

اثر سایکوسل و عناصر ریزمغذی بر میزان آنزیم های آنتی اکسیدانت به عنوان شاخص های مقاومت به تنش خشکی در کلزا

سارا همراهی*، کارشناس ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
داوود حبیبی، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
حمید مدنی، دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
مسعود مشهدی اکبر بوجار، دانشیار دانشگاه تربیت معلم تهران

چکیده

تاثیر هورمون گیاهی سایکوسل و ریزمغذی های آهن، روی، مس، بر و منگنز بر برخی شاخص های تحمل به تنش خشکی در کلزا رقم اکاپی، در یک آزمایش اسپیلت فاکتوریل در قالب بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشها در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ انجام پذیرفت. آبیاری به عنوان عامل اصلی در دو سطح شاهد (آبیاری) و تنش (قطع آبیاری بعد از گلدهی) در کرت های اصلی و کود ریزمغذی Combi2 حاوی عناصر آهن، روی، مس، بر و منگنز در سه سطح شاهد (بدون مصرف ریز مغذی)، ۱ و ۱/۵ لیتر در هکتار و هورمون گیاهی سایکوسل در دو سطح شاهد و ۱/۵ لیتر در هکتار به صورت فاکتوریل در کرت های فرعی قرارگرفتند. ده ویژگی شامل ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، وزن خشک کل، شاخص برداشت، محتوی آب نسبی، پایداری غشاء، آنزیم های آنتی اکسیدان سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلووتاتیون پراکسیداز به عنوان شاخص های مقاومت به تنش خشکی ارزیابی گردید. نتایج حاصل نشان داد میزان آنزیم های آنتی اکسیدانت در شرایط تنش خشکی افزایش معنی داری داشته است. کود ریزمغذی سبب اختلاف معنی دار میزان آنزیم ها در شرایط تنش و شاهد گردید که افزایش تحمل به خشکی در گیاه را به همراه خواهد داشت. همچنین هورمون گیاهی سایکوسل سبب کاهش معنی دار ارتفاع بوته و افزایش معنی دار قطر ساقه و نیز مقاومت به خشکی از طریق کاهش فشار تنش بر روی گیاه گردید.

واژه های کلیدی: کلزا، تنش خشکی، سایکوسل، ریزمغذی، آنزیم

* نویسنده رابط: E-mail:hamrahi@hatamagro.ir

مقدمه

خشکی و تنش ناشی از آن از جمله عوامل مهمی است که تولیدات کشاورزی را در ایران با محدودیت رو به رو ساخته و بازده استفاده از مناطق خشک را کاهش می دهد. طیف وسیعی از اختلالات مولکولی که منجر به ایجاد آسیب های فیزیولوژیکی در گیاهان تحت تنش خشکی می شوند را می توان ناشی از تولید رادیکال های فعال و مخرب اکسیژن دانست. این رادیکال ها واکنش هایی را هدایت می کنند که سبب نابودی DNA، پراکسیداسیون چربی ها، تخریب پروتئین های غشایی و ماکروپروتئین ها در سلول از جمله رنگریزه های کلروفیل و آنزیم ها می شوند. فعالیت های آنزیمی آنتی اکسیدانت در سلول های گیاهی غالباً در مواجهه گیاه با تنش های محیطی افزایش یافته و از این طریق گیاهان قادرند از خسارات رادیکال های آزاد اکسیژن ایجاد شده بکاهند. سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، گلوکاتایون پراکسیداز (GPX) از جمله آنزیم های آنتی اکسیدانت هستند که نقش اساسی در متابولیسم کردن ترکیبات فعال اکسیژن و جلوگیری از خسارات ناشی از تنش اکسیداتیو را به عهده دارند.

در برخی از گونه های گیاهی آسیب ناشی از گرما یا خشکی، استرس اکسیداتیو را تحریک می کند که منجر به تولید و انباشته شدن انواع اکسیژن سمی نظیر رادیکال های سوپراکسید، آب اکسیژنه و رادیکال های هیدروکسیل می شود. انواع اکسیژن فعال که طی تنش تولید می شوند می توانند به برخی از ترکیبات سلولی نظیر لیپیدها، پروتئین ها، کربوهیدرات ها و اسیدهای نوکلئیک آسیب برسانند. استرس اکسیداتیو می تواند منجر به ممانعت فتوسنتز و فرآیند تنفس و رشد گیاه گردد. گیاهان سیستم آنزیمی و غیر آنزیمی را در مقابله با انواع اکسیژن فعال ساخته اند (۶۶). تنش شدید و نسبتاً کوتاه در طول دوره رشد رویشی ممکن است اثری بر عملکرد نداشته باشد ولی تنش کمتر از این میزان و طولانی مدت ممکن است باعث کاهش شدید عملکرد گردد. تراکم H_2O_2 زیان آور است از آنجایی که می تواند منجر به صدمات اکسیداتیو و نابودی کار ساخت و ساز شود (۴۴). عمان و همکاران (۱۳۸۱) نشان دادند که تنش خشکی سبب افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت می شود. در موجودات زنده پر اکسید هیدروژن به وسیله کاتالاز و گلوکاتایون پراکسیداز سم زدایی می شود و کاتالاز در سلول های گیاهی تنها در پراکسی زوم و گلی اکسی زوم مستقر می باشد که از یون های فلزی به عنوان کوفاکتور استفاده می کند. پراکسیداز و کاتالاز در چندین سیکل فیزیولوژیکی شامل پاسخ به تنش های محیطی محصولات واسطه ای از قبیل H_2O_2 ، O_2 و OH افزایش می یابد (۲۰). گلوکاتایون پراکسیداز کاهش پراکسید هیدروژن را با استفاده از گلوکاتایون احیا شده کاتالیز می کند و از سلول ها در برابر آسیب های ناشی از اکسایش حفاظت می کند (۱۹).

افزایش فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز در پنبه و گندم که در معرض تنش خشکی قرار گرفته‌اند نشان می‌دهد که همزمان با تولید H_2O_2 این افزایش می‌تواند منجر به جذب الکترون‌های فردوکسین توسط NADP گردد که در نتیجه میزان تولید سوپراکسید کاهش می‌یابد (۴۱).

افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در اثر خشکی و یا درجه حرارت بالا توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۱۴). به طور کلی تنش‌های محیطی تولید سوپراکسید را افزایش می‌دهند. این تولید می‌تواند برای انسجام و عملکرد غشا مهلک باشد زیرا عکس‌العمل‌های متفاوت بین پروتئین‌ها و لیپیدها ممکن است جایگاه گونه‌های مولکولی متنوع را در لیپید دولایه به طوری تغییر دهد که آن‌ها بیشتر در معرض اکسیژن قرار گیرند (۱۴ و ۴۳)، بنابراین تولید رادیکال پروکسید افزایش می‌یابد. توزیع فضایی آنزیم‌هایی نظیر سوپراکسید دیسموتاز در غشاها می‌تواند تا حدودی در برقراری مقاومت نسبت به خشکسالی مهم باشد (۱۸). به طور کلی عوامل مهم در افزایش سوپراکسید دیسموتاز در گیاهان عبارتند از، استفاده از علف کش‌هایی مانند پاراکوات، افزایش غلظت SO_2 در اتمسفر، ایجاد تنش خشکی و غلظت بالای روی و منیزیم (۱۵). در سیستم‌های آنزیمی، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، سوپراکسید (O_2^-) را به H_2O_2 و O_2 کاتالیز می‌کند. کاتالاز، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) را به دو مولکول آب و یک مولکول O_2 تبدیل می‌کند و گلوتاتیون پراکسیداز با اکسیژن نوزاد، رادیکال آزاد سوپراکسید و رادیکال‌های هیدروکسیل واکنش داده و به طور مستقیم به عنوان یک تنظیم‌کننده رادیکال عمل می‌نماید (۱۸). آزمایش‌های صورت گرفته توسط عطایی (۱۳۸۴) بر روی نخود و ساعی (۱۳۸۴) بر روی سورگوم علوفه‌ای، نشان می‌دهد که فعالیت این آنزیم در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط بهینه بیشتر می‌شود لذا از این آنزیم می‌توان جهت تعیین گونه‌های مقاوم به خشکی استفاده نمود. افزایش فعالیت این آنزیم در تیمار تنش به خاطر نقش مهم این آنزیم جهت مقابله با رادیکال‌های آزاد اکسیژن ایجاد شده در اثر تنش خشکی می‌باشد بنابراین SOD به عنوان یکی از اجزای مهم مکانیسم دفاعی گیاه در نظر گرفته می‌شود. از جمله آنزیم‌هایی که در مقابله استرس‌های محیطی نقش مهمی ایفا می‌نماید، گلوتاتیون پراکسیداز می‌باشد، که کاهش پراکسید هیدروژن را با استفاده از گلوتاتیون احیا شده (GSH) کاتالاز می‌کند و بدین وسیله از سلول‌ها در برابر آسیب‌های ناشی از اکسایش حفاظت می‌کند (۶). کندل (۱۹۸۹) و کافی و مهدوی دامغانی (۱۳۷۹) گزارش کردند که افزایش فعالیت کاتالاز جهت کاهش اثرات پراکسیداز در هنگام تنش‌های محیطی در گیاهان گندم، جو، سویا و نخود نقش مهمی دارد.

مصرف عناصر غذایی بر اساس آزمون خاک و آب یکی از راه‌های افزایش عملکرد گیاهان است (۱۰). در گیاه کلزا علاوه بر عناصر درشت مغذی، عناصر ریزمغذی نیز تا حد زیادی بر بازده تولید آن مؤثر واقع می‌شوند. از جمله این عناصر، سه عنصر روی، آهن و بر با اهمیت تر تلقی شده‌اند. جاویدفر و احمدی (۱۳۷۹) طی بررسی تأثیر روی و بر، بر عملکرد کمی و کیفی دو رقم کلزا گزارش نمودند که عناصر

فوق در افزایش عملکرد تأثیر مثبت داشتند. کلرمکوات کلرید^۱ از گروه ترکیبات اونیومی^۲ بوده و از پر مصرف ترین کند کننده های رشد گیاهی به ویژه در قاره اروپا بوده و امروزه جهت کاهش خوابیدگی و کنترل رشد رویشی گیاهان زراعی کاربرد فراوانی پیدا کرده است (۱۷، ۲۳ و ۲۴).

کلرمکوات کلرید با اختلال در مسیر چرخه بیوستز جیبرلیک اسید از تشکیل آن در میان گره های ساقه جلوگیری کرده و در نتیجه کم کردن سرعت رشد طولی میانگره ها مانع از خوابیدگی ساقه می شود (۴۷). براساس نتایج پژوهش های انجام شده، کاربرد کلرمکوات کلرید با کاهش مساحت برگ ها، افزایش سبزیگی برگ ها، کاهش ارتفاع بوته ها، تغلیظ شیره سلولی، افزایش تعداد شاخه های فرعی و افزایش قطر ساقه همراه بوده است (۱۶ و ۴۰). لطیفی (۱۳۷۲) اظهار نمود که عدم تأمین نیاز آبی گیاه کلزا به میزان ۱۰۰ درصد بعد از گل دهی سبب ۳۳ درصد افت محصول می گردد. همچنین تأمین ۷۰ تا ۷۵ درصد کل آب مصرفی گیاه بعد از گل دهی برای تولید حداکثر ماده خشک و شاخص برداشت مناسب است. پانا و همکاران (۱۹۹۲) بیان کردند تنش خشکی، وزن خشک قسمت های هوایی را کاهش داد همچنین سبب پایین آمدن عملکرد دانه کلزا گردید. استوکر و کارتر (۱۹۸۴) نیز اثر آبیاری را بر عملکرد دانه و روغن کلزا بررسی کردند و گزارش نمودند که عملکرد دانه و روغن با افزایش تعداد آبیاری، افزایش می یابد. در این تحقیق اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای آن و اثر سایکوسل و ریزمغذی های آهن، روی، مس، بر و منگنز روی مقاومت به تنش خشکی در کلزا مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش ها

این تحقیق به صورت یک آزمایش اسپلینت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۷ در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک در خاکی با بافت شنی رسی، روی گیاه کلزا رقم اکاپی به مرحله اجرا درآمد. آبیاری به عنوان عامل اصلی در کرت های اصلی در دو سطح شاهد و تنش (محدودیت آب بعد از مرحله گل دهی) و کود ریزمغذی با نام عمومی Fetrilon و نام تجاری Combi2 حاوی عناصر آهن، روی، مس، بر و منگنز تولید شرکت BEHN MEYER سنگاپور در سه سطح شاهد، ۱، ۱/۵ لیتر در هکتار و هورمون گیاهی سایکوسل در دو سطح شاهد و ۱/۵ لیتر در هکتار به صورت فاکتوریل در کرت های فرعی قرار گرفتند. عملیات آماده سازی خاک شامل شخم بهاره، شخم پاییزه، دو بار دیسک عمود بر هم، تسطیح زمین، تهیه جوی و پشته و کوددهی بر اساس آزمون خاک انجام شد. در این آزمایش بذور در چهار قطعه جداگانه کاشته شدند. پس از کاشت تمامی قطعات، بوته ها تا مرحله گل دهی هر ۷ روز یک بار آبیاری شدند.

