مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران | شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJMAPR.2021.353236.2936
جلد ۳۷، شماره ۳، صفحه ۴۷۴-۴۵۷ (۱۴۰۰) | شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350905.1400.37.3.6.1

خصوصیات مورفولوژیکی و غلظت فنل کل گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) تحت تأثیر منابع مختلف نیتروژن

ارسلان پیروش[۱]، محمدعلی شیخ محسنی[۲*] و فاطمه نژاد حبیب‌وش[۳]

۱- کارشناس ارشد، گروه گیاهان دارویی، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه گیاهان دارویی، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

پست الکترونیک: m.sheikhmohseni@urmia.ac.ir

۳- استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۹ | تاریخ اصلاح نهایی: خرداد ۱۴۰۰ | تاریخ پذیرش: خرداد ۱۴۰۰

چکیده

عناصر غذایی به‌عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر بر صفات مورفولوژیکی و ترکیب‌های ثانویه در گیاهان دارویی مطرح می‌باشند. روش تغذیه گیاه در جذب مؤثر این عناصر، اهمیت بسیاری دارد. به‌منظور ارزیابی تاثیر منابع مختلف نیتروژن شامل اوره، نانو کود نیتروژن و آمینواسیدها بر خصوصیات مورفولوژیکی و غلظت ترکیب‌های پلی‌فنولی گیاه سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.)، آزمایشی بر پایه فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۲۷ تیمار و چهار تکرار، انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل کود اوره در سه سطح ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، محلول‌پاشی با نانوکودنیتروژن در سه سطح ۰، ۱ و ۳ گرم در لیتر و محلول‌پاشی با آمینواسید تجاری فرمولایف در سه سطح ۰، ۱ و ۳ گرم در لیتر بودند. صفات در زمان گلدهی کامل گیاه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار وزن تر و خشک برگ و وزن تر ریشه در تیمار سه گرم در لیتر نانوکود نیتروژن و بیشترین مقدار وزن خشک اندام‌هوایی در تیمار ترکیبی یک گرم در لیتر نانوکود نیتروژن و سه گرم در لیتر آمینواسید به‌دست آمد. اکثر صفات گیاه در روش محلول‌پاشی با نانوکودنیتروژن و آمینواسید نسبت به کوددهی اوره افزایش یافتند. اثر کودهای مختلف نیتروژنی بر غلظت فنل کل گیاه نیز معنی‌دار شد. بیشترین میزان فنل کل مربوط به تیمار همزمان ۲۰۰ کیلوگرم برهکتار اوره، ۳ گرم در لیتر نانوکودنیتروژن و یک گرم در لیتر آمینواسید بود. به‌طور کلی نتایج نشان داد که تغذیه گیاه سرخارگل با کودهای نیتروژنی توانست صفات موفولوژیکی و غلظت فنل کل در گیاه را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: گیاه دارویی، نیتروژن، نانوفناوری، فنل کل، محلول‌پاشی.

مقدمه

سرخارگل (*Echinacea purpurea*) یکی از گیاهان دارویی علفی، چندساله و از خانواده کاسنی (Asteraceae) است. ارتفاع این گیاه متفاوت بوده و با توجه به شرایط

اقلیمی محل رویش بین ۸۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر است (Ceeh, 2002). جنس *Echinacea* شامل ۹ گونه است که سه گونه آن یعنی *E. purpurea*، *E. pallida* و *E. angustifolia* کاربرد درمانی دارند. گونه *E. purpurea* از نظر ریخت‌شناسی از دیگر گونه‌های جنس *Echinacea* متمایز است (Jeong *et al.*, 2009). اندام‌های مختلف گیاه دارویی سرخارگل اعم از ریشه و پیکر رویشی حاوی مواد مؤثره ارزشمندی از قبیل پلی‌فنول‌ها به‌ویژه مشتقات کافئیک‌اسید و فلاونوئیدهایی مانند کوئرستین و کامفرول می‌باشد (Wu *et al.*, 2004؛ Thomsen *et al.*, 2012؛ Attarzadeh *et al.* 2020). این گیاه به‌طور گسترده‌ای برای درمان عفونت‌های مزمن دستگاه تنفسی و ادراری، عفونت‌های ویروسی، افزایش سیستم ایمنی، دفاعی و سوختگی استفاده می‌شود و دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیار بالایی نیز می‌باشد (Tsai *et al.*, 2012؛ Woelkart *et al.*, 2006؛ Chiou *et al.*, 2017).

نیتروژن جزء مهمترین عناصر غذایی می‌باشد که در رشد رویشی و زایشی گیاهان دارویی تأثیر می‌گذارد. کود اوره ازجمله پرکاربردترین کودها در این زمینه است و استفاده از آن به‌عنوان منبع تأمین نیتروژن ازجمله روش‌های متداول می‌باشد. به‌عنوان مثال تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اوره در گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) مورد مطالعه قرار گرفته و مشخص شده است که علاوه‌بر ارتفاع، عملکرد گیاه نیز تحت تأثیر اوره می‌باشد (Aziz & El-Ashry, 2009). امروزه استفاده از موادی مانند اسیدهای آمینه که به‌طور مستقیم مواد نیتروژنی را برای گیاه فراهم کرده و مصرف کمتر کود را به‌دنبال دارند، برای تنظیم رشد و بیوسنتز گیاه توصیه شده است. در صورتی که اسیدهای آمینه در دسترس گیاه قرار داده شود، می‌تواند آنها را به‌طور مستقیم مورد استفاده قرار داده و نیاز گیاه را به نیتروژن کاهش دهد (Davoodifard *et al.*, 2012). مطالعات نشان داده‌اند که اسیدهای آمینه به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک و رشد و نمو گیاه مؤثر واقع می‌شوند (El-Aal *et al.*, 2010). به‌عنوان مثال، تیمار گیاه بابونه (*Matricaria recutita* L.) با فرآورده‌ای تجاری شامل اسیدآمینه‌های مختلف در غلظت‌های ۱۲۵، ۲۵۰ و ۳۷۰ میلی‌گرم در لیتر توانست به‌طور معنی‌داری ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌ها، مقدار کلروفیل a، میزان پرولین، فنول، به مقدار ناچیز کلروفیل b و کاروتن را افزایش دهد و بالاترین میزان کاروتن، مقادیر کلروفیل a و b در تیمار ۳۷۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد (Omer *et al.*, 2013).

فناوری نانو و استفاده از نانومواد با خصوصیات منحصر به فرد در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته و نتایج خوبی را در زمینه‌های مختلف علمی تولید کرده است. یکی از مهمترین کاربردهای فناوری نانو در زمینه‌ها و گرایش‌های مختلف کشاورزی در بخش آب و خاک، استفاده از نانوکودها (Nano fertilizers) برای تغذیه گیاهان می‌باشد (Rezaei *et al.*, 2009). نتایج حاصل از تحقیق Mahmoodi و همکاران (۲۰۱۸) بر روی گیاه گل‌گاوزبان اروپایی نشان داد که استفاده از کود نانوکود نیتروژن و اوره، موجب افزایش سطح برگ، شاخص برداشت، اسانس گل و عملکرد اسانس نسبت به شاهد گردید. نتیجه پژوهشگران این تحقیق این بود که نانو کودها می‌توانند به‌منظور بهبود تولید اسانس و همچنین به‌عنوان کودهای سازگار با محیط‌زیست مورد استفاده قرار بگیرند.

ترکیب‌های فنولی و پلی‌فنولی و فلاونوئیدها از متابولیت‌های ثانویه هستند که به‌دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی مورد توجه فراوانی قرار گرفته‌اند (Papuc *et al.*, 2017؛ Mansol Mollashahi Khumaki & Varasteh Moradi, 2015). وجود این مواد برای گیاه آثار فیزیولوژیکی مفیدی را به‌همراه دارد. از سوی دیگر، مصرف این مواد یا به‌طورکلی ترکیب‌های پلی‌فنولی، بدن انسان را در برابر آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد که منجر به بروز بیماری‌های زیادی می‌شوند، محافظت می‌کند (Selamoglu, 2017). برای افزایش این ترکیب‌ها در گیاهان دارویی می‌توان از کودها و عناصر مغذی استفاده کرد. به‌عنوان مثال نتایج تحقیقات نشان داده که کاربرد اسیدآمینه مقدار محتوای فنول در آویشن را افزایش می‌دهد (Reda *et al.*, 2005) و

بر رشد کاهو مؤثر است (Noroozlo *et al.*, 2019).

با توجه به اهمیت عنصر نیتروژن در رشد، عملکرد و مواد شیمیایی موجود در گیاه دارویی سرخارگل، در این تحقیق نیتروژن از منابع مختلف برای گیاه فراهم شد تا بهترین شرایط برای کشت گیاه سرخارگل مشخص شود. در این مطالعه تأثیر کود اوره، نانوکود نیتروژن و آمینواسید بر عملکرد کمّی و غلظت ترکیب‌های پلی‌فنولی گیاه دارویی سرخارگل بررسی شد. با توجه به اهمیت مواد پلی‌فنولی و خواص آنتی‌اکسیدانی که این مواد به گیاه می‌دهند، تأثیر استفاده از کودهای مختلف بر غلظت این مواد در عصاره هیدروالکلی گیاه سرخارگل بررسی گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در این مطالعه

بافت خاک	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	اسیدیته	هدایت‌الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	آهن (٪)	نیتروژن (٪)	درصد مواد آلی (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)
لومی، شنی، رسی	۴۸/۵	۲۷/۵	۲۴	۷/۸۹	۱/۵۳	۱/۵	۰/۱	۱/۳	۱۸	۲۸۷

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه شرکت زرین گیاه ارومیه در بهار سال ۱۳۹۸ به‌صورت گلدانی اجرا گردید. نشاءهای سرخارگل از شرکت گیاهان دارویی زرین گیاه ارومیه تهیه و در گلدان‌های پلاستیکی ۲ کیلوگرمی با قطر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متری کاشته شدند. کشت نشاء و مراحل مختلف اعمال تیمارها در گلخانه انجام شد. در هر گلدان سه نشاء از سرخارگل کاشته و بعد از آنالیز نمونه خاک، غلظت تیمارهای مورد نظر انتخاب شد. طول دوره رشد از زمان کاشت تا برداشت سه ماه بود. مشخصات خاک مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش شامل سه فاکتور اوره، نانوکود نیتروژن و آمینواسید بود. فاکتور اول یعنی کودآبیاری با اوره در سه سطح ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (برابر با ۰، ۰/۰۷۷ و ۰/۱۵۴ گرم در هر گلدان) بود که با نمادهای اوره-۰، اوره-۱۰۰ و اوره-۲۰۰ نشان داده می‌شود. فاکتور دوم محلول‌پاشی با نانوکود نیتروژن در سه سطح ۰، ۱ و ۳ گرم در لیتر (با نمادهای نانو-۰، نانو-۱ و نانو-۳) و فاکتور سوم محلول‌پاشی با آمینواسید (در سه سطح ۰، ۱ و ۳ گرم در لیتر) (با نمادهای آمینواسید-۰، آمینواسید-۱ و آمینواسید-۳) بود. هر یک از فاکتورها در ۴ تکرار اعمال شدند.

