دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۴، شماره ۴، صفحه ۷۰۹-۶۹۷ (۱۳۹۷)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2018.116484.2211

اثر سطوح مختلف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر میزان فتوسنتز و توسعه رشد اکوتیپ‌های حنا (*Lowsonia inermis* L.)

امین پسندی‌پور[۱] و حسن فرح‌بخش[۲*]

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران؛ عضو انجمن پژوهشگران جوان

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

پست الکترونیک: hfarahbakhsh@yahoo.com

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۶ تاریخ اصلاح نهایی: تیر ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۷

چکیده

گیاهان عالی موجودات زنده خوداتکایی هستند که می‌توانند ترکیب‌های آلی خود را از عناصر غذایی معدنی جذب نموده از محیط بسازند. بنابراین دسترسی کافی به سطحی مطلوب از عناصر غذایی در محیط بسیار با اهمیت می‌باشد. هدف اصلی این مطالعه تعیین نیاز غذایی اکوتیپ‌های مختلف گیاه دارویی- صنعتی حنا (بم، شهداد و رودبار) براساس عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم (N:P:K، ۰:۰:۰، ۵۰:۵۰:۱۰۰، ۱۰۰:۱۰۰:۲۰۰، ۱۵۰:۲۰۰:۳۰۰ Kg ha^{-1}) در شرایط آب و هوایی شهر کرمان بوده است. نتایج نشان داد که اثر متقابل اکوتیپ در کود تنها در مورد پارامترهای عملکرد خشک برگ و عملکرد خشک کل در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل اکوتیپ در کود نشان داد هر سه اکوتیپ مورد بررسی در نسبت کودی ۱۵۰:۲۰۰:۳۰۰ دارای بیشترین عملکرد خشک برگ بوده و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نیز با یکدیگر نداشتند. اثر ساده اکوتیپ روی فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای معنی‌دار بوده و بیشترین میانگین این صفات مربوط به اکوتیپ شهداد بود. در این مطالعه اثر ساده کود برای تمامی صفات مورد بررسی بجز سطح ویژه برگ و وزن مخصوص برگ معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین تیمارهای مختلف کودی نشان داد که بیشترین میانگین شاخص سطح برگ، فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای مربوط به نسبت کودی ۱۵۰:۲۰۰:۳۰۰ بوده، در حالی‌که صفات سرعت تعرق و سرعت رشد محصول در نسبت‌های ۱۵۰:۲۰۰:۳۰۰ و ۱۰۰:۱۰۰:۲۰۰ تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. به‌طور کلی برای دستیابی به حداکثر سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ مناسب برای تولید بیشترین عملکرد خشک برگ حنا در اکوتیپ‌های شهداد و رودبار نسبت کودی ۱۵۰:۲۰۰:۳۰۰ و در اکوتیپ بم نسبت کودی ۱۰۰:۱۰۰:۲۰۰ در شرایط مشابه با این مطالعه مناسب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: آنالیز رشد، سرعت تعرق، شاخص رشد، عملکرد، نیاز غذایی.

مقدمه

رشد مطلوب گیاه و دستیابی به حداکثر کیفیت و کمّیت محصول مستلزم وجود مقدار کافی و متعادلی از عناصر غذایی در خاک است. هر گیاه زراعی با توجه به شرایط آب و هوایی، نوع خاک و شرایط کشت و کار دارای نیاز متفاوتی به عناصر غذایی می‌باشد (Bowman *et al*., 2003). نیتروژن در ساختمان سلول گیاهی به‌صورت اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، کلروفیل و کوآنزیم‌ها شرکت دارد. بخش اعظم نیتروژن گیاه به‌صورت ترکیب‌های آلی بوده، اما کم و بیش به شکل یون‌های آمونیوم و نیترات نیز دیده می‌شود. از

www.SID.ir

واکنش گیاه نسبت به نیتروژن می‌توان به افزایش رشد و توسعه متعادل گیاه، افزایش میزان پروتئین‌های گیاهی و افزایش تولید میوه و دانه اشاره کرد (Khajepour, 2014).

فسفر در ساختمان سلولی به‌صورت اسیدهای نوکلئیک، کوآنزیم‌ها، فسفو لیپیدها، غشاءها و در بسیاری از فعالیت‌های حیاتی و ازجمله ذخیره و انتقال انرژی شیمیایی (به‌صورت‌های ADP و ATP) دخالت دارد. فسفر به‌صورت $H_2PO_4^-$ و نیز HPO_4^{2-} قابل جذب گیاه می‌باشد. فسفر باعث تسریع در رشد و رسیدگی محصول شده و کیفیت مصرفی بافت‌های سبزینه‌ای را افزایش می‌دهد. گیاهان ظرفیت زیادی برای جذب و ذخیره فسفر دارند (Koocheki & Sarmadnia, 2008). پتاسیم هم به‌عنوان فعال‌کننده بسیاری از آنزیم‌ها، در سنتز و انتقال کربوهیدرات‌ها و به‌طور کلی مصرف گاز کربنیک مؤثر است و برای تشکیل دیواره ضخیم سلولی ضرورت دارد. پتاسیم بیشتر به‌صورت K^+ در خاک یافت شده و به‌همین صورت جذب گیاه می‌گردد. جذب آب و تعادل جذب عناصر به کفایت پتاسیم در سلولها نیاز دارد. پتاسیم در باز و بسته شدن روزنه‌ها، حرکت اندام‌ها، افزایش کیفیت محصول و بازدهی فتوسنتز و همچنین تشکیل دانه حجیم و ساقه مقاوم در غلات مؤثر می‌باشد (Khajepour, 2014).

