



Research Article

Vol. 24, No. 1, Spring 2026, p. 133-147

The Effect of Potassium Sulfate Fertilizer and Milk Thistle (*Silybum marianum* L.) Weed Density on Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) YieldM. Mostafaei¹, M. Jami Al-Ahmadi^{1*}, S. V. Eslami¹, M. H. Sayyari Zahan²

1- Department of Plant Production Engineering and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

2- Department of Plant Production Engineering and Genetics, Soil Engineering Sciences, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran

(*- Corresponding author's Email: mjamialahmadi@birjand.ac.ir)

Received: 07 July 2025

Revised: 07 July 2025

Accepted: 12 October 2025

Available Online: 22 October 2025

How to cite this article:Mostafaei, M., Jami Al-Ahmadi, M., Eslami, S. V., & Sayyari Zahan, M. H. (2026). The effect of potassium sulfate fertilizer and milk thistle (*Silybum marianum* L.) weed density on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) yield. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 24(1), 133-147. (In Persian with English abstract)<https://doi.org/10.22067/jcesc.2025.94297.1412>**Introduction**

Given that weeds are opportunistic plants that grow faster than crops and absorb available nutrients more easily and better, and as a result, they are considered strong competitors for crops. Weeds are opportunistic plants that grow faster than crop plants and absorb available nutrients more easily and better, and as a result, they are considered effective competitors of crops. Therefore, balanced use of inputs, especially fertilizers, can play an important role in controlling weeds growth. Hence, the use of nutrients to reduce the effect of competition between weeds and crops has also been considered in various studies. In other words, increasing plant growth through proper nutrition leads to stronger crop plants with more shading, and increases the competitive power of crops in using environmental resources such as water and light, and this leads to their superiority over weeds. There is little information in literatures about competition between safflower and its relative weeds, such as milk thistle. Thus this research was aimed to compare yield and yield components of these plants under different potassium fertilizer and weed densities.

Materials and Methods

To investigate the effect of weed density and amount of potassium fertilizer on growth characteristics and dry matter allocation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under competition with milk thistle (*Silybum marianum* L.), an experiment was conducted in March 2023 at the Research Farm of the Faculty of Agriculture, University of Birjand. The experiment was done as a factorial arrangement based on a randomized complete block design with two treatments and three replications. The experimental factors were different levels of potassium (0, 34, 68, and 136 kg K₂O ha⁻¹, which corresponds to 0, 75, 150, and 300 kg potassium sulfate ha⁻¹) and milk thistle density at four levels (0, 4, 8, and 16 plant m⁻²). At harvest time, yield and yield components of both crop and weed were measured. Finally, statistical analysis of the data was performed using SAS 9.1 and comparison of means was performed based on the FLSD test at 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that with applying 34 and 68 kg K₂O ha⁻¹, safflower yield increased more than that of milk thistle, compared to the control. Further increase in potassium sulfate after that, although it also increased

Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). <https://doi.org/10.22067/jcesc.2025.94297.1412>

safflower yield, was more in favor of milk thistle, which showed a higher percentage increase compared to the control. In both safflower and milk thistle plants, the highest yield was obtained by applying $136 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, so that the grain yield at this potassium level was increased by 124.2 and 141.4 percent for safflower and milk thistle, respectively, compared to the control. The results also showed that increasing potassium application caused a greater increase in the traits of capitulum diameter, number of seeds per capitulum, and seed weight per capitulum of milk thistle than safflower, compared to the control. Furthermore, an increase in weed density led to a drastic reduction in seed and capitula weights and also grain yield of safflower. For example, grain yield of safflower at 16 milk thistle m^{-2} was about 41 percent lower than control (no-weed).

Conclusion

In general, it can be concluded that potassium application at all tested levels increased grain yield and yield components in both safflower and milk thistle, with the highest yield achieved at $136 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$. Safflower consistently outperformed milk thistle across all potassium levels, showing a stronger response to increasing potassium fertilizer. Overall, it seems safflower appears to have a higher ability to absorb potassium at lower levels of potassium fertilizer application than milk thistle, and high potassium application is more beneficial to milk thistle. Therefore, adjusting fertilizer application rates should be considered in fertilizer management in safflower fields.

Keyword: Luxury consumption, Number of capitula, Plant nutrition, Seed weight, Weight of capitula

مقاله پژوهشی

جلد ۲۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۵، ص ۱۴۷-۱۳۳

تأثیر کود پتاسیم سولفات و تراکم علف‌هرز خار مریم (*Silybum marianum* L.) بر عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

مسلم مصطفائی^{۱*}، مجید جامی الاحمدی^{۱*}، سید وحید اسلامی^{۱*}، محمدحسن سیاری زهان^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۲۰

چکیده

مدیریت عناصر غذایی پرمصرف می‌تواند به‌عنوان یک روش محتمل برای رقابت گیاه با علف‌هرز و همچنین مدیریت علف‌های هرز استفاده شود. به همین منظور، جهت بررسی اثر تراکم و مقدار کود پتاسیم بر ویژگی‌های عملکردی و اجزای عملکرد گیاه زراعی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط رقابتی با علف‌هرز خار مریم (*Silybum marianum* L.)، آزمایشی در اسفند ماه ۱۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. عامل‌های آزمایش شامل سطوح مختلف پتاسیم (صفر، ۳۴، ۶۸ و ۱۳۶ کیلوگرم در هکتار پتاسیم سولفات) و تراکم خارمریم در چهار سطح (صفر، ۴، ۸ و ۱۶ بوته در مترمربع) بودند. صفات اندازه‌گیری شده شامل عملکرد دانه، وزن هزار دانه، وزن تک طبق، تعداد دانه در طبق، قطر طبق و تعداد طبق در بوته گلرنگ بودند. گیاه گلرنگ در سطوح کاربرد ۶۸ و ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات نسبت به شاهد عملکرد بهتری را از خارمریم در همین سطوح ثبت کرد، ولی مصرف مقادیر بالاتر پتاسیم سولفات به نفع خارمریم بود؛ به نحوی که اگرچه در هر دو گیاه گلرنگ و خارمریم بالاترین عملکرد در تیمار ۱۳۶ کیلوگرم کاربرد پتاسیم سولفات حاصل شد، ولی افزایش عملکرد دانه این سطح کود نسبت به شاهد برای گلرنگ و خارمریم به ترتیب ۱۲۴/۲ و ۱۴۱/۴ درصد بود. همچنین نتایج نشان دادند که افزایش تراکم خارمریم تا ۱۶ بوته در مترمربع بر عملکرد و اجزای عملکرد هر دو گیاه تأثیر منفی گذاشت. به‌طور کلی، گلرنگ در سطوح کمتر کود پتاسیم از توانایی جذب پتاسیم بالاتری نسبت به علف‌هرز خارمریم برخوردار بود و مصرف مقادیر بیشتر پتاسیم سولفات بیشتر به نفع خارمریم بود، بنابراین تنظیم میزان مصرف کود باید در مدیریت کوددهی در مزارع گلرنگ مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تعداد طبق، تغذیه گیاهی، مصرف لوکس، وزن دانه، وزن طبق

مقدمه

داشته و ایران به‌عنوان یکی از مراکز اولیه پیدایش گلرنگ شناخته شده است (Ghorbanzadeh Taghab & Afzal, 2015). گلرنگ یک گیاه روغنی کم‌توقع و کم‌زهاده است که سازگاری خوبی به شرایط اقلیمی ایران دارد و تحمل آن به تنش خشکی نیز مناسب است (Foladvand et al., 2014). خارمریم یا ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) گیاهی یک‌ساله یا دوساله بومی مناطق مدیترانه‌ای است که امروزه در سراسر جهان رشد نموده و یا مورد کشت قرار می‌گیرد (Abenavoli et al., 2018). همچنین خارمریم یک گیاه دارویی است که به‌عنوان علف‌هرز نیز شناخته می‌شود (Khan et al., 2009).

