اثر کودهای آلی و کودهای شیمیایی نیتروژنه بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی دو رقم ریحان

مهدی چزگی[۱]، ویدا چالوی[۲*] و وحید اکبرپور[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۹)

چکیده

افزودن کودهای آلی کمپوست و ورمی‌کمپوست به خاک سبب بهبود شرایط فیزیکی، عناصر غذایی و موجودات ذره‌بینی خاک می‌شود. در مطالعه حاضر، اثر کاربرد تنها و ترکیبی کوددامی، ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی اوره بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی ریحان (*Ocimuom basilicum* L.) مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم‌کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل، فاکتور اصلی شش نوع کوددهی، فاکتور فرعی دو رقم ریحان سبز و بنفش و فاکتور فرعی فرعی سه زمان برداشت بودند. براساس نتایج به‌دست آمده، تیمارهای دوگانه کودهای آلی و اوره، در مقایسه با تیمار کودهای آلی به‌تنهایی تفاوتی از نظر آماری برای افزایش عملکرد وزن تر و خشک گیاهان نداشتند. در تیمارهای ترکیبی کودهای آلی و اوره، میزان نیترات موجود در این گیاهان افزایش نشان داد. به‌جز میزان نیترات، ریحان سبز برای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، عملکرد و صفات رویشی اندازه‌گیری شده بهتر از ریحان بنفش بود. از نظر زمان برداشت، بیشترین عملکرد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در چین‌دوم مشاهده شد. این یافته‌ها، اثر مثبت کاربرد کودهای آلی را در افزایش عملکرد و کیفیت گیاه دارویی ریحان نشان دادند. بنابراین با توجه به نتایج این آزمایش، با کاربرد کود دامی و ورمی‌کمپوست از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی کاسته می‌شود و همچنین اثرات زیان‌آورشان بر محیط‌زیست کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: کود گاوی، کود اوره، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، نیترات، ورمی‌کمپوست گاوی

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیاران، گروه باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: v.chalavi@sanru.ac.ir

مقدمه

استفاده درست از منابع مختلف کودی می‌تواند اثرات قابل ملاحظه‌ای برعملکرد و نیز کیفیت محصولات داشته باشد (۱۸). کودهای شیمیایی اگرچه باعث بهبود رشد و افزایش عملکرد محصولات باغبانی و زراعی می‌شوند اما کاربرد بیش از اندازه آنها اثرات منفی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کیفیت محصولات کشاورزی می‌گذارند (۱۸). همچنین در بسیاری از موارد کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی باعث آلودگی‌های محیط زیست و تخریب اکوسیستم‌های طبیعی می‌شوند (۲۰). بنابراین استفاده از کودهای آلی می‌تواند راه‌حلی برای کاهش آسیب ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و افزایش مواد آلی خاک و همچنین تولید محصولات کشاورزی ارگانیگ باشد (۲۴).

کودهای آلی دارای تنوع بسیار زیادی هستند. در حال حاضر تولید و مصرف کودهای ورمی‌کمپوست وکودهای دامی رو به افزایش است. با بهره‌گیری از این کودها، علاوه بر بهبود جنبه‌های غذایی، شرایط فیزیکی و میکروبی خاک نیز بهتر خواهد شد (۲۴). ورمی‌کمپوست در اثر فعالیت گونه‌ای از کرم‌های خاکی بر روی مواد آلی موجود در خاک تولید می‌شود (۱۴). ورمی‌کمپوست دارای قدرت بالای جذب، نگهداری آب و عناصر غذایی است و سبب افزایش تخلخل و در نتیجه تهویه و زهکش مناسب خاک می‌شود (۹). علاوه‌بر این، استفاده از ورمی‌کمپوست در کشت‌ها، سبب افزایش جمعیت و فعالیت موجودات ذره‌بینی مفید خاک و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مثل نیتروژن، فسفر و پتاسیم و بهبود رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (۵). یکی دیگر از برتری‌های کودهای آلی به کودهای شیمیایی، آزاد نمودن تدریجی عناصر غذایی گوناگون مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم برای گیاهان می‌باشد (۶).

افزودن کود گاوی پوسیده به خاک در مقایسه با سایر مواد آلی، فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز و اسید فسفاتاز را افزایش می‌دهد (۱۰) و سبب تأمین بهتر نیتروژن و فسفر برای گیاه می‌شود. از دیگر برتری‌های کود گاوی، آلوده نبودن آن به فلزات سنگین است که در کمپوست‌های شهری وجود دارد. همچنین، منشاء سلولز موجود در کود گاوی از کاه غلات است که در مقایسه با سلولز موجود در کمپوست شهری که از کارتن و کاغذ است راحت‌تر و سریع‌تر تجزیه می‌شود (۲۵).

از کودهای دامی و ورمی‌کمپوست برای تولید محصولات کشاورزی گوناگون مانند بابونه (۱۲)، گوجه‌فرنگی (۷) فلفل (۴)، سیر (۶) و توت‌فرنگی (۲۶) به‌طور موفقیت‌آمیز استفاده شده است. در پژوهشی، افزودن ۲۰ درصد حجمی ورمی‌کمپوست باعث افزایش ۴۰ درصدی سطح برگ و وزن خشک گوجه‌فرنگی و بهبود خصوصیات رشدی گیاه گردید (۲). کاربرد ورمی‌کمپوست بر روی گیاه ریحان باعث افزایش ارتفاع بوته، عملکرد برگ، عملکرد تر و خشک اندام‌های هوایی نسبت به شاهد گردید (۲۸)، همچنین، ریحان‌های تیمار شده با کود آلی دارای بالاترین میزان عملکرد، ارتفاع بوته، درصد اسانس، وزن تک‌بوته، تعداد و سطح برگ بودند (۱۱).

کودهای آلی با وجود تمامی اثرات مفید و گوناگونی که بر خاک و گیاه دارند به‌تنهایی نمی‌توانند تمام نیازهای غذایی گیاهان را برآورده سازند. علاوه‌بر این، بدون استفاده از کودهای شیمیایی، عملکرد محصولات کشاورزی در واحد سطح کاهش و هزینه‌های تولید این محصولات افزایش خواهند یافت (۲۷). بر همین اساس در سال‌های اخیر، سازمان کشاورزی و خواروبار جهانی (FAO) طرح توسعه سیستم‌های ترکیبی زراعی را پیشنهاد کرده است. در این رابطه کاربرد توأم کودهای شیمیایی و آلی، نه تنها مصرف کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهند، بلکه سبب ذخیره انرژی، کاهش آلودگی محیط زیست، بهبود شرایط فیزیکی خاک و همچنین قابلیت بهتر جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌شوند (۲۷). به‌عنوان مثال، در آزمایشی که برروی هندوانه انجام شد، مشاهده گردید که در تیمارهای کود مرغی در ترکیب با کمپوست و کودهای شیمیایی باعث افزایش عملکرد میوه در واحد سطح می‌شود (۱۵). همچنین کاربرد کودهای زیستی به‌تنهایی و یا به‌همراه کود شیمیایی سبب بهبود کمیت و کیفیت ریحان گردید (۲۳).