حنا با نام علمی *Lowsonia inermis* L. از خانواده Lythraceae ازجمله گیاهانی است که با وجود سطح زیر کشت قابل توجه آن در کشور (دومین سطح زیر کشت گیاهان دارویی کشور بعد از زیره سبز) متأسفانه مورد توجه محققان و پژوهشگران بخش کشاورزی قرار نگرفته است. این گیاه بومی شمال آفریقا بوده و در کشور هند و کشورهای منطقه خاورمیانه ازجمله ایران در مقیاس تجاری کشت می‌شود. قسمت مورد استفاده این گیاه بوته‌ای چندساله، برگ‌های آن است که در دو تا سه چین با فاصله دو ماهه قابل برداشت می‌باشد. اولین چین حنا، مرغوبترین و بهترین و در مقایسه با چین‌های دیگر ارزش بیشتری دارد (Farahbakhsh & Pasandi Pour, 2017). زمان برداشت حنا با توجه به نوع اقلیم و تعداد چین، متفاوت و از تیر تا آبان‌ماه انجام می‌شود. سطح زیر کشت این گیاه در استان کرمان در محدوده بین حداقل ۳ هکتار با متوسط عملکرد ۱/۴ تن در هکتار مربوط به شهرستان شهداد و حداکثر ۷۵۰۰ هکتار با متوسط عملکرد ۶/۵ تن در هکتار مربوط به شهرستان رودبار جنوب متغیر است (Pasandi Pour *et al.*, 2018). بیشترین پراکنش کاشت این گیاه (۹۸٪) در دامنه ارتفاعی ۴۵۰ تا ۵۱۱ متر و کمترین میزان پراکنش (۱/۸۷٪) در ارتفاع ۱۰۸۰ متر از سطح دریا گزارش شده است (Pasandi Pour *et al.*, 2018). میزان بارندگی سالانه مناطق زیر کشت گیاه حنا در استان کرمان در دامنه ۲۸/۳۵ تا ۱۴۳/۵ میلی‌متر متغیر بوده و بیشترین و کمترین میزان بارش به‌ترتیب در مناطق کهنوج و شهداد ثبت شده است.

اگرچه تأثیر عناصر مختلف بر خصوصیات رشدی و عملکرد بسیاری از گیاهان بررسی شده است، ولی متأسفانه در تأثیر کودهای شیمیایی پرمصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) بر گیاه حنا مطالعات جامعی انجام نشده است. از سویی میزان مصرف کودهای شیمیایی در مزارع کشت سنتی حنا کاملاً غیراصولی بوده، به‌طوری که میزان مصرف کود نیتروژن در برخی مزارع به بیش از ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌رسد و یا اینکه در بیشتر مزارع مصرف کود پتاسیم برابر صفر می‌باشد (Pasandi Pour *et al.*, 2018). به این ترتیب چنین به نظر می‌رسد که به‌منظور دستیابی به عملکرد مطلوب، بررسی نیاز غذایی این گیاه مهم باشد. بنابراین، با توجه به اهمیت گیاه دارویی- صنعتی حنا و لزوم بررسی مدیریت زراعی به‌ویژه عناصر پرمصرف برای رشد، این تحقیق با هدف بررسی اثر سطوح مختلف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر عملکرد، شاخص‌های رشد و پارامترهای فتوسنتزی گیاه حنا در شرایط آب و هوایی منطقه کرمان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در استان کرمان، مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا گردید. تغییرات دما و بارندگی این منطقه در طول اجرای این آزمایش در سال ۱۳۹۴ در جدول ۱ نشان داده شده‌است.

www.SID.ir

جدول ۱- تغییرات ماهیانه دما و بارندگی در منطقه محل انجام آزمایش در سال ۱۳۹۴

ماه	حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد)	حداقل دما (درجه سانتی‌گراد)	بارندگی (میلی‌متر)
فروردین	۳۲/۶	۶	۰/۴۲
اردیبهشت	۳۵/۸	۹	۳/۴۲
خرداد	۳۹/۱	۱۲	۰
تیر	۳۷/۴	۱۳/۵	۱/۵۱
مرداد	۳۷/۵	۹/۹	۰
شهریور	۳۵/۶	۶	۰/۹۱
مهر	۳۲/۶	۱/۶	۰/۱
آبان	۲۷/۸	-۵/۴	۲۶/۵۱
آذر	۲۶	-۸/۹	۲۹/۳
دی	۲۴/۴	-۹/۵	۱۹/۴۱
بهمن	۲۳	-۵	۱۴/۴۲
اسفند	۲۶/۲	-۶/۵	۴۹/۸

تیمارهای آزمایش شامل سه ترکیب کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم (N:K:P، ۱۰۰:۵۰:۵۰، ۱۰۰:۱۰۰:۲۰۰، ۱۵۰:۲۰۰:۳۰۰ Kg ha^{-1}) به همراه سطح عدم کاربرد کود (شاهد؛ N:K:P، ۰:۰:۰) و سه اکوتیپ (شهداد، رودبار و بم) بودند. به‌دلیل ریز بودن بذرها و همچنین مشکلات جوانه‌زنی، اقدام به نشاءکاری شد. انتقال نشاءها به زمین اصلی در اواخر خردادماه و هنگامی که گیاهچه‌ها در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی بودند، انجام شد. عملیات تهیه فیزیکی و شیمیایی زمین دو هفته قبل از کاشت انجام گردید. یک سوم کود نیتروژنه و تمامی کود فسفره و پتاسه به‌صورت پیش‌کاشت و بقیه کود نیتروژنه به‌صورت سرک طی دو مرحله مصرف شد. نتایج آزمون خاک در جدول ۲ نشان داده شده است. کاشت در مزرعه در کرت‌هایی با پنج خط کاشت با فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر و طول یک متر با فاصله روی ردیف پنج سانتی‌متر (تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع) انجام شد. در طول دوره رشد، علف‌های هرز موجود در کرت‌ها چندین بار با دست وجین شدند. آبیاری به‌صورت غرقابی و هر هفت روز یک‌بار انجام شد.

