تأثیر سطوح مختلف فسفر بر رشد، عملکرد و کارایی جذب فسفر در ارقام گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*)

محمدعلی خودشناس[1]، جواد قدبیک لو و فریدون نورقلی پور

عضو هیأت علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران؛ **khodshenasm@gmail.com**

عضو هیأت علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران؛ **ghadbykloo@gmail.com**

عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ **nourfg@yahoo.com**

ص:**147- 162**

دریافت: **1400/11/23** و پذیرش: **1401/2/21**

چکیده

به‌منظور تعیین کارایی ارقام مختلف گلرنگ ازلحاظ جذب فسفر و پاسخ آن‌ها نسبت به مصرف مقادیر کود فسفر، آزمایشی دوساله (1397-1395) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو رقم سینا و پدیده و مقادیر صفر، 25، 50، 75 و 100 کیلوگرم در هکتار فسفر، از منبع سوپر فسفات تریپل در سه تکرار در مزرعه ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی اراک اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه، تعداد غوزه، وزن هزار دانه، جذب فسفر، نیتروژن، پتاسیم و فسفر کارایی کل تحت تأثیر رقم و سطوح فسفر قرار داشت. غیر از وزن کل ماده خشک و غلظت فسفر سایر ویژگی‌های موردمطالعه از تغییرات اثر سال متأثر گردیدند. ارتفاع بوته و غلظت پتاسیم تنها تحت تأثیر رقم بود اما وزن کل ماده خشک و غلظت فسفر تحت تأثیر سطوح فسفر قرار داشت. مقایسه میانگین تأثیر سطوح فسفر بر عملکرد دانه نشان داد که حداکثر عملکرد دانه در هر دو رقم از تیمار 25 کیلوگرم فسفر در هکتار به دست آمد. ازنظر شاخص فسفر کارایی کل، سطح 50 و ازنظر کارایی جذب و فاکتور تنش فسفر، سطح 25 کیلوگرم فسفر در هکتار بهینه می‌باشند. شاخص‌های کارایی فسفر بین دو رقم تفاوت معنی‌داری نداشت اما رقم سینا نسبت به رقم پدیده جذب فسفر بالاتری نشان داد

واژه‌های کلیدی: کود دهی، کارایی فسفر، تغذیه گلرنگ

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: اراک، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی.

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*) یک محصول صنعتی مهم بوده که با دارا بودن بیش از 150 گونه از اسپانیا تا آفریقای شمالی، غرب آسیا و هند پراکنده‌شده است (راستگو، 2013؛ دانک و همکاران، 1992). گلرنگ به دلیل ویژگی‌های مطلوب و خاص نظیر استفاده‌های دارویی و غذایی از گل‌های آن، تولید روغن نباتی باکیفیت بالا، تولید کنجاله به‌عنوان مکمل غذایی مناسب برای دام، مقاومت نسبتاً زیاد آن به تنش‌های غیرزنده ازجمله شوری، خشکی و سرمای زمستانه، از اهمیت خاصی برخوردار است (طهماسبی زاده و همکاران، 2010). درصد روغن دانه گلرنگ بین 20 تا 45 درصد می‌باشد که با توجه به حجم زیاد واردات روغن خوراکی به کشور، می‌تواند جایگزین داخلی مناسبی محسوب گردد. روغن گلرنگ با دارا بودن 78 درصد لینولئیک اسید[1] (اسید چرب اشباع‌نشده)، توکوفرول[2] به‌عنوان آنتی‌اکسیدان ونیز داشتن ویتامین ای، علاوه بر اینکه کاهنده کلسترول خون بوده، برای سلامتی جامعه نیز مفید می‌باشد (ارسلان و تونتراک، 2003).

رشد، نمو و عملکرد گیاهان تحت تأثیر کمبود یا فزونی عرضه هر یک از عناصر غذایی و یا مواد سمی قرار می‌گیرد بنابراین، مدیریت مصرف متعادل و مؤثر کود برای حصول به حداکثر عملکرد گیاه و افزایش کیفیت محصول، ضروری است (امام و نیک نژاد، 1383؛ خادمی و همکاران، 1379؛ خواجه پور، 1371 و گرنت و بیلی، 1993).

جایگزینی گیاهان مناسب برای سامانه‌های تناوب که همواره از چالش‌های پیش رو در کشاورزی پایدار بوده، به وجود اطلاعات اقلیمی، اکولوژیکی و زراعی مرتبط است. توصیه‌های مناسب به زراعی و تغذیه گیاه می‌تواند شرایط رقابت این گیاه با محصولات دیگر را برای قرار گرفتن در الگوهای کشت افزایش دهد. فسفر از عناصر ضروری برای رشد و نمو گیاهان بوده که پس از نیتروژن دومین عنصر محدودکننده در تولید گیاهان زراعی محسوب می‌شود. باوجود فراوانی فسفر در طبیعت، به دلیل تثبیت این عنصر در خاک، کمبود آن در بسیاری از خاک‌ها مشاهده می‌شود (کریمیان، 1377). سالانه بیش از 19/3 میلیون تن فسفر در دنیا (اسمیت و همکاران، 2009) و 800 هزار تن در ایران مصرف می‌شود (ملکوتی، 1384). تقریباً 20 درصد فسفر مصرف شده در کشت اول مورد استفاده گیاه قرارگرفته و باقیمانده آن در خاک تثبیت‌شده و به شکل غیرقابل‌دسترس گیاه تجمع می‌یابد (گروتز و گوئرینوت، 2002).

در زمینه تأثیر و کارایی فسفر قنبری کاشان (1396) در تحقیقی نشان داد که کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژن و فسفر بر عملکرد روغن گلرنگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. در بین سطوح کودهای نیتروژن و فسفر، بیشترین عملکرد روغن با میانگین 383/3 کیلوگرم مربوط به مصرف 150 کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره و 75 کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و کمترین مقدار آن با میانگین 340/8 کیلوگرم مربوط به عدم مصرف کود نیتروژن و فسفر بود. همچنین، در بین سطوح مختلف مصرف کود فسفر، کمترین و بیشترین مقدار کارایی مصرف فسفر، با میانگین صفر و 110 کیلوگرم به ترتیب مربوط به تیمارهای عدم کاربرد کود و تیمار مصرف 75 کیلوگرم فسفر بود.

در تحقیقی دیگر حشمتی و همکاران (1396) در تحقیقی عنوان کردند که کاربرد کود فسفر در سطح 50 کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار به همراه کود زیستی فسفات بارور-2 به‌صورت بذرمال باعث افزایش عملکرد دانه به میزان 1761/67 کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار شاهد و افزایش 12/53 درصدی شاخص برداشت نسبت به تیمار شاهد شد. به‌طورکلی، پاسخ محصولات به فسفر اضافه‌شده افزون بر ویژگی‌های گیاه یعنی

[1] Linoleic acid
[2] Tocopherol

به‌کارگیری سازوکارهای فیزیولوژیکی (ترشح اسیدهای آلی و رهاسازی یون هیدروژن) و مرفولوژیکی (افزایش طول ریشه، تعداد و طول تارهای کشنده، تشکیل و رشد ریشه‌های جانبی)، متأثر از عوامل خاکی نظیر پ هاش، شوری، مقدار کربنات کلسیم (هر چه این عامل بیشتر باشد احتمال تثبیت فسفر به ترکیبات کمتر قابل‌دسترس بیشتر است)، میزان پخشیدگی فسفر از فاز جامد به محلول خاک (ظرفیت بافری خاک)، زمان رسیدن به حالت تعادل، مقدار ماده آلی، درجه حرارت خاک و نوع و مقدار رس خاک نیز می‌باشد (پورویماس و مانور، 1993؛ نرکار و همکاران، 2006). مارشنر (1998) بر همین اساس کاهش قابلیت استفاده فسفر در خاک‌های آهکی به دلیل فراوانی کلسیم و در خاک‌های اسیدی به دلیل فراوانی آلومینیوم و آهن ایجاب می‌نماید که جهت حفظ تولید، همه‌ساله کودهای حاوی فسفر بر اساس آزمون خاک مصرف شوند، ولی معمولاً کارایی پایین کودهای فسفر باعث شده تا استفاده از ژنو تیپ‌ها و ارقام گیاهی ازجمله گلرنگ به‌عنوان یک متغیر مکمل و حتی جایگزین برای افزایش کارایی فسفر موردتوجه باشد (باتن، 1992؛ اردل و بایدر، 2005).

