Archive of SID

اثر فسفر و پتاسیم بر روند رشد و عملکرد همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.)

محمد صدقی[1*]

۱- گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

* مسئول مکاتبه: M_sedghi@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۱۱ **DOI: 10.22034/csrar.2020.119142**

چکیده

تغذیه مطلوب گیاهان و کاهش اثر کمبود عناصر غذایی مهم، یکی از عوامل مؤثر بر تولید گیاهان به شمار می‌رود. اطلاعات ما در مورد اثر عناصر غذایی بر تولید گیاهان دارویی اندک است. به این منظور آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۱ انجام شد. عوامل آزمایشی شامل: ۴ سطح کود فسفره (P_2O_5) به‌صورت صفر (شاهد)، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار از منبع فسفات آمونیوم و ۴ سطح کود پتاسه (K_2O) به‌صورت صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع نیترات پتاسیم بود. نتایج نشان داد که روند تغییرات شاخص‌های رشد در سطوح مختلف پتاسیم و فسفر تا حدودی یکسان بود، ولی سطوح پتاسیم تأثیر بیشتری بر میانگین شاخص‌های رشد نشان داد. تنها در سطح ۱۲۰ کیلوگرم فسفر و در سطوح مختلف پتاسیم روند سرعت رشد نسبی متفاوت از سایر تیمارها بود. کاربرد توأم ۸۰ و ۱۵۰ کیلوگرم فسفر و پتاسیم حداکثر عملکرد دانه و گل خشک را تولید کرد که با تیمار ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. به‌طورکلی، کاربرد پتاسیم بر بیشتر صفات مؤثر بود و اثر فسفر چندان بر روند رشد آشکار نگردید.

کلمات کلیدی: تغذیه گیاهی، تمایل جذب عنصر، شاخص رشد، عملکرد

مقدمه

امروزه در کشت اغلب محصولات زراعی و باغی کاربرد کودها امری اجتناب‌ناپذیر است. اکثر مطالعات مربوط به کودها و تغذیه گیاهی بر روی نیتروژن متمرکز شده است و نیاز گیاهان به این عنصر و تأثیر آن بر روی رشد گیاهان به‌خوبی شناخته شده است (Everet and Subramanya, 1983; Jones *et al*., 1988)، ولی تحقیقات اندکی در مورد تعیین اثر کاربرد توأم فسفر و پتاس بر روی گیاهان وجود دارد. پتاسیم و فسفر جزو عناصر پرمصرف به شمار می‌روند و با توجه به نقش حیاتی آن‌ها، غلظت نسبی بالایی در بافت‌های گیاهی دارند. فسفر (به‌صورت فسفات، PO_4^{3-}) جزو اصلی سلول‌های گیاهی از جمله ترکیبات حد واسط قند - فسفات در فتوسنتز، تنفس و فسفولیپیدهای سازنده غشاهای گیاه است. پتاسیم برخلاف نیتروژن، فسفر و برخی از دیگر عناصر غذایی، هیچ ترکیبی در گیاه ایجاد نمی‌کند و به شکل یون پتاسیم در بافت‌های گیاهی یافت می‌شود (Malakooti, 1999; Fathi, 1999; Shomali *et al*., 2007). بررسی اثر کودهای حاوی N، P و K بر روی *Asparagus racemosus* نشان داد که سوپر فسفات تنها منبعی از فسفات بود که اثر مثبتی بر روی رشد و بیوماس گیاه داشت (Vijay *et al*., 2009). نتایج بررسی تأثیر کودهای حاوی N، P و K بر روی رشد و عملکرد *Jatropha curcas* نشان داد که کود فسفره بر روی بهبود پوشش سبز محصول اثر بخش بود، در حالی که مصرف پتاسیم اثری بر روی رشد و عملکرد نداشت (Romli *et al*., 2007). در پژوهشی دیگر (Borna-Nasrabadi, 2005)، اثر کودهای حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر روی رشد و نمو و عملکرد دانه و مقدار ماده موثره سیلمارین و سیلی‌بین در ماریتیغال بررسی شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده نسبت‌های مختلف از کودهای مصرفی تأثیر معنی‌داری بر روی ارتفاع بوته، تعداد دانه در کاپیتول و عملکرد دانه در هکتار داشت. بیشترین تعداد دانه در کاپیتول با مصرف ۱۰۰، ۱۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، فسفر و پتاس به دست آمد.

حداکثر عملکرد دانه کلزا از تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به دست آمد و کمترین عملکرد در تیمار بدون کود حاصل شد. عملکرد روغن دانه نیز با کاهش میزان پتاسیم افزایش یافت و بیشترین مقدار روغن دانه در تیمار شاهد به دست آمد که نشان‌دهنده اثر کاهنده پتاسیم بر میزان روغن بذور کلزا است (Zaman Khan *et al*., 2004). مصرف فسفر موجب رشد و گسترش بیشتر بوته‌های کدوی تخم کاغذی از طریق افزایش تعداد میانگره شد و طول ساقه را افزایش داد و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر بیشترین وزن خشک برگ در بوته را تولید کرد (Moazzen *et al*., 2006). بررسی عوامل تراکم و کودهای مختلف بر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد گل راعی نشان داد که مصرف کودهای شیمیایی خالص و تحریک رشد رویشی، موجب افزایش سرعت رشد نسبی (RGR) و سرعت رشد محصول (CGR) در مرحله گلدهی می‌شود، ولی کاربرد

www.SID.ir

Archive of SID

کودهای آلی و مخلوط، این شاخص‌ها را در مرحله گلدهی کاهش داد. تیمارهای مصرف کودهای مخلوط در ابتدا و انتهای فصل رشد دارای سرعت رشد بیشتری بود و تیمارهای مصرف کودهای آلی در اوایل و اواخر رشد به ترتیب رشد نسبی بیشتر و کمتری نشان داد (Lebaschi and Sharifi Ashourabadi, 2004). RGR اندام هوایی *Egeria najas* با اضافه کردن N و P نسبت به حالت فقدان عناصر پاسخ مثبتی نشان داد و مشخص شد که RGR با اضافه شدن N و P تغییر می‌کند. ولی در مقابل، RGR ریشه همبستگی با مقدار N و P قابل تبادل نشان نداد. نسبت بیوماس ریشه به ساقه نیز بسیار متغیر بود که این تغییر وابسته به مقدار N و P قابل تبادل است (Thomaz *et al*., 2007). کاربرد ۵ سطح کود نیتروژنه و ۵ سطح کود فسفره بر روی همیشه بهار، موجب بهبود تمام صفات اندازه‌گیری شده در گیاه از قبیل عملکرد ماده‌تر، عملکرد ماده خشک و وزن تر و خشک طبق گردید (Moreira *et al*., 2005). اثر نیتروژن و منیزیوم بر عملکرد گل، ارتفاع و تعداد گل‌آذین همیشه‌بهار مثبت ارزیابی شده است (Bielski and Szwejkowska, 2013). هدف از این بررسی، مطالعه اثر کودهای حاوی فسفر و پتاس بر روند رشد، تغییر شاخص‌های مختلف رشد و عملکرد گیاه دارویی همیشه بهار بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف کودهای حاوی فسفر و پتاس بر روند رشد و عملکرد گیاه دارویی همیشه بهار، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی (طول جغرافیایی ´ ۲۰ °۴۸ و عرض جغرافیایی ´ ۱۹ °۳۸ و ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا) انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل ۴ سطح کود فسفره (P_2O_5) به‌صورت صفر (شاهد)، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار از منبع فسفات آمونیوم و ۴ سطح کود پتاسه (K_2O) به‌صورت صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع نیترات پتاسیم بود. برای تعیین میزان عناصر موجود در خاک، پیش از اعمال تیمارها، خاک زمین زراعی موردنظر آزمایش شد که نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1- Some of physical and chemical soil characteristics of the experimental field

