نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد یازدهم، شماره ۴(۴۴)، زمستان ۱۳۹۶، صفحه ۸۳۶-۸۲۱

نیاز غذایی اکوتیپ‌های حنا (*Lowsonia inermis* L.) بر مبنای شاخص‌های فتوسنتزی و رشدی در منطقه شهداد

امین پسندی‌پور [۱] و حسن فرح‌بخش [۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۱۷ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۳۰

چکیده

تعیین نیاز غذایی گیاه از لحاظ عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم از نظر بهبود رشد گیاه و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی حایز اهمیت می‌باشد. به‌منظور تعیین نیاز غذایی گیاه دارویی- صنعتی حنا آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در بخش شهداد از شهرستان کرمان در سال ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. در این مطالعه سه اکوتیپ حنا (بم، شهداد و رودبار) در واکنش به چهار ترکیب کودی (۱۵۰:۲۰۰:۳۰۰، ۱۰۰:۱۰۰:۲۰۰، ۵۰:۵۰:۱۰۰، ۰:۰:۰، کیلوگرم در هکتار کودهای حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم) از لحاظ برخی شاخص‌های رشد نظیر فتوسنتز خالص، سرعت تعرق و هدایت روزنه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بیشترین میانگین پارامترهای سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، فتوسنتز خالص، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای و عملکرد خشک کل مربوط به اکوتیپ شهداد بود. این در حالی بود که در مورد صفت عملکرد خشک برگ اختلاف بین اکوتیپ‌های شهداد و رودبار از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. اثر تیمار کاربرد کودهای شیمیایی در مورد اکثر صفات اندازه‌گیری شده در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. بیشترین میانگین صفات اندازه‌گیری شده مربوط به تیمار کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم با ترکیب ۱۵۰:۲۰۰:۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که در مورد صفات عملکرد خشک برگ و سرعت رشد نسبی اختلاف معنی‌داری با ترکیب ۱۰۰:۱۰۰:۲۰۰ نیتروژن، فسفر و پتاسیم نداشت. در این مطالعه اثر متقابل اکوتیپ در کاربرد کودهای شیمیایی برای هیچ یک از پارامترهای اندازه‌گیری شده معنی‌دار نگردید. بنابراین، با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که اکوتیپ‌های شهداد و رودبار و ترکیب کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم با نسبت ۱۰۰:۱۰۰:۲۰۰ کیلوگرم در هکتار جهت کاشت در شرایط آب و هوایی شهداد مناسب می‌باشند.

واژگان کلیدی: پتاسیم، حنا، شاخص رشد، فتوسنتز خالص، فسفر، نیتروژن.

۱- دانشجوی دکتری زراعت و عضو انجمن پژوهشگران جوان دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
* نگارنده‌ی مسئول hfarahbakhsh@yahoo.com

مقدمه

سطح زیر کشت گیاهان دارویی در کشور حدود ۳۹ هزار و ۴۲۷ هکتار گزارش شده است که مقدار تولید حاصل از این سطح چیزی حدود ۱۰۰ هزار و ۲۶۸ تن می‌باشد. بیشترین سطح زیر کشت گیاهان دارویی بعد از زیره سبز (با سطحی حدود ۱۸ هزار هکتار) مربوط به گیاه حنا (*Lowsonia inermis* L.) با سطح ۷ هزار و ۹۴۴ هکتار است (Anonymous, 2014). پراکنش کاشت گیاه حنا در استان کرمان محدود به شهرستان‌های بم، شهداد، کهنوج و رودبار جنوب است (Pasandi Pour *et al*., 2018). بررسی فنولوژیکی این گیاه نشان داده است که به‌طور متوسط بین ۱۲ تا ۱۴ روز پس از کاشت بذرها جوانه‌زده و از خاک خارج می‌شوند. شکفتن گل‌ها در گیاه به‌طور متوسط حدود ۹۰ روز پس از کاشت آغاز می‌شود و به طور مداوم ادامه می‌یابد. سرعت گلدهی با شروع ماه‌های گرم (تیر و مرداد) کند شده ولی مجدداً در اواخر دوره رشد با خنک‌تر شدن هوا سرعت می‌گیرد. در مناطق مختلف نیز رسیدگی کامل میوه از اواخر مهر تا اواخر آبان ماه می‌باشد (Pasandi Pour *et al*., 2018). تعداد چین برداشتی تحت تاثیر تاریخ کاشت، تعداد آبیاری و چندساله بودن گیاه بین دو تا سه چین متغیر است. کل دوره رشد گیاه به‌طور متوسط بین ۱۹۰ تا ۲۲۰ روز در مناطق مورد بررسی متغیر بود (Pasandi Pour *et al*., 2018).

در مورد نیازهای اکوفیزیولوژیک گیاه حنا تاکنون مطالعات محدودی صورت گرفته است. در این راستا با بررسی اثر تراکم بوته بر شاخص‌های رشد و عملکرد اکوتیپ‌های حنا در منطقه شهداد گزارش شده است که بالاترین عملکرد برگ خشک از اکوتیپ‌های شهداد و رودبار به‌دست آمده است (Pasandi Pour and Farahbakhsh, 2016). مطالعه صورت گرفته روی گیاه حنا در شرایط آب و هوایی شهر کرمان نشان داده است که اگرچه اکوتیپ شهداد برتری معنی‌داری در سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محصول نسبت به دو اکوتیپ بم و رودبار داشته ولی عملکرد خشک کل و خشک برگ این اکوتیپ‌ها با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشته است (Pasandi Pour and Farahbakhsh, 2018).

امروزه از کودها به‌عنوان ابزاری برای به حداکثر رساندن تولید در واحد سطح استفاده می‌شود. متاسفانه مصرف کودهای شیمیایی در کشور نامتعادل بوده و با نیاز واقعی گیاه انطباق ندارد و با تداوم روند فعلی مصرف بی‌رویه، نامتعادل و نا بهنگام کودهای شیمیایی خسارت‌های جبران ناپذیری به اکوسیستم‌های طبیعی مختلف وارد می‌گردد (Malakooti, 2000). بنابراین، در ترمیم سیستم‌های کشاورزی باید با استفاده منطقی از کودهای شیمیایی تا حدود زیادی از هدر رفت آنها جلوگیری کرد.

