دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دوازدهم، شماره چهل و سوم، ۱۳۹۹

تاثیرکود اوره و نانو کلاته نیتروژن برعملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم سیروان در تنش خشکی بعد از گلدهی

نعیمه آستانه[۱]، فرود بذرافشان، مهدی زارع[۲]، بهرام امیری، عبدالله بحرانی[۳]

دریافت: ۹۷/۸/۳۰ پذیرش: ۹۹/۷/۵

چکیده

به منظور مقایسه کارایی کود نانو کلاته نیتروژن وکود اوره بر گیاه گندم رقم سیروان تحت شرایط تنش خشکی آزمایشی به صورت کرت های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در دو منطقه نصرآباد و کودیان در استان فارس انجام شد. کرت اصلی شامل دو سطح آبیاری (آبیاری نرمال و قطع آبیاری در مرحله گلدهی)، کرت فرعی شامل چهار سطح کود اوره (۰، ۳۷، ۷٤ و ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و کرت فرعی فرعی شامل مصرف خاکی چهار سطح کود نانو کلاته نیتروژن (۰، ۱٤، ۲۷ و ٤۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بود. نتایج نشان داد که تیمارهای تنش خشکی، کود اوره و کود نانو کلاته نیتروژن اثر معنی داری روی تمام ویژگیهای مورد مطالعه داشت. در اثر متقابل تنش، اوره و کود نانوکلاته نیتروژن مشخص شد که در شرایط نرمال و قطع آبیاری در مرحله گلدهی بالاترین میانگین عملکرد دانه (۷۵۹۱ و۴۰۹۱ کیلوگرم در هکتار)، ارتفاع بوته (۷۰/۵ و ٦۰/۰۲ سانتیمتر)، تعداد پنجه بارور (٤٤۸ در متر مربع)، وزن هزار دانه (٤٦/۵ و ٤٤/۱۷ گرم)، عملکرد بیولوژیکی (بترتیب ۲۷۰۰۰ و ۱۵٤۷۰ کیلوگرم در هکتار)، شاخص برداشت (بترتیب ۲۸٪ و ۱۸٪) کاروتنوئید (به ترتیب ۲/۲۵ و ۱/۸٦) آنتوسیانین (۱/۵ و ۱/٦) و فلاونویید (۱/۸۵ و ۱/۹۸) با کاربرد ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود اوره و ٤۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود نانو بدست آمد. در اثر متقابل بین تنش خشکی، اوره و کود نانو در ویژگی قطر ساقه، مشخص شد که بالاترین میانگین مربوط به تیمار کاربرد ۷٤ کیلوگرم نیتروژن از کود اوره به همراه ٤۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کود نانو (۳ و ۲/۸۵) بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، شاخص های بیوشیمیایی، عملکرد دانه، کود نانو، ویژگیهای زراعی

آستانه، ن.، ف. بذرافشان، م. زارع، ب. امیری و ع. بحرانی. ۱۳۹۹. تاثیرکود اوره و نانو کلاته نیتروژن برعملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم سیروان در تنش خشکی بعد از گلدهی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤۳: ۲۲۸-۲۱٤.

۱- گروه کشاورزی، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران

۲- گروه کشاورزی، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران- مسئول مکاتبات: zaremahdi@hotmail.com

۳- گروه کشاورزی، واحدرامهرمز ، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران

مقدمه

تنش خشکی به عنوان مهم ترین تنش زیست محیطی است که عملکرد غلاتی مانند گندم را در سراسر جهان تهدید می کند. خشکسالی مانع عملکرد گندم در تمام مراحل رشد و به خصوص در مرحله گلدهی و پرشدن دانه می شود و باعث کاهش قابل توجه ای در عملکرد گیاه می گردد (فاروق و همکاران، ۲۰۱٤). شدت و مدت تنش تعیین کننده میزان کاهش در عملکرد است که دلیل اصلی آن، کاهش در میزان فتوسنتز خالص است که به علت محدودیت های متابولیکی ایجاد می گردد (علی و همکاران، ۲۰۱۸) از دیگر دلایل کاهش عملکرد، تخریب اکسیداتیو کلروپلاست ها (عبید و همکاران، ۲۰۱۸) و بسته شدن روزنه ها وایجاد دانه های ضعیف و نارس می باشد (فاروق و همکاران، ۲۰۱٤).

الله وردی و همکاران (۲۰۱۵)، گزارش دادند که تنش خشکی باعث کاهش میزان فتوسنتز، هدایت مزوفیلی و روزنه ای، سرعت تعریق، محتوای رنگدانه ای، وزن خشک و محتوای نسبی آب در برگ پرچم شده است. نیتروژن نقش چشمگیری در افزایش عملکرد گندم در مناطق خشک و نیمه -خشک ایفا می کند. مصرف نیتروژن به مقدار کافی باعث رشد بیشتر ریشه ها شده و منجر به افزایش توان جذب آب از اعماق بیشتر خاک در شرایط تنش خشکی می گردد (سوبدی و همکاران، ۲۰۰۷) این موضوع ممکن است به افزایش کارایی استفاده از آب منجر شود (امام و نیک نژاد، ۲۰۱۱)

نورالدین و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که افزایش نیتروژن تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در گندم زمستانه می گردد. برخی از محققان میانگین کاربرد نیتروژن در شرایط آبیاری کامل را تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (می و همکاران، ۲۰۱۵) و در شرایط تنش خشکی تا ۲٤۰ کیلوگرم در هکتار گزارش نمودند (لی و همکاران، ۲۰۱۱). واو و همکاران (۲۰۱۸) پیشنهاد کردند که استفاده از مواد مغذی می‌تواند اثرات شدید تنش آب در گیاه بامبو را از طریق افزایش میزان فتوسنتز، بازده مصرف آب و افزایش یکپارچگی غشاء کاهش دهد. وانگ و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که کودهای نیتروژنه باعث افزایش کارایی مصرف آب در گندم زمستانه در طول رشد رویشی می شوند اما در دوران رشد زایشی کودهای نیتروژنه تاثیر چندانی در افزایش بهره وری آب نداشتند.

در دهه گذشته، فناوری نانو به عنوان یک تکنولوژی جدید، مشکلات بسیاری را در زمینه های مختلف علم و صنعت حل کرده است و موقعیت و عملکرد آن در کشاورزی نیز تثبیت شده است. فناوری نانو نقش‌های مهمی را در تمام مراحل تولید، صنایع تبدیلی، انبارداری، بسته بندی و حمل و نقل محصولات کشاورزی ایفا می کند (اسکات و چن، ۲۰۰۳). کودهای نانو مهم ترین بخش فناوری نانو در تولید محصولات کشاورزی می باشند. استفاده از کود نانو نیتروژن به جای کودهای معمولی، مواد مغذی را به تدریج و یا به روش کنترل شده به گیاهان منتقل می کند. کاربرد کود در سیستمهای تولید در کشاورزی اجتناب ناپذیر است با وجود اینکه کاربرد کودها بطور قابل توجهی باعث افزایش عملکرد غلات شده، در بعضی مواقع نیز عدم افزایش عملکرد بعلت پایین بودن میزان بازدهی و استفاده نامناسب از کودها، کمبود مواد آلی و عناصر کم مصرف گزارش شده است (شارما، ۲۰۰۸). بنابراین، مدیریت استفاده از کودهای نیتروژنه از اهمیت بسزایی برخوردار است. بخصوص از زمانیکه مصرف کودهای اوره به دلیل ارزان بودن و افزایش در عملکرد در سطح جهان با مصرف بی رویه کشاورزان مواجه شده و منجر به مشکلات بسیارجدی در آبهای زیرزمینی و غنی شدن (اوتریفیکاسیون) سیستمهای آبی گردیده است. بنابراین با توجه به این مشکلات استفاده از کودهای نانو (آهسته رهش) نیتروژن برای تنظیم فرایند نیتریفیکاسیون (نیترات‌سازی) و در دسترس بودن نیتروژن در طول دوره رشد گیاه بدیهی بنظر می رسد (شارما، ۲۰۰۸). نانوتکنولوژی با انجام تغییرات مواد در سطح اتمی، مولکولی و ماکرومولکولی تا مقیاس ۱۰۰ نانومتر باعث تغییرات قابل توجهی در خواص مواد می گردد (لال، ۲۰۰۸). این تفاوتها عمدتا ناشی از نسبت سطح به حجم بیشتر مواد نانو مقیاس است که امکان تماس قوی تر این مواد را با سایر مواد فراهم می آورد و موجب تمایل آنها به بروز صفات منحصر به فرد می شود و خواص مکانیکی، حرارتی و کاتالیزوری مواد نیز تغییر می کند. فناوری نانو، پتانسیل افزایش کارایی کودهای آهسته رهش را دارد (کمارننی، ۲۰۰۹). در رابطه با اثرات زیست محیطی، فناوری نانو باعث افزایش بهره‌وری کاربرد کود می شود، آلودگی خاک و خطرات زیست محیطی کودهای شیمیایی را کاهش می دهد (نادری و همکاران، ۲۰۱۱).

