

تأثیر سطوح مختلف آهن محلول غذایی بر پاسخ سه رقم آفتابگردان به تنش شوری

سیده سارا عمادی^{۱*}، مرتضی زاهدی^۱، حمیدرضا عشقی‌زاده^۱ و جواد نوری پور سی سخت^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۴/۱۷)

چکیده

در یک تحقیق گلخانه‌ای به روش آبکشت، واکنش ارقام آفتابگردان (های سان ۱۲۵، ایروفلور و بلیزر) در سطوح مختلف شوری (صفر، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و آهن (۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) در محلول غذایی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار بررسی شد. نتایج نشان داد که در اثر شوری ارتفاع، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه، غلظت پتاسیم و نسبت غلظت پتاسیم به سدیم کاهش و غلظت سدیم در گیاه افزایش یافت. با افزایش سطح آهن محلول غذایی از ۵ به ۵۰ میلی‌مولار ارتفاع، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. ولیکن با افزایش بیشتر غلظت آهن از ۵۰ به ۱۰۰ میلی‌مولار تغییر معنی‌داری در مقادیر مربوط به این صفات مشاهده نشد. برهمکنش سطوح آهن و رقم بر وزن خشک ریشه و غلظت پتاسیم در برگ معنی‌دار بود. رقم بلیزر کمترین و رقم های سان ۱۲۵ بیشترین واکنش را نسبت به افزایش سطح آهن در محلول غذایی از نظر تولید ماده خشک ریشه نشان دادند. با این حال، با افزایش سطح آهن در محلول غذایی، اختلاف ارقام از این نظر کاهش یافت. از نظر غلظت پتاسیم در برگ‌ها فقط رقم بلیزر نسبت به افزایش سطح آهن پاسخ مثبت نشان داد. برهمکنش اثرات سه‌گانه شوری، آهن و رقم بر غلظت آهن در گیاه معنی‌دار شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، افزایش غلظت آهن در محلول غذایی موجب بهبود رشد ارقام آفتابگردان شد؛ ولی بر تعدیل اثرهای شوری تأثیر معنی‌داری نداشت.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، وزن خشک، محتوای یونی

مقدمه

(نظیر آهن، منگنز، مس، روی و مولیبدن) کم بوده و گیاهانی که در این خاک‌ها رشد می‌کنند اغلب از نظر این عناصر دچار کمبود می‌باشند. البته در مواردی نیز این عناصر در حد کافی در گیاه وجود دارند (۲). این اختلافات می‌تواند به نوع گیاه، بافت گیاه، میزان شوری، ترکیب املاح، غلظت عناصر غذایی کم نیاز، شرایط رشد و دوره آزمایش مربوط باشد. به این دلیل، روابط بین شوری و تغذیه عناصر کم نیاز پیچیده است. زیرا شوری ممکن است موجب کاهش یا افزایش غلظت عناصر کم نیاز در اندام‌های هوایی گیاه شود، یا اینکه تأثیری بر غلظت

یکی از عوامل مهمی که بیشتر گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد شوری می‌باشد. تنش شوری موجب کاهش رشد و جذب عناصر غذایی خاک و کاهش میزان پروتئین می‌شود. شوری از چند طریق می‌تواند رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد: کاهش پتانسیل آب خاک در اثر تجمع املاح (اثر اسمزی) و ایجاد خشکی فیزیولوژیک در محیط ریشه، خسارت ناشی از سمیت یون‌ها و برهم خوردن تعادل عناصر غذایی (۱۶). در خاک‌های شور و سدیمی، حلالیت عناصر کم نیاز

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sara1388em@yahoo.com

این عناصر نداشته باشد (۲ و ۱۰).

با وجود آنکه غلظت آهن در خاک بسیار زیاد است ولی عوامل محدودکننده جذب آن توسط گیاه و یا عواملی که در داخل گیاه با ایجاد اختلال مانع فعالیت آن می‌شوند، باعث بروز کمبود آهن می‌شوند. اکثر خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک شور هستند و به همین دلیل کمبود آهن نیز غالباً در این نواحی مشاهده می‌شود. اگر چه آهن در ساختار کلروفیل شرکت ندارد ولی کمبود آن موجب کاهش میزان کلروفیل شده و نهایتاً رنگ سبز برگ‌ها به زردی متمایل می‌شود، که این پدیده کلروز نامیده می‌شود (۵ و ۶). گزارش‌های ارائه شده در مورد تأثیر شوری بر غلظت آهن در گیاهان از ناهمخوانی برخوردار است. شوری باعث افزایش غلظت آهن در ساقه نخود، گوجه‌فرنگی، سویا و کدو شده، ولی غلظت آهن را در جو و ذرت کاهش داده است (۲). در مطالعه ماس و همکاران (۱۲) روی نخود، تأثیر همزمان سطوح بالای شوری و کمبود آهن باعث کاهش غلظت آهن، کاهش وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع گیاه شد. در گندم مشاهده شد که با افزایش سطح آهن از صفر به ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار آهن در محلول غذایی، غلظت آهن در برگ و ریشه افزایش یافت و بیشترین میزان افزایش از سطح ۲۰ به ۴۰ میلی‌مولار مشاهده شد (۸).

تفاوت‌های گسترده‌ای در بین گونه‌های گیاهی و حتی ارقام مختلف یک گونه از نظر مقاومت به شوری گزارش شده است. در مطالعه تأثیر سطوح شوری بر چهار رقم یونجه بومی ایران مشخص شد که شوری باعث کاهش وزن خشک و سطح برگ شد (۳). رحیمی و مظاهری (۱) در مطالعه تغذیه روی و آهن بر پاسخ دو رقم آفتابگردان مشاهده کردند که رقم "های‌سان" نسبت به رقم زاریا سطح برگ و ماده خشک بیشتری تولید کرد. کاتریج و همکاران (۱۱) در یک سری مطالعات گلدانی روی گیاهان مختلف، مراحل اولیه رشد را بررسی و مقدار آستانه شوری را ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر و شیب کاهش رشد تا حدود ۳۰ روز بعد از کاشت را برای آفتابگردان ۶/۱- و برای ذرت ۷/۵- تعیین کردند.

