نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 4، زمستان 1398، ص 1388-1375

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1375-1388

بررسی تأثیر سطوح مختلف کود کامل NPK و اسید فولویک بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزا عملکرد گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.)

محبوبه عسگریان[1]، محمد حسین امینی‌فرد[2*]، مهدی خیاط[2] و مهدی جهانی[3]

تاریخ دریافت: 1397/03/20
تاریخ پذیرش: 1397/07/15

عسگریان، م.، امینی‌فرد، م.ح.، خیاط، م. و جهانی، م. 1398. بررسی تأثیر سطوح مختلف کود کامل NPK و اسید فولویک بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزا عملکرد گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (4): 1388-1375.

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح کود کامل NPK و اسید فولویک بر برخی صفات رویشی و زایشی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال زراعی 96-1395 اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل محلول‌پاشی کود کامل NPK (20-20-20) در سه سطح (صفر، سه و شش در هزار) و مصرف خاکی اسید فولویک در سه سطح (0 و 5 و 10 کیلوگرم در هکتار) با سه تکرار بودند. نتایج نشان داد، کود کامل NPK تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع، تعداد برگ، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک داشت، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان ارتفاع (48/4 سانتی‌متر) و عملکرد بیولوژیک (2/1 کیلوگرم در مترمربع) از کاربرد سطح شش در هزار کود کامل و کم‌ترین آن (36/5 سانتی‌متر و 1/6 کیلوگرم در مترمربع) از شاهد (عدم کاربرد کود) به‌دست آمد. هم‌چنین بیش‌ترین میزان تعداد برگ بوته (129/5) و وزن هزار دانه (1/5 گرم) با کاربرد 10 کیلوگرم در هکتار اسید فولویک و کم‌ترین میزان این صفات (120 و 1/4 گرم) در شاهد مشاهده شد. اما فاصله میان‌گره و تعداد بذر بوته تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار نگرفت. هم‌چنین اثرات متقابل نیز نشان داد،که بیش‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک (2/2 کیلوگرم در مترمربع) و وزن خشک بوته (483/8 گرم در مترمربع)، در تیمار مصرف هم‌زمان شش در هزار کود کامل و10 کیلوگرم در هکتار اسید فولویک و کم‌ترین میزان آن‌ها (1/4کیلوگرم در مترمربع و 259/5 گرم در مترمربع)، در شاهد (عدم کودهی) مشاهده شد. به‌طور کلی، نتایج بیانگر تأثیر مثبت و افزایشی کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی بر میزان عملکرد گیاه ریحان بود و بر این اساس پیشنهاد می‌شود، می‌توان تیمار شش در هزار کود کامل و 10 کیلوگرم در هکتار اسیدفولویک را به‌عنوان راهکاری اکولوژیک برای افزایش عملکرد کمّی گیاه دارویی ریحان توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، تعداد بذر، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیکی

مقدمه

کشت گیاهان دارویی و معطر از دیرباز دارای جایگاه ویژه‌ای در نظام‌های سنتی کشاورزی ایران بوده و این نظام‌ها از نظر ایجاد پایداری نقش مهمی ایفا می‌کرده‌اند (Zargari, 1989). یکی از گیاهان دارویی مهم متعلق به تیره نعناع، ریحان (*Ocimum basilicum* L.) می‌باشد که به‌عنوان گیاهی دارویی، ادویه‌ای و نیز سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد. منشأ این گیاه ایران، افغانستان و هند گزارش شده است، امّا تقریباً در تمام مناطق گرم و معتدل دنیا کشت می‌شود (Omidbaigi, 1997). ریحان در صنایع مختلف از جمله صنایع دارویی، آرایشی، بهداشتی و صنایع غذایی کاربرد فراوان دارد و در طب سنتی از آن به‌عنوان ضد نفخ، اشتهاآور، تسکین‌دهنده‌ی درد معده و مؤثر در درمان بیماری‌های ریوی یاد

1، 2 و 3- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته علوم باغبانی، گرایش فیزیولوژی گیاهان دارویی، ادویه‌ای و عطری، استادیاران گروه آموزشی علوم باغبانی و مرکز پژوهشی گیاهان ویژه منطقه و دانشیار گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.73422

می‌شود (Lima et al., 2004).

یکی از نیازهای مهم در برنامه‌ریزی زراعی به‌منظور حصول عملکرد بالا با کیفیت مطلوب مخصوصاً در مورد گیاهان دارویی، ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه پایدار و کم‌نهاده گیاه است. با روش صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، می‌توان ضمن حفظ محیط زیست، افزایش کیفیت آب، کاهش فرسایش و تنوع زیستی، کارایی مصرف نهاده‌ها را افزایش داد (Ebadi et al., 2011).

استفاده از کودهای شیمیایی به‌عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک شناخته می‌شود (Malakouti & Hamedani, 1991). عناصر غذایی موجود در خاک نقش مهمی در تعیین میزان رشد و عملکرد گیاه و هم‌چنین بهبود کیفیت محصول تولیدی دارند. نیتروژن مهم‌ترین عنصر حاصلخیزی خاک بوده و بخش اصلی مصرف کودهای شیمیایی را تشکیل می‌دهد. فسفر، بعد از نیتروژن پرمصرف‌ترین عنصر برای گیاه به‌شمار می‌رود. این عنصر در تمام فرآیندهای شیمیایی، سازوکارهای انتقال انرژی و انتقال پیام‌ها دخالت دارد (Ojaghloo, 1996). پتاسیم نیز در چندین مرحله از ساخته شدن پروتئین دخالت دارد، و به همین علت گردش نیتروژن و ساخته شدن پروتئین در گیاهان بستگی به‌مقدار این عنصر پرمصرف دارد (Besford & Maw, 1976). نتایج آزمایش رحیم‌زاده و همکاران (Rahimzadeh et al., 2011) نشان داد مصرف کود شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، ماده خشک برگ و عملکرد بیولوژیک گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*) نسبت به شاهد شد. هم‌چنین انور و همکاران (Anwar et al., 2010) در بررسی نسبت‌های مختلف کودهای پرمصرف بر عملکرد کمّی و کیفی نعناع ژاپنی (*Mentha arvensis* L.) گزارش کردند که مصرف این کودها در حدود 23% نسبت به عدم مصرف کود، افزایش عملکرد را موجب شد.