1- Cycocel (2-chloroethyl 3 methyl ammonium chloride)

2- Oniome compounds

تیمار تنش خشکی با قطع آبیاری بعد از مرحله گل دهی اعمال گردید. کاشت به صورت جوی و پشته و هر کرت مشتمل بر چهار خط به طول ۶ متر با فواصل خطوط ۶۰ سانتی متر و فاصله بوته در روی خط ۱۵ سانتی متر صورت گرفت. طی آزمایش، عملیات معمول زراعی شامل تنک کردن، وجین و سله شکنی انجام گردید. در این پژوهش صفات مهم زراعی شامل ارتفاع بوته توسط متر، شاخص برداشت با تقسیم عملکرد دانه به وزن خشک کل، وزن هزار دانه به وسیله دستگاه بذر شمار و عملکرد دانه با ترازو اندازه گیری گردید. به منظور تعیین میزان نشت یونی، محلول مانیتول با پتانسیل اسمزی ۲- بار تهیه شد و به تعداد تمامی کرت ها لوله آزمایش شماره گذاری گردیدند. در هر لوله آزمایش پنج عدد برگ (به صورتی که آسیبی به بافت آن ها نرسد) قرار داده شد. سپس مقداری از محلول مانیتول روی آن ها ریخته شد به طوری که برگ ها کاملاً در محلول قرار گیرند. پس از گذشت ۲۴ ساعت با استفاده از دستگاه EC متر، هدایت الکتریکی محلول مانیتول درون هر لوله آزمایش دردمای ۲۵ درجه سانتی گراد یادداشت گردید. به منظور تعیین محتوی آب نسبی، از هر واحد آزمایشی تعدادی برگ کاملاً سبز انتخاب شد و پس از انتقال به محل آزمایشگاه، سطوح آن با دستمال نم دار تمیز گردید و سپس توزین شده و عدد خوانده شده به عنوان وزن تر گیاه ثبت شد.

برگ ها به مدت ۲۴ ساعت در ظرف محتوی آب قرار گرفتند و دوباره پس از خشک کردن آب سطحی، توزین شدند که این عدد نیز به عنوان وزن اشباع برگ ها قرائت شد. به منظور تعیین وزن خشک برگ ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد در آون قرار داده شدند. با استفاده از فرمول زیر محتوی رطوبت نسبی محاسبه کرد:

$$RWC = 100 \times (\text{وزن خشک} - \text{وزن اشباع} / \text{وزن خشک} - \text{وزن تر})$$

سویر اکسید دیسموتاز

جهت تعیین میزان سویر اکسید دیسموتاز، سه عدد برگ از هر واحد آزمایشی در هنگام صبح قبل از گرم شدن هوا از مزرعه برداشت شد. سعی بر آن بود که برگ ها کاملاً جوان و گسترده باشند، برگ ها داخل نایلون اتیکت گذاری شده قرار گرفت و در یخ دانی که کف آن از یخ پوشیده بود قرار داده شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس توسط روش Misra (۱۹۷۲) میزان تغییرات این آنزیم تعیین شد.

گلوکاتیون پراکسیداز

برگ های منتقل شده به آزمایشگاه را با آب مقطر شستشو داده و بلافاصله در بافر تریس ۰/۱۶ مولار با pH=۷/۵ وارد کرده و سپس خرد و یکنواخت شدند. آنگاه اجازه داه شد در حضور حجم مشابه از همان بافر حاوی دیجیتونین (آنزیم هضم کننده دیواره) فرایند هضم غشاء و دیواره ی سلول انجام شود. در پایان مقدار ۰/۵ میلی لیتر از محلول هموژن برای سنجش پروتئین برداشت شد و مقدار پروتئین آن برحسب

میلی گرم در میلی لیتر تعیین گردید. سپس در باقیمانده محلول استخراجی مقدار آنزیم گلوکاتایون با روش Paglia (۱۹۸۷) اندازه گیری شد.

کاتالاز

جهت محاسبه کاتالاز از برگ های جوان و توسعه یافته استفاده گردید و سپس میزان تغییرات آنزیم توسط روش Paglia (۱۹۸۷) تعیین شد. نمونه برگ ها پس از شستشو با آب مقطر بلافاصله در محلول با فسفات بافر فسفات-تریس ۰/۱۶ مولار (pH=۵/۷) وارد و خرد و یکنواخت شدند. سپس حجم مشابه بافر حاوی دیجیتونین (آنزیم هضم کننده دیواره) اضافه نموده تا فرآیند هضم غشا و دیواره های سلولی صورت گیرد. در آخر میزان ۰/۵ میلی لیتر از محلول هموژن برای سنجش پروتئین توسط روش Lowry (۱۹۵۱) برداشته شد و مقدار پروتئین بر حسب میلی گرم در لیتر تعیین گردید. در باقی مانده محلول استخراجی فوق مقدار هر یک از آنزیم ها به روش خاصی تعیین گردید.

نتایج و بحث

مقاومت سیتوپلاسمی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها مطابق جدول ۱ نشان داد که گیاهان تحت تنش خشکی در مقایسه با گیاهان شرایط نرمال از هدایت الکتریکی بالاتری برخوردار بودند و این نشان دهنده پایین بودن پایداری غشا سیتوپلاسمی می باشد. با توجه به جدول ۲ مقایسه میانگین ها می توان عنوان کرد که آبیاری تاثیر کاملاً معنی داری روی هدایت الکتریکی داشته است که با نتایج صدیقی (۱۳۸۶) و کاظمی نسب (۱۳۸۴) مطابقت دارد. نتایج چنین قابل تحلیل است که باندهای سولفیدریل به باندهای S-S اکسیده می شود. اکثر نظریه های اخیر چنین در نظر می گیرند که دو لایه فسفولیپیدی غشا گسیخته می شوند و یک مجموعه قابل نشست از صفحات هگزا گونال به وجود می آید یا دستخوش تفکیک فاز از یک فاز مایع کریستاله به یک فاز ژل می شوند (۳۲). تأثیر ریزمغذی ها نیز بر این صفت اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد نشان می دهد (جدول های ۱ و ۲). همچنین غشاها مانند پروتئین ها به صدمه رادیکال های آزاد حساس هستند که آنزیم های آنتی اکسیدانت در محافظت غشا نقش دارند. استفاده از سایکوسل به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار باعث کاهش هدایت الکتریکی نسبت به تیمار شاهد گردید که اختلاف معنی داری را در سطح ۱ درصد نشان می دهد (جدول های ۱ و ۲). بررسی برهمکنش تیمار آبیاری و میکروالمنت بر روی این صفت نشانگر این مطلب است که بیشترین کاهش در هدایت الکتریکی در تیمارهای آبیاری نرمال و استفاده از ریزمغذی با غلظت ۱/۵ لیتر در هکتار شده است که اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد نشان می دهد (جدول های ۱ و ۲). اثر متقابل آبیاری و کود ریزمغذی را می توان این طور تفسیر نمود که آبیاری نرمال و استفاده از ریزمغذی ها در سطح ۱/۵ لیتر در هکتار جهت

جلوگیری از تخریب غشا ضروری به نظر می رسد که نشان دهنده نقش حیاتی برخی ریزمغذی ها مانند بر در ساختار غشا سیتوپلاسمی و ثبات آن می باشد.

