دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دوازدهم، شماره چهلم، ۱۳۹۹

ارزیابی تنوع ژنتیکی غلظت و محتوی عنصر آهن در بذر ژنوتیپ های جو تحت دیم شرایط

مهدی فیضی[۱]، محمود سلوکی[۲]، بهزاد صادق زاده[۳]، براتعلی فاخری[٤]، سید ابوالقاسم محمدی[٥]

دریافت: ۹۷/۲/۹ پذیرش: ۹۷/۸/۲

چکیده

خشکی و کمبود عنصر آهن در خاک‌های زراعی محدودیت عمده‌ای در تولید غلات از جمله جو تحت شرایط دیم بوده که باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول می‌گردد. به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌های جو برای کارایی جذب روی، غلظت و میزان روی در بذر؛ همچنین بررسی ارتباط بین محتوی و غلظت آهن در بذر با عملکرد ژنوتیپ‌ها، تعداد ۱۲۱ ژنوتیپ جو در طی سال‌های زراعی ۱۳۹۵ – ۱۳۹٤در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور اجرا شد. آزمایش در قالب طرح لاتیس مربع با دو تکرار اجرا شد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، بین ژنوتیپ‌ها برای صفات غلظت و محتوی آهن در بذر اختلاف آماری معنی‌دار وجود داشت. ضمنا دامنه تغییرات این صفات بسیار زیاد بود که نشانگر وجود تنوع ژنتیکی بسیار خوب بین ژنوتیپ‌ها می‌باشد. با توجه به میزان بالای وراثت‌پذیری عمومی صفات غلظت و محتوای آهن در بذر، می‌توان گفت که اصلاح برای این صفات موثر بوده و می‌توانند در محیط‌های مختلف پایداری را نیز نشان دهند. با توجه به همبستگی مثبت و بالا ما بین غلظت و محتوای آهن در بذر ($r = ۰/۶۳^{**}$)، عموما ژنوتیپ‌هایی با غلظت آهن بیشتر، از محتوای آهن بالاتری نیز برخوردار بودند. در کل نتایج این تحقیق، ضمن آشکار کردن وجود تنوع ژنتیکی برای جذب و تجمع آهن در بین ژنوتیپ‌های جو، نشان داد ژنوتیپ‌های کارا در جذب و تجمع آهن در بذر می‌توانند با تعدیل اثرات تنش خشکی موجب افزایش عملکرد دانه تحت شرایط دیم گردند.

واژه‌های کلیدی: تجمع آهن، تنوع ژنتیکی، دانه جو، ژنوتیپ بومی، کارایی جذب آهن

فیضی، م.، م. سلوکی، ب. صادق زاده، ب. فاخری و س.ا. محمدی. ۱۳۹۹. ارزیابی تنوع ژنتیکی غلظت و محتوی عنصر آهن در بذر ژنوتیپ های جو تحت شرایط دیم . مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤۰: ۱۳۹-۱۲۹.

۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، دانشگاه زابل، زابل، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: mehdi.feizi.64@gmail.com

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳- دانشیار، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، زابل، ایران

٤- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۵- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

مقدمه

قدمت زیاد جو و سازگاری و انعطاف‌پذیری زیاد آن در مقابل شرایط نامساعد محیطی از جمله فقر غذایی، خشکی و شوری، جو را به گیاهی متناسب برای شرایط سخت و متغیر دیم مبدل کرده است. سطح زیر کشت و عملکرد جهانی جو در سال ۲۰۱۱ به ترتیب برابر ٤٨ میلیون هکتار با متوسط عملکرد ۲۷٦۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰، سطح برداشت جو در کشور حدود یک میلیون و ۷۰۰ هزار هکتار برآورد شده که حدود ١٤ درصد از کل سطح محصولات زراعی و ۱۸ درصد از کل سطح غلات کشور می‌باشد. سهم اراضی آبی جو ٤٥ درصد و اراضی دیم ٥٥ درصد بوده است (وزارت کشاورزی، ۱۳۹۱-۱۳۹۰). در دیم‌زارها، علاوه بر تنش خشکی، کمبود عناصر غذایی قابل دسترس برای گیاهان در خاکهای زراعی نیز محدودیت عمده‌ای در تولید جو بوده که باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول می‌گردد. در طول دهه گذشته توجه به نقش عناصر کم مصرف در محصولات زراعی به دلیل کمبود این عناصر در خاک‌های زراعی افزایش قابل توجهی یافته است. اکثر خاک‌های مناطق دیم آهکی بوده و دارای pH بالا هستند که موجب محدودیت در جذب بسیاری از عناصر غذایی در گیاهان می‌شود. از بین کمبود عناصر کم مصرف، کمبود آهن (Iron) مهمترین عامل محدود کننده بوده و تقریبا نصف خاک‌های زیر کشت غلات در دنیا به ویژه خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک دچار کمبود آهن هستند (چاکماک و همکاران، ۲۰۰۲). در ایران ٤٠ درصد از اراضی زیر کشت گندم آبی دچار کمبود شدید آهن هستند(بلالی، ۱۳۷۸). مطالعات متعدد نشان داده است که تولید محصول غلات از جمله جو تحت تاثیر کمبود آهن کاهش قابل توجهی داشته است (صادق‌زاده و همکاران، ۲۰۰۸). حساسیت گیاهان به کمبود آهن در شرایط تنش خشکی شدیدتر از معمول بوده و به نظر می‌رسد اثر متقابل ژنوتیپ × محیط شاید میزان تحمل ژنوتیپ‌ها را تحت تاثیر قرار دهد (صادق‌زاده و ولیزاده، ۲۰۱٦).

در طول دهه‌های گذشته، افزایش میزان عناصر معدنی از جمله آهن در بذور اصلاحی کمتر مورد توجه اصلاحگران و برنامه‌های اصلاحی بوده، چرا که همواره کمیت بر کیفیت ارجحیت داشته است. علی‌رغم این، افزایش کارآیی میزان جذب و افزایش میزان عناصر معدنی در بذور گیاهان زراعی توسط اصلاح نباتات امکان‌پذیر می‌باشد (صادق‌زاده، ۲۰۱۳). در این ارتباط، اقداماتی در زمینه سلکسیون و اصلاح برای یافتن ژنوتیپ‌هایی با کارایی بالا در جذب و بهره‌وری آهن شروع شده است. توانایی ژنوتیپ‌ها در جذب و استفاده از آهن متفاوت از یکدیگر بوده و به توانایی آنها در جذب (Uptake) بوسیله ریشه و نیز بهره‌وری استفاده از آهن در داخل گیاه (Utilization efficiency) بستگی دارد (مارکنر، ۱۹۹۵).

