یافته های نوین کشاورزی
سال یازدهم- شماره۲- زمستان ۱۳۹۵

مطالعه برهمکنش نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم و مدیریت آب بر مدیریت علف‌های هرز و خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ذرت دانه‌ای(*Zea mays* L.)

احسان اله جلیلی*، دکتری گروه زراعت، کارشناس مسئول اداره آموزش و ترویج مدیریت جهادکشاورزی اشتهارد، استان البرز
فرناز گنج‌آبادی، دکتری گروه زراعت، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
میرسعید ولیعهدی، دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مکانیزاسیون کشاورزی، معاون توسعه مدیریت و منابع انسانی، سازمان جهاد کشاورزی استان البرز
مرتضی قوامی، کارشناس مسئول تولیدات گیاهی مدیریت جهادکشاورزی اشتهارد، استان البرز

چکیده

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹٦ در کرج و به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. عوامل آزمایشی شامل مدیریت آبیاری در سه سطح: آبیاری با نوارهای تیپ سطحی، زیر سطحی (عمق ۱۵ سانتی‌متری) و جوی و پشته‌ای در کرت اصلی و تنش کمبود آب در سه سطح: ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در کرت‌های فرعی و کاربرد نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم در سه سطح: صفر (شاهد)، ۲ و ٤ میلی‌گرم در لیتر در کرت‌های فرعی فرعی قرار گرفتند. یافته‌های این تحقیق نشان داد به منظور استفاده‌ی بهینه از منابع آب، جهت کاهش تلفات آبیاری و دست‌یابی به عملکرد بالا در تولید ذرت دانه‌ای، از روش آبیاری قطره‌ای (تیپ زیر سطحی) می‌توان استفاده کرد. اعمال مدیریت آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی به همراه نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم چهار میلی‌گرم در لیتر در مزارع ذرت دانه‌ای سبب کاهش ۸۵ درصدی علف‌های‌هرز شد. در نتیجه رقابت ذرت و علف‌های‌هرز کاهش یافت و اختصاص منابع فتوسنتزی به سمت دانه بیشتر از ساقه و برگ ذرت بود. همچنین استفاده از نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی و عملکرد ذرت شد. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد در این تیمار با ۱۰٤۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، علف‌هرز، عملکرد، مالون دی آلدهید، مدیریت آب

---

* نویسنده مسئول : E-mail: Dr.Jaliliehsan59@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۰۹/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۳/۲۵

مقدمه

تغییر در فناوری‌های مربوط به صنعت کشاورزی، مهمترین عامل در ایجاد کشاورزی مدرن است. در این میان فناوری نانو، زمینه مناسبی را در تولید محصولات غذایی و کشاورزی فراهم آورده است. همچنین گسترش نانو ابزار و نانو مواد مختلف، کاربردهای جدیدی را در زیست فناوری گیاهی و کشاورزی ایجاد نموده است. ابزارهای نانو مقیاس با خصوصیات ویژه، سیستم‌های کشاورزی را متحول می‌کنند (۲۷). امروزه فناوری نانو در کلیه عرصه‌ها از جمله کشاورزی در حال گسترش می‌باشد. نانو ذرات دارای ابعادی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند که ویژگی‌های متفاوتی نسبت به فرم اولیه خود دارند(۲۰). به تازه‌گی مطالعه تأثیر تغذیه عناصر مورد نیاز به فرم نانو ذرات بر رشد و نمو گیاهان مورد توجه قرار گرفته و نتایج مثبتی نیز در این رابطه بدست آمده است (۷).

به‌طورکلی مزایای استفاده از نانوکودها در افزایش کارآیی و کیفیت منابع غذایی به واسطه‌ی سرعت جذب بالاتر، عدم اتلاف کودها توسط آبشویی و جذب کامل کود توسط گیاه به دلیل رهاسازی عناصرغذایی کود با سرعت مطلوب در تمام طول فصل رشد، کاهش قابل توجه آلودگی خاک، ذخایر آبی و محصولات غذایی به واسطه کاهش آبشویی کودها، کاهش فشردگی خاک و سرعت از دست رفتن کیفیت آن، کاهش مسمومیت گیاهی و تنش ناشی از وجود غلظت‌های بسیار بالای موضعی نمک در خاک، افزایش عملکرد به واسطه وضعیت تغذیه‌ای مطلوب گیاه و بهبود خواص انبارداری و سهولت جابه‌جایی کود می‌باشد (٦).

در آزمایشی ترکیبی از ذرات نانو SiO_2 و TiO_2 فعالیت نیترات ردوکتاز را در سویا افزایش داد و توانایی جذب و استفاده از آب و کود را تشدید نمود (١٦) همچنین تیمار نانو ذرات نقره (۵۰ پی‌پی‌ام) باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و در نهایت بهبود استقرار گندم گردید (۲۸). امروزه نقش آب به عنوان یک ماده حیاتی با ارزش و عامل محرک در توسعه اجتماعی و اقتصادی جوامع بشری و نیز به عنوان عامل کلیدی در حفاظت زیست‌بوم، روشن و آشکار است. با عنایت به این مسأله که از یک‌سو بخش زیادی از حجم آب‌های برداشت شده در کشور به مصرف کشاورزی می‌رسد و از سوی دیگر با توجه به روند سریع رشد جمعیت و در پی آن نیاز به تأمین امنیت غذایی مردم (۱۲)، شاهد آن هستیم که بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش‌های مصرف کننده آب با مشکلات بیشتری مواجه می‌باشد. استفاده از رژیم‌های کم آبیاری با صرفه‌جویی در مصرف آب می‌تواند به عنوان نوعی مدیریت آب در مزرعه، به افزایش سطح زیر کشت و الگوی کشت بهینه کمک کند(۹). آبیاری و زهکشی خاک از جمله مواردی هستند که در تولید محصولات زراعی و به منظور بهبود وضعیت رطوبتی خاک نقش قابل توجهی ایفا می‌کنند. برعکس اثرات مثبتی که مدیریت آبیاری و زهکشی بر تولید محصولات زراعی دارد، اتخاذ روش‌های صحیح مدیریتی (افزایش یا کاهش آب) می‌تواند از جوانه‌زنی علف‌های‌هرز جلوگیری به

عمل آورده و یا در اثر ایجاد تنش موجب مرگ آن‌ها شود. در مناطق خشک انجام عملیات آبیاری به روش قطره‌ای، فرصت‌های مناسبی برای مدیریت علف‌های‌هرز بوجود می‌آورند.