گیاهان برای رشد، به‌ویژه تشکیل برگ‌ها و ساقه‌ها به نیتروژن نیاز دارند. همچنین، برای تشکیل آمینواسیدها و پروتئین به نیتروژن نیاز است. گیاهان نمی‌توانند از نیتروژن جوی استفاده نمایند اما به نیتروژن به شکل نیترات (NO_3^-) یا آمونیوم (NH_4^+) نیاز دارند. میکروب‌های خاک می‌توانند نیتروژن اتمسفری را توسط فرآیند تثبیت نیتروژن به اشکال قابل استفاده تبدیل نمایند. کمبود نیتروژن اغلب ناشی از غیرقابل جذب شدن نیتروژن قابل دسترس است تا اینکه کمبود واقعی نیتروژن باشد (Khajehpour, 2014).

فسفر از جمله عناصر غذایی است که علی‌رغم فراوانی آن در خاک مدیریت آن مشکل و اغلب برای گیاهان غیرقابل دسترس است. گزارش شده است که در بیش از ۳۰ درصد مناطق دنیا کمبود فسفر موجب محدودیت کشت محصولات می‌شود (Fletcher *et al*., 2008). در خاک‌های با اسیدیته زیر ۵ فسفر توسط آهن و آلومینیوم و در خاک‌های با اسیدیته بالای ۷ توسط کلسیم، محبوس و غیرقابل جذب می‌شود. کمبود فسفر باعث ارغوانی شدن برگ‌ها، کاهش عملکرد و ضعف بقای زمستانه گیاه می‌گردد (Khajehpour, 2014).

در بین کاتیون‌های مورد نیاز گیاه، پتاسیم با توجه به شعاع اتمی ۱/۳۳ انگسترم بزرگ‌ترین کاتیون است. میزان پتاسیم در خاک معمولاً خیلی بیشتر از میزان عناصر غذایی پرمصرف دیگر مانند نیتروژن و فسفر می‌باشد. همه گیاهان به پتاسیم نیاز دارند. گیاهان زراعی چند ساله، بقولات و گیاهان تیره سیب‌زمینی همگی نیاز بالایی به پتاسیم دارند. کمبود پتاسیم اغلب باعث تاخیر رشد، عملکرد پایین و کاهش سرعت گلدهی می‌شود (Khajehpour, 2014).

در مطالعه‌ایی با بررسی تاثیر عوامل اقلیمی-مدیریتی بر عملکرد و خصوصیات رشدی گیاه حنا در استان کرمان گزارش شده است که بیشترین میزان مصرف کود نیتروژن با میانگین ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به منطقه رودبار جنوب بوده است. همچنین، منطقه شهداد با میانگین ۵۰ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان مصرف کود فسفر را دارا بود در حالی‌که در سایر مناطق به طور تقریباً یکسانی میانگین ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف می‌گردید. در مناطق چهارگانه مورد بررسی در تحقیق آنها، مصرف کود پتاسیم رایج نبوده و همچنین روش مصرف کودهای مذکور به روش سنتی دست‌پاش بوده است (Pasandi Pour *et al*., 2018).

شناخت نیازهای اکولوژیکی گیاه حنا یکی از الزامات اساسی در توسعه کشت این گونه با ارزش دارویی می‌باشد. از این رو، ضروری به نظر می‌رسد تا خصوصیات این گونه بیشتر مورد مطالعه قرار گیرد. بنابراین، هدف از اجرای این تحقیق تعیین مقادیر مناسب کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تولید گیاه دارویی- صنعتی حنا با استفاده از شاخص‌های رشدی و فتوسنتزی در راستای حفظ تولید و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه منابع می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۹۵-۱۳۹۴ در شرایط مزرعه‌ای در شهر شهداد اجرا گردید. شهداد یکی از بخش‌های شهرستان کرمان و در ۸۷ کیلومتری شمال شرق شهر کرمان با مختصات ۵۷ درجه و ۴۲ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۴۵۰ متری از سطح دریا واقع شده است. میانگین دراز مدت بارندگی در این شهر ۲۸/۳۵ میلی‌متر، میانگین دراز مدت دمای سالانه ۲۷/۴۷ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۲۱/۸۴ درصد می‌باشد. تغییرات دما و بارندگی این منطقه در طول اجرای این آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است.

تیمارهای آزمایش شامل چهار ترکیب کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم ۱۵۰:۲۰۰:۳۰۰، ۱۰۰:۱۰۰:۲۰۰، ۵۰:۵۰:۱۰۰، ۰:۰:۰، کیلوگرم در هکتار از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم و سه اکوتیپ (شهداد، رودبار و بم) بودند که به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. به‌دلیل

ریزبودن بذور و همچنین مشکلات جوانه‌زنی از روش نشاءکاری استفاده شد. کاشت در اواسط فروردین ماه و در شرایط گلخانه درون سینی‌های نشاء ۱۰۵ خانه‌ای با عمق ۵ سانتی‌متر و حجم ۲۵ سی‌سی انجام شد. سینی‌های نشا با مخلوطی از شن ریز (۵۰ درصد) و کوکوپیت (۵۰ درصد) پر شده و بذور به‌صورت سطحی بر روی آن کشت شدند. آبیاری سینی‌های نشا تا سبز شدن گیاهان به‌صورت روزانه ادامه یافت و پس از آن تا زمان انتقال به‌صورت یک روز در میان انجام شد. انتقال نشاها به زمین اصلی در اواسط خرداد ماه و هنگامی که گیاهچه‌ها در مرحله ۶ تا ۸ برگی بودند صورت پذیرفت. زمین محل اجرای آزمایش در سال‌های قبل به‌صورت آیش بوده و عملیات تهیه فیزیکی و شیمیایی زمین دو هفته قبل از کاشت صورت گرفت. نتایج آزمون خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

