مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی
جلد چهارم، شماره سوم، پاییز ۹۰
۱۰۳-۱۲۰
ejcp.gau@gmail.com

اثرات سمیت آهن بر رشد چهار رقم برنج ایرانی با تاکید بر برخی جنبه‌های بیوشیمیایی در متحمل‌ترین رقم

پویان مهربان[۱] و *احمد عبدلزاده[۲]
[۱]دانشجوی دکتری گروه زیست‌شناسی دانشگاه گلستان، [۲]دانشیار گروه زیست‌شناسی دانشگاه گلستان

چکیده

در این پژوهش اثرات سه تیمار آهن (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر روی چهار رقم برنج شامل ارقام شفق، خزر، هاشمی و صدری در شرایط گلدانی مطالعه شد. پس از شناسایی رقم شفق به‌عنوان متحمل‌ترین رقم، تغییرات برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در محیط کشت شنی و با محلول غذایی یوشیدا، بر روی این رقم و با تیمارهای ۱۰ (شاهد) و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر آهن انجام شد. این آزمایشات به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه انجام شد. نتایج آزمایشات کشت در خاک مزرعه نشان داد که در تیمارهای ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر آهن در همه ارقام، رشد رویشی به‌ویژه رشد ریشه گیاهان و مقدار آب نسبی گیاه به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت. بیشترین کاهش رشد رویشی در رقم خزر و کم‌ترین کاهش در رقم شفق بود. انباشتگی آهن در شرایط سمیت آهن نسبت به شاهد در ریشه بیشتر از بخش هوایی بود. غلظت پتاسیم در همه ارقام کاهش یافت، اما کم‌ترین میزان کاهش پتاسیم تحت تیمار سمیت آهن در رقم شفق دیده شد. نتایج آزمایشات کشت در محیط شنی در رقم شفق نشان داد که تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر آهن احتمالاً از طریق تنش اکسیداتیو مقدار کلروفیل را کاهش داده و در نتیجه با کاهش فتوسنتز مقدار پروتئین و قندهای محلول کم شد. افزایش اسیدهای آمینه کل در تیمار سمیت آهن نتیجه تجزیه و یا کاهش سنتز پروتین‌ها است.

واژه‌های کلیدی: ارقام برنج، تنش اکسیداتیو، سمیت آهن، ویژگی‌های بیوشیمیایی

*مسئول مکاتبه: ah_ah99@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

برنج گیاهی است که امروزه در تغذیه صدها میلیون انسان در سرتاسر جهان نقش داشته و کشت آن در چین و هندوستان سابقه ۷۰۰۰ ساله دارد (فائو، ۲۰۰۵). گیاه برنج برای رشد و بقا به برخی از عناصر فلزی به مقادیر کم نیاز دارد، اما مقادیر زیاد آن ممکن است با ایجاد سمیت سبب کاهش رشد و نمو و حتی خشکیدگی شود. آهن چهارمین عنصر فراوان بعد از اکسیژن، سیلیکون و آلومینیوم در پوسته زمین است (بیکر و اش، ۲۰۰۵). حداکثر جذب آهن از خاک در محدوده اسیدیته ۵/۵ تا ٦/۵ است و اسیدی شدن خاک آهن در دسترس را افزایش می‌دهد. سمیت آهن ممکن است در محدوده وسیعی از خاک‌ها اتفاق بیافتد. از خصوصیات این گونه خاک‌ها داشتن مقادیر بالایی آهن احیا شده و اسیدیته پایین می‌باشد (مانش و اتو، ۱۹۸۰) و ممکن است همراه با کمبود روی و فسفر و سمیت سولفید هیدروژن باشد (کرک، ۱۹۹۵). عامل بسیار مهم در سمیت آهن وجود شرایط غرقابی است که حالت غیر هوازی برای خاک بوجود می‌آورد. از آنجایی که انتشار اکسیژن در خاک بیشتر از آب یا خاک اشباع از آب می‌باشد، اکسیژن موجود در خاک سریعاً به وسیله تنفس میکروارگانیسم‌های خاک و ریشه گیاه در خاک اشباع مصرف می‌شود. با مصرف اکسیژن، NO_3^-، SO_4^{2-}، Fe^{3+} و Mn^{4+} می‌توانند به عنوان پذیرنده الکترون برای تنفس میکروبی عمل کنند و به صورت مداوم در زمین‌های غرقاب برنج احیا می‌شوند. اکسیژن و نیترات در همان ساعات و یا روز اول غرقابی مصرف می‌شوند و بعد از این، احیا Mn^{4+} سریعاً اتفاق می‌افتد. چند روز بعد از شرایط غرقابی زمانی که پتانسیل کاهش به کمتر از ۱۵۰-۱۸۰ می رسد احیا Fe^{3+} آغاز می‌شود (پاتریک و ردی، ۱۹۷۸).

سمیت آهن یکی از عوامل محدود کننده اصلی تولید برنج در زمین‌های جلگه‌ای می‌باشد (درلودت، ۲۰۰۵). غلظت بحرانی سمیت آهن به کل مواد تغذیه‌ای گیاه بستگی دارد. اگر چه آهن یکی از عناصر ضروری زندگی گیاه می‌باشد اما فراوانی آن در بافت‌های گیاهی با بالا رفتن واکنش‌های فنتون که منجر به تولید مقادیر بالایی از رادیکال سمی هیدروکسیل و دیگر اشکال اکسیژن آزاد می‌شود همراه است (کامپفنگل و ون موتاگو، ۱۹۹۵). بروز سمیت آهن در برنج به جذب مقادیر بالای Fe^{2+} توسط ریشه و انتقال آن از طریق آوند چوبی به بخش هوایی بستگی دارد. در داخل برگ مقادیر اضافی Fe^{2+} سبب افزایش رادیکال‌های آزاد می‌شود که به طور برگشت ناپذیری به ساختارهای سلولی آسیب می‌رسانند و در نهایت باعث افزایش مقدار اتیلن در برگ می‌شود (یاماوچی و پنگ، ۱۹۹۵). ساهراوات (۲۰۰٤) گزارش نموده است که مقدار آهنی که در محیط کشت برنج باعث سمیت می‌شود

www.SID.ir

از کمتر از ۱۰ میلی‌گرم در هر لیتر تا بیش از ۵۰۰ میلی‌گرم در هر لیتر متغیر است. مقاومت ارقام مختلف، غلظت دیگر عناصر معدنی، دما، تابش خورشید در حد بحرانی سمیت آهن تاثیرگذار است. علائم مشخص سمیت آهن با فرآیندهای تولید رادیکال‌های آزاد، اکسیدشدن کلروفیل و به خصوص تجمع پلی‌فنل‌های اکسید شده مرتبط می‌باشد. این نشانه‌ها معمولاً می‌توانند در مراحل مختلف رشد مانند جوانه‌زنی، رشد رویشی و حتی در مرحله زایشی در برنج بروز کنند (بیکر و اش، ۲۰۰٤). نشانه‌های مشخص سمیت آهن معمولاً به‌صورت لکه‌های قهوه‌ای ریزی است که از نوک برگ به طرف پایه برگ‌ها گسترش پیدا می‌کند و در نهایت منجر به خشک شدن آن می‌شود. به علاوه در سمیت آهن ریشه کم، کوتاه، کلفت و خشن می‌شود (ساهراوات، ۲۰۰٤؛ بیکر و اش، ۲۰۰٤). کم شدن محصول مرتبط با سمیت آهن از ۱۲ تا ۳۵ درصد گزارش شده است (ساهراوات، ۲۰۰٤). اگرچه سمیت در جوانه‌زنی و یا مراحل ابتدایی رویش می‌تواند شدیداً بر رشد تاثیرگذار باشد و در نتیجه محصول کاملاً از بین برود. در بعضی مواقع نیز کاهش محصول تا ۳۰ درصد بدون آنکه نشانه‌های برگی دیده شود.