در دیم‌زارها، تنش خشکی می‌تواند جذب آهن توسط گیاه را به طرق مختلف از جمله با کاهش رشد و توسعه ریشه و نیز کاهش میزان تحرک و جابجایی آهن در خاک تحت تاثیر قرار دهد (ساماراه و همکاران، ۲۰۰٤). همچنین در شرایط تنش خشکی، تداخل مکانیسم های جذب و تخلیه همراه با کاهش میزان تعرق، باعث کاهش جذب عناصر غذایی از جمله آهن می‌گردند (بالیگار و همکاران، ۲۰۰۱؛ مارکنر، ۱۹۹۵). از اینرو، کاهش آب قابل دسترس در شرایط دیم باعث کاهش میزان آهن و سایر عناصر غذایی قابل دسترس گیاه و در نهایت کاهش غلظت آهن در گیاه می‌شود.

کاهش میزان آهن قابل جذب توسط گیاه نه تنها باعث کاهش عملکرد به ویژه تحت تنش خشکی شده (مک دونالد، ۲۰۰۱) بلکه باعث کاهش ارزش تغذیه‌ای دانه جو و در نهایت سوء تغذیه در دام و انسان می‌گردد (چاکماک، ۲۰۰۸). عناصر آهن و روی نقش حیاتی در فرآیندهای مختلف متابولیکی و فیزیولوژیکی در انسان بازی می‌کند و کمبود آن همراه با کمبود آهن زندگی تقریبا ۳ میلیارد انسان مخصوصا در کشورهای در حال توسعه را تحت تاثیر قرار داده (بویس، ۲۰۰۷)، و باعث عدم سلامتی، کم خونی و افزایش میزان مرگ می‌شود (هوتز و براون، ۲۰۰٤). ضیائیان (۱۳۷۸) درمطالعه‌ای که برروی ۸۸۱ دانش‌آموز درمقطع راهنمایی درتهران انجام داد، مشاهده گردید که۵۰ درصد آن‌ها به کمبود آهن و روی مبتلا بوده که در نهایت می‌تواند به کم خونی ایرانی منجر گردد. بنابراین افزایش میزان مواد معدنی بذر از جمله آهن و روی توسط اصلاح نباتات می‌تواند روشی بسیار مطلوب در بهبود سلامتی انسان‌ها و افزایش عملکرد گندم در شرایط دیم کشور داشته باشد، چرا که گیاهان حاصل از بذوری با میزان آهن بالاتر دارای ویگور بیشتر، ریشه‌های بزرگتر و در نهایت عملکرد بیشتر می‌باشند (ویسویا و همکاران، ۲۰۰٦).

تنوع ژنتیکی برای کارایی جذب و استفاده از آهن در بین گونه‌های غلات و نیز ژنوتیپ‌های درون هر گونه از جمله جو گزارش شده است (جینس و همکاران، ۲۰۰۲؛ رنگل و همکاران، ۲۰۰۹؛ صادق‌زاده و همکاران، ۲۰۰۹). وجود تنوع ژنتیکی برای صفات جذب و نیز بهره‌وری استفاده از آهن امکان اصلاح برای این صفات را در جو برای اصلاح‌گران فراهم می‌کند. تحت شرایط کمبود آهن، میزان کل آهن موجود در گیاه و عملکرد ساقه شاخص‌های خوبی در ارزیابی ژنوتیپ‌ها برای کارایی آهن هستند. ضمنا میزان جذب آهن فاکتور مهمی در تبیین کارایی

گیاه خواهد بود (جینس و همکاران، ۲۰۰۲؛ صادق‌زاده و همکاران،۲۰۰۹). همچنین همبستگی بسیار بالایی بین میزان کل آهن جذب شده و عملکرد ساقه مشاهده شده است و میزان آهن جذب شده می‌تواند به عنوان شاخصی در تعیین کارایی آهن بکار گرفته شود (نیاوو و همکاران، ۲۰۰۵).

وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها به وجود مکانیسم‌های درگیر در داخل گیاه و نیز خاک مرتبط می‌باشد. برخی از ژنوتیپ‌ها دارای مکانیسم‌هایی برای جذب آهن می‌باشند که جذب آهن توسط گیاه در شرایطی که امکان دسترسی به آهن موجود در خاک پایین باشد را فراهم می‌کند (صادق‌زاده و رنگل، ۲۰۱۱). این مکانیسم‌ها شامل: الف) افزایش آهن قابل جذب در ناحیه ریزوسفر در نتیجه افزایش سطح ریشه، ترشح موادی از قبیل فیتوسیدروفورها (phytosiderophores) و کاهش pH در ریزوسفر؛ ب) افزایش میزان جذب آهن توسط ریشه‌ها؛ ج) جابجایی و کارآیی بهتر در استفاده از آهن در داخل گیاه (حاجی آبادی و همکاران، ۲۰۰۱) می‌باشد. در غلات، ترشح فیتوسیدروفورهای متحرک کننده روی و توانایی بهتر ریشه‌ها در جذب آهن (رنگل و گراهام، ۱۹۹۶)، توسعه بهتر ریشه (دانگ و همکاران، ۱۹۹۵)، فعالیت بیشتر انهیدرازکربونیک (Carbonic anhydrase) و وجود زیادتر گروه‌های سولفوهیدریل (Sulfhydrylgroups) در غشای پلاسمایی سلول‌های ریشه (رنگل، ۱۹۹۵) به عنوان مکانیسم‌های درگیر در کارآیی استفاده از آهن گزارش شده‌اند.

در مطالعه ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم تحت رژیم‌های رطوبتی متفاوت و میزان آهن کاربردی، پلگ و همکاران (پلگ و همکاران، ۲۰۰۷) گزارش کردند تنوع ژنتیکی معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم در کارآیی استفاده از آهن وجود دارد.

در شرایط کمبود آهن در دیم‌زارها معرفی ارقامی با میزان جذب و بهره‌وری بالای آهن (افزایش رشد و عملکرد به ازای واحد جذب آهن) در جو با روشهای بهنژادی امکان‌پذیر می‌باشد ولی این موارد به ندرت مورد توجه اصلاحگران قرار گرفته است. استفاده از ارقام دارای بهره‌وری بالای آهن، می‌تواند علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی، باعث افزایش کمی و کیفی جو گردد. در واقع ژنوتیپ‌ها و ارقام جو با بهره‌وری بالای آهن در مقایسه با ژنوتیپ‌ها و ارقام دیگر، قادرند با حداقل میزان آهن در دسترس، بیشترین عملکرد اقتصادی را تولید نمایند (فاجیریا و همکاران، ۲۰۰۲). از اینرو استفاده از روشهای بهنژادی در زمینه معرفی ارقامی با کارآیی بالا در جذب و بهره‌وری آهن جهت تهیه و نیز بهبود وضعیت غذایی ۸ میلیارد انسان در سال ۲۰۲۵ بیش از پیش اهمیت می‌یابد. حال با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان ضرورت استفاده از ژنوتیپ‌های کارا در جذب آهن را در کاهش تاثیرات منفی تنش خشکی، همچنین اهمیت مطالعه تنوع ژنتیکی در میزان جذب و تجمع آهن در بافت‌های گیاهی از جمله بذر را بیشتر استنباط نمود. از اینرو هدف از اجرای این تحقیق مطالعه میزان تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌های بومی و ارقام معرفی‌شده و لاین‌های امیدبخش جو در جذب و تجمع عنصر آهن تحت شرایط دیم سردسیر بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد مطالعه در این تحقیق عبارت است از ۱۲۱ ژنوتیپ جو که شامل ژنوتیپ‌های بومی جو از کشورهای مختلف، لاین‌های پیشرفته جو دیم، ارقام دیم محلی و معرفی شده ایران می‌باشند (جدول ۱). به‌منظور ارزیابی حاصلخیزی خاک، نمونه‌های خاک به روش مرکب از هر تکرار از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری تهیه و پس از خشک نمودن در دمای اتاق و عبور از الک دو میلیمتری، میزان عناصر قابل جذب از قبیل فسفر، روی، آهن و نیز درصد کربن آلی(O.C.)، هدایت الکتریکی گل اشباع (EC)و بافت خاک در آزمایشگاه موسسه تحقیقات کشاورزی دیم بر اساس روش‌های رایج اندازه‌گیری شد (علی‌احیائی، ۱۳۷۲).

جدول ۱- لیست و مشخصات ژنوتیپ‌های جو مورد مطالعه برای غلظت و محتوی عنصر آهن در بذر

ژنوتیپ	شماره نمونه	نام/منشاء	ژنوتیپ	شماره نمونه	نام/منشاء	ژنوتیپ	شماره نمونه	نام/منشاء
۱	۷۱٤۱۱	انگلیس	٤۲	۷۲٤۹۸	ایران	۸۳	۷۲۷۲٦	ایران
۲	۷۱٤۱۱	انگلیس	٤۳	۷۲٤۹۸	ایران	۸٤	۷۲۳۷۲	چین
۳	۷۱٤۲٦	الجزایر	٤٤	۷۲٥۰۰	ایران	۸٥	۷۲۳۸۲	چین
٤	۷۱٤۲٦	الجزایر	٤٥	۷۲٥۲۰	ایران	۸٦	۷۲٤۷۲	ایران
٥	۷۱٤۸۲	آمریکا	٤٦	۷۲٥۲۲	ایران	۸۷	۷۲٤۷۲	ایران

٦	٧١٥٣٠	روسیه	٤٧	٧٢٥٢٤	ایران	٨٨	٧٢٤٨٢	ایران
٧	٧١٥٣٠	روسیه	٤٨	٧٢٥٢٤	ایران	٨٩	٧٢٥٥٣	آذربایجان
٨	٧١٥٣٨	اسپانیا	٤٩	٧٢٥٢٤	ایران	٩٠	٧٢٥٨٨	ایران
٩	٧١٥٣٨	اسپانیا	٥٠	٧٢٥٤٥	ایران	٩١	٧٢٦٤٦	ایران
١٠	٧١٥٥٧	مصر	٥١	٧٢٥٤٦	ایران	٩٢	٧٢٦٤٦	ایران
١١	٧١٥٧٦	مصر	٥٢	٧٢٥٥٠	آمریکا	٩٣	٧٢٦٨٠	ایران
١٢	٧١٦٠٨	مصر	٥٣	٧٢٥٥٧	آذربایجان	٩٤	٧٢٦٨٠	ایران
١٣	٧١٦٥٧	مصر	٥٤	٧٢٥٥٧	آذربایجان	٩٥	٧٢٦٨٦	ایران
١٤	٧١٦٦٣	هندوستان	٥٥	٧٢٥٦٢	ایران	٩٦	٧٢٧٠٤	ایران
١٥	٧١٧٠٤	اتیوپی	٥٦	٧٢٥٦٥	ایران	٩٧	٧٢٧٤٤	ایران
١٦	٧١٨٥٠	پاکستان	٥٧	٧٢٥٦٦	ایران	٩٨	٧٢٧٤٧	ایران
١٧	٧١٩٣٨	پاکستان	٥٨	٧٢٥٦٦	ایران	٩٩	CWB117-77-9-7/3/TOKA	ناشناس
١٨	٧١٩٣٨	چین	٥٩	٧٢٥٦٦	ایران	١٠٠	Tokak/Demir-2	ناشناس
١٩	٧٢١١٣	چین	٦٠	٧٢٥٦٨	ایران	١٠١	Zarjau/80-5151//DZ-40-	ناشناس
٢٠	٧٢٢٩٥	چین	٦١	٧٢٥٨١	ایران	١٠٢	AZE-Lerik-ICB-123363/	ناشناس
٢١	٧٢٢٩٥	چین	٦٢	٧٢٥٨٤	ایران	١٠٣	CWB117-5-9-5//CWB1	ناشناس
٢٢	٧٢٢٩٥	چین	٦٣	٧٢٥٨٧	ایران	١٠٤	Ste/Antares//YEA762-	ناشناس
٢٣	٧٢٣٢٢	چین	٦٤	٧٢٦٠٢	ایران	١٠٥	Alpha/Gumhuriyet//Sonja	ناشناس
٢٤	٧٢٣٢٢	چین	٦٥	٧٢٦١١	ایران	١٠٦	ماکویی	ایران
٢٥	٧٢٣٢٢	چین	٦٦	٧٢٦٤٦	ایران	١٠٧	سهند	ایران
٢٦	٧٢٣٢٢	چین	٦٧	٧٢٦٤٧	ایران	١٠٨	آبیدر	ایران
٢٧	٧٢٣٦٨	چین	٦٨	٧٢٦٤٩	ایران	١٠٩	Dayton/Ranney	ایکاردا
٢٨	٧٢٣٦٨	چین	٦٩	٧٢٦٥٠	ایران	١١٠	انصار	ایکاردا
٢٩	٧٢٣٦٨	چین	٧٠	٧٢٦٥٣	ایران	١١١	دانمارک	ایکاردا
٣٠	٧٢٣٦٨	چین	٧١	٧٢٦٥٥	ایران	١١٢	Obruk-86	ترکیه
٣١	٧٢٤٠٦	چین	٧٢	٧٢٦٦٤	ایران	١١٣	ناشناس	ناشناس
٣٢	٧٢٤٠٦	چین	٧٣	٧٢٦٦٥	ایران	١١٤	بلبل	ترکیه
٣٣	٧٢٤٣٩	چین	٧٤	٧٢٦٦٦	ایران	١١٥	دیکتو	روسیه
٣٤	٧٢٤٣٩	چین	٧٥	٧٢٦٦٨	ایران	١١٦	رادیکال	روسیه
٣٥	٧٢٤٣٩	چین	٧٦	٧٢٦٧٢	ایران	١١٧	دوبرنیا	روسیه
٣٦	٧٢٤٦٦	ایران	٧٧	٧٢٦٧٣	ایران	١١٨	ناشناس	ناشناس
٣٧	٧٢٤٧٢	ایران	٧٨	٧٢٦٧٤	ایران	١١٩	ناشناس	ناشناس
٣٨	٧٢٤٨٠	ایران	٧٩	٧٢٦٧٥	ایران	١٢٠	ChiC/An57//Albert	ناشناس
٣٩	٧٢٤٨٠	ایران	٨٠	٧٢٦٨٤	ایران	١٢١	Pamir-65/Pamir-15	ناشناس
٤٠	٧٢٤٨٨	ایران	٨١	٧٢٦٨٩	ایران			
٤١	٧٢٤٩٤	ایران	٨٢	٧٢٧٠٣	ایران			

خاک محل اجرای آزمایش بر اساس طبقه‌بندی آمریکایی در Fine Mixed, Mesic و تحت گروه Vertic Calcixerept و دارای بافت سنگین و بدون محدودیت شوری و سدیمی بود. این خاک با داشتن بافت سنگین در سطح‌الارض

دارای قابلیت نفوذ آهسته (۰/۱ الی ۰/۵ سانتی‌متر در ساعت) و فاقد سنگ و سنگریزه در سطح الارض می‌باشد. با توجه به تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل ایستگاه در محل اجرای آزمایش (جدول ۲)، میزان ازت خاک کمتر از میزان نیاز گیاه زارعی بود. از اینروازت مصرفی براساس فرمول کودی رایج در ایستگاه (N٦٠) از منبع اوره که N٤٠ آن در پاییز و بقیه در بهاربصورت سرک داده شد (فیضی اصل، ١٣٨٦). بعلاوه فسفر مصرفی به میزان ۲۰ کیلوگرم (پنتا اکسید فسفر) در هکتار بود که تماماً در پاییز مصرف شد. فسفر و ازت مصرفی در پاییز با استفاده از دستگاه مناسب با فواصل خطوط ۲۰ سانتیمتر در عمق ٦-٤سانتیمتری در زیر بستر بذر جایگذاری گردید.

جدول ۲- مشخصات فیزیکو-شیمیایی خاک

مواد آلی (درصد)	EC (دسی زیمنس بر متر)	pH	فسفر (میلی گرم/کیلوگرم)	آهن (میلی گرم/کیلوگرم)	روی (میلی گرم/کیلوگرم)	منگنز (میلی گرم/کیلوگرم)	رس (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)
۰/٦	۰/٤٥	۷/۸	۱۲	۷	۰/٦	۱۲	٤۰	۳۸	۲۲

به منظور بررسی تنوع ژنتیکی در کارآیی استفاده از آهن و انتخاب ژنوتیپ‌های کاراً در جذب و تجمع آهن در بذر برای مناطق سردسیر دیم کشور، ژنوتیپ‌ها و ارقام جو زراعی در کرت‌هایی به ابعاد شش خط سه متری به فاصله خطوط ۲۰ سانتیمتری و با تراکم ٤۰۰ بذر در مترمربع در پاییز کشت شدند. آزمایش در قالب طرح لاتیس مربع با دو تکرارو تعداد ۱۲۱ ژنوتیپ جو در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (ایستگاه مراغه) اجراگردید. پس از رسیدگی کامل بذر، به طور تصادفی تعداد ۱۰ بوته از هر کرت (ژنوتیپ‌ها) برداشت شده، بذور آنها استحصال و پس از خشک کردن (در دمای ۷۲ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت)، وزن خشک بذرها اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری غلظت و میزان آهن در بذر هر ژنوتیپ، تعداد ۳۰ بذر تصادفی از هر ژنوتیپ (خشک شده در آون در دمای ۷۲ درجه سانتیگراد به مدت ٤۸ ساعت) در کروسه‌های چینی ریخته شده و در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد در کوره به مدت ١٤ ساعت به خاکستر تبدیل گردید. خاکستر حاصل از بذر هر ژنوتیپ در ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک (۳۰٪ v/v) به مدت ۳۰ دقیقه حل شد. محلول حاصل بعد از ته‌نشینی مواد ریز معلق (بعد از یک روز) توسط دستگاه اتمیک (Atomic Absorption Spectrophotometry)، (مدل AURORA ساخت کشور کانادا) برای تعیین میزان آهن قرائت گردید. برای اطمینان از صحت اندازه‌گیری آهن، از مواد رفرنس و نیز بلنک استفاده شد. اندازه‌گیری محتوای آهن در بوته و بذر با عمل ضرب مقدار غلظت در وزن بذر برای هر ژنوتیپ محاسبه شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات، تجزیه واریانس بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی توسط نرم‌افزار GenStat (نسخه ۱۲) انجام گرفت، چرا که طرح لاتیس مربع از کارایی کمتری نسبت به طرح بلوک برخوردار بود. همچنین مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در بین ژنوتیپ‌ها توسط آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت. بعلاوه از نرم‌افزار Excel (نسخه ۲۰۰۷) برای رسم نمودارهای جذب آهن در مراحل مختلف رشد استفاده شد.

نتایج و بحث

بر اساس داده‌های آمار ایستگاه هواشناسی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور واقع در مجاورت محل اجرای آزمایشات، در یک جمع‌بندی از وضعیت آب و هوایی حاکم بر این سال زراعی در مراغه می‌توان اظهار کرد ژرم‌پلاسم تحت بررسی در این سال در معرض تنش نه چندان شدید سرما در زمستان و اوایل بهار، و خشکی نسبتا ملایم آخر فصل قرار گرفته‌اند. میزان بارندگی در ایستگاه مراغه ٤۲۵ میلیمتر بوده که در مقایسه با میانگین بلندمدت ۲۱ درصد افزایش داشته است. پراکنش بارندگی در پاییز ۲۵۰، در زمستان ٦۹ و در بهار ۱۰٦ میلیمتر بود. متوسط دمای سال زراعی اخیر٦/۲ درجه سانتیگراد، مجموع روزهای زیر صفر ۱۱۹ روز، و تعداد روز زیر صفر در بهار ۱۲ روزبود.

با وجود بارش باران موثر در مهر ماه ولی به دلیل نبود دمای مساعد در اوایل پاییز (بعد از کشت آزمایش)، سبز شدن و رشد رویشی مطلوب گیاهان امکان‌پذیر نبود و سبز پاییزه ضعیفی به وجود آمد. همچنین، تنش سرمایی نسبتا ملایم در طول زمستان در منطقه حاکم بوده است بطوری‌که کمترین دمای مطلق ثبت شده در منطقه در دی ماه برابر ۱۲/۵- درجهٔ سانتیگراد بود. میزان بارش در فروردین مناسب بوده ولی به دلیل سردی هوا در این ماه (با داشتن ۱۲ روز زیر صفر و حداقل دمای مطلق ٤- درجه سانتیگراد) رشد گیاهان بطئی و کند بود. در اردیبهشت ماه، مطلوب‌ترین شرایط آب و هوایی برای رشد گیاهان فراهم گردید. البته به دلیل بارش کم در خرداد و تیرماه و افزایش دما، گیاهان با اندکی تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه مواجه شدند. در طول اجرای آزمایش، هیچ نوع علائم ظاهری کمبود آهن در برگ گیاهان مورد مطالعه مشاهده نگردید، که نشان

می‌دهد خاک مورد مطالعه علی‌رغم رسی بودن و pH بالا با میزان عنصر آهن ۷ میلی‌گرم توانسته است میزان نیاز گیاهان را تا جایی تامین نماید که علائم ظاهری کمبود آهن مشاهده نگردد. البته میزان عنصر آهن در خاک مورد مطالعه در آستانه بحرانی برای رشد گندم در شرایط مزرعه در مناطق خشک با خاک آهکی بود (بانسال و همکاران، ۱۹۹۰). البته با توجه به تحمل نسبی بیشتر جو نسبت به گندم، عدم مشاهده علائم کمبود ظاهری قابل درک است.

براساس نتایج تجزیه واریانس، بین ژنوتیپ‌ها برای صفات غلظت آهن در بذر اختلاف آماری معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). نتایج تجزیه دانه ژنوتیپ‌ها نشان داد غلظت (concentration) و محتوای (content) آهن در برخی از ژنوتیپ‌ها نظیر لاین شماره پنج به شدت پایین بود (جدول ٤). این نتایج نشان می‌دهد تنها نبود علائم ظاهری کمبود دلیل بر تامین نیاز گیاه نبوده و بایستی از تجزیه نمونه‌های گیاهی برای تشخیص کمبود استفاده کرد. کمبود آهن بدون ظهور علائم ظاهری می‌تواند باعث کاهش عملکرد تا ٤۰ درصد و نیز کاهش شدید کیفیت بذر گردد (آلووی، ۲۰۰٤).

جدول ۳- تجزیه واریانس ژنوتیپ‌ها برای صفات میزان و غلظت آهن (Fe) در بوته و بذر

صفات	میانگین مربعات		ضریب تغییرات (درصد)	ضریب تغییرات ژنوتیپی (درصد)	ضریب تغییرات فنوتیپی (درصد)	وراثت‌پذیری عمومی (درصد)
	ژنوتیپ (df=۱۲۰)	خطا (df=۱۲۰)				
غلظت آهن بذر	۳۸/۰۵**	۱۷/۳	۱۷	۱۳	۱۸	۵۵
محتوی آهن بذر	۰/۰۱۵٤ns	۰/۰۱۲	۱۳	٤	۱۰	۱۹

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد، ns: غیرمعنی‌دار

بین بلوک‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و زمین آزمایشات از یکنواختی برخوردار بود. ضمنا برای دامنه تغییرات تمامی صفات مورد مطالعه بسیار زیاد بود که نشانگر وجود تنوع ژنتیکی بسیار زیاد بین ژنوتیپ‌ها برای صفات مورد مطالعه می‌باشد (

جدول ٤- حداقل، حداکثر و میانگین صفات در ژنوتیپ‌ها (اعداد داخل پارانتز شماره لاین‌ها را نشان می‌دهد)

صفات	حداقل	حداکثر	میانگین (متوسط)	انحراف استاندارد
غلظت	۱٦ (۱۰۲، ۸)	۳۸ (۸، ۲*)	۲٤	٤/۵
آهن بذر	۷۲*)	۲*)		
محتوی	۰/٦۲	۱/۰۷	۰/۹	۰/۱۱
آهن بذر	(۱۱۳*)	(۸*)		

).با توجه به میزان بالای وراثت‌پذیری عمومی صفات غلظت و محتوای آهن در بذر می‌توان گفت که اصلاح برای این صفات می‌تواند موثر بوده و این صفات می‌توانند در محیط‌های مختلف پایداری نیز نشان دهند. بعلاوه، میزان تغییرات این صفات در این جمعیت از توزیع نرمالی تبعیت می‌کرد چرا که توزیع متغیرها در جامعه تقریباً بصورت متقارن در طرفین میانگین آن صفت بود، هر چند که در برخی صفات اندکی چولگی نیز مشاهده می‌شد (

شکل).

جدول ٤- حداقل، حداکثر و میانگین صفات در ژنوتیپ‌ها (اعداد داخل پارانتز شماره لاین‌ها را نشان می‌دهد)

صفات	حداقل	حداکثر	میانگین (متوسط)	انحراف استاندارد
غلظت آهن بذر	۱٦ (۱۰۲، ۷۲*)	۳۸ (۸، ۲*)	۲٤	٤/۵
محتوی آهن بذر	۰/٦۲ (۱۱۳*)	۱/۰۷ (۸*)	۰/۹	۰/۱۱

برای صفت غلظت آهن در بذر، وجود دامنه تغییرات ۳۸-۱۶ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم بذر، نشانگر تنوع ژنتیکی زیاد بین ژنوتیپ‌ها بود. متوسط غلظت آهن در بذر تمامی لاین‌ها ۲٤ میلی‌گرم بود. متوسط غلظت آهن در ژنوتیپ‌های بومی بانک ژن (۲۳ میلی‌گرم) کمتر از متوسط لاین‌های پیشرفته و ارقام دیم (۲٦ میلی‌گرم) بود، این میزان برای رقم شاهد سهند ۲۰ میلی‌گرم بود (

جدول ٤- حداقل، حداکثر و میانگین صفات در ژنوتیپ‌ها (اعداد داخل پارانتز شماره لاین‌ها را نشان می‌دهد)

صفات	حداقل	حداکثر	میانگین (متوسط)	انحراف استاندارد
غلظت	۱٦ (۱۰۲،	۳۸ (۸،	۲٤	٤/٥
آهن بذر	۷۲*	۲*		
محتوی	۰/٦۲	۱/۰۷	۰/۹	۰/۱۱
آهن بذر	(۱۱۳*)	(۸*)		

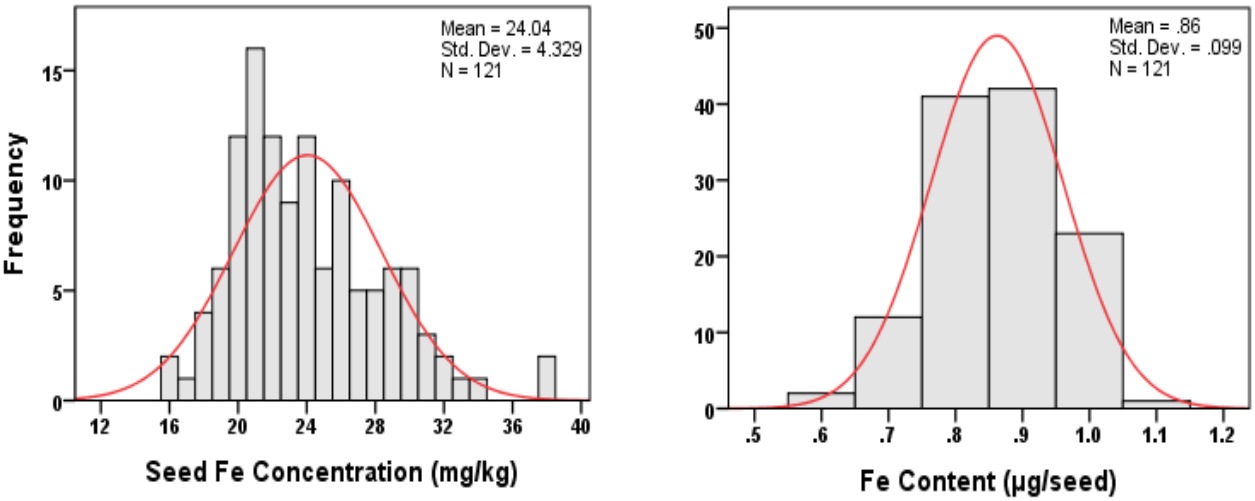
). برای محتوای آهن در بذر نیز تنوع وسیعی مابین لاین‌ها مشاهده گردید. دامنه تغییرات محتوای آهن در هر بذر ۱/۰۷ – ۰/٦۲ میکروگرم (

جدول ٤- حداقل، حداکثر و میانگین صفات در ژنوتیپ‌ها (اعداد داخل پارانتز شماره لاین‌ها را نشان می‌دهد)

صفات	حداقل	حداکثر	میانگین (متوسط)	انحراف استاندارد
غلظت	۱٦ (۱۰۲،	۳۸ (۸،	۲٤	٤/٥
آهن بذر	۷۲*	۲*		
محتوی	۰/٦۲	۱/۰۷	۰/۹	۰/۱۱
آهن بذر	(۱۱۳*)	(۸*)		

،

شکل) بود. با توجه به همبستگی مثبت و بسیار زیاد ما بین غلظت و محتوای آهن در بذر (r= ۰/٦۳**)، عموما ژنوتیپ‌هایی با غلظت آهن بیشتر، از محتوای آهن بالاتری نیز برخوردار بودند. از خصوصیات ارقام دیم می‌توان به داشتن ریشه‌های عمیق و حجیم اشاره کرد که می‌تواند به جذب بیشتر عناصر غذایی نظیر آهن از خاک نیز منجر شود (چن و همکاران، ۲۰۰۹؛ دانگ و همکاران، ۱۹۹۵؛ صادق‌زاده و همکاران، ۲۰۰۹). از طرف دیگر، احتمالا تحمل بیشتر لاین‌های پیشرفته و ارقام دیم به تنش خشکی به کارایی این ژنوتیپ‌ها در جذب و تجمع آهن مربوط باشد، با توجه به اینکه عنصر آهن نقش مهمی در تعدیل اثرات منفی تنش خشکی با کاهش تولید و نیز غیر سمی کردن اکسیژن فعال (ROS) (reactive oxygen species) القا شده بوسیله تنش خشکی به کمک آنزیم‌های ضد اکسیداسیونی موجود در کلروپلاست نظیر سوپر اکسید دسموتاز (SOD) دارد (چاکماک، ۲۰۰۰).

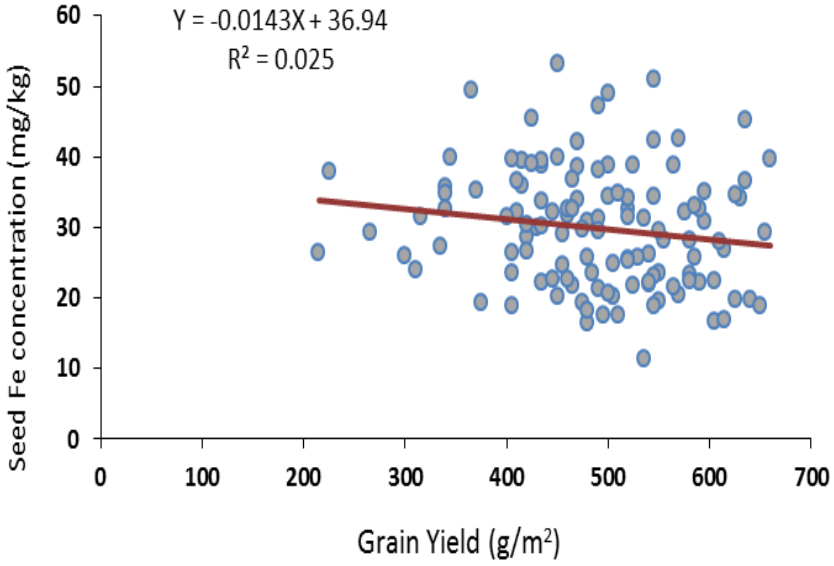


شکل ۱- توزیع فنوتیپی میانگین صفات غلظت و محتوای آهن در بذر در ۱۲۱ژنوتیپ جو

با توجه به میانگین غلظت آهن در بذر تمامی لاین‌ها (۲٤ میلی‌گرم) و میزان آن (۰/۹ میکروگرم در هر بذر) می‌توان گفت عموما لاین‌ها از غلظت و میزان آهن متوسطی برخوردار هستند. البته در بین ژنوتیپ‌های بومی، برخی از لاین‌ها نظیر شماره ۸ با بیش از ۱/۰۷ میکروگرم آهن در بذر جزو لاین‌های برتر بودند که می‌توانند در برنامه‌های اصلاح برای افزایش آهن در بذر جو مورد استفاده قرار گیرند. تحقیقات متعدد نشان داده کشت بذوری با غلظت آهن بیشتر می‌تواند به افزایش عملکرد در خاک‌های فقیر از آهن (نظیر خاک‌های آهکی و رسی مناطق دیم ایران) منجر گردد (چاکماک و براون، ۲۰۰۱). از اینرو استفاده از ژنوتیپ‌های با توان بیشتر در جذب و تجمع آهن در بذر روشی ارزان و ساده در تصحیح اثرات منفی کمبود آهن می‌باشد. کاشت بذور لاین‌هایی با میزان آهن بیشتر در بذر (نظیر لاین‌های شماره ۸ و ۲) موجب تسریع در رشد اولیه گیاهچه‌ها و استقرار بهتر آنها در اوایل فصل کشت می‌گردد (مورانگو و مادانزی، ۲۰۱۰). گیاهانی با ویگور بهتر در پاییز بهتر می‌توانند سرمای زمستان را در دیم-زارهای مناطق کوهستانی تحمل کرده و نیز کمتر با تنش‌های خشکی و گرمای آخر دوره رشد مواجه شده و در نهایت عملکرد بهتری خواهند داشت (عبدالرحمانی و همکاران، ۲۰۰۹).

تحقیقات در جو نشان داده کشت بذور غنی از آهن درخاک‌های فقیر باعث کاهش علائم کمبود آهن در برگ‌ها می‌گردد (صادق‌زاده و همکاران، ۲۰۰۸). لذا افزایش غلظت آهن در بذر با استفاده از ژنوتیپ‌های کارا یک راه‌حل عملی در تصحیح تاثیرات منفی کمبود آهن در خاک دیم‌زارها بوده مخصوصا زمانی‌که کشاورزان از کمبود آهن در خاک مزرعه خود آگاه نبوده و یا دسترسی به کود آهن ندارند. بعلاوه، افزایش میزان مواد معدنی بذر از جمله آهن با کشت ژنوتیپ‌های کارا در جذب و تجمع آهن می‌تواند روشی بسیار مطلوب در بهبود سلامتی انسان‌ها در شرایط دیم کشور داشته باشد.

امروزه بیوفورتی‌فیکاسیون(Biofortification) عنصر آهن در بذر غلات جهت بهبود تغذیه انسان و دام مورد توجه بسیاری از محققین است (هوتز، ۲۰۰۹). برای نیل به این هدف می‌توان از پتانسیل ژنوتیپ‌های کارا (نظیر لاین‌های شماره ۸ و ۲) استفاده کرد که نسبت به دیگر روش‌ها نظیر استفاده از کود آهن آسان‌تر و کم هزینه‌تر می‌باشد. از بین صفات غلظت و میزان آهن در بوته و بذر، تنها صفت میزان آهن در بوته همبستگی مثبت با عملکرد دانه داشت. به نظر می‌رسد گیاهان کارا در جذب آهن توانسته‌اند با جذب بیشتر آهن در شرایط دیم، تنش خشکی را تعدیل کرده (با توجه به نقش مهم عنصر آهن در بیان ژن‌های موثر در تحمل و نیز محافظت سلول) و موجب افزایش بیوماس گیاه و در نتیجه عملکرد دانه شده‌اند. ضمنا، عملکرد دانه با افزایش غلظت و میزان آهن در دانه کاهش معنی‌داری نداشته و از این مزیت می‌توان بهره جست تا گیاهانی را معرفی کرد که ضمن داشتن عملکرد بالا از غلظت و محتوای آهن بیشتری در بذر نیز برخوردار باشند (گریگوریو، ۲۰۰۲).



شکل ۲- همبستگی بین محتوای آهن در بذر و عملکرد در لاین‌های مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

بطور خلاصه نتایج این تحقیق، وجود تنوع ژنتیکی زیاد در بین ژنوتیپ‌های جو برای صفات غلظت و محتوای آهن در بذر را نشان داد. وجود همبستگی مثبت بین میزان آهن در بذر و عملکرد دانه می‌توان گفت در شرایط دیم (تحت تنش خشکی) در صورت تامین شدن آهن مورد نیاز گیاه، آنزیم‌های حاوی آهن قادر به از بین بردن و غیر سمی کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن حاصل از تنش خشکی شده و در نتیجه باعث تعدیل اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد اکسیژن در گیاه در دیم‌زارها خواهند شد. در کوتاه مدت، در نواحی با کمبود شدید آهن، استفاده از کود آهن (در خاک، محلول‌پاشی و پرایمینگ بذر) روشی سریع و کارا در تامین نیازهای گیاه خواهد بود. البته برای افزایش تاثیر گذاری کاربرد کود آهن در مناطق مختلف، بایستی توصیه کودی با توجه به نوع خاک، نوع گیاه، نوع واریته، تناوب و سیستم زراعی و فاکتورهای محیطی برای هر منطقه انجام گیرد. البته به دلیل مشکلاتی نظیر خشکی سطح خاک در دیم‌زارها، ترسیب قسمت اعظم کود در خاک‌های رسی و عدم دسترسی زارعین به کود آهن، جهت نیل به یک راه حل اساسی و پایدار برای تصحیح کمبود آهن، استفاده از ژنوتیپ‌های کارا در جذب و استفاده از آهن می‌تواند تکمیل کننده کاربرد کود آهن در نظر گرفته شود.

منابع

آمارنامه کشاورزی . ۱۳۹۰. معاونت برنامه ریزی و اقتصاد وزارت جهاد کشاورزی، جلد اول (محصولات زراعی و باغی).

بلالی، م.ر.، م.ج. ملکوتی، ح.ح. مشایخی، ز. خادمی. ۱۳۷۸. اثر عناصر ریزمغذی بر افزایش عملکرد و تعیین حد بحرانی آنها در خاکهای تحت کشت گندم آبی ایران. مجله خاک و آب، ویژه نامه گندم، ۱۱۹-۱۱۱:(٦)۱۲.

فیضی‌اصل، و.، ر. کسرایی، م. مقدم و غ. ولیزاده. ۱۳۸۳. بررسی تشخیص کمبود و محدودیت‌های جذب عناصر غذایی با استفاده از روش های مختلف با مصرف کودهای فسفر و روی برای گندم دیم رقم سرداری. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گرگان. ۱۱ (۳). ص: ۳۳-۲۳.

ضیائیان، ع.ح.، م.ج. ملکوتی. ۱۳۷۸. تاثیر مصرف روی بر رشد و عملکرد گندم در تعدادی از خاکهای شدیداً آهکی استان فارس.خاک و آب. ویژه نامه گندم، ۱۱۰-۹۹ :(٦)۱۲.

علی‌احیائی، م. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه خاک (جلد اول). موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۸۹۳ .

محمودی، ح. ۱۳۹٤. نتایج آمار هواشناسی ایستگاههای تحقیقات کشاورزی دیم سال زراعی.

Abdolrahmani, B., K. Ghassemi-Golezani, M. Valizadeh, V. Feizi-Asl and A.R. Tvakoli. 2009. Effects of seed priming on seed vigor and grain yield of barley (*Hordeum vulgare L. cv. Abidar*) in rainfed conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 11: 337-352.

Alloway, B.J. 2004. Zinc in Soils and Crop NutritionInternational Zinc Association Communications. IZA publications, Brussels, Belgium.

Baligar, V.C., N.K. Fageria and Z.L. He. 2001. Nutrient use efficiency in plants. Commun. Soil Sci. Plant Anal 32: 921-950.

Bansal, R.L., S.P. Singh and V.K. Nayyar. 1990. The critical zinc deficiency level and response to zinc application of wheat on Typic Ustochrepts. Exp. Agric. 26: 303-306.

Bouis, H.E. 2007. The potential of genetically modified food crops to improve human nutrition in developing countries. J Dev Stud 43: 79-96.

Cakmak, I., A. Yilmaz, M. Kalayci, H. Ekiz, B. Torun, B. Erenoglu, et al. 1996. Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in central Anatolia. Plant Soil 180: 165-172.

Cakmak, I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. The New Phytologist 146: 185-205.

