نشریه زراعت دیم ایران دوره ۵، شماره ۱، شهریور ۱۳۹۵

DOI: http://dx.doi.org/10.22092/idaj.2016.107099

ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم از نظر تبعیض ایزوتوپی کربن۱۳ و صفات موثر بر عملکرد در شرایط دیم

صابر گلکاری*[۱]، میر احمد موسوی شلمانی[۲]، ولی فیضی اصل[۱]

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

۲- پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، کرج، ایران

چکیده

بدلیل واقع شدن کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک دنیا، کمبود آب و تنش خشکی همواره به عنوان یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی مطرح بوده است. این تحقیق به منظور ارزیابی ارقام و لاین‌های پیشرفته گندم از نظر تحمل تنش خشکی و بررسی امکان استفاده از تکنیک تبعیض ایزوتوپی کربن-۱۳ (^{13}C) در انتخاب و تولید ژنوتیپ‌های گندم با کارائی مصرف بالای آب به اجرا درآمد. تعداد ۱۶۰ لاین گندم با سطحی متنوع از نظر تحمل خشکی در کرت‌های مشاهده‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی حجیم یافته به همراه ۴ رقم شاهد تکرار شده در ۱۰ بلوک (جمعاً ۲۰۰ کرت) در سال زراعی ۹۰ – ۱۳۸۹ در مزرعه آزمایشی موسسه تحقیقات دیم کشور در مراغه مورد مطالعه قرار گرفتند. تجزیه واریانس داده‌ها وجود اختلافات معنی‌داری را در بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از نظر عملکرد در شرایط دیم نشان داد. در شرایط دیم ژنوتیپ‌های دیررس گندم از ارتفاع بوته، شاخص برداشت، وزن هزاردانه و عملکرد پائین‌تری نیز برخوردار بودند. از بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی تعداد ۲۲ لاین برتر از نظر عملکرد دانه و شاخص‌های گزینشی در مقایسه با ارقام شاهد شناسائی و انتخاب گردیدند. این تحقیق روشن کرد که ژنوتیپ‌های گندم با عملکرد بالا تحت شرایط دیم از میزان تبعیض ایزوتوپی کربن۱۳ پائین‌تری برخوردار هستند، بطوریکه در شرایط تنش رطوبتی تبعیض ایزوتوپی کربن۱۳(Δ) همبستگی منفی معنی‌داری را با عملکرد دانه به نمایش گذاشت. نتایج حاصل موید امکان بالقوه بکارگیری تبعیض ایزوتوپی کربن۱۳ در شناسائی و انتخاب ژنوتیپ‌های گندم با کارائی مصرف آب بالا است که می‌تواند به تولید ارقام جدید گندم با پتانسیل عملکرد بالاتر در شرایط تنش رطوبتی کمک کند.

واژه های کلیدی: گندم نان، تحمل خشکی، کارائی مصرف آب، تبعیض ایزوتوپی ^{13}C ، دلتا

* نگارنده مسئول: *s.golkari@areo.ir* تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۳۰

مقدمه

حدود ۶۵ درصد از اراضی ایران در مناطق خشک و نیمه خشک واقع شده است که در این مناطق کمی میزان بارندگی و توزیع غیر یکنواخت آن در خلال دوره رشد از مهمترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی بشمار می‌آید. گندم به عنوان محصولی با اهمیت استراتژیک در دنیا بیش از ۲۰٪ کالری مورد نیاز و غذای اصلی ۴۰ درصد از جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد (Golyal *et al*., 2010، Peng *et al*., 2011). علاوه بر این گندم منبع تامین ۲۰ درصد از کل پروتئین دریافتی بیش از ۴/۵ میلیارد نفر از مردم ۹۴ کشور در حال توسعه را فراهم می‌کند که از این نظر بعد از برنج در مقام دوم قرار دارد (Braun *et al*., 2010).

در سالهای اخیر توجه به صفات فیزیولوژیک مؤثر در عملکرد اهمیت بیشتری یافته و این امر فرصتهای جدیدی را برای بهبود میزان عملکرد در ارقام گندم فراهم نموده است. بهره‌برداری از صفات فیزیولوژیک برای بهبود عملکرد بویژه در مناطق خشک که ضریب تغییرات بالای محیطی و اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط سبب کند شدن پیشرفت ژنتیکی در برنامه‌های اصلاحی می‌گردد اهمیت بیشتری دارد (IAEA, 2001b). در این راستا استفاده از روش تبعیض ایزوتوپی کربن۱۳ ابزار مناسبی را برای افزایش پیشرفت ژنتیکی در عملکرد محصول در اختیار اصلاح‌گران قرار می دهد (IAEA, 2001b; IAEA, 2001a). از مزایای استفاده از این روش می‌توان به منحصر به فرد بودن داده‌های تولید شده، ارتباط نزدیک آن با عملکرد، تنوع و قابلیت توارث بالای داده‌ها، و سهولت آماده‌سازی و تجزیهٔ خودکار نمونه‌ها اشاره نمود (Hafsi *et al*., 2001). نسبت ^{13}C به ^{12}C در اتمسفر می‌تواند تحت تاثیر پارامترهای فیزیوگرافیک مختلف نظیر طول و عرض جغرافیایی و دما تغییر کند (Lefroy *et al*., 1995). این نسبت در بافتهای گیاهی به طور طبیعی کمتر از CO_2 اتمسفر می‌باشد که این امر مؤید وجود تبعیض در گیاهان بر علیه جذب ^{13}C در طی فرآیند فتوسنتز است، به ویژه در گیاهان C3 مثل گندم، پنبه و بادام زمینی که دریافت‌کننده اولیه دی‌اکسیدکربن در آنها ریبولوزبیس فسفات می‌باشد (Cregg and Zhang, 2002).