پتاسیم قابل جذب K (mg kg^{-1})	فسفر قابل جذب P (mg kg^{-1})	نیتروژن N (%)	کربن C (%)	بافت Texture	آهک $CaCO_3$ (%)	درصد اشباع (٪) SP	pH	شوری Salinity (ds m^{-1})
30	1.4	0.16	1.71	لومی - رسی Clay - loam	18.06	46	8.20	3.61

بر اساس این نتایج، تصحیح در مقدار کود موردنیاز انجام گرفت و تمام مقدار موردنیاز از کودهای حاوی فسفر و پتاسیم برای هر تیمار آزمایشی در هر کرت، سه ماه قبل از کاشت به هنگام تهیه کرت‌های آزمایشی بر اساس نقشه اجرای طرح، به‌صورت مصرف مستقیم در خاک به زمین اضافه گردید. کاشت در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۳ متر انجام گرفت. بذرهای همیشه‌بهار (رقم Orange king) بر روی ردیف‌هایی به فاصله ۲۰ سانتی‌متر با فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در عمق ۲-۱ سانتی‌متری خاک و به‌صورت دستی با تراکم ۵۰ بوته در مترمربع در ۱۰ اردیبهشت کاشته شدند. آبیاری کرت‌ها هر ۱۰ روز یک‌بار انجام گرفت. وجین علف‌های هرز ۵۰ روز پس از کاشت انجام گرفت. نمونه‌گیری از کرت‌ها ۱ ماه پس از کاشت شروع شد و هر ۱۰ روز یک‌بار ۳ بوته از میانه کرت‌ها (به‌منظور حذف اثر حاشیه) برداشت و برای اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک به آزمایشگاه منتقل شد. شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده در این آزمایش شامل تجمع ماده خشک (DM)، سرعت رشد نسبی (RGR)، سرعت رشد محصول (CGR)، شاخص سطح برگ (LAI) و سرعت جذب خالص (NAR) بود. واحدهای رشد روزانه یا درجه روز – رشد (GDD) با رابطه ۱ محاسبه گردید:

رابطه ۱

$$GDD = \sum[(\frac{Tmax + Tmin}{2}) - Tb]$$

که در آن، GDD شاخص حرارتی تجمعی طی فصل رشد، Tmax و Tmin به ترتیب حداکثر و حداقل دمای روزانه با حد بالای ۳۰ و حد پایین ۸ درجه سانتی‌گراد و Tb دمای پایه همیشه بهار به میزان ۸ درجه سانتی‌گراد است.

LAI[1]: شاخص سطح برگ، نسبت سطح برگ (فقط یک طرف) گیاه به زمینی است که همان گیاه روی آن سایه می‌اندازد و یک معیار تقریبی از مساحت برگ‌ها در واحد سطح است که تشعشع خورشید برای آن‌ها قابل‌دسترس است و بدون واحد بیان می‌شود (Karimi and Azizi, 1994).

CGR[2]: سرعت رشد محصول، نمایانگر میزان تجمع ماده خشک در گیاهان در واحد زمانی مشخص در واحد سطح خاک است که بر اساس واحد گرم بر مترمربع در درجه روز – رشد بیان و با رابطه ۲ محاسبه شد (Lebaschi and Sharifi Ashourabadi, 2004):

[1] Leaf Area Index
[2] Crop Growth Rate

www.SID.ir

Archive of SID

رابطه ۲ $CGR=(RGR) \times (DM)$

که در آن RGR سرعت رشد نسبی و DM ماده خشک تولید شده است.

NAR[1]: سرعت جذب خالص، سرعت تجمع ماده خشک در واحد سطح برگ را در زمان مشخص نشان می‌دهد. معیاری از مدل کارایی فتوسنتزی برگ‌ها در جامعه گیاهی است و شاخص متوسط سرعت تبادل خالص دی‌اکسیدکربن برای هر واحد سطح برگ گیاه واقع در جامعه گیاهی به شمار می‌آید. واحد این پارامتر گرم در مترمربع در روز است و با رابطه ۳ محاسبه شد (Lebaschi and Sharifi Ashourabadi, 2004)

رابطه ۳ $NAR = CGR/LAI$

RGR[2]: سرعت رشد نسبی، بیان‌کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی است و برحسب گرم بر گرم در روز با رابطه ۴ محاسبه شد (Lebaschi and Sharifi Ashourabadi, 2004):

رابطه ۴ $$RGR = \frac{1}{DM} \times \frac{\Delta DM}{Day}$$

تمایل جذب عنصر (Km) با روش پیشنهادی توماز و همکاران (Thomaz *et al*., 2007) تعیین شد. ابتدا بر اساس RGR محاسبه شده و غلظت‌های مختلف کودهای مصرفی یک رابطه دز - واکنش بین RGR و سطوح کودی برازش شد تا بتوان با استفاده از معادله میکائیلیس – منتن تمایل جذب عنصر را به دست آورد. به دلیل اینکه رابطه دز – واکنش یک رابطه خطی نبود، به کمک نمودار هینس تبدیل معادله میکائیلیس – منتن به رابطه خطی امکان‌پذیر شد. رابطه ۵ به‌عنوان تابع خطی تغییریافته از معادله میکائیلیس – منتن جهت برآورد Km مورد استفاده قرار گرفت:

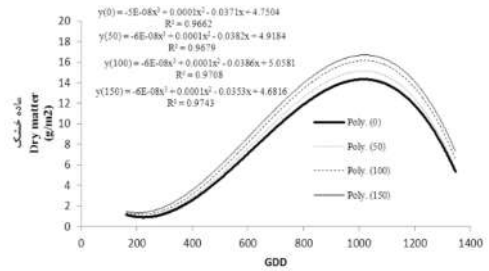
رابطه ۵ $$\frac{S}{RGR} = \frac{1}{Vmax} \times RGR + \frac{Km}{Vmax}$$

در این رابطه S میزان فسفر یا پتاس، Vmax بیشترین میزان رشد نسبی برای هر عنصر، RGR مقدار رشد نسبی در هر سطح کودی مورد نظر است. عملکرد گل و گلبرگ برای چین اول نیز در زمان گلدهی و با برداشت از ۰/۵ مترمربع از هر کرت اندازه‌گیری گردید. در انتهای فصل رشد همیشه بهار، برداشت از مزرعه و با رعایت فاصله از حاشیه کرت‌ها، برای تعیین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه چین اول انجام گرفت. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، نسبت به تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها اقدام شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با نرم‌افزار SAS9.1 با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

