نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی
9th National and 1st International Conference of Plant Physiology
۱۳-۱۱ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان

اثر تنش نیکل بر میزان رشد، کلروفیل و انتقال آهن گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در کشت هیدروپونیک

بهروز صالحی اسکندری[1*]، شیرین رحیمی کازرونی[2]
۱* گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲ گروه زبان انگلیسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

چکیده

نیکل (Ni) از عناصر سنگین ضروری کم مصرف است که آلودگی ناشی از آن، مربوط به استفاده روزافزون از کودهای شیمیایی است. ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاه دارویی است که به‌صورت سبزی هم مصرف می‌شود. در این مطالعه اثر نیکل بر میزان رشد، غلظت کلروفیل‌ها و اثر آن‌ها بر انباشت نیکل و آهن مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان انواع کلروفیل‌ها از روش اسپکتروفتومتری تعیین شد جهت تعیین غلظت نیکل و آهن از دستگاه طیف سنج اتمی استفاده شد. نتایج نشان داد، با افزایش غلظت نیکل محیط، رشد طولی و کلروفیل‌ها گیاه کاهش یافت و تجمع آن در ریشه و اندام‌های هوایی افزایش یافت که با اختلال در انتقال آهن همراه شد بنابراین میزان انباشت آهن در ریشه افزایش و میزان آن در اندام‌های هوایی کاهش یافت. در نتیجه کاهش انتقال آهن و بقیه کاتیون های ضروری، منجر به کاهش کلروفیل‌ها شد که با کاهش رشد گیاه نمایان گردید. بنابراین استفاده مازاد از کودهای شیمیایی نه‌تنها منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود بلکه این آلودگی وارد زنجیره غذایی می‌شود.

کلمات کلیدی: انتقال آهن، انباشت، رشد، فلزات سنگین، کلروفیل‌ها

مقدمه

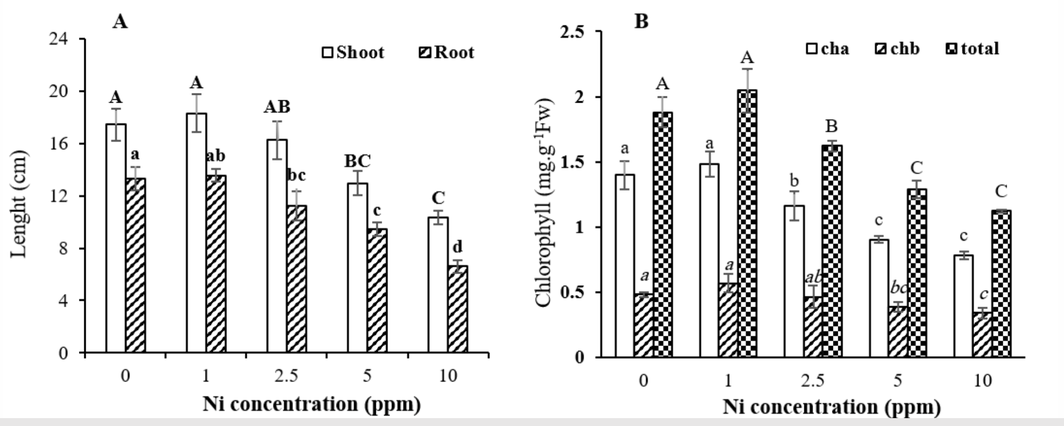
عناصری که عدد اتمی و چگالی آنها به ترتیب بیش از ۲۰ و ۶ گرم بر متر مکعب باشد را عناصر سنگین می‌نامند. برخی از آن‌ها همانند نیکل و آهن در غلظت‌های بسیار کم برای متابولیسم و رشد گیاهان ضروری هستند اما آن‌ها نیز در غلظت‌های بالا سمی هستند. فلزات سنگین برخلاف آلاینده‌های آلی، تجزیه‌پذیر نیستند، بنابرین در طبیعت انباشت شده و به‌علت شباهت‌شان با برخی از عناصر ضروری جایگزین آنها شده و رشد و متابولسیم موجودات زنده را مختل می‌نمایند (Wu et al., 2018). نیکل به‌عنوان کوفاکتور برای فعالیت آنزیم‌های گلی اکسیداز-I و اوره‌آز که در متابولیسم نیتروژن مشارکت می‌کند. آلودگی نیکل ناشی از فعالیت‌های صنعتی چون معدن‌کاوی، تولید مواد شیمیایی و کاتالیزورهای مختلف، صنایع سیمان و سرامیک، تولید مواد ضدعفونی کننده، صنایع ذوب و ساخت آلیاژ، استیل ضد زنگ و انواع رنگ می‌باشد. افزایش غلظت نیکل در محیط با اثرات سمی چون کاهش جوانه‌زنی، رشد، تقسیم سلولی، زیست‌توده، فتوسنتز، تعرق، کلروزه و نکروز برگ‌ها همراه شده و باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود(Salehi Eskandari et al., 2025). در این مطالعه، رشد و مقاومت گیاه ریحان در برابر سمیت نیکل مورد آزمایش قرار گرفت. بدین منظور، میزان رشد همچنین مقدار انباشت آن در ریشه و ساقه و اثر آن بر غلظت آهن در ریشه و ساقه مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

بذر گیاه ریحان از شرکت پاکان بذر تهیه شد. گیاهچه‌های ۱۲ روزه یکدست حاصل از کشت بذرها به گلدان‌های پلاستیکی حاوی محیط هوگلند یک دوم قدرت منتقل شده و محلول‌های غذایی هر چهار روز یک‌بار با محلول جدید تعویض شدند و آن‌ها در اتاق کشتی با دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی با دمای ۵ ± ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد نگه‌داری و هوادهی شدند. سپس گیاهچه‌های ۲۵ روزه به‌مدت ۱۰ روز تحت‌تأثیر غلظت‌های ۰، ۱، ۲/۵، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر (ppm) نیکل قرار گرفتند. محلول‌های غذایی، هر چهار روز یک‌بار با محلول جدید تعویض شدند. اندازه‌گیری رشد با محاسبه طول گیاه، غلظت کلروفیل‌ها از روش اسپکتروفتومتری انجام شد. جهت تعیین غلظت نیکل و آهن، از اندام‌های هوایی و ریشه‌ها هضم شده با اسید (محلول حاوی اسید کلریدریک و اسید نیتریک) توسط دستگاه طیف سنج اتمی استفاده شد. میزان انتقال نیکل و آهن به اندام‌های هوایی (TF) از تقسیم میزان این عناصر در یک گرم بافت خشک اندام‌های هوایی بر میزان آنها در یک گرم بافت خشک ریشه محاسبه شد (Salehi Eskandari et al., 2025).

نتایج و بحث

در این پژوهش طول اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه، با افزایش غلظت نیکل در محیط کاهش یافت به‌طوری‌که کمترین رشد در بالاترین غلظت نیکل مشاهده شد (شکل A-۱) وکاهش کلروفیل‌ها در غلظت‌های بالای نیکل (شکل B-۱) رخ داد که ناشی از جایگزین شدن آن با سایر عناصر ضروری چون منیزیم که در مرکز کلروفیل قرار گرفته است و اختلال در یکپارچگی غشاء و تغییر در ساختارهای مولکولی است که پیامد آن تغییر در فرآیند فیزیولوژیکی سلول است که با کاهش رشد نمایان می‌شود (Wakeel et al., 2020) . مهار بیشتر رشد ریشه نسبت به اندام‌های هوایی ناشی از تجمع بیشتر نیکل در ریشه است (شکل A-۲) که منجر به مهار رشد طولی و تقسیم سلولی در ریشه می‌شود و ممانعت از رشد اندام‌های هوایی بیشتر ناشی از کمبود جذب آب و مواد غذایی در ریشه است (Salehi-Eskandari et al., 2017).



شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف نیکل بر رشد طولی ریشه و اندام‌های هوایی (A) و میزان کلروفیل ها (B) گیاه ریحان

میزان انباشت نیکل و آهن در ریشه و اندام‌های هوایی با افزایش تدریجی غلظت آن‌ها در محیط افزایش داشت اما همواره میزان انباشت نیکل در غلظت در ریشه بیشتر از اندام‌های هوایی است اما در غلظت‌های بالا برعکس است. افزایش غلظت نیکل در محیط باعث افزایش غلظت آهن در ریشه و کاهش انتقال آن به اندام‌های هوایی همراه شد است. نتایج ما با گزارش دیگر محققین مطابقت داشته و افزایش نیکل در محیط از طریق رقابت با دیگر کاتیون‌ها در محل جذب، مانع از جذب و انتقال آن‌ها به اندام‌های هوایی می‌شود (Helaoui et al., 2023). با افزایش غلظت نیکل در محیط برخلاف افزایش غلظت آهن در ریشه، غلظت آن در اندام‌های هوایی کاهش یافت. احتمالاً میزان انباشت آهن در پوست ریشه افزایش یافته چون اغلب انتقال آن در این قسمت، آپوپلاستی است اما انتقال آن از لایه آندورم به آوند چوبی سیم‌پلاستی است بنابراین افزایش غلظت نیکل، انتقال آن را محدود کرده است. با افزایش غلظت نیکل در محیط مقدار آهن در ریشه افزایش یافت چون نیکل از طریق ناقلین کاتیونی (بجای آهن) به اندام‌های هوایی منتقل شده به همین دلیل مقدار زیادی از آهن در ریشه باقی می‌ماند (Dinh et al., 2015). بنابراین استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی باعث آلودگی خاک‌های زراعی شده که نه‌تنها بازدارنده رشد گیاهان محسوب شده بلکه باعث ورود این عناصر در زنجیره غذایی شده که برای مصرف‌کنندگان، مضر خواهند بود.

منابع

Helaoui, S., Mkhinini, M., Boughattas, I., Bousserrhine, N., and Banni, M. (2023). Nickel Toxicity and Tolerance in Plants. Heavy Metal Toxicity and Tolerance in Plants: A Biological, Omics, and Genetic Engineering Approach, 231-250.

Salehi-Eskandari, B., Zahra, G., and Mousavi Rizi, S. (2025). Influence of nickel and zinc on growth, metal accumulation, and uptake and transport of iron in basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Soil and Water Research, 56(5), pp.1147-1160.

Wu, W., Wu, P., Yang, F., Sun, D.-l., Zhang, D.-X., and Zhou, Y.-K. (2018). Assessment of heavy metal pollution and human health risks in urban soils around an electronics manufacturing facility. Science of the Total Environment, 630, 53-61.