Horticultural Plants Nutrition
Vol.3, No.2, Autumn & Winter 2020-21
Research Paper

DOI: 10.22070/hpn.2020.5377.1091

The morphophysiological responses of Physalis alkekengi to foliar applications of amino acids under drought stress conditions

Sirous Saremi [1*] ***, Manoochehr Gholipoor*** [2] ***, Hamid Abbasdokht*** [3] ***, Hassanali Naghdi Badi*** [4] ***, Ali Mehrafrin*** [5] ***, Hamidreza Asghari*** [6]

1- Corresponding Author and Ph.D. Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. siroussaremi@yahoo.com
2- Associate Professor of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran manouchehr.gholipoor@gmail.com
3- Associate Professor of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran habbasdokht@yahoo.com
4- Associate Professor of Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants, Academic Center for Education, Culture and Research, Karaj, Iran. naghdibadi@yahoo.com
5- Associate Professor of Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants, Academic Center for Education, Culture and Research, Karaj, Iran. a.mehrafarin@gmail.com
6- Associate Professor of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. hamidasghari@gmail.com

Received Date: 2020/04/26 Accepted Date: 2020/09/22

Abstract

Introduction: Currently, global drought stress has led to a decline in performance more than any other living or non-living factor. Weather forecasts are expected to intensify drought and increase droughts shortly (Heffernan, 2013). Drought is one of the most important non-biological stresses and a limiting factor in the successful production of plant products around the world and has adverse effects on plant growth and other metabolic processes (Yordanov and Tsoev, 2000) and time in The plant occurs to have a higher transpiration rate than the amount of water absorption (Wou and Zhou, 2009). Biological stimuli originate from natural and biological resources and in small amounts can improve plant growth and development. These compounds improve the efficiency of nutrients or structural and functional characteristics of the soil and thus increase plant growth. Biological stimuli are classified into eight groups: humic substances, organic matter complexes, useful chemical elements, inorganic salts such as phosphite, marine algae extracts, chitin and chitosan derivatives, antiperspirants and Amino acids or nitrogenous compounds (Calvo et al., 2014). There is considerable evidence that the use of many protein and non-protein amino acids such as glutamate, histidine, proline, and glycine betaine can protect plants from environmental stresses or activate metabolic signaling. Also, many non-protein amino acids are involved in plant defense activity (Liang et al., 2013).

Material and methods: These experiments were performed in a three replicated-split plot factorial arranged in randomized complete block design with three drought stress levels ((I0) (no-stress) I1 (moderate stress) I2 (severe stress)) in the main plots and foliar application of different amino acids (Tyrosin, Argenin, Tryptophan, Glycine and without foliar application as control treatments) in subplots. This study was carried out during 2017-2018. During the sampling, three replications were taken from each treatment and three samples were taken from each iteration. This study stimulated plant height, number of fruit, total dry matter, SPAD, chlorophyll a (CHLa), chlorophyll b (CHLb), total chlorophyll (CHLt), and carotenoids. To determine the content of chlorophyll and carotenoids before the end of the growing season, sampling of plant leaves was performed. Analysis of variance and mean comparisons of data (at a 5% probability level based on LSD test) were performed using SAS software (Ver. 9.4). MS Excel was also used to plot the diagrams.

Results and discussion: The results indicated that drought stress had significantly affect ($p \leq 0.01$) on all traits except SPAD, and also foliar application of amino acids was significant in all traits. Interaction effects CHLb, CHLt, and carotenoids was significant. The highest amount of plant height, number of fruits, fruit dry weight, total dry matter, and SPAD obtained from control (no drought stress) and the highest amount of CHLa, CHLb, and CHLt, shown in moderate stress and finally, Severe drought had the Lowest amount of all treatments. Besides, the most number of fruit, fruit dry matter, and CHLa, CHLb, CHLt was in the foliar application of Arginine, and plant height and carotenoids and total dry matter and SPAD were in glycerin and Tyrosin respectively. Fruit dry matter is the main index of assessment and increased by argenin application by 39.8 percent than control. Furthermore, nonfoliar application (control) had the lowest amount in all traits.

Conclusions: in general, Biostimulants application improved the vegetative and morphophysiological characteristics and caused a reduction in chemical fertilizer consumption and sustainable agriculture progress.

Keywords: Physalis alkekengi L., Drought stress, Foliar application, Amino acids, The morphophysiological responses.

نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی
دوره ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، (ص ۸۶- ۷۱)
مقاله پژوهشی

DOI: 10.22070/hpn.2020.5377.1091

پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه عروسک پشت پرده به محلول‌پاشی اسیدهای آمینه تحت شرایط تنش خشکی

سیروس صارمی [۱*]، منوچهر قلی‌پور [۲]، حمید عباسدخت [۳]، حسنعلی نقدی بادی [۴]، علی مهرآفرین [۵]، حمیدرضا اصغری [۶]

۱- نویسنده مسئول و دانشجوی اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
siroussaremi@yahoo.com
۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
manouchehr.gholipoor@gmail.com
۳- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
habbasdokht@yahoo.com
۴- دانشیار مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، مرکز دانشگاهی آموزش، فرهنگ و تحقیقات، کرج
naghdibadi@yahoo.com
۵- دانشیار مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، مرکز دانشگاهی آموزش، فرهنگ و تحقیقات، کرج
a.mehrafarin@gmail.com
۶- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
hamidasghari@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۷ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۱**

چکیده

به منظور ارزیابی پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه عروسک پشت پرده به محلول‌پاشی اسیدهای آمینه تحت شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت اسپیلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. فاکتور اصلی آزمایش شامل عدم تنش (I_0)، تنش متوسط (حذف یک دور آبیاری) (I_1) و تنش شدید (حذف دو دور آبیاری) (I_2) و فاکتور فرعی شامل عدم محلول‌پاشی یا شاهد و محلول‌پاشی تریپتوفان، گلایسین، تیروزین و آرژنین بود. در این تحقیق، صفات ارتفاع بوته، تعداد میوه، وزن خشک میوه، وزن خشک کل، سبزینگی، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار همه صفات به جز سبزینگی و همچنین محلول‌پاشی محرک‌های زیستی نیز موجب افزایش معنی‌دار همه صفات مورد ارزیابی معنی‌داری بود. اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر روی وزن خشک میوه، وزن خشک کل، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین ارتفاع بوته (۱۲۵/۶۷ سانتی‌متر)، تعداد میوه (۱۱/۴ عدد)، وزن خشک میوه (۱۸/۳۴ گرم)، وزن تر کل (۲۴۹/۶۵)، وزن خشک کل (۱۰۰/۸۹ گرم) و سبزینگی (۵۴/۶۴) مربوط به شاهد (عدم تنش) و بیشترین میزان کلروفیل a (۱۰/۵۶ میلی‌گرم بر گرم)، کلروفیل b (۵/۱ میلی‌گرم بر گرم)، کلروفیل کل (۱۵/۶۵ میلی‌گرم بر گرم) و کاروتنوئید (۱۰/۰۹ میلی‌گرم بر گرم) مربوط به تنش متوسط بود و کمترین مقادیر همه صفات در تیمار تنش شدید خشکی به‌دست آمد. همچنین، در تیمار محلول‌پاشی بیشترین مقادیر صفات تعداد میوه (۱۲/۶۷ عدد)، وزن خشک میوه (۲۰/۹۹ گرم)، وزن تر کل (۲۳۸/۰۴)، کلروفیل a (۱۰/۱۱ میلی‌گرم بر گرم)، کلروفیل b (۵/۰۹ میلی‌گرم بر گرم) و کلروفیل کل (۱۵/۲ میلی‌گرم بر گرم) از محلول‌پاشی آرژنین؛ بیشترین مقدار صفات ارتفاع (۱۲۳/۱۱ سانتی‌متر) و کاروتنوئید (۱۰/۰۳ میلی‌گرم بر گرم) از محلول‌پاشی گلایسین؛ و صفات وزن خشک کل (۱۰۸/۱۴ گرم) و سبزینگی (۵۸/۲۹) از محلول‌پاشی تیروزین حاصل شد. مهم‌ترین شاخص مورد ارزیابی یعنی وزن خشک میوه با محلول‌پاشی آرژنین حدود ۳۸/۹ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. کمترین مقدار همه صفات نیز از تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) به‌دست آمد. به هرحال کاربرد محرک‌های زیستی بر بهبود ویژگی‌های رویشی و خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گیاه عروسک پشت پرده تاثیر مثبتی داشته است که در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و کشاورزی پایدار ارزشمند می‌باشد.

کلمات کلیدی: عروسک پشت پرده، تنش خشکی، محلول پاشی، اسید آمینه، صفات مورفوفیزیولوژیک.

مقدمه

تقاضا برای آب طی قرن اخیر به شدت افزایش یافته است، مجموع برداشت سالانه آب از طریق کشاورزی، بخش شهری و صنایع از ۵۸۰ کیلومتر مکعب در سال ۱۹۰۰ به بیش از ۳۹۰۰ کیلومتر مکعب در سال ۲۰۱۰ افزایش یافته و ۷۰ درصد از کل آب شیرین جهان به بخش کشاورزی اختصاص یافته است. ایران با برداشت حدود ۹۲/۵ درصد از کل آب شیرین کشور برای مصارف کشاورزی از این نظر رتبه‌ی هجدهم را در جهان دارا می‌باشد (FAO, 2015).

