

## کارایی جذب آهن در ارقام مختلف گندم

سلیمه راحمی<sup>۱\*</sup> - رضا خراسانی<sup>۲</sup> - اکرم حلاج‌نیا<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۴/۲

### چکیده

با توجه به فراهمی کم آهن در خاک‌های آهکی و تفاوت گونه‌های گیاهی در جذب آهن خاک، شناسایی و مطالعه گونه‌های گیاهی با کارایی زیاد آهن در جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی ضروری است. به منظور بررسی کارایی جذب آهن در رقم‌های مختلف گندم، یک آزمایش گلخانه‌ای در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با آرایش فاکتوریل، در ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۳ رقم گندم (پارسی، پیشتاز و فلات) و ۳ سطح آهن (صفر، ۲ و ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) بودند. نتایج نشان داد که مصرف آهن تأثیر معنی داری بر وزن خشک بخش‌های هوایی و جذب آهن در دو رقم پارسی و پیشتاز نداشت ولی در رقم فلات وزن خشک بخش‌های هوایی افزایش پیدا کرد. بررسی اینفلاکس آهن و نسبت ریشه به بخش‌های هوایی که دو عامل مهم بر کارایی جذب هستند نشان داد که در رقم پیشتاز و پارسی اینفلاکس بیش‌تر از رقم فلات بود. در رقم پارسی علاوه بر اینفلاکس طول ریشه نیز افزایش پیدا کرد. در رقم فلات با افزایش آهن، جذب، عملکرد ریشی نسبی، اینفلاکس و نسبت ریشه به بخش‌های هوایی افزایش یافت. بنابراین در مقایسه با دو رقم دیگر، فلات را به عنوان رقم کارا نمی‌توان در نظر گرفت. احتمالاً عدم پاسخ به کود در دو رقم پارسی و پیشتاز، نشان‌دهنده فعال بودن مکانیسم‌های خاص دیگر (مثل اثر تراوشات ریشه، سیدروفورها و...) در جذب آهن در سطوح کم این عنصر در خاک می‌باشد. به عبارت دیگر رقم پیشتاز و پارسی نسبت به رقم فلات کارا تر بودند.

**واژه‌های کلیدی:** اینفلاکس، آهن، کود، گیاهان کارا، رقم گندم

### مقدمه

حدود بحرانی برای اکثر محصولات با این روش ۲/۵ تا ۴/۵ میلی‌گرم آهن بر کیلوگرم خاک است. در ایران نیز حد بحرانی آهن در خاک برای گندم ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (۳). با در نظر گرفتن توانایی‌های متفاوت گیاهان در استفاده از آهن خاک، استفاده از گونه‌های کارا در خاک‌هایی با آهن قابل استفاده کم به ویژه در خاک‌های آهکی، می‌تواند تا حدی مشکلات کمبود آهن را بدون نیاز به مصرف بیش از حد کود، برطرف کند. برای این منظور ابتدا شناسایی گونه‌های گیاهی کارا در جذب آهن ضروری به نظر می‌رسد. با یک غربالگری می‌توان ارقامی را که دارای توانایی زیاد در جذب عناصر هستند، شناخت و سپس سازوکار این توانایی ویژه را شناسایی کرد و بر مبنای آن میزان جذب عنصر و مقدار مصرف کود را مورد مطالعه قرار داد تا مشخص شود که چه ارقامی با مصرف کود کمتر قادر به جذب بیش‌تر عنصر هستند. ارقامی که دارای توانایی زیاد در جذب آهن و تولید عملکرد بیشتر هستند، جهت رسیدن به حداکثر عملکرد احتیاج به کود کمتری در مقایسه با سایر ارقام دارند. مصرف کود کمتر هم از نظر صرفه‌جویی اقتصادی مهم است و هم سبب کاهش مشکلات زیست محیطی در شرایط رشد برابر و عملکرد

کمبود آهن یک مشکل اساسی در کشاورزی در سراسر جهان است که به طور عمده در خاک‌های آهکی رخ می‌دهد و این خاک‌ها بیش از ۳۰ درصد سطح زمین را پوشش می‌دهند (۲۲). طبق تحقیقات انجام شده توسط مؤسسه‌ی تحقیقات خاک و آب در ایران کمبود عناصر کم مصرف، خصوصاً آهن، در مزارع و باغ‌ها شیوع دارد (۲). زیر کشت بردن توأم و پی در پی اراضی، کشت ارقام پر محصول پر توقع و مصرف بی رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی، خصوصاً کود نیتروژن و فسفر، از عواملی هستند که باعث بروز علائم کمبود عناصر کم مصرف و کاهش عملکرد ناشی از این کمبود شده‌اند (۲). ارزیابی آهن قابل استفاده خاک‌ها، به خصوص خاک‌های نواحی خشک که دارای مقادیر زیادی آهن هستند، عمدتاً با روش *DTPA* که لیندزی و نورول (۱۵) در سال ۱۹۷۸ آن را پیشنهاد کردند انجام می‌شود.

