# واکنش عملکرد ارقام کلزا به کوددهی فسفر و کارایی آن در شمال خوزستان

کامران میرزاشاهی[1] و فریدون نورقلی پور

استادیار پژوهش مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران؛
**kamranmirzashahi@yahoo.com**

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

دریافت: **94/12/11** و پذیرش: **96/3/3**

## چکیده

**به منظور بررسی تأثیر فسفر بر عملکرد دانه و شاخص های کارایی فسفر در ارقام مختلف کلزا، این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دوعامل الف) فسفر (P )در پنج سطح صفر، 16 ، 32، 49 و 61 کیلوگرم در هکتار از منبع کود سوپرفسفات تریپل و ب) رقم شامل سه رقم RGS300 ، Sarigol و Hyola 401 در سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد طی دو سال(91-1389) اجرا گردید. نتایج نشان داد که اثرات اصلی فسفر و ارقام بر عملکرد دانه،کاه و روغن و جذب فسفر دانه معنی‌دار گردید. بیشترین عملکرد دانه و روغن (به ترتیب 2856 و 1128 کیلو گرم در هکتار) از مصرف 16 کیلوگرم فسفر در هکتار به دست آمد. بیشترین عملکردهای دانه و روغن (به ترتیب 2891 و 1137 کیلوگرم در هکتار) مربوط به رقم هایولا401 بود. با مصرف کود فسفر شاخص‌های کارایی کاهش یافت. تفاوت معنی‌داری بین سه رقم از حیث شاخص‌های سنجش کارایی به جز شاخص پاسخ به کود مشاهده نشد، در حالی که رقم Hyola401 نسبت به دو رقم دیگر کود پذیری بیشتری نشان داد. بنابراین، با توجه به نتایج بدست آمده در شرایط اجرای این پژوهش و نیز با عنایت به تحلیل اقتصادی (نسبت فایده به هزینه)، میزان 16 کیلوگرم فسفر در هکتار و رقم Hyola401 قابل توصیه می‌باشد.**

**واژه‌های کلیدی**: تحلیل اقتصادی، تغذیه گیاهی، روغن

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: دزفول، مرکز تحقیقات وآموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، بخش تحقیقات خاک و آب

Archive of SID

www.SID.ir

**مقدمه**

گیاه کلزا یکی از مهم‌ترین محصولات روغنی میباشد (میری ، 2007). مصرف روغن در ایران طی سال-های اخیر به دلیل رشد جمعیت و مصرف سرانه افزایش یافته است؛ این در حالی است که فقط کمتر از پنج درصد از این روغن در داخل کشور تولید می‌گردد (سپهر و همکاران، 1382). با توجه به این مسئله، تولید روغن از طریق کشت گیاه کلزا در سال‌های اخیر، مورد توجه قرار گرفته است. رشد ونمو و عملکرد گیاهان تحت تأثیر کمبود یا فزونی عرضه هر یک از عناصر غذایی قرار می‌گیرد (امام و نیک نژاد، 1383). فسفر از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه بوده و پس از نیتروژن، مهمترین عنصر غذایی در تولید محصول به شمار می‌آید(وانسه، 2003). از سویی، در بیشتر سیستم‌های کشاورزی دنیا، فسفر یکی از عناصر غذایی با کمترین قابلیت استفاده برای گیاه می‌باشد (شنوی و کالاگودی،2005 ). این عنصر در کلیه فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی زا و مکانیسم‌های انتقال انرژی دخالت دارد. افزون بر آن، جزئی از پروتئین یاخته بوده و به عنوان بخشی از پروتئین هسته، غشاء یاخته‌ای و اسیدهای نوکلئیک، نقشی ویژه دارد (ملکوتی و همایی، 1382).

از این رو، مدیریت مناسب کودهای فسفر برای به دست آوردن محصول بهینه، مهم می‌باشد. به دلیل شیمی پیچیده فسفر در خاک، تقریباً 15 تا 30 درصد فسفر مصرف شده در کشت اول مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد و بقیه آن در خاک تثبیت شده و به شکل غیرقابل دسترس گیاه تجمع می‌یابد (سیرز و همکاران،2008). از طرفی رفتار خاص این عنصر در اغلب خاک‌ها، هم خاک های آهکی (به خاطر $Ca^{2+}$ ) و هم خاک‌های اسیدی (بخاطر $Al^{3+}$ و $Fe^{3+}$ ) ایجاب می‌نماید که جهت حفظ تولید، همه ساله کودهای حاوی فسفر مصرف شوند، ولی ناکامی این روش به دلیل پیچیدگی شیمی فسفر از یک طرف و دلایل زیست محیطی و اقتصادی و نیز تجدید ناپذیر بودن ذخایر فسفر از طرف دیگر در دو دهه اخیر باعث شد تا دانشمندان شیوه وفق دادن گیاهان با شرایط طبیعی خاک‌ها را مدنظر قرار داده و نسبت به انتخاب و اصلاح ژنوتیپ‌هایی که مواد غذایی خاک و کود را با کارایی بالا مصرف می‌کنند، اقدام نمایند (مارچنر، 1995). امروزه توانایی ژنوتیپ‌های مختلف گیاهی در جذب و مصرف عناصر غذایی توسط دانشمندان بسیاری مورد توجه قرار گرفته است که تفاوت کارایی آنها در استفاده از عناصر غذایی بخاطر جذب بوسیله ریشه‌ها، یا مصرف توسط گیاه و یا هر دو متأثر می‌شود، که اهمیت نسبی این راهبردها بسته به نوع عنصر و نوع گونه گیاهی می‌تواند متفاوت باشد (مارچنر، 1998). گاهونیا و نیلسن (1996) عقیده دارند که از نقطه نظر تغذیه گیاهی ژنوتیپ کارا در جذب فسفر ژنوتیپی است که بتواند فسفر خاک را بیشتر محلول کرده و جذب نماید و یا بتواند از فسفر جذب شده برای تولید محصول به نحو مطلوب استفاده نماید. باتن (1992) انتخاب ارقام کارا را یک متغیر مکمل و حتی جایگزین برای مصرف کودها در کشاورزی بیان کرد. ماهون (1983) اساس پیشرفت در این مورد را منوط به شناخت تغییرات ژنتیکی ارقام دانست، اما گاهونیا و همکاران (1994) این مسئله را علاوه بر ژنتیک با عوامل محیطی هم مرتبط دانستند. فوهس و همکاران (1991) تارهای کشنده را عامل مؤثر معرفی کردند. گاهونیا و نیلسن (1992) تغییرات pH در منطقه اطراف ریشه و مارچنر ترشحات ریشه‌ای را مورد بررسی قرار دادند. فوهس و جونگ (1983)گزارش کردند که میزان فسفر خاک بر رشد ریشه، تشکیل تارهای کشنده و میزان ترشحات ریشه تأثیر دارند. اوزتورک و همکاران (2005) اختلافات زیادی از نقطه نظر کارایی فسفر گزارش نمودند و اظهار داشتند که جذب فسفر یک عامل مهم در کارایی فسفر است. آنها هم چنین از وزن خشک نسبی اندام هوایی به عنوان شاخص کارایی استفاده کردند و نشان دادند که تحت شرایط ناکافی فسفر، فسفر کل گیاه و وزن خشک اندام هوایی می‌توانند شاخص‌های مورد اعتمادی برای ارزیابی کارایی فسفر استفاده باشند.