در حال حاضر در سطح جهانی تنش خشکی بیش از هر عامل زنده و غیرزنده دیگر منجر به کاهش عملکرد شده است. پیش‌بینی می‌شود که در آینده‌ای نزدیک تغییرات آب و هوایی باعث تشدید خشکی و افزایش خشکسالی‌ها شوند (Heffernan, 2013). خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی و عامل محدودکننده تولید موفقیت‌آمیز محصولات گیاهی در سراسر جهان محسوب می‌شود و اثرات نامطلوبی بر رشد و نمو گیاه و سایر فرآیندهای متابولیکی دارد (Yordanov and Tsoev, 2000) و زمانی در گیاه رخ می‌دهد که میزان تعرق بیشتر از مقدار جذب آب باشد (Wou and Zhou, 2009).

تنش کم آبی به طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذارد و به طور غیر مستقیم، ورود دی اکسید کربن به داخل روزنه‌ها را که به علت تنش آب بسته شده‌اند، کاهش دهد. همچنین، انتقال مواد فتوسنتزی تحت تاثیر تنش آب قرار می‌گیرد و موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می‌گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نماید (Mafakheri et al, 2010).

محرک‌های زیستی از منابع طبیعی و زیستی منشاء می‌گیرند و در مقادیر کم می‌توانند رشد و نمو گیاه را بهبود بخشند. این ترکیبات کارایی عناصر غذایی و یا ویژگی‌های ساختاری و عملکردی خاک را بهبود داده و بدین ترتیب رشد گیاه را افزایش می‌دهند. محرک‌های زیستی در هشت گروه دسته بندی شده‌اند که عبارتند از: مواد هیومیکی، ترکیبات آلی، عناصر شیمیایی مفید، نمک‌های غیر آلی مانند فسفیت، عصاره جلبک‌های دریایی، مشتقات کیتین و کیتوزان، ضدتعرق‌ها و اسیدهای آمینه یا ترکیبات نیتروژنه (Calvo et al., 2014). اسیدهای آمینه با تاثیر بر افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی، افزایش غلظت کلروفیل و در نتیجه تاثیر بر فتوسنتز بر رشد و عملکرد گیاهان موثر واقع می‌شوند. به کار بردن اسیدهای آمینه به صورت محلول‌پاشی بستگی به نیاز گیاه در مراحل اصلی و حساس رشد دارد. گیاهان اسیدهای آمینه را از طریق روزنه جذب می‌کنند. جذب اسیدهای آمینه در گیاهان به دمای محیط وابسته است. به هرحال در فرآیند پروتئین‌سازی حدود ۲۰ اسید آمینه مهم شرکت دارند که هر کدام نقش خاصی دارند و محلول‌پاشی اسید آمینه روی گیاه موجب فراهم شدن شرایط بهتر برای تولید پروتئین می‌شود (Stijn et al., 2007).

شواهد قابل توجهی وجود دارند که کاربرد تعدادی از اسیدهای آمینه پروتئینی و غیر پروتئینی مانند گلوتامات، هیستیدین، پرولین و گلایسین بتائین می‌توانند در برابر تنش‌های محیطی از گیاهان محافظت کرده و یا علامت‌دهی متابولیت‌ها را فعال کنند. همچنین تعدادی از اسیدهای آمینه غیر پروتئینی در فعالیت دفاعی گیاه نقش دارند (Liang et al., 2013).

اسیدهای آمینه نقش مهمی در تشکیل ساختار پروتئین دارند و حضور آنها برای عملکرد صحیح متابولیت‌ها و فرآیندهای بیولوژیکی ضروری است به عنوان مثال آسپارژین و گلوتامین با دو چرخه مهم متابولیکی گیاه (چرخه کربن و نیتروژن) در ارتباط هستند و بر محتوای پروتئین و قندها تاثیر گذار می‌باشند. گلایسین اسید آمینه‌ای است که مانع تنفس نوری در گیاهان سه کربنه می‌گردد. همچنین، اسیدهای آمینه نقش مهمی در بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه و فیتوهورمون‌ها دارند. متیونین پیش ماده اتیلن می‌باشد و تریپتوفان مسئول تنظیم تولید اکسین

است. همچنین اسید گلوتامیک برای سنتز هورمون اکسین اهمیت دارد (Taiz and Zeiger, 2002).

کاربرد بسیاری از محصولاتی که ساختار پروتئینی دارند موجب افزایش مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی می‌شوند. این اثرات تحریک کنندگی از اثرات عناصر غذایی مانند منابع نیتروژن متفاوت است. گزارش شده است که مخلوطی از آمینواسیدها، پپتید و قند که از دیواره سلولی گیاهان مشتق شده است، در گیاه آرابیدوپسیس بیان سه ژن مارکر در تنش و دو ژن که در واکنش به تنش اکسیداتیو دخالت دارند را تحریک کرده همچنین، مقاومت گیاه خیار را به تنش اکسیداتیو افزایش می‌دهد (Apoun et al., 2010). (El-Tohamy et al., 2013) نشان دادند که کاربرد پروتئین تجزیه شده یونجه در کشت هیدروپونیک ذرت تحت شرایط تنش شوری زیست توده گیاه را افزایش می‌دهد.

با درک اهمیت نهاده‌های کشاورزی در توسعه پایدار و با توجه به اثرات مثبت کاربرد اسیدهای آمینه روی عملکرد کمی و کیفی گیاهان و همچنین اهمیت دارویی گیاه عروسک پشت پره، و عدم وجود مستند معتبر علمی در خصوص اثر اسیدهای آمینه محرک‌زیستی به خصوص در شرایط کم‌آبیاری روی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی این گیاه دارویی، این تحقیق انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، واقع در کیلومتر ۱۶ اتوبان کرج-قزوین انجام شد. داده‌های هواشناسی از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. با توجه به آمارهای اقلیمی، آب و هوای این منطقه از نوع مدیترانه‌ای گرم و خشک، متوسط دمای سالیانه منطقه حدود ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد بوده و ارتفاع از سطح دریا ۱۴۲۶ متر می‌باشد. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی شنی بود.

جدول ۱. داده‌های هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه مورد آزمایش

Table1. Meteorological data of the nearest meteorological station to the test area

Number of sunny hours	Annual evaporation (mm)	Total annual rainfall (mm)	Averarge maximum annual relative humidity (%)	Averarge minimum annual relative humidity (%)	Averarge annual relative humidity (%)	Averarge maximum annual temperture (°C)	Averarge minimum annual temperture (°C)	Averarge annual temperture (°C)	Station
2899	2184	372.2	68.9	31	49.95	20.8	8	14.4	Karaj

جدول ۲. برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه‌ی آزمایشی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری)

Table2. Some physical and chemical properties of soil (Sampling depth: 0-30 cm)

Organic matter(%)	N (%)	K (mg/Kg)	P (mg/Kg)	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	Texture
0.07	0.07	257	8.56	2.42	8.11	Sandy-loam

آزمایش به صورت اسپیلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. بذر مورد نیاز گیاه عروسک پشت پرده برای کشت از بانک بذر پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی کرج با کد 212-MPISB تهیه شد. تنش کم آبیاری به عنوان فاکتور اصلی در سه سطح {دور آبیاری متداول (چهار روز یک مرتبه) (شاهد، I_0)، تنش متوسط (۵۰ درصد افزایش در دور آبیاری متداول (شش روز یک مرتبه)، I_1) و تنش شدید

