A f SID

مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی) جلد ۴۱ شماره ۴ زمستان ۱۳۹۷

تأثیر کمبود روی بر ترشح اسیدهای آلی ریشه دو ژنوتیپ ذرت

ثریا طاهری[۱]، عبدالمجید رونقی[۲*]، رضا قاسمی[۳]، صدیقه صفرزاده شیرازی[۴]

۱- دانشجوی دکتری علوم خاک دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۲- استاد علوم خاک دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۳- دانشیار علوم خاک دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۴- استاد یار علوم خاک دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۱۱
پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۰۵/۳۱

کلمات کلیدی:
ذرت،
اسید مالیک،
اسید استیک،
اسید سیتریک،
کمبود روی

* عهده دار مکاتبات

Email: amronaghi@yahoo.com

چکیده

هدف این پژوهش بررسی میزان ترشح اسیدهای آلی مالیک، سیتریک و استیک در شرایط کمبود روی، در دو رقم ذرت بود. آزمایش در قالب طرح فاکتوریل، کاملاً تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. بذرهای ذرت ارقام KSC704 و KSC703 پس از جوانه زنی به محیط کشت هیدروپونیک منتقل شده و تیمارهای روی در سه سطح صفر، ۰/۵و ۱میکرو مولار به محیط کشت گیاهان اضافه شد. دو ماه پس از اعمال تیمارهای روی، ترشحات ریشه‌ای جمع‌آوری شدند و غلظت اسیدهای مالیک، استیک و سیتریک توسط دستگاه HPLC اندازه‌گیری شدند.از بین سه نوع اسید آلی اندازه‌گیری شده، اسید مالیک و پس از آن اسید سیتریک و اسید استیک، بیشترین میزان ترشحات را داشتند. با کاهش غلظت روی در ریشه و اندام هوایی، بر میزان ترشحات هر سه اسید آلی افزوده شد. بیشترین میزان اسید مالیک ترشح شده از ریشه (٦/٦ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک ریشه) در رقم ۷۰۳ و در تیمار بدون روی و کمترین میزان ترشح مالیک اسید نیز(۱/۹۸میلی‌گرم بر گرم وزن خشک ریشه) در تیمار حد کفایت روی و در رقم ۷۰٤ بود. بیشترین میزان ترشح اسید سیتریک و استیک نیز در هر دو رقم در سطح بدون روی بود. نتایج این پژوهش نشان دادکه با افزایش غلظت روی در محلول غذایی، وزن خشک اندام هوایی افزایش یافت. با افزایش غلظت روی در محلول غذایی از میزان نفوذپذیری غشا ریشه و ترشح اسیدهای آلی کاسته شد. در هر دو رقم، بیشترین نفوذپذیری غشا ریشه مربوط به سطح بدون روی بود که بیشترین میزان ترشح اسیدهای آلی از ریشه را داشتند. به‌طور کلی رقم ۷۰۳ به دلیل ترشحات بیشتر اسیدهای آلی در شرایط کمبود روی، نسبت به رقم ۷۰٤ در برابر کمبود روی مقاوم‌تر بوده و در این شرایط کاهش عملکرد کمتری نشان داد..

مقدمه

www.SID.ir

Archive of SID

تراوش‌های ریشه از فاکتورهای مهم در حاصل‌خیزی و پایداری ساختمان خاک‌های کشاورزی است (۲۲). ویژگی‌هایی نظیر سن، نوع ریشه و وضعیت تغذیه‌ای گیاهان می‌توانند کیفیت و کمیت ترشحات ریشه‌ای را به‌طور قابل ملاحظه‌ای تغییر دهند. ترشحات ریشه‌ای موادی با انرژی زیاد هستندکه علاوه بر اینکه برای جمعیت میکروبی خاک به‌عنوان منبع غذایی مهمی محسوب می‌شوند، نقش ارزنده‌ای در رهاسازی عناصر کم محلول مانند فسفر، آهن و روی، از طریق کمپلکس کردن آن‌ها به عهده دارند (۳۱). از نقش‌های مختلف تراوش‌های ریشه در اکولوژی گیاه، ظرفیت آن‌ها در بهبود قابلیت جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در ریزوسفر است. به طور ویژه، اسیدهای آلی موجود در تراوشات ریشه نقش مهمی در حلالیت کاتیون‌هایی که جذب سطحی شده‌اند و یا رسوب کرده‌اند، دارند (۲۱). اسیدهای آلی ترکیباتی با وزن مولکولی کم هستند، که شامل حداقل یک گروه کربوکسیل (COOH) بوده و به دلیل نقش اصلی که در متابولیسم سلولی دارند در تمام ارگانیسمهای زنده یافت می‌شوند. اگرچه این تعریف گروه بزرگی از ترکیبات آلی مانند اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه را در بر می‌گیرد اما معمولاً تأکید بر روی اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم نظیر سیترات، مالات، اگزالات، فارمارات، مالونات، قندها، مواد فنلی و فیتوسیدروفورها است(۲۰).