جدول ۲- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل انجام آزمایش

مشخصات خاک	عمق ۰ تا ۶۰ سانتی‌متر
بافت خاک	Sandy-Loam
نیتروژن (٪)	۰/۰۵
فسفر (قسمت در میلیون)	۱۶
پتاسیم (قسمت در میلیون)	۲۴۲
ماده آلی (٪)	۰/۰۶
pH	۸/۰۷
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۴/۳۱

www.SID.ir

در این تحقیق میزان فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای و تعرق در اوایل دوره گلدهی با استفاده از دستگاه فتوسنتزمتر مدل CI-340 ساخت شرکت CID Bio- Science آمریکا اندازه‌گیری شد. بدین‌منظور پنج گیاه از ردیف وسط هر کرت آزمایشی انتخاب شد. اندازه‌گیری‌ها با استفاده از برگ‌های انتهایی گیاه در ساعات ۱۱ تا ۱۴ و در یک نوبت انجام شد. شاخص‌های مذکور با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند:

$$P_n = -W \times (C_o - C_i) = -2005.39 \times \frac{V \times P}{T_a \times A} \times (C_o - C_i) \quad (۱)$$

$$E = \frac{e_o - e_i}{P - e_o} \times W \times 10^3 \quad (۲)$$

$$C_{leaf} = \frac{W}{\frac{e_{leaf} - e_o}{e_o - e_i} \times \frac{P - e_o}{P} - R_b W} \times 1000 \quad (۳)$$

در این روابط P_n سرعت فتوسنتز خالص (میکرومول بر مترمربع بر ثانیه)، W سرعت جریان ماده در برگ (مول بر مترمربع بر ثانیه)، C_o و C_i به‌ترتیب غلظت CO_2 خارجی و داخلی برگ (میکرومول بر مول)، V حجم محفظه برگ (لیتر)، P فشار اتمسفر (بار)، T_a دمای هوا (کلوین)، A سطح برگ (سانتی‌مترمربع)، E سرعت تعرق (میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه)، e_o و e_i به‌ترتیب بخار آب خارجی و داخلی برگ (بار)، e_{leaf} بخار آب استاندارد در دمای برگ (بار) و R_b مقاومت لایه مرزی برگ می‌باشد.

در این تحقیق همچنین شاخص‌های رشدی از قبیل شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد گیاه (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR)، نسبت سطح برگ (LAR)، سطح ویژه برگ (SLA)، وزن مخصوص برگ (SLW)، دوام سطح برگ (LAD) و دوام بیوماس (BMD) با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (Koocheki & Sarmadnia, 2008).

$$CGR = \frac{1}{GA} \times \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \quad (۴)$$

$$RGR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{T_2 - T_1} \quad (۵)$$

$$LAI = \frac{1}{GA} \times \frac{LA_2 + LA_1}{2} \quad (۶)$$

$$LAR = \frac{\frac{LA_2}{W_2} + \frac{LA_1}{W_1}}{2} \quad (۷)$$

$$SLA = \frac{\frac{LA_2}{LW_2} + \frac{LA_1}{LW_1}}{2} \quad (۸)$$

$$SLW = \frac{\frac{LW_2}{LA_2} + \frac{LW_1}{LA_1}}{2} \quad (۹)$$

$$BMD = \frac{W_2 + W_1}{2} \times (T_2 - T_1) \quad (۱۰)$$

$$LAD = \frac{LA_2 + LA_1}{2} \times (T_2 - T_1) \quad (۱۱)$$

www.SID.ir

در این روابط LA: سطح برگ، GA: سطح زمین، W: وزن اندام هوایی، T: زمان، ln: لگاریتم بر پایه طبیعی و LW: وزن برگ می‌باشد.

همچنین در اواخر مهرماه با برداشت ۱۰۰ بوته (یک مترمربع) از ارتفاع پنج سانتی‌متری سطح خاک و خشک کردن آنها در آون تهویه‌دار در حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، عملکرد خشک برگ و عملکرد خشک کل محاسبه گردید. در پایان نتایج حاصل با استفاده از نرم‌افزارهای SAS v. 9.1 و MSTATC مورد تجزیه‌وتحلیل آماری قرار گرفت و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج

طبق نتایج تجزیه واریانس، تنها اثر ساده تیمار کود بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین شاخص سطح برگ (۲/۵۷) از بالاترین نسبت کودی (۱۵۰:۲۰۰:۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد که نسبت به سایر تیمارهای کودی افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۵). همچنین کمترین شاخص سطح برگ (۱/۳۲) از تیمار شاهد (عدم مصرف کود) بدست آمد.

