

اثر فنیل آلانین و تریپتوفان بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی هندوانه ابوجهل (*Citrullus colocynthis* L.

محسن ثانی خانی^{*}، آرزو اکبری و عزیزاله خیری

گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۱/۲۴)

چکیده

گیاه دارویی هندوانه ابوجهل (*Citrullus colocynthis* L.) از خانواده کدویان است. به منظور بررسی اثر اسیدهای آمینه فنیل آلانین و تریپتوفان بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی مورد نظر، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان در چهار سطح و سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل سطوح مختلف اسیدهای آمینه فنیل آلانین و تریپتوفان (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) بودند. نتایج به دست آمده نشان داد که تیمارهای فنیل آلانین و تریپتوفان تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0/01$) بر عمده صفات مورد بررسی شامل طول بوته، وزن تر و خشک پیکره رویشی، عملکرد بذر، کلروفیل، فنل و فلاونوئید کل داشتند. بیشترین محتوای فنل و فلاونوئید کل به ترتیب مقدار ۱۶/۹۴ و ۷/۳۱ میلی‌گرم بر صد گرم وزن تازه در غلظت ۱ میلی‌مولار فنیل آلانین نسبت به شاهد با ۱۰/۷۲ و ۴/۰۴ میلی‌گرم بر صد گرم وزن تازه مشاهده شد. همچنین صفات عملکرد میوه، وزن هزار دانه و فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت تأثیر تیمار دو اسید آمینه تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0/05$) را نشان دادند. حداکثر عملکرد میوه در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار تریپتوفان با ۸۹۳۰/۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد در شاهد به میزان ۶۳۴۴/۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید. در مجموع سطوح مختلف تریپتوفان و فنیل آلانین می‌توانند نقش مؤثری در بهبود صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی و تولید این محصول داشته باشند. کاربرد ۲ میلی‌مولار فنیل آلانین جهت تولید حداکثر پیکر رویشی گیاه، تیمار ۱ میلی‌مولار هر دو اسید آمینه جهت بهبود شاخص‌های فیزیولوژیکی و ۰/۵ میلی‌مولار هر دو اسید آمینه برای عملکرد میوه مطلوب بوده و بسته به هدف، قابل توصیه هستند. کلمات کلیدی: اسیدهای آمینه، پیش‌ماده‌های بیوسنتزی، عملکرد میوه، فلاونوئید، محلول‌پاشی برگ

مقدمه

برداشت بی رویه آنها از طبیعت جلوگیری کند و همچنین امکان تولید مواد گیاهی بیشتر برای استحصال ترکیبات ثانویه مهم و با ارزش برای تولید داروها را فراهم سازد. هندوانه ابوجهل (*Citrullus colocynthis* L.) از گیاهان دارویی مهم متعلق به تیره کدویان (Cucurbitaceae) است. منشأ اصلی این گیاه، مناطق گرمسیری آسیا و آفریقا است و به‌طور گسترده‌ای در مناطق مدیترانه می‌روید. این گیاه در نواحی مختلف ایران از

گیاهان بخش مهمی از رژیم غذایی و ترکیبات دارویی را تشکیل می‌دهند به طوریکه در دهه‌های اخیر بیشتر مورد مطالعه بشر قرار گرفته‌اند. با توجه به گزارش سازمان جهانی سلامت، بیش از ۸۰ درصد از جمعیت جهان برای درمان بیماری‌های خود متکی به طب سنتی و گیاهی هستند (Wang et al., 2016). کشت گیاهان دارویی با ارزش می‌تواند از

^{*} نویسنده مسؤول، نشانی پست الکترونیکی: sani@znu.ac.ir

پروتئین، تقویت رشد و عملکرد گیاه (Davies, 2010) 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 ذخیره‌شده خود را صرف رشد بیشتر و بالابردن عملکرد و کیفیت محصول نماید (نقدی‌بادی و همکاران، ۱۳۹۴). اسیدهای آمینه معطر فنیل‌آلانین و تربیتوفان در گیاهان نه تنها از اجزای ضروری برای سنتز پروتئین هستند، بلکه به‌عنوان پیش‌ماده‌های بیوسنتزی تولید طیف گسترده‌ای از متابولیت‌های ثانویه گیاهان شاخص را تقویت می‌کنند (Tzin and Galili, 2010). همچنین مطالعات در این زمینه نشان داده‌اند که تربیتوفان به‌عنوان یک پیش‌ماده مهم در بیوسنتز اکسین (ایندول استیک اسید) نقش دارد (Ramaih et al., 2003). همچنین نشان‌دهنده آن است که اثر بعضی از اسیدهای آمینه مانند فنیل‌آلانین بر رشد و نمو گیاهان از طریق تأثیر بر هورمون جیبرلین صورت می‌گیرد (Waller and Nowaki, 1978). محلول‌پاشی برگ با ال-تربیتوفان در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، بالاترین میزان پارامترهای رشدی شامل ارتفاع بوته، وزن خشک کل و بیشترین اجزای عملکرد (تعداد میوه در بوته و عملکرد دانه در بوته) همچنین محتوای کلروفیل کل (a + b) گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) را به‌دنبال داشت (Gendy and Nosir, 2016). هدف از این تحقیق، بررسی اثر اسیدهای آمینه فنیل‌آلانین و تربیتوفان بر روی صفات رویشی و عملکرد محصول و همچنین تولید برخی متابولیت‌های ثانویه در هندوانه ابوجهل است.

