

ارزیابی اثر محلول پاشی سلنات سدیم بر عملکرد و برخی صفات زراعی ذرت (*Zea Mays L.*)

Evaluating the effect of sodium selenate foliar application on yield and some agronomic traits of maize (*Zea Mays L.*)

سلیم احمدنژاد^۱، هاشم هادی^{۲*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*نویسنده مسئول: hhadi52@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۳/۳۰

چکیده

به منظور ارزیابی اثر سلنیوم روی برخی صفات زراعی ارقام مختلف ذرت آزمایشی در منطقه پیران پیرانشهر واقع در آذربایجان غربی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۰ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل شش رقم ذرت (AS42, AS72, AS160, AS73, ZP677, BC666) و پنج سطح سلنیوم (شاهد، ۰/۰۸۱، ۰/۱۶۲، ۰/۲۴۳ و ۰/۳۲۴ گرم در لیتر) بود که به شکل سلنات سدیم مورد استفاده قرار گرفت. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن هزار دانه تعداد دانه در ردیف و عملکرد دانه بود. نتایج نشان داد که اثر سلنیوم بر کلیه صفات مورد مطالعه و اثر رقم روی ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار شد. در بین تیمارهای محلول پاشی سلنیوم، بیشترین ارتفاع بوته (۲۷۹ سانتی‌متر)، وزن خشک ساقه (۴۸۹/۳۱ گرم)، وزن هزار دانه (۲۶۳/۹۳ گرم) و عملکرد دانه (۱۶۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار محلول پاشی سلنیوم با غلظت ۰/۲۴۳ گرم در لیتر به دست آمد. بیشترین تعداد دانه در ردیف (۴۸/۱۶) به تیمار محلول پاشی سلنیوم با غلظت ۰/۱۶۲ گرم در لیتر تعلق داشت. در بین ارقام مورد مطالعه، بیشترین وزن خشک ساقه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه مربوط به ارقام AS42, AS72, AS160 و BC666 بود. می‌توان نتیجه گرفت که محلول پاشی سلنات سدیم با غلظت ۰/۲۴۳ گرم بر لیتر منجر به افزایش معنی‌دار تمامی صفات مورد مطالعه در همه ارقام ذرت گردید.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، ذرت، سلنات سدیم، عملکرد دانه، محلول پاشی.

مقدمه

سلنیوم آلی وجود دارد. پتانسیل رداکس و pH مهم‌ترین پارامترهایی هستند که حلالیت و شکل شیمیایی سلنیوم را در خاک کنترل می‌کنند (Beaton & Nelson, 2005). شکل سلنات عنصر سلنیوم نسبت به سلنیت در غلظت‌های یکسان به‌طور سریع‌تری توسط ریشه گیاهان جذب می‌شود (Çakır *et al.*, 2012). نکته قابل توجه رعایت حد سمیت سلنیوم است، چرا که مصرف زیاد سلنیوم منجر به بروز مشکل در وانکشهای بیوشیمیایی سلول می‌گردد چرا که سلنیوم جایگزین گوگرد در اسیدهای آمینه و سایر ترکیبات سولفور می‌شود، در مراحل اولیه، تشخیص سمیت در گیاه دشوار است و بروز علائم در مرحله‌ی متوسط تا حاد بستگی به نوع گیاه دارد. در غلات علائم مسمومیت به‌صورت ظهور رنگ سفید در اطراف برگ‌ها است که با افزایش سن گیاه این نشانه‌ها بیشتر می‌شوند (Beaton & Nelson, 2005). با این حال در بسیاری از موارد سلنیوم رشد گیاه را بهبود داده است (Germ & Osvald, 2005; Geoffroy *et al.*, 2006).

طبق اظهار محققان استفاده از سلنیوم در گیاهان زراعی می‌تواند در تقویت رشد و بهبود کیفیت آن‌ها مؤثر باشد (Seppänen *et al.*, 2010; Stibilj *et al.*, 2011). دجاناگوایرمان و همکاران (Djanaguairaman *et al.*, 2004) در بررسی اثر محلول‌پاشی سلنیوم روی سویا نشان دادند که ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن هزار دانه به‌طور معنی‌دار در بذور تیمار شده با سلنیوم نسبت به شاهد افزایش یافتند. یاسین و همکاران (Yassen *et al.*, 2011) در بررسی اثرات محلول‌پاشی سلنیوم بر سیب‌زمینی بیان نمودند که محلول‌پاشی سلنیوم به‌طور معنی‌داری باعث افزایش اکثر صفات مورد مطالعه نسبت به تیمار شاهد گشت، همچنین آن‌ها اظهار داشتند که اثر سلنیوم بر گیاه وابسته به غلظت به‌کار رفته آن است. نجات و همکاران (Nejat *et al.*, 2009) نیز نشان دادند که افزایش غلظت سلنیوم به‌صورت محلول‌پاشی منجر به افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه و عملکرد دانه

غلزات مهم‌ترین گیاهان غذایی کره زمین و تأمین‌کننده ۷۰ درصد غذای مردم می‌باشند و به‌طور کلی ۷۵ درصد کل انرژی و بیش از نیمی از پروتئین‌های مورد نیاز بشر از غلات تأمین می‌شود (Emam, 2007). ذرت (*Zea Mays L.*) به‌عنوان یک غذای اصلی و محصول علوفه‌ای، تحت یک دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی در سراسر جهان رشد پیدا کرده است (Wang *et al.*, 2008) و در قسمت اعظم دنیای جدید (مکزیک، آمریکای مرکزی و آمریکای جنوبی) گیاه مهمی به شمار می‌رود. هم‌چنین از نظر سطح زیر کشت و مقدار تولید، سومین محصول بعد از گندم و برنج است (Kumar, 2014). مقدار تولید ذرت در ایران طی سال ۲۰۱۰ تنها یک میلیون تن ذرت گزارش شده است خوشبختانه این رقم در سال ۲۰۱۳ به ۲/۵۴ میلیون تن افزایش یافته است (FAO, 2014).

سلنیوم یک عنصر ضروری برای انسان‌ها و حیوانات است، ولی نقش آن در گیاهان هنوز به‌طور کامل شناخته‌شده نیست (Hartikainen *et al.*, 2000). باین‌حال تحقیقات قبلی نشان داده است که افزودن کودهای سلنیوم دار به خاک باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌گردد (Hawkesford & Zhao, 2007). غلات و بیشتر گیاهان علوفه‌ای قادر به جذب سلنیوم در خاک‌های غنی از این عنصر می‌باشند (Nowak *et al.*, 2004). طبق گزارش برخی از محققان، سلنیوم موجب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در برخی گیاهان شده و مقاومت گیاه را در برابر تنش‌های محیطی افزایش می‌دهد (Hanson *et al.*, 2004; Lyons *et al.*, 2009). مقدار کل سلنیوم در اغلب خاک‌ها بین ۰/۱ تا ۲ و به‌طور متوسط ۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Mackowiaka & Amache, 2008; Jackson *et al.*, 2004).

