

Improving the Morphological and Phytochemical Traits of Purple Basil by Using L-Tyrosine and Arginine Amino Acids

Leila Akbari¹, Azizollah Kheiry*² , Farhang Razavi², Mohsen Sanikhani³, Hossein Rabbi Angourani⁴

Received: July 25, 2023

Accepted: August 25, 2024

1- MSc. Graduate, Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

2- Assoc. Prof., Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan Iran.

3- Assist. Prof., Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

4- Assist. Prof., Research Institute of Modern Biological Techniques, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

*Corresponding Author Email: kheiry@znu.ac.ir

Abstract

Background & Objective: Amino acids have a great impact on plant growth due to having amino compounds and valuable carbon skeleton in their structure. The aim of the present study was to improve the morphological and phytochemical characteristics of purple basil by foliar spraying of L-tyrosine and arginine amino acids.

Materials & Methods: This experiment was carried out in the form of a randomized complete block design with seven treatments and three replications on basil in the research greenhouse of the agricultural faculty of the University of Zanjan. Treatments were at three levels of arginine (2, 4 and 8mM) and L-tyrosine at three levels (2, 4 and 8mM) and control (without treatment) was investigated. In this study some characteristics such as number of leaves, dry and fresh weight of shoot, chlorophyll and carotenoid, phenol and flavonoid, antioxidant and percentage of essential oil were determined.

Results: The obtained results illustrated that application of L-tyrosine enhanced the chlorophyll a (42.5%) and total chlorophyll content (32.3%) and L-tyrosine treatment increased carotenoid (32.8%) content at higher level in comparison with control. High levels of total phenol (45.8%), flavonoids (35.1%), antioxidant capacity (28.5%), number of leaves (33.6%) and percentage of essential oils (62.5%) were observed in L-tyrosine (8mM) treated basil plants. The spraying of L-tyrosine and arginine at 8 mM concentration significantly increased the number of leaves (33.6 and 32.3%), fresh weight of shoot (43.4 and 42.8%) compared to the control treatment.

Conclusion: Spraying arginine and L-tyrosine improved the quality and antioxidant characteristics of plants. In conclusion, application of arginine and L-tyrosine as one of the safe and natural nutrients could increase the morphological and phytochemical characteristics of purple basil medicinal plant.

Keywords: Essential Oils, Basil, Flavonoid, Total Antioxidant, Total Phenol

بهبود صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی ریحان بنفش با استفاده از اسید آمینه‌های ال-تیروزین و آرژنین

لیلا اکبری^۱، عزیزاله خیری^۲، فرهنگ رضوی^۲، محسن ثانی خانی^۳، حسین ربی انگورانی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، ایران

۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، ایران

۳- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، ایران

۴- استادیار پژوهشکده فناوریهای نوین زیستی، گروه علوم زراعی، دانشگاه زنجان،

چکیده

مقدمه و اهداف: اسیدهای آمینه به دلیل دارا بودن ترکیبات آمینی و اسکلت کربنی با ارزش، در ساختمان خود تاثیر زیادی بر رشد نمو گیاه دارند. هدف از مطالعه حاضر بهبود صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی ریحان بنفش با استفاده از محلول‌پاشی اسیدهای آمینه ال-تیروزین و آرژنین بود.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار بر روی گیاه ریحان در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام شد. در این آزمایش تیمارها شامل سه سطح از آمینواسید آرژنین (۲ و ۴ و ۸ میلی‌مولار) و سه سطح از آمینواسید ال-تیروزین (۲ و ۴ و ۸ میلی‌مولار) به همراه تیمار شاهد بود. در این تحقیق صفاتی مانند تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، میزان کلروفیل و کاروتنوئید، فنول و فلاونوئید، میزان آنتی‌اکسیدان و درصد اسانس اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج، تیمار ال-تیروزین ۸ میلی‌مولار به طور معنی‌داری موجب افزایش کلروفیل a (۴۲/۵ درصد) و کلروفیل کل (۳۲/۳ درصد) نسبت به تیمار شاهد شد و تیمار آرژنین ۸ میلی‌مولار موجب افزایش کاروتنوئید کل (۳۲/۸ درصد) گردید. علاوه بر این تیمار ال-تیروزین ۸ میلی‌مولار موجب افزایش فنول کل (۴۵/۸ درصد)، فلاونوئید کل (۳۵/۱ درصد)، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۲۸/۵ درصد)، تعداد برگ (۳۳/۶ درصد) و درصد اسانس (۶۲/۵ درصد) نسبت به شاهد شد. محلول‌پاشی با ال-تیروزین و آرژنین ۸ میلی‌مولار به طور معنی‌داری موجب افزایش تعداد برگ (۳۳/۶ و ۳۲/۳ درصد)، وزن تر اندام هوایی گیاه (۴۳/۴ و ۴۲/۸ درصد) نسبت به تیمار شاهد شدند.

نتیجه‌گیری: محلول‌پاشی آرژنین و ال-تیروزین باعث بهبود کیفیت و ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه ریحان شد. در نتیجه، استفاده از آرژنین و ال-تیروزین به عنوان یکی از مواد مغذی طبیعی و ایمن می‌تواند باعث افزایش ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی ریحان بنفش شود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، آنتی‌اکسیدان کل، ریحان، فلاونوئید کل، فنول کل

مقدمه

ریحان بنفش با نام علمی *Ocimum basilicum* L از خانواده نعنائیان، گیاهی علفی، یکساله و از گیاهان مهم دارویی است که تنوع زیادی در سطح مورفولوژیکی، ترکیبات ثانویه و مخصوصا اسانس دارد (جوانمردی و همکاران ۲۰۰۷). اندام قابل استفاده آن برگ‌ها، سرشاخه‌ی گلدار و بذر می‌باشد. در طب سنتی به عنوان ضداسپاسم، اشتهاآور، آرامبخش، مدر و ضد نفخ و تسکین‌دهنده‌ی درد معده مطرح است (لابرا و همکاران ۲۰۰۴). ریحان حساس به تنش خشکی بوده و یکی از مهم‌ترین راهکارها برای ایجاد مقاومت گیاهان هنگام تنش‌های محیطی، استفاده از اسیدهای آمینه در پاسخ به تنش است (پناکالزادا و همکاران ۲۰۲۲). محققین نشان داده‌اند که اسیدهای آمینه باعث بهبود احیا و جذب درونی^۱ نیتروژن می‌شوند و این عمل را از طریق تنظیم متابولیسم نیتروژن و کربن انجام می‌دهند (فورد و لی ۲۰۰۷). در گیاه ذرت کاربرد اسیدهای آمینه باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های وابسته به نیکوتین آمید آدنین دی‌نوکلئوتید^۲ شد (پناکالزادا و همکاران ۲۰۲۲). بررسی‌هایی که روی تاثیر مخلوط اسیدهای آمینه بر خصوصیات رشدی، ترکیب شیمیایی، عملکرد و کیفیت گیاه کلم قمری صورت گرفت نشان داد که استفاده از آن باعث افزایش میزان نیتروژن، کلروفیل، ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک و عملکرد برگ شد (شهاتا و همکاران ۲۰۱۱). بررسی تاثیر اسید آمینه در گیاه سویا نشان داد که این ترکیب می‌تواند رشد رویشی که شامل قطر و طول ساقه، طول ریشه و وزن تر و خشک ساقه و ریشه است را افزایش دهد (پناکالزادا و همکاران ۲۰۲۲). آرژنین یکی از آمینواسیدها با عملکرد متنوع در سلول‌های زنده بوده و علاوه بر اینکه در تولید پروتئین‌ها موثر است، پیش‌ساز بیوسنتز پلی آمین‌ها، آگماتین^۳ و پرولین می‌باشد (لیو و همکاران ۲۰۰۶). این ترکیبات در پروسه‌های بیولوژیکی و تنظیم فعالیت آنزیم‌ها و تاثیر بر عملکرد و ساختار غشاء نقش دارند (گروپا و بناویس ۲۰۰۸). ال-تیروزین

