Effects of L-Phenylalanine or L-Tyrosine Foliar Application on Growth Characteristics, Yield, and Essential Oil of Spearmint

ABSTRACT

This research was aimed at foliar applying two amino acids including L-phenylalanine and L-tyrosine with different concentrations (0, 250, 500, 750, and 1000 ppm) to improve growth parameters, essential oil, and total content of phenolic compounds of spearmint. For this purpose, two split-plot experiments were conducted based on completely randomized (9 treatments with 3 replications; 2 harvests; under greenhouse conditions) and randomized complete block (9 treatments with 3 replications; 2 harvests; under farm conditions) designs in the agricultural college of Tarbiat Modares University (Tehran, Iran). Morphological and biochemical traits were evaluated in the harvested plants at 50% flowering stage. The results showed that L-phenylalanine and L-tyrosine had significant effects on the growth and biochemical characteristics of the plant. The treatments including L-phenylalanine 250 ppm in the first greenhouse harvest, L-phenylalanine 1000 ppm in the second greenhouse harvest, L-phenylalanine 500 and L-tyrosine 500 ppm in the first farm harvest, and L-phenylalanine 750 ppm in the second farm harvest had the most significant effects on all studied traits. The highest carvone (72.4%) and limonene (29.3%) amounts were observed in the L-phenylalanine 1000 and 250 ppm treatments, respectively in the second greenhouse harvest. In general, L-phenylalanine 1000 ppm in the greenhouse harvests and L-phenylalanine 500 ppm in the farm harvests had the best results. Considering that the application of growth stimulants is consistent with sustainable agriculture and also had a positive effect on the results in the present research, their use could be recommended.

Keywords: *Biostimulants, essential oil, total phenol content, yield.*

تأثیر محلول‌پاشی اسید آمینه‌های فنیل‌آلانین و تیروزین بر شاخصه‌های رشد، عملکرد و اسانس نعناع دشتی

هدف از این پژوهش، به‌کارگیری دو اسیدآمینه فنیل‌آلانین و تیروزین به‌عنوان محرک رشد با غلظت‌های مختلف (صفر، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام) به‌صورت محلول‌پاشی برای بهبود شاخصه‌های رشد، اسانس و محتوای کل ترکیبات فنولی نعناع‌دشتی بود. به‌همین منظور، دو آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) با طرح پایه کاملاً تصادفی (۹ تیمار با ۳ تکرار؛ ۲ نوبت برداشت؛ در شرایط گلخانه) و بلوک‌های کامل تصادفی (۹ تیمار با ۳ تکرار؛ ۲ نوبت برداشت؛ در شرایط مزرعه) در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (تهران، ایران) انجام گردید. صفات مورفولوژیک و زیست‌شیمیایی گیاهان برداشت‌شده در مرحله ۵۰ درصد گلدهی ارزیابی گردید. نتایج نشان داد، فنیل‌آلانین و تیروزین تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد و زیست‌شیمیایی گیاه داشتند. در چین اول گلخانه، تیمار فنیل‌آلانین ۲۵۰ پی‌پی‌ام، در چین دوم گلخانه، تیمار فنیل‌آلانین ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، در چین اول مزرعه، به‌صورت مشترک دو تیمار فنیل‌آلانین ۵۰۰ پی‌پی‌ام و تیروزین ۵۰۰ پی‌پی‌ام و در چین دوم مزرعه، فنیل‌آلانین ۷۵۰ پی‌پی‌ام بیشترین اثرگذاری را بر تمامی صفات موردبررسی داشتند. بیشترین مقدار کارون (۷۲/۴ درصد) و لیمونن (۲۹/۳ درصد) به‌ترتیب در تیمارهای ۱۰۰۰ و ۲۵۰ پی‌پی‌ام فنیل‌آلانین در چین دوم گلخانه به‌دست آمد. درمجموع، فنیل‌آلانین ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام در برداشت‌های گلخانه‌ای و فنیل‌آلانین ۵۰۰ پی‌پی‌ام در برداشت‌های مزرعه‌ای بیشترین اثرگذاری مثبت را داشتند. با توجه به اینکه کاربرد محرک‌های رشد همسو با کشاورزی پایدار بوده و در پژوهش حاضر نیز تأثیر مثبتی بر نتایج بر جای گذاشتند، استفاده از آن‌ها قابل توصیه می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: *محرک‌های رشد، اسانس، محتوای فنول‌کل، عملکرد.*

مقدمه

گیاه دارویی نعناع‌دشتی با نام علمی *Mentha spicata* L. و نام محلی سِرسِم، یکی از گونه‌های جنس نعناع از تیره نعناعیان می‌باشد. اسانس این گیاه طعم‌دهنده قوی است و اثرات ضد درد دارد و در صنایع غذایی و دارویی کاربردهای فراوان دارد. لیمونن و کارون از اجزای اصلی اسانس آن هستند (Patra & Kumar, 2006). به‌منظور افزایش تولید مواد مؤثره گیاهان دارویی، تلاش‌هایی در سراسر جهان با اتخاذ روش‌های کشاورزی پایدار صورت گرفته است. محرک رشد، ترکیب یا میکروارگانیسمی است که با هدف افزایش کارایی تغذیه، تحمل تنش‌های غیرزنده و بالا بردن ویژگی‌های کیفی محصولات برای گیاهان استفاده می‌شود. محرک‌های رشد هم برای انسان و هم برای محیط‌زیست، ایمن هستند. محرک‌های رشد از طریق مکانیسم‌های مختلف مانند بهبود جذب مواد غذایی از خاک، تنفس و فتوسنتز، یک روش مدیریتی پایدار برای تولید گیاهان دارویی و افزایش سنتز متابولیت‌های ثانویه هستند. محرک‌های رشد گیاهی شامل اسیدهای آمینه، باکتری‌های مفید، جلبک‌های دریایی، مخمرها، کیتوزان و دیگر مواد مختلف هستند. به‌طورکلی آن‌ها فرآیندهای متابولیک را برای بازدهی بیشتر در گیاهان تحریک می‌کنند (Rafiee *et al*., 2016). اسیدهای آمینه به‌عنوان محرک رشد، دسترسی گیاهان به مواد غذایی را بهبود می‌بخشند و کیفیت گیاه را افزایش می‌دهند. همچنین، آن‌ها نه‌تنها برای کاهش آسیب‌های ناشی از تنش‌های محیطی مفید محسوب می‌شوند، بلکه به‌عنوان پیش‌ساز هورمونی نیز عمل می‌کنند (Khan *et al*., 2019). اسیدهای آمینه فنیل‌آلانین و تیروزین نه‌تنها اجزای مهمی برای سنتز پروتئین‌ها هستند بلکه می‌توانند به‌عنوان پیش‌ماده برای افزایش محتوای متابولیت‌های ثانویه در گیاهان استفاده شوند (Taraševičienė *et al*., 2021). این پژوهش با هدف به‌کارگیری دو اسیدآمینه فنیل‌آلانین و تیروزین به‌عنوان محرک رشد با غلظت‌های مختلف به‌صورت محلول‌پاشی برای بهبود پارامترهای رشد، عملکرد پیکره رویشی، درصد و اجزای اصلی اسانس و محتوای کل ترکیبات فنولی نعناع دشتی انجام شد.

پیشینه تحقیق

اسیدهای آمینه از راه سنتز شیمیایی پروتئین‌های گیاهی (مانند جلبک، ذرت و سویا) و نیز هیدرولیز شیمیایی یا آنزیمی پروتئین‌ها حاصل می‌شوند. تولید اسیدهای آمینه در گیاهان بسیار انرژی‌بر است؛ بنابراین، استفاده از اسیدهای آمینه آماده باعث حفظ انرژی و تسریع رشد در زمان‌های بحرانی می‌گردد (Popko *et al*, 2018). فنیل‌آلانین و تیروزین از اسیدهای آمینه کلیدی در رشد و مقاومت به تنش‌ها محسوب شده و پیش‌مادهٔ ترکیبات فنولی در مسیر فنیل‌پروپانوئیدها هستند (Rahim Malek & Khorsandi, 2015).

در بادرنجبویه، تیمار فنیل‌آلانین ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین بازده اسانس را نشان داد (Baharlou *et al*, 2019). در رازیانه نیز کاربرد فنیل‌آلانین با غلظت ۳۰۰ پی‌پی‌ام بیشترین درصد اسانس را نسبت به شاهد ایجاد کرد (Hendawy & Ezz El-Din, 2010). بررسی فنیل‌آلانین، تریپتوفان و پپتون در چای ترش نشان داد همهٔ تیمارها، رشد گیاه را به‌طور معناداری نسبت به شاهد بهبود بخشیدند (Gendy & Nosir, 2016). در پژوهشی دیگر، افزایش تدریجی تیروزین از ۱۰۰ به ۲۰۰ پی‌پی‌ام موجب بهبود شاخص‌های رشد چای ترش شد و تیروزین و گلوتامین در هر دو غلظت، ترکیبات شیمیایی را نیز افزایش دادند (Ali *et al*, 2021).

در آزمایشی پیرامون اثر پرولین، فنیل‌آلانین، اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر مرزه، بالاترین درصد کارواکرول به تیمار ۱/۵ گرم در لیتر پرولین و فنیل‌آلانین اختصاص یافت (Poorghadir *et al*, 2020). همچنین در مطالعه‌ای روی عروسک پشت‌پرده، تیروزین بیشترین وزن خشک کل و سبزینگی را ایجاد کرد (Saremi *et al*, 2020). طی پژوهشی دیگر، فنیل‌آلانین، تریپتوفان و تیروزین در دو غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر گونه‌های مختلف نعناع بررسی شدند. فنیل‌آلانین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، اسانس نعناع‌فلفلی بومی جزیرهٔ گرانادا را ۰/۵۳ درصد افزایش داد؛ تیروزین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، عطر اسانس نعناع‌دشتی تودهٔ کریسپا را تحت تأثیر قرار داد و در نعناع‌فلفلی تودهٔ سوئیس، بالاترین فلاونوئید کل با تیروزین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر گزارش شد (Velička *et al*, 2022).

روش‌شناسی پژوهش

مکان، زمان اجرا و نوع طرح

به‌منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف اسیدهای آمینه فنیل‌آلانین و تیروزین بر شاخصه‌های رشد، عملکرد و اسانس نعناع‌دشتی، دو آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) با طرح پایه کاملاً تصادفی (۹ تیمار با ۳ تکرار؛ ۲ نوبت برداشت؛ در شرایط گلخانه) و بلوک‌های کامل تصادفی (۹ تیمار با ۳ تکرار؛ ۲ نوبت برداشت؛ در شرایط مزرعه) در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (تهران، ایران) انجام گردید. محلول‌پاشی به‌عنوان فاکتور اصلی و نوبت برداشت به‌عنوان فاکتور فرعی لحاظ گردید. محل انجام آزمایش دارای آب‌وهوای نیمه‌خشک، عرض ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی، طول ۵۱ درجه و ۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۲۷۶ متر از سطح دریا بود. از طریق ثبت دماسنج، دمای گلخانه در طول ماه‌های آزمایش بین ۲۰ الی ۴۰ درجه سانتی‌گراد و همچنین دمای مزرعه در طول دوره رشد بین ۲۰ الی ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود. زمان‌بندی دوره رشد دو آزمایش در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

جدول ۱. زمان‌بندی دوره رشد نعناع‌دشتی در کشت گلخانه‌ای و مزرعه‌ای

آزمایش	چین	کشت ریزوم	استقرار بوته یا سرزنی	محلول‌پاشی اول	محلول‌پاشی دوم	محلول‌پاشی سوم	شروع گلدهی	برداشت	کل دوره رشد
گلخانه	اول	۱۱ دی ۱۴۰۰	۱۷ دی ۱۴۰۰	–	–	۲۷ بهمن ۱۴۰۰	۹ اسفند ۱۴۰۰	۳ فروردین ۱۴۰۱	۷۶ روز
	دوم	–	۱ خرداد ۱۴۰۱	۱۲ خرداد ۱۴۰۱	۲۲ خرداد ۱۴۰۱	۷ تیر ۱۴۰۱	۸ تیر ۱۴۰۱	۱۸ مرداد ۱۴۰۱	۶۹ روز
مزرعه	اول	۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۱	۵ خرداد ۱۴۰۱	۱۸ خرداد ۱۴۰۱	۲۹ خرداد ۱۴۰۱	۸ تیر ۱۴۰۱	۲۰ تیر ۱۴۰۱	۱۱ مرداد ۱۴۰۱	۸۰ روز
	دوم	–	۱۱ مرداد ۱۴۰۱	۲۱ مرداد ۱۴۰۱	۶ شهریور ۱۴۰۱	۱۷ شهریور ۱۴۰۱	۱۳ شهریور ۱۴۰۱	۱۱ مهر ۱۴۰۱	۶۲ روز

تهیه مواد گیاهی و آزمایشی

ریزوم‌های کشت‌شده از توده قائم‌شهر کلکسیون نعناع‌دشتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انتخاب گردید. ریزوم‌ها دارای چهار گره، آبدار، زنده، سفیدرنگ و موقع کاشت جهت سر به ریشه رعایت گردید. اسیدهای آمینه فنیل‌آلانین و تیروزین مورداستفاده محصول شرکت مرک آلمان بود.