اثر ساده تیمار کود برای صفت سطح برگ معنی‌دار گردید (جدول ۳). به‌طوری که بیشترین نسبت سطح برگ (۶۲/۵۹ سانتی‌مترمربع بر گرم) از تیمار کودی ۵۰:۵۰:۱۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). همچنین کمترین نسبت سطح برگ (۴۷/۸۳) از تیمار کودی ۱۵۰:۲۰۰:۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای کودی بود (جدول ۵). در این تحقیق اثرات ساده اکوتیپ و کود و همچنین اثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر روی هیچ‌یک از شاخص‌های سطح ویژه برگ و وزن مخصوص برگ نداشتند (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار کود ($P<0.001$) برای شاخص سرعت رشد محصول معنی‌دار گردید (جدول ۳). همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود بیشترین سرعت رشد محصول مربوط به تیمار کودی ۱۰۰:۱۰۰:۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۵۰:۲۰۰:۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نداشت؛ در حالی‌که بین تیمارهای مذکور با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری از این لحاظ وجود داشت. در واقع افزایش مقادیر کودی منجر به افزایش معنی‌دار این شاخص گردید، به‌گونه‌ای که کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۵).

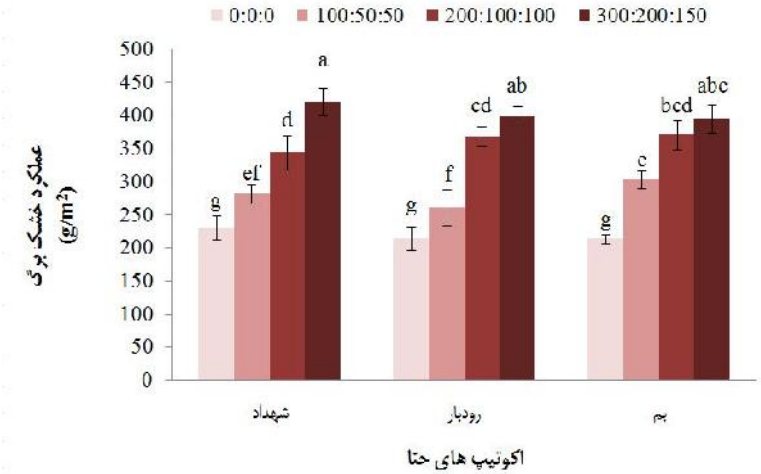
در این تحقیق اکوتیپ‌های مختلف از نظر سرعت رشد نسبی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند ($P>0.05$) ولی بین تیمارهای کودی مورد بررسی تفاوت معنی‌داری ملاحظه شد (جدول ۳). تیمار عدم مصرف کود (شاهد) با میانگین ۰/۰۲۶ گرم در گرم در روز به‌طور معنی‌داری در مقایسه با سایر تیمارهای کودی از سرعت رشد نسبی بیشتری برخوردار بود (جدول ۵). کمترین سرعت رشد نسبی با میانگین ۰/۰۱۹ گرم در گرم در روز مربوط به تیمار کودی ۱۵۰:۲۰۰:۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود.

دوام سطح برگ و دوام بیوماس در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر تیمار کود قرار گرفتند ولی اثر ساده اکوتیپ و اثر متقابل اکوتیپ در کود برای این دو شاخص معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارهای کودی نشان داد که کمترین دوام سطح برگ مربوط به تیمار شاهد بود که اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری با سایر تیمارهای کودی داشت (جدول ۵). افزایش مقادیر کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تیمارهای کودی بررسی شده منجر به تغییر معنی‌داری در شاخص دوام بیوماس گردید و در تیمار کودی ۱۵۰:۲۰۰:۳۰۰ کیلوگرم در هکتار این شاخص به‌طور معنی‌داری در مقایسه با سایر تیمارهای کودی افزایش یافت (جدول ۵).

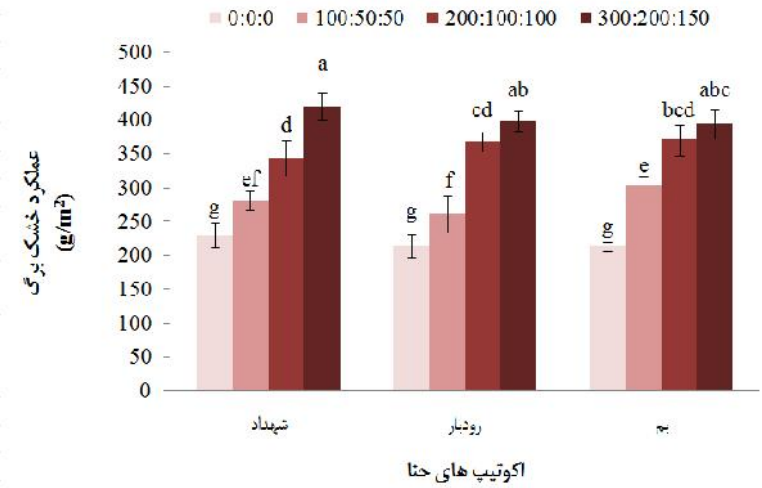
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار کود در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل اکوتیپ در کود در سطح احتمال ۵٪ برای صفات عملکرد خشک برگ و عملکرد خشک کل معنی‌دار گردیدند (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل اکوتیپ در کود نشان داد که افزایش مقادیر کودهای

www.SID.ir

نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تیمارهای کودی منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد خشک برگ در هریک از اکوتیپ‌های مورد بررسی گردید (شکل ۱). بیشترین عملکرد خشک کل (۸۸۱/۴۳ گرم در مترمربع) از اکوتیپ شهداد در بالاترین نسبت کودی (۳۰۰:۲۰۰:۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد که نسبت به اکوتیپ بم در همین سطح کودی برتری معنی‌داری از لحاظ آماری داشت (شکل ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل اکوتیپ در کود برای این صفت نشان داد که بین اکوتیپ‌های مختلف در تیمار عدم کاربرد کود (شاهد) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۲).