(۱۰۰ درصد افزایش در دور آبیاری متداول (هشت روز یک مرتبه)، I_2) (که بر مبنای تبخیر و تعرق در مزرعه انجام شد)} و فاکتور فرعی در پنج سطح محلول‌پاشی اسیدهای آمینه شامل {شاهد (A_0)، تریپتوفان (A_1)، گلایسین (A_2)، تیروزین (A_3) و آرژنین (A_4) (یک میلی‌گرم در لیتر)} به عنوان فاکتور فرعی اجرا شد. این میزان براساس تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر از نوع کلاس A شامل (I_0) ۵۰ میلی‌متر تبخیر (به‌طور نسبی در منطقه هر چهار روز یکبار)، (I_1) ۷۵ میلی‌متر تبخیر (به‌طور نسبی در منطقه هر شش روز یکبار)، (I_2) ۱۰۰ میلی متر تبخیر (به‌طور نسبی در منطقه هر هشت روز یکبار) در نظر گرفته شد. به منظور محاسبه تبخیر مورد نظر از تشت تبخیر با استفاده از مدل برآورد تبخیر تجربی، داده‌های هواشناسی پنج سال گذشته را میانگین گرفته و سپس مجموع تبخیر روزهای میانگین پنج سال گذشته که با تبخیر تجمعی از تشت تبخیر برابری داشت را روز اعمال تیمار آبیاری در نظر گرفته گرفتیم (Zare et al., 2011). طول و عرض هر کرت سه متر و فواصل بین کرت‌ها یک متر بود، خطوط کشت با فواصل ۶۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و فاصله ۲۵ سانتی‌متر بین بوته‌ها بود. آبیاری کرت‌ها تا زمان جوانه‌زنی و استقرار کامل گیاه در زمین به صورت منظم و به صورت قطره‌ای صبح زود هنگام طلوع آفتاب انجام شد. پس از این مرحله تنش طبق نقشه تحقیق آغاز و بر اساس برنامه آبیاری تهیه شده تا مرحله برداشت و نمونه‌برداری ادامه پیدا کرد. عملیات محلول‌پاشی روی گیاهان قبل از شروع گلدهی آغاز شد و در چهار مرحله با فاصله زمانی یک هفته ادامه پیدا کرد. محلول‌ها به میزان یک میلی‌گرم در لیتر تهیه و صبح زود هنگام طلوع آفتاب محلول‌پاشی انجام شد. جهت ارزیابی و بررسی واکنش مورفوفیزیولوژیکی گیاهان، نمونه برداری و اندازه‌گیری صفات در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی میوه انجام شد. جهت نمونه‌برداری از مزرعه دو خط کناری کرت‌ها به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و از گیاهان موجود در خطوط میانی برای اندازه گیری صفات کمی و کیفی استفاده شد. در زمان نمونه‌برداری از هر تیمار سه تکرار و از هر تکرار سه نمونه برداشت شد. در آزمایشگاه ارتفاع بوته، تعداد میوه، وزن خشک میوه، وزن خشک کل، سبزینگی (عدد SPAD) (SPAD Minolta-110; japan)، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید و کلروفیل کل اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان محتوای کلروفیل a و b، پیش از پایان فصل رشد گیاه، از برگ‌های گیاه نمونه‌گیری انجام شد. برای این منظور از روش لیختن تالر[1] استفاده شد. ۰/۲ گرم برگ تر به همراه پنج میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به خوبی ساییده شد. محتوای هاون پس از عبور از صافی مجددا با ده میلی‌لیتر دیگر استون مخلوط گردید و به حجم ۱۵ میلی‌لیتر رسانده شد. سه میلی‌لیتر از این محلول در کووت ریخته شد و جذب آن در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۶ و ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Ray leigh UV-2601; China) در برابر بلانک متانول قرائت شد (Lichtenthaler, 1987).

$$\text{Chlorophyll a}=(19.3\times A_{663}-0.86\times A_{646})V/100W$$
$$\text{Chlorophyll b}=(19.3\times A_{646}-3.6\times A_{663})V/100W$$
$$\text{Total chlorophyll= Chl a+Chl b}$$
$$\text{Carotenoides=}$$
$$100(A_{470})-3.27(\text{mg chl a})-104(\text{mg chl b})/227$$

در این پژوهش برای تجزیه داده‌ها از نرم افزار SAS-V9.4 و همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع

نتایج نشان داد که دور آبیاری بر ارتفاع گیاه در سطح یک درصد تاثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع مربوط به تیمار شاهد با ۱۲۵/۶۷ سانتی‌متر (I_0) است و با افزایش دور آبیاری، ارتفاع بوته ۹/۴۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافته است (جدول ۴). محلول‌پاشی اسیدهای آمینه نیز بر

1 . Lichtenthaler

ارتفاع بوته تاثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشت. بیشترین ارتفاع بوته در تیمار گلایسین به میزان ۱۲۳/۱۱ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع بوته در گیاهان شاهد (عدم محلول‌پاشی) به مقدار ۱۱۱/۴۴ سانتی‌متر حاصل شد (جدول ۴).

(Nazarli and Zardashti, 2011) بیان کردند که یک حداقل پتانسیل آب برای طویل شدن سلول نیاز است و در نتیجه کمبود رطوبت، میانگره‌ها و ارتفاع ساقه کوتاه می‌شود. کاهش در طول اندام هوایی در پاسخ به خشکی می‌تواند به سبب کاهش طویل شدن سلول به دلیل کمبود آب، که منجر به کاهش در تورم سلول، حجم سلول و سرانجام رشد سلول می شود یا اینکه ممکن است به سبب مسدود شدن آوند چوب باشد که از هر گونه جابه جایی مواد غذایی از این طریق جلوگیری می‌کند. برخی از مطالعات نشان داده که گیاهان می‌توانند نیتروژن را در قالب اسیدهای آمینه بدون تکیه بر کانی‌سازی معدنی جذب کنند (Abou Dahab and Abdel Aziz Nahed, 2006). برخی از اسیدهای آمینه امکان جذب نیتروژن در گیاه را افزایش می‌دهند و با افزایش نیتروژن فاکتورهای مربوط به رشد گیاه و از آن جمله ارتفاع افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد محرک‌های زیستی نظیر اسیدهای آمینه از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، موجب بهبود فرآیند فتوسنتز گردیده و این موضوع سبب افزایش ماده خشک و افزایش ارتفاع شده است. فراهم بودن اسیدهای آمینه و نیتروژن در مراحل ابتدایی رشد، طویل شدن ساقه و اندام‌های هوایی را موجب می‌شود. Sanikhani و همکاران در پژوهشی روی هندوانه ابوجهل مشاهده شد بیشترین طول بوته (۲۱۵/۷ سانتی‌متر) از تیمار محلول‌پاشی اسیدآمینه حاصل شد که اختلاف ۳۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت (Sanikhani et al., 2020). در پژوهشی دیگر، روی گیاه آویشن تیمار محلول‌پاشی اسیدهای آمینه موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه گردید. بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار محلول‌پاشی با ۳۱/۵۲ سانتی‌متر و که نسبت به تیمار شاهد ۲۵/۳ درصد افزایش نشان داد (Ghazal, 2015). (Shehata et al., 2011) در تحقیقی روی کرفس به این نتیجه رسیدند اثر اسیدهای آمینه روی ارتفاع بوته معنی‌دار شد. بیشترین ارتفاع بوته از محلول‌پاشی اسیدهای آمینه با ۳۸/۶ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع بوته از گیاهان شاهد با ۲۸/۸۳ سانتی‌متر به‌دست آمد. (Nahed et al., 2010) نیز گزارش کردند که اسپری کردن اسیدهای آمینه موجب افزایش طول و قطر ساقه گیاه (*Thuja orientalis* L.) شد.

تعداد میوه

دور آبیاری بر تعداد میوه در بوته تاثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشته است (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد میوه در بوته مربوط به تیمار شاهد (I_0) با میانگین ۱۱/۴ میوه است و با افزایش دور آبیاری، از تعداد میوه در بوته کاسته شد و کمترین تعداد میوه در بوته با میانگین ۷/۳۳ مربوط به تنش شدید بود (جدول ۴). محلول‌پاشی اسیدهای آمینه تعداد میوه در بوته را بصورت معنی‌داری در سطح یک درصد افزایش داد. بیشترین تعداد میوه در بوته مربوط به تیمار آرژنین به میزان ۱۲/۶۷ عدد در بوته و کمترین آن مربوط به شاهد (عدم محلول‌پاشی) به میزان پنج میوه در بوته بود (جدول ۴).

تعداد میوه در بوته را می‌توان نموداری از تعداد گل‌های تلقیح یافته در بوته تلقی نمود. با توجه به فصل کاشت این گیاه بدیهی است که بروز تنش خشکی در طول فصل رشد اثرات سوء درجه حرارت‌های بالای تابستانه را تشدید می‌کند. (Gubis et al., 2007) اشاره کردند این امر بخصوص در مورد محصولات دارای سیستم رشد نامحدود نظیر سویا و کنجد مشهودتر است. اسیدهای آمینه در تولید متابولیت‌های ثانویه و هورمونی نقش پررنگی ایفا می‌کنند. در طی مراحل رشد گیاهان می‌توانند با جذب اسیدهای آمینه در زمانی کم بدون هیچ تنشی نیازهای خود را تامین کرده و از کاهش عملکرد چه در بخش زایشی و چه در بخش رویشی ممانعت به‌عمل آورند (Gawronska, 2008).

در پژوهشی محلول‌پاشی برگ با اسیدهای آمینه سبب افزایش معنی‌دار صفاتی مانند تعداد میوه در بوته، وزن خشک میوه و عملکرد دانه در بوته در گیاه چای ترش شد. به طوری که بیشترین تعداد میوه در بوته از محلول‌پاشی اسید آمینه تریپتوفان با ۱۱۳/۳۳ عدد میوه در بوته و کمترین تعداد مربوط به تیمار شاهد با ۷۳/۶۷ عدد میوه در بوته بود (Gendy and Nosir, 2016).

وزن خشک میوه

تجزیه واریانس داده‌های مربوطه نشان داد که وزن خشک میوه بطور معنی‌داری در سطح یک درصد تحت تاثیر تمام اثرات اصلی و متقابل قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات نشان داد که، بیشترین وزن خشک میوه (۱۸/۳۴ گرم) از تیمار شاهد (I_0) بدست آمد و کمترین وزن خشک میوه مربوط به تیمار تنش شدید (I_2) (۱۳/۶۶ گرم) بود. همچنین نتایج نشان داد که مصرف آرژنین منجر به افزایش ۳۸/۹ درصدی وزن خشک میوه نسبت به شاهد شد (جدول ۴). اثر متقابل آبیاری در محلول‌پاشی نیز به طور معنی‌داری در سطح یک درصد وزن خشک میوه را تحت تأثیر قرار داد (شکل ۱). به طوری که بیشترین مقدار وزن خشک میوه با ۲۵/۶ گرم از ترکیب تیماری آبیاری معمول (شاهد) و آرژنین و کمترین مقدار ۱۱/۴۳ گرم از تنش شدید و شاهد (عدم محلول‌پاشی) بدست آمد.

