Plant Prod., 2023, 46(2), 237-249
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.42775.2071
Received: 18 January 2023
Accepted: : 27 June 2023

Plant Productions
Research Article

Effect of amino acids combination on the quantitative and qualitative characteristics of garlic (*Allium Sativum* L.)

Ali Heidarzadeh[1*], Seyed Ali Mohammad Modarres-Sanavy[2]

1. Ph.D of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Citation: Heidarzadeh, A., & Modarres-Sanavy, S.A.M. (2023). Effect of amino acids combination on the quantitative and qualitative characteristics of garlic (*Allium Sativum* L.). *Plant Productions,* 46(2), 237-249.

Abstract

Introduction

Garlic is one of the most widely employed condiments in cooking. It has been found to possess important biological properties with high therapeutic potential, which is influenced by the mode of its utilization, preparation, and extraction. It has been attributed with antioxidant, anti-inflammatory, and immunomodulatory capacities. Garlic, in particular its organosulfur compounds, can maintain immune system homeostasis through positive effects on immune cells, especially by regulating cytokine proliferation and expression. Amino Acids are the building units of proteins. There are about 300 amino acids occur in nature. Only 20 of them enter in proteins synthesis. Amino acids are essential nutrients for plant growth. Due to the characteristics of amino acids, they have a unique promotion effect on plant growth, especially on photosynthesis. Amino acids are good organic nitrogen sources in plant. They can be directly absorbed and utilized by cells, promote protein synthesis, and have a good effect on the growth. Spraying or irrigating amino acid nutrient liquid fertilizer can increase the element of various nutrients required in the plant, aggravate the accumulation of dry matter and the speed and quantity of the operation from the root or leaf to other parts, and adjust the proportion and balance of macroelement, trace element and other nutrients. Thus, the normal growth of the plant will be regulated. Many studies proved that amino acids play a positive role in enhancing the plant yield and quality when they are sprayed at different growth stages. This research was done to study effect of different amino acids compound on the quantitative and qualitative characteristics of garlic.

* **Corresponding Author:** Ali.Heidarzadeh
E-mail: Ali.heidarzadeh@modares.ac.ir

© 2023 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Materials and Methods

The experiment was performed at three replications in a completely randomized blocks design in the Research Field of Tarbiat Modares University during the 2018-19 growing season. The experimental treatments included: 1) Arginine + Aspartic acid 2) Arginine + Valine 3) Arginine + Tyrosine 4) Arginine + Leucine 5) Aspartic acid + Valine 6) Aspartic acid + Tyrosine 7) Aspartic acid + Leucine 8) Valine + Tyrosine 9) Valine + Leucine 10) Tyrosine + Leucine 11) Trade amino acid 12) Distilled water 13) No amino acid (control).

Results and Discussion

The results showed that the maximum bulb fresh weight (13.054 t ha^{-1}) and photosynthetic rate (10.58 µmol $m^{-2}s^{-1}$) was obtained from the aspartic acid + leucine. Also, the highest amount of chlorophyll a, b and total chlorophyll was obtained from the compound of aspartic acid with leucine, while the lowest carotenoid was observed in the application of aspartic acid with leucine (2.43 mg $gF.W^{-1}$) and arginine with leucine (3.10 mg $gF.W^{-1}$). The highest catalase activity was observed in the use of arginine with aspartic acid (9064 U $mgFW^{-1}$), while the peroxidase activity was higher in the aspartic acid + valine (517 U $mgFW^{-1}$), arginine + and tyrosine (511 U $mgFW^{-1}$) and arginine + leucine (496 U $mgFW^{-1}$) treatments.

Conclusion

In general, it seems that foliar spraying of amino acids increases the plant's energy efficiency (plant energy storage for the production of amino acids) and also increases the photosynthesis rate and thus helps the plant to increase the yield of the plant. Among the investigation of different combinations of amino acids, the combination of aspartic acid and leucine increased the performance more than other combinations and is introduced as the best treatment.

Keywords: Arginine, Aspartic acid, Leucine, Trade amino acid, Tyrosine, Valine

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۲، ۴۶(۲)، ۲۳۷-۲۴۹
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.42775.2071
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶

تولیدات گیاهی

مقاله پژوهشی

اثر ترکیب اسیدهای آمینه مختلف بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی سیر (*Allium Sativum* L.)

علی حیدرزاده[1*]، سیدعلی محمد مدرس ثانوی[2]

۱. فارغ‌التحصیل دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲. استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

چکیده

به منظور بررسی واکنش سیر به محلول‌پاشی ترکیبات مختلف اسیدهای آمینه در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس پژوهشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای مورد بررسی شامل: ۱) آرژنین+ اسیدآسپارتیک، ۲) آرژنین+والین، ۳) آرژنین+تیروزین، ۴) آرژنین+لوسین، ۵) اسیدآسپارتیک+والین، ۶) اسیدآسپارتیک+تیروزین، ۷) اسیدآسپارتیک+لوسین، ۸) والین+تیروزین، ۹) والین+لوسین، ۱۰) تیروزین+لوسین، ۱۱) اسید آمینه تجاری، ۱۲) آب مقطر و ۱۳) شاهد (بدون استفاده از هیچ ترکیبی) بود. نتایج نشان داد که کاربرد ترکیبات مختلف اسیدهای آمینه سبب افزایش عملکرد در سیر شد به طوری که محلول‌پاشی اسیدآسپارتیک و لوسین (با تولید ۱۳/۰۵۴ تن در هکتار وزن تر سوخ و ۱۲/۲۶۷ تن در هکتار وزن تر سیرچه) بیش‌ترین وزن تر سوخ و سیرچه را داشت که با تیمارهای اسیدآسپارتیک و تیروزین (با تولید ۱۲/۲ تن در هکتار سوخ و ۹/۶۸۳ تن در هکتار سیرچه)، آرژنین و لوسین (با تولید ۱۲/۱۲۹ تن در هکتار سوخ و ۹/۴۲۵ تن در هکتار سیرچه) و اسیدآسپارتیک و والین (با تولید ۱۱/۴۲۵ تن در هکتار سوخ و ۹/۲۵۶ تن در هکتار سیرچه) اختلاف معناداری نداشت. همچنین بیش‌ترین سرعت فتوسنتز از محلول‌پاشی اسیدآسپارتیک و لوسین با ۱۰/۵۸ میکرو مول CO_2 در مترمربع بر ثانیه به‌دست آمد. بیش‌ترین میزان کلروفیل a، b و کل از کاربرد ترکیب اسیدآسپارتیک با لوسین به‌دست آمد در حالی که کم‌ترین میزان کارتنوئید در کاربرد اسیدآسپارتیک با لوسین (۲/۴۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و آرژنین با لوسین (۳/۱۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مشاهده شد. بالاترین فعالیت آنزیم کاتالاز از کاربرد آرژنین با اسیدآسپارتیک (۹۰۶۴ U mgFW-1) مشاهده شد در حالی که فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمارهای اسیدآسپارتیک و والین (۵۱۷ U mgFW-1)، آرژنین و تیروزین (۵۱۱ U mgFW-1) و آرژنین و لوسین(۴۹۶ U mgFW-1) بیش‌تر از سایر تیمارها بود. به طور کلی، با توجه به نتایج این پژوهش به نظر می‌رسد محلول‌پاشی اسیدهای آمینه با افزایش راندمان انرژی در گیاه (ذخیره انرژی گیاه در راستای تولید اسیدهای آمینه) و همچنین افزایش سرعت فتوسنتز و در نتیجه کمک به گیاه سبب افزایش عملکرد می‌شود. در بین بررسی ترکیبات مختلف اسیدهای آمینه، ترکیب اسیدآسپارتیک و لوسین بیش‌تر از سایر ترکیبات عملکرد سوخ سیر (به عنوان عملکرد اقتصادی سیر) را افزایش داد و به عنوان تیمار برتر در این پژوهش معرفی می‌شود.

