

بررسی میزان جذب فسفر و آهن و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک در گندم نان و گونه‌های وحشی اجدادی آن

مهرانگیز اکبری^{۱*}، محمد جواد زارع^۲، علی اشرف مهربانی^۲، علی اصغر نصرالله نژاد^۳

۱. کارشناس ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ایلام؛ ۲. عضو هیات علمی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ایلام؛

۳. عضو هیات علمی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۲۷

چکیده

به منظور بررسی میزان جذب فسفر و آهن و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک در گندم نان (رقم سرداری) و گونه‌های وحشی اجدادی آن جهت گزینش‌های به‌نژادی و انتقال ژن، آزمایش فاکتوربیلی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. در این آزمایش، خصوصیات فیزیولوژیک و میزان جذب فسفر و آهن گندم نان و گونه‌های اجدادی آن (*Aegilops*، *Triticum boeoticum*، *Aegilops tauschii* و *Triticum diccoides speltoides*) تحت تأثیر عامل کود فسفر (در ۲ سطح) و محلول پاشی کلات آهن (در ۲ سطح) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان غلظت عناصر فسفر و آهن سیستم هوایی در میان گونه‌های مختلف دارای تفاوت معنی دار بود. گونه‌های *Triticum boeoticum* و *Triticum diccoides* بیشترین میزان جذب فسفر و گونه‌های *Triticum boeoticum* و *Aegilops speltoides* بیشترین میزان جذب آهن را داشتند. نتایج نشان داد که کاربرد کود فسفر میزان پرولین و قند‌های محلول را در مرحله گل‌دهی در همه گونه‌ها، به ویژه گونه زراعی گندم و *Aegilops tauschii* افزایش داد. گونه زراعی (رقم سرداری) و *Aegilops tauschii* بیشترین میزان پرولین و قند را داشتند. اثر متقابل عامل کود فسفر در گونه‌های مختلف گندم بر میزان پرولین و قندهای محلول معنی دار بود.

واژه‌های کلیدی: گندم وحشی، تنش خشکی، پرولین، قندهای محلول، تنظیم اسمزی

مقدمه

تنش خشکی در حقیقت کاهش پتانسیل آب خاک است. در چنین شرایطی گیاه به منظور ادامه جذب آب، از طریق تجمع ترکیبات اسمزی از جمله کربوهیدرات‌های محلول و پرولین پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهد و به عبارت دیگر تنظیم اسمزی صورت می‌گیرد (Martin et al., 1993). با توجه به محدودیت منابع آبی مورد نیاز در ایران، ارائه راهکارهای مؤثر در کاهش آثار منفی خشکی بر عملکرد دانه، از اهداف مهم پژوهش‌های به‌نژادی و به‌زراعی به شمار می‌رود. خویشاوندان وحشی محصولات مختلف زراعی بخش مهمی از نمونه‌های گیاهی ارزنده فلور هر کشور را تشکیل می‌دهند و به دلیل سازشی که طی دوران بسیار طولانی با محیط و تنش‌های محیطی خود پیدا کرده‌اند، حاوی ژن‌های بسیار ارزنده برای بروز

غلات به طور مستقیم و غیرمستقیم بیشترین اهمیت را در تغذیه انسان دارند و در این بین گندم مهم‌ترین نقش را ایفا می‌کند (Ali Mohammadi et al., 2009).

گیاهان اهلی شده گیاهانی هستند که توانایی خود را برای بقاء در حیات وحش در طی فرآیند تکامل از دست داده‌اند. اهلی‌سازی گندم‌های زراعی از پیش‌زادهای (اجداد) وحشی آن‌ها (توسط انسان)، فرآیندی خلاف روند گزینش طبیعی بوده است، به طوری که صفات انتخاب شده در گونه‌های زراعی، مرتبط با تولید و عملکرد بیشتر تحت مدیریت و قیومیت انسان بوده است تا بقای طبیعی گیاه در طبیعت؛ و عملاً ارقام زراعی در قیاس با گونه‌های وحشی خویشاوندشان در مواجهه با چالش‌های محیطی بسیار آسیب‌پذیرتر هستند (Mehrabi, 2007).

که اهمیت نسبی این راهکارهای اتخاذ شده بسته به نوع عنصر و نوع گونه گیاهی متفاوت می‌باشد (Marschner, 1998). نتایج مطالعات برخی محققین (Marschner and Cakmak, 1989; Rengel, 1995; Cakmak, 2000) نشان داد که تحت شرایط تنش کمبود عناصر ریزمغذی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کاهش و بنابراین حساسیت گیاهان به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد.

تنظیم اسمزی به عنوان جزئی مهم از راهکارهای تحمل به تنش خشکی در گیاهان محسوب می‌شود (Zhang et al., 1999). طبق تعریف بلوم (Blum, 1996) تنظیم اسمزی عبارت از کاهش پتانسیل شیره سلولی به علت افزایش مواد محلول داخل سلول است، بنابراین مربوط به کاهش محتوای آب سلول نمی‌باشد. گیاهان در شرایط محیطی مختلف، مواد محلول با وزن مولکولی کم، که به طور کلی مواد محلول سازگار نامیده می‌شوند، را تجمع می‌دهند که شامل اسیدهای آمینه، قندها و بتائین می‌باشد. علاوه بر این، برخی مواد محلول معدنی نیز بخش مهمی از مواد محلول اسمزی فعال داخل سلول را تشکیل می‌دهند (Bajji et al., 2001).