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

\*- نویسنده مسئول: (Email: salime\_rahemi@yahoo.com)

مقدار عناصر غذایی (نیترژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم مصرف) تعیین گردید. بافت خاک به روش هیدرومتری (۱۱)، کربن آلی به روش والکی و بلاک (۲۱)، کربنات کلسیم با روش خنثی سازی با اسید (۷)، آهن قابل استفاده و سایر عناصر کم مصرف (روی، مس، منگنز) به روش لیندزی و نورول (۱۵)، نیترژن کل به روش کج‌لدال (۴)، پتاسیم قابل استفاده با استفاده از روش استات آمونیوم (۱۳)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن (۱۹)، pH و EC به ترتیب در گل و عصاره اشباع خاک (۱۷) اندازه‌گیری شدند و در نهایت خاکی انتخاب شد که از نظر میزان آهن قابل استفاده کمبود داشت. عناصر مورد نیاز گیاه به جز آهن بر اساس آزمون خاک، به خاک افزوده شد. برای اعمال تیمارهای آهن از کود سکوسترین ۱۳۸، استفاده شد. در هر گلدان تعداد ده بذر در عمق ۵ تا ۷ سانتی‌متری کاشته شد و سپس ۲۰۰ گرم ماسه روی سطح هر گلدان اضافه شد. پس از جوانه زدن بذرها، تعداد آن‌ها در هر گلدان به چهار عدد کاهش یافت. گلدان‌ها در طول دوره رشد با آب مقطر به مقدار ۴۲۰ میلی‌لیتر (برای رسیدن به حدود ظرفیت زراعی) آبیاری شدند. گیاهان قبل از رسیدن به رشد زایشی در دو زمان ۳۵ و ۵۶ روز پس از کشت برداشت شدند. بخش هوایی و ریشه‌ها بعد از خشک و خرد شدن با استفاده از روش اسید نیتریک-پرکلریک (۲۰) هضم و غلظت آهن در عصاره‌های حاصل از هضم به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل شیماتزو ۶۷۰ تعیین گردید. جهت بررسی کارایی جذب آهن<sup>۴</sup>، طول ریشه با استفاده از اسکن ریشه (۱۲) و نرم‌افزار Root EDGA، میزان جذب و نسبت ریشه به بخش هوایی اندازه‌گیری شد. اینفلاکس (In) توسط فرمول ویلیامز محاسبه شد (۱۸):

$$I_n = \frac{U_2 - U_1}{RL_2 - RL_1} \times \frac{\ln \left( \frac{RL_2}{RL_1} \right)}{t_2 - t_1}$$

در این معادله داریم:

$I_n$ : اینفلاکس خالص ( $\mu\text{mole cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ), U: جذب توسط گیاه در  $\mu\text{mole plant}^{-1}$ , RL: طول ریشه (cm), t: زمان (s), اندیس ۱ و ۲ نشان دهنده‌ی دو برداشت متوالی است.

کلیه محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. شکل‌ها توسط نرم‌افزار Sigmaplot رسم شد.

## نتایج و بحث

میزان آهن قابل استفاده خاک مورد مطالعه ۱/۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که بیانگر مقدار کم آهن قابل استفاده در خاک است. این

مطلوب ارقام کارا نسبت به سایر ارقام، می‌شود. این قبیل مطالعات در ایران کم صورت گرفته است. کارایی جذب، توانایی گیاه در استخراج و جذب یک عنصر غذایی از خاک می‌باشد که بیانگر این موضوع است که چه مقدار عنصر از خاک توسط گیاه جذب می‌شود (۱). برای بررسی علت تفاوت‌ها در کارایی جذب آهن توسط گیاهان نیاز به مطالعه جریان به داخل (اینفلاکس) و اندازه سیستم ریشه می‌باشد. اینفلاکس بیانگر این است که چه مقدار عنصر غذایی از یک واحد مشخص سطح ریشه و در یک زمان مشخص وارد گیاه می‌شود که بر مبنای مول بر واحد سطح یا طول ریشه و در واحد زمان بیان می‌شود (۱۸). برای محاسبه جذب گیاه محاسبه‌ی عملکرد و غلظت عنصر ضروری است. چرا که ممکن است دو گیاه از نظر عملکرد یکسان باشند. در این صورت با محاسبه جذب و بررسی آن می‌توان دو گیاه را مقایسه نمود و گیاهی که عنصر بیش‌تری جذب کرده است کارا تر است و آن را گیاه کارا<sup>۱</sup> می‌نامند. این گیاهان علی‌رغم مقدار کم عنصر غذایی در خاک قادرند مقدار بیش‌تری از عنصر را جذب کنند. در واقع به دو دلیل گیاه می‌تواند در مقادیر کم یک عنصر غذایی، مقدار بیش‌تری را جذب کند. یا اینکه مقادیر اینفلاکس زیاد باشد یا سیستم ریشه گسترده باشد. امروزه توانایی ژنوتیپ‌های مختلف گیاهی در جذب و مصرف عناصر غذایی توسط دانشمندان بسیاری، مورد توجه قرار گرفته است که تفاوت کارایی آن‌ها در استفاده از عناصر غذایی<sup>۲</sup> به خاطر جذب بوسیله ریشه‌ها، یا مصرف توسط گیاه<sup>۳</sup> و یا هر دو متأثر می‌شود، که اهمیت نسبی این استراتژی‌ها بسته به نوع عنصر و نوع گونه گیاهی می‌تواند متفاوت باشد (۱۶).

