



## اثر مقادیر مختلف سلنیم و گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم بهاره

اولدوز بخشی‌راد<sup>۱</sup>، محمد معز اردلان<sup>۲</sup> و عادل ریحانی‌تبار<sup>۳</sup>

### چکیده

سلنیم عنصری ضروری برای سلامت انسان و دام با خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی می‌باشد. اگرچه سلنیم هنوز به‌عنوان عنصری ضروری در گیاهان عالی به‌شمار نمی‌رود، ولی گزارش‌های متعددی در ارتباط با اثرات مثبت آن در افزایش رشد گیاه وجود دارد. به‌منظور ارزیابی اثر سلنیم و گوگرد بر رشد و عملکرد سه رقم گندم بهاره آزمایشی در گلخانه‌ی ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز در سال ۱۳۸۸ به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سه رقم گندم (کرج، پیشتاز و سپاهان)، پنج سطح سلنیم (۰، ۰/۲، ۰/۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) که به‌صورت سلنات سدیم استفاده گردید و چهار سطح گوگرد (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) که به‌صورت گوگرد عنصری مصرف گردید. نتایج نشان داد استفاده از سلنیم در سطوح ۰/۲ و ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم، باعث افزایش رشد و عملکرد هر سه رقم می‌گردد، در صورتی که استفاده از ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم در شرایط نبود گوگرد باعث بروز علائم سمیت به‌صورت لکه‌های سفید در حاشیه‌ی برگ‌ها گردید که این علائم در تیمارهایی با مقدار ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گوگرد کاهش و با مقدار گوگرد ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فاقد علائم سمیت بودند، که این امر نشان‌دهنده‌ی اثر مثبت مقادیر کم سلنیم در افزایش رشد و عملکرد گیاه و اثر متقابل معنی‌دار سلنیم و گوگرد در کاهش اثرات سمیت سلنیم در گیاه می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** سلنیم، گوگرد، گندم بهاره، رشد، عملکرد.

1- ouldouz@gmail.com

تاریخ دریافت: ۸۹/۱/۱۸

تاریخ پذیرش: ۸۹/۸/۶

۱- فرهیخته‌ی کارشناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج (نگارنده‌ی مسئول)

۲- استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۳- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

## مقدمه

یکی از اهداف مهم توسعه‌ی پایدار در کشور، ارتقای سطح سلامت جامعه و تحقق شعار پیش‌گیری بهتر از درمان است. توجه به غنی‌سازی مواد غذایی (تأمین عناصر معدنی ضروری برای سلول‌های بدن انسان) و کنترل غلظت آلاینده‌ها در محصولات کشاورزی از جمله راه‌های تحقق این امر مهم است (Malakooti and Tehrani, 2005).

گندم مهم‌ترین محصولی است که بیشترین سطح زیر کشت و بالاترین میزان تولید را در بین گیاهان مختلف زراعی دنیا دارا می‌باشد. گندم اولین و مهم‌ترین گیاه زراعی تأمین‌کننده‌ی نیازهای غذایی بشر است، افزایش جمعیت کره‌ی زمین نیاز به محصول استراتژیک گندم را بالا برده و اهمیت تولید این محصول را دوچندان می‌کند. به همین دلیل تمام کشورهای جهان به دنبال سیاست‌گذاری‌هایی هستند که نسبت به واردات این محصول بی‌نیاز شده و در تولید بهینه‌ی این محصول به خودکفایی برسند. در ایران گندم و نان حاصل از آن مهم‌ترین منبع غذایی محسوب شده و قسمت عمده‌ی کالری و پروتئین مورد نیاز جمعیت کشور از این طریق به دست می‌آید، لذا یافتن روش‌های مناسب جهت افزایش راندمان تولید و جلوگیری از عوامل مختل‌کننده‌ی رشد و عملکرد مناسب این محصول بسیار حیاتی می‌باشد (Malakooti and Tehrani, 2005).

سلنیم یک عنصر ریز مغذی با خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد سرطانی و آنتی‌ویروسی است که برای سلامت انسان و حیوانات ضروری می‌باشد (Lyons *et al*, 2003)، ولی برای گیاهان عالی ضروری شناخته نشده است، با این حال تحقیقات نشان داده‌اند که افزودن کودهای سلنیم‌دار به خاک باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌گردد (Hawkesford *et al*, 2007). در سال‌های اخیر نشان داده شده است که

سلنیم موجب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در برخی گیاهان شده و مقاومت گیاه را در برابر تنش‌های محیطی افزایش می‌دهد (Hanson *et al*, 2008; Lyons *et al*, 2004). مقدار کل سلنیم در اغلب خاک‌ها بین ۰/۱ تا ۲ و به طور متوسط ۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (Jakson *et al*, 2004; Mackowiaka *et al*, 2008). سلنیم در خاک به شکل‌های سلنیم عنصری (Se)، سلنید ( $Se^{-2}$ )، سلنیت ( $SeO_3^{-2}$ )، سلنات ( $SeO_4^{-2}$ ) و سلنیم آلی وجود دارد. پتانسیل رد اکس و pH مهم‌ترین پارامترهایی هستند که حلالیت و شکل شیمیایی سلنیم را در خاک کنترل می‌کنند (Halvin *et al*, 2004).

بررسی ارتباط بین pH خاک و سلنیم جذب شده توسط گیاه نشان می‌دهد که با افزایش pH خاک، جذب سلنیم به وسیله‌ی گیاه نیز افزایش یافته است، در pH بالا سلنات که پویا است و در pH پایین سلنیت و سلنید که تحرک کمی دارند، یافت می‌شوند. سلنیدها نامحلول می‌باشند و سلنیم عنصری، در خاک‌های خنثی و قلیایی به سلنات و در خاک‌های اسیدی به سلنیت اکسیده می‌شود. سلنات برای گیاه بسیار محلول و قابل دسترس است و در گیاهان رشد یافته در خاک‌هایی با pH بالا تجمع می‌یابد (Malakooti and Tehrani, 2005).

یکی از عمده‌ترین منابع تأمین سلنیم بدن مردم کشور ما را گندم تشکیل می‌دهد. کنترل میزان سلنیم اضافه شده خواه به روش کاربرد خاکی یا محلول‌پاشی از نظر جلوگیری از جذب زیاد و بروز حالت سمیت در گیاه اهمیت زیادی دارد، چرا که تحقیقات نشان می‌دهد غلظت بالای سلنیم باعث اختلال در رشد ریشه گندم شده و موجب افت عملکرد می‌گردد (Kopsell *et al*, 1997; Thomson *et al*, 2004). تحقیقات نشان داده است که افزودن

دادند که استفاده از گوگرد به دلیل برهمکنش منفی آن با سلنیم، از سمیت سلنیم کاسته و رشد گیاه را افزایش می‌دهد. هدف از این تحقیق، بررسی اثر سلنیم بر عملکرد گندم و نقش گوگرد در تغییر پاسخ گندم به آلودگی سلنیم جهت دستیابی به رشد و عملکرد بهینه می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در پاییز ۱۳۸۸ در گلخانه ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در ۱۵ کیلومتری تبریز به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام گرفت. نمونه‌ی مرکبی از عمق ۳۰ سانتی متری خاک تهیه و پس از خشک شدن در هوا و غربال توسط الک دو میلی متری جهت آنالیز به آزمایشگاه خاک ارسال گردید. بر اساس نتایج آزمون خاک، خاک مورد استفاده دارای بافت لوم شنی با EC عصاره‌ی اشباع برابر ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر و pH عصاره‌ی اشباع برابر ۷/۹۵ می‌باشد. اندازه‌گیری ماده‌ی آلی به روش والکلی و بلاک و بر اساس اندازه‌گیری کربن آلی و بر پایه‌ی اکسیداسیون کربن آلی به کمک بی‌کرومات پتاسیم ( $K_2Cr_2O_7$ ) در محیط کاملاً اسیدی ( $H_2SO_4$ ) انجام گرفت (Ghazanshahi, 2001). اندازه‌گیری نیتروژن به روش کجلدال و در سه مرحله انجام گرفت به این صورت که در مرحله‌ی اول (هضم) نیتروژن آلی بر اثر حرارت و در مجاورت کاتالیزور و اسیدسولفوریک تبدیل به نیتروژن معدنی شده و در مرحله‌ی بعد (تقطیر)، نیتروژن موجود به صورت آمونیاک در آمده و بورات آمونیوم تولید گردید و در مرحله‌ی آخر (تیتراسیون) بورات آمونیوم با اسید استاندارد تیترا شد. رنگ محلول در پایان آزمایش قرمز آلبالویی شد (Ghazanshahi, 2001)، اندازه‌گیری فسفر به روش اولسن و از طریق عصاره‌گیری با بی‌کربنات سدیم، اندازه‌گیری پتاسیم به کمک استات

گوگرد به خاک آلوده از نظر سلنیم (در صورتی که آلودگی خیلی زیاد نباشد) باعث رفع آلودگی می‌گردد. گوگرد مشخصاً صدمات وارده به گیاه بر اثر سمیت سلنیم را از بین می‌برد، این امر می‌تواند مؤید این نکته باشد که بروز سمیت شدید سلنیم در خاک می‌تواند به دلیل pH خیلی بالای خاک باشد که این امر در کشور ما که غالب خاک‌های آن آهکی می‌باشد، رایج است. بنابراین، کاهش pH حتی به صورت موضعی امری است که باید به آن توجه شود و یکی از بهترین راه‌های کاهش pH استفاده از گوگرد می‌باشد (Halvin et al, 2004; Malakooti and Tehrani, 2005).

نکته قابل توجه رعایت حد سمیت سلنیم می‌باشد چرا که مصرف زیاد سلنیم منجر به بروز مشکل می‌گردد، در مراحل اولیه، تشخیص سمیت در گیاه دشوار می‌باشد و بروز علائم در مرحله‌ی متوسط تا حاد بستگی به نوع گیاه دارد. در غلات علائم مسمومیت به صورت ظهور رنگ سفید در اطراف برگ‌ها می‌باشد که با افزایش سن گیاه این نشانه‌ها بیشتر می‌شوند (Halvin et al, 2004).

در مطالعاتی که کاپسل و همکاران (Kopsell and Randle, 1997) انجام دادند، مشخص شد که گوگرد می‌تواند موجب تغییراتی در زمینه‌ی تجمع سلنیم در گیاه گردد، به این ترتیب که اضافه کردن گوگرد عنصری، سولفات یا گچ به خاک از جذب سلنات توسط گیاه ممانعت می‌کند، در مقابل سلنیم نیز دارای توانایی جاننشینی گوگرد در متابولیسم گیاهان می‌باشد که این به دلیل شباهت سلنیم به گوگرد عنصری است که داخل اسیدهای آمینه سیستئین و متیونین وجود دارد، بنابراین مسمومیت گیاهان بر اثر دخالت سلنیم در متابولیسم گوگرد است (Kopsell and Randle, 1997). لیونز و همکاران (Lyons et al, 2003) نیز طی تحقیقی نشان

تحقیقات خاک و آب کرج تهیه گردید.

هارد-کرر (Hurd-Karrer, 2003) طی آزمایشی نشان دادند زمانی که نسبت سلنیم به گوگرد (۱:۲) باشد، گیاه دچار مشکل خواهد شد و هنگامی که این نسبت ۱:۸ باشد نشانه‌های ظاهری اندکی ملاحظه خواهد شد و زمانی که این نسبت به ۱:۱۲ برسد، هیچ اثری از آلودگی سلنیم در گیاه دیده نخواهد شد، سطوح انتخاب شده در این تحقیق نیز بر پایه‌ی همین آزمایش می‌باشد. تیمارهای کودی مربوط به هر گلدان قبل از کاشت بذور در ۲۰۰ سی‌سی آب مقطر حل شده و به گلدان مورد نظر افزوده شد. با آبیاری منظم گلدان‌ها با آب مقطر، رطوبت خاک بین ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای تا ظرفیت مزرعه‌ای نگهداری گردید. برای این منظور، ۵۰ گرم خاک را اشباع نموده و اجازه داده شد تا آب ثقلی آن خارج شده و به رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای برسد، سپس در آن به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد و خاک خشک توزین گردید، با توجه به فرمول زیر درصد رطوبت ظرفیت زراعی محاسبه گردید:

$$100 \times \frac{\text{وزن خاک خشک} - \text{وزن خاک مرطوب}}{\text{وزن خاک خشک}} = \text{درصد رطوبت}$$

شرایط محیطی گلخانه با توجه به مراحل رشد گیاه تنظیم گردید. دمای گلخانه به طور متوسط ۱۸ تا ۲۱ درجه‌ی سانتی‌گراد بوده و در مراحل رسیدن دانه به کمک سیستم گرمایشی دما بالاتر برده شد. ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن به شکل کود اوره و به صورت سرک به هر گلدان در سه‌ی مرحله قبل از کاشت، مرحله‌ی پنجه‌زنی و مرحله‌ی پر شدن دانه اضافه شد. وجین علف‌های هرز به صورت دستی انجام گرفت و برای مبارزه با معدود شته و تریپس موجود از نوارهای چسبناک رنگی ویژه‌ی هر حشره استفاده شد. علایم سمیت به صورت ظهور رنگ سفید در اطراف برگ

آمونیم نورمال و توسط دستگاه فلایم‌فتومتر، اندازه‌گیری گوگرد به روش گراویمتری به کمک باریم کلرور و نیترات نقره و بر پایه‌ی جداسازی رسوب نیترات نقره پس از عبور از صافی و توزین آن با توجه به وزن بالای سولفات باریم، اندازه‌گیری بر به کمک دستگاه اسپکتروفتومتری جذب مولکولی و با استفاده از معرف آزومتین، اندازه‌گیری آهن، منگنز، مس و روی با دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی و عصاره‌گیری DTPA-CaCl<sub>2</sub>-TEA انجام گرفت. اندازه‌گیری کلسیم، سدیم، پتاسیم و منیزیم با دستگاه اسپکتروفتومتری و به کمک آمونیوم استات (Ghazanshahi, 2001) و اندازه‌گیری سلنیم به کمک دستگاه جذب اتمی و به صورت تولید هیدرید به کمک سدیم بروهیدرید انجام گرفت (Jahanshahi, 1995).

با توجه به جدول ۱، مقدار عناصر غذایی در خاک در مقایسه با حد بحرانی این عناصر جهت کاشت گندم در حد مناسبی می‌باشند (Malakooti and Gheibi, 2000; Jahanshahi, 1995). گندم مورد آزمایش شامل سه رقم گندم بهاره به نام‌های سپاهان، کرج و پیشتاز بود که از مؤسسه‌ی اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردید. این ارقام با توجه به مقاوم بودن آن‌ها نسبت به بیماری‌های گندم و گستره‌ی وسیع کشت آن‌ها از نظر آب و هوایی انتخاب شدند (Najafian et al, 2008).

عامل اول ارقام گندم در سه سطح (کرج، پیشتاز و سپاهان)، عامل دوم سطوح مورد استفاده برای سلنیم بر اساس میلی‌گرم بر کیلوگرم در ۵ سطح (۰، ۰/۲، ۰/۵ و ۱۰) که به صورت سلنات سدیم استفاده شد و فاکتور سوم سطوح مورد استفاده برای گوگرد بر اساس میلی‌گرم بر کیلوگرم در ۴ سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰) که به صورت گوگرد عنصری با قطر ۰/۱۴ میلی‌متر استفاده گردید. سلنات سدیم ساخت شرکت مرک آلمان و کود گوگرد عنصری از مؤسسه‌ی

۱۳۸۹ انجام گرفت. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

تیمارهای حاوی سلنیم زیاد و گوگرد کم، مشاهده و یادداشت برداری شد. صفات مورد اندازه‌گیری در مرحله‌ی داشت شامل تعداد برگ، تعداد گره روی ساقه‌ی اصلی، تعداد پنجه‌ها، ارتفاع گیاه و طول پدانکل بود. برداشت محصول در اواخر فروردین ماه

جدول ۱- مشخصات شیمیایی خاک مورد استفاده بر اساس نتایج آزمون خاک

Table 1- Soil chemical properties based on results of soil analysis

ماده آلی	N	P	K	So <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	B	Se	Fe	Mn	Cu	Zn	Na	Mg	Ca <sup>2+</sup>
O.M	%	mg/kg	mg/kg	meq/L	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	meq/L	meq/L	meq/L
3.44	0.172	15	279	48	3	0.08	7.24	5.2	1	1.16	15.6	10	40

بیشترین تعداد برگ، با میانگین ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار حاوی ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گوگرد و ۵ میلی‌گرم سلنیم بر کیلوگرم خاک نسبت به تیمار شاهد با میانگین ۲/۸۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد که نشان‌دهنده‌ی اثر متقابل مثبت گوگرد و سلنیم بر تعداد برگ ارقام مورد مطالعه‌ی گندم بود. تیمار فاقد گوگرد و حاوی ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم با میانگینی برابر ۲/۶۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمتر از تیمار شاهد دارای کمترین تعداد برگ بود که این امر تأکیدی بر اثر منفی سمیت سلنیم بر رشد گیاه بود، که با نتایج به‌دست آمده توسط محققین مطابقت دارد (Lyons *et al*, 2003; Lyons *et al*, 2004; Lyons *et al*, 2004).

#### تعداد گره

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مورد بررسی نشان داد که اثر متقابل دو عنصر گوگرد و سلنیم بر تعداد گره در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد ارتفاع گیاه در تیمارهای فاقد سلنیم و گوگرد (شاهد)

#### نتایج و بحث

##### تعداد برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مورد بررسی نشان داد که اثر متقابل دو عنصر گوگرد و سلنیم بر تعداد برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارتفاع گیاه در تیمارهای فاقد سلنیم و گوگرد (شاهد) نسبت به تیمار فاقد گوگرد با ۲ میلی‌گرم سلنیم بر کیلوگرم خاک، ۵۲/۲۲ درصد افزایش نشان داد که نشان‌دهنده‌ی اثر معنی‌دار سلنیم بر تعداد برگ می‌باشد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین در تیمارهای دارای ۱۰ میلی‌گرم سلنیم بر کیلوگرم خاک، با افزایش مقدار گوگرد از صفر تا ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم میانگین از ۲/۶۶۷ به ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم رسیده و ۸۷/۴۷ درصد افزایش نشان داد که نشان‌دهنده‌ی اثر منفی سمیت سلنیم در تیمارهای فاقد گوگرد می‌باشد. با افزایش مقدار گوگرد اثرات سمیت کاهش یافت. مطابق جدول ۳

نشان‌دهنده‌ی اثر معنی‌دار سلنیم بر تعداد پنجه می‌باشد. در تیمارهای دارای ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم با افزایش مقدار گوگرد از صفر تا ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم میانگین از ۳ به ۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم رسیده و ۳۳/۳۳ درصد افزایش نشان داد که نشان‌دهنده‌ی اثر منفی سمیت سلنیم در تیمارهای فاقد گوگرد می‌باشد که با افزایش مقدار گوگرد اثرات سمیت کاهش یافت. همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، تیمار فاقد گوگرد با ۰/۲ میلی‌گرم سلنیم و تیمار دارای ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گوگرد با ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم با میانگین ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و با تفاوت قابل ملاحظه‌ای نسبت به تیمار شاهد (۲/۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) دارای بیشترین تعداد پنجه بودند که نشان‌دهنده‌ی اثر مثبت سلنیم در افزایش رشد گیاه و اثر متقابل معنی‌دار گوگرد و سلنیم در رشد گیاه می‌باشد. تیمار فاقد گوگرد با بیشترین سطح سلنیم (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) با میانگین ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمتر از میانگین تیمار شاهد (۳/۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) دارای کمترین تعداد پنجه بود که اثر منفی سمیت فزونی سلنیم را نشان می‌دهد. این نتایج با نتایج به دست آمده توسط لیونز و همکاران (Lyons *et al*, 2003; Lyons *et al*, 2004; Lyons *et al*, 2004) مطابقت دارد.

#### طول پدانکل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مورد بررسی نشان داد که اثر متقابل دو عنصر گوگرد و سلنیم بر طول پدانکل در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که طول پدانکل در تیمارهای فاقد سلنیم و گوگرد (شاهد) نسبت به تیمار فاقد گوگرد با ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم، ۲۵/۸۴ درصد افزایش نشان داد که نشان‌دهنده‌ی اثر معنی‌دار سلنیم بر

نسبت به تیمار فاقد گوگرد با ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم، ۶۱/۲۹ درصد افزایش نشان داد که نشان‌دهنده‌ی اثر معنی‌دار سلنیم بر تعداد گره در ساقه‌ی اصلی می‌باشد. در تیمارهای دارای ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم با افزایش مقدار گوگرد از صفر تا ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم میانگین از ۳ به ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم رسیده و ۶۶/۶۶ درصد افزایش نشان داد که نشان‌دهنده‌ی اثر منفی سمیت سلنیم در تیمارهای فاقد گوگرد می‌باشد. با افزایش مقدار گوگرد اثرات سمیت کاهش یافت.

بیشترین تعداد گره در ساقه‌ی اصلی در تیمار حاوی ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گوگرد و ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم و تیمار دارای ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گوگرد و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم با میانگین ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد که نشان‌دهنده‌ی اثر متقابل مثبت گوگرد و سلنیم در افزایش تعداد گره در ساقه‌ی اصلی در ارقام مورد مطالعه‌ی گندم می‌باشد و تیمار فاقد گوگرد با بیشترین سطح سلنیم (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) با میانگین ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمتر از میانگین تیمار شاهد دارای کمترین تعداد گره در ساقه‌ی اصلی بود که اثر سمیت سلنیم را در کاهش رشد گیاه نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده با نتایج تحقیقات لیونز و همکاران (Lyons *et al*, 2003; Lyons *et al*, 2004; Lyons *et al*, 2004) مطابقت دارد.

#### تعداد پنجه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مورد بررسی نشان داد که اثر متقابل دو عنصر گوگرد و سلنیم بر تعداد پنجه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تعداد پنجه در گیاه در تیمارهای فاقد سلنیم و گوگرد (شاهد) نسبت به تیمار فاقد گوگرد با ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم، ۲۰/۰۱ درصد افزایش نشان داد که

۴۱/۷۸ سانتی‌متر رسیده و ۲۱/۴۵ درصد افزایش نشان داد که نشان‌دهنده‌ی اثر منفی سمیت سلنیم در تیمارهای فاقد گوگرد می‌باشد لذا با افزایش مقدار گوگرد اثرات سمیت کاهش یافت. بر اساس نتایج به‌دست آمده بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار حاوی ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گوگرد و ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم با میانگین ۴۵/۵۶ سانتی‌متر مشاهده شد که نشان‌دهنده‌ی اثر متقابل مثبت گوگرد و سلنیم در افزایش ارتفاع در ارقام مورد مطالعه گندم بود. تیمار فاقد گوگرد با بیشترین سطح سلنیم (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) با میانگین ۳۴/۴۰ سانتی‌متر و کمتر از میانگین تیمار شاهد (۳۴/۴۴ سانتی‌متر) دارای کمترین ارتفاع گیاه بود که نشان‌دهنده‌ی اثر منفی سمیت سلنیم در رشد گیاه می‌باشد. نتایج به دست آمده در این زمینه با نتایج محققین دیگر (Halvin *et al*, 2004; Lyons *et al*, 2003; Lyons *et al*, 2004; Lyons *et al*, 2005) مطابقت داشت.

#### عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مورد بررسی نشان داد که اثر متقابل دو عنصر گوگرد و سلنیم بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد عملکرد دانه در تیمارهای فاقد سلنیم و گوگرد (شاهد) نسبت به تیمار فاقد گوگرد با ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم ۳۳/۳۳ درصد افزایش نشان داد که نشان‌دهنده‌ی اثر معنی‌دار سلنیم بر افزایش عملکرد دانه می‌باشد. همچنین، در تیمارهای دارای ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم با افزایش مقدار گوگرد از صفر تا ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم میانگین از ۲/۶۵۵، به ۴/۳۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم رسیده و ۶۳/۲۰ درصد افزایش نشان داد که نشان‌دهنده‌ی اثر منفی آلودگی سلنیم در تیمارهای فاقد گوگرد می‌باشد که با

افزایش طول پدانکل می‌باشد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در تیمارهای دارای ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم با افزایش مقدار گوگرد از صفر تا ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم میانگین طول پدانکل از ۱۷ به ۱۹/۴۴ سانتی‌متر رسیده و ۱۴/۳۵ درصد افزایش نشان داد که نشان‌دهنده‌ی اثر منفی سمیت سلنیم در تیمارهای فاقد گوگرد می‌باشد که با افزایش مقدار گوگرد اثرات سمیت کاهش یافت.

بر اساس نتایج به‌دست آمده تیمار فاقد گوگرد با ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم و میانگینی برابر ۲۱/۶۷ سانتی‌متر دارای بیشترین طول پدانکل بود که نشان‌دهنده‌ی اثر مثبت سطوح متوسط سلنیم در افزایش رشد گیاه می‌باشد. تیمار فاقد گوگرد با بیشترین سطح سلنیم (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) با میانگین ۱۷ سانتی‌متر و کمتر از میانگین تیمار شاهد (۱۷/۲۲ سانتی‌متر) دارای کمترین طول پدانکل بود که نشان‌دهنده‌ی اثر منفی سمیت سلنیم می‌باشد. نتایج حاصله با نتایج به دست آمده توسط هاردکرر (Hurd-Karrer, 2003) و لیونز و همکاران (Lyons *et al*, 2003; Lyons *et al*, 2004; Lyons *et al*, 2004) مطابقت دارد.

#### ارتفاع گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مورد بررسی نشان داد که اثر متقابل دو عنصر گوگرد و سلنیم بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد ارتفاع گیاه در تیمارهای فاقد سلنیم و گوگرد (شاهد) نسبت به تیمار فاقد گوگرد با ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم، ۲۹/۰۳ درصد افزایش نشان داد که نشان‌دهنده‌ی اثر معنی‌دار سلنیم بر افزایش ارتفاع گیاه می‌باشد. در تیمارهای دارای ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم با افزایش مقدار گوگرد از صفر تا ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم میانگین ارتفاع گیاه از ۳۴/۴۰ به

و کمتر از میانگین تیمار شاهد (۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده گردید که نشان‌دهنده‌ی تأثیر منفی آلودگی سلنیم بر عملکرد دانه می‌باشد. نتایج به دست آمده با نتایج تحقیقات هارد کرر (Hurd-Karrer, 2003) و لیونز و همکاران (Lyons *et al*, 2003; Lyons *et al*, 2004; Lyons *et al*, 2004) مطابقت دارد.

افزایش مقدار گوگرد اثرات سمیت کاهش یافت. بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار حاوی ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گوگرد و ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم مشاهده شد که نشان‌دهنده‌ی اثر متقابل معنی‌دار گوگرد در کاهش اثرات سمیت ناشی از فزونی سلنیم می‌باشد. کمترین میزان عملکرد دانه در تیمار فاقد گوگرد و حاوی ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم با میانگینی برابر ۲/۵۵۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گندم

Table 2- Variance analysis of examined properties of wheat

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S.							
		عملکرد دانه grain yield	ارتفاع بوته height of plant	پدانکل peduncle	تعداد پنجه tillage No.	تعداد گره node No.	تعداد برگ leaf No.	سولفور دانه sulfur of grain	سلنیوم دانه selenium of grain
ارقام گندم Wheat Cultivars	2	0.272	0.172	14.72 **	0.0000	0.006	0.022	27.27 **	0.272
سولفور Sulfur	3	7.443**	33.89**	5.022 **	6.83 **	5.15 **	0.183	38.583**	30.47 **
سولفور × رقم S×Cultivar	6	0.554**	0.298	0.183	0.0702	0.035	0.022	0.294	0.635
سلنیوم Selenium	4	10.52**	199.95**	23.76 **	0.895	7.431**	18.27**	33.342**	89.26**
سلنیوم × رقم Se×Cultivar	8	0.251	3.853	0.133	0.0658	0.006	0.036	0.321	0.383
سلنیوم × سولفور Se×S	12	2.32 **	113.38**	15.87 **	11.88**	3.42 **	12.65**	0.51	3.840 **
رقم × سلنیوم × سولفور Se×S×Cultivar	24	0.19	3.349	0.183	0.0482	0.017	0.018	0.112	0.154
خطا Error	120	0.189	5.939	0.206	0.395	0.139	0.483	0.644	0.478
ضریب تغییرات C.V. (%)		12.09	6.43	2.48	12.47	10.24	18.11	4.21	9.20

\*\* معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

\*\* : Significant at 1% level.



۰/۰۷۸ میلی گرم بر کیلوگرم بیشترین و تیمار دارای ۱۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم گوگرد با میانگین ۰/۰۴۷ میلی گرم بر کیلوگرم دارای کمترین مقدار سلنیم در دانه می باشد، که حاکی از ممانعت گوگرد از جذب سلنیم و اثر متقابل منفی بین این دو عنصر و ممانعت گوگرد در جذب سلنیم توسط گیاه می باشد (شکل ۳). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های مورد بررسی نشان داد که اثر کود سلنیم بر مقدار سلنیم در دانه گندم در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می باشد (جدول ۲).

مقدار سلنیم دانه ی گندم در تیمار حاوی ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم سلنیم با میانگین ۱/۶۳ میلی گرم بر کیلوگرم بیشترین و تیمار فاقد سلنیم با میانگین ۰/۰۷۴ میلی گرم بر کیلوگرم دارای کمترین مقدار سلنیم در دانه می باشد که نشان می دهد سلنیم اضافه شده به خاک توسط گیاه جذب شده است. سلنیم بیش از ۱ میلی گرم بر کیلوگرم در گیاه منجر به بروز علائم مسمومیت می شود که پیامد این امر که کاهش رشد و عملکرد گیاه می باشد، در صفات مورد بررسی مشخص می باشد (شکل ۲).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های مورد بررسی نشان داد که اثر متقابل دو عنصر گوگرد و سلنیم بر مقدار سلنیم دانه ی گندم در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می باشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد مقدار سلنیم دانه در تیمار فاقد سلنیم و گوگرد (شاهد) نسبت به تیمار فاقد گوگرد با ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم سلنیم ۸۴/۰۵ درصد افزایش نشان داد که نشان دهنده ی اثر معنی دار سلنیم اضافه شده به خاک بر افزایش مقدار سلنیم دانه ی گندم می باشد. بیشترین مقدار سلنیم در دانه در تیمار فاقد گوگرد با ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم سلنیم با میانگین ۱/۶۲ میلی گرم بر کیلوگرم و کمترین مقدار سلنیم در دانه در تیمار فاقد سلنیم با ۱۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم

مقایسه میانگین های اثر سطوح مختلف کود گوگردی در ارقام گندم نشان داد که افزودن گوگرد بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه در رقم سپاهان داشته است، کمترین میزان عملکرد دانه در تیمار فاقد گوگرد در رقم سپاهان با میانگین ۲/۹۳۳ میلی گرم بر کیلوگرم و بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار حاوی بالاترین سطح گوگرد یعنی ۱۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم با میانگین ۴/۲۰ با اختلاف زیادی نسبت به تیمار شاهد با میانگین ۳/۱۳۳ میلی گرم بر کیلوگرم در همین رقم به دست آمد (شکل ۱).

لیونز و همکاران (Lyons *et al*, 2005; Lyons *et al*, 2004) طی تحقیقی نشان دادند که آلودگی سلنیم در اغلب گیاهان در محدوده ی بالای ۲ میلی گرم بر کیلوگرم در گیاه مشاهده می گردد، در این تحقیق نشان داده شد که غلظت بالای ۲ میلی گرم بر کیلوگرم سلنیم مانع از رشد بهینه ی گندم گردیده و در تیمارهای حاوی بیش از ۲ میلی گرم بر کیلوگرم سلنیم که فاقد گوگرد می باشند، رشد گیاه کاهش معنی داری داشته است (Lyons *et al*, 2005; Lyons *et al*, 2004) که این امر با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

#### سلنیم و گوگرد دانه گندم

نتایج آزمایش ها نشان داد که مقدار سلنیم دانه گندم در تیمارهایی با مقادیر سلنات سدیم افزوده شده به صورت کود افزایش یافته است و با افزایش کود گوگردی مقدار گوگرد دانه گندم افزایش و مقدار سلنیم آن کاهش یافته است (شکل های ۱، ۲ و ۳). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های مورد بررسی نشان داد که اثر کود گوگرد بر مقدار سلنیم در دانه گندم در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می باشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد مقدار سلنیم دانه گندم در تیمار فاقد گوگرد با میانگین

میانگین ۱۹/۸۳ درصد بیشترین مقدار بوده و رقم پیش‌تاز با میانگین ۱۸/۵۵ درصد کمترین مقدار گوگرد دانه را به خود اختصاص داد (شکل ۷). اختلاف میان ارقام گندم در طول پدانکل معنی‌دار و رقم کرج دارای بیشترین طول پدانکل بود (شکل ۸) که این امر به خصوصیات ژنتیکی رقم کرج مرتبط می‌باشد.

ویسمن و همکاران (Weissman and Trelease, 2001) نشان دادند که به هنگام بروز سمیت سلنیم در گیاه، استفاده از گوگرد به دلیل اثر آنتاگونیستی آن روی سلنیم کارساز است و وقتی نسبت گوگرد به سلنیم افزایش می‌یابد، سمیت سلنیم کاهش یافته و به دنبال آن رشد گیاه افزایش می‌یابد، بررسی ارتباط بین pH خاک و سلنیم جذب شده به وسیله گیاه نشان داد که با افزایش pH خاک، جذب سلنیم توسط گیاه نیز افزایش یافته است، زیرا pH خاک بر شکل شیمیایی سلنیم در خاک (سلنات در pH بالا که پویا است و سلنید و سلنیت در pH پایین که تحرک کمی دارند) تأثیر داشته و از طرف دیگر با اثر بر ظرفیت تثبیت سلنیم به وسیله اجزای رس خاک، در قابلیت استفاده آن برای گیاه نقش مهمی دارد.

### نتیجه‌گیری کلی

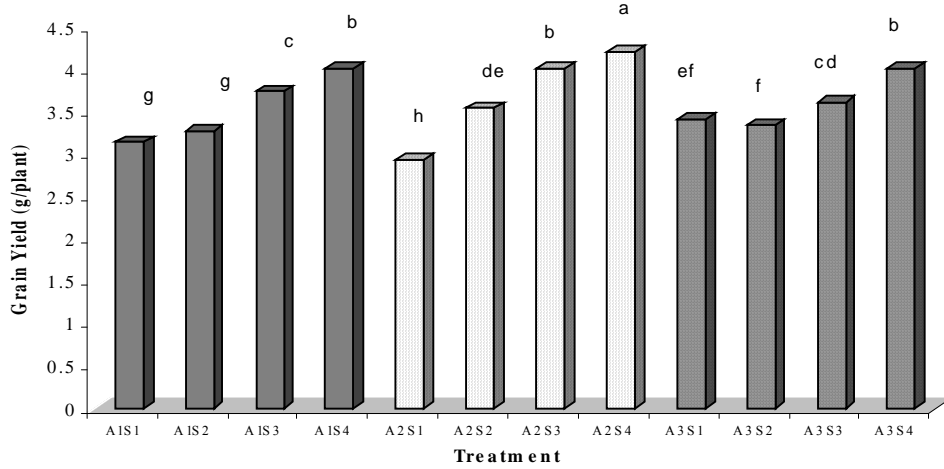
افزایش رشد و عملکرد در تیمارهای حاوی سلنیم و همچنین اثر متقابل سلنیم و گوگرد و نقش آن در کاهش اثرات منفی ناشی از آلودگی سلنیم در تمام صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد.

گوگرد با میانگین ۰/۰۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده گردید (شکل ۶).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مورد بررسی نشان داد که اثر رقم بر مقدار گوگرد در دانه گندم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (شکل ۷). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مورد بررسی نشان داد که اثر کود گوگرد بر مقدار گوگرد در دانه‌ی گندم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد درصد گوگرد دانه‌ی گندم در تیمار دارای ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گوگرد با میانگین ۲۰/۲۲ درصد بیشترین و تیمار فاقد گوگرد با میانگین ۱۸/۰۹ درصد دارای کمترین مقدار گوگرد در دانه می‌باشد (شکل ۵).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مورد بررسی نشان داد که اثر سلنیم بر مقدار گوگرد در دانه گندم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد درصد گوگرد دانه‌ی گندم در تیمار فاقد سلنیم با میانگین ۲۰/۰۸ درصد بیشترین و تیمار دارای ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیم با میانگین ۱۷/۶۷ درصد دارای کمترین مقدار گوگرد در دانه می‌باشد که نشان‌دهنده‌ی اثر رقابتی گوگرد و سلنیم در جذب توسط گیاه می‌باشد (شکل ۴). بر اساس نتایج به دست آمده اثر رقم در دو صفت مورد اندازه‌گیری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲).

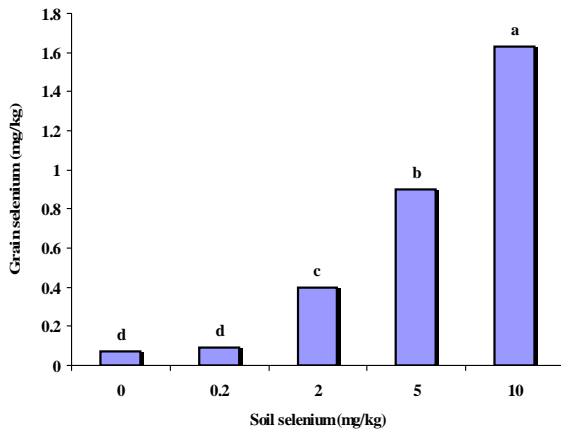
درصد گوگرد دانه‌ی گندم در رقم کرج با



شکل ۱- اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد در ارقام مورد بررسی گندم و تأثیر آن روی عملکرد دانه

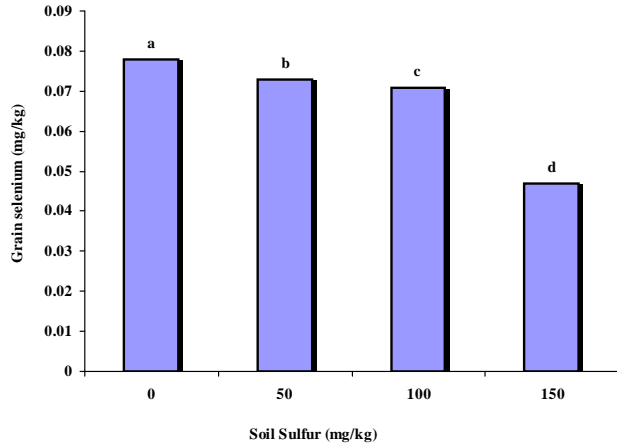
Figure 1- Interaction of different levels of sulfur in examined cultivars and its effect on grain yield

(A<sub>1</sub> رقم کرج، A<sub>2</sub> رقم سپاهان و A<sub>3</sub> رقم پیشناز، B<sub>1</sub> فاقد گوگرد، B<sub>2</sub> دارای ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گوگرد، B<sub>3</sub> دارای ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گوگرد و B<sub>4</sub> دارای ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گوگرد)  
 (A<sub>1</sub>= Karaj cv, A<sub>2</sub>: Sepahan cv, A<sub>3</sub>: Pishtaz cv, B<sub>1</sub>: without S, B<sub>2</sub>= 50mg/kg S, B<sub>3</sub>= 100 mg/kg S, B<sub>4</sub>= 150 mg/kg S)



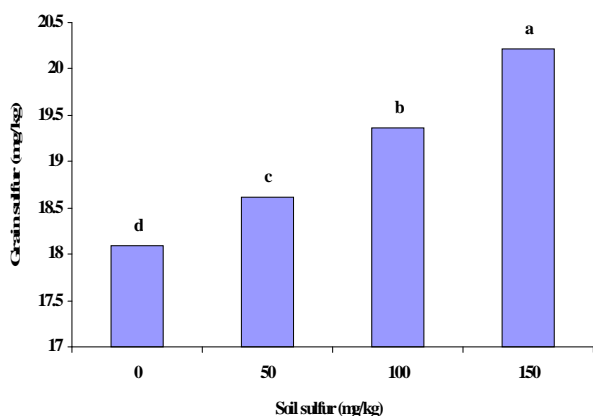
شکل ۳- اثر سطوح مختلف کود سلنیم بر مقدار سلنیم دانه گندم در ارقام مورد بررسی

Figure 3- Effect of different levels of Se on grain Se of examined cultivars of wheat



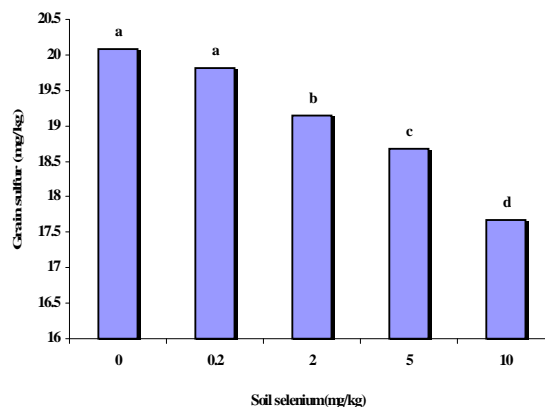
شکل ۲- اثر سطوح مختلف گوگرد بر مقدار سلنیم دانه گندم در ارقام مورد بررسی

Figure 2- Effect of different levels of Sulfur on grain Se of examined cultivars of wheat



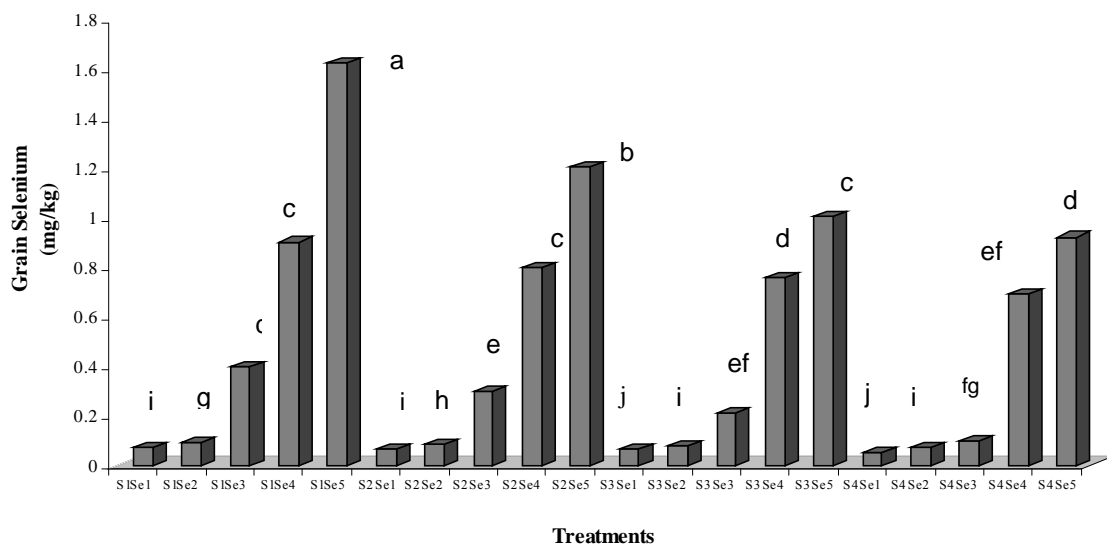
شکل ۵- اثر سطوح مختلف کود گوگرد بر درصد گوگرد دانه گندم در ارقام مورد بررسی

Figure 5- Effect of different levels of Sulfur on grain Sulfur of examined cultivars of wheat



شکل ۴- اثر سطوح مختلف سلنیم بر درصد گوگرد دانه گندم در ارقام مورد بررسی

Figure 4- Effect of different levels of Se on grain Sulfur of examined cultivars of wheat



شکل ۶- اثر متقابل سلنیم و گوگرد و اثر آن بر سلنیم دانه گندم

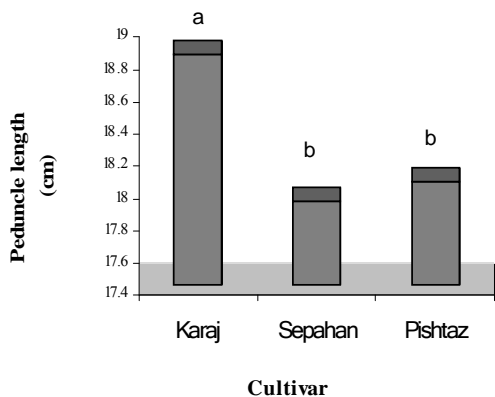
Figure 6- Interaction of Se and S and its effect on grain Se of wheat

(S<sub>1</sub>: فاقد گوگرد، S<sub>2</sub>: دارای ۵۰۰ میلی‌گرم گوگرد بر کیلوگرم، S<sub>3</sub>: دارای ۱۰۰۰ میلی‌گرم گوگرد بر کیلوگرم و S<sub>4</sub>: دارای ۱۵۰۰ میلی‌گرم گوگرد بر کیلوگرم)، (Se<sub>1</sub>: فاقد سلنیم، Se<sub>2</sub>: دارای ۲ میلی‌گرم سلنیم بر کیلوگرم، Se<sub>3</sub>: دارای ۲۰ میلی‌گرم سلنیم بر کیلوگرم، Se<sub>4</sub>: دارای ۵۰ میلی‌گرم سلنیم بر کیلوگرم و Se<sub>5</sub>: دارای ۱۰۰ میلی‌گرم سلنیم بر کیلوگرم)

(S<sub>1</sub>: without S, S<sub>2</sub>: 50mg/kg S, S<sub>3</sub>: 100 mg/kg S, S<sub>4</sub>: 150 mg/kg S and Se<sub>1</sub>: without Se, Se<sub>2</sub>: 0.2 mg/kg Se, Se<sub>3</sub>: 2mg/kg Se, Se<sub>4</sub>: 5mg/kg Se, Se<sub>5</sub>: 10mg/kg Se)

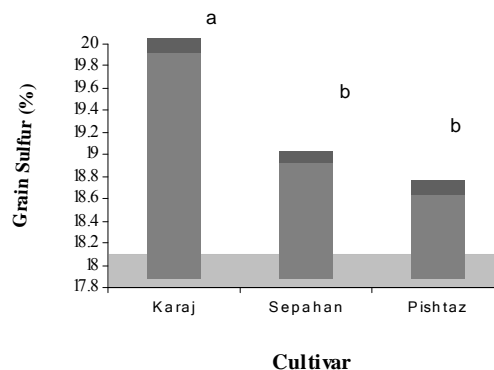
حروف غیر مشترک در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است.

Different letters are significantly at 5% probability level.



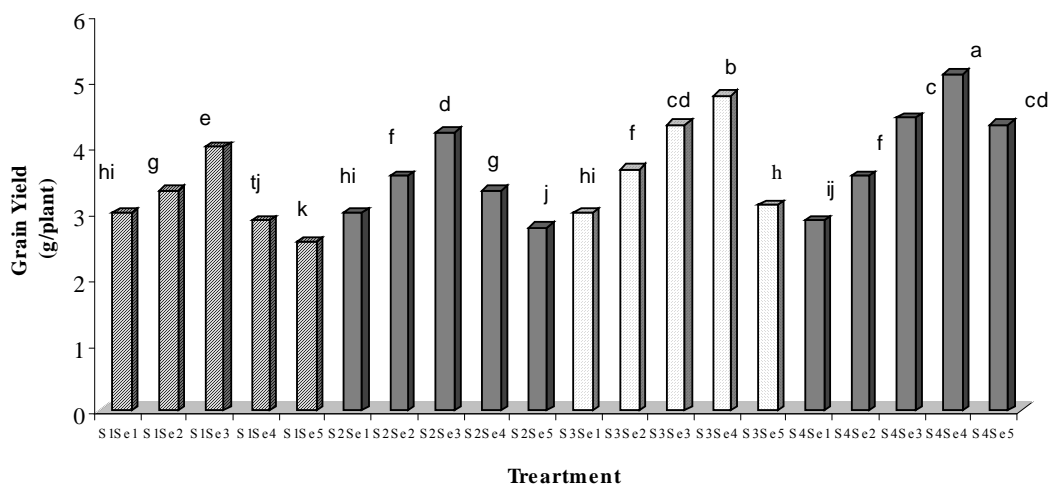
شکل ۸- طول پدانکل در ارقام مورد بررسی گندم

Figure 8 - Peduncle length in examined cultivars of wheat



شکل ۷- گوگرد دانه در ارقام مورد مطالعه گندم

Figure 7- Grain Sulfur in examined cultivars of wheat



شکل ۹- اثر متقابل سelenیم و گوگرد و اثر آن بر عملکرد دانه

Figure 9- Interaction of Se and S and its effect on grain yield

(S<sub>1</sub>: فاقد گوگرد، S<sub>2</sub>: دارای ۵۰ میلی‌گرم گوگرد بر کیلوگرم، S<sub>3</sub>: دارای ۱۰۰ میلی‌گرم گوگرد بر کیلوگرم و S<sub>4</sub>: دارای ۱۵۰ میلی‌گرم گوگرد بر کیلوگرم)، (Se<sub>1</sub>: فاقد سelenیم، Se<sub>2</sub>: دارای ۰/۲ میلی‌گرم سelenیم بر کیلوگرم، Se<sub>3</sub>: دارای ۲ میلی‌گرم سelenیم بر کیلوگرم، Se<sub>4</sub>: دارای ۵ میلی‌گرم سelenیم بر کیلوگرم و Se<sub>5</sub>: دارای ۱۰ میلی‌گرم سelenیم بر کیلوگرم).

(S<sub>1</sub>: without S, S<sub>2</sub>: 50mg/kg S, S<sub>3</sub>: 100 mg/kg S, S<sub>4</sub>: 150 mg/kg S and Se<sub>1</sub>: without Se, Se<sub>2</sub>: 0.2 mg/kg Se, Se<sub>3</sub>: 2mg/kg Se, Se<sub>4</sub>: 5mg/kg Se, Se<sub>5</sub>:10mg/kg Se)

حروف غیر مشترک در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است.

Different letters are significantly at 5% probability level.

جدول ۳- مقایسه میانگین سطوح مختلف سلنیم و گوگرد و تأثیر آن روی صفات مورد بررسی

**Table 3-** Means Comparison for effects of selenium and sulfur on examined growth indices of wheat

تیمار Treatment	تعداد برگ leaf No.	تعداد گره در ساقه اصلی node No.	تعداد پنجه tillage No.	طول پدانکل peduncle length (cm)	ارتفاع گیاه plant height (cm)
S1Se1	2.889 e	3.100 e	3.333 cd	17.22 ef	34.44 g
S1Se2	4.333 cd	3.333 de	4.222 a	20.56 b	41.11 cd
S1Se3	6.222 a	5.000 a	4.000 ab	21.67 a	44.44 b
S1Se4	3.000 e	3.222 e	3.667 bc	17.33 ef	36.22 f
S1Se5	2.667 e	3.000 e	3.000 d	17.00 f	34.40 g
S2Se1	3.000 e	3.120 e	4.000 ab	17.22 ef	35.00 g
S2Se2	4.333 cd	3.224 e	3.667 bc	19.33 c	38.67 e
S2Se3	5.333 b	4.000 c	4.000 ab	19.33 c	40.67 d
S2Se4	3.333 e	3.333 de	4.000 ab	17.22 ef	34.67 g
S2Se5	3.333 e	3.222 e	3.667 bc	17.67 e	34.44 g
S3Se1	3.333 e	3.221 e	4.000 ab	17.67 e	34.67 g
S3Se2	2.778 e	3.333 de	3.333 cd	17.44 ef	36.67 f
S3Se3	4.889 bc	3.778 c	3.333 cd	19.33 c	40.67 d
S3Se4	4.333 cd	4.444 b	4.000 ab	18.22 d	41.67 c
S3Se5	4.000 D	4.000 c	3.667 bc	17.33 ef	36.00 f
S4Se1	3.000 e	3.333 de	4.000 ab	17.22 ef	34.67 g
S4Se2	2.667 e	3.333 de	3.333 cd	17.33 ef	34.56 g
S4Se3	3.333 e	3.667 cd	3.444 cd	17.44 ef	36.89 f
S4Se4	6.000 a	5.000 a	4.000 ab	19.33 c	45.56 a
S4Se5	5.000 bc	5.000 a	4.000 ab	19.44 c	41.78 c

(S<sub>1</sub>): فاقد گوگرد، S<sub>2</sub>: دارای ۵۰ میلی‌گرم گوگرد بر کیلوگرم، S<sub>3</sub>: دارای ۱۰۰ میلی‌گرم گوگرد بر کیلوگرم و S<sub>4</sub>: دارای ۱۵۰ میلی‌گرم گوگرد بر کیلوگرم، (Se<sub>1</sub>): فاقد سلنیم، Se<sub>2</sub>: دارای ۰/۲ میلی‌گرم سلنیم بر کیلوگرم، Se<sub>3</sub>: دارای ۲ میلی‌گرم سلنیم بر کیلوگرم، Se<sub>4</sub>: دارای ۵ میلی‌گرم سلنیم بر کیلوگرم و Se<sub>5</sub>: دارای ۱۰ میلی‌گرم سلنیم بر کیلوگرم)

(S<sub>1</sub>: without S, S<sub>2</sub>: 50mg/kg S, S<sub>3</sub>: 100 mg/kg S, S<sub>4</sub>: 150 mg/kg S and Se<sub>1</sub>: without Se, Se<sub>2</sub>: 0.2 mg/kg Se, Se<sub>3</sub>: 2mg/kg Se, Se<sub>4</sub>: 5mg/kg Se, Se<sub>5</sub>: 10mg/kg Se)

حروف غیر مشترک در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است.

Different letters are significantly at 5% probability level.

## References

## منابع مورد استفاده

- Ghazanshahi, J. 2001. Soil and plant analysis. Ayizh Pub. Pp: 272. (In Persian).
- Halvin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 2004. Soil fertility and fertilizers. Prentice Hall Press. 7<sup>th</sup> ed. Pp: 528.
- Hanson, B., S.D. Lindblom, M.L. Leoffler, and E.A. Smits. 2004. Selenium protects plants from phloem feeding aphids due to both deterrence and toxicity. *Environmental International*. 30: 167-172.
- Hawkesford, M.J. and F.J. Zhao. 2007. Strategies for increasing the selenium content of wheat. *Journal of Cereal Science*. 46 (3): 282-292.
- Hurd-Karrer, A.M. 2003. Inhibition of selenium injury to wheat plants by sulfur. *Science*. 78. 2033, p. 560.
- Jackson, G., J. Miller, and Y. Abdushaeva. 2004. Effect of nitrogen and sulfur on wheat. Research Project. East of Brady, MT (Knees Community).
- Jahanshahi, A. 1995. Measuring low levels of selenium in spectrophotometers method. M.Sc thesis of Tarbiat Modarres University. pp: 92. (In Persian).
- Kopsell, D.A. and W.M. Randle. 1997. Selenate concentration effect selenium and sulfur uptake and accumulation by onions. *Journal of the American Society for Horticulture Science*. 122 (5): 721-726.
- Lyons, G.H., J. Stangoulis, and R. Graham. 2003. High-selenium wheat: biofortification for better health. *Nutrition Research Reviews*. 16: 45-60.
- Lyons, G.H., J. Lewis, M.F. Lorimer, R.E. Holloway, D.M. Brace, J.C.R. Stangoulis, and R.D. Graham. 2004. High-selenium wheat: agronomic biofortification strategies to improve human nutrition. *Food, Agriculture and Environment*. 2 (1): 171-178.
- Lyons, G.H., J.C.R. Stangoulis, and R.D. Graham. 2004. Exploiting micronutrient interaction to optimize biofortification programs. *Nutrition Reviews*. 19: 1-15.
- Lyons, G.H., J.C.R. Stangoulis, and R.D. Graham. 2005. Tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) to high soil and solution selenium levels. *Plant and Soil*. 270: 179-188.
- Lyons, G.H., I. Ortiz-Monasterio, J. Stangoulis, and R.D. Graham. 2005. Selenium concentration in wheat grain: Is there sufficient genotypic variation to use in breeding? *Plant and Soil*. 269: 369-380.
- Lyons, G.H., Y. Genc, K. Soole, J.C.R. Stangoulis, F. Liu, and R.D. Graham. 2008. Selenium increases seed production in Brassica. *Plant and Soil*. 10.1007/s 11104-008-9818-7.
- Mackowiaka, C.L. and M.C. Amache. 2008. Soil sulfur amendments suppress selenium uptake by alfalfa and western wheatgrass. *J. Environ. Qual.* 37: 772-779.

- Malakooti, M.J. and M. Tehrani. 2005. Effect of micro nutrients in yield increasing and quality improvement of agricultural products. Tarbiat Modarres University Pub. Pp: 299. (In Persian).
- Malakooti, M.J. and M.N. Gheibi. 2000. Determining critical levels of effective nutrients in soil. Plant and Fruits. Amoozesh-e-Keshavarzi Pub. Pp: 92. (In Persian).
- Najafian, G., M. Jalali, and J. Azimian. 2008. Segregation specifications of commercial cultivars and promising lines of wheat, cultivated in Iran. Amoozesh-e-Keshavarzi Pub. Pp: 208. (In Persian).
- Thomson, C.D., L.K. Ong, and M.F. Robinson. 2004. Effects of supplementation with high-selenium wheat bread on selenium, glutathione peroxidase and related enzymes in blood components of New Zealand residents. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 41: 1015-1022.
- Weissman, G.S. and S.F. Trelease. 2001. Influences of sulfur on the toxicity of selenium to *Aspergillus*. *Botanical Society of America*. 79: 489-494.



## Effect of Different Levels of Selenium and Sulfur on Growth and Yield of Three Cultivars of Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.)

Bakhshi Rad, O.<sup>1</sup>, M. Moez Ardalan<sup>2</sup>, and A. Reyhanitabar<sup>3</sup>

### Abstract

Selenium is an essential element for human and animal health, with antioxidant and anti-cancer properties. Although, researchers have found it to increase vegetative growth. It is not considered to be essential for higher plants. In order to evaluate the effect of selenium and sulfur on growth and yield of three cultivars of spring wheat a factorial experiment based on randomized complete block design with three replicates was conducted in pots at the Agricultural Faculty of Islamic Azad University, Tabriz Branch, Iran, during 2009-2010. Treatments were 3 cultivars of spring wheat (Karaj, Pishtaz and Sepahan), 5 levels of selenium (0, 0.2, 2, 5 and 10 mg/kg) in the form of sodium selenate used and 4 levels of elemental sulfur (0, 50, 100 and 150 mg/kg). Results showed that 0.2 and 2 mg Se/kg of soil increased growth and yield in all three cultivars, but 5 and 10 mg Se/kg of soil without sulfur, caused toxicity symptoms, white spots on leaf margins, while its toxicity decreased when 50 and 100 mg S/kg of soil was used and toxicity disappeared by using 150 mg S/kg of soil. This indicates that low levels of Se may have positive effects on growth and yield of wheat through meaningful interaction between Se and sulfur.

**Keywords:** Selenium, Spring wheat, Sulfur, Vegetative growth, Yield.

---

1- MS.c Student of Soil Fertility, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran.

2- Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran.

3- Assistant Prof. Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

\*Corresponding Author: [ouldouz@gmail.com](mailto:ouldouz@gmail.com)