با توجه به پراکنش گونه‌های وحشی گندم به خصوص گونه‌های دهنده ژنوم گندم‌های زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک شمال غرب، غرب و جنوب غرب کشور، هدف از این پژوهش مقایسه‌ی میزان جذب فسفر و آهن و محتوای کلروفیل و میزان تولید پرولین و قند‌های محلول در گندم نان و گونه‌های وحشی اجدادی آن جهت کاربردهای بعدی آن در خصوص اصلاح نباتات است. سازگاری گونه‌های وحشی تحت تنش‌های مختلف محیطی نشان دهنده کارایی بالای فیزیولوژیک این گونه‌ها در مواجهه با شرایط مذکور است، این تحقیق گامی در استفاده‌ی بهتر از پتانسیل ژنتیکی موجود در خزانه ژنتیکی گندم در ایران خواهد بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی میزان جذب عناصر فسفر و آهن در گندم نان و گونه‌های وحشی اجدادی آن و همچنین بررسی میزان تولید تنظیم کننده‌های اسمزی در این گونه‌ها تحت شرایط دیم جهت گزینش‌های بعدی به نژادی و انتقال ژن، به شکل فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در

خصوصیات مهم گیاهی به ویژه مقاومت به تنش‌هایی از قبیل خشکی، شوری، سرما، گرما و مقاومت به آفات و امراض مهم گردیده‌اند که معمولاً به عنوان منابع و مخازن ژنی مورد استفاده پژوهشگران قرار می‌گیرند. کشور ایران از نظر موقعیت جغرافیایی در منطقه بسیار مناسبی قرار دارد و یکی از مناطق مهم تنوع ژنتیکی گیاهی است. یکی از هشت مرکز مهم پیدایش گیاهان که توسط اوایلوف دانشمند روسی کشف و معرفی گردیده، بخش مهمی از قسمت‌های غرب و شمال غرب کشور را می‌پوشاند (Vojdani, 1996; Ahmadabadi, 2005).

این نکته حائز اهمیت است که گیاهان زیادی در طبیعت وجود دارند که در خاک‌های فقیر از نظر محتوای عناصر غذایی، به تعداد فراوان رشد می‌کنند. این گیاهان ممکن است در این گونه خاک‌ها رشد خوبی هم داشته باشند زیرا آن‌ها سیستم جذب مناسب‌تری دارند که در طی انتخاب طبیعی باقی مانده‌اند. بنابراین آینده‌ی روشنی برای تکثیر ژن‌های این گیاهان و انتقال آن‌ها به گیاهان زراعی پیش‌بینی می‌شود که نتیجه‌ی آن کاهش مصرف کود در گیاهان زراعی است (Johnson, 1975). فسفر یکی از عناصر مهم در تغذیه گیاهی بوده و پس از نیتروژن بیشترین مصرف را در دنیا دارد به طوری که سالانه بیش از ۱۶ میلیون تن فسفر در دنیا (Batten, 1992) و ۸۰۰ هزار تن کود فسفره در ایران مصرف می‌شود (Malakooti, 2005). رفتار خاص این عنصر در اغلب خاک‌ها، هم خاک‌های آهکی (به خاطر Ca^{2+}) و هم خاک‌های اسیدی (به خاطر Al^{3+} و Fe^{3+})، ایجاب می‌نماید که جهت حفظ تولید، همه ساله کودهای حاوی فسفر مصرف شوند، ولی ناکامی این روش به دلیل پیچیدگی شیمی فسفر از یک طرف و دلایل زیست محیطی و اقتصادی از طرف دیگر در دو دهه اخیر باعث شد تا دانشمندان شیوه وفق دادن گیاهان با شرایط طبیعی خاک‌ها را مد نظر قرار داده و نسبت به انتخاب و اصلاح ژنوتیپ‌هایی که مواد غذایی خاک و کود را با بازده بالا مصرف می‌کنند اقدام نمایند (Marschner, 1995).

امروزه توانایی ژنوتیپ‌های مختلف گیاهی در جذب و مصرف عناصر غذایی توسط دانشمندان بسیاری مورد توجه قرار گرفته است. مشخص شده است که تفاوت کارایی آن‌ها در استفاده از عناصر غذایی می‌تواند به خاطر جذب به وسیله ریشه‌ها، یا مصرف توسط گیاه و یا هر دو عامل باشد.

عملیات تهیه مزرعه قبل از شروع بارندگی انجام گرفت. در اواخر آذر ماه بذور جهت کاشت آماده شدند (جدا کردن سنبلچه از سنبله) و همچنین مقادیر کود سوپرفسفات تریپل جهت اعمال تیمار کود فسفر توزین و به کرت‌های مورد نظر اضافه شد. کود اوره نیز بر اساس آزمایش خاک مزرعه (جدول ۱)، به میزان ۵۰ گرم در هر کرت (مساحت هر کرت دو متر مربع) به کار برده شد. پس از اختلاط کود با خاک، بذور مذکور در کرت‌هایی به مساحت ۲ متر مربع در ۴ ردیف با فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر به صورت دستی کشت شدند. پنجه‌دهی گونه‌ها از اوایل دی ماه (مرحله سه برگی) شروع و تا اواسط دی ماه ادامه یافت. در اوایل اسفند ماه (مرحله ظهور ساقه) محلول کلات آهن تهیه و مرحله اول اعمال فاکتور محلول‌پاشی کلات آهن (Fe-EDTA با غلظت ۲ در هزار) به صورت اسپری به روش دستی با استفاده از بطری اسپری پلاستیکی نیم لیتری در کرت‌های مورد نظر انجام گرفت.

در اواسط فروردین ماه (مرحله طویل شدن ساقه گونه‌های گندم) اولین نمونه‌برداری برگ‌ها، جهت اندازه‌گیری قندهای محلول و پرولین انجام گرفت. دومین مرحله محلول‌پاشی کلات آهن در اواخر فروردین ماه (مرحله ظهور سنبله) صورت پذیرفت. دومین نمونه‌برداری جهت سنجش میزان قندهای محلول و پرولین، در اوایل اردیبهشت ماه (مرحله گل‌دهی) انجام شد و سپس عملیات مربوط به سنجش پارامترهای مذکور در آزمایشگاه‌های زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام انجام پذیرفت. جهت سنجش میزان پرولین از روش پاکوین و لچگر (Paquin and Lechager, 1979) استفاده شد. جهت سنجش میزان قندهای محلول از روش ایریگوئن (Irrigoen et al., 1992) استفاده گردید.

مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام انجام پذیرفت. آب‌وهوای منطقه مورد آزمایش نیمه مرطوب با تابستان گرم و زمستان نسبتاً سرد می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه آن ۶۰۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت آن ۱۶/۷ درجه سانتی‌گراد است.

عوامل آزمایش شامل گندم نان و گونه‌های اجدادی آن (عامل اول در ۵ سطح)، کود فسفر (عامل دوم در ۲ سطح شامل عدم کاربرد کود فسفر و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت)، و محلول‌پاشی کلات آهن (عامل سوم در ۲ سطح شامل عدم محلول‌پاشی کلات آهن و دو بار محلول‌پاشی با غلظت دو در هزار در مراحل ظهور ساقه و ظهور سنبله) بود.

گندم زراعی (*Triticum aestivum*) مورد استفاده، رقم سرداری بود که از نظر سطح پلوئیدی، هگزاپلوئید (۲n=۴۲) است. این رقم از ارقام بومی غرب کشور انتخاب گردید. گونه‌های گندم وحشی اجدادی گندم زراعی عبارت بودند از (*Triticum boeoticum* (۱) که از لحاظ سطح پلوئیدی، دیپلوئید (۲n=۱۴) و دارای ژنوم AA می‌باشد. محل جمع‌آوری آن روستای خسروآباد کرمانشاه بود؛ (۲) *Aegilops speltoides* که از لحاظ سطح پلوئیدی، دیپلوئید (۲n=۱۴) و دارای ژنوم BB می‌باشد. جمع‌آوری آن از قصرشیرین کرمانشاه انجام گرفت؛ (۳) *Aegilops tauschii* که از لحاظ سطح پلوئیدی دیپلوئید (۲n=۱۴) و دارای ژنوم DD می‌باشد. محل جمع‌آوری این گونه جاده بهشهر- نکا بود؛ و (۴) *Triticum diccoides* که از لحاظ سطح پلوئیدی تتراپلوئید (۲n=۲۸) و دارای ژنوم AABB است. این گونه از کرمانشاه جمع‌آوری شد. بذور گونه‌های گندم وحشی، توسط آقای دکتر مهرابی (دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام، گروه زراعت و اصلاح نباتات) جمع‌آوری شده بودند.

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. The results of physical and chemical analysis in soil of experiment's place

بافت خاک	درصد رطوبت وزنی	پتاسیم	فسفر	درصد	عمق خاک
		(قسمت در میلیون)		نیتروژن	(سانتی‌متر)
Soil texture	Weight humidity percent	potassium	phosphorus	Nitrogen percent	Soil depth (cm)
		(ppm)			
لومی	2.86	601	19.6	0.12	30
loam					

از عناصر غذایی به خاطر جذب به وسیله ریشه‌ها، یا مصرف توسط گیاه و یا هر دو متأثر می‌شود، که اهمیت نسبی این راهکارهای اتخاذ شده بسته به نوع عنصر و نوع گونه گیاهی می‌تواند متفاوت باشد (Marschner, 1998). از نقطه نظر تغذیه گیاهی، ژنوتیپ کارآمد در جذب فسفر، ژنوتیپی است که بتواند فسفر خاک را بیشتر محلول و جذب نماید و یا بتواند از فسفر جذب شده برای تولید محصول به نحو کارآمد استفاده نماید (Gahoonia and Nielsen, 1996). به نظر می‌رسد می‌توان انتخاب ارقام کارآمد را به عنوان مکمل و حتی جایگزین مصرف کودها در کشاورزی در نظر گرفت (Batten, 1992)، و اساس پیشرفت در این مورد منوط به شناخت تغییرات ژنتیکی ارقام می‌باشد (Mahon, 1983).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان جذب آهن در بین گونه‌های مختلف گندم متفاوت بود (جدول ۲). گونه‌های *Aegilops speltoides* و *Triticum boeoticum* از بیشترین میزان جذب آهن برخوردار بودند (شکل ۲). اثر کاربرد کود فسفر و محلول پاشی آهن و همچنین اثرات دوگانه فسفر × آهن و فسفر × گونه و آهن × گونه و اثر متقابل سه‌گانه (فسفر × آهن × گونه) بر غلظت فسفر و آهن اندام هوایی معنی‌دار نبود؛ شاید علت آن وجود حداقل تأثیر عوامل فوق بر یکدیگر باشد.

هر چند تنش خشکی موجب به هم خوردن تعادل تغذیه‌ای گیاهان می‌شود، اما با تکمیل عناصر ریزمغذی از طریق خاک یا محلول‌پاشی می‌توان وضعیت رشد را در این شرایط تا حدی بهبود بخشید (Malakooti and Ghaibi, 1997).

نتایج تجزیه واریانس اثرات عامل‌های کود فسفر (صفر مقدار و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و آهن (صفر مقدار و دو بار محلول‌پاشی با غلظت دو در هزار) و همچنین گونه‌های مختلف گندم (گندم نان و ۴ گونه اجدادی آن) بر میزان پروتئین در جدول ۳ نشان داده شده است. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر عامل‌های کود فسفر و آهن و گونه‌های مختلف گندم بر میزان پروتئین در مرحله‌ی طویل شدن ساقه معنی‌دار نبود (جدول ۳). تجزیه واریانس داده‌ها نشان دهنده عدم معنی‌داری اثر متقابل آهن × فسفر و آهن × گونه و فسفر × گونه و اثر متقابل سه‌گانه (فسفر × آهن × گونه) بر میزان پروتئین در این مرحله رشدی بود (جدول ۳). میزان کم پروتئین و یکسان بودن آن از لحاظ آماری در

برداشت محصول به صورت دستی و به شکل کفبر و نمونه‌برداری نهایی از دو ردیف وسط هر کرت با رعایت حاشیه از طرفین (سطح برداشت نهایی دو ردیف به طول یک متر در هر کرت) انجام گرفت. پس از اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به عملکرد و اجزاء آن، اندازه‌گیری‌های مربوط به میزان عناصر فسفر و آهن در اندام هوایی، انجام پذیرفت. بدین ترتیب که پس از آسیاب کردن نمونه‌های اندام هوایی، اندازه‌گیری میزان فسفر، با روش هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه انجام گرفت (Chapman and Parat, 1961). اندازه‌گیری میزان آهن اندام هوایی، با استفاده از روش اندازه‌گیری آهن به روش جذب اتمی شعله‌ای (Perkin Elmer, A.A.S, 1982) انجام پذیرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و آزمون مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال آماری ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که عامل‌های کود فسفر و آهن بر میزان غلظت عناصر فسفر و آهن موجود در اندام هوایی گونه‌های گندم اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). میزان فسفر و آهن اندام هوایی در بین گونه‌های مختلف متفاوت بود (جدول ۲). بی اثر بودن کاربرد کود فسفر و آهن می‌تواند به این دلیل باشد که گونه‌های اجدادی گندم از لحاظ عناصر بسیار کم توقعند و رشد آن‌ها در زمین‌های سنگلاخی و فقیر شاید مؤید این نتایج باشد. طلایی و حق‌پرست (Talíe and Haghparast, 1997) کودپذیری ارقام مختلف گندم دیم را در کرمانشاه مطالعه و گزارش نمودند که رقم سرداری در مقایسه با سایر ارقام مورد مطالعه از کودپذیری نسبتاً پایینی برخوردار است؛ بنابراین این نتایج نشان می‌دهد که نیاز این رقم به فسفر پایین می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین میزان عنصر فسفر موجود در اندام هوایی نشان داد که گونه‌های *Triticum boeoticum* و *Triticum diccocooides* بیشترین میزان جذب فسفر را در بین گونه‌های مختلف گندم داشتند (شکل ۱).

امروزه توانایی ژنوتیپ‌های مختلف گیاهی در جذب و مصرف عناصر غذایی توسط محققین بسیاری مورد توجه قرار گرفته است. تفاوت کارایی گونه‌های گندم در استفاده

داد که عناصر ریزمغذی تأثیر معنی‌داری بر سنتز و تجمع دو ترکیب کربوهیدرات و پروتئین در رقم آلتستر آفتابگردان داشت.

تیمارهای مختلف در مرحله طویل شدن ساقه می‌تواند به دلیل کافی بودن بارندگی در منطقه (شکل ۳) و در نتیجه عدم تنش خشکی در این مرحله باشد (شکل ۳). نتایج بررسی بابائیان و همکاران (Babaian et al., 2009) نشان

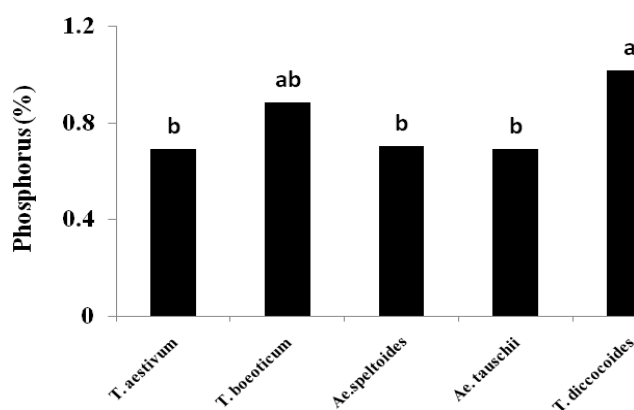
جدول ۲. خلاصه نتایج تجزیه واریانس اثر عامل‌های کود فسفر و آهن و گونه‌های مختلف گندم بر غلظت عناصر فسفر و آهن موجود در اندام هوایی گونه‌های گندم

Table 2. summation of results of variance analysis on P, Fe and different species of wheat factors on P and Fe concentration's shoot in species of wheat

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of square	
			فسفر P	آهن Fe
Replication (R)	تکرار	2	0.0312 ^{ns}	10029.2716 ^{**}
Phosphorus (P)	فسفر	1	0.0036 ^{ns}	744.4803 ^{ns}
Iron (Fe)	آهن	1	0.0138 ^{ns}	2787.3350 ^{ns}
Species (S)	گونه	4	0.2610 [*]	4946.6836 [*]
P × Fe	فسفر × آهن	1	0.2706 ^{ns}	136.3533 ^{ns}
P × S	فسفر × گونه	4	0.0643 ^{ns}	750.0386 ^{ns}
Fe × S	آهن × گونه	4	0.1332 ^{ns}	1629.0331 ^{ns}
P × Fe × S	فسفر × آهن × گونه	4	0.0461 ^{ns}	2772.7580 ^{ns}
Error	اشتباه آزمایش	38	0.0891	1629.0331
C.V	ضریب تغییرات	—	27.43	24.06

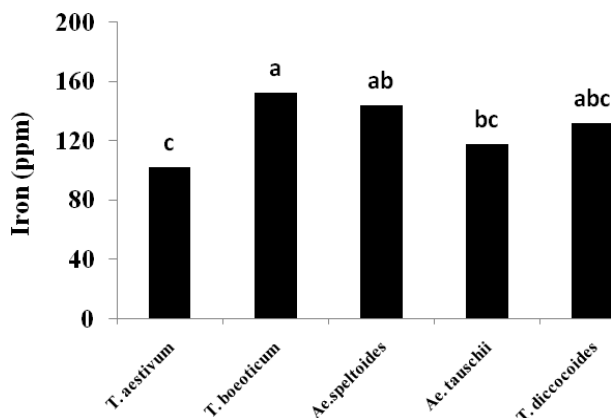
*، ** به ترتیب معنی دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱، ns: غیر معنی دار.

*,** Significant in 0.05 and 0.01 levels arrangement, ns: not significant.

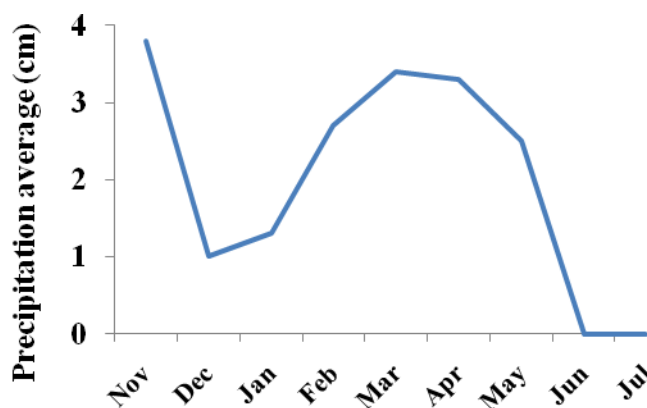


شکل ۱. غلظت فسفر اندام هوایی در گونه‌های مختلف گندم (LSD_{0.05}=۰/۲۴۶۷)

Fig 1. P concentration's shoot in different species wheat (LSD_{0.05}= 0.2467)



شکل ۲. غلظت آهن اندام هوایی در گونه های مختلف گندم ($LSD_{0.05}=33.357$)
 Fig 2. Fe concentration's shoot in different species wheat ($LSD_{0.05}= 33.357$)



شکل ۳. روند تغییرات میانگین بارندگی در طول دوره آزمایش در شهرستان ایلام
 Fig 3. The process of precipitation average in the experiment period in Ilam city

متقابل فسفر × گونه های گندم بر میزان پرولین بسیار معنی دار بود (جدول ۳).

کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر موجب افزایش پرولین برگ نسبت به حالت عدم کاربرد فسفر شد (شکل ۴). افزایش فسفر به عنوان یک عنصر ضروری برای گیاه موجب تقویت گیاه شد. در نتیجه پیش نیازهای ضروری پرولین گیاه بیشتر ساخته و نهایتاً مقدار بیشتری پرولین تولید می‌شود. در مرحله گل‌دهی، میزان کربوهیدرات‌های

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر عامل کود فسفر در سطح احتمال آماری ۰/۱ درصد بر میزان پرولین در مرحله گل‌دهی معنی دار بود (جدول ۳)، اما اثر عامل کود آهن بر میزان پرولین معنی دار نبود. میزان پرولین برگ در مرحله گل‌دهی به صورت معنی دار (۰/۰۱ درصد) تحت تأثیر نوع گونه گندم بود. تجزیه واریانس داده‌ها نشان دهنده عدم معنی داری اثر متقابل فسفر × آهن، آهن × گونه و اثر متقابل سه‌گانه (فسفر × آهن × گونه) بود، اما اثر

محلول در برگ‌ها با کاربرد فسفر افزایش یافت (شکل ۴). گیاه بیشتر و در نتیجه فتوسنتز افزایش می‌یابد و در نهایت اگر فسفر به اندازه کافی در دسترس گیاه باشد رشد رویشی منجر به تولید کربوهیدرات‌های محلول بیشتری می‌گردد.

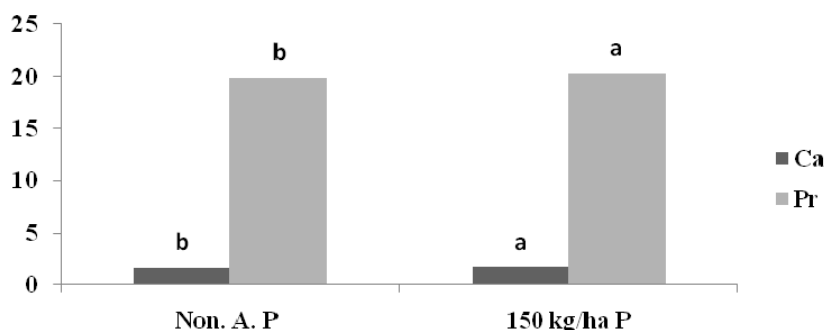
جدول ۳. خلاصه نتایج تجزیه واریانس اثر عامل‌های کودی فسفر، آهن و گونه های مختلف گندم بر میزان پرولین و کربوهیدرات‌های محلول

Table 3. Summary of results of variance analysis on effect of P , Fe fertilizer and different species of wheat factors on proline and soluble carbohydrate

S.O.V	منابع تغییرات	df	میانگین مربعات (Mean of square)			
			پرولین (Proline)		کربوهیدرات‌های محلول (Soluble Carbohydrates)	
			مرحله طولی شدن ساقه Elongation stage	مرحله گل‌دهی Flowering stage	مرحله طولی شدن ساقه Elongation stage	مرحله گل‌دهی Flowering stage
Replication (R)	تکرار	2	27.7981 ^{ns}	0.1423 ^{ns}	0.2779 ^{ns}	0.0014 ^{ns}
Phosphorus (P)	فسفر	1	0.0067 ^{ns}	2.5260 [*]	0.0001 ^{ns}	0.0252 [*]
Iron (Fe)	آهن	1	0.0210 ^{ns}	0.0868 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.0008 ^{ns}
Species (S)	گونه	4	6.0378 ^{ns}	9.2149 ^{**}	0.0603 ^{ns}	0.0921 ^{**}
P × Fe	فسفر × آهن	1	5.7214 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.0572 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
P × S	فسفر × گونه	4	4.1132 ^{ns}	3.1880 ^{**}	0.0411 ^{ns}	0.0318 ^{**}
Fe × S	آهن × گونه	4	7.0139 ^{ns}	0.4913 ^{ns}	0.0701 ^{ns}	0.0049 ^{ns}
P × Fe × S	فسفر × آهن × گونه	4	1.1037 ^{ns}	0.2690 ^{ns}	0.0110 ^{ns}	0.0026 ^{ns}
Error	اشتباه آزمایش	38	5.1792	0.5615	0.0517	0.0056
C.V	ضریب تغییرات	-	12.85	3.73	13.81	4.22

*، ** به ترتیب معنی دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱، ns: غیر معنی دار.

* and ** means significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively; ^{ns} is not significant

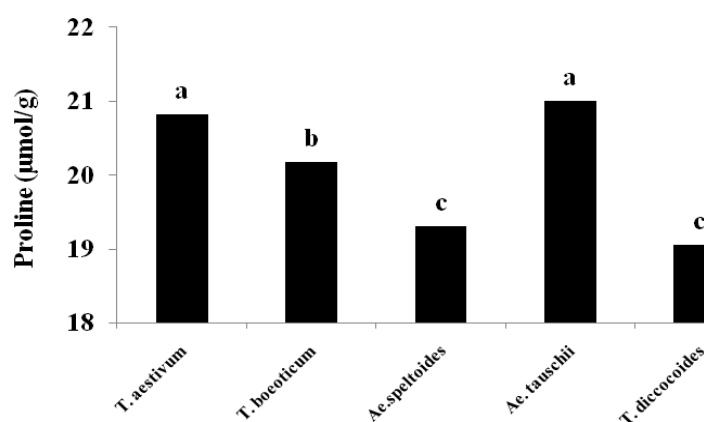


شکل ۴. میزان پرولین (میکرو مول بر گرم وزن تر برگ) و کربوهیدرات‌های محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) در مرحله گل‌دهی در مقادیر مختلف فسفر: عدم کاربرد کود فسفر (Non. A. P) و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر (150 kg/ha P)

Fig 4. Proline rate (μmol/g.leaf fresh weight) and Soluble carbohydrates (mg/g. leaf fresh weight) in flowering stage in different P rate: Non application P fertilizer and Application of 150 kg/ha P fertilizer

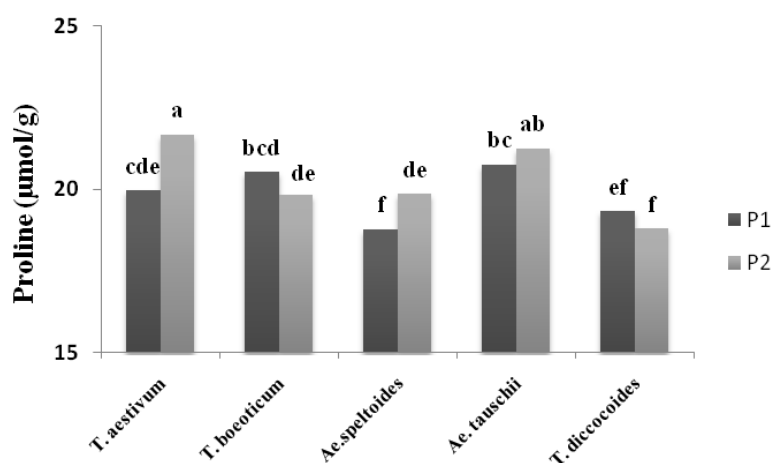
A. tauschii گونه در حالی که در گونه بسیار متفاوت بود، در حالی که در گونه *A. tauschii* میزان پرولین در هر دو حالت مذکور از لحاظ آماری یکسان بود. شاید بتوان گفت، گونه *A. tauschii* در شرایط کمبود فسفر، از میزان فسفر جذب شده به طور مطلوب‌تری جهت ساخت پرولین استفاده کرده است. کاربرد کود فسفر موجب افزایش میزان پرولین در مرحله گل‌دهی در گونه‌های مختلف گندم گردید که نظر به نقش فسفر در سنتز پرولین می‌تواند منطقی باشد. هر چند کاربرد کود فسفر تأثیری متفاوت بر میزان پرولین گونه *A. tauschii* در این مرحله رشدی نداشت.

گونه‌های گندم زراعی رقم سرداری و *Aegilops tauschii* بیشترین مقدار پرولین را در مرحله گل‌دهی داشتند (شکل ۵) که می‌تواند دلیلی بر توان بیشتر گونه‌های مذکور در تولید پرولین باشد. نتایج آزمون مقایسه میانگین اثرات متقابل کود فسفره و گونه‌های گندم بر میزان پرولین در مرحله گل‌دهی در شکل ۶ نشان داده شده است. بیشترین میزان پرولین در گونه‌های زراعی و *A. tauschii* با کاربرد کود فسفر (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در برگ‌ها به دست آمد. نکته قابل توجه این است که در گونه زراعی میزان پرولین در دو حالت کاربرد یا عدم کاربرد



شکل ۵. میزان پرولین (میکرو مول بر گرم وزن تر برگ) در گونه‌های مختلف گندم در مرحله گل‌دهی (LSD_{0.05}=۰/۶۱۹۳)

Fig 5. Proline rate (µmol/g. leaf fresh weight) in different species of wheat in flowering stage (LSD_{0.05}= 0.6193)



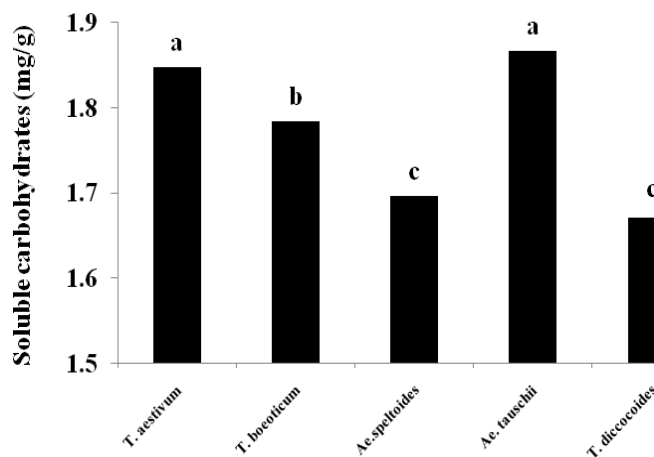
شکل ۶. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح کود فسفره و گونه‌های مختلف گندم بر میزان پرولین در مرحله گل‌دهی در سطوح مختلف کود فسفره: P۱: عدم کاربرد کود فسفر، P۲: کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر

Fig 6. The mean comparison of interaction of P fertilizer levels and different species of wheat on proline rate (µmol/g. leaf fresh weight) in flowering stage in different P rate: P1: Not application P fertilizer and P2: Application of 150 kg/ha P fertilizer.

مشاهده نمودند که تجمع پرولین در بین ژنوتیپ‌های مختلف گندم متفاوت است.

اثرات عامل‌های کودی فسفر (عدم کاربرد فسفر و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و آهن (عدم محلول پاشی و دو بار محلول پاشی با غلظت دو در هزار) و عامل گونه-های مختلف گندم (گندم نان و ۴ گونه اجدادی آن) بر میزان قندهای محلول در جدول ۳ نشان داده شده است. عامل‌های کود فسفر و آهن و همچنین گونه‌های مختلف گندم در مرحله‌ی طویل شدن ساقه بر میزان قندهای محلول اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). تجزیه واریانس داده‌ها نشان دهنده عدم معنی‌دار بودن اثر متقابل تیمارهای کودی (فسفر × آهن) و عامل کود با گونه‌های مختلف گندم (فسفر × گونه و آهن × گونه) و همچنین اثر متقابل سه‌گانه (فسفر × آهن × گونه) در مرحله طویل شدن ساقه بر میزان قندهای محلول بود. عامل‌های کود فسفر و همچنین گونه‌های مختلف گندم در مرحله‌ی گل‌دهی اثر معنی‌داری بر میزان قندهای محلول داشت (جدول ۳). اثر متقابل تیمار کودی فسفر با گونه‌های مختلف گندم (فسفر × گونه) بر میزان قندهای محلول در مرحله گل‌دهی معنی‌دار بود.

سینگ و همکاران (Sing et al., 1983) ضمن بررسی مقاومت به خشکی در تعدادی از ژنوتیپ‌های جو گزارش دادند که ارقامی از جو که پرولین بیشتری را تجمع می‌دهند، در شرایط تنش آبی شدید بقاء بیشتری دارند و به دنبال رهایی از تنش، سریع‌تر رشد می‌کنند. مشاهده شده است که در اثر تنش‌های رطوبتی و شوری بر میزان اسیدهای آمینه افزوده و در این بین افزایش اسید آمینه پرولین از سایر ترکیبات تنظیم‌کننده اسمزی بیشتر است (Mationn et al., 1989). نقش پرولین و اثرات مثبت آن به ساختار گیاه و طبیعت، شدت و دوام تنش بستگی دارد (Kameli and Losel, 1993). همچنین بازده نهایی پرولین در امر تحمل به تنش به توانایی گیاه در القای سریع سیستم‌های تجمع پرولین در واکنش به تنش، توانایی گیاه در ساخت سریع پرولین به مقدار بالا در داخل سلول، و به حضور یک سیستم کارآمد جهت کنترل تجمع پرولین القاء شده به وسیله تنش نیز مربوط می‌باشد (Kuznetsov and Shevyakova, 1999). بنابراین تغییرات میزان تجمع پرولین در بین ارقام مختلف طبیعی به نظر می‌رسد. علی-محمدی و همکاران (Ali Mohammadi et al., 2009)



شکل ۷. میزان کربوهیدرات‌های محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) در گونه‌های مختلف گندم در مرحله گل‌دهی (LSD_{0.05} = ۰/۰۶۱)

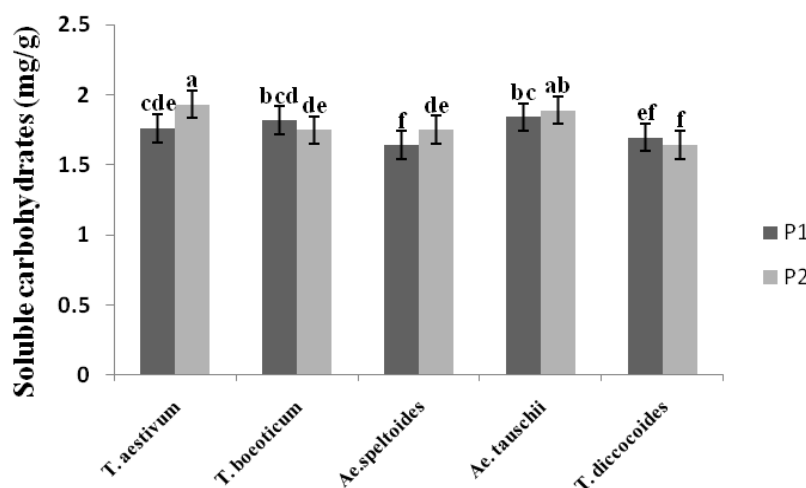
Fig 7. Soluble carbohydrates rate (mg/g.leaf fresh weight) in different species wheat in flowering stage (LSD_{0.05} = 0.061)

در مقایسه با پرولین شاخص مناسب‌تری برای نشان دادن مقاومت به خشکی است، زیرا پرولین تحت تنش خشکی کمتر افزایش یافت و میزان افزایش آن در هر دو وارسته حساس و مقاوم یکی بود (Kameli and Losel, 1993).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که میزان جذب عناصر فسفر و آهن در گونه *Triticum boeoticum* (با ژنوم AA) بیشتر از گندم نان (رقم سرداری) و دیگر گونه‌های اجدادی آن است. گونه *A. tauschii* (با ژنوم DD) بیشترین میزان پرولین و قند در مرحله گل‌دهی را دارا بود؛ لذا در صورت اجرای آزمایش‌های دیگر و مقایسه نتایج در شرایط تنش خشکی و شرایط نرمال و اثبات نتیجه بدست آمده در این تحقیق، استفاده از این گونه‌های وحشی (اجدادی) جهت کارهای اصلاحی مربوط به افزایش کارایی جذب آهن و فسفر و انتقال ژن‌های متحمل به خشکی می‌توانند مورد توجه قرار گیرند.

میزان کربوهیدرات‌های محلول در مرحله گل‌دهی در گونه‌های گندم زراعی (رقم سرداری) و گونه *A. tauschii* برابر و بیشتر از سایر گونه‌ها بود (شکل ۷). نتایج آزمون مقایسه میانگین اثرات متقابل کود فسفره و گونه‌های گندم بر میزان کربوهیدرات‌های محلول در مرحله گل‌دهی در شکل ۸ نشان داده شده است. این نتایج نشان داد که بیشترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در گونه‌های زراعی و *A. tauschii* با کاربرد کود فسفر در برگ‌ها به دست آمد. در گونه زراعی میزان کربوهیدرات‌های محلول در دو حالت کاربرد یا عدم کاربرد فسفر بسیار تفاوت داشت، در حالی که در گونه *A. tauschii* میزان کربوهیدرات‌های محلول در هر دو حالت مذکور از لحاظ آماری یکسان بود. با توجه به رابط مثبت بین میزان فسفر و تولید کربوهیدرات‌های محلول، می‌توان گفت که *A. tauschii* در شرایط کمبود فسفر، از میزان فسفر جذب شده، بهتر استفاده می‌کند. در مطالعه‌ای روی دو وارسته حساس و مقاوم به خشکی گندم دوروم گزارش گردید که افزایش کربوهیدرات‌های محلول در رقم مقاوم به خشکی



شکل ۸. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح کود فسفره و گونه‌های مختلف گندم بر میزان کربوهیدرات‌های محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) در مرحله گل‌دهی. مقادیر مختلف کود فسفره: P1: عدم کاربرد کود فسفر، P2: کاربرد ۱۵۰ کیلو گرم در هکتار کود فسفر

Fig 8. The mean comparison of interaction of P fertilizer levels and different species of wheat on Soluble carbohydrates rate (mg/g.leaf fresh weight) in flowering stage in different P rate: P1: Not application P fertilizer and P2: Application of 150 kg/ha P fertilizer.

منابع

- Ahmadabadi, M., Ahmadi Tehrani, P., Omid, M., Davoodi, D., 2005. Studies on interspecific caryotypic diversity in *aegilops triuncialis* in north-western Iran. Iranian Agric. Sci. J. 36(4), 969-977. [In Persian with English summary]
- AliMohammadi, M., Rezai, A.M., Mirmohammadi Maibodi, S.A.M., 2009. Investigation some of physiological characteristics and yield in ten cultivar of bread wheat in two irrigation regimes. Iranian Agric. Sci. Tech. Natural Res. J. 48, 107-120. [In Persian with English summary]
- Anjum, F., Yaseen, M., Rasool, E., Wahid, A., Anjum, S., 2003. Water stress in barley (*Hordeum vulgare* L.) II. Effect on chemical composition and chlorophyll contents. Pak. J. Agri. Sci. 40(1-2), 41-49.
- Babaian, M., Haidari, M., Ghanbari, A., 2009. Influence of drought stress and microelement spraing on physiological characteristics and nutrient absorption in sunflower (*Helianthus annus*). Iranian Agric. Sci. J. 12(4), 377-391. [In Persian with English summary]
- Bajji, M., Lutts, S., Kient, J.M., 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Defs.) cultivars performing differently in arid conditions. Plant Sci. 160, 669-681.
- Batten, G.D., 1992. A review of phosphorus efficiency in wheat. Plant soil. 149, 163-168.
- Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Plant Growth Reg. 20, 135-148.
- Cakmak, I., 2000. Possible roles of zinc in protection plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytol. 146, 85-200.
- Gahoonia, T.S., Nielsen, N.E., 1996. Variation in acquisition of soil Phosphorus among wheat and barley genotypes. Plant Soil. 178, 223-230.
- Johnson, B.L., 1975. Identification of the apparent B-genome donor of wheat. Can. J. Cytol. 17, 21-39.
- Kameli, A., Losel, D.M., 1993. Carbohydrates and water status in wheat plants under water stress. New Phytol. 125, 609-614.
- Kardavani, P., 1988. Dry Region. Volum 1, Tehran University press. [In Persian]
- Kuznetsov, Vi.V., Shevyakova, N.L., 1999. Proline under stress: Biological role metabolism and regulation. Russian J. Plant Physiol. 46(2), 274-287.
- Mahon, D.J., 1983. Limitation to the use of physiological variability in plant breeding. Can. J. Plant Sci. 63, 11-21.
- Malakooti, M.J., M. Ghaibi, 1997. Estimating rate of nutrient in strategic crops, Amoozesh Keshavarzi Press, Karaj.
- Malakooti, M.J., 2005. Sustainable Agriculture and Yield Increment by optimum fertilizer utilization in Iran, 3rd Ed. Sana Press, Tehran, Iran. [In Persian]
- Mariotti, M., Ercoli, L., Masoni, A., 1996. Spectral properties of iron deficient corn and sunflower leaves. Remot Sens. Environ. 58, 282-288.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plant. 2nd Edition. Landon. Academic Press.

- Marschner, H., Cakmak, I., 1989. High light intensity enhances chlorosis in leaves of Zn, K and Mg deficient bean plants. *J. Plant Physiol.* 134, 308-315.
- Martin, M., Micell, F., Morgan, J.A., Scalet, M., Zerbi, G., 1993. Synthesis of osmotically active substances in winter wheat leaves as related to drought resistance of different genotypes. *J. Agron. Crop Sci.* 171, 176-184
- Mationn, M.A., Brown, J.H., Ferguson, H., 1989. Leaf water potential, relative water content and diffusive resistance as screening techniques for drought resistance in barley. *Agron. J.* 81, 100-105.
- Mehrabi, A. A., 2007. Studies on phylogenetics and genetic diversity of Iran's wild wheat by use of Diversity Arrays Technology DNA, PH.D. thesis, Plant Breeding field molecular genetics, Faculty of Agriculture Tehran University, 91 pages. [In Persian with English summary]
- Ramesh, S., Raghbir, S., Mohinder, S., 1999. Effect of phosphorus, Iron and FYM on yield and quality of sunflower. *Ann. Agri. Bio. Res.* 4 (2), 145-150.
- Rengel, Z., 1995. Carbonic anhydrase activity in leaves of wheat genotypes differing in Zn efficiency. *J. Plant. Physiol.* 147, 251-256.
- Sing, T.N., Paleg, L.G., Aspinol, D., 1983. Stress metabolism: III variation in response to water deficit in the barley plant. *Aust. J. Biol. Sci.* 26, 55-76.
- Taliec, A., Haghparast, R., 1997. Report of influence different level nitrogen on yield and other nutrient (N, P, K) absorption in dryland suitable wheat cultivar. Kermanshah Agriculture Reaserch Center. No. 383. Kermanshah. Iran. 20page. [In Persian]
- Vojdani, P., 1996. Importance of protection methods in natural origin and that's role in protect and use from plant resources. Proceedings of 4th Iranian Crop Sciences Congress. Esfahan University. 554-573. [In Persian]
- Zhang, J., Nguyen, H.T., Blum, A., 1999. Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. *J. Exp. Bot.* 50, 291-302.