فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد بیست و یکم/ شمارهٔ اول/ صفحات ۴۷-۶۱/ بهار و تابستان ۱۴۰۰
DOI: 10.22084/PPT.2019.17049.1865

بررسی تأثیر سطوح مختلف هیومیک اسید و تراکم کاشت بر صفات کمی و عملکرد گیاه شنبلیله

Investigation of the Effect of Different Levels of Humic Acid and Plant Density on Quantitative and Qualitative Characteristics of Fenugreek (*Trigonella foenum- graecum* L.)

محمدحسین امینی‌فرد[1*]، حمیرا قادری زه[2] و حسن بیات[1]

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۳
(مقاله‌پژوهشی)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر هیومیک اسید و تراکم کاشت بر صفات کمی و عملکرد گیاه شنبلیله، آزمایشی، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح هیومیک اسید (صفر، پنج و ۱۰ کیلوگرم در هکتار) و دو سطح تراکم کاشت (۲۵ و ۵۰ بوته در مترمربع) بودند. نتایج، نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار هیومیک اسید بر ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، تعداد برگ و رنگیزه‌های کلروفیل بود، به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد برگ (۴۴/۷۷) در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید و کم‌ترین تعداد برگ (۳۲/۵۵) از تیمار شاهد به‌دست آمد. نتایج نشان دادند، هیومیک اسید بر وزن‌تر و خشک بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه معنی‌دار شد. بیش‌ترین میزان وزن‌تر و خشک بوته از تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید و کم‌ترین میزان این صفات از شاهد به‌دست آمد. تراکم کاشت بر تعداد برگ در بوته و کلروفیل کل معنی‌داری شد، به‌طوری‌که تراکم کاشت ۲۵ بوته در مترمربع سبب افزایش ۱۰/۲۲ درصدی کلروفیل کل نسبت به تراکم ۵۰ بوته در مترمربع گردید، هم‌چنین برهم‌کنش هیومیک اسید و تراکم کاشت بر ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، عملکرد بیولوژیک و وزن هزاردانه معنی‌دار گردید، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک از تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید و تراکم کاشت ۵۰ بوته در مترمربع و کم‌ترین میزان این صفت از شاهد با تراکم کاشت ۵۰ بوته به‌دست آمد. بر اساس نتایج این آزمایش، استفاده از هیومیک اسید (۱۰ کیلوگرم در هکتار) و تراکم کاشت (۲۵ بوته در مترمربع)، نقش مؤثری در افزایش صفات رشدی شنبلیله داشت.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، رنگیزه‌های فتوسنتزی، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
*: نویسنده مسئول Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir
مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده دوم به راهنمایی محمدحسین امینی‌فرد می‌باشد.

مقدمه

گرایش عمومی جوامع به طب سنتی و استفاده از داروهای گیاهی در طی سال‌های اخیر به علت بروز اثرات زیان‌بار داروهای شیمیایی بر سلامتی انسان و نارسایی‌های متعدد طب نوین در درمان برخی بیماری‌ها رو به افزایش بوده است. بذر و قسمت‌های هوایی گیاه شنبلیله، قرن‌ها با عنوان منبع ارزشمندی در طب سنتی برای درمان دیابت، سل و به‌عنوان کاهش‌دهنده کلسترول، چربی، فشار و گلیسرید خون مورداستفاده قرار گرفته است (حسن‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). یکی از مؤلفه‌های اساسی افزایش عملکرد محصولات کشاورزی، مصرف بیش‌تر نهاده‌ها به‌ویژه کودهای شیمیایی است. با افزایش مصرف کودهای شیمیایی در دهه‌های اخیر، مشکلات جدی زیست‌محیطی داشته است؛ بنابراین، بهتر است که سایر منابع کودی دارای هزینه و اثرات تخریبی کمتر بر اکوسیستم، جایگزین این کودها شوند. از منابع کودی سالم، کم‌هزینه و در دسترس می‌توان به کودهای غیرشیمیایی (آلی و بیولوژیک) اشاره کرد، که در سیستم‌های پایدار موردتوجه قرار گرفته‌اند (*نحوی*[1] و همکاران، 2009). از بین کودهای سازگار با طبیعت، هیومیک اسید به‌عنوان یک اسید آلی مطرح می‌باشد. استفاده از کودهای آلی هیومیکی به‌طور غیرمستقیم از طریق فراهم آوردن عناصر معدنی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم و هم‌چنین عناصر کم‌مصرف برای ریشه، بهبود ساختار خاک و افزایش نفوذپذیری خاک، زیاد شدن جمعیت میکروبی و افزایش تبادل کاتیونی، باعث حاصلخیزی خاک و درنتیجه افزایش عملکرد و بهبود صفات کیفی در گیاه می‌گردند (*شریف*[2] و همکاران، 2002). در گیاه زنیان گزارش گردید که کاربرد هیومیک اسید یک درصد، سبب افزایش ۱۰/۳ درصدی ارتفاع گیاه نسبت به شاهد گردید (خالص‌رو و ملیکان، ۱۳۹۵). در مطالعه دیگری هیومیک اسید سبب افزایش قطر و ارتفاع گیاه منداب شد (*البارک و کام*[3]، 2005). *آستارایی و ایوانی*[4] (2008) افزایش مقدار سطح برگ و تولید مقدار کلروفیل بیش‌تر در برگ‌های گیاه لوبیا را در طی استفاده از تیمار هیومیک اسید گزارش کردند. هیومیک اسید سبب تداوم بافت‌های فتوسنتزکننده می شود و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد و نیز از طریق تأثیرات مثبت فیزیولوژیکی ازجمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ، افزایش عملکرد گیاه را در پی دارد (نادری و همکاران، 2002). اگرچه، عوامل محیطی تأثیر به‌سزایی بر کمیت و کیفیت محصول دارد، با این حال کنترل کامل این عوامل امکان‌پذیر نیست، امّا با استفاده از روش‌هایی، اثرات محیطی را به‌شکلی مدیریت کرد که گیاه تحت هر شرایطی، حداکثر توانایی خود را بروز دهد. ازجمله مهم‌ترین این تکنیک‌ها، انتخاب تراکم گیاهی مطلوب برای کشت و کار گیاه است که به‌عنوان یک عامل زراعی تحت کنترل، نقش مؤثری در عملکرد محصولات مختلف ایفاء می‌کند و مشخص کردن تراکم گیاهی از اصول اولیه زراعت هر محصول و ازجمله مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تولید گیاهان دارویی به‌شمار می رود (*ابراهیم*[5]، 2012). تراکم بوته مطلوب، تراکمی است که درنتیجه آن کلیه عوامل محیطی به‌طور مؤثر مورد استفاده گیاه قرار گرفته و در عین حال رقابت‌های درون بوته‌ای و بین بوته‌ای در حداقل باشند تا حداکثر عملکرد ممکن با کیفیت مطلوب به‌دست آید (*کالیسکان*[6] و همکاران، 2009). در تحقیق *شرار*[7] و همکاران (2001) گزارش شد که تغییرات عملکرد دانه و ویژگی‌های رشدی همانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد دانه در نیام و وزن هزاردانه تحت تأثیر تراکم بوته قرار گرفت. طی تحقیقی نشان داده شدکاهش فاصله ردیف از ۶۰ به ۳۰ سانتی‌متر سبب افزایش عملکرد دانه و وزن هزاردانه شنبلیله گردید (*شارما*[8]، 2000). طی آزمایشی در شنبلیله فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر در مقایسه با ۴۵ سانتی‌متر سبب افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه شد (*یادوا*[9] و همکاران، 2000). در مقایسه اثر دو فاصله ردیف ۲۲/۵ و ۳۰ سانتی‌متر روی شنبلیله نشان دادند که در فاصله ردیف کم‌تر، عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته و تعداد غلاف در بوته افزایش می‌یابد (*سینگ*[10] و همکاران، 2005). اثر فواصل بین ردیف شامل ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۰ سانتی‌متر بر گیاه ریحان گزارش کردند که افزایش فضای گیاه باعث زیاد شدن تعداد شاخه ها، برگ‌ها و ماده خشک گیاه گردید (*الگاندی*[11] و همکاران،2001). با توجه به اهمیت گیاه دارویی مهم شنبلیله و این‌که تاکنون گزارشی در خصوص اثر متقابل هیومیک اسید در تراکم کاشت بر خصوصیات رشدی و عملکرد شنبلیله نشده است، لذا هدف از اجرای این طرح، مشخص کردن نقش هیومیک اسید در تراکم های مختلف کشت، بر شاخص‌های فیزیولوژیکی عملکرد و گیاه دارویی شنبلیله می‌باشد تا با استفاده مناسب از نهاده آلی و انتخاب تراکم کاشت

