اثر تنش خشکی و کادمیوم بر چمن Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) در مرحله جوانه‌زنی

فهیمه سادات سجادی[1*]، مینا تقی‌زاده[2]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح و فیزیولوژی گل و گیاهان زینتی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک

[2] استادیار و هیئت‌علمی گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک

[*] نویسنده مسئول: f-sajadi@msc.araku.ac.ir

چکیده

گیاهان همواره در معرض تنش‌های زیستی و غیرزیستی قرار دارند که این تنش‌ها منجر به کاهش عملکرد کمی و کیفی گیاهان می‌شوند و در صورت تداوم منجر به مرگ گیاه می‌گردند. عناصر سنگین موجود در محیط زیست، یکی از مهم‌ترین عوامل تنش‌زا محسوب می‌شوند. بنابراین برای بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف تنش کادمیوم (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) و تنش خشکی به‌وسیله پلی‌اتیلن گلایکول خشکی (صفر، ۲/۵ و ۵ درصد) بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر چمن کنتاکی بلوگرس آزمایشی طراحی و اجرا گردید. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که با افزایش غلظت PEG طویل شدن ریشه‌چه و ساقه‌چه، طول گیاه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و شاخص تحمل نسبت به شاهد کاهش قابل توجهی داشت و بیشترین میزان در شاهد و کم‌ترین آن در تیمار ۲/۵ درصد PEG مشاهده گردید. کادمیوم به‌تنهایی و در ترکیب با غلظت‌های مختلف PEG سبب ممانعت کامل از جوانه‌زنی بذور شد.

***کلمات کلیدی*: پلی‌اتیلن گلیکول، جوانه‌زنی، سمیت، شاخص تحمل، فلزات سنگین.**

مقدمه

تنش، پیامد روند غیرعادی فرآیندهای فیزیولوژیکی است که تحت تأثیر یکی یا مجموعه‌ای از عوامل تنش‌زا حاصل می‌گردد. در حالت کلی، تنش عبارت است از فشار بیش‌ازحد برخی نیروهای مخالف که مانع از عملکرد طبیعی سیستم‌های طبیعی می‌شوند. عوامل کنترل‌کننده شرایط تنش تعادل طبیعی گیاهان را تغییر می‌دهد و منجر به مجموعه تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی در گیاهان می‌شود که رشد و باروری آن‌ها را به طور مخرب تحت اثر قرار می‌دهد. تنش‌های گیاهی شامل تنش‌های زیستی (آفات و بیماری‌ها) و تنش‌های غیر زیستی (گرما، سرما، شوری، غرقابی، کمبود اکسیژن، فلزات سنگین، خشکی و غیره) است (Novak, 1992 ؛Ashraf, 1987). خشکی و تنش ناشی از آن مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش محیطی در جهان و به‌خصوص ایران، به‌عنوان کشوری خشک و نیمه‌خشک، است که هرساله خسارت‌های زیادی به محصولات، وارد نموده و منجر به کاهش رشد و در نهایت عملکرد گیاهی می‌گردد (Da Costa and Huang, 2007).

در میان تنش‌های غیر زنده، سمیت فلزات سنگین نیز بسیار مهم است، به‌ویژه گونه‌هایی که در نزدیکی مناطق صنایع سنگین در کشورهای در حال توسعه رشد می‌کنند (Ona et al., 2006 ،Bi et al., 2006). مرحله دانهالی و جوانه زنی گیاه به عوامل محیطی مانند آلودگی فلزات سنگین حساس هستند (Abedin and Mehrag, 2002). جلوگیری از جوانه‌زنی از مهم‌ترین اثرات شناخته شده تأثیر سمیت فلزات سنگین است (Ernst, 1998). از فلزات سنگین می‌توان به سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، نیکل (Ni)، کبالت (Co)، آهن (Fe)، روی (Zn)، کروم (Cr)، آرسنیک (As)، نقره (Ag) و پلاتین (Pt) اشاره نمود. کادمیوم یک فلز بسیار سمی است که تنش اکسیداتیو در گیاهان القا می‌کند (Hasan et al.,

2009). Cd برای رشد گیاه ضروری نبوده و می‌تواند سبب علائم سمیت شامل کلروز برگ، پوسیدگی ریشه و بازدارندگی رشد شود (Valentovi_ová et al., 2010).