در این روش آب صرفاً در محدوده توسعه ریشه گیاه زراعی قابل دسترس است و بدین ترتیب استفاده از آب توسط علف‌های‌هرز موجود در بین ردیف‌های کاشت به حداقل می‌رسد (۲۱). چنان‌چه روش آبیاری به ترتیبی باشد که در مراحل قبل از کاشت گیاه زراعی، لایه‌های مختلف خاک را مرطوب کند قابلیت دسترسی بذر به خاک مرطوب بیشتر خواهد شد. بدین ترتیب گیاه زراعی با سرعت بیشتری جوانه‌زده و قدرت رقابت آن افزایش می‌یابد. اگر چه در اکثر کشورها کنترل شیمیایی علف‌های‌هرز در حال انجام است، ولی کاهش کیفیت گیاهان زراعی، هزینه بالای کنترل علف‌های‌هرز، خطرات زیست محیطی و از طرفی افزایش مقاومت علف‌های‌هرز به علف‌کش‌ها بیانگر ضرورت تجدید نظر در روش‌های کنترل علف‌های‌هرز است (۳۰). این آزمایش با هدف بررسی اثر برهمکنش نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم و مدیریت آب در کنترل و کاهش خسارت علف‌های‌هرز در مزرعه ذرت دانه‌ای انجام گردید.

مواد و روش ها

این آزمایش به صورت کرت دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در بهار سال ۱۳۹٦در اراضی موسسه آب و خاک پارس واقع در جاده مشکین دشت کرج در استان البرز با عرض جغرافیایی ۳۱/۳۵ تا ۳۲/۳٦ و طول جغرافیایی ۱۸/۵۰ تا ۲٦/۵۱ با ارتفاع ۱۲۳٦ متر از سطح دریا اجرا گردید. عوامل آزمایش مدیریت آبیاری، شامل روش‌های آبیاری در سه سطح: آبیاری به‌صورت نوارهای تیپ سطحی، زیر سطحی (عمق ۱۵ سانتی‌متری) و به منظور بررسی و مقایسه این روش آبیاری مدرن، تیمار آبیاری جوی و پشته‌ای در کرت اصلی به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. زمان آبیاری در سه سطح: ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در کرت فرعی (مقدار تبخیر از تشتک تبخیر واقع در ایستگاه هواشناسی روزانه اخذ گردید) و نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم در سه سطح: صفر (شاهد)، ۲ و ٤ میلی‌گرم در لیتر (محلول پاشی نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم در مرحله ۸ برگی ذرت صورت گرفت) در کرت فرعی فرعی قرار گرفتند. نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم مورد استفاده (Deguusa P-25) شامل نانو ذرات به شکل کریستالی با قطر متوسط ۲٤/۵ نانومتر و سطح ویژه ۵۵ متر مربع در گرم بود. درصد خلوص این نانوذره ۹۹/۹۹۹٪ می‌باشد. در تاریخ پانزدهم اردیبهشت ۹٦ پس از انجام عملیات تهیه زمین و بستر بذر، کرت‌های آماده شده کشت گردید. ابعاد هر کرت آزمایش عرض ۳ و طول ۸ متر که ۲ متر انتهایی همه کرت‌ها با روبان جدا شده که طی دوره رشد، علف‌های‌هرز هر چهارده روز یک بار به صورت وجین دستی حذف (زمین مورد آزمایش به‌طور طبیعی و قابل قبول آلوده به علف‌های‌هرز بود) و به عنوان شاهد آن کرت لحاظ گردید. تراکم ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰٤) به فاصله ۲۰×۷۵ سانتی‌متر

در نظر گرفته شد. سایر عملیات کاشت و داشت بر اساس عرف منطقه صورت گرفت و میزان کود مورد نیاز بر اساس آزمایش خاک و توصیه‌های آزمایشگاه خاک شناسی، کود نیتروژن از منبع اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و تمامی کودهای فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم، به ترتیب بر اساس ۲۰۰ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار همراه با دیسک قبل از کاشت به خاک اضافه شد. مابقی (۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) کود نیتروژن در هشت برگی ذرت به صورت سرک مصرف شد.

دور آبیاری تابع میزان تبخیر از تشتک تبخیر بود. بنابراین دور آبیاری به طور یکسان رعایت نشد. قابل ذکر است که برای هر بلوک یک زهکش در نظر گرفته شد تا زهاب بلوک بالا وارد بلوک زیردست نشود. نمونه برداری علف‌های هرز طی دو مرحله چهل و پنجاه روز پس از کاشت انجام گردید و برای تعیین وزن خشک، در آون الکتریکی در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده و سپس توزین با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم صورت پذیرفت و نهایتاً به صورت درصد کاهش وزن خشک علف‌های‌هرز به تفکیک گونه تشریح شد. پیش از آبیاری سوم، تعداد دو بوته برای اندازه‌گیری مالون دی آلدهید، پراکسیداز، پرولین و کاتالاز نمونه‌برداری تخریبی صورت گرفت؛ و در پایان دوره رشد به منظور بررسی تأثیر تیمارها بر صفات مورد بررسی، از هر کرت آزمایشی با رعایت حاشیه از سطحی معادل یک متر مربع به طور تصادفی انتخاب و پس از برداشت اقدام به ارزیابی صفاتی از قبیل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف در بلال مورد محاسبه قرار گرفت. اطلاعات جمع‌آوری شده پس از انجام تجزیه آماری مناسب در نرم افزار SPSS Statistics 22 مورد تحلیل قرار گرفته و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan) در سطح احتمال۵٪ انجام شد.

اندازه‌گیری مالون دی آلدهید (MDA): بر اساس این روش ۰/۲ گرم از بافت تازه برگی توزین شد و در هاون چینی با ۵ میلی‌لیتر اسید تری‌کلرواستیک (TCA) ۰/۱٪ ساییده شد. عصاره حاصل با استفاده از دستگاه سانتریفوژ به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ شد. به یک میلی‌لیتر از محلول رویی (Supernatant) حاصل از سانتریفوژ ٤/٥ میلی‌لیتر محلول TCA ۲۰٪ که دارای ۵ گرم اسید تیوباربیتوریک (TBA) در ۱۰۰ گرم بود اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با ٤۰۰۰ دور سانتریفوژ گردید. شدت جذب این محلول با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر خوانده شد. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز: پس از آماده‌سازی عصاره پروتئینی به منظور سنجش فعالیت سینتیکی آنزیم کاتالاز ۲/۵ میلی لیتر بافر فسفات (pH=۷) و ۰/۳ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳٪ را در حمام یخ با یکدیگر مخلوط کرده بلافاصله ۰/۲ میلی لیتر عصاره آنزیمی به آن افزوده شد. منحنی تغییرات جذب در طول موج ۲٤۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد.

