فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۴، شماره ۶۴، فروردین و اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۴ صفحه: ۳۳۱-۳۴۹
https://doi.org/10.22034/14.65.331

مقاله پژوهشی

بررسی کاربرد اسید هیومیک و گلایسین در تعدیل اثرات منفی تنش خشکی بر برخی از صفات بیوشیمیایی پیاز رقم مینروا

حامد محمدی[۱]، محسن خدادادی[۲*]، سپیده کلاته جاری[۱] و مرجان دیانت[۱]
[۱] گروه کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۲] موسسه تحقیقات علوم باغبانی، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۰۶/۲۷)

چکیده

تنش آبی و درصد کم مواد غذایی خاک در اقلیم‌های خشک از عوامل محدودکننده رشد محصولات کشاورزی به شمار می¬روند. تغذیه متناسب گیاهان در کاهش اثرهای منفی تنش خشکی، مفید است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با تیمار تنش خشکی (در سه سطح (۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه)) و تیمارهای در برگیرنده گلایسین بتائین و اسید هیومیک (در شش سطح (عدم کاربرد، ۲ میلی‌مولار گلایسین بتائین، ۴ میلی‌مولار گلایسین بتائین، ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک ،۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و گلایسین بتائین ۲ میلی‌مولار + ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک) در سه تکرار بود. با توجه به نتایج، هر دو تیمار خشکی و اسیدآمینه در افزایش کربوهیدرات محلول نقش داشت. به‌طوریکه بیشترین مقدار کربوهیدارت محلول در تیمار گلایسین بتائین ۲ + اسید هیومیک ۴ و در شدیدترین تنش خشکی به کار رفته (۵۵٪) به میزان ۱/۲۱ میلی‌گرم/گرم مشاهده شد. افزایش شدت تنش خشکی منجر به افزایش مقادیر ویتامین سی و اسید پیرویک شد. به عبارتی پیازهایی که آب کمتر دریافت کرده بودند تندتر بودند. هر دو اسیدآمینه در همه غلظت‌های استفاده‌شده در افزایش ویتامین سی و اسید پیرویک اثر داشت با افزایش سطح تنش، مقدار تولید فنول کل نیز افزایش یافت به صورتی‌که در تیمار ۵۵ درصد آبیاری، میزان فنول کل شاهد نسبت به شرایط بدون تنش، ۵ درصد افزایش تولید نشان داد. با افزایش تنش خشکی میزان نیتروژن و فسفر گیاه کم شد. همچنین کمترین مقدار کلسیم در تیمار شاهد و کاربرد توأم اسیدآمینه گلایسین ۲ میلی¬مولار و اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. به‌طورکلی هر دو تیمار اسید هیومیک و گلایسین بتائین در کاهش خسارت ناشی از تنش مؤثر بوده و اعمال همزمان هر دو ماده در غلظت مناسب در افزایش عناصر غذایی، میزان پرولین و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در شرایط تنش خشکی اثرگذار بود.

واژه‌های کلیدی: اسید پیروویک، پرولین،کاتالاز، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، نیتروژن

مقدمه

محدودیت آبی و درصد کم مواد آلی خاک در اقلیم¬های خشک از عوامل محدودکننده رشد محصولات کشاورزی به شمار می¬روند (Gavili *et al.*, 2018). از یک سو، تغذیه متناسب گیاهان در کاهش اثرهای منفی تنش¬های زیستی از جمله تنش خشکی، مفید است (Van den Berg and Zeng,

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: kodadadi@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]
[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]

2006). استفاده از کودهای آلی در طی زمان می¬تواند به افزایش مقدار ماده آلی خاک بینجامد. تغذیه مناسب گیاهان در کاهش اثرهای منفی تنش¬های زیستی، از جمله تنش خشکی، مفید است. افزودن اسید هیومیک به خاک، حاصلخیزی آن را افزایش می‌دهد ضمن اینکه از نظر مواد غذایی نیز غنی است. افزایش تعداد و فعالیت ریزموجودات خاک نیز از فواید استعمال اسید هیومیک است (Mikkelsen, 2005). اسید هیومیک در فعال‌سازی آنزیمی، سوخت‌وساز پروتئین، فتوسنتز، تعرق، جذب آب و مواد غذایی بواسطه جریان هورمونی، نسبت هیدروکسی پرولین به پرولین، نفوذپذیری غشای سلولی، اجزای دخیل در انتقال زنجیره الکترون و فعالیّت رادیکال‌های آزاد در ساختار اسید هیومیک و گونه‌های اکسیژن فعال در گیاهان (Calvo *et al*., 2014)، جذب فسفر و اکسیژن و بهبود رشد ریشه نقش دارند (Fahramand *et al*., 2014). گفته شده است که اسید هیومیک در فعالیّت آنزیم H^+-ATPase که در غشای سلولی قرار دارد و پروتون‌ها را به خارج از سلول پمپ می‌کند و باعث ایجاد جریان شیب الکتروشیمیایی از طریق غشای سلولی که نهایتاً باعث جذب عناصر غذایی می‌شود، نیز نقش دارد (Canellas and Olivares, 2014).

گلایسین به عنوان محافظ اسمزی، ساختمان چهارم پروتئین‌ها و ساختار غشاهای سلولی را از اثرات مضر تنش شوری، خشکی و گرما محافظت می‌کند (Sakamoto and Murata, 2002). در ذرت استعمال گلایسین بتائین به افزایش مقاومت گیاه به تنش خشکی منتهی شد (Iqbal and Shababuddin, 2008). گزارش شده است که کاربرد گلایسین بتائین موجب کاهش پراکسیداسیون لیپید و افزایش مقدار پرولین و کلروفیل و افزایش سطح برگ سوم در گوجه گردید (تقدیسی سیار و همکاران، ۱۳۹۵). کاهش در میزان تولید محصول پیاز در رقم Bhima Kiran تحت تنش خشکی، غالباً به دلیل کاهش قابل ملاحظه در اندازه لایه‌های مرکزی است (Ghodke *et al*., 2018). میزان ماده جامد به عنوان شاخص مفید در طعم پیاز به شمار می¬رود (Ghodke *et al*., 2018). با افزایش مقدار آبیاری، محتوای مواد جامد محلول غده افزایش نشان داد که این افزایش به دلیل دسترسی مطلوب به مواد غذایی در اثر وجود مقدار رطوبت بهینه برای رشد است (Kumar *et al*., 2007). در تنش خشکی در پیاز رقم Bhima Kiran، میزان مواد جامد در تنش خشکی افزایش یافت. گفته شده است که در تنش ملایم خشکی، میزان مواد جامد کل افزایش می‌یابد که منجر به افزایش کیفیت و طعم می‌گردد (Ghodke *et al*., 2018). کاربرد اسید آمینه لیزین در پیاز، مقدار مواد جامد محلول سوخ را در مقایسه با شاهد افزایش داد (Rafie *et al*., 2017). هر چند در زمینه تأثیر تنش کم آبی در پیاز مطالعاتی صورت گفته است اما تاکنون در ایران مطالعه‌ای مبنی بر تأثیر بکار بردن تعدیل‌کننده‌های تنش خشکی بر خصوصیات کمی و کیفی پیاز صورت نگرفته است لذا خلا وجود تحقیقی با این هدف محسوس است. اهمیت اقتصادی پیاز، لزوم انجام طرحی در راستای کاهش تنش خشکی در این محصول استراتژیک را ضروری نموده است. از این‌رو مطالعه حاضر به منظور اعمال تیمارهایی در برابر تنش خشکی است تا بتوان میزان کارآمدی تیمارهای اعمال‌شده را مورد آزمایش قرار داد. مطالعه حاضر می‌تواند به معرفی تیمار مناسب در شرایط تنش کمک نماید.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق به بررسی تأثیر تنش خشکی بر ویژگی‌های رشدی و فیتوشیمیایی غده¬های تولیدی پیاز و کاربرد ماده گلایسین بتائین و اسید هیومیک به عنوان مواد کاهش‌دهنده اثرات منفی تنش خشکی به صورت مجزا و تلفیقی پرداخته شد. در راستای تعیین و انتخاب تیمار مناسب، کارایی تأثیر این تیمارها در مقایسه با یکدیگر و شاهد بر عملکرد و رشد پیاز، مورد قیاس قرار گرفت تا در نهایت تیمار برتر و کارآمد برای شرایط اقلیمی منطقه، معرفی شود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در شهرستان جیرفت (X=586155, Y=3156048UTM) انجام شد. به‌منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و گلایسین بتائین بر تحمل به خشکی گیاه پیاز رقم مینروا آزمایشی گلدانی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]

[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]

جدول ۱- آنالیز خاک استفاده‌شده در آزمایش

بافت خاک	شن (٪)	ماسه (٪)	لوم (٪)	درصد مواد آلی	pH	EC (dS m-1)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	کربنات کلسیم (٪)
لوم شنی	۴۰	۳۳	۲۷	۰/۵۷	۷/۵	۲/۴۵	۲۱۰	۱۵	۱۴/۸

جدول ۲- داده‌های هواشناسی منطقه جیرفت طی دوره رشد

بازه زمانی	حداکثر رطوبت نسبی هوا ٪	حداقل رطوبت نسبی هوا ٪	حداکثر دما (C)	حداقل دما (C)	میانگین بارش (mm)	تبخیر ۲۴ ساعته	ساعت آفتابی
شهریور	۳۸	۲۰	۴۰/۴	۲۷/۹	–	۴۲۵/۲	۳۳۴/۸
مهر	۵۵	۳۵	۳۶/۹	۲۳/۸	–	۳۰۷/۷	۲۹۵/۶
آبان	۵۵	۲۸	۳۰/۲	۱۷/۳	–	۲۰۰/۶	۲۸۲/۱
آذر	۵۸	۲۸	۲۱/۳	۹/۴	۶/۳	۱۰۵/۷	۲۲۸/۷
دی	۶۴	۲۹	۲۲	۹/۱	۶	۱۱۰/۸	۲۵۹/۴

به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل تنش کم خشکی در سه سطح (۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) و تیمارهای در برگیرنده گلایسین بتائین و اسید هیومیک در شش سطح (عدم کاربرد، ۲ میلی‌مولار گلایسین بتائین، ۴ میلی‌مولار گلایسین بتائین، ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک ،۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و گلایسین بتائین ۲ میلی‌مولار + ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک) بود. در این آزمایش از آنیون ست (پیاز کوچک) رقم هیبرید مینروا که از ارقام رایج در کشت پیاز در منطقه جیرفت است، استفاده شد. به این ترتیب کشت آنیون ست‌ها به صورت مستقیم در گلدان‌هایی با قطر ۲۵ سانتی‌متر و در هر گلدان ۹ پیاز و ترکیب بستر خاک زراعی و ماسه به نسبت ۱:۱ در اواسط شهریور انجام شد و در نهایت سه بوته با رشد یکسان برای ادامه آزمایش و اندازه‌گیری صفات در هر گلدان نگه داشته شد. بذر پیاز رقم مینروا از شرکت انزا هلند تهیه شد. با ذکر این توضیح که بذر پیاز ابتدا در خزانه کشت شده و بعد از ۵۰ روز تبدیل به آنیون ست می‌گردد. سپس به انبارهای با دمای ۱۸–۲۱ درجه منتقل و پس از دو ماه نگهداری آنیون ست‌ها قابل کشت است. در آزمایش فوق از آنیون ست‌های حاصل از بذر استفاده گردید. گلایسین بتائین از شرکت مرک آلمان و اسید هیومیک نشان هیومیک پلاس (لئوناردیت فراوری‌شده اسپانیا، خریداری‌شده از شرکت صنایع شیمیایی سبزگل) تهیه شد.