تیمارهای آزمایش شامل شاهد (آب مقطر) و سطوح مختلف غلظت اسیدهای آمینه تیروزین و فنیل‌آلانین به‌صورت جداگانه شامل ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بود. تیمارها سه بار در طول فصل رشد در فاصله حدوداً ۱۰ روز یک‌بار بعد از سرزنی به‌صورت محلول‌پاشی شاخ‌وبرگی اعمال شدند (جدول ۱). جهت تهیه محلول اسیدهای آمینه، حلال اسیدکلریدریک یک مولار به‌صورت قطره‌قطره به مقدار موردنیاز از پودر اسیدآمینه اضافه گردید تا پودر موردنظر کامل حل شود. اسیدآمینه فنیل‌آلانین بعد از حل شدن به رنگ شفاف مانند آب، اما اسیدآمینه تیروزین به‌صورت شیری‌رنگ درآمد. محلول آماده‌شده با اضافه نمودن آب مقطر به حجم یک لیتر برای مزرعه و نیم لیتر برای گلخانه درآمد. محلول‌ها در بطری‌های مخصوص پلاستیکی شفاف در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد یخچال تا قبل از محلول‌پاشی نگهداری شدند. محلول‌پاشی‌ها در هنگام غروب آفتاب انجام شدند.

نحوه انجام آزمایش

کشت گلخانه‌ای

برای ۹ تیمار ا سیدآمینه (۳ تکرار، در هر تکرار ۳ گلدان و در هر گلدان ۳ ریزوم)، ۸۱ عدد گلدان با بستر کشت خاک الک شده+کود دامی+شن با نسبت ۷ به ۳ به ۱/۵ آماده شد. تجزیه فیزیکوشیمیایی بستر کاشت در آزمایشگاه مهرآفرید سلامت در شهر تهران انجام شد. نتایج تجزیه بستر کاشت در جدول ۲ مشاهده می‌شود. گلدان‌های نام‌گذاری‌شده بر اساس تیمارها (رابطه ۱)، به‌صورت تصادفی روی میز فلزی چیده شدند.

رابطهٔ ۱) (۱ تیمار شاهد + ۴ تیمار فنیل‌آلانین + ۴ تیمار تیروزین) × ۳ تکرار × ۳ مشاهده = ۸۱ گلدان

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بستر کاشت نعناع‌دشتی درکشت گلخانه‌ای

بافت	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	نیتروژن (٪)	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	آهن (ppm)	روی (ppm)	منگنز	مس	بر	کلسیم	منیزیم	گوگرد	EC ($dS.m^{-1}$)	pH
لومی رسی	۲۰	۲۷	۵۳	۰/۱۹	۱۰۷/۱۴	۳۱۴۱/۱۵	۲	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۰۴	۱/۷۵	۱۰۸۲/۱۶	۲۵۷/۷۹	۲۰۷/۳۵	۱/۸۴	۷/۴۱

چین اول و دوم

محلول‌پاشی‌ها طبق جدول ۱ صورت گرفت. قبل از محلول‌پاشی، مابین تیمارها پلاستیک عمودی نصب شد تا از برخورد محلول‌ها مابین تیمارها جلوگیری شود و همچنین جهت جلوگیری از تأثیر محلول به قسمت‌های زیرین گیاه، روی بستر گلدان پوشش پلاستیکی گذاشته شد. در طول دوره رشد، آبیاری برای تمام تیمارها به‌طور یکسان انجام شد و جهت از بین بردن علف‌های هرز از وجین دستی و جهت مقابله با آفات از برچسب زرد، شته‌کش و کنه‌کش استفاده گردید. پس از گذراندن دوره رشد، در هنگام ۵۰ درصد گلدهی، پیکر رویشی از ارتفاع ۵ سانتی‌متری سطح بستر کشت برداشت شد.

کشت مزرعه‌ای

بعد از عملیات خاک‌ورزی و تسطیح مزرعه، ۹ کرت به ابعاد ۲ در ۳ متر با فاصله نیم متر از یکدیگر آماده گردید. جهت تقویت هر کرت، به‌اندازه نصف فرغون کود دامی با خاک مخلوط گردید. در هر کرت، ۶ عدد ریزوم مناسب با فاصله از هم کشت گردید و همه ریزوم‌ها جهت آزمایش انتخاب شدند. تیمارها مشابه کشت گلخانه‌ای در نظر گرفته شدند. تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل کاشت در آزمایشگاه گروه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران در شهر کرج انجام شد. نتایج تجزیه خاک در جدول ۳ مشاهده می‌شود. کرت‌ها بر اساس تیمارها (رابطه ۲) نام‌گذاری شدند.

رابطهٔ ۲) (۱ تیمار شاهد + ۴ تیمار فنیل‌آلانین + ۴ تیمار تیروزین) × ۳ تکرار × ۲ مشاهده = ۵۴ بوته

جدول ۳. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل کاشت نعناع‌دشتی در کشت مزرعه‌ای

عمق (cm)	بافت	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	نیتروژن (٪)	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	آهن (ppm)	روی (ppm)	منگنز (ppm)	مس (ppm)	EC ($dS.m^{-1}$)	pH -
۳۰-۰	لومی شنی	۷۷	۱۴	۹	۰/۰۶	۱۳۰/۶	۳۸۰	۱۶/۵	۱/۳۵	۱۷/۲	۱/۰۱	۲/۵	۸/۳

چین اول و دوم

محلول‌پاشی‌ها طبق جدول ۱ صورت گرفت. ۱۲ تا ۲۴ ساعت قبل از محلول‌پاشی، کل بوته به جهت پاک نمودن گردوخاک و جذب بهتر محلول، با آب شستشو داده شد. برداشت گیاهان در مرحله ۵۰ درصد گلدهی از ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک صورت گرفت. در طول دوره رشد، جهت از بین بردن علف‌های هرز از وجین دستی و جهت کنترل شته از شته‌کش استفاده گردید. آبیاری به صورت قطره‌ای هرروز یا هر دو روز یک‌بار انجام گرفت.

گیاهان برداشت‌شده از آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای در شرایط سایه‌خشک شدند.

اندازه‌گیری صفات

صفات مورفولوژیک

در زمان ۵۰ درصد گلدهی، ارتفاع بوته توسط خط‌کش، قطر ساقه اصلی توسط کولیس، تعداد شاخه جانبی نوع اول (شاخه‌های متصل به ساقه اصلی) و نوع دوم (جدا از ساقه اصلی و شاخه‌های روییده شده از کف بستر)، تعداد برگ و مساحت برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (به‌صورت تصادفی ۱۰ عدد برگ از هر گلدان یا بوته) اندازه‌گیری شدند. بعد از برداشت، وزن‌تر و خشک اندام‌های هوایی توسط ترازو و نسبت وزن برگ به ساقه خشک ارزیابی شدند.

صفات زیست‌شیمیایی

در زمان ۵۰ درصد گلدهی، شاخص سبزینگی توسط دستگاه SPAD (SPAD-502, Minotla, Japan) به‌صورت تصادفی از ۵ برگ از هر گلدان یا بوته اندازه‌گیری و میانگین آن درج گردید. پس از برداشت، جهت سنجش فنول کل نمونه‌های نوبت دوم برداشت گلخانه و مزرعه، بر اساس روش حضرتی و همکاران از معرف فولین سیوکالتئو (Folin-Ciocalteu) استفاده شد (Hazrati *et al*., 2020). مقدار فنول کل نمونه‌ها بر اساس میلی‌گرم اسیدگالیک در گرم وزن خشک گیاه (mg GA.g^{-1} DW) گزارش شد.

اسانس‌گیری به کمک دستگاه کلونجر و به روش تقطیر با آب به‌مدت ۳ ساعت انجام شد. اسانس‌های استخراج شده توسط سولفات‌سدیم خشک آب‌گیری شدند. ارزیابی درصد و عملکرد اسانس با کمک معادلات زیر صورت گرفت.

رابطهٔ ۳)
$$\text{درصد اسانس به‌صورت وزنی/وزنی} = \frac{\text{وزن اسانس به‌دست‌آمده}}{\text{مقدار وزن خشک گیاه اسانس گیری شده}} \times 100$$

رابطهٔ ۴)
$$\text{عملکرد اسانس به‌صورت گرم در بوته یا گلدان} = \text{درصد اسانس} \times \text{وزن خشک پیکره رویشی}$$

اسانس نمونه‌های نوبت دوم برداشت گلخانه و نوبت اول برداشت مزرعه جهت بررسی اجزای آن‌ها توسط دستگاه‌های کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی انتخاب شدند. از دلایلی که این نوبت‌های برداشت انتخاب شدند: ۱- دوره رشد هم‌زمان آن‌ها (هرچند شرایط گلخانه با مزرعه متفاوت ولی از نظر شدت نور آفتاب و طول روز یکسان بود) و ۲- نوبت دوم برداشت گلخانه برخلاف نوبت اول برداشت سه مرحله محلول‌پاشی در آن اعمال شد (جدول ۱).

کروماتوگرافی گازی Agilent 7890B مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله و یک ستون مویین HP-5 (طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر) استفاده شد. برنامه دمایی به‌صورت ۲ دقیقه روی ۶۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم و سپس افزایش دما تا ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه تنظیم شد. تجزیه‌وتحلیل کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنج جرمی توسط یک کروماتوگرافی گازی از نوع Thermoquest-Finnigan مجهز به ستون HP-5 مویرگی سیلیس مذاب (۶۰ متر × ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر) همراه با یک طیف سنج جرمی انجام شد. گاز هلیوم (جریان ۱/۱ میلی‌لیتر در دقیقه) در نسبت تقسیم ۱ به ۱۰۰ به‌عنوان گاز حامل استفاده شد. ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون‌ولت، دمای منبع یون ۲۰۰ و دمای رابط ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد بود. محدوده جرم (واحد اندازه‌گیری: واحد جرمی اتمی یا به‌اختصار AMU) نیز از ۴۵ تا ۴۵۶ تنظیم شد. برنامه دمایی یکسان با کروماتوگرافی گازی استفاده شد. اجزای اسانس‌ها با تطبیق طیف جرمی هر جزء با طیف جرمی کتابخانه داخلی یعنی کتابخانه اصلی Wiley 7 و Adams شناسایی شدند (Adams, 2001).

تجزیه‌وتحلیل آماری

داده‌های به‌دست‌آمده، بعد از اطمینان از نرمال بودن با نرم‌افزار SAS ورژن ۹/۴ آنالیز شد. تجزیه واریانس کشت گلخانه‌ای و مزرعه‌ای

جداگانه به‌صورت کرت‌های خرد شده در زمان (اسپلیت پلات در زمان) با طرح پایه کاملاً تصادفی و بلوک‌های کامل تصادفی و سپس مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون دانکن انجام شد. از روش برش‌دهی بر اساس چین در مقایسه میانگین استفاده شد. جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Execel 2013 استفاده گردید.

