بررسی ترشح فیتوسیدروفورها توسط گیاهان استراتژی II در شرایط کمبود آهن و روی

میرحسن رسولی صدقیانی، محمدجعفر ملکوتی و کاظم خاوازی

به ترتیب استادیار گروه علوم خاک دانشگاه ارومیه sadaghianii@yahoo.com، استاد دانشگاه تربیت مدرس و استادیار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب.

مقدمه

در بیشتر خاکهای کشاورزی ایران، pH بالای خاک منجر به کاهش قابلیت دسترسی گیاهان به آهن (Fe) و روی (Zn) می‌گردد. در چنین خاکهایی ارقام مختلف گندم نان و دوروم (Triticum aestivum L) از کمبود Fe و Zn رنج می‌برند. در سلسله گیاهی، تولید فیتوسیدروفورها (Phytosiderophores) به عنوان پاسخ به کمبود Fe و Zn، تنها در گروهی از تک‌لپه‌ایها بنام خانواده گرامینه (گیاهان استراتژی II) مشاهده شده است. در داخل این خانواده تعدادی از گیاهان استراتژیک کشاورزی شامل گندم، جو، برنج و ذرت قرار دارند [۲، ۳، ۶]. فیتوسیدروفورها (PS)، لیگاندهای با وزن مولکولی کم بوده که کمپلکس پایداری با Fe^{3+} و برخی عناصر نظیر Zn^{2+}، Cu^{2+} و Mn^{2+} تشکیل می‌دهند. این ترکیبات آمینوکربوکسیلاتی شش دندانه‌ای (Aminocarboxylate-type hexadentate) در جذب این عناصر بویژه Fe و Zn نقش مؤثری دارند[۶]. آزاد سازی فیتوسیدروفورها در شرایط کمبود آهن و روی به شدت افزایش یافته و براساس الگو و آهنگ ویژه و منظمی انجام می گیرد[۴]. گندم‌های نان در مقایسه با گندم‌های دوروم مقاومت بیشتری به شرایط کمبود آهن و روی نشان می دهند و مقادیر بالایی فیتوسیدروفور ترشح می کنند [۵]. در این تحقیق کارایی ارقام گندم نان و دوروم از نظر مقاومت به کلروز اهن با اندازه گیری میزان ترشح فیتوسیدروفورها ارزیابی گردید.

مواد و روشها

در این آزمایش از ارقام گندم نان شامل البرز، طبسی، تجن، داراب ۲، رسول، روشن، زرین، کراس‌آزادی و مرودشت و ارقام دوروم شامل یاواروس، شوامالد و تارو۳ استفاده گردید. آزمایش در شرایط گلخانه و محیط آبکشت (Hydroponic) انجام گرفت. در سطح ظرف‌های حاوی محلول غذایی یونولیت‌هایی با ۹ سوراخ به قطر ۲ سانتی‌متر تعبیه شد بطوریکه گیاهچه‌های گندم در دستجات ۱۵ تایی بوسیله اسفنجهایی در سوراخهای ایجاد شده تثبیت شدند. تهویه محلول غذایی بطور پیوسته و با استفاده از ۲ پمپ اکواریوم انجام گرفت. بذرهای گندم پس از جوانه‌زنی در شن، به منظور تشدید شرایط کمبود Fe و Zn آندوسپرم بذرها برداشته شده و بدین ترتیب گیاهچه‌های بدون ذخیره غذایی به محلول هیدروپونیک منتقل شدند. محلول‌های غذایی هر هفت روز تعویض می‌شدند. آزمایش با ۱۲ رقم در ۳ محلول غذایی (کامل، Fe- و Zn-) و با ۳ تکرار بصورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. در روز ۱۸ بعد از جوانه‌زنی، توان ترشح فیتوسیدروفورها در گیاهان کشت شده در شرایط هیدروپونیک اندازه‌گیری گردید. برای جلوگیری از تجزیه فیتوسیدروفورها توسط میکروارگانیسم‌ها ماده ضد میکروبی میکروپور (Micropur) به غلظت ۱۰ میلی‌گرم درلیتر در زمان جمع‌آوری ترشحات استفاده گردید. بعد از ۳ ساعت، ترشحات ریشه‌ای با کاغذ واتمن شماره ۱ صاف گردید. سپس ۱۰ میلی‌لیتر از ترشحات ریشه‌ای با ۰/۵ میلی‌لیتر محلول ۱/۸ میلی‌مولار آهن ($FeCl_3$) مخلوط گردیده و به مدت ۱۵ دقیقه در شیکر با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه بهم زده شد. محلول حاصل با کاغذ واتمن شماره ۴۲ صاف گردید. با اندازه‌گیری میزان Fe در ترشحات جمع‌آوری شده، مقدار فیتوسیدروفورها بر حسب میکرومول آهن در ۱۵ گیاه در طول ۳ ساعت برآورد گردید. پس از پایان دوره آزمایش، وزن خشک، میزان عناصر غذایی Fe، Zn در اندامهای هوایی و ریشه‌ها اندازه‌گیری شدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میزان ترشح فیتوسیدروفور در ارقام نان در مقایسه با ارقام دوروم در هر دو شرایط کمبود Fe و Zn بالاتر بود و این اختلاف در سطح یک درصد معنی‌دار بود به استثنای رقم دوروم تارو ۳ که

میزان ترشح آن بالاتر از ارقام نان مرودشت و تجن (در شرایط محدودیت Zn) و مرودشت و زرین (در شرایط محدودیت Fe) بود. اثر محلول غذایی نیز در مقدار ترشح فیتوسیدروفورها معنی‌دار گردید و در شرایط Fe محدود، میزان ترشح فیتوسیدروفور در تمام ارقام بالاتر از میزان ترشح شده در شرایط محدودیت Zn بود. لیکن نتایج نشان داد که علاوه بر شرایط کمبود آهن، در شرایط کمبود Zn نیز فیتوسیدروفور ترشح گردید. ارقام مختلف نان و دوروم در شرایط کمبود Fe و Zn فیتوسیدروفور ترشح نمودند، لیکن مقدار ترشح فیتوسیدروفورها در شرایط کمبود Fe بالاتر از شرایط کمبود Zn بود. در طول ۳ ساعت اندازه‌گیری با دستجات ۱۵تایی گندم، رقم نان طبسی در شرایط محدودیت Fe، با ۱/۶۵ و رقم دوروم شوامالد با ۱/۱۸ میکرومول ($\mu M.15plants^{-1}.\ 3h^{-1}$) به‌ترتیب بالاترین و کمترین میزان ترشح فیتوسیدروفورها را بخود اختصاص دادند. ضمنا در شرایط محدودیت Zn نیز رقم طبسی و رقم شوامالد با ۱/۳۸ و ۰/۲۷ میکرومول به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار فیتوسیدروفورها را ترشح نمودند. رقم طبسی از رقم‌های مقاوم به کمبود Zn بود، بالاترین میزان ترشح فیتوسیدروفور را به خود اختصاص داد. نتایج حاکی از این بود که رقم طبسی بطور همزمان به شرایط کمبود Fe و Zn مقاومت نشان داد. ارقام دوروم مورد مطالعه که وزن خشک کمتری تولید نموده بودند، با ترشح مقادیر کم فیتوسیدروفور کارایی پایینی داشتند. وزن خشک اندامهای هوایی و ریشه‌ها در شرایط کمبود Zn و Fe در مقایسه با شرایط کنترل بطور معنی‌داری در ارقام مختلف گندم کاهش یافت. کاهش وزن خشک اندامهای هوایی و ریشه‌ها در شرایط محدودیت Fe بیشتر از شرایط محدودیت Zn بود که نشان می‌دهد کمبود آهن وزن خشک گیاه را بیشتر تحت تأثیر قرار داد. بالاترین وزن خشک اندامهای هوائی در ارقام روشن، طبسی و رسول و پایین‌ترین آن در ارقام تارو۳، داراب ۲ و یاواروس مشاهده گردید. از نظر وزن خشک ریشه‌ها، روشن، رسول، البرز بالاترین وزن خشک و تارو ۳، تجن، مرودشت و یا واروس از کمترین وزن خشک ریشه‌ها برخوردار بودند. بررسی روابط رگرسیونی بین شاخصهای وزن خشک گیاه با میزان ترشح فیتوسیدروفورها نشان داد که همبستگی بین ترشح فیتوسیدروفورها با وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه‌ها در شرایط کمبود Fe و همچنین با وزن اندامهای هوایی در شرایط کمبود Zn در سطح یک درصد معنی‌دار گردید.

منابع

[۱] رسولی صدقیانی، میرحسن. ۱۳۸۴. بررسی نقش فیتوسیدروفورها و سودوموناسهای تولیدکننده سیدروفور در تامین آهن و روی موردنیاز ارقام گندم. رساله دکتری خاکشناسی، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

[2] Cakmak I., Gülüt K.Y., Marschner H., and Graham R.D. 1994. Effect of zinc and iron deficiency on phytosiderophore release in wheat genotypes differing in zinc efficiency. J. Plant Nutr. 17: 1-17.

[3] Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.

[4] Marschner H., Romheld V. 1994. Strategies of plants for acquisition of iron. Plant and Soil 165: 261-274.

[5] Rengel Z. and Romheld V. 2000. Root exudation and Fe uptake and transport in wheat genotypes differing in tolerance to Zn deficiency. Plant and Soil 222: 25–34.

[6] Takagi S., Nomoto K., and Takemoto T. 1984. Physiological aspect of mugineic acid, a possible phytosiderophore of graminaceous plants. J. Plant Nutr. 7: 469-477.