کلیدواژه‌ها: اسید آمینه تجاری، آرژنین، اسیدآسپارتیک ، تیروزین، لوسین، والین

* **نویسنده مسئول:** علی حیدرزاده
رایانامه: Ali.heidarzadeh@modares.ac.ir

© 2023 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

مقدمه

سیر (*Allium Sativum* L.) گیاهی دیپلوئید است که به‌منظور تولید سیرچه و سوخ کشت می‌شود (Figliuolo et al., 2001) و توانایی رشد در مناطق مختلف آب و هوایی را دارد (Iciek et al., 2009). سطح زیر کشت سیر در سال ۲۰۱۷ در دنیا، آسیا و ایران به ترتیب ۱۵۷۷۷۷۹، ۱۳۴۲۶۷۸ و ۴۷۲۶ هکتار بوده که میزان تولید محصول به ترتیب ۲۸۱۶۴۰۵۵، ۲۵۷۵۹۲۳۳ و ۵۷۶۸۸ تن است (FAO, 2019). سیر به دلیل سازگاری با شرایط مختلف آب و هوایی، در اکثر استان‌های ایران از جمله همدان، کرمانشاه، مازندران، کرمان و خوزستان کشت می‌شود. از گیاه دارویی سیر در کاهش کلسترول خون، تنظیم فشار خون، سرماخودرگی، آنفولانزا و نارحتی‌های قلبی و عروقی استفاده می‌شود (Mirzae et al., 2007; Shaidul et al., 2002). تأثیر مثبت زیست محرک‌هایی نظیر اسیدهای آمینه و الیگوپپتیدهای فعال زیستی با قابلیت جذب از راه برگ و ریشه در فرآیندهای مختلف رشد و نموی گیاهان و مقاومت در برابر تنش‌ها و شرایط نامناسب محیطی از جمله سرما و گرمای شدید، خشکی و شوری به اثبات رسیده و این ترکیب‌ها در سال‌های اخیر در کشورهای پیشرفته جهان برای افزایش بهره‌وری محصولات زراعی و باغی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Thomas et al., 2009b). در شرایط نامساعد محیطی، کاربرد اسیدهای آمینه به صورت کود، نیاز گیاه به اسیدهای آمینه را تأمین می کند و در عین حال این امکان را به گیاه می‌دهد که انرژی صرفه‌جویی شده را صرف رشد بیش‌تر و بالا بردن عملکرد و کیفیت محصول نماید (Thomas et al., 2009a; Gawronska, 2008). اسیدهای آمینه به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک، رشد و نمو گیاه و دانهال مؤثر می‌باشند (Faten et al., 2010; Nasseri Khollari et al., 2016). گیاهان قادرند از اسیدهای آمینه به عنوان منبع نیتروژن استفاده کنند (El-Naggar et al., 2009). این ترکیبات در وضعیت آزاد همچون ذرات باردار عمل کرده و وقتی وارد سلول‌های گیاهی می‌شوند، به واسطه خلوص بالا وارد فرآیندهای متابولیکی می‌شوند (Thomton and Robison, 2005). تغذیه برگی اسیدهای آمینه آزاد می‌تواند یک منبع مهم برای سنتز پروتئین باشد (Raesi et al., 2014). در واقع اسیدهای آمینه، زنجیره اصلی در ساختار پروتئین‌ها بوده و به‌نوبه خود در رشد گیاه مؤثر هستند (Hounsoneet et al., 2008). افزایش تعدادی از اسیدهای آمینه در گیاهان در پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی یک پدیده رایج است که از این اسیدهای آمینه می‌توان به پرولین و آرژنین اشاره کرد (Mattoo et al., 2010). Naghdi Badi et al., (2015) نشان دادند که کاربرد محرک‌های زیستی با پایه اسیدهای آمینه به همراه ۲۰ درصد حجمی متانول سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) شد. Karima et al., (2005) و Attoa et al., (2002) در آزمایشی جدا دریافتند که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه باعث افزایش قابل توجه ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های فرعی، وزن تر و خشک گیاه بابونه می‌شود. آرژنین به عنوان یکی از آمینواسیدها پیش ماده تولید پلی آمین‌ها، پرولین و نیتریک اکسید است که می‌تواند نقش‌های فیزیولوژیکی مهمی در گیاه در پاسخ به تنش‌های غیر زیستی ایفا نماید. کاربرد پرولین درگیاهان رازیانه (*Foeniculum vulgare*) تحت تنش خشکی منجر به کاهش تعداد آبیاری مورد نیاز و افزایش عملکرد دانه شد (Gholami Zali and Ehsanzadeh, 2018). اسیدهای‌آمینه با اثر بر افزایش تحمل به تنش‌های محیطی، افزایش غلظت کلروفیل و در نتیجه اثر بر فتوسنتز بر رشد و عملکرد گیاهان مؤثر واقع می‌شوند و به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک، رشد و نمو گیاه مؤثر واقع می‌شوند (Faten et al., 2010). امروزه کاربرد ترکیبات آلی آمینواسیدی در زراعت گیاهان موردتوجه قرارگرفته است که به دلیل نقش اساسی اسیدهای‌آمینه در حیات موجودات می‌باشد. ارزش استفاده از فرآورده‌های زیستی حاوی اسیدهای‌آمینه آزاد بدین دلیل است که به دلیل غنای آمینواسیدی این فرآورده‌ها، سلول نیازی به بیوسنتز مجدد این ترکیبات نداشته و انرژی موردنیاز جهت این بیوسنتز، در گیاه ذخیره می‌شود. این فرآورده‌ها بر روند پروتئین‌سازی در سطوح ژنی، سوخت‌وساز گیاه و رشد آن تأثیر می‌گذارد. لذا محلول‌پاشی اسیدهای آمینه می‌تواند روی رشد و نمو گیاه تأثیر مثبت داشته باشد. در واقع تغذیه برگی اسیدهای‌آمینه آزاد می‌تواند یک منبع مهم برای سنتز پروتئین در گیاهان باشد (Raeisi et al., 2014). Karima et al., (2005) در آزمایشی دریافتند که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه باعث افزایش قابل‌توجه ارتفاع بوته، تعداد ساقه های فرعی، وزن تر و خشک گیاه بابونه (*Matricaria recutita* L.) شد. در مطالعه روی عدس (*Lens culinaris* Medik.) مشاهده شد که کاربرد اسیدآسپارتیک به‌صورت بذرمال و محلول‌پاشی

باعث افـزایش معنـی‌داری عملکـرد شـد (Heidarzadeh and Modarres-Sanavy, 2021).

