مدل‌سازی روند انباشت کادمیم درخاک مزارع گندم

علیرضا جعفرنژادی[1]، مهدی همایی[2]، غلامعباس صیاد[3]
1- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (دانشجوی سابق دکتری)
2- استاد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس
3- استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهید چمران اهواز

email:arjafarnejady@gmail.com

چکیده

جلوگیری از انباشت عناصر سنگین در خاک یکی از ضرورت‌های مهم برای نیل به کشاورزی پایدار می‌باشد. در این پژوهش بر مبنای شدت جریانات ورودی و خروجی کادمیم خاک، روند انباشت این آلاینده در مزارع گندم استان خوزستان مدل‌سازی شد. نتایج نشان داد، بیشترین سرعت انباشت کادمیم در منطقه دزفول با میانگین 14/38 گرم کادمیم در هکتار در سال بدست آمد. مناطق شوشتر، بهبهان و اهواز از این نظر نیز دارای سرعت انباشت قابل توجهی بودند. کمترین میزان سرعت انباشت کادمیم در مناطق باغ‌ملک به‌میزان 3/00 و اندیمشک به‌میزان 4/36 گرم کادمیم در هکتار در سال بدست آمد.

کلمات کلیدی: کادمیم، گندم، مدل‌سازی

مقدمه

انباشت عناصر سنگین در خاک زمانی رخ می‌دهد که میزان ورود این عناصر از خروج آنها بیشتر باشد. این موضوع، بارآوری خاک و کیفیت محصولات را تحت تأثیر قرار داده و به‌طور هم‌زمان نقش اکولوژیکی خاک و تأثیر آن بر سایر اجزاء محیط زیست را نیز مختل می‌کند. تاکنون، تجمع آلاینده‌ها از طریق افزایش جریانات آلودگی‌ها از مسیر خاک در مقیاس وسیع در خاک‌های کشاورزی رخ داده است. این موضوع، سبب ایجاد مسایل اساسی برای وضعیت تغذیه‌ای خاک، آب‌های زیرزمینی و چرخه‌های عناصر گردیده است. بنابراین، جلوگیری از انباشت عناصر سنگین در خاک یکی از ضرورت‌های مهم برای نیل به کشاورزی پایدار می‌باشد (آدامز و همکاران، 2004). افزایش فلزات سنگین در خاک-های کشاورزی ممکن است از طریق نیوار، سنگ مادری، کاربرد لجن فاضلاب، کودها و فضولات دامی و یا آبیاری با پساب غنی از فلزات باشد (آلوی و استیننیز، 1999). نوع عملیات مدیریتی کشاورزی مانند کاربرد کودهای شیمیایی فسفاتی دارای کادمیم زیاد یا لجن فاضلاب به‌طور مستقیم بر مقدار و قابل دسترس بودن کادمیم در خاک و انباشت در گیاه موثر است (ماتور، 2004). بنابراین، آلودگی در منابع تولید به‌سرعت در حال افزایش است. همچنین باید توجه داشت که اصلاح خاک‌های آلوده حتی در صورت امکان، نیازمند صرف هزینه‌های هنگفت مادی و زمانی است. بنابراین، بهترین راه‌کار، جلوگیری از آلودگی منابع می‌باشد که برای این منظور، ابتدا باید پراکنش و نرخ انباشت آلاینده‌ها با اندازه‌گیری مداوم غلظت آنها در مناطق مختلف تعیین نمود. این موضوع باعث ایجاد اطلاعات بسیار در این زمینه خواهد شد (جیانگ، 2001).

