نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۲۹ شماره ۴ / زمستان ۱۳۹۸

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد در سورگوم علوفه ای با استفاده از سولفات روی و کود نیتروژن

سیامک الیاس‌پور[۱*]، رئوف سیدشریفی[۲] ، علی شیرخانی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۷/۲

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات گیاهان زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی
* نویسنده مسئول: Email:siamak.eliaspour@gmail.com

چکیده

به‌منظور تاثیر مقادیر کود نیتروژن و سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم علوفه‌ای (رقم پگاه)، آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه جهاد کشاورزی شهرستان قصر شیرین استان کرمانشاه انجام شد. تیمارهای آزمایشی کود نیتروژن از منبع اوره در چهار سطح صفر، ۱۲۵، ۲۵۰و ۳۷۵ کیلوگرم در هکتار و سه سطح کود سولفات روی ($ZnSo_4$) شامل صفر، ٤٠ و ۸۰ کیلوگرم در هکتاربودند. نتایج نشان داد اثر کود نیتروژن و سولفات روی بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، غلظت عنصر مس، ارتفاع بوته و عملکرد علوفه خشک معنی دار بود. کود نیتروژن بر غلظت عناصر آهن، منیزیم و نیتروژن گیاه، تعداد پنجه و عملکرد علوفه تر تاثیر معنی‌داری داشت. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، به منظور افزایش عملکرد علوفه سورگوم در شرایط اقلیمی منطقه مورد بررسی، پیشنهاد می‌شود کود نیتروژن و روی بترتیب به میزان ۳۷۵ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار بکار گرفته شوند.

واژه های کلیدی: اجزای عملکرد، سورگوم، سولفات روی، عملکرد، کود نیتروژن

Evaluation of Yield and Yield Components of Forage Sorghum Using Zinc Sulfate and Nitrogen Fertilizer

Siamak Eliaspour[1*], Raouf Seyed Sharifi[2] . Ali Shirkhani[3]

Received: March 9, 2019 Accepted: September 24, 2019
1-PhD Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardebil, Iran.
2- Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardebil, Iran.
3-Crop Horticulture Research Department, Kermanshah Agricultural Resources Research and Education Center (AREEO), Iran.
*Corresponding Author Email: siamak.eliaspour@gmail.com

Abstract

In order to study of the effects of nitrogen and zinc sulfate fertilizer on yield and yield components of forage sorghum (var. Pegah), a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications on farm of agricultural jihad Qasr Shirin, Kermanshah Province. The treatments were included four levels of nitrogen fertilizer (0, 125, 250 and 375 $kg.ha^{-1}$) by urea and three levels of zinc sulfate (0, 40 and 80 $kg.ha^{-1}$). The results showed that the effect of nitrogen fertilizer and zinc sulfate was significant on the content of photosynthetic pigments, Cu concentration, plant height and dry forage yield. The effect of nitrogen fertilizer was significant on the concentration of Fe and Mg, nitrogen content of plant, the number of tiller and fresh forage yield. According to the results this study, it be suggested that nitrogen and zinc sulfate fertilizer be applied as 375 and 80 $kg.ha^{-1}$, respectively.

Keywords: Nitrogen Fertilizer, Sorghum, Yield, Yield Components, Zinc Sulphate

مقدمه

سورگوم (*Sorghum bicolor* L. Moench) یکی از مهمترین گیاهان علوفه‌ای خانواده غلات و بومی مناطق گرمسیری است ولی امروزه در سایه تلاش پژوهشگران به‌نژادی بسیاری از ارقام سورگوم با شرایط اقلیمی معتدله سازش یافته‌اند. سورگوم علوفه-ای، گیاهی علفی با ساقه‌های نازک است که علاوه بر مصرف سیلویی به صورت‌های دیگری از جمله چرای مستقیم و یا برداشت به صورت علوفه‌تر و یا خشک نیز موارد مصرف دارد. ارقام سورگوم با ظرفیت تولید بالا در شرایط آب و هوایی مناسب در ایران در ۳-۲ چین برداشت و در حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ تن در هکتار علوفه‌تر تولید می‌کنند که ۲۵-۲۰ درصد آن ماده خشک است. میزان پروتئین سورگوم علوفه‌ای بسته به ارقام مختلف متفاوت است و از ۹ تا ۱۸ درصد تغییر می‌کند (خزایی و فومن ۲۰۱۲؛ فائو ۲۰۰۹). ارقام سورگوم در مقایسه با سایر غلات برای رشد و نمو به آب کمتری نیاز دارند. بر اساس بررسی‌های انجام شده برای تولید یک کیلو ماده خشک به ۳۳۲ لیتر آب نیاز دارند. در صورتی که این نیاز آبی در ذرت ۳٦۸ لیتر، جو ٤۳٤، و گندم ٥۱٤ لیتر است (هاوس ۱۹۸۵). با توجه به برنامه ششم توسعه مبنی بر افزایش تولید مواد لبنی و پروتئینی، نقش گیاهان متحمل به کم‌آبی مانند سورگوم دانه‌ای در

شرایط کمبود منابع آبی در منطقه می‌تواند بسیار مهم و راه‌بردی باشد.

این گیاه برای رشد و نمو خود نیاز به نیتروژن کافی داشته و با افزایش میزان نیترژن، تعداد پنجه و عملکرد بیولوژیک آن افزایش می‌یابد (کسرایی و همکاران ۲۰۰۰). درصد نفوذ نور، نور فعال فتوسنتزی، کارایی استفاده از نور، تسهیم ماده خشک به اندام‌های زایشی، شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت رشد محصول تحت تاثیر میزان نیتروژن قرار می گیرند (کوسک و همکاران ۱۹۹۳). مطالعات یوهارت و آندرد (۱۹۹۵) نیز نشان دادند سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ تحت تاثیر نیتروژن قرار می‌گیرند به نحوی که با افزایش نیتروژن خاک، گسترش سطح برگ افزایش یافته و در نتیجه نفوذ نور به درون سایه انداز و کارایی مصرف نور زیاد می گردد که این عوامل موجب افزایش سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و دوام شاخص سطح برگ و در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود.

یکی دیگر از عوامل موثر در بهبود صفات کمی و کیفی گیاهان علوفه‌ای، کاربرد کودهای کم مصرف بخصوص روی می‌باشد (ایسکن و همکاران ۲۰۱۰). این کود یکی از عوامل موثر در توسعه سطح برگ هر بوته و به تبع آن توسعه سایه اندازگیاه است که با تاثیر براندازه و طول عمر هر برگ، موجب افزایش شاخص سطح برگ می شود (قربانلی ۲۰۰۵). روی در بیشتر موارد به صورت کاتیون دو ظرفیتی جذب می‌شود و در pH بالا احتمالاً به صورت کاتیون تک ظرفیتی نیز جذب میگردد (تدین و رئیسی ۲۰۰۸). روی یا به عنوان بخش فلزی آنزیم¬ها و یا به عنوان فعال کننده شماری از آنزیم ها از نظر نوع کار، ساختمان و یا تنظیم نقش آنها عمل می‌کند (مارشنر ۱۹۹۵). عنصر روی دست کم با چهار آنزیم گیاهی الکل دهیدروژناز، مس، روی سوپر اکسیددیسموتاز، کربنیک آنهیدراز RNA پلیمراز پیوند می‌یابد و درساختمان آنها شرکت دارد. پورفوبیلینوژن پیش ماده کلروفیل می‌باشد که برای تشکیل این ماده منیزیم (Mg) و روی مورد نیاز است (باله ۱۹۹۹) در صورت وجود روی نهایتاً تشکیل و تکمیل کلروفیل تسهیل می‌شود (لبره و همکاران، ۱۹۹۸). مصرف ۷۵ کیلوگرم روی در هکتار موجب افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل در گندم زمستانه بسته به شرایط محیطی می‌شود (زاو و همکاران ۲۰۰۵). همچنین، کمبود روی یکی از محدودکننده ترین عناصر غذایی برای تولید گیاهان زراعی بشمار می‌رود (داغان و همکاران ۲۰۱۳). .همچنین به عنوان فعال کننده آنزیم‌های مختلف در گیاه و سوبسترای رشد هورمون ایندول استیک اسید عمل می‌کند و سبب تولید ماده خشک زیادتر، و عملکرد بالا در بادام زمینی می‌شود (دیر و همکاران ۲۰۱۵).

این پروژه با هدف بررسی مقادیر مختلف کود نیتروژن و سولفات روی به منظور افزایش عملکرد علوفه و اجزای عملکرد سورگوم علوفه‌ای رقم پگاه در منطقه پر آب و گرمسیری قصر شیرین انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی جهاد کشاورزی شهرستان قصر شیرین استان کرمانشاه با متوسط بارندگی سالیانه ٤٥٠ میلی متر و آب و هوای گرمسیری، در ۲۸ فروردین سال ۱۳۹۶به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح نیتروژن از منبع کود اوره (صفر، ۱۲۵، ۲۵۰ و ۳۷۵ کیلوگرم در هکتار) و سه سطح عنصر روی از منبع سولفات روی ($ZnSo_4$) (صفر،٤٠ و ٨٠ کیلوگرم در هکتار) اجرا شد. بذر سورگوم علوفه‌ای رقم پگاه از جهاد کشاورزی استان کرمانشاه تهیه گردید و عملیات آماده سازی زمین شامل شخم بهاره، دیسک و تسطیح زمین و ایجاد شیارهای کاشت بود. نتایج خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک به صورت جدول زیر می‌باشد:

جدول۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش

بافت خاک	کربن آلی (٪)	Cu	Ca	Mn	Zn	Fe	K	P	N (٪)	pH	EC ($dS.m^{-1}$) هدایت الکتریکی
		($mg.kg^{-1}$)									
لومی رسی	۲	۰/۳۲	۲۳/۵	۱۲	۰/٦۲	۲/۱	٤۱۲	۱۲	۰/۰۹	۷/۵٦	۱/۷۲

هر کرت شامل ۵ خط به طول ٦ متر به فواصل ٦۰ سانتی‌متر بود و در مرحله ۷-۵ برگی با انجام تنک فاصله بوته‌ها بر روی ردیف‌ها ۱۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت (۲۸ فروردین سال ۱۳۹٦) و آبیاری‌های بعدی بر اساس عرف منطقه با توجه به شرایط اقلیمی هر ۱۰-۷ روز یک بار به صورت غرق آبی انجام شد. مقدار کود نیتروژن در سه قسمت (هنگام کاشت، مرحله قبل ساقه دهی، مرحله قبل از گلدهی) و کود سولفات روی در دو قسمت (یک دوم قبل از کاشت بصور مخلوط با خاک و یک دوم به‌صورت محلول‌پاشی هنگام ساقه‌دهی) استفاده گردید. وجین علف‌های هرز طی دو مرحله و به صورت دستی انجام و صفات ارتفاع بوته، ارتفاع پنجه و همچنین تعداد پنجه در بوته در اواخر رشد (قبل از برداشت نهایی بوته) از بوته‌های سه ردیف میانی به صورت تصادفی انجام شد. به علت شرایط منطقه مرحله برداشت محدود به چین اول بود و فقط یک چین در تاریخ ۱ مرداد ماه سال ۹٦ در مرحله تمام گل برداشت گردید. نمونه برداری برای تعیین عملکرد از ۷/۲ متر مربع از هر کرت صورت گرفت و در نهایت به تن در هکتار تبدیل شد.

برای تعیین کلروفیل برگ، ۰/۲۵ گرم برگ را خرد کرده و در یک هاون چینی به همراه پنج میلی لیتر آب مقطر، در یک محیط تاریک و خنک ساییده شد تا به صورت توده همگنی دراید. مخلوط حاصله در یک بالن ژوژه ۲۵ میلی لیتری ریخته و به حجم رسانیده شد. نیم میلی لیتر مخلوط بدست آمده را برداشته و با ٤/۵ میلی لیتر استون ۸۰ درصد مخلوط کرده و ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. پس از سانتریفیوژکردن محلول رویی را برداشته و با استفاده از اسپکتوفتومتر PD 303، میزان جذب آن در طول موج‌های٦٤۵، ٦٦۳ نانو متر قرائت گردید. محتوای کلروفیل a، b و کل با استفاده از روابط زیر محاسبه شد(گروس ۱۹۹۹).

$$Ca = 12.25A_{663} - 2.79A_{646} \qquad Ca + b = 7.15A_{663} - 18.71A_{646}$$

$$Cb = 21.50A_{646} - 5.10A_{663} \qquad Cx + c = 1000A_{470} - 1.82Ca - 85.02cb/_{198}$$

برای تعیین غلظت عناصر روی، مس، آهن و منیزیم در گیاه از روش دانگ و همکاران (۲۰۰٦) استفاده شد. ابتدا تمامی ظروف شیشه‌های مورد نیاز با اسید کلریدریک تجاری۰/۱ درصد شسته شدند. سپس، ۰/۵ گرم از ماده خشک گیاهی وزن و با دقت به لوله‌های هضم منتقل گردیدند. سپس ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ (٦۵ درصد) به هر لوله اضافه شد. پس از چیدن لوله ها درون حفره های اجاق هضم، روی لوله‌ها با

درپوش مخصوص آن‌گرفته شدند. در این گروه از لوله‌ها دو لوله بدون ماده خشک گیاهی و فقط دارای اسید نیتریک به عنوان نمونه های شاهد قرار داده شدند. نمونه ها تا روز بعد بدون اعمال هیچ دمایی رها شدند. در روز بعد نمونه ها به مدت سه ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شدند. بعد از سه ساعت، دما به تدریج تا ۱۱۰ درجه سانتی گراد افزایش داده شد و برای ٦ ساعت عمل هضم انجام شد. نشانه اتمام هضم، به دست آمدن مایع زلال زرد بود. سپس لوله‌ها از روی اجاق هضم برداشته شده، در جا لوله‌ای قرارگرفتند تا خنک شوند. پس از اینکه نمونه‌های برگ گیاهی بطور جداگانه به وسیله اسید نیتریک غلیظ هضم شدند، عصاره‌ی حاصله توسط کاغذ واتمن شماره ٤٢ صاف شد و توسط آب مقطر در بالن ژوژه‌ها به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید و سپس به فلاسک‌های حجمی۱۰۰میلی‌لیتری انتقال پیدا کرد. برای تعیین غلظت عناصر در نمونه‌های گیاهی دستگاه جذب اتمی (Shimadzu, AA6300, Japan) مورد استفاده شد. برای اندازه‌گیری مقدار نیتروژن از روش کجلدال (بردستریت ۱۹۵٤) استفاده گردید.

این پژوهش با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

پارامترهای رشدی

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد کاربرد سولفات روی و کود اوره بر ارتفاع پنجه و ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱٪ و بر عملکرد علوفه تر در سطح احتمال ٥ ٪ معنی‌دار بود. تیمار سولفات روی بر عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال ۱٪ و تیمار کود نیتروژن بر تعداد پنجه و عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال ۱ ٪ معنی‌دار بود.

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس تیمار سولفات روی و کود نیتروژن بر ارتفاع پنجه، تعداد پنجه، ارتفاع بوته، عملکرد علوفه تر و خشک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع پنجه	تعداد پنجه	ارتفاع بوته	عملکرد علوفه تر	عملکرد علوفه خشک
تکرار	۲	۹۹/٦۹٤**	٥/۳٦۱*	۹/۲٥ns	٤۱/۳٦۱**	۲/۰۰۳*
سولفات روی	۲	٥۳۰/۱۱۱**	۱/٤٤٤ns	٦۲۰/۳۳۳**	٤٦٥/۸٦۱**	۸٥/۰٤۸**
کود نیتروژن	۳	۳۰۳۳/٥۰۹**	۱۷/۸۱٥**	۸۹۱/۳۳۳**	٥۳٥/۸۰٦**	۷۰/۳۹٥**
کود نیتروژن × سولفات روی	٦	۱٦/۳۷**	۱/۰۳۷ns	۲۹٤**	۱۲/۰۸۳*	۱٤/۰۱۲ns
خطا	۲۲	۱٤/۳٦۱	۱/۳۹۱	۱٦/۳۱۱	٥/۲٤	۰/۳۷۸
ضریب تغییرات (٪)		۱۱	۱۷	۱٤/۲٥	۱٤/۱۲	۱۸

ns غیر معنی دار و ** معنی دار در سطح احتمال یک درصد و* معنی دار در سطح احتمال پنج درصد می باشد.

ارتفاع پنجه و بوته

با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول۳) بیشترین ارتفاع پنجه و بوته مربوط به کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ۳۷٥ کیلو گرم در هکتار کود نیتروژن بود. بهبود شرایط تغذیه‌ای می‌تواند موجب افزایش در میزان پارامترهای فتوسنتزی و ارتفاع بوته شود. کمبود عناصر ماکرو و میکرو موجب کاهش رشد و ارتفاع گیاه گردید(راویا و همکاران ۲۰۰٦). عناصری مثل روی که موجب تاثیر بر تولید هورمون‌هایی مثل اکسین می‌شود که یک هورمون رشد محسوب می‌شود

و می‌تواند بر رشد گیاه تاثیر بگذارد (راویا و همکاران ۲۰۰۶). روند افزایشی استفاده از کود نیتروژن و سولفات روی موجب افزایش در ارتفاع میگردد چون هردو عنصر از عناصری محسوب می‌شوند که برای رشد گیاه نیاز هستند. نتایج این آزمایش با نتایج ترابی نژاد و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت دارد. آنها گزارش کردند کود نیتروزن در افزایش ارتفاع گیاه نقش بسزایی دارد.

عملکرد علوفه خشک

مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که کاربرد سولفات روی۸۰ کیلوگرم در هکتار و کود نیتروژن ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد علوفه خشک بودند. کاربرد روی باعث افزایش معنی‌دار وزن تر و وزن خشک در گیاه چغندر لبویی گردید (روزی و همکاران۲۰۰۰). عالم و همکاران (۲۰۰۱) اثرات روی و فسفر بر میزان وضعیت رشد گیاه برنج را مورد بررسی قرار داده و دریافتند که استفاده از روی در غلظت پایین موجب افزایش طولی ریشه، ساقه و وزن تر و خشک در این اندامکها می شود. بیناباس و همکاران (۲۰۱۲) مقدار۱۴/۳ تن در هکتار عملکرد علوفه خشک با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آوردند. عملکرد علوفه خشک تحت تاثیر کوددهی قرار میگیرد و با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار میزان عملکرد علوفه خشک به میزان ۱۵/۶ تن در هکتار افزایش یافت (تورگر و دومن ۲۰۰۵). با توجه با بررسی منابع مشخص گردید که تاثیر متقابل سولفات روی و نیتروژن می‌تواند نقش بسزایی در افزایش عملکرد علوفه خشک گردند. نیتروژن و روی هر دو موجب افزایش رشد شده و در نتیجه موجب افزایش در ماده خشک می‌شوند.

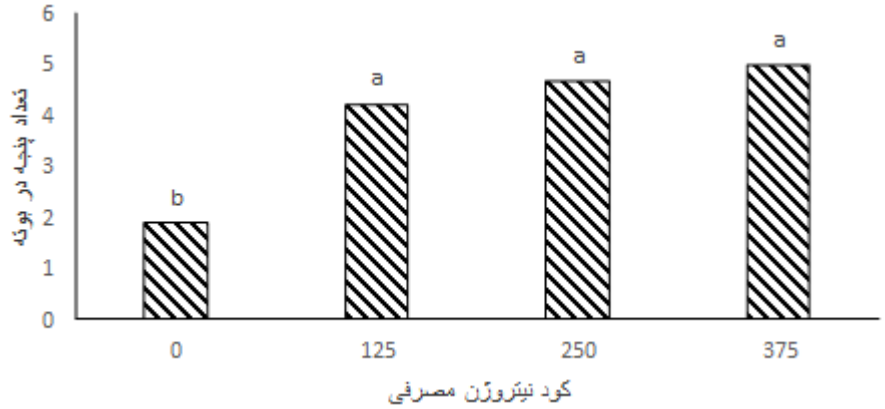
جدول۳- مقایسه میانگین تاثیر تیمار کود نیتروژن و سولفات روی بر ارتفاع پنجه، ارتفاع بوته و عملکرد علوفه خشک

تیمار		صفات		
سولفات روی ($kg.ha^{-1}$)	کود نیتروژن ($kg.ha^{-1}$)	ارتفاع پنجه (cm)	ارتفاع بوته (cm)	عملکرد علوفه خشک ($t.ha^{-1}$)
۰	۰	۱۳۰/۳۳ ± ۰/۸۸ h	۱۸۹ ± ۰/۵۷۷ f	۱۴/۲۸۷ ± ۰/۳۵۵ e
۴۰	۰	۱۳۱/۶۶ ± ۲/۰۲ h	۱۹۰/ ۶۶۷ ±۱/۷۶۳ ef	۲۰/۴۶ ± ۰/۳۵۷ d
۸۰	۰	۱۴۲ ± ۲/۰۸ g	۱۹۶ ±۱/۱۵۴ b	۲۲/۴۱۳ ± ۰/۲۰۳ c
۰	۱۲۵	۱۴۵ ± ۱/۵۲ fg	۱۹۴/۳۳۳ ± ۳/۳۳۳ cdef	۲۶/۸۳۸ ± ۰/۳۵۷ a
۴۰	۱۲۵	۱۵۰/۶۶ ± ۰/۶۶ ef	۱۹۲/۶۶۷ ± ۱/۷۶۳ cef	۲۲/۳۱۱ ± ۰/۴۹۰ c
۸۰	۱۲۵	۱۵۷/۶۶ ± ۱/۴۵۰ de	۱۹۷/۶۶۷± ۱/۲۰۱ cde	۲۵/۶۶۷ ± ۰/۶۶۳ a
۰	۲۵۰	۱۶۲/۶۶ ± ۱/۴۵ cd	۲۰۰/۳۳۳± ۳/۵۱۱ c	۲۵/۶۷۲ ± ۰/۲۷۳ a
۴۰	۲۵۰	۱۶۹ ± ۳/۷۸ bc	۲۱۲± ۰/۶۶۶ b	۲۶/۳۳۳ ± ۰/۳۶۶ a
۸۰	۲۵۰	۱۷۱/۳۳ ± ۱/۴۵ b	۱۹۵± ۴/۱۷۶ cdef	۲۳/۷۵۲ ± ۰/۳۸۱ b
۰	۳۷۵	۱۷۲/۶۶ ± ۴/۸۰b	۱۹۸/ ۶۶۷ ±۲/۳۳۳ cd	۲۶/۶۷۲ ± ۰/۴۱ a
۴۰	۳۷۵	۱۷۵ ± ۲/۸۸ b	۱۹۶/۳۳۳± ۱/۱۵۴ cdef	۲۶/۷۵ ± ۰/۳۳۳ a
۸۰	۳۷۵	۱۸۳/۶۶ ± ۴/۶۶ a	۲۳۷/۳۳۳± ۲/۳۳۳ a	۲۷ ± ۰/۵۷۷ a

تعداد پنجه

مقایسه میانگین‌ها (شکل ۱) نشان داد که کاربرد کود نیتروژن در سطوح ۱۲۵، ۲۵۰ و ۳۷۵ کیلو گرم در هکتار موجب افزایش در تعداد پنجه در گیاه سورگوم شد ولی چون این تیمارها با هم دیگر اختلاف معنی-داری نداشتند، اما با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری

نشان داد، از این روی کمترین سطح مصرف کود نیتروژن یا تیمار مصرف ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار به عنوان تیمار تاثیر گذار انتخاب شد. ین کارا و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند تعداد پنجه و تعداد برگ به شدت تحت تاثیر کود نیتروژن قرار می‌گیرد به طوری‌که کاربرد کود نیتروژن موجب افزایش در تعداد پنجه در بوته شد.



شکل ۱- تاثیر کود نیتروژن بر تعداد پنجه در گیاه سورگوم علوفه‌ای

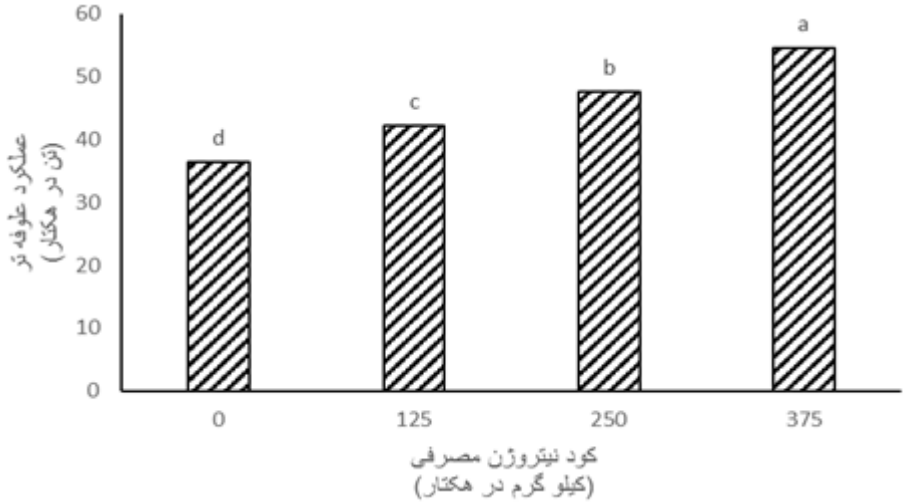
عملکرد علوفه تر

عملکرد علوفه تر در مقایسه میانگین (شکل ۲) بیانگر این بود که با افزایش سطوح کود نیتروژن در تیمار ۳۷۵ کیلو گرم بیشترین عملکرد علوفه تر حاصل شد. نتایج بررسی بیناباس و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین میزان عملکرد علوفه تر را معادل ٤٥/٥ تن در هکتار داشته است. نتایج قربانلی (۲۰۰۵) نشان داد که سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین میزان عملکرد علوفه تر به میزان ۵۰/۲ تن در هکتار بوده است. عبدالجلال و همکاران (۲۰۰۷) میزان ۷۰ تن در هکتار علوفه تر را با مصرف ۵۵۰ کیلو گرم در هکتار نیتروژن اعلام کرد. عناصری مانند نیتروژن که از عناصر ضروری برای رشد به حساب می‌آیند، با جذب بیشتر در گیاه موجب افزایش رشد شده و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد.

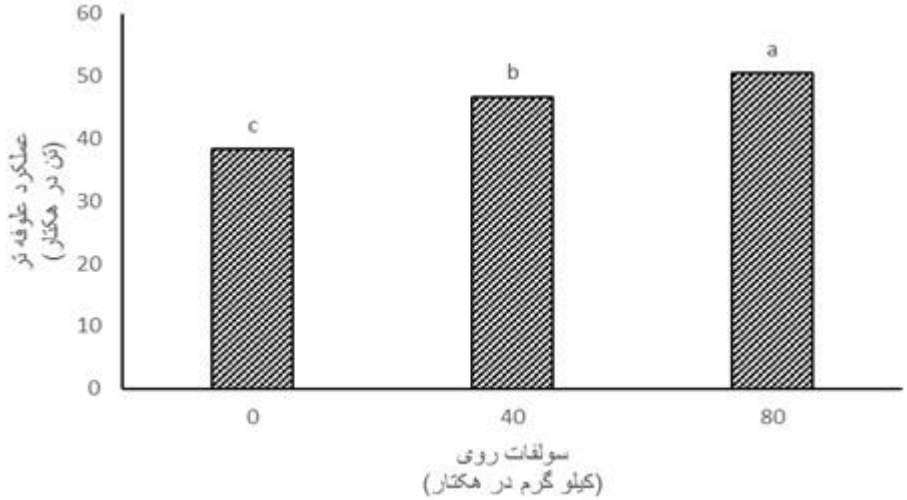
با توجه به شکل مقایسه میانگین (شکل ۳) چنین برداشت شد تیمار سولفات روی ۸۰ کیلوگرم در هکتار بر عملکرد علوفه تر اثر معنی‌داری داشت و موجب افزایش در میزان عملکرد علوفه تر نسبت به غلظت‌های پایین سولفات روی گردید. بررسی‌های پاداش و همکاران(۲۰۱٦) نشان داد که کاربرد سولفات روی در نسبت‌های مناسب موجب افزایش در میزان وزن تر و خشک می‌گردد. عنصر روی به‌عنوان کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌های رشدی و فتوسنتزی محسوب می‌شود (مارچنر و کاکماک ۱۹۸۹). با توجه به تحقیقات گذشته و نتایج حاصل از این آزمایش احتمال می‌رود که جذب بیشتر عنصر روی در نسبت‌های مناسب موجب افزایش رشد و عملکرد تر شده است.

پارامترهای فتوسنتزی

تجزیه واریانس تیمار سولفات روی و کود نیتروژن بر غلظت کلروفیلa، b، کلروفیل کل و کارتنویید در گیاه سورگوم علوفه‌ای نشان داد که اثر متقابل سولفات روی و کود نیتروژن بر غلظت کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنویید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.



شکل ۲- تاثیر کود نیتروژن بر عملکرد علوفه تر در گیاه سورگوم علوفه‌ای



شکل ۳- تاثیر سولفات روی بر عملکرد علوفه تر در گیاه سورگوم علوفه‌ای

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس تیمار سولفات روی و کود نیتروژن بر غلظت کلروفیلa، b، کل و کاتنویید

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		کلروفیلa	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنویید
تکرار	۲	۰/٤۹۹**	۰/۰۸۳**	۱/۲۰۲**	۰/۰۹۳**
سولفات روی	۲	۲/٤۲۷**	۰/٤۱٥**	٥/۷٦٦**	۰/۸۲٤**
کود نیتروژن	۳	۲/۷۳٤**	۰/٤۷۲**	٦/۳۹۸**	۰/۸۲۸**
کود نیتروژن × سولفات روی	٦	۰/۱٤٤**	۰/۰۲۷**	۰/۳۹۲**	۰/۰۷٤**
خطا	۲۲	۰/۰۰٦	۰/۰۰۱**	۰/۰۲۱	۰/۰۰۷
ضریب تغییرات (٪)		۸/۷	٤/۳	٥	۸/٤٥

ns غیر معنی دار و ** معنی دار در سطح احتمال یک درصد و* معنی دار در سطح احتمال پنج درصد می باشد.

مقایسه میانگین تیمار سولفات روی و کود نیتروژن بر پارامترهای فتوسنتزی نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل کل و کارتنویید مربوط به تیمار سولفات روی ۸۰ کیلو گرم در هکتار و کود نیتروژن ۳۷۵ کیلوگرم در هکتار بود. زارع ده آبادی و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهش‌های خود گزارش کرده‌اند غلظت‌های ۵ و ۱۰میکرومولار روی موجب افزایش مختصری در میزان کلروفیل می‌شود(زارع و همکاران ۲۰۰۷). این افزایش می‌تواند حاکی از نقش عملکردی این فلز در فعالسازی پروتئین سنتتازهای مسیر بیوسنتز کلروفیل و نیز برخی از آنزیم‌های آنتی اکسیدان مانند آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در مسیر حفاظت از تخریب کلروفیل توسط رادیکالهای فعال اکسیژن باشد. برخی مطالعات نیز چنین پیشنهاد کرداند که، فلز روی در راه اندازی برخی از آنزیم‌های مسیر بیوسنتز کلروفیل نقش اساسی دارد (بالستراس ۲۰۰۱). نیتروژن در ترکیب شمار زیادی از آنزیم‌های فتوسنتزی نقش دارد (فاقریا و همکاران۲۰۱۰) و در شرایط کمبود نیتروژن غشا تخریب می‌گردد و منجر به از دست رفتن کلروفیل و زردی میگردد (بورکر و پیلبم ۲۰۰۷) همچنین نیتروژن در ترکیب پروتئین‌های همراه کلروفیل وجود دارد که نقش اساسی در محافظت و حفظ کارکرد صحیح کلروفیل دارند (مارچنر ۱۹۹۵). همه موارد ذکر شده باعث می‌شوند با افزایش سولفات روی و نیتروژن مصرفی هم ازتخریب کلروفیل کاسته شود و هم موجب افزایش غلظت آن شود.

جدول ۵- مقایسه میانگین تاثیر تیمار کود نیتروژن و سولفات روی بر کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنویید

تیمار		صفات			
سولفات روی ($kg.ha^{-1}$)	کود نیتروژن ($kg.ha^{-1}$)	کلروفیل a ($mg.g\ FW^{-1}$)	کلروفیلb ($mg.g\ FW^{-1}$)	کلروفیل کل ($mg.g\ FW^{-1}$)	کارتنویید ($mg.g\ FW^{-1}$)
۰	۰	۰/۸٤٥ ± ۰/۰٤۳ f	۰/٤۷٥ ± ۰/۰۱۸ f	۱/٤۳۰ ± ۰/۰٦۱g	۰/٤۳۰ ± ۰/٤۷۷g
٤۰	۰	۱/۰۹۷ ± ۰/۱۰٤ef	۰/۵۸۱۰۹۷ ± ۰/۰٤٤ef	۱/٦۷۷ ± ۰/۱٤۸fg	۰/٦۷۷ ± ۰/۵۵۹fg
۸۰	۰	۱/۵٦۷ ± ۰/۱۱۵cd	۰/۷۸۲ ± ۰/۰۵۰cd	۲/۳٤۹ ± ۰/۱٦۵de	۰/۳٤۹ ± ۰/۷۸۳de
۰	۱۲۵	۱/۵٦۷ ± ۰/۰٦۰cd	۰/۷۸۲ ± ۰/۰۲٦cd	۲/۳٤۹ ± ۰/۰۸٦de	۰/۳٤۹ ± ۰/۷۸۳de
٤۰	۱۲۵	۱/۱۵ ± ۰/۰۸۸def	۰/٦۰٤± ۰/۰۳۷ef	۱/۷۵٤ ± ۰/۱۲٦efg	۰/۵۸۵ ± ۰/۰٤۲efg
۸۰	۱۲۵	۱/۳۳۳ ± ۰/۱٤۵cdef	۰/٦۸۲ ± ۰/۰٦۲ef	۲/۰۱٦ ± ۰/۲۰۷defg	۰/٦۷۲ ± ۰/۰۷۰defg
۰	۲۵۰	۲/۱ ± ۰/۱٤۵b	۱/۰۱۱ ± ۰/۰٦۲b	۳/۱۱۱ ± ۰/۲۰۷c	۱/۰۳۷ ± ۰/۰۷c
٤۰	۲۵۰	۲/۵۳۳ ± ۰/۱۱۵a	۱/۱۹۷ ± ۰/۰٤۹b	۳/۷۳۱ ± ۰/۱٦۵b	۱/۲٤٤ ± ۰/۰۸b
۸۰	۲۵۰	۱/٤ ± ۰/۱۷۳cde	۰/۷۱۱ ± ۰/۰۷٤cd	۲/۱۱۱ ± ۰ /۲٤۷def	۰/۷٤۲ ± ۰/ ۰۹٦defg
۰	۳۷۵	۱/۷٦۷ ± ۰/۱٤۵bc	۰/۸٦۸ ± ۰/۰٦۲c	۲/٦۳۵ ± ۰/۲۰۷cd	۰/۸۸۷ ± ۰/۰۹٦cd
٤۰	۳۷۵	۲/۸ ± ۰/۱٤۵a	۱/۳۱۲ ± ۰/۰٦۲a	٤/۱۱۲ ± ۰/۲۰۷b	۱/۳۲ ± ۰/۰۹٦b
۸۰	۳۷۵	۲/۹۵۲ ± ۰/۲٦a	۱/٤۳٤ ± ۰/۱۱۱a	٤/٤۹۳ ± ۰/۳۷۲a	۱/۷٤٤ ± ۰/۱۱۵a

عناصر

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ٦) نشان داد اثر متقابل تیمار سولفات روی و کود نیتروژن بر غلظت عنصر مس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تیمار سولفات روی بر غلظت عناصر روی و آهن و تیمار کود نیتروژن بر غلظت عنصر منیزیم و درصد نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند.

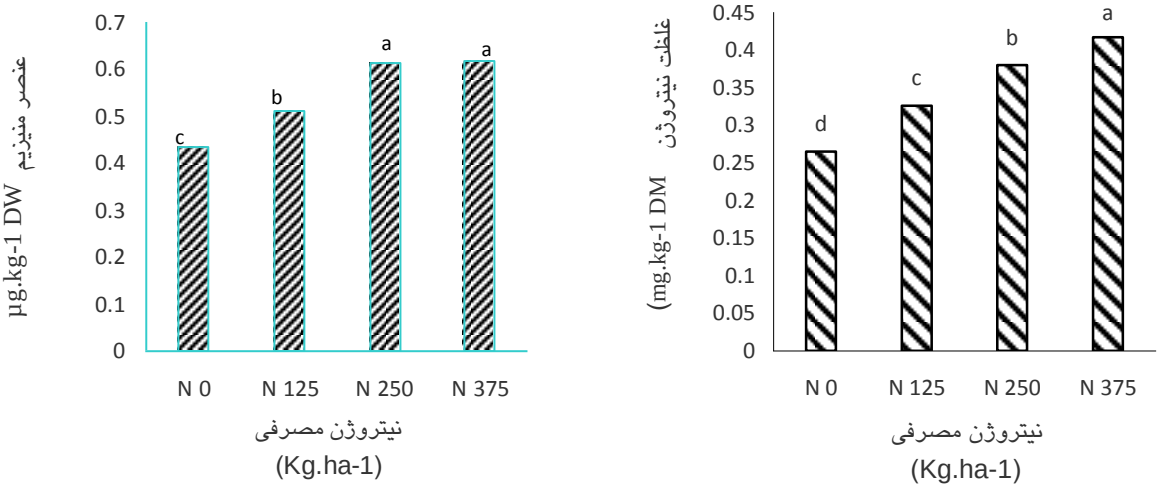
جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس تیمار سولفات روی و کود نیتروژن بر غلظت عناصر روی، مس، منیزیم، آهن و درصد نیتروژن

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		روی	مس	منیزیم	آهن	نیتروژن
تکرار	۲	۸۸/۵۳۷^{ns}	۶۸/۲۵**	۰/۰۱۱**	۱۲۲۵/۰۸۳*	۰/۰۰۱^{ns}
سولفات روی	۲	۳۴۴۳/۲۶**	۱۵۳۰/۰۸۳**	۰/۰۰۲^{ns}	۲۱۵۵۸/۲۵**	۰/۰۲۱^{ns}
کود نیتروژن	۳	۸۲۷/۰۲^{ns}	۱۱۲۸/۶۹۴**	۰/۰۷۲**	۵۹۸/۸۵۲^{ns}	۰/۰۳۹**
کود نیتروژن × سولفات روی	۶	۳۶۲/۱۵۸^{ns}	۱۴۳/۴۱۷**	۰/۰۰۴^{ns}	۳۰۳/۳۲۴^{ns}	۰/۰۳۲^{ns}
خطا	۲۲	۶۶۱/۵۲۱	۱/۳۴۱	۰/۰۰۵	۳۴۸/۹۰۲	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (٪)		۱۴	۱۹	۲۱	۱۰/۲۱	۱۶

ns غیر معنی دار و ** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

نیتروژن و منیزیم

باتوجه به مقایسه میانگین (شکل۶)، کاربرد نیتروژن ۳۷۵ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش درصد نیتروژن گیاه سورگوم علوفه‌ای گردید. با افزایش سطوح کود نیتروژن جذب این عنصر هم بیشتر شده است. مشابه نتایج این آزمایش، علیزاده (۲۰۱۰) در آزمایشی بر روی گیاه ذرت بیان کرد با افزایش مصرف کود نیتروژن، میزان جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منگنز در گیاه افزایش و جذب آهن کاهش یافت. استال و همکاران (۱۹۹۱) اعلام کردند یکی از اثرات مثبت استفاده از کود-NPK، افزایش جذب کاتیون‌ها است. بنابراین جذب نیتروژن توسط گیاه یک افزایش نسبی در جذب سایر عناصر غذایی نیز به وجود میاورد.



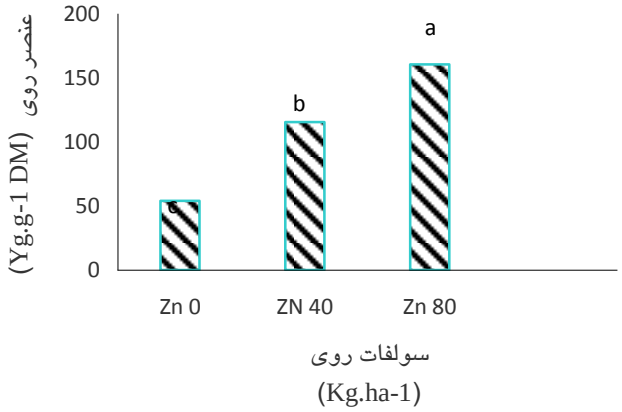
شکل ۶- تاثیر کود نیتروژن بر درصد نیتروژن و منیزیم گیاه سورگوم علوفه‌ای

بررسی مقایسه میانگین (شکل ۷) تیمار اثر اصلی کود نیتروژن بر غلظت عنصر منیزیم نشان داد با افزایش سطوح نیتروژن میزان جذب این عنصر نیز افزایش یافته است. هر چند در تیمار نیتروژن ۳۷۵ و ۲۵۰ دارای بیشترین جذب عنصر منیزیم صورت گرفته است ولی این دوتیمار با یکدیگراثر اختلاف معنی‌داری

نداشتند. بخاطر همین تیمار ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به عنوان تیمار برتر معرفی گردید. منیزیم هم از آن دسته عناصری محسوب می‌شود که با عنصر نیتروژن اثر سینرزیسم دارد یعنی هرچقدر نیتروژن بیشتر جذب شود موجب افزایش در جذب نیتروژن خواهد شد. افزایش غلظت منیزیم در کلم بروکلی با افزایش مصرف نیتروژن، توسط کاستلوناس و همکاران (۱۹۹۹) نیز گزارش شده است. غلظت منیزیم در کلم سفید و کلم بروکلی کمتر از غلظت این عنصر در گیا هان دیگر و در حدود ۲۱۱ تا ۷۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک است.

عنصر روی و آهن

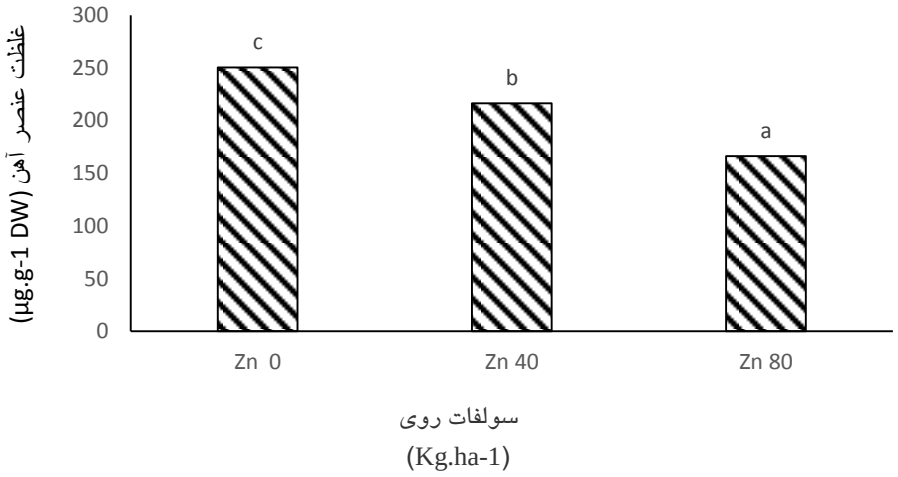
با توجه به مقایسه میانگین (شکل ٤) تیمار سولفات روی بر غلظت عنصر روی معلوم شد که با افزایش مقدار سولفات روی میزان جذب عنصر روی هم افزایش یافته است به طوری‌که بیشترین غلظت نیتروژن در گیاه مربوط به گیاهان تیمار شده با سولفات روی ۸۰ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج این ازمایش با نتایج پاداش و همکاران (۲۰۱٦) مطابقت دارد. به طوری که با افزایش غلظت سولفات روی تا حد معین میزان جذب این عنصر نیز افزایش یافت. با استفاده از برنامه‌ی صحیح استفاده از روی، می‌توان غلظت این عنصر را در بخش‌های مختلف گیاه مانند برگ و دانه غنی‌سازی کرد (شارما و همکاران ۲۰۱۳). واتسو همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که استفاده از عنصر روی، غلظت روی موجود در برگ و میوه گیاه گوجه فرنگی را نسبت به عدم استفاده از روی افزایش داد.



شکل ۴- تاثیر سولفات روی بر غلظت عنصر روی در گیاه سورگوم علوفه‌ای

عنصر آهن

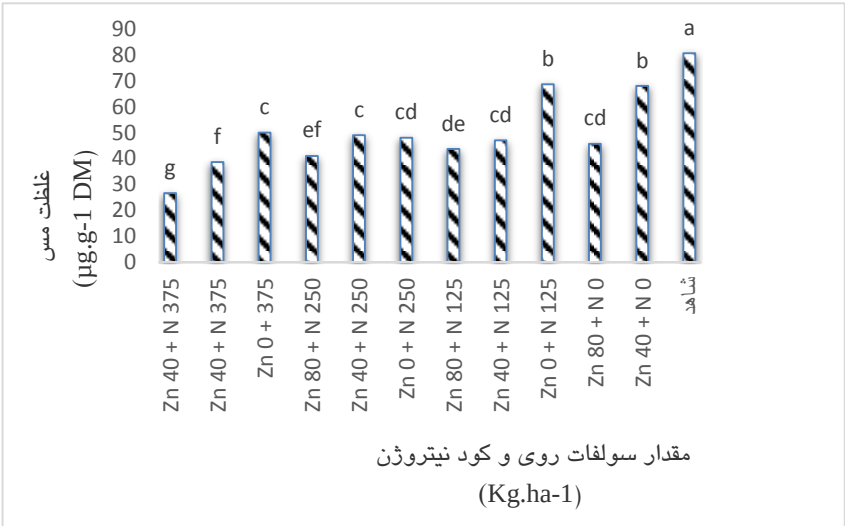
مقایسه میانگین (شکل ٥) اثر اصلی تیمار سولفات روی بر غلظت عنصر آهن در گیاه سورگوم نشان داد که با افزایش مقدار سولفات روی میزان جذب عنصر آهن توسط گیاه سورگوم کاهش یافته است. به طوریکه بیشترین غلظت عنصر آهن مربوط به تیمار عدم کاربرد سولفات روی بود. احتمالا به دلیل اثر انتاگونیسمی عنصر روی با عنصر آهن این کاهش صورت گرفته است. نتایج این آزمایش با نتایج بدست آمده با نتایج کاکماک و همکاران (۱۹۹٦) مطابقت دارد. آنها طی تحقیق بر روی ۱۰ ژنوتیپ گندم گزارش کردند غلظت آهن برگ در شرایط کمبود روی در اوایل ازمایش در مقایسه با شرایط بهینه از نظر مقدار این عنصر، حدوداً دوبرابر و با اعمال شدید کمبود روی چهار برابر شد. رحیمی و بوسلر (۱۹۷۹) طی تحقیق برروی ۹ گونه‌ی گیاهی و تغذیه آنها با محلول غذایی به این نتیجه رسیدند که در شرایط کمبود روی، تجمع آهن در برگ گیاهان افزایش می‌یابد.



شکل ۵- تاثیر سولفات روی بر غلظت عنصرآهن در گیاه سورگوم علوفه‌ای

مس

مقایسه میانگین تیمار سولفات روی و کود نیتروژن بر غلظت عنصر مس نشان داد بیشترین غلظت عنصر مس مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۸). این کاهش در عنصر روی احتمالا به دلیل درصد بالای نیتروژن مصرفی و سولفات روی بود. تحقیقات گذشته نشان داد که با افزایش نیتروژن مصرفی جذب عنصر مس در گیاه کلم بروکلی کاهش یافت. استفاده از غلظت‌های بالای نیتروژن موجب کاهش مس موجود در اندام هوایی نسبت به گیاهان با درصد نیتروژن پایین بود (مهاله و رشید، ۲۰۰۸). رابطه آنتاگونیسمی بین عناصر بسیار مشهود است. بین عنصر روی و مس با نیتروژن با مس این رابطه وجود دارد.



نمودار ۸- ترکیبات تیماری سولفات روی و کود نیتروژن بر غلظت عنصر مس در گیاه سورگوم

نتیجه گیری کلی

استفاده ترکیبی از کود شیمیایی نیتروژن و سولفات روی در گیاهان علوفه‌ای بسیار کارامد بوده و عناصری مانند روی که کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌های موثر در رشد و فتوسنتزبه حسلب می‌آید در افزایش عملکرد علوفه تر و خشک موثر می‌باشد. استفاده از نیتروژن که امروزه برای پرورش دام مورد استفاده قرار می‌گیرد در گیاهانی که بصورت علوفه ای مصرف می‌شوند و برای خوراک دام مورد استفاده قرار می‌گیرند کارامد است. استفاده از نیتروژن در مراحل اولیه رشد گیاه بسیار موثر می‌باشد و موجب رشد سریع گیاه می‌شود.

منابع مورد استفاده

Abdul-Jaleel C, Manivannan P, Sankar B, Kishorekumar A, Gopi R and Panneerselvam R. 2007. *Pseudomonas fluoresense* enhances biomass yield and ajmalicine production in Catharanthus roseus under water deficit stress. Colloids and Surface B: Biointerfaces, 60: 7-11.

Alam SM, Khan MA, AN M, & Ansah R. 2001. Effect of Different Levels of *Zinc* and Phosphorus on Seedling Growth, Chlorophyll and Peroxidase Contents of Rice. On Line Journal of Biological Sciences, 1(2), 49-51.

Alizadeh O. 2010. Evaluation effect of water stress and nitrogen rate of absorption some macro and micro elements in corn mycorrhizal and non-mycorrhizal. Advances in Natural and Applied Sciences, 4(2): 153-158.

Balestrasse K, Gardey B, Gallego SM and Tomaro ML, 2001. Response of antioxidant defence system in soybean nodules and roots subjected to cadmium stress. Australian Journal of Plant Physiology, 28: 497-504.

Bradstreet RB.1954. Kjeldahl method for organic nitrogen. Analytical Chemistry, *26*(1), 185-187.

Baniabbass Z, Zamani G and Sayyari M.2012. Effect of drought stress and zinc sulfate on the yield and some physiological characteristics of sunflower (*Helianthus. annuus* L.). Environmental Biology, 6: 518-525

Barker AV, and Pilbeam DJ. 2007. Handbook of plant nutrition. CRC press, Boca Raton, USA.

Beale SI. 1999. Enzymes of chlorophyll biosynthesis. Photosynthesis Research, 60:43-73.

Castellanos JZ, Lazcano A, Sosa Baldibia V, Badillo and Villalobos S. 1999. Nitrogen Fertilization and Plant Nutrient Status Monitoring – the Basis for High Yields and Quality of Broccoli in Potassium Rich Vertisols of Central Mexico. Better Crops International,13(2): 25-27.

Cirilo AG, and Andrade FH. 1994b. Sowing date and maize productivity. II. Kernel number determination. Crop Science, 34: 1044-1046.

Cox WJ, Skalonge DJR, Cherney and Reid WS. 1993. Growth, yield, and quality of forage maize underdifferent nitrogen management practices. Agronomy Journal. 85: 341-347

Daghan H, Uygur V, Koleli N, Arslan M and Eren A. 2013. The effect of heavy metal treatments on uptake of nitrogen, phosphorus and potassium in transgenic and non-transgenic tobacco plants. Journal of Agricultural Science, 19(2): 129-139.

Der HN, Vaghasia PM and Verma HP. 2015. Effect of foliar application of potash and Micronutrients on growth and yield attributes of groundnut. Journal of Agricultural Research, 36(3): 275-278.

Dong J, Wu F and Zhang G. 2006. Influence of cadmium on antioxidant capacity and four microelement concentrations in tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum*). Chemosphere, 64(10):1659-1666.

Fageria NK, Morais OP, and Santos AB. 2010. Nitrogen use efficiency in upland rice genotypes. Journal of Plant Nutrition, 33: 1696-1711.

Esitken A, Yildiz HE, Ercisli S, Figen Donmez M, Turan M and Gunes A. 2010. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry. Scientia Horticulture, 124: 62–66.

Ghorbanli M. 2005. MineralNutritionof Plants. Tarbiat Modarres University Press. 235pp. (In Persian).

Gross J.1999. Pigment in vegetables. Van Nostrand Reinhold, New York. 351 p

House LR. 1985. A guide to sorghum Breeding. ICRISAT. Patancheru P O and Hra oradesh, 344-502, India.

Kasraei P, Nour Mohamadi Gh, Shahmoradi Sj, and Forman Ojrilo A. 2000.Evaluation of seed vigour of seven forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) lines. P. 225-226.Proceeding of 6th Iranian Congerss of Crop Production and Plant Breeding. Babolsar University of Mazandaran.

Khalili Mahaleh J, Rashdi M. 2008. Effect of foliar application of micro nutrient on quantitative and qualitative characteristics of 704 silage corn in Khoy. Seed and Plant, 4(2): 281-292.

Khazaee A and Fouman A. 2012. Evaluation of Drought tolerance in Advanced Grain Sorghum cultivars and lines under low irrigation stress conditions. Journal of Crop Products, 5 (3): 63-79.

Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants.2nd ed., Academic Press. Harcourt Brace Company, Pub. Co., New York.889 p.

Marschner H and Cakmak I. 1989. High light intensity enhances chlorosis and necrosis in leaves of zinc-, potassium- and magnesium-deficient bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. Journal of Plant Physiology. 134:308-319.

Rahimi A, & Bussler W. 1979. Die Entwicklung und der Zn−, Fe− und P-Gehalt höherer Pflanzen in Abhängigkeit vom Zinkangebot. Zeitschrift für Pflanzenphysiologie, 142(1), 15-27.

Rengel Z. 1995. Carbonic anhydrase activity in leaves of wheat genotypes differing in zinc deficiency. Journal of Plant Physiology, 147:251-256.

Ruiz JM, Baghour M, and Romers L. 2000. Efficiency of the different genotypes of tomato in relation to foliar content of Fe and the response of some bioindicators. Plant Nutrition, 23: 1777-1786.

Sharma A, Patni B, Shankhdhar D, Shankhdhar SC. 2013. Zinc – An Indispensable nutrient. Physiology and Molecular Biology of Plants, 19(1):11–20

Sharma PN, Kumar N, and Bisht SS. 1994. Effect of zinc deficiency on chlorophyll content, photosynthesis and water relations of cauliflower plants. Photosynthetic, 30:353-359.

Staal M, Maathuis, FGM, Elzenga, JTM, Overbeek JHM and Prins HBA. 1991. Na+/K+ antiport activity and tonoplast vesicles from roots of the salt tolerant *Plantago maritima* and the salt sensitive *Plantago madia*. Physiologia Plantarum. 82:179-184.

Tadayyon A, Raiesi F. 2008. The response of various ecotypes of common sainfoin (*Onobrychis viciifolia* L.) to the foliar application of nitrogen, iron and zinc in a cold climate of Chaharmahal va Bakhtyari province. Iranian Journal Agriculture, 6(1) pp: 41-48

Turget J and Dumen E. 2005. Production of sweet sorghum increase with increased plant densities and nitrogen fertilizer level. Plant Science: 236-240.

Uhart SA, and Andrade FH. 1995. Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development. Dry matter partitioning, and kernel set. Crop Science, 35: 1376-1383.

White PJ, Broadky MR. 2005. Biofortifying crops with essential mineral elements. Trends Plant Science. 10: 586–593.

Zare DS, Asrar Z, & Mehrabani M. 2007. Effect of Zinc on growth and some physiological and biochemical parameters of spearmint *(Mentha spicata L.*). Iranian Journal of Biology. 20(3): 230 – 241.