مطالعـه محلـول‌پاشـی ترکیـب اسـیدهای آمینـه آرژنـین، اسیدآسپارتیک، والین، تیروزین و لوسین نوآوری این پـژوهش می‌باشد که تأثیر آنها روی صفات کمی و کیفی گیاه سیر مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی واکنش گیاه دارویی سیر به محلول‌پاشـی ترکیبات مختلف اسیدهای آمینه در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشـاورزی دانشـگاه تربیـت مـدرس واقع در ۱۷ کیلومتری غرب تهران با مختصات جغرافیـایی ۳۵ درجه و ۷۴ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۲۷۵ متر از سطح دریا پژوهشی بـه در قالـب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی اختلاط اسیدهای آمینه مختلف شامل: ۱) آرژنین + اسیدآسپارتیک، ۲) آرژنین + والین، ۳) آرژنـین + تیـروزین، ۴) آرژنـــین + لوســـین، ۵) اسیدآســـپارتیک + والـــین، ۶) اسیدآسپارتیک + تیـروزین، ۷) اسیدآسـپارتیک + لوسـین، ۸) والین + تیروزین، ۹) والین + لوسین، ۱۰) تیـروزین + لوسـین، ۱۱) اسید آمینه تجاری، ۱۲) آب مقطـر و ۱۳) شـاهد (بـدون استفاده از هیچ ترکیبی) می‌باشند. کشت سیرچه‌هـا در اواخـر آبان ماه ۱۳۹۷ انجام گرفت. از سیرچه‌هـای ۴ تـا ۶ گرمـی در این مطالعه استفاده شد. فاصله بین ردیف‌ها ۲۵ سـانتی متـر و فاصله روی ردیف‌ها ۱۶ سانتی‌متر به طوری که تـراکم آن، ۲۵ بوته در مترمربع بود. سوخ‌های مورد استفاده از توده‌های محلی استان مازندران، شهرسـتان سـاری، بخـش مرکـزی، روسـتای اسبورز تهیه شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول ۵ متر بود. به منظور تأمین نیاز غذایی سیر، نمونه خـاکی از مزرعه تهیه و عناصر غذایی آن تعیـین (جـدول ۱) و میـزان نیتروژن مورد نیاز سیر با توجه به نتایج آن تأمین شد. آبیـاری با نوار تیپ و در صورت نیاز مبارزه با علف‌های هرز بـه صـورت دستی انجام شد. اعمال تیمارها به صورت محلول‌پاشی بعـد از برطرف شدن سرمای زمستان (۱۳۹۸/۰۱/۲۰)، در سه مرحلـه به فاصله ۲۰ روز یکبار انجام گرفت.

به منظور بررسی علمی تأثیر تیمارهای اعمـال شـده، وزن تر و خشک کل، برگ، سیرچه و سوخ، صفات بیوشمیایی نظیر پروتئین کل برگ، آنزیم‌های کاتالاز، پراکسـیداز، آنتوسـیانین، فلاونوئید و صفات فیزیولوژیکی مانند کلروفیل a، b و کلروفیل کل و میزان فتوسنتز با دستگاه تبادل گاز قابل حمل (Li-Cor 6400, Li-Cor Inc., Lincoln, NE, USA) دو هفتـه بعـد از آخرین محلول‌پاشی اندازه‌گیری شدند. میزان فتوسنتز ۱۰ روز بعد از آخرین محلول‌پاشی و در روز آفتابی از ساعت ۱۲ تا ۱۴ از آخرین برگ کامل گیاه اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میـزان کلروفیـل a و b بـه‌روش Hiscox and Israelstam (1979) انجام گرفت. بدین منظور مقدار ۰/۵ گـرم از مـاده تـر گیـاهی در ۱۰ میلـی‌لیتـر دی‌متیـل‌سولفوکسـاید (DMSO) ریخته و به مدت یک ساعت درون حمـام بـن‌مـاری ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. مقدار جذب عصاره حاصـل با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ قرائت شد و میزان کلروفیـل a، b و کلروفیـل کـل بـه ترتیـب طبـق روابط (۱)، (۲) و (۳) بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تـر بـرگ بدست آمد:

رابطه (۱):

$$Chlorophyll\ a = (19.3 \times A_{663} - 0.86 \times A_{645})V /100W$$

رابطه (۲):

$$Chlorophyll\ b = (19.3 \times A_{645} - 3.6 \times A_{663})V /100W$$

رابطه (۳):

$$Total\ Chlorophyll = Chlorophyll\ a + Chlorophyll\ b$$

Table 1. Farm soil physicochemical properties

Soil depth (cm)	Soil texture	N (%)	P (mg kg^{-1})	K (mg kg^{-1})	pH	EC (dS m^{-1})	Organic matter (%)
0-30	Sandy loam	0.063	29.4	440	7.91	0.971	1.1766
30-60	Sandy loam	0.044	45.9	407	7.59	1.627	0.7060

میزان فلاونوئیدکل بر طبق روش Krizek et al., (1993) اندازه گیری شد. بدین منظور میزان ۰/۲ گرم بافت برگ تر گیاهی با سه میلی‌لیتر اسید اتانول (شامل اتانول و اسید استیک به نسبت ۹۹ به یک است) ساییده و سپس سانتریفیوژ شد. سپس محلول روئی به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از سرد شدن، توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در سه طول موج ۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر خوانده شد. برای محاسبه‌ی غلظت فلاونوئیدکل، غلظت فلاونوئید در هر سه طول موج با رابطه (۴) بر اساس میکرومول بر گرم وزن تر برگ محاسبه و در نهایت از جمع کردن غلظت‌ها در سه طول موج، غلظت فلاونوئیدکل برآورده شد. رابطه (۴):

$$C = \frac{A}{\varepsilon \times L} \times \frac{1000}{gF.W}$$

A = میزان جذب در طول موج‌های مختلف، L = عرض کووت (یک سانتی‌متر)، ε = ضریب خاموشی ($mol^{-2}\ cm^{-1}$ ۳۳۰۰۰)، C = غلظت فلاونوئید، $gF.W$ = وزن تر برگ استفاده شده (۰/۲ گرم)