فعالیت آنزیمی برحسب تغییرات واحد جذب در دقیقه به ازای هر میلی گرم پروتئین براساس تغییرات واحد جذب در دقیقه به ازای هر گرم وزن تر بافت گیاهی محاسبه گردید (۲). استخراج آنزیم‌ها: برای استخراج و سنجش پروتئین از روش بناویدس وهمکاران (۲۰۰۰) استفاده شد، ۵ گرم بافت‌تر در یک هاون چینی محتوی ۵ میلی لیتر بافر تریس HCL ۰/۰۵ مولار با pH=۷/۵ به مدت ۳۰ دقیقه در حمام یخ کاملاً ساییده شد. سپس مخلوط همگن حاصل در لوله سانتریفوژ ریخته و ۱۰ دقیقه به حالت سکون نگهداری شد. سپس به مدت ۲۰ دقیقه در دور ۱۳۰۰۰ و دمای ٤ درجه سانتی‌گراد با استفاده از دستگاه سانتریفوژ یخچال‌دار، عمل سانتریفوژ نمونه‌ها انجام شد. اندازه‌گیری آنزیم پراکسیداز: برای اندازه‌گیری فعالیت کمی پراکسیداز از روش کار و میشرا (۱۹۷٦) استفاده گردید. بدین منظور محلول‌های بافر تریس یک مولار، آب اکسیژنه ۵۰ میلی‌مولار، پیروگالل ۱۰۰ میلی‌مولار تهیه شد و سپس از هر یک مواد ذکر شده، ۱۰ میلی‌لیتر برداشته و محلول حاصل را به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رساندیم و در نهایت ۲/۵ میلی‌لیتر از محلول فوق با ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی مخلوط شد. منحنی تغییرات جذب در طول موج ٤۲۵ نانو متر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. اندازه‌گیری آنزیم پرولین: استخراج پرولین از برگ با استفاده از روش بتس و همکاران (۱۹۷۳) انجام گرفت. جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس آزمایش، اثرات ساده تیمارها و اثرات دوگانه برروی تمام صفات مورد بررسی در سطوح مختلف معنی‌دار شد، اما اثر متقابل سه گانه آن‌ها معنی‌دار نبود. علف‌های‌هرز غالب مزرعه ذرت دانه‌ای شامل یولاف، خردل وحشی، تاج‌خروس ریشه قرمز، تاج‌خروس خوابیده، سلمه‌تره و دم‌روباهی بود که در جدول ۱ نشان داده شده است. علف‌های‌هرز دیگری همچون پیچک، شیرین بیان، خارشتر، تاجریزی و پنیرک به صورت پراکنده و اندک مشاهده گردید.

جدول ۱: نام انگلیسی و علمی علف های هرز غالب منطقه

نام فارسی	نام انگلیسی	نام علمی
یولاف	Wild Oat	*Avena ludoviciana* L.
خردل وحشی	Wild mustard	*Sinapis arvensis* L.
تاج خروس ریشه قرمز	Red root pigweed	*Amaranthus retreflexus* L.
تاج خروس خوابیده	Prostrate pigweed	*Amaranthus blitoides* S.wantson
سلمه تره	Common lambsquarter	*Chenopodium album* L.
دم روباهی	Green foxtail	*Setaria viridis* L.

درصد کاهش وزن خشک علف‌های‌هرز

نتایج حاصله از برهم‌کنش روش‌های آبیاری به همراه زمان آبیاری بر درصد کاهش وزن خشک علف‌های‌هرز نشان داد کمترین درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز در تیمار آبیاری معمول به همراه زمان آبیاری۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A وجود داشت. عدم کنترل، سبب افزایش وزن خشک علف‌های‌هرز در کرت‌های آزمایشی شد و علف‌های‌هرز جهت رقابت با گیاه زراعی، زیست توده‌ی تولیدی را افزایش دادند. در مقابل بیشترین مقدار درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز در تیمار آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی به همراه زمان آبیاری۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A به دست آمد (جدول۲). عملیات آبیاری به روش قطره‌ای، فرصت‌های مناسبی برای مدیریت علف‌های‌هرز بوجود می‌آورند. در این روش آب در محدوده توسعه ریشه گیاه زراعی قرار گرفته و بدین ترتیب استفاده از آب توسط علف‌های‌هرز موجود در بین ردیف‌های کاشت به حداقل می‌رسد.

در تحقیقی مشاهده گردید که در کرت‌هایی که از علف‌کش استفاده نشده بود، زیست توده تولیدی علف‌های‌هرز موجود در حد واسط بین ردیف‌های کاشت محصول گوجه فرنگی، در دو روش آبیاری بارانی و نشتی بیشتر از ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بود و عملکرد گوجه فرنگی در رقابت با علف‌های‌هرز کاهش یافت. برعکس، هنگامی که از سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده شد (حتی زمانی‌که علف‌کش مورد استفاده قرار نگرفت) زیست توده تولیدی توسط علف‌های‌هرز کمتر از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود؛ در این تیمار عملکرد گوجه فرنگی تحت تأثیر رقابت با علف‌های‌هرز قرار نگرفت (۱۰). نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین داده‌های حاصل از اثرات متقابل روش‌های آبیاری به همراه نانو بر درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز نشان داد که بیشترین مقدار درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز در تیمار آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی به همراه نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم چهار میلی‌گرم در لیتر به دست آمد (جدول۲). با توجه به این نتایج می‌توان بیان داشت مدیریت مناسب این تیمارها، بر علف‌های‌هرز موجود در کرت‌های آزمایشی سبب شد که میزان رقابت بین ذرت دانه‌ای با علف‌های هرز کاهش یافته و آشیانه‌های اکولوژیک بیشتری در اختیار ذرت قرار گیرد. در این حالت منابع بیشتری در اختیار ذرت قرار گرفته و شرایط را برای رشد مناسب‌تر آن فراهم می‌سازد. با اعمال مدیریت آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی به همراه محلول‌پاشی با انو ذرات دی اکسید تیتانیوم چهار میلی‌گرم در لیتر در مزارع ذرت دانه‌ای سبب کاهش ۸۵ درصدی زیست توده علف‌های هرز شده است (جدول ۲).

به نظر می‌رسد در آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی، سطح خاک خشک، اما لایه‌های زیرین خاک مرطوب می‌باشند. در این شرایط رطوبت کافی در اطراف ریشه برای گیاه زراعی نسبت به علف‌های‌هرز وجود دارد. همچنین محلول‌پاشی نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم باعث افزایش رشد رویشی شده است.

پیوندی و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی تأثیر نانو کلات آهن بر گیاه ریحان دریافتند نانو کلات آهن در مقایسه با کلات آهن معمول تأثیر مثبت بیشتری بر رشد کمی این گیاه دارد.
بدین ترتیب گیاه زراعی از فضای به‌دست آمده استفاده کامل نمود و مواد فتوسنتزی بیشتری را صرف تولید اندام رویشی و زایشی کرد که نقش اساسی در افزایش قدرت رقابت با علف‌های‌هرز ایفا نمود. طبق نظر گراتان (۱۹۸۸) هر چند هزینه وسایل و نصب سیستم آبیاری قطره‌ای بالاست اما این هزینه‌ها در سال بعد و از طریق کاهش حجم فعالیت‌های زراعی، کاهش هزینه کارگری، راندمان بالاتر آب مصرفی و کنترل خوب بسیاری از گونه‌های هرز یک‌ساله جبران می‌شود. مقایسه میانگین برهم‌کنش زمان آبیاری و نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم نشان داد که کمترین درصد کاهش وزن خشک علف‌های‌هرز (۱۹٪) در تیمار زمان آبیاری۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A در عدم مصرف نانو بود. در مقابل بیشترین درصد کاهش وزن خشک علف‌های‌هرز در تیمار زمان آبیاری۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A در نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم چهار میلی‌گرم در لیتر با ۶۰٪ کاهش وزن خشک علف‌های هرز به دست آمد (جدول۲).

