نقش باکتری های محرک رشد مقاوم به نیکل در جذب گیاهی نیکل

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

بررسی اثر مایه زنی PGPRs- مقاوم به نیکل بر رشد و جذب گیاهی نیکل در خاک آلوده به نیکل نشان داد که در سطح 250Ni، مایه زنی گیاهان با باکتری ها باعث کاهش جذب گیاهی نیکل گردید. در سطح 500Ni، جذب گیاهی نیکل در تیمارهای *B. mycoides* و *M. roseus* در مقایسه با شاهد افزایش یافت.. باکتری های PGP در مایه زنی جداگانه افزون بر بهبود رشد گیاه با افزایش غلظت نیکل، جذب گیاهی نیکل را افزایش دادند. سکوستره شدن مقدار بیشتری از نیکل در ریشه های گیاه بیانگر کارایی بیشتر سیستم گیاه- باکتری در تثبیت ریشه ای نیکل می باشد.

کلمات کلیدی: **باکتری های مقاوم، پالایش گیاهی، نیکل، ویژگی های محرک رشد گیاه**.

مقدمه

آلودگی خاک ها به فلزات سنگین بویژه نیکل مشکل زیست محیطی عمده در سراسر دنیا می باشد. پالایش گیاهی فناوری استفاده از گیاهان برای پالایش خاک های آلوده به عنوان روشی کم هزینه، مطلوب و دوستدار محیط زیست جهت حذف و/یا تثبیت فلزات سنگین می باشد. باکتری های محرک رشد گیاه (PGPRs) برای تسهیل فرآیند پالایش گیاهی و رشد گیاهان در خاک های آلوده به فلزات سنگین مورد استفاده قرار می گیرند (Gamalero et al., 2009). هدف این تحقیق بررسی اثر مایه زنی باکتری های مقاوم به نیکل محرک رشد گیاه (*B. mycoides* و *M. roseus*) بر رشد گیاه ذرت (*Zea mays* L.) و جذب گیاهی نیکل بوده است.

مواد و روشها

باکتری های مقاوم و محرک رشد گیاه بومی خاک های اطراف معادن هفت عمارت اراک، استان مرکزی تا غلظت 1000 میلی گرم در لیتر نیکل ($NiCl_2.6H_2O$) قادر به رشد بودند و همچنین 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). 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) نیکل در سه سطح (0، 250 و 500 میلی گرم در کیلوگرم). جهت کشت گلخانه ای نمونه خاک مرکب از عمق 0-30 سانتی متری تهیه گردید. تیمارهای نیکل از منبع کلرید نیکل ($NiCl_2.6H_2O$) به روش اسپری کردن به طور کامل با خاک هر گلدان مخلوط شد. 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 نگهداری شدند. پس از پایان دوره کشت گلخانه ای، وزن خشک ریشه و اندام هوایی، غلظت کادمیوم خاک(قابل استخراج با DTPA)، ریشه و اندام هوایی به روش خاکستر خشک و با دستگاه جذب اتمی مدل A-670 (Shimadzu, Japan) اندازه گیری گردیدند. فاکتور انتقال از خاک به ریشه (نسبت غلظت نیکل ریشه به غلظت نیکل خاک) و از ریشه به اندام هوایی (نسبت غلظت نیکل اندام هوایی به غلظت نیکل ریشه) محاسبه گردید. 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 افزارMSTATC انجام گرفت.