فعالیت‌های بشر، اثرات مخربی بر محیط زیست گذاشته و ورود گونه‌های گیاهی غیربومی (مهاجم) به مناطق مختلف جهان را تسریع

دانه‌های روغنی از دیرباز بخش مهمی از کشاورزی کشورهای جهان به‌ویژه مشرق زمین را تشکیل داده‌اند (Gupta, 2000). گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان شناخته‌شده توسط انسان است و سالیان درازی است که در خاورمیانه مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. کشت این گیاه در ایران سابقه طولانی

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، علوم مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: mjamialahmadi@birjand.ac.ir)
<https://doi.org/10.22067/jcsc.2025.94297.1412>

علف‌های هرز نشان می‌دهد (Fayaznia et al., 2015). پتاسیم به‌عنوان سومین عنصر غذایی اصلی برای رشد گیاه مطرح بوده و نقش اساسی در فعالیت آنزیم‌ها، سنتز پروتئین‌ها و فتوسنتز ایفا می‌کند (Basak & Biswas, 2009). پتاسیم همچنین سرعت فتوسنتز برگ‌های گیاه، جذب دی‌اکسید کربن و تسهیل انتقال کربن را افزایش می‌دهد که به‌موازات آن عملکرد را در گیاهان افزایش می‌یابد (Sangakkara et al., 2000). مهریا و همکاران (Mehriya et al., 2007)، کاهش عملکرد زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در نتیجه تداخل با علف‌های هرز را گزارش کردند و بیان کردند که این کاهش عملکرد ناشی از افزایش شدت رقابت علف‌های هرز در جذب پتاسیم است. رقابت برای منبع محدود می‌تواند رقابت برای منابع دیگر را تحت تأثیر قرار دهد (Beckie et al., 2008). مطالعات زیادی در مورد گیاهان زراعی عمده و ویژگی‌های مربوط به تأثیر نهاده‌های رایج بر خصوصیات رشدی و عملکردی آن‌ها صورت گرفته است، ولی در مورد علف‌های هرز و نحوه پاسخ آن‌ها در رقابت با گیاه زراعی به‌خصوص در رقابت بین گیاه زراعی گلرنگ و علف‌های هرز مهاجم هم‌خانواده آن همچون خار مریم بر سر منبع پتاسیم هنوز مطالعات کافی صورت نگرفته است و به‌عنوان یک عنصر پرمصرف و مهم در تغذیه گیاهی و مقابله با تنش‌ها نیاز است تا پژوهش‌هایی بیشتری در این خصوص صورت پذیرد و چون اطلاعات در این زمینه بسیار اندک است، لذا هدف از این پژوهش، مقایسه عملکردی دو گیاه گلرنگ و خارمریم تحت غلظت‌های مختلف پتاسیم و تراکم علف هرز بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا انجام شد. میانگین بارش باران در طول دوره رشد گیاه در چهار ماه ۲۵/۸ میلی‌متر در محل پژوهش بود. طرح آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو تیمار و سه تکرار اجرا شد. عامل‌های آزمایش شامل سطوح مختلف پتاسیم خالص (صفر، ۳۴، ۶۸ و ۱۳۶ کیلوگرم اکسید پتاسیم در هکتار معادل صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار) و تراکم خارمریم در چهار سطح (صفر، ۴، ۸ و ۱۶ بوته در مترمربع) در نظر گرفته شد.

برای آماده‌سازی زمین پس از شخم، کلوخه‌ها توسط دیسک نرم شده و در نهایت زمین تسطیح گردید. قبل از کاشت، سه نمونه خاک جداگانه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک از نقاط مختلف محل آزمایش برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و میزان عنصر

کرده است (Shimura et al., 2010). اگرچه تنها تعداد محدودی از این گونه‌ها مهاجم می‌شوند، اما تأثیرات منفی آن‌ها بر جوامع طبیعی و زراعی، سلامت انسان و دام و ویژگی‌های بوم‌نظام قابل توجه است (Kikodze et al., 2010). آگاهی از توانایی رقابتی گونه‌های بومی و مهاجم، ابزاری سودمند برای مدیریت کارآمد این گونه‌ها و دستیابی به مدیریت موفق آن‌ها را فراهم می‌کند (Dukes, 2002). علف‌های هرز مهاجم دارای ویژگی‌هایی هستند که آن‌ها را قادر می‌سازد که به‌سرعت در مناطق جدید پراکنده شده و با گیاهان زراعی، گیاهان بومی یا غیر بومی مطلوب برای نور، آب، عناصر غذایی و فضا رقابت کنند. به‌طور کلی، رقابت توسط متخصصان علف‌های هرز به‌عنوان مبارزه بین یک محصول و یک علف هرز برای یک منبع مشترک که دچار کمبود است، تعریف شده است (Poffenberg et al., 2015). رقابت، فرآیندی است که شناخت آن مستلزم بررسی منابع تعیین‌کننده رشد (نور) یا محدود کننده رشد (آب و عناصر غذایی) در بین گونه‌های رقیب و کارایی آن‌ها در استفاده از این منابع است. گیاهان تحت تأثیر دو نوع رقابت درون گونه‌ای (بین دو گیاه از یک گونه مشابه) و بین گونه‌ای (بین دو گونه متفاوت) قرار دارند (Beres et al., 2010). کنزوئیک و همکاران (Kenzevic et al., 1995) در یک پژوهش مشاهده کردند که میزان کاهش عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) با افزایش تراکم تاج خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus*) از ۵/۰ به ۸ بوته در هر متر از ردیف کاشت از ۵ به ۳۴ درصد افزایش پیدا کرد. در مطالعه دیگری، رقابت تاج خروس عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه ذرت را به‌ترتیب ۴۴/۵ و ۵۸/۱ درصد کاهش داد (Aghaaliikhan et al., 2001).

مدیریت صحیح نهاده‌های کشاورزی از جمله راهکارهای کنترلی علف‌های هرز می‌باشد. با توجه به اینکه علف‌های هرز، گیاهانی فرصت‌طلب هستند که سریع‌تر از گیاهان زراعی رشد می‌کنند و مواد غذایی قابل دسترس را آسان‌تر و بهتر جذب می‌کنند و در نتیجه رقابتی قوی برای گیاه زراعی محسوب می‌شوند، مصرف متعادل نهاده‌ها و به‌خصوص کود می‌تواند نقش مهمی در مهار آن‌ها داشته باشد. امروزه انواع نظام‌های کودی در سیستم‌های کشاورزی دنیا مرسوم است. در برخی از نظام‌های کودی، مقادیر بیشتری کود شیمیایی استفاده می‌شود و در برخی از نظام‌های سازگار با محیط زیست، به‌جای استفاده از کود شیمیایی، از کودهای آلی استفاده می‌شود (Jalilian & Heydarzadeh, 2015). استفاده از عناصر غذایی برای کاهش اثرگذاری رقابت علف‌های هرز با گیاه زراعی نیز در بررسی‌های مختلف مد نظر بوده است. به عبارت دیگر، تقویت گیاه از طریق عناصر مغذی در حد مناسب باعث ایجاد اندام‌ها و بافت‌های مناسب گیاهی شده و توان رقابتی گیاه زراعی را در استفاده از امکانات محیطی مانند آب و نور فراهم می‌کند و برتری خود را نسبت به

تراکم آن ۴۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. کاشت خارمریم به‌طور همزمان با گلرنگ در زمین اصلی انجام و به این صورت که بذور گلرنگ و خارمریم با تراکم‌های تعیین‌شده و در طرفین پشته کشت شدند. تاریخ کاشت در زمان ۱۶ اسفند ماه سال ۱۴۰۱ بود و زمان رشد تا برداشت ۱۳۷ روز طول کشید. روش آبیاری به‌صورت کرتی انجام شد.

پتاسیم برداشت شد (جدول ۱). در هر کرت، پنج ردیف به طول پنج متر با فاصله ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد، به عبارتی ابعاد هر کرت ۱۵ مترمربع بود. فاصله بین کرت‌ها معادل یک متر از یکدیگر و فاصله بین هر بلوک سه متر بود. پس از محاسبه میزان پتاسیم مورد نیاز برای هر سطح، کودهای قبل از کاشت برای هر کرت کاملاً با خاک ناحیه چهار تا پنج سانتی‌متری زیر بذر آمیخته شدند. رقم گلرنگ مورد استفاده در این آزمایش، رقم گلدشت بود و

جدول ۱- مشخصات خاک منطقه مورد آزمایش

Table 1- Characteristics of the soil of the experimental site

پتاسیم قابل جذب	هدایت الکتریکی	رطوبت اشباع	ماده آلی	رس	سیلت	شن	بافت خاک
K_{ava} ($mg\ kg^{-1}$)	EC ($dS\ m^{-1}$)	Saturated moisture (%)	Organic matter	Clay pH	Silt (%)	Sand	Soil texture
170	4.7	31.2	0.38	7.9	14	74	شنی لومی Sandy loam

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین قطر طبق در سطح کاربرد ۱۳۶ کیلوگرم در هکتار پتاسیم سولفات در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد با افزایش ۳۸/۳ درصدی همراه بود. سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم پتاسیم در هکتار نیز به‌ترتیب به‌میزان ۳۳/۱ و ۲۰ درصد افزایش نسبت به شاهد همراه بودند. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد دانه در طبق در تیمار کاربرد ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد ۶۲/۶ درصد افزایش داشت. در شرایط کاربرد ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار نیز به‌ترتیب افزایش ۳۸/۱ و ۲۱/۸ درصدی نسبت به شرایط عدم کاربرد مشاهده شد (جدول ۳).