عزیز و همکاران (2006 ) گزارش کردند که ارقام کلزا از حیث غلظت فسفر در اندام‌های هوایی شان اختلاف معنی‌داری داشتند. تمامی ارقام رشد کرده در تیمار مونو آمونیوم فسفات اختلاف معنی‌داری در غلظت فسفر ریشه نداشتند، در صورتی که غلظت فسفر اندام هوایی در تیمار مونو آمونیوم فسفات در مقایسه با تیمار سنگ فسفات به طور معنی‌داری بیشتر بود. آنها نتیجه گرفتند که ارقام کلزا به طور ژنتیکی در جذب و استفاده از فسفر برای تولید بیوماس متفاوتند. زیانگ و همکاران (2008) در ارزیابی کارایی فسفر 135 لاین کلزا گزارش دادند که در مرحله نشایی عملکرد اندام هوایی و وزن خشک ریشه شاخص‌های مؤثری برای بررسی کارایی فسفر است. وحید و همکاران (2009) در بررسی تأثیر منابع مختلف کودهای فسفاته بر عملکرد دو رقم کلزا گزارش نمودند که تفاوت معنی‌داری بین منابع مختلف کودی وجود نداشت، اما بین دو رقم مورد نظر از نظر عملکرد و اجرا عملکرد و کیفیت روغنی تفاوت

Archive of SID

www.SID.ir

معنی‌داری مشاهده شد. یانگ و همکاران (2010) گزارش کردند که وقتی عملکرد دانه افزایش می‌یابد، میزان کل جذب فسفر و کارایی استفاده فسفر برای دانه نیز به طور معنی‌داری زیاد می‌شود. تجمع و میزان اختصاص فسفر دانه در ارقامی با عملکرد بالاتر به طور معنی‌داری از ارقامی با عملکرد پایین بیشتر بود. از این رو، بهترین روش برای افزایش مؤثر جذب فسفر در زراعت کلزا انتخاب ارقامی با کارایی استفاده فسفر دانه بیشتر و در مرحله بعد بکارگیری راهبردهای مناسب به نحوی که مقدار بیشتری فسفر از ساقه‌ها و برگ‌ها به دانه برسد، می‌باشد.

رز و همکاران (2012) گزارش کردند که هر چند تحقیقات مرتبط با بهبود کارایی فسفر عمدتاً بر کارایی جذب یا کارایی استفاده داخلی فسفر متمرکز بوده است، اما می‌توان کاهش کود فسفر و به تبع کارایی فسفر را از طریق کاهش انتقال فسفر به دانه برای به حداقل رساندن غلظت فسفر از طریق غیر مستقیم یعنی بهبود کارایی داخلی فسفر و یا مستقیم از روش اصلاح نباتات مورد بررسی و توجه بیشتر به منظور رفع پاره‌ای ابهامات در این زمینه قرار داد. بنابراین، ارقام کلزا از نظر جذب فسفر و استفاده از آن ممکن است از حیث تولید زیست توده و عملکرد متفاوت باشند، به این اعتبار هر هیبرید و یا رقم بایستی از نظر پتانسیل عملکرد، ویژگی‌های زراعی، ظرفیت انطباق با شرایط محیطی و نیز کیفیت دانه مورد آزمایش قرار گیرد. در این راستا، پژوهش حاضر به منظور ارزیابی و انتخاب رقم مناسب در پاسخ به سطوح مختلف کود فسفر در راستای کاهش مصرف کودهای فسفر و مالاً جلوگیری از هدر رفت هزینه‌های گزاف و آلودگی‌های زیست محیطی و هم چنین کمک به حفظ منابع فسفر، در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد اجرا گردید.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی پاسخ عملکرد ارقام کلزا (*Brassica napus* L.) به کوددهی فسفر و کارایی آن، این پژوهش در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد بر روی یک خاک سری Clayey,mixed,Hyperthermic-Aridic-Haplusteps با مشخصات 32 درجه و 15 دقیقه عرض شمالی و 48 درجه و 25 دقیقه طول شرقی طی دوسال (91-1389) اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دوعامل الف) فسفر(p) در پنج سطح صفر، 16 ، 32، 49 و 61 کیلوگرم در هکتار از منبع کود سوپر فسفات تریپل "بر مبنای احتمال حداقل و حداکثر پاسخ به کود مصرفی" و ب) رقم شامل سه رقم RGS300 ، Sarigol و Hyola 401 در سه تکرار و با 15 تیمار به مورد اجرا گذاشته شد.

بعد از عملیات تهیه زمین (آبیاری اولیه، دیسک و تسطیح) نقشه طرح در محل مورد نظر پیاده و یک نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا 30 سانتی متری تهیه و آزمایش‌های لازم نظیر بافت خاک، درصد کربن آلی، پ هاش، شوری، درصد کربنات کلسیم معادل، فسفر و پتاسیم و عناصر کم مصرف (آهن، روی، مس و منگنز) مطابق با دستورالعمل‌های موسسه تحقیقات خاک و آب (احیایی و بهبهانی زاده،1372) اندازه-گیری شد (جدول 1). بر اساس نتایج تجزیه خاک هر سال مقادیر 210 و 168 کیلوگرم در هکتار اوره و سولفات پتاسیم و هم چنین 25 کیلوگرم سولفات منگنز و 50 کیلوگرم سولفات آهن (فقط در سال اول) تعیین شدند (خادمی و همکاران، 1379). تمامی تیمارهای فسفر همراه با کودهای پتاسیم، منگنز، آهن و نیز یک سوم نیتروژن هنگام کاشت به صورت خاک کاربرد مصرف و با دیسک با خاک مخلوط شدند. مابقی کود اوره در دو مرحله ساقه رفتن و اوایل گلدهی (هر بار یک سوم) به صورت سرک مورد استفاده قرار گرفتند.

میزان بذر مصرفی بر اساس توصیه بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، شش کیلوگرم در هکتار تعیین شد. کشت به وسیله‌ی کارنده دستی صورت گرفت. ابعاد هر کرت 5 ×2/4 برابر 12 متر مربع و فاصله ردیف‌ها 30سانتی متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف 5 سانتی متر بود. برداشت محصول، پس از حذف حواشی به مساحت7/2 متر مربع توسط کمباین آزمایشی صورت گرفت. آبیاری توسط سیفون و در طی دوره رشد گیاه کلیه‌ی عملیات زراعی به طور منظم و یکنواخت برای کرت‌ها انجام شد. پس از پایان برداشت، مقدار عملکرد-های دانه، کاه و روغن، جذب فسفر دانه (حاصل ضرب عملکرد دانه در غلظت فسفر دانه) و هم چنین شاخص-های کارایی و پاسخ به کود فسفر اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین درصد روغن به روش سوکسله (حسینی،1369) از هر تیمار نمونه‌هایی به آزمایشگاه ارسال گردید.