با توجه به اهمیت کشت برنج در کشور و اینکه احتمالاً مطالعات اندکی در ارتباط با سمیت آهن بر روی ارقام ایرانی صورت گرفته شده است، هدف از این پژوهش بررسی میزان تحمل سمیت آهن در چهار رقم برنج ایرانی (صدری، هاشمی، شفق و خزر) بر اساس تغییرات رشد و انباشتگی آهن در سطوح زیاد آهن بود. به‌علاوه برای ارزیابی اثرات سمیت در متحمل‌ترین رقم (شفق) تغییرات برخی صفات فیزیولوژیک در این رقم ارزیابی گردید.

مواد و روش‌ها

شرایط کشت گلدانی برنج در خاک: بذرهای برنج با هیپوکلریت سدیم ۲/۵ درصد استریل و سپس برای جوانه‌زنی در داخل کاغذ صافی نم‌دار به مدت ٤۸ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در مکانی تاریک نگهداری شد. بعد از جوانه زدن گیاهان در گلدان‌های پر شده از خاک مزرعه (به ابعاد ۱۳× ۱۰× ۱۵)، گلدان‌ها به گلخانه انتقال داده شده و برای غرقآب کردن گیاهان در داخل تشت‌های پر از آب قرار گرفتند. نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ آمده است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در ۵ تکرار طراحی شد. عامل اول آهن، در ۳ سطح صفر (شاهد)، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود که و از آهن پروسل ٦/۵ درصد (FeEDDHA ٦/۵%) استفاده شد. عامل

www.SID.ir

دوم، ارقام برنج شامل ارقامی صدری، هاشمی، شفق و خزر بود که از مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) تهیه شده بود. میانگین دمای گلخانه در طی دوره رشد ٢٦ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی آن ٧٠ درجه بود. گیاهان به‌مدت ١٥ روز (تا مرحله ٣ برگی)، در شرایط غرقابی و بدون کاربرد آهن رشد کردند. گیاهان از روز پانزدهم و به‌مدت چهار هفته در معرض غلظت‌های مختلف آهن قرار گرفتند. آهن به صورت محلول در آب به گلدان‌ها اضافه شد. گیاهان بعد از گذشت ٤٥ روز برداشت شده و وزن تر و خشک و میزان آهن و پتاسیم در ریشه و بخش هوایی آنها اندازه‌گیری شد.

جدول ١- ارزیابی مقدار برخی عناصر و ویژگی‌های خاک مزرعه.

فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس	کربن‌آلی	اسیدیته	هدایت‌الکتریکی	بافت خاک
		(میلی گرم در کیلوگرم)				(درصد)		(دسی زیمنس بر متر)	
١٤	٢٢٥	١٤	٩	١	١/٥	١/٢٤	٧/٦	١/٢-١	سیلتی لومی

شرایط کشت در شن با شرایط غرقاب: به‌منظور ارزیابی اثرات سمیت غلظت‌های آهن در متحل‌ترین رقم مشاهده شده (شفق) در شرایط کشت در خاک، این رقم در محیط شنی در گلخانه کاشته شد. بذور آماده شده مطابق روش کشت در خاک به محیط کشت شنی با شرایط غرقآب انتقال داده شدند. محلول غذایی مورد استفاده برای کشت محلول یوشیدا (١٩٧٦) بود که براساس تیمارهای آهن تعدیل شد. تیمارهای آهن شامل دو سطح ١٠ (شاهد) و ٢٥٠ میلی‌گرم در لیتر آهن بود. محلول کشت هر هفته تعویض شده و اسیدیته محلول نیز هر روز روی ٠/٢±٦ تنظیم شد. میانگین دمای گلخانه در طی دوره آزمایش ٢٨ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی آن ٦٥ درصد بود. تیمارهای آهن از روز پانزدهم (مرحله ٣ برگی) و به‌مدت چهار هفته به محلول غذایی اضافه شد. گیاهان بعد از گذشت ٤٥ روز برداشت شده و وزن تر و خشک، مقدار آهن در ریشه و بخش هوایی و قندهای محلول، پروتئین‌های محلول، اسیدهای آمینه کل و کلروفیل در بخش هوایی آنها اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری مقدار آهن و پتاسیم: برای استخراج عناصر آهن و پتاسیم مقدار ٠/٠٥ گرم از وزن خشک بخش هوایی و ٠/١ گرم از وزن خشک ریشه گیاهان پودر شده به‌منظور حذف ترکیبات آلی در داخل کوره در دمای ٥٧٥ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤ ساعت سوزانده شد. خاکستر به‌دست آمده در ١ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ٦ نرمال محلول شده و به‌مدت ١ شبانه‌روز به حالت سکون رها شد.

www.SID.ir

اندازه‌گیری مقدار پتاسیم بوسیله دستگاه طیف‌سنج نشر شعله‌ای JENWAY انجام گرفت. برای اندازه‌گیری مقدار آهن از دستگاه ICP[1] مدل GBC (SDS-270) استفاده شد.

اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی: اندازه‌گیری پروتئین‌های محلول کل به روش برادفورد (۱۹۷٦) در طول موج ۵۹۵ نانومتر و به وسیله دستگاه طیف‌سنج نوری (UV-160 Shimidzo) انجام شد. برای رسم منحنی استاندارد از سرم آلبومین استفاده شد. استخراج قندها و اسیدهای آمینه با روش اوموکولو (۱۹۹٦) انجام شد. برای اندازه‌گیری اسیدهای آمینه کل از معرف ناین‌هیدرین و روش یم و کوکینگ (۱۹۷٦) استفاده شد. محلول ناین‌هیدرین از مخلوط کردن ناین‌هیدرین ۱ درصد با سیانید پتاسیم ۰/۰٦ درصد در ۱۰۰ میلی‌لیتر استون به دست آمد. برای این منظور از دستگاه طیف‌سنج نوری و در طول موج ۵۷۰ نانومتر و برای رسم منحنی استاندارد گلیسین مورد استفاده قرار گرفت. اندازه‌گیری مقدار قندها بوسیله معرف انترون و با استفاده از روش مک‌ردی (۱۹۵۰) انجام شد. برای ساخت محلول انترون مقدار ۱۵۰ میلی‌گرم انترون در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک رقیق حل شد. اندازه‌گیری قندهای محلول با استفاده از روش اسپکتروفتومتری و در طول موج ٦۲۰ نانومتر صورت گرفت. اندازه‌گیری کلروفیل با استفاده از روش آرنون (۱۹٤۹) انجام شد.