1. Nehvi
2. Sharif
3. Albayrak and Camas
4. Astaraei and Ivani
5. Ibrahim
6. Caliskan
7. Sharar
8. Sharma
9. Yadav
10. Singh
11. Elgendy

مناسب، بتوان در جهت تولید پایدار و افزایش کیفیت شنبلیله گام برداشت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۶ در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل: هیومیک اسید (صفر، پنج و ۱۰ کیلوگرم در هکتار) و تراکم بوته (۲۵ و ۵۰ بوته در مترمربع) با سه تکرار بودند. قبل از کاشت، جهت تعیین خصوصیات خاک مزرعه، نمونه‌برداری خاک انجام گرفت (جدول ۱). به‌منظور انجام آزمایش، پس از عملیات شخم، دیسک و مسطح کردن خاک، اقدام به کرت بندی زمین به ابعاد دو در دو متر ایجاد گردید. کشت به‌صورت خطی در پنج اردیبهشت سال ۱۳۹۶ انجام گرفت. فاصله کاشت بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها ۱۰ سانتی‌متر برای تراکم کاشت ۵۰ بوته در مترمربع و فاصله کاشت بین ردیف‌ها ۴۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها ۱۰ سانتی‌متر برای تراکم کاشت ۲۵ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد، که بعد از تنک در مرحله چهار تا شش برگی، فاصله روی ردیف‌ها اعمال گردید. آبیاری اول هم‌زمان با کاشت (پنج اردیبهشت ۱۳۹۶ به‌صورت سطحی) و آبیاری دوم، پنج روز بعد از آبیاری اول به‌منظور تسهیل در سبز شدن بذرها انجام شد. تیمار هیومیک اسید (از پودر تجاری پتاسیم هیومات تهیه شد و شامل ۸۰ الی ۸۲ درصد هیومیک اسید، پتاسیم محلول ۱۱ الی ۱۳ درصد به‌صورت پودر سیاه‌رنگ) از مرحله ۶ برگی به فاصله هر ۱۲ روز طی سه نوبت همراه آب آبیاری بر اساس نقشه طرح آزمایشی، به‌صورت محلول در آب به کرت‌ها اضافه گردید. در طی دوره رشد گیاه، آبیاری به‌صورت سیفونی به‌طور مرتب هر شش روز انجام شد. بعد از اعمال تیمارها در مرحله گل‌دهی کامل و قبل از مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه، نمونه‌هایی از برگ‌های توسعه یافته از هر کرت تهیه و صفات کلروفیل برگ شنبلیله اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل و کارتنوئید در بافت گیاهی از روش آرنون استفاده شد (*لیچتالر*[1]، 1987). در پایان دوره رشد، هم‌زمان با رسیدگی فیزیولوژیک (زرد شدن برگ‌ها و غلاف‌ها) از هر کرت ۱۰ بوته با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای به‌طور تصادفی انتخاب شده و سپس صفات شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک اندازه‌گیری شدند. برای تعیین عملکرد نهایی پس از حذف اثر حاشیه‌ای کل بوته‌های هر کرت کف‌بر شده و پس از کوبیدن، دانه‌ها جدا و برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک به‌صورت درصد محاسبه شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌های آزمایش با نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع و تعداد شاخه جانبی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد صفات ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی در بوته تحت تأثیر اثر ساده هیومیک اسید و اثر متقابل تراکم کاشت و هیومیک اسید قرار گرفتند (جدول ۲)، به‌طوری که بیش‌ترین ارتفاع و تعداد شاخه جانبی (۴۰ سانتی‌متر و ۱۳ شاخه) در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید و تراکم کاشت ۲۵ بوته در مترمربع و کم‌ترین ارتفاع در شاهد (۳۳/۳۳ سانتی‌متر و ۷/۵ شاخه) با تراکم کاشت ۲۵ بوته در مترمربع به دست آمد (نمودار ۱).

وزن‌تر و خشک بوته

نتایج نشان داد وزن‌تر و خشک بوته تحت تأثیر هیومیک اسید قرار گرفتند (جدول، ۲)، بیش‌ترین میزان وزن خشک بوته (۳/۶۲ گرم) در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید و کم‌ترین میزان خشک بوته (۲/۴۴ گرم) در تیمار شاهد به‌دست آمد، هرچند از لحاظ آماری بین تیمارهای ۵ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت آماری مشاهده نشد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیش‌تر وزن‌تر بوته در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید و تراکم کاشت ۲۵ بوته در مترمربع و کم‌ترین وزن‌تر بوته در تراکم کاشت ۲۵ بوته در شاهد به‌دست آمد (جدول ۱۱).

تعداد برگ

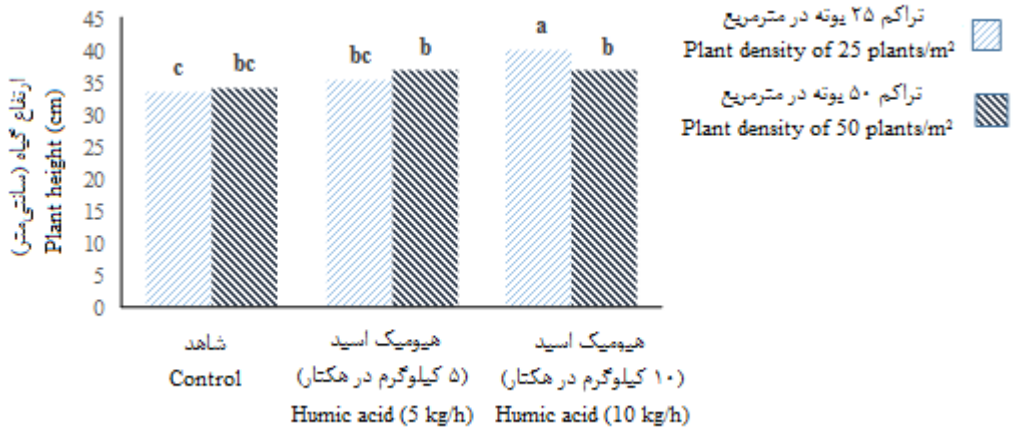
نتایج حاکی از تأثیر معنی‌دار هیومیک اسید، تراکم کاشت و برهم‌کنش هیومیک اسید و تراکم کاشت بر تعداد برگ بود (جدول ۲)، به‌طوری‌که بیش‌ترین (۴۵/۳۳) تعداد برگ در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید با تراکم ۲۵ بوته در مترمربع و کم‌ترین (۳۲/۴۴) تعداد برگ در شاهد با تراکم کاشت ۲۵ بوته مشاهده شد (نمودار ۲).

