

Research Article

Plant Prod., 2021, 44(3), 381-394  
<http://plantproduction.scu.ac.ir//>


ISSN (P): 2588-543X  
ISSN (E): 2588-5979

## Effects of Application and Type of Amino Acids on the Activity of Antioxidant Enzymes, Proline Content and Seed yield of Lentil (*Lens culinaris* Medik.)

Ali Heidarzadeh<sup>1\*</sup> , Seyed Ali Mohammad Modarres -Sanavy<sup>2</sup>

- 1- \*Corresponding Author: Ph.D. Student of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (Ali.heidarzadeh@modares.ac.ir)
- 2- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

**Citation:** 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.

 10.22055/ppd.2020.31327.1834

Received: 30 October, 2019

Accepted: 25 December, 2019

### Abstract

#### Introduction

Lentil is used mainly for human consumption as a source of protein and carbohydrates in soups, stews and vegetarian dishes. It is grown to improve economical returns to producers, diversify and lengthen crop rotations and reduce the requirement for nitrogen fertilizer. Lentil, a member of the legume family, Leguminosae, can supply a significant part of its Nitrogen requirement by fixing Nitrogen from the air when inoculated with the appropriate rhizobial inoculant. The pattern of nutrients in the proximal composition of lentil is similar to that of other grain legumes, but seed protein content (19.5–35.5%) is less than in soybean. Fiber concentration is low and is largely within the seed testa, so the fiber in lentil meal can be reduced if it is de-hulled before grinding. In addition to high-quality protein, essential amino acids, and major minerals, the seed contains iron up to 505 mg kg<sup>-1</sup> and zinc up to 330 mg kg<sup>-1</sup> on a whole seed basis. Amino acids are help in tissue protein formation. Some amino acids are not synthesized in the body and it is necessary to take them in diet. Lentils contain different amino acids that can be used by most people. This research was carried-out to study effect of different amino acids on the activity of antioxidant enzymes, Proline content and seed yield of lentil in delayed planting.

#### Materials and Methods

The research was conducted as a factorial experiment based on a randomized complete block



design with three replications in the Research Farm of Agricultural Faculty, Tarbiat Modares University, through May to July, 2018. The studied factors included mode of application (priming, spraying and priming + spraying) and type of amino acids (Arginine, Aspartic acid, Proline, trade amino acid (proamin) and distilled water (control). Analysis of variance (ANOVA) and also mean comparisons were accomplished using the general linear model (GLM) procedure. LSD procedure at a probability level of 0.05 was used to determine statistically significant differences among treatment means.

### **Results and and Discussion**


The results showed that the highest total dry weight was obtained from the application of Arginine spraying ( $2330 \text{ kg ha}^{-1}$ ), priming + spraying aspartic acid ( $2388 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and trade amino acid ( $2219 \text{ kg ha}^{-1}$ ). The highest amount of catalase (CAT) activity was observed in the treatment of distilled water by foliar application and its least effective activity was observed in the application of Arginine as priming. The application of aspartic acid as acidic acid with  $888.7 \text{ kg ha}^{-2}$  produced the highest yield. As a result, it is more than three times the performance of using distilled water (control). The application of Arginine ( $555.1 \text{ kg ha}^{-2}$ ), commercial amine ( $444.0 \text{ kg ha}^{-2}$ ) and Proline ( $327.8 \text{ kg ha}^{-2}$ ) were established in the next rank, respectively. According to the results of this study, amino acids can reduce the stress of heat. In the absence of amino acid, yield reduction will be higher. Although amino acids are a Nitrogen source, the routine concentrations involved in exogenous supply are so low that its positive effects can be attributable to an increase in Nitrogen availability.

### **Conclusion**

Aspartic acid and Arginine due to their role in the Nitrogen cycle and also, due to the fact that amino acids are the building blocks of proteins, improved lentil yield. Therefore, it is recommended to use amino acids to increase the yield of lentils. The application of aspartic acid via both priming and spraying is suggested as the best treatment.

**Keywords:** Arginine, Aspartic acid, Catalase, Legume, Proline

## اثر نوع و روش مصرف اسیدهای آمینه مختلف بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، محتوای پرولین و عملکرد دانه عدس (*Lens culinaris* Medik.)

علی حیدرزاده<sup>۱\*</sup> , سید علی محمد مدرس ثانوی<sup>۲</sup>

۱- نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
(Ali.heidarzadeh@modares.ac.ir)

۲- استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۸

### چکیده

به منظور مطالعه اثر اسیدهای آمینه مختلف روی عملکرد و صفات بیوشیمیایی عدس، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل نحوه کاربرد آمینواسیدها در سه سطح بذرمال، محلول پاشی و بذرمال + محلول پاشی به عنوان عامل اول و کاربرد انواع آمینواسیدها در پنج سطح آرژنین، آسپارتیک اسید، پرولین، اسید آمینه تجاری پروآمین و آب مقطر (شاهد) به عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. مقدار مصرف اسیدهای آمینه یک گرم در لیتر بود. نتایج نشان داد بیشترین وزن خشک کل به ترتیب از تیمارهای بذرمال و محلول پاشی آسپارتیک اسید (۲۳۸۸ کیلوگرم در هکتار)، محلول پاشی آرژنین (۲۳۳۰ کیلوگرم در هکتار) و محلول پاشی اسید آمینه تجاری پروآمین (۲۲۱۹ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار استفاده از آب مقطر به صورت محلول پاشی و کمترین فعالیت آن در کاربرد آرژنین به صورت بذرمال مشاهده شد. کاربرد اسید آمینه آسپارتیک اسید با ۷۱۸/۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را تولید کرد که بیش از سه برابر عملکرد حاصل از استفاده از آب مقطر (شاهد) بود. کاربرد آرژنین (۵۵۵/۱ کیلوگرم در هکتار)، اسید آمینه تجاری پروآمین (۴۴۴/۵ کیلوگرم در هکتار) و پرولین (۳۲۷/۸ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفت. کاربرد آسپارتیک اسید به صورت بذرمال و محلول پاشی با بیشترین عملکرد به عنوان تیمار برتر معرفی می‌شود.

کلیدواژه‌ها: آرژنین، آسپارتیک اسید، پرولین، حبوبات، کاتالاز

(Majnoun Hosseini, 2008; Ahmadpour et al., 2015).