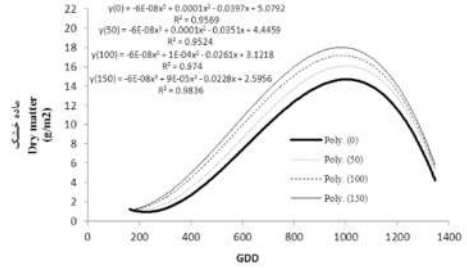
ماده خشک

روند تغییر ماده خشک همیشه بهار در سطوح مختلف فسفر و پتاسیم در شکل‌های ۱ تا ۴ آورده شده است. در اوایل رشد به دلیل کوچک بودن بوته‌ها و فقدان رقابت درون‌گونه‌ای، ماده خشک به‌تدریج افزایش یافت و تا ۹۲۴ درجه روز رشد به حداکثر رسید و پس از آن کاهش نشان داد. دلیل این امر افزایش سن گیاه و پیری برگ‌های گیاه است که در نهایت موجب توقف تجمع ماده خشک می‌شود. حداکثر میزان تجمع ماده خشک به میزان ۱۹/۱۰۹ گرم بر مترمربع بود که از کاربرد ۴۰ کیلوگرم فسفر و ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار به دست آمد که با سایر سطوح فسفر تفاوت معنی‌داری نداشت. مقایسه بین نمودارهای مربوط به اثر فسفر و پتاسیم نشان می‌دهد که اثر پتاسیم بر افزایش ماده خشک بیش از اثر فسفر بوده است. لباسچی و شریفی عاشورآبادی (Lebaschi and Sharifi Ashourabadi, 2004) نشان دادند که روند افزایش ماده خشک در گل راعی با معادله درجه ۳ قابل توجیه است. در گیاهان زراعی مطالعات متعددی بر روی شاخص‌های رشد انجام شده است، ولی در مورد گیاهان دارویی اطلاعات چندانی از نحوه اثر عناصر غذایی بر روند رشد وجود ندارد.



شکل ۱- روند تغییر میزان تجمع ماده خشک در گیاه همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم بدون فسفر

Figure 1- Dry matter accumulation in marigold plants at different potassium levels without phosphorus supply



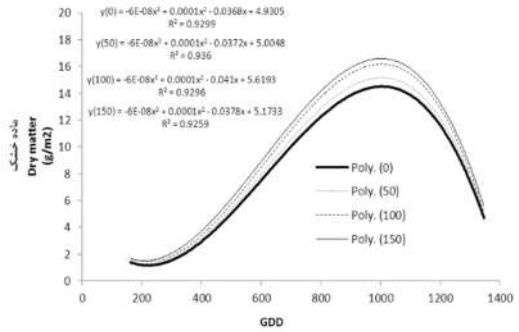
شکل ۲- روند تغییر میزان تجمع ماده خشک در گیاه همیشه بهار تحت سطوح مختلف کود پتاسیمی با مصرف ۴۰ کیلوگرم فسفر در هکتار

Figure 2- Dry matter accumulation in marigold plants at different potassium levels with 40kg phosphorus supply

[1] Net Assimilation Rate
[2] Relative Growth Rate

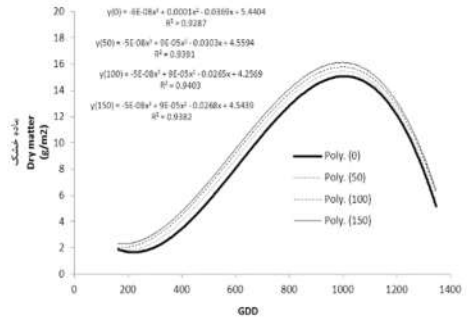
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- روند تغییر میزان تجمع ماده خشک در گیاه همیشه بهار در سطوح مختلف کود پتاسیمی با مصرف ۸۰ کیلوگرم فسفر در هکتار

Figure 3- Dry matter accumulation in marigold plants at different potassium levels with 80kg phosphorus

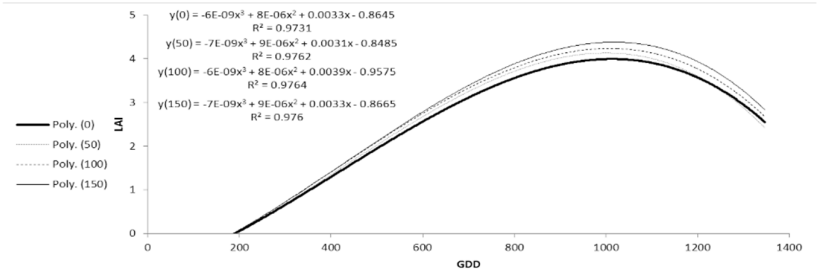


شکل ۴- روند تغییر میزان تجمع ماده خشک در گیاه همیشه بهار در سطوح مختلف کود پتاسیمی با ۱۲۰ کیلوگرم فسفر در هکتار

Figure 4 - Dry matter accumulation in marigold plants at different potassium levels with 120kg phosphorus

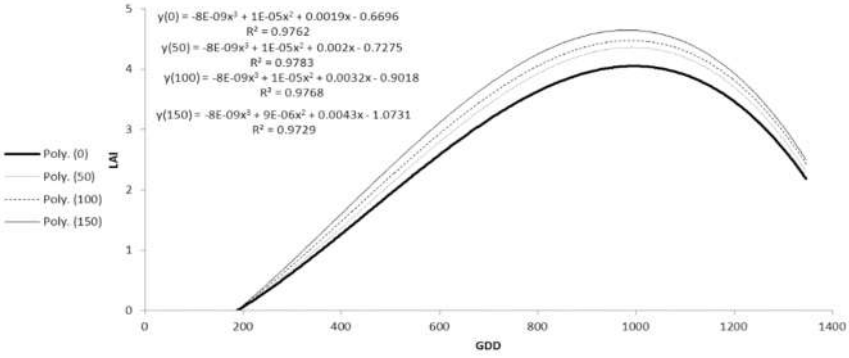
شاخص سطح برگ

انباشتگی برگ‌ها در اجتماع یک گیاه به‌صورت شاخص سطح برگ بیان می‌شود که تعریف آن سطح برگ برحسب واحد سطح زمین است (Khold-Barin and Eslamzadeh, 2001). سطح برگ یکی از عوامل مهم در تجزیه‌وتحلیل رشد به شمار می‌آید و به کمک دستگاه‌های ساده‌ای قابل‌اندازه‌گیری است. نتایج نشان داد که شاخص سطح برگ همیشه بهار در ابتدا روند افزایشی بسیار آهسته‌ای داشت و به‌تدریج سریع‌تر شد تا اینکه در ۹۲۰ – ۱۰۷۰ درجه روز رشد به حداکثر رسید. بیشترین میزان این شاخص مربوط به کاربرد به ترتیب ۴۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و پتاسیم بود. روند تغییرات شاخص سطح برگ همیشه بهار در شکل‌های ۵ تا ۸ آورده شده است. نتایج نشان داد که اثر پتاسیم بر افزایش شاخص سطح برگ بیش از فسفر است و به نظر می‌رسد که کاربرد مقادیر کمتر فسفر در بهبود بیشتر شاخص‌های رشد این گیاه مؤثر بوده است. لباسچی و شریفی عاشورآبادی (Lebaschi and Sharifi Ashourabadi, 2004) با کاربرد کود مخلوط، شیمیایی و آلی در گل راعی نشان دادند که بیشترین شاخص سطح برگ از کود مخلوط و شیمیایی حاصل می‌شود.