مواد و روش‌ها

شرایط کشت و نحوه اعمال تیمارها: به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف اسیدهای آمینه فنیل‌آلانین و تربیتوفان بر رشد، عملکرد و متابولیت‌های ثانویه هندوانه ابوجهل آزمایشی به‌صورت طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در چهار سطح و سه تکرار

قبیل لرستان، فارس، کرمان، اهواز، بلوچستان، کویر لوت، یزد و خراسان پراکندگی دارد و به‌صورت وحشی می‌روید (Konoshima et al., 1995). ترکیبات طبیعی گیاهی می‌تواند از هر بخشی از گیاه مانند پوست، برگ، گل، ریشه، میوه‌ها، دانه‌ها، و غیره به‌دست آید و هر بخشی از گیاه ممکن است دارای ترکیبات فعال باشد (Gordon and David, 2001). برخی مواد مؤثره میوه هندوانه ابوجهل در زمره گلیکوزیدها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، کربوهیدرات‌ها، اسیدهای چرب و اسانس‌ها گروه‌بندی شده‌اند. سایر ترکیبات این گیاه شامل مواد تلخ کولوستین و کولوستتین، کوکوروبیتاسین A, B, C, D, E (آلفا-لاترین) و فلاون گلیکوزیدها و همچنین دارای مواد رزینی، پکتین، صمغ، ساپونین، تانن است. بذرها در هندوانه ابوجهل دارای ۵۳ درصد روغن و ۲۸ درصد پروتئین هستند (Bankole et al., 2005). روغن این گیاه می‌تواند مورد مصرف غذایی، دارویی و حتی صنعتی قرار گیرد (Yaniv et al., 1999). طبق گزارش وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا (USDA) که طی بیش از یک دهه خواص تغذیه‌ای و کاربردی دانه‌های این گیاه را مورد بررسی قرار داده‌اند این گیاه می‌تواند پتانسیل بالایی در صنایع غذایی داشته باشد (Hussain et al., 2014). هندوانه ابوجهل به‌طور گسترده‌ای در نقاط مختلف جهان برای درمان برخی بیماری‌ها از جمله دیابت، یبوست، درد مفاصل و سرطان استفاده می‌شود (Perveen et al., 2007). اسیدهای آمینه به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک، رشد و نمو گیاهان مؤثر واقع می‌شوند (Faten et al., 2010). اسیدهای آمینه به‌عنوان بلوک‌های ساختمانی پروتئین‌ها بوده که عملکرد ساختاری، متابولیکی و حمل و نقل را در گیاهان انجام می‌دهند (Liu et al., 2008). اسیدهای آمینه پیش‌سازهای هورمون‌های گیاهی و سایر مواد رشدی هستند. اسیدهای آمینه بهره‌وری متابولیسم گیاه را افزایش می‌دهند و باعث 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 (Calvo et al., 2014)، بالابردن روند تنفس گیاهی، فتوسنتز، سنتز

هزار دانه، عملکرد میوه و بذر) اندازه‌گیری شدند. سایر نمونه‌برداری‌ها شامل فنل، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی زمانی انجام شد که ۷۰ درصد میوه‌ها به رنگ زرد در آمده و گیاه تقریباً برگ‌های خود را از دست داده بود. برای به‌دست آوردن عملکرد میوه خشک، از آون با دمای ۶۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی: برای سنجش غلظت کلروفیل، نمونه‌گیری از برگ‌های بالغ با موقعیت مشابه یک ماه پس از آخرین محلول‌پاشی انجام گرفت. بلافاصله بعد از نمونه‌گیری جهت تهیه عصاره، ۰/۱ گرم از برگ در استون ۸۰٪ سائیده شد. سپس حجم عصاره به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. عصاره به‌دست آمده در ۵۰۰۰ دور در دقیقه و به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. جذب نوری کلروفیل a و b به‌ترتیب در طول‌موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (Safas monaco RS 232) خوانده شد و با فرمول ۱ کلروفیل کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه گردید (Arnon, 1949).

فرمول ۱

$20.2 (A_{645}) + 8.02 (A_{663}) \times V/W \times 1000$
A: جذب طول‌موج ویژه، V: حجم نهایی کلروفیل در استون ۸۰٪، W: وزن تر بافت استخراج‌شده

برای عصاره‌گیری و ارزیابی‌های بعدی شامل میزان فنل کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی از نمونه میوه تازه گیاه استفاده شد. به این صورت که مقدار ۳ گرم از پوست و پالپ گیاه را در هاون کوبیده و به آن ۱۰ سی‌سی متانول ۸۰٪ اضافه شد. سپس نمونه‌ها در دور ۵۰۰۰ به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شده و روش‌ناور جمع‌آوری شد و برای اندازه‌گیری‌های بعدی در یخچال نگه‌داری شدند.

جهت اندازه‌گیری محتوای فنل کل به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره گیاه، ۲ میلی‌لیتر سدیم کربنات (۲٪)، ۲/۸ میلی‌لیتر آب‌مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیکالچو (۵۰٪) اضافه شد. روش فولین سیکالچو از متداول‌ترین روش‌های اندازه‌گیری فنل است. اساس کار در این روش احیا معرف

انجام گرفت. تیمارهای‌های آزمایش شامل اسیدهای آمینه فنیل آلانین و تربیتوفان در سطوح صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار بودند. کاشت بذرها در اوایل اردیبهشت ۱۳۹۵ به‌طور دستی و در سینی‌های کشت در بستر کشت کوکوپیت صورت گرفت. بعد از جوانه‌زنی در مرحله دو برگی تنک شده و در مرحله سه الی چهار برگی به زمین انتقال یافتند. از قبل برای مبارزه با علف هرز و ایجاد گرما برای رشد بهتر گیاه مالچ‌کشی انجام گرفت. در زمان انتقال نشا به زمین میانگین دمای شب و روز به‌ترتیب ۱۰/۵ و ۲۲/۳ درجه سانتی‌گراد بود. در راستای تحقیقات قبلی مبنی بر تحت تأثیر قرارگرفتن بیشتر گیاهان با محلول‌پاشی در مراحل ابتدایی رشد، محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در ابتدای مراحل رشدی یعنی از مرحله پنج الی شش برگی و در سه زمان با فواصل ده روز یک‌بار حدوداً دو ساعت قبل از غروب آفتاب اعمال گردید (Gendy and Nosir, 2016; Ghasemzadeh et al., 2012).