محاسبه داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل انجام شد. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و تجزیه واریانس توسط برنامه آماری SAS صورت گرفت.

نتایج

کشت گلدانی برنج در خاک و انتخاب رقم متحمل به تنش آهن: بر اساس مشاهدات نظری سمیت آهن در غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم آهن در محلول خاک غرقاب موجب بروز لکه‌های خشکیده قهوه‌ای رنگ شد که از نوک و حاشیه برگ‌های مسن آغاز شده و به کل برگ گسترش یافت. جدول تجزیه واریانس صفات رشد و محتوای آهن و پتاسیم تحت تاثیر تیمارهای آهن بر روی ارقام برنج در کشت خاک (جدول ۲) نشان داد که اثر آهن در سطح احتمال ۱ درصد بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. اثر نوع رقم و همچنین تاثیر متقابل مقدار آهن و نوع رقم نیز بر کلیه صفات به جز مقدار آهن و پتاسیم ریشه معنی‌دار داشت. نتایج، اختلاف میانگین کشت ارقام مختلف گیاه برنج در محیط

1- Inductively Coupled Plasma

www.SID.ir

خاک با استفاده از آزمون LSD نشان داد، با اینکه در تیمار شاهد میزان وزن بخش هوایی رقم صدری نسبت به دیگر ارقام بررسی شده بالاتر است، اما در تیمار ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر آهن، وزن بخش هوایی رقم شفق در سطح ۵ درصد به طور معنی‌داری بالاتر است (جدول ۳). بیشترین تاثیر تنش ناشی از غلظت زیاد آهن در بخش هوایی بر روی رقم خزر و کم‌ترین تغییرات بر روی رقم شفق دیده شد (جدول ۳).

غلظت‌های بالای آهن کاهش شدید وزن ریشه ارقام برنج را سبب شد، طوری که در تیمارهای ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر آهن در همه ارقام به طور معنی‌داری کاهش حجم ریشه نسبت به شرایط شاهد دیده شد (شکل ۱-الف). در وزن خشک بخش هوایی ارقام مختلف در تیمار شاهد تفاوتی دیده نشد، اما افزایش تیمار آهن باعث کم شدن وزن بخش هوایی شد که این تغییرات در رقم شفق نسبت به دیگر ارقام به‌طور معنی‌داری کمتر بود (جدول ۳). کمترین میزان وزن خشک بخش هوایی در ارقام خزر و هاشمی که دارای تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر آهن بودند دیده می‌شود. با اینکه در تیمارهای ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم آهن بر روی وزن تر بخش ریشه‌ای همه ارقام برنج تفاوت معنی‌داری دیده نمی‌شد، اما مقایسه اختلاف میانگین وزن خشک ریشه ارقام متفاوت از آن بود (جدول ۳).

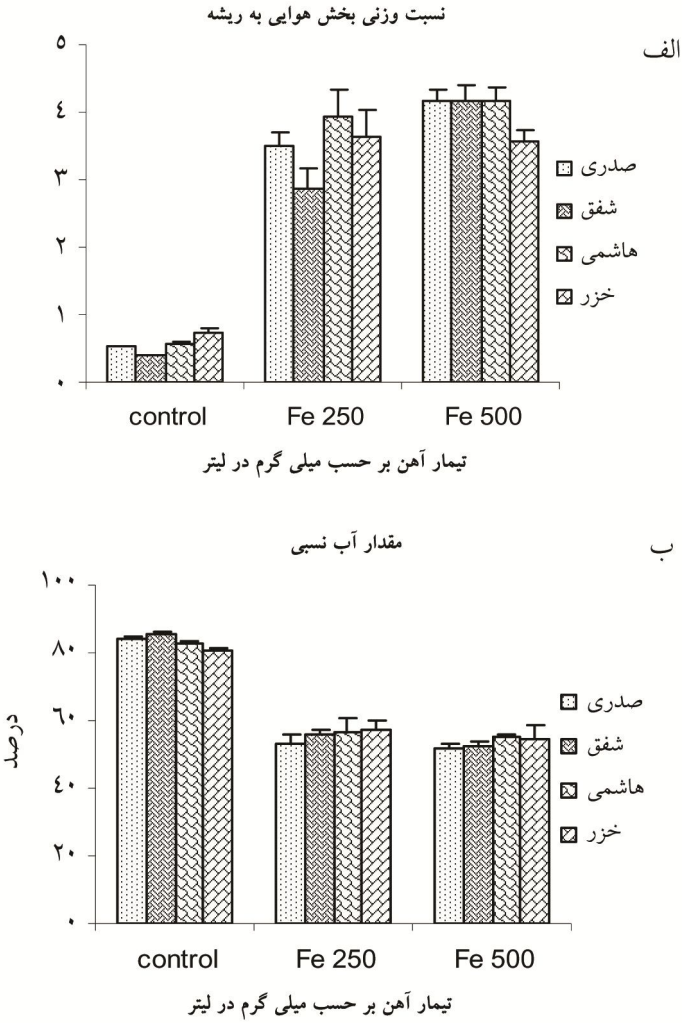
جدول ۲- میانگین مربعات برخی از صفات رشد به همراه مقدار آهن و پتاسیم تحت تیمارهای آهن بر روی ارقام برنج.

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر بخش‌هوایی	وزن‌تر ریشه	وزن‌خشک بخش‌هوایی	وزن‌خشک ریشه	آهن‌بخش هوایی	آهن ریشه	پتاسیم‌بخش هوایی	پتاسیم ریشه
آهن	۲	۵۰۸/۰۱**	۴۰۳۱/۲**	۱۳/۰۳**	۲۹/۵۶**	۶۰/۱۸۸**	۶۶/۶۸**	۱۸۴/۱۸**	۳۶۴/۳**
رقم ها	۳	۱۸/۰۵**	۷۴/۷**	۱/۴۴**	۳/۲**	۴/۵۴*	۲/۴۱*	۱۳/۷۸*	۴۴/۰۵*
آهن×رقم	۶	۱۲/۴۴**	۵۵/۶**	۰/۴۳*	۰/۹۴*	۴/۱۶*	۳/۴۸^{ns}	۲۵/۲*	۱۵/۷^{ns}
خطا	۴۵	۱/۲	۳/۳	۰/۰۶	۰/۱۷	۱/۲۳	۳/۲۳	۳/۱۸	۸/۱۹
کل	۵۹								

(**و *: در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد، ns : غیرمعنی‌دار)

ارقام خزر و هاشمی دارای کم‌ترین و رقم شفق دارای بیشترین مقدار وزن خشک نسبت به ارقام دیگر (صدری) بودند (جدول ۳). نسبت وزنی بخش هوایی به‌ریشه با افزایش مقدار آهن تا ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت که تقریباً در همه تیمارها یکسان بود (شکل ۱- الف). همچنین درصد آب نسبی با افزایش مقدار آهن در خاک کاهش معنی‌داری را نشان داد که این تغییرات در ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۱).

www.SID.ir



شکل ۱- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف آهن پروسل ٦/۵ درصد؛ الف) نسبت وزنی بخش هوایی به ریشه ب) درصد آب نسبی

www.SID.ir

جدول ٣- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آهن بر روی وزن تر بخش هوایی، وزن‌تر ریشه، وزن خشک بخش هوایی، وزن خشک ریشه، وزن‌تر کل و وزن خشک کل در ارقام مختلف برنج.

