



## تغییر فعالیت‌های فیزیولوژیک بادام زمینی در واکنش به رژیم‌های مختلف آبیاری و کاربرد برگی اتانول

رضا احمدی شریف<sup>۱</sup>، حمیدرضا ذاکرین<sup>۲</sup>، معرفت مصطفوی‌راد<sup>۳</sup>، سعید سیف‌زاده<sup>۴</sup>، سید علیرضا ولدآبادی<sup>۵</sup>،

دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰۷ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۲

### چکیده

به منظور ارزیابی فعالیت‌های فیزیولوژیک بادام زمینی در واکنش به رژیم‌های مختلف آبیاری و کاربرد برگی اتانول آزمایشی در طی فصل زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل چهار سطح رژیم آبیاری پس از ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به‌عنوان کرت اصلی و سه سطح اتانول ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی به‌عنوان کرت فرعی بود. اثر متقابل بین رژیم آبیاری  $\times$  الکل اتانول بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده در بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه در واحد سطح، شاخص کلروفیل برگ و رطوبت نسبی برگ در بادام زمینی گردید ولی، تنش خشکی میزان پرولین، قندهای محلول، پروتئین محلول، آنتوسیانین‌ها و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز را افزایش داد. بیشترین عملکرد دانه (۳۲۷۵ کیلوگرم در هکتار) بادام زمینی در واکنش به رژیم آبیاری پس از ۲۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A همراه با کاربرد برگی اتانول با غلظت ۲۰ درصد حجمی به‌دست آمد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که کاربرد برگی اتانول می‌تواند در راستای ارتقای عملکرد دانه و افزایش مقاومت بوته‌های بادام زمینی در مقابل تنش خشکی تحت شرایط اقلیمی مشابه قابل توصیه باشد.

واژه‌های کلیدی: اوره، پروتئین، خورجین، روغن، کندکننده رشد

احمدی شریف، ر. ح. ذاکرین، م. مصطفوی راد، س. سیف زاده و س. ع. ولدآبادی. ۱۴۰۰. تغییر فعالیت‌های فیزیولوژیک بادام زمینی در واکنش به رژیم‌های مختلف آبیاری و کاربرد برگی اتانول. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۳(۴۷): ۳۱-۱۷.

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران.

۲- استادیار، گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران. -مسئول مکاتبات. drzakerin5@gmail.com

۳- استادیار، بخش علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، رشت، ایران.

۴- دانشیار، گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران.

۵- استادیار، گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران.

## مقدمه

بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) یکی از دانه‌های روغنی مهم خانواده لگوم‌ها و حاوی ۴۷ تا ۵۳ درصد روغن و ۲۵ تا ۳۶ درصد پروتئین می‌باشد و به دو صورت دیم و فاریاب کشت می‌شود (اکرم و همکاران، ۲۰۱۸). تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی در سراسر جهان به‌شمار می‌رود (جابرالداری و همکاران، ۲۰۱۷) که از طریق کاهش هدایت روزنه‌ای و محدود کردن تبادل گازی دی‌اکسید کربن، نقصان ظرفیت فتوسنتزی گیاه سبب تقلیل عملکرد دانه در گیاهان زراعی می‌گردد (حسین و همکاران، ۲۰۱۹).

بسیاری از محققان نشان دادند که عملکرد دانه بادام زمینی (راتناکومار و وادیز، ۲۰۱۱)، کتان (موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۹۶)، کلزا (یوسفی و همکاران، ۲۰۱۱) و سویا (معصومی و همکاران، ۲۰۱۰) در واکنش به تنش خشکی کاهش پیدا کرد. در چنین شرایطی، آبیاری تکمیلی یا کم‌آبیاری یک استراتژی بهینه برای تامین آب مورد نیاز گیاهان در مراحل حساس رشد و تولید اقتصادی محصولات تحت شرایط کمبود آب است (گریس و ریز، ۲۰۰۹). در این راستا، مرحله گل‌دهی و پرشدن غلاف در بادام زمینی (کامبیراندا و همکاران، ۲۰۱۲) و مراحل گل‌دهی و تشکیل خورجین در کلزا (اسکندری و عالیزاده امرایی، ۱۳۹۵)، به‌عنوان حساس‌ترین مرحله رشد گیاهان نسبت به تنش خشکی گزارش شده است. همچنین، گزارش‌های متعددی نشان دادند که آبیاری تکمیلی بر عملکرد دانه بادام زمینی (آیدینساکیر و همکاران، ۲۰۱۶)، کلزا (اسکندری و عالیزاده امرایی، ۱۳۹۵) و سویا (دیمکپا و همکاران، ۲۰۱۷) تاثیر مثبت داشت. تنش خشکی منجر به تولید و تجمع گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) مانند رادیکال سوپراکسید ( $O_2^-$ )، پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ ) و رادیکال هیدروکسیل (OH) می‌شود (کریشنا و همکاران، ۲۰۰۴) و به‌دنبال آن فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و مکانیسم دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاهان فعال می‌شود (معصومی و همکاران، ۲۰۱۰).

محققان نشان دادند که فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز و پراکسیداز در پاسخ به تنش‌های محیطی نظیر خشکی در بوته‌های بادام زمینی (آکسای و همکاران، ۲۰۱۰)، پنبه (گزیا و همکاران، ۲۰۱۹)، شلغم روغنی (جیا و همکاران، ۲۰۲۰)، کلزا (میرزایی و همکاران، ۲۰۱۳) افزایش پیدا کرد. همچنین، افزایش اسمولیت‌ها مکانیسم داخلی مهمی برای مقابله با تنش‌های اکسیداتیو به‌شمار می‌روند. در این راستا، محققان نشان دادند که تنش‌های محیطی نظیر شوری و خشکی

موجب افزایش قند محلول در برگ برنج (لی و همکاران، ۲۰۱۷)، کلزا (حاتم‌وند و همکاران، ۱۳۹۳) و پنبه (گزیا و همکاران، ۲۰۱۹) گردید. همچنین تحت شرایط تنش خشکی، افزایش میزان آنتوسیانین در انیسون (آسادا، ۲۰۰۶) و کاهش محتوای نسبی آب برگ در کلزا (حاتم‌وند و همکاران، ۱۳۹۳) و غفاری و همکاران، ۲۰۱۱) گزارش شده است. گیاهان مقاوم به تنش‌های محیطی مقدار زیادی پرولین سنتز می‌کنند (پیریا و همکاران، ۲۰۱۵) که می‌تواند نقش حفاظتی برای انواع پروتئین‌ها و آنزیم‌ها در شرایط وقوع تنش داشته باشد (ویندروسکولو و همکاران، ۲۰۰۷) و به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های دفاعی گیاهان در مقابله با تنش خشکی (لیو و همکاران، ۲۰۰۸)، نقش مهمی در حفاظت بوته‌های بادام زمینی در مقابل تنش خشکی بازی می‌کند (آکسای و همکاران، ۲۰۱۰).

از طرفی بادام زمینی یک گیاه زراعی سه کربنه می‌باشد و تنش خشکی سبب تشدید تنفس نوری در این گیاه می‌شود. یکی از راه‌کارهای کاهش تنفس نوری و افزایش فتوسنتز خالص در گیاهان سه کربنه افزایش غلظت دی‌اکسید کربن با استفاده از ترکیبات الکلی نظیر متانول و اتانول است که از طریق روزنه‌های برگ جذب و طی فرآیند اکسیداسیون به دی‌اکسید کربن تبدیل و به‌عنوان منبع کربن مورد استفاده قرار می‌گیرد (رامیریز و همکاران، ۲۰۰۶). محققان نشان دادند که کاربرد متانول عملکرد دانه بادام زمینی (مرادی توچایی و همکاران، ۱۳۹۶) و بابایی و همکاران، ۲۰۱۴)، سویا (داوود و همکاران، ۲۰۱۳) را تحت شرایط تنش خشکی بهبود بخشید. همچنین، گزارش شده است که محلول‌پاشی متانول سبب افزایش کلروفیل در برگ‌های بادام زمینی (بابایی و همکاران، ۲۰۱۴) و لوبیا (آرمند و همکاران، ۲۰۱۶) گردید. محققان دیگری نشان دادند که بیشترین میزان کلروفیل کل برگ لوبیا در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول مشاهده شد (صانعی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۸). به‌علاوه گزارش شده است که در شرایط عدم تنش آبی و تنش ملایم، متانول در افزایش و ثبات کلروفیل عدس نقش مثبت داشته است (احمدپور و همکاران، ۲۰۱۶). نتایج دیگر محققان نشان داد اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی متانول بر محتوای پرولین دانه لوبیا چشم بلبلی معنی‌دار بود (صانعی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۸).