همراه با مصرف کودهای شیمیایی و عناصر پرمصرف، کودهای آلی نیز نقش مهمی در افزایش کمّیت و کیفیت گیاهان دارند. اسید فولویک به‌عنوان یکی از کودهای آلی اسیدی از منابع مختلف نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده، زغال‌سنگ و غیره استخراج می‌شود که در اندازه مولکولی و ساختار شیمیایی متفاوت است (Tahir et al., 2011). اسید فولویک فعال‌ترین ترکیب هیومیکی بوده و باعث حل شدن مواد معدنی در آب شده و به‌راحتی عناصر غذایی را از طریق یک کمپلکس به گیاه منتقل می‌نماید. هم‌چنین اسید فولویک می‌تواند ویتامین‌ها، ایزوآنزیم‌ها، هورمون‌ها و آنتی‌بیوتیک‌های طبیعی را در خود حل نموده و از این طریق باعث بهبود رشدونمو گیاه گردد (Samavat & Malakouti, 2005). گزارش شده است که کاربرد مواد آلی حاوی فولویک اسید از طریق اثرات هورمونی بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و هم‌چنین با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی (Samavat & Malakoti, 2005) سبب افزایش زیست‌توده گیاهی و هم‌چنین ارتفاع گیاه ریحان گردید (Azizi et al., 2007). در پژوهشی دیگر مشخص شد که مصرف فولویک اسید سبب افزایش نسبت برگ به ساقه گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.) شد (Naghibi et al., 2014). کاربرد کودهای شیمیایی در ترکیب با کودهای آلی باعث حفظ تعادل مواد غذایی خاک، افزایش مواد آلی خاک، توانایی در دسترسی مواد غذایی خاک برای گیاه، بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و حاصلخیزی خاک و کاهش تلفات کودی می‌شود و می‌تواند دلیل افزایش عملکرد محصولات، تجمع ماده خشک و جذب مواد غذایی در محصولات شود (Yang et al., 2004). مصرف صحیح و مناسب کودهای شیمیایی و آلی مهم‌ترین و اساسی‌ترین راه حفظ و اصلاح شرایط حاصلخیزی خاک و افزایش میزان عملکرد محصولات کشاورزی می باشد. تأمین تلفیقی عناصر غذایی با استفاده ازکودهای شیمیایی و آلی، کمبود مواد غذایی را جبران کرده و با حفظ حاصلخیزی خاک موجب تولید پایدار محصول و افزایش بهره اقتصادی می‌شوند (Utayasoorian et al., 1991). با توجه به اهمیت گیاه ریحان (Ozcan et al., 2005) و مصارف آن در صنایع غذایی و دارویی و هم‌چنین با توجه به اینکه تاکنون گزارشی در خصوص اثر متقابل کود کامل NPK و اسیدفولویک بر عملکرد و خصوصیات رشدی ریحان نشده است، لذا هدف از اجرای این طرح بررسی کاربرد منفرد هم‌زمان و تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی بر صفات رویشی و زایشی و عملکرد گیاه دارویی ریحان در جهت تولید پایدار و افزایش کیفیت این گیاه مهم دارویی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی 1395- 1396 به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه ترکیب تیماری و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند (عرض جغرافیایی 32 درجه و 56 دقیقه شمالی، طول جغرافیایی 59 و 13 دقیقه شرقی و ارتفاع 1480 متر از سطح دریا)، اجرا شد. قبل از کشت جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری نمونه‌برداری شد (جدول 1). تیمارهای آزمایش، شامل کود کامل NPK در سه سطح (صفر، سه و شش در هزار) (Asadi et al., 2014; Khalilidarini et al., 2014) و اسید فولویک در سه سطح (0، 5 و 10 کیلوگرم در هکتار) تعیین شدند

(Aminifard & Ahmadi, 2017). پس از شخم، دیسک و مسطح کردن خاک کرت‌بندی زمین انجام وکرت‌هایی به ابعاد 2×2 متر ایجاد گردید، فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها از یکدیگر به‌ترتیب یک و دو متر (با احتساب جوی‌های آبیاری) و برای جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها فاصله بین کرت‌ها یک متر بود و برای هر کرت آب از جوی اصلی گرفته شد، عملیات کاشت به‌صورت ردیفی در پنج اردیبهشت سال 1395 انجام گرفت. هر کرت دارای هشت ردیف کاشت با تراکم کاشت 50 بوته در مترمربع بود که فاصله کاشت بین ردیف‌ها 20 سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها 10 سانتی‌متر و در عمق کاشت 1/5 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری کرت‌ها به‌صورت سیفونی و با مدار آبیاری هر پنج روز یک بار انجام شد. آبیاری اول هم‌زمان با کاشت (پنج اردیبهشت 1395 به‌صورت سطحی) و آبیاری دوم پنج روز بعد از آبیاری اول به‌منظور تسهیل در سبز شدن بذرها انجام شد. عملیات سله‌شکنی به جهت اینکه گیاهچه‌ها با سهولت بیش‌تری از خاک خارج شوند و رشد مطلوبی داشته باشند 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 به‌منظور هدرروی کود و جلوگیری از رقابت گیاهان، کود اسید فولویک (حاوی 70% اسید فولویک، 15% اسید هیومیک و 7% پتاسیم اکسید، ساخت شرکت Assist- آمریکا) همراه با آب آبیاری به خاک در سه سطح اعمال شد. هم‌چنین محلول‌پاشی برگی کود کامل NPK(20-20-20) از مرحله شش الی هشت برگی طی سه نوبت به فاصله زمانی 14 روز انجام گرفت. در طول مراحل اجرای آزمایش هیچ‌گونه کود، آفت‌کش و علف‌کش شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت و کنترل علف‌های هرز از طریق وجین دستی پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها در خاک به‌منظور جلوگیری از آسیب گیاهچه‌ها انجام شد. پس از ورود گیاهان به مرحله گل‌دهی، نمونه‌گیری جهت اندازه‌گیری صفات رویشی (ارتفاع، وزن تر و خشک تک‌بوته، تعداد برگ، تعداد شاخه جانبی، طول بزرگ‌ترین شاخه جانبی، تعداد گره، فاصله میان‌گره، قطر ساقه، وزن تر وخشک برگ) و زایشی (تعداد گل‌آذین، طول گل‌آذین، تعداد بذر بوته، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه) در سطح یک مترمربع با رعایت اثر حاشیه‌ای انجام گردید. صفات ارتفاع، فاصله میان‌گره و طول شاخه فرعی و گل‌آذین از ساقه اصلی با استفاده از خط‌کش و هم‌چنین قطر ساقه اصلی از پایین‌ترین قسمت ساقه با استفاده از کولیس از سطح یک بوته اندازه‌گیری شدند. وزن تر و خشک بوته و برگ توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. جهت تعیین وزن خشک، نمونه‌ها در دستگاه خشک‌کن (آون) با دمای 75 درجه سانتی‌گراد به‌مدت 72 ساعت تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند. در آخر فصل رشد، زمانی‌که بذور گیاه کاملاً رسیده بودند، برداشت نهایی طی یک مرحله، جهت تعیین عملکرد بیولوژیکی (عملکرد کل اندام‌های هوایی)، عملکرد بذر و شاخص برداشت انجام شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد. میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش

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

بافت Texture	شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	ماده آلی Organic matter (%)	نیتروژن کل Total N (%)	پتاسیم قابل دسترس Available K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل دسترس Available P ($mg.kg^{-1}$)
لومی Loam	7.7	2.3	0.68	0.06	220	40

نتایج و بحث

صفات رویشی

اثر ساده کود کامل NPK و اسیدفولویک و برهم‌کنش آن‌ها بر ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی ریحان معنی‌دار بود (جدول 2). اثرات متقابل نشان داد بیش‌ترین ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی ریحان (51 و 16/3 سانتی‌متر)، از تیمار شش در هزار کود کامل و 10 کیلوگرم در هکتار اسیدفولویک وکم‌ترین آن (31/3 و 11 سانتی‌متر) از شاهد به‌دست آمد (جدول 6). در این خصوص تهامی و همکاران (Tahami et al., 2014) عنوان نمودند، علت افزایش ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی 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 ظهور تعداد ساقه‌های فرعی بیش‌تر و افزایش ارتفاع در گیاه شود. آتیه و همکاران (Atieh et al., 2002) نیز در این مورد بیان نمودند که 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 و تعداد شاخه جانبی گردد. نتایج به‌دست آمده از این آزمایش با نتایج تهامی و همکاران (Tahami et al., 2014) که نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار کود شیمیایی از نظر تعداد شاخه فرعی در گیاه ریحان بود و هم‌چنین آزمایش خلیلی دارینی و همکاران (Khalili darini et al., 2014) که نشان‌دهنده افزایش ارتفاع گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) توسط کاربرد کود کامل بود مطابقت دارد. هم‌چنین مشابه نتایج این تحقیق، در پژوهشی افزایش طول ساقه در گیاه فلفل (*Capsicum annum* L.) در اثر استفاده از مواد هیومیکی به اثبات رسیده است (Stefan, 2005). طبق نتایج فاطمی و همکاران (Fatemi et al., 2011) نیز استفاده از مواد هیومیکی (نظیر اسید فولویک و اسید هیومیک) سبب افزایش تعداد شاخه جانبی در گیاه ریحان شده است.