میزان آنتوسیانین طبق روش Krizek et al., (1993) اندازه‌گیری شد. طبق این روش مقدار ۰/۲ گرم از برگ تر برداشته و در سه میلی‌لیتر متانول اسیدی که شامل متانول و کلریدریک اسید به نسبت ۹۹ به یک است؛ به طور کامل ساییده شد، سپس عصاره‌ی حاصل سانتریفیوژ شده و محلول روئی به مدت یک شب در تاریکی قرار گرفت. میزان جذب در ۵۵۰ نانومتر خوانده شد. غلظت آنتوسیانین طبق رابطه (۵) بر اساس میکرو مول بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد:

رابطه (۵): $C = \frac{A}{\varepsilon \times L} \times \frac{1000}{gF.W}$

A = میزان جذب در طول ۵۵۰ نانومتر، L = عرض کووت (یک سانتی‌متر)، ε = ضریب خاموشی ($mol^{-2}\ cm^{-1}$ ۳۳۰۰۰)، C = غلظت آنتوسیانین، $gF.W$ = وزن تر برگ استفاده شده (۰/۲ گرم)

به منظور تعیین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در برگ‌ها طبق روش توصیف شده توسط Jiang et al., (2016) عصاره استخراج شد. طبق این روش، ۰/۵ گرم برگ تازه گیاه سیر به یک آون چینی سرد شده اضافه و با چهار میلی‌لیتر بافر استخراج شامل ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم (pH=۷/۸)، یک درصد (وزنی به حجمی) پلی‌ونیل‌پیرولیدون و ۰/۱ میلی‌مولار اتیلن دیامین ترا استیک اسید همگن و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در دور ۱۵۰۰۰ سانتریفیوژ شد و محلول رویی برای تست پروتئین کل برگ و آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز مورد استفاده قرار گرفت. میزان پروتئین کل برگ به روش Bradford (1976) اندازه‌گیری شد. فعالیت آنزیم پراکسیداز با تعیین اکسیداسیون گایاکول توسط هیدروژن پراکسیداز تعیین شد. محلول واکنش شامل ۱۰۰ میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم (pH=۷/۰)، ۲۰ میلی مولار گایاکول، ۲۰ میکرولیتر هیدروژن پراکسیداز (۰/۱mM) و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیم بود. میزان تغییرات جذب به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت یک دقیقه اندازه‌گیری و فعالیت آنزیم محاسبه شد. یک واحد فعالیت آنزیم به مقدار آنزیمی گفته می‌شود که در مدت یک دقیقه میزان جذب نور را کاهش دهد. در نهایت داده‌های به دست آمده، به فعالیت آنزیم در هر گرم وزن تر برگ در دقیقه تبدیل شد. آنزیم کاتالاز، هیدروژن پراکسیداز را بدون نیاز به فاکتور احیاکننده به اکسیژن و آب تبدیل می‌کند. برای اندازه‌گیری این آنزیم، ۳۰۰۰ میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم (pH=۷/۰)، ۱۰ میکرولیتر هیدروژن پراکسیداز (۰/۱mM) و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی تهیه شده در کووت مخلوط و میزان جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر به مدت یک دقیقه ثبت شد. برای محاسبه فعالیت آنزیم کاتالاز از روش‌های Flocco and Giulietti(2007) و Tijssen (1985) استفاده شد.

نتایج و داده‌های آماری حاصل از نمونه‌برداری‌ها برای سهولت در محاسبات در صفحات برنامه اکسل وارد شده و برای تجزیه وتحلیل داده‌ها نیز مطابق روش تجزیه واریانس از برنامه آماری SAS 9.4 استفاده شد. سپس مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد ترکیبات مختلف اسیدهای آمینه توانستند وزن تر کل، برگ، سوخ و سیرچه سیر را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار دهند (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین وزن تر کل از تیمار اسیدآسپارتیک و لوسین با ۱۹۳۸۳ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۳) که با تیمارهای آرژنین و لوسین و اسیدآسپارتیک و تیروزین اختلاف معناداری نداشت (جدول ۳).

Table 2. Analysis of variance of quantitative traits of garlic affected by different amino acids

S.O.V	d.f	Mean Squares							
		Total fresh weight	Leaf fresh weight	Bulb fresh weight	Clove fresh weight	Leaf dry weight	Clove dry weight	Bulb dry weight	Total dry weight
Block	2	408641	85515	369692	180106	2963	9726	242153	266255
Treatment	12	21166512**	2719917**	10269728**	8054199**	818016**	504297**	1011388**	5417002**
Error	24	2274887	131122	2214687	1631517	101841	91723	140824	186569
C.V (%)	-	10.53	8.23	14.99	16.77	13.71	14.52	10.70	6.07

** showing no significant and meaningful at 1% probability level.

Table 3. Mean comparison of the garlic quantitative traits affected by different amino acids

Treatments	Total fresh weight (kg ha^{-1})	Leaf fresh weight (kg ha^{-1})	Bulb fresh weight (kg ha^{-1})	Clove fresh weight (kg ha^{-1})	Leaf dry weight (kg ha^{-1})	Clove dry weight (kg ha^{-1})	Bulb dry weight (kg ha^{-1})	Total dry weight (kg ha^{-1})
Arginine + Aspartic acid	12303e-g	4267d	8036ef	6219f-e	3150a	1962c-e	3032e	6244e
Arginine + Valine	14533de	5238b	9296c-f	6663d-f	2800a-c	2170cd	4000ab	7807cd
Arginine + Tyrosine	14467de	4638b-d	9829c-e	7446c-e	2129d-f	2883a	3998a-c	8710b
Arginine + Leucine	17325ab	5196b	12129ab	9425a-c	2625a-c	2024c-e	3774bc	7749cd
Aspartic acid + Valine	16542cd	5117b	11425a-c	9256a-c	2575b-d	2140c-e	3890b	7779cd
Aspartic acid + Tyrosine	17092a-c	4892bc	12200ab	9683ab	2538cd	2350bc	3950ab	8367bc
Aspartic acid + Leucine	19383a	6329a	13054a	10267a	3088ab	2840ab	4552a	9551a
Valine + Tyrosine	14629c-e	4413cd	10217c-e	7554c-e	2263d-e	1666de	3128de	6244e
Valine + Leucine	11381fg	3296e	8085ef	6390d-f	1588g	2072c-e	3222c-e	6365e
Tyrosine + Leucine	10969g	3200e	7769e-f	5544ef	1750e-g	1639e	2892e	5868ef
Trade amino acid	13911ef	3650e	10604a-d	8392a-d	2225de	2017c-e	3673b-d	7228d
Distilled water	12433e-g	3621e	8812d-f	6792d-f	1838e-g	1676de	2789e	5224f
No amino acid	11229g	3321e	7642f	5383f	1675fg	1680de	2680e	5360f

Means with the same in each column are not significantly different at 1% probability.