جوانه‌زنی بذر یکی از مهم‌ترین مراحل مؤثر بر عملکرد و کیفیت در تولید محصول است (Almansouri et al., 2001). شرایط محیطی مناسب برای جوانه‌زنی یک گیاه در شرایط عادی شامل آب کافی، اکسیژن، نور و دمای مناسب بدون هیچ ماده اضافه شبیه نمک‌های معدنی و مواد آلی که سبب بازدارندگی جوانه‌زنی می‌شوند، می‌باشد (Safarnejad, 2008). در سراسر دنیا یکی از مهم‌ترین عوامل غیر زیستی و محدود کننده جوانه‌زنی و همچنین رشد اولیه گیاهچه‌ها، تنش خشکی است. قابلیت دسترسی به آب و جذب آن توسط بذر برای انجام فرآیندهای جوانه‌زنی و متعاقب آن رشد گیاهچه‌ها ضروری است. یکی از پیامدهای رایج ناشی از تنش خشکی، کاهش پتانسیل آب در بستر بذر می‌باشد. پتانسیل منفی بالای آب به‌ویژه در مراحل اولیه جوانه‌زنی منجر به کاهش جذب آب توسط بذر و مانع تداوم فرآیندهای مربوط به جوانه‌زنی می‌شود. افزایش تنش خشکی قابلیت دسترسی به آب را کاهش داده و اثرات نامطلوبی بر درصد و سرعت جوانه‌زنی و همچنین رشد گیاهچه‌ها خواهد داشت (Kaya et al., 2006). کادمیوم رشد ریشه و ساقه را با جلوگیری از تقسیم سلولی و رشد سلول‌ها یا هر دوی آن‌ها کاهش می‌دهد و در نهایت سبب بازداری از جوانه‌زنی بذر و کاهش سرعت رشد می‌شود (Eshghi et al., 2010).

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اراک در سال ۱۳۹۵ انجام گرفت. اثر تنش خشکی و فلز سنگین کادمیوم بر جوانه‌زنی بذور چمن Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) در شرایط آزمایشگاهی مطالعه شد. جهت اعمال تنش کادمیوم از چهار غلظت مختلف ترکیب $Cd(NO_3)_2$ شامل (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) به‌وسیله آب مقطر تهیه گردید. همچنین جهت آماده کردن محلول پلی‌اتیلن گلایکول[1] با وزن مولکولی ۶۰۰۰ از سه سطح مختلف (صفر، ۲/۵ و ۵ درصد) استفاده گردید. تعداد ۳۵ عدد بذر سالم چمن *Poa pratensis* L. شمارش گردید. به‌منظور گندزدایی بذور چمن ابتدا از اتانول ۷۰ درصد به مدت دو دقیقه و سپس هیپوکلریت سدیم ۳۰ درصد به مدت ۱۵ دقیقه استفاده شد و در نهایت سه مرتبه آبکشی گردیدند. بذور استریل شده در پتری دیش‌های استریل بر روی کاغذ صافی واتمن قرار داده شدند روزانه مقدار چهار میلی‌لیتر از هر محلول کادمیوم، PEG و ترکیب کادمیوم و PEG به پتری دیش‌ها اضافه می‌شد. برای تیمار شاهد تنها آب مقطر به پتری دیش‌ها اضافه گردید و پتری دیش‌ها توسط فیلم PVC جهت حفظ رطوبت کاغذ صافی، بسته شدند. پس از آن پتری دیش‌ها در دمای ثابت اتاقک رشد (۲۵ ±۱ °c) و تاریکی کامل قرار داده شدند. تعداد بذرهای جوانه‌زده به‌صورت روزانه شمارش شدند. در پایان آزمایش (پس از شش هفته) ارزیابی دانهال (طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه) ثبت شد. این آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل با سه تکرار انجام شد. درصد جوانه‌زنی، شاخص میزان جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، سرعت جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی و شاخص تحمل برای تیمارهای مختلف محاسبه گردید. پس از انجام آزمون نرمالیته و نرمال‌سازی، داده‌ها حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و توسط همین نرم‌افزار و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