محتوی نسبی آب

مطابق جدول ۲ در تیمار آبیاری در شرایط نرمال افزایش میزان RWC نسبت به تنش مشاهده می شود که شرایط تنش خشکی سبب کاهش محتوی نسبی آب برگ به دلیل کاهش پتانسیل آب برگ می گردد. نتایج به دست آمده با نتایج راثو و مندهام (۱۹۹۱)، کومار و سینگ (۱۹۹۸) و واتسون (۲۰۰۳) همخوانی دارد. همچنین محلول پاشی سایکوسل به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار باعث افزایش محتوی آب نسبی به میزان ۷۵/۴۱۷ درصد نسبت به شرایط شاهد (۷۳/۳۳۳) درصد شده است. همان طور که در بررسی نتایج ملاحظه می شود اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد در تیمار ریزمغذی نیز وجود دارد (جدول های ۱ و ۲).

آنزیم ها

با توجه به نقش آنزیم ها در تنش خشکی مطابق جدول ۱ تجزیه واریانس صفات، افزایش میزان غلظت آنزیم ها در شرایط تنش و اختلاف معنی دار آن ها در سطح $P < 1\%$ مشاهده می شود. که نشانگر نقش آنزیم ها در سیستم دفاعی گیاه در شرایط تنش می باشد. افزایش سنتز آنزیم ها تحت شرایط تنش توسط هالیول و همکاران (۱۹۹۰)، بولر (۱۹۹۲)، ناواری (۱۹۹۹) و آنانیوا و همکاران (۲۰۰۲) نیز گزارش شده است. جین و همکاران (۲۰۰۶) اظهار کردند که با افزایش تنش خشکی پس از ۲۴ ساعت میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گیاه افزایش می یابد. افزایش فعالیت این آنزیم در تیمار تنش به خاطر نقش مهم این آنزیم جهت مقابله با رادیکال های آزاد اکسیژن ایجاد شده در اثر تنش خشکی می باشد، بنابراین SOD به عنوان یکی از اجزای مهم مکانیسم دفاعی گیاه در نظر گرفته می شود.

اثر متقابل سطوح آبیاری و کود ریزمغذی بر میزان آنزیم SOD و کاتالاز و گلوکاتایون پراکسیداز نشان می دهد که در شرایط آبیاری نرمال، استفاده از ریزمغذی ها در حفظ پایداری و سلامت گیاه موثر می باشد. افزایش فعالیت کاتالاز جهت کاهش اثرات پراکسیداز در هنگام تنش های مختلف زراعی در مقاومت گیاه به شرایط تنش نقش مهمی را ایفا می نماید. از جمله آنزیم های مهم که در مقابل استرس های محیطی نقش مهمی ایفا می نماید گلوکاتایون پراکسیداز می باشد. که کاهش پراکسید هیدروژن را با استفاده از گلوکاتایون احیا شده (GSH) کاتالیز می کند و بدین وسیله از سلول ها در برابر آسیب های ناشی از اکسایش حفاظت می کند (۶). افزایش سنتز آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز و کاتالاز تحت شرایط تنش توسط راثو و همکاران (۱۹۹۶)، دات و همکاران (۲۰۰۰)، سیمرونوف و همکاران (۱۹۹۸)، دیکسون و همکاران (۱۹۹۸) و پراساد و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش شده است. مصرف میکرو المنت ها نیز بر روی این صفات اختلاف معنی داری را سطح ۰/۰۱ نشان می دهد (جدول های ۱ و ۲). همچنین با

مصرف سایکوسل با غلظت ۱/۵ لیتر در هکتار طبق جدول ۱ تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ در میزان آنزیم ها در شرایط آبیاری تنش و نرمال مشاهده می شود. همچنین اثر متقابل سطوح آبیاری، ریزمغذی و سایکوسل بر میزان هر سه آنزیم اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد نشان داد (جدول ۱ و ۲). از نتایج حاصل این طور بر می آید که استفاده از سایکوسل و ریزمغذی ها از طریق کاهش فشار ناشی از تنش سبب افزایش مقاومت به خشکی کلزا می گردد. به عبارتی می توان گفت استفاده از سایکوسل و ریزمغذی ها در شرایط تنش خشکی سبب حفظ سلول در شرایط طبیعی می گردد.

عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) و مقایسه میانگین ها (جدول ۲) در مورد ارتفاع بوته نشان دهنده آن است گیاهانی که تحت تاثیر تنش قرار داشتند نسبت به گیاهان که از آبیاری کافی برخوردار بودند از لحاظ آماری اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد را نشان می دهد. نتایج حاصل از آزمایش رضایی زاد (۱۳۸۶) نیز مبین این امر است. مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار سایکوسل باعث کاهش معنی دار در ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول های ۱ و ۲) که با نتایج هرم و همکاران (۱۹۸۷) مطابقت داشت. کلرمکوات کلرید با اختلال در مسیر چرخه بیوستنز جیبرلیک اسید از تشکیل آن در میانگرم ها جلوگیری کرده و در نتیجه کم کردن سرعت رشد طولی میانگرم های ساقه مانع از خوابیدگی ساقه ها می شود (۲۳، ۴۰ و ۴۷).

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) و مقایسه میانگین ها (جدول ۲) تیمار آبیاری در شرایط نرمال افزایش وزن هزاردانه را برابر ۳/۵۱۳ گرم نسبت به شرایط تنش نشان می دهد که از لحاظ آماری اختلاف معنی داری را در سطح ۵ درصد نشان می دهد. نتایج حاصله مبنی بر کاهش وزن دانه ها در شرایط تنش با نتایج بقایی (۱۳۸۳) مطابقت می نماید. این کاهش از آنجا ناشی می شود که تنش خشکی منجر به کاهش فتوسنتز در گیاه شده و این خود باعث کاهش تولید مواد فتوسنتزی می گردد. همچنین تنش خشکی انتقال مواد غذایی را از برگ ها به دانه ها کاهش می دهد. ضمناً باید به این نکته توجه نمود که خشکی باعث رسیدن سریع دانه ها شده در نتیجه این موضوع خود در کاهش وزن دانه گیاه مؤثر است. نتایج جاسینکا (۱۹۸۷) و باقری (۱۳۸۰) نیز موبد این موضوع است. با مصرف ریزمغذی نیز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می شود که بیشترین میزان مصرف مربوط به ۱/۵ لیتر در هکتار می باشد (جدول های ۱ و ۲). مرشدی و همکاران (۱۳۸۲) نیز به همین نتایج دست یافتند. همچنین اثر متقابل سطوح ریزمغذی و سایکوسل بر روی وزن هزاردانه، اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد نشان داد (جدول های ۱ و ۲).

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده

| میانگین مربعات | | | | | | |
|------------------|------------|----------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|
| منابع تغییرات | درجه آزادی | ارتفاع بوته | وزن هزار دانه | عملکرد بذر | وزن خشک کل | شاخص برداشت |
| تکرار | ۳ | ۶۱/۲۲ ^{ns} | ۰/۰۲۳ ^{ns} | ۱۲۷۶۶/۱۰۲ ^{ns} | ۳۳۴۰۴۵/۱۳۹ ^{ns} | ۱/۱۶۹ ^{ns} |
| عامل A | ۴ | ۱۶۳۶/۸۳۵** | ۱/۹۶۰* | ۵۷۶۹۵۶۳۸۰* | ۱۱۶۵۰۵۲/۰۸۳* | ۷۶/۶۷۰** |
| خطای اصلی | ۵ | ۴۹/۰۶۹ ^{ns} | ۰/۱۶۷ ^{ns} | ۵۷۵۳۷/۶۳ ^{ns} | ۶۰۶۸۲۲/۹۱۷ ^{ns} | ۲۸/۴۲۱ ^{ns} |
| عامل B | ۶ | ۷/۷۹۶ ^{ns} | ۲/۱۰۰** | ۷۰۴۳۵۸/۲۰۳** | ۷۷۱۱۵۷۵/۵۲۱** | ۷۵/۳۳۱** |
| اثر متقابل AB | ۷ | ۱/۴۲۵ ^{ns} | ۰/۰۴۵ ^{ns} | ۱۱۶۰۷۷/۴۷۴** | ۱۲۷۷۶۶۹/۲۷۱** | ۵/۴۱۳ ^{ns} |
| عامل C | ۸ | ۵۳۴۴/۶۳۰** | ۰/۳۵۴ ^{ns} | ۲۳۷۳/۰۴۷ ^{ns} | ۱۰۰۸۳۳/۳ ^{ns} | ۰/۰۶۸ ^{ns} |
| اثر متقابل AC | ۹ | ۲۶/۵۵۲ ^{ns} | ۰/۳۶۷ ^{ns} | ۱۶۰۴/۲۹۷ ^{ns} | ۱۸۷۵ ^{ns} | ۶/۰۲۱ ^{ns} |
| اثر متقابل BC | ۱۰ | ۳/۰۳۴ ^{ns} | ۱/۰۳۴** | ۶۶۹۸۲/۴۲۲** | ۵۰۸۹۹۷/۴ ^{ns} | ۱۷/۹۲۲ ^{ns} |
| اثر متقابل ABC | ۱۱ | ۵/۹۷۹ ^{ns} | ۰/۱۱۹ ^{ns} | ۴۹۲۴/۶۰۹ ^{ns} | ۴۳۶۳۲/۸۱۲ ^{ns} | ۱/۶۷۸ ^{ns} |
| خطای فرعی | ۳۰ | ۸/۶۱۲ ^{ns} | ۰/۰۹۹ ^{ns} | ۱۲۲۲۹/۴۷ ^{ns} | ۱۷۱۸۶۱/۱۱۱ ^{ns} | ۹/۱۴۷ ^{ns} |
| کل | ۴۷ | | | | | |
| ضریب تغییرات (%) | | ۳/۷۲ | ۹/۵۱ | ۱۷/۱۷ | ۱۱/۹۵ | ۱۶/۶۴ |

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

(ادامه جدول ۱)

| میانگین مربعات | | | | | | |
|------------------|------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| منابع تغییرات | درجه آزادی | محتوی نسبی آب | ثبات غشاء | سوپر اکسید دیسموتاز | کاتالاز | گلوکاتیون پراکسیداز |
| تکرار | ۳ | ۳۱/۰۲۸ ^{ns} | ۳/۳۹۱۹ ^{ns} | ۲۹۴۲۱/۱۳۲ ^{ns} | ۶/۳۲۹ ^{ns} | ۱۶/۰۷۷* |
| عامل A | ۴ | ۲۲۴۱/۳۳۳** | ۲۰۷/۵۴۲۹** | ۱۴۱۱۶۹۳۶/۶۸۸** | ۱۵۹۳۵/۹۳۹** | ۸۹۸/۷۳۵** |
| خطای اصلی | ۵ | ۱۷/۰۵۶ ^{ns} | ۱۰۲۰۵/۴۱ ^{ns} | ۹۴۷۴۲/۹۱ ^{ns} | ۶/۲۹۹ ^{ns} | ۱/۳۱۶ ^{ns} |
| عامل B | ۶ | ۳۳۸/۳۱۳** | ۲۰۸۲۶۵۲/۹۳۸** | ۸۵۱۶۶۰۹/۳۳۳** | ۱۰۹۹۷/۳۸۶** | ۳۶۴/۸۶۸** |
| اثر متقابل AB | ۷ | ۱۲/۷۷۱ ^{ns} | ۴۲۳۱۳/۸۱۳** | ۳۰۰۲۵۹۹/۰۰** | ۶۷۸۵/۵۶۵** | ۱۰۰/۲۴۱** |
| عامل C | ۸ | ۵۲/۰۸۳* | ۲۲۸۹۴۲/۱۸۸** | ۱۱۵۴۳۴۲۷/۵۲۱** | ۱۴۶۵۸/۰۳** | ۳۶۰/۲۲۵** |
| اثر متقابل AC | ۹ | ۱/۳۳۳ ^{ns} | ۲۹۲۵۴/۶۸۸ ^{ns} | ۶۳۲۹۹۹۵/۰۲۱** | ۹۳۰۷/۴۶۹** | ۲۲۵/۷۶۷** |
| اثر متقابل BC | ۱۰ | ۴/۵۲۱ ^{ns} | ۴۵۸۲۱/۶۸۸ ^{ns} | ۱۶۹۴۶۱۱/۵۸۳** | ۶۴۷۳/۹۹۷** | ۲۵/۳۸۱** |
| اثر متقابل ABC | ۱۱ | ۱/۸۹۶ ^{ns} | ۶۹۲۴۶/۸۱۳ ^{ns} | ۲۸۵۱۳۵۳/۵۸۳** | ۷۳۳۹/۹۰۶** | ۱۷/۵۶۷* |
| خطای فرعی | ۳۰ | ۱۰/۱۷۵ ^{ns} | ۲۸۳۶۷/۵۸۲ ^{ns} | ۳۷۸۱۳/۰۸۸ ^{ns} | ۴۵/۴۷ ^{ns} | ۴/۶۲۱ ^{ns} |
| کل | ۴۷ | | | | | |
| ضریب تغییرات (%) | | ۴/۲۹ | ۱۹/۷۴ | ۷/۳۱ | ۴/۹۵ | ۷/۸۲ |