هر چند تاکنون مطالعات مختلفی در مورد واکنش آفتابگردان به تنش شوری و غلظت آهن انجام شده است ولی در ارتباط با تأثیر شوری بر رشد رویشی ارقام آفتابگردان در شرایط متفاوت تغذیه آهن محلول غذایی اطلاعات کافی در دسترس نیست. لذا، تحقیق حاضر به منظور بررسی و شناخت بهتر تحمل به شوری سه رقم آفتابگردان در شرایط تغذیه آهن انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در گلخانه پژوهشی مرکز کشت بدون خاک دانشگاه صنعتی اصفهان، از اواسط شهریور تا اواخر آبان سال ۱۳۸۸، انجام گرفت. در این آزمایش سه سطح شوری (صفر، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار نمک طعام) و سه سطح آهن (۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) روی سه هیبرید آفتابگردان (ایروفلور، بلیزر و های‌سان ۱۲۵) مورد بررسی قرار گرفت.

آزمایش به صورت کشت هیدروپونیک (آبکشت) انجام شد. ابتدا بذرها ضدعفونی شده و در سینی‌های حاوی ماسه شسته شده کشت شدند. بعد از ۲۰ روز، گیاهچه‌های دو برگی به سطل‌های حاوی محلول غذایی جانسون منتقل شدند. هر واحد آزمایشی شامل یک سطل پلاستیکی چهار لیتری بود که شش سوراخ روی درب آن وجود داشت. چهار گیاهچه در سوراخ‌های هر سطل قرار گرفتند و دو سوراخ برای ورود لوله هوادهی و تهویه در نظر گرفته شد. برای ثابت ماندن گیاهچه‌ها در محل خود، یک لایه یونولیت قابل انعطاف در اطراف طوقه گیاه قرار داده شد. به منظور جلوگیری از وارد شدن شوک اسمزی به گیاهچه‌ها، میزان نمک در نظر گرفته شده جهت اعمال تیمارهای شوری به تدریج و در طی سه مرحله به محلول غذایی اضافه شد. برای حفظ غلظت‌های نمک و مواد موجود در محلول غذایی، در ابتدا هر دو هفته یکبار و پس از آن هر هفته محلول غذایی تعویض شد.

گیاهان در زمان شروع گل‌دهی برداشت شدند و سطح برگ دو گیاه از هر سطل به‌طور تصادفی توسط دستگاه اندازه‌گیری

۲۰ درصد بود. تأثیر شوری بر وزن خشک ریشه از نظر آماری معنی دار نشد. با این حال، وزن خشک ریشه در سطوح شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار نسبت به شاهد به ترتیب ۶ و ۱۳ درصد کاهش یافت (جدول ۲). این نتایج نشان می دهد که از بین صفات ذکر شده، سطح برگ بیشترین و ریشه کمترین حساسیت را به سطوح شوری اعمال شده داشتند. کاهش ارتفاع، سطح برگ و ماده خشک گیاه آفتابگردان در اثر شوری توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۴، ۸ و ۹). نتایج مشابهی برای بزرک (۱۴) و نخود فرنگی (۱۵) نیز به دست آمده است. در شرایط تنش شوری، گیاه برای جلوگیری از ورود بیش از حد یون سدیم به ریشه مقدار زیادی ATP مصرف می کند. در نتیجه، انرژی کمتری برای نیازهای رشدی گیاه باقی می ماند (۶). در ابتدای اعمال تنش شوری، خشکی فیزیولوژیک حاصل از کاهش پتانسیل آب خاک عامل اصلی کاهش رشد است. ولی به تدریج در اثر تجمع املاح در گیاه، خسارت ناشی از سمیت یون ها نیز موجب کاهش رشد می شود.

تأثیر سطوح مختلف شوری بر غلظت سدیم و آهن و نسبت پتاسیم به سدیم برگ و ریشه در سطح احتمال ۱٪ و بر غلظت پتاسیم در این اندام ها در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد (جدول ۳). در سطوح ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار نمک نسبت به سطح غیرشور (شاهد)، غلظت سدیم اندام هوایی به ترتیب ۸۰ و ۸۸ درصد افزایش یافت؛ در حالی که غلظت پتاسیم به ترتیب ۸ و ۳۵ درصد و نسبت پتاسیم به سدیم ۸۱ و ۸۹ درصد کاهش یافت (جدول ۴). افزایش غلظت سدیم و کاهش غلظت پتاسیم در اثر شوری در نخود فرنگی (۱۵)، یونجه (۱۷) و گندم (۱۸) نیز گزارش شده است. در شرایط شور، غلظت زیاد سدیم، غشاهای سلولی ریشه را تخریب و توان آنها را در ورود انتخابی یون ها تغییر می دهد و به این ترتیب جذب عناصر ضروری گیاه، از جمله پتاسیم، دچار اختلال می شود (۶).

تأثیر تغییر غلظت آهن در محلول غذایی بر سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۱). با افزایش

سطح برگ (مدل DELTA-T) اندازه گیری شد. برای اندازه گیری وزن خشک اندام های مختلف گیاه، پس از برداشت گیاهان، ابتدا اندام های برگ، ساقه و ریشه هر یک از واحدهای آزمایشی به صورت مجزا در داخل پاکت قرار داده شد. سپس نمونه های گیاهی به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک و با ترازوی دقیق توزین شدند.

برای اندازه گیری غلظت عناصر پتاسیم، سدیم و آهن در برگ و ریشه در پایان مرحله برداشت، نمونه های خشک ابتدا آسیاب شدند. از هر نمونه آسیاب شده به مقدار یک گرم با ترازوی دقیق توزین شد. نمونه های وزن شده داخل کروزه چینی ریخته شد و نمونه ها در داخل کوره به مدت چهار ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند تا اینکه مواد آلی سوخته و مواد گیاهی به طور کامل به خاکستر تبدیل شدند. بعد از خنک شدن کروزه ها، ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک دو نرمال به کروزه ها اضافه شد.

اندازه گیری غلظت سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه شعله سنج (مدل ۴۱۰) صورت گرفت. برای تعیین غلظت آهن در نمونه ها، از دستگاه جذب اتمی (مدل PERKIN-ELMER 3030) استفاده شد.

داده های حاصل از اندازه گیری های مختلف با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪، در صورت معنی دار بودن اثر عامل آزمایشی، انجام گرفت.

