تأثیر نیتروژن، گوگرد، روی و بور بر عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا و کارایی مصرف نیتروژن

کامران میرزاشاهی[1]

مربی پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد، دزفول؛ kamranmirzashahi@yahoo.com

دریافت: 91/8/29 و پذیرش: 92/11/21

چکیده

کلزا از جمله گیاهان زراعی محسوب می‌گردد که در طول دوره رشد به مقادیر زیادی نیتروژن نیاز دارد، افزایش کارایی این عنصر علاوه بر افزایش سود اقتصادی، موجب کاهش آلودگی محیط زیست نیز می‌شود، لذا به منظور بررسی تأثیرکاربرد نیتروژن، گوگرد، روی و بور بر عملکرد و اجزاء عملکردکلزا (*Brassica napus* L.) رقم PF و شاخص‌های کارایی نیتروژن، این آزمایش طی دو سال زراعی (1390- 1389) به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد- دزفول اجراء گردید. تیمارها شامل نیتروژن در سه سطح (صفر، مصرف نیتروژن بر اساس پتانسیل تولید مزرعه و30% کمتر از مقدار اولیه) و گوگرد، روی و بور در هشت سطح (بدون مصرف گوگرد، روی بور، مصرف گوگرد، مصرف روی، مصرف بور، مصرف گوگرد + روی، مصرف گوگرد + بور، مصرف روی + بور و مصرف گوگرد+ روی + بور) بودند. اثر اصلی نیتروژن بر عملکردهای دانه و روغن، اجزاء عملکرد، شاخص‌های کارایی نیتروژن و نیترات باقیمانده خاک معنی‌دار بود. بالاترین عملکرد دانه(3/1 تن در هکتار) از مصرف نیتروژن به میزان 30 % کمتر از مقدار اولیه (136 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بدست آمد. اثر اصلی سطوح گوگرد، روی و بور بر صفات مورد بررسی بجز تعداد دانه در غلاف و کارایی استفاده نیتروژن معنی‌دار گردید، به نحوی که بالاترین عملکرد دانه (2/7 تن در هکتار) از مصرف توأم گوگرد، روی و بور حاصل شد. با افزایش مصرف نیتروژن و نیز با مصرف گوگرد، روی و بور شاخص‌های کارایی نیتروژن به ترتیب کاهش و افزایش داشت. با عنایت به نتایج بدست آمده، مصرف نیتروژن (30 % کمتر از مقدار اولیه) و گوگرد+ روی + بور برای کلزا در این منطقه قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های کارایی نیتروژن، عملکرد دانه، عناصر کم مصرف، کلزا

[1] نویسنده مسئول، آدرس: دزفول، مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد، ص پ 333

مقدمه

برای تولید اقتصادی کلزا مدیریت کود نیتروژن از اولویت خاصی برخوردار است از این رو با توجه به تأثیر گذاری نیتروژن مصرفی و نیز برهمکنش برخی عناصر غذایی بر کارایی استفاده از آن، افزایش کارایی نیتروژن همگام با کاهش در میزان مصرف آن به موازات بهبود تولید برای ارتقای درآمد کشاورزان، کاهش پتانسیل آلودگی‌های زیست محیطی و نیز کاهش میزان انرژی مصرف شده برای تولیدکودهای نیتروژن ضروری می‌باشد.

برهمکنش عناصر غذایی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی به دفعات مشاهده شده است (جاکال وکلگ، 1987؛گویلارد و آلینسون، 1988؛ نوتال و همکاران، 1992؛ اودین و همکاران،2002 و یانگ و همکاران، 2009).این ارتباط به ویژه بین نیتروژن با سه عنصرگوگرد، روی و بور در گیاه کلزا گزارش گردیده است (هارشارن و همکاران، 1998 و جکسون، 2000) سه عنصر مزبور نقش اساسی در دوره زندگی گیاه کلزا ایفاء می‌کنند.

خادمی و همکاران (1379) تعادل عناصر غذایی در کلزا را به ویژه بین نیتروژن، گوگرد، روی و بور بسیار با اهمیت ذکر کردند. منگل و کربی (1978) برهمکنش گوگرد و نیتروژن را در ایجاد تعادل نسبت به گوگرد را نشان داد. نوتال و همکاران(1987) دریافتند که بور بر متابولیسم نیتروژن در کلزا مؤثر بوده و بر اثرکمبود، ترکیبات نیتروژن محلول به ویژه نیترات در گیاه تجمع می‌یابد. پورتر (1993) در پژوهش‌های خود نشان داد که مصرف نیتروژن و بور به صورت محلول پاشی عملکرد دانه را به صورت معنی‌داری افزایش داده است. جکسون (2000) برهمکنش مثبت بین نیتروژن و گوگرد سولفاته را بر میزان عملکرد دانه، درصد روغن و جذب عناصر غذایی گزارش کرده است. افزایش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا در نتیجه مصرف روی توسط گروال و همکاران (1997 و 1999) نیز گزارش شده است.تیلمن و همکاران (1991) اعلام کردندکه با افزایش مقدار نیتروژن مورد استفاده از 45 تا 90 کیلوگرم در هکتار کارایی جذب نیتروژن در جوکاهش یافت. هوجینز و پان (1993) کاهش کارایی جذب نیتروژن در سامانه‌های زراعی مورد بررسی به ازاء افزایش کاربرد نیتروژن از 56 تا 168 کیلوگرم در هکتار را گزارش کردند. وسترمن و همکاران (1994) اعلام کردند که با افزایش مصرف نیتروژن از 45 تا 135 کیلوگرم در هکتار بازده جذب در گندم زمستانه از 41 به 14 کیلوگرم دانه در هر کیلوگرم نیتروژن کاهش یافت.

