نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۴، ص. ۱۷۲۰-۱۷۱۱

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 6, Jan.-Feb. 2016, p. 1711-1720

بررسی کارایی مصرف روی در برخی ژنوتیپ های گندم و مقایسه کودپذیری آنها

پیمان کشاورز[1*]- مجید فروهر[2]- مسعود دادیور[3]

تاریخ دریافت: ۰۲/ ۰۲/ ۱۳۹۴
تاریخ پذیرش: ۰۴/ ۰۸/ ۱۳۹۴

چکیده

اگرچه از دیدگاه کشاورزی پایدار و طبیعت محور، گیاهان عنصر کارآ از اهمیت ویژه ای برخوردارند، ولی در تصمیم گیری های کلان برای تولید محصولات زراعی و باغی با در نظر گرفتن ملاحظات اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی ممکن است در شرایطی، ارقام عنصر کارا و در شرایطی، ارقام کودپذیر مورد توجه واقع شده و برای کشت و کار انتخاب شوند. به منظور مقایسه برخی ژنوتیپ های گندم از لحاظ کارایی مصرف روی (Zn) و کودپذیری آن ها، آزمایشی به صورت فاکتوریل، در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (طرق) طی سال های زراعی ۹۰-۱۳۸۸ انجام گردید. فاکتور های آزمایش شامل ۶ ژنوتیپ گندم (گونه های گندم تریتیکاله و دوروم (رقم بلیخ – ۲) و ارقام الوند، فلات و طوس و لاین (C75-5) و دو مقدار مصرف سولفات روی خشک (صفر و ۴۰ کیلوگرم در هکتار) بود. بر اساس نتایج تجزیه مرکب دو ساله داده ها، مصرف روی به طور میانگین موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه به میزان ۱۲/۶۱ درصد در ژنوتیپ های گندم، نسبت به شاهد گردید. در بین ارقام، بیشترین و کمترین کارایی زراعی سولفات روی به ترتیب در گندم دوروم (۹۲/۹۳) و رقم طوس (۵/۹۷) مشاهده گردید. اثر مصرف روی بر غلظت و جذب روی در دانه گندم معنی دار (در سطح احتمال ۵٪) شد. مصرف روی، غلظت و جذب روی را در دانه به ترتیب ۸/۶ و ۲۱/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. کارایی مصرف روی (روی کارآیی) در گونه‌ها و ارقام مختلف گندم بصورت طوس ~ تریتیکاله > فلات> الوند > C75-5 > دوروم، بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: ارقام گندم، تریتیکاله، دوروم، روی کارآ

مقدمه

کمبود عناصر کم مصرف در اراضی زیرکشت غلات گسترش جهانی دارد. میلیونها هکتار از اراضی قابل کشت در دنیا دچار کمبود یک یا چند عنصر غذایی کم‌مصرف هستند (۲۵). در غلات، کمبود روی و بدنبال آن آهن احتمالاً وسیع‌ترین کمبود در بین عناصر کم مصرف است. این عارضه در خاکهای آهکی به وفور دیده می شود. وسعت جهانی این خاک ها ۸۰۰ میلیون هکتار برآورد شده است (۱). در ایران نیز به دلیل آهکی بودن و pH زیاد خاکها، کمی مواد آلی و بیکربناته بودن آبهای آبیاری، کمبود روی گسترش زیادی داشته و طبق بررسیهای انجام شده ۴۰ درصد از مزارع تحت کشت گندم آبی ایران دچار کمبود شدید روی می‌باشند (۲). کمبود عناصر کم مصرف در اراضی تحت کشت غلات، نه تنها موجب کاهش عملکرد می‌شود بلکه تنزل کیفیت تغذیه‌ای گندم تولید شده را نیز به دنبال دارد (۱۳). پاسخ به کمبود روی و کوددهی روی بین گونه های مختلف غلات و حتی ارقام یک گونه مشخص متفاوت می باشد (۱۵). یکی از راههای مقابله با کمبود عناصر غذایی در خاک، کاشت ارقامی از گیاه مورد نظر است که کارایی مصرف بالایی در رابطه با آن عناصر داشته باشد. گیاهان عنصر کارا[4] یا گیاهان با کارایی بالای مصرف یک عنصر غذایی، نیاز خود به آن عنصر غذایی را از دو طریق برطرف می کنند. این گیاهان ممکن است سازوکار های قوی برای جذب عنصر از خاک داشته باشند (uptake efficiency) و یا توانایی خوبی در انتقال و به کار گیری عنصر در داخل گیاه (utilization efficiency) داشته باشند. مارشنر (۱۸) مکانیسم هایی را پیشنهاد نمود که گیاهان به وسیله آنها با کمبود عناصر غذایی مقابله نموده و کارایی مصرف خود را بالا می برند. گیاهان ممکن است در روش بدست آوردن عنصر غذایی بطور متفاوتی عمل نمایند، بطوریکه ممکن است ریخت‌شناسی ریشه خود را تغییر دهند برخی گیاهان ممکن است به کمک روابط همزیستی با سایر موجودات، کارایی مصرف عناصر غذایی خود را بالا

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشیار و مربیان پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
(* – نویسنده مسئول : (Email: P.keshavars@areo.ir