1. Lichtenthaler

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

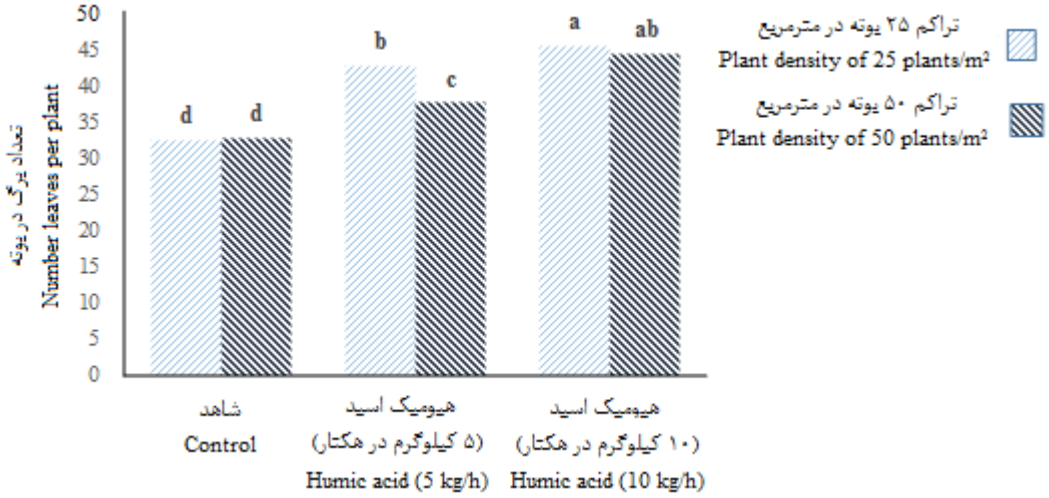
Table 1: Physical and chemical properties of soil in experimental field

بافت Texture	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($ds.m^{-1}$)	شاخص واکنش pH	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	پتاسیم قابل‌جذب (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)	فسفر قابل‌جذب (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)
لومی Loamy	0.68	3.1	7.76	0.06	208	30



نمودار ۱: برهم‌کنش سطوح مختلف هیومیک اسید و تراکم کاشت بر ارتفاع گیاه

Chart 1: Interactive effects of humic acid and planting density on plant height



نمودار ۲: برهم‌کنش سطوح مختلف هیومیک اسید و تراکم کاشت بر تعداد برگ در بوته

Chart 2: Interactive effects of humic acid and planting density on number leaves per plant

نتایج نشان داد هیومیک اسید سبب افزایش ۱۳/۷۸ درصدی ارتفاع بوته نسبت به شاهد گردید (جدول، ۳). هیومیک اسید با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت نگهداری آب در خاک و هم‌چنین ایفای نقش نفوذپذیری غشاء به‌عنوان ناقل پروتئین، فعال کردن تنفس، چرخه کربس، فتوسنتز و تولید آمینواسید و ATP باعث افزایش رشد گیاهان می‌شود (سیدری[1] و همکاران، 2008). مشابه نتایج این تحقیق، کاربرد هیومیک اسید بر روی ریحان باعث افزایش ارتفاع بوته شد (بویری ده شیخ و همکاران، ۱۳۹۵). اثر ساده تراکم کاشت بر ارتفاع بوته معنی‌دار نشد اما اثر متقابل تراکم کاشت و هیومیک اسید اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشت. دلیل اصلی افزایش ارتفاع بوته در کشت‌های متراکم رقابت برای

1. Sidari

دسترسی به نور می‌باشد (پیرزاد، ۱۳۸۷). رسام و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند افزایش تراکم بوته باعث افزایش ارتفاع بوته در گیاه آنیسون و در بابونه آلمانی گردید، که با نتایج ما مطابقت دارد. با توجه به نتایج بیش‌ترین تعداد شاخه جانبی در تیمار هیومیک اسید با تراکم کاشت ۲۵ بوته به‌دست آمد (جدول ۱۱). علت کاهش تعداد شاخه در بوته در تراکم‌های زیاد به افزایش فاصله طوقه تا ظهور اولین شاخه فرعی در هر بوته نسبت داده شده است (*موریسون*[1] و همکاران، 1990). مشابه نتایج آزمایش، *سینگ*[2] و همکاران (2005) افزایش ارتفاع بوته و کاهش شاخه‌زنی شنبلیله را در تراکم‌های بالا گزارش کرده‌اند. نتایج نشان داد بیش‌تر وزن‌تر بوته در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید و تراکم کاشت ۲۵ بوته در مترمربع و کم‌ترین وزن‌تر بوته در تراکم کاشت ۲۵ بوته در شاهد به‌دست آمد (جدول ۱۱). هیومیک اسید با بالا بردن میزان تولید ترکیبات آلی نیتروژن‌دار همانند پروتئین و اسیدهای آمینه سرعت رشد و تولید بیوماس را در گیاهان افزایش می‌دهد (*تن*[3]، 2003). *رحمان*[4] (1992) نیز اظهار داشت که میزان بیوماس کل به‌طور مستقیم با مقدار تابش جذب شده به‌وسیله برگ‌های گیاه در مدت زمان کاشت تا برداشت ارتباط دارد و تغییر در تراکم، ظرفیت تولید ماده خشک را تغییر می دهد. نتایج مشابه با این تحقیق، کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌دار وزن‌تر و خشک بوته نعنا فلفلی گردید (اصغری و همکاران، 2012)، هم‌چنین تأثیر مثبت هیومیک اسید بر صفات رشدی لوبیا سبز ازجمله وزن‌تر و خشک بوته توسط *الباشی*[5] و همکاران (2010) گزارش شده است. نتایج نشان داد که وزن‌تر بوته تحت تأثیر اثر ساده تراکم کاشت و برهم‌کنش هیومیک اسید قرار گرفت (جدول ۲). گیاهان در تراکم کم‌تر، مواد مغذی و نور بیش‌تری دریافت کرده و درنتیجه سطح فتوسنتزی افزایش و مواد حاصل از فتوسنتز بیش‌تری تولید و سبب افزایش وزن‌تر اندام هوایی می‌شود (*مرتضی*[6] و همکاران، 2009). نتایج حاکی از تأثیر معنی‌دار هیومیک اسید، تراکم کاشت و برهم‌کنش هیومیک اسید و تراکم کاشت بر تعداد برگ بود (جدول ۲)، به‌طوری‌که بیش‌ترین (۴۵/۳۳) تعداد برگ در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید با تراکم ۲۵ بوته در مترمربع و کم‌ترین (۳۲/۴۴) تعداد برگ در شاهد با تراکم کاشت ۲۵ بوته مشاهده شد (نمودار ۲). اسید هیومیک سبب تداوم بافت‌های فتوسنتزکننده می‌شود و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد و نیز از طریق تأثیرات مثبت فیزیولوژیکی ازجمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ، افزایش عملکرد گیاهان را در پی دارد (*نادری* و همکاران، 2002). استفاده از غلظت‌های متفاوت هیومیک اسید بر روی گیاه لوبیا چشم‌بلبلی برگ‌های تیمار شده انبوه‌تر و شاداب‌تر و رنگ سبز تیره‌تری به خود گرفتند که این به فعالیت فتوسنتز هم کمک می‌کند (*آستارایی* و *ایوانی*[7]، 2008). نتایجی همسو با تحقیق حاضر در گیاه ریحان (زکایی و همکاران، ۱۳۹۳) در خصوص افزایش تراکم کاشت تعداد برگ در بوته افزایش یافت، گزارش شده است.

رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که محتوای کلروفیل کل، a، b و کارتنوئید تحت تأثیر هیومیک اسید قرار گرفتند، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان این رنگیزه‌ها به‌ترتیب با ۴/۵۱، ۲/۳۴، ۲/۱۶ و ۱/۲۲ میلی‌گرم در گرم در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید و کم‌ترین میزان کلروفیل کل، a، b و کارتنوئید به‌ترتیب با ۳/۱۸، ۱/۷۴، ۱/۴۴ و ۰/۸۹۰ میلی‌گرم در گرم در شاهد (عدم کودهی) به‌دست آمد (جدول ۶). تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید سبب افزایش ۵۰ درصدی کلروفیل b نسبت به شاهد گردید. تراکم کاشت ۲۵ بوته در مترمربع سبب افزایش ۱۰/۲۲ درصدی کلروفیل کل نسبت به تراکم ۵۰ بوته در مترمربع گردید.