یک اسید آمینه معطر است که برای سنتز پروتئین در همه‌ی موجودات زنده مورد نیاز است که فقط در گیاهان و میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شود (بوچانان و همکاران، ۲۰۱۵). تیروزین در گیاهان به عنوان پیش‌ساز متابولیت‌های تخصصی عمل می‌کند که نقش‌های فیزیولوژیکی متنوعی به عنوان حامل الکترون، آنتی اکسیدان‌ها و ترکیبات دفاعی دارند. ال تیروزین پیش‌ماده اولیه سنتز آلکالوئیدهایی مانند تبائین^۴ است (زیلر و همکاران ۲۰۰۹). در بررسی اثر تیروزین و پلی‌اتیلن‌گلیکول بر تجمع آلکالوئیدهای موجود در کالوس گیاه خشخاش، غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر تیروزین منجر به افزایش وزن تر و خشک کالوس و افزایش تولید آلکالوئیدهای مورفین و پاپاورین گردید (سراب ۲۰۱۸). تیمار آرژنین در گل همیشه بهار باعث افزایش تعداد و قطر گل شد (فیز و همکاران ۲۰۱۹). تیمار آرژنین در گیاه فلفل باعث افزایش کلروفیل کل، کاروتنوئید و رشد گیاهچه‌ها گردید (ال-حسینی و مجید، ۲۰۱۹). کاربرد آرژنین در گیاه مارچوبه باعث افزایش رشد، فنول و فلاونوئید کل شد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۷).

در مورد تاثیر تیمارهای ال-تیروزین و آرژنین بر افزایش کیفیت ریحان تحقیقات زیادی صورت نگرفته، در پژوهش حاضر، اثر تیمارهای قبل از برداشت ال-تیروزین و آرژنین بر افزایش کیفیت گیاه ریحان مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در تابستان ۱۴۰۰ در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشگاه زنجان انجام شد. آزمایش با تیمار آرژنین و ال-تیروزین هر کدام در سه سطح به همراه تیمار شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. گیاهان با آمینواسید آرژنین در سه سطح (۲، ۴ و ۸ میلی‌مولار) و آمینواسید ال-تیروزین در سه سطح (۲، ۴ و ۸ میلی‌مولار) محلول‌پاشی گردید. از آب مقطر به عنوان شاهد استفاده شد.

³ Agmatine⁴ Thebaine¹ Assimilation² Nicotinamide adenine dinucleotide

فنول و فلاونوئید کل

سنجش میزان فنول کل به روش رنگ سنجی با استفاده از معرف فولین سیوکالتو^۱ (سینگلتون و روسی ۱۹۶۵) انجام و داده‌های بدست آمده بر اساس میلی‌گرم گالیک اسید بر ۱۰۰ گرم وزن تر گیاه ریحان بیان شد. فلاونوئید کل نیز به روش رنگ سنجی آلومینیوم کلرید (چانگ و همکاران ۲۰۰۲) مشخص و نتایج برحسب میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان شد.

فعالیت آنتی اکسیدانی به روش DPPH³²

فعالیت آنتی اکسیدانی براساس روش (دهقان و خوشکام ۲۰۱۲) انجام و برحسب درصد بیان گردید.

محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کاروتنوئید)

برای اندازه‌گیری مقدار کلروفیل و کاروتنوئید از روش آرنون استفاده و مقادیر برحسب میلی‌گرم بر گرم محاسبه شد (آرنون ۱۹۶۷)

درصد اسانس

استخراج اسانس با استفاده از دستگاه میکروکلونجر با روش تقطیر با آب صورت گرفت. برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های صفات اندازه‌گیری شده از نرم افزار SPSS استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید کل)

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تأثیر تیمارهای آرژنین و ال-تیروزین بر میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد و بر میزان کاروتنوئید کل در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول

محلول‌پاشی توسط اسپری‌پاش دستی دو لیتری در دو مرحله انجام گردید. محیط کشت به صورت (مخلوط خاکی) یک قسمت ماسه، یک قسمت خاکبرگ، یک قسمت خاک و نیم قسمت کود دامی بود. ۷ تیمار آزمایشی با ۳ تکرار و ۲۱ واحد آزمایشی و هر واحد آزمایشی شامل ۳ عدد گلدان پلاستیکی (در مجموع ۶۳ عدد گلدان) تهیه شد. بعد از آماده سازی مخلوط خاک، داخل گلدان‌ها ریخته و در هر گلدان ۱۵ بذر ریحان بنفش کاشته شد. بعد از کاشت گلدان‌ها به گلخانه با شرایط دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد روزانه و ۱۵ درجه سانتی‌گراد شبانه (دمای مورد نیاز توسط وسایل سرمایش و گرمایشی گلخانه تنظیم گردید) و با شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی (کمبود نور از طریق لامپ های LED جبران شد) و رطوبت نسبی ۶۰ درصد، انتقال گردید.

بذرهای ریحان از شرکت گلبرگ پامچال تهیه و تعداد ۱۵ بذر در هر گلدان کشت شد. پس از جوانه زنی و رشد بذرها تعداد پنج بوته در هر گلدان نگهداری و بقیه بوته‌ها تنک شدند. اولین مرحله محلول‌پاشی تقریباً دو هفته بعد از جوانه‌زنی در مرحله‌ی چهاربرگی گیاه صورت گرفت. دومین مرحله‌ی محلول‌پاشی در مرحله‌ی ساقه‌روی گیاه و تقریباً ۱۵ روز پس از محلول‌پاشی اول انجام شد. محلول‌پاشی صبح‌ها و به طور کامل روی ساقه‌ها و تمامی برگ‌ها (به صورت تقریبی در مرحله‌ی اول حدود ۲۰ سی‌سی و در مرحله‌ی دوم حدود ۵۰ سی‌سی در هر گلدان)، به طوری که تمام برگ‌ها کاملاً خیس و مرطوب می‌گردید، انجام گرفت.

تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی

بعد از برداشت گیاه، از هر واحد آزمایشی، چند بوته به طور تصادفی انتخاب و تعداد برگ آنها شمارش و میانگین آنها محاسبه گردید. وزن تر گیاه بلافاصله پس از برداشت توسط ترازوی دیجیتال تعیین و پس از خشک کردن گیاه در آون، وزن خشک گیاه محاسبه شد.

¹ Folin-Ciocalteau,s

² 2,2-Diphenyl-1-picryl-hydrazyl

۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار ال-تیروزین ۸ میلی مولار به طور معنی‌داری موجب افزایش کلروفیل a (۴۲/۵ درصد)، b و کلروفیل کل (۳۲/۳ درصد) و ال-آرژنین ۸ میلی مولار موجب افزایش کاروتنوئید کل (۳۲/۸ درصد) نسبت به شاهد شدند. بیشترین میزان کلروفیل a در تیمار آرژنین ۸ میلی مولار و ال-تیروزین ۸ میلی مولار و کمترین میزان کلروفیل a در تیمار شاهد و ال-تیروزین ۲ میلی مولار مشاهده شد (شکل ۱الف). تیمارهای آرژنین و ال-تیروزین به طور معنی‌داری موجب افزایش کلروفیل b نسبت به شاهد در گیاه ریحان شدند. بیشترین میزان کلروفیل b در تیمارهای آرژنین ۴ و ۸ میلی مولار و ال-تیروزین مشاهده شد و کمترین میزان کلروفیل b در تیمار شاهد بدست آمد. اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین تیمارهای آرژنین ۲ میلی مولار و ال-تیروزین ۲ و ۴ میلی