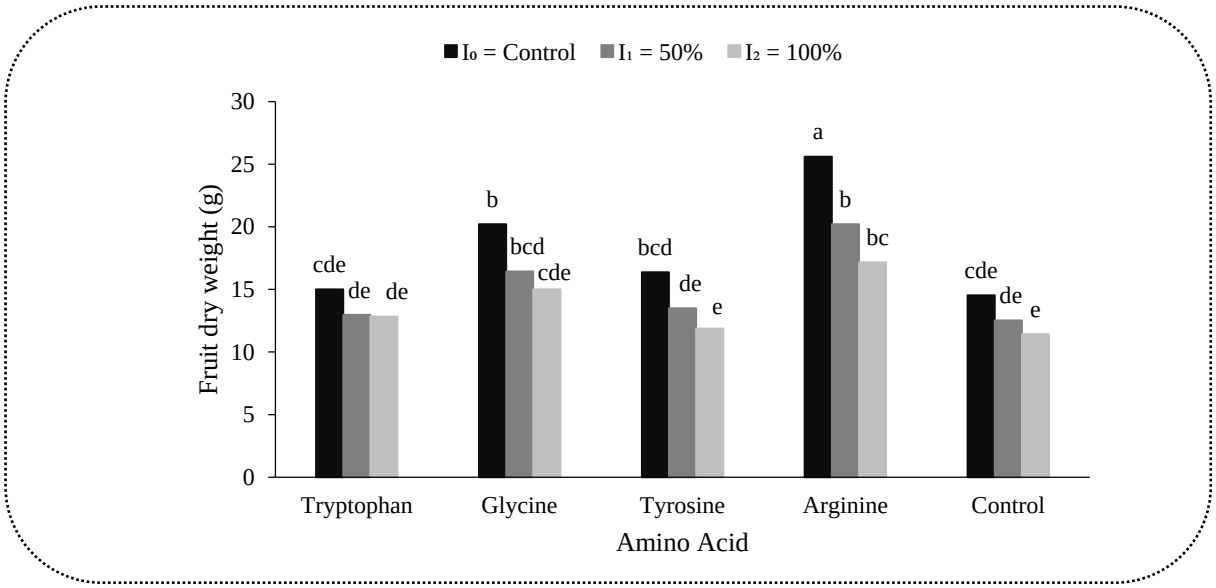
تنش خشکی موجب بسته شدن روزنه‌ها و کاهش متابولیت‌های فتوسنتزی، کاهش سرعت سوخت و ساز کربن و کاهش هدایت روزنه‌ای و جذب آب در اثر کاهش رشد ریشه، که در نهایت سبب اختلال در رشد و کاهش ماده خشک تولیدی (چه در بخش زایشی و چه در بخش رویشی) می‌شود. کاهش انتقال ماده خشک در طول دوره تنش خشکی ناشی از کم شدن توانایی مبدأ در تولید ماده خشک و کاهش قدرت مخزن در تجمع محصول در اثر افزایش محدودیت رشد، می‌باشد. این نتیجه با تحقیق (Heidari et al., 2016) در گیاه کنجد نسبت به افزایش دور آبیاری مطابقت دارد. استفاده از اسیدهای آمینه به‌دلیل موثر بودن در تولید پروتئین، موجب افزایش وزن گیاه می‌شود. (Koukounararas et al., 2013) گزارش کردند که کاربرد کود محرک زیستی Amino16R (پروتئین هیدرولیز شده که دارای ۱۱/۳ درصد اسید آمینه است) بر گوجه فرنگی در سطوح مختلف کوددهی موجب افزایش عملکرد میوه شد و مقدار افزایش تعداد یا وزن میوه‌ها به سطوح کودی استفاده شده وابسته بود. Abaspour Esfaden و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی که بر روی گیاه پریوش بیان کردند برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی ال-آرژنین بر عملکرد دانه تاثیر معنی‌داری داشت. بیشترین عملکرد از ترکیب تیماری شاهد (عدم تنش) و محلول‌پاشی ال-آرژنین با ۱۱/۸ گرم در بوته و کمترین مقدار مربوط تنش شدید (۴۰ درصد ظرفیت زراعی مزراعه) و شاهد (عدم محلول‌پاشی) با ۳/۶ گرم در بوته بود (Abaspour Esfaden et al., 2019). Sanikhani و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی که روی هندوانه ابوجهل داشتند گزارش کردند که عملکرد میوه تحت تاثیر معنی‌دار محلول‌پاشی قرار گرفت به طوری که بیشترین مقدار وزن خشک از تیمار محلول‌پاشی تریپتوفان (۸۹۳۰/۶ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار در تیمار شاهد (۶۳۴۴/۱ کیلوگرم در هکتار) مشاهده گردید (Sanikhani et al., 2020).

وزن تر کل

تجزیه واریانس داده‌های مربوطه نشان داد که وزن تر بطور معنی‌داری در سطح یک درصد تحت تاثیر تمام اثرات اصلی و متقابل قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات نشان داد که، بیشترین مقدار وزن تر بوته (۳۱۵/۳۱ گرم) از ترکیب تیماری آبیاری معمول (شاهد) و گلایسین و کمترین مقدار آن (۹۱/۳۷ گرم) از تنش شدید و عدم محلول‌پاشی (شاهد) بدست آمد.

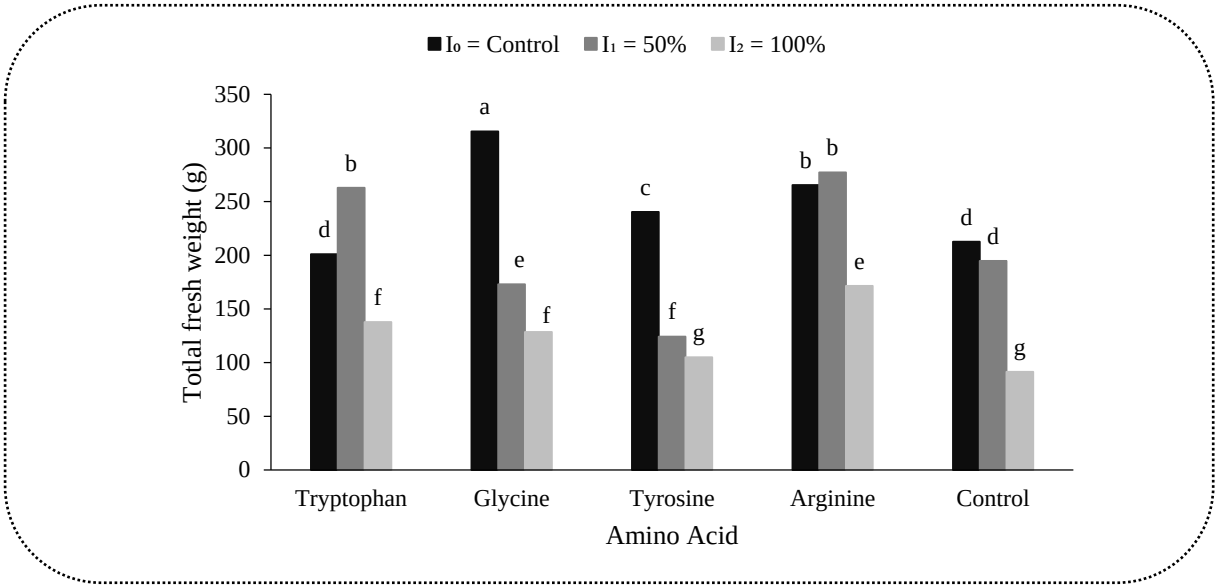
شرایط معمولی که گیاهان در تنش خشکی با آن مواجه می‌شوند کاهش میزان عملکرد وزن تر و خشک می‌باشد. Abaspour Esfaden و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی

که روی گیاه پریوش داشتند بیان کردند بیشترین میزان عملکرد گیاه از ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی سه میلی‌مولار آرژنین به دست آمد که نسبت به تیمار تنش شدید و محلول‌پاشی سه میلی‌مولار آرژنین ۶۲/۷۱ درصد عملکرد بیشتری مشاهده گردید (Abaspour Esfaden et al., 2019). Wahba و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای که روی گیاه گزنه داشتند، تاثیر معنی‌دار وزن تر و خشک گیاه را در تیمار محلول‌پاشی نسبت به شاهد گزارش کردند (Wahba *et al.*, 2015). در پژوهشی دیگر Nahed و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که محلول‌پاشی تریپتوفان موجب افزایش معنی‌دار وزن تر گیاه سرو بادبزنی شد (Nahed *et al.*, 2010).



شکل ۱. اثر برهمکنش تیمارهای مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید آمینه بر وزن خشک میوه.

Fig 1. Interactive effects of drought stress and foliar application on fruit dry weight.



شکل ۲. اثر برهمکنش تیمارهای مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید آمینه بر وزن تر کل.