نتایج و بحث

تأثیر شوری بر ارتفاع، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۱). ارتفاع گیاه در سطوح ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار نمک، نسبت به سطح غیرشور، به ترتیب ۱۲ و ۱۶ درصد کاهش یافت (جدول ۲). این کاهش برای سطح برگ به ترتیب ۴۴ و ۵۴ درصد، برای وزن خشک اندام هوایی ۲۴ و ۳۱ درصد و برای نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه ۱۸ و

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آهن و شوری بر خصوصیات رشدی سه رقم آفتابگردان

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	سطح برگ	ارتفاع	وزن خشک		
۰/۱۹	۱۱۳	۱۲/۸	۰/۰۴۹	۱۱/۸	۳	بلوک	
۳/۶۹**	۵۶۹**	۹/۷۶ ^{ns}	۰/۴۸۶**	۴۲۵/۴**	۲	شوری	
۱/۸۲**	۲۵۶**	۹/۶۰ ^{ns}	۰/۰۸۳**	۶۵/۸ ^{ns}	۲	آهن	
۷/۰۹**	۵۳/۴ ^{ns}	۳۸/۸**	۰/۰۷۴**	۱۱۸۶**	۲	رقم	
۰/۱۴ ^{ns}	۶۶/۱ ^{ns}	۳/۸۸ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{ns}	۵۳/۲ ^{ns}	۴	شوری × آهن	
۰/۰۸ ^{ns}	۳۸/۹ ^{ns}	۵/۹۴ ^{ns}	۰/۰۳۰ ^{ns}	۱۹/۴ ^{ns}	۴	شوری × رقم	
۰/۱۵ ^{ns}	۷۰/۷ ^{ns}	۱۸/۶**	۰/۰۲۱ ^{ns}	۳۴/۲ ^{ns}	۴	آهن × رقم	
۰/۳۳ ^{ns}	۵۱/۷ ^{ns}	۴/۹۵ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{ns}	۳۶/۵ ^{ns}	۸	شوری × آهن × رقم	
۰/۲۲	۳۹/۹	۴/۵۲	۰/۰۱۲	۵۰/۱	۷۸	خطا	
۱۸/۷	۳۰/۱	۲۵/۳	۴۰/۵	۱۸/۷		ضریب تغییرات (%)	

** و ns: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی دار

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های صفات مورد ارزیابی سه رقم آفتابگردان در سطوح مختلف شوری و آهن محلول غذایی

عامل آزمایشی	ارتفاع (سانتی متر)	سطح برگ (مترمربع در هر گلدان)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته)	نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه
<u>سطح شوری</u> (میلی مولار)					
صفر	۴۱/۷ a	۰/۴۰۴a	۸/۸۹a	۲۵/۵a	۲/۸۹a
۶۰	۳۶/۸b(-۱۲)	۰/۲۲۹b(-۴۴)	۸/۴۰ ab(-۶)	۱۹/۵b (-۲۴)	۲/۳۸b (-۱۸)
۱۲۰	۳۵/۱ b(-۱۶)	۰/۱۸۵b(-۵۴)	۷/۸۵b(-۱۳)	۱۷/۹b (-۳۱)	۲/۳۰b (-۲۰)
<u>سطح آهن</u> (میلی مولار)					
۵	۳۶/۹a	۰/۲۱۷b	۷/۷۹a	۱۷/۹b	۲/۲۸b
۵۰	۳۹/۴a(۶)	۰/۲۹۰a(۲۴)	۸/۵۶ a(۹)	۲۲/۸a (۲۱)	۲/۷۲a (۱۶)
۱۰۰	۳۷/۲a(۱)	۰/۳۱۰a(۲۹)	۸/۸۸ a(۱۰)	۲۲/۳a (۲۰)	۲/۵۷a (۱۱)
رقم					
های سان ۱۲۵	۳۴/۰b	۰/۲۸۶a	۹/۱۸a	۱۹/۸a	۲/۰۷c
ایروفلور	۳۵/۰b	۰/۳۱۰a	۸/۷۵a	۲۲/۲a	۲/۵۴b
بلیزر	۴۴/۴a	۰/۲۲۲b	۷/۲۰b	۲۰/۹a	۲/۹۶a

در هر ستون و برای هر صفت، تفاوت میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ معنی دار نمی‌باشد. (اعداد داخل پرانتز درصد کاهش یا افزایش صفت مورد نظر را نسبت به شاهد نشان می‌دهند).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس سطوح سیمیم، پانسم و آهن و نسبت پانسم به سیمیم در برگ و ریشه سه رقم آفتابگردان

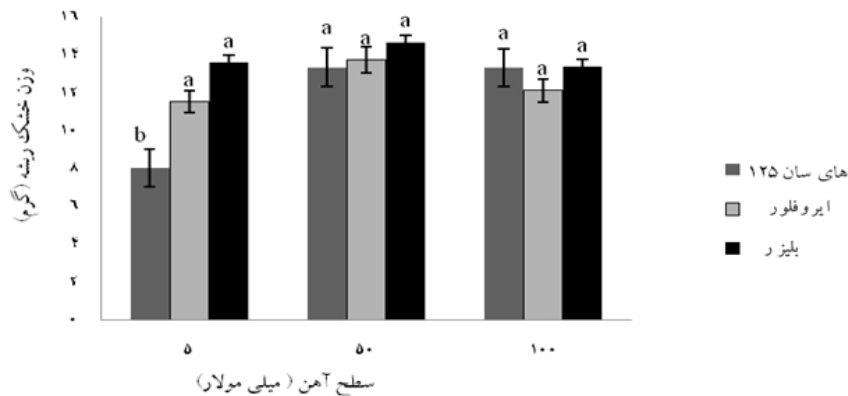
منابع تغییرات	درجه آزادی	میگانه‌ترین برینجات					
		سطوح سیمیم	سطوح پانسم	سطوح آهن	نسبت پانسم به سیمیم	نسبت پانسم به آهن	نسبت پانسم به آهن و ریشه برگ
بزرگ	۲	۲۱/۵۲ ^{***}	۲۳/۵۳ ^{***}	۲۶/۲۳ ^{***}	۱۲۳ ^{***}	۱۲۳ ^{***}	۱۸۶ ^{***}
شوری	۲	۲۳۳ ^{***}	۲۵۸ ^{***}	۱۲۶۱ ^{***}	۳۸۵۳ ^{***}	۳۸۵۳ ^{***}	۵۵۱۷ ^{***}
آهن	۲	۲/۰۲ ^{ns}	۲۶/۹ ^{ns}	۱۸۳ ^{ns}	۱۸۳ ^{ns}	۱۸۳ ^{ns}	۱۶۱۳۱۹ ^{***}
رقم	۲	۲/۳۳ ^{ns}	۳۶۸۸ ^{***}	۱۲/۵ ^{ns}	۵۳۱ ^{ns}	۲۸۱ ^{ns}	۷۶۹۸۵ ^{***}
شوری × آهن	۲	۱/۰۹ ^{ns}	۳۵۹۵ ^{ns}	۲۶/۳ ^{ns}	۹۱/۵ ^{ns}	۲۶۶ ^{ns}	۷۷۰۰۱ ^{ns}
آهن × رقم	۲	۱۲۰ ^{ns}	۶۱۰۰۷ ^{ns}	۲۱/۵ ^{ns}	۱۷۸ ^{ns}	۱۷۸ ^{ns}	۱۲۵۹۳ ^{***}
شوری × آهن × رقم	۲	۰/۵۳ ^{ns}	۲۳۳۸ ^{ns}	۱۱/۸ ^{ns}	۱۵۳ ^{ns}	۱۵۳ ^{ns}	۲۹۸۱۱ ^{ns}
خطا	۸	۱/۵۳ ^{ns}	۹۲۳۰ ^{ns}	۷/۵۳ ^{ns}	۷۱۷ ^{ns}	۷۱۷ ^{ns}	۸۸۵۶۳ ^{***}
توجه: تغییرات (D)	۵۲	۷/۱۶	۸۸/۵۹	۲۸/۵۶	۲۹۸	۲۹۸	۸۱۱
		۱۹/۸	۲۹/۲	۵۵/۶	۴۵۶	۴۵۶	۲۰۲۰