مولار مشاهده نشد (شکل ۱ب). گیاهان ریحان تیمار شده با آرژنین ۸ میلی مولار و ال-تیروزین ۸ میلی مولار دارای بالاترین میزان کلروفیل کل بودند که با تیمار شاهد و تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. تیمارهای آرژنین و ال-تیروزین به طور معنی‌داری موجب افزایش کلروفیل کل نسبت به شاهد شدند (شکل ۲-الف). تیمارهای آرژنین و ال-تیروزین در افزایش کاروتنوئید کل به صورت جزئی تاثیر داشتند و بیشترین کاروتنوئید کل در تیمار آرژنین ۸ میلی مولار و کمترین در تیمار ال-تیروزین ۲ میلی مولار و شاهد مشاهده شد. اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آرژنین ۲، ۴ و ۸ میلی مولار و ال-تیروزین ۴ و ۸ میلی مولار از نظر کاروتنوئید کل مشاهده نشد (شکل ۲-ب)

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آرژنین و ال-تیروزین بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه ریحان

میانگین مربعات												
منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید کل	فنول کل	فلاونوئیدکل	آنتی اکسیدان کل	درصد اسانس	تعداد برگ	وزن تر بوته	وزن خشک بوته
بلوک	۲	۰/۷۹	۱/۱۲	۵/۲۲	۰/۲۹	۱/۴۴	۲/۰۰۶	۶۱/۱۴	۰/۰۰۲	۶/۱۴	۱۹/۸۰	۶/۳۴
تیمار	۶	۱۵/۵۵**	۹/۶۰**	۴۵/۶۰**	۱/۷۰*	۵۳/۵۹**	۱۴/۷۵**	۱۳۳/۵۵*	۰/۰۰۴**	۲۰/۶۳**	۱۶۶/۳۵**	۳۵/۱۲**
اشتباه آزمایشی	۱۲	۱/۰۳	۰/۶۳	۱/۵۲	۰/۷۷	۴/۶۴	۱/۰۴	۲۰/۸۵	۰/۰۰۱	۱/۵۸	۸/۴۶	۳/۳۱
ضرب تغییرات %		۱/۳۹	۳/۲۵	۹/۳۳	۷/۶۱	۱۱/۹۸	۳/۸۴	۱۷/۲۰	۱/۵۳	۶/۸۲	۱۰/۳۵	۱۴/۳۶

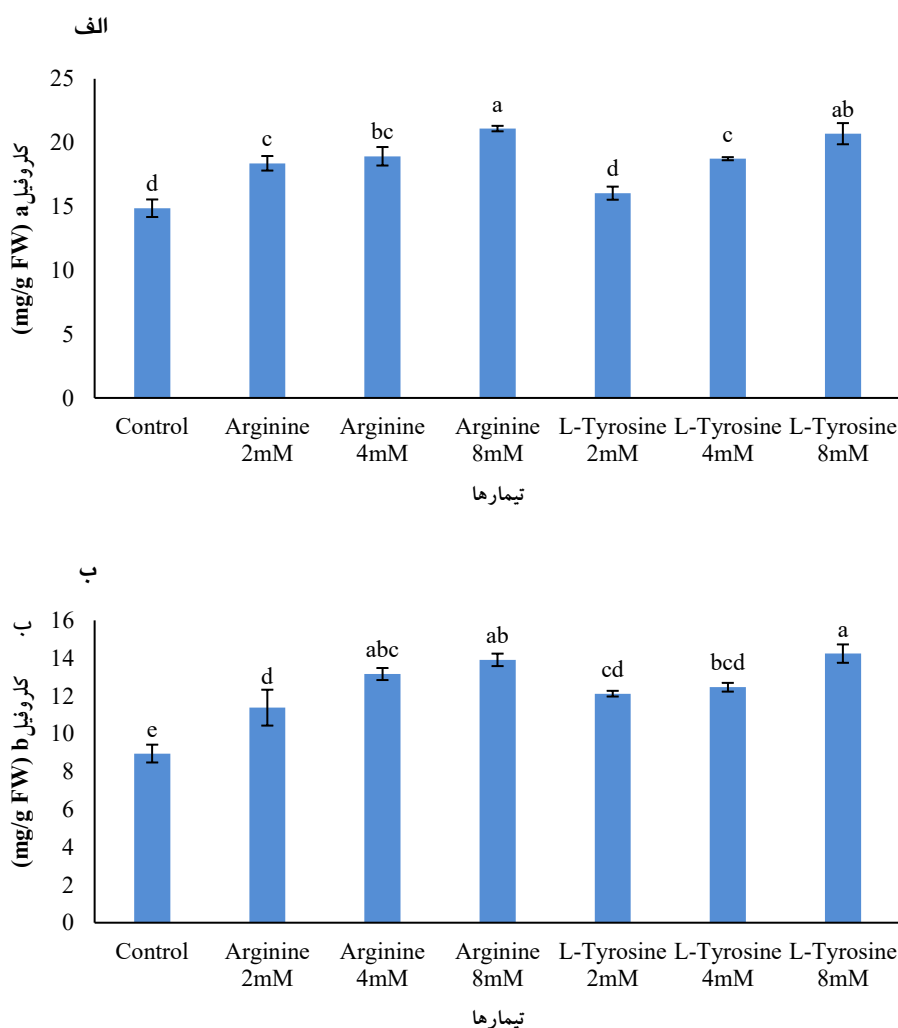
*, ** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵، ۱ درصد است.

وجود این همه رنگدانه گوناگون باعث شده که در طیف الکترومغناطیسی مختلف، نور بیشتری را به خود جذب کنند. کاروتنوئیدها رنگدانه‌های ضروری در فتوسنتز بوده و در ناحیه سبز-آبی طیف خورشیدی انرژی نورانی را جذب و برای افزایش کارایی واکنش‌های نوری فتوسنتزی کمک می‌کنند (هاشیموتو و همکاران ۲۰۱۶). تیمار آرژنین موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها در گیاهان تیمار شده نسبت به شاهد شد که با نتایج پژوهش یاقی و ال-

عبدوکریم (۲۰۰۶) در گیاه منداب، سویا (کالزادا و همکاران ۲۰۲۱)، ریحان (نوروزلو و همکاران ۲۰۱۹) و پایه‌های گیلان (ساروپولو و همکاران ۲۰۱۳) مطابقت دارد. نقش محرک آرژنین بر افزایش میزان کلروفیل ممکن است به ساختار اسید آمینه آرژنین مربوط باشد که به عنوان منبع نیتروژن برای تشکیل کلروفیل عمل می‌کند (حمید و ایدان ۲۰۱۹). همچنین آرژنین از طریق به تاخیر انداختن تخریب کلروفیل و یا افزایش بیوسنتز کلروفیل در غشای تیلاکوئید (ایال باسیونی و همکاران