[1] polyethylene glycol (PEG)

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش غلظت‌های مختلف کادمیوم و پلی‌اتیلن گلایکول بر شاخص‌های جوانه‌زنی (جدول ۱) شامل درصد جوانه‌زنی، شاخص میزان جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، سرعت جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی و شاخص تحمل و شاخص‌های رشدی (جدول ۲) شامل طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه اثر معنی‌داری داشت. نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از آن بود که استفاده از غلظت‌های مختلف کادمیوم منجر به ممانعت از جوانه‌زنی می‌گردد. همچنین کادمیوم در غلظت‌های صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار و در ترکیب با هر سه غلظت PEG سبب ممانعت کامل از جوانه‌زنی بذور شد و این نشان دهنده این است که کادمیوم از نمو ریشه‌چه و ساقه‌چه با ممانعت از رشد و تقسیم سلولی جلوگیری می‌کند (جدول ۳).

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس اثر تنش خشکی القا شده توسط PEG و فلز سنگین کادمیوم بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر چمن کنتاکی بلوگرس

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		درصد جوانه‌زنی	شاخص میزان جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر	سرعت جوانه زنی	ضریب سرعت جوانه‌زنی	شاخص تحمل
Cd	۳	۶۰۲۳/۳۱**	۰/۴۱**	۱۹/۷۸**	۲/۶۱**	۰/۱۲**	۰/۸۲**
PEG	۲	۱۰۸۸/۶۵**	۰/۰۷**	۶/۷۹**	۰/۴۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۱۰**
Cd×PEG	۶	۱۰۸۸/۶۵**	۰/۰۷**	۶/۷۹**	۰/۴۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۱۰**
خطای آزمایش	۲۴	۱۳/۶۰	۰/۰۰۰۹	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۴
ضریب تغییرات		۲۸/۵۱	۲۹/۳۲	۲۲/۸۱	۱۳/۶۳	۷/۵۹	۲۷/۸۸

** : در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار شده است.

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس اثر تنش خشکی القا شده توسط PEG و فلز سنگین کادمیوم بر شاخص‌های رشدی بذر چمن کنتاکی بلوگرس

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		طول ریشه‌چه (cm)	طول ساقه‌چه (cm)	طول گیاه‌چه (cm)	طول ریشه‌چه به ساقه‌چه (cm)
Cd	۳	۱۷/۰۰**	۸/۴۶**	۴۹/۸۴**	۴/۱۰**
PEG	۲	۲/۰۲**	۰/۲۲**	۳/۵۸**	۰/۱۵**
Cd×PEG	۶	۲/۰۲**	۰/۲۲**	۳/۵۸**	۰/۱۵**
خطا آزمایش	۲۴	۰/۰۷	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۰۱
ضریب تغییرات		۷/۸۴	۱۷/۹۰	۲۸/۴۸	۴/۴۰

** : در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار شده است.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۳) که درصد جوانه‌زنی، شاخص میزان جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و ضریب سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و شاخص تحمل در غلظت‌های ۲/۵ و ۵ درصد PEG نسبت به شاهد کاهش قابل توجهی داشت و بیشترین میزان در شاهد و کم‌ترین آن در تیمار ۲/۵ درصد PEG مشاهده گردید (جدول ۳).

جدول ۳- جدول مقایسه میانگین اثر تنش خشکی القا شده توسط PEG و فلز سنگین کادمیوم بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر چمن کنتاکی بلوگرس

Cd	PEG	درصد جوانه‌زنی	شاخص میزان جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر	سرعت جوانه زنی	ضریب سرعت جوانه‌زنی	شاخص تحمل (CM)	طول ریشه‌چه (CM)	طول ساقه‌چه (CM)	طول گیاه‌چه (CM)	طول ریشه به ساقه(CM)
	۰	۸۹/۵۱ a	۰/۷۴ a	۶/۲۴ a	۶/۰۷ a	۰/۲۳ a	۱/۰۰ a	۴/۵۱ a	۲/۴۸ a	۷/۰۰ a	۱/۸۳ a
۰	۲/۵	۱۳/۳۲ c	۰/۱۰ c	۰/۳۲ c	۰/۶۷ c	۰/۲۳ a	۰/۲۷ c	۱/۲۶ c	۱/۳۸ c	۲/۶۵ c	۰/۹۲ c
	۵	۵۲/۳۷ b	۰/۴۳ b	۲/۳۳ b	۲/۵۷ b	۰/۲۳ a	۰/۵۴ b	۲/۴۶ b	۱/۹۵ b	۴/۴۶ b	۱/۲۹ b
	۰	. d	. d	. d	. d	. b	. d	. d	. d	. d	. d
۲۵	۲/۵	. d	. d	. d	. d	. b	. d	. d	. d	. d	. d
	۵	. d	. d	. d	. d	. b	. d	. d	. d	. d	. d
	۰	. d	. d	. d	. d	. b	. d	. d	. d	. d	. d
۵۰	۲/۵	. d	. d	. d	. d	. b	. d	. d	. d	. d	. d
	۵	. d	. d	. d	. d	. b	. d	. d	. d	. d	. d
	۰	. d	. d	. d	. d	. b	. d	. d	. d	. d	. d
۱۰۰	۲/۵	. d	. d	. d	. d	. b	. d	. d	. d	. d	. d
	۵	. d	. d	. d	. d	. b	. d	. d	. d	. d	. d

بذور برای انجام فرآیند جوانه‌زنی بایستی به‌اندازه کافی آب جذب نمایند. مواد محلول موجود در محیط کشت ازجمله PEG سبب کاهش جذب آب توسط بذر و متعاقب آن تأخیر و یا توقف جوانه‌زنی می‌شوند. تنش خشکی و محدودیت جذب آب توسط دانه، از طریق تأثیر بر انتقال ذخایر دانه و سنتز پروتئین‌ها در جنین احتمالاً علت اصلی کاهش میزان جوانه‌زنی است (Dodd and Donovan, 1999). همان‌طور که نتایج نشان داد استفاده از PEG منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی گردید که نتایج حاصل از این پژوهش هم‌راستا با نتایج Falleri و همکاران (۲۰۰۴) بود که اظهار داشتند استفاده از PEG منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی در بذور درخت راش می‌شود که علت این امر احتمال زیاد به خاطر تأثیر PEG بر آندوسپرم و تجزیه آهسته‌تر آن و به طبع آن انتقال آهسته‌تر مواد تجزیه شده به گیاهچه‌ها می‌گردد. از عوامل دیگر تأثیرگذار بر جوانه‌زنی توسط PEG می‌توان به اختلال در جذب آب اشاره نمود. نتایج نشان داد که استفاده از PEG در محیط منجر به اختلال در جذب آب می‌گردد که این موضوع قبلاً نیز توسط De and Kar (۱۹۹۴) گزارش شده بود به‌طوری‌که نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان می‌داد که استفاده از PEG با اختلال در جذب و انتقال آب منجر به کاهش جوانه‌زنی در بذور ماش گردید. تمامی واکنش‌ها و فعالیت‌های متابولیکی و آنزیمی در حضور آب صورت می‌گیرد و با حذف آب بسیاری از آن‌ها متوقف می‌شوند. بذر به‌محض اینکه در شرایط آبی و مرطوب قرار می‌گیرد با سرعت زیادی شروع به جذب فیزیکی آب می‌نماید و دقیقاً مانند یک اسفنج عمل می‌نماید. اضافه کردن PEG به محیط کشت با منفی کردن اسمز محیط منجر به کاهش این جذب فیزیکی گردیده و با اختلال در فعالیت متابولیکی و تجزیه اندوسپرم، منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی می‌گردند. Ahmadloo و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی اثرات PEG بر درخت کاج حلب و کاج بروسیا کاهش شاخص بنیه بذر را به علت کاهش میزان رطوبت در دسترس بذر است که موجب می‌شود تا فعالیت آنزیم‌ها در انتقال ذخایر آندوسپرم به شکل قابل استفاده برای رشد محورهای جنینی و سنتز ترکیبات بذر دچار اشکال شود، عنوان کردند.