با توجه به اهمیت استراتژیک گندم در تغذیه مردم در ایران و کمبود شایع آهن در مزارع گندم تحقیق حاضر با هدف مقایسه کارایی جذب آهن در سه رقم گندم در سطوح مختلف آهن و بررسی سازوکار آن به صورت کشت گلدانی در گلخانه انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش با ۳ رقم گندم (پارسی، پیشناز و فلات) در ۳ سطح مختلف آهن (صفر، ۲ و ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با آرایش فاکتوریل، در ۳ تکرار، در خاکی با آهن قابل استفاده کم (جدول شماره ۱)، در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت گلدانی و کشت خاکی، در شرایط کنترل شده گلخانه با میانگین دمای ۲۱ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۵ درصد انجام شد. جهت انتخاب خاک مورد نظر پس از نمونه برداری از خاک‌های مختلف، میزان آهن، کربن آلی، بافت خاک و

- 1- uptake efficient
- 2- Nutrient efficiency
- 3- Utilization

4- Iron uptake efficiency

خاک شور نبوده، pH آن ۷/۶۴ و میزان کربنات کلسیم معادل حدود ۱۶ درصد بود. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

### وزن خشک مطلق و نسبی بخش هوایی بر اساس ماده خشک

نظر به اهمیت وزن خشک بخش هوایی به عنوان عملکرد رویشی در ایجاد قابلیت لازم برای تولید عملکرد اقتصادی، رقم‌ها از این نظر مورد مقایسه قرار گرفتند. کمترین وزن خشک در رقم فلات مشاهده شد که میزان آن حدود ۰/۸ گرم بر گیاه بود که تفاوت معنی‌داری نسبت به پیشتاز و پارسی مشاهده شد (شکل ۱). بین سطوح آهن در هر یک از رقم‌های مورد مطالعه تفاوت آماری معنی‌دار مشاهده نشد. شاید با توجه به میزان اثر آهن به عنوان یک عنصر کم مصرف در رشد رویشی گیاهان، این نتایج دور از انتظار نباشد. قاسمی و همکاران (۹) در پژوهشی که بر روی رقم‌های سویا داشتند دریافتند که مصرف کود آهن تأثیری در وزن خشک و عملکرد خشک رقم‌ها

نداشت.

برای بررسی بهتر کارایی از وزن خشک نسبی اندام هوایی استفاده شد تا اثر بالقوه خصوصیات ژنتیکی بر رشد و نمو بین ارقام از بین برود. در بررسی عملکرد وزن خشک نسبی اندام هوایی، نتایج نشان داد که میزان وزن خشک نسبی در رقم‌های مختلف بین ۸۹ تا ۹۹ درصد متفاوت بود (شکل ۲).

در رقم فلات با افزایش سطح آهن وزن خشک نسبی اندام هوایی افزایش یافت و بین سطوح مختلف آهن تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده شد به طوری که سطح ۶ پی‌پی‌ام آهن با دو سطح دیگر تفاوت آماری داشت. در رقم پیشتاز و رقم پارسی در سه سطح وزن خشک نسبی اندام هوایی یکسانی مشاهده گردید و بین سطوح مختلف آهن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به شکل ۲ می‌توان گفت که مصرف آهن در وزن خشک نسبی اندام هوایی در دو رقم پارسی و پیشتاز تأثیر زیادی نداشت، ولی در رقم فلات افزایش وزن خشک نسبی تحت تاثیر افزایش آهن بود.

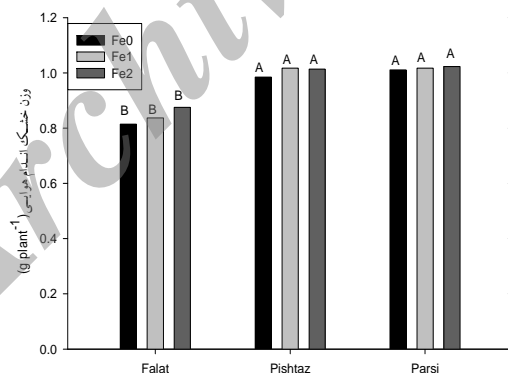
جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

CaCO <sub>3</sub> %	OM%	Fe <sup>1</sup> <sub>ava</sub>	K <sub>ava</sub> mg Kg <sup>-1</sup>	P <sub>ava</sub>	N <sub>t</sub> <sup>2</sup>	pH <sub>s</sub> <sup>3</sup>	Ec <sub>e</sub> (ds m <sup>-1</sup> )	بافت
۱۶/۲۵	۰/۷۷	۱/۸۷	۱۵۰/۷۲	۵/۵۰	۳۹۳/۷۵	۷/۶۴	۱/۸۶	Loam

۲- نیتروژن کل

۱- قابل استفاده

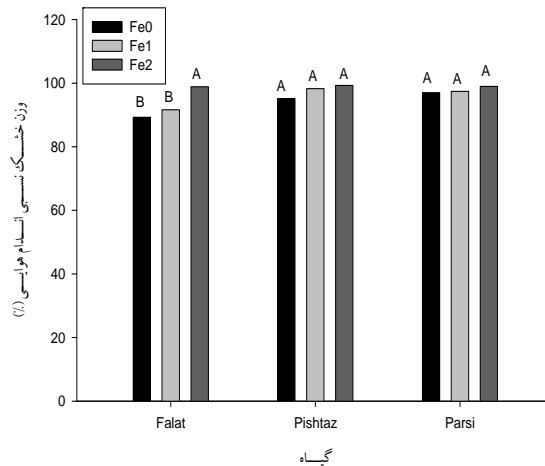
۳- گل اشباع در



شکل ۱- تغییرات وزن خشک بخش هوایی در سه سطح مختلف آهن برای سه رقم گندم

(Fe0 بدون کود، Fe1 ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن، Fe2 ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن)