شکل ۵- روند تغییر میزان شاخص سطح برگ همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم بدون فسفر

Figure 5- leaf area index in Marigold at different potassium levels without phosphorus

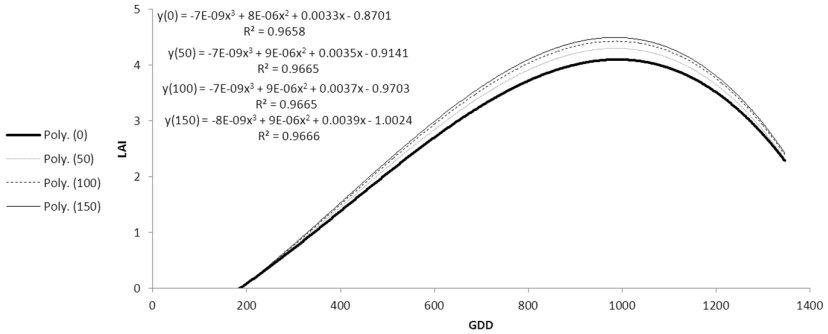


شکل ۶- روند تغییر میزان شاخص سطح برگ همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم با ۴۰ کیلوگرم فسفر

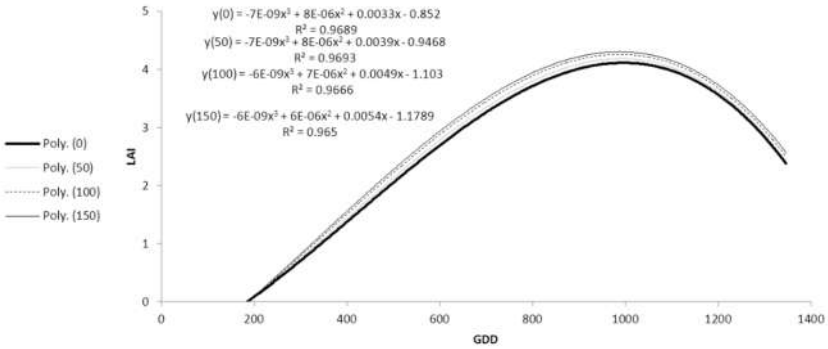
Figure 6- leaf area index in Marigold at different potassium levels with 40kg phosphorus

www.SID.ir

Archive of SID



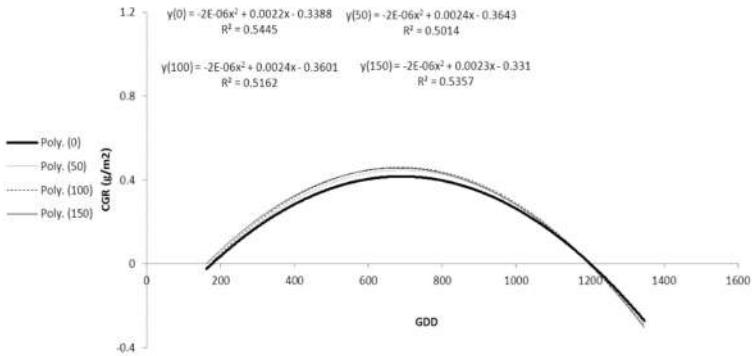
شکل ۷- روند تغییر میزان شاخص سطح برگ همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم با ۸۰ کیلوگرم فسفر
Figure 7- leaf area index in Marigold at different potassium levels with 80kg phosphorus



شکل ۸- روند تغییر میزان شاخص سطح برگ همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم با ۱۲۰ کیلوگرم فسفر
Figure 8- leaf area index in Marigold at different potassium levels with 40kg phosphorus

سرعت رشد محصول (CGR)

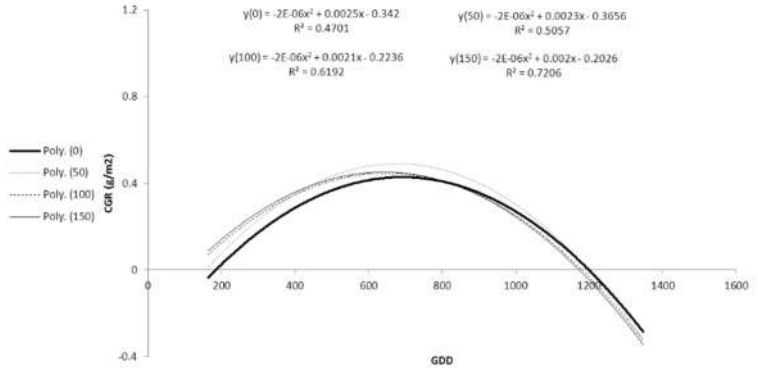
سرعت رشد محصول نمایانگر میزان تجمع ماده خشک در واحد زمانی مشخص در واحد سطح زمین است. برای اندازه‌گیری CGR در جامعه گیاهی، در فواصل زمانی کم، نمونه‌برداری انجام و افزایش ماده خشک در فاصله بین دو نمونه‌گیری محاسبه می‌شود. CGR بر اساس گرم در مترمربع در روز بیان می‌شود (Karimi and Aziz, 1994). سرعت رشد محصول در مراحل اولیه به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و پایین بودن درصد نور جذب شده کمتر است، ولی با رشد گیاهان افزایش سریعی می‌یابد، زیرا سطح برگ توسعه و در نتیجه میزان جذب نور افزایش می‌یابد. این امر به نوبه خود موجب افزایش شدت فتوسنتز و افزایش سرعت رشد گیاه می‌شود. تغییر روند سرعت رشد محصول در همه تیمارها یکسان بود (شکل‌های ۹ تا ۱۲)، ولی در همه تیمارها با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین مقدار CGR به مقدار ۱/۲۴۷ گرم بر مترمربع در روز در تیمار ۸۰ و ۱۵۰ کیلوگرم به ترتیب فسفر و پتاسیم به دست آمد. این نتایج با یافته‌های لباسچی و شریفی عاشورآبادی (Lebaschi and Sharifi Ashourabadi, 2004) مطابقت دارد.