آمینواسید فرمولایف از شرکت بهاران تهیه شد. نانوکود نیتروژن از شرکت صدور احرار شرق (خضرا) که به‌وسیله یک روش فناوری نانو ثبت شده در اداره ثبت اختراع و نشان تجاری آمریکا (USPTO) تولید شده است، تهیه شد. این کود به شکل کلات نیتروژن می‌باشد و حاوی ۱۷٪ نیتروژن بوده و ابعاد ذرات آن کوچکتر یا برابر با ۱۰۰ نانومتر است (Nazaran, 2012). آمینواسید فرمولایف حاوی ۳۱٪ گلایسین، ۱۰٪ سیستئین، ۸/۵٪ متیونین، ۶/۵٪ فنیل‌آلانین، ۶٪ والین، ۵٪ ایزولوسین، ۳٪ آرژنین و آلانین، ۲/۵٪ هیستیدین، ۲٪ آسپارتیک، پرولین، لوسین، گلوتامیک و لیزین و ۱٪ تیروزین بود.

کود اوره به‌صورت محلول فقط یک‌بار بعد از کشت در مرحله چهار برگی به شیوه کود آبیاری در سطوح مختلف و مطابق با منابع اعمال گردید (Bahrani & Tahmasebi Sarvestani, 2005؛ Sadeghipour & Monem, 2009). محلول‌پاشی نانوکود نیتروژن یک‌بار در ابتدای کشت در مرحله چهار برگی و یک مرتبه قبل از گلدهی در سطوح گفته شده اعمال شد (Zare Abyaneh & Bayat Varkeshi, 2015).

اعمال تیمار آمینواسید به‌صورت محلول‌پاشی یک مرتبه در ابتدای کشت در مرحله چهار برگی و دو مرتبه تا مرحله برداشت به فاصله حدود ۳۵ روز و به‌صورت محلول‌پاشی در سطوح گفته شده انجام گردید (Davoodifard *et al*., 2012). نشاءها تا قبل از استقرار در گلدان به‌صورت روزانه و بعد از کشت در گلدان هر سه روز یک‌بار آبیاری شدند.

زمان اعمال تیمارهای مشابه در یک زمان مشخص بود و در تیمارهای ترکیبی، اعمال تیمارهای متفاوت با فاصله زمانی حدود یک هفته‌ای از یکدیگر انجام شد. در سطوح صفر از هر سه عامل (به‌عبارت دیگر تیمار شاهد)، محلول‌پاشی با آب مقطر و بدون افزودن هیچ‌یک از منابع نیتروژنه انجام گردید. برداشت در زمان گلدهی کامل گیاه انجام و فاکتورهای مورفولوژیکی گیاه مانند ارتفاع گیاه، طول و عرض برگ، طول ریشه، قطر کانوپی و فاصله میان‌گره با استفاده از خط‌کش و اندازه‌گیری قطر ساقه با کولیس انجام شد (Rezaei *et al*., 2009). همچنین صفات وزنی مانند وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه با استفاده از ترازوی دیجیتال در دانشگاه ارومیه انجام گردید.

به‌منظور تهیه عصاره هیدروالکلی، ۱ گرم از نمونه گیاه پودر شده را برداشته و بعد از افزودن ۲۰ میلی‌لیتر حلال آب- اتانول (۲۵:۷۵)، فرایند استخراج تحت امواج التراسونیک به‌مدت ۴۰ دقیقه انجام شد. غلظت ترکیب‌های پلی‌فنولی در عصاره هیدروالکلی توسط دستگاه الکتروآنالیزر اندازه‌گیری شد (Sheikh-Mohseni, 2016). از استاندارد گالیک اسید به‌عنوان نماینده پلی‌فنول‌ها در اندازه‌گیری استفاده گردید.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ و مقایسه میانگین به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج

تعداد برگ و تعداد میان‌گره سرخارگل

نتایج تجزیه واریانس برای تعداد برگ گیاه دارویی سرخارگل در اثر اعمال تیمارهای مختلف نشان داد، تیمار آمینواسید در سطح احتمال ۵٪ و اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱٪ بر صفت تعداد برگ گیاه اثر معنی‌دار داشتند (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین تعداد برگ (۳۱ عدد) مربوط به تیمار نانوکود نیتروژن-۳ و کمترین تعداد برگ (۷ عدد) مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۱).

در مورد صفت تعداد میان‌گره گیاه سرخارگل، نتایج تجزیه واریانس نشان داد تیمار اوره در سطح احتمال ۵٪ و تیمار آمینواسید و اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱٪ بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین تعداد میان‌گره (۱۵/۲۵ عدد) مربوط به تیمار اوره-۲۰۰ و کمترین تعداد میان‌گره (۱ عدد) مربوط به تیمار ترکیبی اوره-۲۰۰، نانوکود نیتروژن-۱ و آمینواسید-۳ می‌باشد (جدول ۳).

صفات طولی گیاه سرخارگل (طول و عرض برگ، ارتفاع گیاه، فاصله میان‌گره، طول ریشه)

بررسی طول برگ گیاه سرخارگل نشان داد که فقط اثر متقابل تیمارها بر طول برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین طول برگ (۸/۰۴ سانتی‌متر) مربوط به تیمار اوره-۲۰۰ و کمترین طول برگ (۳/۸۷ سانتی‌متر) مربوط به تیمار نانوکود نیتروژن-۱ می‌باشد (جدول ۳). در صورتی که نتایج تجزیه واریانس در مورد عرض برگ نشان داد، تیمار اوره و اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱٪ و تیمار نانوکود نیتروژن در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲).

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین عرض برگ (۴/۲۲ سانتی‌متر) مربوط به تیمار نانوکود نیتروژن-۳ و کمترین عرض برگ (۳/۸۷ سانتی‌متر) مربوط به تیمار ترکیبی اوره-۲۰۰، نانوکود نیتروژن-۱ و آمینواسید-۱ می‌باشد (جدول ۳).

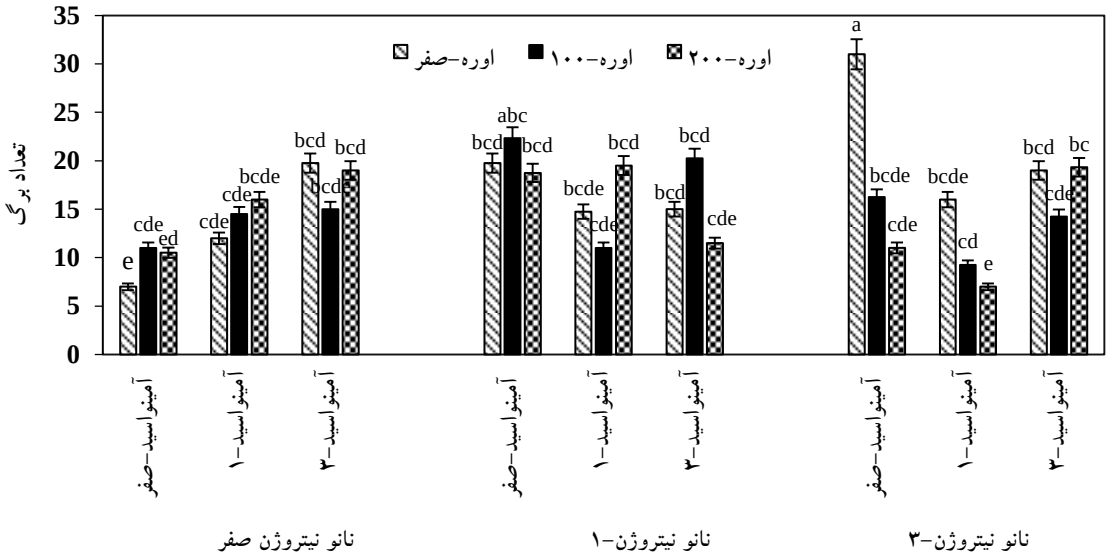
در مورد ارتفاع بوته گیاه سرخارگل، نتایج تجزیه واریانس نشان داد، تیمار اوره و اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱٪ و تیمار آمینواسید در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲).

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین ارتفاع (۳۶/۷۵ سانتی‌متر) با اعمال تیمار نانوکود نیتروژن–۱ و کمترین ارتفاع (۷/۷۵ سانتی‌متر) با اعمال تیمار همزمان اوره–۲۰۰، نانوکود نیتروژن–۱ و آمینواسید–۱ بدست آمد (شکل ۲).

جدول ۲– تجزیه واریانس برخی از صفات مورفولوژیکی گیاه سرخارگل تحت تأثیر تیمارهای اوره، نانوکود نیتروژن و آمینواسید

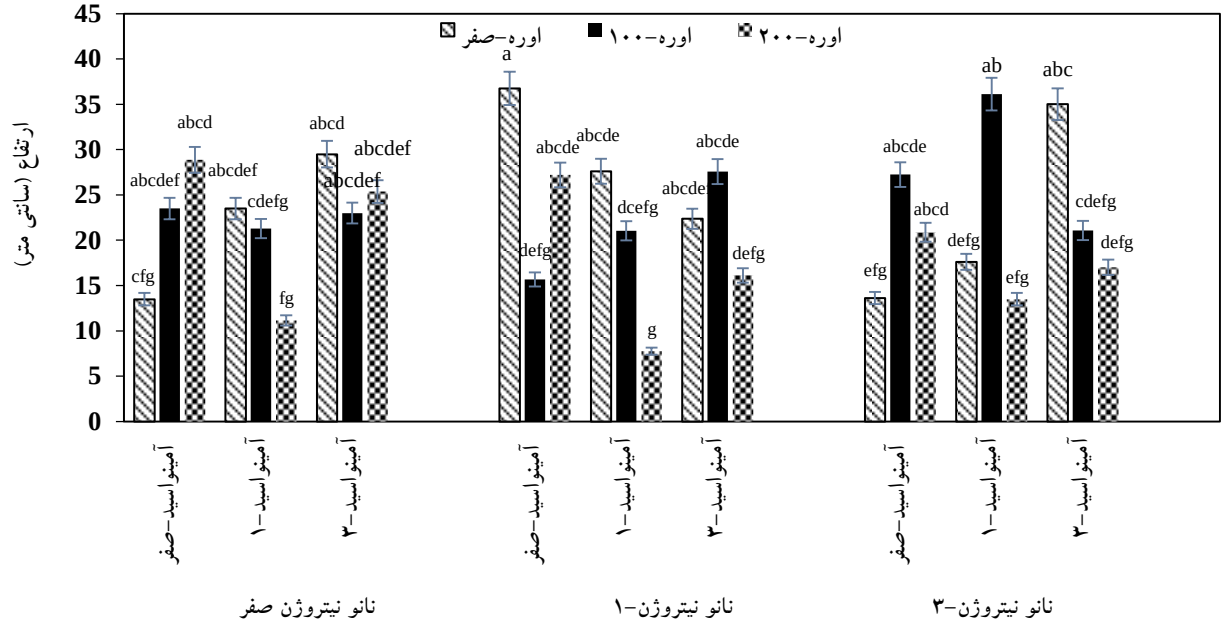
منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		تعداد برگ در بوته	تعداد میان‌گره در بوته	ارتفاع	فاصله میان‌گره	طول برگ	عرض برگ	طول ریشه	قطر کانوپی	قطر ساقه
اوره	۲	۴/۶^{ns}	۲۹/۹*	۳۵۲/۳**	۰/۳^{ns}	۳/۲^{ns}	۱/۸**	۴/۸^{ns}	۱/۴^{ns}	۰/۱^{ns}
نانوکود نیتروژن	۲	۳۸/۳^{ns}	۶/۵^{ns}	۰/۳^{ns}	۱^{ns}	۲/۵^{ns}	۱/۳*	۶/۱^{ns}	۱۰/۳^{ns}	۰/۴^{ns}
آمینواسید	۲	۹۴/۲*	۹۲/۱**	۱۶۰/۲*	۶/۴**	۰/۴^{ns}	۰/۴^{ns}	۶/۵^{ns}	۲۱/۲^{ns}	۰/۷^{ns}
اوره×نانو	۴	۲۳۱/۵**	۸۰/۹**	۲۰۹/۱**	۱۶/۸**	۶/۸**	۰/۳^{ns}	۱۰/۳^{ns}	۱۴/۵^{ns}	۳/۳۰**
اوره×آمینواسید	۴	۵۵/۲^{ns}	۲۸/۴**	۳۶۶/۶**	۲۵/۲**	۶/۴**	۰/۱^{ns}	۵۲/۸**	۱۵/۵^{ns}	۲/۲*
نانو×آمینواسید	۴	۱۷/۶^{ns}	۱۸/۱*	۹۹/۴*	۶/۷**	۲/۶^{ns}	۱/۹**	۱۸/۲*	۳۷/۵**	۳/۳**
اوره×نانو×آمینواسید	۸	۱۶۰/۷**	۵۳/۶**	۲۶۱/۱**	۷/۶**	۱/۲^{ns}	۱/۴**	۲۰/۲**	۲۳/۸**	۵/۶**
خطا	۷۹	۲۶/۸	۷/۵	۴۰/۲	۰/۷	۱/۳	۰/۵	۶/۱	۸/۲	۰/۷
ضریب تغییرات		۲۳/۵	۲۰	۲۸/۱	۲۱/۵	۱۹/۴	۲۵/۱	۱۶/۵	۲۰/۱	۲۴/۳

ns، ** و *: به‌ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است.



شکل ۱– تأثیر تیمارهای اوره، نانوکود نیتروژن و آمینواسید بر تعداد برگ گیاه سرخارگل

میانگین‌های دارای حروف مشابه، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار آماری ندارند.



شکل ۲- تأثیر تیمارهای اوره، نانوکود نیتروژن و آمینواسید بر ارتفاع گیاه سرخارگل

میانگین‌های دارای حروف مشابه، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار آماری ندارند.

نتایج تجزیه واریانس نیز نشان داد تیمار آمینواسید و اثر متقابل تیمارها بر فاصله میان‌گره در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین فاصله میان‌گره (۸/۴۵ سانتی‌متر) مربوط به تیمار اوره–۲۰۰ و کمترین فاصله میان‌گره (۰/۳۵) مربوط به تیمار شاهد می‌باشد (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس در مورد طول ریشه نشان داد، فقط اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱٪ بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین طول ریشه (۱۹/۳۷ سانتی‌متر) مربوط به تیمارترکیبی اوره–۲۰۰ و نانوکود نیتروژن–۳ بود و کمترین طول ریشه (۱۱/۱۶۷ سانتی‌متر) مربوط به تیمار ترکیبی اوره–۲۰۰ و آمینواسید–۱ می‌باشد (جدول ۳).

قطر ساقه و قطر کانوپی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، قطر ساقه فقط در اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین قطر ساقه (۵/۲۲۲ میلی‌متر) مربوط به تیمارترکیبی اوره–۲۰۰ و نانوکود نیتروژن–۳ بود و کمترین قطر ساقه (۱/۴۸۶ میلی‌متر) مربوط به تیمارترکیبی اوره–۲۰۰ و آمینواسید–۱ می‌باشد (جدول ۳). قطر کانوپی سرخارگل هم فقط در اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین قطر کانوپی (۱۷/۹۰ سانتی‌متر) مربوط به تیمار اوره–۲۰۰ و کمترین قطر کانوپی (۸/۴۵ سانتی‌متر) مربوط به تیمار نانوکود نیتروژن–۱ می‌باشد (جدول ۳).

صفات وزنی گیاه سرخارگل

وزن تر و خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس برای صفات وزنی گیاه دارویی سرخارگل در اثر اعمال تیمارهای مختلف نشان داد، تیمار کود نانوکود نیتروژن بر وزن تر برگ، در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل تیمارها بر این صفت در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۴).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای اوره، نانوکود نیتروژن و آمینواسید بر برخی صفات مورفولوژیک سرخارگل

تیمار	تعداد میان‌گره	فاصله میان‌گره (cm)	طول برگ (cm)	عرض برگ (cm)	طول ریشه (cm)	قطرکانوپی (cm)	قطر ساقه (mm)
شاهد	۲/gh	۰/۳gh	۶/۳abc	۲/۲bcd	۱۱/۷def	۱۵/۲abc	۳/۷abcd
اوره-۱۰۰	۱۳/۴ab	۱/۵defgh	۵/۸abc	۲/۲bcd	۱۷/۲abcd	۱۲/۳abcd	۴/۷ab
اوره-۲۰۰	۱۵/۱a	۸/۴a	۸a	۲/۵bcd	۱۹/۲a	۱۷/۹a	۳/۳abcd
نانو-۱	۱۰/۲abcde	۲/۹bcd	۳/۸c	۱/۷bcd	۱۲/۸cdef	۸/۴d	۲/۳cde
نانو-۳	۱۲/۷abc	۱/۶defgh	۴/۴bc	۴/۲a	۱۳/۲bcdef	۱۶/۷ab	۳/۴abcd
آمینواسید-۱	۵/۲defgh	۰/۷fgh	۷/۶ab	۳/۱abc	۱۴/۵abcdef	۱۵/۵ab	۴/۲abc
آمینواسید-۳	۱۰/۷abcd	۲/۲cdefg	۶/۸ab	۲/۵bcd	۱۸abc	۱۵/۱abc	۳/۸abcd
اوره-۱۰۰× نانو-۱	۹/۶abcde	۱/۲defgh	۵/۶abc	۱/۷bcd	۱۸/۶ab	۱۰/۶bcd	۳/۵abcd
اوره-۱۰۰× نانو-۳	۸bcdef	۱/۸defgh	۶/۹ab	۳/۱ab	۱۴/۷abcdef	۱۵/۲abc	۲/۴cde
اوره-۱۰۰× آمینواسید-۱	۱۰/۶abcd	۱/۷defgh	۵/۸abc	۲bcd	۱۶/۶abcdef	۱۲/۴abcd	۳/۹abcd
اوره-۱۰۰× آمینواسید-۳	۱۰/۷abcd	۲/۳cdef	۵/۴abc	۲/۳bcd	۱۲/۸cdef	۱۳/۳abcd	۳/۲abcde
اوره-۲۰۰× آمینواسید-۱	۳fgh	۰/۳gh	۵/۷abc	۱/۷d	۱۱/۱f	۹cd	۱/۴e
اوره-۲۰۰× آمینواسید-۳	۱۰/۲abcde	۱/۸defgh	۷/۱ab	۲/۱bcd	۱۶/۳abcdef	۱۵/۷ab	۴/۳abc
اوره-۲۰۰× نانو-۱	۱۱/۲abcd	۲/۵cdef	۶abc	۱/۹bcd	۱۱/۵ef	۱۳/۸abcd	۳/۵abcd
اوره-۲۰۰× نانو-۳	۴/۵efgh	۱/۸defgh	۷/۴a	۲/۱bcd	۱۹/۳a	۱۴abcd	۵/۲a
نانو-۱× آمینواسید-۱	۹/۵abcde	۳/۸bc	۶/۸ab	۲/۲bcd	۱۷/۱abcde	۱۵/۲abc	۴/۳abc
نانو-۱× آمینواسید-۳	۱۰/۲abcde	۱/۷defgh	۶/۵abc	۲/۶bcd	۱۵abcdef	۱۵/۷ab	۳/۷abcd
نانو-۳× آمینواسید-۱	۱۱/۵abc	۱/۸defgh	۵/۲abc	۱/۷cd	۱۶/۱abcdef	۱۱/۳abcd	۳/۶abcd
نانو-۳× آمینواسید-۳	۱۰abcde	۲/۷bcde	۵/۵abc	۲/۴bcd	۱۳/۲bcdef	۱۳/۷abc	۲/۱de
اوره-۱۰۰× آمینواسید-۱× نانو-۱	۷cdefg	۱/۷defgh	۵/۸abc	۲/۴bcd	۱۴/۲abcdef	۱۴/۴abcd	۳/۳abcde
اوره-۱۰۰× آمینواسید-۳× نانو-۱	۱۰/۷abcd	۲/۳cdef	۶/۸ab	۲/۴bcd	۱۵/۸abcdef	۱۶/۳ab	۳/۹abcd
اوره-۱۰۰× آمینواسید-۱× نانو-۳	۸bcdef	۴/۴b	۶/۷ab	۲/۶bcd	۱۵/۸abcdef	۱۶۱۶ab	۲/۹bcde
اوره-۱۰۰× آمینواسید-۳× نانو-۳	۱۱/۵abc	۱/۸defgh	۷ab	۲bcd	۱۲def	۱۴/۶abcd	۴/۲abc
اوره-۲۰۰× آمینواسید-۱× نانو-۱	۹/۷abcde	۰/۳gh	۵/۸abc	۱/۷d	۱۵/۱abcdef	۱۱/۹abcd	۴/۲abc
اوره-۲۰۰× آمینواسید-۳× نانو-۱	۷/۲bcdefg	۰/۹efgh	۵/۷abc	۲/۱bcd	۱۳/۸abcdef	۱۵/۸ab	۳/۳abcde
اوره-۲۰۰× آمینواسید-۱× نانو-۳	۱۱g	۰/۰h	۶/۷ab	۲/۴bcd	۱۲/۲def	۱۶ab	۵a
اوره-۲۰۰× آمینواسید-۳× نانو-۳	۱۱/۶abc	۰/۸efgh	۵/۳abc	۱/۹bcd	۱۳/۵bcdef	۱۴/۹abc	۱/۹de

در هر ستون میانگین‌های ارائه شده دارای حروف مشابه، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار آماری ندارند.

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین وزن تر برگ (۸۸۷/۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار نانوکود نیتروژن–۳ بدست آمد و کمترین وزن تر برگ (۱۴۴/۴ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار نانوکود نیتروژن–۱ می‌باشد (جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس در مورد وزن خشک برگ نیز نشان داد، تیمار نانوکود نیتروژن و اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱٪ بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۴). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین وزن خشک برگ (۲۳۴/۴ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار نانوکود نیتروژن–۳ و کمترین وزن خشک برگ (۴۲/۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار نانوکود نیتروژن–۱ است (جدول ۵). البته تیمار شاهد یعنی عدم استفاده از منبع نیتروژنه نیز از لحاظ آماری دارای کمترین وزن خشک برگ بود. تیمارهای آمینواسید–۳ و بسیاری از تیمارهای ترکیبی نیز وزن خشک پایین‌تری از تیمار نانوکود نیتروژن–۳ داشتند.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس صفات وزنی گیاه سرخارگل تحت تأثیر تیمارهای اوره، نانوکود نیتروژن و آمینواسید

منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر برگ	وزن تر ساقه	مجموع وزن تر برگ و ساقه	وزن تر ریشه	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	مجموع وزن خشک برگ و ساقه	وزن خشک ریشه
اوره	۲	۴^{ns}	۴۶/۹**	۴۱/۸**	۱۹^{ns}	۰/۳ ^{ns}	۲/۰۷*	۲/۷*	۳/۱*
نانوکود نیتروژن	۲	۰/۱**	۷/۳^{ns}	۱۱/۷^{ns}	۱۲/۱^{ns}	۰/۰۱**	۰/۸^{ns}	۰/۶*	۱/۱^{ns}
آمینواسید	۲	۱۴/۴^{ns}	۳۹/۱^{ns}	۷۳/۸**	۱۴/۱^{ns}	۰/۸^{ns}	۲/۹^{ns}	۷/۱**	۲/۷^{ns}
اوره×نانو	۴	۵/۴*	۱۰/۲*	۱۷/۷^{ns}	۶۴/۴**	۰/۳*	۱/۳*	۱/۷*	۲/۷^{ns}
اوره×آمینو	۴	۰/۷^{ns}	۲۴/۸**	۱۶/۲^{ns}	۱۵^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۱/۸**	۱/۵^{ns}	۱/۲^{ns}
نانو×آمینو	۴	۷/۵**	۳/۹^{ns}	۱۰/۶^{ns}	۲۲/۴^{ns}	۰/۸**	۰/۳^{ns}	۱/۳^{ns}	۲/۱^{ns}
اوره×نانو×آمینو	۸	۱۳/۹**	۲۱/۳**	۳۲/۳**	۷۱/۳**	۰/۹**	۱/۶**	۱/۸*	۵/۸**
خطا	۷۹	۱/۹	۴/۲	۸/۲۰	۱۱/۴	۰/۱	۰/۴	۰/۶	۱/۱
ضریب تغییرات		۲۷/۱	۲۶/۷	۲۹/۱	۲۱/۹	۲۶/۱	۲۷/۵	۲۱/۳	۲۶

ns، ** و *: به‌ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ است.

وزن تر و خشک ساقه

در مورد وزن تر و خشک ساقه، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار کود اوره به‌ترتیب در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱٪ تأثیر معنی‌داری بر این صفات داشت (جدول ۴). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین وزن تر ساقه (۱۰۰۰/۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار اوره–۱۰۰ و کمترین وزن تر ساقه (۷۳/۸ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد می‌باشد. همچنین بیشترین وزن خشک ساقه (۲۳۳/۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار اوره–۱۰۰ بود و کمترین وزن خشک ساقه (۱۱/۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۵).

وزن تر و خشک ریشه

در مورد وزن تر ریشه نتایج تجزیه واریانس نشان داد، فقط اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. تیمار اوره در سطح احتمال ۵٪ و اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱٪ بر وزن خشک ریشه معنی‌دار بودند (جدول ۴).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارهای اوره، نانوکود نیتروژن و آمینواسید بر صفات وزنی گیاه سرخارگل

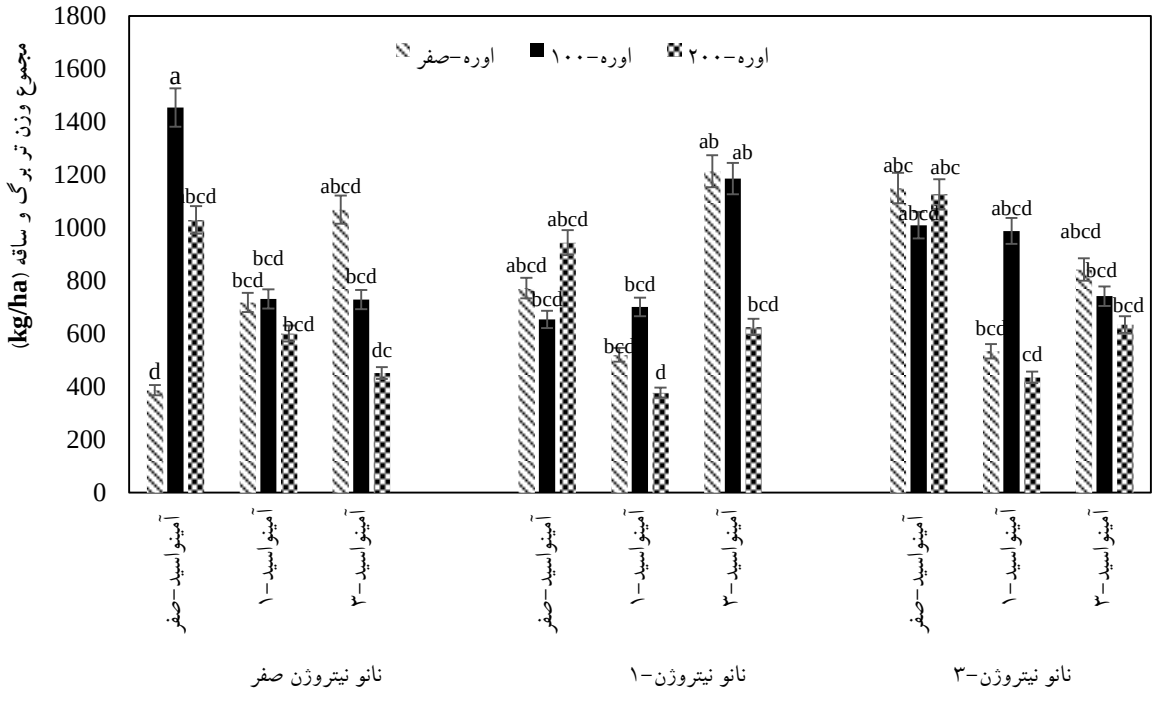
تیمار	وزن تر برگ (kg/ha)	وزن تر ساقه (kg/ha)	وزن تر ریشه (kg/ha)	وزن خشک برگ (kg/ha)	وزن خشک ساقه (kg/ha)	وزن خشک ریشه (kg/ha)
شاهد	۳۱۲/۹^{bc}	۷۳/۸^{g}	۶۱۲/۷^{cde}	۸۶/۳^{c}	۱۱/۱^{e}	۱۳۶/۶^{c}
اوره-۱۰۰	۴۵۴/۴^{bc}	۱۰۰۰/۲^{a}	۱۰۵۹/۳^{bcd}	۱۲۹/۶^{bc}	۲۳۳/۳^{a}	۲۷۰/۸^{abc}
اوره-۲۰۰	۴۴۰^{bc}	۵۹۰^{abcdefg}	۸۳۸/۳^{bcde}	۱۱۳/۳^{bc}	۱۸۵/۲^{abcde}	۱۸۰/۳^{bc}
نانو-۱	۱۴۴/۶^{c}	۶۲۸^{abcdef}	۲۷۳/۱^{e}	۴۲/۷^{c}	۱۷۲/۷^{abcde}	۷۸/۳^{c}
نانو-۳	۸۸۷/۹^{a}	۲۴۱/۴^{bcdefg}	۲۱۶۰/۳^{a}	۲۳۶/۱^{a}	۷۴/۴^{abcde}	۴۴۲/۹^{ab}
آمینواسید-۱	۳۹۹^{bc}	۳۱۹/۴^{bcdefg}	۶۱۲/۳^{bcde}	۱۲۳/۶^{bc}	۷۸/۳^{abcde}	۱۶۸/۵^{c}
آمینواسید-۳	۲۶۲/۷^{bc}	۸۰۷^{ab}	۱۲۲۴/۶^{bcd}	۷۵/۲^{c}	۱۸۶/۶^{ab}	۲۷۱/۱^{abc}
اوره-۱۰۰× نانو-۱	۳۶۵^{bc}	۲۹۲/۲^{bcdefg}	۱۴۲۵/۶^{abc}	۱۲۲/۲^{bc}	۶۰^{bcde}	۳۲۳/۵^{abc}
اوره-۱۰۰× نانو-۳	۳۰۸/۸^{bc}	۷۰۱^{abcde}	۴۹۰^{de}	۸۵/۲^{c}	۱۸۹/۱^{abcd}	۱۶۸/۸^{bc}
اوره-۱۰۰× آمینواسید-۱	۲۷۷^{bc}	۵۴۸^{abcdefg}	۱۴۶۰/۸^{ab}	۶۱/۸^{c}	۱۱۴/۱^{abcde}	۳۳۳/۶^{abc}
اوره-۱۰۰× آمینواسید-۳	۲۲۳^{bc}	۵۰۶/۶^{abcdefg}	۶۸۱/۲^{bcde}	۹۶/۸^{bc}	۱۴۲/۷^{abcde}	۱۳۴/۱^{c}
اوره-۲۰۰× آمینواسید-۱	۱۵۵/۱^{c}	۲۰۵/۲^{defg}	۴۱۱/۳^{de}	۷۸/۴^{c}	۱۰۲/۲^{abcde}	۸۹/۶^{c}
اوره-۲۰۰× آمینواسید-۳	۴۸۰^{bc}	۶۴۷/۲^{abcde}	۷۴۱^{bcde}	۱۱۶/۱^{bc}	۱۹۹/۱^{abc}	۲۱۶/۳^{abc}
اوره-۲۰۰× نانو-۱	۳۰۳/۸^{bc}	۶۴۰/۵^{abcde}	۸۹۲/۲^{bcde}	۸۱/۶^{c}	۵۴/۵^{abcde}	۲۵۲/۲^{abc}
اوره-۲۰۰× نانو-۳	۲۵۲/۲^{bc}	۲۵۱/۴^{bcdefg}	۱۰۴۴/۴^{bcde}	۸۱/۶^{c}	۶۳/۵^{abcde}	۲۸۵/۲^{abc}
نانو-۱× آمینواسید-۱	۱۸۳/۵^{c}	۳۲۷^{cdefg}	۸۲۷/۲^{bcde}	۵۹^{c}	۸۵/۵^{abcde}	۲۰۱/۳^{bc}
نانو-۱× آمینواسید-۳	۵۵۲/۷^{b}	۶۶۱^{abcde}	۹۵۲/۶^{bcde}	۱۸۸^{ab}	۱۸۳/۵^{abcde}	۲۷۲/۲^{abc}
نانو-۳× آمینواسید-۱	۱۸۶/۶^{bc}	۳۱۹/۷^{bcdefg}	۱۲۴۷/۲^{bcd}	۷۶/۸^{c}	۷۷/۴^{abcde}	۲۶۱/۸^{abc}
نانو-۳× آمینواسید-۳	۲۲۷/۷^{bc}	۶۲۸/۳^{abcdefg}	۳۶۱/۴^{e}	۵۶/۳^{c}	۱۸۵^{abcde}	۱۱۶/۳^{c}
اوره-۱۰۰×آمینواسید-۱× نانو-۱	۲۰۹/۱^{bc}	۴۹۲^{abcdefg}	۶۴۵/۸^{bcde}	۴۸/۵^{c}	۱۳۳^{abcde}	۱۶۴/۴^{bc}
اوره-۱۰۰×آمینواسید-۳× نانو-۱	۴۷۸/۵^{bc}	۷۵۱/۶^{abcd}	۱۲۳۴/۲^{bcd}	۱۲۳^{bc}	۱۹۵/۵^{abc}	۵۱۶/۸^{a}
اوره-۱۰۰×آمینواسید-۱× نانو-۳	۲۲۵/۲^{bc}	۷۶۵^{abc}	۲۷۳/۱^{e}	۶۳/۸^{c}	۲۱۶/۱^{ab}	۷۸/۵^{c}
اوره-۱۰۰×آمینواسید-۳× نانو-۳	۳۰۳/۸^{bc}	۴۴۶/۱^{abcdefg}	۱۴۱۱/۶^{abc}	۸۲/۴^{c}	۹۵^{abcde}	۳۴۳/۳^{abc}
اوره-۲۰۰×آمینواسید-۱× نانو-۱	۲۱۲/۴^{bc}	۱۵۵^{efg}	۸۹۸/۷^{bcde}	۶۳^{c}	۲۴/۸^{cde}	۱۹۳/۸^{bc}
اوره-۲۰۰×آمینواسید-۳× نانو و-۱	۲۳۵/۲^{bc}	۴۰۱/۶^{bcdefg}	۶۵۴/۲^{bcde}	۸۵/۵^{c}	۱۱۰^{abcde}	۱۶۰/۵^{c}
اوره-۲۰۰×آمینواسید-۱× نانو-۳	۳۷۲/۴^{bc}	۸۵/۲^{g}	۱۰۳۱/۴^{bcde}	۷۸/۵^{c}	۱۵/۷^{de}	۱۸۲/۴^{bc}
اوره-۲۰۰×آمینواسید-۳× نانو-۳	۱۹۴/۷^{c}	۴۷۷/۳^{abcdefg}	۶۴۵/۸^{bcde}	۶۴^{c}	۱۰۲/۸^{bcde}	۱۸۴/۷^{bc}

در هر ستون میانگین‌های ارائه شده دارای حروف مشابه، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار آماری ندارند.

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین وزن تر ریشه (۲۱۶۰/۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار نانوکود نیتروژن–۳ و کمترین وزن تر ریشه (۲۷۲/۱ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار نانو–۱ و تیمار ترکیبی «اوره–۱۰۰× آمینواسید–۱× نانوکود نیتروژن–۳» بود (جدول ۵). همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها در جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین وزن خشک ریشه (۴۸۳/۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار ترکیبی «اوره–۱۰۰× آمینواسید–۳× نانوکود نیتروژن–۱» و کمترین وزن خشک ریشه (۷۸/۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار نانوکود نیتروژن–۱ می‌باشد که البته با برخی دیگر از تیمارها مانند شاهد اختلاف معنی‌داری ندارد (جدول ۵).

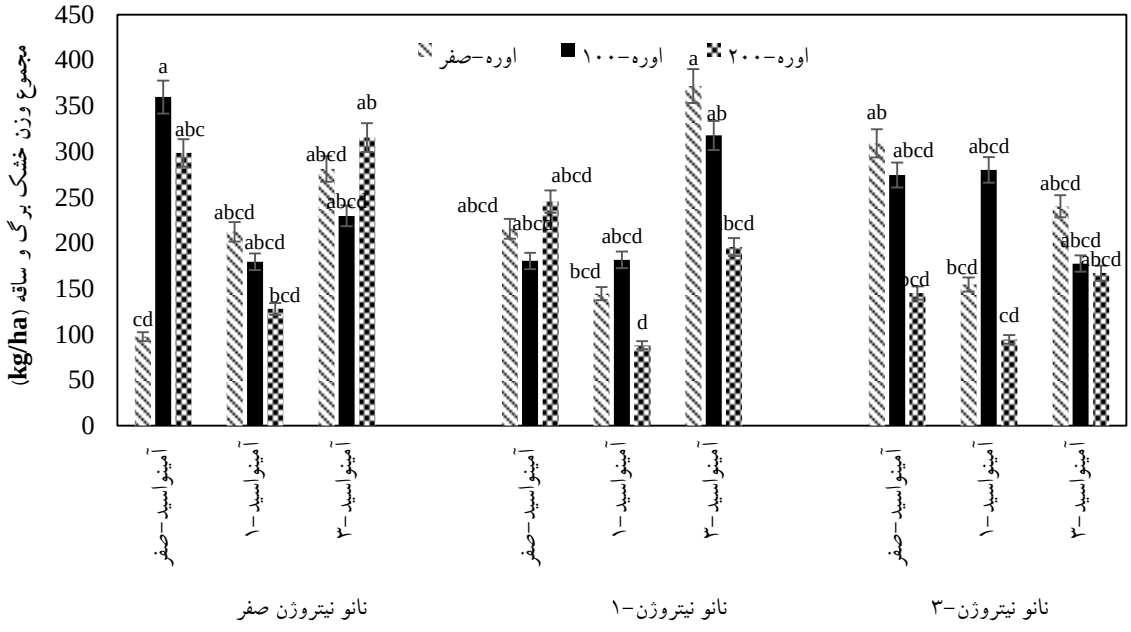
وزن تر و خشک برگ و ساقه گیاه

بررسی مجموع وزن تر برگ و ساقه گیاه سرخارگل نشان داد که تأثیر تیمارهای اوره، آمینواسید و اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. در مورد مجموع وزن خشک برگ و ساقه تمامی تیمارها (اوره و نانوکود نیتروژن در سطح ۵٪ و آمینواسید و اثر متقابل تیمارها در سطح ۱٪) اثر معنی‌دار داشت (جدول ۴). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین وزن تر برگ و ساقه (۱۴۵۴/۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار اوره–۱۰۰ است و کمترین وزن تر برگ و ساقه (۳۷۶/۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به شاهد بود (شکل ۳). همچنین براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین وزن خشک برگ و ساقه (۳۷۱/۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار ترکیبی «نانوکود نیتروژن–۱× آمینواسید–۳» و کمترین وزن خشک برگ و ساقه (۸۷/۹ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار ترکیبی «اوره–۲۰۰× آمینواسید–۱× نانو–۱» می‌باشد (شکل ۴).



شکل ۳- تأثیر تیمارهای اوره، نانوکود نیتروژن و آمینواسید بر مجموع وزن تر برگ و ساقه گیاه سرخارگل

در هر ستون میانگین‌های ارائه شده دارای حروف مشابه، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار آماری ندارند.



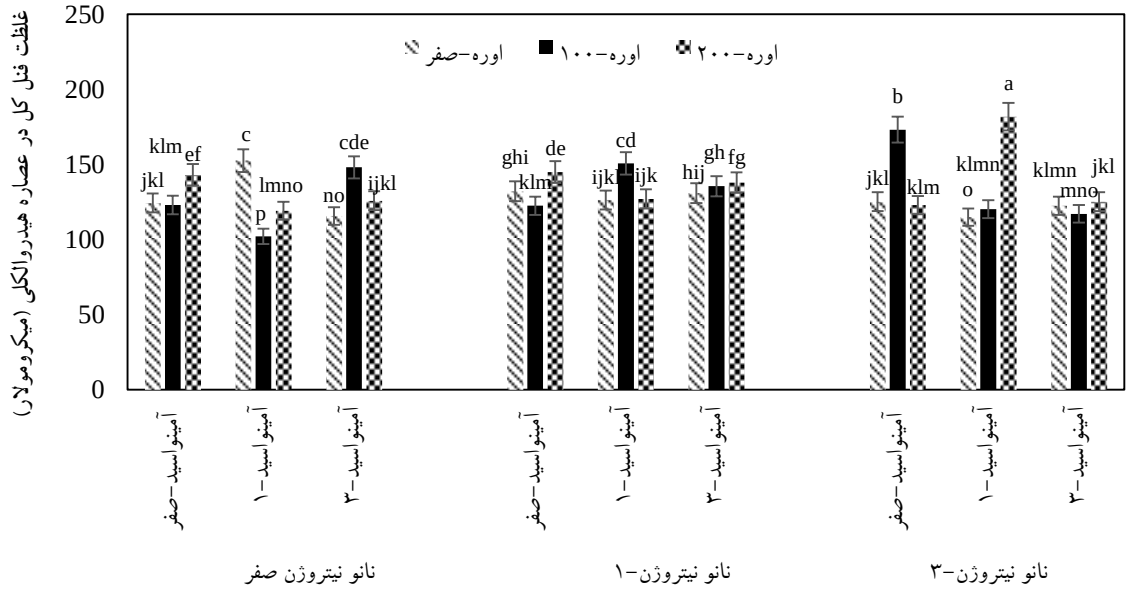
شکل ۴- تأثیر تیمارهای اوره، نانوکود نیتروژن و آمینواسید بر مجموع وزن خشک برگ و ساقه گیاه سرخارگل

در هر ستون میانگین‌های ارائه شده دارای حروف مشابه، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار آماری ندارند.

جدول ۶- تجزیه واریانس غلظت فنل کل در عصاره سرخارگل تحت تیمارهای اوره، نانوکود نیتروژن و آمینواسید

منبع تغییرات	درجه آزادی	غلظت فنل کل در عصاره هیدروالکلی
اوره	۲	۵۷۰/۸**
نانوکود نیتروژن	۲	۲۹۷/۴**
آمینواسید	۲	۲۳۴/۵**
اوره×نانو	۴	۴۱۷/۳**
اوره×آمینو	۴	۴۰۵**
نانو×آمینو	۴	۳۹۲/۷**
اوره×نانو×آمینو	۸	۲۱۳۳/۷**
خطا	۷۹	۷/۹
ضریب تغییرات		۲/۱

**: بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪



شکل ۵- اثر تیمارهای اوره، نانوکود نیتروژن و آمینواسید بر غلظت فنل کل در عصاره گیاه سرخارگل

در هر ستون میانگین‌های ارائه شده دارای حروف مشابه، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار آماری ندارند.

غلظت فنل کل

نتایج تجزیه واریانس برای ترکیب های پلی فنولی (فنل کل) گیاه دارویی سرخارگل در اثر اعمال تیمارهای مختلف، نشان داد که اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱٪ بر محتوای فنل کل گیاه معنی دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین ها در شکل ۵ نشان داده شده است. همان طور که دیده می شود بیشترین غلظت فنل کل (۱۸۱/۸۲ میکرومولار) با اعمال تیمار ترکیبی «اوره-۲۰۰× آمینواسید-۱× نانوکود نیتروژن-۳» بدست آمد. بعد از آن اعمال تیمار ترکیبی «اوره-۱۰۰× نانوکود نیتروژن-۳» بیشترین غلظت فنل کل را به مقدار ۱۷۳/۱۵ میکرومولار داشت. بنابراین وجود نانوکود نیتروژن سبب افزایش غلظت فنل کل در عصاره گیاه سرخارگل می شود. به‌طوری که کمترین فنل کل (۱۰۲/۱۵ میکرومولار) مربوط به تیمار «اوره-۱۰۰× آمینواسید-۱» می‌باشد (شکل ۵).

همبستگی بین صفات

در این پژوهش، همبستگی بین غلظت فنل کل و مورفولوژیکی گیاه سرخارگل بررسی شد. ضریب همبستگی پیرسون نشان داد، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین برخی خصوصیات گیاه سرخارگل وجود داشت، به‌طوری که بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین مجموع وزن تر برگ و ساقه و مجموع وزن خشک برگ و ساقه (۰/۹۷)، وزن تر ساقه و وزن خشک ساقه (۰/۹۷)، وزن تر ساقه با مجموع وزن تر برگ و ساقه (۰/۸۵)، وزن خشک ساقه با مجموع وزن خشک برگ و ساقه (۰/۸۴) و ارتفاع با وزن خشک ساقه (۰/۷۶) بود (جدول ۶). این نتایج صحت اندازه‌گیری‌های برخی خصوصیات گیاه سرخارگل (شامل ریخت‌شناسی و صفات وزنی) را در این تحقیق نشان می‌دهد، زیرا هر یک از صفت‌های مذکور دارای ارتباطی مستقیم و منطقی با یکدیگر هستند. همچنین بین صفات تعداد برگ و غلظت ترکیب‌های پلی‌فنولی همبستگی معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵).

جدول ۶- همبستگی بین برخی خصوصیات گیاه سرخارگل و غلظت فنل کل

	تعداد برگ (A)	ارتفاع (B)	تعداد میان‌گره (C)	وزن تر ساقه (D)	مجموع وزن تر برگ و ساقه (E)	وزن خشک برگ (F)	وزن خشک ساقه (G)	مجموع وزن خشک برگ و ساقه (H)	فنل کل (I)
A	۱								
B	۰/۲۲۹	۱							
C	۰/۶۷۸**	۰/۳۳	۱						
D	۰/۲۱۵	۰/۷۰**	۰/۶۰**	۱					
E	۰/۴۹**	۰/۵۰**	۰/۶۳**	۰/۸۵**	۱				
F	۰/۵۹**	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۰۰۸	۰/۴۸**	۱			
G	۰/۱۶	۰/۷۶**	۰/۵۶**	۰/۹۷**	۰/۸۴**	۰/۰۰۴	۱		
H	۰/۴۴**	۰/۵۲**	۰/۶۱**	۰/۸۱**	۰/۹۷**	۰/۵۲**	۰/۸۴**	۱	
I	۰/۴۰*	۰/۰۰۴	۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۱۲	۰/۲۴	۱

** و *: به‌ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

بحث

نتایج صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه سرخارگل در تیمارهای مختلف نیتروژن نشان داد محلول‌پاشی کودهای نیتروژن بر گیاه دارویی سرخارگل می‌تواند سبب افزایش صفات مورفولوژیکی و آناتومیکی این گیاه شود. به‌طور کلی بهترین نتایج با محلول‌پاشی نانوکود نیتروژن و آمینواسید نسبت به فرم معمولی اوره بدست آمد. از نتایج بدست‌آمده از صفات مورفولوژیکی گیاه دارویی سرخارگل می‌توان نتیجه گرفت که اعمال کود نیتروژنه، اعم از اوره، آمینواسید و نانوکود نیتروژن عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد. این نتیجه به‌دلیل تأمین نیتروژن گیاه توسط هر یک از این کودها یا مواد نیتروژنی است (Gholami *et al*., 2018). همچنین نتایج نشان دادند که در بیشتر صفات وزنی گیاه سرخارگل، روش محلول‌پاشی توسط آمینواسید یا نانوکود نیتروژن نسبت به روش کودهی با آبیاری اوره تأثیر بیشتری بر افزایش عملکرد گیاه دارد. در این رابطه Jakienė و همکاران (۲۰۱۵) طی آزمایشی نتیجه گرفتند که استفاده از کودهای نانو باعث افزایش سطح برگ و کل ماده خشک تولید شده در چغندرقند گردید.

وجود نانوکود نیتروژن که قابلیت جذب بهتری از سایر منابع کودی دارد سبب افزایش ارتفاع گیاه شده است، زیرا نیتروژن نقش مهمی در سنتز ترکیب‌های بیوشیمیایی گیاه ازجمله پروتئین داشته و اعمال آن سبب افزایش شاخص‌های رشدی می‌شود (Fernandes *et al*., 2015). انتقال نیتروژن سنتز شده در برگ به ساقه گیاه و به‌دنبال آن افزایش ارتفاع ازجمله آثار فراهم کردن این عنصر برای گیاه با استفاده از کودهای نیتروژنی است. اما اگر نیتروژن از منابع کودی مختلف اعمال گردد و به‌دنبال آن مقدار نیتروژن اعمال شده افزایش یابد به‌دلیل اثرهای آنتاگونیستی این عنصر با برخی عناصر ضروری دیگر گیاه مانند فسفر و پتاسیم، ارتفاع ساقه کاهش می‌یابد (Rietra *et al*., 2017). البته در سطح نانوکود نیتروژن-۳ اعمال اوره و آمینواسید این روند را نقض کرده است.

به‌طور کلی با اعمال کودهای نیتروژنه مجموع وزن تر برگ و ساقه گیاه افزایش یافت اما در برخی موارد، استفاده بیش از حد منبع نیتروژنی اثر سوء گذاشته و مجموع وزن

برگ و ساقه گیاه را کاهش داده است. اثر سوء مصرف بیش از حد کود نیتروژن در مورد وزن خشک ساقه نیز مشاهده شد. وزن خشک ساقه به طور قابل توجهی تحت تأثیر مواد پروتئینی آن قرار دارد. هنگامی که نیتروژن توسط کود اوره و از طریق ریشه برای گیاه تأمین شده است وزن خشک آن افزایش یافته و به یک مقدار حداکثر رسیده است. بنابراین در تیمارهای همزمان کودهای نیتروژنه که مقدار بیشتری نیتروژن برای گیاه فراهم شده، وجود بیشتر نیتروژن نتوانسته در تولید بیشتر مواد پروتئینی در ساقه و افزایش وزن ساقه اثرگذار باشد. از سوی دیگر هم مشاهده شد که وزن خشک برگ در تیمار نانوکود نیتروژن-۳ به بیشترین مقدار خود رسیده است، زیرا این کود به‌صورت محلول‌پاشی و از طریق برگ اعمال شده و نیتروژن مورد نیاز برای سنتز مواد پروتئینی در همان محل را برآورده کرده است (Bilal *et al.*, 2017).

همان‌طور که در نتایج بدست‌آمده از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها دیده شد، به‌طور کلی در بیشتر صفات مورفولوژیکی و شاخص‌های طولی گیاه دارویی سرخارگل تیمارهای نانوکود نیتروژن و آمینواسید نتایج بهتری از تیمار اوره نشان دادند و یا مشابه با اوره بودند. بنابراین جایگزین کردن روش کوددهی اوره با روش محلول‌پاشی با نانوکود نیتروژن و آمینواسید می‌تواند هم به‌طور کلی افزایش عملکرد گیاه را در پی داشته باشد و هم از لحاظ مصرف مواد شیمیایی و درنتیجه آلودگی محیط‌زیستی بهتر باشد. در روش محلول‌پاشی، عناصر مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن می‌توانند به‌صورت مستقیم مورد مصرف گیاه قرار گیرند و این موضوع مصرف کمتر مواد و قابلیت بیشتر جذب را فراهم می‌کند (Saburi *et al.*, 2014).

در بیشتر صفات، اعمال نانوکود نیتروژن و همچنین آمینو اسید اثرهای مطلوبی گذاشت. از اثرهای مثبت نانو ذرات بر گیاه می‌توان تجمع عناصر غذایی بر سطح خود بیان کرد. نانوذراتی که سطح ویژه زیادی دارند قابلیت و توانمندی زیادی در نگهداری و حفظ عناصر غذایی برای استفاده گیاه دارند (Mazahernia, 2009). در این رابطه Shabani و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که بیشترین عملکرد سویا در هنگام مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کاربرد همزمان نانوکود نیتروژن مشاهده گردید. در مورد اثر مثبت استفاده از نانوکودها بر شاخص‌های مختلف گیاهان، گزارش‌های مختلفی وجود دارد. در گزارشی برهم‌کنش محلول‌پاشی نانوکودها و ارقام مختلف کنجد (*Sesamum indicum* L.) بر تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژی و شاخص برداشت معنی‌دار بود و مقدار کاروتنوئیدها و قندهای محلول گیاه فقط تحت تأثیر تیمار محلول‌پاشی نانوکودها قرار گرفت (Bakhtiari *et al.*, 2018). در تحقیقی که توسط Asadi و همکاران (۲۰۱۸) بر روی نعناع فلفلی انجام گردید، نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته، تعداد سرشاخه‌های گلدار، تعداد ساقه‌های فرعی و تعداد برگ در تیمار محلول‌پاشی اسیدآمینه در دو مرحله (قبل و شروع گلدهی) حاصل می‌شود. در همین رابطه Koukounaras و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کرده‌اند که کاربرد آمینواسیدها تأثیر سودمندی بر عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی دارد.

یکی از اهداف مهم این تحقیق، بررسی تأثیر کودهای مختلف نیتروژن بر مقدار فنل کل در عصاره هیدروالکلی گیاه دارویی سرخارگل بود. آنچه که از نتایج این تحقیق حاصل شد، این بود که محلول‌پاشی کودهای نیتروژن بر گیاه دارویی سرخارگل سبب افزایش مقدار فنل کل این گیاه شد. به‌طوری که بیشترین غلظت ترکیب‌های پلی‌فنولی با اعمال تیمار ترکیبی «اوره-۲۰۰×آمینواسید-۱×نانوکود نیتروژن-۳» بدست آمد. این نتایج با نتایج Reda و همکاران (۲۰۰۵) و Bakhtiari و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد. این گروه اعلام کردند که کاربرد اسید آمینه مقدار محتوای فنل را در آویشن افزایش می‌دهد. در تحقیق دیگری افزایش در میزان نیتروژن و فسفر سبب افزایش ترکیب‌های فنولی در گیاه (*Athrixia phylicoides* L.) شد (Mudau *et al.*, 2007). Mehrabani و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان دادند که با افزایش سطوح کود نیتروژنی از صفر تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار میزان فنول تام مرزه افزایش می‌یابد. همه این نتایج با

نتایج این تحقیق مطابقت دارد و به‌طور کلی استفاده از کودهای نیتروژنه می‌تواند شاخص‌های مورفولوژیکی و محتوای ترکیب‌های فنلی گیاهان دارویی را ارتقاء بدهد (AghaAlikhani *et al*., 2013).

در رابطه با همبستگی بین صفات مختلف، بین صفات تعداد برگ و غلظت فنل کل همبستگی معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶). به‌طوری که با افزایش تعداد برگ، فرایند فوسنتز بیشتر اتفاق افتاده، در نتیجه سنتز ترکیب‌های بیوشمیایی گیاه بیشتر می‌شود. Chen و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که پارامترهای محیطی تأثیرگذار بر تجمع فنول‌ها در سرخارگل، هنوز به اثبات قطعی نرسیده است، با این حال برگ‌ها به‌عنوان اصلی‌ترین اندام گیاهی برای عمل فتوسنتز از تأثیر مهمی برخوردارند. با افزایش تعداد و سطح برگ، گیاه می‌تواند از نور کافی برای ساخت مواد غذایی استفاده نماید و فتوسنتز افزایش پیدا کند، در نتیجه شاخص‌های مذکور نیز افزایش می‌یابند. علاوه بر موارد ذکر شده، نتایج بدست‌آمده از همبستگی بین صفات، پیشنهاد می‌کند که می‌توان از این همبستگی‌های مثبت بین صفات ذکر شده در برنامه‌های اصلاحی سرخارگل در آینده استفاده کرد.

بنابراین با توجه به داده‌های یاد شده و نیز هزینه کمتر و اثرهای زیست محیطی کمتر ناشی از مصرف کمتر موادشیمیایی در کودهای نانوکود نیتروژن و آمینواسید نسبت به فرم معمولی اوره، پیشنهاد می‌گردد برای افزایش و بهبود صفات مذکور در گیاه دارویی سرخارگل از روش محلول‌پاشی و تغذیه برگی با نانوکود نیتروژن و آمینواسید استفاده شود.

سپاسگزاری

نویسندگان از دست‌اندرکاران شرکت زرین گیاه ارومیه به دلیل در دسترس قرار دادن گلخانه برای این پژوهش نهایت تشکر و قدردانی را دارند.

منابع مورد استفاده

- AghaAlikhani, M., Iranpour, A. and Naghdi Badi, H., 2013. Changes in agronomical and phytochemical yield of purple coneflower (*Echinaceae purpurea* (L.) Moench.) under urea and three biofertilizers application. Journal of Medicinal Plants, 12(46): 121-136.
- Asadi, M., Nasiri, Y., Molla Abbassian, S. and Mardashloo, M., 2018. Evaluation of quantitative and qualitative yiled of peppermint under amino acids, chemical and organic fertilizers. Journal of Agriculture Science and Sustainable Prodoction, 28(3): 257-275.
- Attarzadeh, M., Balouchi, H., Rajaie, M., Dehnavi, M.M. and Salehi, A., 2020. Improving growth and phenolic compounds of *Echinacea purpurea* root by integrating biological and chemical resources of phosphorus under water deficit stress. Industrial Crops and Products, 154: 112763.
- Aziz, E.E. and El-Ashry, S.M., 2009. Efficiency of slow release urea fertilizer on yield and essential oil production of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) plant. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 5(2): 141-147.
- Bahrani, A. and Tahmasebi Sarvestani, Z.A., 2005. Effect of amount and time of nitrogen consumption on quantitative and qualitative characteristics, dry matter and nitrogen remobilization efficiency in two winter wheat cultivars. Iranian Journal of Agriculture Science, 36(5): 1263-1271.
- Bakhtiari. J.M., Maleki, M. and Rostami, M., 2018. Effect of iron, manganese and nitrogen nanocoders on some agronomic and physiological traits of different sesame cultivars (*Esamum indicum* L.). Journal of Plant Environmental Physiology, 12(48): 12-24.
- Bilal, M., Ayub, M., Tariq, M., Tahir, M. and Nadeem, M.A., 2017. Dry matter yield and forage quality traits of oat (*Avena sativa* L.) under integrative use of microbial and synthetic source of nitrogen. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 16(3): 236-241.
- Ceeh, R., 2002. Phytochemical variation within populations of *Echinacea angustifolia* (Asteraceae). Biochemical Systematics and Ecology, 30(9): 837-854.
- Chen, C.L., Zhang, S.C. and Sung, J.M., 2008. Biomass and caffeoyl phenols production of *Echinacea purpurea* grown in Taiwan. Journal of Experimental Agriculture, 44(4): 497-507.
- Chiou, S.Y., Sung, J.M., Huang, P.W. and Lin, S.D., 2017. Antioxidant, antidiabetic, and antihypertensive properties of *Echinacea purpurea* flower extract and caffeic acid derivatives using in vitro models. Journal of Medicinal Food, 20(2): 171-179.

Waste Compost and Granulated Sulfur in Iron and Other Nutrients in Soil and Wheat. Master's thesis, Ferdowsi University of Mashhad.
- Mehrabani, M., Mahdavi Meymand, Z., Khandanizadeh, B. and Hassan Abadi, N., 2014. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and harvest time on the quantity and quality of essential oil and total phenol content in *Satureja hortensis* L. in Kerman province. Eco-Phytochemical Juornal of Medicinl Plants, 2(4): 1-11.
- Nazaran, M.H., 2012. Chelate compounds. US Patent, Pub. No: US 2012/0100372 A1.
- Noroozlo, Y.A., Souri, M.K. and Delshad, M., 2019. Stimulation effects of foliar applied glycine and glutamine amino acids on lettuce growth. Open Agriculture, 4(1): 164-172.
- Omer, E.A., Said-Al-Ahl, A.H., El-Gendy, A.G., Shaban, K.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.
- Papuc, C., Goran, G.V., Predescu, C.N., Nicorescu, V. and Stefan, G., 2017. Plant polyphenols as antioxidant and antibacterial agents for shelf-life extension of meat and meat products: Classification, structures, sources, and action mechanisms. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 16(6): 1243-1268.
- Reda, F., Abdel-Rahim, E.A., El-Baroty, G.S.A. and Ayad, H.S., 2005. Response of essential oils, phenolic components and polyphenol oxidase activity of thyme (*Thymus vulgaris* L.) to some bioregulators and vitamins. International Journal Agriculture & Biology, 7(5): 735-739.
- Rezaei, R., Hosseini, M., Shabanali Fami, H. and Safa, L., 2009. Identification and analysis of the barriers of nanotechnology development in the Iranian agricultural sector from the viewpoint of the researchers. Journal of Science and Technology Policy, 2(1): 16-28.
- Rietra, R.P., Heinen, M., Dimkpa, C.O. and Bindraban, P.S., 2017. Effects of nutrient antagonism and synergism on yield and fertilizer use efficiency. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 48(16): 1895-1920.
- Saburi, M., Mohammad, R., Sayed, H., Mohammad, S. and Taghi, D., 2014. Effects of amino acids and nitrogen fixing bacteria on quantitative yield and essential oil content of basil (*Ocimum basilicum*). Journal Agriculture Science Development, 3(8): 265-268.
- Sadeghipour, A. and Monem, R., 2009. The effect of nitrogen and phosphorus deficiency stress on the percentage and yield of mung bean protein, Journal
- Davoodifard, M., Hababi, D. and Davoodifard, F., 2012. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria and Foliar Application of Amino Acids and Silicic Acid on Biochemical Biomarkers Activity of Wheat Under Drought Stress. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(4): 83-99.
- El-Aal, F.S.A., Shaheen, A., Ahmed, A. and Mahmoud, A., 2010. Effect of foliar application of amino acids as antioxidant on growth, yield and characteristics of squash. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 6(5): 583-588.
- Fernandes, J.C., Buzetti, S., Dupas, E., Teixeira Filho, M.C.M. and Andreotti, M., 2015. Sources and rates of nitrogen fertilizer used in *Mombasa guineagrass* in the Brazilian Cerrado region. African Journal of Agricultural Research, 10(19): 2076-2082.
- Mudau, F.N., Soundy, P. and du Toit, E.S., 2007. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium nutrition on total polyphenol content of bush tea (*Athrixia phylicoides* L.) leaves in Shaded Nursery environment. Hortscience, 42(2): 334-338.
- Gholami, B., Noroozi, Sh., Farideh, M., Farzad, J., Honarmand, S. and Saeedi, M., 2018. Evaluating some growth indices and grain yield in wheat in response to urea fertilizer and smoke-water. Journal of Crops Improvement, 20(3): 609-626.
- Jakienė, E., Spruogis, V., Romaneckas, K., Dautartė, A. and Avižienytė, D., 2015. The bio-organic nano fertilizer improves sugar beet photosynthesis process and productivity. Zemdirbyste-Agriculture, 102(2): 141-146.
- Jeong, J.A., Wu, C.H., Murthy, H.N., Hahn, E.J. and Paek, K.Y., 2009. Application of an airlift bioreactor system for the production of adventitious root biomass and caffeic acid derivatives of *Echinacea purpurea*. Biotechnology and Bioprocess Engineering, 14(1): 91-98.
- Koukounaras, A., Tsouvaltzis, P. and Siomos, A.S., 2013. Effect of root and foliar application of amino acids on the growth and yield of greenhouse tomato in different fertilization levels. Journal of Food Agriculture and Enviroment, 11(2): 644-648.
- Mahmoodi, P., Yarnia, M., Rashidi, V., Amirnia, R. and Tarinejhad, A., 2018. Effects of nano and chemical fertilizers on physiological efficiency and essential oil yield of *Borago officinalis* L., Applied Ecology and Environmental Research, 16(4): 4773-4788.
- Mansol Mollashahi Khumaki, A. and Varasteh moradi, A., 2015. Effect of different extraction methods on effective compounds and antioxidant activity of artichoke (*Cynara scolymus* L.) extract in Golestan province. Eco Phytochemical Juornal of Medicinl Plants, 11(3): 74-85.
- Mazahernia, S., 2009. Comparison of Conventional Iron Oxide Nanoparticles with Municipal Solid

of Environmental Stresses in Plant Sciences, 1(2): 159-167.
- Selamoglu, Z., 2017. Polyphenolic compounds in human health with pharmacological properties. Journal of Traditional Medicine & Clinical Naturopathy, 6(4): 1000e138.
- Shabani, S., Movahedi Dehnavi, M., Yadavi, A. and Dastfal, M., 2014. Effect of nitrogen, biofertilizers and nanonitrogen on yield and yield components of soybeans. 13th Iranian Conference on Crop Science and Plant Breeding and 3rd Iranian Conference on Seed Science and Technology. Iranian Association of Agricultural Sciences and Plant Breeding, 26-28 August.
- Sheikh-Mohseni, M.A., 2016. Sensitive electrochemical determination of gallic acid: application in estimation of total polyphenols in plant samples. Analytical and Bioanalytical Chemistry Research, 3(2): 217-224.
- Thomsen, M.O., Frett, X.C., Christensen, K.B., Christensen, L.P. and Greven, K., 2012. Seasonal variations in the concentrations of lipophilic compounds and phenolic acids in the roots of *Echinacea purpurea* and *Echinacea pallida*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60: 12131-12141.
- Tsai, Y.L., Chiou, S.Y., Chan, K.C., Sung, J.M. and Lin, S.D., 2012. Caffeic acid derivatives, total phenols, antioxidant and antimutagenic activities of *Echinacea purpurea* flower extracts. LWT-Food Science and Technology, 46(1): 169-176.
- Woelkart, K., Marth, E., Suter, A., Schoop, R., Raggam, R.B., Koidl, C. and Bauer, R., 2006. Bioavailability and pharmacokinetics of *Echinacea purpurea* preparations and their interaction with the immune system. International Journal of Clinical Pharmacology & Therapeutics, 44(9): 401-408.
- Wu, L., Bae, J., Kraus, G. and Wurtele, E.S., 2004. Diacetylenic isobutylamides of *Echinacea*: synthesis and natural distribution. Phytochemistry, 65(17): 2477-2484.
- Zare Abyaneh, H. and Bayat Varkeshi, M., 2015. Effect of nano-chelate nitrogen and urea fertilizers on nitrate leaching and Its distribution in soil profile and potato plant. Water and Soil Science, 25(1): 25-40.

Morphological characteristics and total phenol concentration in hydroalcoholic extract of *Echinacea purpurea* L. influenced by different nitrogen sources

A. Pirvash[1], M.A. Sheikh-Mohseni[2*] and F. Nejad Habibvash[3]

1- M.Sc. student, Department of Medicinal Plants, Shahid Bakari High Education Center of Miandoab, Urmia University, Urmia, Iran

2*- Corresponding author, Department of Medicinal Plants, Shahid Bakari High Education Center of Miandoab, Urmia University, Urmia, Iran, E-mail: m.sheikhmohseni@urmia.ac.ir

3- Department of Biology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran

Received: January 2021 Revised: June 2021 Accepted: June 2021

Abstract

The nutrients are considered as the most important factor affecting morphological traits and secondary compounds in the medicinal plants. The method of plant nutrition is very important in the effective absorption of these elements. To evaluate the effects of different nitrogen sources including urea, nitrogen-nanofertilizer, and amino acids on the morphological characteristics and concentration of polyphenolic compounds of *Echinacea purpurea* L., a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with 27 treatments and four replications. The experimental treatments included the urea fertilizer at three levels of 0, 100, and 200 kg ha^{-1}, foliar application with nitrogen-nanofertilizer at three levels of 0, 1, and 3 g l^{-1}, and foliar application with commercial amino acid Fermolife at three levels of 0, 1, and 3 g l^{-1}. The traits were measured at the full flowering stage of plants. The results showed that the highest amount of fresh and dry weight of leaves and fresh weight of roots was obtained in the 3 g l^{-1} nitrogen-nanofertilizer treatment and the highest amount of aerial parts dry weight was measured in the combined treatment of 1 g l^{-1} nitrogen-nanofertilizer and 3 g l^{-1} amino acids. Most of the plant traits were increased by the foliar application of nitrogen-nanofertilizer and amino acids compared to the urea fertilizer use. The effect of different nitrogen fertilizers on the concentration of polyphenolic compounds in the plant was also significant. The highest amount of total phenol was obtained in the simultaneous application of 200 kg ha^{-1}urea, 3 g l^{-1} nitrogen-nanofertilizer, and 1 g l^{-1} amino acids treatment. Overall, the results showed that feeding *E. purpurea* with the nitrogen fertilizers could improve the morphological traits and total phenol concentration in the plant.

Keywords: Medicinal plant, nitrogen, nanotechnology, total phenol, foliar application.