

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

رساله دکتری زراعت

بررسی واکنش اکوفیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه
دارویی عروسک پشت پرده (*Physalis alkekengi* L.)
به کاربرد محرک‌های زیستی تحت شرایط کم آبیاری

نگارنده

سیروس صارمی

اساتید راهنما

دکتر منوچهر قلی‌پور

دکتر حمید عباسدخت

اساتید مشاور

دکتر حسنعلی نقدی بادی

دکتر علی مهرآفرین

دکتر حمیدرضا اصغری

شهریور ۱۴۰۰

در این صفحه صورت جلسه دفاع را قرار دهید. لازم است پس از صحافی این صفحه مجدداً توسط دانشکده مهر گردد و استاد راهنما با امضای خود اصلاحات پایان نامه را تایید کند.

تقدیم اثر

به روح پرفتوح **پدر شهیدم** (پاسدار شهید شیر محمد صامی) که بانثار جان خود درس

مقاومت و ایثار به من آموخت

و مادر مهربانم که با تلاش بی وقفه، راه پیشرفت را برای من، هموار نمود

و، همسر عزیزم که، همواره در این مسیر سخت همراه و یاور من بود

و دختران نازنینم که بودند نشان باعث دلگرمی و انگیزه من بود

هر آنکه خلق را پاس نکرد بی شک خدای یگانه را سگربه جای نیاورده است

پاس خدای را که سخوران، در ستودن او بماند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزارش ندهند. و سلام و دورد بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان و مدار وجودشان است؛ و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز... بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، بازبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، پاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تأمین می کند و سلامت امانت دانی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یسکر المنعم من المخلوقین لم یسکر الله عز و جلّ:

از مادر مهربان و، همسر عزیزم، این دو همراه دلسوز و بزرگوایم که، همواره بر کوتاهی و درستی من، قلم عفو کشیده و گریانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاور بی چشم داشت برای من بوده اند؛ از اساتید باکالات و مهربان؛ جناب آقایان دکتر منوچهر قلی پور و دکتر حمید عباسدخت که برادرانه و در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ گلی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمات راهنمایی این پایان نامه را بر عهده گرفتند؛ از اساتید صبور و متین، جناب آقایان دکتر حسینی تقدی بادی، دکتر علی مهر آفرین، دکتر حمید رضا اصغری، که زحمات مشاوره این پایان نامه را در حالی مستقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید؛ و از دوستان و هم کلاسی های گرامی دکتر علیرضا کیلانی، دکتر علیرضا رئیسی زاده، دکتر محمد ایلانلو فر، مهندس شیداله کاظمی، دکتر یوسف محمدی، دکتر زهرا تقی زاده، دکتر زهرا انوری، دکتر مسافر نعتی آلاشتی که در این مسیر همراه و هم قدم بنده حقیر بودند؛ همچنین اساتید دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود که افتخار شاگردی ایشان را داشتم، جناب آقای دکتر احمد غلامی، جناب آقای دکتر مهدی برادران، جناب آقای دکتر حسن کلاریان، جناب آقای دکتر مصطفی حیدری و کارشناسان زحمت کش و خدوم دانشکده کشاورزی، موسی الرضا عرب اسدی و مهدی بیاری کمال تشکر و قدردانی را دارم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را پاس گوید.

اینجانب **سیروس صارمی** دانشجوی دوره دکتری رشته **اگرواکولوژی** دانشکده زراعت دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی واکنش اکوفیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی **عروسک پشت پرده** (*Physalis alkekengi* L.) به کاربرد محرک های زیستی تحت شرایط کم آبیاری تحت راهنمایی **دکتر منوچهر قلی پور** و **دکتر حمید عباسدخت** متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود . استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

به منظور بررسی واکنش اکوفیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی عروسک پشت پرده به کاربرد محرک‌های زیستی تحت شرایط کم آبیاری، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و دو مکان (کرج و شهریار) انجام شد. فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از تنش کم آبیاری به عنوان فاکتور اصلی در سه سطح {آبیاری کامل (شاهد)، آبیاری به میزان ۷۵٪ (تنش متوسط) و ۵۰٪ (تنش شدید)} و فاکتور فرعی در پنج سطح محلول پاشی اسیدهای آمینه {شاهد، تریپتوفان، گلیسین، تیروزین و آرژنین (یک میلی گرم در لیتر)}. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در برخی موارد اثر تعدادی از فاکتورها، و در موارد دیگر اثر کلیه فاکتورها بر صفات مورد سنجش معنی دار شد. اسیدهای آمینه تیروزین و آرژنین توانستند در شرایط تنش شدید منطقه شهریار، فعالیت آنزیم پراکسیداز را نسبت به شاهد تشدید نمایند؛ این حالت در خصوص پرولین صادق نبود. در شرایط تنش شدید خشکی کرج، تأثیر محلول پاشی بر پرولین نسبت به عدم محلول پاشی افزایشی بود. در شرایط تنش شدید، میزان بتاکاروتن بالاتر از شرایط فاقد تنش بدست آمد. در شرایط آبیاری ۵۰ درصدی شهریار، سه اسید آمینه گلیسین، تیروزین و آرژنین میزان لیکوپن را به سطحی بالاتر از شاهد (عدم محلول پاشی) ارتقاء دادند. در شرایط کرج این حالت دیده نشد که نشانگر آن است که اثر این اسیدهای آمینه تحت الشعاع شرایط اقلیمی و اداکیکی قرار می گیرد. تأثیر افزایشی تیروزین بر وزن خشک کل تنها در شرایط آبیاری ۵۰٪ معنی دار شد؛ مابقی اسیدهای آمینه اثرشان در کلیه سطوح آبیاری مثبت بود. اسید آمینه تریپتوفان توانست در شرایط واجد و فاقد تنش، عملکرد اقتصادی گیاه را به سطحی بالاتر از شاهد ارتقاء دهد؛ بر همین اساس، استفاده از این اسید آمینه می تواند قابل توصیه باشد.

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

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گیاه عروسک پشت پرده به محرک‌های زیستی در شرایط تنش خشکی (چهارمین همایش بین المللی توسعه کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری در ایران، دانشگاه هنر اسلامی تبریز با همکاری دانشگاه‌های شیراز و یاسوج).

۲- بررسی محتوی رنگیزه‌های گیاه عروسک پشت پرده به محرک‌های زیستی در شرایط تنش خشکی (چهارمین همایش بین المللی توسعه کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری در ایران، دانشگاه هنر اسلامی تبریز با همکاری دانشگاه‌های شیراز و یاسوج).

۳- پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه عروسک پشت پرده به محلول‌پاشی اسیدهای آمینه تحت شرایط تنش خشکی (نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی).

۴- مطالعه تاثیر محلول‌پاشی انواع اسیدهای آمینه بر پاسخ‌های بیوشیمیایی گیاه دارویی عروسک پشت پرده (*Physalis alkekengi* L.) (نشریه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی).

فهرست مطالب

ل	فهرست جداول
م	فهرست اشکال
۱	فصل ۱: مقدمه و کلیات
۲	۱-۱ مقدمه
۴	۲-۱ اهمیت گیاهان دارویی
۵	۱-۲-۱ عروسک پشت پرده
۶	۳-۱ اهداف تحقیق
۷	فصل ۲: بررسی منابع
۸	۱-۲ خشکی
۸	۲-۱-۱ تعریف خشکی
۹	۲-۱-۲ اثرات خشکی در گیاه
۱۳	۲-۱-۳ روش‌های مقابله با خشکی در گیاهان
۱۴	۲-۲ کشاورزی پایدار
۱۵	۳-۲ محلول پاشی
۱۵	۴-۲ محرک‌های زیستی
۱۶	۲-۴-۱ اسیدهای آمینه
۲۲	۵-۲ بررسی مطالعات پیشین
۳۱	فصل ۳: مواد و روش‌ها
۳۲	۱-۳ زمان و محل آزمایش

۳-۲	موقعیت جغرافیایی شهرستان شهریار و کرج	۳۲
۳-۳	شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش	۳۲
۳-۴	مشخصات خاک محل اجرای آزمایش	۳۳
۳-۵	مشخصات طرح آزمایشی	۳۳
۳-۶	مشخصات کرت‌های آزمایش	۳۴
۳-۷	عملیات‌های اجرایی در مزرعه	۳۴
۳-۸	روش‌های اندازه‌گیری صفات	۳۵
۳-۸-۱	میزان کلروفیل و کاروتنوئید	۳۵
۳-۸-۲	آنتوسیانین برگ	۳۶
۳-۸-۳	سنجش میزان پرولین	۳۶
۳-۸-۴	سنجش میزان فنل میوه	۳۷
۳-۸-۵	سنجش میزان بتاکاروتن	۳۷
۳-۸-۶	سنجش میزان لیکوپن	۳۸
۳-۸-۷	سنجش میزان اسید آسکوربیک	۳۹
۳-۸-۸	سنجش میزان آلکالوئید	۳۹
۳-۹	تجزیه و تحلیل داده‌ها و نرم افزارهای مورد استفاده	۴۰

فصل ۴: نتایج و بحث

۴-۱	شاخص‌های مورفولوژیکی	۴۱
۴-۱-۱	ارتفاع	۴۲
۴-۱-۲	تعداد شاخه فرعی	۴۵
۴-۱-۳	تعداد میوه	۴۸
۴-۱-۴	ارتفاع میوه	۵۰

۵۱.....	۴-۱-۵ قطر میوه
۵۳.....	۴-۱-۶ عملکرد زیستی
۵۶.....	۴-۱-۷ عملکرد اقتصادی
۵۸.....	۴-۱-۸ وزن خشک ساقه
۶۰.....	۴-۱-۹ وزن خشک برگ
۶۳.....	۴-۱-۱۰ وزن خشک میوه
۶۵.....	۴-۱-۱۱ وزن خشک کل
۶۷.....	۴-۱-۱۲ محتوای نسبی آب برگ
۶۹.....	۴-۱-۱۳ سبزینگی (SPAD).....
۷۱.....	۴-۲-۱ شاخص‌های فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی
۷۱.....	۴-۲-۱ آنزیم پراکسیداز
۷۴.....	۴-۲-۲ آنزیم کاتالاز
۷۵.....	۴-۲-۳ آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز
۷۶.....	۴-۲-۴ پرولین
۷۸.....	۴-۲-۵ کلروفیل a.....
۸۲.....	۴-۲-۶ کلروفیل b.....
۸۳.....	۴-۲-۷ کلروفیل کل
۸۴.....	۴-۲-۸ کاروتنوئید
۸۵.....	۴-۲-۹ آنتوسیانین
۸۶.....	۴-۲-۱۰ بتاکاروتن
۸۹.....	۴-۲-۱۱ لیکوپن
۹۰.....	۴-۲-۱۲ فنل

۹۱..... ۱۳-۲-۴ فلاونوئید

۹۳..... ۱۴-۲-۴ اسید آسکوربیک

۹۴..... ۱۵-۲-۴ آلکالوئید

۹۵..... ۳-۴ نتیجه گیری

۹۶..... ۴-۴ پیشنهادات

۹۷

مراجع

فهرست جداول

جدول ۱-۳. موقعیت جغرافیایی مناطق انجام آزمایش	۳۲
جدول ۲-۳. موقعیت آب و هوایی مناطق انجام آزمایش	۳۲
جدول ۳-۳. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک محل انجام آزمایش	۳۳
جدول ۴-۳. نقشه اجرای طرح آزمایشی	۳۳
جدول ۱-۴. نتایج تجزیه صفات مورفولوژیکی گیاه عروسک پشت پرده تحت تاثیر مکان، آبیاری و	
محلول پاشی اسیدهای آمینه	۴۲
جدول ۲-۴. نتایج تجزیه صفات عملکردی گیاه عروسک پشت پرده تحت تاثیر مکان، آبیاری و محلول-	
پاشی اسیدهای آمینه	۵۳
جدول ۳-۴. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان $\times$ آبیاری $\times$ محلول پاشی بر وزن خشک برگ و	
محتوای نسبی آب برگ	۶۱
جدول ۴-۴. نتایج تجزیه صفات فیزیولوژیکی گیاه عروسک پشت پرده تحت تاثیر مکان، آبیاری و محلول-	
پاشی اسیدهای آمینه	۶۵
جدول ۵-۴. نتایج تجزیه صفات فیزیولوژیکی گیاه عروسک پشت پرده تحت تاثیر مکان، آبیاری و محلول-	
پاشی اسیدهای آمینه	۷۲
جدول ۶-۴. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان $\times$ آبیاری $\times$ محلول پاشی بر صفات فیزیولوژیک	۷۳
جدول ۷-۴. نتایج تجزیه رنگی‌های گیاه عروسک پشت پرده تحت تاثیر مکان، آبیاری و محلول پاشی	
اسیدهای آمینه	۷۹
جدول ۸-۴. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان $\times$ آبیاری $\times$ محلول پاشی بر رنگی‌های گیاه عروسک	
پشت پرده	۸۱
جدول ۹-۴. نتایج تجزیه فیتوشیمیایی گیاه عروسک پشت پرده تحت تاثیر مکان، آبیاری و محلول پاشی	
اسیدهای آمینه	۸۷
جدول ۱۰-۴. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان $\times$ آبیاری $\times$ محلول پاشی بر ترکیبات فیتوشیمیایی	
گیاه	۸۸

فهرست اشکال

- شکل ۴-۱ اثر آبیاری بر ارتفاع بوته ۴۳
- شکل ۴-۲ اثر برهمکنش مکان و محلول پاشی اسیدهای آمینه بر ارتفاع بوته ۴۵
- شکل ۴-۳ اثر برهمکنش مکان و آبیاری بر تعداد شاخه فرعی ۴۶
- شکل ۴-۴ اثر برهمکنش مکان و محلول پاشی اسیدهای آمینه بر تعداد شاخه فرعی ۴۷
- شکل ۴-۵ اثر برهمکنش مکان و آبیاری بر تعداد میوه ۴۸
- شکل ۴-۶ اثر برهمکنش مکان و محلول پاشی اسیدهای آمینه بر تعداد میوه ۵۰
- شکل ۴-۷ اثر برهمکنش آبیاری و محلول پاشی اسیدهای آمینه بر ارتفاع میوه ۵۱
- شکل ۴-۸ اثر آبیاری بر قطر میوه ۵۲
- شکل ۴-۹ اثر محلول پاشی اسیدهای آمینه بر قطر میوه ۵۳
- شکل ۴-۱۰ اثر مکان بر عملکرد زیستی ۵۴
- شکل ۴-۱۱ اثر برهمکنش آبیاری $\times$ محلول پاشی اسیدهای آمینه بر عملکرد زیستی ۵۵
- شکل ۴-۱۲ اثر مکان بر عملکرد اقتصادی ۵۶
- شکل ۴-۱۳ اثر برهمکنش آبیاری $\times$ محلول پاشی اسیدهای آمینه بر عملکرد اقتصادی ۵۸
- شکل ۴-۱۴ اثر مکان بر وزن خشک ساقه ۵۹
- شکل ۴-۱۵ اثر برهمکنش آبیاری $\times$ محلول پاشی اسیدهای آمینه بر وزن خشک ساقه ۶۰
- شکل ۴-۱۶ اثر آبیاری بر وزن خشک میوه ۶۳
- شکل ۴-۱۷ اثر محلول پاشی اسیدهای آمینه بر وزن خشک میوه ۶۴
- شکل ۴-۱۸ اثر مکان بر وزن خشک بوته ۶۵
- شکل ۴-۱۹ اثر آبیاری $\times$ محلول پاشی اسیدهای آمینه بر وزن خشک بوته ۶۷
- شکل ۴-۲۰ اثر مکان $\times$ آبیاری بر سبزی‌نگی ۶۹
- شکل ۴-۲۱ اثر مکان $\times$ محلول پاشی اسیدهای آمینه بر سبزی‌نگی ۷۱
- شکل ۴-۲۲ اثر محلول پاشی اسیدهای آمینه بر آلکالوئید ۹۵

فصل ۱: مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

بزرگ‌ترین چالش پیش روی کشاورزی در دهه‌های اخیر و سال‌های آینده، افزایش تولید غذا با آب کمتر به خصوص در کشورهایی با محدودیت منابع آب و زمین می‌باشد. خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی و عامل محدود کننده تولید موفقیت آمیز محصولات گیاهی در سراسر جهان محسوب شده و اثرات نامطلوبی بر رشد و نمو گیاه و سایر فرآیندهای متابولیکی دارد (بهرام‌پور و همکاران، ۲۰۱۹). کاهش آب در دسترس سبب شده است تا تحقیقات روی نیاز آبی گیاهان زراعی و دارویی و تاثیر کمبود آب بر عملکرد و کیفیت محصول مورد توجه قرار گیرد. گیاهان خشکی را وقتی که میزان آب در دسترس گیاهان کاهش می‌یابد و یا میزان تبخیر و تعرق بسیار بالا است، احساس می‌کنند (منیری فر و همکاران، ۲۰۲۰).

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 (فائو، ۲۰۱۵).

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 (هفرنان، ۲۰۱۳). خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی و عامل محدودکننده تولید موفقیت آمیز محصولات گیاهی در سراسر جهان محسوب می‌شود و اثرات نامطلوبی بر رشد و نمو گیاه و سایر فرآیندهای متابولیکی دارد (یوردانوف و تسوف، ۲۰۰۰) و زمانی در گیاه رخ می‌دهد که میزان تعرق بیشتر از مقدار جذب آب باشد (وو و ژو، ۲۰۰۹).

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 که به علت تنش آب بسته شده‌اند، را 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 (مفاخری و همکاران، ۲۰۱۰).

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 چند گروه دسته‌بندی شده‌اند که عبارتند از: مواد هیومیکی، ترکیبات آلی، عناصر شیمیایی مفید، عصاره جلبک‌های دریایی، مشتقات کیتین و کیتوزان، ضدتعرق‌ها و اسیدهای آمینه یا ترکیبات نیتروژنه (کالوو و همکاران، ۲۰۱۴). 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 محلول-پاشی 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 هر حال 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 (اسپین و همکاران، ۲۰۰۷).

شواهد قابل توجهی وجود دارند که کاربرد تعدادی از اسیدهای آمینه پروتئینی و غیر پروتئینی مانند گلوتامات، هیستیدین، پرولین و گلیسین بتائین می‌توانند در برابر تنش‌های محیطی از گیاهان محافظت کرده و یا علامت‌دهی^۱ متابولیت‌ها را فعال کنند. همچنین تعدادی از اسیدهای آمینه غیر پروتئینی در فعالیت دفاعی گیاه نقش دارند (لیانگ و همکاران، ۲۰۱۳).

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

^۱ Signaling

می‌باشند. گلاپسین 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 (تایز و زایگر، ۱۹۹۱).

۲-۱ اهمیت گیاهان دارویی

استفاده از گیاهان دارویی قدمتی هم‌پای بشر داشته و برای مدت طولانی یکی از مهم‌ترین ابزارهای انسان برای غلبه بر بیماری‌ها بوده است. عوارض جانبی فراوان داروهای شیمیایی و ناتوانی پزشکی کلاسیک در درمان برخی بیماری‌های مزمن از جمله دلایل گرایش مردم به این گیاهان محسوب می‌شود. در این میان بسیاری از متخصصان علوم پزشکی نیز با ترک غرور ناشی از انقلاب صنعتی و تفکر درمان همه امراض با مواد شیمیایی تلاش دارند تا از این ذخایر ارزشمند طبیعی برای کمک به بیماران استفاده نمایند.

رویکرد جوامع بشری به مصرف داروهای با منشأ گیاهی افزایش چشم‌گیری یافته است. حداقل ۳۵ درصد داروهای مورد استفاده انسان در حال حاضر از منشأ گیاهی و گیاهان دارویی تولید می‌شود. به همین علت تقاضای جهانی برای استفاده گیاهان دارویی در صنایع دارویی، بهداشتی و غذایی روز به روز در حال افزایش است (شکوه و همکاران، ۲۰۱۸). امروزه با گرایش بیشتر مردم به مصرف گیاهان دارویی بدون پیش‌بینی و مدیریت روش مناسب کاشت و داشت و برداشت موجب آسیب و تخریب گونه‌های ارزشمند وحشی شده است. بنابراین نیاز به روش‌های صحیح تولید گیاهان دارویی احساس می‌شود (امیدبیگی، ۲۰۰۵).

گیاهان دارویی از نظر اقتصادی اهمیت فراوانی دارند و تقاضا برای آن‌ها رو به افزایش است. بنابراین کشت و اهلی کردن گیاهان دارویی در سیستم‌های زراعی باید مورد توجه قرار گیرد. شناخت نیازهای اکولوژیکی گیاهان در زیستگاه طبیعی اهمیت فراوانی دارد. از سوی دیگر فراهم کردن شرایط لازم برای

رشد و تکثیر آن‌ها در سیستم های زراعی باید مورد توجه قرار گیرد (عامری و همکاران، ۲۰۰۷). تولید گیاهان دارویی به علت عدم شناخت مناسب کشاورزان از نیازهای این گیاهان با مشکلاتی مواجه بوده است.

۱-۲-۱ عروسک پشت پرده

عروسک پشت پرده گیاهی است از خانواده Solanaceae با نام علمی *Physalis Alkekengi* L. که در ایران آن را عروسک پشت پرده، عشق در قفس و کاکنج و در سایر نقاط کاماپو، گوجه وحشی، گیلان زمستان و گیلان زمینی می‌نامند (حیدرنژاد و همکاران، ۲۰۱۸). این گیاه بومی مناطق معتدله و گرمسیری جنوب آمریکا، شرق آسیا، و استرالیا می‌باشد. علفی و یک ساله یا چند ساله، دارای شاخه‌های خزنده و عادت رشدی نامحدود و ساقه‌های گوشه‌دار و راست، به ارتفاع ۳۰ تا ۹۰ سانتی‌متر است (سیاه منصور و همکاران، ۲۰۲۰). گل های آن سفید و کوچک و میوه آن سته آبدار و به رنگ نارنجی می‌باشد. معمولاً در پاییز پارانثیم کاسه گل تحت تاثیر فعالیت‌های باکتری‌های سلولزخوار تجزیه می‌شود و در نتیجه فقط شبکه رگبرگ‌های کاسه گل به شکل تور سفید رنگ ظریف و نازکی باقی می‌ماند و میوه گرد درون آن نمایان می‌شود به همین علت است که این گیاه را در فارسی عروسک پشت پرده می‌نامند. هر بوته از این گیاه می‌تواند در یک فصل زراعی ۶۰ تا ۲۰۰ عدد میوه تولید نماید (حیدرنژاد و همکاران، ۲۰۱۸).

قسمت خوراکی آن، میوه‌ی سته‌ای آن است که به وسیله پوششی به نام کالیکس محافظت می‌شود (تبریزی و همکاران، ۲۰۱۵). این گیاه معمولاً به صورت تازه‌خوری و در مواردی به شکل فرآوری شده در صنایع و داروسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ترکیبات موجود در میوه آن شامل فیسالین‌ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، ویتامین‌ها از جمله ویتامین ث، بتاکاروتن، قند و عناصر معدنی است که موجب

افزایش ارزش غذایی این گیاه شده است. مهم‌ترین ترکیبات آلی موجود در این گیاه می‌توان به فیسالین-های A، B، N، O و L که به گروه تری تپنوئیدها تعلق دارد و دی هیدروفیسالین در ریشه و بخش هوایی این گیاه اشاره کرد (شانگ و همکاران، ۲۰۱۱).

شامل ۱۰۰ گونه است که اکثر آن‌ها وحشی و از علف هرزهای مهم برخی مزارع به شمار می‌روند. عروسک پشت پرده یکی از محصولاتی است که به واسطه امکان تولید بالای آن در گلخانه و قابلیت فراوری آن در صنایع تبدیلی و استقبال بالای بازارهای خارجی از خرید این محصول در کنار بالا بودن قیمت آن در بازارهای جهانی امروزه مورد توجه بسیاری از گلخانه‌داران قرار گرفته است (بهاردوین و طباطبایی، ۲۰۱۹). از این گیاه در درمان بیماری‌هایی نظیر سرطان کبد و هیپوتالاموس، دیابت، هپاتیت، آسم، سرفه، کاهش التهاب بدن، سنگ کلیه و مجاری ادراری، نقرس، هپاتیت، کمک به تصفیه خون در کلیه‌ها از خواص دارویی گیاه عروسک پشت پرده می‌باشد (پوئنته و همکاران، ۲۰۱۱).

۱-۳ اهداف تحقیق

اهداف این پژوهش شامل موارد زیر می‌باشد:

- تعیین تأثیر تنش کم آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی عروسک پشت پرده.
- تعیین تأثیر کاربرد اسیدهای آمینه بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی عروسک پشت پرده در شرایط وجود و عدم وجود تنش خشکی.

فصل ۲: بررسی منابع

۲-۱ خشکی

مصرف بهینه آب در تولید محصولات کشاورزی به عنوان یکی از مهم ترین عوامل محیطی مؤثر بر رشد و نمو گیاهان به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران، از اهمیت به سزایی برخوردار است (خلیلی و حمزه، ۲۰۲۱). محدودیت منابع آبی کشور و کمبود نزولات آسمانی، حرفه‌ی کشت و زرع در ایران را با چالشی بزرگ مواجه ساخته است. به طوری که امروزه تنش خشکی یکی از مشکلات اساسی کشاورزی در کشور محسوب شده و به عنوان مهم ترین عامل کاهش تولید به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می رود (وفائی و همکاران، ۲۰۱۹).

کمبود آب مهم ترین عامل غیرزیستی محدودکننده برای دستیابی به عملکرد پتانسیل گیاهان محسوب می شود. تغییر شرایط آب و هوایی در چند دهه اخیر منجر به کاهش میزان بارندگی و تغییر در توزیع آن در مناطق خشک و نیمه خشک شده است. به نظر می رسد با تغییر در الگوهای بروز خشکی، تغییر در راهبردهای مناسب برای کاهش اختلاف عملکرد واقعی و پتانسیل گیاهان در این مناطق ضروری است (امینی و همکاران، ۲۰۱۷). خشکی از جمله مهم ترین تنش های محیطی محدودکننده رشد و عملکرد محصولات کشاورزی است (ترزی و کادیقلو، ۲۰۰۶) که بالغ بر ۴۵ درصد از زمین های کشاورزی دنیا در معرض آن قرار دارند (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷). گیاهان در طول دوره رشد خود با تنش های محیطی متعددی روبه رو می شوند که هر یک از این تنش ها می تواند با توجه به میزان حساسیت و مرحله رشد گونه گیاهی اثرات متفاوتی بر رشد، نمو و عملکرد آن ها داشته باشد و سبب تغییرات مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی متعددی در آن ها گردد که این امر موجب بازدارندگی شدیدی در رشد گیاه و در نتیجه کاهش محصول می شود (ذکاوتی و همکاران، ۲۰۱۹).

۲-۱-۱ تعریف خشکی

خشکی در واقع یک رویداد هواشناختی است که با عدم وقوع بارندگی در یک دوره زمانی همراه می باشد، دوره ای که به اندازه کافی بلند است تا باعث تخلیه رطوبتی خاک و تنش کمبود آب همراه با کاهش

پتانسیل آب در بافت‌های گیاهی گردد. اثر تنش آبی به زمان تنش، مدت زمان تنش و میزان کمبود آب بستگی دارد. خشکی حتی در اقلیم‌های معتدله که از رطوبت کافی برخوردار هستند، نیز ممکن است محدود کننده رشد باشد (قنبری و همکاران، ۲۰۲۱).

تعریف کشاورزی این پدیده، به معنی فراهم نبودن آب مورد نیاز در دسترس شامل ذخایر زیرزمینی و نزولات جوی است که موجب محدود شدن عملکرد پتانسیل گیاهان می‌گردد (ویناکور و آلمن، ۲۰۰۵). به بیان دیگر خشکی عبارت است از شرایطی که کمبود منابع آبی باعث ممانعت از رشد و نمو گیاهان زراعی و تقلیل فشار شود (بی بی و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۱-۲ اثرات خشکی در گیاه

رشد گیاهی توسط چند عامل مهم کنترل می‌شود که در این میان آب نقش حیاتی دارد. تنش خشکی یکی از شایع‌ترین و مخرب‌ترین تنش‌های غیر زنده می‌باشد که رشد گیاهان را در سراسر جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محدود می‌کند و منجر به کاهش عملکرد در گیاهان می‌گردد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۴). خشکی محتوای پتاسیم، تعرق، توسعه و بهره‌وری محصول را کاهش می‌دهد. خشکی هم‌چنین میزان فتوسنتز، تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ و دیگر فرآیندهای بیوشیمیایی مرتبط با رشد گیاه را کاهش می‌دهد (فیاض و بازید، ۲۰۱۴). در گیاهان، فشار تورژسانس طی تنش خشکی با کاهش رشد و نمو سلول‌ها موجب کاهش رشد برگ، سطح برگ و تعرق گیاه شده، در نتیجه کاهش سطح فتوسنتزی گیاه منجر به کاهش تولید ماده خشک و عملکرد آن‌ها می‌شود (شائو و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به مرحله فنولوژیکی گیاه و شدت تنش، کم‌آبیاری اثرهای مختلفی گیاه می‌گذارد (سلیمی و همکاران، ۲۰۱۹).

۲-۱-۲-۱ تاثیر بر فتوسنتز و رنگدانه‌های گیاهی

تنش خشکی از طریق کاهش توسعه برگ و شاخص سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل، سبب کاهش فتوسنتز می‌گردد. در شرایط تنش خشکی،

مواد فتوسنتزی محدود شده، در نتیجه رشد و عملکرد گیاه کاهش می‌یابد (داوود و همکاران، ۲۰۱۹). تنش خشکی به‌طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به‌طور غیرمستقیم ورود دی‌اکسید کربن به درون روزنه‌ها را که به علت شرایط کم آبی بسته‌اند، کاهش دهد. انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر کم آبی قرار گرفته و موجب اشباع شدن برگ‌ها از این مواد می‌گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نماید. بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه نیز محدود می‌گردد (بهرام‌پور و همکاران، ۲۰۱۹).

تنش موجب کاهش سنتز کلروفیل شده که از طریق کاهش ساخته شدن کلروفیل اثر مستقیمی بر فتوسنتز دارد. کاهش رنگرزه‌ها به‌واسطه افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن است، که این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه کلروفیل‌ها می‌گردند. مقدار کلروفیل در گیاهان تحت تنش خشکی کاهش یافته و موجب تغییر در نسبت جذب نور و در نتیجه کاهش کل جذب نور توسط گیاه می‌شود (دامالاس، ۲۰۱۹).

۲-۲-۱-۲ تأثیر بر روابط غذایی گیاه

هم‌چنین یکی دیگر از اثرات منفی تنش خشکی بر هم زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاهان می‌باشد و از این طریق باعث اختلال در رشد گیاهان می‌گردد (وارایچ و همکاران، ۲۰۱۱). کاهش آب در اختیار گیاه موجب می‌شود جذب عناصر غذایی کاهش یافته و در نهایت کمبود عناصر غذایی مورد نیاز در گیاهان به وقوع بپیوندد. مهم‌ترین اثر در دسترس نبودن آب بر جذب مواد معدنی، در ریشه و انتقال آن‌ها به اندام هوایی خواهد بود. علت کم بودن میزان جذب مواد معدنی می‌تواند به سبب تداخل در جذب مواد معدنی و مکانیسم‌های تخلیه و کاهش میزان سرعت تعرق باشد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹).

۳-۲-۱-۲ تأثیر بر عملکرد و خصوصیات مورفولوژیک گیاهان

اثر تنش کم آبی بر گیاهان را می‌توان به دو دوره تقسیم کرد. یک دوره قبل از مرحله زایشی و دیگری بعد از این مرحله می‌باشد. قبل از این دوره تنش بیشتر بر رشد سبزینه‌ای گیاه تأثیر می‌گذارد، ولی بعد

از مرحله زایشی بر میزان گرده افشانی گل‌ها، تشکیل میوه، دانه و عملکرد اثر مستقیم دارد (مام نبی و همکاران، ۲۰۲۰). تنش خشکی از جمله تنش‌های محیطی مهم است که با ایجاد اختلال در عمل روزنه‌ها و سیستم فتوسنتزی، تخریب پروتئین‌ها و آنزیم‌ها و کاهش سطح برگ موجب ریزش گل و میوه گیاهان و در نهایت کاهش عملکرد گیاه می‌شود (جلیل و همکاران، ۲۰۰۸). افزایش سنتز قندهای محلول در شرایط خشکی، می‌تواند به عنوان تنظیم کننده اسمزی نقش مهمی در بقای گیاهان در این شرایط داشته باشد. همچنین تنش ناشی از کمبود آب می‌تواند موجب کاهش ارتفاع، تعداد و سطح برگ، وزن خشک برگ و میوه و گیاه، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش میزان کلروفیل، و کاهش رشد ریشه در گیاهان دارویی شود (گشسبی و همکاران، ۲۰۲۰).

۴-۲-۱-۲ تاثیر بر خصوصیات فیزیولوژیک گیاهان

کمبود آب با کاهش آماس سلول‌های گیاهی، که تاثیر منفی بر فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در گیاهان دارد، مانع از رشد می‌شود (لی یانگ و همکاران، ۲۰۱۶). یکی از پیامدهای فیزیولوژیکی کمبود آب، جلوگیری از فتوسنتز به دلیل کاهش در غلظت دی اکسید کربن بین سلولی در نتیجه از بین رفتن کلروفیل، بسته شدن روزنه و اختلال در سیستم فتوشیمیایی است (لیو و همکاران ۲۰۱۶). تولید گونه‌های اکسیژن فعال نیز پاسخ گیاهان به تنش خشکی است. افزایش گونه‌های اکسیژن فعال می‌تواند با افزایش پراکسیداسیون لیپیدها به غشای سلولی آسیب برساند (ژانگ و همکاران ۲۰۱۸). کمبود آب در گیاه سبب افزایش گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) از قبیل آنیون سوپراکسید، پراکسید هیدروژن، رادیکال هیدروکسیل و اکسیژن منفرد می‌شود. این مولکول‌های فعال موجب صدمه به ماکرومولکول‌ها و نیز ساختار سلولی گردیده یا اینکه به عنوان مولکول منفرد موجب فعال شدن سلسله پاسخ‌های دفاعی گیاه می‌گردند. گیاهان از دو سیستم آنزیمی و غیر آنزیمی برای دفاع در مقابل گونه‌های اکسیژن فعال استفاده می‌نمایند.

• سیستم آنتی اکسیدانی آنزیمی

سیستم آنزیمی شامل آنزیم‌هایی نظیر سوپراکسید دیسموتاز، گوئیکول پراکسیداز، کاتالاز و اسکورات پراکسیداز می‌باشد. آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) یک آنزیم حد واسط بوده و رادیکال‌های آزاد سوپراکسید O_2^- را به H_2O_2 تبدیل می‌کند. پس از آن کاتالاز (CAT) H_2O_2 را به اکسیژن و آب تبدیل می‌کند. بقیه آنزیم‌های مذکور نیز در پاکسازی مولکول‌های H_2O_2 تولید شده در سلول‌های گیاهی، ایفای نقش می‌نمایند (سوفو و همکاران، ۲۰۰۵).

• سیستم آنتی اکسیدانی غیر آنزیمی

یکی از کارهایی که گیاهان در مواجهه با تنش خشکی انجام می‌دهند سنتز و تجمع ترکیبات محافظت کننده‌های اسمزی شامل قندهای محلول، اسیدهای آمینه، بتائین، بسیاری از ترکیبات حلقوی نظیر فلاونوئیدها، تانن‌ها و پرولین ... می‌باشد. معمولاً اکثر گیاهان در مقابله با تنش‌ها از جمله تنش شوری، خشکی، دمای بالا و کمبود مواد غذایی، اسید آمینه حلقوی پرولین را افزایش می‌دهند. تجمع پرولین آزاد، پاسخی به تنش خشکی در گیاهان می‌باشد (روی‌چادوری و تریپاتی، ۲۰۱۹). فلاونوئیدها توانایی کاهش اثرات منفی اکسیژن‌های آزاد را دارند، میزان این ترکیبات در شرایط تنش افزایش پیدا کرده و ROS ها را پاک‌سازی می‌کنند. برخی از رنگیزه‌ها نیز توانایی مقابله با اثرات نامطلوب تنش‌های اکسیداتیو حاصل از خشکی را دارا می‌باشند. آنتوسیانین‌ها از این دسته رنگیزه‌ها می‌باشند که در شرایط تنش گونه‌های آزاد اکسیژن را پاک‌سازی می‌نمایند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج تحقیقات حاکی از آن است که گیاهان هنگام مواجهه شدن با تنش‌های محیطی اغلب از رشد کمتری برخوردار هستند، چرا که در این شرایط مواد پرورده موجود را برای افزایش سنتز متابولیت‌های ثانویه (ترکیبات ترپنی) اختصاص می‌دهند تا بقای خود را در شرایط سخت محیطی تضمین نمایند (رضائی چپانه و همکاران، ۲۰۱۲).

۲-۱-۳ روش‌های مقابله با خشکی در گیاهان

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که بر عملکرد گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک تأثیر می‌گذارد (فتحی و براری تاری، ۲۰۱۶). بسته به مرحله فنولوژیکی که گیاه در آن به سر می‌برد و شدت تنش، کم آبی اثرات مختلفی بر گیاه می‌گذارد. واکنش گیاهان به کمبود آب و تنش خشکی بخش وسیعی از فعالیت‌های تحقیقاتی را به خود اختصاص داده است و تمامی این مطالعات، خشکی را مهم‌ترین عامل محدود کننده محیطی برای محصولات کشاورزی دانسته‌اند. تاثیر تنش‌های خشکی بر محصولات زراعی در ایران به طور مفصل مورد بررسی قرار گرفته است، اما متأسفانه در مورد گیاهان دارویی که حتی ممکن است، تأثیر مثبتی نیز بر خواص دارویی آن‌ها داشته باشند، بررسی‌های جامع و مفصل کمتر صورت گرفته است. همچنین با توجه به این‌که هرچه مقدار مواد مؤثره یک گیاه دارویی بیشتر باشد، حاصل آن در صنایع داروسازی مقرون به صرفه می‌باشد، شناخت عوامل مؤثر بر کمیت و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی مورد توجه محققین قرار گرفته است (امیدبیگی و محمودی، ۲۰۱۰). تنش خشکی از طریق تأثیر بر برخی فرآیندهای متابولیسمی موجب تغییر در رفتار و نهایتاً مقاوم‌سازی گیاه در مقابل برخی تنش‌ها می‌شود. کاهش فشار تورژسانس می‌تواند اولین اثر ناشی از تنش خشکی باشد که سرعت رشد سلول و اندازه نهایی آن را متأثر ساخته و احتمالاً حساس‌ترین فرآیند سلولی به تنش است (بهات و رائو، ۲۰۰۵).

واکنش گیاهان به تنش خشکی به ماهیت کمبود آب وابسته است و پاسخ گیاهان به تنش خشکی می‌تواند به صورت پاسخ کوتاه مدت، پاسخ میان مدت و پاسخ بلند مدت طبقه بندی شود. پاسخ کوتاه مدت به تنش کم آبی با کاهش حداکثر جذب CO_2 همراه است. از جمله واکنش‌های میان مدت به تنش خشکی، تنظیم اسمزی به وسیله تجمع نمک‌ها و پاسخ بلند مدت به خشکی شامل الگوهای ژنتیکی زیست توده می‌باشد (سالک جلالی و همکاران، ۲۰۱۲).

• فرار

کوتاه کردن طول دوره حیات یا فصل رشد و اقدام به گل‌دهی قبل از اتمام رطوبت موجود در محیط می‌باشد.

• اجتناب

روشی که موجب کاهش تلفات آب از گیاه، به‌وسیله کنترل کردن تعرق از روزنه‌ها و نیز حفظ جذب آب به‌وسیله توسعه سیستم ریشه‌ای کاهش می‌دهد.

• تحمل

توانایی حفظ سطح برگ و طولانی کردن مرحله رشد در شرایط تنش می‌باشد.

• تطابق

تغییرات فیزیولوژیکی که توانایی به ارث رسیدن ندارند و فقط یک‌بار در طول چرخه حیات گیاه اتفاق می‌افتد.

• سازگاری

تغییراتی در ساختار و عملکرد گیاه که قابلیت به ارث رسیدن دارند که موجب افزایش توانایی گیاه را برای مقابله با تنش می‌شود.

۲-۲ کشاورزی پایدار

امروزه نیاز به حفظ عملکرد کشاورزی و وجود نگرانی‌هایی چون فرسایش خاک، تولید مواد غذایی سالم و عاری از بقایای مواد شیمیایی، نگهداری از محیط زیست، پسماندهای شیمیایی به‌ویژه نیتрат‌ها و آفت‌کش‌ها باعث افزایش علاقه به روش‌های مدیریتی برای دستیابی به کشاورزی پایدار از جمله کشاورزی ارگانیک شده است. استفاده از منابع تجدیدپذیری که حداکثر محاسن اکولوژیکی و حداقل

مضرات زیست محیطی را دارا باشند، امری ضروری است (کیزیل کایا، ۲۰۰۸). از جمله این منابع تجدیدپذیر می‌توان به استفاده از نهاده‌های بوم‌سازگار نظیر اسیدهای آلی اشاره کرد. امروزه، استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است.