نتیجه‌گیری

در سطح 250 نیکل، مایه زنی گیاهان با باکتری ها به ترتیب منجر به افزایش و کاهش جذب نیکل به اندام هوایی و ریشه گردید در حالی که در سطح 500 نیکل، مایه زنی گیاهان با ***B. mycoides*** و ***M. roseus*** افزایش و در تیمار مخلوط دو باکتری، کاهش جذب نیکل به ریشه و اندام هوایی را در پی داشت. این نتایج می تواند در ارتباط با رشد گیاه باشد، به طوری که در سطح250 نیکل، مایه زنی گیاهان با باکتری ها منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی گردید در حالی که وزن خشک ریشه در تیمار مخلوط دو باکتری کاهش و در تیمارهای ***B. mycoides*** و ***M. roseus*** تفاوت معنی داری با شاهد نداشت. در سطح 500 نیکل، وزن خشک اندام هوایی و ریشه در تیمار مایه زنی گیاهان با ***B. mycoides*** و ***M. roseus*** افزایش و در تیمار مخلوط دو باکتری کاهش در پی داشت. علاوه براین، فاکتور انتقال از خاک به ریشه در سطوح 250 و 500 نیکل به ترتیب 32/5 و 49 بود که بیانگر افزایش جذب ریشه ای با افزایش غلظت نیکل می باشد. از سوی دیگر، مقادیر فاکتور انتقال از خاک به ریشه و از ریشه به اندام هوایی در این سطوح نشان می دهد که قسمت بیشتری نیکل در ریشه های گیاه تجمع می یابد به طوری که مقدار نیکل ریشه به ترتیب 21/5 و 23/3 برابر نیکل اندام هوایی می باشد(جدول1).

به طور کلی نتایج نشان داد که در سطح 250 نیکل مایه زنی گیاهان با باکتری ها جذب گیاهی نیکل را کاهش می دهد ولی در سطح 500 نیکل، تیمارهای ***B. mycoides*** و ***M. roseus*** منجر به افزایش 84/8 و 89 درصدی جذب گیاهی نیکل در مقایسه با شاهد گردید. در سطح 250 نیکل، تیمار ***M. roseus*** با کمترین جذب گیاهی و غلظت نیکل خاک (16 mg Ni /kg soil)، موثرترین تیمار در تثبیت گیاهی (Phytostabilization) می باشد. مکانیسم های احتمالی می تواند شامل تغییر pH ریزوسفر، تولید اسیدهای آلی کمپلکس کننده فلزی و ایجاد لایه موکوسی ضخیم روی ریشه ها باشد (Pal et al., 2006). ولی در سطح 500 نیکل، تیمار ***M. roseus*** با بیشترین جذب گیاهی و غلظت نیکل قابل جذب (36/6 mg Ni /kg soil)، موثرترین تیمار در استخراج گیاهی (Phytoextraction) می باشد. از دلایل احتمالی این مطلب می توان به افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی ضروری فسفر، آهن، روی و منگنز (ملک زاده، 1388) بواسطه انحلال فسفات های نامحلول، تولید سیدروفور، هورمون ایندول استیک اسید و آنزیم ACC- دآمیناز و در پی آن کاهش اثر سمی نیکل به دلیل اثر رقت ناشی از افزایش زیست توده گیاهی، غیر پویایی نیکل از طریق اتصال آن به آمینواسیدها، پروتئین ها(متالوتیونین ها و فیتوکلاتین ها) و ذخیره واکوئلی اشاره کرد (Denton, 2007). نتایج نشان داد با افزایش سطح نیکل، وزن خشک اندام هوایی، ریشه و جذب گیاهی نیکل (کمترین جذب گیاهی در سطح500 نیکل) در تیمار مخلوط دو باکتری در مقایسه با شاهد کاهش یافت. از سوی دیگر جذب عناصر غذایی ضروری فسفر، آهن، روی و منگنز(ملک زاده، 1388) نیز با افزایش سطح آلودگی کاهش یافت بنابراین در تیمارهای مخلوط دو باکتری از طریق اعمال مکانیسم های کاهش قابلیت دسترسی زیستی عناصر علاوه بر

ممانعت از جذب ریشه ای نیکل منجر به کاهش جذب عناصر غذایی ضروری بویژه فسفر گردیده و در پی آن زیست توده گیاه نیز کاهش می یابد. غلظت پایین نیکل قابل جذب در این تیمار (7/17 mg Ni /kg soil) نیز بیانگرکاهش قابلیت دسترسی نیکل با مکانیسم های مذکور می باشد.

