مدل‌سازی ماکروسکپی پالایش سبز نیکل با استفاده از تابع کاهش عملکرد

مسعود داوری[۱]، مهدی همایی[۲]

[۱]دانشجوی دکتری خاکشناسی و [۲] استاد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران

مقدمه

خاک سومین جزء زیست‌بوم پس از آب و هوا است که همواره در معرض آلودگی قرار دارد. معمولاً، اختلال‌های ناشی از آلودگی را دیرتر از دیگر اجزا زیست‌بوم بروز می‌دهد. لیکن تقابل بین این سه جزء از سویی و نهشتن مداوم آلاینده‌ها در خاک از سویی دیگر، بروز آلودگی و ایجاد مشکلاتی را در خاک بدنبال دارد. از میان ترکیبات آلوده کننده‌ی خاک، فلزات سنگین بدلیل غیر قابل تجزیه بودن و اثرات زیان‌بار فیزیولوژیک بر جانداران در غلظتهای کم، اهمیتی ویژه دارند. پالایش سبز (phytoremediation) روشی نوین برای زدودن آلودگی از خاک، آب، رسوبات و نیوار است. این روش در مقایسه با دیگر روش‌ها، ساده، ارزان و قابل کاربرد در سطوح وسیع است[۱، ۳]. هر چند که مدل‌سازی پالایش سبز در شناخت این پدیده و مدیریت خاک‌های آلوده اهمیت دارد، لیکن تاکنون پژوهش‌هایی بنیادی که پالایش سبز آلاینده‌ها را از خاک بصورت کمی بیان کند تنها بصورتی محدود انجام گرفته است. بنابراین در این پژوهش، تلاش گردید تا پالایش سبز نیکل بعنوان تابعی از عملکرد نسبی و غلظت آن در خاک بصورت یک مدل غیرمکانستیک ارائه گردد:

$$\frac{Y}{Ym} = \frac{1}{1+(\frac{C_{hm}}{C_{hm50}})^{p}} \qquad (۱)$$

که در آن، Y و Y_m عملکرد گیاه با و بدون آلودگی ($Kg.\ ha^{-1}$)، C_{hm50} غلظتی از آلاینده‌ی نیکل است که در آن عملکرد نسبی ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. P ضریبی تجربی است که به خاک، گیاه و اقلیم وابسته است.

در مرحله دوم، برای مدل‌سازی غلظت نسبی نیکل در گیاه با توجه به روند داده‌ها مدل زیر پیشنهاد شد.

$$\frac{C_{hmp}}{C^{m}_{hmp}} = a(1-e^{bC_S}) \qquad (۲)$$

که در آن، C_{hmp} غلظت فلز سنگین در گیاه (mg/kg)، C^{m}_{hmp} بیشینه غلظت آلاینده در گیاه (mg/kg)، C_S غلظت کل آلاینده در خاک و a و b ضرایبی تجربی هستند.

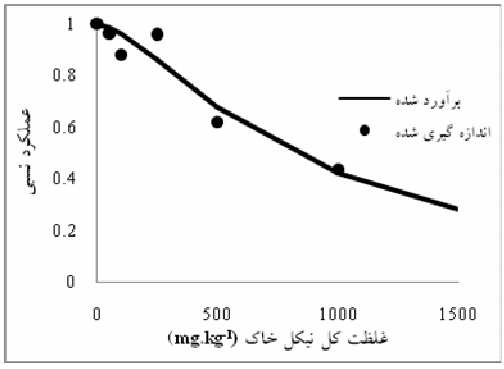
آنگاه با ترکیب مدل تغییرات عملکرد نسبی گیاه (۱) و مدل تغییرات غلظت نسبی نیکل در ماده خشک گیاه (رابطه ۲) مقدار پالایش آلودگی نیکل از خاک بصورت کمّی بیان گردید.