نشاها به‌صورت قالبی از سینی‌های نشا خارج و در ردیف‌هایی با فاصله ۲۰ سانتی‌متری از یکدیگر و همچنین فاصله روی ردیف ۵ سانتی‌متر کشت گردیدند. در این تحقیق 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) محاسبه شدند. به‌منظور محاسبه شاخص‌های رشد دو مرحله نمونه‌برداری در اوایل و اواسط شهریور ماه انجام و جهت محاسبه آنها از روابط زیر استفاده گردید (Koocheki and Sarmadnia, 2006):

(۱) سرعت رشد محصول

$$CGR= 1/ GA \times [(W_2- W_1)/ (T_2- T_1)]$$

(۲) سرعت رشد نسبی

$$RGR= (\ln W_2- \ln W_1)/ (T_2- T_1)$$

(۳) شاخص سطح برگ

$$LAI= [(LA_2+ LA_1)/ 2] \times 1/ GA$$

(۴) نسبت سطح برگ

$$LAR= [(LA_2/ W_2) + (LA_1/ W_1)]/ 2$$

(۵) سطح ویژه برگ

$$SLA= [(LA_2/ LW_2) + (LA_1/ LW_1)]/ 2$$

(۶) وزن مخصوص برگ

$$SLW= [(LW_2/ LA_2) + (LW_1/ LA_1)]/ 2$$

(۷) دوام سطح برگ

$$LAD= [(LA_2+ LA_1) \times (T_2- T_1)] / 2$$

(۸) دوام بیوماس

$$BMD= [(W_2- W_1)/2] \times (T_2- T_1)$$

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. میزان فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای و تعرق نیز در اواسط دوره رشد گیاه با استفاده از دستگاه فتوسنتز متر مدل CI-340 ساخت شرکت CID Bio- Science آمریکا اندازه‌گیری شدند. بدین منظور پنج گیاه از ردیف وسط هر پلات آزمایشی انتخاب شد. اندازه‌گیری‌ها با استفاده از برگ‌های انتهایی گیاه در ساعات بین ۱۱ قبل از ظهر تا ۲ بعد از ظهر و در یک نوبت انجام شد. شاخص های مذکور با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند:

(۹)

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

(۱۰)

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

(۱۱)

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

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

به ترتیب 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 (سانتی‌متر مربع)، 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 اواسط آبان ماه با برداشت گیاهان از ارتفاع ۵ سانتی‌متری سطح خاک و خشک کردن آنها در آون تهویه‌دار در حرارت ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت، عملکرد خشک برگ و عملکرد خشک کل محاسبه گردید. جهت محاسبات آماری و مقایسه میانگین‌ها، نرم افزارهای SAS v. 9.1 و MSTATC مورد استفاده قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI): طبق نتایج تجزیه واریانس، تنها اثر ساده تیمار کاربرد کودهای شیمیایی در سطح یک درصد برای این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۱۴) از تیمار کودی ۳۰۰:۲۰۰:۱۵۰ حاصل شد که نسبت به سایر تیمارهای کودی تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۴). همچنین، کمترین شاخص سطح برگ (۱/۴۱) از تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به‌دست آمد. شاخص سطح برگ بیان کننده سطح برگ به سطح زمین اشغال شده توسط محصول است (Koocheki and Sarmadnia, 2006). نشان داده شده است که افزایش کاربرد کود نیتـروژن موجب افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ در گیاه گندم می‌شود (Garofalo and Rinaldi, 2015). افزایش سطح برگ گیاه جو به‌واسطه افزایش سطح کودهای نیتروژن و فسفر با نتایج این تحقیق تطابق دارد (Hokmalipour and Seyedsharifi, 2014). همچنین مقایسه ترکیبات تیماری (جدول ۶) نشان داد که در هر سه اکوتیپ مورد مطالعه با افزایش مقدار کود در نسبت‌های کودی میزان شاخص سطح برگ افزایش یافته است.

سرعت رشد محصول (CGR): نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای اکوتیپ و کاربرد کودهای شیمیایی در سطح احتمال یک درصد ($P<0.001$) برای شاخص سرعت رشد محصول معنی‌دار گردیدند (جدول ۲). همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، بیشترین سرعت رشد محصول مربوط به اکوتیپ شهداد بود که تفاوت معنی‌داری با اکوتیپ‌های بم و رودبار داشت، درحالی‌که تفاوت بین اکوتیپ بم و رودبار معنی‌دار نبود. افزایش میزان عناصر در تیمارهای کودی منجر به افزایش معنی‌دار شاخص سرعت رشد محصول گردید، به‌گونه‌ای که بیشترین و کمترین آن به‌ترتیب با مقادیر ۱۲/۳۰ و ۷/۴۸ گرم بر مترمربع در روز مربوط به تیمارهای با نسبت ۰:۰:۰ و ۳۰۰:۲۰۰:۱۵۰ بود (جدول ۴). نتایج حاکی از آن است که روند تغییرات سرعت رشد محصول در تیمارهای کودی با شاخص سطح برگ و عملکرد خشک کل هماهنگ است. گزارش شده است مصرف نیتروژن موجب افزایش سرعت رشد محصول و در نتیجه افزایش ماده خشک کل در گیاه گلرنگ می‌شود (Koutroubas *et al*., 2008). بیشترین سرعت رشد محصول با میانگین ۱۲/۷۱ گرم بر مترمربع در روز از ترکیب تیماری اکوتیپ شهداد و نسبت کودی ۳۰۰:۲۰۰:۱۵۰ به‌دست آمد (جدول ۶).

سرعت رشد نسبی (RGR): بین اکوتیپ‌های مورد بررسی از نظر سرعت رشد نسبی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ملاحظه شد (جدول ۲). اکوتیپ شهداد با میانگین ۰/۰۱۸ گرم در گرم در روز به‌طور معنی‌داری در مقایسه با اکوتیپ رودبار (۰/۰۱۷ گرم در گرم در روز) از سرعت رشد نسبی بیشتری برخوردار بود (جدول ۴). گزارش شده است که بین ارقام یک گونه گیاهی از نظر سرعت نسبی رشد می‌تواند تفاوت زیادی وجود داشته باشد (Poorter, 1989) که این تفاوت ناشی از فاکتورهای متعددی است که در تغییر سرعت رشد نسبی مؤثر هستند. همچنین، سطوح تیمار کاربرد کودهای شیمیایی در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان دادند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش میزان عناصر غذایی در تیمارهای کودی، سرعت رشد نسبی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). اثر متقابل اکوتیپ در کاربرد کودهای شیمیایی برای این شاخص معنی‌دار نگردید (جدول ۲).