مقدار کودهای بکار برده شده بر اساس کشاورزی رایج در منطقه استفاده شد. مراحل رشدی پیازها ثبت شد و نهایتاً صفت‌های مورد نظر اندازه‌گیری شد. نتایج آنالیز خاک در جدول ۱ و داده‌ها هواشناسی منطقه جیرفت طی دوره رشد در جدول ۲ آورده شده است.

اسید هیومیک استفاده‌شده شامل ۵۳ درصد هیومیک اسید و ۱۲ درصد اسید فولیک (وزنی به وزنی) بود. بنابر توصیه شرکت تولیدکننده به تکرار اعمال تیمار تا رسیدن ۸ الی ۱۵ کیلو در هکتار برای گیاهان یک ساله، بنابراین تیمار مذکور طی دو مرحله – هنگام آماده‌سازی بسترها و مرحله دوم قبل از کشت آنیون ست – به خاک افزوده شد. تیمار محلول‌پاشی برگی گلایسین از دو هفته پس از کشت و در طی مرحله رشد به صورت ماهانه و با استفاده از اسپری دستی و صبح زود اعمال گردید. تنش خشکی براساس روش وزنی انجام شد (Shibairo *et al.*, 1998). از سه هفته پس از کشت آنیون ست‌ها و طی دوره آزمایش، در صورت مشاهده کاهش محتوای آب گلدان (با توزین گلدان‌ها)، آبیاری تا رسیدن به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]
[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]

سطح تیمار مربوطه صورت پذیرفت. در انتهای آزمایش یعنی در مرحله برداشت پیاز در دی ماه تجزیه عناصر گیاه و صفات فیزیولوژیکی در آزمایشگاه خاکشناسی خاک آزما سبزواران شهرستان جیرفت و صفات بیوشیمیایی در آزمایشگاه غذا و داروی شهرستان مشکین شهر انجام شد.

نیتروژن به روش کجدال (Bremmer and Mulvaney, 1982)، فسفر، پتاسیم و کلسیم با روش ICP اندازه‌گیری شد (Van de Wiel, 2003). میزان پرولین از روش Bates و همکاران اندازه‌گیری شد (۱۹۷۳). ۱۰۰ میلی‌گرم نمونه وزن شده و به میکروتیوب ۱/۵ میلی‌لیتری انتقال داده شد. سپس به نمونه برگی ازت مایع افزوده و پودر گردید. ۴۰۰ میکرولیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد به نمونه اضافه و به مدت پنج دقیقه در سانتریفیوژ با دور ۳۰۰۰، قرار داده شد. ۲۰۰ میکرولیتر از محلول شفاف رویی به میکروتیوب جدید منتقل و به آن ۲۰۰ میکرولیتر معرف ناین‌هیدرین و ۲۰۰ میکرولیتر اسید استیک گلایسال افزوده شد. محلول به مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری ۱۰۰ درجه قرار داده شد. بعد از سردشدن، عدد جذب در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر اسپکتروفتومتر خوانده گردید. مقدار فنول کل با روش اسپکتروفوتومتری و با تست فولین سیوکالتیو (Folin-Ciocalteu) با اندکی تغییر مطابق روش Singleton و Rossi (۱۹۶۵) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری آنتی‌اکسیدان، یک میلی‌لیتر از عصاره متانولی با یک میلی‌لیتر DPPH با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار مخلوط گردید. از متانول خالص به عنوان شاهد استفاده شد. نمونه‌ها ۳۰ دقیقه در شرایط بدون نور نگهداری شدند و سپس قرائت در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر اسپکتروفتومتر انجام شد (Ebrahimzadeh *et al.*, 2009). به منظور اندازه‌گیری اسید پیروویک یا شاخص تندی پیاز، از روش رنگ‌سنجی با روش ۴-۲- دی‌نیترو فنیل هیدرازین (DNPH) استفاده شد. پس از حذف پوسته¬های بیرونی، هر گرم از سوخ با یک میلی¬لیتر آب‌مقطر مخلوط و از صافی عبور داده می¬شود. به ماده حاصله، نیم میلی‌لیتر DNPH افزوده شده و سپس در حمام آب با ۳۷ درجه سانتی¬گراد قرار داده شد و در طول‌موج ۶۲۰ نانومتر اسپکتروفتومتر خوانده شد (Gordon and Barrett, 2003). اندازه‌گیری ویتامین ث به روش تیتراسیون با محلول رنگی دی کلروفنول ایندوفنول انجام شد (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۴). به منظور اندازه‌گیری غلظت کربوهیدرات‌های محلول، نمونه‌های برگ ابتدا در دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شده، پس از آن کربوهیدرات‌های محلول از طریق سه بار عصاره‌گیری یک گرم ماده خشک برگ در ۱۵ میلی‌لیتر الکل اتیلیک داغ ۸۰ درصد استخراج شد و در نهایت غلظت کربوهیدرات‌های محلول به وسیله اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۵۳۵ نانومتر و با توجه به منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف گلوکز، تعیین شد (Ahmadi and Sio-Se Mardeh, 2004). میزان مواد جامد محلول پیازها با استفاده از دستگاه رفراکتومتر در دمای اتاق اندازه‌گیری شد. برای این منظور، چند قطره از عصاره آب سوخ بر روی سطح شیشه رفراکتومتر قرار داده و پس از تنظیم دستگاه عدد مربوطه خوانده و یادداشت شد. میزان مواد جامد محلول بر حسب درصد (درجه بریکس) بیان می‌گردد (طباطبایی، ۱۳۸۸).

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز: برای سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز به روش Mac-Adam و همکاران (۱۹۹۲) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۴۷۵ نانومتر در مدت ۶۰ ثانیه استفاده می‌شود. در آن از بافر فسفات سدیم ۲۰ میلی‌مولار با pH معادل با ۶ و گایاکول ۲۰۰ میلی‌مولار به عنوان الکترون‌دهنده و ۱۰ میکرولیتر هیدروژن پراکساید ۳۰ درصد (وزنی/حجمی) به عنوان پذیرنده الکترون مورد استفاده قرار گرفت و بر حسب واحد در میلی‌گرم پروتئین بیان شد.

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز و آنزیم پلی‌فنل اکسیداز: سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس روش Gong و همکاران (۱۹۹۷) انجام گرفت. ابتدا در هر دو کووت شاهد و کووت نمونه مقدار ۳ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم ریخته و به آن‌ها مقدار ۴/۵۱ میکرولیتر آب اکسیژنه ۳۰ درصد اضافه گردید. سپس هر دو کووت درون دستگاه اسپکتروفتومتر قرار داده شد. و عدد قرائت‌شده دستگاه صفر گردید. در مرحله بعد به کووت شاهد مقدار ۵۰ میکرولیتر از عصاره گیاهی اضافه شده و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]

[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]

بلافاصله تغییرات جذب آن در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر به مدت ۱۲۰ ثانیه و با فواصل ۱۰ ثانیه‌ای خوانده شد. در نهایت میزان فعالیت آنزیم کاتالاز بر حسب واحد در گرم برگ تازه طبق رابطه زیر محاسبه گردید. هر یک واحد از فعالیت آنزیم کاتالاز به عنوان مقداری از آنزیم در نظر گرفته شد که موجب تجزیه یک میکرومول آب اکسیژنه در هر دقیقه می‌شود. پلی‌فنل اکسیداز با روش Mohammadi و Kazemi (۲۰۰۲) صورت گرفت.

از نرم‌افزار SAS 9.1 و Excel برای تجزیه‌های آماری و رسم نمودار و جهت تجزیه واریانس تیمارها و مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

مواد جامد محلول، کربوهیدرات کل: نتایج تجزیه واریانس جدول ۳ نشان داد اثر ساده و متقابل تیمارها بر میزان کربوهیدارت موجود در برگ پیاز اثر معنی‌دار داشت. همچنین طبق نتایج همین جدول اثرات ساده دو تیمار مورد بررسی بر میزان مواد جامد محلول نیز مؤثر بود. خشکی منجر به کاهش مواد جامد محلول پیاز شد. با توجه به نتایج جدول ۵ درصد مواد جامد محلول از ۸/۶ به ۴/۶ کاهش یافت. از طرفی استفاده از تیمارهای مربوط به اسیدآمینه منجر به افزایش مقادیر مواد جامد محلول (جدول ۶) و کربوهیدارت کل شد. با توجه به نتایج برهمکنش تنش خشکی و اسیدآمینه هر دو تیمار خشکی و اسیدآمینه در افزایش کربوهیدرات محلول نقش داشت. به‌طوریکه بیشترین مقدار کربوهیدارت محلول در تیمار گلایسین بتائین ۲ + اسید هیومیک ۴ و در شدیدترین تنش خشکی به کار رفته (۵۵٪) به میزان ۱/۲۱ میلی‌گرم/گرم مشاهده شد (شکل ۱). از عوامل مهمی که در کیفیت سوخ مؤثر است درصد ماده خشک و میزان کل مواد جامد محلول است. این دو از عوامل مهم کیفیت بوده و نقش مهمی در تولید فراورده‌های پیاز از جمله عصاره غلیظ شده و روغن پیاز دارد که میزان آن در سوخ بسته به عوامل زراعی و رقم مورد استفاده متفاوت است (Resemann *et al*., 2008; Rostam Foroudi, 2006). افزایش مقدار قند با کاربرد گلایسین بتائین به عنوان یک اسمولیت سازگار می‌تواند به دلیل نقش این ماده در بهبود روابط آبی گیاه باشد. از آنجا که فتوسنتز نیاز به شرایط آبی مناسب دارد در نتیجه محلول‌پاشی با گلایسین بتائین روابط آبی در گیاه بهبود یافته و شرایط برای فتوسنتز بهتر می‌شود. به این ترتیب تولید محصولات فتوسنتزی مثل قندهای محلول بیشتر می‌شود. نتایج بدست آمده در این رساله با نتایج Gorham و همکاران (۲۰۰۰) و Makhdum و Shababuddin (۲۰۰۶) روی گیاه پنبه مطابقت دارد. مصرف خاکی و برگی آمینواسیدها نیز سبب افزایش میزان مواد جامد محلول این محصول نسبت به شاهد شد. نتایج این بررسی بیان می‌کند که افزایش میزان TSS ممکن است مرتبط با آنزیم‌هایی باشد که افزایش سنتز پروتئین‌ها، اسیدها و قندهای مختلف را بر عهده دارد (Abd El-Rezak and Saleh, 2012). طبق مطالعات محلول‌پاشی گلوتامین به عنوان یک اسیدآمینه بر افزایش درصد نیتروژن، پروتئین، مواد جامد محلول، درصد کربوهیدرات و درصد ماده خشک پیاز اثر دارد(Shafeek *et al*., 2012).

