

**ارزیابی پارامترهای بیوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در واکنش به اسید فولویک و کود کامل (NPK)**

محمد حسین امینی‌فرد<sup>۱\*</sup>، محبوبه عسگریان<sup>۲</sup>، مهدی خیاط<sup>۱</sup> و مهدی جهانی<sup>۳</sup>  
 ۱، ۲ و ۳. استادیار، دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند  
 (تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۲۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۳)

**چکیده**

به منظور بررسی تأثیر اسید فولویک و کود کامل NPK بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و صفات بیوشیمیایی و عملکرد ریحان، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. نتایج نشان داد بیشترین آنتوسیانین (۱/۷۱ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) با کاربرد کود کامل NPK با غلظت ۶ در هزار و کمترین (۱/۴۳ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) در تیمار شاهد به دست آمد. بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۷۸/۶ درصد) از تیمار ۵ کیلوگرم در هکتار اسید فولویک و کمترین آن (۷۰/۶ درصد) در تیمار شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل NPK) به دست آمد. همچنین بیشترین آنتوسیانین (۱/۷۴ میلی‌گرم برگرم وزن تر)، کلروفیل b (۱/۵۲ میلی‌گرم برگرم وزن تر) و کلروفیل کل (۲/۹۹ میلی‌گرم برگرم وزن تر) با کاربرد کود کامل NPK با غلظت ۳ در هزار و اسید فولویک ۱۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد بیشترین عملکرد بیولوژیک (۲/۲۹ کیلوگرم در مترمربع) و وزن خشک بوته (۴۸۳/۸ گرم در متر مربع)، در تیمار مصرف همزمان ۶ در هزار کود کامل و ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید فولویک و کمترین آنها (۱/۴۴ کیلوگرم در متر مربع و ۲۵۹/۵ گرم در متر مربع)، در شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل NPK) مشاهده شد. به طور کلی، نتایج بیانگر تأثیر مثبت کود کامل و اسید فولویک بر عملکرد و صفات بیوشیمیایی ریحان بود.

**واژه‌های کلیدی:** ریحان، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، گیاه دارویی، وزن خشک بوته.

**Evaluation of biochemical parameters and antioxidant activity of basil (*Ocimum basilicum* L.) in response to fulvic acid and fertilizer (NPK)**

Mohammad Hossein Aminifard<sup>1\*</sup>, Mahboobeh Askarian<sup>2</sup>, Mehdi Khayyat<sup>1</sup> and Mehdi Jahani<sup>3</sup>  
 1, 2, 3. Assistant Professor, M. Sc. Student, and Associate Professor, College of Agriculture, University of Birjand, Iran  
 (Received: July 17, 2018- Accepted: Nov. 24, 2018)

**ABSTRACT**

In order to determine the effect of fulvic acid and NPK fertilizer on antioxidant activity, biochemical parameters and yield of basil, an experiment was conducted as factorial arrangement based on randomized complete block design. The results showed that the highest of anthocyanin (21.1 mg/g dry weight) with application of 3 per thousand of NPK fertilizer and the lowest anthocyanin (0.95 mg/g dry weight) were obtained from control treatment. The highest antioxidant activity (76.6%) was obtained from 5 kg/ha fulvic acid and its lowest (70.6%) were obtained from control treatment (no fertilizer fulvic acid and NPK fertilizer). Also the highest anthocyanin (1.74 mg/g dry weight), chlorophyll b (1.52 mg/g fresh weight) and total chlorophyll (2.99 mg/g fresh weight) were obtained by application of 3 per thousand of NPK fertilizer and 10 kg ha<sup>-1</sup> fulvic acid. Also result showed that the highest biological yield (22955 kg.ha<sup>-1</sup>) and plant dry weight (483.8 gm<sup>-2</sup>) were obtained from treatment of 6 per thousand of NPK fertilizer and 10 kg ha<sup>-1</sup> fulvic acid and the lowest amounts (14418 kg ha<sup>-1</sup> and 259.5 gm<sup>-2</sup>) from control treatment (no fertilizer fulvic acid and NPK fertilizer)

**Keywords:** Antioxidant activity, Basil, dry weight, medicinal plant.

\* Corresponding author E-mail: mh.aminifard@birjand.ac.ir

## مقدمه

امروزه گیاهان دارویی از گیاهان مهم اقتصادی هستند که به صورت خام یا فراوری شده در طب سنتی و مدرن صنعتی مورد استفاده و بهره‌وری قرار می‌گیرند. ریحان (*Ocimum bacilicum* L.) یکی از گیاهان دارویی مهم متعلق به تیره نعناع است که به عنوان گیاهی دارویی، ادویه‌ای و نیز سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد. مواد مؤثره پیکر رویشی این گیاه، اشتهاآور خاصیت ضدقارچی و ضدباکتریایی داشته و برای معالجه نفخ شکم و کمک به هضم غذا استفاده می‌شود و نیز کاربرد وسیعی در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی - بهداشتی دارد (Omid Beigi, 2005). ترکیبات بیوشیمیایی ریحان نقش مؤثری در درمان بیماری‌ها دارند یکی از ترکیبات مهم در ریحان ترکیبات فنلی این گیاه می‌باشد. ترکیبات فنلی چندین نقش مهم در گیاهان ایفا می‌کنند. این ترکیبات باعث ایجاد رنگ، طعم و ویژگی‌های فیزیولوژیکی خاصی در گیاه می‌شوند و از گیاه در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی محافظت می‌کنند (Boudet, 2007). همچنین ترکیبات فنلی برای رشد و تولید مثل گیاهان ضروری می‌باشند و این ترکیبات با منشا گیاهی اهمیت خاصی در تغذیه جوامع انسانی دارند. از مواد فنلی گیاه دارویی ریحان که به عنوان یکی از سبزی‌های پرطرفدار می‌باشد، می‌توان به عنوان منبعی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در صنایع غذایی برای از بین بردن رادیکال‌های آزاد و پیشگیری از به وجود آمدن بیماری‌هایی نظیر سرطان، عوارض قلبی و امثال آن استفاده نمود. در این راستا می‌توان با انتخاب روش‌های مناسب برای تولید گیاهانی با خاصیت دارویی بیشتر اقدام نمود (Aghaei et al., 2014). اغلب اراضی کشور در زمره خاکهای خشک و نیمه‌خشک قرار دارند که قلیایی بوده و دچار کمبود مواد آلی می‌باشند. کمبود مواد آلی، سبب کاهش حلالیت و تحرک عناصر پرمصرف مورد نیاز گیاه می‌گردد. دو سوم نیتروژن خاک از طریق آبشویی از دسترس گیاه خارج می‌شود. مقادیر زیادی از فسفر موجود در خاک نیز به دلیل قلیایی بودن خاک، به فرم غیرقابل جذب برای گیاه وجود دارد که جهت رفع این