سلنیوم در خاک به شکل‌های سلنیوم عنصری (Se)، سلنید (Se^{2-})، سلنیت (SeO_3^{2-})، سلنات (SeO_4^{2-}) و

۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و اووه به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سرک در اوایل مرحله ساقه رفتن گیاه به خاک اضافه شد. کاشت در نیمه اول خرداد و عملیات آبیاری پس از کاشت به صورت خشکه کاری صورت گرفت. در این طرح هفت مرحله آبیاری انجام یافت. برای کنترل علف‌های هرز در طی فصل رشد دو مرتبه وجین دستی صورت گرفت.

در انتهای فصل رشد برای اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه تعداد ۸ بوته از هر واحد آزمایشی پس از حذف اثر حاشیه نیم متری برداشت و صفات ارتفاع بوته، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند. پس از جمع‌آوری داده‌های آزمایش تجزیه آماری کلیه صفات طرح به وسیله نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی توسط آزمون SNK و با ضریب اطمینان ۹۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از تأثیر معنی‌دار تیمارهای رقم ($P \leq 0/01$) و محلول‌پاشی سلنیوم ($P \leq 0/01$) روی ارتفاع بوته بود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در بین ارقام مورد مطالعه ذرت، بیشترین ارتفاع بوته به ترتیب با میانگین‌های ۲۶۵ و ۲۶۴ سانتی‌متر به ارقام AS160 و AS42 تعلق داشت. ارقام BC666، AS73 و AS72 از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند. رقم ZP677 به طور متوسط با میانگین ۲۵۱ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد (شکل ۱). افزایش غلظت محلول‌پاشی با سلنیوم تا ۰/۲۴۳ گرم در لیتر باعث افزایش معنی‌دار و افزایش بیشتر غلظت (۰/۳۲۴ گرم در لیتر) منجر به کاهش ارتفاع بوته گردید.

می‌گردد. هرموسیلو-کرکرز و همکاران (Hermosillo- Cereceres *et al.*, 2011) گزارش کردند که با افزایش دز مصرفی سلنیوم (۱۶۰ میکرو مول در لیتر) از عملکرد بیوماس گیاه لوپیا نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف سلنیوم) به میزان ۴۵/۷ درصد کاسته شد که این کاهش در شکل سلنیت سدیم نسبت به سلنات سدیم بیشتر بود. ریوز و همکاران (Rios *et al.*, 2009) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی سلنیوم به شکل سلنات سدیم عملکرد بیشتری را در گیاه کاهو نسبت به شکل سلنیت سدیم تولید کرده است. بنابراین، هدف از اجرای این آزمایش بررسی تأثیر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف سلنات سدیم روی ارقام مختلف ذرت بود.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر محلول‌پاشی سطوح مختلف سلنیوم بر ارقام مختلف ذرت، آزمایشی در منطقه پیران شهرستان پیرانشهر (طول جغرافیایی ۴۶ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی) واقع در جنوب آذربایجان غربی انجام شد. خاک مزرعه دارای بافت رسی لومی و $pH=7$ است. در این آزمایش شش رقم ذرت (AS42، AS72، AS160، AS73، ZP677، BC666) تحت محلول‌پاشی سلنیوم (سلنات سدیم) در پنج سطح (شاهد، ۰/۰۸۱، ۰/۱۶۲، ۰/۲۴۳ و ۰/۳۲۴ گرم در لیتر) به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند.

محلول‌پاشی سلنات سدیم در غلظت‌های مختلف یک‌بار قبل از گل‌دهی (مرحله ۵ الی ۶ برگ) صورت گرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۴ ردیف به فواصل ۷۵ سانتی‌متر و به طول ۳ متر به صورت جوی و پشته کشت گردید. پس از استقرار کامل گیاه‌چه‌ها فاصله بوته‌ها در ردیف با تنک کردن برابر با ۲۰ سانتی‌متر تنظیم گردید. عملیات تهیه بستر کاشت با شخم، دیسک و فارو انجام شد و بعد از آماده‌سازی زمین به منظور تأمین فسفر و نیتروژن مورد نیاز گیاه کودهای فسفات آمونیوم به مقدار

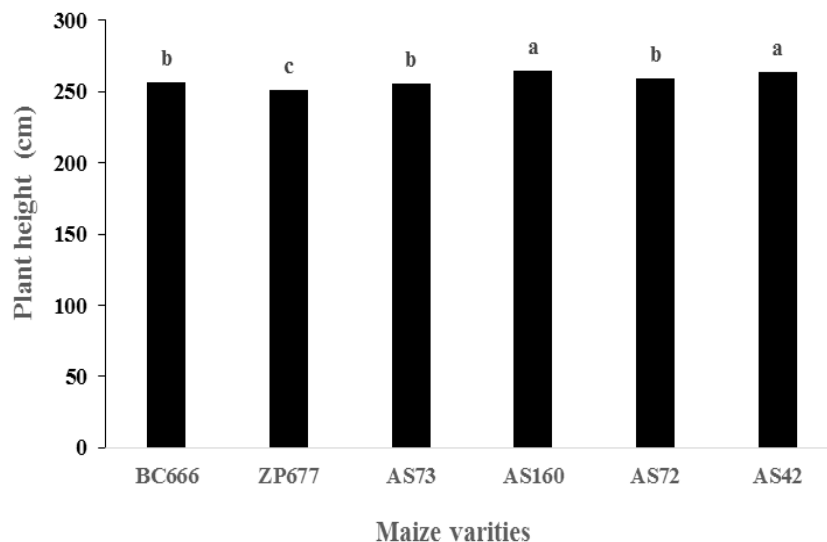
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر رقم و تیمارهای محلول پاشی سلنات سدیم روی برخی صفات زراعی ذرت

Table 1. Analysis of variance of effect of variety and foliar application of sodium selenate on some agronomic traits of maize

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					عملکرد دانه Grain yield
		ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن هزار دانه 1000 seed weight	تعداد دانه در ردیف Seed number per row	
df							
بلوک (Block)	2	0.02**	349.28	80.21	79.48	7.10	15602752.4
رقم (Variety)	5	0.04**	652.21 ns	661.86*	632.81 *	27.74**	7036945.8**
سلنیوم (Selenium)	4	0.79**	4644.48 **	12904.95 **	12814.82 **	22.83**	88008532.2**
رقم × سلنیوم (Variety × Selenium)	20	0.004ns	496.01ns	293.66ns	298.02ns	5.80ns	426666.7ns
اشتباه آزمایشی (Error)	58	0.003	608.75	199.39	200.21	4.51	366470.4
ضریب تغییرات (%)		2.19	7.64	3.14	4.77	8.94	4.33