شکل ۹- روند تغییر میزان سرعت رشد محصول همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم بدون فسفر
Figure 9- growth rate of Marigold at different potassium levels without phosphorus

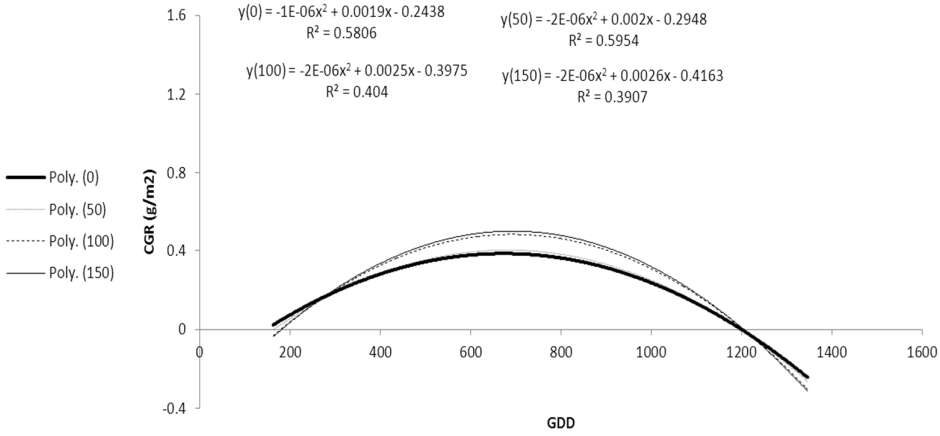
www.SID.ir

Archive of SID



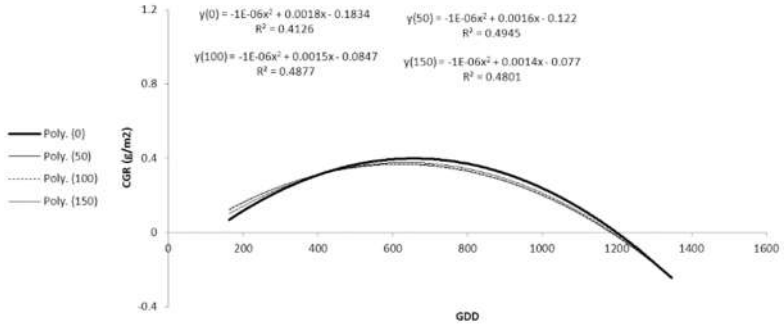
شکل ۱۰- روند تغییر میزان سرعت رشد محصول همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم با ۴۰ کیلوگرم فسفر

Figure 10- growth rate of Marigold at different potassium levels with 40kg phosphorus



شکل ۱۱- روند تغییر میزان سرعت رشد محصول همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم با ۸۰ کیلوگرم فسفر

Figure 11- growth rate of Marigold at different potassium levels with 40kg phosphorus



شکل ۱۲- روند تغییر میزان سرعت رشد محصول همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم با ۱۲۰ کیلوگرم فسفر

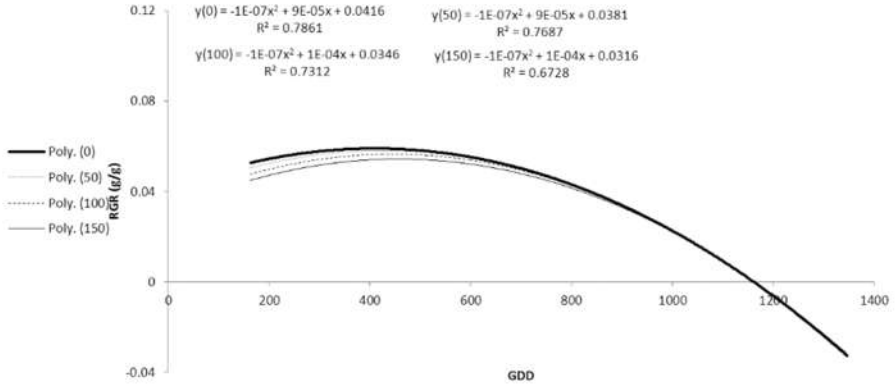
Figure 12- growth rate of Marigold at different potassium levels with 120kg phosphorus

سرعت رشد نسبی (RGR)

رشد اولیه هر گیاه منفرد در محیطی با رقابت اندک به‌صورت نمایی است و با سرعت رشد نسبی بیان می‌شود. سرعت رشد نسبی، سرعت افزایش ماده خشک نسبت به کل ماده خشک گیاه است. در واقع RGR تغییر وزن خشک گیاه را نسبت به وزن خشک اولیه در واحد زمان نشان می‌دهد. سرعت رشد نسبی بر اساس گرم بر گرم در روز بیان می‌شود. تغییر سرعت رشد نسبی در سطوح مختلف فسفر و پتاسیم با افزایش سن گیاه تا حدودی روند نزولی داشت و در انتهای فصل رشد به کمترین میزان خود رسید (شکل‌های ۱۳ تا ۱۶). بیشترین میزان RGR به میزان ۰/۱۲۷ گرم بر گرم در روز با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم فسفر و عدم کاربرد پتاسیم به دست آمد.

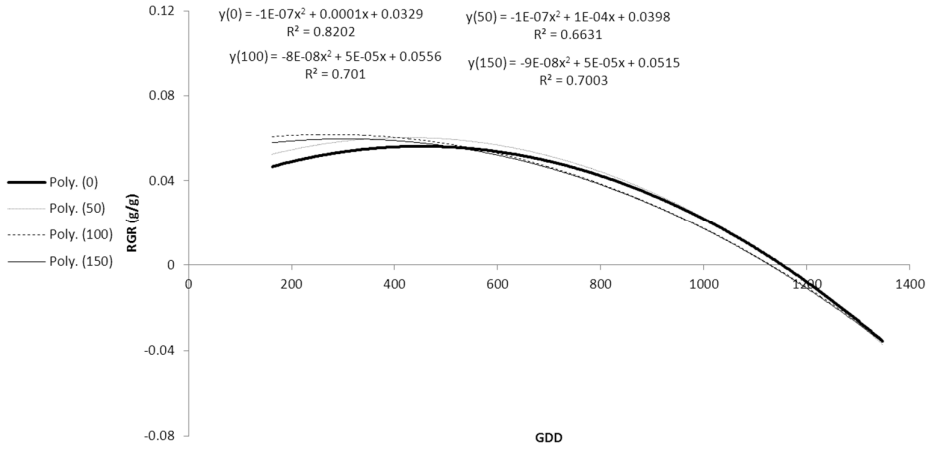
www.SID.ir

Archive of SID



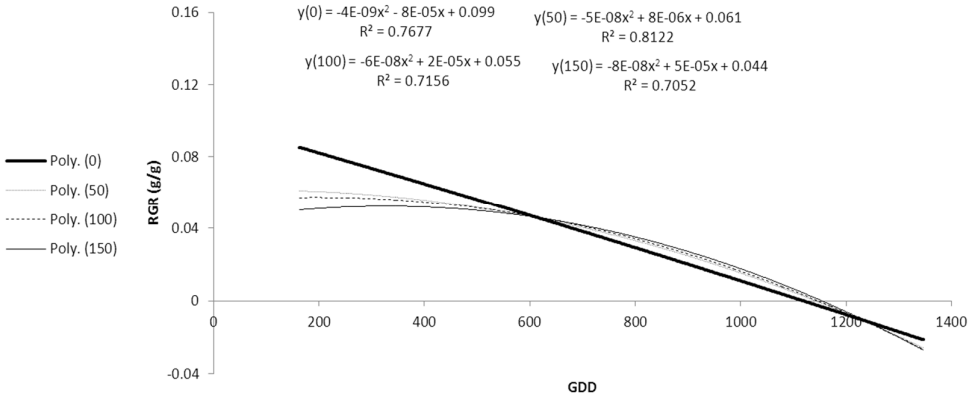
شکل ۱۳- روند تغییر میزان سرعت رشد نسبی همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم بدون فسفر