علاوه‌براین، نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه در غلظت‌های ۲/۵ و ۵ درصد PEG نسبت به شاهد کاهش قابل توجهی داشت و بیشترین طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه در شاهد و کمترین در تیمار ۲/۵ درصد PEG

بود (جدول ۳). علت کاهش رشد طولی ساقه‌چه و ریشه‌چه در اثر تنش خشکی ممکن است مربوط به تحت تأثیر قرار گرفتن سلول‌های مریستمی این دو اندام و اختلال در فرایند تقسیم و طویل‌شدن سلولی باشد. به‌نظر می‌رسد که طویل شدن سلول بیشتر از تقسیم سلولی تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد زیرا در شرایط پتانسیل منفی جذب آب توسط سلول‌ها کاهش یافته و در نتیجه فشار تورژسانس لازم جهت بزرگ شدن سلول‌ها کاهش یافته و توقف و کند شدن رشد را سبب می‌شود (Abbasi, 2005). همچنین با توجه به نقش هورمون آبسیزیک اسید به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد در سازگاری گیاه به شرایط نامطلوب محیطی نظیر خشکی و همچنین پاسخ بافت و اندام‌های گیاه به تأثیر متقابل هورمون‌ها، احتمال دارد که سطح بالای آبسیزیک سبب کاهش هورمون اکسین (IAA) و در نتیجه سبب کاهش رشد و تقسیم سلولی اندام‌های گیاه می‌گردد (Saeedipoor et al., 2003).

نتیجه‌گیری کلی

اگرچه تنش خشکی می‌تواند بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه‌چه تأثیر بگذارد اما جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه‌چه کنتاکی بلوگرس امکان‌پذیر بود و تنها با افزایش غلظت PEG به‌عنوان شبیه‌ساز تنش خشکی رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش پیدا کرد. خصوصیات جوانه‌زنی و رشدی در غلظت‌های ۵ و ۲/۵ درصد PEG به‌طور فراوانی نسبت به شاهد کاهش یافت. همچنین هیچ‌گونه جوانه‌زنی در حضور کادمیوم مشاهده نشد و بیش‌ترین جوانه‌زنی و شاخص رشدی در محیط بدون کادمیوم مشاهده شد.

منابع

Abbasi, H. 2005. Effects of water stress due to PEG on seed germination of basil (Ocimum basilicum L). Journal of Medicinal and Aromatic Plants of Iran. (C) 30. S535-543. (in Persian).

Abedin MJ and Meharg AA .2002. Relative toxicity of arsenite and arsenate on germination and early seedling growth of rice (Oryza sativa L.). Plant Soil, 243(1): 57-66.

Adriano DC. 2001. Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risk of Metals. Springer Verlag, New York.

Ahmadloo F., Tabari M., Behtari B. 2010. Effect of Water Stress on Some Physiological Characteristics of Pinus brutia and P. halepensis Seeds. iranian Journal of Biology. Volume 24. Nom.5. (in Persian).

Almansouri, M., J. M. Kinet and S. Lutts, 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (Triticum durum Desf.). Plant Soil. 231: 243-254.

Ashraf, C.M. and Abu-shakras. 1987. Wheat seed germination under low temperature and moisture stress.Agronomy Jornal.Vol: 70-135-139.

Bi X, Feng X, Yang Y, Qui G, Li G, Li F, Li UT, Fu Z and Jin Z. 2006. Environmental contamination of heavy metals from zinc remelting areas in Hezhang country, Western Guizhox, China. Environ. Intern. 32:883–890.

DaCosta, M. and B.R. Huang. 2007. Changes in antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation for bentgrass species in response to drought stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 132: 319–32

De F., and Kar R.K. 1994. Seed germination and seedling growth of mung bean (Vigna radiate) under water stress induced by PEG-6000. Seed Science and Technology, 23: 301-304.