صفات	ارقام	سطوح تیمار آهن (میلی‌گرم در لیتر)			
		شاهد	٢٥٠	٥٠٠	میانگین
وزن تر بخش هوایی	صدری	١٥/٥٢±١/٠٢	٦/١٠±٠/٥٤	٤/٩٨±٠/٣٩	٨/٨٧±٠/٦٥
(گرم)	شفق	١٢/٨٧±٠/٢٩	٨/٣٨±٠/٥٢	٧/٤٢±٠/٢٩	٩/٥٦±٠/٣٦
	هاشمی	١٤/٩٢±٠/٧٠	٦/٣٩±٠/٢٣	٣/٤١±٠/٢٠	٨/٢٤±٠/٣٧
	خزر	١٣/٦٣±٠/٥٠	٤/٢٦±٠/٢٢	٢/٥٤±٠/١٢	٦/٨١±٠/٢٨
	میانگین	١٤/٢٣±٠/٦٢	٦/٣٨±٠/٣٧	٤/٥٦±٠/٢٥	
وزن تر ریشه	صدری	٢٩/٠١±١/٤٦	١/٧٧±٠/٢٢	١/٢١±٠/١٣	١٠/٦٦±٠/٦
(گرم)	شفق	٣٢/٥٦±١/٦٥	٣/٠٩±٠/٤١	١/٨٠±٠/١٤	١٢/٤٨±٠/٧
	هاشمی	٢٦/٠٠±٠/٩٥	١/٧١±٠/٢٢	٠/٨٣±٠/٠٦	٩/٥١±٠/٤١
	خزر	١٨/٣٩±١/٢٤	١/٢٢±٠/١٤	٠/٧١±٠/٠٣	٦/٧٧±٠/٤٧
	میانگین	٢٦/٤٩±١/٣٢	١/٩٨±٠/٢٤	١/١٣±٠/٠٩	
وزن خشک بخش‌هوایی	صدری	٢/٧٥±٠/١٣	١/٤٤±٠/١٠	١/١٥±٠/١٢	١/٧٨±٠/١١
(گرم)	شفق	٢/٥٨±٠/١٢	٢/٠٣±٠/١٤	١/٧٢±٠/٠٥	٢/١١±٠/١
	هاشمی	٢/٧٧±٠/١٣	١/٣٨±٠/١٧	٠/٧٦±٠/٠٤	١/٦٤±٠/١١
	خزر	٢/٤٧±٠/٠٩	٠/٩٢±٠/٠٥	٠/٥٧±٠/٠٧	١/٣٢±٠/٠٧
	میانگین	٢/٦٤±٠/١١	١/٤٦±٠/١١	١/٠٤±٠/٠٧	
وزن خشک ریشه	صدری	٤/٢٥±٠/٢٧	٢/٢٢±٠/١٧	١/٨٣±٠/١٧	٢/٧٧٢±٠/٢
(گرم)	شفق	٣/٩٣±٠/٢١	٣/٠٠±٠/٢٣	٢/٦٣±٠/٠٨	٣/١٨±٠/١٧
	هاشمی	٤/٢٦±٠/٢٥	٢/١٩±٠/٢٨	١/١٤±٠/٠٣	٢/٥٣±٠/١٨
	خزر	٣/٦٧±٠/١١	١/٤١±٠/٠٩	٠/٩٣±٠/١٣	٢/٠١±٠/١١
	میانگین	٤/٠٢±٠/٢١	٢/٢٤±٠/١٩	١/٦٢±٠/١	
وزن تر کل	صدری	٤٤/٥٣±٢/٤٥	٧/٨٨±٠/٧٥	٦/١٩±٠/٥١	١٩/٥٣±١/٢٣
(گرم)	شفق	٤٥/٤٣±١/٨٥	١١/٤٧±٠/٨٢	٩/٢٣±٠/٤٢	٢٢/٠٤±١/٠٣
	هاشمی	٤٠/٩٣±١/٣٧	٨/١٠±٠/٤٠	٤/٢٤±٠/٢٥	١٧/٧٥±٠/٦٧
	خزر	٣٢/٠٢±١/٦١	٥/٤٨±٠/٣٢	٣/٢٥±٠/١٣	١٣/٥٨±٠/٦٨
	میانگین	٤٠/٧٢±١/٨٢	٨/٣٧±٠/٥٧	٥/٧±٠/٣٢	
وزن خشک کل	صدری	٧/٠٠±٠/٤٣	٣/٦٧±٠/٢٧	٢/٩٨±٠/٢٨	٤/٥٥±٠/٣٢
(گرم)	شفق	٦/٥١±٠/٣٣	٥/٠٢±٠/٣٦	٤/٣٦±٠/١٣	٥/٢٩±٠/٢٧
	هاشمی	٧/٠٣±٠/٣٨	٣/٥٧±٠/٤٥	١/٩٠±٠/٠٧	٤/١٧±٠/٣
	خزر	٦/١٤±٠/٢٠	٢/٣٣±٠/١٤	١/٥٠±٠/٢٠	٣/٣٣±٠/٢١
	میانگین	٦/٦٧±٠/٣٣	٣/٧١±٠/٣٠	٢/٦٧±٠/١٧	

* ± خطای استاندارد با ٥ تکرار. میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ٥٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

تجمع آهن در بخش هوایی بسیار کمتر از بخش ریشه‌ای بود (شکل ۲). در تیمار شاهد مقدار آهن بخش هوایی ارقام مختلف با یکدیگر تفاوت معنی‌داری را نشان نداد، اما با افزایش غلظت تیمار آهن تا ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری غلظت آهن بخش هوایی نسبت به شاهد افزایش یافت. هر چند این افزایش در ارقام تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر رقم هاشمی دارای بیشترین مقدار آهن و رقم صدری دارای کمترین مقدار آهن در بخش هوایی بود. مقدار آهن رقم خزر در ریشه هم در تیمار شاهد و هم در تیمارهای آهن نسبت به ارقام دیگر بالاتر بود (شکل ۲). در تیمار شاهد کم‌ترین تجمع آهن در ریشه رقم شفق دیده شد. با افزایش غلظت آهن به ویژه در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیز رقم شفق دارای کم‌ترین تجمع آهن در ریشه بود (شکل ۲).