گزارش شده است که محلول‌پاشی متانول اثر مثبت بر اسمولیت‌ها و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در برگ‌های بادام زمینی داشته (بابایی و همکاران، ۲۰۱۴) و محلول‌پاشی متانول با نسبت ۳۰ درصد حجمی تحت شرایط تنش خشکی موجب

و در سه تکرار در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، آستارا (ایستگاه تحقیقاتی آستارا) اجرا شد. فاکتورها شامل چهار سطح رژیم آبیاری پس از ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به‌عنوان کرت اصلی و سه سطح اتانول ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی به‌عنوان کرت فرعی بود. آماده‌سازی زمین زراعی در فروردین ماه و کاشت بادام زمینی در تاریخ ۲۰ اردیبهشت ماه انجام شد. قبل از کاشت جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در چند نقطه از خاک مزرعه آزمایشی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری و به آزمایشگاه ارسال شد و نتایج آزمون خاک در جدول ۱ ارایه شده است.

افزایش محتوای پروتئین و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در برگ‌ها، افزایش محتوای قندهای محلول در برگ و کاهش محتوای پروتئین برگ گندم شد (نریمانی و همکاران، ۱۳۹۹). داوود و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که اثر محلولپاشی اتانول در غلظت ۱۰ تا ۲۵ درصد حجمی بر میزان پروتئین محلول در برگ سویا تاثیر مثبت و معنی دار داشت. این آزمایش، با هدف بررسی اثر متقابل رژیم‌های مختلف آبیاری و کاربرد برگی اتانول بر فعالیت‌های فیزیولوژیک بادام زمینی تحت شرایط اقلیمی منطقه انجام گردید.

#### مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی سال‌های زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق نمونه‌برداری (cm)	بافت خاک	رس %	سیلت %	شن %	اسیدیته خاک pH(1:5)	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل دسترس (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (ppm)
صفر تا ۳۰	شنی رسی	۳۰/۷	۲۷/۱	۴۱/۲	۶/۳	۱/۷۹	۰/۱۷۱	۹/۳	۲۱۰

وسطی در سطحی معادل پنج متر مربع از هر کرت برداشت و عملکرد دانه پس از خشک کردن بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. اندازه‌گیری پروتئین به‌روش بیتز و همکاران (باتس و همکاران، ۱۹۷۳)، قندهای محلول به‌روش دیوبویز و همکاران (۱۹۵۶)، آنزیم‌های سوپراکسیداز دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز به‌روش سوده‌کار و همکاران (۲۰۰۱)، شاخص کلروفیل برگ با دستگاه کلروفیل‌متر (سیدشریفی و همکاران، ۲۰۱۶)، پروتئین محلول به‌روش برادفورد (۱۹۷۶)، آنتوسیانین به روش ماسوکاسو و همکاران (۲۰۰۳) و رطوبت نسبی برگ به روش روش گونزالس و گونزالس ویلار (۲۰۰۳) انجام گردید. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها پس از انجام آزمون بارتلت و اطمینان از یکنواختی اشتباه آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها به‌روش آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

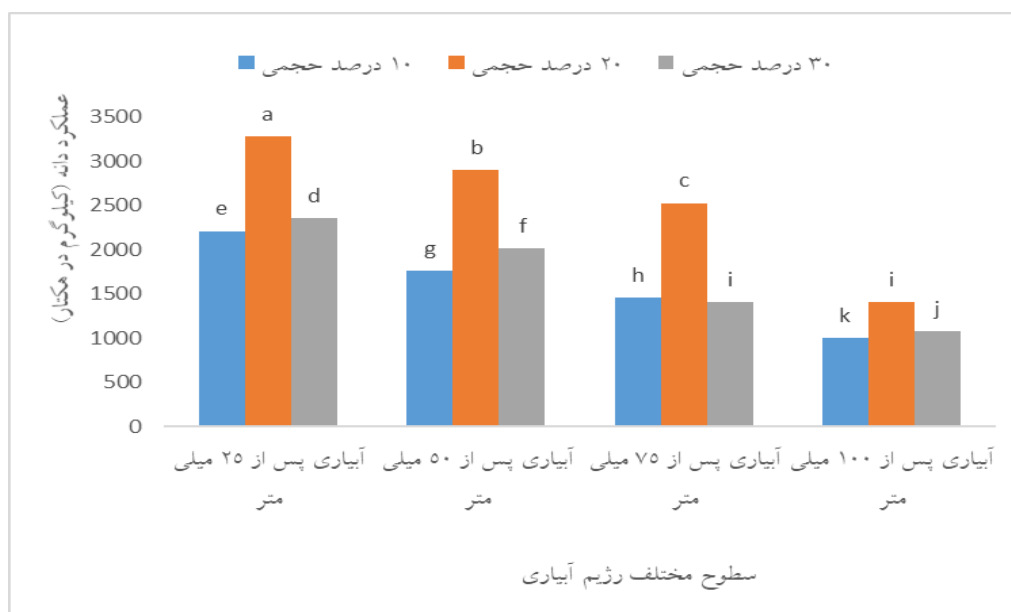
کوددهی براساس نتایج آزمون خاک انجام گردید و مقدار ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار به عنوان نیتروژن آغازگر قبل از کاشت و به‌طور یکنواخت در سطح مزرعه پاشیده شد و به‌وسیله دیسک سبک با خاک مخلوط گردید. فاصله ردیف‌های کاشت بادام زمینی ۵۰ و فاصله بوته‌ها روی ردیف کاشت ۲۰ سانتی‌متر و هر کرت شامل ۶ خط به طول ۵ متر بود. آبیاری براساس تیمارهای مورد مطالعه و بر مبنای میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و به‌صورت سیفونی انجام و کرت‌های مورد آبیاری کاملاً غرقاب گردید. کنترل علف‌های هرز به‌روش وجین دستی در دو مرحله ۴ تا ۶ برگی و مرحله نمو غلاف‌ها و مصادف با خاک‌دهی پای بوته‌های بادام زمینی انجام شد. محلول‌پاشی اتانول یک‌بار در مرحله شروع گل‌دهی و دو بار دیگر با فاصله ۱۵ روز در طی مرحله نمو غلاف‌ها صورت گرفت. مراقبت‌های زراعی در طی دوره رویش گیاه انجام شد و در پایان فصل رشد و هم‌زمان با رسیدگی فیزیولوژیک دانه (پیدایش رگه‌های قهوه‌ای رنگ بر روی غلاف‌ها)، پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط کاشت (حذف اثر حاشیه‌ای)، تعداد ۵۰ بوته به‌طور تصادفی از چهار ردیف

## نتایج و بحث

## عملکرد دانه

در این آزمایش، اثر متقابل رژیم آبیاری  $\times$  اتانول بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده در بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بروز تنش خشکی عملکرد دانه بادام زمینی در واحد سطح را کاهش داد و اثر متقابل آبیاری پس از ۲۵ میلی‌متر تبخیر از تشنگ تبخیر کلاس A و محلول‌پاشی با غلظت ۲۰ درصد حجمی اتانول بیشترین عملکرد دانه (۳۲۷۵ کیلوگرم در هکتار) بادام زمینی را تولید کرد (شکل ۱). در این آزمایش، عملکرد دانه با شاخص کلروفیل برگ بادام زمینی ( $r = 0.61^{**}$ )، محتوای پروتئین ( $r = 0.58^*$ )، کاتالاز ( $r = 0.49^*$ )، پراکسیداز ( $r = 0.62^{**}$ )، پروتئین‌های محلول برگ ( $r = 0.56^*$ )، میزان آنتوسیانین ( $r = 0.63^{**}$ ) و درصد رطوبت نسبی برگ ( $r = 0.58^*$ ) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۴). محققان دیگری دریافته‌اند که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه بادام زمینی (راتناکومار و واغلظت، ۲۰۱۱) و

سویا (معصومی و همکاران، ۲۰۱۰) گردید و محلول‌پاشی متانول عملکرد بادام زمینی (مرادی‌توچایی و همکاران، ۱۳۹۶ و بابایی و همکاران، ۲۰۱۴) و سویا (داوود و همکاران، ۲۰۱۳) را بهبود بخشید. کاهش عملکرد دانه بادام زمینی در مواجهه با تنش خشکی می‌تواند ناشی از بسته شدن روزنه‌ها، کاهش تبادل دی-اکسید کربن، کاهش فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه باشد. نتایج بیانگر آن است که کاربرد برگی اتانول تا غلظت ۲۰ درصد حجمی تحت شرایط تنش خشکی از طریق بهبود رشد و ارتقای ظرفیت فتوسنتزی گیاه موجب افزایش نسبی عملکرد دانه در هکتار می‌شود. مطالعه ضرایب همبستگی نشان داد که افزایش شاخص کلروفیل برگ، محتوای پروتئین، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز، فندهای محلول، پروتئین محلول، آنتوسیانین‌ها و درصد رطوبت نسبی برگ در واکنش به کاربرد اتانول تحت شرایط تنش خشکی موجب بهبودی نسبی عملکرد دانه در واحد سطح می‌شود.