Figure 13- Relative growth rate of Marigold at different potassium levels without phosphorus



شکل ۱۴- روند تغییر میزان سرعت رشد نسبی همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم با ۴۰ کیلوگرم فسفر

Figure 14- Relative growth rate of Marigold at different potassium levels with 40kg phosphorus

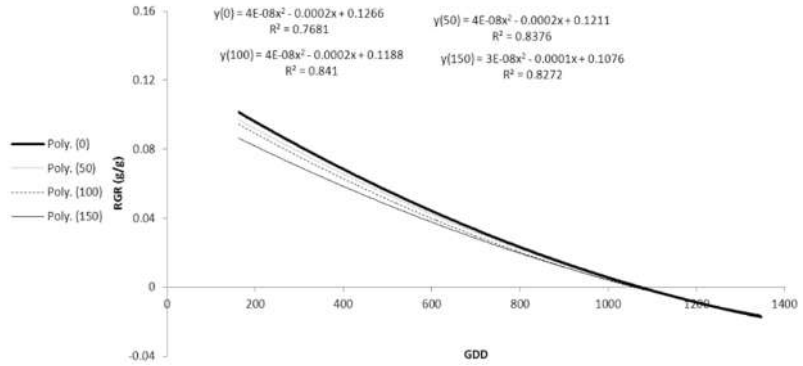


شکل ۱۵- روند تغییر میزان سرعت رشد نسبی همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم با ۸۰ کیلوگرم فسفر

Figure 15- Relative growth rate of Marigold at different potassium levels with 80kg phosphorus

www.SID.ir

Archive of SID

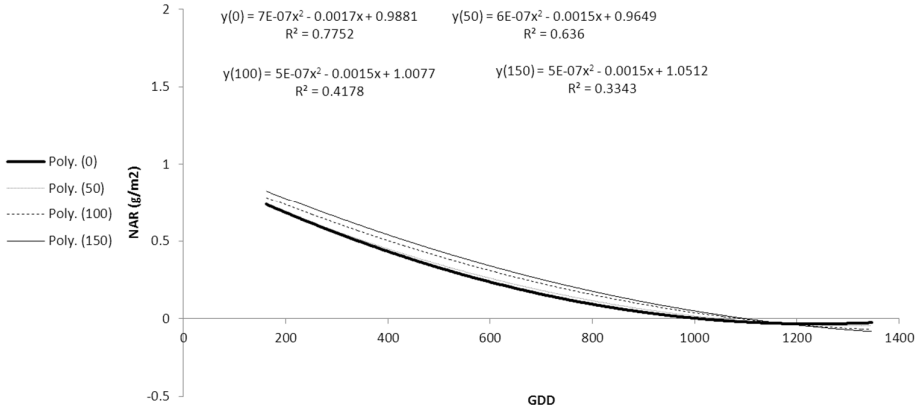


شکل ۱۶- روند تغییر میزان سرعت رشد نسبی همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم با ۱۲۰ کیلوگرم فسفر

Figure 16- Relative growth rate of Marigold at different potassium levels with 80kg phosphorus

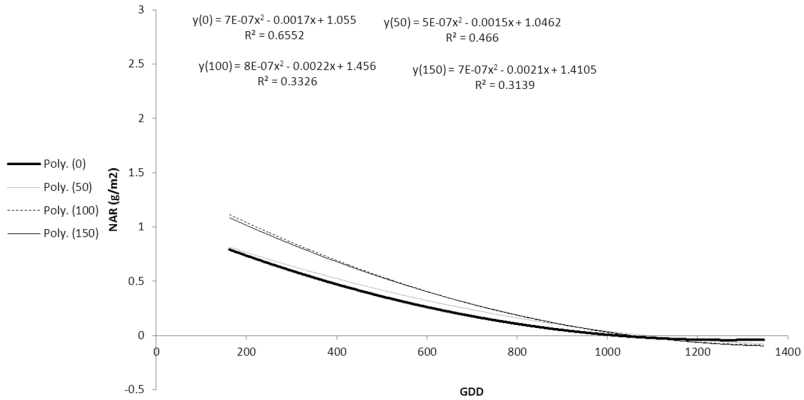
سرعت جذب خالص (NAR)

از آن جایی که برگ عمده‌ترین اندام فتوسنتزکننده گیاه است، بنابراین در مواردی بیان رشد بر اساس سطح برگ مطلوب‌تر است. سرعت تجمع ماده خشک در واحد سطح برگ در زمان معین را سرعت جذب خالص می‌نامند که به‌صورت گرم در مترمربع (سطح برگ) در روز بیان می‌شود (Shiranirad, 2000). NAR معیاری از کارایی فتوسنتزی برگ‌ها در یک جامعه گیاهی است. روند تغییرات سرعت جذب خالص در شکل‌های ۱۷ تا ۲۰ نشان داده شده است. بیشترین مقدار NAR به میزان ۲/۳۸ گرم در مترمربع در روز مربوط به تیمار ۴۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و پتاسیم بود. روند تغییرات NAR برای سطوح پتاسیم یکنواخت بود، ولی برای سطوح فسفر روند مشخصی وجود نداشت.



شکل ۱۷- روند تغییر میزان سرعت جذب خالص برگ‌های همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم بدون فسفر

Figure 17- Net assimilation rate of Marigold leaves at different potassium levels without phosphorous

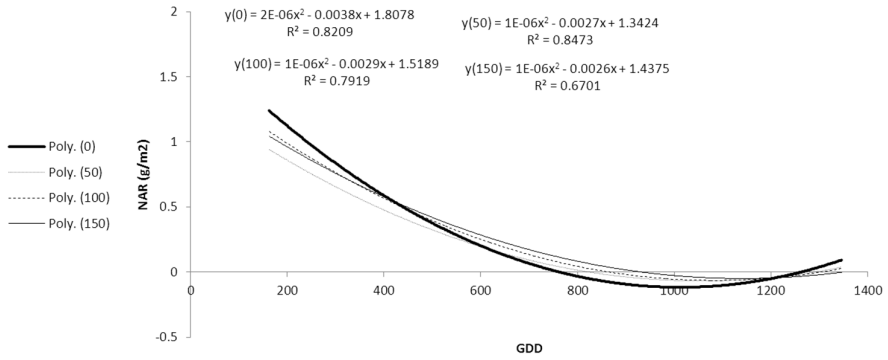


شکل ۱۸- روند تغییر میزان سرعت جذب خالص برگ‌های همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم با ۴۰ کیلوگرم فسفر