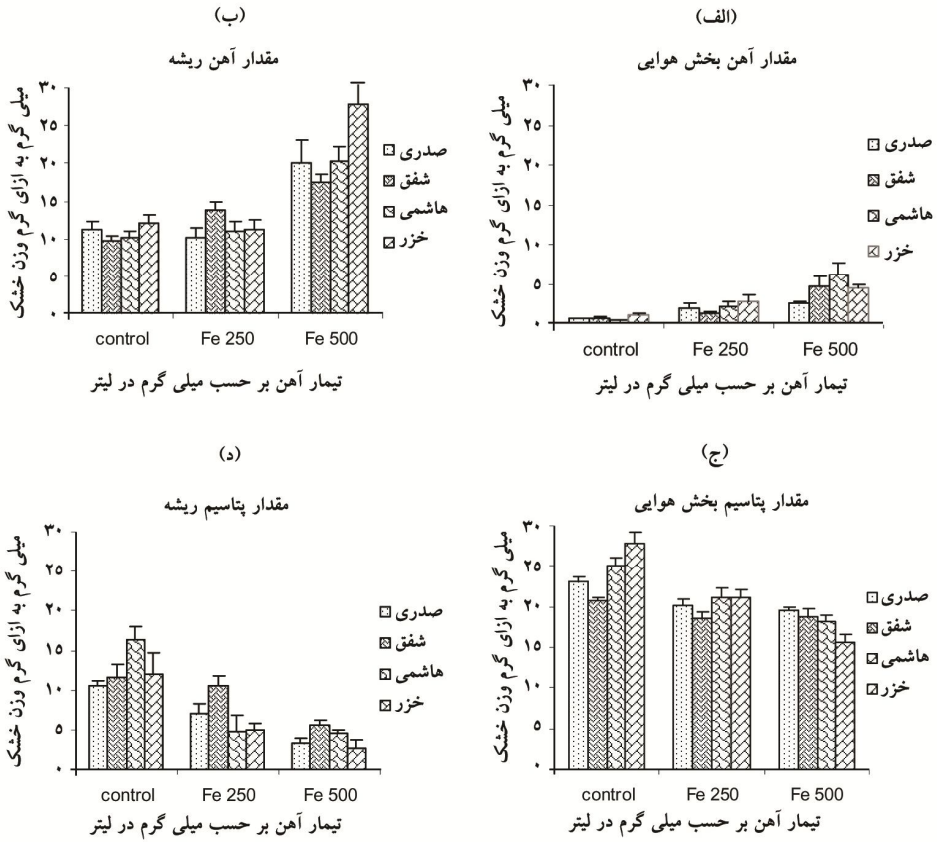
تجزیه آماری مقدار پتاسیم در ارقام مختلف گیاه برنج نشان می‌دهد که بخش‌بندی پتاسیم در بخش‌هوایی بیشتر از بخش ریشه بود (شکل ۲-ج و ۲-د). در تیمار شاهد محتوای پتاسیم بخش هوایی رقم خزر به‌طور معنی‌داری از همه بالاتر بود. با افزایش تیمار آهن از مقدار پتاسیم بخش هوایی کاسته شد (شکل۲-د) که این تغییرات در بخش ریشه‌ای نسبت به بخش هوایی مشهودتر بود (شکل۲-ج). غلظت پتاسیم بخش ریشه‌ای ارقام هاشمی و خزر از همه بالاتر بود، اما با افزایش تیمار آهن تا ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری از غلظت پتاسیم بخش ریشه‌ای این ارقام کاسته شد. کاهش غلظت پتاسیم ناشی از سمیت آهن در رقم شفق کمتر بود. در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر ریشه رقم خزر نسبت به ارقام دیگر دارای مقدار پتاسیم کمتری بود (شکل ۲- ج).

کشت برنج در محیط شنی و بررسی صفات بیوشیمیایی: با توجه نتایج آزمایش کشت خاک، رقم شفق به عنوان متحمل‌ترین رقم در محیط شنی کشت شد. مقایسه میانگین تغییرات صفات بیوشیمیایی تحت تیمارهای آهن نشان داد که تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر آهن سبب کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک اندام هوایی شده است (جدول ٤).

همچنین این تیمار باعث افزایش غلظت آهن در گیاه شد. این افزایش در ریشه نسبت به بخش هوایی چشم‌گیرتر بود، به‌طوری که غلظت آهن ریشه در تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر آهن در حدود دو برابر بخش هوایی بود. مقدار پروتئین‌های محلول کل در بخش هوایی گیاهان تحت تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر آهن به کمتر از نصف کاهش یافت. بر عکس تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش معنی‌دار مقدار اسیدهای آمینه کل را سبب شد. به‌طوری که در تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر آهن مقدار اسیدهای آمینه در بخش هوایی نسبت به تیمار ۱۰ میلی‌گرم در

www.SID.ir

لیتر بیش از دو برابر افزایش پیدا کرد. همچنین سمیت آهن در تیمار۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر آهن باعث کاهش معنی‌دار مقدار قندهای محلول و کلروفیل کل شد (جدول ٤).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف آهن بر روی الف) مقدار آهن ریشه ب) مقدار آهن بخش هوایی ج) مقدار پتاسیم ریشه د) مقدار پتاسیم بخش هوایی.

www.SID.ir

جدول ٤- مقایسه اختلاف میانگین اثر تیمارهای آهن بر برخی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بخش هوایی رقم شفق در کشت شنی

تیمار آهن	صفات	وزن تر کل (گرم)	وزن خشک کل (گرم)	آهن بخش هوایی (میلی گرم در وزن خشک)	آهن ریشه (میلی گرم در وزن خشک)	پروتئین (میلی گرم در وزن تر)	قندهای محلول (میلی گرم در وزن تر)	اسیدهای آمینه (میکرومول در وزن تر)	کلروفیل کل (میلی گرم در وزن تر)
۱۰میلی گرم در لیتر		۱۱/۲۵±۰/۶۲	۱/۵۸±۰/۱۱	۱/۰۷±۰/۲۱	۱/۱±۰/۱۷	۳٤/۷۷±۳/٦٤	۹/۱۷±۳	۰/۰۹۳±۰/۰٤	۵/۰٦±۰/۳۳
۲۵۰میلی گرم در لیتر		۵/۸٤±۰/۳۷	۱/۰۷±۰/۰۸	۲/۷۵±۰/۳٤	٤/۸۵±۰/۳۸	۱۳/۲۰±۱/۸٦	۵/۷۸±۱/۰٦	۰/۲٦۷±۰/۰۲	۲/۷٦±۰/۳۱

