# مقایسه تعدادی از مهم‌ترین ارقام برنج نسبت به تحمل کمبود عنصر روی در شرایط مزرعه‌ای و آبکشت

رقیه حاجی بلند[۱]، سید یحیی صالحی[۱]، طاهره السادات آقاجانزاده[۲]، معصومه ابهری[۳] و احسان نظیفی[۴]

## چکیده

کمبود روی یکی از مهم‌ترین نارسائی‌های تغذیه‌ای پس از عناصر پر مصرف در گیاه برنج است. تفاوت‌های ژنوتیپی قابل توجهی بین ارقام مختلف برنج از نظر تحمل کمبود روی وجود دارد. شناخت این تفاوت‌ها و معرفی ارقام متحمل به کمبود می‌تواند مصرف کودها را کاهش دهد. در پژوهش حاضر، تحمل تعدادی از مهم‌ترین ارقام رایج برنج شمال کشور نسبت به کمبود روی در طی یک آزمایش مزرعه‌ای (۱۱ رقم) و آبکشت (۱۶ رقم) مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش‌ها در طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از طرح دو عاملی شامل سطح روی و رقم انجام شد. چهار سطح کود روی در آزمایش مزرعه‌ای (شاهد، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود روی) و سه سطح در آزمایش آبکشت با استفاده از تکنیک کلاتور- بافر (شامل ۱۳۰ پیکومول فعالیت روی آزاد به‌عنوان شاهد، ۲۳ و ۵ پیکومول به‌عنوان تیمار کمبود) اعمال گردید. علاوه بر سنجش اجزای عملکرد در شرایط مزرعه‌ای و شاخص‌های رشد در شرایط آبکشت، غلظت و مقدار عنصر روی در بخش‌های مختلف گیاهان سنجش شد. در آزمایش مزرعه‌ای، با توجه به همه اجزای عملکرد، ارقام اوندا و کادوس به‌عنوان ناکاراترین نسبت به روی (حساس ترین در برابر کمبود) و ارقام دشت و خزر به‌عنوان کارآترین نسبت به روی (متحمل ترین در برابر کمبود) ارزیابی شد. در آبکشت، سه رقم فجر، طارم هاشمی و اوندا به‌عنوان حساس ترین و ارقام شفق، آمل و میانه به‌عنوان متحمل ترین ارقام معرفی شدند. بیشترین غلظت روی در دانه در ارقام فجر و ندا و بیشترین پاسخ به کود روی از نظر انباشتگی این عنصر در دانه‌ها در دو رقم نعمت و طارم دیلمانی مشاهده شد در حالی‌که در کادوس، این عنصر عمدتاً در کاه انباشته شد. این بررسی علاوه بر معرفی نمودن ارقامی که بدون نیاز به کود روی عملکرد مناسبی را نشان می‌دهند، مناسب ترین ارقام را از نظر انباشتن این عنصر در دانه‌ها که ارزش غذایی برنج را افزایش می‌دهد، مشخص کرده است.

**واژه‌های کلیدی:** برنج، ارقام برنج، کمبود روی، کارائی نسبت عنصر روی

۱. به ترتیب استادیار و کارشناس ارشد فیزیولوژی گیاهی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

۲. مربی فیزیولوژی گیاهی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران

۳. دانشجوی سابق کارشناسی علوم گیاهی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

۴. دانشجوی سابق کارشناسی زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران



Archive of SID

www.SID.ir

**مقدمه**

عنصر روی دارای نقش‌های فیزیولوژیکی گوناگونی در گیاهان است. روی جزء فلزی کامل کننده نزدیک به ۳۰۰ آنزیم می‌باشد. عنصر روی در برخی آنزیم‌ها (کربونیک آنهیدراز، کربوکسیلاز، آلکالین فسفاتاز و فسفولیپاز) نقش کاتالیتیک و در برخی دیگر (الکل دهیدروژناز، سوپر اکسید دیسموتاز و RNA پلی مراز) نقش ساختاری دارد. در کنار آنزیم‌های دارای روی، این عنصر برای فعالیت تعدادی دیگر از آنزیم‌ها (دهیدروژناز ها، آلدولازها، ایزومراز ها، ترانس فسفریلازها و پیروفسفاتاز ناآلی وابسته به روی) ضروری بوده و یا فعالیت آنها را تنظیم می‌نماید (۱۵). آنزیم سوپراکسید دیسموتاز رادیکال‌های آزاد سوپراکسید که عامل آسیب به سلول‌ها می‌باشند را بی اثر می‌کند (۲۳) و به همین دلیل این عنصر برای جذب عناصر و جلوگیری از نشت آنها از ریشه ضروری است (۱۲). در گیاهان دچار کمبود روی به ویژه در شرایط بی هوازی یا کم هوازی مانند خاک‌های غرقابی، ممکن است فعالیت الکل دهیدروژناز کاهش یافته و سبب انباشتگی ترکیب سمی آستالدئید در ریشه‌ها شود (۲۲).

کمبود روی یکی از مهم‌ترین نارسائی‌های تغذیه‌ای گیاه برنج غرقابی در کشورهای مختلف از جمله هند، پاکستان، چین، ژاپن، فیلیپین، تایوان، شمال استرالیا و آمریکاست. شرایط غرقابی و احیا، pH بالای خاک و درصد بالای کربنات کلسیم در بسیاری از خاک‌های زیر کشت برنج دنیا مهم‌ترین عوامل ایجاد کمبود روی است (۸ و ۲۸). در شرایط احیائی موجود در خاک‌های غرقاب، به دو دلیل، فراهمی روی کاهش می‌یابد، اول تشکیل رسوب سولفید روی و دوم، جذب روی بر سطح کربنات کلسیم و هم رسوبی با سایر ذرات خاک (۱۴ و ۱۷). افزایش غلظت بی کربنات محلول خاک شرایط غرقاب به عنوان یکی از عوامل ایجاد کمبود روی در شالیزارهای برنج گزارش شده است (۷ و ۲۰).

در ایران، کمبود روی در کشت برنج غرقابی در شمال کشور مهم‌ترین نارسائی تغذیه‌ای این گیاه پس از عناصر پرمصرف گزارش شده است (۳). ولی نژاد و همکاران حد بحرانی روی را ۱/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین کرده و پاسخ برنج به سولفات روی را در ۴۵ درصد از اراضی شالیزاری مازندران گزارش کردند (۳). از آن زمان، کاربرد کود روی به زارعین توصیه شده و هر ساله مقادیر قابل توجهی کود روی توسط برنج کاران مصرف می‌شود.

استفاده از کود روی هزینه‌های تولید را بالا می‌برد. از سوی دیگر با توجه به این‌که بیشتر شالیکاران هرساله بدون توجه به مقدار واقعی فراهمی روی در خاک و براساس نتایج سال‌های گذشته و یا توصیه برنج کاران دیگر کود روی مصرف می‌کنند، پدیده انباشتگی عناصر نادر همراه این کودها در خاک و آلودگی آب‌های زهکشی می‌تواند در بلند مدت به یک معضل در اکوسیستم‌های کشاورزی تبدیل شود (۲۱). بدیهی است که شناخت ژنوتیپ‌های متحمل به کمبود روی و ترویج استفاده از این ژنوتیپ‌ها می‌تواند کاربرد کودها را کاهش دهد.

تفاوت‌های ژنوتیپی قابل توجهی در تحمل کمبود روی وجود دارد. در مورد ژنوتیپ‌های اصلاح شده در مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI) ، بررسی‌های زیادی انجام گرفته و ارقام معینی به‌عنوان ارقام متحمل به کمبود معرفی شده و مشخص گردیده است که این ژنوتیپ‌ها دارای کارایی (efficiency) بالاتری نسبت به عنصر روی می‌باشند (۱۱). کارایی نسبت به یک عنصر به عنوان توانایی یک ژنوتیپ برای تولید بیشترین عملکرد در خاک‌هایی با کمبود آن عنصر برای یک ژنوتیپ استاندارد تعریف می‌گردد (۱۵). تفاوت‌های ژنوتیپی در تحمل کمبود یا کارایی مربوط به عوامل متعددی از جمله تفاوت در کارایی جذب عنصر از خاک یا محیط غذایی، تفاوت در انتقال به اندام هوایی و یا تفاوت در بهره وری نسبت به عنصر مورد نظر در سطح بافتی است (۱۵).

از سوی دیگر، کمبود روی در رژیم غذایی ایرانیان بخصوص زنان باردار، گزارش شده (۱) و با توجه به این‌که برنج دومین غذای ملی در ایران است، مرتفع کردن کمبود روی در رژیم غذایی با استفاده از غنی سازی دانه‌های این گیاه



Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از آزمایش**

| pH | %TNV | EC | ٪OC | بافت خاک (٪) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ($dS\ m^{-1}$) | | ماسه | رس | سیلت |
| ۶/۵ | ۵/۹ | ۰/۲۲ | ۱/۷۸ | ۲۷ | ۳۶ | ۳۷ |

مناسب‌ترین راه‌کار در مقایسه با استفاده از مکمل‌های دارویی محسوب می‌شود.

در استان‌های مازندران و گیلان، ارقام متعدد برنج اعم از محلی و خارجی که برخی مراحل اصلاح را در ایران پشت سر گذاشته، کشت می‌شود که اطلاعات در مورد مقاومت به آفات، دوره رسیدگی یا تحمل غرقابی (۲) آنها نسبتاً کافی است ولی در مورد تحمل کمبود عناصر در آنها خصوصاً عناصر کم مصرف مانند روی هیچ اطلاعی موجود نمی‌باشد.

پژوهش حاضر با هدف مقایسه ژنوتیپ‌های ایرانی برنج از لحاظ تحمل کمبود روی و بررسی تأثیر افزودن این عنصر به محیط رشد بر غلظت آن در اندام هوایی و دانه انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این بررسی شامل سه آزمایش جداگانه بود. آزمایش مزرعه‌ای با استفاده از ۱۱ رقم و آزمایش در محیط آبکشت با استفاده از تکنیک کلاتور - بافر بر روی ۱۶ رقم انجام شد. برای مقایسه نتایج حاصل از محیط کلاتور - بافر با محیط آبکشت غیر کلاتور – بافر، آزمایش سوم با استفاده از ۴ رقم انجام شد. شانزده رقم مورد استفاده در آبکشت کلاتور - بافر شامل فجر، طارم هاشمی، اوندا، طارم رمضانعلی، ساحل، دشت، طارم محلی، طارم دیلمانی، ندا، کادوس، نعمت، خزر، طارم، شفق، آمل و میانه بود. تهیه بذر همه ۱۶ رقم برای آزمایش مزرعه‌ای مقدور نشد و ۱۱ رقم در این آزمایش (همه ارقام بجز طارم هاشمی، طارم رمضانعلی، طارم، آمل و میانه) بررسی شدند. در آزمایش سوم چهار رقم با حساسیت متفاوت به کمبود روی در آزمایش کلاتور - بافر شامل (طارم هاشمی، اوندا، آمل و میانه) انتخاب و کاشته شدند. کلیه ارقام مورد مطالعه به‌جز گرده میانه در شمال کشور کاشته می‌شوند. سایر بذرها به‌جز بذر گرده میانه که از زارعین تهیه شد، از مؤسسه تحقیقات برنج در گیلان (رشت) یا مازندران (آمل) تهیه گردید.

### کشت مزرعه‌ای

این آزمایش در طی بهار و تابستان ۸۳ در یکی از شالیزارهای روستای سروکلا، کیلومتر پنج جاده قائم شهر- جویبار انجام شد. قبل از کاشت، نمونه‌ای از خاک مزرعه آزمایشی (تا عمق ۲۵ سانتی‌متری) برداشت و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد (جدول ۱). در پنج سال گذشته هیچ کودی شامل عناصر پر مصرف و یا کود روی در خاک مورد آزمایش مصرف نشده بود. مقدار عنصر روی قابل استخراج با DTPA در این خاک ۰/۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و مقدار روی کل ۱۲/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک تعیین شد.

آماده سازی زمین بر اساس عرف شالیکاران انجام و پس از مرز بندی بین کرت‌ها نسبت به اعمال تیمارهای کودی اقدام شد. آزمایش در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل شامل رقم و کود روی انجام شد. هر تیمار با ۴ تکرار و در هر تکرار ۵ پایه گیاه کاشته شد. ابعاد کرت‌های مورد آزمایش به ازای هر تکرار ۴۰×۴۴۰ سانتی‌متر و فاصله کاشت نشاها ۲۵×۲۵ سانتی‌متر بود. کودهای سوپرفسفات تریپل، اوره و کلرور پتاسیم با توجه به توصیه‌های کودی برای خاک‌های منطقه مورد استفاده قرار گرفت (۳).

خزانه کاری و انتقال به مزرعه: در اواخر فروردین، بذرها به‌مدت ۴ روز در مکانی مرطوب و نسبتا گرم جوانه زدند، سپس به خزانه منتقل و به‌مدت ۳۰ روز در آن رشد داده شدند.



Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۲. محیط آبکشت با استفاده از تکنیک کلاتور- بافر برای گیاه برنج (pH=6.8)**

| عناصر پر مصرف | عناصر کم مصرف |
|---|---|
| 1.5 mM $NH_4NO_3$ | 2.0 µM $H_3BO_3$ |
| 1 mM $CaCl_2$ | 5.0 µM $MnSO_4$ |
| 1.6 mM $MgSO_4$ | 2.0 µM $CuSO_4$ |
| 2 mM $K_2SO_4$ | 0.05 µM $(NH_4)Mo_7O_{24}$ |
| 0.1 mM $KH_2PO_4$ | 40 µM $FeCl_3$ |
| | 20 µM $ZnSO_4$ (در تیمارهای شاهد) |
| | 100 µM HEDTA (N-2-hydroxyethyl-ethylenediamine-N,N',N'-triacetate) |
| | 5 mM MES (2-[N-morpholino]-ethanesulfonate) |

**جدول ۳. محیط آبکشت غیر کلاتور- بافر برای گیاه برنج (pH=6.8)**

| عناصر پر مصرف | عناصر کم مصرف |
|---|---|
| 1.5 mM $NH_4NO_3$ | 2.0 µM $H_3BO_3$ |
| 1 mM $CaCl_2$ | 5.0 µM $MnSO_4$ |
| 1.6 mM $MgSO_4$ | 0.2 µM $CuSO_4$ |
| 1 mM $K_2SO_4$ | 0.05 µM $(NH_4)Mo_7O_{24}$ |
| 0.3 mM $KH_2PO_4$ | 100 µM Fe(II)EDTA |
| | 0.5 µM $ZnSO_4$ (در تیمارهای شاهد) |

در مرحله خزانه، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره مصرف شد. پس از ۳۰ روز نشاها به مزرعه منتقل شدند. قبل از انتقال نشاها به زمین، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود کلرور پتاسیم به کرت‌ها اضافه شد. کود به‌کار رفته اکسی سولفات روی تجارتی با خلوص ۳۰٪ بود که به‌صورت چهار سطح تیماری شامل شاهد (بدون افزودن کود روی)، سطح ۱ (۲۵ کیلوگرم کود معادل ۷/۵ کیلوگرم روی در هکتار)، سطح ۲ (۵۰ کیلوگرم معادل ۱۵ کیلوگرم روی در هکتار) و سطح ۳ (۱۰۰ کیلوگرم معادل ۳۰ کیلوگرم روی در هکتار) اعمال گردید. نوع کود روی و مقادیر به‌کار رفته منطبق بر نوع و مقدار توصیه شده این کود در اراضی مازندران بوده است (۳). سی روز پس از نشاکاری، مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کلرید پتاسیم و در سه نوبت شامل ۱۰، ۲۵ و ۴۰ روز پس از نشاکاری جمعاً به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به کرت‌ها اضافه شد. عملیات داشت شامل آبیاری، مصرف سم و علف کش، وجین و مبارزه با آفت‌ها در تمامی کرت‌های آزمایشی به‌طور یک‌نواخت انجام شد.

**برداشت**

برداشت در هفته اول شهریور ماه زمانی که خوشه‌ها کاملاً رسیده بودند، انجام شد. پس از جدا کردن بذرها از کاه بادست، وزن تر کاه و پس از خشک کردن به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ در جه سلسیوس در خشک کن، وزن خشک تعیین شد. هم‌چنین وزن هزاردانه و نیز تعداد دانه‌های خالی در هزار دانه تعیین شد.

**آزمایش در محیط آبکشت**

این آزمایش در دو محیط متفاوت انجام شد که شامل محیط کشت کلاتور – بافر (با استفاده از HEDTA) ارائه شده برای این گیاه (۲۶) و محیط کشت غیر کلاتور – بافر موسوم به محیط یوشیدا (۲۹) بوده است. ترکیب محیط کشت در این دو محیط در جداول ۲ و ۳ آمده است.



Archive of SID

www.SID.ir

**آزمایش در محیط آبکشت کلاتور - بافر**

در این آزمایش ۳ سطح روی اعمال شد که بر اساس کارهای قبلی در مورد ژنوتیپ‌های مختلف از مؤسسه IRRI بوده است (۱۰). سطوح مختلف روی به ترتیب برای تیمارهای کمبود تا کفایت ۱/۲۵، ۵/۰ و ۲۰ میکرومول بود. فعالیت روی آزاد در این محیط‌ها که توسط نرم افزار GEOCHEM محاسبه شد (۱۸) به ترتیب ۵، ۲۳ و ۱۳۰ پیکومول بوده است.

**آزمایش در محیط آبکشت غیر کلاتور -بافر**

در این آزمایش ۵ سطح روی اعمال شد که شامل محیط غذایی تهیه شده در آب دو بار تقطیر بدون افزودن روی (سطح صفر اول)، محیط غذایی تهیه شده با آب یک‌بار تقطیر بدون افزودن روی (سطح صفر دوم)، و محیط غذایی با ۰/۱ و ۰/۵ و ۱/۰ میکرومولار روی بوده است. استفاده از آب دو بار و یک‌بار تقطیر در دو تیمار اول برای مشاهده تأثیر ناخالصی موجود در آب دو بار و یکبار تقطیر و مقایسه نتایج رشد در این دو محیط با سایر تیمارهای روی بوده است.

در آزمایش‌های آبکشت، ابتدا بذرهای ارقام مختلف، پس از ضد عفونی سطحی با سدیم هیپوکلریت ۰/۰۵ به‌مدت ۱۰ دقیقه، در تاریکی جهت جوانه زنی قرار گرفتند. پس از جوانه زنی (حدود ۵ روز پس از خیساندن) دانه رست‌های جوان بر روی شبکه نایلونی که در تشتکی پر از آب (و سولفات کلسیم ۰/۰۵ میلی‌مول) غوطه ور بود، قرار گرفتند. پس از ۲ روز محلول غذایی ۲۵٪ و پس از ۳ روز دیگر محلول غذایی ۵۰٪ به دانه رست‌ها اعمال شد و گیاهان تا ۱۵ روزگی در این محیط پیش کشت شدند. پس از آن انتقال دانه رست‌ها به گلدان‌ها (با حجم ۳ لیتر) انجام شد. در هر گلدان سه تا ۵ دسته گیاه بسته به نوع آزمایش و در هر دسته ۳ گیاه کاشته شد. تعویض محیط غذایی هر ۷ روز یکبار انجام شد و روزانه تبخیر آب با افزودن آب مقطر جبران شد و pH محلول‌های غذایی تنظیم گردید. آزمایش در محیط آبکشت نیز به‌صورت فاکتوریل و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی (شامل عامل رقم و عامل کود روی) با چهار تکرار اجرا شد.

**برداشت**

پس از سه هفته رشد در محیط تیمار، گیاهان برداشت شدند. بلافاصله قبل از برداشت، مقدار کلروفیل با استفاده از کلروفیل متر (Minolta, SPAD, 502) در برگ سوم هر گیاه که شاخص‌ترین پاسخ را به تیمارها می‌دادند، اندازه‌گیری شد. ریشه و اندام هوایی با آب دو بار تقطیر شستشو شده و در روی کاغذ صافی خشک شدند. پس از جدا کردن ریشه و اندام هوایی از هم و تعیین وزن تر، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در خشک کن در دمای ۷۰ درجه قرار گرفته و وزن خشک آنها تعیین شد. در گروه دیگری از نمونه‌ها طول ریشه با استفاده از روش شمارش شبکه‌ای اندازه‌گیری شد (۲۴). روی-کارایی (Zn Efficiency) به‌صورت کسری از جزء عملکرد مورد نظر در شرایط کمبود (Zn-) به شرایط غیر کمبود (Zn+) و به‌صورت درصد (۱۵) محاسبه گردید.

**تجزیه عنصری نمونه‌ها**

برای تعیین غلظت عناصر در نمونه‌های گیاهی آزمایش مزرعه‌ای، پس از خرد کردن زیر نمونه‌هائی به وزن تقریبی ۵۰۰ میلی‌گرم برداشت و برای سنجش آماده شدند. اندازه‌گیری غلظت روی در نمونه‌های بذر نیز با برداشت تصادفی تعدادی بذر با وزن تقریبی ۵۰۰ میلی‌گرم انجام شد. در آزمایش آبکشت تمام نمونه‌ها پس از تعیین وزن خشک تجزیه شدند. ابتدا نمونه‌ها به‌مدت ۸ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره خاکستر شدند. پس از انحلال در اسید کلریدریک ۱۰٪ ، در صورت سفید نبودن نمونه‌ها، با استفاده از اسید نیتریک غلیظ، نمونه‌ها مجدداً در روی صفحه حرارتی تا خشک شدن، هضم شده و مجدداً ۴ ساعت دیگر در کوره قرار گرفتند. نمونه‌های خاکستر شده ابتدا در اسید کلریدریک ۱۰٪ حل شده و با آب دو بار تقطیر به حجم رسانده شدند. غلظت دو عنصر



Archive of SID

www.SID.ir

روی و آهن با دستگاه جذب اتمی (Shimadzu, AA 6500) انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار Sigma stat (2.03) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از تست توکی (P< ۰/۰۵) انجام شد.

## نتایج

### مقایسه پاسخ ژنوتیپ‌ها به روی در آزمایش مزرعه‌ای

در تعدادی از ژنوتیپ‌ها مصرف کود روی تأثیر معنی‌داری بر وزن تر و خشک اندام هوایی و به‌ویژه ارتفاع گیاه نداشت، ولی تأثیر کود روی بر این شاخص‌ها در برخی ژنوتیپ‌ها در سطح ۱٪ معنی دار بود (جدول ۴). تأثیر مصرف کود روی بر وزن تر اندام هوایی در ارقام اوندا، دشت و شفق، بر وزن خشک اندام هوایی در ارقام اوندا، طارم دیلمانی، کادوس و شفق و بر ارتفاع گیاه در ارقام طارم محلی، طارم دیلمانی، کادوس و شفق معنی دار بود (جدول۴). تأثیر کود روی بر تعداد دانه‌های خالی و وزن هزار دانه نیز منحصراً در برخی ژنوتیپ‌ها معنی دار بود (جدول ۵). پاسخ به کود روی در ارقام دشت، طارم دیلمانی، نعمت و شفق از نظر کاهش تعداد دانه‌های خالی و ارقام اوندا، طارم دیلمانی، ندا و کادوس از نظر افزایش وزن هزار دانه معنی دار بود (جدول ۵). تأثیر کود روی بر اجزای عملکرد متفاوت بود و تعداد دانه‌های خالی در هزار دانه بیشتر از سایر اجزای عملکرد تحت تأثیر کود دهی قرار گرفت (جدول ۵). به‌طوری‌که به‌عنوان مثال در رقم طارم دیلمانی اثر مثبت کوددهی بر وزن خشک اندام هوایی ۲۰٪، بر ارتفاع گیاه ۴٪ و بر وزن هزار دانه ۱۵٪ بود ولی اثر آن در کاهش تعداد دانه‌های خالی تا ۴۰٪ بالغ شد (جدول ۵).

افزایش اجزای عملکرد عمدتا تا سطح دوم کود (۵۰ کیلوگرم در هکتار) قابل مشاهده بود و سطح سوم کود (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، موجب کاهش عمومی اجزای مختلف عملکرد شد و نشان داد که این سطح بیشتر از نیاز گیاهان بوده است. تأثیر منفی مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود روی بر وزن تر اندام هوایی در ارقام اوندا و شفق، بر وزن خشک اندام هوایی در ارقام اوندا، دشت، طارم محلی و کادوس و بر ارتفاع گیاه در ارقام طارم محلی، کادوس، نعمت و شفق معنی دار بود (جدول ۴). در رقم کادوس افزایش تعداد دانه‌های خالی و کاهش وزن هزار دانه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود روی معنی‌دار بود (جدول ۵). به همین دلیل محاسبه شاخص کارایی بر اساس مقایسه بین داده‌های شاهد و سطح کود ۲ (۵۰ کیلوگرم در هکتار) انجام شد (جدول ۵).

از نظر وزن خشک اندام هوایی، به‌ترتیب ژنوتیپ‌های کادوس، اوندا و شفق بیشترین پاسخ را به کود روی نشان دادند و بنابراین از نظر این جزء عملکرد، ناکاراترین ژنوتیپ‌ها بودند، در حالی‌که از نظر وزن هزار دانه، بیشترین پاسخ به ترتیب در کادوس، اوندا و طارم دیلمانی مشاهده شد. تعداد دانه‌های خالی در اثر کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود روی در رقم اوندا تا نصف کاهش یافت (جدول ۵). در مجموع و با توجه به مقادیر محاسبه شده کارآئی نسبت به هر دو جزء عملکرد (جدول ۵)، می‌توان اوندا و کادوس را ناکارآترین و دشت و خزر را کاراترین ارقام در آزمایش مزرعه‌ای معرفی کرد.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ و کود روی بر همه اجزای عملکرد در سطح ۰/۰۱ معنی دار است. از طرف دیگر اثر متقابل معنی‌داری بین ژنوتیپ و کود روی مشاهده نشد. بنابراین پاسخ ژنوتیپ‌ها به کود روی در سطوح مختلف کود روی متفاوت نبود (جدول ۶).

