نقش باکتری های محرک رشد گیاه در جذب عناصر غذایی و کاهش اثرات سمی کادمیوم

الهام ملک زاده[1]، حسینعلی علیخانی[2]، غلامرضا ثواقبی فیروزآبادی[2]، مهدی زارعی[3]

1، 2- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

3- استادیار بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
Malekzadeh.elham@gmail.com

چکیده

اثر مایه زنی باکتری های مقاوم به کادمیوم محرک رشد گیاه بر جذب عناصر غذایی فسفر، آهن، روی و منگنز توسط گیاه ذرت در خاک آلوده به کادمیوم بررسی گردید. باکتری های مقاوم به کادمیوم محرک رشد گیاه (*B. mycoides* و *M. roseus*) با تولید هورمون ایندول استیک اسید، آنزیم ACC- دآمیناز، سیدروفور و انحلال فسفات های نامحلول علاوه بر افزایش تحمل گیاه به تنش ناشی از کادمیوم، باعث افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی فسفر، آهن، روی و منگنز و بهبود رشد گیاه در غلظت های بالای کادمیوم گردیده و گیاه را در برابر اثرات سمی کادمیوم محافظت می کنند.

کلمات کلیدی: **باکتری های مقاوم و محرک رشد گیاه ، پالایش گیاهی، کادمیوم**.

مقدمه

کادمیوم به دلیل سمیت و حلالیت زیاد به عنوان آلاینده خطرناک برای موجودات زنده و محیط زیست شناخته می شود. گیاه پالایی با مشارکت باکتری های ریزوسفری محرک رشد گیاه، به عنوان جایگزین روش های پالایش فیزیکو-شیمیایی پرهزینه و مخرب محیط زیست باعث افزایش کارایی فناوری گیاه پالایی می گردد. باکتری های محرک رشد گیاه با تولید هورمون های گیاهی، ویتامین ها، آنزیم ها، سیدروفورها، آنتی بیوتیک ها، ممانعت از سنتز اتیلن، انحلال فسفات های آلی و معدنی باعث بهبود رشد گیاه و افزایش تحمل نسبت به تنش ناشی از فلزات سنگین می گردند(Khan et al., 2008). بنابراین مطالعه ای با هدف بررسی اثر مایه زنی باکتری های مقاوم به کادمیوم محرک رشد گیاه (*B. mycoides* و *M. roseus*) بر جذب عناصر غذایی فسفر، آهن، روی و منگنز توسط گیاه ذرت(*Zea mays* L.) در خاک آلوده به کادمیوم صورت گرفت.

مواد و روشها

جهت کشت گلخانه ای نمونه خاک مرکب از عمق 0-30 سانتی متری تهیه و پس از هوا خشک شدن و عبور از الک 2 میلی متری به طور یکنواخت مخلوط و ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک اندازه گیری گردید. تیمارهای کادمیوم در سه سطح 0، 100 و 200 میلی گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک از منبع کلرید کادمیوم (Cdcl2. H2O) از طریق اسپری کردن به طور کامل با خاک هر گلدان مخلوط گردید. کشت گلخانه ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار اجرا شد(36 گلدان): 1) باکتری های PGP در چهار سطح، B0(بدون تلقیح باکتری)، B1(*Bacillus mycoides*)، B2(*Micrococcus roseus*) و B1B2(*M. roseus +B. mycoides*) و 2) کادمیوم در سه سطح(0، 100 و 200 میلی گرم در کیلوگرم).