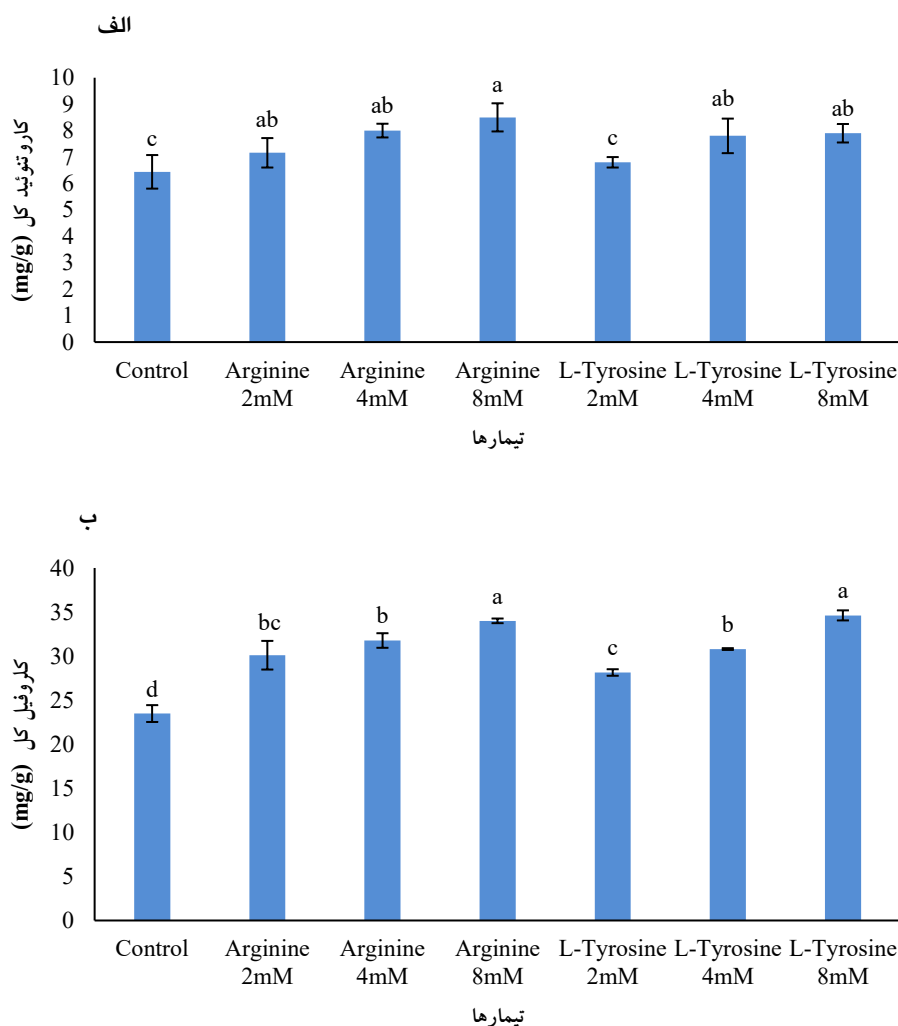
(۲۰۰۸) موجب افزایش رنگیزه‌های کلروفیل در گیاهان می‌شود. تاثیر مثبت ال-تیروزین در بهبود محتوای کلروفیل a و b و کلروفیل کل به دلیل نقش آن در تولید سوکسینیل COA (واسطه چرخه کربس) و افزایش فعالیت مسیر بیوسنتزی کلروفیل می‌باشد که منجر به افزایش تشکیل کلروفیل و کاروتنوئید می‌شود (باکری و همکاران ۲۰۲۰). ال-تیروزین به عنوان یک اسید آمینه معطر علاوه بر این که در سنتز پروتئین مهم است، به

عنوان یک پیش ماده مهم برای تولید مواد طبیعی از جمله رنگدانه‌ها، آلکالوئیدها و هورمون‌ها نقش کلیدی دارد (علی و حسن ۲۰۱۳). مطابق پژوهش‌های دیگر تیمار ال-تیروزین به طور معنی داری موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل و کاروتنوئید در گل جعفری^۱ (علی و حسن ۲۰۱۳)، نعناع (ولیکا و همکاران ۲۰۲۲) و برگ‌های چغندر (ایال شربنی و همکاران ۲۰۱۳) شده است.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمار آرژنین و ال-تیروزین بر کلروفیل a، b گیاه ریحان

^۱ *Tagetes erecta*

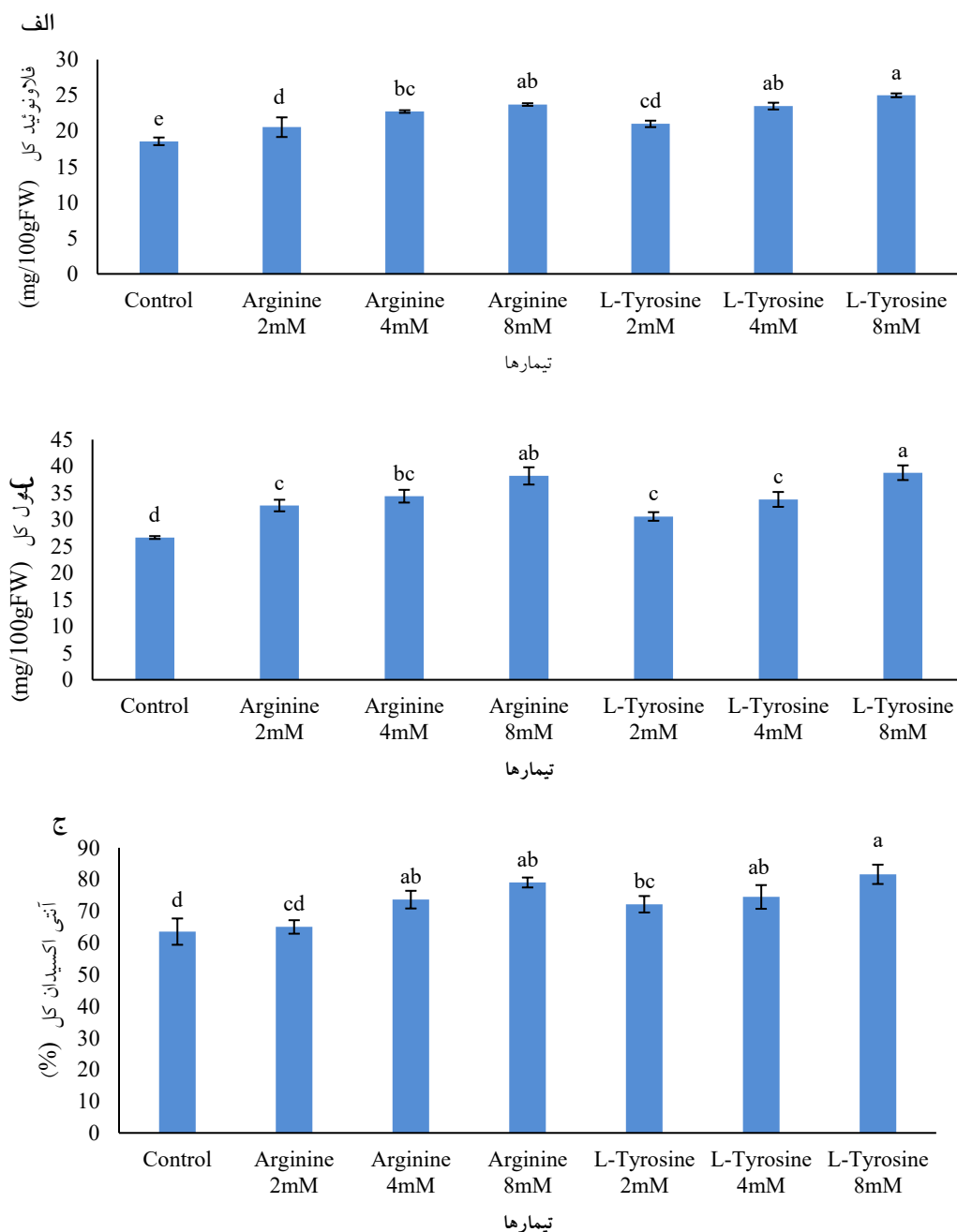


شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تیمار آرژنین و ال-تیروزین بر کلروفیل کل و کاروتنوئید گیاه ریحان

فنول، فلاونوئید و آنتی اکسیدان کل

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تیمارهای آرژنین و ال-تیروزین بر میزان فنول و فلاونوئید کل در سطح یک درصد و بر مقدار آنتی اکسیدان کل در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار ال-تیروزین ۸ میلی مولار موجب افزایش فنول کل (۴۵/۸ درصد)، فلاونوئید کل (۳۵/۱ درصد) و آنتی اکسیدان کل (۲۸/۵ درصد) نسبت به شاهد شده و بیشترین میزان فنول کل در تیمار ال-تیروزین ۸ میلی مولار مشاهده گردید، تیمار شاهد کمترین میزان فنول کل را داشت. اختلاف بین تیمارهای آرژنین ۲ میلی مولار و ال-