ویتامین سی و اسید پیرویک: با اعمال سطوح متفاوت تنش خشکی بین مقادیر ویتامین سی و اسید پیرویک موجود در عصاره پیاز اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ مشاهده شد. همچنین کاربرد سطوح متفاوت اسیدآمینه بر مقدار این دو صفت اثرگذار بود. این در حالی است که برهمکنش این تیمارها بر مقادیر ویتامین سی و اسید پیرویک اثر معنی‌دار نداشت. طعم پیاز به هیدرولیز آنزیمی موادی تحت عنوان آلین، متین، ایزوآلین و پرولین به همراه مواد گلوتاتیونی بستگی دارد (Durenkamp and Dekok, 2004). تمامی این مواد تا زمانی که بافت آن آسیب ندیده بی‌بو هستند، در زمان برش مکانیکی، سلول‌ها با عملکرد ویژه آنزیمی از جمله آلیناز که از واکوئل آزاد می‌شود، تجزیه آنها شروع و در نهایت مقادیری آمونیاک و اسید پیروییک تولید می شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین اسید پیروییک تولیدشده و خصوصیت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]
[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیوشیمیایی پیاز رقم مینروا تحت تأثیر تنش خشکی و کاربرد تیمارهای اسید هیومیک و گلایسین بتائین

منابع تغییرات	درجه آزادی	کربوهیدارت	مواد جامد محلول	پراکسیداز	کاتالاز	پلی‌فنل اکسیداز	ویتامین سی	اسید پیرویک
تنش خشکی	۲	۱/۰۴**	۷۲/۰۷**	۷/۹۸**	۴۹/۹۹**	۲۵۱/۸۴**	۲۶۷۲/۱۴**	۲۷۶/۹۵**
اسید آمینه	۵	۰/۰۰۵**	۰/۳۲**	۲/۸۶**	۱/۴۹**	۵/۶۱**	۳۹۷/۷۹**	۴۱/۳۸**
تنش خشکی × اسیدآمینه	۱۰	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۵ns	۰/۲۳ns	۰/۲۲**	۱/۰۳**	۰/۴۵ns	۰/۴۶ns
خطای آزمایشی	۳۶	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴	۲/۲۷	۰/۴۹

***، ** به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و ns بیانگر اختلاف غیر معنی‌دار**

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس برخی از صفات فیتوشیمیایی پیاز رقم مینروا تحت تأثیر تنش خشکی و کاربرد تیمارهای اسید هیومیک گلایسین بتائین

منابع تغییرات	درجه آزادی	پرولین	فعالیت آنتی‌اکسیدان	فنل کل	کلسیم	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
تنش خشکی	۲	۰/۸۳**	۲/۴۹**	۱/۵۸**	۰/۰۲**	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۴**	۰/۰۷**
اسید آمینه	۵	۰/۰۴**	۰/۴۶**	۰/۲۳**	۰/۰۱**	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۲**	۰/۰۱**
تنش خشکی× اسیدآمینه	۱۰	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۴**	۰/۰۲۴**	۰/۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۰۶ns	۰/۰۰۰۰۳ns	۰/۰۰۰۰۴ns
خطای آزمایشی	۳۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳

***، ** به ترتیب بیانگر اختلاف معنی¬دار در سطح ۵ و ۱ درصد و ns بیانگر اختلاف غیر معنی‌دار**

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ساده تنش خشکی بر صفات فیزیوشیمیایی پیاز رقم مینروا

تنش خشکی (FC %)	مواد جامد محلول	پراکسیداز ($Unit.gfw^{-1}.min^{-1}$)	N g/kg	P g/kg	K g/kg
۸۵	۸/۶۲a	۲/۰۸c	۰/۰۸۱a	۰/۰۶۴a	۰/۴۵۳a
۷۰	۶/۳۰b	۲/۴۸b	۰/۰۶۵b	۰/۰۴۲b	۰/۳۷۷b
۵۵	۴/۶۴c	۳/۳۸a	۰/۰۵۱c	۰/۰۳۴c	۰/۳۲۶c

میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ندارند (P≤۰/۰۵).

تندی وجود دارد. به عبارت دیگر اندازه مقادیر ترکیبات پیش‌رو در طعم و مزه پیاز از جمله اسید پیروییک به طور متناوب با اندازه‌گیری‌های طعم یا تندی پیاز در ارتباط است (Dhumal *et al.*, 2006). در این تحقیق افزایش شدت تنش خشکی منجر به افزایش مقادیر ویتامین سی و اسید پیرویک شد. به عبارتی پیازهایی که آب کمتر دریافت کرده بودند تندتر بودند. به‌طوریکه با کاهش ظرفیت زراعی از ۸۵ به ۵۵٪ مقدار ویتامین سی از ۲۵ به ۴۹ میلی‌گرم (شکل ۳) و مقدار اسید پیرویک از ۸ به ۱۶ میکرومول (شکل ۲) رسید. هر دو اسیدآمینه در همه غلظت‌های استفاده‌شده در افزایش ویتامین سی و اسید پیرویک اثر داشت (شکل ۵ و ۴). به‌طوریکه با کاربرد گلایسین بتائین ۲ میلی‌مولار مقدار ویتامین سی و اسید پیرویک به ترتیب ۵۵ و ۴۷ ٪ نسبت به شاهد افزایش داشت. در پژوهشی اسپری ترکیبات اوره و آمینواسیدها روی گیاه اسکواش، بهترین

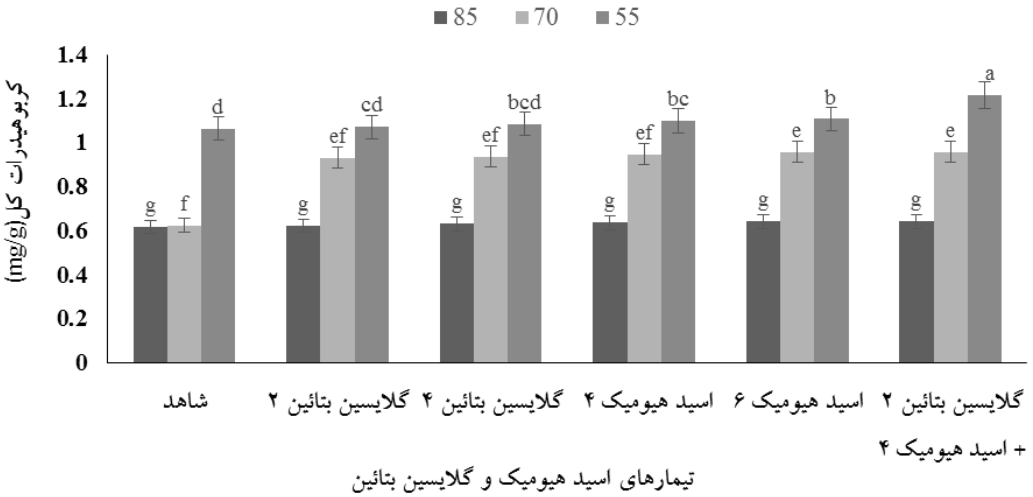
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]

[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]

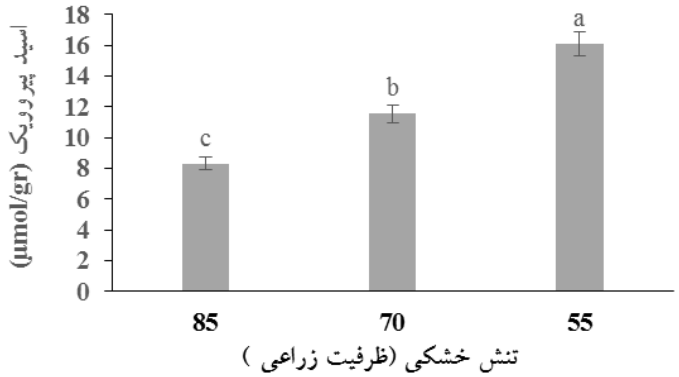
جدول ۶- مقایسه میانگین اثر ساده اسید هیومیک و گلایسین بتائین بر صفات فیزیوشیمیایی پیاز رقم مینروا

اسید آمینه	مواد جامد محلول	پراکسیداز (Unit.gfw^{-1}.min^{-1})	N g/kg	P g/kg	K g/kg
شاهد	۶/۲۷^{e}	۱/۵۹۱^{c}	۰/۰۳۷^{f}	۰/۰۲۹^{e}	۰/۳۵۵^{f}
گلایسین بتائین (mmol/lit) ۲	۶/۳۴^{d}	۲/۷۰۶^{b}	۰/۰۴۹^{e}	۰/۰۳۴^{e}	۰/۳۶۴^{e}
گلایسین بتائین (mmol/lit) ۴	۶/۴۸^{c}	۲/۷۳۱^{b}	۰/۰۶۱^{d}	۰/۰۴۳^{d}	۰/۳۸۰^{d}
اسید هیومیک (kg/he) ۴	۶/۶۰^{b}	۲/۷۵۸^{b}	۰/۰۶۸^{c}	۰/۰۵۰^{c}	۰/۳۸۸^{c}
اسید هیومیک (kg/he) ۶	۶/۷۱^{a}	۲/۸۰۶^{b}	۰/۰۸۳^{b}	۰/۰۵۹^{b}	۰/۴۰۴^{b}
گلایسین بتائین ۲ و اسید هیومیک ۴	۶/۷۳^{a}	۳/۲۹۸^{a}	۰/۰۹۶^{a}	۰/۰۶۷^{a}	۰/۴۱۹^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنادار با یکدیگر ندارند (P≤۰/۰۵).