بیشترین تعداد طبق در گیاه گلرنگ نیز در تیمار کاربرد ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد به‌میزان ۱۳۶ درصد افزایش نشان داد. سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم کاربرد پتاسیم سولفات نیز نسبت به شاهد به‌ترتیب به‌میزان ۱۳۳/۶ و ۴۹ درصد با افزایش همراه بودند (جدول ۳). کاربرد ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار همچنین موجب بیشترین وزن دانه در طبق شد که نسبت به سطح شاهد به‌میزان ۶۹/۶ درصد افزایش همراه بود. تیمارهای ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار، وزن دانه در طبق را به‌ترتیب ۵۹/۱ و ۳۷/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۳). در موافقت با این نتایج، دیده شده است که در گیاه گلرنگ، کاهش قطر طبق در تیمار عدم مصرف پتاسیم نسبت به تیمارهای مصرف کود قابل توجه بوده است، به‌طوری‌که کاهش قطر طبق در تیمار ۳۷ کیلوگرم کاربرد پتاسیم سولفات نسبت به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار ۳۱ درصد و نسبت به تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار با ۲۰ درصد کاهش همراه بود (Palizdar et al., 2013). محققان گزارش کردند که تعداد دانه در طبق در گلرنگ رقم گلدشت

صفات عملکرد و اجزای عملکرد گیاه زراعی شامل قطر طبق، تعداد دانه در طبق، تعداد طبق، وزن تک طبق، وزن دانه در طبق و وزن هزار دانه بودند که همگی از سه بوته در کرت اندازه‌گیری شدند. همچنین صفات مورد بررسی علف‌هرز شامل عملکرد و اجزای عملکرد شامل قطر طبق، وزن طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه نیز همانند گلرنگ یادداشت‌برداری و اندازه‌گیری شدند. به‌منظور تعیین عملکرد دانه هر دو گیاه پس از رسیدگی کامل (زمانی که ۵۰ درصد بذور هر گیاه به رسیدگی فیزیولوژیک رسیدند)، تمامی بوته‌های سطحی معادل دو مترمربع از هر کرت برداشت شد و پس از انجام بوجاری، عملکرد هر کرت جداگانه اندازه‌گیری شد. وزن هزار دانه نیز با توزین ۱۰۰۰ دانه براساس رطوبت ۱۴ درصد تعیین شد. در پایان، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به کمک نرم‌افزارهای SAS 9.1 و Sigmaplot و مقایسه میانگین‌ها نیز براساس آزمون LSD حفاظت‌شده در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

الف) گیاه گلرنگ

نتایج نشان داد که پتاسیم اثر معنی‌داری بر همه صفات داشت ($P < 0.01$) و اثر اصلی تراکم علف‌هرز بر وزن تک طبق و عملکرد دانه ($P < 0.01$) و وزن هزاردانه ($P < 0.05$) معنی‌دار شد. اثر متقابل تیمارها بر هیچ صفتی معنی‌دار نگردید (جدول ۲).

قطر طبق، تعداد طبق، تعداد دانه در طبق و وزن دانه در طبق

تحت تأثیر سطوح کود پتاسیم قرار گرفت و افزایش کاربرد پتاسیم موجب افزایش تعداد دانه در طبق گردید (Vafaie et al., 2013). گزارش شده است که کاربرد سطح ۳۴ کیلوگرم کود پتاسیم سولفات در هکتار موجب بالاترین تعداد دانه در بوته به مقدار ۳۴۳/۶ عدد در رقم گلدشت گردید و کمترین میانگین تعداد دانه در بوته در سطح شاهد و عدم کاربرد کود به دست آمد (Araghinejad et al., 2016). پتاسیم، سرعت فتوسنتز برگ‌های گیاه، جذب

دی‌اکسیدکربن و تسهیل انتقال کربن را افزایش می‌دهد (Sangakkara et al., 2000). ساوان و همکاران (Sawan et al., 2006) نشان دادند که کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار عملکرد دانه پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) را به‌طور معنی‌داری به میزان ۳۰ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد. آن‌ها این افزایش را به‌واسطه تأثیر مطلوب پتاسیم بر اجزای عملکرد مانند تعداد غوزه در بوته و وزن غوزه دانستند.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی گیاه گلرنگ در شرایط رقابتی با علف‌هرز خارمریم

Table 2- Results of analysis of variance of measured traits of safflower in competition with milk thistle

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر طبق	تعداد دانه در طبق	تعداد طبق	وزن تک طبق	وزن دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
S.O.V	df	Diameter of the capitula	Number of seeds per capitula	Number of capitula	Weight capitula	Grain weight per capitula	Weight of 1000-seeds	Seed yield
بلوک	2	0.08 ^{ns}	2.01 ^{ns}	0.59 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.04 ^{ns}	192.6 ^{ns}	646455.4 ^{ns}
پتاسیم	3	1.44 ^{**}	823.2 ^{**}	751.4 ^{**}	17.63 ^{**}	1.02 ^{**}	1815.6 ^{**}	8941062.5 ^{**}
تراکم علف‌هرز	3	0.06 ^{ns}	9.09 ^{ns}	0.81 ^{ns}	0.66 ^{**}	0.06 ^{ns}	328.3 [*]	4190678.7 ^{**}
پتاسیم × تراکم	9	0.05 ^{ns}	12.55 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.075 ^{ns}	0.017 ^{ns}	159.8 ^{ns}	376189.8 ^{ns}
خطا	30	0.08	21.78	1	0.076	0.03	81.3	407000.2
ضرب تغییرات		11.5	11.4	7.5	10.1	12.8	19.4	25.8
CV (%)								

ns: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

**, * and ns: indicates significant at 0.01 and 0.05 probability level and non-significant, respectively

وزن تک طبق

مقایسه میانگین داده‌های اثر ساده سطوح پتاسیم سولفات نشان داد که بالاترین وزن تک طبق گلرنگ نیز در تیمار کاربرد ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد به میزان ۲۱۶ درصد افزایش نشان داد. سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار نیز به ترتیب با ۱۸۲ و ۸۶ درصد افزایش نسبت به شاهد همراه بودند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین سطوح تراکم علف‌هرز بر وزن تک طبق گیاه گلرنگ نشان داد که بیشترین وزن طبق در تیمار بدون تراکم علف‌هرز به دست آمد. افزایش تراکم از صفر به ۴ و ۸ و ۱۶ بوته در مترمربع موجب کاهش وزن طبق گردید، به نحوی که نسبت به سطح شاهد و عدم وجود علف‌هرز به ترتیب با ۸/۸ و ۱۰/۵ و ۱۸/۸ درصد کاهش وزن همراه بودند (شکل ۱). با توجه به نقش اساسی پتاسیم در افزایش سرعت فتوسنتز، جذب دی‌اکسیدکربن و تسهیل در فرآیند انتقال کربن از منابع به مخازن (Sangakkara et al., 2000)، انتظار می‌رود که کاربرد آن سبب افزایش اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد دانه شود. در پژوهشی روی گیاه گلرنگ تحت رقابت با علف‌هرز خردل

(*Sinapis arvensis* L.) تراکم‌های صفر، ۱۴، ۲۸ و ۵۶ بوته در مترمربع بیان شد که بیشترین وزن تک طبق گلرنگ از تراکم ۱۴ بوته خردل وحشی در مترمربع با ۲/۱۷ گرم و کمترین وزن تک طبق با ۱/۸۹ گرم از تیمار شاهد تراکم علف‌هرز حاصل گردید (Khosravi et al., 2024).

وزن هزار دانه

مقایسه میانگین داده‌های اثر ساده سطوح کاربرد پتاسیم سولفات نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد با ۸۷/۱ درصد افزایش همراه بود. سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم پتاسیم سولفات نیز به ترتیب سبب افزایش ۸۴ و ۴۴/۶ درصدی وزن هزاردانه نسبت به شاهد عدم کاربرد شدند (جدول ۳). پژوهشگران گزارش کردند که رشد بیشتر حاصل از افزایش مصرف کود موجب تولید ماده خشک بیشتر در دانه شده که در واقع، وزن هزار دانه افزایش می‌یابد (Balloei et al., 2009).

جدول ۳- اثر ساده سطوح مختلف کاربرد پتاسیم بر برخی صفات اندازه‌گیری شده گیاه گلرنگ

Table 3- Simple effects of different levels of potassium application on some measured traits of safflower

عملکرد دانه Seed yield	وزن هزار دانه Weight of one 1000-seeds	وزن دانه در طبق Grain weight per capitula	وزن تک طبق Capitula weight	تعداد طبق Capitula No.	تعداد دانه در طبق Seeds per capitula	قطر طبق Capitula diameter	سطوح پتاسیم Potassium
(kg ha ⁻¹)	(g)	(g)	(g)			(cm)	(kg K ₂ O ha ⁻¹)
1521.5 ^b	30.13 ^c	0.94 ^c	1.24 ^d	6.02 ^d	31.36 ^d	2.03 ^{c*}	0
1994.8 ^b	43.6 ^b	1.3 ^b	2.3 ^c	9.01 ^c	38.22 ^c	2.43 ^b	34
2943.7 ^a	55.6 ^a	1.5 ^a	3.5 ^b	14.1 ^b	43.3 ^b	2.7 ^a	68
3410.9 ^a	56.4 ^a	1.6 ^a	3.9 ^a	24.1 ^a	50.9 ^a	2.81 ^a	136

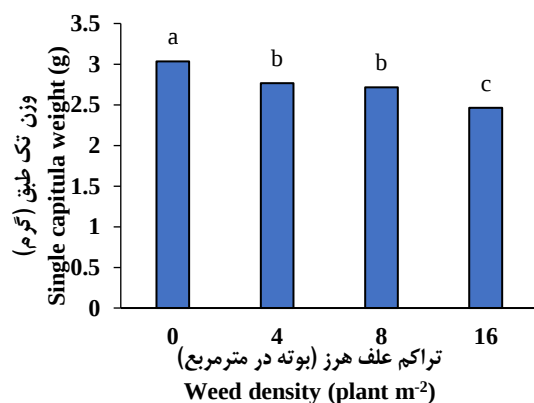
* حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD حفاظت‌شده در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد

* Similar letters indicate no significant difference based on the protected LSD test at the 5% probability level.