تیروزین ۲ و ۴ میلی مولار معنی دار نبود (شکل ۳ الف). تیمارهای آرژنین ۴ و ۸ میلی مولار و ال-تیروزین ۴ و ۸ میلی مولار به طور معنی داری موجب افزایش فلاونوئید کل گیاه ریحان شدند. بیشترین میزان فلاونوئید کل در تیمار ال-تیروزین ۸ میلی مولار بدست آمد. کمترین میزان فلاونوئید کل در شاهد بدست آمد (شکل ۳ ب). تیمارهای آرژنین و ال-تیروزین در افزایش آنتی اکسیدان کل تا حدودی مؤثر بودند. بیشترین میزان آنتی اکسیدان کل در تیمار آرژنین ۴ و ۸ میلی مولار و ال-تیروزین ۴ و ۸ میلی مولار مشاهده شد. کمترین میزان آنتی اکسیدان کل در تیمار شاهد بدست آمد (شکل ۳ ج).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر تیمار آرژنین و ال-تیروزین بر فنول، فلاونوئید و آنتی اکسیدان کل گیاه ریحان

انباشته شده در گیاهان هستند (حسن الزمان و همکاران ۲۰۲۰). تجمع بیش از حد رادیکال‌های آزاد اکسیژن به دلیل کمبود آنتی اکسیدان‌ها می‌تواند تنش اکسیداتیو را القاء و منجر به آسیب سلولی شود که با پیری سبزیجات و مرگ سلولی به اوج خود می‌رسد. در این مطالعه ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فنول و فلاونوئیدکل گیاه ریحان

گیاهان برای کنترل سطح رادیکال‌های آزاد دارای یک سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی هستند که شامل آنزیم‌هایی آنتی‌اکسیدانی نظیر SOD^1 ، CAT^2 ، APX^3 و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی شامل اسید اسکوربیک، کاروتنوئیدها، فنول‌ها و فلاونوئیدها می‌باشد که سیستم آنتی‌اکسیدانی مسئول از بین بردن رادیکال‌های آزاد

² Catalase

³ Ascorbate peroxidase

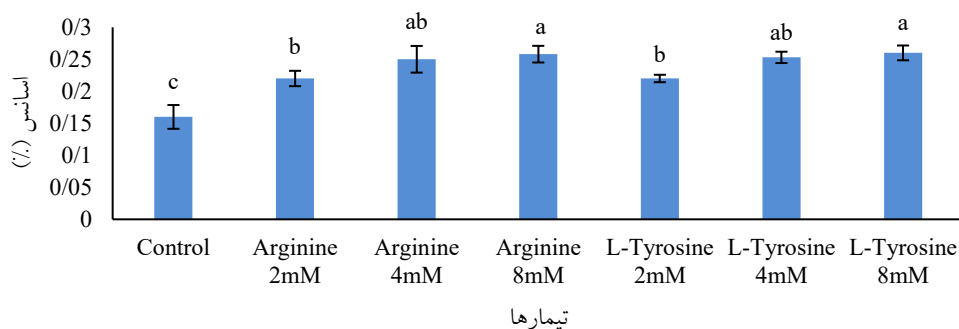
¹ Superoxide dismutase

فنول و فلاونوئید کل در گیاه نعناع (ولیکا و همکاران ۲۰۲۲) و بادام زمینی^۱ (باکری و همکاران ۲۰۲۰) شده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

درصد اسانس

نتایج آنالیز داده‌ها نشان داد اثر تیمار آرژنین و ال-تیروزین بر مقدار اسانس گیاه ریحان در سطح یک درصد معنی دار شد. تیمار ال-تیروزین ۸ میلی مولار موجب افزایش درصد اسانس (۶۲/۵ درصد) نسبت به شاهد شد. تیمارهای آرژنین و ال-تیروزین به طور معنی داری در افزایش میزان درصد اسانس موثر بودند. بیشترین میزان اسانس در تیمار آرژنین ۴ و ۸ میلی مولار و تیمار ال-تیروزین ۴ و ۸ میلی مولار مشاهده شد. کمترین میزان اسانس در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۴). اسانس‌ها جزء متابولیت‌های ثانویه بوده و عموماً مواد معطری هستند که در سلول‌ها یا غدد تخصصی گیاهان تولید می‌شود و میزان آن در گیاهان دارویی اهمیت ویژه‌ای دارد (بوتناریو و ساراک ۲۰۱۸). در این پژوهش تیمار اسیدهای آمینه موجب افزایش اسانس گیاه ریحان نسبت به شاهد شدند. مطابق نتایج دیگر محققین کاربرد اسیدهای آمینه آرژنین و تربیتوفان موجب افزایش اسانس در فلفل (گونامی و همکاران ۲۰۱۰) و شوید (سلمان و همکاران ۲۰۱۹) و ریحان (شرادیا و المحمدی ۲۰۲۱) شده است. اثر آرژنین به دلیل نقش آن در ساخت پروتئین‌ها و آنزیم‌های مورد نیاز برای ساخت متابولیت‌های ثانویه مانند اسانس‌ها یا وارد کردن ترکیبات ضروری در مسیر اسیدشیمیکی برای افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه است (رهام و همکاران ۲۰۱۶).

توسط تیمار آرژنین افزایش یافت که با نتایج برخی تحقیقات بر روی گیاه ریحان (شرادیا و المحمدی ۲۰۲۱) و بومادران (ال-دین و ال-واشد ۲۰۰۵) مطابقت داشت. یکی از ویژگی‌های مهم اسیدهای آمینه توانایی آن‌ها به عنوان متابولیت‌های اولیه است که به عنوان پیش‌ساز برای بسیاری از مواد طبیعی (ثانویه) سلول مانند فلاونوئیدها، اسیدهای فنولیک، کومارین‌ها، آلکالوئیدها، گلوکوزینولات‌ها عمل می‌کنند (غلامی و احسان زاده، ۲۰۱۸). آرژنین از طریق جذب برخی عناصر مانند P، N و K به رشد گیاه و افزایش مقاومت در برابر رادیکال‌های آزاد کمک می‌کند و دیگر اینکه آرژنین یک مرکز بیوشیمیایی در سنتز و متابولیسم اسیدهای آمینه است (راماندان و همکاران ۲۰۱۹). کاربرد آرژنین موجب افزایش تعداد اسیدهای آمینه در گیاه شده و سنتز این اسیدهای آمینه بر افزایش تولید مواد آنتی اکسیدانی مانند فنول‌ها، آلکالوئیدها و فلاونوئیدها که نقش کلیدی در کاهش آسیب اکسیداتیو دارند کمک می‌کنند. آرژنین پیش ماده‌ای برای بیوسنتز پلی آمین‌ها است که در کاهش تنش و افزایش مواد آنتی اکسیدانی مانند فنول‌ها و فلاونوئیدها نقش دارند (لیو و موریقوچی ۲۰۰۷) محلول پاشی اسید آمینه تیروزین باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های کلیدی در مسیر فنیل پروپانوئید شده و بهبود فعالیت آنزیم‌های مسیر فنیل پروپانوئید موجب افزایش تولید مواد آنتی اکسیدانی مانند فنول و فلاونوئید می‌گردد (موسباح و ابراهیم ۲۰۱۹). فنیل آلانین آمونیلایز (PAL) و تیروزین آمونیلایز (TAL) آنزیم‌های تنظیمی در مسیر فنیل پروپانوئید و تولید فنول‌ها بوده و تیمار تیروزین باعث بهبود فعالیت PAL و TAL و در نتیجه افزایش مقدار



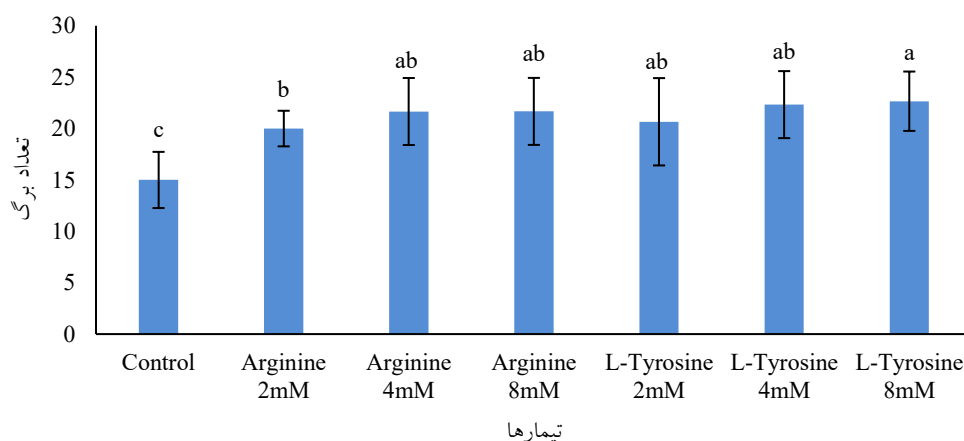
شکل ۴- مقایسه میانگین اثر تیمار آرژنین و ال-تیروزین بر درصد اسانس گیاه ریحان