در این بررسی شاخص‌های کارایی فسفر و شاخص پاسخ به کود با استفاده از فرمول‌های زیر مورد استفاده قرار گرفتند

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص کارایی در استفاده فسفر (کیلوگرم بر کیلـوگرم)= نسبت عملکرد دانه به جذب فسفر دانه در تیمـار مربوطـه (دوبرمن،2005 ).

شاخص فسفر کارایی (درصد) = نسبت عملکرد دانه در تیمار شاهد به عملکرد دانه در تیمار کود فسفر $P_2O_5$ ؛ (اوزترک و همکاران، 2005).

شاخص کارایی در جذب فسفر (کیلوگرم بر کیلوگرم) = جذب فسفر در تیمار شاهد به جذب فسفر دانه در تیمار کود فسفر$P_2O_5$. ( اوزبرن و رنگل، a 2002).

پاسخ به کود = عملکرد دانه در تیمار کودی – عملکرد دانه در تیمار شاهد (گونز و همکاران، 2006).

تجزیه و تحلیل آماری نتایج با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC و مقایسه میانگین‌هـا از طریـق آزمـون چند دامنه‌ای دانکن و نیز بررسی اقتصادی بـا اسـتفاده از روش پیشنهادی CIMMYT (1988) انجام گرفت.

## نتایج و بحث

### تجزیه خاک

نتایج تجزیه خاک (جدول1) نشان داد که خاک مورد آزمایش فاقد شوری، درصد آهک معادل بالا، و نیز درصد کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل جذب به ترتیب کم و پایین‌تر از حدود بحرانی (15 و 200 میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. هم چنین خاک مورد آزمایش از نظر آهن و منگنز پایین تر از حد بحرانی (5 میلی‌گرم در کیلوگرم) و روی و مس بالاتر از حد بحرانی (به ترتیب 1 و 0/8 میلی گرم در کیلوگرم) بود (خادمی و همکاران، 1379).

**جدول 1- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل ازکشت طی دو سال آزمایش**

| ویژگی‌های خاک | سال اول | سال دوم | میانگین دو سال |
|---|---|---|---|
| درصد کربن آلی | 0/83 | 0/82 | 0/83 |
| پ هاش | 7/33 | 7/90 | 7/62 |
| شوری(دسی زیمنس بر متر) | 0/98 | 0/80 | 0/89 |
| درصد آهک | 45 | 48/75 | 46/90 |
| فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) | 7/90 | 9/90 | 8/90 |
| پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) | 104 | 140 | 122 |
| آهن قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) | 2/20 | 5/24 | 3/72 |
| روی قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) | 1/70 | 3/30 | 2/50 |
| مس قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) | 0/40 | 1/52 | 2/46 |
| منگنز قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) | 1/20 | 3/68 | 2/44 |
| بافت | Si-L | Si-L | Si-L |

- هر عدد میانگین سه تکرار است.

### عملکردهای دانه، کاه، روغن و جذب فسفر دانه

تجزیه واریانس مرکب نتایج نشان داد که اثر اصلی فسفر بر شاخص های مذکور در سطح یک درصد معنی-دار گردید (جدول2). مقایسه میانگین نتایج نشان داد (جدول3) که با مصرف فسفر عملکرد دانه افزایش معنی-داری داشت، به طوری که بالاترین عملکرد دانه (2856 کیلوگرم در هکتار) از مصرف 16 کیلوگرم فسفر (P) در هکتار بدست آمد. به طوری که تفاوت عملکرد حاصل از مصرف فسفر در سطح مزبور با شاهد بیش از 17 درصد بود. هم چنین، نتایج نشان داد که با مصرف فسفر هر چند نسبت به تیمار شاهد عملکرد دانه افزایش داشته، اما نسبت به تیمار بهینه یعنی 16 کیلوگرم در هکتار، عملکرد کاهش داشت. علت کاهش عملکرد در نتیجه افزایش فسفر مصرفی بیش از حد مطلوب ممکن است به این دلیل باشد که وقتی تأمین یک عنصر غذایی زیاد می‌شود، دیگر عناصر غذایی یا پتانسیل عملکرد گیاهان عوامل محدود کننده می‌شوند (رهم و همکاران، 1981؛ سالم، 1990؛ مارچنر، 1995 و بالچا، 2014).

با نگاهی به جدول 3 مشخص می‌گردد که عملکرد کاه کلزا نیز با مصرف فسفر افزایش داشت، هرچند که تفاوتی بین تیمارهای فسفر وجود نداشت. از طرفی، با توجه به اینکه عملکرد روغن تابعی از عملکرد دانه می‌باشد، بالاترین عملکرد روغن (1128 کیلوگرم در هکتار) در سطح تیمار 16 کیلوگرم در هکتار بدست آمد. از سویی، با مصرف فسفر جذب فسفر نیز افزایش یافت. بیشترین جذب فسفر در تیمار 16 کیلوگرم در هکتار حاصل گردید که با سایر سطوح فسفر مصرفی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول3). افزایش جذب فسفر را

Archive of SID

www.SID.ir

می‌توان به توسعه ریشه (دوی و همکاران،2012) و ترشح اسیدهای آلی (هانتر و همکاران، 2014) و ترشح یون پروتون داخل ریزوسفر (هینسینگرز ، 1998) مرتبط دانست؛ مضافاً اینکه با توجه به پایین بودن فسفر قابل جذب (پایین‌تر از حد بحرانی، 15 میلی‌گرم در کیلوگرم) پاسخ به کود فسفر محتمل بود. از طرفی مشاهده می‌شود با مصرف کود فسفر جذب فسفر هر چند بدون تفاوتی معنی‌دار کاهش نشان می‌دهد. با توجه به اینکه جذب حاصل ضرب عملکرد در غلظت عنصر غذایی می‌باشد، لذا این موضوع را می‌توان به کاهش دو مولفه تعیین کننده کمیت جذب در سطوح مصرف فسفر بالاتر از 16 کیلوگرم در هکتار نسبت داد. نوتال و همکاران (1992) با مصرف 40 کیلوگرم فسفر (p) در هکتار بالاترین عملکرد دانه و کاه را بدست آورد. در صورتی که چما و همکاران (2001) میزان 60 کیلوگرم فسفر (p) را برای حصول به عملکرد مطلوب پیشنهاد نمودند. شن و همکاران (2006) افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و کاه و به تبع آن عملکرد روغن را در اثر مصرف فسفر در مقایسه با تیمار شاهد (بدون مصرف فسفر) گزارش کردند. وحید (2008) بالاترین عملکرد دانه کلزا (2587 کیلوگرم در هکتار) را از مصرف مقدار 60 کیلوگرم فسفر (P) توأم با کاربرد 10 تن در هکتار کود حیوانی به دست آورد.

از طرف دیگر، نتایج حاصله نشان داد که اثر اصلی رقم بر صفات مورد بحث نیز در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول2). جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول3) حاکی از این است که رقم Hyola نسبت به دو رقم دیگر از حیث عملکرد دانه و سایر صفات مورد اندازه‌گیری بیشتر بود. سایر محققان در ارتباط با تفاوت ارقام در پاسخ به فسفر مصرفی گزارش‌هایی ارایه داده‌اند. لیکفت و همکاران (1999) در بررسی پاسخ های گیاهی دو رقم کلزا نیز تأکید نمودند که بین ارقام از نقطه نظر جذب فسفر و عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری بود. یوسف و همکاران (2002) تفاوت عملکرد دانه بین دو رقم کلزا را به تفاوت در ارتفاع گیاه، شاخه‌های اولیه و ثانویه و تعداد غلاف در بوته نسبت داد. مالهی و همکاران (2007) در ارزیابی پتانسیل عملکرد و مقدار روغن ارقام مختلف نتیجه‌گیری کردند که رقم مناسب نقشی حیاتی در دستیابی به عملکردهای بالای یک محصول ایفا می‌کند. عملکرد دانه در واقع کارکرد اثرات تجمعی اجزا مختلف عملکرد است که متأثر از عملیات زراعی و محیطی می‌باشد؛ بنابراین، عملکرد دانه تحت کنترل عوامل داخلی و خارجی است.

**شاخص‌های کارایی فسفر**

**شاخص‌های کارایی و شاخص پاسخ به کود در ارتباط با سطوح کود مصرفی**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی فسفر بر شاخص‌های کارایی جذب، استفاده فسفر، فسفر کارایی (کارایی فسفر) و پاسخ به کود در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول2).

مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارها بر شاخص-های کارایی (جدول4) دلالت بر این دارد که شاخص‌های کارایی بین سطوح تیمارهای مختلف فسفر تفاوت معنی‌داری نداشت. کاهش شاخص‌های کارایی به دلیل افزایش میزان فسفر را می‌توان به قانون عوامل محدود کننده و قانون حداقل لیبیگ ربط داد. با توجه به نتایج مندرج در جدول 4 و عدم تفاوت معنی‌دار بین سطوح کود مصرفی از حیث شاخص‌های جذب، استفاده و فسفر کارایی، مقدار 16 کیلوگرم فسفر(P) در هکتار به واسطه حصول به عملکرد دانه بهینه و نیز به منظور پرهیز از مصرف بیش از حد کود و تبعات منفی حاصل از آن تیمار مناسب محسوب می‌گردد. ایرانشهر و سپهر (1391) بالیگار و همکاران (2001 )، سپهر و همکاران (2009 )، کی هارا و انژرژ (2013 ) و بالچا (2014) گزارش نمودند که با افزایش میزان مصرف فسفر شاخص‌های کارایی کاهش یافت. البته، مورد ذکر شده مختص به فسفر نیست و این روند در مورد سایر عناصر غذایی مشاهده می‌شود. در این ارتباط نورتون و همکاران (2015) نتیجه‌گیری نمودند که شاخص‌های کارایی نیتروژن (کارایی زراعی، بازیابی ظاهری، بهره وری ناخالص فسفر و نسبت برداشت عناصر غذایی) در پایین‌ترین سطح نیتروژن مصرفی یعنی 20 کیلوگرم در هکتار بالاتر از سایر سطوح مصرفی (40 ، 80 و 160 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بودند. اما، شاخص پاسخ به کود که بیانگر افزایش عملکرد به ازای کود مصرفی نسبت به تیمار شاهد می‌باشد بین سطوح تفاوت معنی‌داری داشت به گونه‌ای که میزان افزایش عملکرد دانه در اولین سطح کود فسفر مصرفی از سایر سطوح بیشتر بود (جدول4 ).

**شاخص‌های کارایی و شاخص پاسخ به کود در ارتباط با ارقام**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی رقم بر مولفه‌های مرتبط با کارایی به جز شاخص پاسخ به کود معنی‌دار نبود (جدول2).

**کارایی جذب فسفر**

مقایسه میانگین نتایج نشان داد که میانگین کارایی جذب هر سه رقم بدون تفاوت معنی‌داری در حد

Archive of SID

www.SID.ir

میانگین جذب (0/81) بودند. به عبارت دیگر هر سه رقم از این نظر فسفر کارا هستند (جدول4). به بیان دیگر اختلافات ژنتیکی بین ارقام مورد بررسی وجود نداشت. خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریشه کلزا که در کارایی جذب فسفر دخالت دارند عبارتند از طول و تراکم ریشه و ترشحات اسیدهای آلی که سبب معرفی کلزا به عنوان یک گیاه کارا از منظر جذب فسفر شناخته شود (مارچنر و همکاران، 2007). در ارتباط با اهمیت این شاخص نسبت به شاخص کارایی استفاده اختلاف نظر وجود دارد. منسک و همکاران (2000 ) کارایی جذب فسفر را مهم تر از کارایی استفاده دانستند، در صورتی که یانگ و همکاران (2010) کارایی استفاده را به عنوان روش برتر انتخاب ارقام اعلام نمودند. اوزترک و همکاران (2005) اهمیت هر دو نوع شاخص را یکسان گزارش کردند.

**کارایی استفاده فسفر**

نتایج مندرج در جدول 4 نشان می‌دهد که میانگین کارایی استفاده یا کارایی داخلی 157 کیلوگرم در کیلوگرم بود که کارایی استفاده رقم Hyola کمی بیشتر و دو رقم دیگر تقریباً نزدیک آن هستند. عدم تفاوت آماری از این لحاظ بین ارقام به این دلیل است که ارقام توانسته‌اند فعالیت‌های درونی خود را به گونه‌ای تنظیم نمایند که عملکرد دانه یالایی را به ازای هر واحد فسفر جذب شده تولید نمایند.

**فسفر کارایی**

به منظور محاسبه فسفر کارایی شاخص‌های متعددی مورد استفاده قرار گرفته است، اما نسبت عملکرد در حالت تنش یا محدودیت به مقدارآن در حالت کفایت فسفر بیش از همه مورد توجه قرار گرفته است (رنگل،1999). این نسبت بر حسب درصد بیان می‌شود و هر رقمی که نسبت کارایی بالاتری داشته باشند، از نظر فسفر کاراتر به حساب می‌آید (اوزترک و همکاران، 2005). بر این مبنا، مقایسه میانگین نتایج نشان داد که از حیث فسفر کارایی بین سه رقم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و فسفر کارایی ارقام نسبت به میانگین این شاخص (89%) اختلافی نداشتند و هر سه رقم فسفر کارا محسوب می‌گردند (جدول4). اختر و همکاران (2008) به منظور ارزیابی شاخص‌های مربوط به فسفر کارایی نشان دادند که کارایی جذب و استفاده فسفر دو عامل مهم در ارزیابی و انتخاب ارقام بودند. فسفر کارایی به عوامل متعددی از قبیل شرایط رشد و اشکال شیمیایی فسفر خاک نیز وابسته است (لیائو،2008). گونز و همکاران (2006 ) گزارش دادند که نتایج فسفر کارایی در شرایط مزرعه‌ای و گلخانه‌ای با هم مطابقت ندارد و هیچ همبستگی بین فسفر کارایی ارقام در دو شرایط وجود نداشت و برای نشان دادن تأثیر اشکال شیمیایی فسفر خاک بر روی فسفر کارایی ارقام مختلف گندم، اوزبرن و رنگل (c 2002) نتیجه‌گیری نمودند که وقتی از منبع فسفر آلی (فیتات) استفاده کردند ارقام گندم Westonia و Cadoux فسفر کارا بودند، اما وقتی که فسفات آهن یا فسفر معدنی محلول استفاده شد دو رقم مذکور غیر کارا بودند.