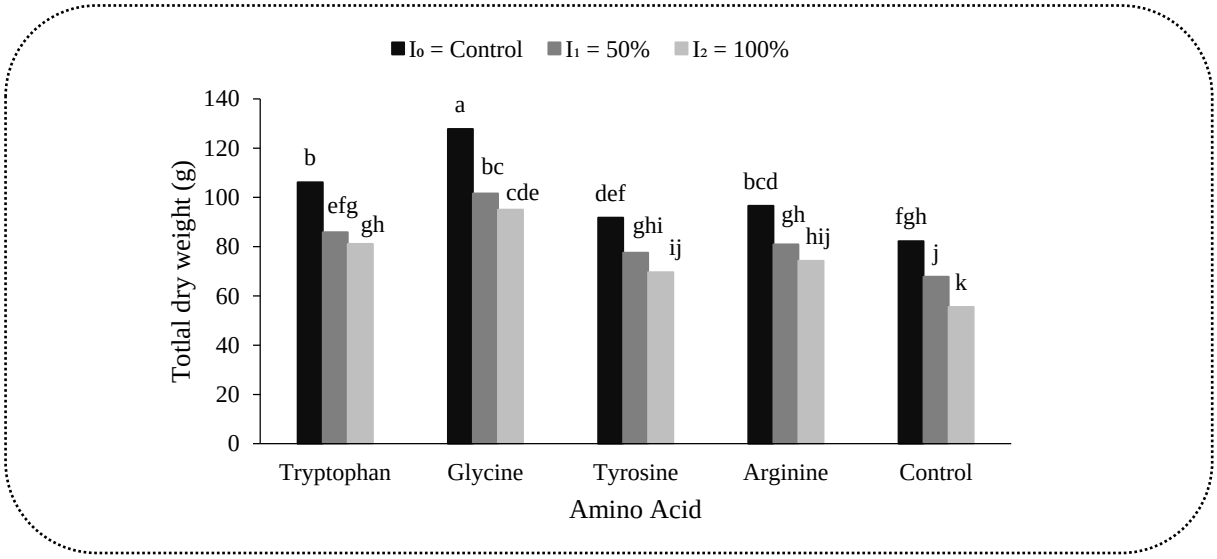
Fig 2. Interactive effects of drought stress and foliar application on total fresh weight.

وزن خشک کل

همان طور که در جدول سه مشاهده می‌شود وزن خشک کل به طوری معنی‌داری در سطح یک درصد تحت تاثیر اثرات اصلی تنش و محلول‌پاشی همچنین، اثرات متقابل این دو عامل قرار گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک با ۱۰۰/۸۹ گرم مربوط به گیاهان شاهد (I_0) است و با افزایش دور آبیاری، وزن خشک در تنش شدید ۲۵/۶۵ درصد کاهش یافته است (جدول ۴). همچنین، بیشترین وزن خشک در تیمار تیروزین به میزان ۱۰۰/۸۹ گرم و کمترین مقدار وزن خشک در تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) به مقدار ۷۵/۱۱ گرم حاصل شد (جدول ۴).

برهمکنش اثر تنش و محلول‌پاشی نیز در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که مصرف گلایسین در تمام سطوح کم آبیاری منجر به افزایش وزن خشک کل شد. بیشترین وزن خشک در ترکیب‌های تیماری آبیاری معمول (شاهد) و محلول‌پاشی گلایسین (۱۲۷/۸ گرم) و کمترین میزان آن در تنش شدید و عدم محلول‌پاشی (۵۵/۵ گرم) (شاهد) به دست آمد (شکل ۳).

تولید ماده خشک گیاه همبستگی نزدیکی با شاخص سطح برگ و فتوسنتز گیاه دارد و برای افزایش میزان ماده خشک باید فتوسنتز، با حفظ شاخص سطح برگ در همه طول دوره رشد بالا باشد. تنش خشکی سبب ایجاد تنش ثانویه (اکسیداتیو) در گیاه شده و موجب پیری و ریزش برگ‌ها می‌شود که این موضوع می‌تواند یکی از علل کاهش تولید ماده خشک باشد (Andalibi and Nouri, 2014). اسیدهای آمینه می‌توانند جذب کودها را تسهیل کنند و با افزایش جذب عناصر غذایی و رطوبت موجب افزایش تولید ماده خشک شوند (Kowalzy and Zielony, 2008). (Ghazal, 2015) در پژوهشی روی گیاه آویشن معنی‌دار بودن تیمار محلول‌پاشی اسیدهای آمینه معنی‌دار بر وزن خشک گیاه را گزارش کردند. بیشترین مقدار وزن خشک مربوط به تیمار محلول‌پاشی با ۲۶/۴۲ گرم در بوته و کمترین مقدار وزن خشک مربوط به تیمار شاهد با ۱۲/۵۵ گرم در بوته بود (Ghazal, 2015). در پژوهشی دیگر محلول‌پاشی برگ با اسیدهای آمینه موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک بوته گیاه چای ترش شد. به طوری که بیشترین وزن خشک از محلول‌پاشی اسید آمینه تریپتوفان با ۴۵۰ گرم در بوته بود که اختلاف ۳۲/۶ درصدی با تیمار شاهد داشت (Gendy and Nosir, 2016).



شکل ۳. اثر برهمکنش تیمارهای مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید آمینه بر وزن خشک کل.

Fig 3. Interactive effects of drought stress and foliar application on total dry weight

جدول ۳. تجزیه واریانس سطوح مختلف تنش و محلول پاشی بر صفات مورفوفیزیولوژیک عروسک پشت پرده

Table 3. Analysis of variance (Mean of squares) the effect of different drought stress levels and foliar application on morphophysiological characteristics of *Physalis alkekengi*

S.O.V	DF	Mean Squared									
		Height	Number of fruits	Fruit dry weight	Totlal fresh weight	Totlal dry weight	Chlorophyll index	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total Chlorophyll	Carotenoids
Rep	2	82.15	0.69	0.96	438.6	22.9	43.02	0.56	0.16	0.21	5
Drought	2	485.38**	63.62**	85.95**	55997**	2629**	6.78	67.21**	23.71**	168.8**	72.62**
Erorr a	4	65.08	4.39	1.29	258.64	6.27	15.42	4.68	0.84	7.64	2.64
Foliar app	4	181.69**	58.78**	103.69**	6949**	1949**	97.52**	13.17**	5.58**	34.37**	14.37**
D×F	8	13.10	5.23	4.46**	5825**	26.33**	3.69	8.59**	5.56**	25.97**	3.32**
Erorr b	24	14	5.71	1.29	129.61	6.41	48.21	1.07	0.18	0.72	0.41
CV		3.15	26.03	7.23	5.89	2.94	2.92	12.13	10.47	6.68	7.39

**, * Significant at the 1% and 5% probability levels, respectively.

سبزینگی

نتایج نشان داد که سبزینگی به‌طور معنی‌داری در سطح یک درصد فقط تحت تاثیر محلول‌پاشی قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میانگین سبزینگی با ۵۸/۲۹ متعلق به محلول پاشی تیروزین بود و کمترین میانگین با ۴۹/۴ مربوط شاهد (عدم محلول‌پاشی) بود (جدول ۴).

کلروفیل a

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود اثرات اصلی و متقابل تنش و محلول‌پاشی بر کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین صفات نشان داد که تیمار تنش متوسط (I_1) در گروه برتر آماری جای گرفت (جدول ۴). کمترین میزان کلروفیل a مربوط به تنش شدید ۶/۳۵ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) بود و بیشترین مقدار کلروفیل a از تنش متوسط به میزان ۱۰/۵۶ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) به‌دست آمد (جدول ۴). اثر محلول‌پاشی نیز موجب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد شد (جدول ۳). بیشترین میزان کلروفیل a در تیمار آرژنین به میزان ۱۰/۱۱ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و کمترین مقدار کلروفیل a مربوط به تیمار گلایسین با ۶/۷۱ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) حاصل شد (جدول ۴). همچنین، اثر متقابل آبیاری در محلول‌پاشی نیز به طور معنی‌داری در سطح یک درصد کلروفیل a را تحت تأثیر قرار داد (شکل ۴). به طوری که بیشترین مقدار کلروفیل a ۱۳/۲۵ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) از ترکیب تیماری آبیاری معمول (شاهد) و آرژنین و کمترین مقدار ۵/۰۳ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) آن از تنش شدید و گلایسین بدست آمد.