¹ Peanut

نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش های انجام شده در نعناع وحشی (احمد و همکاران ۲۰۲۲) و لیمو (ثانی خانی و همکاران، ۲۰۲۰) و نعناع (ولیکا و همکاران ۲۰۲۲) مطابقت دارد که تیمار ال-تیروزین موجب افزایش اسانس گیاه شده بود. اسید آمینه تیروزین باعث افزایش دسترسی سلول های گیاهی به اسکلت کربنی مورد نیاز جهت تولید ترکیبات ترپنوئیدی و در نهایت موجب افزایش تولید اسانس در گیاه می شود (احمد و همکاران ۲۰۲۲).

تعداد برگ در بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارهای آرژنین و ال-تیروزین بر تعداد برگ در سطح



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر تیمار آرژنین و ال-تیروزین بر تعداد برگ گیاه ریحان

۲۰۱۵). تیمار ال-تیروزین از طریق افزایش فتوسنتز و افزایش انتقال مواد به برگ ها و قسمت های هوایی موجب افزایش تعداد برگ ها می شود. علاوه بر این، افزایش تعداد برگ ها به دلیل تحریک هورمون های درون زا توسط ال-تیروزین است. به نظر می رسد که تنظیم کننده های رشد در گیاه باعث انتقال مواد مغذی مختلف جهت ساختن بافت های جدید شده و در نهایت تولید برگ های جدید را به دنبال خواهد داشت (باکری و همکاران ۲۰۲۰) نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش انجام شده در لیمو شیرین (ثانی خانی و همکاران، ۲۰۲۰)، ریحان (نوروزلو و همکاران ۲۰۱۹) و چغندر (ایال شربنی و سیلوا ۲۰۱۳)

اسید آمینه آرژنین از طریق افزایش میزان جذب آب و مواد غذایی موجب افزایش رشد و افزایش تعداد برگ در گیاه فلفل (دینو و همکاران ۲۰۱۹)، گل جعفری (حق پرور و همکاران ۲۰۲۲)، سیب (چن و همکاران ۲۰۲۲) و نوعی کاکتوس^۱ (فریتاس و همکاران ۲۰۲۱) شده است. آرژنین با افزایش متابولیسم گیاه و افزایش پروتئین های گیاهی که برای رشد سلول های گیاهان لازم است موجب افزایش رشد و افزایش تعداد برگ در گیاهان می شود. همچنین آرژنین از طریق تولید پلی آمین در کاهش تنش و افزایش پارامترهای رشد مانند تولید برگ و افزایش سطح برگ دخالت دارد (وینتر و همکاران

¹ *Pereskia aculeata*

مطابقت دارد که ال-تیروزین موجب افزایش تعداد برگ شده است.

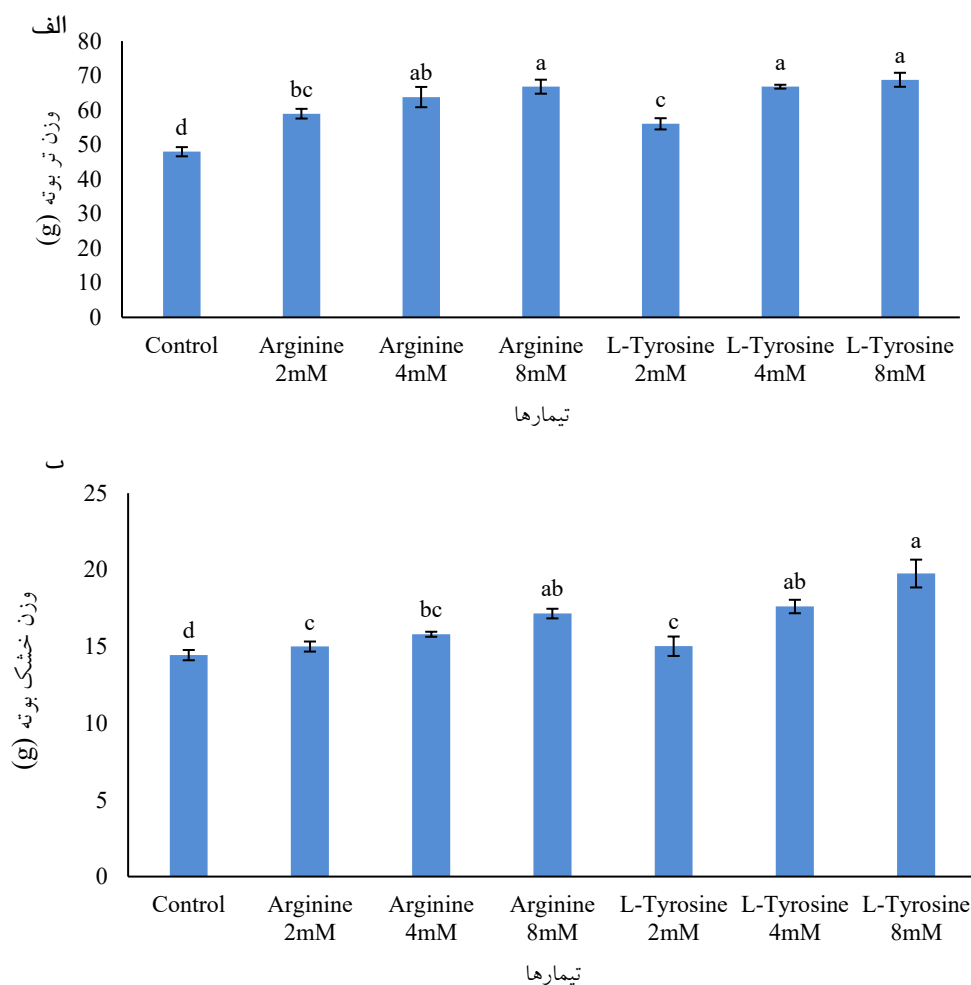
وزن تر و خشک قسمت هوایی گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمار آرژنین و ال-تیروزین بر وزن تر و خشک قسمت هوایی گیاه در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمارهای آرژنین و ال-تیروزین به طور معنی‌داری موجب افزایش وزن تر قسمت هوایی گیاه ریحان شدند. محلول‌پاشی با ال-تیروزین و آرژنین ۸ میلی‌مولار به طور معنی‌داری موجب بالا رفتن مقدار وزن تر اندام هوایی گیاه (۴۳/۴ و ۴۲/۸ درصد) شدند. بیشترین میزان وزن تر گیاه در تیمار آرژنین ۴ و ۸ میلی‌مولار و تیمار ال-تیروزین ۴ و ۸ میلی‌مولار مشاهده شد. کمترین میزان وزن تر گیاه ریحان در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۶-الف). نتایج نشان داد تیمارهای آرژنین ۲،۴ و ۸ میلی‌مولار و تیمارهای ال-تیروزین ۴ و ۸ میلی‌مولار به طور معنی‌داری موجب افزایش وزن خشک گیاه ریحان (۳۷/۵ و ۲۵/۷ درصد) نسبت به شاهد شدند. بیشترین میزان وزن خشک بوته ریحان در تیمارهای آرژنین ۸ میلی‌مولار و ال-تیروزین ۴ و ۸ میلی‌مولار مشاهده شد. کمترین میزان وزن خشک بوته در شاهد مشاهده شد (شکل ۶ ب)