نتایج به‌دست آمده، حاکی از تأثیر معنی‌دار اثر ساده کود کامل NPK و اسید فولویک و اثر متقابل تیمارها بر وزن تر و خشک بوته ریحان بود (جدول 2). نتایج مقایسه میانگین نشان داد با افزایش سطح کود کامل و اسید فولویک، وزن تر و خشک بوته به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری‌که کاربرد 10 کیلوگرم در هکتار اسید فولویک وزن خشک را به‌میزان 30/38 درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول 5). در اثرات متقابل نیز، بیش‌ترین وزن تر و خشک بوته (به‌ترتیب 2295/5 و 483/8 گرم در مترمربع) در تیمار شش در هزار کود کامل و 10 کیلوگرم در هکتار اسید فولویک و کم‌ترین میزان آن‌ها (1441/8 و 259/5 گرم در مترمربع) در شاهد مشاهده شد (جدول 6). مشابه نتایج این آزمایش، اقحوانی شجری و همکاران (Aghhavani Shajari et al., 2014) در پژوهشی نشان دادند کاربرد کود شیمیایی تأثیر مثبت و افزایشی بر وزن تر گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) داشت. هم‌چنین در پژوهشی که بر روی گیاه دارویی ریحان انجام شد مشخص شد که حداکثر عملکرد خشک گیاه در تیمار کاربرد کود شیمیایی به‌دست آمد (Arabaci & Bayram, 2004). مشابه نتایج این پژوهش، نتایج حسین و همکاران (Hossein et al., 2015) نیز مؤیّد تأثیر معنی‌دار اسید فولویک بر وزن تر و خشک بوته گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) است. نیاکان و همکاران (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 هاپر و همکاران (Happer et al., 2000) نیز گزارش کردند که 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 بویری ده شیخ و همکاران (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.

اثرات کود کاملNPK و اسید فولویک و اثر متقابل این دو عامل بر تعداد برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 2). نتایج مقایسه میانگین نشان داد کاربرد کود کامل تعداد برگ را به‌میزان 17/3% نسبت به شاهد افزایش داد، کاربرد اسید فولویک نیز باعث افزایش تعداد برگ به‌میزان 7/9% نسبت به شاهد شد. (جدول‌های 4 و 5). هم‌چنین با توجه به اثرات متقابل، بیش‌ترین تعداد برگ با به‌کار بردن کود کامل سه در هزار و اسید فولویک 10 کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن از شاهد به‌دست آمد (جدول 6). در همین خصوص نورزاد و همکاران (Noorzad et al., 2014) نشان دادند بیش‌ترین مقادیر عددی تعداد برگ بوته در گشنیز، همراه با کاربرد کودشیمیایی مشاهده شد. سایکیا و همکاران (Saikia et al., 2010) اظهار داشتند، از آن‌جاکه علت افزایش تعداد برگ می‌تواند به‌دلیل افزایش جذب نیتروژن باشد، لذا این عنصر با اثرگذاری بر فرآیندهای تقسیم سلولی و ساخت کلروفیل می‌تواند باعث افزایش رشد رویشی و در نهایت، افزایش تعداد برگ در گیاه شود. هم‌چنین بویری ده شیخ و همکاران (Boyeridahsheykh et al., 2014) گزارش کردند، مواد هیومیکی با اصلاح ساختار خاک، سبب افزایش گستردگی ریشه، جذب آب و عناصر غذایی، افزایش رشد و در نتیجه تعداد برگ گیاه می‌گردد.

کود کاملNPK اثر معنی‌داری بر تعداد گره در ساقه داشت، اگرچه اسید فولویک و اثر متقابل این دو عامل نتوانستند افزایش معنی‌داری در تعداد گره نشان دهند (جدول 3). مقایسه میانگین صفت مورد بررسی حاکی از آن است، که تمامی سطوح کود کامل دارای اثر مثبتی بر تعداد گره در ساقه بودند، به‌طوری‌که، بیش‌ترین تعداد گره (9/8) از تیمار شش در هزار کود کامل وکم‌ترین آن (8/7) از شاهد به‌دست آمد (جدول 4). درگزارش‌هایی مشابه با تحقیق ما، کریم‌نژاد و همکاران (Kariminejad et al., 2016) با مطالعه روی گیاه ذرت (*Zea mays* L.) بیان کردند استفاده از کود کامل NPK بر تعداد گره در ساقه اثر افزاینده داشته است. آن‌ها بیان کردند استفاده از کود

کامل که شامل مجموعه‌ای از عناصر غذایی مهم از جمله نیتروژن و فسفر می‌باشد، می‌تواند از طریق بهبود رشد رویشی گیاه، باعث افزایش ارتفاع گیاه و در نتیجه افزایش تعداد گره در ساقه به دنبال افزایش ارتفاع شود.

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر کود کامل NPK و اسید فولویک بر قطر ساقه معنی‌دار بوده، امّا این صفت تحت تأثیر متقابل این دو فاکتور قرار نگرفت (جدول 3). با توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمار شش در هزار کود کامل بیش‌ترین میزان قطر ساقه را (5/4 میلی‌متر) نسبت به شاهد نشان داد هم‌چنین کاربرد 10 کیلوگرم اسید فولویک نیز باعث افزایش قطر ساقه به‌میزان 24/4 درصد نسبت به شاهد شد. (جدول‌های 4 و 5). در نتایج مشابهی که توسط محققین گزارش شده است، رحیم زاده و همکاران (Rahimzadeh et al., 2011) بیان کردند تیمار کود شیمیایی بر قطر ساقه بادرشبو معنی‌دار بود، هم‌چنین ایدیا و همکاران (Yeidia et al., 1999) نیز نشان دادند مواد هیومیکی نظیر (اسید فولویک و اسید هیومیک) باعث افزایش معنی‌دار قطر ساقه خیار (*Cucumis sativus* L.) می‌شود. با توجه به اینکه نیتروژن نقش اساسی در ساختمان کلروفیل دارد و از طرفی مهم‌ترین عنصر در سنتز پروتئین‌ها می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش پروتئین‌ها، گیاه به توسعه قطر ساقه می‌پردازد (Mediavila et al., 1998). در بررسی‌های دیگری، دلیل افزایش قطر ساقه را این‌گونه بیان کردند، که کاربرد مواد هیومیکی سبب آزادسازی آب و مواد غذایی در گیاه شده و در نهایت، افزایش رشد گیاه و به دنبال آن سبب افزایش قطر ساقه می‌شود (Jahan et al., 2015).

