تأثیر فلز سنگین کادمیوم بر صفات جوانه زنی و شاخص های رشدی گیاهچه‌های تربچه

۱- سمیه سیاهکالی مرادی ۲- راحله خادمیان ۳- مریم قنادنیا

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ژنتیک و به نژادی گیاهی، داانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین

۲- استادیار گروه ژنتیک و به نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین

۳- استادیار گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین

Email: s.siahkalimoradi60@gmail.com

Email: r.khademian@eng.ikiu.ac.ir

Email: ghannadnia@eng.ikiu.ac.ir

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی غلظت های مختلف فلز سنگین کادمیوم بر جوانه زنی و رشد گیاهچه های تربچه انجام شد. این آزمایش در شرایط آزمایشگاهی و بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام گردید. تیمار آزمایش شامل فلز سنگین کادمیوم با غلظت صفر(شاهد)،۲۵ ، ۵۰، ۷۵، و۱۰۰میکرو مولاربود .صفات مورد بررسی شامل درصد جوانه زنی ، سرعت جوانه زنی، میانگین زمان جوانه زنی ، شاخص بنیه بذر و همچنین طول گیاهچه ،طول ریشه چه و ساقه چه، وزن خشک و وزن تر گیاهچه بود. نتایج نشان داد که تأثیر فلز سنگین کادمیوم بر همه صفات مرتبط با جوانه زنی بذر گیاه تربچه به استثنای شاخص بنیه بذر معنی دار بود و همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد، غلظت ۱۰۰ میکرومولار تا حدود ۱۵ درصد جوانه زنی را نسبت به عدم مصرف کادمیوم کاهش داد. سرعت جوانه زنی نیز تحت تاثیر اثر بازدارندگی کادمیوم قرار گرفته ودر تیمار ۱۰۰ میکرو مولار ۴/۸ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داده است . میانگین زمان جوانه زنی با افزایش غلظت کادمیوم افزایش پیدا کرد. نتایج تجزیه واریانس شاخص های رشد گیاهچه های تربچه نشان داد که سطوح مختلف کادمیوم بر همه صفات مورد ارزیابی معنی‌دار بود ،طول ریشه‌چه با افزایش سطح کادمیوم روند افزایشی نشان داده بطوری که بلندترین طول ریشه‌چه در تیمار ۱۰۰ میکرومولار کادمیوم بدست آمد که نسبت به طول ریشه‌چه در تیمار فاقد کادمیوم افزایش ۸۲ درصدی داشته است . طول ساقه چه با روند رشدی کاملا معکوس نسبت به صفت طول ریشه‌چه با افزایش سطح کادمیوم مصرفی روند کاهشی نشان داده است. طول گیاهچه نیز بیشترین مقدار خود را در تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ میکرومولار کادمیوم نشان داده ضمن آنکه بین سطوح مختلف کادمیوم مصرفی نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. وزن تر و خشک گیاهچه نیز در سطوح مختلف کادمیوم تفاوت معنی داری نشان دادند. این تحقیق نشان داد که جوانه زنی و رشد گیاهچه تربچه در مناطق آلوده به فلزات سنگین تحت تاثیر اثرات منفی این فلز قرار می‌گیرد.

کلمات کلیدی: جوانه زنی، رشد رویشی، کادمیوم

مقدمه

آلودگی خاک توسط فلزات سنگین به یک مشکل جهانی تبدیل شده است .(Toth et al.,2016) زیرا این فلزات حتی در غلظت کم نیز سمی هستند. آنها توسط گیاهان جذب می¬شوند و از طریق زنجیره غذایی به انسان و دام منتقل می گردند (Fytianos et al., 2001). مقدار بیش از حد فلزات در خاک کیفیت و در نهایت بهره وری آنها را کاهش می دهد .(Alloway, 2013) فلزات سنگین غیر قابل تخریب هستند و در محیط زیست بسیار پایدارند .بنابراین، می¬توانند خطر بالایی برای آلودگی مواد غذایی داشته باشند و تهدید جدی برای سلامت انسان و اکوسیستم¬ها باشند .(D Mello, 2003)

جذب فلزات سنگین توسط گیاهان می تواند اثرات زیانباری بر گیاهان داشته باشد و ازاین جهت که گیاهان بخش مهمی از زنجیره غذایی را تشکیل می دهند، خطر بزرگی نیز برای انسان و دیگر موجودات محسوب می شوند (Handique and Handique,2009).

