

The effect of potassium sulfate fertilizer and milk thistle (*Silybum marianum* L.) weed density on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) yield

M. Mostafaei¹, M. Jami Al-Ahmadi^{1*}, S. Vahid 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: mjamialahmadi@birjand.ac.ir

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.

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 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 kg K₂O 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.

Conclusion

In general, it can be concluded that applying potassium at all levels increased grain yield and also yield components of both The safflower and milk thistle, as the highest yield was obtained by using 136 kg K₂O ha⁻¹. Safflower plant showed better performance at all three levels compared to milk thistle with increasing potassium fertilizer levels. 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, Weight of capitula, Yield

تأثیر کود سولفات پتاسیم 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

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

چکیده

مدیریت عناصر غذایی بر مصرف می‌تواند به عنوان یک روش محتمل برای رقابت گیاه با علف‌هرز و همچنین مدیریت علف‌های هرز، استفاده شود به همین منظور در جهت بررسی اثر تراکم و مقدار کود پتاسیم بر ویژگی‌های عملکردی و اجزای عملکرد گیاه زراعی گلرنگ در شرایط رقابتی با علف‌هرز خار مریم، آزمایشی در اسفند ماه ۱۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح مختلف پتاسیم (صفر، ۳۴، ۶۸ و ۱۳۶ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم) 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 ۳۴ کیلوگرم سولفات پتاسیم نسبت به شاهد عملکرد بهتری را از خارمریم در همین سطوح ثبت کرد ولی مصرف مقادیر بالاتر سولفات پتاسیم به نفع خارمریم بود؛ به نحوی که اگرچه در هر دو گیاه گلرنگ و خارمریم بالاترین عملکرد در تیمار ۱۳۶ کیلوگرم کاربرد سولفات پتاسیم 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 افزایش تراکم خارمریم تا ۱۶ بوته در متر مربع بر عملکرد و اجزای عملکرد هر دو گیاه تأثیر منفی گذاشت. در کل گلرنگ در سطوح کمتر کود پتاسیم از توانایی جذب پتاسیم بالاتری نسبت به علف‌هرز خارمریم برخوردار بود و مصرف مقادیر بیشتر سولفات پتاسیم بیشتر به نفع خارمریم بود؛ بنابراین تنظیم میزان مصرف کود باید در مدیریت کوددهی در مزارع گلرنگ مورد توجه قرار گیرد.

کلمات کلیدی: تغذیه گیاهی، عملکرد، وزن طبق، تعداد طبق، مصرف لوکس

مقدمه

دانه‌های روغنی از دیرباز بخش مهمی از کشاورزی کشورهای جهان به ویژه مشرق زمین را تشکیل داده‌اند (Gupta, 2000). گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان شناخته شده توسط انسان است و سالیان درازی است که در خاورمیانه مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. کشت این گیاه در ایران سابقه طولانی داشته و ایران به عنوان یکی از مراکز اولیه پیدایش گلرنگ شناخته شده است (Ghorbanzadeh Taghab & Afzal, 2015). گلرنگ یک گیاه روغنی کم توقع و کم نهاده است که سازگاری خوبی به شرایط اقلیمی ایران دارد و تحمل آن به تنش خشکی نیز مناسب است (Foladvand et al., 2014). خارمریم یا ماریتغال (*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 به عنوان 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 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 اکوسیستم 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 فراهم می‌کند (Dukes, 2002). علف‌های هرز مهاجم دارای ویژگی‌هایی هستند که آنها را قادر می‌سازد به سرعت در مناطق جدید پراکنده شده و با گیاهان زراعی، گیاهان بومی یا غیر بومی مطلوب برای نور، آب، عناصر غذایی و فضا رقابت کنند. به طور کلی، رقابت توسط متخصصین علف‌های هرز به عنوان مبارزه میان یک محصول و یک علف هرز برای یک منبع مشترک که دچار کمبود است تعریف شده است (Poffenberg *et al.*, 2015). رقابت فرایندی است که شناخت آن مستلزم بررسی منابع تعیین کننده 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 تاثیر 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). Kenzevic و همکاران (۱۹۹۵) در یک پژوهش مشاهده کردند که میزان کاهش عملکرد ذرت با افزایش تراکم تاج خروس ریشه قرمز از ۰/۵ 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 به ترتیب ۴۴/۵ و ۵۸/۱ درصد کاهش داد (Aghaaliikhani *et al.*, 2001).

