیستی و کود شیمیایی درشت مغذی و عدم‌مصرف کود برتری معنی‌داری داشته است. کمترین میانگین تعداد برگ (۷/۸۸) نیز مربوط به شاهد (عدم‌مصرف کود) بود، هر چند بین این تیمار با تمامی کودهای زیستی به جزء سوپرنیتروپلاس تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۷).



شکل ۷- تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر تعداد برگ گیاه سیر

Figure 7- The effect of different nutrient treatments on leave of number of Garlic

(N: نیتروکسین، B: بیوسوپرفسفات، S: سوپرنیتروپلاس، H: هیومیک اسید، C: کاربرد کود درشت مغذی و A: شاهد عدم‌کاربرد کود)

(N: Nitroxin, B: Bio-superphosphate, S: Supernitroplas, H: Humic acid, C: Macro fertilizer application and A: Control of no-fertilizer application).

کربوهیدرات (قندهای محلول)

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان کربوهیدرات سوخ (۴۱/۲۳ میلی‌گرم بر گرم) متعلق به کاربرد سوپرنیتروپلاس بود. با این وجود بین این تیمار با بسیاری از تیمارهای دیگر و مصرف کود درشت مغذی از نظر کربوهیدرات سوخ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین میزان کربوهیدارت سوخ (۲۲/۸۸ میلی‌گرم بر گرم) نیز مربوط به شاهد (عدم‌کاربرد کود) بود (شکل ۸).

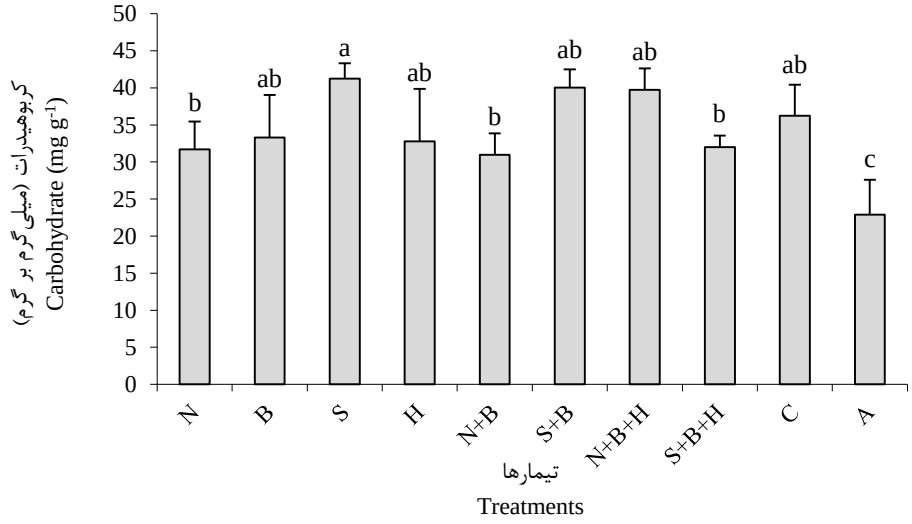
فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به تأثیر تیمارهای مختلف کود زیستی بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های سوخ، مشخص شد که بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های سوخ (۹/۹۲ میلی‌گرم بر گرم) مربوط به کود زیستی نیتروکسین بود، هر چند بین این تیمار با برخی از کودهای زیستی دیگر از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های سوخ (۴/۰۹ میلی‌گرم بر گرم) نیز در شاهد (عدم‌مصرف کود) مشاهده شد، هر چند بین این تیمار با برخی از تیمارهای مصرف کودهای زیستی و مصرف کود درشت مغذی از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۹).