### مقایسه پاسخ ژنوتیپ‌ها به روی در محیط آبکشت

#### آزمایش در محیط آبکشت کلاتور- بافر

کاهش رشد ریشه اولین علامتی بود که قبل از حتی ظهور تفاوت بین تیمارها از نظر ارتفاع گیاه قابل مشاهده بود. علائم ظاهری کمبود روی به‌صورت کاهش ارتفاع گیاهان، برنزه شدن برگ‌ها و کاهش مقدار کلروفیل برگ‌ها مشاهده شد. با توجه به



Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۴. وزن تر و خشک اندام هوایی و ارتفاع گیاه در ژنوتیپ‌های مختلف گیاه برنج که در شرایط شاهد (بدون کود دهی) و یا سطوح مختلف کود روی (کیلوگرم در هکتار) در شرایط مزرعه‌ای کاشته شدند.**

| ژنوتیپ | وزن تر اندام هوایی (گرم/پنج گیاه) | | | | وزن خشک اندام هوایی (گرم/پنج گیاه) | | | | ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | شاهد | ۲۵ | ۵۰ | ۱۰۰ | شاهد | ۲۵ | ۵۰ | ۱۰۰ | شاهد | ۲۵ | ۵۰ | ۱۰۰ |
| فجر | ۳۶۸± ۶۱ a | ۳۱۹±۱۱۲ a | ۵۱۲±۱۴۷ a | ۳۶۵±۸۵ a | ۱۴۲/۷±۲۴/۹a | ۱۴۵/۴±۴۰/۵a | ۱۷۸/۱±۳۵/۸a | ۱۳۵/۳±۱۵/۹a | ۱۰۳±۰/۸۵ a | ۱۰۴±۵/۱ a | ۱۰۶±۳/۴ a | ۱۰۲±۲/۲ a |
| اوندا | ۳۰۹±۲۱ b | ۳۰۵±۶۶ b | ۴۱۹±۳۴ a | ۲۹۷±۲۶ b | ۱۲۴/۱±۱۱/۷b | ۱۳۲/۵±۲۴/۱ ab | ۱۶۱/۶±۲۲/۸a | ۱۱۴/۲±۲/۴ b | ۱۱۸±۲/۴ a | ۱۱۷±۹/۲ a | ۱۲۰±۵/۳ a | ۱۱۶±۶/۳ a |
| ساحل | ۳۳۶± ۶۷a | ۲۹۲±۱۱۶ a | ۳۳۱±۱۲۳ a | ۲۸۸±۶۶ a | ۱۱۹/۳±۱۹/۴a | ۱۱۲/۹±۲۹/۸a | ۱۳۹/۶±۲۳/۸a | ۱۰۳/۵±۵/۹a | ۹۸±۲/۸ a | ۹۷±۳/۶ a | ۹۵±۴/۷ a | ۹۴±۴/۴ a |
| دشت | ۲۸۸±۱۵ ab | ۲۳۶±۲۱ b | ۳۰۰±۴۰ a | ۲۴۹±۱۵ ab | ۱۲۹/۷±۱۶/۳ ab | ۱۲۴/۴±۱۱/۶ ab | ۱۴۷/۴±۱۱/۲a | ۱۱۰/۴±۴/۶ b | ۱۰۴±۳/۱ a | ۱۱۰±۸/۳ a | ۱۱۲±۲/۰ a | ۱۰۱±۴/۹ a |
| طارم محلی | ۲۸۱±۶۷ a | ۲۶۱±۶۶ a | ۲۷۲±۵۰ a | ۲۶۸±۵۱ a | ۱۱۷/۵±۱۳/۲ ab | ۱۲۴/۳±۱۲/۳ ab | ۱۴۲/۹±۲۱/۱a | ۱۱۲/۲±۶/۷ b | ۱۳۸±۴/۵ b | ۱۴۹±۶/۲ a | ۱۴۶±۶/۱ a | ۱۳۹±۵/۷ b |
| طارم دیلمانی | ۲۸۶±۵۲ a | ۲۵۱±۱۲ a | ۲۸۸±۷۰ a | ۲۸۵±۱۰۱ a | ۱۱۵/۸±۵/۵ b | ۱۳۱/۲±۱۲/۳ ab | ۱۴۳/۰±۲۰/۳a | ۱۲۲/۴±۴/۷ ab | ۱۳۸±۴/۱ b | ۱۴۲±۲/۴ ab | ۱۴۴±۱/۸ab | ۱۴۶±۳/۷ a |
| ندا | ۲۲۳±۱۳ a | ۱۷۹±۳۹ a | ۲۲۹±۴۱ a | ۲۱۴±۲۱ a | ۱۱۰/۳±۴/۸a | ۱۱۳/۷±۲۰/۶a | ۱۳۰/۸±۱۶/۴a | ۱۱۱/۹±۵/۲a | ۱۰۵±۲/۵ a | ۱۰۶±۳/۸ a | ۱۰۹±۳/۰ a | ۱۰۳±۳/۰ a |
| کادوس | ۲۰۶±۴۹ a | ۱۵۴±۳۵ a | ۱۹۶±۳۲ a | ۱۶۰±۳۶ a | ۸۸/۳±۱۳/۳ b | ۸۶/۲±۱۵/۰b | ۱۱۶/۹±۵/۳a | ۷۸/۴±۱۰/۹ b | ۱۰۳±۱/۵ ab | ۱۰۶±۳/۴ a | ۱۰۷±۱/۹ a | ۹۹±۰/۷۲ b |
| نعمت | ۲۰۱±۵۱ a | ۱۵۴±۴۲ a | ۲۰۲±۳۹ a | ۱۴۸±۲۴ a | ۸۷/۹±۲۱/۸a | ۸۶/۳±۱۸/۲a | ۱۱۰/۴±۲۵/۲a | ۹۰/۱±۹/۶a | ۱۰۲±۰/۸۳ ab | ۱۰۴±۲/۰ ab | ۱۰۶±۴/۴ a | ۹۹±۳/۳ b |
| خزر | ۲۸۰±۱۳۵a | ۲۹۸±۶۷ a | ۳۱۲±۱۷۴ a | ۲۷۷±۴۰ a | ۸۴/۰±۲۱/۶a | ۸۵/۱±۲۷/۶ a | ۱۰۵/۵±۴۰/۳a | ۸۳/۵±۱۵/۹a | ۱۰۶±۱/۵ a | ۱۱۲±۳/۴ a | ۱۱۲±۵/۶ a | ۱۰۶±۱/۹ a |
| شفق | ۱۹۷±۲۶ b | ۱۷۲±۲۹ b | ۲۶۹±۳۵ a | ۲۰۸±۲۵ b | ۹۴/۹±۱۰/۸ b | ۹۴/۹±۱۰/۷ b | ۱۲۲/۳±۱۶/۱a | ۱۰۰/۶±۵/۲ ab | ۹۲±۱/۳ b | ۹۷±۱/۸ a | ۹۷±۳/۱ a | ۹۱±۲/۳ b |

تفاوت ما بین اعداد یک ردیف مربوط به هر کدام از اجزای عملکرد که با حروف یکسانی مشخص شده اند، معنی دار نبوده است (P< ۰/۰۵) .



Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۵. تعداد دانه‌های خالی در هزار دانه و وزن هزار دانه در ژنوتیپ‌های مختلف گیاه برنج که در شرایط شاهد (بدون کود دهی) و یا سطوح مختلف کود روی (کیلوگرم در هکتار) در شرایط مزرعه‌ای کاشته شدند. کارآئی ژنوتیپ‌ها با فرمول زیر محاسبه شد: وزن خشک اندام هوایی یا وزن هزاردانه در تیمار شاهد/ وزن خشک اندام هوایی یا وزن هزاردانه در تیمار ۵۰ کیلوگرم کود روی × ۱۰۰.**

| ژنوتیپ | تعداد دانه‌های خالی در هزار دانه | | | | وزن هزاردانه (گرم) | | | | کارآئی نسبت به عنصر روی | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | شاهد | ۲۵ | ۵۰ | ۱۰۰ | شاهد | ۲۵ | ۵۰ | ۱۰۰ | وزن خشک | وزن هزاردانه |
| فجر | ۱۸۶±۴۱ a | ۱۸۴±۴۰ a | ۱۴۲±۲۶ a | ۱۴۷±۲۸ a | ۲۰/۵±۱/۶ a | ۲۱/۱±۱/۲ a | ۲۲/۵±۰/۵۸ a | ۲۳/۵±۲/۰ a | ۸۰ | ۹۱ |
| اوندا | ۱۹۴±۹۵ a | ۱۳۱±۲۵ a | ۹۴±۱۷ a | ۱۱۴±۲۸ a | ۲۲/۴±۴/۶ a | ۲۴/۷±۳/۱ a | ۲۶/۸±۵/۸ a | ۲۷/۹±۱/۲ a | ۷۶ | ۸۴ |
| ساحل | ۱۶۰±۱۱۸ a | ۱۸۱±۴۹ a | ۲۳۰±۴۶ a | ۱۰۸±۲۱ a | ۲۰/۴±۱/۰ c | ۲۱/۷±۱/۲ bc | ۲۳/۲±۱/۷ ab | ۲۵/۰±۰/۷۲ a | ۸۵ | ۸۸ |
| دشت | ۱۹۲±۴۱ a | ۱۵۱±۲۵ ab | ۱۰۹±۱۲ b | ۱۵۶±۵۲ ab | ۲۰/۰±۱/۷ a | ۱۹/۴±۱/۱ a | ۲۰/۶±۰/۴۹ a | ۱۹/۲±۱/۲ a | ۸۸ | ۹۷ |
| طارم محلی | ۲۲۸±۴۳ a | ۲۱۳±۳۹ a | ۱۸۵±۶۲ a | ۲۲۴±۵۸ a | ۱۷/۲±۱/۵ a | ۱۹/۰±۱/۳ a | ۱۹/۲±۰/۸۴ a | ۱۹/۴±۰/۹۲ a | ۸۲ | ۹۰ |
| طارم دیلمانی | ۲۱۸±۱۷ a | ۲۰۳±۱۷ a | ۱۴۴±۳۴ b | ۱۲۴±۱۵ b | ۱۶/۶±۱/۱ c | ۱۸/۷±۰/۸ b | ۱۹/۶±۰/۴ ab | ۲۰/۵±۰/۷ a | ۸۲ | ۸۵ |
| ندا | ۱۹۹±۱۹۲ a | ۲۸۹±۵۱ a | ۱۷۲±۴۹ a | ۱۷۲±۵۹ a | ۲۱/۲±۰/۹ b | ۲۲/۶±۲/۰ ab | ۲۳/۶±۰/۸ ab | ۲۵/۲±۲/۰ a | ۸۴ | ۹۰ |
| کادوس | ۲۵۷±۴۸ ab | ۲۲۰±۱۷ ab | ۱۸۱±۵۸ b | ۳۲۲±۶۵ a | ۱۸/۵±۰/۸ c | ۲۱/۲±۱/۱ ab | ۲۲/۷±۱/۳ a | ۱۷/۲±۱/۰ c | ۷۵ | ۸۱ |
| نعمت | ۳۰۸±۴۹ a | ۲۷۰±۶۵ ab | ۱۸۰±۷۵ b | ۱۷۲±۴۰ b | ۱۹/۵±۰/۸ a | ۲۱/۲±۰/۹ a | ۲۲/۰±۲/۰ a | ۱۹/۵±۰/۶ a | ۸۱ | ۸۹ |
| خزر | ۱۶۲±۳۶ a | ۱۸۴±۴۳ a | ۲۰۰±۴۰ a | ۱۴۲±۳۴ a | ۲۱/۷±۱/۳ a | ۲۳/۰±۱/۰ a | ۲۳/۷±۱/۰ a | ۲۳/۶±۰/۵ a | ۸۰ | ۹۲ |
| شفق | ۳۶۴±۴۷ a | ۳۴۹±۲۷ a | ۲۲۸±۲۵ b | ۲۲۶±۲۵ b | ۱۸/۹±۱/۹ a | ۲۰/۰±۱/۷ a | ۱۹/۳±۱/۰ a | ۱۹/۴±۰/۲ a | ۷۸ | ۹۸ |

تفاوت ما بین اعداد یک ردیف مربوط به هر کدام از اجزاء عملکرد که با حروف یکسانی مشخص شده اند، معنی دار نبوده است (P< ۰/۰۵).

Archive of SID



www.SID.ir

**جدول ۶. تجزیه واریانس برای صفات رشدی اندازه‌گیری شده در آزمایش مزرعه‌ای**

| منابع | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | وزن تر اندام هوایی | وزن خشک اندام هوائی | ارتفاع گیاه | تعداد دانه‌های خالی در هزار دانه | وزن هزار دانه |
| ژنوتیپ | ۱۰ | ۸۷۶۷۵/۹** | ۷۳۹۵/۷** | ۵۴۸۷/۸** | ۴۳۲۸۸/۸** | ۹۱/۶** |
| کود روی | ۳ | ۴۲۷۰۵/۷** | ۱۰۰۹۰/۸** | ۳۵۲/۹** | ۴۲۵۲۹/۶** | ۶۲/۳** |
| ژنوتیپ × کود روی | ۳۰ | ۳۷۵۲/۲ ns | ۱۴۵/۹ ns | ۲۶/ ۷ ns | ۸۴۴۷/۲ ns | ۷/۳۵ ns |
| باقی‌مانده | ۱۷۶ | ۳۸۱۹/۶ | ۲۹۶/۱ | ۱۳/۴۹ | ۲۵۴۰/۴ | ۲/۴۲ |
| کل | ۲۱۹ | ۸۲۱۹/۹ | ۷۳۹/۶ | ۲۷۴/۷ | ۵۸۱۰/۱ | ۸/۱ |

**: اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ ns :فاقد اختلاف معنی‌دار

کاهش آلودگی محیط غذایی در این روش، و تفاوت زیاد بین سه سطح تیماری از نظر فعالیت روی آزاد در محلول، تفاوت‌های ژنوتیپی از نظر رشد به وضوح قابل مشاهده بود (جدول ۷).

در سطح تیماری ۵ پیکومول روی آزاد، به‌دلیل شرایط فقر کامل این عنصر و با توجه به طولانی بودن دوره رشد (۲۱ روز)، تفاوتهایی که بین ژنوتیپ‌های مختلف در طی دوره آزمایش از نظر رشد دیده شده بود، بتدریج به سمت پایان دوره آزمایش کاهش یافت. لذا با توجه به این‌که تفاوت بین ژنوتیپ‌ها در سطح ۲۳ پیکومول به‌صورت واقعی‌تر منعکس می‌شد، در این گزارش بین دو سطح ۱۳۰ و ۲۳ پیکومول روی آزاد مقایسه‌های مربوطه انجام گرفته است.

اسامی ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر عددی به‌دست آمده برای کارایی، از ناکاراترین ارقام به کاراترین ارقام نوشته شد و در سایر جداول نیز این ترتیب رعایت گردید. کاهش رشد اندام هوایی در ژنوتیپ‌های فجر، طارم هاشمی و اوندا به‌ترتیب ۵۹، ۵۸ و ۴۱ درصد بود در حالی‌که کمبود روی تأثیر معنی‌داری روی ژنوتیپ‌های شفق، آمل، میانه، طارم و خزر نداشت (جدول ۷).

وزن خشک ریشه نیز هرچند در پاسخ به عرضه بسیار کم روی کاهش یافت، ولی چون این کاهش در مقایسه با اندام هوایی کمتر بود (به‌عنوان مثال ۳۲٪ در مقایسه با ۵۹٪ در رقم فجر)، نسبت ریشه به اندام هوایی از نظر وزن خشک در همه ژنوتیپ‌ها و تیمارها افزایش یافت. طول ریشه مانند وزن خشک ریشه در همه تیمارها و ژنوتیپ‌ها در پاسخ به کاهش عرضه روی کاهش یافت، مگر در مورد طارم محلی و طارم دیلمانی که افزایش معنی دار طول ریشه در تیمار ۲۳ پیکومول روی مشاهده شد. تفاوت‌های ژنوتیپی در کاهش مقدار کلروفیل در شرایط کمبود روی نیز تا حد زیادی با تفاوت‌های موجود در پاسخ وزن خشک اندام هوایی انطباق داشت (جدول ۷).

نتایج تجزیه واریانس داده‌های این آزمایش نیز نشان داد که اثر ژنوتیپ و تیمار روی بر همه شاخص‌های رشدی مورد بررسی معنی‌دار بوده است. از سوی دیگر برخلاف آزمایش مزرعه‌ای، اثر متقابل بین ژنوتیپ و تیمار روی معنی‌دار شد که نشان می‌دهد پاسخ ژنوتیپ‌ها به تیمار روی در سطوح مختلف تیمار روی متفاوت بود (جدول ۸).

**آزمایش در محیط آبکشت غیر کلاتور- بافر**

این آزمایش بر روی چهار ژنوتیپ انجام شد. علائم ظاهری کمبود روی به‌صورت برنزه شدن برگ‌ها فقط در طارم هاشمی مشاهده شد. تأثیر حذف روی از محلول غذایی بر رشد گیاهان معنی‌دار بود. بررسی اثر سطوح مختلف روی در محلول غذایی



Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۷. وزن خشک اندام هوایی و ریشه، نسبت وزن ریشه به اندام هوایی، طول ریشه و مقدار کلروفیل در چندین ژنوتیپ برنج که در مقادیر متفاوت فعالیت روی در محلول غذائی کلاتور- بافر رشد داده شدند. کارایی ژنوتیپ ها با فرمول زیر محاسبه شد: وزن خشک اندام هوایی در تیمار ۲۳ پیکومول/ وزن خشک اندام هوایی در تیمار ۱۳۰ پیکومول × ۱۰۰.**

| تیمار روی | وزن خشک اندام هوایی (میلی گرم/گیاه) | | | وزن خشک ریشه (میلی گرم/گیاه) | | | نسبت ریشه/اندام هوایی | | | طول ریشه (سانتیمتر/گیاه) | | | کلروفیل (واحد نسبی) | | | کارائی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | فعالیت روی آزاد در محلول (پیکومول) | | | فعالیت روی آزاد در محلول (پیکومول) | | | فعالیت روی آزاد در محلول (پیکومول) | | | فعالیت روی آزاد در محلول (پیکومول) | | | فعالیت روی آزاد در محلول (پیکومول) | | | |
| ژنوتیپ | ۵ | ۲۳ | ۱۳۰ | ۵ | ۲۳ | ۱۳۰ | ۵ | ۲۳ | ۱۳۰ | ۵ | ۲۳ | ۱۳۰ | ۵ | ۲۳ | ۱۳۰ | |
| فجر | ۹۲±۷ c | ۱۲۳±۱۳ b | ۳۰۲±۷ a | ۵۹±۱ c | ۷۱±۸ b | ۱۰۴±۶ a | ۰/۶۴ | ۰/۵۵ | ۰/۳۴ | ۳۵۸±۴۳ b | ۵۱۸±۱۵۲ b | ۷۷۴±۱۸ a | ۵۸/۹±۱۳/۷ b | ۸۵/۳±۲/۴ a | ۱۰۰±۱/۹ a | ۴۱ |
| طارم هاشمی | ۱۲۰±۵ c | ۱۴۹±۱۲ b | ۳۵۵±۱۸ a | ۶۱±۵ b | ۶۷±۶ b | ۱۱۰±۶ a | ۰/۴۹ | ۰/۴۵ | ۰/۳۰ | ۳۰۳±۳۸ b | ۴۰۶±۶۲ ab | ۴۵۰±۳۲ a | ۶۲/۹±۵/۸ c | ۸۱/۱±۲/۲ b | ۱۰۰±۱/۶ a | ۴۲ |
| اوندا | ۷۷±۶ c | ۲۱۲±۲۰ b | ۳۶۳±۲۰ a | ۴۴±۶ c | ۷۴±۱۶ b | ۱۱۹±۱۳ a | ۰/۵۶ | ۰/۳۴ | ۰/۳۲ | ۱۳۸±۱۳ b | ۳۷۵±۸۲ a | ۳۹۷±۶۶ a | ۸۱/۴±۴/۴ b | ۹۳/۴±۵/۱ a | ۱۰۰±۰/۸۵ a | ۵۸ |
| طارم رمضانعلی | ۹۹±۴ c | ۳۶۳±۱۰ b | ۵۷۶±۳۰ a | ۵۰±۴ c | ۱۴۴±۴ b | ۲۰۸±۱۳ a | ۰/۵۴ | ۰/۳۹ | ۰/۳۶ | ۱۸۲±۴۱ b | ۶۰۳±۴۷ a | ۵۱۶±۱۵ a | ۶۷/۶±۲/۸ c | ۸۷/۳±۲/۸ b | ۱۰۰±۱/۰ a | ۶۳ |
| ساحل | ۶۳±۶ c | ۳۰۲±۱۰ b | ۴۶۳±۵۰ a | ۵۲±۶ c | ۱۳۸±۱۰ b | ۲۰۲±۲۱ a | ۰/۸۱ | ۰/۴۵ | ۰/۴۳ | ۲۶۲±۴ c | ۱۰۰۵±۵۴ b | ۱۲۷۰±۸۷ a | ۷۱/۶±۱/۷ c | ۹۱/۴±۴/۴ b | ۱۰۰±۰/۲۵ a | ۶۵ |
| دشت | ۶۴±۳ c | ۲۶۹±۳۰ b | ۵۷۴±۳۰ a | ۳۳±۵ c | ۱۲۷±۱۷ b | ۱۸۰±۵ a | ۰/۵۰ | ۰/۴۶ | ۰/۴۳ | ۱۲۵±۴۴ b | ۶۵۱±۷۳ a | ۷۷۵±۱۵۵ a | ۶۰/۶±۲/۵ c | ۹۲/۸±۲/۰ b | ۱۰۰±۱/۰ a | ۶۶ |
| طارم محلی | ۹۹±۴ c | ۴۰۶±۲۰ b | ۵۷۴±۳۰ a | ۵۱±۴ c | ۱۱۷±۸ b | ۲۰۴±۱۷ a | ۰/۵۰ | ۰/۴۳ | ۰/۳۵ | ۲۱۳±۸ c | ۷۹۹±۷۳ a | ۵۰۹±۴۴ b | ۷۰/۰±۳/۴ c | ۸۵/۸±۳/۴ b | ۱۰۰±۱/۱ a | ۷۰ |
| طارم دیلمانی | ۱۴۷±۱۷ c | ۳۲۶±۸ b | ۴۳۱±۶۱ a | ۷۷±۵ b | ۱۳۱±۵ a | ۱۱۹±۱۵ a | ۰/۵۲ | ۰/۳۹ | ۰/۲۷ | ۲۷۵±۲۹ c | ۷۱۵±۹۳ a | ۵۵۰±۳۶ b | ۵۸/۶±۳/۷ c | ۸۴/۶±۲/۶ b | ۱۰۰±۱/۹ a | ۷۶ |
| ندا | ۱۰۱±۴ c | ۲۳۱±۱۹ b | ۲۹۴±۶ a | ۶۸±۳ c | ۱۱۲±۷ b | ۱۲۶±۴ a | ۰/۶۶ | ۰/۵۰ | ۰/۴۲ | ۲۷۷±۴۰ b | ۶۲۰±۹۶ a | ۶۵۲±۳۸ a | ۵۵/۰±۳/۲ c | ۹۴/۴±۲/۵ b | ۱۰۰±۱/۰ a | ۷۹ |
| کادوس | ۷۹±۱۰ c | ۲۶۵±۱۱ b | ۳۳۴±۲۴ a | ۴۷±۵ b | ۱۰۴±۸ a | ۱۰۲±۱۲ a | ۰/۵۹ | ۰/۳۹ | ۰/۲۹ | ۱۶۸±۱۴ b | ۴۳۳±۵۱ a | ۴۷۸±۱۰۳ a | ۵۴/۷±۵/۱ c | ۸۸/۸±۰/۶ b | ۱۰۰±۲/۶ a | ۷۹ |
| نعمت | ۷۶±۱۰ c | ۳۷۴±۴۰ b | ۴۵۰±۲۰ a | ۵۱±۷ c | ۱۶۷±۱۴ b | ۲۰۰±۱۷ a | ۰/۶۶ | ۰/۴۴ | ۰/۴۴ | ۱۷۸±۲۵ b | ۸۲۹±۵۰ a | ۷۵۹±۵۲ a | ۵۸/۹±۲/۱ c | ۹۰/۴±۱/۰ b | ۱۰۰±۱/۶ a | ۸۳ |
| خزر | ۱۵۶±۲۰ c | ۴۵۵±۳۰ b | ۵۳۱±۴۰ a | ۶۱±۳ c | ۱۴۲±۱۴ b | ۱۶۷±۳ a | ۰/۳۹ | ۰/۳۰ | ۰/۳۰ | ۲۲۹±۲۳ b | ۴۱۵±۱۰ a | ۳۸۳±۱۱۳ ab | ۶۲/۹±۱۲/۳ b | ۹۰/۶±۲/۶ a | ۱۰۰±۰/۷۹ a | ۸۶ |
| طارم | ۱۴۹±۳ b | ۴۸۲±۵۰ a | ۵۳۲±۶۰ a | ۷۴±۱ b | ۱۵۸±۱۷ a | ۱۵۵±۲۹ a | ۰/۴۹ | ۰/۳۲ | ۰/۲۸ | ۲۹۱±۹ b | ۶۰۵±۱۰۹ a | ۴۹۶±۷۱ a | ۶۸/۸±۲/۹ c | ۸۸/۷±۳/۳ b | ۱۰۰±۰/۸۲ a | ۹۱ |
| شفق | ۱۶۶±۷ b | ۳۴۲±۵۰ a | ۳۶۹±۱۰ a | ۷۰±۳ b | ۱۳۱±۲۵ a | ۱۳۳±۶ a | ۰/۴۱ | ۰/۳۸ | ۰/۳۵ | ۴۲۴±۴۰ a | ۶۶۶±۱۷۳ a | ۶۰۰±۸۸ a | ۸۶/۶±۴/۵ b | ۹۷/۲±۰/۷۱ a | ۱۰۰±۱/۶ a | ۹۳ |
| آمل | ۱۲۵±۷ b | ۳۲۹±۱۲ a | ۳۳۴±۳ a | ۱۰۴±۱۱ b | ۱۷۸±۱۳ a | ۱۵۸±۸ a | ۰/۸۲ | ۰/۵۳ | ۰/۴۹ | ۴۹۴±۳۸ c | ۸۲۹±۴۴ b | ۱۰۴۹±۸۵ a | ۵۷/۲±۵/۴ c | ۹۰/۷±۰/۲۳ b | ۱۰۰±۱/۴ a | ۹۹ |
| میانه | ۲۷۳±۸ b | ۴۶۸±۲۳ a | ۴۳۲±۱۲۸ a | ۱۶۲±۸ b | ۲۲۶±۱۵ a | ۲۴۵±۲۴ a | ۰/۵۹ | ۰/۴۷ | ۰/۴۸ | ۳۹۴±۳۴ b | ۶۸۹±۸۰ a | ۱۰۶۱±۲۱۱ a | ۹۵/۴±۵/۵ b | ۹۴/۹±۲/۵ a | ۱۰۰±۰/۲۳ a | ۱۰۸ |

تفاوت ما بین اعداد یک ردیف مربوط به هر کدام از شاخص‌ها که با حروف یکسانی مشخص شده‌اند، معنی دار نبوده است ($P< ۰/۰۵$)

Archive of SID

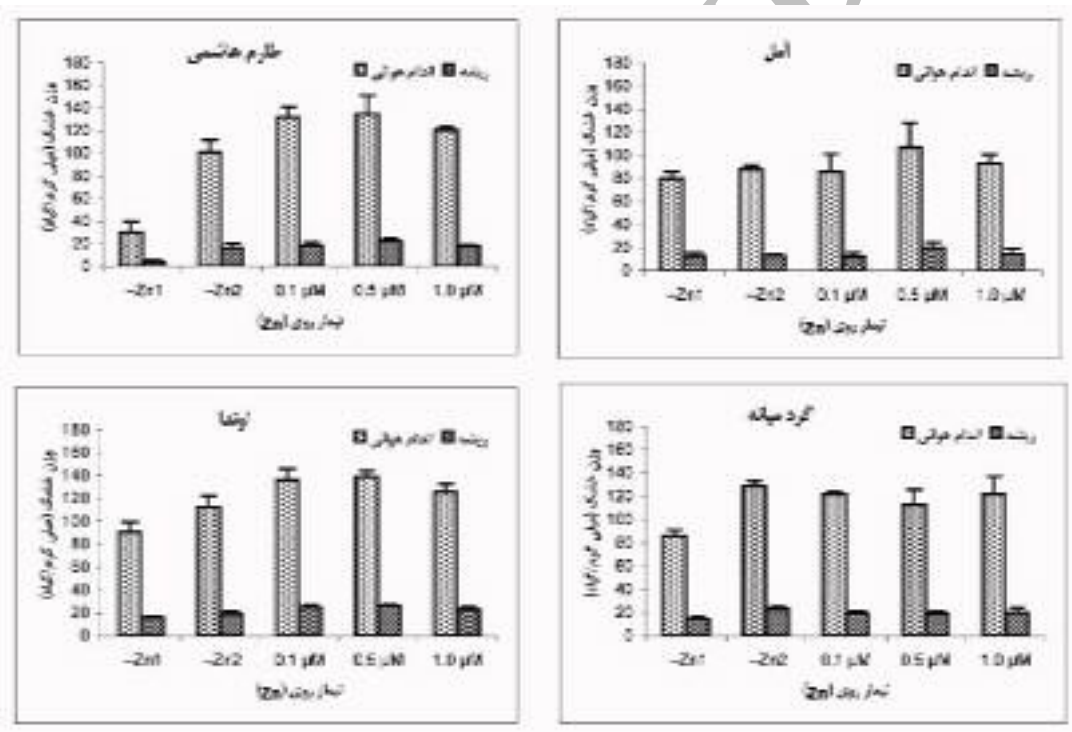


www.SID.ir

**جدول ۸. تجزیه واریانس برای صفات رشدی اندازه‌گیری شده در آزمایش کلاتور – بافر**

| منابع | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | وزن خشک اندام هوایی | وزن خشک ریشه | طول ریشه | کلروفیل (نسبی) |
| ژنوتیپ | ۱۵ | ۵۸۹۲۰/۹** | ۱۳۳۰۹/۱** | ۲۸۵۰۸۹/۵** | ۲۷۶/۹** |
| تیمار روی | ۲ | ۱۶۱۶۳۶۵/۹** | ۱۴۱۲۹۴/۹** | ۳۱۴۰۶۵۳/۴** | ۱۸۳۱۷/۴** |
| ژنوتیپ × تیمار روی | ۳۰ | ۱۹۳۳۲/۹** | ۲۵۴۱/۲** | ۷۹۷۴۲/۵** | ۱۷۷/۹** |
| باقی‌مانده | ۱۴۴ | ۶۱۳/۲ | ۸۱/۲ | ۳۷۲۲/۳ | ۹/۸ |
| کل | ۱۹۱ | ۲۵۳۱۷/۶ | ۳۰۲۷/۲ | ۷۱۸۷۵/۶ | ۲۵۲/۵ |

** : اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱




**شکل ۱. وزن خشک اندام هوایی و ریشه در چهار رقم مختلف برنج که در مقادیر متفاوت عرضه روی در محلول غذایی غیر کلاتور – بافر رشد داده شدند. سطح صفر اول مربوط به محیط آبکشت واجد تمام عناصر به استثنای روی می‌باشد که با آب دو بار تقطیر جهت کاهش ناخالصی تهیه شده است. سطح صفر دوم مربوط به محیط آبکشت واجد تمام عناصر به استثنای روی می‌باشد که با آب یکبار تقطیر تهیه شده است.**

نشان داد که ۰/۵ میکرومول روی در محلول غذایی سبب افزایش رشد تمام ارقام شد، در حالی‌که به‌کار بردن ۱/۰ میکرومول روی سبب کاهش وزن خشک اندام هوایی گردید که در تطابق با مقدار توصیه شده برای محیط کشت یوشیدا برای برنج (۲۵) است. کمبود روی سبب کاهش وزن خشک اندام هوایی در تمام ارقام شد، بیشترین کاهش مربوط به دو رقم طارم هاشمی (۷۸٪) و اوندا (۳۴٪) و کمترین کاهش مربوط به آمل (۲۵٪) و میانه (۲۷٪) بود (شکل ۱).



www.SID.ir

**تغییرات غلظت و مقدار عنصر روی**

در آزمایش مزرعه‌ای، کاربرد کود روی سبب افزایش غلظت روی در اندام هوایی شد. با این‌حال در مورد برخی از ارقام شامل فجر، دشت، نعمت و شفق غلظت روی اندام هوایی در پاسخ به کود روی به‌صورت معنی دار افزایش نیافت. غلظت روی در برخی موارد کاهش مجددی در سطح کود روی ۲ (مثلا در طارم دیلمانی) یا سطح ۳ (مثلاً در کادوس) نشان داد (جدول ۹). با توجه به این‌که این کاهش غلظت همراه با افزایش معنی‌دار در وزن نبوده است، نمی‌توان آن را به اثر رقت نسبت داد.

نتایج تجزیه واریانس داده‌های غلظت روی نشان داد که اثر ژنوتیپ و کود روی بر غلظت روی اندام هوایی و دانه معنی‌دار بوده است. از سوی دیگر اثر متقابل بین ژنوتیپ و کود روی معنی‌دار شد که نشان می‌دهد پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف به کود روی از نظر تغییر در غلظت روی اندام هوایی و دانه بین سطوح مختلف کود روی تفاوت داشته است (جدول ۱۰).

در آزمایش کلاتور- بافر، با افزایش فعالیت روی آزاد در محیط کشت، افزایش در غلظت و مقدار این عنصر در اندام هوایی و ریشه مشاهده گردید (جدول ۱۱). سه ژنوتیپ شامل اوندا، دشت و شفق، بیشترین غلظت روی را در اندام هوایی و ریشه در تیمارهای کمبود نشان دادند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌های غلظت روی نشان داد که اثر ژنوتیپ و تیمار روی بر غلظت و مقدار روی اندام هوایی و ریشه معنی دار بوده است. از سوی دیگر اثر متقابل معنی دار بین ژنوتیپ و تیمار روی مشاهده شد که نشان می‌دهد در ژنوتیپ‌های مختلف تغییر غلظت و مقدار روی در پاسخ به تیمار این عنصر در سطوح مختلف فعالیت روی آزاد در محیط یکسان نبوده است (جدول ۱۲).

در نمونه‌های گیاهی مربوط به آزمایش کلاتور- بافر و در همه ارقام بررسی شده، غلظت آهن در اندام هوایی با افزایش عرضه روی کاهش یافت مگر در مورد آمل که حتی افزایش نیز در غلظت آهن نشان داد (شکل ۲). با توجه به وزن خشک اندام هوایی مشخص گردید که کاهش غلظت آهن در اندام هوایی در مورد برخی از ارقام به‌دلیل کاهش ورود آن به اندام هوایی (فجر) و در مورد برخی دیگر نتیجه رقیق شدن این عنصر به‌دلیل تحریک رشد با عرضه روی (طارم هاشمی) بوده است. در ریشه تمایلی به کاهش در غلظت آهن در ارقام ناکارا و افزایش در غلظت آهن در ارقام کاراً که در مورد آمل معنی دار بود، مشاهده گردید (شکل ۲). با توجه به وزن خشک ریشه مشخص گردید که تغییر در غلظت آهن مربوط به تغییر مقدار این عنصر در ریشه است و نتیجه تغییرات وزن خشک نمی‌باشد.

فسفر مربوط به نمونه‌های آزمایش کلاتور- بافر نیز به‌دلیل اثر متقابل شناخته شده‌ای که این عنصر با روی دارد، در برخی از ارقام سنجش شد. مطابق انتظار، غلظت فسفر ریشه به‌مراتب کمتر از اندام هوایی بود. کمبود روی تغییر معنی داری در غلظت فسفر ریشه موجب نشد، در حالی‌که غلظت این عنصر را در اندام هوایی به‌صورت معنی دار در همه ارقام افزایش داد (شکل ۳).

## بحث

**مقایسه نتایج آزمایش مزرعه‌ای با محیط آبکشت**

نتایج آزمایش مزرعه‌ای در مورد برخی ژنوتیپ‌ها با نتایج آزمایش در محیط آبکشت تفاوت داشت. از جمله در مورد شفق که در محیط آبکشت نسبت به کاهش عرضه روی حساسیت کمی داشت و از این نظر تفاوت چشمگیری با رقم فجر نشان داد در حالی‌که در کشت مزرعه‌ای در همه اجزای عملکرد حساسیت به کمبود روی نشان داد و از این نظر حتی اندکی حساس تر از رقم فجر ارزیابی شد. گروه بندی ژنوتیپ‌ها منحصراً بر اساس آزمایش‌های محیط هیدروپونیک و یا مزرعه‌ای معتبر نیست. به‌عنوان مثال، در محیط آبکشت برخی فرآیندهای ریزوسفری مانند پارامترهای جذبی چون $C_{min}$ و نیز اثر قدرت اکسید کنندگی ریشه که بر روی جذب عناصر تأثیر زیادی دارند (۴)، قابل بررسی نیست. گزارش شده است که



Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۹. غلظت عنصر روی در اندام هوایی و دانه‌های ژنوتیپ‌های مختلف گیاه برنج که در شرایط شاهد (بدون کود دهی) و یا سطوح مختلف کود روی (کیلوگرم در هکتار) در شرایط مزرعه‌ای کاشته شدند.**

| ژنوتیپ | غلظت روی در اندام هوایی (میکروگرم/گرم وزن خشک) | | | | غلظت روی در دانه (میکروگرم/گرم) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | شاهد | ۲۵ | ۵۰ | ۱۰۰ | شاهد | ۲۵ | ۵۰ | ۱۰۰ |
| فجر | ۹۱/۹±۲۷/۱ a | ۸۸/۴±۱۳/۹ a | ۵۲/۸±۱۲/۳ a | ۲۷/۵±۰/۲ a | ۴۲/۴±۷/۱ a | ۲۴/۴±۷/۴ b | ۳۰/۳±۴/۱ ab | ۳۹/۴±۳/۹ ab |
| اوندا | ۲۵/۶±۳/۹ b | ۳۲/۶±۱/۹ b | ۴۳/۳±۰/۶ b | ۷۲/۴±۱۸/۲ a | ۲۶/۴±۳/۵ a | ۲۵/۹±۳/۳ a | ۲۲/۳±۱/۸ a | ۲۶/۱±۲/۱ a |
| ساحل | ۴۱/۶±۱۷/۵ b | ۳۳/۶±۱۹/۱ b | ۳۰/۱±۷/۱ b | ۹۲/۷±۱۰/۴ a | ۱۵/۰±۴/۸ b | ۲۰/۹±۰/۶ ab | ۲۱/۶±۱/۶ ab | ۲۱/۹±۰/۷ a |
| دشت | ۸۷/۷±۲۲/۳ a | ۱۱۱/۶±۷۴/۸ a | ۶۳/۹±۳۶/۴ a | ۴۱/۱±۱۰/۵ a | ۲۷/۴±۳/۵ a | ۲۹/۴±۰/۹ a | ۳۰/۷±۳/۷ a | ۳۱/۸±۳/۹ a |
| طارم محلی | ۲۸/۷±۹/۱ b | ۲۶/۴±۸/۱ b | ۱۶/۵±۳/۲ b | ۱۶۶/۵±۱/۵ a | ۲۴/۵±۲/۶ a | ۲۱/۳±۲/۷ a | ۲۳/۳±۴/۰ a | ۲۳/۲±۲/۳ a |
| طارم دیلمانی | ۷۴/۳±۲۵/۶ b | ۲۵۱/۳±۱۲۷/۹ a | ۷۸/۱±۵/۲ b | ۸۶/۳±۱۹/۹ ab | ۲۵/۹±۱/۱ b | ۳۳/۷±۴/۲ a | ۳۱/۲±۱/۷ ab | ۳۲/۵±۱/۳ a |
| ندا | ۴۸/۵±۴/۸ b | ۷۹/۳±۱۵/۲ ab | ۱۳۳/۲±۴۱/۴ a | ۷۵/۴±۲۸/۴ ab | ۳۵/۶±۷/۲ a | ۲۲/۶±۱/۵ b | ۳۴/۴±۴/۷ ab | ۳۲/۹±۳/۱ ab |
| کادوس | ۲۳/۴±۳/۸ c | ۸۱/۱±۴۱/۷ bc | ۳۰۶/۲±۷۱/۶ a | ۱۶۵/۳±۴۴/۸ b | ۱۹/۶±۱/۵ a | ۱۷/۸±۳/۱ a | ۲۰/۳±۳/۸ a | ۱۶/۹±۱/۷ a |
| نعمت | ۷۴/۷±۲۹/۲ a | ۲۸/۷±۸/۹ a | ۴۲/۳±۱/۳ a | ۳۷/۴±۲۰/۹ a | ۲۶/۱±۱/۵ a | ۳۲/۷±۲/۸ a | ۳۱/۶±۳/۵ a | ۲۵/۷±۲/۹ a |
| خزر | ۸۳/۳±۴۸/۳ a | ۳۳/۳±۵/۱ a | ۱۲۴/۷±۸۴/۳ a | ۵۳/۹±۲۸/۳ a | ۲۲/۸±۱/۳ b | ۲۵/۰±۱/۳ b | ۲۹/۵±۱/۴ a | ۲۹/۶±۱/۳ a |
| شفق | ۲۵۱/۳±۱۹/۹ a | ۲۲۷/۱±۲۴/۳ a | ۶۳/۱±۰/۹ b | ۴۱/۹±۲۵/۸ b | ۱۶/۷±۰/۹ a | ۱۴/۱±۸/۳ a | ۱۷/۷±۱/۶ a | ۱۸/۵±۳/۳ a |

تفاوت ما بین اعداد یک ردیف مربوط به هر کدام از شاخص ها که با حروف یکسانی مشخص شده اند، معنی دار نبوده است (P< ۰/۰۵) .



Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۱۰. تجزیه واریانس برای غلظت روی اندازه‌گیری شده در آزمایش مزرعه‌ای.**

| منابع | درجه آزادی | میانگین مربعات | |
|---|---|---|---|
| | | غلظت روی در دانه | غلظت روی اندام هوایی |
| ژنوتیپ | ۱۰ | ۶۵۵/۳** | ۲۸۴۹۳/۷** |
| کود روی | ۳ | ۸۲/۹** | ۲۶۵۷/۵** |
| ژنوتیپ × کود روی | ۳۰ | ۷۴/۵** | ۲۲۵۲۷/۱** |
| باقی‌مانده | ۱۷۶ | ۱۰/۲ | ۱۰۱۱/۰ |
| کل | ۲۱۹ | ۴۹/۷ | ۵۲۵۳/۷ |

**: اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۱



Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۱۱. غلظت و مقدار عنصر روی در اندام هوایی و ریشه ژنوتیپ‌های مختلف برنج که در در مقادیر متفاوت فعالیت روی در محیط کشت کلاتور- بافر رشد داده شدند.**

| تیمار روی | روی دانه | غلظت روی در اندام هوایی (میکروگرم/گرم وزن خشک) | | | غلظت روی در ریشه (میکروگرم/گرم وزن خشک) | | | مقدار روی در اندام هوایی (میکروگرم/گیاه) | | | مقدار روی در ریشه (میکروگرم/گیاه) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | میکروگرم/گرم | فعالیت روی آزاد در محلول (پیکومول) | | | فعالیت روی آزاد در محلول (پیکومول) | | | فعالیت روی آزاد در محلول (پیکومول) | | | فعالیت روی آزاد در محلول (پیکومول) | | |
| ژنوتیپ | | ۵ | ۲۳ | ۱۳۰ | ۵ | ۲۳ | ۱۳۰ | ۵ | ۲۳ | ۱۳۰ | ۵ | ۲۳ | ۱۳۰ |
| فجر | ۱۴/۱±۲/۷۵ | ۳۰۷/۵±۵/۱۴$^{b}$ | ۳۸۹/۹±۴۴/۰۴$^{b}$ | ۵۶۶/۳±۳۷/۹۶$^{a}$ | ۴۲۲/۲±۲۹/۹۸$^{b}$ | ۵۷۳/۵±۶۵/۷۴$^{a}$ | ۶۴۳/۷±۶۷/۴۱$^{a}$ | ۱۰/۶۵±۰/۵۹$^{b}$ | ۱۴/۰۳±۲/۷۲$^{b}$ | ۶۰/۶۹±۶/۶۳$^{a}$ | ۹/۷۳±۰/۶۵$^{b}$ | ۱۲/۰۴±۱/۳۹$^{b}$ | ۲۳/۰۳±۱/۷۴$^{a}$ |
| طارم هاشمی | ۷/۳۵±۳/۶۵ | ۲۳۱/۰±۱۳/۶۶$^{b}$ | ۲۹۳/۹±۲۳/۹۲$^{b}$ | ۴۳۹/۹±۳۹/۶۰$^{a}$ | ۳۵۱/۸±۱۴/۰۱$^{c}$ | ۴۶۶/۶±۳۴/۳۹$^{b}$ | ۵۷۸/۴±۵۹/۰$^{a}$ | ۹/۵۳±۰/۴۶$^{c}$ | ۱۵/۰۷±۰/۵۹$^{b}$ | ۵۲/۴۰±۳/۰۲$^{a}$ | ۸/۸۱±۰/۴۶$^{b}$ | ۱۱/۰۴±۰/۴۲$^{b}$ | ۲۳/۶۲±۱/۴۶$^{a}$ |
| اوندا | ۲۷/۲±۱۳/۶۶ | ۲۰۲۹/۹±۳۷۶/۴$^{a}$ | ۶۷۵/۹±۵۵/۶۸$^{b}$ | ۶۶۱/۰±۱۰۳/۴۶$^{b}$ | ۳۶۲۲±۱۲۰۱/۴$^{a}$ | ۱۹۴۰±۴۳۰/۵$^{ab}$ | ۱۲۳۷±۱۵۰/۵۵$^{b}$ | ۵۳/۷۲±۳/۶۹$^{b}$ | ۵۰/۹۶±۴/۹۲$^{b}$ | ۷۹/۵۴±۸/۹۸$^{a}$ | ۵۳/۱۵±۳/۴۵$^{a}$ | ۵۰±۳/۱۵ $^{a}$ | ۵۰±۱/۶۲ $^{a}$ |
| طارم رمضانعلی | ۲۱/۸۴±۱/۳۹ | ۴۶۶/۳±۷۲/۲۳$^{a}$ | ۲۰۴/۸±۱۱/۴۱$^{b}$ | ۲۸۷/۳±۵۷/۵۷$^{b}$ | ۶۸۲/۸±۱۳۹/۳۲$^{a}$ | ۳۹۴/۴±۲۸/۸۶$^{c}$ | ۴۹۷/۹±۲۸۶/۳۴$^{b}$ | ۱۴/۵۹±۰/۷۰$^{b}$ | ۲۶/۶۷±۱/۹۶$^{b}$ | ۵۶/۰۵±۱۲/۷۴$^{a}$ | ۱۰/۱۴±۱/۶۶$^{a}$ | ۲۰/۸۶±۲/۰۸$^{a}$ | ۳۴/۹۸±۲۱/۴۱$^{a}$ |
| ساحل | ۵۸/۸۱±۹/۸۷ | ۴۵۹/۵±۱۱۹/۹$^{a}$ | ۱۹۴/۴±۳/۸۰$^{b}$ | ۵۰۸/۹±۴۱/۱۵$^{a}$ | ۵۵۰/۲±۷۵/۹۹$^{a}$ | ۴۰۱/۵±۲۴/۰۱$^{b}$ | ۶۰۷/۱±۱۳/۸۶$^{a}$ | ۹/۶۳±۲/۴۷$^{c}$ | ۲۱/۱۶±۱/۳۰$^{b}$ | ۷۳/۳۸±۳/۸۷$^{a}$ | ۹/۳۰±۰/۲۹$^{c}$ | ۲۰/۱۲±۱/۵۴$^{b}$ | ۴۰/۶۰±۳/۲۴$^{a}$ |
| دشت | ۴۹/۲۱±۲۴/۳۷ | ۱۶۸۵/۱±۴۰۹/۸$^{a}$ | ۵۴۷/۶±۱۱۳/۷۲$^{b}$ | ۶۳۹/۷±۵۱/۶۱$^{b}$ | ۳۹۳۲±۱۱۰/۳۷$^{a}$ | ۱۱۹۸±۲۶۳/۱۴$^{b}$ | ۱۲۱۷/۸±۹۵/۵۰$^{b}$ | ۳۵/۸۳±۷/۸۱$^{b}$ | ۵۱/۷۴±۱۴/۷۸$^{b}$ | ۸۶/۵۶±۱۰/۸۹$^{a}$ | ۳۹/۰۲±۱/۸۰$^{b}$ | ۵۰/۶۸±۷/۱۷$^{b}$ | ۷۴/۴۵±۹/۱۶$^{a}$ |
| طارم محلی | ۴۲/۰±۲۵/۹۳ | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| طارم دیلمانی | ۲۰/۸±۲/۴۸ | ۲۰۵/۶±۳۳/۸۶$^{b}$ | ۱۷۰/۰±۱۲/۴۵$^{b}$ | ۵۰۸/۵±۵۲/۲۴$^{a}$ | ۳۲۳/۹±۱۸/۸۴$^{b}$ | ۳۴۷/۶±۱۲/۷۹$^{b}$ | ۶۸۹/۲±۲۱/۶۹$^{a}$ | ۹/۸۱±۰/۴۸$^{b}$ | ۱۸/۴۷±۱/۶۵$^{b}$ | ۷۱/۹۷±۷/۱۷$^{a}$ | ۸/۳۴±۰/۲۵$^{c}$ | ۱۴/۸۲±۱/۲۹$^{b}$ | ۲۷/۰۷±۳/۱۱$^{a}$ |
| ندا | ۱۳/۲±۱/۰۸ | ۱۸۴/۳±۴۱/۹۷$^{b}$ | ۱۹۵/۴±۱۴/۰۳$^{b}$ | ۴۷۰/۵±۴۵/۶۹$^{a}$ | ۱۸۲/۶±۲۹/۶۰$^{c}$ | ۳۳۳/۵±۲۴/۵۸$^{b}$ | ۵۹۹/۳±۳۳/۶۴$^{a}$ | ۶/۵۰±۱/۹۷$^{c}$ | ۱۵/۴۶±۱/۵۶$^{b}$ | ۴۴/۳۴±۴/۸۳$^{a}$ | ۴/۰۲±۰/۵۶$^{c}$ | ۱۳/۶۵±۲/۰۶$^{b}$ | ۲۳/۷۷±۳/۰۸$^{a}$ |
| کادوس | ۱۴/۱۵±۱/۵۷ | ۳۹۶/۶±۶۱/۹۴$^{a}$ | ۲۳۷/۰±۴۱/۴۱$^{b}$ | ۴۰۵/۳±۶۳/۸ $^{a}$ | ۵۶۹/۹±۴۶/۹۵$^{ab}$ | ۴۴۷/۴±۷۳/۸۲$^{b}$ | ۶۷۴/۲±۴۸/۲$^{a}$ | ۹/۱۰±۱/۱۷$^{c}$ | ۲۰/۵۶±۲/۴۴$^{b}$ | ۴۵/۲۰±۶/۲۷$^{a}$ | ۸/۸۲±۰/۵۴$^{c}$ | ۱۵/۱۸±۰/۴۱$^{b}$ | ۲۳/۴۹±۱/۹۳$^{a}$ |
| نعمت | ۱۸/۲±۸/۸۲ | ۳۰۳/۷±۵۹/۵۹$^{b}$ | ۱۶۶/۱±۱۲/۶۸$^{c}$ | ۴۶۳/۰±۲۶/۴۲$^{a}$ | ۴۸۸/۱±۶۲/۲۰$^{a}$ | ۳۲۸/۵±۳۳/۹$^{b}$ | ۵۷۸/۴۱±۵/۱۹$^{a}$ | ۸/۲۰±۱/۴۶$^{c}$ | ۲۰/۹۵±۳/۳۹$^{b}$ | ۶۸/۲۰±۲/۰۷$^{a}$ | ۷/۱۹±۰/۹۴$^{c}$ | ۱۸/۶۸±۰/۶۹$^{b}$ | ۳۷/۲۹±۱/۲۷$^{a}$ |
| خزر | ۲۱/۷±۱۲/۴۱ | ۲۸۹/۴±۱۹/۹۳$^{ab}$ | ۱۵۷/۲±۹/۴۴ $^{b}$ | ۴۸۱/۹±۱۴۵/۲۸$^{a}$ | ۶۵۹/۶±۱۸۲/۷۷$^{a}$ | ۳۹۴/۴±۲/۸۹$^{a}$ | ۵۸۷/۶±۳۱/۸۲$^{a}$ | ۱۵/۰۷±۰/۷۷$^{b}$ | ۲۳/۲۹±۰/۹۵$^{b}$ | ۸۰/۶۴±۱۶/۶۱$^{a}$ | ۱۳/۱۰±۱/۱۷$^{c}$ | ۱۶/۷۹±۰/۷۷$^{b}$ | ۲۸/۴۷±۱/۹۴$^{a}$ |
| طارم | ۲۱/۷±۲/۶۷ | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| شفق | ۱۴/۴۱±۳/۶۲ | ۲۷۰/۸±۱۲/۷۲$^{c}$ | ۵۲۰/۹±۷۶/۳۰$^{b}$ | ۱۱۷۰/۰±۱۰۳/۴$^{a}$ | ۵۰۷/۶±۹/۷۲$^{b}$ | ۶۸۰/۹±۱۷۲/۷۶$^{b}$ | ۱۶۴۵±۱۶۱/۱۲$^{a}$ | ۱۵/۶۱±۰/۹۵$^{c}$ | ۵۴/۲۴±۷/۴۹$^{b}$ | ۱۵۰/۹۴±۹/۲۵$^{a}$ | ۱۲/۴۲±۰/۳۸$^{c}$ | ۲۶/۲۸±۲/۸۵$^{b}$ | ۷۳/۴۰±۶/۱۵$^{a}$ |
| آمل | ۱۱/۰±۱/۰۳ | ۲۷۱/۶±۲۰/۵۷$^{b}$ | ۲۴۱/۱±۱۳/۶۸$^{b}$ | ۵۲۱/۲±۸۵/۷ $^{a}$ | ۲۹۴/۳±۲۵/۷۵$^{b}$ | ۳۴۰/۷±۱۵/۵۱$^{ab}$ | ۵۱۷/۲±۱۴۹/۴۳$^{a}$ | ۱۱/۴۷±۰/۴۱$^{c}$ | ۲۶/۳۰±۲/۲۷$^{b}$ | ۵۳/۲۷±۴/۲۹$^{a}$ | ۱۲/۲۸±۲/۴۸$^{a}$ | ۱۹/۶۵±۱/۱۶$^{a}$ | ۲۴/۹۳±۴/۷۹$^{a}$ |
| میانه | nd | ۱۴۶/۲±۳۲/۶۵$^{b}$ | ۱۴۷/۷±۱۵/۷۱$^{b}$ | ۵۴۶/۱±۱۷۶/۹۹$^{a}$ | ۲۱۰/۳±۲۹/۲۱$^{b}$ | ۲۵۱/۲±۳۵/۴۸$^{b}$ | ۴۱۶/۴±۳۴/۸۴$^{a}$ | ۱۴/۷۰±۳/۷۳$^{b}$ | ۲۳/۲۱±۱/۰۵$^{b}$ | ۷۲/۵۵±۵/۵۸$^{a}$ | ۱۱/۵۷±۱/۰۳$^{b}$ | ۱۹/۳۴±۲/۹۹ $^{ab}$ | ۳۵/۴۹±۱/۳۶$^{a}$ |

تفاوت ما بین اعداد یک ردیف مربوط به هر کدام از شاخص‌ها که با حروف یکسانی مشخص شده‌اند، معنی‌دار نبوده است ($P< ۰/۰۵$) .

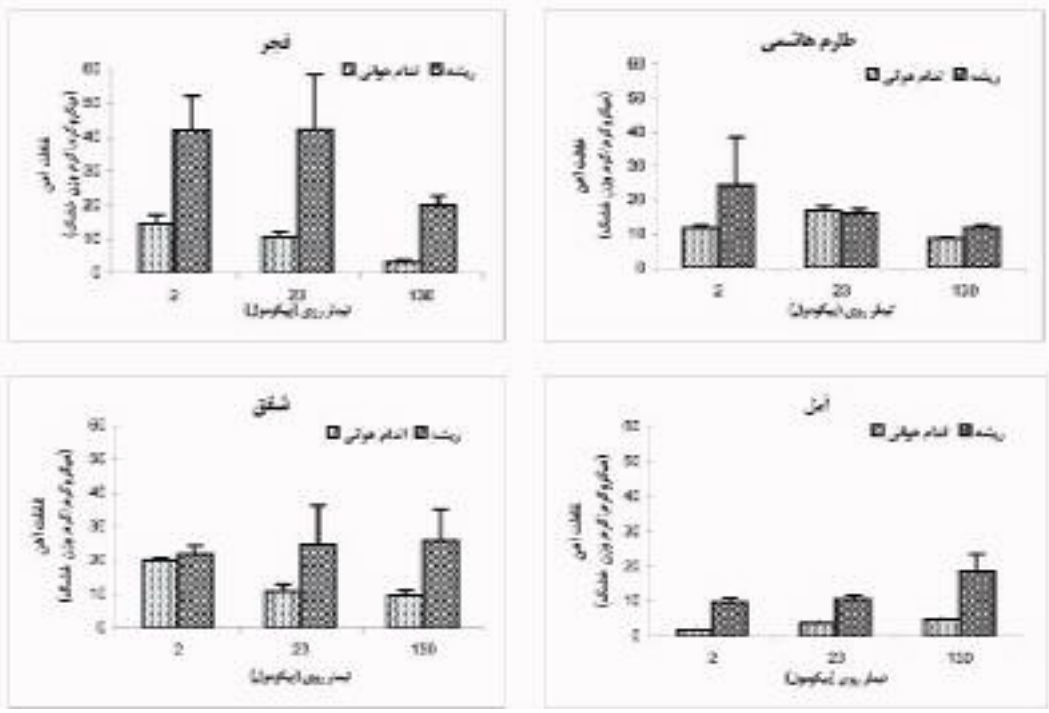
Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۱۲. تجزیه واریانس برای غلظت و مقدار روی اندازه گیری شده در آزمایش کلاتور- بافر**

| منابع | | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | درجه آزادی | غلظت روی اندام هوایی | غلظت روی ریشه | مقدار روی اندام هوایی | مقدار روی ریشه |
| ژنوتیپ | ۱۳ | ۸۶۹۹۲۳/۷** | ۴۷۵۰۹۶۴/۰** | ۲۷۹۹/۳** | ۲۱۴۸/۸** |
| تیمار روی | ۲ | ۱۰۸۴۲۰۱/۴** | ۱۵۷۳۴۷۳/۱** | ۴۷۳۳۷/۱** | ۶۷۶۷/۱** |
| ژنوتیپ × تیمار روی | ۲۶ | ۳۶۷۰۱۱/۴** | ۱۲۸۱۳۳۷/۴** | ۷۴۱/۹** | ۲۴۷/۹** |
| باقی‌مانده | ۱۲۶ | ۵۱۸۸/۴ | ۳۱۴۴۱/۳ | ۲۲/۱ | ۱۲/۲ |
| کل | ۱۶۷ | ۱۴۳۷۴۷/۲ | ۶۲۲۸۳۵/۵ | ۹۲۶/۹ | ۳۰۰/۶ |

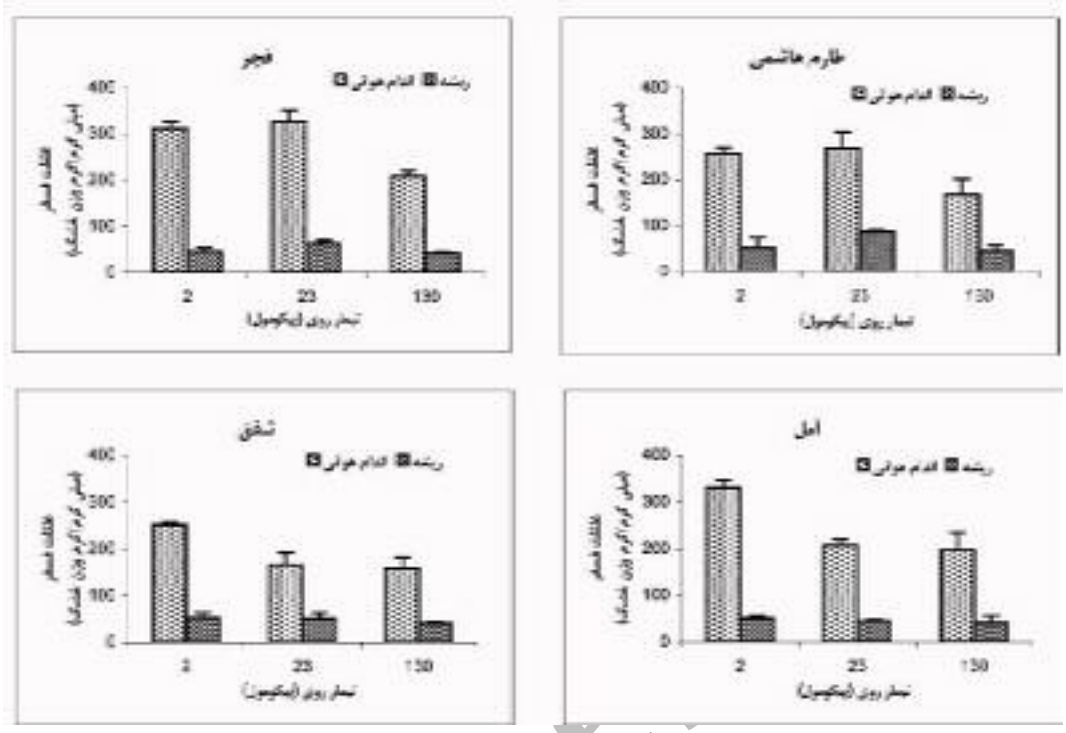
** : اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۱




**شکل ۲. اثر سه سطح تیماری مختلف از فعالیت روی آزاد (پیکومول) بر غلظت آهن اندام هوایی و ریشه چهار رقم برنج با حساسیت متفاوت به کمبود روی در محیط کشت کلاتور - بافر**



www.SID.ir




**شکل ۳. اثر سه سطح تیماری مختلف از فعالیت روی آزاد (پیکومول) بر غلظت فسفر اندام هوایی و ریشه چهار رقم برنج با حساسیت متفاوت به کمبود روی در محیط کشت کلاتور - بافر**

ریشه ژنوتیپ‌های مختلف برنج قدرت اکسید کنندگی متفاوتی دارند (۲۵) و ژنوتیپ‌های کارا نسبت به عنصر روی دارای منطقه وسیع‌تری از اکسیداسیون در ریشه نسبت به ژنوتیپ‌های ناکارا می‌باشند (۲۷). از سوی دیگر، گیاه برنج دارای توانائی زیادی برای آزاد سازی پروتون به محیط ریشه است که می‌تواند در انحلال عناصری با فراهمی کم در خاک مانند روی نقش زیادی داشته باشد (۱۰). بنابراین از دلایل تفاوت عملکرد گیاهان در کمبود روی بین شرایط مزرعه‌ای و محیط آبکشت می‌توان تفاوت‌های احتمالی در قدرت اکسید کنندگی ریشه ها، قدرت جذب از خاک و نیز توانایی انحلال انواع غیر محلول روی را بر شمرد. در آزمایش با ارقام IR نیز چنین تضادی مشاهده شده است، به‌طوری‌که رقم IR54 در شرایط مزرعه‌ای یک رقم کارا و در شرایط کشت هیدروپونیک رقمی بشدت ناکاراست (۱۰). این ارقام نمونه‌های مناسبی برای بررسی فرآیندهای ریزوسفری می‌باشند که مستلزم استفاده از شرایط کشت در خاک بجای آبکشت است.

البته تفاوت در مقدار روی دانه‌ها که برای دو آزمایش به‌کار رفته است، می‌تواند یکی از دلایل محتمل تفاوت در نتایج این دو آزمایش قلمداد گردد. با این‌که بذور هر دو آزمایش، از مراکز تحقیقات برنج تهیه شده بود، ولی تفاوتهائی بین این دو گروه بذر از نظر مقدار روی وجود داشت. مقایسه بین غلظت روی بذور به‌کار رفته برای آزمایش آبکشت کلاتور - بافر و بذور حاصل از کشت مزرعه‌ای (در تیمار شاهد) مشخص می‌کند که هر چند در مورد برخی ارقام، محدوده غلظت روی در این دو گروه مشابه است، ولی در مورد فجر، ندا و نعمت کمتر از مقدار مربوط به آزمایش مزرعه‌ای و در مورد ساحل، دشت و طارم محلی بیشتر از آزمایش مزرعه‌ای بوده است. احتمالاً یکی از دلایل تفاوت نتایج این دو آزمایش در مورد رقم فجر، غلظت روی در دانه است. بدیهی است که کافی بودن منبع روی برای رشد نشاها، باعث پاسخ رشدی کمتر در نشاها پس از انتقال به مزرعه می‌شود.



Archive of SID
www.SID.ir

**مقایسه پاسخ عملکرد رویشی و زایشی به کود روی**

در آزمایش مزرعه‌ای، افزایش عملکرد رویشی (وزن خشک و ارتفاع) در گیاهان کود دهی شده قابل توجه نبود و علامت‌های کمبود در گیاهان شاهد (بدون کود دهی) مشاهده نشد. این موضوع را می‌توان به شدید نبودن کمبود روی در این خاک نسبت داد. البته کاهش تعداد دانه‌های خالی در هزار دانه و افزایش وزن هزار دانه از مهم‌ترین اجزای عملکرد بودند که تحت تأثیر کود روی افزایش یافتند. در پژوهش ولی نژاد و همکاران (۳) اثر افزودن کود روی منحصرا بر افزایش عملکرد دانه گزارش شده است و اثر آن روی عملکرد کاه بررسی نشده است. در بررسی فوق، در ۴۵ درصد مناطق مورد مطالعه در اراضی شرق استان مازندران افزایش معنی داری در عملکرد دانه با کاربرد کود روی دیده شد (۳). می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به سطح بحرانی کمبود (۳) در اراضی شالیزاری شمال کشور و مقدار عملی روی قابل استخراج در این خاک‌ها، کمبود شدیدی در این خاک‌ها حاکم نمی‌باشد، لذا کود دهی منحصرا عامل افزایش عملکرد دانه می‌شود. کمبود شدید روی در خاک عامل پاسخ معنی‌دار هر دو عملکرد رویشی و زایشی به کود روی است (۵).

**تغییرات غلظت و مقدارعناصر**

تأثیر کوددهی بر غلظت روی در اندام هوایی و دانه‌ها یکنواخت نبود. در رقم نعمت (که در عین حال یک رقم کارآست)، کوددهی هر چند باعث افزایش غلظت روی در کاه نشد، ولی موجب افرایش روی در دانه گردید که اگر افزایش تعداد دانه‌های پر و نیز وزن هزار دانه که در این رقم در پاسخ به کودهی مشاهده می‌شود را نیز در نظر بگیریم، می‌توان نتیجه گرفت که رقم نعمت در مقایسه با سایر ارقام، مناسب‌ترین پاسخ به کاربرد کود روی از نظر عملکرد دانه و مقدار روی دانه از خود نشان می‌دهد. به بیان دیگر بخش مهم کود روی مصرف شده در خاک برای این رقم، به دانه‌ها انتقال می‌یابد. با توجه به این‌که، کاربرد کود روی قبل از انتقال نشاها بوده و در طی گل‌دهی و پر شدن دانه، کود روی محتملا به‌طور کامل از خاک برداشت شده است، می‌توان نتیجه گرفت که قطعا بخش مهم آن نتیجه بازانتقالی از برگ‌های بالغ است. عکس این‌حالت در رقم اوندا (که در عین حال یک رقم ناکاراست)، مشاهده شد. کاربرد کود روی باعث افزایش غلظت روی در اندام هوایی این رقم شد در حالی‌که باعث کاهش غلظت روی دانه گردید، که به‌دلیل اختصاص یافتن روی جذب شده به بخش‌های رویشی و ناچیز بودن بازانتقالی به دانه‌های در حال نمو بوده است. تا کنون بررسی‌های زیادی بر روی تفاوت‌های ژنوتیپی در بازانتقالی عناصر از بخش‌های رویشی به دانه‌های در حال نمو انجام گرفته و نشان داده شده است که بازانتقالی فوق، نقش زیادی در تامین نیاز عنصری دانه‌ها دارد (۱۹). باید توجه داشت که مقدار بالای روی در دانه ها، می‌تواند نیاز به روی را در مرحله آغاز نشاکاری و انتقال به مزرعه کاسته و زمانی که ریشه‌ها رشد کافی نکرده‌اند، نیاز گیاه را تامین نماید.

با توجه به این‌که غلظت عناصر، تحت تأثیر وزن خشک گیاهان قرار می‌گیرد، عرضه عنصری که در وضعیت کمبود می‌باشد می‌تواند باعث جهشی در رشد شود که غلظت همان عنصر را به‌شدت کاهش می‌دهد. لذا بررسی پاسخ به افزودن یک عنصر از نظر افزایش ماده زنده که در گیاهان کاراً کمتر از گیاهان ناکارا می‌باشد، در تضاد با تغییرات غلظت عنصر مورد نظر خواهد بود. لذا توصیه شده است که به هنگام گروه بندی ژنوتیپ‌های مختلف از نظر پاسخ به افزودن یک عنصر به محیط، بهترست بجای توجه به غلظت (Concentration) یک عنصر، به مقدار (Content) آن توجه کرد (۵). بررسی‌ها در مورد ژنوتیپ‌های مختلف گندم (۶ و ۹) و برنج (۱۰) از نظر کارآئی نسبت به عنصر روی نیز نشان داده است که بین مقدار عنصر روی و نه غلظت آن و صفت کارآئی نسبت به عنصر روی هم‌بستگی مثبتی وجود دارد و ژنوتیپ‌هایی با مقدار بالاتر عنصر روی، ارقامی کارا و برعکس ژنوتیپ‌هایی با مقدار کم تر روی ارقامی ناکارا می‌باشند. در بررسی حاضر نیز در آزمایش کلاتور – بافر نشان داده شد که این نتیجه‌گیری در مورد برخی ژنوتیپ‌ها صحیح می‌باشد. به‌طوری‌که



Archive of SID

www.SID.ir

ژنوتیپ‌های میانه و آمل در اندام هوایی و ریشه نسبت به دو ژنوتیپ فجر و طارم هاشمی در عرضه کم روی دارای مقدار بمراتب بیشتر روی می‌باشند. با اینحال، مقدار (و نیز غلظت) روی در سه رقم اوندا (ناکارآ)، دشت (حد واسط) و شفق (کارآ) نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بیشتر بود. با استناد به این داده ها، مشخص می‌گردد که ارتباط بین مقدار و صفت کارآئی همیشه صادق نیست. از سوی دیگر، دو رقم اوندا و شفق به‌عنوان ارقامی با کارآئی بهره وری متفاوت که علیرغم داشتن غلظت مشابه روی در اندام هوایی و ریشه، پاسخ رشدی بسیار متفاوتی نشان می‌دهند، معرفی شده و می‌توانند موضوع مطالعات بعدی قرار گیرند.

در رقم آمل بر خلاف سایر ژنوتیپ‌ها کاهش غلظت آهن در شرایط کمبود روی مشاهده شد. کاهش جذب آهن در شرایط کمبود خفیف روی گزارش شده است (۱۵). برعکس، تأثیر کمبود روی بر افزایش غلظت آهن در رقم فجر را می‌توان به‌عنوان یکی از عوارض جانبی کمبود شدید روی قلمداد کرد. در برخی شرایط، کمبود روی در برنج غرقابی با سمیت آهن توام است (۱۵). کمبود روی در برخی گیاهان با ایجاد سمیت فسفر همراه است (۱۳). نشان داده شده است که در کمبود روی انتقال فسفر به اندام هوایی افزایش می‌یابد و باعث ظهور علائم مسمومیت می‌شود (۱۵ و۱۶). در این بررسی نیز افزایش فسفر اندام هوایی می‌تواند یکی از دلایل کاهش رشد در کمبود روی باشد.

مقایسه غلظت روی دانه در ارقام مختلف (در تیمار شاهد مزرعه‌ای) نشان می‌دهد که ارقام فجر و ندا بیشترین و ارقام ساحل، شفق و کادوس کمترین غلظت روی دانه را داشته اند. مقدار روی در دانه‌های برنج، باتوجه به این‌که دانه گندم و برنج منبع مهمی برای تأمین نیاز به این عنصر در رژیم غذایی ایرانیان است، اهمیت زیادی دارد. کمبود روی در زنان باردار در کشور چند سال است که مستند شده و استفاده از مکمل‌های دارویی برای مرتفع کردن آن پیشنهاد شده است (۱). امروزه مرتفع کردن کمبودهای تغذیه‌ای از طریق غنی سازی فرآورده‌های غذایی پر مصرف مانند گندم و برنج نسبت به مکمل‌های دارویی اولویت بیشتری دارد. بنابراین با توجه به نتایج این بررسی و با این‌که دانه‌های برنج در طی پوست‌گیری بخشی از عناصر خود را ازدست می‌دهند، می‌توان در مورد ترویج کشت ارقامی مانند فجر با مقدار بالای روی دردانه و یا ارقامی چون نعمت و طارم دیلمانی که به کود روی با افزایش قابل توجه این عنصر در دانه‌ها پاسخ می‌دهند، اقدام نمود.

## سپاسگزاری

این تحقیق از محل اعتبار طرح پژوهشی مصوب دانشگاه تبریز انجام شده است. از مسئولین مؤسسه تحقیقات برنج در آمل به‌خاطر همکاری‌های آنها خصوصا در بخش آزمایش مزرعه‌ای و تأمین بذر قدردانی می‌شود.

## منابع مورد استفاده

۱. بی نام. ۱۳۸۰ چکیده مقالات سمینار یک روزه اثر روی در سلامت انسان. دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی، تهران.

۲. میرلوحی، آ. ف.، م. ح. اهتمام و م. ر. سبز علیان.۱۳۸۳. بررسی عوامل نمود بهتر برنج در شرایط غرقابی با استفاده از رقم‌های زراعی ایران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۸(۲): ۱۲۱-۱۳۴.

۳. ولی نژاد، م.، م.ج. ملکوتی، م.ح. داودی، ن. سعادتی، م.ر. رمضانپور، م. محمودی و م. محمدیان. ۱۳۸۰. تعیین حد بحرانی روی و بررسی پاسخ به سولفات روی در اراضی شالیزاری مازندران. ویژه نامه مصرف بهینه کود، مؤسسه تحقیقات برنج (آمل)، ۱۲(۱۴۰).



Archive of SID

www.SID.ir

4. Ando, T., S. Yoshida and I. Nishiyama. 1983. Nature of oxidizing power of rice roots. Plant Soil 72: 57-71.
5. Cakmak, I., N. Sari, H. Marschner, M. Kalayci, A. Yilmaz, S. Eker and K. Y. Gülüt. 1996. Dry matter production and distribution of zinc in bread and durum wheat genotypes differing in zinc efficiency. Plant Soil 180: 173-181.
6. Cakmak, I., L. Öztürk, S. Eker, B. Torun, H. I. Kalfa and A. Yilmaz. 1997. Concentration of zinc and activity of copper/zinc superoxide dismutase in leaves of rye and wheat cultivars differing in sensitivity to zinc deficiency. J. Plant Physiol. 151: 91-95.
7. Castro, R. U. 1977. Zinc deficiency in rice: a review of research at the International Rice Research Institute. IRRI. Res. Pap. 9:18-20.
8. Chaudhry, F. M., S. M. Alam, A. Rashid and A. Latif. 1977. Mechanism of differential susceptibility of two rice varieties to zinc deficiency. Plant Soil 46: 637-642.
9. Graham, R. D. 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals. PP. 57-102. *In*: P. B. Tinker and A. Läuchli (Eds.), Advances in Plant Nutrition Vol. 1, Praeger, New York.
10. Hajiboland, R. 2000 Zn Efficiency in Rice (*Oryza sativa* L.) Plants. PhD Thesis, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany.
11. International Rice Research Institute (IRRI). 1970. Annual Report for (1969, PP 134-137, 155-157. IRRI), Los Baños, Philippines.
12. Johnson, A. D. and J. G. Simons. 1979. Diagnostic indices of zinc deficiency in tropical legumes. J. Plant Nutr. 1:123-149.
13. Loneragan, J. F., D. L. Grunes, R. M. Welch, E. A. Aduayi, A. Tengah, V. A. Lazar and E. E. Cary. 1982. Phosphorus accumualtion and toxicity in leaves in relation to zinc supply. Soil Sci. Soc. Amer. J. 46: 345-352.
14. Marschner, H. 1993. Zn uptake from soils Zinc in Soils and Plants. PP. 59-77. *In:* A. D. Robson (Ed.), Kluwer Academic Pub., The Netherlands.
15. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed., Academic Press Inc., London, UK.
16. Parker, D. R., J. J. Aguilera and D. N. Thomson. 1992. Zinc-phosphorus interactions in two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculantum* L.) grown in chelator-buffered nutrient solutions. Plant Soil 143: 163-177.
17. Parker, D. R., R. L. Chaney and W. A. Norvell 1995a. Chemical equilibrium models: Applications to plant nutrition research. PP 163-200. *In:* R. H. Leoppert et al. (Eds.), Soil Chemical Equilibrium and Reaction Models. SSSA Spec. Publ. 42. Soil Sci. Soc. Am. and ASA, Madison, WI.
18. Parker, D. R.,W. A. Norvell and R. L. Chaney. 1995b. GEOCHEM-PC: A chemical speciation program for IBM and compatible computers. Soil Chemical Equilibrium and Reaction Models. *In:* R. H .Leoppert et al. (Eds.), SSSA Spec. Pub. No. XX. Soil Science Society of America, Madison, WI.
19. Pearson, J. N. and Z. Rengel. 1994. Distribution and remobilization of Zn and Mn during grain development in wheat. J. Exp. Bot. 45: 1829-1835.
20. Rahmatullah, F. M. Chaudhry and A. Rashid. 1976. Micronutrient availability to cereals from calcareous soils. Plant Soil 45: 411-420.
21. Raven, K.P. and R.H. Leoppert. 1997. Trace element composition of fertilizers and soil amendments J. Environ. Qual. 26: 551-557.
22. Roberts, J. K. M., J. Callis, O. Jardetzky, V. Walbot and M. Freeling. 1984. Cytoplasmic acidosis as a determinant of flooding intolerance in plants. Proc. Nat. Acad. Sci. 81: 6029-6033.
23. Scandalios, J. G. 1993. Oxygen stress and superoxide dismutase. Plant Physiol. 101: 7-12.
24. Tennant, D. 1975 A test of modified line intersect method of estimating root length. J. Ecol. 63: 995-1001.
25. Yang, X. and X. Sun. 1992. Varietal difference of rice plants in response to N and its mechanisms. Acta Pedologica Sinica 29: 73-79.
26. Yang, X., V. Römheld, H. Marschner and R.L. Chaney. 1994a. Application of chelator-buffered nutrient solution technique in studies on zinc nutrition in rice (*Oryza sativa* L.) plant. Plant Soil 163: 85-94.
27. Yang, X., V. Römheld and H. Marschner. 1994b. Uptake of iron, zinc, manganese and copper by seedlings of hybrid and traditional rice cultivars from different soil types. J. Plant Nutr. 17: 319-331.
28. Yoshida, S., D. A. Forno and A. Bhadrachalam. 1971. Zinc deficiency of the rice plant on calcareous and neutral soils in the Philippines. Soil Sci. Plant Nutr. 17: 83-87.
29. Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock and K. Gomez. 1972. Routine methods of solution culture for rice. PP. 53-57. *In:* Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. 2nd ed., The International Rice Research Institute, Philippines.

Archive of SID



www.SID.ir