نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد 15، شماره 4، زمستان 1396، ص. 871-861

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 4, Winter. 2018, p. 861-871

بررسی تأثیر سلنیوم و روش‌های مصرف کود سرک اوره بر عملکرد دانه و اجزای آن و صفات کیفی گندم در شرایط دیم

محمد کونانی[1]- نورعلی ساجدی[2*]- محمدرضا سبحانی[3]

تاریخ دریافت: 1395/02/20
تاریخ پذیرش: 1395/08/19

چکیده

مدیریت توزیع کود سرک اوره با توجه به نیاز گیاه در طول دوره رشد و تعدیل اثر تنش خشکی در شرایط دیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. به‌منظور بررسی تأثیر سلنیوم و روش‌های مصرف کود سرک اوره بر خصوصیات زراعی گندم دیم رقم سرداری آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 4 تکرار در روستای آشیانه سفلی شهرستان خمین در سال زراعی 92-1391 انجام شد. عوامل آزمایشی شامل روش‌های مصرف کود اوره در چهار سطح (بدون مصرف، مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار در مرحلهٔ پنجه‌زنی، مصرف 30 کیلوگرم اوره در مراحل پنجه‌زنی توأم با محلول‌پاشی 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحله قبل از ظهور سنبله و مصرف 20 کیلوگرم اوره در مرحلهٔ پنجه‌زنی توأم با محلول‌پاشی 200 میلی‌گرم در لیتر قبل از ظهور سنبله و 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحلهٔ اواخر ظهور سنبله) و سلنیوم در سه سطح عدم مصرف، 5 و10 میلی‌گرم در لیتر بودند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (1207/5 کیلوگرم) از مصرف60 کیلوگرم اوره در هکتار در مرحله اواخر پنجه‌زنی و بدون مصرف سلنیوم حاصل شد که با تیمار مصرف 30 کیلوگرم اوره در مرحلهٔ اواخر پنجه‌زنی و محلول‌پاشی200 میلی‌گرم در لیتر قبل از ظهور سنبله توأم با محلول‌پاشی 10 میلی‌گرم در لیتر سلنیوم با عملکرد 1087/5 کیلوگرم اختلاف معنی‌دار نشان نداد. با مصرف کود اوره، غلظت سلنیوم و میزان پروتئین دانه افزایش یافت. با محلول‌پاشی سلنیوم در سطوح کود نیتروژن، غلظت سلنیوم دانه به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. به‌طورکلی نتایج نشان داد که با مصرف30 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت سرک توأم با یک مرحله محلول‌پاشی اوره ضمن اینکه مصرف کود اوره به میزان 50 درصد کاهش می‌یابد، عملکرد مطلوب نیز حاصل می‌شود. همچنین با محلول‌پاشی سلنیوم ضمن تعدیل اثرات نامطلوب خشکی و غنی‌سازی دانه می‌توان کیفیت دانه در گندم را به‌طور معنی‌دار افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: سلنیت سدیم، گندم سرداری، محلول‌پاشی، نیتروژن

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهمترین ماده غذایی و تأمین‌کننده قسمت اعظم نیاز غذایی انسان‌ها در کشورهای مختلف جهان، به‌ویژه مردم کشورهای جهان سوم می‌باشد (Malekooti, 2000). در مناطق خشک که میزان بارندگی سالیانه کمتر از تبخیر و تعرق است، بروز دوره‌های خشکی در طول سال امری اجتناب‌ناپذیر است. حدود یک سوم از اراضی جهان با کمبود باران مواجه هستند و نیمی از آن اراضی (در حدود 12 درصد از کل جهان) دارای باران سالانهٔ کمتر از 250 میلی‌متر می‌باشند که فقط یک چهارم تبخیر و تعرق بالقوه در این مناطق را تشکیل می‌دهد (Koocheki and Sarmadnia, 1999). در بیشتر اراضی کشور بارندگی کافی نبوده و اکثر مناطق کشور از نظر شرایط اقلیمی خشک و یا نیمه‌خشک است و متوسط بارندگی کشور حدود 240 میلی‌متر در سال می‌باشد. کمبود آب احتمالاً مهمترین عامل تنش‌زا برای رشد گیاه و باروری آن می‌باشد، زیرا سبب کاهش در روند و سرعت رشد گیاه می‌گردد.

نیتروژن جزء اصلی پروتئین‌ها و بنابراین کلیه آنزیم‌ها می‌باشد (Raun and Johnson, 1999). نیتروژن در تمام دوره‌های رشد گیاه مورد نیاز است اما بیشترین نیاز به این عنصر در ابتدای پنجه‌زنی تا اواسط آن و نیز مرحله ظهور سنبله می‌باشد. عرضه کافی نیتروژن در دوره رسیدن برای تأخیر در پیری برگ، حفظ سطح فتوسنتز در طی پر

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
2- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
3- مربی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: n-sajedi@iau-arak.ac.ir
DOI: 10.22067/gsc.v15i4.55834

شدن دانه و افزایش مقدار پروتئین دانه ضروری است (Cimrin *et al*., 2004). از دیدگاه اقتصادی، باید کارایی نیتروژن افزایش یابد که در این صورت حفظ محیط زیست نیز حاصل خواهد شد. استفاده از ارقام با کارایی بالا هنگام استفاده از کود نیتروژن، رعایت تناوب زراعی، توصیه دقیق کودی با توجه به نیاز گیاه، مصرف به موقع کودها از نظر زمان و تقسیط با توجه به مراحل رشد گیاه و نوع کود راه‌کارهای افزایش کارایی استفاده از نیتروژن می‌باشد (Martin *et al*., 1976). درخصوص اهمیّت مدیریت کاربرد کود نیتروژن به‌صورت پیش کاشت و در طی فصل رشد برای بهینه‌سازی عملکرد و پروتئین دانه تأکید شده است (Cassman *et al*., 1992). زمان و نحوه مصرف کودهای نیتروژنی از اهمیّت زیادی برخوردار است. در گندم دیم، کاربرد نیتروژن در زمان کاشت یا قبل از ظهور سنبله سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود (Martin *et al*., 1976). گزارش شده است که بیشترین عملکرد دانه با مصرف نیتروژن در زمان کاشت به‌همراه محلول‌پاشی آن در مرحلهٔ پنجه‌زنی حاصل شد، همچنین محلول‌پاشی کود اوره در زمان گلدهی یا بعد از آن باعث افزایش مقدار نیتروژن دانه می‌شود (Sarandon and Gianibelli, 1990). آلستون (Alston, 1979) گزارش نمود که محلول‌پاشی نیتروژن و فسفر عملکرد دانه گندم را افزایش داد.