گیاهان هنگام مواجه با تنش‌های محیطی و عناصر غذایی، اسیدهای آلی و آمینواسیدهایی ترشح می‌کنند که سبب تعدیل این تنش ها می‌شوند (۳۳،۲۸،۶). مقدار و نسبت ترکیبات آلی ترشح شده از ریشه با توجه به گونه و ارقام گیاهی، متفاوت هستند (۱۶). افزایش در رهاسازی اسیدهای آلی از ریشه گیاهان تحت شرایط کمبود فسفر، پتاسیم، روی، آهن و مس گزارش شده است (۱و ۱۳و۹). همچنین کمبود روی و کلسیم، منجر به افزایش نفوذپذیری غشا و سبب افزایش رها سازی اسیدهای آلی از ریشه می‌شوند (۴). گزارش‌های مختلفی نشان داده است که افزایش تدریجی اسیدهای آلی مالات، اگزالات و سیترات به محیط کشت هیدروپونیک، سبب تجمع روی در اندام‌های گیاهی می‌شوند. این فرآیند طبیعی، به‌عنوان مکانیسمی برای مقابله با کمبود عناصر غذایی در خاک، دریچه جدیدی را در توسعه استراتژی‌هایی برای دستیابی به کشاورزی پایدار در خاک‌های آهکی باز نموده‌است (۱۷) از بین اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم مترشحه از ریشه گیاهان، اسیدهای آلی اگزالیک، سیتریک و مالیک معمول‌تر هستند و به مقدار زیادتری نسبت به سایر اسیدهای آلی در محلول خاک وجود دارند (۲۷ و ۷).

واکنش‌های شیمیایی اسیدهای آلی در خاک، در حد وسیعی به نوع خاک بستگی دارد و بسته به اثر متقابلی که بین خاک و گیاه وجود دارد، متفاوت می‌باشد. بنابراین در محیط‌های آبکشت، می‌توان بدون ایجاداین واکنش‌ها، مقدار واقعی ترشحات ریشه‌ای را اندازه‌گیری کرد(۱۸).

ذرت، یکی از محصولات مهم و درعین حال پر توقع می است و تنش‌های محیطی، از جمله عواملی هستند که ما را در استفاده از حداکثر پتانسیل آب، خاک و گیاه در جهت حداکثر تولید محدود می‌کنند (۳).

بنسال و همکاران[1] (۲) گزارش دادند که کمبود روی در گیاهان گسترش جهانی دارد. در خا ک های ایران آهک بالا و همچنین مصرف بی رویه و زیاد از حد کودهای فسفره، موجب کاهش فراهمی روی در این خاک‌ها شده است .

بنابر آنچه بیان شد، هدف از پژوهش حاضر، بررسی مقدار ترشح اسیدهای آلی مالیک، سیتریک و استیک، در شرایط کمبود روی، در دو رقم ذرت بود.

مواد و روش‌ها

کشت گیاه

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار، در گل‌خانه بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام شد.

1- Bansal *et al.*

www.SID.ir

Archive of SID

فاکتورها شامل دو رقم ذرت KSC703 و KSC704و سه سطح روی (صفر، ۰/۵ و ۱ میکرو مولار) در سه تکرار بودند.

برای تهیه نشا از جعبه کاشت حاوی پرلیت سترون استفاده شد. ابتدا بذرهای ذرت به‌طور سطحی به‌وسیله محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد، ضدعفونی شده سپس با محلول قارچ کش، به صورت ردیفی در پرلیت کاشته شدند و پس از جوانه زنی به محیط کشت اصلی منتقل شدند. در سیستم کاشت، از تشت‌های پلی اتیلنی ۵ لیتری به صورت واحدهای مجزای آزمایشی استفاده شد. ترکیب محلول غذایی مورد استفاده در محیط آبکشت در جدول ۱ ارائه شده است (۱۴).

پس از انتقال گیاهان به محیط کشت، تیمارهای روی در سه سطح صفر، ۰/۵ و ۱ میکرو مولار (از منبع سولفات روی) به محیط کشت گیاهان افزوده شد. در محلول غذایی، برای بافرکردن پ-هاش محلول غذایی از محلول ۱ میلی-مولار MES (N-morpholino)-2-[ethanesulfonicacid] و از NaOH و KOH برای تنظیم پ—هاش محلول غذایی استفاده شد.

جمع‌آوری ترشحات ریشه‌ای

دو ماه پس از اعمال تیمارهای روی، ترشحات ریشه‌ای جمع‌آوری شدند. بدین ترتیب که یک ساعت پس از طلوع آفتاب، ریشه‌ها از محیط آبکشت خارج و دو بار با آب دیونیزه شستشو داده شدند. سپس در ۷۰۰ سی‌سی آب دیونیزه حاوی ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر میکروپور، به مدت یک ساعت قرار داده شدند. عصاره‌های به‌دست آمده از کاغذ صافی شماره ۲ واتمن عبور داده شد و پس از آن از فیلتر غشایی ۰/۴۵ میکرون عبور داده شدند. محلول به‌دست آمده، در یخچال در دمای ۲۰- درجه سیلسیوس برای تجزیه با دستگاه HPLC و اندازه‌گیری اسیدهای آلی نگهداری شدند. برای اندازه‌گیری اسیدهای آلی از دستگاه کروماتوگرافی مایع با فشار بالا (HPLC, LC-10A, Shimadzu, KyotoJapan) ازستون تبادل یونی C-18 و فاز تبادلی مایع (KH_2PO_4,18 mM) با شناساگر (600-UV-Vis 190) استفاده شد. پس از تجزیه نمونه ها و به‌دست آوردن پیک مربوط به هریک از ترشحات ریشه‌ای، به‌منظور تعیین کمی اسیدهای آلی، سطح زیر پیک و یا ارتفاع پیک ترکیب مجهول با نمونه استاندارد مقایسه شده و میزان غلظت اسیدهای آلی به‌دست آمد.