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به نتایج به‌دست آمده بهترین شرایط رشد در هر چهار رقم در محیط کشت شاهد حاصل شده است (جدول ۳). با افزایش غلظت آهن تا ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در خاک از رشد بخش هوایی به شدت کاسته شد و علائم سمیت آهن در گیاهان مشاهده گردید (جدول ۲). بر طبق تحقیقات کامپفنگل و ون موتاگو (۱۹۹۵) و همچنین میتوفر و همکاران (۲۰۰٤) تحت شرایط سمیت آهن مقدار واکنش‌های فنتون و هابروایس که باعث تبدیل رادیکال‌های آزاد غیر فعال به فعال می‌شود در گیاه بالا می‌رود. با بالا رفتن رادیکال آزاد فعال و تاثیر آن بر فعالیت‌های زیستی گیاه، کاهش رشد با کاهش وزن ریشه و مقدار زیست توده گیاه آغاز و در ادامه باعث ایجاد لکه‌های قهوه‌ای و خشکیدگی برگ‌ها می‌شود (ساهراوات، ۲۰۰٤). با افزایش مقدار آهن تا ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به شدت از وزن ریشه کاسته می‌شود (جدول ۳) به‌طوری که مقدار وزن ریشه گیاه در سه رقم صدری، هاشمی و خزر به کمتر از نصف مقدار وزن ریشه این ارقام در گیاهان شاهد رسید. همچنین کاهش نسبت وزنی بخش هوایی به ریشه (شکل ۱-الف) نشان دهنده اثرات بیشتر سمیت آهن در ریشه نسبت به بخش هوایی می‌باشد. افزایش غلظت آهن تا ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش معنی‌دار آب نسبی در کل گیاه شد (شکل ۱-ب). نتایج درلودت و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که افزایش مقدار آهن تا ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش معنی‌دار آب نسبی نسبت به شرایط گیاهان شاهد در ارقام مورد آزمایش شد. اما بین ارقام مورد آزمایش تغییراتی دیده نشد. همچنین طبق گزارشات نگوین و همکاران (۲۰۰۵)، تنش اکسیداتیو ناشی از تجمع یون‌های روی و مس در گیاه برنج باعث کاهش معنی‌دار مقدار آب نسبی شد. به نظر می‌رسد کاهش آب نسبی نشان دهنده کاهش جذب آب و صعود شیره خام در گیاه برای مقابله با بالا رفتن سمیت آهن باشد. با بالا رفتن مقدار آهن در محیط مقدار آهن هم در ریشه و هم در بخش هوایی به طور معنی‌داری افزایش می یابد (شکل ۲-الف و ب). تخصیص آهن در ریشه بسیار بیشتر از بخش هوایی می باشد (بیش از ۵ برابر). این تفاوت نشان دهنده راهکارهای دفاعی گیاه در برابر ورود آهن به بخش‌های هوایی می‌باشد (بیکر و اش، ۲۰۰۵). وضعیت فیزیولوژیک رشد گیاه برنج تحت شرایط غرقابی توانایی گیاه را برای مقاومت به غلظت‌های بالای آهن تغییر می‌دهد. تادانو (۱۹۷۸) پیشنهاد کرد که از سه مسیر ریشه‌های برنج در خنثی کردن سمیت آهن نقش دارد:

۱- اکسید شدن آهن در ریزوسفر که به نگهداری غلظت‌های پایین آهن در محیط کشت کمک می‌کند.

۲- قدرت دفع آهن ریشه که باعث تراوش آهن از ریشه و ممانعت از ورود آن به داخل بخش هوایی

www.SID.ir

می‌شود. ۳- قدرت انباشتگی آهن در ریشه که آهن در بافت ریشه نگهداری می‌شود و باعث کاهش انتقال آن به بخش هوایی می‌گردد.

همچنین این شرایط باعث اکسید شدن آهن Fe^{2+} به Fe^{3+} در محلول خاک می‌شود که به نظر می‌رسد در سطح ریشه رسوب پیدا کند. فرایند اکسید شدن آهن نسبت به احیاء آهن در محیط ریشه در بعضی از ارقام برنج (رقم برنج هندی) غالب‌تر است و به طور قابل توجهی تجمع Fe^{3+} و تشکیل پلاک های آهن در سطح ریشه برنج دیده می‌شود (فردریش، ۲۰۰۳). قدرت اکسیداسیون ریشه در منطقه رشد و طویل شدن نسبت به بخش بالایی آن بیشتر است. برای اینکه سمیت آهن اتفاق بیافتد Fe^{2+} باید قبل از جذب توسط ریشه از مانع اکسیداسیون ریزوسفر عبور کند. اگر Fe^{2+} قادر باشد از مانع اکسیداتیو عبور کند به‌داخل ریشه نفوذ می‌کند ولی بخشی از آن در ریشه باقی می‌ماند و بخش دیگر بعد از عبور از سد نوار کاسپاری از طریق آوند چوبی وارد ساقه می‌شود (مارسنر، ۱۹۹۵). یکی دیگر از سازوکارهای ممکن، انباشتگی آهن در بخش‌های بالایی گیاه مثل نگهداری Fe^{2+} در بافت ساقه (ادبرت و ساهراوات ۲۰۰۰) و یا اپوپلاسم برگ (کوسگارتن و همکاران، ۱۹۹۹) می‌باشد. با توجه به نتایج بدست آمده مقدار پتاسیم با افزایش مقدار آهن تا ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر هم در بخش هوایی و هم در ریشه کاهش معنی‌داری نشان داده است (شکل ۲- ب و ۲- ج). در بین ارقام رقم شفق از مقدار پتاسیم بالاتری نسبت به دیگر ارقام در تنش آهن برخوردار بود که نشان دهنده یکی از علت‌های بالا بودن زیست‌توده رقم شفق نسبت به دیگر ارقام می‌باشد. نتایج لی و همکاران (۲۰۰۱) و همچنین رامیرز و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که اضافه کردن پتاسیم به محیط کشت برنج می‌تواند باعث افزایش زیست‌توده گیاه برنج در مقابل سمیت آهن در مزارع شود. پتاسیم در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک مثل فتوسنتز و تورژسانس در گیاهان لازم است و همچنین فعال کننده بسیاری از فعالیت آنزیم‌ها می‌باشد (مارسنر، ۱۹۹۵). در تیمار سمیت آهن مقدار وزن ریشه رقم شفق از تغییرات کمتری نسبت به ارقام دیگر برخوردار است (جدول ۳). ریشه‌های برنج می‌توانند ملکول‌های اکسیژن را در فضاهای هوایی محیط کشت ریشه و آئرانشیم برگ، ساقه، گره‌ها و ریشه انتشار دهند که سبب توان اکسیداسیون بالای ریزوسفر (محیط ریشه) شود (ساهراوت، ۲۰۰٤).