۲-۳ محلول پاشی

مزایای محلول پاشی برگی شامل جذب کم عناصر در خاک، کاهش فعالیت ریشه در طول مرحله زایشی، میوه‌دهی و غنی‌سازی محصولات کشاورزی می‌باشد (گلی و همکاران، ۲۰۰۵). در سال‌های اخیر محلول-پاشی با مواد تخفیف‌دهنده تنش از جمله اسید آمینه‌هایی مثل پرولین، آرژنین و تریپتوفان برای کاهش اثر تنش‌های محیطی توصیه شده است (پورسلطان هوجگان و همکاران، ۲۰۱۷). امروزه محلول-پاشی با اسیدهای آمینه در باغ‌ها و مزارع متداول شده، و اثرات مطلوب آن بر خصوصیات رویشی، عملکرد و کیفیت میوه مشهود است (گلی و همکاران، ۲۰۰۵). در دوره رشد و نمو سریع میوه و رقابت بین اندام‌های زایشی و ریشه‌ها برای جذب عناصر غذایی، جذب مواد غذایی کاسته شده و محلول پاشی می‌تواند این رقابت را کاهش دهد (آندراده و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۴ محرک‌های زیستی

اصطلاح محرک‌های زیستی از نظر لغوی، به معنای مجموعه‌ای از ترکیباتی است که زیست گیاه را بطور مثبت متأثر می‌کنند. گروهی از آن‌ها به‌عنوان ترکیبات مؤثر در افزایش پاسخ‌های مطلوب گیاهی به شرایط محیطی و همچنین گروهی دیگر، به‌عنوان موادی که رشد کیفی و کمی گیاه را تحریک می‌کنند، فعالیت دارند (توماس و همکاران، ۲۰۰۹). به‌طور کلی محرک‌های زیستی مواد زیستی هستند که موجب تحریک متابولیسم و فرآیندهای متابولیکی در جهت افزایش کارایی گیاهان می‌شوند (استارک، ۲۰۱۰). امروزه تنظیم‌کننده‌های رشد در حکم ابزارهای آگروشیمیایی مفیدی می‌باشند که گیاهان را در راستای مصرف کارآمدتر عناصر غذایی و تظاهر پتانسیل‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی یاری می‌دهند (وو

و همکاران، ۲۰۰۵). کودهای زیستی به عنوان جایگزین مناسب برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات کشاورزی ارگانیک مطرح می‌باشند (وو و همکاران، ۲۰۰۵). استفاده از تنظیم کننده‌های زیستی نه تنها مقدار کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد، بلکه به ذخیره انرژی و کاهش آلودگی محیط کمک خواهد نمود (بلده و همکاران، ۲۰۰۰).

اسیدهای آمینه امروزه به عنوان تنظیم کننده‌های زیستی در تولید بیشتر محصولات کشاورزی به منظور رسیدن به کشاورزی پایدار و تغییر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند (وو و همکاران، ۲۰۰۵). پژوهش‌های صورت گرفته روی اسیدهای آمینه نشان داده‌اند که این ترکیبات می‌توانند به طور مستقیم یا غیرمستقیم فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه را تحت تأثیر قرار دهند (گارد سردان و همکاران، ۲۰۱۴). این ترکیبات در وضعیت آزاد همچون ذرات باردار عمل کرده و وقتی وارد سلول‌های گیاهی می‌شوند، به واسطه خلوص بالا وارد فرآیندهای متابولیکی می‌شوند (ثورنتون و رابینسون، ۲۰۰۵). تأثیر کاربرد اسیدهای آمینه به عنوان تنظیم کننده‌های رشد در گیاهان توسط پژوهشگران مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است و در بیشتر موارد تأثیر مثبت محلول پاشی با اسیدهای آمینه بر مقدار عملکرد گزارش شده است (لیو و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۴-۱ اسیدهای آمینه

اسیدهای آمینه در واقع زنجیره‌ی اصلی در ساختار پروتئین و به نوبه خود موثر در توسعه رشد گیاه می‌باشند (هونسومی و همکاران، ۲۰۰۸). با این حال این واحد از پروتئین‌ها نقش اساسی در تولید زیستی آنزیم‌ها و ویتامین‌ها و متابولیت‌های ثانویه مانند آکالوئیدها و غیره دارند (ابراهیم و همکاران، ۲۰۱۱). به طور کلی اسیدهای آمینه موادی هستند که باعث تحریک سوخت و ساز و فرآیندهای متابولیکی گیاه در جهت افزایش کارایی آن‌ها می‌شوند (عبدل آل و همکاران، ۲۰۱۰). پایه فرمولاسیون محرک‌های زیستی و رشدی در نهاده‌های جدید شامل اسیدهای آمینه و یا اسیدهای آمینه در اختلاط با مواد مغذی، پروتئین‌های هیدرولیز شده، اسید هیومیک، عصاره جلبک‌ها و گیاهان دریایی و دیگر

متابولیت‌ها می‌باشد (توماس و همکاران، ۲۰۰۹). اسیدهای آمینه مولکول‌های دوقطبی با فرمول مشترک $C_2H_4O_2NR$ بوده و نقش آن‌ها به‌عنوان بیومولکول‌ها و پیش‌سازهای حیات، شرکت در ساختمان پروتئین‌ها و پپتیدها است که تمام عملکرد اصلی گیاه اعم از ساختاری، آنزیمی، متابولیکی و انتقال را بر عهده دارند. آن‌ها اغلب پیشرو ترکیب انواع زیادی از مولکول‌های کوچک با نقش بیولوژیکی بسیار مهم می‌باشند. استراتژی تجزیه اسیدهای آمینه تشکیل متابولیت‌های حد واسط می‌باشد که ترکیبات فوق به گلوکز تبدیل شده یا در سیکل اسید سیتریک اکسیده می‌شوند (گلزاده و همکاران، ۲۰۱۲). اسیدهای آمینه برخلاف اسیدهای چرب و قندها، ذخیره نشده و دفع نمی‌شوند. با این حال اسیدهای آمینه اضافی به‌عنوان مواد متابولیک سوختی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در متابولیسم گیاهی گروه آمین اسیدهای آمینه می‌تواند برداشته شده و اسکلت کربنی باقی مانده به ترکیبات حد واسط متابولیکی ضروری تبدیل شوند. گروه‌های آمین اکثر اسیدهای آمینه اضافی به اوره تبدیل می‌شوند، در حالی که اسکلت کربنی آن‌ها در نهایت به هفت مولکول پیروات، استیل کوآ، استواستیل کوآ، آلفا-کتوگلوئارات، سوکسینیل کوآ، فومارات و اگزالواستات و یا یکی از متابولیت‌های حد واسط سیکل اوره تبدیل می‌شوند (گلزاده و همکاران، ۲۰۱۲). طی چندین سال گذشته موضوع اصلی فعالیت گسترده پژوهشی در اکثر مراکز تحقیقات جهانی، پیرامون کاربردهای مختلف اسیدهای آمینه تحت عنوان Bio-Synthesized Free Amino Acid (SFAA) و الیگوپپتیدهای با وزن مولکولی پایین (Low Weight Oligopeptides (LWOP)) متمرکز شده است (فیشر و همکاران، ۱۹۹۸). با درک اهمیت نهادهای کشاورزی در توسعه پایدار و لزوم ورود به عرصه‌های جدید تولید، شناخت کاربرد محرک‌های زیستی و ترکیبات اسید آمینه‌ای در گیاهان دارویی ضروری به نظر می‌رسد.

استفاده از کودهای بر پایه اسیدهای آمینه در گیاه از راهکارهای مهم در افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی است. در بسیاری موارد تنش‌های محیطی مانند خشکی مانع از اثرگذاری آمینو اسیدهای درون گیاه می‌شوند و آمینو اسیدهایی که به‌عنوان تعدیل کننده‌های تنش در ترکیبات کودی مورد استفاده قرار می‌گیرند، نقش پررنگتری دارند (آرنائو و همکاران، ۲۰۱۴). هم‌چنین در شرایط سخت

تنش‌های محیطی، می‌توان نقش آمینواسیدها در مقاومت به تنش‌ها را در صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای گیاه نام برد (کاک مک و همکاران، ۲۰۱۰). گلايسين بتائين اسموليت آلي عمده با تركيب آمونيومي چهارگانه در اغلب گونه‌های گیاهی است که در پاسخ به تنش رطوبتی سنتز می‌شود. گلايسين بتائين می‌تواند به‌طور سریع در برگ‌ها نفوذ کرده و به سایر اندام‌های گیاه منتقل شود (ساکاموتو و موراتا، ۲۰۰۲).

۲-۴-۱ مزایای محلول‌پاشی اسیدهای آمینه

- مقاومت در مقابل تنش‌های محیطی

از جمله راه کارهای افزایش تحمل گیاهان به کمبود آب، توجه و درک کامل پاسخ‌های سلولی گیاه به تنش‌های غیر زنده است. گیاهان در مواجهه با تنش خشکی، واکنش‌های متفاوتی از خود بروز می‌دهند. یکی از رایج‌ترین این واکنش‌ها سنتز و تجمع ترکیب‌هایی با وزن مولکولی کم به نام حفاظت‌کننده‌های اسمزی است (کدخدایی و همکاران، ۲۰۱۴). این ترکیبات، پتانسیل اسمزی درون سلول‌ها را کاهش می‌دهد و به حفظ تورژسانس سلولی کمک می‌کند. یون‌های غیرآلی، یون‌های آلی، کربوهیدرات‌های محلول شامل پلی‌ئول‌ها (قندها، الکل‌ها)، اسیدهای آمینه (پرولین) و ترکیب‌های آمونیوم چهارگانه نظیر گلايسين بتائين (GB) از جمله حفاظت‌کننده‌های اسمزی است که در شرایط تنش رطوبتی، در سلول‌های گیاهی تجمع می‌یابند (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۱).

هم‌چنین گزارش‌های مختلفی در مورد نقش اسیدهای آمینه در کاهش اثرات ناشی از تنش‌ها وجود دارد. پرولین به‌عنوان تنظیم‌کننده فشار اسمزی درون سلول، پایدارکننده ساختار پروتئین و غشای سلول، از بین‌برنده گونه‌های اکسیژن رادیکال، تنظیم‌کننده اسیدیته سلولی بوده و در واکنش‌های اکسیداسیون و احیاء نقش مهمی ایفا می‌کند (وو و همکاران، ۲۰۱۱). معمولاً میزان پرولین آزاد در گیاهانی که در حد مطلوب آبیاری می‌شوند بسیار کم و در حدود ۰/۶-۰/۲ میلی گرم در گرم ماده خشک

می‌باشد اما این ماده پس از کاهش آب بافت‌ها تا ۵۰-۴۰ میلی گرم در هر گرم ماده خشک افزایش می‌یابد (هوئر، ۱۹۹۴).

گلايسين بتائين يك امونيوم چهارتايي و معمول ترين محلول آلي سازگار است كه در پاسخ به تنش خشكي، به ميزان فراوان در سلول‌هاي گياهي تجمع مي‌يابد (ژينگ و راجاشكار، ۱۹۹۹). اين ماده به‌عنوان يك اسموليت سيتوپلاسمي عمل مي‌كند و آنزيم‌ها و غشاها را از آثار پسابيدي حفظ مي‌كند (كدخدائي و همكاران، ۲۰۱۴). کاربرد تريپتوفان از طريق خاك سبب افزايش محصول مي‌شود به اين دليل كه تريپتوفان توسط ميكروب‌هاي خاك به اكسين تبديل مي‌شود (پورسلطان هوجگان و همكاران، ۲۰۱۷).

• تأثير بر فتوسنتز و تنفس

گزارش شده است كه تركيبات آمينواسيدي در رشد و نمو، تنفس و فتوسنتز دخالت دارند (هونسومي و همكاران، ۲۰۰۸). گياهان مواد قندي را به وسيله فتوسنتز توليد مي‌كنند. افزايش ميزان تنفس سلولي موجب كم شدن كربوهيدارت‌ها شده و در نهايت سبب مرگ گياهان مي‌شود. جذب نوري توسط رنگيزه-هاي كلروفيلي انجام مي‌شود. اسيدهاي آمينه گلايسين و گلوتاميك اسيد سبب افزايش كلروفيل و افزايش جذب نوري مي‌شوند (چن و موراتا، ۲۰۰۸). گلايسين بتائين عمدتاً در كلروپلاست، به فراواني يافت شده و نقش حياتي در تنظيم و حفاظت از غشاي تيلاكوييد و حفظ راندمان فتوسنتز در گياهان عالي دارد.

• اثرات تغذيه‌اي

يكي از كودهاي آلي، اسيد آمينه‌ها مي‌باشند. اسيد آمينه، فرم ارگانيك نيتروژن است و محصولات با پايه اسيد آمينه در دهه گذشته به‌وسيله پرورش دهندگان استفاده شده است و موجب بهبود عملکرد و رشد گياهان مختلف گرديده است. گزارش شده است كه افزودن اين كودها به خاك سبب بهبود وضعيت ميكروارگانيسم‌هايي در خاك مي‌شود كه فعاليت‌شان موجب تسهيل جذب برخي عناصر غذايي و در نهايت افزايش رشد و بهبود عملکرد گياه مي‌شود. هم‌چنين محلول پاشي برگي با اين كودها، كارآيي

میزان جذب نیتروژن توسط ریشه‌های گیاه از خاک را افزایش داده و تا حدی مانع آبشویی نیتروژن از خاک می‌شود (لیو و همکاران، ۲۰۰۷). به طور کلی اسیدهای آمینه موادی هستند که سبب تحریک سوخت و ساز (متابولیسم) در جهت افزایش کارایی گیاهان می‌شوند (عبدل آل و همکاران، ۲۰۱۰). بسیاری از محققان افزایش کلروفیل کل در برگ گیاه شیرین بیان را در نتیجه استفاده از اسیدهای آمینه گزارش کردند (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۱). در مناطق سرد و یا دارای فقر نیتروژن، اسیدهای آمینه به عنوان منبع مهمی از نیتروژن مطرح هستند (اوون و جونز، ۲۰۰۱).

• اثرات کلات کنندگی

ویژگی کلات کنندگی یک ویژگی شناخته شده از اثرات مفید اسیدهای آمینه می‌باشد. این خصوصیت به‌ویژه در استفاده هم‌زمان از عناصر ریزمغذی و اسیدهای آمینه مشاهده می‌شود. اسیدهای آمینه گلوتامیک اسید و گلایسین دارای ویژگی کلات کنندگی عناصر ریز مغذی بوده و به جذب این عناصر در گیاه کمک می‌کنند (پورسلطان هوجگان و همکاران، ۲۰۱۷).

• تاثیر بر هورمون‌های گیاهی

اسیدهای آمینه پیش‌ساز، محرک و فعال‌کننده‌ی هورمون‌های گیاهی و مواد مؤثر در رشد هستند (هونسومی و همکاران، ۲۰۰۸). اسیدهای آمینه متیونین، گلوتامیک اسید و لیزین از طریق فعال‌سازی هورمون‌های مؤثر در تشکیل گل و میوه موجب بهبود گرده افشانی می‌شوند. متیونین سبب ساخت اتلین می‌گردد. همچنین مطالعات در این زمینه نشان داده‌اند که تریپتوفان به‌عنوان یک پیش‌ماده مهم در بیوسنتز اکسین (ایندول استیک اسید) نقش دارد (رامیاه و همکاران، ۲۰۰۳). بعضی از اسیدهای آمینه مانند فنیل آلانین نیز بر رشد و نمو گیاهان از طریق تأثیر بر هورمون جیبرلین صورت می‌گیرد (والر و نواکی، ۱۹۷۸).

• تاثیر بر فیزیولوژی و متابولیسم گیاهان

اسیدهای آمینه به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک، رشد و نمو گیاهان مؤثر واقع می‌شوند (فاتن و همکاران، ۲۰۱۰). اسیدهای آمینه به‌عنوان بلوک‌های ساختمانی پروتئین‌ها، عملکرد ساختاری، متابولیکی و نقل و انتقال مواد را تحت تأثیر قرار می‌دهند (لیو همکاران، ۲۰۰۸).

آنها پیش‌سازهای هورمون‌های گیاهی و سایر مواد رشدی هستند. اسیدهای آمینه بهره‌وری متابولیسم گیاه را افزایش می‌دهند و موجب افزایش کیفیت محصول و عملکرد آن، افزایش تحمل گیاه و بهبود آن در تنش‌های زیستی، تسهیل جذب مواد مغذی، انتقال و استفاده و افزایش ویژگی‌های کیفی محصول (کالوو و همکاران، ۲۰۱۴) بالابردن روند تنفس گیاهی، فتوسنتز، سنتز پروتئین، تقویت رشد و عملکرد گیاه (دیویس، ۲۰۱۰) می‌شوند. در شرایط نامساعد محیطی عمل ساخت اسیدهای آمینه کاهش یافته یا متوقف می‌شود. در صورت تأمین اسیدهای آمینه از طریق محلول‌پاشی نیاز به ساخت آن‌ها توسط گیاه کاهش یافته و یا منتفی شده و به گیاه امکان می‌دهد انرژی ذخیره شده خود را صرف رشد بیشتر و بالابردن عملکرد و کیفیت محصول نماید (نقدی بادی و همکاران، ۲۰۱۵).

اسید آمینه آرژنین یکی از اسیدآمینه‌های ضروری است به‌عنوان پیش‌ماده برای سنتز پروتئین، نیتریک اکسید، کراتین، پلی‌آمین‌ها، آگماتین و اوره مورد استفاده قرار می‌گیرد (دینکلو و همکاران، ۲۰۱۸). ال-آرژنین شکل طبیعی رایج اسید آمینه آرژنین است. کاربرد کودهای دارای اسیدهای آمینه مانند ال-آرژنین از مهم‌ترین راه‌های افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی می‌باشد (هیلدبرانت و همکاران، ۲۰۱۵). تنش خشکی مانع از اثرگذاری آمینواسیدهای درون گیاه می‌شود و آمینواسیدهایی که به‌عنوان کود استفاده می‌شوند به‌عنوان نیروی مضاعف، همراه با آب آبیاری یا محلول‌پاشی به کمک گیاه می‌آیند. همچنین در شرایط سخت تنش‌های محیطی، می‌توان نقش اسیدهای آمینه در مقاومت به تنش‌ها را در صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای گیاه خلاصه کرد. بنابراین با کاربرد کودهای اسید آمینه‌دار می‌توان سبب افزایش مقاومت گیاهان در شرایط تنش خشکی شد (باشا و ال-آیلا، ۲۰۱۵).

اسیدهای آمینه فنیل آلانین و تریپتوفان در گیاهان نه تنها از اجزای ضروری برای سنتز پروتئین هستند، بلکه به‌عنوان پیش‌ماده‌های بیوسنتزی تولید طیف گسترده‌ای از متابولیت‌های ثانویه شاخص را تقویت می‌کنند (تزین و گالیلی، ۲۰۱۰). اسیدهای آمینه آلانین و لوسین با افزایش نسخه‌برداری mRNA و افزایش پروتئین در گیاه باعث بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی محصول می‌گردند. گزارش

شده است اسیدهای آمینه آلانین، والین و لوسین کیفیت میوه را افزایش می‌دهند (ملایی و همکاران، ۲۰۱۳).

۲-۵ بررسی مطالعات پیشین

نزرلی و زردشتی (۲۰۱۱) بیان کردند که یک حداقل پتانسیل آب برای طولی 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 مسدود شدن آوند چوب نیز باشد که از هر گونه جابه جایی مواد غذایی از این طریق جلوگیری می‌کند (نزرلی و زردشتی، ۲۰۱۱). مزارعی و همکاران (۲۰۱۹) مشاهده کردند با افزایش سطح تنش خشکی تا ۷۵٪ ظرفیت زراعی مزرعه، ارتفاع مریم گلی ۴۷/۳۲ درصد کاهش پیدا کرد.

برخی از مطالعات نشان داده که گیاهان می‌توانند نیتروژن را در قالب اسیدهای آمینه بدون تکیه بر کانی‌سازی معدنی جذب کنند. 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، طولی شدن ساقه و اندام‌های هوایی را موجب می‌شود (ابوذهاب و عبدل‌العزیز ناهد، ۲۰۰۶).

ثانی‌خانی و همکاران در پژوهشی روی هندوانه ابوجهل مشاهده نمودند که بیشترین طول بوته از تیمار محلول پاشی اسید آمینه حاصل شد که اختلاف ۳۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت (ثانی‌خانی و همکاران، ۲۰۲۰). در پژوهشی دیگر، روی گیاه آویشن تیمار محلول پاشی اسیدهای آمینه موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه گردید. بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار محلول پاشی با ۳۱/۵۲ سانتی-متر و که نسبت به تیمار شاهد ۲۵/۳ درصد افزایش نشان داد (غزال، ۲۰۱۵). شهابا و همکاران (۲۰۱۱)

در تحقیقی روی کرفس به این نتیجه رسیدند که 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 (شهاتا و همکاران، ۲۰۱۱). ناهد و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که اسپری کردن اسیدهای آمینه موجب افزایش طول و قطر ساقه گیاه (*Thuja orientalis* L.) می‌شود (ناهد و همکاران، ۲۰۱۰).

تعداد میوه در بوته را می‌توان شاخصی از تعداد گل‌های تلقیح یافته در بوته تلقی نمود. در کشت بهاره بدیهی است که بروز تنش خشکی در طول فصل رشد اثرات سوء درجه حرارت‌های بالای تابستانه را تشدید می‌کند. گوبیس و همکاران (۲۰۰۷) اشاره کردند این امر بخصوص در مورد محصولات دارای سیستم رشد نامحدود نظیر سویا و کنجد مشهودتر است. مام نبی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که با افزایش فاصله دور آبیاری (تنش شدید)، تعداد خورجین در بوته کلزا ۲۵ درصد کاهش یافت. اسیدهای آمینه در تولید متابولیت‌های ثانویه و هورمونی نقش پررنگی ایفا می‌کنند. 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. به‌طوری 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 (جندی و نصیر، ۲۰۱۶).

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 حیدری و همکاران (۲۰۱۵) در گیاه کنجد نسبت به افزایش دور آبیاری مطابقت دارد.

استفاده از اسیدهای آمینه به دلیل موثر بودن در تولید پروتئین، موجب افزایش وزن گیاه می‌شود. کوکوناراس و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که کاربرد کود محرک زیستی Amino^{۱۶}R (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. عباس‌پور و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی که بر روی گیاه پرپوش بیان کردند برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی ال-آرژنین بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد از ترکیب تیماری شاهد (عدم تنش) و محلول‌پاشی ال-آرژنین با ۱۱/۸ گرم در بوته و کمترین مقدار مربوط تنش شدید (۵۰ درصد) و عدم محلول‌پاشی با ۳/۶ گرم در بوته بود. ثانی‌خانی 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.

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 (عندلیبی و نوری، ۲۰۱۴). گشسبی و همکاران (۲۰۲۰) بیان داشتند عملکرد زیستی آویشن زراعی در دوره آبیاری ۱۷ روز یک بار (تنش شدید نسبت به دور آبیاری هفت روز یک بار (تیمار شاهد) بیش از ۵۰ درصد کاهش یافت.

اسیدهای آمینه می‌توانند جذب کودها را تسهیل کنند و با افزایش جذب عناصر غذایی و رطوبت موجب افزایش تولید ماده خشک شوند (کوالزی و زیئلونی، ۲۰۰۸). غزال (۲۰۱۵) در پژوهشی روی گیاه آویشن معنی‌دار بودن اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر وزن خشک گیاه را گزارش کرد. 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. 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 (جندی و نصیر، ۲۰۱۶).

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 فعالیت فتوسنتز می‌شود. کاهش میزان کلروفیل کل احتمالاً به علت اثر تنش بر پیش‌سازهای تولید کلروفیل یا تخریب کلروفیل می‌باشد. کاهش در کلروفیل تحت تنش خشکی اساساً به علت خسارت کلروفیل در نتیجه رادیکال‌های آزاد است (مفاخری و همکاران، ۲۰۱۰). کاهش غلظت کلروفیل در شرایط تنش شدید می‌تواند ناشی از اثر تخریب کلروفیل و در نتیجه تجزیه کلروفیل به وسیله گونه‌های فعال اکسیژن باشد (پورموسی و همکاران، ۲۰۱۰). تنش خشکی موجب بروز علائم پیری در برگ می‌شود. این علائم شامل افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء، کاهش میزان کلروفیل، فتوسنتز و کاهش شدید آنتی اکسیدان‌های غیرآنزیمی می‌باشد که سبب کاهش آسیمیلات‌سازی شده و در نتیجه کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت (مونبوش و آلگر، ۲۰۰۴). حیاتی و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثر سطوح کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت اظهار کردند که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل می‌شود. به طوری که این میزان کاهش را نسبت به تیمار شاهد حدود ۱۵ درصد گزارش کردند.

اسیدهای آمینه ترکیب‌های نیتروژن‌دار هستند که در ساخت پروتئین‌ها مشارکت دارند که در رشد سلول‌ها دخیل هستند. همچنین، آن‌ها در حفظ اسیدپته مطلوب سلول‌های گیاهی نقش اساسی ایفا می‌کنند، زیرا هم دارای گروه‌های اسیدی و هم گروه‌های قلیایی هستند. ضمناً اسیدهای آمینه، نقش تغذیه‌ای مهم و سریعی در برطرف کردن نیازهای گیاهان ایفا می‌کنند به همین علت موجب افزایش سطح برگ، محتوای کلروفیل و رنگدانه‌های گیاهی می‌شوند و زمینه بهبود کمی و کیفی محصولات گیاهی را فراهم می‌آورند (رادکوسکی، ۲۰۱۸). اسیدهای آمینه در گیاهان با ممانعت از سنتز آنزیم‌های

ضروری برای تولید اتیلن، در 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 (ناهد و همکاران، ۲۰۰۹). به نظر می‌رسد که نقش اسیدهای آمینه در افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان به علت اثر آنتی‌اکسیدانی، کمک به تعادل یونی و افزایش دسترسی به نیتروژن بوده است (تانگ و نیوتن، ۲۰۰۵). اسید آمینه آرژنین دارای بیشترین نسبت C/N است که این ویژگی سبب تمایز این آمینواسید به‌عنوان مخزن نیتروژن آلی شده است. هم‌چنین آرژنین از اسیدهای آمینه اساسی در فرآیند به‌وجود آمدن رنگیزه‌های گیاهی می‌باشد. به همین علت این اسید آمینه سبب افزایش کاروتنوئید و بتاکاروتن در گیاهان می‌شود (عباس‌پور اسفدن و همکاران، ۲۰۱۹). شتوکند و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی که روی نخود داشتند بیان کردند که تاثیر آرژنین و پرولین روی محصولات متابولیسمی فتوسنتز می‌تواند موجب اثر معنی‌دار روی رنگیزه‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه شود. یوان و لین (۲۰۰۸) گزارش کردند که پیش‌تیمار گیاه برنج با پرولین و آرژنین موجب افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و مقابله با اثرات مخرب تنش شوری شده است. گراسیا و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که اثر اسیدهای آمینه بر مواد معدنی برگ و رنگیزه‌های گیاه گوجه فرنگی موثر بود. ال-تامی و همکاران (۲۰۱۳) تاثیر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف محرک‌های زیستی را بر گیاه لوبیا تحت شرایط تنش خشکی بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که محلول‌پاشی موجب بهبود محتوای نسبی آب و میزان کلروفیل برگ‌ها و کاهش اثرات منفی تنش بر محتوای رنگیزه‌های لوبیا شد. میری و همکاران (۲۰۱۵) تاثیر محرک‌های زیستی را بر گیاه آویشن بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که کاربرد این محرک‌ها موجب افزایش وزن تر و خشک بوته، عملکرد اسانس، میزان کلروفیل a و کاروتنوئید شد.

پرولین یک اسید آمینه است که در تشکیل پروتئین‌ها دخالت دارد و هم‌چنین یک اسمولیت است که با تنظیم فشار اسمزی گیاه می‌تواند بهبود عملکرد گیاه به هنگام تنش را به دنبال داشته باشد. هم‌چنین می‌توان آن را یک آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی دانست که موجب حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود. افزایش تجمع پرولین تحت شرایط تنش بستگی به گونه گیاهی و شدت تنش دارد. تنش‌های

محیطی به ویژه تنش خشکی سبب تغییر ماهیت و معمولاً تغییر ساختار پروتئین‌ها می‌شود. حفظ ساختار پروتئین و جلوگیری از تجمع پروتئین‌های غیرمؤثر در شرایط تنش، برای بقای سلول لازم است (آلتنباخ و همکاران، ۲۰۰۳). علل تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش خشکی به دلیل کاهش اکسیداسیون آن به گلوتامات و کاهش مصرف پرولین در ساخته شدن پروتئین‌ها (به خاطر توقف رشد گیاه) می‌باشد. از مهمترین نقش‌های فیزیولوژیکی تجمع پرولین در واکنش به کمبود آب، نقش آن به عنوان یک ماده تنظیم کننده فشار اسمزی و عامل حفاظت کننده آنزیم‌های سیتوپلاسمی و ساختمان غشاء است. گزارش شده است که تجمع پرولین عموماً وقتی شروع می‌شود که تنش آبی به حدی شدید باشد که رشد متوقف و روزنه‌ها بسته شده باشند (اصلان پور و همکاران، ۲۰۱۷). محتوای پرولین گیاه همیشه بهار با افزایش تنش خشکی تا سطح تنش نسبتاً شدید افزایش یافت، ولی پس از آن مجدداً کاهش پیدا کرد (جعفرزاده و همکاران، ۲۰۱۳). هم‌چنین بررسی روی آفتابگردان تحت شرایط خشکی نشان داد که در طول تنش با افزایش فعالیت گاما- گلوتامیل کیناز میزان پرولین نیز افزایش پیدا کرد (مانیوانان و همکاران، ۲۰۰۷).

اسید آمینه پرولین که در شرایط تنش خشکی در سلول‌های گیاهی تجمع می‌یابد به عنوان آنتی-اکسیدان غیرآنزیمی مطرح می‌شود و به دلیل نقش حفاظتی که در سلول ایفا می‌کند، در شرایط تنش می‌تواند گیاه را از آسیب‌های احتمالی حفظ کند. در سلول‌های تحت تنش، پرولین سبب محافظت سلول و ممانعت از سمیت در سلول می‌شود (بایومی و همکاران، ۲۰۰۸). در گزارش حسنی و همکاران (۲۰۰۴) روی گیاه ریحان با کاهش رطوبت خاک میزان پرولین افزایش یافت که آن‌ها علت این افزایش را رابطه نزدیک بین میزان تجمع پرولین و مقدار محتوای نسبی رطوبت برگ در اثر تنش خشکی بیان کرده‌اند. دلیل افزایش تولید پرولین بر اثر استفاده از گلیسین به این علت است که سنتز پرولین در گیاه به وسیله گلوکز شروع می‌شود. اسید آمینه گلیسین نیز در ابتدای مسیر چرخه گلوکز می‌باشد، در صورتی که پرولین در انتهای چرخه تولید اسیدهای آمینه می‌باشد. بنابراین با محلول پاشی گلیسین،

مسیر تولید اسیدهای آمینه به جای گلیسین به سمت تولید اسیدهای آمینه دیگری نظیر پرولین تغییر می‌کند (رضایی آلولو و همکاران، ۲۰۱۹). بررسی‌های مختلف نشان دهنده این مطلب است که تمامی گیاهان توانایی تجمع اسمولیت‌های آلی برای کاهش آثار زیان‌بار استرس‌های غیرزنده محیطی را ندارند. البته امکان القای سنتز اسمولیت‌های آلی مختلف از جمله گلیسین بتائین به این گیاهان وجود داشته و از این طریق می‌توان اثرات زیان‌بار استرس‌های محیطی را بر گیاهان مذکور کاهش داد (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷). پورسلطان و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که مصرف اسیدهای آمینه سبب افزایش میزان پرولین در گیاه گوجه فرنگی شد. همچنین کایا و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی روی خربزه گزارش کردند با محلول‌پاشی اسید آمینه پرولین، میزان پرولین در برگ گیاه نیز به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد.

مشخص شده که بسیاری از ترکیبات فنلی به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند و می‌توانند به‌طور مؤثری رادیکال‌های گروه هیدروکسیل و پروکسیل را حذف کنند و از اکسید شدن چربی‌ها ممانعت به عمل آورند (میکالک ۲۰۰۶). بررسی ترکیبات فنلی در تیمارهای مورد مطالعه نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی به‌طور معنی‌داری مقدار ترکیبات فنلی کاسته شد. این کاهش می‌تواند ناشی از تخریب این ترکیبات در اثر واکنش با ترکیبات اکسیداتیو در شرایط تنش خشکی باشد یا کاهش مقدار ترکیبات فنلی می‌تواند به علت کاهش فعالیت آنزیم‌های مسیر تولید آن باشد (سانچز رودریگز و همکاران، ۲۰۱۱). معمولاً ترکیبات فنلی به وسیله فاکتورهای ژنتیکی و شرایط محیطی از جمله شرایط تغذیه‌ای تحت تاثیر قرار می‌گیرند (براوو، ۱۹۹۸). تغییر در محتوای فنلی می‌تواند فعالیت آنتی-اکسیدانتی گیاه را تحت تاثیر قرار دهد زیرا بسیاری از ترکیبات فنلی در گیاهان منبع خوبی از آنتی-اکسیدان‌های طبیعی هستند (نگوین و همکاران، ۲۰۱۰). حسن‌زاده قورتپه و همکاران (۲۰۲۰) محتوای فنل و فلاونوئید گیاه کاسنی را در ۵۰ درصد به ترتیب ۱۳/۴۳ (میلی گرم اسید گالیک در گرم وزن تر) و ۰/۳۱ (گرم کوئرستین در صد گرم) و در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه ۱۶/۱۸ (میلی گرم اسید

گالیک در گرم وزن تر) و ۰/۳۷ (گرم کوئرتستین در صد گرم) گزارش کردند، در واقع با افزایش تنش میزان محتوای فنلی گیاه کاهش پیدا کرد.

مشخص شده است که کاربرد اسیدهای آمینه روی متابولیسم ترکیبات فنلی گیاه تاثیر گذار است. ترکیب‌های فنلی گستره وسیعی در گیاهان دارند و فعالیت بیولوژیک متنوع این ترکیب‌ها از جمله اثر آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد التهابی آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است (پورتو و همکاران، ۲۰۱۵). امین و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی که روی گیاه پیاز داشتند گزارش کردند که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه پوتری سین و گلو تامين و ترکیب آن‌ها موجب افزایش محتوای کل قند، اسیدهای آمینه آزاد، ترکیبات فنلی و گوگردی شد. همچنین عبدالواحد و همکاران (۲۰۰۵) بیان داشتند مصرف اسیدهای آمینه به‌طور قابل توجهی محتوای قند کل و ترکیبات فنلی را در بابونه افزایش داد اما موجب کاهش اسیدهای آمینه آزاد کل شد.

در مطالعات پیشین گزارش شده است که آسکوربیک اسید به شدت تحت تأثیر افت درصد آب گیاه قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر به موازات کاهش وزن خشک گیاه در اثر تنش خشکی، میزان آسکوربیک اسید کاهش می‌یابد (رنجبر و همکاران، ۲۰۰۷). علاوه بر این، دلیل کاهش مقدار آسکوربات می‌تواند تخریب مستقیم آسکوربات به وسیله‌ی رادیکال‌های آزاد اکسیژن تحت تأثیر تنش خشکی و همچنین مصرف آسکوربات برای سنتز زنازانتین و تولید مجدد آلفا توکوفرول (آنتی‌اکسیدان باند شده به غشاء) باشد (دانشمند، ۲۰۱۴). تقدسی‌نیا و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که با افزایش شدت تنش خشکی، مقدار ویتامین ث در گیاه خربزه نسبت به شاهد کاهش یافت. در این پژوهش مقدار ویتامین ث در تنش شدید نسبت به شاهد ۴۷/۵ درصد کاهش یافت.

اسیدهای آمینه نقش مهمی در سنتز سایر ترکیبات آلی مانند پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، پورین‌ها، آمین‌ها، پیریمیدین‌ها، آلکالوئیدها و ویتامین‌ها دارند (تاجیک و دانائی، ۲۰۱۶). اسید آسکوربیک (ویتامین ث) یکی از آنتی‌اکسیدان‌های مهم در گیاهان است. اسید آسکوربیک در غشاء داخلی

میتوکندری ساخته می‌شود و موجب محافظت از بافت‌های گیاه در مقابل گونه‌های آزاد اکسیژن می‌شود. مصرف اسیدهای آمینه به شکل محلول‌پاشی برگ‌ی موجب کاهش تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود، که سبب کاهش تخریب بافت‌های گیاهی به وسیله رادیکال‌های آزاد می‌شود. محلول‌پاشی برگ‌ی اسیدهای آمینه با کاهش فعالیت رادیکال‌های آزاد، موجب افزایش تولید اسید آسکوربیک شده است (عبدوسی و دانائی، ۲۰۱۹).

تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی همیشه به یک میزان صورت نمی‌گیرد و عوامل متعددی وجود دارند که می‌توانند تولید این ترکیبات را تحت تاثیر قرار دهند؛ تنوع گونه‌ای، مراحل رشد و نمو، شرایط فصلی، میزان دسترسی به مواد غذایی معدنی و شرایط تنش از جمله این عوامل هستند. در پاسخ به تنش خشکی تولید ترکیبات ثانویه ممکن است افزایش یا کاهش نشان دهد (آقایی و همکاران، ۲۰۱۴). بررسی گزارشات نشان می‌دهد که اثر تنش آب بر متابولیت‌های ثانویه گیاهی یک پدیده خاص گونه‌ای است و بستگی به شدت تنش دارد (اظهر و همکاران، ۲۰۱۱). اثرهای مثبت محدودیت آب به نوع متابولیت‌های ثانویه نیز وابسته است. برای گیاهان معطر و دارویی، خشکی سبب تغییرات قابل توجهی در عملکرد و ترکیب متابولیت‌های آن‌ها می‌شود (بتائیب و همکاران، ۲۰۰۹). در اصل، سنتز متابولیت‌های ثانویه بخشی از سیستم دفاعی گیاه در برابر تنش‌های محیطی محسوب می‌شود. تنش خشکی می‌تواند موجب تسریع بیوسنتز این ترکیب‌ها گردد (ال-دین و همکاران، ۲۰۰۹). تنش خشکی، تجمع آلکالوئیدها را در اندام‌های هوایی گیاهان دارویی افزایش می‌دهد. افزایش آلکالوئیدها ممکن است یک پاسخ دفاعی گیاهان در برابر تنش خشکی باشد. تولید بیشتر متابولیت‌های ثانویه در گیاهان تحت تنش خشکی احتمالاً به علت تخصیص کم کربن به رشد بوده و نشان‌دهنده وجود تبادل بین رشد و دفاع است (عباباف و همکاران، ۲۰۲۰).

فصل ۳ : مواد و روش ها

۱-۳ زمان و محل آزمایش

این آزمایش در دو مزرعه در استان البرز شهرستان کرج روستای هلجرد و روستای کهنز شهرستان شهریار در استان تهران در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد.

۲-۳ موقعیت جغرافیایی شهرستان شهریار و کرج

موقعیت جغرافیایی مناطقی که آزمایش در آن اجرا گردید در جدول ۱-۳ آورده شده است.

جدول ۱-۳. موقعیت جغرافیایی مناطق انجام آزمایش

موقعیت	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)
کرج	۳۵° ۴۶' N	۵۰° ۵۶' E	۱۳۲۰
شهریار	۳۵° ۷۶' N	۵۱° ۱۳' E	۱۰۲۴

۳-۳ شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش

داده‌های هواشناسی از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. با توجه به آمارهای اقلیمی، آب و هوای این منطقه از نوع مدیترانه‌ای گرم و خشک می‌باشد. شرایط آب و هوایی مناطقی که آزمایش در آن اجرا گردید در جدول ۲-۳ آورده شده است.

جدول ۲-۳. موقعیت آب و هوایی مناطق انجام آزمایش

موقعیت	میانگین دمای سالانه (°C)	میانگین کمترین دمای سالانه (°C)	میانگین بیشترین دمای سالانه (°C)	میانگین رطوبت نسبی سالانه (%)	میانگین کمترین رطوبت نسبی سالانه (%)	میانگین بیشترین رطوبت نسبی سالانه (%)	بارش سالانه (mm)	تبخیر سالانه (mm)	تعداد ساعات آفتابی
کرج	۱۴/۴	۸	۲۰/۸	۴۹/۹۵	۳۱	۶۸/۹	۱۷۲/۳	۲۱۸۴	۲۸۹۹
شهریار	۱۱/۶۵	۶/۶	۱۶/۷	۴۵/۴	۲۴/۵	۶۴/۲	۲۴۷/۷	۲۲۳۲	۲۹۸۵

۳-۴ مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

قبل از انجام آزمایش از عمق ۳۰ سانتی متری به صورت تصادفی نمونه گیری انجام شد و خاک هر مزرعه جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج در جدول ۳-۳ دیده می شود.

جدول ۳-۳. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک محل انجام آزمایش

مکان	درصد ماده آلی	نیتروژن (درصد)	کربنات کلسیم (%)	پتاسیم (mg/Kg)	فسفر (mg/Kg)	گوگرد (mg/Kg)	EC (dS/m)	pH	بافت
کرج	۰/۳۳	۰/۰۷	۲۹	۱۶۷	۳۵/۲۲	۶	۱/۳۴	۸/۲	لوم - سیلت
شهریار	۰/۵۸	۰/۰۷	۱۹	۱۸۹	۱۰/۳۵	۸/۶۱	۲/۵۴	۸/۱۶	شنی - لومی

۳-۵ مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت اسپیلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش تنش کم آبیاری به عنوان فاکتور اصلی در سه سطح {تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر از نوع کلاس A شامل (I_۱) ۵۰ میلی متر تبخیر (به طور متوسط در منطقه هر چهار روز یکبار آبیاری؛ آبیاری کامل)، (I_۱) ۷۵ میلی متر تبخیر (به طور متوسط در منطقه هر شش روز یکبار آبیاری؛ آبیاری به میزان ۷۵٪)، (I_۲) ۱۰۰ میلی متر تبخیر (به طور متوسط در منطقه هر هشت روز یکبار آبیاری؛ آبیاری به میزان ۵۰٪) و فاکتور فرعی در پنج سطح محلول پاشی اسیدهای آمینه شامل {شاهد (C)؛ پاشش آب معمولی بر گیاه، تریپتوفان (Tr)، گلیسین (Gl)، تیروزین (Ty) و آرژنین (Ar) (یک میلی گرم در لیتر)} به عنوان فاکتور فرعی اجرا شد. بذر مورد نیاز گیاه عروسک پشت پرده برای کشت از بانک بذر پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی کرج با کد MPISB-۲۱۲ تهیه شد.

جدول ۳-۴. نقشه اجرای طرح آزمایشی

I _۱	I _۱	I _۱	I _۱	I _۱	I _۲	I _۲	I _۲	I _۲	I _۲	I _۲	I _۱	I _۱	I _۱	I _۱	I _۱
Tr	Ar	C	Gl	Ty	Gl	Ty	Tr	Ar	C	Ty	Tr	Ar	Gl	C	

I ₁ Ty	I ₁ Tr	I ₁ Ar	I ₁ Gl	I ₁ C	I ₁ C	I ₁ Gl	I ₁ Tr	I ₁ Ty	I ₁ Ar	I ₂ Ty	I ₂ Gl	I ₂ C	I ₂ Tr	I ₂ Ar
I ₁ Gl	I ₁ Ty	I ₁ Tr	I ₁ C	I ₁ Ar	I ₁ Ty	I ₁ Gl	I ₁ Tr	I ₁ C	I ₁ Ar	I ₂ Tr	I ₂ Gl	I ₂ Ar	I ₂ Ty	I ₂ C

۳-۶ مشخصات کرت‌های آزمایش

طول و عرض هر کرت سه متر، فواصل بین کرت‌ها یک متر و فواصل بین تکرارها دو متر بود، خطوط کشت با فواصل ۶۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و فاصله ۲۵ سانتی‌متر بین بوته‌ها بود. در هر کرت پنج ردیف کاشت وجود داشت.