ویژگی‌های خاک محل مورد آزمایش: نمونه‌گیری از خاک محل آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری انجام گرفت و به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه زنجان به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بافت خاک انتقال یافت. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول ۱ ذکر شده است. بافت خاک با روش هیدرومتری، میزان پتاسیم و سدیم خاک با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر مدل Jenway PFPV، کلسیم توسط دستگاه جذب اتمی، نیتروژن به روش کج‌لدال، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با دستگاه EC متر مدل Jenway 4310 و اسیدیته خاک با دستگاه pH متر مدل Metrohm 691 اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی: همزمان با رشد رویشی و رسیدن میوه‌ها صفات مورفولوژیکی شامل طول بوته، وزن تر و خشک پیکره رویشی و با رسیدن میوه‌ها عملکرد میوه، بذر، وزن هزار دانه مورد بررسی قرار گرفتند. گیاهان خانواده کدویان رشد نامحدود دارند و رشد گیاه پس از گلدهی نیز ادامه می‌یابد. برخی صفات مورفولوژیکی در طی رشد رویشی (طول بوته، وزن تر و خشک بوته) و یا نمو زایشی گیاه (وزن

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

رس	سیلت	شن	بافت خاک	ماده آلی	پتاسیم	سدیم	کلسیم	نیتروژن	EC	pH
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(g.kg ⁻¹)	(g.kg ⁻¹)	(%)	(%)	(ds.m ⁻¹)	-
۳۷	۳۸	۲۵	لوم رسی	۰/۹۴	۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۰۷	۱/۴۹۲	۷/۴۲

فولین توسط ترکیبات فنلی در محیط قلیایی و ایجاد کمپلکس آبی رنگ است. نمونه‌ها در مرحله بعد به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی نگه داشته شدند و جذب آنها در طول موج ۷۲۰ نانومتر خوانده شد. گالیک اسید به عنوان استاندارد فنل برای رسم منحنی استاندارد به کار رفت. محتوای فنل کل براساس میلی گرم معادل گالیک اسید بر گرم وزن تر گیاه محاسبه شد (Meda et al., 2005).

برای سنجش میزان فلاونوئید کل به ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره مورد نظر، ۱/۵ میلی لیتر متانول (۸۰٪)، ۱۰۰ میکرولیتر محلول آلومینیوم کلراید (۱۰٪)، ۱۰۰ میکرولیتر محلول پتاسیم استات ۱ مولار و ۲/۸ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد. پس از گذشت مدت زمان ۴۰ دقیقه در دمای معمولی اتاق، جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۱۵ نانومتر خوانده شد. برای رسم منحنی استاندارد از کوئرستین استفاده شد. میزان فلاونوئید کل براساس میلی گرم معادل کوئرستین بر گرم وزن تر گیاه گزارش شد (Jaberian et al., 2013).

برای سنجش فعالیت آنتی اکسیدانی به ۱/۵ میلی لیتر از عصاره، ۱/۵ میلی لیتر محلول متانولی ۰/۳٪ DPPH اضافه شد. محلول‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق نگه‌داری شدند. از متانول به عنوان شاهد استفاده شده و جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (Safas monaco RS 232) ثبت گردید (Brand-Williams et al., 1995). درصد بازدارندگی رادیکال آزاد هر عصاره به کمک فرمول ۲ محاسبه شد:

فرمول (۲)

$$\% = \frac{(\text{Abs positive control} - \text{Abs sample})}{\text{Abs positive control}} \times 100$$

Abs control: جذب طول موج شاهد، Abs sample: جذب طول موج نمونه‌ها

محاسبات آماری با نرم افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی: در خصوص طول بوته، نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها اختلاف معنی‌داری (P ≤ ۰/۰۱) را بین تیمارها نشان داد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین طول بوته (۲۱۵/۷ سانتی متر) در غلظت ۰/۵ میلی مولار تیمار تربیتوفان و کمترین طول در تیمار شاهد (۱۴۶/۷ سانتی متر) به دست آمد. همچنین هر دو اسیدآمین ترپیتوفان و فنیل آلانین در سطح ۲ میلی مولار موجب افزایش طول بوته به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد گردیدند. بالاترین طول بوته در این دو تیمار به ترتیب در مقادیر ۱۹۹/۳ و ۱۹۷/۷ سانتی متر در مقایسه با شاهد به طول ۱۴۶/۷ سانتی متر به دست آمد. در بررسی صورت پذیرفته در گل میمون نیز با افزایش غلظت تربیتوفان، طول گیاه افزایش یافته است (Nahed et al., 2009). اثر مثبت تربیتوفان می‌تواند به علت نقش این اسیدآمین به عنوان مسیر جایگزین در سنتز اکسین باشد (Kowalzy and Zielony, 2008). در گیاه آویشن (*Thymus vulgaris* L.) تیمار اسیدهای آمینه فنیل آلانین و تربیتوفان در غلظت‌های مختلف موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه در مقایسه با گیاهان شاهد گردیده است (Ghazal, 2015).

محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسیدهای آمینه اختلاف معنی‌داری را بر صفات وزن تر و خشک هندوانه ابوجهل داشت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر آن است که تأثیر تیمارها بر صفات وزن تر و خشک گیاه دارای اختلاف

معنی داری ($P \leq 0.01$) بوده است. مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که بیشترین مقدار عملکرد وزن تر و خشک پیکره رویشی به ترتیب با ۱۰۰۹۷/۲ و ۲۳۳۳/۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار فنیل آلانین با غلظت ۲ میلی مولار مشاهده شد و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد به ترتیب با ۵۱۳۲/۸ و ۱۲۳۶/۱ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در تحقیقی دیگر استفاده از اسیدآمینه تربیتوفان باعث افزایش وزن تر و خشک در نوعی گزنه (*Urtica pilulifera* L.) شد (Wahba et al., 2015). Nahed و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کرده‌اند که اسپری برگی (*Thuja orientalis* L.) با تربیتوفان به طور قابل توجهی باعث افزایش طول و قطر ساقه، طول ریشه، وزن تازه و خشک شاخه‌ها و ریشه‌ها نسبت به گیاهان شاهد گردیده است.