**شاخص پاسخ به کود**

در محاسبه نسبت فسفر کارایی این احتمال می‌رود ارقامی که در حالت محدودیت فسفر عملکرد مطلق پایین و در حالت مصرف فسفر مصرف هم به آن پاسخی نمی‌دهند، فسفر کارا شناخته شوند. از این رو، Gerloff (1977) و Lynch (1998 ) بر اساس عملکرد مطلق، اسکرین در حالت محدودیت فسفر را برای سیستم کم نهاده و اسکرین در حالت کفایت را برای سیستم پر نهاده پیشنهاد نمودند که در حالت دوم از اصطلاح کود پذیری استفاده کردند. به این اعتبار نتایج حاصل از محاسبه شاخص پاسخ به کود فسفر نشان داد که رقم Hyola به طور معنی‌داری کود پذیری بیشتری نسبت به دو رقم دیگر داشت (جدول 4).

## نتیجه‌گیری

چنانچه ملاحظه می‌شود سه رقم مورد بررسی هیچگونه تفاوتی از منظر شاخص‌های کارایی اندازه‌گیری شده به جز شاخص کود پذیری نداشتند. شاید تنوع بیشتر ارقام در این گونه مطالعات مستلزم آشکار شدن تفاوت‌ها در شاخص‌های مورد سنجش می‌باشد. در پیوند با این موضوع، اوزترک و همکاران (2005) بر پایه مطالعات صورت گرفته گزارش کردند که برای دستیابی موفقیت آمیز اسکرین ژنوتیپ‌ها در ارتباط با کارایی فسفر نیاز به بکارگیری و مقایسه تعداد زیادی ژنوتیپ است. هر چند که ایجاد چنین شرایطی می‌تواند بعضاً نتایج مورد نظر را نداشته باشد. در این خصوص می‌توان به نتایج اوزبرن و رنگل (b 2002 ) اشاره نمود. ایشان گزارش کردند که در میان 112 ژنوتیپ غلات هیچ رقمی نتوانست در تمامی شاخص‌های کارایی رقم برتر باشد. بنابراین، با عنایت به نتایج به دست آمده از این آزمایش رقم Hyola ضمن کارا بودن همچون دو رقم دیگر، از نظر شاخص کود پذیری رقم برتری بود و می‌تواند در هر دو سیتم کم نهاده و پر نهاده مورد استفاده قرار گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول 2- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی**

| | | میانگین مربعات | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییرات | درجه آزادی | عملکرد دانه | عملکرد کاه | عملکرد روغن | جذب فسفر | فسفر کارایی | کارایی جذب فسفر | کارایی استفاده فسفر | شاخص پاسخ به کود فسفر |
| سال | 1 | 118810$^{ns}$ | 111580494/678$^{**}$ | 412090$^{**}$ | 50/475$^{**}$ | 0/028$^{ns}$ | 0/104$^{*}$ | 7072/94$^{**}$ | 272140/01$^{ns}$ |
| تکرار در سال | 4 | 13975/322$^{ns}$ | 88817/989$^{ns}$ | 13880/822$^{ns}$ | 22/61$^{**}$ | 0/006$^{ns}$ | 0/019$^{ns}$ | 1080/86$^{**}$ | 38286/26$^{ns}$ |
| سطوح کود فسفر | 4 | 691948/528$^{**}$ | 2931180/711$^{**}$ | 169718/239$^{**}$ | 84/23$^{**}$ | 0/079$^{**}$ | 0/219$^{**}$ | 1984/173$^{**}$ | 688166/66$^{**}$ |
| ارقام | 2 | 40665/028$^{**}$ | 3997698/033$^{**}$ | 282046/944$^{**}$ | 29/098$^{**}$ | 0/023$^{ns}$ | 0/003$^{ns}$ | 193/474$^{ns}$ | 281199/10$^{*}$ |
| سطوح فسفردر ارقام | 8 | 36167/211$^{ns}$ | 393580/478$^{ns}$ | 6847/181$^{ns}$ | 1/388$^{ns}$ | 0/003$^{ns}$ | 0/002$^{n.s}$ | 86/92$^{ns}$ | 36464/11$^{ns}$ |
| خطا | 56 | 54404/667 | 353732/477 | 8976/37 | 5/503 | 0/01 | 0/018 | 169/307 | 76209/36 |
| کل | 89 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ضریب تغییرات(درصد) | - | 8/70 | 8/50 | 9/19 | 13/48 | 11/10 | 16/81 | 8/26 | 22/12 |

n.s ،* ،** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد آزمون F

**جدول 3- اثر اصلی تیمارها بر صفات مورد بررسی طی دو سال آزمایش**

| مقدار فسفر(p) کیلوگرم در هکتار | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | | | عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار) | | | عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) | | | جذب فسفر (کیلوگرم در هکتار) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | سال اول | سال دوم | میانگین | سال اول | سال دوم | میانگین | سال اول | سال دوم | میانگین | سال اول | سال دوم | میانگین |
| 0 | 2347b | 2383c | 2365c | 7294d | 5265b | 6280b | 903c | 859d | 881d | 12/45b | 14/90c | 13/70b |
| 16 | 2872a | 2840a | 2856a | 7832cd | 6466a | 7150a | 1203a | 1052a | 1128a | 16/87a | 21/40a | 19/13a |
| 32 | 2830a | 2791ab | 2811a | 7969bc | 6307a | 7138a | 1168a | 1029ab | 1098ab | 17/14a | 19/80ab | 18/47a |
| 49 | 2853a | 2640ab | 2746ab | 8535ab | 5774b | 7155a | 1157ab | 945bc | 1051bc | 18/73a | 17/60bc | 18/17a |
| 61 | 2697a | 2570bc | 2633b | 8914a | 5577b | 7246a | 1068b | 928cd | 998c | 18/09a | 17/10bc | 17/60a |
| میانگین رقم | 2720 | 2645 | 2682 | 8109 | 5878 | 6994 | 1100 | 963 | 1032 | 16/66 | 18/16 | 17/41 |
| Hyola | 2941a | 2842a | 2891a | 7551b | 6030a | 6791b | 1249a | 1027a | 1137a | 16/82a | 20/10a | 18/46a |
| Rgs | 2665b | 2592b | 2629b | 7668b | 5892a | 6780b | 1065b | 956b | 1010b | 16/76a | 17/60b | 17/18b |
| Sarigol | 2552b | 2503b | 2527b | 9108a | 5726a | 7417a | 983c | 910b | 947c | 16/15b | 16/80b | 16/48b |
| میانگین | 2719 | 2646 | 2682 | 8109 | 5883 | 6996 | 1099 | 964 | 1031 | 16/67 | 18/17 | 17/37 |