تجزیه شیمیایی گیاهان

پس از جمع‌آوری ترشحات ریشه‌ای، سه بوته از هر تکرار با آب مقطر شسته شدند. سپس ریشه و اندام هوایی هر گیاه از محل طوقه جدا شده و هر کدام به طور جداگانه به پاکت های کاغذی منتقل شدند. سپس نمونه های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در خشک کن تهویه‌دار تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند. حدود یک گرم از بافت گیاهی پودر شده (ریشه و اندام هوایی) در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس (در کوره الکتریکی) خاکستر شده؛ سپس عصاره گیری با استفاده از اسید کلریدریک ۲ مولار انجام شد. غلظت روی در ریشه و اندام هوایی توسط دستگاه جذب اتمی (مدل پرکین المر ۳۰۳۰) اندازه‌گیری شد. با استفاده از نرم افزارهای Excel و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

اثر کمبوی روی بر وزن خشک ریشه و اندام هوایی

با افزایش غلظت روی در محلول غذایی، وزن خشک اندام هوایی به طور معنی داری (سطح ۱ درصد) افزایش یافت. بیشترین وزن خشک اندام هوایی برابر با ۱۹/۸گرم در گلدان و مربوط به تیمار حد کفایت روی (یک میکرو مولار) و در رقم ۷۰۳ بود که با همین تیمار در رقم ۷۰۴ تفاوت معنی‌داری نداشت؛ همچنین در رقم ۷۰۳ بین تیمارشاهد و سطح کفایت روی، از نظر وزن خشک اندام هوایی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد؛ در صورتی که در رقم ۷۰۴ این اختلاف معنی‌دار بود.

کمترین وزن خشک اندام هوایی برابر۱۴/۷گرم در گلدان و مربوط به تیمارشاهد (بدون روی) در رقم ۷۰۴ بود. بیشترین وزن خشک ریشه برابر با ۹/۶ گرم در

www.SID.ir

Archive of SID

گلدان در تیمار حد کفایت روی در هر دو رقم و کمترین وزن خشک ریشه نیز ۴/۸ گرم در گلدان، در تیمار بدون روی در رقم ۷۰۳ بود (جدول ۲). کمبود روی سبب کاهش عملکرد وزن خشک گیاهان می‌شود. تحقیقات زیادی در رابطه با نقش مؤثر روی در افزایش عملکرد ذرت انجام شده است (۱۲). در رقم ۷۰۴ با کاهش غلظت روی در محلول غذایی، عملکرد وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت در صورتیکه این کاهش عملکرد در رقم ۷۰۳ تا غلظت ۰/۵ میکرو مولار روی معنی دار نبود. به عبارت دیگر در رقم ۷۰۳ با کاهش غلظت روی تا ۰/۵میکرومولار ،کاهش معنی داری در عملکرد مشاهده نشد؛ بنابراین، می توان بیان کردکه رقم ۷۰۳ در برابر کمبود روی نسبت به رقم ۷۰۴ مقاوم‌تر بوده است و کاهش عملکرد اندکی در شرایط کمبود روی از خود نشان می‌دهد.

غلظت روی در اندام هوایی و ریشه ارقام ذرت

بین دو رقم ذرت، اختلاف معنی‌داری (در سطح ۱ در صد) از نظر غلظت روی در اندام هوایی و ریشه مشاهده شد. با افزایش غلظت روی در محلول غذایی، غلظت روی اندام هوایی و ریشه نیز افزایش یافت. بیشترین و کمترین غلظت روی اندام هوایی به ترتیب برابر با ۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم در رقم ۷۰۴ و ۱۸میلی-گرم در کیلو گرم بود (شکل ۱). بیشترین غلظت روی ریشه برابر ۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در رقم ۷۰۴ و کمترین غلظت روی برابر ۴۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در رقم ۷۰۳ بود (شکل ۲).

اثر تیمار روی بر ترشح اسیدهای آلی ریشه

مقدار ترشح اسیدهای آلی، به‌ترتیب مربوط به اسید مالیک> سیتریک> استیک بود (جدول ۳). با افزایش روی در محلول غذایی و به تبع آن افزایش غلظت روی در ریشه و اندام هوایی، مقدار ترشح اسیدهای آلی در هر دو رقم ذرت کاهش معنی‌داری (سطح یک درصد) یافت (شکلهای ۶-۳). اثر رقم بر غلظت اسیدهای آلی ریشه نیز در سطح یک درصد معنی‌دار شد.

جدول(۱) ترکیب محلول غذایی محیط آبکشت برای گیاه ذرت
Table(1) nutrient solution component for corn

عناصر کم‌مصرف(micronutrient)	عناصر پر مصرف (Macronutrient)
1µM H_3BO_3	2 mM $Ca(NO_3)$
0.02µM $(NH_4)Mo_7O_2$	0.1 mM KCl
30µM Fe EDTA	1 mM $MgSO_4$
0.5µM $MnSO_4$	0.25 mM KH_2PO_4
0.2µM $CuSO_4$	0.88 mM K_2SO_4
	1 mM MES