نسبت سطح برگ (LAR)، سطح ویژه برگ (SLA) و وزن مخصوص برگ (SLW): در این تحقیق شاخص‌های نسبت سطح برگ، سطح ویژه برگ و وزن مخصوص برگ تحت تاثیر هیچ کدام از تیمارهای آزمایش قرار نگرفتند (جدول ۲). مهم‌ترین دلیل این نتیجه تغییرات یکسان در اجزای دخیل در معادلات محاسباتی هر یک از شاخص‌های مذکور می‌باشد که سبب تغییر معنی‌داری در خود شاخص‌ها نمی‌شود. همچنین، نتایج مقایسه میانگین ترکیبات تیماری بیان کننده عدم اختلاف معنی‌دار بین ترکیبات تیماری بررسی شده از لحاظ شاخص‌های نسبت سطح برگ، سطح ویژه برگ و وزن مخصوص برگ بود (جدول ۶).

دوام سطح برگ (LAD) و دوام بیوماس (BMD): دوام سطح برگ به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر تیمار کاربرد کودهای شیمیایی قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مختلف تیمار کاربرد کودهای شیمیایی نشان داد که کمترین دوام سطح برگ مربوط به تیمار عدم مصرف کود (شاهد) بود و افزایش مقدار عناصر در ترکیب‌های کودی منجر به افزایش معنی‌دار این شاخص گردید (جدول ۴). اثر ساده اکوتیپ و اثر متقابل اکوتیپ در کاربرد کودهای شیمیایی برای این شاخص معنی‌دار نگردید (جدول ۲). شاخص دوام بیوماس نیز در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر اثر تیمار کاربرد کودهای شیمیایی قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین مقدار این شاخص از تیمار کودی با نسبت ۳۰۰:۲۰۰:۱۵۰ به‌دست آمد و اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح تیمار کاربرد کودهای شیمیایی داشت (جدول ۴).

فتوسنتز خالص: فتوسنتز خالص تحت تاثیر فاکتور اکوتیپ (در سطح احتمال پنج درصد) و فاکتور کاربرد کودهای شیمیایی (در سطح احتمال یک درصد) قرار گرفت (جدول ۳). بر این اساس بیشترین میزان فتوسنتز خالص (۲۳/۹ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) از اکوتیپ شهداد به‌دست آمد که با میانگین به‌دست آمده از اکوتیپ‌های بم (۲۲/۵۹ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) و رودبار (۲۲/۴۲ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر تیمار کاربرد کودهای شیمیایی بر این صفت نشان داد که فتوسنتز خالص در تیمار شاهد (۰:۰:۰) برابر ۱۴/۱۱ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بوده و

با افزایش میزان عناصر غذایی، به‌طور معنی‌داری مقدار آن افزایش یافت و بالاترین مقدار آن برای نسبت ۱۵۰:۲۰۰:۳۰۰ (۲۸/۱۷ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) به‌دست آمد (جدول ۵). همچنین، مقایسه ترکیبات تیماری (جدول ۷) نشان داد که در هر سه اکوتیپ مورد مطالعه با افزایش مقدار کود در نسبت‌های کودی میزان فتوسنتز خالص افزایش یافته است. فرآیند فتوسنتز با مقدار نیتروژن برگ ارتباط زیادی دارد، زیرا فتوسنتز با روبیسکو و سایر پروتئین‌های موجود در مزوفیل برگ مرتبط است و این پروتئین‌ها حدود ۷۵ درصد از کل نیتروژن سلولی را شامل می‌شوند، همزمان با کاهش میزان نیتروژن برگ، مقدار اکثر پروتئین‌های برگ نیز کاهش می‌یابد (Evans, 1989). در این مطالعه افزایش سطح عناصر غذایی ضروری گیاه در محیط ریشه میزان جذب و فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده و در نهایت منجر به بهبود فتوسنتز گیاه شد. نتایج نشان داده است که سرعت فتوسنتز خالص گندم در بالاترین سطح نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سطوح ۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با گذشت زمان با شیب کمتری کاهش یافته است (Samadiyan and Soleymani, 2016). اطلاعات کمتری از محدودیت فتوسنتز توسط فسفر وجود دارد. سرعت فتوسنتز ممکن است در اثر کاهش فعالیت کربوکسیلاسیون ناشی از انتقال الکترون یا انتقال تریوز فسفات باشد. رابطه خطی و مثبتی بین پارامترهای فتوسنتزی و فسفات به‌دست آمده است (Loustau *et al.*, 1999). همچنین، کاهش فتوسنتز در اثر کاهش فسفر، ناشی از دو عامل روزنه و فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی است که خود بستگی به تعداد، منافذ، اندازه و موقعیت روزنه‌ها دارد (Lal *et al.*, 1996).

سرعت تعرق: شدت تعرق تابع اختلاف فشار بخار، مقاومت در برابر جریان آب و توانایی گیاه و خاک از نظر انتقال آب به جایگاه تعرق می‌باشد. همچنین، شدت تشعشع خورشید، دما، رطوبت نسبی و باد از سایر عوامل محیطی تاثیرگذار بر تعرق می‌باشند (Koocheki and Sarmadnia, 2006). در این تحقیق تنها اثرات ساده مورد بررسی اثر معنی‌داری بر سرعت تعرق داشتند (جدول ۳). بر طبق نتایج مقایسه میانگین بیشترین و کمترین مقدار سرعت تعرق به‌ترتیب با میانگین‌های ۶/۶۲ و ۵/۲۶ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه متعلق به اکوتیپ‌های شهداد و رودبار بود (جدول ۵). همچنین، مقایسه سطوح مختلف تیمار کاربرد کودهای شیمیایی نشان داد که با افزایش مقدار عناصر غذایی در ترکیب غذایی، سرعت تعرق به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۵). با توجه به اینکه کمبود فسفر موجب کاهش قدرت جذب ریشه‌ای آب می‌شود، انتظار می‌رود در گیاهان دچار کمبود فسفر به‌دلیل تأثیر مستقیم کمبود این عنصر بر هدایت هیدرولیک ریشه‌ها، میزان تعرق کاهش یابد. افزایش رشد ریشه و کاهش همزمان سطح برگ‌ها به‌عنوان سطح تعرق کننده در شرایط کمبود فسفر نیز در گیاهان دیده شده است (مشابه تنش خشکی) که با واسطه آبسیزیک اسید عملی می‌گردد (Wittenmayer and Merbach, 2005). کاهش میزان تعرق در گیاه گوجه‌فرنگی در اثر کمبود فسفر نیز گزارش شده است (Hajiboland *et al.*, 2014).

