Archive of SID

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵، ص. ۴۲۶-۴۱۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 3, Fall. 2016, p. 415-426

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

بهاره محمودی[۱] - صحبت بهرامی نژاد[۲*] - رزا فخری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۰۹

چکیده

با توجه به آهکی‌بودن 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 ۳۳ژنوتیپ در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه به اجرا در آمد. 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 نشان‌داد که ژنوتیپ‌ها از نظر مقادیر آهن و روی برداشت شده توسط دانه در هکتار در شرایط تنش رطوبتی، تفاوت معنی‌داری نشان‌دادند. 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 نشان‌داد 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 قابل‌توجه نبود.

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

مقدمه

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 ۹,۶۷۹,۱۹۰هکتار با عملکرد ۲۳۲۵کیلوگرم بر هکتار و میزان تولید ۲۲,۵۰۴,۷۰۸تن 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-Mohammmadi *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 آهکی‌بودن 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 (Hershfinkel, 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

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه رازی
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه رازی
۳- کارشناس ارشد خاکشناسی، دانشگاه رازی
(*- نویسنده مسئول: Email: sohbah72@hotmail.com)

www.SID.ir

Archive of SID

(Cakmak, 2008). علاوه‌بَر کاهش عملکرد و کاهش درصد پروتئین دانه، موجب اُفت ارزش غذایی محصولات تولید شده نیز می‌شود (Savaghebi *et al*., 2003). حدود ۴۰درصد 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 آهکی‌بودن خاک‌های استان کرمانشاه (Shekaari, 2009) و از آنجایی‌که 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[1] 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 آنجایی‌که کشور ایران یکی از خاستگاه‌های اصلی یولاف به‌حساب می‌آید، متأسفانه کشت این گیاه به‌علت 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 طول‌جغرافیایی ´۹ °۴۷ و عرض‌جغرافیایی ´۲۱ °۳۴ و ۱۳۱۹متر ارتفاع از سطح دریا در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا گردید.

بارش باران در سال زراعی مذکور در شهرستان کرمانشاه ۳۰۸میلی‌متر 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 پنج‌ردیف (خط کشت) به‌طول ۱/۲متر در نظر گرفته شد. صفات زراعی، مورفولوژیک و فیزیولوژیک یادداشت‌برداری و ارتباط آن‌ها با آهن و روی موجود در دانه ژنوتیپ ها یولاف بررسی شد. به‌ترتیبی موردمطالعه مربوط به مناطق مختلف جهان و از بانک بذر استرالیای جنوبی[2] دریافت گردید. اسامی به‌ترتیب و منشاء آن‌ها در جدول ۱ آمده است. قبل از اجرای آزمایش، نمونه خاک از عمق ۳۰-۰سانتی‌متری تهیه شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک موردمطالعه در جدول ۲ آورده شده است. قابلیت هدایت‌الکتریکی و pH در عصاره اشباع، بافت خاک به روش هیدرومتری، کربن آلی به روش اکسایش با دی‌کرومات‌پتاسیم، کربنات‌کلسیم معادل به روش تیتراسیون با اسیدکلریدریک نرمال، پتاسیم قابل‌جذب با استفاده از استات‌آمونیوم نرمال و خنثی و فسفر قابل‌جذب 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 به‌بعد 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:

$$\text{Stress intensity} = 1 - (\overline{Ys} / \overline{Yp})$$

که در آن $\overline{Yp}$ و $\overline{Ys}$ به‌ترتیب 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 Varian۲۲۰ اندازه‌گیری شدند. جذب کل عناصر توسط بذر از حاصل‌ضرب غلظت عناصر جذب شده توسط دانه در عملکرد دانه به‌دست 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 پنج‌درصد انجام شد. درصد تغییرات هر صفت در اثر تنش رطوبتی نیز محاسبه شد.

1- Biofortification

2- SARDI

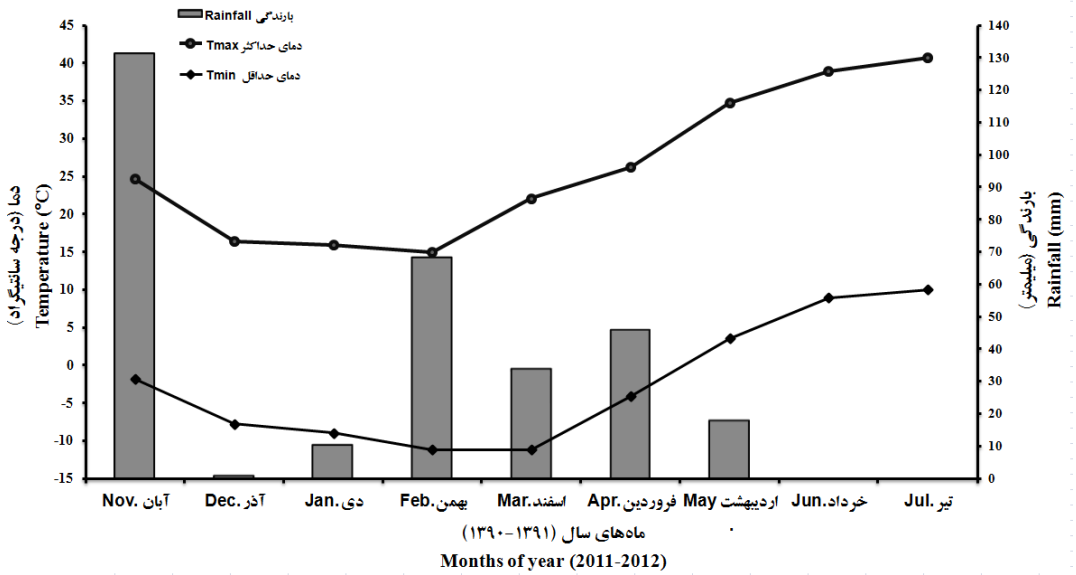
www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- شماره ژنوتیپ، نام و منشأ ژنوتیپ‌های یولاف موردبررسی

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

شماره ژنوتیپ Genotype Number	نام/کد Code/Name	منشاء Origin	شماره ژنوتیپ Genotype Number	نام/کد Code/Name	منشاء 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 ۱۳۹۱-۱۳۹۰

Figure 1- Monthly total rainfall (mm) and temperature (°C) during 2011-2012 cropping season

جدول۲- 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				٪				dsm^{-1}
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

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

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 ۵۰درصد 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 ۴/۵میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Lindsay and Norwell, 1960). در برخی از گیاهان کمبود حتی در حد بین ۲/۵ تا ۴/۵میلی‌گرم بر کیلوگرم نیز ظاهر می‌شود. اگر مقدار روی قابل‌جذب گیاهان بیشتر از یک‌میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد، کمبود این عنصر مشاهده نمی‌شود (Salardini, 2007).

نتایج تجزیه واریانس برای صفات موردبررسی بر روی ۳۳ژنوتیپ 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 ۱۰۰۰دانه در هر دو شرایط ، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد.

جدول۳- 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 جدول۳- 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 ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک‌درصد. S و NS به‌ترتیب 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 ۱۰۰۰دانه)؛ 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^2; TSW: Thousand seed weight; Fe: Grain iron concentration; Zn: Grain zinc concentration; Fe uptake: Grain iron per hectare; Zn Uptake: Grain zinc per hectare

نتایج مقایسه میانگین صفات به روش LSD برای ژنوتیپ‌های موردمطالعه در جدول ۴ آمده است. در این تحقیق دامنه مقدار آهن در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی به‌ترتیب 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 به‌ترتیب از ۳۰/۰۷ (Wallaroo) تا ۵۲/۷۱ (IA91098-2) و ۲۷/۸۱ (Wallaroo) تا ۵۴/۹۸ (Mortlock) میلی‌گرم در کیلوگرم بود. متوسط آهن در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی به‌ترتیب ۹۲/۱۹ و ۸۸/۴۵میلی‌گرم در کیلوگرم و متوسط روی در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی به‌ترتیب ۴۲/۶۶ و ۴۰/۵۸میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست 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 ۴۳/۳میلی‌گرم در کیلوگرم بود (Ficco *et al*., 2008). مطالعات

www.SID.ir

Archive of SID

قبلی که دامنه گسترده‌ای از ژرم‌پلاسم 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 هگزاپلوئید، وحشی و ارقام بومی را به‌ترتیب ۲۸/۸ تا ۵۶/۵ و ۲۵/۲ تا ۵۳/۳ (Welch and Graham, 1999) ۱۹ تا ۸۸/۴ و ۱۶/۴ تا ۳۹/۵ (Oury *et al*., 2006) و ۲۲/۹ تا ۶۷/۶ و ۱۶/۲ تا ۳۲/۴ (Liu *et al*., 2006) میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است. میزان غلظت روی در بافت‌های گیاهی بین ۲۵ تا ۱۵۰میلی‌گرم 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 ۲۷رقم گندم از ۲۴کشور که در شش مکان مختلف رشد کرده بودند، نشان‌داده شد که دامنه غلظت آهن بین ۲۶ تا ۶۹ و دامنه غلظت روی بین ۲۰ تا ۵۳میلی‌گرم 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 نشان‌داد 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 نشان‌داد 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 ۰/۱درصد محاسبه شد. بیشترین کاهش مقدار آهن در اثر تنش رطوبتی (۵۹/۸درصد) مربوط به ژنوتیپ شماره ۸ (ND873364) و بیشترین افزایش (۴۳/۶درصد) مربوط به ژنوتیپ شماره ۳۳ (IA91098-2) بود. ژنوتیپ IA91098-2 با وجود افزایش مقدار آهن دانه در اثر تنش رطوبتی اما در نهایت در شرایط آبیاری کامل حدود ۲۳درصد افزایش عملکرد آهن در هکتار را نشان‌داد که این افزایش به‌دلیل 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 حالی‌که ژنوتیپ شماره ۹ (OH1022) بیشترین درصد افزایش در عملکرد در هکتار آهن در اثر تنش رطوبتی داشت. از ۳۳ژنوتیپ موردمطالعه تنش فقط باعث افزایش عملکرد در هکتار آهن در پنج ژنوتیپ شد. درصد کاهش مقدار روی در اثر تنش رطوبتی به‌طور متوسط ۳/۳درصد و رقم ۲۴ (Preston) بیشترین درصد کاهش (۳۸/۴) و ژنوتیپ ۲۸ (AK-5) بیشترین درصد افزایش را به‌علت تنش خشکی داشتند. از ۳۳ژنوتیپ موردمطالعه 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 نشان‌دادند. افزایش عملکرد روی در هکتار در اثر تنش در ژنوتیپ شماره ۲۶ به‌دلیل بالابودن 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 بالابودن عملکرد و ژنوتیپ شماره ۳۰ بالابودن 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 نشان‌داد 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 ۳۰درصدی در عملکرد دانه شد که خود نشان‌دهنده شدت تنش می‌باشد.

هم‌چنین تنش رطوبتی باعث افزایش حدود ۲۳درصدی در تعداد دانه در خوشه شد، اما تعداد خوشه در واحد سطح به‌میزان ۲۸درصد 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 ۱۰۰۰دانه به‌میزان ۹/۷درصد شد که این نتیجه با نتایج Pantuan *et al*, 2002 که اظهار داشتند وزن ۱۰۰۰دانه 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 پُرشدن دانه باعث کاهش عملکرد دانه و وزن ۱۰۰۰دانه شده و بیشترین تأثیر آن

www.SID.ir

Archive of SID

بر دوره پُرشدن 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 پُرشدن دانه در آن‌ها زیاد است، می‌تواند یکی از راه‌کارهای مناسب گیاه گندم برای فرار از تنش‌های آخر فصل باشد. در ارتباط با کاهش وزن ۱۰۰۰دانه در اثر تنش خشکی می‌توان گفت که احتمالاً ایجاد محدودیت مواد فتوسنتزی در زمان بروز تنش خشکی سبب می‌شود که وزن ۱۰۰۰دانه به حد پتانسیل بالقوه خود نرسد. به‌عبارت دیگر، رقابت دانه‌های موجود در یک سنبله برای مواد فتوسنتزی محدود درحالی‌که دوره پُرشدن دانه نیز کاهش یافته است، باعث کاهش وزن ۱۰۰۰دانه می‌گردد (Yazdansepas *et al.*, 2009). در پژوهش Emam *et al*, 2007 اثر تنش خشکی بر وزن ۱۰۰۰دانه ژنوتیپ‌های گندم معنی‌دار بود، به‌طوری‌که سبب کاهش آن در کل ژنوتیپ‌ها گردید که این موضوع احتمالاً به‌دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پُرشدن دانه و دمای بالاتر روزهای پایانی دوره رشد باشد. همچنین نشان داده شده است که وزن ۱۰۰۰دانه در اثر تنش فقط در دو رقم افزایش یافت که می‌تواند به‌دلیل 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).

جدول٤- 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)		R%	Zn (PPM)		R%	Fe Uptake (g ha^{-1})		R%	Zn Uptake (g ha^{-1})		R%
	S	NS		S	NS		S	NS		S	NS	
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	-

www.SID.ir

Archive of SID

Table 4- Continued -٤ ادامه جدول

Gen. No.	GY (Kg ha^{-1})		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 ۱۰۰۰دانه)؛ 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^2; 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.

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 نشان‌داده‌اند 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

www.SID.ir

Archive of SID

کرد و در کنار آن عملکرد بالای دانه را داشت.

نتایج حاصل از همبستگی نشان‌داد 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 ۱۰۰۰دانه در هر دو شرایط با تعداد خوشه در واحد سطح همبستگی مثبت معنی‌دار داشت. Dejan *et al*, 2002 همبستگی مثبت و معنی‌دار بالایی بین عملکرد و تعداد دانه در سنبله گزارش کردند. آن‌ها هم‌چنین نشان‌دادند که وزن ۱۰۰۰دانه با عملکرد دانه ضعیف بوده است که نتایج این مطالعه با آن مطابقت دارد.

جدول۵- همبستگی ساده بین صفات موردبررسی 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	-.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	شرایط آبیاری کامل	0.439*	-0.646**	1	0.510**	0.170	-0.068	0.594**	0.520**	شرایط تنش
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 ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک‌درصد

* 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 ۱۰۰۰دانه)؛ 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^2; 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.

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 استرالیای 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 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 به‌نظر 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.

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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 Paperson 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- Hershfinkel, M. 2006. Zn^{2+}, 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-Mohammmadi, 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´em´esy, 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. 8th Edition. 428p. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

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 pedomtric 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 solphate. Communications in Soil Science and Plant Analysis 25: 2133-2145.

41- Yazdansepas, A., Keshavarz, S., Kebriaee, A., Rafiepour, S., Aminzadeh, G. R., Koucheki, 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).

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 3, Fall. 2016, p. 415-426

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵، ص. ۴۲۶-۴۱۵

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

B. Mahmoodi[1]- S. Bahraminejad[2*]- R. Fakhri[3]

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 (Table1) 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 physiochemical 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)

www.SID.ir

Archive of SID

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

www.SID.ir