مفهوم تنش فلزهای سنگین را حساسیت به غلظتهای بالای فلزات که باعث صدمه به گیاه یا مرگ آن میشود تعریف میکنند. زمانی که یونهای این فلزها در سطوح بالا در محیط وجود داشته باشند، منجر به صدمات متابولیسمی و کاهش رشد گیاه میشوند (Singh and Ghosh, 2005).کادمیوم، سرب، نیکل، جیوه، مس و کروم فلزهای سنگین آلاینده هستند (Kranner and Colville, 2011). یکی از مهمترین فلزات سنگین موجود در طبیعت کادمیوم است ، که فلزی نقره ای رنگ با عدد اتمی ۴۸ ، جرم اتمی ۱۲,۴ می باشد و به علت سمیت بالا و حلالیت زیاد آن در آب یک آلاینده قوی محسوب می گردد (Pinto et al., 2004). کادمیوم در بین فلزات سنگین دارای اهمیت بیشتری هست، زیرا ممکن است بدون ایجاد علائم سمیت در اندامهای گیاهی تجمع یافته و از این طریق وارد چرخه غذایی انسان شو.(Prince et al., 2008) .

کادمیوم یکی از سمی ترین عناصر برای اندامهای زنده است که نقش زیستی ندارد. این عنصر برای گیاه غیر ضروری بوده و دوام بیولوژیکی بالایی دارد و سبب لوله ای شدن برگها، کلروز و کاهش رشد ریشه و ساقه میشود و فرآیند جوانه زنی، رشد و توسعه گیاهچه را تحت تأثیر قرار میدهد(Mishra ,.al et 2006).

جوانه زنی اولین مرحله از زندگی گیاه و یکی از حساسترین فرآیندهای فیزیولوژیکی میباشد که به وسیله فاکتورهای هورمونی و محیطی (تنشهای زیستی و غیر زیستی) تحت تأثیر قرار میگیرد. فلزهای سنگین از دو طریق جوانه زنی گیاه را تحت تأثیر قرار میدهند؛ از طریق سمیت عمومی و ممانعت از جذب آب.(Singh and Ghosh, 2005)

در میان شاخه های کشاورزی، تولید سبزیها به خاطر دارا بودن بسیاری از مواد ضروری بدن از جایگاه خاصی برخوردار است. سبزیها دارای مواد مغذی، ویتامینها، آمینوا سیدهای ضروری، کربوجهیدراتها و پروتئین هستند و وجود آنها در سبد غذایی خانواده ضرورت دارد. (بری و حبیبی پور، ۱۳۹۱).

تربچه با نام علمی *Raphanus sativus* و اسم انگلیسی Radish از مهم ترین سبزیجات سالادی و تازه خوری است که از نظر مواد معدنی غنی بوده و ارزش تغذیه ای بسیار بالا دارد. تربچه مصرف بالایی مخصوصاً در آسیا و کشورهای چین، ژاپن ایران و خاورمیانه دارد .(Libik and Capeka,1998.) تربچه ازانواع سبزیجات است که به صورت خام مصرف می¬شود. از آنجا که ریشه¬های تربچه به طور کامل در خاک مانده و رشد می کند، مقدار زیادی از مواد معدنی و آلیگو آمین‌ها را جذب می کند. بر اساس تحقیقات به عمل آمده، رنگدانه های تربچه قرمز از بروز سرطان جلوگیری

می‌کند .(Gould et al., 2009) مصرف عادی تربچه می‌تواند در بهبود گردش خون و همچنین در درمان سوء هاضمه ، سنگ صفرا، مشکلات معده ، سیاه سرفه ، گلو درد، چاقی ، تهوع و سردرد موثر باشد. تربچه از دیرباز به صورت خام و تنها ریشه آن مصرف می شد اما، برگ‌های سبز آن نیز دارای طعم مطلوب بوده و حاوی مقدار زیادی پرو ویتامین A ا ست که برای سلامت چ شم مفید است. تربچه را می توان حتی به صورت پخته نیز مصرف کرد .(Syed et al.,2012)

