مطالعه سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر پارامترهای فیزیولوژیکی، مرفولوژیکی و محتوای اسانس در گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.)

پویا آروین

ایران، تهران، دانشگاه پیام نور، گروه کشاورزی

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۱۸

چکیده

در این مطالعه تأثیر محلول‌پاشی کود کامل (NPK) بر روی برخی پارامترهای فیزیولوژیکی، مرفولوژیکی و اسانس گیاه دارویی مرزه به‌صورت طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار و در سه تکرار مورد بررسی قرارگرفت. تیمارها شامل تیمار شاهد (بدون مصرف کود)، تیمارهای محلول‌پاشی با کود کامل با نسبت‌های ۲۰-۲۰-۲۰، ۱۰-۵۰-۱۰ و ۳۶-۱۲-۱۲ بود. نتایج نشان داد در کلیه صفات موردسنجش به‌غیراز میزان کلروفیل *b*، تفاوت معنی‌داری بین نمونه شاهد و سایر ترکیبات کودی به دست آمد. بیشترین وزن‌تر ساقه با ۶/۹ gr و بیشترین وزن خشک ساقه با ۱/۲۶ gr در محلول‌پاشی با کود ۳۶-۱۲-۱۲ حاصل شد. همچنین بیشترین تعداد برگ، شاخه جانبی، ارتفاع و وزن‌تر و خشک‌ریشه و قند محلول در تیمار کود با نسبت ۳۶-۱۲-۱۲ بدست آمد. به نظر می‌آید نقش پررنگ‌تر پتاسیم نسبت به فسفر و نیتروژن با ترکیب کودی (۳۶-۱۲-۱۲) توانست باعث افزایش معنی‌دار دراین صفات گردد. بیشترین میزان کلروفیل *a* با ۰/۱۶۱ mg g^{-1} F. W، بیشترین مقدار کاروتنوئید با ۰/۵۷۱ mg g^{-1} F. W و بیشترین میزان پروتئین محلول با ۲۸/۷۸ mg g^{-1} F. W در ترکیب تیماری کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ حاصل شد. ترکیب کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ که به نسبت مساوی و متعادل از هر سه عنصر بهره می‌گیرد، توانست مؤثرترین نقش را در تولید و شکل‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی برجا گذارد. تیمار شاهد با مقدار۳۷/۶۸ mg g^{-1} F.W بیشترین میزان آنتوسیانین را به خود اختصاص داد. کم بودن میزان آنتوسیانین در تیمارهای محلول‌پاشی با کود کامل نسبت به نمونه عدم کاربرد کود، شاید به خاطر نقش کود در ایجاد شرایط بهینه برای گیاهان باشد. محتوای اسانس کل نیز در تیمارهای مختلف تغییراتی از خود نشان داد، به‌این‌ترتیب که میزان تولید اسانس در گیاهان تحت تیمار کود با نسبت (۳۶-۱۲-۱۲) در مقایسه با نمونه شاهد و سایر گروه‌های تیماری بیشتر بود. افزایش درصد اسانس دراین گروه ممکن است به دلیل تغییر در بیوسنتز اسانس تحت شرایط تیماری خاص و افزایش سطح برگ‌ها باشد که می‌تواند دلیل تجمع بیشتر غدد ترشحی اسانس در مقایسه با برگ‌های سایر گروه‌های تیماری باشد. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که صفات کلروفیل *a*، تعداد برگ و ارتفاع بیشترین تأثیر را بر وزن خشک ساقه داشتند و توانستند ۸۵ درصد وزن خشک ساقه را توجیه کنند.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، اسانس، پروتئین محلول، کود کامل، گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.)

نویسنده مسئول، تلفن ۰۵۸۳۲۲۱۱۴۳۵، رایانامه: pooya.arvin@gmail.com

مقدمه

گیاه مرزه یکی از گیاهان مهم به شمار می‌رود که از دیرباز به دلیل دارا بودن خواص مهم دارویی، مورد استفاده بشر بوده است. این گیاه بانام علمی *Satureja hortensis*، یک گیاه علفی یکساله از خانواده نعنایان (Labiatae) است (۱ و ۲۰). در طب سنتی از مرزه به‌عنوان یک داروی گیاهی محرک، اشتهاآور، ضد نفخ و خلط‌آور استفاده می‌شود. مرزه همچنین دارای اثرهای درمانی همچون تسهیل‌کننده

عمل هضم، مقوی معده، بادشکن، رفع اسهال و ضد کرم است و به‌عنوان چاشنی و ادویه نیز مصرف می‌شود (۱۷).

عوامل محیطی دارای تأثیر به سزایی بر روی کمیت و کیفیت محصول به‌دست‌آمده از گیاهان دارویی می‌باشند. دراین‌بین سطوح مختلف کودی، یکی از عوامل تأثیرگذار برای دستیابی به شرایط مناسب در طول دوره رشد و نمو جهت حصول حداکثر عملکرد کمی و کیفی در گیاهان دارویی به شمار می‌آید. کاربرد سطوح مختلف کودی سبب برخورد مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه با عناصر غذایی متفاوت می‌گردد و ازاین طریق بر رشد و نمو و عملکرد گیاه تأثیر می‌گذارند (۲). نیتروژن، فسفر و پتاسیم ازجمله عناصر ضروری و اساسی هستند که برای رشد گیاهان موردنیاز است. بعد از آب، نیتروژن مسلماً یکی از مهم‌ترین فاکتورها برای رشد و تولید گیاهان است. مدیریت ایده آل برای نیتروژن در جهت دستیابی به کارایی بالا در تولید و کشاورزی پایدار لازم و ضروری می‌باشد. کمبود نیتروژن باعث کاهش بیوماس اندام‌های هوایی و کاهش عملکرد و کیفیت محصول می‌گردد. درحالی‌که زیاد بودن نیتروژن هم باعث بیماری و مشکلات محیطی دیگری می‌گردد (۶۹). مقدار کلروفیل و ظرفیت فتوسنتزی برگ با غلظت نیتروژن همبستگی خوبی دارد (۲۳ و۳۴) به طوریکه بیشتر نیتروژن جذب‌شده در گیاه در دستگاه فتوسنتزی نگهداری و مستقر می‌گردد و این مقدار شامل بیش از ۷۵ درصد از محتوای نیتروژن در گیاهان سه کربنه است (۶۰). گیاه مرزه نیز از این قانون مستثنی نیست و به نظر می‌آید که نیتروژن بر صفات کمی و کیفی این گیاه تأثیر معنی‌دار و چشم‌گیری داشته و برای تولید هرچه بیشتر ماده خشک و اسانس در آن باید کود نیتروژن به شکل زیستی یا شیمیایی مصرف شود که علت آن نقش نیتروژن در افزایش طول دوره رشد و همچنین افزایش فرآیند ماده سازی و فراهم ساختن اسکلت کربنی موردنیاز جهت سنتز هرچه بیشتر متابولیت‌های ثانویه در گیاه مرزه می‌باشد. نیتروژن با افزایش تقسیم سلولی و افزایش تورژسانس سلول‌های مریستمی سبب افزایش رشد رویشی و شاخه دهی گیاهان می‌شود که به دنبال آن برگ بیشتری در گیاه تولید شده و سطح فتوسنتز کننده افزایش‌یافته و درنتیجه فرآیند فتوسنتز و ماده سازی تحت تأثیر این تغییر قرار خواهد گرفت (۲۴). در یک آزمایش عباس زاده در سال ۱۳۸۴ مشخص نمود که کاربرد نیتروژن در افزایش تعداد ساقه‌های جانبی بادرنجبویه، مؤثر است (۱۸). همچنین زارع زاده و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن به‌صورت مصرف در خاک بر گیاه عروسک پشت پرده، ملاحظه کردند که با افزایش مقدار کود نیتروژن، ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد. از سوی دیگر بریمانی در سال ۱۳۷۵ نیز گزارش نمود که استفاده از کود نیتروژن موجب افزایش ارتفاع گیاه دارویی بادرشبو می‌گردد.

فسفر بعد از نیتروژن از عناصر غذایی ضروری و پرمصرف دیگری است که نقش مهمی در فرآیند تولید و انتقال انرژی دارد (۱۵). خصوصیات خاک از مهم‌ترین عوامل جذب این عنصر از خاک می‌باشد، در خاک‌های آهکی و قلیایی مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، فسفر قابل‌جذب برای گیاه ممکن است تحت تأثیر کربنات کلسیم و تبدیل به فسفات کلسیم، به شکل غیرقابل جذب برای گیاه تبدیل شود (۱۴) به همین دلیل دراین مناطق اغلب گیاهان با کمبود این عنصر مواجه می‌شوند و برای حل این مشکل مصرف کود فسفاته توصیه می‌شود.

فسفر همچنین جزئی از ساختار پروتئین‌های سلول به‌حساب می‌آید و به‌عنوان بخشی از پروتئین‌های هسته، غشای سلولی و اسیدهای نوکلئیکی نقش ویژه‌ای دارد. فسفر برای تشکیل دانه و توسعه ریشه نیز ضروری می‌باشد (۲۵). فسفات در تنظیم فتوسنتز و فعالیت گره‌ها نقش داشته و ازاین طریق موجب افزایش رشد و نمو گیاه می‌گردد (۲۱). دریک تحقیق یساری (۱۳۹۲) گزارش کرد که حداکثر عملکرد دانه در کاربرد فسفر در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار با بیشترین تعداد غلاف در بوته همراه

بوده است و در سطح مصرف فسفر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار حداکثر تعداد دانه در غلاف، بیشترین تعداد شاخه فرعی، حداکثر وزن صد دانه، بالاترین میزان عملکرد ماده خشک مشاهده گردید.

بعد از نیتروژن و فسفر عنصر مهم بعدی پتاسیم است که تقریباً در تمام فرآیندهای متابولیسمی گیاه نقش دارد. پتاسیم که به‌صورت یون و با صرف انرژی از خاک جذب می‌شود وظایف برقراری پتانسیل اسمزی، فعال کردن آنزیم‌ها (به‌عنوان کوآنزیم)، تثبیت pH، سنتز پروتئین، حرکات روزنه‌ای، انبساط سلولی، فتوسنتز و تعادل آنیونی را در گیاه به عهده دارد. قسمت اعظم پتاسیم موجود در گیاه به‌صورت ترکیبات معدنی در سیتوپلاسم واکوئل مشاهده می‌گردد و برعکس فسفر و نیتروژن در ترکیبات سلولی شرکت ندارد و عمده نقش آن در فعل‌وانفعالات گیاهی است (۲۷). در بررسی عزّالدین و همکاران در سال ۲۰۱۰ نقش پتاسیم در افزایش ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، وزن خشک و در عملکرد نهایی در زیره سیاه مشخص شد. در تحقیقی دیگر کاربرد پتاسیم به‌صورت محلول‌پاشی به‌طور معنی‌داری ارتفاع گیاه، وزن خشک‌ریشه، عملکرد کل، میزان نیتروژن و به دنبال آن پروتئین برگ گیاه خیار را افزایش داد (۳۲). بررسی‌های اهل و همکاران در سال ۲۰۰۹ نیز نشان داد که کاربرد پتاسیم- هیومات بیوماس کل و درصد اسانس را در پونه کوهی افزایش می‌دهد.