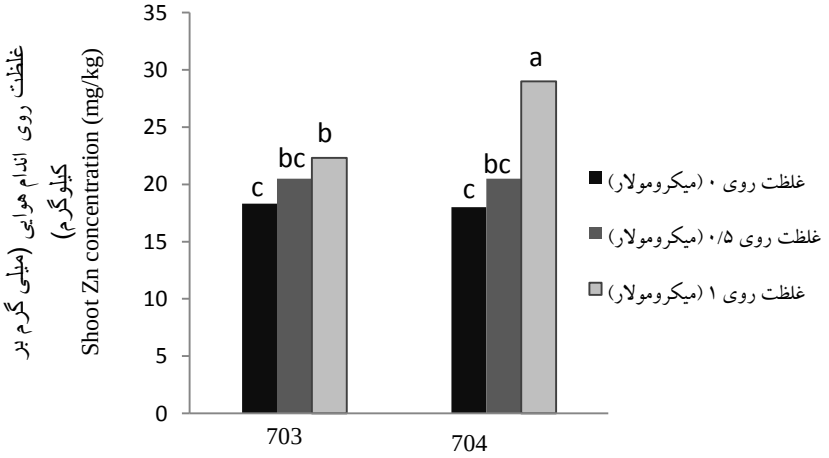
www.SID.ir

Archive of SID

جدول(۲) اثر سطوح روی بر وزن خشک ریشه و اندام هوایی (گرم در گلدان) ذرت

Table(2) Influence of zinc (Zn) levels on shoot and root dry matter yields (g pot^{-1}) of maize

ارقام ذرت (Maize genotypes)	سطوح روی (میکرو مولار) Zn levels (µm)	اندام هوایی(shoot)	ریشه (root)
کرج ۷۰۳ SC703 Karaj	0	17.6b	5.3bc
	0.5	19.3a	6b
	1	19.8a	9.6a
۷۰۴ SC704	0	14.7d	4.8c
	0.5	16.4c	9.2a
	1	19.2a	9.5a

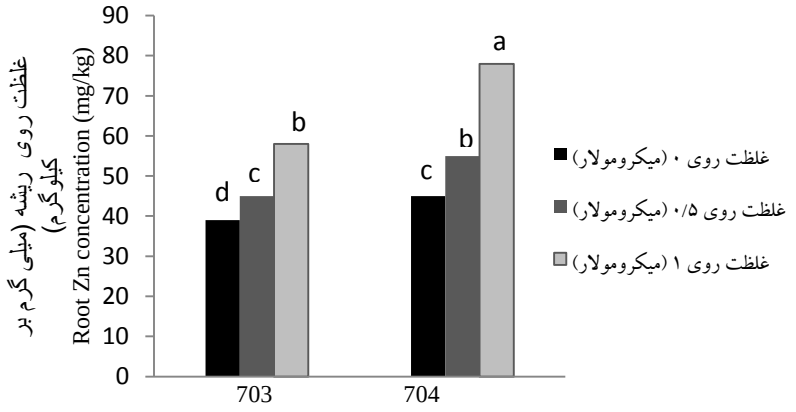


شکل(۱) اثر سطوح روی بر غلظت روی اندام هوایی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) ارقام ذرت

Figure(1) Effect of Zn levels on shoot Zn concentration (mg/kg) of maize genotypes

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۲) اثر روی بر غلظت روی در ریشه (میلی‌گرم بر کیلوگرم) ارقام ذرت
Figure(2) Effect of Zn levels on root Zn concentration (mg/kg) of maize genotypes

از بین سه نوع اسید آلی اندازه‌گیری شده، اسید مالیک بیشترین میزان ترشحات را داشت و با کاهش غلظت روی ریشه و اندام هوایی، بر مقدار ترشحات آن افزوده شد. بیشترین مقدار اسید مالیک ترشح شده از ریشه (۶/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک ریشه) در رقم ۷۰۳ و در تیمار بدون روی بود که کمترین مقدار غلظت روی ریشه و اندام هوایی را داشت. کمترین مقدار ترشح مالیک اسید نیز (۱/۹میلی‌گرم بر گرم وزن خشک ریشه) در تیمار یک میکرو مولار روی و در رقم ۷۰۴ بود که بیشترین غلظت روی ریشه و اندام هوایی و همچنین بیشترین وزن خشک ریشه و اندام هوایی را داشت (جدول ۳). با افزایش سطوح روی در محلول غذایی، ترشح اسید سیتریک از ریشه هر دو رقم ذرت کاهش معنی‌داری یافت.

اسید استیک نیز در هر دو رقم، در سطح بدون روی قابل اندازه‌گیری بود و با افزایش سطوح روی از مقدار آن کاسته شد؛ به‌طوری‌که در سطوح ۰/۵ و ۱ میکرومولار قابل اندازه‌گیری توسط دستگاه HPLC نبود (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول(۳) مقدار ترشحات اسید مالیک، سیتریک و استیک (میلی گرم بر گرم وزن خشک ریشه) از ریشه ارقام ذرت در سطوح مختلف روی
Table(3) Root exudation rate of MA, CA and AA (mg/g RDW) of maize genotypes as affected by Zn levels

ارقام ذرت (Maize genotypes)	سطوح روی (میکرو مولار) Zn levels (µm)	اسیدهای آلی (Organic acids) مالیک (Malic)	سیتریک (Citric)	استیک (Acetic)
کرج ۷۰۳ SC703 Karaj	0	6.61a	1.06e	0.66g
	0.5	4.40b	0.75g	*nd
	1	3.20c	0/52h	nd
۷۰۴ SC704	0	6a	0.9f	0.25k
	0.5	2.10d	0.45j	nd
	1	1.98de	0.2k	nd

اعداعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0.05$) نمی‌باشند
Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P<0.05$)
*غیر قابل تشخیص توسط دستگاه:nd(not detectible)

افزایش ترشح اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم در شرایط کمبود عناصر غذایی توسط پژوهشگران دیگری نیز گزارش شده است (۲۷ و۱۹و ۲۳ و ۱۸) که هنگام مواجه شدن گیاه با کمبود روی و کاهش انتقال روی از ریشه به اندام هوایی ژنهایی در گیاه فعال شده و سبب افزایش ترشحات ریشه‌ای می‌شوند (۱۹،۱۱،۲۵).