مدیریت صحیح نهاده‌های کشاورزی از جمله راهکارهای کنترلی علف‌های هرز می‌باشد. با توجه به اینکه علف‌های هرز، گیاهانی فرصت طلب هستند که سریع‌تر از گیاهان زراعی رشد می‌کنند و مواد غذایی قابل دسترس را آسان‌تر و بهتر جذب می‌کنند و در نتیجه رقابتی قوی‌ای برای گیاه زراعی محسوب می‌شوند، مصرف متعادل نهاده‌ها و به خصوص کود می‌تواند نقش مهمی در کنترل 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، به جای استفاده از کود شیمیایی، از کودهای آلی استفاده می‌شود (Jalilian and Heydarzadeh, 2015). استفاده از عناصر غذایی برای کاهش اثر گذاری 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 علف‌های هرز نشان می‌دهد (Fayaznia *et al.*, 2015). پتاسیم به عنوان سومین عنصر غذایی اصلی برای رشد گیاه مطرح بوده و نقش اساسی در فعالیت آنزیم‌ها، ستنز پروتئین‌ها و فتوسنتز ایفا می‌کند (Basak and Biswas, 2009). پتاسیم همچنین سرعت فتوسنتز برگ‌های گیاه، جذب دی اکسید کربن و تسهیل انتقال کربن را افزایش می‌دهد که به موازات آن عملکرد را در گیاهان افزایش میابد (Sangakkara *et al.*, 2000). مهریا و همکاران (Mehriya *et al.*, 2007) کاهش عملکرد زیره سبز در نتیجه تداخل با علف‌های هرز را گزارش کردند و بیان کردند که این کاهش عملکرد را ناشی از افزایش شدت رقابت علف‌های هرز در جذب پتاسیم است. رقابت برای منبع محدود می‌تواند رقابت برای منابع دیگر را تحت تاثیر قرار دهد (Beckie *et al.*, 2008). در مورد گیاهان زراعی عمده و ویژگی‌های مربوط به تاثیر نهاده‌های رایج بر خصوصیات رشدی و عملکردی آن‌ها مطالعات زیادی صورت گرفته است، ولی در مورد علف‌های هرز و نحوه پاسخ آن‌ها در رقابت با گیاه زراعی به خصوص در رقابت بین گیاه زراعی گلرنگ و علف‌های هرز مهاجم هم خانواده آن همچون خار مریم بر سر منبع پتاسیم هنوز مطالعات کافی صورت نگرفته است و به عنوان یک عنصر پر مصرف 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 بصورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو تیمار و سه تکرار اجرا شد.

فاکتورهای آزمایش شامل سطوح مختلف پتاسیم خالص (صفر، ۳۴، ۶۸ و ۱۳۶ کیلوگرم K_2O در هکتار معادل صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار) و تراکم خارمریم در چهار سطح (صفر، ۴، ۸ و ۱۶ بوته در مترمربع) در نظر گرفته شد.

برای آماده سازی زمین پس از شخم، کلوخه ها توسط دیسک نرم شده و در نهایت زمین تسطیح شد. 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 پتاسیم برداشت شد (جدول ۱). در هر کرت ۵ ردیف به طول ۵ متر با فاصله ردیف های کاشت ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد، به عبارتی ابعاد هر کرت ۱۵ مترمربع بود. فاصله بین کرت های معادل یک متر از یکدیگر و فاصله بین هر بلوک ۳ متر بود. پس از محاسبه میزان پتاسیم مورد نیاز برای هر سطح، سطوح کودی قبل از کاشت کاملاً با خاک ۴ تا ۵ سانتی متری زیر بذر آمیخته شد. رقم گلرنگ مورد استفاده در این آزمایش، رقم گلدشت بود و تراکم آن ۴۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. کاشت خارمریم بطور همزمان با گلرنگ در زمین اصلی انجام و به این صورت که بذور گلرنگ و خارمریم با تراکم های تعیین شده و در طرفین پشته کشت شدند. تاریخ کاشت در زمان ۱۶م اسفند ماه سال ۱۴۰۱ بود و زمان رشد تا برداشت ۱۳۷ روز طول کشید. روش آبیاری به صورت کرتی انجام شد.

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}	Ec	Saturated Moisture	Organic matter	Clay	Silt	Sand	Soil texture
$mg.kg^{-1}$	ds.m	%	%	pH	%		
170	4.7	31.2	0.38	7.9	14	74	شنی لومی sandy loam

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 اندازه گیری شدند. همچنین صفات مورد بررسی علف هرز شامل عملکرد و اجزای عملکرد شامل قطر طبق، وزن طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه نیز همانند گلرنگ یادداشت برداری و اندازه گیری شدند. به منظور تعیین عملکرد دانه هر دو گیاه پس از رسیدگی کامل (زمانی که ۵۰ درصد بذور هر گیاه به رسیدگی فیزیولوژیک رسیدند)، تمامی بوته های سطحی معادل ۲ متر مربع از هر کرت برداشت شد و پس از انجام بوجاری عملکرد هر کرت جداگانه اندازه گیری شد. وزن هزار دانه نیز با توزین ۱۰۰۰ دانه بر اساس رطوبت ۱۴ درصد تعیین شد. در پایان تجزیه و تحلیل آماری داده ها به کمک نرم افزارهای SAS 9.1 و Sigmaplot و مقایسه میانگین ها نیز بر اساس آزمون LSD حفاظت شده در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

الف) گیاه گلرنگ

نتایج نشان داد که پتاسیم اثر معنی داری بر همه صفات داشت ($P < 0.01$) و اثر اصلی تراکم علف هرز بر وزن تک طبق و عملکرد دانه ($P < 0.01$) و وزن هزاردانه ($P < 0.05$) معنی دار شد. اثر متقابل تیمارها بر هیچ صفتی معنی دار نشد (جدول ۲).