هدایت روزنه‌ای: هدایت روزنه‌ای تحت تاثیر اکوتیپ و کاربرد کودهای شیمیایی قرار گرفت ولی اثر متقابل این دو بر روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای

مربوط به اکوتیپ شهداد (۲۱۷/۲ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) بود که تفاوت معنی‌داری با اکوتیپ بم (۲۰۸/۵ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) نداشت و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای نیز با میانگین ۱۹۸ میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه متعلق به اکوتیپ رودبار بود (جدول ۵). روزنه‌ها مدخل اصلی گیاه هستند و شکاف روزنه‌ها نقش مهمی را در کنترل تبادلات گازی، تعرق و فتوسنتز ایفا می‌کنند. اندازه روزنه‌ها معمولاً در پاسخ به عوامل محیطی و درونی تغییر کرده و این باعث می‌شود مقدار تعرق و هدایت روزنه‌ای تغییر یابد (Condon *et al*., 2004). تعداد روزنه در هر واحد از سطح برگ ممکن است که در بین گونه‌های گیاهی و ارقام تغییر کند (Misirli *et al*., 1998). مقایسه میانگین اثر تیمار کاربرد کودهای شیمیایی برای این صفت نشان داد که بیشترین و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای به ترتیب از تیمارهای کودی با نسبت ۳۰۰:۲۰۰:۱۵۰ و ۰:۰:۰ (شاهد) به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری با یکدیگر داشتند (جدول ۵). 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 که به نوبه خود موجب کاهش ورود مواد ایجاد کننده فشار اسمزی مانند یون پتاسیم شده و روزنه‌ها در طی روز در حالت بسته و یا نیمه باز باقی می‌مانند (Hawkesford *et al*., 2012). مطابق با نتایج این تحقیق، کاهش میزان هدایت روزنه‌ای در گیاه گوجه‌فرنگی در اثر کاهش میزان فسفر گزارش شده است (Hajiboland *et al*., 2014). از طرفی مصرف پتاسیم با تاثیر مثبت بر کارکرد مطلوب روزنه‌ها، فعالیت روزنه‌ای و باز و بسته شدن روزنه‌ها موجب بهبود نرخ فتوسنتز گیاه می‌شود.

عملکرد خشک کل: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده اکوتیپ و نیاز غذایی در سطح احتمال یک درصد ($P<0.001$) برای عملکرد خشک کل معنی‌دار گردیدند (جدول ۳). بیشترین عملکرد خشک کل مربوط به اکوتیپ شهداد (۹۰۸/۲ گرم در مترمربع) بود که اختلاف معنی‌داری با اکوتیپ‌های بم و رودبار (به‌ترتیب با میانگین‌های ۸۵۴ و ۸۷۳/۱۷ گرم در مترمربع) داشت (جدول ۵). نتایج حاصل از مطالعات متعدد نیز حاکی از آن است که ارقامی که دارای شاخص سطح برگ بیشتری باشند و سرعت توسعه پوشش گیاهی آنها بیشتر باشد ماده خشک بیشتری را نیز تولید می‌کنند (Dreccer *et al*., 2000; Soleymani *et al*., 2003; Thomas and Thorne, 1975). در این تحقیق افزایش مقدار کود در نسبت‌های اعمال شده منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد خشک کل گردید به گونه‌ای که بیشترین و کمترین این صفت به‌ترتیب مربوط به نسبت‌های کودی ۳۰۰:۲۰۰:۱۵۰ و ۰:۰:۰ (شاهد) بود (جدول ۵).

عملکرد خشک برگ: عملکرد خشک برگ به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) تحت تاثیر تیمار کاربرد کودهای شیمیایی قرار گرفت در حالی که اثر ساده اکوتیپ و اثر متقابل اکوتیپ در کاربرد کودهای شیمیایی برای این شاخص معنی‌دار نگردیدند (جدول ۳). مقایسه میانگین سطوح مختلف تیمار کاربرد کودهای شیمیایی نشان داد که کمترین عملکرد خشک برگ مربوط به تیمار عدم مصرف کود (شاهد) بود و افزایش مقدار عناصر در ترکیب‌های کودی منجر به افزایش معنی‌دار این صفت گردید (جدول ۵).

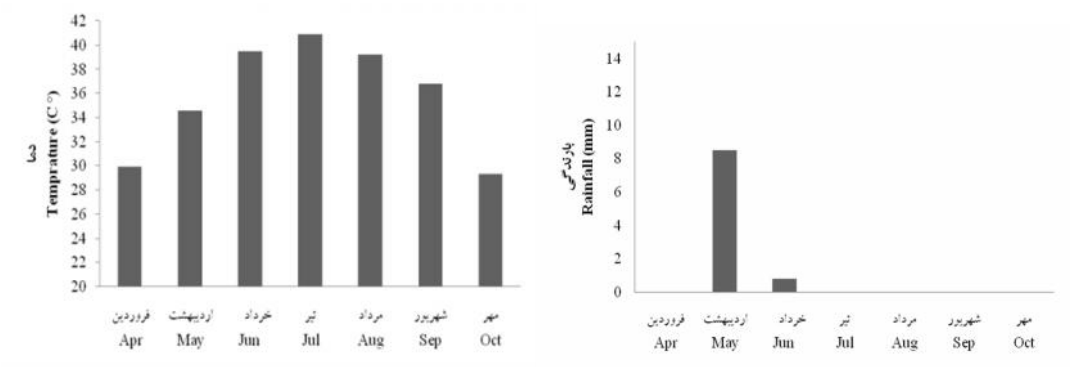
افزایش مصرف نیتروژن موجب افزایش شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه می‌گردد (Dreccer *et al.*, 2000). از طرفی افزایش شاخص سطح برگ تا حد مطلوب موجب افزایش کارآیی فتوسنتزی و رشد اندام‌های رویشی و زایشی شده که متعاقب آن ماده خشک کل افـزایش می‌یابد که این عکس‌العمل با نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر مطابقت دارد (Dreccer *et al.*, 2000). بیشترین عملکرد خشک برگ با میانگین ۵۷۵/۶ گرم بر مترمربع از ترکیب تیماری اکوتیپ شهداد و نسبت کودی ۳۰۰:۲۰۰:۱۵۰ به‌دست آمد در حالی که اختلاف معنی‌داری با عملکرد خشک برگ به‌دست آمده از ترکیب تیماری اکوتیپ شهداد و نسبت کودی ۲۰۰:۱۰۰:۱۰۰ نداشت (جدول ۷).