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * & **: no significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر ارقام مختلف ذرت بر ارتفاع بوته

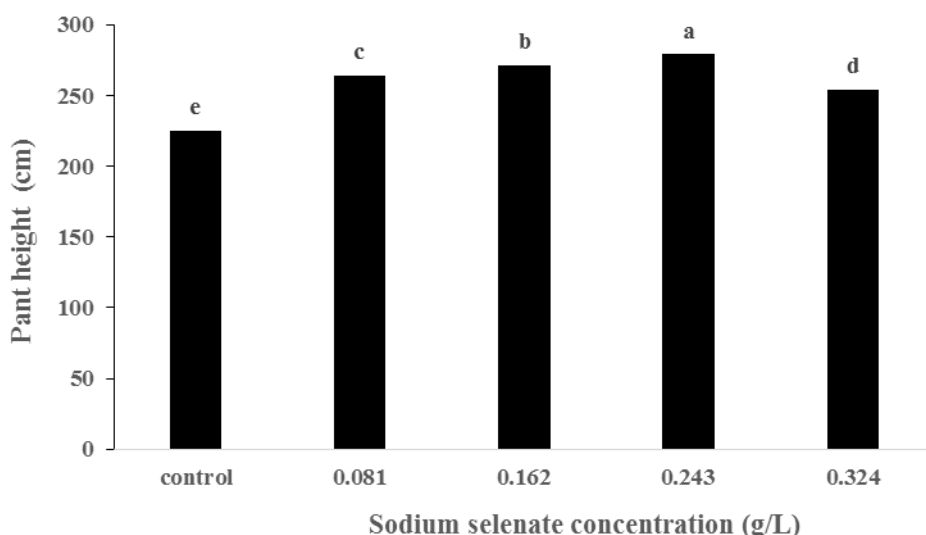
حروف مشابه بیانگر تفاوت غیر معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

Figure 1- Mean comparison of effect of different varieties of maize on plant height

The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.

به طوری که بیشترین ارتفاع بوته به طور متوسط با میانگین ۲۷۹ سانتی متر از تیمار محلول پاشی با غلظت ۰/۲۴۳ گرم در لیتر سلینیوم به دست آمد و ارتفاع بوته در تیمار به کار رفته با غلظت ۰/۳۲۴ گرم در لیتر با ۹/۸۴ درصد کاهش به ۲۵۴ سانتی متر رسید. کمترین ارتفاع بوته (۲۲۵ سانتی متر) مربوط به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) بود. تیمارهای محلول پاشی با غلظت های ۰/۰۸۱ و ۰/۱۶۲ گرم در لیتر به ترتیب باعث افزایش

شدند (شکل ۲). دجاناگوایرمان و همکاران (Djanaguairaman *et al.*, 2004) در بررسی اثر محلول پاشی سلینیوم روی گیاه سویا نشان دادند که ارتفاع بوته در تیمارهای محلول پاشی شده با سلینیوم نسبت به شاهد افزایش یافته است. طبق گزارش زاهدی و همکاران (Zahedi *et al.*, 2009) اثر محلول پاشی سلینیوم روی گیاه کلزا بر صفت ارتفاع بوته معنی دار بود.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر غلظت های مختلف محلول پاشی سلینیوم بر ارتفاع بوته گیاه ذرت
حروف مشابه بیانگر تفاوت غیرمعنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

Figure 2. Mean comparison of effect of different concentrations of sodium selenate foliar application on plant height of maize

The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.

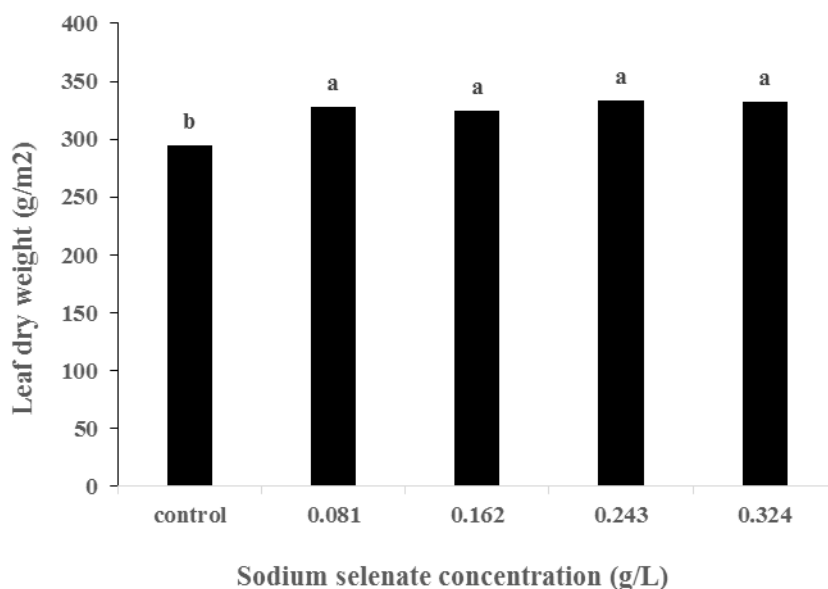
نداشت (شکل ۳). تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) به طور متوسط با ۲۹۴/۴۸ گرم کمترین وزن خشک برگ را به خود اختصاص داد. طبق گزارش سایر محققان محلول پاشی سلینیوم اثر تنظیم کننده ای روی رشد برگ-های چای سبز (Hu *et al.*, 2003) داشته است. دجاناگوایرمان و همکاران (Djanaguairaman *et al.*, 2004) در بررسی اثرات محلول پاشی سلینیوم روی سویا بیان داشتند که تعداد برگ، سطح برگ و وزن ماده

وزن خشک برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر رقم روی وزن خشک برگ غیر معنی دار و اثر محلول پاشی سلینیوم ($P \leq 0.01$) معنی دار بود (جدول ۱). محلول پاشی سلینیوم در غلظت های مختلف باعث افزایش وزن خشک برگ نسبت به شاهد گردید. بین غلظت های مختلف سلینیوم از این لحاظ اختلاف معنی داری وجود

بیان نمودند که محلول پاشی سلنیوم اثر معنی دار و افزایش دهنده‌ای روی صفات وزن خشک و تعداد برگ در بوته کلزا داشت.

خشک به طور معنی دار در بذور تیمار شده و نیز محلول پاشی شده با سلنیوم نسبت به شاهد افزایش یافتند. حاجی بلند و کیوانفر (Hajiboland & Keivanfar, 2012) در بررسی اثر سلنیوم بر گیاه کلزا



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف محلول پاشی سلنیوم بر وزن خشک برگ ذرت حروف مشابه بیانگر تفاوت غیر معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

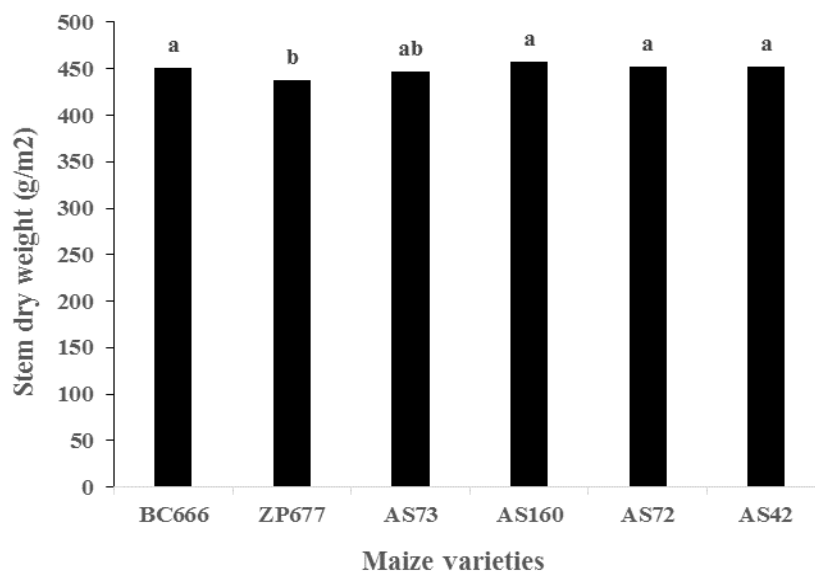
Figure 2. Mean comparison of effect of different concentrations of sodium selenate foliar application on leaf dry weight of maize

The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.

ساقه (۴۳۸/۱۴ گرم) به رقم ZP677 تعلق داشت (شکل ۴). در بین تیمارهای محلول پاشی سلنیوم بیشترین وزن خشک ساقه (۴۸۹/۳۱ گرم) به تیمار به کار رفته با غلظت ۰/۲۴۳ گرم در لیتر سلنیوم تعلق داشت که باعث افزایش ۱۷ درصدی وزن خشک ساقه نسبت به تیمار شاهد گردید. محلول پاشی با سلنیوم باعث افزایش معنی دار وزن خشک برگ در تمامی غلظت‌های به کار رفته نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) شد.

وزن خشک ساقه

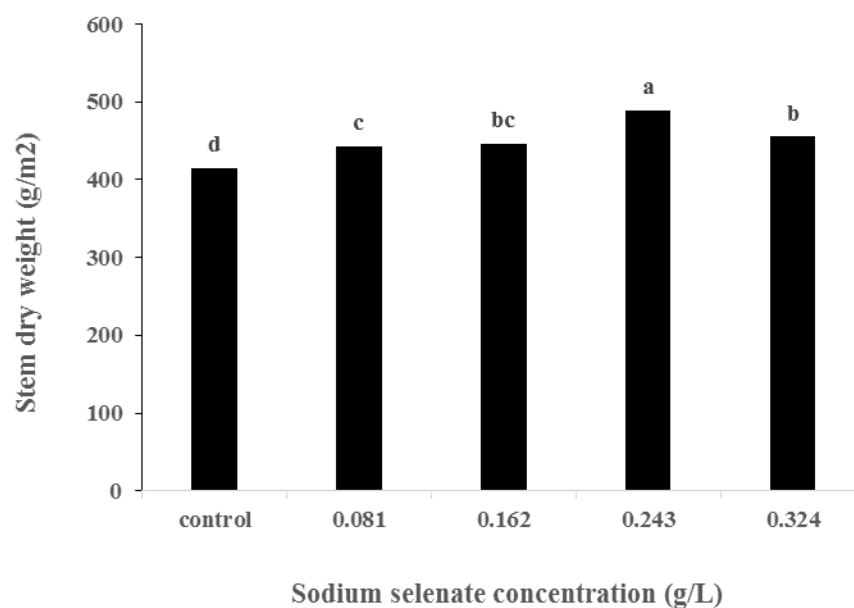
با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر رقم ($P \leq 0.05$) و تیمارهای محلول پاشی سلنیوم ($P \leq 0.01$) روی وزن خشک ساقه معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که ارقام BC666، AS160، AS72 و AS42 به ترتیب با میانگین‌های ۴۵۰/۷۵، ۴۵۷/۶۸، ۴۵۲/۲۱ و ۴۵۲/۳۸ گرم دارای بیشترین وزن خشک برگ بودند و کمترین وزن خشک



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر ارقام مختلف ذرت بر وزن خشک ساقه

حروف مشابه بیانگر تفاوت غیرمعنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Figure 4. Mean comparison of effect of different varieties of maize on stem dry weight
The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی سلنیوم بر وزن خشک ساقه ذرت

حروف مشابه بیانگر تفاوت غیرمعنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Figure 5. Mean comparison of effect of different concentrations of sodium selenate foliar application on stem dry weight of maize

The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.

نتایج پژوهش بخشی‌راد و همکاران (Bakhshi Rad *et al.*, 2011) در بررسی اثر سلیوم و گوگرد بر عملکرد سه رقم گندم بهاره حاکی از اثر معنی‌دار سلیوم بر افزایش وزن هزار دانه است، آن‌ها اظهار داشتند در غلظت‌های بالا سلیوم بر گیاه اثر بازدارنده داشته که با افزایش مقدار گوگرد از اثرات سمیت آن روی گیاه کاسته می‌شود. نجات و همکاران (Nejat *et al.*, 2009) نیز نشان دادند که افزایش غلظت محلول‌پاشی سلیوم در ذرت افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه را به دنبال داشت. پازکی و همکاران (Pazki *et al.*, 2009) گزارش کردند محلول‌پاشی سلیوم به‌طور معنی‌داری باعث افزایش صفات تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه در ارقام مختلف کلزا شده است.