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

نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد که بیشترین قطر طبق در سطح کاربرد ۱۳۶ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد با افزایش ۳۸/۳ درصدی همراه بود. سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم پتاسیم در هکتار نیز به ترتیب به میزان 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 سولفات پتاسیم در هکتار حاصل شد که

نسبت به شاهد با افزایش ۶۲/۶ درصد افزایش داشت. در شرایط کاربرد ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار نیز به ترتیب 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 سولفات پتاسیم در هکتار حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد به میزان ۱۳۶ درصد افزایش نشان داد. سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم کاربرد سولفات پتاسیم نیز نسبت به شاهد به ترتیب به میزان ۱۳۳/۶ و ۴۹ درصد با افزایش همراه بودند (جدول ۳). کاربرد ۱۳۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار همچنین موجب بیشترین وزن دانه در طبق شد که نسبت به سطح شاهد به میزان ۶۹/۶ درصد با افزایش همراه بود. تیمارهای ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار وزن دانه در طبق به ترتیب 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، به طوری که کاهش قطر طبق در تیمار ۳۷ کیلوگرم کاربرد سولفات پتاسیم، 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 تحت تاثیر سطوح کود پتاسیم قرار گرفت و افزایش کاربرد پتاسیم موجب افزایش تعداد دانه در طبق گردید (Vafaie et al., 2013). گزارش شده که کاربرد سطح ۳۴ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار در موجب بالاترین تعداد دانه در بوته به مقدار ۳۴۳/۶ عدد در رقم گلدشت گردیده است و کمترین میانگین تعداد دانه در بوته در سطح شاهد و عدم کاربرد کود بدست 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 کیلو گرم پتاسیم در هکتار به طور معنی‌داری عملکرد دانه پنبه را به میزان ۳۰ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد. آن‌ها این افزایش را به واسطه 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

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	تعداد دانه در			وزن دانه در طبق Grain weight per capitula	وزن هزار دانه Weight of 1000 seeds	عملکرد دانه Seed yield
			قطر طبق Diameter of the capitula	طبق Number of seeds per capitula	تعداد طبق Number of capitula			
Block	بلوک	2	0.08 ^{ns}	2.01 ^{ns}	0.59 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.04 ^{ns}	192.6 ^{ns}
Potassium (P)	پتاسیم	3	1.44 ^{**}	823.2 ^{**}	751.4 ^{**}	17.63 ^{**}	1.02 ^{**}	1815.6 ^{**}
Weed density (D)	تراکم علف‌هرز	3	0.06 ^{ns}	9.09 ^{ns}	0.81 ^{ns}	0.66 ^{**}	0.06 ^{ns}	328.3 [*]
P × D	پتاسیم × تراکم	9	0.05 ^{ns}	12.55 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.075 ^{ns}	0.017 ^{ns}	159.8 ^{ns}
Error	خطا	30	0.08	21.78	1	0.076	0.03	81.3
CV (%)	ضریب تغییرات		11.55	11.39	7.5	10.07	12.83	19.43
								25.85

***، * و 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 سولفات پتاسیم نشان داد که بالاترین وزن تک طبق گلرنگ نیز در تیمار کاربرد ۱۳۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد به میزان ۲۱۶ درصد افزایش نشان داد. سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم سولفات پتاسیم 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 بود. افزایش تراکم از صفر به ۴ و ۸ و ۱۶ بوته در متر مربع 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 با 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 بر روی گیاه گلرنگ تحت رقابت با علف‌هرز خردل با تراکم‌های صفر، ۱۴، ۲۸ و ۵۶ بوته در مترمربع بیان شد که بیشترین وزن تک طبق گلرنگ از تراکم ۱۴ بوته خردل وحشی در متر مربع با ۲/۱۷ گرم و کمترین وزن تک طبق با ۱/۸۹ گرم از تیمار شاهد تراکم علف‌هرز حاصل گردید (Khosravi et al., 2024).

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

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

حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بر اساس آزمون LSD حفاظت شده در سطح احتمال ۵ درصد می باشد

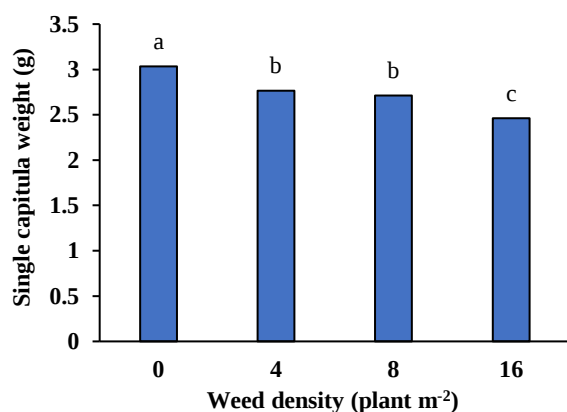
Similar letters indicate no significant difference based on the protected LSD test at the 5% probability level.

وزن هزار دانه

مقایسه میانگین داده‌های اثر ساده سطوح کاربرد سولفات پتاسیم نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار ۱۳۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد با ۸۷/۱ درصد افزایش همراه بود. سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم 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 میابد (Balloei et al., 2009). 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 (Hoeft et al., 2000) که از این طریق اثر مستقیم بر میزان دانه تولیدی در هر گیاهی دارد. پتاسیم به انتقال اسیدهای آمینه نیز کمک کرده و باعث افزایش وزن دانه گیاه می‌شود (Mengel., 1980).