مجموعاً مدیریت کود یک عامل مهم در موفقیت کشت گیاهان دارویی است و براین اساس شناسایی کودهای سازگار با محیط مناسب برای گیاه می‌تواند اثرات مطلوبی بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه داشته باشد (۲). برای مثال دیده شد کاربرد کود NPK تعداد برگ، تعداد شاخه‌های فرعی، فاصله میان گره، وزن‌تر و خشک، وزن کل و عملکرد کل در گیاه خرزهره (*Nerium oleander* L.) را افزایش داد (۳۳). همچنین مصرف کود کامل شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، وزن خشک برگ و نیز عملکرد بیولوژیک گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*) نسبت به شاهد شد (۱۰). افزایش محتوی قندمحلول و کربوهیدرات‌ها در کاربرد کود NPK در گیاه سیاهدانه توسط خلید و شدید (۲۰۱۵) نیز گزارش شد. اُلید و همکاران در سال ۲۰۱۲، نشان دادند مصرف کود NPK باعث افزایش در میزان پروتئین کدوحلوایی شد. از این‌سو مطالعه سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی، مرفولوژیکی، محتوای اسانس و تجزیه رگرسیونی در گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) هدف اصلی از اجرای این تحقیق قرار داده شد.

مواد و روش

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور بجنورد در سال ۱۳۹۴ انجام شد. دراین مطالعه تأثیر محلول‌پاشی کود کامل بر گیاه دارویی مرزه به‌صورت طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار و در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. اعمال تیمارها (محلول‌پاشی) در دو مرحله یکی در زمان دوبرگی و دیگری به فاصله یک ماه بعدازاین مرحله انجام شد. تیمارها شامل عدم کاربرد کود (شاهد) و محلول‌پاشی با کود کامل براساس جدول ۱ بود. مقدار استفاده از هریک از ترکیبات تیماری به میزان ۳ گرم در لیتر بود.

کشت بذر به‌صورت دستی در تاریخ ۲۶ فروردین‌ماه ۱۳۹۴ انجام گرفت. پس از اتمام دوره‌ی رشدی مناسب، گیاهان کشت داده‌شده تحت شرایط مختلف تیماری، جهت سنجش‌های کمی برداشت شدند و اندازه‌گیری پارامترهای مربوطه و آزمایشات لازم انجام گرفت.

سنجش پارامترهای رشدی: وزن‌تر ریشه و بخش هوایی نمونه‌ها به کمک ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. عمل خشک‌کردن نمونه‌های گیاهی در آون ۷۰ درجه‌ی سانتی

گراد به مدت ۴۸ ساعت انجام گرفت و وزن خشک‌ریشه و بخش هوایی نمونه‌ها برحسب گرم با ترازوی حساس به دست آمد. ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی و تعداد برگ نیز در این مرحله شمارش و محاسبه گردید.

سنجش کلروفیل های *a*، *b* کاروتنوئید: رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل های *a* و *b* و کاروتنوئیدها مورد سنجش قرارگرفت. به این منظور از روش لیچ تن تالر (۱۹۹۴) استفاده شد.

سنجش آنتوسیانین: جهت سنجش آنتوسیانین از روش وانگر (۱۹۷۹) استفاده گردید (۶۸). به این ترتیب که عصاره‌های متانولی به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرارداده شدند. سپس سانتریفیوژ شده و به محلول رویی جداشده جهت حذف کلروفیل‌های باقی‌مانده، اتر اضافه گردید، از محلول زیری برای سنجش آنتوسیانین استفاده شد و مقدار جذب آن در طول‌موج ۵۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد (۶۶).

سنجش مقدار قندهای محلول: مقدار قندهای احیاء کننده بااستفاده از روش سوموگی اندازه‌گیری شد (۶۲). ابتدا به عصاره‌های برگی، محلول سولفات مس اضافه شد و در درجه حرارت ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند، سپس به نمونه‌ها محلول اسید فسفومولیبدیک اضافه گردید و پس از پخش یکسان رنگ آبی پدید آمده در لوله‌ها، جذب در طول‌موج ۶۰۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر خوانده و غلظت قندهای احیاکننده بااستفاده از منحنی استاندارد گلوکز برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر محاسبه شد.

سنجش پروتئین محلول: اندازه‌گیری پروتئین محلول بااستفاده از روش براد فورد صورت گرفت. برای استخراج پروتئین از بافر فسفات پتاسیم استفاده شد، عصاره‌های به‌دست‌آمده سانتریفیوژ شده و از شناورها برای سنجش پروتئین محلول استفاده گردید. به‌این‌ترتیب که به عصاره‌ی پروتئینی معرف برادفورد اضافه و بعد از ۵ دقیقه میزان جذب آنها در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد و میزان غلظت پروتئین برحسب $mg\ g^{-1}\ F.W$ محاسبه شد (۳۶).

سنجش میزان اسانس: اسانس موجود در برگ‌های گیاه مرزه با روش تقطیر با آب و استفاده از دستگاه کلونجر استخراج شد، به‌این‌ترتیب که از سرشاخه‌های گیاهان از هر تیمار به‌طور جداگانه برداشت و در شرایط سایه‌خشک گردید. سپس مقدار ۱۰۰ گرم از سرشاخه‌های گیاه مرزه خشک‌شده پس از آسیاب و مخلوط شدن با آب در دستگاه کلونجر قرارگرفت، پس از گذشت حدود ۳ تا ۴ ساعت جوشاندن، اسانس به‌صورت یک‌لایه زرد رنگ مجزا روی آب تشکیل گردید که پس از جداسازی، توسط سرنگ به شیشه‌های مخصوص منتقل شد، اسانس به دست آمده بااستفاده از سولفات سدیم بدون آب رطوبت‌زدایی و سپس اندازه‌گیری شد.

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های به‌دست‌آمده و بررسی مدل‌های رگرسیون گام‌به‌گام از نرم‌افزارهای آماری SAS 9.1 استفاده شد. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون مقایسه میانگین چند داده‌ای دانکن صورت پذیرفت.

نتایج

اثرات ترکیبات کودی بر وزن‌تر و خشک ساقه و ریشه: نتایج نشان داد هر سه ترکیب تیماری از کود NPK بر صفات وزن‌تر، خشک ساقه و ریشه در گیاهان مرزه معنی‌دار شد (جدول ۲). به‌این‌ترتیب که تأثیر تیمارهای کودی بر وزن خشک ساقه در سطح ۵ درصد و بر وزن خشک‌ریشه و وزن‌تر ساقه و ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. داده‌ها همچنین نشان داد که ترکیب کود کامل ۳۶-۱۲-۱۲ بیشترین تأثیر را در افزایش وزن‌تر و خشک ساقه و ریشه در گیاهان مرزه تحت تیمار داشته است. تیمار کود کامل ۳۶-۱۲-۱۲ با ۱/۲۶ گرم و تیمار کود کامل ۱۰-۵۰-۱۰ با ۱/۲۴ گرم به ترتیب بیشترین وزن خشک

ساقه را به خود اختصاص دادند، تیمار کود ۲۰-۲۰-۲۰ و نمونه شاهد نیز کمترین مقدار وزن خشک ساقه را تشکیل دادند. تیمار کود کامل ۳۶-۱۲-۱۲ با ۶/۹۰۰ گرم بیشترین و نمونه شاهد با ۵/۴۰۰ گرم کمترین میزان وزن‌تر ساقه را به خود اختصاص دادند (شکل۱). در مورد وزن خشک‌ریشه تیمار کود کامل ۳۶-۱۲-۱۲ با ۰/۳۱۸ گرم بیشترین و تیمار کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ و شاهد کمترین میزان وزن خشک‌ریشه را نشان دادند. وزن‌تر ریشه نیز در تیمار کود کامل ۳۶-۱۲-۱۲ با ۵/۸۵ گرم بیشترین این مقدار را نسبت به سایر گروه‌های تیماری از خود نشان داد (شکل ۲).

جدول ۱- مقادیر تیمارهای کود کامل بر اساس درصد عناصر نیتروژن، فسفر و پتاس

تیمار کودی	درصد نیتروژن(N)	درصد فسفات(P_2O_5)	درصد پتاس(K_2O)
کود ۲۰-۲۰-۲۰	٪۲۰	٪۲۰	٪۲۰
کود ۱۰-۵۰-۱۰	٪۱۰	٪۵۰	٪۱۰
کود ۳۶-۱۲-۱۲	٪۱۲	٪۱۲	٪۳۶

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در گیاهان مرزه تحت تیمار

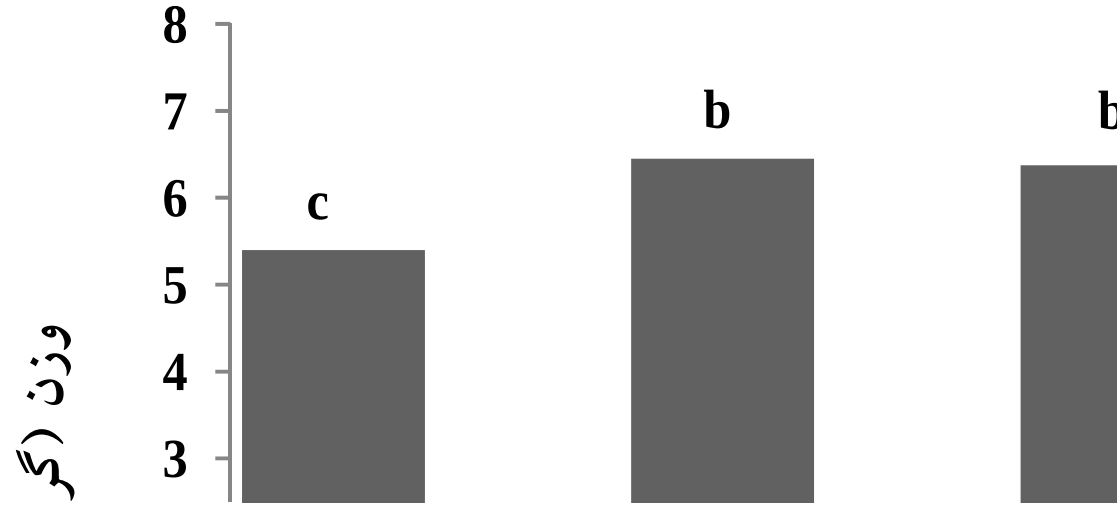
		میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک ساقه	وزن‌تر ساقه	وزن خشک ریشه	وزن‌تر ریشه	ارتفاع بوته	تعداد شاخه‌های جانبی	تعداد برگ
تکرار	۲	۰/۰۲۹	۰/۲۳	۰/۰۰۰۷	۰/۰۷۴	۱۰/۹۳	۴/۲۱	۲۱۷۶
کود	۳	۰/۱۵*	۱/۵۹**	۰/۰۴۱**	۴/۲۹**	۳۵۱/۷۶**	۱۰۰/۶۲**	۳۰۰۱۹**
خطا	۶	۰/۰۲۴	۰/۰۹۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۹۵	۱۳/۴۳	۷/۸۱	۱۰۲۳
ضریب تغییرات (درصد)		٪۱۴/۳	٪۴/۸۵	٪۱۰/۵	٪۶/۸	٪۱۰/۲	٪۱۵/۳۹	٪۱۰/۶

**، * و ns بترتیب شامل معنی‌داری در سطح ۱٪، معنی‌داری در سطح ۵٪ و عدم معنی‌داری

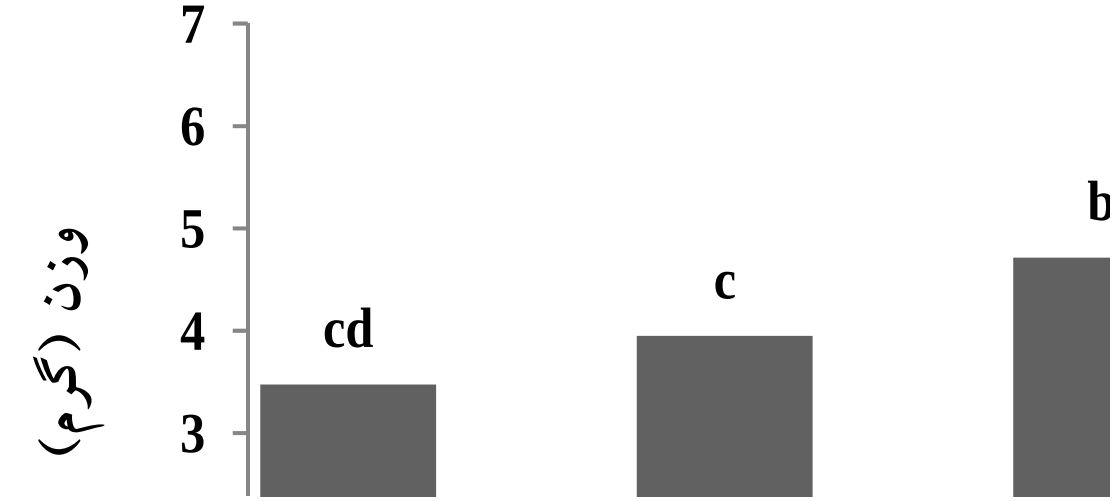
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در گیاهان مرزه تحت تیمار

		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	آنتوسیانین	قند محلول	پروتئین	مقدار اسانس
تکرار	۳	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۸۹	۴۸/۱۵۶	۹/۲۶	۰/۰۰۴
کود	۳	۰/۰۰۰۹**	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۱۹ **	۳/۵۳**	۴۸۰/۷۹**	۳۱/۲۴**	۰/۳۰۵**
خطا	۹	۰/۰۰۰۰۳۶	۰/۰۰۰۲۸	۰/۰۰۰۰۶۴	۰/۰۱۵	۷/۵۳۸	۱/۴۴۱	۰/۰۱۱
ضریب تغییرات (درصد)		٪ ۴/۳	٪ ۷/۰۶	٪۱/۶۹	٪۰/۳۳	٪۵/۴۵	٪۴/۸۷	٪ ۴/۱۱

**، * و ns بترتیب شامل معنی‌داری در سطح ۱٪، معنی‌داری در سطح ۵٪ و عدم معنی‌داری



شکل ۱- میزان وزن‌تر و خشک ساقه گیاه مرزه در شرایط کودی مختلف (بدون کود، کود کامل با نسبت‌های ۲۰-۲۰-۲۰، ۱۰-۵۰-۱۰ و ۳۶-۱۲-۱۲)، میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.



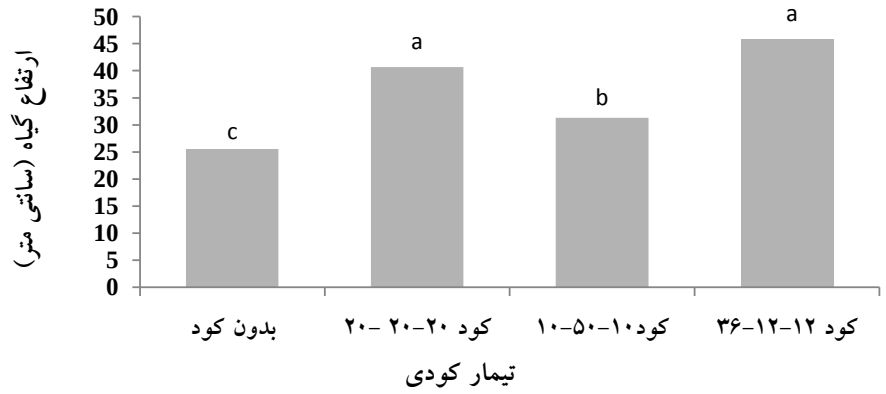
شکل ۲- میزان وزن‌ترو خشک ریشه گیاه مرزه در شرایط کودی مختلف (بدون کود، کود کامل با نسبت‌های ۲۰-۲۰-۲۰، ۱۰-۵۰-۱۰ و ۳۶-۱۲-۱۲)، میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند

اثرات ترکیبات کودی بر ارتفاع گیاه: نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد هر سه ترکیب تیماری از عناصر غذایی بر ارتفاع گیاهان مرزه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین نشان داد که بترتیب تیمار کود کامل ۳۶-۱۲-۱۲ با ۴۵/۸ سانتی‌متر و تیمار کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ با ۴۰/۶۹ سانتی‌متر بیشترین و نمونه شاهد با ۲۵/۵۳ سانتی‌متر کمترین میزان مربوط به ارتفاع را در گیاهان مرزه تحت تیمار به خود اختصاص دادند (شکل ۳).

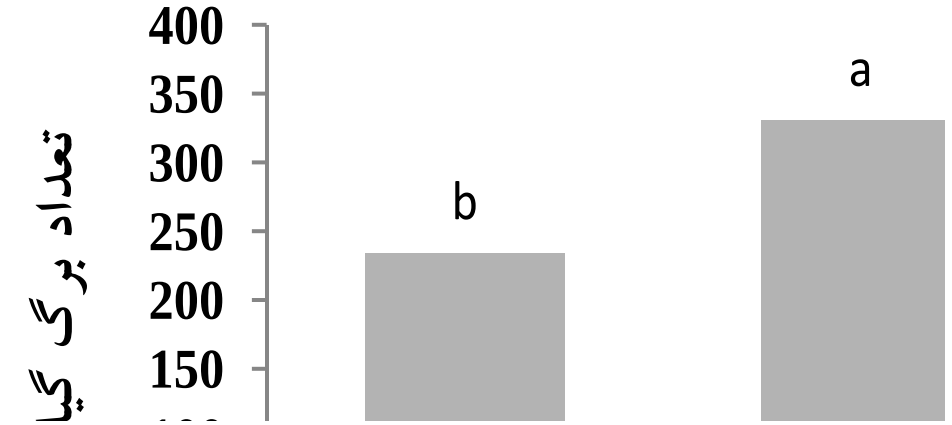
اثرات ترکیبات کودی بر تعداد برگ و شاخه‌های جانبی: بررسی‌ها و جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد هر سه گروه تیماری از عناصر غذایی بر صفت تعداد برگ و شاخه‌های جانبی گیاهان مرزه اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد گذاشتند (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین نشان داد که بترتیب تیمار کود کامل ۳۶-۱۲-۱۲ با ۳۳۸ عدد

برگ و تیمار کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ با ۳۳۱ عدد برگ بیشترین و نمونه شاهد با ۲۳۴ عدد برگ کمترین تعداد برگ را نشان دادند (شکل ۴). در مورد تعداد شاخه‌های جانبی نیز تیمار کود کامل ۳۶-۱۲-۱۲ با ۲۵/۵ شاخه بیشترین و نمونه شاهد با ۱۰/۸ شاخه جانبی کمترین میزان تعداد شاخه‌های جانبی را به خود اختصاص دادند (شکل ۵).

اثرات تیمارهای کودی بر محتوای کلروفیل *a* ، کلروفیل *b* و کاروتنوئید: نتایج بدست آمده نشان داد که تمام گروه‌های تیماری بر صفت کلروفیل *a* و کارتنوئیدها در سطح ۱ درصد به‌طور معنی‌داری تأثیرگذار بود (جدول ۳). جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای کودی مختلف بر کلروفیل *b* معنی‌دار نشد. میانگین داده‌ها هم مشخص کرد که هر سه گروه رنگیزه های فتوسنتزی در تیمار کود کامل ۲۰-۲۰- ۲۰ بیشترین میزان از کلروفیل *a, b* و کارتنوئیدها را به خود اختصاص دادند (شکل ۶).

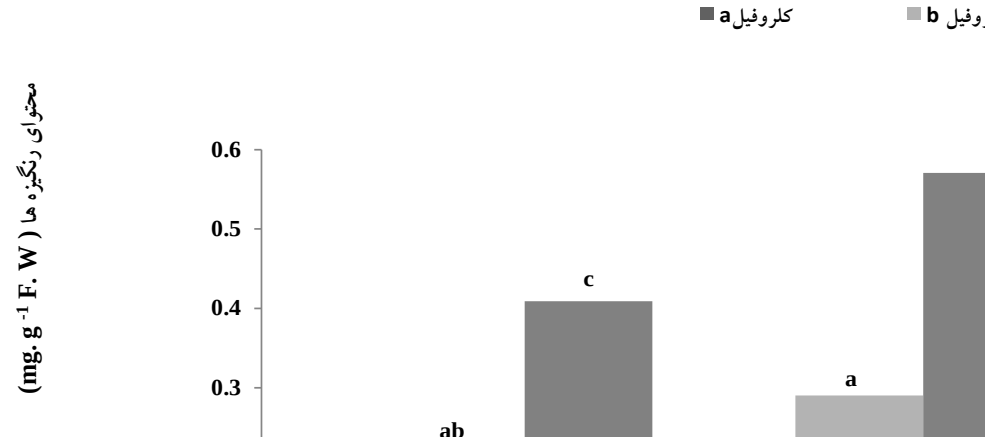


شکل ۳- اثرات تیمارهای کودی مختلف (بدون کود، کود کامل با نسبت‌های ۲۰-۲۰-۲۰، ۱۰-۵۰-۱۰ و ۳۶-۱۲-۱۲) بر ارتفاع گیاه مرزه، میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ۴- اثرات تیمارهای کودی مختلف (بدون کود، کود کامل با نسبت‌های ۲۰-۲۰-۲۰، ۱۰-۵۰-۱۰ و ۳۶-۱۲-۱۲) بر تعداد برگ در گیاه مرزه، میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

شکل ۵- اثرات تیمارهای کودی مختلف (بدون کود، کود کامل با نسبت‌های ۲۰-۲۰-۲۰، ۱۰-۵۰-۱۰ و ۳۶-۱۲-۱۲) بر تعداد شاخه جانبی، میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ۶- اثرات تیماری کودهای مختلف (بدون کود، کود کامل با نسبت‌های ۲۰-۲۰-۲۰، ۱۰-۵۰-۱۰ و ۳۶-۱۲-۱۲) بر محتوای کلروفیل *a, b* و کاروتنوئید، میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

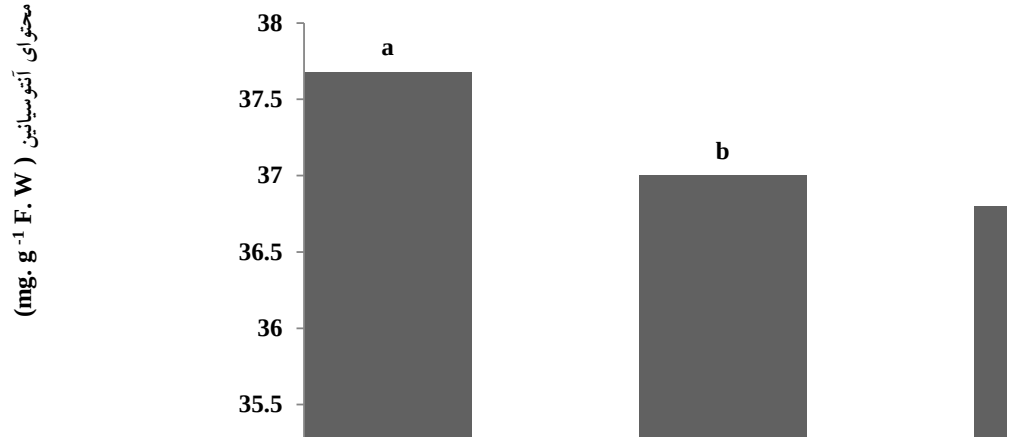
اثرات ترکیبات کودی بر محتوای آنتوسیانین برگ: جدول واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ترکیبات تیماری که شامل کودهای کامل می‌باشند بر میزان آنتوسیانین برگ‌های گیاه مرزه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). به‌این‌ترتیب نمونه شاهد با ۳۷/۶۸ mg g^{-1} F.W بیشترین و تیمار کود کامل ۳۶-۱۲-۱۲ با .F.W mg g^{-1} ۳۵/۴۴ کمترین میزان آنتوسیانین برگی را نشان دادند (شکل ۷).

اثرات ترکیبات کودی بر محتوای قند محلول: همانگونه که جدول واریانس داده‌ها نشان می‌دهد اثر ترکیبات تیماری که شامل کودهای کامل می‌باشند بر میزان قند محلول برگ‌های گیاه مرزه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). به‌این‌ترتیب تیمار کود کامل ۳۶-۱۲-۱۲ با mg g^{-1} F.W ۶۷/۰۴ بیشترین میزان و نمونه شاهد با mg g^{-1} F.W ۳۷/۲۱ کمترین میزان قند محلول برگی را نشان دادند (شکل۸).

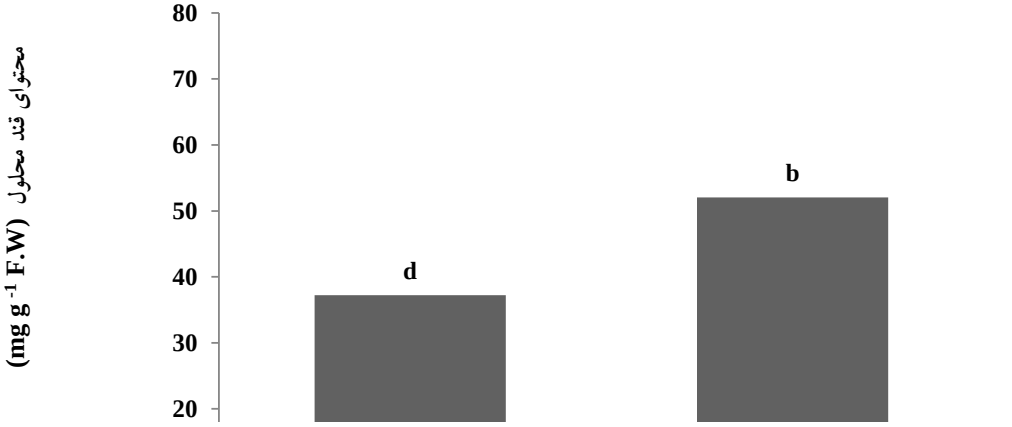
اثرات ترکیبات کودی بر محتوای پروتئین محلول: بررسی‌ها و جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد هر سه ترکیب تیماری از عناصر غذایی بر میزان پروتئین محلول

اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد گذاشتند (جدول۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بترتیب تیمار کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ با ۲۸/۷۸ $mg\ g^{-1}$ F.W بیشترین و نمونه شاهد با ۲۱/۲۳ $mg\ g^{-1}$ F.W کمترین مقدار پروتئین محلول را به خود اختصاص دادند (شکل ۹).

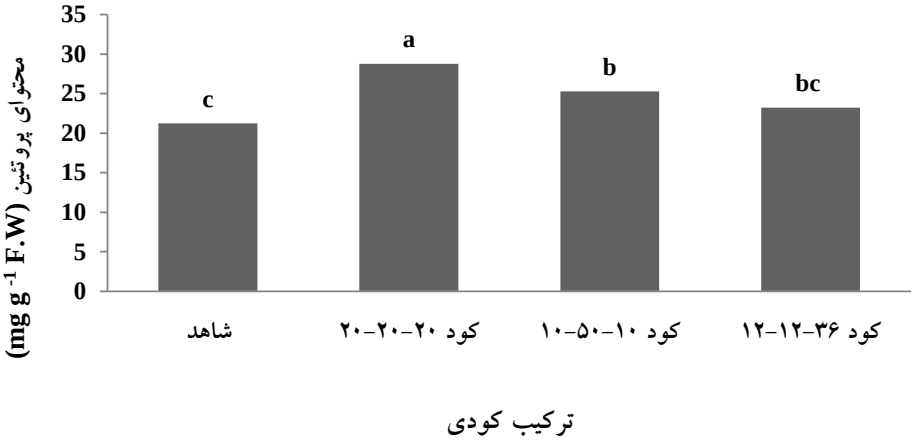
اثرات ترکیبات کودی بر میزان اسانس: دراین آزمایش میزان اسانس به دست آمده از گروه‌های تیماری و اندازه‌گیری مقادیر آن نشان داد که محلول‌پاشی با کود NPK محتوای اسانس را در گیاهان مرزه افزایش داد (شکل ۱۰ و جدول ۳). کمترین میزان اسانس مربوط به نمونه شاهد و بیشترین میزان آن مربوط به تیمار کود با نسبت ۳۶-۱۲-۱۲ بود (شکل ۱۰).



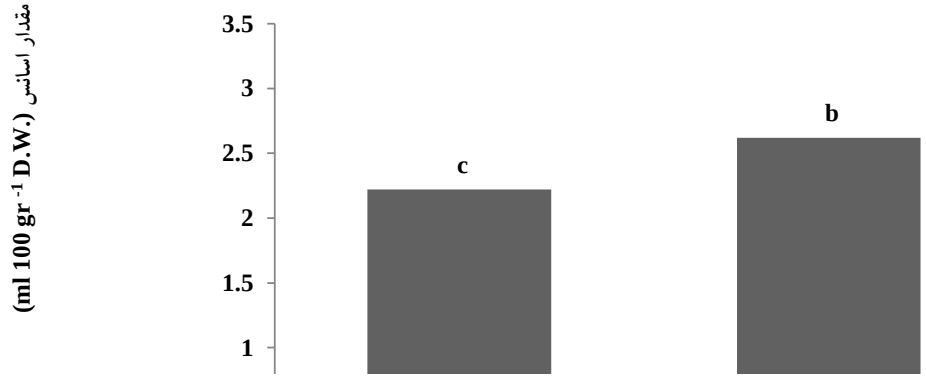
شکل۷ – مقادیر آنتوسیانین در سطوح مختلف کودی (بدون کود، کود کامل با نسبت‌های ۲۰-۲۰-۲۰، ۱۰-۵۰-۱۰ و ۳۶-۱۲-۱۲)، میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل۸ – مقادیر قند محلول در سطوح مختلف کودی (بدون کود، کود کامل با نسبت‌های ۲۰-۲۰-۲۰، ۱۰-۵۰-۱۰ و ۳۶-۱۲-۱۲)، میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند



شکل۹ – مقادیر پروتئین محلول در سطوح مختلف کودی (بدون کود، کود کامل با نسبت‌های ۲۰-۲۰-۲۰، ۱۰-۵۰-۱۰ و ۳۶-۱۲-۱۲)، میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل۱۰– میزان اسانس در سطوح مختلف کودی (بدون کود، کود کامل با نسبت ۲۰-۲۰-۲۰، ۱۰-۵۰-۱۰ و ۳۶-۱۲-۱۲)، میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۴ – مراحل رگرسیون گام‌به‌گام برای وزن خشک ساقه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل

ضریب تبیین	میانگین تغییرات	درجه آزادی	مدل	
	0/160**	1	رگرسیون	1
۰/۷۹	0/003	5	باقی‌مانده	
۰/۸۲	0/088**	2	رگرسیون	2
	0/00۴	4	باقی‌مانده	
۰/۸۵	0/059**	3	رگرسیون	3
	0/00۰۱۸	3	باقی‌مانده	

جدول ۵ - مراحل رگرسیون گام‌به‌گام برای وزن خشک ساقه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل

ضرایب استانداردشده	ضرایب غیراستاندارد		مدل
	خطای استاندارد	ضریب B	
	۰/۵۱	۰/۷۵۶	ضریب ثابت
۰/۹۵۴	۰/۲۳۶	۱/۶۸۴	کلروفیل *a*
	۰/۶۵	۱/۴۶۷	ضریب ثابت
۱/۷۱۶	۰/۱۲۹	۳/۰۲۹	کلروفیل *a*
۰/۸۱۷	۰/۱۸۳	۲/۰۴۳	تعداد برگ
	۰/۰۰۲	۱/۵۱۹	ضریب ثابت
۱/۷۳۲	۰/۰۰۰۳	۳/۰۵۸	کلروفیل *a*
۰/۴۷۹	۰/۰۰۰۵	۱/۱۹۶	تعداد برگ
۰/۳۵۷	۰/۰۰۱۱	۱/۸۹۱	ارتفاع

بحث و نتیجه‌گیری

اثرات ترکیبات کودی بر وزن‌تر و خشک ساقه و ریشه: تأثیر کاربرد کود NPK بر وزن‌تر و خشک‌ریشه و ساقه در بسیاری از پژوهش‌ها گزارش‌شده است (۴۸، ۴۹، ۵۱ و ۵۹). نتایج پژوهش حاضر نیز تفاوت معنی‌داری را بین نمونه شاهد و نمونه‌های محلول‌پاشی با کود کامل در مورد صفات وزن‌تر و خشک‌ریشه و ساقه نشان داد (جدول ۲). محلول‌پاشی با کود کامل باعث افزایش تعداد برگ و افزایش تعداد شاخه جانبی، در پژوهش حاضر گردید و احتمال شانس دریافت نور خورشید و به دنبال آن فتوسنتز بیشتر را در گیاهان مورد تیمار افزایش داد و درنهایت سبب شکل‌گیری و تولید بیوماس، وزن‌تر و خشک‌ریشه و ساقه بیشتری نسبت به نمونه شاهد شد (جدول ۲ و شکل‌های ۱ و ۲).

دراین تحقیق کود کامل با نسبت ۳۶-۱۲-۱۲ که حاوی درصد پتاسیم بیشتری بود، توانست برتری خود را در صفت‌های وزن‌تر و خشک‌ریشه و ساقه نسبت به سایر ترکیب‌های تیماری نشان دهد (شکل‌های ۱ و ۲). گزارشات موسوی فضل و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان داد که مصرف کود پتاسیم باعث افزایش وزن خشک‌ریشه، ساقه و برگ در ارقام سورگوم علوفه ای شد. همچنین رحیمی و صلاحی زاده در سال ۲۰۱۵ گزارش کردند مصرف کود سولفات پتاسیم در گیاه لوبیا باعث افزایش وزن‌تر ساقه شد. باتوجه به آن که فسفر به‌عنوان فاکتور مهم در رشد ریشه شناخته‌شده است ولی پتاسیم اثر بیشتری بروی شکل‌گیری و رشد ریشه دارد (۴۶). در گزارشی دیگر حبیب و همکاران (۲۰۱۱) عنوان کردند که اسپری پاشی و محلول‌پاشی نیترات پتاسیم به میزان ۱٪ تا ۲٪ بر روی برگ‌ها به‌طور معنی‌داری طول گیاه، وزن خشک و تر را در سیب‌زمینی افزایش داد.

اثرات ترکیبات کودی بر ارتفاع گیاه: نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مصرف کود NPK باعث افزایش ارتفاع در گیاهان تحت تیمار شد (جدول ۲). مکی زاده و همکاران (۱۳۹۱)، دلوار حسین و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند زمانی که گیاه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف از کودهای کامل قرار می‌گیرد صفات ارتفاع بوته در آن‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که مطابق با نتایج این پژوهش بود.

در این پژوهش تیمار غذایی با پتاسیم بالا (کود کامل ۳۶-۱۲-۱۲) بیشترین تأثیر را بر روی صفت ارتفاع داشت (شکل ۳). با افزایش پتاسیم و اهمیت این عنصر غذایی بروی باز و بسته کردن روزنه، تثبیت CO_2 بهبود می‌یابد و

این موضوع باعث افزایش میزان فتوسنتز و درنهایت افزایش تولید کربوهیدرات در گیاه می‌گردد و در مجموع، این سبب رشد بهتر و افزایش هرچه بیشتر ارتفاع گیاه می‌گردد. در آزمایشی ملاشاهی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که بیشترین ارتفاع در آفتابگردان (۱۴۲/۹۱ سانتی‌متر) از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسه حاصل شد. همچنین پتاسیم از طریق فعال کردن آنزیم‌های مؤثر در رشد و درنهایت افزایش تقسیم سلول‌های مریستمی و همچنین حفظ تورژسانس سلول‌های مریستمی، افزایش رشد رویشی، اندازه و ارتفاع را در گیاهان موجب می‌شود (۴۱).

اثرات ترکیبات کودی بر تعداد برگ و شاخه‌های جانبی: نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف همزمان عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم باعث افزایش تعداد برگ‌ها و شاخه دهی در گیاهان مرزه نسبت به نمونه شاهد شد (جدول ۲). باتوجه به مشاهدات رضوانی مقدم و همکاران (۱۳۸۸)، کود NPK اثر معنی‌داری در افزایش ارتفاع، تعداد شاخه‌های جانبی و درصد برگ و ساقه در مرزه داشت. آن‌ها نتیجه گرفتند که کاربرد کودهای آلی مناسب می‌تواند در افزایش بهبود خصوصیات کمی و کیفی مرزه مؤثر باشد. در تحقیقی دیگر کاربرد کود کامل شیمیایی باعث افزایش ارتفاع، گل‌آذین، تعداد شاخه جانبی و تعداد گل در گل‌آذین در گیاه گاوزبان اروپایی شد (۲۸).

نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که ترکیب کود کامل با درصد پتاسیم بالا (۳۶-۱۲-۱۲) بیشترین تأثیر را بروی تعداد برگ و شاخه جانبی مرزه داشت (شکل‌های ۴ و ۵). پس شاید این‌گونه استنباط شود که نقش عنصر پتاسیم در شکل‌گیری و تولید تعداد برگ و شاخه جانبی گیاهان تحت تیمار پررنگ‌تر بود. پتاسیم به‌نوعی از طریق تأثیرگذاری بروی پروسه رشد و نمو باعث افزایش تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی گیاهان تحت تیمار ترکیب کودی (۳۶-۱۲-۱۲) شد. در سال ۲۰۰۶ تالوس و همکارانش گزارش کردند که کاربرد محلول‌پاشی کود پتاسیم باعث افزایش سطح و تعداد برگ و شاخه جانبی در ماش گردید. از سوی دیگر ساده‌وندی و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش کردند که در گیاه گلرنگ بیشترین تعداد شاخه در بوته، در تیمار پتاسیم ۷۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، و بیشترین تعداد شاخه جانبی در بوته و عملکرد بیولوژیک نیز در تیمار پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد.

اثرات تیمارهای کودی بر محتوای کلروفیل *a* ، کلروفیل *b* و کاروتنوئید: در کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کاروتنوئیدهای گیاهان سبز است که قسمت عمده‌ای از فرآیند بیوسنتز فتوسنتز رخ می‌دهد. آنها در فرایند جذب نور و تبدیل آن به انرژی شیمیایی شرکت می‌کنند که درنهایت با تولید مولکول‌های پرانرژی ATP و NADPH باعث سنتز و تولید ترکیبات آلی از ترکیبات ساده طی واکنش فتوسنتز می‌گردند. مطالعات زیادی نشان داده است که کاربرد کودهای NPK و خصوصاً نیتروژن باعث افزایش محتوای کلروفیل در گیاهان می‌گردد (۶۱). نتایج در گیاه گاوزبان اروپایی نیز نشان داد که، کاربرد کود کامل شیمیایی نسبت به نمونه شاهد باعث افزایش کلروفیل*a*، کلروفیل کل و کاروتنوئید گردید (۲۸).

مطابق نتایج این تحقیق مشخص شد که هر سه عنصر ازت، فسفر و پتاسیم در افزایش تولید رنگیزه‌های فتوسنتزی تأثیر گذاشت و ترکیب کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ که به نسبت مساوی و متعادل از هر سه عنصر بهره می‌گیرد پررنگ‌ترین اثر را در محتوای کلروفیل *a*، کلروفیل*b* و کاروتنوئید برجای گذاشت (شکل ۶).

نیتروژن به‌طور مستقیم در ارتباط با سنتز آمینواسیدها، کربوهیدرات‌ها، مولکول‌های کلروفیل و کاروتنوئیدها است و نقش تعیین‌کننده‌ای در نمو و توسعه گیاهان دارد (۶۷). مطالعات زیادی نشان داده است که غلظت کلروفیل برگ همبستگی مثبت و قوی با غلظت نیتروژن برگ دارد (۵۸).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که شاید نیتروژن مؤثرترین عنصر موجود در کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ بوده است که توانسته، باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل و کاروتنوئید شود. در یک گزارش دیگر همچنین یوسف‌پور و همکاران (۱۳۹۳) بیان کردند که نیتروژن موجب افزایش معنی‌دار کلروفیل *a*، کاروتنوئید و مجموع رنگدانه ها شد.

فسفر نیز به نوبه خود در افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی مؤثر و کارآمد است چرا که کمبود فسفر ممکن است سبب محدودیت رشد ریشه شده و توانایی جذب نیتروژن از خاک را کاهش دهد (۴۱). تأثیر پتاسیم نیز در شکل‌گیری و تولید محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی توسط محققان دیگر نیز گزارش‌شده است (۵۵ و ۷۰).

اثرات ترکیبات کودی بر محتوای آنتوسیانین برگ: نتایج آزمایش حاضر نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ترکیب‌های تیماری و نمونه شاهد، در این صفت مشاهده شد و تیمار شاهد بیشترین میزان آنتوسیانین برگی را به خود اختصاص داد (جدول ۳ و شکل ۷). امروزه برای نقش آنتوسیانین‌ها در گیاهان تئوری‌های زیادی وجود دارد ازجمله اینکه وقتی گیاهان تحت تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند، ساختار برگی به‌هم‌ریخته به دنبال آن برگ‌ها کلروفیل خود را از دست می‌دهند و نور خورشید برای آن‌ها مضر می‌شود، در این شرایط آنتوسیانین‌ها هستند که‌برگ‌ها را از نور خورشید محافظت می‌کنند (۴۴). در تحقیق حاضر شاید اینگونه به نظر برسد که در تیمارهای کود کامل، شرایط بهینه و ایده آل‌تری نسبت به شرایط عدم مصرف کود (شاهد) برای گیاه ایجادشده است و به دنبال آن سنتز رنگدانه‌های آنتوسیانین کاهش معنی‌داری یافته است. تجمع آنتوسیانین بیشتر در شرایط کمبود نیتروژن برای گیاهان گزارش شده است که دراین شرایط کربوهیدرات‌هایی که باید برای متابولیسم نیتروژن بکار برده شوند، برای سنتز پیگمان‌های آنتوسیانین استفاده می‌شوند (۶۳).

افزایش آنتوسیانین در برگ همراه با کاهش نرخ فتوسنتز، زمانی که گیاه جوان است یا اینکه گیاه تحت تنش قرار می‌گیرد، رخ می‌دهد (۳۷) و کمبود عناصر غذایی که خود به‌نوعی تنش غیرزنده محسوب می‌گردد، باعث کاهش رشد و نمو و کاهش نرخ فتوسنتز می‌شود (۵۶). در پژوهش حاضر در تیمارهای محلول‌پاشی با کود کامل، به‌واسطه ایجاد شرایط بهینه، بیشتر انرژی جاری گیاه در جهت رشد، توسعه و افزایش عملکرد گیاهان تحت تیمار خرج شد، لذا بیوسنتز و تولید آنتوسیانین در گیاهان با کاربرد کود کامل کمتر بود.

اثرات ترکیبات کودی بر محتوای قند محلول: در بررسی این صفت نقش پتاسیم در ساخت و شکل‌گیری قندمحلول، پررنگ‌تر از نقش نیتروژن و فسفر بود (شکل ۸). به‌طورکلی می‌توان گفت همواره بین سنتز نشاسته و قند و مقدار پتاسیم رابطه مثبتی وجود دارد. پتاسیم در پروسه باز و بسته کردن روزنه‌ها و چگونگی مصرف بهینه‌ی گازکربنیک و تولید و انتقال هرچه بیشتر کربوهیدرات‌ها نقش اساسی دارد. پتاسیم همچنین به‌عنوان فعال‌کننده بسیاری از آنزیم‌هاست، آنزیم‌هایی که در واکنش‌های متابولیسمی مربوط به کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه، اسیدفولیک و بسیاری از پروسه‌های رشد و نمو به‌عنوان کاتالیزور عمل می‌نمایند (۶۵). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر این عنصر غذایی بر فعالیت آنزیم‌های مؤثر در رشد و نمو، منجر به افزایش پروسه رشد و تشکیل شاخه جانبی و تعداد برگ بیشتر و نهایتاً افزایش سطح فتوسنتز کننده در ترکیب کودی ۳۶-۱۲-۱۲ گردید که به دنبال افزایش سطح فتوسنتز کننده افزایش فتوسنتز و تولید قند بیشتر را به همراه داشت. پتاسیم درحرکت قند در گیاه (پمپ پتاسیم) نیز دخالت دارد و در سلول وظیفه تخلیه قند را انجام می‌دهد. پتاسیم همچنین اسیدهای تولیدشده در زمان متابولیسم کربوهیدرات‌ها را خنثی می‌کند (۴۱). در تحقیقی مشابه

افزایش مقدار قندمحلول در مصرف کود پتاسیم در گیاه کاهو (۳۵) و بادام‌زمینی (۷۱) نیز گزارش شد.

اثرات ترکیبات کودی بر محتوای پروتئین محلول: یکی از مهمترین ترکیبات درون‌سلولی اسیدهای آمینه و پروتئین‌های سلولی هستند که نقش‌های اساسی در زمینهٔ ساختاری و آنزیمی در سلول بازی می‌کنند، از اینرو عوامل یا ترکیباتی که بتوانند روی میزان سنتز این مولکول‌ها مؤثر باشند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (۴). خمدی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که کاربرد بقایای گیاهی و سطوح کود کامل باعث افزایش درصد پروتئین در گندم شد (۶). همچنین اُلید و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند میزان پروتئین کدو حلوایی تحت تأثیر مصرف کود NPK قرارگرفت. کود کامل برای ساخت پروتئین، رشد رویشی و همچنین ساخت ترکیبات شیمیایی نظیر هورمون‌ها بمنظور اجرای فعالیت‌های متابولیسمی گیاه موردنیاز است. بنابراین چنانچه این عناصر به‌اندازه موردنیاز، در اختیار گیاهان قرار نگیرد اختلالاتی در مسیرهای متابولیسمی و هورمونی گیاه بوجود خواهد آمد. دراین بررسی، نقش هر سه عنصر غذایی (کود ۲۰-۲۰-۲۰) در سنتز پروتئین‌ها به یک میزان دخیل بود. به‌این‌ترتیب که نیتروژن به‌عنوان یکی از عناصر موجود دراین ترکیب کودی نقش اساسی در ساختار سلول گیاهی به‌عنوان عنصر اصلی تشکیل‌دهنده در ساختمان پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، کوآنزیم‌ها و مولکول کلروفیل دارد (۴۱). فسفر و پتاسیم نیز به‌عنوان فعال‌کننده‌ی آنزیم‌های مسیر بیوسنتزی پروتئین‌ها عمل کرده و با افزایش فعالیت آنزیم‌ها و تحریکات هورمونی پروسه پروتئین‌سازی را تشدید می‌کند (۴).

اثرات ترکیبات کودی بر میزان اسانس: اگرچه تولید اسانس گیاهی تحت تأثیر فرایندهای ژنتیکی می‌باشد ولی سنتز آنها به‌طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (۸). عوامل محیطی مختلفی چون آب‌وهوای رویشگاه، ارتفاع منطقه و نوع خاک، تراکم و ترکیب گونه‌ای جمعیت گیاهی، تاریخ کشت، میزان و نوع تغذیه معدنی، نحوه جمع‌آوری و طریقه خشک‌کردن مواد گیاهی، و روش اسانس‌گیری بر کیفیت و کمیت اسانس‌ها اثر دارند (۱۶). دراین آزمایش نیز مشخص شد که محلول‌پاشی ترکیبات کودی باعث افزایش میزان اسانس خواهد شد، به‌طور حتم این محلول‌پاشی با تأثیر مثبتی که بر فرآیند ماده سازی و فتوسنتز دارد در جهت تأمین اسکلت کربنی و سوبسترای مورد نیاز برای بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه فعالیت کرده و به طبع افزایش میزان اسانس و ترکیبات تشکیل‌دهنده آن در مقایسه با نمونه شاهد را در پی خواهد داشت (۳۹و ۴۳). محصولی و هنرور (۱۳۹۴) گزارش کردند کاربرد کود کامل نسبت به نمونه شاهد باعث افزایش درصد اسانس در گیاه دارویی سرخارگل شد. علی‌پور منصورخانی و همکاران (۱۳۹۱) نیز بیان کردند افزایش میزان کود NPK در گیاه ریحان به دلیل افزایش بیوماس در واحد سطح، منجر به افزایش میزان اسانس، در مترمربع شد. اما افزایش درصد اسانس در گروه تیماری با نسبت کودی ۳۶-۱۲-۱۲ دراین پژوهش ممکن است به دلیل تغییر در بیوسنتز اسانس تحت شرایط تیماری خاص و افزایش سطح برگ‌ها باشد که می‌تواند دلیل تجمع بیشتر غدد ترشحی اسانس در مقایسه با برگ‌های سایر گروه‌های تیماری باشد (۳۹). همان‌گونه که نتایج نشان داد برهمکنش سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم در ترکیب کودی ۳۶-۱۲-۱۲ بیشترین میزان اسانس را تولید کرد و همچنین اهمیت پتاسیم را در ساخت اسانس از طریق فعال کردن آنزیم‌های دخیل در تولید اسانس نشان داد. دانش‌خواه و همکاران (۱۳۸۶) در کاربرد مقادیر مختلف پتاسیم نشان دادند که یک همبستگی مستقیم بین مقدار مصرف پتاسیم و عملکرد اسانس گل‌محمدی وجود دارد. در همین آزمایش، برهمکنش سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد اسانس، به ترتیب مصرف ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم با مصرف ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین مقدار اسانس را به دست آورد (۷).

همچنین هورناک در سال ۱۹۸۳ گزارش کرد که کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم در هکتارK_2O باعث افزایش معنی‌دار تولید اسانس در آویشن شد.

رگرسیون گام‌به‌گام: با استفاده از مدل رگرسیونی گام‌به‌گام، صفات آنالیز شد. برای این منظور وزن خشک ساقه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل انتخاب شدند. کلروفیل *a* به‌عنوان اولین صفت، وارد مدل شد و توانست به‌تنهایی ۷۹ درصد از تغییرات وزن خشک ساقه را توجیه کند و بعدازآن تعداد برگ و درنهایت ارتفاع وارد شدند و درمجموع این سه صفت به‌عنوان صفات تأثیرگذار در شکل‌گیری و ساخت بیوماس معرفی شدند و درنهایت ۸۵ درصد از تغییرات وزن خشک ساقه را توجیه نمودند (جدول‌های ۴ و ۵). پس ترکیب کودی ۳۶-۱۲-۱۲ که بالاترین اثر را در افزایش تعداد برگ و ارتفاع و ترکیب کودی ۲۰-۲۰-۲۰ که بیشترین اثر را در ساخت کلروفیل *a* داشت، به‌عنوان تیمارهای مناسب کودی دراین آزمایش طرح شدند. تأثیر میزان کلروفیل در عدس (۱۱) و صفت ارتفاع و تعداد برگ در گندم (۵) درروش تجزیه رگرسیونی گام‌به‌گام نیز گزارش شده است. با بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات از طریق تجزیه علیت نیز اطلاعات دقیق‌تر و قابل‌قبول‌تری دراین زمینه را می‌توان ارائه داد و به معرفی شاخص انتخاب مناسب پرداخت (۲۶).

نتیجه‌گیری کلی

دراین پژوهش، پاسخ‌های مثبتی در گیاهان تحت تیمار محلول‌پاشی با کود کامل (NPK) مشاهده گردید و به‌غیراز آنتوسیانین، سایر صفات افزایش معنی‌داری را نسبت به نمونه شاهد نشان دادند. عناصر غذایی نه‌تنها بایستی به‌صورت ترکیباتی باشـــند که به‌آسانی مورداستفاده گیاهان قرارگیرند، بلکه تعادل درصد و نسبت بین آن‌ها نیز مهم است. در تحقیق حاضر محلول‌پاشی با ترکیب تیماری حاوی پتاس بیشتر (۳۶-۱۲-۱۲) توانست برتری خود را نسبت به سایر ترکیبات تیماری و نمونه شاهد در اکثر صفات موردبررسی نشان دهد. پس اینگونه می‌توان نتیجه گرفت که اولاً عنصر پتاسیم در ساخت و شکل‌گیری اکثر صفات موردبررسی در گیاه مرزه، توانست نمود بارزتری داشته باشد و در ثانی ترکیب و تعادل کودی ۳۶-۱۲-۱۲ باتوجه به شرایط این آزمایش و گیاه مرزه پاسخ بهتری داد.

گیاهان در زمان و مکان‌های مختلف، به ترکیبات تیماری مختلف پاسخ‌های متفاوتی را می‌دهند پس برای درک جامع‌تر نقش عناصر غذایی و حصول یک نتیجه قوی در مورد کودهای کامل، تکرار این آزمایشات توصیه می‌شود.

منابع

۱- آروین، پ.، ۱۳۹۴. اثر جیبرلین بر روی برخی صفات رویشی، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و پرولین در گیاه دارویی مرزه در شرایط تنش شوری، مجله پژوهش‌های به زراعی، جلد ۷ شماره ۲، صفحات ۸۹ -۱۰۵.

۲- ابلاغ، ن.، فاتح، ا.، فرزانه، م و عصفوری، م.، ۱۳۹۲. بررسی عملکرد، میزان و ترکیب‌های اصلی اسانس گیاه زنیان (*Trachyspermum ammi* L.) تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی، دانش کشاورزی و تولید پایدار، دوره ۲۳، شماره ۱، صفحات ۱-۱۵.

۳- بریمانی، م.، ۱۳۷۵. مطالعه تأثیر کودهای ازته در مراحل مختلف زندگی گیاه بادرشبو و میزان اسانس آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم گیاهی، دانشگاه خوارزمی، صفحه ۱۳۳.

۴- خاوازی، ک.، اسدی رحمانی، ه.، و ملکوتی، م. ج.، ۱۳۸۴. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه مقالات)، انتشارات سنا، ۴۲۰ صفحه.

۵- خدادادی، م.، دهقانی، ح.، و فتوکیان، م. ح.، ۱۳۹۰. بررسی توارث پذیری، تجزیه علیت و تحلیل عامل‌ها در ژنوتیپ های گندم پاییزه (*Triticum aestivum* L.)، مجله دانش زراعت، سال ۴، شماره ۶۷، صفحات ۴-۷۸.

۶- خمدی، ف.، مسگر باشی، م.، حسیبی، پ.، فرزانه، م. و عنایتی ضمیر، ن.، ۱۳۹۵. اثر بقایای گیاهی و سطوح عناصر غذایی پرمصرف بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.)، بوم‌شناسی کشاورزی، ۳ صفحات ۵۳۶-۵۵۰.

۷- دانش‌خواه، م.، کافی، م.، نیکبخت، ع.، و میرجلیلی، م. ح.، ۱۳۸۶. اثر سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم بر شاخص‌های عملکرد گل و اسانس گل‌محمدی برزک کاشان، مجله علوم و فنون باغبانی ایران، شماره ۸۳، صفحات ۲-۹۰

۸- دوستی، ب.، ۱۳۹۵. مقایسه کمی و کیفی اسانس مرزه خوزستانی (*Satureja Jamzad khuzistanica*) در رویشگاه‌های مختلف غرب و جنوب غرب ایران، مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، جلد ۲۹- شماره ۲، صفحات ۳۸۴-۳۳۷.

۹- رضوانی مقدم، پ.، بخشائی، س.، امین غفوری، ف.، و خرم‌دل، س.، ۱۳۸۸. اثر کودهای بیولوژیکی و ورمی کمپوست بر خصوصیات کمی گیاه دارویی مرزه، همایش علمی توسعه صنعت گیاهان دارویی ایران.

۱۰- رحیم زاده، س.، سهرابی، ی.، حیدری، غ.، عیوضی، ع.، و حسینی، س. م. ط.، ۱۳۹۰. تأثیر کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.)، تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران دوره۲۷، شماره۱، صفحات ۸۱ -۹۶.

۱۱- زاهدی، ف.، نباتی احمدی، د.، محمدی، م.، و کریمی زاده، ر.، ۱۳۹۵. تجزیه علیت جهت مطالعه صفات مرفوفیزیولوژیک، عملکرد و صفات مربوط به عملکرد ژنوتیپ های عدس در شرایط دیم، تولیدات گیاهی، جلد ۳۹، شماره ۷۱، صفحات ۲-۸۰.

۱۲- زارع زاده، ع.، خلدبرین، ب.، مرادشاهی، ع.، باباخانلو، پ.، و رجایی، ه.، ۱۳۷۸. تغییرات مقدار آلکالوییدهای گیاه عروسک پشت پرده در واکنش به مقادیر مختلف کود ازته، تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، شماره ۵، صفحات ۶۱-۱۱۲.

۱۳- ساده‌وندی، ع.، سراجوقی، م.، و محمودی، ع. ا.، ۱۳۹۳. بررسی اثرات سطوح مختلف کود پتاسیم بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام گلرنگ در شرایط آبی، همایش ملی تغییرات اقلیم و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی، ۶ صفحه.

۱۴- سیدی، س. م.، خواجه حسینی، م.، رضوانی مقدم، پ.، و شاهنده، ح.، ۱۳۹۴. ارتباط حلالیت فسفر خاک و جذب نیتروژن و تأثیر آن بر شاخص برداشت فسفر سیاهدانه، علوم گیاهان زراعی ایران، دوره ۴۶، شماره ۲۵، صفحات ۱-۳۶.

۱۵- عارفی، ا.، کافی، م.، خزاعی، ح. ر.، و بنایان اول، م.، ۱۳۹۱. بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر عملکرد، فتوسنتز و پیگمانت‌های فتوسنتزی، کلروفیل و غلظت نیتروژن اجزای گیاه دارویی و صنعتی موسیر(*Allium altissimum Regel*)، بوم‌شناسی کشاورزی دوره ۴، صفحات ۲۰۷-۲۱۴.

۱۶- عالی پور، ن.، مهدوی، خ.، محمودی، ج.، و قلیچ نیا، ح.، ۱۳۹۴. بررسی تأثیر شرایط محیطی بر روی کمیت و کیفیت اسانس *Stachys laxa*، مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، جلد ۲۸، شماره ۳، صفحات ۵۶۱-۵۷۲.

۱۷- عبادی، م. ت.، رحمتی، م.، عزیزی م.، و حسن‌زاده، خ. م.، ۱۳۸۹. بررسی تأثیر روشهای مختلف خشک‌کردن (طبیعی، آون و میکروویو) بر زمان خشک‌کردن، درصد و اجزای اسانس گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.)، تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، دوره ۲۶، شماره ۴، صفحات ۴۷۷ – ۴۸۹.

۱۸- عباس‌زاده، ب.، ۱۳۸۴. تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن و روش‌های مصرف آن بر میزان اسانس بادرنجبویه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، صفحه ۱۳۵.

۱۹- علی‌پور منصور خانی، ر.، ذوالفقار شهریاری، ذ.، جعفرپور، م. ح. پ.، و محصلی، و. ۱۳۹۱. اثر سطوح مختلف کودNPK بر وزن خشک، عملکرد و ترکیبات اسانس ریحان (*Ocimum basilicum* L.). سومین همایش ملی علوم کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فسا، صفحه ۵-۱.

۲۰- فیروزه، ر.، خاوری نژاد، ر. ع.، نجفی، ف.، و سعادتمند، س.، ۱۳۹۵. اثر جیبرلین بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L) تحت تنش شوری، فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد۵، شماره ۱۶، صفحات ۵۶-۴۵.

۲۱- کوچکی، ع. ر.، و احمد غلامی، ا.، ۱۳۸۰. میکوریزا در کشاورزی پایدار، انتشارات دانشگاه شاهرود،۲۱۲صفحه.

۲۲- محصولی، م.، و هنرور، م.، ۱۳۹۴. تأثیر کودهای کامل بر ویژگی‌های کمی و کیفی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس گیاه دارویی سرخارگل(*Echinacea purpurea* L.)، دومین کنفرانس بین‌المللی علوم و مهندسی ترکیه.

۲۳- مجیدی، ع.، ۱۳۹۳. استفاده از کلروفیل سنج مینولتا SPAD-502 برای برآورد غلظت نیتروژن برگ و پروتئین دانه

در سه رقم گندم، نشریه پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب)، دوره ۲۸، شماره۲، صفحات ۲۴۵-۲۵۴.

۲۴- مکی زاده تفتی، م.، چاپیچی، م. ر.، نصراله زاده، ص.، و خاوازی، ک.، ۱۳۹۱. اثر کاربرد منابع مختلف نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.)، تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، دوره ۲۸، شماره۲، صفحات ۳۳۰-۳۴۱.

۲۵- میرزا شاهی، ک.، ۱۳۹۱. تأثیر مدیریت مصرف کود فسفر بر عملکرد دانه گندم و جذب کل فسفر در شمال خوزستان، فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، سال ۴، شماره ۱۳، صفحات ۹۹-۱۱۴.

۲۶- نصری، ر.، پاک‌نژاد، ف.، صادقی شعاع، م.، قربانی، ص.، و فاطمی، ز.، ۱۳۹۱. مطالعه همبستگی صفات و تجزیه علیت تنش خشکی بر روی عملکرد و اجزاء عملکرد جو (*Hordeum vulgare*) در منطقه کرج، مجله زارعت و اصالح نباتات، جلد ۸ ، شماره ۴، صفحات ۱۵۵-۱۶۵.

۲۷- نوری حسینی، س. م.، و ذبیحی، ح. ر.، ۱۳۹۴. مدیریت بهینه توصیه کودی در اراضی زیر کشت زیره سیاه (*Bunium persicum*) ، نشریه مدیریت اراضی، جلد۳، شماره ۱، صفحات ۴۹-۶۰.

۲۸- یداللهی، پ.، و اصغری پور، م. ر.، ۱۳۹۴. اثر شوری آب و کودهای آلی و شیمیایی روی خصوصیات ریخت‌شناسی و زراعی گاوزبان اروپایی، اکوفیزیولوژی گیاهی، شماره۷، صفحات ۱۸۹ - ۲۰۴.

۲۹- یساری، ا.، ۱۳۹۲. بررسی اثرات باکتری‌های حل‌کننده فسفات به‌عنوان کودهای بیولوژیک و فسفر معدنی بر رشد و عملکرد سویا (*Glycine max Merrill*) رقم تلار در شمال ایران، تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهان، شماره ۱، صفحات ۱- ۱۸.

۳۰- یوسف پور، ز.، یدوی، ع.، بلوچی، ح. ر.، و فرجی، ه.، ۱۳۹۳. بررسی عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و فنولوژیک آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) تحت تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن و فسفر، نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، جلد ۶، شماره ۸، صفحات ۲۵۰-۵۱۹.

31- Ahl, S. A., Hasnaa, H. A., Ayad, S., and Hendaw, S. F., 2009. Effect of potassium humate and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of oregano under different irrigation intervals, Journal Applied Science, 2(3), PP: 319-323.

32- Al-Hamzawi, M. K. A., 2010. Effect of Calcium Nitrate, Potassium Nitrate and Anfaton on Growth and Storability of Plastic Houses Cucumber (*Cucumis sativus* L. *cv.* Al-Hytham). American, Journal of Plant Physiology, 5, PP: 278-290.

33- Ananth, V. A., and Kumar, R. S., 2012. Effect of growth substances on growth and flower yield of Nerium (*Nerium oleander* l.), Indian Journal Plant Science, 1, PP: 187-19.

34- Arregui, L. M., Lasa, B., Lafarga, A., Iraieta, I., Baroja, E., and Quemada, M., 2006. Evaluation of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions. European Journal Agronomy, 24, PP: 140-148.

35- Barickman, T. C., Horgan, T. E., Wheeler, J. R., and Sams, C. E., 2016. Elevated Levels of Potassium in Greenhouse-grown Red Romaine Lettuce Impacts Mineral Nutrient and Soluble Sugar Concentrations. HortScience, Vol. 51, (5), PP: 504-509.

36- Bradford, M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, Analytical Biochemistry, 72, PP: 248-252.

37- Christense, L. K., 2004. NPK deficiencies discrimination by use of Spectral and Spatial Response. Ph.D Thesis. Department of Agricultural Sciences. The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark, 210p.

38- Delwar Hossain, M. D., Musa, M., Talib, J., and Jol, H., 2010. Effects of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Levels on Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) Growth and Photosynthesis under Nutrient Solution. Journal of Agri Science, 2(2), PP: 49-57.

39- El-Gohary, A. E., El Gendy, A. G., Hendawy, S. F., El-Sherbeny, S. E., Hussein, M. S., and Geneva, M., 2015. Herbage yield,essential oil content and composition of summer savory(*Satureja hortensis* L.) as affected by sowing date and foliar nutrition, Genetics and Plant Physiology, 5(2), PP: 170-178.

40- Ezz El-Din, A. A., Hendawy, S. F., Aziz, E. E., and Omer, A., 2010. Enhancing growth, yield and essential oil of caraway plants by nitrogen

and potassium fertilizers. International Journal Academy Research, 2(3), PP: 192- 197.

41- Fageria, N. K., 2009. Nutrients in crop plants, Taylor & Francis Group, LLC, 448 p.

42- Habib, H. A. M., Shafeck, M. R., Zaki, M. F., and El-Shal, Z. S., 2011. Response of potato plants (*Solanum tuberosum* L.) to foliar application with different sources of potassium. International Journal Academy Research, 3, PP: 129-132.

43- Hasanzade shahrivar, R., and Ladan Moghadam, A. R., 2015. Effects of different levels of organic fertilizer, vermicompost and 4 treatment with levels different NPK on the essential oil of the herb summer savory, International Research Journal Applied and Basic Science, 9 (10), PP: 1677-1681.

44- Hoque, T. S., Uraji, M., Hoque, M. A., Nakamura, Y., and Murata, Y., 2017. Methylglyoxal induces inhibition of growth, accumulation of anthocyanin, and activation of glyoxalase I and II in *Arabidopsis thaliana*, Journal Biochem Mol Toxicol, Wiley Periodicals, 1, PP: 1-5.

45- Hornok, L., 1983. Influence of Nutrition on the Yield and Content of Active Compounds in Some Essential Oil Plants, Acta Horticulturae 132, PP: 239-247.

46- Johnston, A. E., 2005. Understanding potassium and its use in agriculture. Brussels: EFMA (European Fertilizer Manufacturers' Association), 40 p.

47- Khalid, A. K., and Shedeed, M. R., 2015. Effect of NPK and foliar nutrition on growth, yield and chemical constituents in Nigella sativa L. Journal of Mater of Environmental of Science, 6 (6), PP: 1709-1714.

48- Khan, M. A., Sharmaand, V., and Shukla, R. K., 2016. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to organic manure and biofertilizer under different levels of mycorrhiza and sulphur in comparison with inorganic fertilizer, Journal of Crop and Weed, 12(1), PP: 81-86.

49- Kraus, H. T., Warren, S. L., Bjorkquist, G. J., Lowder, A. W., Tchir, C. M., and Walton, K. N., 2011. Nitrogen: Phosphorus: Potassium Ratios Affect Production of Two Herbaceous Perennials. Hort Science, 46(5), PP: 776-783.

50- Lichtenthaler, K., 1994. Chlorophyll and carotenoids pigments of photosynthetic biomembrances. Methods in Enzymology, 148, PP: 350–382.

51- Melton, R. R., and Dufault, R. J., 1991. Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertility Regimes Affect Tomato Transplant Growth, Hort Science, 26 (2), PP: 141-142.

52- Mollashahi, M., Ganjali, H., and Fanaei, H., 2013. Effect of different levels of nitrogen and potassium on yield, yield components and oil content of sunflower. International Journal of Farming and Allied Science, 2, PP: 1237-1240.

53- Mosavi Fazl, S. H., Alizadeh, A., Ansari, H., and Rezvani, M. P., 2015. Effect of different levels of irrigation water and potassium fertilizer on root and shoot growth of forage sorghum. Iranian of Irrigation and Drainage, 4, PP: 747-756.

54- Oloyede, F. M., Obisesan, I. O., Agbaje, G. O., and Obuotor, E. M., 2012. Effect of NPK Fertilizer on Chemical Composition of Pumpkin (*Cucurbita pepo* Linn.) Seeds. ScientificWorld Journal, PP: 1-6.

55- Onanuga, A. O., Jiang, P., and Adl, S. M., 2012. Phosphorus, Potassium and Phytohormones Promote Chlorophyll Production Differently in Two Cotton (*Gossypium hirsutum*) Varieties Grown in Hydroponic Nutrient Solution, Journal Agricaltural Science, 4(2), PP: 156-166.

56- Pessarakli, M., 2014. Hand book of Plant and Crop Physiology, Third Edition, CRC Press. 1031 p.

57- Rahimi, M. M., and Salahizade, A. A., 2015. Effect of Different Levels of Irrigation and Potassium on Qualitative and Quantitative Characteristics of the Beans in Yasooj, Iran. European Online Journal of Natural and Social Sciences, 4(1), PP: 50-56.

58- Rheina, A. F. L., and Silv, M., 2017. Nitrogen doses on physiological attributes and yield of sugarcane grown under subsurface drip fertigation. Journal of plant nutrition, 40(2), PP: 227–238.

59- Santos, O. S. N., Teixeira, M. B., Queiroz, L. M., Fadigas, F. S., Silva Paz, V. P., Silva, A. J., and Kiperstok, A., 2016. Accumulation of NPK and development of bermuda grass irrigated with human urine. Revista Brasileira de Agroecologia, 11(3), PP: 1 64-171.

60- Seepaul, R., George, S., and Wrigh, D. L., 2016. Comparative response of Brassica carinata and B. napus vegetative growth, development and photosynthesis to nitrogen nutrition. Industrial Crops and Products, 94, PP: 872–883.

61- Skwaryo-Bednarzi, B., and Krzepik, A., 2009. Effect of various doses of NPK fertilizer on chlorophyll content in leaves of two varieties of Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.). Ecological Chemistry and Engineering, 16(10), PP: 1373-1378.

62- Somogyi, M., 1952. Notes on sugar determination. Journal of Biolology and Chemistry, 195, PP: 19-23.

63- Taiz, L., and Zeiger, E., 2010. Plant Physiology, 5rd Edition. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, 559p.

64- Thalooth, A. T., Tawfik, M. M., and Magda Mohamed, H., 2006. A Comparative Study on the Effect of Foliar Application of Zinc, Potassium and Magnesium on Growth, Yield and Some Chemical Constituents of Mungbean Plants Grown under Water Stress Conditions., World Journal of Agricalture Science, 2 (1), PP: 37-46.

65- Vasak, M., and Schnabl, J., 2016. Sodium and Potassium Ions in Proteins and Enzyme Catalysis. Metal Ions Life Science, 16, PP: 259–290.

66-Vatai, T., Skerget, M., Knez, Z., Kareth, S., Wehowski, M., and Weidner, E., 2008. Extraction and formulation of anthocyanin-concentrates from grape residues, Journal of Supercritical Fluids, 45, PP: 32-36.

67-Vitti, A. C., Cantarella, H., Trivelin, P. C. O., and Rossetto, R., 2010. Nitrogen. In: Sugarcane, eds. L. L., Dinardo-Miranda, A. C. M., Vasconcelos, and M. G. A., Landell, PP: 239–270. Campinas, Brazil: Instituto Agron omico, (in Portuguese).

68-Wanger, G., 1979. Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, Free Amino Acids, and Anthocyanins in Protoplasts. Plant Physiology, 64, PP: 88-93.

69-Yuan, Z., Ata-Ul-Karim, S. T., Cao, Q., Lu, Z., Cao, W., Zhu, Y., and Liu, X., 2015. Indicators for diagnosing nitrogen status of rice based on chlorophyll meter readings. Field Crops Research, 185, PP: 12–20.

70- Zhao, D., Oosterhuis, D. M., and Bednar, C. W., 2001. Influence of Potassium Deficiency on Photosynthesis, Chlorophyll Content, and Chloroplast Ultrastructure of Cotton Plants. Photosynthetica, 39(1), PP: 103–109.

71- Zhou, L. L., Tang, X., ZF, L., 2007. Effects of different application amount of N, P, K fertilizers on physiological characteristics, yield and kernel quality of peanut, Ying Yong Sheng Tai Xue Bao, 18(11), PP: 2468-74 (In Chinese).

Study of Different Levels of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on Physiological and Morphological Parameters and Essential Oils in Savory Plant (*Satureja hortensis* L.)

Arvin P.

Dept. of Agriculture, Payame Noor University (PNU), Tehran, I.R. of Iran

Abstract

In present study, effects of foliar application of NPK fertilizer on some physiological, morphological parameters and essential oil of medicinal plant of savory (*Satureja hortensis* L.) were studied. Experimental design was Randomized Complete Block design (RCB) with 4 treatments and 3 replications. Treatments were including control and foliar of NPK fertilizer with proportions of 20-20-20, 10-50-10 and 12-12-36. Results showed that there were considerable differences between control and other fertilizer treatments expect Chlorophyll *b*. The highest wet weight of stem with 6.9 g and the highest dry weight of stem with 1.26 g were obtained by foliar application of 12-12-36 fertilizer. Also the highest number of leaves, lateral branches, height and wet and dry weight of roots and soluble sugar was obtained by fertilizer treatment with ratio of 12-12-36. It seems that eminent role of potassium rather than nitrogen and phosphorus in fertilizer composition of 12-12-36 could lead to significant increases in these traits. The highest content of chlorophyll *a* with 0.161 mg g^{-1} F.W, the highest rate of Carotenoid with 0.571 mg g^{-1} F.W and the highest rate of Protein with 28.78 mg g^{-1} F.W were captured in fertilizer with ratio of 20-20-20. Fertilizer with ratio of 20-20-20 that take advantage of three elements with same equal and balanced ratio, could drop effective role in production and formation of photosynthetic pigments. Control treatment revealed the most content of anthocyanin with 37.68 mg g^{-1} F.W. Low levels of anthocyanin in foliar application treatments in comparison with control sample may be because of creation the optimum condition for plants by application of fertilizer. Total essential oil content demonstrated fluctuations in different treatments so in plants with fertilizer treatments with ratio of 12-12-36 had the most essential oil productions rather than control and other fertilizer treatments. Increasing percentage of essential oil in this group might be due to change of essential oil biosynthesis under of special fertilizer treatment and boosting of leaves area. Outcomes of regression analysis by stepwise method showed that chlorophyll *a*, number of leaf and height had the most effect on dry weight of stem and could justify 85% of dry weight of stem.

Key words: Anthocyanin, Essential oil, Soluble protein, Complete fertilizer, Savory Plant (*Satureja hortensis* L.)