کشت کلزا در کشور و نیز در استان خوزستان سالیانه در حال گسترش است. گوگرد چهارمین عنصر ضروری مورد نیاز این گیاه می‌باشد. از سویی، با توجه به کمبود وسیع روی در خاک‌های آهکی استان و نیز کمی مقدار بور قابل استفاده، ضرورت اجرای این پژوهش مشخص گردید. بنابراین، به منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر اساس پتانسیل تولید مزرعه و نیز کاربرد گوگرد، روی و بور بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، عملکرد روغن و شاخص‌های کارایی نیتروژن و نیترات باقیمانده خاک پس از برداشت محصول، این پژوهش در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد (دزفول) اجراء گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر نیتروژن، گوگرد، روی و بور بر عملکرد کلزا (*Brassica napus L.*) رقم PF و نیز شاخص‌های کارایی نیتروژن، این پژوهش در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد برروی یک خاک Clayey, mixed, Hyperthermic-Aridic-Haplusteps با مشخصات 32 درجه و 14 دقیقه عرض شمالی و 48 درجه و 28 دقیقه طول شرقی طی دو سال (1389 تا 1391) اجراء گردید. بعد از عملیات تهیه زمین (آبیاری اولیه، دیسک و ماله) 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، منگنز و بور) مطابق با دستورالعمل‌های موسسه تحقیقات خاک و آب (احیایی و بهبهانی زاده،1372) و هم چنین مجموع نیتروژن آمونیاکی و نیتراتی (نیتروژن معدنی) اندازه‌گیری شدند. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل الف- سطوح نیتروژن در سه سطح (صفر، مصرف نیتروژن بر اساس پتانسیل تولید مزرعه و مصرف نیتروژن 30 درصد کمتر از مقدار اولیه) و ب – تیمارهای مصرف گوگرد، روی و بور در هشت سطح (بدون مصرف گوگرد، روی و بور، مصرف گوگرد، مصرف روی، مصرف بور، مصرف گوگرد + روی، مصرف گوگرد + بور، مصرف بور + روی و مصرف گوگرد+روی + بور) در سه تکرار و 24 تیمار اجراء گردید. نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر اساس پتانسیل تولید مزرعه (با توجه به محدود کننده‌ترین عامل از عوامل پنجگانه‌ی میزان شوری خاک، شوری آب آبیاری، بافت خاک، درصد کربنات کلسیم و تعداد دفعات آبیاری) به میزان ۱۹۵،۱۴۰ و 168 به ترتیب

نیتروژن، سوپر فسفات تریپل وکلرور پتاسیم تعیین شدند (خادمی و همکاران، 1379).

میزان گوگرد، روی و بور مصرفی به ترتیب به میزان 40 ، 25 و 20 کیلوگرم در هکتار از منابع سولفات آمونیوم (به دلیل احتمال پاسخ بیشتر گیاه به شکل گوگرد مصرفی)، اکسید روی و اسید بوریک انتخاب گردیدند. به منظورکاهش هر چه بیشتر سولفات ورودی به خاک از کلرور پتاسیم و اکسید روی استفاده گردید. نحوه مصرف کودهای شیمیایی به صورت خاک کاربرد و مخلوط با خاک سطحی توأم با مصرف یک سوم کود نیتروژن قبل از کشت بود. مابقی نیتروژن در مراحل شروع ساقه رفتن و اوایل گلدهی هر بار به میزان یک سوم به صورت سرک اعمال شد. در موقع مصرف سولفات آمونیوم در تیمارهای گوگردی از میزان نیتروژن پایه کاسته گردید. سطح هر کرت 19/2 متر مربع (8 متر در 2/4 متر) و بر روی هر خط 60 سانتی متری دو خط کاشت در نظر گرفته شد. میزان بذر مصرفی شش کیلوگرم در هکتار و عمل کاشت بذر با کارنده دستی صورت گرفت. کشت قبلی در مزرعه مورد بررسی گندم بود. آبیاری به صورت نشتی و با سیفون و مراقبت های لازم زراعی در طول دوره رشد انجام شد. اندازه‌گیری اجزاء عملکرد و عمل برداشت محصول پس از حذف حواشی و نیم متر از بالا و پایین هر کرت صورت گرفت. برای محاسبه شاخص های کارایی نیتروژن از روابط پیشنهادی توسط سیسون و همکاران (1991) به روش زیر استفاده شد:

کارایی مصرف نیتروژن= نسبت عملکرد دانه به کل نیتروژن در دسترس؛

کارایی جذب نیتروژن= نسبت نیتروژن جذب شده توسط دانه به کل نیتروژن در دسترس؛

کارایی استفاده نیتروژن= نسبت عملکرد دانه به نیتروژن جذب شده.

نیتروژن در دسترس عبارتست از مجموع نیتروژن کود به علاوه نیتروژن قابل جذب خاک یعنی نیتروژن آمونیاکی و نیتراتی است. به منظور تعیین درصد روغن به روش سوکسله (حسینی، 1369) از هر تیمار نمونه‌هایی به آزمایشگاه ارسال گردید. بعد از برداشت محصول برای اندازه‌گیری نیترات باقیمانده به روش عصاره‌گیری با کلرید پتاسیم در حضور آلیاژ دواردا آلوی (احیایی و بهبهانی زاده،1372) از هر کرت یک نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا 60 سانتی متری تهیه شد. در نهایت با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC محاسبات آماری بر روی عملکرد دانه، اجزاء عملکرددانه (تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته)، عملکرد روغن و شاخص‌های کارایی نیتروژن و نیترات باقیمانده خاک انجام و برای مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید.

نتایج و بحث

تجزیه خاک

بررسی ارقام مندرج در جدول1 حاکی از این است که خاک مورد آزمایش فاقد شوری، از نظر ماده آلی فقیر، درصد کربنات کلسیم معادل بالا، و مقادیر فسفر و پتاسیم قابل استفاده پایین و مقادیر روی و بور کمتر از حد بحرانی (به ترتیب کمتر از 1/5 و 0/8 میلی‌گرم در کیلوگرم) می‌باشند (خادمی و همکاران، 1379).

جدول 1- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش پیش از کشت

ویژگی های خاک	سال اول	سال دوم	میانگین دو سال
ECe(dS. m^{-1})	1/3	0/98	1/14
O.C%	0/67	0/60	0/64
T.N.V%	47	46	47
Ava.P(mg kg^{-1})	5/4	7/9	6/7
Ava.K(mg kg^{-1})	149	104	127
Ava.Zn(mg kg^{-1})	0/8	1/0	0/9
Ava.B(mg kg^{-1})	0/49	0/50	0/50
بافت خاک	C.L	Si. L	L

هر عدد میانگین سه تکرار است.

عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد روغن

نتایج حاصل از تأثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد دانه نشان داد که اثر اصلی سال، سطوح نیتروژن و هم چنین سطوح گوگرد، روی و بور بر شاخص‌های مذکور معنی‌دار شده است. اثر سطوح گوگرد،روی و بور بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نگردیده است (جدول2).

بالاترین عملکرد دانه (3095 کیلوگرم در هکتار) از مصرف 136 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بدست آمده است که با تیمار شاهد (بدون مصرف نیتروژن) بیش از 1/5 تن در هکتار اختلاف عملکرد دارد (جدول4). سطوح نیتروژن بر اجزاء عملکرد معنی‌دار شده است به نحوی که بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار 136 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمده است. با مصرف نیتروژن تعداد دانه در غلاف نسبت به شاهد افزایش داشته است، هر چند که تفاوتی بین دو سطح نیتروژن مصرفی وجود نداشته است. با مصرف نیتروژن عملکرد روغن به تبعیت از افزایش عملکرد زیاد شده است که بیشترین عملکرد روغن از مصرف 136 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمده است (جدول4).

ازآنجاکه افزایش عملکرد دانه برآیند اجزاء عملکرد می‌باشد، هرگونه افزایش در اجزاء عملکرد منجربه افزایش عملکرد دانه می‌گردد. از طرفی عملکرد روغن بیشتر به عملکرد دانه وابسته است تا به درصد روغن، از این رو بالاترین عملکرد روغن معمولاً در بالاترین عملکرد دانه بدست می‌آید (جکسون،2000)، که نتایج این آزمایش صحت این موضوع را نشان می‌دهد. احمدی (2010) نتیجه‌گیری کرد که مصرف 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بالاترین عملکرد دانه (3051 کیلوگرم در هکتار) و تعداد علاف در بوته را باعث گردید. احمدی و بحرانی (2009) افزایش معنی‌دار عملکرد دانه را در نتیجه مصرف نیتروژن به افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف مرتبط دانستند. ایوانفسکا و همکاران (2007) و گوانگ یوان و همکاران (2012) گزارش کردند که عملکرد دانه در وهله ی اول بالاترین همبستگی را با تعداد غلاف در بوته و سپس به سایر پارامترها نظیر تعداد دانه در غلاف دارد. اوزر (2003) و هوکینگ و همکاران (1997) نتیجه‌گیری نمودند که افزایش عملکرد دانه با مصرف بیشتر نیتروژن عمدتاً ناشی از افزایش تعداد غلاف بوته می‌باشد. سارندر و همکاران (1999) گزارش کردندکه نیتروژن از طریق تأثیر بر تعداد و وزن غلاف‌ها و دانه‌ها منجربه افزایش عملکرد دانه می‌گردد.پورتر (1993) نشان داد که کاربرد نیتروژن به میزان 135 کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه را طور معنی‌داری افزایش داد.

جدول 2- تجزیه واریانس عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد روغن طی دو سال آزمایش

		میانگین مربعات			
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	عملکرد روغن
سطوح نیتروژن	2	31680721/299**	71189/771**	410/396**	5691639/528**
مصرف گوگرد،روی و بور	7	1530924/853**	5092/365**	13/039ns	368776/440**
سطوح نیتروژن در مصرف گوگرد،روی و بور	14	56236/005ns	281/541**	5/824ns	14424/107ns
خطا	92	112208/199	122/825	11/034	16957/773

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

جدول 3- تجزیه واریانس کارایی مصرف،کارایی استفاده وکارایی جذب نیتروژن و نیترات باقیمانده خاک پس از برداشت محصول طی دو سال آزمایش

		میانگین مربعات			
منابع تغییر	درجه آزادی	کارایی مصرف نیتروژن	کارایی استفاده نیتروژن	کارایی جذب نیتروژن	نیترات باقیمانده خاک
سطوح نیتروژن	2	14671/414**	259/632**	12/690**	131/986**
مصرف گوگرد، روی و بور	7	200/715**	15/190ns	0/303**	31/029**
سطوح نیتروژن در مصرف گوگرد، روی و بور	14	49/923ns	1/449ns	0/061ns	8/897**
خطا	92	33/982	9/604	0/043	2/705

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

جدول 4- مقایسه میانگین عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد روغن کلزا متاثراز سطوح نیتروژن و سطوح مصرف گوگرد، روی و بور طی دو سال آزمایش

تیمارها	صفا ت	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
	0	1479 c	146 c	21b	551 c
سطوح نیتروژن	195	2430 b	200 b	26 a	976 b
(کیلوگرم در هکتار)	136	3095a	221 a	26 a	1233 a
بدون مصرف گوگرد، روی و بور		1766 e	160 f	23a	668 f
گوگرد(40 کیلوگرم در هکتار)		2367 bcd	193 bc	25a	930 cd
روی (25 کیلوگرم در هکتار)		2251 d	179 de	24a	863 de
بور(20 کیلوگرم در هکتار)		2181 d	177 e	23a	825 e
گوگرد+روی(40 و 25 کیلوگرم در هکتار)		2585 ab	207 a	25a	1055 ab
گوگرد+بور(40 و 20 کیلوگرم در هکتار)		2498 abc	199 b	25a	1003 bc
روی+بور(25 و 20 کیلوگرم در هکتار)		2308 cd	186 cd	24a	892 de
گوگرد+روی+بور(۴۰،۲۵ و 20 کیلوگرم در هکتار)		2721 a	210 a	25 a	1125 a

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون، اختلاف معنی‌دار را در سطح احتمال پنج درصد آماری بر اساس آزمون دانکن نشان می‌دهند.

از سویی بررسی نتایج در جدول 4 نشان می‌دهد که با مصرف گوگرد، روی و بور به جزء تعداد دانه در غلاف، سه صفت دیگر افزایش داشته است. میزان افزایش عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته نسبت به تیمار شاهد بدون کاربرد گوگرد، روی و بور چه به صورت مصرف هر کدام به تنهایی و چه به صورت توأم به طور متوسط 27% بوده است. از طرفی بررسی نتایج دال بر نقش مؤثر تغذیه متعادل یا به عبارتی بر نقش کاربرد عناصر یاد شده بر شاخص‌های مورد بررسی دارد، به نحوی که در تیمار مصرف گوگرد، روی و بور عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته و عملکرد روغن در مجموع بیش تر بوده است.

احمدی (2010) نتیجه گرفت که مصرف 60 کیلوگرم در هکتار سولفات روی باعث افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته و در نتیجه افزایش عملکرد دانه گردید. الحبشه و عبد السلام (2010) اعلام کردند که مصرف روی به صورت محلول‌پاشی در دو مرحله از رشد کلزا (روزت و غنچه دهی) باعث افزایش تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و عملکرد روغن گردید. بایبوردی و ملکوتی (2007) گزارش کردند که مصرف روی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، مقدار روغن دانه و وزن هزار دانه داشت. ریلی و همکاران (2000) نیز نتایج مشابه‌ای را در این ارتباط گزارش نموده‌اند. روی در سنتز پروتئین لوله گرده شرکت کرده و باعث افزایش گرده افشانی و تشکیل میوه و دانه بیشترمی‌شود (مارچنر،1995) .

کلزا نسبت به غلات نیاز بیشتری به بور دارد. بور عامل مهمی در فرآیند لقاح گل و در نتیجه تشکیل بذر و افزایش میزان روغن است.گیاهان مبتلاً به کمبود بور ممکن است رشد نرمالی داشته باشند اما عملکرد دانه در نهایت کاهش می‌یابد (عزیزی و همکاران، 1378 و احمدی و جاوید فر، 1377). یانگ و همکاران (2009) گزارش کردند که مصرف بور باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گردید. آنها این تأثیر را به افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف مرتبط دانستند. آنها همچنین نتیجه‌گیری نمودند که مصرف توأم بور با روی و مولیبدن عملکرد بیشتری را در مقایسه به مصرف هر کدام از این عناصر باعث گردید. پاجو و همکاران (1999) در بررسی تأثیر بور بر تولید کلزا نتیجه‌گیری نمودند که کوددهی بور در خاک‌هایی که مقدار بور کمتر از حد بحرانی باشد سبب افزایش عملکرد دانه و مقدار روعن می‌شود.

رشید و همکاران (1994) در پژوهش‌های خود در خاک‌های آهکی نتیجه‌گیری کردندکه کاربرد بور، عملکرد دانه کلزا را نسبت به تیمار بدون کاربرد بور، به میزان 43% افزایش داد. چاندل و همکاران (2002) و چونگو و مکوتی (2001) افزایش عملکرد کلزا در اثر مصرف گوگرد را به افزایش تقسیم سلولی، توسعه سلولی و نیز سنتز کلروفیل مرتبط دانست و اشاره کردند که در مجموع شرایط پیش گفته فعالیت فتوسنتزی را تشدید و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد. مالهی و ژیل (2002) نتیجه گرفتند که مصرف گوگرد سولفاته منجربه بهبود عملکرد کمی و کیفی و جذب گوگرد توسط کلزا گردید. هانکلوس و همکاران (1999) گزارش کردند که با مصرف گوگرد (به صورت گچ) عملکرد دانه کلزا 88 % افزایش یافت. ریلی و همکاران (2000) و جلیلی و همکاران (1379) تأثیر کاربرد گوگرد را بر افزایش عملکرد معنی‌دار دانه گزارش نموده‌اند. در تحقیقات انجام شده در چین نشان داده شد که عملکرد دانه کلزا و تولید

ماده خشک تحت شرایط مزرعه افزایش یافت (هو و همکاران،1996). شارما و همکاران (1991) در پژوهش‌های خود در هندوستان باکاربرد منابع مختلف کود گوگردی افزایش عملکرد دانه و درصد روغن را مشاهده کردند.

بررسی نتایج مندرج در جدول 6 دال بر برهمکنش تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته دارد، هر چند که فقط صفت پیش گفته معنی‌دار شده است. چنانچه مشخص است با کاربرد توأم گوگرد، روی و بور با نیتروژن، عملکرد دانه افزایش داشته است که البته در سطح کمتر نیتروژن این افزایش بیشتر می‌باشد؛ که در این حالت می‌توان به نقش مثبت عناصر مذکور بر استفاده کاراتر از نیتروژن و به تبع آن کاهش مقدار مصرف نیتروژن پی برد. این موضوع در ارتباط با تعداد غلاف در بوته نیز به چشم می‌خورد به نحوی که افزایش عملکرد دانه را می‌توان به افزایش این جزء عملکرد ربط داد.

شاخص‌های کارایی نیتروژن و نیترات باقیمانده خاک

اثر اصلی نیتروژن بر شاخص‌های یاد شده و نیز اثر اصلی مصرف گوگرد، روی و بور بر صفات مورد بحث به جزء کارایی استفاده از نیتروژن معنی‌دار شده است (جدول3).

با مصرف نیتروژن کارایی مصرف نسبت به تیمار شاهدکاهش داشته است. هر چند که تفاوتی بین دو سطح نیتروژن مصرفی وجود نداشته است. کیتینگ و همکاران (1994)، ما و همکاران (1999) کاهش کارایی مصرف نیتروژن در گیاهان زراعی محتلف را گزارش کردند. یکی از دلایل کاهش کارایی مصرف نیتروژن فزونی سرعت از دست رفتن عنصر مذکور در مقادیر بالای مصرف نیتروژن است (جدول 5).

با افزایش نیتروژن کارایی استفاده نیز کاهش داشته است. این کاهش توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (وینهولد و همکاران، 1995و وست وکاسمن، 1992) مطابقت دارد. نیترات زدایی ناشی از وجود شرایط غیر هوازی به دلیل آبیاری و بارندگی یکی از فرآیندهای مؤثر در کاهش کارایی جذب نیتروژن است. هم چنین اثر تشدیدکنندگی میزان کود مصرفی بر مقدار نیتروژن از دست رفته به دفعات گزارش شده است (ماترون و رایان، 1995؛ ماچو و سینکلیر، 1994). هم چنین کاهش کارایی استفاده از نیتروژن توسط گویلارد و آلینسون (1988) واستیلی و همکاران (1991) مشاهده شده است. احتمالاً از دست رفتن نیتروژن به صور مختلف از دلایل عمده اثر کاهنده مقدار نیتروژن بر کارایی استفاده از این عنصر است.