باکتری های مقاوم و محرک رشد گیاه بومی تا غلظت 200 میلی گرم در لیتر کادمیوم($CdCl2. H2O$) قادر به رشد بودند. همچنین این باکتری ها دارای برخی ویژگی های محرک رشد گیاه نظیر توان انحلال فسفات های نامحلول، تولید سیدروفور، آنزیم ACC- دآمیناز و هورمون ایندول استیک اسید بودند (ملک زاده، 1388). تعداد پنج بذر ذرت (رقم سینگل گراس 704)در هر گلدان، با یک میلی لیتر از زادمایه باکتریایی با جمعیت 1×10^8 سلول زنده در هر میلی لیتر مایه زنی گردید. پس از ظهور گیاهچه، سه گیاه در هر گلدان حفظ گردید. گیاهان در گلخانه به مدت سه ماه نگهداری شدند. پس از پایان دوره کشت گلخانه ای، وزن خشک ریشه و اندام هوایی، غلظت کادمیوم ریشه، اندام هوایی و غلظت آهن، روی و منگنز اندام هوایی به روش خاکستر خشک با اسید کلریدریک 2 نرمال و با دستگاه جذب اتمی و نیز غلظت فسفر اندام هوایی با روش نیترو وانادومولیبدات با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتراندازه گیری گردیدند. داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS 13 تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگین تیمارها و گروهبندی آنها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح 5% با نرم افزار MSTATC انجام گرفت.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که همبستگی منفی و معنی داری بین غلظت کادمیوم خاک و جذب عناصر فسفر($r= -0/927^{**}$)، آهن($r= -0/907^{**}$) ، روی($r= -0/918^{**}$) و منگنز($r= -0/951^{**}$) اندام هوایی وجود دارد. افزایش سطح کادمیوم خاک، در جذب عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه اختلال ایجاد می کند و رشد گیاه را تحت تاثیر قرار می دهد(Pal et al. 2006). در سطح 100 کادمیوم، مایه زنی گیاهان با باکتری های PGP منجر به افزایش جذب فسفر، آهن، روی، منگنز و کامیوم اندام هوایی در مقایسه با شاهد گردید. به طوری که بیشترین جذب عناصر غذایی و کادمیوم اندام هوایی در تیمار مخلوط دو باکتری مشاهده گردید. افزایش جذب کادمیوم به اندام هوایی در گیاهان مایه زنی شده با باکتری های PGP به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی و کاهش اثرات سمی کادمیوم به دلیل اثر رقت ناشی از افزایش زیتوده اندام هوایی می باشد. در سطح 200 کادمیوم، مایه زنی گیاهان با میکروکوکوس *روزئوس* و مخلوط دو باکتری سبب افزایش جذب فسفر، آهن، روی و منگنز به اندام هوایی گردید در حالی که مایه زنی گیاهان با *باسیلوس* میکودیس در مقایسه با شاهد تاثیری بر جذب عناصر غذایی نداشت. بیشترین جذب عناصر غذایی به اندام هوایی در تیمار میکروکوکوس *روزئوس* بود. همچنین، جذب کادمیوم به اندام هوایی در تیمارهای میکروکوکوس *روزئوس* و مخلوط دو باکتری به ترتیب در مقایسه با شاهد کاهش و افزایش معنی داری داشت در حالی که تیمار *باسیلوس* میکودیس اختلاف معنی داری با شاهد نداشت (جدول 1). تیمار میکروکوکوس *روزئوس* با کمترین جذب گیاهی کادمیوم در مقایسه با سایر تیمارها و به کارگیری مکانیسم های اجتناب(avoidance mechanisms) نظیر تغییر pH و تولید اسیدهای آلی کمپلکس کننده کادمیوم(Pal et al., 2006)، گیاه را از اثرات سمی کادمیوم در بالاترین سطح آلودگی محافظت می کند و علاوه بر افزایش جذب عناصر غذایی منجر به بهبود رشد گیاه نیز می گردد. تیمار مخلوط دو باکتری احتمالا با به کارگیری مکانیسم های مقاومت(tolerance mechanisms) نظیر تجمع، ذخیره و غیرپویایی کادمیوم با اتصال به آمینواسیدها، متالوتیونین ها و فیتوکلاتین ها(Denton, 2007)، افزایش جذب عناصر غذایی بویژه فسفر و بهبود رشد گیاه، بیشترین جذب کادمیوم اندام هوایی را در مقایسه با سایر تیمارها داشت. تیمار *باسیلوس* میکودیس با بیشترین جذب گیاهی کادمیوم و سکوستره شدن قسمت اعظم کادمیوم در ریشه های گیاه از انتقال کادمیوم به اندام هوایی ممانعت می کند که به تبع آن جذب عناصر غذایی به اندام هوایی نیز تحت تاثیر قرار می گیرد. باکتری های *باسیلوس* میکودیس و میکروکوکوس *روزئوس* بومی مناطق آلوده به فلزات سنگین، دارای توان تولید آنزیم ACC- دآمیناز می باشند که با هیدرولیز ACC(پیش ماده تولید اتیلن) از افزایش سطح اتیلن تنشی در ریشه های گیاه و کاهش رشد و توسعه ریشه ممانعت می کند(Grichko and Glick, 2001). همچنین، تولید هورمون

ایندول استیک اسید و سیدروفور قابلیت دسترسی زیستی و جذب ریشه ای عناصر غذایی را افزایش می دهد(Khan et al., 2008). از دیگر مکانیسم های کاهش تنش ناشی از فلزات سنگین بهبود تغذیه فسفری می باشد که این باکتری ها بواسطه توانایی انحلال فسفات های نامحلول از طریق افزایش جذب فسفر و بهبود رشد، گیاه را از غلظت های بالای کادمیوم محافظت می کنند. محققین استفاده از باکتری های محرک رشد در حضور فلزات سنگین را پیشنهاد کردند، زیرا این باکتری ها با ترشح ترکیباتی نظیر آنتی بیوتیک ها، حلالیت فسفات، اسید هیدروسیانیک، اکسین، سیدروفور، آنزیم ACC- دآمیناز سبب افزایش زیست فرآهمی و سهولت در جذب فلزاتی نظیر آهن و منگنز و سایر فلزات غیر ضروری نظیر کادمیوم می شوند که این امر سبب تحریک رشد و جذب بهتر فسفات نیز می گردد(Lux and Cumming, 2001).