از آنجایی که نتایج این پژوهش آشکار ساخت که رقم شفق با توجه به بالا بودن رشد گیاه نسبت به ارقام دیگر در برابر غلظت‌های بالاتر آهن مقاوم‌تر (رقم مقاوم) است این رقم در آزمایش جداگانه‌ای تحت غلظت‌های بالاتر آهن قرار گرفت تا تغییرات صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آن

www.SID.ir

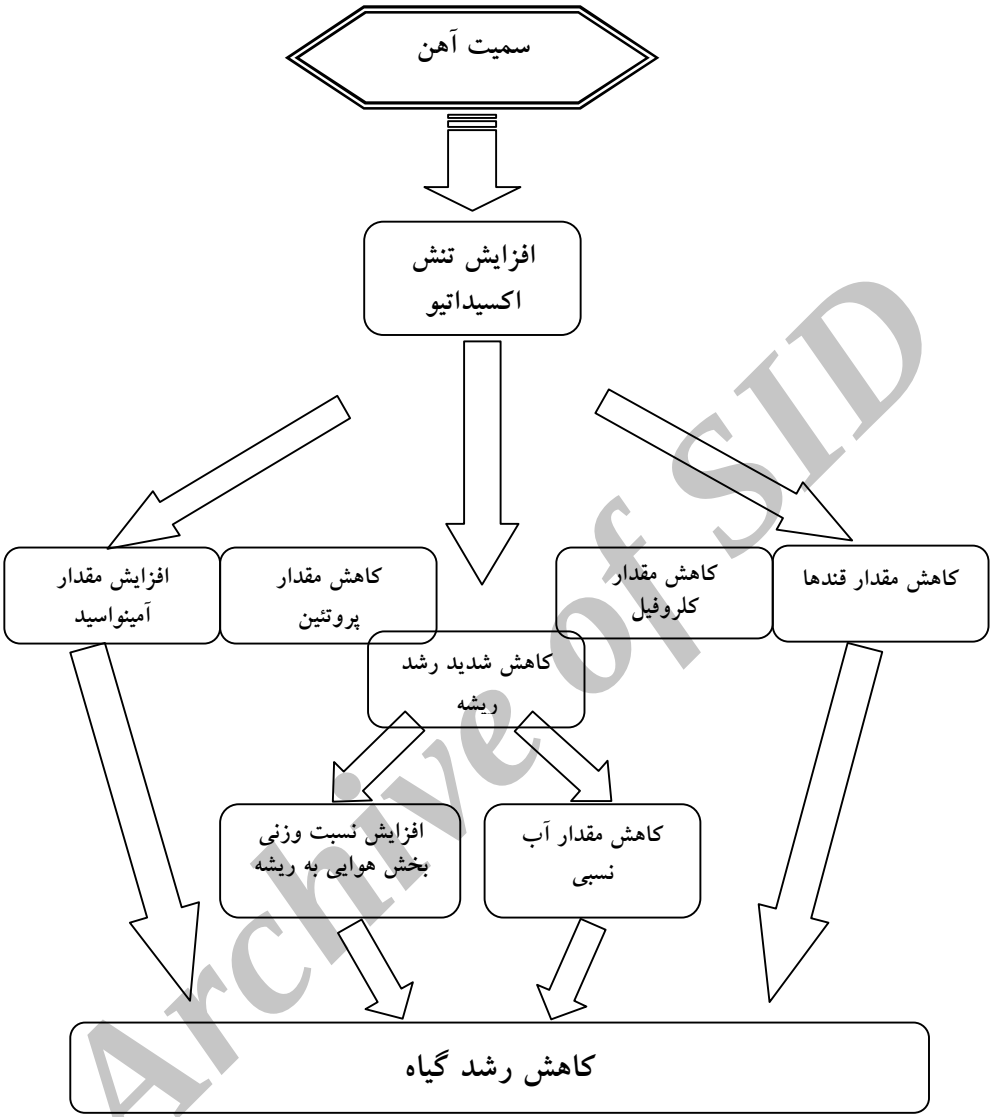
مطالعه گردد. مشابه آزمایشات کشت خاک مقدار آهن بخش هوایی و ریشه نیز افزایش یافت. ازدیاد انباشتگی آهن در ریشه گیاه نسبت به بخش هوایی برنج تحت سمیت آهن به‌عنوان سازوکار دیگر مقاومت به سمیت توسط محققان دیگر گزارش شده است (بیکر و اش، ۲۰۰۵).

در شرایط طبیعی پراکسید هیدروژن و رادیکال‌های آزاد اکسیژن در بخش‌های مختلف یاخته‌های گیاهان ایجاد می‌شود (آرورا و همکاران، ۲۰۰۲؛ بهاتراجی، ۲۰۰۵). اما در زیادی آهن فرآیندهای سم‌زدایی به صورت ناقص انجام می‌شود و تجمع آهن در ریشه و بخش هوایی گیاه از طریق تسریع فرآیندهای رادیکال‌های آزاد و کاهش فعالیت آنزیم‌هآی سم‌زدا (میتوفر، ۲۰۰٤) موجب تجمع رادیکال‌های آزاد خطرناک در گیاه می‌شود. این امر منجر به کاهش مقدار قندها، پروتئین‌ها و کلروفیل شده و بر عکس اسیدهای آمینه انباشته می‌شوند (جدول ٤).

گزارش شده است که افزایش مقدار آهن با زیادی تنفس نوری و افزایش متابولیسم گیاه برای مقابله با تولید رادیکال های آزاد همراه است که می‌تواند باعث کاهش قندها در هنگام تنش آهن باشد. (کامفنگل و ون موتاگو، ۱۹۹۵). افزایش پراکسیده شده پروتئین‌ها و کلروفیل‌ها در نتیجه تنش فلزات در گزارشات بسیاری آورده شده است (مهربان و همکاران، ۲۰۰۸، سینها و ساکسنا، ۲۰۰٦، ژائو و همکاران، ۲۰۰۵، چن و همکاران، ۲۰۰۰). الگوی پیشنهادی ما بدین صورت است که زیادی آهن همراه با افزایش مقدار رادیکال‌های آزاد و تنش اکسیداتیو مقدار کلروفیل‌ها را کاهش داده و در نتیجه با کاهش فتوسنتز مقدار قندها و پروتئین‌های محلول نیز کاهش پیدا کرد (شکل ۳). به نظر می‌رسد افزایش مقدار اسیدهای امینه کل در سمیت آهن نتیجه تجزیه و یا کاهش سنتز پروتئین‌ها باشد. نتیجه این تغییرات کاهش شدید رشد ریشه و متعاقب آن کم شدن مقدار آب نسبی گیاه و افزایش نسبت وزنی بخش هوایی به ریشه می‌باشد و در نهایت رشد کلی گیاه کاهش می‌یابد. این نتایج نشان می‌داد که رقم شفق در میان ارقام مطالعه شده نسبت به سمیت آهن متحمل‌تر است، هر چند که سمیت آهن با ایجاد تنش اکسیداتیو کاهش رشد این رقم را نیز سبب می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- شمای کلی اثرات سمیت آهن در ایجاد تنش اکسیداتیو و کاهش رشد در گیاه برنج.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. polyphenoloxidase in *Beta Vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1-15.