کاربرد ال-آرژنین باعث افزایش سطح برگ و جذب بیشتر نور شده و در نتیجه در دسترس بودن کربوهیدرات بیشتر برای افزایش وزن تر و خشک گیاه می‌شود (فیز و همکاران ۲۰۱۹). علاوه بر ورود نیتروژن، آرژنین سطح سیتوکینین درون‌زا، سطح برگ، تعداد برگ

و شاخساره را نیز افزایش می‌دهد (فریتاس و همکاران ۲۰۲۲) و از این طریق موجب افزایش وزن تر و خشک گیاه می‌شود (فریتاس و همکاران ۲۰۲۲). آرژنین می‌تواند میزان پروتئین و فعالیت آنزیم‌هایی که در سنتز پروتئین‌ها، هورمون‌های گیاهی و رشد دخالت دارند را افزایش دهد (تاجیک و دانا ۲۰۱۶). این ترکیبات رشد سلول را تحریک و به عنوان یک منبع کربن و انرژی موجب افزایش وزن تر و خشک گیاه می‌شوند. نتایج این پژوهش با نتایج انجام شده در سویا (کالزادا و همکاران ۲۰۲۱) ریحان (نوروزلو و همکاران ۲۰۱۹) و گوجه فرنگی (وانگ و همکاران ۲۰۲۱) مطابقت دارد که آرژنین موجب افزایش وزن تر و خشک شده است. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش انجام شده در گل حسن یوسف (موسباح و ابراهیم ۲۰۱۹)، مریم گلی (ناهد و همکاران ۲۰۰۷) و چغندر (ایال شیبانی و همکاران ۲۰۱۳) مطابقت دارد.

اسید آمینه تیروزین هنگامی که گیاه دچار کمبود کربوهیدرات می‌شود می‌تواند به عنوان منبع کربن انرژی عمل کرده و از طریق تولید نشاسته باعث افزایش قابل توجه وزن تر و خشک اندام هوایی می‌شود (دیویس ۱۹۸۲). همچنین تیروزین با افزایش میزان پروتئین، فعال کردن پیوند نشاسته و تنظیم متابولیسم نشاسته و کنترل آنزیم‌هایی که رشد و نمو گیاه را تنظیم می‌کنند موجب افزایش وزن تر و خشک گیاه می‌شود (شانکار و همکاران ۲۰۱۵).



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر تیمار آرژنین و ال-تیروزین بر وزن تر و خشک گیاه ریحان

نتیجه گیری

استفاده از تیمارهای آرژنین و ال-تیروزین برای بهبود صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه ریحان بنفش قابل توصیه است.

سپاسگزاری

در پایان لازم است از دانشگاه زنجان جهت فراهم نمودن امکانات مورد نیاز در اجرای پروژه قدردانی و تشکر نمایم.

نتایج کلی تحقیق نشان داد که تیمارهای آرژنین و ال-تیروزین به طور معنی داری موجب افزایش کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید گیاه ریحان نسبت به شاهد شدند. تیمار آرژنین ۴ و ۸ میلی مولار و ال-تیروزین ۴ و ۸ میلی مولار بیشترین تاثیر را در افزایش اسانس، تعداد برگ، وزن تر و خشک قسمت هوایی و ریشه، فنول کل، فلاونوئید کل و آنتی اکسیدان کل داشتند.

منابع مورد استفاده

Ahmed A, Elsayed AA, El-Gohary A, E and Khalid KA. 2022. Exogenous l-tyrosine motivates diversities in horsemint essential oil. Journal of Essential Oil-Bearing Plants, 25: 31-42. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2022.2109432>

- Ali EF and Hassan FAS. 2013. Impact of foliar application of commercial amino acids nutrition on the growth and flowering of *Tagetes erecta* L plant. journal of applied sciences research, 9: 652-657.
- Al-Hassani F, Majid B. 2019. Effect of arginine, chitosan and agryl mulching on the growth and yield of pepper plant under the conditions of unheated greenhouses. Plant Archives. 256-262. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14283.95527>
- Arnon AN. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23: 112-121.
- Bakry BA, Sadak MS and El-Monem AA. 2020. Physiological aspects of tyrosine and salicylic acid on morphological yield and biochemical constituents of peanut plants. Pakistan Journal of Biological Sciences, 375-384. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2020.375.384>
- Butnariu M and Sarac I. 2018. Essential Oils from Plants Journal of biotechnology and biochemical science. 1 4-35. <https://doi.org/10.14302/issn.2576-6694.jbbs-18-2489>
- Buchanan BB, Wilhelm G and Russell LJ. 2015. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell.
- Chang C, Yang M, Wen H, and Chern J. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis, 10: 178-182. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>
- Chen Q, Wang Y, Zhang Z, Liu X, Li C and Ma F. 2022. Arginine Increases Tolerance to Nitrogen Deficiency in *Malus hupehensis* via Alterations in Photosynthetic Capacity and Amino Acids Metabolism. Front Plant Science, 14: 45-58 <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.772086>
- Davies DD. 1982. Physiological aspects of protein turn over Encycl plant physiol new series 14 A In Nucleic Acids and Proteins Structure Biochemistry and Physiology of Proteins Boulter D and Partheir B (eds) Springer-Verlag Berlin Heidelberg and New York, 190-288.
- Dehghan J and Khoshkam Z. 2012. Tin (II)–quercetin complex: Synthesis spectral characterisation and antioxidant activity. Food Chemistry, 131: 422–426. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.074>
- Dinoo YS Boodina N and Sembhoo C. 2009 Effects of naturally occurring amino acid stimulants on the growth and yield of hot peppers (*Capsicum annum* L) Journal of Animal and Plant Sciences 5 (1): 414 – 424.
- EL-Bassiouny HMHA, Mostafa SAEL, Khawas RA, Hassanein SI, Khalil and Abd EL- Monem A. 2008. Physiological responses of wheat plant to foliar treatments with arginine or ‘putrescine. Australian journal of Basic and Applied Sciences, 2(4): 1390-1403. <http://insinet.net/ajbas/2008/1390-1403.pdf>
- El-Din K, and El-Wahed M. 2005. Effect of some amino Acids on growth and essential oil content of chamomile plant. International Journal of Agriculture & Biology, 3:376-380.
- EL-Sherbeny MR and Silva JAT. 2013. Foliar treatment with proline and tyrosine affect the growth and yield of beetroot and some pigments in beetroot leaves. Journal of Horticultural Research, 21(2): 95-99. DOI: 10.2478/johr-2013-0027
- Feiz F, Hakimi L, and Jahromi M. 2019. The effects of glycine betaine and L-arginine on biochemical properties of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) under water stress. Journal of Plant Physiology. 9-18. <https://doi.org/10.30495/ijpp.2019.667133>
- Forde BG and Lea PJ. 2007. Glutamate in plants: Metabolism regulation and signalling Journal of Experimental Botany, 58 (9): 2339–2358. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm121>
- Freitas IS, Trennepoh BI, Acioly TMS, Conceição VJ, Mello SC, Neto DD, Kluge RA and Azevedo RA. 2022. Exogenous Application of L-Arginine Improves Protein Content and Increases Yield of *Pereskia aculeata* Mill Grown in Soilless Media Container. Horticulturae, 8(2): 142;145. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020142>
- Ghonaime AA, Dawood MG, Sadak MS and Hegazi AMA. 2010. Improving nutritional quality of hot pepper (*Capsicum annum* L) plant via a foliar application with arginine or tryptophan or glutathione. Journal of Biological Chemistry and Environmental, 5: 409-29.