4- plant efficient

ببرند. همچنین تفاوتهایی در فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه مانند افزایش میل ترکیبی سیستم‌های جذب عناصر غذایی ویژه بر روی غشای پلاسمایی، می‌تواند این امر را سبب گردد. گیاه ممکن است تغییراتی در ریزوسفر ریشه خود نیز ایجاد نماید (نظیر ترشح کلاتها، ترکیبات احیاء کننده و...) تا دسترسی عناصر غذایی را افزایش دهد. همچنین از روشهای دیگر می توان به افزایش کارایی مصرف این عناصر در داخل گیاه اشاره نمود که از طریق افزایش کارایی انتقال عناصر غذایی (هم انتقال در مسافت کوتاه[1] وهم انتقال در مسافت طولانی[2]) و یا از طریق جایگزینی در داخل سلولها می‌تواند انجام شود. با وجود پیشرفت هایی در زمینه شناخت کارایی، هنوز اساس ژنتیکی و مکانیسمی آن، به خوبی شناخته نشده است (۸). گیاهان روی کارآ[3] معمولا روی مورد نیاز خود را در شرایط خاکهای فقیر تامین می کنند و به درصد بالایی از پتانسیل تولید خود می رسند (۱۱). این گیاهان پاسخ بارزی به مصرف کود روی نشان نمی دهند. در طرف مقابل این گروه، گیاهان با کارایی کم روی قرار دارند که قادر به برآورده کردن نیاز خود در شرایط خاک های فقیر، نیستند و بنابراین به مصرف کود روی پاسخ می دهند. پر واضح است که شناخت دقیق ارقام از لحاظ کارایی و یا کودپذیری آن ها، از عوامل مهم در اتخاذ مدیریت مناسب کشت و کار و از آن جمله، انتخاب رقم مناسب و تصمیم گیری برای کود دهی می باشد. بر این اساس، تحقیق حاضر به منظور مقایسه گونه ها و ارقام گندم از لحاظ کارایی مصرف روی و کودپذیری (نسبت به کود روی) و مطالعه اثرات این عنصر بر عملکرد دانه و غلظت روی در دانه انجام شد.

مواد و روش ها

به منظور مقایسه سه رقم و یک لاین گندم نان[4] و دوگونه گندم دوروم[5] و تریتیکاله[6] از نظر کارایی مصرف روی و کودپذیری آنها و بررسی اثر مصرف کود روی بر عملکرد دانه و غلظت روی در دانه،آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان (طُرق) طی دو سال زراعی ۹۰-۱۳۸۸ انجام گردید. فاکتور های آزمایش شامل: ۶ ژنوتیپ گندم (گونه های گندم دوروم وتریتیکاله و ارقام گندم نان الوند، طوس و فلات و لاین (C75-5) و دو سطح مصرف خاکی کود روی (۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی۳۶درصد) بود. قبل از انجام آزمایش، برای تعیین مکان آزمایش از چندین محل، نمونه‌برداری خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی متری به عمل آمد. پس از تجزیه و تعیین میزان روی قابل جذب نمونه‌ها با استفاده از روش لیندزی و نورول (۱۷)، مکانی انتخاب گردید که میزان روی قابل جذب آن کمتر از ۰/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (جدول ۱).

طول هر کرت آزمایشی ۹ متر و عرض آن ۳/۶ متر در نظر گرفته شد. به جز روی، سایر عناصر غذایی مورد نیاز، بر اساس آزمون خاک در تمامی کرت‌ها بصورت یکسان مصرف شد. مقدار بذر مصرفی، بر اساس تراکم ۴۰۰ دانه در مترمربع، برای هر رقم محاسبه و توزین و پس از ضدعفونی با قارچ کش ویتاواکس به نسبت ۲ در هزار، توسط دستگاه بذرکار تحقیقاتی غلات (Plot Planter) کاشت شد. کنترل علف های هرز بصورت دستی انجام گرفت.

برای تامین نیتروژن، فسفر و پتاسیم، به ترتیب از ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم استفاده شد. آهن به شکل Fe-EDDHA به میزان ۵ کیلوگرم در هکتار و منگنز از منبع سولفات منگنز به میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت در تمامی کرت ها به صورت خاکی و به طور یکنواخت استفاده گردید.۳۰ درصد کود ازته در هنگام کاشت و باقیمانده کود ازته (اوره) در دو مرحله انتهای پنجه‌دهی و ابتدای خوشه‌دهی به صورت سرک مصرف شد. آبیاری به شیوه نشتی (جوی و پشته) با مدار ۸ روز یک بار به صورت یکسان انجام گردید. به منظور تعیین غلظت روی در اندام هوایی در مرحله رشد رویشی GS6 (بر اساس مقیاس فیکس، ابتدای ساقه‌رفتن و ظهور اولین گره ساقه) همچنین جذب روی در دانه، با استفاده از رابطه (غلظت × عملکرد = جذب) ، نمونه‌برداری از گیاه و دانه انجام گردید. بعد از برداشت و تعیین عملکرد دانه، بر اساس روابط زیر کارایی مصرف ، کودپذیری و کارایی بازیافت روی در ارقام و گونه‌های گندم محاسبه شد.

برای محاسبه کارایی مصرف روی (روی کارآیی)، از تعریف ارائه شده توسط گراهام و همکاران (۹) استفاده شد. این محققین، کارایی عناصر غذایی را به صورت عملکرد نسبی یک ژنوتیپ در خاک فقیر، در مقایسه با عملکرد آن در شرایط تغذیه ای مطلوب در نظر گرفتند.

$$\text{کارایی مصرف روی} = \frac{\text{عملکرد دانه در شاهد}}{\text{عملکرد دانه در تیمار کودی}} \times ۱۰۰$$

از تعریف ارائه شده توسط کراس ول و گودوین (۸) برای محاسبه کارایی زراعی کود روی یا کودپذیری استفاده شد. آنها تولید اقتصادی بدست آمده به ازای هر واحد عنصر غذایی مصرف شده را به عنوان کارایی زراعی کود مورد نظر تعریف نمودند.

1 - Short distance translocation
2 - long distance translocation
3- Zn- efficient
4-Triticum aestivum
5-Triticum durum
6-Thriticosecale witmack

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتیمتر)

Table 1- Some physical and chemical properties of the experimental soil (0-30 cm)

EC	pH	O.C	T.N.V	Cu	Mn	Fe	Zn	K	P	Clay	Silt	Sand	بافت خاک
dS/m	%			mg/kg					%				Soil Texture
1.4	8.1	0.48	18.7	0.7	3.4	2.4	0.52	180	7.2	20	27.4	50.6	لومی سیلتی Silt Loam

$$\text{کارایی زراعی(کود پذیری)} = \frac{\text{عملکرد دانه در تیمار شاهد– عملکرد دانه در تیمار کودی}}{\text{مقدار عنصر مصرف شده}}$$

$$\text{کارایی بازیافت} = \frac{\text{۱۰۰×(جذب روی در دانه تیمار شاهد – جذب روی در دانه تیمار کودی)}}{\text{مقدار عنصر مصرف شده}}$$

کارایی بازیافت نیز بر اساس تعریف رائون و جانسون (۲۱)، بر حسب مقدار عنصر غذایی جذب شده به ازای هر واحد عنصر غذایی مصرف شده، محاسبه شد.

نتایج و بحث

با توجه به این که آزمون بارتلت یکنواختی واریانس ها را برای هریک از متغیر های مورد اندازه گیری در طی دو سال آزمایش (عملکرد دانه، غلظت روی در دانه و گیاه و جذب روی در دانه) تایید کرد، تجزیه مرکب دوساله داده ها برای هر یک از متغیر ها انجام شد. در زیر نتایج تجزیه مرکب دو ساله داده ها ارائه شده است.

پاسخهای گیاهی ژنوتیپ های مختلف گندم به مصرف روی (Zn)

عملکرد دانه

مصرف روی بطور میانگین در کلیه ژنوتیپ های گندم موجب افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۰/۵ درصد نسبت به شاهد گردید (جدول ۲). این افزایش برای گندم دوروم و لاین C75-5 به ترتیب با ۱۹ و ۱۶ درصد نسبت به شاهد بیش از سایر ارقام بود. در حالیکه رقم طوس و گندم تریتیکاله تنها ۱/۳ و ۴ درصد افزایش عملکرد نشان دادند. بر این اساس افزایش عملکرد ناشی از مصرف روی در بالاترین سطح (گندم دوروم) نزدیک به ۱۶ برابر عملکرد در پایین‌ترین سطح (رقم طوس) می باشد. همانتارانجان و گرگ (۱۲) نشان دادند که روی با تاثیر بر کلروفیل برگ و ایندول استیک اسید (IAA) موجب افزایش معنی‌داری در اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد دانه می‌گردد. آنها همچنین اعلام نمودند که میزان کلروفیل a و b در اثر مصرف روی افزایش می‌یابد. افزایش میزان کلروفیل موجب افزایش میزان فتوسنتز شده که این امر موجب تولید ماده خشک و عملکرد بیشتری می‌گردد. از طرف دیگر IAA از تخریب کلروفیل جلوگیری می‌کند و در نتیجه میزان عملکرد بالا می‌رود. براون (۳) نیز گزارش نمود که در اثر کمبود روی تشکیل پرچم و دانه گرده در گندم آسیب دیده و در نتیجه عملکرد دانه به شدت پایین می‌آید. IZA، انجمن بین المللی روی (۱۳)، کاهش ۵۰ درصدی در عملکرد دانه توام با کاهش غلظت روی در دانه را در شرایط کمبود روی گزارش داده است. ضیائیان و ملکوتی (۲۷) در یک بررسی گلخانه‌ای نشان دادند که مصرف خاکی ۱۰میلی گرم روی در کیلوگرم خاک، از منبع سولفات روی در مقایسه با شاهد (عدم مصرف روی) موجب افزایش عملکرد دانه گندم به میزان ۱۷ درصد و عملکرد کلش به میزان ۱۳ درصد شده است.

میانگین عملکرد دانه در گونه ها و ارقام مختلف گندم نیز از نظر آماری اختلاف معنی دار را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد از گندم تریتیکاله با ۷۹۹۹/۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار از لاین C75-5 برابر با ۵۹۱۷/۷ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. علاوه بر این، مقایسه سه گونه گندم نان (میانگین ۴ رقم و لاین گندم)، دوروم و تریتیکاله نشان می دهد که بیشترین افزایش عملکرد دانه در اثر مصرف روی از گندم دوروم (۲۳/۵درصد) و کمترین آن از گندم تریتیکاله (۴/۲۵ درصد) بدست آمده و ژنوتیپ های گندم نان با ۱۱/۶ درصد افزایش بین این دو قرار گرفته است. کاک ماک و همکاران (۵) دریافتند که افزایش عملکرد دانه در اثر مصرف روی در گندم دوروم بیشتر از تریتیکاله و ارقام گندم نان می‌باشد. آلووی (۱) گزارش کرد که حساسیت ارقام گندم دوروم به کمبود روی بیشتر از ارقام گندم نان می باشد. همچنین بین ارقام در هر نوع گندم نیز توانایی های متفاوتی در تحمل کمبود روی وجود دارد.

۱- کربنات کلسیم معادل Total Neutralizing value

جدول ۲-اثر مصرف روی (Zn) بر عملکرد دانه در ژنوتیپ های گندم (آزمون دانکن α=0.05)

Table 2- Effect of zinc use on grain yield of wheat genotype

ژنوتیپ Genotype	-Zn	+Zn	میانگین Mean	درصد افزایش عملکرد دانه Grain yield increase percentage
Durum– دوروم	5689.1^{gh}	7027.3^{ce}	6352.2^{c}	23.5
Thriticosecale – تریتیکاله	7833.3^{ab}	8166.0^{a}	7999.2^{a}	4.25
Alwand – الوند	6134.0^{fg}	7125.6^{cd}	6629.8^{bc}	16.1
Falat – فلات	6592.0^{df}	7363.0^{bc}	6977.5^{b}	11.7
C75-5	5409.1^{h}	6426.3^{ef}	5917.7^{d}	18.8
Toos – طوس	6623.6^{df}	6709.6^{df}	6666.6^{bc}	1.3
Mean	6380.2	7136.3**		12.61

هر ستون اعداد دارای حداقل یک حرف مشابه ، در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف آماری با هم ندارند

* و ** به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی دار است

- Means followed by similar letters in a column are not significantly different from each other at α=0.05

* and ** significant at α=0.05 and 0.01 respectively

غلظت روی در اندام هوایی

مصرف روی به‌طور معنی داری (α=۰/۰۵)، موجب افزایش میانگین غلظت روی در اندام هوایی ژنوتیپ های گندم از ۳۱/۲ میلی گرم روی در کیلوگرم وزن خشک اندام هوایی به ۴۲/۶ میلی گرم در کیلوگرم گردید که معادل با ۳۶/۵ درصد افزایش نسبت به شاهد بود (جدول ۳). غلظت روی در اندام هوایی گندم دوروم به میزان ۳۵/۴ درصد افزایش نشان داد که بیش از سایر ارقام بود. در حالی‌که در گندم تریتیکاله غلظت روی در اندام هوایی با ۶/۹ درصد افزایش کمترین مقدار را داشت. علاوه بر این، مقایسه ارقام مختلف گندم نشان داد که به‌طور میانگین بالاترین غلظت روی در اندام هوایی مربوط به گندم لاین C75-5 و کمترین آن مربوط به گندم دوروم بوده است. مشیری و همکاران (۲۰) در یک مطالعه گلخانه ای، افزایش غلظت روی در اندام هوایی گندم را در اثر مصرف خاکی ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم روی از منبع سولفات روی، گزارش کردند. براساس مشاهدات آن ها، در شرایط کمبود روی خاک(کمتر از ۰/۵ میلی گرم بر کیلوگرم خاک)، غلظت روی در اندام هوایی در تمام ارقام، ۱/۵ برابر کمتر از شرایط مصرف ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم روی بود. در هر یک از شرایط کمبود و کفایت روی نیز غلظت روی در اندام هوایی ارقام مختلف، متفاوت بود. اینکه آیا بالا بودن غلظت روی در اندام هوایی می تواند نشانگر روی کارایی باشد یا خیر؟ در ادامه، مورد بحث قرار خواهد گرفت.

جدول ۳- غلظت روی در اندام هوایی ژنوتیپ های گندم در مرحله ابتدای ساقه رفتن (GS6) (آزمون دانکن α=0.05)

Table 3- Zinc concentration in shoot of wheat genotypes at stem elongation stage (Duncan's multiple range test)

ژنوتیپ Genotype	غلظت روی (mg/kg) -Zn	+ Zn	Mean	درصد افزایش غلظت روی در اندام هوایی Zn concentration increase percentage in shoot
Durum– دوروم	23.3^{e}	36.1^{bd}	29.7^{c}	54.9
Thriticosecale – تریتیکاله	31.0^{ce}	33.3^{ce}	32.1^{bc}	7.4
Alwand – الوند	33.0^{ce}	47.0^{ab}	40.0^{a}	42.4
Falat – فلات	34.3^{ce}	40.5^{ac}	37.4^{ab}	18
C75-5	37.3^{bd}	50.5^{a}	43/9^{a}	35.3
Toos – طوس	28.1^{de}	48.5^{a}	38.3^{ab}	72.6
Mean	31.2	42.6**		36.5

در هر ستون اعداد دارای حداقل یک حرف مشابه ، در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف آماری با هم ندارند

* و ** به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی دار است

- Means followed by similar letters in a column are not significantly different from each other at α=0.05

* and ** significant at α=0.05 and 0.01 respectively

غلظت و جذب روی در دانه

اثر مصرف روی بر غلظت و جذب روی در دانه معنی‌دار گردید (سطح احتمال ۵٪). مصرف روی، غلظت و جذب روی در دانه را به ترتیب به میزان ۸/۶ و ۲۱/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۴). در عین حال، ژنوتیپ های گندم پاسخهای متفاوتی به مصرف روی نشان دادند. بیشترین میزان افزایش غلظت روی دانه، در گندم دوروم (۱۳/۸ درصد) و کمترین میزان افزایش غلظت روی دانه، در لاین C75-5 (۰/۳ درصد) ملاحظه شد.

از لحاظ میزان جذب روی در دانه، گندم دوروم با افزایشی برابر با ۴۰/۶ درصد وگندم تریتیکاله با ۹/۴ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین افزایش جذب را در اثر مصرف روی نشان دادند. همچنین جذب روی در دانه گندم تریتیکاله (۱۹۸/۴ g/ha) بیش از سایر گونه‌های گندم نظیر دوروم و نان بود. این نتیجه با گزارش‌های محققان دیگر نظیر محمد و همکاران (۱۹)، سدری و ملکوتی (۲۲) هماهنگی دارد.

از دیدگاه تغذیه سالم و تامین سلامت انسان، علاوه بر عملکرد دانه، غلظت روی در دانه نیز فاکتور مهمی است که بایستی برنامه های به نژادی و به زراعی گندم در راستای ارتقاء سطح آن ها تنظیم شوند. این امر به ویژه در کشورهای در حال توسعه که گندم منبع اصلی غذایی آنها محسوب می شود از اهمیت خاصی برخوردار است. با توجه به جداول ۲ و ۴، ملاحظه می شود که مصرف روی در شرایط کمبود روی در خاک در اغلب ژنوتیپ های گندم سبب افزایش عملکرد دانه و افزایش غلظت روی در دانه شده است. بر اساس اظهارات کاک ماک (۴)، محدوده معمول غلظت روی در دانه های گندم حدود ۲۵ تا ۳۰ میلی گرم روی در کیلوگرم وزن خشک دانه است در حالی که غلظت مطلوب روی در دانه گندم برای این که در سلامت انسان تاثیرگذار باشد، بیش از ۵۰ میکروگرم روی در گرم وزن خشک دانه می باشد. آن چه در جدول ۴ ملاحظه می شود این که غلظت روی در دانه ژنوتیپ های مورد آزمایش در شرایط کمبود روی از ۲۴/۲ تا ۲۶/۸ و در شرایط کفایت روی، بین ۲۵/۴ تا ۳۰/۵ متغیر است و در محدوده غلظت معمول ذکر شده توسط کاک ماک قرار دارد. چنانچه رسیدن به غلظت ۵۰ میکروگرم بر گرم جهت موثر واقع شدن در سلامت انسان مد نظر باشد، به مصرف مقادیر بیشتری از روی، نیاز است. اصلاح و معرفی ارقامی از گندم نیز که در عین داشتن عملکرد قابل قبول بتوانند غلظت بالایی از روی را هم در دانه متمرکز کنند بسیار راه گشا خواهد بود.

جدول ٤- اثر مصرف روی بر غلظت و جذب روی توسط دانه درژنوتیپ های گندم (آزمون دانکن α=0.05)

Table 4- Effect of zinc use on zinc concentration and uptake in grain of wheat genotypes

ژنوتیپ Genotype	جذب Uptake(g/ha)				غلظت Concentration(mg/kg)			
	-Zn	+Zn	Mean	درصد افزایش جذب روی در دانه Increase percentage of Zn uptake in grain	-Zn	+Zn	Mean	درصد افزایش غلظت روی در دانه Increase percentage of Zn concentration in grain
Durum– دوروم	152.4^{d}	214.3^{a}	183.3^{b}	40.6	26.8^{ab}	30.5^{a}	28.6^{ab}	13.8
Thriticosecale – تریتیکاله	189.5^{ab}	207.4^{a}	198.4^{a}	9.4	24.2^{b}	25.4^{ab}	24.8^{b}	4.9
Alwand – الوند	171.7^{cd}	217.3^{a}	194.5^{a}	26.6	28.0^{ab}	30.5^{a}	29.2^{a}	8.9
Falat – فلات	176.6^{bd}	217.2^{a}	196.9^{a}	23.0	26.8^{ab}	29.5^{a}	28.1^{ab}	10.1
C75-5	154.7^{d}	183.1^{bc}	168.9^{c}	18.3	28.5^{a}	28.6^{ab}	28.5^{ab}	0.3
Toos – طوس	170.8^{cd}	194.5^{ab}	182.6^{b}	13.9	25.8^{ab}	29.0^{a}	27.4^{ab}	12.4
Mean	169.2	205.6**		21.5	26.7	29*		

در هر ستون اعداد دارای حداقل یک حرف مشابه ، در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف آماری با هم ندارند

* و ** به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی دار است

- Means followed by similar letters in a column are not significantly different from each other at α=0.05

* and ** significant at α=0.05 and 0.01 respectively

کارایی روی در ژنوتیپ های مختلف گندم

جدول ۵ کارایی مصرف ، کارایی زراعی (اقتصادی یاکود پذیری) و کارایی بازیافت روی را در ارقام مختلف گندم نشان می‌دهد. به طوری که ملاحظه می گردد، گندم رقم طوس و گندم تریتیکاله دارای کارایی مصرف روی بالاتر از ۹۰ درصد بوده و به عنوان ارقام با قابلیت کارایی مصرف بالا برای روی شناخته می شوند، یعنی در صورت عدم مصرف روی، این دو ژنوتیپ گندم بیش از ۹۰ درصد حداکثر عملکرد را تولید می نمایند. در مقابل، گندم دوروم با ۸۰/۹ درصد دارای پایین ترین کارایی مصرف روی می‌باشد. خوش گفتارمنش و همکاران (۱۶) ، نیز در یک مطالعه مزرعه ای (با خاک دارای ۰/۲۹ میلی گرم در کیلوگرم روی قابل عصاره گیری با DTPA و مصرف ۴۰ کیلوگرم روی به صورت سولفات روی)، گندم دوروم را روی ناکاراترین و گندم کراس را روی کارا ترین ژنوتیپ ها در بین ژنوتیپ های روشن، کویر، کراس ، فلات و دوروم ، معرفی کردند. کاک ماک و همکاران (۵) گزارش نمودند که در شرایط کمبود روی (۰/۰۹ میلی گرم در کیلوگرم خاک) تولید ماده خشک در ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان کاهش می‌یابد ولی این کاهش در ژنوتیپ‌های مختلف گندم دوروم بیشتر است. در تحقیق حاضر، کارایی زراعی روی یا کودپذیری ژنوتیپ های گندم که افزایش تولید را به ازای واحد مصرفی روی، نشان می‌دهد، در گندم دوروم بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده و بنابر این به عنوان گندم با کودپذیری بالای روی معرفی می‌گردد. به عبارت دیگر در این گندم به ازاء مصرف هر کیلوگرم روی خالص از منبع سولفات روی، ۹۲/۹۳ کیلوگرم افزایش در عملکرد دانه گندم نسبت به عدم مصرف روی، حاصل شده است. به دنبال آن گندم لاین C75-5 بیشترین کودپذیری را دارد. کمترین کارایی زراعی مربوط به رقم طوس و گندم تریتیکاله است. در ارتباط با کارایی بازیافت روی نیز ملاحظه می‌گردد بالاترین آن مربوط به دوروم (۰/۴۳ درصد) و کمترین آن مربوط به تریتیکاله (۰/۱۲ درصد) بوده است. در نتیجه کارایی بازیافت روی در گندم دوروم ۳/۶ برابر گندم تریتیکاله می باشد.

کاک ماک و همکاران (۷) طی آزمایشی روی ۸ ژنوتیپ گندم نان و دوروم نتیجه گرفتند که ژنوتیپ‌های گندم مقاوم به کمبود روی دارای توانایی بیشتر انتقال روی از ریشه به اندام هوایی بودند. آن ها نسبت غلظت روی درکل اندام هوایی به غلظت روی در ریشه را در ژنوتیپ‌های مقاوم ۳/۴ و در ژنوتیپ‌های حساس ۱/۲ تا ۱/۷ اندازه گیری کردند. با افزایش غلظت روی از صفر به ۱میکرو مولار در محلول غذایی (از منبع سولفات روی) افزایش عملکرد دانه در گندم دوروم نسبت به تریتیکاله و ژنوتیپ‌های گندم نان بیشتر بوده است (۶). در یک آزمایش گلخانه‌ای تورن و همکاران (۲۴)، عکس‌العمل ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان را نسبت به روی بررسی کردند و مشاهده نمودند ژنوتیپ‌هایی که علائم کمبود روی را نشان می‌دهند ماده خشک کمتری تولید می‌نمایند. علاوه بر این آنها دریافتند که بازده بیشتر روی در یک ژنوتیپ به توانایی بالاتر آن در جذب روی از خاک و استفاده آن در بافت گیاهی مربوط می‌شود.

مقایسه کارایی مصرف روی (جدول ۵) و غلظت روی در اندام هوایی در شرایط کمبود روی (جدول ۳) نشان دهنده آن است که غلطت روی در اندام هوایی نمی تواند شاخصی از کارایی مصرف روی باشد. همچنان که ملاحظه می شود، کارایی مصرف روی در گونه‌ها و ارقام مختلف گندم بصورت: طوس و تریتیکاله >فلات> الوند > C75-5 > دوروم، بدست آمده است.

جدول۵ –کارایی مصرف، زراعی و بازیافت روی در ژنوتیپ های گندم

Table 5- Zinc use efficiency, agronomic efficiency and apparent recovery efficiency wheat genotypes

ژنوتیپ Genotype	کارایی مصرف روی Zinc Use Efficiency (٪)	کارایی زراعی(کود پذیری) Agronomic Efficiency (kg/kg)	کارایی بازیافت Apparent Recovery Efficiency (٪)
Durum– دوروم	80.9	92.93	0.43
Thriticosecale – تریتیکاله	95.9	23.1	0.12
Alwand – الوند	86.0	68.86	0.32
Falat – فلات	89.5	53.54	0.28
C75-5	84.1	70.64	0.20
Toos – طوس	98.7	5.97	0.16
میانگین	89.2	52.51	0.25

در ایـن سـری، روی کـارایی C75-5 بسـیار کمتـر از طـوس، تریتیکاله و فلات است در حالی که غلظت روی در اندام هـوایی آن از لحاظ عددی بیشتر از این ژنوتیپ ها بـوده و از لحـاظ آمـاری تفـاوت معنی داری با این ژنوتیپ هـا نداشـت. عـلاوه بـر ایـن، روی کـارایی C75-5 بسیار نزدیک به دوروم است در حالی که غلظت روی در اندام هوایی آن، بسیار بیشـتر از دوروم بـوده اسـت. خـوش گفتـار مـنش و همکاران (۱۶) نیز گزارش کردند که کـارایی روی در ارقـام گنـدم بـا غلظت روی در ساقه به ویژه در مرحله پنجـه زنـی گنـدم همبسـتگی نداشت.

نتیجه گیری

به طور کلی بر اساس نتایج این تحقیق، اختلافات عمده‌ای میـان گونه‌ها و یا حتی ارقام یک گونه در خانواده گندم در جـذب و مصـرف روی وجود دارد. این موضوع که در یک جامعه کدام یک از اهرم های تقاضا برای غذا یا تقاضا برای سلامت انسان و محـیط و تولیـد پایـدار قوی‌ترباشد، تعیین کننده انتخاب ارقام کارآ یا ارقام کودپذیر اسـت. بـا توجه به روی کارآیی بالای تریتیکاله و طوس، استفاده از آن ها بـرای کشت های ارگانیک و یا استراتژی های طبیعت محور و صرفه جـو در مصرف کود، مناسب می باشد. چنانچه به هر دلیلی کشت گندم دوروم و رقم الوند و لاین C75-5 مورد نظر باشد، برای داشـتن محصـولی با عملکرد و کیفیت مطلوب در بیشتر شرایط مصرف کود روی الزامـی است.

منابع

1- Alloway B. J. 2008. Zinc in soils and crop nutrition, 2nd edition. IZA Brussels, Belgium and IFA Paris, France.
2- Balali M.R., Malakouti M.J., Khademi Z., and Mashayekhi H.H. 1999.The effects of micronutrients on the increase of yield, and determination of their critical level in irrigated wheat in Iran. Journal of Soil and Water (Special Issue, Wheat), 12(6), 111-119. (In Persian with English abstract).
3- Brown P. H., Cakmak I., and Zhang Q. 1993. Form and function of zinc in plants. In: Zinc in Soils and Plants. A.D.Robson (*ed.*), P.93-106. Kluwer Academic publisher, Dordrecht, Netherland.
4- Cakmak I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? Plant and Soil. 302:1–17.
5- Cakmak I., Ekiz H., Yilmaz A., Torun B., Koleli N., Gultekin I., Alkan A., and Eker S. 1997. Differential response of rye, triticale, bread and durum wheats to zinc deficiency in calcareous soils. Plant and Soil. 188: 1-10.
6- Cakmak I., Sari N., Marschner H., Yilmaz M., Ekiz S., and Gulut. K. Y. 1996. Dry matter production and distribution of zinc in bread and durum wheat genotypes differing in zinc efficiency. Plant and Soil. 180: 173-181.
7- Cakmak I., Gulut K., Marschner H., and Graham R. D. 1994. Effect of zinc and iron deficiency on phytosiderophore release in wheat genotypes differing in zinc efficiency. Journal of Plant Nutrition 17:1-17.
8- Craswell E. T., and Godwin D. C. 1984. The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals in different climates, pp.1-5. In P. B. Tinker and A. Lauchli (eds). Advances in Plant Nutrition, Vol. 1. New York.
9- Graham R. D., Ascher J. S., and Hynes S. C. 1992. Selecting zinc-efficient cereal genotype for soils of low zinc sastus. Plant and Soil. 146: 241-250.
10- Hacisalihoglu G., Hart J., Wang Y., Cakmak I. and Kochian L. 2003. Zinc efficiency is correlated with enhanced expression and activity of zinc-requiring enzymes in wheat. Plant Physiology, 31: 595-602.
11- Hajiboland R., Yang X.E., Romheld V., and Neumann G. 2005. Effect of bicarbonate on elongation and distribution of organic acids in root and root zone of Zn-efficient and Zn-inefficient rice (Oryza sativa L.) genotypes. Environmental and Experimental Botany 54: 163-173.
12- Hemantaranjam A., and Grag O. K. 1988. Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality *of triticum aestivum L*. Journal of Plant Nutrition. 11:1439-1450.
13- Hussain S., Aamer M., and Rahmatullah A. 2010. Increasing grain zinc and yield of wheat for the developing world: A Review. Emirates Journal of Food Agriculture. 2010. 22 (5): 326-339. Accessable on http://ffa.uaeu.ac.ae/ejfa.shtml.
14- IZA. 2009. Zinc in Fertilizers: Essential for Crops, Essential for Life! International Zinc Association, Brussels, Belgium.
15- Kalayci M., Torun, B., Eker S., Aydin M., Ozturk L., and Cakmak I. 1999 Grain yield, zinc efficiency and zinc concentration of wheat cultivation grown in a zinc-deficient calcareous soil in field and greenhouse. Field Crops Research. 63, 87–98.
16- Khoshgoftarmanesh A. H., Shariatmadari H., Karimian N., Kalbasi M., and Khajehpour M. R. 2004. Zinc efficiency of Wheat cultivars grown on a saline calcareous soil. Journal of Plant nutrition. 27 (11) 1953-1962
17- Lindsay W. L., and Norvell W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal. 42:421-428.
18- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants 2nd Academic press. 890P. Newyork.
19- Mohammad W., Iqbal M. M. and Shah S. M. 1990. Effect of mode of application of zinc and iron on yield of wheat (CV.Pak-81). Sarhad Journal of Agriculture. 6(6):615-618.

20- Moshiri F.,Ardalan M.M., Tehrani M.M., and Savaghebi Gh. 2010. Zinc Efficiency in Wheat Variaties in Calcareous Soil with Zinc Deficiency. Journal of Water and Soil, 24(1).145-153. (In Persian with English abstract)
21- Raun W. R., and Johnson G. V. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal. 91:357-363
22- Sedri M.H., and Malakouti M.J .1998. The Effect of Zn and Cu on wheat quantity and quality improvement. Journal of Soil and Water.12(5).19-31 .(In Persian with English abstract)
23- Sillänpä M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: A global study. FAO Bulletin. 48, Rome, Italy.
24- Torun B. S., Alkan E., Isler F., and Cakmak I. 1998. The sensitivity of different bread wheat genotypes to Zn deficiency. The first National zinc congress in Ankara. Turkey.
25- Welch R. M., Allaway W., House W. A., and Kubota J. 1991. Geographic distribution of trace-element problems. In: Micronutrient in Agriculture. J.J.Mortvedt (*ed.*), P.31-57. Soil Science Society of America. Madison, USA.
26- Ziayeian A.1999. Microelements calibration and Their Roles on Yield Increasing and Fortification of Wheat in Highly Calcareous Soils of Fars Province. Ph.D Thesis. Azad Islamic University. Tehran. Iran. (In Persian with English abstract).
27- Ziayeian A., and Malakouti M.J. 1999.The Performance of Wheat in Some Strongly Calcareous Soil Supplemented with Fe, Mn, Zn and Cu in Greenhouse. Journal of Soil and Water (Special Issue, Wheat), 12(6): 75-86. (In Persian with English abstract).
28- Ziayeian A.,Vakil R., Malakouti M.J., Saeedi A., and Khorsandi F. 2001. Adaptability to Fertilizers in Wheat Varaites In relatiosn to Production and Quality Improvement. Journal of Soil and Water (Special Issue, Agronomy), 12(13):11-21. (In Persian with English abstract)

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 6, Jan.-Feb. 2016, p. 1711-1720

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۶، بهمن –اسفند ۱۳۹۴، ص. ۱۷۲۰-۱۷۱۱

Investigation of Zn Use Efficiency and Zn Fertilization Efficiency in Some Genotypes of Wheat

P. Keshavarz[1]*- M. Forouhar[2]- M. Dadivar[3]

Received: 22-04-2015
Accepted: 26-10-2015

Introduction: World cereal demand is growing at the present in accordance with the global expansion of human populations.Bread wheat is the most widely grown cereal grain with 65% (6.5 million hectares) of the total crop cultivated area in Iran. Deficiency of micronutrients in cereal cropping is one of the major worldwide problems. Zinc (Zn) is an essential micronutrient for plants. It plays a key role as a structural constituent or regulatory co-factor of a wide range of different enzymes and proteins in many important biochemical pathways. Nearly half of the world's cereal-growing areas are affected by soil zinc deficiency, particularly in calcareous soils of arid and semiarid regions. High pH levels and bicarbonate anion concentration in these soils are the major factors resulting in low availability of Zn. About 40% of the soils, used for wheat production in Iran are Zn-deficient, which results in a decrease in growth and wheat grain yield under field conditions. Although application of zinc fertilizers is a common practice to correct Zn deficiency, growing varieties with high Zn efficiency has been reported to be a more sustainable approach. There is significant genetic variation both within and between plant species in their ability to maintain significant growth and yield under Zn deficiency conditions. Plant response to Zn deficiency and Zn fertilization are two distinct concepts. Knowing about these variations, can be very essential and useful for making correct fertilizer recommendation.

Materials and Methods: In order to investigate Zn efficiency in various wheat genotypes, a factorial experiment as a randomized complete block design was carried out with three replications in agricultural research center of Khorasan razavi (Torough Station), during 2009-2011. Treatments consisted of two levels of Zn fertilizer (0 and 40 kg/h as ZnSO4) and six genotyps of wheat including: three cultivars and one line of bread wheat (Alvand, Falat, Toos, and C75-5 respectively), two species of wheat known as Thriticosecale and Durum. The plot size was 9*3.6 (32.4 m^2). Soil fertility status showed 0.05% nitrogen, 7.2 $mgkg^{-1}$ phosphorus, 180 $mgkg^{-1}$ potassium and 0.52 $mgkg^{-1}$ DTPA extractable zinc. At defined phonological stage (SG6 based on Fix's Index) Zn concentration in shrub was measured. Also grain yield and Zn uptake by grain were determined at the end of ripening stage. Zinc use efficiency, agronomic efficiency and apparent recovery efficiency were calculated according to "Graham, et al.", "Craswell and Godwin" and "Raun and Johnson" respectively. Zinc use efficiency can be defined as the ratio of grain yield or shoot dry matter yield produced under Zn deficiency to that produced under Zn fertilization.

Results and Discussion: Grain yield is the most integrative trait of a particular genotype. The results showed that Zn application increased significantly grain yield by 12.61% in comparison with control. This result is supported by Ziayeian and Malakouti (1999). Who reported that Zn application significantly increased the wheat yield (17%). In our research the highest grain yield increase due to Zn application was found in durum wheat (23.5%), and the lowest grain yield increase, were found in Toos cultivar (1.3% yield increase). Cakmak and et al (1997) also obtained more yield with the application of zinc in durum wheat. Application of Zn increased Zn concentration and uptake in grain, 8.6% and 21.5% respectively. Also, application of Zn significantly increased Zn concentration in shoot (36.5%) over the control. Similarly, Moshiri et al (2010) reported increase of Zn concentration in shoot with application of Zn fertilizer. Zn use efficiency in bread wheat genotype, Durum and Thriticosecale wheat was ranked as: Durum < C75-5 < Alvand < Falat < Triticale ~ Toos. The findings of Khoshgoftarmanesh et al (2004) showed that, Durum wheat is Zn inefficient genotype. According to our research results, Toos and Falat cultivars and Thriticosecale have higher efficiency than Alvand and C75-5 cultivars and Durum wheat. The results also suggest that to obtain higher yield in Durum wheat, soil and foliar application of Zn is more necessary in comparison with other genotypes especially Toos and Thriticosecale.

Conclusion: wheat genotypes were different in their response to Zn deficiency and Zn supply. Thriticosecale and Toos were the most Zn efficient genotypes, whereas Durum and C75-5 were the most responding to Zn supply.

1, 2 and 3- Associate Professor and Sientific Staffs of Soil and Water Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Mashhad, Iran, Respectively
(*- Corresponding Author Email: P.keshavars@areo.ir)

So, without considering these differences, accurate fertilizer recommendation cannot be achieved. For organic farming and low input agriculture systems in regions similar to this experiment location (Torough Station), Thriticosecale and Toos could be suggested. However, for improvement of wheat grain yield and achieve desired quality in calcareous soil, most of the time, it is necessary to use the Zinc fertilizers.

Keywords: Durum, Thriticosecale, Wheat, Zinc Efficient Genotype, Zinc Use Efficiency