مالون‌دی‌آلدهید، پرولین و آنتی اکسیدان‌های آنزیمی

مقایسه میانگین برهم‌کنش روش‌های آبیاری به همراه زمان آبیاری بر مالون‌دی‌آلدهید نشان داد که بیشترین میزان در تیمار آبیاری معمول و قطره‌ای نوار تیپ سطحی به همراه زمان آبیاری۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A مشاهده شد. در مقابل کمترین میزان مالون دی‌آلدهید در تیمار آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی در زمان آبیاری۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A به دست آمد (جدول۳). افزایش تولید رادیکال‌های آزاد و یا کاهش سطح آنتی اکسیدان‌ها ممکن است باعث تخریب اکسیداسیونی سلولی اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه موجود در ساختمان غشای سلولی شده و به عنوان پراکسیداسیون لیپید شناخته می‌شود در صورتی که این تخریب اکسیداسیونی شروع شود به طور زنجیر وار ادامه یافته و مالون دی آلدهید تولید می‌شود. این وضعیت در نهایت ممکن است باعث مرگ سلولی شود.گزارشات متعددی مبنی بر اثر استرس خشکی بر میزان مالون دی‌آلدهید وجود دارد. گزارش شده حتی در تنش خشکی ملایم نیز مالون دی‌آلدهید در *Poa pratensis* افزایش می‌یابد (۸).

جدول ۲: مقایسه میانگین برهم‌کنش فاکتورهای آزمایش بر درصد کاهش وزن خشک علف‌های‌هرز

	تیمار	یولاف (%)	خردل وحشی (%)	تاج خروس ریشه قرمز(%)	تاج خروس خوابیده(%)	سلمه تره (%)	دم روباهی (%)
آبیاری	***تبخیر***						
تیپ سطحی	۵۰ میلی‌متر	۳۰/۰۰ e	۲۶/۰۰ d	۳۲/۰۰ e	۲۸/۰۰ d	۲۷/۰۰ e	۲۵/۰۰ e
	۱۰۰ میلی‌متر	۳۶/۰۰ ed	۳۲/۰۰ c	۳۳/۰۰ e	۳۴/۰۰ c	۳۳/۰۰ d	۳۱/۰۰ d
	۱۵۰ میلی‌متر	۳۹/۶۷ d	۳۶/۶۷ c	۳۸/۶۷ d	۳۸/۶۷ c	۳۷/۶۷ c	۳۵/۶۷ d
تیپ زیر سطحی	۵۰ میلی‌متر	۵۵/۴۴ c	۴۵/۶۷ b	۴۵/۲۲ c	۵۷/۶۷ b	۴۶/۶۷ b	۴۴/۶۷ c
	۱۰۰ میلی‌متر	۷۴/۸۹ ab	۷۱/۳۳ a	۷۶/۶۷ b	۷۳/۱۱ a	۷۲/۲۲ a	۷۰/۴۴ b
	۱۵۰ میلی‌متر	۷۹/۲۲ a	۷۵/۶۷ a	۸۰/۷۸ a	۷۷/۴۴ a	۷۶/۵۶ a	۷۴/۷۸ a
معمول	۵۰ میلی‌متر	۶/۴۴ g	۳/۷۸ f	۸/۰۰ f	۵/۱۱ f	۴/۴۴ g	۳/۱۱ g
	۱۰۰ میلی‌متر	۹/۶۷ g	۶/۱۱ f	۷/۸۹ f	۷/۶۷ f	۶/۸۹ g	۵/۳۳ g
	۱۵۰ میلی‌متر	۱۱/۶۷ f	۱۰/۶۷ e	۹/۵۶ f	۱۲/۶۷ e	۱۱/۶۷ f	۹/۶۷ f
آبیاری	***نانو تیتانیوم***						
تیپ سطحی	شاهد	۳۱/۶۷ ed	۲۷/۶۷ f	۲۹/۶۷ de	۲۷/۳۳ f	۲۸/۶۷ e	۲۶/۶۷ e
	۲ میلی‌گرم در لیتر	۳۵/۳۳ d	۳۱/۳۳ e	۳۵/۳۳ d	۳۵/۰۰ e	۳۲/۳۳ e	۳۰/۳۳ de
	۴ میلی‌گرم در لیتر	۴۲/۶۶ d	۳۸/۶۷ d	۴۲/۶۷ cd	۴۲/۳۳ d	۴۰/۶۷ d	۳۷/۶۷ d
تیپ زیر سطحی	شاهد	۵۲/۳۳ c	۴۸/۳۳ c	۵۰/۳۳ c	۵۵/۶۷ c	۴۹/۳۳ c	۴۷/۳۳ c
	۲ میلی‌گرم در لیتر	۸۰/۶۷ b	۷۶/۶۷ b	۷۸/۶۷ b	۶۳/۰۰ b	۷۷/۶۷ b	۷۵/۶۷ b
	۴ میلی‌گرم در لیتر	۹۰/۵۶ a	۸۷/۶۷ a	۸۹/۲۲ a	۶۷/۳۳ a	۸۸/۴۴ a	۸۶/۸۹ a
معمول	شاهد	۹/۷۸ fg	۶/۴۴ gh	۸/۳۳ f	۱۵/۳۳ h	۷/۲۲ f	۵/۶۷ f
	۲ میلی‌گرم در لیتر	۹/۶۷ fg	۶/۳۳ gh	۱۱/۶۷ f	۱۸/۰۰ g	۷/۱۱ f	۵/۵۶ f
	۴ میلی‌گرم در لیتر	۱۴/۳۳ f	۹/۷۸ g	۱۶/۶۷ f	۲۵/۳۳ f	۸/۶۷ f	۶/۸۹ f
نانو تیتانیوم	***تبخیر***						
شاهد	۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۱۶/۱۱ f	۲۱/۵۶ d	۱۸/۰۰ f	۲۴/۳۳ d	۱۳/۴۴ e	۲۱/۶۷ f
	۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۳۷/۰۰ d	۳۳/۴۴ c	۳۹/۰۰ d	۳۵/۲۲ c	۳۴/۳۳ c	۳۲/۵۶ d
	۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۴۲/۷۸ c	۳۹/۴۴ b	۴۴/۵۶ b	۴۱/۲۲ b	۴۰/۳۳ b	۳۸/۵۶ c
۲ میلی‌گرم در لیتر	۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۳۱/۰۰ e	۲۷/۲۲ c	۳۳/۰۰ e	۲۹/۰۰ d	۲۸/۱۱ d	۲۶/۳۳ e
	۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۴۲/۳۳ c	۳۸/۵۶ b	۴۴/۳۳ c	۳۸/۳۳ c	۳۹/۴۴ bc	۳۷/۶۷ c
	۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۴۷/۲۲ b	۴۳/۶۷ b	۴۹/۰۰ b	۴۳/۴۴ b	۴۴/۵۶ b	۴۲/۷۸ b
۴ میلی‌گرم در لیتر	۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۳۶/۶۷ d	۳۲/۶۷ c	۳۸/۶۷ d	۳۴/۶۷ c	۳۳/۶۶ c	۳۱/۶۷ d
	۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۴۶/۳۳ b	۴۲/۳۳ b	۴۸/۱۱ b	۴۴/۳۳ b	۴۳/۳۳ b	۴۱/۳۳ b
	۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۵۱/۵۶ a	۵۸/۰۰ a	۵۷/۳۳ a	۶۵/۷۸ a	۶۱/۸۹ a	۶۶/۱۱ a