کاروالهایس و همکاران[1] (۵) با بررسی اثر کمبود عناصر فسفر، پتاسیم، نیتروژن و آهن بر روی گیاه ذرت دریافتند که در شرایط کمبود این عناصر، مقدار ترشح اسیدهای آلی افزایش یافت اما این افزایش در عناصر مختلف و اسیدهای آلی، متفاوت بود. افزایش در رهاسازی اسیدهای آلی از ریشه گیاهان تحت شرایط کمبود فسفر، پتاسیم، روی، آهن و مس نیزگزارش شده است. کمبود آهن، سبب تجمع حدود ۵ برابر اسیدهای آلی و افزایش ترشح پروتون $^{+}(H)$ بیش از ۵ تا ۱۰ برابر می‌شود (۱۸). ویدو و همکاران[2] (۳۰) و رز و همکاران[3] (۲۶) گزارش کردند که افزایش مقاوت برخی ارقام برنج به کمبود روی به دلیل ترشح اسید مالیک از ریشه است؛ درصورتی‌که گو و همکاران[4] (۱۰) بیان کردند اسید مالیک ترشح شده از ریشه برنج، تاثیر ناچیزی در افزایش مقاومت به کمبود روی دارد. این اختلاف ممکن است به دلیل تفاوت ارقام مختلف در واکنش به کمبود روی باشد.

در این پژوهش نیز، با کاهش سطوح روی در محلول غذایی، میزان ترشح هر سه اسید آلی ریشه در هر دو رقم ذرت کاهش یافت.

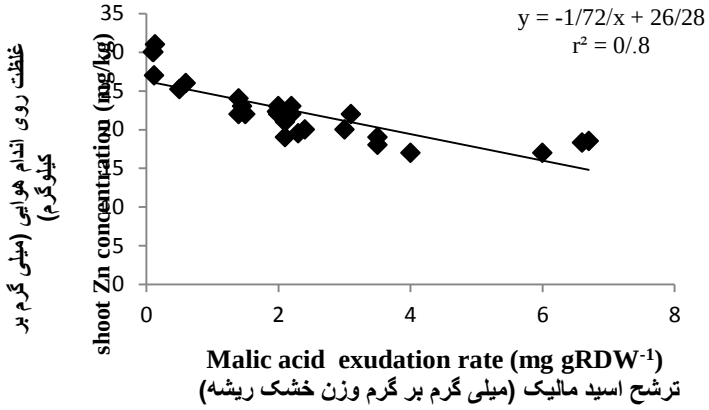
نفوذپذیری غشا ریشه ارقام ذرت

با افزایش غلظت روی در محلول غذایی، نفوذپذیری غشا ریشه کاهش یافت (شکل ۷). در هر دو رقم، بیشترین نفوذپذیری غشا ریشه، مربوط به سطح بدون روی بود که بیشترین ترشح اسیدهای آلی از ریشه را داشتند و با افزایش غلظت روی در محلول غذایی از نفوذپذیری غشا ریشه و ترشح اسیدهای آلی کاسته شد. به نظر می‌رسد که علت کاهش ترشح اسیدهای آلی در اثر افزایش غلظت روی، مربوط به کاهش نفوذپذیری غشا ریشه در اثر افزایش غلظت روی در محلول غذایی باشد؛ زیرا بیشترین غلظت روی در محلول غذایی، منجر به کمترین نفوذپذیری غشا ریشه و همچنین کمترین مقدار ترشح اسیدهای آلی شد و برعکس، بیشترین مقدار ترشح اسیدهای آلی مربوط به تیمار بدون روی بود که بیشترین نفوذپذیری غشا ریشه را داشت.

