

تأثیر عناصر پتاسیم و روی بر تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی در ذرت

(رقم سینگل کراس ۷۰۴)

جواد جمالی^۱، شکوفه انتشاری^{۲*} و سید ماشالله حسینی^۳

(۱) دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور، گروه زیست شناسی، تهران، ایران.

(۲) استادیار دانشگاه پیام نور، گروه زیست شناسی، تهران، ایران.

(۳) عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس.

این مقاله با پایان نامه کارشناسی ارشد مرتبط است.

*نویسنده مسئول مکاتبات: Sh_enteshari@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۴/۰۳

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۲/۰۲

چکیده

مطالعه تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در شرایط تنش خشکی و مصرف عناصر پتاسیم و روی می تواند به شناسایی فاکتورهای مؤثر و نقش عناصر پتاسیم و روی در مقاومت گیاهان به تنش خشکی کمک کند. به این منظور آزمایشی در شرایط مزرعه بر روی ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰۴) در شهرستان بوانات در سال ۱۳۸۹ به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی و در ۳ تکرار اجرا شد. کرت های اصلی مربوط به تنش خشکی (شاهد و تنش در مرحله رویشی (۷۰ روز بعد از کاشت) و کرت های فرعی شامل سطوح مختلف سولفات پتاسیم (۰، ۱۵۰ و ۳۰۰) کیلوگرم در هکتار و سطوح مختلف سولفات روی (۰، ۱۵ و ۳۰) کیلوگرم در هکتار بود. در این آزمایش غلظت کلروفیل، پروتئین، پتاسیم و روی در برگ ذرت، در شرایط مطلوب رطوبتی و شرایط تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده افزایش معنی دار محتوای کلروفیل (در سطح احتمال ۵٪) و پروتئین (در سطح احتمال ۵٪) در برگ ذرت در شرایط تنش خشکی بود. مصرف سولفات پتاسیم و سولفات روی، موجب افزایش محتوای پروتئین، پروتئین و کلروفیل برگ در شرایط تنش خشکی گردید. مصرف سولفات پتاسیم و سولفات روی از طریق افزایش میزان جذب عناصر پتاسیم و روی، افزایش محتوای پروتئین، حفظ کلروفیل برگ و در نتیجه فتوسنتز مؤثرتر، و هم چنین با افزایش غلظت پروتئین در برگ گیاه، استرس اسمزی ناشی از تنش خشکی را کاهش داده و مقاومت گیاه ذرت در برابر تنش خشکی بهبود بخشید.

واژه های کلیدی: پتاسیم، تنش خشکی، ذرت، روی.

مقدمه

بخش وسیعی از مطالعات به نژادی و به زراعی در دنیا بر اصلاح و واکنش گیاهان به تنش خشکی متمرکز شده است (خلیلی و همکاران، ۱۳۸۹). از جمله رویداد های مهم بیوشیمیایی گیاهان در شرایط تنش خشکی، تغییرات به صورت کاهش و یا افزایش پروتئین، قند محلول، پرولین و کلروفیل در برگ می باشد (سیلسپور و همکاران، ۱۳۸۸). تحقیقات نشان می دهد که پتاسیم موجب افزایش محتوای نشاسته، کربوهیدرات ها، پروتئین ها و افزایش سطح کاروتن در برگ ذرت می شود (Perry *et al.*, 2011). پتاسیم در افزایش فتوسنتز، افزایش فعالیت آنزیم ها، بهبود سنتز پروتئین، کربوهیدرات ها و روغن، زنجیره انتقال الکترون در فتوسنتز، افزایش توانایی در مقابله با آفت ها و بیماری ها نقش مهمی ایفا می کند.