تفاوت در جذب ^{13}C در طی فرآیند فتوسنتز از دو عامل هدایت روزنه‌ای و فرایندهای آنزیمی منشا می‌گیرد (Araus *et al*., 2003; Cregg and Zhang, 2002). بدین ترتیب که در طی فرآیند فتوسنتز، نسبت $^{13}C/^{12}C$ در بافتهای گیاهی دچار تغییر می‌گردد که این امر به دلیل سرعت پخش آهسته‌تر دی‌اکسید کربن سنگین ($^{13}CO_2$) از طریق روزنه‌های گیاهی و کاهش تمایل این گاز به شرکت در واکنشهای آنزیمی کربوکسیلاز در چرخه کلوین روی می‌دهد (Cregg and Zhang, 2002). تحت شرایط تنش رطوبتی به واسطهٔ تغییر قطر روزنه‌های گیاهی میزان تبعیض ایزوتوپی کربن تغییر می‌نماید که این امر به عنوان شاخصی در مطالعات مرتبط با ارزیابی شرایط تنش مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان پخش $^{13}CO_2$ از روزنه کمتر از $^{12}CO_2$ می‌باشد و همچنین به واسطه یک اثر ایزوتوپی، آنزیم ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز بیشتر تمایل به واکنش با کربن $^{12}CO_2$ پیدا می‌نماید که هر دو مکانیزم به

تبعیض ایزوتوپی کربن۱۳ در بافتهای گیاهی منجر می‌گردد (Farquhar *et al*., 1989).

از روش‌های سنتی اندازه‌گیری کارآیی مصرف آب میتوان به دو روش WUEi (Intrinsic water use efficiency) و TE (Transpiration efficiency) اشاره نمود (Cregg and Zhang, 2002). در روش WUEi با اندازه‌گیری تبادلات گازی، سوخت و ساز CO_2 نسبت به هدایت روزنه‌ای (A/gs) و یا سوخت و ساز CO_2 نسبت به تعرق (A/E) کارآیی مصرف آب در لحظهٔ نمونه‌برداری تعیین می‌گردد که قطعاً نتیجه فوق شاخص کارآیی مصرف آب در کل دوره رویش گیاه نخواهد بود (Cregg and Zhang, 2002). از طرف دیگر، در اندازه‌گیری کارآیی مصرف آب به روش TE باید تمامی آب مصرف شده توسط گیاه و همچنین تمامی ماده خشک تولید شده در دوره رشد گیاه اندازه‌گیری شود که این امر مستلزم زحمت و صرف وقت بسیار بوده و علاوه بر آن، احتمال وقوع خطاهای متعدد در اندازه‌گیری‌ها از دقت این روش می‌کاهد. بنابراین روش اندازه‌گیری تبعیض ایزوتوپی کربن از سودمندی تئوریکی و عملی در مقایسه با اندازه‌گیری کارآیی مصرف آب با روشهای سنتی برخوردار است.

در برنامه‌های اصلاحی گندم کشور، تاکنون گزارشی در مورد استفاده از روش تبعیض ایزوتوپی کربن۱۳ در بررسی کارآیی مصرف آب و استفاده عملی از آن برای تولید واریته‌هائی با کارائی مصرف آب بالا منتشر نگردیده است. با توجه به اهمیت انتخاب ژنوتیپهای گندم با کارآیی مصرف آب در افزایش پایدار تولید گندم در اراضی دیم و نیل به خودکفایی، این تحقیق به منظور ارزیابی ژرم پلاسم گندم از نظر تحمل خشکی در شرایط دیم و بررسی امکان شناسایی ژنوتیپهای مطلوب گندم با کارائی مصرف آب بالا از طریق تکنیک ارزیابی تبعیض ایزوتوپی کربن۱۳ در ژنوتیپ‌های گندم به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این بررسی در سال زراعی ۹۰ – ۱۳۸۹ در مزرعه آزمایشی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور در مراغه، آذربایجانشرقی به انجام رسید. ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه در ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۷۳۰ متری از سطح دریا قرار دارد که از یک اقلیم نیمه خشک سرد هم مرز با فراسرد برخوردار است. این مکان دارای سری خاک رجل آباد با ویژگی Fine mixed, Mesic, Vertic Calcixerepts با بافت لوم سیلتی، فاقد سنگ و سنگ ریزه و بدون محدودیت شوری و قلیائیت در سطح الارض، شیب ۸-۵ درصد، با پستی و بلندی و فرسایش آبی نسبتاً زیاد می‌باشد (حکیمی، ۱۳۶۷؛ سید قیاسی، ۱۳۷۰). متوسط بارندگی بلند مدت (۹۰-۱۳۷۰) آن ۳۶۵ میلی‌متر است که توزیع آن ۲۶ درصد (۹۳ میلی‌متر) برای پائیز، ۳۴ درصد (۱۲۰ میلی‌متر) زمستان و ۳۹ درصد (۱۳۹ میلی‌متر) بهار می‌باشد. تعداد روزهای یخبندان ۱۲۸ روز، حداکثر مطلق درجه حرارت ایستگاه ۳۷ درجه سانتی‌گراد، حداقل مطلق ۲۵- و متوسط سالیانه آن ۹/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. سال اجرای این تحقیق با بارندگی ۳۵۳ میلی‌متر در ایستگاه مراغه همراه بود که از پراکنش ۱۶/۶ میلی‌متر در پائیز، ۱۴۱/۷ میلی‌متر در زمستان و

۱۹۳/۱ میلی‌متر در بهار برخوردار بود (جدول ۱). عدم وقوع بارندگی موثر در اوایل پائیز و فقدان حداقل رطوبت مورد نیاز برای جوانه‌زنی، سبز آزمایشات به نژادی گندم را تا اسفند ماه به تاخیر انداخت. شرایط محیطی موجود رشد عمومی ضعیفی را برای ژنوتیپ‌های کاملا زمستانه رقم زد، در حالی که ژنوتیپ هائی با تیپ رشد بینابین از رشد مطلوب‌تری برخوردار بودند.