ماهون (1983) و گاهونیا و همکاران (1994) شناخت تغییرات ژنتیکی ارقام و عوامل محیطی را اساس موفقیت در این روش دانستند. گاهونیا و نیلسن (1996) عقیده دارند که ازنقطه‌نظر تغذیه گیاهی ژنو تیپ کارا در جذب فسفر ژنو تیپی است که بتواند فسفر خاک را بیشتر محلول کرده و جذب نماید و یا بتواند از فسفر جذب‌شده برای تولید محصول به نحو مطلوب استفاده نماید. تفاوت کارایی ژنو تیپ‌های مختلف گیاهی در استفاده از فسفر به جذب به‌وسیله ریشه‌ها، یا مصرف توسط گیاه و یا هر دو عامل مربوط می‌باشد (مارشنر، 1998). فوهس و همکاران (1991) تارهای کشنده و گاهونیا و نیلسن (1996) تغییرات اسیدیته در منطقه اطراف ریشه و مارشنر (1995) ترشحات ریشه‌ای را عامل مؤثر معرفی کردند. فوهس و جانک (1983) بیان کردند که میزان فسفر خاک بر رشد ریشه، تشکیل تارهای کشنده و میزان ترشحات ریشه تأثیر دارند. ازترک و همکاران (2005) در تحقیقی دریافتند که تفاوت‌های زیادی بین ارقام ازلحاظ فسفر کارایی وجود دارد و در میان ارقام مورد بررسی، کارایی در جذب مهم‌ترین و مؤثرترین مکانیسم فسفر کارایی به دست آمد، از عملکرد نسبی اندام هوایی هم به‌عنوان شاخص فسفر کارایی استفاده کرده و نشان دادند که پارامترهای غلظت کل فسفر در گیاه و عملکرد اندام هوایی در حالت فسفر ناکافی نیز می‌توانند به‌عنوان شاخص قابل‌اطمینان برای ارزیابی فسفر کارایی باشند. شهباز اختر و همکاران (2013) در مطالعه گلخانه‌ای با کشت هیدروپونیک بر روی چهار رقم کلزا نشان دادند که ارقام کلزا از نظر شاخص‌های کارایی متفاوت بودند به‌طوری‌که دامنه تغییرات فاکتور تنش فسفر در ارقام مورد مطالعه بین 47 تا 67 درصد در نوسان بود آنان اشاره کردند که هر چه فاکتور تنش فسفر کمتر باشد رقم متحمل‌تر به تنش فسفر است. یحیی آبادی و نورقلی پور (1396) در آزمایشی با دو رقم گلرنگ و پنج سطح کود فسفر نشان دادند که تأثیر نوع رقم بر فاکتور تنش فسفر معنی‌دار عنوان نمودند. با توجه به محدود بودن مطالعات انجام‌شده، این تحقیق درزمینه تأثیرمصرف فسفر بر عملکرد و اجزاء آن و در رابطه با شاخص‌های کارایی فسفر گیاه گلرنگ، انجام شد.

روش تحقیق

این تحقیق به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در قالب فاکتوریل در سه تکرار در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی اراک طی سال‌های زراعی 1396-1395 و 1397-1396 اجرا شد. آزمایش دارای دو فاکتور بود، فاکتور اول شامل دو رقم گلرنگ (پدیده و سینا) و فاکتور دوم، پنج مقدار فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل (0، 25، 50، 75 و 100 کیلوگرم فسفر در هکتار) بود که قبل از کشت استفاده گردید. بعد از آماده‌سازی زمین (آبیاری اولیه، دیسک و تسطیح)، یک نمونه مرکب، شامل پنج نمونه از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری خاک تهیه و آزمایش‌های لازم نظیر بافت به روش هیدرومتر

(بایکوس، 1962)، پ-هاش گل اشباع با الکترود شیشه‌ای (پیچ، 1965)، درصد کربنات کلسیم معادل با استفاده از اسید هیدروکلریک (آلیسون و مود، 1965)، درصد ماده آلی به روش تیتراسیون (واکلی و بلاک، 1934)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع (رودز، 1996)، فسفر قابل‌استفاده بر اساس روش اولسن (اولسن و همکاران، 1954)، پتاسیم قابل‌استفاده به روش استات‌آمونیم یک مولار (ساتن و سی، 1958) و عناصر آهن، روی، مس و منگنز قابل‌استفاده (احیایی و بهبهانی زاده،1372) انجام شد (جدول 1). هر کرت آزمایشی شامل چهار خط به طول پنج متر، فاصله خطوط 50 سانتیمتر، فاصله بین کرت‌ها یک متر و بین تکرارها نیز چهار متر در نظر گرفته شد به‌طوری‌که تراکم کشت در هر کرت آزمایشی بر اساس دستورالعمل موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر 25 بوته در مترمربع بود (جباری و همکاران، 1398). 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن بر اساس آزمون خاک از منبع اوره در سه مرحله (کشت، خروج از روزت با رشد سریع و قبل از گلدهی) مصرف شد (نورقلی پور و همکاران، 1393).

پتاسیم به میزان 50 کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم قبل از کشت به‌صورت یکنواخت در تمام کرت‌ها مصرف گردید. همچنین برای کاهش اثرات غیر یکنواختی عناصر آهن، روی، منگنز و مس بومی خاک، این عناصر از منبع سولفات با غلظت سه در هزار در مرحله خروج از روزت و قبل گلدهی با غلظت پایه[1] محلول‌پاشی شد (نورقلی پور و همکاران، 1393). کلیه عملیات زراعی در مرحله داشت شامل مبارزه با علف‌های هرز، سم‌پاشی علیه شته در مرحله رسیدگی خورجین، وجین، سله شکنی به‌صورت دستی انجام شد.

در انتهای فصل زراعی، پس از حذف دو خط کناری و نیم متر از بالا و پائین هر کرت، عملیات برداشت در سطح 10 مترمربع انجام شد. قبل از برداشت، از هر تکرار تعداد غوزه‌های بارور در مترمربع و پس از برداشت، وزن هزار دانه محاسبه شد. غلظت فسفر و پتاسیم[2] دانه با روش هضم خشک و غلظت نیتروژن[3] با روش هضم تر (احیایی و بهبهانی زاده، 1372) و جذب کل این عناصر (معادله 1) و نیز صفاتی نظیر عملکرد دانه، ارتفاع بوته، وزن کل ماده خشک، کارایی جذب فسفر دانه (معادله 2) (اوزبرون و رنگل، a 2002)، فسفر کارایی کل (معادله 3) (ازترک و همکاران، 2005) و فاکتور تنش فسفر کل (معادله 4) (صدیق و گلس، 1983) اندازه‌گیری شد.

معادله – 1 غلظت هر عنصر در دانه × عملکرد = جذب کل هر عنصر

معادله – 2 (جذب فسفر دانه در تیمار کود فسفر/ جذب فسفر دانه در تیمار شاهد) = کار آیی جذب فسفر دانه

معادله – 3 100 × (عملکرد دانه در تیمار کود فسفر/ عملکرد دانه در تیمار شاهد) = فسفر کار آیی کل

معادله – 4 100 × وزن ماده خشک تیمار فسفر/ (عملکرد ماده خشک شاهد - عملکرد ماده خشک تیمار) = فاکتور تنش فسفر کل

داده‌های به‌دست‌آمده ازنظر آمار توصیفی با استفاده از نرم‌افزار Spss، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم‌افزار Sas و نمودارها و محاسبات با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

.

1 Basal dose

4، 5- نتایج غلظت و جذب نیتروژن و پتاسیم به علت مشکلات آزمایشگاهی برای سال اول نشان داده شده است.

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی قطعات آزمایش (ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک)

مشخصات نمونه	اسیدیته	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اشباع	کربنات کلسیم معادل	کربن آلی	فسفر قابل استفاده	پتاسیم قابل استفاده	آهن قابل استفاده	روی قابل استفاده	منگنز قابل استفاده	مس قابل استفاده	بافت
			درصد			میلی‌گرم بر کیلوگرم						
ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک	7/91	1/12	34/00	21/00	0/43	7/03	250/00	4/35	2/10	10/32	0/95	لوم سیلتی رسی

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در جدول 2 و مقایسه میانگین تأثیر مصرف سطوح مختلف فسفر بر عملکرد و اجزاء عملکرد دو رقم گلرنگ در جدول 3 نشان داده شده است. در ادامه هر کدام از ویژگی‌های مورد مطالعه ارقام گلرنگ ازنظر آماری مورد بحث قرار می‌گیرد.

جدول 2- تجزیه واریانس مرکب اثر سطوح فسفر بر صفات اندازه‌گیری شده (ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک، 1397-1395)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد دانه	ارتفاع بوته	تعداد غوزه	وزن کل ماده خشک	وزن هزار دانه	غلظت فسفر دانه	جذب فسفر دانه
سال	1	591108 ^{ns}	122/7 ^{ns}	41659 ^{ns}	6295764 ^{ns}	12/1 ^{ns}	0/0011 ^{ns}	0/51 ^{ns}
بلوک	4	53846 ^{ns}	31/6 ^{ns}	325 ^{ns}	1249405 ^{ns}	1/8 ^{ns}	0/0002 ^{ns}	0/26 ^{ns}
رقم	1	2895811 ^{ns}	1704/5 ^{ns}	39475 ^{ns}	2464298 ^{ns}	9/9 ^{ns}	0/0064 ^{ns}	40/81 ^{ns}
سال*رقم	1	1588074**	140/4**	41029**	4403037 ^{ns}	6/3*	0/0003 ^{ns}	12/01**
سطح فسفر	4	2274437*	180/3 ^{ns}	3967**	22853779*	2/7*	0/0135**	35/65**
سال*سطح فسفر	4	147526 ^{ns}	33/8 ^{ns}	36 ^{ns}	3330022 ^{ns}	0/3 ^{ns}	0/0005 ^{ns}	1/75 ^{ns}
رقم*سطح فسفر	4	328569*	39/1 ^{ns}	434*	1141271 ^{ns}	1/5*	0/0006 ^{ns}	3/52*
سال*رقم*سطح فسفر	4	30940 ^{ns}	39/3 ^{ns}	36 ^{ns}	30988020 ^{ns}	0/2 ^{ns}	0/0008 ^{ns}	0/38 ^{ns}
اشتباه	36	58570 ^{ns}	14/6 ^{ns}	339	1415266 ^{ns}	1/0	0/0007 ^{ns}	0/83 ^{ns}
ضریب تغییرات	-	9/1	3/1	7/7	7/9	3/4	11/4	13/9

*,** به ترتیب در سطح 1، 5 درصد اختلاف معنی‌دار داشته و ns بی‌معنی است.

ادامه جدول 2- تجزیه واریانس اثر سطوح فسفر بر صفات اندازه‌گیری شده (ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک، 1397-1395)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		کارایی جذب فسفر دانه	فسفر کارایی کل	فاکتور تنش فسفر کل
سال	1	0/13 ns	3122 ns	211 ns
بلوک	4	0/01 ns	101 ns	109 ns
رقم	1	0/14 ns	683 ns	407 ns
سال*رقم	1	0/005 ns	1675**	117 ns
سطح فسفر	3	0/19 ns	318 ns	1/87 ns
سال*سطح فسفر	3	0/13 ns	57 ns	96 ns
رقم*سطح فسفر	3	0/025 ns	225**	9/43 ns
سال*رقم*سطح فسفر	3	0/004 ns	1/97 ns	84 ns
اشتباه	28	0/012 ns	36 ns	46 ns
ضریب تغییرات	-	22/1	8/7	35/7

*,** به ترتیب در سطح 1، 5 درصد اختلاف معنی‌دار داشته و ns بی‌معنی است.

ادامه جدول 2- تجزیه واریانس مرکب اثر سطوح فسفر بر صفات اندازه‌گیری شده (ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک، 1397-1395)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		غلظت نیتروژن دانه	جذب نیتروژن دانه	غلظت پتاسیم دانه	جذب پتاسیم دانه
بلوک	2	0/077	211/51	0/010**	11/87**
رقم	1	0/097	2/09	0/011**	4/13
سطح فسفر	4	0/018	1102/19**	0/003	15/24**
سطح فسفر×رقم	4	0/027	224/19	0/001	1/20
باقیمانده	18	0/099	106/17	0/001	1/09
ضریب تغییرات	-	11/78	13/99	12/05	12/98

*,** به ترتیب در سطح 1، 5 درصد اختلاف معنی‌دار داشته و ns بی‌معنی است

ارتفاع بوته

تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که ارتفاع بوته گلرنگ تحت تاثیر اثر متقابل سال و نوع رقم بود. نتایج مقایسه میانگین (جدول 3) با آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که ارتفاع رقم پدیده به‌طور معنی‌دار ($p<0.05$) از رقم سینا بیشتر است. تیمارهای کودی باهم اختلاف معنی‌دار نشان ندادند اما با شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بودند. سوفی و همکاران (2020) تفاوت معنی‌داری بین ارقام مورد مطالعه گلرنگ تحت تأثیر مصرف کود فسفر روی ارتفاع مشاهده نکردند که این تفاوت می‌تواند ناشی از اختلاف ژنتیکی اثر کود بر روی این خصوصیت در ارقام باشد (گاهونیا و همکاران، 1994).

جدول 3- نتایج تأثیر مصرف سطوح مختلف فسفر بر عملکرد و اجزاء عملکرد دو رقم گلرنگ (ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک، 1397-1395)

مقادیر فسفر	وزن هزار دانه (گرم)			وزن کل ماده خشک (کیلوگرم در هکتار)			تعداد غوزه در مترمربع			ارتفاع بوته (سانتیمتر)			عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)		
	سال اول	سال دوم	میانگین	سال اول	سال دوم	میانگین	سال اول	سال دوم	میانگین	سال اول	سال دوم	میانگین	سال اول	سال دوم	میانگین
0	29/1 ab*	29/9 a	29/5 A	12601 b	12580 b	12590 B	184/5 c	235/3 b	209/9 B	114/5 b	114/3 b	114/4 B	1687 d	2182 c	1934 C
25	28/8 ab	29/7 a	29/3 A	16701 a	14615 ab	15658 A	218/3 bc	266/7 a	242/5 AB	126/6 a	120/8 ab	123/7 A	2882 ab	3241 a	3061 A
50	28/6 ab	29/5 ab	29/0 A	15577 a	15642 a	15610 A	223/5 b	281/1 a	252/3 A	124/1 a	120/7 ab	122/4 A	2764 b	2899 ab	2831 AB
75	28/7 ab	29/3 ab	29/0 A	15530 a	15787 a	15658 A	229/3 b	282/8 a	256/1 A	122/2 a	123/5 a	122/8 A	2852 ab	2827 ab	2840 AB
100	27/6 b	28/9 ab	28/2 A	16494 a	15041 a	15767 A	214/3 bc	267/5 a	240/9 AB	126/2 a	120/0 ab	123/1 A	2547 bc	2574 bc	2560 B
میانگین	28/6 A	29/5 A	-	15381 A	14733 A	-	214/0 AB	266/7 AB	-	122/7 AB	119/9 AB	-	2546 A	2745 A	-
رقم															
پدیده	27/8 a	29/4 a	28/6 A	15854 a	14665 a	15259 A	162/2 b	267/2 a	214/7 B	129/6 a	123/7 a	126/6 A	2164 b	2688 a	2426 B
سینا	29/3 a	29/5 a	29/4 A	14907 a	14801 a	14854 A	265/8 a	266/2 a	266/0 A	115/9 b	116/1 b	116/0 B	2929 a	2802 a	2865 A
میانگین	28/6 A	29/5 A	-	15381 A	14733 A	-	214/0 B	266/7 A	-	122/7 A	119/9 A	-	2546 A	2745 A	-

