

## تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های یولاف از نظر مقادیر آهن و روی در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی آخر فصل

بهاره محمودی<sup>۱</sup> - صحبت بهرامی نژاد<sup>۲\*</sup> - رزا فخری<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۰۹

### چکیده

با توجه به آهکی بودن خاک‌های استان کرمانشاه و همچنین اهمیت نقش آهن و روی در جوامع انسانی و تلاش برای یافتن راه‌حل‌های مناسب جهت رفع مشکل، آزمایشی با هدف بررسی تنوع ژنتیکی به‌ترتیبی یولاف از نظر مقادیر آهن و روی و نیز صفات زراعی در دو شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به تعداد ۳۳ ژنوتیپ در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه به اجرا درآمد. در این تحقیق دامنه تغییرات آهن دانه در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی به‌ترتیب از ۶۳/۵۹ (Wandering) ۱۵۹/۲۶ (ND873364) و ۵۷/۹۴ (Preston) تا ۱۱۴/۲۸ (Mortlock) و دامنه تغییرات روی دانه در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی به‌ترتیب از ۳۰/۰۷ (Wallaroo) تا ۵۲/۷۱ (IA91098-2) و ۲۷/۸۱ (Wallaroo) تا ۵۴/۹۸ (Mortlock) میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌ها از نظر مقادیر آهن و روی برداشت شده توسط دانه در هکتار در شرایط تنش رطوبتی، تفاوت معنی‌داری نشان دادند. رقم Quoll به‌دلیل عملکرد بالا، در شرایط تنش رطوبتی بیشترین مقدار آهن و روی در هکتار داشت. مقایسه بین صفات در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی نشان داد که اغلب صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش یافتند، اما این کاهش برای غلظت آهن و روی دانه قابل توجه نبود.

واژه‌های کلیدی: تنش رطوبتی، کرمانشاه، کم‌مصرف، کیفیت دانه

### مقدمه

خاک‌های زراعی، pH بالا، حضور بیکربنات فراوان در آب‌های آبیاری و عدم رواج کودهای محتوی عناصر کم‌مصرف، می‌باشد (WHO, 2007). آهن، روی، مس و منگنز ضروری‌ترین عناصر کم‌مصرف برای گیاهان و انسان‌ها هستند (Hao et al., 2007); به‌طوری‌که کمبود آن‌ها به‌ویژه آهن و روی، در انسان رایج‌تر است (Stain, 2009).

آهن از شایع‌ترین کمبودهای تغذیه‌ای در جهان است و کم‌خونی ناشی از فقر آهن شایع‌ترین نوع کم‌خونی در جهان می‌باشد (WHO, 2007). این عنصر موردنیاز بسیاری از آنزیم‌ها می‌باشد و نقش‌های ساختاری حیاتی در بسیاری از پروتئین‌ها از جمله عوامل بی‌شمار دخیل در رونویسی، در گیاهان و جانوران بازی می‌کند (Hershinkel, 2006). نقش روی در متابولیسم DNA و RNA در تقسیم سلول و سنتز پروتئین گزارش شده است. اخیراً یک رده‌ی جدید از مولکول‌های پروتئینی وابسته به روی شناخته شده که روی متالوپروتئین نامیده می‌شود و در همانندسازی DNA، نسخه‌برداری و در نتیجه تنظیم بیان ژن در گیاهان و جانوران دخالت دارد (Ghorbanli and Babalar, 2003). کمبود روی عملکرد محصولات زراعی در بسیاری از مناطق جهان را محدود می‌سازد

غلات نقش ویژه و مهمی در الگوی مصرف هر کشور دارند. یکی از غلات مهم یولاف (*Avena sativa* L.) می‌باشد که سطح زیر کشت آن در سال ۲۰۱۱ در دنیا ۹,۶۷۹,۱۹۰ هکتار با عملکرد ۲۲۲۵ کیلوگرم بر هکتار و میزان تولید ۲۲,۵۰۴,۷۰۸ تن بوده است (FAO, 2011). این گیاه زراعی یکی از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای به‌شمار می‌رود و به‌عنوان یک منبع غذایی در تغذیه گاوهای شیری، دام‌های پرواری و طیور استفاده می‌شود. ارزش غذایی و قابلیت هضم یولاف، به‌دلیل داشتن مواد پروتئینی، مواد چربی، ویتامین B و E بسیار بالا می‌باشد (Nour-Mohammadi et al., 2010) و از نظر تولید جهانی در میان غلات در رتبه هفتم قرار گرفته است (FAO, 2013). در خاک‌های ایران کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف وجود دارد (Balali et al., 2000)، که به‌دلایل متعددی از جمله آهکی بودن

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه رازی

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه رازی

۳- کارشناس ارشد خاکشناسی، دانشگاه رازی

(Email: sohbah72@hotmail.com)

\*- نویسنده مسئول:

بذر استرالیای جنوبی<sup>۲</sup> دریافت گردید. اسامی به ترتیب و منشاء آن‌ها در جدول ۱ آمده است. قبل از اجرای آزمایش، نمونه خاک از عمق ۳۰- سانتی‌متری تهیه شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است. قابلیت هدایت الکتریکی و pH در عصاره اشباع، بافت خاک به روش هیدرومتری، کربن آلی به روش اکسایش با دی‌کرومات پتاسیم، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون با اسید کلریدریک نرمال، پتاسیم قابل جذب با استفاده از استات آمونیوم نرمال و خنثی و فسفر قابل جذب با روش اولسن اندازه‌گیری شد (Page et al., 1982).  
با توجه به توزیع و مقدار بارندگی (شکل ۱)، آبیاری در آزمایش بدون تنش در پنج نوبت و در آزمایش تنش رطوبتی آخر فصل در دو نوبت انجام شد. در آزمایش تنش رطوبتی، آبیاری از زمان گلدهی به بعد به‌طور کامل قطع شد. صفات زراعی مختلف شامل عملکرد و اجزاء عملکرد اندازه‌گیری شد و در زمان رسیدگی از محصول دانه، نمونه جهت تجزیه تهیه گردید. شدت تنش بر طبق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\text{Stress intensity} = 1 - (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)$$

که در آن  $\bar{Y}_p$  و  $\bar{Y}_s$  به ترتیب عبارتند از میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش و محیط تنش خشکی (Fischer and Maurer, 1978).

نمونه‌های بذر پس از شستشو خشک و با آسیاب برقی مخصوص پودر شدند. به‌منظور تعیین عناصر روی و آهن در نمونه‌های گیاهی از روش هضم از طریق سوزاندن خشک و ترکیب HCl استفاده شد (Emami, 1996). پس از تهیه عصاره، عناصر روی و آهن با روش جذب اتمی شعله‌ای و با استفاده از دستگاه جذب اتمی Atomic Absorption) مدل Varian ۲۲۰ اندازه‌گیری شدند. جذب کل عناصر توسط بذر از حاصل ضرب غلظت عناصر جذب شده توسط دانه در عملکرد دانه به دست آمد (Emami, 1996). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و SAS انجام شد. مقایسه میانگین صفات با محاسبه عدد LSD در سطح پنج درصد انجام شد. درصد تغییرات هر صفت در اثر تنش رطوبتی نیز محاسبه شد.