*** و ** و * به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ درصد و غیرمعنی‌دار.

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های غلظت سدیم، پتاسیم، نیت پتاسیم به سدیم و غلظت آهن برگ و ریشه سه ژنوتیپ آب‌نگردان

غلظت آهن (mg/kg) برگ	غلظت آهن (mg/kg) ریشه	نسبت پتاسیم به سدیم برگ		نسبت پتاسیم به سدیم ریشه		نسبت پتاسیم به سدیم برگ		نسبت پتاسیم به سدیم ریشه		F (P)	D (P)	S (P)	SD (P)
		(P)	(P)	(P)	(P)	(P)	(P)						
۶۳۱۳ ^a	۱۲۶۲ ^b	۲۵۹ ^a	۱۳۸ ^a	۲۷۳ ^a	۲۰۱ ^a	۱۷۸ ^a	۱۵۵ ^a	۰۱۸۳ ^a	۱/۵۵ ^a				
۶۸۹۴ ^a (۸)	۱۳۷۳ ^b (۸)	۷۳۳ ^b (-۷۲)	۲۶۵ ^b (-۸۱)	۳۲۷ ^b (-۱۵)	۱۸۵ ^b (-۸)	۲۳۵ ^b (۸۰)	۲۷۹ ^b (۸۸)						
۷۷۲۵ ^a (۱۹)	۱۵۹۴ ^b (۱۹)	۳۶۵ ^b (-۸۶)	۱۶۵ ^b (-۸۹)	۲۱۵ ^b (-۲۱)	۱۳۸ ^b (-۳۵)	۲۸۵ ^b (۸۸)	۸۳۳ ^b (۸۱)						
۱۶۱۶ ^c	۳۶۳ ^c	۱۱۸ ^c	۷۶ ^c	۲۱۷ ^c	۱۷۵ ^c	۹۰ ^c	۵۳۹ ^c						
۷۲۱۳ ^b (۷۸)	۱۴۸۶ ^b (۶)	۱۲۳ ^c (۸)	۵۸۸ ^b (-۲۳)	۳۳۸ ^c (۵)	۳۰۶ ^c (۳)	۳۸۴ ^c (۲)	۵۵۲ ^c (۲)						
۱۱۷۰۴ ^b (۸۵)	۲۳۶۰ ^b (۸۶)	۱۳۰ ^c (۱۳)	۹۵ ^c (-۲۹)	۲۵۲ ^c (۱۰)	۱۵۶ ^c (-۱۱)	۲۸۰ ^c (۹)	۵۹۱ ^c (۹)						
۶۰۱۴ ^c	۱۲۰۳ ^c	۸۲۱ ^c	۵۸۴ ^c	۱۹۵ ^c	۱۴۵ ^c	۲۳۹ ^c	۵۳۳ ^c						
۷۲۸۴ ^c	۱۹۶۳ ^c	۱۷۲ ^c	۶۷۵ ^c	۲۲۹ ^c	۱۷۷ ^c	۲۰۳ ^c	۵۵۵ ^c						
۷۳۳۳ ^c	۱۹۶۳ ^c	۱۵۲ ^c	۵۲۲ ^c	۲۷۶ ^c	۱۹۵ ^c	۲۷۵ ^c	۶۰۱ ^c						

در هر ستون و برای هر صفت تفاوت میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار نمی‌باشد. اعداد داخل پرانتز درصد کاهش یا افزایش صفت مورد نظر را نسبت به شاهد نشان می‌دهند.



شکل ۱. برهمکنش آهن و رقم بر وزن خشک ریشه (گرم در بوته)