بنابر نتایج حاصله، پاسخ های رشدی گیاه و جذب نیکل در مایه زنی جداگانه و مشترک باکتری های محرک رشد گیاه در غلظت های مختلف نیکل و با توجه به برهم کنش گیاه- باکتری متفاوت می باشد، پیشنهاد می گردد مطالعات آتی جهت درک مکانیسم های دقیق درگیر در فرآیند پالایش گیاهی خاک های آلوده به فلزات سنگین باشد.

جدول1- مقایسه میانگین اثرات متقابل باکتری ها و سطوح نیکل بر رشد و جذب نیکل به اندام هوایی و ریشه گیاه ذرت.

	غلظت نیکل	تیمار				F- value
	($mg\ kg^{-1}$)	شاهد	*Bacillus mycoides*	*Micrococcus roseus*	*B. mycoides & M. roseus*	B×Ni
وزن خشک اندام هوایی ($g\ pot^{-1}$)	0	$15/49^{A}$	$14/70^{B}$	$13/56^{D}$	$14/18^{C}$	$222/9^{***}$
	250	$7/57^{G}$	$10/09^{E}$	$9/55^{F}$	$9/66^{F}$	
	500	$3/54^{J}$	$6/12^{I}$	$6/73^{H}$	$3/24^{K}$	
وزن خشک ریشه ($g\ pot^{-1}$)	0	$4/50^{A}$	$4/34^{B}$	$4/04^{C}$	$3/70^{E}$	$66/5^{***}$
	250	$3/94^{CD}$	$3/88^{D}$	4^{CD}	$3/25^{F}$	
	500	$1/89^{I}$	$2/76^{H}$	$3/08^{G}$	$1/45^{J}$	
غلظت قابل جذب نیکل ($mg\ kg^{-1}$)	0	$0/35^{I}$	$0/35^{I}$	$0/37^{I}$	$0/22^{I}$	$420/5^{***}$
	250	$28/44^{D}$	$26/56^{E}$	$16/08^{G}$	$25/09^{F}$	
	500	$32/39^{C}$	$34/70^{B}$	$36/59^{A}$	$7/17^{H}$	
جذب نیکل اندام هوایی ($\mu g\ pot^{-1}$)	0	$0/77^{I}$	$3/92^{I}$	$58/76^{G}$	$75/63^{F}$	$487/8^{***}$
	250	$113/1^{D}$	158^{A}	$126/3^{B}$	$120/1^{C}$	
	500	$86/22^{E}$	$108/6^{D}$	$112/4^{D}$	$49/41^{H}$	
جذب نیکل ریشه ($\mu g\ pot^{-1}$)	0	$45/45^{G}$	$63/77^{G}$	$104/5^{G}$	$58/20^{G}$	$538/8^{***}$
	250	3251^{A}	2684^{C}	2436^{D}	3015^{B}	
	500	1610^{E}	3027^{B}	3096^{B}	1147^{F}	
فاکتور انتقال از خاک به ریشه	0	$28/70^{EF}$	$42/50^{C}$	$68/71^{B}$	$71/94^{B}$	$168/7^{***}$
	250	29^{EF}	$26/03^{F}$	$37/88^{CD}$	$37/21^{D}$	
	500	$26/33^{EF}$	$31/62^{E}$	$27/48^{EF}$	$110/7^{A}$	
فاکتور انتقال از ریشه به اندام هوایی	0	$0/005^{F}$	$0/018^{DE}$	$0/168^{B}$	$0/339^{A}$	$1233/2^{***}$
	250	$0/018^{DE}$	$0/023^{CD}$	$0/022^{CD}$	$0/013^{E}$	
	500	$0/029^{C}$	$0/016^{DE}$	$0/017^{DE}$	$0/019^{DE}$	

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.

Gamalero E, Lingua G, Berta G and Glick BR, 2009. Beneficial role of plant growth promoting bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on plant responses to heavy metal stress. Can J Microbiol 55: 501-514.

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.