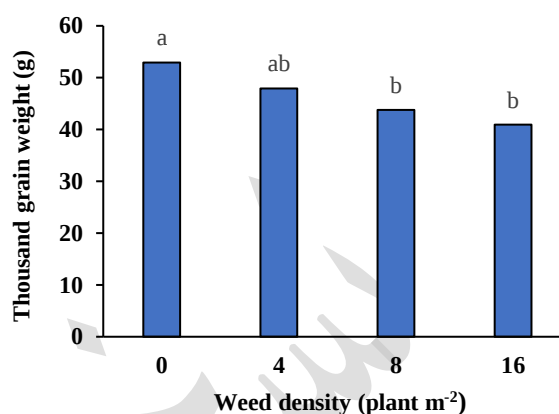
مقایسه میانگین اثر ساده سطوح تراکم علف‌هرز خارمریم بر وزن هزار دانه نشان داد که بیشترین وزن در تیمار بدون علف‌هرز حاصل شده و با افزایش تراکم بوته به ۴، ۸ و ۱۶ بوته در متر مربع وزن هزار دانه به ترتیب با ۹/۴، ۱۷/۲ و ۲۲/۷ درصد کاهش نسبت به شاهد همراه بودند (شکل ۲). نتایج آزمایش نشان داد که در تراکم‌های 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 کرده‌اند. 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 نهایتاً منجر به افزایش اجزا عملکردی می‌شود

(Arduini et al., 2006). همچنین محمدی و امیری (Mohammad & amiri, 2011) در پژوهشی بیان کردند که حضور علف‌های هرز وزن صد دانه سویا را حدود ۲۵/۹۰ درصد نسبت به شاهد عاری از علف‌های هرز کاهش داد.



شکل ۱. اثر ساده سطوح تراکم بوته علف هرز خارمریم بر وزن تک طبق گیاه گلرنگ. حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

Fig. 1. Simple effect of different densities of milk thistle on capitula weight of safflower. Similar letters indicate no significant difference at the 5% probability level.



شکل ۲. اثر ساده تراکم علف هرز خارمریم بر وزن هزار دانه گیاه گلرنگ. حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

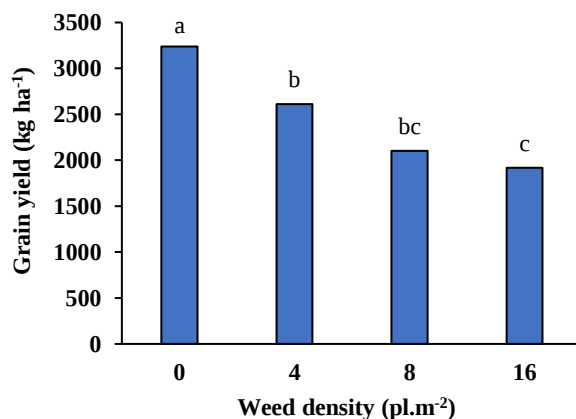
Fig. 2. Simple effect of different densities of milk thistle on 1000-seeds weight of safflower. Similar letters indicate no significant difference at the 5% probability level.

عملکرد دانه

مقایسه میانگین‌های اثر ساده تیمار سولفات پتاسیم نشان داد که بیشترین عملکرد دانه گلرنگ با کاربرد ۱۳۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد به میزان ۱۲۴/۲ درصد با افزایش همراه بود. پس از آن سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم کاربرد سولفات پتاسیم به ترتیب به میزان ۹۳/۵ و ۳۱/۱ درصد عملکرد دانه را نسبت به شاهد افزایش دادند و تفاوت معنی داری بین سطوح ۶۸ و ۱۳۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم از لحاظ عملکرد دانه مشاهده نشد. در کل 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 اجزا عملکرد درصد بالاتری را نسبت به شاهد نشان داد که به موجب آن افزایش تعداد دانه در بوته و نهایتاً 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 محصول دهی 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 محققین دیگری نیز مطابقت داشت (Abbadi et al., 2008 ; Gerendas et al., 2008). این پژوهشگران گزارش کردند که با افزایش مصرف کود پتاسیم عملکرد دانه گلرنگ افزایش معنی داری را نشان داد و پتاسیم جذب شده توسط گلرنگ به طور بسیار موثری برای افزایش عملکرد دانه این گیاه استفاده شده است. اثر کاربرد پتاسیم بر افزایش معنی دار عملکرد ماده خشک و دانه برنج، سویا و کلزا نیز گزارش شده است (Brohi et al., 2000 ; Fnayy et al., 2009).

محققان بیان نمودند که استفاده از پتاسیم در افزایش عملکرد محصولات گیاهی، به خصوص محصولات دانه روغنی موثر است (Jianwei et al., 2007). افزایش تراکم علف‌هرز خارمریم موجب کاهش عملکرد دانه گلرنگ گردید به طوری که با افزایش تراکم بوته به ۴، ۸ و ۱۶ بوته در متر مربع عملکرد به ترتیب ۱۹/۴، ۳۵/۱ و ۴۰/۷ درصد کاهش نسبت به شاهد نشان داد (شکل ۳). پژوهشگران گزارش کردند که میزان تداخل گیاه زراعی و علف‌هرز رابطه مستقیمی با تراکم علف‌هرز را دارد (Shafagh-Kolvanagh et al., 2009). بنابراین یکی دیگر از مهم‌ترین عوامل

تاثیر گذار بر گیاهان، رقابت با گیاه مجاور بر سر منابع است که ممکن است تاثیر تا حدودی باشد که شکل و اندازه گیاه، به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر نماید و نهایتاً موجب کاهش عملکرد گیاه زراعی گردد (Anim & Limbani, 2007). رقابت در جوامع گیاهی زمانی رخ می‌دهد که دو یا چند گیاه که در جستجوی منبع مشترک (مواد معدنی، آب و نور) هستند، که در محیطی محدود قرار گرفته باشند و به رقابت بپردازند که طبیعتاً موجب کاهش عملکرد می‌گردد (Anim & Limbani, 2007). به طوریکه 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). تراکم علف‌هرز از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رقابت علف‌های‌هرز 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 بر روی گیاه گلرنگ حاصل تراکم علف‌هرز خردل با تراکم‌های صفر، ۱۴، ۲۸ و ۵۶ بوته در مترمربع بیان کردند که با افزایش تراکم خردل وحشی وزن اجزا عملکردی شامل وزن غلاف، تعداد غلاف، و وزن بذر در بوته خردل وحشی کاهش یافت.