این گیاه منبع غنی از ترکیباتی مانند فنل ها، فلاونوئیدها و ویتامین C, آلکالوئیدها، ترکیبات نیتروژن دار،کومارین ها ، آنزیم‌ها، اسیدهای چرب، اسیدهای آلی، رنگدانه‌ها، ترکیبات گوگردی، فیتولاکسین ها و بتاکاروتن است .(Kim et al., 2014)

در تحقیقات گزارش شده است که با افزایش غلظت کادمیوم در خاک، میزان تجمع آن در گیاه تربچه افزایش یافته و در بین اندامهای مختلف مورد برر سی، بی‌شترین میزان تجمع دربرگها م شاهده شد (Dalvand and Eftekhari, 2014). همچنین م شخص شده است که گیاه تربچه قادر است فلز سرب را جذب و انباشته کند و غلظت این عنصر در ریشه به طور معنی داری بیشتر از بخش هوایی بوده اسـت . (Dastjerdi et al., 2015) در مطالعه‌ای دیگر گزارش شـده اسـت که درصـد جوانه زنی گیاه تربچه با افزایش غلظت فلزهای آلومنیوم و ســرب تا ســطح ۲۵ میلی مولار، به طور نزولی کاهش پیدا کرد ,Raj and Rebecca) 2014).

با توجه به اینکه گیاهان نقــش مهمی در انتقال فلزات سنگین از خاکهای آلوده بر عهده دارند، در نتیجه میتوانند سبب ورود سموم به چرخه غذایی گردند. از اینرو برر سی جذب فلزات تو سط گیاهان به خ صوص سبزیجات از اهمیـــــت ویژهای برخوردار ا ست. هدف مطالعه حاضر ارزیابی تاثیر غلظتهای مختلف فلزهای سنگین کادمیوم بر جوانه زنی بذر و رشد گیاهچه های تربچه می باشد.

مواد و روش ها

این پژوهش در آزمایشگاه گیاهشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه بین المللی امام خمینی در سال ۱۴۰۰ انجام شد. این آزمایش بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. تیمار های آزمایش شامل فلز سنگین کادمیوم در غلظت های صفر به عنوان شاهد، ۲۵ ،۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میکرو مولار و هر غلظت در ۴ تکرار که مجموعاً ۲۰ پتری در نظر گرفته شد. ابتدا بذور تربچه ضدعفونی شده به تعداد ۲۵ عدد داخل پتری دیش های شیشه ای که قبلاًکاملا استریل شده اند و حاوی پنبه استریل و یک لایه کاغذ صافی بودند قرار داده شد. سپس تیمار فلز سنگین با نیترات کادمیوم است در غلظتهای مورد نظر صورت گرفت. پتری دیش ها در محیط آزمایشگاه قرار داده شد و شمارش بذور جوانه زده شده ۲۴ ساعت بعد آغاز شد و تا ۱۰روز ادامه یافت. سپس طول ریشه چه ، ساقه چه وطول گیاهچه (۴ گیاه بصورت تصادفی از هر پتری دیش انتخاب شد) اندازه گیری شد و همچنین وزن تر گیاهچه و وزن خشک گیاهچه نیز اندازه گیری شد.

از طریق معادله زیر درصد و سرعت جوانه زنی محاسبه شد(*Panwar and Bhardwaj, 2005*).

$$GP=(n/N)*100 \quad (1)$$
$$GS=\sum(ni/ti)$$

که GP در این معادله درصد جوانه زنی و GSسرعت جوانه زنی ، Nتعداد کل بذرهای کشت شده و n تعداد جوانه زنی بذرها در طول دوره ، n_iتعداد جوانه زنی بذرها در یک فاصله زمانی و t_i تعداد روزهای بعد جوانه زنی می باشد.
میانگین زمان جوانه زنی نیز از طریق معادله زیر محاسبه کمی شود .(*Kulkarni et al., 2007*)

$$MGT=\sum(n_i.t_i)/\sum n_i \quad (2)$$

MGT در این معادله میانگین زمان جوانه زنی می باشد و همچنین شاخص بنیه بذر از حاصل ضرب درصد جوانه زنی نهایی در طول گیاهچه محاسبه می شود(*Biradar et al., 2010*).

$$SVI=GP^{*}\ Mean\ (SI+RI)/100 \quad (3)$$

SVIشاخص بنیه بذر ، SI طول ساقه چه و RI طول ریشه چه می باشد.