وزن تر کل با وزن تر برگ (r=0.92**)، وزن تر سوخ (r=0.97**)، وزن تر سیرچه (r=0.95**)، وزن خشک برگ (r=0.68*)، وزن خشک سیرچه (r=0.63*)، وزن خشک سوخ (r=0.86**)، وزن خشک‌کل (r=0.85**)، کلروفیل *a* (r=0.70**)، کلروفیل *b* (r=0.68*) و کلروفیل کل (r=0.68*) همبستگی معنادار و مثبت داشته ولی با کارتنوئید (r=-0.69**) و فلاونوئیدکل (r=-0.59*) همبستگی معنادار منفی دارد (جدول ۴). بیش‌ترین وزن تر برگ از کاربرد اسیدهای آمینه اسیدآسپارتیک و لوسین با ۶۳۲۹ کیلوگرم در هکتار تولید شد (جدول ۳). وزن تر برگ با وزن تر سوخ (r=0.81**)، وزن تر سیرچه (r=0.80**)، وزن خشک برگ (r=0.82**)، وزن خشک سیرچه (r=0.68**)، وزن خشک سوخ (r=0.86**)، وزن خشک‌کل (r=0.84**)، کلروفیل *a* (r=0.71**) و کلروفیل کل (r=0.69**) همبستگی معنادار مثبت ولی با کارتنوئید (r=-0.68**) همبستگی معنادار و منفی دارد (جدول ۴).

Table 4. Correlation coefficients between studied traits

Traits	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Total fresh weight (A)	1.00																	
Leaf fresh weight (B)	0.92**	1.00																
Bulb fresh weight (C)	0.97**	0.81**	1.00															
Clove fresh weight (D)	0.95**	0.80**	0.99**	1.00														
Leaf dry weight (E)	0.68*	0.82**	0.57*	0.56*	1.00													
Clove dry weight (F)	0.63*	0.68**	0.57*	0.57*	0.46	1.00												
Bulb dry weight (G)	0.86**	0.86**	0.81**	0.79**	0.62*	0.86**	1.00											
Total dry weight (H)	0.85**	0.84**	0.80**	0.78**	0.61*	0.91**	0.98**	1.00										
Photosynthetic rate (I)	0.26	0.17	0.29	0.31	0.18	0.36	0.28	0.38	1.00									
Chlorophyll *a* (J)	0.70**	0.71**	0.63*	0.59*	0.51	0.57*	0.59*	0.62*	0.42	1.00								
Chlorophyll *b* (K)	0.68*	0.68	0.62*	0.59*	0.45	0.57*	0.55	0.60*	0.43	0.95**	1.000							
Carotenoid (L)	-0.69**	-0.68**	-0.63*	-0.60*	-0.48	-0.55*	-0.54	-0.59*	-0.45	-0.97**	-00.99**	1.00						
Total chlorophyll (M)	0.68*	0.69**	0.62*	0.57*	0.49	0.53	0.56	0.59*	0.43	0.99**	0.96**	-0.98**	1.00					
Anthocyanin (N)	0.38	0.22	0.43	0.39	-0.05	-0.15	-0.02	-0.01	-0.02	0.17	0.24	-0.26	0.19	1.00				
Total flavonoid (O)	-0.59*	-0.38	-0.66*	-0.66*	0.07	-0.50	-0.51	-0.52	-0.21	-0.38	-0.46	0.45	-0.38	-0.48	1.00			
Total protein (P)	0.05	-0.16	0.19	0.25	-0.18	0.21	0.23	0.26	0.43	-0.17	-0.19	0.21	-0.20	-0.12	-0.09	1.00		
Catalase (Q)	0.04	0.16	-0.02	0.07	0.39	0.42	0.23	0.28	0.40	-0.01	0.05	-0.05	-0.04	-0.51	0.06	0.10	1.00	
Peroxidase (R)	0.20	0.13	0.21	0.24	-0.16	0.29	0.23	0.28	0.19	-0.16	-0.01	0.07	-0.18	0.37	-0.38	0.46	0.18	1.00

* and ** respectively, indicates a significant correlation in the level five and one percent.

محلول‌پاشی اسیدآسپارتیک و لوسین (با تولید ۱۳۰۵۴ کیلوگرم در هکتار وزن تر سوخ و ۱۰۲۶۷ کیلوگرم وزن تر سیرچه) بیش‌ترین وزن تر سوخ و سیرچه را داشت (جدول ۳) که با تیمارهای اسیدآسپارتیک و تیروزین (با تولید ۱۲۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوخ و ۹۶۸۳ کیلوگرم در هکتار سیرچه)، آرژنین و لوسین (با تولید ۱۲۱۲۹ کیلوگرم در هکتار سوخ و ۹۴۲۵ کیلوگرم در هکتار) و اسیدآسپارتیک و والین (با تولید ۱۱۴۲۵ کیلوگرم در هکتار سوخ و ۹۲۵۶ کیلوگرم در هکتار سیرچه) اختلاف معناداری نداشت (جدول ۳). وزن تر سوخ با وزن تر سیرچه (r=0.99**)، وزن خشک برگ (r=0.57*)، وزن خشک سیرچه (r=0.57*)، وزن خشک سوخ (r=0.81**)، وزن خشک‌کل (r=0.80**)، کلروفیل *a* (r=0.63*)، کلروفیل *b* (r=0.62*) و کلروفیل کل (r=0.62*) همبستگی معنادار و مثبت ولی با کارتنوئید (r=-0.63*) و فلاونوئیدکل (r=-0.66*) همبستگی معنادار و منفی دارد (جدول ۴). وزن تر سیرچه با وزن خشک برگ (r=0.56*)، وزن خشک سیرچه (r=0.57*)، وزن خشک سوخ (r=0.79**)، وزن خشک‌کل (r=0.78**)، کلروفیل *a* (r=0.59*)، کلروفیل *b* (r=0.59*) و کلروفیل کل (r=0.57*) همبستگی مثبت و معنادار ولی با کارتنوئید (r=-60*) و فلاونوئیدکل (r=-0.66*) همبستگی منفی و معناداری نشان داد (جدول ۴). گزارش‌ها نشان می‌دهند که اسید آمینه باعث افزایش رشد و عملکرد در کاهو (Polo et al., 2006)، کرفس (Shehata et al., 2011)، اسفناج (Kuncki et al., 2010) ، برگ تربچه (liu et al., 2008) ، فلفل (Haghighi and Barzegar, 2017) و کدو (El- Aal et al., 2010) شده است.