یکی از راهکارهای مناسب برای مدیریت تجمع عناصر در خاک استفاده از توازن جرمی جریانات ورودی و خروجی آلاینده‌ها می‌باشد. با این روش، سرعت انباشت آلاینده‌ها در نقاط مختلف مشخص شده و می‌توان با تصحیح و تغییر مدیریت، سرعت انباشت آلاینده‌ها را کنترل نمود (کلر و شولین، 2003).
ارزیابی نحوه و مقدار انباشت عناصر سنگین در زمین‌های کشاورزی با استفاده از توازن جرمی ورودی‌ها و خروجی‌های آنها در یک اکوسیستم معین امکان‌پذیر می باشد. این روش، در مطالعات متعدد و در مقیاس‌های متفاوت مورد استفاده قرارگرفته است (بنگستون و همکاران، 2003). بنابراین، می‌توان با داشتن شدت جریان‌های جرمی ورودی و خروجی در یک اکوسیستم روند انباشت یک عنصر را مدل‌سازی کرد. با توجه به محدود بودن اطلاعات در مورد روند انباشت کادمیم در خاک و بذر گندم‌زارهای استان خوزستان و نقش بسیار مهم گندم در تغذیه و سلامت جامعه، ضرورت انجام مدل‌سازی روند انباشت با استفاده از مدل تصادفی جهت تصمیم گیری‌های کلان مدیریتی به‌طور جدی احساس می-گردد.

مواد و روشها

برای مدل‌سازی روند انباشت کادمیم در مزارع گندم در مقیاس وسیع از یک مدل ریاضی آماری تصادفی استفاده گردید. ساختار مدل مورد استفاده در این پژوهش بر مبنای شدت جریانات ورودی و خروجی کادمیم در یک سیستم است. این شدت جریانات دارای توابع و معادلاتی می‌باشند که اساس مدل توازن جرمی را تشکیل می‌دهند. در این مدل تصادفی، منابع ورودی کادمیم به خاک شامل مقدارمصرف کودهای شیمیایی، کودهای حیوانی، لجن فاضلاب، کمپوست وآفت‌کش‌ها خواهد بود. منابع خروجی کادمیم از خاک نیز در این مدل، شامل برداشت توسط گندم و آبشویی می‌باشند. در این مدل، تغییر در غلظت عنصر سنگین (کادمیم) ΔM (گرم در هکتار)، طی دوره زمانی Δt (سال)در لایه شخم گندم‌زارها (Z) در نظر گرفته شد (رابطه 1)

$$\frac{\Delta M}{\Delta t} = (I_{Atm}) + I_{Agri} - (O_L) \qquad [1]$$

. اطلاعات زراعی مورد نیاز شامل رقم محصول (نان و دوروم)، سطح زیر کشت و عملکرد برای یک دوره 27-10 ساله از آمارنامه‌های کشاورزی استان خوزستان (1385-1359) و برای هرشهرستان اخذ شد. همچنین، اطلاعات مورد نیاز دیگر شامل میزان کادمیم موجود در مسیرهای ورودی و خروجی و میزان آبشویی کادمیم از سایر منابع معتبر بدست آمد. اطلاعات بدست آمده در نرم‌افزار *Excel* برحسب شهرستان در سال‌های مختلف ذخیره شد. این مراحل بر روی بانک اطلاعاتی اجرا گردید. سپس، نتایج برای هر شهرستان به‌طور مجزا تفکیک و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. کلیه مراحل مدل‌سازی توازن جرمی شامل ورود اطلاعات به مدل، شبیه سازی‌های لازم، پردازش خروجی‌ها و تهیه نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای *Excel*، *Matlab* 6.5 و ویژوال C^{++} انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج این روش، بیشترین سرعت انباشت کادمیم در منطقه دزفول با میانگین 14/38 گرم کادمیم در هکتار در سال بدست آمد. مناطق شوشتر، بهبهان و اهواز از این نظر نیز دارای سرعت انباشت قابل توجهی بودند. کمترین

میزان سرعت انباشت کادمیم در مناطق باغ‌ملک به‌میزان 3/00 و اندیمشک به‌میزان 4/36 گرم کادمیم در هکتار در سال بدست آمد. سایر مناطق مورد مطالعه از این نظر حد واسط بودند.