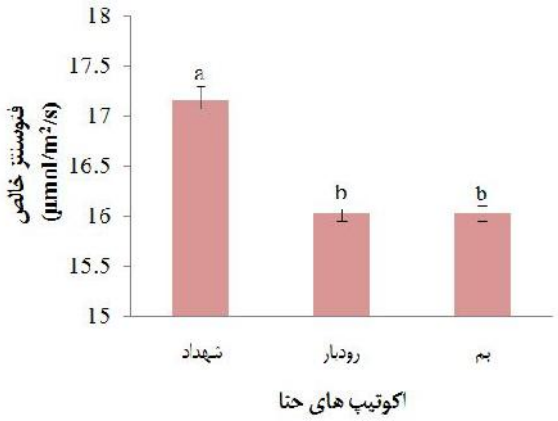
شکل ۱- اثر متقابل اکوتیپ در کود بر عملکرد خشک برگ گیاه حنا



شکل ۲- اثر متقابل اکوتیپ در کود بر عملکرد خشک کل گیاه حنا

فتوسنتز خالص در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر اثرهای ساده تیمارهای اکوتیپ و کود قرار گرفت (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر ساده اکوتیپ برای این صفت نشان داد که بالاترین میزان فتوسنتز خالص مربوط به اکوتیپ شهداد بود؛ در حالی‌که بین اکوتیپ‌های بم و رودبار از این لحاظ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۳). همچنین مقایسه میانگین اثر ساده تیمار کودی نشان داد که با افزایش مقادیر کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در نسبت‌های بررسی شده، فتوسنتز خالص گیاه حنا به‌طور معنی‌داری از لحاظ آماری افزایش یافت (جدول ۵).

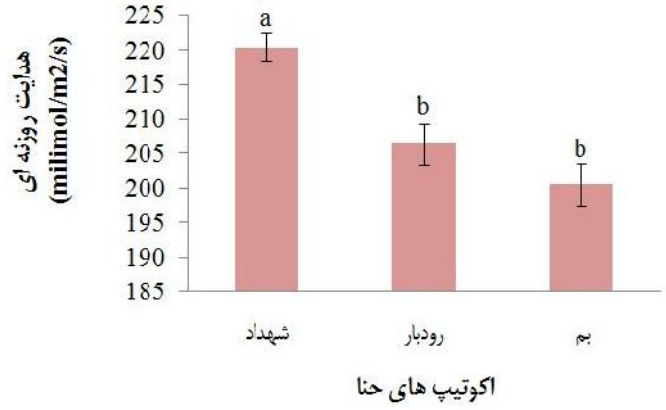
www.SID.ir



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر ساده اکوتیپ بر فتوسنتز خالص در گیاه حنا

در این تحقیق در بین اثرهای مورد بررسی تنها اثر ساده کود بر سرعت تعرق معنی‌دار گردید (جدول ۴). مقایسه بین نسبت‌های کودی مورد بررسی نشان داد که نسبت‌های کودی ۳۰۰:۲۰۰:۱۵۰ و ۲۰۰:۱۰۰:۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین سرعت تعرق را داشته ولی در عین حال اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۵). به‌طوری که کمترین میزان تعرق نیز برای تیمار شاهد (عدم مصرف کود) بدست آمد.

هدایت روزنه‌ای به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرهای ساده اکوتیپ و کود قرار گرفت (جدول ۴). به‌نحوی که بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای مربوط به اکوتیپ شهداد (۲۲۰/۵ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) بود که تفاوت معنی‌داری با اکوتیپ بم (۲۰۶/۴ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) و اکوتیپ رودبار (۲۰۰/۶ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) داشت (شکل ۴). همچنین مقایسه میانگین اثر تیمار کودی برای این صفت نشان داد که بین نسبت‌های کودی مورد بررسی بیشترین و کمترین مقادیر هدایت روزنه‌ای به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۳۰۰:۲۰۰:۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و شاهد بود (جدول ۵).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر ساده اکوتیپ بر هدایت روزنه‌ای در گیاه حنا

www.SID.ir

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورهای کود و اکوتیپ بر شاخص‌های رشد گیاه حنا

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	نسبت سطح برگ	سطح ویژه برگ	وزن مخصوص برگ	سرعت رشد محصول	سرعت رشد نسبی	دوام سطح برگ	دوام بیوماس
بلوک	۲	۰/۱۹۳	۱۷۵/۰۹	۱۵/۷۱۱	$۶/۶\times۱۰^{-۷}$	۵/۱۴۱	۰/۰۰۰۰۳	۱۵۱۲۲۹۸	۵/۱۵۱
اکوتیپ	۲	۰/۰۰۴ns	۱/۵۳۱ns	۱۶/۹۰۶ns	$۷/۵\times۱۰^{-۷}$ns	۰/۱۱۵ns	۰/۰۰۰۰۰۶ns	۳۶۲۵۲ns	۱۵/۵۵ns
کود	۳	۲/۷۱۶**	۴۱۳/۷۹**	۲۵/۸۵۷ns	$۸/۸\times۱۰^{-۷}$ns	۴۱/۱۴۹**	۰/۰۰۰۰۹۴**	۲۱۳۰۱۱۵۰**	۱۳۷۶۷**
اکوتیپ × کود	۶	۰/۰۰۸۸ns	۸/۰۱۲ns	۱۷/۳۵۳ns	$۷/۳\times۱۰^{-۷}$ns	۰/۰۴۴ns	۰/۰۰۰۰۰۲ns	۶۹۲۳۳ns	۰/۸۳ns
خطا	۲۲	۰/۰۰۶۶	۷/۰۲۳	۱۵/۸۴۷	۷×۱۰^{-۷}	۰/۲۲۶	۰/۰۰۰۰۰۲۹	۵۲۱۲۵	۱۰/۳۸۲
ضریب تغییرات	–	۳/۹۱	۴/۷۵	۴/۰۵	۸/۱۴	۵/۵۹	۷/۳۴	۳/۹۲	۳

