Iranian Journal of Biological Sciences.2023; 18(3):43-57

Original Article

Iranian Journal of Biological Sciences

https://zisti.iauvaramin.ac.ir

Investigating the effect of boron levels on the quantitative and qualitative yield of medicinal-oil plant varieties of safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

Mohammad Reza Zargaran Khouzani[1]*, Mohammad Hossein Gharineh[2], Malihe Jahani[3,4]*, Sedighe Jahani[4]

1. Ph.D. Student of Agrotechnology, Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture, Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Khuzestan, Iran
2. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Khuzestan, Iran
3. Department of Biology, Shandiz Institute of Higher Education, Mashhad, Iran
4. Ph.D. Graduated, Department of Biology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Place of research: Research Farm, Shahid Bahonar Agricultural School of Shoshtar, Khuzestan, Iran

Article Info

Article History:
received 10.04.2023
revised 11.14.2023
accepted 12.18.2023
online 01.04.2024

KeyWords:

safflower (*Carthamus tinctorius* L.),
boron,
oil yield,
seed yield,

*Corresponding author:
E-mail address

mr.zargarankh@gmail.com
hossain_gharineh@yahoo.com
malihe.jahani2009@gmail.com
sedighe.jahani2010@gmail.com

Abstract

Introduction: Safflower plant (Carthamus tinctorius L.) is a medicinal and industrial plant that has many uses in the field of medicinal uses, and its main use is for the oil seeds of plant.

Aim: With the aim of determining the effect of different levels of boron fertilizer on the yield and quality of safflower varieties, an experiment was conducted during the crop year 2017-2018 in a research farm in Shoushtar city.

Materials and methods: This research was carried out as factorial in the form of randomized complete block design with three replications. The first factor was the safflower variety in three levels (Isfahan, Goldasht, Sofeh) and the second factor was the boron fertilizer content in five levels (zero, two, four, six and eight kilograms per hectare).

Results: The results showed that the variety factor had a significant effect on the leaf area index, the number of pods per square meter, the number of seeds per pod, the weight of 1000 seeds, seed yield, harvest index, oil yield and boron concentration in the whole plant. The amounts of boron fertilizer also showed a significant effect on leaf area index, number of pods per square meter, weight of 1000 seeds, seed yield, harvest index, oil yield and boron concentration in the whole plant. Isfahan variety had the highest seed yield with an average of 1110.4 kg per hectare and the highest oil yield with an average of 267.59 kg per hectare. Also, among the levels of boron fertilizer, the level of four kilograms of boron per hectare had the highest seed yield and oil yield, respectively, with averages of 1148.67 and 280.73 kg per hectare. Grain yield increased with boron application, and levels of two, four and six kilograms did not have a significant difference with each other. But the higher consumption of this element up to the level of eight kilograms per hectare caused a decrease in grain yield.

Conclusion: The use of micronutrient element boron increased the yield of safflower seeds and oil by increasing the yield components, especially the number of seeds per square meter and thousand seed weight. The significant effect of application of boron element on the quantitative and qualitative characteristics of safflower shows that in order to reduce the environmental effects caused by excessive use of chemical fertilizers, the use of micronutrient elements as an efficient management solution in the production of crops is suitable.

Cite this article: Zargaran Khouzani MR*, Gharineh MH, Jahani M*, Jahani S.Investigating the effect of boron levels on the quantitative and qualitative yield of medicinal-oil plant varieties of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Iranian Journal of Biologiacal Sciences. 2023; 18(3): 43-57

Publisher: Islamic Azad University of Varamin – Pishva branch Print ISSN: 1735-4226 Online ISSN: 1727-459X
This is an open access article under the: https://creativecommons.org/license/by-nc/4.0/

مقاله تحقیقی
دانش زیستی ایران
https://zisti.iauvaramin.ac.ir

بررسی تاثیر سطوح بور بر عملکرد کمی و کیفی واریته های گیاه دارویی- روغنی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

محمدرضا زرگران خوزانی[۱*]، محمد حسین قرینه[۲]، ملیحه جهانی[۳،٤*]، صدیقه جهانی[٤]

۱. دانشجوی دکتری تخصصی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، ایران
۲. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران
۳. گروه زیست شناسی، موسسه آموزش عالی شاندیز، مشهد، ایران
٤. دانش آموخته دکتری تخصصی، گروه زیست شناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

محل انجام تحقیق: مزرعه پژوهشی، هنرستان کشاورزی شهید باهنر شوشتر، خوزستان، ایران

اطلاعات مقاله | چکیده

تاریخچه مقاله
ارسال ۱٤۰۲/۰۷/۱۲
بازنگری ۱٤۰۲/۰۸/۲۳
پذیرش ۱٤۰۲/۰۹/۲۷
نمایه ۱٤۰۲/۱۰/۱٤

کلمات کلیدی
گلرنگ (Carthamus tinctorius L.)
بور
عملکرد روغن
عملکرد دانه
شاخص سطح برگ

*** نویسنده مسؤل**
mr.zargarankh@gmail.com
hossain_gharineh@yahoo.com
malihe.jahani2009@gmail.com
sedighe.jahani2010@gmail.com

مقدمه: گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L) گیاهی دارویی و صنعتی می‌باشد که در زمینه مصارف دارویی کاربردهای زیادی دارد و عمده استفاده آن به جهت دانه‌های روغنی گیاه است.

هدف: با هدف تعیین اثر سطوح مختلف کود بور بر عملکرد و کیفیت واریته های گلرنگ، آزمایشی طی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه پژوهشی در شهر شوشتر انجام شد.

مواد و روش ها: این تحقیق بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل اول واریته گلرنگ در سه سطح (اصفهان، گلدشت و صفه) و عامل دوم مقادیر کود بور در پنج سطح (صفر، دو، چهار، شش و هشت کیلوگرم در هکتار) بود.

نتایج : عامل واریته بر شاخص سطح برگ، تعداد طبق در متر مربع، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد روغن و غلظت بور در کل بوته تاثیر معنی داری را نشان داد. مقادیر کود بور نیز تاثیر معنی داری را بر شاخص سطح برگ، تعداد طبق در متر مربع، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد و غلظت بور در کل بوته نشان دادند. واریته اصفهان با میانگین ۱۱۱۰/٤ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه و میانگین ۲٦۷/۵۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد روغن را داشت. همچنین از بین سطوح کود بور، سطح چهار کیلوگرم بور در هکتار بیشترین عملکرد دانه روغن و عملکرد روغن را به ترتیب با میانگین های ۱۱٤۸/٦۷ و ۲۸۰/۷۳ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد. عملکرد دانه با مصرف بور افزایش یافت که سطوح دو، چهار و شش کیلوگرم اختلاف معنی داری از این نظر با همدیگر نداشتند. اما مصرف بیشتر این عنصر تا سطح هشت کیلوگرم در هکتار سبب کاهش عملکرد دانه گردید.

نتیجه‌گیری: کاربرد عنصر ریزمغذی بور از طریق افزایش اجزای عملکرد به ویژه تعداد طبق در مترمربع و وزن هزار دانه سبب افزایش عملکرد دانه و روغن گلرنگ گردید. تاثیر معنی دار کاربرد عنصر بور بر ویژگی های کمی و کیفی گلرنگ نشان می دهد به منظور کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از مصرف بی رویه کودهای شیمیایی، کاربرد عناصر ریزمغذی بعنوان یک راهکار مدیریتی کارآمد در تولید محصولات زراعی مناسب باشد.

شیوه آدرس‌دهی این مقاله : زرگران خوزانی م.ر*، قرینه م.ح، جهانی م*، جهانی ص.بررسی تاثیر سطوح بور بر عملکرد کمی و کیفی واریته های گیاه دارویی- روغنی گلرنگ (Carthamus tinctorius L.) مجله دانش زیستی ایران. ۱٤۰۲؛ ۱۸(۳): ٤۳-۵۷

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا **شاپا چاپی:** ۱۷۳۵-٤۲۲٦ **شاپا الکترونیکی:** ۲۷۱۷-٤۵۹X **نویسندگان:** © حق مؤلف

مقدمه:

گلرنگ زراعی (safflower) با نام علمی *Carthamus tinctorius* L یکی از گونه های خانواده compositae است (۲-۱). گلرنگ بعنوان یک گیاه دانه روغنی و به منظور استحصال روغن صنعتی، گیاهی و تولید مارگارین از قرن های پیش تاکنون در مناطق مختلف جهان کشت می گردد (٤-۳). دانه گلرنگ دارای ۲۵ تا ٤۵ درصد روغن، ۱۵ تا ۲۵ درصد پروتئین، ۳٦ تا ٦۰ درصد پوسته است (۵). گلرنگ بعلت دارا بودن اسید چرب غیر اشباع و ضروری لینولئیک (۷۸ درصد) و نیز کیفیت تغذیه ای بالا در برخی از واریته ها، بعنوان یک گیاه دانه روغنی دارای اهمیت فراوان می باشد (۹-٦).

بور یکی از عناصر مهم کم مصرف است که وظایف زیادي را در گیاه به عهده دارد از جمله می توان به رویش دانه گرده، رشد لوله گرده، جلوگيري از تخريب بافت ها، متابوليسم اسيدهاي نوكلئيک، انتقال قندها، تراوايی غشاي سلولی و تنظيم هورمون هاي گياهی اشاره کرد (۱۲-۱۰). بور یک شبه فلز است که وجود آن برای رشد و نمو همه گیاهان آوندی ضروری است (۱۵-۱۳). در گیاهان عالی بخش عمده بور به صورت کمپلکس استرهای سیس- بورات در دیواره سلول‌ها وجود دارد (۱٤). بور نه تنها با اجزای دیواره سلول ترکیبات پیچیده محکمی تشکیل می‌دهد، بلکه همراه با کلسیم به عنوان سیمان بین سلولی عمل می‌کند (۱٦،۱٤،۱۰). بور در توسعه و تقسیم سلولی، متابولیسم نوکلئیک اسیدها، کربوهیدرات، چربی و پروتئین، نفوذپذیری غشای سلول، سازوکار هورمون اکسین و ترکیبات فنلی، انتقال مواد بین سلول‌ها و ترمیم بافت‌های آوندی نقش مهمی بر عهده دارد (۱۸،۱۹،۱۷،۱٤،۱۰). بررسی‌ها نشان داده است که عنصر بور از طریق تاثیر بر مسیر، متابولیسم هورمون اکسین و انتقال قندها (۲۰)، در تنظیم رشد و نمو گیاهان نقش محوری دارد (۲۱). Grant و Bailey (۲۲) بیان نمودند بور یکی از عناصر کم مصرف ضروری برای گیاهان می باشد. همچنین Matthes و همکاران (۲۳) در گزارشی اعلام نمودند اثرات بور به رشد گیاه در مراحل پس از لقاح شامل تقویت جنین زایی، تشکیل بذر و میوه می باشد.

در دانه های روغنی نظیر خردل، کاربرد بور سبب افزایش ۳٦ تا ٤۳ درصد عملکرد نسبت به شاهد شد (۲٤). Moradi-Telavat و همکاران (۲۵) گزارش کردند که کاربرد ۱۰ کیلوگرم بور در هکتار، باعث افزایش عملکرد کلزا شد که بیشترین افزایش مربوط به افزایش تعداد دانه در خورجین بود. نتایج حاصل از تحقیقات Kamaraki و Galavi (۲٦) نشان داد که محلول پاشی بور باعث افزایش معنی دار عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه گلرنگ نسبت به شاهد شده است. همچنین کاربرد عنصر بور عملکرد دانه آفتابگردان را به مقدار زیادی افزایش داد (۲۷). Brighenti و Castro (۲۸) در آزمایش خود نشان داد که مصرف بور موجب افزایش عملکرد دانه و درصد روغن شد. Safari و همکاران (۲۹) گزارش کردند که کاربرد بور در زراعت گلرنگ باعث افزایش معنی دار عملکرد دانه شده است.

نتایج تحقیقات نشان داده است که محلول پاشی بور در زمان رشد و نمو فعال گیاه در خاک هایی که کمبود این عنصر وجود داشت سبب افزایش عملکرد دانه گردید (۳۰). نتایج تحقیقی نشان داده که مصرف بور در آفتابگردان باعث افزایش معنی دار قطر طبق، تعداد دانه در طبق و همچنین وزن هزار دانه نسبت به شاهد گردیده است (۳۱). Pazoki و همکاران (۳۲) در مطالعات خود روی کلزا گزارش کردند که مصرف بور باعث افزایش تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد دانه شده است. نتایج تحقیقی نشان داده که مصرف بور قبل از گلدهی از طریق تاثیر مثبت بر تمامی اجزای عملکرد باعث افزایش عملکرد می گردد (۳۳-۳۲). Alihosinpour و همکاران (۳۳) در تحقیقات خود روی گیاه سویا گزارش کردند محلول پاشی عنصر بور باعث افزایش معنی دار عملکرد و اجزای عملکرد سویا شده است. نتایج تحقیقات نشان داده است که کاربرد بور در زراعت گلرنگ باعث افزایش معنی دار درصد روغن دانه نسبت به شاهد گردیده است (۲٦). Nasef و همکاران (۳٤) گزارش کردند که کاربرد بور باعث افزایش میزان روغن در بادام زمینی شده است. نتایج تحقیقات نشان داده که کاربرد بور در کلزا باعث افزایش معنی دار عملکرد روغن دانه نسبت به شاهد شده است همچنین محتوای بور در گیاه تحت تاثیر

مصرف بور افزایش معنی داری داشته است (۳۵). Nuttall و همکاران (۳۶) نیز در مطالعات خود افزایش محتوای روغن دانه را با مصرف بور در زراعت کلزا گزارش کردند. این تحقیق با هدف تعیین بهترین واریته گلرنگ از نظر عکس العمل به مصرف بور و بررسی اثر سطوح مختلف بور بر بعضی از ویژگی های کمی و کیفی واریته های مختلف گلرنگ در شوشتر انجام شد.

مواد و روش ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه پژوهشی در شهر شوشتر به اجرا درآمد. از نظر شرایط اقلیمی شوشتر جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می شود. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار اجرا شد. عامل اول واریته های مختلف گلرنگ (شهرهای اصفهان، صفه، گلدشت) و عامل دوم سطوح مختلف بور (۰، ۲، ٤، ٦ و ۸ کیلوگرم در هکتار) بودند. ابعاد هر کرت ۳ × ۳ متر و فواصل بین کرت ها بوسیله مرز جدا شد.

آماده سازی زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح در اواخر آذر ماه انجام و کاشت در تاریخ ۱۰ دی ماه ۱۳۹۷ انجام گرفت. قبل از انجام عملیات خاک ورزی، در زمین محل انجام آزمایش عملیات ماخار (آبیاری قبل از کشت) با هدف تحریک جوانه زنی علف های هرز مدفون شده در خاک و سبز شدن به منظور کنترل مطلوب تر آن ها و تامین رطوبت مناسب جهت انجام عملیات شخم صورت گرفت. بعد از آبیاری و رسیدن رطوبت به حد ظرفیت مزرعه (گاورو)، زمین توسط گاوآهن برگردان دار شخم و بعد از زدن دو دیسک عمود برهم و خرد شدن کلوخه ها، آماده کرت بندی شد. سپس با استفاده از نهرکن کانال های انتقال آب احداث شد و در انتها کرت بندی زمین و تسطیح کرت ها به صورت دستی توسط بیل صورت پذیرفت. هر کرت آزمایشی دارای ۱۰ خط کشت با فواصل ۳۰ سانتی متر از یکدیگر بود. فاصله بین کرت ها نیم متر و فاصله بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد.

پس از پیاده کردن نقشه طرح، کود بور با منبع بوریک اسید با خلوص ١٦ درصد بور قبل از کاشت با خاک هر کرت آزمایشی (بسته به تیمار مورد بررسی) توسط کولتیواتور دستی مخلوط گردید. کشت بذر بصورت خطی با دست و با تراکم ۳۳ بوته در مترمربع انجام گرفت. آبیاری اول بلافاصله بعد از کشت و عملیات تنک در مرحله چهار تا پنج برگی انجام شد.

برای مبارزه با علف های هرز نیز عملیات وجین دستی در طی کل دوره رویش صورت گرفت. برداشت مزرعه در اواسط خرداد ماه سال ۱۳۹۸ از سطح زمین بوسیله داس و با مساحت یک متر مربع از هر کرت آزمایشی صورت گرفت. برای اندازه گیری تعداد طبق در متر مربع و تعداد دانه در طبق، در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی بطور تصادفی پنج بوته از خطوط عملکرد جدا و تعداد طبق در پنج بوته شمارش و تبدیل به تعداد طبق در متر مربع شد. همچنین بطور تصادفی تعداد ۱۵ طبق از پنج بوته جدا و تعداد دانه در طبق نیز شمارش شد. وزن هزار دانه نیز پس از بوجاری بذر با استفاده از دستگاه بذر شمار هزار دانه شمارش و وزن آن بدست آمد. برای اندازه گیری عملکرد دانه نیز از هر کرت آزمایشی یک متر مربع بوته ها کف بر شد و عملکرد دانه محاسبه گردید.

برای اندازه گیری روغن دانه از روش Porim (۱۹۹۵) استفاده شد. بذر آسیاب شده به مقدار ۱ گرم توزین، در کاغذ صافی پیچیده شدند و به فالکون های ۵۰ میلی لیتری منتقل، سپس ۶ میلی‌لیتر پترولیوم اتر به نمونه‌ها اضافه شد. فالکون ها ۲۴ ساعت بر روی شیکر ۱۰۰ دور بر دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. بعد از ۲۴ ساعت، پترولیوم اتر درون فالکون تخلیه و مجدداً ۶ میلی‌لیتر به آن‌ها اضافه شد و دوباره به مدت ۲۴ ساعت بر روی شیکر قرار گرفتند. بعد از گذشت مدت ذکرشده، نمونه برای تبخیر پترولیوم اتر درون آون با دمای ۴۰ درجه

سانتی‌گراد قرار گرفتند تا کاملاً عمل تبخیر کامل صورت پذیرد. در انتها نمونه‌ها وزن شدند و اختلاف وزن آن‌ها با نمونه مصرفی، درصد روغن را نشان داد. عملکرد روغن از رابطه درصد روغن ضربدر عملکرد دانه محاسبه شد (۳۷).

غلظت بور در کل بوته بر اساس روش آزومتین انجام شد (۳۸). در اواخر مرحله رسیدگی، تعداد ۵ بوته انتخاب شد و پس‌از خشک شدن در آون به مدت ۴۸ ساعت و دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد، نمونه‌ها آسیاب شد. سپس از نمونه نیم گرم برداشته شد و در کوره به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد خاکستر گیری به عمل آمد. به نمونه‌های خاکسترگیری شده، ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ درصد نرمال اضافه شد. سپس محلول‌های بدست آمده از صافی گذرانده و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. در این مرحله از هر کدام از محلول های نمونه، ۱ میلی‌لیتر برداشته و به آن ۴ میلی لیتر محلول کورکامین اضافه شد. سپس نمونه ها را در حمام بن ماری با دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار داد تا نمونه ها به طور کامل تبخیر شدند و بعد از خارج کردن نمونه‌ها از حمام بن ماری، به هر کدام از نمونه‌ها ۲۵ میلی‌لیتر الکل اتیلیک ۹۵ درصد اضافه و از کاغذ صافی رد شدند. در ادامه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ٤١٠ نانومتر عدد نشان‌داده‌شده ثبت گردید و با منحنی استاندارد مطابقت داده شد و غلظت بور در ماده خشک گیاه براساس میلی‌گرم بور در کیلوگرم ماده خشک محاسبه شد (۳۸).

محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین داده ها به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج

شاخص سطح برگ در ۵۰ درصد گلدهی

نتایج تجزیه واریانس آزمایش نشان داد که شاخص سطح برگ تحت تاثیر عامل واریته و عامل کود بور در سطح احتمال خطای یک درصد معنی دار بود. ولی اثر متقابل واریته و کود بور بر شاخص سطح برگ معنی دار نبود بیشترین شاخص سطح برگ در بین واریته های مختلف گلرنگ مربوط به واریته اصفهان با میانگین ۵/۲۸ و کمترین شاخص سطح برگ مربوط به واریته صفه با میانگین ٤/١٧ بدست آمده است. همچنین بیشترین شاخص سطح برگ در تیمار شش کیلوگرم بور در هکتار با میانگین ٦/٠٤ و کمترین شاخص سطح برگ در تیمار عدم کاربرد بور (شاهد) با میانگین ۳/۵۱ بدست آمده است.

تعداد طبق در متر مربع

نتایج تجزیه واریانس آزمایش نشان داد که تعداد طبق در متر مربع تحت تاثیر عامل واریته و کود بور در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی دار بود ولی اثر متقابل تیمارها بر تعداد طبق در متر مربع اختلاف معنی داری را نشان نداد. در بین واریته های مختلف گلرنگ بیشترین تعداد طبق در متر مربع مربوط به واریته اصفهان با میانگین ١٧٦٦/٦ و کمترین تعداد طبق در متر مربع مربوط به واریته گلدشت با میانگین ١٤٤٥/٤ بدست آمده است. همچنین بیشترین تعداد طبق در متر مربع مربوط به تیمار چهار کیلوگرم بور در هکتار با میانگین ۱۷۷۸/۳ و کمترین تعداد طبق در متر مربع مربوط به تیمار عدم کاربرد بور (شاهد) با میانگین ۱۳٤۲ طبق بدست آمد

تعداد دانه در طبق

نتایج تجزیه واریانس آزمایش نشان داد که تعداد دانه در طبق فقط تحت تاثیر عامل واریته در سطح احتمال خطای یک درصد معنی دار بود که در بین واریته های مختلف گلرنگ بیشترین تعداد دانه در طبق مربوط به واریته اصفهان با میانگین ۵۲/۸۸ دانه در طبق و کمترین تعداد دانه در طبق مربوط به واریته گلدشت با میانگین

۳۳/۸۸ دانه در طبق بدست آمد. همچنین واریته صفه با میانگین ۵۰/۰۸ دانه در طبق اختلاف معنی داری با واریته اصفهان نداشت و از نظر آماری با واریته اصفهان در یک گروه قرار گرفت.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس آزمایش نشان داد که وزن هزار دانه تحت تاثیر واریته در سطح احتمال خطای یک درصد و تحت تاثیر عامل کود بور در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی دار بود ولی اثر متقابل اختلاف معنی داری را بر وزن هزار دانه نشان نداد. در بین واریته های مختلف، بیشترین وزن هزار دانه مربوط به واریته گلدشت با میانگین ۴۳/۳۱ گرم و کمترین وزن هزار دانه مربوط به واریته اصفهان با میانگین ۲۶/۲۳ گرم بدست آمده است. همچنین وزن هزار دانه واریته صفه ۲۶/۷۶ گرم بود که با واریته اصفهان از نظر آماری در یک گروه قرار گرفت. همچنین بیشترین وزن هزار دانه در سطح چهار کیلوگرم بور در هکتار با میانگین ۳۳/۳۶ گرم و کمترین وزن هزار دانه در سطح عدم کاربرد بور (شاهد) با میانگین ۳۰/۱ گرم بدست آمده است.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس آزمایش نشان داد که وزن هزار دانه تحت تاثیر واریته در سطح احتمال خطای یک درصد و تحت تاثیر عامل کود بور در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی دار بود ولی اثر متقابل اختلاف معنی داری را بر وزن هزار دانه نشان نداد. در بین واریته های مختلف، بیشترین وزن هزار دانه مربوط به واریته گلدشت با میانگین ۴۳/۳۱ گرم و کمترین وزن هزار دانه مربوط به واریته اصفهان با میانگین ۲۶/۲۳ گرم بدست آمده است. همچنین وزن هزار دانه واریته صفه ۲۶/۷۶ گرم بود که با واریته اصفهان از نظر آماری در یک گروه قرار گرفت. همچنین بیشترین وزن هزار دانه در سطح چهار کیلوگرم بور در هکتار با میانگین ۳۳/۳۶ گرم و کمترین وزن هزار دانه در سطح عدم کاربرد بور (شاهد) با میانگین ۳۰/۱ گرم بدست آمده است.

عملکرد بیولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس آزمایش نشان داد که عملکرد بیولوژیکی تحت تاثیر واریته معنی دار نبود ولی عملکرد بیولوژیکی تحت تاثیر کود بور در سطح احتمال خطای حدود شش درصد اختلاف معنی داری را نشان داد. بیشترین عملکرد بیولوژیکی در تیمار هشت کیلوگرم بور در هکتار با میانگین ۵۷۷۵/۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیکی در سطح عدم کاربرد بور (شاهد) با میانگین ٤٥٤٦/٧ کیلوگرم در هکتار بدست آمده است.

عملکرد بیولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس آزمایش نشان داد که عملکرد بیولوژیکی تحت تاثیر واریته معنی دار نبود ولی عملکرد بیولوژیکی تحت تاثیر کود بور در سطح احتمال خطای حدود شش درصد اختلاف معنی داری را نشان داد. بیشترین عملکرد بیولوژیکی در تیمار هشت کیلوگرم بور در هکتار با میانگین ۵۷۷۵/۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیکی در سطح عدم کاربرد بور (شاهد) با میانگین ٤٥٤٦/٧ کیلوگرم در هکتار بدست آمده است.

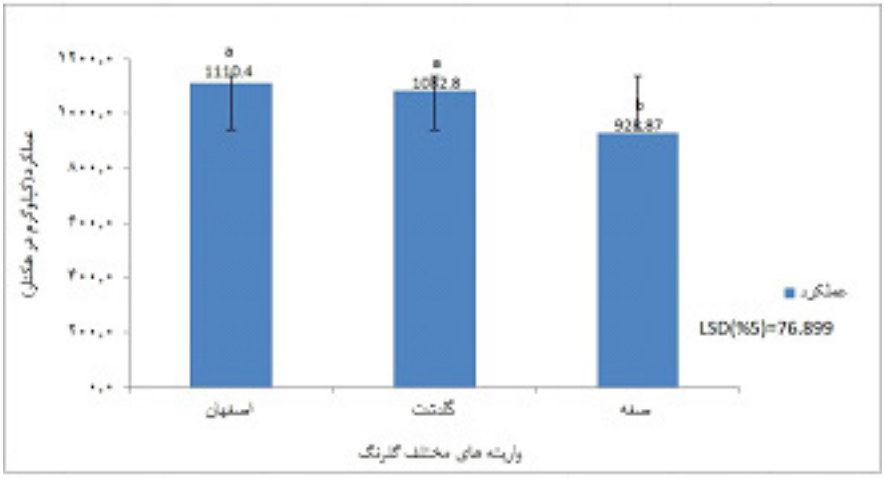
عملکرد روغن

تولید روغن بستگی به درصد روغن و عملکرد دانه دارد. نتایج تجزیه واریانس آزمایش نشان داد که عملکرد روغن تحت تاثیر واریته-های مختلف و سطوح مختلف کود بور در سطح احتمال خطای یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). در بین واریته های مختلف بیشترین عملکرد روغن مربوط به واریته اصفهان با میانگین ۲٦۷/۵۹ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد روغن مربوط به واریته ۲۲۸/۸۷ کیلوگرم روغن در هکتار بدست آمده است (شکل ۳). همچنین بررسی واکنش عملکرد روغن نسبت به مصرف کود بور نشان داد که بیشترین عملکرد روغن در سطح چهار کیلوگرم بور در هکتار با میانگین ۲۸۰/۷۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد روغن در سطح عدم کاربرد بور (شاهد) با میانگین ۱۷۵/۳۵ کیلوگرم بدست آمده است (شکل ٤).

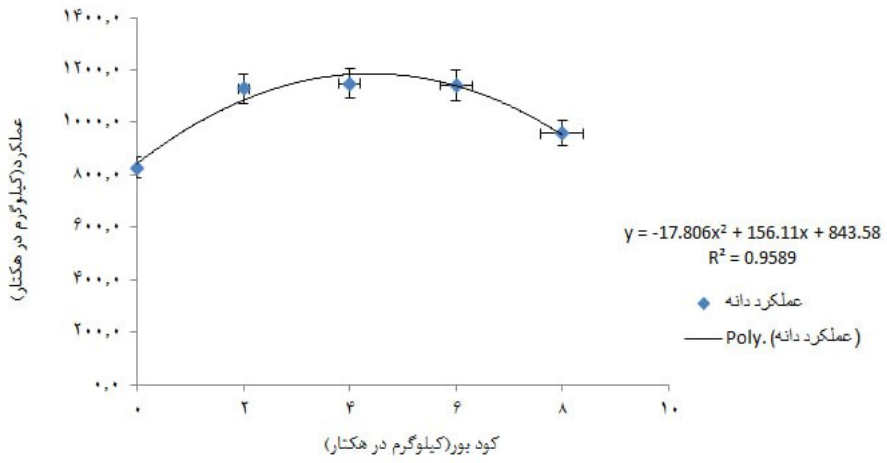
غلظت بور در کل بوته

نتایج تجزیه واریانس آزمایش نشان داد که غلظت بور در کل بوته تحت تاثیر عامل واریته در سطح احتمال خطای پنج درصد و تحت تاثیر عامل کود بور در سطح احتمال خطای یک درصد معنی دار شد ولی اثر متقابل تاثیر معنی داری روی غلظت بور در گیاه نداشت (جدول ۳). در بین واریته های مورد بررسی بیشترین غلظت بور در

گیاه مربوط به واریته اصفهان با میانگین ۵/۸۷ میلی-گرم در کیلوگرم ماده خشک و کمترین غلظت بور در گیاه مربوط به واریته گلدشت با میانگین ۵/۰۲ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک بدست آمده است. همچنین واکنش غلظت بور در گیاه نسبت به کاربرد کود بور نشان داد که بیشترین غلظت بور در گیاه در تیمار شش کیلوگرم بور در هکتار با میانگین ۷/۸۷ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک و کمترین غلظت بور در تیمار عدم کاربرد بور (شاهد) با میانگین ۳/۲۱ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک بدست آمده است (جدول ٤).



شکل ۱- اثر واریته های مختلف بر عملکرد دانه گلرنگ



شکل ۲- اثر سطوح مختلف کود بور بر عملکرد دانه گلرنگ

جدول ۱- تجزیه واریانس (مجموع مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد

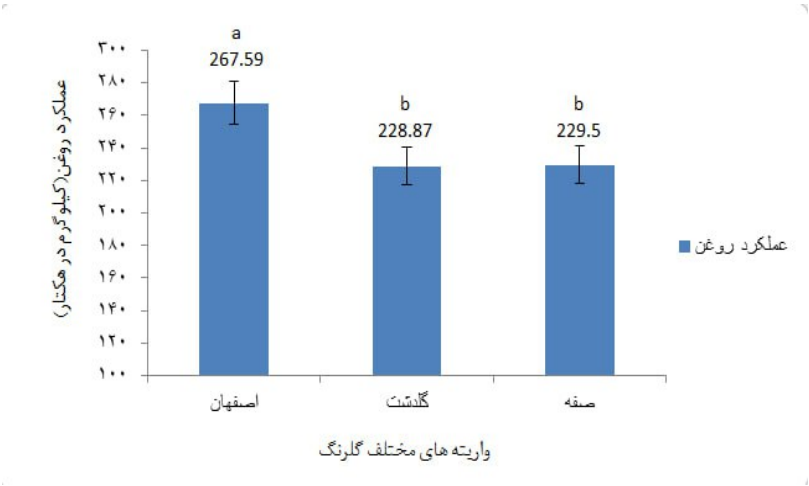
منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات					
		تعداد طبق در متر مربع	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیکی
تکرار	۲	۲۷۰۸۴۶/۴ ns/۱۹۲۸	۱۰/۱ ns/۸۲۷۲	۱/۸۶ ns/۷۸۴۰	۵۳۷۱۳/۳۷ ns/۰۹۶۸	۴۵/۹۷ ns/۱۵۶۵	۷۹۴۳۶۹۳/۳۳ ns/۰۱۰۹
واریته	۲	۸۲۳۳۳۲/۴ ns/۰۱۱۱	۳۱۵۷/۸۵ */۰۰۰۱	۲۸۳۱/۳۵ */۰۰۰۱	۲۸۷۰۵۷/۹۱ */۰۰۰۱	۸۳/۹۱ ns/۰۴۰۰	۸۲۲۷۶۰ ns/۵۸۱۶
کود بور	۴	۱۱۲۷۸۶۵/۲ ns/۰۱۶۵	۱۶۵/۴۹ ns/۲۱۱۲	۵۴/۳۳ ns/۰۱۷۹	۷۳۶۶۸۴/۳۱ */۰۰۰۱	۲۳۶/۷۳ ns/۰۰۳۲	۷۶۰۵۳۷۷/۷۸ ns/۰۶۰۹
واریته*کود بور	۸	۵۲۵۸۱۷/۶ ns/۵۶۹۹	۹۸/۶۳ ns/۸۶۹۳	۳۰/۹۶ ns/۴۴۴۸	۱۵۷۰۶۰/۷۵ ns/۱۰۷۹	۵۳/۲۲ ns/۷۹۰۲	۱۱۰۶۹۲۶۲/۲۲ ns/۱۰۷۷
خطای آزمایشی	۲۸	۲۱۷۰۶۹۱/۶	۷۴۰/۴۵	۱۰۶/۳۴	۲۹۵۹۵۹/۲۸	۳۲۴/۵۷	۲۰۸۴۶۹۰۶/۶۷
ضریب تغییرات (درصد)		۱۷/۰۸	۱۱/۲۷	۶/۰۷	۹/۸۷	۱۶/۷	۱۶/۵۶

توان در بالا و سمت راست نشان دهنده سطوح احتمال معنی داری است.

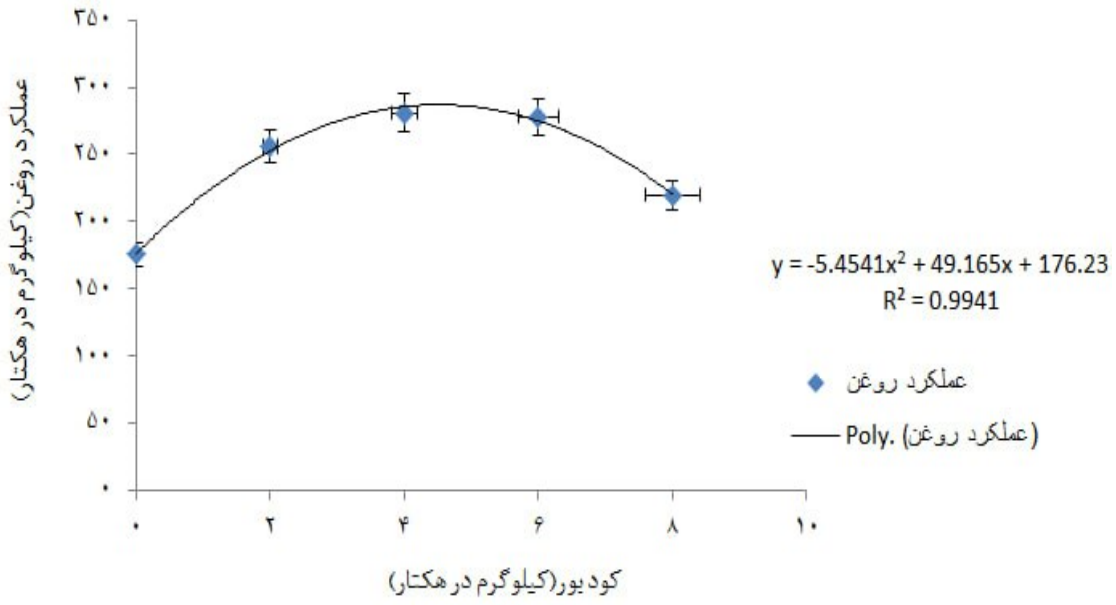
جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تاثیر واریته و تیمار کود بور

	تیمار	تعداد طبق در متر مربع	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (gr)	عملکرد دانه (kg/h)	شاخص برداشت %	عملکرد بیولوژیکی (kg/h)
واریته های مختلف گلرنگ	اصفهان	۱۷۶۶/۶a	۵۲/۸۹a	۲۶/۲۳b	۱۱۱۰/۴a	۲۱/۷۹۳a	۵۲۵۹/۳a
	گلدشت	۱۴۴۵/۴b	۳۳/۸۸b	۴۳/۳۱a	۱۰۸۲/۸۰a	۲۰/۸۱۷ab	۵۳۴۵/۳a
	صفه	۱۶۷۶/۴a	۵۰/۰۸a	۲۶/۷۶b	۹۲۸/۸۷b	۱۸/۵۳۴b	۵۰۲۵/۳a
سطوح مختلف کود بور (کیلوگرم در هکتار)	۰ (شاهد)	۱۳۴۲b	۴۲/۵۱b	۳۰/۱۰b	۸۲۷/۵۶c	۱۸/۳۶۳bc	۴۵۴۶/۷b
	۲	۱۶۵۷/۳a	۴۵/۱۶ab	۳۲/۵۰a	۱۱۲۸/۱۱a	۲۱/۶۴۲ab	۵۳۰۷/۸ab
	۴	۱۷۷۸/۳a	۴۵/۱۳ab	۳۳/۳۶a	۱۱۴۸/۶۷a	۲۳/۱۳۳a	۵۰۱۵/۶ab
	۶	۱۷۶۷/۳a	۴۷/۷۸a	۳۲/۶۰a	۱۱۴۱/۶۷a	۲۱/۷۳۷a	۵۴۰۴/۴a
	۸	۱۶۰۲/۳ab	۴۷/۵۱a	۳۱/۹۵ab	۹۵۷/۴۴b	۱۷/۰۳۰c	۵۷۷۵/۶a

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، با هم ندارند.



شکل۳- اثر واریته های مختلف بر عملکرد روغن گلرنگ



شکل ٤- اثر سطوح مختلف کود بور بر عملکرد روغن گلرنگ

جدول۳- تجزیه واریانس (مجموع مربعات) صفات کیفی

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات		
		شاخص سطح برگ	عملکرد روغن	درصد بور در کل بوته
تکرار	۲	۰/۱۴ ^{ns}۰/۸۹۲۷	۵۶۱۳/۳۲ ^{ns}۰/۱۰۳۰	۸/۶۵ ^{ns}۰/۰۱۱۱
رقم	۲	۹/۷۶ **۰/۰۰۲۶	۱۴۷۵۵/۵۱ **۰/۰۰۴۸	۵/۴۸ *۰/۰۴۹۰
کود بور	۴	۳۶/۶۴ **۰/۰۰۰۱	۷۱۴۰۸/۲۶ **۰/۰۰۰۱	۱۴۳/۳۳ **۰/۰۰۰۱
رقم*کود بور	۸	۲/۹۹ ^{ns}۰/۷۹۳۲	۱۹۵۵۴/۹۸ *۰/۰۶۴۳	۵/۲۲ ^{ns}۰/۶۰۷۴
خطای آزمایشی	۲۸	۱۸/۴	۳۱۸۴۶/۵۸	۲۲/۸۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۶/۸۸	۱۳/۹۳	۱۶/۵۲

توان در بالا و سمت راست نشان دهنده سطوح احتمال معنی داری است.

جدول٤- مقایسه میانگین صفات کیفی تحت تاثیر رقم و تیمار کود بور

	تیمار	شاخص سطح برگ	عملکرد روغن (kg/h)	غلظت بور در کل بوته (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)
ارقام مختلف گلرنگ	اصفهان	۵/۲۸a	۲۶۷/۵۹a	۵/۸۷a
	گلدشت	۴/۹۴a	۲۲۸/۸۷b	۵/۰۲b
	صفه	۴/۱۷b	۲۲۹/۵۰b	۵/۵ab
سطوح مختلف کود بور (کیلوگرم در هکتار)	۰ (شاهد)	۳/۵۱c	۱۷۵/۳۵c	۳/۲۱c
	۲	۴/۵۶b	۲۵۶/۱۲a	۴/۳۶b
	۴	۵/۵۶b	۲۸۰/۷۳a	۴/۶۳b
	۶	۶/۰۴a	۲۷۸/۰۱a	۷/۸۷a
	۸	۴/۳۲b	۲۱۹/۷۳b	۷/۲۳a

میانگین های دارای حروف مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، با هم ندارند.

بحث

کاربرد بور بعنوان کود برای بهبود عملکرد درگیاهان مختلف گزارش شده است (۲۶،۲۸،۳۰،۳۱،۳۳،۳۶). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که شاخص سطح برگ تحت تاثیر عامل واریته و عامل کود بور معنی دار بود. ولی اثر متقابل واریته و کود بور بر شاخص سطح برگ معنی دار نبود. شاخص سطح برگ یک معیار تقریبی از مساحت سطح برگ ها در واحد سطح زمین است. می توان گفت که شاخص سطح برگ از پارامترهای مهم در ارزیابی رشد یک جامعه گیاهی است که اندازه و پویایی آن به عوامل متعدد بستگی دارد. کاربرد مقدار مناسب بور از طریق اثر بر رشد و توسعه سلول ها، تکامل و ترمیم آوند ها و بهبود سیستم انتقال مواد منجر به ایجاد سطح برگ بیشتر در کلزا شده است (۳۹). Day و Aasim (۴۰) در نتایج آزمایش های خود با کاربرد بور سطح برگ بیشتر گیاه در مراحل ابتدایی و انتهایی گیاهچه را گزارش نمودند.

نتایج نشان داد که تعداد طبق در متر مربع تحت تاثیر عامل واریته و کود بور معنی دار بود ولی اثر متقابل تیمارها بر تعداد طبق در متر مربع اختلاف معنی داری را نشان نداد. Kamaraki و Galavi (۲۶) افزایش تعداد طبق بارور را در اثر کاربرد بور در گلرنگ را گزارش کردند که با نتایج بدست آمده در این آزمایش مطابقت دارد. همچنین نتایج نشان داد که تعداد دانه در طبق فقط تحت تاثیر عامل واریته معنی دار بود.

نتایج نشان داد که وزن هزار دانه تحت تاثیر عامل واریته و کود بور معنی دار بود ولی اثر متقابل اختلاف معنی داری را بر وزن هزار دانه نشان نداد. عنصر بور ممکن است از طریق مکانیسم هایی به طور مستقیم یا غیرمستقیم روي باروري گل ها تاثیر داشته باشد. به طور کلی بور عنصري است که براي ساخت گلوتامین، نمو گره ها، رشد لوله گرده و بسیاري از فعالیت هاي حیاتی دیگر گیاه اهمیت دارد. به نظر می رسد با افزایش قدرت تامین مواد فتوسنتزي در طول دوره پرشدن دانه در یک واریته، افزایش در وزن هزار دانه ایجاد می گردد که در این تحقیق نقش عنصر بور در افزایش وزن هزار دانه به خوبی مشاهده شد. Imam و Niknejad (۴۱) در این راستا اعلام نمودند عواملی که در اوایل فصل عمل می کنند بیشتر بر تعداد دانه موثرند، در صورتی که اندازه دانه عمدتا توسط عواملی که بعد از گرده افشانی عمل می کنند و مقدار مواد پرورده موجود که خود تحت تاثیر عناصر غذایی ماکرو و میکرو المنت قرار می گیرند، براي انتقال به مخزن در فاصله لقاح تا رسیدن تعیین می شود. افزایش وزن هزار دانه در تیمار چهار کیلوگرم بور در هکتار ممکن است ناشی از این امر باشد که در حین پر شدن دانه-ها، گیاه تحت اثر رقابت جهت دسترسی به منابع غذایی و کاهش آن قرار نگرفته است. بور از عناصر مهم تشکیل دانه و افزایش وزنی آن به دلیل تاثیر بر فرآیند هاي زایشی و ماده سازي می باشند (۴۳-۴۲). نتایج مشابهی در تحقیقات Öktem (۴۴)، Halim و همکاران (۴۵)، Safari و همکاران (۲۹) و Khuong و همکاران (۴۶) بدست آمده است.

نتایج نشان داد که عملکرد دانه تحت تاثیر عامل واریته و کود بور معنی دار بود. ولی اثر متقابل تاثیر معنی داری را روی عملکرد دانه نشان نداد. از نتایج بدست آمده در آزمایش به نظر می رسد که حد مطلوب مصرف بور برای گلرنگ، چهار کیلوگرم در هکتار باشد و در مقادیر بیش از آن باعث کاهش عملکرد و احتمالا برای گیاه ایجاد مسمومیت نموده است. کمبود بور موجب کاهش و یا توقف نمو، کاهش دانه هاي گرده و ایجاد خسارت هاي بافتی در سویا می شود، انتقال مواد قندي موثر در گلدهی نیز کاهش می یابد و همچنین بور با مشارکت در تقسیم سلولی بافت-هاي مریستمی، شرکت در تولید مواد هیدروکربن دار و پروتئین و انتقال آن ها و با تاثیر بر فرآیند هاي زایشی، باعث افزایش تعداد، وزن دانه و در نهایت عملکرد می شود (۱۷،۴۰). تاثیر مشابهی در تحقیقات Ahmad و همکاران (۴۷)، Grant و Bailey (۲۲) دیده می شود که نشان می دهد بور تا حد معینی کافی است و بیش از آن باعث مسمومیت گیاهان خواهد شد. میزان مناسب بور (چهار کیلوگرم در هکتار) با توجه به نقش مهم بور بر مراحل رشد زایشی از طریق تعداد گل ها، افزایش بقای گل ها، جوانه زنی و رشد دانه گرده، همچنین افزایش تعداد دانه های پر شده (۲۰) موجب افزایش عملکرد دانه در سطح ٤ کیلوگرم بور در هکتار شده است.

Brighenti و Castro (۲۸) در آزمایش خود نشان داد که مصرف بور موجب افزایش عملکرد دانه شد. ایشان اظهار داشتند که بور از طریق افزایش باروری دانه گرده و در نتیجه افزایش تعداد دانه های پر، موجب افزایش عملکرد دانه شده است.

نتایج نشان داد که عملکرد بیولوژیکی تحت تاثیر واریته معنی دار نبود ولی عملکرد بیولوژیکی تحت تاثیر کود بور اختلاف معنی داری را نشان داد. Alihosinpourو همکاران (۳۳) گزارش کردند که عملکرد بیولوژیکی سویا در اثر کاربرد بور اختلاف معنی داری را نشان نداد، که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که شاخص برداشت تحت تاثیر عامل واریته و تحت تاثیر سطوح مختلف کود بور معنی دار بود. ولی اثر متقابل واریته و کود بور تاثیر معنی داری روی شاخص برداشت نداشت. مصرف چهار کیلوگرم بور در هکتار از طریق افزایش کارایی انتقال مواد فتوسنتزی به اندام های زایشی، موجب افزایش عملکرد اقتصادی گیاه و در نهایت افزایش شاخص برداشت شده است. ولی چنانچه پیش تر نیز ذکر شد مقادیر بیش از آن (به ویژه در هشت کیلوگرم بور در هکتار) بر گیاه اثرات سوء داشته و عملکرد اقتصادی گیاه و نیز شاخص برداشت را کاهش داده است. Malakouti و Keshavarz (۲٤) اثرات مثبت بور را به دلیل افزایش فراهمی مواد حاصل از فتوسنتز و افزایش فعالیت آنزیمی و اثرات منفی آن را به دلیل مسائل فیزیولوژیکی و صدمه به پروتوپلاسم بیان نمودند.

نتایج نشان داد که عملکرد روغن تحت تاثیر واریته های مختلف و سطوح مختلف کود بور معنی دار بود. تولید روغن بستگی به درصد روغن و عملکرد دانه دارد. نتایج مشابهی در تحقیقات Safdar و همکاران (٤٨)، Dhaliwal و همکاران (٤٩)، Malakouti و Keshavarz (۲٤) و Movahhedi Dehnavi (٥٠) گزارش شده است. همچنین Nuttall و همکاران (۳٦) در آزمایشی مشابه روی کلزا، افزایش محتوی روغن دانه را با مصرف بور گزارش نمودند که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. علاوه بر این، در پژوهشی دیگر بر روی گیاه کنجد، افزایش میزان روغن دانه با افزایش غلظت تیمار بور گزارش شد (٤٦).

نتایج نشان داد که غلظت بور در کل بوته تحت تاثیر عامل واریته و تحت تاثیر عامل کود بور معنی دار شد ولی اثر متقابل تاثیر معنی داری روی غلظت بور در گیاه نداشت. در پژوهشی بر روی گیاه کنجد، افزایش میزان بور همسو با افزایش غلظت تیمار بور (کاربرد بصورت اسپری برگی) گزارش شد (٤٦).Dinh و همکاران (٥١) گزارش کردند افزایش مقدار مصرف بور، افزایش جذب بور توسط گیاه را به همراه داشته است. در مطالعه ای دیگر، افزایش محتوای بور در گیاه زیتون (٥۲) و کاهو (٥۳) تحت تیمار بور گزارش شد.

نتیجه گیری

کاربرد عنصر ریزمغذی بور، از طریق افزایش اجزای عملکرد به ویژه تعداد طبق در متر مربع و وزن هزار دانه سبب افزایش عملکرد دانه و روغن گلرنگ گردید. نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان داد که عنصر بور بر ویژگی های کمی و کیفی گیاه گلرنگ اثر معنی داری دارد لذا می توان از آن درکاهش اثرات زیست محیطی ناشی از مصرف بی رویه کودهای شیمیایی، کاربرد عناصر ریزمغذی بعنوان یک راهکار مدیریتی کارآمد در تولید محصولات زراعی استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

از مدیریت هنرستان کشاورزی شهید باهنر شوشتر، جناب آقای مهندس علیرضا رجب زاده برای فراهم کردن شرایط این پژوهش کمال تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که تعارض در منافع وجود ندارد.

References

1. Delshad E, Yousefi M, Sasannezhad P, Rakhshandeh H, Ayati Z. Medical uses of Carthamus tinctorius L. (Safflower): A comprehensive review from traditional medicine to modern medicine. Electronic Physician 2018; 10(4): 6672-6681.
https://doi.org/10.19082/6672

2. Wu X, Cai X, Ai J, Zhang C, Liu N, Gao W. Extraction, structures, bioactivities and structure-function analysis of the polysaccharides From safflower (Carthamus tinctorius L.). Frontiers in Pharmacology 2021; 12: 767947.
https://doi.org/10.3389/fphar.2021.767947

3. Khalid N, Khan RS, Hussain MI, Farooq M, Ahmad A, Ahmed I. A comprehensive characterisation of safflower oil for its potential applications as a bioactive food ingredient - A review. Trends in Food Science & Technology 2017; 66: 176-186.
https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.009

4. Golkar P. Breeding improvements in safflower (Carthamus tinctorius L.): A review. Australian Journal of Crop Science 2014; 8(7): 1079-1085.

5. Hussain MI, Lyra DA, Farooq M, Nikoloudakis N, Khalid N. Salt and drought stresses in safflower: a review. Agronomy for Sustainable Development 2016; 36: 4.
https://doi.org/10.1007/s13593-015-0344-8

6. Matthaus B, Özcan MM, Al Juhaimi FY. Fatty acid composition and tocopherol profiles of safflower (Carthamus tinctorius L.) seed oils. Natural Product Research 2015; 29(2): 193-196.
DOI: 10.1080/14786419.2014.971316.

7. Liu L, Guan LL, Wu W, Wang L. A review of fatty acids and genetic characterization of safflower (Carthamus tinctorius L.) seed oil. Organic Chemistry: Current Research 2016; 5(1): 160.
DOI:10.4172/2161-0401.1000160

8. Tunçtürk M, Rezaee Danesh Y, Tunçtürk R, Oral E, Najafi S, Nohutçu L, Jalal A, Eduardo C, Filho MC. Safflower (Carthamus tinctorius L.) response to cadmium stress: morpho-physiological traits and mineral concentrations. Life (Basel) 2023; 13(1): 135.
https://doi.org/10.3390/life13010135

9. Chen Y, Li M, Wen J, Pan X, Deng Z, Chen J, Chen G, Yu L, Tang Y, Li G, Xie X, Peng C. Pharmacological activities of safflower yellow and its clinical applications. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine 2022; 2022: 2108557.
DOI: 10.1155/2022/2108557

10. Long Y, Peng J. Interaction between boron and other elements in plants. Genes 2023; 14(1): 130.
https://doi.org/10.3390/genes14010130

11. Abou Seeda M, Hellal F, El Sayed S, Abou El-Nour E. Boron's importance in plant development and growth: A review. Egyptian Journal of Agronomy 2017; 39(2): 159-166.
DOI: 10.21608/agro.2017.499.105

12. Lewis DH. Boron: the essential element for vascular plants that never was. New Phytologist 2019; 221(4): 1685-1690.
https://doi.org/10.1111/nph.15519

13. Landi M, Degl Innocenti E, Pardossi A, Guidi L. Antioxidant and photosynthetic responses in plants under boron toxicity: a review. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 2012; 7: 255-270.

14. Ganjeali A, Saffar Yazdi A, Chenyani M, Lahouti M, Rezaei Z. The effects of boron on improving aluminium tolerance in coriander (Coriandrum sativum L.). Iranian

Journal of Plant Biology 2015; 7(23): 63-74.

15. Pereira GL, Siqueira JA, Cardoso FB, Araújo WL. Boron: more than an essential element for land plants? Frontiers in Plant Science 2021; 11: 610307.

https://doi.org/10.3389/fpls.2020.610307

16. Ghaffari Nejad SA, Etesami H. The importance of boron in plant nutrition (Chapter 20). 2020; 433-449. In: Metalloids in Plants: Advances and Future Prospects. **https://doi.org/10.1002/9781119487210.ch20**

17. Shireen F, Nawaz MA, Chen C, Zhang Q, Zheng Z, Sohail H, Sun J, Cao H, Huang Y, Bie Z. Boron: functions and approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture. International Journal of Molecular Sciences 2018; 19(7).

https://doi.org/10.3390/ijms19071856

18. Brdar-Jokanović M. Boron toxicity and deficiency in agricultural plants. International Journal of Molecular Sciences 2020; 21(4).

https://doi.org/10.3390/ijms21041424

19. Rerkasem B, Jamjod S, Pusadee T. Productivity limiting impacts of boron deficiency, a review. Plant Soil 2020; 455: 23-40.

https://doi.org/10.1007/s11104-020-04676-0

20. Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. 3rd Ed. Academic Press, London, 2011, pp: 135-178.

21. Zand B, Soroosh Zadeh A, Ghanati F, Moradi F. Effect of zinc and auxin foliar application on some anti-oxidant enzymes activity in corn leaf. Iranian Journal of Plant Biology 2010; 2(1): 35-48.

22. Grant CA, Bailey LD. Fertility management in canola production. Canadian Journal of Plant Science 2013; 73: 651-670.

23. Matthes MS, Robil JM, McSteen P. From element to development: The power of the essential micronutrient boron to shape morphological processes in plants. Journal of Experimental Botany 2020; 71(5): 1681-1693. **https://doi.org/10.1093/jxb/eraa042**

24. Malakouti MJ, Keshavarz P. The role of boron in optimal plant nutrition (in persian). Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran. 2012; 138.

25. Moradi-Telavat MR, Siadat SA, Nadian H, Fathi G. Response of rapeseed growth and yield to different levels of nitrogen and boron in Ahvaz region. Proceedings of the 10th Soil Science Congress of Iran. Karaj. 2007.

26. Kamaraki H, Galavi M. Evaluation of foliar Fe, Zn and B micronutrients application on quantitative and qualitative traits of safflower (Carthamus tinctorius L.). Journal of Agroecology 2013; 4(3): 201-206.

DOI: 10.22067/jag.v4i3.15308.

27. Ateegue M, Malewar GU, More SD. Influence of phosphorus and boron on yield and chemical composition of sunflower. Journal of the Indian Society of Soil Science 1993; 41: 100-102.

28. Brighenti AM, Castro C. Boron foliar application on sunflower (Helianthus annuus L.). HELIA 2008; 31(48): 127-136.

DOI: 10.2298/HEL0848127B.

29. Safari M, Madadizade M, Shariatinia F. Investigation of nutritional effects of nitrogen, boron and sulfur on quantitative and qualitative charactristics of safflower grain (Carthamus tinctorius L.). Iranian Journal of Field Crop Science 2011; 42(1): 133-141.

30. Bowyzys T, Krauz A. Effect of boron fertilizers yield content and uptake of boron by spring oil seed rape variety star. Rosliny Oleiste 2000; 21: 813-817.

31. Barmaki Y, Jalili F, Eivazi AR, Rezaei A. Effect of foliar Application of zinc, iron and boron on yield and quality of two cultivars of sunflower oil. Jouenal of Research in Crop Sciences 2010; 2(6): 13-26.

https://sid.ir/paper/168076/en

32. Pazoki AR, Monem R, Madani H. Effect of boron foliar application levels on yield on yield yield and yield components of winter rapeseed cultivars in Shahr-e-rey region. Journal of Crop Production Research (Environmental Stresses In Plant Sciences) 2013; 4(4): 367-378.

33. Alihosinpour F, Rafiee M, Farnya A. Investigation the effect boron failiar application on quality and quantitative characteristics of soybean genotypes. Crop Physiology Journal 2011; 3(11): 33-46.

http://cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-104-en.html

34. Nasef MA, Badran NM, Abd El-Hamide AF. Response of peanut to foliar spray with boron and/or rhizobium inoculation. Journal of Applied Sciences Research 2006; 2(12): 1330-1337.

35. Kazemi Z. The effect of late season heat stress caused by late planting dates and boron consumption on the yield and quality of canola. Ramin University of Agriculture and Natural Resources. Faculty of Agriculture. Master's thesis [in persian]. 2013.

36. Nuttall WF, Ukrainetz H, Stewart JWB, Spurr DT. The

effect of nitrogen sulfhur and boron on yield and quality of rapeseed (Brassica napus L. and B. campestris L.). Canadian Journal of Soil Science 1987; 67: 545-559.

37. Siew WL, Tang TS, Tan YA. PORIM: Test Methods. Palm Oil Research Institute of Malaysia. Kuala Lumpur, 1997.

38. Harp DL. Modifications to the azomethine-H method for determining boron in water. Anal Chim Acta 1997; 346: 373-379.

39. Tariq M, Mott CJB. The significance of boron in plant nutrition and environment- A review. Journal of Agronomy 2007; 6: 1-10.

40. Day S, Aasim M. Role of boron in growth and development of plant: deficiency and toxicity perspective. In: Aftab T, Hakeem KR. (Eds.) Plant Micronutrients. Springer, Cham. 2020.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-49856-6_19

41. Imam M, Niknejad M. An introduction to the physiology of crop plants. Translation. Shiraz University Publications [in persian]. Third edition. 2011; 594 pp.

42. Fathi Q. Growth and nutrition of agricultural plants (translation). Publications of University Jihad of Mashhad. 2008.

43. Bariya H, Bagtharia S, Patel A. Boron: a promising nutrient for increasing growth and yield of plants. In: Hawkesford M, Kopriva S, De Kok L. (Eds.) Nutrient Use Efficiency in Plants. Plant Ecophysiology, 2014; Vol 10, Springer, Cham.

https://doi.org/10.1007/978-3-319-10635-9_6

44. Öktem AG. Effects of different boron applications on seed yield and some agronomical characteristics of red lentil. Turkish Journal of Field Crops 2022; 27(1): 112-118.
DOI: 10.17557/tjfc.1106779

45. Halim A, Paul SK, Sarkar MA, Rashid MH, Perveen S, Mia ML, Islam MS, Islam AK. Field assessment of two micronutrients (zinc and boron) on the seed yield and oil content of mustard. Seeds. 2023; 2(1): 127-137.

https://doi.org/10.3390/seeds2010010

46. Khuong NQ, Thuc LV, Tran NTB, Huu TN, Sakagami J-I. Foliar application of boron positively affects the growth, yield, and oil content of sesame (Sesamum indicum L.). Open Agriculture 2022; 7(1): 30-38.

https://doi.org/10.1515/opag-2022-0067

47. Ahmad A, Tahir M, Ullah E, Naeem M, Ayub M, Rehman HU. Effect of silicon and boron foliar application on yield and quality of rice. Pakistan Journal of Life and -Social Science. 2012; 10(2): 161-165.

48. Safdar ME, Qamar R, Javed A, Nadeem MA, Javeed HM, Farooq S, Głowacka A, Michałek S, Alwahibi MS, Elshikh MS, Ahmed MA. Combined application of boron and zinc improves seed and oil yields and oil quality of oilseed rape (Brassica napus L.). Agronomy 2023; 13(8): 2020.

https://doi.org/10.3390/agronomy13082020

49. Dhaliwal SS, Sharma V, Shukla AK, Verma V, Behera SK, Sandhu PS, Kaur K, Gaber A, Althobaiti YS, Abdelhadi AA, Hossain A. Assessment of agroeconomic indicators of sesamum indicum L. as influenced by application of boron at different levels and plant growth stages. Molecules 2021; 26(21): 6699.

https://doi.org/10.3390/molecules26216699

50. Movahhedi Dehnavi M. Improvement of yield, oil and protein percentage of sesame (Sesamum indicum L.) under drought stress by foliar application of zinc and boron. Journal of Crop Production. 2016; 9(1): 163-180.
DOI: 10.22069/ejcp.2016.2962

51. Dinh AQ, Naeem A, Mühling KH. Growth and distribution of boron in oilseed rape (Brassica napus L.) as affected by boron supply. Plants 2022; 11(20): 2746.
https://doi.org/10.3390/plants11202746

52. Rostami H, Tabatabei SJ, Zare Nahandi F, Rahman Pour Azar M. Effects of different concentrations of boron on concentration and distribution of this element and some other nutrients in hydroponic condition in two olive cultivars. Iranian Journal of Horticultural Science 2014; 45(1): 93-101.

DOI: 10.22059/ijhs.2014.50945

53. Behtash F, Fakhr Ghazi H, Hasanbarani M. Interaction effects of different amounts of zinc (Zn) and boron (B) on growth and antioxidative enzymes activity in lettuce (Lactuca sativa L. cv. Paris Island) plant. Iranian Journal of Biological Sciences. 2022; 17(1): 31-47.

DOI: 10.30495/zisti.2022.1963256.1128