شکل ۳. اثر ساده سطوح تراکم بوته علف هرز خارمریم بر عملکرد دانه گیاه گلرنگ. حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

Fig. 3. Simple effect of milk thistle density levels on seed yield of safflower. Similar letters indicate no significant difference at the 5% probability level.

(ب) گیاه خارمریم

همه صفات تحت تاثیر معنی دار پتاسیم در سطح (P<۰/۰۱) قرار گرفتند، اثر تراکم علف‌هرز نیز بر همه صفات به جز قطر و تعداد دانه در طبق در سطح (P<۰/۰۱) و بر عملکرد دانه در سطح (P<۰/۰۵) معنی دار بودند. اثر متقابل تیمارها بر صفات وزن دانه در طبق در سطح (P<۰/۰۱) و وزن تک طبق (P<۰/۰۵) معنی دار بودند (جدول ۴).

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس صفات عملکرد و اجزای عملکرد خارمریم در رقابت با گیاه زراعی گلرنگ

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

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	قطر طبق Diameter of the capitula	تعداد دانه در طبق		وزن دانه در طبق Grain weight per capitula	وزن دانه Weight of 1000 seeds	عملکرد دانه Seed yield
				Number of seeds per capitula	وزن تک طبق Weight capitula			
Block	بلوک	2	0.8 ^{ns}	53.3 ^{ns}	0.5**	0.01 ^{ns}	8.2 ^{ns}	5119.4 ^{ns}
Potassium (P)	پتاسیم	3	5.7**	3488.2**	10.8**	2.9**	70.9**	592218.8**
Weed density (D)	تراکم علف هرز	2	0.2 ^{ns}	49.7 ^{ns}	1.6**	0.5**	106.9**	27254.9*
P × D	پتاسیم × تراکم	6	0.2 ^{ns}	1.5 ^{ns}	0.3*	0.09**	33.7 ^{ns}	1548.4 ^{ns}
Error	خطا	22	0.4	26.9	0.08	0.02	14.2	7029.4
CV (%)	ضریب تغییرات		17.1	8.85	9.59	8.24	14.21	12.29

ns و * و ** به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار
 **, * and ns indicates significant at 0.01 and 0.05 probability level and non-significant, respectively

وزن هزار دانه

نتایج مقایسه میانگین اثر ساده کاربرد سولفات پتاسیم بر وزن هزار دانه خار مریم نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار ۱۳۶ کیلوگرم کاربرد سولفات پتاسیم حاصل شد که نسبت به شاهد با ۲۳/۷ درصد افزایش همراه بود. وزن هزار دانه در سطح کاربرد ۶۸ کیلوگرم سولفات پتاسیم تفاوت معنی داری با سطح ۱۳۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار نداشت ولی ۲۲/۵ درصد بیشتر از سطح شاهد بود. تیمار ۳۴ کیلوگرم کاربرد سولفات پتاسیم نیز تفاوت معنی داری 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 ۴ بوته در متر مربع حاصل شد و افزایش تراکم بوته خارمریم موجب کاهش وزن هزار دانه آن شد، به نحوی که افزایش تراکم بوته از ۴ به ۸ بوته در متر مربع با کاهش ناچیز ۷/۲ درصدی همراه بود که تفاوت معنی داری ایجاد نکرد، ولی با افزایش تراکم از ۴ به ۱۶ بوته وزن دانه به طور معنی داری به میزان ۲۰/۳ درصد کاهش نشان داد (جدول ۶). وزن هزار دانه یکی از مهم ترین اجزای عملکرد محسوب شده و بالا بودن وزن هزار دانه باعث افزایش عملکرد می گردد. با توجه به نقش پتاسیم در افزایش تقسیم و رشد سلولی و افزایش در فرایند فتوسنتز و انتقال مواد اسمیلاتی، محدودیت مخزن تا حدودی از بین رفته و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه ها باعث پر شدن دانه و افزایش ابعاد دانه گشته و به تبع آن وزن هزار دانه افزایش می یابد (Khaladabrin & Eslamzadeh, 2005). پتاسیم با اینکه در ساختمان هیچکدام از ترکیبات مهم گیاهی مانند پروتئین ها، چربی ها و قندها شرکت ندارد، اما به عنوان مهم ترین فعال کننده آنزیم های احیا کننده گاز کربنیک نقش ایفا می کند به همین دلیل کمبود آن باعث کاهش سوخت و ساز گیاه شده و نتیجه منجر به کاهش رشد می شود. یون پتاسیم در تجمع ماده خشک در گیاه در زمینه اجزا عملکرد بوده که این افزایش تجمع ماده خشک نهایتاً منجر به افزایش عملکرد می گردد (Sangakkara et al., 2001). به نظر می رسد با افزایش تراکم در واحد سطح تعداد دانه در واحد سطح افزایش می یابد و در نتیجه قابلیت دسترسی به مواد فتوسنتزی برای هر دانه کمتر شده که همین امر منجر به کاهش وزن دانه می گردد. همچنین با افزایش تراکم بوته در واحد سطح به علت تشدید رقابت درون و برون گونه ای 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 بر روی اثر تراکم بوته گیاه کینوا بر صفت هزار دانه بیان شد که افزایش تراکم بوته از ۸۰ به ۱۰۰ و ۱۲۰ بوته موجب کاهش وزن هزار دانه گردیده که حاصل رقابت بین بوته ها برای جذب مواد غذایی و نور بوده است (Mostafaei et al., 2023).

جدول ۵. اثر ساده سطوح مختلف پتاسیم بر برخی 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
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 نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بر اساس آزمون LSD حفاظت شده در سطح احتمال ۵ درصد می باشد

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

قطر و تعداد دانه در طبق

مقایسه میانگین داده‌های اثر ساده پتاسیم نشان داد که بیشترین قطر طبق با کاربرد تیمار ۱۳۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم 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 ۱۳۶ کیلوگرم کاربرد سولفات پتاسیم با ۱۲۳ درصد افزایش نسبت به شاهد حاصل شد. تیمارهای 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 موثر 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 (Brown, 1977; Kouchaki et al., 1993). 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).

جدول ۶. اثر ساده سطوح تراکم بوته خارمریم بر برخی 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 g	وزن تک طبق Weight capitula g	وزن دانه در طبق Grain weight per capitula
4	724 ^a	29.2 ^a	3.41 ^a	1.83 ^a
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

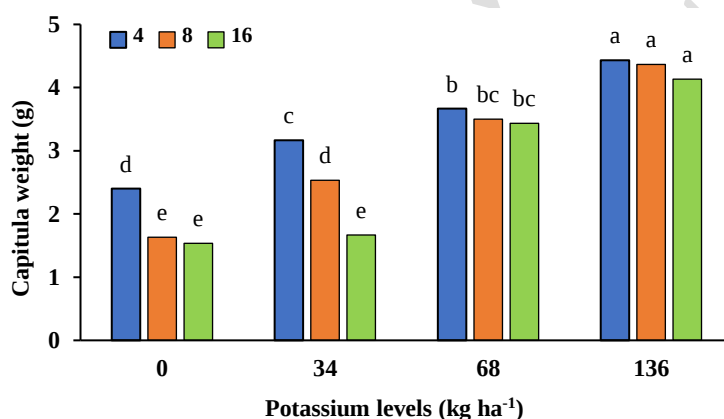
حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بر اساس آزمون LSD حفاظت شده در سطح احتمال ۵ درصد می باشد

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 سولفات پتاسیم و تراکم علف‌هرز نشان داد که بیشترین وزن طبق در ترکیب تیماری ۱۳۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم و تراکم ۴ بوته خارمریم در مترمربع حاصل شد که نسبت به سطح بدون کاربرد سولفات پتاسیم در همین تراکم به میزان ۸۴/۷ درصد با افزایش همراه بود. سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار در همین تراکم ۴ بوته در متر مربع به ترتیب ۵۲/۷ و ۳۱/۹ درصد وزن طبق را نسبت به عدم کاربرد پتاسیم در تراکم چهار بوته همراه بودند. افزایش تراکم خارمریم در تیمار ۱۳۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم اگر چه که موجب کاهش وزن طبق گردید ولی نسبت به سطوح دیگر کاربرد سولفات پتاسیم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. هرچند در تیمار ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم کاربرد سولفات پتاسیم تفاوت بیشتری نسبت به سطح ۱۳۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم در بین تراکم‌های علف‌هرز ایجاد کرد به طوری که در ترکیب کاربرد ۶۸ کیلوگرم سولفات پتاسیم و تراکم ۴ بوته وزن تک طبق ۳/۷ گرم بود ولی افزایش تراکم به ۸ و ۱۶ بوته در همین سطح

سولفات پتاسیم به ترتیب موجب ۴/۵ و ۶/۴ درصد کاهش در وزن طبق نسبت به تراکم ۴ بوته شد. در سطح ۳۴ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار نیز بالاترین وزن تک طبق در تراکم ۴ بوته حاصل شد و افزایش تراکم به ۸ و ۱۶ بوته در همین سطح سولفات پتاسیم به ترتیب با ۲۰ و ۴۷/۴ درصد کاهش وزن طبق نسبت به تراکم ۴ بوته در هکتار همراه بودند. در شرایط عدم کاربرد سولفات پتاسیم نیز بالاترین وزن تک طبق در تراکم ۴ 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. در کل نتایج نشان دادند که با افزایش کاربرد سولفات پتاسیم به ۱۳۶ کیلوگرم در هکتار افزایش تراکم علف هرز موجب اختلاف در بین تراکم ها بر سر افزایش وزن تک طبق اتفاق نیفتاد. این نتایج نشان می‌دهد که افزایش سطوح سولفات پتاسیم رقابت بین بوته‌ها را کاهش داده و منحصراً به افزایش وزن طبق تقریباً برابری در بین تراکم‌ها منجر شده است (شکل ۴). مطالعات مختلف پژوهشگران نشان می‌دهد 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 سولفات پتاسیم در لوبیا باعث افزایش وزن هزار دانه، اجزا عملکرد و نهایتاً عملکرد دانه می‌شود که با نتایج ما بر این گیاه مطابقت دارد (Mansourian and Shokoohifar, 2015).