- اعداد دارای حرف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول 4- اثر اصلی تیمارها بر صفات مورد بررسی طی دو سال آزمایش**

| مقدار فسفر(p ) کیلوگرم در هکتار | فسفر کارایی (درصد) | | کارایی جذب فسفر (کیلوگرم در کیلوگرم) | | | کارایی استفاده فسفر (کیلوگرم در کیلوگرم) | | | شاخص پاسخ به کود فسفر (کیلوگرم در هکتار) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | سال اول | سال دوم | میانگین | سال اول | سال دوم | میانگین | سال اول | سال دوم | میانگین | سال اول | سال دوم | میانگین |
| 0 | - | - | - | - | - | - | 190a | 162a | 176a | - | - | - |
| 16 | %83b | %84b | %84b | 0/77b | 0/69c | 0/73b | 173b | 136c | 154b | 525a | 457a | 491a |
| 32 | %83b | %86b | %85b | 0/74b | 0/76bc | 0/75b | 166bc | 143bc | 155b | 483a | 408a | 446ab |
| 49 | %84b | %91ab | %87b | 0/66b | 0/86ab | 0/76b | 152cd | 151ab | 152b | 505a | 256ab | 381ab |
| 61 | %87b | %94ab | %91b | 0/69b | 0/85ab | 0/77b | 150d | 151ab | 151b | 350a | 192ab | 271b |
| میانگین | %84 | %89 | %86 | 0/72 | 0/79 | 0/75 | 166 | 149 | 158 | 466 | 328 | 397 |
| رقم | | | | | | | | | | | | |
| Hyola | %84a | %88a | %86a | 0/77a | 0/83a | 0/80a | 177a | 144a | 160a | 503a | 356a | 429a |
| Rgs | %89a | %91a | %90a | 0/79a | 0/85a | 0/82a | 161b | 151a | 156a | 305b | 236a | 271b |
| Sarigol | %89a | %93a | %91a | 0/76a | 0/84a | 0/80a | 161b | 150a | 156a | 311b | 197a | 254b |
| میانگین | %87 | %91 | %89 | 0/77 | 0/84 | 0/81 | 166 | 148/33 | 157 | 373 | 263 | 318 |

- اعداد دارای حرف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول 5- اثر تیمارهای آزمایش بر درآمد خالص و نسبت فایده هزینه کلزا طی دو سال آزمایش**

| مقدار فسفر (p) کیلوگرم در هکتار | رقم | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | افزایش عملکرد (درصد) | هزینه کودفسفر مصرفی (تومان) | درآمد ناخالص (تومان) =افزایش عملکرد در قیمت محصول | درآمد خالص (تومان) = درآمد ناخالص – هزینه کود مصرفی | نسبت فایده هزینه= درآمد خالص به هزینه کود فسفر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | 2462 | - | - | - | - | - |
| 16 | | 3020 | 18/50 | 10400 | 390600 | 380200 | 36/56 |
| 32 | Hyola | 3038 | 23/40 | 20800 | 403200 | 382400 | 18/38 |
| 49 | | 3078 | 25 | 31200 | 431200 | 400000 | 12/8 |
| 61 | | 2856 | 16 | 39000 | 275800 | 236800 | 6/1 |
| 0 | | 2358 | - | - | - | - | - |
| 16 | | 2845 | 17/12 | 10400 | 340900 | 330500 | 31/80 |
| 32 | Rgs | 2761 | 17/10 | 20800 | 282100 | 261300 | 12/56 |
| 49 | | 2636 | 11/80 | 31200 | 194600 | 163400 | 5/24 |
| 61 | | 2543 | 7/85 | 39000 | 129500 | 90500 | 2/32 |
| 0 | | 2275 | - | - | - | - | - |
| 16 | | 2704 | 15/90 | 10400 | 300300 | 289900 | 27/88 |
| 32 | Sarigol | 2633 | 13/60 | 20800 | 250600 | 229800 | 11/04 |
| 49 | | 2525 | 11 | 31200 | 175000 | 143800 | 4/61 |
| 61 | | 2497 | 9/76 | 39000 | 155400 | 116400 | 2/98 |

- قیمت هر کیلوگرم دانه کلزا به طور متوسط 700 تومان و هر کیسه کود 50 کیلوگرمی سوپر فسفات تریپل 6500 تومان در نظر گرفته شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

به طور کلی، پاسخ محصولات به فسفر اضافه شده افزون بر ویژگی‌های گیاه یعنی بکارگیری ساز وکارهای فیزیولوژیکی (ترشح اسیدهای آلی و رها سازی 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 تبیت فسفر به ترکیبات کمتر قابل دسترس بیشتر است)، میزان پخشیدگی فسفر از فاز جامد به محلول خاک (ظرفیت بافری خاک)، زمان واکنش، مقدار ماده آلی، درجه حرارت خاک و نوع و مقدار رس خاک نیز می‌باشد (رشید و همکاران،1994؛ مارچنر و همکاران،2007 و علی و همکاران، 2012). بنابراین، کارایی پایین فسفر کاربردی می‌تواند علاوه بر موارد ذکر شده منتج از برآیند وضعیت فیزیکی و بیولوژیکی خاک نیز باشد. بدیهی است چنانچه خاک از ویژگی‌های مناسب مترتب بر کیفیت خاک برخوردار باشد، کارایی مصرف عناصر غذایی در سطح بالاتری خواهد بود. اما، تحلیل اقتصادی پروژه با عنایت به این نکته که بهره برداران بدنبال افزایش عملکرد اقتصادی محصول می‌باشند؛ بنابه قیمت‌های کلزا و کود فسفر در سال‌های مورد آزمایش مشخص گردیدکه رقم Hyola، نسبت فایده به هزینه بالاتری (36/56) نسبت به دو رقم دیگر در سطح بهینه 16 کیلوگرم فسفر (P ) در هکتار داشت (جدول 5).

## پیشنهادها

- به منظور افزایش امکان تفکیک ارقام از منظر کارایی، آزمایشات با تعداد بیشتری رقم صورت گیرد.
- اعمال مدیریت‌های زراعی همچون تغییر روش مصرف کود از پخش سطحی به نواری به دلیل تأثیر بر میزان تثبیت کود فسفر، استفاده از منابع کودهای آلی، زمان مصرف کود، تأمین شرایط رطوبتی مناسب و ... از عوامل تأثیر گذار بر افزایش کارایی کود می‌باشد.
- آزمایش‌هایی به صورت مشترک بین متخصصان اصلاح گیاهی و تغذیه گیاهی به منظور دستیابی به ارقامی با کارایی بالا در جذب عناصر و کاهش تثبیت و هدررفت آنها به ویژه سه عنصر اصلی (NPK) مورد نیاز گیاه به خصوص در مورد سه محصول کلزا، گندم و ذرت در شرایط اقلیمی متفاوت صورت گیرد.

