اثر فسفر و بور بر غلظت و فاکتور انتقال عناصر فسفر، کلسیم، بور و روی در کلزا (رقم اپرا)

منصوره توجه [۱]، عبدالمجید رونقی [۲] و ویدا علما [۱]
دانش آموخته دکتری علوم خاک دانشگاه شیراز، ۲- استاد بخش خاکشناسی دانشگاه شیراز

چکیده

به منظور ارزیابی اثر سطوح فسفر و بور بر غلظت فسفر، کلسیم، بور و روی در دانه، کاه و کلش و ریشه کلزا و فاکتور انتقال آنها ، آزمایشی گلخانه ای مرکب از یک رقم کلزا (اپرا)، سه سطح فسفر، و سه سطح بور در سه تکرار به کار رفت. افزایش سطوح فسفر به طور معنی‌داری غلظت فسفر، و بور را افزایش و غلظت روی کاهش داد. کاربرد بور غلظت فسفر، بور و روی را در هر سه اندام افزایش و غلظت کلسیم را در آنها کاهش داد. هچنین کاربرد خاکی فسفر سبب کاهش معنی دار انتقال آن از ریشه به ساقه و از ساقه به دانه، و افزایش فاکتور انتقال از ساقه به دانه در عنصر روی شد. کاربرد بور افزایش انتقال بور و کلسیم از ریشه و به ساقه،کاهش انتقال بور و روی از ساقه به دانه و افزایش این فاکتور برای کلسیم را در پی داشت.

واژه های کلیدی: کلزا، فسفر، بور، فاکتور انتقال.

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) یکی از گیاهان روغنی مهم، با روغن دانه زیاد (۴۰ تا ۴۵ %) است. روغن کلزا ، به علت داشتن اسیدهای چرب اشباع آن کم و اسید های چرب غیر اشباع آن زیاد و از نظر پروتئین با ارزش است و در تغذیه انسان اهمیت دارد (Barth, ۲۰۰۷). این گیاه در سال های اخیر، به دلیل سازگاری با شرایط اقلیمی اغلب نقاط کشور ایران، در جهت افزایش تولید روغن خوراکی مورد توجه واقع شده و سطح زیر کشت آن روند روبه رشدی داشته است. از ویژگی های با ارزش زراعت پاییزه کلزا که در کشور ما حائز اهمیت است همزمانی دوره زراعی آن با فصل بارندگی و فراوانی و ارزانی آب است (رودی و همکاران، ۱۳۸۲). نیاز کلزا به فسفر و پتاسیم بیشتر از گندم بوده و بخش اعظم فسفر دانه های آن در اندوسپرم قرار دارد (Grant and Bailey, ۱۹۹۳). همچنین این گیاه به سطوح بالایی از بور در خاک نیازمند است (Stangoulis et al., ۲۰۰۰). فسفر یکی از عناصر ضروری برای رشد و تکثیر گیاهان می باشد و برای ذخیره سازی و انتقال انرژی، حفاظت و انتقال کد های ژنتیکی به کار می رود و جزء ترکیبات ساختمانی سلول ها و بسیاری از ترکیبات شیمیایی می باشد (Hopkins, and Ellsworth. ۲۰۰۳). بور در میان عناصر کم مصرف نقش مهمی در تولید عملکرد مطلوب کلزا دارد و حساسیت زیادی به کمبود آن در این گیاه وجود دارد. مصرف بور عملکرد دانه و محتوی روغن دانه را زیاد می کند. کمبود بور موجب تاخیر در رسیدگی، عقیم شدن خورجین، ریزش گل ها و ایجاد شکاف در ساقه می گردد (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸). حد کفایت و حد مسمومیت این عنصر به هم نزدیک بوده و غلظت بالای آن نیز می تواند باعث مسمومیت و کاهش رشد گیاه گردد (Ben-Gal and Shani, ۲۰۰۲). وجود پ-هاش قلیایی در خاک های آهکی باعث کمبود عناصر کم مصرف از جمله بور می شود که ازبین رفتن سلول ها و بافت های پارانشیمی گیاه را به دنبال دارد و تغییر رنگ و فساد سلول ها در اثر کمبود بور علائمی مانند آبکی شدن، قهوه ای و چوب پنبه ای شدن و پوسیده و سیاه شدن بافت ها را باعث می شود که از کیفیت محصول تولیدی می کاهد (ملکوتی و همکاران ۱۳۸۴).

تحقیقات نشان داده که عناصر مس و آهن به بصورت محکمی به سلول های ریشه متصل است و در رقم های مختلف ذرت، آهن در ریشه تجمع کرده است و فقط مقدار کمی از آن به اندام هوایی منتقل می شود. بنابراین وقتی بخش عمده عنصر در ریشه تجمع کرده فاکتور انتقال آن به اندام هوایی کمتر از یک خواهد بود) (Kabata-apendias and Pendias, ۲۰۰۱and Liu et al., ۲۰۰۶. پژوهش حاضر با توجه به اهمیت کلزا در تولید روغن گیاهی در کشور، آهکی بودن خاک های ایران، و کمبود بور در خاک های آهکی، به منظور بررسی اثر مقادیر مختلف کود های بور و فسفر بر غلظت و انتقال این عناصر و کلسیم و روی در اندام های کلزا، انجام شد.

مواد و روش‌ها

خاک مورد مطالعه از منطقه سروستان سری چیتگر (نام علمی Fine-loamy, carbonatic,thermic, Typic Calcixerepts)که غلظت فسفر آن در حد پایینی تهیه شد (جدول ۱). تیمارها عبارت بودند از یک رقم کلزا (رقم اپرا)، سه سطح فسفر (۰، ۲۵، ۵۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک) و سه سطح بور (۰ ، ۲ ، ۴ میلی گرم بور در کیلوگرم خاک). طرح آماری بکار رفته فاکتوریل ۳×۳×۱ در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بود. نیتروژن، آهن، منگنز، روی، و مس، بر اساس نتایج آزمون خاک و به صورت محلول به تمام گلدان‌ها داده شد. تعداد ۱۲ عدد بذرکلزا از رقم مورد آزمایش یعنی اپرا در عمق ۲ تا ۳ سانتیمتری خاک گلدان های ۵ کیلوگرمی کاشته شد. تعداد بوته‌های کلزا در هر گلدان پس از استقرار گیاه به ۴ تقلیل داده شد. گیاهان تا مرحله تولید دانه در گلدان ها نگهداری شدند. یک گرم از نمونه گیاهی (کاه و کلش، ریشه) و دانه پودر شده را به روش خشک سوزانی در کوره بصورت محلول در آورده و غلظت کلسیم، روی، بوسیله دستگاه جذب اتمی، فسفر به روش مورفی و رایلی (۱۹۶۲) و بور به روش آزومتین H (Ferran *et al.*, ۱۹۸۷) اندازه گیری

شد. داده های گردآوری شده به وسیله آزمون F و دانکن و با بکارگیری نرم افزارهای Excel و SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و تاثیر فسفر و بور بر فاکتور انتقال از ریشه به ساقه (نسبت غلظت عنصر در ساقه به غلظت آن در ریشه) و فاکتور انتقال از ساقه به دانه (نسبت غلظت عنصر در دانه به غلظت آن در ساقه)، تعیین شد.

نتایج و بحث

اثر تیمار فسفر و بور بر غلظت عناصر در اندام های کلزا

بررسی داده های جدول ۱ نشان می دهد که کاربرد فسفر هرچند غلظت فسفر در تمام اندام ها و در تمام سطوح افزایش داده، اثر معنی داری بر غلظت کلسیم در اندام های مورد مطالعه نداشته، ولی غلظت بور نسبت به تیمار شاهد افزایش یافته، هرچند این روند در کاه و کلش معنی دار نیست. در مورد غلظت روی باید گفت کاربرد فسفر کاهش معنی دار غلظت این عنصر در هر سه اندام مورد بررسی را در پی داشته اشت. بررسی داده های جدول ۲ بیان کننده کاهش غلظت کلسیم، افزایش غلظت فسفر، بور و روی در اثر کاربرد تیمار بور است هر چند این روند در مورد غلظت فسفر در ریشه و روی در دانه از نظر آماری معنی دار نیست. در تمام تیمار های فسفر و بور بیشترین غلظت های فسفر، کلسیم و روی در دانه مشاهده می شود ولی در مورد بور بیشترین غلظت در بین تیمارهای یور در کاه و کلش و در بین نیمارهای فسفر غیر از شاهد در ریشه، مشاهده می شود. با کاربرد ۵۰ میلی گرم فسفر بر کیلوگرم خاک افزایش غلظت فسفر کاه و کلش و ریشه در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۲۸/۲ و ۷۹/۳ برابر است. افزایش غلظت فسفر در نتیجه کاربرد این عنصر در خاک می تواند به علت افزایش جذب فسفر و عملکرد باشد. افزایش فراهمی فسفر در خاک سبب افزایش معنی دار غلظت فسفر دانه ها، و انتقال فسفر به دانه ها می شود (Lickfett et al., ۱۹۹۹). کارایی فسفر در کلزا مربوط به توسعه بهتر سیستم ریشه و جذب موثر فسفر است (Hu et al., ۲۰۱۰). فسفر می تواند با بور بر همکنش دهد. بور برای توسعه و طویل شدن نوک ریشه ها ضروری است که این فرایند سبب جذب فسفر می شود (Pollard et al. ۱۹۷۷).

.جدول۱. اثر فسفر بر غلظت عناصر در کلزا

سطوح فسفر (mg kg^{-1})	عنصر			
	فسفر (mg kg^{-1})	کلسیم (mg kg^{-1})	بور (mg kg^{-1})	روی (mg kg^{-1})
	دانه			
۰	C۳۳۰۴	A۴/۱۳۳	C۳۵/۲۴	A۷۹/۵۶
۲۵	B ۴۳۴۸	A ۱۳۱	A ۸۵/۳۶	A ۳۶/۵۳
۵۰	A ۴۸۲۹	A ۶/۱۴۰	B ۵۵/۲۷	B ۱۲/۴۶
	کاه و کلش			
۰	C۷/۵۰۶	A۱/۱۶	A۸۳/۸۷	A ۲۵/۴۴
۲۵	B ۱۰۳۱	A ۱۶	A ۶۱/۹۹	B ۱۷/۳۲
۵۰	A ۱۶۶۳	A ۶/۱۵	A ۰۴/۸۸	B۶۳/۳۰
	ریشه			
۰	C۲/۴۵۶	A۷/۵۵	B۲۴/۴۳	A۸۱/۵۱
۲۵	B ۱۰۸۲	A ۱/۳۶	A ۷۵/۱۲۳	B ۰۴/۳۶
۵۰	A ۲۱۸۷	A ۵/۳۹	B ۴۲/۹۵	B ۳۸/۳۳

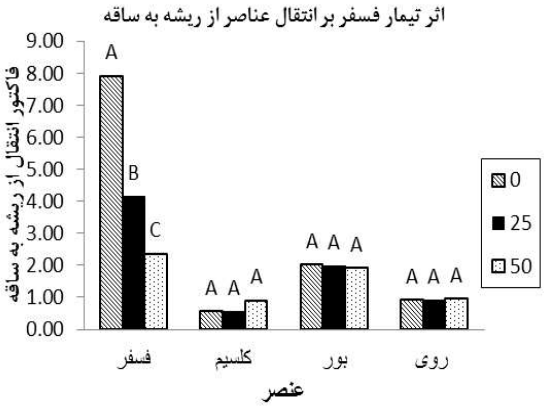
.جدول ۲. اثر بور بر غلظت عناصر در کلزا

سطوح بور (mg kg^{-1})	عنصر			
	فسفر (mg kg^{-1})	کلسیم (mg kg^{-1})	بور (mg kg^{-1})	روی (mg kg^{-1})
	دانه			
۰	B ۳۸۹۵	A ۶/۱۴۰	C ۲۷/۲۶	A ۳۲/۵۱
۲	AB ۴۱۶۳	A ۱۳۸	B ۴۷/۲۹	A ۳۹/۵۲
۴	A ۴۴۲۳	B ۳/۱۲۶	A ۰۱/۳۳	A ۵۷/۵۲
	کاه و کلش			
۰	B ۳/۹۱۶	A ۱/۱۹	B ۳/۶۸	B ۷۳/۲۹
۲	A ۱۱۵۰	A ۷/۱۸	A ۶۲/۹۸	A ۶/۳۸
۴	A ۱۱۳۵	B ۹/۹	A ۵۹/۱۰۸	A ۷۲/۳۸
	ریشه			
۰	A ۱۱۶۳	A ۸۲	B ۸۱/۴۲	B ۳۶/۳۴
۲	A ۱۲۱۳	B ۷/۳۱	B ۹۴/۴۵	B ۸۶/۳۷
۴	A ۱۳۴۹	B ۵/۱۷	A ۹/۵۱	A ۰۱/۴۹

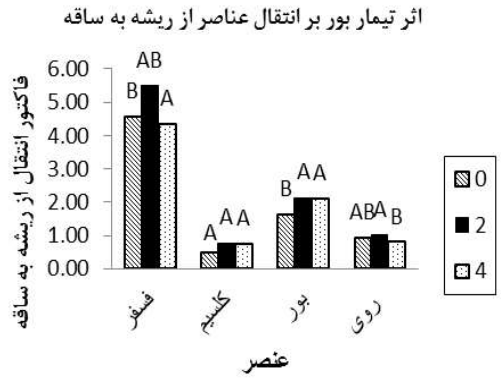
.در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند LSD در هر اندام، اعدادی که در هر ستون، یک حرف بزرگ مشترک دارند از نظر آماری با آزمون*

اثر تیمار فسفر و بور بر فاکتور انتقال عناصر از ریشه به ساقه

بطور کلی کاربرد خاکی فسفر سبب کاهش فاکتور انتقال این عنصر از ریشه به ساقه شده است که این روند در در همه سطح ها معنی دار است (شکل ۱). این امر نشان دهنده کاهش انتقال فسفر از ریشه به کاه و کلش در اثر تیمار فسفر است. در مورد سایر عناصر کاربرد فسفر اثر معنی داری بر فاکتور انتقال آنها از ریشه به ساقه نداشته است (شکل ۱). اثر کاربرد خاکی بور بر انتقال این عنصر از ریشه به کاه و کلش نشان دهنده افزایش انتقال به کاه و کلش در تیمار ۲ میلی گرم بور در همه عنصرها است که این روند در مورد عصر بور معنی دار است و سپس در تیمار ۴ میلی گرم بور در عنصر بور این افزایش ادامه دارد که از نظر آماری معنی دار نیست ولی سایر عناصر کاهش انتقال به ساقه را داشتند (شکل ۲).



.شکل۱. اثر تیمار فسفر بر انتقال عناصر از ریشه به ساقه.



شکل۲. اثر تیمار بور بر انتقال عناصر از ریشه به ساقه

. p)است)۰۵/۰ LSD درج حروف لاتین یکسان در ستون ها به معنای عدم تفاوت معنی دار طبق آزمون

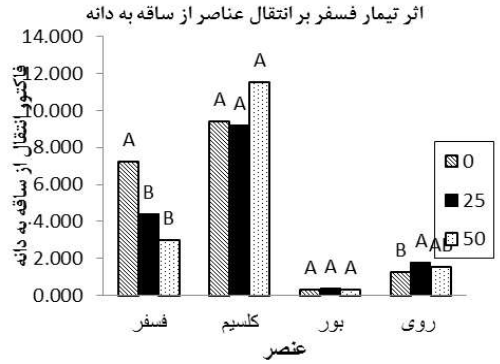
در کل، مقدار فاکتور انتقال عناصر فسفر و بور این فاکتور بیشتر از یک (۱ ، انتقال به اندام هوایی) است، در حالیکه برای عناصر روی و کلسیم فاکتور انتقال کمتر از یک است (شکل های ۱ و ۲). بنابراین رقم مورد مطالعه تجمع کننده فسفر و بور در کاه و کلش است چون این عناصر ، در مقایسه با غلظت در ریشه، بیشتر در کاه و کلش تجمع می کنند. این نتایج مشابه نتایج بدست آمده

توسط اوگونکونل و همکاران (۲۰۱۳)، روت و نفیو (۲۰۱۰) است. در این مطالعات گزارش شده که روی به علت نسبتا محلول و متحرک بودن تمایل زیادی به انتقال از خاک به اندام هوایی (کاه و کلش) گیاهان دارد که ممکن است سبب ایجاد سمیت در گیاه شود. با توجه به نتایج بیکر (۱۹۸۱) شاخص انتقال کمتر از یک نشان دهنده این است که گیاه مانع از انتقال عنصر به اندام های هوایی می شود. اوگونکونل و همکاران (۲۰۱۳)، گزارش کرده اند که هیبرید های گل تاج خروس[۳۶] مقدار زیادی از روی را به بخش های هوایی منتقل می کنند که می تواند به علت نیاز این سبزی برگ دار به ترکیب غذایی خاصی حاوی روی، باشد. گیاه گوجه فرنگی[۳۷] نیز پتانسیل بالایی در انتقال روی از خاک به درون ریشه دارد ولی انتقال به بخش های هوایی را محدود کرده است. شاخص انتقال که نشان دهنده تحرک نسبی عناصر از ریشه به ساقه است در شکل های ۱ و ۲ نشان می دهد که میانگین شاخص انتقال عناصر مورد بررسی در کلزا بصورت روبور است: P B Zn Ca

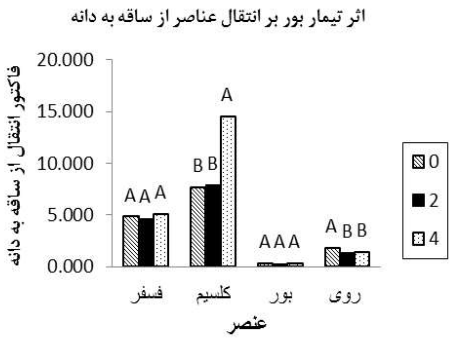
غلامی و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که در ذرت شاخص انتقال عناصر کادمیوم، آهن، منگنز و مس کمتر از یک (TF ۱) بود و لذا غلظت آنها در ریشه بیشتر از اندام هوایی بود ولی غلظت روی در اندام هوایی بیشتر از ریشه بود (TF ۱).

اثر تیمار فسفر و بور بر فاکتور انتقال عناصر از ریشه به ساقه

در کل کاربرد خاکی فسفر در تمام سطوح سبب کاهش معنی دار فاکتور انتقال فسفر از ساقه به دانه شده است (شکل ۳). ولی برای عنصر روی افزایش فاکتور انتقال به دانه در سطح ۲۵ میلی گرم فسفر بر کیلوگرم خاک معنی دار است. کاربرد فسفر اثر مشخصی بر انتقال سایر عناصر از ساقه به دانه ندارد. اثر کاربرد خاکی بور بر انتقال این عنصر از ساقه به دانه نشان دهنده کاهش انتقال به دانه است هرچند روند از نظر آماری معنی دار نیست و در مورد انتقال فسفر به دانه کاربرد بور تغییر معنی داری ایجاد نکرده است، البته این تیمار سبب افزایش انتقال کلسیم و کاهش انتقال روی شده است (شکل ۴). شاخص انتقال که نشان دهنده تحرک نسبی عناصر از ساقه به دانه است در شکل های ۳ و ۴ نشان می دهد که میانگین شاخص انتقال عناصر مورد بررسی در کلزا بصورت روبرو است: Ca P Zn B



.شکل۳. اثر تیمار فسفر بر انتقال عناصر از ساقه به دانه.



شکل۴. اثر تیمار بور بر انتقال عناصر از ساقه به دانه

. p)است) ۰۵/۰ LSD درج حروف لاتین یکسان در ستون ها به معنای عدم تفاوت معنی دار طبق آزمون

همچنین مقایسه فاکتور انتقال عناصر از ریشه به ساقه با از ساقه به دانه (شکل های ۱، ۲، ۳ و ۴) نشان می دهد که در مورد فسفر و بور، فاکتور انتقال از ریشه به ساقه بیشتر از ساقه به دانه است. بنابراین این دو عنصر بیشتر در کاه و کلش تجمع دارند، ولی برای سایر عناصر مورد بررسی فاکتور انتقال از ساقه به دانه به مقدار قابل توجهی بیشتر از انتقال از ریشه به ساقه است، که شاهدی بر تجمع بیشتر این عناصر در دانه درمقایسه با ساقه و ریشه است.

منابع

رودی، و.، س. رحمان پور، و ف. جاویدفر. ۱۳۸۲. زراعت کلزا. انتشارات دفتر برنامه ریزی رسانه های ترویجی و انتشارات فنی معاونت ترویج و زراعت جهاد کشاورزی.

کیمبر، دی و دی. آی. مک گرگور. ۱۳۷۸. کلزا. ترجمه: عزیزی، مو، ا. سلطانی و س. خاوری. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی. ۱۳۰ص.

ملکوتی، م. ج.، ف. مشیری. و ن. غیبی. ۱۳۸۴. حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در خاک و برخی از محصولات زراعی و باغی (بخش سوم: محصولات سبزی و سیفی). نشریه فنی شماره ۴۰۷، موسسه تحقیقات خاک و آب، انتشارات سنا، تهران.

Baker, A. J. M. ۱۹۸۱. Accumulators and excluders-strategies in the response of plants to heavy metals. J. Plant Nutr. ۳: ۶۴۳-۶۴۵.

[۳۶] *Amaranthus hybridus* L

[۳۷] *Lycopersicon esculentum* L.

Barth, C. A. ۲۰۰۷. Rapeseed for human nutrition, present knowledge and future options. Proceedings of the ۱۲th International Rapeseed Congress ۲۶-۳۰ March, Sustainable Development in Cruciferous Oilseed Crops Production, Wuhan, China, ۵: ۳-۵.

Ben-Gal, A. and U. Shani. ۲۰۰۲. Yield, transpiration and growth of tomatoes under combined excess boron and salinity stress. Plant and Soil ۲۴۷: ۲۱۱-۲۲۱.

Ferran, J., A. Bonvalet, and E. Casassas. ۱۹۸۷. New masking agents in the azomethine-H method for boron determination in plant tissues. Agrochemica ۳۲: ۱۷۱.

Gholami, A. S., A. M. Ronaghi, S. Safarzadeh Shirazi, A. Zarabi, and F. Javaheri. ۲۰۱۲. Effect of sewage sludge and potassium on some micronutrient concentration and translocation in maize plant. The ۱th International and The ۴th National Congress on Recycling of Organic Waste in Agriculture. ۲۶- ۲۷ April ۲۰۱۲ in Isfahan, Iran.

Grant, C. A., and L. D. Bailey. ۱۹۹۳. Fertility management in canola production. Can. J. Plant Sci. ۷۳: ۶۵۱-۶۷۰.

Hopkins, B. and J. Ellsworth. ۲۰۰۳. Phosphorus nutrition potato production. Idaho Potato Conf, pp. ۲۲-۲۳.

Hu, Y., X. Ye, L. Shi, H. Duan, and F. Xu. ۲۰۱۰. Genotypic differences in root morphology and phosphorus uptake kinetics in *Brassica napus* under low phosphorus supply. J. Plant Nutr., ۳۳ (۶): ۸۸۹ - ۹۰۱.

Kabata-Pendias, A. and H. Pendias. ۲۰۰۱. Trace elements in soils and plants. ۳rd ed. Baco Raton, London, New York, Washington, d. C.: CRC. Press.

Lickfett, T., B. Mattha ¨us, L. Velasco, and C. Mo ¨ llers . ۱۹۹۹. Seed yield, oil and phytate concentration in the seeds of two oilseed rape cultivars as affected by different phosphorus supply. Eur. J. Agron. ۱۱: ۲۹۳-۲۹۹.

Liu, D. H., M. Wamg, J. H. Zou, W. S. Jiang. ۲۰۰۶. Uptake and accumulation of cadmium and some nutrient ions by roots and shoots of maize (*Zea mays L.*). Pakistan Journal of Botany. ۳۸ (۳): ۷۰۱- ۷۰۹.

Murphy, J., and J. P. Riley. ۱۹۶۲. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta. ۲۷: ۳۱-۳۶.

Nafiu A. ۲۰۱۰. Availability, transfer and balance of heavy metals in Urban Agriculture of West Africa. Ph. D Thesis, Kassel University Press, pp. ۱- ۱۵۸.

Ogunkunle, C. O., P. O. Fatoba, O. O. Awotoye, and K. S. Olorunmaiye. ۲۰۱۳.Root-shoot portioning of copper, chromium and zinc in *Lycopersicon esculentum* and *Amaranthus hybridus* grown in cement-polluted soil. Environ. Experiment Biol. ۱۱: ۱۳۱- ۱۳۶.

Pollard, A. S., A. J. Parr, and B. C. Loughman. ۱۹۷۷. Boron in relation to membrane function in higher plants. J. Expt. Bot. ۲۸: ۸۳۱ - ۸۴۱.

Stangoulis, J. C. R., H. S. Grewal, R. W. Bell, and R. D. Graham. ۲۰۰۰. Boron efficiency in oilseed rape: I. Genotypic variation demonstrated in field and pot grown *Brassica napus* L. and *B. juncea* L. Plant Soil ۲۲۵: ۲۴۳- ۲۵۱.

Abstract

In order to evaluate the influences of different levels of phosphorus (P), and boron (B) on P, calcium (Ca), B and zinc (Zn) concentrations in seed, shoot and root of rapeseed, a greenhouse experiment was conducted. Treatments consisted of one cultivar of rapeseed (Opera), three P levels and three B levels with three replications. Increasing P significantly increased P and B and decreased Zn concentrations. Boron treatment increased P, B and Zn concentrations in all three organs and decreased their Ca concentration. Phosphorus translocation factor (TF) from root to shoot and shoot to seed, decreased significantly by soil P application, also it increased TF of Zn form shoot to seed. Boron application caused increase in B and Ca TF from root to shoot, decrease in B and Zn TF from shoot to seed and increase of Ca TF from shoot to seed.