* اعدادی که با حروف مشترک نشان داده‌شده‌اند ازنظر آماری در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

ادامه جدول 3- نتایج تأثیر مصرف سطوح مختلف فسفر بر عملکرد و اجزاء عملکرد دو رقم گلرنگ (ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک، 1397-1395)

مقادیر فسفر	غلظت فسفر دانه (درصد)			جذب فسفر دانه (کیلوگرم در هکتار)			کارایی جذب فسفر (کیلوگرم در کیلوگرم)			فسفر کارایی کل (درصد)			فاکتور تنش فسفر (درصد)		
	سال اول	سال دوم	میانگین	سال اول	سال دوم	میانگین	سال اول	سال دوم	میانگین	سال اول	سال دوم	میانگین	سال اول	سال دوم	میانگین
0	0/19 b	0/18 b	0/19 B	3/28 c	3/97 c	3/63 B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	0/24 a	0/25 a	0/25 A	7/12 ab	8/25 a	7/68 A	0/47 ab	0/49 ab	0/48 A	57/8 e	68/0 cd	62/9 B	24/1 a	13/1 a	18/6 A
50	0/28 a	0/27 a	0/27 A	7/72 ab	7/85 ab	7/78 A	0/41 b	0/51 ab	0/46 A	60/1 de	75/7 bc	67/9 AB	18/9 a	18/7 a	18/8 A
75	0/27 a	0/24 a	0/25 A	7/70 ab	6/86 ab	7/28 A	0/43 b	0/60 ab	0/51 A	58/3 e	77/4 ab	67/9 AB	18/8 a	19/8 a	19/3 A
100	0/26 a	0/25 a	0/26 A	6/66 ab	6/47 b	6/57 A	0/49 ab	0/62 a	0/55 A	65/5 de	85/2 a	75/4 A	22/7 a	16/2 a	19/4 A
میانگین	0/25 A	0/24 A	-	6/50 A	6/68 A	-	0/45 A	0/55 A	-	60/4 A	76/6 B	-	21/1 A	16/9 A	-
رقم															
پدیده	0/24 a	0/23 a	0/23 A	7/77 a	6/30 ab	5/76 B	0/38 b	0/51 ab	0/45 A	50/8 b	78/7 a	64/7 A	25/6 a	18/3 a	22/0 A
سینا	0/26 a	0/25 a	0/25 A	7/77 a	7/06 a	7/41 A	0/51 ab	0/60 a	0/56 A	70/1 a	74/4 a	72/3 A	16/7 a	15/6 a	16/1 A
میانگین	0/25 A	0/24 A	-	6/50 A	6/68 A	-	0/45 A	0/55 A	-	60/4 B	76/6 A	-	21/1 A	16/9 A	-

*اعدادی که با حروف مشترک نشان داده‌شده‌اند ازنظر آماری در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

ادامه جدول 3- نتایج تأثیر مصرف سطوح مختلف فسفر بر عملکرد و اجزاء عملکرد دو رقم گلرنگ (ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک، 1397-1395)

مقادیر فسفر	غلظت نیتروژن دانه (درصد)			جذب نیتروژن دانه (کیلوگرم در هکتار)			غلظت پتاسیم دانه (درصد)			جذب پتاسیم دانه (کیلوگرم در هکتار)		
	پدیده	سینا	میانگین	پدیده	سینا	میانگین	پدیده	سینا	میانگین	پدیده	سینا	میانگین
0	2/8 a	2/7 a	2/7 A	61/1 c	57/7 c	59/4 B	0/32 ab	0/27 bc	0/30 A	7/06 cde	5/92 e	6/49 B
25	3/0 a	2/9 a	3/0 A	87/3 ab	104/2 a	95/8 A	0/35 a	0/31 abc	0/33 A	10/32 ab	10/96 a	10/64 A
50	2/5 a	2/6 a	2/5 A	68/6 bc	77/9 bc	73/2 B	0/30 abc	0/25 c	0/27 A	8/27 cd	7/45 cde	7/86 B
75	2/7 a	2/4 a	2/6 A	76/3 bc	68/6 bc	72/5 B	0/32 ab	0/25 bc	0/29 A	9/01 bc	7/21 cde	8/11 B
100	2/7 a	2/5 a	2/6 A	73/5 bc	61/0 c	67/3 B	0/27 bc	0/28 bc	0/27 A	7/34 cde	6/76 de	7/05 B
میانگین	2/7 A	2/6 A	-	73/4 A	73/9 A	-	0/31 A	0/27 A	-	8/40 A	7/66 A	-

*اعدادی که با حروف مشترک نشان داده‌شده‌اند ازنظر آماری در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول 4- معادلات رگرسیونی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده با سطوح فسفر (ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک، 1397-1395)

ویژگی	رقم	معادله رگرسیونی	ضریب تبیین
تعداد غوزه	پدیده	$y = = -0.0069x^2 + 1.0081x + 190.22$	$R^2 = 0.9323$
	سینا	$y = -0.0163x^2 + 1.9185x + 231.22$	$R^2 = 0.9954$
وزن ماده خشک کل	پدیده	$y = -0.7417x^2 + 103.41x + 12870$	$R^2 = 0.7704$
	سینا	$y = -0.5886x^2 + 80.466x + 13038$	$R^2 = 0.9332$
عملکرد دانه	پدیده	$y = -0.2212x^2 + 29.27x + 1791.5$	$R^2 = 0.8825$
	سینا	$y = -0.3671x^2 + 37.798x + 2351.8$	$R^2 = 0.6959$
ارتفاع بوته	پدیده	$y = -0.0021x^2 + 0.2897x + 119.88$	$R^2 = 0.5851$
	سینا	$y = -0.0017x^2 + 0.2144x + 111.46$	$R^2 = 0.9264$
جذب فسفر دانه	پدیده	$y= -0.0008x^2 + 0.1152x + 3.1867$	$R^2 = 0.918$
	سینا	$y = -0.0015x^2 + 0.1606x + 4.8974$	$R^2 = 0.8329$

تعداد غوزه

تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که سطوح فسفر و اثر متقابل سال و رقم در سطح یک درصد و اثر متقابل سطح فسفر و رقم در سطح پنج درصد بر تعداد غوزه تأثیر داشته است. نتایج مقایسه میانگین (جدول 3) با آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که سطح 50 و 75 کیلوگرم فسفر در هکتار با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت. میانگین تعداد غوزه در دو رقم تفاوت معنی‌داری داشت. میانگین تعداد غوزه رقم‌ها در سال دوم بیشتر از سال اول بود و تحت تأثیر مصرف فسفر تا سطح 75 کیلوگرم در هکتار، تعداد غوزه افزایش داشته اما در مقدار بالاتر کاهش‌یافته است. تعداد غوزه و سطوح فسفر با معادله درجه دوم برازش شد (جدول 4). این معادلات نشان داد که ویژگی تعداد غوزه با مصرف فسفر از همبستگی بالایی در دو رقم برخوردار بود. سوفی و همکاران (2020) نیز تفاوت معنی‌داری بین ارقام مورد مطالعه از لحاظ این ویژگی تحت تأثیر مصرف کود فسفر مشاهده نمودند. به نظر می‌رسد با افزایش مصرف کود نیتروژن و فسفر، از طریق افزایش سطح برگ، میزان کلروفیل و ساخت اسیدهای آمینه، شرایط برای رشد رویشی مطلوب و تجمع بالاترین میزان مواد قندی فراهم می‌گردد. در نتیجه گیاه با پشتوانه خوبی از کربوهیدرات‌های فتوسنتزی وارد فاز زایشی می‌گردد و می‌تواند بیشترین تعداد اجزای عملکرد نظیر تعداد غوزه و تعداد دانه در غوزه را به وجود آورد (قنبری کاشان، 1396).

وزن ماده خشک کل

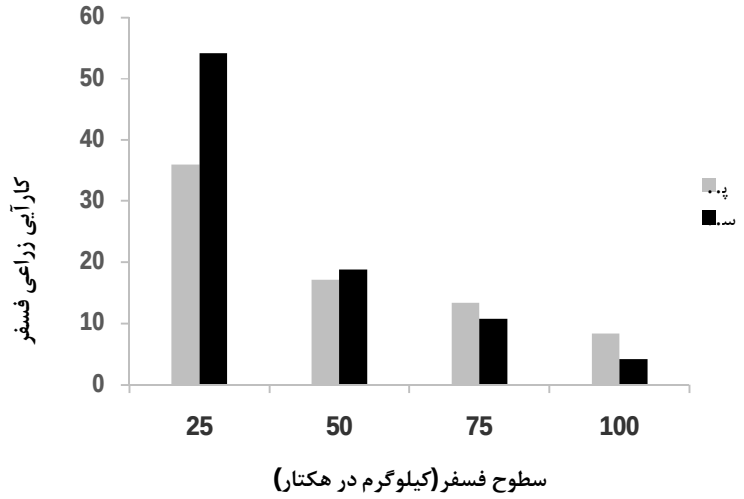
تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که سطوح فسفر در سطح 5 درصد بر وزن ماده خشک کل تأثیر معنی‌دار داشته است. بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول 3)، تیمارهای کودی، باهم اختلاف معنی‌دار نشان ندادند اما با شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بودند. وزن ماده خشک با افزایش مصرف فسفر دارای روند افزایشی بود اما طبق قانون بازده نزولی این افزایش معنی‌دار نیست. بین ارقام ازنظر وزن ماده خشک اختلاف معنی‌داری در دو سال مشاهده نشد. ضرایب همبستگی وزن ماده خشک در دو رقم با سطوح کود فسفر در جدول 4 نشان داده شده است. ضرایب تبیین این معادلات حاکی است که تغییرات وزن ماده خشک تولیدی بر اساس سطوح فسفر در رقم سینا با دقت بیشتری قابل پیش‌بینی است. قنبری کاشان (1396) در تحقیقی حداکثر وزن ماده خشک را با مصرف 50 کیلوگرم فسفر به همراه 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و 20 تن در هکتار کود دامی در کشت گلرنگ گزارش نمود. روند کاهشی وزن ماده خشک در بالاترین سطح فسفر می تواند به دلیل کاهش توانایی فیزیولوژیکی متابولیسمی فسفر با افزایش غلظت این عنصر در گیاه یا تأثیر برهمکنش منفی فسفر برجذب سایر عناصر باشد (مارشنر، 1998 و سوفی و همکاران، 2020).

عملکرد دانه

تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که اثر سطوح فسفر و اثر متقابل سطح در رقم در سطح پنج درصد و اثر متقابل سال و رقم در سطح یک درصد بر روی عملکرد دانه معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین (جدول 3) با آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که سطوح فسفر با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. حداکثر عملکرد دانه در هر دو رقم از تیمار 25 کیلوگرم فسفر در هکتار به دست آمد. به نظر می‌رسد روش مصرف نواری کود فسفر و کارایی بالای ریشه‌ها از دلایل افزایش عملکرد در این سطح از تیمار کودی قلمداد شود (باتن، 1992). میانگین دو رقم باهم تفاوت معنی‌داری داشتند و عملکرد رقم سینا بیشتر از رقم پدیده بود. حداکثر کارایی زراعی ارقام در سطح مصرف 25 کیلوگرم فسفر در هکتار به دست آمد (شکل 1). عملکرد دانه و سطوح فسفر با معادله درجه دوم برازش شد (جدول 4). ضرایب تبیین این معادلات نشان داد که ویژگی عملکرد دانه با مصرف فسفر در رقم پدیده نسبت به سینا از همبستگی بالاتری برخوردار بود. قنبری کاشان (1396) کارایی زراعی فسفر درکشت گلرنگ را تحت تأثیر مصرف کود فسفر و نیتروژن و کود

دامی در سطح یک درصد معنی‌دار دانست. حشمتی و همکاران (1396) نشان دادند که کاربرد 50 کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار در خاکی با پ-هاش 7/7 و فسفر قابل‌استفاده 10 میلی‌گرم در کیلوگرم، باعث افزایش عملکرد دانه به میزان 1761/67 کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار شاهد شد . همچنین سوفی و همکاران (2020) در تحقیقی اثر سطوح کود فسفر را بر عملکرد گلرنگ در سطح یک درصد معنی‌دار گزارش نمودند اما تفاوتی بین ارقام مشاهده نکردند. آنان 100 کیلوگرم فسفر در هکتار را برای حصول عملکرد مطلوب توصیه نمودند.

عملکرد هر دو رقم با مصرف 25 کیلوگرم فسفر در هکتار افزایش و سپس با مصرف سطوح بالاتر کاهش‌یافته‌اند. با افزایش مصرف واحدهای کودی به دلیل تثبیت فسفر یا حتی آبشویی مقدار فسفر جذب‌شده به همان نسبت افزوده نخواهد شد این موضوع باعث کاهش کارایی مصرف کود فسفر مصرفی می‌شود. نتایج نشان داد (جدول 3) میزان جذب فسفر دانه با افزایش سطوح فسفر از سطح 50 تا 100 کیلوگرم در هکتار در هر دو رقم روند کاهشی داشت، عملکرد دانه با جذب فسفر ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد ($0/958^{*}$)؛ بنابراین کاهش کارایی زراعی فسفر را می‌توان ناشی از اثرات کاهش جذب فسفر دانست (شکل 1)، اگرچه ارسلان و همکاران (2003) و باتن (1992) برهمکنش منفی سطوح بالاتر فسفر برجذب سایر عناصر مثل نیتروژن توسط ریشه را از مهم‌ترین دلایل کاهش عملکرد در نظر گرفتند.



شکل 1- کارایی زراعی کود فسفر ارقام گلرنگ (ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک، 1397-1395)

وزن هزار دانه گلرنگ

تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که سطوح فسفر، اثر متقابل سطح فسفر و رقم و نیز اثر سال در رقم بر روی وزن هزار دانه در سطح 5 درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین (جدول 3) با آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که در سال اول و دوم تفاوت معنی‌داری بین سطوح فسفر در هر دو رقم مشاهده نشد. در هر دو رقم وزن هزار دانه در بالاترین سطح مصرف فسفر کاهش یافت. میانگین وزن هزار دانه رقم سینا در هر دو سال انجام آزمایش نسبت به پدیده بیشتر بود. در این آزمایش اثر مثبت فسفر بر عملکرد می‌تواند از طریق تأثیر بر روی اجزای دیگر عملکرد قلمداد گردد. سوفی و همکاران (2020) این ویژگی گلرنگ را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار کود فسفر دانسته و بین این ویژگی و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری گزارش نمودند. تفاوت

ژنتیکی ارقام می‌تواند از دلایل تأثیر فسفر بر روی تغییرات این ویژگی ذکر شود (ناصر و همکاران، 1978؛ گاهونیا و همکاران، 1994).

غلظت و جذب نیتروژن دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که اثر سطوح فسفر بر جذب نیتروژن دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود اما اثر رقم معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین (جدول 3) با آزمون دانکن نشان داد که تیمار 25 کیلوگرم فسفر در هکتار بیشترین میزان جذب نیتروژن دانه را نشان می‌دهد. مقایسه ضریب همبستگی نشان داد که جذب نیتروژن با جذب فسفر ($r = 0/81^{**}$) و با فسفر کارایی ($r = 0/75^{**}$) از همبستگی بالایی برخوردار است. از دلایل این برهمکنش مثبت می‌توان به نقش فسفر در بهبود عملکرد تارهای کشنده، گسترش ریشه، تشکیل و انسجام ترکیبات بیوشیمیایی مهمی نظیر نوکلئوتیدها که حاوی نیتروژن هستند اشاره نمود (اوزبرون و رنگل،2002).

غلظت و جذب پتاسیم دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که اثر سطوح فسفر بر جذب و اثر رقم بر غلظت پتاسیم دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین آزمون دانکن (جدول 3) نشان داد که تیمار 25 کیلوگرم فسفر در هکتار بیشترین میزان غلظت و جذب پتاسیم دانه را نشان می‌دهد. میانگین مقدار غلظت پتاسیم رقم پدیده نسبت به سینا 14/8 درصد و میانگین جذب پتاسیم 9/7 درصد بیشتر بود. مقایسه ضریب همبستگی نشان داد که جذب پتاسیم با جذب فسفر ($r = 0/80^{**}$) و با فسفر کارایی ($r = 0/68^{**}$) از همبستگی بالایی برخوردار است. تأثیر مثبت برهمکنش این دو عنصر در بهبود فعالیت واکنش‌های سلولی از دلایل افزایش عملکرد دانه می‌باشد (مارشنر، 1998 و رنگل، 1999).

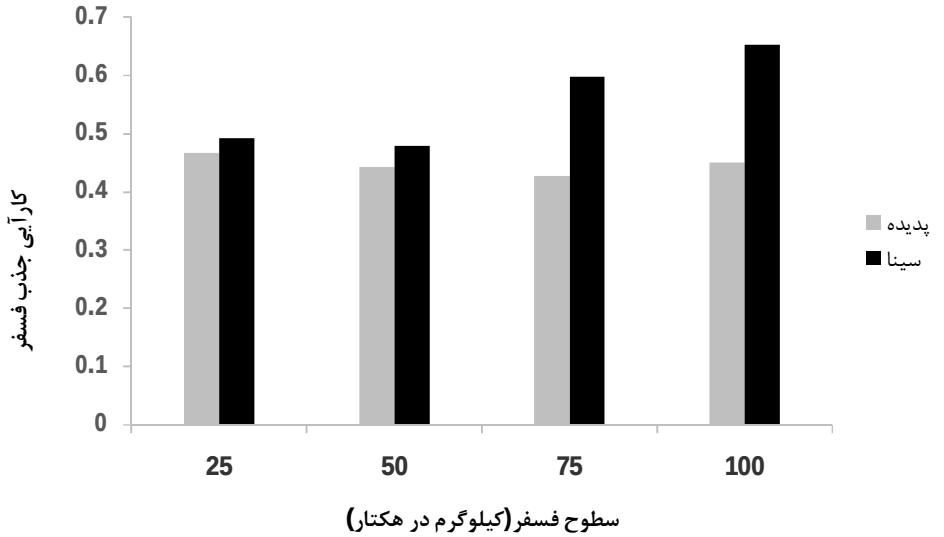
غلظت و جذب فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که اثر سطوح فسفر بر روی غلظت و جذب فسفر دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل سطوح فسفر در رقم در سطح پنج درصد بر روی جذب فسفر دانه معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین (جدول 3) با آزمون دانکن نشان داد که بین سطوح فسفر و شاهد در هر دو ویژگی معنی‌دار بود، اگرچه بین سطوح فسفر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، بنابراین می‌توان چنین گفت که سطح اول فسفر اعمال شده توانسته جذب فسفر را افزایش دهد، از آنجا که جذب فسفر به عوامل خاکی نظیر آهک، کلسیم آزاد، اسیدیته، ماده آلی و رس بستگی دارد بایستی توصیه فسفر مبتنی بر این ویژگی‌ها صورت گیرد (مارشنر، 1998). نتایج ضریب همبستگی (جدول 5) نشان می‌دهد که جذب فسفر دانه با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. وردر و وجایالاکشمی (1974) تأثیر مصرف کود فسفر را درافزایش جذب کل فسفر معنی‌دار گزارش نمودند، اگرچه گاهونیا و نیلسن (1996) عنوان می‌نمایند که ارقام گلرنگ با داشتن تفاوت ریشه‌ای در جذب فسفر محلول در خاک متمایز می‌گردند اما کومار (2000) عنوان می‌نماید که قابلیت بیشتر جذب فسفر از طریق اثر بر اجزا عملکرد در میزان تولید گلرنگ تأثیرگذار می‌باشد. در این تحقیق میانگین اثر رقم در دو سال آزمایش بر اساس آزمون دانکن (جدول 3) معنی‌دار بود، به‌طوری‌که رقم سینا حدود 28/6 درصد بیشتر از رقم پدیده فسفر جذب کرده است. تفاوت ژنتیکی ارقام در جذب فسفر توسط فرناندز و همکاران (2007) گزارش گردید.

کارایی جذب فسفر دانه

نتایج مقایسه میانگین (جدول 3) حاکی است که میزان کارایی جذب فسفر دانه در سال دوم از سال اول بیشتر بود اگرچه این تغییر ازنظر آماری معنی‌دار نبود. میزان کارایی جذب فسفر در سال اول از روند کاهشی در سطوح 50 و 75 برخوردار بود اما در سال دوم اجرای آزمایش میزان کارایی در هر دو رقم با افزایش سطح فسفر افزایش یافت. شکل 2 نشان می‌دهد در هر سطح مصرف فسفر کارایی رقم سینا بیشتر از پدیده بود. کارایی

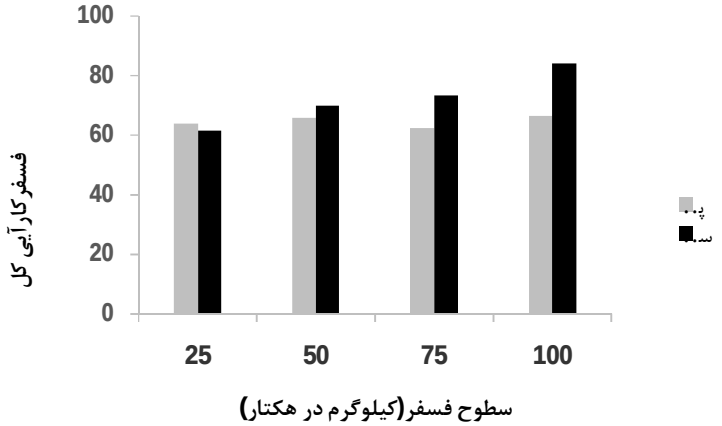
جذب فسفر رقم سینا 24/4 درصد بالاتر از رقم پدیده بود که بالاتر بودن این شاخص با میانگین بالاتر عملکرد رقم سینا هم‌خوانی دارد. افزایش در مقدار این شاخص نشان‌دهنده تمایل کمتر رقم به مصرف کود فسفر که به مفهوم کارآمدتر بودن آن رقم می‌باشد. توانایی جذب مؤثر ریشه و تولید ترکیبات ذخیره‌ای فسفر دار از ویژگی‌های ژنتیکی رقم سینا می‌باشد.



شکل 2- مقایسه اثر سطوح مصرف فسفر بر کارایی جذب فسفر دانه در دو رقم گلرنگ سینا و پدیده (ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک، 1397-1395)

فسفر کارایی کل

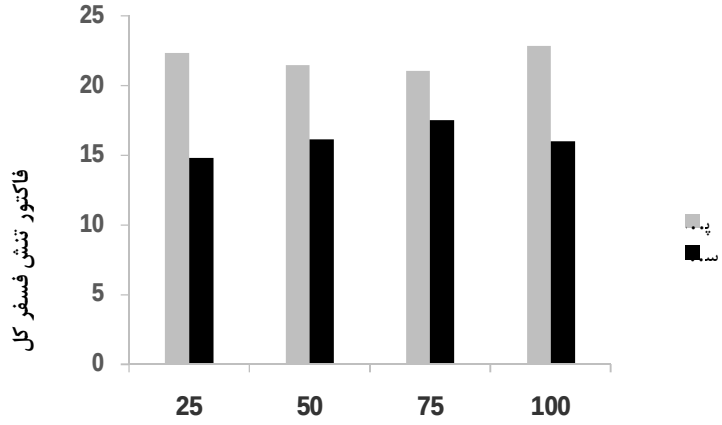
نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که اثر متقابل سطوح فسفر و رقم و هم‌چنین سال و رقم بر روی فسفر کار آیی کل در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین (جدول 3) با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری بین سطوح فسفر نشان داد. روند فسفر کارایی کل با افزایش سطح فسفر، افزایشی بود و حداکثر کارایی از سطح 100 کیلوگرم فسفر در هکتار به دست آمد. میزان کارایی رقم سینا 11/7 درصد از رقم پدیده بیشتر بود. فسفر کارایی شاخص‌های متعددی مورد استفاده قرارگرفته است، اما نسبت عملکرد در حالت تنش یا محدودیت به مـقدار آن در حالت کفایت فسفر بیش از همه مورد توجه قرارگرفته است **(**رنگل، 1999**)** این نسبت برحسب درصد بیان می‌شود و هر رقمی که نسبت کارایی بالاتری داشته باشند، از نظر فسفر کاراتر به حساب می‌آید **(**اوزترک و همکاران، 2005**)**. میانگین کارایی کل رقم پدیده در دو سال اجرای آزمایش 64/7 و رقم سینا 72/3 درصد می‌باشد که حاکی از بالا بودن هر دو رقم ازلحاظ این شاخص می‌باشد. شکل 3 روند تغییرات کارایی دو رقم را در سطوح مختلف فسفر نشان می‌دهد. فسفر کارایی به عوامل متعددی از قبیل شرایط رشد و اشکال شیمیایی فسفر خاک نیز وابسته است (شومنس و همکاران، 2015).



شکل 3- مقایسه اثر سطوح مصرف فسفر بر فسفر کارایی کل در دو رقم گلرنگ سینا و پدیده (ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک، 1397-1395)

فاکتور تنش فسفر کل

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که تیمارهای آزمایش بر فاکتور تنش فسفر کل معنی‌دار نبود. یحیی آبادی و نورقلی پور (1396) در تحقیقی تأثیر نوع رقم گلرنگ بر فاکتور تنش فسفر را معنی‌دار عنوان نمودند. نتایج مقایسه میانگین (جدول 3) با آزمون دانکن نشان داد که حداکثر فاکتور تنش از سطح مصرف 100 کیلوگرم فسفر در هکتار به دست آمد اگرچه سطوح کودی باهم تفاوت معنی‌داری نداشتند. روند تغییرات فاکتور تنش در دو رقم با افزایش سطح کود، افزایشی بود. در سال اول میزان فاکتور تنش بیشتر از سال دوم بود اگرچه اختلاف معنی‌داری نداشتند. شکل 4 میانگین دوساله روند تغییرات فاکتور تنش فسفر کل دو رقم را در سطوح مختلف فسفر نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که در هر سطح مصرف فسفر فاکتور تنش فسفر کل رقم پدیده بیشتر از سینا بود. شهباز اختر و همکاران (2013) اشاره کردند که هر چه فاکتور تنش فسفر کمتر باشد رقم متحمل‌تر به تنش فسفر است، بر این اساس رقم سینا نسبت به رقم پدیده، کارا تر محسوب می‌شود.



شکل 4- مقایسه اثر سطوح مصرف فسفر بر فاکتور تنش فسفر کل در دو رقم گلرنگ سینا و پدیده (ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک، 1397-1395)

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، مصرف فسفر بر شاخص‌های کارایی فسفر مؤثر بود. بین سطوح فسفر مورداستفاده ازنظر کارایی جذب و فاکتور تنش، سطح 25 و از لحاظ فسفر کارایی کل سطح 50 کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر سطوح بهتر بود. اگرچه هر دو رقم از نظر شاخص‌های کارایی مورد مطالعه مشابه بودند، اما در مقایسه رقم سینا نسبت به رقم پدیده، از نقطه نظر بهره‌وری منابع فسفر خاک و کود برتری داشت. آشکار شدن تفاوت‌ها در شاخص‌های مورد سنجش مستلزم تنوع بیشتر ارقام و انجام تحقیق در خاک‌ها با دامنه متفاوتی از غلظت فسفر بومی خاک است (اوزترک و همکاران، 2005).

فهرست منابع:

1. امام، ی. و م. نیک نژاد. 1383. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی.چاپ دوم، ترجمه، انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
2. جبّاری، ح.، س. پورداد، ا. 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 و ه. شریف نسب. 1398. دستورالعمل فنی کشت گلرنگ (آبی و دیم). موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. نشریه فنی شماره57095.
3. حشمتی، س.، م. امینی دهقی و ک. فتحی امیر خیز. 1396. تاثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفر بر عملکرد دانه، عملکرد روغن و اسیدهای چرب گلرنگ بهاره در شرایط کمبود آب. علوم گیاهان زراعی ایران. 48: 169-159.
4. خادمی، ز.، ح. رضائی، م. ج. ملکوتی و پ. مهاجر میلانی. 1379. تغذیه بهینه کلزا گامی مؤثر در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت روغن (توصیه کودی برای تولیدکنندگان کلزا در خاک‌های کشور). نشر آموزش کشاورزی ، کرج، ایران.
5. خواجه‌پور. م. ر. 1371. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه صنعتی اصفهان. صفحهٔ 66.
6. طهماسبی زاده، ح.، ح. مدنی، ا. فراهانی، م. میرزاخانی، و ا. فرمهینی. 1389. بررسی اثرات درجه حرارت، تراکم بوته و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد روغن گلرنگ بهاره. زراعت و اصلاح نباتات ایران. 6: 33-21.
7. علی احیایی ، م. و ع. ا. بهبهانی زاده. 1372. شرح روشهای تجزیه شیمیایی خاک . موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره 893 .
8. کریمیان، ن. ع. 1377. پیامدهای زیاده‌روی در مصرف کودهای شیمیایی فسفر. مجله خاک و آب، جلد 12، شماره 4، تهران، ایران.
9. ملکوتی، م.ج. 1384. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. چاپ سوم با بازنگری کامل، انتشارات سنا. تهران، ایران.
10. قنبری کاشان، م.، م. میرزاخانی و ا. فریدهاشمی. 1396. تاثیر کودهای آلی و شیمیایی نیتروژنی و فسفر دار بر درصد روغن و برخی خصوصیات زراعی گلرنگ. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. 27: 216-203.
11. نورقلی پور، ف.، ح. رضایی، ک. میرزاشاهی، م.ن. غیبی، ح. حقیقت نیا، م.ر. رمضانپور، م.ح. ارزانش، ه. اسدی رحمانی، م.ه. میرزاپور، ص. زمانی، ر. محمدی کیا، م.م. طهرانی. 1393. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه کلزا. موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج. ایران.
12. یحیی آبادی، م. و ف. نورقلی پور. 1396. فاکتورهای کارایی فسفر در ارقام گلدشت و پدیده در گیاه گلرنگ. پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران، اصفهان.

13. Allison, L.E., and C.D. Moodie. 1965. Carbonate. p. 1379-1396. In C.A. Black (ed), Methods of Soil Analysis. Part 2. Am. Soc. Agron, Inc., Madison, Wis, USA.
14. Arslan, B., Altuner, F., Tuncturk, M. 2003. An investigation on yield and yield components of some safflower varieties which grown in Van. 5th Field Crops Congress of Turkey. 1: 468-472.
15. Batten, G. D. 1992. A review of phosphorus efficiency in wheat. Plant Soil. 149: 163-168.
16. Dahnke, W.C., C. Fanning, and A. Cattanach. 1992. Fertilizing Safflower. North Dakota State University Agriculture and University Extension., URL//:WWW.AG.NDSU.EDU.
17. Erdal, E., and H. Baydar. 2005. Deviations of some nutrient concentrations in different parts of safflower cultivars during growth stages. Pak. J. Bot, 37: 601-611.
18. Fernandez, L.A., P. Zalba, M.A. Gomez, and M.A. Sagardoy. 2007. Phosphate solubilization activity of bacterial strains in soil and their effect on soybean growth under greenhouse conditions. Biology and Fertility of Soils 43: 805-809.
19. Fohse, D. N., Claassen, and A. Jungk. 1991. Phosphorus efficiency of plants, II. Significance of root radius, root hairs and cation balance for phosphorus influx in seven plant species. Plant Soil. 123: 261-272.
20. Fohse, D., and A. Jungk. 1983. Influence of phosphate and nitrate supply on the root hair formation of rape, spinach and tomato plants. Plant Soil. 74: 359-368.
21. Gahoonia, T. S., and N. E., Nielsen. 1996. Variation in acquisition of soil phosphorus among wheat and barley genotypes. Plant Soil. 178: 223- 230.
22. Gahoonia, T. S., S. Raza and N. E, Nielsen. 1994. Phosphorus depletion in the rhizosphere as influenced by soil moisture. Plant Soil. 159: 231-218.
23. Grant, C. A. and L. D. Bailey. 1993. Fertilizer management in canola production. Can. J. Plant Sci., 73:651-670.
24. Grotz, N., and M. L., Guerinot. 2002. Limiting nutrients: An old problem with new solutions. Plant Biol. 5: 158-163.
25. Henke, J., Breustedt, G., Sieling, K. and Kage, H. 2007. Impact of uncertainty on the optimum nitrogen fertilization rate and agronomic, ecological and economic factors in an oilseed rape based crop rotation.Journal of Agricultural Science. 5: 455–468.
26. Mahon, D. J. 1983. Limitation to the use of physiological variability in plant breeding. Can. J. Plant Sci. 63: 11-21.
27. Mane, V.S. and. A.S. Judhav. 1994. Effects of fertilizers and plant densities on growth and yield of irrigated safflower. Indian J. of Agro. 39: 79-82.
28. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Edition. London. Academic Press.
29. Marschner, H. 1998. Role of root growth, arbuscular mycorrhiza, and root exudates for the efficiency in nutrient acquisition. Field Crops Res. 56: 203-207.
30. Naser, H. G., N. Katkhud and L. Tannir. 1978. Effect of fertilization and population rate-spacing on safflower yield and other characteristics. Agron. J. 70 : 683- 684.
31. Nerkar Y.S., S.S. Narayanan, D.M. Hegde, P.S.Pathak, H.S.Sen, R.K. Chowdhury, S.S. Banga, A.K. Singh and P.S. Bhatnagar. 2006. Guidelines for the conduct of test for distinctivness, uniformity and stability on safflower.URL//:www. Plantauthority.gov.in/pdf/dsafflower.pdf.
32. Olsen, S. R., C.V. Cole, F.S. Watanabe, and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Circular, Vol 939 (p. 19). Washington, DC US Department of Agriculture.
33. Ozborne, L. D. and Z. Rengel. 2002. Screening cereals for genotypic variation in efficiency of p uptake and utilization. Aust. J. Agric. Res. 53: 837- 844

34. Ozturk, L., S. Eker, B. Torun, and I. Cakmak. 2005. Variation in phosphorus efficiency among 73 bread and durum wheat genotypes grown in a phosphorus-deficient calcareous soil. Plant Soil 269: 69–80.
35. Peech, M. 1965. Hydrogen ion activity. p. 914-925. In C.A. Black (ed), Methods of Soil Analysis. Part 2. Am. Soc. Agron, Inc., Madison, Wis, USA.
36. Purvimath, S.S. and G.R. Manure. 1993. Effect of fertilizer levels of N,P,S and B on the seed and oil yield of safflower on vertisol. J. Indian, Society of Soil Science 41(4): 780-781.
37. Rastgou, B., A. Ebadi, A. Vafaie, and S. H. Moghadam. 2013. The effects of nitrogen fertilizer on nutrient uptake, physiological traits and yield components of safflower (Carthamus tinctorius L.). Int. J. Agron. Plant Prod 4: 355-364.
38. Rengel, Z. 1999. Physiological mechanisms underlying differential nutrient efficiency of crop genotypes. p. 227–265. In: Rengel, Z. (Ed.), Mineral Nutrition of Crops: Fundamental Mechanisms and Implications. Food Products Press, New York.
39. Rhoades, J. D. 1996. Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids. P.417-436. In J. M. Bigham(ed.). Methods of Soil Analysis. Madison, Wisconsin, USA.
40. Schoumans, O.F., F. Bouraoui, C. Kabbe. 2015. Phosphorus management in Europe in a changing world. AMBIO 44: 180–192.
41. Shahbaz Akhtar, M., M. Nishigaki, Y. Oki, T. Adachi, Y. Nakashima, G. Murtaza, T. Aziz, M. Sabir, M. Aamer Maqsood , M. Zia-ur-Rehman , A. Wakeel , Y. Nakamoto, and C. Hartwig. 2013. Solubilization and acquisition of phosphorus from sparingly soluble phosphorus sources and differential growth response of brassica cultivars exposed to phosphorus-stress. Environ. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 44:7, 1242-1258.
42. Siddique, M.Y. and A.D.M. Glass. 1983. Utilizationindex: A modified approach to the estimationand comparison of nutrient utilization efficiencyin plant. J. Plant Nutr. 4: 289-302.
43. Smit, A.L., P.S. Bindraban, J.J. Schröder, J.G. Conijn, and H.G. van der Meer. 2009. Phosphorus in agriculture: global resources, trends and developments. Plant Research International B.V., Wageningen. Report 282.
44. Sofy, S. O., S.J. Hama, and B.O. Hamma-Umin. 2020. Influence of phosphorus fertilizer on yield and oil of safflower (Carthamus tinctorius) varieties under rain fed condition. Applied Ecology and Environmental Research. 18:3409-3418.
45. Sutton, P. and W.A. Seay. 1958. Relationship between the potassium removed by millet and red clover and the potassium extracted by four chemical methods from six Kentucky soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 22: 110–115.
46. Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. Soil Sci. 37:29-37.
47. Warder, F. G., K. Vijayalakshmi. 1974. Phosphorus fertilization of sunflowers. Can. J. Plant. Sci. 54: 599-600.

Effect of Different Levels of Phosphorus on Growth, Yield, and Phosphorus Uptake Efficiency in Safflower Cultivars

M. A. Khodshenas[1], J. Ghadbeiklou, and F. Nourgholipour
Scientific Member , Soil and Water Department, Markazi Agricultural and Resources Research and Training Center, AREEO, Arak, Iran; E-mail: khodshenasm@gmail.com
Scientific Member , Soil and Water Department, Markazi Agricultural and Resources Research and Training Center, AREEO, Arak, Iran; E-mail: ghadbykloo@gmail.com
Scientific Member , Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran;
E-mail: nourfg@yahoo.com
P: 147-162
Received: February, 2022, and Accepted: May, 2022

Abstract

In order to determine the efficiency of different safflower (*Carthamus tinctorius L.*) cultivars in terms of their uptake and response to phosphorus fertilizer application, a 2-year (2016-2018) experiment was conducted in a randomized complete block design as 2 x 5 factorial with three replications at the Arak Agricultural Research Center Station. Treatments included two cultivars of Sina and Padideh and five levels of phosphorus (0, 25, 50, 75 and 100 $kg.ha^{-1}$) as triple superphosphate. The results of analysis of variance showed that grain yield, number of bolls, 1000-seed weight, phosphorus, nitrogen, and potassium uptake, and total phosphorus yield were affected by the effect of cultivar and phosphorus levels. Apart from the total dry matter weight and phosphorus concentration, other studied characteristics were affected by the year. Plant height and nitrogen concentration were affected only by cultivar, while total dry matter weight and phosphorus concentration were affected by phosphorus levels. Comparison of the mean effect of phosphorus levels on grain yield showed that the maximum grain yield in both cultivars was obtained in treatment of 25 kg P/ha. In terms of total phosphorus efficiency, the level of 50 and in terms of phosphorus grain uptake efficiency and phosphorus-stress factor the level of 25 kg P/ha were optimal. Phosphorus efficiency indices did not differ significantly between the two cultivars, but Sina cultivar showed higher phosphorus uptake than Padideh.

Keywords: Fertilizer application, Phosphorus efficiency, Safflower nutrition

[1]. Corresponding author: Markazi Agricultural and Resources Research and Training Center, Arak, Iran.