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

بدین ترتیب مشخص می شود مصرف کود ریزمغذی به همراه سایکوسل سبب افزایش وزن هزار دانه می گردد که به دلیل نقش حیاتی ریزمغذی ها در انجام عمل فتوسنتز و تولید مواد اسیمیلاته و نقش مهم سایکوسل در کاهش رشد رویشی و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی جهت پر شدن دانه ها می باشد. با توجه به جدول تجزیه واریانس داده ها (جدول ۱) و مقایسه میانگین ها (جدول ۲)، تیمار آبیاری بر وزن خشک کل تأثیر معنی داری داشته است به طوری که ایجاد تنش منجر به کاهش وزن خشک کل نسبت به آبیاری نرمال گردید که این نتایج با گزارش های، صدیقی (۱۳۸۶) و کاظمی نسب (۱۳۸۴)، مجیدیان و همکاران (۱۳۷۹) و پانا و همکاران (۱۹۹۲) مطابقت داشته است. مصرف ریزمغذی به نحو معنی داری در سطح ۱ درصد باعث افزایش وزن خشک کل بوته گردید (جدول های ۱ و ۲). زنجویی و همکاران (۱۹۹۸) نیز همین نتایج را به دست آوردند. مطابق جدول ۱ اثر متقابل سطوح آبیاری و کود ریزمغذی در میزان وزن خشک کل نشان دهنده اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد می باشد. در شرایط نرمال، میزان محلول پاشی ریزمغذی ها سبب افزایش تولید مواد فتوسنتزی و افزایش وزن خشک کل می گردد. تیمار آبیاری نرمال و کود ریزمغذی در سطح کودی ۱/۵ لیتر در هکتار بر روی شاخص برداشت افزایش معنی داری در سطح ۱ درصد نشان دادند (جدول های ۱ و ۲). نتایج حاصله مبنی بر کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش با نتایج حاصله از پژوهش رفیعی (۱۳۸۳) و شافعی (۱۳۸۳) و لطیفی (۱۳۷۲) مطابقت دارد، ایشان بدین نتیجه دست یافتند که در اثر تنش و کمبود آب قابل دسترس گیاه مسلماً انتقال مواد فتوسنتزی به اندام های هوایی کاهش و در نهایت اجزای عملکرد نیز کاهش می یابند در واقع با کاهش این اجزاء میزان شاخص برداشت نیز کاهش می یابد.

تیمار آبیاری در شرایط تنش کاهش عملکرد را نسبت به شرایط نرمال و اختلاف آماری معنی داری در سطح ۵٪ نشان داد (جدول های ۱ و ۲). کمبود آب در کلزا همراه با کاهش محتوی آب نسبی و پتانسیل آب برگ، باعث افت تورم سلولی، هدایت روزنه ای و فتوسنتز گردیده و بنابر این به رشد و تولید محصول لطمه می زند. نتایج حاصل از آزمایش های رضایی زاد (۱۳۸۶)، باقری (۱۳۸۰)، عیوضی و همکاران (۱۳۸۴)، پانا و همکاران (۱۹۹۲)، نارنگ و همکاران (۱۹۹۳)، ادمیت و همکاران (۱۹۹۴) نیز موید این موضوع است. تیمار کودی ۱/۵ لیتر در هکتار نیز افزایش معنی دار عملکرد را سبب شد (جدول های ۱ و ۲). که با نتایج حاصل از آزمایش های کیخا و فنایی (۱۳۸۱)، مرشدی و همکاران (۱۳۸۲)، حقیقت نیا و رجایی (۱۳۸۲)، دنیس پاگه آ و همکاران (۱۹۹۶)، گریس و همکاران (۱۹۹۱) و رشید و همکاران (۱۹۹۴) مطابقت داشت. همچنین مطابق جدول های ۱ و ۲ اثر متقابل مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار کود ریزمغذی و سایکوسل سبب افزایش معنی دار میزان عملکرد در سطح ۱ درصد گردید. همان طور که گفته شد سایکوسل با کاهش رشد رویش موجب اختصاص هر چه بیشتر مواد فتوسنتزی جهت پر شدن دانه ها و افزایش عملکرد دانه می گردد.

جدول شماره ۲: مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده

| شاخص برداشت | وزن خشک کل (kg/ha) | عملکرد بذر (kg/ha) | وزن هزار دانه (gr) | ارتفاع بوته (cm) | تیمار |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------|
| | | | | | آبیاری |
| ۲۴/۱۳ b | ۹۸۸۰/۰۹۵a | ۲۳۸۴/۶۳۵ a | ۳/۵۱۳ a | ۸۴/۶۲۹ a | نرمال |
| ۲۴/۵۸ a | ۷۴۶۸/۷۵ b | ۱۸۳۶/۴۵۸ b | ۳/۱۰۹ b | ۷۲/۹۵ b | تنش |
| | | | | | کود ریزمغذی |
| ۲۳/۶۶ b | ۷۰۶۲/۵ c | ۱۶۷۱/۴۸۵ c | ۳/۰۳۲ c | ۷۹/۵۸۱ a | شاهد |
| ۲۳/۳۰ b | ۸۴۴۹/۲۲ b | ۱۹۶۸/۷۵ b | ۳/۱۸۱ b | ۷۸/۵۲۵ a | ۱ lit/ha |
| ۲۵/۶۰۳ a | ۱۰۵۱۱/۷۲ a | ۲۶۹۱/۴۰۸ a | ۳/۷۲۱ a | ۷۸/۲۶۲ a | ۱/۵ lit/ha |
| | | | | | سایکوسل |
| ۲۴/۸۶ a | ۸۵۵۹/۸۹۵ a | ۲۰۹۲/۹۷ a | ۳/۲۲۵ a | ۸۹/۳۴۲ a | شاهد |
| ۲۳/۸۱ a | ۸۷۸۹/۰۶ a | ۲۱۲۸/۱۲۵ a | ۳/۳۹۵ a | ۶۸/۲۳۸ b | ۱/۵ lit/ha |

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار می باشد

(ادامه جدول ۲)

| گلوتاتینون پراکسیداز (u/mg.protein) | کاتالاز (u/mg.protein) | سوپر اکسید دیسموتاز (u/mg.protein) | ثبات غشاء (µm/cm) | محتوی آب نسبی (درصد) | تیمار |
|---|---------------------------|--|----------------------|-------------------------|-------------|
| | | | | | آبیاری |
| ۲۳/۱۵۴ b | ۱۱۷/۹۱۷ b | ۲۱۱۷/۶۶۷ b | ۶۴۳/۳۷۵ b | ۸۱/۲۰۸ a | نرمال |
| ۳۱/۸۰۸ a | ۱۵۴/۳۵۸ a | ۳۲۰۲/۲۹۲ a | ۱۰۶۳/۵۰۰ a | ۶۷/۵۴۲ b | تنش |
| | | | | | کود ریزمغذی |
| ۳۲/۹۶۹ a | ۱۶۶/۴۰۶ a | ۳۵۰۲/۳۱۳ a | ۱۲۴۸/۰۶۳ a | ۷۱/۰۶۳ c | شاهد |
| ۲۴/۲۶۹ b | ۱۲۰/۵۶۹ b | ۲۲۵۰/۸۱۳ b | ۷۷۱/۷۵۰ b | ۷۲/۴۳۸ b | ۱ lit/ha |
| ۲۵/۲۰۶ b | ۱۲۱/۴۳۷ b | ۲۲۲۶/۸۱۳ b | ۵۴۰/۵۰۰ c | ۷۹/۶۲۵ a | ۱/۵ lit/ha |
| | | | | | سایکوسل |
| ۳۰/۲۲۱ a | ۱۵۳/۶۱۲ a | ۳۱۵۰/۳۷۵ a | ۹۲۲/۵۰۰ a | ۷۳/۳۳۳ b | شاهد |
| ۲۴/۷۴۲ b | ۱۱۵/۶۶۲ b | ۲۱۶۹/۵۸۳ b | ۷۸۴/۳۷۵ b | ۷۵/۴۱۷ a | ۱/۵ lit/ha |

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار می باشد

با توجه به نتایج به نظر می رسد تیمار کود ریزمغذی و سایکوسل از طریق کاهش فشار ناشی از تنش سبب مقاومت به خشکی گیاه کلزا می گردد و در این شرایط گیاه قادر است عملکرد خود را در سطح مطلوبی نگاه دارد. لذا با توجه به این که بیشتر مناطق زراعی ایران از کم آبی رنج می برند، پیشنهاد می گردد که به استفاده از کود های ریزمغذی و هورمون گیاهی سایکوسل توجه بیشتری گردد.

منابع

- ۱- امام، ی. و ایلکایی، م. ن. ۱۳۸۱. تاثیر سایکوسل در تراکم های مختلف بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم کلزای پاییزه. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز.
- ۲- باقری، ل. ۱۳۸۰. بررسی اثر تنش خشکی بر جوانه زنی و برخی جنبه های مورفولوژیکی عملکرد و مقدار روغن دانه دو رقم کلزای دو صفر پاییزه. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت معلم.
- ۳- بقایی، ن. ۱۳۸۳. بررسی اثر تنش کمبود آب در مراحل مختلف نمو، عملکرد و اجزاء عملکرد سه رقم لوبیا چیتی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- ۴- رفیعی، ح.، حبیبی، د.، خدابنده، ن.، دانشیان، ج.، مهدی اکبر بوجار، م. و شکروی، م. ۱۳۸۴. آنزیم های آنتی اکسیدانت به عنوان معیاری جهت گزینش ارقام مقاوم به خشکی در آفتابگردان روغنی. چکیده مقالات اولین همایش علوم زیستی ایران.
- ۵- ساعی، م.، حبیبی، د.، مهدی اکبر بوجار، م.، محمودی، ع. و اردکانی، م. ۱۳۸۴. تعیین سطح فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت به عنوان یک پارامتر در تعیین گونه های مقاوم سورگوم علوفه ای به تنش خشکی. چکیده مقالات اولین همایش بین المللی علوم زیستی ایران.
- ۶- شافعی، س. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر تنش کم آبی بر برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و زراعی ارقام مختلف سویا. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- ۷- عطائی شیخ، ا. ۱۳۸۳. بررسی تنش خشکی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و سطح فعالیتهای آنزیم های آنتی اکسیدانت در ارقام مختلف نخود. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- ۸- عمان، ع.، حبیبی، د.، مهدی اکبر بوجار، م. و خدابنده، ن. ۱۳۸۴. آنزیم های آنتی اکسیدانت به عنوان شاخصی جهت انتخاب ژنوتیپهای مختلف آفتابگردان برای تحمل به خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- ۹- کافی، م. و مهدوی دامغانی، ع. ۱۳۷۹. مکانیسم های مقاومت گیاهان به تنش های محیطی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۰- کیخا، غ. و فنایی، ح. ر. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر محلول پاشی عناصر روی، بر، آهن بر عملکرد کمی و کیفی ارقام کلزا در منطقه سیستان. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان. وزارت جهاد کشاورزی.
- ۱۱- لطیفی، ن. ۱۳۷۲. اثر کمبود آب قبل و بعد از گلدهی بر مشخصات ظاهری، تولید ماده خشک و اندیس برداشت کلزا، اولین گنگره علوم زراعی ایران، دانشگاه کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۲- مرشدی، ا. و نقیبی، ح. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر سطوح مختلف محلول پاشی مس و روی بر عملکرد و خواص کیفی دانه کلزا. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۱ (۳): ۱۵-۲۱
- ۱۳- مرشدی، آ. و همکاران. ۱۳۷۹. تأثیر محلول پاشی آهن و روی بر عملکرد، خواص کیفی و غنی سازی دانه های کلزا در برد سیر کرمان، مجله خاک و آب، ویژه نامه کلزا، جلد: ۱۲، ص ۵۶-۶۸.

14-Asada, K. 1999. The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons, Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 50, 601-639.

15-Ananeiva, D. H., Rusterucci, C., Holt, B. F., Dietrich, R. A., Parker, J. E. and Dangl, J. L. 2002. Runaway cell death, but not basal disease resistance, in *Isd1* is SA- and NIM1/NPR1-dependent. The Plant Journal. 29, 381-391.