مشکل، استفاده از کودهای شیمیایی توصیه می‌شود (Piromyou et al., 2014). در مورد گیاهان دارویی علاوه بر کمیت، کیفیت آنها نیز تحت تأثیر نوع کود مصرفی قرار می‌گیرد. نیتروژن و فسفر اصلی‌ترین مواد غذایی هستند که رشد و عملکرد کلیه گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Ruan et al., 2010). اگرچه مواد مؤثره موجود در گیاهان دارویی تحت هدایت ژنتیکی ساخته می‌شوند، ولی عوامل اقلیمی محل رویش از جمله عناصر غذایی تأثیر به‌سزایی در کمیت و کیفیت این مواد دارند. عناصر غذایی از جمله نیتروژن با تأثیری که بر رشد رویشی و زایشی گیاهان دارویی دارند، باعث تغییر در عملکرد محصول می‌شوند و کمیت و کیفیت ماده مؤثره آنها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند (Grife et al., 2003). در این راستا Ibrahim et al. (2013) بیان کردند سطوح مختلف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم تولید متابولیت‌های ثانویه را در بعضی از گیاهان تحت تأثیر قرار دادند. همچنین Nguyen & Niemeyer (2008) گزارش کردند، نیتروژن تأثیر معنی داری بر سطوح فنول گیاه ریحان داشت. در بررسی Boyeridah Sheikh et al. (2017) روی گیاه نعناع گربه‌ای (*Nepeta cataria*) نیز مشخص شد کاربرد کودهای شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل و کاروتنوئید گردید. علاوه بر کودهای شیمیایی، کودهای آلی نیز تأثیر بسزایی در کمیت و کیفیت گیاهان دارویی دارند. در بین کودهای سازگار با طبیعت، اسید فولویک<sup>۱</sup> به‌عنوان یک اسید آلی، بدون اثرات مخرب زیست‌محیطی، باعث بهبود ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و به دلیل دارا بودن ترکیبات هورمونی، اثرات مثبت قابل ملاحظه‌ای بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاهان دارد، همچنین اسید فولویک سبب تشکیل کمپلکس‌های پایدار و نامحلول و کمپلکس‌های محلول با عناصر کم مصرف می‌گردد. این کود آلی با کلات کردن عناصر ضروری، سبب افزایش جذب عناصر شده و باروری خاک و تولید در گیاهان را افزایش می‌دهد (Sabzevari et al., 2009). تحقیقات نشان داد

1. Fulvic acid

آبیاری) در نظر گرفته شد. عملیات کاشت به صورت خطی در ۵ اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۵ انجام گرفت. هر کرت دارای ۸ ردیف کاشت که فاصله بین ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها ۱۰ سانتی‌متر و عمق کاشت ۱/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری کرت‌ها به صورت سیفونی انجام شد. آبیاری اول همزمان با کاشت (۵ اردیبهشت ماه ۱۳۹۵ به صورت سطحی) و آبیاری دوم ۵ روز بعد از آبیاری اول به منظور تسهیل در سبزشدن بذرها انجام شد. عملیات سله‌شکنی، به جهت سهولت خروج گیاهچه‌ها از خاک و رشد مطلوب، انجام شد. برای حصول تراکم مناسب (مطابق فواصل فوق‌الذکر)، گیاهان در سه مرحله و پس از استقرار کامل در مرحله شش‌برگی تنک شدند. بعد از انجام عملیات تنک نهایی، کود اسید فولویک (حاوی ۷۰ درصد اسید فولویک، ۱۵ درصد اسید هیومیک و ۷ درصد پتاسیم اکسید، ساخت شرکت تام کشت البرز ایران) همراه با آب آبیاری به خاک در سه سطح صفر، ۵ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار به گیاه داده شد (Ruzbahani et al., 2013). همچنین محلول‌پاشی برگی کود کامل NPK (۲۰-۲۰-۲۰) به میزان صفر و ۳ و ۶ در هزار از مرحله ۸-۶ برگی طی سه نوبت به فاصله زمانی ۱۴ روز انجام گرفت (Khalili Darini et al., 2014; Ahmadi, 2013). در طول مراحل اجرای آزمایش هیچ‌گونه کود، آفت‌کش و علف‌کش شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت و کنترل علف‌های هرز از طریق وجین دستی انجام شد. بعد از اعمال تیمارها و پس از ورود گیاهان به مرحله گلدهی، از هر کرت ۱۰ بوته با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای به طور تصادفی انتخاب شده و سپس نمونه‌هایی از برگ‌های توسعه‌یافته از ۱۰ بوته، به طور تصادفی تهیه و صفات بیوشیمیایی ریحان اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل و کاروتنوئید در بافت گیاهی از روش آرنون استفاده شد (Lichtenthaler, 1987). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه از روش خنثی‌کنندگی DPPH (۲،۲- دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل) تعیین شد (Turkmen et al., 2005). برای اندازه‌گیری مقدار ترکیبات فنولی گیاه از روش فولین سیکالتو استفاده

استفاده از کودهای آلی، میزان قند و کربن در گیاه را افزایش می‌دهد (Toor et al., 2006). همچنین گزارش شده که اسید فولویک مانند جیبرلین، آلفا آمیلاز و دیگر آنزیم‌های هیدرولیزکننده را تحریک می‌کند و در افزایش کربوهیدرات و سطوح آنتوسیانین گیاه اثر دارد (Remon et al., 2000). با توجه به اهمیت گیاه ریحان و مصارف آن در صنایع غذایی و دارویی و همچنین با توجه به این‌که تاکنون گزارشی در خصوص اثر متقابل کود کامل NPK و اسید فولویک بر متابولیت‌های ثانویه و خصوصیات بیوشیمیایی ریحان نشده است، لذا هدف از اجرای این طرح بررسی کاربرد جداگانه و تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و صفات بیوشیمیایی و عملکرد ریحان در جهت تولید پایدار و افزایش کیفیت این گیاه مهم دارویی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۵ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ ترکیب تیماری و سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اجرا شد. قبل از کشت، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد (جدول ۱).

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of soil used in experiment

Texture	pH	EC (ds.m <sup>-1</sup> )	Organic matter (%)	Total N (%)	K (mg.kg <sup>-1</sup> )	P (mg.kg <sup>-1</sup> )
Loam	7.7	2.3	0.68	0.06	220	40

تیمارهای آزمایش، شامل کود کامل NPK (۲۰-۲۰-۲۰) در سه سطح (صفر، ۳ و ۶ در هزار) و اسید فولویک در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار) تعیین شدند. به منظور انجام آزمایش، در اواخر فروردین ماه پس از شخم، دیسک و مسطح کردن خاک اقدام به کرت‌بندی زمین نموده و کرت‌هایی به ابعاد ۲×۲ متر ایجاد گردید، فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها از یکدیگر به ترتیب ۱ و ۲ متر (با احتساب جوی‌های

میلی گرم برگرم وزن تر) از تیمار ۳ در هزار کود کامل و ۱۰ کیلوگرم اسید فولویک و کمترین میزان این صفات (به ترتیب، ۱/۱۹ و ۲/۵۶ میلی گرم برگرم وزن تر) مربوط به تیمار شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل (NPK) بود (جدول ۱۰). مشابه نتایج این تحقیق، در بررسی که روی گیاه نعنای گربه‌ای انجام گرفت، مشخص شد بالاترین مقادیر کلروفیل a (۱/۴۸ میلی گرم برگرم وزن تر) و کلروفیل کل (۱/۹۲ میلی گرم برگرم وزن تر) با کاربرد کودهای شیمیایی به دست آمد که نسبت به شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل (NPK) به ترتیب ۱۹/۳۵ و ۱۶/۷۹ درصد افزایش داشت (Boyeridah Sheikh et al., 2017). محققین نیز با مطالعه گیاه دارویی مرزه بیان کردند تیمار کود شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر شاخص کلروفیل مرزه (Satureja hortensis) داشته است (Akraminejad et al., 2015). افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌تواند ناشی از افزایش جذب نیتروژن و فسفر باشد، زیرا نیتروژن در ساختمان کلروفیل و اسیدهای آمینه نقش فعالی دارد. فسفر نیز در ساختمان آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز شرکت دارد و افزایش جذب آن به بالا رفتن میزان فتوسنتز در گیاه کمک می‌کند (Harbone & Dey, 1997). همسو با نتایج این آزمایش (Khan et al., 2012) مشاهده نمودند کاربرد اسید فولویک باعث افزایش غلظت کلروفیل برگ زیره سبز (*Cuminum cyminum*) گردید. Schneider et al. (1997) نیز ضمن بیان تأثیر مثبت اسید فولویک بر میزان کلروفیل خیار، گزارش کردند کودهای آلی غنی از عناصر مغذی کم مصرف نظیر آهن و روی می‌باشد، این عناصر پیش‌ماده سنتز آمینو لئولینیک اسید می‌باشند و این ماده نیز پیش ماده سنتز کلروفیل است، بنابراین به نظر می‌رسد که با مصرف این کودها، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه افزایش یابد که این نتایج، همسو با نتایج این پژوهش می‌باشد.

#### میزان فنل کل

نتایج تجزیه واریانس، حاکی از تأثیر معنی‌دار اثر کود کامل NPK و اسید فولویک بر میزان فنل ریحان بود، هرچند اثر متقابل تیمارها معنی‌دار نشد (جدول‌های ۲ و ۳) با مصرف کود کامل NPK میزان فنل نسبت به

شد (Krizek et al., 1997). اندازه‌گیری آنتوسیانین برگ به روش pH افتراقی انجام گرفت (Wrosotad, 1976). جهت اندازه‌گیری قند کل از روش آنترون استفاده شد (Mooready, 1950). همچنین میزان فلاونوئید کل با استفاده از معرف آلومینیوم کلرید انجام گرفت (Yoo et al., 2008). در آخر فصل رشد، زمانی که بذرها گیاه کاملاً رسیده بودند، برداشت نهایی طی یک مرحله (یک چین)، جهت تعیین عملکرد تر بیولوژیکی (عملکرد کل اندام‌های هوایی) انجام شد. همچنین در همین زمان، نمونه‌گیری جهت اندازه‌گیری صفات رویشی (ارتفاع، وزن تر و خشک تک بوته) و زایشی (عملکرد بیولوژیکی) در سطح یک مترمربع با رعایت اثر حاشیه‌ای انجام گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با کمک نرم‌افزار آماری SAS صورت پذیرفت.

#### نتایج و بحث

##### رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کلروفیل کل و کارتنوئید)

نتایج آزمایش، بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر کود کامل NPK بر میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین میزان کلروفیل a (۱/۴۹ میلی گرم برگرم وزن تر) و کلروفیل کل (۲/۹۴ میلی گرم برگرم وزن تر) از تیمار ۶ در هزار کود کامل NPK و کمترین میزان این صفات به ترتیب (به ترتیب ۱/۴۰ و ۲/۷۱ میلی گرم برگرم وزن تر) از تیمار شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل (NPK) به دست آمد، به طوری که کاربرد کود کامل، میزان کلروفیل a و کل را به ترتیب ۲۷/۷ و ۲۰/۲ درصد افزایش داد (جدول ۶). همچنین مشاهده شد اثر اسید فولویک بر میزان کلروفیل b و کارتنوئید معنی‌دار بود و بیشترین میزان کلروفیل b (۱/۴۵ میلی گرم برگرم وزن تر) و کارتنوئید (۰/۵۴ میلی گرم برگرم وزن تر) از تیمار ۵ کیلوگرم در هکتار اسید فولویک به دست آمد و کمترین میزان کلروفیل b و کارتنوئید (به ترتیب، ۱/۳۴ و ۰/۵۰ میلی گرم برگرم وزن تر) از تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۸). اثر متقابل تیمارها نیز تأثیر معنی‌داری بر رنگیزه‌های فتوسنتزی داشت، به طوری که بالاترین میزان کلروفیل b و کلروفیل کل (به ترتیب، ۱/۵۲ و ۲/۹۹

تعادل کربن به مواد معدنی و فرضیه تمایز رشد، رابطه دوطرفه بین متابولیسم اولیه و ثانویه اثبات شده است، لذا افزایش عناصر غذایی منجر به افزایش میزان فتوسنتز خالص در گیاه و در نتیجه افزایش فعالیت آنزیم‌های درگیر با بیوسنتز نشاسته و پروتئین در سنتز ترکیبات ثانویه می‌گردد (Muler *et al.*, 2013). از طرفی افزایش ترکیبات فنلی با افزایش میزان کربوهیدرات‌ها در گیاه ارتباط مستقیم دارد، از آنجا که هیدرات‌های کربن اسکلت مورد نیاز برای ساخت ترکیبات فنلی شناخته شده‌اند، لذا افزایش در مقدار آنها به عنوان افزایش ماده اولیه برای ترکیبات فنلی می‌باشد (Nguyen & Niemeyer, 2010). مشابه نتایج این تحقیق Asemi *et al.* (2003) نشان دادند ترکیبات آلی از جمله اسید فولویک به‌طور قابل توجهی بر محتوای فنل کل توت‌فرنگی و ذرت تأثیر می‌گذارد. گزارش شده است گیاهان نمی‌توانند به‌طور همزمان منابع را به رشد و دفاع اختصاص دهند و رقابت بین پروتئین‌ها و فنل‌ها در گیاهان برای پیش‌سازهای معمول درگیر در بیوسنتز آنها وجود دارد، از سوی دیگر، اسیدهای آلی (مانند اسید فولویک) به‌عنوان پیش‌سازها یا فعال‌کننده‌های گیاهان دارویی و مواد گیاهی و همچنین ترکیبات ثانویه در گیاه عمل می‌کنند و در نتیجه سبب افزایش محتوای فنل کل می‌شوند (Viti *et al.*, 1989).

شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل (NPK) افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار فنل (۴۰/۴) میلی‌گرم برگرم وزن خشک) در اثر کاربرد سه در هزار کود کامل به‌دست آمد و کمترین میزان فنل (۳۹/۱) میلی‌گرم برگرم وزن خشک) در تیمار شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل (NPK) مشاهده شد. طبق نتایج کاربرد کود کامل میزان فنل را به میزان ۳/۳۲ درصد افزایش داد (جدول ۷). همچنین کاربرد اسید فولویک نیز میزان فنل را نسبت به تیمار شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل (NPK) به میزان ۰/۶۸ میلی‌گرم برگرم وزن خشک افزایش داد. با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها، بیشترین میزان فنل (۴۰/۳۱) میلی‌گرم برگرم وزن خشک) از تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید فولویک و کمترین میزان آن (۳۹/۶۳) میلی‌گرم برگرم وزن خشک) مربوط به شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل (NPK) بود (جدول ۹). در این راستا Alizadeh *et al.* (2010)، گزارش کردند استفاده از کود شیمیایی سبب افزایش میزان فنل گیاه مرزه گردید و بیشترین میزان فنل (۲۵/۵۲) میلی‌گرم برگرم وزن خشک) از اعمال کود شیمیایی به‌دست آمد که نسبت به شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل (NPK) ۹/۸۱ درصد افزایش یافت. McKey (1979) گزارش کرد از آنجا که براساس دو فرضیه

جدول ۲. تجزیه واریانس خصوصیات صفات بیوشیمیایی ریحان تحت تیمارهای اسید فولویک و کود کامل (NPK)

Tables 2. Analysis of variance for biochemical characteristics of basil under fulvic acid and NPK

Source of variance	df	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll	Cartooned
Block	2	0.001 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>
NPK	2	0.018 <sup>**</sup>	0.058 <sup>**</sup>	0.141 <sup>**</sup>	0.11 <sup>ns</sup>
Fulvic acid	2	0.008 <sup>**</sup>	0.019 <sup>*</sup>	0.040 <sup>**</sup>	0.20 <sup>*</sup>
Fulvic acid × NPK	4	0.001 <sup>*</sup>	0.034 <sup>**</sup>	0.034 <sup>**</sup>	0.54 <sup>**</sup>
Error	16	0.0004	0.005	0.003	0.05
CV (%)	-	1.40	5.10	2.03	4.48

ns, \*\*, \*: Non-significantly differences at 1 and 5% of probability levels, respectively.

ns, \*\*, \*: Non-significantly differences at 1 and 5% of probability levels, respectively.

جدول ۳. تجزیه واریانس خصوصیات صفات بیوشیمیایی ریحان تحت تیمارهای اسید فولویک و کود کامل (NPK)

Tables 3. Analysis of variance for biochemical characteristics of basil under fulvic acid and NPK

Source of variance	df	Antioxidant percent	Phenol	Anthocyanin	Flavonoid	Carbohydrate
Block	2	0.91 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>*</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	5.97 <sup>ns</sup>	11.01 <sup>ns</sup>
NPK	2	0.59 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>**</sup>	0.091 <sup>**</sup>	3.83 <sup>ns</sup>	36.01 <sup>*</sup>
Fulvic acid	2	147.73 <sup>**</sup>	0.001 <sup>*</sup>	0.030 <sup>**</sup>	1.95 <sup>**</sup>	21.69 <sup>ns</sup>
Fulvic acid × NPK	4	4.18 <sup>ns</sup>	0.0004 <sup>ns</sup>	0.040 <sup>**</sup>	4.92 <sup>ns</sup>	5.67 <sup>ns</sup>
Error	16	3.96	0.0003	0.003	0.000002	6.24
CV (%)	-	2.21	1.30	5.46	11.78	4.56

ns, \*\*, \*: Non-significantly differences at 1 and 5% of probability levels, respectively.

ns, \*\*, \*: Non-significantly differences at 1 and 5% of probability levels, respectively.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر کود کامل (NPK) بر صفات رویشی ریحان  
Tables 4. Mean comparison effect of NPK on vegetative characteristics of basil

NPK (per thousand)	Plant height (cm)	Plant fresh weight (g/m <sup>2</sup> )	Plant dry weight (g/m <sup>2</sup> )	Biological yield (kg/m <sup>2</sup> )
0	36.55c	1618.83c	352.22b	1.61c
3	45.33b	2018.33b	392.61b	2.01b
6	48.44a	2166.83a	450.28a	2.16a

حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.  
Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر اسید فولویک بر صفات رویشی ریحان  
Tables 5. Mean comparison effect of fulvic acid on vegetative characteristics of basil

fulvic acid (kg/h)	Plant height (cm)	Plant fresh weight (g/m <sup>2</sup> )	Plant dry weight (g/m <sup>2</sup> )	Biological yield (kg/m <sup>2</sup> )
0	40.11c	1847.17b	350.89b	1.84b
5	44.22a	1878.50b	386.83b	1.87b
10	46.00a	2078.33a	457.39a	2.07a

حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.  
Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر کود کامل (NPK) بر صفات بیوشیمیایی ریحان سبز  
Tables 6. Mean comparison effect of NPK on biochemical characteristics of basil

NPK (In thousand)	Chlorophyll a (mg/g fresh weight)	Chlorophyll b (mg/g fresh weight)	Total chlorophyll (mg/g fresh weight)	Cartooned (mg/g fresh weight)	Antioxidant percent (%)
0	1.40c	1.30c	2.71b	0.52a	74.49a
3	1.47b	1.44a	2.91a	0.52a	74.82a
6	1.49a	1.44a	2.94a	0.52a	75.00a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.  
In each column means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر کود کامل (NPK) بر صفات بیوشیمیایی ریحان  
Tables 7. Mean comparison effect of NPK on biochemical characteristics of basil

NPK (In thousand)	Phenol (mg/g dry weight)	Anthocyanin (mg/g dry weight)	Flavonoid (mg/g dry weight)	Carbohydrate (mg/g dry weight)
0	39.14b	1.43b	1.94a	5.2b
3	40.40a	1.68a	2.10a	5.6a
6	40.29a	1.71a	2.13a	5.5a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.  
In each column means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

فولویک تأثیر مثبتی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه فلفل داشت. عوامل محیطی از قبیل نور، دما و رقم بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه اثر می‌کنند، همچنین حاصلخیزی خاک و وجود مواد آلی در خاک می‌توانند میزان آنتی‌اکسیدان گیاه را تحت تأثیر خود قرار دهند. هرچه میزان ترکیبات هیومیکی (اسید هیومیک و اسید فولویک) در خاک بالاتر باشد، میزان آنتی‌اکسیدان گیاه بیشتر خواهد شد (Rimmer, 2006). همچنین Khan *et al.* (2014)، بیان نمودند ترکیبات هیومیک از جمله اسید فولویک با افزایش حاصلخیزی خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند نفوذپذیری، تهویه، دانه بندی، ظرفیت نگهداری آب در خاک، تحرک و در دسترس قرار دادن مواد غذایی از طریق فعالیت شبه هورمونی می‌تواند سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه گردد. همچنین گزارش شده که چون درکشت‌های

### فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه

همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، اثر اسید فولویک بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار بود، ولی اثر کود کامل NPK و اثر متقابل تیمارها بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه معنی‌دار نشد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد با مصرف ۵ کیلوگرم در هکتار اسید فولویک، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه (۷۸/۶۹ درصد) مربوط به تیمار ۵ کیلوگرم در هکتار اسید فولویک و کمترین آن (۷۰/۶۰ درصد) مربوط به تیمار شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل (NPK) بود، به‌طوری‌که تیمار ۵ کیلوگرم در هکتار اسید فولویک، ۱۱/۴۵ درصد نسبت به شاهد فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه را افزایش داد (جدول ۸). (Daivis (1982) در نتایجی مشابه بیان کرد اسید

کودهای آلی، میزان فلاونوئید گیاهان در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل (NPK) ۳۲/۱۲ درصد افزایش یافت که این گزارش ها، نتایج این تحقیق را تأیید می کنند. گیاهان به شرایط محیطی پاسخ می دهند و متابولیت های ثانویه دارای نقش های کلیدی در برهمکنش بین گیاه و محیط هستند. مطابق نتایج بسیاری از محققان، فلاونوئیدها از جمله متابولیت های ثانویه ای هستند که مسیر بیوسنتزی آنها تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می گیرد و در مراحل نمو گیاه و شرایط محیطی دارای نوسان هستند (Kutchan, 2001). همچنین مشخص شد حاصلخیزی خاک و استفاده از کودهای آلی بر میزان فلاونوئیدهای گیاه تأثیر مثبتی داشته است (Kutchan, 2001)، که گزارش های محققین، این موضوع را تأیید می کند. مشابه نتایج این آزمایش Salehi *et al.* (2010) در بررسی های خود به این نتیجه دست یافتند کودهای زیستی از طریق مکانیسم هایی نظیر انحلال ویتامین ها، ایزوآنزیم ها، هورمون ها و آنتی بیوتیک های طبیعی، سنتز آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیا ز را فعال و در نتیجه منجر به افزایش میزان فلاونوئید در گیاهان می شود.

#### میزان آنتوسیانین

با توجه به نتایج این آزمایش اثر ساده کود کامل NPK و اسید فولویک، و همچنین اثر متقابل این تیمارها میزان آنتوسیانین را نسبت به شاهد افزایش معنی داری داد. (جدول ۳).

ارگانیک از قارچ کش ها و سموم شیمیایی کمتر استفاده یا حتی استفاده نمی شود، بنابراین گیاه، ترکیبات متابولیت ثانویه بیشتری جهت مبارزه با عوامل بیماری زا از خود تولید می کند که این خود باعث افزایش میزان فعالیت آنتی اکسیدانی در گیاه می شود (Winter & Davis, 2006) و چون در این آزمایش از سموم شیمیایی استفاده نشد، لذا این می تواند یکی از دلایل افزایش درصد فعالیت آنتی اکسیدانی ریحان باشد.

#### میزان فلاونوئید

نتایج نشان داد با مصرف اسید فولویک میزان فلاونوئید به طور معنی داری افزایش یافت، اگرچه کاربرد کود کامل NPK و اثر متقابل تیمارها بر میزان فلاونوئید ریحان تأثیر معنی داری نداشت (جدول ۳). با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۹)، بیشترین میزان فلاونوئید (۲/۲۳ میلی گرم بر گرم وزن خشک) از تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید فولویک و کمترین میزان فلاونوئید (۱/۷۹ میلی گرم بر گرم وزن خشک) از تیمار شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل (NPK) به دست آمد، به طوری که کاربرد اسید فولویک میزان فلاونوئید را ۲۴/۵۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. در حالی که Hargreaves *et al.* (2009) در گیاه توت فرنگی (*Fragaria ananassa*) نشان دادند میزان فلاونوئید میوه با کاربرد کودهای آلی به میزان ۱۱/۶۳ درصد افزایش یافت. نتایج Donghong *et al.* (2010) نیز در گیاه کلم چینی (*Brassica chinensis*) نشان داد با کاربرد

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر اسید فولویک بر صفات بیوشیمیایی ریحان  
Tables 8. Mean comparison effect of fulvic acid on biochemical characteristics of basil

Fulvic acid (kg/h)	Chlorophyll a (mg/g fresh weight)	Chlorophyll b (mg/g fresh weight)	Total chlorophyll (mg/g fresh weight)	Carotenoid (mg/g fresh weight)	Antioxidant percent (%)
0	1.44b	1.34b	2.78b	0.50b	70.60c
5	1.44b	1.45a	2.89a	0.54b	78.69a
10	1.49a	1.40ab	2.89a	0.52a	75.02b

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

جدول ۹. مقایسه میانگین اثر اسید فولویک بر صفات بیوشیمیایی ریحان  
Tables 9. Mean comparison effect of fulvic acid on biochemical characteristics of basil

Fulvic acid (kg/h)	Phenol (mg/g dry weight)	Anthocyanin (mg/g dry weight)	Flavonoid (mg/g dry weight)	Carbohydrate (mg/g dry weight)
0	39.63b	1.52b	1.79b	5.2b
5	39.89ab	1.62a	2.15a	5.5a
10	40.31a	1.69a	2.23a	5.5a

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

ساخت آنتوسیانین با بالا رفتن میزان کربوهیدرات‌ها نسبت مستقیم داشته و هر عاملی که بتواند روی افزایش جذب یا ساخته شدن قندها مؤثر باشد، باعث افزایش آنتوسیانین کل در گیاه می‌شود.

#### میزان کربوهیدرات (قند کل)

نتایج به دست آمده، حاکی از تأثیر معنی‌دار کود کامل NPK بر میزان کربوهیدرات گیاه بود، اگرچه کاربرد اسید فولویک و اثر متقابل تیمارها معنی‌دار نشد (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین بیشترین میزان قند (۵/۶ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) در نتیجه اعمال سطح سه در هزار کود کامل و کمترین میزان (۵/۲ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) از تیمار شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل NPK) به دست آمد، به طوری که تیمار سه در هزار کود کامل NPK نسبت به شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل NPK) میزان کربوهیدرات گیاه را ۷/۰۶ درصد افزایش داد (جدول ۷). براساس نتایج Arazmjoo *et al.* (2011) کامل شیمیایی (NPK) مقدار کربوهیدرات در گیاه دارویی بابونه را ۱۲/۵۱ درصد افزایش داد. Hasanpoor *et al.* (2008) بیان کردند تغذیه مناسب گیاهان با کودهای شیمیایی، نیتروژن و پتاسیم سبب تقویت مسیرهای درگیر در تولید متابولیت‌های ثانویه می‌شود. به نظر می‌رسد عناصر غذایی پرمصرف در ساختمان آنزیم‌هایی که در مسیرهای بیوشیمیایی درگیر در سنتز مواد مؤثره گیاهی مؤثر هستند، دخیل است و از این طریق باعث افزایش میزان کربوهیدرات در گیاه می‌شوند. وجود آهن و روی در ساختمان آن می‌تواند با تأمین این عناصر از طریق برگ عملکرد بیولوژیک گیاه را تحت تأثیر قرار دهد.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین میزان آنتوسیانین (۱/۷۱ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) از کاربرد شش در هزار کود کامل مشاهده شد که نسبت به شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل NPK) ۱۹/۵۸ درصد افزایش داشت (جدول ۷). همچنین اثر متقابل نشان داد بیشترین میزان آنتوسیانین (۱/۷۴ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) از تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید فولویک و سه در هزار کود کامل و کمترین میزان آنتوسیانین (۱/۱۲ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) از تیمار شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل NPK) به دست آمد (جدول ۱۰). همسو با نتایج این آزمایش، نتایج حاصل از تحقیق Akbarpoor *et al.* (2016) روی گیاه سرخارگل (*Echinacea angustifolia*) نشان داد تیمار کود کامل شیمیایی (NPK) بر میزان آنتوسیانین تأثیر معنی‌داری گذاشت و باعث افزایش میزان آنتوسیانین در این گیاه به میزان ۳۶/۴۹ درصد شد. باتوجه به این که آنتوسیانین جزو ترکیبات فلاونوئیدی است و از آنجایی که واحدهای سازنده فلاونوئیدها نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری مانند نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های یادشده ضروری می‌باشد، بنابراین باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن با جذب کارآمد نیتروژن و فسفر، موجب افزایش محتوای آنتوسیانین در گیاه می‌شوند (Omidbaigi & Nobakht, 2001). مشابه با نتایج این تحقیق Amiri *et al.* (2017) در بررسی‌های خود نشان دادند کاربرد اسید فولویک در گیاه گاوزبان (*Echium amoenum*) میزان آنتوسیانین را در این گیاه ۶۶/۶۶ درصد افزایش داده است. Vitrac *et al.* (2000) در گزارشی بیان نمودند توسعه رنگدانه‌های سلول و

جدول ۱۰. مقایسه میانگین اثر متقابل اسید فولویک و کود کامل بر صفات بیوشیمیایی ریحان

Tables 10. Mean comparison interaction effect of fulvic acid and NPK on biochemical characteristics of basil

NPK (in thousand)	Fulvic acid (kg/h)	Chlorophyll a (mg/g fresh weight)	Chlorophyll b (mg/g fresh weight)	Total chlorophyll (mg/g fresh weight)	Cartoonoid (mg/g dry weight)	Anthocyanin (mg/g dry weight)
0	0	1.36d	1.19d	2.56d	0.48d	1.12c
0	5	1.40d	1.34c	2.74c	0.48d	1.53b
0	10	1.45bc	1.37bc	2.83bc	0.52bcd	1.66ab
3	0	1.47bc	1.31cd	2.78bc	0.49d	1.69ab
3	5	1.44c	1.50a	2.99a	0.55abc	1.68ab
3	10	1.49b	1.52a	2.99a	0.56ab	1.74a
6	0	1.47bc	1.51a	2.97a	0.50cd	1.66ab
6	5	1.47bc	1.49ab	2.97a	0.52bcd	1.66ab
6	10	1.53a	1.33c	2.86b	0.57a	1.74a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.



## ارتفاع و تعداد شاخه جانبی بوته

با توجه به نتایج آزمایش، اثر کود کامل NPK و اسیدفولویک و اثر متقابل آنها بر ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی ریحان معنی‌دار بود (جدول ۱۱). بیشترین ارتفاع بوته ریحان (۵۱ سانتی‌متر)، از تیمار ۶ در هزار کود کامل و ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسیدفولویک و کمترین آن (۳۱/۳ سانتی‌متر) در تیمار شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل (NPK) به‌دست آمد (جدول ۱۱). در این خصوص (Tahami et al. 2014) عنوان نمودند، علت افزایش ارتفاع را می‌توان این‌گونه بیان کرد که بهبود بستر رشد توسط کودهای شیمیایی، در دسترس بودن عناصر غذایی و در نتیجه افزایش رشد رویشی گیاه به‌خصوص تا پیش از مرحله گلدهی، می‌تواند منجر به افزایش ارتفاع در گیاه شود. (Atieh et al. 2002) نیز در این مورد بیان نمودند استفاده از مواد هیومیکی (اسید هیومیک و اسید فولویک) غلظت هورمون‌های رشد نظیر اکسین را در اندام‌های هوایی گیاه افزایش داده و این امر می‌تواند موجب افزایش رشد رویشی و در نتیجه افزایش ارتفاع گردد. نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش با نتایج آزمایش (Khalili darini et al. 2014) که نشان‌دهنده افزایش ارتفاع گیاه عنعن فلفلی توسط کاربرد کود کامل بود، مطابقت دارد. همچنین مشابه نتایج این تحقیق، در پژوهشی افزایش طول ساقه در گیاه فلفل در اثر استفاده از مواد هیومیکی به اثبات رسیده است (Stefan, 2005).

## وزن تر و خشک بوته

نتایج حاکی از تأثیر معنی‌دار کود کامل NPK و اسید فولویک و اثر متقابل آنها بر وزن تر و خشک بوته ریحان بود (جدول ۱۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین وزن تر و خشک بوته (به‌ترتیب ۲۲۹۵/۵ و ۴۸۳/۸ گرم در متر مربع) در تیمار ۶ در هزار کود کامل و ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید فولویک و کمترین میزان آنها (۱۴۴۱/۸ و ۲۵۹/۵ گرم در مترمربع) در شاهد مشاهده شد (جدول ۱۱). مشابه نتایج این آزمایش، (Aghhavani shajari et al. 2014) در پژوهشی نشان دادند کاربرد کود شیمیایی تأثیر مثبت و افزایشی بر وزن تر گیاه گشنیز داشت. همچنین در پژوهشی که بر روی گیاه دارویی ریحان انجام شد مشخص شد حداکثر

عملکرد خشک گیاه در تیمار کاربرد کود شیمیایی به‌دست آمد (Arabaci & Bayram, 2004). مشابه نتایج این پژوهش، نتایج Hossein et al. (2015) نیز موید تأثیر معنی‌دار اسید فولویک بر وزن تر و خشک بوته گوجه‌فرنگی است. (Niakan et al. 2004) عنوان کردند با توجه به نقش نیتروژن در ساختار اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها، فراهمی مناسب این عنصر، می‌تواند اثر مثبتی بر روند واکنش‌های درونی گیاه و در نهایت میزان تولید فرآورده‌های فتوسنتزی داشته باشد و این موضوع باعث افزایش رشد و زیست‌توده تولیدی و وزن تر و خشک گیاه می‌گردد. در تحقیقی (Happer et al. 2000) نیز گزارش کردند مواد هیومیکی از طریق افزایش جذب عناصر مهم مورد نیاز گیاه، از قبیل نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، روی، آهن و مس سبب افزایش رشد گیاه از جمله افزایش وزن بوته می‌گردند. همچنین (Boyeridahsheykh et al. 2014) بیان نمودند کاربرد مواد هیومیک و تلقیح گیاه با باکتری‌های محرک رشد از طریق افزایش تعداد و سطح برگ، میزان فتوسنتز خالص و کارایی مصرف نور در گیاه، تولید ماده خشک در واحد سطح را بالا برده و در نهایت سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه می‌گردد.

## عملکرد بیولوژیک (بوته)

نتایج نشان داد اثر متقابل کود کامل NPK و اسید فولویک در سطح احتمال پنج درصد بر میزان عملکرد بوته معنی‌دار بود (جدول ۱۱). بیشترین عملکرد بوته (۲/۲۹ کیلوگرم در متر مربع) از تیمار تلقیحی شش در هزار کود کامل و ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسیدفولویک و کمترین میزان عملکرد (۱/۴۴ کیلوگرم در متر مربع) از تیمار شاهد (عدم کوددهی اسید فولویک و کود کامل (NPK) به‌دست آمد (جدول ۱۱).

مشابه تحقیق حاضر، در پژوهشی Aghhavani shajari et al. (2015) نشان دادند کاربرد کود کامل عملکرد بیولوژیک گشنیز را افزایش داد. (Moradi 2015) اظهار داشت ریشه‌های توسعه‌یافته گیاه با افزایش جذب بهتر آب و عناصر غذایی، به‌ویژه نیتروژن که در افزایش سنتز ترکیباتی مانند پروتئین، کربوهیدرات‌ها و غیره مؤثر است، عملکرد بیولوژیکی گیاه را افزایش می‌دهد.

جدول ۱۱. مقایسه میانگین اثر متقابل کود کامل (NPK) و اسید فولویک بر صفات رویشی ریحان

Tables 11. Mean comparison interaction effect of NPK and fulvic acid on vegetative characteristics of basil						
NPK (in thousand)	Fulvic acid (kg/h)	Plant height (cm)	Plant fresh weight (g/m <sup>2</sup> )	Plant dry weight (g/m <sup>2</sup> )	Biological yield (kg/m <sup>2</sup> )	
0	0	31.33e	1441.8c	259.50c	1.44c	
0	5	38.00d	1655.7bc	321.33bc	1.65bc	
0	10	40.33c	1759.00b	475.83a	1.75b	
3	0	44.33b	2103.2a	394.50ab	2.10a	
3	5	45.00b	1771.3b	355.33bc	1.77	
3	10	46.66b	2180.5a	428.00ab	2.18a	
6	0	44.66b	2089.5a	398.67ab	2.08a	
6	5	49.66a	2115.5a	468.33a	2.11a	
6	10	51.00a	2295.5a	483.83a	2.29a	

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

### نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که استفاده از کود کامل و اسید فولویک به تنهایی و به‌صورت تلفیقی باعث بهبود صفات بیوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ریحان شد. با توجه به نتایج این آزمایش، می‌توان تیمار سه در هزار کود کامل NPK و ۵ کیلوگرم در هکتار اسیدفولویک را به‌عنوان بهترین تیمار برای افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی ریحان توصیه نمود.

همچنین Ruzbahani *et al.* (2013) نشان دادند

اثر مواد هیومیکی بر عملکرد بوته جو در مقایسه با شاهد افزایش داشت. در این زمینه Naderi *et al.* (2002) عنوان نمودند مصرف مواد هیومیکی به‌دلیل وجود آهن و روی در ساختمان آن می‌تواند با تأمین این عناصر از طریق برگ، عملکرد بیولوژیک گیاه را تحت تأثیر قرار دهد.

### REFERENCES

- Aghaei, M., Hosni, A. & Darvishzadeh, R. (2014). Phenotypic density of total phenol and antioxidant capacity of Iranian basil native populations. *Iranian Journal of Medicinal Plants and Herbs Research*, 2, 283-291. (in Farsi)
- Akbarpour, V., Akhbarour, M. & Behnamar, M.A. (2016). Effect of manure and chemical fertilizer on some physiological and phytochemical characteristics of Sarkhargel. *Journal of Agricultural Agriculture*, 18 (3), 701-711. (in Farsi)
- Akraminejad, O., Safari, M. & Abdolshahi, R. (2015). Investigating the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil of two native saltines under normal conditions and drought stress in Kerman region. *Iranian Journal of Agricultural Research*, 13 (4), 686-675. (in Farsi)
- Alizadeh, A., Khoshkhui, M., Javidnia, K., Firuzi, O.R., Tafazoli, E. & Khalighi, A. (2010). Effects of fertilizer on yield, essential oil composition, total phenolic content and antioxidant activity in *Satureja hortensis* L. cultivated in Iran. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(1), 33-40.
- Amiri, M., Rezvani Moghaddam, P. & World, M. (2017). Effects of organic acids, mycorrhiza and rhizobacteria on the performance and some phytochemical characteristics of Iranian bullfighters in low farming system. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, (1), 61-47.
- Arabaci, D. & Bayram, E. (2004). The effect of nitrogen fertilization and different plant densities on some agronomic and technologic characteristic of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agronomy*, 3(4), 255-262.
- Arzjmoo, E., Heydari, M., Ghanbari, A., Siahars, B.A. & Ahmadian, A. (2010). Effect of three types of fertilizer on essential oil content, photosynthetic pigments and osmotic regulators in chamomile under drought stress. *Journal of Environmental Tensions in Crop Sciences*, 3 (1), 23-33.
- Amon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.
- Asemi, D.K. Hong, Y.J., Barrett, D.M. & Mitchell, A.E. (2003). Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and dirdried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 51, 1237-1241.
- Atiyeh, M., Lee, S., Edwards, A., Arancon, Q. & Metzger, J. (2002). The influence of humic acid derived from earthworm-processed organic waste on plant growth. *Bioresource Technology*, 8, 7-14.
- BoyeridahSheikh, P., Mahmudi Surstani, M., Zolfaghari, M. & Enayati Zamir, N. (2017). Study of the effects of biomass, chemical, and humic acid on vegetative, physiological, and essential oil levels of cat peppermint. *Journal of Plant Production Research*, 24(2), 61-76. (in Farsi)