(Cakmak, 2008). علاوه بر کاهش عملکرد و کاهش درصد پروتئین دانه، موجب افت ارزش غذایی محصولات تولید شده نیز می‌شود (Savaghebi et al., 2003). حدود ۴۰ درصد از جمعیت جهان از فقر روی رنج می‌برند. دلیل اصلی کمبود روی در انسان را مصرف زیاد غلات دارای کمبود روی در جیره غذایی دانستند (Graham and Welch, 1996). با توجه به آهکی بودن خاک‌های استان کرمانشاه (Shekaari, 2009) و از آنجایی که گیاهان سرآغاز بسیاری از زنجیره‌های غذایی هستند، بنابراین بهبود جذب عناصر غذایی از خاک و تقویت حرکت آن‌ها به سمت بخش‌های خوراکی گیاه به‌ویژه دانه، مزایای زیادی برای تغذیه انسان و دام خواهد داشت (Hirschi, 2008). زیربنای این نظریه بر تفاوت به‌ترتیبی مختلف در جذب عناصر کم‌مصرف و نیز تخصیص و تجمع بیشتر این عناصر (آهن و روی) در دانه می‌باشد. غنی‌سازی زیستی<sup>۱</sup> یکی از مهم‌ترین راهکارهای پیشنهادی جهت غلبه بر فقر غذایی در مناطق توسعه‌یافته و یا در حال توسعه است. از طرفی کمبود منابع آب سبب شده است که تکامل ارقام زراعی با سازگاری بهبود یافته به خشکی، هدف مهمی در بسیاری از برنامه‌های اصلاحی گیاهان شود. از آنجایی که کشور ایران یکی از خاستگاه‌های اصلی یولاف به حساب می‌آید، متأسفانه کشت این گیاه به علت اطلاعات کم درباره کاشت، داشت و برداشت آن در کشور توسعه نیافته است (Iran Nejad, 1994) و با توجه به اقلیم منطقه و هدف غنی‌سازی زیستی این پژوهش انجام شد. هدف این تحقیق بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های یولاف از نظر مقادیر آهن و روی ذخیره شده در دانه می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

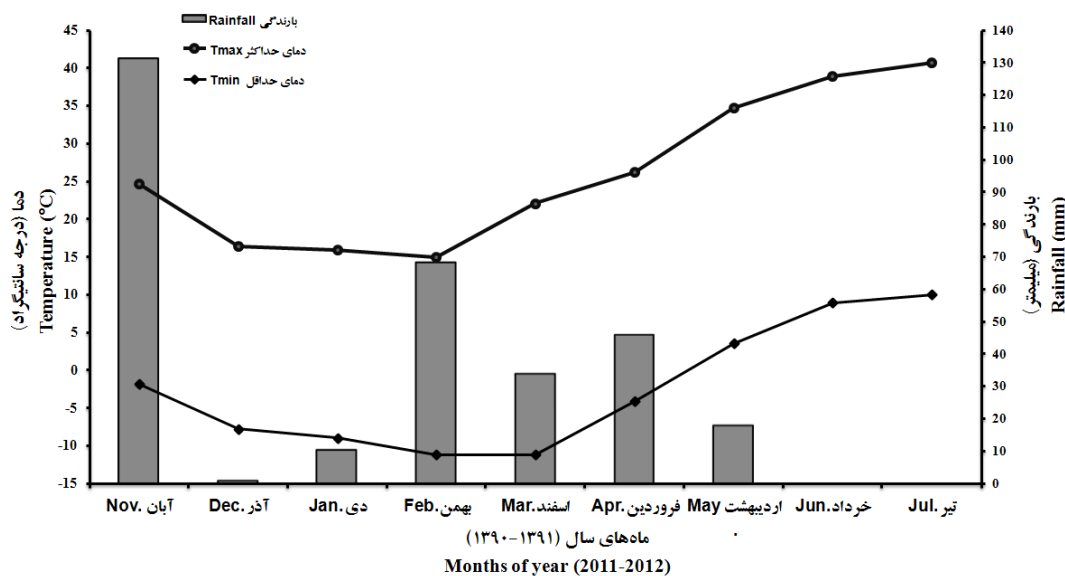
آزمایشی طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه آزمایشی با طول جغرافیایی ۴۷°۹' و عرض جغرافیایی ۳۴°۲۱' و ۱۳۱۹ متر ارتفاع از سطح دریا در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا گردید.

بارش باران در سال زراعی مذکور در شهرستان کرمانشاه ۳۰۸ میلی‌متر گزارش گردید. نمودار توزیع بارندگی و دما در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در شکل ۱ ارائه گردید. در این آزمایش تعداد ۳۳ ژنوتیپ یولاف در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی مرحله زایشی کشت شد. هر واحد آزمایشی شامل پنج ردیف (خط کشت) به طول ۱/۲ متر در نظر گرفته شد. صفات زراعی، مورفولوژیک و فیزیولوژیک یادداشت‌برداری و ارتباط آن‌ها با آهن و روی موجود در دانه ژنوتیپ‌ها یولاف بررسی شد. به‌ترتیبی مورد مطالعه مربوط به مناطق مختلف جهان و از بانک

جدول ۱- شماره ژنوتیپ، نام و منشأ ژنوتیپ‌های یولاف مورد بررسی

Table 1- Genotype number, name and origin of studied oats genotypes

شماره ژنوتیپ Genotype Number	نام/کد Code/Name	منشأ Origin	شماره ژنوتیپ Genotype Number	نام/کد Code/Name	منشأ Origin
G01	1ZOP95	Saskatchewan (Canada)	G18	Brusher	SARDI (SA, Aus)
G02	Glider	SARDI (Aus)	G19	Dalyup	WADA (Aus)
G03	GriseD'Hiver	France	G20	GA Mitchell	Georgia (USA)
G04	IL92-6745	Illionis (USA)	G21	Kingfisher	UK
G05	L'Gorskij 1 026	USSR	G22	Nasta	Finland
G06	Mortlock	WADA (Aus)	G23	NZ2101	New Zealand
G07	NZ2742	New Zealand	G24	Preston	Minnesota (USA)
G08	ND873364	North Dakota	G25	UFRGS123	Brazil
G09	OH1022	Ohio (USA)	G26	UFRGS 940257-1	Brazil
G10	Possum	SARDI (SA, Aus)	G27	4ZOP95	Saskatchewan
G11	Quoll	SA (Aus)	G28	AK-5	Japan
G12	Swan	WADA (Aus)	G29	Ozark	Arkansas (USA)
G13	UPF 775456	Brazil	G30	C-1/130	Minnesota (USA)
G14	Wallaroo	SARDI (SA, Aus)	G31	UFRGS 94-98	UK
G15	Wandering	WADA (Aus)	G32	Force	-----
G16	Wintaroo	SARDI (SA, Aus)	G33	IA 91098-2	Iowa (USA)
G17	Arnold	.....			



شکل ۱- نمودار بارندگی و دمای ماهیانه در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۹۱  
Figure 1- Monthly total rainfall (mm) and temperature (°C) during 2011-2012 cropping season

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مزرعه آزمایشی

Table 2- Physical and chemical properties of field soil sample

Soil texture	Fe	Zn	K	P	N	O.C	T.N.V	pH	EC
	ppm				%				
Clay	3.62	1.20	490	5	0.012	1.25	12.5	7.6	0.31

T.N.V : درصد مواد خنثی شونده بر حسب کربنات کلسیم؛ O.C: کربن آلی

T.N.V: total neutralizing value; O.C: Organic Carbon

## نتایج و بحث

بر کیلوگرم است (Lindsay and Norwell, 1960). در برخی از گیاهان کمبود حتی در حد بین ۲/۵ تا ۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیز ظاهر می‌شود. اگر مقدار روی قابل‌جذب گیاهان بیشتر از یک میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد، کمبود این عنصر مشاهده نمی‌شود (Salardini, 2007).