- 16-Armstrong . E. L., and Nicol, H. I. 1991.** Reducing height and lodging in rapessed with growth regulators. Aust . J . Exp. Agric. 31: 245 – 250
- 17-Baylis, A. D. and Hutley, B. 1991.** The effect of a paclobutrazol – based growth regulator on the yield .quality and ease of management of oilseed rape. Ann. Appl. Biol. Sci. 118:445- 452
- 18-Bowler, C., Vanmotago, M. and Inze, D. 1992.** Super oxide dismutase and stress tolerance, Ann. Rer. Plant physiology. 43: 83-116.
- 19-Dixon, D. P., Cummins, I., Cole, D. J. and Edwards, R. 1998.** Glutathione-mediated detoxification systems in plants. Current Opinion in Plant Biology. 1: 258–266.
- 20-Dat, J., Vandenabeele, S., Vranova, E., Van Montagu, M., Inze, D. and Van Breusegem, F. 2000.** Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. Cellular and Molecular Life Sciences. 57: 779–795.
- 21-Denis, P. G., Huynh. T. T. and Roumet, P. 1996.** Identification of Soybean plant Characteristics that indicate the timing of drought stress. Cop Sci. 40: 716-722.
- 22-Edmit, V., Adams, W. W., Mattoo, A. K., Sokolenko, A. and Demmig-Adams, B. 1994.** Up-regulation of a photosystem II core protein phosphatase inhibitor and sustained D1 phosphorylation in zeaxanthin-retaining, photoinhibited needles of overwintering Douglas fir. 28: 232–240.
- 23-Emam, Y. and Karimi, H. R. 1996.** Influence of chlomequat chloride on five winter barley cultivars. Iran Agric. Res. 15: 89 – 104 .
- 24-Emam, Y. and Moaied, G. R. 1999.** Effects of planting density and chlomequat chloride on morphological and physiological of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivar Valfajr. J. Agric. Sci. Tech. 2: 75 – 83 .
- 25-Grace, S. C., Logan, B. A. and Adams, W. W. 1991.** Seasonal differences in foliar content of chlorogenic acid, a phenylpropanoid antioxidant, in *Mahonia repens*. Plant, Cell and Environment. 21: 513–521.
- 26-Halliwell, B. and Gutteridge, J. M. C. 1990.** Free Radicals in Biology and Medicine, 3rd edn., Oxford University Press, Oxford, UK.
- 27-Horm, N. E., Fleming, G. R. and Niyogi, K. K. 1987.** Toward an understanding of the mechanism of nonphotochemical quenching in green plants. Biochemistry. 43: 8281–8289.
- 28-Jasinska , P. P. and Anderson, J. W. 1987.** Light-dependent reduction of hydrogen peroxide by ruptured pea chloroplasts. Plant Physiology. 69:1407–1413.
- 29-Jin, J., Ningwei, Sh., Jinhe, B. and Junping, G. 2006.** Regulation of ascorbate peroxides at the transcript level is involved in tolerance to post harvest water deficit stress in the cut Rose (*Rose hybrida* L.) CV. Samantha. J. Agri. Sci. Tech. 7:90-103.
- 30-Kendall, e. j., Murnaghan, B. D., Jonesand, j. and Bowley, S. R. 2000.** Iron superoxide dismutase expression in transgenic alfalfa increase winter survival without a detectable increase in photosynthetic oxidative stress tolerance Plant Physiology. 22: 1427-1836.
- 31-Kumar, A. and Singh, D. P. 1998.** Use of physiological indices as a screening technique for drought tolerance in oilseed Brassica species . Ann . Bot . 81 : 413 – 420.
- 32-Levite, A., Tenhaken, R., Dixon, R. and Lamb, C. 1981.** H₂O₂ from the oxidative burst orchestrates the plant hypersensitive disease resistance response. Cell 79: 583–593.
- 33-Narang, M., D’Aquino, M., Tomassi, G., Gentili, V., Di Felice, M. and Scaccini, C. 1993.** Inhibition of low density lipoprotein oxidation by caffeic acid and other hydroxycinnamic acid derivatives. Free Radical Biology and Medicine. 19: 541–552.
- 34-Navari, H., Kiegerl, S. and Hirt, H. 1999.** OMTK1, a novel MAPKKK, channels oxidative stress signalling through direct MAPK interaction. Journal of Biological Chemistry. 279: 26959–26966.
- 35-Prasad, T. K. 2003.** ‘Mechanisms of chilling-induced oxidative stress injury and tolerance in developing maize seedlings: changes in antioxidant system, oxidation of proteins and lipids, and protease activities’, *The Plant Journal* 10, 1017–1026.
- 36-Pana, H., Patterson, W. H. and Poulos, T. L. 1992.** The homologous tryptophan critical for cytochrome c peroxidase function is not essential for ascorbate peroxidase activity. Journal of Biological Inorganic Chemistry. 1: 61–66.
- 37-Rao, M.V., Paliyah, G. and Ormrod, D. P. 1996.** Ultraviolet-B- and ozone-induced biochemical changes in antioxidant enzymes of *Arabidopsis thaliana*. Plant Physiology. 110: 125–136.
- 38-Rhashid. A., Rafique, E. and Baghio. 1994.** Diagnosing boron deficiency in rapessed and mustard by plant analysis and soil testing. Commun. Soil Sci. 25: 2883 – 2893.
- 39-Rao, M. S. S. and Mendham, N. J. 1991.** Soil – plant – water relations of oilseed rape (*Brassica napus* and *B. campestris*). J. Agric. Sci. Camb. 117: 197 – 205.
- 40-Scarbrick, D. H., Daniels, R. W. and Noorrawi, A. B. 1982 .** The effect of chlomequat on the yield and yield components of oil – seed rape (*Brassica napus* L.) . J . Agric . Sci ., Camd . 99: 453 – 455 .

- 41-Smirnoff, N. 1998. Ascorbate biosynthesis and function in photoprotection. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences. 355: 1455–1464.
- 42-Stoker, S., Karter, T. 1984. Blue light activates calcium-permeable channels in *Arabidopsis* mesophyll cells via the phototropin signaling pathway. Proceedings of the National Academy of Sciences USA. 100: 1456–1461.
- 43-Takahashi, H., Chen, Z., Du, H., Liu, Y. and Klessig, D. F. 1987. Development of necrosis and activation of disease resistance in transgenic tobacco plants with severely reduced catalase levels. The Plant Journal. 11: 993–1005.
- 44-Ukeda, T., Masuda, Y., Yamanaka, A. and Sagiska, S. 1991. Abrupt increase in the level of hydrogen peroxide in leaves of winter wheat is caused by cold treatment. Plant Physiology. 97: 1265–1267.
- 45-Watson, J., Zhang, H. and Allen, R. D. 2003. Overexpression of an *Arabidopsis* peroxisomal ascorbate peroxidase gene in tobacco increases protection against oxidative stress. Plant Cell Physiology. 40: 725–732.
- 46-Yegappan, T. M., Paton, D. M., Gates, C.T. and Muller, W. J. 1982. Genetic variability of sunflower cultivars. water stress in sunflower response of cypsela size. Annals of Botany by London. 4 (1): 63-65.
- 47-Yates, D. J and Steven, M. D. 1987. Reflection and absorption of solar radiation by flowering canopies of oil – seed rape (*Brassica napus* L.). J. Agric. 12: 75-91.