Cakmak, I. and H.J. Braun. 2001. Genotypic variation for zinc efficiency. In: M. P. Reynolds, J. I. Ortiz-Monasterio and A. McNab, editors, Application of Physiology in Wheat Breeding. D.F. CIMMYT, pp. 183-199, Mexico. p. 183-199.

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

Chen, W.R., Z.L. He, X.E. Yang and Y. Feng. 2009. Zinc Efficiency is Correlated with Root Morphology, Ultrastructure, and Antioxidative Enzymes in Rice. J. Plant Nutr. 32: 287-305.

Dong, B., Z. Rengel and R.D. Graham. 1995. Root morphology of wheat genotypes differing in zinc efficiency. J. Plant Nutr. 18: 2761-2773.

Fageria, N.K., V.C. Baligar and R.B. Clark. 2002. Micronutrients in crop production. Adv. Agron 77: 185-267.

Genc, Y., G.K. McDonald and R.D. Graham. 2002. Critical deficiency concentration of zinc in barley genotypes differing in zinc efficiency and its relation to growth responses. J. Plant Nutr. 25: 545-560.

G. Gissel-Nielsen and A. Jensen. 1999. Genotypic variation in the response of barley to zinc deficiency. Plant Nutrition-Molecular Biology and Genetics. Proceeding of the Sixth International Symposium on Genetics and Molecular Biology of Plant Nutrition, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 205-221.

Gregorio, G.B. 2002. Progress in breeding for trace minerals in staple crops. J. Nutr. 132: 500S-502S.

Hajiboland, R., B. Singh and V. Romheld. 2001. Retranslocation of Zn from leaves as important contributing factor for zinc efficiency of rice genotypes. In: W. J. Horst, M. K. Schenk, A. Bürkert, N. Claassen, H. Flessa, W. B. Frommer, H. E. Goldbach, H. W. Olfs, V. Römheld, B. Sattelmacher, U. Schmidhalter, S. Schubert, N. v. Wirén and L. Wittenmayer, editors, Plant Nutrition - Food Security and Sustainability of Agro-ecosystems. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands. p. 226-227.

Hotz, C. and K.H. Brown. 2004. Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. Food and Nutrition Bulletin 25: 94-204.

Hotz, C. 2009. The potential to improve zinc status through biofortification of staple food crops with zinc. Food & Nutrition Bulletin 30: 172S-178S.

Liao, M.T., P.J. Hocking and B. Dong. 2005. Screening for genotypic variation in P uptake efficiency in cereals on Australian soils. In: Li, editor Plant nutrition for food security, human health and environmental protection. Tsinghua University Press. Beijing, China.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2 ed. Academic Press, London.

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

Murungu, F.S. and T. Madanzi. 2010. Seed priming, genotype and sowing date effects on emergence, growth and yield of wheat in a tropical low altitude area of Zimbabwe. African Journal of Agricultural Research 5: 2341-2349.

Peleg, Z., Y. Saranga, A. Yazici, T. Fahima, L. Ozturk and I. Cakmak. 2007. Grain zinc, iron and protein concentrations and zinc-efficiency in wild emmer wheat under contrasting irrigation regimes. Plant Soil.

Rengel, Z. 1995. Carbonic anhydrase activity in leaves of wheat genotypes differing in Zn efficiency. J. Plant Physiol. 147: 251-256.

Rengel, Z. 1995. Sulfhydryl groups in root-cell plasma membranes of wheat genotypes differing in Zn efficiency. Physiol. Plant. 95: 604-612.

Rengel, Z. and R.D. Graham. 1996. Uptake of zinc from chelate-buffered nutrient solutions by wheat genotypes differing in zinc efficiency. Journal of Experimental Botany 47: 217-226.

Sadeghzadeh, B., Z. Rengel and C. Li. 2008. Mapping of chromosome regions associated with seed Zn accumulation in barley, PhD thesis. The University of Western Australia, Perth.

Sadeghzadeh, B., Z. Rengel and C. Li. 2009. Differential zinc efficiency of barley genotypes grown in soil and chelator-buffered nutrient solution. J. Plant Nutr. 32: 1744 - 1767.

Sadeghzadeh, B. and Z. Rengel. 2011. Zinc in soils and crop nutrition. In: M. J. Hawkesford and P. B. Barraclough, editors, The Molecular and Physiological Basis of Nutrient Use Efficiency in Crops. Wiley. p. 335-375.

Sadeghzadeh, B. 2013. A review of zinc nutrition and plant breeding. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 13: 905-927.

Sadeghzadeh, B., N. Sadeghzadeh and E. Sepehr. 2016. Barley genotypes differing in zinc efficiency when grown in various soil types. International Journal of Plant & Soil Science 12: 1-13.

Sadeghzadeh, B., G. Valizadeh. 2016. Soil-zinc application alleviates drought stress to improve bread and durum wheat production under cold rainfed conditions. 15th International Cereal and Bread Congress, 18-21 Apr. 2016, Istanbul, Turkey.

Samarah, N., R. Mullen and S. Cianzio. 2004. Size distribution and mineral nutrients of soybean seeds in response to drought stress. J. Plant Nutr. 27: 815-835.

Wissuwa, M., A.M. Ismail and S. Yanagihara. 2006. Effects of zinc deficiency on rice growth and genetic factors contributing to tolerance. Plant Physiol. 142: 731-741.

Evaluation of genotypic variation for seed iron content and concentration in barley genotypes under dryland conditions

M. Feizi[1], M. Solouki[2], B. Sadeghzadeh[3], B. Fakheri[4], S. A. Mohammadi[5]

Received: 2018-4-29 Accepted: 2018-10-24

Abstract

Drought stress and iron (Fe) deficiency are abiotic stress factors limiting crop production and its quality, especially in rainfed areas. With the aim of evaluation of genotypic variation for Fe efficiecny, 121 barley genotypes (including local landraces and varieties, advanced lines and barley varieties) were studied under rainfed conditions. The experiment was conducted in square lattice. Based on ANOVA, there was significant differences among genotypes for seed Fe concentartion and content traits. The high range of variation for these traits showed that there is a great genotypic variation among barley genotypes. The existance of high general heritability (h^2) for seed Fe concentration and content could be helpful in breeding for these traits under different environments. Seed Fe concentration had significant and positive correlation (r=0.63**) with seed Fe content. In short, the result of this study revealed the great genotypic variation among barley genotypes for Fe absorption and accumulation in seed. Moreover, the efficient genotypes could alleviate drought stress that will result in higher grain yield with Fe-dense grains under cold dryland conditions.

Key words: Barley seed, genetic diversity, iron accumulation, iron absorption efficiency, native genotyp

1- Ph.D. Student of Plant Breeding, Zabol University, Zabol, Iran
2- Associated Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Zabol University, Zabol, Iran
3- Associated Professor, Member of the Faculty of the Agricultural Drought Research Institute, Zabol, Iran
4- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Zabol University, Zabol, Iran
5- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz University, Tabriz, Iran