(حروف غیر مشابه نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد)



شکل ۲- تغییرات وزن خشک نسبی اندام هوایی در سه سطح مختلف آهن برای سه رقم گندم (Fe0 بدون کود، Fe1 ۲ میلی گرم بر کیلوگرم آهن، Fe2 ۶ میلی گرم بر کیلوگرم آهن) (حروف غیر مشابه نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد)

آهن حاکی از آن بود که مقدار کل آهن در رقم فلات با افزایش مقدار کود آهن، افزایش یافت (شکل ۴). به طوری که بین تیمار بدون کود و سطوح کود داده شده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده گردید. مقدار آهن در رقم پیشتاز، نیز با افزایش سطح آهن، زیاد شد ولی تفاوت معنی داری بین سه سطح مشاهده نشد. در رقم پارسی نیز تفاوت معنی دار آماری بین سطوح مختلف آهن مشاهده نشد. بیشترین میزان جذب در رقم فلات به مقدار ۲۰۰ میکروگرم بر گیاه در سطح ۶ پی پی ام آهن مشاهده شد. در تیمار بدون کود در بین رقم‌های مختلف، تفاوت معنی داری مشاهده نشد.

بدین ترتیب می‌توان گفت تنها رقم فلات نسبت به مصرف کود سکوسترین پاسخ نشان داد و وزن خشک نسبی اندام هوایی آن افزایش یافت که با بررسی غلظت و جذب آهن می‌توان علت اصلی این پاسخ مثبت را افزایش آهن به خاک دانست. در مقابل، بررسی این پارامترها در دو رقم پارسی و پیشتاز نشان داد که آن‌ها نسبت به افزایش کود آهن هیچ‌گونه پاسخ معنی داری نداشتند. لذا می‌توان گفت رقم‌های پارسی و پیشتاز نسبت به رقم فلات کارایی بیشتری در جذب و استفاده از آهن دارند. چرا که این دو رقم توانستند در مقادیر کم آهن و بدون افزودن کود، به اندازه‌ی مقادیر زیاد جذب و وزن خشک نسبی اندام هوایی داشته باشند (شکل ۴). کارایی گیاهان در جذب عناصر عمدتاً به بالا بودن اینفلاکس و افزایش نسبت ریشه به بخش هوایی مربوط است. لذا باید این دو پارامتر را بیش‌تر مورد ارزیابی قرار داد. می‌توان گفت با اینکه مقدار اینفلاکس آهن در رقم پارسی در سطح بدون کود نسبت به رقم پیشتاز کم‌تر است (شکل ۶)، اما داشتن نسبت ریشه به بخش هوایی بیش‌تر (شکل ۵)، سبب شده که مقدار جذب در رقم پارسی و پیشتاز در سطح بدون کود تفاوت معنی داری نداشته باشد و مقدار جذب در سطوح مختلف آهن یکسان

به عبارت دیگر رقم‌های پارسی و پیشتاز در مقادیر کم آهن (تیمار صفر) قادر به تولید ماده خشک تقریباً معادل زمانی که خاک ۶ پی پی ام (۲۳/۵ کیلوگرم در هکتار) آهن دریافت کرده است، بوده‌اند. حال سؤال اینجاست چگونه این رقم‌ها قادر به رشد و نمو مناسب در حاکی با مقادیر کم آهن قابل استفاده هستند و چه اختلافی با رقم فلات دارند. با بررسی غلظت آهن در بخش هوایی و به تبع آن میزان جذب آن می‌توان به تشریح این توانایی‌ها و اختلافات پرداخت.

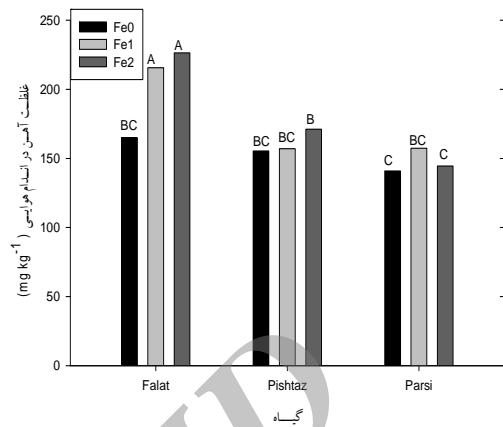
#### غلظت آهن و مقدار کل آهن در گیاه<sup>۱</sup> (جذب)

در بررسی غلظت آهن در بخش‌های هوایی (شکل ۳) مشخص شد که در رقم فلات با افزایش مقدار کود، مقدار آهن در بخش هوایی افزایش یافت و بین تیمار بدون کود و سطوح کودی تفاوت معنی دار آماری مشاهده شد، ولی سطوح ۲ و ۶ پی پی ام آهن تفاوت معنی داری نداشتند. در دو رقم پیشتاز و پارسی تفاوت معنی داری بین سطوح آهن مشاهده نشد. همچنین در تیمار بدون کود نیز بین رقم‌های مختلف تفاوت معنی دار مشاهده نشد و این به معنی کارایی جذب مشابه در سه رقم نیست. چرا که سطح بدون کود در هر رقم با سطوح کود داده شده همان رقم جهت بررسی کارایی جذب مقایسه می‌شود. در صورتی که سطح بدون کود بتواند مقدار آهنی مشابه سطوح کود داده شده جذب کند و عملکردی مشابه آن‌ها داشته باشد آن رقم کاراست. با مصرف آهن، بیش‌ترین غلظت در بخش هوایی، در رقم فلات اندازه گیری شد.