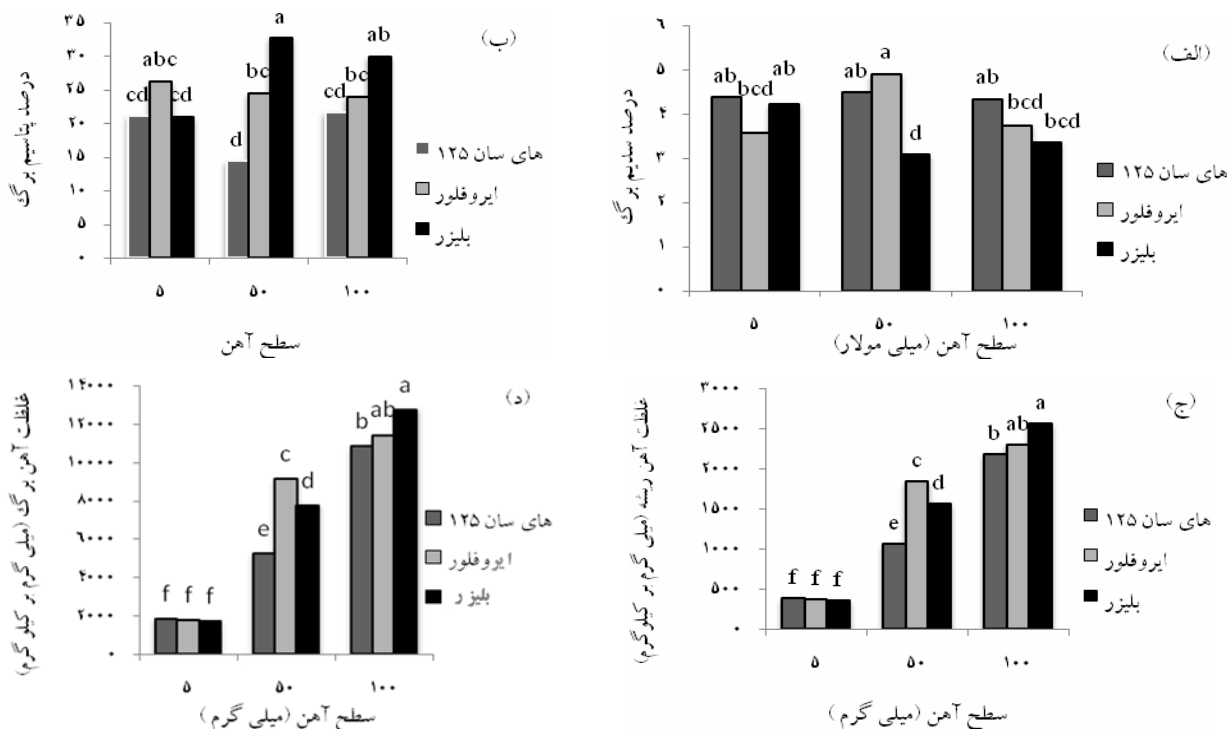
(جدول ۱). بیشترین مقدار ارتفاع گیاه (۴۴/۴ سانتی‌متر) در ژنوتیپ بلیزر، سطح برگ (۳/۱ سانتی‌مترمربع) در رقم ایرفلور، وزن خشک ریشه (۹/۱۸ گرم در بوته) در رقم "های‌سان ۱۲۵"، غلظت سدیم برگ (۴/۳۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در رقم "های‌سان ۱۲۵"، غلظت پتاسیم (۲۷/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در رقم بلیزر، غلظت آهن در برگ و ریشه (به ترتیب ۷۴۸۴ و ۱۴۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در ژنوتیپ ایرفلور و کمترین مقدار ارتفاع گیاه (۳۴ سانتی‌متر) در ژنوتیپ "های‌سان ۱۲۵"، سطح برگ (۲/۲۲ سانتی‌مترمربع) در رقم بلیزر، وزن خشک ریشه (۷/۲۰ گرم در بوته) در رقم بلیزر، غلظت سدیم برگ (۳/۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در رقم بلیزر، غلظت پتاسیم (۱۸/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در رقم "های‌سان ۱۲۵" و غلظت آهن در برگ و ریشه (به ترتیب ۶۰۱۶ و ۱۲۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در ژنوتیپ "های‌سان ۱۲۵" مشاهده شد.

برهمکنش سطوح آهن و رقم بر وزن خشک ریشه و غلظت سدیم در برگ در سطح احتمال ۱٪ و غلظت پتاسیم در برگ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). در سطح ۵ میلی‌مولار آهن، وزن خشک ریشه رقم "های‌سان ۱۲۵" کمتر از ارقام ایروفلور و بلیزر بود. ولی در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار، تفاوت بین سه رقم آفتابگردان از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۱). رقم بلیزر کمترین و رقم "های‌سان ۱۲۵" بیشترین واکنش را نسبت به افزایش سطح آهن از نظر وزن خشک ریشه نشان دادند. این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش

سطح آهن از ۵ به ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار، سطح برگ به ترتیب ۲۴ و ۲۹ درصد، وزن خشک اندام هوایی ۲۱ و ۲۰ درصد و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه ۱۶ و ۱۱ درصد افزایش یافت (جدول ۲). گرچه تأثیر تغییر غلظت آهن در محلول غذایی بر ارتفاع بوته و وزن خشک ریشه از نظر آماری معنی‌دار نبود، با این حال، با افزایش سطح آهن، مقادیر مربوط به این صفات افزایش نشان داد (جدول ۲). در مطالعه رابی و همکاران (۱۷) در یونجه و وونگ (۱۸) در گندم، کمبود آهن باعث کاهش سطح برگ، وزن خشک ریشه و اندام هوایی شد. در مطالعه ننوا (۱۵)، افزایش آهن محلول غذایی (صفر، ۰/۱، ۰/۲۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر) تا سطح ۲ میلی‌گرم در لیتر موجب بهبود رشد نخود گردید؛ در حالی که در سطح ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، وزن خشک گیاه به واسطه اثر سمیت آهن کاهش یافت.

تأثیر غلظت آهن در محلول غذایی بر غلظت سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم برگ و ریشه معنی‌دار نبود (جدول ۳). عدم تأثیر معنی‌دار آهن بر غلظت این عناصر توسط دیگر پژوهشگران برای گیاه گندم (۱۸)، یونجه (۱۷) و نخود (۱۵) نیز گزارش شده است.

اختلاف بین ارقام از نظر ارتفاع گیاه، سطح برگ، وزن خشک ریشه، غلظت سدیم، غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد؛ ولی بر وزن خشک اندام هوایی و غلظت عناصر در ریشه معنی‌دار نبود



شکل ۲. برهمکنش آهن و رقم بر درصد پتاسیم برگ (الف)، سدیم برگ (ب)، آهن ریشه (ج) و آهن برگ (د)

سطح آهن، اختلاف ارقام از نظر وزن خشک ریشه کاهش یافت. از طرف دیگر، در شرایط کمبود آهن (۵ میلی‌مولار)، کارایی رقم "های‌سان ۱۲۵" نسبت به دو رقم دیگر از نظر تولید ماده خشک ریشه کمتر بوده است.

در سطح ۵۰ میلی‌مولار آهن، غلظت سدیم در برگ‌ها در رقم بلیزر کمتر از دو رقم دیگر بود. در حالی که در سطوح ۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار آهن، تفاوت معنی‌داری بین ارقام وجود نداشت (شکل ۲-الف).

غلظت پتاسیم برگ در رقم بلیزر در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار آهن نسبت به سطح ۵ میلی‌مولار افزایش یافت. در حالی که غلظت پتاسیم برگ در ارقام "های‌سان ۱۲۵" و ایروفلور در سطوح مختلف آهن از نظر آماری متفاوت نبود. به عبارت دیگر، از نظر غلظت پتاسیم در برگ، در بین ارقام مورد مطالعه، فقط رقم بلیزر پاسخ مثبتی نسبت به افزایش سطح آهن نشان داد. بیشترین غلظت پتاسیم در برگ (۳۲/۷ درصد) در سطح ۵۰ میلی‌مولار آهن در رقم بلیزر و کمترین آن (۱۴/۴ درصد) در رقم "های‌سان ۱۲۵" بود (شکل ۲-ب). معمولاً با افزایش

غلظت آهن، سطح سبز برگ نیز افزایش می‌یابد که این امر باعث افزایش تعداد روزنه‌ها در کل گیاه می‌گردد. با توجه به نقش یون پتاسیم در برقراری پتانسیل اسمزی، فعال کردن آنزیم‌ها (به‌عنوان کوآنزیم)، تثبیت pH، سنتز پروتئین، حرکات روزنه‌ای، فتوسنتز و تعادل آنیونی، افزایش غلظت آهن در اینجا باعث افزایش نیاز گیاه به یون پتاسیم شده است. برهمکنش اثرهای سه‌گانه شوری، آهن و رقم بر غلظت آهن برگ و ریشه از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). روند تغییرات غلظت آهن در برگ و ریشه برای سطوح مختلف آهن در محلول غذایی در سطوح ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار نمک نسبت به تیمار غیر شور نشان می‌دهد که میزان تغییر غلظت آهن گیاه در اثر افزایش سطح شوری به هر دو عامل غلظت آهن در محلول غذایی و نوع واریته مورد مطالعه بستگی دارد. برای مثال، در سطح ۵ میلی‌مولار آهن، با افزایش سطح شوری، غلظت آهن برگ و ریشه برای ارقام "های‌سان ۱۲۵" و ایروفلور کاهش، در حالی که برای رقم بلیزر افزایش یافت (جدول ۵)، که بیانگر این است که پاسخ گیاه به

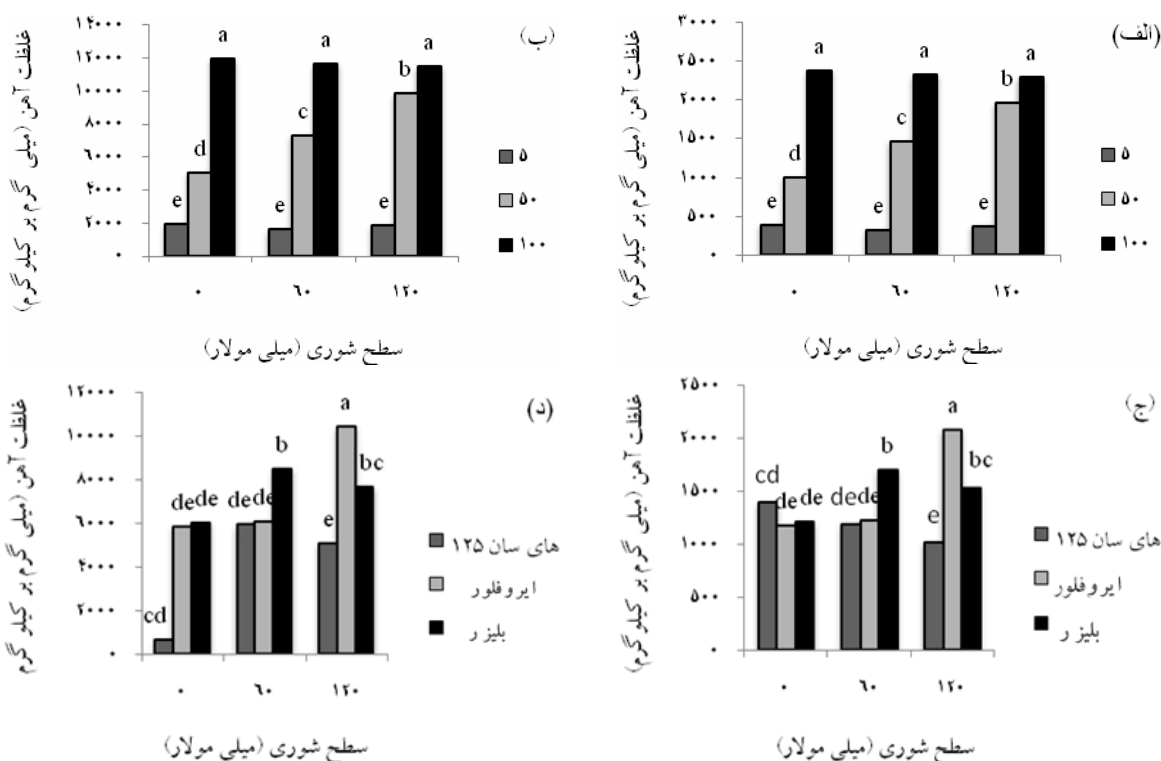
شکل ۲. برهمکنش آهن و رقم بر درصد پتاسیم برگ (الف)، سدیم برگ (ب)، آهن ریشه (ج) و آهن برگ (د)

جدول ۵. برهمکنش شوری، آهن و رقم بر غلظت آهن برگ و ریشه سه رقم آفتابگردان

غلظت آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک)		رقم	آهن	شوری
برگ	ریشه			
۲۰۹۰gh	۴۱۸gh	های سان ۲۵		
۲۳۰۲gh	۴۶۰gh	ایروفلور	۵	
۱۴۵۵h	۲۹۱h	بلیزر		
۴۲۴۵fg	۸۴۹fg	های سان ۲۵		
۵۲۸۱ef	۱۰۵۶ef	ایروفلور	۵۰	صفر
۵۶۱۵ef	۱۱۲۳ef	بلیزر		
۱۴۶۶۶ab	۲۹۳۳ab	های سان ۲۵		
۱۰۰۷۵d	۲۰۱۵d	ایروفلور	۱۰۰	
۱۱۰۹۷cd	۲۲۱۹cd	بلیزر		
۱۶۲۴h	۳۲۴h	های سان ۲۵		
۱۷۱۴h	۳۴۲h	ایروفلور	۵	
۱۵۰۵h	۳۰۱h	بلیزر		
۵۱۳۹ef	۱۰۲۷ef	های سان ۲۵		
۵۸۶۱ef	۱۱۷۲ef	ایروفلور	۵۰	۶۰
۱۱۰۴۱cd	۲۲۰۸cd	بلیزر		
۱۱۱۰۸cd	۲۲۲۱cd	های سان ۲۵		
۱۰۷۸۵cd	۲۱۵۷cd	ایروفلور	۱۰۰	
۱۳۰۹۱bc	۲۶۱۸bc	بلیزر		
۱۹۴۵gh	۳۸۹gh	های سان ۲۵		
۱۴۴۲h	۲۸۸h	ایروفلور	۵	
۲۲۸۲gh	۴۵۶gh	بلیزر		
۶۴۶۰ef	۱۲۹۲ef	های سان ۲۵		
۱۶۳۵۸a	۳۲۷۱a	ایروفلور	۵۰	۱۲۰
۶۷۱۷e	۱۳۴۳e	بلیزر		
۶۸۷۰e	۱۳۷۴e	های سان ۲۵		
۱۳۵۴۱ab	۲۸۰۷b	ایروفلور	۱۰۰	
۱۴۰۹۱ab	۲۸۱۸ab	بلیزر		

و ۱۰۰ میلی‌مولار، با افزایش سطح شوری، غلظت آهن در گیاه در این رقم افزایش یافته است. این نتیجه نیز نشان می‌دهد که از نظر غلظت آهن در گیاه، واکنش یک رقم مشخص به شوری به

شوری به نوع رقم وابسته می‌باشد. از طرف دیگر، برای مثال، در سطح ۵ میلی‌مولار آهن، با افزایش سطح شوری، غلظت آهن در رقم "های سان ۱۲۵" کاهش یافته است. در حالی که در سطوح ۵۰



شکل ۳. برهمکنش سطوح شوری و آهن بر غلظت آهن ریشه (الف) و برگ (ب) و برهمکنش رقم و شوری بر غلظت آهن ریشه (ج) و برگ (د)

با افزایش غلظت آهن از سطح ۵ به ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار، غلظت آهن در برگ به ترتیب ۷۸ و ۸۵ درصد و در ریشه به ترتیب ۷۶ و ۸۶ درصد افزایش یافت (جدول ۴ و شکل ۳ ج و د). هو و اشمیدهالتر (۸) در گندم نیز مشاهده کردند که در محلول غذایی، با افزایش سطح آهن، غلظت آهن در برگ و ریشه افزایش یافت.

اختلاف بین ارقام از نظر غلظت آهن در برگ و ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد؛ ولی از نظر وزن خشک اندام هوایی و غلظت عناصر در ریشه معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین غلظت آهن در برگ و ریشه در رقم ایروفلور (به ترتیب ۷۴۸۴ و ۱۴۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین آن در رقم "های سان ۱۲۵" (به ترتیب ۶۰۱۶ و ۱۲۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد (جدول ۴).

اختلاف بین ارقام از نظر غلظت آهن برگ و ریشه در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار آهن معنی‌دار بود. در حالی که این اختلاف در سطح ۵ میلی‌مولار از نظر آماری معنی‌دار نشد.

غلظت آهن در محلول غذایی نیز بستگی دارد.

غلظت آهن در سطوح ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار نمک نسبت به سطح غیر شور (شاهد) در هر دو اندام برگ و ریشه به یک نسبت و به ترتیب ۹ و ۲۳ درصد افزایش یافت (جدول ۴)، که بیانگر پاسخ مشابه برگ و ریشه از این نظر می‌باشد. غلظت عناصر در گیاهان، به‌عنوان مثال آهن، معمولاً با مقدار ماده خشک گیاهی نسبت عکس دارد که از آن به‌عنوان اثر رقت یاد می‌شود. معمولاً وقتی گیاه در شرایط تنش‌زای محیطی قرار می‌گیرد میزان ماده خشک تولیدی کاهش یافته و غلظت یک عنصر در واحد وزن گیاه افزایش می‌یابد (شکل ۳ الف و ب).

نتایج دیگر محققین در مورد آفتابگردان (۱۱) نیز نشان داد که با افزایش شوری، غلظت آهن افزایش یافت. ولی در آزمایش وونگ (۱۸) برای یونجه و هو و اشمیدهالتر (۸) برای گندم، غلظت آهن در اثر شوری در گیاه کاهش یافت. این در حالی است که در گوجه‌فرنگی، غلظت آهن تا سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار ثابت و در غلظت‌های بیشتر افزایش یافت (۱۳).

۱۰۰ میلی مولار آهن در محلول غذایی می تواند جهت رشد بهینه این گیاه کافی باشد. به دلیل معنی دار نشدن اثر متقابل شوری و غلظت آهن در محلول غذایی بر شاخص های رشد، نیازی به افزایش غلظت آهن در محلول غذایی فراتر از غلظت معمول، با هدف افزایش مقاومت یا تحمل به شوری، نمی باشد. برهمکنش سطوح آهن و رقم نشان داد که با افزایش سطح آهن، اختلاف ارقام از نظر تولید ماده خشک ریشه کاهش یافت. به عبارت دیگر، در سطح ۵ میلی مولار، آهن کارایی رقم "های سان ۱۲۵" نسبت به دو رقم دیگر از این نظر کمتر بود. ولی در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار، تفاوت ارقام معنی دار نبود. در سطح ۵ میلی مولار آهن، از نظر تولید ماده خشک ریشه، آهن کارایی رقم "های سان ۱۲۵" نسبت به دو رقم دیگر کمتر بود. ولی با افزایش سطح آهن، اختلاف ارقام از این نظر کاهش یافت. از نظر غلظت پتاسیم برگ، فقط رقم بلیزر نسبت به افزایش سطح آهن پاسخ مثبت نشان داد. میزان تغییر غلظت آهن گیاه در اثر شوری به هر دو عامل غلظت عنصر در محلول غذایی و نوع واریته وابسته بود.

بیشترین غلظت آهن برگ و ریشه در سطح ۱۰۰ میلی مولار آهن در رقم بلیزر (به ترتیب ۱۲۷۶۰ و ۲۵۵۲ میلی گرم در کیلوگرم) به دست آمد؛ گرچه اختلاف آن با رقم ایروفلیور معنی دار نبود و کمترین مقادیر در سطح ۵ میلی مولار آهن بدون تفاوت آماری در هر سه رقم حاصل شد (شکل ۲ (ج و د)). با افزایش سطح آهن محلول غذایی، غلظت آهن برگ و ریشه در هر سه رقم به طور قابل ملاحظه ای افزایش یافت. ولی میزان این افزایش در رقم بلیزر نسبت به دو رقم دیگر بیشتر بود.