ترکیبات فنولی و فلاونوئید

نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به تأثیر کودهای زیستی بر میزان فنول سوخ نشان داد که بیشترین میزان فنول سوخ (۰/۵۴میلی‌گرم برگرم) مربوط به کود زیستی سوپرنیتروپلاس بود که نسبت به تمامی تیمارها برتری معنی‌دار داشت. کمترین میزان فنول سوخ به‌میزان

۰/۲۰ میلی‌گرم برگرم نیز مربوط به شاهد (عدم‌کاربرد کود) بود، هر چند بین این تیمار با بسیاری از تیمارهای دیگر از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱۰ الف). مطابق نتایج به‌دست آمده مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین میزان فلاونوئید سوخ (۰/۹۹ میلی‌گرم برگرم) مربوط به کاربرد سوپر نیتروپلاس بود که نسبت به تمامی تیمارها برتری معنی‌دار داشت. کمترین میزان فلاونوئید سوخ به‌میزان ۰/۳۴ میلی‌گرم بر گرم نیز متعلق به شاهد (عدم‌مصرف کود) بود. با این وجود، بین این تیمار و برخی از تیمارهای دیگر از نظر میزان فلاونوئید سوخ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱۰ ب).

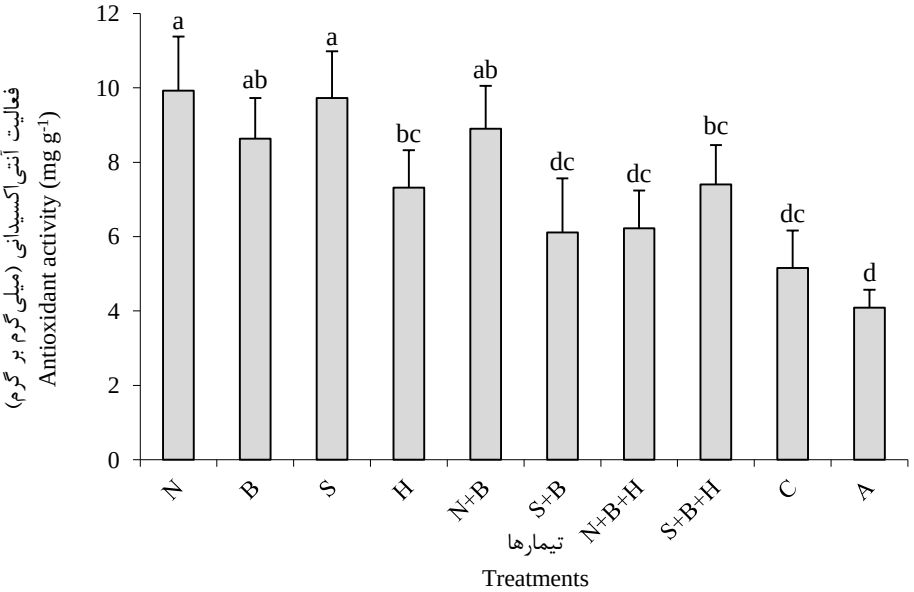


شکل ۸- تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر مقدار کربوهیدرات سوخ سیر

Figure 8- The effect of different nutrient treatments on bulb carbohydrate of Garlic

(N: نیتروکسین، B: بیوسوپرفسفات، S: سوپر نیتروپلاس، H: هیومیک اسید، C: کاربرد کود درشت مغذی و A: شاهد عدم‌کاربرد کود)

(N: Nitroxin, B: Bio-superphosphate, S: Supernitroplas, H: Humic acid, C: Macro fertilizer application and A: Control of no-fertilizer application).