ns و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورهای کود و اکوتیپ بر فتوسنتز خالص، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای و عملکرد گیاه حنا

منابع تغییرات	درجه آزادی	هدایت روزنه‌ای	سرعت تعرق	فتوسنتز خالص	عملکرد خشک برگ	عملکرد خشک کل
بلوک	۲	۸۱۲/۷۶	۲/۹۰۴	۴/۲۲۱	۴۰۷۶/۵	۱۰۲/۹۸
اکوتیپ	۲	۱۲۵۵/۵**	۱/۰۵۱ns	۵/۰۵۸**	۳۷۰/۹ns	۱۰۰۶/۲ns
کود	۳	۱۱۳۰۵/۱**	۲۸/۶۱۴**	۳۶/۷۷**	۶۱۳۰۴**	۴۵۶۷۷۷**
اکوتیپ × کود	۶	۹۷/۶۹ns	۰/۱۰۰۸ns	۰/۰۵۲ns	۸۲۰/۷*	۲۶۶۳*
خطا	۲۲	۱۲۳/۴۴	۰/۳۸۲	۰۱/۰۳۸۶	۲۸۲/۹۹	۸۱۶/۸
ضریب تغییرات	–	۵/۳۱	۷/۲۵	۱/۱۹	۵/۳۱	۴/۹۰

ns، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

www.SID.ir

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی بر شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده در گیاه حنا

کود (N:P:K)	هدایت روزنه‌ای (milimol/m²/s)	سرعت تعرق (milimol/m²/s)	فتوسنتز خالص (µmol/m²/s)	دوام سطح برگ (cm².day)	سرعت رشد نسبی (g/g/day)	سرعت رشد محصول (g/m²/day)	نسبت سطح برگ (cm²/g)	شاخص سطح برگ
۰:۰:۰	۱۶۷/۲ d	۶/۲۲ c	۱۳/۲۱ d	۳۷۰۱ d	۰/۰۲۶ a	۵/۷۳ c	۶۰/۰۸ a	۱/۳۲ d
۱۰۰:۵۰:۵۰	۱۹۳/۴ c	۸/۰۴ b	۱۵/۰۷ c	۵۷۴۳ c	۰/۰۲۴ b	۷/۹۱ b	۶۲/۵۹ a	۲/۰۵ c
۲۰۰:۱۰۰:۱۰۰	۲۳۱/۴ b	۹/۶۵ a	۱۸/۱۸ b	۶۶۳۱ b	۰/۰۲۲ b	۱۰/۲۰ a	۵۲/۶۴ b	۲/۳۶ b
۳۰۰:۲۰۰:۱۵۰	۲۴۴/۷ a	۱۰/۱۸ a	۱۹/۱۳ a	a۷۲۱۶	۰/۰۱۹ c	۱۰/۱۷ a	۴۸/۸۳ c	۲/۵۷ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار با یکدیگر می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

بحث

مدیریت کودی و تغذیه‌ای یکی از مهمترین فاکتورها در کشت موفق یک گیاه دارویی می‌باشد. چون کودها می‌توانند هم بر شاخص‌های عملکرد کمّی و هم بر شاخص‌های عملکرد کیفی گیاه تأثیر بگذارند. به‌هرحال هرگونه اقدامی در راستای بهینه نمودن دسترسی گیاه به عناصر غذایی می‌تواند موجب افزایش عملکرد کمّی و کیفی آن شود.

در این مطالعه مشخص شد که نسبت کودی ۳۰۰:۲۰۰:۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر تیمارهای کودی و شاهد به‌طور معنی‌داری سبب افزایش شاخص سطح برگ در گیاه حنا شده است. افزایش سطح برگ، تعیین‌کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه است. تغییر در سطح برگ که تحت تأثیر ژنوتیپ، تراکم بوته، آب و هوا و حاصلخیزی خاک قرار دارد، بر عملکرد نیز تأثیر خواهد گذاشت (Nezarat & Gholami, 2008). یکی از روش‌های افزایش کارایی استفاده از نور، افزایش شاخص سطح برگ از طریق دریافت مقدار کافی نیتروژن است. بنابراین به نظر می‌رسد فراهمی عناصر غذایی ضروری در حد مناسب در نسبت کودی ۳۰۰:۲۰۰:۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط این مطالعه سبب افزایش شاخص سطح برگ شده باشد.

