تأثیر محلول‌پاشی اوره، اسید آسپارتیک و اسید گلوتامیک بر ویژگی‌های رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه آگاستاکه (*Agastache foeniculum*)

رحیمه جهانی[۱]، عباس حسنی[۲]*، عباس صمدی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۷)

چکیده

آگاستاکه (*Agastache foeniculum*) گیاهی علفی، چندساله، معطر و متعلق به خانواده نعناع (Lamiaceae) می‌باشد. اسانس این گیاه دارای خواص ضدقارچی و ضدباکتریایی بوده و در صنایع غذایی و داروسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحقیق حاضر به‌منظور بررسی برگپاشی اوره و اسیدهای آمینه بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه آگاستاکه، به‌صورت یک آزمایش گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل محلول‌پاشی اوره (در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۲ گرم در لیتر)، اسیدآسپارتیک (در غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، اسیدگلوتامیک (در غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و شاهد (بدون محلول‌پاشی) بودند. نتایج نشان داد که کاربرد برگی اوره و اسیدهای آمینه تأثیر معنی‌داری بر صفات رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی داشتند. بیشترین و کمترین ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ، قطر ساقه و وزن خشک برگ و ساقه به‌ترتیب در تیمار ۲ گرم در لیتر اوره و شاهد به‌دست آمد. محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه مقادیر رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، محتوی پرولین، قندهای محلول کل، پروتئین کل و نیتروژن برگ‌ها را در مقایسه با شاهد افزایش داد. با افزایش غلظت اسیدهای آمینه مقادیر پروتئین کل، قندهای محلول کل، پرولین، محتوی نیتروژن و کلروفیل برگ‌ها افزایش یافت. در مجموع یافته‌های این تحقیق نشان داد که اگرچه در مورد اکثر صفات مورد مطالعه، بیشترین تأثیر در تیمار ۲ گرم در لیتر اوره مشاهده گردید اما اسیدهای آمینه نیز به‌واسطه بهبود ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیکی می‌توانند به‌عنوان منابع جدید نیتروژن در تغذیه گیاهان مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: آگاستاکه، اسیدآمینه، محلول‌پاشی برگی، نیتروژن، پروتئین

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه
۲- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه (مکاتبه کننده)
۳- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه
*پست الکترونیک: horthasani@yahoo.com

مقدمه

آگاستاکه (*Agastache foeniculum*) گیاهی علفی، چندساله، متعلق به خانواده نعناع (Lamiaceae) (Omidbaigi & Mahmoodi, 2010) و بومی ایالات متحده و کانادا می‌باشد (Charles *et al*., 1991; Mallavarapu *et al*., 2004). آگاستاکه در شمال و جنوب اروپا و ناحیه مدیترانه کشت می‌شود. عطر و بوی اسانس این گیاه که اساساً در برگ‌ها و گل‌ها سنتز می‌شود شبیه اسانس گیاه آنیسون می‌باشد. برگ‌ها و گل‌آذین این گیاه در تهیه کیک‌ها، شیرینی‌ها، سالادها، دسرها و به‌صورت دم کرده مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین برگ‌ها در درمان ناراحتی‌های قلبی، درد قفسه سینه، القای عرق برای کاهش تب و ضماد بر روی محل درد کاربرد دارد (Mallavarapu *et al*., 2004). مواد مؤثره موجود در گیاهان دارویی اگرچه تحت هدایت ژنتیکی ساخته می‌شوند ولی عوامل اقلیمی محل رویش و شرایط کشت و پرورش آن‌ها نیز تأثیر به‌سزایی در کمیت و کیفیت این مواد دارند.

کاربرد صحیح و مناسب عناصر غذایی نه تنها نقش عمده‌ای در افزایش عملکرد گیاهان دارویی دارند، بلکه در کمیت و کیفیت مواد مؤثره آن‌ها نیز مؤثر هستند (Omidbaigi, 2014). ترکیبات نیتروژنی جزو مهمترین عناصر غذایی می‌باشند که در رشد رویشی و زایشی گیاهان دارویی تأثیر می‌گذارند و طبعا باعث تغییراتی در عملکرد محصول می‌شوند و در نتیجه کمیت و کیفیت مواد موثره آنها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند (Ameri *et al*., 2007). نیتروژن مهمترین عنصر غذایی ضروری برای گیاهان محسوب می‌گردد و با عناصری نظیر کربن، اکسیژن، هیدروژن و حتی گوگرد ترکیب شده و در ساختمان مولکول‌های مواد بسیار ارزشمند نظیر پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، کوآنزیم‌ها، اسیدهای نوکلئیک و سیتوکروم‌ها نقش دارد (Salisbury & Ross 1992). نیتروژن علاوه بر ایفای نقش در تشکیل پروتئین‌ها، جزء لازم مولکول کلروفیل هم می‌باشد. اخیراً تمایل به استفاده از ترکیبات طبیعی یا ارگانیک از جمله اسیدهای آمینه به‌عنوان تنظیم کننده‌های رشدی رو به افزایش است. اسیدهای آمینه از ترکیبات آلی نیتروژنه و واحد سازنده پروتئین‌ها می‌باشند. ساخت پروتئین‌ها در ریبوزوم از پلیمریزه شدن اسیدهای آمینه صورت می‌گیرد. همچنین آنها در بیوسنتز سایر ترکیبات آلی مانند رنگیزه‌ها، ویتامین‌ها، آلکالوئیدها، آنزیم‌ها، ترپنوئیدها، کوآنزیم‌ها، بازهای پورین و پیریمیدین نقش دارند (Kamar & Omar, 1987). مطالعات نشان می‌دهد که اسیدهای آمینه می‌توانند به صورت مستقیم و غیرمستقیم رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار دهند. اسیدآسپارتیک و اسیدگلوتامیک در انتقال و ذخیره نیتروژن و اساساً در گرده افشانی و میوه بندی اهمیت دارند. اسیدگلوتامیک در سنتز اکسین هم نقش دارد (Taiz & Zaiger, 2006). اسیدگلوتامیک پیش ساز مشترک برای کلروفیل و پرولین می‌باشد (Szabados & Savoure, 2009). جمال الدین و همکاران (Gamal El-Din *et al*., 1997) دریافتند که تیمار گیاه *Cymbopogon citrates* با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر فنیل‌آلانین و اورنیتین محتوای کربوهیدرات‌ها را در مقایسه با شاهد به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. محلول‌پاشی برگی گیاه ریحان با اسیدهای آمینه لیزین، اورنیتین و تریپتوفان سبب افزایش رشد رویشی و ترکیبات شیمیایی شده است (Talaat & Youssef, 2002). محلول‌پاشی با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدآمینه‌های اورنیتین، پرولین و فنیل‌آلانین در گیاه بابونه (*Matricaria chamomila* L.) تأثیر معنی‌داری بر افزایش ارتفاع گیاه، تعداد ساقه، تعداد گل در هر گیاه، وزن تر و خشک گیاه و افزایش عملکرد رویشی گیاه داشته است (Karima *et al*., 2005). تیمار گیاه بابونه (*Matricaria recutita* L.) با فرآوردهای تجاری شامل اسید آمینه‌های مختلف در غلظت‌های ۱۲۵، ۲۵۰ و ۳۷۰ میلی‌گرم در لیتر به‌طور قابل توجهی ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌ها، مقدار کلروفیلa، میزان پرولین، فنل، به‌مقدار ناچیز کلروفیلb و کاروتن را افزایش داد و بالاترین میزان کاروتن، مقادیر کلروفیل a و b در تیمار ۳۷۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد (Omer *et al*., 2013). به‌منظور بررسی تأثیر مقادیر و روش‌های مختلف مصرف نیتروژن بر تعدادی از ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.)، آزمایشی شامل کاربرد خاکی نیتروژن در ۴ سطح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و همچنین بصورت محلول‌پاشی در ۴ سطح صفر، ۴/۵، ۶ و ۷/۵ درصد نیتروژن خالص صورت گرفت. در این آزمایش مشخص شد که کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به‌صورت مصرف خاکی بههمراه ۴/۵ درصد نیتروژن خالص به‌صورت محلول‌پاشی،