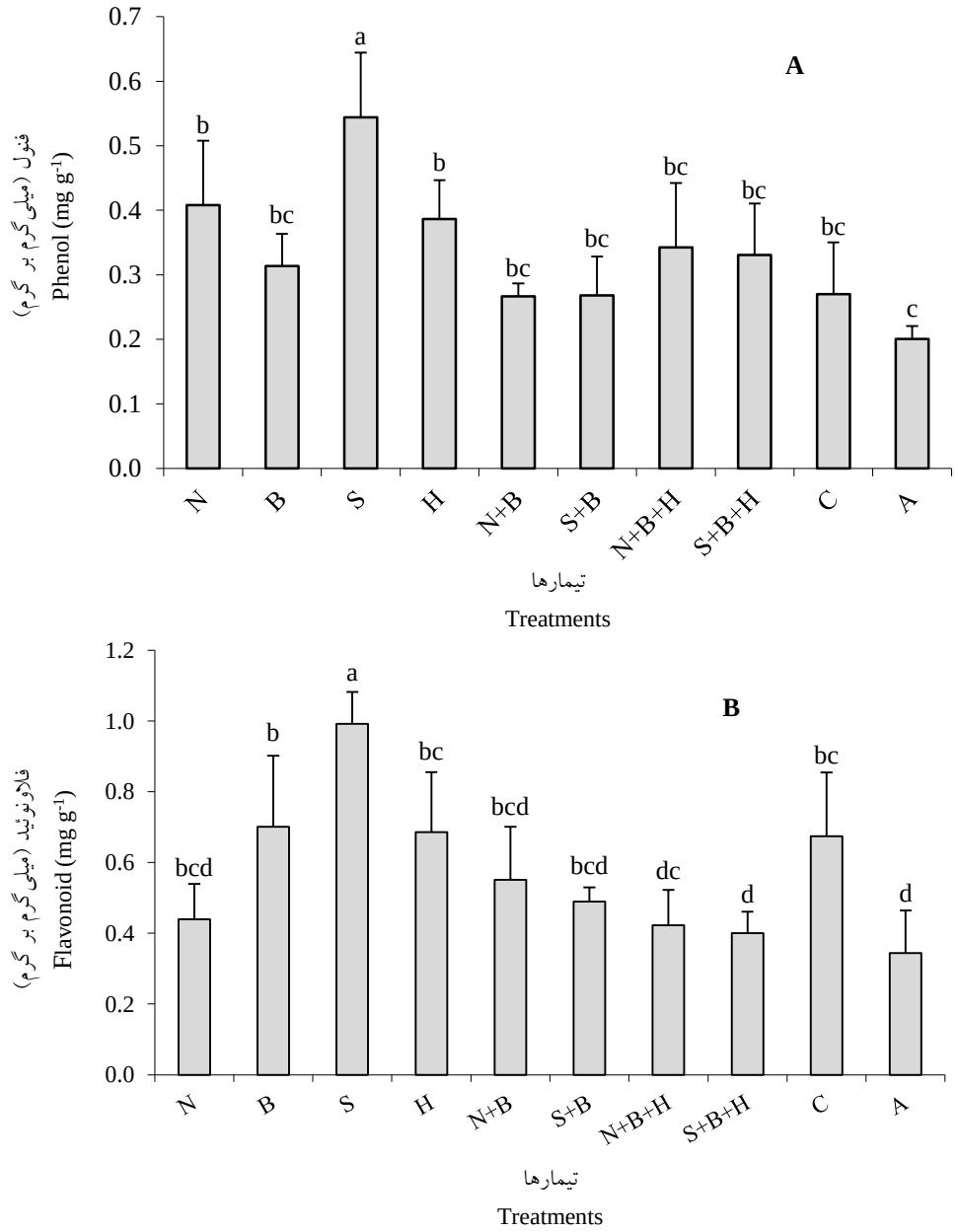


شکل ۹- تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر فعالیت آنتی اکسیدانی سوخ سیر

Figure 9- The effect of different nutrient treatments on antioxidant activity of Garlic bulb

(N: نیتروکسین، B: بیوسوپرفسفات، S: سوپر نیتروپلاس، H: هیومیک اسید، C: کاربرد کود درشت مغذی و A: شاهد عدم‌کاربرد کود)

(N: Nitroxin, B: Bio-superphosphate, S: Supernitroplas, H: Humic acid, C: Macro fertilizer application and A: Control of no-fertilizer application).



شکل ۱۰- تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر میزان فنول (الف) و فلاونوئید (ب) سوخ سیر

Figure 10- The effect of different nutrition treatments on phenol (A) and flavonoid (B) content of Garlic bulb

(N: نیتروکسین، B: بیوسوپرفسفات، S: سوپر نیتروپلاس، H: هیومیک اسید، C: کاربرد کود درشت مغذی و A: شاهد عدم‌کاربرد کود)

(N: Nitroxin, B: Bio-superphosphate, S: Supernitroplas, H: Humic acid, C: Macro fertilizer application and A: Control of no-fertilizer application).