نتیجه‌گیری کلی

اکوتیپ‌های شهداد، رودبار و بم در شرایط محیطی تحقیق دارای عملکرد برگ خشک مشابه بودند. همچنین، با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد که مناسب‌ترین نسبت ترکیبی کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم جهت به‌دست آوردن بالاترین عملکرد خشک برگ حنا (قسمت با ارزش اقتصادی گیاه) و در عین حال پرهیز از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی نسبت کودی ۲۰۰:۱۰۰:۱۰۰ می‌باشد. نسبت به‌دست آمده در سال اول کاشت مناسب بوده ولی برای سال‌های بعد با توجه به رشد گیاه قطعا بررسی نیاز غذایی آن ضروری به نظر می‌رسد.

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.



شکل ۱- تغییرات دما و بارندگی طی دوره آزمایش در شهر شهداد در سال ۱۳۹۵

Figure 1- A synopsis of temperature and precipitation in Shahdad, Iran, in 2016

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه محل انجام آزمایش

Table 1- Soil physic-chemical properties of experimental field

Soil properties **مشخصات خاک**		**عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر** 0 to 30 cm depth	**عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر** 30 to 60 cm depth
بافت خاک	Soil texture	Sandy-Loam	Loam
نیتروژن (درصد)	Nitrogen (%)	0.03	0.03
فسفر (قسمت در میلیون)	(ppm) Phosphorus	13	14
پتاسیم (قسمت در میلیون)	Potassium (ppm)	225	238
ماده آلی (درصد)	Organic matter (%)	0.05	0.05
	pH	7.92	8.05
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	(dS/m) EC	4.12	4.24

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های رشد گیاه حنا

Table 2- Variance analysis of henna growth indices

منابع تغییرات S.O.V	**درجه آزادی** df	**سرعت رشد محصول** CGR	**سرعت رشد نسبی** RGR	**شاخص سطح برگ** LAI	**نسبت سطح برگ** LAR	**سطح ویژه برگ** SLA	**وزن مخصوص برگ** SLW	**دوام سطح برگ** LAD	**دوام بیوماس** BMD
Block **بلوک**	2	0.547	0.000027	0.619	0.711	10.831	$5.3*10^{-7}$	4824430	2902
Ecotype(a) **اکوتیپ(a)**	2	1.327^{**}	0.000005^{*}	0.0078^{ns}	3.989^{ns}	46.869^{ns}	$2.5*10^{-7ns}$	65472^{ns}	24.242^{ns}
Plant nutrition (b) **تغذیه گیاه(b)**	3	41.481^{**}	0.000077^{**}	5.962^{**}	6.186^{ns}	41.83^{ns}	$4.2*10^{-7ns}$	46820971^{**}	28273^{**}
Interaction a*b **اثرمتقابل a*b**	6	0.055^{ns}	0.0000002^{ns}	0.032^{ns}	5.295^{ns}	35.359^{ns}	$2.5*10^{-7ns}$	256731^{ns}	3.961^{ns}
Error **خطا**	22	0.135	0.0000015	0.0228	3.138	17.711	$5.9*10^{-7}$	179123	30.622

ns، ** و * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non significant and significant at the 1% and 5% probability levels, respectively

جدول ۳- تجزیه واریانس فتوسنتز خالص، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای و عملکرد گیاه حنا

Table 3- Variance analysis of net photosynthesis, transpiration rate, stomatal conductance and yield in Henna

منابع تغییرات S.O.V		درجه آزادی df	فتوسنتز خالص Net photosynthesis	سرعت تعرق Transpiration rate	هدایت روزنه ای Stomatal conductance	عملکرد خشک کل Total dry yield	عملکرد خشک برگ Leaf dry yield
بلوک	Block	2	4.468	0.25	73.861	60741	27842
اکوتیپ(a)	Ecotype(a)	2	7.805^{*}	5.54^{**}	1115.3^{*}	9052^{**}	5196^{ns}
تغذیه گیاه(b)	Plant nutrition (b)	3	346.3^{**}	33.472^{**}	27860^{**}	450308^{**}	85738^{**}
اثرمتقابل a*b	Interaction a*b	6	0.434^{ns}	0.148^{ns}	65.02^{ns}	907.2^{ns}	99.638^{ns}
خطا	Error	22	1.566	0.222	256.8	758.2	1692.9

ns، ** و * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non significant and significant at the 1% and 5% probability levels, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی و اکوتیپ بر شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده در گیاه حنا

Table 4- Mean comparison the effect of fertilizer and ecotype on measured growth indices in Henna

تیمارهای آزمایش Experiment treatments	سطوح تیمارها Treatments levels	سرعت رشد محصول CGR ($g/m^2/day$)	سرعت رشد نسبی RGR (g/g/day)	شاخص سطح برگ LAI	دوام سطح برگ LAD (g.day)	دوام بیوماس BMD ($Cm^2.day$)
اکوتیپ های حنا Henna ecotypes	Bam	10.06 b	0.0180ab	2.37a	6657a	164.7a
	Shahdad	10.55 a	0.0187a	2.32a	6510a	165.7a
	Roodbar	9.92 b	0.0174b	2.35a	6595a	167.5a
تغذیه گیاه Plant nutrition (N:P:K)	0:0:0	7.48d	0.021a	1.41d	3945d	97.7d
	100:50:50	9.50c	0.018b	1.94c	5456c	143.5c
	200:100:100	11.44b	0.015c	2.90b	8138b	203.3b
	300:200:150	12.30a	0.015c	3.14a	8810a	219.5a