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) تیمار اسیدهای آمینه موجب افزایش عملکرد در محصول شدند. بیشترین عملکرد میوه خشک در غلظت ۰/۵ میلی مولار تربیتوفان به میزان ۸۹۳۰/۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد به میزان ۶۳۴۴/۱ کیلوگرم در هکتار میوه حاصل شد. در بررسی تربیتوفان و فنیل آلانین بر روی گاوزبان وحشی، کاربرد این دو اسیدآمینه در افزایش میزان محصول مؤثر بوده است (EL-Gengaihi et al., 2005). اسیدهای آمینه می‌توانند جذب کودها را بهتر کنند و با افزایش جذب مواد مغذی و آب، باعث افزایش شدت فتوسنتز و ماده خشک و در نتیجه افزایش عملکرد محصول شوند (Kowalzy and Zielony, 2008). همچنین محلول‌پاشی با اسیدهای آمینه در عملکرد گیاهان نقش مثبتی دارد (Slawik, 2005). محلول‌پاشی برگی با اسیدهای آمینه باعث افزایش رشد گیاه و عملکرد میوه با حفظ ترکیبات پروتئینی می‌شود و نتایج مثبتی در سیب زمینی (Awad et al., 2007) نشان داده شده است.

نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین عملکرد بذر در تیمار غلظت ۰/۵ میلی مولار تربیتوفان به میزان ۳۲۳۴/۸ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن مربوط به شاهد با ۱۵۵۷/۸ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید. سطوح بالاتر هر دو اسیدآمینه موجب افزایش بیشتر عملکرد بذر

نگردید. نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) وزن هزار دانه نشان داد که تیمار فنیل آلانین در غلظت ۰/۵ میلی مولار با ۳۸/۲ گرم بیشترین مقدار را نسبت به شاهد با ۳۳/۶ گرم به دنبال داشت. در این شاخص نیز سطح ۰/۵ میلی مولار هر دو اسیدآمینه بالاترین وزن هزار دانه را به همراه داشت. در مطالعات انجام شده قبلی با کاربرد اسیدآمینه تربیتوفان افزایش عملکرد در دانه نوعی گزنه (*Urtica pilulifera* L.) مشاهده شد (Wahba et al., 2015). در بسیاری از مطالعات گزارش شده است که محلول‌پاشی با اسیدهای آمینه سبب افزایش رشد و توسعه گیاهان می‌شود (Faten et al., 2010; Awad et al., 2007). به طور کلی، استفاده از اسیدهای آمینه تربیتوفان و فنیل آلانین موجب افزایش ترکیبات آلی فتوسنتزی و افزایش نقل و انتقال آنها از برگ‌ها به میوه‌ها شده است و از این طریق موجب افزایش تولید محصول شده است. محلول‌پاشی برگ با تربیتوفان بیشترین اجزای عملکرد شامل: تعداد میوه در بوته و عملکرد دانه در بوته در گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) را در بر داشت (Gendy and Nosir, 2016). با افزایش سطح برگ، محتوای کلروفیل و میزان فتوسنتز، امکان تولید محصول بالاتر فراهم می‌شود (Radkowski and Radkowska, 2018). استفاده از اسیدهای آمینه نه تنها باعث افزایش رشد می‌شود بلکه باعث افزایش کیفیت و مقدار محصول می‌شود (Belal et al., 2016).

صفات فیزیولوژیکی: براساس نتایج به دست آمده از جدول مقایسه میانگین، غلظت ۱ میلی مولار فنیل آلانین و تربیتوفان بالاترین میزان کلروفیل (به ترتیب ۱/۱۰ و ۰/۹۶ میلی گرم بر صد گرم وزن تازه) را نشان دادند و کمترین سطح کلروفیل در تیمار شاهد (۰/۶۹ میلی گرم بر صد گرم وزن تازه) مشاهده گردید. اسیدهای آمینه به عنوان ترکیبات نیتروژن دار آلی بلوک‌های ساختمانی در سنتز پروتئین‌ها هستند که برای تحریک رشد سلول‌ها بسیار مهم هستند. آنها به عنوان بافرهایی عمل می‌کنند که به حفظ pH مطلوب درون سلول گیاهی کمک می‌کنند زیرا حاوی هر دو گروه اسیدی و بازی هستند (Gendy and Nosir, 2016). تأثیر اسیدهای آمینه بر تنظیم رشد

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای اسیدآمینه فنیل آلانین و تریپتوفان بر صفات مورد بررسی در گیاه هندوانه ابوجهل

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		طول بوته	وزن تر پیکره رویشی	وزن خشک پیکره رویشی	عملکرد میوه خشک
بلوک	۲	۱۵۱/۴۷۶	۹۶۲۷۰۰/۹۵	۵۷۲۴/۲۰۲	۱۹۴۰۸۷/۰۳
تیمار	۶	۱۸۷۱/۷۷**	۶۴۴۰۱۴۰/۳۵**	۴۲۲۰۳۲/۲۹۰**	۲۲۷۱۴۶۵/۷۱*
خطا	۱۲	۳۲۲/۵۸	۱۴۳۷۸۶۲/۶۱	۳۱۵۱۵/۰۷۶	۵۸۴۹۴۷/۳۵
ضریب تغییرات		۹/۷۲	۱۵/۲۵	۹/۴۸	۱۰/۵۶

*, ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ادامه جدول ۲-

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد بذر	وزن هزار دانه	کلروفیل	فلانوئید	ظرفیت آنتی اکسیدانی
بلوک	۲	۱۶۶۴۳/۶	۲/۵۰۴۳	۰/۰۲۵۶	۰/۶۹۸۶	۰/۴۱۹۰
تیمار	۶	۹۹۷۳۳۹/۰**	۸/۳۱۹۷*	۰/۰۴۵۰**	۴/۰۲۲۶**	۱۲/۴۵۷۰**
خطا	۱۲	۱۶۵۶۶۶/۵	۱/۸۴۸۷	۰/۰۰۷۰	۰/۳۶۳۰	۱/۴۴۸۵
ضریب تغییرات		۱۵/۶۲	۳/۷۸	۹/۳۷	۱۰/۶۹	۸/۲۶

*, ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیکی در هندوانه ابوجهل

تیمار	طول بوته (m)	وزن تر پیکره رویشی	وزن خشک پیکره رویشی (Kg/ha)	عملکرد میوه خشک	عملکرد بذر
شاهد	۱۴۶/۷ ^c	۵۱۵۲/۸ ^c	۱۲۳۶/۱ ^c	۶۳۴۴/۴ ^b	۱۵۵۷/۸ ^b
فنیل آلانین (mM)					
۰/۵	۱۸۷ ^{abc}	۷۷۲۷/۸ ^{ab}	۱۶۳۶/۱ ^b	۷۶۸۸/۹ ^{ab}	۳۱۲۴/۷ ^a
۱	۱۵۴/۷ ^{bc}	۷۵۷۵ ^{ab}	۱۶۶۶/۷ ^b	۷۱۹۱/۷ ^{ab}	۲۷۶۵/۵ ^a
۲	۱۹۷/۷ ^{ab}	۱۰۰۹۷/۲ ^a	۲۳۳۳/۳ ^a	۶۶۷۵/۰ ^b	۲۸۶۶/۷ ^a
تریپتوفان (mM)					
۰/۵	۲۱۵/۷ ^a	۸۲۵۰ ^{ab}	۲۰۸۳/۳ ^a	۸۹۳۰/۶ ^a	۳۲۳۴/۸ ^a
۱	۱۹۱/۷ ^{abc}	۸۴۰۲/۸ ^{ab}	۲۰۹۷/۲ ^a	۷۲۱۶/۷ ^{ab}	۲۳۶۶/۲ ^{ab}
۲	۱۹۹/۳ ^{ab}	۷۸۳۳/۳ ^{ab}	۲۰۵۵/۶ ^a	۶۶۴۰/۶ ^b	۲۳۲۲/۱ ^{ab}

حروف متفاوت بیانگر اختلاف آماری معنی دار است.

می تواند به این معنا باشد که برخی از اسیدهای آمینه مانند فنیل آلانین می توانند بر رشد و تکامل گیاه از طریق بیوسنتز جیبرلین تأثیر بگذارند (Waller and Nawacke, 1978). تریپتوفان نقش

ویژه ای به عنوان پیش ماده اکسین ایفا می کند و مسئول سرعت بخشیدن به رشد ساقه و ریشه است. اسیدهای آمینه به دلیل سازگاری کامل با متابولیسم گیاهان، نقش تغذیه ای مؤثر

ادامه جدول ۳-

تیمار	وزن هزار دانه (gr)	کلروفیل	فلاونوئید mg/100 gr fw	فنل	ظرفیت آنتی اکسیدانی (%)
شاهد	۳۳/۶ ^c	۰/۶۹ ^c	۴/۰۴ ^d	۱۰/۷۲ ^b	۹۰/۵۶ ^b
فنیل آلانین (mM)					
۰/۵	۳۸/۲ ^a	۰/۸۸ ^{abc}	۵/۸۹ ^{abc}	۱۴/۰۶ ^a	۹۱/۸۶ ^{ab}
۱	۳۶/۷ ^{abc}	۱/۱۰ ^a	۷/۳۱ ^a	۱۶/۹۴ ^a	۹۲/۰۴ ^{ab}
۲	۳۴/۴ ^{bc}	۰/۸۸ ^{abc}	۵/۵۳ ^{bcd}	۱۴/۲۲ ^a	۹۱/۶۸ ^{ab}
تربیتوفان (mM)					
۰/۵	۳۷/۶ ^{ab}	۰/۸۵ ^{bc}	۴/۸۵ ^{cd}	۱۴/۹۴ ^a	۹۲/۶۰ ^{ab}
۱	۳۵/۷ ^{abc}	۰/۹۶ ^{ab}	۶/۸۷ ^{ab}	۱۶/۵۶ ^a	۹۴/۱۵ ^a
۲	۳۵/۶ ^{abc}	۰/۸۹ ^{abc}	۴/۹۳ ^{cd}	۱۴/۴۴ ^a	۹۱/۲۰ ^b

حروف متفاوت بیانگر اختلاف آماری معنی دار است.

و سریع خصوصاً برای رفع کمبود گیاهان ایفا می کنند و منجر به افزایش سطح برگ، محتوای کلروفیل و میزان فتوسنتز می شوند و امکان افزایش کمیت و کیفیت محصول را فراهم می کنند (Radkowski and Radkowska, 2018). Garcia و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که اسیدهای آمینه در محلول های مغذی مطلوب بر مواد معدنی برگ و غلظت کلروفیل برگ های گوجه فرنگی مؤثر هستند. نشان داده شده است که کاربرد اسیدهای آمینه بر روی مارچوبه سبب افزایش جذب اغلب عناصر کم مصرف و پرمصرف در اندام های هوایی و ریزوم ها شده و از طرف دیگر باعث افزایش کلروفیل در ساقه های خوراکی گردیده است (Tejada and Gonzalez, 2003). اسیدهای آمینه تربیتوفان و فنیل آلانین در غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر به طور قابل توجهی باعث افزایش رنگدانه های فتوسنتزی در گیاه ایبریس (*Iberis amara* L.) شده است (Attoa et al., 2000).