یافته‌های پژوهش

کشت گلخانه‌ای

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی تحت تأثیر تیمارهای کشت گلخانه‌ای در جداول ۴ و ۵ مشاهده می‌شود.

صفات مورفولوژیک

نتایج (جدول ۶) نشان داد، اثر متقابل محلول‌پاشی در چین بر تمامی صفات مورفولوژیک موردبررسی به‌جز صفت نسبت وزن برگ به ساقه خ شک معنی‌دار گردید. در چین اول، تیمارهای شاهد، فنیل‌آلانین ۵۰۰ و ۷۵۰ پی‌پی‌ام و تیروزین ۲۵۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بدون تأثیرگذاری بر صفات بودند، اما تیمار فنیل‌آلانین ۲۵۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش قطر ساقه ا صلی (۲/۷۸ میلی‌متر)، تعداد برگ (۱۰۳/۲۲ عدد)، وزن تر (۲۴/۳۷ گرم) و خ شک اندام هوایی (۵/۲۸ گرم)، تیمار فنیل‌آلانین ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش م ساحت برگ (۷۷/۵۰ سانتی‌متر مربع)، تیمار تیروزین ۵۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش تعداد شاخه جانبی نوع اول (۶/۶۷ عدد) و تیمار تیروزین ۷۵۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش ارتفاع (۵۸/۶۱ سانتی‌متر) گردیدند. در چین دوم، تیمارهای شاهد، فنیل‌آلانین ۲۵۰ و ۷۵۰ پی‌پی‌ام و تیروزین ۲۵۰ و ۵۰۰ بدون تأثیرگذاری بر صفات بودند، اما تیمار فنیل‌آلانین ۵۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش تعداد شاخه جانبی نوع دوم (۵۵/۰۸ عدد)، تیمار فنیل‌آلانین ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش تعداد برگ (۵۴۵ عدد)، وزن تر (۷۰/۲۵ گرم) و خشک اندام هوایی (۱۵/۴۰ گرم)، تیمار تیروزین ۷۵۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش ارتفاع (۵۲/۶۷ سانتی‌متر) و تیمار تیروزین ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش تعداد شاخه جانبی نوع اول (۷/۷۵ عدد)، مساحت برگ (۶۱/۵۰ سانتی‌متر مربع) و قطر ساقه اصلی (۲/۵۴ میلی‌متر) شدند.

همچنین، اثر اصلی محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر صفت نسبت وزن برگ به ساقه خشک معنی‌دار گردید، به‌طوری‌که تیمار فنیل‌آلانین ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بی شترین ن سبت (۲/۰۷) را به‌خود اخ تصاص داد (شکل ۲). اثر ا صلی چین نیز در سطح احتمال یک درصد بر نسبت وزن برگ به ساقه خشک معنی‌دار گردید و بیشترین نسبت (۱/۷۶) در چین اول مشاهده شد (شکل ۲).

صفات زیست‌شیمیایی

نتایج (جدول ۶) نشان داد، اثر متقابل محلول‌پاشی در چین بر درصد و عملکرد اسانس معنی‌دار گردید. در چین اول، تیمارهای شاهد، فنیل‌آلانین ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و تیروزین ۲۵۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بدون تأثیر گذاری بر صفات بودند، اما تیمارهای تیروزین ۵۰۰ و ۷۵۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش به‌ترتیب در صد (۱/۷۲ در صد) و عملکرد ا سانس (۰/۰۵۰ گرم در گلدان) شدند. در چین دوم، تیمارهای شاهد، فنیل‌آلانین ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ پی‌پی‌ام و تیروزین ۲۵۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بدون تأثیرگذاری بر صفات بودند، اما تیمارهای فنیل‌آلانین ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و تیروزین ۵۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش به‌ترتیب عملکرد (۰/۱۹۵ گرم در گلدان) و درصد اسانس (۰/۷۸ درصد) گردیدند.

همچنین، اثر ا صلی محلول‌پاشی بر شاخص سبزینگی و فنول کل معنی‌دار گردید. تیمار فنیل‌آلانین ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش شاخص سبزینگی (۱۷/۶۷) و تیمار فنیل‌آلانین ۵۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش فنول کل (۱۷۹ میلی‌گرم اسیدگالیک در گرم وزن خشک) شد (شکل‌های ۱ و ۳). اثر ا صلی چین نیز بر شاخص سبزینگی معنی‌دار شد و بیشترین مقدار (۱۶/۷۷) در چین اول م شاهده گردید (شکل ۱).

جدول ٤. تجزیه واریانس برخی صفات نعناع‌دشتی تحت تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در چین‌های مختلف در کشت گلخانه‌ای

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		شاخص سبزینگی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد شاخه جانبی نوع اول	تعداد شاخه جانبی نوع دوم	تعداد برگ	وزن‌تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	نسب برگ به ساقه خشک	مساحت برگ	درصد اسانس	عملکرد اسانس
بلوک	۲	۲/۸۳^{ns}	۷۲/۴^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۰/۶۰^{ns}	۶/۶۸^{ns}	۳۲۸/۰^{ns}	۱۱/۱۴^{ns}	۰/۴۰^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۴۵/۲^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}
محلول‌پاشی	۸	۱۵/۹۵**	۹۷/۳۵*	۰/۱۱^{ns}	۵/۲۱**	۲۸۳/۵**	۲۶۶۴۴/۸**	۳۷۴/۱۶**	۱۱/۹۴**	۰/۲۷*	۳۵۴/۶۸**	۰/۳۰**	۰/۰۰۳۸**
خطای محلول‌پاشی (خطای اول)	۱۶	۳/۳۱	۲۸/۴۳	۰/۰۷	۰/۴۱	۲۱/۴۴	۱۳۸/۴۱	۱۲/۶۵	۱/۱۳	۰/۰۷	۱۴/۷۸	۰/۰۱	۰/۰۰۰۱
چین	۱	۳۲۱/۲**	۱۰۰/۷*	۰/۰۰۱^{ns}	۲۲/۶۶**	۱۲۳۱۹/۱**	۳۵۸۱۰۷/۹**	۱۳۴۵۶/۸**	۵۹۹/۲**	۱/۴۴**	۲۱۰۷/۳**	۳/۷۰**	۰/۰۲۱۸**
خطای چین (خطای دوم)	۲	۱/۱۳	۱۹/۷۲	۰/۰۱	۰/۱۳	۲۲/۶۴	۱۷/۴۳	۱۸/۳۲	۰/۷۳	۰/۰۲	۶۶/۶۴	۰/۰۴	۰/۰۰۰۲
محلول‌پاشی × چین	۸	۱۴/۸۲^{ns}	۶۵/۸۳*	۰/۳۵**	۷/۶۴**	۲۲۰/۷**	۲۵۱۹۲/۹**	۲۵۰/۷**	۱۲/۷۵**	۰/۰۸^{ns}	۴۰۶/۲**	۰/۲۴**	۰/۰۰۳۶**
خطای باقی‌مانده	۱۶	۶/۸۲	۱۷/۸۱	۰/۰۴	۰/۵۴	۱۱/۹۵	۲۹۳/۴۵	۸/۴۶	۱/۱۱	۰/۰۶	۱۸/۱۹	۰/۰۲	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۸/۲	۸/۸	۸/۶	۱۶/۲	۱۵/۳	۱۰/۱	۹/۱	۱۵/۳	۱۵/۴	۷/۳	۱۴/۷	۱۷/۲

ns، * و ** به‌ترتیب، نشان از عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

جدول ۵. تجزیه واریانس صفت فنول کل نعناع‌دشتی تحت تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در چین دوم کشت گلخانه‌ای

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		فنول کل
بلوک	۲	۱۸/۱^{ns}
محلول‌پاشی	۸	۵۸۴۷**
خطا	۱۶	۷۵/۳
ضریب تغییرات (٪)	–	۸/۳

ns، * و ** به‌ترتیب، نشان از عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ویرایشی نشده

جدول ٦. مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در چین بر برخی صفات نعناع‌دشتی در کشت گلخانه‌ای

محلول‌پاشی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)		قطر ساقه (میلی‌متر)		تعداد شاخه جانبی نوع اول در گلدان		تعداد شاخه جانبی نوع دوم در گلدان		تعداد برگ در گلدان	
	چین ۱	چین ۲	چین ۱	چین ۲	چین ۱	چین ۲	چین ۱	چین ۲	چین ۱	چین ۲
کنترل (شاهد)	۴۷/۸۳ab	۴۸/۳۸ab	۲/۳۱bc	۲/۲۲ab	۵/۸۹ab	۳/۳۱cd	۶/۲۲a	۳۳/۹۷de	۸۸/۹۴a-c	۱۴۴/۱۱e
فنیل آلانین۱	۵۷/۶۱a	۴۹/۱۱ab	۲/۷۸a	۲/۰۲b	۵/۸۳ab	۲/۲۲d	۹/۳۳a	۵۳/۲۲ab	۱۰۳/۲۲a	۱۹۵/۷۸d
فنیل آلانین۲	۴۸/۷۴ab	۴۶/۶۴ab	۲/۳۵abc	۲/۵۰a	۶/۵۶a	۳/۳۹cd	۸/۷۸a	۵۵/۰۸a	۱۰۲/۲۲a	۳۰۷/۰۰b
فنیل آلانین۳	۵۰/۵۲ab	۴۵/۴۷ab	۲/۲۳bc	۲/۲۶ab	۴/۱۷cd	۳/۰۰cd	۶/۴۴a	۴۴/۲۲bc	۸۱/۲۲bc	۱۶۶/۱۱de
فنیل آلانین۴	۴۹/۱۱ab	۴۴/۵۰b	۲/۱۳c	۲/۲۲ab	۲/۸۳d	۳/۶۷c	۸/۵۶a	۲۳/۳۳f	۹۸/۰۰ab	۵۴۵/۰۰a
تیروزین۱	۵۰/۲۶ab	۴۲/۲۲b	۲/۱۵c	۲/۱۷ab	۵/۰۰bc	۳/۶۷c	۷/۱۱a	۴۴/۸۹bc	۸۴/۳۳bc	۲۷۶/۸۳b
تیروزین۲	۴۶/۵۶b	۴۲/۳۶b	۲/۰۰c	۲/۰۶b	۶/۶۷a	۵/۰۶b	۵/۵۶a	۲۶/۲۲ef	۷۲/۱۱c	۲۸۹/۰۶b
تیروزین۳	۵۸/۶۱a	۵۲/۶۷a	۲/۶۱ab	۲/۰۲b	۵/۵۰abc	۲/۸۹cd	۹/۰۰a	۳۸/۵۰cd	۹۳/۶۷ab	۹۷/۱۱f
تیروزین۴	۳۶/۲۸c	۴۹/۵۸ab	۱/۵۸d	۲/۵۴a	۴/۱۶cd	۷/۷۵a	۵/۸۹a	۱۹/۳۳f	۷۳/۱۱c	۲۴۱/۶۷c

فنیل‌آلانین و تیروزین ۱ تا ۴ به‌ترتیب شامل غلظت‌های ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشند. برش‌دهی بر اساس چین انجام شده است و حروف مشترک در هر ستون نشان از عدم اختلاف معنی‌داری توسط آزمون دانکن می‌باشد.

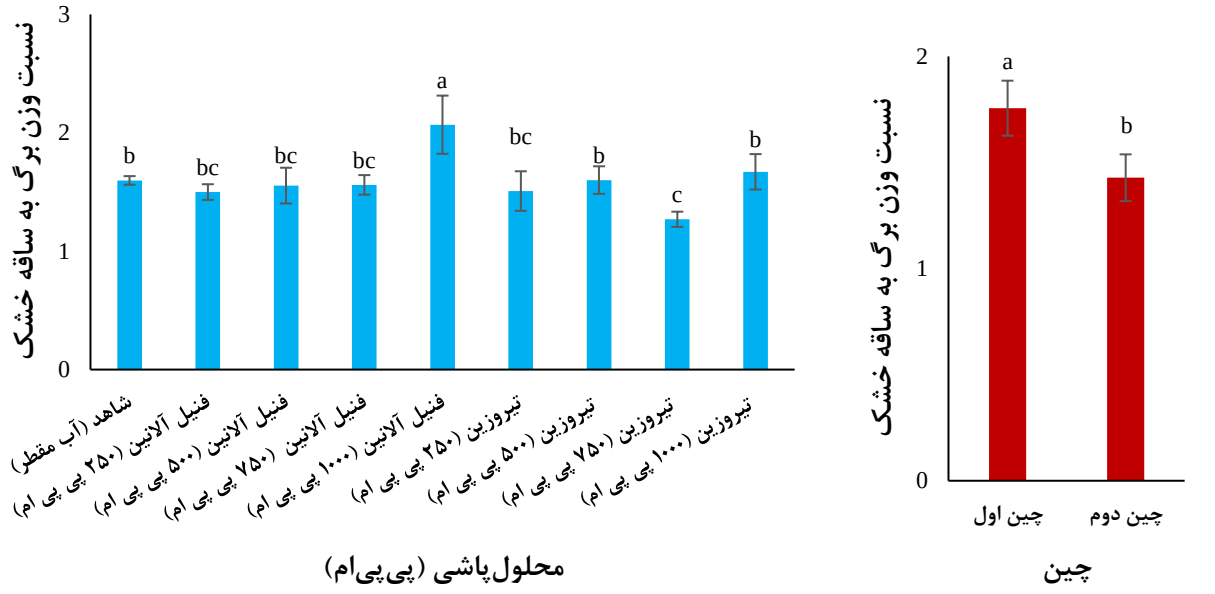
ادامه جدول ٦. مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در چین بر برخی صفات نعناع‌دشتی در کشت گلخانه‌ای

محلول‌پاشی	وزن‌تر (گرم در گلدان)		وزن خشک (گرم در گلدان)		مساحت ۱۰ برگ (سانتی‌متر مربع)		درصد اسانس		عملکرد اسانس (گرم در گلدان)	
	چین ۱	چین ۲	چین ۱	چین ۲	چین ۱	چین ۲	چین ۱	چین ۲	چین ۱	چین ۲
کنترل (شاهد)	۱۴/۵۶bcd	۴۵/۰۱d	۳/۳۹bc	۸/۴۹c	۶۹/۳۳b	۵۷/۵۸ab	۰/۸۲c	۰/۶۷ab	۰/۰۲۰cd	۰/۰۵۰de
فنیل آلانین۱	۲۴/۳۷a	۴۸/۰۷cd	۵/۲۸a	۹/۶۴bc	۷۷/۰۰a	۵۱/۴۴bc	۰/۳۶d	۰/۶۵ab	۰/۰۱۳ad	۰/۰۶۰cd
فنیل آلانین۲	۱۹/۹۷ab	۶۲/۷۸b	۴/۰۸b	۱۱/۷۵b	۷۴/۲۲ab	۶۱/۰۸a	۰/۹۲c	۰/۶۳ab	۰/۰۴۰a	۰/۰۶۳cd
فنیل آلانین۳	۱۶/۰۰bc	۴۳/۲۶d	۳/۶۰bc	۸/۵۸c	۷۵/۷۸ab	۵۵/۰۸ab	۱/۳۶b	۰/۵۱b	۰/۰۴۳a	۰/۰۴۰e
فنیل آلانین۴	۱۵/۷۶bc	۷۰/۲۵a	۴/۲۰b	۱۵/۴۰a	۷۷/۵۰a	۴۵/۳۳cd	۱/۴۷b	۰/۷۲ab	۰/۰۴۰a	۰/۱۹۵a
تیروزین۱	۱۳/۲۹cd	۵۳/۵۲c	۲/۸۳cd	۱۱/۵۳b	۵۶/۱۷cd	۳۹/۴۲d	۱/۳۶b	۰/۵۸ab	۰/۰۳۳abc	۰/۰۷۰bc
تیروزین۲	۱۲/۹۹cd	۴۷/۱۲d	۲/۶۲cd	۹/۲۱bc	۶۱/۱۷c	۴۵/۹۶cd	۱/۷۲a	۰/۷۸a	۰/۰۳۷ab	۰/۰۶۷bcd
تیروزین۳	۱۸/۴۳a-c	۳۱/۷۹e	۴/۱۱b	۵/۹۳d	۵۲/۸۳d	۵۰/۶۱bc	۱/۳۲b	۰/۷۵a	۰/۰۵۰a	۰/۰۳۳e
تیروزین۴	۸/۶۹d	۲۶/۴۳e	۲/۰۳d	۱۱/۵۷b	۳۶/۴۴e	۶۱/۵۰a	۱/۴۲b	۰/۷۶a	۰/۰۲۳bcd	۰/۰۸۳b

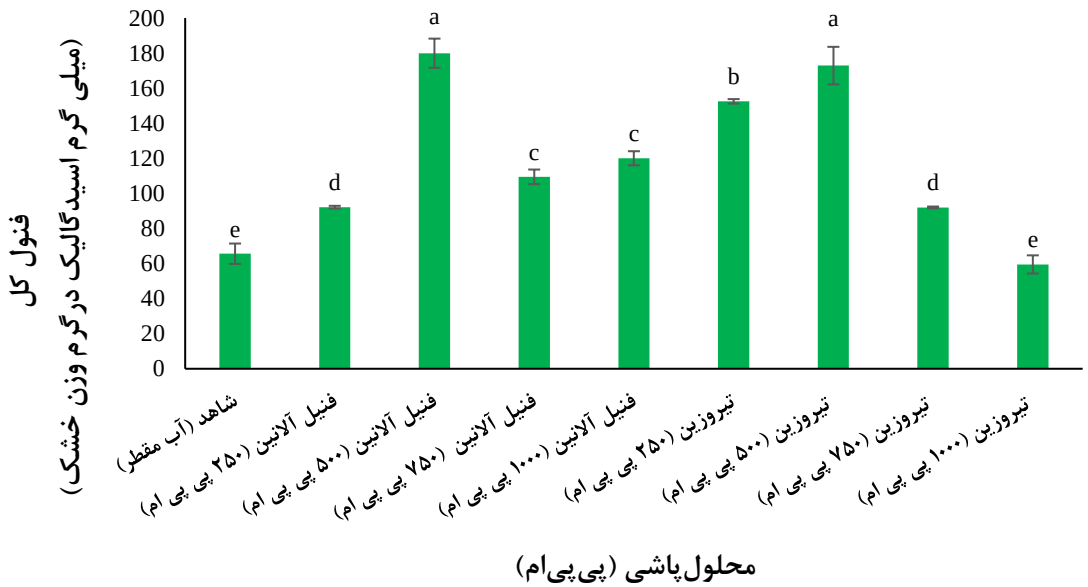
فنیل‌آلانین و تیروزین ۱ تا ۴ به‌ترتیب شامل غلظت‌های ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشند. برش‌دهی بر اساس چین انجام شده است و حروف مشترک در هر ستون نشان از عدم اختلاف معنی‌داری توسط آزمون دانکن می‌باشد.

ویرایش اولیه نشده

شکل ۱. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه (چپ) و چین (راست) بر شاخص سبزینگی نعناع‌دشتی در کشت گلخانه‌ای ،حروف مشترک در هر ستون نشان از عدم اختلاف معنی‌داری توسط آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه (چپ) و چین (راست) بر نسبت وزن برگ به ساقه خشک نعناع‌دشتی در کشت گلخانه‌ای، حروف مشترک در هر ستون نشان از عدم اختلاف معنی‌داری توسط آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر فنول کل نعناع‌دشتی در چین دوم کشت گلخانه‌ای، حروف مشترک در هر ستون نشان از عدم اختلاف معنی‌داری توسط آزمون دانکن می‌باشد.

کشت مزرعه‌ای

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی تحت تأثیر تیمارهای کشت مزرعه‌ای در جداول ۷ و۸ مشاهده می‌شود.

صفات مورفولوژیک

نتایج (جدول ۹) نشان داد، اثر متقابل محلول‌پاشی در چین بر ارتفاع، تعداد شاخه جانبی نوع اول، تعداد برگ، وزن خشک اندام هوایی و مساحت برگ معنی‌دار گردید. در چین اول، تیمارهای شاهد، فنیل‌آلانین ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و تیروزین ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بدون تأثیرگذاری بر صفات بودند، اما تیمار تیروزین ۲۵۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش تعداد شاخه جانبی نوع اول (۶/۱۷ عدد)، تیمار فنیل‌آلانین ۵۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش مساحت برگ (۵۰/۱۷)، تیمار تیروزین ۵۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش ارتفاع (۱۰۰/۷۵ سانتی‌متر) و تعداد برگ (۲۳۶۳ عدد) گردیدند. در چین دوم، تیمارهای شاهد، فنیل‌آلانین ۲۵۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، تیروزین ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بدون تأثیرگذاری بر صفات بودند، اما تیمار فنیل‌آلانین ۵۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش ارتفاع (۹۱/۶۷ سانتی‌متر)، تیمار فنیل‌آلانین ۷۵۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی (۱۸۳/۸۵ گرم)، تیمار تیروزین ۲۵۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش مساحت برگ (۵۳/۸۳) و تیمار تیروزین ۵۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش تعداد شاخه جانبی نوع اول (۴/۱۷ عدد) شدند.

همچنین اثر اصلی محلول‌پاشی بر وزن‌تر اندام هوایی و نسبت وزن برگ به ساقه خشک معنی‌دار گردید به‌طوری‌که تیمار فنیل‌آلانین ۷۵۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش وزن‌تر اندام هوایی (۵۷۸ گرم) و تیمار فنیل‌آلانین ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش نسبت وزن برگ به ساقه خشک (۱/۰۶) شد. اثر اصلی چین نیز بر قطر ساقه اصلی و تعداد شاخه جانبی نوع دوم معنی‌دار گردید. بیشترین قطر ساقه اصلی (۶/۰۶ میلی‌متر) و بیشترین تعداد شاخه جانبی نوع دوم (۱۰۰/۱۱ عدد) مربوط به چین اول و بیشترین وزن‌تر (۴۸۹ گرم) مربوط به چین دوم برداشت مشاهده شد.

صفات زیست‌شیمیایی

نتایج (جدول ۹) نشـــان داد، اثر متقابل محلول‌پاشـــی در چین بر عملکرد اســـانس معنی‌دار گردید. در چین اول، تیمارهای شـــاهد، فنیل‌آلانین ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و تیروزین ۲۵۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بدون تأثیرگذاری بر صـــفات بودند اما تیمار تیروزین ۵۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش عملکرد اسانس (۱/۵۲ گرم در بوته) شد. در چین دوم، تیمارهای شاهد، فنیل‌آلانین ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و تیروزین ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بدون تأثیرگذاری بر صـــفات بودند ولی تیمار فنیل‌آلانین ۷۵۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش عملکرد اسانس با (۱/۴۶ گرم در بوته) و وزن خشک با (۱۷۲/۸۸ گرم در بوته) گردیدند.

همچنین اثر اصلی محلول‌پاشی در شاخص سبزینگی و فنول کل معنی‌دار گردید. تیمار فنیل‌آلانین ۵۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش شاخص سبزینگی (۲۱/۲۹) و مقدار فنول کل (۴۳۷ میلی‌گرم اسیدگالیک در گرم وزن خشک) شد (شکل۴). اثر اصلی چین نیز بر شاخص سبزینگی و درصد اسانس معنی‌دار گردید. بیشترین مقدار شاخص سبزینگی (۱۸/۸۷) مربوط به چین اول و بیشترین درصد اسانس (۰/۷۹ درصد) مربوط به چین دوم بود.

ترکیبات اسانس

با توجه به نتایج تجزیه اسانس نعناع دشتی (جدول ۱۰)، به‌طورکلی ۴۷ ترکیب شناسایی گردید که عمدتاً از گروه مونوترپن‌های اکسیژن‌دار بودند. دو ترکیب اصلی نعناع دشتی، کارون و لیمونن بیشترین مقدار را در بین ترکیبات به خود اختصاص دادند. بیشترین مقدار ترکیب کارون (۷۲/۴۶ درصـــد) در تیمار فنیل‌آلانین ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و بیشـــترین مقدار ترکیب لیمونن (۲۹/۳۶ درصـــد) در تیمار فنیل‌آلانین ۲۵۰ پی‌پی‌ام به دست آمد. تیمار تیروزین ۵۰۰ پی‌پی‌ام و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام نیز توانستند مقدار کارون را به بالای ۷۰ در صد برســـانند که این موارد از چین دوم گلخانه به دســـت آمد. ســـایر ترکیبات دارای مقدار بیش از یک درصـــد عبارت بودند از: آلفا–پینن، سابینن، بتا–پینن، میرسن، ۱ و ۸ سینئول، لینالول، سیس دهیدرو کارون، پولگون، کاریوفیلن و اسپاچولنول.

طبق استاندارد جهانی اسانس نعناع دشتی (ISO 3033)، اسانس مورد تائید در بازارهای تجاری باید دارای ترکیب کارون به میزان ۶۰ الی ۷۰ درصد باشد. بر این اساس، تیمارهای فنیل‌آلانین ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و تیروزین ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام توانستند به حد استاندارد برسند. این مقادیر درکشت گلخانه‌ای حاصل شد و شرایط مزرعه‌ای درصد به‌مراتب پایین‌تری را نشان داد. در این رابطه (Ebadi *et al*, 2021)اظهار داشتند در بازارهای جهانی، اسانسی از نعناع دشتی وارد چرخه بازار و تجارت قرار می‌گیرد که دارای ۷۰ درصد کارون باشد و علت اصلی واردات اسانس به داخل کشور مخصوصاً جهت مصرف شرکت‌های لبنیات را درصد پایین کارون در اسانس‌های تولید داخل عنوان نمودند. اجزای اصلی اسانس نعناع به ترپنوئیدها تعلق دارند، در جنس نعناع ازجمله نعناع دشتی مونوترپن‌ها سنتز می شوند و در کرک‌های ترشحی که عمدتاً در سطح برگ‌ها قرار دارند تجمع می‌یابند (Patra & Kumar, 2006). پژوهشگری طی گزارشی اظهار داشت ترکیبات اصلی موجود در اسانس نعناع دشتی عبارت‌اند از: کارون ۶۰ در صد، لیمونن ۲۰ در صد و ترکیبات دیگری مانند دی هیدروکارون، میرسن و آلفا–پینن (Charles, 2013).

ارزیابی کلی تأثیر تیمارها بر صفات موردمطالعه

جدول فراوانی نمایانگر نتایج کلی کاربرد اســـیدهای آمینه بر کلیه صـــفات نعناع‌دشـــتی می‌باشـــد (جدول ۱۱). خانه‌های تیره‌رنگ نشان‌دهنده بیشترین مقدار عددی صفت از تیمار موردنظر می‌باشد. خانه‌های سبزِ پررنگ، کم‌رنگ و یشمی به‌ترتیب نشان‌دهنده بیشترین درصد فراوانی به‌دست‌آمده از تیمار موردنظر چین‌های اول، دوم و مجموع دو چین در دو آزمایش می‌باشد.

بحث

صفات مورفولوژیک

با توجه به جدول درصد فراوانی، برای صفات مورفولوژیک درمجموع دو چین کشت گلخانه‌ای، فنیل‌آلانین در غلظت ۱۰۰۰ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام، در کشت مزرعه‌ای تیروزین با غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام بالاترین درصد را نسبت به سایر تیمارها به خود اختصاص دادند. هر دو اسیدآمینه توانستند در اکثر صفات، باعث افزایش شاخص‌های رشد نسبت به تیمار شاهد گردند. وجود دو آزمایش متفاوت گلخانه و مزرعه در دو چین برداشت نقش مهمی در سنجش بهتر اسیدهای آمینه و درنتیجه واکنش گیاه نسبت به آن‌ها، بهتر مشخص گردید. بیان صفات مورفولوژیک تحت تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی صورت می‌گیرد. اثرات اسیدهای آمینه به ترکیبی از عوامل بستگی دارد مانند نوع گونه گیاهی موردمطالعه، دوز مصرفی، نحوه و زمان مصرف و ... که این عوامل در کنار هم می‌تواند منجر به نتایج مطلوب گردند. به‌عنوان‌مثال پژوهشگرانی در آزمایش خود با غلظت متوسط ۲۵ درصد فنیل‌آلانین مابین غلظت‌های دیگر به بالاترین ارتفاع بوته مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) در دو مرحله ارزیابی رسیدند که با نتایج ما همخوانی داشت (Hasan abadi *et al.*, 2022). همچنین در صفت تعداد شاخه جانبی نتایج ما با یافته‌های دیگر محققان منطبق بود که در آزمایش آن‌ها غلظت ۱۵۰ پی‌پی‌ام تیروزین در دو نوبت برداشت به‌صورت صعودی باعث افزایش تعداد شاخه‌های فرعی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) گردید (Helaly & Ibrahim, 2019). مکانیسم اثر مثبت اسیدآمینه‌ها بر شاخصه‌های رشد گیاهان این‌گونه بیان‌شده است که وقتی کربوهیدرات‌ها در گیاهان دچار کمبود می‌شوند، اسیدآمینه‌ها می‌توانند به‌عنوان منبع کربن عمل کنند (Abd El-aziz & Balba, 2007). تأثیر فنیل‌آلانین بر پارامترهای رشد را می‌توان با افزایش محتوی پروتئین و فعال کردن بیوسنتز اسیدجیبرلیک توضیح داد که منجر به افزایش نرخ رشد با افزایش تقسیم سلولی، طویل شدن و تمایز سلول‌ها می‌شود (Al-Duraid *et al.*, 2019). تیروزین یک اسیدآمینه معطر یا آروماتیک موردنیاز برای سنتز پروتئین‌ها و متابولیت‌ها با عملکردهای فیزیولوژیک متنوع مانند ترکیبات آنتی‌اکسیدان، مواد جاذب گرده‌افشان و القاگرهای ترکیبات دفاعی متابولیت‌های ثانویه (اسید رزمارینیک، دهررین و آلکالوئیدهای بنزیل ایزوکوئینولین) است (Alfosea-Simon *et al.*, 2020).

صفات زیست‌شیمیایی

با توجه به جدول درصد فراوانی، درمجموع دو چین کشت گلخانه‌ای، فنیل‌آلانین در غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و در کشت مزرعه‌ای فنیل آلانین ۵۰۰ پی‌پی‌ام بالاترین درصد را نسبت به سایر تیمارها به خود اختصاص دادند. ترکیب کارون در بالاترین غلظت از هر دو اسیدآمینه و لیمونن در پایین‌ترین غلظت فنیل‌آلانین بیشترین مقدار را نشان داد. ازنظر پایداری عملکرد اسانس در طی دو آزمایش، اسیدهای آمینه توانستند روند مناسبی ایجاد نمایند و نسبت به تیمار شاهد برتری داشتند. در صفت عملکرد اسانس نتایج ما با یافته‌های دیگر پژوهشگران همخوانی داشت، آن‌ها بیشترین عملکرد اسانس خلال‌دندان (*Ammi visnaga* L.) را در دو تیمار فنیل‌آلانین و تیروزین با غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام مشاهده کردند (Rasouli *et al.*, 2019). نتایج ما با یافته‌های محققانی که بر روی مورینگا، بیشترین مقدار فنول را از تیمار فنیل‌آلانین ۵۰ پی‌پی‌ام نسبت به شاهد به دست آوردند، مطابقت داشت (Atteya *et al.*, 2022). گزارش‌شده محققانی در آزمایش خود اثر تیروزین برکشت سوسپانسیون سلولی خشخاش (*Papaver bracteatum*) را بررسی کردند که تیمار ۱ میلی مولار تیروزین، مقدار تبائین را در مقایسه با شاهد افزایش داد (FarjamiNejad *et al.*, 2016).اسیدهای آمینه نقش مهمی در تحریک رشد سلولی دارند، علاوه بر این، آن‌ها می‌توانند به‌عنوان منبع کربن و انرژی عمل کنند و سایر ترکیبات آلی مانند پروتئین، آلکالوئیدها، ویتامین‌ها، ترپنوئیدها و غیره را سنتز کنند (Reham *et al.*, 2016). اسیدآمینه فنیل‌آلانین ماده اولیه مسیر فنیل پروپانوئید است که یکی از مهم‌ترین مسیرها جهت تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان می‌باشد و منجر به تولید ترکیبات فنولی مانند فلاونوئیدها و کومارین ها شود. آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز (PAL) آغازگر مسیر فنیل پروپانوئید می‌باشد (Hashemi Shahraki, 2021). محلول‌پاشی فنیل‌آلانین باعث افزایش اسانس گردید زیرا احتمالاً به‌عنوان یک القاکننده قوی برای افزایش بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه عمل کرد. فنیل‌آلانین در سنتز ترپنوئیدها و ترکیبات فرار نقش دارد، البته بیش از یک مسیر بیوسنتزی در تبدیل فنیل‌آلانین به ترکیبات فرار گیاه دخیل است (Aghaei *et al.*, 2019). اسیدهای آمینه فنیل‌آلانین و تیروزین نه‌تنها اجزای مهمی برای سنتز پروتئین‌ها هستند بلکه می‌توانند به‌عنوان پیش ماده برای افزایش محتوای متابولیت‌های ثانویه در گیاهان استفاده شوند (Taraseviciene *et al.*, 2021).

جدول ۷. تجزیه واریانس برخی صفات نعناع دشتی تحت تاثیر محلول پاشی اسیدهای آمینه در چین‌های مختلف در کشت مزرعه ای

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		شاخص سبزینگی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد شاخه جانبی نوع اول	تعداد شاخه جانبی نوع دوم	تعداد برگ	وزن‌تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	نسب برگ به ساقه خشک	مساحت برگ	درصد اسانس	عملکرد اسانس
بلوک	۲	۱/۹۳^{ns}	۹/۳۹^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۶۳^{ns}	۱۴۰۶/۳^{ns}	۳۳۰۷۳۴/۶^{ns}	۹۵۷۴/۲^{ns}	۴۸۱/۳^{ns}	۰/۰۱۸^{ns}	۱۷/۶۸^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۱^{ns}
محلول‌پاشی	۸	۲۲/۰۳*	۱۰۵/۲۲**	۰/۵۰^{ns}	۶/۳۰**	۳۳۹/۳۹^{ns}	۴۴۵۰۰۷/۴**	۳۱۶۰۷/۲**	۱۸۵۶/۲**	۰/۰۴۱**	۱۳۴/۱**	۰/۰۱^{ns}	۰/۱۹**
خطای محلول‌پاشی (خطای اول)	۱۶	۷/۷۳	۲۳/۵۶	۰/۴۵	۰/۳۰	۳۲۹/۰۰	۱۳۳۴۵۸/۲۷	۴۱۹۵/۲۰	۵۷۶/۷۲	۰/۰۰۹	۲۵/۴۴	۰/۰۱	۰/۰۲
چین	۱	۴۳/۷^{ns}	۱۲۳۱/۵*	۶۲/۴**	۶۶/۶۷*	۶۵۸۹/۱۲*	۲۲۲۵۴/۸^{ns}	۹۰۱۷۷/۲*	۱۵۱۱/۴۶^{ns}	۰/۰۲۴^{ns}	۱/۱۹^{ns}	۰/۶۴**	۰/۵۱**
خطای چین (خطای دوم)	۲	۷/۳۳	۲۰/۸۴	۰/۲۱	۱/۵۵	۳۰۴/۹۴	۱۰۴۸۶۷/۷	۱۴۱۹/۰۸	۱۹۶/۳۶	۰/۰۰۹	۱۴/۱۷	۰/۰۱	۰/۰۰۱
محلول‌پاشی × چین	۸	۱۱/۰۵^{ns}	۵۱/۳۵**	۰/۲۴^{ns}	۲/۱۹**	۱۷۷/۴۹^{ns}	۲۸۷۱۴۲/۲**	۴۶۹۷/۳^{ns}	۱۹۰۶/۳**	۰/۰۰۹^{ns}	۹۱/۳۴**	۰/۰۱^{ns}	۰/۲۵**
خطای باقی‌مانده	۱۶	۶/۰۴	۸/۷۳	۰/۲۸	۰/۲۵	۲۱۳/۲۱	۳۴۴۱۴/۲۹	۴۸۱۹/۷۱	۴۴۴/۵۸	۰/۰۰۶	۱۳/۸۴	۰/۰۱	۰/۰۲
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۳/۷	۳/۳	۱۰/۵	۱۶/۲	۱۶/۴	۱۲/۰	۱۵/۵	۱۵/۵	۸/۱	۹/۳	۱۴/۷	۱۵/۳

ns، * و ** به ترتیب، نشان از عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

جدول ۸. ادامه تجزیه واریانس، صفت فنول کل نعناع دشتی تحت تاثیر محلول پاشی اسیدهای آمینه در چین‌دوم کشت مزرعه‌ای

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		فنول کل
بلوک	۲	۷۸۷^{ns}
محلول‌پاشی	۸	۲۰۷۶۵**
خطا	۱۶	۱۴۱۰
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۱/۸

ns، * و ** به ترتیب، نشان از عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ویرایش اولیه نشده

جدول ۹. مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در چین بر برخی صفات نعناع‌دشتی در کشت مزرعه‌ای

محلول‌پاشی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)		تعداد شاخه جانبی نوع اول در بوته		تعداد برگ در بوته		وزن خشک (گرم دربوته)		مساحت ۱۰ برگ (سانتی‌متر مربع)		عملکرد اسانس (گرم در بوته)	
	چین ۱	چین ۲	چین ۱	چین ۲	چین ۱	چین ۲	چین ۱	چین ۲	چین ۱	چین ۲	چین ۱	چین ۲
کنترل (شاهد)	۸۹/۲۹bcd	۸۳/۰۸bc	۵/۴۲ab	۲/۲۵b	۱۴۰۶b	۱۶۳۳a	۱۱۲/۶۹bc	۱۵۰/۰۸b	۴۵/۱۷ab	۳۹/۶۷bc	۰/۷۵bc	۰/۷۲e
فنیل آلانین۱	۸۶/۱۷d	۸۲/۰۰bc	۴/۸۳b	۱/۰۰d	۹۶۲c	۱۶۰۰a	۱۰۱/۴۵c	۱۴۲/۰۳bc	۳۹/۸۳bc	۳۳/۵۰c	۰/۵۳cd	۱/۰۲b
فنیل آلانین۲	۹۴/۹۲abc	۹۱/۶۷a	۳/۰۰e	۱/۸۳bc	۱۱۷۵bc	۱۵۰۰a	۱۲۴/۰۰abc	۱۴۱/۵۵bc	۵۰/۱۷a	۳۶/۵۰bc	۰/۶۴cd	۱/۰۳b
فنیل آلانین۳	۱۰۰/۰۰a	۹۱/۳۳a	۲/۸۳e	۱/۶۷c	۲۳۲۵a	۱۶۶۷a	۱۷۲/۸۸a	۱۸۳/۸۵a	۳۹/۱۷bc	۴۲/۸۳b	۰/۷۵bc	۱/۴۶a
فنیل آلانین۴	۸۷/۵۸cd	۸۳/۱۷bc	۳/۱۷de	۱/۰۰d	۱۵۲۵b	۱۵۱۷a	۱۰۸/۸۷c	۱۶۲/۱۳ab	۳۵/۳۳c	۳۵/۳۳bc	۰/۴۲d	۰/۸۳cd
تیروزین۱	۹۶/۵۸ab	۸۵/۶۷ab	۶/۱۷a	۳/۶۷a	۱۵۳۳b	۱۴۵۰a	۱۳۹/۳۰abc	۱۵۳/۶۵b	۴۲/۵۰bc	۵۳/۸۳a	۰/۸۴b	۰/۷۷de
تیروزین۲	۱۰۰/۷۵a	۸۱/۳۳bc	۴/۳۳b-d	۴/۱۷a	۲۳۶۳a	۱۶۵۰a	۱۶۸/۵۸ab	۱۰۰/۸۰e	۳۹/۸۳bc	۳۹/۶۷bc	۱/۵۲a	۰/۸۴cd
تیروزین۳	۹۸/۲۵a	۸۰/۶۷bc	۳/۳۳c-e	۱/۰۰d	۱۴۳۳b	۱۲۶۷a	۱۲۹/۶۳abc	۱۲۵/۵۰cd	۳۶/۸۳c	۴۳/۵۰b	۰/۵۹cd	۰/۹۰bc
تیروزین۴	۸۹/۸۳bcd	۷۸/۵۰c	۴/۵۰bc	۱/۰۰d	۱۳۵۸bc	۱۴۳۳a	۱۲۳/۲۲abc	۱۱۶/۲۸de	۲۸/۸۳d	۳۵/۵۰bc	۰/۷۰cd	۰/۹۲bc

فنیل آلانین و تیروزین ۱ تا ۴ غلظت های ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر می‌باشد برش‌دهی بر اساس چین انجام شده است و حروف مشترک در هر ستون نشان از عدم اختلاف معنی‌داری توسط آزمون دانکن می‌باشد.

ادامه جدول ۹. مقایسه میانگین اثرات محلول‌پاشی اسیدهای آمینه و چین بر برخی صفات نعناع‌دشتی در کشت مزرعه‌ای

محلول‌پاشی	شاخص سبزینگی	قطر ساقه (میلی‌متر)	تعدادشاخه جانبی نوع دوم در بوته	وزن‌تر (گرم دربوته)	نسبت برگ به ساقه خشک	درصد اسانس
کنترل (شاهد)	۱۸/۷۱abc	–	–	۴۱۲cd	۱/۰۰ab	–
فنیل آلانین۱	۱۹/۳۳ab	–	–	۳۵۷d	۰/۹۹ab	–
فنیل آلانین۲	۲۱/۲۹a	–	–	۳۹۱cd	۰/۹۱bcd	–
فنیل آلانین۳	۱۸/۶۶abc	–	–	۵۷۸a	۰/۸۰e	–
فنیل آلانین۴	۱۸/۱۱a-d	–	–	۴۰۴cd	۱/۰۶a	–
تیروزین۱	۱۸/۱۴a-d	–	–	۵۰۳ab	۰/۸۴de	–
تیروزین۲	۱۵/۷۳cd	–	–	۵۲۲ab	۰/۸۸cde	–
تیروزین۳	۱۴/۹۴d	–	–	۴۶۵bc	۰/۹۵bc	–
تیروزین۴	۱۶/۸۶bcd	–	–	۴۰۶cd	۰/۹۹ab	–
چین اول	۱۸/۸۷a	۶/۰۶a	۱۰۰/۱۱a	۴۰۸b	–	۰/۵۸b
چین دوم	۱۷/۰۷b	۳/۹۱b	۷۸/۰۲b	۴۸۹a	–	۰/۷۹a

فنیل آلانین و تیروزین ۱ تا ۴ غلظت های ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر می باشد برش‌دهی بر اساس چین انجام شده است و حروف مشترک در هر ستون نشان از عدم اختلاف معنی‌داری توسط آزمون دانکن می‌باشد.

شکل ٤. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر فنول کل نعناع‌دشتی در چین دوم کشت مزرعه‌ای، حروف مشترک در هر ستون نشان از عدم اختلاف معنی‌داری توسط آزمون دانکن می‌باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به اهداف از قبل تعیین‌شده شامل بهبود عملکرد پیکره رویشی و اسانس نعناع دشتی، نتایج نشان داد استفاده از اسیدهای آمینه فنیل‌آلانین و تیروزین تأثیر مثبت و معنی‌داری بر صفات مورد اندازه‌گیری گذاشت. در چین اول گلخانه، تیمار فنیل‌آلانین ۲۵۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش صفاتی مانند قطر ساقه اصلی، تعداد برگ، وزن‌تر و خشک و مساحت برگ گردیده است و بیشترین مقدار لیمونن با ۲۹/۳ درصد از این تیمار به دست آمد. در چین دوم گلخانه، تیمار فنیل‌آلانین ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش صفاتی مانند تعداد برگ، وزن‌تر و خشک، عملکرد اسانس و درصد کارون نسبت به سایر تیمارها گردید. همچنین این تیمار به همراه تیمار تیروزین ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، توانستند مقدار کارون را به بالای ۷۰ درصد افزایش دهند. در چین اول مزرعه، بصورت مشترک، تیمار فنیل آلانین ۵۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش صفاتی مانند مساحت برگ و سبزینگی و همچنین تیمار تیروزین ۵۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ و عملکرد اساس گردیدند. در چین دوم مزرعه تیمار فنیل‌آلانین ۷۵۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش صفات وزن‌تر و خشک و عملکرد اسانس گردید. درمجموع دو چین کشت گلخانه‌ای، تیمار فنیل‌آلانین ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و درمجموع دو چین کشت مزرعه‌ای، تیمار فنیل‌آلانین ۵۰۰ پی‌پی‌ام بیشترین اثرگذاری را بجای گذاشتند. با توجه به اثرگذاری مثبت تیمارهای فنیل‌آلانین و تیروزین تحت بستر کشت کود دامی و به حداقل رساندن استفاده از کودهای شیمیایی می‌توان برای سایر گیاهان، بالأخص دارویی توصیه نمود.

در دست ویرایش

جدول ۱۰. تأثیر تیمارهای موردمطالعه بر ترکیبات اسانس نعناع‌دشتی در کشت گلخانه‌ای و مزرعه‌ای

ردیف	ترکیبات	ب ک	ب م	گلخانه										مزرعه							
				شاهد	ف ۲۵۰	ف ۵۰۰	ف ۷۵۰	ف ۱۰۰۰	ت ۲۵۰	ت ۵۰۰	ت ۷۵۰	ت ۱۰۰۰	شاهد	ف ۲۵۰	ف ۵۰۰	ف ۷۵۰	ف ۱۰۰۰	ت ۲۵۰	ت ۵۰۰	ت ۷۵۰	ت ۱۰۰۰
۱	*α*-Pinene	۹۳۲	۹۳۴	۰/۴	۰/۵	۰/۸	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۶	۰/۳	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۱
۲	Camphene	۹۴۶	۹۵۳	۰/۲	۰/۳	–	۰/۳	۰/۱	۰/۴	۰/۳	۰/۱	۰/۳	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۳	Sabinene	۹۶۹	۹۷۵	۱/۱	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۱	۰/۹	۱	۰/۹	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷
۴	*β*-Pinene	۹۷۴	۹۸۳	۱	۰/۶	۱/۵	۰/۹	۰/۵	۱/۵	۰/۸	۰/۳	۱	۱/۲	۱/۱	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۳
۵	Myrcene	۹۸۸	۹۹۰	–	۱	–	۰/۶	۰/۳	–	۰/۵	۱/۱	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۵
۶	Limonene	۱۰۲۴	۱۰۳۳	۲۳/۸	۲۹/۳	۲۰/۷	۲۳/۵	۱۰/۴	۱۷/۴	۱۳/۹	۲۳/۵	۱۳/۹	۱۷/۴	۱۷/۶	۱۷/۲	۱۷/۷	۱۸/۳	۱۸/۱	۱۸	۱۸/۵	۱۸/۹
۷	1,8-cineole	۱۰۲۶	۱۰۳۸	–	۰/۱	–	–	۰/۳	–	۰/۳	–	۰/۳	۱/۵	۱/۹	۲	۲	۱/۵	۱/۹	۱/۹	۱/۸	۱/۹
۸	γ-Terpinene	۱۰۵۴	۱۰۷۶	–	–	۰/۱	۰/۱	۱	۰/۱	۰/۸	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۹	Terpinolene	۱۰۸۶	۱۰۹۰	–	۰/۱	۰/۵	–	۰/۳	–	–	–	–	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۲
۱۰	Linalool	۱۰۹۵	۱۱۰۵	۰/۲	–	۰/۲	۰/۴	۰/۱	۰/۶	۰/۹	۰/۴	۰/۴	۱/۶	۱/۵	۱/۶	۱/۳	۱/۱	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱/۳
۱۱	3-Octanol acetate	۱۱۲۰	۱۱۲۰	–	–	۰/۳	۰/۱	۰/۲	۰/۴	–	۰/۱	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
۱۲	*iso*-Menthone	۱۱۵۸	۱۱۶۴	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۳	۰/۲	۰/۱	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۳
۱۳	Menthofuran	۱۱۵۹	۱۱۷۰	–	۰/۱	۰/۱	۰/۱	–	۰/۱	۰/۴	–	–	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۱۴	Menthone	۱۱۴۸	۱۱۷۳	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۳	–	۰/۲	۰/۴	–	–	–	–	–	–	–	–	۰/۱
۱۵	Borneol	۱۱۶۵	۱۱۸۱	–	–	۰/۳	۰/۲	–	–	–	–	–	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۵
۱۶	Terpinen-4-ol	۱۱۷۴	۱۱۸۹	–	–	–	–	۰/۱	۰/۱	۰/۱	–	۰/۱	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۱۷	*α*-Terpineol	۱۱۸۶	۱۲۰۵	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۲	---	۰/۳	۰/۳	۰/۲
۱۸	*cis*-Dihydro carvone	۱۱۹۱	۱۲۰۸	–	–	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۲	–	۱/۹	۲/۸	۲/۵	۲/۱	۲/۳	۲/۲	۲/۱	۲/۱	۲/۱
۱۹	*cis*-4-Caranone	۱۲۰۰	۱۲۱۴	–	–	–	–	–	–	–	۰/۶	–	–	–	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۲۰	*cis*-Carveol	۱۲۲۶	۱۲۳۲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۲۱	Pulegone	۱۲۳۳	۱۲۴۸	–	–	–	۰/۸	۱/۲	۰/۹	۰/۹	۰/۳	–	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
۲۲	Carvone	۱۲۳۹	۱۲۶۱	۵۵/۲	۵۵/۵	۶۵/۲	۶۱/۴	۷۲/۴	۶۷	۷۰/۰۳	۵۷/۷	۷۱/۳	۶۰/۳	۶۱/۵	۶۱/۹	۶۰/۸	۶۰/۹	۶۱/۲	۶۰/۱	۵۹/۹	۵۹/۵

ویراستاری نشده

۲۳	*trans*-Piperitone epoxide	۱۲۵۲	۱۲۶۵	–	۰/۴	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۲۴	Piperitone	۱۲۴۹	۱۲۶۷	–	۰/۱	۰/۱	–	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳
۲۵	Bornyl acetate	۱۲۸۴	۱۲۸۹	۰/۲	۰/۱	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	۰/۲	–	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۲۶	*neo*-Dihydro carveol acetate	۱۳۰۶	۱۳۰۸	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۲۷	*iso*-Dihydro carveol acetate	۱۳۲۶	۱۳۲۹	۰/۳	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
۲۸	Piperitenone	۱۳۴۰	۱۳۵۱	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
۲۹	*cis*-Carvyl acetate	۱۳۶۵	۱۳۶۴	-	۰/۳	–	–	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۳۰	Piperitenone oxide	۱۳۶۶	۱۳۷۲	۰/۹	۰/۳	۰/۵	۰/۳	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۶	۰/۲	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶
۳۱	*β*-Bourbonene	۱۳۸۷	۱۳۸۷	۰/۵	۰/۱	۰/۱	۰/۱	–	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۳۲	(*E*)-Caryophyllene	۱۴۱۷	۱۴۲۴	۶/۳	۴/۳	۳/۶	۳/۹	۴/۳	۳/۵	۳/۸	۵/۴	۳/۹	۲/۷	۳/۷	۳/۳	۳/۵	۳/۸	۳/۴	۳/۷	۳/۶	۳/۴	۳/۵	۳/۶	۳/۴
۳۳	*β*-Gurjunene	۱۴۳۱	۱۴۳۴	–	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۳۴	Aromadendrene	۱۴۳۹	۱۴۴۸	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۳۵	Spirolepechinene	۱۴۴۹	۱۴۵۳	۰/۱	۰/۴	۰/۱	۰/۳	۰/۴	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۳۶	*α*-Humulene	۱۴۵۲	۱۴۶۰	۰/۵	–	–	–	–	۰/۲	–	۰/۱	۰/۱	۰/۲	–	–	–	۰/۱	۰/۱	–	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	–
۳۷	*trans*-Cadina-1(6),4-diene	۱۴۷۵	۱۴۸۵	۰/۵	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۲
۳۸	Bicyclogermacrene	۱۵۰۰	۱۴۹۹	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۲	-	–	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۱	۰/۱	-	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	-
۳۹	*cis*-Calamenene	۱۵۲۸	۱۵۲۵	۰/۱	–	–	–	–	–	–	۰/۱	–	–	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
۴۰	*β*-Vetivenene	۱۵۵۴	۱۵۸۴	۱/۲	۰/۶	۰/۳	۰/۵	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۵	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱
۴۱	Spathulenol	۱۵۷۷	۱۵۸۹	۱	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۶	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۸	۰/۸	۰/۱	۰/۹	۰/۹	۱	۱/۱	۱
۴۲	*β*-Atlantol	۱۶۰۸	۱۶۱۹	۰/۲	–	–	–	–	–	-	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۴۳	1,10-di-epi-Cubenol	۱۶۱۸	۱۶۲۲	۰/۱	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۴۴	Selina-3,11-dien-6α-ol	۱۶۴۲	۱۶۴۶	–	–	–	–	–	-	-	-	-	۰/۸	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۴۵	*α*-Muurolol (=Torreyol)	۱۶۴۴	۱۶۴۹	۰/۴	۰/۲	۰/۱	–	–	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۱	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴
۴۶	14-hydroxy-9-epi-(*E*)-Caryophyllene	۱۶۶۸	۱۶۸۰	۰/۲	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	۰/۱	–	۰/۱	–	-	-	-	-	-	-	۰/۱	-	-	-	-
۴۷	Acorone	۱۸۱۹	۱۸۴۴	۰/۱	–	–	–	–	–	۰/۱	–	–	–	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ویراستاری نشده

–	مونوترپن‌های هیدروکربنی	–	–	۲۶/۵	۳۲/۷	۲۴/۵	۲۶/۷	۱۳/۸	۲۰/۷	۱۷/۶	۲۶/۵	۱۶/۹	۲۰/۸	۲۰/۹	۲۰/۶	۲۱/۱	۲۱/۲	۲۱/۵	۲۱/۴	۲۱/۹	۲۲/۶
–	مونوترپن‌های اکسیژن‌دار	–	–	۵۷/۵	۵۷/۲	۶۷/۵	۶۴/۲	۷۶/۳	۷۱	۷۳/۸	۶۱/۳	۷۴	۶۷/۶	۶۹/۵	۷۰/۷	۶۹/۱	۶۸/۳	۷۱/۱	۶۸/۶	۶۷/۹	۶۸/۲
–	سزکوئی‌ترپن‌های هیدروکربنی	–	–	۹/۸	۶/۵	۵	۵/۳	۵/۸	۴/۸	۵/۴	۷/۵	۵/۳	۳/۵	۴/۸	۴/۴	۴/۶	۵	۴/۳	۵	۴/۷	۴/۳
–	سزکوئی‌ترپن‌های اکسیژن‌دار	–	–	۱/۸	۰/۷	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۵	۰/۴	۱	۰/۵	۱/۸	۱/۲	۰/۵	۱/۳	۱/۵	۱/۳	۱/۶	۱/۶	۱/۵
–	جمع کل	–	–	۹۵/۶	۹۷/۱	۹۷/۵	۹۶/۷	۹۶/۳	۹۷	۹۷/۲	۹۶/۳	۹۶/۷	۹۳/۷	۹۶/۴	۹۶/۲	۹۶/۱	۹۶	۹۸/۲	۹۶/۶	۹۶/۱	۹۶/۶

ف: فنیل‌آلانین و ت: تیروزین، ۲۵۰–۵۰۰–۷۵۰–۱۰۰: غلظت مورداستفاده با واحد پی‌پی‌ام، ب ک: شاخص بازداری کتابخانه دستگاه، ب م: شاخص بازداری محاسباتی.

ویرایشگاری نشده

جدول ۱۱. درصد فراوانی تیمارهای تأثیرگذار برافزایش صفات ارزیابی‌شده نعناع‌دشتی در چین اول و دوم کشت گلخانه‌ای و مزرعه‌ای

دسته بندی	تیمار / صفات	گلخانه																مزرعه													
		شاهد		ف ۲۵۰		ف ۵۰۰		ف ۷۵۰		ف ۱۰۰۰		ت ۲۵۰		ت ۵۰۰		ت ۷۵۰		ت ۱۰۰۰		شاهد		ف ۲۵۰		ف ۵۰۰		ف ۷۵۰		ف ۱۰۰۰		ت ۲۵۰		ت ۵۰۰		ت ۷۵۰		ت ۱۰۰۰	
		۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲
مورفولوژیک	ارتفاع	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	قطر ساقه اصلی	–	–	–	■	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	تعداد شاخه جانبی ۱	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	■	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	■	–	–	–
	تعداد شاخه جانبی ۲	–	–	–	–	■	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	تعداد برگ	–	■	–	–	–	–	–	–	■	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	وزن تر	–	■	–	–	–	–	–	–	■	–	–	–	–	■	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	وزن خشک	–	■	–	–	–	–	–	–	■	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	نسبت برگ به ساقه	–	–	–	–	–	–	–	–	■	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	مساحت برگ	–	–	–	–	–	–	–	–	■	–	–	–	–	–	–	–	■	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
زیست شیمیایی	سبزینگی	–	–	–	–	–	–	–	–	■	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	فنول کل	–	–	–	–	■	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	درصد اسانس	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	■	■	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	عملکرد اسانس	–	–	–	–	–	–	–	–	■	–	–	–	–	–	■	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	کارون	–	–	–	–	–	–	–	–	■	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	لیمونن	–	–	■	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	■	–
درصد فراوانی هر چین		۰	۰	۷	۲۸	۱۴	۰	۰	۰	۳۵	۲۱	۰	۰	۷	۲۱	۱۴	۰	۲۱	۰	۰	۰	۰	۰	۷	۲۱	۷	۱۴	۲۱	۷	۷	۷	۷	۲۱	۷	÷
درصد فراوانی مجموع دو چین		۰		۳۶		۱۴		۰		۵۶		۰		۲۱		۲۱		۲۱		۰		۰		۲۸		۱۴		۳۵		۰		۲۸		۰		۷	

ف: فنیل‌آلانین و ت: تیروزین، ۲۵۰–۵۰۰–۷۵۰–۱۰۰۰: غلظت مورداستفاده با واحد پی‌پی‌ام، خانه تیره‌رنگ: بالاترین مقدار هر صفت، خانه سبز پررنگ و کم‌رنگ و یشمی به ترتیب بیشترین درصد فراوانی صفات در چین‌های اول و دوم و مجموع دو چین

منابع

-حسن‌آبادی، صفورا؛ اردکانی، محمدرضا؛ قاسمی پیر بلوطی، عبدالله؛ پاک‌نژاد، فرزاد و حبیبی، داود (۱۴۰۱). بررسی اثر محلول‌پاشی آل- فنیل‌آلانین و تیمارهای تغذیه‌ای غیر شیمیایی بر خصوصیات رشد و اسانس گیاه دارویی *Salvia officinalis* تحت سطوح مختلف آبیاری. *فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ۱۰ (۳۰)، ۲۴-۴۰.

-رحیم ملک، مهدی و خورسندی، دانیال (۱۳۹۴). *شناخت ترکیبات و بیوتکنولوژی گیاهان دارویی*. جلد اول. اصفهان: *جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان*.

-رسولی، دیاکو؛ محمد پور وشوایی، رقیه و فاخری، براتعلی (۱۳۹۸). اثر تنظیم‌کننده‌های زیستی بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و ترکیبات اسانس *Ammi visnaga* (L). *نشریه بوم‌شناسی کشاورزی*، ۱۱ (۱)، ۳۰۹-۳۲۰.

-صارمی، سیروس؛ قلی پور، منوچهر؛ عباس دخت، حمید؛ نقدی بادی، حسنعلی؛ مهر آفرین، علی و اصغری، حمیدرضا (۱۳۹۹). پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه عروسک پشت پرده به محلول‌پاشی اسیدآمینه تحت شرایط تنش خشکی. *نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی*، ۳ (۲)، ۷۱-۸۶.