جدول ۱- آمار هواشناسی سال زراعی ۹۰-۸۹ و بلند مدت (۹۰-۱۳۷۰) ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه

ماه	بارندگی (میلیمتر)	حداقل دمای مطلق (سانتی گراد)	حداکثر دمای مطلق (سانتی گراد)	متوسط دما (سانتی گراد)	تعداد روز زیر صفر	رطوبت نسبی %	تبخیر (میلیمتر)	متوسط دمای حداقل (سانتی گراد)	متوسط دمای حداکثر (سانتی گراد)
مهر	۴	۲	۳۰	۱۴/۳۷	۰	۳۸/۷	۲۰۳/۵	۸/۰۳	۲۰/۷۲
آبان	۴/۷	-۵	۲۱/۲	۶/۴۷	۱۳	۴۶/۶	۱۰۲/۶	۰/۷۱	۱۲/۲۴
آذر	۷/۹	-۸	۱۷	۲/۶۱	۲۶	۴۲/۹	۰	-۳/۲۱	۸/۴۳
دی	۲۰/۸	-۲۰	۱۱	-۵/۲۶	۳۰	۷۳/۴	۰	-۹/۰۲	-۱/۵
بهمن	۲۵/۷	-۱۸	۴/۴	-۴/۸۹	۲۸	۷۲/۴	۰	-۸/۳۲	-۱/۴۷
اسفند	۹۵/۲	-۱۲	۱۷	۰/۳۴	۲۱	۶۹/۲	۰	-۳/۰۵	۳/۷۳
فروردین	۶۹/۵	-۷/۵	۲۱	۶/۶۳	۱۲	۴۹/۶	۰	۱/۳۴	۱۱/۹۲
اردیبهشت	۱۲۰/۶	۲	۲۳/۴	۱۰/۹۶	۰	۶۱/۲	۱۷۱/۶	۶/۶۷	۱۵/۲۹
خرداد	۳	۴	۳۱/۶	۱۷/۳	۰	۴۰/۴	۲۶۹/۲	۱۱/۲۴	۲۳/۳۶
تیر	۰	۹	۳۸	۲۲/۳۴	۰	۳۰/۱۴	۳۶۱/۷	۱۶/۰۳	۲۸/۶۶
میانگین بلند مدت	۳۶۵	-	-	۹/۴	۱۲۸	۵۳/۲	۱۷۵۷	۴/۲	۱۴/۶

قطعه زمین محل اجرای آزمایش در سال قبل به صورت آیش بوده و عملیات تهیه بستر شامل شخم با چیزل در پائیز سال گذشته و پنجه زنی در بهار بود. میزان نیتروژن مصرفی ۶۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره و فسفر بر اساس کمبود از حد بحرانی ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از منبع سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت به صورت جایگذاری استفاده شدند.

در این تحقیق تعداد ۱۶۰ ژنوتیپ گندم شامل ارقام تجاری و لاین‌های پیشرفته که در ارزیابی‌های قبلی در شرایط دیم درجات متفاوتی از تحمل به تنش خشکی را به نمایش گذاشته بودند در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی حجیم شده (Augmented Design) به همراه ۴ رقم شاهد آذر۲، اوحدی، هما و رصد مورد بررسی قرار گرفتند. چهار رقم شاهد با آرایش تصادفی در ۱۰ بلوک آزمایشی تکرار شدند که بدین ترتیب آزمایش در مجموع در ۲۰۰ کرت آزمایشی تکمیل گردید. بطوریکه در کل آزمایش ارقام شاهد از تعداد تکرار یکسان برخوردار

گردیده و برای تجزیه آماری طرح مورد استفاده قرار گرفتند. هر ژنوتیپ در کرتهائی به طول ۶ متر و در ۶ خط با فواصل ۲۰ سانتی متر (مساحت کل کرت ۷/۲ متر مربع) و با تراکم ۳۸۰ دانه در متر مربع پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کاربوکسین‌تیرام به نسبت ۲ در هزار و به کمک بذرکار آزمایشی وینتراشتایگر در عمـق ۷-۵ سانتی‌متری کشت شد. در طول دوره رشد از صفات مختلف مورفولوژیک و فنولوژیک مورد نظر یادداشت برداری به عمل آمد. در انتهای فصل رشد نسبت ایزوتوپی $^{13}C/^{12}C$ نمونه‌های بذری حاصل از برداشت در هر یک از کرت‌های آزمایشی با استفاده از دستگاه اسپکترومتر جرمی نسبت ایزوتوپی[1] (IRMS) دانشگاه آدلاید استرالیا اندازه‌گیری شد. کلیه نتایج مربوط به ایزوتوپ پایدار ^{13}C بصورت ارزش دلتا (δ) و بر حسب انحراف در هزار (‰) از استاندارد کربناتی فسیل دریایی (PDB[2]) ارائه گردیده است. در این راستا Craig (۱۹۵۷) رابطه زیر را برای محاسبه تبعیض ایزوتوپی کربن ۱۳ عنوان نمود.

$$\Delta = (\delta^{13}CPDB - \delta^{13}Cplant) / (1+ \delta^{13}Cplant)$$

Δ: تبعیض ایزوتوپی کربن ۱۳

$\delta^{13}CPDB$: ارزش دلتا کربن ۱۳ در استاندارد کربناتی فسیل دریایی (PDB)

$\delta^{13}Cplant$: ارزش دلتا کربن ۱۳ در نمونه گیاه

برای مقایسه اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر پتانسیل عملکرد در شرایط دیم و تنش رطوبتی، تجزیه واریانس عملکرد بر مبنای عملکرد ارقام شاهد در طرح بلوک‌های کامل تصادفی حجیم شده انجام و از خطای آزمایشی برآورد شده جهت مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های فاقد تکرار استفاده شد. برای بررسی ارتباط بین صفات همبستگی خطی پیرسون بین صفات مورد ارزیابی محاسبه گردید.

نتایج و بحث

ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم در شرایط دیم و تنش رطوبتی تنوع مطلوبی را از نظر صفات مختلف زراعی، موفولوژیک و فیزیولوژیک برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر نشان داد (جدول ۲). وجود تنوع کافی از ضروریات موفقیت در گزینش ارقام برتر و مطلوب بشمار می‌آید (عزیزی نیا و همکاران ۱۳۸۴). در طرح بلوک‌های کامل حجیم شده ابتدا با محاسبه ضرایب تصحیح عملکرد برای هر بلوک، عملکرد ژنوتیپ‌ها در هریک از بلوک‌های آزمایشی تصحیح گردید (جدول ۳). تجزیه واریانس عملکرد تیمارهای شاهد بر مبنای طرح بلوک کامل تصادفی و محاسبه اشتباه آزمایشی برای عملکرد ارقام شاهد برآوردی از اشتباه آزمایشی فراهم نمود که در نتیجه آن امکان مقایسات میانگین عملکرد سایر ژنوتیپ‌ها فراهم شد (جدول ۴). کمیت حداقل اختلاف معنی‌دار LSI برای انجام مقایسه میانگین لاین‌های مورد ارزیابی نسبت به رقم شاهد آذر ۲ محاسبه گردید (جدول ۵).

عملکرد دانه از فاکتورهای مهم برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر محسوب می گردد که از این نظر ارقام شاهد آذر۲، اوحدی، رصد و هما به ترتیب دارای میانگین عملکرد ۳۲۰۷، ۲۹۳۴، ۲۵۸۹ و ۲۹۷۶ کیلوگرم در هکتار بودند. لاین شماره ۴۲ با عملکردی برابر ۱۲۸۳ کیلوگرم در هکتار و لاین شماره ۴۹ با عملکرد ۴۲۳۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب کمترین و بیشترین تولید دانه را در بین

1- Isotopic Ratio Mass Spectrometer (IRMS)
2- Pee Dee Belemnite

ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی به خود اختصاص دادند. بالاترین رکورد عملکرد در کرت‌های آزمایشی متعلق به رقم شاهد آذر۲ بود که عملکردی معادل با ۴۶۵۰ کیلوگرم در هکتار داشت. مقایسه میانگین عملکرد لاین‌های مورد ارزیابی با رقم شاهد آذر۲ نشان داد که در مجموع ۱۲۸ لاین اختلاف عملکرد معنی داری با رقم شاهد آذر۲ نداشتند و در گروه مشابهی قرار گرفتند. تعداد ۵۷ لاین با اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار ($p\leq0.51$) و ۱۲ لاین با اختلا ف معنی‌دار و معنی‌دار ($p\leq0.01$) عملکرد کمتری را نسبت به شاهد آذر۲ تولید نمودند. همچنین لاین های شماره ۴۹ و ۱۷۷ به ترتیب با تولید عملکردی معادل ۴۲۷۸ و ۴۰۸۶ کیلوگرم در هکتار برتری معنی‌داری و معنی‌دار ($p\leq0.05$) را نسبت به رقم شاهد آذر۲ نشان دادند (جدول ۵).

جدول ۲- جدول آمار توصیفی صفات ارزیابی شده در ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط تنش رطوبتی

متغیرها	تعداد	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف از استاندارد
تعداد روز تا سنبله دهی	۲۰۰	۱۵۲	۱۶۷	۱۵۹/۹۱	۳/۱۹
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	۲۰۰	۱۸۸	۲۰۱	۱۹۴/۱۵	۲/۹۴
ارتفاع بوته (سانتی متر)	۲۰۰	۵۷	۱۰۶	۸۱/۸۳	۱۰/۷۱
شاخص برداشت (٪)	۱۹۹	۱۵	۴۰	۲۸/۸۹	۵/۰۷
وزن هزار دانه (گرم)	۲۰۰	۲۳	۴۶	۳۶/۲۶	۵/۳۵
عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	۲۰۰	۱۲۸۳	۴۶۵۰	۲۵۶۰/۶۴	۵۶۲/۵۳
تبعیض ایزوتوپی کربن ۱۳	۱۹۸	-۸	۱۰/۴	۰/۱۲	۰/۱۲

جدول ۳- ضرایب تصحیح عملکرد در بلوک‌های آزمایشی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی حجیم شده

Checks	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}	میانگین شاهد
Azar2	۲۷۴۳	۳۳۴۳	۳۰۰۰	۲۸۲۳	۳۴۳۷	۳۳۴۴	3071	۴۶۵۰	۲۵۲۴	۲۱۳۸	۳۲۰۷
Ohadi	۲۷۵۳	۳۱۵۳	۳۰۵۷	۳۵۷۸	۳۱۷۰	۲۹۵۵	۱۸۲۲	۳۳۹۲	۲۶۳۳	۲۸۲۳	۲۹۳۴
Rasad	۲۶۳۷	۲۰۲۰	۲۹۶۷	۲۸۶۷	۲۳۰۰	۳۰۱۰	۲۰۷۳	۳۴۲۷	۲۳۲۷	۲۲۶۰	۲۵۸۹
Homa	۲۳۸۰	۲۶۸۳	۲۴۹۰	۳۴۷۰	۳۴۸۷	۲۷۶۰	۳۴۰۳	۴۱۴۴	۲۰۷۹	۲۸۶۳	۲۹۷۶
میانگین	۲۶۲۸	۲۸۰۰	۲۸۷۹	۳۴۳۵	۳۰۹۸	۳۰۱۷	۲۵۹۳	۳۹۰۴	۲۳۹۱	۲۵۲۱	۲۹۲۷
ضریب تصحیح بلوک	-۲۹۸	-۱۲۷	-۴۸	۵۰۸	۱۷۲	۹۱	-۳۳۴	۹۷۷	-۵۳۶	-۴۰۵	

a_i ضریب تصحیح عملکرد برای هر بلوک $\quad a_i = \bar{X}_i - \bar{\bar{X}}$

$\bar{X}_i$ میانگین شاهدها در بلوک i $\quad \hat{Y}_{ij} = Y_{ij} - a_i$

$\bar{\bar{X}}$ میانگین کل شاهدها $\quad \hat{Y}_{ij}$ عملکرد تصحیح شده هر ژنوتیپ $\quad Y_{ij}$ عملکرد مشاهده شده هر ژنوتیپ

جدول۴- تجزیه واریانس عملکرد ارقام شاهد در قالب طرح بلوک های کامل حجیم شده

منابع تغییر	درجات آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	کمیت F
تکرار	۹	۷۶۸۳۶۶۶.۰۲	۹۸۳۷۴۰.۶۶۹	۵.۲۲**
ژنوتیپ تکرار شده	۳	۱۹۵۳۸۲۱.۰۷	۶۵۱۲۷۳.۶۹۲	۳.۹۸**
خطای آزمایش	۲۷	۴۴۱۶۳۴۸.۶۸	۱۶۳۵۶۸.۴۶۹	
اثرات غیر افزایشی	۱	۴۲۹۸۲۳.۶۴	۴۲۹۸۲۳.۶۴۴	۲.۸۰ ns
خطا	۲۶	۳۹۸۶۵۲۵.۰۳	۱۵۳۳۲۷.۸۸۶	

ns عدم وجود اختلاف معنی دار ،* , ** به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱درصد

جدول۵- جدول محاسبه خطای معیار و حداقل اختلاف معنی دار برای مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ های فاقد تکرار با میانگین ارقام شاهد

محاسبه s_{vc}	$s_{vc}=\sqrt{(r+1)(c+1)MSE\ I\ rc}$	$S_{vc}=\sqrt{(10+1)(4+1)163568.469/10*4=474}$
محاسبه LSI	$LSI= t_{\alpha}\ s_{vc}$	$LSI= t_{\alpha}\ s_{vc}=(1.703)(474)=808$
		$t_{\alpha=0.05}\ , df_e = 27$

r = تعداد تکرار ، c = تعداد شاهد

ارقام شاهد	میانگین عملکرد	کمیت LSI	حداقل عملکرد با اختلاف معنی دار نسبت به شاهد
آذر۲	۳۲۰۷	۸۰۸	۴۰۱۵
اوحدی	۲۹۳۴	۸۰۸	۳۷۴۱
رصد	۲۵۸۹	۸۰۸	۳۳۹۶
هما	۲۹۷۶	۸۰۸	۳۷۸۴

مطالعات نشان داده است که اختلاف در حساسیت ارقام گندم به خشکی در مراحل مختلف رشد و نمو می‌تواند به تفاوت در عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط خشکی منجر شود. اینگونه مطالعات تعداد دانه در سنبله و درصد پنجه‌های نابارور را از مهم‌ترین عوامل مؤثر در عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی گزارش نمودند (Iness and Blackwell,1981).

تنش خشکی علاوه بر تاثیر منفی بر روی صفات مهمی چون عملکرد دانه، اجزای عملکرد، شاخص برداشت، همچنین مراحل رشدی فنولوژیک گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Robertson and Giunta,1994; Golabadi *et al*., 2005: Bagheri and heidari Sharit Abad, 2007). در این بررسی همبستگی مثبت و معنی‌داری ($p\leq0.01$) بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته (r=۰/۳۱)، شاخص برداشت (r=۰/۳۵) و وزن هزاردانه (r=۰/۴۹) مشاهده گردید. همچنین عملکرد دانه از همبستگی قوی معنی‌دار و معنی‌دار ($p\leq0.01$) اما منفی با مراحل رشدی فنولوژیک یعنی تعداد روز تا ظهور سنبله (r=۰/۳۸) و

تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (r=۰/۲۱) برخوردار بود (جدول ۶).

افزایش بهینه ارتفاع گیاه به عنوان عامل مهم در گسترش سطح اندام‌های فتوسنتز کننده نقش بسیار مهمی در بهبود عملکرد اقتصادی آن از طریق مکانیسم انتقال مجدد در مرحله زایشی و اختصاص سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی به دانه می‌شود (Shutz and Fangmeier, 2001; Deng, 2014). پژوهشگران معتقدند، این عمل باعث افزایش تعداد روزنه‌ها و افزایش میزان تعرق و کاهش نسبی دما در سایه‌انداز جامعه گیاهی می‌شود که این امر اهمیت زیادی در شرایط دیم به ویژه در مرحله زایشی و پر شدن دانه در مقایسه با شرایط آبی دارد (Ayeneh *et al*., 2002). فیضی اصل و همکاران (۲۰۱۰) نیز وجود رابطه مثبت و معنی‌داری را بین ارتفاع بوته گندم دیم تا ۱۲۰ سانتی‌متری با عملکرد دانه آن در مناطق سرد و نیمه سرد کشور گزارش کرده‌اند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (Feiziasl *et al*., 2010). چگونگی ارتباط بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته، شاخص برداشت، وزن هزاردانه و تعداد روز تا ظهور سنبله در شکل ۱ به نمایش درآمده است.

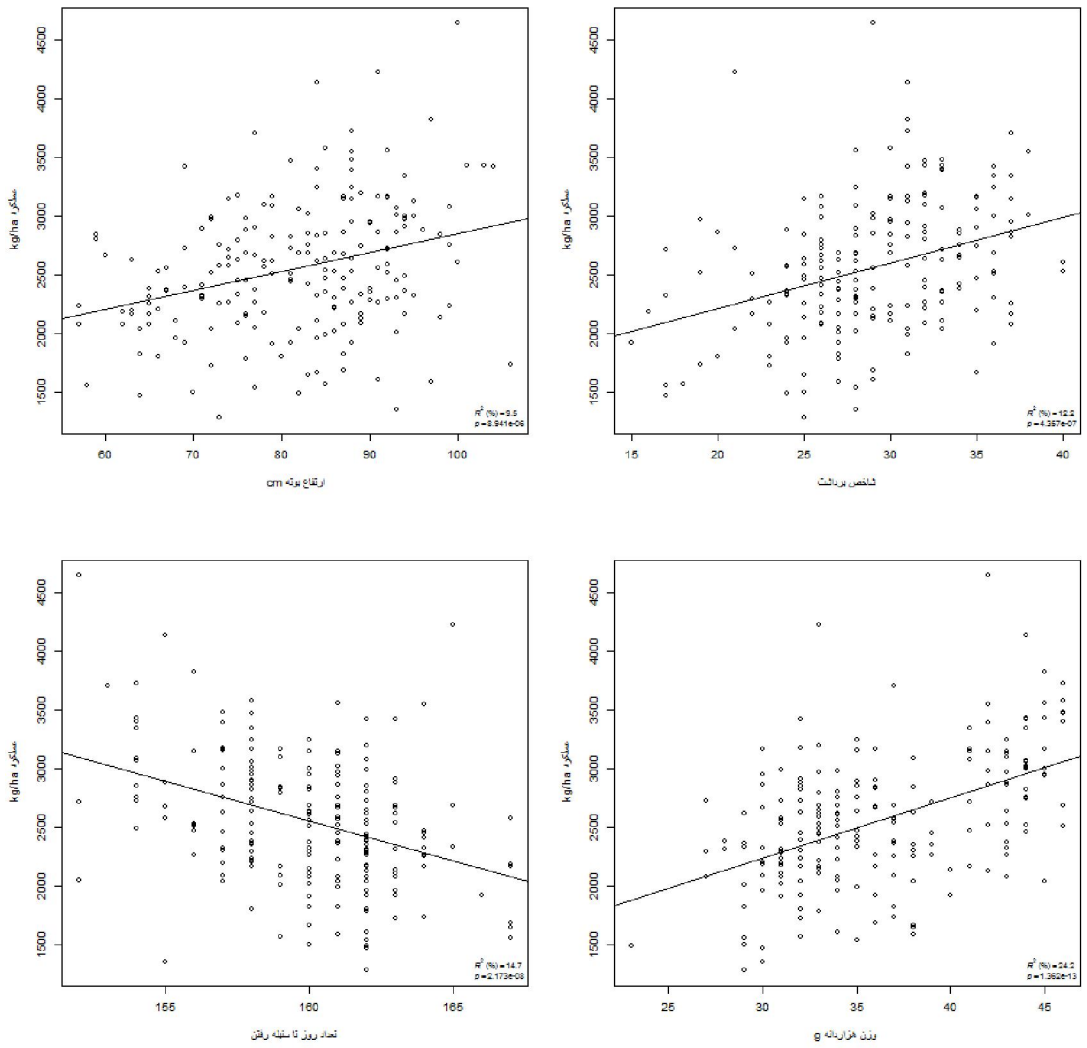
جدول ۶- همبستگی بین صفات ارزیابی شده در ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط تنش رطوبتی.

	تعداد روز تا سنبله دهی	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته	شاخص برداشت	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
تعداد روز تا رسیدگی	۰/۵۵**					
ارتفاع بوته	-۰/۲۸۲**	-۰/۰۴ns				
شاخص برداشت	-۰/۳۴**	-۰/۳۸**	۰/۲۲**			
وزن هزار دانه	-۰/۳۴**	-۰/۱۲ns	۰/۴۸**	۰/۴۰**		
عملکرد دانه	-۰/۳۸**	-۰/۲۱**	۰/۳۱**	۰/۳۵**	۰/۴۹**	
تبعیض ایزوتوپی کربن ۱۳	۰/۰۵ns	-۰/۰۸ns	۰/۰۹	۰/۰۱ns	۰/۰۴ns	-۰/۲۰**

ارتفاع بوته در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تنوع زیادی نشان داد، بطوریکه با دامنه‌ای از ۵۷ الی ۱۰۶ سانتی‌متر از انحراف معیار بالائی برخوردار بود. متوسط ارتفاع برای ارقام شاهد آذر۲، اوحدی، رصد و هما به ترتیب ۹۵/۲ ، ۸۵/۶ ، ۹۱/۴ و ۸۴/۷ سانتی‌متر بود. ارتفاع بوته از خصوصیات مورفولوژیک گیاه است که ارتباط آن با حرکت و جابجائی کربوهیدرات‌ها به ویژه در شرایط تنش‌های رطوبتی و حرارتی شناخته شده است (Blum *et al*., 1989). در پژوهش حاضر همبستگی قوی مثبت و معنی‌دار ($p\leq0.01$) بین ارتفاع بوته با وزن هزاردانه ($r = ۰/۴۸$) و عملکرد دانه ($r = ۰/۳۱$) و همچنین همبستگی منفی و معنی‌دار ($p\leq0.01$) بین ارتفاع بوته با تعداد روز تا ظهور سنبله ($r = - ۰/۲۸۲$) مشاهده گردید. این یافته‌ها نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی، ژنوتیپ‌هایی با ارتفاع بالاتر دارای وزن هزاردانه و در نتیجه عملکرد دانه بیشتری در مقایسه با ارقام پاکوتاه بوده‌اند. در مقابل، ارقام و لاین‌های

دیررس دارای ارتفاع بوته کوتاهتری بوده و عملکرد دانه کمتری را نیز در مقایسه با لاین‌های زودرس تولید نموده‌اند (جدول ۵). با توجه به نقش مهم و مستقیم ارتفاع بوته در افزایش اندام‌های فتوسنتز کننده گیاه و همچنین منابع ذخیره‌ای و حرکت و جابجائی کربوهیدرات‌ها به ویژه در گندم‌های پابلند و از سوی دیگر اهمیت این ذخایر در پر شدن دانه و افزایش وزن هزاردانه گیاه از طریق مکانیسم انتقال مجدد در شرایط تنش‌های رطوبتی و حرارتی، این یافته مورد انتظار بود (Quarrie *et al*., 1999).

پژوهشگران دیگری نیز رابطه مثبت بین ارتفاع بوته با وزن هزاردانه و عملکرد دانه گندم دیم را گزارش نموده‌اند. اهمیت ارتفاع بوته در گزینش ارقام مناسب برای شرایط دیم در حدی است که تعدادی از اصلاحگران از این صفت به عنوان یکی از مهمترین صفات گزینش ارقام مناسب برای شرایط دیم نام برده‌اند و همچنین آن را از صفات مهم گندم دیم جهت پیش‌بینی عملکرد دانه مطرح نموده‌اند (Girma *et al*., 2006).



شکل۱- ارتباط عملکرد دانه با ارتفاع بوته، شاخص برداشت، وزن هزاردانه و تعداد روز تاسنبله رفتن در ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی تحت شرایط دیم

از نظر صفات فنولوژیک در بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی تعداد روز تا سنبله دهی از ۱۵۲ الی ۱۶۵ روز و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک از ۱۸۸ تا ۲۰۱ روز متغییر بود. تعداد روز تا ظهور سنبله در ارقام شاهد آذر۲، اوحدی، رصد و هما به ترتیب ۱۵۷، ۱۵۸، ۱۶۰ و ۱۵۷ روز بود. براساس نتایج آمار توصیفی میزان انحراف استاندارد این صفت برابر۱۰/۷۱ روز بود که بیانگر تنوع فنوتیپی مناسب برای آن است (جدول ۲). در بین لاین‌های مورد بررسی، ۱۶ لاین با تعداد روز تا ظهور سنبله کمتر از ۱۵۷ روز، نسبت به ارقام شاهد سریعتر وارد این مرحله شده از زودرسی بهتری برخوردار بودند. تعداد ۷ لاین طولانی‌ترین زمان را برای ظهور سنبله داشتند. ارقام شاهد آذر۲، اوحدی، رصد و هما به ترتیب پس از ۱۹۳، ۱۹۳، ۱۹۴ و ۱۹۴ روز وارد مرحله رسیدگی فیزیولوژیک شدند. ضرایب همبستگی خطی بین صفات نشان داد که مراحل فنولوژیک تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک از همبستگی قوی مثبت r = ۰/۵۵ و معنی‌داری ($p\leq$ 0.01) برخوردارند (جدول-۶). این یافته نشان می‌دهد که در ژنوتیپ‌های دیررس ظهور سنبله نیز دیرتر از ژنوتیپ‌های زودرس اتفاق می‌افتد. همبستگی قوی و مثبت بین صفات فنولوژیک تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک مبین این نکته است که مشاهده دقیق زمان ظهور سنبله و تعداد روز تا ظهور سنبله می‌تواند معیار مناسبی را برای قضاوت در مورد زودرسی یا دیررسی ارقام فراهم نماید. از سوی دیگر، همبستگی منفی بین مراحل فنولوژیک یادشده با سایر صفات مهم گیاهی (جدول ۶) نشان داد که ارقام دیررس بطور کلی از ارتفاع بوته، شاخص برداشت، وزن هزاردانه و عملکرد دانه کمتری نیز برخوردار بوده‌اند. ژنوتیپ‌های زودرس به دلیل مکانیزم فرار از تنش‌های رطوبتی و حرارتی اواخر دوره رشد گندم دیم، عملکرد بیشتری را در مقایسه با ارقام دیررس که با این تنش‌ها مواجه نیستند، تولید می‌نمایند (Najafian *et al*., 2011; Khan *et al*., 2015). همبستگی منفی بین تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف گندم را در شرایط دیم محمدی و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کرده است که نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر را تائید می‌نماید (Mohammadi *et al*., 2010). این در حالی است که صادق زاده و علیزاده (۲۰۰۵) در مطالعه خود بر روی ارقام گندم دوروم، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با عملکرد دانه را گزارش نموده‌اند (Sadeghzadeh and Alizadeh. 2005).

وزن هزاردانه ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از ۲۳ الی ۴۶ گرم متغیر بود. ارقام شاهد آذر۲، اوحدی، رصد و هما به ترتیب از وزن هزاردانه ۴۳/۳ ، ۴۲/۵، ۴۱/۴ و ۴۰/۵ گرم برخوردار بودند. در بین لاین‌های مورد ارزیابی به غیر از ارقام شاهد لاین شماره ۳۹ با وزن هزاردانه ۲۳ گرم و لاین شماره ۱۸۶ با وزن هزاردانه ۴۶ گرم به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار وزن هزاردانه را به خود اختصاص دادند. در مجموع تعداد ۹ لاین وزن هزاردانه بیش از ۴۴ گرم داشته و در مرتبه بالاتر از میانگین شاهدها قرار گرفتند. در این بررسی وزن هزاردانه به عنوان یکی از اجزای عملکرد دانه همبستگی مثبت (r = ۰/۴۹) و معنی داری ($p\leq0.01$) را با عملکرد دانه نشان داد (جدول-۶). در