1. Morrison
2. Singh
3. Tan
4. Rahman
5. El-Bassiony
6. Morteza
7. Astaraei and Ivani

جدول ۲: تجزیه واریانس خصوصیات صفات رویشی شنبلیله تحت تیمارهای هیومیک اسید و تراکم کاشت

Table 2: Analysis for vegetative characteristics of fenugreek under treatment of humic acid and planting density

منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS				
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی Number of branches	وزن‌تر بوته Plant fresh weight	وزن خشک بوته Plant dry weight	تعداد برگ در بوته Numer of leaves per plant
بلوک Block	2	3.87^{ns}	2.66^{ns}	0.353^{ns}	0.08^{ns}	0.561^{ns}
هیومیک اسید Humic acid	2	9.05^{**}	32.66^{**}	29.43^{**}	2.23^{*}	227.33^{**}
تراکم کاشت Plant density	1	2.00^{ns}	0.88^{ns}	7.44^{*}	0.0002^{ns}	17.33^{*}
هیومیک اسید × تراکم کاشت Humic acid × Plant density	2	3.16^{*}	9.55^{*}	5.66^{*}	1.22^{ns}	11.04^{*}
خطا Error	10	0.722	2.13	1.16	0.359	1.98
ضریب تغییرات CV		11/76	4.05	8.60	19.22	3.60

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

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

جدول ۳: اثرات غلظت‌های مختلف هیومیک اسید بر صفات رویشی شنبلیله

Table 3: Effects of humic acid concentrations on vegetative traits of fenugreek

هیومیک اسید (کیلوگرم در هکتار) Humic acid (kg. ha^{-1})	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی Number of branches	وزن‌تر بوته (گرم) Plant fresh weight (g)	وزن‌خشک بوته (گرم) Plant dry weight (g)	تعداد برگ در بوته Numer of leaves per plant
0	33.66^{c}	8.75^{b}	10.42^{c}	2.44^{b}	32.55^{c}
5	36.00^{b}	11.50^{a}	12.39^{b}	3.30^{a}	39.94^{b}
10	38.33^{a}	12.25^{a}	14.84^{a}	3.62^{a}	44.77^{a}

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۴: اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر صفات رویشی گیاه شنبلیله

Table 4: Effect of different planting densities on vegetative traits of fenugreek

تراکم کاشت (بوته در مترمربع) Plant density (plant.m^{-2})	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی Number of branches	وزن‌تر بوته (گرم) Plant fresh weight (g)	وزن‌خشک بوته (گرم) Plant dry weight (g)	تعداد برگ در بوته Numer of leaves per plant
25	36.22^{a}	10.33^{a}	13.19^{a}	3.11^{a}	40.07^{a}
50	35.77^{a}	11.33^{a}	11.91^{b}	3.12^{a}	38.11^{b}

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۵: تجزیه واریانس خصوصیات صفات بیوشیمیایی شنبلیله تحت تیمارهای هیومیک اسید و تراکم کاشت

Table 5: Analysis for biochemical characteristics of fenugreek under treatment of humic acid and planting density

منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS			
		کلروفیل کل Total chlorophyll	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کارتنوئید Carotenoid
بلوک Block	2	0.037^{ns}	0.001^{ns}	0.03^{ns}	0.128^{ns}
هیومیک اسید Humic acid	2	2.99^{**}	0.578^{*}	0.956^{**}	0.196^{*}
تراکم کاشت Plant density	1	0.60^{*}	0.225^{ns}	0.09^{ns}	0.00007^{ns}
هیومیک اسید × تراکم کاشت Humic acid × Plant density	2	0.093^{ns}	0.132^{ns}	0.111^{ns}	0.071^{ns}
خطا Error	10	0.08	0.117	0.068	0.038
ضریب تغییرات CV		7.81	17.12	15.35	19.43

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

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

جدول ۶: اثرات غلظت‌های مختلف هیومیک اسید بر صفات بیوشیمیایی شنبلیله

Tables 6: Effects of humic acid concentrations on biochemical traits of fenugreek

هیومیک اسید (کیلوگرم در هکتار) Humic acid ($Kg.ha^{-1}$)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم) Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	کارتنوئید (میلی‌گرم در گرم) Carotenoid ($mg.g^{-1}$)
0	3.18^{b}	1.74^{b}	1.44^{b}	0.890^{b}
5	3.41^{b}	1.90^{ab}	1.51^{b}	0.926^{b}
10	4.51^{a}	2.34^{a}	2.16^{a}	1.22^{a}

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۷: اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر صفات بیوشیمیایی شنبلیله

Table 7: Effect of different planting densities on biochemical traits of fenugreek

تراکم کاشت (بوته در مترمربع) Plant density ($plant.m^{-2}$)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم) Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	کارتنوئید (میلی‌گرم در گرم) Carotenoid ($mg.g^{-1}$)
25	3.88^{a}	2.10^{a}	1.77^{a}	1.01^{a}
50	3.52^{b}	1.88^{a}	1.63^{a}	1.01^{a}

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT

هیومیک اسید سبب تداوم بافت‌های فتوسنتزکننده می‌شود و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد و نیز از طریق تأثیرات مثبت فیزیولوژیکی ازجمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ، افزایش عملکرد گیاه را در پی دارد (*نادری* و همکاران، 2002). مواد هیومیک در فرآیندهای بیولوژیک مانند فتوسنتز و کلروفیل کل مؤثرند (*سلمان*[1] و همکاران، 2005). هیومیک اسید با قرار دادن آب و مواد غذایی بیش‌تر و مناسب‌تر در اختیار گیاه می‌تواند ساخت کلروفیل‌های a و b و کارتنوئیدها را افزایش دهد و انتقال مواد فتوسنتزی را راحت کند (*دلفاین*[2] و همکاران، 2005). محلول‌پاشی هیومیک اسید در لوبیا افزایش کلروفیل گیاه را با افزایش سرعت و میزان جذب مواد غذایی سبب شد (*الباشی* و همکاران، 2010)، هم‌چنین در نتایج محققین دیگر، اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل در گیاه گندم شد (سبزواری و خزاعی، ۱۳۸۸).

1. Salman

2. Delfine

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر اثر ساده هیومیک اسید و برهم‌کنش هیومیک اسید و تراکم کاشت قرار گرفت، به‌طوری‌که بالاترین عملکرد بیولوژیک (۲۰۳۳/۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید با تراکم کاشت ۵۰ بوته در مترمربع و پایین‌ترین عملکرد بیولوژیک (۱۳۵۸/۳ کیلوگرم در هکتار) در شاهد با تراکم کاشت ۵۰ بوته به‌دست آمد (نمودار ۳).

عملکرد دانه

نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر ساده هیومیک اسید بر عملکرد دانه بود ولی اثر ساده تراکم کاشت و برهمکنش هیومیک اسید و تراکم کاشت بر عملکرد دانه معنی‌دار نشد (جدول ۸). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۰۳۸/۳۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید و کم‌ترین مقدار عملکرد دانه (۶۴۷/۹۲ کیلوگرم در هکتار) در شاهد به‌دست آمد (جدول ۹).