کلر و همکاران (2003) مدل‌سازی روند انباشت کادمیم در اراضی کشاورزی اروپا را با استفاده از مدل (*Proterra*) انجام دادند. ایشان، توزیع پارامترهایی را که دارای اطلاعات بوده را نرمال و در غیر این‌صورت توزیع یکنواخت را فرض نمودند. در این مطالعه، میانگین سرعت انباشت در این اراضی 3-0/2 گرم در هکتار در سال بدست آمد. همچنین، این مدل برای تعیین روند انباشت کادمیم در مناطق مرکزی ایران (اصفهان) نیز استفاده گردید. در این پژوهش، سرعت روند انباشت در اراضی کشاورزی 18-3 گرم در هکتار در سال برآورد شد (امینی و همکاران، 1384). نتایج، حاکی از این است که انباشت کادمیم در اراضی کشاورزی در حال انجام شدن است و برای جلوگیری از آن، باید استفاده از منابع به‌صورت مناسب‌تری مدیریت شود. در مدل‌سازی بر اساس روش توزیع واقعی، میانگین ورود کادمیم، از طریق مصرف کود دی‌آمونیوم فسفات از مقدار 3/00 در منطقه باغ‌ملک تا 14/60 گرم کادمیم در هکتار در سال در منطقه دزفول متغیر بود. این مقادیر برای کود سوپر فسفات تریپل به‌ترتیب 0/41 در منطقه ایذه تا 2/19 گرم کادمیم در هکتار در سال در منطقه اهواز متغیر بود. مقایسه نتایج، نشان داد که کود دی‌آمونیوم فسفات نسبت به سایر کودهای فسفری از نظر ورود کادمیم بسیار مهم‌تر است. همچنین، مقادیر سرعت ورود کادمیم از طریق احشام نشان داد که از 0/20 در منطقه اندیمشک تا 1/86 گرم کادمیم در هکتار در سال در منطقه شادگان متفاوت بود. بنابراین، در بعضی از مناطق سهم ورود کادمیم از مسیر احشام می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد. مهمترین عامل ورودی کادمیم در خاک، استفاده از کود دی‌آمونیوم فسفات می‌باشد. به‌طوری‌که در اکثر مناطق، سهم ورود کادمیم از این طریق بیشتر از 60 درصد محاسبه گردید.

منابع

1- امینی، م، 1384. مدل سازی روند انباشت کادمیم در اکوسیستم‌های زراعی استان اصفهان، رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

2- Adams ML, Zhao FJ, McGrath SP, Nicholson F, and Chambers BJ, 2004. Predicting cadmium concentrations in wheat and barley grain using soil properties. J. Environ. Qual. 33, 532-541.

3- Alloway BJ and Steinnes E, 1999. Anthropogenic additions of. cadmium to soils. p. 97–123. In M.J. McLaughlin and B.R. Singh (ed.) Cadmium in soils and plants. Kluwer Academic Publ., Dor drecht, the Netherlands.

4- Bengtsson H, Oborn I, Jonsson S, Nilsson I and Andersson A, 2003. Field balances of some mineral nutrients and trace elements in organic and conventional dairy farming – a case study at Ojebyn, Sweden. European Journal Agronomy.20:101-116.

5 Juang KW, Lee DY and Ellsworth TR, 2001. Using rank-order geostatistics for spatial interpolation of highly skewed data in heavy metal contaminated site. Journal Environmental Quality. 30: 894-903.

6- Keller A, Abbaspour KC and Schulin R, 2003. Assessment of uncertainty and risk in modeling regional heavy metal accumulation in agricultural soils. Journal Environmental Quality 31:175-187.

7- Mathur, S, 2004. Modeling phytoremediation of soils. Practice periodical of Hazardous, Toxic and Radioactive Waste Management. 8(40): 286-297. 2004. Modeling phytoremediation of soils. Practice periodical of Hazardous, Toxic and Radioactive Waste Management. 8: 286-297.