تحقیقات نشان می دهد که پتاسیم موجب افزایش محتوای پرولین تحت شرایط تنش خشکی در برگ های ذرت می شود (Mukherjee, 1974). در خصوص تاثیر پتاسیم بر سنتز ماکرومولکول ها در سلول های یوکاریوتی مختلف، پیشنهاد گردیده که در اوایل دوره رویشی، فعالیت برون دهی H^+ و جذب K^+ در غشای سلولی، ممکن است مسئول راه اندازی فعالیت سنتز ماکرو مولکول ها باشد (Cocucci *et al.*, 1986). در میان ریز مغذی ها عنصر روی، نقش مهمی در متابولیسم RNA و محتوای ریبوزوم ها در سلول های گیاهی دارد که منجر به تحریک متابولیسم کربوهیدرات ها، پروتئین ها و DNA می شود. عنصر روی دارای نقش مهمی در تعداد زیادی از واکنش های متابولیکی می باشد. عنصر روی، برای چندین آنزیم مانند آنهیدرات دهیدروژناز، اکسیداز و پراکسیداز به عنوان کوفاکتور عمل می کند و نیز از کلروپلاست ها محافظت می کند (Ayad *et al.*, 2010). افزایش محتوای پرولین برگ، به عنوان شاخص تنش های محیطی پذیرفته شده است. عناصر سنگین، منجر به تجمع پرولین در برگ می شوند. پیشنهاد شده است که تجمع پرولین در بافت های گیاهی به علت کاهش تنزل پرولین، افزایش بیوسنتز پرولین، کاهش سنتز پروتئین یا کاربرد پرولین و هیدرولیز پروتئین ها می باشد (Zengin, 2006). روی، در متابولیسم کربوهیدرات ها در گیاهان دخالت دارد. فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز، به سرعت در اثر کمبود روی، کاهش می یابد. کربنیک آنهیدراز، در سیتوپلاسم و کلروپلاست تجمع می یابد و واکنش تبدیل CO_2 به بیکربنات و بالعکس را کاتالیز می کند که به فراهم شدن CO_2 برای فتوسنتز کمک می نماید. در گیاهانی که کمبود روی دارند، ساخته شدن پروتئین کاهش می یابد و انباشته شدن اسید های آمینه در این گیاهان نشان دهنده اهمیت عنصر روی در سنتز پروتئین است. عنصر روی، یکی از اجزای ضروری آنزیم RNA پلی مراز است و در هر مولکول این آنزیم دو اتم روی، وجود دارد و اگر روی، برداشته شود آنزیم غیر فعال می شود. بدون عنصر روی، ریبوزوم ها از هم پاشیده می شوند اما با مصرف آن ساختمان آنها به حالت اول بر می گردد. روی، از طریق اتصال به گروه سولفیدریل (SH^-) باعث استحکام آنزیم ها،

پروتئین ها و ساختمان چربی غشای سلول می شود. عنصر روی از طریق محافظت از گروه سولفیدریل باعث سنتز کلروفیل می گردد. پورفووبیلینوژن پیش ماده کلروفیل می باشد که برای تشکیل این ماده عناصر منیزیم و روی مورد نیاز است. در حضور عنصر روی، نهایتاً تشکیل و تکمیل کلروفیل تسهیل می گردد (بهتاش و همکاران، ۱۳۸۹).

مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۹ در شرایط مزرعه در شهرستان بوانات واقع در شمال فارس اجرا گردید. بافت خاک مزرعه، شنی - لومی و میزان پتاسیم و روی در خاک به ترتیب ۱۹۰، ۱/۰۴ میلی گرم بر کیلوگرم خاک، ماده آلی ۱/۹۵ درصد و pH خاک ۷ به دست آمد. این آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی و در ۳ تکرار انجام شد. کرت های اصلی مربوط به تنش خشکی (شاهد و تنش خشکی در مرحله رویشی (۷۰ روز بعد از کاشت)) و کرت های فرعی شامل سه مقدار مصرف سولفات روی (۰، ۱۵، ۳۰ کیلوگرم در هکتار) و ۳ مقدار مصرف سولفات پتاسیم (۰، ۱۵۰، ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد. اعمال تنش به صورت حذف یک دور آبیاری اجرا گردید. در مجموع ۵۴ کرت و مساحت هر کرت ۱۲ متر مربع (۲/۴×۵) شامل دو پشته به عرض ۷۵ سانتی متر و ۴ خط کشت به طول ۵ متر و فاصله بین بوته های ذرت ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد.

فواصل بین کرت های اصلی ۱/۵ متر و فواصل بین کرت های فرعی ۵/۵ متر در نظر گرفته شد. سولفات پتاسیم و سولفات روی قبل از کاشت به خاک اضافه شد. اندازه گیری پرولین بر اساس روش (Bates et al., 1973)، پروتئین طبق روش (Lowry et al., 1951) و میزان کلروفیل با روش (Lichtenthler, 1987) اندازه گیری شد. نتایج با استفاده از نرم افزار MSTAT-C تجزیه و تحلیل گردید. جهت مقایسه میانگین ها از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس غلظت کلروفیل، نشان داد که اثر تنش خشکی بر غلظت کلروفیل، در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد (جدول ۱). با توجه به مقایسه میانگین اثر متقابل سه جانبه، بیش ترین غلظت کلروفیل، مربوط به تیمار تنش خشکی و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و عدم مصرف سولفات روی، به میزان ۲۹/۱۵ میلی گرم بر گرم به دست آمد. افزایش غلظت کلروفیل، با مصرف سولفات پتاسیم، قبلاً توسط محققین اثبات شده است (Perry et al., 2011). همچنین گزارش های بسیاری مؤید تاثیر مثبت عنصر روی، در افزایش محتوای کلروفیل در ذرت می باشد (Ayad et al., 2010; Potarzycki and Grzebisz, 2009).

جدول ۱: تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی، سولفات پتاسیم و سولفات روی بر صفات اندازه گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی					میانگین مربعات	پتاسیم	روی
	کلروفیل	پروتئین	پرولین	پتاسیم	روی			
تکرار	۲	۱۷/۹۴	۳۸۱/۴۹	۶۸۵۹/۷۵	۱۶/۶۷	۰/۰۰		
تنش	۱	۴۹۱/۲۹*	۹۹۸۲۶/۱۴*	۱۰۳۰۱/۹۹ns	۱۶/۶۷**	۰/۴۳**		
سولفات پتاسیم	۲	۶۶/۷۲ns	۹۴۳/۸۳ns	۱۳۷۳۵/۱۰ns	۳۸۲/۲۸**	۰/۰۱**		
تنش × سولفات پتاسیم	۲	۱۸/۳۱ns	۱۲۸۹۴/۹۴ns	۶۳۵۹/۳۸ns	۲۴۵۹/۵۶**	۰/۰۲**		
سولفات روی	۲	۲/۲۷ns	۵۷۲/۷۱ns	۱۹۷۴۷/۴۳ns	۲۲۸/۸۳**	۰/۰۴**		
تنش × سولفات روی	۲	۱۴/۳۳ns	۱۷۹/۱۹ns	۷۵۵۴/۲۳ns	۲۴۲/۱۶**	۰/۰۴**		
سولفات پتاسیم × سولفات روی	۴	۱۳/۴۵ns	۶۱۸۴/۰۳*	۱۴۰۱۹/۴۴ns	۶۴۹/۴۵**	۰/۰۷**		
تنش × سولفات پتاسیم × سولفات روی	۴	۲۳/۸۱ns	۳۵۴۷/۴۲ns	۱۰۹۳۶/۴۳ns	۷۹۲/۶۶**	۰/۰۴**		
خطای کل	۲۴	۱۷/۶۱	۲۵۶۶/۳۲	۲۱۲۸۸/۷۰	۱۶/۶۷	۰/۰۰		
ضریب تغییرات		۲۰/۲۰	۱۴/۷۷	۳۱/۴۲	۱/۸۶	۰/۶۷		

***- اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ - * اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ - ns- عدم اختلاف معنی دار

جدول ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی، سولفات پتاسیم و سولفات روی بر صفات اندازه گیری شده

روى	پتاسیم	پرولین	پروتئین	کلروفیل	تنش خشکی × سولفات پتاسیم × سولفات روی		
					سولفات پتاسیم	سولفات روی	تنش خشکی
(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	FW		
۰/۵۹e	۲۱۷/۱۰e	۳۳۴/۱۰a	۲۶۶/۵۰d	۱۵/۵۹de	۰	۰	عدم تنش
۰/۵۲f	۲۳۶/۱۰c	۴۳۹/۳۰a	۳۰۹/۲۰bcd	۱۶/۱۵cde	۱۵	۰	عدم تنش
۰/۵۶ef	۲۳۱/۱۰cd	۶۱۷/۰۰a	۲۸۷/۸۰cd	۱۹/۲۹bcde	۳۰	۰	عدم تنش
۰/۶۵cd	۲۵۵/۶۰a	۴۳۰/۷۰a	۲۶۳/۷۰d	۱۹/۰۴bcde	۰	۱۵۰	عدم تنش
۰/۴۶g	۲۵۶/۶۰a	۴۴۲/۸۰a	۲۸۹/۴۰cd	۱۴/۶۶e	۱۵	۱۵۰	عدم تنش
۰/۵۸e	۲۴۳/۳۰b	۴۴۱/۷۰a	۲۷۵/۱۰d	۱۵/۷۸de	۳۰	۱۵۰	عدم تنش
۰/۵۷ef	۲۴۸/۴۰b	۴۱۰/۶۰a	۳۸۸/۶۰ab	۱۶/۱۴cde	۰	۳۰۰	عدم تنش
۰/۶۷bcd	۲۲۵/۴۰d	۵۰۸/۴۰a	۳۱۲/۵۰bcd	۲۱/۵۱abcde	۱۵	۳۰۰	عدم تنش
۰/۱۲h	۲۰۹/۰۰fg	۴۳۰/۵۰a	۳۰۷/۸۰bcd	۲۱/۶۴abcde	۳۰	۳۰۰	عدم تنش
۰/۶۹bcd	۲۰۲/۷۰gh	۴۵۶/۰۰a	۳۶۰/۴۰abcd	۱۹/۵۰bcde	۰	۰	تنش
۰/۶۹bcd	۲۰۱/۸۰gh	۵۰۶/۰۰a	۳۹۳/۷۰ab	۲۲/۲۸abcde	۱۵	۰	تنش
۰/۷۷a	۱۹۷/۷۰h	۵۲۳/۰۰a	۳۹۷/۸۰ab	۲۱/۱۹abcde	۳۰	۰	تنش
۰/۷۲ab	۱۸۶/۴۰i	۴۰۸/۳۰a	۴۲۲/۵۰a	۲۵/۷۹ab	۰	۱۵۰	تنش
۰/۶۴d	۲۱۴/۵۰ef	۴۴۷/۹۰a	۴۵۰/۰۰a	۲۳/۴۸abcd	۱۵	۱۵۰	تنش
۰/۶۹bcd	۱۸۱/۳۰i	۴۲۳/۶۰a	۳۵۶/۹۰abcd	۲۴/۲۳abc	۳۰	۱۵۰	تنش
۰/۷۱abc	۲۱۵/۹۰ef	۵۳۲/۵۰a	۳۷۶/۱۰abc	۲۹/۱۵a	۰	۳۰۰	تنش
۰/۷۳ab	۲۰۰/۰۰h	۴۷۷/۱۰a	۳۲۳/۳۰bcd	۲۴/۲۰abc	۱۵	۳۰۰	تنش
۰/۶۸bcd	۲۳۱/۵۰cd	۵۲۹/۳۰a	۳۹۳/۹۰ab	۲۴/۲۸abc	۳۰	۳۰۰	تنش