صفات زایشی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد کاربرد کود کامل تأثیر معنی‌داری بر تعداد گل آذین ریحان داشت، در صورتی‌که کاربرد اسید فولویک و اثر متقابل این دو عامل بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول 7). با توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمار شش در هزار کود کامل باعث افزایش تعداد گل‌آذین به‌میزان 7/08٪ نسبت به شاهد شد (جدول 9). هم‌سو با این نتایج طبق نتایج تهامی و همکاران (Tahami et al., 2014)، کاربرد کود شیمیایی بر تعداد گل‌آذین ریحان معنی‌دار بود. بر این اساس ملکوتی و همایی (Malakuti & Homaei, 1994)، گزارش کردند جذب فسفر و نیتروژن به‌میزان کافی، در دوره رشد گیاه از اهمیت خاصی برخوردار است، این اهمیت در اندام‌های زایشی، بیش‌تر مشهود است این عناصر در تشکیل بذر نقش اساسی داشته و به‌مقدار زیادی در بذر و میوه یافت می‌شود بر این اساس در این آزمایش انتظار می‌رود افزایش میزان کودهای شیمیایی موجب افزایش بخش زایشی و تعداد شاخه‌های زایای گیاه شده باشد.

کاربرد اسید فولویک باعث افزایش معنی‌دار تعداد بذر در بوته ریحان شد، امّا کود کامل NPK و برهم‌کنش تیمارها تأثیری بر تعداد بذر در بوته نداشت (جدول 7). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیش‌ترین میزان بذر تولیدی از بالاترین سطح اسید فولویک (10 کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که نسبت به شاهد 37/5٪ افزایش داشته است (جدول 10).

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات رویشی ریحان سبزتحت تأثیرتیمارهای اسید فولویک و کود شیمیایی‌کامل

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of vegetative characteristics of green basil affected as fulvic acid and NPK treatments

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	وزن تر بوته Plant fresh weight	وزن خشک بوته Plant dry weight	تعداد برگ Number of leaves	تعداد شاخه جانبی Lateral branch number per plant	طول شاخه جانبی Lateral branch length
بلوک Block	2	1.44^{ns}	28551.6^{ns}	5758.9^{ns}	3.00^{ns}	0.59^{ns}	0.45^{ns}
کود کامل NPK	2	342.11^{**}	722935^{**}	21857.4^{**}	881.44^{**}	8.25^{**}	1.37^{ns}
اسید فولویک Fulvic acid	2	82.11^{**}	141437^{**}	26418.5^{**}	232.44^{**}	38.03^{**}	0.39^{ns}
اسید فولویک × کود کامل Fulvic acid × NPK	4	10.55^{**}	58286.7^{*}	10485.1^{*}	97.55^{**}	7.20^{**}	0.89^{ns}
خطا Error	16	1.69	15722	3209.8	8.16	1.13	0.57
ضریب تغییرات CV(%)		2.99	6.48	14.22	2.30	7.87	4.64

ns، ** و *: به‌ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and *: represent non- significant at 1 and 5% probability level of probability, respectively.

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات رویشی ریحان سبز تحت تأثیر تیمارهای اسید فولویک و کود کامل

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of vegetative characteristics of green basil affected as fulvic acid and NPK treatments

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی d.f	تعداد گره در ساقه Number of nodes	فاصله میان‌گره Internode spaced	وزن تر برگ Fresh leaf weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	قطر ساقه Stem diameter
بلوک Block	2	0.70^{ns}	0.023^{ns}	0.0005^{ns}	0.00007^{ns}	0.08^{ns}
کود کامل NPK	2	2.92^{*}	0.021^{ns}	0.0007^{ns}	0.00004^{ns}	2.40^{**}
اسید فولویک Fulvic acid	2	1.81^{ns}	0.24^{ns}	0.0006^{ns}	0.0001^{ns}	2.90^{**}
اسید فولویک × کود کامل Fulvic acid × NPK	4	1.42^{ns}	0.05^{ns}	0.0005^{ns}	0.00001^{ns}	0.11^{ns}
خطا Error	16	0.74	0.23	0.0004	0.00003	0.18
ضریب تغییرات CV (%)		9.17	10.45	7.54	13.19	8.42

ns، ** و *: به‌ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and *: represent non- significant at 1 and 5% probability level of probability, respectively.

جدول 4- مقایسه میانگین اثر ساده غلظت‌های مختلف کود کامل بر صفات رویشی ریحان سبز

Table 4- Mean comparisons for the effects of NPK concentrations on vegetative characteristics of green basil

کود کامل NPK (Per thousand)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن تر بوته Plant fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک بوته Plant dry weight($g.m^{-2}$)	تعداد برگ در بوته Leaves No. $plant^{-1}$	تعداد شاخه جانبی در بوته Laterals branch number. $plant^{-1}$	قطر ساقه Stem diameter (mm)	تعداد گره در بوته Number of nodes. $plant^{-1}$
0	36.55^{c*}	1618.83^{c}	352.22^{b}	114.11^{c}	12.66^{c}	4.57^{c}	8.77^{b}
3	45.33^{b}	2018.33^{b}	392.61^{b}	123.33^{b}	13.33^{b}	5.00^{b}	9.55^{ab}
6	48.44^{a}	2166.83^{a}	450.28^{a}	133.88^{a}	14.55^{a}	5.48^{a}	9.88^{a}

* حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5% براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

*Similar letters in each column vas not significant at 5% probability level based on DMRT.

جدول 5- مقایسه میانگین اثر ساده غلظت‌های مختلف اسید فولویک بر صفات رویشی ریحان سبز

Tables 5- Mean comparisons for the effect of fulvic acid concentrations on qualitative characteristics of green basil

اسید فولویک Fulvic acid ($kg.ha^{-1}$)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن تر بوته Plant fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک بوته Plant dry weight ($g.m^{-2}$)	تعداد برگ در بوته Leaves No. $plant^{-1}$	تعداد شاخه جانبی در بوته Laterals number.$plant^{-1}$	قطر ساقه Stem diameter (mm)	فاصله میان‌گره Internode space (cm)
0	40.11^{c*}	1847.17^{b}	350.89^{b}	120.00^{b}	12.22^{b}	4.60^{b}	4.43^{c}
5	44.22^{b}	1878.50^{b}	386.83^{b}	121.77^{b}	12.44^{b}	4.79^{b}	4.74^{a}
10	46.00^{a}	2078.33^{a}	457.39^{a}	129.55^{a}	15.88^{a}	5.67^{a}	4.68^{a}

* حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5% براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* Similar letters in each column vas not significant at 5% probability level based on DMRT.