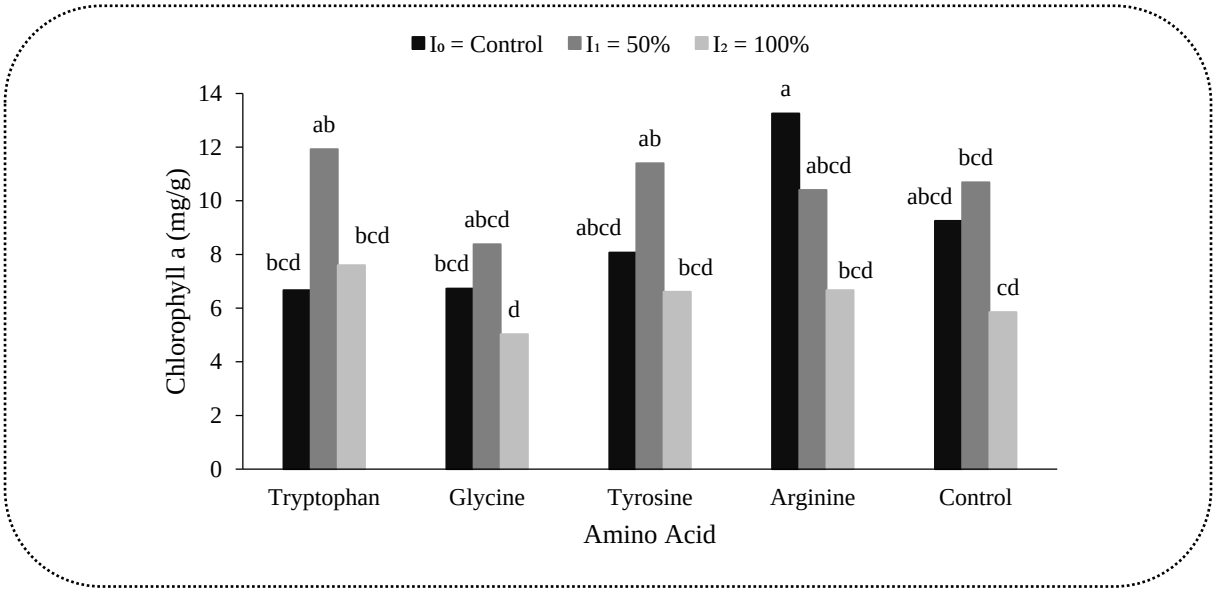
کاهش در کلروفیل تحت تنش خشکی اساسا به علت خسارت کلروفیل در نتیجه رادیکال‌های آزاد است (Mafakheri et al, 2010). کاهش غلظت کلروفیل در شرایط تنش شدید می‌تواند ناشی از اثر تخریب کلروفیل و درنتیجه تجزیه کلروفیل به‌وسیله گونه‌های فعال اکسیژن باشد (Pour mousa et al., 2010). اسیدهای آمینه ترکیب-های نیتروژن‌دار هستند که در ساخت پروتئین‌ها مشارکت دارند که در رشد سلول‌ها دخیل هستند. همچنین، آن‌ها در حفظ اسیدیته مطلوب سلول‌های گیاهی نقش اساسی ایفا می‌کنند، زیرا هم دارای گروه‌های اسیدی و هم گروه‌های قلیایی هستند (Gendy and Nosir, 2016). ضمنا اسیدهای آمینه، نقش تغذیه‌ای مهم و سریعی در برطرف کردن

نیازهای گیاهان ایفا می‌کنند به همین علت موجب افـزایش سـطح بـرگ، محتـوای کلروفیـل و رنگدانـه‌هـای گیـاهی می‌شوند و زمینه بهبود کمی و کیفی محصـولات گیـاهی را فراهم مـی‌آورنـد (Radkowski and Radkowska, 2018). (Shehata et al., 2011) در پژوهشـی روی کـرفس اثـر معنی‌دار محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر کلروفیل a، b، کـل و کاروتنوئید را گزارش کردند. بیشترین میـزان کلروفیـل a از تیمار محلول‌پاشی اسید آمینه با ۰/۵۹۴ میلی‌گرم بر گـرم وزن تر برگ و کمترین مقدار از شاهد با ۰/۴۴۵ میلـی‌گـرم بر گرم وزن تر برگ گزارش کردند.

جدول ۴. اثر اصلی سطوح مختلف تنش و محلول پاشی بر صفات مورفوفیزیولوژیک عروسک پشت پرده

Table 4. Comparison of main effects of different drought stress levels and foliar application on morphophysiological characteristics of *Physalis alkekengi*

Treatments	Height (cm)	Number of fruits	Fruit dry weight (g)	Totlal fresh weight (g)	Totlal dry weight (g)	Chlorophyll index	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total Chlorophyll	Carotenoids
drought stress										
control(I_0)	125.67^{a}	11.4^{a}	18.34^{a}	246.95^{a}	100.89^{a}	54.64^{a}	8.79^{b}	4.52^{b}	13.31^{b}	10.09^{a}
(I_1)	118.07^{b}	8.80^{b}	15.13^{b}	206.39^{b}	82.75^{b}	53.33^{b}	10.56^{a}	5.10^{a}	15.65^{a}	9.82^{a}
(I_2)	113.80^{c}	7.33^{b}	13.66^{c}	126.84^{c}	75.11^{c}	53.71^{ab}	6.35^{c}	2.69^{c}	9.04^{c}	6.15^{b}
LSD	2.82	1.81	0.86	8.58	1.91	1.19	0.78	0.32	0.64	0.48
foliar application										
(A_0)	111.44^{c}	5^{d}	12.83^{c}	166.25^{c}	68.50^{e}	49.40^{d}	8.60^{b}	3.66^{c}	12.25^{c}	7.74^{bc}
(A_1)	123.11^{a}	9.11^{bc}	13.60^{c}	200.53^{b}	91.03^{b}	52.89^{c}	8.73^{b}	4.62^{b}	13.35^{b}	10.03^{a}
(A_2)	119^{ab}	10.44^{ab}	17.21^{b}	205.63^{b}	108.14^{a}	58.29^{a}	6.71^{c}	3.09^{d}	9.80^{d}	7.33^{c}
(A_3)	119.89^{ab}	7.67^{cd}	13.91^{c}	156.53^{c}	79.64^{d}	53.40^{c}	8.70^{b}	4.05^{c}	12.75^{bc}	8.34^{b}
(A_4)	121.44^{ab}	12.67^{a}	20.99^{a}	238.04^{a}	83.92^{d}	55.50^{b}	10.11^{a}	5.09^{a}	15.20^{a}	10^{a}
LSD	3.64	2.32	1.13	11.08	2.46	1.53	1	0.42	0.82	0.63



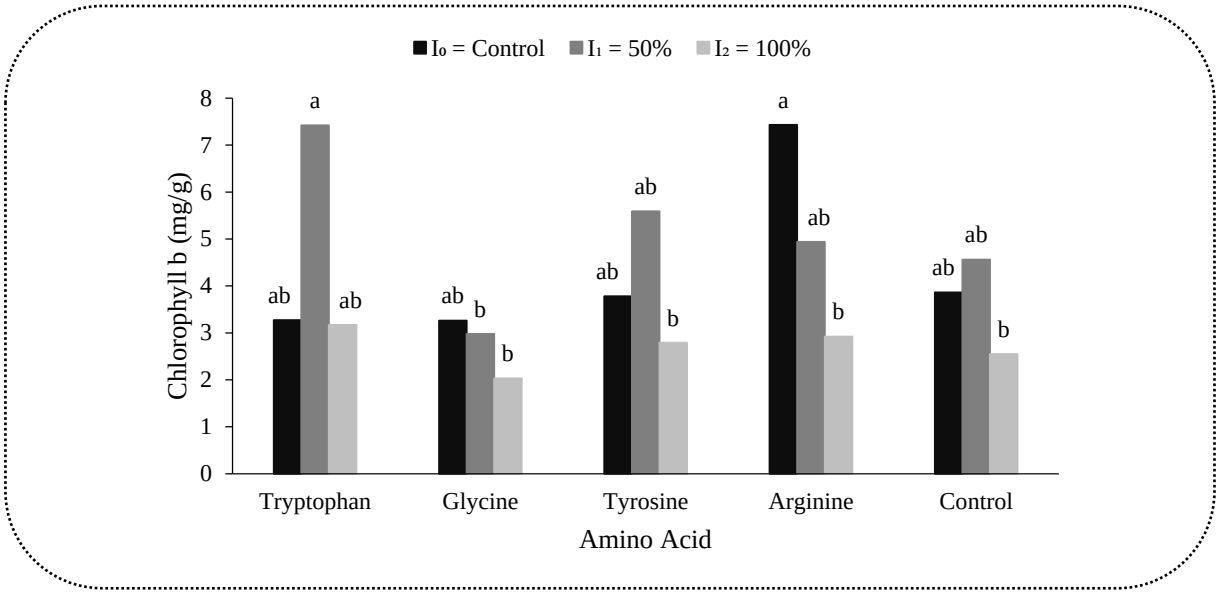
شکل ۴. اثر برهمکنش تیمارهای مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید آمینه بر کلروفیل a

Fig 4. Interactive effects of drought stress and foliar application on Chlorophyll a

کلروفیل b

مقدار کلروفیل b تحت تاثیر هر دو فاکتور اصلی آزمایش و برهمکنش آن‌ها در سطح یک درصد واقع شد (جدول ۳). بیشترین مقدار کلروفیل b از تنش متوسط و کمترین میزان آن از تیمار تنش شدید حاصل شد. همچنین در تیمار محلول‌پاشی بیشترین مقدار کلروفیل b مربوط به تیمار آرژنین به میزان ۵/۰۹ و کمترین مربوط به تیمار گلایسین با ۳/۰۹ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) بود (جدول ۴). ضمنا در اثر برهمکنش تنش و محلول‌پاشی بیشترین میزان کلروفیل b ۷/۴۳ (میلی‌گرم بر گرم) از ترکیب تیماری آبیاری معمول (شاهد) و محلول‌پاشی آرژنین و کمترین مقدار آن با ۲/۰۳ (میلی‌گرم بر گرم) در تنش شدید و گلایسین به دست آمد. (شکل ۵).

(Efeoğlu et al., 2009) گزارش کردند که کلروفیل a، b و مجموع کلروفیل در تمام ارقام ذرت به طور معنی‌داری تحت شرایط تنش خشکی کاهش یافت.



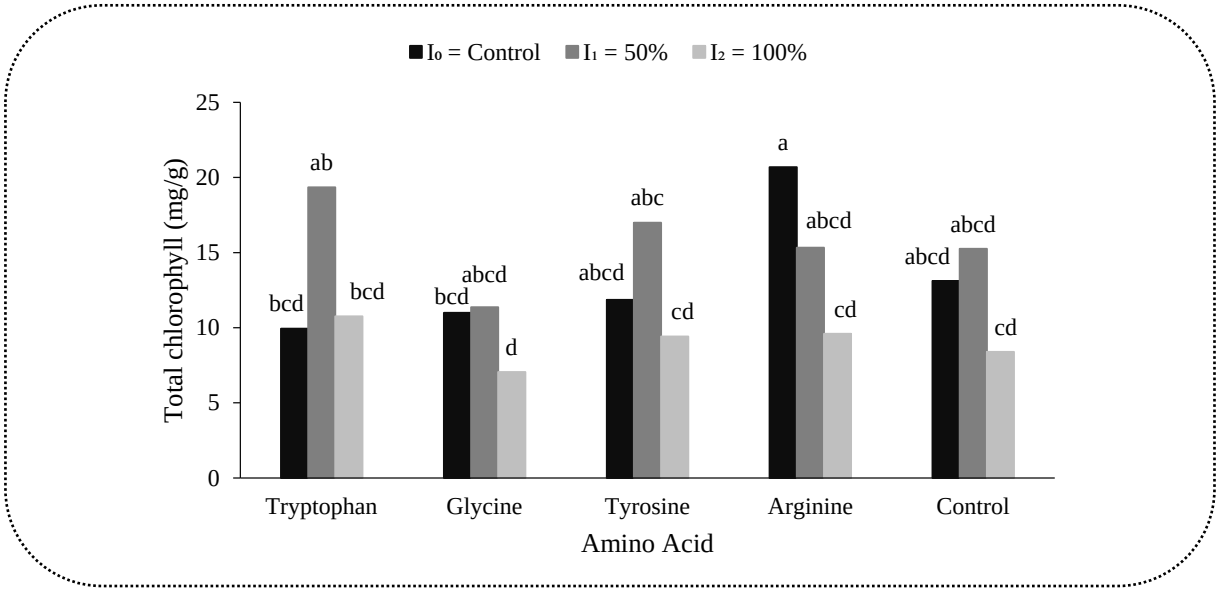
شکل ۵. اثر برهمکنش تیمارهای مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید آمینه بر کلروفیل b.
Fig 5. Interactive effects of drought stress and foliar application on Chlorophyll b.

کلروفیل کل

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود مقدار کلروفیل کل به طور معنی‌داری در سطح یک درصد تحت تاثیر اثرات اصلی تنش و محلول‌پاشی همچنین، اثرات متقابل این دو عامل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل کل از تیمار تنش متوسط (I_1) و کمترین مقدار آن از تیمار تنش شدید (I_2) به‌دست آمد. همچنین در تیمار محلول‌پاشی بیشترین مقدار کلروفیل کل از آرژنین (۱۵/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و کمترین مقدار از تیمار گلایسین (۹/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) حاصل شد. همچنین در بررسی اثر متقابل بیشترین مقدار کلروفیل کل از ترکیب‌های تیماری آبیاری معمول (شاهد) و محلول‌پاشی آرژنین و کمترین میزان آن در تنش شدید و محلول‌پاشی گلایسین به دست آمد. (شکل ۶).

در تنش‌های طولانی مدت، کمبود آب بافت‌ها منجر به افزایش فرایند اکسیداتیو شده که باعث زوال ساختار کلروپلاست و کاهش کلروفیل و در نهایت کاهش فعایت فتوسنتز می‌شود. (El-Tohamy et al., 2013) تاثیر

محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف محرک‌های زیستی را بر گیاه لوبیا تحت شرایط تنش خشکی بررسی کردند. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی موجب بهبود محتوای آب نسبی و میزان کلروفیل برگ‌ها و کاهش اثرات منفی تنش بر محتوای رنگیزه‌ای لوبیا شد. کاهش میزان کلروفیل کل احتمالا به علت اثر تنش بر پیش‌سازهای تولید کلروفیل یا تخریب کلروفیل می‌باشد. ال-آرژنین از اسیدهای آمینه اساسی در ساخت کلروفیل و رنگیزه‌های گیاهی است. Abaspour Esfaden و همکاران (۲۰۱۹) اثر تنش خشکی و اثر محلول‌پاشی ال-آرژنین بر گیاه پریوش را معنی‌دار گزارش کردند. بیشترین میزان کلروفیل کل ۱/۱۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ از محلول‌پاشی ال-آرژنین و کمترین مقدار از تیمار شاهد با ۰/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ گزارش شد. همچنین، تنش خشکی شدید (۴۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) کاهش ۴۰ درصدی در میزان کلروفیل کل را موجب شد (Abaspour Esfaden et al., 2019).



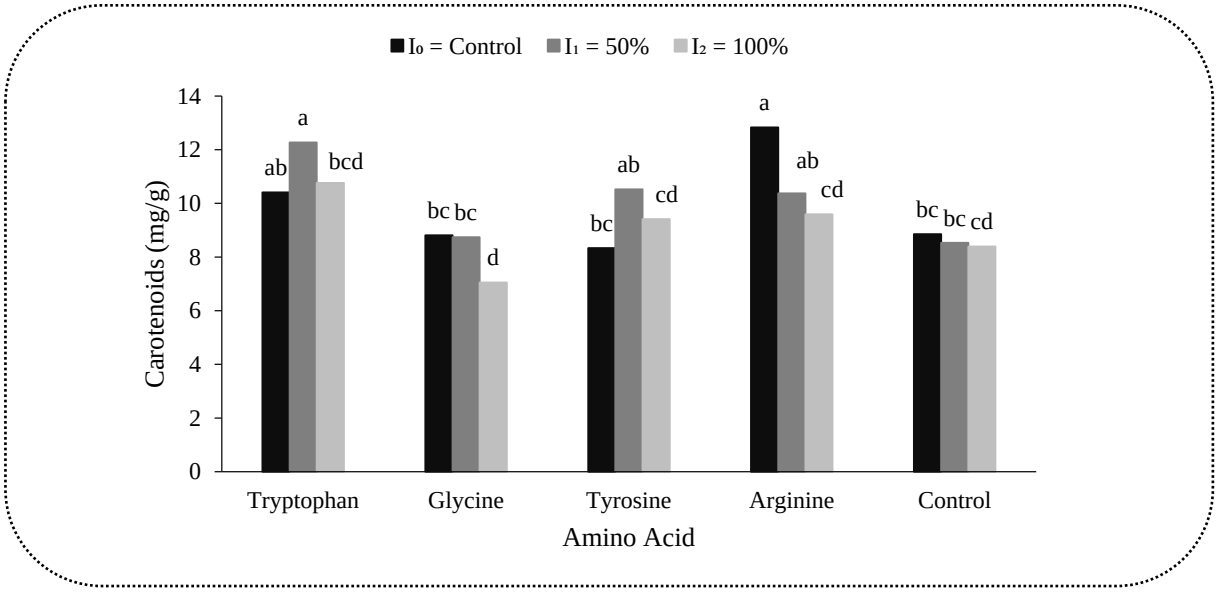
شکل ۶. اثر برهمکنش تیمارهای مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید آمینه بر کلروفیل کل
Fig 6. Interactive effects of drought stress and foliar application on total chlorophyll

کاروتنوئید

تجزیه واریانس داده‌های مربوطه نشان داد که مقدار کاروتنوئید بطور معنی‌داری در سطح یک درصد تحت تاثیر تمام اثرات اصلی و متقابل قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات نشان داد که، بیشترین میزان کاروتنوئید برابر با ۱۰/۰۹ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) بود که از تیمار شاهد (I_0) بدست آمد و کمترین مقدار این صفت مربوط به تیمار تنش متوسط (I_1) (۶/۱۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) بود. همچنین نتایج نشان داد که از محلول‌پاشی گلایسین (۱۰/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) بیشترین مقدار کاروتنوئید و از تیروزین کمترین میزان کاروتنوئید (۷/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) حاصل شد (جدول ۴). اثر متقابل آبیاری در محلول‌پاشی نیز به طور معنی‌داری در سطح یک درصد کاروتنوئید را تحت تأثیر قرار داد (شکل ۷). به طوری که بیشترین مقدار این صفت (۱۲/۸۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) از ترکیب تیماری آبیاری معمول (شاهد) و آرژنین و کمترین مقدار آن (۴/۴۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) از تنش شدید و محلول‌پاشی گلایسین بدست آمد.