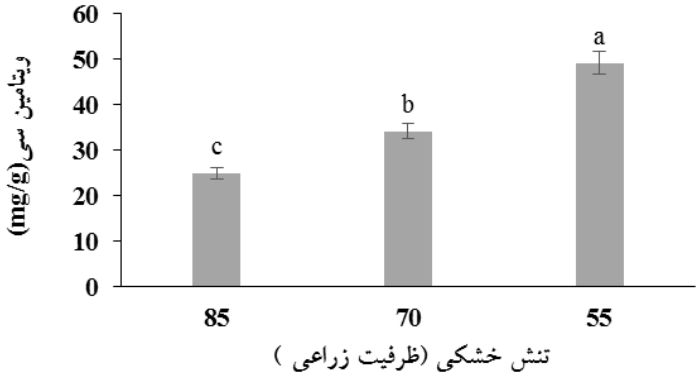
شکل ۱- اثر تیمارهای اسید هیومیک و گلایسین بتائین بر کربوهیدرات کل پیاز رقم مینروا تحت تنش خشکی



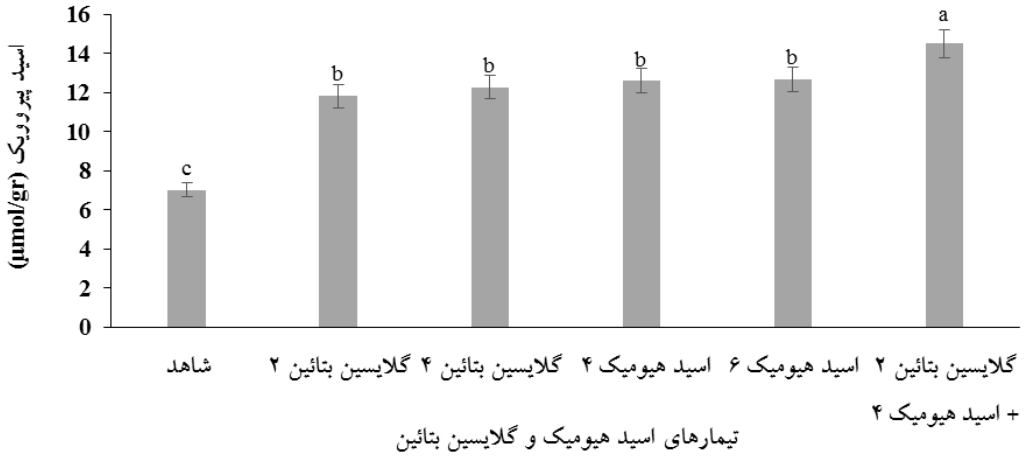
شکل ۲- اثر تنش خشکی بر میزان اسید پیرورویک موجود در پیاز رقم مینروا

کیفیت، بالاترین ارزش غذایی و میزان ویتامین ث و مواد جامد محلول را نشان داد (Faten *et al.*, 2010). در بررسی اثر ترکیبات آمینواسیددار بر بهبود کارایی کلات آهن روی درختان لیمو نشان داده شد، درحالیکه میزان ویتامین ث در تمام

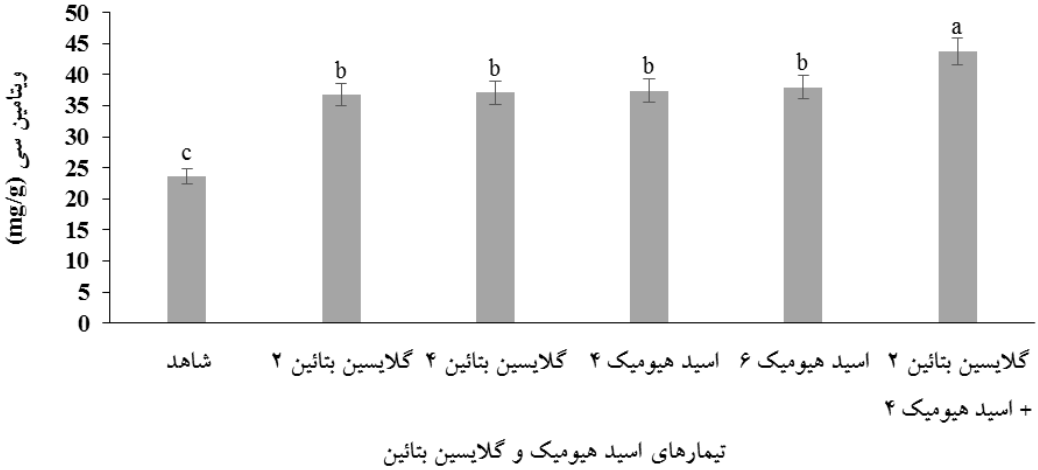
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]
[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]



شکل ۳- اثر تنش خشکی بر ویتامین سی موجود در پیاز رقم مینروا



شکل ۴- اثر تیمارهای اسید هیومیک و گلایسین بتائین بر میزان اسید پیروویک موجود در پیاز رقم مینروا



شکل ۵- اثر تیمارهای اسید هیومیک و گلایسین بتائین بر ویتامین سی موجود در پیاز رقم مینروا

تیمارها بستگی به شرایط رسیدن میوه دارد، ترکیبات آمینواسیدی اثر معنی‌داری بر غلظت ویتامین ث میوه لیمو دارد

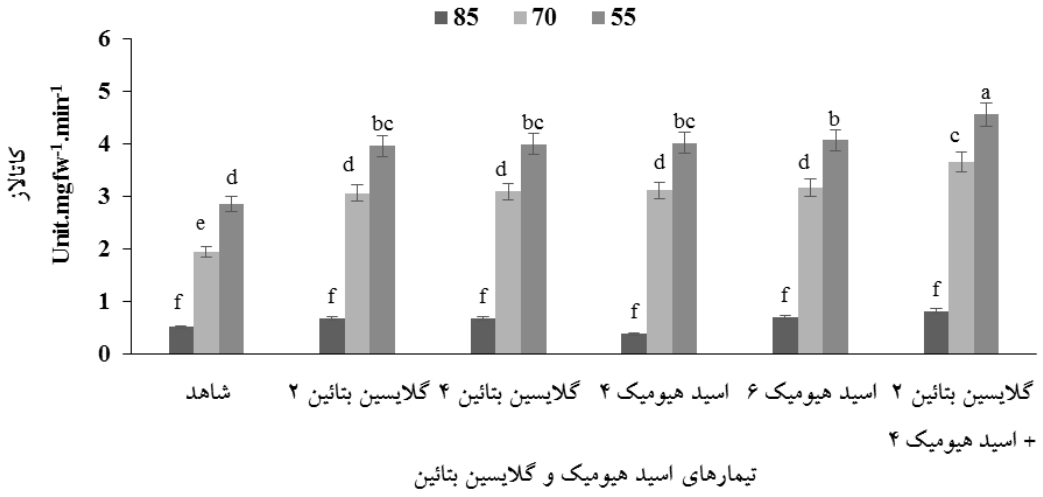
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]

[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]

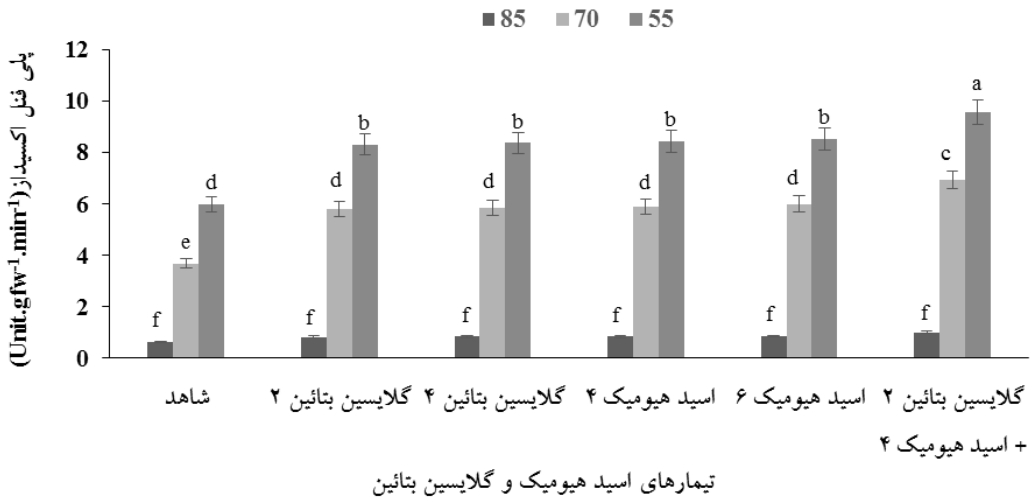
(Sanchez *et al*., 2002). مطالعات روی گیاه سیر نشان داد کاربرد اسیدهای آمینه منجر به افزایش ویتامین‌های c و b شد (Ulianych *et al*., 2020).

آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و پلی‌فنل اکسیداز: برهمکنش تنش خشکی و اسیدآمینه بر میزان آنزیم پراکسیداز اثر معنی‌دار نداشت ولی اثرات ساده و متقابل این تیمارها بر مقادیر کاتالاز و پلی‌فنل اکسیداز اثرگذار بود ($P\leq0.01$) (جدول ۳). به این ترتیب با اعمال تنش خشکی مقدار آنزیم پراکسیداز در پیاز افزایش یافت (جدول ۵). به‌طوریکه در شدیدترین تنش خشکی اعمال‌شده (٪۵۵) مقدار آنزیم‌های پراکسیداز، ۱/۶ برابر شاهد (٪۸۵) بود. مقایسه میانگین اثر مستقل اسیدآمینه بر فعالیت آنزیم پراکسیداز در جدول ۶ آمده است. با توجه به نتایج این جدول اگر چه اسیدآمینه‌های استفاده‌شده منجر به افزایش آنزیم‌ها شد ولی بین سطوح گلایسین بتائین و اسید هیومیک بکار رفته از نظر مقادیر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز ۳/۲ units $mg^{-1}.min^{-1}$ بدست آمد. نتایج مربوط به برهمکنش تیمارهای خشکی و اسیدآمینه بر مقدار کاتالاز و پلی‌فنل اکسیداز در شکل‌های ۶ و ۷ آمده است. طبق نتایج کاربرد اسیدهای آمینه اسید هیومیک و گلایسین بتائین در هیچ یک از غلظت‌ها بر مقادیر آنزیمی کاتالاز و پلی‌فنل اکسیداز در شرایط عدم اعمال تنش (ظرفیت زراعی ٪۸۵) اثر معنی‌دار نداشت. این در حالی است که با افزایش سطوح خشکی مقادیر این آنزیم‌ها رو به افزایش گذاشت. به‌طوریکه بیشترین مقدار آنزیم کاتالاز و پلی‌فنل اکسیداز در تیمار کاربرد همزمان اسید هیومیک و گلایسین بتائین و در تنش ٪۵۵ به میزان ۴/۵۵ و ۹/۵۵ units $mg^{-1}.min^{-1}$ مشاهده شد. در شرایط تنش، قندها، اسیدهای آمینه، برخی از یون‌های معدنی، هورمون‌ها و پروتئین‌ها سنتز می‌شوند (Soltani *et al*., 2011). افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و مقدار پرولین پاسخی به تنش رطوبتی در گیاهان است (Khedr *et al*., 2003). آنچه از نتایج این آزمایش پیداست با افزایش شدت تنش میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی در گیاه افزایش یافته است. تنش رطوبتی سبب افزایش ROS در گیاه شده و سوپراکسید دیسموتاز به عنوان اولین خط دفاعی سیستم آنتی‌اکسیدانی در مقابل ROS فعال می‌شود و باعث تبدیل رادیکال O_2 به H_2O_2 می‌شود، در ادامه H_2O_2 ایجادشده به مولکول آب و اکسیژن توسط کاتالاز تجزیه می‌شود (Gratao *et al*., 2005). در شرایط تنش، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز اولین آنزیمی است که در چرخه آنتی‌اکسیدانی فعال می‌شود. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی تحت تنش رطوبتی در گیاهان مختلف گزارش شده است (Jiang and Huang, 2001; Porcel and Ruiz-Lozano, 2004). Matysik و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که تنش شدید موجب توقف فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی کاتالاز و پراکسیداز در گیاهان می‌شود، اما فعالیت این آنزیم‌ها در حضور پرولین به طور معنی‌داری بیشتر از زمانی بود که پرولین کمتری وجود داشت. چنین بیان شده است که افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی توسط پرولین، گیاهان را در مقابل خسارت‌های اکسیداتیو ناشی از تنش محافظت می‌نماید (Matysik *et al*., 2001). تجمع اسمولیت‌هایی همچون پرولین و کربوهیدرات، یکی از شناخته‌شده‌ترین سازوکارهای افزایش تحمل تنش در گیاهان است. همچنین پیشنهاد شده که تجمع پرولین ملاک مناسبی برای انتخاب گونه‌های متحمل نسبت به شرایط استرس است (Maurel and Prado, 2017). در پاسخ به تنش شوری و خشکی در گیاهان عالی، پرولین در سیتوسول تجمع می‌یابد (Ketchum *et al*., 1991). مطالعات متعدد پرولین را به عنوان یک آنتی‌اکسیدان معرفی کرده‌اند و پیشنهاد شده است که مخرب گونه‌های فعال اکسیژن است (Maurel and Prado, 2017). پرولین موجب افزایش بیان دپروتئین‌های مرتبط با افزایش تحمل تنش و توسعه تحمل به تنش در گیاهان می‌شود (Khedr *et al*., 2003). در شرایط تنش با افزایش پرولین، گیاه برای حفظ آب درون سلولی روزنه‌های خود را بسته و طی این فرایند روزنه‌ای مقدار فتوسنتز کاهش یافته و رشد گیاه کم می‌شود (Shabala *et al*., 2013).Anjum و همکاران (۲۰۱۲) اثر استعمال خارجی گلایسین بتائین در گیاه ذرت و در شرایط