Dodd G.L., and Donovan L.A. 1999. Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. Am. J. Bot, 86: 1146-1153.

Ernst WHO. 1998. Effects of heavy metals in plants at the cellular and organismic level ecotoxicology. In: Bioaccumulation and Biological Effects of Chemicals, Eds., Gerrit, S. and M.Bernd. Wiley and Spektrum Akademischer Verlag, pp. 587-620.

Eshghi S, Mahmoodabadi MR, Abdi GR and Jamali B. 2010. Zeolite Ameliorates the Adverse Effect of Cadmium Contamination on Growth and Nodulation of Soybean Plant (Glycine max L.). J Biol Environ Sci. 4: 43-50.

Ekmekçi Y, Tanyolac D and Ayhan B. 2009. A crop tolerating oxidative stress induced by excess lead: maize. Acta Physiol. Plant.31: 319-330.

Falleri E, Muller C, Laroppe E. 2004. Effect of water stress on germination of beechnuts treated before and after storage, Canadian Journal of Forest Research, 34(6): 1204-1209.

Hasan SA, Fariduddin Q, Ali B, Hayat S and Ahmad A. 2009. Cadmium: Toxicity and tolerance in plants. J.Environ. Biol., 30(2): 165-174.

Kaya M.D., Okcu G., Atak M., Cıkılı Y., and Kolsarıcı O. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (Helianthus annuus L.). Eur. J. Agron, 24: 291-295.

Novak FJ. Musa (bananas and plantains). 1992. Hammerschlag FA, Litz RE, editors. In: Biotechnology of perennial fruit crops. CAB International, Wallingford, UK.

Ona LF, Alberto AM, Prudente JA and Sigua GC. 2006. Levels of Pb in urban soils from selected cities in a contrail region of the Philippines. Environ. Sci. Pollut. Res.

Saeedi poor, S. Moradi, F. Nabaei poor, M. and Rahimi, M. 2003. Effect of salinity stress caused by NaCl on ABA and IAA modify and distribute seedling tolerant genotypes (IR6519) and sensitive (IR29) rice. Iranian Journal of Crop Sciences. Vol. 8. Nom. 3. 214-231. (in Persian).

Sharma P and Dubey RS. 2005. Lead toxicity in plants. Braz. J.Plant Physiol. 17(1): 35-52.

Valentovi_ová K, Halušková L, Huttová J, Mistrík I and Tamás L. 2010. Effect of cadmium on diaphorase activity and nitric oxide production in barley root tips. J. Plant Physiol., 167: 10-14.

Zeng LS, Liao M, Chen LC and Huang YC. 2007. Effects of lead contamination on soil enzymatic activities, microbial biomass and rice physiological indices in soil-lead-rice (*Oryza sativa* L.) system. Ecotoxicol. Environm. Safety 67(1):67-74.

Effect of Drought and Cadmium Stress in Germination Stage of Kentucky Bluegrass (*Poa pratensis* L.)

Fahimehsadat sajadi [1*], Mina Taghizadeh [2]

[1] MSc student, Arak University, faculty of agricultural and natural resources, department of science Horticulture, Markazi Province, Iran

[2] Assistance professor at science horticulture, faculty of agricultural and natural resources, Arak University, Markazi Province, Iran

* *Corresponding Author*: f-sajadi@msc.araku.ac.ir

Abstract

Plants are constantly exposed to biotic and abiotic stresses. Different tensions can lead to the reduction in yield and crop quality and if it continues will cause to the plant death. Heavy metals in the environment, is one of the main stressful factors. So this study was conducted to investigate the effect of different concentrations of cadmium stress (0, 25, 50 and 100 mM) and induction drought stress by PEG (0, 2.5 and 5%) on seed germination indices of Kentucky bluegrass. The results expressed that by increasing the concentration of PEG, root and shoot elongation, seedling length, percentage and speed of germination, seed vigor and tolerance index significantly decreased and the highest and the lowest values of these indices was observed in the control and PEG 2.5%, respectively. Cd either alone or in combination with various concentrations of PEG cause complete inhibit of seed germination.

Key words: polyethylene glycol, germination, toxicity, tolerance, heavy metals.