همراه بودند (شکل ۲). نتایج آزمایش نشان داد که در تراکم‌های کمتر علف‌هرز، رقابت درون و برون بوته‌ای در حداقل مقدار خود بوده و بوته‌های گلرنگ به دلیل حداقل اثرات تداخلی و رقابتی، بیشترین تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه را تولید کردند. پژوهشگران بیان کردند که در تراکم‌های پایین بوته علف‌هرز به دلیل کاهش رقابت بر سر جذب عناصر غذایی، گیاه زراعی جذب و رشد بالاتری داشته و در نهایت منجر به افزایش اجزای عملکرد می‌شود (Arduini et al., 2006). همچنین محمدی و امیری (Mohammadi & Amiri, 2011) در پژوهشی بیان کردند که حضور علف‌های هرز، وزن ۱۰۰ دانه سویا (*Glycine max* L.) را حدود ۲۵/۹۰ درصد نسبت به شاهد عاری از علف‌های هرز کاهش داد.

پتاسیم در بیشتر فرآیندهای مربوط به فعالیت آنزیم‌ها، فتوسنتز، انتقال قندها، سنتز پروتئین، نشاسته، استقرار بهتر گیاه در شرایط تنش رطوبتی به وسیله تنظیم سرعت و میزان باز و بسته شدن روزنه‌ها، بهبود مقاومت به ورس و حمله آفات و بیماری‌ها نقش اساسی دارد (Hoef et al., 2000) که از این طریق، اثر مستقیم بر میزان دانه تولیدی در هر گیاه دارد. پتاسیم به انتقال اسیدهای آمینه نیز کمک کرده و باعث افزایش وزن دانه گیاه می‌شود (Mengel., 1980).

مقایسه میانگین اثر ساده سطوح تراکم علف‌هرز خارمریم بر وزن هزار دانه نشان داد که بیشترین وزن در تیمار بدون علف‌هرز حاصل شده و با افزایش تراکم بوته به ۴، ۸ و ۱۶ بوته در مترمربع، وزن هزار دانه به ترتیب با ۹/۴، ۱۷/۲ و ۲۲/۷ درصد کاهش نسبت به شاهد

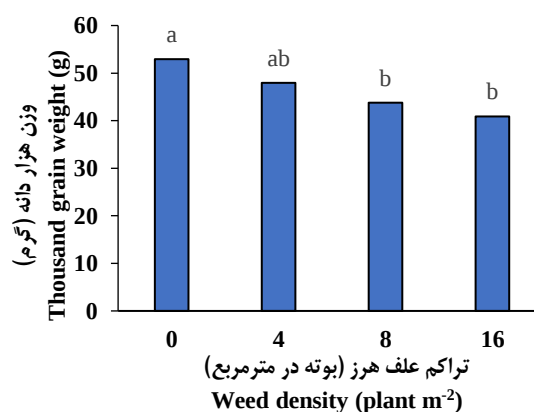


شکل ۱- اثر ساده سطوح تراکم بوته علف‌هرز خارمریم بر وزن تک طبق گیاه گلرنگ

Figure 1- Simple effect of different densities of milk thistle on capitula weight of safflower

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Similar letters indicate no significant difference at the 5% probability level.



شکل ۲- اثر ساده تراکم علف‌هرز خارمریم بر وزن هزار دانه گیاه گلرنگ

Figure 2- Simple effect of different densities of milk thistle on 1000-seeds weight of safflower

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

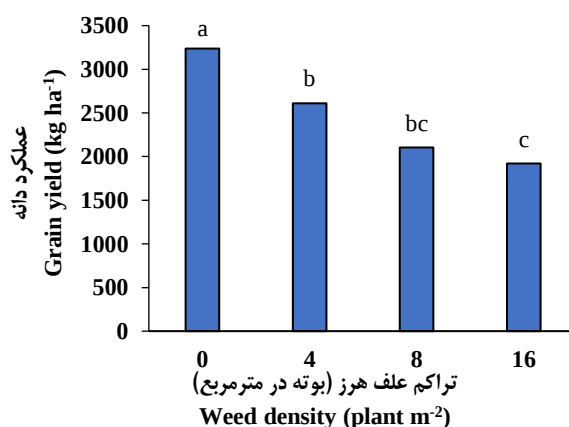
Similar letters indicate no significant difference at the 5% probability level.

عملکرد دانه

مقایسه میانگین‌های اثر ساده تیمار پتاسیم سولفات نشان داد که بیشترین عملکرد دانه گلرنگ با کاربرد ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات حاصل شد که نسبت به شاهد به‌میزان ۱۲۴/۲ درصد با افزایش همراه بود. پس از آن، سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم کاربرد پتاسیم سولفات عملکرد دانه را به‌ترتیب به‌میزان ۹۳/۵ و ۳۱/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند و تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۶۸ و ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات از لحاظ عملکرد دانه مشاهده نشد. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که این افزایش عملکرد در سطوح کودی حاصل از تعداد طبق و وزن طبق بیشتر در بوته بود که نسبت به سایر اجزای عملکرد درصد بالاتری را نسبت به شاهد نشان داد که به‌موجب آن تعداد دانه در بوته افزایش یافته و در نهایت موجب افزایش عملکرد گردید (جدول ۳). مصرف پتاسیم با تقویت سیستم ریشه، بهبود جذب آب و مواد مغذی، افزایش فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها منجر به افزایش عملکرد و محصول‌دهی در گیاه می‌شود که در همین خصوص، پژوهشگران نیز در مورد گلرنگ گزارش کردند که افزایش مصرف پتاسیم با افزایش عملکرد دانه گلرنگ همراه بوده است. (Palizdar et al., 2013). نتایج ما همچنین با پژوهش‌های محققان دیگر نیز مطابقت داشت (Abadi et al., 2008; Gerendas et al., 2008). این پژوهشگران گزارش کردند که با افزایش مصرف کود پتاسیم، عملکرد دانه گلرنگ افزایش معنی‌داری را نشان داد و پتاسیم جذب‌شده توسط گلرنگ به‌طور بسیار مؤثری برای افزایش عملکرد دانه این گیاه استفاده شده است. اثر کاربرد پتاسیم بر افزایش معنی‌دار عملکرد ماده خشک و دانه برنج (*Oryza sativa*)

(L.)، سویا و کلزا (*Brassica napus* L.) نیز گزارش شده است (Brohi et al., 2000; Fnayy et al., 2009).

محققان بیان نمودند که استفاده از پتاسیم در افزایش عملکرد محصولات گیاهی، به‌خصوص محصولات دانه روغنی مؤثر است (Jianwei et al., 2007). افزایش تراکم علف‌هرز خارمریم موجب کاهش عملکرد دانه گلرنگ گردید، به‌طوری‌که با افزایش تراکم بوته به ۴، ۸ و ۱۶ بوته در مترمربع، عملکرد به‌ترتیب ۱۹/۴، ۳۵/۱ و ۴۰/۷ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (شکل ۳). پژوهشگران گزارش کردند که میزان تداخل گیاه زراعی و علف‌هرز رابطه مستقیمی با تراکم علف‌هرز دارد (Shafagh-Kolvanagh et al., 2009). بنابراین یکی دیگر از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر گیاهان، رقابت با گیاه مجاور بر سر منابع است که ممکن است تأثیرگذاری این رقابت به حدی باشد که شکل و اندازه گیاه به‌طور قابل ملاحظه‌ای تغییر نماید و در نهایت موجب کاهش عملکرد گیاه زراعی گردد (Anim & Limbani, 2007). رقابت در جوامع گیاهی، زمانی رخ می‌دهد که دو یا چند گیاه که در جست‌وجوی منبع مشترک (مواد معدنی، آب و نور) و در محیطی محدود قرار گرفته باشند و به رقابت بپردازند که طبیعتاً موجب کاهش عملکرد می‌گردد (Anim & Limbani, 2007). به‌طوری‌که در شرایط حضور کافی عناصر غذایی مورد نیاز در خاک و با پیشرفت فصل رشد، رقابت برای جذب مواد غذایی اساسی‌ترین شکل رقابت بین گیاهان زراعی و همچنین گیاه زراعی با علف‌هرز محسوب می‌شود (Shafagh-Kolvanagh et al., 2009).



