

بررسی تاثیر باکتری های محرک رشد و محلول پاشی سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه  
بر فعالیت بیومارکرهای بیوشیمیایی در شرایط تنش خشکی در گیاه جو  
(*Hordeum vulgare* L.)

Effect of plant growth promoting rhizobacteria and foliar application of silicic acid and  
amino acids on biochemical biomarkers rates of barley  
(*Hordeum vulgare* L.) Under drought stress

محمد پورابتهاج<sup>۱\*</sup>، داوود حبیبی<sup>۲</sup>، فرزاد پاکنژاد<sup>۲</sup>، مهدی داوودی فرد<sup>۱</sup>، پوریا فراهانی پادا<sup>۱</sup>

چکیده

کاهش صدمات ناشی از تنش خشکی در گیاهان با استفاده از کودهای بیولوژیک همانند باکتری های محرک رشد، سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه و بهبود عوامل فیزیولوژیکی همانند آنزیم ها، هورمون ها و بیومارکرها و در نتیجه بالا بردن میزان عملکرد گیاه در مناطق خشک و نیمه خشک از مدیریت های ضروری برای کنترل تنش خشکی در زراعت و همچنین زراعت گیاه جو می باشد. از این رو، اثر آبیاری به عنوان عامل اصلی در دو سطح شامل A1: آبیاری کامل و A2: قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و سطوح عامل فرعی در پنج سطح شامل B1: شاهد (عدم مصرف باکتری، اسید آمینه و سیلیسیک اسید)، B2: بذر مال باکتری، B3: بذر مال باکتری + اسپری کردن سیلیسیک اسید، B4: بذر مال باکتری + اسپری کردن اسیدهای آمینه و B5: بذر مال باکتری + اسپری کردن سیلیسیک اسید به همراه اسیدهای آمینه طی آزمایشی به صورت کرت های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در سال ۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج به اجرا گذاشته شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر آبیاری بر تمامی صفات در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. بالاترین میزان عملکرد دانه به آبیاری معمولی اختصاص یافت. بالاترین میزان مالون دی آلدئید، دی تیروزین و دی هیدروکسی گوانوزین به قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد مربوط بود. اثرات متقابل نشان داد که بالاترین میزان عملکرد دانه به آبیاری معمولی و به بذرمال باکتری + محلول پاشی سیلیسیک اسید به همراه محلول پاشی اسیدهای آمینه تعلق داشت. همچنین بالاترین مالون دی آلدئید، دی تیروزین و دی هیدروکسی گوانوزین مربوط به قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و به بذرمال باکتری به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید + محلول پاشی اسیدهای آمینه و به ترتیب با میزان (۱۹۸/۴، ۱۰۴/۹ و ۱۸/۱ میکرومول بر گرم پروتئین) تعلق داشت.

واژه های کلیدی: تخریب DNA، باکتری های محرک رشد، سیلیسیک اسید، اسیدهای آمینه، عملکرد دانه

۱- دانشگاه آزاد اسلامی. واحد رودهن. گروه زراعت و اصلاح نباتات. رودهن. ایران.

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت، کرج، البرز، ایران

\* نویسنده مسئول: Email: candy2005ir@yahoo.com

## مقدمه

مایع یا نیمه جامد) که حاوی یک و یا چند گونه میکروارگانیزم خاص بوده که از طریق تامین بخشی از یک عنصر مورد نیاز گیاه و یا تولید مواد محرک رشد، به رشد بهتر گیاه کمک می‌کنند. میکروارگانیزم‌های مورد استفاده برای تهیه کودهای بیولوژیک از خاک منشا می‌گیرند و در اغلب خاک‌ها حضور فعال دارند. معهدا در بسیاری از موارد کمیت و کیفیت آنها در حد مطلوب نیست و به همین دلیل استفاده از مایه تلقیح آنها ضرورت پیدا می‌کند (سرمدنیا، ۱۳۷۲؛ رازخزادی و همکاران، ۱۳۸۷؛ حمیدی و همکاران، ۱۳۸۶).

Azotobacter, Azospirillum در محیط ریشه گیاه قادر به ساخت و ترشح مواد بیولوژیک مانند نیکوتینیک اسید، پنتونیک اسید، بیوتن، ویتامین‌های ب، اکسین و جیرلین‌ها و غیره را بوده که در افزایش رشد ریشه نقش مفید و موثری دارند (امینی و همکاران، ۱۳۸۶). از طرف دیگر Azotobacter قادر به تولید ترکیبات ضد قارچی بر علیه بیماری‌های گیاهی بوده و همچنین سبب تقویت جوانه زنی و بنیه گیاهچه شده که در نهایت بهبود رشد پایه گیاهی را به دنبال دارد (جلیلیان، ۱۳۷۴). Azospirillum علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن با تولید مواد محرک رشد سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت جذب عناصر غذایی گردیده و از این طریق در افزایش عملکرد تاثیر گذار می‌باشد (حییبی، ۱۳۷۴). گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی از قبیل خشکی، شوری و گرما، راهکارها و واکنش‌هایی را برای مقابله با تنش استفاده می‌کنند. یکی از واکنش‌های شایع به تنش در گیاهان، تجمع اسمولیت‌های سازگار پرولین، گلاسیسین، بتائین، گلیسرول، مانیتول و سوربیتول است که از سلول‌ها در برابر صدمات تنش محافظت می‌کنند (Knipp and Honermeier, 2006). این ترکیبات می‌توانند در غلظت‌های زیاد در سیتوزول سلول‌های گیاهی تجمع یابند، بدون اینکه باعث صدمه‌ای به ساختار سلولی شوند، زیرا آن‌ها معمولاً از هیدراته شدن ماکرومولکول‌های کروی شکل ممانعت می‌کنند.

کشور ایران با متوسط بارندگی سالیانه ۲۴۰ میلیمتر در سال در زمره مناطق خشک جهان طبقه بندی می‌شود (سرمدنیا، ۱۳۷۲). در مناطق خشک و نیمه خشک کمبود آب یکی از عوامل محدود کننده رشد و نمو گیاهان می‌باشد (رستگار، ۱۳۷۱). اگر در مرحله‌ای از رشد یا تمام دوره رشد آن، آب مورد نیاز گیاه به طور کامل فراهم نشود، گیاه تحت شرایط تنش خشکی قرار گرفته و بخشی از فعالیت‌های فیزیولوژیکی آن مختل می‌شود. در این شرایط میزان آب درون بافت‌ها و سلول‌های گیاهی به اندازه‌ای کاهش می‌یابد که روند رشد گیاه دچار رکود می‌شود (سلطان دهقان، ۱۳۷۵). نواحی تحت تنش خشکی به نواحی گفته می‌شود که میزان بارندگی سالیانه آنها کمتر از ۵۰۰ میلیمتر باشد (حمیدی و همکاران، ۱۳۸۵). تأثیر منفی انواع تنش‌های محیطی حداقل تا حدودی به خاطر تولید انواع اکسیژن‌های فعال و یا عدم اجرای سیستمی است که در برابر آنها مقاومت کند. اکسیژن‌های واکنش گر در طول متابولیسم و به وسیله کنش‌های متقابل بین اکسیژن و الکترون‌های آزاد شده از زنجیر انتقال الکترون در میتوکندری و کلروپلاست به وجود می‌آید. رادیکال سوپر اکسید در سطح غشایی بیشتر اندامک‌های سلول‌های گیاهی تولید می‌شود. عدم فرونشانی یا غیر فعال سازی اکسیژن‌های واکنش گر می‌تواند منجر به تخریب غشاء سلول‌های گیاهی و به عبارت دیگر پروتئین‌ها، لیپیدها و DNA شود که در نتیجه مرگ سلولی را به همراه دارد (Aghdassi and Johane, 2000). جو یکی از مهمترین غلات می‌باشد که بعد از گندم و برنج بیشترین سطح کشت را در ایران به خود اختصاص داده است. جو نسبت به شرایط نامساعد محیطی تحمل خوبی از خود نشان می‌دهد و در مناطق نامناسب از لحاظ بارندگی و خاک قادر به رشد و تولید عملکرد می‌باشد. خشکی یک عامل کاهش دهنده عملکرد می‌باشد و در ایران عامل محدود کننده در توسعه کشاورزی بوده است (رادمهر، ۱۳۸۷). کودهای بیولوژیک یا کودهای میکروبی شامل موادی هستند (جامد،

به وسیله خشکی و تنش گرمایی ایجاد می‌شود، جلوگیری می‌کند. میزان تحرک سیلیکون در گیاهان کم است، بنابراین استفاده مداوم از آن در طول دوره رشد و نمو گیاهان بسیار مهم است (Polidoros and Scandalios, 1999).

این آزمایش با هدف بررسی تاثیر کودهای بیولوژیک (پسودوموناس - ازتوباکتر - آزوسپیریلیوم) بر فعالیت ۳ بیومارکر تخریب شامل مالون دی آلدئید (MDA)، دی تیروزین (Di-ty) و دی هیدروکسی گوانوزین (8-OH-dg) و همچنین بررسی امکان ارتقاء مقاومت به خشکی به کمک محلول پاشی اسیدهای آمینه و اسید سیلیسیک به اجرا در آمد.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، واقع در ماهدشت کرج و با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی و به ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا به صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار به اجرا در آمد. آبیاری به عنوان عامل اصلی در دو سطح و تیمار باکتریایی به عنوان سطوح عامل فرعی در پنج سطح در نظر گرفته شدند.

در میان اسمولیت‌های سازگار، پرولین به عنوان مهم‌ترین ترکیب شناخته شده و تجمع آن در تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی در واکنش به تنش‌های گوناگون گزارش شده است (Vranov et al., 2002).

سیلیکون در بافت‌های گیاهی کمک به کاهش تنش آب از طریق کاهش میزان تعرق، بهبود کارایی نور و جلوگیری از ورس در غلات با عمود نگه داشتن برگ‌ها و بوته، افزایش مقاومت به آفات و بیماری‌های بومی محل کشت، جلوگیری از عدم تعادل مواد مغذی و سایر اثرات مفید برای گیاهان می‌شود. همچنین از آلودگی آب‌ها و خاک‌ها نیز جلوگیری می‌کند. سیلیکون با کاهش انتقال  $Na^+$  به ساقه منجر به پایین آمدن غلظت آن و افزایش وزن خشک محصول تنش دیده در مقایسه با نمونه‌های شاهد می‌گردد. سیلیکون به طور ویژه‌ای در سلول‌های گیاهی رسوب کرده و با استحکام بخشیدن به آن گیاه را در برابر ورس مقاوم می‌کند. همچنین باعث افزایش ضخامت سلول و دستجات آوندی شده و قادر است در شرایط کم آبی با کاهش میزان تعرق و نگهداری پتانسیل آب برگ از بسته شدن روزنه‌ها و خطرات ناشی از تنش‌های اکسید کننده جلوگیری کند و از این طریق مانع از کاهش عملکرد گیاهان تحت تنش‌های محیطی می‌گردد. رسوب آن در دیواره سلول آوند چوبی از متراکم شدن آوند تحت شرایط تعرق بالا که

سطوح عامل اصلی (A) شامل:

A1: شاهد (آبیاری کامل بر اساس نیاز آبی گیاه)

A2: قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد

سطوح عامل فرعی (B) شامل:

B1: شاهد (عدم مصرف باکتری، اسید آمینه و سیلیسیک اسید)

B2: بذر مال باکتری (Azospirillum, Azotobacter, pseudomonas)

B3: بذر مال باکتری (Azospirillum, Azotobacter, pseudomonas) + محلول پاشی سیلیسیک اسید

B4: بذر مال باکتری (Azospirillum, Azotobacter, pseudomonas) + محلول پاشی اسیدهای آمینه

B5: بذر مال باکتری (Azospirillum, Azotobacter, pseudomonas) + محلول پاشی سیلیسیک اسید به همراه اسیدهای آمینه

تیمارهای شاهد مسدود و به صورت جداگانه آبیاری انجام شد. سپس تابلوهایی که معرف انتساب تیمارها به واحدهای آزمایشی بودند، در ابتدای هر کرت نصب گردیدند.

جهت اندازه گیری عملکرد دانه، بوته‌های جو را در ۲ متر مربع پس از حذف ۰/۵ متر بالا و پایین هر کرت به عنوان حاشیه از هر کرت کف بر شده و پس از جدا نمودن دانه‌های آن توسط ترازوی دقیق توزین گردید.

جهت اندازه گیری مالون دی آلدئید، دوبرگ از گیاه جدا و با آب مقطر شستشو داده شد و بلافاصله در بافر فسفات تریس اسید کلریدریک ۰/۱۶ مولار با  $\text{pH}=7/5$  وارد و خرد و هموژن شد. آنگاه اجازه داده شد با حجم مشابه از همان بافر حاوی دیجیتوتین و آنزیم هضم کننده دیواره، فرآیند هضم غشاء دیواره سلول صورت گیرد. در پایان مقدار ۰/۵ میلی لیتر از محلول هموژن برای سنجش پروتئین توسط روش استیون (Steven, 1987) برداشته شده و مقدار پروتئین آن بر حسب میلی گرم بر میلی لیتر تعیین شد. پس از آن در باقیمانده محلول استخراجی مقدار MDA بر اساس روش استیون (Steven, 1987) مورد ارزیابی قرار گرفت. در این روش میزان فعالیت بر اساس واکنش به مایع کروماتوگرافی ارزیابی می‌شود. محصول این واکنش پس از عاری شدن از پروتئین بوسیله تری کلرواستیک اسید ۱۲ مول به ستون سیلکاژل اکتادسیل منتقل می‌شود. پس از به تعادل رسیدن ستون، این ستون با فاز متحرک شامل فسفات بافر خاصی متانول شستشو می‌شد و پیک MAD در اسپکتروفتومتر با دکتور مرئی در طول موج ۵۳۲ نانومتر شناسائی و بر اساس سطح زیر منحنی پیک اندازه‌گیری گردید. جهت استاندارد شدن، مالون دی آلدئید خالص با نسبت‌های مختلف در بافر شستشو و منحنی استاندارد رسم می‌گردد. جهت اندازه‌گیری دی تیروزین، دوبرگ از گیاه استخراج با آب مقطر شستشو داده شد و بلافاصله در بافر فسفات تریس اسید کلریدریک ۰/۱۶ مولار با  $\text{pH}=7/5$  وارد و خرد و هموژن شد، آنگاه اجازه داده شد حجم مشابه از همان بافر حاوی دیجیتوتین و آنزیم هضم کننده دیواره فرآیند هضم غشاء دیواره سلول صورت گیرد.

بافت خاک لومی رسی، pH خاک ۷/۴ و EC خاک ۱/۹۳ دسی زیمنس بود. هر کرت آزمایش شامل ۵ خط کاشت به طول ۴۰۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. با توجه به بافت خاک مزرعه در شهریور ۱۳۸۸ شخمی به عمق ۲۵ سانتی متر زده شد. سپس برای خرد کردن کلوخه‌ها دیسک بشقابی در دو جهت عمود بر هم استفاده گردید و به منظور تسطیح زمین دستگاه لولر به کار گرفته شد. قبل از کاشت در سطح مزرعه علف‌های هرز با استفاده از دیسک سبک به زیر خاک برده شد. به منظور برطرف نمودن نیاز غذایی گیاه از کود فسفات آمونیوم به میزان ۲۰۰ کیلو گرم در هکتار و همچنین کود نترات آمونیوم (اوره) به میزان ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار طبق توصیه کودی استفاده شد و عمل اختلاط نیز توسط دستگاه دیسک صورت گرفت. سپس به منظور آماده سازی زمین، برای عملیات کاشت با فاروئر اقدام به ایجاد جوی و پشته‌هایی از یکدیگر گردید و به منظور اجرای نقشه آزمایشی، کرت‌های مورد نظر تقسیم بندی شد. بذور مورد نظر، قبل از کاشت با کودهای بیولوژیک نیتروکسین (Nitroxin) و بیوفسفر (Biophosphorus) به منظور تامین باکتری‌های *Azospirillum, Azotobacter, pseudomonas* و هر کدام به مدت زمان ۲۰ دقیقه آغشته گردیدند و مدت زمان ۱۰ دقیقه بین آغشته کردن بذور با هریک از این دو کود بیولوژیک استراحت و فاصله به بذور داده شد و سپس بذور در تاریخ ۱۵ مهر ماه سال ۱۳۸۸ کشت گردید. در هنگام کاشت بر روی پشته‌ها، شیارهایی ایجاد گردید و بذور در عمق ۳ سانتی متری خاک به صورت ردیفی قرار داده شد. بلافاصله بعد از قرار دادن بذور در خاک، شیارها با خاک پوشانده و مزرعه آبیاری گردید. جهت اعمال تیمار آبیاری، تمامی کرت‌ها تا مرحله ی گلدهی هر ۱۲ روز یک بار به صورت نشتی آبیاری شدند و بعد از مرحله گلدهی، آبیاری کرت‌های تحت تیمار خشکی به صورت کامل تا زمان برداشت قطع شد. به منظور عدم اختلاط آب آبیاری بین تیمارهای با بذور تلقیح شده با باکتری و تیمارهای شاهد از یکدیگر، ابتدا و انتهای پشته‌های

ستون جدید کربن ۸ منتقل می‌گردد. پس از به تعادل رسیدن، ستون با فاز متحرک حاوی آدنوزین با غلظت ۰/۶۵ مول شستشو گردید. این امر سبب جدا شدن اختصاصی ماده مورد نظر به عنوان یک پیک اختصاصی شده به طوریکه این پیک به دستگاه دتکتور از نوع Colometric منتقل و شناسایی گردید. مقدار 8-OH-DG به صورت نسبت خاص از کل پیک‌های پورینی ارزیابی گردید. در این روش میزان فعالیت بیومارکر از طریق ستون کربن بر پایه LCEC مورد ارزیابی قرار گرفت.

### نتایج و بحث

#### عملکرد دانه جو

نتایج نشان داد تأثیر تیمارهای آبیاری و باکتری و اثر متقابل آبیاری و باکتری بر عملکرد دانه جو در سطح احتمال ۱ % معنی دار می‌باشد (جدول ۱).

در تیمار اثر متقابل آبیاری معمول و بذرمال باکتری، عملکرد دانه جو نسبت به تیمار آبیاری کامل و عدم مصرف باکتری، اسید آمینه و سیلیسیک اسید بیشتر می‌باشد که احتمالاً نشان دهنده این است اثر افزایشی باکتری در عملکرد دانه جو می‌باشد (جدول ۳).

بالتر بودن عملکرد دانه جو در تیمار شرایط آبیاری کامل و بذرمال باکتری نسبت به تیمار آبیاری کامل و عدم بذرمال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید به همراه اسیدهای آمینه احتمالاً نشان از تاثیر افزایشی باکتری در عملکرد دانه جو دارد. ایسا (Essa, 2002) گزارش کرد که در گیاهان بذری، عمل تلقیح A. Brasilense به همراه مقادیر، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد کاه و دانه را به طور محسوسی افزایش داد.

با توجه به نتایج بدست آمده در تیمار تنش خشکی و بذرمال باکتری عملکرد دانه جو نسبت به تیمار تنش خشکی و عدم مصرف باکتری، اسید آمینه سیلیسیک اسید بالاتر می‌باشد و اینگونه به نظر می‌رسد که باکتری در بهبود عملکرد دانه جو در شرایط تنش خشکی دارای اثر مثبت می‌باشد. عملکرد دانه جو در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید،

در پایان مقدار ۰/۵ میلی لیتر در محلول هموژن برای سنجش توسط روش استیون (Steven, 1987) برداشته شده و مقدار پروتئین بر اساس میلی گرم بر میلی لیتر تعیین شد، پس از آن در باقیمانده محلول مقدار دی تیروزین بر اساس روش استیون (Steven, 1987) مورد ارزیابی قرار گرفت در این روش میزان فعالیت بر اساس واکنش به مایع کروماتوگرافی ارزیابی شد. بافر زمینه برای کار حاوی تریس اسید کلریدریک با  $s = 7/2$ ، ۰/۲ میلی مول بر لیتر سدیم دی سدیک و ۰/۲ میلی مول بر لیتر آسکوربات بود. یک واحد فعالیت دی تیروزین معادل مقدار آنزیمی که بتواند یک میکرومول از سوبسترا را در یک دقیقه کاتالیز کند در نظر گرفته شد. برای جدا سازی عصاره برای (8-OH-DG) می‌بایست بافت مورد نظر را توزین و پس از تعیین نسبت کل پروتئین یک قسمت از بافت در محلول بافر فسفات بی کربنات (منوسدیک) ۱/۶ مول با  $pH = 7/4$  خرد و سپس به سرعت در حضور یخ و شرایط سرد هموژن می‌گردد. به محلول هموژن از ماده دی متیل سولفو کساید به غلظت ۰/۴ مول اضافه می‌شود. پس از اضافه کردن بافر جدید بنام استات منو سدیک با  $pH = 5/6$  آن را در برابر آب مقطر به مدت ۶ ساعت دیالیز و سپس محتوای باقی مانده در ۱۵۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ می‌شود. محلول بالای در اسپکتروفتومتر به ترتیب در طول موجهای ۲۸۰ و ۲۶۰ نانومتر جذب می‌گردد. آنگاه با اضافه کردن تری کلرو استیک اسید ۰/۳۵ مول از پروتئین عاری می‌شود. این محلول پس از سانتریفوژ در ۳۰۰ دور به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شده و محلول بالایی جهت سنجش 8-OH-Dg مورد استفاده قرار می‌گیرد.

عصاره بدست آمده جهت سنجش 8-OH-Dg بر اساس روش بوگدانو و همکاران (Bogdanov et al., 1999) انجام می‌شود. در این مورد عصاره را از ستون کربن شماره ۸ (C8) عبور داده، این ستون مخصوص جذب پورین‌هاست. پس از به تعادل رسیدن و عبور تمامی حلال موجود در عصاره آنگاه ستون با عبور از فاز متحرک جدید حاوی Tris HCl با  $pH = 8/2$  ماده 8-OH-DG از این ستون خارج می‌شود و به

آزمایش (باکتری‌های محرک رشد) تأثیر معنی داری بر مالون دی آلدئید نداشت. بررسی‌ها نشان داد که اثر متقابل آبیاری با تیمار دوم آزمایشی نیز بر مالون دی آلدئید معنی دار نشد (جدول ۱). بیشترین میزان مالون دی آلدئید به قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد اختصاص یافت و در گروه آماری برتر قرار گرفت (جدول ۲).

مشاهده نتایج (جدول ۳) نشان دهنده این است که در شرایط آبیاری کامل تمامی تیمارها در شرایط بهینه آبیاری قرار دارند و هیچ‌گونه تنشی به گیاه وارد نشده و میزان بیومارکر بیوشیمیایی MDA در تیمار شرایط آبیاری کامل کمترین مقدار می‌باشد، در صورتی‌که در تیمارهای تنش خشکی میزان MDA در بالاترین میزان بوده و اثر متقابل بین تیمار دوم آزمایشی با آبیاری بر صفت فوق نشان داد که بالاترین میزان بیومارکر بیوشیمیایی مالون دی آلدئید با میانگین میزان فعالیت (۱۹۸/۴ میکرومول بر گرم پروتئین) مربوط به قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد به و بذر مال باکتری به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید+ اسید آمینه بود.

در تیمار آبیاری کامل و بذرمال باکتری تمامی تیمارها در شرایط بهینه آبیاری قرار دارند و هیچ‌گونه تنشی به گیاه وارد نشده و کمتر بودن فعالیت بیومارکر بیوشیمیایی MDA در تیمار حاوی باکتری نسبت به تیمار شاهد آبیاری کامل و عدم مصرف باکتری، اسید آمینه و سیلیسیک اسید احتمالاً نشان دهنده این است که باکتری گیاه را در شرایط مناسب تری قرار داده است.

بررسی تیمارهای تنش خشکی نشان داد که در تنش خشکی و بذرمال باکتری میزان بیومارکر بیوشیمیایی MDA نسبت به تیمار بذرمال باکتری در شرایط آبیاری کامل افزایش نشان می‌دهد. آزمایشات صورت گرفته توسط پان و همکاران (Pan et al., 2006) و محمدخانی و حیدری (Mohammadkhani and Heidari, 2007) بر روی ذرت نشان داد که میزان MDA در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط آبیاری کامل بیشتر می‌شود. ژانگ و همکاران

در شرایط نرمال (۳۱۲۹ کیلوگرم در هکتار) و در تیمار شرایط تنش خشکی (۱۵۸۴ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار بذرمال باکتری در شرایط آبیاری کامل و شرایط تنش خشکی بالاتر بود. این روند افزایشی احتمالاً به دلیل تأثیر مثبت محلول پاشی سیلیسیک اسید در شرایط آبیاری کامل و شرایط تنش خشکی می‌باشد. تحقیقات اسپارکز و همکاران (Sparks et al., 2001) حاکی از آن است که استفاده از سیلیسیک اسید سبب افزایش پتانسیل آب تحت شرایط خشکی در مرحله پر شدن دانه گندم می‌شود.

در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی اسیدهای آمینه، عملکرد دانه جو در شرایط شرایط آبیاری کامل (۲۱۷۰ کیلوگرم در هکتار) و در شرایط تنش خشکی (۱۳۸۵ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از میزان آن در تیمارهای بذرمال باکتری می‌باشد که احتمالاً نشان دهنده اثر مثبت محلول پاشی اسیدهای آمینه در روند افزایشی عملکرد دانه جو در شرایط آبیاری کامل و شرایط تنش خشکی می‌باشد.

در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید+ محلول پاشی اسیدهای آمینه، عملکرد دانه جو در شرایط شرایط آبیاری کامل (۳۵۲۰ کیلوگرم در هکتار) و شرایط تنش خشکی (۱۶۶۵ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از میزان آن در تیمارهای بذرمال باکتری می‌باشد که نشان دهنده تأثیر مثبت اثر متقابل تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی دلفان پلاس و تأثیر در روند افزایشی عملکرد سنبله جو توسط تیمار فوق در شرایط شرایط آبیاری کامل و شرایط تنش خشکی می‌باشد. اینگونه می‌توان نتیجه گرفت که با محلول پاشی سیلیسیک اسید و اسیدهای آمینه عملکرد گیاه به خاطر اثرات تغذیه‌ای مثبت آنها بر رشد و نمو بهتر گیاه عملکرد دانه افزایش خواهد یافت.

#### مالون دی آلدئید (MDA)

نتایج آزمایش نشان داد که تأثیر آبیاری بر مالون دی آلدئید ( $P \geq 0.05$ ) معنی دار شد. این در حالی بود که تیمار دوم

### دی تیروزین

نتایج تجزیه واریانس مربوط به دی تیروزین نشان داد که تأثیر آبیاری بر این صفت ( $P \leq 0.01$ ) معنی دار شد، اما سطوح تیمار دوم آزمایشی تأثیر معنی داری بر دی تیروزین نداشت. اثر متقابل تیمارهای آبیاری و سطوح تیمار دوم آزمایشی نیز بر دی تیروزین معنی دار نشد (جدول ۱). مطابق (جدول ۲) سطوح مختلف تیمار آبیاری در مورد صفت فوق در یک گروه آماری قرار نگرفتند، به نحوی که بیشترین میزان دی تیروزین به قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد اختصاص یافت و در گروه آماری جداگانه‌ای قرار گرفت.

در شرایط آبیاری کامل که هیچگونه تنش به گیاه وارد نشده، میزان بیومارکر بیوشیمیایی دی تیروزین در تیمار شرایط آبیاری کامل کمترین مقدار می‌باشد، در صورتیکه در تیمارهای تنش خشکی میزان دی تیروزین در بالاترین میزان بوده و طبق نتایج (جدول ۲) اثر متقابل بین تیمار باکتری با آبیاری بر صفت فوق نشان داد که بالاترین میزان دی تیروزین با میانگین  $104/9$  میکرو مول بر گرم پروتئین) مربوط به قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد به و بذرمال باکتری به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید+ اسید آمینه بود.

در تیمار آبیاری کامل و سطوح تیمار دوم آزمایشی که تمامی تیمارها در شرایط بهینه آبیاری قرار دارند، کمتر بودن بیومارکر بیوشیمیایی دی تیروزین در تیمار حاوی باکتری نسبت به تیمار شاهد آبیاری کامل و عدم مصرف باکتری، اسید آمینه و سیلیسیک اسید احتمالاً نشان دهنده این است که باکتری گیاه را در شرایط مناسب تری قرار داده است. این نتیجه نشان می‌دهد که در شرایط نرمال تخریب پروتئین و تولید بیومارکر بیوشیمیایی دی تیروزین صورت نگرفته است.

بررسی تیمارهای شرایط تنش خشکی نشان داد که در تیمار تنش خشکی و بذرمال باکتری میزان بیومارکر بیوشیمیایی دی تیروزین نسبت به تیمار بذرمال باکتری در شرایط آبیاری کامل افزایش نشان می‌دهد که نشان دهنده این مطلب است که به علت وقوع تنش خشکی، تنش اکسیداتیو رخ داده و به بافت

(Zhang et al., 2006) گزارش کردند که میزان MDA

در شرایط تنش کمبود آب در برگ‌های گیاه سویا افزایش پیدا می‌کند

در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید، میزان بیومارکر بیوشیمیایی MDA در شرایط تنش خشکی ( $178/3$ ) میکرو مول بر گرم پروتئین) بیشتر از میزان آن در تیمار شرایط نرمال ( $117$  میکرو مول بر گرم پروتئین) بود.

در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی اسیدهای آمینه، میزان بیومارکر بیوشیمیایی MDA در شرایط تنش خشکی ( $174/6$ ) میکرو مول بر گرم پروتئین) بیشتر از میزان آن در تیمار شرایط نرمال ( $135/5$  میکرو مول بر گرم پروتئین) بود که این میزان از تیمارهای بذرمال باکتری بیشتر می‌باشد.

مقدار مالون دی آلدئید (MDA) به عنوان یک بیومارکر بیوشیمیایی در گیاهان در شرایط تنش خشکی افزایش یافته و در منابع علمی متعددی بدان اشاره شده است. این افزایش به دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت در گیاه و ضعف در این سیستم دفاعی رخ داده و نشانگر اکسیداسیون و تجزیه چربی‌ها در غشاهای سلولی و در نتیجه خسارت به بافت‌ها و سلول‌های گیاهی می‌باشد. معمولاً به واسطه کاهش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) در شرایط خشکی رادیکال‌های سوپراکسید به علت وقوع تنش اکسایشی حاصل از کمبود آب به شدت افزایش یافته و سبب تجزیه چربی‌ها و تخریب سلول‌ها و صدمه زدن به بافت‌ها می‌گردد. افزایش نقش این ترکیب در این شرایط به نظر می‌رسد که به دلیل نقش مهم آن در تجزیه و سم زدایی این رادیکال‌های آزاد می‌باشد. در این آزمایش مقدار مالون دی آلدئید در شرایط تنش خشکی به شدت افزایش یافت. به نظر می‌رسد تنش اکسایشی حاصل از تنش خشکی سبب این مساله شده است. این نتایج با تحقیقات ردی و همکاران (Reddy et al., 2004) و استوارت (Stewart, 1981) مطابقت دارد.

حمله کرده و باعث تغییرات جزئی در مکان‌های مخصوص اسیدهای آمینه، تجزیه زنجیره پپتیدی می‌شوند. حساسیت اسیدهای آمینه یک پپتید به حمله اکسایشی متفاوت است و فرم‌های گوناگون اکسیژن فعال شده از نظر پتانسیل واکنش پذیری، با هم فرق می‌کنند. زمانی که تنش اکسیداتیو ایجاد می‌شود، رادیکال‌های آزاد، باعث تخریب پروتئین‌ها شده، اسیدهای آمینه مختلف آزاد می‌شوند و از اتصال دو اسید آمینه تیروزین از محل اکسیژن‌ها نشان یک دی پپتید بنام دی تیروزین ایجاد می‌گردد که این ماده نشانه‌ای از حمله رادیکال‌های آزاد در هنگام تنش خشکی به پروتئین‌ها و تخریب آنها می‌باشد.

#### دی هیدروکسی گوانوزین (8-OH-dg)

نتایج آزمایش نشان داد که تأثیر آبیاری بر دی هیدروکسی گوانوزین ( $P \leq 0.01$ ) معنی دار شد. این در حالی بود تیمار دوم آزمایشی تأثیر معنی داری بر دی هیدروکسی گوانوزین نداشت. بررسی‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمارهای آبیاری و تیمار دوم آزمایشی نیز بر دی هیدروکسی گوانوزین معنی دار نشد (جدول ۱). مطابق (جدول ۲) بین سطوح مختلف تیمار آبیاری بر مقدار دی هیدروکسی گوانوزین تفاوت معنی داری وجود داشت و سطوح مختلف تیمار آبیاری در مورد صفت فوق در یک گروه آماری قرار نگرفتند، به نحوی که بیشترین میزان دی هیدروکسی گوانوزین به قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد اختصاص یافت و در گروه آماری برتر قرار گرفت.

مشاهده نتایج (جدول ۳) نشان دهنده این است که در شرایط آبیاری کامل هیچگونه تنشی به گیاه وارد نشده و میزان دی هیدروکسی گوانوزین در تیمار شرایط آبیاری کامل کمترین مقدار می‌باشد، در صورتیکه در تیمارهای شرایط تنش خشکی میزان 8-OH-DG در بالاترین میزان بوده و اثر متقابل بین تیمار باکتری با آبیاری بر صفت فوق نشان داد که بالاترین میزان بیومارکر بیوشیمیایی دی هیدروکسی گوانوزین با میانگین

پروتئین آسیب رسانده و در نتیجه تولید بیومارکر بیوشیمیایی دی تیروزین افزایش پیدا کرده است. در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید، میزان بیومارکر بیوشیمیایی دی تیروزین در شرایط تنش خشکی (۷۷/۸ میکرومول بر گرم پروتئین) بیشتر از میزان آن در تیمار شرایط آبیاری کامل (۵۰/۱ میکرومول بر گرم پروتئین) بود. نتایج تحقیقات رودریگوز و همکاران (Rodrigues et al., 2003) و نیز سناراتنا و همکاران (Senaratna et al., 2000) نشان داد که در کولتیوارهای مختلفی از گندم در اثر تنش اکسایشی به تنهایی مقدار دی تیروزین افزایش پیدا نمود و همچنین آنها مشاهده نمودند که استفاده از ترکیباتی نظیر مس و سلینیوم منجر به افزایش شدیدتر گردید. آنها در این باره اظهار کردند که حضور ترکیبات واسطه‌ای مثل مس و سلینیوم می‌تواند واکنش به کمبود آب را تحریک کند، نتایج بدست آمده از این آزمایش با تحقیقات فوق مطابقت دارد.

در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی اسیدهای آمینه، میزان بیومارکر بیوشیمیایی دی تیروزین در شرایط تنش خشکی (۶۵/۳ میکرومول بر گرم پروتئین) کمتر از میزان آن در تیمار بذرمال باکتری می‌باشد که نشان از تأثیر منفی این اثر متقابل در شرایط تنش خشکی در روند افزایشی بیومارکر بیوشیمیایی دی تیروزین دارد.

در تیمار بذرمال باکتری به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید + محلول پاشی اسیدهای آمینه، میزان بیومارکر دی تیروزین در شرایط نرمال (۴۷/۷ میکرومول بر گرم پروتئین) کمتر از میزان بیومارکر بیوشیمیایی دی تیروزین در تیمار بذرمال باکتری در شرایط آبیاری کامل است که نشان دهنده تأثیر منفی این اثر متقابل در روند افزایشی میزان بیومارکر بیوشیمیایی دی تیروزین می‌باشد.

تحقیقات بسیار اندکی نحوه تغییرات دی تیروزین را در شرایط تنش خشکی بررسی نموده و لذا جزئیات دقیق آن هنوز شناسایی نشده است. پور اسماعیل (پوراسماعیل، ۱۳۸۵) گزارش کرده است که رادیکال‌های آزاد اکسیژن به پروتئین‌ها



بیومارکر بیوشیمیایی 8-OH-DG در شرایط تنش خشکی (۱۵/۷ میکرو مول بر گرم پروتئین) بیشتر از میزان آن در تیمار شرایط آبیاری کامل (۱۴/۱ میکرو مول بر گرم پروتئین) بود که این میزان از تیمارهای بذرمال باکتری بیشتر می‌باشد. نحوه تغییرات دی هیدروکسی گوانوزین در شرایط خشکی و نقش آن در ایجاد مقاومت به تنش خشکی در گیاه هنوز شناخته نشده است. به نظر می‌رسد که تیمارهای محلول پاشی به خصوص سیلیسیک اسید با کاهش مقاومت روزنه‌ای (SR) در گیاه و در نتیجه افزایش راندمان مصرف آب و میزان آب نسبی برگها منجر به کاهش مقدار دی هیدروکسی گوانوزین در شرایط تنش خشکی می‌شوند. گانگ و همکاران (Gong et al., 2005) گزارش کردند که توزیع ترکیبات مختلف تغذیه‌ای نظیر کلسیم و اسیدهای آمینه در گیاه احتمالاً به دلیل اثرات و نقش تغذیه‌ای شان سبب بهبود مقدار رطوبت و فتوسنتز در گیاه می‌شوند.

میزان فعالیت (۱۸/۱ میکرومول بر گرم پروتئین) مربوط به قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و به بذرمال باکتری به همراه محلول پاشی سیلیسیک اسید+ اسیدهای آمینه بود. کمتر بودن میزان بیومارکر بیوشیمیایی 8-OH-DG در تیمار حاوی باکتری نسبت به تیمار آبیاری کامل و عدم مصرف باکتری و محلول پاشی اسید آمینه و سیلیسیک اسید احتمالاً نشان دهنده این است که باکتری گیاه را در شرایط مناسب تری قرار داده است. در تیمار شرایط تنش خشکی و بذرمال باکتری میزان بیومارکر بیوشیمیایی 8-OH-DG نسبت به تیمار بذرمال باکتری در شرایط آبیاری کامل افزایش نشان می‌دهد. در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی سیلیسیک اسید، میزان بیومارکر بیوشیمیایی 8-OH-DG در شرایط تنش خشکی (۱۶/۴ میکرو مول بر گرم پروتئین) بیشتر از میزان آن در تیمار شرایط آبیاری کامل (۱۱/۳ میکرو مول بر گرم پروتئین) بود. در تیمار بذرمال باکتری و محلول پاشی اسید آمینه، میزان

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

Table1-Analysis of variance of effect for studied traits

منابع تغییرات	(S.O.V)	میانگین مربعات MS				
		درجه آزادی (Df)	عملکرد دانه Grain yield	مالون دی آلدئید MDA	دی هیدروکسی گوانوزین 8-OH-DG	دی تیروزین Di-Ty
تکرار	Replication	3	107523**	244.6ns	4.9 ns	56.9ns
آبیاری	Irrigation(I)	1	10984088**	23411**	80.9**	8640.6**
خطا	Error	2	11652.1	171.2	0.8	75.7
تیمار دوم آزمایشی	Second experimental treatment(T)	4	2239414.7**	1936.7ns	2.3ns	427.8ns
آبیاری × تیمار دوم آزمایشی	I×T	4	46675.8**	742.6ns	21.6ns	915.8ns
خطا	Error	24	9693.9	2101	15.9	996.1
ضریب تغییرات	(C.V) %	-	5.1	16.4	13.9	25

ns,\*,\*\*;Non significant. Significant at the 5% and 1% levels probability respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در سطوح اثر آبیاری و تیمار دوم آزمایشی

Table 2-Mean comparisons of determined characteristics for irrigation and second experimental treatment

تیمار	عملکرد دانه Grain yield (Kg/ha)	مالون دی آلدئید MDA ( $\mu$ mol /g protein)	دی هیدروکسی گوآنوزین 8-OH-DG ( $\mu$ mol /g protein)	دی تیروزین Di-Ty ( $\mu$ mol /g protein)
آبیاری (Irrigation)				
A <sub>1</sub>	2450a	122b	12.9b	51.2b
A <sub>2</sub>	1402b	170.4a	15.8a	80.6a
تیمار دوم آزمایشی (Second experimental treatment)				
B <sub>1</sub>	1351.5e	146.9a	14.4a	68.1a
B <sub>2</sub>	1555.25d	120.4a	13.7a	56.1a
B <sub>3</sub>	2357b	147.7a	13.8a	63.9a
B <sub>4</sub>	1777c	155.1a	14.9a	64.8a
B <sub>5</sub>	2593a	161a	14.8a	76.3a

در هر ستون اعدادی که دارای ضرایب مشترکی هستند در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری نشان نداند.

Similar letters in each column shows non-significant difference according to Duncan multiple range tests at 5% level.

جدول ۳ - مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل صفات

Table3- Mean comparison of interaction effect of characters

تیمار	عملکرد دانه Grain yield (Kg/ha)	مالون دی آلدئید MDA ( $\mu$ mol /g protein)	دی هیدروکسی گوآنوزین 8-OH-DG ( $\mu$ mol /g protein)	دی تیروزین Di-Ty ( $\mu$ mol /g protein)
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	1624d	127.1ab	14.1ab	48.4b
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	1811c	106.8b	12ab	44.4b
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	3129a	117.0b	11.3b	50.1b
A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	2170b	135.5ab	14.1ab	64.4ab
A <sub>1</sub> B <sub>5</sub>	3520a	123.6ab	11.6ab	47.7b
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	1079e	166.7ab	14.8ab	87.9ab
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	1300e	133.9ab	15.4ab	67.8ab
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	1584d	178.3ab	16.4ab	77.8ab
A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	1385e	174.6ab	15.7ab	65.3ab
A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	1665d	198.4a	18.1a	104.9a

در هر ستون اعدادی که دارای ضرایب مشترکی هستند در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری نشان نداند.

Similar letters in each column shows non-significant difference according to Duncan multiple range tests at 5% level.

A1: آبیاری کامل، A2: قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد، B1: عدم مصرف باکتری، اسید آمینه و سیلیسیک اسید، B2: بذر مال باکتری، B3: بذر مال باکتری + محلول پاشی سیلیسیک اسید، B4: بذر مال باکتری + محلول پاشی اسیدهای آمینه و B5: بذر مال باکتری + محلول پاشی سیلیسیک اسید به همراه اسیدهای آمینه.

A1: full irrigation, A2: cut irrigation after flowering stage, B1 control, B2: seed inoculated with bacteria, b3: seed inoculated with bacteria and sprayed silicic acids, B4: seed inoculated with bacteria and sprayed amino acids and B5: seed inoculated with bacteria and sprayed silicic acids with amino acids.

References

منابع

- امینی، زهره. حدادی، ر. مرادی، ف. ۱۳۸۶. بررسی اثر تنش کم آبی بر نحوه فعالیت آنزیمهای ضد اکسنده در مراحل رشد زایشی گیاه جو. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴۶ (الف) - ص ۶۵-۶۶.
- پوراسماعیل، پ. ۱۳۸۵. بررسی تأثیرات پلیمرسوپرجاذب بر کارایی مصرف آب و عملکرد در لویبای قرمز. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- حبیبی، د. ۱۳۷۴. انتخاب پروژنی مقام به خشکی و شوری چغندر قند در مرحله جوانه اولیه. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت، دانشکده کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- حمیدی، ا. فلاوند، ا. دهقان شعار، م. ملکوتی، م. ج. اصغرزاده، ا. و چوگان، ر. ۱۳۸۵. اثرات کاربرد باکتریهای محرک رشد گیاه (PGPR) بر عملکرد ذرت علوفه ای. پژوهش و سازندگی. شماره ۷۰، صفحات ۲۲-۱۶.
- حمیدی، آ. اصغرزاده، ا. چوگان، ر. دهقان شعار، م. فلاوند، ا. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۶. بررسی کاربرد کودهای ریزوباکتریایی افزایشدهنده رشد گیاه (PGPR) در زراعت ذرت با نهاده کافی. علوم محیطی. سال ۴، شماره ۴، صفحات ۲۰-۱.
- جلیلیان، ع. ۱۳۷۴. بررسی اثرات تنش خشکی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و قدرت بذر سویا. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- راخزادی، ا. اصغرزاده، ا. درویش، ف. نورمحمدی، ق. ۱۳۸۷. ارزیابی اثر کودهای بیولوژیک آروسپیریولوم، ازوتوباکتر، پسودوموناس و مزوریزوبیوم بر تجمع ماده ی خشک و عملکرد نخود (*Cicerarietinum L.*). دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران.
- رادمهر، ع. ۱۳۸۷-۸۸. آمارنامه کشاورزی، جلد اول محصولات زراعی سال زراعی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات. ص ۳۰-۳۳.
- رستگار، م. ع. ۱۳۷۱. صفحه ۲۵۰. دیمکاری. انتشارات برهمند.
- روستا، م. راستین، ن. و مظاهر اسدی، م. ۱۳۷۷. بررسی و فعالیت آروسپیریولوم لیپروفرم در برخی از خاکهای ایران. مجله علوم کشاورزی ایران، ۲۹، ۲۸۵-۲۹۸.
- سرمدنی، غ. ۱۳۷۲. اهمیت تشهای محیطی در زراعت. اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران. صفحات ۱۵۷-۱۷۲.
- سلطان دهقان، م. ۱۳۷۵. بررسی برخی پارامترهای فیزیولوژیکی و زراعی ارزن در شرایط خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

Aghdassi, E. johane, P. 2000. Breath alkaned as a marker of oxidative stress in difference clinical conditions. Free-radical Boil Med, 28:880-886.

Bogdanov, M.B., Flint Beal, M., Mccabe, D.R., Griffin, R.M and Matson, W.R. 1999. A Carbon Column-Based Liquid Chromatography Electrochemical Approach to Routine 8-Hydroxy-29-Deoxyguanosine measurements in Urine and other biologic matrices: A One-Year Evaluation of Methods. Free Radical Biology & Medicine. 27 (5)

647-666.

**Essa, T.A. 2002.** Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L.) Merr cultivars. *J. Agron. Crop Sci.*, 188: 86-93.

**Gong H.Z., Chen K., Wang S and Zhang C.2005.** Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in posts under drought. *Eles. Shan, IRLANDE* 169:313-327.

**Knipp, G. and B. Honermeier. 2006.** Effect of water stress on proline accumulation of genetically modified conditions. *Envi. Exper. Bot.* 60:276-283.

**Mohammdkhani, N and R. Heidari. 2007.** Effects of drought stress on protective enzyme activities and lipid peroxidation in two maize cultivars. *Pakistan J.Biol. Sci.* 10 (21): 3835-3840.

**Pan. Y., L. J. Wu, Z. L. Yu. 2006.** Effect of salt and drought stress on antioxidant enzymes activities and SOD isoenzymes of liquorice (*Glycyrrhizauralensis* fish). *Plant Growth Regul.* 49: 157-165.

**Polidoros A.N, Scandalios J.G. 1999.** Role of hydrogen peroxide and different classes of antioxidants in the regulation of catalase and glutathione S-transferase gene expression in maize (*Zea mays* L.) *Physiol. Plant.* 106, 112-120.

**Rodrigues F.A Benhamou N., Datnoff L.E, Jones J.B and Belanger R.R. 2003.** Ultra structural and cytochemical aspect of silicon-mediated rice blast resistance. *Phyto.* 93:535-546.

**Reddy, A. R., K. V. Chaitanya and M. Vivekanandan. 2004.** Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J. Plant Physiol.* 161: 1189-1202.

**Sparks CA, Castleden CK, West J, Habash DZ, Madgwick PJ, Paul MJ, Noctor G, Harrison J, Wu R, Wilkinson J, Quick WP, Parry MAJ, Foyer CH, Mifflin BJ. 2001.** Potential for manipulating carbon metabolism in wheat. *Anna. Appl. Biol.* 138: 33-45.

**Stewart, C.R.1981.** Proline accumulation: Biochemical aspect. In: *Physiol. Biochem. drought resistance in Plants.*, (Eds.): L.G. Paleg. and D. Aspinall. pp. 243-251.

**Steven, H., M. H. Sidney. 1987.** Lipid peroxidase in sample as measured by liquid chromatography. Separation of malondialdehyde tiobarbituric acid. *Elin. Chem.* 32. 214-220.

**Senaratna, T., D. Touchell, E. Bunn and K. Dixon. 2000.** Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Reg.*, 30: 157-161.

**Vranov, E., Inze, D. and F., van Bresegem. 2002.** Signal transduction during oxidative stress. *J. exper. Bot.* 372:1227-1236.

**Zhang, M., L. Duan, X. Tian, Z. He, J. Li, B. Wang and Z. Li. 2006.** Uniconazole-induced tolerance of soybean to water deficit stress in relation to changes in photosynthesis, hormones and antioxidant system. *J. Plant. Physiol.* 164: 709-7.