جدول 6- برهم‌کنش سطوح مختلف کود کامل و اسید فولویک بر صفات رویشی ریحان سبز

Table 6- Interactive effects of NPK and fulvic acid on qualitative characteristics of green basil

کود کامل NPK (In thousand)	اسید فولویک Fulvic acid ($kg.ha^{-1}$)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن تر بوته Plant fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک بوته Plant dry weight ($g.m^{-2}$)	تعداد برگ در بوته Leaf.plant^{-1}	تعداد شاخه جانبی در بوته Lateral number.plant^{-1}
0	0	31.33^{e*}	1441.8^{c}	259.50^{c}	111.00^{d}	10.33^{e}
0	5	38.00^{d}	1655.7^{bc}	321.33^{bc}	113.66^{cd}	14.00^{cb}
0	10	40.33^{c}	1759.00^{b}	475.83^{a}	117.66^{c}	15.00^{ab}
3	0	44.33^{b}	2103.2^{a}	394.50^{ab}	118.00^{c}	11.33^{d}
3	5	45.00^{b}	1771.3^{b}	355.33^{bc}	116.00^{cd}	11.00^{e}
3	10	46.66^{b}	2180.5^{a}	428.00^{ab}	135.00^{a}	16.33^{a}
6	0	44.66^{b}	2089.5^{a}	398.67^{ab}	136.00^{a}	14.33^{bc}
6	5	49.66^{a}	2115.5^{a}	468.33^{a}	130.33^{b}	13.00^{cd}
6	10	51.00^{a}	2295.5^{a}	483.83^{a}	136.33^{ab}	16.33^{a}

* حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5% آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* Similar letters in each column vas not significant at 5% probability level based on DMRT.

مشابه نتایج این آزمایش، پژوهش صورت گرفته توسط سبزواری و همکاران (Sabzevari et al., 2003) نیز به نقش مثبت کودهای هیومیکی بر تعداد دانه گندم (*Triticum aestivum* L.) اشاره دارد. در مطالعه‌ای علت این امر این‌گونه بیان شد که، با کاربرد مواد هیومیکی و افزایش جذب عناصر، رشد گیاه بیش‌تر شده و گیاه دارای کانوپی بزرگ‌تری می‌شود که قادر است مخازن زایشی بزرگ‌تری را تغذیه نماید در نتیجه تعداد دانه در بوته افزایش می‌یابد (Galuta et al., 2007).

طبق جدول تجزیه واریانس، کاربرد کود کامل NPK و هم‌چنین اثر متقابل تیمارها تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه ریحان داشته است، در حالی که کاربرد فولویک اسید بر این صفت بی‌تأثیر بود (جدول 7). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین وزن هزار دانه (1/6گرم) از تیمار شش در هزار کود کامل و کم‌ترین وزن هزار دانه (1/4گرم) مربوط به شاهد بود به‌طوری‌که کاربرد کود کامل باعث افزایش13/4 درصدی وزن هزار دانه نسبت به شاهد شد (جدول 9). بر اساس نتایج نادری بروجردی و مدنی (Naderi Brujerdi & Madani, 2014) مصرف کودهای شیمیایی بر وزن هزار دانه زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) معنی‌دار بود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. لیتی و همکاران (Leithy et al., 2006) بیان کردند از آن‌جایی‌که عناصر غذایی هم‌چون نیتروژن و فسفر در فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان نقش مهمی دارند، دسترسی بهتر و بیش‌تر گیاهان به این عناصر سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز گشته و می‌تواند از این طریق موجب افزایش وزن هزار دانه گردد.

نتایج نشان داد، اثر متقابل کود کامل NPK و اسید فولویک بر میزان عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 8). بیش‌ترین افزایش در عملکرد دانه (0/28 کیلوگرم در مترمربع) با کاربرد سه در هزار کودکامل و پنج کیلوگرم در هکتار اسید فولویک و کم‌ترین میزان عملکرد دانه (0/11 کیلوگرم در مترمربع) مربوط به شاهد بود (جدول 11)، هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین تیمار پنج و10 کیلوگرم در هکتار اسید فولویک تفاوت معنی‌دار آماری وجود نداشت (جدول 10). مشابه نتایج این پژوهش، در تحقیقی که توسط کومار و همکاران (Kumar et al., 2015) روی گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum- graecum* L.) انجام شد، مشاهده گردید که کاربرد کود کامل NPK اثر معنی‌داری بر عملکرد بذر داشته است. در این رابطه ولدعبدی و همکاران (Valadabdi et al., 2007)، عنوان کردند با مصرف فسفر، توسعه ریشه افزایش یافته و در نتیجه جذب آب و املاح بیش‌تر شده است، که خود سبب افزایش رشد رویشی و گسترش بوته شده است و در نهایت، در افزایش عملکرد دانه مؤثر می‌باشد. هم‌چنین یلدریم و همکاران (Yildirim et al., 2007) نشان دادند که کاربرد مواد هیومیکی در بوته‌های گوجه‌فرنگی عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. وگان و لینه هان (Vegan & Linhan, 2004) اظهار داشتند، که کاربرد مواد آلی حاوی فولویک اسید به‌علت وجود ترکیبات ارگانیک مانند ویتامین‌ها، آمینو اسیدها، اکسین‌ها و جیبرلین سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود

که این افزایش عملکرد دانه می‌تواند حاصل افزایش فتوسنتز و ارتقاء جذب برگی و نیز زیاد شدن فعالیت‌های هورمونی و آنتی‌اکسیدانی گیاه باشد.

برهم‌کنش کود کامل NPK و اسید فولویک در سطح احتمال پنج درصد بر میزان عملکرد بوته اثر معنی‌داری نشان داد (جدول 8). با توجه به نتایج حاصل از اثرات متقابل داده‌ها، بیش‌ترین عملکرد بوته (2/29 کیلوگرم در مترمربع) از تیمار تلفیقی شش در هزار کود کامل و 10 کیلوگرم در هکتار اسید فولویک و کم‌ترین میزان عملکرد (1/44 کیلوگرم در مترمربع) از شاهد (عدم کاربرد کود) به‌دست آمد (جدول 11). مشابه تحقیق حاضر، در پژوهشی اقحوانی شجری و همکاران (Aghhavani Shajari et al., 2015) نشان دادند کاربرد کود کامل عملکرد بیولوژیک گشنیز را افزایش داد. مرادی (Moradi, 2015) اظهار داشت، ریشه‌های توسعه یافته 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. هم‌چنین روزبهانی و همکاران (Ruzbahani et al., 2013) نشان دادند اثر مواد هیومیکی بر عملکرد بوته سویا *Glycine max* L.) در مقایسه با شاهد افزایش داشت. در این زمینه نادری و همکاران (Naderi et al., 2002) عنوان نمودند که 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.

اثرات متقابل نشان داد بیش‌ترین شاخص برداشت (11%) از به‌کار بردن هم‌زمان سطح (سه در هزار کود کامل و پنج کیلوگرم در هکتار اسید فولویک) و کم‌ترین آن (5/3%) از شاهد به‌دست آمد (جدول 11). بر اساس مطالعات صورت گرفته در آزمایش اقحوانی شجری و همکاران (Aghhavani Shajari et al., 2015)، کاربرد کود شیمیایی بر شاخص برداشت گشنیز تأثیر افزایشی داشت، که این افزایش شاخص برداشت در نتیجه کاربرد کود نیتروژن و فسفر می‌تواند به‌علت متعادل شدن تغذیه گیاه و افزایش انتقال مواد به بخش زایشی باشد (Jami Al Ahmadi et al., 2006). افزایش در میزان شاخص برداشت تحت تأثیر اسیدفولویک را نیز می‌توان این‌گونه توجیه کرد که مصرف ترکیبات هیومیکی باعث افزایش دوام سطح برگ می شود که این امر مواد فتوسنتزی بیش‌تری را جهت پر شدن دانه‌ها فراهم می‌کند که می‌تواند شاخص برداشت را از طریق افزایش وزن هزار دانه افزایش دهد (Khan et al., 2008). در این خصوص نادری و همکاران (Naderi et al., 2002)، عنوان کردند مصرف مواد هیومیکی مانند اسید فولویک سبب افزایش قابل توجه در عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم و ذرت شده است.