جدول1- مقایسه میانگین اثرات متقابل باکتری ها و سطوح کادمیوم بر رشد و جذب عناصر غذایی فسفر، آهن، روی و منگنز اندام هوایی توسط گیاه ذرت در غلظت های مختلف کادمیوم.

	غلظت	تیمار				F- value
	کادمیوم ($mg\ kg^{-1}$)	شاهد	*Bacillus mycoides*	*Micrococcus roseus*	*B. mycoides* & *M. roseus*	B×Cd
وزن خشک اندام هوایی ($g\ pot^{-1}$)	0	16/93^{B}	17/02^{AB}	17/13^{A}	14/55^{C}	851/6***
	100	6/69^{G}	7/89^{F}	11/89^{D}	11/40^{E}	
	200	4/11^{J}	3/20^{K}	5/34^{H}	4/74^{I}	
وزن خشک ریشه ($g\ pot^{-1}$)	0	4/57^{B}	4/84^{A}	4/86^{A}	3/99^{C}	10/8***
	100	3/26^{D}	3/33^{D}	4/07^{C}	3/13^{D}	
	200	1/88^{G}	2/18^{F}	2/69^{E}	2/14^{F}	
فسفر اندام هوایی ($mg\ pot^{-1}$)	0	77/81^{C}	85/45^{B}	93/52^{A}	71/93^{D}	294/9***
	100	20/09^{H}	31/51^{G}	46/30^{F}	51/19^{E}	
	200	10/57^{I}	10/52^{I}	19/05^{H}	19/47^{H}	
آهن اندام هوایی ($\mu g\ pot^{-1}$)	0	2490^{A}	1911/7^{C}	2009/5^{B}	1676/9^{D}	1643/6***
	100	684/6^{I}	1079/8^{G}	1441/6^{F}	1644/5^{E}	
	200	422/2^{K}	388/6^{L}	715/1^{H}	607/1^{J}	
روی اندام هوایی ($\mu g\ pot^{-1}$)	0	977/3^{A}	853/4^{B}	847/9^{B}	796/8^{C}	124/6***
	100	285/2^{E}	290/9^{E}	401/9^{D}	414/9^{D}	
	200	165/2^{H}	136/8^{I}	220/5^{F}	184/6^{G}	
منگنز اندام هوایی ($\mu g\ pot^{-1}$)	0	1430/3^{C}	1415/2^{C}	1592/1^{A}	1452/9^{B}	254/8***
	100	407^{F}	562/9^{E}	915/6^{D}	253/8^{D}	
	200	190/3^{I}	160/7 ^{J}	322/9^{G}	110/7^{H}	
کادمیوم اندام هوایی ($\mu g\ pot^{-1}$)	0	75/0^{H}	47/1^{J}	63/9^{I}	19/4^{K}	164/2***
	100	135/2^{G}	144/2^{F}	164/5^{D}	225/7^{A}	
	200	177/7^{C}	177/6^{C}	152/3^{E}	216/3^{B}	
کادمیوم ریشه ($\mu g\ pot^{-1}$)	0	42/7^{E}	28/4^{E}	25/3^{E}	24/5^{E}	32/8***
	100	1026/7^{C}	821/4^{D}	769/4^{D}	786/2^{D}	
	200	1018/2^{C}	1359/2^{A}	1028/4^{C}	1172/1^{B}	

میانگین های دارای حروف لاتین مشترک فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون دانکن در سطح 5% ؛ *** معنی داری در سطح 0/1%

منابع

ملک زاده ا، 1388. بررسی برهم کنش بین باکتری محرک رشد گیاه (PGPR) و قارچ میکوریزی وزیکولار آربوسکولار بر شاخص های رشد و جذب عناصر سنگین نیکل و کادمیوم در گیاه ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

Denton B, 2007. Advances in Phytoremediation of Heavy Metals Using Plant Growth Promoting Bacteria and Fungi. MMG 445 Basic Biotechnol 3:1 -5.

Grichko VP and Glick BR, 2001. Amelioration of flooding stress by ACC deaminase-containing plant growth-promoting bacteria. Plant Physiol Biochem 39: 11–17.

Khan MS, Zaidi A, Wani PA and Oves M, 2008. Role of plant growth promoting rhizobacteria in the remediation of metal contaminated soils. Environ Chem Lett 7: 1-19.

Lux HB and Cumming JR, 2001. Mycorrhizae confer aluminum resistance to tulip-poplar seedlings. Can J Forest Res 31: 694–702.

Pal M, Horvath E, Janda T, Paldi E and Szalai G, 2006. Physiological changes and defense mechanisms induced by cadmium stress in maize. J Plant Nutr Soil Sci 169: 239-246.