## سپاسگزاری

بدین وسیله ازکلیه همکاران در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد به خصوص همکاران شاغل در بخش تحقیقات خاک و آب که در اجرای این پروژه به انحاء مختلف مساعدت نموده‌اند قدردانی به عمل می‌آید.

## فهرست منابع:

1. احیایی، م. و ع. ا. بهبهانی زاده. 1372. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره 893. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران. 150 ص.
2. امام،ی و م. نیک نژاد..1383. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی.چاپ دوم، ترجمه، انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز ، ایران.
3. ایرانشهر، ا. و ا. سپهر. 1391. ارزیابی کارایی ارقام مختلف گندم از لحاظ جذب فسفر در خاک فسفات. نشریه آب و خاک. جلد 26، شماره4، ص 798-968.
4. حسینی، ز. 1369. روش های متداول در تجزیه مواد غذایی. انتشارات دانشگاه شیراز، ایران. 210ص.
5. خادمی، ز. ، ح. رضایی ، م. ج. ملکوتی و پ. مهاجر میلانی. 1379 . تغذیه بهینه کلزا. وزارت کشاورزی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.31 ص.
6. سپهر، ا.، م. ح. رسولی و م. ج. ملکوتی. 1382. نقش گوگرد در تغذیه دانه‌های روغنی. اولین سمینار ملی تولید و مصرف گوگرد در کشور، مشهد، ایران.
7. ملکوتی، م. ج. و م. همایی. 1382. حاصلخیزی خاک مناطق خشک و نیمه خشک. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، نهران، ایران. 482 ص.

Archive of SID

www.SID.ir

8. Akhtar, M. Sh., Y. Oki and T. Adachi. 2008. Phosphorus and biomass distribution and P-efficiency by Diversa Brassica cultivars exposed to adequate and p- stress environment. J. Environ. Sci. Technol. 1: 111- 119.
9. Ali, H., N. Sarwar, S. Ahmad, A. W. Tariq and A. N. shahzad. 2012. Response of wheat crop to phosphorus fertilizers and application methods grown under agro- climatic conditions of southern Punjab. Pak. J. Agri. Sci.4: 485- 489.
10. Aziz, T., D. Steffes, M.A. Rahmatullah and S. Schubert. 2006. Phosphorus utilization by six Brassica Cultivas (Brassica Juncea L.) from tri-calcium phosphate: A relative insoluble P compound. Pak. J. Bot. 5: 1529- 1538.
11. Balcha, A. 2014. Effect of phosphorus rates and varieties on grain yield, nutrient uptake and phosphorus efficiency of Tef [(*Eragrostis tef*(Zucc)] Trotter. Am. J. Plant Sci. 5: 262- 267.
12. Balligar, V. C., N. K. Fageria and Z. L. He. 2001. Nutrient use efficiency in plants. Comm.Soil Sci. Plant. Anal. 7 and 8: 921- 950.
13. Batten, G. D. 1992. A review of phosphorus efficiency in wheat. Plant Soil. 149: 163-168.
14. Cheema, M. A., M. A. Malik, A. Hussain, S. H. Shah and S. M. A. Basra.2001. Effect of time and rate of nitrogen and phosphorus application on the growth and the seed and oil yields of canola (*Brassica napu*s L.). J. Agron. Crop Sci. 186: 103- 110.
15. CIMMYT. 1988. From agronomic data to farmer recommendation: an economic training manual. Mexico D. F:25-33.
16. Devi, K, N., L. N. K. Singh, T. S. Devi, H. N. Devi. T. B. Singh, K. K. Singh and W. M. Singh. 2012. Response of soybean to sources and levels of phosphorus. J. Agric.Sci.4: 44- 53.
17. Dobermann, A. R. 2005. Nitrogen use efficiency state of the art. Proceeding of IFA International Work Shop on Enhenced- Efficiency of Fertilizer, June 28-30.frankfurt, Germany, pp: 1-17.
18. 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.
19. 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.
20. Fohse, D., N. Classen and A. Jungk. 1988. Phosphorus efficiency of plants .I. External and internal phosphorus requirement and phosphorus uptake efficiency of different plant species . Plant Soil. 110: 101-109.
21. Gahoonia, T. S., and N. E., Neilsen. 1992. The root induced pH change on the depletion of inorganic and organic phosphorus in the rhizosphere. Plant Soil. 143: 241-248.
22. Gahoonia, T. S., and N. E., Nielsen. 1996. Variation in acquisition of soil phosphorus among wheat and barley genotypes. Plant Soil. 178: 223- 230.
23. 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.
24. Gerloff, G. C. 1977. Plant efficiencies in the use nitrogen, phosphorus and potassium. In: Plant Adaptation to Mineral Stresses in Problem Soils, ed. M. J. Wright, pp. 161-173. Ithaca, NY: Cornell University agricultural Experimental Station.
25. Gunez, a., A. Inal, M. Alpaslan and I. Cakmak. 2006. Genotypic variation in phosphorus efficiency between wheat cultivars grown under greenhouse and field conditions. Soil Sci. Plant. Nutr. 52: 4: 470- 478.
26. Halford, I. C. R. 1997. Soil phosphorus, its measurement and its uptake by plants. Aust. J. Soil Res.35: 277- 239.
27. Hinsingers, P. 1998. How do plant roots acquire mineral nutrition? Chemical properties involved in the rhizospher. Adv. Agron. 64: 225- 265.