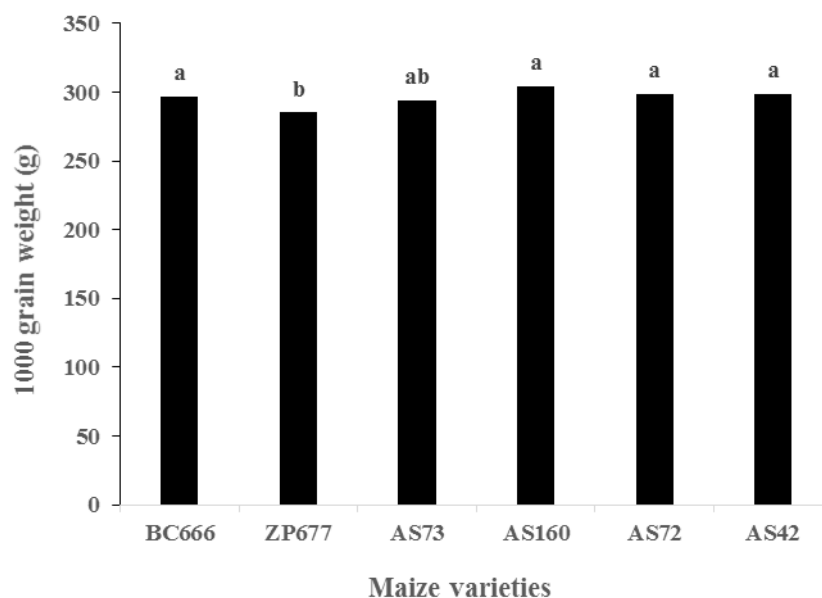
تعداد دانه در ردیف

اثر رقم ($P \leq 0.05$) و تیمارهای محلول‌پاشی سلیوم ($P \leq 0.01$) روی تعداد دانه در ردیف معنی‌دار شد (جدول ۱). در بین ارقام مورد مطالعه بیشترین تعداد دانه در ردیف به ترتیب با میانگین‌های ۴۸/۵۵ و ۴۷/۵۲ به ارقام BC666 و AS72 تعلق داشت. کمترین تعداد دانه در ردیف به‌طور متوسط با میانگین ۴۴/۷۶ عدد به رقم AS42 تعلق داشت. ارقام ZP677 (۴۷/۱) و AS160 (۴۶/۹۲) از این نظر در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۸). در بین تیمارهای محلول‌پاشی سلیوم، بیشترین تعداد دانه در ردیف با ۶/۳۳ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد از تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۰/۱۶۲ گرم در لیتر سلیوم به‌دست آمد. محلول‌پاشی سلیوم تا غلظت ۰/۱۶۲ گرم در لیتر باعث افزایش تعداد دانه در ردیف شد و در بیشتر از این غلظت به‌تدریج باعث کاهش معنی‌دار این صفت گردید (شکل ۹).

به‌طوری که میزان افزایش وزن خشک ساقه در تیمارهای محلول‌پاشی با ۰/۰۸۱، ۰/۱۶۲ و ۰/۳۲۴ گرم در لیتر سلیوم برابر با ۶/۱۴، ۷/۱۱ و ۶/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد بود. کمترین وزن خشک ساقه با میانگین ۴۱۴/۹۹ گرم مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۵). سالی و سوریل (Sally & Sorial, 2012) ابراز داشتند صفات وزن ساقه، وزن تر و خشک گیاه و تعداد برگ در کاهو به ترتیب ۱۷/۵، ۱۴/۷ و ۳۹/۲ درصد در گیاهان تیمار شده با سلیوم افزایش نشان داد.

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه تحت تأثیر معنی‌دار رقم ($P \leq 0.05$) و تیمارهای محلول‌پاشی سلیوم ($P \leq 0.01$) قرار گرفت (جدول ۱). بر اساس نتایج آزمون مقایسه میانگین داده‌ها، باوجود عدم تفاوت معنی‌دار بین ارقام BC666، AS160، AS72 و AS42 بیشترین وزن هزار دانه به‌طور متوسط با میانگین ۳۰۴/۶۸ گرم به رقم AS160 تعلق داشت. ارقام ZP677 و AS73 به ترتیب با میانگین‌های ۲۸۵/۱۴ و ۲۹۳/۷۵ گرم دارای کمترین وزن هزار دانه بودند (شکل ۶). در بین تیمارهای محلول‌پاشی با سلیوم، بیشترین وزن هزار دانه با ۳۰ درصد افزایش وزن دانه نسبت به تیمار شاهد (۲۶۳/۹۳ گرم) از تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۰/۲۴۳ گرم در لیتر سلیوم به‌دست آمد. محلول‌پاشی در غلظت‌های بیشتر و کمتر از این غلظت (۰/۲۴۳ گرم در لیتر) باعث افت شدید وزن هزار دانه شد. تیمارهای محلول‌پاشی با غلظت‌های ۰/۰۸۱، ۰/۱۶۲ و ۰/۳۲۴ گرم در لیتر سلیوم به‌ترتیب باعث ۹/۰۶، ۱۰/۶۸ و ۱۳/۲۷ درصد افزایش وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل ۷).

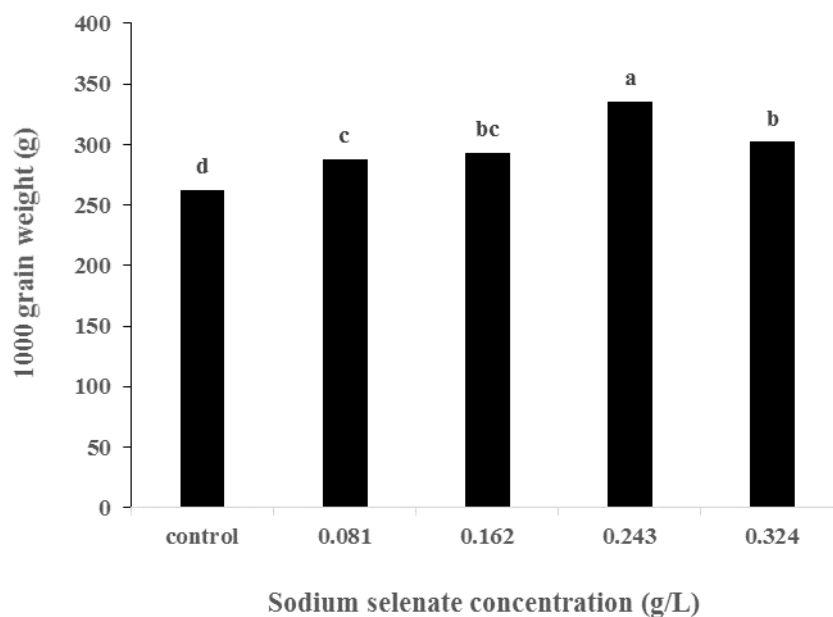


شکل ۶- مقایسه میانگین اثر ارقام مختلف ذرت بر وزن هزار دانه

Figure 6. Mean comparison of effect of different varieties of maize on 1000 seed weight

حروف مشابه بیانگر تفاوت غیرمعنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.