برای مقایسه بهتر کارایی جذب آهن بین رقم‌ها، مقدار کل آهن در گیاه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار کل

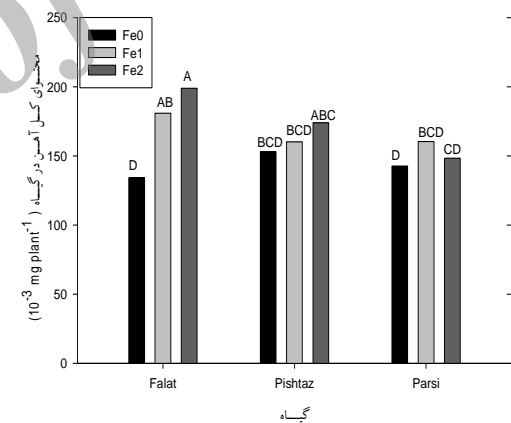
1- Total iron content

باشد. برای بررسی این موضوع نیاز به محاسبه اینفلاکس و مقایسه طول ریشه می‌باشد.



شکل ۳- تغییرات غلظت آهن بخش‌های در سه سطح مختلف آهن برای سه رقم گندم

(Fe0 بدون کود، ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن، ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن) (حروف غیر مشابه نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد)



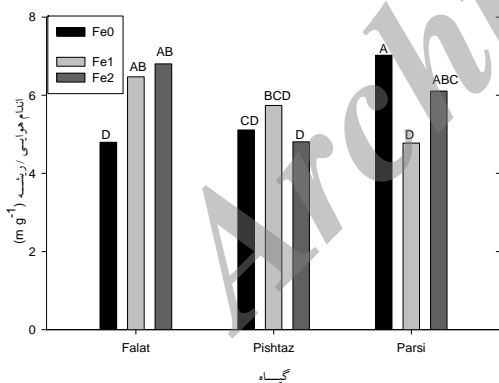
شکل ۴- تغییرات جذب آهن بخش‌های در سه سطح مختلف آهن برای سه رقم گندم

(Fe0 بدون کود، ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن، ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن) (حروف غیر مشابه نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد)

### نسبت ریشه به بخش هوایی

چون جذب آهن در بخش هوایی مورد ارزیابی قرار گرفته است، برای بررسی اثر طول ریشه در جذب آهن از نسبت ریشه به بخش هوایی استفاده شد. بهادوریا و همکاران (۵) بیان کردند که نسبت ریشه به بخش هوایی برای مقایسه‌ی کارایی عناصر قابل دسترس برای تغذیه گیاه، بهتر از پارامتر طول ریشه است (نتایج مربوط به

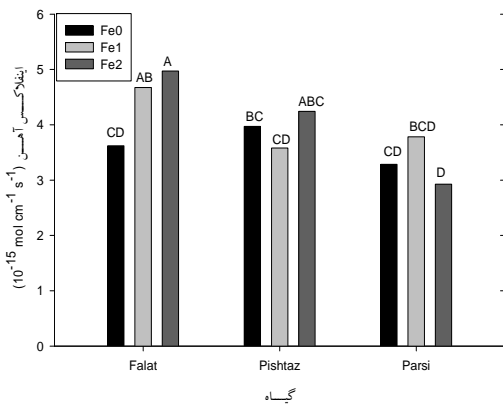
نسبت ریشه به اندام هوایی نیز کم و بیش بیانگر همان روند مربوط به طول ریشه است که با توجه به تعداد زیاد شکل‌ها و طولانی شدن از آوردن آن اجتناب شده است). برای این منظور نسبت طول ریشه ( $m$ ) به وزن خشک بخش هوایی ( $g$ ) محاسبه شد. بررسی نسبت ریشه به بخش هوایی نشان داد که در رقم فلات با افزایش سطح آهن نسبت ریشه به بخش هوایی افزایش یافت به طوری که از مقدار ۴/۷ متر در هر گرم گیاه به ۶/۸ افزایش یافت (شکل ۵). در این رقم بین تیمار بدون کود با دو سطح آهن تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و مشخص شد که نسبت ریشه به بخش هوایی در تیمار بدون کود کم‌ترین مقدار را دارد. تغییرات نسبت ریشه به بخش هوایی در تیمارهای کودی تقریباً مشابه تغییرات غلظت است. در رقم پارسی، بیش‌ترین میزان نسبت ریشه به بخش هوایی در تیمار بدون کود مشاهده شد که شاید بتوان بر این اساس جذب زیاد آهن را در این تیمار توجیه کرد. یعنی می‌توان بیان کرد در این رقم گسترده بودن ریشه با ایجاد سطح تماس بیشتر، باعث جذب بیشتر آهن شده است. کریشنا سامی و همکاران (۱۴) به مطالعه ارقام سورگوم در کارایی آهن پرداخت و بیان کرد که ریشه گیاه (عمدتاً بخش ریزوسفر) نقش مهمی در کسب آهن در گیاه سورگوم دارد و استفاده از ارقام مقاوم به کمبود آهن در خاک-های دارای آهن کم، می‌تواند مصرف کود را کاهش دهد. در رقم پش‌تاز بین سطوح مختلف آهن تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد پس می‌توان گفت جذب زیاد آهن در تیمار بدون کود در این رقم نمی‌تواند مربوط به تفاوت در نسبت ریشه به بخش هوایی باشد و برای توجیه آن باید به دنبال عامل دیگری بود.



شکل ۵- تغییرات نسبت ریشه به بخش هوایی در سه سطح مختلف آهن برای سه رقم گندم

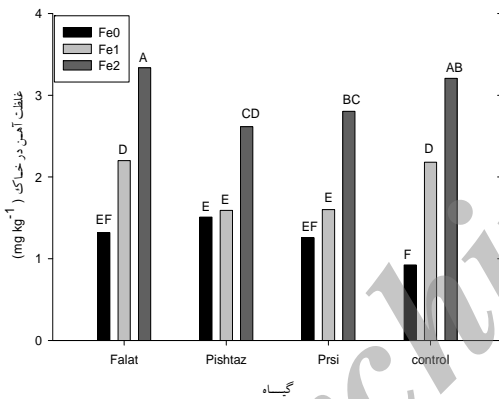
(Fe0 بدون کود، ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن، ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن) (حروف غیر مشابه نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد)

گیاهانی با جذب فسفر متوسط مثل گندم اندازه سیستم ریشه و سطح تماس با خاک مهم تر بود.



شکل ۶- تغییرات اینفلاکس در سه سطح مختلف آهن برای سه رقم گندم

(Fe0 بدون کود، ۲ Fe1 میلی گرم بر کیلوگرم آهن، ۶ Fe2 میلی گرم بر کیلوگرم آهن)  
(حروف غیر مشابه نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد)



شکل ۷- تغییرات غلظت آهن خاک در سه سطح مختلف آهن برای سه رقم گندم

(Fe0 بدون کود، ۲ Fe1 میلی گرم بر کیلوگرم آهن، ۶ Fe2 میلی گرم بر کیلوگرم آهن)  
(حروف غیر مشابه نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد)

### نتیجه گیری

توجه به استفاده از کارایی آهن در ارقام مختلف گندم به عنوان روش صحیح اقتصادی برای مدیریت مشکل کمبود آهن در خاک‌های آهکی می تواند راه کار مناسبی باشد. با توجه نتایج به دست آمده از این تحقیق می توان گفت که رقم فالات به مصرف کود سکوسترین پاسخ نشان داده و با افزایش مقادیر کود، میزان جذب، وزن خشک نسبی اندام هوایی، اینفلاکس و نسبت ریشه به بخش هوایی آن

### جریان به داخل (اینفلاکس) آهن

با استفاده از فرمول ویلیامز (۱۳)، میزان اینفلاکس محاسبه و گراف مربوط رسم گردید. مقدار اینفلاکس بین  $3 \times 10^{-15}$  تا  $5 \times 10^{-15}$  مول بر سانتی متر در ثانیه متفاوت بود (شکل ۶). در رقم فالات با افزودن کود، میزان اینفلاکس افزایش یافت و بین سطح صفر پی پی ام آهن با دو سطح دیگر تفاوت معنی داری مشاهده شد. در رقم فالات اینفلاکس مطابق با افزودن کود، افزایش پیدا کرد. در دو رقم پشستاز و پارسی تفاوت معنی داری بین سطوح مختلف در اینفلاکس آهن مشاهده نشد. یعنی در این دو رقم میزان اینفلاکس آهن در تیمار بدون مصرف کود به اندازه تیمارهای مصرف کود بود. مطالعات نشان داده است که یکی از دلایل اصلی در افزایش اینفلاکس، افزایش غلظت آهن در فاز محلول خاک است (۶). در دو رقم پشستاز و پارسی می توان زیاد بودن اینفلاکس آهن را در تیمار صفر به افزایش غلظت آهن در محلول خاک نسبت داد. یعنی باید عامل دیگری به غیر از کود باعث زیاد شدن غلظت آهن در محلول خاک شده باشد. مثلاً ریشه گیاه با تراوش ترکیبات خاصی می تواند سبب حالیت عنصر آهن شده و آهن از شکل غیرقابل استفاده به شکل قابل استفاده تبدیل شود و غلظت آهن در فاز محلول خاک بدون مصرف کود افزایش یابد (البته اثبات این مطلب مستلزم انجام آزمایشات مستقیم بر روی تراوشات ریشه است). به این فرآیند "تحرک شیمیایی" عنصر می گویند. بنابراین با توجه به نتایج شکل ۷ می توان گفت که رقم های پشستاز و پارسی قادر به انجام تحرک شیمیایی آهن در مقادیر کم آهن قابل استفاده خاک می باشند. با این توضیح که این توانایی در رقم پشستاز بیش تر است. در رقم فالات در سطح بدون کود، اینفلاکس نسبت به سطوح کود داده شده کم تر بود که نتیجه آن مقدار جذب کم تر آهن است (شکل ۴). نهایتاً با توجه به مطالب فوق می توان بیان کرد که علت کارایی بیش تر در جذب آهن در مقادیر کم آهن خاک در دو رقم پشستاز و پارسی می تواند مربوط به اینفلاکس زیاد آهن باشد. همچنین بررسی طول ریشه نشان داد که رقم پارسی دارای طول ریشه بیش تری بود (شکل ۵). بنابراین احتمالاً علاوه بر اینفلاکس، طول ریشه نیز در جذب آهن و کارا بودن این رقم مؤثر بوده است. استفاده از رقم گندم کارا به عنوان روش صحیح اقتصادی برای مدیریت مشکل کمبود آهن در گیاه گندم در خاک های آهکی مؤثر است (۱۰). فوزه و همکاران (۸) نشان دادند که اینفلاکس فسفر در واحد طول ریشه، در هفت گیاه رشد یافته در سطوح کم فسفر خاک تغییر می کند. او بیان کرد که کارایی جذب فسفر در گونه های گیاهی، متفاوت است. در گونه های دارای کارایی زیاد مانند اسفناج، اینفلاکس عامل اصلی کارا بودن این گیاه در جذب فسفر بود، در حالی که در

- 1- Influx
- 2- Chemical mobilization

به تأمین آهن مورد نیاز خود از طریق افزایش تحرک شیمیایی آهن مثل تراوشات ریشه و تولید سیدروفورها، حتی در خاک‌های حاوی مقادیر کم آهن قابل استفاده هستند. (البته این امر مستلزم تحقیقات تکمیلی دیگر می‌باشد). اگر نتایج پژوهش‌های مزرعه‌ای نیز مؤید این مطلب باشد شاید بتوان کشت این رقم‌ها را در خاک‌های حاوی مقادیر کم آهن قابل استفاده، بدون استفاده از کود (یا مقادیر خیلی کمتر کود) توصیه کرد که این هم از نظر اقتصادی و هم از نظر کشاورزی پایدار و جنبه‌های زیست محیطی مفید می‌باشد.

همچنین در ادامه این تحقیق برای بررسی اثر تراوشات ریشه در جذب آهن و بررسی سازوکار تحرک شیمیایی آهن در خاک می‌تواند دو رقم پیشتاز و پارسی را انتخاب کرد.

افزایش یافت. بنابراین در این پژوهش گلخانه‌ای، رقم فلات را به عنوان رقم کارا نمی‌توان در نظر گرفت. ولی بررسی میزان جذب آهن در دو رقم پارسی و پیشتاز در تیمار بدون مصرف کود، نشان داد که آن‌ها کارایی بیشتری نسبت به رقم فلات در جذب آهن در مقادیر کم آهن قابل استفاده خاک دارند. در این دو رقم افزایش اینفلاکس در بالا بودن کارایی جذب آهن مؤثر بوده ولی در رقم پارسی علاوه بر اینفلاکس، طول ریشه نیز در کارایی جذب آهن نقش داشته است. بنابراین دو رقم پارسی و پیشتاز در این پژوهش از نظر مقایسه کارایی جذب بین سه رقم گندم به عنوان وارسته کارا شناخته شدند. به طور کلی با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش گلخانه‌ای می‌توان بیان کرد که رقم‌های پارسی و پیشتاز به عنوان رقم‌های کارا قادر

## منابع

- ۱- خراسانی ر. ۱۳۸۹. کارایی جذب فسفر در ذرت، جغندر قند و بادام زمینی. نشریه‌ی آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۱. شماره ۲۴.
- ۲- ملکوتی م. ۱۳۷۷. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش تولید محصولات کشاورزی. مجله زیتون. ویژه نامه کاهش مصرف سموم و استفاده بهینه از کودها. وزارت کشاورزی.
- ۳- ملکوتی م.، مشیری ف.، و نبی غیبی م. ۱۳۸۴. حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در خاک و برخی از محصولات زراعی و باغی. نشریه فنی شماره ۴۰۵. انتشارات سنا.
- 4- Bremner J.M. 1970. Nitrogen total, regular kjeldahl method. Methods of soil analysis, part 2: Chemical and microbiological properties. 2nd ed. Agronomy 9(1) ASA. SSSA. Madison Publisher, Wisconsin, USA. Briat, j.F., I. Fobis-Loisy, N. Grignon, S. Lobreaux, N. Pascal, G. Savino, S. Thoirion, N. Von Wiren and O. V. Wuytswinkel. 1995. Cellular and molecular aspects of iron metabolism in plants. Biology of The Cell, 84:69-81.
- 5- Bhadoria P.B.S., Singh S. and Claassen N. 2001. Phosphorus efficiency of wheat, maize and groundnut grown in low phosphorus supplying soil. In plant nutrition- food security and sustainability of agro-ecosystems. Horst, W. J, M. K. Schenk, A. Burkert, N. Claassen, H. Flessa, W.B. Frommer, H. Goldbach, V. Romheld, B. Sattelmacher, U. Schmidhalter, S. Schubert, N. V. Wiren and L. Wittenmayer. (Eds), 530-531. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- 6- Bhadoria P.B.S., Steingrobe B., Claassen N., Liebersbach H. 2002. Phosphorus efficiency of wheat and sugar beet seedlings grown in soils with mainly calcium, or iron and aluminium phosphate. Plant and Soil, 264: 41-52.
- 7- FAO. 1990. Management of gypsiferous soils. Soil Bulletin, 62, Feed and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- 8- Fohse D., Claassen N. and Jungk A. 1988. Phosphorus efficiency of plants, Plant and Soil, 110: 101-109.
- 9- Ghasemi-Fasaei R., Ronaghi A., Maftoun M., Karimian N., and Soltanpour P.N. 2003. Influence of FeEDDHA on iron-manganese interaction in soybean genotypes in a calcareous soil. Journal of Plant Nutrition, 26: 1815-1823.
- 10- Ghasemi-Fasaei R. and Ronaghi A. 2008. Interaction of iron with copper, zinc, and manganese in wheat as affected by iron and manganese in a calcareous soil, Journal of Plant Nutrition, 31:5, 839-848.
- 11- Gee G.W. and Bauder T.W. 1986. Particle-size analysis. Methods of soil analysis, part 1: Physical and mineralogical methods 2nd ed. Agronomy Journal, 9(1) ASA. SSSA. Madison Publisher, Wisconsin, USA.
- 12- Kaspar T.C. and Ewing R.P. 1977. Root EDGE: Soft ware for measuring root length from desktop scanner images. Agronomy Journal, 89: 932-940.
- 13- Klute A. 1986. Methods of soil analysis, part 1: Physical and mineralogical methods 2nd ed. ASA. Soil Science Society of America Madison Wisconsin, USA.
- 14- Krishnasam, R., Jegadeeswari D., Surendran U. and Sudhalakshmi C. 2005. Screening of sorghum (*sorghum bicolor*) genotypes for their iron efficiency, Journal of Agricultural Sciences, 1 (1): 98-100.
- 15- Lindsay W.L. and Norwell W.A. 1960. Development of a DTPA micronutrient soil test, Agronomy Abstracts, 1969: 84.
- 16- Marschner H. 1998. Role of root growth, arbuscular mycorrhiza, and root exudates for the efficiency in nutrient acquisition. Field Crops Research, 56: 203-207.
- 17- Mclean E.D. 1982. Soil pH and lime measurement. Methods of soil analysis part 2: Chemical and microbial properties. 2nd ed. Agronomy Journal, 9(1). ASA. SSSA. Madison Publisher. Wisconsin. USA.
- 18- Nye P.H. and Tinker P.B. 1977. Solute movement in the soil-root system. Blackwell Oxford, UK.

- 19- Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S., and Dean L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular. Gov. Printing Office Washington D.C., 939:1-19.
- 20- Richards B.K., Steenhuis T. S., Poverly J.H. and McBride M.B. 1998. Metal mobility at and old, heavily loaded sludge application site, Environmental Pollution, 99: 365-377.
- 21- Walkley A. and Black I.A. 1934. Method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Science, 63:251-263.
- 22- Welch R.M., Allaway W.H., House W.A. and Kubota J. 1991. Geographic distribution of trace element problems. In: Mortvedt, J.J., F.R. Cox, L.M. Shuman, R.M. Welch. (Eds), Micronutrients in agriculture, 2nd ed. Soil Science Society of America, Madison, WI, 31-57.

Archive of SID



## Uptake Efficiency of Iron in Different Wheat Varieties

S. Rahemi<sup>1\*</sup> - R. Khorassani<sup>2</sup> - A. Halajnia<sup>3</sup>

Received:22-04-2013

Accepted:23-06-2014

### Abstract

With due attention to the low availability of iron in calcareous soils and different ability of plant species in iron acquisition, the study and identification of iron-efficient plants is necessary to reduce the use of chemical fertilizers. A greenhouse experiment was conducted to study iron uptake efficiency in different wheat varieties, as a randomized complete blocks design with factorial arrangement. Treatments consisted of three levels of Fe (0, 2 and 6 mg kg<sup>-1</sup>) and three varieties of wheat (Falat, Parsi, Pishtaz) with three replications. The results showed that iron application had no effect on shoot dry weight and iron uptake in Parsi and Pishtaz varieties, but increased those in the Falat variety. The study of influx and root-shoot ratio, which are two important factors in the iron uptake by plant, showed that the Parsi and Pishtaz varieties had higher influx than the Falat variety. In the Parsi variety as well as influx, the root length had an important role in iron uptake efficiency. In the Falat variety with increasing amounts of iron uptake, relative shoot dry weight, influx and root-shoot ratio were increased. Therefore, the Falat variety in comparison to two other varieties was not an iron efficient plant. No response to Fe fertilizer was observed in the Pishtaz and Parsi varieties which indicated some other specific uptake mechanisms were involved at low Fe levels in soil. Finally, the results showed that the Pishtaz and Parsi varieties were more efficient in iron uptake than Falat variety.

**Keywords:** Fertilizer, Influx, Iron efficiency, Efficient plants, Wheat varieties

Archive of SID

1,2,3- Former MSc Student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Ferdowsi university of Mashhad, Respectively  
(\*-Corresponding Author Email: salime\_rahemi@yahoo.com)