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]
[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]



شکل ۶- اثر تیمارهای اسید هیومیک و گلایسین بتائین بر آنزیم کاتالاز پیاز رقم مینروا تحت تنش خشکی



شکل ۷- اثر تیمارهای اسید هیومیک و گلایسین بتائین بر آنزیم پلی‌فنل اکسیداز پیاز رقم مینروا تحت تنش خشکی

تنش خشکی را مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی در گیاهان تحت تیمار با این ترکیب در طول تنش خشکی نسبت به گیاهان شاهد بیشتر بوده و باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه شده است. مطالعات در گیاه سیر نشان داده شده آمینواسیدها منجر به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌هایی مثل سوپراکسید دسموتاز و کاتالاز می‌شوند. به‌طوریکه با کاربرد آمینواسیدها میزان آنزیم کاتالاز ۴۵٪-۲۷ در سیر افزایش داشت (Ulianych *et al.*, 2020).

فنول کل و محتوای پرولین: با توجه به نتایج تجزیه واریانس، با اعمال تیمارهای تنش خشکی، اسید هیومیک و گلایسین و همچنین اثر متقابل آنها در مقدار تولید فنول و پرولین در گیاه اختلاف معنی¬دار در سطح احتمال ۱ درصد ایجاد شد (جدول ۴). در تیمار شاهد بدون تنش، کمترین میزان فنل کل (۸/۲ میلی¬گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک) تولید شد. در تیمار مذکور با کاربرد تیمار گلایسین ۲ میلی¬مولار و اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار، میزان تولید به ۸/۳۹ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک رسید. با افزایش سطح تنش، مقدار تولید فنول کل نیز افزایش یافت به صورتی که در تیمار ۵۵ درصد آبیاری، میزان فنول کل شاهد نسبت به شرایط بدون تنش، ۵ درصد افزایش تولید نشان داد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]
[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و اسید هیومیک و گلایسین بتائین بر برخی از صفات فیتوشیمیایی پیاز رقم مینروا

تنش خشکی	اسیدآمینه	پرولین (µmol/g d.w)	فعالیت آنتی‌اکسیدان (%)	فنل کل (mg Galic acid/g.d.w)	کلسیم (g/kg)
۸۵ درصد ظرفیت زراعی	شاهد	۰/۰۵^{n}	۴۲/۳۶^{m}	۸/۲^{m}	۰/۲۶۳^{cd}
	گلایسین بتائین ۲ میلی‌مولار	۰/۰۸^{m}	۴۲/۴۴^{l}	۸/۲۳^{l}	۰/۲۴۳^{e}
	گلایسین بتائین ۴ میلی‌مولار	۰/۱^{m}	۴۲/۶۷^{k}	۸/۲۷^{k}	۰/۲۱۷^{fg}
	اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار	۰/۱۳^{l}	۴۲/۷۱^{j}	۸/۲۸^{k}	۰/۲۱۷^{fg}
	اسید هیومیک ۶ کیلوگرم در هکتار	۰/۱۵^{kl}	۴۲/۸۲^{i}	۸/۳۳^{j}	۰/۱۸۰^{i}
	گلایسین بتائین ۲ میلی‌مولار و اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار	۰/۱۷^{k}	۴۳/۰۳^{g}	۸/۳۹^{i}	۰/۱۵۰^{j}
۷۰ درصد ظرفیت زراعی	شاهد	۰/۲۲^{j}	۴۲/۶۷^{k}	۸/۲۸^{k}	۰/۳۳۰^{a}
	گلایسین بتائین ۲ میلی‌مولار	۰/۲۷^{i}	۴۲/۷۹^{i}	۸/۴۴^{h}	۰/۳۱۰^{b}
	گلایسین بتائین ۴ میلی‌مولار	۰/۳۴^{h}	۴۳^{h}	۸/۷^{f}	۰/۲۷۳^{c}
	اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار	۰/۳۵^{h}	۴۳/۰۳^{gh}	۸/۷۲^{f}	۰/۲۶۳^{cd}
	اسید هیومیک ۶ کیلوگرم در هکتار	۰/۳۹^{g}	۴۳/۱۴^{e}	۸/۸۱^{e}	۰/۲۴۳^{e}
	گلایسین بتائین ۲ میلی‌مولار و اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار	۰/۴۲^{f}	۴۳/۲۷^{d}	۸/۹۱^{c}	۰/۲۱۰^{g}
۵۵ درصد ظرفیت زراعی	شاهد	۰/۴۵^{e}	۴۳/۱^{f}	۸/۶۳^{g}	۰/۲۵۳^{de}
	گلایسین بتائین ۲ میلی‌مولار	۰/۵^{d}	۴۳/۳^{d}	۸/۷۲^{f}	۰/۲۴۳^{e}
	گلایسین بتائین ۴ میلی‌مولار	۰/۵۳^{c}	۴۳/۳۸^{c}	۸/۸۷^{d}	۰/۲۲۷^{f}
	اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار	۰/۵۴^{c}	۴۳/۴^{c}	۸/۹^{c}	۰/۲۲۷^{f}
	اسید هیومیک ۶ کیلوگرم در هکتار	۰/۵۹^{b}	۴۳/۵۴^{b}	۸/۹۸^{b}	۰/۲۰۷^{gh}
	گلایسین بتائین ۲ میلی‌مولار و اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار	۰/۶۴^{a}	۴۳/۷۵^{a}	۹/۱۳^{a}	۰/۱۹۳^{hi}

میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنادار با یکدیگر ندارند (P≤۰/۰۵).

در تنش نامبرده، کاربرد تیمار گلایسین ۲ میلی‌مولار و اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار، اثر افزایشی بر تولید فنل داشت. به قسمی که این صفت نسبت به تیمار بدون تنش، ۸/۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۷). در ارتباط با تجمع میزان پرولین در برگ پیاز نتایج جدول ۷ نشان داد کمترین مقدار این اسید آمینه در تیمار شاهد و بیشترین آن در تیمار ۵۵٪ ظرفیت زراعی +۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک بود. هم‌راستا با نتایج مطالعه حاضر در ارتباط با تأثیر تنش خشکی بر مقدار تولید فنل کل، تنش خشکی به افزایش مقدار فلاونوئید در غده پیاز منتهی شد (Wakchaure *et al*., 2018; Amiri Forotaghe *et al*., 2022). مورد مشابهی در نشاهای پیاز تحت تنش خشکی گزارش شده است؛ با افزایش سطح تنش، مقدار فنل کل و فلاونوئید افزایش یافت (Vidya vani *et al*., 2019). در کشت آنیون‌ست پیاز نیز مقدار فنل و فلاونوئید کل در اثر تنش خشکی افزایش نشان داد (Ombodi and Koczka, 2013). از آنجا که تولید ترکیبات فنولی فرایندی کلروپلاستی است (Ghanbari *et al*., 2014)؛ بنابراین بروز تنش خشکی ساخت این ترکیبات را تحریک می‌کند (Rahimi *et al*., 2021). در پیاز مقدار فنول و اسیدهای آمینه با کاربرد محلول¬پاشی برگی پوتریسین و گلوتامین افزایش نشان داد (Amin *et al*., 2011).

یک همبستگی قوی بین رشد گیاه و دسترسی به آب وجود دارد زیرا در این شرایط رشد گیاهان در نتیجه کاهش انبساط و تورگور دیواره سلولی مهار می‌شود (Seleiman *et al*., 2019). محققین نشان دادند که کاربرد سطوح مختلف اسیدهای آمینه اثرات مثبتی بر شاخص‌های رشد بومادران در شرایط مزرعه و گلخانه داشت (Shafie *et al*., 2019). در بررسی‌های دیگر بر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]

[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]

آویشن وزن خشک برگ و ساقه آویشن تحت تنش خشکی کاهش داشت (Askary *et al*., 2023). در تحقیقی روی کینوا کاربرد خارجی پرولین باعث افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک اندام رویشی گیاه شد (Yaqoob *et al*., 2019).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی: در صفت آنتی‌اکسیدان نیز اعمال تنش خشکی، کاربرد تیمارهای اسید هیومیک و گلایسین و همچنین اثر متقابل موارد ذکرشده، تفاوت معنی¬دار در سطح احتمال ۱ درصد را در پی داشت (جدول ۴). مشاهده شد با افزایش سطح تنش، مقدار تولید آنتی‌اکسیدان در شاهد (از ۴۲/۳۶ در شرایط بدون تنش به ۴۳/۱ درصد در تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) افزایش یافت. روند مشابهی با اعمال تیمارهای اسید هیومیک، گلایسین و تیمار ترکیبی این دو با افزایش سطح تنش ثبت شد (جدول ۷). در موردی مشابه با نتایج تحقیق حاضر پیرامون افزایش تولید مقدار مواد آنتی‌اکسیدان با اعمال تیمارهای گلایسین و اسید هیومیک، در نعنا کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش فنول، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی شد (Rostami *et al*., 2018). همچنین در تأیید یافته¬های مطالعه حاضر در افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی تیمارهای تحت تنش خشکی، گزارش شد که در پیاز تحت تنش متوسط، فعالیت آنزیم¬های آنتی‌اکسیدانتی افزایش می‌یابد (Ghodke *et al*., 2018). افزایش تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از جمله ترکیبات فنولی و کارتنوئیدها، مقاومت در برابر رادیکال¬های فعال در وضعیت تنش را افزایش می‌دهد (Rebey *et al*., 2012). در تطابق با تأثیر کاربرد اسید هیومیک بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت تنش خشکی، استفاده از اسید هیومیک از صدمات ناشی از کمبود آب و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌کاهد (Campanella *et al*., 2016). اسید هیومیک از طریق توسعه ریشه، کارایی مصرف آب و با بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی توانایی گیاه در مقابله با تنش کمبود آب را افزایش می‌دهد (Tseng and Lin, 2012; Rahi *et al*., 2012). کارایی اسید هیومیک و گلایسین در افزایش تولید ترکیبات آنتی¬اکسیدانی در شرایط تنش گزارش شده است (Saruhan *et al*., 2011). گلایسین¬بتائین با تأثیر بر فعالیت آنزیم¬ها و حفظ ثبات سلولی به افزایش مقاومت گیاه منتهی می‌گردد (Rasheed *et al*., 2014). علت ایجاد مقاومت القایی به تنظیم بالادست ژن‌های دخیل در برابر تنش ذکر شده است (Kathuria *et al*., 2007).