تجزیه آماری

برای آنالیز آماری داده ها از نرم افزارهای SSPS و اکسل استفاده گردید. مقایسه میانگین ها نیز بر اساس آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل ازاین تحقیق نشان داد که تأثیر فلز سنگین کادمیوم بر همه صفات مرتبط با جوانه زنی بذر گیاه تربچه به استثنای شاخص بنیه بذر معنی دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد، غلظت ۱۰۰ میکرومولار تا حدود ۱۵ درصد جوانه زنی را نسبت به عدم مصرف کادمیوم کاهش داد(جدول ۲). سرعت جوانه زنی نیز تحت تاثیر اثر بازدارندگی کادمیوم قرار گرفته ودر تیمار ۱۰۰ میکرو مولار ۴/۸ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داده است (جدول ۲). تاثیر فلز سنگین کادمیوم بر میانگین زمان جوانه زنی بذر تربچه نیز معنی داربود. میانگین زمان جوانه زنی با افزایش غلظت کادمیوم افزایش پیدا کرد (جدول۲).

جدول ۱-تجزیه واریانس تاثیر فلز سنگین کادمیوم بر شاخص‌های جوانه زنی و بنیه بذر تربچه

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	میانگین زمان جوانه زنی	شاخص بنیه بذر
کادمیوم	۳	۱۲۸/٤٥٠*	۱۷/٦٠٦*	۰/۲۱۹*	۰/٥۹۹ns
خطا	۱٥	۱/٦٥۰	۰/٥۰۹	۰/۰۰٤	۰/۲۹۹

*، ** و ns به ترتیب معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد و عدم معنی داری آماری را نشان می دهد.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات جوانه زنی بذر تربچه در سطوح مختلف کادمیوم

سطوح کادمیوم (میکرومولار)	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	میانگین زمان جوانه زنی
۰	۹٦a	۲۳/٦٦a	۱/۰۷۲e
۲٥	۹۲b	۲۱/۹۱٥b	۱/۱٥۰۷d
٥۰	۸۷c	۲۰/۸۷۲b	۱/۳٤۱٥c
۷٥	۸٥d	۱۸/۷۷٥c	۱/٥۰٥٥b
۱۰۰	۸۱e	۱۸/۷۹c	۱/٦۳۰۲a

برمبنای آزمون LSD، در هر ردیف میانگی های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی باشند.

نتایج تجزیه واریانس شاخص های رشد گیاهچه های تربچه نشان داد که سطوح مختلف کادمیوم بر همه صفات مورد ارزیابی معنی‌دار بود (جدول ۳) طول ریشه‌چه با افزایش سطح کادمیوم روند افزایشی نشان داده بطوری که بلندترین طول ریشه‌چه در تیمار ۱۰۰ میکرومولار کادمیوم بدست آمد که نسبت به طول ریشه‌چه در تیمار فاقد کادمیوم افزایش ۸۲ درصدی داشته است (جدول ۴). طول ساقه چه با روند رشدی کاملا معکوس نسبت به صفت طول ریشه‌چه با افزایش سطح کادمیوم مصرفی روند کاهشی نشان داده است. میزان این صفت در تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح کادمیوم داشته است اما، ا بین سطوح ۲۵ و ۵۰ و نی زبین سطوح ۷۵ و ۱۰۰ میکرو مولار کادمیوم از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید اگرچه در طول ساقه چه مشاهده شد (جدول ۴). طول گیاهچه نیز بیشترین مقدار خود را در تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ میکرومولار کادمیوم نشان داده ضمن انکه بین سطوح مختلف کادمیوم مصرفی نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۴). وزن تر و خشک گیاهچه نیز در سطوح مختلف کادمیوم تفاوت معنی داری نشان دادند (جدول ۴). در تحقیقی گزارش شده است که فلزات سنگین با جلوگیری از تقسم های میتوزی و طویل شدن سلول باعث کاهش رشد ریشه و ساقه می شود.(*Shulan et al., 2010*). سطح بالای کادمیوم باعث کاهش شاخصه های رشدی گیاهچه تربچه

شده است که با سایر تحقیقات و نتایج محققین در گیاهان لوبیا (*Bhardwaj et al., 2009*)، ماش (*Nair and Rajani, 2015*) مطابقت دارد.