بیشترین عملکرد بیولوژیک، بذر و سرشاخه گلدار را تولید نمود. این در حالی است که با افزایش مصرف نیتروژن درصد اسانس گیاه مرزه کاهش یافت، به‌طوری که بیشترین درصد اسانس مربوط به کاربرد ۶ درصد محلول مصرفی و عدم کاربرد کود به‌صورت مصرف خاکی بود (Alizadeh Sahzabi *et al*., 2007). تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های متفاوت اوره (۱، ۱/۲۵، ۱/۵، ۱/۷۵ و ۲ گرم برای هر گیاه) در گیاه علف لیمو (*Cymbopogan flexuosus* L.) مورد مطالعه قرار گرفته و مشخص گردید که بیشترین ارتفاع و عملکرد مربوط به تیمار ۲ گرم اوره می‌باشد، در حالی که بیشترین محتوی اسانس و سطح برگ با تیمار ۱/۵ گرم اوره برای هر گیاه حاصل شده است (Singh & Singh, 2014). هدف از این تحقیق مطالعه تأثیر اوره و اسیدهای آمینه آسپارتیک و گلوتامیک بر برخی از پارامترهای رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه آگاستاکه بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت یک آزمایش گلدانی، در هوای آزاد و در گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه اجرا گردید. جهت بررسی وضعیت خاک مورد استفاده، تجزیه خاک صورت گرفت و نتایج حاصل از تجزیه‌ی خاک در جدول ۱ نمایش داده شده است. در این آزمایش به‌دلیل کمبود فسفر در خاک، میزان۴۳/۶ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم خاک، کود سوپر فسفات به خاک هر گلدان اضافه شد. بعد از آماده‌سازی خاک، بذرها در داخل گلدان‌ها کاشته شده و پس از سبزشدن در طی چندین مرحله تنک گردیدند و در نهایت در داخل هر گلدان ۷ بوته نگه‌داری گردید. آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تیمار و ۴ تکرار اجرا گردید. هر واحد آزمایشی شامل ۴ گلدان و در مجموع آزمایش متشکل از ۱۶۰ گلدان بود. تیمارهای کودی مورد استفاده شامل شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر)، محلول‌پاشی اوره در سه سطح (۰/۵، ۱ و ۲ گرم در لیتر) و محلول‌پاشی اسیدگلوتامیک و اسیدآسپارتیک هرکدام در سه سطح (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند. اولین مرحله محلول‌پاشی گیاهان در مرحله ۴ تا ۶ برگی انجام شد و محلول‌پاشی‌های بعدی هر۲۰ روز یک بار (جمعاً ۴ بار) تکرار گردید. صفات مورد نظر شامل صفات رویشی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در پایان آزمایش (مرحله به گل رفتن بوته‌ها) مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

صفات رشدی گیاه

برای این منظور از هر واحد آزمایشی ۵ بوته به تصادف انتخاب گردیده و سپس ارتفاع گیاه (توسط خط کش)، قطر ساقه (توسط کولیس دیجیتالی) و وزن خشک برگ و ساقه (ترازوی دیجیتالی با دقت اندازه گیری ۰/۰۰۱ گرم) و سطح برگ‌ها (توسط دستگاه اندازه‌ی سطح برگ مدل ۲۰۰AM) اندازه گیری شد. برای اندازه گیری وزن خشک، قسمت‌های رویشی به‌مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سلسیوس نگه‌داری شدند.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

Table 1. Some physical and chemical characteristics of the used soil

بافت خاک Soil Texture	شن Sand	رس Clay	سیلت Silt	کربن آلی Organic Carbon	SP	کربنات کلسیم Calcium carbonate	بیکربنات Bicarbonate	نیتروژن کل Total Nitrogen	P	K	pH	EC
				%			meq l^{-1}		mg kg^{-1}			dS m^{-1}
لومی شنی Sandy loam	60	20	20	0.28	25	14.63	4	0.48	0.85	232.84	8.31	0.56

ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

کلروفیل و کاروتنوئید

استخراج و اندازه‌گیری رنگدانه‌های فتوسنتزی به روش لیچتنتالر (Lichtenthaler, 1987) انجام گرفت. برای این منظور مقدار ۰/۱ گرم از ماده تر گیاهی با ۵ میلی‌لیتر استون ۱۰۰ درصد در داخل هاون چینی سابیده و له شد. عصاره حاصل شده در دستگاه سانتریفیوژ (۲۵۰۰ دور در دقیقه) به‌مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. پس از سانتریفیوژ

محلول رویی را برداشته و با دستگاه اسپکتروفتومتر، میزان جذب آن در طول موج‌های ۶۴۶، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید و نهایتاً غلظت کلروفیل a، b و کل و کاروتنوئید (بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر نمونه) با استفاده از روابط زیر محاسبه شد.

