

تأثیر محلول پاشی نانو ذرات آهن بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی گندم (*Triticum aestivum* L.) در منطقه شهر قدس

میترا بختیاری^{۱*} پیام معاونی^۲، و بهزاد ثانی^۳

*Email: payam.moaveni@yahoo.com

چکیده: به منظور بررسی اثر محلول پاشی نانو اکسید آهن بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی گندم (*Triticum aestivum* L.)، این آزمایش در منطقه شهر قدس در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳ انجام شد. طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با ۴ تکرار بود. تیمارهای آزمایش شامل زمان محلول پاشی دو مرحله شیری، خمیری و چهار غلظت نانو اکسید آهن (۰، ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳ و ۰/۰۴ درصد) بود. صفات اندازه گیری شده نیز شامل وزن هزار دانه، عملکرد دانه، گلوتن و میزان نشاسته دانه بود. نتایج نشان داد که اثرات ساده دو تیمار زمان محلول پاشی و غلظت های مختلف بر تمامی صفات اندازه گیری شده معنی دار بود. اما، اثر متقابل این دو تیمار بر هیچ یک از صفات معنی دار نشد. نتایج مقایسه میانگین مراحل محلول پاشی نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه (۳۶/۰۱ گرم)، گلوتن دانه (۴۱/۶۵٪)، عملکرد دانه (۳۶۳۹/۵ کیلوگرم در هکتار) و نشاسته دانه (۶۳/۶۸٪) در مرحله شیری بدست آمد. همچنین نتایج مقایسه میانگین غلظت های نانو اکسید آهن نشان داد که بیشترین مقدار وزن هزار دانه (۳۷/۹۶ گرم)، عملکرد دانه (۳۷۷۶/۵ کیلوگرم در هکتار) و گلوتن دانه (۷۷/۴۲٪) در تیمار ۰/۰۴٪ مشاهده شد در حالی که بیشترین مقدار نشاسته (۶۴/۷۹٪) در تیمار شاهد بدست آمد.

کلمات کلیدی: گندم، عملکرد دانه، گلوتن، محلول پاشی، نانو اکسید آهن.

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر قدس

۲- استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس

۳- استادیار، مدیر گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر قدس

۱- مقدمه

در سالهای اخیر تلاش های گسترده‌ای با هدف یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک و محصولات کشاورزی و همین طور حذف آلاینده ها آغاز شده است. کاهش این مخاطرات زیست محیطی همگام با افزایش عملکرد گیاهان زراعی نیازمند بکارگیری تکنیک های نوین زراعی است یکی از این تکنیک ها استفاده از کودهای طبیعی یا سنتتیک با بنیان آلی است که اثرات تخریب زیست محیطی را ندارند. نانو کود آلی کلاته آهن دارای بنیان یا کمپلکسی پایدار و قوی است که در بازه ph بترتیب کمترین و بیشترین (۳ و ۱۱)، ۹ درصد آهن محلول در آب را در اختیار گیاهان قرار می‌دهد. (رزازی و همکاران، ۱۳۸۹).

گندم گیاهی است تک‌لپه، علفی و یک ساله، از تیره غلات و جنس تریتی‌کوم است (خدابنده، ۱۳۸۷). کلیه گونه های گندم از نظر کروموزومی به سه دسته دیپلوئید، تتراپلوئید و هگزاپلوئید تقسیم می‌شوند که، معروف‌ترین گونه‌هایی که از نظر زراعی اهمیت دارند عبارتند از *T. durum*، *T. compactum*، *T. aestivum* (کریمی، ۱۳۷۱). گندم احتمالاً یکی از اولین گیاهانی است که به وسیله انسان زراعت شد و به همین دلیل، مهم‌ترین گیاه زراعی به شمار می‌آید، زیرا زراعت آن از تمام گیاهان ساده تر بوده و تطابق آن در مناطق مختلف که دارای شرایط آب و هوایی متفاوتی می باشند و از طرف دیگر، غذای اولیه و اصلی اغلب مردم جهان را تشکیل می‌دهد (خدابنده، ۱۳۸۷).

ورود نسل اول فناوری‌ها به عرصه کشاورزی، در چند دهه گذشته، منجر به وقوع انقلاب سبز و گذر از کشاورزی سنتی به کشاورزی صنعتی گردید. در همین راستا فناوری نانو به عنوان یک فناوری بین رشته‌ای و پیشتاز، رفع مشکلات و کمبودها در بسیاری از عرصه های علمی و صنعتی، به خوبی جایگاه خود را در علوم کشاورزی و صنایع وابسته آن به اثبات رسانیده است. فناوری نانو کاربردهای وسیعی در همه مراحل تولید، فرآوری، نگهداری، بسته بندی و انتقال تولیدات کشاورزی دارد (scott and chen، ۲۰۰۳). در رابطه با نقش نانو تکنولوژی در مرحله تولید می‌توان به نانو کودهای شیمیایی اشاره کرد. به دلیل اثرات مضر که کودهای شیمیایی مرسوم بر کمیت و کیفیت غذا ایجاد می‌کنند، مدتهاست که استفاده از آن ها مورد نکوهش قرار گرفته است (نادری و همکاران، ۱۳۹۰) و عرضه کودهای شیمیایی به شکل نانوذرات اخیراً مورد توجه قرار گرفته است. نتایج مطالعات موجود، بیانگر واکنش متفاوت گونه های مختلف گیاهان به مواد غذایی تهیه شده به شکل نانو می باشد (zhu et all، ۲۰۰۸). با بکارگیری نانو کودها به عنوان جایگزین کودهای مرسوم، عناصر غذایی کود به تدریج و به صورت کنترل شده در خاک آزاد می‌شوند. استفاده از نانو کودها منجر به افزایش کارایی مصرفی

عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می شود (نادری و همکاران، ۱۳۹۰).

مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی مانند نیتروژن و فسفر و عدم کاربرد کودهای دارای عناصر کم مصرف، وجود خاک های آهکی با ماده آلی کم، کشت متناوب اراضی سبب تشدید کمبود عناصر کم مصرف در خاک های زیر کشت غلات کشور گردیده است (سیلیسپور، ۱۳۸۶). آهن، اولین عنصر کمیاب است که برای گیاهان و جانوران ضروری تشخیص داده شده است و عنصر کلیدی در متابولیسم سلولی می باشد و در ساختار مولکول سیتوکروم نقش دارد بطوری که در شرایط کمبود آهن، فتوسنتز به شدت کاهش می‌یابد. علاوه بر این، آهن در فرآیند اکسایش و کاهش آنزیمی، تنفس، تبادل مواد و سنتز کلروفیل در گیاهان شرکت دارد (رشنو و همکاران، ۱۳۹۲). از آنجا که نانومواد به دلیل سبک و کوچک بودن ذرات و واکنش پذیری زیاد در محیط‌های مختلف ممکن است از نظر تغذیه آهن در خاک های آهکی به عنوان یک راه حل جایگزین قابل طرح باشد. نانو اکسید آهن نسبت به اکسید آهن معمولی، به دلیل کوچک بودن ذرات، کمپلکس های بیشتری تشکیل می دهند و با این تفسیر، حلالیت آهن بیشتر می شود و جذب آن توسط گیاه راحت تر است. (مظاهری نیا و همکاران، ۱۳۸۹).

بهترین روش مصرف نانو کود کلات آهن در گیاه آفتابگردان به صورت محلول پاشی، آن هم در مرحله ساقه دهی می‌باشد (مرادی زاده زواره و همکاران، ۱۳۹۰).

در نتایج تحقیقات بداقی (۱۳۸۷) مشخص شد که محلول پاشی آهن، موجب افزایش ارتفاع گیاه شد به طوری که ، محلول پاشی عناصر ریز مغذی به تنهایی و توأم، موجب افزایش طول بوته شده است . مظلومی میمنندی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند بالاترین و کمترین طول ساقه چغندر قند از کاربرد ۳ و ۱ میلی گرم در لیتر نانو آهن در ۲۰ درصد پوشش زمین به دست آمد و همچنین، بالاترین مقدار عرض برگ و قطر ریشه از کاربرد نانو آهن در زمان ۶۰ درصد پوشش زمین حاصل شد. در رابطه با زمان مصرف کود آهن، مطالعات مالانگودا و همکاران (۱۹۹۵)، نشان داد که مصرف تکمیلی آهن در آغاز گلدهی موجب افزایش وزن هزاردانه گیاهان پیاز و گشنیز شده است. کیخا و همکاران (۱۳۸۴) نشان دادند، محلول پاشی آهن در آغاز گلدهی با میانگین ۴۵۵۷ کیلوگرم در هکتار، بیشترین و عدم محلول پاشی آهن (شاهد) با میانگین ۴۱۳۶ کیلوگرم در هکتار، کمترین میزان عملکرد دانه را تولید نمودند. بلالی و همکاران (۲۰۰۹) در آزمایشی، کاربرد کود حاوی آهن سکوسترین را استفاده کردند، آنها گزارش دادند که، کاربرد ۱۰ کیلوگرم در هکتار این کود، موجب افزایش عملکرد گندم شد. مطالعات امیری حسین خانی و همکاران (۲۰۱۳)، در بررسی تاثیر محلول پاشی عنصر آهن در دو زمان طویل شدن ساقه و زمان ۵۰ درصد گل دهی گیاه گندم، گزارش دادند که بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک گندم، از محلول پاشی عنصر آهن در زمان طویل شدن ساقه، حاصل

شد. شاهرخی و همکاران (۲۰۱۲)، در بررسی تاثیر محلول پاشی سولفات آهن (۰، ۲، ۴ و ۶ هزار) بر صفات گندم نشان دادند که، کاربرد آهن، موجب افزایش مثبت و معنی دار عملکرد دانه، بیولوژیک، کاه، شاخص برداشت و پروتئین و گلوتن دانه گندم شده است. مطالعات منجزی و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی تاثیر محلول پاشی عنصر آهن بر روی عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه گندم در شرایط تنش خشکی، نشان داد که، استفاده از آهن در مقایسه با تیمار شاهد، موجب افزایش وزن هزاردانه گندم از ۴۵/۷۱ تا ۴۶/۸۳ شد. افزایش وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، آنزیم های آنتی اکسیدانی، محتوی کلروفیل، کارتنوئیدها، پروتئین، نشاسته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم، تحت تاثیر محلول پاشی نانوذره آهن در مطالعات غفاری و رزمجو (۲۰۱۳)، مشاهده شد. آرمین و همکاران (۲۰۱۴)، در بررسی تاثیر سه زمان محلول پاشی (پنجه زنی، طویل شدن ساقه و پنجه زنی به همراه طویل شدن ساقه) و ۴ غلظت نانو کلات آهن (۰، ۰.۲، ۰.۴ و ۰.۶٪) بر صفات گندم، گزارش دادند که، کاربرد آهن در زمان پنجه زنی به همراه طویل شدن ساقه و در زمان پنجه زنی، به ترتیب، ۹/۱۷٪ و ۵/۱۹٪، عملکرد دانه بیشتری در مقایسه با کاربرد آهن در زمان طویل شدن ساقه داشته است و کاربرد غلظت ۰.۴٪ آهن، بالاترین مقدار عملکرد دانه را تولید کرد که، تفاوت معنی داری با غلظت ۰.۶٪، نداشته است. از سوی دیگر نریمانی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که زمان محلول پاشی عنصر ریزمغذی آهن تاثیری بر محتوی پروتئین دانه گندم ندارد. هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر محلول پاشی نانو اکسید آهن بر روی اجزاء عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) در منطقه شهر قدس بوده است.

۲- مواد و روش ها

این تحقیق، جهت بررسی اثر محلول پاشی نانو ذرات آهن بر روی اجزاء عملکرد و برخی صفات بیوشیمیایی گندم در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، در در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد شهر قدس با مشخصات جغرافیایی طول جغرافیایی ۲۷ درجه و ۳۸ دقیقه شمالی عرض جغرافیایی ۴۰ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی اجرا گردید. در این تحقیق، از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار استفاده شد، فاکتور اول زمان محلول پاشی در دو مرحله شیری، خمیری و فاکتور دوم شامل ۵ سطح محلول پاشی ۰ و نانو اکسید آهن، با غلظت های ۰.۱٪، ۰.۲٪، ۰.۳٪ و ۰.۴٪ بود. پس از انجام آزمایش خاک، کود دهی به میزان ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی و کود سوپر فسفات تریپل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، اوره ۵۰ کیلوگرم در هکتار و سولفات پتاسیم ۵۰ کیلوگرم انجام شد. سپس جوی و پشته با فاصله ۵۰ سانتی متر ایجاد گردید. جهت کاشت گندم کرت هایی به اندازه ۶ در ۸ متر و با فاصله نیم متر

از یکدیگر در نظر گرفته شد. کاشت در مزرعه در تاریخ ۱۳۹۲/۹/۳ با قرار دادن بذر رقم پیشتاز به صورت دستی صورت گرفت. بذور در عمق ۳-۴ سانتی متری و با تراکم ۵۰۰ بذر در متر مربع کاشته شدند. تنک کردن بوته های اضافی در مرحله ۳ تا ۴ برگی انجام شد. سطحی معادل یک متر مربع در قسمت میانی هر کرت به کمک اسپری قرمز رنگ مشخص گردید. جهت آماده سازی محلول ها برای محلول پاشی، در آزمایشگاه با استفاده از ترازو، بر اساس غلظت های تعیین شده، مقدار لازم از پودر تهیه شده نانو ذره آهن را وزن کرده و در یک لیتر آب مقطر، با استفاده از دستگاه ورتکس حل کرده و بعد از آماده سازی محلول ها، محلول پاشی با استفاده از سم پاش های پشتی و رعایت نکات ایمنی، با دستکش و ماسک انجام شد. طی این مطالعه صفات وزن هزاردانه، عملکرد دانه، گلوتن و میزان نشاسته اندازه گیری شد. جهت محاسبه وزن هزاردانه، اقدام به شمارش ۱۰۰۰ دانه (از هر کرت به طور تصادفی) با رطوبت ۱۴ درصد شد. سپس، با ترازوی دیجیتال، وزن ۱۰۰۰ دانه، به دست آمد. برداشت، در تاریخ ۱۳۹۳/۴/۴ انجام شده و برای محاسبه عملکرد، در هر کرت، دو پشته کناری، برای حذف اثر حاشیه منظور شد و یک ردیف میانی، برداشت شد. پس از خشک شدن کامل بوته های گندم حاصل از برداشت نهایی در هوای آزاد، برای اندازه گیری گلوتن دانه از روش گراولند و هندرسون (۲۰۰۰)، استفاده شد و سپس با خرمن کوب، کاه از دانه ها جدا شده و با ترازوی دقیق دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم، نتایج به کیلوگرم در هکتار، در هر کرت آزمایشی محاسبه شد. همچنین جهت اندازه گیری نشاسته از روش فولایی و همکاران، (۲۰۰۴) استفاده شد. در پایان، بعد از نرمال کردن نتایج و داده ها، میانگین داده ها با روش آزمون چند دامنه ای دانکن، در سطح معنی داری ۵ درصد، با نرم افزار آماری SAS، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. رسم نمودارها و جداول، با استفاده از نرم افزار Excel صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده ها برای صفات مورد نظر در جدول شماره ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر زمان محلول پاشی و غلظت های نانو اکسید آهن بر صفات مطالعه شده

منبع تغییرات			درجه	میانگین مربعات		
بلوک	زمان محلول پاشی	غلظت نانو اکسید آهن	اثرات متقابل زمان و غلظت	خطای آزمایشی	ضریب تغییرات (% CV)	
آزادی	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	گلوتن	نشاسته		
۳	* ۱۲/۲۰۳	** ۶۲۰۴۹۰	** ۱/۰۷۷	^{ns} ۱/۰۹		
۱	* ۲۱/۴۶۲	* ۳۸۰۲۵۰	** ۵۲/۸۲۱	** ۵۲/۳۶		
۴	** ۳۲/۰۱۰	** ۲۸۶۴۶۰	** ۲۳/۱۶۶	** ۵۲/۳۶		
۴	^{ns} ۰/۷۸۱	^{ns} ۱۸۲۰۰	^{ns} ۲/۱۸۶	^{ns} ۲/۱۶		
۴۹	۳/۲۹۷	۶۵۰۳۸/۱۴	۱/۲۳۶	۱/۲۲		
	۵/۱۳	۷/۲۰	۲/۷۴	۱/۷۷		

^{ns}, * و ** به ترتیب نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار زمان محلول پاشی باعث ایجاد اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد برای صفت های وزن هزار دانه و عملکرد دانه است و همچنین اختلاف معنی دار برای صفات گلوتن و نشاسته دانه در سطح یک درصد را به همراه داشته است. همچنین تیمار غلظت نانو اکسید آهن موجب شده تا تمامی صفت های مورد مطالعه در سطح یک درصد اختلاف معنی دار نشان دهند. اما اثر متقابل سطوح هر دو تیمار هیچ اختلاف معنی داری را برای صفت های مذکور نشان نداد. همچنین نتایج مقایسه میانگین تمامی صفت های مورد مطالعه برای فاکتور زمان محلول پاشی در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. در ادامه نتایج مقایسه میانگین صفت های مورد بررسی تحت تیمار فاکتور غلظت نانو اکسید آهن در جدول شماره ۳ نمایان شده است.

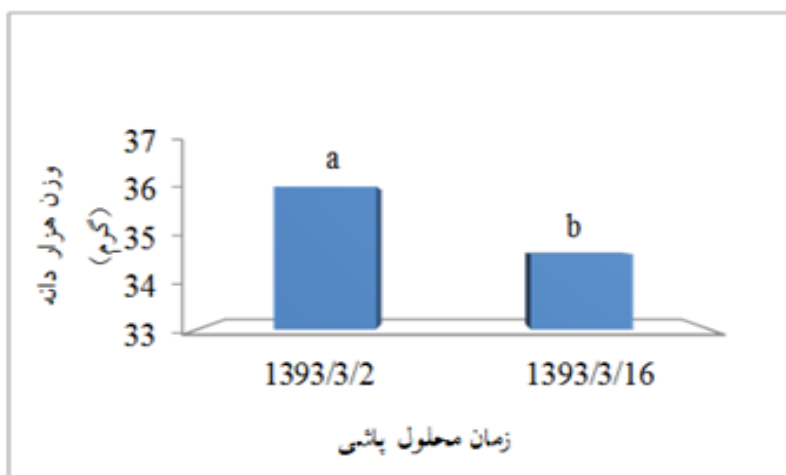
جدول ۲- مقایسه میانگین دانکن اثر زمان (تاریخ) محلول پاشی بر صفات مورد مطالعه

زمان محلول پاشی	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	گلوتن دانه (درصد)	نشاسته (درصد)
مرحله شیری	۳۶/۱۰ a	۳۶۳۹/۵۰ a	۴۱/۶۴۵a	۶۳/۶۸ a
مرحله خمیری	۳۴/۶۴ b	۳۴۴۴/۵۰ b	۳۹/۳۴۷b	۶۱/۳۹b

جدول ۳- مقایسه میانگین دانکن اثر غلظت نانو اکسید آهن بر صفات مورد مطالعه

غلظت نانو اکسید آهن	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	گلوتن (درصد)	نشاسته دانه (درصد)
۰ (شاهد)	۳۲/۸۲ d	۳۳۱۶/۵ c	۳۸/۳۱ d	۶۴/۷۹ a
۰/۰۱	۳۴/۱۲۵ dc	۳۴۲۱/۵ bc	۳۹/۵۲ c	۶۳/۳۳ b
۰/۰۲	۳۵/۴۶۲ bc	۳۵۰۶/۵ abc	۴۰/۵۸ bc	۶۲/۱۸ c
۰/۰۳	۳۶/۴۸۷ ab	۳۶۸۹ ab	۴۱/۳۱ b	۶۲/۰۴ c
۰/۰۴	۳۷/۹۶۲ a	۳۷۷۶/۵ a	۴۲/۷۷ a	۶۰/۳۳ d

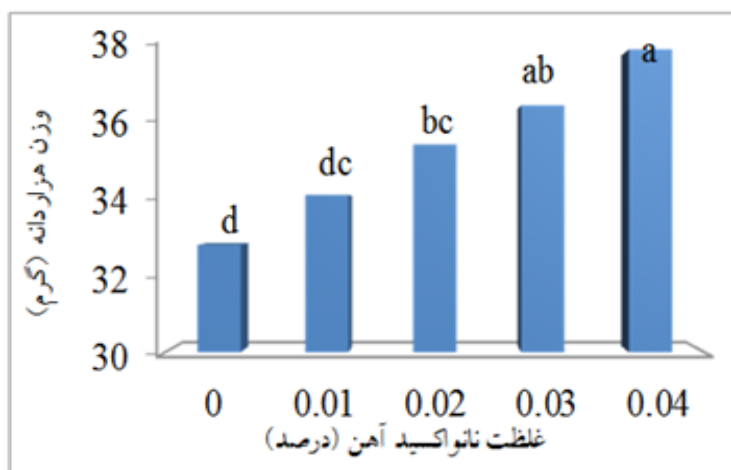
همانگونه که پیشتر بیان شد بر طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر زمان محلول پاشی نانو ذره اکسید آهن، بر وزن هزاردانه گندم، در سطح پنج درصد، معنی دار بود. مقایسه میانگین ها (جدول ۲ و شکل ۱)، تیمارها را در دو گروه متفاوت آماری قرار داد. به طوری که، بیشترین مقدار وزن هزاردانه، به زمان محلول پاشی در تاریخ دوم خردادماه (۳۶/۰۱ گرم) اختصاص داشت و تیمار زمان محلول پاشی در تاریخ شانزدهم خردادماه (۳۴/۶۴ گرم)، کمترین مقدار وزن هزاردانه را دارا بود. مطالعات مالانگودا و همکاران (۱۹۹۵)، نشان داد که، مصرف تکمیلی آهن در آغاز گلدهی، موجب افزایش وزن هزاردانه گیاهان پیاز و گشنیز شد.



شکل ۱- اثر زمان محلول پاشی نانو اکسید آهن بر مقدار وزن هزاردانه

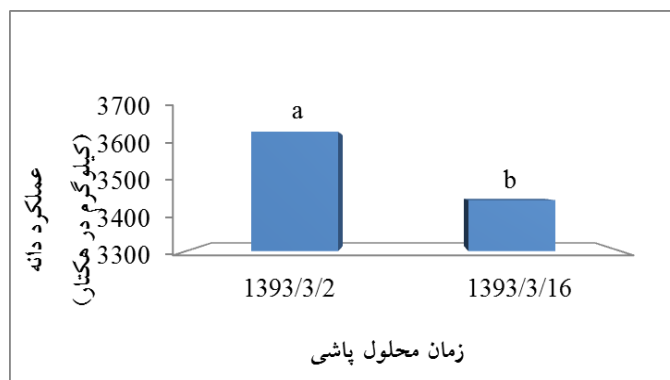
همچنین تاثیر غلظت های مختلف نانو اکسید آهن بر صفت وزن هزاردانه، در سطح یک درصد، اختلاف معنی داری را نشان داد (جدول ۱). حداکثر مقدار وزن هزاردانه، به تیمار نانو اکسید آهن با غلظت ۰/۰۴ درصد (۳۷/۹۶ گرم) متعلق بود که با تیمار محلول پاشی با غلظت ۰/۰۳

درصد (۳۶/۴۹ گرم)، اختلاف معنی دار آماری نداشت و حداقل مقدار وزن هزاردانه، به تیمار شاهد (۳۲/۸۲ گرم) اختصاص داشت که با تیمار غلظت ۰/۰۱ درصد نانو اکسید آهن (۳۴/۱۳ گرم)، از نظر آماری، تفاوت معنی داری نداشت و سایر تیمارها نیز، در بین تیمارهای حداکثر و حداقل، قرار گرفته است (جدول ۳ و شکل ۲). نتایج بدست آمده مطابق سایر مطالعات انجام شده در این زمینه می باشد. ضیائیان و ملکوتی (۱۳۷۹) گزارش دادند که استفاده از عنصر آهن باعث افزایش وزن هزاردانه در گندم می گردد. همچنین مطالعات منجزی و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی تاثیر محلول پاشی عنصر آهن بر روی عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه گندم در شرایط تنش خشکی، نشان داد که، استفاده از آهن در مقایسه با تیمار شاهد، موجب افزایش وزن هزاردانه گندم از ۴۵/۷۱ تا ۴۶/۸۳ شد.



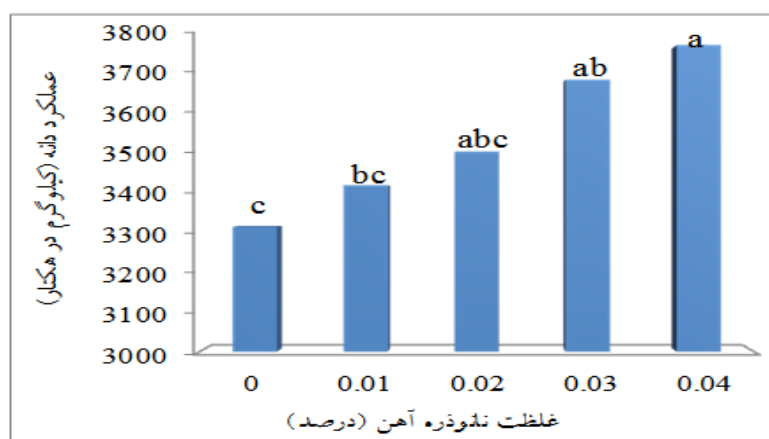
شکل ۲- اثر غلظت نانو اکسید آهن بر وزن هزاردانه

نتایج این مطالعه نشان داد که اثر زمان محلول پاشی نانو ذره اکسید آهن بر عملکرد دانه در هکتار، در سطح احتمال پنج درصد، معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه در هکتار به ترتیب، به تیمار محلول پاشی در مرحله شیری (۳۶۳۹/۵۰ کیلوگرم در هکتار) و محلول پاشی در مرحله خمیری (۳۴۴۴/۵۰ کیلوگرم در هکتار) اختصاص داشت (جدول ۲ و شکل ۳). کیخا و همکاران (۱۳۸۴) نیز گزارش کردند که، محلول پاشی آهن در آغاز گلدهی، با میانگین ۴۵۵۷ کیلوگرم در هکتار، بیشترین و عدم محلول پاشی آهن (شاهد) با میانگین ۴۱۳۶ کیلوگرم در هکتار، کمترین میزان عملکرد دانه را منجر شده است.



شکل ۳- اثر زمان محلول پاشی نانو اکسید آهن بر عملکرد دانه

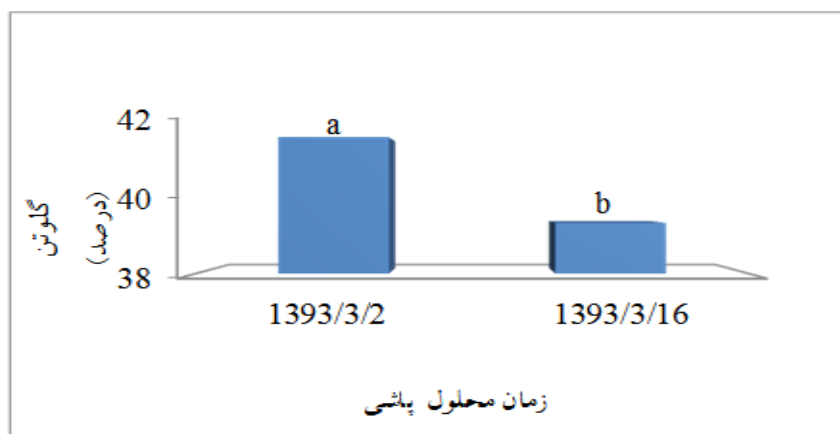
از سوی دیگر غلظت ۰/۰۴ درصد این نانوذره، بیشترین مقدار عملکرد دانه (۳۷۷۶/۵ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرده است که با تیمار غلظت ۰/۰۳ درصد (۳۶۸۹ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی دار آماری نداشت و در یک گروه قرار گرفتند در صورتی که، تیمار شاهد، کمترین مقدار عملکرد دانه (۳۳۱۶/۵ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرده است که با تیمار غلظت ۰/۰۱ درصد نانو اکسید آهن (۳۴۲۱/۵ کیلوگرم در هکتار)، تفاوت معنی دار آماری نداشت (جدول ۳ و شکل ۴).



شکل ۴- اثر غلظت نانو اکسید آهن بر عملکرد دانه

در تایید این نتیجه، آرمین و همکاران (۲۰۱۴)، در بررسی تاثیر ۴ غلظت نانو کلات آهن (۰، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶) بر صفات گندم، گزارش دادند که کاربرد غلظت ۰/۴ آهن، بالاترین مقدار عملکرد دانه را تولید کرده است.

همچنین نتایج آماری نشان دهنده تاثیر معنی دار زمان محلول پاشی نانوذره اکسید آهن بر گلوتن بود (جدول ۱). محلول پاشی در مرحله شیری (۴۱/۶۵٪) نسبت به محلول پاشی در مرحله خمیری (۳۴/۳۹٪) برتری نشان داد (جدول ۲ و شکل ۵).

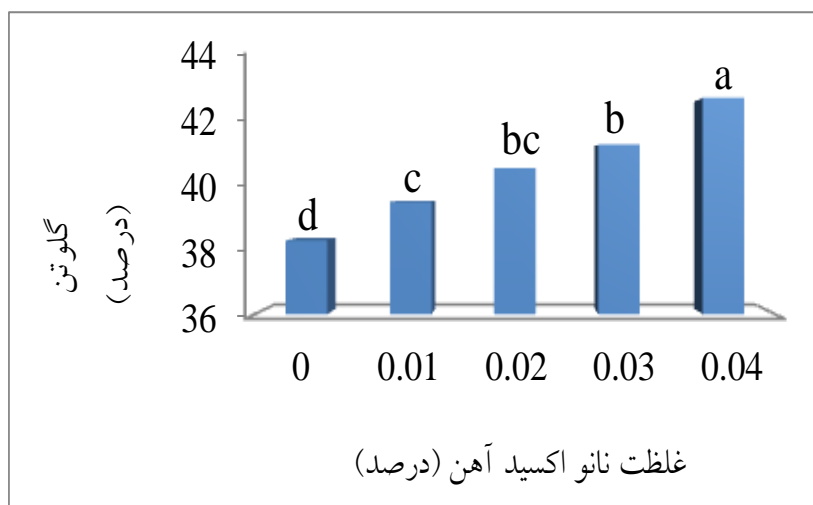


شکل ۵- اثر زمان محلول پاشی نانو اکسید آهن بر درصد گلوتن

بر طبق مقایسه میانگین (شکل ۵)، بیشترین مقدار این صفت، مربوط به محلول پاشی در مرحله شیری، با مقدار ۴۱/۶۵ درصد بود و کمترین مقدار این صفت با مقدار ۳۹/۳۴ درصد، مربوط به محلول پاشی این نانوذره در مرحله خمیری بود.

بر طبق نتایج جدول شماره ۱، تاثیر غلظت‌های مختلف نانو اکسید آهن محلول پاشی شده، در سطح یک درصد، تاثیر معنی داری بر مقدار گلوتن دانه گندم داشت و با کاربرد نانو اکسید آهن، مقدار گلوتن دانه گندم، سیر صعودی داشته است. غلظت ۰/۰۴ درصد نانو-اکسید آهن، با مقدار ۴۲/۷۷ درصد، بیشترین مقدار این صفت را به خود اختصاص داد در حالی که، تیمار شاهد، با مقدار ۳۸/۳۱ درصد، کمترین مقدار این صفت را به خود اختصاص داد (شکل ۶). مطابق با این نتایج، نتایج شاهرخی^۴ و همکاران (۲۰۱۲)، در بررسی تاثیر محلول-پاشی آهن بر صفات گندم نشان داد که، کاربرد آهن، موجب افزایش گلوتن دانه گندم شده است.

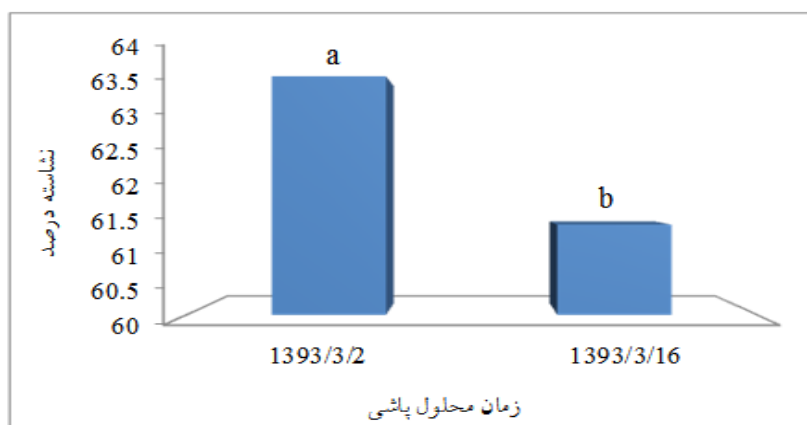
۴- Shahrokhi



شکل ۶- اثر غلظت محلول پاشی نانو اکسید آهن بر درصد گلوتن

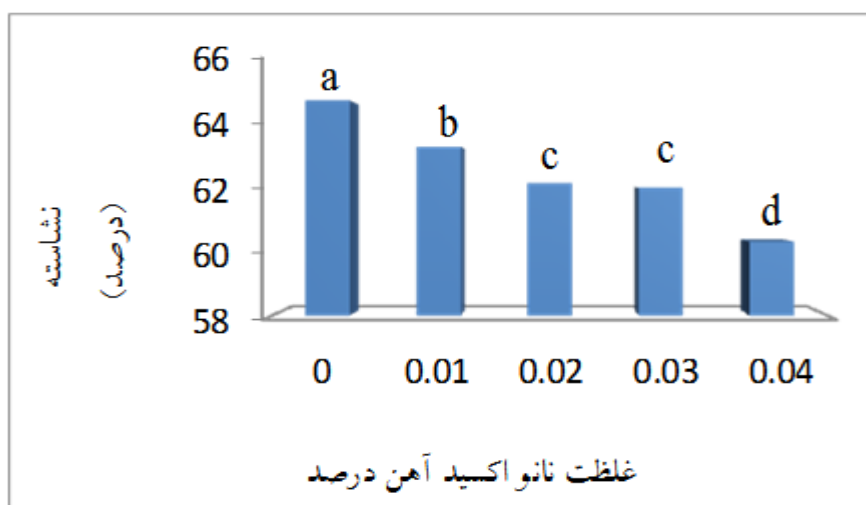
۹-۴- نشاسته

جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) گویای آن است که اثر زمان محلول پاشی نانو اکسید آهن بر مقدار نشاسته، تفاوت معنی داری را در سطح یک درصد نشان داد.



شکل ۷- اثر زمان محلول پاشی بر درصد نشاسته دانه

بر طبق نتایج مقایسه میانگین (شکل ۷)، زمان محلول‌پاشی در مرحله شیری، با مقدار ۶۳/۶۸ درصد، بیشترین مقدار نشاسته و تیمار محلول‌پاشی در مرحله خمیری با مقدار ۶۱/۳۹ درصد، کمترین مقدار نشاسته را به خود اختصاص داد. س تاثیر غلظت‌های مختلف نانوآکسید آهن محلول‌پاشی شده بر صفت مقدار نشاسته، با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (در سطح یک درصد) در بین تیمارها بود. با کاربرد نانوآکسید آهن، از مقدار نشاسته دانه، کاسته شد به طوری که، تیمارهای شاهد (۶۴/۷۹ درصد) و غلظت‌های نانوآکسید آهن ۰/۰۱ درصد (۶۳/۳۳ درصد)، ۰/۰۲ درصد (۶۲/۱۸ درصد)، ۰/۰۳ درصد (۶۲/۰۴ درصد) و تیمار ۰/۰۴ درصد (۶۰/۳۳ درصد) به ترتیب، کمترین مقدار این صفت را به خود اختصاص داد و این در حالی بود که، غلظت‌های ۰/۰۲ و ۰/۰۱ درصد، تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۸). مطابق با این نتایج، نتایج تحقیقات جلیلیان و همکاران (۱۳۸۹) روی گیاه ذرت نشان داد که، رابطه بین پروتئین و نشاسته منفی بوده به طوری که، با افزایش پروتئین، مقدار نشاسته، کاهش یافته است



شکل ۸- اثر غلظت‌های مختلف بر درصد نشاسته دانه گندم

بحث

مصرف تکمیلی آهن در مرحله شیری از طریق افزایش فتوسنتز و همچنین انتقال محصول آن، یعنی قند به دانه ها و همچنین افزایش سرعت انتقال مجدد مواد فتوسنتزی گیاه به دانه و در نتیجه در این آزمایش، وزن هزار دانه گندم افزایش یافته است. با توجه به اینکه، وزن هزار دانه یکی از عوامل مهم و موثر در وزن سنبله و عملکرد دانه است، بنابراین با افزایش وزن هزار دانه در تیمارهای مصرف آهن در مقایسه با تیمار شاهد، وزن سنبله و عملکرد دانه نیز افزایش یافته است. همچنین در تاریخ اول محلول پاشی به دلیل آنکه گیاه فرصت بیشتری برای افزایش وزن دانه یا به عبارتی عملکرد و اجزای عملکرد دارد. بنابراین محلول پاشی در مرحله شیری، تاثیر بیشتری بر صفات عملکردی گیاه و همچنین صفات کیفی از جمله گلوتن داشته است. در این آزمایش، حداکثر محتوی گلوتن مربوط به تیمار محلول پاشی با نانوذره آهن نسبت به تیمار شاهد، به خاطر دخالت مستقیم آهن در سنتز پروتیین بوده است. بنابراین، یکی از دلایل افزایش پروتیین و گلوتن در این آزمایش، می تواند به این دلیل باشد که عنصر آهن در ساخت پروتیین های آهن و گوگرد دار مثل فرودوکسین که برای احیا نیترات و متابولیسم آن و تولید پروتیین، مورد نیاز می باشد شرکت داشته اندو به این دلیل پروتیین و گلوتن دانه افزایش یافته است. همانطور که مشاهده شد، مقدار نشاسته دانه گندم با پروتیین نسبت عکس داشته، به طوری که، هنگامی که مقدار پروتیین دانه گندم با مصرف آهن، افزایش یافت، مقدار نشاسته کاهش یافته است. نتایج این آزمایش نشان داد بهترین زمان محلول پاشی نانو ذرات آهن جهت حصول بیشترین عملکرد کمی و کیفی گیاه گندم مرحله شیری و حتی گلدهی و بهترین غلظت ۰/۰۴ گرم بر لیتر می باشد. پیشنهاد می شود این آزمایش در شرایط استرس شوری و خشکی و سایر تنش های اکسیداتیو، سایر غلظت ها و ترکیبات مختلف آهن روی گندم انجام شود.

منابع.

- بداقی، س. ۱۳۸۷. تاثیر الگوی کاشت و محلول پاشی عناصر ریز مغزی آهن، روی و بور بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی ۱۱۶. صفحه.
- بلالی، م.، م.ج.، ملکوتی، ح.، مشایخی، و ز.، خادمی. ۱۳۷۹. اثر عناصر غذایی ریزمغذی بر افزایش عملکرد و تعیین حد بحرانی آنها در خاک های تحت کشت گندم آبی در ایران. تغذیه متعادل گندم. نشر آموزشی کشاورزی، ۵۷۲ صفحه.
- خدابنده، ن. ۱۳۸۷. غلات. انتشارات دانشگاه تهران، ۵۳۷ صفحه.
- رزازی، لبافی م.، ز. مهربانی، خلیج. ۱۳۸۹. نظران، م.، ح و حمیده تأثیر نانو کود کلاته آهن بر عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L. (ایران L. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات محیطی پژوهشکده علوم. دانشگاه شهید بهشتی تهران. ۲۵۰۷-۲۵۰۵ صفحات
- رشنو، م.ح.، زالف. طهماسبی سروسستانی، ح.، حیدری شریف آباد، س.ع.م. مدرس ثانوی، و ر. توکل افشاری. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی و محلول پاشی آهن و روی بر ویژگی های کمی و کیفی دو گونه یونجه یکساله. تولید گیاهان زراعی. جلد ششم، شماره یک: ۱۲۵-۱۴۸.
- سیلسیپور، م. ۱۳۸۶. بررسی اثرات مصرف عناصر آهن و روی در خصوصیات کمی و کیفی گندم آبی و تعیین حد بحرانی آنها در خاک های دشت ورامین. پژوهش و سازندگی، ۱۲۳-۱۳۳.
- ضیائیان، ع.ا.، و م.ج.، ملکوتی. ۱۳۷۹. بررسی گلخانه ای اثرات مصرف آهن، منگنز، روی و مس بر تولید گندم در خاک های شدیداً آهکی استان فارس. تغذیه متعادل گندم، مجموعه مقالات، گردآورنده: م.ج.، ملکوتی، نشر آموزش کشاورزی، ۵۴۴ صفحه. تهران، ایران.
- کریمی، ه. ۱۳۷۱. گندم، مرکز نشر دانشگاهی، صفحه ۵۵۹.
- کیخا، غ.، ح. فنایی، م.، پل شکن، ع. اکبری مقدم، و ف. سراوانی. ۱۳۸۴. بررسی اثرات محلول پاشی عناصر روی بر و آهن بر عملکرد کمی و کیفی کلزا. نهمین کنگره علوم خاک ایران. تهران. ۱۴۹-۱۵۳
- س محمد مرادی زاده زواره. آفتابگردان. ۱۳۹۰. تأثیر نانو کلات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی پایان نامه کارشناسی ارشد. زراعت
- مظاهری نیا، س.، ع. آستارایی، ا.، فتوت، و، ا.، منشی. ۱۳۸۹. مقایسه مقدار جذب و تجمع آهن در گندم با کاربرد اکسیدهای آهن معمولی و نانو همراه با کود کمپوست زباله شهری گرانوله گوگردی. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، شماره ۹۲، صفحه ۱۱۱-۱۰۳.

- نادری، م.، ع.ا. دانش شهرکی.، و ر. نادری. ۱۳۹۰. کاربرد فناوری نانو در بهینه سازی فرمولاسیون کودهای شیمیایی. ماهنامه فناوری نانو. شماره ۱۲، صفحه ۲۳-۱۶.
- Amiry Hosinkhani, M.A., Kh. Panahi Kordlaghari., and H. R, Balouchi. ۲۰۱۳. Effects of potassium and iron nutrient elements on the quantity yield of Shariar wheat cultivar in Boyerahmad Reign. Annals of Biological Research. ۴(۴):۵۶-۶۰.
 - Armin, M., S, Akbari., and S, Mashhadi. ۲۰۱۴. Effect of time and concentration of nano-Fe foliar application on yield and yield components of wheat. International Journal of Biosciences, ۴(۹): ۶۹-۷۵.
 - Balalei, M., M.J, Malakooti., and H.H, Mashayekhi. ۲۰۰۹. Effect of micronutrients on increasing of yield and determine the critical levels in soils under wheat cultivation in Iran. Plant and Soil ۱۲, ۱۱۱-۱۱۹.
 - Ghafari, H., and J, Razmjoo. ۲۰۱۳. Effect of foliar application of nano-iron oxidase, iron chelate and iron sulphate rates on yield and quality of wheat. International Journal of Agronomy and Plant Production. ۴(۱۱): ۲۹۹۷-۳۰۰۳.
 - Mallangouda, B. ۱۹۹۵. Effect of NPK and FYM on growth parameters of onion , garlic and coriander , current research. University of Agricultural Sciences, Bangalore. ۲۴: ۲۱۲- ۲۱۳.
 - Monjezi, F., M, Vazin., and M, Hassanzadehdelouei. Effects of iron and zinc spray on yield and yield components of Wheat (*Triticum aestivum* L.) in drought stress. Cercetări Agronomice în Moldova, Vol. XLVI, No. ۱ (۱۵۳): ۲۳-۳۲.
 - Narimani, H., M.M, Rahimi, A.A, Ahmadikhah., and B, Vaezi. ۲۰۱۰. Study on the effects of foliar spray of micronutrient on yield and yield components of durum wheat. Archives of Applied Science Research, ۲ (۶):۱۶۸-۱۷۶.
 - Scott, N., and H, Chen. ۲۰۰۳. Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems, A Report Submitted to Cooperative State Research, Education, and Extension Service the USDA. National.
 - Shahrokhi, N., A, Khourgami., H, Nasrollahi., and A.H, Shirani-Rad. ۲۰۱۲. The Effect of Iron Sulfate Spraying on Yield and Some Qualitative Characteristics in Three Wheat Cultivars. Annals of Biological Research, ۳ (۱۱):۵۲۰۵-۵۲۱۰.
 - Zhu, H., J, Han., J.Q, Xiao., and Y, Jin. ۲۰۰۸. Uptake, translocation and accumulation of manufactured iron oxide nanoparticles by pumpkin plants. Journal of Environmental Monitoring, ۱۰: ۷۱۳-۷۱۷.

Effects of nano particle foliar application of iron nano on some morphophysiological traits of Wheat (*Triticum aestivum* L.), at Shahr- e Qods rejion

Abstract

This experiment was done to evaluate the effect of nano iron oxide on some morphophysiological traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) at Shahr-e Qods region in years of ۲۰۱۳ and ۲۰۱۴. Experimental design, was factorial in a randomized complete block with four replications. Treatments included, treatment of date of nano iron spraying in milky and pasty stage and another treatment was, concentrations of nano iron ۰, ۰,۰۱, ۰,۰۲, ۰,۰۳ and ۰,۰۴ percent. Traits that measured was ۱۰۰۰ grain weight, grain yield, gluten and amount of grain starch. The final results showed that, the effect of date of nano iron spraying, was significant only on the gluten, starch, ۱۰۰۰ grain weight, grain yield while, of nano iron concentrations treatment, was significant on gluten, starch, ۱۰۰۰ grain weight, grain yield. Interaction effect of date of spraying and concentrations of nano iron oxide, was not significant on all characteristics. Final results showed that at effect of stages, maximum amount of grain yield, ۱۰۰۰ grain weight, starch and gluten was obtained in milky stage. also results from spraying with concentrations of nano iron oxide showed that maximum amount of ۱۰۰۰ grain weight, grain yield and gluten of grain obtained in ۰/۰۴ percent. while most amount of starch obtained in ۰ concentraion.

Key words: Wheat (*Triticum aestivum* L.), grain yield, gluten, foliar application, iron nano oxide