جدول تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد انواع مختلف ترکیبات اسیدهای آمینه تأثیر معناداری در سطح احتمال یک درصد روی کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل داشت (جدول ۵) در حالی که روی کارتنوئید در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنادار گذاشت (جدول ۵) ولی روی آنتوسیانین و فلاونوئیدکل تأثیر معناداری نداشت (جدول ۵). جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل *a*، *b* و کل از کاربرد ترکیب اسیدآسپارتیک با لوسین به‌دست آمد در حالی که کم‌ترین میزان کارتنوئید از کاربرد اسیدآسپارتیک با لوسین (۲/۴۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و آرژنین با لوسین (۳/۱۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) تولید شد (جدول ۶).

کلروفیل *a* با وزن تر کل (r=0.70**)، برگ (r=0.71**)، سیرچه (r=0.63*) و پیاز (r=0.59*)، وزن خشک سیرچه (r=0.57*)، سوخ (r=0.59*) و کل (r=0.62*)، کلروفیل *b* (r=0.95**) و کلروفیل کل (r=0.99**) همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد درحالی که با کارتنوئید (r=-0.97**) همبستگی منفی و معناداری دارد (جدول ۴). کلروفیل *b* با وزن تر کل (r=0.68*)، سوخ (r=0.62*) و سیرچه (r=0.59*)، وزن خشک سیرچه (r=0.57*) و کل (r=0.60*) و کلروفیل کل (r=0.99**) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشته ولی با کارتنوئید (r=-0.99**) همبستگی منفی معناداری نشان داد (جدول ۴). کلروفیل کل با وزن تر کل (r=0.68*)، برگ (r=0.69**)، سوخ (r=0.62*) و سیرچه (r=0.57*)، وزن خشک‌کل (r=0.59*) همبستگی مثبت و معنادار داشته درحالی که با کارتنوئید (r=-0.98**) همبستگی منفی و معنی‌داری دارد (جدول ۴). جدول ضرایب همبستگی صفات نشان می‌دهد که کارتنوئید با وزن تر کل (r=-0.69**)، برگ (r=-0.68**)، سوخ (r=-0.63*) و سیرچه (r=-0.60*)، وزن خشک سیرچه (r=-0.55*) و کل (r=-0.59*)، همبستگی منفی و معناداری دارد (جدول ۴). با در نظر گرفتن این موضوع که استفاده از آمینواسید باعث افزایش سطح برگ (Amin et al., 2011; Dahab and El Aziz, 2006)، افزایش در میزان کلروفیل *a*، *b* و کل، در برگ می‌شود و این موارد منجر به افزایش میزان فتوسنتز در نشاء می‌گردد، لذا می‌توان نتیجه گرفت که کربوهیدرات بیشتری تولید شده و در اختیار گیاه قرار گرفته است. تیمار اسیدآسپارتیک با لوسین با ۱۰/۵۸ میکرو مول CO_2 در مترمربع بر ثانیه بیش‌ترین سرعت فتوسنتز را داشت که حدود ۴۱ درصد سرعت فتوسنتز بیش‌تر از بدون استفاده از ترکیبات محلول‌پاشی می‌باشد (شکل ۱).

تیمارهایی که ترکیب والین را دارند اختلافی با شاهد در میزان فتوسنتز ندارند (شکل ۱) و این اسید آمینه در گرده افشانی و درمقاومت به تنش‌های محیطی و در جوانه‌زنی بذرها نقش دارد. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که هر نوع اسید آمینه‌ای نمی‌تواند روی فتوسنتز تأثیر مثبت داشته باشد. از آنجا که گیاه برای تولید اسیدهای آمینه باید انرژی صرف کند و با توجه به اینکه کود دارای اسیدهای آمینه مختلف بوده و گیاه هم توانایی جذب آن‌ها را از طریق روزنه برگ داشته است، مواد فتوسنتزی کمتری صرف تولید اسیدهای آمینه شده و در نتیجه سبب ذخیره بیشتر مواد فتوسنتزی در اندام‌های گیاه و افزایش درصد ماده خشک شاخساره شده است (Nahed et al., 2009; Shehata et al., 2011).

Table 5. Analysis of variance of garlic physiological and qualitative traits affected by different amino acids

S.O.V	d.f	Mean Squares									
		Photosynthetic rate	Chlorophyll *a*	Chlorophyll *b*	Carotenoid	Total chlorophyll	Anthocyanin	Total flavonoid	Total protein	Catalase	Peroxidase
Block	2	1.52	4.2	0.13	0.40	0.61	0.0001	1.56	153	218351	2.85
Treatment	12	3.41**	370.5**	2.02**	0.39*	423.12**	0.00004^{ns}	0.62^{ns}	6136**	14703240**	65677**
Error	24	0.35	8.1	0.05	0.16	1.44	0.00005	0.31	827	45980	436
C.V (%)		6.58	18.50	12.23	11.49	6.80	10.34	21.14	9.10	4.83	7.38

ns, * and ** respectively, showing no significant and meaningful at 5% and 1% probability level.

Table 6. Mean comparison of the garlic qualitative traits affected by different amino acids

Treatments	Chlorophyll *a* (mg gFW^{-1})	Chlorophyll *b* (mg gFW^{-1})	Carotenoid (mg gFW^{-1})	Total chlorophyll (mg gFW^{-1})	Total protein (µg ml^{-1})	Catalase (U gFW^{-1})	Peroxidase (U gFW^{-1})
Arginine + Aspartic acid	12.70c-f	1.70d	3.49a	14.40ef	283de	9064a	143f
Arginine + Valine	10.57d-f	1.09g	3.77a	11.66g	274e	4222e	195e
Arginine + Tyrosine	14.06c-e	2.14c	3.40a	16.21de	334bc	5955c	511a
Arginine + Leucine	23.91b	2.57b	3.10ab	26.48b	335a-c	3396f	496a
Aspartic acid + Valine	8.64f	1.71d	3.65a	10.35gh	346ab	5213d	517a
Aspartic acid + Tyrosine	15.10cd	1.55de	3.51a	16.65d	366ab	5922c	341b
Aspartic acid + Leucine	49.60a	4.15a	2.43b	53.74a	293c-e	4020e	127f
Valine + Tyrosine	15.93c	2.26bc	3.32a	21.62c	225f	2922g	130f
Valine + Leucine	12.01c-f	1.73d	3.52a	13.74f	329b-d	7547b	352b
Tyrosine + Leucine	10.29ef	1.52d-f	3.67a	14.18f	365ab	2144h	267c
Trade amino acid	8.52f	1.17fg	3.75a	9.69gh	383a	3499f	135f
Distilled water	8.31f	1.29e-g	3.67a	9.60h	281de	1922h	237cd
No amino acid	10.27ef	1.22e-g	3.69a	11.50gh	294c-e	1877h	227de

Means with the same in each column are not significantly different at 5% probability level for carotenoid and at 5% for other traits

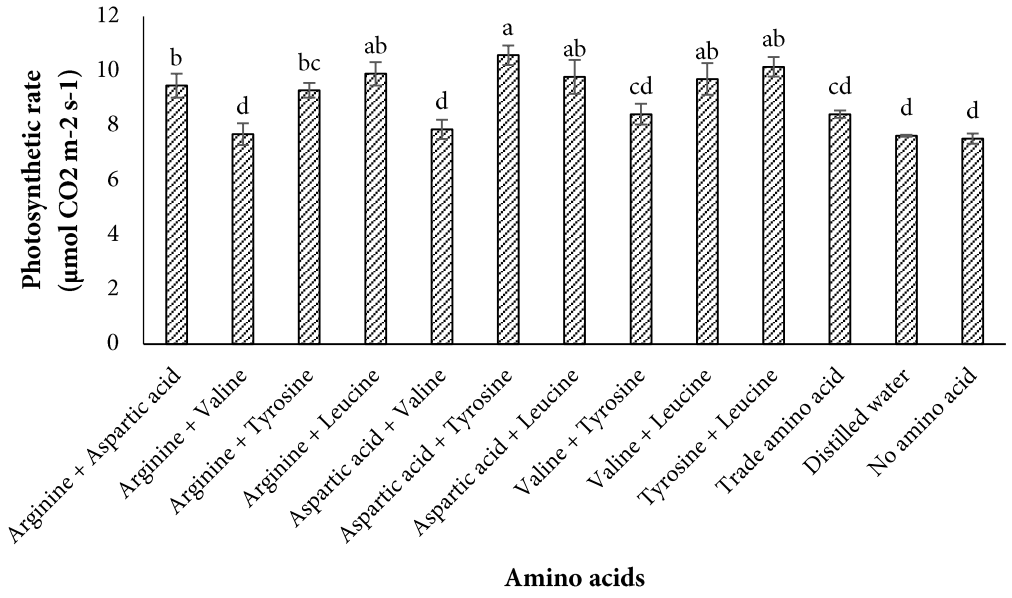


Figure 1. The effect of different amino acids on photosynthetic rate of garlic (Means with the same are not significantly different at 1% probability level).

در بررسی روی عملکرد عدس (*Lens culinaris* Medik.) نیز مشاهده شد کاربرد محلوپاشی اسیدآسپارتیک باعث افزایش سه برابری عملکرد نسبت به شاهد (آب مقطر) شد (Heidarzadeh et al., 2021).

جدول تجزیه واریانس نشان داد که پروتئین کل برگ و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز و پراکسیداز تحت تأثیر کاربرد انواع ترکیبات اسیدهای آمینه در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند (جدول ۵). جدول مقایسه میانگین نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان پروتئین کل برگ از کاربرد اسیدآمینه تجاری (۳۰ درصد بیش‌تر از شاهد)، اسیدآسپارتیک و تیروزین (۲۴ درصد بیش‌تر از شاهد)، تیروزین و لوسین (۲۴ درصد بیش‌تر از شاهد)، اسیدآسپارتیک و والین (۱۸ درصد بیش‌تر از شاهد) و آرژنین و لوسین (۱۴ درصد بیش‌تر از شاهد) به‌دست آمد (جدول ۶). بالاترین فعالیت آنزیم کاتالاز از کاربرد آرژنین با اسیدآسپارتیک ($۹۰۶۴\ U\ gF.W^{-1}$) مشاهده شد (جدول ۶) در حالی که فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمارهای اسیدآسپارتیک و والین ($۵۱۷\ U\ gF.W^{-1}$)، آرژنین و تیروزین ($۵۱۱\ U\ gF.W^{-1}$) و آرژنین و لوسین ($۴۹۶\ U\ gF.W^{-1}$) بیش‌تر از سایر تیمارها بود (جدول ۶).

نتیجه‌گیری

طبق نتایج این پژوهش مشاهده شد که کاربرد ترکیبات مختلف اسیدهای آمینه سبب افزایش عملکرد سیر می‌شود به طوری که محلول‌پاشی اسیدآسپارتیک + لوسین بیش‌ترین وزن تر سوخ و سیرچه را داشت که با تیمارهای اسیدآسپارتیک + تیروزین، آرژنین + لوسین و اسیدآسپارتیک + والین اختلاف معناداری نداشت. همچنین بیش‌ترین میزان کلروفیل *a*، *b* و کل از کاربرد ترکیب اسیدآسپارتیک با لوسین به‌دست آمد در حالی که کم‌ترین میزان کارتنوئید از کاربرد اسیدآسپارتیک با لوسین و آرژنین با لوسین تولید شد. بالاترین فعالیت آنزیم کاتالاز از کاربرد آرژنین با اسیدآسپارتیک مشاهده شد. در حالی که فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمارهای اسیدآسپارتیک + والین، آرژنین + تیروزین و آرژنین + لوسین بیش‌تر از سایر تیمارها بود. به طور کلی به نظر می‌رسد محلول‌پاشی اسیدهای آمینه با افزایش راندمان انرژی در گیاه (ذخیره انرژی گیاه در جهت تولید اسیدهای آمینه) و همچنین افزایش سرعت فتوسنتز و در نتیجه کمک به گیاه سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود. در بین بررسی ترکیبات مختلف اسیدهای آمینه، ترکیب اسیدآسپارتیک و لوسین بیش‌تر از سایر ترکیبات عملکرد را افزایش داد و به عنوان تیمار برتر معرفی می‌شود.

References

Amin, A.A., Gharib, F.A.E., El-Awadi, M., & Rashad, M. 2011. Physiological response of onion plants to foliar application of putrescine & glutamine. *Scientia Horticulturae,* 129, 353-360.

Attoa, G.E., Wahba, H.E., & Frahat, A.A. 2002. Effect of some amino acids and sulphur fertilizers on growth and chemical composition of *Iberis amara* L. plant. *Egyptian Journal of Horticultural,* 29, 17-37.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and Sensitive Method for Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-dye Binding. *Analytical Biochemistry,* 72, 248-254.

Dahab, T.A., & El-Aziz, G.A. 2006. Physiological effect of diphenylamin and tryptophan on the growth and chemical constituents of *Philodendron erubescens* plants. *World Journal Agriculture Sciences,* 2, 75-81.

El-Aal, F.S., Shaheen, A.M., Ahmed, A.A., & Mahmoud, A.R. 2010. Effect of foliar application of urea and amino acids mixtures as antioxidants on growth, yield and characteristics of squash. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences,* 6, 583-588

Food and Agriculture Organization. 2019. *FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nation,* from http:// faostat.fao.org/country profiles/.