جدول 7- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات زایشی ریحان سبز تحت تأثیر تیمارهای اسید فولویک و کودشیمیایی کامل

Table 7- Analysis of variance (mean of squares) of reproductive characteristics of green basil affected as fulvic acid and NPK treatments

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی d.f	تعداد گل در بوته Nomber of flower per plant	طول گل Flower length	تعداد بذر در بوته Number of seeds per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight
بلوک Block	2	0.11^{ns}	0.77^{ns}	6873.92^{ns}	0.002^{ns}
کود کامل NPK	2	2.33^{*}	1.33^{ns}	111683.59^{ns}	0.077^{**}
اسید فولویک Fulvic acid	2	1.33^{ns}	0.11^{ns}	1844212.70^{**}	0.006^{ns}
اسید فولویک ×کود کامل Fulvic acid × NPK	4	0.66^{ns}	0.61^{ns}	1017970.37^{**}	0.065^{**}
خطا Error	16	0.61	0.73	58665.25	0.004
ضریب تغییرات CV(%)		5.33	4.04	8.53	4.46

ns، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and *: represent non- significant at 1 and 5% probability level of probability, respectively.

جدول 8- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات زایشی ریحان سبز تحت تأثیر تیمارهای اسید فولویک و کودشیمیایی کامل

Table 8- Analysis of variance (mean of squares) of reproductive characteristics of green basil affected as fulvic acid and NPK treatments

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی d.f	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بذر Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
بلوک Block	2	0.37^{ns}	2.6^{ns}	0.028^{ns}
کود کامل NPK	2	30.42^{**}	0.02^{**}	0.72^{**}
اسید فولویک Fulvic acid	2	4.88^{**}	0.002^{**}	0.14^{**}
اسید فولویک × کود کامل Fulvic acid × NPK	4	5.95^{**}	0.004^{**}	0.05^{*}
خطا Error	16	0.49	0.0002	0.01
ضریب تغییرات CV(%)		7.76	7.12	6.48

ns، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and *: represent non- significant at 1 and 5% probability level of probability, respectively.

جدول 9- مقایسه میانگین اثر ساده غلظت‌های مختلف کود شیمیایی کامل بر صفات زایشی ریحان سبز

Table 9- Mean comparisons for the effects of NPK concentrations on reproductive characteristics of green basil

کود کامل NPK (In thousand)	تعداد گل‌آذین در بوته Inflorescence number per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight(g)	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بذر Seed yield ($kg.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.m^{-2}$)
0	14.11^{b*}	1.41^{c}	7.17^{c}	0.15^{c}	1.61^{c}
3	15.22^{a}	1.52^{b}	10.84^{a}	0.26^{a}	2.01^{b}
6	14.88^{a}	1.60^{a}	9.15^{b}	0.22^{b}	2.16^{a}

* حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5% براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* Similar letters in each column vas not significant at 5% probability level based on DMRT.

جدول 10- مقایسه میانگین اثر ساده غلظت‌های مختلف اسید فولویک بر صفات زایشی ریحان سبز

Tables 10- Mean comparisons for the effects of fulvic acid concentrations on reproductive characteristics of green basil

اسید فولویک Fulvic acid ($kg.ha^{-1}$)	تعداد گل‌آذین Number of flower	تعداد بذر بوته Number of seeds per plant	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بذر Seed yield ($kg.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.m^{-2}$)
0	14.22^{b*}	2335.2^{c}	8.33^{c}	0.19^{b}	1.84^{b}
5	14.77^{ab}	2966.44^{b}	9.80^{a}	0.22^{a}	1.87^{b}
10	15.22^{a}	3212.9^{a}	9.03^{b}	0.22^{a}	2.07^{a}

* حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح 5% بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* Similar letters in each column vas not significant at 5% probability level based on DMRT.

جدول 11- مقایسه میانگین بر همکنش سطوح مختلف کود کامل و اسید فولویک بر صفات زایشی ریحان سبز

Tables 11- Mean comparisons for interactive effects of NPK and fulvic acid on reproductive characteristics of green basil

کود کامل NPK (in thousand)	اسید فولویک Fulvic acid ($kg.ha^{-1}$)	تعداد بذر در بوته Number of seeds per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بذر Grain yield ($kg.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.m^{-2}$)
0	0	1938^{e*}	0.94^{d}	5.31^{c}	0.11^{e}	1.44^{c}
0	5	2794^{cb}	1.45^{c}	9.71^{ab}	0.15^{d}	1.65^{bc}
0	10	2396^{d}	1.56^{b}	6.48^{c}	0.19^{c}	1.75^{b}
3	0	3523^{a}	1.52^{bc}	10.75^{a}	0.20^{c}	2.10^{a}
3	5	3871^{a}	1.45^{c}	11.01^{a}	0.28^{a}	1.77^{b}
3	10	3018^{b}	1.59^{ab}	10.77^{a}	0.24^{b}	2.18^{a}
6	0	2528^{cd}	1.68^{a}	8.66^{b}	0.22^{b}	2.08^{a}
6	5	2340^{d}	1.66^{a}	8.94^{b}	0.26^{ab}	2.11^{a}
6	10	3654^{a}	1.46^{c}	9.86^{ab}	0.26^{ab}	2.29^{a}

*حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

*Similar letters in each column vas not significant at 5% probability level based on DMRT.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که استفاده از کود کامل و اسید فولویک به تنهایی و به‌صورت تلفیقی باعث بهبود عملکرد بیولوژیکی و رشدی ریحان شد. به نظر می‌رسد با توجه به نتایج این آزمایش، می‌توان تیمار شش در هزار کود کامل NPK و 10 کیلوگرم در هکتار اسیدفولویک را به‌عنوان تیماری برای افزایش عملکرد گیاه دارویی ریحان توصیه نمود ولی برای تأیید نتایج این آزمایش یک‌ساله، نیاز به تحقیقات تکمیلی و دوساله می‌باشد. از آن‌جایی که در این آزمایش فقط چند سطح از کودهای ذکر شده مورد بررسی قرار گرفته، لذا به‌منظور تکمیل نتایج این آزمایش، پیشنهاد می‌شود سایر سطوح کود کامل و اسید فولویک در طی پژوهش‌های دیگر بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد ریحان بررسی شود.

منابع

Aminifard, M.H., and Ahmadi, F., 2019. Effects of of fulvic acid and cow manure on stigma active components and petal Antiradical Activity of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy & Technology 6(4): 415-428. (In Persian with English Summary)

Anwar, M., Chand, S., and Patra, D., 2010. Effect of graded levels of NPK on fresh herb yield, oil yield and oil composition of six cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis* L.). Indian Journal of Natural Products and Resources 1: 74 -79.

Arabaci, D., and 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. (In Persian with English Summary)

Asadi, G., Rezvani Moghaddam, p., and Hasanzadeh Aval, F., 2014. Effects of soil and foliar applications of nutrients on corm growth and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in sixyear-old farm. Saffron Agronomy and Technology 2(1): 31-44. (In Persian with English Summary)

Atiyeh, M., Lee, S., Edwards, A., Arancon, Q., and Metzger, J., 2002. The influence of humic acid derived from earthworm-processed organic waste on plant growth. Bioresource Technology 8: 7-14.