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس در صفت محتوای فنل (جدول ۲) حاکی از تفاوت معنی دار ($P \leq 0/01$) بین تیمارها بود. بیشترین مقدار فنول با ۱۶/۹۴ و ۱۶/۵۶ میلی گرم بر صد گرم وزن تازه به ترتیب در غلظت ۱ میلی مولار فنیل آلانین و تربیتوفان و کمترین مقدار در شاهد با ۱۰/۷۲

میلی گرم بر صد گرم وزن تازه مشاهده شد. مشخص شده است کاربرد فنیل آلانین بر روی متابولیسم ترکیبات فنلی گیاه تأثیرگذار است (Portu et al., 2015). ترکیب های فنلی انتشار وسیعی در گیاهان دارند و فعالیت بیولوژیک متنوع این ترکیب ها از جمله اثر آنتی اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد التهابی آنها گزارش شده است (نوری و همکاران، ۱۳۹۵). بیوسنتز ترکیب های فنلی گیاه از مسیر شیکمیک اسید آغاز می شود و مهم ترین آنزیم بیوسنتزکننده این ترکیب ها فنیل آلانین آمونیلایز (PAL) است. فنیل آلانین آمونیلایز (PAL) آنزیم اصلی در اتصال مسیر سنتزی اسیدهای آمینه آروماتیک و متابولیت های ثانویه شامل گروه وسیعی از ترکیبات فنلی است و نقش کلیدی در تنظیم محصولات حاصل از مسیر فنیل پروپانوییدی ایفا می کند (صمدی و همکاران، ۱۳۹۳). مسیر فنیل پروپانوییدی مسیر اولیه تولید بسیاری از ترکیبات طبیعی مانند هیدروکسی سینامیک اسیدها و سپس فلاونوئیدها، ایزوفلاونوئیدها، لیگنین و طیف وسیعی از سایر مواد فنلی است. در واقع فنیل آلانین آمونیلایز امکان تبدیل فنیل آلانین به ترانس- سینامیک اسید را فراهم ساخته و سبب ادامه چرخه و تولید مواد فنلی می شود. ترانس- سینامیک اسید پیش ماده اصلی تولید فلاونوئیدها و لیگنین ها است. بنابراین افزایش فعالیت این آنزیم سبب افزایش

سطح تولید مواد فنیل پروپانوییدی می‌گردد (صمدی و همکاران، ۱۳۹۳).

در نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین، بیشترین مقدار فلاونوئید در غلظت ۱ میلی‌مولار فنیل‌آلانین و تربیتوفان به ترتیب با ۷/۳۱ و ۶/۸۷ میلی‌گرم بر صد گرم وزن تازه در مقایسه با شاهد به میزان ۴/۰۴ میلی‌گرم بر صد گرم وزن تازه به دست آمد که تفاوت معنی‌داری را با شاهد نشان دادند. فنیل‌آلانین به عنوان یک پیش‌ماده برای مجموعه وسیعی از متابولیت‌های ثانویه، از جمله فنیل پروپانوئیدها، فلاونوئیدها، لیگنین‌ها، آنتوسیانین‌ها و تعداد زیادی متابولیت‌های دیگر است (Tzin and Galili, 2010). ترکیبات متابولیکی فنیل پروپانوئید دارای نقش‌های متعدد به‌ویژه برای محافظت در مقابل تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی هستند (Dixon, 2001). نتایج به دست آمده از بررسی‌های گذشته حاکی از آن است که فنیل‌آلانین توسط گیاه جذب شده و تبدیل به فلاونوئید می‌شود (Portu et al., 2015). در اکثر گونه‌های گیاهی مرحله کلیدی ساخت ترکیبات فنیل پروپانوئیدی، تبدیل فنیل‌آلانین به سینامیک اسید از طریق حذف یک مولکول آمونیاک انجام می‌شود. روند تغییر ترکیبات فنیل پروپانوئیدی با آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالایز همبستگی مثبت داشته و با افزایش فعالیت آنزیم محتوای فنلی و فلاونوئیدی نیز افزایش می‌یابد (صمدی و همکاران، ۱۳۹۳). اسیدآمینه فنیل‌آلانین در مسیرهای بیوسنتز متابولیسم ثانویه دخیل بوده و پیش‌ماده سنتز ترکیبات فنلی مختلفی از قبیل فلاونوئیدها و لیگنین با استفاده از آنزیم PAL است که فنیل‌آلانین را کاتالیز کرده و سینامیک اسید تولید می‌کند و منجر به تولید فلاونوئیدها و یا لیگنین‌ها می‌شود (Teixeira et al., 2017).

باتوجه به نتایج به دست آمده از جدول مقایسه میانگین، تیمارها تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0/05$) را در این شاخص نشان دادند. حداکثر فعالیت آنتی‌اکسیدانی ۹۴/۱۵ درصد در غلظت ۱ میلی‌مولار تربیتوفان و حداقل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در شاهد با ۹۰/۵۶ درصد به دست آمد. در یک بررسی نشان داده شده که

تربیتوفان بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) تأثیر مثبتی دارد (Msh et al., 2015). به‌طور کلی رابطه‌ای مثبت و قوی بین محتوای فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گزارش شده است که به نظر می‌رسد در بسیاری از گونه‌های گیاهی این رابطه برقرار است و با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (Ghasemzadeh et al., 2012).

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج به دست آمده حاکی از آن است که محلول‌پاشی با اسیدهای آمینه در تمامی سطوح بر بهبود ویژگی‌های رشد و نمو و همچنین متابولیت‌های ثانویه هندوانه ابوجهل در مقایسه با شاهد تأثیر به‌سزایی داشته، و این تیمارها قابل توصیه هستند. سطوح مختلف دو اسیدآمینه مورد بررسی، اثرات مشابهی بر الگوی رشد و نمو و صفات فیزیولوژیکی بر جای گذاشتند. غلظت ۰/۵ میلی‌مولار هر دو اسیدآمینه علاوه بر بهبود شاخص‌های رشد و نمو باعث افزایش عملکرد میوه و بذر نیز گردیدند. محلول‌پاشی در سطوح بالاتر هر دو اسیدآمینه منجر به افزایش رشد و تولید بیشتر پیکر رویشی نسبت به غلظت ۰/۵ میلی‌مولار گردید. همچنین با توجه به نتایج، غلظت ۱ میلی‌مولار اسیدآمینه فنیل‌آلانین بر افزایش متابولیت‌های ثانویه تأثیر به‌سزایی داشت. همچنین با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش غلظت ۱ میلی‌مولار اسیدهای آمینه فنیل‌آلانین و تربیتوفان بر بهبود شاخص‌های فیزیولوژیکی تأثیر به‌سزایی داشتند. در مجموع غلظت ۰/۵ میلی‌مولار هر دو اسیدآمینه بهترین تأثیر را بر میزان عملکرد میوه نشان دادند و غلظت ۲ میلی‌مولار فنیل‌آلانین بالاترین عملکرد پیکره رویشی را حاصل نمود. نتایج به دست آمده در این آزمایش نشان داد که بسته به هدف کشت، اعم از تولید و استحصال مواد مؤثره از میوه و یا پیکره رویشی، کاربرد اسیدهای آمینه به‌صورت محلول‌پاشی می‌توانند مطلوب و قابل توصیه باشند.

منابع

- صمدی، ص.، قاسم‌نژاد، ع. و علیزاده، م. (۱۳۹۳) تغییرات فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لایاز (PAL) کنگرفرنگی (*Cynara scolymus* L.) تحت تأثیر متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید در شرایط درون شیشه‌ای. پژوهش‌های تولید گیاهی ۴: ۱۴۸-۱۳۸.
- نقدی‌بادی، ح. ع.، لبافی، م.، قوامی، ن.، قادری، ا.، عبدوسی، و.، اقارب‌پرست، م. ر. و مهرآفرین، ع. (۱۳۹۴) پاسخ فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) به محلول‌پاشی محرک‌های زیستی بر پایه اسیدهای آمینه و متانول. فصلنامه گیاهان دارویی ۲: ۱۵۸-۱۴۶.
- نوری، م.، قرنچیک، ش.، صفی‌پور افشار، ا. و سعید نعمت‌پور، ف. (۱۳۹۵) تأثیر سویه‌های مختلف اگروباکتریوم بر القای ریشه‌های موئین و میزان فنل و پلی‌ساکارید کل در گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea* (L.) Moench). دو ماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۳۳: ۱۰۲-۹۰.
- Arnon, D. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Poly-phenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1.
- Attoa, G. E., Wahba, H. E. and Farahat, A. A. (2000) Effect of some amino acids and sulphur fertilization on growth and chemical composition of *Iberis amara* L. plant. Egyptian Journal of Horticulture 29: 17-37.
- Awad, E. M., Abd El-Hameed, A. M. and Shall, Z. S. (2007) Effect of lycine, lysine and nitrogen fertilizer rates on growth, yield and chemical composition of potato. Journal of Agricultural Sciences, Mansoura University 32: 8541-8551.
- Bankole, S. A., Osho, A., Joda, A. O. and Enikuomelin, O. A. (2005) Effect of drying method on the quality and storability of "egusi" melon seeds (*Colocynthis citrullus* L.). African Journal of Biotechnology 4: 799-803.
- Belal, B. E. A., El-Kenawy, M. A. and Uwakiem, M. K. (2016) Foliar application of some amino acids and vitamins to improve growth, physical and chemical properties of flame seedless grapevines. Egyptian Journal of Horticulture 43: 123-136.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. and Berset, C. (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Science Technology 28: 25-30.
- Calvo, P., Nelson, L. and Kloepper, J. W. (2014) Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and Soil 383: 3-41.
- Davies, P. J. (2010) The plant hormones: Their nature, occurrence, and functions. In: Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction and Action! (ed. Davies, P. J.) Pp. 1-15. Springer, Dordrecht.
- Dixon, R. A. (2001) Natural products and plant disease resistance. Nature 411: 843-847.
- EL-Gengaihi, S., Hendawy, S. F. and Abdelhamed, S. R. (2005) The role of some amino acids and vit. B on growth and productivity of *Anchusa italica* plant. Egyptian Pharmaceutical Journal 4: 525-537.
- Faten, S. A., Shaheen, A. M., Ahmed, A. A. and Mahmoud, A. R. (2010) Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of Squash. Research Journal of Agriculture and Biological Science 6: 583-588.
- Garcia, A. L., Madrid, R., Gimeno, V., Rodriguez-Ortega, W. M., Nicolas, N. and Garcia-Sanchez, F., (2011) The effects of amino acids fertilization incorporated to the nutrient solution on mineral composition and growth in tomato seedlings. Spanish Journal of Agricultural Research 9: 852-861.
- Gendy Ahmed, S. H. and Nosir Walid, S. (2016) Improving productivity and chemical constituents of Roselle plant (*Hibiscus sabdariffa* L.) as affected by phenylalanine, L- tryptophan and peptone acids foliar application. Middle East Journal of Agriculture Research 5: 701-708.
- Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z. and Karimi, E. (2012) Involvement of salicylic acid on antioxidant and anticancer properties, anthocyanin production and chalcone synthase activity in ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) varieties. International Journal of Molecular Sciences 13: 14828-14844.
- Ghazal, G. M. (2015) Growth and oil yield of thymus vulgaris plant as influenced by some amino acids and ascorbic acid. World Journal of Pharmaceutical Sciences 3: 2321-3086.
- Gordon, M. C. and David, J. N. (2001) Natural product drug discovery in the next millennium. Pharmaceutical Biology 39: 8-17.
- Hussain, A. I., Rathore, H. A., Sattar, M. Z., Chatha, S. A., Sarker, S. D. and Gilani, A. H. (2014) *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad (bitter apple fruit): A review of its phytochemistry, pharmacology, traditional uses and nutritional potential. Journal of Ethnopharmacology 155: 54-66.
- Jaberian, H., Piri, K. and Nazari, J. (2013) Phytochemical composition and in vitro antimicrobial and antioxidant activities of some medicinal plants. Food Chemistry 136: 237-244.