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه بادام زمینی تحت تاثیر متقابل رژیم آبیاری و اتانول

جدول ۲ - تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده در بادام زمینی تحت تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری و اتانول

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	شاخص کلروفیل برگ	پروکلین	کاتالاز	سوپراکسید دیسموتاز	پراکسیداز	فندهای محلول	پروتئین های محلول	آنتوسیانین	رطوبت نسبی برگ
سال (Y)	۱	۱۲۳۰۰۴۶/۳**	۲۶۶/۵۳۳ <sup>ns</sup>	۰/۳۰۴ <sup>ns</sup>	۱/۳۸۰ <sup>ns</sup>	۵/۲۷۶ <sup>ns</sup>	۱/۵۳۱ <sup>ns</sup>	۵۲۲/۷۶ <sup>ns</sup>	۱۰۲۲/۶۸ <sup>ns</sup>	۲/۳۷۵ <sup>ns</sup>	۲۱۰/۲۹۸ <sup>ns</sup>
تکرار (سال)	۴	۹۲۴۱۷۸/۲۴	۳۵۲/۹۴۸	۱۶/۱۳۲	۱۹۵/۲۸۸	۲۰۴/۶۱۶	۱۸۲/۹۰۸	۶۶۷/۶۸۷	۱۱۱۳/۱۹۹	۶/۴۹۱	۵۰۷/۴۸۱
رژیم آبیاری (I)	۳	۱۶۷۷۶۰۹۵/۶۸**	۴۶۸۶/۹۰۵**	۲۰۲/۳۵۹**	۲۰۹۰/۸۴۵**	۸۸۷/۴۴۳**	۱۸۰۱/۰۵۲**	۲۳۱۶۰/۹۹۶**	۸۶۰۲/۶۷۹**	۹۸/۳۱۲**	۳۳۰۶/۷۶۵**
Y × I	۳	۱۶۵۱/۲۳ <sup>ns</sup>	۵/۹۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۷/۷۵۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۹۴۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۵۹ <sup>ns</sup>	۰/۴۴۳ <sup>ns</sup>
اشتباه آزمایشی اصلی	۱۲	۱۴۷۷/۶۲	۱۵/۲۱۸	۰/۰۰۴۵	۵/۴۹۱۳	۸/۸۸۹۱	۰/۰۹۷۴	۱/۰۳۰۸	۰/۰۲۶۲	۰/۰۴۴۲	۱/۹۷۸۴
اتانول (E)	۲	۴۴۹۵۲۱۹/۹۱**	۵۹۳/۳۳۱**	۵۲/۸۷۸**	۲۱۸۶/۷۲۵**	۵۵۳/۶۶۱**	۵۹۲/۱۵۷**	۸۰۵/۹۰۸**	۷۶۱/۴۷۶**	۳۱/۰۳۳**	۸۰۲/۴۲۱**
Y × E	۲	۱۸۱۷/۱۳ <sup>ns</sup>	۳/۲۹۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۲/۶۲۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۵۲۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۴۲ <sup>ns</sup>	۰/۳۸۰ <sup>ns</sup>
I × E	۶	۱۵۷۷۹۷/۰۷**	۱۳۵/۹۰۷**	۱۰/۰۶۰**	۶۰/۴۱۰**	۳۱/۲۰۵**	۶/۵۳۰**	۲۰/۲۱۵**	۴۲/۵۲۶**	۲/۴۹۳**	۲۰/۲۵۵**
Y × I × E	۶	۷۸۳/۱۸ <sup>ns</sup>	۳/۹۶۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱۵ <sup>ns</sup>	۳/۴۸۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۴۲۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۸ <sup>ns</sup>	۰/۴۲۵ <sup>ns</sup>
اشتباه آزمایشی فرعی	۱۲۸	۸۲۴/۶۵	۴/۵۷۳	۰/۰۰۱۷	۴/۸۹۵۴	۸/۶۴۳۲	۰/۰۲۸۱	۰/۶۰۹۱	۰/۰۲۴۷	۰/۰۴۱۱	۱/۴۰۲۶
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۶/۸۶	۴/۸۶	۷/۰۱	۳/۹۵	۶/۸	۷/۰۷	۵/۶۸	۱۸/۱۱	۲/۶۹	۲/۱۱

ns, \* و \*\*: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در بادام زمینی تحت تاثیر متقابل رژیم آبیاری و اتانول

رطوبت نسبی برگ (درصد)	آنتوسیانین (میکرومول بر گرم وزن تر)	پروتئین محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)	قند محلول (میلی-گرم بر گرم وزن تر)	پراکسیداز (نانومول بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	سوپراکسید دیسموتاز (واحد در میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	کاتالاز (واحد در نانومول بر میلی-گرم پروتئین در دقیقه)	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)	شاخص کلروفیل (عدد اسپاد)	اتانول (درصد حجمی)	رژیم آبیاری
۶۳/۹۳c	۵/۹۱k	۷۸/۳۳l	۱۱۶/۰۱l	۴۵/۱۳h	۳۹/۴۲de	۵۴/۹۵d	۹/۸۳g	۵۲/۱۷c	۱۰	آبیاری پس از ۲۵ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر
۶۹/۴۳a	۷/۴۲h	۸۶/۱۶j	۱۲۳/۱۷j	۵۱/۹۷f	۴۴/۰۸d	۵۰/۲۰e	۹/۸۶g	۶۸/۶۹a	۲۰	
۶۴/۴۳bc	۶/۵۷j	۸۲/۱۶k	۱۱۹/۰۴k	۴۴/۶۲i	۳۷/۲۰e	۴۵/۱۶f	۷/۴۸i	۵۵/۳۳b	۳۰	
۵۷/۷۸d	۷/۲۴i	۸۷/۱۶i	۱۲۵/۹۸i	۴۶/۶۲g	۴۲/۰۴d	۶۴/۱۶b	۱۱/۶۰d	۴۳/۱۵e	۱۰	آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر
۶۵/۳۱b	۸/۳۱f	۹۳/۰۰f	۱۳۱/۸۶g	۵۲/۵۹e	۴۷/۳۹d	۵۶/۱۷c	۱۰/۱۸f	۵۳/۳۶c	۲۰	
۶۱/۳۵c	۷/۵۸g	۸۸/۰۰h	۱۲۸/۲۶h	۴۸/۸۸m	۳۹/۱۵d	۵۱/۲۲e	۷/۶۳h	۴۶/۲۲d	۳۰	
۵۴/۶۰e	۸/۵۴e	۹۳/۱۶f	۱۴۲/۰۵e	۵۳/۸۲d	۴۳/۵۷c	۶۵/۴۰b	۱۱/۶۲d	۳۸/۰۵fg	۱۰	آبیاری پس از ۷۵ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر
۶۲/۶۹c	۹/۴۰c	۹۹/۱۶e	۱۴۸/۱۷d	۵۷/۳۹c	۵۱/۳۵a	۴۹/۹۶e	۱۲/۲۳c	۴۸/۲۳d	۲۰	
۵۲/۵۳f	۸/۲۹f	۹۲/۱۶g	۱۴۱/۰۴f	۵۲/۶e	۴۳/۱۵c	۵۴/۶۶d	۱۰/۳۵e	۴۰/۵۰f	۳۰	
۴۶/۵۵h	۹/۷۳b	۱۱۰/۱۶b	۱۶۳/۰۷c	۵۸/۹۸b	۴۸/۱۷b	۷۲/۸۷a	۱۲/۶۹b	۳۱/۴۳i	۱۰	آبیاری پس از ۱۰۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر
۵۲/۴۲f	۱۰/۷۵a	۱۱۴/۱۶a	۱۷۲/۰۴a	۶۴/۱۷a	۵۳/۴۲a	۶۵/۲۵b	۱۴/۸۴a	۳۷/۶۶g	۲۰	
۴۹/۰۳g	۸/۸۳d	۱۰۹/۱۶c	۱۶۴/۱۱b	۵۷/۷۲c	۵۰/۱۴a	۶۰/۰۴c	۱۲/۲۶c	۳۳/۳۹hi	۳۰	

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD نمی‌باشند.

## شاخص کلروفیل برگ

برگ بادام زمینی با عملکرد دانه ( $r=0.61^{**}$ )، محتوای پروتئین ( $r=0.75^{**}$ )، آنزیم پراکسیداز ( $r=0.74^{**}$ )، پروتئین‌های محلول برگ ( $r=0.55^*$ )، میزان آنتوسیانین ( $r=0.65^{**}$ ) و درصد رطوبت نسبی برگ ( $r=0.73^{**}$ ) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۴).

در این آزمایش، تنش خشکی سبب کاهش شاخص کلروفیل برگ بادام زمینی گردید و بالاترین شاخص کلروفیل برگ (۶۸/۶۹ عدد اسپاد) بادام زمینی به اثر متقابل رژیم آبیاری پس از ۲۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A × محلولپاشی با ۲۰ درصد حجمی اتانول به‌دست آمد (جدول ۳). شاخص کلروفیل

جدول ۴- همبستگی بین عملکرد دانه و برخی صفات فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده در بادام زمینی تحت تاثیر متقابل رژیم آبیاری و اتانول

عملکرد دانه	شاخص کلروفیل	پروتلین	کاتالاز	سوپراکسید	پراکسیداز	قند	پروتئین	آنتوسیانین	رطوبت
صفت (در هکتار)	(عدد اسپاد)	بر گرم وزن تر)	میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	(میلی-گرم بر گرم وزن خشک)	(میکرومول نسبی بر گرم وزن تر)	(درصد)
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	۰/۶۱ <sup>**</sup>								
۲		۱							
۳	۰/۷۵ <sup>**</sup>	۱							
۴	۰/۴۹ <sup>*</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۱						
۵	۰/۲۱ <sup>ns</sup>	۰/۴۲ <sup>ns</sup>	۰/۸۷ <sup>**</sup>	۱					
۶	۰/۶۲ <sup>**</sup>	۰/۷۴ <sup>**</sup>	۰/۳۰ <sup>ns</sup>	۰/۱۵ <sup>ns</sup>	۱				
۷	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۳۶ <sup>ns</sup>	۰/۶۰ <sup>**</sup>	۰/۱۴ <sup>ns</sup>	۰/۵۰ <sup>*</sup>	۱			
۸	۰/۵۶ <sup>*</sup>	۰/۵۵ <sup>*</sup>	۰/۳۰ <sup>ns</sup>	۰/۶۴ <sup>**</sup>	۰/۴۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۹ <sup>ns</sup>	۱		
۹	۰/۶۳ <sup>**</sup>	۰/۶۵ <sup>**</sup>	۰/۷۵ <sup>**</sup>	۰/۶۱ <sup>**</sup>	۰/۲۲ <sup>ns</sup>	۰/۸۵ <sup>**</sup>	۰/۶۹ <sup>**</sup>	۱	
۱۰	۰/۵۸ <sup>*</sup>	۰/۷۳ <sup>**</sup>	۰/۷۱ <sup>**</sup>	۰/۵۷ <sup>*</sup>	۰/۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۸۲ <sup>**</sup>	۰/۶۸ <sup>**</sup>	۰/۹۶ <sup>**</sup>	۱

ns, \*\* و \* : به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

حجمی مشاهده شد (صانعی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۸). در این آزمایش، تحت شرایط تنش خشکی شدید شاخص کلروفیل برگ بادام زمینی با کاهش مواجهه و استفاده از اتانول بسته به شدت تنش خشکی سبب بهبود شاخص کلروفیل در برگ‌های بادام زمینی گردید. نتایج نشان داد که تنش خشکی از طریق کاهش شاخص کلروفیل برگ سبب تقلیل ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌شود و در چنین شرایطی کاربرد اتانول با افزایش شاخص کلروفیل برگ‌های بادام زمینی ظرفیت فتوسنتزی گیاه را ارتقا می‌بخشد. افزایش شاخص کلروفیل برگ و بهبود ظرفیت فتوسنتزی بوته‌های بادام زمینی در پاسخ به رژیم آبیاری پس از ۲۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A همراه با محلولپاشی اتانول با غلظت ۲۰ درصد حجمی بیشترین عملکرد دانه را نشان

محققان در مطالعه مشابه‌ای نشان دادند که شاخص کلروفیل کل در برگ کنگد تحت شرایط تنش خشکی نسبت به شاهد آبیاری کاهش یافت (کدخدایی و همکاران، ۲۰۱۴ و یوسف‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸). بابایی و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که محلولپاشی متانول سبب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در برگ‌های گیاه بادام زمینی گردید. آرمند و همکاران (۲۰۱۶) دریافتند که کاربرد متانول با نسبت ۲۰ درصد حجمی سبب افزایش رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در بوته‌های لوبیا گردید. محققان دیگری نشان دادند که اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلولپاشی متانول بر محتوای کلروفیل کل برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بیشترین میزان کلروفیل کل برگ لوبیا چشم‌بلبلی تحت اثر تیمار آبیاری کامل و محلولپاشی متانول با غلظت ۲۰ درصد

### آنزیم کاتالاز

در این آزمایش، فعالیت آنزیم کاتالاز در برگ‌ها با افزایش شدت تنش خشکی افزایش پیدا کرد و بالاترین میزان آنزیم کاتالاز (۷۲/۸۷ واحد در نانومول بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) در برگ بادام زمینی در واکنش به رژیم آبیاری پس از ۱۰۰ میلی-متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و محلولپاشی اتانول با نسبت ۱۰ درصد حجمی به دست آمد (جدول ۳). فعالیت آنزیم کاتالاز با عملکرد دانه ( $r=0.49^*$ )، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز ( $r=0.88^{**}$ )، آنتوسیانین ( $r=0.62^{**}$ )، محتوای پروتئین محلول در برگ ( $r=0.64^{**}$ ) و درصد رطوبت نسبی برگ ( $r=0.57^*$ ) همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد (جدول ۴). نتایج تحقیقات پیشین نشان داد که فعالیت آنزیم کاتالاز در بادام زمینی (آکسای و همکاران، ۲۰۱۰)، چغندرقد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۷)، سویا (معصومی و همکاران، ۲۰۱۰) و پنبه (گزیبا و همکاران، ۲۰۱۹) در پاسخ به تنش خشکی افزایش پیدا کرد. همچنین، موسوی و همکاران (۱۴۰۰) گزارش کردند که استفاده از متانول ۳۰ درصد و اتانول ۱۰ درصد حجمی سبب افزایش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه دارویی آویشن باغی شد. نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط تامین رطوبت کافی در خاک زراعی، میزان آنزیم کاتالاز در برگ بادام زمینی حداقل بود و با شروع تنش خشکی افزایش سنتز آنزیم کاتالاز در برگ بادام زمینی آغاز شد و تحت شرایط تنش شدید خشکی به بالاترین سطح خود رسید. به علاوه، نتایج نشان داد که تحت شرایط تنش خشکی، محلولپاشی اتانول با غلظت ۱۰ درصد حجمی سبب افزایش محتوای آنزیم کاتالاز در برگ بادام زمینی شد و محلولپاشی اتانول با غلظت بیشتر از ۱۰ درصد حجمی منجر به کاهش سنتز و تجمع آنزیم کاتالاز در برگ بادام زمینی گردید که می‌تواند ناشی از سمیت الکل برای گیاه در غلظت‌های بالاتر باشد. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که سنتز آنزیم کاتالاز در واکنش به تنش خشکی در بوته‌های بادام زمینی افزایش می‌یابد و تحمل گیاهان را در برابر تنش خشکی بهبود می‌بخشد. در چنین شرایطی مصرف اتانول به صورت محلولپاشی بر روی اندام‌های هوایی بادام زمینی با غلظت معینی سبب افزایش سنتز آنزیم کاتالاز و بهبود تحمل شرایط نامناسب ناشی از تنش خشکی به وسیله بوته‌های بادام زمینی می‌گردد. نتایج ضرایب همبستگی بیانگر آن است که تحت شرایط تنش خشکی، افزایش محتوای کاتالاز به موازات افزایش میزان سوپراکسید دیسموتاز، آنتوسیانین‌ها، محتوای پروتئین محلول و درصد رطوبت نسبی برگ سبب ارتقای نسبی عملکرد نسبی دانه می‌شود.

داد. بدین ترتیب، به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل فیزیولوژیک کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی کاهش شاخص کلروفیل برگ و تقلیل ظرفیت فتوسنتزی بوته‌های بادام زمینی - باشد.

### اسید آمینه پرولین

محتوای اسید آمینه پرولین در برگ‌های بادام زمینی در واکنش به تنش خشکی افزایش پیدا کرد و بالاترین میزان آنزیم پرولین (۱۴/۸۴ میکرومول بر گرم وزن تر) در برگ بادام زمینی تحت اثر متقابل رژیم آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A × محلولپاشی اتانول با غلظت ۲۰ درصد حجمی به دست آمد (جدول ۳). در این آزمایش، همبستگی میزان آنزیم پرولین با عملکرد دانه ( $r=0.58^*$ )، شاخص کلروفیل برگ ( $r=0.75^{**}$ )، آنزیم پروکسیداز ( $r=0.83^{**}$ )، آنتوسیانین ( $r=0.75^{**}$ )، قندهای محلول در برگ ( $r=0.60^{**}$ ) و رطوبت نسبی برگ ( $r=0.71^{**}$ ) مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۴). در این راستا، حاتم‌وند و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که تنش خشکی باعث افزایش پرولین در برگ‌های کلزا گردید. محققان دیگری نشان دادند که افزایش سطح پرولین یکی از مکانیسم‌های مهم برای حفاظت بوته‌های بادام زمینی در برابر تنش خشکی بود (آکسای و همکاران، ۲۰۱۰). بابایی و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که محلولپاشی متانول اثر مثبت بر پارمترهای فیزیولوژیک و اسمولیت‌ها در برگ‌های بادام زمینی داشت. رمرودی و همکاران (۲۰۱۶) نیز تاثیر تنش کم‌آبی و محلولپاشی با متانول بر میزان پرولین برگ نخود را معنی‌دار گزارش کردند. نتایج نشان داد که در شرایط عدم وجود تنش خشکی (آبیاری کامل) محتوای پرولین در برگ بادام زمینی به کمترین مقدار خود رسید. ولی، به موازات افزایش تنش خشکی میزان پرولین در برگ بادام زمینی افزایش یافت و تحت رژیم آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به بالاترین میزان خود رسید. در رژیم‌های مختلف آبیاری بسته به میزان تنش اعمال شده، محلولپاشی اتانول با غلظت ۲۰ درصد حجمی سبب بهبود سنتز پرولین در برگ‌های بادام زمینی گردید. بدین ترتیب نتایج نشان داد که اسید آمینه پرولین یکی از شاخص‌های مهم مقاومت بوته‌های بادام زمینی در برابر تنش خشکی می‌باشد و کاربرد اتانول تحت شرایط تنش خشکی از طریق افزایش سنتز پرولین سبب تعدیل آثار منفی تنش خشکی و افزایش تحمل گیاه در برابر تنش خشکی و به تبع آن موجب بهبودی نسبی عملکرد دانه می‌شود و وجود همبستگی مثبت بین محتوای پرولین و عملکرد دانه موید نتایج این آزمایش می‌باشد.



## آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

نتایج نشان داد که اعمال تیمار تنش خشکی سبب افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در برگ‌های بادام زمینی گردید و بالاترین میزان آنزیم سوپراکسید دیسموتاز ( $53/42$  واحد در میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) تحت اثر متقابل رژیم آبیاری پس از  $100$  میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس  $A \times$  محلولپاشی اتانول با غلظت  $20$  درصد حجمی به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با رژیم‌های آبیاری پس از  $50$  و  $75$  میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس  $A$  نداشت (جدول ۳) و میزان آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با میزان آنزیم کاتالاز ( $r=0.87^{**}$ ) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۴). محققان در مطالعه مشابه‌ای نشان دادند که فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در سویا (معصومی و همکاران، ۲۰۱۰)، کلزا (میرزایی و همکاران، ۲۰۱۳)، پنبه (گزیبا و همکاران، ۲۰۱۹) و شلغم (جیا و همکاران، ۲۰۲۰) تحت شرایط تنش خشکی افزایش پیدا کرد. همچنین گزارش شده است که استفاده از متانول و اتانول به ترتیب با غلظت  $30$  و  $10$  درصد حجمی سبب افزایش فعالیت آنتی-اکسیدانی گیاه آویشن باغی شد (موسوی و همکاران، ۱۴۰۰). نریمانی و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند که محلول‌پاشی با متانول در شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری تأثیری بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نداشت (نریمانی و همکاران، ۱۳۹۹).

نتایج نشان داد که بسته به شدت اعمال تنش خشکی میزان آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در برگ بادام زمینی افزایش یافت و در این شرایط کاربرد اتانول با غلظت معینی سبب بهبود فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز گردید. بدین ترتیب، کاربرد مقادیر معینی از اتانول به صورت محلول‌پاشی با افزایش سنتز آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در برگ بادام زمینی تحمل گیاهان را در برابر تنش خشکی بهبود می‌بخشد. نتایج بیانگر آن است واکنش آنتی اکسیداتیو آنزیمی گیاهان یکی از ضروری‌ترین واکنش‌ها نسبت به شرایط تنش خشکی می‌باشد. این امر به دلیل گونه‌های فعال اکسیژن است که تحت تنش خشکی تولید و منجر به بروز تنش اکسیداتیو و خسارت‌های متعدد در گیاهان می‌گردد. به علاوه، مطالعه ضرایب همبستگی نشان داد که افزایش آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به موازات افزایش میزان آنزیم کاتالاز سبب افزایش تحمل گیاهان در برابر تنش خشکی و بهبودی نسبی عملکرد دانه می‌شود.

## آنزیم پراکسیداز

در این آزمایش، تنش خشکی سبب افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ بادام زمینی در مقایسه با شرایط آبیاری گردید.

و به تبع آن بالاترین میزان آنزیم پراکسیداز ( $64/17$  نانومول بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) تحت اثر متقابل رژیم آبیاری پس از  $100$  میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس  $A \times$  کاربرد برگ‌گی اتانول با غلظت  $20$  درصد حجمی به دست آمد (جدول ۳). محتوای آنزیم پراکسیداز با شاخص کلروفیل ( $r=0.74^{**}$ )، محتوای پرولین ( $r=0.93^{**}$ )، قندهای محلول ( $r=0.50^*$ )، آنتوسیانین‌ها ( $r=0.85^{**}$ )، رطوبت نسبی ( $r=0.82^{**}$ ) در برگ بادام زمینی و عملکرد دانه ( $r=0.62^{**}$ ) همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد (جدول ۴). محققان دیگری دریافته‌اند که تنش خشکی فعالیت آنزیم پراکسیداز را در شلغم (جیا و همکاران، ۲۰۲۰)، کلزا (میرزایی و همکاران، ۲۰۱۳)، کنجد (یوسف‌زاده نجف‌آبادی و احسان‌زاده، ۲۰۱۷)، پنبه (گزیبا و همکاران، ۲۰۱۹) و آفتابگردان (قبادی و همکاران، ۲۰۱۳) افزایش داد. همچنین، نریمانی و همکاران (۱۳۹۹) گزارش کردند که محلول‌پاشی متانول با غلظت  $30$  درصد حجمی در شرایط آبیاری کامل موجب کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز و در شرایط قطع آبیاری موجب افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز گردید. موسوی و همکاران (۱۴۰۰) در ارزیابی صفات فیتوشیمیایی آویشن باغی نشان دادند که کاربرد متانول و اتانول سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه آویشن باغی شد.

در این آزمایش، میزان آنزیم پراکسیداز در برگ بادام زمینی بسته به شدت تنش خشکی افزایش یافت. به طوری که کمترین میزان آنزیم پراکسیداز تحت شرایط آبیاری پس از  $25$  میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس  $A$  مشاهده گردید. تحت شرایط تنش خشکی کاربرد برگ‌گی اتانول منجر به افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ بادام زمینی گردید. نتایج نشان داد که افزایش آنزیم پراکسیداز یکی از مکانیسم‌های مقاومت در بوته‌های بادام زمینی در مقابل تنش خشکی می‌باشد و محلول‌پاشی اتانول تحت شرایط تنش خشکی از طریق افزایش میزان آنزیم پراکسیداز در برگ بادام زمینی تحمل گیاهان را نسبت به تنش خشکی بهبود می‌بخشد. نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که تحت شرایط تنش خشکی افزایش میزان آنزیم پراکسیداز به موازات افزایش میزان پرولین، قندهای محلول در برگ، آنتوسیانین‌ها و رطوبت نسبی برگ سبب بهبودی نسبی عملکرد دانه می‌شود.

## قندهای محلول در برگ

در این آزمایش، میزان قندهای محلول در برگ بادام زمینی بسته به شدت تنش خشکی و در مقایسه با شرایط آبیاری، افزایش پیدا کرد و اثر متقابل رژیم آبیاری پس از  $100$  میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس  $A \times$  محلول‌پاشی اتانول با غلظت

نشان داد (جدول ۳). پروتئین محلول در برگ با شاخص کلروفیل ( $r=0.55^*$ )، کاتالاز ( $r=0.64^{**}$ )، آنتوسیانین‌ها ( $r=0.69^{**}$ )، رطوبت نسبی برگ ( $r=0.68^{**}$ ) و عملکرد دانه ( $r=0.56^*$ ) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۴). نتایج تحقیقات پیشین، نشان دادند که تنش‌های محیطی نظیر خشکی و شوری سبب افزایش پروتئین محلول در پنبه (گزیا و همکاران، ۲۰۱۹) و سویا (مه‌لکا و نیاکان، ۱۳۸۴) گردید. داوود و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که اثر محلول‌پاشی متانول با غلظت ۱۰ تا ۲۵ درصد حجمی بر میزان پروتئین محلول در برگ سویا تاثیر مثبت داشت. بابایی و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که محلول‌پاشی متانول اثر مثبت و معنی‌دار بر اسمولیت‌های سلولی داشت. همچنین، نریمانی و همکاران (۱۳۹۹) نتایج نشان دادند که محلول‌پاشی متانول با نسبت ۳۰ درصد حجمی در شرایط آبیاری کامل موجب افزایش محتوای پروتئین برگ گندم شد. اما، در شرایط قطع آبیاری محتوای پروتئین برگ را کاهش داد. در این مطالعه، با افزایش شدت تنش خشکی میزان پروتئین محلول در برگ بادام زمینی افزایش یافت و کاربرد اتانول تحت شرایط تنش خشکی سنتز و تجمع پروتئین‌های محلول در برگ را افزایش داد. افزایش میزان پروتئین محلول در برگ بادام زمینی تحت شرایط تنش خشکی، سبب تنظیم اسمزی در داخل سلول و به تبع آن موجب بهبود مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی می‌شود (لی و همکاران، ۲۰۱۸).

براساس نتایج ضرایب همبستگی، شاخص کلروفیل به موازات افزایش پروتئین محلول در برگ افزایش می‌یابد که می‌تواند ناشی از تامین نیروژن مورد نیاز برای سنتز کلروفیل از منبع پروتئین محلول در برگ باشد. به علاوه، نتایج نشان داد که افزایش شاخص کلروفیل برگ همراه با افزایش میزان آنزیم کاتالاز، آنتوسیانین‌ها و رطوبت نسبی برگ، عملکرد دانه بادام زمینی را بهبود می‌بخشد. به نظر می‌رسد که آنزیم کاتالاز نقش مهمی در افزایش سنتز و تجمع پروتئین محلول در برگ دارد و و تجمع پروتئین محلول در برگ سبب ارتقای نسبی شاخص کلروفیل و تنظیم اسمزی در داخل سلول‌های برگ بادام زمینی می‌شود.

#### آنتوسیانین‌ها

تنش خشکی سبب افزایش سنتز و تجمع آنتوسیانین‌ها در برگ‌های بادام زمینی گردید و بالاترین میزان آنتوسیانین (۱۰/۷۵ میکرومول بر گرم وزن تر) در برگ بادام زمینی تحت تحت متقابل آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A × محلول‌پاشی اتانول با غلظت ۲۰ درصد حجمی مشاهده

۲۰ درصد حجمی بالاترین میزان قندهای محلول (۱۷۲/۰۴ میلی-گرم بر گرم وزن تر) در برگ را نشان داد (جدول ۳). میزان قندهای محلول در برگ با میزان اسید آمینه پرولین ( $r=0.60^{**}$ ) و آنزیم پراکسیداز ( $r=0.50^*$ ) همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد (جدول ۴). محققان دیگری نشان دادند که تنش خشکی باعث افزایش قند محلول در برگ‌های کلزا (حاتم-وند و همکاران، ۱۳۹۳)، شلغم (جیا و همکاران، ۲۰۲۰) و پنبه (گزیا و همکاران، ۲۰۱۹) گردید. به علاوه، اثر مثبت کاربرد متانول و اتانول بر میزان قندهای محلول در برگ سویا (داوود و همکاران، ۲۰۱۳)، بادرنجبویه (صمدی‌متین و هانی (۲۰۱۷) و گندم (نریمانی و همکاران، ۱۳۹۹) گزارش شده است. نتایج نشان داد که میزان قندهای محلول در برگ بادام زمینی در واکنش به کمبود رطوبت خاک و افزایش شدت تنش خشکی افزایش می‌یابد، که بسته به شدت تنش خشکی متفاوت بود. قندهای محلول در سلول‌های برگ می‌توانند در متابولیسم گیاهی شرکت کرده و در زمان وقوع تنش، فشار آماس سلولی برگ را در سطح بالایی نگه دارند (کیشور و همکاران، ۲۰۰۵).

به علاوه، نتایج بیانگر آن است که کاربرد برگی اتانول تحت شرایط تنش خشکی از طریق افزایش تجمع قندهای محلول و کاهش سرعت تعرق برگ‌ها تحمل گیاهان را در برابر تنش خشکی افزایش می‌دهد. بدین ترتیب، نتایج نشان داد که گیاهان با مکانیسم‌های مختلفی از قبیل افزایش تجمع قندهای محلول در برگ در مقابل تنش خشکی مقاومت نشان می‌دهند. مطالعه ضرایب همبستگی نشان داد که با افزایش قندهای محلول در برگ بادام زمینی در واکنش به تنش خشکی، سنتز آنزیم‌های پرولین و پروکسیداز افزایش پیدا می‌کنند. این امر نشان داد که خسارت اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی در بادام زمینی با تنظیم قند محلول و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز کاهش می‌یابد و مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی ضمن حفظ تعادل اسمزی بهبود پیدا می‌کند. بدین ترتیب، انباشت قندهای محلول در شرایط تنش خشکی از طریق تأمین انرژی و تنظیم اسمزی موجب بالاتر نگاه داشتن میزان رطوبت نسبی شده و نقش بارزی در سازوکار تحمل به خشکی ایفا می‌کند.

#### پروتئین محلول در برگ

براساس نتایج این آزمایش، میزان پروتئین محلول در برگ‌های بادام زمینی در واکنش به تنش خشکی افزایش یافت و رژیم آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A همراه با محلول‌پاشی اتانول با غلظت ۲۰ درصد حجمی بالاترین میزان پروتئین محلول (۱۱۴/۱۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) را

گردد (جدول ۳). همبستگی محتوای آنتوسیانین‌ها با شاخص کلروفیل برگ ( $r = 0.65^{**}$ )، پرولین ( $r = 0.75^{**}$ )، کاتالاز ( $r = 0.62^{**}$ )، پراکسیداز ( $r = 0.85^{**}$ )، پروتئین محلول ( $r = 0.69^{**}$ )، رطوبت نسبی برگ ( $r = 0.96^{**}$ ) و عملکرد دانه ( $r = 0.63^{**}$ ) بادام زمینی مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۴). در این راستا، محققان دیگری گزارش کردند که تنش خشکی میزان آنتوسیانین را در گیاه دارویی انیسون (آسادا و همکاران، ۲۰۰۶)، گشنیز (ستایش مهر و اسماعیل‌زاده بهبودی، ۲۰۱۳) و سویا (مه‌لکا و نیاکان، ۱۳۸۴) افزایش داد. محققان دیگری دریافتند که استفاده از متانول و اتانول به ترتیب با نسبت‌های ۳۰ و ۱۰ درصد حجمی سبب افزایش میزان آنتوسیانین در برگ‌های آویشن باغی گردید (موسوی و همکاران، ۱۴۰۰).

در این مطالعه نیز بسته به شدت تنش خشکی میزان آنتوسیانین‌ها در برگ‌های بادام زمینی افزایش پیدا کرد. همچنین، کاربرد برگی اتانول با غلظت ۲۰ درصد حجمی سبب افزایش آنتوسیانین‌ها در برگ‌های بادام زمینی گردید. نتایج نشان داد که افزایش تجمع آنتوسیانین‌ها در برگ‌های گیاهان یکی از مکانیسم‌های مهمی است که به وسیله حذف مستقیم گونه‌های فعال اکسیژن (نقش حفاظت نوری آنتوسیانین) در طول تنش اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی سبب افزایش مقاومت بوته‌های بادام زمینی در مقابل تنش‌های محیطی می‌شود (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۱) و تحت شرایط تنش خشکی کاربرد برگی اتانول می‌تواند از طریق افزایش تجمع آنتوسیانین‌ها در برگ‌های بادام زمینی مقاومت گیاهان را در مقابل تنش خشکی افزایش دهد. نتایج نشان داد که تحت شرایط بروز تنش خشکی رابطه مستقیم بین میزان آنتوسیانین‌ها در برگ‌های بادام زمینی و شاخص کلروفیل برگ، میزان پرولین، کاتالاز، پراکسیداز، پروتئین محلول در برگ، میزان رطوبت نسبی برگ و عملکرد دانه وجود داشت و افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و اسمولیت‌ها به موازات هم تحت شرایط بروز تنش خشکی سبب بهبودی نسبی عملکرد دانه بادام زمینی می‌شوند.

#### رطوبت نسبی برگ

رطوبت نسبی برگ‌های بادام زمینی در واکنش به تنش خشکی کاهش پیدا کرد و اثر متقابل رژیم آبیاری پس از ۲۵ میلی‌متر تبخیر از تشک تبخیر کلاس A × کاربرد اتانول با غلظت ۲۰ درصد حجمی بالاترین میزان رطوبت نسبی برگ (۶۹/۴۳ درصد) را نشان داد (جدول ۳). رطوبت نسبی برگ‌های بادام زمینی با شاخص کلروفیل برگ ( $r = 0.73^{**}$ )، میزان پرولین ( $r = 0.71^{**}$ )، کاتالاز ( $r = 0.57^*$ )، پراکسیداز ( $r =$

#### نتیجه‌گیری

تنش خشکی سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و محتوای اسمولیت‌ها در برگ و کاهش عملکرد دانه بادام زمینی در واحد سطح گردید. کاربرد برگی اتانول تحت شرایط تنش خشکی تاثیر مثبت بر محتوای پرولین، محتوای قندهای محلول، غلظت پروتئین محلول، محتوای آنتوسیانین‌ها در برگ و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز و پراکسیداز داشت و سبب بهبودی نسبی عملکرد دانه در هکتار گردید. به علاوه، همبستگی بین عملکرد دانه و محتوای اسمولیت‌ها و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در برگ بادام زمینی مثبت و معنی‌دار بود. در این آزمایش، کاربرد برگی اتانول با غلظت ۲۰ درصد حجمی توانست بخشی از کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی را ترمیم نماید.

## منابع

- اسکندری، ح. و ا. عالیزاده امرایی. ۱۳۹۵. تأثیر آبیاری تکمیلی در مرحله رشد زایشی بر عملکرد دانه، روغن و کارایی انرژی سیستم تولید کلزا در شرایط دیم. به زراعی کشاورزی. ۱۸(۴): ۹۰۷-۹۱۹.
- حاتموند، م.، ط. حسنلو، ف. دهقان‌نیری، ا. ح. شیرانی‌راد، س. ع. طباطبایی و س. م. حسینی. ۱۳۹۳. بررسی برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ارقام کلزا تحت تنش خشکی. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۷(۲): ۱۷۳-۱۸۵.
- رمودی، م.؛ ع. خمر. ۱۳۹۲. اثرات متقابل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و تیمارهای مختلف آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی، کیفی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی ریحان. نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهان. ۱۱(۱): ۱۹-۳۲.
- صانعی‌نژاد، ع. ا.، م. توحیدی، ب. حبیبی‌خانیا، م. صادقی و م. خرمیان. ۱۳۹۸. بررسی تاثیر محلول‌پاشی متانول بر برخی صفات فیزیولوژیکی لوبیا چشم‌بلبلی در شرایط تنش کم‌آبی. نشریه علمی زراعت و اصلاح نباتات ۱۵(۱): ۴۵-۵۶.
- مرادی‌توچایی، م.، س. سیف‌زاده، ح. ر. ذاکرین و س. ع. ولدآبادی. ۱۳۹۶. بررسی اثر محلول‌پاشی متانول و اسید آسکوربیک بر رشد و عملکرد بادام زمینی در شرایط دیم. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹(۳۳): ۶۵-۸۲.
- موحدی‌دهنوی، م.، ن. نیکنام، ب. بهزادی، ر. محتشمی و ر. باقری. ۱۳۹۶. مقایسه پاسخ‌های فیزیولوژیک کتان به تنش خشکی و شوری و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک. زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۹(۳۳): ۳۹-۶۲.
- موسوی، س. م.، و. اکبرپور، ح. مرادی و ح. صادقی. ۱۴۰۰. خصوصیات رشدی و ترکیبات فیتوشیمیایی آویشن باغی در پاسخ به محلول‌پاشی برگ‌ی متانول و اتانول. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی. ۲۸(۱): ۲۱۳-۲۲۹.
- مهلقا، ق و م. نیاکان. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان ۳. نشریه علوم (دانشگاه خوارزمی). ۱۱(۲): ۵۳۷-۵۵۰.
- نریمانی، ح. ر. سیدشریفی و ف. آقایی. ۱۳۹۹. اثر متانول بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، برخی اسمولیت‌های سازگار و صفات بیوشیمیایی گندم تحت شرایط قطع آبیاری. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۴۷(۳): ۹۹-۱۴۴.
- یوسف‌زاده نجف‌آبادی، م و پ. احسان‌زاده. ۱۳۹۸. بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ کنگد تحت شرایط مختلف رطوبتی. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۹(۳۳): ۱۳۷-۱۵۱.
- Ahmadpour, R., S. R. Hosseinzadeh and N. Armand. 2016. Evaluation of Methanol role in reducing the negative effects of water deficit stress in lentil (*Lensculinaris Medik.*). J. Plant Process Function. 5(17): 1-14.
- Akçay, U. C., O. Ercan, M. Kavas, L. Yildiz, H. A. Oktem and M. Yucel. 2010. Drought-induced oxidative damage and antioxidant responses in peanut (*Arachis hypogaea* L.) Seedlings. Plant Growth Regul. 61(1): 21-28.
- Akram, N. A., F. Shafiq and M. Ashraf. 2018. Peanut (*Arachis hypogaea* L.): A Prospective legume crop to offer multiple health benefits under changing climate. Compreh. Rev. Food Sci. Food Safety. 17: 1325- 1338.
- Armand, N., H. Amiri and A. Ismaili. 2016. The ef-fect of methanol on photosynthetic parameters of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water deficit. Photosynthetica. 54: 288-294.
- Asada, K. 2006. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions. Plant Physiol. 141:391-396.
- Aydinsakir, K., D. Nazmi, B. Dursun, B. Ruhi and T. Ramazan. 2016. Assessment of different irrigation levels on peanut crop yield and quality components under Mediterranean conditions. J. Irri. Drain. Engin. 142(9):doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001062.
- Babaei, F., H. Heydari shrifabad, M. N. Safarzadeh Vishekaei, G. Normohammadi and I. Majidi Harvan. 2014. Effect of foliar application of methanol and ascorbic acid on physiological characteristics and yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Adv. Environ. Biolo. 8(16): 280-285.
- Bates, L., S. R. P. Waldren and I. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39:205-207.
- Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Ann. Rev. Biochem. 72: 248-254.
- Dawood, M. G., S. R. El-Lethy and M. S. Sadak. 2013. Role of methanol and yeast in improving growth, yield, nutritive value and antioxidants of soybean. World Appl. Sci. J. 26(1): 6-14.

- Dimkpa, C. O., P. S. Bindraban, J. Fugice, S. Agyin-Birikorang, U. Singh and D. Hellums. 2017. Composite micronutrient nanoparticles and salts decrease drought stress in soybean. *Agron. Sust. Develop.* 37(1): 5. doi.org/10.1007/s13593-016-0412-8.
- DuBois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28(3): 350-356.
- Geerts, S. and D. Raes. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agric. Water Manag.* 96(9): 1275-1284.
- Ghaffari, G., M. Toorchi., S. Aharizad and M. R. Shakiba. 2011. Evaluation of traits related to water deficit stress in winter rapeseed cultivars. *J. Envi. Res. Technolo.* 1: 338-350.
- Ghobadi, M., S. Taherabadi, M. E. Ghobadi, G. R. Mohammadi and S. Jalali Honarmand. 2013. Antioxidant capacity, photosynthetic characteristics and water relations of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in response to drought stress. *Indus. Crops Produc.* 50: 29-38.
- Gonzalez, L. and M. Gonzalez-Vilar. 2003. Determination of Relative Water Content. In: *Handbook of Plant Ecophysiology Techniques* (Eds. Manuel, J., and R. Goger). Pp. 207-212, Kluwer Academic Publishers, London.
- Hussain, H. A., S. Men, S. Hussain, Y. Chen, S. Ali, K. Zhang, Y. Li, Q. Xu, C. Liao and L. Wang. 2019. Interactive effects of drought and heat stresses on morpho-physiological attributes, yield, nutrient uptake and oxidative status in maize hybrids. *Scient. Report.* 9(1): <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37186-2> PMID: 30626917.
- Jabereldar, A. A., A. M. El Naim, A. A. Abdalla and Y. M. Dagash. 2017. Effect of water stress on yield and water use efficiency of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in semi-arid environment. *Int. J. Agric. Fores.* 7(1): 1-6.
- Jia, K., C. Yan, H. Yan and J. Gao. 2020. Physiological responses of turnip (*Brassica rapa* L. subsp. Rapa) seedlings to salt stress. *Hort. Sci.* 55(10):1567-1574. 2020. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15187-20>.
- Joorabi, S., H. R. Eisvand, A. Ismaili and A. Nasrolahi. 2020. ZnO affects soybean grain yield, oil quantity, quality, and leaf antioxidant activity in drought stress conditions. *J. Plant Process Function.* 8(34): 61-70.
- Kadkhodaie, A., J. Razmjoo, M. Zahedi and M. Pesarakli. 2014. Selecting sesame genotypes for drought tolerance based on some physiochemical traits. *Agron. J.* 106: 111-118.
- Kambiranda, D. M., H. K. N. R. Vasanthaiah, A. Katam Ananga, S. M. Basha and N. Naik. 2012. Impact of drought stress on peanut (*Arachis hypogaea* L.) productivity and food safety. *Plants and Environment, Rijeka, Croatia: InTech*, pp. 249-272.
- Kishor, P. B., K. S. Sangama, R. N. Amrutha, P. S. Laxmi, K. R. Naidu and K. S. Rao. 2005. Regulation of praline in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. *Current Sci.* 88: 424- 438.
- Krishna, S., K. Surinder, S. K. Thind and K. Gurpreet. 2004. Interactive effects of phenolics and light intensity on vegetative parameters and yield in soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Environ. Ecol.* 22: 390-394.
- Li, J., J. Ma, H. Guo, J. Zong, J. Chen, Y. Wang, D. Li, L. Li, J. Wang and J. Liu. 2018. Growth and physiological responses of two phenotypically distinct accessions of centipedegrass (*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.) to salt stress. *Plant Physiol. Biochem.* 126:1-10.
- Li, Q., A. Yang and W. H. Zhang. 2017. Comparative studies on tolerance of rice genotypes differing in their tolerance to moderate salt stress. *BMC Plant Biol.* 17(1):141.
- Liu, Y. Q., Z. X. Chen and W. Q. Yang. 2008. Effect of high temperature and drought stress on the physiological characteristics of *Eucalyptus urophylla* and *Eucalyptus grandis* Seedlings. *Acta Hort. Sinica.* 35: 761-764.
- Masukasu, H., O. Karin and H. Kyoto. 2003. Enhancement of anthocyanin biosynthesis by sugar in radish (*Raphanus sativus*) hypocotyls. *Plant Sci.* 164(2): 259-265.
- Masoumi, H., M. Masoumi, F. Darvishi, J. Daneshian, G. Nourmohammadi and D. Habibi. 2010. Change in several antioxidant enzymes activity and seed yield by water deficit stress in soybean (*Glycine max* L.) cultivars. *Notulae Botan. Horti Agrobot. Cluj-Napoca:* 38(3): 86-94.
- Mirzaee, M., A. Moieni and F. Ghanati. 2013. Effects of drought stress on the lipid peroxidation and antioxidant enzyme activity in two canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *J. Agric. Sci. Technol.* 15: 593-602.

- Pereira, J. W., L. de, E. C. A. Silva, L. N. Luz., R. J. M. C. Nogueira, P. A. Melo Filho, L. M. Lima and R. C. Santos. 2015. Cluster analysis to select peanut drought tolerance lines. *Aust. J. Crop Sci.* 9(11): 1095-1105.
- Ratnakumar, P. and V. Vadez. 2011. Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes tolerant to intermittent drought maintain a high harvest index and have small leaf canopy under stress. *Func. Plant Biol.* 38(12): 1016-1023.
- Ramirez, I., F. Doreta, V. Espinoza, E. Jimenez, A. Mercado and H. Pen a-Cortes. 2006. Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of arabidopsis, tobacco, and tomato plants. *Aust. J. Crop Sci.* 4(6): 398-401.
- Samadimatin, A. and A. Hani. 2017. Effect of ethanol and humic acid foliar spraying on morphological traits, photosynthetic pigments and quality and quantity of essential oil content of *Dracocephalum moldavica* L.. *Iran. J. Plant Physiol.* 8(1): 2299-2306.
- Setayeshmehr, Z. and S. Esmailzadeh Behabadi. 2013. The effect of salinity on some physiological and biochemical properties of the herb coriander (*Coriandrum sativum* L.). *J. Plant Produc. Res.* 20(3): 111- 128.
- Seyed Sharifi, R. 2016. Application of biofertilizers and zinc increases yield, nodulation and unsaturated fatty acids of soybean. *Zemdirbyste-Agric.* 103: 251-258.
- Sudhakar, C., A. Lakshmi and S. Giridarakumar. 2001. Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) under NaCl salinity. *Plant Sci.* 161: 613-619.
- Vendruscoloa, E. C. G., I. Schusterb, M. Pileggic, C. A. Scapimd, H. B. C. Molinarie, C. J. Marure and L. G. E. Vieira. 2007. Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat. *J. Plant Physiol.* 164(1): 1367-1376.
- Wang, Y., P. Stevanato, L. Yu, H. Zhao, X. Sun, F. Sun, J. Li and G. Geng. 2017. The physiological and metabolic changes in sugar beet seedlings under different levels of salt stress. *J. Plant Res.* 130(6):1079-1093.
- Xia, J., X. Kong, X. Shi, X. Hao, N. Li, A. Khan and H. Luo. 2019. Physiolo-biochemical characteristics and correlation analysis of the seeds of some cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes under cold temperature stress. *App. Ecolo. Env. Res.* 18(1): 89-105.
- Youssefi, A., A. Nshanian and M. Azizi. 2011. Evaluation of influences of drought stress in terminal growth duration on yield and yield components of different spring Brassica oilseed species. *Amer-Eur J. Agric. Environ. Sci.* 11: 406-410.
- Zhang, S. B., Q. U. Lu, H. Yang, Y. Li and S. Wang. 2011. Aqueous enzymatic extraction of oil and protein hydrolysates from roasted peanut seeds. *J. Amer. Oil Che. Soci.* 88: 727-732.

## The change of physiological activities in peanut (*Arachis hypogaea* L.) in response to different irrigation regimes and Ethanol foliar application

R. Ahmadi Sharif<sup>۱</sup>, H. Zakerin<sup>۲</sup>, M. Mostafavi Rad<sup>۳</sup>, S. Sayfzadeh<sup>۴</sup>, S.A. Valadabady<sup>۵</sup>

Received: 2022-07-29 Accepted: 2023-02-01

### Abstract

In order to evaluate of physiological activities in peanut (*Arachis hypogaea* L.) in response to different irrigation regimes and Ethanol foliar application, an experiment carried out as split plat based on randomized complete block design with three replications in experimental field of Agicultural and Natural Resources Research and Education Center of Guilan Province, Astara (Kanroud research station), Iran during 2018 and 2019 cropping seasons. Four level of irrigation regimes at 25, 50 and 75 and 100 mm evaporation from class A pan and three levels of Ethanol 10, 20 and 30 % (v:v), comprised experimental factors, as main plot and sub plot, respectively. The interaction effect between irrigation regime and Ethanol alcohol was significant for all measuered characteristics in peanut at 1% probability level. Drought stress caused to decrease grain yield per unit area, leaf chlorophy index and leaf relative water content in peanut. However, drought stress increased the value of proline, soluble sugar, soluble protein, anthocyanins and the activitiy of catalase, superoxide dismutase and peroxidase enzymes. The greatest grain yield (3275 kh/ha) was obtained in response to irrigation regime after 25 mm evaporation from “A pan” along with foliar application of Ethanol at the rate of 20% (v/v). In general, result showed that the foliar application of Ehanol could be recommendable in direction to enhance grain yield and resistance of peant plans againest to drought stress under similar climatic condition.

**Keywords:** Antioxidant enzymes, Drought stress, Osmolytes, Peanut, Seed yield

---

1- Ph. D. Student, Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.

2- Assistant Professor Professor, Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.

3- Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.

4- Associate Professor, Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.

5- Assistant Professor, Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.