شکل ۳- اثر ساده سطوح تراکم بوته علف هرز خارمریم بر عملکرد دانه گیاه گلرنگ

Figure 3- Simple effect of milk thistle density levels on seed yield of safflower

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Similar letters indicate no significant difference at the 5% probability level.

ب) گیاه خار مریم

همه صفات تحت تأثیر معنی‌دار پتاسیم در سطح ($P < 0.01$) قرار گرفتند، اثر تراکم علف‌هرز نیز بر همه صفات به‌جز قطر و تعداد دانه در طبق در سطح ($P < 0.01$) و بر عملکرد دانه در سطح ($P < 0.05$) معنی‌دار بودند. اثر متقابل تیمارها بر صفات وزن دانه در طبق (در سطح $P < 0.01$) و وزن تک طبق ($P < 0.05$) معنی‌دار بودند (جدول ۴).

تراکم علف‌هرز از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی است که بخشی از افت عملکرد گیاهان زراعی را شامل می‌شود که توسط پژوهشگران بیان شد (Blackshaw, 2001). خسروی و همکاران (Khosravi et al., 2024) در پژوهشی روی گیاه گل‌رنج در رقابت با علف‌هرز خردل با تراکم‌های صفر، ۱۴، ۲۸ و ۵۶ بوته در مترمربع بیان کردند که با افزایش تراکم خردل وحشی، وزن اجزای عملکرد شامل وزن غلاف، تعداد غلاف، و وزن بذر در بوته خردل وحشی کاهش یافت.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس صفات عملکرد و اجزای عملکرد خار مریم در رقابت با گیاه زراعی گل‌رنج

Table 4- Results of analysis of variance of yield and yield components of milk thistle in competition with safflower crop plants

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	قطر طبق Diameter of the capitula	تعداد دانه در طبق Number of seeds per capitula	وزن تک طبق Weight capitula	وزن دانه در طبق Grain weight per capitula	وزن هزار دانه Weight of 1000-seeds	عملکرد دانه Seed yield
بلوک Block	2	0.8 ^{ns}	53.3 ^{ns}	0.5**	0.01 ^{ns}	8.2 ^{ns}	5119.4 ^{ns}
پتاسیم Potassium (P)	3	5.7**	3488.2**	10.8**	2.9**	70.9**	592218.8**
تراکم علف‌هرز Weed density (D)	2	0.2 ^{ns}	49.7 ^{ns}	1.6**	0.5**	106.9**	27254.9*
پتاسیم × تراکم P × D	6	0.2 ^{ns}	1.5 ^{ns}	0.3*	0.09**	33.7 ^{ns}	1548.4 ^{ns}
خطا Error	22	0.4	26.9	0.08	0.02	14.2	7029.4
ضریب تغییرات CV (%)		17.1	8.8	9.6	8.2	14.2	12.3

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

ns, * and **: indicates significant at 0.01 and 0.05 probability level and non-significant, respectively

وزن هزار دانه

نتایج مقایسه میانگین اثر ساده کاربرد پتاسیم سولفات بر وزن هزار دانه خار مریم نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار ۱۳۶ کیلوگرم کاربرد پتاسیم سولفات حاصل شد که نسبت به شاهد با ۲۳/۷ درصد افزایش همراه بود. وزن هزار دانه در سطح کاربرد ۶۸ کیلوگرم پتاسیم سولفات تفاوت معنی‌داری با سطح ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار نداشت، ولی ۲۲/۵ درصد بیشتر از سطح شاهد بود. تیمار ۳۴ کیلوگرم کاربرد پتاسیم سولفات نیز تفاوت معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان نداد (جدول ۵).

نتایج مقایسه اثر ساده تراکم بوته بر وزن هزار دانه نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در تراکم چهار بوته در مترمربع حاصل شد و افزایش تراکم بوته خار مریم موجب کاهش وزن هزار دانه آن گردید،

به‌نحوی که افزایش تراکم بوته از چهار به هشت بوته در مترمربع با کاهش ناچیز ۷/۲ درصدی همراه بود که تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد، ولی با افزایش تراکم از ۴ به ۱۶ بوته، وزن دانه به‌طور معنی‌داری به میزان ۲۰/۳ درصد کاهش نشان داد (جدول ۶). وزن هزار دانه یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد محسوب شده و بالا بودن وزن هزار دانه باعث افزایش عملکرد می‌گردد. با توجه به نقش پتاسیم در افزایش تقسیم و رشد سلولی و افزایش در سرعت فتوسنتز و انتقال مواد آسمیلاتی، محدودیت مخزن تا حدودی از بین رفته و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها باعث پر شدن دانه و افزایش ابعاد دانه گشته و به تبع آن وزن هزار دانه افزایش می‌یابد (Khaladabrin & Islamzadeh, 2005). پتاسیم با اینکه در ساختمان هیچ‌کدام از ترکیبات مهم گیاهی مانند پروتئین‌ها، چربی‌ها و قندها شرکت ندارد،

سطح به علت تشدید رقابت درون و برون گونه‌ای در اثر کمبود مواد غذایی و عوامل محیطی مثل نور، آب و عناصر غذایی در محیط اطراف ریشه احتمالاً وزن هزار دانه کاهش یافته است. در پژوهشی روی اثر تراکم بوته گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd. ر صفت هزار دانه بیان شد که افزایش تراکم بوته از ۸۰ به ۱۰۰ و ۱۲۰ بوته موجب کاهش وزن هزار دانه گردید که حاصل رقابت بین بوته‌ها برای جذب مواد غذایی و نور بود (Mostafaei et al., 2023).

اما به عنوان مهم‌ترین فعال کننده آنزیم‌های احیا کننده گاز کربنیک نقش ایفا می‌کند، به همین دلیل کمبود آن باعث کاهش سوخت و ساز گیاه شده و منجر به کاهش رشد می‌شود. یون پتاسیم در بهبود تجمع ماده خشک در گیاه بسیار تأثیرگذار بوده که این افزایش تجمع ماده خشک در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد (Sangakkara et al., 2001). به نظر می‌رسد که با افزایش تراکم در واحد سطح، تعداد دانه در واحد سطح افزایش می‌یابد و در نتیجه قابلیت دسترسی به مواد فتوسنتزی برای هر دانه کمتر شده که همین امر منجر به کاهش وزن دانه می‌گردد. همچنین با افزایش تراکم بوته در واحد

جدول ۵- اثر ساده سطوح مختلف پتاسیم بر برخی از صفات اندازه‌گیری شده گیاه خارمریم
Table 5- Simple effect of different levels of potassium on some measured traits of milk thistle

سطوح پتاسیم Potassium (kg K ₂ O ha ⁻¹)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)	وزن هزار دانه Weight of one thousand seeds (g)	قطر طبق Diameter of the capitula (cm)	تعداد دانه در طبق Number of seeds per capitula	وزن تک طبق Weight capitula (g)	وزن دانه در طبق Grain weight per capitula (g)
0	416.7 ^{d*}	23.4 ^b	2.8 ^c	36.5 ^d	1.8 ^d	0.9 ^d
34	551.6 ^c	24.8 ^b	3.2 ^c	49.6 ^c	2.4 ^c	1.4 ^c
68	752.4 ^b	28.7 ^a	3.9 ^b	66.9 ^b	3.5 ^b	1.9 ^b
136	1006.2 ^a	29.02 ^a	4.6 ^a	81.5 ^a	4.3 ^a	2.3 ^a

* حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD حفاظت‌شده در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد

* Similar letters indicate no significant difference based on the protected LSD test at the 5% probability level.

۶۸ و ۳۴ کیلوگرم نیز به ترتیب ۸۳/۳ و ۳۵/۷ درصد، تعداد دانه در طبق را نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۵). تعداد دانه از اجزای مهم و مؤثر در عملکرد می‌باشد. عامل ایجاد تغییرات در تعداد دانه در هر طبق، تعداد بالقوه گل‌ها است که در طول دوره رشد رویشی گیاه به خصوص توسط گسترش برگی تعیین می‌شود (Kouchaki et al., 1993; Brown, 1977). افزایش تعداد دانه‌ها با مصرف پتاسیم را می‌توان به دلیل نقش پتاسیم در افزایش تولید کربوهیدرات‌ها و انتقال سریع آن‌ها به دانه توجیه کرد (Marschner, 1995).