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حروف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵٪ می‌باشند

نتایج این تحقیق نشان داد احتمالاً با کاربرد نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم میزان مالون‌دی‌آلدهید تحت تأثیر نانو دی اکسید تیتانیوم قرار گرفته و فعالیت آن را تا حدودی تعدیل داد به گونه‌ای که این کاهش در

تیمار مدیریت آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی به همراه نانو دی اکسید تیتانیوم چهار میلی‌گرم در لیتر مشهود است (جدول۳). گیاهان مکانیزم‌های خاصی برای مقابله با تنش خشکی دارند که یکی از آن‌ها تنظیم اسمزی است. تنظیم اسمزی از طریق تجمع مواد محلول درون سلول‌ها منجر به حفظ تورژسانس و فرآیندهای وابسته به آن در پتانسیل پایین آب می‌شود (۳۱). اسید آمینه پرولین یکی از تنظیم کننده‌های اسمزی است که معمولاً در شرایط تنش‌های محیطی در گیاهان تجمع می‌یابد. نتایج به‌دست آمده از میزان پرولین تحت تأثیر برهم‌کنش روش‌های آبیاری به همراه زمان آبیاری، تأییدکننده تأثیر این تیمارها بر پرولین بود. با مقایسه تیمار آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی در زمان آبیاری۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A با دیگر روش‌های مدیریتی در زمان آبیاری ۵۰ میلی‌متر تبخیر مشاهده می‌شود که در این تیمار گیاه زراعی کمتر دچار تنش خشکی شده و میزان پرولین آن کمتر است. افزایش میزان پرولین در گیاه ذرت تحت شرایط تنش خشکی در مطالعات کودسایا و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده شد.

با توجه به افزایش میزان محلول‌پاشی نانو ذرات TiO_2 و برهم‌کنش آن با سایر تیمارها مشاهده می‌شود. افزایش میزان محلول‌پاشی نانو دی اکسید تیتانیوم توانست غلظت پرولین را کاهش دهد (جدول۳). تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش به واسطه سنتز پرولین و غیر فعال شدن تخریب آن است. افزایش محتوای پرولین در شرایط تنش باعث محافظت غشای سلولی، پروتئین‌ها، آنزیم‌های سیتوپلاسمی و مهار گونه‌های فعال اکسیژن و حذف رادیکال‌های آزاد می‌گردد (۱۵). با توجه به جدول۳ مشاهده می‌شود با افزایش زمان آبیاری میزان این آنزیم نیز افزایش می‌یابد اما در مدیریت آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی این میزان کاهش می‌یابد. تنش خشکی باعث افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز می‌شود. این آنزیم هم در سیتوزول و هم در کلروپلاست وجود دارد و می‌تواند به گونه‌ای موثر H2O2 را حذف کند. پس افزایش این آنزیم در تنش خشکی نشان دهنده تجمع H2O2 در این شرایط است. محلول‌پاشی نانو دی اکسید تیتانیوم باعث تنظیم فعالیت آنزیم آنتی اکسیدان و تعدیل میزان H2O2 شد (جدول۳).

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز و پراکسیداز تحت تیمار نانو تیتانیوم افزایش یافت که با نتایج تحقیق سلطانی و همکاران (۲۰۱٤) مطابقت داشت. در این آزمایش فعالیت کاتالاز با افزایش تنش کاهش یافت (جدول۳). کاهش فعالیت کاتالاز تحت تنش خشکی در پژوهش‌های جیانگ (۲۰۰۱) نیز گزارش شده است. کاهش فعالیت این آنزیم ممکن است در اثر غیر فعال سازی نوری این آنزیم و یا بازداری سنتز آنزیم جدید در تاریکی باشد (۲٤) کاتالاز با فعالیت آنتی اکسیدانی خود H_2O_2 را به H_2O و O_2 تبدیل کرده و واکنش‌های زنجیره‌ای رادیکال‌های آزاد را بلوکه می‌کند (۲٦). لذا آزاد شدن آن در شرایط تنش باعث کاهش اثرات زیان‌بار گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود.

با توجه به جدول ۳ بر هم‌کنش مدیریت آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی با سایر تیمارها نشان داد در این نوع مدیریت آبیاری، گیاهان کمتر در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند. هر چند فعالیت کاتالاز با

افزایش تنش کاهش یافت اما نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم توانست فعالیت این آنزیم را تا حدی افزایش دهد (جدول ۳). تاکنون مطالعات مختلفی در مورد محلول‌پاشی ذرات نانو روی صفات کمی و کیفی گیاهان مختلف انجام شده است(۱٦). دراین خصوص معاونی و همکاران (۲۰۱۱) طی تحقیقاتی که بر روی گیاه *Calendula officinalis* انجام دادند گزارش کردند اثر نانو ذرات تیتانیوم در شرایط تنش روی شاخص‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز در سطح ٪۵ معنی‌دار بود. همچنین طی تحقیقی بر روی گیاه ذرت گزارش شد اثر نانو ذرات تیتانیوم بر روی شاخص‌های سوپراکسید دیسمیوتاز، کاتالاز و در سطح ٪۱ معنی‌دار بود و بیشترین میانگین فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسمیوتاز و کاتالاز در محلول‌پاشی نانو ذرات تیتانیوم ٪۰/۰۳ به دست آمد (۱۹).

خصوصیات زراعی ذرت دانه‌ای

مقایسات میانگین اثرات متقابل تیمارهای روش آبیاری و زمان آبیاری نشان داد، بیشتر بودن مقادیر تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد دانه و بیولوژیک می‌تواند دلیل برتری آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی نسبت به دیگر روش‌های مدیریت آبیاری باشد (جدول٤). آبیاری قطره‌ای با نوارهای تیپ جهت آبیاری گیاهان ردیفی از جمله روش‌های آبیاری موفق در دنیا مطرح شده است (۳). با بررسی تحقیقات ۱۰ ساله در کانزاس در خصوص استفاده از آبیاری قطره‌ای زیر سطحی برای کشت ذرت این نتیجه حاصل شد که مصرف آب آبیاری برای ذرت می‌تواند در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری مرسوم در منطقه از ۳۵ تا ٪۵۵ کاهش پیدا کند (١٤). یاز و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقی اثرات سه سطح مختلف آبیاری (۱۰۰، ٦۷ و ۳۳٪ تبخیر تجمعی از تشتک کلاس A) و دو دور آبیاری شامل ۳ و ٦ روز را بر عملکرد ذرت تحت سیستم آبیاری قطره‌ای در ترکیه بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که بالاترین میزان متوسط عملکرد ذرت (۱۱۹۲۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری ٪۱۰۰ با دور آبیاری ٦ روز به دست آمد. عملکرد دانه ذرت برای دور آبیاری ۳ روز از ۷۹٤۰ تا ۱۱۳۳۰ و برای دور آبیاری ٦ روز از ۷۲۵۳ تا ۱۱۹۲۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود.