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر فلز سنگین کادمیوم بر شاخص های رشد گیاهچه های تربچه

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ساقه چه	طول ریشه چه	طول گیاهچه	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه
کادمیوم	۳	۱/٤٥٨*	۱۰/۳۷۲*	٥/٦٦٧*	۰/۰۰۰۰۱**	۰/۰۰۰*
خطا	۱٥	۰/۱۱۰	۰/۲۲٤	۰/۱۷۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰

*، ** و ns به ترتیب معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد و عدم معنی داری آماری را نشان می دهد.

جدول ٤- مقایسه میانگین شاخص های رشدی گیاهچه های تربچه در سطوح مختلف کادمیوم

سطوح کادمیوم	طول ساقه چه (سانتی متر)	طول ریشه چه (سانتی متر)	طول گیاهچه (سانتی متر)	وزن تر گیاهچه (گرم)	وزن خشک گیاهچه (گرم)
۰	٥a	٥/۲٥d	۱۰٥۳۱۲/e	۰/۰۹۷۳۹c	۰/۰۰٥۱۸۷c
۲٥ میکرومولار	٤/۳۷٥b	٦/٦۲٥c	۱۱/۲۸۱۲c	۰/۰۹۸٥۳b	۰/۰۰٤۰۳۱e
٥۰	٤/۳٤۳۷b	٦/۷٥c	۱۰/۸٤۳۷d	۰/۱۱٥۹a	۰/۰۰٤٤٦۲d
۷٥	۳/۹۰٦c	۷/۸۷b	۱۲/۳۱۲٥b	۰/۱۱٥۲a	۰/۰۰۷۲۳۱a
۱۰۰	۳٥/۳۷c	۹/٥٦a	۱۳/٤۳۷٥a	۰/۰۹٦۸۰۰d	۰/۰۰٥۸۸۱b

برمبنای آزمون LSD، در هر ردیف میانگی های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی باشند.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که سطوح پایین کادمیوم بر درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی معنی دار نبوده اما بر صفات طول ریشه و ساقه چه تاثیر گذار بوده است. همچنین، غلظتهای بالاتر کادمیوم بر همه صفات مورد ارزیابی تأثیر معنی‌داری داشته است.

منابع

-صالحی .آ و متینی زاده.م ۱۳۹۶. تاثیر همزیستی با قارچهای میکوریز آربسکولار بر فرآیند گیاه پالایی خاک های آلوده به فلزات سنگین.مجله زیست شناسی ایران(علمی –ترویجی) جلد ۱،شماره۱.

- بری ابرقویی. ح و حبیب پور. ا. ۱۳۹۱. مبانی و اصول سبزیکاری برای کشاورزی پایدار،

- Alloway, B.J. (2013). Sources of heavy metals and metal-loids in soils. In: Heavy Metals in Soils, Alloway, B.J.(eds.).Springer, Dordrecht,Netherlands, 11-50.

- Biradar, K.S., Salimath, P.M., and Ravikumar, R.L. 2010. Genetic variability for seedling vigour, yield and yield Components in local germplasm collections of Greengram (Vigna radiata (L.) wilczek). Kamataka Journal of Agricultural Sciences, 20(3): 608-609.

-Bhardwaj, P., Chaturvedi, A. K., Prasad, P., 2009. Effect of enhanced lead and cadmium in soil on physiological and biochemical attributes of Phaselous vulgaris. Nature and Science. 7, 63- 75.

- Capeka, E. and Libik, A. (1998). Quality differences between radish (Raphanus sativus L). cultivars determine the possibilities of their use. Acta Horticulturae, 549, 89-96

- D'Mello, J.P.F. (2003). Food Safety: Contaminants and Tox-ins. CABI Publishing, Cambridge.

-Dalvand, K., Eftekhari, S. A. 2014. Evaluation of cadmium uptake by radish cv. Sorkhan plant (Raphanussativus L.) in cadmium contaminated soils. Journal of Agricultural Engineering. 37, 67-75.