نتایج تجزیه واریانس برای صفات موردبررسی بر روی ژنوتیپ یولاف مربوط به شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی در جدول ۳ آمده است. بر این اساس، ژنوتیپ‌ها از نظر مقادیر آهن و روی برداشت شده توسط دانه در هکتار در شرایط تنش رطوبتی، تفاوت معنی‌داری نشان‌دادند. همچنین بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات عملکرد دانه و تعداد دانه در خوشه، خوشه در متر مربع و وزن ۱۰۰۰ دانه در هر دو شرایط، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد.

نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک (جدول ۲) نشان‌داد که خاک منطقه، دارای بافت سنگین و آهکی است. آهکی بودن خاک‌ها در شرایط خشک و نیمه‌خشک ایران که دارای بارندگی کم است، موجب کاهش شدید در حلالیت عناصر کم‌مصرف می‌شود در نتیجه غلظت این عناصر در گیاه کاهش می‌یابد (Tandon, 1995). حدود ۵۰ درصد مناطقی از جهان که غلات در آن‌ها کشت می‌شوند، دارای خاک‌های فقیری از نظر مقدار روی در دسترس می‌باشند (Cakmak et al., 2004). این مشکل در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه مناطقی که اسیدیته‌ی خاک پایین، محتوای کربنات کلسیم ( $CaCO_3$ ) بالا و نیز مواد آلی خاک کم است، حادتر می‌باشد (Mirzapour and Khoshgoftar, 2006). حد بحرانی آهن در خاک برای گیاهان به روش دی‌تی‌پی‌ای بین ۲/۵ تا ۴/۵ میلی‌گرم

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس صفات بررسی شده ژنوتیپ‌های یولاف در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی

Table 3- Analysis of variance for studied traits of oat genotypes in complete irrigation and moisture stress conditions

S.O.V.	df	MS							
		Fe		Zn		Fe Uptake		Zn Uptake	
		S	NS	S	NS	S	NS	S	NS
Rep.	1	994.0	8426.2*	83.59	6.95	8466.4	452977**	480.1	8873.9
Gen.	32	343.0	855.4	80.67	54.21	18225.6*	31064.1	3907.6**	8513.9
Error	32	494.4	704.2	102.97	81.03	10074.3	38678.6	1311.4	4940.1
CV%	-	25.13	28.78	25.00	21.09	32.99	43.39	26.23	32.86

ادامه جدول ۳- Table 3- Continued

S.O.V.	df	MS							
		GY		NSP		NPA		TSW	
		S	NS	S	NS	S	NS	S	NS
Rep.	1	189776	5700294	93.74	275.7	23758.5	10512.2	1.0	0.19
Gen.	32	2230813**	3331085*	1934.2**	1746.0**	34072.4**	63057.3**	36.7**	48.8**
Error	32	538593	1791849	404.9	160.18	4779.2	20235.8	2.18	4.33
CV%	-	21.20	27.03	32.52	23.91	18.17	26.93	4.95	6.36

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. S و NS به ترتیب نشان‌دهنده محیط‌های تنش رطوبتی و آبیاری کامل است. CV نشان‌دهنده ضریب تغییرات است. \* and \*\*: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.; S and NS: Moisture stress and Non-stress, respectively; CV: Coefficient of variation.

GY (عملکرد دانه); NSP (تعداد دانه در خوشه); NPA (تعداد خوشه در متر مربع); TSW (وزن ۱۰۰۰ دانه); Fe (مقدار آهن در دانه); Zn (مقدار روی در دانه); Fe Uptake (مقدار آهن برداشت شده توسط دانه); Zn Uptake (مقدار روی برداشت شده توسط دانه)

GY: Grain yield; NSP: Number of spike per panicle; NPA: Number of panicle per m<sup>2</sup>; TSW: Thousand seed weight; Fe: Grain iron concentration; Zn: Grain zinc concentration; Fe uptake: Grain iron per hectare; Zn Uptake: Grain zinc per hectare

میلی‌گرم در کیلوگرم بود. متوسط آهن در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی به ترتیب ۹۲/۱۹ و ۸۸/۴۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و متوسط روی در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی به ترتیب ۴۲/۶۶ و ۴۰/۵۸ میلی‌گرم در کیلوگرم به دست آمد. نتایج یک مطالعه روی ۸۴ ژنوتیپ گندم دوروم (*Triticum durum* Desf.) نشان‌داد که محتوای آهن دانه بین ۳۳/۶ تا ۶۵/۶ و محتوای روی دانه بین ۲۸/۵ تا ۴۳/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (Ficco et al., 2008). مطالعات

نتایج مقایسه میانگین صفات به روش LSD برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۴ آمده است. در این تحقیق دامنه مقدار آهن در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی به ترتیب از ۶۳/۵۹ (Wandering) تا ۱۵۹/۲۶ (ND873364) و ۵۷/۹۴ (Preston) تا ۱۱۴/۲۸ (Mortlock) و دامنه مقدار روی در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی به ترتیب از ۳۰/۰۷ (Wallaroo) تا ۵۲/۷۱ (Mortlock) و ۲۷/۸۱ (Wallaroo) تا ۵۴/۹۸ (Mortlock)

مقدار آهن دانه در اثر تنش رطوبتی اما در نهایت در شرایط آبیاری کامل حدود ۲۳ درصد افزایش عملکرد آهن در هکتار را نشان داد که این افزایش به دلیل افزایش عملکرد دانه این ژنوتیپ در شرایط آبیاری کامل بود (جدول ۴). ژنوتیپ شماره ۸ (ND873364) بیشترین درصد کاهش عملکرد در هکتار آهن داشت (۷۷/۶). در حالی که ژنوتیپ شماره ۹ (OH1022) بیشترین درصد افزایش در عملکرد در هکتار آهن در اثر تنش رطوبتی داشت. از ۳۳ ژنوتیپ مورد مطالعه تنش فقط باعث افزایش عملکرد در هکتار آهن در پنج ژنوتیپ شد. درصد کاهش مقدار روی در اثر تنش رطوبتی به‌طور متوسط ۳/۳ درصد و رقم ۲۴ (Preston) بیشترین درصد کاهش (۳۸/۴) و ژنوتیپ ۲۸ (AK-5) بیشترین درصد افزایش را به‌علت تنش خشکی داشتند. از ۳۳ ژنوتیپ مورد مطالعه تنش فقط باعث افزایش عملکرد در هکتار روی در سه ژنوتیپ شد. رقم ۲۴ (Preston) بیشترین درصد کاهش در عملکرد روی در هکتار و ژنوتیپ ۲۶ (UFRGS940257-1) بیشترین درصد افزایش در عملکرد روی در هکتار در اثر تنش را نشان دادند. افزایش عملکرد روی در هکتار در اثر تنش در ژنوتیپ شماره ۲۶ به دلیل بالا بودن عملکرد دانه در هکتار و همچنین غلظت روی در دانه در شرایط تنش رطوبتی بود. اما دلیل افزایش عملکرد روی در هکتار در اثر تنش در ژنوتیپ شماره ۹ بالا بودن عملکرد و ژنوتیپ شماره ۳۰ بالا بودن غلظت روی در شرایط تنش بود. در مجموع می‌توان گفت که تنش رطوبتی باعث افزایش قابل‌ملاحظه در مقادیر آهن و روی دانه نشد، هر چند که با افزایش عملکرد در هکتار دانه در نهایت باعث افزایش عملکرد آهن و روی در هکتار گردید. مقایسه بین صفات زراعی در شرایط تنش و آبیاری کامل نشان داد که همه صفات اندازه‌گیری شده غیر از تعداد دانه در خوشه در شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط بدون تنش کاهش یافتند. تنش رطوبتی باعث کاهش حدود ۳۰ درصدی در عملکرد دانه شد که خود نشان‌دهنده شدت تنش می‌باشد.

همچنین تنش رطوبتی باعث افزایش حدود ۲۳ درصدی در تعداد دانه در خوشه شد، اما تعداد خوشه در واحد سطح به‌میزان ۲۸ درصد کاهش یافت (جدول ۴). ژنوتیپ‌های ۱۱ (Quoll) و ۱۳ (UPF775456) در شرایط تنش رطوبتی به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند. در شرایط آبیاری کامل، ژنوتیپ‌های ۱۶ (Wintaroo) و ۲۶ (UFRGS 940257-1) به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۴). هم‌چنین تنش رطوبتی باعث کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه به‌میزان ۹/۷ درصد شد که این نتیجه با نتایج Pantuan *et al.*, 2002 که اظهار داشتند وزن ۱۰۰۰ دانه ژنوتیپ‌های برنج در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد مطابقت داشت. Gooding *et al.*, 2003 در آزمایش شدت و اعمال تنش خشکی در گندم گزارش دادند که تنش خشکی با کوتاه‌کردن دوره پُردن دانه باعث کاهش عملکرد دانه و وزن ۱۰۰۰ دانه شده و بیشترین تأثیر آن

قبلی که دامنه گسترده‌ای از ژرم‌پلاسِم جنس *Triticum* را غربال کرده‌اند نیز وجود چنین دامنه‌ای از محتوای آهن و روی را گزارش نموده‌اند (Batten, 1994; Monasterio and Graham, 2000). برخی مطالعات، دامنه محتوای آهن و روی دانه گندم‌های هگزابلوتید، وحشی و ارقام بومی را به‌ترتیب ۲۸/۸ تا ۵۶/۵ و ۲۵/۲ تا ۵۳/۳ (Welch and Graham, 1999) تا ۱۹ تا ۸۸/۴ و ۱۶/۴ تا ۳۹/۵ (Liu *et al.*, 2006) و ۲۲/۹ تا ۶۷/۶ و ۱۶/۲ تا ۳۲/۴ (Oury *et al.*, 2006) میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است. میزان غلظت روی در بافت‌های گیاهی بین ۲۵ تا ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده‌ی خشک گزارش شده و چنین عنوان گردیده که اگر مقدار روی به کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم برسد، اغلب کمبود این عنصر در گیاه ظاهر می‌شود (Sommer, 1995). معمولاً حساسیت گیاهان به کمبود روی، تحت شرایط محدودیت آب بسیار بیشتر است (Bagci *et al.*, 2007).

در تجزیه آهن و روی دانه ۲۷ رقم گندم از ۲۴ کشور که در شش مکان مختلف رشد کرده بودند، نشان داده شد که دامنه غلظت آهن بین ۲۶ تا ۶۹ و دامنه غلظت روی بین ۲۰ تا ۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم است (Pearson *et al.*, 2008). متوسط غلظت روی دانه یولاف در این آزمایش در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش در محدوده نتایج آزمایش ذکر شده می‌باشد، اما غلظت آهن دانه بسیار بالاتر از ارقام گزارش شده است. خواص خاک‌های آهکی به گونه‌ای است که قسمت اعظم روی آن‌ها غیرقابل استفاده گیاه می‌گردد و بازیابی در خاک‌های آهکی بسیار کم است که علت آن به تبدیل سریع روی محلول به روی بی‌کربناتی محلول نسبت داده می‌شود (Yasrebi *et al.*, 1994).

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که میزان آهن و روی جذب شده توسط دانه در هکتار با توجه به عملکرد ژنوتیپ‌ها بسیار متنوع بود. در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌های Dalyup و UPF775456 و در شرایط تنش ژنوتیپ‌های Quoll و ND873364 به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار آهن جذب شده توسط دانه در هکتار را داشتند. ژنوتیپ‌های IA91098-2 و UFRGS940257-1 در شرایط آبیاری کامل و Quoll و Wallaroo در شرایط تنش رطوبتی به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار روی جذب شده توسط دانه در هکتار را داشتند (جدول ۴).

نتایج این مطالعه نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ افزایش یا کاهش در محتوای آهن و روی در دانه در اثر تنش تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای وجود دارد. کاهش مقدار آهن در اثر تنش رطوبتی به‌طور متوسط ۰/۱ درصد محاسبه شد. بیشترین کاهش مقدار آهن در اثر تنش رطوبتی (۵۹/۸ درصد) مربوط به ژنوتیپ شماره ۸ (ND873364) و بیشترین افزایش (۴۳/۶ درصد) مربوط به ژنوتیپ شماره ۳۳ (IA91098-2) بود. ژنوتیپ IA91098-2 با وجود افزایش

می‌گردد (Yazdansepa *et al.*, 2009). در پژوهش Emam *et al.* 2007 اثر تنش خشکی بر وزن ۱۰۰۰ دانه ژنوتیپ‌های گندم معنی‌دار بود، به طوری که سبب کاهش آن در کل ژنوتیپ‌ها گردید که این موضوع احتمالاً به دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پُرسدن دانه و دمای بالاتر روزهای پایانی دوره رشد باشد. همچنین نشان داده شده است که وزن ۱۰۰۰ دانه در اثر تنش فقط در دو رقم افزایش یافت که می‌تواند به دلیل زودرسی این ارقام باشد، چرا که آبیاری اضافی تعداد پنجه‌های غیربارور و یا پنجه‌هایی با بذور بسیار سبک را افزایش می‌یابد (Royo *et al.*, 2000).

بر دوره پُرسدن دانه بین روزهای اول تا چهاردهم بعد از گرده‌افشانی می‌باشد. در اقلیم‌هایی که گندم با تنش‌های آخر فصل مواجه است، استفاده از ارقامی که هم‌زمان با افزایش وزن دانه، سرعت پُرسدن دانه در آن‌ها زیاد است، می‌تواند یکی از راه‌کارهای مناسب گیاه گندم برای فرار از تنش‌های آخر فصل باشد. در ارتباط با کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه در اثر تنش خشکی می‌توان گفت که احتمالاً ایجاد محدودیت مواد فتوسنتزی در زمان بروز تنش خشکی سبب می‌شود که وزن ۱۰۰۰ دانه به حد پتانسیل بالقوه خود نرسد. به عبارت دیگر، رقابت دانه‌های موجود در یک سنبله برای مواد فتوسنتزی محدود درحالی‌که دوره پُرسدن دانه نیز کاهش یافته است، باعث کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات بررسی شده در شرایط تنش رطوبتی و آبیاری کامل

Table 4- Mean comparison of studied traits in moisture stress and complete irrigation conditions

Gen. No.	Fe (PPM)			Zn (PPM)			Fe Uptake (g ha <sup>-1</sup> )			Zn Uptake (g ha <sup>-1</sup> )		
	S	NS	R%	S	NS	R%	S	NS	R%	S	NS	R%
1	92.88	91.40	-1.6	37.72	47.04	19.8	397.8	526.3	24.4	157.63	271.70	42.0
2	78.67	76.96	-2.2	32.03	43.12	25.7	235.0	398.1	41.0	92.66	224.57	58.7
3	90.54	83.19	-8.8	36.88	37.26	1.0	400.3	461.3	13.2	162.86	207.41	21.5
4	97.27	82.84	-17.4	38.95	45.42	14.2	419.1	515.8	18.8	169.80	285.25	40.5
5	97.02	86.16	-12.6	43.80	44.53	1.6	285.4	506.3	43.6	128.62	255.29	49.6
6	114.28	91.16	-25.4	54.98	45.15	-21.8	246.8	505.3	51.2	118.41	259.60	54.4
7	71.42	87.96	18.8	34.62	44.26	21.8	173.2	268.9	35.6	83.80	135.41	38.1
8	64.02	159.26	59.8	39.46	38.54	-2.4	139.8	631.1	77.6	86.17	136.67	37.0
9	101.07	91.80	-10.1	43.69	50.11	12.8	425.9	312.0	-36.5	183.22	163.65	-12.0
10	86.39	67.56	-27.9	38.80	48.78	20.5	338.4	260.5	-29.9	154.33	188.04	17.9
11	81.30	65.07	-24.9	37.27	46.01	19.0	529.7	425.4	-24.5	241.33	299.92	19.5
12	85.24	102.62	16.9	53.34	47.86	-11.5	272.8	546.6	50.1	172.43	252.57	31.7
13	85.21	101.12	15.7	44.27	37.87	-16.9	164.0	244.1	32.8	85.29	93.68	9.0
14	112.27	99.10	-13.3	27.81	30.07	7.5	284.5	380.7	25.3	54.81	126.24	56.6
15	74.95	63.59	-17.9	35.35	50.34	29.8	346.5	342.8	-1.1	165.57	257.08	35.6
16	88.93	84.37	-5.4	50.13	39.01	-24.0	338.5	602.5	43.8	183.78	279.49	34.2
17	103.19	93.87	-9.9	40.68	41.13	-21.9	213.7	341.7	37.5	105.39	150.57	29.8
18	76.59	77.28	0.9	41.48	35.74	-13.8	346.5	467.6	25.9	183.66	215.47	14.8
19	98.51	110.73	11.0	42.40	44.76	7.3	439.5	762.4	42.4	185.95	296.49	37.3
20	91.37	83.00	-10.1	42.51	47.14	10.1	385.2	560.1	31.2	177.98	317.65	44.0
21	78.81	90.81	13.2	41.21	44.92	5.4	200.7	456.7	56.1	100.86	222.15	54.6
22	71.52	113.79	37.2	33.87	32.79	-25.7	218.9	544.7	59.8	118.45	178.47	33.6
23	76.93	117.84	34.7	28.56	44.00	23.0	317.8	434.5	26.9	142.00	146.95	3.4
24	57.94	82.43	29.7	44.12	46.38	38.4	142.1	465.3	69.5	71.46	261.16	72.6
25	88.21	103.21	14.5	44.13	43.11	-2.3	443.4	574.4	22.8	221.65	233.60	5.1
26	111.25	125.35	11.3	46.60	37.60	-17.4	326.7	292.0	-11.9	128.78	88.31	-45.8
27	88.35	131.77	33.0	46.60	43.45	-7.3	280.0	698.4	59.9	139.19	204.95	32.1
28	97.88	100.04	2.2	46.77	36.64	-27.7	224.8	394.5	43.0	104.78	138.00	24.1
29	91.27	79.72	-14.5	43.70	42.94	-1.8	324.4	485.6	33.2	155.28	262.89	40.9
30	88.91	83.45	-6.2	42.81	36.95	-15.9	336.4	343.0	1.9	161.79	151.59	-6.7
31	84.43	69.15	-22.1	34.68	39.86	13.0	227.5	323.0	29.6	94.06	188.22	50.0
32	93.65	76.50	-22.4	37.66	42.56	11.5	264.7	429.0	38.3	108.63	240.27	54.8
33	98.85	68.85	-43.6	32.79	52.71	37.8	349.2	453.9	23.1	114.91	323.62	64.5
Avr	88.46	92.19	0.1	40.56	42.67	3.3	304.2	453.2	28.9	138.05	213.83	35.4
Max	114.28	159.26	59.8	54.98	52.71	38.4	529.7	762.4	77.6	241.33	323.62	72.6
Min	57.94	63.59	-43.6	27.81	30.07	-27.7	139.8	244.1	-36.5	54.81	88.31	-45.8
LSD5%	45.28	54.05	-	20.67	18.33	-	204.5	400.6	-	73.76	143.17	-

ادامه جدول ۴- Table 4- Continued

Gen. No.	GY (Kg ha <sup>-1</sup> )		R%	NSP		R%	NPA		R%	TSW (g)		R%
	S	NS		S	NS		S	NS		S	NS	
1	4233	5823	27.3	95.57	88.78	-7.6	164.8	466.5	64.7	27.52	31.38	12.3
2	2944	5206	43.5	38.62	31.04	-24.5	501.0	450.7	-11.1	30.40	34.78	12.6
3	4414	5555	20.5	103.74	50.59	-105.6	345.4	416.5	43.8	24.50	31.36	21.9
4	4537	6232	27.2	76.26	45.30	-68.3	399.1	459.0	13.0	25.36	29.16	13.0
5	2945	5803	49.3	69.61	96.14	27.6	176.9	211.0	16.2	23.80	30.12	20.0
6	2153	5690	62.2	35.54	40.83	12.9	402.8	663.6	39.3	30.57	31.66	3.4
7	2411	3053	21.0	98.56	58.19	-69.4	185.2	273.9	32.4	29.02	34.42	15.7
8	2142	3475	38.4	103.5	89.69	-15.4	368.6	284.1	-29.7	24.70	26.48	6.7
9	4474	3372	-32.5	77.40	41.86	-84.9	521.3	550.7	5.3	31.02	37.02	16.2
10	3999	3862	-3.5	46.35	28.76	-61.2	497.3	518.3	4.05	33.32	36.92	9.8
11	6491	6562	1.7	45.10	38.30	-17.51	616.7	608.1	-1.41	32.62	38.20	14.6
12	3177	5375	40.9	37.61	39.45	4.7	370.4	451.6	18.0	38.24	42.06	9.1
13	1922	2438	21.2	29.79	38.30	22.2	213.9	263.8	18.9	31.88	34.32	7.1
14	2477	3648	32.1	30.59	42.84	28.6	401.0	596.9	32.8	33.36	36.22	7.9
15	4623	5249	11.9	57.73	35.64	-62.0	412.1	635.8	35.2	34.50	37.80	8.7
16	3802	7163	46.9	37.38	32.80	-14.0	328.7	671.0	51.0	34.14	39.24	13.0
17	2078	3631	42.8	124.50	115.19	-8.1	243.5	336.0	27.5	24.38	26.40	7.7
18	4514	5741	21.4	30.13	46.46	35.1	456.5	742.3	38.5	33.72	36.21	6.9
19	4619	6542	29.4	37.95	45.53	16.6	599.1	800.6	25.15	32.78	37.84	13.4
20	4186	4736	37.9	43.01	41.44	-3.8	461.2	680.2	32.2	35.86	36.94	2.92
21	2442	4809	49.2	63.94	60.26	-6.1	272.2	389.6	30.12	25.06	26.36	4.9
22	2895	4934	41.3	137.77	146.22	5.8	262.1	254.5	-3.0	30.87	24.45	26.3
23	4239	3378	-25.5	68.77	23.32	-194.9	488.9	708.9	31.0	27.64	29.90	7.6
24	2720	5609	51.5	66.24	56.59	-17.1	281.5	421.1	33.2	24.12	26.23	8.0
25	5007	5321	5.9	34.85	22.66	-53.8	601.0	814.4	26.2	31.34	35.78	12.4
26	2930	2361	-24.1	16.91	20.93	19.2	561.2	514.6	-9.0	37.80	40.28	6.2
27	3132	4935	36.5	107.30	93.38	-14.9	180.6	352.6	48.8	25.66	29.60	13.1
28	2298	3890	40.9	47.84	30.83	55.2	317.6	570.1	44.28	28.36	26.10	-8.7
29	3555	6094	41.7	31.28	23.76	-31.6	520.4	834.8	37.66	32.08	35.42	9.4
30	3775	4106	8.1	91.08	78.83	-15.5	298.9	438.7	34.1	24.48	29.58	17.2
31	2710	4684	42.1	38.18	42.24	9.6	344.5	431.3	20.1	33.20	31.47	-5.5
32	2869	5564	48.4	44.53	26.62	67.3	366.7	794.1	53.8	28.84	32.12	10.2
33	3517	6541	46.2	73.95	74.06	0.1	398.2	623.8	36.2	23.70	33.82	0.5
Avr	3485	4951	30.1	61.86	52.93	-23.2	380.3	528.1	27.9	29.84	32.71	9.7
Max	6491	7163	62.2	137.77	146.22	35.1	616.7	834.8	64.7	38.24	42.06	26.3
Min	1922	2361	-32.5	16.91	20.93	-194.9	164.8	211.0	-29.7	23.70	23.82	-8.7
LSD5%	1494.9	2726.6	-	40.98	25.78	-	140.8	289.8	-	3.01	4.23	-

GY (عملکرد دانه)؛ NSP (تعداد دانه در خوشه)؛ NPA (تعداد خوشه در متر مربع)؛ TSW (وزن ۱۰۰۰ دانه)؛ R% درصد تغییرات صفت در اثر تنش رطوبتی؛ Fe (مقدار آهن در دانه)؛ Zn (مقدار روی در دانه)؛ Fe Uptake (مقدار آهن برداشت شده توسط دانه)؛ Zn Uptake (مقدار روی برداشت شده توسط دانه)؛ S شرایط تنش رطوبتی؛ NS شرایط آبیاری کامل

GY: Grain yield; NSP: Number of spike per panicle; NPA: Number of panicle per m<sup>2</sup>; TSW: Thousand seed weight; R%: The percentage of trait variation due to moisture stress; Fe: Grain iron concentration; Zn: Grain zinc concentration; Fe uptake: Grain iron per hectare; Zn Uptake: Grain zinc per hectare; S and NS: Moisture stress and Non-stress, respectively.

نشان‌دهنده که همبستگی مثبتی بین غلظت آهن و روی دانه در غلات وجود دارد (Cakmak *et al.*, 2004; Welch and Graham, 2005). در آزمایش Peleg *et al.*, 2008 مشخص شد که غلظت روی دانه همبستگی مثبتی با آهن در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش داشت. اما Oury *et al.*, 2006 همبستگی ضعیف بین آهن و روی دانه را گزارش دادند. وجود همبستگی مثبت بین غلظت آهن و روی در دانه یولاف در شرایط آبیاری کامل بیان‌گر این است که می‌توان این دو صفت را به سادگی و از طریق اصلاح با هم ترکیب

نتایج حاصل از ضرایب همبستگی بین صفات موردبررسی در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی (جدول ۵) نشان‌داد که در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی بین غلظت آهن و روی جذب‌شده توسط دانه همبستگی معنی‌داری وجود داشت، اما این ضریب در محیط آبیاری کامل منفی ولی در محیط تحت تنش رطوبتی رابطه مثبت داشت. اما در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی بین عملکرد آهن و روی در هکتار به‌ترتیب همبستگی مثبت بسیار معنی‌دار و مثبت معنی‌دار وجود داشت. در مطالعات پیشین

Dejan *et al.*, 2002 همبستگی مثبت و معنی‌دار بالایی بین عملکرد و تعداد دانه در سنبله گزارش کردند. آن‌ها همچنین نشان دادند که وزن ۱۰۰۰ دانه با عملکرد دانه ضعیف بوده است که نتایج این مطالعه با آن مطابقت دارد.

کرد و در کنار آن عملکرد بالای دانه را داشت. نتایج حاصل از همبستگی نشان داد که در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی همبستگی بین آهن و روی جذب‌شده توسط دانه در هکتار با عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود. وزن ۱۰۰۰ دانه در هر دو شرایط با تعداد خوشه در واحد سطح همبستگی مثبت معنی‌دار داشت.

جدول ۵- همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی تحت شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی

Table 5- Simple correlation coefficients between different traits in complete irrigation and moisture stress conditions

	GY	NSP	NPA	TSW	Fe	Zn	Fe Uptake	Zn Uptake
GY	1	-0.119	0.579**	0.213	-0.045	-0.148	0.918**	0.891**
NSP	-0.017	1	-0.563**	-0.663**	-0.264	-0.057	-0.188	-0.151
NPA	0.439*	-0.646**	1	0.510**	0.170	-0.068	0.594**	0.520**
TSW	0.068	-0.623**	0.409	1	0.142	0.193	0.244	0.316
Fe	0.438*	0.288	-0.275	-0.167	1	0.378*	0.342	0.083
Zn	0.335	-0.165	0.134	0.109	0.354*	1	0.008	0.305
FeUptake	0.621**	0.239	0.213	-0.080	0.406*	0.051	1	0.871**
ZnUptake	0.952**	-0.065	0.413*	0.092	0.470*	0.590*	0.544**	1

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

\* and \*\*: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

GY (عملکرد دانه)؛ NSP (تعداد دانه در خوشه)؛ NPA (تعداد خوشه در متر مربع)؛ TSW (وزن ۱۰۰۰ دانه)؛ Fe (مقدار آهن در دانه)؛ Zn (مقدار روی در دانه)؛ Fe Uptake (مقدار آهن برداشت شده توسط دانه)؛ Zn Uptake (مقدار روی برداشت شده توسط دانه)؛ S شرایط تنش رطوبتی؛ NS شرایط آبیاری کامل

GY: Grain yield; NSP: Number of spike per panicle; NPA: Number of panicle per m<sup>2</sup>; TSW: Thousand seed weight; Fe: Grain iron concentration; Zn: Grain zinc concentration; Fe uptake: Grain iron per hectare; Zn Uptake: Grain zinc per hectare; S and NS: Moisture stress and Non-stress, respectively.

پیدا نکرده است، توجه به کیفیت بذور تولیدی خصوصاً از لحاظ مقادیر آهن و روی برای کاهش مشکلات کمبود این عناصر در جوامع انسانی ضروری به نظر می‌رسد.

### تشکر و قدردانی

از زحمات و تلاش‌های آقایان دکتر سعید جلالی‌هنرمند، دکتر کیانوش چقامیرزا، مهندس رضا امیری و خانم مهندس شکوفه برون بابت کمک در تجزیه کیفی بذور قدردانی می‌شود. این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه رازی کرمانشاه در قالب پایان‌نامه دانشجویی انجام شد.

### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این مطالعه به‌طور کلی می‌توان دریافت که دامنه تغییرات آهن و روی در ژنوتیپ‌های مختلف در هر دو شرایط بسیار وسیع است. همچنین می‌توان رقم Quoll را که محصول استرالیایی جنوبی است به‌عنوان رقمی که به‌دلیل عملکرد بالا، در شرایط تنش رطوبتی از لحاظ مقدار آهن و روی دانه در هکتار بیشترین تولید را داشته است معرفی نمود. در این آزمایش همچنین مشخص گردید که تنش رطوبتی در مجموع باعث کاهش قابل‌توجه در مقادیر آهن و روی در دانه نشد، اما با این وجود بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ کاهش یا حتی افزایش این صفات تفاوت قابل‌توجهی وجود داشت. لذا با توجه به تحقیقات رو به گسترش یولاف که هنوز جایگاه خود را در ایران

### References

- 1- Bagci, S. A., Ekiz, H., Yilmaz, A., and Cakmak, I. 2007. Effects of zinc deficiency and drought on grain yield of field-grown wheat cultivars in Central Anatolia. *Journal of Agronomy and Crop Science* 193: 198-206.
- 2- Balali, M. R., Malakouti, M. J., Mashayekhi, H. H., and Khademi, Z. 2000. The effects of micronutrients on the increase of yield, and determination of their critical levels in irrigated wheat in Iran. *Journal of Soil and Water Sciences* 12(6): 111-119. (In Persian).
- 3- Batten, G. D. 1994. Concentrations of elements in wheat grains grown in Australia, North America, and the United Kingdom. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34: 51-56.



- 4- Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic bio-fortification. *Plant Soil* 302: 1–17.
- 5- Cakmak, I., Torun, A., Millet, E., Feldman, M., Fahima, T., Korol, A., Nevo, E., Braun, H.J., and Ozkan, H. 2004. *Triticum dicoccoides*: An important genetic resource for increasing Zinc and Iron concentration in modern cultivated wheat. *Soil Science Plant Nutrition* 50: 1047-1054.
- 6- Dejan D., Quarrie S., and Stankovic S. 2002. Characterizing wheat genetic resources for responses to drought stress. *Euphytica* 97: 307-318.
- 7- Emam, Y., Ranjbar, A. M., and Bahrani, M. J. 2007. Evaluation of yield and yield components in wheat genotypes under post- anthesis drought stress. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science* 11 (1): 317-327. (In Persian).
- 8- Emami, A. 1996. Methods of plant analysis. Technical bulletin 982, soil and water research institute, Agricultural education publication. Tehran, Iran. p128. (In Persian).
- 9- FAO. 2011. State of Food Insecurity in the world. Rome.
- 10- FAO. 2013. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- 11- Ficco, D. B. M., Riefolo, C., Nicastro, G., Di Gesu, A. M., Beleggia, R., De Simone, V., Menga, V., Cattivelli, L., and De Vita, P. 2008. Content of macro and microelements in a collection of durum wheat cultivars. Available online at <http://www.from seed to pasta 2008>.
- 12- Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research* 29: 897-912.
- 13- Ghorbanli, M., and Babalar, M. 2003. Mineral nutrition in plant. Teacher Training University Publisher, Tehran, 355p. (In Persian).
- 14- Gooding, M. J., Ellis, R. H., Shewry, P. R., and Schofield, J. D. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature or grain filling, drying and quality of winter wheat. *Journal of Cereal Science* 37: 295-309.
- 15- Graham, R. D., and Welch, R. M. 1996. Breeding for staple-food crops with high micronutrient density: Working Paper on Agricultural strategies for Micronutrient. NO. 3. International Food Policy Institute, Washington DC.
- 16- Hao, H. L., Wei, Y. Z., Yang, X. E. Y., and Feng, C. Y. 2007. Effects of different nitrogen fertilizer levels on Fe, Mn, Cu and Zn concentrations in shoot and grain quality in rice (*Oryza sativa*). *Rice Science* 14: 289-294.
- 17- Hershinkel, M. 2006. Zn<sup>2+</sup>, a dynamic signaling molecule. In *molecular biology of metal homeostasis and detoxification. From Microbes to Man* (Tama's, M.J. and Martinoia, E., eds). Springer. 131-152.
- 18- Hirschi, K. 2008. Nutritional improvements in Plants: time to bite on biofortified Foods. *Trends in Plant Sciences* 13: 459-463.
- 19- Iran Nejad, H. 1994. Cultivation of oat. Tehran University Press. Tehran, Iran (In Persian).
- 20- Lindsay, W. L., and Norwell, W. A. 1960. Development of a DTPA micronutrient soil test, *Agronomy Abstracts* 1969-1984.
- 21- Liu, Z. H., Wang, H. Y., Wang, X. E., Zhang, G. P., Chen, P. D., and Liu, D. J. 2006. Genotypic and spike positional difference in grain phytase activity, phytate, inorganic phosphorus, iron and zinc contents in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Cereal Science* 44: 212-219.
- 22- Monasterio, I., and Graham, R. D. 2000. Breeding For trace minerals in wheat. *Food and nutrition bulletin* 21: 392-396.
- 23- Mirzapour, M. H., and Khoshgoftar, A. H. 2006. Zinc application effects on yield and seed oil content of sunflower grown on soil. *Journal of Plant Nutrition* 29: 1719–1727.
- 24- Nour-Mohammadi, G., Siadat, A., and Kashani, A. 2010. *Agronomy Vol.1. Cereal Crops* (5th ed). Shahid Chamran University Publication. Ahwaz, Iran. 446p. (In Persian).
- 25- Oury, F. X., Leenhardt, F., R'emesy, C., Chanliaud, E., Duperrier, B., Balfourier, F., and Charmet, G. 2006. Genetic variability and stability of grain magnesium, zinc and iron concentrations in bread wheat. *European Journal of Agronomy* 25: 177-185.
- 26- Page, A. L., Miller, R. H., and Keeney, D. R. 1982. *Methods of soil analysis, part 2, second edition*, American Society of Agronomy- Soil Science Society of America, Madison, USA, 1159 p.
- 27- Pantuan, G., Fukai, S., Cooper, M., Rajatasereeku, S. O., and Toole, J. C. 2002. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rain fed lowlands. Part1. Grain yield and yield components. *Field Crops Research* 73: 153-168.
- 28- Peleg, Z., Saranga, Y., Yazici, A., Fahima, A., Ozturk, L., and Cakmak, I. 2008. Grain zinc, iron and protein concentrations and zinc efficiency in wild emmer wheat contrasting irrigations regimes. *Plant Soil* 306: 57-67.
- 29- Pearson, J. N. Rengel, Z., Jenner, C. F., and Graham, R. D. 2008. Manipulation of xylem transport effects Zn and Mn transport into developing wheat grains of cultured ears. *Physiologia Plantarum* 98: 229-234.
- 30- Royo, C., Abaza, M., Blanco, R., and Graca del Moral, L. F. 2000. Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress. *Australian Journal of plant Physiology* 27: 1051-1059.
- 31- Salardini, A. A. 2007. Soil fertility. Tehran University Publications. 8<sup>th</sup> Edition. 428p. (In Persian).

- 32- Savaghebi Firouzabadi, G. R., Malakouti, M. J., and Moez Ardalan, M. 2003. Effects of zinc sulfate application as well as seed zinc concentration on responses of wheat plant in a calcareous soil. *Iranian Journal of Agriculture Science* 34(2): 471-482. (In Persian with English Abstract).
- 33- Shekaari, P. 2009. Soil variability of soils of agricultural college: a pedometric viewpoint. Final report of research project. Razi University, Kermanshah, Iran. (In Persian).
- 34- Sommer, A. L. 1995. Further evidence of the essential nature of zinc for the growth higher green plants. *Plant Physiology* 3: 217-221.
- 35- Stain, A. J. 2009. Global impacts of human mineral malnutrition. *Plant Soil* 335: 133-154.
- 36- Tandon, H. L. S. 1995. Micronutrients in soil, crops, and fertilizers development and consultation organization. New Delhi, India.
- 37- WHO. 2007. Micronutrient deficiency. Iron deficiency anemia. Geneva: WHO, available from <http://www.who.int/nutrition/topics/ida/>
- 38- Welch, R. M. and, Graham, R. D. 1999. A new paradigm for world agriculture: meeting human needs productive, sustainable, nutritious. *Field Crops Research* 60: 1-10.
- 39- Welch, R. M., and Graham, R. D. 2005. Agriculture: the real nexus for enhancing bioavailable micronutrients in food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 18: 299-307.
- 40- Yasrebi, J. N., Karimian, M. Maftoun, A. A., and Sameni, A. M. 1994. Distribution of zinc forms in highly calcareous soils as influenced by soil physical and chemical properties and application of zinc sulphate. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 25: 2133-2145.
- 41- Yazdanebas, A., Keshavarz, S., Kebriaee, A., Rafiepour, S., Aminzadeh, G. R., Kouchehi, A. R., Chaichi, M., and Najafi Mirak, T. 2009. A study of grain yield, yield components in some promising bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under complete irrigation and terminal drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science* 40 (1): 109-119. (In Persian).

## Genetic Diversity of Oat Genotypes for Iron and Zinc Content under Complete Irrigation and Terminal Moisture Stress Conditions

B. Mahmoodi<sup>1</sup> - S. Bahraminejad<sup>2\*</sup> - R. Fakhri<sup>3</sup>

Received: 13-06-2014

Accepted: 13-10-2015

### Introduction

Oat is an important crop which is cultivated in 9,679,190 hectares and produced as much as 22,504,708 ton worldwide (FAO, 2011). This crop is used mainly as forage cereal; however, it is also used for human consumption in the form of oatmeal and rolled oats because of high amounts of B and E vitamins (25). Regarding to calcareous soils of Kermanshah province (Iran) and the importance of iron and zinc functions in human societies and efforts to find out a way to solve the problems caused by their deficiencies, an experiment was performed to investigate the genetic diversity among oat genotypes in term of iron and zinc contents in grain and agronomical traits under complete irrigation and moisture stress conditions.

### Materials and Methods

The experiment was carried out with 33 oat genotypes (Table 1) in a randomized blocks design with two replications under complete irrigation and terminal drought stress conditions at the Research Farm of Campus of Agriculture and Natural Resources of Razi University, Kermanshah during 2011-2012 cropping seasons. Oat genotypes collected from different countries of the world were obtained from South Australian Research and Development Institute (SARDI). Sowing was performed by hand at five row plots, 1.2 m length, and 0.20 m row spacing. Regarding the amount and distribution of rainfall (Figure 1), irrigation was carried out five and two times at complete irrigation and terminal moisture stress conditions, respectively. Terminal (end-season) moisture stress was imposed at flowering stage. The rainfall at the cropping year of the experiment was 308 mm. Chemical fertilizer, herbicide and pesticide were not used at both sites. Before planting, the soil samples were collected from 0-30 cm depth from different parts of the field, air dried, passed a 2 mm sieve, and different physicochemical characteristics (Table 2) such as pH, EC, organic matter, zinc and iron contents of the sampled soil were determined (Page *et al.*, 1982). At full physiological maturity, two middle rows of each plot were harvested to determine agronomic traits, grain's iron and zinc concentrations. Grain Fe and Zn concentrations were measured by Atomic Absorption Spectrometer.

### Results and Discussion

The stress intensity was calculated as much as 30.1% (Table 4). In complete irrigation condition, the average grain yield was 4951 kg/ha and "Wintaroo" (7163 kg/ha) performed better grain yield than others. In moisture stress condition, the average grain yield was 3485 kg/ha and "Quoll" (6491 kg/ha) showed better grain yield than others. The reported average grain yields were much higher than oat's average grain yield in world which was 2325 kg/ha for 2011 (9).

Results showed that oat genotypes did not significantly differ in grain's Fe and Zn concentrations in both conditions. But, the range of data for iron in oat grain was from 63.59 (Wandering) to 159.26 (ND873364) and from 57.94 (Preston) to 114.28 mg/kg (Mortlock) in complete irrigation and moisture stress conditions, respectively. This range for zinc in oat grain were from 30.07 (Wallaroo) to 52.71 (IA91098-2) and from 27.81 (Wallaroo) to 54.98 mg/kg (Mortlock) in complete irrigation and moisture stress conditions, respectively. The analysis of variance showed significant variation among genotypes for iron and zinc uptakes under moisture stress condition. Due to higher grain yield of "Quoll" under moisture stress condition and acceptable grain yield in complete irrigation condition, the highest amount of iron and zinc of grain per hectare was found in "Quoll" under both conditions. The comparison of traits between complete irrigation and moisture stress conditions indicated that stress reduced most of traits, although these reductions were not considerable for iron and zinc in oat grains. As these reductions varied among genotypes, therefore, it could be concluded that the reductions or even increases in iron and zinc concentrations due to moisture stress were highly genotypic dependent. The results of coefficient correlations indicated that there was a positive significant correlation between zinc and iron

1- MSc Student, Plant Breeding, Razi University, Kermanshah, Iran

2- Associate Professor, Dep. Agronomy and Plant Breeding, Razi University, Kermanshah, Iran

3- MSc Student, Soil Science, Razi University, Kermanshah, Iran

(\* - Correspondent Author Email: sohbah72@hotmail.com)

uptake which could be helpful in breeding programs. The positive correlations between the concentration of zinc and iron in grains were also reported in the previous studies (Cakmak *et al.*, 2004; Welch and Graham, 2005).

### **Conclusions**

According to the results of this research, it can be concluded that the ranges of variations in iron and zinc in oat genotypes were considerable and useful which can be applied in continuing breeding programs. Moreover, “Quoll” (south Australian cultivar) could be introduced as a cultivar with high grain yield, high grain iron and zinc per hectare under moisture stress condition in Kermanshah province (Iran).

**Keywords:** Grain quality, Kermanshah, Micronutrients, Moisture stress