سلنیوم به‌عنوان یک عنصر کم‌مصرف ضروری برای انسان و حیوانات شناخته شده است. اما به‌عنوان یک عنصر ضروری برای گیاهان عالی در نظر گرفته نشده است. سلنیوم، در غلظت‌های کم رشد گیاهان را از طریق افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و تحمل گیاهان در برابر اثرات محدودکننده تنش‌های شدید محیطی از قبیل خشکی (Hasanuzzaman and Fujita, 2011)، شوری (Hasanuzzaman *et al*., 2011)، آب (Wang *et al*., 2013)، درجه حرارت بالا (Djanaguiraman *et al*., 2010) و پسابیدگی (Pukacka *et al*., 2011) تحریک می‌کند. تحقیقات نشان داده که سلنیوم یکی از اجزای ضروری برای فعالیت سیستم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان است. تأثیر سلنیوم این است که در زمان تنش اکسیداتیو و تشکیل رادیکال‌های آزاد، که منجر به صدمات و نابودی سلول می‌شود، تحمل گیاه به خشکی را افزایش می‌دهد؛ به‌طوری‌که این افزایش تحمل می‌تواند به‌دلیل افزایش فعّالیّت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان باشد (Timothy, 2001). سلنیوم جزئی از ساختمان آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز است که در تجزیه هیدروپراکسیدهای آلی و آب اکسیژنه دخالت دارد. در ساختمان هر مولکول گلوتاتیون پراکسیداز چهار اتم سلنیوم به‌کار رفته است (Blood and Radostits, 1983). سلنیوم توانایی تنظیم وضعیت آب گیاه در شرایط تنش خشکی را دارا می‌باشد که آن را به اثرات حفاظتی سلنیوم در افزایش ظرفیت جذب آب از طریق سیستم ریشه نسبت داده‌اند (Kostopoulou *et al*., 2010). سلنیوم در شریط کمبود آب، تحمّل گیاهان را از طریق کاهش تعرق یا کاهش پتانسیل اسمزی افزایش می‌دهد (Koocheki and Sarmadnia, 1999). گزارش شده است که تیمار گیاهان با سلنیوم در حد مطلوب برای رشد گیاهچه‌های گندم در شرایط خشکی مناسب است (Yao *et al*., 2009). مقدار کم سلنیوم در انسان می‌تواند خطر بیماری‌های قلبی- عروقی، سرطان و سایر بیماری‌های ناشی از تولید رادیکال‌های آزاد را افزایش دهد (Mascagni and Sabbe, 1991). یکی از روش‌های مؤثر برای حل این مشکل وارد کردن سلنیوم در زنجیره غذایی ازطریق گیاهانی است که سلنیوم را از خاک یا ازطریق محلول‌پاشی روی اندام‌های هوایی جذب می‌کنند (Rayman, 2000). مقدار سلنیوم در گیاهان را می‌توان با اضافه کردن سلنیوم به خاک، خیساندن بذرها در محلول سلنیوم قبل از کشت، کشت هیدروپونیک و ایروپونیک در یک محلول غذایی دارای سلنیوم و محلول‌پاشی با محلول حاوی سلنیوم افزایش داد (KabataPendias, 2001). متخصصان تغذیه، برای بزرگسالان مصرف حداکثر 400 میکروگرم سلنیوم در روز را به شرط این که به‌صورت مداوم نباشد، پیشنهاد کرده‌اند. ولی مصرف روزانه 200 میکروگرم سلنیوم در بزرگسالان و ترجیحاً به‌صورت دریافت از طریق مواد غذایی، جهت پیشگیری از کمبود سلنیوم کفایت می‌کند (Aro *et al*., 1995). کاهاکاچچی و همکاران (Kahakachchi *et al*., 2004) گزارش کردند، هنگامی‌که غلظت سلنیوم در گیاه کمتر از 0/1 میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد، در انسان و دام نشانه‌های کمبود ظاهر می‌شود، سلنیوم به شکل کود می‌تواند غلظت سلنیوم در بافت‌های گیاهی را افزایش دهد؛ کود مطلوب کودی است که غلظت سلنیوم گیاه را در محدوده 0/1 تا 4 میلی‌گرم بر کیلوگرم حفظ نماید. بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر سلنیوم بر تعدیل اثر تنش خشکی و بهبود کیفیت گندم و همچنین روش‌های مصرف کود سرک اوره در راستای کاهش مصرف کود اوره و بهبود عملکرد کمی و کیفی گندم در شرایط دیم بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر سلنیوم و روش‌های مصرف کود سرک اوره بر خصوصیّات کمی و کیفی گندم دیم رقم سرداری، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در روستای آشیانه سفلی شهرستان خمین در استان مرکزی با طول جغرافیایی 49 درجه و 99 دقیقه و عرض جغرافیایی 33 درجه و 84 دقیقه شمالی و ارتفاع 1815 متر از سطح دریا در سال زراعی 92-1391 اجرا شد. این منطقه دارای تابستان‌های نسبتاً گرم و زمستان‌های سرد می‌باشد و بیشتر بارندگی در فصول زمستان و بهار انجام می‌گیرد. خصوصیّات اقلیمی منطقه کشت در جدول 1 ارائه شده است.

جدول 1- آمار هواشناسی شهرستان خمین در سال زراعی 1392-1391

Table 1- Metrological data in Khomein city in cropping year 2012-2013

ماه‌های سال	Year months	تبخیر ماهیانه Monthly evaporation (mm)	رطوبت نسبی Relative humidity (%)	میانگین درجه حرارت Mean of temperature (°C)	بارندگی Precipitation (mm)
شهریور 91	September	349.5	24	23.2	5.6
مهر 91	October	222.9	30	17.3	6.9
آبان 91	November	99.3	53	11.1	68
آذر 91	December	5.8	66	4.3	54
دی 91	January	0	53	2.1	35.9
بهمن 91	February	0	45	6.4	6
اسفند 91	March	0	43	8.6	12.3
فروردین 92	April	182.4	44	11.7	56.6
اردیبهشت 92	May	200.9	46	14	13.3
خرداد 92	June	365.5	36	21.8	0

عوامل مورد بررسی شامل روش‌های مصرف کود نیتروژن از منبع اوره در چهار سطح بدون مصرف (شاهد)، مصرف 60 گیلوگرم در هکتار به‌صورت سرک در مرحلهٔ اواخر پنجه‌زنی (ZGS 25)، مصرف 30 کیلوگرم در هکتار در مراحل اواخر پنجه‌زنی توأم با محلول‌پاشی 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحله قبل از ظهور سنبله (ZGS 45) و مصرف 20 کیلوگرم در هکتار در مرحلهٔ اواخر پنجه‌زنی توأم با محلول‌پاشی 200 میلی‌گرم در لیتر قبل از ظهور سنبله و 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحلهٔ اواخر ظهور سنبله (ZGS 59) به‌عنوان عامل اصلی و سلنیوم در سه سطح عدم مصرف، 5 و 10 میلی‌گرم در لیتر از منبع سلنیت سدیم به‌صورت محلول‌پاشی به‌عنوان عامل فرعی بودند. محلول‌پاشی مقادیر سلنیوم همراه با محلول‌پاشی مرحله اول کود نیتروژن انجام شد. محلول‌پاشی با کود اوره و سلنیوم در ساعت شش بعد از ظهر با استفاده از سمپاش موتوری 20 لیتری انجام شد.

قبل از کشت اقدام به نمونه‌برداری از خاک مزرعه شد که نتایج آن در جدول 2 ارائه شده است. برای اندازه‌گیری سلنیوم خاک مزرعه، نمونه‌ای از خاک به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه خاک کاملاً خشک و از الک 2 میلی‌متری عبور داده شد. سلنیوم خاک بعد از هضم با اسید نیتریک، اسید کلریدریک و پرکلرید، با دستگاه جذب اتمی قرائت شد (Liu *et al*., 2009).

جهت آماده‌سازی زمین، عملیات شخم و دیسک به‌منظور خردشدن کلوخه‌ها در پانزدهم و شانزدهم مهرماه 91 انجام شد. قبل از کشت مقدار 100 کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم مصرف شد.

جدول 2- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2- Physical and chemical soil properties of the experimental site

عمق خاک Soil depth (cm)	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته pH	فسفر P ($mg\ kg^{-1}$soil)	ازت کل N (%)	کربن آلی OC (%)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	سلنیوم Se ($\mu g\ kg^{-1}$ soil)
0-30	0.2	7.9	6.9	0.04	0.44	56	20	24	105

کشت در بیستم مهر ماه 1391 با دستگاه بذر کار غلات انجام شد. ابعاد هر کرت 18 مترمربع (3×6)، شامل20 ردیف کشت با فاصله 15 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. میزان بذر مصرفی براساس 100 کیلوگرم در هکتار از رقم گندم سرداری در نظر گرفته شد. ویژگی‌های این رقم، ارتفاع بوته متوسط، ریشک دار، مقاوم به ریزش، نسبتاً زودرس، دارای عادت رشد زمستانه متمایل به بینابین و سازگاری خوب به شرایط محیطی مناطق مرتفع و سردسیر دیم می‌باشد. کنترل علف‌های هرز به‌صورت مکانیکی و وجین، به‌طور یکنواخت در کلیه کرت‌ها انجام شد. در دوم اردیبهشت ماه 1392، نسبت به سمپاشی سن گندم با سم دسیس اقدام لازم صورت گرفت. برداشت نهایی پس از خشک شدن و رسیدن کامل بوته‌ها، در پانزدهم تیرماه 1392 انجام گرفت. به‌منظور ارزیابی صفات زراعی و اجزای عملکرد، از هر کرت

به‌طور تصادفی تعداد 20 بوته انتخاب گردید. برای محاسبه عملکرد دانه سطحی معادل دو مترمربع از هر کرت آزمایشی برداشت شد.

محتوی نیتروژن دانه به روش کجلدال و میزان پروتئین دانه با استفاده از رابطه زیر تعیین شد (Voltas *et al*., 1997).

پروتئین (درصد) = مقدار نیتروژن × 5/75

برای اندازه‌گیری محتوی سلنیوم دانه یک گرم دانه آسیاب و به بالن 50 میلی‌لیتر منتقل شد. یک عدد ساچمه با اسید نیتریک شسته و در داخل بالن قرار داده شد. 10 میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه و 4 ساعت به حالت خود رها گردید. 15 دقیقه زیر هود با حرارت کم عمل هضم انجام شد، سپس حرارت افزایش یافت تا اسید نیتریک به‌صورت رنگ نارنجی خارج شود. بعد از ظهور دود نارنجی و گذشت 10 دقیقه، نمونه از روی هیتر برداشته شد تا سرد شود. با 2 میلی‌لیتر اسید پرکلریک 70٪ اطراف ظروف شسته و به هم زده شد، پس از گذشت 15 دقیقه جوشش از بین رفت. حرارت ادامه یافت تا دود سفید رنگ خارج شود. پس از خارج شدن دود 15 دقیقه دیگر زمان لازم است تا محلول سرد شود. پس از سرد شدن نمونه، 1 میلی‌لیتر آب مقطر به محلول اضافه شد، دوباره حرارت داده تا ایجاد دود شود پس از سرد شدن، نمونه با آب مقطر به حجم 50 میلی‌لیتر رسانده شد و سپس توسط کاغذ صافی نمونه عصاره‌گیری گردید. محتوی سلنیوم در محلول هضم شده به‌وسیله جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Emami, 1996; Kopsell and Randle, 1997).

داده‌های حاصل از این آزمایش به کمک نرم‌افزار MSTAT-C تجزیه و تحلیل گردید. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد، اثر روش‌های مصرف کود سرک اوره و اثر متقابل مصرف کود اوره و مقادیر مختلف سلنیوم بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که با مصرف کود اوره به‌صورت سرک، ارتفاع بوته نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین ارتفاع بوته معادل 66/40 سانتی‌متر از مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار در مرحلهٔ اواخر پنجه‌زنی حاصل شد. با مصرف تیمارهای کود سرک به‌صورت 60 کیلوگرم اوره، 30 کیلوگرم اوره توأم با 200 میلی‌گرم در لیتر محلول‌پاشی، 20 کیلوگرم اوره توأم با دو مرحله محلول‌پاشی به میزان 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحلهٔ زایشی، ارتفاع بوته به‌ترتیب به میزان 11/1، 6/5 و 6 درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول 4). افزایش ارتفاع بوته در گیاهان وابسته به تراکم و طول میانگره‌ها است. تعداد گره در این گروه از گیاهان قبل از شروع ساقه‌دهی مشخص می‌گردد، لذا تأثیر کود نیتروژن‌دار بر طویل شدن میانگره‌ها است که باعث افزایش ارتفاع بوته می‌گردد. طویل شدن میانگره‌ها در اثر طویل شدن سلول‌های میانگره‌ها است (Wortman *et al*., 2011). نیتروژن با نقشی که در ساختار پروتئین‌ها که از اجزای دیواره سلولی است به‌طور مستقیم می‌تواند منجر به افزایش رشد سلول‌ها گردد (Lawlor, 2002).

نتایج اثر متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته معادل 69/6 سانتی‌متر از تیمار مصرف 60 کیلوگرم اوره به‌صورت سرک در مرحلهٔ اواخر پنجه‌زنی و بدون مصرف سلنیوم حاصل شد. با مصرف تیمارهای کود سرک به‌صورت 60 کیلو اوره، 30 کیلو اوره و 200 میلی‌گرم در لیتر محلول‌پاشی و 20 کیلوگرم اوره توأم با دو مرحله محلول‌پاشی به میزان 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحلهٔ زایشی در هر سطح سلنیوم، ارتفاع بوته به‌ترتیب به میزان 23، 15، 13، 12، 11، ۱۰،۱۰ و 8 درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول 5).

اثر روش‌های مصرف کود اوره به‌صورت سرک و مقادیر مختلف سلنیوم بر تعداد سنبله در واحد سطح، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل تیمارها بر تعداد سنبله در واحد سطح غیر معنی‌دار بود (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با مصرف کود اوره به‌صورت سرک نسبت به شاهد، تعداد سنبله در واحد سطح افزایش یافت. بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح معادل 117/25 از مصرف 60 کیلو اوره در مرحلهٔ اواخر پنجه‌زنی حاصل شد که با تیمار مصرف 30 کیلوگرم اوره در هکتار در مرحلهٔ پنجه‌زنی توأم با 200 میلی‌گرم در لیتر اوره به‌صورت محلول‌پاشی قبل از ظهور سنبله در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول 4). گزارش شده است که با بهبود مدیریت کاربرد نیتروژن در مزرعه، مرگ و میر پنجه‌ها کاهش می‌یابد (Martin *et al*., 1976)، مرگ و میر پنجه‌ها نوعی هدررفت منابع است، به‌ویژه آبی که صرف رشد این پنجه‌ها شده برگشت‌ناپذیر است و این موضوع در مناطق خشک از اهمیت زیادی برخوردار است (Innes *et al*., 1981). اثر مقادیر مختلف سلنیوم بر تعداد سنبله در واحد سطح نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح معادل 108 عدد از تیمار مصرف پنج میلی‌گرم در لیتر سلنیوم به‌صورت محلول‌پاشی حاصل شد (جدول 4). نتایج اثر متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح معادل 119/5 عدد از تیمار مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت سرک در مرحلهٔ پنجه‌زنی توأم با مصرف پنج میلی‌گرم در لیتر محلول‌پاشی سلنیوم حاصل شد که با تیمارهای مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت سرک در مرحلهٔ پنجه‌زنی و عدم مصرف سلنیوم یا توأم با مصرف 10 میلی‌گرم در لیتر سلنیوم در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول 5). گزارش شده است که با افزایش مصرف کود نیتروژن در گندم، تعداد پنجه‌های بارور، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد کاه افزایش ولی تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت کاهش یافت (Zebart and Sheard, 1992).

جدول 3- میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده

Table 3- Mean squares of studied traits

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per area	تعدا دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزاردانه 1000 Kernel weight	عملکرد دانه Grain yield	میزان سلنیوم دانه Grain selenium content	میزان پروتئین Protein content
Replicate	تکرار	3	4.1996^{ns}	107.6319**	0.7533^{ns}	4.1875^{ns}	65910.1875^{ns}	427.5896^{ns}	1.108^{ns}
Nitrogen (N)	نیتروژن	3	93.7607**	1571.9097**	9.1605**	330.4097**	202620.7431*	22441.0507**	8.09**
Ea	خطا a	9	2.4833	102.3171	0.4835	6.0208	39970.0023	297.4046	0.928
Selenium (Se)	سلنیوم	2	18.5518^{ns}	68.7708**	2.6568*	51.6458*	999.5625^{ns}	43670.5852**	0.577^{ns}
N×Se	نیتروژن^{x} سلنیوم	6	15.4540**	4.9097^{ns}	3.4749**	38.8680*	18899.2847^{ns}	6456.1466**	1.41^{ns}
Eb	خطای b	24	3.5940	7.12500	0.61763	9.47916	39542.132	1268.6849	0.729
C.V			3.01	2.52	4.51	7.13	18.97	13.42	10.44

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال 5٪، 1٪ و غیر معنی‌دار.

*, ** Significant at 0.05and 0.01 level of probability, respectively.

اثر سلنیوم بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال 5 درصد و اثر روش‌های مصرف سرک اوره و اثر متقابل روش‌های مصرف کود اوره و مقادیر مختلف سلنیوم بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود (جدول 3). نتایج نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله معادل 18/27 از مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت سرک در مرحلهٔ پنجه‌زنی حاصل شد که با تیمار 30 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت سرک در مرحلهٔ پنجه‌زنی توأم با 200 میلی‌گرم در لیتر به‌صورت محلول‌پاشی قبل از ظهور سنبله در یک گروه آماری قرار گرفت؛ به‌نظر می‌رسد با محلول‌پاشی اوره در مرحله ظهور سنبله نیاز نیتروژن گیاه در مرحله زایشی تأمین می‌شود و زمینه لازم برای افزایش تعداد واحد زایشی در سنبله فراهم می‌گردد. گودینگ و دیوایز (Gooding and Devies, 1992) گزارش نمودند که با محلول‌پاشی نیتروژن، عملکرد گندم افزایش یافت. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله معادل 17/7 عدد با محلول‌پاشی 10 میلی‌گرم در لیتر سلنیوم حاصل شد (جدول 4). نتایج اثر متقابل تیمارها نشان داد، با وجود این که بیشترین تعداد دانه در سنبله معادل 19 عدد از مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت سرک در مرحلهٔ پنجه‌زنی و بدون مصرف سلنیوم حاصل شد، ولی با مصرف30 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت سرک در مرحلهٔ پنجه‌زنی توأم با محلول‌پاشی 200 میلی‌گرم در لیتر قبل از ظهور سنبله و محلول‌پاشی 10 میلی‌گرم در لیتر سلنیوم می‌توان به تعداد دانه مطلوب در سنبله دست یافت.

نتایج نشان داد، اثر روش‌های مصرف کود اوره به‌صورت سرک بر وزن هزاردانه در سطح احتمال 1 درصد و مصرف مقادیر مختلف سلنیوم و اثر متقابل مصرف کود سرک اوره و مقادیر مختلف سلنیوم بر وزن هزاردانه در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بود (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با مصرف کود اوره به‌صورت سرک با استفاده از تیمارهای 60 کیلوگرم به‌تنهایی و مصرف 20 کیلوگرم توأم با دو مرحله محلول‌پاشی به میزان 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحله زایشی وزن هزاردانه نسبت به شاهد افزایش یافت؛ به‌نظر می‌رسد، افزایش وزن هزاردانه با مصرف کود اوره در مراحل مختلف رشد به این دلیل باشد که تأمین نیتروژن در مراحل پایانی می‌تواند تجمع مواد حاصل از فتوسنتز را در دانه افزایش دهد و بنابراین وزن دانه افزایش می‌یابد (Arif *et al*., 2006). نتایج نشان داد که با محلول‌پاشی 10 میلی‌گرم در لیتر سلنیوم، وزن هزاردانه نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول 4). پنانن و همکاران (Pennanen *et al*., 2002) مشاهده نمودند که سلنیوم باعث تجمع نشاسته در کلروپلاست برگ‌های جوان می‌شود. نتایج اثر متقابل تیمارها نشان داد که در سطوح اول، دوم و سوم نیتروژن، با مصرف 10 میلی‌گرم در لیتر سلنیوم، وزن هزاردانه نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین وزن هزاردانه از تیمارهای 60 کیلوگرم اوره در هکتار توأم با مصرف 10 میلی‌گرم در لیتر محلول‌پاشی سلنیوم با مصرف 20 کیلو اوره در هکتار توأم با دو مرحله محلول‌پاشی به میزان 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحله زایشی و بدون مصرف سلنیوم حاصل شد (جدول 5). عارف و همکاران (Arif *et al*., 2006) گزارش نمودند که با محلول‌پاشی عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم توأم با عناصر کم مصرف تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد زیستی و

عملکرد دانه افزایش یافت. آنها گزارش نمودند که بیشترین عملکـرد دانه با دو مرحله محلول‌پاشی حاصل شد که از نظـر آمـاری بـا سـه مرحله محلول‌پاشی در یک گروه آماری قرار گرفتند.

جدول 4- مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی صفات اندازه‌گیری شده

Table 4- Mean comparisons of main effects the measured traits

تیمار های آزمایشی Experimental treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per area	تعدا دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزاردانه 1000 Kernel weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	سلنیوم دانه Grain selenium (µg kg^{-1})	پروتئین دانه Grain protein (%)
نیتروژنNitrogen							
N1	59.76b	89.91c	16.21c	38.91b	853.33b	202.88c	10.16b
N2	66.40a	117.25a	18.27a	48.25a	1105.00a	300.85a	11.89a
N3	63.65b	108.58ab	17.75ab	38.33b	1116.42a	285.19ab	11.57a
N4	62.00c	107.16b	17.35b	47.08a	1117.50a	272.67b	11.96a
سلنیومSelenium							
Se1	64.08a	103.93b	17.55a	43.75a	1053.88a	216.31c	11.43a
Se2	61.94a	108.00a	16.93b	41.12b	1039.06a	259.58b	11.52a
Se3	62.83a	105.25b	17.70a	44.56a	1051.25a	320.31a	11.16a

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه در هر ستون و برای هر عامل، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Meansfollowed by at least one the same letter in each column and each factor, are non- significantly different (P = 0.05) according to Duncan's multiple range test.

N_1: بدون مصرف نیتروژن

N1: without application of Nitrogen

N_2: مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت سرک در مرحلهٔ پنجه‌زنی

N2: application of 60 kg Urea/ha as top topdress in the late stages of tillering,

N_3: مصرف 30 کیلوگرم اوره در هکتار در مرحلهٔ پنجه‌زنی+ 200 میلی‌گرم در لیتر اوره به‌صورت محلول‌پاشی قبل از ظهور سنبله

N3: application of 30 kg Urea/ha as top topdress in the late stages of tillering combined with 200 mg Urea /lit as foliar application before spike emergence

N_4: مصرف 20 کیلوگرم اوره در هکتار در مرحلهٔ پنجه‌زنی+ 200 میلی‌گرم در لیتر اوره به‌صورت محلول‌پاشی قبل از ظهور سنبله و 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحله ظهور سنبله

N4: application of 20 kg Urea/ha as top topdress in the late stages of tillering combined with 200 mg urea/lit as foliar application before spike emergence and 200 mg Urea/lit in the last stage spike emergence

Se_1: بدون مصرف

Se1: without application

Se_2: محلول‌پاشی به میزان 5 میلی‌گرم در لیتر

Se2: 5 mg /lit as foliar application

Se_3: محلول‌پاشی به میزان 10 میلی‌گرم در لیتر

Se2: 10 mg /lit as foliar application

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر روش‌های مصرف کود اوره به‌صورت سرک بر عملکرد دانه در سطح احتمـال 5 درصـد معنـی‌دار بود؛ اما مصرف مقادیر مختلف سلنیوم و اثر متقابل کود سرک اوره با مقادیر مختلف سلنیوم بر عملکرد دانه غیر معنـی‌دار بـود (جـدول 3). نتایج مقایسه میانگین صـفات نشـان داد کـه بـا مصـرف کـود اوره به‌صورت سرک نسبت به شاهد، عملکرد دانه افزایش یافت. با مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار در مرحله پنجه‌زنـی، 30 کیلـوگرم اوره در هکتار توأم با یک مرحله محلول‌پاشی به میزان 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحله زایشی و مصرف 20 کیلوگرم اوره در هکتار توأم با 2 مرحله محلول‌پاشی به میزان 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحله زایشی عملکرد دانه نسبت به شاهد به‌ترتیب به میـزان 29/4، 30/8 و 30/9 درصـد افزایش یافت. دلیل این امر مربوط به افزایش تعـداد سـنبله در واحـد سطح و تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه بود. با وجود ایـن‌کـه اثـر مقادیر مختلف تیمارها بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود ولـی تیمارهـا در گـروه‌هـای مختلـف قـرار گرفتنـد. بیشـترین عملکـرد دانـه معـادل 1207/5کیلوگرم از مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت سرک در مرحلهٔ پنجه‌زنی و بدون مصرف سلنیوم حاصل شد. کـه بـا تیمـار مصرف 20 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت سرک در مرحلهٔ پنجه‌زنی و محلول‌پاشی طی دو مرحله به میـزان 200 میلـی‌گـرم در لیتـر در مرحله زایشی توأم با مصرف 10 میلی‌گرم در لیتر سلنیوم با عملکـرد معادل 1196/3 کیلوگرم در هکتار در یک گروه آمـاری قـرار گرفـت (جدول 5). گزارش شده است که با افزایش نیتروژن حجم پروتوپلاسم افزایش یافته، درنتیجه اندازه سلول و سطح برگ بزرگتر و در نهایـت فعالیـت فتوسنتز بیشتر مـی‌گـردد (Rasmusson, 1987). نیتـروژن ازطریق افزایش تعداد سنبله، تعداد دانـه در سـنبله و وزن هـزار دانـه سبب افزایش عملکرد گندم می‌شود، به‌طور کلـی اجـزای عملکـرد در گندم تحـت تـأثیر مسـتقیم نیتـروژن مـی‌باشنـد (Hatfield and Prueger, 2004). وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2013) گزارش

نمودند که با مصرف سلنیوم به‌صورت خاک مصرف و محلول‌پاشی عملکرد دانه در ذرت تغییر پیدا نکرد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در یک آزمایش سه ساله گزارش شده است که، کاربرد 30 کیلوگرم در هکتار کود نیترات آمونیوم به‌صورت محلول در خاک توأم با 10 یا 20 گرم سلنیوم از منبع سلنیت سدیم به‌صورت محلول‌پاشی در مرحلهٔ پنجه‌زنی عملکرد دانه در سال 1999، از 5/98 به 6/08 تن در هکتار، در سال 2000، از 5/65 به 5/71 تن در هکتار و در سال 2001، از 7/78 به 8/04 تن در هکتار تغییر یافت ولی افزایش عملکرد معنی‌دار نبود (Ducsay and Lozek, 2006).

جدول 4- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل صفات اندازه‌گیری شده

Table 4- Mean comparisons of interaction factors the measured traits

تیمار های آزمایشی Experimental treatment	ارتفاع بوته Plant height(cm)	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per area	تعدا دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزاردانه 1000 Kernel weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	سلنیوم دانه Grain selenium (µg kg^{-1})	پروتئین دانه Grain protein (%)
Nitrogen× Selenium							
N_1Se_1	61.10d	86.75e	15.57e	37.25fg	828.80b	210.58ef	9.75c
N_1Se_2	56.55e	93.00d	16.056de	37.50fg	877.50ab	165.58f	10.65abc
N_1Se_3	61.65cd	90.00de	17.02cd	42.00def	853.80b	232.50de	10.09bc
N_2Se_1	69.60a	115.50a	19.00a	47.25bc	1207.50a	200.73ef	11.54abc
N_2Se_2	64.47bc	119.50a	17.22bcd	46.25cd	1040.00ab	308.18bc	12.56a
N_2Se_3	65.12b	116.75a	18.60a	51.25ab	1067.50bc	393.68a	11.29abc
N_3Se_1	63.57bcd	108.25bc	18.52a	37.75fg	1120.50ab	223.58de	12.04ab
N_3Se_2	64.30bc	109.5bc	16.37de	36.75g	1141.30ab	289.20bc	11.64abc
N_3Se_3	63.10bcd	108.00bc	18.35ab	40.50efg	1087.50ab	342.80ab	11.03abc
N_4Se_1	62.07bcd	105.25c	17.12bcd	52.75a	1058.80ab	230.38de	12.42a
N_4Se_2	62.45bcd	110.00b	18.10abc	44.00cde	1097.50ab	275.38cd	11.23abc
N_4Se_3	61.47cd	106.25bc	16.85cd	44.50cde	1196.10a	312.28bc	12.22a

میانگین‌های با حداقل یک مشابه در هر ستون و برای هر عامل، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Means followed by at least one the same letter in each column and each factor, are non- significantly different (P = 0.05) according to Duncan's multiple range test.

براساس جدول تجزیه واریانس، اثر روش‌های مصرف کود سرک اوره در مرحلهٔ پنجه‌زنی، مقادیر مختلف سلنیوم و اثر متقابل روش‌های مصرف کود اوره به‌صورت سرک و مقادیر مختلف سلنیوم بر میزان سلنیوم دانه در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که با مصرف کود اوره به‌صورت سرک نسبت به شاهد، میزان سلنیوم دانه افزایش یافت. بیشترین میزان سلنیوم معادل 300/85 میکروگرم بر کیلوگرم از مصرف تیمار 60 کیلو اوره در هکتار در مرحلهٔ پنجه‌زنی حاصل شد. با مصرف تیمارهای 60 کیلو اوره در هکتار به‌صورت سرک،30 کیلوگرم نیتروژن توأم با 200 میلی‌گرم محلول‌پاشی و 20 کیلوگرم اوره در هکتار توأم با دو مرحله محلول‌پاشی به میزان 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحلهٔ زایشی میزان سلنیوم دانه به‌ترتیب به میزان 48/28، 40/57، 34/39 درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که با مصرف مقادیر مختلف سلنیوم نسبت به شاهد، میزان سلنیوم دانه افزایش یافت. بیشترین میزان سلنیوم دانه معادل 320/31 میکروگرم بر کیلوگرم از مصرف 10 میلی‌گرم سلنیوم بر لیتر در مرحله قبل از سنبله‌دهی حاصل شد (جدول 4). نتایج اثر متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین میزان سلنیوم دانه معادل 393/6 میکروگرم بر کیلوگرم از تیمار مصرف60 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت سرک در مرحلهٔ پنجه‌زنی توأم با مصرف 10 میلی‌گرم در لیتر محلول‌پاشی سلنیوم حاصل و با تیمار مصرف 30 کیلوگرم اوره در هکتار در مرحلهٔ پنجه‌زنی+ 200 میلی‌گرم نیتروژن در لیتر به‌صورت محلول‌پاشی قبل از ظهور خوشه با سلنیوم معادل 342/8 میکروگرم بر کیلوگرم در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول 5). کورتین و همکاران (Curtin *et al*., 2006) گزارش نمودند که با مصرف 20 گرم در هکتار سلنیوم به‌صورت محلول‌پاشی، مقدار سلنیوم دانه گندم از 0/03 میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد به 0/45 میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش یافت. وانگ و همکاران (Wang *et al*., 2013) گزارش نمودند که با مصرف مقادیر مختلف سلنیوم، مقدار سلنیوم دانه در ذرت به‌طور خطی افزایش یافت. آنها گزارش نمودند که کاربرد سلنیوم به‌صورت خاک مصرف و محلول‌پاشی، به‌طور معنی‌دار مقدار سلنیوم دانه را افزایش داد اما مقدار سلنیوم دانه در روش محلول‌پاشی افزایش بیشتری نشان داد. گزارش شده است که در یک آزمایش سه ساله، کاربرد 30 کیلوگرم در هکتار کود نیترات آمونیوم به‌صورت محلول در خاک توأم

با 10 یا 20 گرم سلنیوم از منبع سلنیت سدیم به‌صورت محلول‌پاشی در مرحلهٔ پنجه‌زنی به شدت میزان سلنیوم دانه را در گندم افزایش داد (Ducsay and Lozek, 2006).

نتایج نشان داد، اثر روش‌های مصرف کود سرک اوره بر میزان پروتئین دانه در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود. اما مصرف مقادیر مختلف سلنیوم و همچنین اثر مصرف متقابل نیتروژن کود سرک اوره و مقادیر مختلف سلنیوم بر میزان پروتئین دانه غیرمعنی‌دار شد (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که با مصرف کود اوره به‌صورت سرک نسبت به شاهد، میزان پروتئین دانه افزایش یافت. بیشترین میزان پروتئین دانه معادل 11/96درصد از تیمار مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت سرک حاصل شد (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین میزان پروتئین دانه معادل 12/56درصد از تیمار مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت سرک در مرحلهٔ پنجه‌زنی توأم با 5 میلی‌گرم بر لیتر محلول‌پاشی سلنیوم حاصل شد که با تیمار مصرف 20 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت سرک در مرحلهٔ پنجه‌زنی و دو مرحله محلول‌پاشی به میزان 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحلهٔ زایشی توأم با مصرف 10 میلی‌گرم در لیتر سلنیوم در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول 5). به‌نظر می‌رسد با تقسیط کود سرک اوره به روش‌های مختلف می‌توان به نتیجه مطلوب دست یافت. در آزمایش‌های انجام شده، افزایش نیتروژن در گیاه گندم موجب افزایش عملکرد و درصد پروتئین دانه شد (Irani, 1998). استرونگ (Strong, 1982) گزارش نمود که مصرف 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در موقع کاشت توأم با مصرف 25 و 50 و 100 کیلوگرم نیتروژن در زمان غلاف رفتن و گلدهی، میزان پروتئین دانه افزایش یافت ضمن اینکه کاربرد نیتروژن بعد از گلدهی تأثیر کمی داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج کلی این تحقیق نشان داد با تقسیط کود اوره به‌صورت سرک در مرحلهٔ پنجه‌زنی توأم با محلول‌پاشی اوره در مرحلهٔ ظهور سنبله، ضمن حصول عملکرد مطلوب، مصرف کود اوره در هکتار به میزان 50 درصد کاهش یافت، از طرفی با محلول‌پاشی سلنیوم می‌توان ضمن تعدیل اثر تنش خشکی در شرایط دیم، کیفیت دانه گندم را افزایش داد. بنابراین با مصرف 30 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت پخش سطحی در مرحلهٔ پنجه‌زنی و محلول‌پاشی 200 میلی‌گرم در لیتر اوره در مرحله ظهور سنبله توأم با محلول‌پاشی 10 میلی‌گرم در لیتر سلنیوم در شرایط دیم می‌توان شرایط لازم برای بهبود کمیت و کیفیت گندم را فراهم نمود.

References

1. Alston, A. M. 1979. Effects of soil water content and foliar fertilization with nitrogen and phosphorus in late season on the yield and composition of wheat. Australin Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 30 (4): 577-585.
2. Arif, M., Muhammad, M., Chohan, A., Sajid, A., Gul, R., and Khan, S. 2006. Response of wheat to foliar application of nutrients. Journal of Agricultural and Biological Science 1 (4): 30-34.
3. Aro, A., Alfthan, G., and Varo, P. 1995. Effects of supplementation of fertilizers on humanselenium status in Finland. Analyst 120: 841-843.
4. Blood, D. C., and Radostits, O. M. 1983. Veterinary mediciene. Sixth (ed).PP. and Radostits. 1054, 1194, 1198, 1199, 1200.
5. Cassman, K. G., Bryant, D. C., Fulton, A. E., and Jackson, L. F. 1992. Nitrogen supply effects on partitioning of dry matter and nitrogen to grain of irrigated wheat. Crop Science 32: 1252-1258.
6. Cimrin, K. M., Bozkurt, A., and Sekeroglu, N. 2004. Effect of nitrogen fertilization on protein yield and nutrient uptake in some triticale genotypes. Journal of Agronomy 3: 268-272.
7. Curtin, D., Hanson, R., Lindley, T. N., and Butler, R. C. 2006. Selenium concentration in wheat (*Triticum aestivum* L.) grain as influenced by method, rate, and timing of sodium selenate application. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 34: 329-339.
8. Djanaguiraman, M., Prasad, P. V. V., and Seppanen, M. 2010. Selenium protects sorghum leaves from oxidative damage under high temperature stress by enhancing antioxidant defense system. Plant Physiology and Biochememistry 18 (12): 999-1007.
9. Ducsay, L., and Lozek, O. 2006. Effect of selenium foliar application on its content in winter wheat grain. Plant, Soil and Environment 52 (2): 78-82.
10. Emami, A., 1996. Methods of Plant Analysis (Vol1). Agriculture researches, education and extension organization. Soil and water research Institute. Journal of No: 982. 126pp.
11. Gooding, M. J., and Devies, W. P. 1992. Foliar urea fertilization of cereals. Nutrient Cycling in Agroecosystems 32: 209-222.
12. Hasanuzzaman, M., and Fujita, M. 2011. Selenium pretreatment upregulates the antioxidant defense and methylglyoxal detoxification system and confers enhanced tolerance to drought stress in rapeseed seedlings. Biological Trace Element Research 143: 1758-1776.

13. Hasanuzzaman, M., Hossain, M. A., and Fujita, M. 2011. Selenium-induced up-regulation of the antioxidant defense and methylglyoxal detoxification system reduces salinity-induced damage in rapeseed seedlings. Biological Trace Element Research. 143: 1704-1721.
14. Hatfield, J. L., and Prueger, J. H. 2004. Nitrogen over-use, under-use, and efficiency. Crop Science 26: 156-168.
15. Innes, P., Blackwell, R. D., Austin, R. B., and Ford, M. A. 1981. The effects of selection for number of ears on the yield and water economy of winter wheat. The Journal of Agricultural Science Cambridge Core 97: 523-532.
16. Irani, P. 1998. Effect of rate and time of nitrogen fertilizer application as top dress on yield and quality properties of Qods wheat. Journal of seed and seedling 3: 10-19.
17. KabataPendias, A. 2001. Trace Elements in Soils and Plants (3rd Edn) CRC Press, Boca Raton, FL, 287 pp.
18. Kahakachchi, C., Boakye, H. T., Uden P. C., and Tyson, J. F. 2004. Chromatographic speciation of anionic and neutral selenium compounds in Se-accumulating Indian mustard (*Brassica juncea*) and in selenized yeast. Journal of Chromatography A 1054: 303-312.
19. Kopsell, D. A., and Randle, W. M. 1997. Selenate concentration affects selenium and sulfur uptake and accumulation by granex 33 onions. Journal of American Society for Horticulture Science 122 (5): 721-726.
20. Koocheki, A., and Sarmadnia. G. 1999. Physiological aspects of rain fed production. Mashhad university press.
21. Kostopoulou, P., Barbayiannis, N., and Basile, N. 2010. Water relations of yellow sweetclover under the synergy of drought and selenium addition. Plant and Soil 330: 65-71.
22. Kuznetsov, V., Kidin, V. P., and Vladimir, V. 2004. Protective effect of selenium on wheat plant under drought stress. Abstract of articles symposium of plant biology-lake Buena. 695-700.
23. Lawlor, W. 2002. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. Journal of Experimental Botany 53: 773-787.
24. Liu, K. L., and GU, Z. X. 2009. Selenium accumulation in different brown rice cultivars and its distribution in fractions. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57: 695-700.
25. Malekooti, M. J. 2000. Wheat Optimum Nutrition. Agriculture education Press. 524 p.
26. Malekooti, M. J., Khoogar, Z., and Khademi, Z. 2004. The method new wheat nutrition. Agriculture education Press.524 p.
27. Martin, J. H., Leonard, W. H., and Stamp, D. L. 1976. Principles of field crop production. 3rd edition.Collier Macmillan. 1118 pp.
28. Mascagni, Jr. H. J., and Sabbe. W. E. 1991. Late spring nitrogen applications on wheat on a poorly drained soil. Journal of Plant Nutrition 14: 1091-1103.
29. Merian, E. 1991. Metals and their compounds in the environment. VCH Verlagsgesell. Weinheim. Plant Physiology and Biochemistry 48 (12): 999-1007.
30. Pennanen, A., Xue, T., and Hartikainen, H. 2002. Protective role of selenium in plant subjected to severe UVirradiation stress. Journal of Applied Botany 76: 66 76.
31. Pukacka, S., Ratajczak, E., and Kalemba, E. 2011. The protective role of selenium in recalcitrant *Acer saccharium* L. seeds subjected to desiccation. Journal of Plant Physiology 168 (3): 220-225.
32. Rasmusson, D. C. 1987. An evaluation of ideotype breeding. Crop Science 27: 1140-1146.
33. Raun, W. R., and Johnson, G. V. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal 91: 357-363.
34. Rayman, M. P. 2000. The importance of selenium to human health. Lancet 356: 233-241.
35. Sarandon, S. J., Gianibelli, M. C. 1990. Effect of foliar urea spraying and nitrogen application at sowing upon dry matter and nitrogen distribution in wheat (*Triticum aestivum*). Argentina Agronimic 10: 183-189.
36. Strong, W. M. 182. Effect of late application of nitrogen on the yield and protein content of wheat. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 22 (115): 54-61.
37. Timothy, P. 2001. Effect of selected selenium status: Implications of oxidative stress. Biochem Pharam 62: 273-281.
38. Voltas, J., Romagosa, I., and Araus, J. L. 1997. Grain size and nitrogen accumulation in sink-reduction barley under Mediterranean conditions. Field Crops Research 52: 117-126.
39. Wang, C. Q. 2011. Water-stress mitigation by selenium in *Trifoliumrepens* L. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 174 (2): 276-282.
40. Wang, J., Wang, Zh., Maoa, H., Zhaoa, H., and Huanga, D. 2013. Increasing Se concentration in maize grain with soil- or foliar-applied selenite on the Loess Plateau in China. Field Crops Research 150: 83-90.
41. Wortman, S. E., Davis, A. S., Schutte, B. J., and Lindquist J. L. 2011. Integrating management of soil nitrogen and weeds. Weed Science 59: 162-170.
42. Yao, X., Chu, J., and Wang, G. 2009. Effects of selenium on wheat seedlings under drought stress. Biological Trace Element Research 130: 283-290.
43. Zebart, B. J., and Sheard, R. W. 1992. Influence of rate timing of nitrogen fertilizationon yield and quality of red winter wheat in Ontario. Plant Science 72: 13-19.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 4, Winter. 2018, p. 861-871

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد 15، شماره 4، زمستان 1396، ص. 871-861

Effect of Selenium and Application Methods of Urea Top-dress on Yield and its Components and Quality Traits of Wheat under Rainfed Conditions

M. Konani[1]- N. A. Sajedi[2*]- M. R. Sobhani[3]
Received: 09-05-2016
Accepted: 09-11-2016

Introduction

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is the greatest nourishment for most of world's population. In many lands of Iran, water is not enough for irrigation and also the most regions of country have arid and semi-arid climate. Water deficit is an important stressful factor for plant growth and crop productivity. Nitrogen is main component of proteins and enzymes. It is essential in all of the plant growth stages. Application of nitrogen is essential for retard leaf senescence, maintenance of photosynthetic leaf during grain filling period and increasing grain protein. The time and method of nitrogen fertilizer application are effective on grain yield. The reported that maximum of grain yield recorded when that nitrogen fertilizer was applied at sowing time along with foliar application at the tillering stage. In higher plants, the role of selenium is still unclear. Selenium can increase the tolerance of plants to induced oxidative stress include drought, salinity, high temperature. Selenium increases the tolerance of plants by transpiration or osmotic potential under water deficit. The current paper studies the influence of selenium and application methods of urea top-dress under rainfed conditions in order to promote improved drought stress tolerance and increase the quantity and quality of wheat.

Materials and Methods

In order to study the effect of selenium and application methods of urea top-dress on yield, yield components and quality traits of wheat under rainfed conditions, an experiment was conducted at Ashianeh-ye *Sofla* village, Khomeyn County, Markazi Province during 2012- 2013 growing season. This experiment was carried out as split plot based on randomized complete block design with four replicates. Experimental factors were included application methods of urea fertilizer in four levels (without application of fertilizer (control), application of 60 kg ha^{-1} at the tillering stage, application of 30 kg ha^{-1} at the tillering stage combined with foliar application of 200 mg L^{-1} before ear emergence and application of 20 kg ha^{-1} at the tillering stage combined with foliar application of 200 mg L^{-1} before ear emergence and 200 at the late ear emergence) and selenium in three levels (0, 5 and 10 mg L^{-1}). Seed density was based on 100 kg ha^{-1} of Sardari cultivar. The seeds were sown by hand on 6-m rows with 15 cm spacing between rows. The distance between the plots was one meter. At the final harvest, 2 m^2 was harvested from the middle of each plot and the grain yield was evaluated. Statistical analysis of data was performed with MSTAT-C software and means were compared with Duncan's test at the 5% level of probability.

Results and Discussion

The results showed that application of urea top-dressing fertilizer and selenium increased the spike number per m^2. Maximum grain yield (1207.5 kg ha^{-1}) was obtained from application of 60 kg urea per hectare at the tillering stage and without application of selenium, that was statistically similar to application of 30 kg urea per hectare at the tillering stage combined with foliar application of 200 mg L^{-1} before ear emergence with 1196.3 kg grain yield per hectare. This is due to that application of nitrogen increased spike number per area unit, grain number per spike and 1000-grain weight. Application of urea fertilizer significantly increased the grain selenium concentration and protein content. Foliar application of selenium at different urea levels increased the grain selenium concentration. The application of 60 kg urea per hectare at the tillering stage, application of 30 kg urea per hectare at the tillering stage combined with foliar application of 200 mg urea per liter before ear emergence and application of 20 kg urea per hectare at the tillering stage combined with foliar application of 200 mg urea

1- M.Sc in Agronomy, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
2- Associate Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
3- Instructor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
(*- Corresponding Author Email: n-sajedi@iau-arak.ac.ir)

per liter before ear emergence and 200 mg urea per liter at the late ear emergence increased the grain selenium by 48.28, 40.57 and 34.39% compared to control, respectively. Foliar application of selenium increased the amount of grain selenium compared to control. The highest grain selenium was obtained from application of 10 mg selenium per liter.

Conclusions

In conclusion, with application of urea fertilizer at the rate of 30 kg ha^{-1} as top-dressing at the tillering stage combined with foliar application of 200 mg L^{-1} before ear emergence can reduce the rate of urea fertilizer by 50% without reducing yield. Furthermore, foliar application of 10 mg L^{-1} selenium can moderate effect of drought stress, also increase grain quality. Therefore, application of urea fertilizer as top-dressing combined with spray along with foliar application of selenium improve the qualitative and quantitative yield of wheat under rainfed conditions.

Keywords: Foliar application, Nitrogen, Sardari C.V, Sodium selenite