۳-۷ عملیات‌های اجرایی در مزرعه

هنگامی که شرایط آب و هوایی مهیا شد و خاک گاو رو شد عملیات آماده‌سازی زمین در هر دو مزرعه در اول اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۶ انجام شد. در ابتدا زمین‌ها شخم زده شد، سپس برای نرم شدن خاک دو نوبت دیسک عمود بر یکدیگر زده شد و سپس عملیات ماله‌زنی صورت گرفت. جوی و پشته به وسیله فاروئر ایجاد شد. برای جلوگیری از ورود آب آبیاری بین هر کرت یک خط نکاشت در نظر گرفته شد. هم‌چنین محل اعمال تیمارهای آزمایشی به‌صورت تصادفی انتخاب گردید. عملیات کاشت در هر دو مزرعه در تاریخ ۱۳۹۶/۰۲/۰۱ به‌صورت دستی انجام شد.

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، طبق نقشه تحقیق تنش اعمال شد و تا مرحله برداشت ادامه پیدا کرد. عملیات محلول‌پاشی روی گیاهان قبل از شروع گلدهی آغاز شد و

در چهار مرحله با فاصله زمانی یک هفته (۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز) انجام شد. برای محلول پاشی از سم پاش پستی دستی که ابتدا با آب مقطر کالیبره شده استفاده گردید. محلول ها به غلظت یک میلی گرم در لیتر تهیه شد. مقدار محلول مورد نیاز برای محلول پاشی گیاهان موجود در هر خط کشت تعیین شد. قبل از طلوع آفتاب و در هوایی کاملاً آرام محلول پاشی انجام شد. محلول پاشی تا زمان شروع ریزش قطرات محلول از سطح برگ و سطح کانوپی ادامه یافت تا پوشش سطح کانوپی برگ با لایه ای از قطرات محلول پوشیده گردید. جهت ارزیابی و بررسی واکنش اکومورفوفیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاهان، نمونه برداری و اندازه گیری صفات قبل از مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی میوه (برگ ها تماماً سبز بودند) انجام شد. جهت نمونه برداری از مزرعه دو خط کناری کرت ها به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و از گیاهان موجود در خطوط میانی برای اندازه گیری صفات اکومورفوفیزیولوژیکی استفاده شد. در زمان نمونه برداری از هر تیمار سه تکرار و از هر تکرار سه نمونه برداشت شد.

۳-۸ روش های اندازه گیری صفات

نمونه برداری از گیاهان هر کرت به شکل تصادفی و جداگانه صورت پذیرفت. نمونه ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت برای اندازه گیری وزن خشک قرار گرفتند. پس از نمونه برداری از هر دو مزرعه کلیه صفات ظاهری (ارتفاع بوته، قطر ساقه در محل طوقه، تعداد ساقه فرعی، تعداد برگ بوته، وزن خشک برگ بوته، وزن خشک ساقه بوته، وزن خشک میوه بوته، وزن خشک اندام هوایی بوته، میزان سبزینگی برگ بوته) اندازه گیری شد.

۳-۸-۱ میزان کلروفیل و کاروتنوئید

در آزمایشگاه کمیت کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید اندازه گیری شد. برای تعیین میزان محتوای کلروفیل a، b و کاروتنوئید از روش لیختن تالر (۱۹۸۷) استفاده شد. ۰/۲ گرم برگ تر به همراه پنج

میلی لیتر استون ۸۰ درصد به خوبی ساییده شد. محتوای هاون پس از عبور از صافی مجدداً با ده میلی لیتر دیگر استون مخلوط گردید و به حجم ۱۵ میلی لیتر رسانده شد. سه میلی لیتر از این محلول در کووت ریخته شد و جذب آن در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۶ و ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Rayleigh UV-۲۶۰۱; China) در برابر بلانک استون قرائت شد (لیختن تالر، ۱۹۸۷). از روابط زیر برای سنجش صفات فوق‌الذکر استفاده گردید:

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A_{663} - 0.86 \times A_{646}) V/100W$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A_{646} - 3.6 \times A_{663}) V/100W$$

$$\text{Carotenoids} = 100 (A_{470}) - 3.27 (\text{mg chl a}) - 10.4 (\text{mg chl b})/227$$

۳-۸-۲ آنتوسیانین برگ

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین، به میزان ۰/۰۲ گرم برگ تازه همراه با چهار سی سی HCl یک درصد و CH₃OH در یک هاون ریخته شد و محلول به دست آمده یک روز در یخچال گذاشته شد. پس از سانتریفیوژ شدن محلول دو فاز به دست آمد که فاز رویی این محلول توسط اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۵۳۰ nm و ۶۵۷ nm خوانده شد. آنتوسیانین (A) از رابطه‌ی زیر محاسبه شد (میتا و همکاران، ۱۹۹۷).

$$A = A_{530} - (0.25 \times A_{657})$$

۳-۸-۳ سنجش میزان پرولین

پرولین آزاد برگ بر اساس روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳) اندازه‌گیری گردید. ۰/۰۵ گرم از برگ درون هاون ریخته شد و چهار میلی لیتر سولفوریک اسید شش درصد به آن اضافه و کوبیده شد. پس از آن، این محلول به وسیله سانتریفیوژ دو فاز شده و فاز رویی جدا گردید و با دو میلی لیتر اسید استیک

گلاسیال^۱ و دو میلی‌لیتر ناین هیدرین مخلوط گردید و محلول بدست آمده را به مدت ۳۰ دقیقه درون بن ماری با °C ۹۰ قرار داده شد. پس از سرد شدن لوله‌ها میزان چهار میلی‌لیتر محلول تولوئن اضافه گردید و نمونه‌ها شیک شد تا دو فاز به وجود آید. فاز رویی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۵۲۰ nm در برابر بلانک تولوئن خوانده شد.

۳-۸-۴ سنجش میزان فنل میوه

برای عصاره‌گیری، از نمونه میوه تازه گیاه استفاده شد. سه گرم از پوست و پالپ میوه گیاه را در هاون کوبیده و به آن ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد اضافه شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در ۵۰۰۰ سانتریفیوژ شده تا دو فاز جدایی گردد و فاز رویی جمع‌آوری شد. جهت اندازه‌گیری محتوای فنل کل به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره، دو میلی‌لیتر سدیم کربنات دو درصد، ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میلی‌لیتر معرف فولین سیکالچو (۵۰ درصد) اضافه گردید. روش فولین سیکالچو متداول‌ترین روش اندازه‌گیری فنل است. در این روش، احیاء معرف فولین توسط ترکیبات فنلی در محیط قلیایی و ایجاد کمپلکس آبی رنگ اساس کار می‌باشد. نمونه‌ها در مرحله بعد به مدت نیم ساعت در تاریکی نگهداری شدند و جذب آن‌ها در طول موج ۷۲۰ nm خوانده شد. گالیک اسید به عنوان استاندارد فنل برای رسم منحنی استاندارد به کار رفت. محتوای فنل کل براساس میلی‌گرم معادل گالیک اسید بر گرم وزن تر گیاه محاسبه شد (مدا و همکاران، ۲۰۰۵)

۳-۸-۵ سنجش میزان بتاکاروتن

این سنجش براساس روش آمارویچز آمارویچزو همکاران (۲۰۰۴) انجام شد. ابتدا یک محلول پایه از بتاکاروتن-لینولئیک اسید تهیه گردید که به شرح زیر است؛ پنج میلی‌گرم از بتاکاروتن در ۱۰ میلی‌لیتر کلروفرم حل شد، ۶۰۰ میکرولیتر از محلول تهیه شده به مخلوط ۴۰ میلی‌گرم لینولئیک اسید و ۴۰۰

^۱ - Glacial acetic acid

میلی گرم توئین ۴۰ اضافه شد. سپس با روش تبخیر در خلا کلروفرم جدا گردید و ۱۰۰ میلی لیتر آب اکسیژنه به آن اضافه و شدیداً هم زده شد. پنج میلی لیتر از امولسیون تهیه شده فوق به لوله آزمایش منتقل و ۲۰۰ میکرولیتر از هر عصاره (غلظت ۱۰۰۰ ppm) به لوله آزمایش اضافه گردید. تمامی این مراحل در مورد TBHQ^۱ (غلظت ۱۰۰ ppm) به عنوان آنتی اکسیدان استاندارد و شاهد (محلول بتاکاروتن تهیه شده به علاوه ی حلال های مربوطه) انجام شد. جذب نوری نمونه ها با اسپکتروفتومتر در ۴۷۰ nm در زمان صفر و همچنین بعد از ۲۴ ساعت گرم خانه گذاری در دمای اتاق قرائت شد. ظرفیت آنتی اکسیدانی عصاره به عنوان درصد بازداري بیان می شود.

$$\%I = [1 - (As(24) - As(0)) / (Ac(24) - Ac(0))] \times 100$$

که در آن، As(۲۴): جذب نمونه بعد از ۲۴ ساعت، As(۰): جذب نمونه در زمان شروع، Ac(۲۴): جذب کنترل بعد از ۲۴ ساعت، Ac(۰): جذب کنترل در زمان شروع، %I: درصد بازدارندگی

۳-۸-۶ سنجش میزان لیکوپن

به منظور استخراج رنگدانه ی لیکوپن، یک گرم از پودر میوه عروسک پشت پرده وزن گردید و به آن هشت میلی لیتر ان- هگزان، چهار میلی لیتر اتانول و چهار میلی لیتر استون (حاوی پنج میلی لیتر بوتیل هیدروکسی تولوئن ۰/۰۵ درصد) اضافه و به مدت ۱۵ دقیقه مخلوط شد (مونتانو و همکاران، ۲۰۰۸). سپس نمونه ها وارد قیف تفکیک کننده شدند. رنگدانه استخراجی سه مرتبه با پنج میلی لیتر آب مقطر شسته شد. قیف تفکیک کننده به آرامی تکان داده شده و به مدت ۳۰ ثانیه در هر بار شستشو، برگردانده شد. در هر نوبت، فاز رویی برداشته شد و فاز پایینی دور ریخته شد. سپس در مرحله سوم شست و شو فاز رویی که حاوی لیکوپن بود برای خواندن در طول موج ۴۷۲ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر قرار گرفت. عدد خوانده شده توسط دستگاه در رابطه زیر قرار گرفت و میزان لیکوپن با استفاده از ضریب خاموشی ویژه لیکوپن در ان- هگزان محاسبه شد.

^۱ Tertiary butylhydroquinone

$$C \text{ (mg/g)} = 1000 \times A \lambda_{\max} \times V/E \times 1 \times 1 \times W$$

که در آن C = میزان لیکوپن، $A \lambda_{\max}$ = میزان جذب در حداکثر طول موج جذب، V = حجم نمونه (عصاره)، $E \times 1 \times 1$ = ضریب خاموشی ویژه لیکوپن کل برای محلول ۱٪ در سلول یک سانتی متری و W = وزن نمونه.

۳-۸-۷ سنجش میزان اسید آسکوربیک

جهت اندازه گیری اسید آسکوربیک از روش تیتراسیون استفاده شد (ویلیام و لوئوس، ۱۹۷۸). به این صورت که دو میلی لیتر از آب میوه صاف شده را با دو میلی لیتر از محلول پایدار کننده تری کلرواستیک اسید مخلوط کرده و سپس به وسیله معرف ایندوفنل و با استفاده از همزن مغناطیسی عمل تیتراسیون را تا زمان تغییر رنگ پایدار به رنگ صورتی ادامه یافت و بر اساس حجم ایندوفنل مصرفی در نمونه و استاندارد اسید آسکوربیک (تولید شرکت مرک)، میزان اسید آسکوربیک اندازه گیری شد و نتایج به صورت میلی گرم بر گرم وزن تر بیان گردید.

۳-۸-۸ سنجش میزان آلکالوئید

میزان آلکالوئید کل از بافت های گیاهی خشک شده براساس ماده کلیدونین اندازه گیری شد (فارماکوپه دارویی ایران، ۲۰۰۲).

۳-۹ تجزیه و تحلیل داده‌ها و نرم افزارهای مورد استفاده

برای تجزیه واریانس داده‌های آزمایش بر اساس طرح آزمایشی آن از نرم افزار SAS-V9,4 و همچنین

برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. رسم شکل‌ها توسط

نرم افزار Excel ۲۰۱۹ انجام گردید.

فصل ۴ : نتایج و بحث

۱-۴ شاخص‌های مورفولوژیکی

۱-۱-۴ ارتفاع

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر اصلی آبیاری و محلول‌پاشی و برهمکنش مکان ×

محلول‌پاشی در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴-۱).

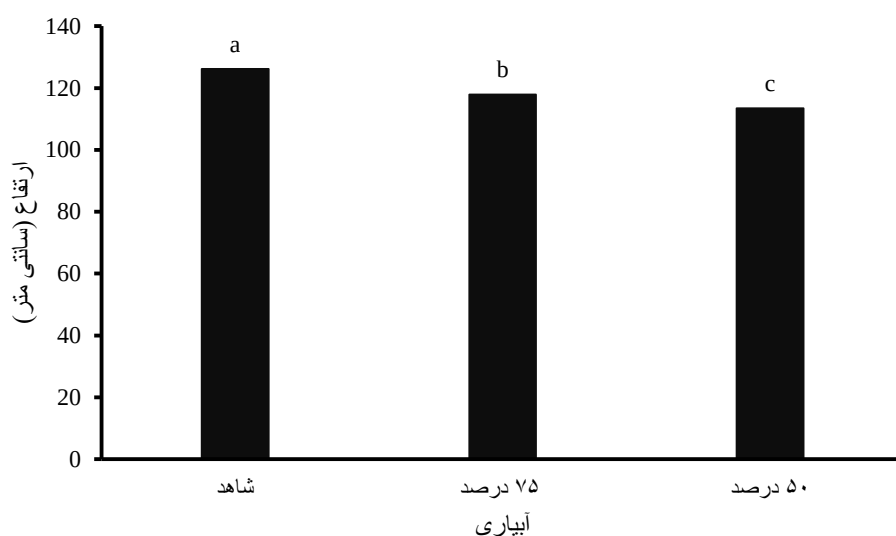
جدول ۰ نتایج تجزیه واریانس مربوط به برخی صفات گیاه عروسک پشت پرده تحت تاثیر مکان، آبیاری و محلول-پاشی اسیدهای آمینه

میانگین مربعات					درجه آزادی	منبع تغییرات
قطر میوه	ارتفاع میوه	تعداد میوه	تعداد شاخه فرعی	ارتفاع		
۱۴/۹۸	۰/۰۰۲	۱۲/۸۴	۲۳۶/۸۴**	۳/۶	۱	مکان (L)
۰/۳۳	۵/۱	۳/۰۴	۷۱/۷۱	۶۱/۵۶	۴	خطای a
۱۳۴/۹۲**	۱۱/۵۶**	۲۰۵/۷۴**	۱۶۱۶/۱۸**	۱۲۶۳/۶۴**	۲	آبیاری (I)
۰/۰۱	۱/۴۲	۱۱/۶۸*	۳۳/۳۸*	۲۰/۱۳	۲	L×I
۰/۲۸	۰/۴۴	۲/۹۹	۷/۲۶	۴۷/۱۷	۸	خطای b
۳/۵۹**	۱۳۲/۷**	۱۲۹/۵۶**	۳۶۶/۹۶**	۳۷۶/۷۸**	۴	محلول‌پاشی (A)
۰/۱۷	۵/۵۷*	۴/۷۷	۱۷/۸۹	۹/۳۸	۸	I×A
۰/۲۴	۰/۷۶	۲۲/۰۱*	۷۲/۸۷**	۶۵/۹**	۴	L×A
۰/۲۲	۰/۴۷	۳/۹۳	۵/۸۶	۵/۸۱	۸	L×I×A
۰/۱	۲/۶۱	۳/۵۹	۹/۴۴	۱۱/۷۴	۴۸	خطای c

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین ارتفاع از تیمار شاهد (۱۲۶/۲ سانتی‌متر) و کمترین

میزان ارتفاع از تیمار ۵۰٪ آبیاری (۱۱۳/۴ سانتی‌متر) حاصل شد (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱ اثر آبیاری بر ارتفاع بوته در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

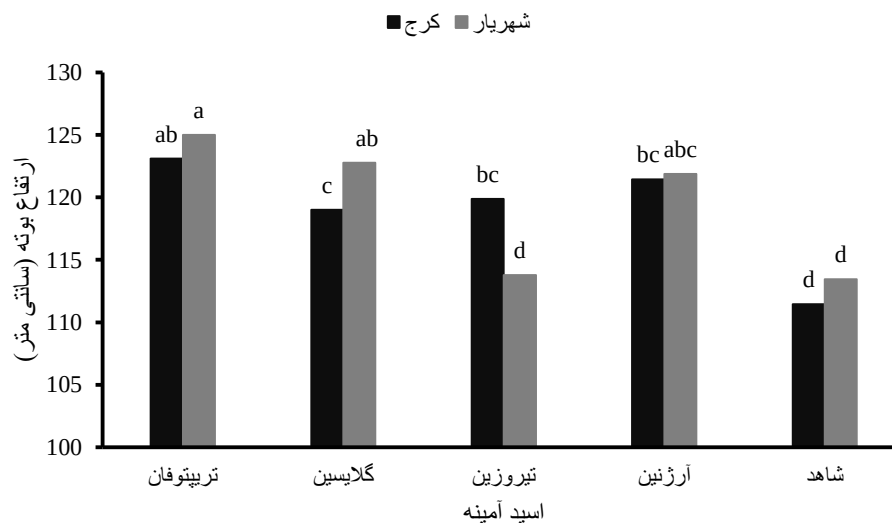
بررسی میانگین صفات نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته از تیمار محلول‌پاشی تریپتوفان و در منطقه شهریار (۱۲۵ سانتی‌متر) حاصل شد (شکل ۲-۴). کمترین میزان ارتفاع (۱۱۱/۴۴ سانتی‌متر) از تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) و در منطقه کرج به‌دست آمد که با دو ترکیب تیماری دیگر اختلاف معنی‌داری نداشت. به طور کلی، تأثیر آرژنین و تریپتوفان در هر دو مکان از لحاظ آماری مشابه بود. این در حالی است که تأثیر دو اسید آمینه دیگر در منطقه کرج به طور معنی‌دار متفاوت از شهریار به‌دست آمد.

از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش فشار تورژسانس سلولی و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول‌ها به‌ویژه در ساقه و برگ‌هاست. به عبارت دیگر کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی به‌علت کاهش سطح برگ و کاهش انتقال مواد آسیمیلاتی به سمت اندام‌های زایشی در اثر تنش کمبود آب سبب کاهش عملکرد سرشاخه‌های گلدار می‌گردد. به همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی بر گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچک‌تر برگ‌ها و ارتفاع کمتر گیاهان تشخیص داد. به علاوه در شرایط کم‌آبی، جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد. متعاقب کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کاهش یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با

محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (ترابی و همکاران، ۲۰۲۰). همان‌طور که گفته شد یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه رشد و توسعه سلول خصوصاً در ساقه و برگ‌ها است. با کاهش فشار تورژسانس در اثر کمبود آب، نمو سلول به دلیل عدم وجود فشار درون سلول کاهش می‌یابد. بنابراین بین کاهش اندازه سلول و میزان کاهش آب رابطه معنی‌داری در بافت‌های گیاهی دیده می‌شود. از طرفی با کاهش رشد سلول اندازه اندام نیز محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم آبی روی گیاهان را می‌توان از روی اندازه فاصله کمتر میانگره‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد (هونگ بو و همکاران، ۲۰۰۸). این تغییرات در رشد می‌تواند به عنوان سازگاری مورفولوژیکی گیاه به آب و تنش‌های محیطی برای کاهش تعرق و ایجاد مصرف کمتر آب مورد توجه قرار گیرد (بانون و همکاران، ۲۰۰۶). مام نبی و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی که روی گیاه کلزا انجام دادند، نشان دادند که بیشترین ارتفاع بوته از تیمار آبیاری کامل مشاهده شد و هرچه تنش اعمال شده شدیدتر شد میزان ارتفاع بوته به طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج مشابهی توسط کانگ و همکاران (۲۰۱۱)، فارسی و همکاران (۲۰۱۳) و کاسترولانا و همکاران (۲۰۱۴) گزارش شده است.

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، طولیل شدن ساقه و اندام‌های هوایی را موجب می‌شود. ثانی‌خانی و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی روی هندوانه ابوجهل مشاهده کردند بیشترین طول بوته (۲۱۵/۷ سانتی-متر) از تیمار محلول‌پاشی اسید آمینه حاصل شد که اختلاف ۳۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت. 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 بود (غزال، ۲۰۱۵).

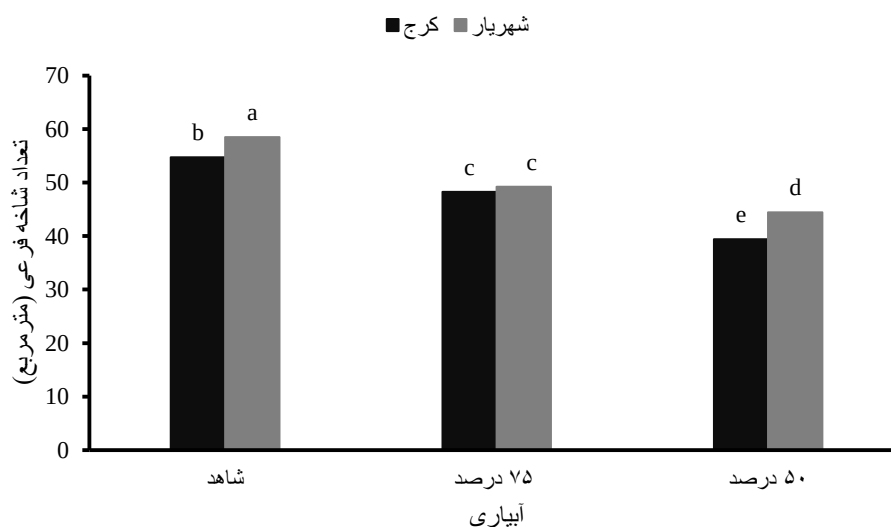
شهاباتا و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی روی کرفس به این نتیجه رسیدند اثر اسیدهای آمینه روی ارتفاع بوته معنی دار شد. بیشترین ارتفاع بوته از محلول پاشی اسیدهای آمینه با ۳۸/۶ سانتی متر و کمترین ارتفاع بوته از گیاهان شاهد با ۲۸/۸۳ سانتی متر به دست آمد. ناهد و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که اسپری کردن اسیدهای آمینه موجب افزایش طول و قطر ساقه گیاه *Thuja orientalis* L. شد.



شکل ۲-۴. برهمکنش مکان و محلول پاشی اسیدهای آمینه بر ارتفاع بوته در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

۴-۱-۲ تعداد شاخه فرعی

اثر اصلی مکان، آبیاری و محلول پاشی و برهمکنش مکان × محلول پاشی در سطح یک درصد و برهمکنش مکان × آبیاری در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد شاخه فرعی معنی دار گردید (جدول ۱-۴). مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین تعداد شاخه فرعی (۵۸/۴۷ عدد) از تیمار آبیاری کامل و در منطقه شهریار، و کمترین تعداد (۳۹/۴ عدد) از تیمار ۵۰٪ آبیاری و در منطقه کرج مشاهده شد (شکل ۳-۴). در شرایط تنش شدید و آبیاری کامل، گیاهان روئیده در شهریار نسبت به کرج از تعداد شاخه فرعی بیشتری برخوردار شدند؛ در شرایط آبیاری ۷۵٪ اختلاف آن ها از لحاظ آماری قابل اغماض بود.

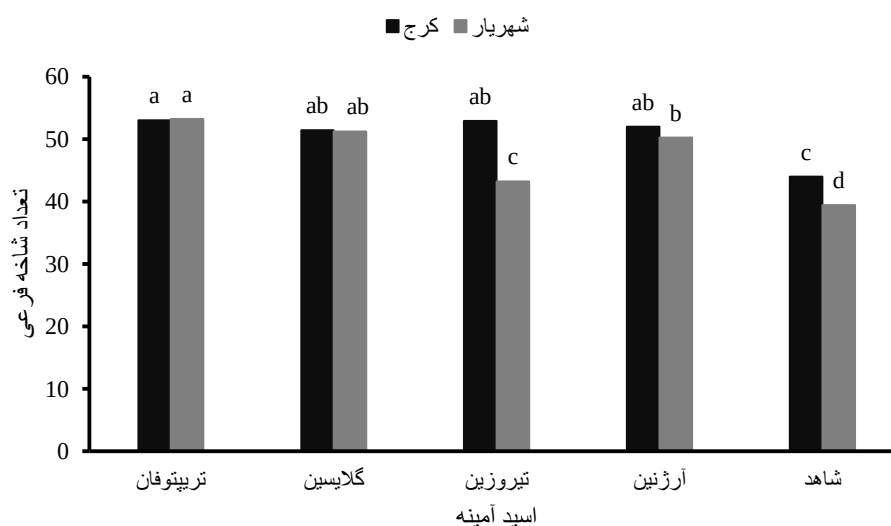


شکل ۳-۴ برهمکنش مکان و آبیاری بر تعداد شاخه فرعی در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد).

در شرایط شاهد و استفاده از تیروزین، تعداد شاخه فرعی گیاهان روئیده در شهریار کمتر از کرج بدست آمد (شکل ۴-۴). در شرایط دیگر، اختلاف بین مکان‌ها از نظر آماری قابل اغماض بود. کلیه اسیدهای آمینه به کار رفته کمیت این صفت را به سطحی بالاتر از شاهد ارتقاء دادند. تحقیقات نشان داده است که با کاهش میزان رطوبت خاک، تعداد شاخه فرعی در گیاه، ارتفاع بوته، وزن اندام‌های زیرزمینی و وزن اندام‌های هوایی گیاه کاهش می‌یابد. سادات اسمعیل‌ان و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که اثر تنش خشکی روی تعداد شاخه فرعی در واحد سطح بسیار معنی‌دار است و با افزایش تنش کم‌آبی از تعداد شاخه‌هایی فرعی در واحد سطح کاسته می‌شود. کاهش در تعداد ساقه احتمالاً یکی از استراتژی‌های گیاهان برای کاهش سطح تعرق‌کننده محسوب می‌شود و به این شیوه گیاهان تلفات تنش خشکی را کمتر می‌کنند (بهنام‌فر و همکاران، ۲۰۱۵). با توجه به هم‌زمانی رشد طولی ساقه با رشد شاخه‌های جانبی و توسعه میوه‌ها بروز تنش خشکی در این مرحله نه تنها مواد ذخیره‌ای ساقه را کاهش می‌دهد (سیداحمدی و همکاران، ۲۰۱۵) بلکه از توسعه اندام‌های ذخیره‌ای و شاخه‌های جانبی که تولیدکننده میوه‌ها می‌باشد، جلوگیری به عمل آورده و به‌طور غیرمستقیم از طریق کاهش مواد فتوسنتزی و کاهش جایگاه توسعه میوه‌ها که همان شاخه‌های فرعی می‌باشند، منجر به کاهش عملکرد

گیاه می‌شود. منیری فر و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که تعداد شاخه‌های فرعی یونجه با افزایش سطح تنش کم‌آبی به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرده است.

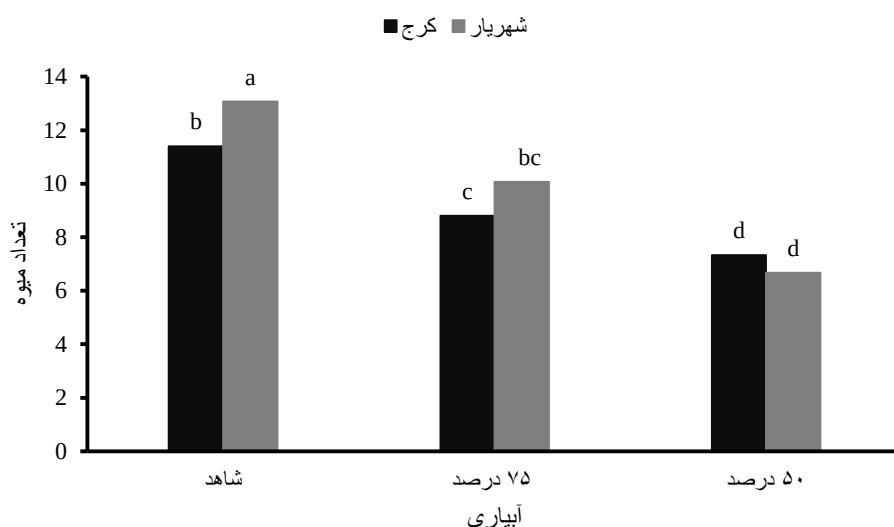
تعداد شاخه فرعی صفتی است که تحت تاثیر ژنتیک و محیط قرار می‌گیرد و فراهمی عناصر غذایی بر این صفت مؤثر است. نتایج به دست آمده روی گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) نیز بیان‌گر این مطلب بود که بیشترین تعداد شاخه فرعی با استفاده از کاربرد محلول‌پاشی برگی اسید آمینه به‌دست آمد (نقدی بادی و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین گزارش شده است که کاربرد اسید آمینه سبب افزایش تعداد شاخه فرعی در گیاه دارویی مریم گلی شده است (یوسف، ۲۰۱۴). این تاثیر مثبت را می‌توان به قابلیت کاربرد اسیدهای آمینه در تامین عناصر غذایی و در نتیجه بهبود فتوسنتز دانست همچنین مشخص شده است که گیاهان قادرند از اسیدهای آمینه به‌عنوان منبع نیتروژن استفاده کنند (تسو والتزیس و همکاران، ۲۰۱۴). افزایش میزان عناصر غذایی در دسترس گیاه بخصوص نیتروژن، سبب تحریک رشد گیاه و شاخه‌های فرعی و سرشاخه‌های گل‌دار می‌شود و محلول‌پاشی اسید آمینه از طریق جذب بیشتر نیتروژن و افزایش میزان فتوسنتز موجب افزایش تعداد شاخه می‌شود.



شکل ۴-۵ برهمکنش مکان و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر تعداد شاخه فرعی در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد).

۴-۱-۳ تعداد میوه

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر اصلی آبیاری و محلول پاشی در سطح یک درصد و برهمکنش مکان $\times$ آبیاری و مکان $\times$ محلول پاشی در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول ۴-۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد میوه (۱۳/۰۷ عدد) از تیمار شاهد و در منطقه شهریار و کمترین تعداد از تیمار آبیاری ۵۰٪ در هر دو منطقه شهریار و کرج حاصل شد (شکل ۴-۵). در شرایط آبیاری کامل، میانگین تعداد میوه در شهریار بیشتر از کرج بود. در شرایط دیگر آبیاری، بین این دو مکان اختلاف معنی داری بدست نیامد.

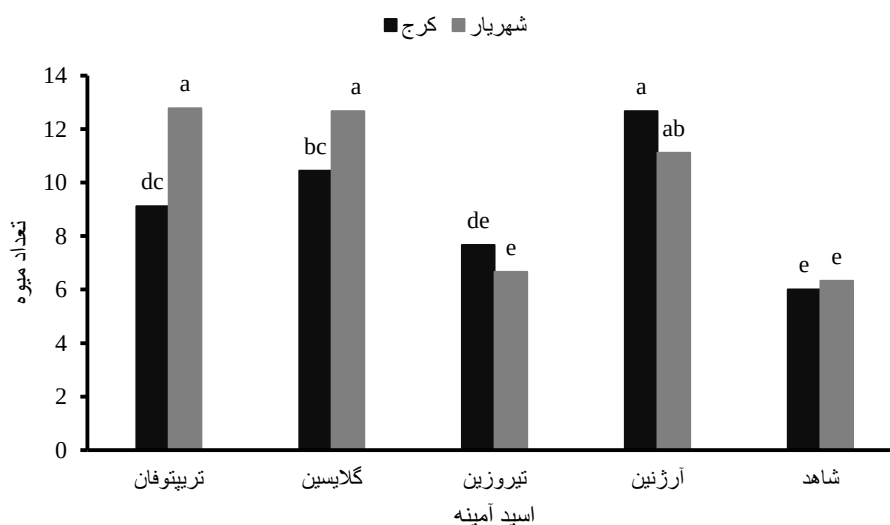


شکل ۴-۵ برهمکنش مکان و آبیاری بر تعداد میوه در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

به غیر از اسید آمینه تیروزین، سه اسید آمینه دیگر کمیت تعداد میوه را به سطحی بالاتر از شاهد افزایش دادند (شکل ۴-۶). اثر اسید آمینه‌های گلیسین و تریپتوفان در شهریار بیشتر از کرج بدست آمد. به طور معمول دلیل کاهش تعداد میوه با افزایش تنش خشکی این است که بروز تنش خشکی از طریق کاهش سطح فتوسنتز کننده و ریزش آن‌ها منجر به کاهش منبع فتوسنتزی گیاه می‌شود. عرضه کمتر مواد فتوسنتزی و کاهش فعالیت آنزیم‌های موثر بر این فرآیند در اثر تنش در این دوران سبب کاهش قابلیت تولید گل و ریزش گل‌های در حال رشد می‌گردد که در نهایت تعداد میوه

در بوته را کاهش می‌دهد (دار و همکاران، ۲۰۱۸). به بیان دیگر کمبود زیاد رطوبت می‌تواند تعداد میوه در بوته را به علت افزایش سقط گل کاهش دهد (رضایی علولو و همکاران، ۲۰۱۹). از طرف دیگر کاهش آب آبیاری از طریق ایجاد اختلال در گرده‌افشانی و کاهش طول دوره گرده‌افشانی، موجب عدم تلقیح مناسب گل‌ها و کاهش تعداد میوه در گیاه می‌شود (نوروزی شهری و همکاران، ۲۰۱۵). قلی‌زاده و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که تعداد میوه گیاه گشنیز تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری معنی‌دار شد. ایشان بیشترین تعداد میوه را در شرایط بدون تنش و کمترین تعداد میوه را در شرایط تنش شدید گزارش کردند.

تعداد میوه در بوته را می‌توان شاخصی 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 حرارت-های بالای تابستانه را تشدید می‌کند. گوبیس و همکاران (۲۰۰۷) 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 (پاکولزاک و نواکاوسکا، ۲۰۲۰). 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 (جانندی و نصیر، ۲۰۱۶).



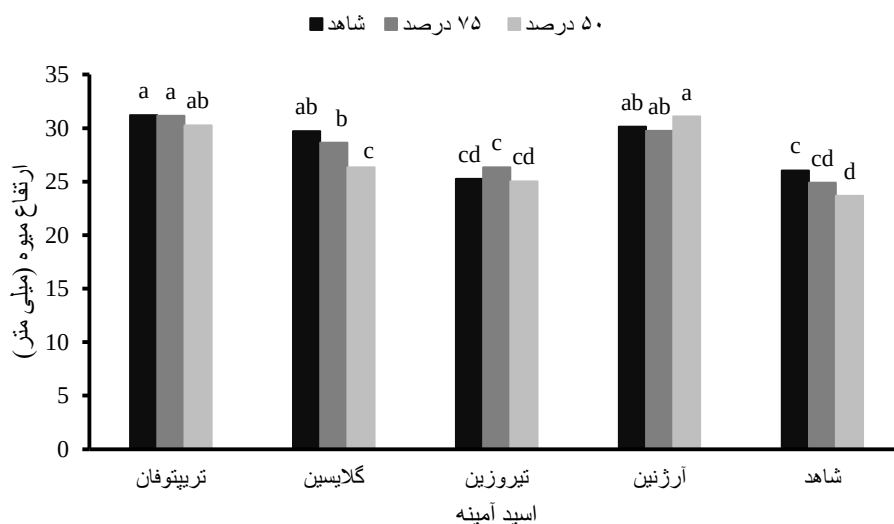
شکل ۶-۴ برهمکنش مکان و محلول پاشی اسیدهای آمینه بر تعداد میوه در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد).

۴-۱-۴ ارتفاع میوه

اثر اصلی آبیاری و محلول پاشی در سطح یک درصد و برهمکنش اثر آبیاری $\times$ محلول پاشی در سطح پنج درصد بر ارتفاع میوه معنی دار شد (جدول ۴-۱). مقایسه میانگین ها نشان داد که اسیدهای آمینه تربیتوفان، گلایسین و آرژنین توانستند در هر سه شرایط آبیاری، ارتفاع میوه را به بالاتر از شاهد افزایش دهند (شکل ۴-۷). در شرایط شاهد، به موازات تشدید تنش، کمیت این صفت رو به کاهش نهاد. در شرایط استفاده از اسید آمینه گلایسین نیز این حالت صادق بود.

تنش خشکی با تاثیری که روی کاهش فتوسنتز، جذب مواد معدنی و دیگر اثرات منفی که بر گیاه می گذارد سبب می شود روی ارتفاع میوه عروسک پشت پرده تاثیر بگذارد. به نظر می رسد اسیدهای آمینه با کاهش اثرات حاصل از تنش خشکی سبب می شوند ارتفاع میوه در گیاه عروسک پشت پرده افزایش یابد. به نظر می رسد که تنش خشکی موجب کاهش تقسیمات سلولی در گیاه و در نتیجه مانع از آماس سلولی می شود و به همین دلیل می تواند منجر به کاهش ارتفاع میوه شود. از طرفی اسیدهای آمینه نظیر تربیتوفان، گلایسین و آرژنین سبب در اختیار قرار گرفتن عناصر مورد نیاز گیاه و همچنین تحریک به ساخت هورمون هایی می شود که سبب به افزایش تقسیمات سلول می شود و به همین دلیل

افزایش ارتفاع میوه اثر دارد لذا در شرایط تنش خشکی می‌تواند اثر سوء تنش خشکی بر میوه را کاهش دهد و از این طریق منجر به افزایش ارتفاع اندام‌های مختلف از جمله میوه شود؛ بنابراین افزایش ارتفاع میوه عروسک پشت پرده در این بررسی با مصرف اسیدهای آمینه نسبت به شاهد قابل توجیه است. آلوارتز و همکاران (۲۰۱۱) کاهش معنی‌دار ارتفاع و قطر میوه گیاه بطری‌شور را تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری گزارش کردند. فتحی و بهامین (۲۰۱۸) نیز افزایش ارتفاع و قطر میوه چای ترش را در برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک گزارش کردند. اسیدهای آمینه تریپتوفان، آرژنین و تیروزین توانستند از لحاظ آماری، تأثیر تنش خشکی متوسط و شدید را بر ارتفاع میوه به کلی برطرف نمایند.

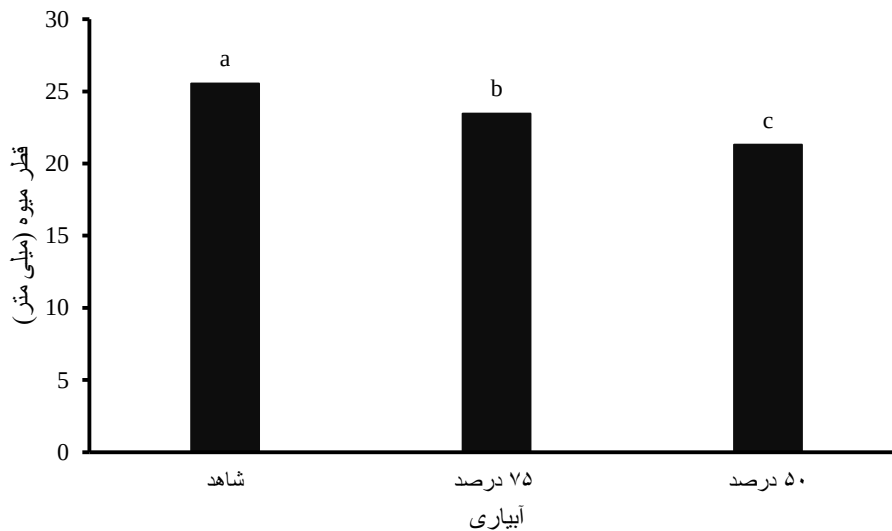


شکل ۷-۴ برهمکنش آبیاری و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر ارتفاع میوه در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد).

۴-۱-۵ قطر میوه

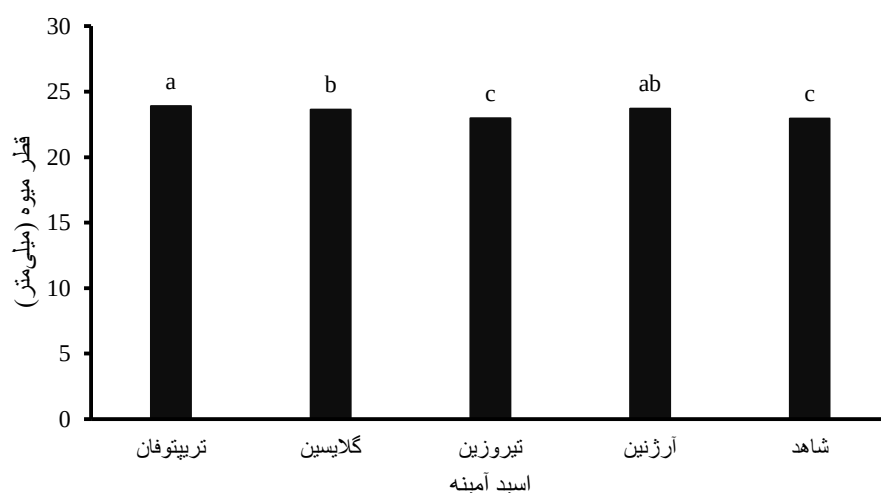
نتایج تجزیه مرکب نشان داد که تنها اثرات اصلی آبیاری و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در سطح یک درصد بر قطر میوه معنی‌دار شد (جدول ۴-۱). بیشترین قطر میوه از تیمار آبیاری کامل با ۲۵/۵۵ میلی‌متر و کمترین مقدار آن از تیمار آبیاری ۵۰٪ با ۲۱/۳ میلی‌متر حاصل شد (شکل ۴-۴). برخلاف اسید آمینه تیروزین که بی‌تأثیر بود، مابقی اسیدهای آمینه قطر میوه را افزایش دادند (شکل

۹-۴). بیشترین قطر میوه (۲۳/۹۱ میلی‌متر) از محلول‌پاشی اسید آمینه ترپیتوفان حاصل شد که با تیمار آرژنین تفاوت معنی‌داری نداشت.



