دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران

تبریز، 12 الی 14 شهریور 1390

(حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه)

تاثیر آلومینیوم بر رشد گیاه چای

رقیه حاجی بلند* و سارا بهرامی راد

گروه زیست شناسی گیاهی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

* آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده : ehsan@tabrizu.ac.ir

خلاصه

در ایران خاکهای اسیدی به مناطق خاصی از شمال کشور محدود شده اند و تحت کشت چای قرار دارند. در این بررسی تاثیر آلومینیوم بر روی گیاه چای مطالعه شده است. نتایج نشان داد که رشد اندام هوائی و ریشه و طول ریشه و فتوسنتز گیاه بصورت معنی داری تحت تاثیر آلومینیوم افزایش یافت. گیاهان تیمار شده با آلومینیوم محیط ریشه را بیش از پیش اسیدی کردند ولی آزاد سازی ترکیبات فنلی به ازای وزن ریشه ها کاهش یافت. آلومینیوم عمدتا در دیواره سلول های راس ریشه متمرکز بود و به سمت مناطق قاعده ای تر انباشتگی آن کاهش یافت.

کلمات کلیدی: چای، آلومینیوم، فتوسنتز، سیستم دفاع آنتی اکسیدانت، توزیع زیر سلولی

مقدمه

چای از گیاهان مهم اقتصادی است که در شمال کشور و بر روی خاکهای اسیدی در محدوده pH 4 رشد می کند. مهم ترین ویژگی خاکهای اسیدی بالا بودن فراهمی آلومینیوم آزاد (Al^{3+}) می باشد که به سرعت جذب ریشه ها می گردد. بخش مهم آلومینیوم در برگهای این گیاه انباشته میشود که می تواند حتی در چای سیاه که از تخمیر و فرآوری برگ ها حاصل می شود به مقدار بالائی یافت شده و در نوشابه چای نیز وارد شود (Hayacibara et al., 2004).

آلومینیوم در غلظت هائی که در خاکهای اسیدی یافت می شود برای بسیاری از گونه های زراعی و باغی مسموم کننده محسوب می گردد. با این حال گیاه چای مقاومت بالائی به این عنصر داشته و اثرات حتی مفید این عنصر روی رشد این گیاه گزارش شده است (Ghanati et al., 2005). مطالعات در مورد توزیع بافتی و زیر سلولی آلومینیوم در گیاه چای کامل نیست. چنین بررسی هائی عمدتا بر روی این عنصر در گیاهان حساس زراعی متمرکز شده است و به سازوکارهای اثر مفید این عنصر در گیاه چای نیز پرداخته نشده است.

ارزش اقتصادی گیاه چای به ترکیب و مقدار مواد فنلی آن بستگی دارد. به همین دلیل اثر آلومینیوم بر روی این ترکیبات نیز می تواند اهمیت داشته باشد. از سوی دیگر ترکیبات فنلی میتوانند نقش مهمی در همبند کردن آلومینیوم و در نتیجه تغییر فراهمی زیستی آن در سلولهای گیاه داشته باشند. بدلیل غنی بودن گیاه چای از ترکیبات فنلی، احتمالا بخشی از این مواد به ریزوسفر نیز آزاد میشود که برای گیاهان رشد یافته در خاک در تغییر جمعیت میکروارگانیسم های ریزوسفر و نیز تغییر فراهمی عناصر نقش چشمگیری می تواند ایفا نماید.

هدف مطالعه حاضر بررسی اثرات آلومینیوم در گیاه چای می باشد. به این منظور، علاوه بر رشد و تولید ماده خشک، فتوسنتز و فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدانت نیز بررسی شده است. متابولیسم ترکیبات فنلی و نیز آزاد سازی آنها از ریشه ها و تغییرات القائی در pH ریزوسفر نیز مورد بررسی قرار گرفت. همچنین توزیع بافتی و زیر سلولی این عنصر پس از

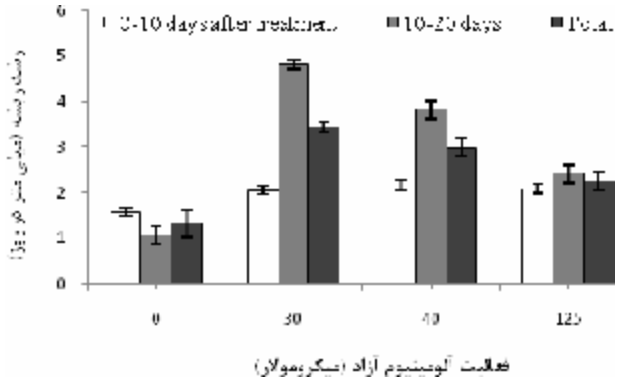
بخشیزه کردن بافت ها در کنار روشهای میکروسکوپی فلوئورسانس برای بررسی توزیع آلومینیوم در برگ ها و ریشه مورد استفاده قرار گرفته است.

مواد و روشها

بذر گیاه چای (*Camellia sinensis* L.) از ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات چای فومنات تهیه گردید. ابتدا پوسته سخت دانه ها از آن جدا شد و با هیپوکلریت سدیم 5% بمدت 5 دقیقه استریل سطحی گردید. سپس بذور در پرلیت مرطوب و در تاریکی برای جوانه زنی قرار داده شدند. بعد از ظهور برگ، دانه رست های جوان به روشنائی انتقال یافته و سپس به رشد ادامه دادند. دانه رست های یک ماهه به محیط هیدروپونیک (Ghanati et al., 2005) با pH 4 منتقل شدند. در این محیط کشت غلظت فسفات وسولفات به نحوی انتخاب شد تا از رسوب آلومینیوم جلوگیری شود و فعالیت بالای آلومینیوم ایجاد گردد. غلظت آلومینیوم در محدوده 0، 50،100 و 300 میکرومولار و فعالیت آلومینیوم آزاد در محدوده 0،30،40 و 125 میکرومولار تعیین شد. فعالیت آلومینیوم با استفاده از نرم افزار GEOCHEM-PC محاسبه گردید. گیاهان به مدت دو ماه در شرایط اتاق رشد قرار گرفته و پس از این مدت برداشت شدند و سنجش پارامتر های رشد، فتوسنتز و نیز فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت و آزاد سازی ترکیبات فنلی انجام گرفت. در گروه دیگری از گیاهان، دانه رست های یک ماهه به ریزوبوکس های واجد درپوش شفاف و مدرج که اندازه گیری روزانه طول ریشه ها را ممکن می نمود، منتقل شدند و بمدت 20 روز طول ریشه ها بصورت روزانه گزارش شد. به منظور مطالعه توزیع و کده بندی بافتی و زیر سلولی آلومینیوم، برگها و ریشه های گیاهان به روش سانتریفوژ های متوالی (Rogalla and Römheld, 2002) به بخشیزه های دیواره سلولی، اندامک ها (شامل هسته) و سیتوسولی تفکیک شده و مقدار آلومینیوم در هر بخشیزه سنجش شد. بررسی های میکروسکوپ فلوئورسانس با استفاده از رنگ آمیزی مورین انجام گرفت.

نتایج

محور منفرد ریشه گیاه چای، در حضور آلومینیوم رشد بیشتری نشان داد. بیشترین رشد در حضور 30 میکرومول آلومینیوم آزاد بدست آمد با اینحال تحریک رشد در حضور 125 میکرومول آلومینیوم آزاد نیز معنی دار بود (شکل 1).



شکل 1- تاثیر تیمار آلومینیوم بر سرعت رشد طولی محور ریشه اصلی در گیاه چای که به مدت 20 روز در ریزوبوکس مطالعه شده اند.

(حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه)

در گیاهان تیمار شده با آلومینیوم، وزن خشک اندام هوائی (72%)، وزن خشک ریشه (72%)، تعداد برگها (50%) و طول کل ریشه (200%) بصورت معنی داری بیش از گیاهان شاهد بود. فتوسنتز گیاهان تیمار شده با آلومینیوم از نظر فرآیند های انتقال الکترون تفاوتی با گیاهان شاهد نداشت، لیکن بدلیل افزایش گشودگی روزنه ها تثبیت خالص دی اکسید کربن تا 30% افزایش یافت که تنها در برگهای جوان مشاهده شد. فعالیت آنزیم های دفاع آنتی اکسیدانتی شامل پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز بصورت معنی داری بیش از گیاهان شاهد بود و مقدار پرولین بعنوان ترکیب آنتی اکسیدان نیز در حضور آلومینیوم افزایش یافت. ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم های فنیل آلانین آمونیا لیاز و پلی فنل اکسیداز در حضور آلومینیوم افزایش یافت. بعلاوه توزیع ترکیبات فنلی بین بخشیزه دیواره و سیتوسول نیز تحت تاثیر آلومینیوم قرار گرفت. آلومینیوم موجب کاهش بخشیزه دیواره ای ترکیبات فنلی شد ولی بخشیزه سیتوسولی را افزایش داد. گیاه چای تیمار شده با آلومینیوم pH محیط ریشه را بصورت معنی داری کاهش داد (جدول 1). برخلاف انتظار، آزادسازی ترکیبات فنلی تحت تاثیر تیمار آلومینیوم به ازای وزن معینی از ریشه کاهش یافت هرچند بدلیل افزایش رشد ریشه، ترکیبات فنلی آزاد شده به ازای پایه گیاه در تیمار 100 میکرومولار آلومینیوم افزایش نشان داد (جدول 2).

جدول 1- تاثیر تیمار آلومینیوم بر روی pH ریزوپلن، ریزوسفر و خاک توده با گیاه و بدون گیاه در گیاه چای که در پرلیت آبیاری شده با محلول غذائی به مدت دو ماه رشد کرده اند. تفاوت ما بین داده هائی که با حروف یکسانی نشان داده شده اند، معنی دار نیست ($P<0.05$).

غلظت آلومینیوم	pH ریزوپلن	pH ریزوسفر	pH توده	pH خاک بدون گیاه
شاهد	5/06±0/11 ^{b}	5/29±0/19 ^{c}	5/90±0/14 ^{cd}	6/23±0/08 ^{a}
100 میکرومولار	4/37±0/12 ^{c}	4/81±0/11 ^{de}	5/19±0/11 ^{f}	6/14±0/12 ^{ab}
300 میکرومولار	3/85±0/14 ^{de}	4/53±0/17 ^{ef}	4/80±0/07 ^{g}	6/11±0/04 ^{ab}

جدول 2- جدول 1. تاثیر تیمار آلومینیوم بر روی آزاد سازی ترکیبات فنلی از ریشه های گیاه چای که در پرلیت آبیاری شده با محلول غذائی به مدت دو ماه رشد کرده اند. تفاوت ما بین داده هائی که با حروف یکسانی نشان داده شده اند، معنی دار نیست ($P<0.05$).

غلظت آلومینیوم	هفته دوم (میکروگرم گیاه$^{-1}$)	هفته چهارم (میکروگرم گیاه$^{-1}$)	هفته ششم (میکروگرم گیاه$^{-1}$)	هفته هشتم (میکروگرم گیاه$^{-1}$)	هفته هشتم (نانوگرم گرم وزن خشک ریشه$^{-1}$)
شاهد	4/18±0/97 ^{d}	4/72±0/68 ^{d}	13/30±0/82 ^{c}	17/97±1/52 ^{b}	163/3±13/81 ^{a}
100 میکرومولار	3/62±0/17 ^{d}	3/85±0/66 ^{d}	17/86±1/70 ^{b}	26/20±1/5 ^{a}	97/04±5/55 ^{b}
300 میکرومولار	3/34±0/78 ^{d}	3/84±1/42 ^{d}	13/18±0/83 ^{c}	16/83±1/0 ^{b}	88±58±5/26 ^{b}

بررسی های میکروسکوپی نشان داد که در ریشه بخش مهمی از آلومینیوم در منطقه تار کشنده انباشته میشود و در مناطق قاعده ای تر ریشه (به سمت یقه) تمرکز این عنصر تنها در سلولهای ریزودرمی است. در سیتوپلاسم برخی سلولهای پوست ریشه و نیز در هسته برخی سلولها در منطقه راسی ریشه تجمع استثنائی و بالاتری از آلومینیوم در مقایسه با سلولهای مجاور مشاهده شد. در برگ ها توزیع آلومینیوم بدلیل همبند شدن آن با ترکیبات فنلی و عدم مشاهده با رنگ آمیزی مورین، قابل مطالعه نبود. تنها در برگهای بسیار جوان و مریستم های راسی بدلیل کم بودن انباشتگی ترکیبات فنلی

مشاهده آلومینیوم خصوصا در اپیدرم و کرکها ممکن شد. در برگهای مسن علیرغم انباشتگی بالای این عنصر که از نتایج آنالیز قابل پیش بینی بود، سیگنال فلوئورسانس تنها در سطح کوتیکول مشاهده گردید. بررسی توزیع بروش سانتریفوژ نشان داد که تا 50 درصد آلومینیوم در دیواره سلولی مستقر است و 32 درصد این عنصر در اورگانل ها از جمله هسته ها متمرکز شده و تنها 18 درصد آن در سیتوسول و به شکل آزاد وجود دارد.

بحث

بررسی حاضر نشان می دهد که آلومینیوم مهم ترین تاثیر مفید خود را از طریق افزایش رشد ریشه انجام میدهد. رشد ریشه پارامتر بسیار مهمی برای گیاه چای محسوب میشود که در روی خاک های اسیدی با فراهمی پائین فسفر (Kochian et al., 2004) رشد می کند. رشد ریشه یکی از مکانیسم های مهم افزایش جذب فسفر در گیاهان است (Marschner, 1995).

کاهش بیش از پیش pH ریزوسفر تحت تاثیر تیمار آلومینیوم احتمالا بدلیل جبران بار الکتریکی انجام میشود. در اعضای راسته اریکال از جمله چای بدلیل اینکه عمدتا بر روی خاکهای فقیر زندگی می کنند، انحلال کانی های نامحلول تحت تاثیر اسیدی شدگی ریزوسفر می تواند سازگاری اکولوژیکی مهمی قلمداد گردد.

افزایش فعالیت سیستم دفاع آنتی اکسیدانتی هرچند می تواند موجب افزایش تحمل گیاهان به تنش های مختلف شود، ولی تحریک رشد را در شرایط غیر تنشی نمی تواند توجیه کند. با اینحال افزایش تثبیت دی اکسید کربن می تواند تولید بیشتر ماده خشک و تعداد بیشتر برگها و ریشه های طویل تر را توجیه نماید. دلیل افزایش فتوسنتز افزایش هدایت روزنه ای بود که خود می تواند بدلیل تعادل یونی بهتر در سلول های روزنه و یا کاهش عملکرد بازدارنده های گشودگی مانند آبسیسیک اسید باشد. مطالعات بیشتری برای نشان دادن نقش آلومینیوم در سلولهای روزنه گیاه چای لازم است.

همبند شدن آلومینیوم در دیواره سلولی و نیز توسط فنل ها نشان میدهد که بخش مهمی از مقدار کل این عنصر از فعالیت های متابولیسمی گیاه دور نگهداشته میشود. در ریشه ها نیز آلومینیوم علیرغم اثر قاطع روی تحریک رشد، تنها در قسمت های راسی ولی نه در منطقه تطویل انباشته میشود. بنابراین اثر آلومینیوم بر روی تحریک تطویل ریشه اثری غیر مستقیم محسوب میشود و احتمالا از طریق تغییر در توزیع و مقدار بازدارنده های رشد عمل می کند.

منابع

Ghanati F, Morita A, Yokota H, 2005. Effects of aluminum on the growth of tea plant and activation of antioxidant system. Plant Soil 276: 133-141.

Hayacibara MF, Queiroz CS, Tabchoury CPM, Cury JA, 2004. Fluoride and aluminum in teas and tea-based beverages. Rev Saude Publica 38: 100-5.

Kochian LV, Hoekenga OA, Pineros MA, 2004. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of Al tolerance and P efficiency. Ann Rev Plant Biol 55: 459-493.

Marschner H (1995) Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed. Academic Press, London, UK.

Rogalla H, Römheld V, 2002. Role of leaf apoplast in silico-mediated manganese tolerance of *Cucumis sativus* L. Plant Cell Environ 25: 549-*555*.