ریحان (*Ocimuom basilicum* L.) یکی از گیاهان مهم خانواده نعناع است و به‌عنوان یک گیاه دارویی، ادویه‌ای و همچنین به‌صورت سبزی تازه مورد استفاده انسان قرار می‌گیرد (۱۱ و ۲۱). رقم‌های ریحان سبز و ریحان بنفش در نقاط مختلف ایران کشت می‌شوند. ریحان بنفش به‌دلیل دارا بودن مقدار بالای آنتوسیانین ممکن است دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری از ریحان سبز باشد. افزایش تولید این گیاه ارزشمند از طریق افزایش سطح زیر کشت و افزایش عملکرد در واحد سطح میسر می‌باشد، بهترین راه افزایش تولید ریحان، افزایش عملکرد آن در واحد سطح می‌باشد. با توجه به گرایش جهانی جهت تولید و تکثیر گیاهان دارویی در سیستم کشاورزی پایدار، انجام پژوهش‌هایی برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی، که کاربرد بی‌رویه آنها سبب تخریب خاک و آلودگی آب‌های زیرزمینی شده است، ضروری می‌باشد. بنابراین، استفاده بیشتر از کودهای آلی و یا حداقل در ترکیب با کودهای شیمیایی در تولید این گیاهان ضروری است. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی امکان کاهش مصرف کودهای شیمیایی با به‌کارگیری کود دامی و ورمی‌کمپوست به‌منظور کاهش اثرات زیان‌آور این کودها در تجمع نیترات در گیاه برگی ریحان در سه زمان برداشت بود. همچنین، به‌دلیل اهمیت آنتی‌اکسیدان‌ها که با خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد که سبب حفاظت از اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها و غشاهای سلولی می‌شوند و خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی‌عروقی و سکته در انسان را کاهش می‌دهند (۲۱ و ۱۶) در این آزمایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه ریحان هم بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در زمان بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال زراعی ۱۳۹۲ انجام شد. این منطقه دارای طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی از نصف‌النهار گرینویچ و میانگین ارتفاع ۱۶ متر از سطح دریا واقع شده است. پیش از اجرای آزمایش، نمونه خاک جهت تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، به‌صورت تصادفی از نقاط مختلف زمین محل اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر تهیه و مورد تجزیه قرار گرفت. خصوصیات خاک مورد استفاده در جدول ۱ آمده است. میزان عناصر غذایی کود گاوی و ورمی‌کمپوست مورد استفاده نیز اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

با توجه به خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی خاک محل آزمایش (جدول ۱)، تیمارهای کودی آزمایش انتخاب شدند. تیمارهای آزمایشی شامل، به‌عنوان فاکتور اصلی نوع کوددهی شامل ۶ تیمار ورمی‌کمپوست یا کود گاوی ۲۰ تن در هکتار، ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست یا کود گاوی به اضافه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌تنهایی و بدون کوددهی یا شاهد)، فاکتور فرعی دو رقم ریحان سبز و بنفش و بالاخره فاکتور فرعی فرعی سه زمان برداشت (چین) بودند.

اندازه کرت‌های آزمایشی ۲×۲ متر و فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر و فاصله بین بلوک‌ها یک متر درنظر گرفته شد. کود گاوی و ورمی‌کمپوست یک ماه پیش از کاشت به زمین اضافه شدند و تا عمق ۱۵ سانتی‌متر با بیل دستی با خاک مخلوط گردیدند. در سه مرحله و در هر مرحله ۱/۳ تیمار کود اوره نیز به‌صورت محلول‌پاشی (مرحله اول در چند روز بعد از نشاءکاری، مرحله دوم چند روز بعد از برداشت اول و مرحله سوم چند روز بعد از برداشت دوم) به گیاهان داده شد. قبل از کاشت گیاهان در زمین اصلی نشاءها در سینی‌های نشاء تولید شدند. سپس نشاءهای حاصله که همگی یکسان و دارای چهار برگ بودند، در اوایل مردادماه با فاصله ۲۰ سانتی‌متر روی ردیف‌ها کشت شدند. آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام شد پس از آن، آبیاری هر ۵ روز یک‌بار به کمک سیستم آبیاری قطره‌ای انجام شد. کنترل علف‌های هرز توسط وجین دستی در سه مرحله صورت گرفت. برداشت به‌صورت سه زمان برداشت، در هر بار پیش از زمان گل‌دهی (با مشاهده اولین نشانه‌های شروع گل‌دهی) انجام گرفت. پیش از هر برداشت، ۵ بوته از هر تیمار در هر تکرار به‌طور تصادفی انتخاب و صفات وزن تر و خشک

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی خاک

$EC \times 10^3$ (µmho/cm)	اسیدیته	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر* (ppm)	پتاسیم* (ppm)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	بافت
۰/۹۲	۷	۲/۶۱	۰/۲۲	۲۸/۴	۴۵۱	۱۰	۴۱	۴۹	سیلتی رسی

EC: هدایت الکتریکی و *: قابل جذب

جدول ۲. خصوصیات بیوشیمیایی کودهای آلی مورد استفاده

کودهای آلی	$EC \times 10^3$ (µmho/cm)	اسیدیته	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر* (٪)	پتاسیم* (٪)	منگنز* (ppm)	آهن* (ppm)	روی* (ppm)
ورمی‌کمپوست	۷/۲۶	۷/۱	۳۰	۱/۵۶	۲/۷	۳/۹	۲۵۰	۴۰۰۰	۲۶۶
کود گاوی	۲/۰۷	۷/۳۱	۲۲/۴۱	۱/۳۲	۲/۴	۱/۴	۳۴۲	۳۷۰۰	۳۲۱

EC: هدایت الکتریکی و *: قابل جذب

اندام‌های هوایی گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی، ارتفاع بوته، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و میزان نیترات اندازه‌گیری شدند. برای محاسبه عملکرد نهایی اندام‌های هوایی در هر کرت، پس از حذف اثر حاشیه، در سطح باقی‌مانده برداشت انجام شد و عملکرد تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه تعیین گردید.

اندازه‌گیری ارتفاع، تعداد شاخه جانبی و وزن تر و خشک

ارتفاع گیاهان در سه برداشت با استفاده از متر اندازه‌گیری شد. تعداد شاخه‌های جانبی با شمارش تعداد شاخه‌های رشد کرده در هر بوته به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری وزن تر گیاه در هر بوته، نمونه‌ها به تفکیک برگ و ساقه به کمک ترازو دیجیتال وزن شدند. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت منتقل شدند و سپس، وزن خشک نمونه‌ها تا دقت دو رقم اعشار به کمک ترازو تعیین شد.

تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با روش احیا رادیکال آزاد (۱۶) با کمی تغییرات مورد ارزیابی قرار گرفت. در این روش فعالیت حذف‌کنندگی رادیکالی (RSA) به کمک ۲،۲- دی فنیل‌پکریل هیدرازیل (DPPH) اندازه‌گیری شد. در این روش ابتدا از برگ‌های گیاهان نمونه‌گیری صورت گرفت و سپس توسط نیتروژن مایع پودر و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس به ۰/۵ گرم از بافت‌های پودر شده با نیتروژن مایع، ۵ میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد اضافه شد. نمونه‌های گیاهی پس از هم‌زدن با استفاده از دستگاه ورتکس، به‌مدت یک ساعت در دمای اتاق نگهداری گردید. سپس عصاره با دور ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. برای قرائت نمونه‌ها پیش از قرار دادن در اسپکتروفتومتر ۱۰۰ میکرولیتر عصاره به ۲۹۰۰ میکرولیتر محلول DPPH ۰/۱ میلی‌مولار اضافه شد. مخلوط حاصل پس از افزودن DPPH ورتکس شده و پس از ۱۵ دقیقه در دمای اتاق و تاریکی، کاهش میزان جذب در طول موج ۵۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال DPPH توسط عصاره که معیاری از میزان فعالیت آنتی‌رادیکالی عصاره است، مطابق رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$RSA\% = \frac{ODcontrol - ODsample}{ODcontrol} \times 100 \qquad (1)$$

در این رابطه OD control جذب کنترل، OD sample جذب نمونه و RSA فعالیت حذف‌کنندگی رادیکال آزاد است.

تعیین میزان نیترات گیاه

میزان نیترات در نمونه خشک گیاهی به روش کالری‌متری پس

از احیاء (۳) اندازه‌گیری شد. در این روش پس از جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی، نمونه‌ها شستشه، خشک و آسیاب شدند. برگ‌ها ابتدا پس از شستشوی اولیه با آب، با اسید هیدروکلریک ۰/۱ مول و پس از آن با آب مقطر شسته شدند. این نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با حرارت ۷۰ درجه سلسیوس خشک شدند و سپس آسیاب شد و از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شدند. سپس از نمونه‌ها عصاره‌گیری گردید و توسط دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۵۴۰ نانومتر قرائت شد. همچنین میزان نیتروژن نیتراتی (NO_3^-) در ماده خشک گیاه برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم (پی‌پی‌ام) از رابطه ۲ محاسبه شد.

$$\text{۱۰۰/D.M} \times \text{۵۰/w} \times (a-b) \qquad (۲)$$

در این رابطه a عدد قرائت دستگاهی برای نمونه، b عدد قرائت دستگاه برای نمونه شاهد، W وزن نمونه خشک و D.M درصد ماده خشک گیاهی است.

اندازه‌گیری مقدار اسانس

برای تهیه هر نمونه، ابتدا ۵۰ گرم برگ تر به‌صورت تصادفی از هر بوته چیده شد. سپس، برگ‌ها کاملاً آسیاب شدند و به‌همراه ۶۰۰ میلی‌لیتر آب درون بالن یک لیتری جا گرفتند. استخراج اسانس نمونه‌ها به کمک دستگاه کلونجر به‌مدت ۴ ساعت انجام شد. پس از رطوبت‌زدایی نمونه‌ها با سولفات سدیم، مقدار اسانس معین شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. با توجه به دارا بودن سه زمان برداشت در طول آزمایش، اطلاعات با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در زمان تجزیه شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون SNKو در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

وزن تر و خشک برگ و ساقه در بوته و وزن تر و خشک کل اندام‌های هوایی بوته

اثر تیمار کودی بر وزن تر و خشک برگ و ساقه در بوته و وزن تر و خشک کل اندام‌های هوایی بوته بسیار معنی‌دار بود (جدول ۳). وزن همه اندام‌های‌های تر و خشک هوایی ریحان در کودهای آلی و شیمیایی به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۴)، درحالی‌که تفاوت معنی‌داری میان خود این تیمارهای کودی آلی و شیمیایی دیده نشد. برای نمونه، شاهد نزدیک به ۳۴٪ کمتر از میانگین ۵ تیمار کودی دیگر، وزن تر برگ تولید کرد. چین هم اثر بسیار معنی‌داری بر وزن تر و خشک اندام‌های هوایی ریحان داشت (جدول ۳). در میان سه برداشت، چین دوم به‌طور معنی‌داری تولید بیشتری نسبت به دو چین دیگر داشت. بیشترین و کمترین مقدار وزن تر و خشک برگ در بوته و کل اندام هوایی به‌ترتیب در چین دوم و اول به‌دست آمد (جدول ۵). کوچکترین وزن تر و خشک برای زمان برداشت اول انتظار می‌رفت، چون در این مرحله، گیاهان فقط یک ساقه اصلی داشتند. پس از بریدن ساقه اصلی در زمان برداشت اول، از جوانه‌های باقی‌مانده در روی گیاه تعدادی ساقه‌های جانبی در برداشت‌های دوم و سوم تولید شدند. در مورد بیشترین وزن تر و خشک در برداشت دوم، احتمالاً شرایط بهینه آب و هوایی، مانند دمای مناسب هوا و تعداد روزهای آفتابی در زمان برداشت دوم سبب شد که وزن تر و خشک در این برداشت بیشتر شود. اثر رقم بر وزن تر و خشک اندام‌های هوایی ریحان بسیار معنی‌دار بود (جدول ۳). در میان دو رقم ریحان سبز دارای وزن تر و خشک کل اندام هوایی بوته بیشتری نسبت به ریحان بنفش بود (جدول ۶).

برهمکنش کود و رقم و برهمکنش کود و چین، به‌جز ساقه جانبی و ارتفاع ساقه، اثری بر وزن تر و خشک اندام‌های هوایی نداشتند، درحالی‌که برهمکنش رقم و چین بر همه اندام‌های هوایی اثر بسیار معنی‌داری داشت (جدول ۳). بهترین ترکیب رقم و چین برای وزن تر و خشک اندام‌های هوایی برای ریحان سبز و چین دوم به‌دست آمد (جدول ۸). بهتر بودن چین دوم نسبت به دو چین دیگر شاید به این دلیل است که در زمان رشد گیاه برای چین دوم، دمای هوای تابستان کاهش یافته بود و شرایط محیطی بهینه‌ای برای رشد گیاهان فراهم شده بود.

جدول ۳. میانگین مربعات اثر رقم، کود و زمان برداشت بر روی برخی ویژگی‌های ریحان

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد تر گیاه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ساقه در بوته	وزن خشک برگ در بوته	وزن تر اندام هوایی در بوته	وزن تر ساقه در بوته	وزن تر برگ در بوته	تعداد شاخه جانبی در بوته	ارتفاع بوته	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	مقدار نیترات	مقدار اسانس
بلوک (تکرار)	۲	۶/۷	۵۵/۲۹	۱۰/۴	۹/۰	۶۴۰/۲	۳۶۱/۹	۹۸/۱	۴/۰۹	۷/۷	۳۵۶/۷	۲۰۰۳/۲	۱۳/۱
فاکتور اصلی، کود (A)	۵	۷۹/۱**	۹۸/۳۹**	۲۳/۳۸**	۲۹/۸۴**	۷۵۳۲/۷**	۲۱۵۱/۷**	۱۵۶۱/۴**	۴۷۳/۹**	۳۱۷/۲**	۴۹۸۴/۵**	۱۴۶۳۲۴/۹**	۲۶۸/۲**
خطای آزمایشی (A)	۱۰	۱۸/۴۲	۱۳/۲۹	۵/۷۷	۳/۸۱	۱۷۵۳/۵۸	۵۸۷/۲۳	۳۴۶/۷۲	۶/۹۳	۷/۵۴	۳۳۴/۲۹	۴۸۳/۲۶	۵/۱۲
فاکتور فرعی، رقم (B)	۱	۱۰۳۶/۲**	۹۹۰/۷۶**	۲۲۳/۲ ۴**	۲۲۲/۷ ۵**	۹۸۶۲۹/۱**	۲۷۶۹۶/۳**	۲۱۰۸۰/۷**	۱۴۶/۵**	۴۲۶/۴۳**	۱۴۰۳/۶**	۵۴۴۷۴/۶**	۴۹۲/۷**
A × B	۵	۱۵/۲۲^{ns}	۲۵/۰۶^{ns}	۱۶/۹**	۴/۵۱^{ns}	۱۴۴۹/۱۶^{ns}	۸۳۱/۱^{ns}	۱۲۶/۸۴^{ns}	۱۹/۲۸^{ns}	۱۰/۶^{ns}	۳۹۴/۷*	۲۰۹۹۵/۹**	۸۲/۰**
خطای آزمایشی (B)	۱۲	۱۳/۳	۱۳/۸۳	۴/۲	۴/۱۹	۱۲۶۶/۱۱	۳۹۲/۶	۳۰۷/۴	۸/۸	۲۰/۲۷	۱۴۶/۵۷	۹۹۷/۱	۵/۱۱
فاکتور فرعی، چین (C)	۲	۱۴۳۴/۷**	۱۴۷۵/۴**	۳۰۶/۵۵**	۳۸۷/۷**	۱۳۶۵۶۰/۶**	۳۵۴۶۷**	۳۳۲۱۶/۴**	۲۱۰۸۰/۷**	۹۴۷۴/۶**	۱۵۳۲۵/۷**	۹۹۱۹/۱**	۲۹/۱۴**
A × C	۱۰	۱۱/۴^{ns}	۱۳/۸۴^{ns}	۴/۳۵^{ns}	۴/۳۵^{ns}	۱۰۸۵/۴۴^{ns}	۳۴۱/۷^{ns}	۲۰۶/۵۲^{ns}	۹۰/۳**	۳۲/۴۵**	۲۷۸/۷^{ns}	۶۴۴۸/۰**	۴/۶۴^{ns}
B × C	۲	۲۶۶/۱**	۳۰۲/۹**	۸۳/۹**	۶۳/۴**	۲۵۳۳۳/۷۴**	۷۷۹۳/۳**	۴۸۹۸/۳**	۱۸۷/۱**	۴۹۸/۳۱**	۶۹۷/۶*	۱۴۹۸۰/۱**	۵/۷۸^{ns}
A ×B × C	۱۰	۶/۳۵^{ns}	۱۳/۸^{ns}	۵/۶۷^{ns}	۴/۲ ۹^{ns}	۶۰۵/۰^{ns}	۲۳۱/۸۳^{ns}	۱۷۰/۷^{ns}	۸/۸۹^{ns}	۱۷/۳۲^{ns}	۴۲۵/۴**	۵۷۷۸/۹**	۵/۳۵^{ns}
خطای آزمایشی (C)	۴۸	۱۲/۴۵	۱۴/۰۳	۲/۵۷	۳/۳۴	۱۱۸۵/۶۵	۳۸۸/۹۹	۲۶۱/۳۲	۹/۵۴	۱۱/۹۲	۱۴۲/۵	۱۴۹۳/۹۹	۴/۲۴

* و ** معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns غیر معنی‌دار

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در ریحان تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف

تیمارهای کودی	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه جانبی	وزن تر در بوته (gr)			وزن خشک در بوته (gr)			عملکرد تر ($kg\ ha^{-1}$)	درصد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	نیترات ($mg\ kg^{-1}$)	اسانس برگ تر (mg/۱۰۰g)
			برگ	ساقه	کل	برگ	ساقه	کل				
ورمی‌کمپوست	۴۸/۳۳^{b}	۳۵/۱۸^{b}	۵۹/۷۸^{a}	۵۱/۴۵^{a}	۱۱۱/۴۳^{a}	۶/۶۸^{a}	۵/۰۴^{a}	۱۱/۷۳^{a}	۱۱۴۲۲^{a}	۷۸/۷۱^{a}	۱۶۲/۳۳^{c}	۷/۹۵^{a}
کود گاوی	۴۶/۹۴^{b}	۴۷۳۳^{b}	۵۷/۶۸^{a}	۵۲/۶۸^{a}	۱۱۰/۲۸^{a}	۶/۵۲^{a}	۵/۰۱^{a}	۱۱/۵۴^{a}	۱۱۳۰۴^{a}	۷۴/۹۱^{a}	۱۲۴/۲۳^{d}	۷/۷۱^{a}
ورمی‌کمپوست + اوره	۵۱/۰۰^{a}	۳۹/۶۴^{a}	۶۳/۹۴^{a}	۵۷/۰۱^{a}	۱۲۱/۶۲^{a}	۷/۸۴^{a}	۵/۸۲^{a}	۱۳/۶۸^{a}	۱۲۴۶۷^{a}	۵۵/۱۸^{c}	۲۵۷/۰۷^{b}	۸/۶۴^{a}
کود گاوی + اوره	۵۱/۴۲^{a}	۳۹/۴۴^{a}	۶۴/۹۶^{a}	۶۳/۶۴^{a}	۷۱۱۲۸^{a}	۷/۳۹^{a}	۶/۱۶^{a}	۱۳/۵۴^{a}	۱۳۱۹۳^{a}	۵۰/۰۹^{c}	۲۵۷/۳۷^{b}	۸/۲۲^{a}
اوره	۵۲/۳۱^{a}	۳۸/۴۱^{a}	۶۴/۵^{a}	۶۰/۱۱^{a}	۶۱۱۲۴^{a}	۷/۲۱^{a}	۵/۵۴^{a}	۱۲/۷۵^{a}	۱۲۷۷۳^{a}	۳۴/۳۵^{d}	۳۲۷/۱۷^{a}	۷/۷۱^{a}
شاهد	۴۰/۹۹^{c}	۲۶/۲۲^{c}	۴۰/۵^{b}	۳۲/۶۲^{b}	۷۲/۵۱^{b}	۴/۲۷^{b}	۳/۱۰^{b}	۷/۳۵^{b}	۷۴۳۳^{b}	۶۵/۷۵^{b}	۹۵/۷۸^{d}	۵/۰۵^{b}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده ریحان بین چین‌های مختلف

زمان برداشت	ارتفاع (cm)	تعداد شاخه جانبی	وزن تر در بوته (gr)			وزن خشک در بوته (gr)			عملکرد تر ($kg\ ha^{-1}$)	درصد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	نیترات ($mg\ kg^{-1}$)	اسانس برگ تر (mg/۱۰۰g)
			برگ	ساقه	کل	برگ	ساقه	کل				
اول	۳۴/۳۸^{c}	۱۰/۶^{c}	۲۹/۳۷^{c}	۲۴/۱۹^{c}	۵۳/۶^{c}	۳/۱۹^{c}	۱/۸۹^{c}	۵/۰۹^{c}	۵۴۹۴^{c}	۳۶/۴۸^{c}	۱۹۲/۰۳^{b}	۳/۷۹^{c}
دوم	۶۶/۲۲^{a}	۵۸/۷^{a}	۸۹/۹۹^{a}	۸۶/۴۳^{a}	۱۷۶/۲^{a}	۹/۷۳^{a}	۸/۱۰^{a}	۱۷/۸۵^{a}	۱۸۰۶۳^{a}	۷۵/۵۹^{a}	۱۹۷^{b}	۱۱/۱۹^{a}
سوم	۴۴/۹^{b}	۳۶/۵^{b}	۵۶/۳۱^{b}	۴۸/۱۴^{b}	۱۰۴/۷^{b}	۷/۰۰^{b}	۵/۳۵^{b}	۱۲/۳۴^{b}	۱۰۷۳۸^{b}	۶۷/۴۳^{b}	۲۲۲/۹^{a}	۷/۶۷^{b}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۶. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده بین ارقام مختلف ریحان

رقم	ارتفاع (cm)	تعداد شاخه جانبی	وزن تر در بوته (gr)			وزن خشک در بوته (gr)			عملکرد تر ($kg\ ha^{-1}$)	درصد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	نیترات ($mg\ kg^{-1}$)	اسانس برگ تر (mg/۱۰۰g)
			برگ	ساقه	کل	برگ	ساقه	کل				
ریحان سبز	۵۰/۴۸^{a}	۳۶/۵۷^{a}	۷۲/۵۳^{a}	۶۸/۹۳^{a}	۱۴۱/۷۵^{a}	۸/۰۸^{a}	۶/۶۸^{a}	۱۴/۴۹^{a}	۱۴۵۲/۴^{a}	۶۳/۴۴^{a}	۱۳۲/۹^{b}	۹/۱۳^{a}
ریحان بنفش	۴۶/۵۱^{b}	۳۴/۲۴^{b}	۴۴/۵۸^{b}	۳۶/۹^{b}	۸۱/۳۱^{b}	۵/۲۰^{b}	۳/۵۴^{b}	۸/۷۳^{b}	۸۳۳۴/۴^{b}	۵۶/۲۳^{b}	۲۵۷/۰۱^{a}	۵/۹۷^{b}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

تعداد شاخه‌های جانبی

تیمار کودی، رقم، چین و برهمکنش‌های کود و چین و رقم و چین اثر بسیار معنی‌داری بر شمار ساقه‌های فرعی ریحان گذاشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که همه تیمارهای کودی نسبت به شاهد سبب افزایش تعداد ساقه فرعی شدند (جدول ۴). بیشترین تعداد شاخه جانبی در تیمارهایی به‌دست آمد که کود اوره به‌تنهایی یا در ترکیب آنها به‌کار رفته بود، از این‌رو تیمارهای ورمی‌کمپوست + اوره، کود گاوی + اوره و اوره از نظر آماری برتر از دیگر تیمارها بودند و تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد افزایش شاخه‌های جانبی در این سه تیمار کارکردی از کود اوره باشد، چون تیمارهای کودی ورمی‌کمپوست و کود دامی به‌تنهایی نتوانستند شاخه‌های جانبی فراوانی در مقایسه با این سه تیمار تولید کنند. در بررسی رقم‌ها، ریحان سبز نسبت به ریحان بنفش دارای تعداد شاخه جانبی بیشتری بود و نزدیک به ۷٪ ساقه بیشتری تولید کرد (جدول ۶). همچنین در مقایسه بین زمان‌های برداشت مختلف، برداشت دوم ۵/۵ و ۱/۶ برابر چین نخست و چین سوم شاخه جانبی تولید کرد (جدول ۵). افزایش شمار شاخه‌های جانبی نسبت به چین اول آشکار، چون برداشت سبب برانگیختن جوانه‌های جانبی شده و تعداد ساقه‌های فرعی را به‌شدت افزایش داده است. افت شمار شاخه‌های جانبی چین سوم نسبت به چین دوم می‌تواند هم به‌دلیل پیری گیاه و هم افزایش تنش‌های محیطی، همچون دمای هوا بوده باشد. با برداشت اول (۷ تا ۱۰ سانتی‌متر بالاتر از سطح خاک)، گیاهان از جوانه‌های باقی‌مانده شروع به رشد کردند و در نتیجه تعداد ساقه فرعی بیشتری نسبت به برداشت اول به‌وجود آوردند.

برهمکنش تیمارهای زمان برداشت و کود برای تعداد شاخه جانبی اثر داشت و بهترین ترکیب چین دوم با کودهای اوره، ورمی‌کمپوست، کود گاوی + اوره و ورمی‌کمپوست + اوره به‌دست آمد و بین این ۴ ترکیب تفاوتی از نظر آماری وجود نداشت (جدول ۷). همچنین، در مورد برهمکنش زمان برداشت و رقم برای تعداد شاخه جانبی، بهترین ترکیب‌ها زمان برداشت دوم با هر دو رقم ریحان سبز و بنفش بود (جدول ۸) که با هم تفاوتی نداشتند ولی با بقیه ترکیبات دارای تفاوت معنی‌داری بودند. در پژوهشی همانند این، تعداد شاخه‌های جانبی ریحان با استفاده از کودهای آلی افزایش نشان دادند (۳). احتمالاً افزایش رشد و تعداد شاخه جانبی، می‌تواند به‌دلیل تأمین تدریجی عناصر غذایی آزاد شده از کودهای آلی در طول دوره رشدی گیاه باشد. همچنین، به‌نظر می‌رسد کودهای آلی با ایجاد تعادل در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، سبب بهبود رشد و نمو اندام‌های هوایی گیاه و افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی می‌شوند. همچنین، مصرف کودی ورمی‌کمپوست و کود گاوی به‌علت دارا بودن عناصر پرمصرف و کم‌مصرف می‌توانند سبب ایجاد تعادل در عناصر غذایی خاک و همچنین بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیای خاک شوند (۹). اگرچه بین تیمارهای کودی آلی و شیمیایی در آزمایش جاضر اختلاف معنی‌داری دیده نشد، ولی مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند اثرات منفی مانند آسیب به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک را به‌همراه داشته باشد (۱).

ارتفاع بوته

تیمارهای کودی، رقم، چین و برهمکنش چین با کود و رقم اثر بسیاری معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۱$) بر ارتفاع ریحان داشت (جدول ۳). همانند تعداد شاخه‌های جانبی ریحان، صفت ارتفاع بوته در تیمارهایی که کود شیمیایی اوره به‌تنهایی یا در ترکیب با ورمی‌کمپوست و کود گاوی به‌کار رفته بود، بیشترین ارتفاع را داشت. به‌طور میانگین تیمارهای با کود اوره ۲۴ درصد بیش از تیمار شاهد ارتفاع داشتند، درحالی‌که دو تیمار ورمی‌کمپوست و کود گاوی هر کدام نزدیک به ۱۴٪ بیشتر از شاهد قد کشیدند (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های دو رقم ریحان گویای آن است که میانگین ارتفاع ریحان سبز نزدیک به ۸/۵ درصد بیشتر از ریحان بنفش بود (جدول ۶). میانگین ارتفاع گیاهان برداشت شده در چین دوم به‌طور معنی‌داری بیش از دو چین‌های دیگر بود، به‌طوری‌که میانگین ارتفاع دو رقم ریحان در چین دوم

جدول ۷. مقایسه میانگین برهمکنش کود × زمان برداشت (چین) ریحان

تیمارهای کودی	چین	ارتفاع بوته (cm)	تعداد ساقه فرعی در بوته	درصد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	مقدار نیترات ($mg\ kg^{-1}$)
شاهد	اول	۲۵/۴۳^{e}	۷/۷۳^{g}	۳۲/۴۳^{d}	۹۰/۸۳^{f}
اوره		۳۸/۲۱^{d}	۱۱/۸^{f}	۱۹/۸۱^{e}	۲۸۸/۵۱^{bc}
ورمی‌کمپوست		۳۷/۷^{d}	۱۲/۳۳^{f}	۵۶/۴۶^{c}	۱۶۱/۹۶^{e}
کود گاوی		۳۳/۹۸^{d}	۱۰/۶۶^{f}	۴۹/۳۹^{c}	۱۲۸/۰۸^{e}
کود گاوی + اوره		۳۴/۴۱^{d}	۱۱/۲۳^{f}	۲۸/۰۸^{d}	۲۵۶/۳۴^{cd}
ورمی‌کپوست + اوره		۳۶/۵۳^{d}	۱۲/۳^{f}	۳۱/۶۸^{d}	۲۲۶/۴۴^{d}
شاهد	دوم	۶۱/۵۱^{b}	۴۳/۱۸^{c}	۹۱/۴۳^{a}	۸۵/۰۷^{e}
اوره		۶۹/۲۴^{a}	۶۳/۷^{a}	۳۹/۸۴^{cd}	۲۹۰/۳۲^{b}
ورمی‌کمپوست		۶۳/۶۶^{b}	۶۱^{a}	۹۰/۹۷^{a}	۱۶۰/۰۱^{e}
کود گاوی		۶۲/۴۵^{b}	۵۵/۲۱^{b}	۹۱/۲۷^{a}	۱۴۰/۶۵^{e}
کود گاوی + اوره		۷۱/۵۸^{a}	۶۴/۶^{a}	۶۶/۸۶^{b}	۲۷۰/۲۵^{bc}
ورمی‌کپوست + اوره		۶۸/۸۶^{a}	۶۴/۷^{a}	۷۲/۱۷^{b}	۲۳۵/۶۷^{c}
شاهد	سوم	۳۶/۰۳^{d}	۲۷/۷۶^{e}	۷۱/۴^{b}	۱۱۱/۴۳^{f}
اوره		۴۹/۴۸^{c}	۳۹/۹۳^{c}	۴۳/۴^{c}	۴۰۲/۶۶^{a}
ورمی‌کمپوست		۴۳/۶۳^{c}	۳۲/۲۳^{d}	۸۷/۷^{a}	۱۶۴/۹۹^{e}
کود گاوی		۴۴/۴^{c}	۳۴/۵۵^{d}	۸۴/۰۶^{a}	۱۰۳/۹۵^{f}
کود گاوی + اوره		۴۸/۲۶^{c}	۴۲/۵^{c}	۵۵/۳۲^{c}	۲۴۵/۵۱^{cd}
ورمی‌کپوست + اوره		۴۷/۶^{c}	۴۲/۰۵^{c}	۶۲/۷^{bc}	۳۰۹/۰۸^{b}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

به‌ترتیب ۹۴ و ۵۰ درصد بیشتر از چین‌های نخست و سوم بود (جدول ۵). کاسته شدن از شدت گرمای تابستان، می‌تواند شرایط بهتری برای رشد رویشی و به تأخیر انداختن گل‌دهی در گیاه ریحان فراهم کند (۲۸). در این آزمایش هم ارتفاع کمتر گیاهان در زمان برداشت اول و افزایش ارتفاع در زمان برداشت دوم می‌تواند ناشی از کاهش دما و بهینه شدن شرایط محیطی در سال مورد آزمایش برای رشد رویشی و به تأخیر انداختن رشد زایشی گیاه ریحان باشد. با تشکیل جوانه‌های گل در انتهای ساقه ریحان رشد طولی گیاه متوقف می‌شود. یکی دیگر از عوامل اصلی تعیین کننده ارتفاع گیاه، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است که در تیمار کود اوره و تیمارهای ورمی‌کمپوست و کود گاوی با اوره به‌دلیل استفاده از کود اوره در هر زمان برداشت، تأمین عناصر غذایی گیاه به‌خوبی انجام شد و باعث افزایش ارتفاع گیاه گردید. در یک آزمایش مزرعه‌ای روی ریحان، کاربرد ترکیبی کودهای آلی و شیمیایی سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه گردید (۲۱).

برهمکنش تیمارهای زمان برداشت و کود بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول ۳). بهترین ترکیب‌ها از زمان برداشت دوم با کودهای اوره، کود گاوی + اوره و ورمی‌کمپوست + اوره به‌دست آمد و بین این ۳ ترکیب تفاوتی از نظر آماری وجود نداشت (جدول ۷). چنین وضعیتی نیز برای شمار ساقه‌های جانبی دیده شد، که این نشان‌دهنده نقش کود اوره در قدکشی

جدول ۸. مقایسه میانگین برهمکنش رقم × چین صفات اندازه‌گیری شده ریحان

رقم	زمان برداشت	ارتفاع (cm)	تعداد شاخه فرعی	وزن تر در بوته (gr)			وزن خشک در بوته (gr)			عملکرد تر ($kg\ ha^{-1}$)	درصد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	مقدار نیترات ($mg\ kg^{-1}$)
				برگ	ساقه	کل	برگ	ساقه	کل			
ریحان سبز	اول	۳۶/۶۶^{f}	۱۱/۹۵^{d}	۲۸/۸۶^{d}	۲۵/۱۴^{c}	۵۴^{c}	۳/۲۷^{e}	۲/۰۷^{c}	۵/۳۴^{d}	۵۵۳۵/۹۱^{c}	۳۶/۰۲^{c}	۲۴۷/۵^{b}
	دوم	۶۲/۴۷^{b}	۵۷/۸۲^{a}	۶۹/۰۷^{b}	۶۲/۷۸^{b}	۱۳۱/۳۰^{b}	۷/۷۴^{c}	۶/۰۶^{b}	۱۳/۷۷^{c}	۱۳۴۵۸/۷^{b}	۶۶/۹۵^{b}	۲۶۰/۷۴^{b}
	سوم	۴۰/۴۰^{d}	۳۲/۹۴^{c}	۳۵/۸۲^{c}	۲۲/۷۹^{c}	۵۸/۶۱^{c}	۴/۶۰^{d}	۲/۴۹^{c}	۷/۰۹^{d}	۶۰۰۸/۴۵^{c}	۶۵/۷۱^{b}	۳۱۷/۰۶^{a}
ریحان بنفش	اول	۳۲/۶۹^{e}	۱۰^{d}	۲۹/۸۷^{d}	۲۳/۲۴^{c}	۵۳/۲۰^{c}	۳/۱۲^{e}	۱/۷۲^{c}	۴/۸۴^{d}	۵۴۵۳/۱۷^{c}	۳۶/۹۳^{c}	۱۳۶/۵۶^{c}
	دوم	۶۹/۹۶^{a}	۵۹/۶۴^{a}	۱۱۰/۹۲^{a}	۱۱۰/۰۵^{a}	۲۲۱/۱۴^{a}	۱۱/۷۲^{a}	۹/۳۲^{b}	۲۱/۹۴^{a}	۲۲۶۷/۶^{a}	۸۴/۲۲^{a}	۱۳۳/۵۲^{c}
	سوم	۴۹/۴۰^{c}	۴۰/۰۶^{b}	۷۶/۷۹^{b}	۷۳/۴۹^{b}	۱۵۰/۹۰^{b}	۹/۴۰^{b}	۸/۲۱^{a}	۱۷/۶۰^{b}	۱۵۴۶۷/۴^{b}	۶۹/۱۵^{b}	۱۲۸/۸۲^{c}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

ریحان و افزایش شاخ و برگ آن است. بنابراین نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که کاربرد کود نیتروژنه، در افزایش ارتفاع بوته ریحان مؤثر است. ممکن است دلیل این امر، همبستگی مثبت بین افزایش طول میانگره‌ها و افزایش شاخ و برگ گیاه باشد. همانند نتایج پژوهش حاضر، افزودن کود ازته سبب بهبود صفات مورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته و تعداد ساقه‌های فرعی در بوته افسنطین شد (۱۹). نیتروژن نقش مؤثری در نمو یاخته‌های تازه و افزایش رشد رویشی، ارتفاع و تعداد شاخساره‌های فرعی گیاه دارد (۴). مصرف کود سبب دسترسی آسان گیاهان به عناصر غذایی می‌شود، بنابراین گیاه نیازی به افزایش بیش از حد حجم ریشه ندارد و مواد آلی ساخته شده از فتوسنتز را بیشتر برای توسعه بخش‌های هوایی مانند افزایش ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های فرعی مصرف می‌کند (۴).

عملکرد تر کل اندام هوایی در هکتار

عملکرد کل ریحان به‌عنوان کارکردی از رشد اندام‌های هوایی به‌طور بسیار معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۱$) تحت تأثیر تیمارهای کودی، رقم، زمان برداشت و برهمکنش رقم و زمان برداشت قرار گرفت (جدول ۳). اثر ترکیبات کودی بر عملکرد کل یکسان بود، گرچه نسبت به شاهد به‌طور متوسط ۶۱ درصد افزایش یافت. از این‌رو اگر هدف عملکرد کل باشد تفاوتی میان ترکیبات کودی در این زمینه نیست. گزارش شده است که نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی بیشتر در معرض تصعید و آب‌شویی قرار می‌گیرند و از دسترس گیاه خارج می‌شوند (۱۷). از طرف دیگر، تصعید و آب‌شویی در کودهای آلی آهسته‌تر است و نیتروژن آلی کودهای آلی به‌تدریج به فرم معدنی تبدیل شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. علاوه‌بر این، کودهای آلی به‌دلیل تأثیر مثبتی که بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارند، زمینه رشد و توسعه بیشتری را برای گیاه فراهم می‌کنند (۲۴).

اگرچه کودهای شیمیایی به‌دلیل دارا بودن نیتروژن معدنی بالا رشد گیاه را افزایش می‌دهند، ولی در عین حال سبب تخریب ساختمان خاک و آلودگی‌های گوناگون زیست محیطی هم خواهند شد (۲۴). از طرف دیگر، کودهای آلی به‌دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، تقویت فعالیت‌های شبه‌هورمونی گیاه، افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه و به‌طورکلی بهبود ساختار شیمیایی و فیزیکی بستر کاشت می‌شوند و شرایط مناسب را برای بهبود عملکرد گیاهان فراهم می‌سازند (۵). در پژوهشی، مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار سبب افزایش عملکرد رازیانه نسبت به شاهد گردید (۱۳). همچنین کاربرد ورمی‌کمپوست در کشت گیاه گوجه‌فرنگی، عملکرد این محصول را به‌طرز چشمگیری افزایش داد (۲۷ و ۶). کاربرد ورمی‌کمپوست، سبب افزایش عملکرد بابونه (۸) و سیر (۶) شد. به‌طورکلی، مصرف کودهای زیستی مانند ورمی‌کمپوست باعث افزایش کیفیت و پایداری عملکرد تولید گیاهان دارویی می‌شود (۲۲ و ۲۱، ۸).

همچون دیگر اندام‌های هوایی عملکرد کل در چین دوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو چین دیگر بود، به گونه‌ای که عملکرد چین دوم به‌ترتیب ۳/۳ و ۱/۷ برابر چین نخست و چین سوم بود (جدول ۵). عملکرد کل در رقم ریحان سبز نزدیک به ۷۴ درصد بیشتر از عملکرد ریحان بنفش بود (جدول ۶). در مورد بهتر بودن چین دوم نسبت به دو چین دیگر در بالا بیان شد که به‌دلیل کاسته شدن از شدت گرما بوده است. اما در مورد تفاوت چشمگیر عملکرد کل در بین دو رقم ریحان، شاید بتوان آن را به تفاوت آشکار در رنگدانه‌های این دو رقم ریحان و کارایی بهتر ریحان سبز برای فتوسنتز نسبت داد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

ظرفیت پاداُکسایندگی ریحان به‌طور بسیار معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۱$) تحت تأثیر تیمارهای کودی، رقم، زمان برداشت و برهمکنش کود و رقم، رقم و چین و برهمکنش کود- رقم- زمان برداشت قرار گرفت (جدول ۳). نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نشان دادند که تیمار کودهای آلی، ورمی‌کمپوست و کود گاوی بالاترین درصد ظرفیت پاداُکسایندگی را دارند درحالی‌که کود اوره به‌تنهایی کمترین و با ترکیب با دو کود آلی بالا، سبب افت این

ویژگی شده‌اند، به گونه‌ای که نسبت به شاهد هم ظرفیت کمتری دارند (جدول ۴). همچنین در مقایسه بین رقم‌ها، رقم ریحان سبز با میانگین ۶۳/۴ درصد اختلاف معنی‌داری با ریحان بنفش با میانگین ۵۶/۲ درصد داشت (جدول ۵). افزون بر این، بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بین زمان‌های برداشت نیز به‌ترتیب زمان برداشت دوم (۷۵/۶ درصد)، زمان برداشت سوم (۶۷/۴ درصد) و زمان برداشت اول (۳۶/۵ درصد) بودند (جدول ۵). برهمکنش فاکتورهای سه‌گانه زمان برداشت، کود و رقم برای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار شد. بهترین ترکیب‌ها با زمان برداشت دوم با کودهای ورمی‌کمپوست، کود گاوی و کود گاوی + اوره با ریحان سبز به‌دست آمد (جدول‌های ۷ و ۸)، ولی برای ریحان بنفش، زمان برداشت دوم و ورمی‌کمپوست بهترین نتیجه را داد و بین این ۴ ترکیب تفاوتی از نظر آماری وجود نداشت (جدول ۸). در آزمایشی، میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه فلفل (فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، فلاونوئید کل و بتاکاروتن) تحت تأثیر تیمارهای کمپوست، افزایش یافت (۱۵). بنابراین برای افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان، استفاده از کودهای آلی و به‌ویژه ورمی‌کمپوست می‌تواند سودمند باشد.

میزان نیترات گیاه

مقدار نیترات موجود در ریحان به‌طور بسیار معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۱$) تحت تأثیر تیمارهای کودی، رقم، زمان برداشت و برهمکنش کود و رقم، رقم و چین، کود و چین و برهمکنش کود- رقم- زمان برداشت قرار گرفت (جدول ۳). آشکار است که مقدار نیترات گیاه کارکردی از مقدار کودهای ازته‌ای است که به گیاه داده می‌شود. میانگین غلظت نیترات در ریحان در تیمار کود اوره به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای دیگر بود (جدول ۴). غلظت نیترات در تیمارهای کود آلی همراه با اوره نیز نسبت به دیگر تیمارها بیشتر بود و کمترین غلظت در تیمار کود گاوی و شاهد به‌دست آمد. در بین تیمارهای کودی مورد استفاده کود اوره (۳۲۷/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) بیشترین و تیمار شاهد (۹۵/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) کمترین مقدار تجمع نیترات را از خود نشان دادند (جدول ۴). به‌طورکلی تیمارهای کودی به‌ترتیب از بیشترین مقدار نیترات به کمترین مقدار شامل اوره > کود گاوی + اوره > ورمی‌کمپوست + اوره > ورمی‌کمپوست > کود گاوی > شاهد بودند. افزون بر این، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ریحان بنفش با میانگین غلظت نیترات ۲۷۵/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم با ریحان سبز با میانگین غلظت نیترات ۱۳۲/۹۷ میلی‌گرم در کیلوگرم داشت (جدول ۶). میانگین غلظت نیترات در بین چین‌ها، به‌ترتیب شامل چین سوم (۲۲۲/۹۴ میلی‌گرم در کیلوگرم)، چین دوم (۱۹۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) و چین اول (۱۹۲/۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود (جدول ۵). برهمکنش سه‌گانه زمان برداشت، کود و رقم برای مقدار نیترات گیاه معنی‌دار شد. کمترین مقدار نیترات گیاه در ترکیب هر سه زمان برداشت با ریحان بنفش دیده شد و بین این ۳ ترکیب تفاوتی از نظر آماری وجود نداشت (جدول ۸). در مورد برهمکنش زمان برداشت و رقم، بیشترین مقدار نیترات در ترکیب چین سوم با ریحان سبز مشاهده شد (جدول ۸).

مقدار نیترات موجود در سبزی‌ها بسته به گونه و رقم متفاوت است. به‌عنوان مثال خانواده‌های *Chenopodiaceae* *Brassicaceae, Solanaceae Poaceae* و *Asteraceae* استعداد تجمع نیترات بیشتری را نسبت به سایر گونه‌ها دارند. عوامل محیطی هم بر میزان انباشت نیترات در گیاهان اثر دارند. شاید علت پایین بودن نیترات در زمان برداشت اول، به‌دلیل نور کافی و مساعد بودن شرایط آب‌وهوایی در این مرحله از برداشت ریحان باشد. اما در زمان‌های برداشت سوم و دوم احتمالاً به‌دلیل افزایش تعداد ساقه‌های جانبی و بلند شدن ارتفاع بوته‌ها به‌خصوص در گیاهان تیمار شده با کود شیمیایی فضای بین بوته‌ها کمتر شده که این باعث کاهش نور و تجمع نیترات بیشتر در گیاهان شده است.

مقدار اسانس برگ

مقدار اسانس ریحان به‌طور بسیار معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۱$) تحت

تأثیر تیمارهای کودی، رقم، زمان برداشت و برهمکنش کود و رقم و رقم و زمان برداشت قرار گرفت (جدول ۳). اثر ترکیب کودها روی مقدار اسانس یکسان بود ولی همه آنها به‌طور معنی‌داری اسانس بیشتری در مقایسه با شاهد تولید کردند (جدول ۴). مقدار اسانس در زمان برداشت دوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو چین دیگر بود و چین سوم بهتر از چین نخست بود (جدول ۵). رقم هم روی مقدار اسانس اثر داشت و بالاترین مقدار اسانس در ریحان سبز به‌دست آمد، به گونه‌ای که ۵۳ درصد اسانس بیشتری نسبت به ریحان بنفش تولید می‌کند (جدول ۶). در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد، اما اثرات متقابل کود × رقم و زمان برداشت × کود × رقم معنی‌دار نشدند. در بین تیمارهای زمان برداشت اختلاف معنی‌دار برای مقدار اسانس مشاهده شد (جدول ۵)، زمان برداشت دوم بیشترین و زمان برداشت اول کمترین مقدار اسانس را دارا بودند (جدول ۵). در بین دو رقم مورد آزمایش هم مقدار اسانس ریحان سبز از نظر آماری بیش از ریحان بنفش بود (جدول ۶). گزارش شده است که کاربرد کودهای آلی و شیمیایی به‌دلیل داشتن نیتروژن و فسفات در افزایش اسانس ریحان مؤثرند (۱۱). در آزمایش حاضر هم اگرچه در بین تیمارهای کودی گوناگون تفاوتی دیده نشد، ولی تمامی آنها اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند (جدول ۴).

یافته‌های این پژوهش، اثر مثبت کاربرد کودهای آلی و به‌ویژه ورمی‌کمپوست را در کشت مزرعه‌ای گیاه دارویی ریحان برای افزایش عملکرد و همچنین افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش تجمع نیترات نشان دادند. بنابراین با استفاده از کود گاوی و ورمی‌کمپوست و کاهش میزان استفاده از کودهای شیمیایی در کشت گیاه دارویی ریحان، می‌توان محصولی با عملکرد قابل قبول و کیفیت بهتر تولید نمود. افزون بر نوع کوددهی، در این آزمایش، زمان برداشت و رقم ریحان هم بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی ریحان اثر داشتند. بهترین زمان برداشت در این آزمایش زمان برداشت دوم بود که به‌جز انباشت بیشتر نیترات در گیاه، برای سایر صفات اندازه‌گیری شده بهتر از دو زمان برداشت دیگر بود. همان‌طورکه اشاره شد، دلیل این امر می‌تواند مربوط به شرایط بهینه آب‌وهوایی برای رشد گیاه برای این برداشت باشد. رقم ریحان سبز هم برای همه صفات اندازه‌گیری شده بهتر از ریحان بنفش بود. در نتیجه، مجموعه‌ای از عوامل مانند نوع کوددهی، رقم و شرایط اقلیمی می‌توانند بر عملکرد و کیفیت محصول ریحان اثر بگذارند.

منابع مورد استفاده

1. Adediran, J. A., L .B .Taiwo. M. O. Akande. R. A. Sobulo and O. J. Idowu. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition* 27:1163-1181.
2. Alizadeh, A., 2009. Selection of Optimal Culture Medium for Growing Organic Tomatoes and Cucumber Seedlings. Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Farsi).
3. Amami, A. 1996. Plant Analysis Methods. vol. 1, Soil and Water Research Institute. Publication No. 982. Tehran, Iran. (In Farsi)
4. Aminifard, M. H., H. Aroiee. A. Ameri and H. Fatemi. 2012. Effect of plant density and nitrogen fertilizer on growth, yield and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). *African Journal of Agricultural Research* 7:859-866.
5. Arancon, N., C. A. Edwards. P. Bierman. C. Welch and J. D. Metzger. 2004. Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants. *Plant Biology and Pathology* 327: 639-64.
6. Arguello, J. A., A. Ledesma, S. B. Nunez, C. H. Rodriguez and M. D. Goldfarb. 2006. Vermicompost effects on bulbing dynamics, non-structural carbohydrate content, yield and quality of 'Rosado Paraguayo' garlic bulb. *HortScience* 41: 589-592.
7. Azarmi, R., M. T. Giglou and R. D. Taleshmikail. 2008. Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato field. *African Journal of Biotechnology* 7: 2397-2401.
8. Azizi, M., F. Rezvani, Z. K. M. Hassan, A. Lekzian and A. Nemati. 2009. Effects of vermicompost and irrigation on

morphological traits and essential oil of chamomile. Iran. *Journal of Medicinal Plants Research* 24: 82-93.
9. Bachman, G. R. and J. D. Metzger. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology* 99: 3155–3161.
10. Bhattacharyya, P., K. Chakrabarti and A. Chakraborty. 2005. Microbial biomass and enzyme activities in submerged rice soil amended with municipal solid waste compost and decomposed cow manure. *Chemosphere* 60: 310–318.
11. Bromand, N. I., V. Marezi and M. Sadat Hossini Groh. 2011. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of basil medicinal plant. *In:* Proceeding of the 7th Iranian Horticultural Sciences Congress, Esfahan, Iran. (In Farsi).
12. Dadkhah, A., M. Amini Dahaghi and M. Kafi. 2012. Effects of different levels of nitrogen and phosphorous fertilizers on yield quantity and quality of *Matricaria recutita* L. *Iranian Journal of Field Crop Research* 10: 321-326. (In Farsi).
13. Darzi, M. T., A. Ghalavand, F. Rejali and F. Sefidkon. 2006. Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 22: 276-292. (In Farsi).
14. Darzi, M. T., M. Haj Seyedhadi and F. Rejali. 2012. Effects of the application of vermicompost and phosphate solubilizing bacterium on the morphological traits and seed yield of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Journal of Medicinal Plants Research* 6: 215-219.
15. Doroudian, H. R., A. Soltani nejad and A. Baghi zade. 2011. Effects of chemical fertilizers, organic matters and their combinations on watermelon. *In:* Proceeding of the 2nd National Conference on Agriculture and Sustainable Development, Future Opportunities and Challenges. Shiraz, Iran. (In Farsi).
16. Ebrahimzadeh, M. A., F. Pourmorad and S. Hafezi. 2008. Antioxidant activities of Iranian corn silk. *Turkish Journal of Biology* 32: 43-49.
17. Erhart, E., F. Feichttinge and H. Hartl. 2007. Nitrogen leaching losses under crops fertilized with biowaste compost compared with mineral fertilization. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 170: 608-614.
18. Ghanbari, Y. and H. Barqi. 2009. Stable development in agriculture sector: the main challenges. *Rahbordeyas* 16: 218-234. (In Farsi).
19. Gholami, M. and A. Azizi. 2006. The effect of nitrogen fertilizer on total essential oil and the amounts of a-thujone and chamazulene in wormwood (*Artemisia absinthium* L.) *Agricultural Research (Water, Soil and Plants in Agriculture)* 6: 83-93. (In Farsi).
20. Ghost, B. C. and R. Bhat. 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. *Environment and Pollution* 102: 123–126.
21. Kandeel, A. M., S. A. T. Naglaa and A. A. Sadek. 2002. Effect of biofertilizers on the growth, volatile oil yield and Aroma profiles of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars grown under conventional and organic conditions. *Food Chemistry* 107: 464-472.
22. Kapoor, R., B. Giri and K. G. Mukerji. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology* 93: 307-311.
23. Makizadeh Saghafi, M., S. Nasrolahzadeh, S. Zohtab Salmasi, M. Chichi and K. Khavazy. 2012. Effect of biofertilizers, organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of basi (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural Science* 22: 1-12. (In Farsi).
24. Malekoti, M. J. 1996. Increasing Yield by optimizing fertilizer use in Iran in order to achieve sustainable agriculture. *In:* Proceeding of the 5th Iranian Soil Science Congress. Karaj, Iran. pp.3. (In Farsi).
25. Marcote, I., T. Hernandez. C. Garcıa and A. Polo. 2001. Influence of one or two successive annual applications of organic fertilisers on the enzyme activity of a soil under barley cultivation. *Bioresource Technology* 79: 147–154.
26. Norman, Q. and C. Arancon. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology* 42: 65-69.
27. Soodaee Mashaee, S., N. Aliasgharzade, S. Ostan. 2008. Kinetics of nitrogen mineralization in soils amended with compost, vermicompost and cattle manure. *Journal of Water and Soil Science* 11(42): 405-414. (In Farsi).
28. Tahami, S. M. K., P. Rezvani Moghaddam and M. Jahan. 2010. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agroecology* 2: 63-74. (In Farsi).

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 8, No.1, Spring 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Effect of Organic and Chemical Nitrogen Fertilizers on the Yield and Qualitative Characteristics of Two Basil Cultivars

M. Chezgi[1], V. Chalavi[2*] and V. Akbarpour[3]

(Received: May 31-2016; Accepted: July 31-2017)

Abstract

Adding compost and vermicompost organic fertilizers to soil can improve soil physical conditions, nutrient elements and microorganisms. In the present study, the effect of the cow manure, vermicompost, and urea chemical fertilizer, alone or in combination, on the yield and qualitative characteristics of basil (*Ocimuom basilicum* L.) was investigated. The experiment was conducted as a split plot based on the complete randomized block design in 2013. The treatments included 6 levels of fertilizers as the main factor, and two green and purple basil cultivars as the sub factor; three harvest times were taken as the sub-sub factor. Dual treatments of organic fertilizers and urea, as compared with the organic fertilizers treatment alone, did not lead to any statistically significant increase in the yield of fresh and dry plants. However, the amount of nitrate in the plant organs was increased in the combination treatments of organic fertilizers with urea. Except for the amount of plant's nitrate, the green basil was better than purple one with regard to the antioxidant capacity, yield and vegetative traits. In terms of the harvest time, the highest yield and antioxidant capacity were observed in the second harvest. These results clearly showed the positive effect of the use of organic fertilizers on increasing the yield and quality of the basil plant. Therefore, according to the findings of this experiment, by using animal manure and vermicompost organic fertilizers, it is possible to lower the application of chemical fertilizers and prevent their harmful effects on the environment.

Keywords: Cow compost, Urea fertilizer, Antioxidant capacity, Nitrate, Cow vermicompost.

1, 2, 3. MSc. Student and Assistant Professors, Respectively, Department of Horticulture, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mazandaran, Iran.
*. Corresponding Author, Email: v.chalavi@sanru.ac.ir