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی و اکوتیپ بر صفات فیزیولوژیکی گیاه حنا

Table 5- Mean comparison the effect of fertilizer and ecotype on some physiological traits of Henna

تیمارهای آزمایش Experiment treatments	سطوح تیمارها Treatments levels	فتوسنتز خالص Net Photosynthesis ($\mu mol/m^2/s$)	سرعت تعرق Transpiration rate ($milimol/m^2/s$)	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance ($milimol/m^2/s$)	عملکرد خشک کل Total dry yield (g/m^2)	عملکرد خشک برگ Leaf dry yield (g/m^2)
اکوتیپ های حنا Henna ecotypes	Bam	22.59b	5.26c	208ab	854b	445.1b
	Shahdad	23.90a	6.62a	217a	908.2a	486.3a
	Roodbar	22.42b	6.02b	198b	873.2b	470.5ab
تغذیه گیاه Plant nutrition (N:P:K)	0:0:0	14.11d	3.22d	130d	610.7d	337.5c
	100:50:50	23.52c	6.12c	208c	779.4c	447.8b
	200:100:100	26.08b	6.98b	234b	1035b	530.8a
	300:200:150	28.17a	7.56a	258a	1088a	552.8a

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایش بر شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده در گیاه حنا

Table 6- Mean comparison the effect of experiment treatments on measured growth indices in Henna

تیمارهای آزمایش Experiment treatments		سرعت رشد محصول CGR ($g/m^2/day$)	سرعت رشد نسبی RGR (g/g/day)	شاخص سطح برگ LAI	نسبت سطح برگ LAR (cm^2/g)	سطح ویژه برگ SLA (cm^2/g)	وزن مخصوص برگ SLW (g/cm^2)	دوام سطح برگ LAD (g.day)	دوام بیوماس BMD ($Cm^2.day$)
بم Bam	0:0:0	7.47e	0.0223a	1.36e	40.09a	80.35a	0.012a	3826e	96.06d
	100:50:50	9.30d	0.0186cd	2.05c	40.44a	78.68a	0.012a	5761c	142.5c
	200:100:100	11.24c	0.0156f	2.88b	40.11a	80.22a	0.012a	8067b	201.5b
	300:200:150	12.25ab	0.0156f	3.20a	40.86a	81.83a	0.012a	8974a	219a
شهداد Shahdad	0:0:0	7.69e	0.0223a	1.48e	42.52a	83.21a	0.012a	4150e	99.03d
	100:50:50	9.85d	0.0196bc	1.75d	40.81a	74.09a	0.013a	4918d	142.7c
	200:100:100	11.96b	0.0166def	2.94ab	40.58a	79.31a	0.012a	8240ab	203.5b
	300:200:150	12.71a	0.0163ef	3.11ab	40.26a	79.46a	0.012a	8731ab	217.8a
رودبار Roodbar	0:0:0	7.28e	0.0210ab	1.38e	39.82a	79.94a	0.012a	3859e	98.23d
	100:50:50	9.34d	0.0183cde	2.03c	39.26a	75.45a	0.013a	5690c	145.2c
	200:100:100	11.11c	0.0153f	2.89b	39.63a	77.17a	0.013a	8107b	205b
	300:200:150	11.94b	0.0150f	3.11ab	39.28a	76.70a	0.013a	8725ab	221.8a

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایش بر صفات فیزیولوژیکی گیاه حنا

Table 7- Mean comparison the effect of experiment treatments on some physiological traits of Henna

تیمارهای آزمایش Experiment treatments		فتوسنتز خالص Net Photosynthesis ($\mu mol/m^2/s$)	سرعت تعرق Transpiration rate ($milimol/m^2/s$)	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance ($milimol/m^2/s$)	عملکرد خشک کل Total dry yield (g/m^2)	عملکرد خشک برگ Leaf dry yield (g/m^2)
بم Bam	0:0:0	13.51e	2.84f	128.6e	5873e	320d
	100:50:50	23.27d	5.31d	205.3d	768.6d	427.3c
	200:100:100	25.97bc	6.30c	237abc	1021c	510.3ab
	300:200:150	27.63ab	6.62c	263.3a	1039bc	522.6ab
شهداد Shahdad	0:0:0	15.49e	3.76e	141e	631.6e	356d
	100:50:50	23.96cd	6.74c	215.6cd	802.3d	461.6bc
	200:100:100	26.82b	7.69ab	246ab	1056bc	552a
	300:200:150	29.31a	8.29a	266.3a	1142a	575.6a
رودبار Roodbar	0:0:0	13.34e	3.05ef	121.3e	613.3e	336.6d
	100:50:50	23.32d	6.32c	205d	767.3d	454.6bc
	200:100:100	25.45bcd	6.95bc	219bcd	1027c	530.3ab
	300:200:150	27.57ab	7.77ab	246.6ab	1084b	560.3a