Azizi, M., Lakzian, A., and Bagani, M., 2007. Effect of different amount of vermicompost and vermivash on morphological factors and essential oil content of basil. Agriculture Sciences 2: 5-8. (In Persian with English Summary)

Besford, T., and Maw, A., 1976. Effect of potassium nutrition on some enzymes of the tomato plant. Annals of Botany 40: 461-471.

BoyeridahSheikh, P., Mahmudi Surstani, M., Zolfaghari, M., and 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 Persian with English Summary)

Ebadi, T., Fallahi, J., Azizi, M., and Rezvani Moghadam, P., 2008. Investigating the effect of the use of organic fertilizers on growth factors and the efficiency of two modified cultivars of German chamomilla. The First National Conference on Management and Sustainable Agriculture Development in Iran, Institute for Scientific Research and Technology Knowledge, Shoshtar, p. 112-117. (In Persian)

Fatemi, H., Ameri, A., Amini Fard, M.H., and honey, H., 2011. Effect of humic acid on essences and vegetative

properties of basil. The First National Conference on Modern Topics in Agriculture. Saveh Islamic Republic of Iran Islamic Azad University, Saveh, Arak, Iran. P. 43-53. (In Persian)

Huber, A., and Schulz, H., 1997. Effect of pressure and shading on some turfgrass species and cultivars. Rasen-Turf-Gazon 28(2):36-40.

Hussein, M.E., Abou El Hassan, S., and Shahein, M.M., 2015. Effect 0f humic, fulvic acid and calcium foliar application on growth and yield of tomato plants. International Journal of Biological Sciences 7(1): 132- 140.

Jahan, M., Ghalaa Nawi, Sh., Khamoushi, A., and Amiri, M., 2015. Investigation of agro-ecological characteristics of basil under the influence of superabsorbent application of moisture, acidification and irrigation periods. The Horticulture Journal (2): 254-240. (In Persian with English Summary)

Jami al-Ahmadi, M., Parsa, Q., and Laleh, Q., 2006. Effect of different levels of organic and chemical fertilizers on yield, harvest index and percentage of extract of cannabis herb. Iranian Journal of Crop Research 15 (4): 837-823.

Jalota, S., Sood, A., Vitale, J., and Srinivasan, R., 2007. Simulated crop yields response to irrigation water and economic analysis. Agronomy Journal 99(4): 1073-1084. (In Persian with English Summary)

Khalilidarini, K., Armin, M., and 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 Persian with English Summary)

Kumar, R., Meena, S.S., Kakani, R.K., Mehta, R.S., and Meena, N.K., 2015. Response of crop geometry, fertilizer levels and genotypes on productivity of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). International Journal of Seed Spices 5(1): 63-67.

Karimi Nejad, M., Pazaki, A.R., and Fouladi Taraghi, AS., 2016. An investigation on the effects of quantities and methods of full fertilizer utilization on the yield and yield components of maize cultivars in the city of Rey. Journal of Agronomy and Plant Breeding 12(4): 33-15. (In Persian with English Summary)

Khan, S., Farhatuliah, I., and Khalil, H., 2008. Phenotypic correlation analysis of elite F3:4 Brassica populations for quantitative and qualitative traits. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science 3(1): 38-42.

Lima, R., Moreno, A., Diniz, E., Olea, R., Sasaki, J., Mendes Filho, J., Freire, P., Pontes, F., Leite, E., and Longo, E., 2004. Characterization of a crystal grown from (*Ocimum basilicum* L.) leaves and branches. Crystal Research and Technology 39(10): 864-867.

Leithy, S., El-Meseiry, T., and Abdallah, F., 2006. Effect of biofertilizer, cell stabilizer and irrigation regime onRosemary herbage oil quality. Journal of Applied Sciences Research 2: 773-779.

Malakouti, M.J., and Riazi Hamedani, S.A., 1991. Fertilizer and Fertility. University of Tehran press. 800 pp. (In Persian).

Malakouti, M.J., and Homayi, M., 1994. Soil Fertility of Arid Regions (Problems and Solutions). Tarbiat Modarres University Publications, Tehran, Iran. 518p. (In Persian)

Mediavilla, V., Jonquera, M., Schmid-Slembrouck, I., and Soldati, A., 1998. Decimal code for growth stage of hemp (*Cannabis sativa* L.). Journal of the International Hemp Association 5(2): 68-74.

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.

Naderi Boroujerdi, G., and Madani, H., 2014. Investigating the effect of chemical fertilizers on performance characteristics and essential oil in Zoosha. New Agricultural Findings 8(4): 354-361. (In Persian with English Summary)

Naderi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A., 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527–1536.

Naghibi, R., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., and Balandri, A., 2014. Effect of ecological fertilizer management on some breeding characteristics of chickpea plant (*cichorium pumilum* L.). Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 13: 17-31. (In Persian with English Summary)

Noorzad, S., Ahmadian, A., and Danzfar, A., 2014. Effect of drought stress on yield, yield components and essential oil of coriander medicinal plant, affected by organic and chemical fertilizers. Iranian Journal of Agricultural Crops 16(2): 289-302. (In Persian with English Summary)

Niakan, M., Khavarynejad, R.A., and 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 Persian with English Summary)

Ojecqlu, F., 2007. Effect of inoculation with biological fertilizers (Azotobacter and Fertilizer Phosphate) on growth, yield and yield components of Safflower. Master's degree in agriculture, faculty of agriculture, Islamic Azad University of Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary).

Omidbaigi, R., 2006. Production and Processing of Medicinal Plants. Astan Ghods Razavi Publication, Mashhad, Iran. 397 pp. (In Persian)

Omidbaigi, R., 1997. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants (Vol 2). Tarrahane Nashr,