- Dastjerdi, Z., SafipourAfshar, A., Saeidnematpour, F., 2015. Effects of lead and methyl jasmonate on radish (Raphanussativus L.). Journal of Plant Process and Function. 4, 59-66

- Fytianos, K., Katsianis, G., Triantafyllou, P., Zachariadis, G. (2001). Accumulation of heavy metals in vegetables grown in an industrial area in relation to soil. Bull. En-viron. Contam. Toxicol., 67, 423–430. DOI: 10(1007)/s00128-001-0141-8

-Giusti, M. M., Rodriguezz-Saona, L. E., Baggett, J. R., Reed, G. L., Durst, R. W. and Wrolstad, R. E. (1998). Anthocyanin pigment composition of red radish cultivars as potential food colorants. Journal of Food Science,

63219-224 ,(2).

- Ghosh, M. and S.P. Singh (2005). A comparative study of cadmium phytoextraction by accumulator and weed species. Environ. Pollut, 133: 365–371.

- Handique, G. K., Handique, A. K., 2009. Proline accumulation in lemongrass (CymbopogonflexuosusStapf.) due to heavy metal stress. Journal of Environmental Biology. 30, 299–302.

- Kim, K.H., Moon, E., Kim, S.Y., Choi, S.U., Lee, J.H., Lee, K.R. (2014). 4-Methylthio-butanyl derivatives from the seeds of Raphanus sativus and their biological eval-uation on anti-inflammatory and antitumor activities. J. Ethnopharmacol., 151, 503–508. DOI: 10.1016/j.jep.2013.11.003.

-Kramer, U. 2005. Phytoremediation: novel approaches to cleaning up polluted soils. Current Opinion in Biotechnology, 16: 133-141.

- Kulkarni, M.G., Street, R.A., and Staden, J.V. 2007. Germination and seedling growth requirements for propagation of Diosscorea dregeana (Kunth) Dur. and Schinz Atuberous medicinal plant. South African Journal of Botany, 73(1): 131-137.

- Mishra, J., Singh, R., Arora, N.K., 2017. Alleviation of Heavy Metal Stress in Plants and Remediation of Soil by Rhizosphere Microorganisms.10 (3389):1-7.

- Nair, S. R., Rajani, V., 2015. Effects of heavy metals on seed germination and protein content of Vignaradiata (l.) Wilczek. International Journal of Advanced Research. 3, 1306-1317.

- Panwar, P., and Bhardwaj, S.D. 2005. Handbook of practical forestry, Agro biosystem (India), 191 p.

- Pinto, A.P., M. Motaa, A. Devarennes and F.C. Pinto (2004). Influence of organic matter on the uptake of cadmium, zinc, copper and iron by sorghum plants. Sci. Tot. Environ, 326: 239- 247.

- Raj, J., Rebecca, L. J., 2014. Phytoremediation of aluminium and lead using Raphanussativus, Vignaradiata and Cicer arietinum. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. 6, 1148-1152.

- Salunkhe, D. K. and Kadan, S. S. (1998). Handbook of Vegetable Science and Technology. Marcel Dekker. Inc. 721 pp.

- Sanita di Toppi, L., Gabbrielli, R., 1999. Response to cadmium in higher plants- review. Environmental and Experimental Botany. 41, 105-130.

- Siddhu, G., Ali Khan, M. A., 2012. Effects of cadmium on growth and metabolism of Phaseolus mungo. Journal of Environmental Biology. 33, 173-179.

- Singh, J., Upadhayay, S. K., Pathak, R. K., Gupta, V., 2011. Accumulation of heavy metal in soil and paddy crop (Oryza sativa), irrigated with water of Ramgarh Lake, Gorakhpur, UP, India. Toxicological and Environmental Chemistry. 93, 462-473.

- Shulan, Z., Qing L., Yanting, Q., Lian, D., 2010. Responses of root growth and protective enzymes to copper stress in turf grass. ActaBiologicaCracoviensia Series Botanica. 52, 7–11.

- Syed, SB., Lakshmi, NM., Gowda, BB., 2012. Poly phenolics profile and antioxidant properties of Raphanus sativus L. Natural Product Research. 26 (6):557–563.