References منابع مورد استفاده

- Anonymous. 2014. Agricultural statistics. Ministry of Agriculture, Deputy of Planning and Economy, Office of Statistics and Information Technology, Tehran, Iran.
- Condon, A.G., R.A. Richards, G.J. Rebetzek, and G.D. Farquhar. 2004. Breeding for high water use efficiency. *Experimental Botany*. 55: 2447-2460.
- Dreccer, M.F., A.H.C.M. Schapendonc, G.A. Salfer, and R. Rabbinge. 2000. Comparative response of wheat and oilseed rape to nitrogen supply: absorption and utilization efficiency of radiation and nitrogen during the reproductive stages determining yield. *Plant and Soil.* 220: 189-205.
- Evans, J. 1989. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C_3 plants. *Oecologia.* 78: 9 19.
- Fletcher, A.L., D.J. Moot, and P.J. Stone. 2008. Solar radiation and canopy expansion of sweet corn in response to phosphorus. European Journal of Agronomy. 29: 80-87.
- Garofalo, P., and M. Rinaldi. 2015. Leaf gas exchange and radiation use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in response to different deficit irrigation strategies: From solar radiation to plant growth analysis. *European Journal of Agronomy*. 64: 88-97.
- Hajiboland, R., E. Radpour, and B. Pasbani. 2014. Effect of phosphorus deficiency on drought stress tolerance in two tomato (*Solanum lycopersum* L.) cultivars. *Journal of Plant Researches*. 27(5): 788-803. (In Persian).
- Hawkesford, M., W. Horst, T. Kichey, H. Lambers, J. Schjoerring, I. Skrumsager Moller, and P.White. 2012. Functions of macronutrients. In: Marschner's mineral nutrition of higher plants (ed. Marschner, P.) 135–189. Academic Press, London, U.K.
- Hokmalipour, S., and R. Seyedsharifi. 2014. Effect of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) affected by different levels of nitrogen and phosphorus fertilizers on the yield and some physiological parameters of barley (*Hordeum vulgar* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 12(4): 822-833. (In Persian).
- Khajehpour, M.R. 2014. Principles and fundamentals of crop production. Jahad-e-Daneshgahi Isfahan Press. (In Persian).
- Koocheki, A., and G. Sarmadnia. 2006. Physiology of crop plants. Jahad-e-Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian).
- Koutroubas, S.D., D.K. Papkosta, and A. Doitsinis. 2008. Nitrogen utilization efficiency of safflower hybrids and open-pollinated varieties under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*. 107: 56-61.
- Lal, A., M.S. Ku, and G.E. Edwards. 1996 Analysis of inhibition of photosynthesis due to water stress in the C_3 species *Hordeum vulgare* and *Vicia faba*: Electron transport, CO_2 fixation and carboxylation capacity. *Photosynthetic Researches.* 49: 57-69.
- Loustau, D., M.B. Brahim, J.P. Gaudillère, and E. Dreyer. 1999. Photosynthetic responses to phosphorus nutrition in two-year-old maritime pine seedlings. *Tree Physiology*. 19: 707–715.

- Malakooti, M.J. 2000. Sustainable agriculture and yield increment by optimum fertilizer utilization in Iran. Agricultural Extension Publications. (In Persian).
- Misirli, A., F. Topuz, and N. Zeybekoglu. 1998. Research on variation of female and male figs in terms of leaf properties and stomatal distribution. *Acta Horticulturae*. 480: 129-132
- Pasandi Pour, A., and H. Farahbakhsh. 2016. Quantitative analysis of growth and photosynthesis response of henna (*Lowsonia inermis* L.) ecotypes in different planting rows in Shahdad area. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 18(4): 334-346. (In Persian).
- Pasandi Pour, A., and H. Farahbakhsh. 2018. The effect of plant density on photosynthesis and growth indices of henna (*Lowsonia inermis* L.) ecotypes. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 16(1): 1-12. (In Persian).
- Pasandi Pour, A., H. Farahbakhsh, and R. Moradi. 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): (In Press). (In Persian).
- Poorter, H. 1989. Interspecific variation in relative growth rate: On ecological causes and physiological consequences. p. 45-68. In Lambers *et al*., (Eds.) Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants. SPB Acad. Publishing.
- Samadiyan, F., and A. Soleymani. 2016. Effect of nitrogen fertilizer on light interception and light extinction coefficient in different wheat cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 14(1): 59-72. (In Persian).
- Soleymani, A., M.R. Khajepour, G.H. Noormohamadi, and Y. Sadeghyian. 2003. Effect of planting date and pattern on some physiological growth indices of sugar beet. *Journal of Agricultural Science*. 9(1): 105-123. (In Persian).
- Thomas, S.M., and J.N. Thorne. 1975. Effect of nitrogen fertilizer on photosynthesis and ribulose 1,5-diphosphate carboxylase activity in spring wheat in the field. *Journal of Experimental Botany*. 26: 43-51.
- Wittenmayer, L., and W. Merbach. 2005. Plant responses to drought and phosphorus deficiency: contribution of phytohormones in root-related processes. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 168: 531–540.

Investigation of the NPK Nutrition of Henna Ecotypes (*Lowsonia inermis* L.) Based on Photosynthetic and Growth Indices in Shahdad Area

Amin Pasandi Pour [1], and Hassan Farahbakhsh[2G]

Received: November 2017 , Revised: 4 February 2018, Accepted: 19 February 2018

Abstract

Determination of crop NPK requirements is important for proper crop growth. To determine the NPK nutrition of henna (*Lowsonia inermis* L.), a factorial experiment based on randomized complete block design was carried out in the Shahdad, Kerman province, in 2015-2016. In this study, response of three henna ecotypes (Bam, Shahdad and Roodbar) with four fertilizer combinations consisting of nitrogen, phosphorus and potassium (N: K: P, 0: 0: 0, 100: 50: 50, 200: 100: 100, 300: 200: 150 kg/ha) were investigated for some growth indices like CGR, RGR, net photosynthesis, transpiration rate and stomatal conductance. The results indicated that the highest mean of CGR, RGR, net photosynthesis, transpiration rate, stomatal conductance and total dry yield belonged to Shahdad ecotype. While, there was no statistically significant difference between the Shahdad and Roodbar ecotypes for leaf dry yield. The effect of NPK nutrition treatment on the most of traits measured was significant at 1% probability level. The highest mean of traits measured belonged to NPK combination of 300: 200: 150, while the difference was not significant from 200: 100: 100 for leaf dry yield and RGR. In this study, the interaction of ecotype and nutrition was not significant for the traits under study. Therefore, according to the results, it can be concluded that Shahdad and Roodbar ecotypes and combinations of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers with a ratio of 200: 100: 100 are appropriate for henna in Shahdad climatic conditions.

Key words: Growth indices, Henna, Net photosynthesis, Nitrogen, Phosphorus, Potassium.

1- Ph.D. Student of Agronomy, Member of Young Researcher Society, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran
2- Associate Professor of Agronomy, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran
* *Corresponding Author: hfarahbakhsh@yahoo.com*