بحث

کاربرد کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد سیر داشت به‌طوری‌که میانگین عملکرد کودهای زیستی نسبت به عدم‌کاربرد کود و کاربرد کود شیمیایی درشت مغذی به‌ترتیب ۱۵/۶ و ۳/۵ درصد افزایش یافت و کاربرد سوپرنیتروپلاس با ۲۴/۷ و ۱۳/۸ درصد افزایش در مقایسه با عدم‌کاربرد کود و کاربرد کود درشت مغذی بیشترین تأثیر را بر عملکرد گذاشت. در گیاهان دیگر مانند سیر (Ismailian *et al*., 2015)، پیاز (Jat *et al*., 2018) و همیشه‌بهار (Hoseini Mazinani &

Hadipoor, 2014) نیز کاربرد کودهای زیستی باعث بهبود اجزای عملکرد و در نتیجه افزایش عملکرد شد که مطابق با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق است.

بسیاری از کودهای زیستی مورد استفاده در این پژوهش به‌خصوص سوپرنیتروپلاس نسبت به شاهد منجر به افزایش تعداد سیرچه، وزن سیرچه و همچنین عرض و طول سوخ شدند. سوپرنیتروپلاس نسبت به عدم‌مصرف کود (شاهد) منجر به افزایش ۲۲/۷، ۳۹/۳، ۲۵/۵ و ۲۰/۸ درصدی به‌ترتیب در تعداد سیرچه، وزن سیرچه، عرض سوخ و طول سوخ شد. کود زیستی سوپرنیتروپلاس، حاوی مجموعه‌ای از گونه‌های مختلف باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس ازتوباکتر و کنترل‌کننده عوامل بیماری‌زای خاک‌زی از جنس باسیلوس سوبتیلیس و باکتری‌های محرک رشد از جنس سودوموناس فلورسنس می‌باشد. باکتری‌های موجود در این کود ضمن تثبیت نیتروژن با ترشح هورمون‌های محرک رشد، انواع سیدروفور و انواع آنتی‌بیوتیک می‌توانند در کنترل بعضی از عوامل بیماری‌زا مانند پیتیوم، فوزاریوم، ورتی‌سیلیوم، فیتوفترا، ریزوکتونیا و اسکلروتینا مؤثر باشند (Rashid *et al*., 2016). علاوه بر این، کود زیستی سوپرنیتروپلاس حاوی آزوسپیریلیوم می‌باشد، آزوسپیریلوم قادر به تولید ایندول تری‌استیک اسید از مسیرهای بیوسنتزی متعدد است (Karla, 2003). علاوه بر اکسین، هورمون‌های دیگری از خانواده ایندول توسط این باکتری سنتز می‌شوند که باعث افزایش رشد ریشه و بهبود جذب آب و عناصر معدنی و در نهایت افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه می‌شوند (Bashan & Gonzales, 1999). در پیاز نیز استفاده از کودهای زیستی منجر به افزایش تعداد و وزن سوخ و در نهایت عملکرد در هکتار شد (Fatma *et al*., 2014) که با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد.

استفاده از کودهای زیستی در ارتفاع بوته تأثیر معنی‌داری داشت و میانگین ارتفاع بوته در زمان استفاده از کودهای زیستی ۲۵/۸ درصد نسبت به عدم‌کاربرد کود (شاهد) بیشتر بود. اثر کودهای زیستی بر ارتفاع بوته نسبت به یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. تأثیر مثبت کود زیستی در رشد و ارتفاع بوته توسط محققین دیگر گزارش شده است (Agha Alikhani *et al*., 2013). Rashki Ghale و همکاران (۲۰۱۹) نیز گزارش کردند که اثر کاربرد هم‌زمان کود شیمیایی و کود زیستی در صفت ارتفاع بوته سیر نسبت به استفاده تنها از کود شیمیایی پایه (NPK) بیشتر بود. افزایش ارتفاع بوته در نتیجه کاربرد کودهای زیستی می‌تواند ناشی از افزایش جذب نیتروژن و فسفر و به‌دنبال آن افزایش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول باشد (Boyeri Deh Sheikh *et al*., 2017).