بیات ورکشی و زارع ابیانه (۲۰۱۵) نشان دادند که استفاده از کود نانو کلاته نیتروژن می تواند عملکرد سیب زمینی را در مقایسه

با کود اوره افزایش دهد. یافته هایلیو و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که کودهای نانو نیتروژن می توانند عملکرد غلات را ۲۰ تا ٤۰ درصد افزایش دهد. ساختار نانوکلاته نیتروژن، به دلیل تخلخل ریزمولکولها و غنی بودن آنها از گروههای عاملی فعال نیتروژن، توانایی رهاسازی آرام نیتروژن در خاک را برای استفاده گیاه دارند. هدف از انجام این پژوهش مقایسه عملکرد کود نانو کلاته نیتروژن و اوره در شرایط تنش خشکی می باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی بازده سطوح مختلف کودهای اوره و نانو کلات نیتروژن در تنش خشکی بعد از گلدهی در گیاه گندم رقم سیروان آزمایشی به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح آماری بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹٦-۹۵ در دو مکان شامل کودیان (۵۲ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی) و نصرآباد (۵۲ درجه و ٦٤ دقیقه شرقی و۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی) از توابع بخش مرکزی شهرستان شیراز در استان فارس انجام گرفت. کرت‌ها با طول و عرض ٤ متر و فاصله بین کرتها ۵۰ سانتی متر و در هر کرت ۱۰ ردیف فاصله بین بلوکها یک و نیم متر با تراکم ثابت ٤۵۰ گیاه در متر مربع (معادل ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) بوده است. کرت اصلی شامل سطوح آبیاری (آبیاری نرمال و قطع آبیاری در مرحله گلدهی) و کرت‌های فرعی شامل سطوح کود نیتروژن ۰، ۳۷، ۷٤ و ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار معادل ۰، ۸۰/۲۹، ۱٦۰/۵۸ و ۲۳۸/۷ کیلوگرم در هکتار کود اوره از منبع کود اوره و ۰، ۱٤، ۲۷ و ٤۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود نانو کلات نیتروژن معادل ۰، ۸۲/۳۲، ۱۵۸/۷٦ و ۲٤۱/۰۸ لیتر در هکتار بود. مقدار نیتروژن در کود اوره، ٤٦ درصد و در کود نانو کلات نیتروژن ۱۷ درصد می باشد که توسط شرکت صدور احرار شرق (خضرا) در ایران تولید می گردد (ناظران، ۲۰۱۲). کلات واژه ای یونانی و اصطلاحی در علم شیمی به معنی چنگال است که با در برگرفتن عنصری مانند نیتروژن، مانع آبشویی نیترات در شرایط مختلف و نامطلوب محیطی شده تا در طول فصل رشد در اختیار گیاه قرار گیرد (پارک و همکاران، ۲۰۰٤).

جدول ۱- مقایسه کودهای معمول نیتروژنه و کود نانو کلات نیتروژن

کودهای رایج نیتروژن	کودهای نانونیتروژن
اوتریفیکاسیون و آلودگی ابهای زیرزمینی	کاهش آلودگی های محیط زیست و آبهای زیرزمینی
بازده کم کودهای رایج حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد	بازده بیشتر کودها به دلیل نفوذ بهتر به سلولهای ریشه و برگ به دلیل قطر کمتر ذرات
ایجاد بیماری در انسان بعلت استفاده زیاد	استفاده کمتر و کاهش خطر ابتلا به بیماری
مصرف سوختهای فسیلی برای تولید	آزاد شدن تدریجی عناصر و کاهش هزینه های کارگری
قیمت هر کیسه ۵۰ کیلویی ۱۰۰ هزار تومان	قیمت هر لیتر ۱۲ هزار تومان

جدول ۲- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

مکان	٪شن	٪سیلت	٪رس	پتاسیم قابل جذب(mg/kg)	فسفر قابل جذب(mg/kg)	نیتروژن کل٪ (درصد)	ماده آلی٪ (درصد)	٪رطوبت گل اشباع	pH گل اشباع	ECعصاره اشباع (dS/m)	بافت خاک
کودیان	٦۱	۲٦	۱۳	۱۵۰	۱٤/۷	۰/۰۹	۲/۷	۳٦	۷/۷	۰/٤۱	شنی لومی
نصرآباد	۳۱	۲۹	۳۰	۱۹۷	۱۵/۸	۰/۰۷	۳/۹	۳۸	۷/٦	۰/۷۸	رسی لومی

بعضی از ویژگی های نانوذرات مانند سطح مخصوص بالا، ویژگیهای مغناطیسی یکسان و وضعیت الکترونی خاص باعث شده این ذرات درمقایسه با مواد معمولی، واکنش پذیری بهتری داشته باشند (اگراول و راتور، ۲۰۱٤). لیو و لال (۲۰۱۵) در مورد اثرات سودمند استفاده از نانوکودها (شامل افزایش کارآیی مصرف عناصر غذایی، افزایش مقدار محصول و کاهش آلودگی خاک) در مقایسه با کودهای معمولی گزارش دادند.

باتوجه به جدول (۲) بافت خاک در منطقه کودیان شنی لومی و در منطقه نصر آباد رسی لومی می باشد استفاده از کودهای نانو کند رها بویژه در خاکهای شنی موجب کاهش هدر رفت عناصر غذایی می گردد. قبل از کاشت، بر اساس عرف منطقه به هر هکتار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره از منبع سوپرفسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم دار از منبع سولفات پتاسیم داده شد. تیمارهای کود دهی با کودهای نیتروژن دار اوره و نانو کلات نیتروژن در ۳ مرحله ابتدای سبز شدن، شروع ساقه دهی و شروع گرده افشانی به صورت مساوی در رژیم آبیاری و قطع آبیاری بطور یکسان اعمال گردید و بعد از هر بار کود دهی به منظور نفوذ بهتر آبیاری صورت گرفت. مبارزه با علفهای هرز در هر دو منطقه وقتی گیاه علف هرز در مرحله ٤ برگی قرار گرفت با سموم پهن برگ کش توفوردی به میزان یک لیتر در هکتار و باریک برگ کش تاپیک به میزان ۰/٦ لیتر در هکتار انجام گرفت. برداشت نهایی در رطوبت ۱٤ درصد انجام شد و در دوره رشد، ویژگی های وزن ساقه، وزن سنبله، طول سنبله، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، قطر ساقه، آنتوسیانین، فلاونوئید، پرولین، کربوهیدرات محلول، کلروفیل a و b، کاروتنویید، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه اندازه گیری شد. برای تعیین اجزای عملکرد دانه از هر کرت نیم متر طولی برداشت و تعداد بوته، تعداد پانیکول، تعداد دانه در پانیکول، وزن هزار دانه، تعداد دانه در مترمربع تعیین گردیدند. برای تعیین عملکرد دانه پس از حذف دو خط حاشیه و نیم متر ابتدا و انتهای هر کرت از سطح سه مترمربع برداشت انجام شد و پس از خشک شدن کامل، کل نمونه ها توزین و سپس نمونه ها با دست کوبیده شده و دانه ها جدا و توزین گردید و عملکرد دانه محاسبه شد. ویژگی های بیوشیمیایی شامل محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوییدها، پرولین و قند محلول برگ پرچم از بوته های هر کرت که پس از مرحله گلدهی (٤۵ روز پس از اعمال تنش) نمونه گیری شده بودند اندازه گیری شدند. برگهای پرچم بلافاصله پس از جدا شدن از بوته به داخل تانک ازت مایع منتقل گردیدند. اندازه گیری محتوای کلروفیل a و b و کاروتنویید طبق روش (آرنون، ۱۹۷٦) با استفاده از حلال استون ۸۰ درصد و دستگاه اسپکتوفتومتر انجام گردید. در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوییدها بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر نمونه بدست می آید.

1- Chlorophyll a = (19.3 * A663 - 0.86 * A645) V/100W
2- Chlorophyll b = (19.3 * A645 - 3.6 * A663) V/100W
3- Carotenoides = 100(A470) - 3.27(mg chl. a) - 104(mg chl. b)/227

برای اندازه گیری آنتوسیانینهای برگ از روش (واگنر، ۱۹۷۹) با استفاده از اسیدکلریدریک خالص و دستگاه سانتریفیوژ و برای محاسبه غلظت از فرمول $A= \varepsilon BC$ استفاده شد .سنجش غلظت قندهای محلول با استفاده از روش فنل سولفوریک انجام گرفت **که مبتنی بر** هیدرولیز اسیدی قندهای محلول و ایجاد ترکیب فورفورال است (دوبیوس و همکاران، ۱۹۵٦). اندازه گیری پرولین آزاد نیز با استفاده از روش (بیتس، ۱۹۷۳) انجام گرفت. ویژگی رنگ قرمز تولید شده در زمان تماس اسید آمینه پرولین با نین هیدرین، در محلولهای اسیدی استفاده از شناسایی کمی این اسید آمینه را از طریق رنگ سنجی ممکن می سازد و برای سنجش فلاونوییدها از روش رنگ سنجی آلومینیوم کلراید (چنگ و همکاران، ۲۰۰۲) استفاده شد . اصول روش رنگ سنجی آلومینیوم کلرید، تشکیل کمپلکس‌های اسیدی آلومینیوم کلرید با گروه کتو و یا گروه هیدروکسیل فلاونوئیدها است که این ترکیبات بیشترین جذب را در طول موج ٤۱۵ نانومتر دارند. پس از جمع آوری داده ها، تجزیه واریانس ساده و مقایسه میانگین ویژگی ها به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹ انجام گرفت.

جدول ۳ – نجزیه واریانس ویژگی های مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول سنبله	وزن ساقه	وزن سنبله	تعداد سنبله	قطر ساقه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
مکان	۱	۳۳/۹۱۱**	۹۹/۱۸۸**	۱۵/۹۵۶**	۰/۲۶۳**	۹۱۶۵۹۷**	٤/٥۳۳**	٦۱/۸۸**	۲/٦۸٤**	۳٥۰٦۹٦۸٥۲۰۸*	۰/۰٥٦**
خطا	٤	۰/۰۷۲	٤/٦٥٦	۰/۰۱٤	۰/۰۰۰۱	۷۰۷/۲	۰/۱۰٤	٥/۷٤	۰/۰۱	۳۸٦٤٥۸۳	۰/۰۰۰۱
تنش خشکی	۱	۸/٥۸۹**	۱۰۸**	۳/۷۸۳**	۰/۰۷۱**	٥۱۹۷۹۲**	۱/۱۸۸**	٤۲۳**	۱/۲٦۸**	۳۱۷٤۳٦۳٥۲۰۸*	۰/۰٤٤**
مکان*تنش	۱	۰/۱۲۸**	۱۳/۰۲۱**	۰/۰۲۷*	۰/۰۰۰۱ ns	۳۱۸٥**	۰/۰۳۳*	۲/۲۹۷**	۰/۰۱۲**	۱/۲۰۸**	۰/۰۰۲**
خطا	٤	۰/۰۰۱	۰/۱۰٤	۰/۰۱٦	۰/۰۰۰۱	۳۲/۸۳	۰/۰۱٦	۰/۹۰٦	۰/۰۰۰۲٥	٥٥٤۱٦٦/۷	۰/۰۰۰۱
اوره	۳	۰/۲۹۹**	۷٥/۱۸۱**	۰/۰٥۷**	۰/۰۰۲**	۳۳٥٦۰**	۲/۳۸٤**	۱٦٤/۷**	۰/۰٥۱**	۳۷٦۹٤٥۱٤**	۰/۰۰٤**
مکان*اوره	۳	۱/۳۳۹**	۰/۲۸٥ns	۰/۰٥۱**	۰/۰۰۱**	٤۹۰۲**	۰/٤۱٦**	۰/۲۹۷ ns	۰/۰۰۸**	۲٦۸٦۱۸۱**	۰/۰۰۲**
تنش*اوره	۳	۰/۲۹**	۰/۲۳٦ns	۰/۰٥۹**	۰/۰۰۰۳۳۳**	۱۱۰۳**	۰/۰۱٤ns	۰/۱۸٦ ns	۰/۰۰۰۳۳۲ns	۱۰۰۱۹٥۱٤**	۰/۰۰۰۱ns
مکان*تنش*اوره	۳	۰/۲۳۳**	۰/۱۱۸ ns	۰/۱۲**	۰/۰۰۰۳۳۳**	۳٦۱۷**	۰/۰۲۲ns	۰/۰٤۷ns	۰/۰۰۰۳۳۱ns	۱۹٥٥٦۲٥**	۰/۰۰۰۱ns
خطا	۲٤	۰/۰۰۳	۰/۲۸۳	۰/۰۰٤	۰/۰۰۰۰۸۳۳	۱۲/۷۱	۰/۰۰۸	۰/۲٦	۰/۰۰۰۳۲۱	۲٦۳۹٥۸/۳	۸۳۳۳۳۳۰٥
نانو	۳	٤/۸٥۹**	۱٥٤/۰۹۷**	۱/۳۳٥**	۰/۰۲۱**	٤۲۰۲۹**	٥/۰۲٦**	٤٥۱/٦**	۰/۲٦٦**	٥/٦۹۰۸**	۰/۰۰٦**
مکان*نانو	۳	۰/٥۲٥**	۰/۰۳٥ ns	۰/۱۹۲**	۰/۰۰۳**	۱۱۲/٥**	۰/۲۹۳**	۱/۱٤٤*	۰/۰۰٥**	٦۸٦۸٤۷۹۲**	۰/۰۰۱**
تنش*نانو	۳	۰/۲۲۲**	۰/۲۰۸ ns	۰/۱۲۳**	۰/۰۰۱**	۲۹۹٤**	۰/۰٤**	۰/۸٦٦ns	۰/۰۰۱**	٦۸۸۷۳٦۸۱**	۰/۰۰۲**
مکان*تنش*نانو	۳	۰/۳۹۱**	۰/۳٦۸ ns	۰/۰۲٤*	۰/۰۰۲**	۱٤۹**	۰/۰٤۱**	۱/۱۷۲*	۰/۰۰۳**	۳۹۱٤۲۳٦**	۰/۰۰۰۳۳**
اوره*نانو	۹	۰/۲٥۹**	۰/۷۲۲**	۰/۰۷**	۰/۰۰۱**	۱۹۱۷**	۰/۳٦٦**	۳/۹۱۷**	۰/۰۱۸**	۱۱۹٦۷۹۸٦**	۰/۰۰۲**
مکان*اوره*نانو	۹	۰/۲٥۸**	۰/۰۹٥ ns	۰/۰۳**	۰/۰۰۰۳۳۳**	۲۳۳۱**	۰/۱٦۸**	۰/٤۸۷ns	۰/۰۰۷**	۳۱۱٤۰۹۷**	۰/۰۰۱ ns
تنش*اوره*نانو	۹	۰/۲۸٤**	۰/۲۹٦ ns	۰/۰۲٥**	۰/۰۰۰٤٤٤ **	۸۹٥/٥**	۰/۰۱*	۰/۷۸۳**	۰/۰۰۰۳۲۳ns	۱٦۸٦۳۱۹**	۰/۰۰۰۱۱۱**
مکان*تنش*اوره*نانو	۹	۰/۱۲۷**	۰/۱٦۹ ns	۰/۰٥۹**	۰/۰۰۱**	۲۳٤۳**	۰/۰۱۸**	۰/٦۲٦ ns	۰/۰۰۰۲۳٤ns	۱۹۷٥۳۹٤**	۰/۰۰۰۱۱۱**
خطا	۹٦	۰/۰۰۱	۰/۲٥۹	۰/۰۰٦	۰/۰۰۰۰۳۱۳	۱٤/٦٥٦	۰/۰۰٥	۰/۳٥۲	۰/۰۰۰۲۲۹	٥٤۲٦۷۳/٦	٤۱٦٦٦۷
ضریب تغییرات		٤/۷۲	٥/۱	٦/٤	۸/٤	۸/۳	۹/۲	۷/۷	٥/۳	۸/۲	٦/٤

ns,**,* به ترتیب غیر معنی داری و معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد

نتایج و بحث

بر اساس جدول ۳ تجزیه واریانس در رابطه با ویژگی طول سنبله در اثرمتقابل بین کود نانو، اوره و همچنین تنش خشکی و مکان اختلاف معنی داری در سطح یک درصد وجود دارد. اختلاف معنی داری نیز در سطح احتمال یک درصد در مورد ویژگی ارتفاع بوته، وزن ساقه، وزن سنبله، پنجه بارور، قطر ساقه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت دراثر متقابل مکان*اوره*تنش*نانو دیده شد و همچنین در مورد عملکرد دانه در اثر متقابل مکان*اوره*نانو و برای صفت وزن هزاردانه دراثر متقابل تنش*اوره*نانو اختلاف معنی داری درسطح احتمال یک درصد وجود دارد. در اثر متقابل بین تنش خشکی ، اوره و کود نانو بیشترین میانگین ارتفاع بوته (۷۰/۵ و ٦۰/۰۲ سانتیمتر) با مصرف ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن از کود اوره و ٤۱ کیلوگرم نیتروژن از کود نانو و بیشترین میانگین طول سنبله به ترتیب(۱۳.۳۳ و ۱۲.۱۷ سانتی متر) در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی بدست آمد (جدول ٤). افزایش ارتفاع بوته در گیاهان وابسته به تراکم و طول میان گره ها است. تعداد گره در ایـن گـروه از گیاهـان قبل از شروع ساقه دهی مشخص می گردد، بنابراین تأثیر کود نیتروژن دار بر طویل شدن میان گرهها است که باعث افزایش ارتفاع بوته مـی گـردد. طویل شدن میان گرهها در اثر طویل شدن سلولهای میان گرهها اسـت (ورتمن و همکاران،۲۰۱۱).نیتـروژن بـا نقشـی کـه در سـاختار پروتیین ها که از اجزای دیواره سلولی است به طور مسـتقیم مـی توانـد منجر به افزایش رشد سلولها گردد (لاولار،۲۰۰۲). نتایج آزمایشها در گیاه سیب زمینی حاکی از افزایش ارتفاع گیاه با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی است (نیگرو، ۲۰۱۷).