از سویی بررسی نتایج مندرج در جدول 5 دلالت بر نقش عناصر مصرفی بر افزایش کارایی مصرف و جذب داشته است. به عبارتی ایجاد توازن بین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه قابلیت استفاده گیاه از نیتروژن را افزایش داده است به طوری که نیترات باقیمانده خاک از 11/15 به 7/6 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کاهش داشته است.

با افزایش نیتروژن از 136 به 195 کیلوگرم در هکتار میزان نیترات باقیمانده افزایش نشان داده است (جدول 5). به نظر می‌رسد مهم ترین عامل در میزان نیترات باقیمانده خاک مقدار نیتروژن مصرفی و زمان مصرف آن باشد (جدول6).

جدول 5- مقایسه میانگین کارایی مصرف نیتروژن، کارایی استفاده نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن و نیترات باقیمانده خاک کلزا متأثر از سطوح نیتروژن و سطوح مصرف گوگرد، روی و بور طی دو سال آزمایش

صفات / تیمارها		کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)	کارایی استفاده نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)	کارایی جذب نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)	نیترات باقیمانده خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)
سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	195	45 a	31 a	1/44 a	7/59 c
	136	15 b 14 b	27 c	0/55 b	10/9 a
			30 b	0/56 b	8/9 b
بدون مصرف گوگرد، روی و بور		18 d	31 a	0/61 d	11/15 a
گوگرد (40 کیلوگرم در هکتار)		26 abc	29 a	0/89 ab	9/32 cd
روی (25 کیلوگرم در هکتار)		24 bc	30 a	0/82 bc	9/76 bc
بور (20 کیلوگرم در هکتار)		22 cd	30 a	0/74 cd	10/55 ab
گوگرد+روی (40 و 25 کیلوگرم در هکتار)		27 ab	28 a	0/96ab	8/37 de
گوگرد+بور(40 و 20 کیلوگرم در هکتار)		27 ab	29 a	0/92 ab	7/54 e
روی+بور(25 و 20 کیلوگرم در هکتار)		24 bc	29 a	0/85 bc	8/81 cd
گوگرد+روی+بور(۴۰،۲۵ و 20 کیلوگرم در هکتار)		29 a	28 a	1/02 a	7/6 e

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون، اختلاف معنی‌دار را در سطح احتمال پنج درصد آماری بر اساس آزمون دانکن نشان می‌دهند.

جدول 6- برهمکنش سطوح نیتروژن و مصرف گوگرد، روی و بور بر عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته و میزان نیترات باقیمانده خاک پس از برداشت کلزا طی دو سال آزمایش

تیمارها	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد غلاف در بوته	نیترات باقیمانده خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم)
سطوح نیتروژن - گوگرد،روی و بور	میانگین دوسال	میانگین دوسال	میانگین دو سال
0-0	1089m	116l	8/03dh
0-S	1598ijk	149ij	7/8eh
0-Zn	1418kl	137jk	8/2dg
0-B	1296l	125kl	7/6eh
0-S+Zn	1608ijk	170h	7/3gh
0-S+B	1604ijk	161hi	7/4fh
0-Zn+B	1467Jkl	140J	8/15dg
0-S+Zn+B	1755i	174h	6/3gh
195-0	1673ij	168h	13/7a
195-S	2433gh	208ef	9/7cde
195-Zn	2347gh	193c	11/5bc
195-B	2298h	187c	13ab
195-S+Zn	2721ef	212cde	11c
195-S+B	2651f	210def	8/06dh
195-Zn+B	2411gh	208ef	10cd
195-S+Zn+B	2906de	212cde	11c
136-0	2536fg	196fg	7/48abc
136-S	3072cd	224cd	8/17c
136-Zn	2987cd	208ef	8/27cf
136-B	2950d	219cde	8/12bc
136-S+Zn	3428ab	238ab	7/48gh
136-S+B	3240bc	226bc	8/17gh
136-Zn+B	3048cd	212cde	8/27dg
136-S+Zn+B	3503a	245a	8/12h

سطوح نیتروژن (صفر، 195 و 136 کیلوگرم نیتروژن در هکتار)- سطوح گوگرد(S)، روی(Zn) و بور(B) به ترتیبت به میزان 40 ، 25 و 20 کیلوگرم در هکتار)- میانگین‌های دارای حروف متفاوت در ستون3 و 4 اختلاف معنی‌دار را در سطح احتمال 5% آماری بر اساس آزمون دانکن نشان می‌دهند.

نتیجه‌گیری

با عنایت به نقش مؤثر نیتروژن بر عملکرد دانه و روغن و نیز تأثیرگوگرد، روی و بور در استفاده کاراتراز نیتروژن و هم چنین تشکیل دانه و تبدیل هیدروکربن‌ها به روغن، مصرف عناصر مذکور (گوگرد، روی و بور) همراه با نیتروژن در راستای نیل به عملکرد مطلوب کلزا پیشنهاد می‌گردد.

بنابراین، با توجه به نتایج بدست آمده، مصرف نیتروژن 30% کمتر از مقدار اولیه (136 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) توأم با مصرف گوگرد، روی و بور برای کلزا در این منطقه قابل توصیه می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از کلیه همکاران محترم بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد که در تمام مراحل اجرای این تحقیق همکاری لازم را مبذول داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌شود.

فهرست منابع:

۱. احمدی، م. ر. و ف. جاوید فر. 1377 . تغذیه گیاهان روغنی کلزا (ترجمه). انتشارات شرکت سهامی خاص توسعه کشت دانه ای روغنی،تهران،ایران.196 ص.

۲. 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.

۳. جلیلی، ف. ، م. ج. ملکوتی و ر. کسرایی. 1379 . نقش تغذیه متعادل در بهبود کیفیت کلزا در کشت‌های پاییزه و بهاره. مجله علمی- پژوهشی علوم خاک و آب. ویژه نامه کلزا. جلد 12، شماره 2 . ص 55-47 .

۴. حسینی، ز. 1369. روش های متداول در تجزیه مواد غذایی. انتشارات دانشگاه شیراز، ایران. 210ص.

۵. 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.

۶. عزیزی، م. ، ا. سلطانی و س. خاوری خراسانی. 1378 . کلزا (فیزیولوژی، زراعت، به زراعی، تکنولوژی زیستی) (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. مشهد، ایران. 230 ص.

7. Ahmadi, M. 2010. Effect of zinc and nitrogen fertilizer rates on yield and yield components of oilseed rape (*Brassica napus* L.). American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science. 7(3): 259- 264.
8. Ahmadi, M., and M. J. Bahrani. 2009. Effects of water stress and nitrogen fertilizer rates applied at different growth stage to rapeseed yield and yield components. American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science. 5(6): 755- 761.
9. Bybordi, A., and M. J. Malakouti. 2007. Effects of zinc fertilizer on the yield quality of two winter varieties of canola. Zinc crops: Improving crop production and human health. 24- 26 May, Istanbul, Turkey.p.1-2.
10. Chandel, R. S., P. C. Sudlhakar and K. Singh. 2002. Direct and residual effect of sulphur on Indian mustard (*Brassica napus* L.) in rice (*Oryza sativa*)- Indian mustard cropping system. Indian Journal of Agricutural Science. 72: 230- 232.
11. Chongo, G., and P. B. E. McVetty. 2001. Relationship of physiological characters to yield parameters in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Canadian Journal of Plant Science. 81: 1- 6.
12. El- Habbasha, S. F., and M. S. Abd El-Salam. 2010. Response of canola varieties (*Brassica napus* L.) to nitrogen levels and zinc foliar application. International Journal of Academic Research. 2(3): 60- 66.
13. Gakale, L. P., and M. D. Clegg. 1987. Nitrogen from soybean for dry land sorghum. Agronomy Journal. 79: 1057-1061 .
14. Grewal, H. S., and R. D. Graham. 1999. Residual effects of subsoil zinc and oilseed rape genotype on the grain yield and distribution of zinc in wheat. Plant and Soil. 201:29-36.
15. Grewal, H. S., J. Stangoulis, T. Potter and R. D. Graham. 1997. Zinc deficiency of oilseed rape genotype. Plant and Soil. 191: 123-132.
16. Guang- Yuan, L., Z. Fang, Z., and Pu- Ying. 2012. Relationship among yield components and selection criteria for yield improvement on early rapeseed (*Brassica napus* L.). Agricultural Science in China. 10(2): 997- 1003.
17. Guillard, K., and D. W. Allinson. 1988. Effect of nitrogen fertilization on a Chinese cabbage hybrid. Agronomy Journal. 80: 21- 26.
18. Harsharn, S. G., R. D. Graham and J. Stangoulis. 1998. Zinc-boron interaction effect in oilseed rape. Journal of Plant Nutrition. 21(10): 2231- 2234.

19. Haneklaus, S., H. M. Paulsen, A. K. Gupta, E. Blem and E. Schnug. 1999. Influence of sulfur fertilization on yield and quality of oilseed rape and mustard. Proceeding of the 10 th International Rapeseed Congress, Canbera, Australia.p.1-3.
20. Hocking, P. J., P. J. Randall and D. Demarco. 1997. The response of dry land canola to nitrogen fertilizer: Partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen and nitrogen effects on yield components. Field Crops Research. 54: 201- 220.
21. Hu, D., R. W. Beu and Z. Xre. 1996. Zinc and phosphorus responses in transplanted oilseed rape. Soil Science and Plant Nutrition. 42:333-344.
22. Huggins, D. R., and W. I. Pan. 1993. Nitrogen efficiency component analysis: An evaluation of cropping system differences in productivity. Agronomy Journal. 85: 898-905.
23. Ivanovska, S., C. Stojkoski, Z. Dimov, A. Marijanovic- Jeromela, M. Jankulovska and Lj. Jankuloski. 2007. Interrelationship between yield and yield related traits of spring canola (*Brassica nap*us L.) genotypes. Genetika. 36(3): 325- 332.
24. Jackson, G. D. 2000. Effects of nitrogen and sulphur on canola yield and nutrient uptake. Agronomy Journal. 92: 644-649.
25. Keating, B. A., I. Vallis, J. Parton, V. R. Catchpole, R. C. Muchow and M. J. Robertson. 1994. Modeling and its application to nitrogen management and research for sugarcane. Proceeding of Australia Society Sugarcane. 131.
26. Ma, B. L., L. M. Dwyer and E. G. Gregorich. 1999. Soil nitrogen amendment affects on nitrogen uptake and grain yield of maize. Agronomy Journal. 91:650-656.
27. Malhi, S. S., and K. S. Gill. 2002. Effectiveness of sulphate- S fertilization at different growth stages for yield, seed quality and S uptake of canola. Canadian Journal of Plant Science. 82: 665- 674.
28. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. Academic Press. New York, USA.
29. Materon, L. A., and J. Ryan. 1995. Rhizobial inoculation and phosphorus and zinc nutrition for annual medics adapted to Mediterranean environments. Agronomy Journal. 87:692-698.
30. Mengel, K., and E. A. Kirby. 1978. Principles of plant nutrition, chapter 8. International Potash Institute. Bern, Switzerland.
31. Muchow, R. C., and T. R. Sinclair. 1994. Nitrogen response of leaf photosynthesis and canopy radiation use efficiency in field- grown maize and sorghum. Crop Science. 34:721-727.
32. Nuttal, W. F., A. P. Moulin and L. J. Townley- Smith. 1992. Yield response of canola to nitrogen, phosphorus, precipitation, and temperature. Agronomy Journal. 84: 765-768.
33. Nuttal, W. F., H. Ukrainetz, J. W. B. Stewart and D. T. Spurr. 1987. The effect of nitrogen, sulphur and boron on yield and quality of rape seed. Canadian Journal of Soil Science. 67: 545-559.
34. Ozar, H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. European Journal of Agronomy. 19: 453- 463.
35. Porter, P. M. 1993. Canola response to boron and nitrogen grown on the southeastern coastal plain. Journal of Plant Nutrition. 16(12): 2371-2381.
36. Rashid, A., E. Rafique and N. Bughio. 1994. Diagnosing boron deficiency in rapeseed and mustard by plant analysis and soil testing. Communication of Soil Science and Plant Analysis. 25(17 and 18): 2883-2897.
37. Riley, N. G., F. J. Zhao and S. P. McGrath. 2000. Availability of different form of sulphur fertilizers to wheat and oilseed rape. Plant and Soil. 222: 139-147.

38. Sharma, D. N., V. K. Khadar, R. A. Sharma and D. Singh. 1991. Effect of different doses and sources of sulphur on the quality and yield of mustard. Journal of Indian Society Soil Science. 39: 197-200.
39. Sisson, V. A., T. W. Rufy and R. E. Williams. 1991. Nitrogen use efficiency among flue-curd tobacco genotypes. Crop Science. 31: 1615- 1620.
40. Staley, T. E., W. L. Stout and G.A. Jung. 1991. Nitrogen use by tall fescue and switch grass on acidic soils of varying water holding capacity. Agronomy Journal.83:732-738.
41. Surender, K., R. S. Sangwan and I. S. Yadav. 1999. Correlation studies in *Brassica* species under dry land conditions. *Cruciferae* Newsletter. 21: 151- 152.
42. Tillman, B. A., W. L. Pan and S. E. Ullrich. 1991. Nitrogen use by northern- adapted barley genotypes under no- till. Agronomy Journal. 93: 194- 201.
43. Uddin, M. K., M. R. Islam, M. M. Rahman and M. K. Alam. 2002. Effects of sulphur, zinc and boron form chemical fertilizers and poultry manure to wetland rice (Cv. BRRI Dhan 30). Online Journal of Biological Science. 2(3): 165- 167.
44. Westerman, R. L., R. K. Bowman, W. R. raun and G. V. Johnson. 1994. Ammonium and nitrogen in soil profiles of long- term winter wheat fertilization experiments. Agronomy Journal. 89: 94-99.
45. Wienhold, B. J., T. P. Trooien and G. Reichman. 1995.Yield and nitrogen use efficiency of irrigated corn in The Northern Great Plain. Agronomy Journal. 87:842-846.
46. Wuest, S. B., and K. G. Cassman. 1992. Fertilizer- nitrogen use efficiency of irrigated wheat: II. Partitioning efficiency of preplant versus late-season application. Agronomy Journal. 84: 689- 694.
47. Yang, M., L. Shl, S. Fang, J. W. Lu and Y. H. Wang. 2009. Effects of B, Mo, Zn and their interactions on seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). Pedosphere. 19(1): 53- 59.