Arora, A., Sairam, R.K., and Srivastava, G.C. 2002. Oxidative stress and antioxdative system in plants. Curr. Sci. 82:1227-1338.

Audebert, A., and Sahrawat, K.L. 2000. Mechanisms for iron toxicity tolerance in lowland rice. J. Plant Nutr. 23:1877–1885.

Becker, M., and Asch, F. 2005. Iron toxicity in rice- condition and management concepts. J. Plant Nutr. Soil Sci. 168:558-573.

Bhattacharjee, S. 2005. Reactive oxygen species and oxidative stress, senescence and signal transduction in plants. Curr. Sci. 89:1113-1121.

Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72:248-25.

Chen, Li-Men., Lin, C.C., and Kao, C.H. 2000. Copper toxicity in rice seedlings: changes in antioxidative enzyme activities, H_2O_2 level, and cell wall peroxidase activity in roots. Bot. Bull. Acad. Sin. 41:99-103.

Dorlodot, S., Lutts, S., and Bertin, P. 2005. Effects of ferrous iron toxicity on the growth and mineral composition of and interspecific rice. J. Plant Nutr. 28:1-20.

FAO, 2005. Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO), http://apps.fao.org.

Friedrich R., and Wilhelms. 2003. Developing a Standardized Procedure to Screen Lowland Rice (*Oryza sativa*) Seedlings for Tolerance to iron toxicity Msc. Thesis, Rheinische Willhelms University. Bon. Germany.

Kampfenkel, K., and Montagu, V. 1995. Effects of iron excess on *Nicotiana Plumbaginifolia* plants (implications to oxidative stress). Plant Physiol. 107:725-735.

Kirk, G.J.D., and Bajita, J.B. 1995. Root-induced iron oxidation, pH changes and zinc solubilization in the rhizosphere of lowland rice. New Phytol. 131:129-137.

Kosegarten. H.U., Holfmann, B., and Mengel, K. 1999. Apoplastic pH and Fe^{3+} reduction in intact sunflower leaves. Plant Physiol. 121:1069-1079.

Li, H., Yang, X., and Luo, A. 2001. Ameliorating effect of potassium on iron toxicity in hybrid rice. J. Plant Nutr. 24(12):1849-1860.

Marchner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London. pp.313-323.

McCready, R.M., Guggolz, J., Silviera V., and Owens, H.S. 1950. Determination of starch and amylase in vegetables. Anal. chem. 22:1156-1158.

Mehraban, P., Abdolzade, A., and Sadeghipour, H.R. 2008. Iron toxicity in rice (*Oryza sativa* L.), under different potassium nutrition. Asian J. Plant Sci. 1682-3974: 1-9.

Mithofer, A., Sculze, B., and Boland, W. 2004. Biotic and heavy metal stress response in plants: evidence for common signals. FEBS. 566:1-5.

Archive of SID

www.SID.ir

Munch, J.C., and Ottow, J.C.G. 1980. Preferential reduction of amorphous to crystalline iron oxides by bacterial activity. Soil Sci. 129:15-21.

Nguyen H.T.T., Shim, I.S., Kobayashi, K., and Usui, K. 2005. Effects of salt stress on ion accumulation and antioxidative enzyme activities of *Oryza sativa* L. and *Echinochloa oryzicola* Vasing. Weed Biol. Manage. 5:1–7.

Omokolo, N.D., Tsala, N.G., and Djocgoue, P.F. 1996. Changes in carbohydrate, amino acid and phenol content in cocoa pods from three clones after infection with *Phytophthora megakarya* Bra. And Grif. Ann. Bot. 77: 153-158.

Patrick, W.H., and Reddy, C.N. 1978. Chemical changes in rice soils. Soils and Rice; International Rice Research Institute: Manila, Philippines, 361-379.

Ramirez, L., Classen, N., Ubiera, A., Werner, H., and Movad, A.M. 2002. Effect of phosphorus, potassium and zinc fertilizers on iron toxicity in wetland rice (*Oryza sativa* L.) Plant Soil. 239:197-206.

Sahrawat, K.L. 2004. Iron toxicity in wetland rice and the role of other nutrients. J. Plant Nutr. 27:1471-1504.

Tadano, T., and Yoshida, S. 1978. Chemical change in submerged soils and their effect on rice growth. Soils and Rice; International Rice Research Institute: Manila, Philippines. 399-420.

Yamauchi, M., and Peng, X.X. 1995. Iron toxicity and stress-induced ethylene production in rice leaves. Plant Soil. 173:21-28.

Yemm, E., and Cocking, E. 1995. The determination of amino acids with ninhydrin. Analysy. 80:209–213.

Yoshida, S., Forno, D.A., Cock, J.H., and Gomez, K.A. 1976. Laboratory manual for physiological studies of rice. International Rice Research Institute. Los Baños Philippines.

Zhao, Z.Q., Zhu, Y.G., Kneer, R., and Smith, S.E. 2005. Effect of zinc on cadmium toxicity-induced oxidative stress in winter wheat sedlings. J. Plant Nutr. 28:1947–1959.

Archive of SID

www.SID.ir

EJCP., Vol. 4 (3): 103-120
ejcp.gau@gmail.com

Effects of iron toxicity on growth four rice varieties highlighted some biochemical aspects in resistant variety

P. Mehraban[1] and *A. Abdolzadeh[2]
[1]PhD. Student of Biology, Golstan University, Gorgan, Iran
[2]Associate Prof. of Golstan University, Gorgan, Iran

Abstract

In the present study, effects of iron excess treatments (0, 250, 500 mg L^{-1}) were evaluated in four rice varieties including Shafagh, Khazar, Hashemi and Sadri in pot condition. Afterward, effects of iron excess (10 and 250 mg l^{-1}) were further investigated in the most resistant variety (Shafagh) in sand culture with Yoshida nutrient solution. This experiment was arranged as factorial in RCBD with three replications in greenhouse condition. The results of soil experiments indicated that 250 and 500 mg l^{-1} treatments of iron reduced plant growth and relative water content in all varieties. The highest and the lowest growth reduction under iron toxicity were observed in Khazar and Shafagh varieties, respectively. Iron accumulation in roots was higher in iron excess treatments in compare to shoots. The potassium concentration decreased in all varieties, however, the lowest decrease rate under stress condition was exhibited by Shafagh variety. The results of sand culture experiments of Shafagh variety indicated that oxidative stress due to 250 mg L^{-1} iron treatment caused reduction of chlorophyll content and consequently proteins, soluble sugar decreased probably by photosynthesis decline. Increase of amino acids content in plants fed with high iron supply is may be result lower protein synthesis or higher protein degradation.

Keywords: Rice varieties; Oxidant stress; Iron toxicity; Biochemical characteristics

*Corresponding Author; Email: ah_ah99@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir