

بررسی تنوع ژنتیکی جذب و تجمع فسفر و تاثیر آنها بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های جو در شرایط دیم

جلال حامدی قولقاسم^{*}، بهزاد صادق زاده^۱، ناصر محبلی پور^۱

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران

۲- موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

چکیده

کم جذبی فسفر در رشد و عملکرد ژنوتیپ و ارقام جو در خاک‌های آهکی در شرایط دیم محدودیت عمده‌ای در تولید جو ایجاد می‌کند و باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول می‌گردد. لذا برای ارزیابی تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌های جو از نظر جذب و تجمع فسفر در ساقه و بذر و تاثیر این صفات بر صفات موفوفیزیولوژیک موثر در افزایش عملکرد دانه، تعداد ۱۰۰ ژنوتیپ جو مشتمل بر ارقام محلی، اصلاح شده و لاین‌های بومی جو در مزرعه و بصورت دیم بررسی شدند. آزمایش با دو تیمار فسفر در قالب طرح لاتیس مربع در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور اجرا گردید. بین ژنوتیپ‌ها برای صفات غلظت و محتوای فسفر در بوته و بذر و نیز تمامی صفات مورفوفیزیولوژیک اختلاف آماری معنی‌دار وجود داشت. بعلاوه، دامنه تغییرات تمامی صفات مورد مطالعه بسیار زیاد بود که نشانگر وجود تنوع ژنتیکی بسیار زیاد بین ژنوتیپ‌ها می‌باشد. بین صفات غلظت و محتوای فسفر در بوته با غلظت و محتوای فسفر در بذر همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. محتوای فسفر در بذر نیز با عملکرد دانه و وزن دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. بعلاوه، بین وزن دانه با عملکرد نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. بطور خلاصه از نتایج این تحقیق وجود تنوع ژنتیکی برای جذب فسفر در بین ژنوتیپ و ارقام جو استنتاج می‌شود. همچنین نتایج نشان می‌دهد جذب و تجمع بیشتر فسفر در برخی از ژنوتیپ‌ها، موجب افزایش عملکرد و تجمع فسفر در دانه گردید.

واژه‌های کلیدی: تنوع ژنتیکی، کارائی فسفر، تنش خشکی، جو زراعی

مقدمه

فسفر یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاهان بوده که چندین نقش کلیدی نظیر شرکت در واکنش‌های انتقال انرژی، فتوسنتز، تبدیل قند به نشاسته و انتقال خصوصیات ژنتیکی گیاه را بازی می‌کند. این عنصر در تشکیل بذر نقش اساسی داشته و به مقدار زیاد در بذر و میوه یافت می‌شود (میرسیدحسینی و کوهکن، ۱۳۹۱). فسفر در رشد ریشه و گسترده‌گی آن در اعماق مختلف خاک و در نتیجه در جذب رطوبت و عناصر غذایی موثر بوده و در افزایش رشد و عملکرد گیاه در شرایط دیم تاثیر گذار است (Fohse and Jungkt 1983). فویس و جانک (۱۹۸۳) نشان دادند با جذب فسفر رشد ریشه بیشتر شده و تشکیل تارهای کشنده گیاهان افزایش می‌یابد و در نتیجه با رشد ریشه حجم بیشتری از خاک در تماس با ریشه قرار می‌گیرد و منبع بزرگتری از رطوبت و مواد غذایی خاک در دسترس ریشه خواهد بود و موجب افزایش راندمان مصرف آب و در نتیجه مقاومت به خشکی در گیاه می‌شود (Jones et al., 2003). از اینرو در شرایط دیم با افزایش جذب فسفر در گیاه و در نتیجه جذب میزان بیشتری از رطوبت، نیازهای پر شدن و بزرگ شدن دانه تحت شرایط خشک تأمین گردیده و با افزایش وزن دانه عملکرد نیز بیشتر می‌شود. ضمناً جذب زیادتر فسفر موجب افزایش فسفر و وزن دانه گردیده (Jones et al., 2003) و کشت چنین بذوری می‌تواند گیاهچه‌ای با رشد بهتر در پاییز را موجب شده و این گیاهان سرمای زمستان را در دیمزارهای مناطق کوهستانی بهتر تحمل کرده و نیز کمتر با تنش‌های خشکی و گرمای آخر دوره رشد مواجه خواهند شد (Abdolrahmani et al., 2009).

خاک‌های اکثر مناطق دیم ایران آهکی و با pH بالا بوده که باعث تثبیت فسفر در خاک شده و در نتیجه مانع از جذب آن توسط گیاه می‌شود. بعلاوه، خشکی نیز از دیگر عوامل محدود کننده جذب و دسترسی به فسفر موجود در خاک دیمزارها می‌باشد (Rouphael et al., 2012; Ge et al., 2012). خشکی باعث تبدیل فسفر به فرم‌های غیر حلال و یا غیرمتحرک شده و در نتیجه جذب و انتقال آن از ریشه به ساقه کاهش می‌یابد (Goicoechea et al., 2009; Cramer et al., 1997). رادرسما و همکاران (۲۰۰۵) کاهش جذب فسفر (به دلیل اختلال و کاهش در فرآیند انتشار و نیز کاهش رشد ریشه) و در نتیجه کاهش بیوماس تولیدی را در ذرت مشاهده کردند.

یکی از راه‌های جبران کمبود فسفر در دیمزارها، استفاده از کودهای فسفاته است؛ اما به دلیل پیچیدگی خاصیت شیمیایی فسفر در خاک، تقریباً ۸۰٪ کود فسفره مصرفی در خاک باقی مانده و به اشکال مختلف تثبیت، ترسیب و جذب سطحی مینرال‌های خاک در می‌آید (Grotz and Guerinot 2002). راهکار دیگر استفاده از توانائی ژنتیکی گیاهان کارا در جذب و بهره‌وری است که در شرایط کمبود فسفر در دیمزارها استفاده از چنین گیاهانی می‌تواند عملکرد را افزایش دهد. وانگ و همکاران (۲۰۰۵) دریافتند که در خاک‌های با فسفر قابل استفاده کم، گونه‌های مختلف و حتی واریته‌های یک گونه گیاهی دارای توانایی‌های متفاوت در رشد و نمو می‌باشند. در گیاه جو ارقامی با کارایی بالا وجود دارد که می‌توانند فسفر بیشتری در مقایسه با

نشان می‌دهند (Fohse et al., 1991; Manske et al., 2000). علاوه بر مورفولوژی ریشه، برخی از ژنوتیپ‌ها به دلیل ترشح مواد اسیدی بیشتر از ریشه‌های خود و پایین آوردن شدید pH اطراف ریشه می‌توانند میزان فسفر بیشتری از خاک جذب نمایند (Gahoonia and Nielsen 1996).

به طور خلاصه در دیم‌زارهای زیر کشت غلات در ایران، علی‌رغم وجود میزان زیادی از فسفر کل، گیاهان از کمبود فسفر قابل دسترس دچار تنش هستند، چرا که اغلب خاک‌های مناطق دیم آهکی هستند. برای یافتن ژنوتیپ‌های جو در سازگاری به شرایط کمبود فسفر در دیم‌زارها باید تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های جو بررسی گردد. متأسفانه تاکنون مطالعه جامعی در زمینه کارایی ژنوتیپ‌های جو ایرانی در استفاده از فسفر تحت شرایط دیم انجام نگرفته است. لذا با توجه به اهمیت اصلاح جوهای کارا با تاکید بر توانایی آنها در جهت جذب فسفر موجود در خاک، اهداف عمده در این مطالعه بررسی تنوع ژنتیکی تعدادی از ژنوتیپ‌های جو از نظر کارایی جذب و تجمع فسفر در اندام هوایی و نیز بذور و تاثیر این افزایش جذب و تجمع بر عملکرد دانه بودند.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، به منظور بررسی تنوع ژنتیکی برای کارایی جذب و تجمع فسفر در اندام هوایی و بذور، تعداد ۱۰۰ ژنوتیپ جو زراعی مشتمل بر مواد بانک ژن (خالص شده در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور)، لاین‌های پیشرفته، اصلاح شده و ارقام محلی مورد مطالعه قرار گرفت (جدول ۲). هر لاین در کرت‌های آزمایشی به تعداد ۶ ردیف

سایر ارقام از خاک جذب کنند (Aziz et al., 2014; Gahoonia and Nielsen 2004).

در شرایط کمبود فسفر در دیم‌زارها معرفی ارقام جو با میزان جذب و بهره‌وری بالای فسفر (افزایش رشد و عملکرد به ازای واحد جذب فسفر) با روش‌های بهنژادی امکان‌پذیر می‌باشد ولی این موارد به ندرت مورد توجه اصلاحگران قرار گرفته است. استفاده از ارقام دارای بهره‌وری بالای فسفر، می‌تواند مصرف کودهای فسفوری را کاهش دهد. در واقع ژنوتیپ‌ها و ارقام جو با بهره‌وری بالای فسفر قادرند با حداقل میزان فسفر مصرفی، بیشترین عملکرد اقتصادی را تولید نمایند (Föhse et al., 1988). از اینرو بررسی تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌های جو جهت یافتن ژنوتیپ‌هایی با کارایی بالا در جذب و بهره‌وری فسفر پیش‌نیاز معرفی ارقام کارا جهت تهیه و نیز بهبود وضعیت غذایی ۸ میلیارد انسان در سال ۲۰۲۵ می‌باشد.

تفاوت ژنوتیپ‌ها در جذب فسفر می‌تواند به دلیل اختلاف در مورفولوژی ریشه، قدرت جذب عناصر توسط ریشه، مصرف و استفاده از عناصر در متابولیسم و رشد گیاه و همچنین اثرات متقابل ریشه با خاک و کود باشد (Gourley et al., 1993). معمولاً ارقامی با سیستم ریشه‌ای بزرگ و انشعابات گسترده قادرند حجم بیشتری از خاک را جستجو کرده و در نتیجه عناصر غذایی و رطوبت بیشتری را جذب نمایند. از عوامل مهم ریشه که در جذب فسفر موثرند می‌توان به شکل، توزیع (گسترش عمودی و افقی)، قطر و سطوح جذب ریشه، ریشه‌های موئی و دوام ریشه یا پتانسیل پیرشدگی ریشه اشاره نمود که ارقام مختلف از لحاظ این ویژگی‌ها اختلافات فاحشی

سنبله‌های بارور، ارتفاع گیاه، طول پدانکل، طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، غلظت فسفر در اندام‌های هوایی و دانه، میزان برداشت فسفر توسط اندام‌های هوایی و دانه اندازه‌گیری شد. در سال اجرای آزمایش، کل بارندگی ۲۷۲ میلی‌متر بود، که تقریباً ۱۵ درصد کمتر از میانگین بلندمدت ایستگاه بود. در اردیبهشت و خرداد ماه، مطلوب‌ترین شرایط آب و هوایی برای رشد گیاهان فراهم گردید، که به دلیل بارندگی کم در تیر ماه و افزایش دما، گیاهان با تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه مواجه شدند. بافت خاک آن از نوع لومی و لومی رسی بود که مشخصات آن در جدول ۱ آمده است.

به فاصله خطوط ۱۷/۵ سانتی‌متر و بطول ۲/۵ متر در پاییز در قالب طرح لاتیس مربع کشت شدند. میزان تراکم بذر در هر کرت ۳۸۰ بذر در مترمربع بود. قبل از کاشت یک سطح ازت مصرفی به میزان (۴۰ کیلوگرم در هکتار) بر اساس فرمول کودی رایج در ایستگاه از منبع اوره تامین شده و در پاییز به خاک داده شد (فیضی‌اصل ۱۳۹۱)، ولی هیچ نوع کود فسفوره به خاک داده نشد. در طول مدت رشد گیاه از صفاتی نظیر درصد سبز، تعداد روز تا سنبله‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره پر شدن دانه، یادداشت‌برداری شده و در نهایت کلیه کرتها بصورت دستی برداشت گردیدند. پس از برداشت، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و وزن بیوماس کل کرت، تعداد

جدول ۱- مشخصات فیزیکو-شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

منگنز	روی	آهن	فسفر	EC	pH	رس	سیلت	شن	کربن آلی
			(mg/Kg)		(dS/m)	(%)			
۱۲	۰/۶	۷	۱۲	۰/۴۵	۷/۸	۴۰	۳۸	۲۲	۰/۶

مدت یک ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد مراحل حل خاکستر و هضم نمونه‌ها تکمیل گردید. در نهایت محلول حاصل به داخل وایل‌های پلاستیکی ریخته شد و با اضافه کردن آب دابل دیونیزه حجم محلول داخل وایل را به ۱۰ میلی‌لیتر رساندیم. سپس ۲ میلی‌لیتر از نمونه داخل وایل را برداشته و بر روی آن ۵ میلی‌لیتر محلول آمونیوم وانادات - مولیبدات اضافه گردید و در نهایت با اضافه کردن آب دابل دیونیزه، حجم محلول را به ۲۵ میلی‌لیتر رساندیم. بعد از گذشت یک ساعت به کمک دستگاه اسپکتوفتومتر با طول موج ۴۷۰ نانومتر میزان فسفر

برای محاسبه غلظت و محتوای فسفر ژنوتیپ‌ها در بوته و بذر، ابتدا در مرحله ساقه رفتن ۵ بوته از هر کرت (ژنوتیپ‌ها) برداشت شده و پس از شستشو، خشک کردن در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد، میزان ماده خشک (SDW) اندازه‌گیری شد. پس از آسیاب کردن، ۰/۵ گرم از نمونه داخل کروزه چینی ریخته شد. کروزه‌ها را داخل کوره گذاشته و در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۴ ساعت نمونه سوزانده شدند. سپس ۹ میلی‌لیتر از ترکیب اسید کلریدریک - آب دابل دیونیزه (نسبت ۱ لیتر اسید در ۱ لیتر آب) بر روی خاکستر مانده در کروزه اضافه گردید و به

توزیع متغیرها در جامعه تقریباً بصورت متقارن در طرفین میانگین آن صفت بود، هر چند که در برخی صفات اندکی چولگی نیز مشاهده می‌شد (شکل ۱). در کلیه صفات مورد مطالعه، ضریب تغییرات فنوتیپی بزرگ‌تر از ضریب تغییرات ژنوتیپی بود (جدول ۴). صفات تعداد سنبله بارور و محتوای فسفر در بوته دارای ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی نسبتاً بالایی بود که نشانگر وجود تنوع زیاد در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه می‌باشد. این امر می‌تواند به ماهیت تغییرپذیر این صفات مرتبط باشد. وجود چنین تنوعی امکان انتخاب ژنوتیپ‌های کارا برای جذب و تجمع فسفر در برنامه‌های اصلاحی را امکان‌پذیر می‌کند. کمترین ضریب تغییرات ژنوتیپی مربوط به صفات ارتفاع و تعداد روز تا رسیدگی بود.

ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر غلظت فسفر در بوته تنوع زیادی را نشان دادند. دامنه تغییرات غلظت فسفر در بوته ۱/۴ تا ۲/۲۵ گرم فسفر بر کیلوگرم ماده خشک، و متوسط آن در کلیه ژنوتیپ‌ها ۱/۷ گرم بر کیلوگرم ماده خشک بود (جدول ۴، شکل ۲). برای محتوای فسفر در بوته نیز تنوع وسیعی بین ژنوتیپ‌ها مشاهده گردید. دامنه تغییرات محتوای فسفر در هر بوته بین ۰/۸ تا ۲/۳ میلی‌گرم و متوسط آن در تمام ژنوتیپ‌ها ۱/۶ بود (جدول ۴). این تنوع موجود نشانگر تفاوت پتانسیل ژنوتیپ‌ها در جذب و تجمع فسفر می‌باشد. یکی از دلایل تفاوت ژنوتیپ‌ها در جذب فسفر می‌تواند به دلیل اختلاف در مورفولوژی ریشه در بین ژنوتیپ‌ها و قدرت جذب عناصر غذایی توسط ریشه باشد (Gourley et al., 1993). معمولاً ژنوتیپ‌های دارای سیستم ریشه‌ای بزرگ با انشعابات گسترده قادرند حجم بیشتری از خاک را جستجو

نمونه‌ها را قرائت کردیم (امامی، ۱۳۸۹). برای اندازه‌گیری غلظت فسفر در بذر نیز ابتدا بذور را با در نظر داشتن شرایط محیطی عاری از آلودگی تعداد ۱۰ بذر از هر ژنوتیپ انتخاب کرده و پس از خشک کردن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد، وزن ۱۰ بذر را یادداشت و طبق مراحل بالا هضم و قرائت انجام گردید.

پس از جمع‌آوری اطلاعات، تجزیه واریانس بر پایه طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی توسط نرم‌افزار GenStat انجام گرفت (چرا که طرح لاتیس مربع از کارایی کمتری نسبت به طرح بلوک برخوردار بود). از نرم‌افزار Excel برای رسم نمودارها، از نرم‌افزار SPSS برای بررسی همبستگی بین صفات و تجزیه خوشه‌ای، و از نرم‌افزار GenStat برای تجزیه واریانس استفاده شد. مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گردید.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، بین ژنوتیپ‌ها برای صفات غلظت و محتوای فسفر در بوته و بذر و نیز برای تمامی صفات مورفولوژیک و زراعی مورد مطالعه اختلاف آماری معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد (جدول ۳). بین بلوک‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت که نشان می‌دهد زمین آزمایش از یکنواختی نسبی برخوردار بود. ضمناً دامنه تغییرات تمامی صفات مورد مطالعه زیاد بود که نشانگر وجود تنوع ژنتیکی مابین ژنوتیپ‌ها برای صفات مورد مطالعه می‌باشد (جدول ۴ و شکل ۱). بعلاوه، میزان تغییرات تمامی صفات مورد مطالعه در این جمعیت از توزیع نرمالی تبعیت می‌کرد چرا که

دوام ریشه یا پتانسیل پیرشدگی ریشه اشاره نمود که ژنوتیپ‌های مختلف از نظر این ویژگی‌ها اختلافات فاحشی نشان می‌دهند (Fohse et al., 1991; Manske et al., 2000).

کرده و در نتیجه فسفر بیشتری را جذب نمایند. به طور کلی از عوامل مهم ریشه که در جذب فسفر موثرند می‌توان به شکل، توزیع (گسترش عمودی و افقی)، قطر و سطوح جذب ریشه، ریشه‌های موئی و

جدول ۲- لیست ژنوتیپ‌ها و منشا آنها (کشور - شهر) در این مطالعه

شماره ژنوتیپ	کد ژنوتیپ	منشا	شماره ژنوتیپ	کد ژنوتیپ	منشا	شماره ژنوتیپ	کد ژنوتیپ	منشا
۱	۷۱۴۱۱	انگلستان	۵۰	۷۲۴۷۲	ایران	۹۳	۷۲۶۷۲	ایران
۲	۷۱۴۱۱	انگلستان	۵۲	۷۲۴۸۰	ایران	۹۴	۷۲۶۷۳	ایران
۳	۷۱۴۲۶	الجزایر	۵۴	۷۲۴۹۴	ایران - قزوین	۹۵	۷۲۶۷۴	ایران
۴	۷۱۴۲۶	الجزایر	۵۶	۷۲۴۹۸	ایران	۹۶	۷۲۶۷۵	ایران
۵	۷۱۴۴۱	ایران	۵۷	۷۲۵۰۰	ایران	۹۷	۷۲۶۸۴	ایران
۶	۷۱۴۸۲	آمریکا	۵۸	۷۲۵۲۰	ایران - بجنورد	۹۸	۷۲۶۸۹	ایران
۷	۷۱۵۳۰	روسیه	۶۰	۷۲۵۲۴	ایران - بجنورد	۹۹	۷۲۷۰۳	ایران
۸	۷۱۵۳۰	روسیه	۶۳	۷۲۵۴۵	ایران - گلپایگان	۱۰۳	۷۲۳۸۲	چین
۹	۷۱۵۳۸	اسپانیا	۶۴	۷۲۵۴۶	ایران - گلپایگان	۱۰۴	۷۲۴۷۲	ایران
۱۱	۷۱۵۵۷	مصر	۶۵	۷۲۵۵۰	آمریکا	۱۰۵	۷۲۴۷۲	ایران
۱۴	۷۱۵۷۶	مصر	۶۶	۷۲۵۵۷	آذربایجان	۱۰۸	۷۲۵۸۸	ایران - میاندوآب
۱۷	۷۱۶۰۸	مصر	۷۰	۷۲۵۶۲	ایران - کرمان	۱۱۱	۷۲۶۸۰	ایران
۲۰	۷۱۶۳۰	مصر	۷۱	۷۲۵۶۲	ایران - کرمان	۱۱۲	۷۲۶۸۰	ایران
۲۴	۷۱۷۰۴	اتئیوی	۷۲	۷۲۵۶۵	ایران - گرگان	۱۱۴	۷۲۶۸۶	ایران
۲۵	۷۱۸۵۰	روسیه	۷۳	۷۲۵۶۶	ایران - گرگان	۱۱۵	۷۲۷۰۴	ایران
۲۶	۷۱۹۳۸	پاکستان	۷۴	۷۲۵۶۶	ایران - گرگان	۱۱۹	۷۲۷۴۷	ایران
۲۷	۷۱۹۳۸	پاکستان	۷۵	۷۲۵۶۶	ایران - گرگان	۱۲۰	CWB117-77-9-7/3	-
۲۹	۷۲۲۹۵	چین	۷۶	۷۲۵۶۸	ایران - کرمان	۱۲۱	Tokak/Demir-2	-
۳۰	۷۲۲۹۵	چین	۷۷	۷۲۵۸۱	ایران - کرمان	۱۲۳	AZE-Lerik-ICB-123	-
۳۱	۷۲۲۹۵	چین	۷۸	۷۲۵۸۴	ایران	۱۲۴	CWB117-5-9-5/CV	-
۳۲	۷۳۳۲۲	چین	۷۹	۷۲۵۸۷	ایران - میاندوآب	۱۲۵	Ste/Antares/YEA7	-
۳۳	۷۳۳۲۲	چین	۸۰	۷۲۶۰۴	ایران	۱۲۶	Alpha/Gumhuriyet/	-
۳۴	۷۳۳۲۲	چین	۸۱	۷۲۶۱۱	ایران	۱۲۹	سهپند	ایران
۳۵	۷۳۳۲۲	چین	۸۲	۷۲۶۴۶	ایران	۱۳۰	آبیدر	ایران
۳۶	۷۳۳۶۸	چین	۸۳	۷۲۶۴۷	ایران	۱۳۱	دایتون-رانی	ایکاردا
۳۸	۷۳۳۶۸	چین	۸۴	۷۲۶۴۷	ایران	۱۳۲	Yea/168	ایکاردا
۳۹	۷۳۳۶۸	چین	۸۵	۷۲۶۴۹	ایران	۱۳۳	Denmark	ایکاردا
۴۳	۷۳۳۹۷	چین	۸۶	۷۲۶۵۰	ایران	۱۳۴	Obruk-86	ترکیه
۴۴	۷۲۴۰۶	چین	۸۷	۷۲۶۵۳	ایران	۱۳۵	قره آرپا	ایران
۴۵	۷۲۴۰۶	چین	۸۸	۷۲۶۵۵	ایران	۱۳۷	بلیل	ترکیه
۴۶	۷۲۴۳۹	چین	۸۹	۷۲۶۶۴	ایران	۱۴۲	Unkhow n	کرج
۴۷	۷۲۴۳۹	چین	۹۰	۷۲۶۶۵	ایران	۱۴۳	ChiCA n57//Albert/	کرج
۴۸	۷۲۴۳۹	چین	۹۱	۷۲۶۶۶	ایران			
۴۹	۷۲۴۶۶	ایران - میاندوآب	۹۲	۷۲۶۶۸	ایران			

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات غلظت و محتوای فسفر، و صفات مورفولوژیک در بین ژنوتیپ‌ها

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
محتوای فسفر در بذر	غلظت فسفر در بذر	محتوای فسفر در بوته	غلظت فسفر در بوته		
۱۸۰ ^{ns}	۰/۵ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}	۱	بلوک
۴۱۲ ^{**}	۰/۱ ^{**}	۰/۲۰ ^{**}	۰/۱۲ ^{**}	۹۹	ژنوتیپ
۱۷۵	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۷	۹۹	خطا
۱۷	۱۴	۱۷	۱۵		ضریب تغییرات (%)

ادامه جدول شماره ۳

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییر
ارتفاع گیاه	طول پدانکل	طول دوره پر شدن دانه	تعداد روز تا رسیدگی	تعداد روز تا خوشه‌دهی		
۱/۵ ^{ns}	۲/۴ ^{ns}	۱/۱ ^{ns}	۱۲ ^{ns}	۵/۷ ^{ns}	۱	بلوک
۳۶/۶ ^{**}	۷/۱ ^{**}	۳۴/۸ ^{**}	۵۱/۴ ^{**}	۱۲/۵ ^{**}	۹۹	ژنوتیپ
۹/۳۵	۲/۱	۶/۶	۳/۵	۲/۱	۹۹	خطا
۶	۱۶	۹	۱	۱		ضریب تغییرات (%)

ادامه جدول شماره ۳

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییر
عملکرد	شاخص برداشت	تعداد سنبله بارور	طول سنبله	وزن هزار دانه	بیوماس		
۱۶ ^{ns}	۳۴ ^{ns}	۲۷۸ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۱۹۳ ^{ns}	۵۶۵۰ ^{ns}	۱	بلوک
۱۷۳۴ ^{**}	۴۵ ^{ns}	۸۸۱۰ ^{**}	۱/۶ ^{**}	۶۵ ^{**}	۱۵۷۸۷ ^{**}	۹۹	ژنوتیپ
۱۰۶۰	۵۰	۴۲۸۴	۰/۵	۱۱	۷۴۶۷	۹۹	خطا
۲۷	۱۸	۲۷	۱۰/۴	۷/۲	۱۹/۵		ضریب تغییرات

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

در اختیار گذاشتن فسفر مواد آلی به گیاه مانع از رسوب فسفر به صورت هیدروکسی آپاتیت می‌شود. همچنین نقش اسیدهای آلی در جلوگیری از رسوب

از عوامل مهم دیگر می‌توان به مکانیسم ترشح مواد اسیدی از اطراف ریشه اشاره کرد (Rengel, 2008). اسیدهای آلی با حل کردن مواد آلی خاک و

عموما ژنوتیپ‌هایی با غلظت فسفر بیشتر از محتوای فسفر بالاتری نیز برخوردار بودند (جدول ۵). صفت محتوای فسفر در بوته وراثت‌پذیری عمومی نسبتاً بالایی داشت. بالا بودن میزان وراثت‌پذیری نشانگر نقش کمتر محیط در کنترل این صفات و همچنین تنوع ژنتیکی زیادترین صفات در بین ژنوتیپ‌ها می‌باشد.

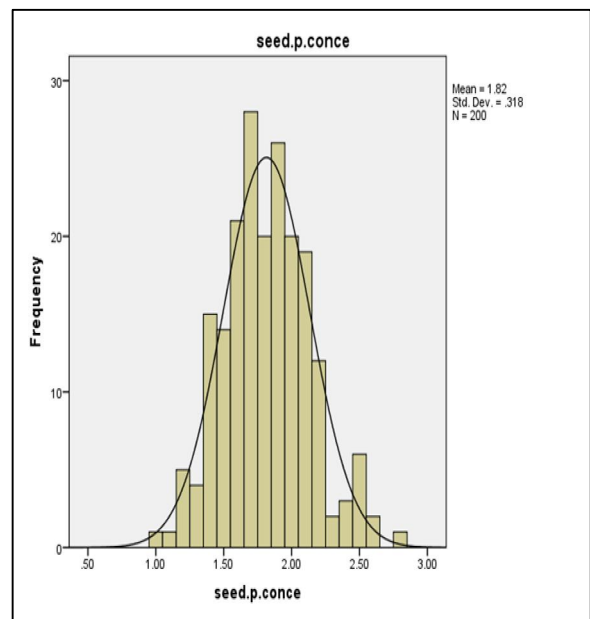
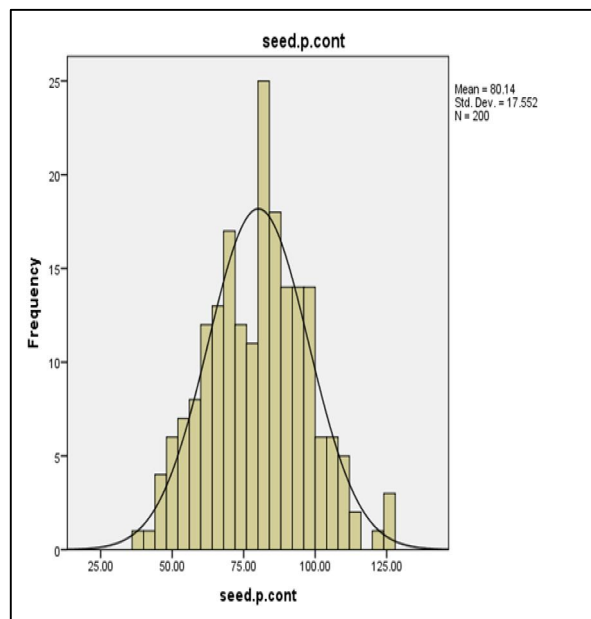
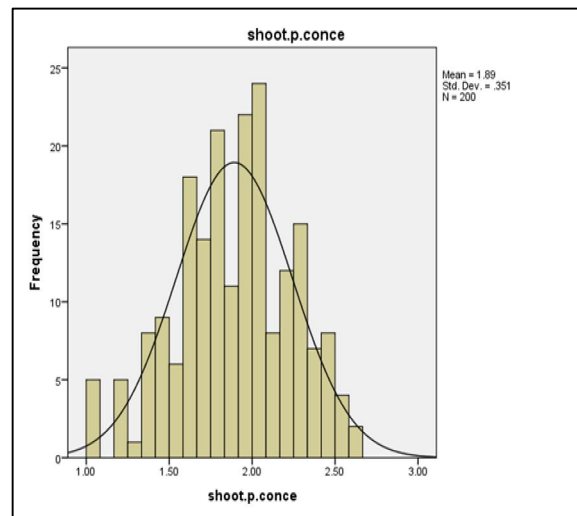
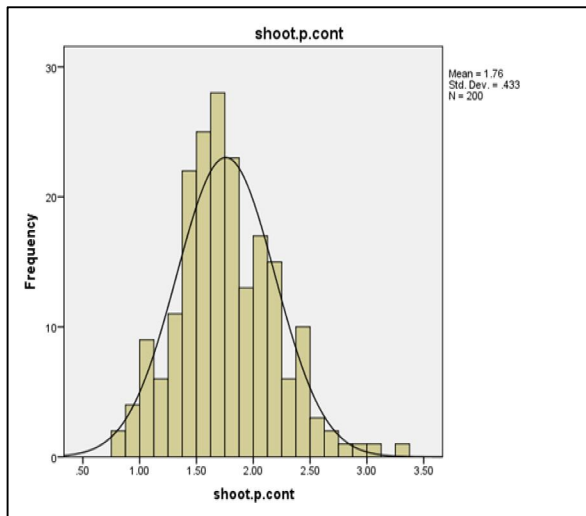
اکتاکلسیم فسفات و دی‌کلسیم فسفات گزارش شده است (Gahoonia and Nielsen, 2004). وجود تنوع ژنتیکی برای صفات جذب فسفر امکان اصلاح برای این صفات را در جو برای اصلاح‌گران فراهم می‌کند. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار غلظت فسفر در بوته با محتوای فسفر در بوته ($r = 0.68^{**}$),

جدول ۴- دامنه تغییرات، میانگین، ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی، و وراثت‌پذیری عمومی صفات (اعداد داخل پارانتر شماره ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد)

صفت	حداقل		حداکثر		LSD	میانگین کل	ضریب تغییرات فنوتیپی (%)	ضریب تغییرات ژنتیکی (%)	وراثت‌پذیری عمومی (%)
	میزان	ژنوتیپ	میزان	ژنوتیپ					
غلظت فسفر در بوته (g/kg DW)	۱/۰۴	(۳۸)	۲/۲۵	(۱۳۵)	۰/۵	۱/۷	۲۵	۹/۱	۱۴
محتوای فسفر در بوته (mg/plant)	۰/۸۳	(۴۳)	۲/۳۰	(۶۳)	۰/۵	۱/۶	۳۲	۱۵/۹	۲۴
غلظت فسفر بذر (g/kg seed)	۱/۲۹	(۱۷ و ۹۰)	۲/۳۴	(۱۳۳)	۰/۵۰	۱/۸	۲۳	۹/۵۴	۱۶
محتوای فسفر بذر (µg/seed)	۴۵	(۱۷ و ۲۰)	۱۰۶	(۱۱۴)	۲۶/۳	۷۸/۴	۳۰	۱۳/۸	۲۰
تعداد روز تا خوشه‌دهی	۱۴۹	(۹۵)	۱۶۳	(۹۹)	۲/۹	۱۵۶	۲	۱/۴۶	۳۵
تعداد روز تا رسیدگی	۱۶۷	(۳)	۱۹۷	(۳۶)	۳/۷	۱۸۳	۴	۲/۶	۴۳
طول دوره پر شدن دانه	۱۹	(۷۲ و ۴۹)	۳۶	(۱۴۳)	۵/۱	۲۷/۷	۲۳	۱۳/۵	۳۴
سنبله بارور تعداد (m ²)	۱۱۶	(۱۲۴)	۴۴۷	(۶۴)	۱۳۰	۲۴۳	۴۷	۲۶/۹	۱۷
ارتفاع گیاه (cm)	۳۹	(۳۴)	۶۰	(۱۳۲)	۰/۶	۴۸/۶	۱۳	۷/۳	۲۹
طول پدانکل (cm)	۸/۵	(۲۹)	۱۴/۳	(۱۳۲)	۲/۸	۹/۳	۳۲	۱۶/۹	۲۷
طول سنبله (cm)	۴/۲	(۹۹)	۹/۲	(۱۱۹)	۱/۵	۷/۰	۲۰	۱۰/۴	۲۵
وزن هزار دانه (g)	۲۸/۴	(۲۰)	۵۶	(۷۵)	۶/۵	۴۵/۲	۱۹	۱۱/۴	۳۶
بیوماس (g)	۲۲۴	(۷۰)	۶۶۶	(۱۰۸)	۱۷۱	۴۴۲	۳۴	۱۴/۵	۱۸
شاخص برداشت	۳۱	(۸۴)	۵۳	(۱۳۵)	۱۳/۹	۳۹/۷	۲۴	۳/۷	۲
عملکرد (g)	۶۴	(۲۶)	۱۸۶	(۸۶)	۶۴/۶	۱۱۸/۵	۴۴	۱۵/۴	۱۲

جدول ۵- ضرایب همبستگی صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

شخص برداشت	بیوماس	وزن هزار دانه	طول سنبله	طول پدانکل	ارتفاع گیاه	تعداد سنبله بارور	شاخص زراعی	طول دوره پر شدن دانه	تعداد روز تا رسیدگی	تعداد روز تا خوشه دهی	درصد پوشش سبز	نوی فسفر در بذر
												۰/۰۹۶
											-۳۹**	-۰/۲۷**
										۰/۵۱**	-۰/۶**	-۰/۰۸
									۰/۸۵**	۰/۰۷	-۰/۵**	-۰/۰۵
								۰/۲۱*	۰/۰۳	-۰/۲۸**	۱۷۳	۰/۱۹
							۰/۱۴	-۰/۲۰*	-۰/۴۳**	-۰/۵۲**	۰/۳۸**	۰/۲۳*
						۰/۲۱*	۰/۵۳**	۰/۳۷**	۰/۱۰	-۰/۳۹**	-۰/۱۵	۰/۰۷
					۰/۶**	۰/۴۱**	۰/۳۹**	۰/۰۹	-۰/۱۸	-۰/۵۱**	۰/۰۱	۰/۲۵*
				۰/۵**	۰/۵**	۰/۲۵**	۰/۳۴**	۰/۴۳**	۰/۱۳	-۰/۴۰**	-۰/۰۸	۰/۳۳**
			۰/۴**	۰/۴**	۰/۳**	۰/۳۷**	۰/۳۳**	۰/۱۱	-۰/۱۴	-۰/۴۵**	۰/۰۵	۰/۴۷**
		۰/۴**	۰/۳**	۰/۲**	۰/۲*	۰/۵۶**	۰/۴۶**	-۰/۰۲	-۰/۲۱*	-۰/۳۵**	۰/۲۸**	۰/۳۲**
	۰/۲**	-۰/۱	-۰/۱	-۰/۰۲	-۰/۰۹	۰/۰۱	-۰/۰۸	-۰/۱۲	-۰/۰۴	۰/۰۸	-۰/۰۰	-۰/۱۳
۰/۱	۰/۸**	۰/۳**	۰/۱	۰/۱	۰/۰۳	۰/۳۶**	۰/۳۷**	-۰/۱۱	-۰/۲۲*	-۰/۲۶**	۰/۳۳**	۰/۳۰**



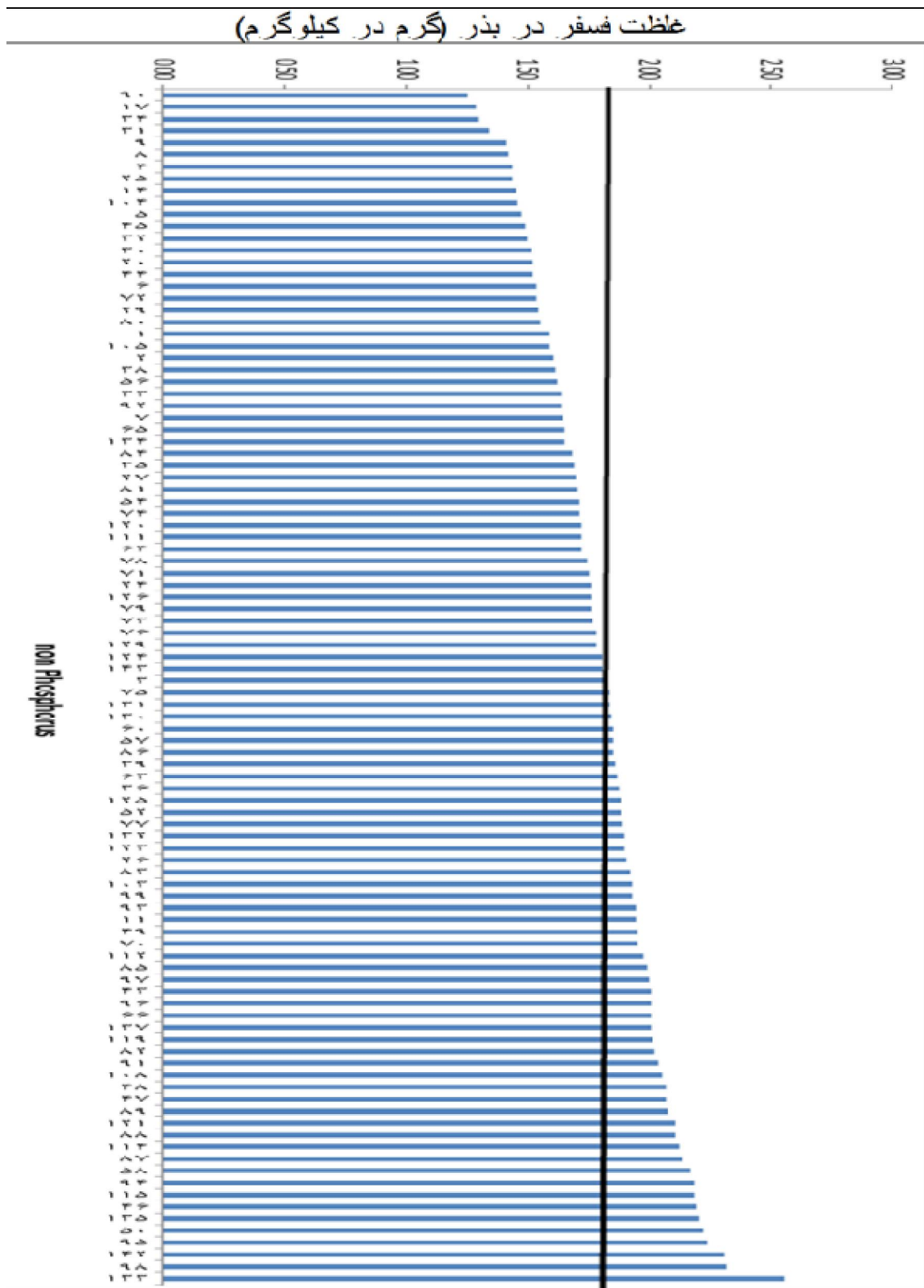
شکل ۱- توزیع فنوتیپی صفات غلظت و محتوای فسفر

و متوسط آن در تمام ژنوتیپ‌ها ۷۸ میکروگرم بود. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r = 0.75^{**}$) غلظت فسفر در بذر با محتوای فسفر در بذر، عموماً ژنوتیپ‌هایی با غلظت فسفر بیشتر، از محتوای فسفر بیشتری نیز در بذر برخوردار بودند (جدول ۵). بعلاوه، صفت محتوای فسفر در بذر با صفت غلظت

برای صفات غلظت و محتوای فسفر در بذر نیز تنوع وسیعی مابین لاین‌ها مشاهده گردید. دامنه تغییرات غلظت فسفر در بذر نیز ۱/۲ تا ۲/۳ گرم فسفر در کیلوگرم بذر و متوسط آن در کلیه ژنوتیپ‌ها ۱/۸ گرم بر کیلوگرم بذر بود (جدول ۴). دامنه تغییرات محتوای فسفر در هر بذر نیز بین ۴۵ تا ۱۰۶ میکروگرم

ژنوتیپ‌هایی با محتوای فسفر بیشتر در مرحله رویشی می‌توان بذوری با محتوای فسفر بیشتر در بذر داشت.

فسفر در بوته نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r = 0.30^{**}$) نشان داد. بعبارت دیگر با انتخاب



شکل ۲- نمودار غلظت فسفر در بذر (خط برش میانگین صفت را نشان می‌دهد)

با توجه به میانگین غلظت فسفر در بذر تمامی ژنوتیپ‌ها (۱/۸ گرم بر کیلوگرم) و محتوای آن (۷۸ میکروگرم) می‌توان گفت عموماً ژنوتیپ‌ها از غلظت و محتوای فسفر متوسطی برخوردار هستند. البته ژنوتیپ‌هایی نظیر شماره ۱۱۴ با بیش از ۱۰۶ میلی‌گرم فسفر در بذر و شماره ۱۳۳ با غلظت فسفر بیش از ۲/۳ جزو لاین‌های برتر بودند که می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی برای افزایش فسفر در بذر جو مورد استفاده قرار گیرند. بذوری با غلظت و محتوای فسفر زیاد می‌توانند گیاهچه‌ای با ویگور بهتر در پاییز را به وجود آورده و این گیاهان سرمای زمستان را در دیمزارهای مناطق کوهستانی بهتر تحمل کرده و نیز کمتر با تنش‌های خشکی و گرمای آخر دوره رشد مواجه شوند (Abdolrahmani, et al., 2009). به عنوان مثال در گندم بین میزان فسفر موجود در بذر با عملکرد همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شده است (Manske, 1997).

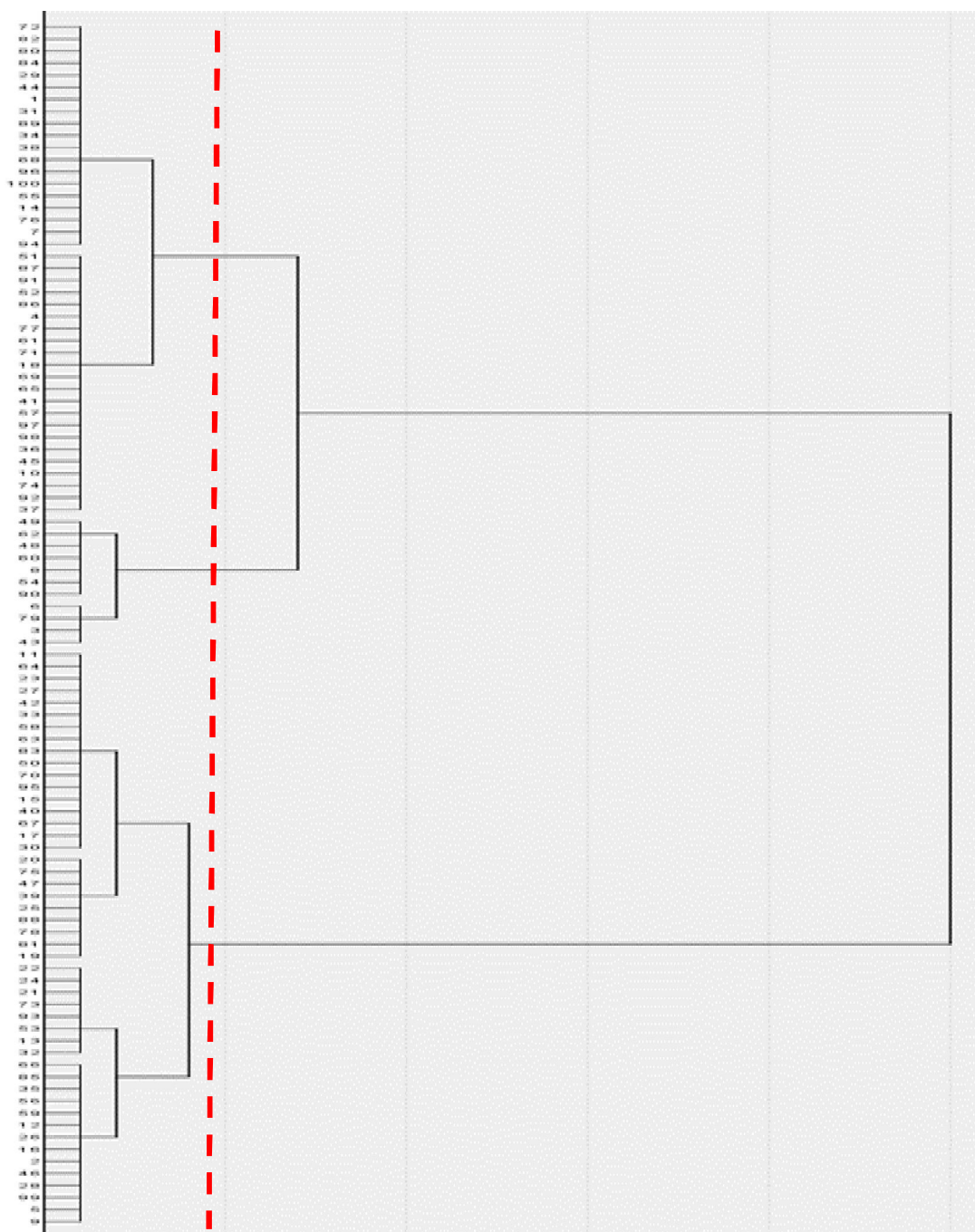
دامنه تغییرات وسیعی بین ژنوتیپ‌ها در کلیه صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد مشاهده شد. بیشترین ضریب تغییرات ژنوتیپی مربوط به صفات بیوماس، طول پدانکل، تعداد سنبله بارور و محتوای فسفر در بذر بود، که از وراثت‌پذیری بالایی نیز برخوردار بودند که همگی این صفات همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط دیم نشان دادند (جدول ۵) و بیشترین وراثت‌پذیری عمومی مربوط به تعداد روز تا رسیدگی با مقدار ۴۳٪ می‌باشد (جدول ۴). دامنه تغییرات برای صفت عملکرد دانه مابین ۶۴ تا ۱۸۶ گرم در مترمربع متغیر بود. ژنوتیپ شماره ۸۶ بیشترین و ژنوتیپ شماره ۲۶ کمترین عملکرد را داشتند. با توجه به همبستگی

مثبت و معنی‌دار عملکرد و محتوای فسفر در بذر، ژنوتیپ‌هایی با محتوای فسفر زیاد در بذر، عملکرد بالایی را داشتند. از بین صفات غلظت و محتوای فسفر در بوته و بذر، تنها صفت محتوای فسفر در بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=0/3^*$) با عملکرد دانه داشت. ژنوتیپ‌های کارا در جذب فسفر، با تعدیل اثرات مضر تنش خشکی موجب افزایش وزن دانه گیاه و در نتیجه عملکرد شدند. فویس و جانک (۱۹۸۳) نشان دادند با جذب بیشتر فسفر، رشد ریشه بیشتر شده و تشکیل تارهای کشنده گیاهان افزایش می‌یابد و در نتیجه حجم بیشتری از خاک در تماس با ریشه قرار گرفته و منبع بزرگتری از رطوبت و مواد غذایی خاک در دسترس گیاه خواهد بود و این کار موجب افزایش راندمان مصرف آب و در نتیجه مقاومت به خشکی می‌شود (Jones et al., 2003). از اینرو در شرایط دیم با افزایش جذب فسفر در گیاه و در نتیجه جذب میزان بیشتری از رطوبت، نیازهای پر شدن و بزرگ شدن دانه تحت شرایط خشک تأمین گردیده و با افزایش وزن دانه عملکرد نیز بیشتر می‌شود (Jones et al., 2003). با توجه به نقش مهم عنصر فسفر در محافظت سلول در برابر خشکی و بهبود پرشدگی دانه (Jones et al., 2003)، افزایش جذب فسفر موجب افزایش وزن دانه و در نتیجه عملکرد شده است. در این مطالعه، همبستگی وزن دانه و عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار ($r=0/34^{**}$) بود. همچنین بین وزن دانه و محتوای فسفر در بذر نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=0/47^{**}$) مشاهده گردید (جدول ۵).

پس از انجام تجزیه خوشه‌ای به روش وارد و مربع فاصله اقلیدسی و برش دندروگرام در فاصله

گردیده است. بعلاوه، ژنوتیپ‌های گروه ۲ توانسته‌اند با جذب فسفر بیشتر به این عملکرد برسند. متوسط غلظت فسفر در بوته بین ژنوتیپ‌های گروه ۲ و ۴ به ترتیب برابر $1/8$ و $1/6$ گرم در کیلوگرم ماده خشک بود.

ادغام ۳، تعداد ۱۰۰ ژنوتیپ در چهار گروه واقع شدند (شکل ۴). مقایسه چهار گروه نشان داد که بیشترین اختلاف بین گروه‌های ۲ و ۴ وجود دارد (جدول ۶). در ژنوتیپ‌های گروه ۲، بهبود صفاتی نظیر غلظت فسفر در بوته، تعداد سنبله بارور، طول سنبله، بیوماس و وزن هزار دانه باعث افزایش ۵۰ درصدی عملکرد



شکل ۴- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای

جدول ۶- میانگین صفات ژنوتیپ‌ها در گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای

میانگین کل	گروه				صفت
	۴	۳	۲	۱	
۱/۷	۱/۶	۱/۷	۱/۸	۱/۷	غلظت فسفر در بوته (g/kg)
۱/۶	۱/۵	۱/۶	۱/۶	۱/۶	محتوای فسفر در بوته (mg)
۱/۸	۱/۷	۱/۸	۱/۷	۱/۸	غلظت فسفر در بذر (g/kg)
۷۸	۶۷	۷۷	۸۰	۸۴	محتوای فسفر در بذر (μg)
۱۵۵	۱۵۶	۱۵۶	۱۵۴	۱۵۵	تعداد روز تا خوشه‌دهی (DHE)
۱۸۳	۱۸۴	۱۸۳	۱۸۰	۱۸۳	تعداد روز تا رسیدگی (DMA)
۲۷	۲۸	۲۷	۲۶	۲۸	طول دوره پر شدن دانه (GFP)
۲۴۳	۲۰۸	۱۹۴	۳۵۵	۲۶۱	تعداد سنبله بارور در مترمربع
۴۹	۴۸	۴۷	۵۱	۴۹	ارتفاع گیاه (cm)
۹/۴	۹/۲	۸/۶	۱۰/۸	۹/۵	طول پدانکل (cm)
۷/۱	۶/۷	۶/۸	۷/۲	۷/۴	طول سنبله (cm)
۴۵	۴۱	۴۳	۴۸	۴۸	وزن هزار دانه (g)
۴۴۲	۳۲۶	۴۰۷	۵۸۷	۴۸۸	بیوماس (g)
۴۰	۴۲	۳۹	۴۱	۳۸	شاخص برداشت (HI)
۱۱۸	۸۳	۱۱۴	۱۶۲	۱۲۸	عملکرد دانه (g/m^2)
۱۰۰	۲۴	۲۱	۲۴	۲۴	تعداد ژنوتیپ در گروه

Savouré 2010). چرا که پرولین یکی از اسید آمینه‌هایی است که فسفر نقش ضروری در ساخت پیش ماده آن در گیاهان داشته و با جذب زیاد فسفر میزان پرولین زیادتری ساخته می‌شود (Marschner, 2002). سینگ و همکاران گزارش کردند، ارقام جو با پرولین بالاتر مقاومت بیشتری به خشکی نشان می‌دهند (Sing et al., 1983). این ماده در از بین بردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) نقش داشته و با غیر سمی کردن ROS منجر به افزایش تحمل گیاه در برابر خشکی می‌شود (Aktas et al., 2007). عبارت دیگر با افزایش فسفر گیاه (همانند گروه ۲) عملکرد و اجزای عملکرد گیاه بیشتر می‌شود (Osonubi, 2005). در این گروه‌بندی می‌توان با

ژنوتیپ‌های کارا در گروه ۲ احتمالاً توانایی بیشتری در حلالیت و جذب فسفر خاک داشته و توانسته‌اند عملکرد نسبی قابل قبولی تولید کنند (Gahoonia and Nielsen, 1996). ضمناً مقایسه میانگین صفات گروه‌ها با میانگین کل ژنوتیپ‌ها نشان می‌دهد میانگین اغلب صفات و نیز عملکرد دانه در گروه ۲ بیش از میانگین کل بوده، در حالی که وضعیت اغلب صفات نسبت به میانگین کل در گروه ۴ کاملاً مخالف گروه ۲ بوده و کمترین عملکرد نیز مربوط به همین گروه می‌باشد. احتمالاً قسمتی از این تفاوت عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت تنش خشکی آخر فصل به تولید پرولین بر گردد (Al-Karaki et al., 1996; Bandurska 2000; Szabados and

کمبود فسفر و افزایش عملکرد استفاده کرد. بر اساس نتایج این تحقیق بطور کلی می‌توان گفت که تنوع ژنتیکی زیاد در بین ژنوتیپ‌های جو برای صفات غلظت و محتوای فسفر در بوته و دانه وجود دارد. بر اساس این تنوع می‌توان به ژنوتیپ‌های کارا در جذب و تجمع فسفر در بوته و دانه در بین ژنوتیپ‌های جو دست یافت که این قبیل ژنوتیپ‌ها با تعدیل تنش خشکی می‌توانند به بهبود عملکرد در دیمزارها کمک نمایند. همچنین تنوع موجود می‌تواند در اصلاح و معرفی لاین‌های جو با محتوای فسفر بیشتر در بوته و دانه و در نتیجه متحمل به خشکی موثر باشد.

تشکر و قدردانی

از جناب آقای دکتر غلامرضا ولی‌زاده، سرکار خانم مهندس مهناز لطفی، سرکار خانم مهندس مهناز محمدمقام، سرکار خانم مهندس هدی موسوی، سرکار خانم مهسا قره‌گونه در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور که در تدوین و تکمیل این تحقیق ما را یاری کرده‌اند، سپاسگزاری می‌نمایم.

انتخاب ژنوتیپ‌هایی در جهت اصلاح و معرفی ارقام، برای جذب و بهره‌وری بیشتر فسفر و در نهایت عملکرد مطلوب، برای مناطق دیم کشور استفاده متعددی کرد.

نتیجه‌گیری کلی

به طور خلاصه نتایج این تحقیق وجود تنوع ژنتیکی زیاد در بین ژنوتیپ‌های جو برای صفات غلظت و محتوای فسفر در بوته و بذر را نشان داد. بعلاوه برای صفات مورفوفیزیولوژیک نیز تنوع وسیعی در بین ژنوتیپ‌ها مشاهده گردید. با توجه به وجود همبستگی مثبت بین محتوای فسفر در بذر و وزن هزاردانه می‌توان گفت در شرایط دیم در صورت تامین شدن نیاز پر شدن دانه می‌توان به بیشترین عملکرد دست یافت چون بین عملکرد و وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌دار نیز وجود دارد. همچنین بین غلظت و محتوای فسفر در بوته با غلظت و محتوای فسفر در بذر همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت و می‌توان با انتخاب ژنوتیپ‌هایی با توان بالا در جذب و تجمع فسفر در بوته، به بذوری با فسفر زیاد دست یافت. از ژنوتیپ‌هایی که توان بیشتر در جذب و تجمع فسفر دارند می‌توان در تصحیح اثرات منفی

منابع

- احسان‌پور فریبا، کیانی شهرام، حسین‌پور علیرضا. ۱۳۹۲. اثر فسفر و بازدارنده نترات‌سازی ۳ و ۴ دی‌متیل پیرازول فسفات بر خصوصیات کمی و کیفی گندم. نشریه آب و خاک، جلد دوم، ش ۴. ص ۱۸۹-۲۰۲.
- حسینی میرسید، کوهکن هادی. ۱۳۹۱. مقدمه‌ای بر مدیریت عناصر غذایی (ترجمه). ص: ۱۸۰-۲۳۰.
- صادق‌زاده بهزاد، عابدی‌اصل غلامرضا، صادق‌زاده‌اهری داود. ۱۳۹۱. مطالعه برخی خصوصیات زراعی مرتبط با عملکرد دانه در توده‌های بومی گندم دوروم تحت شرایط دیم سردسیر. مجله علوم کشاورزی دیم ایران. جلد ۱ شماره ۱ صفحات ۶۲-۴۰.

صادق‌زاده بهزاد، صادق‌زاده‌اهری داود، معالی‌امیری رضا. ۱۳۹۱. تنوع مورفوفیزیولوژیک توده‌های بومی گندم دوروم ایران در شرایط سردسیر دیم مراغه. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. جلد ۴۳ شماره ۴ صفحات ۶۴۸-۶۳۳. محمودی حمید. ۱۳۹۱. نتایج آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰. انتشارات موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (مراغه).

فیضی‌اصل ولی. ۱۳۹۱. مطالعه اثرات کاربرد مقادیر، زمان مصرف و کارآیی استفاده از نیتروژن در کمیت و کیفیت عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف جو دیم. انتشارات موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، نشریه شماره ۴۰۶۶۱. ص ۱۲۵.

امامی علی. ۱۳۸۹. روش‌های تجزیه گیاه. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات آب و خاک. صفحات ۴۶-۸.

Abdolrahmani B., Ghassemi-Golezani K., Valizadeh M., Feizi-Asl V., Tvakoli A.R. 2009. effects of seed priming on seed vigor and grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Abidar) in rainfed conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 11:337-352.

Aktas, L.Y., B. Turkyilmaz, H. Akca and S. Parlak. 2007. Role of abscisic acid and proline treatment on induction of antioxidant enzyme activities and drought tolerance responses of *Laurus nobilis* L. Grainlings. pp :14-27.

Al-Karaki G, Al-Karaki R, Al-Karaki C (1996) Phosphorus nutrition and water stress effects on proline accumulation in sorghum and bean. J Plant Physiol 148 (6):745-751

Aziz T, Sabir M, Farooq M, Maqsood MA, Ahmad H, Warraich E (2014) Phosphorus deficiency in plants: Responses, adaptive mechanisms, and signaling. In: Hakeem KR, Rehman RU, Tahir I (eds) Plant signaling: Understanding the molecular crosstalk. Springer India, pp 133-148. doi:10.1007/978-81-322-1542-4_7.

Bandurska H (2000) Does proline accumulated in leaves of water deficit stressed barley plants confine cell membrane injury? I. Free proline accumulation and membrane injury index in drought and osmotically stressed plants. Acta Physiologiae Plantarum 22 (4):409-415.

Bray E.A., Bailey-Serres J., Weretilnyk E. 2000. Responses to abiotic stresses, in: W. Gruissem, et al., (Eds.), Biochemistry and molecular biology of plants, American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD. pp. 1158-1249.

Clarkson D.T. 1985. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. Annual Review of Plant Physiology 36:77-115.

DeMarco D.G. 1990. Effect of seed weight and seed phosphorus and nitrogen concentrations on the early growth of wheat seedlings. Australian Journal of Experimental Agriculture:30: 545-550.

Fohse D., Claassen N., Jungk A. 1991. P efficiency of plants. II. Significance of root radius, root hairs and cation balance for P influx in seven plant species. Plant and Soil 123:261-272. Fundamental Mechanisms and Implications. Food Products Press, New York.

Fohse, D. and A. Jungk. 1983. Influence of phosphate and nitrate supply on the root hair formation of rape, spinach and tomato plants. Plant Soil. 74: 359-368.

Gahoonia T.S., N C., A J. 2001. Mobilization of phosphate in different soils by ryegrass supplied with ammonia or nitrate. plant soil. 140: 241-248.

Gahoonia T.S., Nielsen N.E. 1996. Variation in acquisition of soil phosphorus among wheat and barley genotypes. Plant and Soil 178:223-230.

- Gahoonia T.S., Nielsen N.E. 2004. Barley genotypes with long root hairs sustain high grain yields in low-P field. *Plant and Soil* 262:55-62.
- Gourley C.J.P., Allan D.L., Russell M.P. 1993. Defining phosphorus efficiency in plants. *Plant and Soil* 155:29-37.
- Grotz N. and Guerinot M.L. 2002. Limiting nutrients: an old problem with new solutions? *Current Opinion in Plant Biology* 5:158-163.
- Jones C. A., J. S. Jacobsen and J. M. Wraith. 2003. The effects of P fertilization on drought tolerance of malt barley. In "Western Nutrient Management Conference." 5:88-93.
- Lawlor, D. W and G. Cornic. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants affected by N fertilization. *Agron.J.* 73-583-587.
- Liao M.T., Hocking P.J., Dong B. 2005. Screening for genotypic variation in P uptake efficiency in cereals on Australian soils, in: Li (Ed.), *Plant nutrition for food security, human health and environmental protection*, Tsinghua University Press. Beijing, China.
- Manske G.G.B. 1997. Utilization of the genotypic variability of VAM-symbiosis and root length density in breeding phosphorus efficient wheat cultivars at CIMMYT. Final Report of Special Project No. 1-60127166, funded by BMZ, Germany.
- Manske G.G.B., Ortiz-Monasterio J.I., Van Ginkel M., Gonzalez R.M., Rajaram S., Molina E., Vlek P.L.G. 2000. Traits associated with improved P-uptake efficiency in CIMMYT's semidwarf spring bread wheat grown on an acid Andisol in Mexico. *Plant and Soil* 221:189-204.
- Marschner H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2 ed. Academic Press, London.
- Marschner H. 1998. Role of root growth, arbuscular mycorrhiza, and root exudates for the efficiency in nutrient acquisition. *Field Crops Research* 56:203-207.
- Marschner, H, 2002. *Mineral Nutrition of Higher Plant*. Elsevier Sci Ltd.
- Rashid MA, Ranjha M, Rehim A, 2007, Model based fertilization to improve yield and quality of sorghum (*Sorghum bicolor* L) fodder on usthorchrept soil. *Pak. J. Agri. Sci*, 44(2),221-227.
- Osonubi O. 2005. comparative effects of vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation and phosphorus fertilization on growth and Phosphorus uptake of maize and sorghum plants under drought stressed conditions. *biol. fertiliz. soils*. 18 (1):55-58.
- Prystupa P., Savin R., Slafer G.A. 2004. Grain number and its relationship with dry matter N and P in the spikes at heading in response to N*P fertilization in barley. *Field Crops Res*:90: 245-254.
- Rengel Z. 2008. Bioavailability of Phosphorus and micronutrients in the soil - plant-microbe continuum. 5th international Symposium ISMOM.
- Schachtman D.P., Reid R.J., Ayling S.M. 1998. phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *plant physiology* 116, 447- 453.
- Sing, T.N., Paleg, L.G., and Aspinol, D. 1983. Stress metabolism. III variation in response to water deficit in the barley plant. *Aust. J. Biol. Sci.* 26: 55-76.
- Szabados L, Savouré A. 2010. Proline: a multifunctional amino acid. *Trends Plant Sci* 15 (2):89-97.
- Wang Q.R., Li Y., Li Z S., Christie P. 2005. Screening Chinese wheat germplasm for phosphorus efficiency in calcareous soils. *J. Plant Nut* 28: 489-505.

Study on genetic variation of barely genotypes for P uptake and accumulation and their effects on yield and yield components under rainfed conditions

J. Hamedi^{*1}, B. Sadegzadeh², N. Mohebalipor¹

1-Department of Agronomy and plant breeding, Miyaneh branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran

2- Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran

Abstract

Low phosphorus (P) availability and its absorption limits barley production and quality in calcareous soils, especially in rainfed areas. With the aim of evaluation of genotypic variation for P absorption and accumulation in shoot and seed, and its influences on grain yield affecting morpho-physiological traits, 100 barley genotypes (including local landraces, advanced lines and released varieties) were studied under rainfed conditions. The experiment was conducted in square lattice. Based on ANOVA, there was significant differences among genotypes for shoot and seed phosphorus concentration and content, as well as for all measured morpho-physiological traits. The high range of variation for the measured traits showed that there was a great genotypic variation among barley genotypes for the measured traits. Shoot phosphorus concentration and content had significant and positive correlation with seed phosphorus concentration and content. On the other hand, seed phosphorus content had positive correlation with grain yield and thousands kernel weight. In short, the result of this study revealed great genotypic variation for the phosphorus absorption among barely genotypes. In addition, efficient genotypes had greater ability to absorb and accumulate more phosphorus that leads to increased grain yield with phosphorus dense seeds under drought conditions.

Key words: Genotypic variation, phosphorus efficiency, barley genotypes, drought stress

* Corresponding author: hamedijalal@ymail.com Received: 2015/07/01 Accepted: 2016/07/04