1- Carvalhais *et al.*
2- Widodo *et al.*
3- Rose *et al.*
4- Gao *et al.*

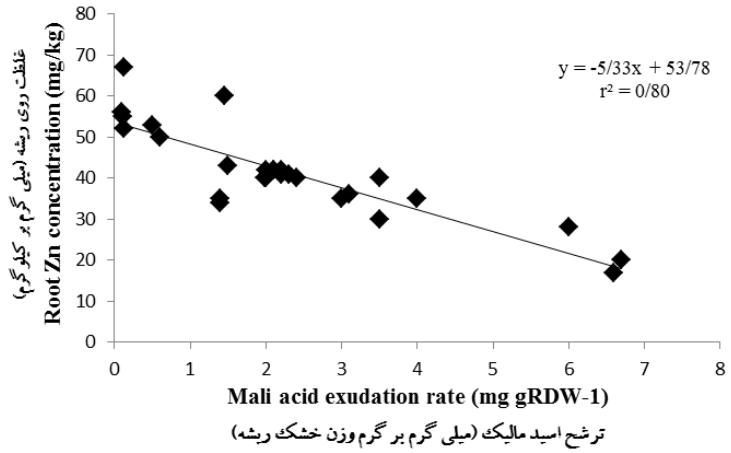
www.SID.ir

Archive of SID



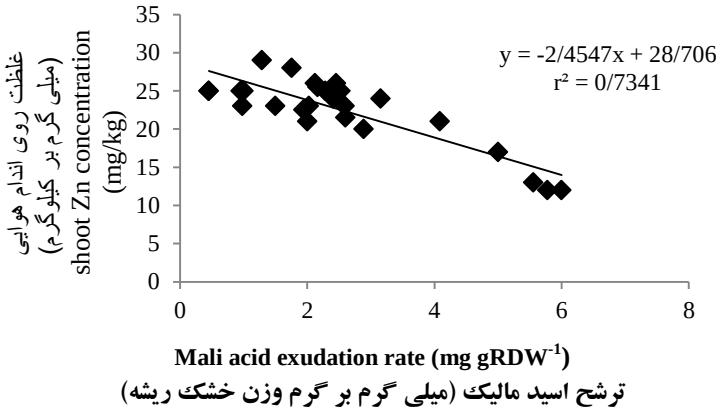
شکل(۳) همبستگی بین مقدار ترشح اسید مالیک و غلظت روی اندام هوایی رقم ۷۰۳

Figure (4) Correlation between shoot Zn concentration and Malic acid exudation rate in 703 genotype



شکل(٤) همبستگی بین مقدار ترشح اسید مالیک و غلظت روی ریشه رقم ۷۰۳

Figure (5) Correlation between root Zn concentration and Malic acid exudation rate in 703 genotype

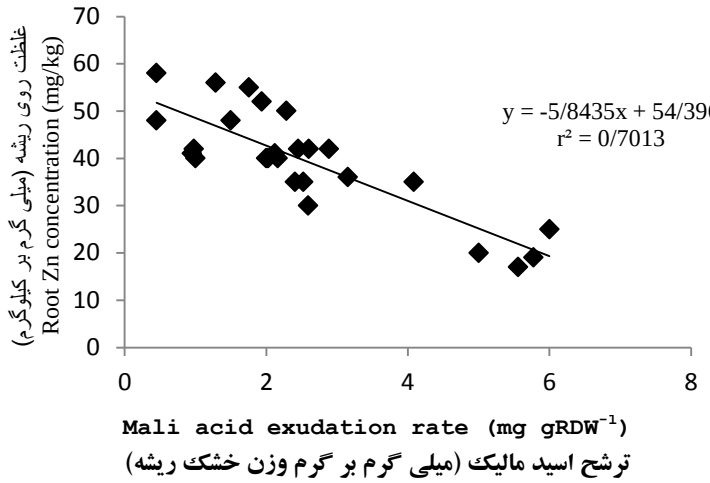


شکل(٥) همبستگی بین مقدار ترشح اسید مالیک و غلظت روی اندام هوایی رقم ۷۰٤

Figure (6) Correlation between shoot Zn concentration and MA exudation rate in 704 genotype

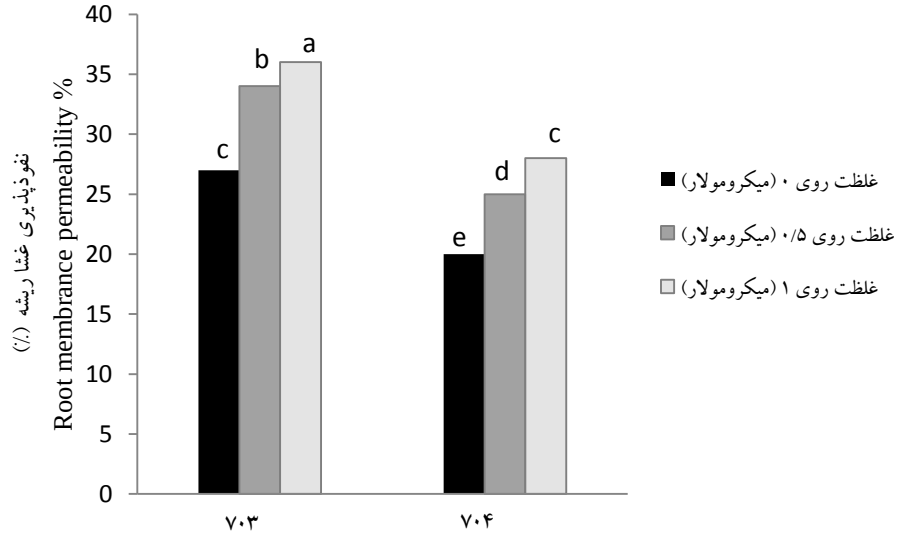
www.SID.ir

Archive of SID



شکل(٦) همبستگی بین مقدار ترشح اسید مالیک و غلظت روی ریشه رقم ۷۰٤

Figure (7) Correlation between root Zn concentration and MA exudation rate in 704 genotype



شکل(۷) تأثیر سطوح روی بر درصد نفوذپذیری غشا ریشه ارقام ذرت

Figure (8) Influence of Zn levels on Root membrane permeability

پارکر و همکاران[1] (۲۴) گزارش کردند که نفوذپذیری غشاء سلولی ریشه، تحت شرایط کمبود روی افزایش می‌یابد و این موضوع با نقش روی در غشاهای سلولی مرتبط است. در اثر کمبود عناصر غذایی، به‌ویژه روی و کلسیم، نفوذپذیری غشا ریشه افزایش می‌یابد که این امر منجربه به ترشح اسیدهای آلی بیشتری از ناحیه ریشه می‌شود (۱۷).