Archive of SID

www.SID.ir

28. Hunter, P. J., G. R. Teakle and G. D. Bending. 2014. Root traits and microbial community interaction on relation availability and acquisition, with particular reference to *Brassica*. Front Plant Sci. 5: 1- 18.
29. Kihara, J. and S. Njoroge. 2013. Phosphorus agronomic efficiency in maize- based cropping systems: A focus on western Kenya. Field Crop. Res. 150: 1- 8.
30. Liao, M., P. J. Hocking, B. Dong, E. Delhaize, A. E. Richardson and P. R. Ryan. 2008. Variation in early phosphorus uptake efficiency among wheat genotypes grown on two contrasting Australian soil. Aust. J. Agri. Res. 59: 157- 166.
31. Lickfett. T., B. Matthaus, L. Velasco and C. Mollers. 1999. Seed yield, Oil and phytate concentration in the seed of oilseed rape cultivars as affected by different phosphorus supply. Eur.J. Agron. 11: 293- 299.
32. Lyinch, J. 1998. The role of nutrient- efficient crops in modern agriculture.Pp:241- 264. In: Rengel, Z. (ed.), Nutrient Use in Crop Production. The Haworth Press. Inc. New York.
33. Mahon, D. J. 1983. Limitation to the use of physiological variability in plant breeding. Can J. Plant Sci. 63: 11- 21.
34. Malhi, S. S., A. M. Johnston, J. J. Schoenau, Z. H. Wang and C. L. Vara. 2007. Seasonal biomass accumulation and nutrient uptake of canola, mustard and flax on a black chernozem soil in Saskatchewan. J. Plant Nut. 30: 641- 658.
35. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. Academic Press. New York, USA.
36. Marschner, H. 1998. Role of root growth, arbuscular mycorhiza, and root exudates for the efficiency in nutrient acquisition. Field Crop. Res. 56:203- 207.
37. Marschner, P., Z. Solaiman and Z. Rengel.2007. Brassica genotypes differ in growth , phosphorus uptake and rhizosphere properties under p-limiting condition. Soil. Biol. Bioche. 39: 87- 98.
38. Manske, G. G. B., J. I. Ortiz- Monasterio, M. Van Ginkel, R. M. Gonzales, S. Rajaram, E. Molina and P. L. G. Vlek. 2000. Traite associated with improved P- uptake efficiency in CIMMYT semidwarf spring bread wheat grown on an acid Andisol in Mexico. Plant Soil. 221: 189- 204.
39. Miri, H. R. 2007. Morphophysiological basis of variation in rape seed (Brassica napus L.) yield. Int. J. Agric. Biol. 9: 701- 706.
40. Nuttal, W. F., A. P. Moulin and L. J. Townley- Smith. 1992. Yield response of canola to nitrogen, phosphorus, precipitation, and temperature. Agron. J. 84: 765-768.
41. Norton,R. 2015. Nitrogen removed and use on a long- term fertilizer experiment. Proccedings of the 17th ASA Conference, 20-24 september, Hobart, Australia.
42. Ozborne, L. D. and Z. Rengel. 2002b. Genotypic differences in wheat for uptake and utilization of P from iron phosphate. Aust. J. Agric. Res. 53: 837- 844.
43. Ozborne, L. D. and Z. Rengel. 2002a. Screening cereals for genotypic variation in efficiency of p uptake and utilization. Aust. J. Agric. Res. 53: 837- 844.
44. Ozturk, L., S. Eker, B. Torun and I. Cakmak. 2005. Variation in phosphorus efficiency among 73 bread and durum wheat genotypes grown in phosphorus- deficient calcareous soil. Plant Soil. 269: 69- 80.
45. Rehm, G. W., R. C. Sorensen and R. A. Wiese. 1981. Application of phosphorus, potassium and zinc to corn growth for grain or silage: Early growth and yield. Soil .Sci. Soc. Am. J. 45: 523- 528.
46. Rashid, A.1994. Phosphorus use efficiency in soils of Pakistan. Proceeding of the 4th national Congress of Soil Science, May 22-24, Islamabad, Pakistan, pp: 115- 127.
47. Rose, T. J. and M. Wissuwa.2012. Rethinking internal phosphorus utilization efficiency: A new approach is needed to improve PUE in grain crops. Adv. Agron.116: 185- 217.

Archive of SID

www.SID.ir

48. Saleem, M. T. 1990. An overview of phosphatic fertilizers in Pakistan. Symposium on role of phosphorus in crop production. July, 15- 17, Islamabad. Pp 938.
49. Sepehr, E., M. J. Malakouti, B. Kholdebarin, A. Samadi and N. Karimiyan. 2009. Genotypic variation in P efficiency of selected Iranian cereals in greenhouse experiment. Int. J. Plant Prod. 3: 17- 28.
50. Shenoy, V. V. and G. M. Kalagudi. 2005. Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. Biotech. Adv. 23: 501- 513.
51. Syers, J. K., A. E. Johnston and D. Curtin. 2008. Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use.FAO Fertilizers and Plant Nutrition Bulletin no 18. Rome, Italy. FAO.
52. Shen, J. X., Z. Y. Li, X. Liao and Q. Y. Guo. 2006. The effect of phosphorus on the yield and mineral nutrient absorption and accumulation of rapeseed (*Brassica napus* L.). Acta. Agron. Sin. 32: 32: 1231- 1235.
53. Vance, C. P., C. Uhda-Stone and D. L. Allan. 2003. Phosphorus asquisition and use: Critical adaptations by plants for recurring a non-renewable resources. New. Phytol. 157: 423-447.
54. Wahid, A. M. 2008. Phosphorus management studies in canola hybrids. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in agronomy. Faculty of Agriculture University of Agriculture Faisalabad, Pakistan. 158p.
55. Wahid, M. A., M. A. Chemma, M. A. Malik and M. Ashraf.2009. Comparative performance of canola hybrid in response to different phosphatic fertilizers. Int. J. Agr. Biol. 11: 305-310.
56. Xiang-wen, P., L. Wen-bin, Z. Qiu-ying, L.Yan-hau and L. Ming-shen.2008. Assessment phosphorus efficiency characteristic of soybean genotypes in phosphorus- deficient soils. Agri. Sci. China. J. 7(8): 958- 998.
57. Yang, G., Q. S. Zuo, Y. Tang, J. F. Shi, F. H. Hui and S. H. Leng. 2010. Phosphorus absorbtion and utilization of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars with different yields. Bulgarian J. Agric Sci. 5: 590- 596.
58. Yousaf, M., A. M .Jahangir and T. Nasseb. 2002. Effect of different sowing dates on the growth and yield of canola (Sarsoon) varieties. Asian J. Plant Sci.1: 634- 635.

Archive of SID

www.SID.ir

# Response of Canola Cultivars Yield to Phosphorus Fertilization and Its Efficiency in North Khouzestan

**K. Mirzashahi[1] and F. Nourgholipour**

Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Safiabad, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AERRO), Dezful. Iran; E-mail: kamranmirzashahi@yahoo.com

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

Received: March, 2016 and Accepted: May, 2017

**Abstract**

This study was conducted to determine the effect of phosphorus fertilization on the grain yield and phosphorus efficiency in different canola cultivars during 2010-12, at Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Safiabad, Dezful, Iran. The experiment was arranged as factorial in a randomized complete block design with three replications. The first factor consisted of five phosphorus (P) levels (0, 16, 32, 49, and 61 $kg.ha^{-1}$) and the second factor consisted of three cultivars (Hyola 401, RGS 300, and Sarigol). The result showed that the main effect of phosphorus and cultivars on yields of grain, straw, oil, and phosphorus uptake were significant. The highest grain and oil yields (2856 and 1128 $kg.ha^{-1}$, respectively) were obtained from application of 16 kg P per ha. Also, Hyola 401 cultivar had the highest grain and oil yields (2891 and 1137 $kg.ha^{-1}$, respectively). Phosphorus application led to significant decrease in the phosphorus efficiency indices. Significant differences among the cultivars in terms of performance measurement indicators were not observed, except indicator of response to fertilizer, while Hyola 401 had the highest response to fertilizer compared to the other cultivars. According to the results of this study, and considering economic analysis, application of 16 kg P per ha and Hyola 401 cultivar is recommended.

**Keywords**: Economic analysis, Oil, Plant nutrition

Archive of SID

[1] Corresponding author: Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Safiabad, Soil and Water Research Department.

www.SID.ir