- Gholami, A. and Ehsanzadeh, P. 2018. Exogenously applied proline as a tool to enhance water use efficiency: Case of fennel. *Agricultural Water Management*, 197;138-146. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.11.023>
- Groppa M D and Benavides MP 2008 Polyamines and abiotic stress recent advances *Amino Acids* 34: 35–45. <https://doi.org/10.1007/s00726-007-0501-8>
- Haghpavar FR, Hashemabadi D and Kaviani B. 2022. Effect of Arginine Proline and Glutamine Amino Acids on Morphological and Physiological Traits of Two African Marigold (*Tagetes erecta* L) Cultivars. *Journal of Ornamental Plants*, 3: 191-202.
- Hamid ZH and Idan MAAW. 2019. Effect of arginine on growth and yield of tomato plant (*lycopersicon esculentum*) under drought stress. *Plant Archives*, 19: 4441-4444.
- Hasanuzzaman M, Bhuyan MH, Zulficar F, Raza A, Mohsin SM, Mahmud JA, Fujita M, Fotopoulos V. 2020. Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: revisiting the crucial role of a universal defense regulator *Antioxidants*, 9: 681-689. <https://doi.org/10.3390/antiox9080681>
- Hashimoto H, Uragami C and Cogdell RJ. 2016. Carotenoids and Photosynthesis Sub-Cellular. *Biochemistry*, 79: 111– 139. <https://doi.org/10.1038/nmeth.3067>
- Javanmardi J, Khalighi A, Kashi A, Bais HP, Vivanco JM. 2002. Chemical characterization of basil (*Ocimum basilicum*L) found in local accessions and used in traditional medicines in Iran. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 5878-5883. <https://doi.org/10.1021/jf020487q>
- Labra M, Milele M, Ledda B, Grassi F, Mazzei M and Sala F. 2004. Morphological characterization essential oil composition and DNA genotyping of (*Ocimum basilicum* L) cultivars. *Plant Science*, 167 725 731. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.04.026>
- Liu JH, Nada K, Honda C, Kitashiba H and Wen XP. 2006. Polyamine biosynthesis of apple callus under salt stress importance of the arginine decarboxylase pathway in stress responses *Journal of Experimental Botany* 57 2589–2599. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl018>
- Liu JH, Moriguchi T. 2007 Changes in free polyamine titers and expression of polyamine biosynthetic genes during growth of peach *in vitro* callus. *Plant Cell Rep*, 26: 125–131. <https://doi.org/10.1007/s00299-006-0223-5>
- Li B, Tang D, Wang G, Wu Sh, Huang X, Qu T, Chen J and Tang X. 2019. Effect of L-Arginine on Maintaining Storage Quality of the White Button Mushroom (*Agaricus bisporus*). *Food and Bioprocess Technology*, 12: 563–574 . <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2232-0>
- Musbah HM, Ibrahim KM. 2019. Effects of feeding tyrosine or phenylalanine on the accumulation of polyphenols in *Coleus Blumei* in Vivo and in Vitro. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 13: 35–43. <https://doi.org/10.24126/jobrc.2019.13.1.566>
- Nahed A, El-Aziz G, Balbaa LK. 2007. Influence of tyrosine and zinc on growth flowering and chemical constituents of *Salvia farinacea* plants. *Journal of Applied Sciences Research*, 3: 1479–1489.
- Noroozlo YA, Souri MK, Delshad M. 2019. Effects of foliar application of glycine and glutamine amino acids on growth and quality of sweet basil. *Advances in Horticultural Science*, 33(4): 49-55. <https://doi.org/10.13128/ahsc-8127>
- Pena Calzada K, Olivera Vicedo D, Habermann E, Calero Hurtado A, Lupino Grato P, De Mello Prado R, Lata-Tenesaca LF, Martinez CA, Ajila Celi GE Rodríguez JC. 2022. Exogenous Application of Amino Acids Mitigates the Deleterious Effects of Salt Stress on Soybean. *Plants Agronomy*, 12: 201-213. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092014>
- Ramadan AA, Abd Elhamid EM and Sadak MS. 2019. Comparative study for the effect of arginine and sodium nitroprusside on sunflower plants grown under salinity stress conditions *Bulletin of the National Research Centre*, 43: 118-125. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0156-0>

- Reham MS, Khattab ME, Ahmed SS. and Kandil MAM. 2016. Influence of foliar spray with phenylalanine and nickel on growth yield quality and chemical composition of genoveser basil plant African Journal of Agricultural Research, 11: 1398-1410. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10699>
- Salman FA, Mutar KA and Alewi ZH. 2019. Influence of foliar application of arginine and phenylalanine on growth and essential oil content in dill (*Anethum graveolens* L.) cultivars Res on Crops. Plant Science, 20 (4): 826-830. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2019.122>
- Sanikhani M, Akbari A, Kheiry A. Effect of phenylalanine and tryptophan on morphological and physiological characteristics in colocynth (*Citrullus colocynthis* L.). Plant Process and Function 2020; 9 (35) :317-328 <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23222727.1399.9.35.5.6>
- Sarab AA. 2018. Influence of polyethylene glycol and tyrosine on morphine alkaloids production from callus of *Papaver somniferum* in vitro. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 10(2): 282-287.
- Sarropoulou V, Dilmassi-Theriou K, Therios L. 2013. L-arginine impact on cherry rootstock rooting and biochemical characteristics in tissue culture Turkish. Journal of Agriculture and Forestry, 38: 887-897. <https://doi.org/10.3906/tar-1402-60>
- Shankar A, Agrawal N, Sharma M, Pandey A, Girdhar K, Pandey M. 2015. Role of protein tyrosine phosphatases in plants Current Genomics, 16: 224-236. <https://doi.org/10.2174/1389202916666150424234300>
- Shehata S, Abdel-Azem HS, El Yazied A. 2011. Effect of foliar spraying with amino acids and seaweed extract on growth chemical constitutes yield and its quality of celeriac plant. European Journal of Scientific Research, 58(2): 257-265.
- Singleton V and Rossi J. 1965. Colorimetry of Total Phenolic Compounds with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16: 144-158. DOI: 10.5344/ajev.1965.16.3.144
- Shraida L and Almohammed A. 2019. Effect of Salicylic Acid and Arginine Spraying on Growth and Some of Its Active Compounds of Basilicum Conf Series. Earth and Environmental Science, 761-769. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/761/1/012061>
- Tajik N and Danaee E. 2016. Study the effect of spraying pre-harvest glutamin arginine and phenylalanine on some physicochemical and enzymatic traits and longevity Gerber jamesonii flower cv Sorbet Cellular and Molecular. Plant Biology Journal, 8 (34): 13-21.
- Velicka A, Taraseviciene Ž, Hallmann E, Kieltyka-Dadasiewicz A. 2022. Impact of Foliar Application of Amino Acids on Essential Oil Content Odor Profile and Flavonoid Content of Different Mint Varieties in Field Conditions. Plants, 11: 302-318. <https://doi.org/10.3390/plants11212938>
- Vernon LP and GR Seely. 1966. The chlorophylls. Academic Press, 65-81.
- Winter G, Todd CD, Trovato M, Forlani G, Funck D. 2015. Physiological implications of arginine metabolism in plants Front Plant of Science, 6: 534-541 <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00534>
- Wang T, Liu Q, Dia J, Lu Q, Jia X, Lin L, Yu F, Zou Y. 2021. Foliar Arginine Application Improves Tomato Plant Growth Yield and Fruit Quality. Research Square, 91: 25-36. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-634304/v1>
- Wang, X., Gu, S., Chen, B., Huang, J., and Xing, J. 2017. Effect of postharvest L-arginine or cholesterol treatment on the quality of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) spears during low temperature storage. Scientia Horticulturae, 225, 788-794. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.058>
- Yagi MI, Al-Abdulkareem SS. 2006. Effects of exogenous arginine and uric acid on *Eruca sativa* Mill shoots grown under saline conditions. Journal of Science and Technology, 7: 1-11.
- Ziegler J, Facchini PJ, Geissler R, Schmidt J, Ammer C, Kramell R, Voigtlander S, Gesell A, Pienkny A and Brand W. 2009. Evolution of morphine biosynthesis in opium poppy. Phytochem, 70: 1696-707. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.07.006>