جدول ۳: مقایسه میانگین برهم‌کنش فاکتورهای آزمایش بر مالون دی آلدهید، پراکسیداز، پرولین و کاتالاز

آبیاری	تیمار	مالون دی آلدهید (میکرو مول بر گرم برگ‌تر)	پرولین (نانو مول بر گرم برگ‌تر)	پراکسیداز (نانو مول پراکسید هیدروژن بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	کاتالاز (نانو مول پراکسید هیدروژن بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)
آبیاری	***تبخیر***				
تیپ سطحی	۵۰ میلی‌متر	۰/۰۷۱ d	۰/۰۵۸ d	۰/۹۱۳ d	۰/٤۸۲ b
	۱۰۰ میلی‌متر	۰/۰۹٤ c	۰/۰۸۱ c	۰/۹۳٦ c	۰/٤۲۱ e
	۱۵۰ میلی‌متر	۰/۱۵۵ a	۰/۱۳۸ a	۰/۹۹۷ a	۰/۳۹۷ f
تیپ زیر سطحی	۵۰ میلی‌متر	۰/۰٦۹ d	۰/۰۵۷ d	۰/۹۱۲ d	۰/٤۹۷ a
	۱۰۰ میلی‌متر	۰/۰۹۳ c	۰/۰۸۱ c	۰/۹۳۵ c	۰/٤۵٤ d
	۱۵۰ میلی‌متر	۰/۱۰۰b	۰/۰۹۸ b	۰/۹٤۵ b	۰/٤۳۲
معمول	۵۰ میلی‌متر	۰/۰۷۰ d	۰/۰۵۹ d	۰/۹۱۱ d	۰/٤۷۷ c
	۱۰۰ میلی‌متر	۰/۰۹۳ c	۰/۰۸۱ c	۰/۹۳۵ c	۰/٤۲۰ e
	۱۵۰ میلی‌متر	۰/۱۵۰a	۰/۱۱٤۳ a	۰/۹۹۲a	۰/۳۹٦ f
آبیاری	***نانو تیتانیوم***				
تیپ سطحی	شاهد	۰/۱٤۲ a	۰/۱۲٤ a	۰/۹۸۸ b	۰/۳۹۸ d
	۲ میلی‌گرم در لیتر	۰/۱۰۲ c	۰/۰۹۱ b	۰/۹۳۲ d	۰/۳۹۳ e
	٤ میلی‌گرم در لیتر	۰/۰۷٦ d	۰/۰٦۵ d	۰/۹۲۰ e	۰/۳۹٦ d
تیپ زیر سطحی	شاهد	۰/۱٤۰ a	۰/۱۲۲ a	۰/۹۸٦ b	۰/٤۱۲ a
	۲ میلی‌گرم در لیتر	۰/۱۰۱c	۰/۰۹۰ b	۰/۹۱۱ f	۰/٤۰۷ b
	٤ میلی‌گرم در لیتر	۰/۰۷٤ d	۰/۰٦٦ d	۰/۸۹۳ g	۰/٤۰۵ c
معمول	شاهد	۰/۱۳۸ b	۰/۱۲۰ a	۰/۹۹۱ a	۰/۳۹۷ d
	۲ میلی‌گرم در لیتر	۰/۱۰۰ c	۰/۰۸۹ c	۰/۹٤۲ c	۰/۳۸۹ f
	٤ میلی‌گرم در لیتر	۰/۰۷۵ d	۰/۰٦۷ d	۰/۹۳۷ d	۰/۳۹۲ e
نانو تیتانیوم	***تبخیر***				
شاهد	۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۰/۰۹۳ e	۰/۰۷۵ e	۱/۱۰۰ c	۰/٤٤۳ c
	۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۰/۱۲٤ c	۰/۱۰٦ c	۱/۱۱۷ b	۰/۳٦٤ g
	۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۰/۲۰۳ a	۰/۱۸۵ a	۱/۱۵۹ a	۰/۳۳۳ h
۲ میلی‌گرم در لیتر	۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۰/۰٦۷ g	۰/۰۵٦ f	۰/۸۹۷ g	۰/٤٦۷ b
	۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۰/۰۸۹ f	۰/۰۷۸ e	۰/۹۱۹ e	۰/٤۰۹ e
	۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۰/۱٤۷ b	۰/۱۳٦ b	۰/۹۷۷ d	۰/۳۷۸ f
٤ میلی‌گرم در لیتر	۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۰/۰۵۰ h	۰/۰٤۱ g	۰/۸۹۵ g	۰/۵۲۹ a
	۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۰/۰٦۷ g	۰/۰۵۸ f	۰/۹۰۳ f	۰/٤٤۷ c
	۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۰/۱۰۹ d	۰/۱۰۰cd	۰/۹۱۰e	۰/٤۲۳ d

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حروف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵٪ می‌باشند

سطوح آبیاری به طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد گردید. نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین داده‌های حاصل از اثرات متقابل روش‌های آبیاری به همراه نانو بر ذرت نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در تیمار آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی به همراه نانو ذرات

دی اکسید تیتانیوم چهار میلی‌گرم در لیتر به دست آمد (جدول٤). وزن هزار دانه یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد می‌باشد که نشان دهنده انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه است (۱۲). با توجه به جدول ٤ بالاترین وزن هزار دانه بدست آمده از تیمار آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی به همراه نانو دی اکسید تیتانیوم چهار میلی‌گرم در لیتر با ۳۲۵/۷ گرم به دست آمد. نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین داده‌های حاصل از اثرات متقابل روش‌های آبیاری به همراه نانو بر عملکرد دانه در ذرت بیانگر آن بود که بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی به همراه نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم چهار میلی‌گرم با ۱۰٤٥۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول٤).

با توجه به این نتایج می‌توان بیان داشت مدیریت مناسب این تیمارها، بر علف‌های‌هرز موجود در کرت‌های آزمایشی (جدول۲) سبب شد که میزان رقابت بین ذرت با علف‌های‌هرز کاهش یافته و آشیانه‌های اکولوژیک بیشتری در اختیار ذرت قرار گیرد. با افزایش محلول‌پاشی نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم در زمان‌های مختلف آبیاری تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد دانه و بیولوژیک نیز افزایش یافت (جدول٤).

معاونی و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اکسیدتیتانیوم منجر به افزایش عملکرد دانه در گیاه جو می‌شود. عملکرد دانه بسیاری از گیاهان رابطه بسیار نزدیک با تولید کل بیوماس در مقایسه با شاخص برداشت دارد (۱). توزیع نهایی ماده خشک میان دانه و قسمت‌های رویشی گیاه، با در نظر گرفتن نسبت دانه به کاه با شاخص برداشت تعیین می‌شود. در ذرت شاخص برداشت از نسبت وزن خشک دانه به وزن خشک کل ماده گیاهی به دست می‌آید. بیشترین شاخص برداشت در تیمار آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی به همراه نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم چهار میلی‌گرم با ٤۲/۳٪ حاصل شد. در مقابل کمترین شاخص برداشت در تیمار زمان آبیاری۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A در عدم مصرف نانو با ۳۱/۵٪ به دست آمد (جدول٤).