شکل ۸-۴ اثر آبیاری بر قطر میوه در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

افزایش قطر میوه نیز همچون ارتفاع میوه ناشی از افزایش تقسیم سلولی است و به همین دلیل تنش خشکی موجب کاهش تقسیم سلولی می‌شود و در نهایت می‌تواند منجر به کاهش ارتفاع میوه شود. از طرف دیگر اسیدهای آمینه با تامین عناصر مورد نیاز گیاه و تحریک تولید هورمون‌های محرک رشد، بر تقسیم سلولی و حجیم شدن سلول‌ها تاثیر مستقیم دارند؛ به همین علت افزایش قطر میوه با مصرف اسیدهای آمینه قابل توجیه می‌باشد (فتحی و بهامین، ۲۰۱۸). افزایش ارتفاع و قطر میوه را می‌توان به بهبود فتوسنتز و کاهش اثرات تنش در اثر کاربرد اسیدهای آمینه نسبت داد. رهبریان و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی تنش خشکی روی گیاه چای ترش عنوان کردند که اثر تنش کم‌آبی بر شاخص‌های مورفولوژیکی گیاه معنی‌دار شدند. آل‌عمران و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تنش کمبود رطوبت برای گیاه کدو مسمایی موجب کاهش تعداد میوه، ارتفاع میوه، قطر میوه و در نهایت کاهش عملکرد میوه می‌شود.



شکل ۹-۴ اثر محلول پاشی اسیدهای آمینه بر قطر میوه در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد).

۴-۱-۶ عملکرد زیستی

نتایج آنالیز داده ها نشان داد که اثرات اصلی مکان، آبیاری و محلول پاشی و برهمکنش آبیاری و

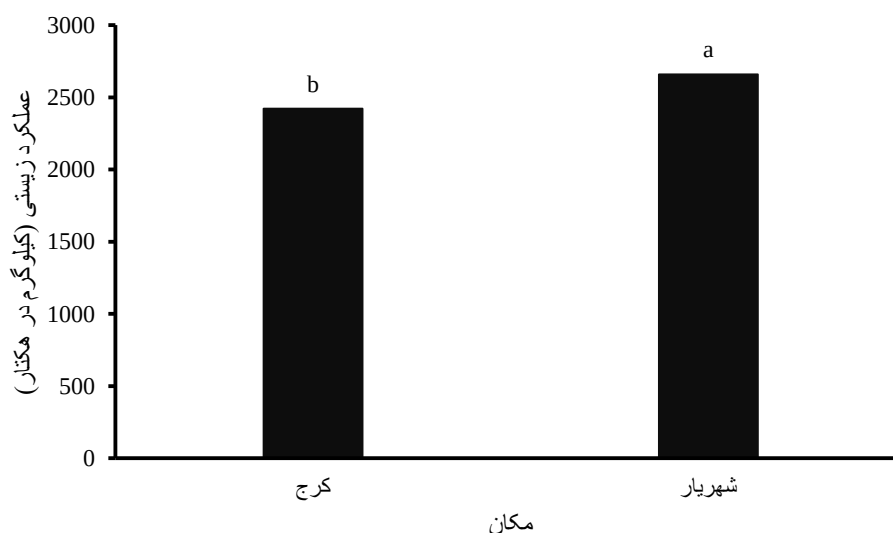
محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد.

جدول ۲-۴ نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات عملکردی گیاه عروسک پشت پرده تحت تاثیر مکان، آبیاری و محلول پاشی اسیدهای آمینه

میانگین مربعات					درجه آزادی	منبع تغییرات
وزن خشک میوه	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	عملکرد اقتصادی	عملکرد زیستی		
۱/۳۵	۷/۰۷	۵۷۰۶**	۴۶۲۳۵*	۱۲۶۲۲۸۶**	۱	مکان (L)
۶۷/۶۴	۱۳/۰۳	۷۵۸	۲۴۰۶۳	۵۵۲۹۰	۴	خطای a
۲۷۸۴/۷۳**	۲۵۴۲/۲۲**	۱۷۹۰۰**	۱۶۳۳۳۱۴**	۲۰۵۱۹۷۶۸**	۲	آبیاری (I)
۳۲/۳۴	۳۷/۲۴**	۳۷/۳۸	۲۶/۶۴	۵۵۷۹	۲	L×I
۱۵۳/۲۷	۲۴/۳۷	۱۶۶/۲۳	۷۰۷۷	۱۲۹۱۳	۸	خطای b
۱۱۷۶/۵۵**	۶۵۶/۸۵**	۱۵۲۶۲**	۴۱۰۱۴۶**	۴۶۴۰۶۳۶**	۴	محلول پاشی (A)
۸۱/۹	۱۸۱/۹۹**	۱۳۰۵**	۵۵۶۴۵**	۵۶۱۸۴۸**	۸	I×A
۴۶	۲۳/۳۹*	۲۲/۲۱	۴۷۸۸	۱۴۳۲۳	۴	L×A
۲۲/۴۱	۳۰/۷۷**	۱۱/۱۷	۱۶۵۰	۲۷۶۶	۸	L×I×A
۴۵/۷۹	۶/۶۹	۷۶/۳۵	۱۱۳۲۳	۲۶۷۱۰	۴۸	خطای c

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

بیشترین عملکرد زیستی گیاه عروسک پشت پرده (۲۶۵۸/۹۵ کیلوگرم در هکتار) از منطقه شهریار و کمترین میزان آن از منطقه کرج (۲۴۲۲/۰۹ کیلوگرم در هکتار) از منطقه کرج به دست آمد (شکل ۱۰-۴). اسیدهای آمینه تریپتوفان و آرژنین توانستند در هر سه سطح آبیاری، عملکرد زیستی را به سطحی بالاتر از شاهد افزایش دهند (شکل ۱۱-۴). تأثیر افزایشی اسید آمینه تیروزین بر این صفت تنها در شرایط تنش شدید دیده شد. در کلیه سطوح اسید آمینه، به موازات افزایش شدت تنش، عملکرد زیستی تقلیل یافت.

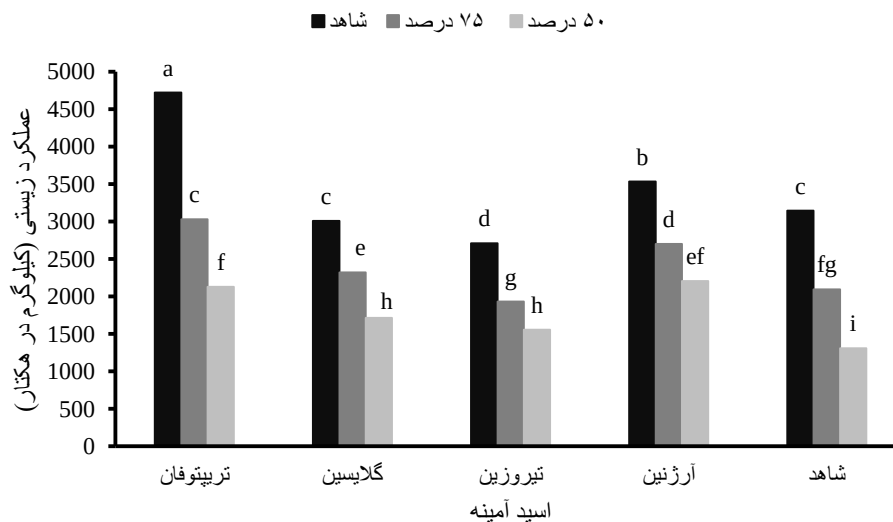


شکل ۱۰-۴ اثر مکان بر عملکرد زیستی در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌ها است. با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود شده و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی روی گیاهان را می‌توان با اندازه کوچک‌تر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد. به‌علاوه در شرایط کم‌آبی جذب مواد و عناصر غذایی کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد (ایزان و همکاران، ۲۰۲۰). به دنبال کاهش سطح برگ، جذب نور کمتر و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (کورل و همکاران، ۲۰۱۲). بنابراین

کاهش عملکرد زیستی در شرایط تنش خشکی را می‌توان ناشی از کاهش شاخص سطح برگ و کاهش قدرت منبع دانست (حق‌شناس و همکاران، ۲۰۲۰). باغ‌خانی و فرح‌بخش (۲۰۱۰) و نصیری و همکاران (۲۰۱۶) نتایج مشابهی را گزارش کردند. تنش خشکی به دلیل کاهش آماس سلولی سبب کاهش فاصله میانگره‌ها، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک و در نهایت کاهش عملکرد زیستی می‌شود.

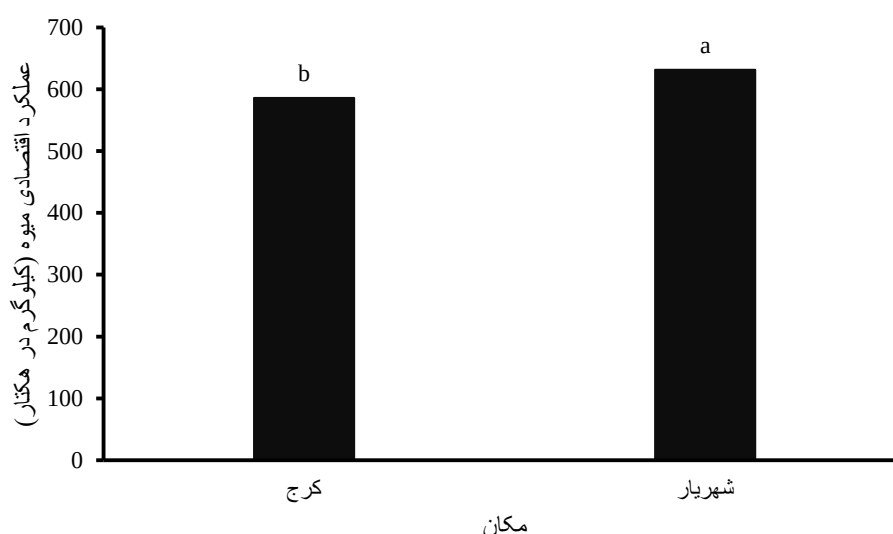
شرایط معمولی که گیاهان در تنش خشکی با آن مواجه می‌شوند کاهش میزان عملکرد وزن تر و خشک می‌باشد. عباس‌پور اسفدن و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی که روی گیاه پریوش داشتند بیان کردند بیشترین میزان عملکرد گیاه از آبیاری ۱۰۰ درصد و محلول‌پاشی سه میلی‌مولار آرژنین به دست آمد که نسبت به تیمار تنش شدید و محلول‌پاشی سه میلی‌مولار آرژنین ۶۲/۷۱ درصد عملکرد بیشتری مشاهده گردید. وهابا و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای که روی گیاه گزنه داشتند، تاثیر معنی‌دار وزن تر و خشک گیاه را در تیمار محلول‌پاشی اسیدهای آمینه نسبت به شاهد گزارش کردند. در پژوهشی دیگر ناهد و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که محلول‌پاشی تریپتوفان موجب افزایش معنی‌دار وزن تر گیاه سرو بادبزی شد.



شکل ۱۱-۴ برهمکنش آبیاری × محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر عملکرد زیستی در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد).

۴-۱-۷ عملکرد اقتصادی

با توجه به جدول ۴-۲ اثرات آبیاری و محلول‌پاشی و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد و اثر مکان نیز در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. بیشترین عملکرد اقتصادی با $۶۳۱/۲$ کیلوگرم در هکتار از منطقه شهریار و کمترین میزان عملکرد اقتصادی از منطقه کرج با $۵۸۵/۸۷$ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۴-۱۲).



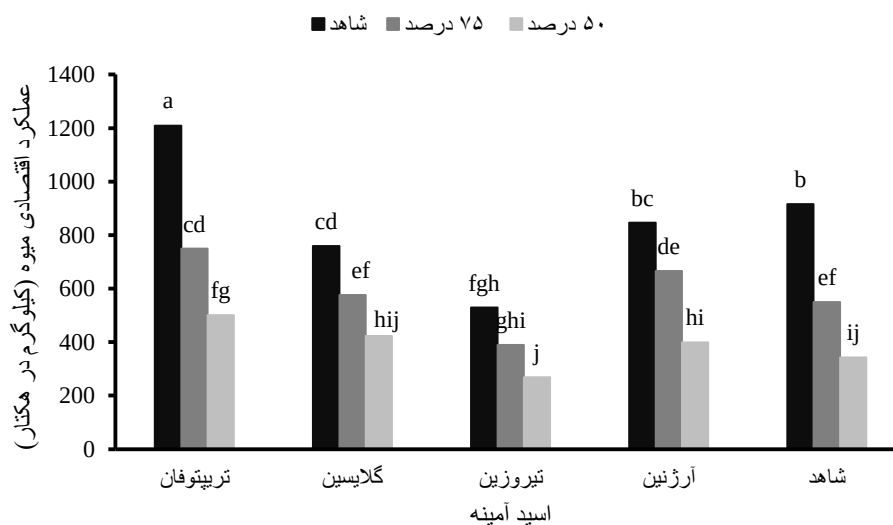
شکل ۴-۱۲ اثر مکان بر عملکرد اقتصادی در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد اقتصادی با $۱۲۰۹/۴۳$ کیلوگرم در هکتار از ترکیب تیماری آبیاری کامل (شاهد) و محلول‌پاشی اسید آمینه تریپتوفان بدست آمد (شکل ۴-۱۳). کمترین میزان عملکرد از ترکیب تیماری آبیاری به میزان ۵۰٪ و محلول‌پاشی تیروزین با $۲۶۹/۱$ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که با چند ترکیب تیماری دیگر اختلاف معنی‌دار نداشت. در شرایط آبیاری کامل و تنش متوسط (۷۵٪ آبیاری کامل)، اسید آمینه تیروزین باعث شد که عملکرد اقتصادی به کمتر از شاهد (شاهد مربوطه) تقلیل یابد. برای گلایسین، چنین اثر منفی فقط در شرایط آبیاری کامل دیده شد. اسید آمینه تریپتوفان توانست در هر سه سطح آبیاری، عملکرد اقتصادی را به سطحی بالاتر از شاهد افزایش دهد.

کاهش عملکرد محصول در شرایط محدودیت آبیاری در ارتباط با بسته شدن روزنه‌ها و کاهش سرعت و مقدار فتوسنتز و در پی آن کاهش وزن میوه است. به نظر می‌رسد که تنش خشکی با کاهش طول دوره رشد و همچنین کاهش طول دوره پر شدن منجر به کاهش وزن میوه شده است (فتحی و بهامین، ۲۰۱۸). 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 حیدری و همکاران (۲۰۱۶) در گیاه کنجد نسبت به افزایش دور آبیاری مطابقت دارد. تاثیر تنش در کاهش رشد و عملکرد یک پدیده عمومی بوده و در مطالعات زیادی گزارش شده است (فتحی و تاری، ۲۰۱۶).

اسیدهای آمینه با افزایش نسخه برداری mRNA تا میزان ۲/۵ برابر، فعال‌سازی فرآیند تشکیل قند و افزایش میزان پروتئین در گیاه موجب بهبود ویژگی‌های کیفی و کمی می‌گردد (توماس و همکاران، ۲۰۰۹). محدودیت گیاه از نظر نیتروژن اثرات مضر بر رشد و نمو گیاه دارد. گیاهان علاوه بر نیترات و آمونیوم قادر به جذب طیف وسیعی از اسیدهای آمینه، آمیدها و دیگر ترکیبات نیتروژنی از طریق ریشه یا برگ خود هستند (نشلوم و همکاران، ۲۰۰۹). در درون گیاهان نیز اسیدهای آمینه فرم غالب ترکیباتی هستند که نیتروژن از طریق آن‌ها منتقل می‌گردد (تگدر و رنتج، ۲۰۱۴). بسیاری از مسیرهای متابولیکی نیتروژن از قبیل تنظیم جذب نیترات و آمونیوم، احیاء نیترات، متابولیسم پروتئین و بازتحرک نیتروژن، به‌وسیله غلظت همه یا بعضی از اسید آمینه‌ها تنظیم می‌گردد (کایوزین، ۱۹۹۶). استفاده از اسیدهای آمینه به‌دلیل موثر بودن در تولید پروتئین، موجب افزایش وزن گیاه می‌شود. کوکوناراراس و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که کاربرد کود محرک زیستی Amino۱۶R (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. عباس‌پور اسفدن و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی که بر روی گیاه پیروش بیان کردند برهمکنش تنش خشکی و محلول-پاشی ال-آرژنین بر عملکرد دانه تاثیر معنی‌داری داشت. بیشترین عملکرد از ترکیب تیماری شاهد (عدم

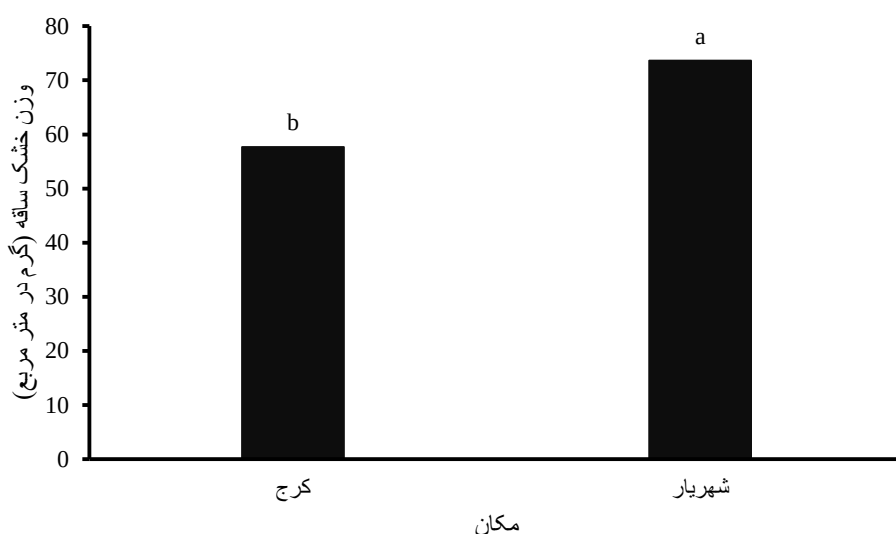
تنش) و محلول پاشی ال-آرژنین با ۱۱/۸ گرم در بوته و کمترین مقدار مربوط تنش شدید (۴۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) و شاهد (عدم محلول پاشی) با ۳/۶ گرم در بوته بود. ثانی خانی و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی که روی هندوانه ابوجهل داشتند گزارش کردند که عملکرد میوه تحت تاثیر معنی دار محلول-پاشی قرار گرفت به طوری که بیشترین مقدار وزن خشک از تیمار محلول پاشی تریپتوفان (۸۹۳۰/۶ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار در تیمار شاهد (۶۳۴۴/۱ کیلوگرم در هکتار) مشاهده گردید.



شکل ۱۳-۴: برهمکنش آبیاری × محلول پاشی اسیدهای آمینه بر عملکرد اقتصادی در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۰.۵٪ با آزمون LSD می باشد).

۴-۱-۸ وزن خشک ساقه

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثرات اصلی مکان، آبیاری و محلول پاشی و برهمکنش آبیاری × محلول پاشی در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۲-۴). بیشترین وزن خشک ساقه (۷۳/۶۱ گرم در متر مربع) در منطقه شهریار و کمترین میزان (۵۷/۶۹ گرم در متر مربع) از منطقه کرج به دست آمد (شکل ۱۴-۴).

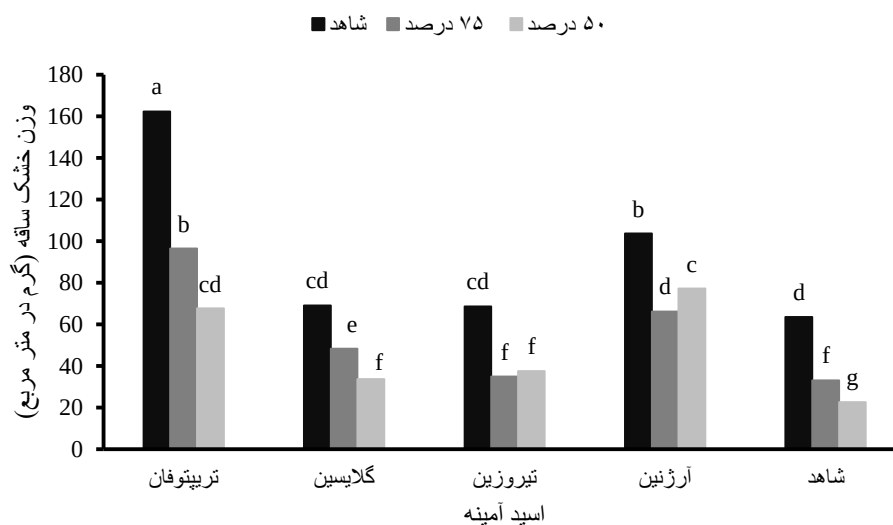


شکل ۱۴-۴ اثر مکان بر وزن خشک ساقه در گیاه عروسک پشت پرده (گرم در متر مربع) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک ساقه از ترکیب تیماری آبیاری کامل و محلول‌پاشی تریپتوفان با ۱۶۲/۳۳ گرم در متر مربع و کمترین میزان وزن خشک ساقه از تیمار آبیاری به میزان ۵۰٪ و عدم محلول‌پاشی با ۲۲/۵۷ گرم در متر مربع حاصل شد (شکل ۱۵-۴). تأثیر مثبت اسید آمینه آرژنین، گلایسین و تریپتوفان بر وزن خشک ساقه در هر سه سطح آبیاری معنی‌دار بود. کاهش آماس سلول‌های برگ و فتوسنتز در شرایط تنش آب، رشد و نمو سلول را مهار می‌کند و منجر به کاهش قطر ساقه و وزن خشک ساقه می‌شود (انجوم و همکاران، ۲۰۱۱). در بررسی اثر تنش خشکی روی صفات مورفولوژیکی که شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد شاخه در بوته بودند، نتایج سیداحمدی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد بیشترین کاهش مربوط به قطر ساقه، تعداد شاخه در بوته و وزن خشک ساقه بود که نشان‌دهنده کاهش منابع ذخیره و تولید مواد فتوسنتزی در اثر تنش خشکی می‌باشد.

براساس نتایج به‌دست آمده در این آزمایش می‌توان بیان کرد که هر چند با کاهش میزان آب مصرفی و به تبع آن بروز تنش خشکی از عملکرد ماده خشک در گیاه کاسته می‌شود، اما با بکارگیری اسیدهای آمینه به‌ویژه در سطوح بالای تنش خشکی می‌توان تا حدی از بروز اثرات سوء تنش بر عملکرد تولیدی این گیاه کاست که این مساله را می‌توان به تأثیر مثبت اسیدهای آمینه در بهبود شرایط تغذیه‌ای

گیاهان در شرایط تنش و کاهش اثرات منفی تنش نسبت داد. اسیدهای آمینه با افزایش امکان جذب نیتروژن توسط گیاه سبب طولیل شدن بخش‌های هوایی و افزایش رشد گیاه و در نتیجه ارتفاع آن می‌شوند. به نظر می‌رسد که محرک‌های زیستی هم‌چون اسیدهای آمینه از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید آسیمیلات بیشتر و بهبود ارتفاع گیاه، افزایش قطر ساقه و در نهایت افزایش وزن ساقه می‌شود (ابوسدرا و همکاران، ۲۰۱۰). اسدی و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی که روی نعنای فلفلی داشتند، عنوان کردند که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، افزایش تعداد شاخه‌های فرعی، قطر ساقه و وزن خشک ساقه شد. در پژوهش دیگری محلول‌پاشی اسیدهای آمینه تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه ریحان سبز داشت (صبوری و همکاران، ۲۰۱۴).



شکل ۱۵-۴ برهمکنش آبیاری $\times$ محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر وزن خشک ساقه در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد).

۹-۱-۴ وزن خشک برگ

اثرات اصلی آبیاری و محلول‌پاشی و تمام اثرات دوگانه و سه‌گانه فاکتورها بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۴-۲). بیشترین وزن خشک برگ از ترکیب تیماری آبیاری کامل و محلول‌پاشی تربیتوفان در هر دو منطقه کرج و شهریار بدست آمد (جدول ۴-۳). کمترین میزان وزن خشک برگ (۶/۸ گرم در

متر مربع) نیز از ترکیب تیماری آبیاری به میزان ۵۰٪ و عدم محلول پاشی در شهریار حاصل شد (جدول ۳-۴).

به طور کلی کاهش وزن برگ در بوته را می توان به ریزش برگ ها و کاهش تولید برگ نسبت داد. محدودیت سطح برگ می تواند اولین خط دفاعی برای مقابله با تنش خشکی باشد. تنش خشکی روی سلول های اولیه برگ و تمایز آن ها تاثیر گذاشته و سبب کاهش تعداد برگ می گردد. از طرفی تجمع اتیلن و تحریک ریزش و متعاقب آن کاهش تعداد برگ در شرایط تنش خشکی، یک سازش مورفولوژیکی در جهت کاهش تعرق در گیاه می باشد (مونه بوش و آگری، ۲۰۰۴). در همین راستا تنش خشکی کاهش وزن خشک برگ در گیاه زوفا را نیز موجب شد (خواجه حسینی و همکاران، ۲۰۲۱).

کاربرد برگی کود حاوی محرک های زیستی دارای اسیدهای آمینه می تواند عملکرد، جذب و تجمع نیتروژن توسط گیاهان را تحت تاثیر قرار دهد. محرک های زیستی قادرند فرآیندهای بیوشیمیایی را در گیاه و خاک بهبود دهند و همچنین در فعالیت برخی از آنزیم های محرک رشد، انتقال یون ها و در باز شدن روزنه ها نقش مثبت داشته و در نهایت می تواند موجب رشد و عملکرد ماده خشک گیاه می گردد (گاروناکا، ۲۰۰۸؛ هاسلر و همکاران، ۲۰۱۴). نتایج تحقیق وهابا و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که محلول پاشی گزنه با اسیدهای آمینه موجب افزایش رشد و عملکرد خشک برگ آن شد. در پژوهش دیگری فوزی و همکاران (۲۰۱۲) مشاهده نمودند که محلول پاشی محرک های زیستی شامل اسیدهای آمینه سبب افزایش رشد و عملکرد در برگ های گیاه سیر شد. نتایج مشابهی از تاثیر مثبت محلول پاشی اسیدهای آمینه بر وزن خشک برگ در گیاه نعنای فلفلی (اسدی و همکاران، ۲۰۱۸) ماش (مینایی و همکاران، ۲۰۱۳) کدو (عبدل آل و همکاران، ۲۰۱۰) و فلفل شیرین (السعيد و کمال، ۲۰۰۸) نیز گزارش شده است.

جدول ۳-۴ مقایسه میانگین برهمکنش مکان × آبیاری × محلول پاشی بر وزن خشک برگ و محتوای نسبی آب برگ

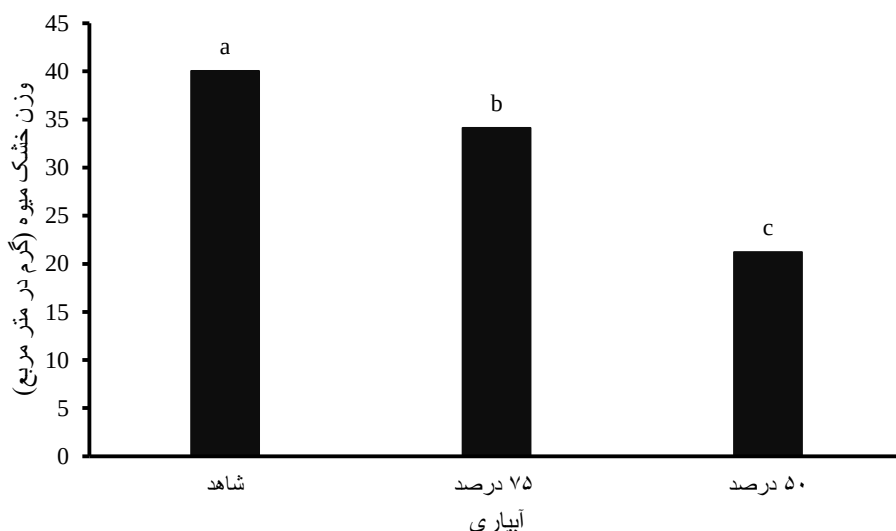
مکان	خشکی	محلول پاشی	وزن خشک برگ (گرم در متر مربع)	محتوای نسبی آب برگ (%)
------	------	------------	----------------------------------	---------------------------

۶۲/۹۱ ^b	۵۳/۱۴ ^a	ترپیتوفان	I.	کرج		
۵۹/۶۹ ^c	۳۳/۲۹ ^{cd}	گلایسین				
۵۹/۷۵ ^c	۲۳/۶ ^{hijkl}	تیروزین				
۵۹/۶۸ ^c	۳۳/۲۷ ^{cd}	آرژنین				
۵۹/۷۱ ^c	۲۹/۹۴ ^{de}	شاهد				
۵۱/۳۶ ^e	۲۷/۵۳ ^{efgh}	ترپیتوفان	I _۱		کرج	
۵۱/۴۱ ^e	۲۰/۶۵ ^{klm}	گلایسین				
۵۱/۴۶ ^e	۱۷/۳۹ ^{mno}	تیروزین				
۵۱/۲۸ ^e	۴۰/۶۴ ^b	آرژنین				
۵۱/۳۸ ^e	۲۴/۲۷ ^{ghij}	شاهد				
۴۴/۷۶ ^g	۱۷/۴۳ ^{mno}	ترپیتوفان	I _۲			کرج
۴۴/۷۵ ^g	۱۸/۰۹ ^{mn}	گلایسین				
۴۴/۸ ^g	۱۳/۱۹ ^{op}	تیروزین				
۴۴/۷ ^g	۲۳/۱۴ ^{ijkl}	آرژنین				
۴۴/۸۸ ^g	۶/۸ ^q	شاهد				
۶۹/۶ ^a	۵۱/۲۸ ^a	ترپیتوفان	I.	شهریار		
۵۹/۶۵ ^c	۳۴/۴۷ ^c	گلایسین				
۵۹/۷ ^c	۲۸/۲۹ ^{efg}	تیروزین				
۵۹/۶۴ ^c	۳۶/۷ ^{bc}	آرژنین				
۵۹/۷ ^c	۲۸/۸۵ ^{ef}	شاهد				
۵۴/۶۸ ^d	۲۸/۸۴ ^{ef}	ترپیتوفان	I _۱		شهریار	
۵۴/۷۱ ^d	۲۵/۲۵ ^{fghi}	گلایسین				
۵۴/۷۷ ^d	۱۷/۷۲ ^{mn}	تیروزین				
۵۴/۶۹ ^d	۲۷/۴۲ ^{efgh}	آرژنین				
۵۴/۷۴ ^d	۲۱/۵۶ ^{ijklm}	شاهد				
۴۸/۰۷ ^f	۱۹/۴۷ ^{lmn}	ترپیتوفان	I _۲			شهریار
۴۸/۰۶ ^f	۱۹/۶۶ ^{klmn}	گلایسین				
۴۸/۱ ^f	۱۶/۰۸ ^{no}	تیروزین				
۴۸/۰۳ ^f	۲۳/۸۷ ^{hijk}	آرژنین				
۴۴/۸۱ ^g	۱۱/۳۲ ^p	شاهد				

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰.۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

۴-۱-۱۰ وزن خشک میوه

با توجه به جدول ۴-۲ تنها اثرات اصلی آبیاری و محلول پاشی بر وزن خشک میوه ($P \leq 0.01$) معنی دار شد. بیشترین وزن خشک میوه از تیمار آبیاری کامل ($40/05$ گرم در متر مربع) و کمترین مقدار آن از تیمار آبیاری به میزان 50% ($21/21$ گرم در متر مربع) حاصل شد (شکل ۴-۱۶).



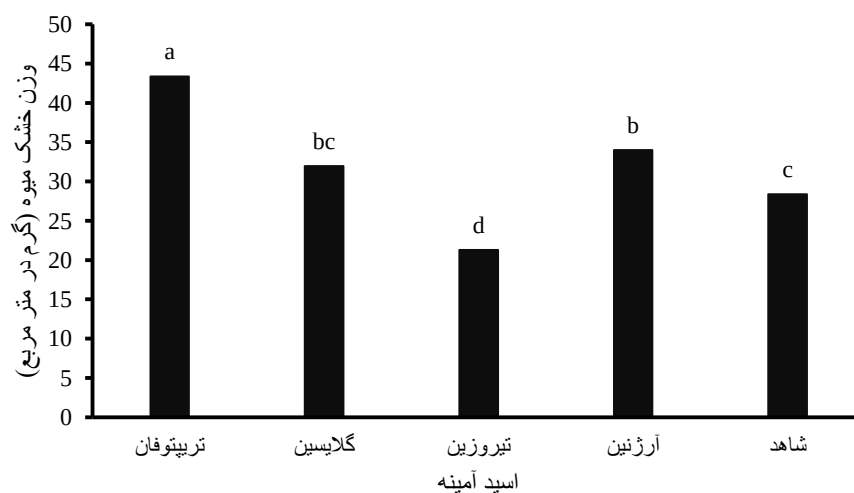
شکل ۴-۱۶ اثر آبیاری بر وزن خشک میوه در گیاه عروسک پشت پرده (گرم در متر مربع) (حروف متفاوت نشان-دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال 5% با آزمون LSD می باشد)

همچنین بیشترین وزن خشک میوه از محلول پاشی اسید آمینه تریپتوفان با $43/38$ گرم در مترمربع و کمترین وزن خشک میوه نیز از تیمار محلول پاشی تیروزین با $21/28$ گرم در متر مربع به دست آمد (شکل ۴-۱۷). شایان ذکر است که تیروزین کمیت این صفت را به کمتر از شاهد تقلیل داد. کمیت این صفت در هر دو مکان از لحاظ آماری مشابه بدست آمد.

وزن میوه در مقایسه با تعداد میوه در بوته به تنش آبی حساس تر است (دوگان و همکاران، ۲۰۰۸). در تحقیقی که روی خربزه انجام دادند، نتیجه گرفتند که در شرایط کمبود آب، میوه ها کوچکتر و عملکرد کاهش می یابد (سنسوی و همکاران ۲۰۰۷). کاهش وزن میوه به دلیل کاهش فتوسنتز همراه با پیری برگ ها در اثر تنش می باشد. کاهش در میزان فتوسنتز با کاهش سطح برگ و جذب نیتروژن و استفاده آن توسط گیاه، مانع بزرگ شدن سلول ها شده و همچنین کاهش فعالیت آنزیم ریبولوز بیس

فسفات کربوکسیلاز به علت کاهش تبادل CO_2 در اثر بسته شدن روزنه‌ها تفسیر می‌شود (سارکر و همکاران، ۲۰۰۵). تنش آب در مراحل قبل از برداشت سبب رشد آهسته‌تر میوه و کاهش اندازه نهایی میوه می‌گردد (ناتالیس و همکاران، ۱۹۸۵). بنا بر نتایج گزارش شده آبیاری کامل گیاه که در مراحل اولیه رشد میوه تحت تنش رطوبتی قرار گرفته است سبب رشد سریع‌تر میوه‌ها می‌گردد به‌طوری که در زمان برداشت اندازه آن‌ها با اندازه میوه شاهد برابر می‌باشد (بهبودیان و همکاران، ۱۹۹۴). نتایج گزارش شده روی خربزه در دو سطح آبیاری (۱۰۰ و ۵۰٪ Etc) با نتایج ما مشابهت دارد (سات پال شارما و همکاران، ۲۰۱۴). محققان با مطالعه سه سطح آبیاری (۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) شاهد کاهش معنی‌داری در وزن متوسط میوه با کاهش آبیاری گردیدند (لطفی و همکاران، ۲۰۱۷).

در پژوهشی مشخص شد که اثر تیمار محلول‌پاشی اسید آمینه روی پسته بر صفت وزن کل میوه در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است و تقریباً تمام تیمارها وزن میوه بیشتری نسبت به شاهد داشتند (ترابی و همکاران، ۲۰۱۹). آمینواسیدها روی وزن و عملکرد میوه‌ی هلو گذار بودند. با افزایش وزن میوه سایر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نیز افزایش یافت (عبدالعال و همکاران، ۲۰۱۰). در پژوهشی روی درختان آلو مشخص شد مصرف ترکیبات آمینواسیدی سبب افزایش معنی‌دار وزن میوه و ضخامت گوشت میوه می‌شود (حسن و ساروی، ۲۰۱۰).



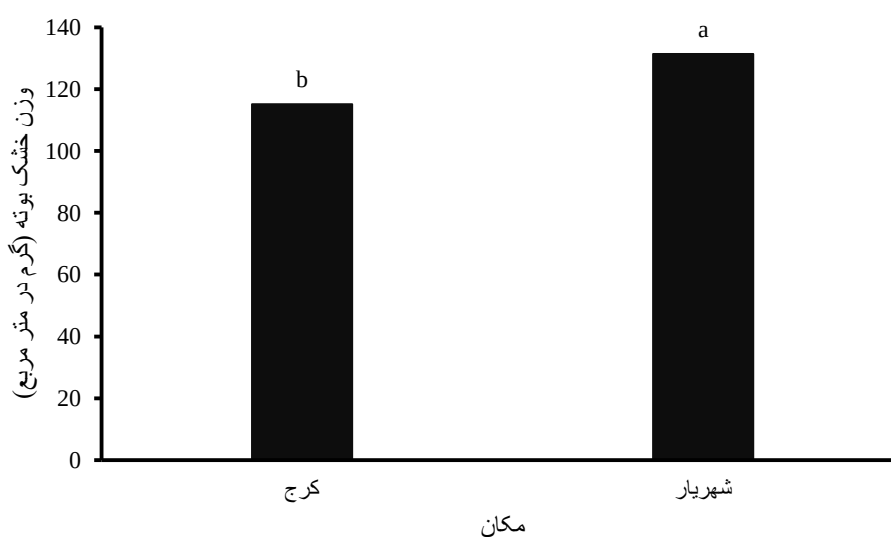
شکل ۱۷-۴ اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر وزن خشک میوه در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۱-۱۱ وزن خشک کل

با توجه به جدول ۴-۴ تمامی اثرات اصلی فاکتورها و برهمکنش آبیاری $\times$ محلول پاشی در سطح یک درصد معنی دار گردید. بیشترین وزن خشک بوته ۱۳۱/۳۴ گرم در متر مربع از منطقه شهریار و کمترین میزان وزن خشک بوته در منطقه کرج با ۱۱۵/۱ گرم در متر مربع به دست آمد (شکل ۴-۱۸). جدول ۴-۴ نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات فیزیولوژیکی گیاه عروسک پشت پرده تحت تاثیر مکان، آبیاری و محلول پاشی اسیدهای آمینه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک کل	محتوای نسبی آب برگ	سبزینگی
مکان (L)	۱	۵۹۳۵**	۱۳۲/۶۷**	۰/۷۳
خطای a	۴	۴۲۸/۸۸	۳۹/۰۵	۲۱/۶۲
آبیاری (I)	۲	۵۳۱۵۰**	۱۶۶۹/۱۷**	۳۵/۰۴**
L $\times$ I	۲	۳۰۰/۹۵	۷/۹۵**	۱۲/۵۹**
خطای b	۸	۱۶۵/۲۵	۳۱/۰۲	۹/۳۴
محلول پاشی (A)	۴	۳۲۰۲۴**	۲۰/۱۱**	۱۵۴/۸۶**
I $\times$ A	۸	۲۳۳۷/۴۳**	۱۷/۲۸**	۴/۶۴
L $\times$ A	۴	۹۲/۰۷	۶/۷۳**	۶/۳*
L $\times$ I $\times$ A	۸	۲۴/۴۱	۵/۱۳**	۰/۵۶
خطای c	۴۸	۱۳۵/۴۵	۱/۴۲	۲/۳۶

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

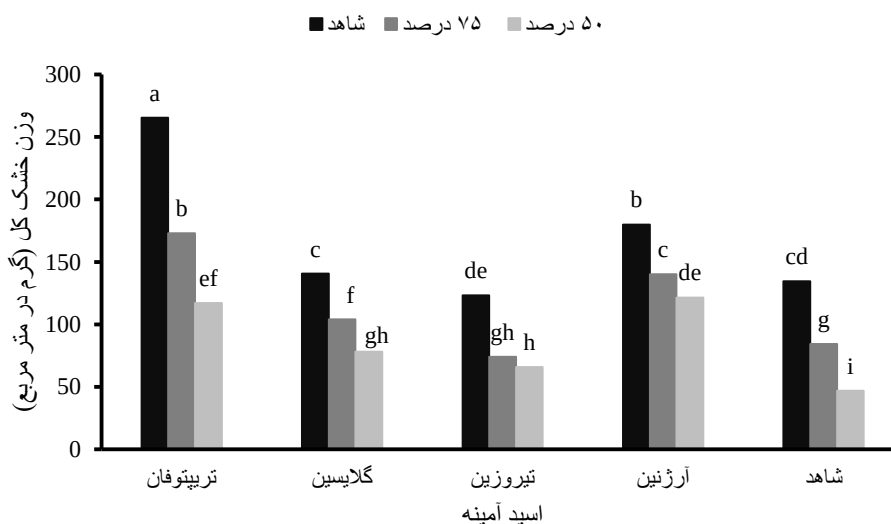


شکل ۴-۱۸ اثر مکان بر وزن خشک بوته در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک بوته (۲۶۵/۴۸ گرم در متر مربع) از ترکیب تیماری آبیاری کامل و محلول‌پاشی تریپتوفان و کمترین وزن خشک (۴۶/۷۷ گرم در متر مربع) از آبیاری به میزان ۵۰٪ و عدم محلول‌پاشی حاصل شد (شکل ۱۹-۴). تأثیر افزایشی تیروزین بر وزن خشک کل تنها در شرایط آبیاری ۵۰٪ معنی‌دار شد. مابقی اسیدهای آمینه اثرشان در کلیه سطوح آبیاری مثبت بود.

رشد یکی از فرآیندهای حساس به خشکی است. چون انبساط سلولی فقط در شرایطی که فشار تورژسانس از آستانه فشار دیواره سلولی بزرگتر باشد، اتفاق می‌افتد. کاهش رشد طولی گیاه با کاهش بزرگ شدن سلول‌ها و پیری برگ‌ها مرتبط است. کاهش طول بوته در تنش کم آبی به دلیل کاهش رشد گیاه می‌باشد که به علت بسته شدن روزنه‌ها در اثر کاهش پتانسیل آب خاک اتفاق می‌افتد. بسته شدن روزنه‌ها کاهش آسیمیلاسیون CO_2 را به همراه دارد و در گزارش‌های دیگر به آن اشاره شده است (شائو و همکاران، ۲۰۰۸). بر اثر تنش خشکی و با کاهش میزان آب، مقدار ماده خشک گیاه که به نوعی محصول گیاه است کاهش می‌یابد. هرچه آب در دسترس گیاه کمتر شود از میزان آب آزاد اندام‌های گیاه کاسته شده و آب به صورت غیر آزاد در گیاه باقی می‌ماند. هرچه رطوبت نسبی بافت افزایش یابد بر میزان آب بافت‌ها افزوده می‌شود. این امر می‌تواند ناشی از ایجاد مقاومت بیشتر با تغییر فشار اسمزی گیاه باشد. بدین صورت که با افزایش وزن خشک و کاهش مقدار آب در پاسخ به تنش خشکی و کمبود آب، فشار اسمزی اولیه افزایش یافته و مقاومت گیاه به تنش خشکی و اثرات ناشی از آن بیشتر می‌شود (آسکر و کومینگ، ۱۹۹۰). نتایج بررسی‌ها در دو گیاه نخود و نخودفرنگی نشان می‌دهد که بین کاهش تعرق گیاه و نگهداری سطح برگ بحرانی برای فتوسنتز می‌بایست تعادل مناسبی وجود داشته باشد و در شرایط تنش، کاهش سطح برگ یک روش سازگاری مهم است، چون اولین راهکاری است که گیاه هنگام کمبود آب آن را اتخاذ می‌کند. این موضوع در مورد باقلا هم صادق است؛ هنگامی که تنش خشکی حادث می‌شود، ارتفاع گیاه و گسترش سطح برگ کاهش یافته، برگ‌های جدید ضخیم‌تر بوده ولی سطح برگ کمتری حاصل می‌شود (رهبریان و همکاران، ۲۰۱۱).

اسیدهای آمینه می توانند جذب کودها را بهتر کنند و با افزایش جذب مواد مغذی و آب، سبب افزایش شدت فتوسنتز و ماده خشک و در نتیجه افزایش عملکرد محصول شوند (کووالزی و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین محلول پاشی با اسیدهای آمینه در عملکرد گیاهان نقش مثبتی دارد (اسلاویک، ۲۰۰۵). محلول پاشی برگ با اسیدهای آمینه موجب افزایش رشد گیاه و عملکرد میوه با حفظ ترکیبات پروتئینی می شود و نتایج مثبتی در سیب زمینی نشان داده شده است (آواد و همکاران، ۲۰۰۷). ثانی - خانی و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی که روی میوه هندوانه ابوجهل (*Cytrullus colocynthis* L.) داشتند گزارش کردند محلول پاشی اسید آمینه تریپتوفان موجب افزایش معنی دار وزن تر، وزن خشک، وزن میوه و سایر شاخص های عملکردی شد.



شکل ۱۹-۴ برهمکنش آبیاری × محلول پاشی اسیدهای آمینه بر وزن خشک بوته در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد).

۴-۱-۱۲ محتوای نسبی آب برگ

تمامی اثرات اصلی، دوگانه و سه گانه در سطح یک درصد بر محتوای نسبی آب برگ معنی دار شد (جدول ۴-۴). نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۳-۴) نشان داد که بیشترین میزان محتوای آب نسبی از ترکیب تیماری آبیاری کامل و محلول پاشی تریپتوفان در منطقه شهریار (۶۹/۶ درصد) حاصل شد. در کرج و شرایط آبیاری به میزان ۵۰٪، محلول پاشی با اسیدهای آمینه نتوانست کمیت

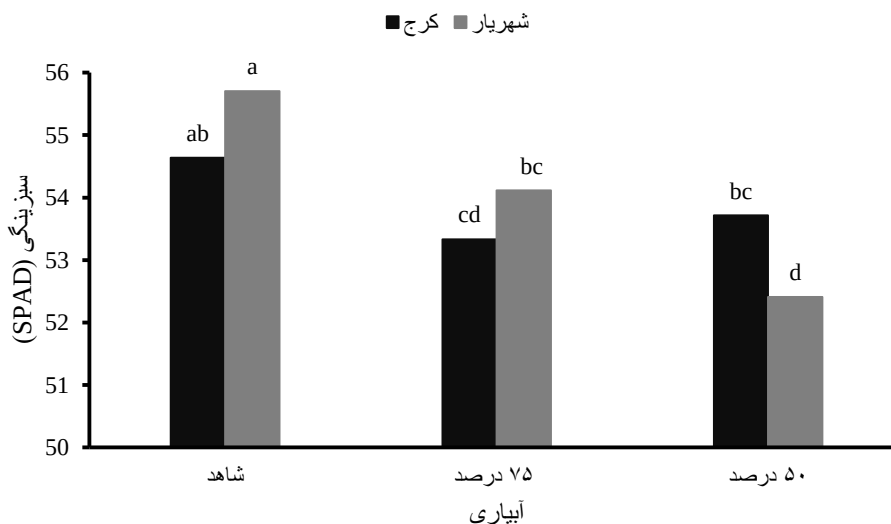
این صفت را به بالاتر از شاهد ارتقاء دهد. این درحالی است که در شهریار و آبیاری به میزان ۵۰٪، محلول پاشی مؤثر واقع شد.

یکی از مناسب‌ترین معیارها برای تشخیص اثر تنش خشکی بر گیاه، محتوای نسبی آب برگ است. مطالعات نشان داده است که عدم کاهش محتوای نسبی آب برگ نشان‌دهنده مقاومت در برابر تنش خشکی است. محتوای نسبی آب با هدایت روزنه‌ای، سرعت تعرق و فتوسنتز ارتباط داشته و گیاهانی که قادر باشند محتوای نسبی آب خود را نسبت به شرایط تورژسانس کامل در حد مطلوبی حفظ کنند، عملکرد بهتری در شرایط تنش از خود نشان می‌دهند (تاتاری و عباسی علی کمر، ۲۰۱۸). درواقع با افزایش سطح خشکی میزان نسبی آب برگ کاهش یافت. کاهش ظرفیت آب برگ و محتوای رطوبت نسبی به مفهوم کاهش وضعیت آبی گیاه است که می‌تواند منجر به بسته شدن روزنه‌ها شود ولی بسته شدن درازمدت روزنه برای گیاه زیانبار است چون CO_2 لازم برای مواد نورساخت فراهم نمی‌شود. کاهش هدایت روزنه‌ای از موارد مهمی است که در جریان تنش خشکی موجب کاهش مواد فتوسنتزی می‌شود. از محتوای نسبی آب برگ به‌منزله شاخصی مناسب از وضعیت آب برگ‌ها یاد می‌شود که در صورت پیشرفت تنش خشکی کاهش می‌یابد و سبب تغییر ساختاری در غشای سلولی و در نتیجه افزایش نشت الکترولیتی از سلول‌ها می‌شود. در آزمایشی روی ارقام گوجه فرنگی مشخص شد که محتوای نسبی آب برگ از بهترین شاخص‌های تفاوت بین ارقام حساس و غیرحساس بوده و این پارامتر همبستگی خوبی با شاخص‌هایی چون مقدار فتوسنتز، محتوای آنتی‌اکسیدانی گیاه و عملکرد دارد (سانچز رودریگز و همکاران، ۲۰۱۰). مقایسه پاسخ گونه‌های مختلف جنس گوجه فرنگی به تنش خشکی نیز نشان داد که حساس‌ترین گونه به تنش (گونه زراعی) کمترین محتوای نسبی آب را به خود اختصاص داد. نتایج دیگر محققان گویای کاهش میزان نسبی آب برگ در گیاهان مختلف در شرایط تنش خشکی است (قلی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۸؛ فرهادی و همکاران، ۲۰۱۶؛ مقدم و همکاران، ۲۰۱۵). مطالعات مختلف نشان داده است که کاربرد اسیدهای آمینه فعال در تنظیم اسمزی از جمله تریپتوفان، گلایسین بتائین و پرولین می‌تواند در بهبود روابط آبی گیاه و محتوای نسبی آب گیاه مفید

باشد (چن و موراتا، ۲۰۰۸). نتایج محلول‌پاشی اسیدهای آمینه مختلف نشان دهنده بهبود محتوای آب نسبی برگ گیاه و افزایش جذب آب بود (سردان و همکاران، ۲۰۰۸).

۴-۱-۱۳ سبزینگی (SPAD)

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی آبیاری و محلول‌پاشی و برهمکنش مکان $\times$ آبیاری در سطح یک درصد بر سبزینگی معنی دار شد. برهمکنش مکان $\times$ محلول‌پاشی نیز در سطح پنج درصد تغییرات معنی‌داری در سبزینگی ایجاد نمودند (جدول ۴-۴). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین سبزینگی از ترکیب تیماری آبیاری کامل و در منطقه شهریار با ۵۵/۷۱ و کمترین میزان سبزینگی از تیمار آبیاری به میزان ۵۰٪ و در منطقه شهریار با ۵۲/۴۱ مشاهده شد (شکل ۲۰-۴). شایان ذکر است که در شرایط آبیاری ۵۰٪، میزان سبزینگی در شهریار کمتر از کرج بود؛ در شرایط دیگر آبیاری، تفاوت معنی‌داری بین این دو مکان وجود نداشت.

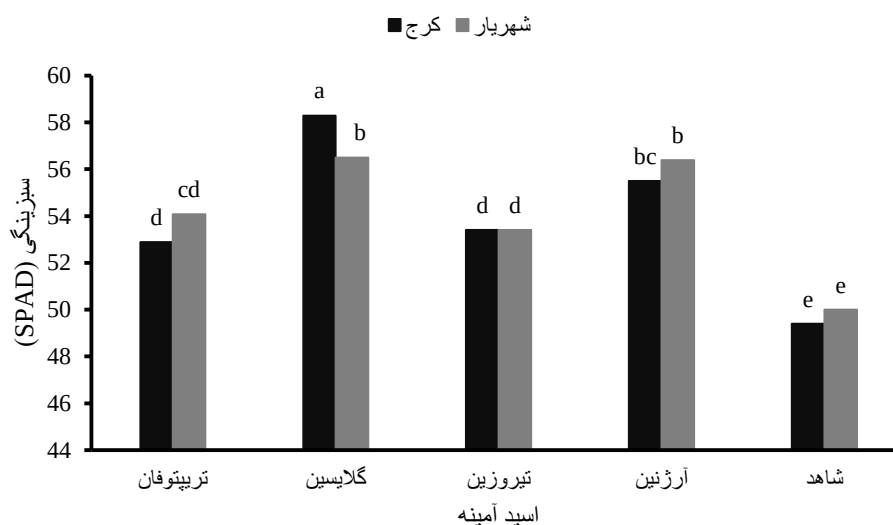


شکل ۲۰-۴ اثر متقابل مکان $\times$ آبیاری بر سبزینگی در گیاه عروسک پشت پرده (SPAD) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

بیشترین سبزینگی از تیمار گلایسین و در منطقه کرج (۵۸/۲۹) و کمترین میزان از تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) در هر دو منطقه کرج و شهریار حاصل شد (شکل ۲۱-۴). در کرج نسبت به شهریار، اثر گلایسین بر سبزینگی بیشتر بود؛ از لحاظ اثر گذاری اسیدهای آمینه دیگر بر این صفت، اختلاف بین

دو مکان از لحاظ آماری قابل اغماض بود. کلیه اسیدهای آمینه به کار رفته، سبزی‌نگی برگ را به سطحی بالاتر از شاهد ارتقاء دادند.

کاهش میزان کلروفیل کل احتمالاً به علت اثر تنش بر پیش‌سازهای تولید کلروفیل یا تخریب کلروفیل می‌باشد. تنش خشکی با کاهش اندازه سلول و تجمع کلروپلاست در سلول‌های برگ، سبب افزایش شاخص کلروفیل می‌شود، ولی مقدار کل کلروفیل در واحد سطح برگ را کاهش می‌دهد. با شدت یافتن تنش ممکن است شاخص کلروفیل به دلیل تأثیر رادیکال‌های آزاد بر غشای کلروپلاست و تخریب آن کاهش یابد (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷). محققین معتقدند که تداوم فتوسنتز و حفظ کلروفیل در شرایط تنش، یکی از شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش خشکی است و کاهش غلظت کلروفیل را در شرایط تنش خشکی به‌عنوان یک عامل محدودکننده غیرروشنه‌ای در فتوسنتز محسوب می‌کنند. گلیاسین بتائین با تأثیرات آنتی‌اکسیدانی و نیز اثر بر محتوای آب گیاه در شرایط تنش خشکی، نقش حفاظتی داشته و مانع تخریب کلروپلاست‌ها و کاهش شاخص کلروفیل می‌شود (سوبرا و همکاران، ۲۰۰۱). در تحقیقی روی کلزا مشخص شد که کاربرد گلیاسین بتائین سبب کاهش خسارت تنش خشکی بر غشای کلروپلاست شده و از تخریب تیلاکوئیدها ممانعت کرد (سولپیس و همکاران، ۲۰۰۳). ال‌تامی و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر 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. عباس‌پور اسفدن و همکاران (۲۰۱۹) اثر تنش خشکی و اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر گیاه پیروش را معنی‌دار گزارش کردند. بیشترین میزان کلروفیل کل ۱/۱۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ از محلول‌پاشی اسیدهای آمینه و کمترین مقدار از تیمار شاهد با ۰/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ گزارش شد. همچنین، تنش خشکی شدید (۵۰ درصدی) نسبت به آبیاری کامل کاهش ۴۰ درصدی در میزان کلروفیل کل را موجب شد.



شکل ۲۱-۴ اثر متقابل مکان × محلول پاشی اسیدهای آمینه بر سبزیبگی در گیاه عروسک پشت پرده (SPAD) (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد).

۲-۴ شاخص های فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی

۱-۲-۴ آنزیم پراکسیداز

نتایج تجزیه داده ها نشان داد که تمام اثرات اصلی، دوگانه و سه گانه در سطح یک درصد موجب تغییر معنی دار فعالیت آنزیم پراکسیداز شدند (جدول ۴-۵). مقایسه میانگین داده ها نشان داد که بیشترین آنزیم پراکسیداز (۵۷/۸) واحد آنزیمی در گرم برگ در دقیقه) از ترکیب تیماری آبیاری ۵۰٪ و محلول پاشی تیروزین از منطقه شهریار و کمترین میزان آنزیم پراکسیداز (۴/۹۳) واحد آنزیمی در گرم برگ در دقیقه) از ترکیب تیماری آبیاری ۵۰٪ و محلول پاشی تربیتوفان از منطقه کرج حاصل شد که با چند ترکیب تیماری دیگر اختلاف معنی دار نداشت (جدول ۴-۶). اسیدهای آمینه تیروزین و آرژنین توانستند در شرایط تنش شدید منطقه شهریار، فعالیت آنزیم پراکسیداز را نسبت به شاهد تشدید نمایند.

جدول ۵-۴ نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات فیزیولوژیکی گیاه عروسک پشت پرده تحت تاثیر مکان، آبیاری و محلول پاشی اسیدهای آمینه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		پراکسیداز	کاتالاز	سوپراکسید دیسموتاز	پرولین
مکان (L)	۱	۱۰۱۵۲**	۳۴۴/۲۸**	۱۶۸۱/۳۹**	۱۴/۵۹**
خطای a	۴	۶۸/۷۳	۵/۷۹	۱۹/۱۱	۰/۰۷
آبیاری (I)	۲	۷۳/۷۹**	۳۵/۷**	۱۸۸/۶۷**	۰/۲۸**
L×I	۲	۲۷۵/۸۵**	۴۲/۹**	۳۵۸/۴۶**	۰/۰۷۲**
خطای b	۸	۳/۹۹	۱/۶۸	۷/۵۳	۰/۰۰۳
محلول پاشی (A)	۴	۲۸۵/۷۸**	۱۳/۳۴**	۳۳۹/۷۷**	۰/۴۲**
I×A	۸	۲۵۸/۹۹**	۴/۹**	۳۱/۸۷**	۰/۱۷**
L×A	۴	۵۸۹/۰۹**	۶/۲۸**	۱۹۰/۹۳**	۰/۵**
L×I×A	۸	۱۳۳/۱۳**	۲/۵۲**	۴۴/۷۳**	۰/۲۲**
خطای c	۴۸	۷/۰۶	۱/۴۲	۲/۳	۰/۰۰۶

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

تنش موجب بسته شدن روزنه، کاهش غلظت دی اکسید کربن در سلول های مزوفیل برگ گیاهان می شود و در نتیجه موجب تجمع NADPH در کلروپلاست می گردد. در این شرایط مقدار $NADP^+$ در دسترس برای انجام واکنش های نوری فتوسنتز کاهش یافته بنابراین اکسیژن به عنوان پذیرنده الکترون عمل کرده و منجر به تولید رادیکال سوپر اکسید و به دنبال آن سایر گونه های فعال اکسیژن و در نهایت تنش اکسیداتیو می گردد (جلیل و همکاران، ۲۰۰۹). گیاهان برای مقابله با این اکسیدان ها دارای مکانیسم های حفاظتی خاصی هستند که شامل مولکول ها و آنزیم های آنتی اکسیدان است. پراکسیدازهای گیاهی که آنزیم هایی گسترده در بین گیاهان عالی می باشند دارای نقش مهمی در سیستم دفاع آنتی اکسیدانی سلول بوده و گونه های اکسیژن فعال را اصطلاحاً جاروب^۱ می کنند. پراکسیدازهای گیاهی، سلول را در برابر مقادیر سمی پراکسید هیدروژن حفاظت می نمایند (پاریدا و داس، ۲۰۰۵). آنزیم پراکسیداز (گایاکل پراکسیداز) یکی از آنزیم های اکسیدکننده ترکیبات فنلی بوده و نقش مهمی در افزایش دفاع آنتی اکسیدانی دارد. پراکسیدازها و ایزوزیم های آن برای آبدگیری از

^۱ Scavenge

سوبستراهای مختلف، پراکسید هیدروژن را مورد تجزیه قرار می‌دهند. آنزیم پراکسیداز از طریق اکسیداسیون سوبستراهای دهنده هیدروژن نظیر مواد فنولیکی سیرینگالدازین، گایاکول، پیروگالول و آسکوربات، پراکسید هیدروژن را تجزیه می‌کند (چاندار و دابی، ۲۰۱۰). سوپراکسید هیدروژن نیز از طریق فعالیت آنزیم پراکسیداز به آب و اکسیژن خنثی می‌شود و یا این‌که به رادیکال خطرناک‌تر هیدروکسیل تبدیل می‌شود (وانگ و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین با بالارفتن سطوح فعالیت این آنزیم، گیاه کمتر مورد تهاجم ROS ها قرار می‌گیرد. این گروه از آنزیم‌ها در سیتوسول، واکوئل، کلروپلاست و آپوپلاست وجود دارند (بایلی و میتلر، ۲۰۰۶). بسیاری از محققین ظهور یا عدم ظهور ایزوفرم‌ها در طی فرآیند یا جایگاه خاص را گزارش نموده‌اند (بایلی و میتلر، ۲۰۰۶). بررسی ایزوآنزیمی پراکسیداز می‌تواند بررسی اثر تنش بر ترکیبات مختلف سلولی را نمایان سازد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۹).

اسیدهای آمینه از اجزای مهم سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهان هستند. مهم‌ترین فعالیت اسیدهای آمینه در کاهش اثرات نامطلوب تنش شامل کاهش آنتی‌اکسیدان‌های آزاد و حفاظت از فشار تورژسانس است (کاسواران و همکاران، ۲۰۱۹). کاسواران و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که محلول-پاشی اسیدهای آمینه موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان تحت شرایط تنش شد.

جدول ۶-۴ مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک تحت برهمکنش مکان × آبیاری × محلول‌پاشی. مقیاس سه آنزیم آنتی‌اکسیدان و پرولین به ترتیب واحد آنزیمی در گرم برگ در دقیقه، و میلی گرم بر گرم وزن تر برگ می‌باشد.

مکان	خشکی	محلول‌پاشی	پراکسیداز	کاتالاز	سوپراکسید دیسموتاز	پرولین
کرج	I ₀	تریپتوفان	۶/۱۴ ^{mno}	۱/۵ ^m	۹/۹۲ ^{lmn}	۰/۶۱ ^f
		گلایسین	۱۰/۲۴ ^{klm}	۱/۴۶ ^m	۱۲/۳۸ ^{kl}	۰/۵۲ ^{fg}
		تیروزین	۹/۳۱ ^{lmn}	۲/۰۸ ^{lm}	۱۷/۹۲ ^{gh}	۱/۴ ^{abc}
		آرژنین	۵/۲۳ ^{no}	۱/۵ ^m	۱۰/۴۲ ^{lmn}	۰/۹۹ ^e
		شاهد	۹/۰۵ ^{mno}	۱/۵ ^m	۲۰/۲۲ ^{fg}	۱/۰۲ ^e
I _۱		تریپتوفان	۱۳/۵۳ ^{jkl}	۲/۶۳ ^{jkl}	۱۰/۶۹ ^{lm}	۱/۳۸ ^{abc}
		گلایسین	۱۷/۴۶ ^{ij}	۳/۲۹ ^{ijk}	۱۷/۳۵ ^{hi}	۱/۲۸ ^{cd}
		تیروزین	۱۸/۲۷ ⁱ	۴/۰۵ ^{ghi}	۲۲/۳۱ ^{def}	۱/۳۲ ^{bcd}
		آرژنین	۵/۸۲ ^{no}	۱/۶۵ ^m	۱۳/۴۱ ^{jk}	۱/۲۳ ^d

شاهد	۱۶/۹۲ ^{ij}	۳/۳ ^{ijk}	۱۴/۹۸ ^{ij}	۰/۳۸ ^{hij}	I _۲
ترپیتوفان	۴/۹۳ ^o	۴/۱۲ ^{ghi}	۱۱/۴۴ ^{klm}	۱/۴۳ ^{ab}	
گلايسين	۱۳/۸۱ ^{jk}	۲/۰۶ ^{lm}	۱۷/۹۳ ^{gh}	۱/۴۹ ^a	
تيروزين	۸/۸۵ ^{mno}	۳/۲۹ ^{ijk}	۹/۱۲ ^{mn}	۱/۰۸ ^e	
آرژنين	۸/۹۵ ^{mno}	۱/۵ ^m	۸/۱۸ ⁿ	۱/۴۵ ^a	
شاهد	۲۴/۰۸ ^g	۴/۴۷ ^g	۱۵/۷۵ ^{hij}	۰/۲۹ ^{jkl}	
ترپیتوفان	۳۲/۶۵ ^{ef}	۴/۶۲ ^g	۹/۱ ^{mn}	۰/۱۶ ^m	
گلايسين	۳۴/۸۹ ^{ef}	۸/۰۴ ^c	۱۷/۱۳ ^{hi}	۰/۲۱ ^{klm}	
تيروزين	۳۹/۸۸ ^d	۷/۷ ^{cd}	۲۹/۳۵ ^c	۰/۲۱ ^{klm}	
آرژنين	۴۶/۲۵ ^b	۶/۳ ^{ef}	۱۶/۰۶ ^{hi}	۰/۲۱ ^{klm}	
شاهد	۱۵/۴۵ ^{ij}	۶/۶ ^e	۱۴/۹۳ ^{ij}	۰/۲۱ ^{klm}	I _۱
ترپیتوفان	۳۶/۸۳ ^{de}	۹/۳۷ ^b	۲۱/۶۲ ^{ef}	۰/۲۱ ^{klm}	
گلايسين	۲۵/۹ ^g	۹/۸ ^{ab}	۱۷ ^{hi}	۰/۱۸ ^{lm}	
تيروزين	۴۰/۸۹ ^{cd}	۱۰/۶۳ ^a	۳۵/۸۱ ^b	۰/۲۷ ^{jklm}	
آرژنين	۱۷/۵۶ ^{ij}	۷/۰۲ ^{de}	۱۶/۳۲ ^{hi}	۰/۲۱ ^{klm}	
شاهد	۲۲/۶۵ ^{gh}	۵/۷۳ ^f	۱۹/۹۴ ^{gf}	۰/۲۱ ^{hij}	
ترپیتوفان	۲۵/۰۷ ^g	۴/۱۹ ^{gh}	۲۴/۷۳ ^d	۰/۲۳ ^{klm}	
گلايسين	۱۹/۷۱ ^{hi}	۳/۴ ^{hij}	۲۴/۵۲ ^d	۰/۲۶ ^{jklm}	
تيروزين	۵۷/۸ ^a	۷/۰۸ ^{de}	۴۰/۲۷ ^a	۰/۳۱ ^{ijk}	
آرژنين	۴۴/۵۱ ^{bc}	۲/۵۳ ^{kl}	۳۱/۶۷ ^c	۰/۴۲ ^{ghi}	
شاهد	۳۱/۱۶ ^f	۴/۰۶ ^{ghi}	۲۳/۲۵ ^{de}	۰/۵ ^{fgh}	I _۲

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰.۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

۴-۲-۲ آنزیم کاتالاز

با توجه نتایج تجزیه واریانس مندرج در جدول ۵-۴، تمامی اثرات اصلی، دوگانه و سه‌گانه بر فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار شد. نتایج مندرج در جدول ۶-۴ نشان داد که بیشترین میزان آنزیم کاتالاز از ترکیب تیماری آبیاری ۷۵٪ و محلول‌پاشی تیروزین در منطقه شهریار (۱۰/۶۳) واحد آنزیمی در گرم برگ در دقیقه (به‌دست آمد. در شرایط تنش شدید شهریار، تنها اسید آمینه تیروزین توانست فعالیت

این آنزیم را نسبت به شرایط عدم محلول پاشی ارتقاء دهد. در منطقه کرج این اسید آمینه تأثیری کاهشی داشت.

گیاهان برای کاستن از اثرات مخرب گونه‌های اکسیژن فعال مکانیسم‌های متفاوتی دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی اشاره کرد. آنزیم‌های آنتی-اکسیدان شامل کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، پلی فنول اکسیداز و آسکوربات پراکسیداز هستند که در پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول نقش دارند؛ هم‌چنین به‌عنوان مهمترین ترکیبات و اولین راه دفاعی در برابر صدمات وارده می‌باشند (پن و همکاران، ۲۰۰۵). محققان بیان نمودند که افزایش آنزیم‌های فوق در شرایط تنش خشکی نشان‌دهنده اثر این آنزیم‌ها در کاهش خسارات تنش اکسیداتیو و نقش مهم آن‌ها در مقابله با رادیکال‌های آزاد می‌باشد. تغییرات در میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش‌های محیطی از جمله تنش کمبود آب توسط محققان گزارش شده است (هیرایاما و همکاران، ۲۰۰۶). افزایش فعالیت کاتالاز یک پاسخ سازشی برای غلبه بر آسیب‌های ناشی از سطوح سمی و احیاکننده‌ی پراکسید هیدروژن است که طی متابولیسم سلول تولید می‌گردد (حسینی و همکاران، ۲۰۲۰). در پژوهشی که روی نخل پالم انجام شد، محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در شرایط تنش سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم کاتالاز گردید (داروش، ۲۰۱۳).

۴-۲-۳ آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تمامی اثرات اصلی، دوگانه و سه‌گانه در سطح یک درصد بر این فعالیت این آنزیم معنی‌دار گردید (جدول ۵-۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (۴۰/۲۷) واحد آنزیمی در گرم برگ در دقیقه) از ترکیب تیماری آبیاری ۵۰٪ و محلول‌پاشی تیروزین در منطقه شهریار و کمترین میزان این آنزیم (۸/۱۸) واحد آنزیمی در گرم برگ در دقیقه) از ترکیب تیماری ۵۰٪ آبیاری و محلول‌پاشی آرژنین و در منطقه کرج مشاهده شد که با چند ترکیب تیماری دیگر اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۶-۴). در شرایط تنش خشکی

شدید شهریار، تنها اسیدهای آمینه تیروزین و آرژنین قادر بودند فعالیت این آنزیم را نسبت به شرایط عدم محلول پاشی ارتقاء دهند. این در حالی است که در منطقه کرج آنها تأثیری کاهشی به جای گذاردند.

تنش رطوبتی سبب افزایش این آنزیم در گیاه شده و سوپراکسید دیسموتاز به عنوان اولین خط دفاعی سیستم آنتی اکسیدانی در مقابل ROS فعال می شود و موجب تبدیل رادیکال $O_2^{\cdot -}$ به H_2O_2 می شود، در ادامه H_2O_2 ایجاد شده به مولکول آب و اکسیژن توسط کاتالاز تجزیه می شود (گراتائو و همکاران، ۲۰۰۵). در شرایط تنش، آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز اولین آنزیمی است که در چرخه آنتی اکسیدانی فعال می شود (باهر و همکاران، ۲۰۰۲). افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز تحت تنش رطوبتی در گیاهان مختلف گزارش شده است (پورسل و رویزلوزانو، ۲۰۰۴). باتیستا سیلوا و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که مصرف اسیدهای آمینه سبب افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسیداز تحت شرایط تنش شد.

۴-۲-۴ پرولین

آنالیز داده های مربوط به پرولین نشان داد که تمامی اثرات اصلی، دوگانه و سه گانه در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۴-۵). بیشترین میزان پرولین از ترکیب تیماری آبیاری ۵۰٪ و محلول-پاشی گلايسين در منطقه کرج (۱/۴۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) حاصل شد که با دو ترکیب تیماری دیگر اختلاف معنی دار نداشت (جدول ۴-۶). کمترین میزان پرولین از ترکیب تیماری آبیاری کامل و محلول پاشی تریپتوفان در منطقه شهریار (۰/۱۶ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) به دست آمد؛ شایان ذکر است که این ترکیب تیماری با چند ترکیب تیماری دیگر اختلاف معنی داری نداشت. در شرایط تنش شدید خشکی کرج، تأثیر محلول پاشی با همه اسیدهای آمینه بر پرولین نسبت به عدم محلول پاشی افزایشی بود. در شرایط تنش شدید خشکی شهریار، هیچکدام از اسیدهای آمینه نتوانستند کمیت پرولین را به بالاتر از شرایط عدم محلول پاشی افزایش دهند.

برای مقاومت در برابر تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش خشکی، بسیاری از گیاهان با افزایش سنتز و ذخیره‌سازی پرولین پتانسیل اسمزی خود را تغییر می‌دهند (لیو و همکاران، ۲۰۱۳). محتوای پرولین با افزایش تنش خشکی افزایش می‌یابد. مولکول‌های پرولین شامل بخش‌های آب‌دوست و آب‌گریز هستند. پرولین قابل حل می‌تواند روی حلالیت پروتئین‌های مختلف اثر بگذارد و از اختلالات آلبومین جلوگیری کند. احتمالاً رابطه متقابل بین پرولین و پروتئین‌های آب‌گریز موجب افزایش مولکول‌های پروتئین‌های آب‌دوست شده و از این طریق منجر به ثبات گیاه و افزایش پرولین گیاهان در شرایط تنش خشکی می‌شوند. تجمع پرولین به علت تخریب پروتئین سینتتاز و کاهش تبدیل پرولین به پروتئین بوده که در نتیجه، موجب کاهش رشد می‌گردد. در شرایط تنش پروتئین گیاه صرف تولید پرولین می‌شود، بنابراین تولید اندام گیاهی متوقف شده و سبب کاهش رشد اندام گیاهی خواهد شد (کریمیان و همکاران، ۲۰۲۰). پرولین به‌عنوان یکی از محافظت‌کننده‌های غشاء سلولی است. تجمع پرولین سبب کاهش اثرات تنش، کاهش اسیدی شدن سلول، در نتیجه تولید $NADP^+$ و حمایت از مسیر اکسیداتیو پنتوز فسفات می‌شود، چون وابسته به $NADP^+$ بوده و توسط NADPH مهار می‌شود. در بسیاری از گیاهان در پاسخ به تنش کم‌آبی مثل خشکی و شوری، پرولین به‌مقدار زیاد تجمع می‌یابد (لیپیک و همکاران، ۲۰۱۳). محققان با بررسی تنش خشکی روی گیاه مرزه گزارش کردند که تنش خشکی موجب افزایش تجمع پرولین در برگ شد (حیدرپور و همکاران، ۲۰۲۰). در تحقیق دیگری مشخص شد که با افزایش میزان تنش خشکی در گیاه دارویی بابونه آلمانی میزان پرولین در برگ افزایش یافت (جشنی و همکاران، ۲۰۱۷).

پاسخ گیاهان در معرض استرس‌های متفاوت منجر به تولید اسمولیت‌های مانند پرولین می‌شود؛ البته میزان تولید پرولین به گونه و میزان تنش بستگی دارد. پرولین در بسیاری از گیاهان عالی شناسایی شده است و معمولاً در مقادیر زیاد در پاسخ به تنش‌های محیطی، تجمع می‌یابد. پرولین نقشی بسیار حیاتی در حفاظت ساختمان سلولی، ماکرومولکول‌ها، مهار رادیکال‌های آزاد و پتانسیل اکسیداسیون سلولی تحت تنش اسمزی به عهده دارد. شکستن (تجزیه) سریع پرولین بعد از پایان یافتن

شرایط تنش می‌تواند تأمین کننده مواد آلی مورد نیاز برای فسفوریلاسیون اکسیداتیو ATP میتوکندریایی و افزایش ترمیم صدمات ناشی از تنش باشد (محمدرضاخانی و همکاران، ۲۰۱۸). سنتز اسید آمینه‌هایی نظیر پرولین در داخل سلول‌های گیاهی از طریق گلوکز شروع می‌شود. گلايسين در اولین مسیر چرخه از طریق ۳-p-glycerate و سرین به‌وجود می‌آید؛ این در حالی است که سنتز پرولین در مراحل پایانی چرخه سنتز اسیدهای آمینه قرار دارد. کاربرد برگی گلايسين و جذب سلولی آن موجب می‌شود که مسیر سنتز اسیدهای آمینه به‌جای سنتز گلايسين به سمت تولید پرولین و دیگر اسیدهای آمینه حرکت کند (پوسپیس یلوا، ۲۰۱۱). بررسی‌های مختلف نشان دهنده این مطلب است که تمامی گیاهان توانایی تجمع اسمولیت‌های آلی برای کاهش آثار زیان‌بار استرس‌های غیرزنده محیطی را ندارند. البته امکان القای سنتز اسمولیت‌های آلی مختلف از جمله گلايسين در این گیاهان وجود داشته و از این طریق می‌توان اثرات زیان‌بار استرس‌های محیطی را بر گیاهان مذکور کاهش داد. در یک بررسی محلول‌پاشی گلايسين در گیاه کارلا با افزایش مقدار پرولین در گیاه سبب تحمل گیاه به خشکی گردیده است (رضایی علولو و همکاران، ۲۰۱۹). پور سلطان و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که مصرف اسیدهای آمینه سبب افزایش میزان پرولین در گیاه گوجه‌فرنگی شد. هم‌چنین کایا و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی روی خربزه گزارش کردند با محلول‌پاشی اسید آمینه پرولین، میزان پرولین در برگ گیاه نیز به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد.

۴-۲-۵ کلروفیل a

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که تمامی اثرات اصلی و متقابل دوگانه و سه‌گانه در سطح یک درصد تغییر معنی‌داری در کمیت این صفت ایجاد نمودند (۴-۷).

جدول ۷-۴ نتایج تجزیه واریانس مربوط به برخی صفات گیاه عروسک پشت پرده تحت تاثیر مکان، آبیاری و محلول پاشی اسیدهای آمینه

میانگین مربعات					درجه آزادی	منبع تغییرات
آنتوسیانین	کارتنوئید	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a		
۸/۱۹**	۱۳۵/۹۷	۵۳/۰۶**	۱۶/۴۴**	۲۴/۱۹**	۱	مکان (L)
۰/۳۴	۳/۱۱	۰/۳۷	۰/۸۲	۰/۴۲	۴	خطای a
۰/۰۵	۱۴۳/۹۲**	۳۴۳/۲۲**	۴۹/۳۲**	۱۷۴/۱۹**	۲	آبیاری (I)
۲/۱۲**	۳/۷۹**	۴۹/۶**	۳/۹۲**	۳۱/۸۵**	۲	L×I
۰/۰۹	۲/۶۱	۷/۲۶	۰/۸۸	۵/۲۸	۸	خطای b
۷/۴۸**	۱۵/۰۷**	۳۳/۷۴**	۶/۲۴**	۱۰/۸۳**	۴	محلول پاشی (A)
۲/۷۵**	۵/۳۶**	۲۵/۱۱**	۴/۰۲**	۷/۶۱**	۸	I×A
۴/۵۲**	۳/۵۲**	۲۰/۴۸**	۳/۱**	۹/۴۴**	۴	L×A
۳/۳۴**	۲/۶**	۱۶/۳۸**	۲/۸۳**	۵/۵۸**	۸	L×I×A
۰/۳۴	۰/۴۵	۰/۸۵	۰/۱۵	۰/۹۸	۴۸	خطای c

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

مقایسه میانگین ها داده های مربوط به این رنگیزه نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a از ترکیب تیماری آبیاری کامل و محلول پاشی آرژنین در منطقه کرج با (۱۳/۲۵ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) حاصل شد که با دو ترکیب تیماری دیگر اختلاف معنی دار نداشت (جدول ۸-۴). کمترین میزان کلروفیل a از ترکیب تیماری آبیاری ۵۰٪ و محلول پاشی گلیسین در منطقه شهریار (۳/۳۷ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) مشاهده شد؛ ترکیب تیماری اخیر تفاوت معنی داری با محلول پاشی با سایر اسیدهای آمینه و حتی عدم محلول پاشی در شرایط تنش شدید شهریار نداشت. در شرایط عدم وجود تنش در منطقه شهریار، محلول پاشی با هر چهار اسید آمینه منجر به ارتقای غلظت کلروفیل a به سطحی بالاتر از عدم محلول پاشی شد.

کاهش در کلروفیل تحت تنش خشکی اساسا به علت خسارت کلروفیل در نتیجه رادیکال های آزاد است (مفاخری و همکاران، ۲۰۱۰). کاهش غلظت کلروفیل در شرایط تنش شدید می تواند ناشی از اثر تخریب کلروفیل و در نتیجه تجزیه کلروفیل به وسیله گونه های فعال اکسیژن باشد (پورموسی و همکاران، ۲۰۱۰). اثرات دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت تنش از جمله شاخص های

فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است (مفاخری و همکاران، ۲۰۱۰). احمدی و بیکر (۲۰۰۱) بیان کردند که محدودکننده اصلی فتوسنتز در گیاه در شرایط تنش رطوبتی هدایت مزوفیلی است. اما در کل می‌توان نتیجه گرفت که کاهش فتوسنتز در اثر کمبود آب تحت تاثیر موازی هدایت روزنه‌ای و مزوفیلی است (حکیمی و همکاران، ۲۰۱۹). محتوای کلروفیل برگ به‌عنوان یک عامل مهم در تعیین ظرفیت فتوسنتزی برگ محسوب می‌شود و کاهش محتوای کلروفیل به عنوان یک عامل غیرروزنه‌ای می‌تواند منجر به کاهش ظرفیت فتوسنتزی برگ شود (حسین و همکاران، ۲۰۰۳). در زمان بروز تنش رطوبتی، انتقال الکترون از سامانه (فتوسیستم) نوری دو به سامانه نوری یک گیرنده (نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید فسفات) مختل شده و الکترون به مولکول اکسیژن منتقل می‌شود و سبب افزایش میزان گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود که اثرات تخریبی فراوانی بر کلروپلاست و سلول دارد و با افزایش گونه‌های فعال اکسیژن، افزایش فعالیت آنزیم کلروفیل‌از (تجزیه کننده کلروفیل) بیشتر می‌شود (حکیمی و همکاران، ۲۰۱۹). کاهش مقدار کلروفیل در گیاه پنبه (ماساچی و همکاران ۲۰۰۸) تحت تنش خشکی نیز گزارش شده است.

اسیدهای آمینه ترکیب‌های نیتروژن‌دار هستند که در ساخت پروتئین‌ها مشارکت دارند که در رشد سلول‌ها دخیل هستند. ضمناً اسیدهای آمینه، نقش تغذیه‌ای مهم و سریعی در برطرف کردن نیازهای گیاهان ایفا می‌کنند به همین علت موجب افزایش سطح برگ، محتوای کلروفیل و رنگدانه‌های گیاهی می‌شوند و زمینه بهبود کمی و کیفی محصولات گیاهی را فراهم می‌آورند (رادکوسکی و رادکوسکا، ۲۰۱۸). شهاب‌ها و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی روی کرفس اثر معنی‌دار محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید را گزارش کردند. بیشترین میزان کلروفیل a از تیمار محلول‌پاشی اسید آمینه با ۰/۵۹۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ و کمترین مقدار از شاهد با ۰/۴۴۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ گزارش کردند.

جدول ۸-۴ مقایسه میانگین برخی صفات گیاه عروسک پشت پرده تحت برهمکنش مکان × آبیاری × محلول پاشی.
مقیاس کلیه صفات میلی گرم بر گرم وزن تر برگ می باشد.

مکان	خشکی	محلول پاشی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	آنتوسیانین
کرج	I.	تربیتوفان	۶/۶۷ ^{ij}	۳/۲۷ ^{hij}	۹/۹۴ ^{ijk}	۱۰/۴۱ ^b	۱۰/۸۵ ^{ijklmn}
		گلایسین	۶/۷۳ ^{ij}	۴/۲۶ ^{efg}	۱۰/۹۹ ^{hij}	۸/۸۱ ^{cde}	۱۰/۳۵ ⁿ
		تیروزین	۸/۰۸ ^{fghi}	۳/۷۸	۱۱/۸۵ ^{fgh}	۸/۳۳ ^{def}	۱۱/۳ ^{hijklmn}
		آرژنین	۱۳/۲۵ ^a	۷/۴۳ ^a	۲۰/۶۸ ^a	۱۲/۸۳ ^a	۱۱/۵۵ ^{fghijk}
		شاهد	۹/۲۵ ^{defg}	۳/۸۶ ^{gh}	۱۳/۱۱ ^{ef}	۸/۷۵ ^{cde}	۱۲/۲۵ ^{defg}
	I _۱	تربیتوفان	۱۱/۹۲ ^{ab}	۷/۴۲ ^a	۱۹/۳۴ ^a	۱۲/۲۷ ^a	۱۱/۴۵ ^{ghijkl}
		گلایسین	۸/۳۸ ^{fgh}	۲/۹۸ ^{jkl}	۱۱/۳۶ ^{ghi}	۸/۷۴ ^{cde}	۱۰/۳۵ ⁿ
		تیروزین	۱۱/۴ ^{bc}	۵/۵۹ ^b	۱۶/۹۹ ^b	۱۰/۵۲ ^b	۱۰/۹ ^{ijklmn}
		آرژنین	۱۰/۴ ^{bcde}	۴/۹۴ ^{cd}	۱۵/۳۳ ^c	۱۰/۳۷ ^b	۱۲/۴۵ ^{cdef}
		شاهد	۱۰/۶۹ ^{bcd}	۴/۵۶ ^{def}	۱۵/۲۵ ^c	۸/۵۳ ^{cde}	۱۲/۳ ^{defg}
شهریار	I _۲	تربیتوفان	۷/۶ ^{hi}	۳/۱۷ ^{ijk}	۱۰/۷۶ ^{hijk}	۷/۴ ^{fgh}	۱۱/۲۵ ^{hijklmn}
		گلایسین	۵/۰۳ ^{klm}	۲/۰۳ ^{no}	۷/۰۵ ^m	۴/۴۴ ^{kl}	۱۰/۴۵ ^{mn}
		تیروزین	۶/۶۱ ^{ijk}	۲/۷۹ ^{jklm}	۹/۴ ^{kl}	۶/۱۷ ^{ij}	۱۱/۳۵ ^{ghiklm}
		آرژنین	۶/۶۷ ^{ij}	۲/۹۲ ^{jkl}	۹/۵۹ ^{jkl}	۶/۸۱ ^{hi}	۱۱/۹۵ ^{efgh}
		شاهد	۵/۸۵ ^{jkl}	۲/۵۵ ^{klmn}	۸/۳۹ ^{lm}	۵/۹۴ ^{ij}	۱۳/۵۵ ^{ab}
	I.	تربیتوفان	۱۱/۹ ^{ab}	۵/۲۲ ^{bc}	۱۷/۱۲ ^b	۹/۴۹ ^{bc}	۱۲/۵۵ ^{cde}
		گلایسین	۹/۵۲ ^{def}	۳/۸۷ ^{gh}	۱۳/۳۸ ^{de}	۵/۹۱ ^{ij}	۱۱/۱ ^{hijklmn}
		تیروزین	۱۰/۳۷ ^{bcde}	۴/۳۲ ^{defg}	۱۴/۶۸ ^{cd}	۷/۹ ^{efgh}	۱۲ ^{efgh}
		آرژنین	۱۱/۲۲ ^{bc}	۴/۸۸ ^{cde}	۱۶/۱ ^{bc}	۸/۹۳ ^{cde}	۱۴/۵ ^a
		شاهد	۷/۶۷ ^{ghi}	۳/۹۴ ^{fg}	۱۱/۶۱ ^{fgh}	۸/۰۶ ^{defg}	۱۱/۶ ^{efghi}
شهریار	I _۱	تربیتوفان	۱۰/۱۷ ^{cde}	۴/۸۷ ^{cde}	۱۵/۰۴ ^c	۹/۰۸ ^{cd}	۱۱/۸ ^{efghi}
		گلایسین	۸/۹۹ ^{efgh}	۳/۷۴ ^{ghi}	۱۲/۷۳ ^{efg}	۶/۹۸ ^{ghi}	۱۰/۵ ^{lmn}
		تیروزین	۸/۹۱ ^{efgh}	۲/۲۹ ^{mn}	۱۱/۲ ^{hi}	۷/۴۱ ^{fgh}	۱۴/۴ ^a
		آرژنین	۶/۵۹ ^{ijk}	۳/۰۷ ^{jkl}	۹/۶۵ ^{jkl}	۵/۴۱ ^{jk}	۱۳/۴ ^{bc}
		شاهد	۶/۶۹ ^{ij}	۴/۰۱ ^{fg}	۱۰/۷ ^{hijk}	۵/۶۱ ^j	۱۰/۶ ^{klmn}
	I _۲	تربیتوفان	۴/۲۹ ^{lmn}	۲/۷۲ ^{jklm}	۷ ^m	۳/۷۱ ^{lm}	۱۱/۸ ^{efghi}
		گلایسین	۳/۳۷ ⁿ	۰/۶۵ ^q	۴/۰۲ ⁿ	۴/۳۸ ^{kl}	۱۱/۶ ^{efghij}
		تیروزین	۴/۴ ^{lmn}	۱/۶۲ ^{op}	۱۱/۳۴ ^{ghi}	۲/۷ ^m	۱۳ ^{bcd}

آرژنین	۴/۱۱ ^{mn}	۱/۰۳ ^{pq}	۵/۱۵ ⁿ	۴/۰۵ ^l	۱۱/۷۵ ^{efghi}
شاهد	۴/۷۶ ^{lmn}	۲/۵۱ ^{lmn}	۷/۲۶ ^m	۳/۸۳ ^l	۱۰/۶۵ ^{ijklmn}

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰.۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

۴-۲-۶ کلروفیل b

با توجه به جدول ۴-۷، تمامی اثرات اصلی، دوگانه و سه‌گانه فاکتورها بر این رنگیزه در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. کمترین میزان کلروفیل b با مقدار ۰/۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ از ترکیب تیماری آبیاری ۵۰٪ و محلول‌پاشی گلايسين در منطقه شهریار به‌دست آمد که با یک ترکیب تیماری دیگر اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۴-۸). در شرایط ترکیب تیماری مذکور، محلول‌پاشی اسیدهای آمینه گلايسين، تیروزین و آرژنین بر گیاه منجر به کاهش کمیت این صفت نسبت به عدم محلول‌پاشی شدند؛ این درحالی است که تریپتوفان بی تأثیر ظاهر شد.

شرایط تنش موجب می‌شود تا گلوتامات که پیش ماده ساخت کلروفیل و پرولین است، کمتر در مسیر بیوسنتز کلروفیل قرار گیرد (رضایی علولو و همکاران، ۲۰۱۹). افاقلو همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که کلروفیل a، b و مجموع کلروفیل در تمام ارقام ذرت به‌طور معنی‌داری تحت شرایط تنش خشکی کاهش یافت. کاهش میزان کلروفیل می‌تواند به‌دلیل تغییر متابولیسم نیتروژن در رابطه با ساخت ترکیباتی مانند پرولین باشد. طبق تحقیقات رضا و همکاران (۲۰۰۶) محلول‌پاشی اسیدهای آمینه موجب تجمع مقادیر بالای اسیدهای آمینه شد که به‌طور عمده مربوط به تعدیل اسمزی بود، که یک فاکتور مهم برای بهبود ظرفیت فتوسنتزی تحت تنش می‌باشد. در شرایط تنش اسیدهای آمینه به‌مقدار زیادی در کلروپلاست تجمع می‌یابد که نقش مهمی در حفاظت از غشای تیلاکوئیدی ایفا می‌کند و از این طریق از سیستم فتوسنتزی محافظت می‌کند (کورکماز و همکاران، ۲۰۱۲).

۴-۲-۷ کلروفیل کل

نتایج تجزیه مرکب داده ها نشان دهنده معنی دار شدن تمامی اثرات اصلی، دوگانه و سه گانه فاکتورها بر کلروفیل کل در سطح یک درصد بود (جدول ۷-۴). با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۸-۴) بیشترین میزان کلروفیل کل از ترکیب تیماری آبیاری کامل و محلول پاشی آرژنین با مقدار ۲۰/۶۸ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ در منطقه کرج و کمترین میزان کلروفیل کل نیز از ترکیب تیماری آبیاری ۵۰٪ و محلول پاشی گلیسین و آرژنین در شهریار حاصل شد (جدول ۸-۴). این نتایج به وضوح کاهش میزان کلروفیل کل را در اثر تنش خشکی نشان می دهد. در شرایط تنش شدید خشکی در شهریار، تنها تیروزین نسبت به عدم محلول پاشی توانست کمیت این صفت را به طور مثبت متأثر نماید. این در حالی است که در همین شرایط کرج، فقط اسید آمینه تریپتوفان اثر گذار بود.

تنش خشکی به عنوان یک عامل ایجاد کننده اختلال در فیزیولوژی گیاه روی عوامل فتوسنتزی گیاه تاثیر می گذارد. کاهش محتوای کلروفیل تحت تنش خشکی ارتباط مستقیمی با ژنوتیپ و نوع گیاه دارد (اشرف و هریس، ۲۰۱۳). در شرایط تنش خشکی دستگاه فتوسنتزی تحت تاثیر قرار گرفته و فعالیت فتوسیستم II در گیاه کاهش می یابد (اشرف و هریس، ۲۰۱۳). بنابراین کاهش مقدار کلروفیل مشاهده شده در تحقیق حاضر احتمالاً به دلیل تاثیر تنش بر پیش سازهای سنتز کلروفیل یا تخریب کلروفیل موجود می باشد. در این راستا کاهش محتوای فتوسنتزی در گیاهان مختلف گزارش شده است (رحیمی و همکاران، ۲۰۱۶).

آرژنین دارای بیشترین مقدار نسبت کربن به نیتروژن است که چنین ویژگی سبب متمایز شدن این اسید آمینه به عنوان منبعی از نیتروژن آلی شده است. آمینواسید اورنیتین نقش ساختاری در چرخه اوره و بیوسنتز آرژنین دارد. ال آرژنین از اسید آمینه های بنیادی در فرایند تشکیل کلروفیل و افزایش مقدار بافت سبز در گیاهان است. این اسید آمینه سبب افزایش سنتز کلروفیل و بالا رفتن غلظت آن در گیاه شده که افزایش جاذب نور و به دنبال آن افزایش فتوسنتز را در پی دارد. نتایج مشابهی در افزایش محتوای کلروفیلی در سیب تحت تاثیر کاربرد ال آرژنین توسط ساتیروپولوس و همکاران (۲۰۰۵) گزارش

شد. اسیدهای آمینه محرک رشد بوده و با افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب تولید آسیمیلات بیشتر شده و موجب افزایش میزان کلروفیل یا ممانعت از تخریب کلروفیل می‌شوند و عامل مهمی در افزایش عملکرد از طریق افزایش فتوسنتز توسط کلروفیل و بهبود شرایط رشدی می‌شوند (تراب احمدی و همکاران، ۲۰۱۹).

۴-۲-۸ کاروتنوئید

آنالیز داده‌های موجود نشان داد که به جز اثر اصلی مکان بر کاروتنوئید، تمامی اثرات اصلی، دوگانه و سه‌گانه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۷-۴). مقایسه بین میانگین‌ها نشان داد که بیشترین کاروتنوئید از ترکیبات تیماری آبیاری کامل و محلول‌پاشی آرژنین در منطقه کرج (۱۲/۸۳ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)، و آبیاری ۷۵٪ و محلول‌پاشی تریپتوفان در منطقه کرج (۱۲/۲۷ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) بدست آمد (جدول ۸-۴). کمترین میزان کاروتنوئید (۲/۷ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از ترکیب تیماری آبیاری ۵۰٪ و محلول‌پاشی تیروزین در منطقه شهریار به‌دست آمد. شایان ذکر است که کمیت کاروتنوئید در ترکیب تیماری اخیر کمتر از شرایط عدم محلول‌پاشی بود که نشانگر تأثیر منفی اسید آمینه تیروزین بر کاروتنوئید در شرایط تنش خشکی شدید شهریار هست.

مطالعات نشان داده که کاروتنوئیدها یکی از مواد کاهش‌دهنده تنش خشکی می‌باشند و از طرفی سبب حفظ و تداوم بقای ساختار پیچیده کلروفیل و دستگاه فتوسنتزی در گیاه نیز می‌گردند (وانگ و همکاران، ۲۰۱۰)، هم‌چنین، انرژی زیادی را از فتوسیستم I به II به صورت گرما یا واکنش‌هایی بی‌ضرر دفع می‌کنند و به این ترتیب می‌توانند غشای کلروپلاستی را از آسیب مصون دارند (جوان و همکاران، ۲۰۰۵). در این پژوهش براساس نتایج بدست آمده تنش خشکی موجب کاهش میزان کاروتنوئید شد. نتایج این پژوهش با تحقیق بزدانی بیوکی و خواجه حسینی (۲۰۲۰) روی گیاه بادرشبو مشابهت داشت. در همین راستا، اکبری و همکاران (۲۰۱۶)، نیز کاهش مقدار کاروتنوئید را با افزایش

تنش خشکی در سیر گزارش نمودند. آن‌ها همچنین بیان کردند که کاهش محتوای کاروتنوئیدها می‌تواند به دلیل اکسید شدن آن‌ها توسط اکسیژن فعال و تخریب ساختار آن‌ها باشد.

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 بجای می‌گذارند و از تخریب رنگیزه‌های گیاهی به وسیله گونه‌های فعال اکسیژن ممانعت می‌کنند (شکوه و همکاران، ۲۰۱۸).

میری و همکاران (۲۰۱۵) تاثیر محرک‌های زیستی را بر گیاه آویشن بررسی کردند نتایج آنها نشان داد که کاربرد این محرک‌ها موجب افزایش وزن تر و خشک بوته، عملکرد اسانس، میزان کلروفیل a و کاروتنوئید شد.

۹-۲-۴ آنتوسیانین

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که به جز اثر اصلی آبیاری، تمامی اثرات اصلی، دوگانه و سه‌گانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۷-۴). بیشترین میزان آنتوسیانین از ترکیبات تیماری آبیاری کامل و محلول‌پاشی آرژنین در منطقه شهریار (۱۴/۵ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)، و آبیاری ۷۵٪ و محلول‌پاشی تیروزین در منطقه شهریار (۱۴/۴ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) محاسبه گردید (جدول ۸-۴). کمترین میزان این رنگیزه با ۱۰/۳۵ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ از ترکیب تیماری آبیاری ۷۵٪ و محلول‌پاشی گلیسین در منطقه کرج مشاهده گردید که با چندین ترکیب تیماری دیگر اختلاف معنی داری نداشت.

تولید آنتوسیانین در گیاهان، تحت تاثیر متقابل عوامل داخلی و خارجی مانند نور، دما، کربوهیدرات، هورمون‌های گیاهی و تنش آبی قرار می‌گیرد. این عوامل اکثراً از طریق تاثیر بر عوامل رونویسی بر میزان آنتوسیانین تاثیر می‌گذارند (کیم و همکاران، ۲۰۰۶). تنش خشکی بر روی رنگدانه‌ها

مانند آنتوسیانین تاثیر مستقیم دارد. بررسی روی گیاهان دارویی نشان داد که تحت شرایط تنش آبی ترکیب‌های آنتوسیانین در گیاه افزایش می‌یابد. آنتوسیانین‌ها نیز مانند فلاونوئیدها رنگیزه محافظ بوده که گیاه را در برابر تنش محافظت می‌کنند (سلمر، ۲۰۰۸). گزارش شده است که مقدار آنتوسیانین در بگونیا در شرایط تنش افزایش یافته است. این افزایش به علت نقش حفاظتی آنتوسیانین در مواجهه با رادیکال‌های آزاد است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۰). آنتوسیانین‌ها نیز از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بوده که نه تنها رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند، بلکه از تولید بیشتر آن‌ها در گیاه جلوگیری می‌کنند (افشار محمدیان و همکاران، ۲۰۱۵). این نتایج با یافته‌های عباس‌پور و رضایی (۲۰۱۵) بر روی گیاه بادرشبو در شرایط خشکی مطابقت دارد.

به نظر می‌رسد که نقش اسیدهای آمینه در افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان به علت اثر آنتی‌اکسیدانی، کمک به تعادل یونی و افزایش دسترسی به نیتروژن بوده است (سیاه‌منصور و همکاران، ۲۰۲۰). شئوکند و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی روی نخود بیان کردند که تاثیر آرژنین و پرولین روی محصولات متابولیسمی فتوسنتز می‌تواند موجب اثر معنی‌دار روی رنگیزه‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه شود.

۴-۲-۱۰ بتاکاروتن

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها بیان‌گر معنی‌داری تمامی اثرات اصلی، دوگانه و سه‌گانه در سطح یک درصد بود (جدول ۹-۴). نتایج مقایسه میانگین مندرج در جدول ۱۰-۴ نشان داد بیشترین میزان بتاکاروتن (۰/۰۹۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) از ترکیب تیماری آبیاری ۵۰٪ و محلول‌پاشی تیروزین و در منطقه کرج حاصل شد؛ شایان ذکر است که در این شرایط (آبیاری ۵۰ درصدی و منطقه کرج)، تفاوت معنی‌داری بین تیروزین و عدم محلول‌پاشی وجود نداشت. کمترین میزان بتاکاروتن (۰/۰۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) از ترکیب تیماری آبیاری کامل و محلول‌پاشی تیروزین و در منطقه کرج به‌دست آمد که از لحاظ آماری با چند ترکیب تیماری دیگر در یک گروه آماری قرار داشتند. به طور کلی، در شرایط تنش شدید، میزان بتاکاروتن بالاتر از شرایط فاقد تنش حاصل شد.

جدول ۹-۴ نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات فیتوشیمیایی گیاه عروسک پشت پرده تحت تاثیر مکان، آبیاری و محلول پاشی اسیدهای آمینه

میانگین مربعات						درجه آزادی	منبع تغییرات
آلکالوئید	اسید آسکوربیک	فلاونوئید	فنل	لیکوپن	بتاکاروتن		
۳۴/۳۵	۹۵/۷۳**	۲۵۸/۲۳**	۱۵۷/۰۸**	۰/۰۰۰۴**	۰/۰۰۱**	۱	مکان (L)
۸۲/۸۵	۲/۰۲	۶/۵۸	۳/۷۵	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۴	۴	خطای a
۱۰۱/۹۷	۱۷/۷۷**	۶۴/۷۹**	۳۴۱/۲۶**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۵**	۲	آبیاری (I)
۵۱/۱۳	۵/۵۲	۷۳/۱۵**	۹۹/۵۱**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۲**	۲	L×I
۸۶/۶۲	۱/۵۹	۴/۸۳	۴/۱۲	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۳	۸	خطای b
۴۹۷۹/۶**	۸۰/۷۱**	۳۹/۲۶**	۴۲/۵**	۰/۰۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۳**	۴	محلول پاشی (A)
۹۶/۶	۲۳/۹۲**	۵۹/۴۲**	۱۵۱/۹۲**	۰/۰۰۰۰۲**	۰/۰۰۰۰۶**	۸	I×A
۱۴۹/۱۳	۱۸/۱۵**	۷۰/۱۳**	۶۳/۳۸**	۰/۰۰۰۰۲**	۰/۰۰۰۰۸**	۴	L×A
۱۴۱/۵۱	۸/۲۷**	۲۵/۹۶**	۳۲/۹**	۰/۰۰۰۰۲**	۰/۰۰۰۰۸**	۸	L×I×A
۹۵/۰۳	۱/۷۸	۲/۹۷	۲/۱۷	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۵	۴۸	خطای c

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

کاروتن ها قادرند انرژی زیاد طول موج های کوتاه را گرفته و اکسیژن تکی را به سه تایی تبدیل

کند و با خنثی کردن رادیکال های اکسیژن تولید شده نقش آنتی اکسیدانی خود را ایفا نمایند (امان الله و همکاران، ۲۰۱۰). کاروتن ها با استفاده از چرخه زانتوفیل و با واکنش های اپوکسیداسیون و دیپوکسیداسیون، از کلروفیل در مقابل فتواکسیداسیون محافظت می کنند (سردوئی و همکاران، ۲۰۱۴). کاروتن ها از خاموش کننده های مهم تنش اکسیداتیو به شمار می روند. حضور و افزایش تدریجی آن ها با افزایش ظرفیت دفاع آنتی اکسیدانی برگ، سبب کاهش رادیکال های آزاد تولید شده در برگ شده و از این طریق آسیب به مراکز واکنشی و غشاها کاهش می یابد. از طرفی کاروتن ها از جمله سیستم های دفاعی هستند که به تدریج و با بلوغ برگ، جایگزین سیستم دفاعی آنتوسیانینی برگ های جوان می شوند (چاپارزاده و همکاران، ۲۰۱۳). تنش اکسیداتیو، تجزیه بتاکاروتن و تشکیل زآگزانتین را تشدید می کند؛ این فرآیندها در حفاظت از بازدارندگی نوری مؤثر هستند (سینگ و دابی، ۱۹۹۵).

اسیدهای آمینه در ساختار گیاهی با جلوگیری از تولید آنزیم های ضروری برای سنتز اتیلن در بهبود فرآیندهای ساخت رنگیزه ها نقش دارند (تانگ و نیوتن، ۲۰۰۵). یوان و لین (۲۰۰۸) گزارش

کردند که پیش‌تیمار گیاه برنج با پرولین و آرژنین موجب افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و مقابله با اثرات مخرب تنش شوری شده است.

جدول ۱۰-۴ مقایسه میانگین ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه تحت برهمکنش مکان × آبیاری × محلول‌پاشی.

مکان	خشکی	محلول‌پاشی	بتاکاروتن (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	لیکوپن (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	فنل (میلی - گرم معادل گالیک اسید بر گرم وزن تر برگ)	فلاونوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	اسید آسکوربیک (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)
کرج	I.	تریپتوفان	۰/۰۳۱ ^{mno}	۰/۰۱۶ ^{mno}	۱۹/۶۴ ^{ij}	۱۲/۶۳ ^{ijklmn}	۲۲/۱ ^{cde}
		گلايسين	۰/۰۲۷ ^{no}	۰/۰۱۵ ^{mno}	۱۸/۴۷ ^{jkl}	۱۳/۶۳ ^{hijk}	۲۷ ^a
		تیروزین	۰/۰۲۵ ^o	۰/۰۱۲ ^o	۱۸/۸۴ ^{jkl}	۱۱/۸۳ ^{klmno}	۱۶/۶ ^{jklm}
		آرژنین	۰/۰۳۵ ^{klmno}	۰/۰۱۷ ^{lmno}	۲۳/۶۴ ^{gh}	۱۲/۰۳ ^{klmno}	۱۹/۶ ^{fgh}
		شاهد	۰/۰۲۷ ^{no}	۰/۰۱۴ ^{no}	۳۲/۴۴ ^{abc}	۸/۹۳ ^p	۱۷/۸۴ ^{hijklm}
	I _۱	تریپتوفان	۰/۰۳۵ ^{klmno}	۰/۰۱۹ ^{klmn}	۱۹/۲۴ ^{jkl}	۱۱/۱۳ ^{klmnop}	۲۵/۳ ^{ab}
		گلايسين	۰/۰۴۶ ^{ghijk}	۰/۰۲۴ ^{hijk}	۲۸/۴۴ ^{de}	۱۹/۴۳ ^{bcd}	۲۳ ^{cd}
		تیروزین	۰/۰۶۸ ^{cd}	۰/۰۳۶ ^{de}	۱۹/۴۴ ^{ijk}	۱۸/۴۳ ^{cdef}	۲۱/۸۶ ^{de}
		آرژنین	۰/۰۵۲ ^{efgh}	۰/۰۲۹ ^{fghi}	۳۱/۲۴ ^{bc}	۱۰/۷۳ ^{lmnop}	۱۷/۶ ^{hijklm}
		شاهد	۰/۰۳۲ ^{mno}	۰/۰۱۶ ^{mno}	۲۴/۸۴ ^{fg}	۹/۲۳ ^{op}	۱۵/۸۴ ^{lm}
شهریار	I _۲	تریپتوفان	۰/۰۴۸ ^{fghij}	۰/۰۲۶ ^{ghij}	۱۷/۰۴ ^{kl}	۸/۳۳ ^p	۲۴/۲ ^{bc}
		گلايسين	۰/۰۶۶ ^{cd}	۰/۰۳۴ ^{def}	۱۷/۰۴ ^{kl}	۱۴/۹۱ ^{ghij}	۱۹/۰۲ ^{fghi}
		تیروزین	۰/۰۹۳ ^a	۰/۰۴۹ ^a	۲۶/۴۴ ^{ef}	۱۶/۱۳ ^{efgh}	۲۱/۱ ^{def}
		آرژنین	۰/۰۵ ^{efgh}	۰/۰۲۷ ^{ghi}	۱۶/۸۴ ^{lm}	۹/۲۳ ^{op}	۱۸/۰۲ ^{hijkl}
		شاهد	۰/۰۸۸ ^{ab}	۰/۰۴۳ ^{ab}	۱۸/۷۷ ^{jkl}	۱۶/۰۳ ^{fghi}	۱۸/۰۶ ^{hijk}
	I.	تریپتوفان	۰/۰۷۶ ^{bc}	۰/۰۴۲ ^{bc}	۳۳/۶۴ ^{ab}	۱۷/۲۳ ^{defg}	۲۱ ^{def}
		گلايسين	۰/۰۵۹ ^{def}	۰/۰۳ ^{efgh}	۲۴/۲۴ ^{fgh}	۱۹/۲۳ ^{bcd}	۲۲/۷ ^{cd}
		تیروزین	۰/۰۵۶ ^{defg}	۰/۰۲۹ ^{fghi}	۲۶/۲۴ ^{ef}	۱۳/۸۳ ^{hijk}	۱۵/۶۶ ^m
		آرژنین	۰/۰۳۸ ^{jklmn}	۰/۰۲ ^{klmn}	۳۰/۰۴ ^{cd}	۱۵/۰۳ ^{ghij}	۱۷/۸ ^{hijklm}
		شاهد	۰/۰۳۳ ^{lmno}	۰/۰۱۹ ^{klmn}	۳۳/۰۴ ^{ab}	۱۰/۱۳ ^{mnop}	۱۸/۵۸ ^{ghij}
I _۱		تریپتوفان	۰/۰۶۶ ^{cd}	۰/۰۳۴ ^{def}	۲۴/۶۴ ^{fg}	۲۱/۷۳ ^b	۲۰/۴ ^{def}
		گلايسين	۰/۰۳۹ ^{ijklmn}	۰/۰۲۱ ^{jklm}	۳۴/۰۴ ^a	۱۳/۱۳ ^{jkl}	۲۲/۱ ^{cde}
		تیروزین	۰/۰۴۲ ^{hijklm}	۰/۰۲۳ ^{ijkl}	۱۹/۶۴ ^{ij}	۱۳/۰۳ ^{jkl}	۱۷/۲ ^{ijklm}

آرژنین	۰/۰۵۴ ^{efgh}	۰/۰۳۲ ^{defg}	۲۴/۲۴ ^{fgh}	۱۲/۸۳ ^{jklm}	۱۶/۱۶ ^{klm}
شاهد	۰/۰۵۴ ^{efgh}	۰/۰۲۸ ^{fghi}	۲۱/۸۴ ^{hi}	۹/۸۳ ^{nop}	۱۹/۴۴ ^{fgh}
تریپتوفان	۰/۰۴۷ ^{fghij}	۰/۰۲۴ ^{hijk}	۱۴/۴۴ ^m	۱۸/۷۳ ^{cdef}	۱۸/۰۲ ^{hijkl}
گلايسين	۰/۰۸۳ ^{ab}	۰/۰۴۳ ^{ab}	۲۸/۰۴ ^{de}	۲۰/۵۳ ^{bc}	۱۶ ^{klm}
تيروزين	۰/۰۶۲ ^{de}	۰/۰۳۴ ^{def}	۲۳/۶۴ ^{gh}	۱۳/۲۳ ^{ijkl}	۱۶/۲۲ ^{klm}
آرژنين	۰/۰۶۶ ^{cd}	۰/۰۳۶ ^{cd}	۱۷/۰۴ ^{kl}	۱۸/۹۳ ^{bcde}	۱۹/۰۲ ^{fghi}
شاهد	۰/۰۴۵ ^{ghijkl}	۰/۰۲۴ ^{hijk}	۱۷/۲۴ ^{jkl}	۲۶/۰۳ ^a	۱۵/۹ ^{klm}

I_۲

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ با آزمون LSD می‌باشند.

۴-۲-۱۱ لیکوپن

آنالیز داده‌ها نشان داد تمامی اثرات اصلی و متقابل فاکتورها بر این صفت در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۹-۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین میزان لیکوپن (۰/۰۴۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از ترکیب تیماری آبیاری ۵۰٪ و محلول پاشی تیروزین در منطقه کرج، و کمترین میزان آن (۰/۰۱۲ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از ترکیب تیماری آبیاری کامل و محلول پاشی تیروزین در منطقه کرج مشاهده شد که با چند ترکیب تیماری دیگر اختلاف معنی‌داری نداشت. (جدول ۱۰-۴). در شرایط آبیاری ۵۰ درصدی شهریار، سه اسید آمینه گلايسين، تيروزين و آرژنين میزان لیکوپن را به سطحی بالاتر از شاهد (عدم محلول پاشی) ارتقاء دادند. در شرایط کرج این حالت دیده نشد که نشانگر آن است که اثر این اسیدهای آمینه تحت الشعاع شرایط اقلیمی و ادا فیزیکی قرار می‌گیرد.

کاروتنوئیدها گروه بزرگی از ترکیبات ایزوپرنوئید هستند که توسط تمامی اندام‌های فتوسنتزی و بسیاری از اندام‌های غیرفتوسنتزی ساخته می‌شوند (آندره و همکاران، ۲۰۰۸). کاروتنوئیدها به لیکوپن و بتاکاروتن یا گزانتوفیل‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند (جلیل و همکاران، ۲۰۰۷). تنش اکسیداتیو ایجاد شده در اثر تنش شوری در بافت‌های گیاهی، توسط فعالیت کاروتنوئید کاهش می‌یابد (پروچازکووا و همکاران، ۲۰۰۱). این ترکیبات نقش حفاظتی در مقابل تنش اکسیداتیو القاء شده داشته و در سمیت‌زدایی از کلروفیل نیز نقش دارند. افزایش کاروتنوئیدها توان مقابله گیاه با شرایط تنش را به دنبال دارد زیرا گیاه توانایی اتلاف انرژی نوری بالا و حذف اکسیژن‌های فعال را خواهد داشت (شاکي و همکاران، ۲۰۱۸).

محرك های رشد مبتنی بر اسیدآمین (حاوی پرولین) به عنوان محافظ اسمزی در مقابل تنش کم آبی عمل کرده و نقشی مهم در محافظت از غشای تیلاکوئیدی ایفا می نمایند (اسپولجرویس و همکاران، ۲۰۱۰). اصفهانی و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی به بررسی آثار محلول پاشی مگافول (اسیدهای آمینه محرك رشد) بر عملکرد و کیفیت گوجه فرنگی تحت شرایط تنش آبی پرداختند. ایشان گزارش کردند که میزان لیکوپین میوه در شرایط محلول پاشی اسیدهای آمینه و تنش آبی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی داری داشت.

۴-۲-۱۲ فنل

نتایج تجزیه مرکب داده ها بیان گر معنی دار شدن تمام اثرات اصلی، دوگانه و سه گانه در سطح یک درصد بود (جدول ۹-۴). با توجه به جدول ۱۰-۴ بیشترین میزان فنل (۳۴/۰۴ میلی گرم معادل گالیک اسید بر گرم وزن تر برگ) از ترکیب تیماری آبیاری ۷۵٪ و محلول پاشی گلايسين و در منطقه شهریار حاصل شد که با یک ترکیب تیماری دیگر اختلاف معنی دار نداشت. کمترین میزان فنل (۱۴/۴۴ میلی گرم معادل گالیک اسید بر گرم وزن تر برگ) از ترکیب تیماری آبیاری ۵۰٪ و محلول پاشی تریپتوفان و در منطقه شهریار حاصل شد (شایان ذکر است که با ترکیب تیماری آرژنین و تنش شدید در کرج تفاوت معنی داری نداشت). گلايسين و تیروزین در تنش شدید منطقه شهریار توانستند مقدار فنل را افزایش دهند. در همین شرایط کرج، تنها تیروزین تأثیر افزایش دهنده به جای گذارد.

نقش ترکیبات فنلی مربوط به خواص اکسیداسیون و احیاء آنها است که نقش مهمی در جذب و خنثی سازی رادیکال های آزاد، کاهش اکسیژن های فعال و یا پراکسیدازهای تجزیه کننده دارند (مهرگان و همکاران، ۲۰۱۷). انباشتگی انواع ترکیبات فنلی در شرایط تنش می تواند به عنوان یک علامت (سیگنال؛ سیگنال دهی) عمل کند و منجر به شروع زنجیره ای (پی در پی) واکنش های دیگر شود که افزایش تحمل تنش را به دنبال دارند (کروگر، ۲۰۰۷). با توجه به نقش آنتی اکسیدانی ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در گیاه، به نظر می رسد افزایش این متابولیت ها در گیاه تحت شرایط تنش، سبب افزایش

مقاومت آن در برابر عوامل نامساعد محیطی شده است (فابریکی اورنگ و مهرآباد پوربناب، ۲۰۱۶). گائو و همکاران (۲۰۲۰) اظهار داشتند که گیاهان از طریق راهکارهای مختلفی از قبیل سنتز اسمولیت‌های سازگار پرولین و کربوهیدرات‌ها، بیشتر نمودن فعالیت‌های برخی از آنزیم‌ها و تولید متابولیت‌های ثانویه (مانند فلاونوئیدها و ترکیبات فنلی)، افزایش غلظت هورمون‌های گیاهی از قبیل آبسیزیک اسید و کاهش محتوای نسبی آب برگ می‌توانند اثرات منفی ناشی از تنش خشکی را کاهش دهند.

بسیاری از ترکیبات فنلی به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند و می‌توانند به طور موثری رادیکال‌های گروه هیدروکسیل و پروکسیل را حذف کنند و از اکسید شدن چربی‌ها ممانعت به عمل آورند (میچالاک، ۲۰۰۶). مشخص شده است کاربرد اسیدهای آمینه روی متابولیسم ترکیبات فنلی گیاه تاثیر گذار است. ترکیب‌های فنلی گستره وسیعی در گیاهان دارند و فعالیت بیولوژیک متنوعی از جمله اثر آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و ضدالتهابی به آنها منتسب است (پورتو و همکاران، ۲۰۱۵). امین و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند در پژوهشی که روی گیاه پیاز داشتند محلول‌پاشی اسیدهای آمینه پوتریسین و گلوتامین و ترکیب آنها موجب افزایش محتوای کل قند، اسیدهای آمینه آزاد، ترکیبات فنلی و گوگردی در پیاز شد. همچنین عبدالواحد و همکاران (۲۰۰۵) بیان داشتند مصرف اسیدهای آمینه به طور قابل توجهی محتوای قند کل و ترکیبات فنلی را در بابونه افزایش داد اما موجب کاهش اسیدهای آمینه آزاد کل شد.

۴-۲-۱۳ فلاونوئید

با توجه به نتایج جدول ۹-۴ تمامی اثرات اصلی، دوگانه و سه‌گانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین میزان فلاونوئید با ۲۶/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ از ترکیب تیماری آبیاری ۵۰٪ و شاهد (عدم محلول‌پاشی) و در منطقه شهریار و کمترین میزان فلاونوئید با ۸/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ از ترکیب تیماری آبیاری ۵۰٪ و محلول‌پاشی تریپتوفان و در منطقه کرج حاصل شد که با چند

ترکیب تیماری دیگر اختلاف معنی داری نداشت (جدول ۱۰-۴). در شرایط تنش شدید شهریاری و کرج، محلول پاشی نتوانست میزان فلاونوئید را نسبت به شرایط عدم محلول پاشی افزایش دهد.

فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، تانن‌ها، هیدروکسی سینامیک استرها و لیگنین‌ها از ترکیبات فنلی و جزو متابولیت‌های ثانویه هستند که در بافت‌های گیاهی به وفور یافت می‌شوند. ترکیبات فنلی به‌عنوان یک نوع از تنظیم‌کننده‌های زیستی محسوب شده که در شرایط مطلوب محیطی در سلول‌های گیاهی سنتز می‌شوند و در فرایندهای مختلف گیاه مانند رشد و تولید مثل درگیر بوده و نیز به‌عنوان یک مکانیسم دفاعی در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده عمل می‌کنند (کوهن و کندی، ۲۰۱۰). تنش‌های محیطی مختلف تجمع فلاونوئیدها از جمله آنتوسیانین‌ها را تحریک می‌نمایند (مو و همکاران، ۱۹۹۲). به‌طور کلی، فلاونوئیدها آنتی‌اکسیدان‌هایی هستند که می‌توانند به‌طور مستقیم از طریق انتقال یک پروتون موجود در حلقه خود سبب پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد شده (کائو و همکاران، ۱۹۹۷) و از طرف دیگر، با کاهش سیالیت غشاهای آن‌ها را نسبت به عوامل اکسیداتیو مقاوم کرده و از انتشار رادیکال‌های آزاد از خلال آن‌ها جلوگیری می‌کنند (هاربورن و ویلیامز، ۲۰۰۰). آنتوسیانین‌ها نیز از ترکیبات آنتی-اکسیدانی بوده که نه تنها رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند، بلکه از تولید بیشتر آن‌ها در گیاه جلوگیری می‌کنند (افشار محمدیان و همکاران، ۲۰۱۵؛ عباس‌پور و رضایی، ۲۰۱۵).

از طرف دیگر، اسیدهای آمینه نیز می‌توانند میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و آنزیم‌های مقاومتی مانند پلی‌فنل اکسیداز را افزایش دهند (تیکسیرا و همکاران، ۲۰۱۷). با افزایش فلاونوئیدها، ترکیبات آنتوسیانینی نیز افزایش می‌یابد (یزدانی بیوکی و خواجه حسینی، ۲۰۲۰). به‌طور کلی رابطه‌ای مثبت و قوی بین محتوای فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گزارش شده است (قاسم‌زاده و همکاران، ۲۰۱۲).

۴-۲-۱۴ اسید آسکوربیک

با توجه به نتایج بدست آمده، به جز برهمکنش دوگانه مکان $\times$ آبیاری، تمامی اثرات اصلی، دوگانه و سه‌گانه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۹-۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان آسکوربیک اسید (۲۷ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از ترکیب تیماری آبیاری کامل و محلول‌پاشی گلايسين و در منطقه کرج و کمترین میزان آسکوربیک اسید (۱۵/۶۶ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از ترکیب تیماری آبیاری کامل و محلول‌پاشی تیروزین و در منطقه شهریار به‌دست آمد که با چند ترکیب تیماری دیگر اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۱۰-۴). در شرایط آبیاری ۵۰٪ منطقه شهریار، تنها اسید آمینه آرژنین توانست کمیت این صفت را ارتقاء بدهد. این در حالی هست که در همین شرایط منطقه کرج، اسیدهای آمینه تریپتوفان و تیروزین تأثیر گذار بودند.

گیاهان برای خنثی کردن اثرات تخریبی انواع گونه‌های فعال اکسیژن از سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی برخوردار هستند و اسید آسکوربیک یا ویتامین ث به‌عنوان یکی از آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی جاروب‌کننده رادیکال‌های آزاد برای حفاظت از سلول‌ها در مقابل آسیب‌های اکسیداتیو مطرح می‌باشد (بلتاگی، ۲۰۰۸). اسید آسکوربیک هم‌چنین نقش مهمی در حفاظت از گیاهان در برابر تنش‌های محیطی از قبیل کم‌آبی، فلزات سنگین، شوری، آفت‌کش‌ها و تابش ماوراء بنفش خورشید دارد (ویوکو و همکاران، ۲۰۲۱؛ یدالهی و همکاران، ۲۰۱۵). گزارش گردیده که آسکوربیک اسید به شدت تحت تأثیر آبی که میوه از دست می‌دهد قرار می‌گیرد. به‌عبارتی هر چه وزن میوه با گذشت زمان و در معرض تنش شدید بیشتر کاهش یابد، به همان میزان آسکوربیک اسید کاهش می‌یابد. دلیل کاهش مقدار آسکوربیک اسید می‌تواند تخریب مستقیم ویتامین ث به‌وسیله O_2 یا سایر رادیکال‌های آزاد اکسیژن تحت تأثیر تنش خشکی باشد. افزون بر آن، مصرف آسکوربیک اسید برای تولید زئازانتین و بازتولید آلفا توکوفرول یا ویتامین ای (آنتی‌اکسیدان باند شده به غشا) نیز از دلایل کاهش این ماده آلی به شمار می‌آید (حسینی و همکاران، ۲۰۲۰). در دو سال یک پژوهش روی گیاه خربزه گزارش شد که تنش خشکی موجب کاهش میزان آسکوربیک اسید گردید (تقدسی‌نیا و همکاران،

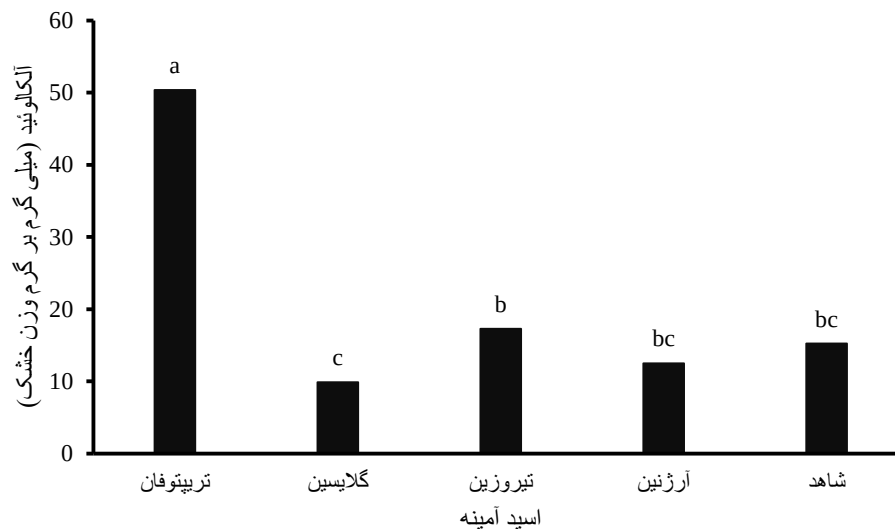
۲۰). در پژوهشی دیگر علیزاده و همکاران (۲۰۱۷) گزارش دادند که با افزایش تنش خشکی میزان ویتامین ث در فلفل شیرین کاهش یافت.

اسید آسکوربیک (ویتامین ث) یک آنتی اکسیدان مهم در گیاهان می باشد. این ترکیب در غشاء داخلی میتوکندری سنتز می شود و از تخریب بافت های گیاه توسط رادیکال های آزاد جلوگیری می کند (دانائی، ۲۰۱۶). محلول پاشی پلی آمین ها با مهار فعالیت اکسیژن فعال موجب بهبود سنتز ویتامین ث در گیاه ریحان شد (دانائی و عبدوسی، ۲۰۱۹). افزایش مشاهده شده در مقدار ویتامین ث با کاربرد گلیسین می تواند به این دلیل باشد که گلیسین فعالیت مونودهیدرو آسکورات ردوکتاز و دهیدرو آسکورات ردوکتاز را افزایش می دهد که به دنبال آن مقدار آسکورات نیز افزایش می یابد (هوک و همکاران، ۲۰۰۸).

۴-۲-۱۵ آکالوئید

نتایج تجزیه مرکب داده ها نشان داد که تنها اثر اصلی محلول پاشی بر این صفت در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۹-۴). بیشترین میزان آکالوئید از محلول پاشی تریپتوفان با ۵۰/۳۸ میلی گرم بر گرم وزن خشک حاصل شد. اسیدهای آمینه دیگر تأثیر معنی داری بر کمیت این صفت نداشتند (شکل ۲۲-۴). اسیدهای آمینه در واقع زنجیری اصلی در ساختار پروتئین و به نوبه خود موثر در توسعه رشد گیاه می باشند (هانسوم و همکاران، ۲۰۰۸). با این حال این واحد از پروتئین ها نقش اساسی در بیوسنتز آنزیم ها و ویتامین ها و متابولیت های ثانویه مانند آکالوئیدها دارند (سواد و همکاران، ۲۰۱۰). به طور کلی اسیدهای آمینه موادی هستند که سبب تحریک سوخت و ساز و فرآیندهای متابولیکی گیاه در جهت افزایش کارایی آن ها می شوند (فاتن و همکاران، ۲۰۱۰). اسیدهای آمینه نقش مهمی در سنتز سایر ترکیبات آلی مانند پروتئین ها، آنزیم ها، پورین ها، آمین ها، پیریمیدین ها، آکالوئیدها و ویتامین ها دارند (تاجیک و دانایی، ۲۰۱۶). تریپتوفان به عنوان پیش ماده ی طیف وسیعی از متابولیت های ثانویه نظیر آکالوئیدها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین ها و تعداد زیادی از مواد موثره دیگر در سلول های گیاهی مورد

استفاده است. علت افزایش آلکالوئیدها در اثر اسید آمینه تریپتوفان در این پژوهش را می‌توان به این موضوع منتسب دانست (ثانی‌خانی و همکاران، ۲۰۲۰).



شکل ۲۲-۴ اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر آلکالوئید در گیاه عروسک پشت پرده (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۳-۴ نتیجه‌گیری

اسیدهای آمینه تیروزین و آرژنین توانستند در شرایط تنش شدید منطقه شهریار، فعالیت آنزیم پراکسیداز را نسبت به شاهد تشدید نمایند؛ این حالت در خصوص پرولین صادق نبود. در شرایط تنش شدید خشکی کرج، تأثیر محلول‌پاشی بر پرولین نسبت به عدم محلول‌پاشی افزایشی بود. در شرایط تنش شدید، میزان بتاکاروتن بالاتر از شرایط فاقد تنش بدست آمد. در شرایط آبیاری ۵۰ درصدی شهریار، سه اسید آمینه گلایسین، تیروزین و آرژنین میزان لیکوپن را به سطحی بالاتر از شاهد (عدم محلول‌پاشی) ارتقاء دادند. در شرایط کرج این حالت دیده نشد که نشانگر آن است که اثر این اسیدهای آمینه تحت الشعاع شرایط اقلیمی و اداکیکی قرار می‌گیرد. تأثیر افزایشی تیروزین بر وزن خشک کل تنها در شرایط آبیاری ۵۰٪ معنی‌دار شد؛ مابقی اسیدهای آمینه اثرشان در کلیه سطوح آبیاری مثبت

بود. اسید آمینه تریپتوفان توانست در شرایط واجد و فاقد تنش، عملکرد اقتصادی گیاه را به سطحی بالاتر از شاهد ارتقاء دهد؛ بر همین اساس، استفاده از این اسید آمینه می‌تواند قابل توصیه باشد.

۴-۴ پیشنهادات

- بررسی اثر زمان محلول‌پاشی اسیدهای آمینه روی گیاه عروسک پشت پرده
- بررسی اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در سایر تنش‌ها روی گیاه عروسک پشت پرده
- مقایسه بین شرایط بذرمال و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه
- استفاده از سایر اسیدهای آمینه
- بررسی سایر خصوصیات و صفات این گیاه در شرایط اکولوژیکی متفاوت



- Ababaf M. Omid H. and Bakhshandeh A.M. (۲۰۲۰). "Changes in Morphophysiological Traits and Alkaloids Yield of Rosea Periwinkle (*Catharanthus roseus* L. (G. Don)) in Response to Plant Growth Regulators under Drought Stress Conditions." **Iranian J. Medic. Arom. Plant Res.**, ۳۶, ۴, pp ۶۷۰-۶۹۰.
- Abaspour Esfaden M. Kallaterjari S. and Fatehi F. (۲۰۱۹). "The Effect of Salicylic Acid and L-Arginine on Morpho-Physiological Properties and Leaf Nutrients of *Catharanthus roseus* under Drought Stress." **Int. J. Hort. Sci.**, ۳۳, ۳, pp ۴۱۷-۴۳۲.
- Abbaspour H. and Rezaei H. (۲۰۱۵). "Effects of Gibberellic Acid on Hill Reaction, Photosynthetic Pigment and Phenolic Compounds in Moldavian Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in Different Drought Stress Levels." **J. Plant Res.**, ۲۷, ۵, pp ۸۹۳-۹۰۳.
- Abd El-Aal F.S. Shaheen A. Ahmed A. and Mahmoud A.R. (۲۰۱۰). "Effect of Foliar Application of Urea and Amino Acids Mixtures as Antioxidants on Growth, Yield and Characteristics of Squash." **Res. J. Agric. Biol. Sci.**, ۶, ۵, pp ۵۸۳-۵۸۸.
- Abd El-Wahed M. Karima M. and Gamal-El-Din M. (۲۰۰۵). "Effect of Putrescine and Atonik on Growth and Some Biochemical Constituents as Well as Essential Oil Composition of Chamomile Plant (*Chamomilla recutita* L., Rausch.)." **J. Agric. Sci. Mansoura Univ.**, ۳۰, ۲, pp ۸۶۹-۸۸۲.
- Abdel Aziz N. Mazher A. and Farahat M. (۲۰۱۰). "Response of Vegetative Growth and Chemical Constituents of Thuja Orientalis L. Plant to Foliar Application of Different Amino Acids at Nubaria." **Am. J. Sci.**, ۶, ۳, pp ۲۹۵-۳۰۱.
- Abdel-Mawgoud A. El-Bassiouny A. Ghoname A. and Abou-Hussein S. (۲۰۱۱). "Foliar Application of Amino Acids and Micronutrients Enhance Performance of Green Bean Crop under Newly Reclaimed Land Conditions." **Aust. J. Basic Appl. Sci.**, ۵, ۶, pp ۵۱-۵۵.
- Abdossi V. and Danaee E. (۲۰۱۹). "Effects of Some Amino Acids and Organic Acids on Enzymatic Activity and Longevity of *Dianthus caryophyllus* Cv. Tessino at Pre-Harvest Stage." **Propag. Orn. Plants.**, ۹, ۲, pp ۹۳-۱۰۴.
- Abo Sedera F. Abd El-Latif A.A. Bader L. and Rezk S. (۲۰۱۰). "Effect of Npk Mineral Fertilizer Levels and Foliar Application with Humic and Amino Acids on Yield and Quality of Strawberry." **J. Appl. Sci. (Faisalabad)**, ۲۵, ۴, pp ۱۰۴-۱۶۹.
- Abou Dahab T. and Abd El-Aziz N.G. (۲۰۰۶). "Physiological Effect of Diphenylamin and Tryptophan on the Growth and Chemical Constituents of *Philodendron erubescens* Plants." **World J. Agric. Res.**, ۲, ۱, pp ۷۵-۸۱.
- Afshar Mohammadian M. Ebrahimi Nokandeh S. and Jamalomid M. (۲۰۱۵). "The Effect

- of Different Levels of Salinity on Some Non-Enzymatic Antioxidants of Three Cultivars of Peanut (*Arachis hypogaea* L.)." **Crop Physiol. J.**, ٦, ٢٤, pp ٥٧-٧١.
- Ahmadi A. and Baker D. (٢٠٠١). "The Effect of Water Stress on Grain Filling Processes in Wheat." **J. Agric. Sci.**, ١٣٦, ٣, pp ٢٥٧-٢٦٩.
- Akbari S. Kafi M. and Rezvan Beidokhti S. (٢٠١٦). "The Effect of Drought Stress and Plant Density on Biochemical and Physiological Characteristics of Two Garlic (*Allium sativum* L.) Ecotypes." **Iranian J. Field Crops Res.**, ١٤, ٤, pp ٦٦٥-٦٧٤.
- Alizadeh B. Ghahremani Z. Barzegar T. and Nikbakht J. (٢٠١٧). "Effect of Foliar Application of Putrescine on Growth, Yield and Fruit Quality of Sweet Pepper (*Capsicum annum* Cv. Dimaz) under Water Stress." **J. Crop Improv.**, ١٩, ٢, pp.
- Al-Said M. and Kamal A. (٢٠٠٨). "Effect of Foliar Spray with Folic Acid and Some Amino Acids on Flowering, Yield and Quality of Sweet Pepper." **J. Plant Proc.**, ٣٣, ١٠, pp ٧٤٠٣-٧٤١٢.
- Alscher R.G. and Cumming J.R. (١٩٩٠). **Stress Responses in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanisms**, Wiley-Liss.
- Altenbach S. DuPont F. Kothari K. Chan R. Johnson E. and Lieu D. (٢٠٠٣). "Temperature, Water and Fertilizer Influence the Timing of Key Events During Grain Development in a Us Spring Wheat." **J. Cereal Sci.**, ٣٧, ١, pp ٩-٢٠.
- Álvarez S. Navarro A. Nicolás E. and Sánchez-Blanco M.J. (٢٠١١). "Transpiration, Photosynthetic Responses, Tissue Water Relations and Dry Mass Partitioning in Callistemon Plants During Drought Conditions." **Sci. Hortic.**, ١٢٩, ٢, pp ٣٠٦-٣١٢.
- Amanullah M.M. Sekar S. and Vincent S. (٢٠١٠). "Plant Growth Substances in Crop Production: A Review." **Asian J. Plant Sci.**, ٩, ٤, pp ٢١٥-٢٢٢.
- Amarowicz R. Pegg R. Rahimi-Moghaddam P. Barl B. and Weil J. (٢٠٠٤). "Free-Radical Scavenging Capacity and Antioxidant Activity of Selected Plant Species from the Canadian Prairies." **Food Chem.**, ٨٤, ٤, pp ٥٥١-٥٦٢.
- Ameri a.a. Nassiri mahalati m. and Rezvani moghadam p. (٢٠٠٧). "Effects of Different Nitrogen Levels and Plant Density on Flower, Essential Oils and Extract Production and Nitrogen Use Efficiency of Marigold (*Calendula officinalis*). " **Iranian J. Field Crops Res.**, ٥, ٢, pp ٣١٥-٣٢٦.
- Amin A. Gharib F.A. El-Awadi M. and Rashad E.-S.M. (٢٠١١). "Physiological Response of Onion Plants to Foliar Application of Putrescine and Glutamine." **Sci. Hortic.**, ١٢٩, ٣, pp ٣٥٣-٣٦٠.
- Amini z. Parsa m. Nasiri mahallati m. and Banayan aval m. (٢٠١٧). "Effect of Sink Removal on Yield and Yield Components of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Different Nitrogen Fertilizer Levels and Irrigation Regimes." **Iranian J. Pulse Res.**,

٨,١, pp ١٣٨-١٤٩.

Andalibi B. and Nouri F. (٢٠١٤). "Effect of Cycocel on Photosynthetic Activity and Essential Oil of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under Drought Stress." **Iranian J. Plant Biol.**, ٦,٢٢, pp ٩١-١٠٤.

Andrade S.A. Gratão P.L. Schiavinato M.A. Silveira A.P. Azevedo R.A. and Mazzafera P. (٢٠٠٩). "Zn Uptake, Physiological Response and Stress Attenuation in Mycorrhizal Jack Bean Growing in Soil with Increasing Zn Concentrations." **Chemosphere.** ٧٥,١٠, pp ١٣٦٣-١٣٧٠.

Anjum S.A. Xie X.-y. Wang L.-c. Saleem M.F. Man C. and Lei W. (٢٠١١). "Morphological, Physiological and Biochemical Responses of Plants to Drought Stress." **Afr. J. Agric. Res.**, ٦,٩, pp ٢٠٢٦-٢٠٣٢.

Arnao M.B. and Hernández-Ruiz J. (٢٠١٤). "Melatonin: Plant Growth Regulator and/or Biostimulator During Stress?" **Trends Plant Sci.**, ١٩,١٢, pp ٧٨٩-٧٩٧.

Asadi M. Nasiri Y. Molla Abasiyan S. and Morshedloo M.R. (٢٠١٨). "Evaluation of Quantitative and Qualitative Yiled of Peppermint under Amino Acids, Chemical and Organic Fertilizers." **J. Agric. Sci. Sust. Proc.**, ٢٨,٣, pp ٢٥٧-٢٧٥.

Ashraf M. and Foolad M.R. (٢٠٠٧). "Roles of Glycine Betaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Resistance." **Environ. Exp. Bot.**, ٥٩,٢, pp ٢٠٦-٢١٦.

Ashraf M. and Harris P.J. (٢٠١٣). "Photosynthesis under Stressful Environments: An Overview." **Photosynthetica.** ٥١,٢, pp ١٦٣-١٩٠.

Aslanpour M. Tehranifar A. Dolati Baneh H. and Shoor M. (٢٠١٧). Effects of Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Drought Strss on Growth Factors, Water Relations and Nutrients Absorbsion in Vitis Vinifera Cv. Bidaneh Sefid, **PhD Thesis**, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).

Awad E.-M. Abd El-Hameed A. and Shall Z. (٢٠٠٧). "Effect of Glycine, Lysine and Nitrogen Fertilizer Rates on Growth, Yield and Chemical Composition of Potato." **J. Agric. Sci. Mansoura Univ.** ٣٢,١٠, pp ٨٥٤١-٨٥٥١.

Azhar N. Hussain B. Ashraf M.Y. and Abbasi K.Y. (٢٠١١). "Water Stress Mediated Changes in Growth, Physiology and Secondary Metabolites of Desi Ajwain (*Trachyspermum ammi* L.)." **Pak. J. Bot.** ٤٣,١, pp ١٥-١٩.

Bahardevin n. and Tabatabae S.J. (٢٠١٩). "Effect of Different Ratio of No^٣:Nh^٤ on Growth and Functional of Physalis Alkekengi." **Horticultural Plants Nutrition.** ٢,١, pp ٥١-٦٦.

Baher Z.F. Mirza M. Ghorbanli M. and Bagher Rezaii M. (٢٠٠٢). "The Influence of Water Stress on Plant Height, Herbal and Essential Oil Yield and Composition in Satureja Hortensis L." **Flavour. Fragr. J.**, ١٧,٤, pp ٢٧٥-٢٧٧.

- Bahrampour M. Dehestani-Ardakani M. Shirmardi M. and Gholamnezhad J. (۲۰۱۹). "The Effect of Different Media Cultures on Some Growth Characteristics of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.) Plants under Drought Stress." **J. Iranian Plant Ecophysiol. Res.**, ۱۴, ۵۳, pp ۱۰۴-۱۱۶.
- Bailey-Serres J. and Mittler R. (۲۰۰۶). The Roles of Reactive Oxygen Species in Plant Cells, **American Society of Plant Biologists**.
- Bañon S. Ochoa J. Franco J. Alarcón J. and Sánchez-Blanco M.J. (۲۰۰۶). "Hardening of Oleander Seedlings by Deficit Irrigation and Low Air Humidity." **Environ. Exp. Bot.**, ۵۶, ۱, pp ۳۶-۴۳.
- Basha D. and El-Aila H. (۲۰۱۵). "Response of Foliar Spraying with Amino Acids and Integrated Use of Nitrogen Fertilizer on Radish (*Raphanus sativus* L.) Plant." **Int. J. Chemtech Res.**, ۸, ۱۱, pp ۱۳۵-۱۴۰.
- Bates L.S. Waldren R.P. and Teare I. (۱۹۷۳). "Rapid Determination of Free Proline for Water-Stress Studies." **Plant Soil J.**, ۳۹, ۱, pp ۲۰۵-۲۰۷.
- Batista-Silva W. Heinemann B. Rugen N. Nunes-Nesi A. Araújo W.L. Braun H.-P. and Hildebrandt T.M. (۲۰۱۹). "The Role of Amino Acid Metabolism During Abiotic Stress Release." **Plant Cell Environ.**, ۴۲, ۵, pp ۱۶۳۰-۱۶۴۴.
- Behboudian M. Lawes G. and Griffiths K. (۱۹۹۴). "The Influence of Water Deficit on Water Relations, Photosynthesis and Fruit Growth in Asian Pear (*Pyrus serotina* Rehd.)." **Sci. Hortic.**, ۶۰, ۱-۲, pp ۸۹-۹۹.
- Behnamfar K. Siadat S. Bakhshandeh A. Alami-Saied K. Kashefipour S. and Jafari A. (۲۰۱۵). "Evaluation of Impact of Water Deficit on Morphological Characters and Yield of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Cultivars in Khuzestan Conditions-Ahwaz." **J. Crop Prod. Proc. (Isfahan University of Technology)**, ۵, ۱۷, pp ۱۷۱-۱۸۰.
- Belde M. Mattheis A. Sprenger B. and Albrecht H. (۲۰۰۰). "Long-Term Development of Yield Affecting Weeds after the Change from Conventional to Integrated and Organic Farming." **Bull. Mens. Soc. Linn. Lyon, Sonderh.** ۱۷, pp ۲۹۱-۳۰۱.
- Beltagi M.S. (۲۰۰۸). "Exogenous Ascorbic Acid (Vitamin C) Induced Anabolic Changes for Salt Tolerance in Chick Pea (*Cicer arietinum* L.) Plants." **Afr. J. Plant Sci.**, ۲, ۱۰, pp ۱۱۸-۱۲۳.
- Bettaieb I. Zakhama N. Wannes W.A. Kchouk M. and Marzouk B. (۲۰۰۹). "Water Deficit Effects on *Salvia officinalis* Fatty Acids and Essential Oils Composition." **Sci. Hortic.**, ۱۲۰, ۲, pp ۲۷۱-۲۷۵.
- Bhatt R. and Rao N.S. (۲۰۰۵). "Influence of Pod Load on Response of Okra to Water Stress." **Indian J. Plant Physiol.**, ۱۰, ۱, pp ۵۴.
- Bibi A. Sadaqat H. Akram H. Khan T. and Usman B. (۲۰۱۰). "Physiological and Agronomic Responses of Sudangrass to Water Stress." **J. Agric. Res. (Lahore,**

Online). 48, 3, pp.

Bohnert H.J. and Jensen R.G. (1996). "Strategies for Engineering Water-Stress Tolerance in Plants." **Trends Biotechnol.**, 14, 3, pp 89-97.

Bravo L. (1998). "Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance." **Nutr. Rev.**, 56, 11, pp 317-333.

Calvo P. Nelson L. and Kloepper J.W. (2004). "Agricultural Uses of Plant Biostimulants." **Plant Soil J.**, 40, 1-2, pp 3-11.

Cao G. Sofic E. and Prior R.L. (1997). "Antioxidant and Prooxidant Behavior of Flavonoids: Structure-Activity Relationships." **Free Radic. Biol. Med.**, 32, 5, pp 749-760.

Castroluna A. Ruiz O. Quiroga A. and Pedranzani H. (2004). "Effects of Salinity and Drought Stress on Germination, Biomass and Growth in Three Varieties of *Medicago sativa* L." **Av Investig Agropecu.** 18, 1, pp 39-50.

Causin H.F. (1996). "The Central Role of Amino Acids on Nitrogen Utilization and Plant Growth." **J. Plant Physiol.**, 149, 3-4, pp 308-312.

Cerdán M. Sánchez-Sánchez A. Oliver M. Juárez M. and Sánchez-Andreu J. (2008). **Effect of Foliar and Root Applications of Amino Acids on Iron Uptake by Tomato Plants.** IV Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes 830, 481-488.

Chandra A. and Dubey A. (2000). "Effect of Ploidy Levels on the Activities of Δ^1 -Pyrroline- α -Carboxylate Synthetase, Superoxide Dismutase and Peroxidase in *Cenchrus* Species Grown under Water Stress." **Plant Physiol. Biochem.**, 48, 1, pp 27-34.

Chaparzadeh N. Rahimpour Shaghaei L. Doulati M. and Barzegar A. (2003). "Age Dependent Changes of Pigments in *Rosa Hybrida*." **J. Plant Res.**, 16, 3, pp 281-289.

Chen T.H. and Murata N. (2008). "Glycinebetaine: An Effective Protectant against Abiotic Stress in Plants." **Trends Plant Sci.**, 13, 9, pp 499-500.

Cohen S.D. and Kennedy J.A. (2000). "Plant Metabolism and the Environment: Implications for Managing Phenolics." **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, 30, 7, pp 720-743.

Corell M. Garcia M. Contreras J. Segura M. and Cermeño P. (2002). "Effect of Water Stress on *S. Alvia Officinalis* L. Bioproductivity and Its Bioelement Concentrations." **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, 43, 1-2, pp 419-420.

D Steel R.G. and Torrie J.H. (1986). **Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach**, McGraw-Hill.

Damalas C.A. (2009). "Improving Drought Tolerance in Sweet Basil (*Ocimum*

- basilicum*) with Salicylic Acid." **Sci. Hortic.**, ٢٤٦, pp ٣٦٠-٣٦٥.
- Danaee E. (٢٠١٦). "Effect of Salicylic Acid in Salt Stress on Some Quantitative, Qualitative and Growth in Parsley (*Petroselinum hortense* Hoffm.)." **Plant Mol. Biol.**, ١٠, ١&٢, pp ٥١-٥٩.
- Danaee E. and Abdossi V. (٢٠١٩). "Phytochemical and Morphophysiological Responses in Basil (*Ocimum basilicum* L.) Plant to Application of Polyamines." **J. Med. Plant.** ١٨, ٦٩, pp ١٢٥-١٣٣.
- Daneshmand F. (٢٠١٤). "The Effect of Ascorbic Acid on Reduction of Oxidative Stress Caused by Salinity in Potato." **J. Plant Res.**, ٢٧, ٣, pp ٤١٧-٤٢٦.
- Dar Z.M. Masood A. Mughal A.H. Asif M. and Malik M.A. (٢٠١٨). "Review on Drought Tolerance in Plants Induced by Plant Growth Promoting Rhizobacteria." **Int J Curr Microbiol App Sci.** ٧, ٥, pp ٤١٢-٤٢٢.
- Darwesh R.S. (٢٠١٣). "Improving Growth of Date Palm Plantlets Grown under Salt Stress with Yeast and Amino Acids Applications." **Ann. Agric. Sci.**, ٥٨, ٢, pp ٢٤٧-٢٥٦.
- Davies P.J. (٢٠١٠). The Plant Hormones: Their Nature, Occurrence, and Functions, ١-١٥. **Plant Hormones**. Springer.
- Dawood M.F. Abeed A.H. and Aldaby E.E. (٢٠١٩). "Titanium Dioxide Nanoparticles Model Growth Kinetic Traits of Some Wheat Cultivars under Different Water Regimes." **Plant Physiol.**, ٢٤, ١, pp ١٢٩-١٤٠.
- Dinkeloo K. Boyd S. and Pilot G. (٢٠١٨). **Update on Amino Acid Transporter Functions and on Possible Amino Acid Sensing Mechanisms in Plants**. Seminars in cell & developmental biology. ١٠٥-١١٣.
- Dogan E. Kirnak H. Berekatoglu K. Bilgel L. and Surucu A. (٢٠٠٨). "Water Stress Imposed on Muskmelon (*Cucumis melo* L.) with Subsurface and Surface Drip Irrigation Systems under Semi-Arid Climatic Conditions." **Irrig. Sci.**, ٢٦, ٢, pp ١٣١-١٣٨.
- Efeoğlu B. Ekmekçi Y. and Çiçek N. (٢٠٠٩). "Physiological Responses of Three Maize Cultivars to Drought Stress and Recovery." **S. Afr. J. Bot.**, ٧٥, ١, pp ٣٤-٤٢.
- El-Din A.E. Aziz E.E. Hendawy S. and Omer E. (٢٠٠٩). "Response of *Thymus vulgaris* L. To Salt Stress and Alar (B⁹) in Newly Reclaimed Soil." **Res. J. Appl. Sci.**, ٥, ١٢, pp ٢١٦٥-٢١٧٠.
- El-Shabasi M. Mohamed S. and Mahfouz S. (٢٠٠٥). **Effect of Foliar Spray with Amino Acids on Growth, Yield and Chemical Composition of Garlic Plants**. The sixth Arabian Conference for Horticulture, Ismailia, Egypt.
- El-Tohamy W. El-Abagy H. Badr M. and Gruda N. (٢٠١٣). "Drought Tolerance and

- Water Status of Bean Plants (*Phaseolus vulgaris* L.) as Affected by Citric Acid Application." **J. Appl. Bot. Food Qual.**, ٨٦, ١, pp.
- Esfahani Z. Barzegar T. Ghahremani Z. and Nikbakht J. (٢٠١٨). "Effects of Foliar Application of Megafol on Yield, Fruit Quality and Water Use Efficiency of Tomato Cv. Rio Grande under Water Deficit Stress." **J. Crop Improv.**, ١٩, ٤, pp ٩٩٥-١٠٠٩.
- Fabriki ourang S. and Mehrabad-Pourbenab S. (٢٠١٦). "The Effects of Drought and Salt Stresses on Some Morphological and Biochemical Parameters of Savory (*Satureja hortensis* L.)." **Ecophytochem. J. Medicinal Plants.** ٤, ٣, pp ٢٣-٣٥.
- Farhadi H. Azizi M. and Nemati S.H. (٢٠١٦). "Investigation of the Effects of Salt Stress on Some Physiological and Biochemical Characteristics of Different Landraces of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.)." **Iranian J. Hortic.l Sci.**, ٤٧, ٣, pp ٥٣١-٥٤١.
- Farissi M. Ghoulam C. and Bouizgaren A. (٢٠١٣). "Changes in Water Deficit Saturation and Photosynthetic Pigments of Alfalfa Populations under Salinity and Assessment of Proline Role in Salt Tolerance." **Agric. Sci. Res. J.** ٣, ١, pp ٢٩-٣٥.
- Farooq M. Wahid A. Kobayashi N. Fujita D. and Basra S. (٢٠٠٩). "Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management." **Sustain. Agric. Res.**, pp ١٥٣-١٨٨.
- Fathi A. and Bahamin S. (٢٠١٨). "The Effect of Irrigation Levels and Foliar Application (Zinc, Humic Acid and Salicylic Acid) on Growth Characteristics, Yield and Yield Components of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.)." **Env. Stresses Crop Sci.**, ١١, ٣, pp ٦٦١-٦٧٤.
- Fathi A. and Tari D.B. (٢٠١٦). "Effect of Drought Stress and Its Mechanism in Plants." **Int. J. Life Sci.**, ١٠, ١, pp ١-٦.
- Fayez K.A. and Bazaid S.A. (٢٠١٤). "Improving Drought and Salinity Tolerance in Barley by Application of Salicylic Acid and Potassium Nitrate." **J. Saudi Soc. Agric. Sci.**, ١٣, ١, pp ٤٥-٥٥.
- Fischer W.-N. André B. Rentsch D. Krolkiewicz S. Tegeder M. Breitzkreuz K. and Frommer W.B. (١٩٩٨). "Amino Acid Transport in Plants." **Trends Plant Sci.**, ٣, ٥, pp ١٨٨-١٩٥.
- Gao S. Wang Y. Yu S. Huang Y. Liu H. Chen W. and He X. (٢٠٢٠). "Effects of Drought Stress on Growth, Physiology and Secondary Metabolites of Two Adonis Species in Northeast China." **Sci. Hortic.**, ٢٥٩, pp ١٠٨٧٩٥.
- Garcia A. Madrid R. Gimeno V. Ortega W.R. Nicolás N. and Sánchez F.G. (٢٠١١). "The Effects of Amino Acids Fertilization Incorporated to the Nutrient Solution on Mineral Composition and Growth in Tomato Seedlings." **Span. J. Agric. Res.**, ٣, pp ٨٥٢-٨٦١.
- Garde-Cerdán T. López R. Portu J. González-Arenzana L. López-Alfaro I. and Santamaría P. (٢٠١٤). "Study of the Effects of Proline, Phenylalanine, and Urea Foliar

- Application to Tempranillo Vineyards on Grape Amino Acid Content. Comparison with Commercial Nitrogen Fertilisers." **Food Chem.**, ١٦٣, pp ١٣٦-١٤١.
- Gawronaka H. (٢٠٠٨). "Biostimulators in Modern Agriculture (General Aspects)." **Arysta. Lif.Sci.**, ٧, ٢٥, pp ٨٩.
- Gendy A.S. and Nosir W.S. (٢٠١٦). "Improving Productivity and Chemical Constituents of Roselle Plant (*Hibiscus sabdariffa* L.) as Affected by Phenylalanine, L-Tryptophan and Peptone Acids Foliar Application." **Middle East J. Agric. Res.**, ٥, ٤, pp ٧٠١-٧٠٨.
- Ghanbari M. Mkhtassi-Bidgoli A. Mansour Ghanaei-Pashaki K. and Talebi-Siah Saran P. (٢٠٢١). "The Study of Yield and Physiological Characteristics of Pearl Millet (*Pennisetum glaucum*) in Response to Bio-Fertilizers and Different Irrigation Regimes." **J. Agric. Sci. Sust. Proc.**, ٣١, ١, pp ٢٣-٣٧.
- Ghasemzadeh A. Jaafar H.Z. and Karimi E. (٢٠١٢). "Involvement of Salicylic Acid on Antioxidant and Anticancer Properties, Anthocyanin Production and Chalcone Synthase Activity in Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Varieties." **Int. J. Mol. Sci.**, ١٣, ١١, pp ١٤٨٢٨-١٤٨٤٤.
- Ghazal G.M. (٢٠١٥). **Growth and Oil Yield of Thymus Vulgaris Plant as Influenced by Some Amino Acids and Ascorbic Acid.**
- Gholizadeh A. Dehghani H. and Khodadadi M. (٢٠١٩). "The Effect of Different Levels of Drought Stress on Some Morphological, Physiological and Phytochemical Characteristics of Different Endemic Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Genotypes." **Env. Stresses Crop Sci.**, ١٢, ٢, pp ٤٥٩-٤٧٠.
- Goli A.H. Barzegar M. and Sahari M.A. (٢٠٠٥). "Antioxidant Activity and Total Phenolic Compounds of Pistachio (*Pistachia vera*) Hull Extracts." **Food Chem.**, ٩٢, ٣, pp ٥٢١-٥٢٥.
- Golzadeh H. Mehrafarin A. Naghdi Badi H. Fazeli F. Qaderi A. and Zarinpanjeh N. (٢٠١٢). "Effect of Bio-Stimulators Compounds on Quantitative and Qualitative Yield of German Chamomile (*Matricaria recutita* L.)." **J. Med. Plant.** ١١, ٤١, pp ١٩٥-٢٠٧.
- Goshasbi f. haydari m. Sabbagh S.K. and makarian h. (٢٠٢٠). "Effect of Irrigation Interval, Bio and Non-Biofertilizers on Yield Components and Some of Biochemical Compounds in Thyme (*Thymus vulgaris* L.)." **Horticultural Plants Nutrition.** ٣, ١, pp ٥١-٦٨.
- Gratão P.L. Polle A. Lea P.J. and Azevedo R.A. (٢٠٠٥). "Making the Life of Heavy Metal-Stressed Plants a Little Easier." **Funct. Plant Biol.**, ٣٢, ٦, pp ٤٨١-٤٩٤.
- Gubiš J. Vaňková R. Červená V. Dragúňová M. Hudcovicová M. Lichtnerová H. Dokupil T. and Jureková Z. (٢٠٠٧). "Transformed Tobacco Plants with Increased Tolerance to Drought." **S. Afr. J. Bot.**, ٧٣, ٤, pp ٥٠٥-٥١١.

- Haghshenas R. Sharafi S. and Gholinezhad E. (۲۰۲۰). "Effect of Different Levels of Drought Stress and Mycorrhiza on Yield of Safflower Cultivars." **J. Agric. Sci. Sust. Proc.**, ۳۰, ۲, pp ۹۱-۱۰۹.
- Hakimi L. Naiebzadeh M. and Khaligi A. (۲۰۱۹). "Investigating the Effect of Glycine Betaine and Humi-Forthi on Morpho-Physiological and Biochemical Properties Pelargonium Graveolens under Water Stress." **Journal of Plant Production Research**. ۲۶, ۳, pp ۳۷-۵۶.
- Harborne J.B. and Williams C.A. (۲۰۰۰). "Advances in Flavonoid Research since ۱۹۹۲." **Phytochemistry**. ۵۵, ۶, pp ۴۸۱-۵۰۴.
- Hasani A. Omid B.R. and Heidari S.H. (۲۰۰۴). "Study of Some Drought Resistance Indices in Basil (*Ocimum basilicum* L.)." pp.
- Hassan H. Sarrwy S. and Mostafa E. (۲۰۱۰). "Effect of Foliar Spraying with Liquid Organic Fertilizer, Some Micronutrients, and Gibberellins on Leaf Mineral Content, Fruit Set, Yield, and Fruit Quality of "Hollywood" Plum Trees." **Agr. Biol. J. N. Am.**, ۱, ۴, pp ۶۳۸-۶۴۳.
- Hassanzadeh Ghorthepeh A. Amirnia R. and Heydarzadeh S. (۲۰۲۰). "The Effect of Manure Application on Physiological Traits of *Cichorium intybus* L. In Response to Drought Stress." **J. Agric. Sci. Sust. Proc.**, ۳۰, ۳, pp ۱۳۳-۱۴۶.
- Häusler R.E. Ludewig F. and Krueger S. (۲۰۱۴). "Amino Acids—a Life between Metabolism and Signaling." **Plant Sci.**, ۲۲۹, pp ۲۲۵-۲۳۷.
- Hayati M. Maleki A. Mozafari A. and Babae F. (۲۰۲۰). "Simultaneous Effects of Deficit Irrigation and Transpiration Reducer on Yield and Yield Components of Corn Single Cross ۷۰۴ (*Zea Mays* L.)." **J. Agroecol. (Online)**. ۱۲, ۳, pp ۳۸۹-۴۱۱.
- Heffernan O. (۲۰۱۳). "The Dry Facts." **Nature**. ۵۰۱, ۷۴۶۸, pp S۲-S۳.
- Heidari M. Goleg M. Ghorbani H. and Baradarn Firozabadi M. (۲۰۱۶). "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 J. Field Crop Sci.**, ۴۶, ۴, pp ۶۱۹-۶۲۸.
- Heidarpour O. Esmaeeli pour B. Soltani A.-A. and Khorramdel S. (۲۰۲۰). "Effect of Vermicompost on Morphophysiological, Biochemical and Yield Characteristics of Summer Savory (*Satureja hortensis* L.) under Different Irrigation Regimes." **J. Agroecol. (Online)**. ۱۲, ۳, pp ۵۰۷-۵۲۲.
- Heuer B. (۱۹۹۴). "Osmoregulatory Role of Proline in Water-and Salt-Stressed Plants." **Plant Crop J.**, ۱۹, pp ۳۶۳-۴۸۱.
- Heydarnejad R. Ghahremani Z. Barzegar T. and Rabiei V. (۲۰۱۸). "The Effect of Harvesting Stage and Storage Duration on Fruit Quality of Physalis." **J. Crop Improv.**, ۲۰, ۲, pp ۳۸۳-۳۹۵.

- Hildebrandt T.M. Nesi A.N. Araújo W.L. and Braun H.-P. (۲۰۱۵). "Amino Acid Catabolism in Plants." **Mol. Plant Pathol.**, ۱۶, ۱, pp ۱۵۶۳-۱۵۷۹.
- Hirayama M. Wada Y. and Nemoto H. (۲۰۰۶). "Estimation of Drought Tolerance Based on Leaf Temperature in Upland Rice Breeding." **Breed. Sci.**, ۵۶, ۱, pp ۴۷-۵۴.
- Hoda K. Hamid S. and Asghar Mosleh A. (۲۰۱۴). "The Effects of Exogenous Application of Glycine Betain on Growth and Some Physiological Characteristics of *Brossica napus* under Drought Stress in Field Condition." **Desert Ecosys. Eng. J.**, ۳, ۴, pp ۷۹-۹۰.
- Hoekstra F.A. Golovina E.A. and Buitink J. (۲۰۰۱). "Mechanisms of Plant Desiccation Tolerance." **Trends Plant Sci.**, ۶, ۹, pp ۴۳۱-۴۳۸.
- Horwitz W. (۱۹۷۵). **Official Methods of Analysis**. ۲۲۲. Association of Official Analytical Chemists Washington, DC.
- Hoseini Z. Barzegar T. Ghahremani Z. and Nikbakht J. (۲۰۲۰). "Physiological Responses of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L., Cv. Sanry) to Foliar Spray of Salicylic Acid and Biostimulant Megafol under Deficit Irrigation Stress." **Env. Stresses Crop Sci.**, ۱۳, ۳, pp ۸۴۵-۸۵۵.
- Hossain F.M. Nishii J. Takagi S. Ohtomo A. Fukumura T. Fujioka H. Ohno H. Koinuma H. and Kawasaki M. (۲۰۰۳). "Modeling and Simulation of Polycrystalline ZnO Thin-Film Transistors." **J. Appl. Phys.**, ۹۴, ۱۲, pp ۷۷۶۸-۷۷۷۷.
- Hounsborne N. Hounsborne B. Tomos D. and Edwards-Jones G. (۲۰۰۸). "Plant Metabolites and Nutritional Quality of Vegetables." **J. Food Sci.**, ۷۳, ۴, pp R۴۸-R۶۵.
- Ibrahim M.H. and Jaafar H.Z. (۲۰۱۱). "Involvement of Carbohydrate, Protein and Phenylalanine Ammonia Lyase in up-Regulation of Secondary Metabolites in *Labisia pumila* under Various CO₂ and N₂ Level." **Molecules**. ۱۶, ۵, pp ۴۱۷۲-۴۱۹۰.
- Izan T. Javanmard A. Shekari F. and Abbasi A. (۲۰۲۰). "Evaluation of Yield, Yield Components and Some Physiological Traits of Sunflower with Integrative Application of Biological, Chemical, and Organic Fertilizers under Different Irrigation Levels." **J. Agric. Sci. Sust. Proc.**, ۳۰, ۳, pp ۸۷-۱۱۱.
- Jafarzadeh L. Omid H. and Bostani A. (۲۰۱۳). "Effect of Drought Stress and Bio-Fertilizer on Flower Yield, Photosynthesis Pigments and Proline Content of Marigold (*Calendula officinalis* L.)." **Iranian J. Medic. Arom. Plant**. ۲۹, ۳, pp.
- Jaleel C.A. Gopi R. and Panneerselvam R. (۲۰۰۸). "Growth and Photosynthetic Pigments Responses of Two Varieties of *Catharanthus roseus* to Triadimefon Treatment." **C. R. Biol.**, ۳۳۱, ۴, pp ۲۷۲-۲۷۷.
- Jaleel C.A. Manivannan P. Kishorekumar A. Sankar B. Gopi R. Somasundaram R. and Panneerselvam R. (۲۰۰۷). "Alterations in Osmoregulation, Antioxidant Enzymes and

Indole Alkaloid Levels in *Catharanthus Roseus* Exposed to Water Deficit." **Colloids Surf. B.** ٥٩,٢, pp ١٥٠-١٥٧.

Jaleel C.A. Manivannan P. Wahid A. Farooq M. Al-Juburi H.J. Somasundaram R. and Panneerselvam R. (٢٠٠٩). "Drought Stress in Plants: A Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition." **Int. J. Agric. Biol.** ١١,١, pp ١٠٠-١٠٥.

Jeshni M.G. Mousavinik M. Khammari I. and Rahimi M. (٢٠١٧). "The Changes of Yield and Essential Oil Components of German Chamomile (*Matricaria recutita* L.) under Application of Phosphorus and Zinc Fertilizers and Drought Stress Conditions." **J. Saudi Soc. Agric. Sci.**, ١٦,١, pp ٦٠-٦٥.

Juan M. Rivero R.M. Romero L. and Ruiz J.M. (٢٠٠٥). "Evaluation of Some Nutritional and Biochemical Indicators in Selecting Salt-Resistant Tomato Cultivars." **Environ. Exp. Bot.**, ٥٤,٣, pp ١٩٣-٢٠١.

.Kadayifci A. Tuylu G.İ. Ucar Y. and Cakmak B. (٢٠٠٥). "Crop Water Use of Onion (*Allium cepa* L.) in Turkey." **Agric. Water Manag.**, ٧٢,١, pp ٥٩-٦٨.

Kahlel A.-M.S. and Sultan F.I. (٢٠١٩). "Response of Four Potato Cultivars to Soil Application with Organic and Amino Acid Compounds." **Res. Crop.**, ٢٠,١, pp ١٠١-١٠٨.

Kang Y. Han Y. Torres-Jerez I. Wang M. Tang Y. Monteros M. and Udvardi M. (٢٠١١). "System Responses to Long-Term Drought and Re-Watering of Two Contrasting Alfalfa Varieties." **Plant. J.**, ٦٨,٥, pp ٨٧١-٨٨٩.

Karimian M. and Forozandeh M. (٢٠٢٠). "Effects of Drought Stress Levels and Salicylic Acid Concentrations on Quantity and Quality Forage Traits of Foxtail Millet (*Setaria italica* L.) Bastan Cultivar in Sistan Climatic Conditions." **J. Agroecol. (Online)**. ١٢,٢, pp ١٩٥-٢٠٩.

Kaya C. Tuna A.L. Ashraf M. and Altunlu H. (٢٠٠٧). "Improved Salt Tolerance of Melon (*Cucumis Melo* L.) by the Addition of Proline and Potassium Nitrate." **Environ. Exp. Bot.**, ٦٠,٣, pp ٣٩٧-٤٠٣.

Khajeh Hosseini S. Fanoodi F. Tabatabaee S.A. Yazdani Biouki R. and Masoud Sinaki J. (٢٠٢١). "The Effect of Anti-Transpiration and Plant Protective Materials on Vegetative and Physiological Traits of (*Hyssopus officinalis* L.) under Drought Stress." **J. Plant Produc. Agron. Breeding Horticu.**, ٤٤,١, pp ٧٧-٨٨.

Khalili M. and Hamzeh H. (٢٠٢١). "Effect of Different Soil Amendment Treatments on Quantitative and Qualitative Characteristics of Sugar Beet (*Beta vulgaris*.L) under Different Irrigation Regimes." **J. Agric. Sci. Sust. Proc.**, ٣١,١, pp ١٧١-١٩٢.

Kim J.-S. Lee B.-H. Kim S.-H. Oh K.-H. and Cho K.Y. (٢٠٠٦). "Responses to Environmental and Chemical Signals for Anthocyanin Biosynthesis in Non-Chlorophyllous Corn (*Zea mays* L.) Leaf." **J. Plant Biol.**, ٤٩,١, pp ١٦-٢٥.

- Kizilkaya R. Hepser Turkey F.S. Turkmen C. and Durmus M. (2012). "Vermicompost Effects on Wheat Yield and Nutrient Contents in Soil and Plant." **Arch. Acker Pflanzbau Bodenkd.**, 58, sup1, pp S105-S109.
- Korkmaz A. Şirikçi R. Kocaçınar F. Değer Ö. and Demirkıran A.R. (2012). "Alleviation of Salt-Induced Adverse Effects in Pepper Seedlings by Seed Application of Glycinebetaine." **Sci. Hortic.**, 148, pp 197-205.
- Koukounaras A. Tsouvaltzis P. and Siomos A.S. (2013). "Effect of Root and Foliar Application of Amino Acids on the Growth and Yield of Greenhouse Tomato in Different Fertilization Levels." **J. Food Agric. Environ.**, 11, 2, pp 644-648.
- Koukounaras P.T.A. and Siomos A.S. (2014). "Application of Amino Acids Improves Lettuce Crop Uniformity and Inhibits Nitrate Accumulation Induced by the Supplemental Inorganic Nitrogen Fertilization." **Int. J. Agric. Biol.**, 16, 2, pp.
- Kowalczyk K. Zielony T. and Gajewski M. (2008). **Effect of Aminoplant and Asahi on Yield and Quality of Lettuce Grown on Rockwool**. Conf. of biostimulators in modern agriculture. 9-10.
- Krueger R. (2007). "Flavonoids. Chemistry, Biochemistry and Applications Oyvind M. Andersen, Kenneth R. Markham ., Eds. 2007. Flavonoids. Chemistry, Biochemistry and Applications." **Econ. Bot.**, 61, pp 101-101.
- Kumar S. Imtiyaz M. Kumar A. and Singh R. (2007). "Response of Onion (*Allium Cepa* L.) to Different Levels of Irrigation Water." **Agric. Water Manag.**, 89, 1-2, pp 161-166.
- Liang Z. Ma Y. Xu T. Cui B. Liu Y. Guo Z. and Yang D. (2013). "Effects of Absciscic Acid, Gibberellin, Ethylene and Their Interactions on Production of Phenolic Acids in *Salvia Miltiorrhiza* Bunge Hairy Roots." **PLoS One**. 8, 9, pp e72806.
- Lichtenthaler H.K. (1987). Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes, 200-282. **Methods in Enzymology**. 148. Elsevier.
- Lipiec J. Doussan C. Nosalewicz A. and Kondracka K. (2013). "Effect of Drought and Heat Stresses on Plant Growth and Yield: A Review." **Int. Agrophys.**, 27, 4, pp 463-477.
- Liu X.Q. Ko K.Y. Kim S.H. and Lee K.S. (2007). "Effect of Amino Acid Fertilization on Nitrate Assimilation of Leafy Radish and Soil Chemical Properties in High Nitrate Soil." **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, 38, 1-2, pp 269-281.
- Lotfi H. Barzegar T. Ghahramani Z. and Rabiei V. (2017). "Assessing Growth and Yield of Some Iranian Melons under Limited Water Condition." **J. Agric. Sci. Sust. Proc.**, 27, 2, pp 111-123.
- Lotfi M. Abbaszadeh B. and Mirza M. (2014). "The Effect of Drought Stress on

- Morphology, Proline Content and Soluble Carbohydrates of Tarragon (*Artemisia Dracunculus* L.)." **Iranian J. Medic. Arom. Plant.** ۳۰, ۱, pp.
- Mafakheri A. Siosemardeh A. Bahramnejad B. Struik P. and Sohrabi Y. (۲۰۱۰). "Effect of Drought Stress on Yield, Proline and Chlorophyll Contents in Three Chickpea Cultivars." **Aust. J. Crop Sci.**, ۴, ۸, pp ۵۸۰-۵۸۵.
- Mahmoodi H. and Alizadeh K. (۲۰۱۴). "Effect of Free Amino Acids on the Yield Quality and Quantity of Forage Varieties Gole-Sefid (*Vicia Panonica*) in Rainfed Conditions." **Iran. J. Field Crops Res.**, ۳, ۲, pp ۱۱۵-۱۲۶.
- Mamnabia S. Nasrollahzadeh S. Ghassemi-Golezani G. and Raei Y. (۲۰۲۰). "Morpho-Physiological Traits, Grain and Oil Yield of Rapeseed (*Brassica Napus* L.) Affected by Drought Stress and Chemical and Bio-Fertilizers." **J. Agric. Sci. Sust. Proc.**, ۳۰, ۳, pp ۳۵۹-۳۷۸.
- Manivannan P. Jaleel C.A. Sankar B. Kishorekumar A. Somasundaram R. Lakshmanan G.A. and Panneerselvam R. (۲۰۰۷). "Growth, Biochemical Modifications and Proline Metabolism in *Helianthus Annuus* L. As Induced by Drought Stress." **Colloids Surf. B.** ۵۹, ۲, pp ۱۴۱-۱۴۹.
- Maurel C. and Prado K. (۲۰۱۷). Aquaporins and Leaf Water Relations, ۱۵۵-۱۶۵. **Plant Aquaporins**. Springer.
- Mazarie A. Mousavi-nik S.M. Ghanbari A. and Fahmideh L. (۲۰۱۹). "Effects of Spraying Jasmonic Acid on Some Morpho-Physiological Traits, Antioxidant Enzymes Activity and Essential Oil Yield of *Salvia Officinalis* L. Under Drought Stress." **Iranian J. Medic. Arom. Plant Res.**, ۳۵, ۱, pp ۸۰-۹۷.
- Meda A. Lamien C.E. Romito M. Millogo J. and Nacoulma O.G. (۲۰۰۵). "Determination of the Total Phenolic, Flavonoid and Proline Contents in Burkina Fasan Honey, as Well as Their Radical Scavenging Activity." **Food Chem.**, ۹۱, ۳, pp ۵۷۱-۵۷۷.
- Mehregan M. Mehrafarin A. Labbafi M. and Naghdi Badi H. (۲۰۱۷). "Effect of Different Concentrations of Chitosan Biostimulant on Biochemical and Morphophysiological Traits of Stevia Plant (*Stevia rebaudiana* Bertoni)." **J. Med. Plant.** ۱۶, ۶۲, pp ۱۶۹-۱۸۱.
- Michalak A. (۲۰۰۶). "Phenolic Compounds and Their Antioxidant Activity in Plants Growing under Heavy Metal Stress." **Pol. J. Environ. Stud.**, ۱۵, ۴, pp.
- Minaee P. Hadi H.S. and MR D. "Mt & Shahsavar, Am (۲۰۱۳). Effects of Nitrogen Fixing Bacteria and Amino Acids Spraying on Yield and Yield Components of Mungbean (*Vigna radiata*)." **Ann. Biol. Res.**, ۴, ۸, pp ۲۶۵-۲۶۹.
- Miri S.M. Ahmadi S. and Moradi P. (۲۰۱۵). "Influence of Salicylic Acid and Citric Acid on the Growth, Biochemical Characteristics and Essential Oil Content of Thyme (*Thymus Vulgaris* L.)." pp.

- Mita S. Murano N. Akaike M. and Nakamura K. (۱۹۹۷). "Mutants of Arabidopsis Thaliana with Pleiotropic Effects on the Expression of the Gene for B-Amylase and on the Accumulation of Anthocyanin That Are Inducible by Sugars." **Plant J.**, ۱۱, ۴, pp ۸۴۱-۸۵۱.
- Mo Y. Nagel C. and Taylor L.P. (۱۹۹۷). "Biochemical Complementation of Chalcone Synthase Mutants Defines a Role for Flavonols in Functional Pollen." **Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.**, ۸۹, ۱۵, pp ۷۲۱۳-۷۲۱۷.
- Moghadam M. Noghondar M. Selahvarzi Y. and Goldani M. (۲۰۱۵). "The Effect of Drought Stress on Some Morphological and Physicochemical Characteristics of Three Cultivars of Basil (*Ocimum basilicum* L.)." **Iranian J. Hortic. Sci.**, ۴۶, ۳, pp.
- Mohammadrezakhani S. Hajilou J. and Rezanejad F. (۲۰۱۸). "Effect of Foliar Spray with Putrescine and Proline on Some Physiological Characteristics of Peel and Pulp of Two Citrus Species in Response to Low Temperature Stress." **Research in Pomology.** ۳, ۱, pp ۱-۱۲.
- Molaie H. Panahi B. and Tajabadipour A. (۲۰۱۳). "The Effect of Foliar Application of Some Amino Acid Compounds on Photosynthesis and Yield of Two Commercial Cultivars in *Pistachio* orchards of Kerman Province in Iran." **Int. J. Agric. CropSci.**, ۵, ۲۳, pp ۲۸۲۷.
- Moniri far H. Moradian P. Ahmadi R. and Moghaddam A. (۲۰۲۰). "Identification of Suitable Alfalfa Cultivars for Deficit Irrigation Conditions in Tabriz Plain." **J. Agric. Sci. Sust. Proc.**, ۳۰, ۴, pp ۲۴۹-۲۶۴.
- Montesano D. Fallarino F. Cossignani L. Bosi A. Simonetti M.S. Puccetti P. and Damiani P. (۲۰۰۸). "Innovative Extraction Procedure for Obtaining High Pure Lycopene from Tomato." **Eur. Food Res. Technol.**, ۲۲۶, ۳, pp ۳۲۷.
- Munné-Bosch S. and Alegre L. (۲۰۰۴). "Die and Let Live: Leaf Senescence Contributes to Plant Survival under Drought Stress." **Funct. Plant Biol.**, ۳۱, ۳, pp ۲۰۳-۲۱۶.
- Naghdi Badi H. Labbafi M. Qavami N. Qaderi A. Abdossi V. Agharebparast M. and Mehrafarin A. (۲۰۱۵). "Responses of Quality and Quantity Yield of Garden Thyme (*Thymus Vulgaris* L.) to Foliar Application of Bio-Stimulator Based on Amino Acids and Methanol." **J. Med. Plant.** ۱۴, ۵۴, pp ۱۴۶-۱۵۸.
- Nahed G.A.A. Lobna S.T. and Soad M.I. (۲۰۱۰). "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 OF APPLIED SCIENCE.** ۲, ۲, pp ۱۶۹-۱۷۹.
- Näsholm T. Kielland K. and Ganeteg U. (۲۰۰۹). "Uptake of Organic Nitrogen by Plants." **New Phytol.**, ۱۸۲, ۱, pp ۳۱-۴۸.
- Natali S. Xiloyannis C. and Pezzarossa B. (۱۹۸۵). **Relationship between Soil Water Content, Leaf Water Potential and Fruit Growth During Different Fruit**

Growing Phases of Peach Trees. I International Symposium on Water Relations in Fruit Crops ۱۷۱, ۱۶۷-۱۸۰.

- Nazarli H. Zardashti M. Darvishzadeh R. and Mohammadi M. (۲۰۱۱). "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." **Aust. J. Crop Sci.**, ۵, ۱۱, pp ۱۳۳۴-۱۳۳۸.
- Nguyen P.M. Kwee E.M. and Niemeyer E.D. (۲۰۱۰). "Potassium Rate Alters the Antioxidant Capacity and Phenolic Concentration of Basil (*Ocimum Basilicum* L.) Leaves." **Food Chem.**, ۱۲۳, ۴, pp ۱۲۳۵-۱۲۴۱.
- Noroozi Shahri F. Pouryousef M. Tavakoli A. Saba J. and Yazdinezhad A. (۲۰۱۵). "Evaluation the Performance of Some of Iran's Native Fennel (*Foeniculum Vulgare* Mill.) Accessions under Drought Stress Condition." **Iranian J. Field Crop Sci.**, ۴۶, ۱, pp ۴۹-۵۶.
- Omidbaigi R. (۲۰۰۵). "Production and Processing of Medicinal Plants." **Beh-Nashr: Mashhad**, pp ۲۱۰-۲۲۵.
- Omidbaigi R. and Mahmoudi Soresani M. (۲۰۱۰). "Effect of Drought Stress on Some Morphological Traits, Amount and Yield of Essential Oil of *Agastache Foeniculum* [Pursh] Kuntze." **J. Hortic. Sci. Iran.** ۴, ۲, pp ۱۵۳-۱۶۱.
- Owen A. and Jones D. (۲۰۰۱). "Competition for Amino Acids between Wheat Roots and Rhizosphere Microorganisms and the Role of Amino Acids in Plant N Acquisition." **Soil Biol. Biochem.**, ۳۳, ۴-۵, pp ۶۵۱-۶۵۷.
- Pan J. Wang Q. and Snell W.J. (۲۰۰۵). "Cilium-Generated Signaling and Cilia-Related Disorders." **Lab. Investig.**, ۸۵, ۴, pp ۴۵۲-۴۶۳.
- Parida A.K. and Das A.B. (۲۰۰۵). "Salt Tolerance and Salinity Effects on Plants: A Review." **Ecotoxicol. Environ. Saf.**, ۶۰, ۳, pp ۳۲۴-۳۴۹.
- Porcel R. and Ruiz-Lozano J.M. (۲۰۰۴). "Arbuscular Mycorrhizal Influence on Leaf Water Potential, Solute Accumulation, and Oxidative Stress in Soybean Plants Subjected to Drought Stress." **J. Exp. Bot.**, ۵۵, ۴۰۳, pp ۱۷۴۳-۱۷۵۰.
- Portu J. López-Alfaro I. Gómez-Alonso S. López R. and Garde-Cerdán T. (۲۰۱۵). "Changes on Grape Phenolic Composition Induced by Grapevine Foliar Applications of Phenylalanine and Urea." **Food Chem.**, ۱۸۰, pp ۱۷۱-۱۸۰.
- Poursoltan Hojagan M. Arooie H. Tabatabaei S.J. and Neamati S.H. (۲۰۱۷). "Effect of Amino Acids Foliar Spraying on Growth and Physiological Indices of Tomato under Salt Stress Conditions." **Agroecology Journal.** ۱۳, ۳, pp ۴۱-۵۰.
- Pouryousef Miyandoab M. and Shahi M.s. (۲۰۱۷). "Effect of Foliar Application of Growth Stimulants and Their Application Time on Yield and Some Agronomic Characteristics of Safflower (*Carthamus Tinctorius* L.)." **Crop Physiol. J.**, ۸, ۳۲, pp

۲۰-۴۳.

- Prochazkova D. Sairam R. Srivastava G. and Singh D. (۲۰۰۱). "Oxidative Stress and Antioxidant Activity as the Basis of Senescence in Maize Leaves." **Plant Sci.**, ۱۶۱, ۴, pp ۷۶۵-۷۷۱.
- Radkowski A. (۲۰۱۸). "Influence of Foliar Fertilization with Amino Acid Preparations on Morphological Traits and Seed Yield of Timothy." **Plant Soil Environ.**, ۶۴, ۵, pp ۲۰۹-۲۱۳.
- Raeisi M. Farahani L. and Palashi M. (۲۰۱۴). "Changes of Qualitative and Quantitative Properties of Radish (*Raphanus Sativus* L.) under Foliar Spraying through Amino Acid." **Int. J. Biosci.**, ۴, ۱, pp ۴۶۳-۴۶۸.
- Rahbarian R. Khavari-Nejad R. Ganjeali A. Bagheri A. and Najafi F. (۲۰۱۱). "Drought Stress Effects on Photosynthesis, Chlorophyll Fluorescence and Water Relations in Tolerant and Susceptible Chickpea (*Cicer Arietinum* L.) Genotypes." **Acta Biol. Crac. Ser. Bot.**, pp.
- Rahimi A. Jahanbin S. Salehi A. and Farajee H. (۲۰۱۶). "Changes in Content of Chlorophyll, Carotenoids, Phosphorus and Relative Water Content of Medicinal Plant of Borage (*Borago Officinalis* L.) under the Influence of Mycorrhizal Fungi and Drought Stress." **Online J. Biol. Sci.**, ۱۷, pp ۲۸-۳۴.
- Ramaih S. Guedira M. and Paulsen G.M. (۲۰۰۳). "Relationship of Indoleacetic Acid and Tryptophan to Dormancy and Preharvest Sprouting of Wheat." **Funct. Plant Biol.**, ۳۰, ۹, pp ۹۳۹-۹۴۵.
- Ranjbar H. Hasanpour A.M. Asgari S.M. Samizadeh L.H. and Bani A.A. (۲۰۰۷). "The Effects of Calcium Chloride, Hot Water Treatment and Polyethylene Bag Packaging on the Storage Life and Quality of Pomegranate (Cv: Malas-Saveh)." pp.
- Rasam G. Dadkhah A. and Khoshnod-yazdy A. (۲۰۱۴). "Assessing the Impact of Water Shortages on Morphological and Physiological Characteristics of Medicinal Plants Hyssop." **J. Agric.**, ۱۰, ۱, pp ۱۲-۲۲.
- Ravindra S. (۲۰۰۴). **Agro-Techniques of Medicinal Plants**, Daya Publishing House.
- Raza S.H. Athar H.-U.-R. and Ashraf M. (۲۰۰۶). "Influence of Exogenously Applied Glycinebetaine on the Photosynthetic Capacity of Two Differently Adapted Wheat Cultivars under Salt Stress." **Pak. J. Bot.**, ۳۸, ۲, pp ۳۴۱-۳۵۱.
- Refaat A. and Naguib N. (۱۹۹۸). "Peppermint Yield and Oil Quality as Affected by Application of Some Amino Acids." **Bull Cairo Univ Fac Agric.**, ۴۹, pp ۸۹-۹۸.
- Rezaei Chiyaneh E. and Zehtab Salmasi S. (۲۰۱۲). "Ghassemi Golezani K and Delazar A. Effect of Irrigation Treatments on Yield and Yield Components of Three Fennel (*Foeniculum Vulgare* L.) Landraces." **J. Sustainable Agriculture and Production Science.** ۲۲, ۴, pp ۵۸-۷۰.

- Rezaie Alulu A. Kheiry A. Sanikhani M. and Arghavani M. (۲۰۱۹). "Effect of Salicylic Acid and Glycine Betaine Foliar Application on Morpho-Physiological Characteristics of Carla (*Momordica Charantia* L.) under Water Deficit Stress." **J. Agric. Sci. Sust. Proc.**, ۲۹, ۱, pp ۲۲۳-۲۳۵.
- Roychoudhury A. and Tripathi D.K. (۲۰۱۹). **Molecular Plant Abiotic Stress**, Wiley Online Library.
- Saburi M. Mohammad R. Sayed H. Mohammad S. and Taghi D. (۲۰۱۴). "Effect of Amino Acids and Nitrogen Fixing Bacteria on Quantitative Yield and Essential Oil Content of Basil *Ocimum Basilicum*." **Agric. sci. dev.** ۳, ۸, pp ۲۶۵-۲۶۸.
- SadatEsmaelan K. ModaresSanavi S.A. and Hajilouei S. (۲۰۱۰). "Study of the Effect of Drought Stress on Antioxidant System in Seedlings of Some Perennial Alfalfa Ecotypes." **Iranian J. Field Crop Sci.**, ۴۱, ۱, pp -.
- Sakamoto A. and Murata N. (۲۰۰۲). "The Role of Glycine Betaine in the Protection of Plants from Stress: Clues from Transgenic Plants." **Plant Cell Environ.**, ۲۵, ۲, pp ۱۶۳-۱۷۱.
- Salekjalali M. Haddad R. and Jafari B. (۲۰۱۲). "Effects of Soil Water Shortages on the Activity of Antioxidant Enzymes and the Contents of Chlorophylls and Proteins in Barley." **Am. Eur. J. Agric. Environ. Sci.** ۱۲, pp ۵۷-۶۳.
- Salimi G. Feizian M. and Aliasgharzad N. (۲۰۱۹). "Interaction between Arbuscular Mycorrhizae Fungi Inoculation (*Glumus Verciforme*) and Selenium Nutrition on Growth and Biochemical Indices of Moldavian Balm (*Dracocephalum Moldavica* L.) under Drought Stress Condition." **Iranian J. Medic. Arom. Plant Res.**, ۳۵, ۱, pp ۱۵۸-۱۶۹.
- Sánchez-Rodríguez E. Moreno D.A. Ferreres F. del Mar Rubio-Wilhelmi M. and Ruiz J.M. (۲۰۱۱). "Differential Responses of Five Cherry Tomato Varieties to Water Stress: Changes on Phenolic Metabolites and Related Enzymes." **Phytochemistry.** ۷۲, ۸, pp ۷۲۳-۷۲۹.
- Sánchez-Rodríguez E. Rubio-Wilhelmi M.M. Cervilla L.M. Blasco B. Rios J.J. Rosales M.A. Romero L. and Ruiz J.M. (۲۰۱۰). "Genotypic Differences in Some Physiological Parameters Symptomatic for Oxidative Stress under Moderate Drought in Tomato Plants." **Plant Sci.**, ۱۷۸, ۱, pp ۳۰-۴۰.
- Sanikhani M. Akbari A. and Kheiry A. (۲۰۲۰). "Effect of Phenylalanine and Tryptophan on Morphological and Physiological Characteristics in Colocynth (*Citrullus Colocynthis* L.)." **J. Plant Proc. Func.**, ۹, ۳۵, pp ۳۱۷-۳۲۸.
- Sardoei A.S. Shahadadi F. Shahdadneghad M. and Imani A.F. (۲۰۱۴). "The Effect of Benzyladenine and Gibberellic Acid on Reducing Sugars of *Spathiphyllum Wallisii* Plant." **Intl. J. Farm & Alli Sci.** ۳, ۳, pp ۳۲۸-۳۳۲.

- Sarker B.C. Hara M. and Uemura M. (۲۰۰۵). "Proline Synthesis, Physiological Responses and Biomass Yield of Eggplants During and after Repetitive Soil Moisture Stress." **Sci. Hortic.**, ۱۰۳, ۴, pp ۳۸۷-۴۰۲.
- Selmar D. (۲۰۰۸). "Potential of Salt and Drought Stress to Increase Pharmaceutical Significant Secondary Compounds in Plants." **Landbauforschung Volkenrode.** ۵۸, ۱/۲, pp ۱۳۹.
- Sensoy S. Ertek A. Gedik I. and Kucukyumuk C. (۲۰۰۷). "Irrigation Frequency and Amount Affect Yield and Quality of Field-Grown Melon (*Cucumis Melo* L.)." **Agric. Water Manag.**, ۸۸, ۱-۳, pp ۲۶۹-۲۷۴.
- Seyed Ahmadi A. Bakhshandeh A. and Gharineh M. (۲۰۱۵). "Evaluation Physiological Characteristics and Grain Yield Canola Cultivars under End Seasonal Drought Stress in Weather Condition of Ahvaz." **Iranian J. Field Crops Res.**, ۱۳, ۱, pp ۷۱-۸۰.
- Shaki F. Ebrahimzadeh maboud H. and Niknam V. (۲۰۱۸). "The Effect of Interaction between Salicylic Acid and Penconazole on Physiological and Biochemical Responses of Safflower (*Carthamus Tinctorius* L.) under Salinity." **J. Plant Res.**, ۳۱, ۲, pp ۳۷۰-۳۸۲.
- Shang D. Zhang L. Han S. and Wang G. (۲۰۱۱). "Adjuvant Effect of a Novel Water-Soluble Polysaccharide Isolated from the Stem of *Physalis Alkekengi* L. Var. Francheti (Mast.) Makino." **J. Med. Plant Res.**, ۵, ۱۶, pp ۳۸۱۴-۳۸۱۸.
- Shao H.-B. Chu L.-Y. Jaleel C.A. and Zhao C.-X. (۲۰۰۸). "Water-Deficit Stress-Induced Anatomical Changes in Higher Plants." **C. R. Biol.**, ۳۳۱, ۳, pp ۲۱۵-۲۲۵.
- Sharma S.P. Leskovar D.I. Crosby K.M. Volder A. and Ibrahim A. (۲۰۱۴). "Root Growth, Yield, and Fruit Quality Responses of Reticulatus and Inodorus Melons (*Cucumis Melo* L.) to Deficit Subsurface Drip Irrigation." **Agric. Water Manag.**, ۱۳۶, pp ۷۵-۸۵.
- Shehata S. Abdel-Azem H.S. Abou El-Yazied A. and El-Gizawy A. (۲۰۱۱). "Effect of Foliar Spraying with Amino Acids and Seaweed Extract on Growth Chemical Constitutes, Yield and Its Quality of Celeriac Plant." **Eur. J. Res.**, ۵۸, ۲, pp ۲۵۷-۲۶۵.
- Sheokand S. Kumari A. and Sawhney V. (۲۰۰۸). "Effect of Nitric Oxide and Putrescine on Antioxidative Responses under NaCl Stress in Chickpea Plants." **Physiol. Mol. Biol. Plants.** ۱۴, ۴, pp ۳۵۵-۳۶۲.
- Shokouh A.R. Mehrafarin A. Abdossi V. and Badi H.N. (۲۰۱۸). "Morpho-Physiological and Biochemical Responses of Bladder Cherry (*Physalis Alkekengi* L.) Induced by Multienzymatic Biostimulant, Iba, and Citric Acid." **Folia Hortic.**, ۳۰, ۱, pp ۷۹.
- Siahmansour S. Ehtesham-Nia A. and Rezaeinejad A. (۲۰۲۰). "Effect of Salicylic Acid Foliar Application on Morpho- Physiological and Biochemical Traits of Goldenberry (*Physalis Peruviana* L.) under Salinity Stress Condition." **Journal of Plant**

Production Research. ۲۷, ۱, pp ۱۶۵-۱۷۸.

Simkin A.J. Moreau H. Kuntz M. Pagny G. Lin C. Tanksley S. and McCarthy J. (۲۰۰۸). "An Investigation of Carotenoid Biosynthesis in *Coffea Canephora* and *Coffea Arabica*." **J. Plant Physiol.**, ۱۶۵, ۱۰, pp ۱۰۸۷-۱۱۰۶.

Singh A. and Dubey R. (۱۹۹۵). "Changes in Chlorophyll a and B Contents and Activities of Photosystems ۱ and ۲ in Rice Seedlings Induced by NaCl." **Photosynthetica**, pp.

Slávik M. (۲۰۰۵). "Production of Norway Spruce (*Picea Abies* [L.] Karst.) Seedlings on Substrate Mixes Using Growth Stimulants." **J. For. Sci.**, ۵۱, pp ۱۵-۲۳.

Soad M. Lobna S.T. and Farahat M. (۲۰۱۰). "Influence of Foliar Application of Pepton on Growth, Flowering and Chemical Composition of *Helichrysum Bracteatum* Plants under Different Irrigation Intervals." **Ozean J. Appl. Sci.** ۳, ۱, pp ۱۴۳-۱۵۵.

Sofo A. Dichio B. Xiloyannis C. and Masia A. (۲۰۰۵). "Antioxidant Defences in Olive Trees During Drought Stress: Changes in Activity of Some Antioxidant Enzymes." **Funct. Plant Biol.**, ۳۲, ۱, pp ۴۵-۵۳.

Soltani Gerd faramarzi M.K. Omid H. Habibi H. Lebaschy M.H. and Zarezadeh A. (۲۰۱۱). "The Effects of Glycine Betaine and Drought Stress on Yield, Yield Components and Essential Oil in German Chamomile Genotypes in Yazd Region." **Iranian J. Medic. Arom. Plant Res.**, ۲۷, ۲, pp ۲۷۹-۲۸۹.

Sotiropoulos T. Dimassi K. and Therios I. (۲۰۰۵). "Effects of L-Arginine and L-Cysteine on Growth, and Chlorophyll and Mineral Contents of Shoots of the Apple Rootstock Em ۲۶ Cultured in Vitro." **Biol. Plant.**, ۴۹, ۳, pp ۴۴۳-۴۴۵.

Spaepen S. Vanderleyden J. and Remans R. (۲۰۰۷). "Indole-۳-Acetic Acid in Microbial and Microorganism-Plant Signaling." **FEMS Microbiol. Rev.**, ۳۱, ۴, pp ۴۲۵-۴۴۸.

Špoljarević M. Štolfa I. Lisjak M. Stanisavljević A. Vinković T. Agić D. Parađiković N. Teklić T. Engler M. and Klešić K. (۲۰۱۰). "Strawberry (*Fragaria X Ananassa* Duch) Leaf Antioxidative Response to Biostimulators and Reduced Fertilization with N and K." **Poljoprivreda.** ۱۶, ۱, pp ۵۰-۵۶.

Starck Z. (۲۰۰۵). "Growing Assistant: Application of Growth Regulators and Biostimulators in Modern Plant Cultivation." **Rolnik Dzierawca.** ۲, pp ۷۴-۷۶.

Tabrizi L. Mohamadi H. and Salehi R. (۲۰۱۵). "Optimizing Growth and Yield of Cape Gooseberry by Application of Vermicompost under Different Plant Densities." **J. Crop Improv.**, ۱۷, ۴, pp ۹۸۹-۱۰۰۱.

Tagadosi Nia F. Ghahremani Z. Barzegar T. Nikbakhat J. and Aelaei M. (۲۰۱۹). "Effect of Different Irrigation Regimes at Pre-Harvest Stage on Yield, Fruit Quality and Water Use Efficiency of Two Iranian Melon Accessions." **J. Agric. Sci. Sust. Proc.**, ۲۹, ۴, pp ۲۱۷-۲۳۱.

- Taiz L. and Zeiger E. (۱۹۹۱). "Plant Physiology." **Benjamin/Cummings series in the life sciences (USA)**, pp.
- Tajik N. and Danaee E. (۲۰۱۶). "Study the Effect of Spraying Pre-Harvest Glutamin, Arginine and Phenylalanine on Some Physicochemical and Enzymatic Traits and Longevity Gerbera Jamesonii Flower Cv." **Plant Mol. Biol.**, ۸, ۳, pp ۴.
- Tang W. and Newton R.J. (۲۰۰۵). "Polyamines Reduce Salt-Induced Oxidative Damage by Increasing the Activities of Antioxidant Enzymes and Decreasing Lipid Peroxidation in Virginia Pine." **Plant Growth Regul. J.**, ۴۶, ۱, pp ۳۱-۴۳.
- Tatari M. and Abbasi alikamar R. (۲۰۱۸). "Effect of Exogenous Application of Glycine Betaine on Physiological Traits and Tomato Yield in Drought Condition." **J. Crop Improv.**, ۲۰, ۳, pp ۶۹۳-۷۰۶.
- Tegeder M. (۲۰۱۴). "Transporters Involved in Source to Sink Partitioning of Amino Acids and Ureides: Opportunities for Crop Improvement." **J. Exp. Bot.**, ۶۵, ۷, pp ۱۸۶۵-۱۸۷۸.
- Teixeira W.F. Fagan E.B. Soares L.H. Umburanas R.C. Reichardt K. and Neto D.D. (۲۰۱۷). "Foliar and Seed Application of Amino Acids Affects the Antioxidant Metabolism of the Soybean Crop." **Front. Plant Sci.**, ۸, pp ۳۲۷.
- Terzi R. and Kadioglu A. (۲۰۰۶). "Drought Stress Tolerance and the Antioxidant Enzyme System." **Acta Biol. Crac. Ser. Bot.** ۴۸, pp ۸۹-۹۶.
- Thomas J. Mandal A. Raj Kumar R. and Chordia A. (۲۰۰۹). "Role of Biologically Active Amino Acid Formulations on Quality and Crop Productivity of Tea (*Camellia* Sp.)." **Int. J. Agric. Res.**, ۴, ۷, pp ۲۲۸-۲۳۶.
- Thornton B. and Robinson D. (۲۰۰۵). "Uptake and Assimilation of Nitrogen from Solutions Containing Multiple N Sources." **Plant Cell Environ.**, ۲۸, ۶, pp ۸۱۳-۸۲۱.
- Tiemann T.T. Franco L.H. Peters M. Frossard E. Kreuzer M. Lascano C.E. and Hess H.-D. (۲۰۰۹). "Effect of Season, Soil Type and Fertilizer on the Biomass Production and Chemical Composition of Five Tropical Shrub Legumes with Forage Potential." **Grass Forage Sci.** ۶۴, ۳, pp ۲۵۵-۲۶۵.
- Torab Ahmadi S. Abedy B. and Saber Ali S.F. (۲۰۱۹). "Evaluation of Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Pistachio Plant in Response to Amino Acid Compounds and Seaweed Extract." **J. Agric. Sci. Sust. Proc.**, ۲۹, ۴, pp ۱۸۹-۲۰۴.
- Torabi Giglou M. Heydarnajad Giglou R. Esmailpour B. and Azarmi R. (۲۰۲۰). "Effect of Different Concentrations of Kitoplas Growth Stimulator on Morphological Characteristics and Essential Oil in Peppermint Plant Underlow Irrigation Stress." **J. Agric. Sci. Sust. Proc.**, ۳۰, ۳, pp ۱۶۹-۱۸۴.
- Tzin V. and Galili G. (۲۰۱۰). "The Biosynthetic Pathways for Shikimate and Aromatic

- Amino Acids in Arabidopsis Thaliana." **J. Curr. Adolesc. Med.**, ٨, pp.
- Vafaei M.H. parsaei m. Nezami a. Ganjeali A. and Noroozi sharaf A. (٢٠١٩). "Effect of Drought Stress on Leaf Chlorophyll Fluorescence, Yield, Yield Components and Economic Water Use Efficiency of Selected Lentil Genotypes." **J. Crop Improv.**, ٢١, ٢, pp ١٢١-١٤٨.
- Vinocur B. and Altman A. (٢٠٠٥). "Recent Advances in Engineering Plant Tolerance to Abiotic Stress: Achievements and Limitations." **Curr. Opin. Biotechnol.**, ١٦, ٢, pp ١٢٣-١٣٢.
- Vwioko E.D. Osawaru M.E. and Eruogun O.L. (٢٠٢١). "Evaluation of Okro (*Abelmoschus Esculentus* L. Moench.) Exposed to Paint Waste Contaminated Soil for Growth, Ascorbic Acid and Metal Concentration." **Afr. J. Agric.**, ٤, ١, pp.
- Wahba H. Motawe H. and Ibrahim A. (٢٠١٥). "Growth and Chemical Composition of *Urtica Pilulifera* L. Plant as Influenced by Foliar Application of Some Amino Acids." **J. Mater. Environ. Sci.**, ٦, ٢, pp ٤٩٩-٥٠٦.
- Waller G.R. and Nowacki E.K. (١٩٧٨). The Role of Alkaloids in Plants, ١٤٣-١٨١. **Alkaloid Biology and Metabolism in Plants**. Springer.
- Wang L.-J. Fan L. Loescher W. Duan W. Liu G.-J. Cheng J.-S. Luo H.-B. and Li S.-H. (٢٠١٠). "Salicylic Acid Alleviates Decreases in Photosynthesis under Heat Stress and Accelerates Recovery in Grapevine Leaves." **BMC Plant Biol.**, ١٠, ١, pp ١-١٠.
- Wang W.-B. Kim Y.-H. Lee H.-S. Kim K.-Y. Deng X.-P. and Kwak S.-S. (٢٠٠٩). "Analysis of Antioxidant Enzyme Activity During Germination of Alfalfa under Salt and Drought Stresses." **Plant Physiol. Biochem.**, ٤٧, ٧, pp ٥٧٠-٥٧٧.
- Wang X. Vignjevic M. Jiang D. Jacobsen S. and Wollenweber B. (٢٠١٤). "Improved Tolerance to Drought Stress after Anthesis Due to Priming before Anthesis in Wheat (*Triticum Aestivum* L.) Var. Vinjett." **J. Exp. Bot.**, ٦٥, ٢٢, pp ٦٤٤١-٦٤٥٦.
- Waraich E.A. Ahmad R. and Ashraf M. (٢٠١١). "Role of Mineral Nutrition in Alleviation of Drought Stress in Plants." **Aust. J. Crop Sci.**, ٥, ٦, pp ٧٦٤-٧٧٧.
- Williams M. and Loewus F.A. (١٩٧٨). "Biosynthesis of (+)-Tartaric Acid from L-[٤-١٤C] Ascorbic Acid in Grape and Geranium." **Plant Physiol.**, ٦١, ٤, pp ٦٧٢-٦٧٤.
- Wu Q. and Zou Y. (٢٠٠٩). "Mycorrhizal Influence on Nutrient Uptake of Citrus Exposed to Drought Stress." **Philipp. Agric. Sci.**, ٩٢, ١, pp ٣٣-٣٨.
- Wu S. Cao Z. Li Z. Cheung K. and Wong M.H. (٢٠٠٥). "Effects of Biofertilizer Containing N-Fixer, P and K Solubilizers and Am Fungi on Maize Growth: A Greenhouse Trial." **Geoderma**. ١٢٥, ١-٢, pp ١٥٥-١٦٦.
- Wu X. Zhu W. Zhang H. Ding H. and Zhang H.J. (٢٠١١). "Exogenous Nitric Oxide Protects against Salt-Induced Oxidative Stress in the Leaves from Two Genotypes of

- Tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.)." **Acta Physiol. Plant.** ۳۳, ۴, pp ۱۱۹۹-۱۲۰۹.
- Xing W. and Rajashekar C. (۱۹۹۹). "Alleviation of Water Stress in Beans by Exogenous Glycine Betaine." **Plant Sci.**, ۱۴۸, ۲, pp ۱۸۵-۱۹۲.
- Yadollahi P. Asgharipour M.R. and Sheikhpour S. (۲۰۱۵). "Effects of Ascorbic Acid on Growth and Photosynthetic Pigments of Basil under Arsenic Toxicity." **J. Crop Ecophysiol.**, ۸, ۳۲(۴), pp ۵۵۳-۵۶۶.
- Yazdani-Biouki R. and Khajeh Hosseini S. (۲۰۲۰). "Synergistic Effect of Drought Stress and Glycine Amino Acid Treatment on Structural and Antioxidant Reactions of Moldavian Balm (*Dracocephalum moldavica*)." **J. Crop Prod.**, ۱۳, ۱, pp ۱۴۷-۱۵۸.
- Yordanov I. Velikova V. and Tsonev T. (۲۰۰۰). "Plant Responses to Drought, Acclimation, and Stress Tolerance." **Photosynthetica.** ۳۸, ۲, pp ۱۷۱-۱۸۶.
- Youssef A. (۲۰۱۴). "Influence of Some Amino Acids and Micro-Nutrients Treatments on Growth and Chemical Constituents of Echinacea Purpurea Plant." **J. Plant Proc.**, ۵, ۴, pp ۵۲۷-۵۴۳.
- Yuan S. and Lin H.-H. (۲۰۰۸). "Minireview: Role of Salicylic Acid in Plant Abiotic Stress." **Z. Naturforsch., C, J. Biosci.**, ۶۳, ۵-۶, pp ۳۱۳-۳۲۰.
- Zarei F. Shahriari M.H. Nikkhah R. Bayat P. and Dindarlou A. (۲۰۱۹). "Growth and Physiological Responses of Sweet Basil to Foliar Application of Chelate and Nano Chelate of Potassium under Deficit Irrigation Stress." **J. Crop Improv.**, ۲۰, ۴, pp.
- Zekavati h. Shoor M. Rouhani H. Fazeli kakhki s.f. and Ganji Moghadam E. (۲۰۱۹). "Effect of Trichoderma (Trichoderma Fungus) on Morphological and Biochemical Traits of Tuberose under Drought Stress." **J. Crop Improv.**, ۲۱, ۱, pp ۶۱-۷۳.
- Zhang K.-M. Yu H.-J. Shi K. Zhou Y.-H. Yu J.-Q. and Xia X.-J. (۲۰۱۰). "Photoprotective Roles of Anthocyanins in Begonia Semperflorens." **Plant Sci.**, ۱۷۹, ۳, pp ۲۰۲-۲۰۸.

Abstract

Two field experiments as randomized complete block design with three replications in Karaj and Shahriyar were conducted to study the ecophysiological and phytochemical responses of Chinese lantern to biostimulants under low irrigation conditions. Treatments were split-plot arrangement of 3 irrigation levels [complete irrigation (control); 50% (moderate stress) and 80% irrigation (intense stress)] in main plots, and foliar application of 4 amino acids [control, tryptophan, glycine, tyrosine and arginine (1 mg/L)] in sub-plots. The results of the analysis of variance indicated that in some cases the effect of few factors, and in other cases the effect of all factors were significant on all measured traits. Tyrosine and arginine intensified the activity of peroxidase enzyme under intense stress conditions of Shahriyar, as compared to control; this was not true for proline. Under intense stress conditions of Karaj, the foliar application effect on proline was increasing when compared with control. Under 80% irrigation conditions of Shahriyar, tyrosine, arginine, and glycine increased the lycopene amount to a level higher than control. This was not true under Karaj conditions, which indicates that the effect of these amino acids is undermined by climatic and edaphic conditions. The increasing effect of tyrosine on total dry weight was significant only under 80% irrigation conditions; the effect of other amino acids was positive under all irrigation levels. Under stressed- and non-stressed-conditions, tryptophan could promote the economic yield to a level higher than control; accordingly, application of this amino acid is recommendable.

Keywords: Chinese lantern, Drought stress, Foliar application, Amino acid, Morphophysiological and phytochemical traits.



Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Ph.D. Thesis in Agronomy

Study of Ecophysiological and phytochemical response of chinese lantern (*Physalis alkekengi* L.) to biostimulants application under low irrigation conditions

By: **Sirous Saremi**

Supervisors:

Dr. Manoochehr Gholipoor

Dr. Hamid Abbasdokht

Advisors:

Dr. Hasanali Naghdi Badi

Dr. Ali Mehrafrin

Dr. Hamid Reza Asghari

September, ۲۰۲۱