Mashhad, Iran, 424 pp. (In Persian)
Ozcan, M., Derya, A.M., and Unver, A., 2005. Effect of drying methods on the mineral content of basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Food Engineering 69: 375-379.
Rahimzadeh, S., Sohrabi, Y., Heydari, G.h., Eyvazi, E.A., and Hosseini, T., 2011. Application effect of chemical and biological fertilizers on yield and percentage of essential oil of moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.). Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 27(1): 81-96. (In Persian with English Summary)
Rahimzadeh, S., Sohrabi, Y., Heydari, G., and Pirzadeh, A., 2011. Effect of bio and chemical fertilizers on yield and quality of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Journal of Horticultural Sciences 25: 335-343. (In Persian with English Summary)
Ruzbahani, A., Ghorbani, P., Mirzaie M., and Aroijnia, S., 2013. Study of the effect of humic acid and fluox acid on yield and yield components of barley. Agronomy Plant Breeding 9(2): 33-25.
Sabzevari, S., Zarei, H., and Kafi, M., 2003.The effect of humic acid on root and aerial growth of saeones and sabalan Wheat cultivars. Science and Technology of Agriculture 34: 92-98 (In Persian with English Summary).
Saikia, P., Devdutt Chaturvedi, D., Goswami, A., and Rao, P., 2010. Artemisinin and its derivatives: A novel class of anti-malarial and anti-cancer agents. Chemical Society Reviews 26: 15-24.
Sammauria, R., and Yadav, R.S., 2008. Effect of Phosphor and zinc application on growth and yield fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and their residual effect on succeeding pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) under irrigated condition of North West Rajasthan. Indian Journal of Agricultural Sciences 78: 61-64.
Samavat, S., and Malakooti, M., 2005. The necessity of using organic acids to increase the quality and quantity of agricultural products. Technical Journal, 463. Sana Press, Tehran, Iran. (In Persian)
Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., and Nassiri Mahallati, 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 Persian with English Summary)
Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., and Nasiri Mahallati, N., 2015. Effects of application of organic, biological, and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of coriander. Journal of Horticulture (Agriculture Sciences and Technology) 29(4): 486-500. (In Persian with English Summary)
Stephen, O.D., 2005. Taking stock of herbicide-resistant crops ten years after introduction. Pest Manag Science 61: 211–218.
Tahami, K., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M., 2014. Evaluation of the effects of organic, biological and chemical effects on morphological traits, yield and seed yield components of basil plant. Iranian Journal of Crop Research 12(4): 553-543 (In Persian with English Summary)
Tahir, M., Khurshid, M., Khan, Z., Abbasi, M.K., and Kazmi, H.M., 2011. Lignitederived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. Pedosphere 21: 124-131.
Utayasoorian, C., Balamurgan, P., and Muthuvel, P., 1991. Direct and residual effect of FYM and NPK levels on sunflower. Journal of Madras Agriculture 78: 207-209.
Valadabadi, S. A., Alimohammadi, M., and Daneshian, J., 2007. The evaluation of nitrogen (N) and phosphorous (P) consumption on yield and growth of sweet corn (*Zea mays* L.). Plant and Ecosystem 12: 53-65. (in Persian with English Summary)
Vaughan, D., and Linehan. D.J., 2004. The growth of wheat plants in humic acid solutions under axenic conditions. Plant and Soil 44: 445-449.
Yang, C.M., Yang, L.Z., Yang, Y.X., and Zhu, O.Y., 2004. Rice root growth and nutrient uptake as influenced by organic manure in continuously and alternately flooded paddy soils. Agriculture Water and Management 70: 67–81.
Yeidia, I., Srivastva, A., Kapulink, Y., and Chet, I., 2001. Effect of humic acid on microelement concentration and increased growth of cucumber plants. Plant and Soil 235(2): 235-242.
Yildirim, E.M., and Unay, A., 2011. Effects of different fertilizations on Liriomyza trifolii in tomato. African Journal of Agricultural Research 6(17): 4104-4107.
Zargari, A., 1989. Medicinal plants. Tehran University Press and Publishing, Tehran, Iran. 427 pp. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1375-1388

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 4، زمستان 1398، ص 1388-1375

Effects of Different Levels of NPK Fertilizer and Fulvic Acid on Morphogical Characteristics, Yield and Yield components of Basil as a Medicinal Plant (*Ocimum basilicum* L.)

M. Askarian[1], M.H. Aminifard[2*], M. Khayyat[2] and M. Jahani[3]

Submitted: 10-06-2018
Accepted: 07-10-2018

Askarian, M. Aminifard, M.H. Khayyat, M. and Jahani, M. 2020. Effects of different levels of NPK fertilizer and fulvic acid on morphogical characteristics, yield and yield components of basil as a medicinal plant (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology. 11 (4):1375-1388.

Introduction

Basil (*Ocimum basilicum*) is an herbaceous medicinal plant from the Lamiaceae family with a wide range of applications in culinary, cosmetic, food, perfumery and medical industries. The presence of more than 200 chemicals includes flavonoids, monoterpenes, sesquiterpenes, triterpenes and aromatic compounds in basil oil have been identified. The main components of its oil are eugenol, methyleugenol, linalool, estragole and anethole, varying by chemotype. Basil is one of the most important medicinal plants in Iran, which is widely used in various industries including pharmaceuticals, cosmetics, sanitary and food industries, and it is considered as an anti-fluff and appetizer in traditional medicine. Therefore, in order to maximize yield and increase the length of the basil production period, the appropriate management of this product is necessary. Among which the use of suitable nutritional elements is one of the useful ways to improve the performance of this plant. Therefore, the purpose of this study was to evaluate the effects of different levels of NPK fertilizer and fulvic acid, and their interaction on vegetative, reproductive growth and yield of Basil's medicinal plant.

Materials and Methods

In this study, the effects of applications of fulvic acid and NPK fertilizer on yield and growth characteristics of basil were evaluated under field conditions. Treatments were three levels of NPK fertilizer (0, 3 and 6 per thousand) and three levels of fulvic acid (0, 5 and 10 $kg.ha^{-1}$). The experiment was designed as factorial arrangement based on randomized complete block design with three replications at the research station of Faculty of Agriculture University of Birjand during growing season of 2017. The measured indices including vegetative characteristics (plant height, laterals $number.plant^{-1}$, plant weight ($g.m^{-2}$), leaf weight(g), leaves $No.plant^{-1}$) and reproductive characteristics (grain yield, 1000-seed weight, seed number, biological yield and harvest index). Finally, the experimental data were statistically analyzed using SAS program ver. 9.2 and means were separated Duncan multiple test at 5% probability level of probability.

Results and Discussion

The results showed that NPK fertilizer had a significant effect on vegetative characteristics (plant height, fresh and dry weight of plant ($g.m^{-2}$), lateral number per plant and leaves $No.plant^{-1}$), so that the highest plant height and biological yield (48.4 cm and 2.16 $kg.m^{-2}$, respectively) were obtained with application of six per thousand of NPK fertilizer. The results showed that NPK fertilizer had significant effect on 1000-seed weight. The highest 1000-seed weight (1.6 g) was obtained at six per thousand of NPK fertilizer, and the lowest of 1000- seed weight, (1.4 g) was observed in the control. Fulvic acid affected vegetative characteristics (plant height and laterals number per plant), so that the highest plant height and laterals $number.plant^{-1}$ (46.0 cm and 15.88 per plant) was obtained with the application of 10 $kg.ha^{-1}$ fulvic acid treatment. Also, the results showed a significant effect of fulvic acid on reproductive characteristics (plant weight ($g.m^{-2}$), 1000- seed weight (g)). The highest leaves $No.plant^{-1}$ (129.5) and 1000- seed weight (1.5g) were obtained at 10 kg $.ha^{-1}$ fulvic acid, and the lowest of plant weight, 1000-seed weight were observed in the control. The interactions showed that the highest biological yield (2.29 $kg.m^{-2}$) and plant dry weight (483.83 $g.m^{-2}$) were obtained from

1, 2 and 3- Masters Student Horticultural Science (Medicnal Plants), Assistant Professor, Department of Horticultural Science and Special Plants Regional Research Center and Associate Professor, Department of Plant Protection, College of Agriculture, University of Birjand, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.73422

treatment at six per thousand of NPK fertilizer and 10 $kg.ha^{-1}$ fulvic acid and the lowest amounts (1.44 $kg.m^{-2}$ and 259.5 $g.m^{-2}$) was obtained from control.

Conclusion

The results of this study showed that fulvic acid and NPK fertilizer had significant effect on yield and growth characteristics of basil. Thus, results showed that fulvic acid (10 $kg.ha^{-1}$) and NPK fertilizer (six per thousand) had strong impact on yield and growth characteristics of basil under field conditions.

Acknowledgements

Authors are grateful to Ebrahim Ebrahimabadi for their help with the field experiments.

Keywords: Biological yield, Harvest index, Plant height, Seed number.