قطر و تعداد دانه در طبق

مقایسه میانگین داده‌های اثر ساده پتاسیم نشان داد که بیشترین قطر طبق با کاربرد تیمار ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار حاصل شد که نسبت به سطح شاهد با ۶۵/۲ درصد افزایش همراه بود. پس از آن، سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم نیز به ترتیب موجب ۳۷/۵ و ۱۵/۸ درصد افزایش در قطر طبق نسبت به شاهد شدند (جدول ۵). بیشترین تعداد دانه در طبق نیز در تیمار کاربرد ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات با ۱۲۳ درصد افزایش نسبت به شاهد حاصل شد. تیمارهای

جدول ۶- اثر ساده سطوح مختلف تراکم بوته خارمریم بر برخی از صفات اندازه‌گیری شده عملکرد و اجزای عملکرد آن
Table 6- Simple effect of different levels of milk thistle density on its some measured traits

تراکم خارمریم Milk thistle (pl m ⁻²)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)	وزن هزار دانه Weight of one thousand seeds	وزن تک طبق Weight capitula (g)	وزن دانه در طبق Grain weight per capitula
4	724 ^a	29.2 ^a	3.41 ^a	1.83a
8	691 ^{ab}	27.1 ^a	3.01 ^b	1.66 ^b
16	630.1 ^b	23.3 ^b	2.69 ^c	1.42 ^c

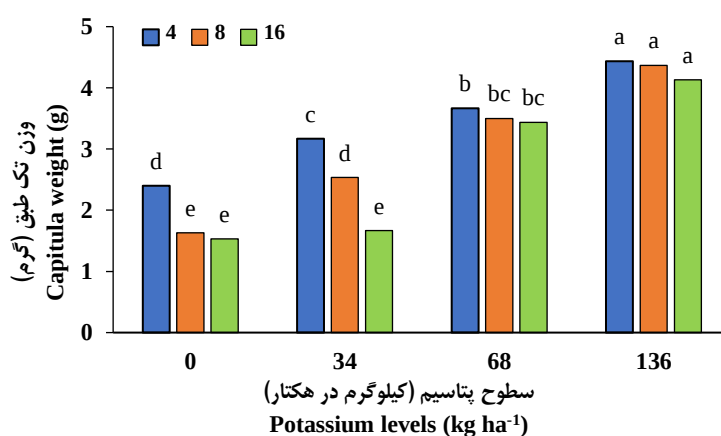
* حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD حفاظت‌شده در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد

* Similar letters indicate no significant difference based on the protected LSD test at the 5% probability level.

وزن طبق

مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل تیمارهای پتاسیم سولفات و تراکم علف‌هرز نشان داد که بیشترین وزن طبق در ترکیب تیماری ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات و تراکم چهار بوته خارمریم در مترمربع حاصل شد که نسبت به سطح بدون کاربرد پتاسیم سولفات در همین تراکم با افزایش به میزان ۸۴/۷ درصد همراه بود. سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار در همین تراکم چهار بوته در مترمربع به ترتیب ۵۲/۷ و ۳۱/۹ درصد وزن طبق را نسبت به عدم کاربرد پتاسیم در تراکم چهار بوته افزایش دادند. اگرچه افزایش تراکم خارمریم در تیمار ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات موجب کاهش وزن طبق گردید، ولی نسبت به سطوح دیگر کاربرد پتاسیم سولفات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. هرچند در تیمار ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم کاربرد پتاسیم سولفات تفاوت بیشتری نسبت به سطح ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات در بین تراکم‌های علف‌هرز ایجاد کرد، به‌طوری‌که در ترکیب کاربرد ۶۸ کیلوگرم پتاسیم سولفات و تراکم چهار بوته، وزن تک طبق ۳/۷ گرم بود، ولی افزایش تراکم به ۸ و ۱۶ بوته در همین سطح پتاسیم سولفات به ترتیب موجب ۴/۵ و ۶/۴ درصد کاهش وزن طبق نسبت به تراکم چهار بوته شد. در سطح ۳۴ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار نیز بالاترین وزن تک طبق در تراکم چهار بوته حاصل شد و

افزایش تراکم به ۸ و ۱۶ بوته در همین سطح پتاسیم سولفات به ترتیب با ۲۰ و ۴۷/۴ درصد کاهش وزن طبق نسبت به تراکم چهار بوته در هکتار همراه بودند. در شرایط عدم کاربرد پتاسیم سولفات نیز بالاترین وزن تک طبق در تراکم چهار بوته حاصل شد و افزایش تراکم بوته به ۸ و ۱۶ بوته به ترتیب موجب کاهش ۳۱/۹ و ۳۶/۱ درصدی کاهش وزن طبق شدند. به‌طورکلی، نتایج نشان دادند که با افزایش کاربرد پتاسیم سولفات به ۱۳۶ کیلوگرم در هکتار، تفاوت بین تراکم‌های علف‌هرز از نظر وزن تک طبق از بین رفت. این نتایج نشان می‌دهد که افزایش سطوح پتاسیم سولفات، رقابت بین بوته‌ها را کاهش داده و منحصراً به افزایش تقریباً برابر وزن طبق در بین تراکم‌ها منجر شده است (شکل ۴). مطالعات مختلف پژوهشگران نشان می‌دهد که وجود مقادیر مناسب پتاسیم می‌تواند در گیاه سبب ایجاد تعادل در پتانسیل آبی و افزایش ساخت ترکیبات آلی شود که در نتیجه وزن تر و خشک بیشتر می‌شود (Hussein et al., 2008). بررسی پژوهش‌ها نشان داد که کاربرد ۱۴۰ کیلوگرم پتاسیم سولفات در لوبیای چشم‌بلیلی (*Vigna unguiculata*) باعث افزایش وزن هزار دانه، اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد دانه می‌شود که با نتایج ما در این گیاه مطابقت دارد (Mansourian & Shokoohifar, 2015).



شکل ۴- اثر متقابل سطوح مختلف کود پتاسیم و تراکم خارمریم بر وزن تک طبق

Figure 4- Interaction effect of different levels of potassium fertilizer and milk thistle density on its capitula weight

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Similar letters indicate no significant difference at the 5% probability level.

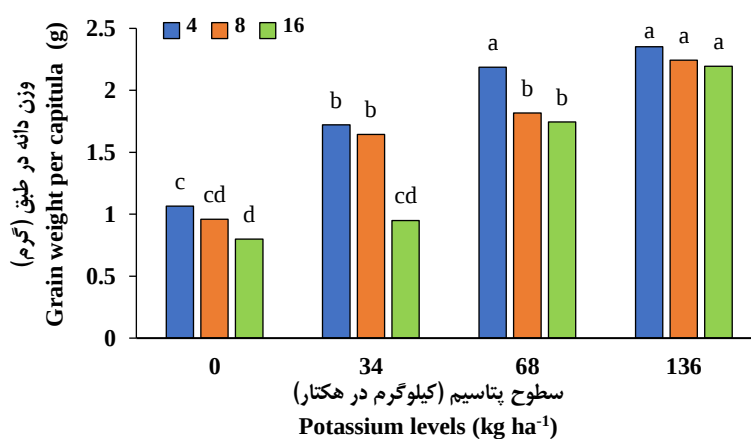
وزن دانه در طبق

مقایسه داده‌های اثر متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین وزن دانه در ترکیب تیماری کاربرد ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات و تراکم چهار بوته در مترمربع حاصل شد که نسبت به سطح عدم کاربرد پتاسیم سولفات در همین تراکم بوته به میزان ۱۲۰/۷ درصد با افزایش

همراه بود. به‌طورکلی، نتایج نشان دادند که در همه سطوح کاربرد پتاسیم سولفات، افزایش تراکم بوته موجب کاهش وزن دانه در طبق گردید، هرچند در تیمار ۱۳۶ کیلوگرم کاربرد پتاسیم سولفات تفاوت معنی‌داری بین سطوح تراکمی اختلاف به دست نیامد و وزن دانه در طبق در تراکم‌های ۸ و ۱۶ بوته تنها به ترتیب با ۴/۵ و ۶/۷ درصد کاهش نسبت به تراکم چهار بوته همراه بود. این درحالی است که در

به تراکم‌های ۸ و ۴ بوته همین سطح پتاسیم سولفات حاصل شد (شکل ۵). پتاسیم منجر به افزایش کارایی مصرف آب، بهبود شرایط رشد گیاه، تقسیم سلولی، ساخت هیدروکربن‌ها و پروتئین‌ها و انتقال سریع آن به طرف دانه می‌شود (Marschner, 1995; Daneshian et al., 2006). لذا افزایش وزن دانه‌ها با افزایش میزان پتاسیم قابل توجیه است. در تراکم بالای علف‌هرز، مواد غذایی اضافه‌شده، بیشتر مورد استفاده علف‌های هرز قرار می‌گیرد. بنابراین علف‌های هرز به مقادیر مختلف عناصر غذایی واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند (Barker et al., 2006; Hooker et al., 2008).

سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم و همچنین عدم کاربرد پتاسیم سولفات، با افزایش تراکم بوته اختلاف بیشتری در وزن دانه در طبق مشاهده شد، به‌طوری‌که در سطح ۶۸ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار، افزایش تراکم بوته از ۴ به ۸ و ۱۶ بوته به‌ترتیب با ۱۶/۹ و ۲۰/۲ درصد کاهش وزن دانه همراه بود. میزان کاهش وزن دانه در طبق با افزایش تراکم از ۴ به ۸ و ۱۶ بوته در مترمربع در سطح ۳۴ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار به‌ترتیب ۴/۶ و ۴۴/۸ درصد و در شرایط عدم کاربرد پتاسیم سولفات نیز به‌ترتیب ۱۰ و ۲۴/۸ درصد بود. در نهایت، بیشترین اختلاف وزن دانه در طبق در ترکیب تیماری سطح ۳۴ کیلوگرم در هکتار پتاسیم سولفات و تراکم ۱۶ بوته در مترمربع نسبت



شکل ۵- اثر متقابل سطوح کود پتاسیم سولفات و تراکم علف هرز بر وزن دانه در طبق گیاه خارمریم

Figure 5- Interaction effect of potassium sulfate fertilizer levels and weed density on seed weight capitula in thistle maryam plant

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Similar letters indicate no significant difference at the 5% probability level.

و نیز رقابت بین بوته‌ای برای مواد غذایی در تراکم‌های فشرده می‌باشد که منجر به کاهش تعداد شاخه جانبی و تعداد طبق در بوته و در نهایت تعداد دانه در طبق گردید که همه این عوامل موجب کاهش عملکرد گردید. با افزایش تراکم رقابت، درون گونه‌ای شده و سهم هر بوته از منابع کم می‌شود که در نهایت موجب کاهش عملکرد دانه در تک بوته می‌گردد که پژوهشگران دیگر نیز این نکته را بیان نموده‌اند (Mohammadi et al., 2012). تولید ماده خشک در گیاه در ابتدا تابع مستقیمی از تراکم گیاهی است، ولی در طول فصل رشد این رابطه به‌شکل سهمی در می‌آید. پژوهشگران دریافته‌اند که در تراکم‌های بالا رقابت درون گونه‌ای بین بوته، میزان ماده خشک را تعیین می‌کند (Sarmadnia & Kouchaki, 1989). با کاهش تراکم بوته در واحد سطح، تعداد شاخه جانبی افزایش داشته و لذا همین امر موجب افزایش عملکرد گردید که با نتایج آزمایش پژوهشگران روی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (El-Gendy et al., 2012) مطابقت دارد.

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر ساده سطوح پتاسیم سولفات بر عملکرد دانه خارمریم نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با کاربرد ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار حاصل شد که نسبت به سطح شاهد با افزایش ۴/۱۴ درصد همراه بود. پس از آن، تیمارهای ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم پتاسیم سولفات نیز عملکرد را به‌ترتیب به‌میزان ۸۰/۵ و ۲۳/۳ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۵). نتایج مقایسه اثر ساده تراکم بوته بر عملکرد دانه نشان داد که در مجموع، عملکرد دانه خارمریم با افزایش تراکم آن روند نزولی نشان داد، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد در تراکم چهار بوته در مترمربع آن حاصل شد و پس از آن با افزایش تراکم به ۸ و ۱۶ بوته در مترمربع به‌ترتیب ۴/۵ و ۱۲/۹ درصد کاهش نشان داد (جدول ۶). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش تراکم بوته، تعداد طبق در بوته کاهش یافت که احتمالاً به‌علت کاهش فضای اختصاص یافته به هر بوته در تاج‌پوشش

عملکرد گلرنگ نسبت به شاهد به میزان ۱۲۴/۲ و خارمریم به میزان ۱۴۱/۴ درصد با افزایش عملکرد دانه همراه بودند.

ولی پس از آن در سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم کاربرد پتاسیم سولفات، عملکرد دانه گیاه گلرنگ به ترتیب با افزایش ۹۳/۵ و ۳۱/۱ درصدی نسبت به شاهد همراه بود. در گیاه خارمریم نیز عملکرد دانه در همین سطوح کودی به ترتیب ۸۰/۶ و ۳۲/۴ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان داد. این داده‌ها نشان می‌دهد که در این سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم پتاسیم سولفات، میزان افزایش عملکرد گیاه گلرنگ نسبت به شاهد بیشتر از خارمریم بود. در کل، با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان برای مدیریت و رقابت با علف هرز خارمریم در مزارع گلرنگ از توانایی جذب بالا و کارایی بالاتر پتاسیم سولفات توسط گلرنگ در سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم در مدیریت کودی این گیاه از آن بهره برد.

نتیجه گیری

نتایج نشان دادند که مدیریت عناصر غذایی خاک می‌تواند به عنوان یکی از روش‌های مدیریت علف‌های هرز باشد و توانایی رقابت گیاه زراعی با علف‌های هرز را افزایش دهد، البته این تا زمانی است که تراکم علف‌هرز تا حدی افزایش نیابد که بر توان گیاه زراعی غلبه کند. نتایج نشان دادند که پتاسیم در همه سطوح کاربرد باعث افزایش عملکرد دانه و همچنین اجزای عملکرد هر دو گیاه گلرنگ و خارمریم گردید. در هر دو گیاه گلرنگ و خارمریم، بالاترین عملکرد و اجزای آن در تیمار ۱۳۶ کیلوگرم کاربرد پتاسیم سولفات حاصل شد. گیاه خار مریم نسبت به افزایش سطوح کودی پتاسیم سولفات به خصوص در سطح کاربرد ۱۳۶ کیلوگرم پتاسیم سولفات در هکتار واکنش عملکردی بهتری را نسبت به گلرنگ نشان داد، به طوری که

References

- Abbadi, J., Gerendas, J. & Sattelmacher, B. (2008). Effects of potassium supply on growth and yield of safflower as compared to sunflower. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 171(2), 272-280. <https://doi.org/10.1002/jpln.200700193>
- Abenavoli, L., Izzo, A. A., Cicala, C., Santini, A., & Capasso, R. (2018). Thistle maryam (*Silybum marianum*): A concise overview on its chemistry, pharmacological, and nutraceutical uses in liver diseases. *Phytotherapy Research*, 32 (1), 2202-2213. <https://doi.org/10.1002/ptr.6171>
- Aghaalikhani, M., Rajkan, A., Swanton, J., & Telonar, M. (2001). Studying the effect of day length, quantity and quality of light on the phenology and development of cockscomb. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 3(2), 39.
- Anim, O., & Limbani, N. V. (2007). Effect of intercropping on the growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) and okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Moench. *International Journal of Agriculture and Biology*, 9, 594-597.
- Araghinejad, M. R., Sarajooghi, M., Ilkhaei, M. N. (2016). Effects of various levels of potassium sulphate on yield increase of cultivars Sofeh and Goldasht of safflower. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 12(3), 2016.
- Arduini, I., Masoni, A., Ercoli, L., & Mariotti, M., (2006) Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. *European Journal of Agronomy*, 25, 309-318. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.06.009>
- Balloe, F., Ardakani, M. R., Rejali, F., Ramzanpoor, M. R., Alizade, G. R., & Mohebbati, F. (2009). *Effect of Thiobacillus and mycorrhiza fungi under different levels of sulfur on yield and yield components of soybean*. International Symposium "Root Research and Application" RootRAP, 2-4 September. 2009. Boku- Vienna, Austria.
- Barker, D. C., Knezevic, S. Z., Martin, A. R., Walters, D. T., & Lindquist, J. L. (2006). Effect of nitrogen addition on the comparative productivity of corn and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Science*, 54(4), 354-363. <https://doi.org/10.1614/ws-05-127r.1>
- Basak, B., & Biswas, D. (2009). Influence of potassium solubilizing microorganism (*Bacillus mucilaginosus*) and waste mica on potassium uptake dynamics by Sudan grass (*Sorghum vulgare* Pers.) grown under two Alfisols. *Plant Soil*, 317, 235-255. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9805-z>
- Beckie, H. J., Johnson, E. N., Blackshaw, R. E. & Gan, Y. (2008). Weed suppression by Canola and Mustard cultivars. *Weed Technology*, 22, 182-185. <https://doi.org/10.1614/wt-07-126.1>
- Beres, B. L., Clyton, G. W., NeilHarkar, K., Craig Stevenson, F., Blackshaw, R. B., & Graf, R. J. (2010). A sustainable management package to improve winter wheat production and competition with weeds. *Agronomy Journal*, 102, 649-657. <https://doi.org/10.2134/agronj2009.0336>
- BlackShaw, R. E. (2001). Downy brome (*Bromus tectorum*) density and relative time of emergence effects interference in winter wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Science*, 41, 551-556.