از سوی دیگر نتایج نشان داده است که نسبت‌های کودی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش سرعت رشد محصول شده‌اند. سرعت رشد محصول شاخصی است که میزان تجمع ماده خشک را در واحد زمان و سطح زمین نشان می‌دهد. افزایش سرعت رشد محصول به رشد و نمو سریع برگ‌ها (LAI) و ساقه نسبت داده می‌شود، که این امر مستلزم تأمین آب و عناصر غذایی کافی برای رشد و نمو گیاه، به‌ویژه در مراحل بحرانی رشد است (Latifi *et al.*, 2004). در این تحقیق نیز دلیل افزایش سرعت رشد محصول با افزایش مقادیر کودی را می‌توان افزایش دسترسی عناصر غذایی و بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاه دانست.

دوام سطح برگ مشخص‌کننده میزان نور دریافتی در طول دوره رشد گیاه است (Cox, 1996). عملکرد ماده خشک با دوام سطح برگ ارتباط نزدیکی دارد و دوام سطح برگ می‌تواند شاخصی از تولید باشد. در این تحقیق به نظر می‌رسد فراهمی عناصر غذایی در سطح مطلوب برای گیاه حنا منجر به پایداری فتوسنتز و افزایش دوام سطح برگ شده باشد.

بالا بودن شاخص سطح برگ سبب افزایش میانگین سرعت رشد محصول در دوره رشد گیاه می‌شود که این امر در نهایت منجر به افزایش تولید ماده خشک و افزایش عملکرد می‌گردد (Karimi & Siddique, 1991). شاخص سطح برگ بهترین معیار برای تعیین ظرفیت تولید ماده خشک عنوان شده است (Koocheki & Sarmadnia, 2008). در این تحقیق نیز تیمار کودی با نسبت ۳۰۰:۲۰۰:۱۵۰ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین شاخص سطح برگ و در نتیجه بیشترین عملکرد خشک برگ و کل بود.

در این تحقیق به نظر می‌رسد تأمین کافی عناصر ضروری گیاه موجب استفاده بهتر از کربوهیدرات‌ها و تشکیل پروتوپلاسم شده و در چنین شرایطی که با بزرگ شدن دیواره سلولی همراه است ممکن است منجر به گسترش سطح برگ و استفاده کارآمد از تابش خورشیدی شده، در نتیجه با افزایش میزان فتوسنتز، با تجمع بیشتر ماده خشک در برگ و شاخساره همراه شده است. نیتروژن علاوه‌بر ایفای نقش در تشکیل پروتئین‌ها، یک جزء لازم برای مولکول کلروفیل است؛ بنابراین افزایش میزان نیتروژن در ترکیب‌های کودی بررسی شده احتمالاً در افزایش محتوای کلروفیل گیاه نقش داشته باشد. در این راستا گزارش شده است که با افزایش میزان کود نیتروژن، میزان کلروفیل در واحد سطح برگ افزایش یافته است (Eidi *et al.*, 2004). از آنجا که محتوای کلروفیل با ظرفیت فتوسنتزی گیاه مرتبط است، بنابراین شاید بتوان بیان نمود که افزایش سطح نیتروژن سبب افرایش میزان فتوسنتز خالص در گیاه شده است. کاهش مقدار کلروفیل موجب کاهش جذب گاز کربنیک و ظرفیت فتوسنتزی می‌گردد (Javadipour *et al.*, 2011).

www.SID.ir

تعرق عمدتاً نیروی محرکه برای به جریان انداختن آب جذب شده در گیاه را علی‌رغم وجود نیروی ثقل و مقاومت‌های اصطکاکی موجود در مسیر آب، تأمین می‌کند. در این تحقیق، بیشترین میزان تعرق در تیمار کودی ۳۰۰:۲۰۰:۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. از آنجا که فسفر در جذب ریشه‌ای آب مؤثر بوده، انتظار می‌رود در نسبت‌های کودی با مقادیر کم فسفر به دلیل تأثیر مستقیم کمبود این عنصر بر هدایت هیدرولیک ریشه‌ها، میزان تعرق کاهش یافته باشد. کاهش میزان تعرق در گیاه گوجه‌فرنگی در اثر کمبود فسفر گزارش شده‌است (Hajiboland *et al.*, 2014).

در این تحقیق مشخص شد که افزایش میزان عناصر ضروری در نسبت‌های کودی سبب افزایش میزان هدایت روزنه‌ای گیاه حنا گردید. مطابق با نتایج این تحقیق، کاهش میزان هدایت روزنه‌ای در گیاه گوجه‌فرنگی در اثر کاهش میزان فسفر گزارش شده است (Hajiboland *et al.*, 2014). به‌طوری که کاهش هدایت روزنه‌ای در شرایط کمبود عناصر غذایی (عمدتاً فسفر) به‌طور عمده به کاهش فعالیت پمپ‌های پروتونی در گیاهان دچار کمبود نسبت داده شده است (Hawkesford *et al.*, 2012). از سویی مصرف پتاسیم با تأثیر مثبت بر کارکرد مطلوب روزنه‌ها، فعالیت روزنه‌ای و باز و بسته شدن روزنه‌ها موجب بهبود میزان فتوسنتز گیاه می‌شود.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی باید گفت که نتایج این پژوهش حکایت از افزایش میزان فتوسنتز، شاخص‌های مختلف رشد و در نهایت عملکرد خشک برگ گیاه حنا در اثر کاربرد کودهای شیمیایی پرمصرف ازت، فسفر و پتاسیم دارد. ازاین‌رو استفاده از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم با نسبت ۳۰۰:۲۰۰:۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در اکوتیپ‌های شهداد و رودبار و نسبت کودی ۲۰۰:۱۰۰:۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در اکوتیپ بم ضمن کاهش پیامدهای اقتصادی و زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی توانست افزایش قابل توجه عملکرد گیاه حنا را به همراه داشته باشد. به‌طور مسلم با توجه به سطح زیر کشت بالای گیاه، مطالعاتی پیرامون کاربرد کودهای بیولوژیک بر رشد و عملکرد این گیاه در راستای کاهش هرچه بیشتر مصرف کودهای شیمیایی مفید خواهد بود.

سپاسگزاری

این مطالعه طی طرح تحقیقاتی به شماره قرارداد ۹۰۰/۱۰۶/پ مورد حمایت مالی پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی دانشگاه شهید باهنر کرمان قرار گرفته است. ازاین‌رو از حمایت مسئولان محترم این دانشگاه قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- Bowman, W.D., Bahn, L. and Damm, M., 2003. Alpine landscape variation in foliar nitrogen and phosphorus concentrations and the relation to soil nitrogen and phosphorus availability. Arctic, Antarctic and Alpine Research, 35(2): 144-149.
- Cox, W.J., 1996. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. Agronomy Journal, 88: 489-496.
- Eidi, A., Eidi, M., Oryan, S. and Esmaeili, A., 2004. Effect of garlic (*Allium sativum*) extract on levels of urea and uric acid in normal and streptozotocin-diabetic rats. Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 3:52-52.
- Farahbakhsh, H. and Pasandi Pour, A., 2017. Physiological response of henna (*Lowsonia inermis* L.), medicinal-industrial plant, to application of salicylic acid under drought stress. Journal of Plant Process and Function, 19(6): 15-28.
- Hajiboland, R., Radpour, E. and Pasbani, B., 2014. Effect of phosphorus deficiency on drought stress tolerance in two tomato (*Solanum lycopersum* L.) cultivars. Journal of Plant Researches, 27(5): 788-803.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Skrumsager Moller, I. and White, P., 2012. Functions of macronutrients: 135-189. In: Marschner, P., (Ed.). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, 672p.
- Javadipour, Z., Movahhedi Dehnavi, M.L. and Balouchi, H.R., 2011. Evaluation of photosynthesis parameters, chlorophyll content and fluorescence of safflower cultivars under saline condition. The European Journal of Clinical Pharmacology, 6(2): 35-56.

www.SID.ir

- Karimi, M.M. and Siddique, K.H.M., 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agriculture Research, 42: 13-20.
- Khajepour, M.R., 2014. Principles and Fundamentals of Crop Production. Isfahan University of Technology, Jahad Daneshgahi Press, 658p.
- Koocheki, A. and Sarmadnia, G., 2008. Physiology of Crop Plants. Mashhad, Jahad Daneshgahi Press, 400p.
- Latifi, N., Navabpoor, S. and Ghaderi, A., 2004. Evaluation sunflower growth index, under dry condition. Agriculture Science Journal, 17(1): 61-67.
- Nezarat, S. and Gholami, A., 2008. Evaluation of *Azospirillum* and *Pseudomonas* potential on maize photosynthesis indices. 2nd National Congress of Ecological Agriculture of Iran, 17-18 October: 2037-2049.
- Pasandi Pour, A., Farahbakhsh, H. and Moradi, R., 2018. Assessing effect of climatic-management factors on yield and growth characteristics of henna (*Lowsonia inermis* L.) as a medicinal-industrial plant in Kerman province. Agroecology, 10(1): 203-217.

Archive of SID

www.SID.ir

Effects of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on photosynthesis and development of henna (*Lowsonia inermis* L.) ecotypes

A. Pasandi Pour[1] and H. Farahbakhsh[2*]

1- Ph.D student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran, Member of Young Researcher Society

2*- Corresponding author, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran, E-mail: hfarahbakhsh@yahoo.com

Received: November 2017 Revised: June 2018 Accepted: June 2018

Abstract

Higher plants are self-supporting organisms that can build their organic molecular compounds from mineral nutrients absorbed from the environment. Therefore, sufficient access to the optimum level of nutrients in the environment is very important. The main objective of this study was to determine the nutritional requirements of different ecotypes of henna (*Lowsonia inermis* L.) as a medicinal- industrial plant (Bam, Shahdad and Roodbar) based on nitrogen, phosphorus and potassium (N: K: P, 0: 0: 0, 100: 50: 50 , 200: 100: 100, 300: 200: 150 Kg ha^{-1}) in Kerman climatological condition. The results showed that the interaction of ecotype × fertilizer was significant only for leaf and total dry yield at the probability level of 5%. Mean comparison of this interaction showed that all three examined ecotypes had the highest leaf dry yield in the fertilizer ratio of 300: 200: 150 and did not have a significant difference with each other. The effect of ecotype was significant only on net photosynthesis and stomatal conductance and the highest mean of these traits belonged to the Shahdad ecotype. In this study, the simple effect of fertilizer treatment was significant for all traits studied except for specific leaf area and specific leaf weight. The highest mean of leaf area index, net photosynthesis and stomatal conductance was recorded for the 300: 200: 150 fertilizer ratio, while in the case of transpiration rate and crop growth rate there was no significant difference between 300: 200: 150 and 200: 100: 100 combination treatments. In general, in order to achieve maximum crop growth rate and suitable leaf area index to produce the highest leaf dry yield of henna in Shahdad and Roodbar ecotypes, the fertilizer ratio of 300: 200: 150, and in the Bam ecotype, the fertilizer ratio of 200: 100: 100 under similar conditions of this study seems to be appropriate.

Keyword: Growth analysis, transpiration rate, growth index, yield, nutritional requirement.

Archive of SID

www.SID.ir