12. Boudet, A.M. (2007). Evolution and current status of research in phenolic compounds. *Journal of Photochemistry*, 86, 74 -77.
13. Chuah, A.M., Lee, Y.C., Yamaguchi, T., Takamura, H., Yin, L.J. & Matoba, T. (2008). Effect of cooking on the antioxidant properties of colored peppers. *Food Chemistry*, 111, 20-28.
14. Davies, D.D. (1982). Physiological aspect of protein turn over. *Encyclopedia of Plant Physiology-New Series*, 14.
15. Donghong, W., Qinghua, S., Xiufeng, W., Min, W., Jinyu, H., Jun, L. & Fengjuan, Y. (2010). Influence of cow manure vermicompost on the growth, metabolite contents, and antioxidant activities of Chinese cabbage (*Brassica campestris* ssp. *chinensis*). *Biology and Fertility of Soils*, 46, 689-696.
16. Griffe, P., Metha, S. & Shankar, D. (2003). Organic production of medicinal, aromatic and dye yielding plants (MADPs): forward, preface and introduction. *Food and Agriculture Organization*, 2, 52-63.
17. Ghadiri, H. & Majidian, M. (2004). Effect of nitrogen levels and irrigation in early stages and grain drying on yield and yield components and water use efficiency in corn. *Journal of Agricultural Sciences and Technology*, 2, 113.
18. Harbone, J.B., & M. Dey. (1997). *Plant biochemistry*. Academic Press, New York, United State.
19. Haghrossadat, F., Bernard, F., Kalantar, M., Sheikha, M. & Hokmollahi Azimzadeh, M. (2010). *Bunium persicum* (Black Caraway) of Yazd province: chemical assessment and evaluation of its antioxidant effects. *Journal of Shaheed Sadoughi University of Medical Sciences*, 18(3), 284-291. (in Farsi)
20. Hassanpour Aghdam, M.B., Tabatabaie, S.J., Nazemiyeh, H. & Aflatuni. A. (2008). N and K nutrition levels affect growth and essential oil content of costmary (*Tanacetum balsamita* L.). *Food Agriculture and Environment*, 6(2), 150-159.
21. Hargreaves, J.C., Adl, M.S. & Warman, P.R. (2009). The effects of municipal solid waste compost and compost tea on mineral element uptake and fruit quality of strawberries. *Compost Science and Utilization*, 17(2), 85-94.
22. Hussein, M.E., Abou El Hassan, S. & Shahein, M.M. (2015). Effect of humic, fulvic acid and calcium foliar application on growth and yield of tomato plants. *International Journal of Biological Sciences*, 7(1), 132-140.
23. Ibrahim, M.H., Jaafar, H.Z., Karimi, E. & Ghasemzadeh, A. (2013). Impact of organic and inorganic fertilizers application on the phytochemical and antioxidant activity of kacip Fatimah. *Molecules*, 18, 10973-10988.
24. Khalilidarini, K., Armin, M. & Marvi, H. (2014). The effect of the amount and frequency of complete fertilizer foliar application on quantitative and qualitative yield of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Crop Science Research Dry Land*, 1(1), 85-100. (in Farsi)
25. Khan, A., Guramni, A.R. Khan, M.Z., Hussain, F., Akhtar, M.E. & Khan, S. (2012). Effect of humic acid on growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of Chemical Society of Pakistan*, 6, 56-63.
26. Kutchan, T. M. (2001). Ecological arsenal and development dispatcher. The paradigm of secondary metabolism. *Plant Physiology*, 125, 58-60.
27. McKey, D. (1979). The distribution of secondary compounds within plants. In: G.A., Rosenthal & D.H., Janzen (Eds) *Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites*. (pp.55-133). Academic Press, New York.
28. Moradi, S. (2015). Impact of sheep manure, urea and triple superphosphate on onion morphological properties. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 4(2), 167-170.
29. Muller, V., Lankes, C., Zimmermann, B.F., Noga, G. & Hunsche, M. (2013). Centelloside accumulation in leaves of *Centella asiatica* is determined by resource partitioning between primary and secondary metabolism while influenced by supply levels of either nitrogen, phosphorus or potassium. *Journal of Plant Physiology*, 170 (13), 1165-1175.
30. Mocreedy, M., Guggolz, J., Silviera, V. & Owens, H.S. (1950). Determination of starch and amylose in vegetables. Application to peas. *Analytical Chemistry*, 22, 1156-1158.
31. Nguyen, P.H.M., Kwee, E.M. & Niemeyer, E.D. (2010). Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chemistry*, 123(4), 1235-1241.
32. Nguyen, P.M. & Niemeyer, E.D. (2008). Effects of nitrogen fertilization on the phenolic composition and antioxidant properties of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 8685-8691.
33. Niakan, M., Khavarynejad, R.A. & Rezaee, M.B. (2004). Effect of different rates of NPK fertilizer on leaf fresh weight, dry weight, leaf area and oil content in *Mentha piperita* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research* 20(2), 131-148. (in Farsi)
34. Omidbaigi, R. & Nobakht, A. (2001). Nitrogen fertilizer affecting growth, seed yield and active substances of milk thistle. *Pakistan Journal of Biological Science*, 4, 1345-1349.

35. Omidbaigi, R. (2005). *Production and processing of medicinal plants*. Behnashr Publications. (in Farsi)
36. Piromyou, P., Buranabanyat, B., Tantasawat, P., Tittabutr, P., Boonkerd, N. & Teaumroong, N. (2014). Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on microbial community structure in rhizosphere of forage corn cultivated in Thailand. *European Journal of Soil Biology*, 47, 44-54.
37. Rimmer, D.L. (2006). Free radicals, antioxidants, and soil organic matter recalcitrance. *European Journal of Soil Science*, 57, 91- 94.
38. Remon, S., Ferrer, A., Marquina, P., Burgos, J. & Oria, R. (2000). Use of modified atmospheres to prolong the postharvest life of burlat cherries at two different degrees of ripeness. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(10), 1552-1545.
39. Ruan, J., Haerdtter, R. & Gerendás, J. (2010). Impact of nitrogen supply on carbon/ nitrogen allocation: a case study on amino acids and catechins in green tea (*Camellia sinensis* L.) Kuntze plants. *Plant Biology*, 12, 724-734.
40. Ruzbahani, A., Ghorbani, P., Mirzaie M. & Aroijnia, S. (2013). Study of the effect of humic acid and fulvic acid on yield and yield components of barley. *Agronomy Plant Breeding*, 9 (2), 25-33.
41. Sabzevari, S., Khazaie, H.R. & Kafi, M. (2009). Effect of humic acid on root and shoot growth of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Water and Soil*, 23(2), 87-94. (in Farsi)
42. Salehi, B., Bagherzadeh, A.S. & Ghasemi, M. (2010). Effect of humic acid on growth, yield and yield components of three tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* L.). *Journal of Agriculture and Ecology*, 2(4), 640-647.
43. Schnitzer, M. (1977). Recent findings of the characterization of humic substances extracted from soils from widely different climatic zones. In: *Proceedings of the Symposium on Soil Organic Matter Studies, Braunsweig*. Spring Wheat Yield. Facts Fertilizer, 32, 117-131.
44. Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R. & Nasiri Mahalati, M. (2014). Evaluation of the effects of organic, biological and chemical fertilizers on vegetative indices and essential oil content of coriander. *Journal of Agricultural Ecology*, 6(3), 425-443. (in Farsi)
45. Shajari, M., Rezvani Moghadam, P., Ghorbani, R. & Nasiri Mahallati, N. (2015). Effects of application of organic, biological, and chemical fertilizers on quantitative and qualitative function of coriander. *Journal of Horticulture (Agriculture Sciences and Technology)*, 29(4), 486-500. (In Farsi)
46. Stephen, O.D. (2005). Taking stock of herbicide-resistant crops ten years after introduction. *Pest Management Science*, 61, 211-218.
47. Tahami, K., Rezvani Moghaddam, P. & Jahan, M. (2014). Evaluation of the effects of organic, biological and chemical effects on morphological traits, functional and seed function components of basil plant. *Iranian Journal of Crop Research*, 12(4), 543-553. (in Farsi)
48. Turkmen, N., Sari, F. & Velioglu, Y. (2005). The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93(4), 713-718.
49. Toor, R.K., Geoffrey, P.S. & Anuschka, H. (2006). Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. *Journal Food Composition Analysis*, 19, 20-27.
50. Viti, R., Bartolini, S. & Vitagliano, C. (1989). Growth regulators on pollen germination in olive. *Acta Horticulturae*, 286, 227-230.
51. Winter, C. K. & Davis, S. F. (2006). Organic Foods. *Journal of Food Science*, 71 (9), 117-124.
52. Wrosotad, R.E. (1976). *Color and pigment analysis in fruit products*. Oregon State University Publications Limited, Cornwallis.
53. Yoo, K. M., Lee, C., Lee, H., Moon, B. K. & Lee, C.Y. (2008). Relative antioxidant and cytoprotective activities of common herbs. *Food Chemistry*, 106, 929-936.