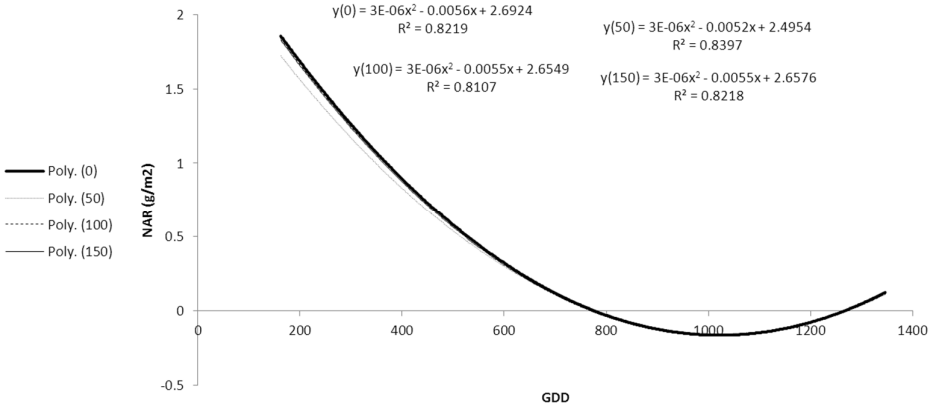
Figure 18- Net assimilation rate of Marigold leaves at different potassium levels with 40kg phosphorous

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۹- روند تغییر میزان سرعت جذب خالص برگ‌های همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم با ۸۰ کیلوگرم فسفر
Figure 19- Net assimilation rate of Marigold leaves at different potassium levels with 80kg phosphorous



شکل ۲۰- روند تغییر میزان سرعت جذب خالص برگ‌های همیشه بهار در سطوح مختلف پتاسیم با ۱۲۰ کیلوگرم فسفر
Figure 20- Net assimilation rate of Marigold leaves at different potassium levels with 120kg phosphorous

تمایل جذب عنصر (Km)

تمایل جذب عنصر معیاری از نحوه رشد گیاه به‌ازای عنصر غذایی دریافت شده است. به‌عبارت‌دیگر این معیار بیانگر تمایل گیاه به جذب یک عنصر ویژه است. اگر گیاه به عنصری نیاز داشته باشد با شدت بیشتری آن را از محلول خاک جذب خواهد کرد. هر چه تمایل به جذب یک عنصر شدیدتر باشد به همان اندازه Km کوچک‌تر خواهد بود (Thomaz *et al*., 2007). بیشترین مقدار RGR در حالتی پتاسیم مصرف نشده بود، در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم فسفر به دست آمد (RGR=۰/۱۲۷). با قراردادن این مقدار RGR به‌عنوان Vmax در فرمول، مقدار Km در حدود ۱۱/۲۷ میلی‌گرم فسفر بر گرم ماده خشک به دست آمد. این عدد نشان می‌دهد که برای تولید یک گرم ماده خشک به میزان ۱۱/۲۷ میلی‌گرم فسفر جذب شده است. همچنین، بیشترین مقدار RGR در حالت عدم مصرف فسفر ۰/۰۸۶ بود که بدون کاربرد پتاسیم به دست آمد و Km آن برابر با ۳/۴۸ میلی‌گرم پتاسیم بر گرم ماده خشک بود. این امر نشان می‌دهد که تمایل گیاه برای جذب پتاسیم بیشتر از فسفر است و RGR فقط به میزان فسفر قابل‌دسترس در خاک بستگی دارد. مقایسه روند تغییر ماده خشک (شکل‌های ۱ تا ۴) با منحنی‌های RGR (شکل‌های ۱۳ تا ۱۶) نشان می‌دهد که در این مورد اثر پتاسیم بیش از فسفر بوده است.

عملکرد گل خشک

اثر متقابل فسفر و پتاسیم بر عملکرد گل خشک همیشه بهار معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد گل خشک به میزان ۰/۱۶ کیلوگرم بر مترمربع از کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم به دست آمد که با سطح ۸۰ کیلوگرم فسفر و ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم موجب تولید حداکثر عملکرد در همیشه بهار گردید (Hashemabadi *et al*., 2012). در گزارشی دیگر بیشترین عملکرد گل در همیشه‌بهار با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم حاصل شد و اثر مثبت

www.SID.ir

Archive of SID

پتاسیم بر رشد به شرکت این عنصر در متابولیسم پروتئین و کربوهیدرات‌ها و نقش آن در تکثیر و تمایز سریع سلولی نسبت داده شد (Pal and Goush, 2010).

عملکرد دانه

اثر متقابل دو عنصر غذایی بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. کاربرد توأم فسفر و پتاس به ترتیب به میزان ۸۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار موجب تولید بیشترین مقدار عملکرد دانه شد، ولی با تیمار ۸۰ کیلوگرم فسفر و ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم تفاوت معنی‌دار آماری نداشت. کاربرد سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم در همیشه بهار موجب افزایش عملکرد ماده خشک و دانه شد (Moreira *et al*., 2005). تأثیر فسفر و پتاسیم بر روی افزایش عملکرد دانه در بیشتر گیاهان زراعی به اثبات رسیده است، ولی در مورد گیاهان دارویی و به‌ویژه همیشه‌بهار اطلاعات دقیقی از نحوه اثر این عناصر وجود ندارد. جودویک و همکاران (Jevdovic *et al*., 2013) بیان کردند که مصرف ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کود حاوی NPK موجب تولید بیشترین عملکرد و کیفیت دانه در همیشه بهار گردید. محققین دیگر نیز نشان دادند که کاربرد منابع مختلف پتاسیم همراه با بقایای موز که حاوی NPK است، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد و سایر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه همیشه بهار گردید (Yaeesen *et al*., 2010).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح فسفر و پتاسیم بر روی عملکرد همیشه بهار

Table 2- Mean comparison for the interaction of phosphorus and potassium on the Marigold yield

پتاسیم Potassium ($kg.ha^{-1}$)	فسفر Phosphorus ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه yield Grain ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد گل خشک Dried Flowers yield ($kg.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک Biomass ($g.m^{-2}$)
0	0	814 e	0.068 e	360.4 g
	50	824 e	0.083 e	385.3 f
	100	942 cd	0.128 bc	489.1 de
	150	917 d	0.13 bc	495.6 cd
40	0	871 d	0.07 e	368.9 f
	50	987 bc	0.089 d	392.4 ef
	100	974 bc	0.137 bc	498.3 cd
	150	1054 b	0.14 bc	507.6 cd
80	0	982 bc	0.076 e	376.1 f
	50	1128 b	0.095 d	402.1 ef
	100	1274 a	0.149 ab	524.6 bc
	150	1207 a	0.153 ab	534.2 ab
120	0	852 d	0.08 e	411.5 ef
	50	995 bc	0.097 d	510.7 cd
	100	987 bc	0.16 a	548.3 a
	150	990 bc	0.161 a	552.1 a

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by similar letters are not significantly different (LSD: 0.05).

عملکرد بیولوژیک

اثر متقابل دو عنصر غذایی بر عملکرد بیولوژیک همیشه بهار معنی‌دار شد، به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن به میزان ۵۵۲/۱ گرم بر مترمربع با کاربرد توأم ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم فسفر و نیتروژن به دست آمد. کاربرد توأم فسفر و پتاسیم با مقادیر ۱۲۰ و ۱۰۰ و همچنین، ۸۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اثر مشابهی بر عملکرد بیولوژیک داشت (جدول ۲). سایر محققین نیز گزارش کردند که کاربرد مقادیر مختلف فسفر موجب بهبود بیوماس و مواد موثره اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* Mill) در شرایط هیدروپونیک شده است (Chrysargyris *et al*., 2016).