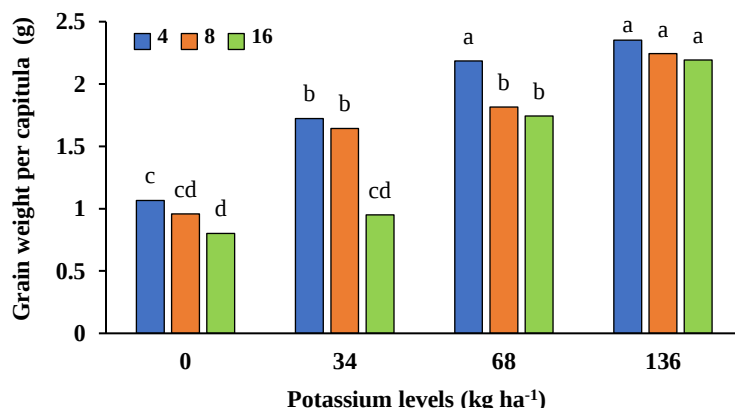
شکل ۱. اثر متقابل سطوح مختلف کود پتاسیم و تراکم خار مریم بر وزن تک طبق. حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

Fig. 4. Interaction effect of different levels of potassium fertilizer and milk thistle density on its capitula weight. 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 سولفات پتاسیم و تراکم ۴ بوته در متر مربع حاصل شد که نسبت به سطح عدم کاربرد سولفات پتاسیم در همین تراکم بوته به میزان ۱۲۰/۷ درصد با افزایش همراه بود. در کل نتایج نشان دادند که در همه سطوح کاربرد سولفات پتاسیم، افزایش تراکم بوته موجب کاهش وزن دانه در طبق گردید، هرچند در تیمار ۱۳۶ کیلوگرم کاربرد سولفات پتاسیم تفاوت بین سطوح تراکمی اختلاف معنی‌داری نداشت 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 ۴ بوته همراه بود. این درحالی است که در سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم و همچنین عدم کاربرد سولفات پتاسیم، با افزایش تراکم بوته اختلاف بیشتری در وزن دانه در طبق مشاهده شد به طوری که در سطح ۶۸ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار، افزایش تراکم بوته از ۴ به ۸ و ۱۶ بوته به ترتیب 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 سولفات پتاسیم در هکتار به ترتیب ۴/۶ و ۴۴/۸ درصد و در شرایط عدم کاربرد سولفات پتاسیم نیز به ترتیب ۱۰ و ۲۴/۸ درصد بود. در نهایت، بیشترین اختلاف وزن دانه در طبق در ترکیب تیماری سطح ۳۴ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و تراکم ۱۶ بوته در مترمربع نسبت به تراکم‌های ۸ و ۴ بوته همین سطح سولفات پتاسیم حاصل شد (شکل ۵). پتاسیم منجر به افزایش کارایی مصرف آب، بهبود شرایط رشد گیاه و تقسیم سلولی و 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 اضافه شده، 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).



شکل ۲. اثر متقابل سطوح کود سولفات پتاسیم و تراکم علف هرز بر وزن دانه در طبق گیاه خارمریم. حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

Figure 5. Interaction effect of potassium sulfate fertilizer levels and weed density on seed weight capitula in thistle maryam plant. Similar letters indicate no significant difference at the 5% probability level.

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر ساده سطوح سولفات پتاسیم بر عملکرد دانه خارمریم نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با کاربرد ۱۳۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار حاصل شد که نسبت به سطح شاهد با ۱۴۱/۴ درصد افزایش همراه بود. پس از آن تیمارهای ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم سولفات پتاسیم نیز عملکرد را به ترتیب به میزان 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، به طوری که بیشترین عملکرد در تراکم ۴ بوته در مترمربع آن حاصل شد و پس از آن با افزایش تراکم به ۸ و ۱۶ بوته در متر مربع به ترتیب 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 یافته است که احتمالاً به علت کاهش فضای اختصاص یافته به هر بوته در کانوپی 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 نهایتاً تعداد دانه در طبق گردیده است که همه این عوامل موجب کاهش عملکرد گردیده‌اند. 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 به شکل سهمی در می‌آید. پژوهشگران دریافتند 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 گردیده که با نتایج آزمایش پژوهشگران بر روی ریحان مطابقت داد (El-Genely *et al.*, 2001).

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 سولفات پتاسیم حاصل شد. گیاه خار مریم نسبت به افزایش سطوح کودی سولفات پتاسیم مخصوصا در سطح کاربرد ۱۳۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار واکنش عملکردی بهتری را نسبت به گلرنگ نشان داد به طوری که عملکرد گلرنگ نسبت به شاهد به میزان ۱۲۴/۲ و خارمریم ۱۴۱/۴ درصد با افزایش عملکرد دانه همراه بودند. ولی پس از آن در سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم کاربرد سولفات پتاسیم گیاه گلرنگ به ترتیب به میزان ۹۳/۵ و ۳۱/۱ درصد با افزایش عملکرد نسبت به شاهد (۸۰/۵ درصد) و گیاه خارمریم (۲۳/۵ درصد) نیز به ترتیب در همین سطوح کودی با افزایش عملکرد دانه همراه بودند که در این سطوح گیاه گلرنگ نسبت به خارمریم عملکرد بالاتری را ثبت نمود. در کل، با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان برای مدیریت و رقابت با علف هرز خارمریم در مزارع گلرنگ از توانایی جذب بالا و کارایی بالاتر سولفات پتاسیم توسط گلرنگ در سطوح ۶۸ و ۳۴ کیلوگرم در مدیریت کودی این گیاه از آن بهره برد.