هم‌چنین توانایی تثبیت نیتروژن خاک را دارد (Ghanem et al., 2015). سطح زیرکشت عدس در ایران، آسیا و جهان به ترتیب ۱۳۸۷۳۹، ۳۱۰۶۹۰۰ و ۶۵۸۲۷۷۹ هکتار و میانگین عملکرد آن به ترتیب ۶۰۱، ۹۲۱ و ۱۱۵۳ کیلوگرم در هکتار در سال ۲۰۱۷ گزارش شده است (FAO, 2019). با توجه

### مقدمه

عدس (*Lens culinaris* Medik.) جزو مهم‌ترین حبوبات بوده که به دلیل داشتن پروتئین (حدود ۲۸ درصد)، عناصر ضروری و ویتامین‌ها در جیره غذایی افراد کم درآمد نقش مهمی دارد و به دلیل ارزش علوفه‌ای، به عنوان خوراک دام نیز استفاده می‌شود

تر و خشک گیاه بایوننه می‌شود. محلول‌پاشی پرولین در شرایط تنش خشکی به‌طور قابل توجهی درصد و عملکرد اسانس در ریحان و بایوننه را افزایش داد (Karima et al., 2005). Hoque et al. (2007) در آزمایشی که روی تنباکو انجام دادند، دریافتند که استفاده از پرولین به علت افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، نقش مهمی در کاهش اثرات تنش ایفا می‌کند. در این تحقیق واکنش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و عملکرد عدس به کاربرد خالص و تجاری اسیدهای آمینه و نوع کاربرد آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. عوامل مورد بررسی شامل نحوه کاربرد آمینواسیدها در سه سطح بذرمال، محلول‌پاشی و بذرمال + محلول‌پاشی به‌عنوان عامل اول و کاربرد انواع آمینواسیدها در پنج سطح آرژنین (L-Arginine, Merck، کشور آلمان)، آسپارتیک اسید (L-Aspartic acid, Merck، کشور آلمان)، پرولین (L-Proline, Merck، کشور آلمان)، اسید آمینه تجاری پروآمین (Proamin, Avan Europe، کشور اسپانیا) و آب‌مقطر (شاهد) به‌عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. مقدار مصرف اسیدهای آمینه یک گرم در لیتر بود. میزان کل آمینواسیدهای آزاد اسید آمینه تجاری پروآمین شامل پرولین (۹/۷۸ درصد)، سرین (۱۱/۳۲ درصد)، اسید گلوتامیک (۹/۴۸ درصد)، گلایسین (۹/۴۸ درصد)، لیوسین (۵/۴۰ درصد)، والین (۴/۷۶ درصد)، آسپارتیک اسید (۶/۲۲ درصد)، آرژنین (۵/۲۹ درصد)، ترونین (۴/۲۰ درصد)، آلانین (۴/۱۵ درصد)، فیل آلانین (۴/۲۸ درصد)، سیستین (۱/۱۶ درصد)، لایسین (۱/۴۸ درصد) تیروزین (۰/۷۰ درصد)، هیستیدین (۱/۴۶ درصد)، متیونین (۰/۶۰ درصد) و ایزولوسین (۳/۰۵ درصد) می‌باشد. بعد از عملیات شخم و آماده‌سازی مزرعه، در اردیبهشت ماه اقدام به کشت بذر عدس رقم بیله سوار با وزن هزار دانه ۴۸ گرم شد. تیمارهای مربوط به بذرمالی قبل از کشت به مدت دو ساعت با اسیدهای

به این که بیش از ۸۰ درصد اراضی زیر کشت عدس در کشور ایران به‌صورت دیم می‌باشد، لذا خشکی و کمبود آب در خاک بیش‌ترین تأثیر را در کاهش عملکرد این گیاه دارد (Parsa and Bagheri, 2008). هم‌چنین تنش‌های زیستی مانند حشرات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و تنش‌های غیرزیستی نظیر درجه حرارت، حاصلخیزی خاک و خشکسالی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید عدس به‌شمار می‌روند (Korbu, 2009).

زیست محرک‌هایی نظیر اسیدهای آمینه و الیگوپپتیدهای فعال زیستی با جذب از طریق برگ و ریشه روی فرآیندهای مختلف رشد و نمو گیاهان و مقاومت در برابر تنش‌ها و شرایط نامناسب محیطی از جمله سرما و گرمای شدید، خشکی و شوری تأثیر می‌گذارد؛ به‌طوری‌که از این ترکیب‌ها در سال‌های اخیر در کشورهای پیشرفته جهان برای افزایش بهره‌بری محصولات زراعی و باغی استفاده می‌شود (Thomas et al., 2009). کاربرد اسیدهای آمینه این امکان را برای گیاه فراهم می‌آورد تا انرژی ذخیره شده را صرف رشد بیش‌تر، افزایش عملکرد و کیفیت محصول نماید (Thomas et al., 2009). اسیدهای آمینه به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک، رشد و نمو گیاه مؤثر می‌باشند (Faten et al., 2010). گیاهان قادرند از اسیدهای آمینه به‌عنوان منبع نیتروژن استفاده کنند (El-Naggar, 2009). این ترکیبات در وضعیت آزاد همچون ذرات باردار عمل کرده و وقتی وارد سلول‌های گیاهی می‌شوند، به واسطه خلوص بالا در فرآیندهای متابولیکی دخیل می‌شوند (Thornton, & Robinson, 2005). تغذیه برگ‌های اسیدهای آمینه آزاد می‌تواند یک منبع مهم برای سنتز پروتئین باشد (Raeisi, 2014). در واقع اسیدهای آمینه، زنجیره اصلی ساختار پروتئین‌ها بوده و به نوبه خود در رشد گیاه مؤثر هستند (Hounsoum et al., 2008). 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 شد. (Karima et al., 2005) و Attoa et al. (2002) دریافتند که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه باعث افزایش قابل توجه ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های فرعی، وزن

۱۰۰ میکرولیتر هیدروژن پراکسیداز (۱/۱۰) و ۱۰۰ میکرولیتر آسکوربات اسید ۱۵ میلی مولار مخلوط و به آن، ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی اضافه شد و در طول موج ۲۹۰ نانومتر به مدت یک دقیقه با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. یک واحد فعالیت آنزیم به مقدار آنزیمی گفته می شود که در مدت یک دقیقه میزان جذب نور را کاهش دهد. در نهایت داده های به دست آمده، به فعالیت آنزیم در هر گرم وزن تر برگ در دقیقه تبدیل شد.

فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز با تعیین اکسیداسیون گایاکول توسط هیدروژن پراکسیداز تعیین شد. محلول واکنش شامل ۱۰۰ میلی مولار بافر فسفات پتاسیم (pH=7/۰)، ۲۰ میلی مولار گایاکول، ۲۰ میکرولیتر هیدروژن پراکسیداز (۱/۱ mM) و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیم بود. میزان تغییرات جذب به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت یک دقیقه اندازه گیری و فعالیت آنزیم محاسبه گردید. آنزیم کاتالاز، هیدروژن پراکسیداز را بدون نیاز به فاکتور احیا کننده به اکسیژن و آب تبدیل می کند. برای اندازه گیری این آنزیم، ۳۰۰۰ میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم (pH=7/۰)، ۱۰ میکرولیتر هیدروژن پراکسیداز (۱/۱ mM) 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 (Flocco and Giulietti, 2007; Tijssen, 1985). سنجش میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز طبق روش ارائه شده توسط Kar and Mishra (1985) انجام گردید. محلول واکنش برای اندازه گیری فعالیت آن شامل ۳۰۰۰ میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی مولار (pH=7/۰)، ۱۰۰ میلی مولار پیروگالول و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیم بود. میزان جذب واکنش در طول موج ۴۲۰ نانومتر به مدت ۲ دقیقه به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری و میزان فعالیت آنزیم بر حسب مقادیر اکسید شده پیروگالول محاسبه شد. میزان پرولین نیز به روش Bates et al. (1973) اندازه گیری شد.

آمینه آغشته شدند. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول پنج متر و فاصله بین خطوط ۲۵ سانتی متر در نظر گرفته شد به طوری که تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع حفظ شود (Mahmoudi, 2006). نیاز غذایی عدس با توجه نتایج آزمایش خاک (جدول ۱) تأمین شد. با توجه به جدول (۱)، ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به عنوان کود آغازگر قبل از کاشت اعمال شد. آبیاری به صورت قطره ای و مبارزه با علف های هرز در صورت نیاز به صورت دستی انجام گردید. محلول پاشی اسیدهای آمینه بعد از یک ماه کشت در سه مرحله به فواصل ۱۰ روز یک بار انجام گرفت. برای اندازه گیری فعالیت آنزیم و صفات بیوشیمیایی در مرحله غلاف دهی از برگ های سبز نمونه ای تازه تهیه و با نیتروژن مایع فریز شد. اندازه گیری وزن خشک کل، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و وزن خشک غلاف و عملکرد دانه در زمان رسیدگی (تیر ماه) انجام گرفت.

به منظور تعیین فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی در برگ ها طبق روش توصیف شده توسط Jiang et al. (2016) عصاره استخراج گردید. طبق این روش، ۰/۵ گرم برگ تازه گیاه عدس به یک آون چینی سرد شده اضافه و با چهار میلی لیتر بافر استخراج شامل ۵۰ میلی مولار بافر فسفات پتاسیم (pH=7/۸)، یک درصد (وزنی به حجمی) پلی وینیل پیرولیدون (PVP) با متوسط وزن مولکولی ۴۰۰۰۰ و ۰/۱ میلی مولار اتیلن دیامین تترا استیک اسید، همگن گردید و سپس به مدت ۲۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی گراد با دور ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. نهایتاً فاز بالایی محلول سوپرناتانت جهت آزمون پروتئین کل برگ و آنزیم های کاتالاز (CAT)، گایاکول پراکسیداز (POX)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و پلی فنل اکسیداز (PPO) مورد استفاده قرار گرفت. میزان پروتئین کل برگ به روش Bradford (1976) اندازه گیری شد. برای سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (POX)، ۳۰۰۰ میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی مولار (pH=7/۰) با

**Table 1. Farm soil physicochemical properties**

Soil depth (cm)	Soil texture	N (%)	P (mgkg <sup>-1</sup> )	K (mgkg <sup>-1</sup> )	pH	EC (dSm <sup>-1</sup> )	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

به دست آمد (جدول ۳) ولی اختلاف معنی داری با بذرمال آرژنین (۲۰۷۳) کیلوگرم در هکتار) و آسپارتیک اسید (۲۰۹۲) کیلوگرم در هکتار) نشان نداد (جدول ۳). بیشترین وزن خشک برگ از کاربرد آسپارتیک اسید به صورت بذرمال و محلول پاشی (۱۰۲۳/۱) کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول ۳) اما با کاربرد اسید آمینه تجاری پروآمین به صورت بذرمال و محلول پاشی (۹۹۴/۴) کیلوگرم در هکتار) و تنها بذرمال (۸۷۶/۷) کیلوگرم در هکتار) و آرژنین به صورت بذرمال (۸۸۵/۴) کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۲). در بررسی جدول مقایسه میانگین مشاهده شد که بیشترین وزن خشک ساقه از کاربرد آرژنین به صورت محلول پاشی (۹۷۱/۱) کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول ۳). جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین وزن خشک غلاف از کاربرد

نتایج و داده‌های آماری حاصل از نمونه برداری‌ها برای سهولت در محاسبات ریاضی در صفحات برنامه Excel وارد شده و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از رویه آماری PROC ANOVA برنامه آماری SAS استفاده شد. سپس آزمون مقایسات میانگین صفات مورد مطالعه به روش آزمون حداقل اختلاف معنی دار انجام گرفت.

### نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس نشان داد که عوامل مورد بررسی تأثیر معنی داری ( $P \leq 0.01$ ) روی وزن خشک کل، ساقه، برگ و غلاف عدس گذاشت (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین وزن خشک کل عدس از محلول پاشی آرژنین (۲۳۳۰) کیلوگرم در هکتار)، بذرمال و محلول پاشی آسپارتیک اسید (۲۳۸۸) کیلوگرم در هکتار) و اسید آمینه تجاری پروآمین (۲۲۱۹) کیلوگرم در هکتار)

**Table 2. Analysis of variance of some of lentil traits affected by type and mode of application of amino acid**

S.O.V.	d.f	Mean squares			
		Total dry weight	Leaf dry weight	Stem dry weight	Pod dry weight
Block	2	174219.68 <sup>ns</sup>	27152.93 <sup>ns</sup>	15496.56 <sup>ns</sup>	52.85 <sup>ns</sup>
Mode of application (H)	2	174150.95 <sup>ns</sup>	71959.06 <sup>**</sup>	7719.72 <sup>ns</sup>	6469.13 <sup>**</sup>
Type of amino acid (T)	4	882130.76 <sup>**</sup>	119676.85 <sup>**</sup>	102625.42 <sup>**</sup>	138726.94 <sup>**</sup>
HT	8	671142.15 <sup>**</sup>	118063.58 <sup>**</sup>	86414.45 <sup>**</sup>	75200.83 <sup>**</sup>
Error	28	59641.13	9779.84	11349.57	752.92
C.V (%)		14.86	14.87	15.77	9.12

ns, \* and \*\* represent no significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively.

**Table 3. Mean comparison of the total, leaf, stem and pod dry weight affected by the interaction of type of amino acids and their mode of application (Means with the same letter in each column are not significantly different at 1 % probability level)**

Treatments		Total dry weight (kg ha <sup>-1</sup> )	Leaf dry weight (kg ha <sup>-1</sup> )	Stem dry weight (kg ha <sup>-1</sup> )	Pod dry weight (kg ha <sup>-1</sup> )
Priming	Arginine	2073.9±172.7 <sup>ab</sup>	885.4±82.7 <sup>a</sup>	804.7±93.4 <sup>a-c</sup>	383.8±15.8 <sup>b</sup>
	Aspartic acid	1497±207.2 <sup>cd</sup>	573.9±78.3 <sup>c-f</sup>	571.9±77 <sup>d-g</sup>	334.8±21.3 <sup>c</sup>
	Proline	1300.3±193.7 <sup>c-e</sup>	600±46.4 <sup>c-f</sup>	537.7±79.2 <sup>e-g</sup>	162.5±0.9 <sup>ef</sup>
	Trade amino acid	2092.2±57.7 <sup>ab</sup>	876.7±33.3 <sup>c-e</sup>	909.6±38.2 <sup>ab</sup>	305.9±16.7 <sup>c</sup>
	Distilled water	1687.1±263.3 <sup>bc</sup>	620.4±16.9 <sup>c-e</sup>	682.8±86.8 <sup>c-f</sup>	384±8.9 <sup>b</sup>
Spraying	Arginine	2330.3±577 <sup>a</sup>	719.3±5.8 <sup>bc</sup>	971.1±5.8 <sup>a</sup>	639.3±5.8 <sup>a</sup>
	Aspartic acid	1653.6±171.2 <sup>c</sup>	668.2±11.9 <sup>cd</sup>	675.6±91.7 <sup>c-f</sup>	309.8±25.5 <sup>c</sup>
	Proline	1489.5±86.1 <sup>cd</sup>	553.6±37 <sup>d-f</sup>	702.4±46 <sup>cd</sup>	233.5±15.7 <sup>d</sup>
	Trade amino acid	1094.5±70.8 <sup>de</sup>	439.8±26.6 <sup>f</sup>	511.5±43.4 <sup>fg</sup>	143.1±21.9 <sup>ef</sup>
	Distilled water	1043.3±57.7 <sup>e</sup>	545.3±5.8 <sup>d-f</sup>	439.3±5.8 <sup>g</sup>	58.1±5.8 <sup>g</sup>
Priming + spraying	Arginine	1464.2±171.4 <sup>cd</sup>	548.6±29.1 <sup>d-f</sup>	612.3±61.9 <sup>d-g</sup>	303.3±18 <sup>c</sup>
	Aspartic acid	2388.4±127.9 <sup>a</sup>	1023.1±31.8 <sup>a</sup>	733.1±63.7 <sup>b-d</sup>	632.2±14.2 <sup>a</sup>
	Proline	1114.5±70.4 <sup>de</sup>	437±45.2 <sup>f</sup>	493.7±76.6 <sup>g</sup>	183.8±7.6 <sup>e</sup>
	Trade amino acid	2219±7.4 <sup>a</sup>	994.4±35.1 <sup>a</sup>	901.8±35 <sup>ab</sup>	306.1±20.8 <sup>c</sup>
	Distilled water	1198.4±233 <sup>de</sup>	486.8±61.8 <sup>ef</sup>	581.9±27.3 <sup>d-g</sup>	129.7±3.2 <sup>f</sup>

Haghighi and Barzegar, )، فلفل (Kunicki et al., 2010)

(2017) افزایش پیدا کرده است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل نوع اسید آمینه و نحوه کاربرد آن روی پروتئین برگ عدس تأثیر معنی داری در سطح یک درصد گذاشت (جدول ۴). شکل مقایسه میانگین پروتئین برگ نشان داد که بیشترین مقدار پروتئین کل برگ از بذرمال با آرژنین و بذرمال و محلولپاشی اسید آمینه تجاری پرو آمین به دست آمد. بیشترین مقدار پروتئین برگ در کاربرد آرژنین (۴۰۱ میلی گرم در لیتر) حدود ۲۳ درصد بیش تر از عدم کاربرد آمینواسید (آب مقطر) مشاهده شد (جدول ۵).

اسید آمینه آرژنین به صورت محلول پاشی با ۶۳۶/۳ کیلوگرم در هکتار و آسپارتیک اسید به صورت بذرمال و محلول پاشی با ۶۳۲/۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۳). کمترین میزان وزن خشک غلاف نیز در تیمار آب مقطر (شاهد) به صورت بذرمال و محلول پاشی با ۱۲۹/۷ کیلوگرم در هکتار تولید شد (جدول ۳). اسیدهای آمینه به دلیل نقش مهمی که در متابولیسم گیاهی و تجمع پروتئین دارند سبب افزایش وزن تر و خشک گیاه می شوند (Shehata et al., 2016). گزارش شده است که با کاربرد خارجی اسید آمینه رشد و عملکرد در گیاهان کاهو (Polo et al., 2006)، کرفس (Shehata et al., 2016)، اسفناج

**Table 4. Analysis of variance of lentil biochemistry traits affected by type and how of application of amino acid.**

S.O.V.	df	Mean squares						
		Leaf protein	Catalase	Guaiacol peroxidase	Polyphenol oxidase	Ascorbate peroxidase	Proline	Seed yield
Block	2	126 <sup>ns</sup>	5940 <sup>ns</sup>	1571 <sup>ns</sup>	614 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	974 <sup>ns</sup>
Mode of application (H)	2	2591 <sup>**</sup>	9252691 <sup>**</sup>	52871683 <sup>**</sup>	151936 <sup>**</sup>	48.97 <sup>**</sup>	2835 <sup>**</sup>	212383 <sup>**</sup>
Type of amino acid (T)	4	6689 <sup>**</sup>	16483049 <sup>**</sup>	2119514 <sup>**</sup>	6036 <sup>**</sup>	14.82 <sup>**</sup>	9538 <sup>**</sup>	338919 <sup>**</sup>
HT	8	6742 <sup>**</sup>	20466406 <sup>**</sup>	12961464 <sup>**</sup>	74586 <sup>**</sup>	4517 <sup>**</sup>	7749 <sup>**</sup>	58746 <sup>**</sup>
Error	28	376	3648	10100	370	0.35	3.84	2543
C.V. (%)	5	1	1	1	2	4	3	11

ns, \* and \*\* represent no-significant and significant at 5% and 1% probability level, respectively.

**Table 5. Mean comparison of leaf total protein, catalase, guaiacol peroxidase, polyphenol oxidase and ascorbat peroxidase enzymes activity and proline (Means with the same letter in each column are not significantly different at 1 % probability level)**

Treatments	Leaf total protein (mg l <sup>-1</sup> )	Catalase (U g F.W <sup>-1</sup> )	Guaiacol peroxidase (U g F.W <sup>-1</sup> )	Polyphenol oxidase (U g F.W <sup>-1</sup> )	Ascorbat peroxidase (U g F.W <sup>-1</sup> )	Proline (μmol proline g F.W <sup>-1</sup> )
Priming	Arginine	461.6 <sup>a</sup>	1614.7 <sup>m</sup>	11791.4 <sup>e</sup>	741.6 <sup>f</sup>	37.70 <sup>h</sup>
	Aspartic acid	405.4 <sup>b</sup>	7574.6 <sup>c</sup>	11529.1 <sup>f</sup>	897.3 <sup>cd</sup>	58.50 <sup>g</sup>
	Proline	368.7 <sup>c</sup>	6090.4 <sup>e</sup>	16752.5 <sup>a</sup>	955.5 <sup>b</sup>	57.06 <sup>g</sup>
	Trade amino acid	320.4 <sup>ef</sup>	6319.1 <sup>d</sup>	12255.4 <sup>d</sup>	924.8 <sup>bc</sup>	86.64 <sup>d</sup>
	Distilled water	376.1 <sup>c-f</sup>	5154.6 <sup>h</sup>	14679.7 <sup>b</sup>	925.0 <sup>bc</sup>	164.36 <sup>b</sup>
Spraying	Arginine	406.8 <sup>b</sup>	3420.0 <sup>k</sup>	10386.4 <sup>i</sup>	987.8 <sup>a</sup>	35.64 <sup>h</sup>
	Aspartic acid	342.4 <sup>c-f</sup>	2465.2 <sup>l</sup>	11191.5 <sup>g</sup>	648.4 <sup>h</sup>	38.48 <sup>h</sup>
	Proline	348.9 <sup>d-e</sup>	5549.5 <sup>f</sup>	9578.6 <sup>j</sup>	683.3 <sup>g</sup>	188.52 <sup>a</sup>
	Trade amino acid	367.0 <sup>cd</sup>	9636.5 <sup>b</sup>	13541.5 <sup>c</sup>	765.0 <sup>f</sup>	91.28 <sup>c</sup>
	Distilled water	314.7 <sup>f</sup>	10779.4 <sup>a</sup>	9205.7 <sup>k</sup>	639.6 <sup>h</sup>	16.66 <sup>j</sup>
Priming + spraying	Arginine	334.9 <sup>d-f</sup>	5348.1 <sup>g</sup>	11251.1 <sup>g</sup>	524.3 <sup>j</sup>	27.12 <sup>i</sup>
	Aspartic acid	338.6 <sup>c-e</sup>	5092.9 <sup>h</sup>	8904.6 <sup>lm</sup>	841.4 <sup>e</sup>	15.86 <sup>j</sup>
	Proline	359.2 <sup>cd</sup>	5303.1 <sup>g</sup>	8850.0 <sup>m</sup>	655.5 <sup>gh</sup>	73.05 <sup>e</sup>
	Trade amino acid	446.3 <sup>a</sup>	4103.8 <sup>j</sup>	9060.7 <sup>kl</sup>	584.1 <sup>i</sup>	65.35 <sup>f</sup>
	Distilled water	320.0 <sup>ef</sup>	4279.1 <sup>i</sup>	10744.9 <sup>h</sup>	868.9 <sup>de</sup>	90.57 <sup>c</sup>

بذر مال و محلول پاشی به دست آمد (جدول ۵). محلول پاشی و محلول پاشی به همراه بذر مال نسبت به بذر مال به تنهایی به ترتیب ۲۰ و ۲۷ درصد فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز را کاهش داد.

اثر متقابل نوع اسید آمینه و نحوه کاربرد آن روی آنزیم پلی فنل اکسیداز تأثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد را نشان داد (جدول ۴). با بررسی جدول مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی مشاهده شد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز از کاربرد آرژنین به صورت محلول پاشی حادث شد (جدول ۵) و کمترین میزان فعالیت آن نیز از کاربرد آرژنین به صورت بذر مال و محلول پاشی به دست آمد (جدول ۵).

جدول تجزیه واریانس نشان داد که آنزیم آسکوربات پراکسیداز تحت تأثیر اثر متقابل نوع اسید آمینه و نحوه کاربرد آن ( $P \leq 0.01$ ) قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز از کاربرد پرولین به صورت محلول پاشی و آسپارتیک اسید به صورت بذر مال به دست آمد (جدول ۵). مقدار فعالیت این آنزیم در کاربرد آب مقطر به جای اسیدهای آمینه به صورت محلول پاشی در کمترین میزان خود بود (جدول ۵). آرژنین و پرولین به عنوان مولکول‌های سیگنالینگ عمل کرده و در فعالیت آنزیم‌ها نقش دارند (Häusle et al., 2014).

افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (CAT)، گایاکول پراکسیداز (POX) و پلی فنل اکسیداز (PPO) با کاربرد خارجی آسپارتیک اسید در گوجه فرنگی گزارش شده است (Akladios and Abbas, 2013). هم‌چنین کاربرد خارجی آسپارتیک اسید سبب افزایش فعالیت ویژه آنزیم فنل پراکسیداز در شرایط مواجهه با تنش شد و در نتیجه اثرات مخرب آن را کاهش داد (Sairam et al., 2005).

پرولین عامل تنظیم‌کننده فشار اسمزی درون سلول، پایدار کننده ساختار پروتئین و غشای سلول، نابود کننده گونه‌های اکسیژن رادیکال و تنظیم‌کننده pH سلولی بوده و در واکنش‌های اکسیداسیون و احیا نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند (Wu et al., 2011). نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از معنی داری ( $P \leq 0.01$ ) اثر متقابل نوع اسید آمینه و

اسیدهای آمینه به دلیل این که واحدهای سازنده پروتئین بوده و در ستر آن‌ها نقش داد، لذا با افزایش اسیدهای آمینه میزان پروتئین افزایش یافته است. که با یافته‌های کاریما و همکاران (Karima et al., 2005) در گیاه بابونه مطابقت دارد. به دلیل نقش آسپارتیک اسید در متابولیسم گیاه و آسیمیلسیون پروتئین، کاربرد آن سبب افزایش وزن تر و خشک گیاه می‌شود (Abo Sedra et al., 2010).

اسیدهای آمینه به عنوان پیش‌سازهای حیات، شرکت در ساختمان پروتئین‌ها و پپتیدها در تمام عملکرد گیاه اعم از ساختاری، آنزیمی و متابولیکی و در بیوسنتز هومون‌های گیاهی و متابولیت‌های ثانویه نقش دارند (Gawronaka, 2008). طبق جدول تجزیه واریانس اثر متقابل نوع اسید آمینه و نحوه کاربرد آن تأثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر آنزیم کاتالاز داشت (جدول ۴). بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار استفاده از آب مقطر به صورت محلول پاشی و کمترین فعالیت آن در کاربرد آرژنین به صورت بذر مال مشاهده شد (جدول ۵). همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود با کاربرد اسیدهای آمینه میزان فعالیت آنزیم کاتالاز کاهش یافته است. این کاهش در کاربرد اسید آمینه تجاری پروآمین، پرولین، آسپارتیک اسید و آرژنین نسبت به آب مقطر (شاهد) به ترتیب یک، ۱۶، ۲۵ و ۴۹ درصد می‌باشد (جدول ۵). بررسی‌ها نشان می‌دهد که وجود اسیدهای آمینه برای فعالیت آنزیم کاتالاز ضروری می‌باشد (Fujikawa et al., 2018). هم‌چنین بذر مال و محلول پاشی بیشترین تأثیر را در کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز نشان داد (جدول ۵). از نظر فیزیولوژیکی، اسیدهای آمینه باعث رشد گیاه شده و آن را در برابر سمیت آمونیاک محافظت می‌کنند و هم‌چنین به عنوان منبع کربن و انرژی در گیاه استفاده می‌شود (Abdel Aziz et al., 2010).

آنزیم گایاکول پراکسیداز تحت تأثیر اثر متقابل نوع اسید آمینه و نحوه کاربرد آن در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). جدول مقایسه میانگین فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز نشان داد که بیشترین میزان فعالیت این آنزیم از کاربرد پرولین به صورت بذر مال و کمترین میزان فعالیت آن از کاربرد پرولین و آسپارتیک اسید به صورت



گزارش شده است که کاربرد خارجی پرولین سبب طویل شدن ریشه گیاه شده که این امر نیز در مقاومت گیاهان به شرایط تنش بسیار حائز اهمیت می باشد (Cambri et al., 2008; Biancucci et al., 2015).

در بررسی عملکرد دانه عدس، جدول تجزیه واریانس نشان می دهد که اثر متقابل نوع اسید آمینه و نحوه کاربرد آن معنی دار ( $P \leq 0.01$ ) بود (جدول ۴). جدول مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر کاربرد انواع مختلف اسیدهای آمینه به صورت بذرمال و محلول پاشی نشان داد که کاربرد اسید آمینه آسپارتیک اسید به صورت محلول پاشی و بذرمال با ۹۵۸/۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشت (شکل ۱). کمترین میزان تولید دانه عدس از استفاده از آب مقطر به جای اسیدهای آمینه به صورت محلول پاشی به دست آمد (شکل ۱). در بررسی اثر کاربرد اسیدهای آمینه مشاهده شد که کاربرد اسید آمینه آسپارتیک اسید با ۷۱۸/۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را تولید کرد (شکل ۱) که بیش از سه برابر عملکرد حاصل از استفاده از آب مقطر (شاهد) می باشد. کاربرد آرژنین (۱/۵۵۵ کیلوگرم در هکتار)، اسید آمینه تجاری پرو آمین (۵/۴۴۴ کیلوگرم در هکتار) و پرولین (۸/۳۲۷ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب در رتبه های بعدی قرار گرفت که بالاتفاق از شاهد (۹/۲۲۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد بالایی داشتند (شکل ۱). هم چنین نحوه کاربرد بذرمال و محلول پاشی با هم نسبت به تک تک آن ها عملکرد بالایی را تولید نمود (شکل ۱).

نحوه کاربرد آن روی پرولین می باشد (جدول ۴). در بررسی جدول مقایسه میانگین صفت پرولین مشاهده شد که بیشترین میزان پرولین در گیاه از کاربرد پرولین به صورت محلول پاشی به دست آمد (جدول ۵) که نشان دهنده نفوذ و تأثیر پرولین به گیاه در اثر کاربرد خارجی آن می باشد. کمترین میزان پرولین در کاربرد آب مقطر به صورت محلول پاشی و کاربرد آرژنین به صورت محلول پاشی و بذرمال مشاهده شد (جدول ۵). بیشترین میزان پرولین از کاربرد پرولین خالص با ۱۰۶ میکرومول در گرم وزن تر به دست آمد (جدول ۵) که دلیل زیاد بودن این نسبت به سایر اسیدهای آمینه آب مقطر کاربرد خارجی آن می باشد که در گیاه تجمع یافته است. پس از آن آب مقطر با ۹۱ میکرومول در گرم وزن تر برگ بیش از سایر اسیدهای آمینه پرولین داشت (جدول ۵). این به دلیل اثرات تنش گرما می باشد که گیاه برای مقابله چنین شرایط، پرولین را که یک ماده ضد تنش شناخته شده است تولید کرده است (Deivanai et al., 2011). آرژنین و آسپارتیک اسید به ترتیب ۳۳ و ۳۸ میکرومول در گرم وزن تر برگ پرولین داشت (جدول ۵). که با نتایج (Jahani et al., 2018) و (Ashrafi (2014) مطابقت داشت. افزایش پرولین به دلیل نقش این اسید آمینه در تنظیم فشار اسمزی است و به خاطر ایجاد پیوند با پروتئین های غشا، سبب پایداری ساختار آن در زمان تنش می شود (Forde and Lea, 2007; Biancucci et al., 2015). کاربرد خارجی پرولین سبب افزایش قابل توجه پرولین آزاد در برگ ها می شود. هم چنین

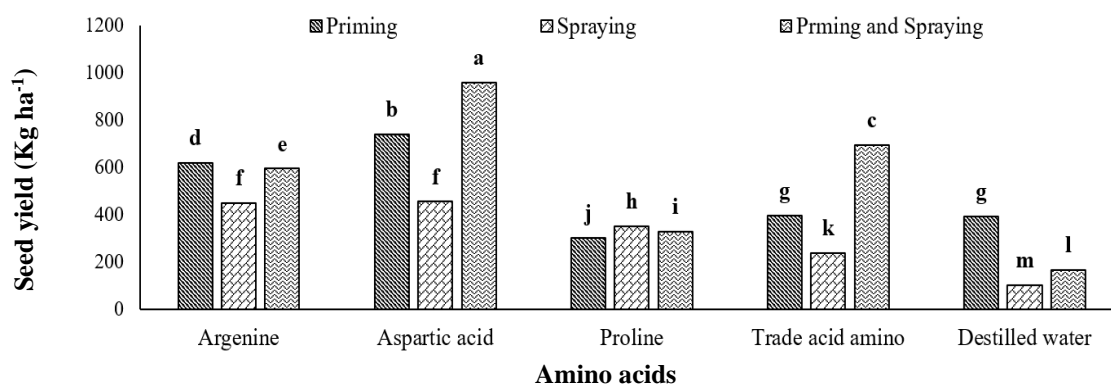


Figure 1. Effect of type and mode of application of amino acids on seed yield (The similar letters indicate there are no significant differences at 0.01 probability level)

خشک برگ از کاربرد آسپارتیک اسید به صورت بذرمال و محلول پاشی (۱۰۲۳/۱ کیلوگرم در هکتار)، بیشترین مقدار پروتئین کل برگ از بذرمال با آرژنین و بذرمال و محلول پاشی اسید آمینه تجاری پروآمین به دست آمد. بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار استفاده از آب مقطر به صورت محلول پاشی و کمترین فعالیت آن در کاربرد آرژنین به صورت بذرمال مشاهده شد. بیشترین میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز از کاربرد آرژنین به صورت محلول پاشی و بیشترین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز از کاربرد پرولین به صورت محلول پاشی و آسپارتیک اسید به صورت بذرمال به دست آمد. کاربرد اسید آمینه آسپارتیک اسید به صورت محلول پاشی و بذرمال با ۹۵/۸۶ گرم در مترمربع بیشترین عملکرد دانه را داشته و کمترین میزان تولید دانه عدس از استفاده از آب مقطر به جای اسیدهای آمینه به صورت محلول پاشی به دست آمد. کاربرد آرژنین (۵۱/۵۵ گرم در مترمربع)، اسید آمینه تجاری پروآمین (۴۴/۴۵ گرم در مترمربع) و پرولین (۳۲/۷۸ گرم در مترمربع) به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند که بالاتفاق از شاهد (۲۲/۰۹ گرم در مترمربع) عملکرد بالاتری داشتند.

آسپارتیک اسید و آرژنین به دلیل نقشی که در چرخه نیتروژن ایفا می‌کنند و با توجه به این که اسیدهای آمینه واحدهای سازنده پروتئین‌ها می‌باشد؛ سبب بهبود عملکرد در عدس شد و توصیه می‌شود از اسیدهای آمینه برای افزایش عملکرد عدس استفاده شود. طبق نتایج این پژوهش کاربرد آسپارتیک اسید به صورت بذرمال و محلول پاشی به علت تولید بیشترین عملکرد به عنوان تیمار برتر معرفی می‌شود.

### سپاس‌گزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا از دانشگاه تربیت مدرس به دلیل در اختیار قرار دادن مزرعه تحقیقاتی و آزمایشگاه‌های تخصصی جهت انجام این پژوهش و همچنین از داوران ناشناس که باعث بهبود کیفیت ارائه نتایج این پژوهش شدند، کمال تشکر و قدردانی نمایند.

لذا طبق این پژوهش کاربرد آسپارتیک اسید به صورت پرایمنگ و محلول پاشی با بیشترین عملکرد به عنوان تیمار برتر معرفی می‌شود. آسپارتیک اسید به دلیل نقشی که در انتقال و ذخیره نیتروژن بخصوص در گرده‌افشانی و دانه‌بندی دارد، سبب افزایش عملکرد شده است (Jahani et al., 2018). هم‌چنین آرژنین به عنوان منبع ذخیره و انتقال نیتروژن در گیاهان نقش دارد (Foyer et al., 2003; Dmello, 2015) و به این صورت در پر شدن دانه تأثیرگذار می‌باشد. به طوری که آرژنین در ۵۰ درصد نیتروژن پروتئین دانه و بیش از ۹۰ درصد نیتروژن بافت‌های رویشی وجود دارد (Polacco and Holland, 1993; Nordin and Naesholm, 1997). همین‌طور آرژنین پیش‌ساز سنتز پلی آمین‌ها و نیتریک اکسید می‌باشد و به عنوان واسطه در متابولیسم سایر اسیدهای آمینه مانند گلوتامین و پرولین نقش داد (Forde and Lea, 2007). نتایج بررسی‌های مختلف مؤید آن است که اسیدهای آمینه به عنوان منبع تأمین نیتروژن، در افزایش نورساخت و بهبود سرعت رشد و پر شدن دانه‌ها نقش مؤثری دارند (Haj Seyed Hadi and Rezaee Ghale, 2016). افزایش عملکرد در اثر کاربرد اسیدهای آمینه در گیاه سیر (Shalaby and El-Ramady, 2014)، سیب‌زمینی (Awad et al., 2007)، خیار (Karuppaiah et al., 2000)، و فلفل شیرین (Al-Said et al., 2008) نیز گزارش شده است. هم‌چنین گزارش شده است که با کاربرد خارجی اسید آمینه رشد و عملکرد در گیاهان کاهو (Polo et al., 2006)، اسفناج (Salinas et al., 2019)، اسفناج (Kunicki et al., 2010)، تربچه (Liu et al., 2008)، فلفل (Haghighi and Barzegar, 2017) افزایش پیدا کرده است که با نتایج این پژوهش هم‌سو می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

طبق نتایج به دست آمده از این پژوهش، بیشترین وزن خشک کل عدس از محلول پاشی آرژنین (۲۳۳۰ کیلوگرم در هکتار)، بذرمال و محلول پاشی آسپارتیک اسید (۲۳۸ کیلوگرم در هکتار) و اسید آمینه تجاری پروآمین (۲۲۱۹ کیلوگرم در هکتار)، بیشترین وزن

## References

- Abdel Aziz, N. G., Mazher, A. A. M., Farahat, M. M. (2010). Response of vegetative growth and chemical constituents of *Thuja orientalis* L. plant to foliar application of different amino acids at Nubaria. *The Journal of American Science*, 6(3), 295-301.
- Abo Sedera, F. A., Amany, A. L., Abd El-Latif, A. A., Bader, A., & Rezk, S. M. (2010). Effect of NPK mineral fertilizer levels and foliar application with humic acid and amino acids on yield and quality of strawberry. *Egyptian Journal of Applied Science*, 25, 154-169.
- Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S. R., Armand, N., & Fani, E. (2015). Effect of methanol on germination characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under drought stress. *Iranian Journal of Seed Research*, 2(1), 83-96. [In Farsi]
- Akladios, S. A., & Abbas, S. M. (2013). Alleviation of seawater stress on tomato by foliar application of aspartic acid and glutathione. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 9(3), 282-298.
- Al-Said, M. A., & Kamal, A. M. (2008). Effect of foliar spray with folic acid and some amino acids and some amino acids on flowering yield and quality of sweet pepper. *Journal of Agricultural Science*, 33(10), 7403-7412.
- Ashrafi, S. (2014). Foliar spray effects of urea and some amino acids on morphological, physiological and biochemical characteristics of costmary (*Tanacetum balsamita* L.). M.Sc. Thesis of Horticulture, Urmia University, Urmia, Iran. [In Farsi]
- 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.
- Awad, E. M., Abd El-Hameed, A. M., & Shall, Z. S. (2007). Effect of glycine, lysine and nitrogen fertilizer rates on growth, yield and chemical composition of potato. *Journal of Agricultural Science*, 32(10), 8541-8551.
- Bates, L. S., Waldern, R. P., & Teave, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
- Biancucci, M., Mattioli, R., Moubayidin, L., Sabatini, S., Costantino, P., & Trovato, M. (2015). Proline affects the size of the root meristematic zone in Arabidopsis. *BMC Plant Biology*, 15(263), 1-14.
- 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(1-2), 248-254.
- Cambri, D., Filippini, L., Apone, F., Arciello, S., Colucci, G., & Portoso, D. (2008). Effect of Aminoplant on expression of selected genes in Arabidopsis thaliana spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Folia Horticulturae*, 22, 9-13.
- Deivanai S., Xavier R., Vinod V., Timalata K., & Lim O. F. (2011). Role of exogenous proline in ameliorating salt stress at early stage in two rice cultivars. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 7(4), 157-174.
- Dmello, J. P. F. (2015). *Amino acids in higher plants*. UK: Formerly of SAC, University of Edinburgh King's Buildings Campus, Edinburgh.
- El-Naggar, A. H. (2009). Response of *Dianthus caryophyllus* L. plants to foliar nutrition. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5(5), 622-630.

- 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., & Giuliotti, A. M. (2007). Methods in biotechnology. In N. Wiley (Ed.), *Phytoremediation: methods and reviews* (Vol. 23, pp. 161-173). Totowa, New Jersey: Humana Press Inc.
- Food and Agriculture Organization. (2019). *Data, crops*. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Forde, B. G., & Lea, P. J. (2007). Glutamate in plants: metabolism, regulation, and signaling. *Journal of Experimental Botany*, 58(9), 2339-2358.
- Foyer, C. H., Parry, M., & Noctor, G. (2003). Markers and signals associated with nitrogen assimilation in higher plants. *Journal of Experimental Botany*, 54(382), 585-593.
- Fujikawa, Y., Suejawa, M., Endoo, S., Fukami, Y., Mano, S., Nishimura, M., & Esaka, M. (2018). Effect of mutation of C-terminal and heme binding region of Arabidopsis catalase on the import to peroxisomes. *Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry*, 83(2), 1-4.
- Gawronaka, H. (2008). *Biostimulators in modern agriculture (general aspects)*. Warszawa, Poland: House Wies Jutra, Limited.
- Ghanem, M. E., Marrou, H., Biradar, C., & Sinclair, T. R. (2015). Production potential of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in East Africa. *Agricultural Systems*, 137, 24-38.
- Haghighi, M., & Barzegar, M. R. (2017). Effect of amino acid and mycorrhiza inoculation on sweet pepper growth under greenhouse conditions. *Iran Agricultural Research*, 36(2), 47-54. [In Farsi]
- Haj Seyed Hadi, M. R., & Rezaee Ghale, H. (2016). Effects of vermicompost and foliar application of amino acids and urea on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(6), 1057-1070. [In Farsi]
- Häusler, R. E., Ludewig, F., & Krueger, S. (2014). Amino acids-A life between metabolism and signaling. *Plant Science*, 229, 225-237.
- Hoque M. A., Okuma, E., Banum M. N. A., Nakamura, Y., Shimoishi Y., & Murata, N. (2007). Exogenous proline mitigates the detrimental effects of salt stress more than exogenous betaine by increasing antioxidant enzyme activities. *Journal of Plant Physiology*, 164(5), 553-561.
- Hounsborne N., Hounsborne B., Tomos D., & Edwards-Jones G. (2008). Plant metabolites and nutritional quality of vegetables. *Journal of Food Science*, 73(4), 48-65.
- Jahani, R., Hassani, A., & Samadi, A. (2018). Effect of foliar application of urea, aspartic acid and glutamic acid on growth, physiological and biochemical characteristics of anise hyssop (*Agastache foeniculum*). *Applied Soil Research*, 5(2), 95-107. [In Farsi]
- 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.
- Kar, M., & Mishra, D. (1976). Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiology*, 57(2), 315-319.
- Karima A., Gamal El-Din, K. M., & Abdel-Wahed, M. S. A. (2005). Effect of some amino acids on growth and essential oil content of chamomile plant. *International Journal of Agriculture and Biology*, 7(3), 376-380.

- Karuppaiah, P., Manivonnar, K., Andrasakaron, S. V., & Kuppusamy, G. (2000). Responses of cucumber to foliar application of nutrients on light minespoil. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 49(1), 150-153.
- Korbu, L. (2009). *Improving production and productivity of chickpea and lentil in Ethiopia production manual*. Melkasa: Ethiopia.
- Kunicki, E., Grabowska, A., Sekara, 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(2), 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 (1-2), 269-281.
- Mahmoudi, A. A. (2006). Effect of sowing season and seeding density on grain yield in lentil (Local var. Robot) under dryland conditions of Northern Khorasan. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 8(3), 232-240. [In Farsi]
- Majnoun Hosseini, N. (2008). *Grain legume production*. Tehran: Jahad Daneshgahi of Tehran University. [In Farsi]
- 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*, 14(54), 146-194. [In Farsi]
- Nordin, A., & Naesholm, T. (1997). Nitrogen storage forms in nine boreal understorey plant species. *Oecologia*, 110(4), 487-492.
- Parsa, M., & Bagheri, A. (2008). *Legumes*. Mashhad: Mashhad University Jahad Press. [In Farsi]
- Polacco, J. C., & Holland, M. A. (1993). Roles of urease in plant cells. *International Review of Cytology*, 145, 65-103.
- Polo, J., Barroso, R., Rodenas, J., Azcon- Bieto, J., Caceres, R., & Marfa, O. (2006). Porcine hemoglobin hydrolysate as a biostimulant for lettuce plants subjected to conditions of thermal stress. *Hort Technology*, 16(3), 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.
- Sairam, R. K., Srivastava, G. C., Agarwal, S. A., & Meena, R. C. (2005). Difference in antioxidant activity in response to salinity stress in tolerant and susceptible wheat genotypes. *Plant Biology*, 49(85), 85-91.
- Salinas, M., E., Gandolfo, Hakim, G., Giardina, E., & Di Benedetto, A. (2019). Foliar amino acids sprays on lettuce (*Lactuca sativa* L.) biomass accumulation. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(01), 2183-2196.
- Shalaby, T. A., & El-Ramady, H. R. (2014). Effect of foliar application of bio-stimulants on growth, yield, components, and storability of garlic (*Allium sativum* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 8(2), 271-275.
- Shehata, S. M., Schmidhalter, U., Valsikova, M., & Junge, H. (2016). Effect of biostimulants on yield and quality of head lettuce grown under two sources of nitrogen. *Gesunde Pflanzen*, 68, 33-39.

- Thomas, J., Mandal, A. K. A., Raj Kumar, R., & Murugan, A. C. (2009). Role of biologically active amino acid formulations on quality and crop productivity of Tea (*Camellia* sp.). *International Journal of Agricultural Research*, 4(7), 228-236.
- Thornton, B., & D. Robinson. (2005). Uptake and assimilation of nitrogen from solutions containing multiple N sources. *Plant Cell and Environment*, 28, 813-821.
- Tijssen, T. (1985). *Enzymes for immunoassays*. In R. H. Burdon, & P.H. van Knippenberg (Eds.), *Practice and theory of enzyme immunoassays*. Amsterdam, New York: Elsevier, 173-220.
- Wu, X., Zhu, W., Zhang, H., Ding, H., & Zhang, H. J. (2011). Exogenous nitric oxide protects against salt-induced oxidative stress in the leaves from two genotypes of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 33, 1199-1209.