دانش بخش و همکاران[2] (۸) اثر کمبود روی بر نفوذپذیری غشا ریشه پنج رقم گندم را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند نفوذپذیری غشا ریشه در اثر کمبود روی افزایش می‌یابد و سبب افزایش ترشح فیتوسیدروفورها می‌شود.

ژانگ و همکاران[3] (۳۲) بیان کردند که بر اثر کمبود روی، نفوذپذیری غشا ریشه و مقدار ترشح پتاسیم، نیترات،

1- Parker *et al.*

2- Daneshbakhsh *et al.*

3- Zhang *et al.*

www.SID.ir

Archive of SID

آمینواسید و مواد فنولی افزایش می‌یابد. بین رقم ۷۰۳ و ۷۰۴ اختلاف معنی‌داری (سطح یک درصد) از نظر نفوذپذیری غشا ریشه مشاهده شد. در رقم ۷۰۳ نفوذپذیری غشا ریشه بر اثر کمبود روی به طور معنی‌داری بیش از رقم ۷۰۴ بود. مقدار ترشح اسیدهای آلی نیز در رقم ۷۰۳ بیش از رقم ۷۰۴ بود. در مجموع در رقم ۷۰۳ با کاهش غلظت روی در محلول غذایی، غلظت روی در ریشه و اندام هوایی بیش از رقم ۷۰۴ کاهش (در سطح یک درصد) نشان داد. همسو با این کاهش غلظت روی در ریشه و اندام هوایی، نفوذپذیری غشا ریشه و مقدار ترشح اسیدهای آلی افزایش یافت؛ همچنین درصد کاهش عملکرد وزن خشک اندام هوایی در اثر کمبود روی در رقم ۷۰۳، به‌طور معنی‌داری (سطح یک درصد) کمتر از رقم ۷۰۴ بود.

نتیجه‌گیری

از بین سه اسید آلی اندازه‌گیری شده، بیشترین اسید آلی ترشح شده از ریشه هر دو رقم ذرت مربوط به اسید مالیک و پس از آن اسید سیتریک و استیک بود. با افزایش غلظت روی در محلول غذایی، غلظت روی ریشه و اندام هوایی افزایش و به تبع آن نفوذپذیری غشا ریشه و ترشح اسیدهای آلی کاهش یافت. در رقم ۷۰۳، با کاهش غلظت روی در محلول غذایی، درصد افت عملکرد از رقم ۷۰۴ کمتر بود. به نظر می‌رسد افزایش ترشح اسیدهای آلی از ریشه رقم ۷۰۳، مانع از افت عملکرد اندام هوایی در اثر کمبود روی در این رقم ذرت شده‌است؛ بنابراین، شاید بتوان بیان کرد که رقم ۷۰۳ به دلیل ترشحات بیشتر اسیدهای آلی در شرایط کمبود روی، نسبت به رقم ۷۰۴ در برابر کمبود روی مقاومتر است و در این شرایط کاهش عمل کرد کمتری نشان می‌دهد.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از همه مسئولین و کارکنان محترم بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، به دلیل فراهم آوردن امکانات لازم برای انجام این پژوهش، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌شود.

منابع

1. Alva, A. K., Baugh, T. J., Paramasive, S. and Sajwan, K. S. 2005. Adsorption/desorption of a sandy soil amendment with various rates of manure, sewage sludge, and incinerated sewage sludge. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 40: 687-696.

2. Bansal, R. L., P. N. Taklear, A. l. Bhandari, and D. S. Rana. 1990. Critical levels of DTPA extractable Zn for wheat in alkaline soils of semiarid region of Punjab, India. Fertilizer Research, 21:163-166.

3. Cakmak., I. 2008. Enrichment of cereal grains with Zn. Agronomic or genetic biofortification. Plant and Soil, 302: 1-17.

4. Cakmak., I. and Marschner, H. 1988. Increase in membrane-permeability and exudation in roots of zinc deficient plants. Journal of Plant Physiology, 132: 356-361.

5. Carvalhais, L. C., Dennis, P. G, Fedoseyenko, D., Hajirezaei, M. R., Borriss, R., and Wirén, N. 2011. Root exudation of sugars, amino acids, and organic acids by maize as

www.SID.ir

Archive of SID

affected by nitrogen, phosphorus, potassium, and iron deficiency. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 174: 3–11.

6. Chen, Y. L., Guo, Y. Q., Han, S. J., Zou, C. J., Zhou, Y. M., Cheng, G. L. 2002. Effect of root derived organic acids on the activation of nutrients in the rhizosphere soil. Journal of Forest Research. (in Chinese), 13: 115–118.

7. Cristina, A. Rocha, S. Marisa, C. Almeida, R. Clara, M. Basto, P. Teresa, M. Vasconcelos S.D. 2015. Influence of season and salinity on the exudation of aliphatic low molecular weight organic acids (ALMWOAs) by Phragmites australis and Halimione portulacoides roots. Journal of Sea Research, 95: 180–187.

8. Daneshbakhsh, B., Khoshgoftarmanesh, A. M., Shariatmadari, H., and Cakmakc, H. 2013. Phytosiderophore release by wheat genotypes differing in Zn deficiency tolerance grown with Zn-free nutrient solution as affected by salinity. Plant Physiology, 170: 41– 46.

9. Degryse, F., Verma, V. K., Smolders, E. 2008. Mobilization of Cu and Zn by root exudates of dicotyledonous plants in resinbuffered solutions and in soil. Plant and Soil, 306: 69–84.

10. Gao, X., Zhang, F., andHoffland, E. 2009. Malate exudation by six aerobic rice genotypes varying in Zn uptake efficiency. Journal of Environmental Quality, 38: 2315–2321.

11. Genc, Y., Verbyla, A., Torun, A. A., Cakmak, I., Willsmore, K., Wallwork, H. and McDonald, G. K. 2009. Quantitative trait loci analysis of zinc efficiency and grain zinc concentration in wheat using whole genome average interval mapping. Plant and Soil, 314: 49–66.

12. Graham, R.D., Ascher , J.S., and Hynes, S.C.1992. Selecting zinc efficient cereal genotypes for soil of low zinc status. Plant and soil, 146: 241-250.

13. Hinsinger, P. 2001. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. Plant and Soil, 237: 173–195.

14. Hoagland. D. R., Arnon. I. R. 1938. The water culture method for growing plants without soil. University of California, Experimental Station, Circular, 347.

15. Hussain, S., Maqsood, M. A. 2011. Root zone temperature influences nutrient accumulation and use in maize. Pakistan Journal of Botany, 43: 1551−1556.

16. Jones, D. L. and Darrah, P. R. 1994. Amino-acid influx at the soil-root interface of Zea mays L. and its implications in the rhizosphere. Plant and Soil, 163: 1-12.

17. Khademi, Z., Jones, D. L. and Malakouti, M. J. 2006. Organic acids behavior in calcareous soils. PhD thesis. University of Wales, Bangor.

18. Lombnaes, B. and Singh, B. R. 2003. Varietal tolerance to zinc deficiency in wheat and barley grown in chelator buffered nutrient solution and its effect on uptake of Cu, Fe, and Mn. Journal of Plant Nutrition, 166: 76-83.

www.SID.ir

Archive of SID

19. Maqsood, M. A., Hussain, S., Aziz, T., Ashraf, M. (2011): wheat Exuded organic acids influence Zn release from calcareous soils. Pedosphere, 21(5): 657–665.

20. Marschner, H., 1998. Role of root growth, arbuscular mycorrhiza, and root exudates for the efficiency in nutrient acquisition. Field Crops Research, 56: 203-207.

21. Marschner, H., Romheld, and V., Cakmak, I. 1987. Root- induced changes of nutrient availability in the rhizosphere. Journal of Plant Nutrition, 10:1175-1184.

22. Marschner, P., Rengel, Z. 2003. Contributions of rhizosphere interactions to soil biological fertility In: Soil Biological Fertility, A key to Sustainable Land use in Agriculture. Edited by Lynette K, Abbott and Daniel V Murphy, Kluwer Academic publishers.

23. Oburger, E., Jones, D., Wenzel, W. 2011. Phosphorus saturation and pH differentially regulate the efficiency of organic acid anion-mediated P solubilization mechanisms in soil. Plant and Soil, 341: 363–382.

24. Parker, D. R., J. J. Aguilera, and D. N. Thompson. 1992. Zinc-phosphorus interactions in two cultivars of tomato (Lycopersicon esculentum L.,) grown in chelator-buffered nutrient solutions. Plant and Soil, 143:163-177.

25. Peleg, Z., Cakmak, I., Ozturk, L., Yazici, A., Jun, Y., Budak, H., Korol, A. B., Fahima, T., and Saranga, Y. 2009. Quantitative trait loci conferring grain mineral nutrient concentrations in durum wheat×wild emmer wheat RIL population. Theoretical and Applied Genetics, 19(2): 353–69.

26. Rose, M. T., Pariasca-Tanaka, J., Widodo, B., Wissuwa, M. 2011. Revisiting the role of organic acids in the bicarbonate tolerance of Zn-efficient rice genotypes. Functional Plant Biology, 38: 493–504.

27. Song, S.K. and Huang, P.M. 1988. Dynamics of potassium release from potassium bearing minerals as influenced by oxalic and citric acids. Soil Science Society of America Journal, 52:383 – 390.

28. Sun, Y.-L., Hong, S.-K., 2011. Effects of citric acid as an important component of the responses to saline and alkaline stress in the halophyte Leymus chinensis (Trin.). Plant Growth Regulation, 64: 129–139.

29. Waters, B. M., and Sankaran, R. P. 2011 Moving micronutrients from the soil to the seeds: genes and physiological processes from a biofortification perspective. Plant Science, 180(4): 562–74.

30. Widodo, B., Broadley, M. R., Rose, M. T., Frei, M., Pariasca-Tanaka, J., Yoshihashi, T., Thomson, M., Hammond, J. P., Aprile, A., and Close, T. J. 2010. Response to Zn deficiency of two rice lines with contrasting tolerance is determined by root growth maintenance and organic acid exudation rates, and not by Zn-transporter activity. New Phytologist, 186: 400–414.

www.SID.ir

Archive of SID

31. Yang, C. H. and Crowley, D. E. 2000. Rhizosphere microbial community structure in relation to root location and plant iron nutritional status. Applied and Environmental Microbiology, 66: 345-351.

32. Zhang, F., Romheld, V., and Marschner, H. 2008: Release of zinc mobilizing root exudates in different plant species as affected by zinc nutritional status. Journal of Plant Nutrition, 14: 675-686.

33. Zhou, X., Wu, F. 2012. p-Coumaric acid influenced cucumber rhizosphere soil microbial communities and the frowth of Fusarium oxysporum f.sp. cucumerinum Owen. PLoS ONE, 7(10): e48288.

www.SID.ir