در شرایط آبیاری کامل، بالاترین میانگین وزن ساقه (۱.۳۷ کیلوگرم در متر مربع) با ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن از کود اوره و ٤۱ کیلوگرم نیتروژن از کود نانو در اثر متقابل بین تنش خشکی، اوره و کود نانو بدست آمد. در شرایط تنش خشکی، بالاترین میانگین (۱.۰۵ کیلوگرم در مترمربع) با ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن از کود اوره و ۲۷ کیلوگرم نیتروژن از کود نانو بدست آمد (جدول ۳). در رابطه با اثر متقابل بین تنش، اوره و کود نانو در وزن سنبله، مشخص شد که در شرایط آبیاری کامل، بالاترین میانگین وزن سنبله (۱/۱٤ کیلوگرم در مترمربع) با ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن ازکود اوره و ٤۱ کیلوگرم نیتروژن از کود نانو به دست آمد. در شرایط تنش بالاترین میانگین (۰/۸۳ کیلوگرم در مترمربع) با ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن از کود اوره و ۲۷ کیلوگرم نیتروژن از کود نانو بدست آمد.

اثر متقابل بین تنش خشکی، اوره و کود نانو بر صفت تعداد پنجه بارور نشان داد که در شرایط آبیاری کامل، بیشترین میانگین تعداد پنجه بارور (٤٤۸ در متر مربع) با مصرف ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از کود اوره و ٤۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از کود نانو به دست آمد. در شرایط تنش خشکی بالاترین میانگین تعداد پنجه بارور (۳٤۲ در متر مربع) با ۷٤ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از کود اوره و ٤۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از کود نانو بدست آمد. بنزون و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی مصرف توأم کود نانو با کودهای معمول در زراعت گندم، تأثیر معناداری بر تعداد پنجه در هر بوته و تعداد پنجه بارور در هر بوته را گزارش کردند.در بررسی کاربرد کودهای نانو با کود اوره توسط قاسمی و همکاران (۲۰۱۷) در گیاه برنج تعداد پنجه در بوته، تعداد خوشه بارور در هر بوته و ارتفاع ساقه برنج افزایش داشت که با بررسی به عمل آمده مطابقت دارد.

در اثر متقابل بین تنش خشکی، اوره و کود نانو در صفت قطر ساقه، مشخص شد که بالاترین میانگین مربوط به ۷٤ کیلوگرم نیتروژن از کود اوره به همراه ٤۱ کیلوگرم نیتروژن از کود اوره (۳ و ۲/۸۵) بدست آمد. در رابطه با اثر متقابل بین تنش خشکی، اوره و کود نانو در وزن هزار دانه، مشخص شد که در شرایط نرمال و تنش بیشترین میانگین وزن هزار دانه (٤٦/۵ و ٤٤/۱۷ گرم) و بیشترین میانگین عملکرد دانه (۷۵۹۱ و ٤۰۹۱ کیلوگرم در هکتار) با تیمار ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن ازکود اوره و ٤۱ کیلوگرم نیتروژن کود نانو بدست آمد. جایگزینی کودهای حاصل از نانوفناوری با کودهای شیمیایی علاوه بر اینکه موجب افزایش عملکرد می گردد باعث کاهش آلایندگی مواد شیمیایی در محیط زیست نیز می شود که از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است (مونریل، ۲۰۱۰).

در ارتباط با اثر متقابل بین تنش خشکی ، اوره و کود نانو مشخص شد که در شرایط نرمال و تنش بیشترین میانگین عملکرد بیولوژیکی (بترتیب ۲۷۰۰۰ و ۱۵٤۷۰ کیلوگرم در هکتار) و بالاترین میانگین شاخص برداشت (بترتیب ۲۸٪ و ۱۸٪) با مصرف ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ٤۱ کیلوگرم در هکتار کود نانو حاصل شد.

جدول ٤- مقایسه میانگین ویژگی های مورد مطالعه تحت تأثیر تیمارهای کودی و تنش خشکی

تیمار	اوره (کیلوگرم در هکتار)	نانو (کیلوگرم در هکتار)	وزن ساقه(گرم)	وزن سنبله(گرم)	طول سنبله(سانتیمتر)	ارتفاع گیاه(سانتیمتر)	قطر ساقه (میلیمتر)
آبیاری کامل	۰	۰	۰/٦٦٦۷ jk	۰/۵۱۷ q	٦/۳۳۳ q	۵۰/۸۹ q	۱/۵۳۳ n
		١٤	۰/۸۳۳۳ e-h	۰/۷۳۳ j	۸/۵ klm	۵۷/۹ j	۲/٤۵ j
		۲۷	۱/۰۵ c	۰/۸۵ f	۹/۳۳۳ hij	۵۹/۲۷ l	۲/۵۸۳ hi
		٤۱	۱/۳۱a	۰/۹۸۳ c	۱۰/۳۳ efg	٦٤/۳ c	۲/۸۵ c
	۳۷	۰	۰/۹ de	۰/۸۳۳ gh	۷/۵op	۵۵/۱۳ mn	۲/۱۳۳ lm
		١٤	۱/۰۳c	۰/۷۸۳ gh	۹/۵ hi	٦۱/۵ e	۲/۷۱۷ efg
		۲۷	۱/۱۵ b	۰/۹۳۳ e	۱۰/۳۳ efg	٦۳/۵ d	۲/۷۵ def
		٤۱	۱/۳۱۷a	۱/۱ b	۱۱/۵ c	٦۷ b	۳/۰۱۷ a
	۷٤	۰	۰/۷٦ f-j	۰/٦۸۳ l	۷/٦٦۷ no	۵٤/٤ o	۲/۲۵ k
		١٤	۱/۰۱ c	۰/۷۸۳ gh	۹/۳۳۳ hij	٦۰/۵ f	۲/٦۳۳ ghi
		۲۷	۱/۲ b	۰/۹ de	۱۰/٦۷ ef	٦۳/۵۷ d	۲/۷ fg
		٤۱	۱/۳۷a	۱/۱٤۲ a	۱۲/۳۳ b	٦۷/۱ b	۳/۰۳۳ a
	۱۱۰	۰	۰/۹۱ de	۰/۸ g	۹/۳۳۳ hij	۵٤/۵۳ o	۲/۷۱۷ efg
		١٤	۰/۸۷e	۰/۷۵۳ hi	۱۱/۳۳ cd	۵۸ j	۲/۹۳۳ b
		۲۷	۱/۱۵ b	۰/۹۵ d	۱۲/٦۷ b	٦۰/۵ fg	۳/۰٦۷ a
		٤۱	۱/۲ b	۱ b	۱۳/۳۳ a	۷۰/۵ a	۳/۰۵ a
تنش خشکی	۰	۰	۰/۵٦٦	۰/۳۵ t	٤/۸۳۳ r	٤٦/۸۳ s	۱/۵ n
		١٤	۰/۷ jk	۰/٤٦۷ r	۷ PM	۵٤/۳۳ o	۲/٤ j
		۲۷	۰/۸۱e-i	۰/٦٦۷ lm	۸/۱٦۷ mn	۵٦ k	۲/٤ j
		٤۱	۰/۹۸ cd	۰/۷۱۷ k	۸/۸۳۳ jkl	۵۹/٦۷ gh	۲/٦۵ gh
	۳۷	۰	۰/۵۵۱	۰/٤ s	٦ q	۵۱/۵۵ p	۲/۰٦۷ m
		١٤	۰/۷٦ f-j	۰/٦۱۷ n	۸ mno	۵٤/۵۲ no	۲/٤٦۷ j
		۲۷	۰/۷۳ h-k	۰/٦۵ mn	۹ ijk	۵۸/۱۲ j	۲/٦۵ gh
		٤۱	۰/۸٦ ef	۰/۷۵ ij	۱۰/۱۷ fg	۵۹/۵ hi	۲/۸۱۷ cd
	۷٤	۰	۰/٦۳ kl	۰/٤٦۷ r	۵/۸۳۳ q	۵۱/۲۵ pq	۲/۱۸۳ kl
		١٤	۰/۷۰ jk	۰/۵۱۷ p	۸/۱٦۷ mn	۵۵/۳ lm	۲/٤۵ j
		۲۷	۱/۰۵ c	۰/۸۳۳ gh	۸/۳۳۳ lm	٤۲/۷ t	۲/۵۵ i
		٤۱	۰/۸۵ e-g	۰/۷۵ ij	۱۰/۸۳ de	۵۹/۲۱	۲/۸ cde
	۱۱۰	۰	۰/۷۳ h-k	۰/۵ q	۸ mno	٤۹/۸۳ r	۲/۵۸۳ hi

۱٤	۰/۷۲ i-k	۰/٤٥ r	۹/۸۳۳ gh	٥۱/۹۷ p	۲/۷٥ def
۲۷	۰/۷٥ g-j	۰/٦ o	۱۰/۸۳ de	٥٦/۰۳ kl	۲/۷۸۳ c-f
٤۱	۰/۸٤ e-g	۰/٦٦۷ n	۱۲/۱۷ b	٦۰/۰۲ gh	۲/۸٥ c

ادامه جدول ٤:

	اوره	نانو	تعداد پنجه بارور	وزن هزار دانه(گرم)	عملکرد بیولوژیکی (گرم)	عملکرد دانه(گرم/مترمربع)	شاخص برداشت (٪)
آبیاری کامل	۰	۰	۳۰٦ p	۳٤/۸۳ n	۱۱۸۳۰ no	۱۸۳۳ m	۰/۱٥ p
		۱٤	۳٥۱/۷ k	۳۸/۸۳ j	۱٥٦۷۰ j	٤٥۷٥ f	۰/۲۷ c
		۲۷	۳۷۰ i	٤۱/۳۳ fg	۱۹۰۰۰ e	٥۰۳۲ de	۰/۲٥ de
		٤۱	٤۰٤/۲ d	٤۳/٦۷ c	۲۳۰۰۰ c	٥۸۸۳ c	۰/۲٤ e
	۳۷	۰	۳۲۱/٥ n	۳٦/۸۳ l	۱۲٤۰۰ n	۳٥٥۰ i	۰/۲٥ i
		۱٤	۳٦۱ j	٤۰/۱۷ hi	۱۸۱۷۰ ef	٤٤۸۳ f	۰/۲۳ h
		۲۷	۳۹٦/۳ e	٤۲/۱۷ de	۲۰۸۳۰ d	٤۷٦۷ f	۰/۲۱ j
		٤۱	٤۱٥/۸ c	٤٤/٥ b	۲٤۱۷۰ b	٦۰٥۰ c	۰/۲٤ de
	۷٤	۰	۳۳۲m	۳۷/۸۳ k	۱٤٥۰۰ k	٤۳۸۳ f	۰/۲۹ b
		۱٤	۳۷٥h	٤۱/۱۷ fg	۱۸۰۰۰ fg	٤٦۰۸ f	۰/۲٤ f
		۲۷	۳۹۱/۷ f	٤۲/٥ d	۲۱۰۰۰ d	٥۰۰۸ de	۰/۲۲ gh
		٤۱	٤۲٤/٥ b	٤٤/٥ b	۲٥۰۰۰ b	٦٦٦۷ b	۰/۲٥ de
	۱۱۰	۰	۳۸٤/۲ g	٤۱/٥ efg	۱۷۱۷۰ gh	٤٥۸۳ f	۰/۲٥ e
		۱٤	٤۰٤/۸ d	٤۳/٥ c	۱٦٦۳۰ hi	٤۷٦۷ef	۰/۲۷ cd
		۲۷	٤۲۲ b	٤٤/٥ b	۲۱۱۷۰ d	٥۰۸۳ d	۰/۲۳ fg
		٤۱	٤٤۸ a	٤٦/٥ a	۲۷۰۰۰ a	۷٥۹۲ a	۰/۲۹ a
تنش	۰	۰	۲۲٤ w	۳۲/۱۷ o	۹۱٦۷ q	۹۱۷ o	۰/۱ s
		۱٤	۲٤٦۷	۳٥/٦۷ m	۱۱۳۳۰ op	۲۰٦۷ kl	۰/۱۷ n
		۲۷	۲٦۲/۸ u	۳۷/٥ kl	۱۳۳۳۰ lm	۲٤۱۱ j	۰/۱۷ lm
		٤۱	۲٤۸/۷ v	٤۰/۸۳ gh	۱٥٥۰۰ j	۳۰۹۲ hi	۰/۱۹ kl
	۳۷	۰	۲۱٤/۸ x	۳٤/۱۷ n	۹٥۰۰ q	۱۳۰۰ n	۰/۱۲ r
		۱٤	۲٤۸/۷ v	۳٦/۸۳ l	۱۳۸۳۰ kl	۱۹٥۸ lm	۰/۱۳ q
		۲۷	۲۸٥/۲ r	۳۹/۸۳ i	۱۳۸۳۰ kl	۲۲٦۷ k	۰/۱٥ p
		٤۱	۳۰٥ p	٤۱/٥ efg	۱٦۱۷۰ ij	۳۱۸۳ h	۰/۱۹ k
	۷٤	۰	۲٦۸ t	۳٤/٥ n	۱۰٦۷۰ p	۱۸۰۸ lm	۰/۱۷ mn
		۱٤	۲٦۷/٥ t	۳۷/۸۳ k	۱۲۳۳۰ n	۲۰۷۱ kl	۰/۱٦ o
		۲۷	۲۸۰/۲ s	۳۹/۸۳ i	۱۳۹۲۰ kl	۲۳۸۳ j	۰/۱٦ o
		٤۱	۳٤۲ l	٤۱/۸۳ def	۱٦۰۰۰ ij	۳۸۰۸g	۰/۲۲ i

۱۱۰	۰	۳۱۲/۸ o	۳۷/۸۳ k	۱۲۵۰۰ mn	۲۰۴۲ kl	۰/۱۵ p
	۱۴	۲۹۶ q	۴۰/۱۷ hi	۱۱۷۲۰ no	۲۱۷۹ k	۰/۱۸ mn
	۲۷	۳۱۲/۵ o	۴۲/۱۷ de	۱۳۸۳۰ kl	۲۴۵۸ j	۰/۱۷ n
	۴۱	۳۲۹/۵ m	۴۴/۱۷ bc	۱۵۴۷۰ j	۴۰۹۲ f	۰/۲۹ a

وجود حداقل یک حرف مشترک بین ستونها، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است

نتایج حاصل از جدول ۵ تجزیه واریانس حاکی از آن است که اثر متقابل مکان* اوره* کود نانو برای صفت کلروفیل a وb واثر متقابل مکان* اوره* نانو برای صفت قندهای محلول درسطح احتمال ۱٪ معنی دار است. همچنین اثرمتقابل مکان* تنش* اوره* نانو در صفات کارتنویید، آنتوسیانین و فلانویید و اثر متقابل مکان* اوره* نانو درصفت پرولین اختلاف معنی داری درسطح پنج درصد دارد.

طبق جدول ٦ مقایسات میانگین، تنش خشکی به ترتیب باعث ١٦ و ١١ درصد کاهش در میزان کلروفیل a و b نسبت به آبیاری کامل شد. دانشمندان معتقدند که کمبود آب می تواند باعث از بین رفتن کلروفیل شود و از ساخت آن جلوگیری کند(آرجناکی،۲۰۱۰). برخی از محققین گزارش کرده اند که محتـوای کلروفیـل بـرگ و همچنین نسبت کلروفیلa بـه b در شـرایط تـنش خشـکی کـاهش می یابد (کرناک، ۲۰۰٦). استفاده از کود اوره در سطوح ۳۷، ٧٤ و ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش ۲، ۱۲ و ۳۱ درصدی در کلروفیل a و۷، ۱۱ و ۳٤ درصد افزایش در کلروفیل b گردید. اعمال تیمار نانوکلاته نیتروژن در سطوح ١٤، ۲۷ و ٤١ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش ۳۲،۵۵و ۹٦ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در میزان کلروفیل a و افزایش۳۷، ٥٤ و ۹٦ در کلروفیل b در مقایسه با شاهد شد. با افزایش میزان کود نیتروژن، غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ افزایش و منجر به تقویت فتوسیستمهای I و II متشکل از رنگیزه های مختلف از جمله کلروفیل می شود (سیولاس و دورداس، ۲۰۰۸). مطالعات نشان داد که افزایش کاربرد نیتروژن موجب افزایش غلظت کلروفیل برگ در سیب زمینی شد (کافی و همکاران، ۱۳۹۷).

تنش خشکی باعث ۱۰ درصد کاهش در میزان کاروتنوئید گردید کاربرد کود اوره ۳۷، ٧٤ و ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش ۵، ١٦ و ٥٤ درصد کارتنویید و استفاده از کود نانو در سطوح ١٤، ۲۷ و ٤١ کیلوگرم نیتروژن در هکتار منجر به افزایش ٢٦، ٤٢ و ٦٢ درصد کارتنویید گردید. در رابطه با اثر متقابل بین استرس، اوره و کود نانو بر روی کاروتنوئید، مشخص شد که در شرایط نرمال و تنش، بالاترین میانگین کاروتنویید (به ترتیب ۲/۲۵ و ۱/۸٦) مربوط به تیمار ۱۱۰ کیلوگرم اوره و ٤١ کیلوگرم نیتروژن از کود نانو بود.

براساس جدول ٦، تنش خشکی به ترتیب ۹ و ۵ درصد افزایش نسبت به آبیاری کامل در میزان آنتوسیانین و فلاونوئید نشان داد. استفاده از اوره ۳۷، ٧٤ و ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش ۱۰، ۲۰ و ۲۷ درصد افزایش آنتوسیانین و ۸، ۱۳ و ۲۲ درصد افزایش فلاونوئید نسبت به شاهد بود. کاربرد نانو کودهای ١٤، ۲۷ و ٤١ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش ۲۱، ۳۵ و ۵۱ درصد آنتوسیانین و افزایش ۱۲، ۲٤ و ۳۵ درصد فلاونوئید در مقایسه با شاهد شد. در رابطه با اثر متقابل تنش ، اوره و کود نانو بر روی آنتوسیانین، در شرایط آبیاری کامل و قطع ابیاری، بیشترین میانگین آنتوسیانین (۱/۵ و ۱/٦) و فلاونویید (۱/۸۵ و ۱/۹۸) به تیمار ۱۱۰ کیلوگرم از کود اوره و ٤١ کیلوگرم نیتروژن از کود نانو تعلق گرفت.

با توجه به مقایسه میانگین (جدول ٦)، تنش خشکی به ترتیب باعث افزایش ۱/۹۵ و ۱/٤۹ درصد افزایش در میزان پرولین و قندهای محلول در مقایسه با آبیاری کامل شد. نتایج (کایوان، ۲۰۱۰) نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی بر ارقام گندم، میزان محتوای نسبی آب و کلروفیل کل کاهش می یابد و محتوای پرولین افزایش می یابد (زو و همکاران، ۲۰۱۵) گزارش دادند که شرایط تنش خشکی به طور قابل ملاحظه ای باعث افزایش ساکارز فسفات سنتتاز می گردد.

استفاده از کودهای اوره در سطوح ۳۷، ٧٤ و ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش به ترتیب ١٤، ١٤ و ۳۱ درصد در مقدار پرولین ومصرف سطوح ١٤، ۲۷ و ٤١ کیلوگرم نیتروژن از کود نانو کلاته نیتروژن سبب افزایش ١٤، ٢٤و ٤٤ درصد در مقدار پرولین گردید ، همچنین مصرف ٧٤ و ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن از

کود اوره به ترتیب باعث افزایش ۸ و ۲۳ درصدی قندهای محلول نسبت به شاهد گردید در حالیکه با مصرف سطوح ۱٤، ۲۷ و ٤۱ کیلوگرم نیتروژن از کود نانو کلاته نیتروژن به ترتیب شاهد ۱۷، ۲٤ و ۳٤ درصد افزایش در قندهای محلول بودیم. در رابطه با اثر متقابل بین تنش خشکی، اوره و کود نانو در پرولین، در شرایط آبیاری کامل وتنش خشکی بالاترین میانگین پرولین (۱۵/٦۵ و ۳۱/۵) و بالاترین میانگین قند محلول (۲/۰۵ و ۲/۸۸) به تیمار ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن ازکود اوره و ٤۱ کیلوگرم نیتروژن از کود نانو تعلق گرفت.

نتایج به دست آمده با نتایج ارائه شده مبنی بر افزایش پرولین و قندهای محلول در شرایط تنش های غیر زیستی مطابقت دارد (لی و لی، ۲۰۰۵).

پتانسیل کاهش اسمزی در نتیجه تجمع مواد محلول سازگار صورت می گیرد. این تجمع مواد درون سلول نه تنها به عنوان اسمولیت در تسهیل نقل وانتقال آب و نگهداری آن در سلولها نقش دارند بلکه در حفاظت و پایدار کردن ماکرو مولکولها، اندامکها، ساختارهایی نظیر غشاء ها، کلروپلاست و غیره در مقابل تنش نقش مهمی دارند .از سوی دیگر بیوسنتز و تولید این مواد محلول می تواند با مصرف انرژی موجب کاهش رشد نیز گردد. به طور کلی تنش های محیطی به ویژه خشکی باعث افزایش تجمع قندهای محلول، پرولین و اسیدهای آمینه آزاد می شود. این محلول ها وزن مولکولی کمی داشته و در غلظتهای بالا نیز سمیت ندارند و اجزای سلول را از صدمات دهیدراسیون محافظت می کنند (شایو و همکاران، ۲۰۰۵)

افزایش غلظت قندهای محلول از جمله واکنش هایی است که گیاهان در مواجهه با تنش خشکی از خود نشان می دهند تنش خشکی با تجزیه و کاهش نشاسته در اثر افزایش فعالیت آنزیم آمیلاز باعث افزایش غلظت قندهای محلول میشود .گزارش های زیادی از تجمع قندها در حین انواع تنش های غیرزنده در غلات و گراسهای معتدل در مرحله نمو زایشی وجود دارد (آجیت کوماراندو پانیرسلوام، ۲۰۱۳) نتایج به دست آمده با نتایج ارائه شده در این مقاله مطابقت دارد.

نتیجه گیری

به نظر می رسد با توجه به درصد شن بیشتر در خاک (منطقه کودیان)، کاربرد نانوکلات در این خاک ها توجیه علمی بیشتری داشته باشد، زیرا بافت خاک سبک بوده و امکان آبشویی کود اوره معمولی و آلودگی آبهای زیر زمینی وجود دارد. بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه مرکب داده ها در هر دو منطقه، استفاده از کود محلول نانو کلاته نیتروژن (۱۷٪ نیتروژن) به مقدار ۲٤۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با همین مقدار کود اوره (٤٦٪ نیتروژن) باعث ٤۸٪ افزایش در وزن سنبله، ۲٪ افزایش در تعداد سنبله بارور، ۸٪ افزایش در وزن هزار دانه، ۷۰ درصد افزایش در عملکرد دانه، ۵۲٪ افزایش در عملکرد بیولوژیک و۱۰٪ افزایش در شاخص برداشت گردید. همچنین توانست رنگدانه های فتوسنتزی کلروفیل a وb را تا ٦۰٪، آنتوسیانین را تا ۲٤ درصد، پرولین را تا ۱۵ درصد، قندهای محلول را تا ۱۱٪، فلانونویید را تا ۱۳ درصد و کارتنویید را تا ۸ درصد افزایش دهد. اگرچه جایگزینی کود اوره ۳۷، ۷٤ و ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با کود نانو کلاته نیتروژن ۱٤، ۲۷ و٤۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار هزینه مصرف کود را تا ٦ برابر افزایش می دهد اما افزایش عملکرد دانه به میزان ۲۲، ۲۵ و ۷۱ درصد می تواند این افزایش در هزینه را جبران کند؛ همچنین باعث کاهش اثرات منفی زیست محیطی کاربرد کود اوره می شود.

جدول۵- تجزیه واریانس ویژگی های مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	قندهای محلول	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئید	آنتوسیانین	فلاونویید	پرولین
مکان	۱	۱/۷٦۹**	۰/۲۲٦**	۱/۲٦٦**	۰/۹۰۷**	۰/۷۰۷**	۰/۰۰۰۱ ns	۳۰/۹٤٤**
خطا	٤	۰/۱۱۵	۰/۰۰۰۲۵	۰/۰۱۹	۰/۰۱٦	۰/۰٤۷	۰/۰۵۱	۰/۲۷۵
تنش خشکی	۱	۲۵/٤۷**	۰/۰۱۸**	۰/۲۹۸**	۱/۱٤۱**	۰/٤۸۷**	۰/۳۲۵**	۸۸/۸۳۵**
مکان*تنش	۱	۱/۰٤٦**	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۰٤۷*	۰/۰۲٤**	۰/۰۵**	۰/۷۲۵**
خطا	٤	۰/۲۷۵	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۲۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۲۷
اوره	۳	۱/۷۲۵**	۰/۰۱۲**	۰/۳۳۲**	٤/۱۸**	۰/٦۹۸**	۰/۷٦٦**	۲/۸۰۱**
مکان*اوره	۳	۰/۳۹۳*	۰/۰۰۱**	۰/۰۲ ns	۲/۰٦۵**	۰/۰۱*	۰/۰۰۹ ns	۰/۰٦٤ ns
تنش*اوره	۳	۰/٤۱٦*	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۲۲ ns	۰/۰۱۸ ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۳۲**	۰/۲۲۵**
مکان*تنش*اوره	۳	۰/٤۹٤*	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰٤*	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۲۹
خطا	۲٤	۰/۱۲۱	۸/۰۵۳۳۳۳	۰/۰۱	۰/۰۱۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰٤	۰/۰٤٦
نانو	۳	۲/۳٦۷**	۰/۰٤۵**	۱/٤۱۳**	۳/۸۸٤**	۱/۹۵۱**	۱/۸۹۷**	۵/۲۷٦**
مکان*نانو	۳	۰/۱۰۷ ns	۰/۰۰۰۳۳۳**	۰/۰۵۹**	۰/۱۵۸**	۰/۰۱٤**	۰/۰۰۲ns	۰/۱۲۱*
تنش*نانو	۳	۰/۱۹*	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۲۱ ns	۰/۰۸۲**	۰/۰۰٤ ns	۰/۰۱۸**	۰/۱٤*
مکان*تنش*نانو	۳	۰/۱۵٦ ns	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۲۹**	۰/۰۰۷ns	۰/۰۰٦ ns	۰/۰۱۳*	۰/۰٤۸ns
اوره*نانو	۹	۰/٤۳٤**	۰/۰۰۲**	۰/۰٤۲**	۰/۱۹٤**	۰/۰۲۷**	۰/۰۲٤**	۰/۲۳۲**
مکان*اوره*نانو	۹	۰/۱۹٦**	۰/۰۰۰۳۳۳**	۰/۰۱۹**	۰/۰۵۳**	۰/۰۰۷*	۰/۰۰٦ ns	۰/۰۹۱*
تنش*اوره*نانو	۹	۰/۱۹۵**	۰/۰۰۰۱۱۱ ns	۰/۰۰٤ ns	۰/۰۰۸ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۲۱**	۰/۰۷۳ ns
مکان*تنش*اوره*نانو	۹	۰/۱۸٦**	۰/۰۰۰۱۱۱ ns	۰/۰۰٤ ns	۰/۰۱۳*	۰/۰۰٦*	۰/۰۰۸*	۰/۰۵۵ ns
خطا	۹٦	۰/۰٤۹	۹/۳۸	۰/۰۰٦	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰٤	۰/۰٤٦
ضریب تغییرات		٦/٤	۵/۷	۵/۱	٤/۵	٦/۳	۷/۹	۱۳/۱

ns ,** ,*به ترتیب غیر معنی داری و معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد

جدول ٦- مقایسه میانگین ویژگی های مورد مطالعه

	اوره	نانو	آنتوسیانین (mg/g)	فلاونویید (mg/g)	پرولین (mg/g)	قندهای محلول (mg/g)	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	کارتنویید (mg/g)
آبیاری کامل	۰	۰	۰/۷٦ m	۱/۱ p	۷/۰۵ o	۰/۸۵ n	۰/۸۹۲ s	۰/۳٦۵ p	۰/۷۳ o
		۱٤	۰/۹۳ jk	۱/۳۱۷ n	۱۰/٤۷ mn	۱/۲۷ klm	۱/۵٦۳ lm	۰/۵۹۱۷ j-m	۱/۳۳ i
		۲۷	۱/۰۵ gh	۱/٤۱۷ lm	۱۱/۵۸ klm	۱/۵ g-k	۱/۸۲۳ j	۰/٦۷۵ g-j	۱/٤۵ h
		٤۱	۱/۱ f	۱/۵۸۳ f-h	۱۳/۵۵ hij	۱/٦۳۳ g-j	۲/۲۵ cd	۰/۸٤۵ c	۱/۷۳ efg
	۳۷	۰	۰/۸۷ l	۱/۱٦۷ op	۱۰/۷۸ lmn	۱/۲ lm	۱/۰۷۲ q	۰/٤۲ op	۱/۰۷ lm
		۱٤	۰/۹۸ ij	۱/۳ n	۱۱/۲ klm	۱/٤۵ h-l	۱/۲۰۲ p	۰/۵۰۱۷ mno	۱/۲۵ ijk
		۲۷	۱/۱ fg	۱/۵۵ h-j	۱۱/۳۷ klm	۱/۵٦۷ g-j	۱/۸۸۳ ij	۰/۷۱ f-i	۱/٦۵ g
		٤۱	۱/۳ d	۱/۷ de	۱۳/۵ ij	۱/۷ ghi	۲/٤۵ b	۰/۹٤۱۷ ab	۱/۸۸ bc
	۷٤	۰	۰/۸۸ kl	۱/۲ o	۹/۳۲ n	۱/۰۸۳ mn	۱/۱۸۷ p	۰/٤۲۵ op	۰/۹۲ n
		۱٤	۱/۱٦ f	۱/۵٦۷ g-i	۱۰/۹ k-n	۱/۳۸۳ jkl	۱/٦۸۷ k	۰/٦۳۳۳ h-l	۱/۲۸ ij
		۲۷	۱/۲٦ e	۱/٦٦۷ d-f	۱۲/٤۸ jkl	۱/٦۰۸ g-j	۱/۹ hi	۰/۵۹ j-m	۱/٤۸ h
		٤۱	۱/٤۱ c	۱/۸ bc	۱٤/۳۵ hij	۱/۷۱۷ gh	۲/۳ c	۰/۸٦٦۷ bc	۱/۷ fg
	۱۱۰	۰	۱/۰۱۳ hi	۱/٤۸۳ j-l	۱۱/٦ klm	۱/٤ ijkl	۱/۷٦۷ ij	۰/٦۸۳۳ g-j	۱/۷۸ c-f
		۱٤	۱/۱۵ f	۱/٦ f-h	۱۲/۹ jk	۱/۵۱۷ g-k	۱/۹ gh	۰/۷۱٦۷ e-i	۱/۸۵ bcd
		۲۷	۱/۳۳ d	۱/٦٦۷ d-f	۱٤/۰۳ hij	۱/۸ fg	۲/۰۸۳ ef	۰/۸۰۵ cdef	۱/۹۵ b
		٤۱	۱/۵ b	۱/۸۵ b	۱۵/٦۵ h	۲/۰۵ ef	۲/۵۱۷ a	۱/۰۰۲ a	۲/۲۵ a
تنش خشکی	۰	۰	۰/۸۳۱	۱/۱۳۳ op	۱۵/۱۳ hi	۱/٤۸۳ h-l	۰/٦٦۷ t	۰/۲٦۵ q	۰/٦۵ o
		۱٤	۱/۰٦ gh	۱/۳۵ mn	۱۷/۱٦ h	۲/۱۸۳ de	۱/۲٦۷ p	۰/٤۹ no	۱/۱۵ kl
		۲۷	۱/۱٦ f	۱/۵۸۳ f-h	۲۱/٦۵ f	۲/٤bcd	۱/٤۷ m	۰/۵۵۵ lmn	۱/۲۲ jk
		٤۱	۱/۲۳ e	۱/٦۵ e-g	۲٦/۲۸ bc	۲/٤۱۷ bcd	۱/۸۱۷ ij	۰/۷۰۵ f-i	۱/٤۷ h
	۳۷	۰	۰/۹٦ ij	۱/٤۵ kl	۲۰/۸۳ f	۲/۱۳۳ de	۰/۸۸۳ s	۰/۳٦۱۷ p	۱/۰۳ m
		۱٤	۱/۱ fg	۱/٤٦۷ kl	۲۲/۸۷ def	۲/۲۵ cde	۱/۰۱۷ q	۰/٤۳۳۳ op	۱/۱۷ kl
		۲۷	۱/۲۵ e	۱/٦۵ e-g	۲۲/۸ def	۱/٦۱۷ ghij	۱/۳۳۳ o	۰/٦۲ i-l	۱/۵۳ h
		٤۱	۱/٤۳c	۱/۷۳۳ cd	۲٦/۲۲ bc	۱/۷۱۷ gh	۲/۰٦۷ f	۰/۸۱۳۳ cde	۱/٦۸ fg
	۷٤	۰	۰/۹٤ ijk	۱/۳۵ mn	۱۸/۵۲ g	۲/۰۱۷ ef	۰/۹۵۳ r	۰/۳۷۱۷ p	۰/۸۳ n
		۱٤	۱/۲٦ e	۱/۵ i-k	۲۲/۱۸ ef	۲/۱٦۷ de	۱/٤۹۵ n	۰/٦٦۳۳ g-k	۱/۲۲ jk
		۲۷	۱/۳۵ d	۱/٦۳۳ e-g	۲٤/۷۲ cde	۲/۳۵ cd	۱/٦۲۳ l	۰/٦٤٦۷ h-l	۱/۲۸ ij
		٤۱	۱/۵ b	۱/۸۳۳ b	۲۷/۷۳ b	۲/۵۱۷ bc	۲ g	۰/۷٦٦۷c-g	۱/۵ h
	۱۱۰	۰	۱/۱ fg	۱/۵۵ h-j	۲۳/۵۸ def	۲/۲٦۷ cde	۱/۵۳۲ lm	۰/۵٦۸۳ k-n	۱/٦۸ fg
		۱٤	۱/۲ e	۱/٦۳۳ e-g	۲۵/۳۷ bcd	۲/۳۵ cd	۱/٦٦۵ k	۰/٦۹٦۷ ghi	۱/۷۵ d-g
		۲۷	۱/٤٦ bc	۱/۷۸۳ bc	۲٦/۷۷ bc	۲/٦۳۳ ab	۱/۷٦۷ ij	۰/۷۲۸۳ d-h	۱/۸۲ cde
		٤۱	۱/٦ a	۱/۹۸۳ a	۳۱/۵ a	۲/۸۸۳ a	۲/۱۱۷ de	۰/۸۲۵ cd	۱/۸۷ bc

وجود حداقل یک حرف مشترک بین ستونها، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است

منابع

Abid, M., A. Hakeem, Y. Shao, Y. Liu, R. zahoor, Y. Fan, J. suyu, S.T. Ata-ul-karim, Z. Tian, D. Jiang and J.l. Snider. 2018. Seed osmo-priming invokes stress memory against post-germinative drought stress in wheat (Triticum Aestivum L.). EEB Journal, 145, pp.12-20.

Agrawal, S. and P. Rathore. 2014. Nanotechnology. Pros and cons to agriculture: A review. Intl. Appl. Sci. 3:43–55.

Ali, S., Y. Xu, Q.Jia, I. Ahmad, T. Wei, X. Ren, P. zhang, R. Din,T. Cai, and Z. Jia. 2018. Cultivation techniques combined with deficit irrigation improves winter wheat photosynthetic characteristics, dry matter translocation and water use efficiency under simulated rainfall conditions. AGR Water Manage.

Allahverdiyev, T.I., J.M. Talai, I.M. Huseynova and J.A. Aliyev. 2015. Effect of drought stress on some physiological parameters, yield, yield components of durum (Triticum durum desf.) and bread (Triticum aestivum L.) wheat genotypes. BISAB Journal, 1(1), pp.50-62.

Arjenaki, F.G., R. Jabbari and A. Morshedi. 2012. Evaluation of drought stress on relative water content, chlorophyll content and mineral elements of wheat (Triticum aestivum L.) varieties. IJACS, 4(11), pp.726-729.

Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron. J. 23: 112-121.

Ajithkumarand, P and R. Panneerselvam .2013. Osmolyte accumulation, photosynthetic pigment and growth of setaria italica under droght stress. APJR. 2: 220-224

Bates, L. S., R. P. Waldren and I. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39: 205-208.

Benzon, H. R. L., M. R. U. Rubenecia and S.C. Lee. 2015. Nano-fertilizer affects the growth, development and chemical properties of wheat. International Journal of Agronomy and Agricultural Research, 7, 105-117.

Chang C, Yang M, Wen H, Chern J .2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. J. Food Drug Analaysis, 10: 178-182.

Darbyshire B, 1971, changes in indoleacetic acid oxidase activity associated with plant water potential. Plant Physiol, 25:80-84

Dordas, C. and C. Sioulas, Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. Ind Crops Prod**,** v. 27, n. 1, p. 75-85, 2008

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. (1956) Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. Analytical Chemistry, 28, 350-356.

Emam, Y. and M. Niknejad. 2011. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. 2nd Ed. Shiraz University Press, Shiraz. (In Persian).

Farooq, M, M. Hhussain, and K.H. Siddique.2014. Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. Crit Rev Plant Sci. 33(4), pp.331-349.

Ghasemi, M., G. Normokamadi, H. Madani, H. Heidari, H. R. Mobasser. 2017. Two Iranian Rice Cultivars' Response to Nitrogen and Nano-Fertilizer. Open journal of Ecology, 7, 591-631. Doi: 10.4236/ oje. 2017.710040.

Harborne, J.B and Williams, C.A. 2000. Advances in flavonoid research since 1992. Phytochemistry. 55, 481–504.

Kafi, M., Salehi, M. Kiani, A. 2018. Growth analysis of Kochia irrigated with saline water in summer cropping. P: 458-449

Keyvan, S. 2010. The effects of drought stress on yield, Relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. J. Anim. Plant Sci, 8(3), pp.1051-1060.

Komarneni S. Potential of nanotechnology in environmental soil science. Proc of 9th International Conf East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies, (Korean Society of Soil Science and Fertilizers, Seoul) Oct 27-30. 2009; 16-20.

Kirnak, H., C. Kaya, I. TAS and D. Higgs. 2001. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in egg plants. Plant Physiology 27: 34-46.

Lawlor, W. 2002. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. Journal of Experimental Botany 53: 773-787

Lal R. 2008. Soils and India's food security. J. Ind. Soc. Soil Sci.; 56(2):129-138.

Li, T. H., and S. H. Li.2005. Leaf responses of micropopagated apple plants to water stress: nonstructural carbohydrate composition and regulatory role of metabolic enzymes. Tree Physiology, 25: 495-504

Li R. Q, Y. M. li, J. X. He, G. C. Li, X. C. Hao, and F. Wang. 2011. Effect of N application rate on N utilization and grain yield of winter wheat. J. Triti. Crops 31 271–275.

Liu, R. and R. Lal, 2015. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. A review. Science of the total Environment, 514, 131- 139. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.01.104

Ma S. Y., Y. N. Liu, Y. Q. Wang, Y. N. Qin, H. L. Liu and Z. P. Peng .2015. Study on the characters of living condition and nutrient balance of high-yield wheat and maize rotation system in Hebei province. J. Agric. Univ. 38 8–13.

Monreal, C. M. 2010. Nano-fertilizers for increased N and P use efficiencies by crops. Pages 12-13. In: Monreal Summary of Information Currently Provided to MRI Concerning Applications for Round 5 of the Ontario Research Fund- Research Excellence Program.

Naderi, M., A.A. Danesh Shahraki and R Naderi.2011. Application of nanotechnology in the optimization of formulation of chemical fertilizers. IJNN.12: 16-23.

Nazaran, M.H., 2012. Chelate compounds. U.S. Patent 8,288,587.

Noureldin, N.A., H.S. Saudy, F. Ashmawy, and H.M. Saed. 2013. Grain yield response index of bread wheat cultivars as influenced by nitrogen levels. AOAS. 58:147-152.

Negero, F. W. 2017. Yield and yield components of potato (Solanum tuberosum L.) as influenced by planting density and rate of nitrogen application at Holeta, West Oromia region of Ethiopia. Afr. J. Agric. Res. 12(26), pp.2242-2254

Park, M. C., Y. Kim and D. H. Lee. 2004. Intercalation of magnesium-urea complex into swelling clay. Journal of Physics and Chemistry of Solids 65 (2-3): 409–412.

Shao, H. B., Z. S. Liang and M. A. Shao. 2005. Change of antioxidative enzymes and MDA among 10 wheat genotypes at maturation stage under soil water deficits. Colloid. Surf. B: Biointerf 45 (2): 7-13.

Sharma P.D. Nutrient management Challenges and options. J. Ind. Soc. Soil Sci. 2008; 55(4):395-403.

Scott, N. and H. Chen. 2003. Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems. A Report Submitted to Cooperative State Research, Education, and Extension Service, the USDA. National.

Schlegel, H. G. 1956. Die Verwertung organischer sauren durch chlorella in lincht. Planta 47: 510-515.

Subedi, K. D., B. L. Ma and A. G. Xue. 2007. Planting date and nitrogen effects on grain yield and protein content of spring wheat. Crop Sci. 47: 36-44.

Wagner, G.J., 1979. Content and vacuole. Extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplast. Plant Physiology, 64: 88-93.

Wang, l., J.A. Palta, W. Chen, Y. Chen, and X. Deng.2018. Nitrogen fertilization improved water-use efficiency of winter wheat through increasing water use during vegetative rather than grain filling. Agr Water Manage. 197, pp.41-53.

Wortman, S. E., Davis, A. S., Schutte, B. J., and Lindquist J. L. 2011. Integrating management of soil nitrogen and weeds. Weed Science 59: 162-170.

Wu, z.z., Y.Q. Ying, Y.B. Zhang, Y.F. Bi, A.K Wang, and X.H. Du.2018. Alleviation of drought stress in Phyllostachys edulis by N and P application. Scientific reports, 8(1), p.228.

Xu, W, K. Cui, A. Xu, l. Nie, J. Huang, and Peng, S. 2015. Drought stress condition increases root to shoot ratio via alteration of carbohydrate partitioning and enzymatic activity in rice seedlings. Acta physiologiae plantarum, 37(2), p.9.

Zareabyaneh, H. and M. Bayatvarkeshi. 2015. Effects of slow-release fertilizers on nitrate leaching, its distribution in soil profile, N-use efficiency, and yield in potato crop. Environ Earth Sci. 74(4), pp.3385-3393.

Effect of urea and nano-chelate fertilizer on yield and yield components of sirvan wheat cultivar in drought stress after flowering

N. Astaneh[1], F. Bazrafshan[1], M. Zare[1], B. Amiri[1], A. Bahrani[2]

Received: 2018-11-22 Accepted: 2020-9-26

Abstract

This study was performed on the evaluation of nano chelated nitrogen and urea fertilizers on sirvan wheat plant under drought stress conditions. The experimental design was performed as the split-split plot in RCBD design in two locations, Nasrabad and Kodiyan in Fars province. The first factor included irrigation treatments (normal and withholding irrigation at the flowering stage), subfactor was Urea fertilizer treatment (0, 37, 74 and 110 kg/ha nitrogen), and sub-subfactor was nano chelated nitrogen fertilizer (0, 14, 27 and 41 kg/ha nitrogen). According to the analysis of variances, stress, nitrogen (urea) and nano chelated nitrogen had significant effects on all studied traits. According to mean comparisons, drought stress led to a 51% reduction in seed yield compared to normal irrigation. Interaction between stress, urea, and nitrogen nano climate fertilizer showed that in normal and irrigation conditions at the flowering stage the highest average grain yield (7591 and 4091 kg/ha), plant height (70.5 and 60.02 cm), number of fertile tillers (448 m-2), 1000-grain weight (46.5 and 44.17 g), biological yield (27000 and 15470 kg/ha, respectively), harvest index (28% and 18%, respectively) carotenoids (2.25 and 1.86, respectively) Anthocyanin (1.5 and 1.6) and flavonoid (1.85 and 1.98) were obtained by 110 kg/ha N urea and 41 kg N ha-1 fertilizer, respectively. The interaction between drought stress, urea, and nano fertilizer on stem diameter showed that the highest mean was obtained for 74 kg of nitrogen from urea fertilizer with 41 kg of nitrogen from urea fertilizer (3, 2.85).

Keywords: Agronomic traits, biochemical indices, drought stress, grain yield, nano fertilizer

1- Department of Agriculture, Firoozabad Branch, Islamic Azad University, Firoozabad, Iran
2- Department of Agriculture, Ramhormoz Branch, Islamic Azad University, Ramhormoz, Iran