جدول ٤: مقایسه میانگین برهم‌کنش فاکتورهای آزمایش بر صفات مورد بررسی ذرت

	تیمار	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	وزن هزار دانه(g)	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک ($kg\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت (%)
آبیاری	**تبخیر**						
	۵۰ میلی‌متر	۱۲/۹ b	٤۱/۳ c	۳۱۰/۳ ab	۷۵۰۵/۵ c	۲۰۷۸۷/۳ b	۳۵/۹ f
تیپ سطحی	۱۰۰ میلی‌متر	۱۲/٦ b	٤۰/۵ d	۳۰۱/۲ c	۷٤۸۸/۳ c	۱۹۷۵٦/۰ c	۳۷/۸ d
	۱۵۰ میلی‌متر	۱۲/۱ c	٤۰/٦ d	۲۹۹/۹ d	۷٤۳۰/۵ c	۲۰۰۲۵/٦ c	۳٦/۹ e
	۵۰ میلی‌متر	۱۳/۳ a	٤۲/۲ b	۳۱۲/۲ a	۸۷۲٦/۲ a	۲۱۹۳٦/٤ ab	۳۸/٦ c
تیپ زیر سطحی	۱۰۰ میلی‌متر	۱۳/۱ a	٤۱/٤ c	۳۰۹/۳ b	۸۷۹۷/۵ a	۲۲۳۵۳/۹ a	۳۹/۱ b
	۱۵۰ میلی‌متر	۱۲/۸ ab	٤۳/۱ a	۳۱۱/۲ ab	۸٦۸۲/۷ b	۲۰۷۸۱/۱ b	٤۱/۲ a
	۵۰ میلی‌متر	۱۲/۵ b	٤۱/۲ c	۳۰۱/۸ c	۷۳۵۱/۱ d	۱۹۲٦٦/۱ c	۳۷/۸ d
معمول	۱۰۰ میلی‌متر	۱۱/٦ cd	٤۲/۳ b	۳۰۲/۲ c	۷۳۳۳/٤ d	۱۸۸۵۳/۲ d	۳۷/۵ d
	۱۵۰ میلی‌متر	۱۱/۳ d	٤۱/۲ c	۲۹۹/۵ d	٦۵۸۰/۱ e	۱۸۳۵۹/۲ d	۳٤/۷ g
آبیاری	**نانو تیتانیوم**						
	شاهد	۱٤/۹ a	٤۵/۹ c	۳۲۳/۸ a	۹۲۳۳/۰ c	۲٤٦٤۹/٤ c	۳۷/۱ d
تیپ سطحی	۲ میلی‌گرم در لیتر	۱٤/۸ a	٤۷/۳ b	۳۱۳/۹ b	۹۲۳۵/۰ c	۲٤٦۷۳/۲ c	۳٦/٦ e
	٤ میلی‌گرم در لیتر	۱٤/٦ b	٤۸/۳ a	۳۲۷/۱ a	۹۲۷۰/۰ c	۲۵۱۲۸/٤ b	۳٦/٦ e
	شاهد	۱٤/۸ a	٤۷/۸ b	۳۲۳/۷ a	۹۹۵۱/۰ b	۲۵۸۰۹/۸ b	۳۹/۰ b
تیپ زیر سطحی	۲ میلی‌گرم در لیتر	۱۵/۰a	٤۷/۱ b	۳۱۵/۲ b	۹۹۰٦/۰ b	۲٦۲۳٤/۷ a	۳۸/٤ c
	٤ میلی‌گرم در لیتر	۱٤/۸ a	٤۸/٦ a	۳۲۵/۷ a	۱۰٤۵۰/۰ a	۲۵۱۳۹/۵ b	٤۲/۳ a
	شاهد	۱٤/۸ a	٤۷/۳ b	۳۱۳/۸ b	۸۹۸۹/۰ d	۲۳۹٦۵/۷ d	۳۷/۳ d
معمول	۲ میلی‌گرم در لیتر	۱۵/۰a	٤۸/٤ a	۳۱۳/۸ b	۸۹۸٤/۰ d	۲۳۵۷۸/۲ d	۳۷/۵ d
	٤ میلی‌گرم در لیتر	۱٤/٦ b	٤۷/۳ b	۳۱۱/٦ b	۸۲۱۸/۰ e	۲۳۰۵۸/۸ d	۳۵/۸ f
نانو تیتانیوم	**تبخیر**						
	۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۱۲/۵ cd	٤۱/۳ f	۳۰۱/٤ e	۵۳۵٦/۰ e	۱۵۷٦۵/۷ e	۳۳/۸ e
شاهد	۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۱۲/٤d	٤۱/۲ f	۲۹٦/۹ f	۵۳۰۹/۵ e	۱۵۳۳۳/٦ e	۳۳/۳ f
	۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۱۱/۳e	٤۰/۰ g	۲۹۲/۱ f	٤۷۸٦/۹ f	۱٤۹۹۳/٤ f	۳۱/۵ g
	۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۱۲/۸ c	٤۱/۹ d	۳۱۳/۵ bc	۷٤۷٤/۱ b	۲۰۱۱۷/۹ b	۳٦/۹ a
۲ میلی‌گرم در لیتر	۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۱۲/٦cd	٤۱/۵ e	۳۱۱/۵ c	٦۹٦٤/۹ d	۱۹۳۱۰/٤ d	۳۵/۷ c
	۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۱۲/٦cd	٤۱/۵ e	۳۰۹/٦ d	٦٦۳۳/۹ d	۱۹۰٦۱/۲ d	۳٤/۷ d
	۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۱۳/۷ a	٤۵/٦ a	۳۲۸/٤ a	۸۵۹٦/۸ a	۲۳٤۹۸/۲ a	۳٦/۷ ab
٤ میلی‌گرم در لیتر	۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۱۳/۳ ab	٤٤/۹ b	۳۱۹/۵ b	۷۱۵۱/۲ c	۱۹۷۱۱/۷ c	۳٦/٤ b
	۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک	۱۳/۱ b	٤۳/٤ c	۳۱٦/۸ b	۷۰۹۱/٦ c	۱۹۰٦٦/۵ c	۳٦/۹ a

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حروف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی دار آماری در سطح ۵٪ می‌باشند.

نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب ارائه شده در این پژوهش چنین استنتاج می‌گرددکه با انجام مدیریت آب و نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم و برهم‌کنش آن‌ها به‌طور ویژه آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی به همراه نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم چهار میلی‌گرم، درصد کاهش علف‌های‌هرز افزایش داد. در پی آن میزان رقابت ذرت و علف‌هرز کاهش یافت. در نتیجه شرایط برای رشد مناسب گیاه فراهم شد. گیاه با تولید اندام هوایی مناسب، توازن در تولید دانه و کاه را حفظ کرد. نهایتاً سبب افزایش شاخص برداشت شد. همچنین در شرایط کاهش رقابت ذرت و علف‌هرز، اختصاص منابع فتوسنتزی به سمت دانه بیشتر از کاه و کلش بود. همین امر سبب افزایش عملکرد و شاخص برداشت ذرت شد. اگرچه در این روش نصب و راه اندازی سیستم قطره‌ای، هزینه اولیه‌ای را به زارع تحمیل می‌کند ولی با توجه به صرفه جویی در مصرف آب و افزایش کارآیی مصرف آب وکنترل علف‌های‌هرز می‌توان به سود بیشتری دست یافت.

منابع

1- Abid, H., Chadhary, M. R., Wajid, A., Ahmad, A., Ibrahim, M. R. M, and Goheer, A. R. 2004. Influence of water stress on growth, yield and radiation use efficiency of various wheat cultivars. International Journal Agriculture Biology. 6(6): 1074-1079.

2- Aebi, H. 1974. Catalase: 673-677. In: Bergmeyer, H.U., (Ed.). Methods of Enzymatic Analysis. Academic Press, New York, USA, 641p.

3- Akhavan, K. and Shirir, M. 2009. Investigating the Different Levels of Water and Raw Plants of Sorghum Plants by Drop Strain Irrigation in Moghan Area. Final Report of Agricultural Research Institute of Agricultural Research Institute. Registration number 1405. 45-88.

4- Bates, L., Waldrem, R. and Teare, I. 1973 Rapid determination of free praline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

5- Benavides, F.G., Benach, J., Diez-Roux, A.V. and Roman, C. 2000. How do types of employment relate to health indicators? Finding from the second European survey on working conditions. Journal Epidem community Health. 54: 494-501.

6- Cui, H., Sun, C., Liu, Q., Jiang, J. and GU, W. 2006. Applications of nanotechnology in agrochemical formulation, perspectives, challenges and strategies. P. 1-6. Institute of environment and sustainable Development in Agriculture. Chinese Academy of Agricultural Sciences. Beijing. China.

7- Fathi, A. and M. Zahedi. 2014. Effect of iron and zinc oxide nanoparticle spraying on growth and ionic content two wheat cultivars under salinity stress. Journal Production and processing of crops and gardens, 4: 295-304.

8- Fu, J. and Haung, B. 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool season gresses to localized drought stress. Environmental and Experimental Botany, 45: 105-114.

9- Ghamarnia, H., Khosravi, H., Jalili, Z. and Bahrami naghad. 2015. Investigating different irrigation and water management methods on yield and water use efficiency of grains. Journal Water and irrigation management, Vol. 5, No. 1 55-67. (In Persian).

10- Grattan, S. R., I. J. Schawnkl, and W. T. Lawnini. 1988. Weed control by subsurface drip irrigation. California Agric. 42: 22-24.

11- Jiang, R. and Hunag, N. 2001. Drought and Heat stress injure two cool season Turfgrass in relation to antiaxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science Society of America, 41: 436-442.

12- Jin, L. And Yong, W. 2001. Water use in agriculture in China; importance, challenges, and implications for policy. Journal of Water policy, 3, 215-228.

13- Kar, M., and Mishra, D. 1976 Catalase, Peroxidase, and Polyphenoloxidase activities during Rice leaf senescence. Plant Physiology 57: 315-319.

14- Lamm F.R., and Trooien T.P. 2003. Subsurface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas, Journal of Irrigation Science, No, 22. 195–200.

15- Liang, X., Zhang, L., Natarajan, S. K. and Becker, D. F. 2013. Proline Mechanisms of Stress Survival. Antioxid Redox Signal 20; 19 (9): 998–1011.
16- Lu, C. M., Zhang, C.Y., Wu, J. Q. and Tao, M. X. 2002. Research of the effect of nanometer on germination and growth enhancement of Glycine max and its mechanism. Soybean Sci. 21:168-172.
17- Moradi Boldaji, E. 2006. Water resources management and beard against drought, Journal of Jihad July & Agust, 272, 202-210 (In Persian).
18- Moaveni, P., Valadabadi, S.A., Aliabadi Farahani, H. and Maroufi, K. 2011a. Nanoparticles TiO2 spraying affected on calendula (*Calendula Officinalis* L.) under field condition. Advances in Environmental Biology. 5(8): 2242-2244.
19- Moaveni, P., Lotfi, M., Aliabadi Farahani, H. and Maroufi, K., 2011b. Effect of spraying TiO2 nano particles on some of physiological and chemical parameters in maize (*Zea mays* L.). International Journal of Biosciences. 1(4): 63-67.
20- Monica, R. C., and R. Cremonini. 2009. Nanoparticles and higher plants.Caryologia 62:161-165.
21- Najafi, H., Zand, E,. Deyanat, M. and Nosrati, E. 2011. Ecology of Weeds and Invasive Plants. No. 9. Pp. 480.
22- Okhovat, S., and Vakili, D. 1997. Rice (planting and harvesting). Farabi (In Persian). p 212.
23- Peyvandi, M., H. Parande and M. Mirza. 2011. The comparison of iron Nano chelates effect on growth parameters and antioxidant enzymes activity of OcimumBasilicum. Journal of molecular cellular biotechnology 4:19-31
24- Polle, A. 1997. Defense against photoxidative damage implants. p. 783-813. In: J. scandalis, ed. oxidative stress and the molecular biology of oxidative defense. Cold spring harbar laboratory press, cold spring harboor, IVY Biologia Plantarum, 41: 387-394.
25- Qudsaia, B., Y. Noshinil, B. Asghari, Z. Nadia, A. Abida and H. Fayazul. 2013. Effect of Azospirillum inoculation on maize (*Zea mays* L.) under drought stress. J. Pakistan Boty. 45:13–20.
26- Rakmini, M.S., Benedicate, D.S. and Vivanads. 2004. Superoxid dismutase and catalase activities and their correlation with malondealdehyde in schizophrenic patients. Indian Journal Clinical Biochemistry, 19: 114-118.
27- Remya, N., Saino, H.V., Baiju, G., Nair, T.M., Yoshida, D. and Sakthi K., 2010. Nanoparticulate material delivery to plants, Plant Science, 179. 154–163
28- Salehi, M. and Tamaskani, F. 2008. Pretreatment effect of nanosilver on germination and seedling growth of wheat under salt stress. Proceeding of 1th Iranian Congress in Seed Sciences and Technology. Gorgan, Iran. p 358.
29- Soltani, M., Moaveni, P. and Nouri, H. 2014. The effect of titanium dioxide nanoparticulation on yield and yield components Activity of antioxidant enzymes in lentil. Journal Iranian Plant Ecophysiology, No. 9 78-88. (In Persian).
30- Tafti, M. M., R. Farhoudi, M. Rabiee and Rasifar, M. 2011. Allelopathic effect of harmel (Peganum Harmala L.) on germination and growth of three weeds. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, Vol. 27, 1: 135-146. (In Persian).
31- Vinocur, B. and Altman, A. 2005. recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. Current Opinion in Biotechnology 16: 123-132.
32- Yazar A., Sezen S. M. and Gencel B. 2002. Drip irrigation of corn in the southeast Anatolia project (GAP) area in Turkey, Irrigation and Drainage Journal, 51(4):293–300.