حروف یکسان در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی دار بین میانگین ها می باشد (آزمون دانکن ۱٪ و ۵٪)

نتایج تجزیه واریانس غلظت پروتئین نشان داد که اثر تنش خشکی بر غلظت پروتئین، در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد (جدول ۱). با توجه به مقایسه میانگین اثر متقابل سه جانبه، بیشترین غلظت پروتئین، مربوط به مصرف توام ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۱۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، در شرایط تنش خشکی، به میزان ۴۵۰/۰۰ میلی گرم بر گرم و کمترین مقدار مربوط به مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و عدم مصرف سولفات روی در شرایط عدم تنش خشکی به میزان ۲۶۳/۷۰ میلی گرم بر گرم، حاصل شد. تأثیر عناصر پتاسیم و روی در افزایش غلظت پروتئین برگ توسط محققین بسیاری گزارش شده است (Akinci et al., 2008; Brown et al., 1993; Cocucci et al., 1986; Ahmad et al., 1999). با توجه به نتایج تجزیه واریانس غلظت پروتئین، اثر تنش خشکی بر غلظت پروتئین معنی دار نشد (جدول ۱). به طور کلی مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و مصرف سولفات پتاسیم و سولفات روی، نشان داد که بیشترین غلظت پروتئین، مربوط به مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و کمترین غلظت پروتئین، مربوط به عدم مصرف این دو کود در شرایط عدم تنش خشکی، به ترتیب به میزان ۶۱۷/۰۰ و ۳۳۴/۰۰ میلی گرم بر گرم می باشد. اثرات تنظیم کننده اسمزی پروتئین در توازن آب و تحمل خشکی در ذرت، در تحقیقات مختلف نشان داده شده است (Heidary and Moaveni, 2009; Mohammadkhani and Heidary, 2008). تأثیر عناصر پتاسیم و روی در افزایش غلظت پروتئین برگ توسط محققین بسیاری گزارش شده است (Udayakumar, 1976; Zengin, 2006).

نتایج تجزیه واریانس غلظت پتاسیم در برگ، نشان داد که غلظت پتاسیم در شرایط تنش خشکی به طور معنی داری (در سطح احتمال ۱٪) کاهش یافته است، این در حالی است که با مصرف سولفات پتاسیم و سولفات روی، غلظت پتاسیم به طور معنی داری افزایش یافته است (در سطح احتمال ۱٪) (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و مصرف این دو کود نشان داد که بیشترین میزان غلظت پتاسیم مربوط به مصرف توام ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۱۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، در شرایط مطلوب رطوبتی به میزان ۲۵۶/۶۰ میلی گرم بر گرم حاصل شد. نتیجه تحقیقات Leeson و همکاران (۱۹۹۸) در خصوص تأثیر پتاسیم در افزایش محتوای پتاسیم در برگ ذرت با نتایج تحقیق حاضر هم راستا است. نتایج تجزیه واریانس غلظت روی، در برگ نشان داد که غلظت عنصر روی، در شرایط تنش خشکی به طور معنی داری (در سطح احتمال ۱٪) افزایش یافته است. مصرف سولفات پتاسیم و سولفات روی، نیز به طور معنی دار (در سطح احتمال ۱٪) موجب افزایش محتوای این عنصر در برگ ذرت گردیده است (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و مصرف این دو کود نیز نشان داد که بیشترین میزان غلظت روی، مربوط به مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار

سولفات روی، به میزان ۰/۷۷ میلی گرم بر گرم، در شرایط تنش خشکی حاصل شد (جدول ۲). نتایج تحقیقات رفیعی و همکاران (۱۳۸۳) نتایج تحقیق حاضر را تایید می نماید.

منابع

- بهتاش، ف.، طباطبایی، س.ج.، ملکوتی، م.ج.، سرور الدین، م.ح. و اوستان، ش.، ۱۳۸۹. اثر روی و کادمیم بر رشد، مقدار کلروفیل، فتوسنتز و غلظت کادمیم در چغندر لبویی. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب) جلد ۲۴ شماره ۱.
- خلیلی، م.، مقدم، م.، کاظمی اربط، ح.، شکیبا، م.ر.، کانونی، ه. و چوگان، ر.، ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر ژنوتیپ های مختلف ذرت. مجله دانش کشاورزی پایدار جلد ۲ شماره ۱.
- رفیعی، م.، نادیان، ح.، نور محمدی، ق. و کریمی، م.، ۱۳۸۳. اثرات تنش خشکی و مقادیر روی و فسفر بر غلظت وکل جذب عناصر در ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران جلد ۳۵ شماره ۱.
- سیلسپور، م.، جعفری، پ. و ملا حسین، ح.، ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی بر ذرت. نشریه پژوهش در علوم کشاورزی جلد ۲ شماره ۲.

- Ahmad, R., wsaeed, M., Ullah, E. and Mahmood, T., 1999. Effect of potassium on protein, oil and fatty acid contents in two autumn planted sunflower hybrids. International Journal of Agriculture & Biology, 99: 325 -327.
- Akinci, C., Doran, I., Yildirim, M. and Gul, I., 2008. Effects of different zinc doses on zinc and protein contents of barley. Asian. Journal of Chemistry, 20: 2293 -2301.
- Ayad, H.S., Reda, F. and Abdalla, M.S.A., 2010. Effect of putrescine and zinc on vegetative growth, photosynthetic pigments, lipid peroxidation and essential oil content of geranium (*Pelargonium graveolens* L.). World Journal of Agricultural Sciences, 6: 601-608.
- Bates, L., Waldren, S.R.P. and Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil Journal, 29: 205 -207.
- Brown, P.H., Cakmac, I. and Zhang, Q., 1993. Form and function of zinc in plants. In: Robson, A. D. (ed) Zinc in soils and plants, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. PP: 90-106.

- Cocucci, S.M., Ranieri, A. and Zocchi, G., 1986. Potassium - Dependent increase in RNA and protein synthesis in the early phase of incubation of the thermodormant *phaceliatanacetifolia* seeds. *Plant Physiol*, 80: 891-894.
- Heidary, Y. and Moaveni, p., 2009. Study of Drought stress on accumulation and proline among aba in different genotypes forage corn. *Research journal of biological sciences*, 4: 1121-1124.
- Leeson, S., lange, C.F.M. and Smith, J.B., 1998. Potassium reduces stress from drought, cool soils, and compaction. *Better Crops*, 82: 34-37.
- Lichtenthler, H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthesis biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148: 350 -382.
- Lowry, O.H., Roscberough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951. Protein mesurment with the folin-phenol reagent. *Biology Chemistery Journal*, 193: 265-275.
- Mohammadkhani, N. and Heidary, R., 2008. Drought-induced accumulation of soluble sugars and proline in two maize varieties. *World Applied Sciences Journal*, 3: 448-453.
- Mukherjee, I., 1974. Effect of potassium on prolin accumulation in maize during wilting. *Physoil Plant*, 31. P. 288.
- Perry, T.W., Rhykerd, C.L., Holt, D.A. and Mayo, H.H., 2011. Effect of potassium fertilization on chemical characteristics, yield and nutritive value of corn silage. *Journal of Animal Science*, 34: 642-646.
- Potarzycki, J. and Grzebisz, W., 2009. Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. *Plant Soil Environ*, 55: 519 -527.
- Udayakumar, B.M., RamaRao, S., Prasad, T.G. and KrishnaSastry, K.S., 1976. Effect of potassium on protein accumulation in cucumber cotyledons. *New Phytol*, 77: 593-598.
- Zengin, K.F., 2006. The effects of Co^{2+} and Zn^{2+} on the contents of protein, abscisic acid, proline and chlorophyll in bean (*Phaseolus vulgaris* cv. *Strike*) seedlings. *Journal of Environmental Biology*, 27: 441-448.