عناصر غذایی: بررسی نتایج واریانس تأثیر تنش خشکی، کاربرد تیمارهای اسید هیومیک و گلایسین و همچنین اثر متقابل آنها بر مقدار عنصر کلسیم در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی¬دار داشت. اثرات ساده تیمارهای فوق بر عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد داشت اما اثر متقابل آنها معنی‌دار نشد (جدول ۴). نتایج نشان داد با افزایش شدت تنش خشکی میزان نیتروژن پیاز کاسته شد، بیشترین نیتروژن در شرایط شاهد و کمترین مقدار تحت تنش شدید خشکی جذب گردید (جدول ۵). با افزایش غلظت اسیدآمینه، میزان نیتروژن افزایش یافت. کمترین نیتروژن در شرایط شاهد (عدم مصرف اسیدآمینه) و بیشترین میزان آن تحت کاربرد توأم اسیدآمینه گلایسین ۲ میلی¬مولار و اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار گزارش شد (جدول ۶). در ارتباط با کاهش مقدار نیتروژن در اثر تنش خشکی، قابل ذکر است که تنش خشکی می‌تواند غلظت برخی از عناصر غذایی به دلیل نبود رطوبت کافی و کاهش تحرک عناصر، کاهش دهد (Kiymaz and Ertek, 2015). ضمن اینکه فرایند معدنی¬شدن به میکروارگانیسم‌ها و فعالیت آنزیمی بستگی دارد که این موارد نیز تحت تأثیر شرایط آبی قرار می¬گیرد (Mingzhu and Dijkstra, 2014). نیتروژن عنصری سیّال است و برای معدنی¬شدن نیاز به رطوبت خاک دارد بنابراین زمانی که گیاه با تنش خشکی مواجه می‌شود، کمبود نیتروژن نیز روی می‌دهد (Fernandez-Lizarazo and Moreno-Fonseca, 2016). مشابه با نتایج حاضر در کاهش مقدار نیتروژن در اثر بروز تنش خشکی، تنش خشکی منجر به کاهش غلظت نیتروژن در ذرت شد (Studer *et al*., 2017). با افزایش سطح تنش، غلظت نیتروژن و فسفر در کاسنی کاهش یافت (حیدرزاده و همکاران، ۱۴۰۱). گزارش شده است تیمار کلم در شرایط تنش کم آبی با اسیدهای آمینه باعث افزایش جذب نیتروژن می‌شود

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]

[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]

(Haghighi *et al*., 2014). تیمار کاهو با اسیدهای آمینه نیز باعث افزایش غلظت نیتروژن کل شد (Khan *et al*., 2019). کاربرد گلایسین بتائین سبب افزایش جذب نیتروژن می‌گردد (Zhang and Meng, 2014) زیرا بعد از تجزیه در گیاه به عنوان منبع نیتروژن مورد استفاده قرار می¬گیرد (Zhang and Meng, 2014).

با افزایش شدت تنش، میزان فسفر کاهش یافت؛ در تیمار تنش شدید، میزان فسفر به ۵۰ درصد شاهد رسید (جدول ۵). با افزایش غلظت اسیدآمینه، غلظت فسفر نیز افزایش یافت (جدول ۶). بیشترین میزان پتاسیم در شرایط تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی (۳۲/۳۵ درصد بیشتر از شاهد) اندازه‌گیری شد (جدول ۵). نتایج اثرات مستقل تیمار اسیدآمینه نشان داد با افزایش تنش، جذب پتاسیم افزایش یافت (جدول ۶). کاهش در میزان پتاسیم با اعمال تنش خشکی در این آزمایش در تطابق با کاهش پتاسیم در اثر تنش خشکی در سیاه¬دانه (حیدری و رضاپور، ۱۳۹۰) و مریم‌گلی لوله‌ای است (سودایی‌زاده و منصوری، ۱۳۹۳). دسترسی به آب، جذب یون‌های یک ظرفیتی مانند پتاسیم در محلول خاک را راحت‌تر است. اما به تدریج با خشک‌شدن خاک، کلوئیدهای رس با قدرت بیشتری پتاسیم را به سطح خود جذب کرده و مانع از جداشدن می‌شوند (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). در تیمار اسید هیومیک مشاهده شد جذب عناصر غذایی در مقایسه با شاهد در شرایط تنش و غیرتنش، از مقادیر بیشتری برخوردار بود. کاربرد اسید هیومیک باعث تولید تارهای کشنده، افزایش سطح ریشه و فعالیت پمپ پروتون در غشاهای زیستی می‌شود که بهبود در انتقال مواد غذایی را در موجب می‌گردد (Baldotto *et al*., 2010; Canellas and Olivares, 2014). کاربرد هیومیک منجر به افزایش محتوای پتاسیم اندام هوایی و همچنین افزایش عملکرد و جذب عناصر NPK در پیاز شد (Sangeetha *et al*., 2006). اسید هیومیک با کمک به انحلال و آزادسازی عناصر ماکرو و میکرو و کلات‌کردن عناصر ضروری باعث افزایش جذب می¬شود (اویسی و قوشچی، ۱۳۹۱).

نتایج اثرات متقابل تیمارها نشان می‌دهد میزان کلسیم در تیمار تنش ملایم و عدم مصرف اسیدآمینه بیشتر از سایر تیمارها است. کمترین مقدار کلسیم در تیمار شاهد و کاربرد توأم اسیدآمینه گلایسین ۲ میلی¬مولار و اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۷). افزایش کلسیم بین سلولی در اثر تنش خشکی بواسطه چندین سیگنال اتفاق می¬افتد (Shao *et al*., 2008). هم‌راستا با نتایج مطالعه حاضر در اثرگذاری تنش خشکی بر مقدار جذب عناصر، در گیاه تره نیز نتیجه مشابهی در کاهش مقدار کلسیم در اثر بروز تنش خشکی گزارش شد (قاسم جوکار و همکاران، ۱۳۹۴). کاربرد اسیدهای آمینه تحت تنش خشکی در افزایش جذب پتاسیم و کلسیم اثر مثبتی دارد (Noroozlo *et al*., 2019). احتمال می¬رود اثرگذاری کاربرد پلی¬آمین¬ها در افزایش مقاومت به تنش خشکی به نقش آن در تعامل بین H_2O_2 و کلسیم برای تنظیم سیستم‌های آنتی¬اکسیدانی مرتبط باشد (Li *et al*., 2015). مواد هیومیکی با اثرات بیوشیمیایی و شبه‌هورمونی افزایش جذب ریزمغذی‌ها و عناصر غذایی را در پی دارند (Souza *et al*., 1994).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی هر دو تیمار خشکی و اسیدآمینه در افزایش کربوهیدرات محلول نقش داشت. به‌طوریکه بیشترین مقدار کربوهیدارت محلول در تیمار گلایسین بتائین ۲ + اسید هیومیک ۴ و در شدیدترین تنش خشکی به کار رفته مشاهده شد. افزایش شدت تنش خشکی منجر به افزایش مقادیر ویتامین سی و اسید پیرویک شد. به عبارتی پیازهایی که آب کمتر دریافت کرده بودند تندتر بودند. هر دو اسیدآمینه در همه غلظت‌های استفاده شده در افزایش ویتامین سی و اسید پیرویک اثر داشت با افزایش سطح تنش، مقدار تولید فنول کل نیز افزایش یافت. با افزایش تنش خشکی میزان نیتروژن و فسفر گیاه کم شد. همچنین کمترین مقدار کلسیم در تیمار شاهد و کاربرد توأم اسیدآمینه گلایسین ۲ میلی¬مولار و اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. هر دو تیمار اسید هیومیک و گلایسین بتائین در کاهش خسارت ناشی از تنش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]
[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]

مؤثر بوده و اعمال همزمان هر دو ماده در غلظت مناسب در افزایش عناصر غذایی، میزان پرولین و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در شرایط تنش خشکی اثرگذار بود.

منابع

ابراهیم‌زاده، محمدعلی، حسینی مهر، سید جلال، و محمودی، میترا (۱۳۸۴). اندازه‌گیری میزان ویتامین ث با روش تیتراسیون دو مرحله‌ای اکسیداسیون–احیا در انواع مرکبات. *مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران*، *۱۴*، ۲۶–۳۱

اویسی، میثم، و قوشچی، فرشاد (۱۹۳۱). بررسی اجمالی نقش اسید هیومیک در تخفیف اثرات تنش کمبود آب در گیاهان زراعی. *دو ماهنامه کشاورزی و توسعه پایدار*، *۲۹*، ۱۱–۳۱. 10.22092/jwra.2019.120469

حیدرزاده، سعید، رحیمی، امیر، حسن‌زاده، عبدالله، امیرنیا، رضا، و واحدی، رقیه (۱۴۰۱). تأثیر کود دامی و تنش کم آبی بر جذب عناصر غذایی و برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی در گیاه کاسنی. *تحقیقات آب و خاک ایران*، *۵۳*،(۲)، 10.22059/ijswr.2022.332752.669108

حیدری، مصطفی، و رضاپپور، علیرضا (۱۳۹۰). اثر تنش خشکی و کود گوگرد بر عملکرد دانه، کلروفیل و غلظت عناصر معدنی در گیاه دارویی سیاه دانه (*Nigella sativa* L.). *دو فصلنامه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی*، *۱*،(۱) 20.1001.1.22518517.1390.1.1.7.0

سودایی‌زاده، حمید، و منصوری، فاطمه (۱۳۹۳). اثر تنش خشکی بر تجمع ماده خشک، غلظت عناصر غذایی و قندهای محلول در گیاه دارویی مریم‌گلی لوله‌ای. *دو فصلنامه علمی–پژوهشی خشک بوم*، ۴(۱)، ۹–۱. 20.1001.1.2008790.1393.4.1.1.0

طباطبایی، سید جلال (۱۳۸۸). اصول تغذیه معدنی گیاهان. انتشارات مؤلف، تبریز.

قاسم جوکار، نسترن، نادیان، حبیب‌الله، خلیلی مقدم، بیژن، حیدری، مختار، و قرینه، محمدحسین (۱۳۹۴). تأثیر قارچ میکوریز آربسکولار و تنش خشکی بر جذب برخی عناصر غذایی ماکرو توسط سه ژنوتیپ تره با مشخصات ریشه‌ای متفاوت. *نشریه آب و خاک*، ۲۹(۱)، ۲۰۹–۱۹۸.