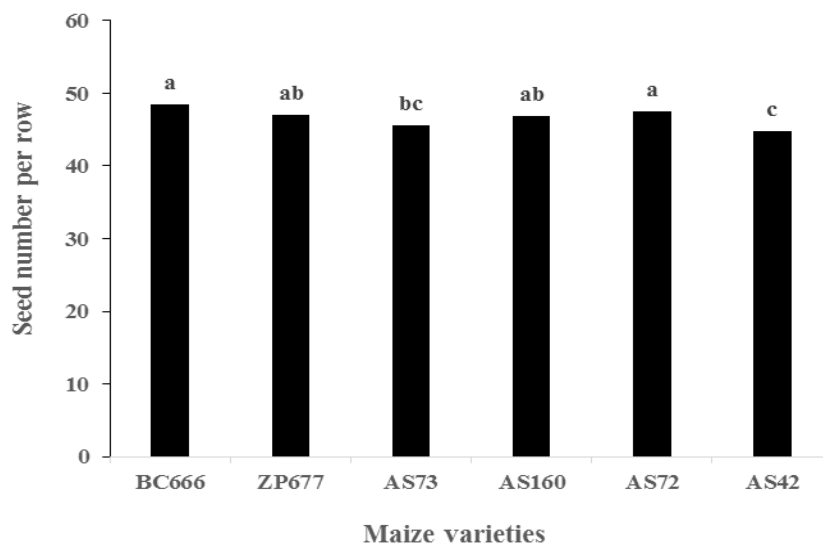


شکل ۷- مقایسه میانگین اثر غلظت های مختلف محلول پاشی سلنات سدیم بر وزن هزار دانه ذرت

حروف مشابه بیانگر تفاوت غیرمعنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

Figure 7. Mean comparison of effect of different concentrations of sodium selenate foliar application on 1000 seed weight of maize

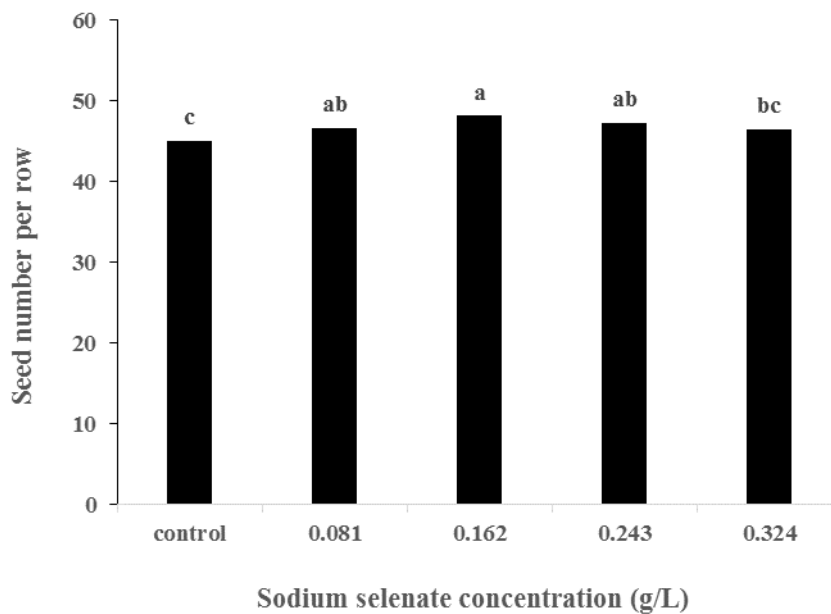
The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر ارقام مختلف ذرت بر تعداد دانه در ردیف

حروف مشابه بیانگر تفاوت غیرمعنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

Figure 8. Mean comparison of effect of different varieties of maize on seed number per row
The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.



شکل ۹- مقایسه میانگین اثر غلظت های مختلف محلول پاشی سلنات سدیم بر تعداد دانه در ردیف ذرت

حروف مشابه بیانگر تفاوت غیرمعنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

Figure 9. Mean comparison of effect of different concentrations of sodium selenate foliar application on seeds number per row of maize

The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.

درصد افزایش نسبت به شاهد باعث افزایش عملکرد دانه شدند. کمترین عملکرد دانه از تیمار شاهد (۱۱۲۹۴/۳ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (شکل ۱۱).

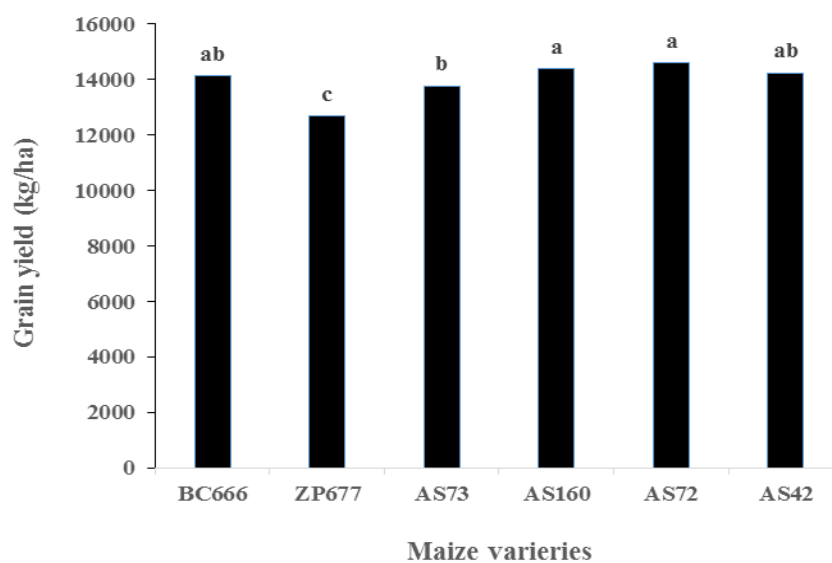
ریوز و همکاران (Rios *et al.*, 2009) نیز گزارش کردند که محلول پاشی سلنیوم به شکل سلنات سدیم عملکرد بیشتری را در گیاه کاهو نسبت به شکل سلنیت سدیم تولید کرده است. طبق گزارش زاهدی و همکاران (Zahedi *et al.*, 2009) اثر محلول پاشی سلنیوم روی گیاه کلزا بر ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد روغن معنی دار بود. بر طبق اظهار این محققان، محلول پاشی سلنیوم از طریق افزایش تعداد غلاف در بوته و دانه در غلاف باعث افزایش عملکرد دانه شده است. در مطالعه دیگر که اثر محلول پاشی سلنیوم بر عملکرد گیاه سویا مورد آزمایش قرار گرفت، محلول پاشی برگ‌های سویا با سلنیوم باعث افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف گشته که به تبع آن عملکرد دانه نیز افزایش معنی داری یافته است (Djanaguiraman *et al.*, 2004).

گزارش راموس و همکاران (Ramos *et al.*, 2010) مبین آن بود که سلنیوم به تنهایی در شکل سلنات و سلنیت باعث کاهش عملکرد بیولوژیک شده است. در حالی که سلنات در ترکیب با مواد غذایی محلول باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شد. حبیبی و همکاران (Habibi *et al.*, 2007) نیز در آزمایشی در گیاه سویا نشان دادند که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و همچنین بیشترین فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز و در نهایت عملکرد با مصرف ۲۱ گرم در هکتار سلنیوم حاصل شد که این امر اثر چشمگیری بر اجزای عملکرد داشت.

پازکی و همکاران (Pazki *et al.*, 2009) در بررسی اثرات محلول پاشی سلنیوم روی گیاه کلزا گزارش کردند که محلول پاشی سلنیوم (۲۱ گرم سلنیوم در هکتار) باعث افزایش تعداد دانه در خورجین گشته است. در مطالعه‌ای دیگر که در گیاه کلزا انجام شده نیز محلول پاشی سلنیوم به طور معنی داری باعث افزایش تعداد دانه در خورجین شده است (Zahedi *et al.*, 2009). در آزمایش دجاناگوایرمان و همکاران (Djanaguiraman *et al.*, 2004) نیز محلول پاشی برگ‌های سویا با سلنیوم باعث افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف شده است.

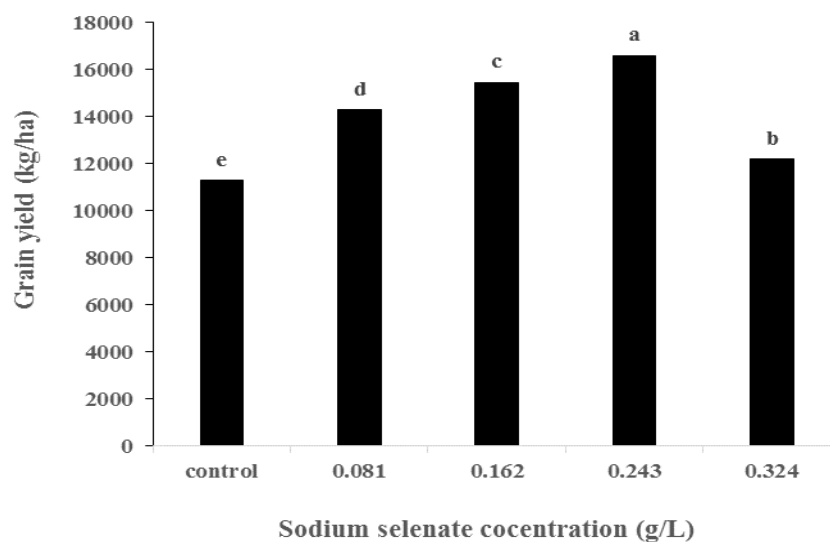
عملکرد دانه

نتایج آزمون تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رقم (P ≤ ۰/۰۱) و تیمارهای محلول پاشی سلنیوم (P ≤ ۰/۰۱) روی عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارقام AS160 و AS72 به ترتیب با میانگین‌های ۱۴۳۸۵/۴ و ۱۴۵۸۹/۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داده‌اند. ارقام BC666 (۱۴۱۲۷/۸ کیلوگرم در هکتار) و AS42 (۱۴۲۴۱/۴ کیلوگرم در هکتار) از این نظر اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشته و در یک گروه آماری (ab) قرار گرفتند. کمترین عملکرد دانه (۱۲۶۸۴ کیلوگرم در هکتار) مربوط به رقم ZP677 بود (شکل ۱۰). عملکرد دانه به طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای محلول پاشی سلنیوم قرار گرفته است. تیمار محلول پاشی با غلظت ۰/۲۴۳ گرم در لیتر با ۳۲ درصد افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد، بیشترین عملکرد دانه (۱۶۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد. تیمارهای محلول پاشی با غلظت‌های ۰/۰۸۱، ۰/۱۶۲ و ۰/۳۲۴ گرم در لیتر به ترتیب با ۲۱/۰۲، ۲۶/۹۱ و ۷/۳۴



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثر ارقام مختلف ذرت بر عملکرد دانه
حروف مشابه بیانگر تفاوت غیرمعنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

Figure 10. Mean comparison of effect of different varieties of maize on grain yield of maize
The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.



شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثر غلظت های مختلف محلول پاشی سلنات سدیم بر عملکرد دانه ذرت
حروف مشابه بیانگر تفاوت غیرمعنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

Figure 11. Mean comparison of effect of different concentrations of sodium selenate foliar application on grain yield of maize

The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.

اغلب صفات مورد مطالعه داشت. رقم AS160 از نظر تمامی صفات مورد مطالعه جزو بهترین‌ها قرار گرفت. با این حال از نقطه نظر وزن ساقه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه ارقام AS42، AS72، AS160 و BC666 با قرار گرفتن در یک گروه آماری بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری

می‌توان نتیجه گرفت که محلول‌پاشی برگی سلنات سدیم تأثیر مثبت و معنی‌دار بر ارتفاع بوته و وزن خشک برگ و ساقه داشت، همچنین منجر به افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه، تعداد دانه در ردیف و عملکرد دانه در تمام ارقام مورد مطالعه ذرت شد. در بین غلظت‌های بکار رفته غلظت ۰/۲۴۳ گرم در لیتر بیشترین تأثیر را بر

References

- Bakhshi-Rad, O., Ardalan, M. Reyhanitabar, A. and Yarnia, M. 2011. Studying effect of Selenium and Sulfur on yield of three Cultivars of spring wheat. **First national conference on new topics in Agriculture. Islamic Azad University, Saveh Branch**. Pp 5-10. (In Farsi)
- Beaton, J. D. and Nelson, W. L. 2005. **Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management** (Vol. 515). Upper Saddle River, New Jersey, USA: Pearson Prentice Hall.
- Çakır, Ö., Turgut-Kara, N. and Arı, N. 2012. Selenium metabolism in plants: molecular approaches. **Advances in Selected Plant Physiology Aspects. Intech, Croatia**. 209-232.
- Djanaguiraman, M., Durga Devi, D. Arun, K. Shanker, K. Annie Sheeba, J. and Bangarusamy, U. 2004. Impact of selenium spray on monocarpic senescence of soybean (*Glycine Max L.*). **Food, Agriculture and Environment**. 2(2): 44-47.
- Emam, Y. 2007. **Cereal Production**. Shiraz University Press. Third edition. 190 pages. (In Farsi)
- Food and Agricultural Organization. 2014. **Production and trade yearbook**. FAO, Rome, Italy. (<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#anchor>).
- Geoffroy, L., Gilbin, R., Simon, O., Floriani, M., Adam, C., Pradines, C., Cournac, L. and Garnier-Laplace, J. 2007. Effect of selenate on growth and photosynthesis of *Chlamydomonas reinhardtii*. **Aquatic toxicology**. 83(2): 149-158.
- Germ, M. and Osvald, J. 2005. Selenium treatment affected respiratory potential in *Eruca sativa*. **Acta agriculturae Slovenica**. 85: 329-335.
- Habibi, D., Shafei, S., Mahmoudi, A., Boojar, M.M., Taleghani, D.F., Rafiei, H. and Shokravi, M. 2007. Effect of Drought Stress and Selenium Foliar Application on some Agronomic Characters of Soybean varieties. **Journal of Agronomy and Plant Breeding**. 2(1):51-64. (In Farsi)
- Hajiboland, R. and Keivanfar, N. 2012. Selenium supplementation stimulates vegetative and reproductive growth in canola (*Brassica napus L.*) plants. **Acta Agriculturae Slovenica**. 99(1): 13-19.
- Hanson, B., Lindblom, S.D. Leoffler, M.L. and Smits, E.A. 2004. Selenium protects plants from phloem feeding aphids due to both deterrence and toxicity. **Environmental International**. 30: 167-172.
- Hartikainen, H., Xue, T. and Piironen, V. 2000. Selenium as an antioxidant and pro-oxidant in ryegrass. **Plant Soil**. 225: 193-200.
- Hawkesford, M.J. and Zhao, F.J. 2007. Strategies for increasing the selenium content of wheat. **Journal of Cereal Science**. 46(3): 282-292.
- Hermosillo- Cereceres, M., Sanchez-chavez, E. balandran, R.R. Mendoza-wilson, A.M. Guevara-Aguilar, A. Munoz- Marquez, E. and Garcia-Banuelos, M.L. 2011. Ionome variation in bean plant growth under different Se forms and application rates. **Journal of Food and Environmental**. 9(3-4): 374-378.

- Hu, Q.H., Xu, J. and Pang, G.X. 2003. Effect of selenium on the yield and quality of green tea leaves harvested in early spring. **Journal of agricultural and food chemistry**. 51: 3379-3381.
- Jackson, G., Miller, J. and Abdushaeva, Y. 2004. Effect of nitrogen and sulfur on wheat. **Research Project**. East of Brady, MT (Knees Community).
- Kumar, S. (2014). **Maize: Nutrition Dynamics and Novel Uses**. D. P. Chaudhary, & S. Langyan (Eds.). Springer.
- Lefsrud, M. G., Kopsell, D. A., Kopsell, D. E. and Randle, W. M. 2006. Kale carotenoids are unaffected by, whereas biomass production, elemental concentrations, and selenium accumulation respond to, changes in selenium fertility. **Journal of agricultural and food chemistry**. 54(5): 1764-1771.
- Lyons, G. H., Genc, Y., Soole, K., Stangoulis, J. C. R., Liu, F. and Graham, R. D. 2009. Selenium increases seed production in Brassica. **Plant and Soil**. 318 (1-2): 73-80.
- Mackowiaka, C.L. and Amache, M.C. 2008. Soil sulfur amendments suppress selenium uptake by alfalfa and western wheatgrass. **J. Environ. Qual.** 37: 772-779.
- Nejat, F., Dadniya, M., Shirzadi, M. H., & Lak, S. 2009. Effects of drought stress and Selenium application on yield and yield components of two maize cultivars. **Plant Ecophysiology**. 1 (2): 95-102.
- Nowak, J., Kaklewski, K., Ligocki, M. 2004. Influence of selenium on oxidoreductive enzymes activity in soil and in plants. **Soil Biology and Biochemistry**. 36:1553-1558.
- Pazki, A., Shirani, rad, A. H. Habibi, D. Paknejad, F. and Nasri, M. 2009. Investigating effect of water deficit and selenium spraying on Seed Yield and Yield Components of Winter Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars in Rey city. **Journal of Agronomy and Plant Breeding**. 4(1): 61-76. (In Farsi)
- Ramos, S. J., Faquin, V., Guilherme, L. R. G., Castro, E. M., Ávila, F. W., Carvalho, G. S., Bastos, C. E. A. and Oliveira, C. 2010. Selenium biofortification and antioxidant activity in lettuce plants fed with selenate and selenite. **Plant Soil Environment**. 12: 583-587.
- Ríos, J. J., Blasco, B., Cervilla, L. M., Rosales, M. A., Sanchez-Rodriguez, E., Romero, L. and Ruiz, J. M. 2009. Production and detoxification of H₂O₂ in lettuce plants exposed to selenium. **Annals of Applied Biology**. 154(1): 107-116.
- Sally, A. M. and Sorial, M. E. 2012. Some Antioxidants Application in Relation to Lettuce Growth, Chemical Constituents and Yield. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**. 5(6): 127-135.
- Seppänen, M.M., Kontturi, J., Lopez Heras, I., Madrid, Y., Cámara, C. and Hartikainen, H. 2010. Agronomic biofortification of Brassica with selenium—enrichment of SeMet and its identification in Brassica seeds and meal. **Plant Soil**. 337: 273–283.
- Stibilj, V., Smrkolj, P., Jaćimović, R. and Osvald, J. 2011. Selenium uptake and distribution in chicory (*Cichorium intybus* L.) grown in an aeroponic system. **Acta Agriculturae Slovenica**. 97: 189 – 196.
- Wang, C., Yang, A., Yin, H. and Zhang, J. 2008. Influence of water stress on endogenous hormone contents and cell damage of maize seedlings. **Journal of Integrative Plant Biology**. 50(4): 427-434.
- Yassen, A. A., Safia, M. A., Sahar, M. Z. and Zaghloul, M. 2011. Impact of nitrogen fertilizer and foliar spray of selenium on growth, yield and chemical constituents of potato plants. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**. 5(11): 1296-1303.
- Zahedi, H., Noormohammadi, G., Rad, A. S., Habibi, D. and Boojar, M. M. A. 2009. The effects of zeolite and foliar applications of selenium on growth, yield and yield components of three canola cultivars under drought stress. **World applied sciences journal**. 7(2): 255-262.

Evaluating the effect of sodium selenate foliar application on yield and some agronomic traits of maize (*Zea Mays L*)

Salim Ahmadnejad¹, Hashem Hadi^{2*}

1- Former MSc student of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran

2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran

*Corresponding author: hhadi52@gmail.com

Received: 2014.03.06

Accepted: 2014.06.20

Abstract

To evaluate the effect of selenium on some agronomic traits of maize cultivars an experiment was conducted as factorial randomized complete block design with three replications at Piran region of Piranshahr located in West Azerbaijan in 1390. Treatments included six varieties of maize (BC666, ZP677, AS73, AS160, AS72, AS42), and five levels of selenium (control, 0.081, 0.162, 0.243 and 0.324 g l⁻¹) which was used as sodium Selenate. Studied traits included plant height, leaf and stem dry weights, thousand grain weight, number of grains per row of ear and grain yield. Results showed that selenium effect on all traits and cultivar effect on plant height, stem dry weight, thousand grain weight and grain yield were significant. Among the foliar application treatments of selenium, the highest plant height (279 cm), stem dry weight (489.31 g), thousand grain weight (263.93 g) and grain yield (16,600 kg/ha) were achieved from selenium foliar application concentration of 0.243 g L⁻¹. Maximum number of grains per row (48.16) belonged to foliar application of selenium with concentration of 0.162 g l⁻¹. Among the studied cultivars, the highest shoot dry weight, thousand seed weight and seed yield pertained to AS160, AS72, AS42 and BC666 cultivars. It could be concluded that foliar spray of selenium with 0.243 g L⁻¹ concentration, caused to significant increase in all the traits were studied in all maize cultivars.

Key words: Foliar application, maize, sodium selenate, yield, yield components.