شاخص برداشت

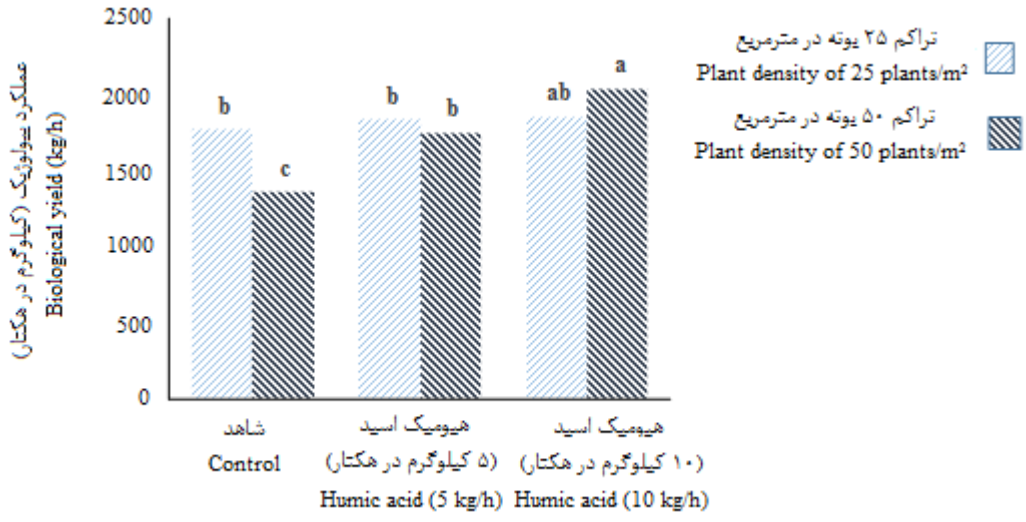
با توجه به نتایج، صفت شاخص برداشت تحت تأثیر اثر ساده هیومیک اسید قرار گرفت، نتایج مقایسه میانگین نشان داد، بیش‌ترین شاخص برداشت (۵۳/۶۰ درصد) در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید مشاهده شد، هرچند از لحاظ آماری با تیمار ۵ کیلوگرم تفاوت معنی‌دار نداشت و پایین‌ترین میزان شاخص (۴۱/۲۰ درصد) در شاهد به‌دست آمد (جدول ۹).

وزن هزاردانه

اثر ساده تراکم کاشت و برهم‌کنش هیومیک اسید و تراکم کاشت بر وزن هزاردانه معنی‌دار شد (جدول ۸)، به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن هزاردانه (۱۰ گرم) در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید با تراکم کاشت ۲۵ بوته در مترمربع و کم‌ترین وزن هزاردانه (۸ گرم) در شاهد با تراکم کاشت ۵۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد (نمودار ۴).

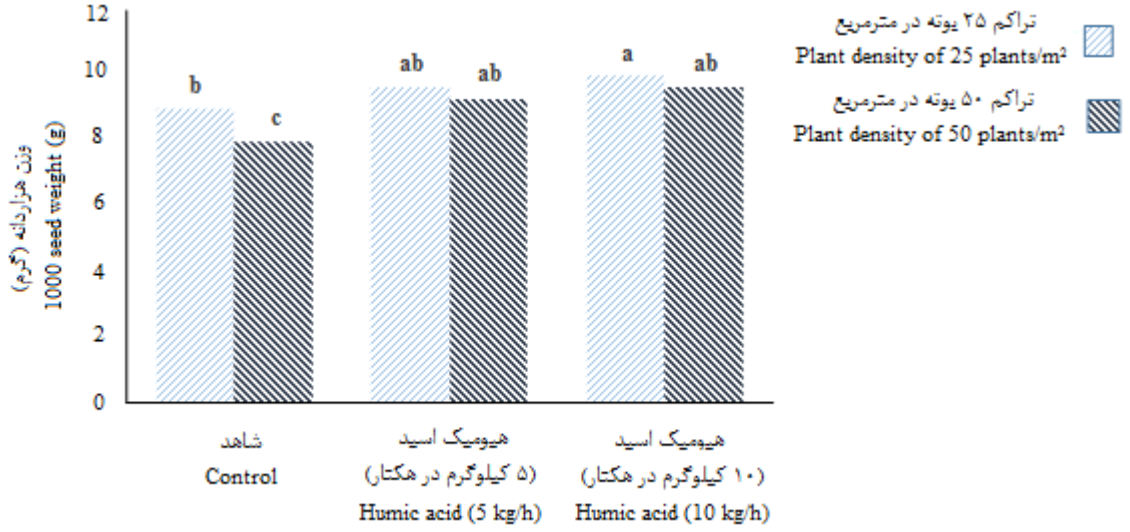
تعداد غلاف در بوته

نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر ساده هیومیک اسید و تراکم کاشت بر تعداد غلاف در بوته بود (جدول ۸). با توجه به نتایج مقایسه میانگین، بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته با ۸/۶۶ گرم در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید و کم‌ترین تعداد غلاف ۶/۵۰ در شاهد به‌دست آمد (جدول ۹). تراکم کاشت ۵۰ بوته در مترمربع سبب افزایش ۱۷/۸۷ درصدی تعداد غلاف در بوته نسبت به تراکم کاشت ۲۵ بوته در مترمربع گردید (جدول ۱۰).



نمودار ۳: برهم‌کنش سطوح مختلف هیومیک اسید و تراکم کاشت بر عملکرد بیولوژیک

Chart 3: Interactive effects of humic acid and planting density on biological yield



نمودار ۴: برهم‌کنش سطوح مختلف هیومیک اسید و تراکم کاشت بر وزن هزاردانه
Chart 4: Interactive effects of humic acid and planting density on 1000 seed weight

تعداد دانه در غلاف

اثر ساده هیومیک اسید و تراکم کاشت بر صفت تعداد دانه در غلاف معنی‌دار شد (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیش‌ترین تعداد دانه در غلاف با ۱۱/۶۶ در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید و کم‌ترین تعداد دانه در غلاف ۹/۱۶ در شاهد به‌دست آمد اما از لحاظ آماری، بین تیمارهای ۵ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت آماری مشاهده نشد (جدول ۹). تراکم کاشت ۲۵ بوته در مترمربع سبب افزایش ۲۱/۸۴ درصدی تعداد دانه در غلاف نسبت به تیمار کاشت ۵۰ بوته در مترمربع گردید.

جدول ۸: تجزیه واریانس خصوصیات صفات زایشی شنبلیله تحت تیمارهای هیومیک اسید و تراکم کاشت
Table 8: Analysis of variance for reproductive characteristics of fenugreek under treatment humic acid and plant density

منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS					
		عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزاردانه Thousand seed weight	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod
بلوک Block	2	527.43^{ns}	4926.04^{ns}	11.83^{ns}	0.50^{ns}	3.50**	2.72^{ns}
هیومیک اسید Humic acid	2	220506.59**	249907.29**	292.83*	0.666^{ns}	7.16**	11.05*
تراکم کاشت Plant density	1	50933.68^{ns}	20334.72^{ns}	9.13^{ns}	2.72**	6.72**	20.50**
هیومیک اسید × تراکم کاشت Humic acid × Plant density	2	129735.76**	18567.01^{ns}	178.34^{ns}	1.55*	1.05^{ns}	5.72^{ns}
خطا Error	10	10523.26	14390.20	1.28	0.233	0.433	1.65
ضریب تغییرات CV		5.81	13.67	13.58	5.26	8.77	12

ns، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد
ns, ** and *: Represent non- significant at 1 and 5% level of probability, respectively

جدول ۹: اثرات غلظت‌های مختلف هیومیک اسید بر صفات زایشی شنبلیله

Table 9: Effects of humic acid concentrations on reproductive traits of fenugreek

هیومیک اسید (کیلوگرم در هکتار) Humic acid ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن هزاردانه (گرم) Thousand seed weight (g)	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod
0	1562.50^{c}	647.92^{b}	41.20^{b}	8.83^{b}	6.50^{b}	9.16^{b}
5	1788.33^{b}	946.25^{a}	52.98^{a}	9.16^{ab}	7.33^{b}	11.33^{a}
10	1943.75^{a}	1038.33^{a}	53.60^{a}	9.50^{a}	8.66^{a}	11.66^{a}

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT

جدول ۱۰: اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر صفات زایشی شنبلیله

Table 10: Effect of different planting densities on reproductive traits of fenugreek

تراکم کاشت (بوته در مترمربع) Plant density ($plant.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.\ ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن هزاردانه (گرم) Thousand seed weight (g)	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod
25	1818.06^{a}	911.11^{a}	49.97^{a}	9.55^{a}	6.88^{b}	11.77^{a}
50	1711.67^{a}	843.89^{a}	48.55^{a}	8.77^{b}	8.11^{a}	9.66^{b}

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT

با توجه به نتایج عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر اثر ساده هیومیک اسید و برهم‌کنش هیومیک اسید و تراکم کاشت قرار گرفت، به‌طوری‌که بالاترین عملکرد بیولوژیک (۲۰۳۳/۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید با تراکم کاشت ۵۰ بوته در مترمربع و پایین‌ترین عملکرد بیولوژیک (۱۳۵۸/۳ کیلوگرم در هکتار) در شاهد با تراکم کاشت ۵۰ بوته به‌دست آمد (نمودار ۳). احتمالاً مصرف اسید هیومیک با افزایش عناصر غذایی قابل‌دسترس ازجمله فسفر، پتانسیل شاخه‌دهی گیاه را افزایش داده و توانسته است با تولید انشعابات بیشتر، امکان افزایش تعداد غلاف و به‌تبع آن افزایش تعداد دانه در مترمربع را فراهم نماید و از این طریق به بهبود عملکرد کمک نماید. افزایش عملکرد بیولوژیک با مصرف اسید هیومیک را می‌توان به تحریک رشد گیاه از طریق سوخت‌وساز عناصر کم‌مصرف و پرمصرف، فعال‌سازی آنزیم‌ها و تغییر در نفوذپذیری غشا و سنتز پروتئین‌ها دانست که مجموع این عوامل سبب افزایش بیوماس گیاه می‌گردد (*اولکان*[1]، 2008). مشابه نتایج این تحقیق، بالاترین سطح هیومیک اسید موجب تولید بیش‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک زنیان گردید (خالص رو و ملکیان، ۱۳۹۵). نتایج تحقیق موسی‌زاده و برادران (۱۳۹۰) در سیاهدانه نیز افزایش عملکرد بیولوژیک را با افزایش تراکم بوته در واحد سطح گزارش گردد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۰۳۸/۳۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید و کم‌ترین مقدار عملکرد دانه (۶۴۷/۹۲ کیلوگرم در هکتار) در شاهد به‌دست آمد (جدول ۹). اسید هیومیک نقش مهمی در جذب عناصر غذایی دارد این ترکیب با افزایش جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در گیاهان سبب افزایش رشد و عملکرد آن‌ها می‌شود (*کایا*[2] و همکاران، 2005). اسید هیومیک با بهبود اجزای عملکرد دانه سبب افزایش عملکرد دانه چای ترش شد (حیدری و خلیلی، ۱۳۹۳). هم‌چنین استفاده هیومیک اسید بر روی عملکرد دانه رازیانه اثر مثبت داشت (اکبری و غلامی، ۱۳۹۴). مواد هیومیکی از طریق تحرک بخشیدن، یون‌ها و نیز متابولیسم فیزیولوژی گیاه، سبب بهبود جذب عناصر غذایی شده و این امر باعث افزایش رشد زایشی گیاه می‌شود (*قربانی*[3] و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر ساده هیومیک اسید و تراکم کاشت بر عملکرد دانه بود. *رگن*[4] و همکاران (2003) نیز ارتباط مثبت بین تراکم کاشت و عملکرد دانه را گزارش نمودند، آنان علت افزایش عملکرد دانه در تراکم‌های بالاتر را به تعداد بیش‌تر بوته

1. Ulukan

2. Kaya
3. Ghorbani
4. Regan

در واحد سطح نسبت دادند. در تحقیقی نشان داده شد که در زیره سبز فاصله ردیف کاشت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (رضایی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۰). با توجه به نتایج، صفت شاخص برداشت تحت تأثیر اثر ساده هیومیک اسید قرار گرفت، نتایج مقایسه میانگین نشان داد، بیش‌ترین شاخص برداشت (۵۳/۶ درصد) در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید مشاهده شد، هرچند از لحاظ آماری با تیمار ۵ کیلوگرم تفاوت معنی‌دار نداشت و پایین‌ترین میزان شاخص (۴۱/۲۰ درصد) در شاهد به‌دست آمد (جدول ۹). همسو با نتایج این تحقیق، کاربرد هیومیک اسید سبب افزایش ۴۲/۰۳ درصدی شاخص برداشت در شنبلیله گردید (نخعی‌نژاد و موسوی، ۱۳۹۴). افزایش معنی‌دار این شاخص در شرایط کاربرد اسید هیومیک نسبت به عدم کاربرد این اسید را می‌توان به اثربخشی بیشتر اسید هیومیک بر افزایش عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک مربوط دانست. به عبارتی کاربرد اسید هیومیک باعث شده است تا احتمالاً مقدار و سرعت انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و درواقع سهم دانه‌ها از کل مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه افزایش یافته و به همین دلیل شاخص برداشت دانه شنبلیله در بوته به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. اثر ساده تراکم کاشت وبرهم‌کنش هیومیک اسید و تراکم کاشت بر وزن هزاردانه معنی‌دار شد (جدول ۸)، به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن هزاردانه در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید (۹/۵۰ گرم) و کم‌ترین وزن هزاردانه در شاهد (۸/۸۳ گرم) به‌دست آمد (جدول ۹). هیومیک اسید با تأثیر بر انتقال بیش‌تر مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به دانه‌ها وزن هزاردانه را در گیاهان زراعی افزایش داده است (چمانی و همکاران، ۱۳۹۱). مصرف هیومیک اسید سبب افزایش وزن هزاردانه گندم و ارزن شده است (*ساروهان*[1] و همکاران، 2011). در رازیانه افزایش تراکم در واحد سطح باعث کاهش وزن هزاردانه در بوته شد (لباس‌چی و همکاران، ۱۳۸۹). افزایش تراکم به‌علت ایجاد رقابت در بین بوته‌ها باعث کاهش وزن هزاردانه می‌گردد. نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر ساده هیومیک اسید و تراکم کاشت بر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف بود (جدول ۸). محلول پاشی هیومیک اسید در زمان گلدهی بیش‌ترین تأثیر را بر تعداد غلاف در بوته نخود داشت (شبانی و آرمین، ۱۳۹۴). هم‌چنین هیومیک اسید اثر مثبتی بر روی تعداد چتر و چترک زنیان داشت (خالص‌رو و ملکیان، ۱۳۹۵).

محلول‌پاشی هیومیک اسید و افزایش جذب عناصر، رشد گیاه بیش‌تر شده و گیاه دارای کانوپی بزرگ‌تری می‌شود که قادر است مخازن زایشی بزرگ‌تری را تغذیه نماید و به میزان کافی ماده‌ی خشک به آن اختصاص دهد درنتیجه تعداد نیام در بوته افزایش می‌یابد (*جولتا*[2] و همکاران، 2007). *دوری*[3] (2006) نیز اذعان داشت افزایش تعداد سنبله در مترمربع را با افزایش میزان بذر مصرفی در اسفرزه و کوچکی و همکاران (۱۳۸۵) افزایش تعداد چتر در مترمربع را با افزایش تراکم بوته در رازیانه گزارش کردند. مشابه نتایج این تحقیق، شبانی و آرمین (۱۳۹۴) نشان دادند محلول‌پاشی هیومیک اسید در زمان گل دهی بیش‌ترین تأثیر را تعداد دانه در غلاف، نخود داشت. *اولکان* (2008) نیز در بررسی خود نشان داد که تیمار هیومیک اسید سبب افزایش تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله گندم شده است. در تحقیقی بیان شد با افزایش تراکم بوته، تعداد دانه در نیام کاهش یافت و علت را به افزایش رقابت بین بوته‌ها و کاهش فراهم شدن مواد فتوسنتز نسبت دادند (*طواحا*[4] و همکاران، 2005). نتایج نشان‌دهنده همسو بودن این آزمایش با سایر محققین می‌باشد.

جدول ۱۱: برهم‌کنش سطوح مختلف هیومیک اسید و تراکم کاشت بر صفات رویشی و زایشی شنبلیله

Table 11: Interactive effects of humic acid and planting density on vegetative and reproductive traits characteristics of fenugreek

هیومیک اسید (کیلوگرم در هکتار) Humic acid ($kg.ha^{-1}$)	تراکم کاشت (بوته در مترمربع) Plant density ($plant.m^{-2}$)	تعداد شاخه جانبی Number of branches	وزن‌تر بوته (گرم) Plant fresh weight (g)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)
0	25	7.50^{c}	9.96^{c}	1766.67^{b}
0	50	10.00^{bc}	10.88^{c}	1358.33^{c}
5	25	10.50^{ab}	13.40^{b}	1833.33^{b}
5	50	12.50^{ab}	11.38^{c}	1743.33^{b}
10	25	13.00^{a}	16.22^{a}	1854.17^{ab}
10	50	11.50^{ab}	13.46^{b}	2033.33^{a}

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند

Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT

1. Saruhan
2. Jalota
3. Dorry
4. Tawaha

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از کود زیستی هیومیک توانست در بهبود ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژی شنبلیله مؤثر باشد، به‌طوری‌که تمام صفات رویشی، زایشی و فیزیولوژیکی تحت تأثیر اسید هیومیک قرار گرفتند. در این تحقیق، سطح اسید هیومیک (۱۰ کیلوگرم در هکتار) و تراکم کاشت متوسط (۵۰ بوته در مترمربع) بیش‌ترین تأثیر را بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه اعمال کردند. هرچند لازم است سطوح پیشنهادی در این تحقیق، در مناطق و آزمایشات دیگر هم مورد تأیید قرار گیرد به‌طورکلی، با توجه به نتایج این مطالعه، به نظر می‌رسد که تراکم کاشت مناسب و استفاده بهینه از نهاده‌های آلی ازجمله اسید هیومیک (البته با توجه به در نظر گرفتن شرایط خاک هر منطقه و قابل‌جذب بودن این کود در خاک) می‌تواند برای بهبود بخشیدن به صفات کیفی و کمی مؤثره این گیاه دارویی شنبلیله مدنظر قرار گیرد.

منابع

اکبری، ا. و غلامی، ا. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر همزیستی با میکوریزا، ورمی‌کمپوست و هیومیک اسید بر عملکرد اسانس و کلونیزاسیون ریشه گیاه دارویی رازیانه نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۳ (۴): ۸۴۰-۸۵۳.

بویری ده شیخ، آ.، محمودی سورستانی، م.، ذوالفقاری، م. و غیاثی ضمیر، ن. ۱۳۹۵. اثر باکتری‌های محرک رشد، کود شیمیایی و هیومیک اسید بر صفات مورفوفیزیولوژیک ریحان نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۶ (۴): ۱۲۹-۱۴۲.

پیرزاد، ع.، آلیاری، ه.، شکیبا، ر.، مزهتاب سلماسی، ر. و محمدی، س. ۱۳۸۷. اثرات آبیاری و تراکم بوته بر روی کارآیی مصرف آب در تولید اسانس بابونه آلمانی. دانش کشاورزی، ۱۸ (۲): ۴۹-۵۸.

چمانی، ف.، خدابنده، ن.، حبیبی، د.، اصغرزاده، ا. و داودی فرد، م. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد در گندم تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد (ازتوباکتر کروکوم، آزوسپیریلیوم لیپوفروم، سودوموناس پوتیدا) و هیومیک اسید. زراعت و اصلاح نباتات، ۸ (۱): ۲۵-۳۷.

حسن‌زاده، ا.، رضازاده، ش. ا.، شمسا، س. ف.، دولت آبادی، ر. و زرین قلم، ج. ۱۳۸۹. مروری بر خواص درمانی و فیتوشیمیایی شنبلیله. فصلنامه علمی پژوهشی گیاهان دارویی، ۲ (۱): ۱۸-۳۴.

حیدری، م. و خلیلی، س. ۱۳۹۳. تأثیر اسید هیومیک و کود فسفر بر عملکرد دانه و گل، رنگدانه‌های فتوسنتزی و مقادیر عناصر معدنی در گیاه چای ترش نشریه علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۵ (۲): ۱۹۱-۱۹۹.

خالص‌رو، ش. و ملکیان، ح. ۱۳۹۵. ارزیابی کاربرد ورمی‌کمپوست و هیومیک اسید بر صفات مورفولوژیک، عملکرد، میزان و ترکیب‌های اسانس در کشت ارگانیک گیاه دارویی زنیان. فصلنامه گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳ (۶): ۹۶۸-۹۸۰.

رسام، ق. ا.، نداف، م. و سفیدکن، ف. ۱۳۸۶. تأثیر تاریخ کاشت و تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه انیسون. مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۷۵: ۱۲۷-۱۳۲.

رضایی‌نژاد، م.، خادمی، ک. و یاری، م. ۱۳۸۰. اثر کم آبیاری و فاصله ردیف بر عملکرد دانه و اسانس زیره‌سبز در خرم‌آباد. اولین کنفرانس ملی گیاهان دارویی ایران، تهران. ۲۴-۲۶.

زکایی، ا.، سیف زاده، س.، و طاهری، م. ۱۳۹۳. تأثیر تراکم‌ها و الگوهای کاشت بر صفات فیزیولوژیکی و زراعی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.). پژوهش‌های به زراعی (تنش‌های محیطی در علوم گیاهی)، ۶ (۲): ۱۴۳-۱۵۷.

سبزواری، س. و خزاعی، ح. ۱۳۸۸. اثر محلول‌پاشی سطوح مختلف اسید هیومیک بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزاء عملکرد گندم رقم پیشتاز. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۱ (۲): ۵۳-۶۳.

سهرابی، م.، دعایی، ف. و امیری، م. ب. ۱۳۹۲. تأثیر کاربرد هیدروژل سوپر جاذب رطوبت در خاک و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر برخی ویژگی‌های آگرواکولوژی لوبیا در شرایط مشهد. مجله کشاورزی بوم‌شناختی، ۳ (۲): ۷۱-۹۰.

شبانی، ر. و آرمین، م. ۱۳۹۴. اثر محلول‌پاشی کود اوره و هیومیک اسید در شرایط دیم بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود. تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک، ۲ (۱۴): ۱-۱۰.

کوچکی، ع. م.، نصیری محلاتی، م. و عزیزی، ک. ۱۳۸۵. اثر فواصل مختلف آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزاء عملکرد دو توده بومی رازیانه. پژوهش‌های زراعی ایران، ۴ (۱): ۱۳۱-۱۴۱.

لباس‌چی، م. ح.، شریفی عاشورآبادی، ا. و بختیاری رمضانی، م. ۱۳۸۹. اثر تراکم بوته بر عملکرد رازیانه در شرایط دیم در مناطق سرد. مجله گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۶: ۱۲۱-۱۳۱.

موسی‌زاده، م.، و برادران، ر. ۱۳۹۰. مطالعه اثر تراکم و زمان محلول‌پاشی نیتروژن بر عملکرد روغن و اسانس دانه سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.). مجله دانشگاه علوم پزشکی کرمان، ۹ (۳): ۴۲۲-۴۲۷.

نخعی‌نژاد، ب. ا. موسوی، س.غ.ر. ۱۳۹۴. تأثیر دور آبیاری، اسید هیومیک و نوع کود گوگردی بر صفات مورفولوژیکی و عملکردی شنبلیله. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی ۸ (۳۰): ۴۰-۵۱.

Albayrak, S. and Camas, N. 2005. Effect of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield component of forage turpin. Journal of Agronomy, 42: 130-133.

Asgari, M., Habibi, D. and Brojerdi, G.N. 2012. Effect of vermicompost, plant growth promoting rhizobacteria and humic acid on growth factors of *Mentha piperita* L., in Central province. Iran. Agro. Plant Breed, 7(4): 41-54. (In Persian)

Astaraei, A.R. and Ivani, R. 2008. Efect of organic souces as foliar spray and root madia on nutrition if cowpea .Environment, 1(9): 201-205

Caliskan, M. E., Kusman, N. and Caliskan, S. 2009. Effects of plant density on the yield and yield components of true potato seed (TPS) hybrids in early and main crop potato production systems. Field Crops Research, 114: 223-232.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. and Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development, 25: 183-191

Dorry, M. A. 2006. Effects of seed rate and planting dates on seed yield and yield components of *Plantago ovata* in dry farming. Iranian Journal of Medicinal Plants, 22 (3): 262-269.

El-Bassiony, A. M., Fawzy, Z. F., Abd El-Baky, M. M. H. and Asmaa, R. M. 2010. Response of snap bean plants to mineral fertilizers and humic acid application. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 6 (2): 169-175.

Elgendy, S. A., Hosni, A. M., Ahmed, S. S., Omer, E. A. and Reham, M.S. 2001. Variation in herbage yield and oil composition of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) var." Grande verde" grown organically in a newly in reclaimed land in Egypt. Arab Universities Journal of Agriculture Science 9(2): 915-33.

Ghorbani, S., Khazayi, H.M., Kafi, M. and Banayanaval, M.2010.Effect of Humic acid in irrigation water on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). Journal of Ecology, 2(1):131-123

Ibrahim, H. M. 2012. Response of some sunflower hybrids to different levels of plant density. Procedia, 4: 175-182.

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

Kaya, M., Atak, M., Khawar, K. M., Ciftic, C. Y. and Ozcan, S. 2005. Effect of pre- sowing seed treatment with zinc and foliar of humic acids on yield of common bean. International Journal of Agriculture and Biology, 23: 875-878.

Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology, 148 (34): 350-382.

Morrison, M. J., Mcverry, P. B. and Scarth, R. 1990. Effect of altering plant density on growth characteristics of summer rape. Canadian Journal of Plant Science, 70: 139-149.

Morteza, E., Akbari, G. A., Sanavi, S. M. M. and Farahani, H. A. 2009. Effects of sowing date and planting density

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.

Nehvi, F. A., Khan, M. A., Lone, A. A. and Maqhdoomi, M. I. 2009. Impact of microbial inoculation on growth and yield of saffron in Kashmir. 3rd International Symposium on Saffron: Forthcoming Challenges in Cultivation, Research Economy Krokos, Greece. 171-174.

Rahman, M. M. 1992. Growth analysis of chickpea genotypes in relation to grain filling period and yield potential in Bangladesh; Bangladesh Journal of Botany, 21 (2): 225-231.

Regan, K. L., Siddique, K. H. and Martin, L. D. 2003. Response of Kabuli chickpea to sowing rate in Mediterranean type environments of South-western. Australian Journal of Experimental Agriculture, 43: 87-97.

Salman, S. R., Abou-Hussein, S. D., Abdel-Mawgoud, A. M. R. and El-Nemr, M. A. 2005. Fruit yield and quality of watermelon as affected by hybrids and humic acid application. Journal of Applied Sciences Research, 1: 51-58.

Saruhan, V., kusvuran, A. and Babat, S. 2011. The effect of different humic acid fertilization on yield and yield components performances of common millet (*Panicum miliaceum* L.). Scientific Research and Essays, 6: 663-669.

Sharar, M. S., Ayub, M., Nadeem, M. A. and Noori, S. A. 2001. Effect of different row spacings and seeding densities on the growth and yield of gram (*Cicer arietinum* L.). Pakistan Journal of Agricultural Science, 38 (3-4): 51-53.

Sharif, M., Khattak R. A. and Sarir, M. S. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. Plant Analysis, 33: 3567-3580.

Sharma, S. K. 2000. Response of nitrogen and spacing on fenugreek seed production. Horticulture Journal, 13 (2): 39-42.

Sidari, M., Ronzello, G., Vecchio, G. and Muscolo, A. 2008. Influence of slope aspects on soil chemical and biochemical properties in a Pinus laricio forest ecosystem of aspromonte *(Southern Italy*). European Journal of Soil Biology, 44 (4): 364-372.

Singh, S., Buttar, G. S., Singh, S. P. and Brar, D. S. 2005. Effect of different dates of sowing and row spacings on yield of fenugreek (*Trigonella foenum gracum* L.). Medicinal and Aromatic Plants Science, 27 (4): 629-630.

Tan, K. H. 2003. Humic Matter in Soil and Environment. Marcel Dekker, New York. 408p.

Tawaha, A. R. M., Turk, M. A. and Lee, K. D. 2005. Adaptation of chickpea to cultural practices in Mediterranean type environment. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 1 (2): 152-157.

Ulukan, H. 2008. Effect of soil applied humic acid at different sowing times on some yield components in wheat (*Triticum* spp.) hybrids. International Journal of Botany, 4 (2): 164-175.

Yadav, J. S., Jagdev, S., Virender, K. and Yadav, B. D. 2000. Effect of sowing time, spacing and seed rate on seed yield of fenugreek (*Trigonella foenum racum* L.) on light textured soil. Haryana Agricultural University Journal Research, 30 (3-4): 107-111.

Investigation of the Effect of Different Levels of Humic Acid and Plant Density on Quantitative Characteristics and Yield of Fenugreek (*Trigonella foenum- graecum* L.)

Aminifard[1*], M. H. Ghaderi Zeh[2], H. and Bayat[1], H.

Abstract

In order to investigate the effect of humic acid and plant density on quantitative and qualitative traits of fenugreek, an experiment was conducted in a randomized complete block design with factorial arrangement. Treatments including three levels of humic acid (0, 5 and 10 kg.ha^{-1}) and two planting density (25, 50 plants/m^2). Results showed that effect of humic acid was significant on plant height, number of lateral branches, number of leaves and its pigments. So that the highest number of leaves (44.77) was obtained in treatment with 10 kg.ha^{-1} humic acid and the lowest number of leaves (32.55) was obtained from control treatment, the results also showed that humic acid was significant on fresh and dry weight of the plants, number of seeds per pod, biological yield, grain yield, The highest fresh and dry weight of the plants were obtained from 10 kg.ha^{-1} humic acid and the least of these traits were obtained from the control. Planting densities were significant on leaf number per plant and total leaf chlorophyll, So that the planting density of 25 plants/m^2 increased the total chlorophyll content by 22.10% relative to the density of 50 plants/m^2. Also, the interaction of humic acid and plant density on plant height, number of lateral branches and biological yield were significant. According to the results of this study, the use of humic acid (10 kg.ha^{-1}) and planting density (25 plants/m^2) had a significant role in increasing the vegetative and reproductive of fenugreek.

Keywords: Plant height, Photosynthetic pigments, 1000-seed weight, Biological yield

1 and 2. Associate Professor and MSc Student, Respectively, Department of Horticultural Sciences, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

※: Corresponding author Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir

This paper has been extracted from the second author's MSc thesis under the guidance of Mohammad Hossein Aminifard.