قدیسی سیار، مهدیه، انتشاری، شکوفه، و دانشمند، فاطمه (۱۳۹۵). برهمکنش گلیسین بتائین برون‌زا و تنش کم آبی روی برخی صفات فیزیولوژیک گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicun esculentum* Mill.). *فرآیند و کارکرد گیاهی*، *۱۷*، ۱۲۰–۱۰۹. 20.1001.1.23222727.1395.5.17.3.0

کافی، محمد، برزویی، اعظم، صالحی، معصومه، کمندی، علی، معصومی، علی، و نباتی، جعفر (۱۳۸۸). تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.

Abd El-Rezak, E, & Saleh, M. S. (2012). Improve productivity and fruit quality of Florida prince peach trees using foliar and soil applications of amino acids. *Middle-East Journal of Scientific Research*, *12*(8), 1165-1172. 10.5829/idosi.mejsr.2012.12.8.1861

Ahmadi, A, & Sio-Se-Mardeh, A. (2004). The effect of water stress on soluble carbohydrates, chlorophyll and proline contents of four Iranian wheat cultivars under different moisture regimes. *Iranian Journal of Agriculture Science*, *35*(3), 753-763. [In Persian with English Summary]. 10.22067/jhorts4.v0i0.53077

Amin, A. Fatma, A., Gharib, A. E., El-Awadi, El-Sherbeny, M., & Rashad, M. (2011). Physiological response of onion plants to foliar application of putrescine and glutamine. *Scientia Horticulturae*, *129*, 353-360. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.052

Amiri Forotaghe, Z., Souri, M. K., Ghanbari Jahromi, M., & Mohammadi Torkashvandi, A. (2022). Influence of humic acid application on onion growth characteristics on the water deficit condition. *Journal of Plant Nutrition*, *45*(7), 1030-1040.

Anjum, S. A., Saleem, M. F., Long-Chang, W., Faisal Bilal, M., &Saeed, A. (2012). Protective role of glycinebetaine in maize against drought-induced lipid peroxidation by enhancing capacity of antioxidative system. *Astraulian Journal of Crop Science*, *6*(4), 576-583.

Askary, M., Parsa, S., Behdani, M. A., Jami Al-Ahmadi, M., & Mahmoodi, S. (2023). Evaluation of quantitative yield of two thyme species affected as different levels of drought stress and the manure application. *Journal of Medicinal*

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]

[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]

Plants and By-products, *12*(1), 11-27. https://doi.org/10.22092/jmpb.2021.352601.1293

Baldotto, L. E. B., Baldotto, M. A., Canellas, L. P., Bressan-Smith, R., & Olivares, F. L. (2010). Growth promotion of pineapple 'Victoria' by humic acids and *Burkholderia* spp. during acclimatization. *Revista Brasileira de Cienciado Solo*, *34*, 1593-1600.

Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free Pro for water stress studies. *Plant and Soil*, *39*, 205-217.

Bremmer, J. M, & Mulvaney, C. S. (1982). "Total nitrogen" In: Methods of Soil Analysis, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America (eds. Page, A. L., Miller, R. H., and Keeny, D. R.) Pp. 1119-1123. Madison.

Calvo, P., Louise, N., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, *383*(1-2), 3-41. DOI: 10.1007/s11104-014-2131-8

Campanella, P., Lovato, E., Marone, C., Fallacara, L., Mancuso, O., Ricciardi, W., & Specchia, M, L. (2016). The impact of electronic health records on healthcare quality: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Public Health*, *26*(1), 60-4. Doi: 10.1093/eurpub/ckv122. DOI: 10.1093/eurpub/ckv122

Canellas, L. P, & Olivares, F. L. (2014). Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, *1*, 3.

Dhumal, K., Datir, S., & Pandey, R. (2006). Assessment to bulb pungey level in different Indian cultivars of onion (*Allium cepal*). *Food Chemistry*, *100*, 1328-1330.

Durenkamp, M, & Dekok, L. J. (2004). Impact pedosphere and atmospheric sulphur nutrition on sulphur metabolism of *Allium cepa* L., a species with a potential sink capacity for secondary sulphur compounds. *Journal of Experimental Botany*, *55*(404), 1821-1830. https://doi.org/10.1093/jxb/erh187

Ebrahimzadeh, M. A., Nabavi, S. F., Eslami, B., & Nabavi, S. M. (2009). Antioxidant and antihemolytic potentials of *Physospermum cornobiense* (L.) DC. *Pharmacologyonline*, *3*, 394-403.

Fahramand, M., Moradi, H., Noori, M., Sobhkhizi, A., Adibian, M., Abdollahi, S., & Rigi, K. (2014). Influence of humic acid on increase yield of plants and soil properties. *International Journal of Farming and Allied Sciences*. *3*(3), 339-341.

Faten, S., Abd El-Aal, A. M., Shaheen, A. A., & Asmaa, R. M. (2010). Effect of foliar application of urea and amino acids mixtures as antioxidants on growth, yield and characteristics of squash. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*, *6*(5), 583-588.

Fernandez, L, & Moreno, F. (2016). Mechanisms for tolerance to water-deficit stress in plants inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. A review. *Agronomia Colombiana*, *34*(2), 179-189. DOI: 10.15446/agron.colomb.v34n2.55569

Gavili, E., Moosavi, A. A., & Moradi Choghamarani, F. (2018). Cattle manure biochar potential for ameliorating soil physical characteristics and spinach response under drought. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *64*, 1714-1727. https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1453925

Ghanbari, M., Souri, M. K., Omidbaigi, R., & Hadavand Mirzaei, H. (2014). Evaluation of some ecological factors, morphological traits and essential oil productivity of *Achillea millefolium* L. Iranian. *Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *30*(5), 692-701.

Ghodke, P. H., Andhale, P. S., Gijare, U. M., Thangasamy, A., Khade, Y. P., Mahajan, V., & Singh, M. (2018). Physiological and biochemical responses in onion crop to drought stress. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *7*(1), 2054-2062. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.701.247

Gong, M., Li, Y., Dai, X., Tian, M., et al. (1997). Involvment of calcium and calmodulin in the acquisition of HS inuced thermotolerance in maize seeding, *Journal of Plant Physiology*, *150*, 615-621. doi: 10.3389/fpls.2015.00600

Gordon, E. A, & Barrett, D. M. (2003). Modified method for themdetermination of pyruvic acid with dinitrophenylhydrazin in the assessment of onion pungency. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *83*, 1210-1213. DOI: 10.1002/jsfa.1525

Gorham, J., Jokinen, K., Malik, M. N. A., & Khan, I. A. (2000). Glycine betaine treatment improves cotton yields in field trials in Pakistan. Proceedings of the World Cotton Research Conference II, Athens, Greece.

Gratao, P. L., Polle, A., Lea, P. J., & Azevedo, R. A. (2005). Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. *Functional Plant Biology*, *32*(6), 481-494. DOI: 10.1071/FP05016

Haghighi, M., Nikbakht, A., Xia, Y. P., & Pessarakli, M. (2014). Influence of adding humic acid to withholding nutrient solution on growth, nutrient efficiency and postharvest attributes of erbera. *Communications, Soil Science and Plant Analysis*, *45*(2), 177-188. DOI: 10.1080/00103624.2013.848885

Iqbal, M, & Shababuddin, A. (2008). Effect of different does of glycinebetaine and time of spray application on yield of cotton (*Gossypium hirstum* L.). *Journal of Research*, *17*, 241-245.

Jiang, Y, & Huang, B. (2001). Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Science*, *41*, 2, 436-442. https://doi.org/10.2135/cropsci2001.412436x

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]

[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]

Kathuria, H., Giri, J., Tyagi, H., & Tayagi, A. K. (2007). Advances in transgenic rice biotechnology. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *26*, 65-103. https://doi.org/10.1080/07352680701252809

Ketchum, R. E., Warren, R. S., Klima, L. J., Lopez-Gutierrez, F., & Nabors, M. W. (1991). The mechanism and regulation of proline accumulation in suspension cell cultures of the halophytic grass *Distichlis spicata* L. *Journal of Plant Physiology*, *137*, 368-374. https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)80147-1

Khan, S., Yu, H., Li, Q., & Gao, Y. (2019). Exogenous application of amino acids improves the growth and yield of lettuce by enhancing photosynthetic assimilation and nutrient availability. *Agronomy*, *9*(5), 266. https://doi.org/10.3390/agronomy9050266

Khedr, A. H. A., Abbas, M. A., Wahid, A. A., Quick, W. P., & Abogadallah, G. M. (2003). Proline induces the expression of salt-stress-responsive proteins and may improve the adaptation of *Pancratium maritimum* L. to saltstress. *Journal of Experimental Botany*, *54*, 392. 2553-2562. doi: 10.1093/jxb/erg277

Kiymaz, S, & Ertek, A. (2015). Yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) at different water and nitrogen levels under the climatic conditions of Kirsehir, Turkey. *Agricultural Water Management*, *158*, 156-165.

Kumar, S., Imtiyaz, M., Kumar, A., & Singh, R. (2007). Response of onion (*Allium cepa* L.) to different levels of irrigation water. *Agriculture Water Managment*, *89*(1), 161-166. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.01.003

Li, Ch., Tan, D., Liang, D., Chang, C., Jia, D., & Ma, F. (2015). Melatonin mediates the regulation of ABA metabolism, free-radical scavenging, and stomatal behaviour in two Malus species under drought stress. Journal of Experimental Botany, *66*(3), 669-680. https://doi.org/10.1093/jxb/eru476

Mac-Adam, J. W., Nelson, C. J., & Sharp, R. E. (1992). Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue. *Plant Physiology*, *99*, 872-878. doi: 10.1104/pp.99.3.879

Makhdum, M. I, & Shababuddin, S. (2006). Effects of different doses of glycine bataine and time of spray application on yield of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Journal of Research (Science*), *17*, 241-245.

Matysik, J., Alia Bhalu, B., & Mohanty, P. (2001). Molecular mechanisms of quenching of reactive oxygen species by proline under stress in plants. *Current Science*, 525-532.

Maurel, C, & Prado, K. (2017). Aquaporins and Leaf Water Relations. In: Plant Aquaporins. Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-49395-4_7

Mikkelsen, R. L. (2005). Humic materials for agriculture. *Science Research*, *89*, 6-7.