نتیجه‌گیری

کاربرد پتاسیم بیش از فسفر تغییر شاخص‌های رشد را تحت تأثیر قرار داد و این امر بیانگر آن است که نیاز همیشه بهار در خاک زراعی مورد آزمایش بیش از فسفر است. نتیجه حاصل از داده‌های مربوط به تمایل جذب عنصر نیز این نتیجه را تأیید می‌کند. نتایج نشان داد که کاربرد پتاسیم بیش از فسفر بر عملکرد گلبرگ و دانه اثرگذار است، به‌طوری‌که حتی با کاربرد حداکثر مقدار فسفر عملکرد گلبرگ با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. ولی، استفاده از پتاسیم در پایین‌ترین سطح میزان عملکرد گلبرگ را به بیش از ۴۲ درصد افزایش داد.

References

Bielski, S. and Szwejkowska, B. 2013. Effect of fertilization on the development and yields of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). *Herba Polonica*, 59(2): 5-12.

Borna-Nasrabadi, T. 2005. Effect of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium on fertility (growth, grain yield and amount of active ingredients) of Milk thistle (*Silybum marianum*). MSc. Thesis. Tarbiat Modarres University. (In Persian with English summary).

www.SID.ir

Archive of SID

Chrysargyris, A., Panayiotou, C. and Tzortzakis, N. 2016. Nitrogen and phosphorus levels affected plant growth, essential oil composition and antioxidant status of lavender plant (*Lavandula angustifolia* Mill.). *Industrial Crops and Products*, 83: 577-586.

Everet, P.H. and Subramanya, R. 1983. Pepper production as influenced by plant spacing and nitrogen-potassium rates. *Horticultural Science*, 96: 79-82.

Fathi, G. 1999. Crop growth and nutrition. Jihad-Daneshgahi of Mashhad. P:92. (In Persian).

Hashemabadi, D., Mostofipour, A.A., Berimavandi, A.R., Kaviani, B. and Zarchini, M. 2012. Improvement of the yield and essential oils quantitative in Calendula (*Calendula officinalis* L.) by using different planting arrangement and potassium fertilizer. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 2 (3): 147-154.

Jevdovic, R., Todorovic, G., Kostic, M., Protic, R., Lekic, S., Zivanovic, T. and Secanski, M. 2013. The effects of location and the application of different mineral fertilizers on seed yield and quality of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 18(1): 1-7.

Jones, J.B., Stanley, C.D., Csizinszky, A.A., Kovach, S.P. and McGuire, R.G. 1988. K and N fertilization rated influence susceptibility of trickle- irrigated tomato plants to bacterial spot. *HortScience*, 23(6): 1013-1015.

Karimi, M. and Azizi, M. 1994. Crop growth analysis. Jihad-Daneshgahi of Mashhad. P: 111. (In Persian).

Khold-Barin, B. and Eslamzadeh, T. 2001. Higher plants inorganic nutrition. Shiraz university press. P:490. (In Persian).

Lebaschy, M.H. and Sharifi Ashourabadi, E. 2004. Application of physiological growth indices for suitable harvesting of Hypericum perforatum. *Pajouhesh and Sazandegi,* 65: 65-75. (In Persian).

Malakooti, M. 1999. Comprehensive approaches to diagnosis and Need for optimal use of chemical fertilizers. Tarbiat Modarres University press. P: 113. (In Persian).

Moazzen, Sh., Daneshian, J., Valadabadi, S.A. and Baghdadi, H. 2006. Study of plant population and phosphate fertilization on some agronomic characters and seed and fruit yield of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 22(4):397-409. (In Persian).

Moreira. P.A., Marchetti, M.E., Vieira, M.C., Novelino, J.O., Goncalves, M.C. and Robaina, A.D. 2005. Vegetative development and macronutrients level in calendula (*Calendula officinalis* L.) in response to nitrogen and phosphate fertilization. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 8(1): 18-23.

Pal, P. and Goush, P. 2010. Effect of different sources and levels of potassium on growth, flowering and yield of African marigold. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 1(3): 371-375.

Romli, M., Hariyono, B. and Machfud, M. 2007. Effect of fertilizer N, P and K. on the growth and yield of *Jatropha curcas* L. Proceedings of the Workshop II: Status of Jatropha Plant Technology, Bogor, 30-35.

Shiranirad, A. 2000. Crop physiology. Dibagaran press. Tehran. P:358. (In Persian).

Shomali, R., Abdolzadeh, A., Haddadchi, G.R. and Sadeghipour, H.R. 2007. Effect of different potassium and iron concentration on growth, ion contents and some biochemical parameters in rice (var. Tarem). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 14(5): 64-85.

Thomaz. S., Chambers. P.A., Andrea Pierini, S. and Pereire. G. 2007. Effect of phosphorus and nitrogen amendments on the Growth of *Egeria najas*. *Aquatic Botany*, 86: 191-196.

Vijay. N., Kumar, A. and Bhoite, A. 2009. Influence of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on biochemical contents of *Asparagus recemosus* (Willd.) root tubers. *Research Journal of Environmental Science*, 3(3): 285-291.

Yassen, A.A., Habib, A.M., Zaghloul, S.M. and Khaled, S.M. 2010. Effect of different sources of potassium fertilizers on growth yield, and chemical composition of *Calendula officinalis. Journal of American Science,* 6(12):1044-1048.

Zaman Khan, H., Asghar Malik, M., Farrukh Saleem, M. and Aziz. I. 2004. Effect of different potassium fertilization levels on growth, seed yield and oil contents of Canola (*Brassica napus* L.). *International Journal of Agriculture and Biology,* 6(3): 557-559.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of phosphorus and potassium on the growth and yield of pot marigold (*Calendula officinalis* L.)

Mohammad Sedghi[1*]

[1]Department of Plant Production and Genetics, College of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

*Corresponding Author: M_sedghi@uma.ac.ir

Received: 3 January 2018 Accepted: 2 December 2018 **DOI: 10.22034/csrar.2020.119142**

Abstract

Plant nutrition and reduction of element deficiency is one of the most important affecting factors on plant production. Our knowledge about the effect of nutritional elements on medicinal plants is rare. In order to determining these effects, a factorial experiment as randomized complete block design conducted on research farm of university of Mohaghegh Ardabili. Treatments were four phosphorus fertilizer (P2O5) including 0, 40, 80 and 120 Kg ha^{-1} from the source of ammonium phosphate and four potassium fertilizer (K2O) as 0, 50, 100 and 150 Kg ha^{-1} from the source of potassium nitrate. Results showed that variation in growth indices trend was approximately similar in all potassium and phosphorus levels, but K2O had the major effects on the mean of growth indices. Solely P2O5 at 120 Kg ha^{-1} in different K2O levels had the various trend in relative growth rate in comparison to other treatments. The highest yield of grain and dry flowers was seen in the mixture of 80 and 150 Kg ha^{-1} P2O5 and K2O respectively, but had no significant difference with 80 and 100 Kg ha^{-1}. In conclusion, using of K2O had more great effects on studied traits and effect of P2O5 was negligible.

Key words: Element absorption affinity, Growth indices, Plant nutrition, Yield

www.SID.ir