



## مقدمه

مولیبدن (Mo) از جمله عناصر معدنی ضروری برای رشد و نمو گیاهان است. در دسترس بودن عناصر مغذی غالباً روی رشد و عملکرد گیاهان زراعی تأثیر می‌گذارد، اما کارآیی در جذب عناصر ریز مغذی مانند مولیبدن توسط گیاه، نیز ممکن است تأثیرات مهمی بر روی عملکرد گیاه داشته باشد (Mei *et al.*, 2009). مولیبدن در خاک به مقدار کافی ( $0.2-6 \text{ mg Kg}^{-1}$ ) وجود دارد (He *et al.*, 2005; Kaiser *et al.*, 2005). گیاهان مولیبدن را به صورت آنیون مولیبدات ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) جذب می‌کنند، که اصلی‌ترین شکل محلول در خاک است (Gupta, 1997). خصوصیات خاک و عوامل گیاهی به شدت بر دسترسی گیاه به مواد مغذی تأثیر می‌گذارد، در مورد  $\text{MoO}_4^{2-}$ ، Mo در دسترس بودن با pH افزایش می‌یابد، pH بالاتر از 4-5 بسیار مطلوب است (Smith *et al.*, 1997). محدوده بین غلظت و سمیت مولیبدن در گیاهان بسیار کم است (McBride *et al.*, 2000). کمبود مولیبدن غالباً در حبوبات و بعضی از سبزیجات، که در معرض آبیاری زیاد قرار دارند و همچنین در گیاهانی که در خاک‌های اسیدی و شنی رشد می‌کنند مشاهده می‌شود. این گیاهان به  $\text{MoO}_4^{2-}$  پاسخ مثبت نشان می‌دهند. میزان بالای مولیبدن در گیاهان، برای حیواناتی که از این گیاهان تغذیه می‌کنند، بیشتر مشکل‌ساز است. حیواناتی که با گیاهانی که حاوی غلظت‌های بالای مولیبدن (بالاتر از 10 ppm) تغذیه می‌شوند با عارضه مولیبدنوز مواجه می‌شوند (O'Connor *et al.*, 2001).

## نقش مولیبدن در گیاه

مقدار مولیبدن در گیاه نه تنها به در دسترس بودن مولیبدن در خاک بلکه به روابط آن با سایر عناصر نیز بستگی دارد. بنابراین برای بهینه‌سازی جذب مولیبدن (Mo) و استفاده از آن، در نظر گرفتن تأثیر سایر مواد مغذی بر هموستاز مولیبدن و همچنین تأثیرات این تعامل الزامی است. برخی از آنزیم‌های حاوی مولیبدن در گیاهان مانند گزانتین اکسیدورکتاز (XOR)، آلدئید اکسیداز (AO)، یا NR، همچنین به آهن به عنوان یک فاکتور به شکل خوشه‌های هم یا گوگرد آهن (Fe-S) نیاز است (Hille, 2013).

مولیبدن به شکل اسید ضعیف مولیبدات ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) جذب گیاه می‌شود که می‌تواند با سایر آنیون‌ها مانند فسفومولیبدات تشکیل کمپلکس بدهد. تشکیل کمپلکس مولیبدن دلیل این است که چرا مولیبدن می‌تواند به مقادیر زیاد بدون ایجاد سمیت آشکار، جذب شود. مقدار مولیبدن گیاهان معمولاً کم (کمتر از 1 ppm) می‌باشد زیرا غلظت مولیبدن در محلول ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) بسیار کم است. در برخی حالت‌ها غلظت مولیبدن در



# کودهای مولیبدن – بخش اول



PTMP/SK/R&D/A/ Molybdenum01 /12112020

محلول ممکن است از ۱۰۰۰ ppm تجاوز کند. گیاهان مبتلا به کمبود مولیبدن، کمتر از (۰/۲ ppm) مولیبدن دارند. مولیبدن یک جزء ضروری آنزیم  $\text{NO}_3^-$  رداکتاز است، آنزیمی که در کلروپلاست تجمع می‌باید و تبدیل نیترات ( $\text{NO}_3^-$ ) به نیتريت ( $\text{NO}_2^-$ ) را کاتالیز می‌کند. مولیبدن همچنین جزء ساختمانی نیتروژناز است، آنزیمی که برای تثبیت  $\text{N}_2$  به وسیله باکتری‌های ریشه بقولات، برخی جلبک‌ها و اکتینومیست‌ها و موجودات تثبیت کننده  $\text{N}_2$ ، ضروری می‌باشد. غلظت مولیبدن در گروه بقولات می‌تواند ۱۰ برابر بیشتر از برگ‌ها باشد. نیاز مولیبدن گیاهان با افزایش قابلیت استفاده نیتروژن معدنی کاهش می‌یابد. مولیبدن همچنین نقش ضروری در جذب آهن و انتقال آن در گیاهان دارد که این موضوع علت مشابه بودن کمبود مولیبدن با زردی بین رگبرگی ناشی از کمبود آهن می‌باشد.

غلظت زیاد مولیبدن بخصوص برای گاوها و گوسفندان در حال چرا سمی است. غلظت زیاد مولیبدن در علوفه معمولا در خاک‌های خیس، با pH و مواد آلی زیاد مشاهده می‌شود. مولیبدنوسیس (یک بیماری در گاو) به دلیل عدم توازن مولیبدن و مس در جیره غذایی، وقتی که غلظت علوفه بیش از ۵ ppm باشد مشاهده می‌شود. سمیت مولیبدن همراه با کوتولگی و تغییر شکل استخوان‌های حیوانات می‌باشد که با تغذیه مس، تزریق مس یا اضافه کردن  $\text{CuSO}_4$  به خاک برطرف می‌شود. سایر عملیاتی که برای کاهش سمیت مولیبدن استفاده می‌شود، اضافه کردن گوگرد یا منگنز و بهبود شرایط زهکشی خاک می‌باشد.

## کمبود مولیبدن در گیاهان

علائم کمبود مولیبدن در گیاهان در فاصله ۳ تا ۴ هفته ظاهر می‌شود. گیاهان گل کلم در شرایط کمبود مولیبدن علائم به صورت لکه‌های کلروتیک و فنجانی شدن برگ‌های میانی دیده می‌شود. در گیاهانی که به شدت تحت تأثیر کمبود مولیبدن قرار گرفته‌اند، علائم سوختگی و خشک شدن برگ‌ها از حاشیه شروع شده و به کل پهنک برگ توسعه می‌یابد و تنها دم برگ را احاطه نمی‌کند، که به عنوان ضربه شلاق شناخته می‌شود. کمبود مولیبدن علائمی شبیه کمبود ازت و آهن تولید می‌کند و در بعضی گیاهان مانند خانواده چلیپاییان (کلزا روغنی، کلم گل، کلم و ...) لکه‌های ابلق زرد در حاشیه پیدا می‌شود که به تدریج به طرف رگبرگ میانی پیش می‌رود.



# کودهای مولیبدن – بخش اول



PTMP/SK/R&D/A/ Molybdenum01 /12112020

جدول ۱: حساسیت گیاهان به کمبود مولیبدن

حساسیت کم	حساسیت متوسط	حساسیت زیاد
سیب	چغندر	گل کلم
انگور	پنبه	یونجه
تمشک	نخود	شبدرد
سویا	سیب زمینی	بقولات
ذرت	ترپچه	کلم بروکلی
کتان	گوچه فرنگی	اسفناج
هویج	شلغم	پیاز

## سمیت مولیبدن در گیاهان

سمیت مولیبدن بسیار نادر است و در بعضی محصولات، بافت می‌تواند چندین هزار ppm مولیبدن داشته باشد و هنوز علائمی را نشان ندهد. در چند مورد نادر، ظاهر زرد طلایی در برگ مشاهده می‌شود. اگر چه برای محصولات باغبانی قابل توجه نیست، حیوانات نشخوارکننده که علوفه‌ای را مصرف می‌کنند که دارای سطوح بالایی از مولیبدن است، می‌تواند مبتلا به بیماری به نام مولیبدنوز شوند که در آن مولیبدن بیش از حد رقابت می‌کند و باعث کمبود مس در حیوان می‌شود.

منبع

- Gupta, U.C., 1997. Bioavailability of molybdate depends on the soil properties. In: Gupta, U.C. (Ed.), *Molybdenum in Agriculture*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 71–91.
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2016). *Soil fertility and fertilizers*. Pearson Education India.
- He, Z. L., Yang, X. E., & Stoffella, P. J. (2005). Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace elements in Medicine and Biology*, 19(2-3), 125-140.
- Hille, R. (2013). The molybdenum oxotransferases and related enzymes. *Dalton transactions*, 42(9), 3029-3042.
- Kaiser, B. N., Gridley, K. L., Ngair Brady, J., Phillips, T., & Tyerman, S. D. (2005). The role of molybdenum in agricultural plant production. *Annals of botany*, 96(5), 745-754.





McBride, M. B., Richards, B. K., Steenhuis, T., & Spiers, G. (2000). Molybdenum uptake by forage crops grown on sewage sludge-amended soils in the field and greenhouse. *Journal of Environmental Quality*, 29(3), 848-854.

Mei, H., Cheng, N. H., Zhao, J., Park, S., Escareno, R. A., Pittman, J. K., & Hirschi, K. D. (2009). Root development under metal stress in *Arabidopsis thaliana* requires the H<sup>+</sup>/cation antiporter CAX4. *New Phytologist*, 183(1), 95-105.

O'Connor, G.A., Brobst, R.B., Chaney, R.L., Kincaid, R.L., McDowell, L.R., Pierzynski, G.M., Rubin, A., Van Riper, G.G., 2001. A modified risk assessment to establish molybdenum standards for land application of biosolids. *J. Environ. Qual.* 30, 1490-1507.

Smith, K. S., Balistreri, L. S., Smith, S. M., & Severson, R. C. (1997). Distribution and mobility of molybdenum in the terrestrial environment (pp. 23-46). Cambridge University Press: Cambridge, UK.