(۱) کلروفیل b =(۲۱/۲۱ OD_{646}) _ (۵/۱ OD_{663})

(۲) کلروفیل a =(۱۲/۲۵ OD_{663}) _ (۲/۷۹ OD_{646})

(۳) کلروفیل کل = کلروفیل a + کلروفیل b

(۴) کاروتنوئید =(۱۰۰۰ OD_{470}) _ (۱/۸ (کلروفیل a × ۱۹۸/ (کلروفیل b × ۸۵/۰۲) _

پروتئین کل

برای تعیین میزان پروتئین محلول، ۱۰۰ میلی‌گرم کومایسی بریلیانت بلو[1] را با ۵۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد حل نموده، و پس از اضافه نمودن ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۸۵ درصد به حجم ۱ لیتر رسانیده و از کاغذ صافی عبور داده شد. برای تهیه محلول استاندارد از آلبومین سرم گاوی (BSA)[2] استفاده شد. جهت تهیه عصاره برگی، ۰/۵ گرم بافت برگ با ۵ میلی‌لیتر بافر تریس در هاون کوبیده شد. سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد. در داخل لوله‌های آزمایش ابتدا ۲/۵ میلی‌لیتر از کومایسی بلو و سپس ۱۰۰ میکرولیتر عصاره برگی از هر نمونه اضافه شد و در نهایت میزان جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت گردید (Bradford, 1976) .

پرولین و قندهای محلول کل

برای این منظور، ابتدا ۰/۵ گرم از برگ تازه با الکل اتیلیک ۹۵ درصد به‌مدت۳ دقیقه در داخل هاون چینی کوبیده و له شد. سپس محلول رویی را برداشته و تفاله باقی مانده با الکل ۷۰ درصد شستشو گردید و عصاره به‌دست آمده روی قبلی ریخته شد. بعد از سانتریفیوژ کردن (به‌مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۵۰۰rpm) فاز مایع رویی را برداشته و عصاره به‌دست آمده تا زمان اندازه‌گیری‌ها در داخل یخچال نگه‌داری گردید (Irigoyen *et al*., 1992).

برای اندازه‌گیری پرولین، ۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی تهیه شده با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق شده، سپس ۵ میلی-لیتر معرف نین هیدرین به محلول حاصل اضافه شد. پس از افزودن نین هیدرین، ۵ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن اضافه و مخلوط حاصل به هم زده شد و درون حمام آب جوش (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ۴۵ دقیقه نگه-داری گردید. بعد از درآوردن نمونه‌ها از حمام آب جوش و سرد شدن آن‌ها، ۱۰ میلی‌لیتر بنزن به هر کدام از نمونه‌ها اضافه و به‌شدت تکان داده شد تا پرولین وارد فاز بنزن شود. نهایتاً بعد از ۳۰ دقیقه سکون میزان جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت گردید (Paquin & Lechasseur, 1979).

جهت اندازه‌گیری قندهای محلول کل نیز، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی را برداشته و ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده به آن افزوده شد. لوله‌های آزمایش را به‌مدت ۱۰ دقیقه درون حمام آب جوش قرار داده تا ماده رنگی تشکیل شود. بعد از خنک شدن نمونه‌ها میزان جذب آن‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید (Irigoyen *et al*., 1992).

نیتروژن

برای اندازه‌گیری نیتروژن، ۰/۳گرم از برگ خشک شده را وزن کرده و به آن ۲/۳ میلی لیتر مخلوط اسید (اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک و آب مقطر) اضافه شد. بعد از یک شبانه روز در روی هیتر عمل هضم با آب اکسیژنه صورت گرفت. سپس میزان نیتروژن عصاره حاصل به-وسیله دستگاه تقطیر مشخص گردید (Page, 1982).

تجزیه آماری داده‌ها

برای انجام تجزیه‌های آماری از نرم افزار SAS نسخه ۹/۲ استفاده شد. مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح احتمال ۵ درصد) انجام گرفت.

نتایج و بحث

صفات رویشی

براساس نتایج تجزیه واریانس جدول۲، محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه تأثیر معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) بر کلیه صفات رشدی مورد اندازه‌گیری داشته است.

1- Comassie Brilliant Blue
2- Bovine serum albumin

ارتفاع بوته

بیشترین و کمترین ارتفاع گیاهان به‌ترتیب ۴۶/۲۵و ۳۱/۷۵ سانتی‌متر، به‌ترتیب در تیمار ۲ گرم در لیتر اوره و تیمار شاهد مشاهده گردید و تفاوت تیمار شاهد با سایر تیمارها از این نظر معنی‌دار بود. همچنین اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف اسیدآسپارتیک و نیز بین غلظت‌های مختلف اسیدگلوتامیک مشاهده نگردید (جدول ۳).

قطر ساقه

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها جدول ۳، محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه باعث افزایش معنی‌دار قطر ساقه نسبت به تیمار شاهد شد، به‌طوری که بیشترین و کمترین قطر ساقه (به‌ترتیب ۰/۴ و ۰/۳۲ سانتی‌متر) به‌ترتیب در تیمار ۲ گرم در لیتر اوره و تیمار شاهد مشاهده گردید. با افزایش غلظت محلول‌پاشی‌ها قطر ساقه نیز افزایش یافت که البته اختلاف بین تیمار اوره ۰/۵ گرم در لیتر و تیمارهای محلول‌پاشی با اسیدآمینه آسپارتیک و گلوتامیک معنی‌دار نبود (جدول ۳).

تعداد برگ

اگرچه انجام محلول‌پاشی باعث افزایش تعداد برگ‌ها گردید اما اختلاف بین تیمار شاهد و تیمار محلول‌پاشی اسید آسپارتیک معنی‌دار نبود. بیشترین و کمترین تعداد برگ (به‌ترتیب ۱۵/۵ و ۱۲) به‌ترتیب در تیمار محلول پاشی با ۲ گرم در لیتر اوره و تیمار شاهد مشاهده گردید. با افزایش غلظت اوره تعداد برگ‌ها افزایش یافت و البته تیمار ۲ گرم در لیتر اوره با تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسپارتیک اختلاف معنی‌داری از این نظر نداشت (جدول ۳).

سطح برگ

طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها جدول ۳، بیشترین مقدار سطح برگ (۱۷۳/۷۸ سانتی‌متر مربع) در تیمار محلول-پاشی ۲ گرم در لیتر اوره مشاهده گردید که تفاوت معنی-داری با غلظت ۱ گرم در لیتر اوره نداشت. کمترین مقدار سطح برگ (۱۲۲/۷ سانتی‌متر مربع) نیز در تیمار شاهد حاصل شد که با غلظت‌های ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدآسپارتیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدگلوتامیک اختلاف معنی‌داری نداشت.

وزن خشک برگ

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها جدول ۳، محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ‌ها در مقایسه با شاهد گردید. بیشترین میزان وزن خشک برگ‌ها ۱/۳۲۷ گرم، در تیمار محلول‌پاشی با ۲ گرم در لیتر اوره و کمترین مقدار آن (۰/۶۵گرم، در تیمار شاهد مشاهده گردید. همچنین اختلاف بین سطوح مختلف هر دو اسید آمینه و اوره ۰/۵ گرم در لیتر از این نظر معنی‌دار نبود.

وزن خشک ساقه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها جدول ۳، بیشترین میزان وزن خشک ساقه ۱/۰۳۹ گرم، در تیمار محلول-پاشی با ۲ گرم در لیتر اوره و کمترین وزن خشک ساقه ۰/۴۳۶گرم، نیز در تیمار شاهد مشاهده گردید که اختلاف آن‌ها با سایر تیمارها معنی‌دار بود. همچنین در بین غلظت‌های مختلف اسیدگلوتامیک، غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدآسپارتیک و نیز غلظت‌های ۰/۵ و ۱ گرم در لیتر اوره از نظر وزن خشک ساقه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، کاربرد منابع مختلف نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی گیاه آگاستاکه شده است. از نظر پارامترهای رشدی تیمار ۲ گرم در لیتر اوره بیشترین مقدار را داشت، که علت آن نقش نیتروژن در افزایش تولید ماده خشک و افزایش طول دوره رشد می-باشد. نتایج این پژوهش با یافته‌های محققانی مانند سالونن (Salonen, 1980) در گیاه شابیزک (*Atropa belladonna*)، مورسی و همکاران (Moursy *et al*., 1988) در گیاه تاتوره (*Datura stramonium*)، طلعت و یوسف (Talaat & Youssef, 2002) در گیاه ریحان مطابقت دارد. افزایش ارتفاع بوته و سایر صفات رویشی این‌گونه قابل توجیه است که با مصرف کود حاوی نیتروژن، گیاه آسانتر به عناصر غذایی دسترسی داشته و بهتر استقرار می‌یابد. بنابراین نیازی ندارد که حجم ریشه را افزایش دهد و در نتیجه انرژی بیشتری برای توسعه بخش‌های هوایی صرف می‌کند (Meawad *et al*., 1984).

با مصرف نیتروژن، رشد رویشی، سطح برگ‌ها و تعداد شاخه‌های فرعی افزایش می‌یابد و این افزایش باعث می-شود سطح کربن گیری در گیاه افزایش یافته و در نتیجه میزان مواد غذایی ساخته شده و عملکرد افزایش یابد (Guler *et al*., 2006). والر و ناواکی (Waller &

(Nowacki, 1978) بیان داشته‌اند، نقش تنظیم‌کنندگی اسیدهای آمینه می‌تواند به‌صورت غیرمستقیم از طریق تأثیر در بیوسنتز جیبرلین‌ها باشد. تمامی آمینوها به‌عنوان منبع اسیدهای آمینه ممکن است نقش مهمی در متابولیسم گیاهی و تجمع پروتئین داشته باشند که این امر به نوبه خود سبب افزایش وزن تر و خشک گیاه می‌شود (Shehata *et al*., 2011). L گلوتامیک و L آسپارتیک اسید قابلیت تبدیل به سایر اسیدهای آمینه را دارند. اسیدهای آمینه پیش‌ساز یا فعال کننده فیتوهورمون‌ها و مواد رشدی هستند (Gross, 1991). چندین مسیر جایگزین در بیوسنتز اکسین در گیاهان وجود دارد که همه با اسیدهای آمینه شروع می‌شود و سبب تحریک رشد گیاهان می‌شود (Phillips, 1971). به‌نظر می‌رسد مصرف نیتروژن با نقشی که در فرآیندهای متابولیسمی فتوسنتز دارد، منجر به افزایش ویژگی‌های رویشی می‌شود. البته باید اشاره نمود که این افزایش آستانه‌ای دارد و بیشتر از این مقدار منجر به کاهش ویژگی‌های رویشی می‌شود (Mardaninejad *et al*., 2005).

جدول۲- تجزیه واریانس تأثیر محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه بر صفات رویشی گیاه آگاستاکه

Table 2. Analysis of variance for the foliar application effect of urea and amino acids on growth parameters of *Agastache foeniculum*

منابع تغییرات (Sources of variation)	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS					
		وزن خشک ساقه Dry weight of shoot	وزن خشک برگ Dry weight of leaf	سطح برگ Leaf area	تعداد برگ Leaf number	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع بوته Plant height
تیمار (Treatment)	10	0.098**	0.12**	89010.2**	4.17**	0.95**	44.2**
خطای آزمایشی (Error)	30	0.003	0.004	10798.35	0.86	0.01	2.58
ضریب تغییرات (٪) (Coefficient of Variation) (%)		9.36	7.67	7.14	6.8	3.5	3.99

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ **: Significant at 1% level

جدول۳- تأثیر محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه بر صفات رویشی گیاه آگاستاکه

Table 3. Effect of foliar application of urea and amino acids on growth parameters of *Agastache foeniculum*

تیمار Treatment / صفت Parameter		ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	تعداد برگ Number of leaf	سطح برگ Leaf area (cm^2)	وزن خشک برگ Dry weight of leaf (g)	وزن خشک ساقه Dry weight of shoot (g)
شاهد Control		31.75^{d}	0.32^{d}	12^{d}	122.7^{f}	0.652^{d}	0.436^{d}
اوره Urea ($g\ l^{-1}$)	0.5	40.25bc	0.34^{c}	13.5^{c}	146.9^{bcde}	0.893^{bc}	$0.61b^{c}$
	1	40.25^{bc}	0.38^{b}	13.75^{bc}	159^{ab}	0.924^{b}	0.638^{bc}
	2	46.25^{a}	4^{a}	15.5^{a}	173.8^{a}	1.327^{a}	1.039^{a}
اسیدآسپارتیک Aspartic acid ($mg\ l^{-1}$)	100	41.25^{bc}	0.36^{bc}	15^{ab}	153.52^{bc}	0.85^{bc}	0.619^{bc}
	200	42.5^{b}	0.37^{bc}	13.5^{c}	130.9^{ef}	0.8^{c}	0.593^{bc}
	300	39.9^{bc}	0.37^{bc}	13.75^{bc}	134.7^{def}	0.81^{bc}	0.662^{b}
اسیدگلوتامیک Glutamic acid ($mg\ l^{-1}$)	100	38.5^{c}	0.36^{bc}	12.75^{cd}	137.2^{cdef}	0.837^{bc}	0.551^{c}
	200	40.125^{bc}	0.35^{c}	13^{cd}	143.4^{bcde}	0.827^{bc}	0.547^{c}
	300	39.75^{c}	0.35^{c}	13.25^{cd}	150.9^{bcd}	0.89^{bc}	0.61^{bc}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with similar letter(s) in each column are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range test.

صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

رنگیزه‌های فتوسنتزی

براساس نتایج تجزیه واریانس، محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه تأثیر معنی داری (در سطح احتمال ۱

درصد) بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کاروتنوئید) گیاه آگاستاکه داشته است (جدول۴).

کلروفیل a

انجام محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه باعث افزایش میزان کلروفیل a گردید، به‌طوری که بیشترین و کمترین میزان کلروفیل a (به‌ترتیب ۱/۰۶ و ۰/۴۴۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به‌ترتیب در تیمار محلول‌پاشی با ۳۰۰ میلی-گرم در لیتر اسیدگلوتامیک و شاهد مشاهده گردید. مقدار کلروفیل a در تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدگلوتامیک با تیمارهای ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدگلوتامیک و ۲ گرم در لیتر اوره اختلاف معنی‌داری نداشت. در خصوص محلول‌پاشی اسید آمینه گلوتامیک مشاهده گردید که با افزایش غلظت این اسیدآمینه، مقدار کلروفیل a افزایش یافت. اما در مورد اسیدآمینه آسپارتیک چنین روندی بطور مشخص مشاهده نگردید (جدول ۵).

جدول۳- تأثیر محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه بر صفات رویشی گیاه آگاستاکه

Table 3. Effect of foliar application of urea and amino acids on growth parameters of *Agastache foeniculum*

صفت Parameter / تیمار Treatment		ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	تعداد برگ Number of leaf	سطح برگ Leaf area (cm^2)	وزن خشک برگ Dry weight of leaf (g)	وزن خشک ساقه Dry weight of shoot (g)
شاهد Control		31.75^{d}	0.32^{d}	12^{d}	122.7^{f}	0.652^{d}	0.436^{d}
اوره Urea ($g\ l^{-1}$)	0.5	40.25bc	0.34^{c}	13.5^{c}	146.9^{bcde}	0.893^{bc}	$0.61b^{c}$
	1	40.25^{bc}	0.38^{b}	13.75^{bc}	159^{ab}	0.924^{b}	0.638^{bc}
	2	46.25^{a}	4^{a}	15.5^{a}	173.8^{a}	1.327^{a}	1.039^{a}
اسیدآسپارتیک Aspartic acid ($mg\ l^{-1}$)	100	41.25^{bc}	0.36^{bc}	15^{ab}	153.52^{bc}	0.85^{bc}	0.619^{bc}
	200	42.5^{b}	0.37^{bc}	13.5^{c}	130.9^{ef}	0.8^{c}	0.593^{bc}
	300	39.9^{bc}	0.37^{bc}	13.75^{bc}	134.7^{def}	0.81^{bc}	0.662^{b}
اسیدگلوتامیک Glutamic acid ($mg\ l^{-1}$)	100	38.5^{c}	0.36^{bc}	12.75^{cd}	137.2^{cdef}	0.837^{bc}	0.551^{c}
	200	40.125^{bc}	0.35^{c}	13^{cd}	143.4^{bcde}	0.827^{bc}	0.547^{c}
	300	39.75^{c}	0.35^{c}	13.25^{cd}	150.9^{bcd}	0.89^{bc}	0.61^{bc}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with similar letter(s) in each column are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range test.

کلروفیل b

میزان کلروفیل b در تیمارهای محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود. بیشترین و کمترین میزان کلروفیلb (به‌ترتیب ۰/۶۲۵و ۰/۲۳۶میلی‌گرم در گرم وزن تر) به‌ترتیب در تیمار محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر اوره و شاهد مشاهده گردید. بین تیمارهای ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدگلوتامیک با تیمار محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر اوره اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. همچنین اختلاف بین سطوح مختلف محلول‌پاشی اسیدآسپارتیک، ۱۰۰ میلی-گرم در لیتر اسیدگلوتامیک و ۰/۵ گرم در لیتر اوره معنی-دار نبود (جدول ۵).

کلروفیل کل

روند تغییرات کلروفیل کل تحت تأثیر محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه تقریباً مشابه روند تغییرات کلروفیل a و b می‌باشد. به‌طوریکه بیشترین مقادیر آن در تیمار ۲ گرم در لیتر اوره و اسیدگلوتامیک ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد به‌دست آمد. همچنین اختلاف بین سطوح مختلف اسیدآسپارتیک، اسیدگلوتامیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اوره ۰/۵ گرم در لیتر معنی‌دار نبود (جدول ۵).

جدول۴- تجزیه واریانس مربوط به تأثیر محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه آگاستاکه

Table 4. Analysis of variance for the foliar application effect of urea and amino acids on physiological and biochemical characteristics of *Agastache foeniculum*

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS							
		محتوی نیتروژن Nitrogen content	پروتئین کل Total Protein	قندهای محلول کل Total soluble sugars	پرولین Proline	کاروتنوئید Carotenoid	کلروفیل کل Total chlorophyll	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a
تیمار Treatment	10	0.18**	0.0044**	278.5**	0.432**	0.006**	0.397**	0.06**	0.158**
خطای آزمایشی Error	30	0.005	0.00016	9.32	0.01	0.0002	0.0163	0.003	0.009
ضریب تغییرات Coefficient of Variation (%)		7	9.49	4.89	3.64	2.67	10.26	12.16	12.48

کاروتنوئید

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵)، اگرچه محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه باعث افزایش محتوی کاروتنوئیدها گردید اما با این حال اختلاف بین تیمار شاهد با تمام سطوح محلول‌پاشی اسیدآسپارتیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدگلوتامیک معنی‌دار نبود. بیشترین میزان کاروتنوئید نیز در تیمار ۲ گرم در لیتر اوره مشاهده گردید که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها بود.

با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که تغذیه نیتروژنی سبب افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی شده است. چنین نتایجی توسط میلاد (Milad, 1998) در دو گونه از *Mentha*، شوالا (Shoala, 2000) در گیاه اسطوخودوس (*Lavandula multifida*) و حسنین (Hassanein, 2003) در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) نیز گزارش شده است. بسیاری از محققین گزارش کرده‌اند که تشکیل کلروفیل با تغذیه معدنی گیاه به‌ویژه نیتروژن مرتبط است. نیتروژن علاوه بر شرکت در ساختمان پروتئین‌ها، قسمتی از مولکول کلروفیل را نیز تشکیل می‌دهد. یک اتم منیزیم و چهار اتم نیتروژن در حلقه‌های درون کلروفیل جای گرفته‌اند. اتم-های نیتروژن از سویی با اتم‌های کربن و از سوی دیگر با اتم منیزیم پیوند مشترک دارند، بنابراین کمبود نیتروژن سبب زرد شدن برگ‌های پیر و در نهایت توقف رشد گیاه می‌شود (Govind & Prasad, 1982). همچنین نیتروژن یکی از اجزای کلروفیل است که می‌تواند تولید کلروفیل را بدون تأثیر در رشد تحریک کند (Meek, 1974). محتوی کلروفیل از معیارهای مشخصی است که به‌عنوان شاخص فعالیت فتوسنتزی در گیاهان مطرح است. با توجه به اینکه غلظت نیتروژن موجود در بخش‌های رویشی سبز گیاه با محتوی کلروفیل در ارتباط است بنابراین به‌طور غیرمستقیم با یکی از فرآیندهای فیزیولوژیکی اساسی گیاه یعنی فتوسنتز ارتباط دارد (Bojovic & Stojanovic, 2005). باشد. اشرفی (Ashrafi, 2014) نیز گزارش نمود که تیمار گیاه شاه اسپرم (*Tanacetum balsamita* L.) با اسید گلوتامیک، اسید آسپارتیک و اوره سبب افزایش معنی‌دار پرولین شده است. با توجه به این‌که در چرخه سنتزی پرولین چندین اسید آمینه و اوره نقش دارند لذا تأمین نیتروژن می‌تواند توجیه کننده افزایش سنتز پرولین در تیمارهای محلول‌پاشی شده با اوره و اسیدهای آمینه (به‌ویژه اسید گلوتامیک) باشد. اشرفی (Ashrafi, 2014) نیز گزارش نمود که تیمار گیاه شاه اسپرم (*Tanacetum balsamita* L.) با اسید گلوتامیک، اسید آسپارتیک و اوره سبب افزایش معنی‌دار پرولین شده است.

جدول ۵- تأثیر محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه آگاستاکه

Table 5. Effect of foliar application of urea and amino acids on physiological and biochemical characteristics of *Agastache foeniculum*

نیتروژن Nitrogen content (%)	پروتئین کل Total protein (mg g^{-1} fresh weight)	قندهای محلول کل Total soluble sugars (mg g^{-1} fresh weight)	پرولین Proline (µmol g^{-1} fresh weight)	کاروتنوئید Carotenoid (mg g^{-1} fresh weight)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg g^{-1} fresh weight)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g^{-1} fresh weight)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1} fresh weight)	تیمار Treatment	صفت Parameter
0.63^{d}	0.08^{g}	44.6^{d}	2.52^{c}	0.524^{d}	0.683^{d}	0.236^{e}	0.447^{g}		شاهد Control
1^{b}	$0.11e^{f}$	59.76^{bc}	3.11^{a}	0.591^{c}	1.12^{b}	0.508^{bcd}	0.611^{efg}	0.5 g l^{-1}	اوره Urea (g l^{-1})
1.29^{a}	0.12^{f}	58.7^{bc}	3.16^{a}	0.576^{c}	1.095^{c}	0.52^{bc}	0.575^{fg}	1 g/l	
1.4^{a}	$0.13de^{f}$	61.2^{bc}	3.17^{a}	0.64^{a}	1.572^{a}	0.625^{a}	0.947^{abc}	2 g/l	
0.86^{c}	0.11^{ef}	58.7^{c}	2.65^{b}	0.528^{d}	1.18^{b}	0.441^{cd}	0.734^{def}	100 Mg l^{-1}	اسیدآسپارتیک Aspartic acid (mg l^{-1})
0.95^{bc}	0.14^{cd}	63.4^{bc}	2.55^{bc}	0.542^{d}	1.27^{b}	0.447^{cd}	0.822^{bcd}	200 Mg l^{-1}	
0.9^{bc}	0.17^{b}	71.4^{a}	3^{a}	0.537^{d}	1.23^{b}	0.429^{d}	0.797^{cde}	300 Mg l^{-1}	
1.04^{b}	0.13^{def}	61.9^{bc}	2.74^{b}	0.522^{d}	1.2^{b}	0.422^{d}	0.77^{cde}	100 Mg l^{-1}	اسیدگلوتامیک Glutamic acid (mg l^{-1})
1.04^{b}	0.15^{bc}	72.75^{a}	2.72^{b}	0.57^{c}	1.6^{a}	0.573^{ab}	1^{ab}	200 Mg l^{-1}	
1.05^{b}	0.2^{a}	71.4^{a}	3^{a}	0.617^{b}	1.64^{a}	0.579^{ab}	1.06^{a}	300 Mg l^{-1}	اوره

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with similar letter(s) in each column are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range test.

قندهای محلول کل

طبق نتایج تجزیه واریانس جدول۴، محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه تأثیر معنی‌داری بر میزان قندهای محلول کل برگ در سطح احتمال ۱ درصد داشته‌اند. بیشترین و کمترین میزان قندهای محلول کل (به‌ترتیب ۷۲/۷۵ و ۴۴/۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به‌ترتیب در تیمار۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدگلوتامیک و تیمار شاهد مشاهده گردید. بین تیمارهای محلول‌پاشی با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدگلوتامیک و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدآسپارتیک و اسیدگلوتامیک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین اختلاف بین سطوح مختلف محلول‌پاشی اوره، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدآسپارتیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدگلوتامیک از این نظر معنی‌دار نبود. در مجموع با افزایش غلظت اوره و اسیدهای آمینه مقدار قندهای محلول افزایش نشان داد (جدول ۵). افزایش قندهای محلول در برگ‌های گیاه آگاستاکه در اثر محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه که در تحقیق حاضر مشاهده گردید توسط محققان دیگری مانند اتوا و همکاران (Attoa *et al*., 2002) در *Iberis amara* L.، طلعت و یوسف (Talaat & Yossef, 2002) در ریحان و عبدالعزیز و بالبا (Abd El-Aziz & Balbaa, 2007) در *Salvia farinacea* نیز گزارش شده است. تأثیر مثبت اسیدهای آمینه بر قندهای محلول کل می‌تواند ناشی از نقش مهم آن‌ها در بیوسنتز مولکول کلروفیل باشد. در این مورد دولین (Devlin, 1969) اظهار داشته است که در چرخه کربس، اسیدآمینه گلایسین سبب القای بیوسنتز کلروفیل می‌شود. اسیدهای آمینه به واسطه افزایش کلروفیل، فتوسنتز را افزایش می‌دهند و هر فاکتوری که باعث افزایش فتوسنتز شود باعث افزایش محتوای کربوهیدرات‌ها می‌گردد.

پروتئین کل

براساس نتایج تجزیه واریانس، محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه باعث تغییرات معنی‌دار (در سطح احتمال۱ درصد) در میزان پروتئین کل شده‌اند (جدول۴). بیشترین و کمترین میزان پروتئین (۰/۲ و ۰/۰۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به‌ترتیب در تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدگلوتامیک و شاهد مشاهده گردید. با افزایش غلظت اسیدهای آمینه میزان پروتئین کل افزایش یافت. در خصوص اوره نیز اگرچه با افزایش غلظت اوره میزان پروتئین کل افزایش یافت ولی اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف اوره مشاهده نگردید (جدول ۵). نتایج این تحقیق نشان داد که محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه سبب افزایش میزان پروتئین در گیاه آگاستاکه شده است که با یافته‌های یوسف و همکاران (Youssef *et al*., 2004) در *Datura stramonium*، کاریما و همکاران (Karima *et al*., 2005) در گیاه بابونه و طلعت و یوسف (Talaat &Youssef, 2002) در گیاه ریحان مطابقت دارد. اتصال آسپارتات و گلوتامین در چرخه مهم متابولیکی کربن و نیتروژن تأثیر گذاشته و آن‌ها نیز بر میزان قند و پروتئین تأثیر می‌گذارند (Taiz & Zeiger, 2006). نیتروژن به هر صورتی که توسط گیاه جذب شود در داخل گیاه توسط جریان احیاء به اسیدهای آمینه تبدیل می‌شود و اسیدهای آمینه نیز واحد سازنده و اساسی در بیوسنتز پروتئین می‌باشند (Singh, 1999). به‌همین دلیل با افزایش غلظت اسیدهای آمینه میزان پروتئین افزایش یافته است. بیشترین مقدار نیتروژن موجود در گیاه به‌صورت آلی و به شکل پروتئین است. نیتروژن جزء مهمی از مولکول کلروفیل است و هرچه مقدار عرضه این عنصر بیشتر شود مقدار پروتئین تولید شده بیشتر و در نتیجه برگها بزرگتر شده و سطح فعال برگ برای کربن‌گیری نیز افزایش می‌یابد. بنابراین ساخت مواد هیدروکربنه با افزایش نیتروژن، بیشتر و مصرف آن برای ساخت پروتئین و تولید متابولیت‌های ثانویه افزایش می‌یابد (Qranjik & Galeshi, 2001).

نیتروژن

براساس نتایج تجزیه واریانس، تیمارهای محلول‌پاشی اوره و اسیدهای آمینه محتوی نیتروژن بافت برگ آگاستاکه را به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۴). بیشترین و کمترین محتوی نیتروژن گیاه (به‌ترتیب ۱/۴ و ۰/۶۳ درصد) به‌ترتیب در گیاهان محلول‌پاشی شده با ۲ گرم در لیتر اوره و تیمار شاهد مشاهده گردید. اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف اسیدگلوتامیک، تیمار ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدآسپارتیک و تیمار ۰/۵ گرم در لیتر اوره یافت نشد (جدول ۵). نتایج حاصل نشان داد که اگرچه تمامی تیمارها سبب افزایش غلظت نیتروژن در مقایسه با تیمار

شاهد گردیده است اما میزان این افزایش به غلظت و نوع کود نیتروژنی به‌کار برده شده بستگی دارد. بیشترین میزان نیتروژن در تیمار اوره مشاهده گردید که این به‌دلیل نفوذ پذیری بیشتر غشاء کوتیکول به اوره نسبت به یون‌های غیرآلی می‌باشد که بسیار سریع و موثر جذب و مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد (Wojcik *et al.*, 2004). یافته‌های این تحقیق با یافته‌های النجار و همکاران (El-Naggar *et al.*, 2013) در گیاه لیلیوم و یاسین و همکاران (Yassen *et al.*, 2010) در گیاه آنیسون مطابقت دارد.

نتیجه گیری کلی

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که ویژگی‌های رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه آگاستاکه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه و اوره قرار گرفت. اگرچه تمام سطوح کاربرد اوره و اسیدهای آمینه آسپارتیک و گلوتامیک باعث افزایش ویژگی‌های رشدی شدند اما بیشترین تاثیر در تیمار ۲ گرم در لیتر اوره مشاهده گردید و در مورد اکثر صفات اختلاف بین سطوح محلول‌پاشی اسیدهای آمینه و غلظت‌های ۰/۵ و ۱ گرم در لیتر اوره معنی‌دار نبود. در مورد صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نیز محلول‌پاشی منابع نیتروژنی باعث افزایش آن‌ها نسبت به تیمار شاهد گردید که البته میزان تاثیر بسته به نوع صفت در تیمارهای مختلف متفاوت بود. در مجموع باتوجه به نقش مثبت اسیدهای آمینه در بهبود ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه آگاستاکه که قابل قیاس با کاربرد اوره بود می‌توان در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار و به منظور کاهش یا حذف مصرف کودهای شیمیایی حاوی نیتروژن، محلول‌پاشی اسیدهای آمینه را توصیه نمود.

References

Abd El-Aziz N.G., and Balbaa L.K. 2007. Influence of Tyrosine and zinc on growth, flowering and chemical constituents of *Salvia farinacea* plants. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(11): 1479-1489.

Alizadeh Sahzabi A., Sharifi Ashorabadi E., Shiranirad A.H., Bigdeli M., and Abaszadeh B. 2007. The effects of different methods and levels of using nitrogen on some quality and quantity characteristics of *Satureja hortensis* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 23(3): 416-431. (In Persian)

Ameri A., Nasiri Mahallati M., and Rezvani P. 2007. Effects of different nitrogen levels and plant density on flower, essential oils and extract production and nitrogen use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 5(2): 315-325. (In Persian)

Ashrafi S. 2014. Foliar spray effects of urea and some amino acids on morphological, physiological and biochemical characteristics of costmary (*Tanacetum balsamita* L.). M.Sc. Thesis, Urmia University, Iran. 103 p. (In Persian)

Attoa G.W., Wahba E., and Farahat A.A. 2002. Effect of some amino acids and sulphur fertilization on growth and chemical composition of *Iberis amara* L. plants. *Egyptian Journal of Horticulture*, 29:17-37.

Bojovic B., and Stojanovic J. 2005. Chlorophyll and carotenoid content in wheat cultivars as a function of mineral nutrition. *Archives of Biological Science Belgrade*, 57(4): 283-290.

Bradford M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.

Charles D.J., Simon J.E., and Widrlechner M.P. 1991. Characterization of essential oil of Agastache species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39: 1946-1949.

Devlin R.M. 1969. Plant Physiology. 2nd Ed., S. Muthiah at Tamil and Printers and Traders Pvt. Ltd., Madra, India. 164 p.

El-Naggar A.A.M., Adam A.I., and El-Tony F.E.Z.H. 2013. Response of Longiflorum X Asiatic Hybrid Lilium plants to foliar spray with some amino acids. *Alex. Journal of Agricultural Research*, 58(3): 197-208.

Gamal El-Din K. M., Tarraf A.Sh., and Balbaa A. 1997. Physiological studies on the effect of some amino acids and microelements on growth and essential oil content in lemon grass (*Cymbopogon citrates* Hort.). *Journal of Agricultural Science Mansoura University*, 22(12): 4229-4241.

Govind S., and Prasad A. 1982. Effect of nitrogen on fruit-set, fruit drop and yield of sweet orange. *Punjab Horticultural Journal*, 22(1/2): 15-20.

Gross J. 1991. Pigments in Vegetables. Van Nostrand Reinhold, New York, 351 p.

Guler S., Ibrikci H., and Buyuk G. 2006. Effects of different nitrogen rates on yield and leaf nutrient contents of drip-fertigated and greenhouse-grown cucumber. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5(4): 657-662.

Hassanein R.A.M.2003. Effect of some amino acids, trace elements and irradiation on fennel (*Foeniculum vulgare* L.). Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University, Egypt.

Irigoyen J.J., Emerich D.W., and Sanchez-Diaz M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*, 84: 55-60.

Kamar M.E., and Omar A. 1987. Effect of nitrogen levels and spraying with aminal-forte (amino acids salvation) on yield of cucumber and potatoes. *Journal of Agricultural Science Mansoura University*, 12(4): 900 - 907.

Karima A., Gamal El-Din K.M., and Abdel-Wahed M.S.A. 2005. Effect of some amino acids on growth and essential oil content of chamomile plant. *International Journal of Agriculture and Biology*, 7(3): 376-380.

Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology, 148: 350-382.

Mallavarapu G.R., Kulkarni R.N., Baskaran K., and Ramesh S. 2004. The essential oil composition of anise hyssop grown in India. Flavour and Fragrance Journal, 19: 351-353.

Mardaninejad S.H., Khold Barin B., Sadat Y., Moradshahi A., and Vazir Pour M. 2005 Vegetative behavior change and the amount of essential oil of lavender (Lavandula officinalis) in response to different amounts of ammonium nitrate. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 19: 16-35. (In Persian)

Meawad A.A., Awad A.E., and Afify A. 1984. The combined effects of N-fertilization and growth regulators on chamomile plants. Acta Horticulturae, 144: 123-134.

Meek J.C. 1974. Chlorophylls. In: Stewart WDP, (ed.) "Algal Physiology and Biochemistry." Blackwell, London, pp: 161-75.

Milad S.M.N. 1998. Effect of tryptophan and methionine on the productivity of two Mentha species and American Ocimum plants. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University, Egypt.

Moursy H.A., Hussein S.M., and El-Bahar K.M. 1988. Effect of some alkaloid precursors on the growth and alkaloid production of Datura stramonium L. cultured in vitro. Egyptian Journal of Botany, 31: 153-165.

Omer E.A., Said-Al Ahl H.A.H., El Gendy A.G., Shaban Kh.A., and Hussein M.S. 2013. Effect of amino acids application on production, volatile oil and chemical composition of chamomile cultivated in saline soil at sinai. Journal of Applied Sciences Research, 9(4): 3006-3021.

Omidbaigi R. 2014. Production and processing of medicinal plants. Astane Gods Razavi Press, Vol1, 347p. (In Persian)

Omidbaigi R., and Mahmoodi M. 2010. Effect of Irrigation Regimes on the Essential Oil Content and Composition of Agastache foeniculum. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 13(1): 59-65.

Page A.L. 1982. Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties. 2nd Eds. Soil Science Society of America, Book Series 5, Madison, WI.

Paquin R., and Lechasseur P. 1979. Observations sur une methode de dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. Canadian Journal of Botany, 57(18): 1851-1854.

Phillips I.D.J. 1971. Introduction to the Biochemistry and Physiology of Plant Growth Hormones. Mc Graw-Hill Book Company, New York, 173p.

Qranjik A., and Galeshi S. (2001). Effect of nitrogen spray on yield and yield component of wheat. Agriculture and Natural Resource Journal, 8(2): 87- 98.

Salisbury F.B., and Ross C.W. 1992. Plant physiology. 4nd Eds, Wadsworth Publishing Company, Belmont, California, USA, 682 p.

Wojcik S.M., Rhee J.S., Herzog E., Sigler A., Jahn R., Takamori S., Brose N. and Rosenmund C., 2004. An essential role for vesicular glutamate transporter 1 (VGLUT1) in postnatal development and control of quantal size. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101 (18), pp.7158-7163.

Effect of Foliar Application of Urea, Aspartic Acid and Glutamic Acid on Growth, Physiological and Biochemical Characteristics of Anise Hyssop (*Agastache foeniculum*)

Rahimeh Jahani[1], Abbas Hassani[2*], Abbas Samadi[3]

(Received: November 2016 Accepted: February 2017)

Abstract

Anise Hyssop (*Agastache foeniculum*) is a perennial and aromatic herb plant, belonging to the Lamiaceae family. Its essential oil has antifungal and antibacterial properties and used in food and pharmaceutical industries. To study the effects of foliar application of urea and amino acids on some morpho-physiological and biochemical characteristics of anise hyssop, a pot experiment was conducted in completely randomized design with four replications. The treatments were foliar application of urea (0.5, 1 and 2 g/l), aspartic acid (100, 200 and 300 mg/l), glutamic acid (100, 200 and 300 mg/l) and control (no nitrogen application). The results showed that foliar application of urea and amino acids had significant effects on growth, physiological and biochemical parameters. The highest and the lowest amounts of plant height, leaf number and area, stem diameter, fresh and dry weight of leaves and stems were obtained in 2 g/l of urea and control treatments, respectively. Foliar application of urea and amino acids increased photosynthesis pigments, proline, total soluble sugars, total protein and nitrogen content of leaves compared to control. Total protein, total soluble sugars, proline, leaf chlorophyll and nitrogen content increased as the concentration of amino acids increased. Overall, the findings of this study showed that foliar application of 2 g/l of urea was the most effective treatment for the studied characteristics however amino acids through improvement of growth and physiological characteristics can be used as new sources of nitrogen for plant nutrition.

Key words: *Agastache foeniculum*, Amino acid, Foliar spraying, Nitrogen, Protein

1- Former Graduate Student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University
2- Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University
3. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University
* Corresponding Author Email: horthasani@yahoo.com