- Konoshima, T. A., Takaski, M. B., Kozuka, M. O. and *et al.* (1995) Inhibitory effects of Cucurbitane triterpenoids on epstein-barr virus activation and two-stage carcinogenesis of skin tumor. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 18: 284-287.
- Kowalzy, K. and Zielony, T. (2008) Effect of aminoplant and asahi on yield and quality of lettuce grown on rockwool. In: *Biostimulators in Modern Agriculture*. (ed. Dabrowsky, Z. T.) Pp. 35-43. Vegetable Crops.
- Liu, X. Q., Ko, K. Y., Kim, S. H. and Lee, K. S. (2008) Effect of amino acid fertilization on nitrate assimilation of leafy radish and soil chemical properties in high nitrate soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 39: 269-281.
- Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J. and Nacoulma, O. G. (2005) Determination of the total phenolic, flavonoid and pralin contents in Burkina Fasan honey, as well as their scavenging activity. *Food Chemistry* 91: 571-577.
- Msh, S., Orabi, S. A. and Bakry, A. B. (2015) Antioxidant properties, secondary metabolites and yield as affected by application of antioxidants and banana peel extract on Roselle plants. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* 9: 93-104.
- Nahed, G. A. A., Mahgoub, N. H. and Mazher, A. A. (2009) Physiological effect of phenylalanine and tryptophan on the growth and chemical constituents of *Antirrhinum majus* plants. *Ozean Journal of Applied Sciences* 2: 399-407.
- Nahed, G., Abdel Aziz, A. A., Mazher, M. and Farahat, M. M. (2010) Response of vegetative growth and chemical constituents of *Thuja orientalis* L. plant to foliar application of different amino acids at Nubaria. *Journal of American Science* 6: 295-301.
- Perveen, U., padhyay, B., Roy, S. and Kumar, A. (2007) Traditional uses of medicinal plants among the rural communities of Churu district in the Thar desert, India. *Journal of Ethnopharmacology* 113: 387-399.
- Portu, J., Lopez-Alfaro, I., Gomez-Alonso, S., Lopez, R. and Garde-Cerdan, T. (2015) Changes on grape phenolic composition induced by grapevine foliar applications of phenylalanine and urea. *Food Chemistry* 180: 171-180.
- Radkowski, A. and Radkowska, I. (2018) Influence of foliar fertilization with amino acid preparations on morphological traits and seed yield of timothy. *Plant, Soil and Environment* 64: 209-213.
- Ramaih, S., Geudira, M. and Paulsen, G. M. (2003) Relationship of indole acetic acid and tryptophan dormancy and pre-harvest sprouting of wheat. *Functional Plant Biology* 30: 939-945.
- Slawik, M. (2005) Production of Norway spruce seedlings on substrate mixes using growth stimulants. *Journal of Forest Science* 51: 15-23.
- Teixeira, W. F., Fagan, E. B., Soares, L. H., Umburanas, R. C., Reichardt, K. and Neto, D. D. (2017) Foliar and seed application of amino acids affects the antioxidant metabolism of the soybean crop. *Frontiers in plant science* 8: 327.
- Tejada, M. and Gonzalez, J. L. (2003) Influence of foliar fertilization with amino acids and humic acids on productivity and quality of asparagus. *Biological Agriculture and Horticulture* 21: 277-291.
- Tzin, V. and Galili, G. (2010) The biosynthetic pathways for shikimate and aromatic amino acids in *Arabidopsis thaliana*. *The Arabidopsis Book* 132.
- Wahba, H. E., Motawe, H. M. and Ibrahim, A. Y. (2015) Growth and chemical composition of *Urtica pilulifera* L. plant as influenced by foliar application of some amino acids. *Journal of Materials Environmental Science* 6: 499-506.
- Waller, G. R. and Nowaki, E. K. (1978) *Alkaloid, Biology and Metabolism in Plants*. Plenum Press, New York.
- Wang, X., Zhang, A., Zhou, X., Liu, Q., Nan, Y., Guan, Y., Kong, L., Han, Y., Sun, H. and Yan, G. (2016) An integrated chinmedomics strategy for discovery of effective constituents from traditional herbal medicine. *Scientific reports* 6: 18997.
- Yaniv, Z. E., Shabelsky, E. and Schafferman, D. (1999) Colocynth: potential arid land oilseed from an ancient cucurbit. In: *Perspectives on New Crops and New Uses*. (ed. Janick, J.) Pp: 257-261. ASHS Press, Alexandria, Virginia.

Effect of phenylalanine and tryptophan on morphological and physiological characteristics in colocynth plant (*Citrullus colocynthis* L.)

Mohsen Sanikhani*, Arezo Akbari, Azizolah Kheiry

Department of Horticultural Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran

(Received: 15/05/2018, Accepted: 13/04/2019)

Abstract

The medicinal plant bitter apple (colocynth) belongs to Cucurbitaceae family. To study the effect of phenylalanine and tryptophan amino acids on morphological and physiological characteristics of *Citrullus colocynthis* L., an investigation was conducted according to a completely randomized block design with four treatments and three replications in the University of Zanjan, Iran. The studied factors included different levels of phenylalanine and tryptophan (0, 0.5, 1, 2 mM). According to the results, phenylalanine and tryptophan very significantly affected the majority of the studied traits including plant length, fresh and dry weight of foliage, seed yield, weigh of 1000 seeds, chlorophyll, total phenol and flavonoid contents ($p \leq 0.01$). The maximum content of total phenol and flavonoid were reached to 16.94 and 7.31 mg/100 g fresh weight in the concentration of 1 mM phenylalanine compared to the control with 10.72 and 4.04 mg/100 g fresh weight respectively. Also, yield of fruit and antioxidant activity were affected significantly by the amino acid treatments ($p \leq 0.05$). The maximum fruit yield was 8930.6 kg/ha at the concentration of 0.05 mM tryptophan compared to 6344.4 kg/ha in control. In conclusion, various levels of tryptophan and phenylalanine can effectively improve morphological and physiological characteristics and hence production of this crop. To achieve the best performance, application of 2 mM phenylalanine for maximum yield of foliage, 1 mM of the two amino acids for phytochemical characteristics and 0.5 mM of the two amino acids for fruit yield, depending on the aim, can be recommended.

Key words: Amino acids, Biosynthetic precursors, Flavonoid, Foliar application, Yield