- <https://doi.org/10.1017/S004317450007630X>
13. Brohi, A. R., Karaman, M. R., Topbas, M. T., Aktas, A., & Savasli, E. (2000). Effect of potassium and magnesium fertilization on yield and nutrient content of rice crop grown on artificial siltation soil. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24, 429-435.
 14. Brown, C. L. (1977). Effect of date of final irrigation on yield components of sunflower. *Agronomy Journal*, 54, 19-23. <https://doi.org/10.1071/ea9770482>
 15. Daneshian, J., Majidi, A., Noor Mohammadi, Q., & Janubi, P. (2006). *Studying the effect of drought and application of different amounts of potassium on soybean*. 9th Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding (Abstracts), September 25-27, Abu Raihan Campus, University of Tehran, Tehran, Iran.
 16. Dukes, J. S. (2002). Species composition and diversity affect grassland susceptibility and response to invasion. *Ecological Applications*, 12, 602-617. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2002\)012\[0602:scadag\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2002)012[0602:scadag]2.0.co;2)
 17. El-Gendy, S. A., Hosni, A. M., Ahmed, S. S., & Sabri, R. M. (2001). Sweet basil productivity under different organic fertilization and inter – plant spacing levels in a newly reclaimed land in Egypt. *Hort Abstract*, 71, 1535.
 18. Fayaznia, F., Siahpoosh, A. R., Moradi-Tilawi, M. R., Siadat, S. A., & Bakhshandeh, A. M. (2015). *Studying the interaction effect of plant density with nutrients in the competition of wheat (Triticum astivum L.) with weeds*. The 6th Iranian Weed Science Conference. 1-3 September, Birjand, Iran.
 19. Fnayy, H. R., Geloy, M., kafy, M., Bnjar Ghanbari, A., & Shirani Rad, A. H. (2009). Effect of potassium fertilizer and irrigation on grain yield and water use efficiency in two varieties of rapeseed (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.). *Journal of Agricultural Science*, 11(3), 289-271. (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.15625540.1388.11.3.6.0>
 20. Foladvand, M., Yadavi, A., & Movahedi Dehnavi, M. (2014). The effect of planting density and nitrogen fertilizer management on agronomic characteristics of safflower in competition with weeds. *Journal of Crop Production*, 7(3), 163-181.
 21. Gerendas, J., Abbadi, J., & Sattelmacher, B. (2008). Potassium efficiency of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 171(3), 431-439. <https://doi.org/10.1002/jpln.200720218>
 22. Ghorbanzadeh Taghab, M., & Afzal, R. (2015). Evaluation of genetic diversity of Iranian populations and foreign genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius*) using morphological traits and RAPD molecular markers. *Journal of Cellular and Molecular Research (Iranian Journal of Biology)*, 28(1), 94-106. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23832738.1394.28.1.10.5>
 23. Gupta, O. P. (2000). *Modern Weed Management*. Published by Agrobios. India.
 24. Hoeft, R. G., Nafziger, E. D., Johnson, R. R., & Aldrich, R. (2000). *Modern Corn and Soybean Production*. MCSP Publications, USA.
 25. Hooker, K. V., Coxon, C. E., Hackett, R., Kirwan, L. E., Okeeffe, E., & Richards, K. G. (2008). Evaluation of cover crop and reduced cultivation for reducing nitrate leaching in Ireland. *Journal of Environmental Quality*, 37(1), 138-145. <https://doi.org/10.2134/jeq2006.0547>
 26. Hussein, M. M., Shaaban, M. M., & El - Saady, A. K. M. (2008). Response of cowpea plants grown under salinity stress to pk foliar applications. *American Journal of Plant Physiology*, 3(2), 81-88. <https://doi.org/10.3923/ajpp.2008.81.88>
 27. Jalilian, J., & Heydarzadeh, S. (2015). Effect of cover crops, organic and chemical fertilizer on the quantitative and qualitative characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius*). *Science Agricultural and Sustainable Production*, 25, 71-85. (In Persian). <https://doi.org/10.14293/p2199-8442.1.sop-.p71kke.v1>
 28. Jianwei, L., Zou, J. M., Chen, F. (2007). *Effect of phosphorus and potassium application on rapeseed yield and nutrients use efficiency*. Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress. Wuhan, China. p. 202-205.
 29. Kenzevic, Z. S., Weise, S. F., & Swanton, C. I. (1995). Comparison of empirical models depicting density of *Amaranthus retroflexus* L. and relative leaf area as predictors of yield loss in maize (*Zea mays* L.). *Weed Research*, 35, 207-214. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1995.tb01783.x>
 30. Khaldabrin, B., & Eslamzadeh, T. (2005). *Mineral Nutrition of Organic Plants* (Translation). Shiraz University Press, Shiraz, Iran. Volume 1, 798 p.
 31. Khan, M. Z., Blackshaw, R. E., & Marwat, K. B. (2009). Biology of milk thistle (*Silybum marianum*) and the management options for growers in north-western Pakistan. *Weed Biology Management*, 9, 99-105. <https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2009.00326.x>
 32. Khosravi, M., Jami Al-Ahmadi, M., Eslami, S. V., & Sayari-Zohan, M. H. (2024). Investigating the effect of phosphorus fertilizer levels and density of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) on morphophysiological traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 38(3), 275-291. (In Persian withEnglishabstract). <https://doi.org/10.22067/jpp.2024.84836.1162>
 33. Kikodze, D., Memiadze, N., Kharazishvili, D., Manvelidze, Z., & Mueller-Schaere, H. (2010). The Alien Flora of Georgia. The Federal Office of Environment, Georgian Ministry of the Environment, USA.

34. Kouchaki, A., Rashed Mohasel, M., & Nassiri, M. (1993). *The relationship between water and soil in crop plants*. Jihad Daneshgahi Publications, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. 278 p.
35. Mansourian, S., & Shokoohfar, A. (2015). Effect of potassium fertilizer and irrigation intervals levels on yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata*) in Ahvaz condition. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 5(1), 26-32.
36. Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2nd Ed. Academic Press. London. pp. 889. <https://doi.org/10.1016/b978-012473542-2/50008-0>
37. Mehriya, M. L., Yadav, R. S., Jangir, R. P., & Poonia, B. L. (2007). Critical period of crop-weed competition and its effect on nutrients uptake by cumin (*Cuminum cyminum*) and weeds. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 77, 849-852.
38. Mengel, K. (1980). Effect on potassium on the assimilate conduction to storage tissue. *Bericht der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 93, 353-362. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1980.tb03346.x>
39. Mohammadi, G. R., & Amiri, F. (2011). Critical period of weed control in soybean (*Glycine max* L.) as influenced by starter fertilizer. *Australian Journal of Crop Science*, 5(11), 1350-1355.
40. Mohammadi, S., Farzaneh, A., Fatemi, H., Nezami, S., Aroee, H., & Amini Fard, M. H. (2012). The effect of manure and plant density on growth and quantitative characteristics of milk thistle (*Silybum marianum* L.). *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 110, 171-179. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1282978>
41. Mostafaei, M., Jami Al-Ahmadi, M., Salehi, M., & Shahidi, A. (2023). Investigation of physiological and yield characteristics of quinoa as affected by different levels of irrigation and plant density. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 21(1), 29-46. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jcsc.2022.74044.1126>
42. Palizdar, M., Delkhosh, B., Shiranirad, A. H., & Noormohammadi, G. (2013). Investigation on effects of irrigation regimes and potassium content on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28(4), 2013.
43. Poffenberg, H. J., Mirsly, S. B., Teasdale, J. R., Spargo, J. T., Cavigelli, M. A., & Keramer, M. (2015). Nitrogen competition between corn and weeds in soils under organic and conventional management. *Weed Science*, 63, 461-476. <https://doi.org/10.1614/ws-d-14-00099.1>
44. Sangakkara, U. R., Frehner, M., & Nosberger, J. (2001). Influence of soil moisture and fertilizer potassium on the vegetative growth of mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) and cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 186, 73-81. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2001.00433.x>
45. Sangakkara, U. R., Frehner, M., & Nösberger, J. (2000). Effect of soil moisture and potassium fertilizer on shoot water potential, photosynthesis and partitioning of carbon in mungbean and cowpea. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 185, 201-207. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2000.00422.x>
46. Sarmadnia, G., & Kouchaki, A. (1989) *Physiology of Crop Plants*. Mashhad Academic Jihad Publications, Mashhad, Iran. 400 p.
47. Sawan, Z. M., Hafez, S. A., Basyony, A. E., & Alkassas, A. E. R. (2006). Cottonseed, protein, oil yields and oil properties as affected by nitrogen fertilization and foliar application of potassium and a plant growth retardant. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2(1), 56-65. <https://doi.org/10.3989/gya.2007.v58.i1.7>
48. Shafagh-Kolvanagh, J., Zehtab Salmasi, S., Javanshir, A., Moghaddam, M., & Dabbagh Mohammadinasab, A. (2009). Influence of nitrogen and weed interference on grain yield, yield components and leaf chlorophyll value of soybean. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 19(1), 1-20. (In Persian).
49. Shimura, J., Coates, D., & Mulongoy, J. K. (2010). The role of international organizations in controlling invasive species and preserving biodiversity. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)*, 29(2), 405-410.
50. Vafaie, A., Ebadi, A., Rastgou, B., & Moghadam, S. H. (2013). The effects of potassium and magnesium on yield and some physiological traits of Safflower (*Carthamus tinctorius*). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(17), 1895-1900.