کود زیستی سوپرنیتروپلاس در مقایسه با سایر کودهای زیستی و شاهد، منجر به بیشترین تعداد برگ شد. این تیمار نسبت به عدم‌کاربرد کود (شاهد) به‌میزان ۱۵/۸ درصد از خود برتری نشان داد. در حالی‌که بقیه تیمارهای کود زیستی اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد در صفت تعداد برگ نشان نداند، هر چند بسیاری از کودهای زیستی در مقایسه با شاهد منجر به افزایش تعداد برگ شدند. مطابق با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق Alizad و همکاران (۲۰۱۸) گزارش دادند که کاربرد توأم ورمی‌کمپوست با آزوسپیریلیوم منجر به افزایش تعداد برگ گیاه سیر می‌شود.

در مقایسه با عدم‌کاربرد کود (شاهد)، کود زیستی سوپرنیتروپلاس منجر به افزایش ۴۴/۵ درصدی در میزان کربوهیدرات‌های سوخ شد. مطابق با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق Aghhavani shajari و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که استفاده از کودهای زیستی، باعث افزایش معنی‌دار کربوهیدارت در گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) می‌شود. علاوه بر این، در گیاه یونجه (*Medicago sativa* L.) نیز کاربرد کودهای زیستی به افزایش کربوهیدارت‌ها منجر شد (Jafarzadeh *et al*., 2014). به‌نظر می‌رسد کودهای زیستی از طریق در دسترس قرار دادن عناصر غذایی برای گیاه، منجر به افزایش کربوهیدرات‌ها می‌شوند. چنانچه دسترسی به عناصر غذایی کمتر از حد مطلوب رشد گیاه باشد، موجب اختلال در فرآیندهای

حیاتی گیاه و در نتیجه کاهش کربوهیدرات‌ها می‌شود (Jafarzadeh *et al*., 2014).

خصوصیات بیوشیمیایی گیاه سیر مانند فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنول، فلاونوئید نیز تحت تأثیر مصرف کودهای زیستی قرار گرفت. در مقایسه با عدم‌کاربرد کود (شاهد)، کاربرد نیتروکسین باعث افزایش ۵۸/۸ درصدی در میزان آنتی‌اکسیدان سوخ شد. همچنین کاربرد سوپرنیتروپلاس در مقایسه با عدم‌مصرف کود (شاهد) میزان فنول و فلاونوئید را به‌ترتیب به‌میزان ۶۲ و ۶۵/۶ درصد افزایش داد. این میکروارگانیسم‌ها با برقراری کنش متقابل با ریشه گیاهان در ریزوسفر، سبب بروز فواید بسیاری می‌شوند (Abdul-Jaleel *et al*., 2007). کودهای زیستی از طریق مکانیسم‌های مختلفی نظیر افزایش دسترسی به نیتروژن، آزاد کردن متابولیت‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین، افزایش جذب آب و مواد غذایی و کنترل زیستی پاتوژن‌های خاک‌زاد باعث بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه می‌شوند (Pyo *et al*., 2014; Amiri *et al*., 2017). در بررسی اثر کودهای زیستی مختلف بر گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea angustifolia*)، مشخص شد که بیشترین ترکیبات فنولی ریشه در تیمار ترکیبی بیوسولفور و بیوفسفر به‌دست آمد (Agha Alikhani *et al*., 2013). در پژوهشی دیگر، بیشترین میزان اسانس گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*) در شرایط کاربرد هـمزمان کـودهای زیسـتی بیوسـولفور، نیتروکسـین و بیوفسفر حاصل شد (Rahimzadeh *et al*., 2013). Amiri و همکاران (۲۰۱۷) با آزمایش روی گیاه گل‌گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) دریافتند که کودهای زیستی بیوفسفر و بیوسولفور باعث افزایش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنول کل و فلاونوئید کل نسبت به شاهد شدند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه کود زیستی سوپر نیتروپلاس بر اکثر صفات اندازه‌گیری شده گیاه سیر تأثیر مثبت و معنی‌داری داشت و باعث بهبود خصوصیات کمی و کیفی این گیاه با ارزش شد. این نتایج نویدبخش آن است که می‌توان کودهای زیستی را تا حدودی جایگزین کودهای شیمیایی نمود و بدین صورت خطرات زیست‌محیطی کودهای شیمیایی را تا حدودی کاهش داد و به تولید پایدار محصولات کشاورزی و سلامت محصولات غذایی به‌ویژه سبزی‌ها کمک کرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه اراک که محققین را در انجام این پژوهش یاری نمودند و همچنین شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا به نمایندگی آقای مهندس عباس شاهوردی که تأمین کودهای مورد نیاز آزمایش و راهنمایی نحوه مصرف آن‌ها را به‌عهده داشتند، سپاسگزاری می‌نماید.