Mingzhu, H, & Dijkstra, F. A. (2014). Drought effect on plant nitrogen and phosphorus: A meta-analysis. *New Phytol*, *204*(4), 924-931. DOI: 10.1111/nph.12952

Mohammadi, M, & Kazemi, H. (2002). Changes in peroxidase and polyphenol oxidase activities insusceptible and resistance wheat heads inoculated with *Fusarium graminearum* and induced resistance. *Plant Science*, *162*, 491-498. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(01)00538-6

Noroozlo, Y. A., Souri, M. K., & Delshad, M. (2019). Effects of foliar application of glycine and glutamine amino acids on growth and quality of sweet basil. *Advances in Horticultural Science*, *33*(4), 495501. https://doi.org/10.13128/ahsc-8127

Ombodi, A, & Koczka, N. (2013). Nutritive constituents of onion grown from sets as affected by water supply. *Hort Science*, *48*(12), 1543-1547. 10.21273/HORTSCI.48.12.1543

Porcel, R, & Ruiz-Lozano, J. M. (2004). Arbuscular mycorrhizal influence on leaf water potential, solute accumulation and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. *Journal of Experimental Botany*, *55*, 403. 1743-1750. https://doi.org/10.1093/jxb/erh188

Rafie, M. R., Khoshgoftarmanesh, A. H., Shariatmadari, H., Darabi, A., & Dalir, N. (2017). Influence of foliar-applied zinc in the form of mineral and complexed with amino acids on yield and nutritional quality of onion under field conditions. *Scientia Horticulturae*, *216*, 160-168. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.014

Rahi, A. R., Davodifard, M., Azizi, F., & Habibi, D. (2012). Investigating the effects of different amounts of humic acid and studying the process of response curves in species (*Dactylis glomerata*). *Journal of Agriculture and Plant Breeding*, *8*(3), 15-28.

Rahimi-Moghaddam, S., Deihimfard, R., Aziz, Kh., & Roostaei, M. (2021). Characterizing spatial and temporal trends in drought patterns of rainfed wheat (*Triticum aestivum* L.) across various climatic conditions: A modelling approach. *European Journal of Agronomy*, *129*, 1-16. https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126333

Rasheed, R., Ashraf, M. A., Hussain, I., Haider, M. Z., Kanwal, U., & Iqbal, M. (2014). Exogenous proline and glycine betaine mitigate cadmium stress in two genetically different spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Brazilian Journal of Botany*, *37*, 399-406. DOI: 10.1007/s40415-014-0089-7

Rebey, I. B., Bourgou, S., Slimen Debez, I. B., Karoui, I. J., Sellami, I. H., Msaada, K., Limam, F., & Marzouk, B. (2012). Effects of extraction solvents and provenances on phenolic contents and antioxidant activities of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. *Food and Bioprocess Technology*, *5*, 2827-2836. 10.1007/s11947-011-0625-4

Refay, Y., Dindaroglu, T., Haleem Abdul-Wajid, H., & Leonardo Battaglia, M. (2021). Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants*, *10*(2), 259; https://doi.org/10.3390/plants10020259

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]

[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]

Resemann, J., Bufler, G., Liebig, H. P., & Carle, R. (2008). Factors affecting quality traits of onion (*Allium cepa* L.) bulbs for the production of onion juice concentrate and onion oil. *European Journal of Horticultural Science, 69,* 45-52.

Rostam Foroudi, B. (2006). Study on quantitative and qualitative characters of onion cultivars and determination of the relation between some characters and storability. *Seed and Plant, 22*(1), 67-86. 10.22092/spij.2017.110670

Rostami, Gh., Moghadam, M., Saeedi Poya, E., & Ajdanian, L. (2018). Effect of humic acid foliar application on some morpho-physiological and biochemical characteristics of green mint (*Mentha spicata* L.) under drought stress. *Enviromental Stresses in Crop Sciences, 12,* 95-110. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.22077/escs.2018.1296.1264

Sakamoto, A, & Murata, N. (2002). The role of glycine betaine in the protection of plants from stress: Clues from transgenic plants. *Plant, Cell and Environment, 25*(2), 163-171. DOI: 10.1046/j.0016-8025.2001.00790.x

Sanchez, A., Sanchez Anderu, J., Juarez, M., Jorda, J., & Bermudez, D. (2002). Humic substances and amino acid improve effectiveness of Chelate Fe EDDHA in lemons trees. *Journal of Plant Nutrition, 25*(11), 2433-2442. https://doi.org/10.1081/PLN-120014705

Sangeetha, M., Singaram, P., & Uma Devi, R. (2006). Effect of lignite humic acid and fertilizer on yield of onion and nutrient availability. In: Proceedings of 18th World Congress of Soil Science, 9-15Jul., Philadelphia, Pennsylvania, USA.

Saruhan, V., kusvuran, A., & Babat, S. (2011). The effect of different humic acid fertilization on yield and yield components performances of common millet (*Panicum miliaceum* L.). *Scientific Research and Essays, 6*, 663-669.

Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M. (2019). Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants, 10*(2), 259. https://doi.org/10.3390/plants10020259

Shabala, S., Hariadi, Y., & Jacobsen, S. E. (2013). genotypic difference in salinity tolerance in quinoa is determined by differential control of xylem Na^+ loading and stomatal density. *Journal of Plant Physiology, 170*, 906-914. doi.org/10.1016/j.jplph.2013.01.014

Shafeek, M. R., Helmy, Y. I., Magda Shalaby, A. F., & Nadia Omer, M. (2012). Response of onion plants to foliar application of sources and levels of some amino acid under sandy soil conditions. *Journal of Applied Sciences Research, 8*(11), 5521-5527. Doi: 10.21608/ajas.2019.33496

Shafie, F., Bayat, H., Aminifard, M. H., & Daghighi, S. (2019). Iostimulant effects of seaweed extract and amino acids on growth, antioxidants, and nutrient content of yarrow (*Achillea millefolium* L.) in the field and greenhouse conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 52*(9), 964-975.

Shao, H., Chu, L. Y., Jaleel, C. A., & Zhao, C. X. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies, 331*(3), 215-25. Doi: 10.1016/j.crvi.2008.01.002. Epub 2008 Jan 31

Shibairo, S., Upadhyay, M. K., & Toivonen, P. M. A. (1998). Replacement of postharvest moisture loss by recharging and its effect on subsequent moisture loss during short-term storage of carrots. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 123*(1), 141. DOI:10.21273/JASHS.123.1.141

Singleton, V. L. & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphor molybdic phosphor tungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture, 16*(3), 144-158. DOI: 10.5344/ajev.1965.16.3.144

Soltani, M. K., Heshmat, A., Habibi, H., & Zarezadeh, A. (2011). The effect of different levels of glycinebetaine on morphological traits and yield of German chamomile cultivars under water stress in Yazd. Iran. *Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27*, 2. 279-289. (In Persian).

Souza, E., Kruk, M., & Sunderman, D. W. (1994). Association of Gsugar-snap cookie quality with high molecular weight glutenin alles in soft white spring wheats. *Cereal Chemistry, 71*, 091-091.

Studer, A. J., Wang, H., & Doebley, J. F. (2017). Selection during maize domestication targeted a gene network controlling plant and inflorescence architecture. *Journal of Genetics, 207*, 755-765. DOI: 10.1534/genetics.117.300071

Tseng, J. M, & Lin, C. P. (2012). Prediction of incompatible reaction of dibenzoyl peroxide by isothermal calorimetry analysis and green thermal analysis technology. *Thermal Anal Calorimetric, 107*, 927-933.

Ulianych, O., Yatsenko, V., Kondratenko, P., Lazariev, O., Voievoda, L., Lukianets1, O., & Adamenko, D. (2020). The influence of amino acids on the activity of antioxidant enzimes, malonic dialdehyde content and productivity of garlic (*Allium sativum* L.). *Agronomy Research*, 3-18. https://doi.org/10.15159/ar.20.172

Van de Wiel, H. J. (2003). Determination of elements by ICP-AES and ICP-MS. National Institute of Public Health and the Environment (RIVM). Bilthoven, the Netherlands.

Van Den Berg, L, & Zeng, Y. J. (2006). Response of South African indigenous grasss pecies to drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) 6000. *South African Journal of Boany, 72*, 284-286. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2005.07.006

Vidya vani, M., Osman basha, P., & Riazunnisa, K. (2019). Kevaluation of biochemical responses of onion (*Allium cepa* L.) seedlings under drought stress. *International Journal of Recent Scientific Research, 10*(4), 31924-31927.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]

[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]

Wakchaure, G. C., Minhas, P. S., Meena, K. K., Singh, N. P., Hegade, P. M., & Sorty, A. M. (2018). Growth, bulb yield, water productivity and quality of onion (*Allium cepa* L.) as affected by deficit irrigation regimes and exogenous application of plant bio–regulators. *Agricultural Water Management*, *199*, 1-10. DOI: 10.1016/j.agwat.2017.11.026

Waraich, E. A., Ahmad, R., & Ashraf, M. Y. (2011). Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. *Australian Journal of Crop Science*, *5*, 764-777.

Yaqoob, H., Akram, N. A., Iftikhar, S., Ashraf, M., Khalid, N., Sadiq, M., Alyemeni, M. N., Wijaya, L., & Ahmad, P. (2019). Seed pretreatment and foliar application of proline regulate morphological, physio-biochemical processes and activity of antioxidant enzymes in plants of two cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Plants*, *8*(12), 588. https://doi.org/10.3390/plants8120588

Zhang, J, & Meng, Q. (2014). Preparation of KOH/CaO/C supported biodiesel catalyst and application process. *World Journal of Engineering and Technology*, *2*, 184-191. Faostat, “Production, super1cie et productivit´e de l’oignon,”2023, http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]

[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]

Investigating the effect of humic acid and glycine betaine in modulating the negative effects of drought stress on some biochemical traits of "Minerva" onion

Hamed Mohammadi[1], Mohsen Khodadadi[2*], Sepideh Kalate Jari [1], Marjan Diyanat [1]

[1] Department of Agriculture and Food Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Vegetable Research Center, Hsri, Areeo, Karaj, Iran
(Received: 2024/06/05, Accepted: 2024/09/17)

Abstract

Water stress and low percentage of soil nutrients in arid climates are considered limiting factors for the growth of agricultural products. Proportionate feeding of plants is useful in reducing the negative effects of drought stress. The experiment was factorial in the form of a completely randomized design with drought stress treatment (85, 70 and 55% FC) and treatments including glycine betaine and humic acid at 6 levels (no application, 2 mM glycine betaine, 4 mM glycine betaine, 4 kg/ha of humic acid, 6 kg/ha of humic acid and 2 mM glycine betaine + 4 kg/ha of humic acid) with 3 replications. According to the results, both drought and amino acid treatments played a role in increasing soluble carbohydrates. Thus, the highest amount of soluble carbohydrates was observed in the treatment of glycine betaine 2 + humic acid 4 and in the most severe drought stress (55%) at the rate of 1.21 mg/g. The increase in the severity of drought stress led to an increase in the amounts of vitamin C and pyruvic acid. In other words, onions with less water were spicier. Both amino acids in all the concentrations used had the effect of increasing vitamin C and pyruvic acid. With the increase in the level of stress, total phenol production also increased. So that in 55% FC, total phenol of the control showed a 5% increase in production compared to the condition without stress. With the increase of drought stress, the amount of N and P in the plant decreased. Also, the lowest Ca was obtained in the control treatment and the combined application of 2 mM glycine amino acid and 4 kg/ha of humic acid. In general, both humic acid and glycine betaine treatments were effective in reducing damage caused by stress, and the simultaneous application of both substances in appropriate concentrations was effective in increasing nutrients, proline content and antioxidant activity under drought stress conditions.

Keywords: Antioxidant activity, Catalase, Nitrogen, Pyruvic acid, Proline

Corresponding author, Email: kodadadi@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-08-21]

[DOI: DOI: 10.22034/14.65.331]