مواد و روش‌ها

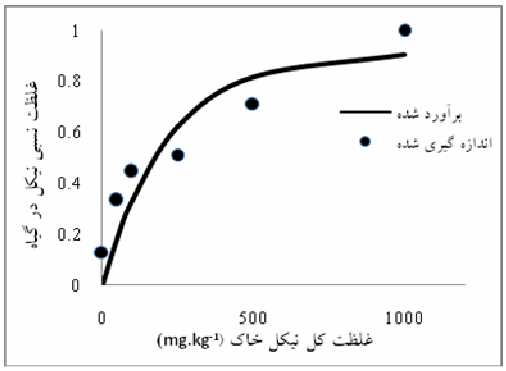
به منظور مدل‌سازی پالایش سبز آلاینده‌ی نیکل، آزمایشی در خاکی با بافت لوم رسی اجرا شد. خاک با استفاده از نمک کلرید نیکل با سطوح غلظتی صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم آلوده و بمدت ده هفته در شرایط رطوبتی ظرفیت زراعی رها شد تا خاک و آلاینده از نظر شیمیایی به تعادل برسند. پس از پر کردن گلدانها با خاک آلوده، بذر کلم زینتی در آنها کاشته شد. گیاهان هر سه تکرار برداشت و عملکرد آنها اندازه گیری شد. نیکل گیاه و نیکل کل خاک بترتیب با روش اکسیداسیون تر و اکسیداسیون با اسید نیتریک ۴ مولار عصاره‌گیری و با دستگاه‌های جذب اتمی (Atomic Absorption Spectrometer, *Shimadzu AA-670G*) و پرتوسنجی نشری پلاسمایی جفت شده القایی (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry, *Varian Vista-PRO*) اندازه گیری شد[۲]

نتایج و بحث

در شکل ۱، مدل ۱ بر داده‌های اندازه‌گیری شده برازش داده شده است. نتایج حاصل از این شکل بیانگر آن است که با افزایش غلظت کل نیکل خاک، عملکرد نسبی بصورت غیر خطی کاهش می‌یابد. با بهره‌گیری از روش حداقل مجموع مربعات خطا، مقدار بهینه‌ی پارامتر Ni_{50} در مدل ۱ برابر با ۸۱۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و پارامتر P برابر با ۱/۵۴ بدست آمد. شکل ۲ تغییرات غلظت نسبی نیکل در ماده خشک گیاهی را در برابر غلظت کل نیکل خاک نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود مدل پیشنهادی برازش قابل قبولی بر داده‌های اندازه‌گیری شده ارائه می‌دهد.

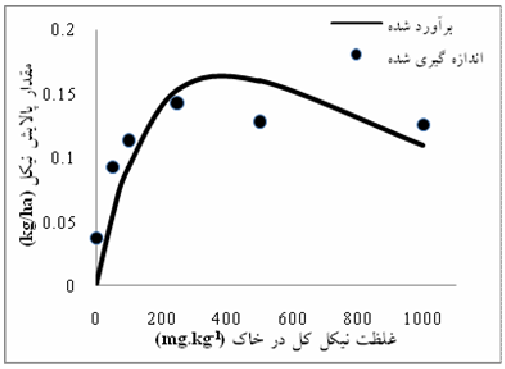


شکل ۱- مقایسه عملکرد نسبی اندازه‌گیری شده و برآورد شده بوسیله‌ی مدل ۱ در سطوح مخلف نیکل خاک



شکل ۲- غلظت نسبی نیکل در ماده خشک کلم زینتی به‌عنوان تابعی از آلودگی نیکل خاک

در شکل ۳ مقدار نیکل پالوده شده از خاک در سطوح مختلف آلایندگی نیکل ارائه شده است. در این شکل مشاهده می‌شود برآورد مقدار نیکل پالوده شده از خاک توسط گیاه کلم زینتی با استفاده از ترکیب روابط ۱ و۲، همبستگی بالایی ($R^2>$ ۰/۸۹) با مقادیر اندازه گیری شده دارد.



شکل۳- مقدار برآورد شده و اندازه‌گیری شده پالایش سبز نیکل ($kg.\ ha^{-1}$) در سطوح مختلف غلظتی خاک توسط کلم زینتی

منابع

[1] Alloway, B.J. (1990). Heavy metals in soils: Lead. Blackie and Glasgow. Ltd. London. pp.177-196.

[2] Brooks, R. R. (1998). Plants That Hyperaccumulate Heavy Metals. CAB International, Wallingford, UK.

[3] McGrath, S. P and Zhao, F. J. (2003). Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. Curr Opin Biotechnol. 14:277-282.