نتیجه گیری

در این آزمایش، وزن خشک ارقام آفتابگردان در اثر شوری به واسطه اثرهای این تنش بر سطح برگ، غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه کاهش یافت. کاهش نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه در اثر شوری بیانگر حساسیت بیشتر اندام هوایی به شوری بود. با افزایش سطح آهن در محلول غذایی از ۵ به ۵۰ میلی مولار، وزن خشک اندام هوایی افزایش یافت. ولیکن با افزایش بیشتر آهن از ۵۰ به ۱۰۰ میلی مولار، تغییر معنی داری مشاهده نشد. لذا، به نظر می رسد غلظت های کمتر از

منابع مورد استفاده

۱. رحیمی، م. م. و د. مظاهری. ۱۳۸۳. تأثیر عناصر ریزمغذی آهن و روی بر روی عملکرد و اجزای عملکرد کشت دوم دو رقم آفتابگردان در منطقه ارسنجان. مجله پژوهش و سازندگی ۶۴: ۱۶-۲۱.
۲. خوشگفتارمنش، ا. ح. و ح. سیادت. ۱۳۸۱. تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور. انتشارات معاونت امور باغبانی، چاپ اول، صفحات ۶۵-۶۰.
۳. درویشی، ب. ک. پوستینی و ر. توکل افشاری. ۱۳۸۴. واکنش فتوسنتزی ۴ رقم یونجه بومی ایران نسبت به تنش شوری. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۶(۶): ۱۵۲۹-۱۵۳۸.
۴. فیضی، م. ۱۳۸۳. تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد محصول آفتابگردان. مجله علوم خاک و آب ۱۸(۲): ۱۸۴-۱۹۳.
۵. ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۰. مصرف کود در اراضی فاریاب و دیم. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، چاپ اول، صفحات ۱۸۰-۱۸۴.
۶. میرمحمدی میبدی، س. ع. م. و ب. قره یاضی. ۱۳۸۱. جنبه های فیزیولوژیکی و بهنژادی تنش شوری گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

7. Francois, L. E. 2003. Salinity effects on four sunflower hybrids. *Agron. J.* 88: 213-221.

8. Hu, Y. and U. Schmidhalter. 2001. Effects of salinity and macronutrient levels on micronutrients in wheat. *J. Plant Nutr.* 24: 273-281.

9. Hussain, M. K. and A. Khatoon. 2000. Effect of salinity on some growth parameters of cultivated sunflower under saline conditions. *J. Agric. Biol.* 3: 210-213.
10. Kabir Khan, A., S. Ali Kayani and A. Hanif. 2009. Effect of salinity on uptake of micronutrients in sunflower at early vegetative stage. *Pak. J. Bot.* 42: 129-139.
11. Katerij, N., J. W. Van Hoorn, A. Hamdy, F. Karam and M. Mastrorilli. 1996. Effect of salinity on emergence and on water stress and early seedling growth of sunflower and maize. *Agric. Water Manage.* 26: 81-91.
12. Mass, E. V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance: Current assessment. *J. Irrig.* 103: 115-134.
13. Mass, E. V., G. Ogata and M. J. Garber. 1972. Influence of salinity on Fe, Mn and Zn uptake by plants. *Agron. J.* 64: 793-795.
14. Nasir Khan, M., M. H. Siddiqui, F. Mohammad, M. Masroor, A. Khan and M. Naeem. 2007. Salinity induced changes in growth, enzyme activities, photosynthesis, prolin accumulation and yield in linseed genotypes. *J. Agric. Sci.* 3: 685-695.
15. Nenova, V. 2008. Growth and mineral concentrations of pea plants under different salinity levels and iron supply. *Plant Physiol.* 34: 189-202.
16. Netondo, G., J. Onayano and E. Beck. 2004. Response of growth, water relation, and ion accumulation to NaCl salinity. *Crop Sci.* 44: 797-805.
17. Rabbi, M., Z. Barhoumi, R. Ksouri, C. Abdelly and M. Gharsalli. 2007. Interactive effects of salinity and iron deficiency in *Medicago ciliaris*. *Plant Biol. Pathol.* 330: 779-788.
18. Wong, H. M. 2009. Probing the interactions between iron nutrition, salinity and ultraviolet-B radiation on the physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.). Master of Applied Science Thesis, Lincoln University, NZ.

Effects of different levels of iron in nutrient solution on the response of three sunflower genotypes to salinity

S. S. Emadi^{1*}, M. Zahedi¹, H. R. Eshghizadeh¹ and J. Nouripoor Sisakht¹

(Received: 29 Oct-2012 ; Accepted: 08 July-2013)

Abstract

A greenhouse experiment, as hydroponic, was carried out in order to investigate the response of sunflower genotypes (Hison125, Iroflor and Bliezer) to different levels of salinity (0, 60 and 120 mM of NaCl) and Fe (0, 50 and 100 mM) in nutrient solution. The experiment was arranged as factorial, based on a completely randomized blocks design with four replications. Results showed that plant height, leaf area, shoot and root dry weight, ratio of shoot/root dry weight, K concentration, the ratio of K/Na concentration in shoot and roots were reduced and the concentration of Na was increased as the level of salinity was increased in the nutrient solution. There was a significant increase in the values of plant height, leaf area, shoot dry weight and the ratio of shoot/root dry weight as the level of Fe in the nutrient solution was enhanced from 5 to 50 mM. However, with a further increase from 50 to 100 mM, there appeared no significant changes in the amount of these traits. The interaction between genotype and Fe level was significant on the root dry weight and K concentration in the leaves. The lowest and the highest increase in root dry weight, in response to increased level of Fe, was observed in Hison125 and Bliezer cultivars, respectively. However, the difference between cultivars became less in treatments containing higher levels of Fe in the nutrient solution. Considering the K concentration in leaves, only Bliezer cultivar showed positive response to increasing Fe level. The interaction between salinity, genotype and Fe level was significant on the concentration of Fe in plant. Based on the results, increasing Fe concentration in the nutrient solution improves sunflower growth. However, the increased concentration of Fe could not significantly alleviate the negative effects of salinity.

Keywords: Leaf area, Dry weight, Ion content.

1. Dept. of Agron. and Plant Breed., College of Agric., Isfahan Univ. of Technol., Isfahan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: sara1388em@yahoo.com