

بررسی واکنش ارقام گلرنگ به سطوح مختلف فسفر در مناطق گرم

فریدون نورقلی پور¹، لیلا رضاخانی، کامران میرزاشاهی، هرمزد نقوی، مجید رجایی

و مجتبی یحیی آبادی

استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ nourfg@yahoo.com

محقق مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ leila.rezakhani@yahoo.com

استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی دزفول؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران؛

kamranmirzashahi@yahoo.com

استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران؛ naghavii@yahoo.com

دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران؛

rajaie.majid@yahoo.com

استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران؛

yahyabadi@gmail.com

ص 243 - 257

دریافت: 1401/3/10 و پذیرش: 1401/9/2

چکیده

به منظور بررسی واکنش ارقام گلرنگ به سطوح مختلف فسفر خاک درجهت مصرف بهینه کود، پژوهشی در مناطق داراب، اصفهان، دزفول و کرمان به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های 1395 و 1396 اجرا شد. عامل اول، رقم (ارقام پدیده و گلدشت برای اصفهان و داراب و ارقام گلدشت و صفه برای کرمان و دزفول) و عامل دوم، مقدار کود حاوی فسفر (شامل صفر، 50، 100، 150 و 200 کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل) بود. مقدار فسفر قابل جذب خاک در اصفهان 10/2، داراب 11، کرمان 7 و دزفول 7/18 میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. بر اساس نتایج، اثر رقم بر عملکرد دانه گلرنگ در مناطق اصفهان و دزفول به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی دار بود ولی در مناطق داراب و کرمان تفاوت بین دو رقم، معنی دار نبود. اثر مقدار کود حاوی فسفر بر عملکرد دانه در هر چهار منطقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل (رقم-فسفر) بر عملکرد دانه تنها در اصفهان و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. در اصفهان بیشترین مقدار عملکرد از رقم گلدشت و سطح 50 کیلوگرم در هکتار کود حاوی فسفر بدست آمد که اختلاف معنی داری با شاهد داشت. در دزفول نیز بیشترین مقدار عملکرد، از همین مقدار کود بدست آمد. در کرمان بیشترین مقدار عملکرد دانه از رقم گلدشت و سطح 150 کیلوگرم در هکتار کود حاوی فسفر بدست آمد که با دیگر تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری داشت. با کاربرد کود سوپرفسفات تریپل در مناطق داراب، دزفول و اصفهان به ترتیب 20%، 78% و 28% افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. بهترین نسبت فایده به هزینه در داراب و کرمان از رقم گلدشت و به ترتیب از سطح 100 و 150 کیلوگرم در هکتار کود حاوی فسفر بدست آمد و در مناطق دزفول و اصفهان از سطح 150 کیلوگرم در هکتار کود حاوی فسفر به ترتیب در رقم صفه و پدیده حاصل شد. به‌طور کلی، برای گلرنگ در مناطق گرم با فسفر قابل جذب برابر 10 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، مقدار 50 کیلوگرم کود حاوی فسفر و برای مناطق با فسفر قابل جذب 7 میلی‌گرم در کیلوگرم، مقدار 150 کیلوگرم کود حاوی فسفر قابل توصیه خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: سود به هزینه، عملکرد دانه، کود فسفر

¹ نویسنده مسئول، آدرس: مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) با نام انگلیسی Safflower از گیاهان بومی ایران بوده و توانایی بسیار زیادی برای رشد در شرایط مختلف دارد ولی سطح کشت آن در مناطق مختلف دنیا به دلیل نبود اطلاعات در زمینه مدیریت محصول و در دسترس نبودن ارقام مناسب و پرروغن محدود شده است (جباری و همکاران، 1398). این گیاه از جمله دانه‌های روغنی است که نسبت به شرایط خشکی و شوری خاک تحمل نسبتاً خوبی دارد (بایوردی و نورقلی‌پور، 1398). با توجه به افزایش جمعیت و مصرف سرانه روغن، افزایش سطح زیر کشت دانه‌های روغنی و افزایش عملکرد آن‌ها برای افزایش سطح خوداتکایی ضروری است (عراقی‌نژاد و همکاران، 1395).

در حال حاضر از کل روغن مصرفی کشور حدود ده درصد آن در داخل تولید و باقی مانده آن از طریق واردات تأمین می‌شود (میر سید حسینی و نورقلی‌پور، 1398). میزان روغن قابل استخراج دانه گلرنگ در شرایط مساعد بسته به ژنوتیپ تا 45 درصد می‌رسد (زینلی، 1391). گیاه گلرنگ توان تولید بیش از 4 تن دانه در هکتار را دارد که در این میان عوامل به زراعی نقش حیاتی را برعهده دارند. عملکرد گلرنگ همانند سایر محصولات زراعی، تحت تأثیر عوامل گوناگون از جمله ژنوتیپ، تاریخ کشت، تراکم بوته، رطوبت، حاصلخیزی، دما و نور قرار می‌گیرد. این گیاه رتبه هشتم را از لحاظ تولید دانه روغنی جهان بعد از سویا، بادام زمینی، کلزا، آفتابگردان، کنجد، کتان و کرچک دارد. سطح زیر کشت فعلی گلرنگ در کشور حدود 6500 هکتار است و بیشترین سطح زیر کشت مربوط به استان فارس است (آمارنامه کشاورزی، 1396). پایین بودن سطح حاصلخیزی خاک مخصوصاً کمبود فسفر، از عوامل محدودکننده عملکرد این گیاه می‌باشد (موندل و ستر، 2004). فسفر دومین عنصر کلیدی از نظر تغذیه گیاه و از جمله عناصر مهم در تولید محصول به شمار می‌رود (ژانگ و همکاران،

2009). طبق تحقیق انجام شده توسط نورقلی‌پور و همکاران (1399) در 54 مزرعه از مزارع کلزای 12 استان کشور، مقدار فسفر قابل دسترس خاک در 81 درصد از مزارع کمتر از 15 میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. مطالعات نشان داده است که به دلیل پیچیدگی خواص شیمیایی فسفر در خاک‌های آهکی، کم‌تر از 20 درصد کود فسفوری مصرفی، توسط گیاه برداشت می‌شود و بقیه آن در خاک تثبیت و یا تغییر شکل یافته و به شکل غیر قابل جذب درمی‌آید (ونک و همکاران، 2003). بنابراین کشاورزان برای دستیابی به عملکرد مناسب و نیز حفظ تولید، باید هر ساله نسبت به مصرف مقادیر زیاد کودهای حاوی فسفر اقدام کنند. به دلیل مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای حاوی فسفر، ایده اصلاح گیاهان از لحاظ فسفر کارایی (شیوه وفق دادن گیاهان با شرایط طبیعی خاک‌ها و انتخاب و اصلاح ژنوتیپ‌هایی که عناصر غذایی خاک و کود را با کارایی بالا مصرف می‌کنند) به جای اصلاح خاک برای حل مشکل کمبود فسفر در خاک‌ها مطرح شد (ارکوان و همکاران، 2010؛ پارک و همکاران، 2011). تأمین عناصر غذایی به مقدار بهینه، یکی از عوامل مهم در افزایش عملکرد کمی و کیفی گلرنگ می‌باشد.

کمبود فسفر در گلرنگ رشد ریشه و اندام‌های هوایی را کند نموده و در موارد کمبود شدید، موجب کوتاهی قد، ایجاد برگ‌های کوچک و مانع گلدهی می‌شود. از این رو، استفاده بهینه از آن یکی از مولفه‌های حائز اهمیت در مدیریت زراعی محسوب می‌گردد (وی و همکاران، 2017). حد بحرانی کمبود فسفر در خاک برای کشت ارقام مختلف گلرنگ 15 میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (بایوردی و نورقلی‌پور، 1398). این گیاه برای تولید 100 کیلوگرم دانه، 5 کیلوگرم نیتروژن، 1/2 کیلوگرم فسفر (P_2O_5) و 3/8 کیلوگرم پتاسیم (K_2O) جذب می‌کند (بایوردی و نورقلی‌پور، 1398). اثرگذاری بسیار معنی‌دار فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گلرنگ گزارش شده است (گلزارفر و همکاران، 2012).

ارقام صغه نیز در این مناطق وجود دارد (بایبوردی و نورقلی‌پور، 1398).

مناطق کرمان، داراب، دزفول و مناطق شرقی اصفهان، جزو مناطق گرم و خشک کشور به شمار می‌روند و از مناطق عمده کشت گلرنگ می‌باشند. با توجه به کمبود فسفر در سطح وسیعی از مزارع کشور و افزایش هزینه کودهای فسفوری، بررسی مقدار مناسب مصرف کود حاوی فسفر به منظور افزایش عملکرد ارقام مختلف گلرنگ (به عنوان یک گیاه متحمل به خشکی) در این مناطق و شناسایی ارقام کارا در جهت کاهش مصرف کودهای فسفاته ضروری است. نتایج این پژوهش و تحقیقات مشابه می‌تواند مشخص نماید که کدام یک از ارقام برای تولید مقدار مشخصی از دانه به مقدار کمتری از فسفر نیاز دارد. این امر می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد سودمند برای شرایط کمبود فسفر در نظر گرفته شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مناطق داراب، اصفهان، دزفول و کرمان به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی (1395-1396) اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل فاکتور اول (دو رقم پدیده و گلدشت برای مناطق اصفهان و داراب و دو رقم گلدشت و صغه برای مناطق کرمان و دزفول) (به پیشنهاد کارشناسان مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر) و فاکتور دوم (کود حاوی فسفر شامل صفر، 50، 100، 150 و 200) کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل (معادل صفر، 25، 50، 75 و 100 کیلوگرم در هکتار P_2O_5) در خاک‌هایی با شرایط فسفر پائین‌تر از 15 میلی‌گرم بر کیلوگرم) (پایین‌تر از غلظت بحرانی برای گیاه گلرنگ) (بایبوردی و نورقلی‌پور، 1398) بود. برای اجرای این آزمایش در اواخر تابستان یک نمونه مرکب خاک برای تجزیه‌های شیمیایی و فیزیکی از مزارع ایستگاه تحقیقاتی مناطق داراب، دزفول و کرمان تهیه شد و نمونه مرکب خاک در منطقه اصفهان از مزرعه زارع منطقه تهیه شد. قبل از کشت خصوصیات

کاهش عملکرد گلرنگ در پاسخ به کمبود فسفر، بسیار بیشتر از نیتروژن و پتاسیم است (آبادی و گرن‌داز، 2011). مقدار فسفر توصیه شده برای این گیاه بین 35 تا 200 کیلوگرم در هکتار با توجه به رقم و منطقه متفاوت است و در شرایط دیم مقدار کمتری توصیه شده است (وفائی و همکاران، 2013، افضل و همکاران، 2017، حقیقتی مالک و فری، 2014، حیدری و همکاران، 2014، سوفی و همکاران، 2020). این عنصر بر شاخص‌های ارتفاع گیاه و تعداد کپسول در بوته نیز تأثیر مثبت دارد (بونفیم-سیلوا و همکاران، 2017). تحقیقات در مورد اثر مصرف فسفر بر گلرنگ نشان داد که کاربرد فسفر، نسبت به تیمار عدم مصرف فسفر به‌طور معنی‌داری، باعث افزایش عملکرد ماده خشک گلرنگ گردید (آبادی، 2017).

بررسی اثرات فسفر بر عملکرد دانه و تعداد کپسول در بوته رقم گلدشت نشان داد که بهترین تیمار، مصرف 75 کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل بود (وفائی و همکاران، 2013). بررسی سطوح مختلف نیتروژن و فسفر بر عملکرد دانه گلرنگ در مناطق دیم نشان داد که بهترین تیمار فسفر برای دستیابی به عملکرد بهینه در مراغه و سرارود، به ترتیب 15 و 95 کیلوگرم فسفر خالص در هکتار بود (حقیقتی ملک و فری، 2014). کاربرد کود حاوی فسفر با سطح 50 کیلوگرم سوپرفسفات‌تریپل در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه گلرنگ بهاره (IL111) به مقدار 21 درصد گردید (حشمتی و همکاران، 1396).

در حال حاضر، شش رقم گلرنگ محلی اصفهان، پدیده، گلدشت، صغه، گل‌مهر، پرنیان با تیپ‌های رشدی پاییزه، بهاره و بینابین برای کشت و کار در شرایط اقلیمی مختلف کشور، توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر معرفی شده است. کشت گلرنگ در مناطق گرم باید در پاییز و بر اساس زمان شروع بارندگی‌های پاییزه و عدم همزمانی دوره گلدهی با درجه حرارت‌های بالا تنظیم شود. آخرین بررسی‌ها نشان داده است که رقم گلدشت، مناسب کشت پاییزه در مناطق گرم است و امکان کشت

خاک و آب محل‌های اجرای پروژه به روش‌های متداول آزمایشگاهی (علی‌احیایی و بهبهانی زاده، 1372) اندازه-گیری شد (جدول 1 و 2).

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق اجرا

Cu	Zn	Fe	Mn	K	P	O.C	T.N.V	SP	pH	EC (dS.m ⁻¹)	بافت خاک	سال	منطقه
میلی‌گرم بر کیلوگرم (فرم قابل جذب)						%							
1/1	0/7	4/5	5	190	11/2	0/42	32	-	7/8	3/8	لوم رسی	اول	اصفهان
2/1	0/7	3/8	6	180	9/2	0/38	34	-	7/5	3/6	لوم رسی	دوم	داراب*
0/9	1/0	11/5	19/9	200	11	0/48	39	-	8/1	0/8	لوم	اول	کرمان
-	-	-	-	150	6	0/60	43	44/1	7/4	2/4	لوم شنی	اول	دزفول
-	-	-	-	170	8	0/60	43	44/1	7/4	2/5	لوم شنی	دوم	
1/1	1/4	6/2	4	170	7/2	0/55	46	42/6	7/7	1/1	لوم	اول	
0/4	1/1	5	2/6	154	7/1	0/68	48/5	-	7/8	1/2	لوم رسی	دوم	

* در یک قطعه از مزرعه تحقیقاتی انجام شد

جدول 2- ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده در مناطق اجرا

(HCO ₃)	(Cl)	(Na ⁺)	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	(Mg ²⁺)	(Ca ²⁺)	(SO ₄ ⁻²)	pH	EC (dS.m ⁻¹)	سال	مزرعه
(meq.l ⁻¹)										
3/2	13/2	-	-	4	9	9/3	7/2	2/5	اول	اصفهان*
3/8	14/1	-	-	4	8	8/4	7/3	2/2	دوم	داراب
3/8	3/2	1/3	-	1/3	3/2	-	7/9	0/8	اول	کرمان
3/2	2	3/2	3/6	-	-	1/6	8	0/6	اول	دزفول
2	1/5	1/6	3/2	-	-	1/2	8/1	0/5	دوم	

* چاه آب در دو سال متفاوت بود.

کپسول بارور در سه کادر یک مترمربعی از هر کرت شمارش و میانگین آن در هر مترمربع تعیین گردید. تعداد دانه در کپسول با شمارش دانه‌های پر در 20 کپسول بارور در داخل هر کادر انجام گرفت. تعداد 100 دانه به صورت دستی شمارش شده و سپس وزن آن‌ها به عنوان وزن هزاردانه بر حسب گرم تعیین شد. پس از حذف دو خط کناری و نیم متر از بالا و پائین هر کرت در سطح 10 مترمربع، برداشت انجام و مقدار عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. پس از پایان دوره روزت و قبل گلدهی (قبل از decimal code 62، مطابق کد دو رقمی نرکار و همکاران، 2006)، تعداد 5 نمونه کامل گیاه از اندام هوایی تهیه و وزن خشک، غلظت و جذب فسفر 5 بوته (حاصل‌ضرب وزن خشک بوته در غلظت فسفر بوته) در نمونه‌ها اندازه-گیری شد. برای اندازه‌گیری غلظت فسفر، نمونه‌های گیاه

هر کرت آزمایشی شامل 6 خط به طول 5 متر با فاصله خطوط 50 سانتیمتری، فاصله بین کرت‌ها یک متر و بین تکرارها نیز چهار متر در نظر گرفته شد، به طوری که تراکم کشت در هر کرت آزمایشی 25 بوته در مترمربع بود. میزان آب مصرفی بر اساس نیاز آبی و شرایط اقلیمی منطقه مصرف گردید. آبیاری با استفاده از سیستم آبیاری بارانی انجام شد. کلیه عملیات زراعی در مرحله داشت شامل مبارزه با علف‌های هرز، دفع آفات، کنترل بیماری‌ها و وجین به طور منظم و یکنواخت برای کرت‌ها انجام گرفت.

برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع ساقه از محل طوقه تا زیر گل آذین با استفاده از متر اندازه‌گیری و بر حسب سانتی‌متر برای بوته، تعیین گردید. قبل از برداشت از هر تکرار تعداد

کپسول بارور در مترمربع، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه معنی‌دار بود ولی بر سایر صفات، اثر معنی‌داری نداشت. اثر اصلی کود حاوی فسفر بر تمام صفات اندازه‌گیری شده به جز تعداد کپسول بارور در مترمربع و تعداد دانه در کپسول معنی‌دار بود. اثر متقابل دوگانه (رقم-کود حاوی فسفر) و سه‌گانه (سال-رقم-کود حاوی فسفر) تیمارها بر هیچ‌یک از صفات معنی‌دار نبود.

نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله در منطقه دزفول (جدول 5) نشان داد که اثر اصلی سال بر همه صفات اندازه‌گیری شده به جز عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر اصلی رقم نیز بر همه صفات به جز تعداد کپسول بارور در مترمربع و وزن خشک بوته معنی‌دار بود. اثر اصلی کود حاوی فسفر بر تمام صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل دوگانه (رقم-کود حاوی فسفر) و سه‌گانه (سال-رقم-کود حاوی فسفر) تیمارها بر هیچ‌یک از صفات معنی‌دار نبود.

نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله در منطقه کرمان (جدول 6) نشان داد که اثر اصلی سال بر همه صفات اندازه‌گیری شده به جز عملکرد دانه معنی‌دار بود. اثر اصلی رقم نیز بر همه صفات به جز تعداد کپسول بارور در مترمربع، تعداد دانه در کپسول و عملکرد دانه معنی‌دار بود. اثر اصلی کود حاوی فسفر بر وزن خشک، جذب فسفر، ارتفاع بوته و عملکرد دانه معنی‌دار بود ولی بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشت. اثرات متقابل دوگانه (رقم-کود حاوی فسفر) تنها بر جذب فسفر، تعداد دانه در کپسول و ارتفاع بوته معنی‌دار بود و اثرات متقابل سه‌گانه (سال-رقم-کود حاوی فسفر) نیز تنها بر وزن خشک بوته، جذب فسفر، وزن هزاردانه و ارتفاع بوته معنی‌دار بود.

پس از شستشو با آب مقطر، در دمای 70 درجه سانتی‌گراد با آون خشک و توسط آسیاب برقی پودر شدند. سپس مقدار 0/5 گرم از نمونه آسیاب شده به روش هضم مرطوب روی اجاق الکتریکی در دمای 200 الی 300 درجه سانتی‌گراد قرار داده و فسفر به روش طیف‌سنجی (رنگ زرد مولیبدات و انادات) و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 470 نانومتر (وسترن، 1990) اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری به وسیله نرم افزار SAS صورت گرفت و مقایسه میانگین مربوط به اثر تیمارها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارها بر صفات اندازه‌گیری شده گلرنگ در مناطق اجرا

نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله در منطقه اصفهان (جدول 3) نشان داد که اثر اصلی سال تنها بر غلظت فسفر و جذب فسفر بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر اصلی رقم بر تعداد کپسول بارور در مترمربع، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و غلظت فسفر معنی‌دار بود ولی بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشت. اثر اصلی کود حاوی فسفر بر تمام صفات اندازه‌گیری شده به جز تعداد کپسول بارور در مترمربع، تعداد دانه در کپسول و ارتفاع بوته، معنی‌دار بود. اثر متقابل دوگانه (رقم-کود حاوی فسفر) تنها بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. همچنین اثرات متقابل سه‌گانه (سال-رقم-کود حاوی فسفر) بر هیچ‌یک از صفات معنی‌دار نبود.

نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله در منطقه داراب (جدول 4) نشان داد که اثر اصلی سال تنها بر وزن خشک بوته، جذب فسفر و تعداد دانه در کپسول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر اصلی رقم بر تعداد

جدول 3- خلاصه تجزیه واریانس اثرات حاصل از تجزیه مرکب بر صفات مورد مطالعه در منطقه اصفهان

میانگین مربعات									
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک	غلظت فسفر	جذب فسفر	تعداد کپسول بارور در مترمربع	تعداد دانه در کپسول	وزن هزاردانه	ارتفاع بوته	عملکرد دانه
سال	1	120/7 ^{ns}	0/37 ^{**}	138862 ^{**}	1/35 ^{ns}	35/27 ^{ns}	38/4 ^{ns}	0/07 ^{ns}	41659/4 ^{ns}
تکرار/ سال	4	178/24 [*]	0/01 ^{ns}	2920 ^{ns}	1/13 ^{ns}	6/67 ^{ns}	9/33 ^{ns}	43/6 ^{ns}	118108 ^{ns}
رقم	1	10/67 ^{ns}	0/01 [*]	4845/9 ^{ns}	183/75 ^{**}	13/0 ^{ns}	4100 ^{**}	5762 ^{**}	1763020 ^{**}
سال×رقم	1	392/7 [*]	0/01 [*]	20237 ^{**}	2/02 ^{ns}	0/07 ^{ns}	3/27 ^{ns}	1/67 ^{ns}	340054/8 ^{ns}
فسفر	4	835 ^{**}	0/009 [*]	14420 ^{**}	0/83 ^{ns}	31/0 ^{ns}	27/3 [*]	23/19 ^{ns}	1340889 ^{**}
سال×فسفر	4	385 ^{**}	0/002 ^{ns}	7330/9 [*]	3/1 ^{ns}	4/48 ^{ns}	22/8 ^{ns}	18/11 ^{ns}	154459 ^{ns}
رقم×فسفر	4	1/15 ^{ns}	0/003 ^{ns}	1835/4 ^{ns}	0/67 ^{ns}	18/7 ^{ns}	4/39 ^{ns}	67/19 ^{ns}	568553 [*]
رقم×سال×فسفر	4	107/1 ^{ns}	0/001 ^{ns}	1816/16 ^{ns}	1/6 ^{ns}	1/03 ^{ns}	5/39 ^{ns}	10/21 ^{ns}	96333/5 ^{ns}
خطا	36	57/71	0/0027	2248/39	3/23	15/24	9/63	28/77	211653
CV%		11/50	21/51	29/47	20/14	12/15	6/99	5/71	13/13

ns, *, ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح یک و پنج درصد

جدول 4- خلاصه تجزیه واریانس اثرات حاصل از تجزیه مرکب بر صفات مورد مطالعه در منطقه داراب

میانگین مربعات									
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک	غلظت فسفر	جذب فسفر	تعداد کپسول بارور در مترمربع	تعداد دانه در کپسول	وزن هزاردانه	ارتفاع بوته	عملکرد دانه
سال	1	25174/02 ^{**}	0/003 ^{ns}	146026/7 ^{**}	13/07 ^{ns}	21018/82 ^{**}	20/42 ^{ns}	0/82 ^{ns}	67737/6 ^{ns}
تکرار/ سال	4	704/17 ^{ns}	0/001 ^{ns}	440/87 ^{ns}	119/307 ^{ns}	13/22 ^{ns}	108/47 ^{**}	187/28 [*]	70738 ^{ns}
رقم	1	595/35 ^{ns}	0/002 ^{ns}	564/27 ^{ns}	1793/07 [*]	132/02 ^{**}	7729/35 ^{**}	6/02 ^{ns}	85730/4 ^{ns}
سال×رقم	1	1848/15 ^{ns}	0/001 ^{ns}	10935 ^{ns}	7797/6 ^{**}	742/02 ^{**}	54/15 ^{ns}	20869/35 ^{**}	933504/27 ^{ns}
فسفر	4	1752/58 ^{**}	0/012 ^{**}	52015/6 ^{**}	292/83 ^{ns}	24/92 ^{ns}	61/4 [*]	248/86 [*]	408647/15 ^{**}
سال×فسفر	4	57/85 ^{ns}	0/000 ^{ns}	1787/3 [*]	223/32 ^{ns}	21/65 ^{ns}	10 ^{ns}	74/86 ^{ns}	11744/18 ^{ns}
رقم×فسفر	4	294/6 ^{ns}	0/001 ^{ns}	632/68 ^{ns}	334/07 ^{ns}	15/35 ^{ns}	22/02 ^{ns}	6/64 ^{ns}	6953/4 ^{ns}
رقم×سال×فسفر	4	300/57 ^{ns}	0/001 ^{ns}	958/25 ^{ns}	187/52 ^{ns}	3/02 ^{ns}	12/48 ^{ns}	34/31 ^{ns}	18182/27 ^{ns}
خطا	36	377/67	0/001	4468/94	312/62	17/7	22/52	65/25	45562/98
CV%		13/09	18/23	23/09	9/10	9/16	11/33	8/54	12/06

ns, *, ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح یک و پنج درصد

جدول 5- خلاصه تجزیه واریانس اثرات حاصل از تجزیه مرکب بر صفات مورد مطالعه در منطقه دزفول

میانگین مربعات									
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک	غلظت فسفر	جذب فسفر	تعداد کپسول بارور در مترمربع	وزن هزاردانه	ارتفاع بوته	عملکرد دانه	
سال	1	36803/27 ^{**}	0/1654 ^{**}	2034673 ^{**}	62468/3 ^{**}	1161 ^{**}	2041 ^{**}	35868/2 ^{ns}	
تکرار/ سال	4	2358/88 ^{ns}	0/00005 ^{ns}	13525/3 ^{ns}	7443/1 ^{**}	13/3 ^{ns}	15/1 ^{**}	103846 ^{**}	
رقم	1	2406/67 ^{ns}	0/0109 ^{**}	162344 [*]	1480/1 ^{ns}	3435/3 ^{**}	8979/3 ^{**}	127974 [*]	
سال×رقم	1	336/07 ^{ns}	0/0054 [*]	46872/2 ^{ns}	1058/4 ^{ns}	216/6 ^{ns}	17/1 [*]	126/2 ^{ns}	
فسفر	4	10412/27 ^{**}	0/0059 ^{**}	181926 ^{**}	9657/3 ^{**}	41/7 ^{**}	46/72 ^{**}	2289429 ^{**}	
سال×فسفر	4	3575/1 ^{ns}	0/00068 ^{ns}	43017/1 ^{ns}	5460/9 ^{**}	1/93 ^{ns}	25/96 ^{**}	30127/9 ^{ns}	

7064/4 ^{ns}	3/64 ^{ns}	2/35 ^{ns}	432/8 ^{ns}	31366/6 ^{ns}	0/000014 ^{ns}	2500/42 ^{ns}	4	رقم×فسفر
2455/4 ^{ns}	2/11 ^{ns}	7/1 ^{ns}	471/7 ^{ns}	23853/7 ^{ns}	0/00034 ^{ns}	4083/98 ^{ns}	4	رقم×سال×فسفر
18835/6	3/56	5/96	735/6	23474/2	0/00093	1818/99	36	خطا
6/66	1/61	6/22	12/37	26/72	13/28	17/65		CV%

^{ns}, **, *: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

جدول 6- خلاصه تجزیه واریانس اثرات حاصل از تجزیه مرکب بر صفات مورد مطالعه در منطقه کرمان

میانگین مربعات									
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک	غلظت فسفر	جذب فسفر	تعداد کپسول بارور در مترمربع	تعداد دانه در کپسول	وزن هزاردانه	ارتفاع بوته	عملکرد دانه
سال	1	189169**	0/148 **	2056090**	13202**	370 **	1530**	281 *	3728/ ^{ns}
تکرار/ سال	4	4511 ^{ns}	0/01 **	50792 *	1125/8 ^{ns}	16/32 ^{ns}	43/83 ^{ns}	72/3 ^{ns}	997197 ^{ns}
رقم	1	36654 **	0/012 *	186261 **	123/27 ^{ns}	62/02 ^{ns}	453**	1251**	3104920 ^{ns}
سال×رقم	1	43794**	0/001 ^{ns}	325754 **	8073**	50/42 ^{ns}	8/82 ^{ns}	3526**	5762900*
فسفر	4	18144**	0/0002 ^{ns}	101399**	651/1 ^{ns}	32/85 ^{ns}	11/85 ^{ns}	617/8**	4741674**
سال×فسفر	4	12847*	0/003 ^{ns}	70081*	2075*	34/77 ^{ns}	23/57 ^{ns}	850/88**	301682 ^{ns}
رقم×فسفر	4	7424/4 ^{ns}	0/001 ^{ns}	82491**	588/4 ^{ns}	123/43 *	97/08 ^{ns}	355 **	920704 ^{ns}
رقم×سال×فسفر	4	11465 *	0/001 ^{ns}	110993 **	1090/6 ^{ns}	80/58 ^{ns}	247**	187/63 *	383677 ^{ns}
خطا	36	3835	0/0025	18977/8	689/7	38/35	43/74	57/52	821268/1
CV%		28/21	20/92	27/19	27/48	17/6	20/66	8/05	28/45

^{ns}, **, *: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

نتایج مقایسه میانگین تأثیر تیمارها بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در مناطق اجرا

نتایج مقایسه میانگین دوساله داده‌ها بر عملکرد دانه گلرنگ (جدول 7) نشان داد که در منطقه داراب بین سطوح مختلف کود حاوی فسفر و ارقام گلرنگ، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد. بررسی عددی داده‌ها در هر دو رقم کشت شده، نشان‌دهنده این مطلب است که مصرف کود حاوی فسفر تا سطح 100 و 150 کیلوگرم، موجب افزایش عملکرد دانه گلرنگ نسبت به عدم مصرف کود حاوی فسفر شد که این افزایش عملکرد در رقم گلدشت، مقادیر بیشتری را نسبت به رقم پدیده نشان داد. در منطقه اصفهان بین سطوح 50، 100 و 150 کیلوگرم بر هکتار در ارقام گلدشت و پدیده، اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد اما بیشترین مقدار عددی عملکرد دانه از کاربرد 50 کیلوگرم در هکتار کود حاوی فسفر و رقم گلدشت بدست آمد (3980 کیلوگرم در هکتار- معادل 28/5 درصد افزایش نسبت به شاهد این رقم)، در صورتی

که رقم پدیده برای تولید عملکردی معادل این مقدار به 150 کیلوگرم کود در هکتار احتیاج داشت. در منطقه دزفول بین سطوح کود حاوی فسفر (100، 150 و 200 کیلوگرم در هکتار) در هر دو رقم گلدشت و صفه، اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد اما با مصرف کود حاوی فسفر، عملکرد دانه گلرنگ نسبت به شاهد افزایش نشان داد و بیشترین مقدار عددی عملکرد دانه از کاربرد سطح 150 کیلوگرم در هکتار و رقم صفه بدست آمد (2408 کیلوگرم در هکتار- معادل 78 درصد افزایش نسبت به شاهد این رقم). در منطقه کرمان بیشترین مقدار عملکرد دانه از کاربرد 150 کیلوگرم بر هکتار کود حاوی فسفر و رقم گلدشت بدست آمد که با سایر تیمارها از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری داشت. در این منطقه در تیمار شاهد، عملکرد دانه در رقم گلدشت 50 درصد بیشتر از رقم صفه بود (جدول 7).

پژوهشگران پاسخ متفاوت ارقام گلرنگ به سطوح مختلف کود حاوی فسفر را گزارش نموده‌اند

می‌گردد (جدول 7). البته می‌تواند به دلیل سازگاری بهتر شرایط منطقه با نیازهای رویشی رقم مورد اشاره نیز باشد. در منطقه دزفول عملکرد رقم صغه بهتر از رقم گلدشت بود. رقم صغه شب‌های خنک‌تر را ترجیح می‌دهد که این می‌تواند یکی از دلایل واکنش متفاوت رقم در مناطق مختلف باشد (جباری و همکاران، 1398). اختلاف بین عملکرد و سایر ویژگی‌های ارقام گلرنگ در آزمایش‌های دیگر نیز گزارش شده است. در این باره، بررسی شاخص های گیاهی در 10 رقم گلرنگ، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین صفات مورد مطالعه (ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد کپسول در بوته، وزن هزاردانه، درصد روغن و عملکرد دانه)، بود که این تفاوت‌ها به پتانسیل ژنتیکی آن‌ها ربط داده شد (کیلی و همکاران، 2016). نتایج تحقیق خدامرادی و همکاران (1393) با کاربرد کود حاوی فسفر برای دو رقم گلرنگ کشت شده در منطقه معتدل سرد کرمانشاه نشان داد که کاربرد 100 کیلوگرم بر هکتار سوپرفسفات تریپل در رقم گلدشت موجب افزایش 10 درصدی عملکرد دانه گلرنگ نسبت به تیمار شاهد بدون مصرف فسفر شد اما در رقم پدیده این مقدار افزایش به 166 درصد رسید.

(دانیسیزیو و همکاران، 2015؛ سوفی و همکاران، 2020). اثر مثبت کود حاوی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (تعداد کپسول بارور در مترمربع، وزن هزاردانه و ارتفاع بوته)، به دلیل نقش مستقیم این عنصر در فرآیندهای سوخت و ساز گیاه، در تقسیم و رشد سلول، انتقال انرژی، ساخت مواد آلی، تنفس و فتوسنتز است. همچنین، هرگاه گیاه بتواند مقدار بیشتری از تابش خورشیدی را جذب نماید، می‌تواند با مقدار بیشتری از ذخایر فتوسنتزی در مرحله رشد رویشی، وارد مرحله زایشی شود. در نتیجه، علاوه بر تولید محصول بیشتر، قادر خواهد بود که مقدار بیشتری از ترکیبات آلی فتوسنتزی را به دانه منتقل نماید و از این طریق باعث افزایش عملکرد دانه شود. از طرفی، تأمین بهینه فسفر در هنگام گلدهی باعث افزایش گرده افشانی در گیاه می‌شود، چرا که فسفر نقش مهمی در گرده افشانی گیاهان دارد. از این رو به نظر می‌رسد، فسفر از راه افزایش اجزای عملکرد می‌تواند موجب بهبود عملکرد دانه گردد (جباری سیلوا و همکاران، 2017؛ حشمتی و همکاران، 2017؛ احمدپور ابنوی و همکاران، 2019).

تفاوت در مقدار عملکرد دانه ارقام را می‌توان به تفاوت در اجزاء عملکرد گلرنگ و در نهایت به برآیند آن‌ها نسبت داد که منجر به تفاوت معنی‌دار عملکرد دانه

جدول 7- مقایسه میانگین دوساله اثرمتقابل تیمارها بر عملکرد دانه گلرنگ در مناطق اجرا

منطقه	مقدار کود حاوی فسفر (کیلوگرم در هکتار)									
	0	50	100	150	200	0	50	100	150	200
نوع رقم*	گلدشت					پدیده				
داراب	3279a	3818a	3941a	3847a	3826a	3122a	3590a	3715a	3721a	3624a
اصفهان	3098c	3980a	3882a	3684ab	3726ab	2774c	3176bc	3129c	3847a	3731ab
نوع رقم	گلدشت					صغه				
دزفول	1315c	1892b	2282a	2273a	2307a	1352c	2035b	2331a	2408a	2404a
کرمان	980b	1866b	1712b	3303a	1753b	651b	1527b	1629b	1882b	1652b

*در هر منطقه دو رقم گلرنگ کشت شد. در مناطق دزفول و کرمان رقم صغه جایگزین رقم پدیده شد (به دلیل کشت غالب منطقه). در هر ردیف اعداد دارای حروف کوچک مشترک، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد ندارند.

در گیاه خواهد شد (پالودو و همکاران، 2017). نتایج مشابهی نیز توسط (بونفیم-سیلوا و همکاران، 2017) در این باره گزارش شده است. تعداد کپسول بارور در گیاه و به تبع آن تعداد دانه در هر کپسول، از جمله‌ی این متغیرها می‌باشند که نقش تعیین کننده‌ای در عملکرد دانه گلرنگ بر عهده دارند (ارسلان و کویلان، 2018). استفاده از کودهای حاوی فسفر به دلیل افزایش رشد ریشه و به تبع آن افزایش جذب عناصر غذایی، سبب افزایش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش وزن هزاردانه می‌گردد. از طرفی، برای تولید دانه در گیاهان زراعی، وزن هزاردانه نشان‌دهنده سلامتی گیاه در طول دوره پر شدن دانه می‌باشد (لوپز و فونتنز، 1986). تفاوت در مقدار وزن هزاردانه ارقام گلرنگ را می‌توان به تفاوت ژنتیکی آن‌ها ارتباط داد. به عبارت دیگر، وزن هزاردانه از ویژگی‌های متأثر از اثر رقم می‌باشد، و تولید بذر سنگین‌تر، بیشتر نتیجه انتقال مناسب فتوآسیمیلات‌ها به بذر می‌باشد (علیزاده و کاراپتیان، 2006). همچنین افزایش ارتفاع بوته، احتمالاً به علت تأثیر مثبت فسفر بر گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه و جذب بیشتر عناصر غذایی می‌باشد.

در تحقیق خدامرادی و همکاران (1393) بر روی دو رقم گلرنگ، نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (105 سانتی‌متر) تحت تأثیر تیمار کودی 50 کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل در رقم پدیده و کمترین آن با 95 سانتی‌متر در تیمار شاهد بدون مصرف فسفر و رقم گلدشت بدست آمد که با نتایج این پژوهش در رقم برتر منطقه اصفهان مغایرت دارد.

با توجه به همبستگی معنی‌دار بین شاخص‌های اندازه‌گیری شده تعداد دانه در کپسول ($r = 0/58^{**}$) و وزن هزاردانه ($r = 0/19^{**}$) با عملکرد دانه، افزایش عملکرد دانه می‌تواند متأثر از افزایش این دو جزء عملکرد باشد.

نتایج مقایسه میانگین دوساله اثر تیمارها بر اجزای عملکرد گلرنگ (جدول 8) نشان داد که بیشترین مقدار وزن هزاردانه در منطقه داراب و اصفهان به ترتیب از کاربرد 50 و 200 کیلوگرم در هکتار کود حاوی فسفر بدست آمد و رقم پدیده (56 و 55 گرم) نسبت به رقم گلدشت (32 و 37 گرم) برتری داشت اما در منطقه دزفول و کرمان بیشترین مقدار وزن هزاردانه در رقم گلدشت مشاهده شد و بین سطوح کاربرد کود حاوی فسفر در منطقه کرمان تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت. بالاترین تعداد کپسول بارور در مترمربع در منطقه دزفول از تیمار 200 کیلوگرم در هکتار کود حاوی فسفر و در اصفهان از کاربرد 50 کیلوگرم در هکتار بدست آمد و رقم گلدشت نسبت به رقم پدیده برتری داشت. اما در مناطق داراب و کرمان بین تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین ارتفاع بوته (132 سانتی‌متر) در منطقه دزفول از کاربرد 200 کیلوگرم در هکتار و رقم صفه بدست آمد اما در منطقه کرمان (113 سانتی‌متر) از کاربرد 150 کیلوگرم در هکتار، اصفهان (106 سانتی‌متر) و داراب (101 سانتی‌متر) از کاربرد 50 کیلوگرم در هکتار کود حاوی فسفر بدست آمد و رقم گلدشت در این مناطق برتری داشت (جدول 8).

تعداد کپسول بارور در مترمربع، به عنوان یکی از مهمترین اجزاء عملکرد، همبستگی بالایی با عملکرد دانه گلرنگ دارد، به طوری که با افزایش درجه فراهمی فسفر همزمان با تأمین سایر عناصر غذایی، افزایش معنی‌دار این صفت بروز خواهد نمود. این امر، از طریق افزایش سنتز کلروفیل، مقدار بیشتری از کربوهیدرات‌های فتوسنتزی را، برای تولید تعداد مریستم‌های آغازنده شاخه‌های فرعی فراهم می‌کند. افزون بر این، در گلرنگ به ازای هر شاخه فرعی معمولاً یک کپسول نیز تشکیل می‌شود؛ که این امر، موجب افزایش اجزای عملکرد دانه

جدول 8- مقایسه میانگین دو ساله اثر متقابل تیمارها (رقم و مقدار کود) بر اجزای عملکرد گلرنگ در مناطق اجرا

مقدار کود حاوی فسفر (کیلوگرم در هکتار)										صفات	منطقه
200	150	100	50	0	200	150	100	50	0		
پدیده					گلدشت						
116a	112a	116a	102a	104a	142/5a	135a	142a	132a	101a	تعداد کپسول بارور	
55a	51ab	55/5a	56a	48b	29c	32c	32c	32c	28c	وزن هزاردانه	داراب
86a	89a	92a	96a	97a	94a	93a	95/5a	101a	91a	ارتفاع بوته	
90b	136b	90b	81/6b	86/4b	127a	120a	129/6a	132a	126a	تعداد کپسول بارور	
55a	52ab	52ab	53/5ab	50/5b	37c	37c	36c	37c	34c	وزن هزاردانه	اصفهان
89b	86bc	82c	83bc	80c	103a	101a	103a	106a	105a	ارتفاع بوته	
صفه					گلدشت						
240ab	234ab	220ab	194ab	183b	256a	250ab	234ab	182b	198ab	تعداد کپسول بارور	
32b	32b	33b	32b	29b	47/5a	48a	48/5a	47a	43a	وزن هزاردانه	دزفول
132a	131a	130a	129a	128a	109b	106b	105b	105b	102b	ارتفاع بوته	
56/5a	64a	56a	58a	75a	51a	77a	65a	48a	54a	تعداد کپسول بارور	
30a	30a	33/5a	28a	25a	34a	36/5a	30a	37a	36a	وزن هزاردانه	کرمان
101ab	94/5ab	89bc	90bc	74c	94/5ab	113a	93b	99ab	95ab	ارتفاع بوته	

تأثیر سطوح مختلف کود حاوی فسفر بر جذب فسفر

اندام هوایی گیاه گلرنگ در مرحله خروج از روزت

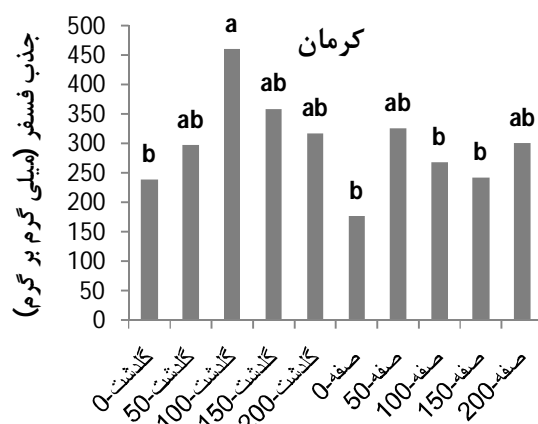
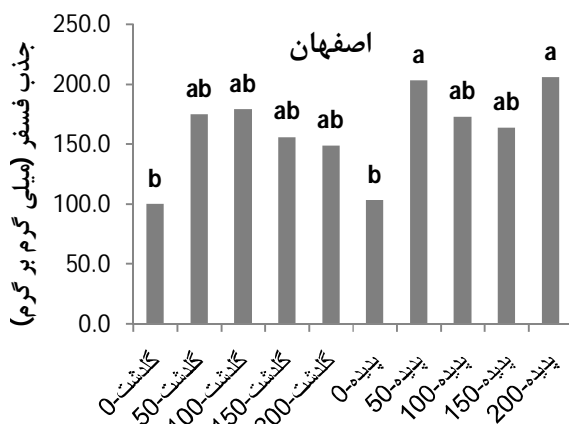
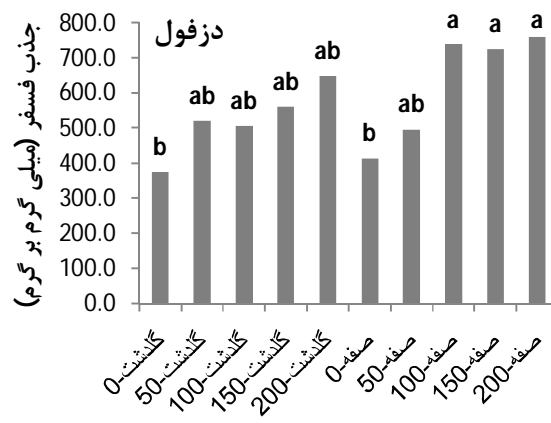
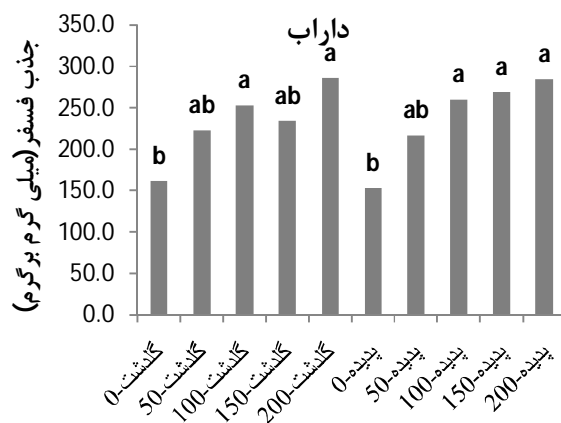
نتایج مقایسه میانگین دوساله داده‌ها نشان داد که با کاربرد سطوح مختلف کود حاوی فسفر، مقدار جذب فسفر نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود حاوی فسفر) افزایش یافت و این افزایش در تمام مناطق از لحاظ آماری معنی‌دار بود. در منطقه کرمان بیشترین مقدار جذب فسفر از رقم گلدشت و از کاربرد 100 کیلوگرم در هکتار کود حاوی فسفر بدست آمد. در منطقه داراب بین کاربرد سطوح 100، 150 و 200 کیلوگرم در هکتار کود حاوی فسفر و رقم پدیده تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد و با سطح 100 و 200 کیلوگرم در هکتار کود حاوی فسفر در رقم گلدشت در یک گروه آماری قرار گرفت. در منطقه اصفهان بیشترین مقدار جذب فسفر از کاربرد تیمار 50 و 200 کیلوگرم در هکتار کود حاوی فسفر و رقم پدیده بدست آمد و در منطقه دزفول بین سطوح کودی 100، 150 و 200 کیلوگرم در هکتار، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد و بیشترین مقدار جذب فسفر از رقم صفه بدست آمد (شکل 1).

بین مناطق اجرا از لحاظ کلیه خصوصیات

اندازه‌گیری شده تفاوت وجود داشت که این امر می‌تواند متأثر از خصوصیات خاک، اقلیم و آب آبیاری مناطق باشد. اگرچه در کلیه مناطق رقم گلدشت به عنوان رقم مشترک حضور داشت ولی توجه به شاخص‌های اندازه‌گیری شده در این رقم به صورت واضح تفاوت مناطق را نشان داد. با توجه به نتایج جدول (7) در سطح شاهد، عملکرد دانه گلدشت در مناطق داراب و اصفهان بیش از 3 تن در هکتار بود ولی در منطقه کرمان زیر یک تن و در دزفول کمتر از 1500 کیلوگرم در هکتار بود. این رقم بهترین عملکرد را در مناطق داراب و اصفهان به حدود 3900 کیلوگرم در هکتار رساند. ولی بیشترین جهش عملکرد این رقم در منطقه کرمان بود که به حدود 3300 کیلوگرم در هکتار رسید. در صورتی که در این منطقه رقم صفه حداکثر عملکرد حدود 1900 کیلوگرم در هکتار را داشت. ولی در منطقه دزفول رقم صفه با رقم گلدشت از لحاظ معنی‌داری برابری کرد. این امر نشان می‌دهد که نوع رقم گلرنگ با توجه به منطقه کشت می‌تواند در تولید محصول بسیار مؤثر باشد و بر اقتصاد زارع و پایداری تولید این محصول تأثیر نماید.

افزایش جذب فسفر در نتیجه‌ی مصرف کود حاوی فسفر در سایر مطالعات نیز گزارش شده است (آبادی، 2017). همچنین، میزان جذب فسفر در ارقام گلرنگ در مناطق اجرا متفاوت بود که این موضوع را می‌توان به متفاوت بودن وزن خشک و نیز غلظت فسفر اندام هوایی گیاه بین ارقام مرتبط دانست.

افزایش جذب فسفر را می‌توان به توسعه ریشه، ترشح اسیدهای آلی و یا ترشح یون پروتون داخل ریزوسفر، مرتبط دانست؛ مضافاً اینکه، با توجه به پایین بودن فسفر قابل جذب (پایین‌تر از غلظت بحرانی؛ 12-15 میلی‌گرم بر کیلوگرم)، پاسخ به کود حاوی فسفر محتمل بود (هانتر و همکاران، 2014؛ دوی و همکاران، 2012).



شکل 1- مقایسه میانگین دوساله اثر متقابل تیمارها (کود و رقم) بر مقدار جذب فسفر اندام هوایی گلرنگ به تفکیک مناطق اجرا

شیمیایی تعیین گردد. از این رو، برای تحلیل اقتصادی نتایج از نسبت فایده به هزینه (درآمد افزایش عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد به هزینه کود مصرفی که در تیمار شاهد مصرف نشده) استفاده گردید. بر این اساس، نتایج حاکی از این است که بیشترین نسبت فایده به هزینه به میزان 33/96 از مصرف 150 کیلوگرم کود فسفر در

بررسی اقتصادی نتایج (نسبت فایده به هزینه) مدیریت بهینه عناصر غذایی یکی از ارکان مهم سامانه کشاورزی پایدار محسوب می‌شود. در این سامانه، چون تولید اقتصادی محصول همراه با حفظ و پایداری بلند مدت حاصلخیزی خاک مد نظر می‌باشد، ضروری است که با توجه به عملکرد اقتصادی، میزان بهینه کودهای

بیشتر شده و نسبت سود به هزینه بیشتری ایجاد نمود. در صورتی که رقم گلدشت با 50 کیلوگرم کود حاوی فسفر در هکتار بیشترین عملکرد دانه را در این منطقه داشت ولی شاهد این رقم نیز حدود 3 تن در هکتار عملکرد دانه داشت. با توجه به اینکه امکان فراهم نمودن 50 کیلوگرم کود حاوی فسفر برای زارعین در شرایط فعلی کشور نسبت به 150 کیلوگرم کود بیشتر است، لذا رقم گلدشت با سطح 50 کیلوگرم کود حاوی فسفر با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی برای این منطقه پیشنهاد می‌گردد.

هکتار و با به کارگیری رقم گلدشت در منطقه کرمان به دست آمد (جدول 9). بهترین نسبت فایده به هزینه در منطقه داراب از سطح 100 کیلوگرم کود حاوی فسفر و در رقم گلدشت، در منطقه دزفول از سطح 150 کیلوگرم کود حاوی فسفر در رقم صفه، در منطقه اصفهان از سطح 150 کیلوگرم کود حاوی فسفر در رقم پدیده حاصل شد. علت قرارگیری رقم پدیده در اولویت اقتصادی در منطقه اصفهان به مقدار پایین عملکرد دانه این رقم در تیمار شاهد مربوط است که تفاوت عملکرد سطح شاهد با سطح تیمار 150 کیلوگرم کود حاوی فسفر در این رقم

جدول 9- نسبت فایده به هزینه دانه گلرنگ در مناطق مختلف برای سطوح مختلف کود حاوی فسفر

منطقه	مقدار کود حاوی فسفر (کیلوگرم در هکتار)									
	0	50	100	150	200	0	50	100	150	200
	پدیده					گلدشت				
داراب	-	7/87	9/67	8/30	7/99	-	6/84	8/66	8/75	7/33
اصفهان	-	12/89	11/45	8/56	9/18	-	5/87	5/19	15/68	13/98
	گلدشت					صفه				
دزفول	-	8/43	14/13	13/99	14/49	-	9/98	14/3	15/42	15/37
کرمان	-	12/95	10/71	33/96	11/31	-	12/80	14/9	17/99	14/62

قیمت هر کیلوگرم دانه گلرنگ 109576 ریال در سال زراعی 1400-1401 و قیمت هر کیلوگرم سوپرفسفات تریپل 15 هزار تومان در نظر گرفته شد.

نتیجه گیری

گلدشت مناسب شرایط این منطقه می‌باشد (در محدوده فسفر خاک بررسی شده) و در منطقه اصفهان نیز سطح 50 کیلوگرم کود حاوی فسفر و کشت رقم گلدشت می‌تواند قابل توصیه باشد. در منطقه دزفول عملکرد مناسب در رقم گلدشت با کاربرد 100 کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل حاصل خواهد شد و افزایش مصرف کود در این رقم افزایش عملکرد دانه نخواهد داشت و در صورتی که بخواهیم عملکرد بیشتری دریافت نماییم می‌توانیم رقم صفه را با کاربرد 150 کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل در نظر داشته باشیم. در منطقه کرمان در شرایط کمبود فسفر، رقم گلدشت برتر از رقم صفه بود. نوع رقم گلرنگ با توجه به منطقه کشت می‌تواند در تولید محصول بسیار مؤثر باشد و بر اقتصاد زارع و پایداری تولید این محصول تأثیر نماید. با لحاظ نمودن نتایج عملکرد دانه، نتایج

نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف کود حاوی فسفر در شرایط محدودیت فسفر می‌تواند منجر به افزایش عملکرد دانه گلرنگ شود. مقدار فسفر قابل جذب خاک پیش از کشت در اصفهان 10/2، داراب 11، کرمان 7 و دزفول 7/18 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. در منطقه داراب، اصفهان و کرمان بیشترین مقدار عددی عملکرد دانه از رقم گلدشت بدست آمد اما در منطقه دزفول از رقم صفه حاصل شد. با کاربرد کود سوپرفسفات تریپل در مناطق داراب، دزفول، اصفهان و کرمان به ترتیب 20، 78، 28 و 237 درصد افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. به‌طورکلی با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش و نقش مؤثر فسفر بر عملکرد دانه گلرنگ و ضرورت استفاده مناسب از این عنصر غذایی، در منطقه داراب سطح 50 کیلوگرم کود حاوی فسفر و کشت رقم

زیست‌محیطی ناشی از مصرف مازاد این کودها، گسترش ارقام کارا می‌تواند یک شیوه بسیار مؤثر در بهبود رشد و نمو گیاهان و کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفاته باشد. دلایل برتری ارقام و یا تفاوت آن‌ها از لحاظ واکنش به مصرف فسفر نیز می‌بایست مورد توجه قرار گیرد. با توجه به این که در اکثر مناطق گلرنگ در اراضی حاشیه‌ای کشت می‌گردد شاید بهتر باشد اثرات ترکیبی تنش‌هایی همچون شوری و یا خشکی نیز در کنار واکنش ارقام به عناصر غذایی بررسی گردد. اجرای پروژه در مناطق بیشتری از سطح کشور برای موضوع فسفر گلرنگ، این امکان را فراهم خواهد نمود که توصیه‌های کودی در مورد این گیاه دانه روغنی نیز با دقت بیشتری انجام گیرد.

بررسی اقتصادی و مسائل زیست محیطی، در منطقه اصفهان، مقدار 50 کیلوگرم کود حاوی فسفر قابل توصیه است. در جمع‌بندی کلی برای مناطق با فسفر قابل جذب 10 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، مقدار 50 کیلوگرم کود حاوی فسفر با عملکرد مورد انتظار 3899 کیلوگرم در هکتار و برای خاک مناطق با فسفر قابل جذب 7 میلی‌گرم در کیلوگرم، مقدار 150 کیلوگرم کود حاوی فسفر با عملکرد مورد انتظار 2855 کیلوگرم در هکتار برای گیاه گلرنگ در مناطق گرم قابل توصیه خواهد بود.

پیشنهادها

پیشنهاد می‌گردد در زمان توصیه کودی علاوه بر مقدار فسفر خاک، به نوع رقم مناسب منطقه نیز توجه گردد. به دلیل هزینه بالای کودهای شیمیایی و خطرات

فهرست منابع:

1. بایوردی، ا. و ف. نورقلی پور. 1398. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه گلرنگ. نشریه فنی 587. موسسه تحقیقات خاک و آب.
2. جباری، ح. س. س. پورداد، ا. ح. امیدی، م. ر. نظری، ح. صادقی گرمارودی، م. ر. شهسواری، ف. نورقلی پور، ر. رضوی، ع. ا. کیهانیان، م. ر. کرمی نژاد، م. جمشیدی مقدم، م. صفری، م. اکبری، ه. شریف نسب. 1398. دستورالعمل فنی کشت گلرنگ (آبی و دیم). موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی.
3. خدامرادی، م. م. س. سراجوقی و ا. ع. محمدی. 1393. بررسی اثرات سطوح مختلف فسفر بر صفات رویشی و عملکرد ارقام گلرنگ در شرایط آبی. همایش ملی تغییرات اقلیم و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی.
4. زینلی، ا. 1391. گلرنگ (شناخت، تولید و مصرف). انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، 137 صفحه.
5. عراقی نژاد، م. ر. م. سراجوقی، و م. ن. ایلکائی. 1395. تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر افزایش عملکرد ارقام صیفی و گلدشت در گلرنگ. مجله زراعت و اصلاح نباتات. 12 (3): 109-122.
6. علی احیایی، م. و ع. ا. بهبهانی زاده. 1372. شرح روش‌های شیمیایی تجزیه خاک. نشریه فنی شماره 893. چاپ اول، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
7. حشمتی، س. م. امینی دهقی، و ک. فتحی امیرخیز، 1396. تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفر بر عملکرد دانه، عملکرد روغن و اسیدهای چرب گلرنگ بهاره در شرایط کمبود آب. مجله علوم گیاهان زراعی ایران (علوم کشاورزی ایران)، 148(1)، 159-169.
8. میر سید حسینی، ح. و ف. نورقلی پور. 1398. چالش‌های افزایش تولید و نقش تغذیه گیاه و حاصلخیزی خاک در کشت کلزا. شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران. 5-7 شهریور 1398، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

9. نورقلی پور، ف.، ع. جعفر نژادی، ی. محمد نژاد، م. پسندیده، س. سلیم پور، م. حسین ارزانش، م. افضلی، ا. اسدی جلودار، ا. بایبوردی، ن. منتجبی، م. زلفی باوریانی، پ. کشاورز، ک. میرزا شاهی، ج. قادری، م. حسینی، و م. سیلِسپور. 1399. تغذیه تلفیقی کلزا در برخی از مزارع مناطق گرم و سرد کشور (پایلوت تغذیه کلزا). گزارش نهایی 57614 مورخ 99/3/10، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
10. Abbadi, J. 2017. Phosphorous use efficiency of safflower and sunflower grown in different soils. *World Journal of Agricultural Research* 5 (4): 212-220.
 11. Abbadi, J., and Gerendas, J. 2011. Effects of phosphorus supply on growth, yield, and yield components safflower and sunflower. *Journal of Plant Nutrition* 34:1769–1787.
 12. Afzal, O., Asif, M., Ahmed, M., Awan, F. K., Aslam, M. A., Zahoor, A., Bilal, M., Shaheen, F. A., Zulfiqar, M. A., and Ahmed, N. 2017. Integrated nutrient management of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under rain fed conditions. *American Journal of Plant Science* 8: 2208-2218.
 13. Ahmadpour Abnavi, S., Ramroudi, M., and Galavi, M. 2019. Effect of biological and chemical phosphorus fertilizer on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under low irrigation condition. *Agricultural Science and Sustainable Production* 29(1): 269-284.
 14. Alizadeh, K., and Carapetian, J. 2006. Genetic variation in a safflower germ plasm grown in rainfall cold dry lands. *Agronomy Journal* 5: 50-52.
 15. Arsalan, B., and Cuplan, E. 2018. Identification of suitable safflower genotypes for the development of new cultivars with high seed yield, oil content and oil quality. *Azarian Journal of Agricultural* 5(5):133-141.
 16. Bonfim -Silva, E. M., Dourado, L. G. A., Soares, D. S., Santos, T. M., da Silva, T. J. A., and Fenner, W. 2017. Reactive natural phosphate in safflower fertilization in Cerrado Oxisol. *Journal of Agricultural Science* 11(15). 142-135.
 17. da Anicesio, E. C. A., Bonfim- Silva, E. M., da Silva, T. J. A., and Koetz, M. 2015. Dry mass, nutrient concentration and accumulation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) influenced by nitrogen and potassium fertilizations. *Australian Journal of Crop Science* 9(6): 552-560.
 18. Devi, K. N., Singh, L. N. K., Devi, T. S., Devi, H. N., Singh, T. B., Singh, K. K., and Singh, W. M. 2012. Response of Soybean (*Glycine max* L. Merrill) to Sources and Levels of Phosphorus. *Journal of Agricultural Science* 4 (6): 44 - 53.
 19. Golzarfar, M., Shiranirad, A. H., Delkhosh, B., and Bitarafan, Z. 2012. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) response to different nitrogen and phosphorus fertilizer rates in two planting seasons. *Zemdirbyste-Agriculture* 99(2): 159-166.
 20. Haghghati Malek, A., Ferri, F. 2014. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizers on safflower yield in dry lands condition. *International Journal of Research in Agricultural Sciences* 1(1): 2348-23.
 21. Heidari, M., Sobhkizi, A. R., Mahmoody, M., and Noori, M. 2014. Evaluation of phosphorus fertilizer and *azospirillum* on number of head, number of branch and plant height on safflower. *International Journal of Biosciences* 5(1): 455-460.
 22. Hunter, P. J., Teakle, G. R., and Bending, G. D. 2014. Root traits and microbial community interaction on relation availability and acquisition, with particular reference to Brassica. *Frontiers in Plant Science* 5: 1- 18.
 23. J. da Silva, C., da Silva, A. C., Zoz, T., Victor. B. Toppa, E., Silva, P. B., and Zanotto, M. D. 2015. Genetic divergence among accessions of *Carthamus tinctorius* L. by morphoagronomic traits. *African Journal of Agricultural Research* 10 (25):4825-4830.

24. Killi, F., Kanar, Y., and Tekeli, F. 2016. Evaluation of seed and oil yield with some yield components of safflower varieties in Kahraman maras (Turkey) conditions. *International Journal of Environmental and Agricultural Research* 2(7):136-140.
25. Lopez-Bellido, L., and Fuentes, M. 1986. Lupin crop as an alternative source of protein. *Advances in Agronomy* 40: 239-290.
26. Mündel, H. H. and L. R. Centre .2004. Safflower production on the Canadian prairies: revisited in 2004, Lethbridge, Alta.: Lethbridge Research Station, Agriculture and Agri-Food Canada.
27. Paludo, J. S., Bonfim-silva, E. M., Silva, T. J. A., Zanatto, M. D., Fenner, W., and Koetz, M. 2017. Reproductive components of safflower genotype submitted of bulk density levels in the Brazilian Cerrado. *American Journal of Plant Science* 8 (1): 2069-2082.
28. Park, J. H., Bolan, N., Megharaj, M., and Naidu, R. 2011. Isolation of phosphate solubilizing bacteria, and their potential for lead immobilization in soil. *Journal of Hazardous Materials* 185:829–36.
29. Sofy, S.O., Hama, S. J., and Hamma-Umin, B. O. 2020. Influence of phosphorus fertilizer on yield and oil of safflower (*Carthamus tinctorius*) varieties under rain fed condition. *Applied of Ecology and Environmental Research* 18(2): 3409-3418.
30. Vafaie, A., Ebadi, A., Rastgou, B., and Moghadam, S. H. 2013. The effects of potassium and magnesium on yield and some physiological traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *International Journal of Agricultural and Crop Sciences* 5 (17): 1895- 1900.
31. Vanc C., Uhde-Stone C., and Allan D.L. 2003. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New Phytologist* 157: 423-447.
32. Wei, Y., Zhao, Y., Fan, Y., Lu, Q., Li, M., and Wei, Q. 2017. Impact of phosphate solubilizing bacteria inoculation methods on phosphorus transformation and long-term utilization in composting. *Bioresource Technology* 241:134–41.
33. Westerman R.L. 1990. *Soil Testing and Plant Analysis*. 3rd edition. American Society of Agronomy and Soil Science of America, Madison, Wisconsin.
34. Zhang H., Huang Y., Ye X., Shi L., and Xu F. 2009. Genotypic differences in phosphorus acquisition and the rhizosphere properties of *Brassica napus* in response to low phosphorus stress. *Plant and Soil* 320(1-2): 91-102.

Response of Safflower Cultivars to Different Levels of Phosphorus in Warm Regions

F. Nourgholipour¹, L. Rezakhani, K. Mirzashahi, H. Naghavi, M. Rajaei, and M. Yahyaabadi

Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran; E-mail: nourfg@yahoo.com

Leila Rezakhani, Researcher, Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran; E-mail: leila.rezakhani@yahoo.com

Kamran Mirzashahi, Assistant Professor, Dezful Agricultural and Natural Resources Research Center; AREEO, Dezful, Iran; E-mail: kamranmirzashahi@yahoo.com

Hormozd Naghavi, Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Kerman Province; AREEO, Kerman, Iran; E-mail: naghavii@yahoo.com

Associate Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Fars Province; AREEO, Shiraz, Iran; E-mail: rajaie.majid@yahoo.com

Mojtaba Yahyaabadi, Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Isfahan Province; AREEO, Isfahan, Iran; E-mail: yahyabadi@gmail.com

Received: May, 2022 , and Accepted: November, 2022

Abstract

In order to investigate the response of safflower cultivars to different levels of soil P for its optimum use, this study was carried out in Darab, Isfahan, Dezful, and Kerman regions as a factorial experiment with a randomized complete block design in three replications in two cropping seasons (2015-2016). The first factor was cultivar (Padideh and Goldasht cultivars for Isfahan and Darab and Goldasht and Soffe for Kerman and Dezful) and the second factor was different rates of triple super phosphate (TSP) including zero, 50, 100, 150, and 200 kg.ha⁻¹. The soil available phosphorus in Isfahan was 10.2, Darab 11, Kerman 7 and Dezful 7.18 mg kg⁻¹. Based on the results, the effect of cultivar on safflower seed yield in Isfahan and Dezful was significant (p<0.01) and (p<0.05), respectively, but in Darab and Kerman, the difference between the two cultivars was not significant. The effect of TSP rate on grain yield in all four regions was significant (p<0.01). The interaction effect effects of cultivar-phosphorus on the grain yield was significant only in Isfahan region (p<0.05). In Isfahan and Dezful, the highest yield was obtained from the Goldasht at the rate of 50 kg.ha⁻¹, significantly different than the control. In Kerman, the highest seed yield was obtained from Goldasht and at 150 kg ha⁻¹ TSP, significantly different than other treatments. With the application of TSP in Darab, Dezful and Isfahan, 20%, 78%, and 28%, increase in grain yield was observed compared to the control, respectively. The best benefit-to-cost ratio in Darab and Kerman regions was obtained from Goldasht for 100 and 150 kg.ha⁻¹ TSP, respectively, while in Dezful and Isfahan it was obtained for 150 kg ha⁻¹ TSP in Soffeh and Padideh, respectively. In general, for safflower in warm regions with soil available P of 10 mg kg⁻¹, 50 kg.ha⁻¹ TSP and for areas with soil available P of 7 mg.kg⁻¹, 150 kg ha⁻¹ TSP can be recommended.

Keywords: Benefit to cost ratio, Grain yield, Phosphorus fertilizer

¹ Corresponding author: Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran