به زراعی کشاورزی
دوره ۱۸ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۵
صفحه‌های ۶۷-۵۵

واکنش فیزیولوژی، رشد و عملکرد کلزا به مصرف بور تحت تنش گرمایی ناشی از کشت‌های دیرهنگام

محمدرضا مرادی تلاوت[۱]*، زهره کاظمی[۲] و سیدعطاءاله سیادت[۳]

۱. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، اهواز – ایران
۲. کارشناس ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، اهواز – ایران
۳. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، اهواز – ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۴/۲۱

چکیده

با هدف مطالعه واکنش فیزیولوژی و عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) به مصرف بور و گرمای ناشی از کشت‌های دیرهنگام، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار، در مزرعه دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا گردید. تاریخ‌های کاشت (۲۷ آبان، ۱۲ آذر، ۲۶ آذر و ۹ دی) در کرت‌های اصلی و سطوح مصرف بور (شاهد، ۱۰ کیلوگرم بور در هکتار به صورت خاک‌کاربرد و محلول‌پاشی در مرحله هشت‌برگی و غنچه‌دهی) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تاریخ کاشت تأثیری معنی‌دار بر محتوای نسبی آب برگ، پایداری غشای سلول، فعالیت آنزیم پراکسیداز، شاخص سطح برگ، دمای سایه‌انداز، عملکرد دانه و ماده خشک کلزا داشت. مصرف بور اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ، فعالیت آنزیم پراکسیداز و عملکرد داشت. کشت دیرهنگام سبب افزایش دما در مرحله گل‌دهی و کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و ماده خشک گردید. با تأخیر در کاشت از ۲۷ آبان تا ۹ دی، عملکرد دانه به میزان ۶۰/۵ درصد کاهش یافت. مصرف خاکی بور، عملکرد دانه را به میزان ۲۳ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. تنش گرما اثر کاهنده بر محتوی نسبی آب برگ، پایداری غشا و شاخص سطح برگ داشت. مصرف عنصر بور سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم پراکسیداز و شاخص سطح برگ گردید. به‌طورکلی، بیشترین عملکرد دانه (۴۵۷۹/۷ کیلوگرم در هکتار) از تاریخ کاشت ۲۷ آبان ماه و مصرف خاک کاربرد ۱۰ کیلوگرم بور در هکتار و کمترین عملکرد دانه (۷۶۸ کیلوگرم در هکتار) از تاریخ کاشت نهم دی و بدون مصرف بور به‌دست آمد.

کلیدواژه‌ها: پایداری غشاء، پراکسیداز، محتوی نسبی آب برگ، گل‌دهی، محلول‌پاشی

* نویسنده مسئول Email: moraditelavat@ramin.ac.ir

۱. مقدمه

تأثیر دما بر عملکرد به مرحله رشد گیاه که در طی آن دما تغییر می‌کند، بستگی دارد. با افزایش دما سرعت نمو گیاه بیشتر شده و از این راه بر عملکرد اثر می‌گذارد. در گیاهان زراعی مختلف، حساسیت مراحل نمو زایشی به تنش گرما مورد توجه قرار گرفته است [۶]. تأثیر تنش گرما در طی گل‌دهی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان زراعی نظیر کلزا به خوبی بررسی شده است. دمای بالای هوا طی دوره زایشی سبب کاهش باروری و عملکرد دانه شده است [۱۷ و ۳۵]. در چنین شرایطی سطح برگ گیاه به شدت افت می‌کند و همچنین ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها از جمله کلروفیل برگ کاهش معنی‌داری از خود نشان می‌دهد. کاهش پایداری غشاهای سلولی و کاهش درصد رطوبت نسبی برگ‌ها نیز سبب اختلال در رشد و متابولیسم سلول‌های گیاه می‌شود [۵] عملکرد در شرایط تنش تحت تأثیر عوامل محیطی و زراعی قرار می‌گیرد و حفظ و بهبود آن مستلزم تدابیر به‌زراعی و به‌نژادی است. در روش‌های به‌زراعی با استفاده از نهاده‌های مرغوب اعمال مدیریت‌های زراعی مناسب می‌توان عملکرد در واحد سطح را افزایش داد، ولی در روش‌های به‌نژادی با استفاده از انتخاب و اصلاح گیاهان، می‌توان عملکرد در واحد سطح بالاتری تولید کرد [۱۱].

یکی از نیازهای مهم در برنامه‌ریزی زراعی به منظور حصول عملکرد مناسب و کیفیت مطلوب مخصوصاً در شرایط تنش، توجه به تغذیه گیاه است. تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی محصول به شمار می‌آید [۱]. در تغذیه صحیح گیاه نه تنها باید هر عنصر غذایی به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار گیرد، بلکه ایجاد تعادل و رعایت نسبت میان همه عناصر غذایی از اهمیّت زیادی برخوردار است. کودها با بهبود شرایط خاک و کنترل میزان عناصر ضروری، باعث افزایش رشد، عملکرد و همچنین بهبود کیفیت در نباتات، به ویژه گیاهان زراعی می‌شوند [۱۲].

عنصر بور یکی از عناصر غذایی کم‌مصرف برای رشد گیاهان است که برای رشد طبیعی گیاه ضروری بوده و کمبود آن سبب توقف رشد و کاهش عملکرد می‌گردد [۲۷]. بور نقش عمده‌ای در فعالیت‌های حیاتی گیاهی دارد و در تقسیم سلولی بافت‌های مریستمی، تشکیل جوانه‌های برگ و گل، ترمیم بافت‌های آوندی، متابولیسم قند و مواد هیدروکربن‌دار و انتقال آنها، تنظیم مقدار آب و هدایت آن در سلول، انتقال کلسیم در گیاه و تنظیم نسبت کلسیم به پتاسیم در بافت‌های گیاهی، سنتز پروتئین، رشد ریشه، متابولیسم چربی و سنتز پکتین دیواره سلولی و نقل و انتقال مواد محلول در بین سلول‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند. همچنین این عنصر، مقاومت گیاهان را نسبت به سرما و بیماری‌ها افزایش می‌دهد [۱۳]. کلزا در دسته گیاهان پرنیاز به این عنصر کم مصرف در مقایسه با سایر عناصر قرار دارد. در آزمایشی بیشتر واریته‌های کلزا از جمله هیبرید 'هایولا ۴۰۱'، در واکنش به مصرف بور افزایش معنی‌داری در رشد گیاهچه و تولید ماده خشک نشان دادند [۹]. رشد زایشی گیاه نیز تحت تأثیر مصرف این عنصر قرار گرفته است که تعداد دانه در خورجین کلزا در اثر مصرف بور افزایش قابل توجهی را نشان داده است [۳۲]. این موارد نشان‌دهنده تأثیر مثبت مصرف این عنصر در مراحل مختلف رشد کلزا، افزایش غلظت این عنصر در بافت گیاه و در نتیجه افزایش رشد و عملکرد دانه است.

باتوجه به این‌که کلزا به طور طبیعی یک گیاه سه کربنه است که بیشتر در مناطق معتدل یا سردسیر رشد می‌کند، کشت این گیاه در مناطق مختلف کشور به‌خصوص مناطق جنوبی از جمله خوزستان در پاییز و زمستان‌های معتدل صورت می‌گیرد. با این حال، در برخی سال‌ها از اواسط

اسفندماه که مصادف با مرحله گل‌دهی این گیاه در منطقه است، دمای هوا به بالاتر از آستانه دمایی قابل تحمل این گیاه یعنی بالاتر از ۳۰ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد [۳۳]. این پدیده در صورت تأخیر در کاشت گیاه در اواسط پاییز که به دلایلی همچون کشت دیرهنگام گیاهان ماقبل و یا بارندگی‌های سنگین پاییز به طور معمول روی می‌دهد، تشدید می‌گردد. بنابراین در چنین مواقعی کاربرد عناصر غذایی مانند بور که نقش آنها در رشد زایشی گیاه به ترتیبی که مرور شد، به اثبات رسیده است می‌تواند راهکاری برای افزایش تحمل گیاه به افزایش دمای ناشی از کاشت دیرهنگام کلزا باشد. مطالعاتی در زمینه نقش عنصر کم‌مصرف بور در تحمل به گرما در گیاهان زراعی مشاهده نشده است. با این حال، به دلیل نیاز بالای کلزا به این گیاه و اثر بر افزایش عملکرد کلزا از راه بهبود تلقیح گل‌ها و درنتیجه افزایش تعداد دانه در خورجین [۳۲] که در هنگام بروز تنش گرما با مشکل روبرو می‌شود [۱۷ و ۳۳]. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی واکنش فیزیولوژی کلزا به مصرف بور در کاشت‌های دیرهنگام می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین واقع در ملاثانی، ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی، با ارتفاع حدود ۲۰ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا گردید. براساس آمار هواشناسی بلندمدت، شهر ملاثانی با داشتن متوسط بارندگی سالیانه حدود ۱۶۹ میلی‌متر، متوسط دما ۲۳ درجه سلسیوس و متوسط حداکثر و حداقل دما به ترتیب ۳۶ و ۹/۵ درجه سلسیوس از لحاظ اقلیمی در گروه مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نیز در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱. آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی اهواز طی مدت اجرای آزمایش (سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲)

ماه‌های سال	حداقل دما (°C)	حداکثر دما (°C)	میانگین دما (°C)	بارندگی (mm)	ساعات آفتابی	مجموع تبخیر (mm)
آبان	۱۶	۲۷/۶	۲۱/۸	۵۳/۲	۱۷۷/۴	۱۱۲/۶
آذر	۱۰/۶	۲۰/۵	۱۵/۵	۹	۱۷۷/۹	۶۵/۵
دی	۶/۹	۱۶/۳	۱۱/۶	۸۸	۱۵۸/۸	۴۳/۷
بهمن	۸/۶	۱۹/۴	۱۴	۴/۷	۲۱۶/۵	۷۷/۹
اسفند	۱۳/۴	۲۶/۲	۱۹/۸	۳۵/۳	۲۱۷/۵	۱۳۹/۶
فروردین	۱۶/۷	۳۰/۴	۲۳/۶	۳۲/۵	۲۶۴/۱	۲۳۹

آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. در این آزمایش چهار تاریخ کاشت شامل: ۲۷ آبان (D_1)، ۱۲ آذر (D_2)، ۲۶ آذر (D_3) و ۹ دی (D_4) به عنوان کرت اصلی و مصرف کود بور به صورت عدم مصرف (B_0)، ۱۰ کیلوگرم در هکتار به روش خاک کاربرد (B_1) و

محلول‌پاشی با نسبت سه گرم در هزار میلی‌لیتر آب در مراحل روزت (B_2) و غنچه‌دهی (B_3) درنظر گرفته شدند. بور مورد نیاز در این آزمایش از منبع اسید بوریک با حدود ۱۷ درصد بور خالص تأمین و مصرف گردید. کود بور مصرفی خاک کاربرد پیش از کاشت با خاک در کرت‌های مورد بررسی مخلوط گردید. محلول‌پاشی بور نیز در اوایل صبح با استفاده از پمپ دستی انجام شد. رقم مورد بررسی در این آزمایش هیبرید 'هایولا ۴۰۱' بود که از ارقام زودرس می‌باشد. طول هر کرت فرعی چهار متر و عرض آن دو متر و دارای هشت خط کاشت با فاصله ۲۰ سانتی‌متری از یکدیگر بود. کود نیتروژن (از منبع اوره) به میزان ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار در سه مرتبه (یک سوم پس از سبز شدن گیاهچه‌ها بر روی خاک، یک سوم در مرحله سه تا چهاربرگی و پس از عملیات تنک و یک سوم در آغاز رشد طولی ساقه) به‌کار برده شد. توزیع کود سرک به صورت محلول در آب آبیاری انجام شد، بدین صورت که پس از آبیاری و ساکن شدن آب، کود درون آب پاشیده شد. جهت کاهش رقابت درون‌گونه‌ای در مرحله سه‌برگی بوته‌های اضافه تنک شدند و کنترل علف‌های هرز در سه نوبت و در مراحل چهاربرگی، هشت‌برگی و قبل از گل‌دهی به صورت وجین دستی صورت گرفت. عملیات برداشت در تاریخ ۲۲ فروردین تا اوایل اردیبهشت به صورت دستی و با داس از فاصله چهار تا پنج سانتی‌متری سطح زمین انجام شد.

برای تعیین شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی از خطوط کاشت دوم در هر کرت و از میان برگ‌های ۵ بوته، بعد از جدا نمودن برگ‌ها از طریق روش دیسک‌برداری و استفاده از نسبت سطح به وزن سطح آنها محاسبه گردید. پایداری غشای سلول (میزان نشت الکترولیت‌ها) در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی اندازه‌گیری شد [۲۹] و اندازه‌گیری رطوبت نسبی برگ در مرحله گل‌دهی انجام شد [۲۲]. میزان کلروفیل نیز با استون ۸۰ درصد استخراج شد [۱۸]. به منظور اندازه‌گیری دمای سایه‌انداز جامعه گیاهی، از دستگاه دماسنج (ترمومتر) مادون قرمز استفاده شد. دمای سایه‌انداز در مرحله گل‌دهی، در بین ساعت‌های ۱۱ تا ۱۳ روزهای آفتابی و بدون وزش باد و سه تا چهار روز پس از آبیاری مزرعه اندازه‌گیری شد [۱۹]. جهت ارزیابی شاخص سبزینگی از دستگاه کلروفیل‌متر دستی (اسپد[1]) استفاده گردید. از هر کرت، از خطوط میانی، سه بوته و از هر بوته جوان‌ترین برگ گسترش یافته انتخاب و از هر برگ سه نقطه سبزینه‌ای قرائت گردید. فعالیت آنزیم پراکسیداز با کاربرد بافر فسفات پتاسیم، گوئیکول و پراکسید هیدروژن و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد [۲۴]. تعداد روز تا ۵۰ درصد غنچه‌دهی، گل‌دهی و رسیدگی نیز با یادداشت‌برداری از کرت‌های آزمایشی به عنوان مراحل نموی مهم گیاه گلرنگ مورد بررسی قرار گرفت [۳۲]. تعیین محتوی بور در گیاه با روش رنگ‌سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد [۳۲].

تجزیه واریانس تمام صفات آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار[2] (LSD) در سطح احتمال خطای پنج درصد انجام گرفت. در صورت معنی‌داری اثر متقابل فاکتورها، از تفسیر اثر اصلی هر کدام از فاکتورها به‌طور جداگانه خودداری شد و تنها برش‌دهی اثر متقابل صورت گرفت. همچنین صرف نظر از معنی‌دار شدن یا نشدن اثر متقابل، برای مشخص شدن تیمارهای برتر، مقایسه میانگین ترکیب‌های تیماری صورت گرفت [۴].

1. Spad
2. Least Significant Difference

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی

اثر تاریخ کاشت و کاربرد بور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین سطح برگ در تاریخ کاشت اول با میانگین ۳/۹۶ و کمترین سطح برگ در تاریخ کاشت چهارم با میانگین ۲/۰۲ مشاهده شد (جدول ۲). در مورد کاربرد بور بیشترین شاخص سطح برگ با میانگین ۳/۷۳ از مصرف بور به صورت خاک کاربرد و کمترین میزان با میانگین ۲/۴۶ از عدم مصرف بور حاصل گردید. دما یکی از عوامل مهم در رشد، توسعه و دوام سطح برگ‌ها است. در گندم کاهش سطح برگ در تاریخ کاشت تأخیری می‌تواند یکی از دلایل کاهش عملکرد باشد، زیرا در فاصله زمانی قبل و بعد از گل‌دهی، وجود شاخص سطح برگ پایین باعث کاهش تولید ماده خشک کل و عملکرد دانه می‌شود [۵]. تأخیر در کاشت و افزایش میانگین دما در فصل رشد باعث کاهش طول مراحل نمو از جمله دوره آغازش برگ می‌شود، لذا تعداد برگ‌ها و اندازه‌ی آنها کاهش می‌یابد [۱۵].

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات برخی صفات فیزیولوژی کلزا تحت سطوح تاریخ کاشت و مصرف بور

تاریخ کاشت	شاخص سطح برگ	محتوی نسبی آب برگ (٪)	دمای سایه‌انداز (C°)	پایداری غشا (٪)
۲۷ آبان	۳/۹۶[a]	۷۹/۳۵[a]	۲۰/۶[a]	۸۳/۲۹[a]
۱۲ آذر	۳/۴۹[a]	۷۴/۷۳[b]	۳۴/۹۹[b]	۸۰/۸۴[a]
۲۶ آذر	۲/۹۶[b]	۷۰/۱۱[c]	۳۵/۲۳[b]	۶۸/۸۴[b]
۹ دی	۲/۰۲[c]	۶۵/۰۷[d]	۳۵/۹۲[b]	۶۳/۵۵[c]
سطوح بور				
صفر (شاهد)	۲/۴۶[c]	-	-	-
۱۰ کیلوگرم بور در هکتار	۳/۷۳[a]	-	-	-
محلول‌پاشی در مرحله به عنوان	۳/۳۵[a]	-	-	-
محلول‌پاشی در آغاز غنچه‌دهی	۲/۸۹[b]	-	-	-

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

شاخص سطح برگ از پارامترهای مهم در ارزیابی رشد یک جامعه گیاهی است که اندازه و پویایی آن به عوامل متعدد بستگی دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان شاخص سطح برگ کاملاً تحت تأثیر شرایط حرارتی و تغذیه‌ای محیط بود. در توصیف دلیل افزایش شاخص سطح برگ در اثر کاربرد عنصر بور به نظر می‌رسد که بور باعث تولید بیشتر کلروفیل در برگ‌های گیاه، افزایش فتوسنتز و درنتیجه افزایش سطح سبز برگ شده است. کاربرد میزان مناسب بور از طریق تأثیر بر رشد و توسعه سلول‌ها، تکامل و ترمیم آوندها و بهبود سیستم انتقال مواد منجر به ایجاد سطح برگ بیشتر در کلزا شده است [۱۴]. محققین در نتایج آزمایشات خود با کاربرد بور، ارتفاع متوسط بالاتر و سطح برگ بیشتر گیاه را در مراحل ابتدایی و انتهایی گیاهچه گزارش نمودند [۴۰].

محتوای نسبی آب برگ در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی

درصد محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر تیمار تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تاریخ کاشت ۲۷ آبان با میانگین ۷۹/۳۵ درصد و تاریخ کاشت نهم دی با میانگین ۶۵/۰۷ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین درصد محتوای نسبی آب برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). از آنجایی‌که مقدار نسبی آب برگ با حجم سلول رابطه دارد، بنابراین بازتاب مناسبی از توازن میان عرضه آب به برگ، پتانسیل آب برگ و بالاخره وضعیت رطوبتی گیاه است [۳۰]. با افزایش دمای هوا، دمای برگ نیز افزایش می‌یابد. افزایش دمای برگ سبب می‌شود تا فشار بخار اشباع برگ به شدت بالا رود و در اثر افزایش اختلاف فشار بخار بین برگ و هوا، سرعت تعرق نیز افزایش می‌یابد [۵]. نتایج آزمایش حاضر با نتایج سایر محققین نیز همخوانی داشت [۲۰ و ۲۱].

دمای سایه‌انداز در مرحله گل‌دهی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت دیرهنگام به عنوان تنش حرارتی بر دمای سایه‌انداز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین دمای سایه‌انداز در تاریخ کاشت نهم دی با میانگین ۳۵/۹۲ درجه سلسیوس و کمترین میزان در تاریخ کاشت ۲۷ آبان با میانگین ۲۰/۶۰ درجه سلسیوس مشاهده شد (جدول ۲). این امر نشان‌دهنده افزایش دمای سایه‌انداز در مرحله گل‌دهی بیش از حد بهینه کلزا در اثر تاریخ‌های کاشت ۱۲ آذر، ۲۶ آذر و ۹ دی است زیرا همان‌طورکه قبلاً گزارش شد، حداکثر دمای مناسب کلزا حدود ۲۷ درجه سلسیوس است. بنابراین مشخص می‌گردد که در آزمایش حاضر، تنش گرمایی در اثر تأخیر در کاشت بروز یافته و کاهش عملکرد ناشی از آن قابل انتظاراست [۳۳]. باتوجه به این که تأخیر در کاشت موجب کاهش رشد رویشی و تجمع مواد ذخیره‌ای می‌گردد، لذا، سطح برگ گیاه و ارتفاع آن کاهش می‌یابد و موجب افزایش دمای سایه‌انداز می‌گردد. با تأخیر در کاشت به دلیل مواجه شدن رشد گیاه با دمای بالاتر میزان دمای سایه‌انداز افزایش می‌یابد [۲۰ و ۲۱].

پایداری غشاء در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی

پایداری غشای سلول تحت تأثیر تیمار تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. تاریخ کاشت ۲۷ آبان با میانگین ۸۳/۲۹ درصد و تاریخ کاشت نهم دی با میانگین ۶۳/۵۵ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین پایداری غشاء را داشتند (جدول ۲). در شرایط تنش در غشای سلول، اسیدهای چرب غیراشباع تولید می‌شود که به خواص و ساختمان غشا آسیب می‌زنند و همین امر موجب افزایش در نفوذپذیری و کاهش پایداری غشا می‌شود و خروج محلول را افزایش می‌دهد که نتیجه آن افزایش هدایت الکتریکی است [۳۶]. دمای بالا، حرکت مولکول‌ها را تسریع کرده و پیوند داخل ماکرومولکول‌ها را سست می‌نماید، لذا سیالیت دو لایه چربی غشا به دلیل تجزیه پروتئین‌ها یا افزایش میزان اسیدهای چرب غیراشباع افزایش می‌یابد [۳۷].

فعالیت آنزیم پراکسیداز در مرحله ۵۰درصد گل‌دهی

تاریخ کاشت، بور و اثر متقابل آنها بر فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در تاریخ کشت ۲۷ آبان بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمار خاک‌کاربرد بور با میانگین ۱/۰۹ میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین مشاهده شد. همچنین در دو تاریخ کاشت ۱۲ و ۲۶ آذر بیشترین میزان فعالیت آنزیم مذکور با میانگین ۱/۲۶ و ۱/۷۲ میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین در تیمار محلول‌پاشی بور در مرحله روزت مشاهده شد. در تاریخ کاشت نهم دی بیشترین میزان فعالیت در تیمار

خاک‌کاربرد بور با میانگین ۲/۶۶ میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین مشاهده شد. کمترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در همه تاریخ‌های کاشت به تیمار شاهد اختصاص پیدا کرد (جدول ۳).

جدول ۳. مقایسه میانگین مصرف بور در هر تاریخ کاشت بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز

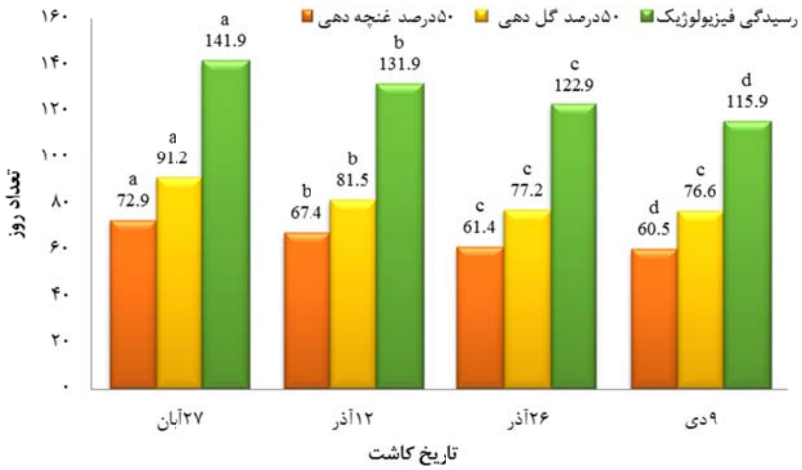
بور	تاریخ کاشت			
	۲۷ آبان	۱۲ آذر	۲۶ آذر	۹ دی
شاهد	۰/۹۷^{b}	۱/۰۰۲^{b}	۱/۲۳^{b}	۱/۴۱^{d}
خاک کاربرد	۱/۰۹^{a}	۱/۰۸^{b}	۱/۷۱^{a}	۲/۶۶^{a}
محلول‌پاشی در مرحله روزت	۱/۰۶^{a}	۱/۲۶^{a}	۱/۷۲^{a}	۱/۹۴^{b}
محلول‌پاشی در مرحله غنچه‌دهی	۱/۰۳^{ab}	۱/۲۰^{a}	۱/۷۰^{a}	۱/۲۶^{c}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد باهم ندارند.

تنش گرما باعث تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌گردد. تجمع این مواد موجب خسارت به لیپید غشا می‌شود که می‌تواند در نهایت موجب مرگ سلول گیاه شود [۳۱]. گیاهان آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی را جهت خنثی کردن این مواد تولید می‌کنند. یکی از این آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی پراکسیداز است که عنصر بور می‌تواند فعالیت این آنتی‌اکسیدان را افزایش دهد. بنابراین خسارت گونه‌های فعال اکسیژن کاهش می‌یابد و از این طریق، باعث کاهش خسارت دما می‌گردد [۳۹].

تعداد روز تا ۵۰ درصد غنچه‌دهی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک

تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد از مراحل غنچه‌دهی، گل‌دهی و رسیدگی تحت تأثیر معنی‌دار تاریخ کاشت قرار گرفت، تیمار بور اثر معنی‌داری بر مراحل نموی ذکر شده در گیاه نداشت. بیشترین تعداد روز از کاشت تا مرحله غنچه‌دهی مربوط به تاریخ کاشت ۲۷ آبان با میانگین حدود ۷۳ روز بود و کمترین میزان آن به تاریخ کاشت نهم دی با میانگین حدود ۶۰ روز تعلق داشت (شکل ۱).



شکل ۱. تأثیر تاریخ کاشت بر تعداد روز تا ۵۰ درصد غنچه‌دهی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژی

نتایج این بررسی نشان داد که افزایش دمای هوا در اثر تأخیر در کاشت باعث تسریع در رویش گیاه شده است [۱۶]. بیشترین طول دوره از کاشت تا ۵۰ درصد گل‌دهی مربوط به تاریخ کاشت ۲۷ آبان با میانگین روز، ۹۱/۱۸ بود که این امر باعث شد مجموع درجه حرارتی دریافتی توسط گیاه به نسبت تاریخ‌های کاشت بعدی بیشتر باشد. کاهش طول این دوره با افزایش میانگین دما هماهنگ است. در آزمایش دیگری نیز به نتایج مشابهی دست یافته‌اند [۳]. با بررسی تیمارها، بیشترین و کمترین تعداد روز از کاشت تا مرحله رسیدگی، مربوط به تاریخ کاشت ۲۷ آبان و نهم دی، با میانگین ۱۴۱/۸۷ و ۱۱۵/۸۷ روز بود (شکل ۱). افزایش دما و طول روز از طریق کاهش فرصت برای رشد و تولید اجزای عملکرد، سبب کاهش عملکرد نهایی می‌شود.

عملکرد دانه و ماده خشک

تأثیر تاریخ کاشت و زمان مصرف بور بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تاریخ کاشت اول با میانگین ۳۶۹۲/۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۱۴۵۸/۱ کیلوگرم در هکتار از تاریخ کاشت چهارم به‌دست آمد (جدول ۴). در مورد مصرف بور بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۳۲۷۰/۱ کیلوگرم در هکتار از تیمار خاک کاربرد و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۲۰۳۵/۳ کیلوگرم در هکتار از تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۵).

تأخیر در کشت کلزا به دلیل کوتاه شدن دوره رویشی، کاهش تولید مواد فتوسنتزی، درجه روز رشد و از طرف دیگر، برخورد با دمای بالا در طول دوره گل‌دهی و عقیم کردن و ریزش گل‌ها و همچنین کوتاه نمودن دوره زایشی موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. در چرخه زندگی کلزا، مرحله گل‌دهی حساس‌ترین مرحله به دمای بالا است و بروز تنش گرما در این مرحله سبب افت عملکرد دانه می‌شود [۱۷].

جدول ۴. مقایسه میانگین عملکرد دانه و ماده خشک کلزا تحت سطوح تاریخ کاشت و مصرف بور

تاریخ کاشت	عملکرد دانه (Kg/ha)	ماده خشک (Kg/ha)
۲۷ آبان	۳۲۹۲[a]	۲۴۵۸۱[a]
۱۲ آذر	۳۰۹۹[b]	۱۵۴۲۶[b]
۲۶ آذر	۲۰۵۲[c]	۱۱۶۳۹[c]
۹ دی	۱۴۵۸[d]	۹۶۸۲[d]
سطوح بور		
صفر (شاهد)	۲۰۳۵[d]	۱۳۰۹۵[c]
۱۰ کیلوگرم بور در هکتار	۳۲۷۰[a]	۱۶۶۶۵[a]
محلول‌پاشی در مرحله به عنوان	۲۶۸۸[b]	۱۶۱۷۸[b]
محلول‌پاشی در آغاز غنچه‌دهی	۲۳۰۹[c]	۱۵۸۲۹[b]

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با همدیگر ندارند

جدول ۵. مقایسه میانگین عملکرد و ماده خشک کلزا تحت ترکیبات تیماری تاریخ کاشت و مصرف بور

ترکیب تیماری	عملکرد دانه (kg/ha)	ماده خشک (kg/ha)
D_1B_0	۳۳۱۳/۸^{b}	۲۰۰۴۵^{a}
D_1B_1	۴۵۷۹/۷^{a}	۲۵۷۲۹^{a}
D_1B_2	۳۴۴۶/۳^{b}	۲۶۲۴۱^{a}
D_1B_3	۳۴۲۸/۹^{b}	۲۶۳۱۰^{a}
D_2B_0	۲۴۷۴/۹^{c}	۱۳۲۴۷^{dce}
D_2B_1	۳۷۹۹/۶^{b}	۱۶۵۴۵^{bc}
D_2B_2	۳۴۵۷/۷^{b}	۱۵۹۸۳^{bc}
D_2B_3	۲۶۶۵/۰^{c}	۱۵۹۳۰^{dc}
D_3B_0	۱۵۸۴/۲^{ef}	۱۰۵۰۷^{ef}
D_3B_1	۲۵۱۴/۹^{c}	۱۲۰۸۱^{def}
D_3B_2	۲۱۷۰/۴^{cd}	۱۱۶۱۷^{ef}
D_3B_3	۱۹۴۱/۸^{de}	۱۲۳۵۲^{def}
D_4B_0	۷۶۸/۲^{g}	۸۵۸۲^{f}
D_4B_1	۲۱۸۶/۱^{cd}	۱۰۵۵۱^{ef}
D_4B_2	۱۶۷۸/۰^{def}	۹۴۷۵^{ef}
D_4B_3	۱۲۰۰/۰^{gf}	۱۰۱۱۹^{ef}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال خطای پنج درصد ندارند.

D_1، D_2، D_3 و D_4 به ترتیب تاریخ‌هاش کاشت ۲۷ آبان، ۱۲ آذر، ۲۶ آذر و ۹ دی

B_0، B_1، B_2 و B_3 به ترتیب شاهد (عدم مصرف بور، ۱۰ کیلوگرم بور به صورت خاک‌کاربرد محلول‌پاشی در روزت و غنچه‌دهی

عنصر بور باعث افـزایش محتـوای کلروفیـل و شـدت فتوسنتز در برگ‌ها، افزایش تجمع ماده خشک در گیاه، بهبود انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌هـای رویشـی بـه انـدام‌هـای زایشی می‌شود. بنابراین می‌تواند باعث افزایش معنـی‌داری در عملکرد گردد [۳۴]. یافته‌های تحقیق حاضـر بـا نتـایج به‌دست آمده توسط سایر محققین مطابقت داشت [۲، ۲۳ و ۲۵]. بیشترین میزان عملکرد دانه از تاریخ کاشت ۲۷ آبان و کـاربرد ۱۰ کیلـوگرم در هکتـار بـور در خـاک (D_2B_1) بـا میانگین ۴۵۷۹/۷ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه در تـاریخ نهـم دی و شـاهد (D_4B_0) بـا میـانگین ۷۶۸/۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۵).

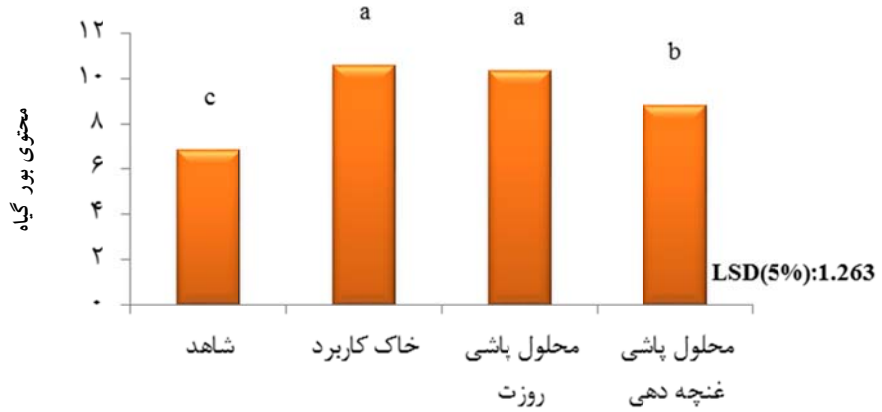
مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک نشان داد کـه ایـن صفت تحت تأثیر تاریخ کاشت و مصرف بور به ترتیـب در سطح احتمال خطای یک و پنج درصد قرار گرفت (جدول ۵). بیشـترین عملکـرد بیولـوژی بـا میـانگین ۲۴۵۸۱/۴ کیلوگرم در هکتار از تاریخ کاشت ۲۷ آبان و کمترین مقدار

آن از تاریخ کاشت ۹ دی با میانگین ۹۶۸۱/۸ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۴). در مورد عنصر بور بیشترین میانگین از مصرف خاک کاربرد بور به میزان ۱۶۲۲۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که با تیمارهای محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین در تیمار شاهد حاصل گردید (جدول ۴).

طویل شدن ساقه و محور گل‌آذین گیاه کلزا همزمان رخ می‌دهد و با توجه به اینکه در کشت‌های تأخیری گیاه مرحله رویشی را به خوبی طی نکرده و با پتانسیل برگ ضعیف وارد فاز زایشی می‌شود. لذا کاهش میزان آسیمیلات تولیدی علاوه بر ممانعت از طویل شدن ساقه و محور گل‌آذین تشکیل گل و خورجین را نیز محدود می‌کند و به عبارت دیگر، ظرفیت پذیرش مخزن و توان تولیدی منبع، هر دو کاهش می‌یابند [۷]. با تأخیر در کاشت، روزت ضعیف‌تر باعث کاهش عملکرد بیولوژی می‌شود [۸ و ۲۶]. بور نقش کلیدی در انتقال آب و مواد غذایی از ریشه به اندام‌های هوایی ایفا می‌کند. همچنین کاربرد بور به طرز بسیار معنی‌داری باعث افزایش سطح برگ، محتوای کلروفیل و شدت فتوسنتز در برگ‌ها و درنتیجه افزایش تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود [۳۴]. عملکرد ماده خشک کلزا در محلول‌هایی که حاوی ۰/۰۲۵ (کمبود) و ۵ (سمیت) میکروگرم در میلی‌لیتر بور بودند، کمتر از گیاهانی بود که در محلول حاوی ۰/۵ میکروگرم در میلی‌لیتر بور رشد کرده بودند [۲۸]. کاربرد روی و بور به صورت معنی‌داری باعث افزایش عملکرد بیولوژی در ذرت گردید [۴۱]. بیشترین عملکرد بیولوژی از تاریخ کاشت اول و محلول‌پاشی در مرحله غنچه‌دهی (D_1B_3) با میانگین ۲۶۳۱۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین از تاریخ کاشت آخر و شاهد (D_4B_0) با میانگین ۸۵۸۲ به‌دست آمد (جدول ۵).

محتوای بور در گیاه

محتوای بور گیاه تحت تأثیر مصرف بور در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد (شکل ۲). مصرف خاک کاربرد بور بیشترین میزان بور در گیاه را با میانگین ۱۰/۵۹ میلی‌گرم بور در کیلوگرم ماده خشک گیاه داشت که با تیمار محلول‌پاشی در مرحله روزت تفاوت معنی‌داری نداشت و تیمار شاهد با میانگین ۶/۸۱ میلی‌گرم بور در کیلوگرم ماده خشک گیاه کمترین میزان بور داشت (شکل ۲).



شکل ۲. تأثیر مصرف بور بر محتوای بور گیاه

افزایش مقدار مصرف بور افزایش جذب بور توسط گیاه را در پی داشته است و استفاده از کودهای محتوی بور سبب افزایش غلظت این عنصر در برگ گیاه گردید و کمترین غلظت عنصر بور از تیمار شاهد به‌دست آمد. این امر نشان‌دهنده تأثیر مصرف بور بر جذب این عنصر توسط گیاه در شرایط خاک‌های اهواز و کمک به رفع کمبود آن در گیاهان زراعی از جمله کلزا است [۹، ۱۰ و ۳۸].

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی با تأخیر در کاشت، افزایش دمای طی دوره رشد و وقوع تنش گرما، کلیه صفات مانند شاخص سطح برگ، ماده خشک کل، تعداد روز تا رسیدگی و طول دوره پر شدن دانه کاهش می یابند. در اثر تأخیر در کاشت میانگین دمای فصل رشد در مراحل آخر آن افزایش می‌یابد، لذا گیاه با دمای بالا مواجه می شود و این دمای بالا با تخریب ساختار غشای سلول، کاهش درصد رطوبت نسبی برگ که بالتبع موجب بسته شدن روزنه و درنتیجه کاهش فتوسنتز می شود و همچنین افزایش سرعت تجزیه کلروفیل و دمای کانوپی باعث کاهش توان رشدی گیاه می گردد. علاوه بر آن، تأخیر درکاشت کاهش عملکرد دانه و ماده خشک کل را به دنبال داشت. بور باعث افزایش سطح برگ، عملکرد بیولوژی، عملکرد دانه و شاخص برداشت شد. کاربرد بور به طور معنی داری باعث افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز گردید. این آنزیم فعالیت گونه های فعال اکسیژن که در شرایط تنش گرمایی تولید می‌شوند را خنثی می‌کند. کاربرد بور به صورت خاک کاربرد و محلول‌پاشی در مرحله روزت تأثیر بهتری نسبت به محلول‌پاشی در مرحله غنچه‌دهی دارد. در مجموع بیشترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت اول (۲۷ آبان) همراه با مصرف خاک‌کاربرد بور به‌دست آمد. کمترین میزان عملکرد دانه نیز در تاریخ کاشت آخر (۹ دی) بدون مصرف بور مشاهده شد (جدول ۵). در آزمایش حاضر، مصرف بور به صورت خاک‌کاربرد سبب افزایش عملکرد دانه گردید، درحالی‌که اثر متقابلی بین مصرف بور و تاریخ کاشت کلزا مشاهد نگردید.

منابع

۱. اکبری‌نیا ا، قلاوند ا، سفیدکن ف، رضایی م ب و شریفی آشورآبادی ا (۱۳۸۲) بررسی تأثیر کودهای شیمیایی، دامی و تلفیقی بر عملکرد و میزان ترکیبات اسانس دانه گیاه زنیان. پژوهش و سازندگی. ۶۱: ۴۱-۳۲.

۲. خیاوی م، اسماعیلی م و خورشیدی بنام م (۱۳۸۶) برهمکنش روی و بور در عملکرد و کیفیت کلزا. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج. صص. ۷۹۲-۷۹۱.

۳. داداشی ن ا و خواجه‌پور م ر (۱۳۸۲) اثر دما و طول روز بر مراحل نمو ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط مزرعه. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۷(۴): ۱۰۱-۸۳.

۴. سلطانی ا (۱۳۸۶) تجدید نظر در کاربرد روش‌های آماری در تحقیقات کشاورزی. جهاد دانشگاهی مشهد. ۷۴ ص.

۵. فتحی ق، مرادی تلاوت م ر و نادری عارفی ع (۱۳۸۹) فیزیولوژی کلزا. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۲۴۸ ص.

۶. فرجی ا (۱۳۹۱) تأثیر تنش گرما طی دوره زایشی بر خصوصیات کمی و کیفی کلزا. زیتون. ۳۲(۲۲۶): ۷۲-۶۸.

۷. فقیه پ (۱۳۷۹) بررسی عملکرد، اجزای عملکرد، روند رشد و شاخص های فیزیولوژیکی ارقام کلزا در منطقه دزفول. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول. ۱۹۹ ص.

۸. فنایی ح ر، قلاوی م، قنبری ا، سلوکی م و نـاروئی راد م ر (۱۳۸۷) تأثیر تاریخ کاشت و میزان بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.). علوم زراعی ایران. ۱۰(۱): ۳۰-۱۵.

۹. مرادی تلاوت م ر و فتحی ق (۱۳۸۷) واکنش متفاوت ژنوتیپ‌هـای مختلـف کلـزا بـه مصـرف بـور. علمـی کشاورزی. ۳۰(۴): ۱۳۹-۱۲۵.

۱۰. مرادی تلاوت م ر، سیادت س ع، نادیان ح و فتحی ق (۱۳۸۶) واکنش رشد و عملکرد کلزا به سطوح مختلف نیتروژن و بور در منطقه اهواز. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج. صص. ۴۶۷-۴۶۶.

۱۱. مظاهری د و مجنون حسینی ن (۱۳۸۴) مبانی زراعـت عمومی. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۰ ص.

۱۲. ملکـوتی م ج (۱۳۷۹) کشـاورزی پایـدار و افـزایش عملکرد و بهینـه‌سـازی مصـرف کـود در ایـران. نشـر آموزش کشاورزی، کرج.

۱۳. ملکوتی م ج و تهرانی م م (۱۳۷۸) نقش ریزمغذی‌هـا در افـزایش عملکـرد و بهبـود کیفیـت محصـولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۳۲۸ ص.

۱۴. ملکوتی م ج و متشـرع‌زاده ب (۱۳۷۸) نقـش بـور در افـزایش کمـی و بهبـود کیفـی تولیـدات کشـاورزی (مشـکلات و راهکارهـا). نشـر آمـوزش کشـاورزی. معاونت تات وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

۱۵. هـی ر ک ام و واکـر ا ج (۱۳۸۳) مقدمـه‌ای بـر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. ترجمه: یحیی امـام و وحید نیک‌نژاد. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۱ ص.

16. Able GH (1975) Growth and yield of safflower in three temperature regimes. Journal of Agronomy. 67: 639-642.

17. Angadi SV, Cutforth HW, Miller PR, McConkey BG, Entz MH, Brandt A and Olkmar KM (2000) Response of three brassica species to high temperature stress during reproductive growth. Canadian Journal of Plant Science. 80: 693-701.

18. Arnon AN (1967) Method of extraction of chlorophyll in the plants. Journal of Agronomy. 23: 112-121.

19. Ayeneh A, Van Ginkel M, Reynolds MP and Ammer K (2002) Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. Field Crops Research. 79: 173-184.

20. Bahar B, Yildirim M, Barutcular C and Genc I (2008) Effect of canopy temperature depression on grain yield and yield components in bread and durum wheat. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj. Napoca. 36(1): 34-37.

21. Balota M, Payne WA, Evett SR and Lazer MD (2007) Canopy temperature depression sampling to assess grain yield and genotypic differentiation in winter wheat. Crop Science. 47: 1518-1529.

22. Barr HD and Weatherly EP (1962) Are-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. Australian Journal of Biology Science. 15: 413-428.

23. Bybordy A, Passeban Eslam B and Zargaripour P (2007) The study effect of different amounts of sulfur and zinc on two oilseed rape cultivars. West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center Tabriz (Iran). 22 P. Abstract: 26969.

24. Chance B and Maehly AC (1955) Assay of catalases and peroxidases. Methods in Enzymologist. 11: 755-764.

25. Galavi M, Heidari M and Zamani M (2007) Effects of zinc sulphate spray on quality, yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus*). Faculty of and magnesium and soil-applied boron. Journal of Plant Nutrition. 18(1): 179-200.

26. Garsid A (2004) Sowing time effects on thedeology velopment, yield and oil of flaxseed in semi-arid tropical. Australian Journal of Productivity Agriculture. 23: 612-607.

27. Hu H and Brown PH (1997) Absorption of boron by plant roots. Plant Soil. 193: 49-58.

28. Liang Y and Shen Z (1994) Interaction of silicon and boron in oilseed rape plants. Journal of Plant Nutrition. 7(2/3): 415-425.

29. Lutts S, Kinet MJ and Bouharmont J (1996) Nacl- induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany. 78: 389-398.

30. Martinez-Carrasco R, Perez P and Morcuende R (2005) Interactive effects of evaluated CO2, temperature and nitrogen on photosynthesis of wheat grown under temperature gradient tunnels. Journal of Environment and Experimental Botany. 54: 49-59.

31. Molassiotis A, Sotiropoulos T, Tanou G, Diamantidis G and Therios I (2006) Boron-induced oxidative damage and antioxidant and nucleolytic responses in shoot tips culture of the apple root stock EM9 (*Malus domestica* Borkh). Environmental and Experimental Botany. 56: 54-62.

32. Moradi Telavat MR, Siadat SA, Nadian H and Fathi G (2008) Effect of nitrogen and boron on canola yield and yield components in Ahwaz, Iran. International Journal of Agricultural Research. 3(6): 415-422.

33. Morrison MJ and Stewart DW (2002) Heat stress during flowering in summer canola (*Brassica napus* L.). Journal of Crop Science. 42: 797-803.

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

35. Nuttal WF, Moulin AP and Townley SLJ (1992) Yield response of canola to nitrogen, phosphorus, precipitation, and temperature. Agronomy Journal. 84: 765-768.

36. Potter TD and Kay JR (1999) Effect of row spacing and sowing rate on Canola cultivars with varying early vigour. South Australia Journal Research and Development Institute. 635-641.

37. Savchenko GE, Klyunchareva EA, Abrabchik LM and Serdyuchenko EV (2002) Effect of periodic heat shock on the membrane system of etioplasts. Russian Journal of Plant Physiology. 49: 349-359.

38. Stangoulis JCR, Grewal HS, Bell RW and Graham RD (2000) Boron efficiency in oilseed rape: I. Genotypic variation demonstrated in field and pot grown *Brassica napus* L. and *B. juncea* L. Plant and Soil. 225: 243-251.

39. Waraich EA, Ahmad R, Ashraf M, Saifullah Y and Ahmad M (2011) Improving agricultural water use efficiency by nutrient management in crop plants. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science. 61(4): 291-304.

40. Xue J, Lin M, Bell RW, Graham RD, Yang X and Yang Y (1998) Differential response of oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars to low boron supply. Plant and Soil. 204: 155-163.

41. Ziaeyan AH and Rajaie M (2009) Combined effect of zinc and boron on yield and nutrients accumulation in corn. International Journal of Plant Production. 3(3): 35-44.