Faten, S.A., Shaheen, A.M., Ahmed, A.A., & Mahmoud, A.R. 2010. Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of Squash. *Research Journal of Agriculture and Biological Science,* 6(5), 583-588.

Flocco, C.G., & Giulietti, A.M. 2007. In N. Wiley (Ed.), *Methods in biotechnology, phytoremediation: methods and reviews.* Totowa, New Jersey: *Humana Press Inc*, 23, 161-173.

Gawronska, H. 2008. *Biostimulators in modern agriculture (General aspects).* Plant press Warsaw University of life sciences (WULS), pp, 89.

Gholami Zali, A., & Ehsanzadeh, P, 2018. Exogenously applied proline as a tool to enhance water use efficiency: Case of fennel. *Agricultural Water Management*, 197, 138-146.

Haghighi, M., & Barzegar, M.R. 2017. Effect of amino acid and *mycorrhiza* inoculation on sweet pepper growth under greenhouse conditions. *Iran Agricultural Research,* 36, 47-54. [In Persian]

Heidarzadeh, A., & Modarres-Sanavy, S.A.M., 2021. Effects of Application and Type of Amino Acids on the Activity of Antioxidant Enzymes, Proline Content and Seed yield of Lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Plant Productions*, 44(3), 381-394. doi: 10.22055/ppd.2020.31327.1834. [In Persian]

Heidarzadeh, A., Modarres-Sanavy, S.A.M., & Ebrahimi-Esborezi, H. 2021. Effect of priming and foliar application of different amino acids on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in late sowing. *Iranian Journal of Pulses Research,* 12(1), 88-99. [In Persian]

Hiscox, A., & Israelstam, G. 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian Journal of Botany*, 57, 1332-1334.

Hounsome, N., Hounsome, B., Tomos, D., & Edwards-Jones, G. 2008. Plant metabolites and nutritional quality of vegetables. *Journal of Food Science*, 73(4), 48-65.

Iciek, M., Kwiecień, I., & Włodek, L. 2009. Biological properties of garlic and garlic-derived organosulfur compounds. *Environmental and Molecular Mutagenesis Journal*, 50(3), 247-265.

Jiang, Z., Ma, B., Erinle, K.O., Cao, B., Liu, X., Ye, S., & Zhang, Y. 2016. Enzymatic antioxidant defense in resistant plant: *Pennisetum americanum* (L.) K. Schum during long-term atrazine exposure. *Pesticide Biochemistry and Physiology,* 133, 59-66.

Karima, M., Gamal, E.D., & Abdel-wahed, M.S.A. 2005. Effect of some amino acids on growth and essential oil content of chamomile plant. *International of Journal of Agriculture and Biology*, 15 (3), 376-380.

Krizek, D.T., Kramer, G.F., Upadhyaya, A., & Mirecki, R.M. 1993. UV-B Response of cucumber seedling grown under metal halid and high pressure sodium/deluxe lamps. *Physiology of Plant*, 88, 350-358.

Kunicki, E., Grabowska, A., Sękara, A., & Wojciechowska, R. 2010. The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Folia Horticulturae*, 22, 9-13.

Liu, X.Q., Ko, K.Y., Kim, S.H., & Lee, K.S. 2008. Effect of amino acid fertilization on nitrate assimilation of leafy radish and soil chemical properties in high nitrate soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis,* 39, 269-28.

Mattoo, A.K., Minocha, S.C., Minocha, R., & Handa, A.K. 2010. Polyamines and cellular metabolism in plants: transgenic approaches reveal different responses to diamine putrescine versus higher polyamines spermidine and spermine. *Amino Acids*, 38, 405–413.

Mirzaei, R., Liaghati, H., & Mahdavi Damghani, A. 2007. Evaluating yield quality and quantity of garlic as affected by different farming systems and garlic clones. *Pakistan Journal of Biological Science,* 10(13), 2219 2224.

Naghdi Badi, H., Labbafi, M.R., Qavami, N., Qaderi, A., Abdossi, V., Agharebparast, M.R., & Mehrafarin, A. 2015. Responses of Quality and Quantity Yield of Garden Thyme (*Thymus vulgaris* L.) to Foliar Application of Bio-stimulator Based on Amino Acids and Methanol. *Journal of Medicinal Plants*, 54, 146-194. [In Persian]

Nahed, G., Mona, H.M., & Azza, A. 2009. Physiological effect of phenylalanine and tryptophan on the growth and chemical constituents of *Antirrhinum majus* plants. *Ozean Journal of Applied Sciences,* 2, 399-407.

Nasseri Khollari, S., Heydari, M., Jafari, S., & Daneshvar, M. 2016. Effects of Calcium Nitrate on Nitrate Reductase Activity, Amino Acids, Nitrate and Ion Accumulation of *Pistacia* Vera L., Badami Zarand, Under Sodium Chloride Stress. *Plant Productions*, 38(4), 35-48. doi: 10.22055/ppd.2016.11833. [In Persian]

Polo, J., Barroso, R., Ródenas, J., Azcón- Bieto, J., Cáceres, R., & Marfà, O. 2006. Porcine hemoglobin hydrolysate as a biostimulant for lettuce plants subjected to conditions of thermal stress. *Hort. Technology,* 16, 483-487.

Raeisi, M., Farahani, L., & Palashi, M. 2014. Changes of qualitative and quantitative properties of radish (*Raphanus sativus* L.) under foliar spraying through amino acid. *International Journal of Biosciences*, 4(1), 463-468.

Shaidul Haque, M.D., Sattar, A., & Pramanik, M.H.R. 2002. Dry matter accumulation and partitioning and growth of garlic as influenced by land configuration and cultivars. *Pakistan Journal of Biological Science,* 5(10), 1028-1031.

Shehata, S., Gharib, A., Mohamed, M., Gawad, K.A., & Shalaby, W. 2011. Influence of compost, amino and humic acids on the growth, yield and chemical parameters of strawberries. *Journal of Medicinal Plants Research,* 5, 2304-2308.

Thomas, J., Mandal, A., & Raj Kumar, R. 2009a. Role of biologically active amino acid formulations on quality and crop productivity of tea (*Camellia* sp.). *International Journal of Agricultural Research,* 4, 228-236.

Thomas, J., Mandal, A.K.A., Raj Kumar, R., & Murugan, A.C. 2009b. Role of biologically active amino acid formulations on quality and crop productivity of Tea (*Camellia* sp.). *International Journal of Agricultural Research,* 4(7), 228-36.

Thornton, B., & Robinson, D. 2005. Uptake and assimilation of nitrogen from solutions containing multiple N sources. *Plant Cell and Environment,* 28, 813-821.

Tijssen, T. 1985. In R. H. Burdon, & P. H. van Knippenberg (Eds.), *Practice and theory of enzyme immunoassays. Amsterdam: Elsevier,* 173-220.