References

- Abbadi, J., Gerendas, J. and 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 AA, Cicala C, Santini A and 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., A. Rajkan, J. Swanton, and M. Telonar. (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. <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.1930>
- 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. <https://doi.org/10.1002/jpln.200700193>
- Araghinejad M. R. Sarajooghi1, M. Ilkaei1 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*. Vol 12. No.3, 2016. <https://doi.org/10.2134/agronj1974.00021962006600060030x>
- 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., and 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. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2008.09.013>
- 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. and 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. and 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., G. W. Clyton, K. NeilHarkar, F. Craig Stevenson, R. B. Blackshaw and R. J. Graf. (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>
- Brohi, A. R. M. R. Karaman, M. T. Topbas, A. Aktas and E. Savasli. (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. <https://doi.org/10.55730/1300-011x.2839>
- 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>
- Daneshian, J., Majidi, A., Noor Mohammadi, Q. and 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. <https://doi.org/10.29252/pgp.5.1.63>

- 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)
- El- Gendy, S.A., Hosni, A.M., Ahmed, S.S., and 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. <https://doi.org/10.21608/jpp.2016.46867>
- Fayaznia, F., A. R. Siahpoosh, M. R. Moradi-Tilawi, S. A. Siadat, and A. M. Bakhshandeh. (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*. <https://doi.org/10.52783/trs.v7i5.1348>
- Fnayy, H. R., M. Geloy, M. kafy, A. Bnjar Ghanbari and A. H. Shirani Rad. (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 Farsi) <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.05.004>
- Foladvand, M., A. Yadavi, and M. Movahedi Dehnavi. (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. <https://doi.org/10.14196/sjcs.v6i7.2414>
- Gerendás, J., Abbadi, J. and 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>
- Ghorbanzadeh Taghab, M. and R. Afzal. (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://doi.org/10.1080/01904167.2014.983115>
- Gupta, O. P. (2000). Modern weed management. Published by Agrobios. India. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.222846>
- Hoefst, R. G., E. D. Nafziger, R. R. Johnson and R. Aldrich. (2000). Modern Corn and Soybean Production, MCSP Publications, USA. <https://doi.org/10.1016/j.still.2007.10.008>
- 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>
- Hussein , M . M ., Shaaban , M . M . and 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/10.2134/jeq2006.0547>
- 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>
- Jianwei L, Zou JM, 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. 202-205. <https://doi.org/10.3724/sp.j.1006.2009.00087>
- Kenzevic, Z. S., S. F. Weise and C. I. Swanton. (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>
- Khaldabrin, B. and Eslamzadeh, T. (2005). Mineral Nutrition of Organic Plants (Translation), Volume 1, Shiraz University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139164450.005>
- 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>
- 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.2024.84836.116>.
<https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i10q.2739>
- Kikodze, D., Memiadze, N., Kharazishvili, D., Manvelidze, Z. and Mueller-Schaere, H. (2010). The Alien Flora of Georgia. The Federal Office of Environment, Georgian Ministry of the Environment, USA. <https://doi.org/10.15298/arctoia.22.19>
- Kouchaki, A., Rashed Mosheal, M. and Nasiri, M. (1993). *The relationship between water and soil in crop plants*. Jihad Daneshgahi Publications, Ferdowsi University of Mashhad, 278 pages. <https://doi.org/10.29252/geores.32.3.74>
- Levine, J.M. and C.M. D’Antonio. (1999). Elton revisited: A review of evidence linking diversity and invasibility.

- Oikos 87:15–25. <https://doi.org/10.2307/3546992>
- Mack, R.N. (1997). Plant invasions: Early and continuing expressions of global change. In: Huntley, (Eds.) , Past and Future Rapid Environmental Changes: The Spatial and Evolutionary Responses of Terrestrial Biota. Springer-Verlag, Berlin, pp. 205-216. https://doi.org/10.1007/978-3-642-60599-4_16
- Mansourian , S . and 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. <https://doi.org/10.55677/ijlsar/v03i9y2024-01>
- 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>
- Mehriya M.L., Yadav R.S., Jangir R.P., and 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. <https://doi.org/10.59797/ija.v52i2.4920>
- 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>
- Mohammadi, G. R. and F. Amiri. (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. <https://doi.org/10.5660/kjws.2012.32.1.17>
- 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) No 110PP: 171-179. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1282978>
- Mostafae, 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>
- Palizdar M., Delkhosh, B. Shiranirad A.H. and Noormohammadi, Gh. (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*, Vol. 28, No. 4, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.07.017>
- Poffenberg, H. J., S. B. Mirsly, J. R. Teasdale, J. T. Spargo, M. A. Cavigelli and M. Keramer. (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>
- Sangakkara , U . R ., Frehner , M . and 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>
- Sangakkara, U. R., M. Frehner and J. Nösberger. (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>
- Sangakkara, U. R., M. Frehner and J. Nösberger. (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>
- Sarmadnia, G., Kouchaki, and A. (1989) *Physiology of Crop Plants*. Mashhad Academic Jihad Publications. <https://doi.org/10.1201/9781482277807-11>
- Sawan, Z. M., S. A. Hafez, A. E. Basyony and A. E. R. Alkassas. (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>
- 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). <https://doi.org/10.5513/jcea01/18.2.1921>
- Shimura, J., Coates, D. and 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. <https://doi.org/10.20506/rst.29.2.1987>
- 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. <https://doi.org/10.56739/jor.v37ispecialissue.139412>