اسیدهای آمینه در گیاهان با ممانعت از ساخت

آنزیم‌های ضروری برای تولید اتیلن در کمک به ساخت رنگیزه‌های گیاهی نقش اساسی ایفا می‌کنند. همچنین، علت جلوگیری از تخریب رنگیزه‌های گیاهی توسط اسیدهای آمینه ممکن است به دلیل مهار فعالیت آنزیم پراکسیداز باشد که اثر خود را از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک، بر غشای تیلاکوئید کلروپلاست می‌گذارند و از تخریب رنگیزه‌های گیاهی به وسیله گونه‌های فعال اکسیژن ممانعت می‌کنند (Nahed et al., 2009). (Miri et al., 2015) تاثیر محرک‌های زیستی را بر گیاه آویشن بررسی کردند نتایج نشان داد که کاربرد این محرک‌ها موجب افزایش وزن تر و خشک بوته، عملکرد اسانس، میزان کلروفیل a و کاروتنوئید شد.



شکل ۷. اثر برهمکنش تیمارهای مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید آمینه بر کاروتنوئید
Fig 7. Interactive effects of drought stress and foliar application on Carotenoids

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته، تعداد میوه، وزن خشک میوه، وزن تر کل، وزن خشک کل، کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید از تیمار شاهد (عدم تنش) و بیشترین ارتفاع بوته و کاروتنوئید از تیمار محلول‌پاشی اسید آمینه گلایسین؛ بیشترین تعداد میوه، بیشترین وزن خشک میوه، وزن تر کل، بیشترین کلروفیل a، b و کل از تیمار آرژنین و همچنین، بیشترین وزن خشک کل و سبزینگی از تیمار تیروزین حاصل شد. در مجموع نتایج حاصل از این آزمایش بیانگر بهبود شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه عروسک پشت پرده تحت تاثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در شرایط تنش خشکی بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با کاربرد اسیدهای آمینه می‌توان اثرات منفی تنش خشکی را در گیاه دارویی عروسک پشت پرده کاهش داد و در راستای مقابله با تنش گامی موثر برداشت.

سپاسگزاری

از دانشگاه صنعتی شاهرود و پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی که در تامین امکانات و راهنمایی‌های لازم در انجام این پژوهش همکاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Abaspour Esfaden, M., Kallaterjari, S., and F. Fatehi. 2019. The Effect of Salicylic Acid and L-arginine on Morpho-physiological Properties and Leaf Nutrients of *Catharanthus roseus* under Drought Stress. Journal of horticulture science. 33(3): 417-432. (in Persian)

Abou Dahab, T.A.M., and G. Abdel Aziz Nahed. 2006. Physiological Effect of Diphenylamin and Tryptophan on the Growth and Chemical Constituents of Philodendron erubescens Plants. World Journal Agricultural Sciences. 2: 75 - 81.

Andalibi, B., and F. Nouri. 2014. Effect of cycocel on photosynthetic activity and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under drought stress. Iranian Journal of Plant Biology. 22: 91-104. (in Persian)

Azizinia, Sh., Ghanadha, M.R., Zali, A.A., Yazdi Samadi, B. and A. Ahmadi. 2005. Evaluation and assess of quantitative traits related to drought tolerance in wheat. Iran Journal of Agricultural Sciences. 36: 281-292. (In Persian).

Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive. Australian Journal of Agricultural Research. 56: 1159-1168.

Calvo, P., Nelson, L., and J. W. Kloepper. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant Soil. 383: 3–41.

Dai, A. 2011. Drought under global warming. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change. 2: 45-65.

Efeoğlu, B., Ekmekçi, Y., and N. Çiçek. 2009. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. South African Journal of Botany. 75: 34–42.

El-Tohamy, W.A., El-Abagy, H.M., Badr, M.A., and N. Gruda. 2013. Drought tolerance and water status of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by citric acid application. Journal of Applied Botany and Food Quality. 86: 212 – 216.

FAO. 2015. FAO Statistical Pocketbook. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 29-41.

Ghazal, G. M. 2015. Growth and oil yield of *Thymus vulgaris* plant as influenced by some amino acids and ascorbic acid. World Journal of Pharmaceutical Sciences 3: 2321-3086.

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

Gubis, J., Vankova, R., Cervena, V., Dragunova, M., Hudcovicova, M., Lichtnerova, H., Dokupil, T., and Z. Jurekova. 2007. Transformed tobacco plants with increased tolerance to drought. South African Journal of Botany. 73. 505- 511.

Heffernan, O. 2013. The dry facts. Nature. 501(7468): S2-S3.

Heidari, M., Goleg, M., Ghorbani, H., and M. Baradarn Firozabadi. 2016. Effect of drought stress and foliar application of iron oxide nanoparticles on grain yield, ion content and photosynthetic pigments in sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crop Science. 46(4): 619-628. (in Persian)

Koukounaras, A., Tsouvaltzis, P., andd A. Siomos. 2013. Effect of root and foliar application of amino acids on the growth and yield of greenhouse tomato in different fertilization levels. Journal of Food, Agriculture and Environment. 11: 644-648.

Liang, Z., Ma, Y., Xu, T., Cui, B., Liu, Y., Guo, Z., and D. Yang. 2013. Effects of Abscisic Acid, Gibberellin, Ethylene and Their Interactions on Production of Phenolic Acids in Salvia miltiorrhiza Bunge Hairy Roots. PLoS One. 8(9): 1- 9.

Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids; pigments of photosynthetic membranes. Methode Enzaym. 148: 350-382.

Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C., and E. Sohrabi. 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. Australian Journal of Crop Science. 4(8): 580-585.

Manivannan, P., Abdul Jaleel, C., Sankar, B., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., Lakshmanan, G.M.A., and R. Panneerselvam. 2007. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in (*Helianthus annuus* L.) as induced by drought stress. Colloids and Surfaces. 59: 141-149.

Miri, S.M., Ahmadi, S., and P. Moradi. 2015. Influence of Salicylic Acid and Citric Acid on the Growth, Biochemical Characteristics and Essential Oil Content of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Medicinal Plants and By-products. 2: 141-146.

Nahed, G., Abdel Aziz, A., Taha Lobna, S., and MM., Ibrahim Soad. 2009. Some Studies on the Effect of Putrescine, Ascorbic Acid and Thiamine on Growth, Flowering and Some Chemical Constituents of Gladiolus Plants at Nubaria. Ozean Journal Applied Science. 2 (2): 169-179.

Nahed, G., Abdel Aziz, A., Mazher, A.M., and M.M. Farahat. 2010. Response of vegetative growth and chemical constituents of *Thuja orientalis* L. plant to foliar application of different amino acids at Nubaria. Journal American Science. 6 (3): 295 - 301.

Nazarli, H., Zardashti, M.R., Darvishzadeh, R., and M. Mohammadi. 2011. Change in activity of antioxidative enzymes in young leaves of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by application of super absorbent synthetic polymers under drought stress condition. Australian Journal of crop Science. 5(11): 1334-1338.

Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V.P., and S.M. Prasad. 2015. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. Environmental Science and Pollution Research. 22(6): 4056-4075.

Radkowski, A. and I. Radkowska. 2018 Influence of foliar fertilization with amino acid preparations on morphological traits and seed yield of timothy. Plant, Soil and Environment. 64: 209-213.

Rasool, S., Hameed, A., Azooz, M.M., Siddiqi, T.O., and P. Ahmad. 2013. Salt stress: causes, types and responses of plants. In *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*. 1-24. Springer New York Press.

Sanikhani, M., Akbari, A., and A. Kheiry. 2020. Effect of phenylalanine and tryptophan on morphological and physiological characteristics in colocynth (*Citrullus colocynthis* L.). Journal of Plant Process and Function. 9(35): 317-328. (in Persian)

Shehata, SM., Abdel Azem, HS., Abou El-Yazied, A., and A.M. El-Gizawy. 2011. Effect of Foliar Spraying with Amino Acids and Seaweed Extract on Growth Chemical Constitutes, Yield and its Quality of Celeriac Plant. European Journal Scientific Research. 58(2): 257 - 65.

Stijn, S., Jos, V., and R. Roseline. 2007. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. Fems Microbiology Reviews. 31(4): 425-448.

Taiz, L., and E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology and Development*. Sinauer Associate, Inc. USA.

Wahba, H., Motawe, H., and A. Ibrahim. 2015. Growth and chemical composition of *Urtica pilulifera* L. plant as influenced by foliar application of some amino acids. Journal of Materials and Environmental Science. 6(2): 499-506.

Wu, Q.S., and Y.N. Zou. 2009. Mycorrhizal influence on nutrient uptake of citrus exposed to drought stress. Philippin Agriculture Scientist. 92: 33-38.

Yordanov, V., and T. Tsoev. 2000. Plant responses to drought, acclimation and stress tolerance. Journal of Photosynthica. 38: 171-186.

Youssef, AA., El–Mergawi, R.A., and M.SA. Abd El–Wahed. 2004. Effect of putrescine and phenylalanine on growth and alkaloid production of some Datura species. Journal Agriculture Scince. 29: 3053-4037.

Zare Abyaneh, H., Moghaddamnia, A., Bayat Varkeshi, M., Gasemi, A., and M. Shadmani. 2011. Spatial Variability of Pan Evaporation in Iran and its Estimation Using Several Empirical Models. Water and Soil Science Journal. 20(4): 113-129. (in Persian)