References

- Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R. & Panneerselvam, R. (2007). *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 60, 7-11.
- Agha Alikhani, M., Iranpoor, A. & Naghdibadi, H. (2013). Variation of agronomic and phytochemistry of *Echinaceae purpurea* (L.) Moench affected by urea and biofertilizer. *Journal of Medicinal Plant*, 12, 121-138. (In Persian)
- Aghhavani Shajari, M., Jaberi, M., Baradaran, R. & Mousavi, S. (2018). Effect of biofertilizers and irrigation management on phisiological indices of Fenugreek (*Trigonella foenum*- graecum L.). *Journal of Plant Ecophysiology*, 10(32), 142-151. (In Persian)
- Akowuah, G. A., Ismail, Z., Norhayati, I.

& Sadikun, A. (2005). The effects of different extraction solvents of varying polarities on polyphenols of Orthosiphon stamineus and evaluation of the free radical-scavenging activity. *Food Chemistry*, 93, 311-317.

- Alam, S. M., Mahmood, I. A., Ullah, M. A., Naseeb, T., Nawab, N. N. & Haider, S. I. (2019). Growth and yield of garlic (*Allium Sativum* L.) influenced by Zn and Fe application. *Food Biology*, 8, 13-15.
- Alizad, L., Mostafavi Rad, M. & Aghaei, K. (2018). Effect of nitrogen sources type and plant growth promoting bacteria on yield and its attributes of Talesh local garlic in Rasht. *Journal of Crops Improvement*, 20(2), 533-545. (In Persian)
- Amiri, M. B., Rezvani Moghaddam, P. & Jahan, M. (2017). Effects of organic acids, Mycorrhiza and Rhizobacteria on yield and some phytochemical characteristics in low-input cropping system. *Agricultural Sciences and Sustainable Production*, 4, 45-61. (In Persian)
- Bashan, Y. & Gonzales, L. (1999). Long term survival of plant growth promoting bacteria *Azospirrillum brasilense* and *Pseudomonas flourescens* in dry alginate inoculate. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 27, 262-266.
- Boyeri Deh Sheikh, P., Mahmoudi Sarestani, M., Zolfaghari, M. & Enayati Zamir, N. (2017). The study on the effect of biological and chemical fertilizers and humic acid on the growth, physiological characteristics and essential oil content of catnip (*Nepeta cataria* L.). *Journal of Plant Production Research*, 24(2), 61-76.
- Fallahi, J., Koocheki, A. & Rezvani Moghaddam, P. (2008). Investigating the effects of organic fertilizers on quantity index and the amount of essential oil and chamazulene in chamomile (*Matricaria recutita*). *Iranian Journal of Water, Soil and Plant in Agriculture*, 8, 157-168. (In Persian)
- Fatma, A., Rizk, A. M., Shaheen, E. H., Abdel-Samad, T. & El-Lobban, T. (2014). Response of Onion plants to organic fertilizer and foliar spraying of some micro-nutrients under sandy soil conditions. *Journal of Applied Sciences Research*, 22, 235-242.
- Hoseini Mazinani, S. M. & Hadipoor, A. (2014). Improve the quality and quantity of *Calendula officinalis* L. via biofertilizers application. *Journal of Medicinal Plants*, 13, 83-93. (In Persian)
- Ismailian, Y., Amiri, M. B., Askari Naeini, S. & Moradi Sadr, J. (2015). *The effect of simultaneous application of biological and organic fertilizers on some quantitative characteristics of garlic (Allium sativum L.) in Gonabad conditions*. National Conference on Medicinal Plants, Shahroud. (In Persian)