-عبادی، محمدتقی؛ فخر الاسلام، محمد؛ نیک‌خواه، علی؛ برکت، سرور؛ امیر صدری نائینی، هانیه؛ کاملان زرگر، منا؛ رضایت، الهام؛ سلیمانی مقدم، مریم؛ کاظم پور، آرش؛ پارسایی فرد، فاطمه؛ فرمان پور، کریم؛ احدی، حانیه؛ قاهری، سیما؛ اکبری، مهدی و صمدی فر، مهسا (شهریور ۱۴۰۰). استانداردسازی اسانس‌ها در جهت نیاز صنایع مختلف مصرف‌کننده مطالعه موردی: اسانس نعناع دشتی. *دوازدهمین کنگره علوم باغبانی ایران*، رفسنجان.

-فرجامی نژاد، رضا؛ زارع، ناصر؛ اصغری زکریا، رسول و فرجامی نژاد، منوچهر (۱۳۹۵). تأثیر ال- تیروزین بر تولید تبائین درکشت سوسپانسیون سلولی خشخاش ایرانی. *فصلنامه گیاهان دارویی*، ۲ (۵۸)، ۱۱۰-۱۱۹.

-هاشمی شهرکی، شهلا، (۱۳۹۹). بررسی فنیل‌آلانین بر برخی پارامتر رشد و کلروفیل فلفل دلمه (*Capsicum annum*). *دومین کنفرانس ملی یافته‌های نوین زیست‌شناسی*، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

-Abdel Aziz, N.G., & 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.

-Adams R.P. (2001). Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. *Allured Publishing Crop*, NewYork.

-Al-Duraid, M.H., Al-Taey, K.A., & Al-Kikhani, A.H. (2019). Effect of phenylalanine and naphthalene acetic acid on growth, yield and antioxidant activity of Fenugreek *Trigonella foenum-graecum*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. *IOP Publishing*, 388, 1, 012073, Agriculture College/University of Kerbala, Kerbala City, Iraq

-Aghaei, K., Ghasemi Pirbalouti, A., Mousavi, A., Naghdi Badi, H., & Mehnatkesh, A. (2019). Effects of foliar spraying of L-phenylalanine and application of bio-fertilizers on growth, yield, and essential oil of hyssop [*Hyssopus officinalis* l. subsp. Angustifolius (Bieb.)]. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 21, 1-10.

-Ali, H.K., Awad, A.E., & Abdelkader, M.A. (2021). Impact of tyrosine and glutamine acids on yield and some chemical consttuents of *Hibiscus sabdariffa* plants under different Sowind dates. *Chemical analysis*, 41(19.26), 15-62.

-Alfosea-Simón, M., Simón-Grao, S., Zavala-Gonzalez, E.A., Cámara-Zapata, J.M., Simón, I., Martínez-Nicolás, J.J., Lidón, V., Rodríguez-Ortega, W.M., & García-Sánchez, F. (2020). Application of biostimulants containing amino acids to tomatoes could favor sustainable cultivation: Implications for Tyrosine, Lysine, and Methionine. *Sustainability*, 12(22), 9729.

-Atteya, A.K., El-Serafy, R.S., El-Zabalawy, K.M., Elhakem, A., & Genaidy, E.A. (2022). Exogenously supplemented proline and phenylalanine improve growth, productivity, and oil composition of salted moringa by up-regulating osmoprotectants and stimulating antioxidant machinery. *Plants*, 11(12), 1553.

-Baharlou, M., Ghasemi Pirbalouti, A., & Malekpoor, F. (2019). Effect of different concentrations of L-phenylalanine on chemical compositions and yield of essential oil of lemon balm (*Melissa officinalis*). *Journal of Herbal Drugs*, 10(4), 175-183.

-Charles, D, J. (2013). Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources. *Springer Science+Business Media*, New York, 537-543.

-Ebadi, MT., Fakhroleslam, Nikkhah, A., Barekat, S., Amirsadri Naeeni, H., Kamelan Barzegar, M., Rezayat, E., Soleymani Moghadam, M., Kazempour, A., Parsaeefard, F., Farmanpour, K., Ahadi, H., Ghaheri, S., Akbari, M., & Samadifar, M. (2021). Standardization of essential oils according to the needs of different consumer

industries, case study: Spearmint essential oil. *The 12th Congress of Horticultural Sciences of Iran*, Valiasr University of Rafsanjan. (in Persian).
-Farjaminejad, R., Zare, N., AsghariZakaria, R., & Farjaminejad, M. (2016). The effect of l-tyrosine on thebaine production in Iranian poppy cell suspension culture, *Journal of Medicinal Plants*, 2 (58), 110-119. (in Persian).
-Gendy, A.S., & Nosir, W.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*, 5(4). 701-708.
-Hendawy, S., & Ezz-El-Din, A. (2010). Growth and yield of *Foeniculum vulgare* var.azoricum as influenced by some vitamins and amino acids. *Ozean Journal of Applied Sciences*, 3(1), 113-123.
-Helaly, A., & Ibrahim, F. (2019). Influence of iron, zinc and tyrosine acid on growth, yield components and chemical constituents of *Hibiscus sabdariffa* L. plant. *Current Science International*, 8(1). 128-139.
-Hazrati, S., Govahi, M., Ebadi, M.T., & Habibzadeh, F. (2020). Comparison and evaluation of oil content, composition and antioxidant properties of *Pistacia atlantica* and *Pistacia khinjuk* grown as wild. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, *7*(2), 165-174.
-Hashemi Shahraki, Sh. (2021). Investigation of phenylalanine on some growth parameters and chlorophyll of bell pepper (*Capsicum annuum*). *2nd National Conference on New Biological Findings*, University of Sistan and Baluchestan. (in Persian)
-Hasan Abadi, S., Ardakani, M R., Ghasemi Pirbalouti, A., Paknejad, F., & Habibi, D. (2022). Evaluation of the effect of L- phenylalanine foliar application and non-chemical nutritional treatments on growth characteristics and essential oil of *Salvia officinalis* L. under different levels of irrigation. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 10(3), 24-40. (in Persian).
-Khan, Sh., Yu, H., Li, Q., Gao, Y., Salam, B, N., Wang, H., Liu, p., & Jiang, W. (2019). Exogenous Application of Amino Acids Improves the Growth and Yield of Lettuce by Enhancing Photosynthetic Assimilation and Nutrient Availability. *Agronomy*, 9(266), 1-17.
-Patra, N, K., & Kumar, B. (2006). Spearmint, 502-519, In: Peter, K.V., (Eds), Handbook of Herbs and Spices Volume 3, *Woodhead Publishing*, 568P.
-Popko, M., Michalak, I., Wilk, R., Gramza, M., Chojnacka, K., & Górecki, H. (2018). Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat. *Molecules*, 23(2), 470.
-Poorghadir, M., Torkashvand, A.M., Mirjalili, S.A., & Moradi, P. (2020). Interactions of amino acids (proline and phenylalanine) and biostimulants (salicylic acid and chitosan) on the growth and essential oil components of savory (*Satureja hortensis* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 30, 101815.
-Rafiee, H., Naghdi Badi, H., Mehrafarin, A., Qaderi, A., Zarinpanjeh, N., Sekara, A., & Zand, E. (2016). Application of Plant Biostimulants as New Approach to Improve the Biological Responses of Medicinal Plants- A Critical Review, *Journal of Medicinal Plants*, 15(59), 6-39.
-Reham, M., Khattab, M., Ahmed, S., & Kandil, M. (2016). Influence of foliar spray with phenylalanine and nickel on growth, yield quality and chemical composition of genoveser basil plant. *African Journal of Agricultural Research*, 11(16), 1398-1410.
-Rahim Malek, M., & Khorsandi, D. (2015). *Determination of Compounds and Medicinal Plant Biotechnology*, First volume, Isfahan Jahad Daneshgahi Press. (in Persian)
-Rasouli, D., Mohammadpour veshvaee, R., & Fakheri, B. (2019). The effect of biological regulators on morphological, physiological traits and essential oil compounds, *Ammi visnaga* (L), *Journal of Agroecology*, 11(1), 309-320. (in Persian).
-Saremi, S., Gholipoor, M, Abbasdokht, H, Naghdi Badi, H, Mehrafarin, A., & Asghari, H. (2020). The morphophysiological responses of *Physalis alkekengi* to foliar applications of amino acids under drought stress conditions. *Horticultural Plants Nutrition*, 3(2), 71-86. (in Persian).
-Tarasevičienė, Ž., Velička, A., & Paulauskienė, A. (2021). Impact of foliar application of amino acids on total phenols, phenolic acids content of different mints varieties under the field condition. *Plants*, 10(3), 599.
-Velička, A., Tarasevičienė, Ž., Hallmann, E., & Kieltyka-Dadasiewicz, A. 2022. Impact of Foliar Application of Amino Acids on Essential Oil Content, Odor Profile, and Flavonoid Content of Different Mint Varieties in Field Conditions. *Plants*, 11(21), .2938.

Extended Abstract

Introduction

Spearmint (*Mentha spicata* L.) is a perennial and aromatic plant that is used in various industries such as food and pharmaceutical. In order to increase the production of active substances of medicinal plants, growth stimulants have been evaluated as a sustainable agricultural approach. Limonene and carvone are the main components of its essential oil. Growth stimulants are known as a sustainable method for the production of medicinal plants and increase the synthesis of secondary metabolites. Also, in many studies, they have the ability to beneficially modify plant growth and have been accepted during the last decade. Amino acids are considered as growth stimulants, i.e. substances that increase plant quality. L-phenylalanine and L-tyrosine are the building blocks of proteins and play an important role in the biosynthesis cycle of secondary metabolites. The aim of this research was to use two amino acids, L-phenylalanine and L-tyrosine, as growth stimulants with different concentrations (0, 250, 500, 750 and 1000 ppm) in the form of foliar spraying to improve growth parameters, yield, the content and main components of the essential oil and the total content of phenolic compounds of spearmint.

Materials and Methods

In order to investigate the effect of amino acids L-phenylalanine and L-tyrosine in concentrations 0, 250, 500, 750 and 1000 ppm on growth indicators, yield and essential oil of spearmint, a split plot experiment was done on the basis of completely randomized design with nine treatments and three replications in the greenhouse. Also similar to the above experiment, a spli plot experiment was carried out on the basis of randomized complete block design with nine treatments and three replications in the experimental field of the Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University. L-phenylalanine and L-tyrosine were sprayed three times during experiment. Plants were harvested during 50% flowering and morphological and biochemical traits were evaluated. The greenhouse and field crops were evaluated by two harvests. At the time of flowering, spad index, plant height, diameter of the main stem, number of lateral branches, number of leaves and leaf area were measured, and after harvesting, the dry weight of aerial parts and the ratio of leaf to stem weight were evaluated. The harvested plants were transferred to the drying room and kept in the same place until the laboratory procedures were carried out. The essential oil of sampels isolated with clevenger seapparatus by hydro-distillation method and compositions of essential oils analyzed by gas chromatography (GC) and gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS). The leaves were powdered using a grinder and methanolic extraction was done using an ultrasonic device, then total phenolic compounds were measured according to the Folin-Ciocalteu method.

Results and Discussion

According to the analysis of variance data and mean comparison, L-phenylalanine and L-tyrosine had a significant effect at the level of one and five percent on morphological and biochemical traits in spearmint. The treatments including L-phenylalanine 250 ppm in the first greenhouse harvest, L-phenylalanine 1000 ppm in the second greenhouse harvest, L-phenylalanine 500 and L-tyrosine 500 ppm in the first farm harvest, and L-phenylalanine 750 ppm in the second farm harvest had the most significant effects on all studied traits. The highest carvone (72.4%) and limonene (29.3%) amounts were observed in the L-phenylalanine 1000 and 250 ppm treatments, respectively in the second greenhouse harvest.

Conclusion

In general, L-phenylalanine 1000 ppm in the greenhouse harvests and L-phenylalanine 500 ppm in the farm harvests had the best results. Finally, the results of this research showed that amino acids can play a role in reducing the consumption of chemical fertilizers.