- Jafarzadeh, L., Omidi, H. & Bostani, A. (2014). The study of drought stress and Bio fertilizer of nitrogen on some biochemical traits of Marigold medicinal plant (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Plant Research* (*Iranian Journal of Biology*), 27(2), 180-193. (In Persian)
- Jat, P. K., Garhwal, O. P. & Singh, S. P. (2018). Influence of organic, inorganic fertilizers and biofertilizers on growth, yield and quality of Onion (*Allium cepa* L.). *International Journal of Chemical Studies*, 6, 01-06.
- Karla, A. (2003). *Organic cultivation of medicinal and aromatic plants. A hope for sustainability and quality enhancement*. Journal of Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs) FAO.
- Lamaison, J. L. & Carnat, A. (1990). Teneurs en principaux flavonoids des fleurs de Crataegeus monogyna Jacq et de Crataegeus laevigata (Poiret DC) en fonction de la vegetation. *Pharmaceutica Acta Helvetiae*, 65, 315-20.
- Naeem, A. H. & Otroshy, M. (2015). Effects of plant growth promoting rhizobacteria on yield increment and some growth parameters of Potato genotypes. *Journal of Crop Production and Processing*, 4, 37-49.
- Nasiri, Y., Shekari, F. & Asadi, M.

(2020). Effects of biofertilizers and zinc sulfate on some morphological and yield characteristics of *Satureja hortensis* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 36, 523-541. (In Persian)

- Pyo, Y. H., Lee, T. C., Logendra, L. & Rosen, R. T. (2014). Antioxidant activity and phenolic compounds of Swiss chard (*Beta vulgaris* subspecies cycla) extracts. *Food Chemistry*, 85, 19-26.
- Rahimzadeh, S., Sohrabi, Y., Heidari, Gh. R., Eivazi, A. R. & Hoseini, S. M. T. (2013). Effect of biofertilizers on macro and micro nutrients uptake and essential oil content in *Dracocephalum moldavica* L. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11, 179-190. (In Persian)
- Rashid, S., Ramzan Mir, M. & Rehman Hakeem, K. (2016). Biofertilizer use for sustainable agricultural production. *Plant Soil and Microbes*, 163-180.
- Rashki Ghale no, Z., Mehraban, A. & Fanaee, H. R. (2019). Effect of different fertilizer sources (chemical and biological) on yield and yield components and some agronomic traits of two varieties of Garlic (*Allium sativum*). *Journal of Plant Ecophysiology*, 38, 13-21.
- Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M. B., Norozian, A. & Ehyaee, H. R. (2015). Evaluation of two Mycorrhiza species and nitroxin on yield and yield components of Garlic (*Allium sativum* L.) in an ecological agroecosystem. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 13, 435-447. (In Persian)
- Sharma, M., Sasvari, Z. & Nagy, P. D. (2010). Inhibition of sterol biosynthesis reduces tombusvirus replication in yeast and plants. *Journal of Virology*, 84(5), 2270-2281.
- Singleton, V. & Rossi, J. (1965). Colorimetry of total phenolic compounds with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- Yemm, E. W. & Willis, A. J. (1954). The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *The Biochemical Journal*, 57, 508-514.