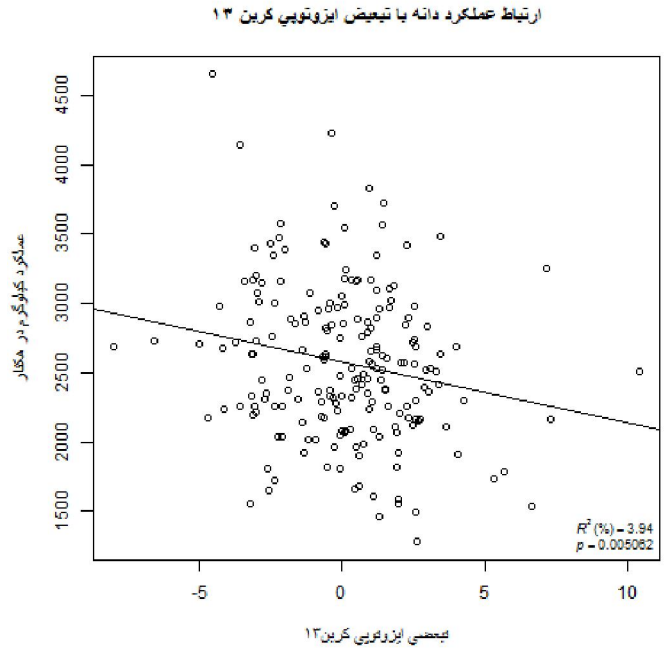
مطالعه ارقام گندم نان و دوروم نیز وجود همبستگی مثبت بین عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه گزارش گردیده است (Duggan *et al*., 2000; Mohammadi *et al*., 2011). این در حالی است که برخی پژوهش‌های انجام گرفته وجود همبستگی منفی و یا غیرمعنی‌داری را بین وزن هزاردانه با عملکرد دانه گندم نان و دوروم در شرایط دیم گزارش کرده‌اند (Sadeghzadeh and Alizadeh, 2005; Mohammadi *et al*., 2011; Abderrahmane *et al*., 2013). نتایج متناقض فوق مبین این نکته است که تغییرات عملکرد دانه گندم نان در شرایط دیم به عواملی غیر از وزن هزار دانه نیز وابسته می‌باشد که در این میان تعداد سنبله در واحد سطح از اهمیت زیادی برخوردار است (Ahmadizadeh, 1998; Mohammadi Gonbad *et al*.,2010; Saeedi Shakileh *et al*., 2012).

شاخص برداشت به عنوان یکی از صفات مهم نشان دهنده پتانسیل ژنوتیپ‌های گندم در انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های مهم و اقتصادی گیاه، در شرایط تنش مورد ارزیابی قرار گرفت. میانگین شاخص برداشت برای ارقام شاهد آذر۲، اوحدی، رصد و هما به ترتیب ۳۲/۱، ۳۲/۳، ۳۱/۵ و ۳۱/۷ درصد بود. شاخص برداشت در بین لاین‌های مورد بررسی از ۱۵ تا حداکثر ۴۰ درصد متغیر بود. در مجموع تعداد ۳۱ لاین از نظر شاخص برداشت نسبت به ارقام شاهد برتری نشان دادند. در این تحقیق شاخص برداشت ژنوتیپ‌های گندم در شرایط دیم همبستگی مثبت و معنی‌داری را با ارتفاع بوته (r = ۰/۲۲)، عملکرد دانه (r = ۰/۳۵) و وزن هزاردانه (r = ۰/۴۰) نشان داد که همگی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول۶). بنا به نظر نادری (۱۳۷۹) دو صفت عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت از مهم ترین اجزای توجیه کننده تغییرات وزنی دانه در شرایط تنش رطوبتی بشمار می‌روند.

در این بررسی مقادیر متوسط Δ در اندازه‌گیری تبعیض ایزوتوپی کربن ۱۳ برای ارقام شاهد آذر۲، هما، اوحدی و رصد به ترتیب ۰/۴۷ -، ۰/۲۲ -، ۰/۲ - و ۰/۷۹ – به دست آمد که نشانگر مقادیر منفی Δ برای ارقام معرفی شده و متحمل به تنش خشکی در شرایط دیم می‌باشد (جدول ۲). اقبال و همکاران (۲۰۰۵) نیز در مطالعه خود تبعیض ایزوتوپی کربن ۱۳ را از ٪۲۶/۰۳- تا ٪۲۸/۹۶- متغیر گزارش کردند و اعلام نمودند که رابطه منفی‌تر مؤید استفاده سودمندتر از منابع آب می‌باشد. بر این اساس می‌توان استنباط نمود که کارایی استفاده از آب در رقم رصد بیشتر از آذر۲ و در آذر۲ بیشتر از ارقام هما و اوحدی می‌باشد. فیضی اصل و همکاران (۱۳۹۳ب) در مطالعه مقاومت به تنش خشکی و کارایی استفاده از آب در ارقام آذر۲، اوحدی و رصد به همراه تعدادی لاین دیگر نشان دادند که رقم رصد بیشترین مقاومت به تنش خشکی را در بین ارقام مورد بررسی داشته است. در مطالعه آنها رقم اوحدی نامطلوبترین و آذر۲ وضعیت بینابینی را از این لحاظ به خود اختصاص داده است. یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر نیز موید بیشترین تحمل تنش خشکی در رقم رصد بوده و از این نظر ارقام آذر۲ و اوحدی به ترتیب در مرتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند.

همبستگی خطی محاسبه شده بین مقادیر Δ اندازه‌گیری شده در نمونه‌های بذری برداشت شده از کرت‌های آزمایشی با دیگر صفات وجود ارتباط معنی‌داری را بین میزان تبعیض ایزوتوپی کربن ۱۳ و

صفات فنولوژیک یا مورفولوژیک نشان نداد. از سوی دیگر، اگرچه بین Δ و صفات مهمی نظیر شاخص برداشت و وزن هزار دانه ارتباط معنی‌داری در پژوهش حاضر بدست نیامد اما میزان تبعیض ایزوتوپی کربن ۱۳ همبستگی منفی (r = - ۰/۲۰) و معنی‌داری ($p\leq0.01$) را با عملکرد دانه در شرایط دیم به نمایش گذاشت که می‌تواند نشان دهنده مفید بودن بهره‌برداری از شاخص Δ در شناسائی و معرفی ارقام گندم با کارائی مصرف آب بالا در شرایط دیم محسوب گردد (جدول ۶). ارتباط بین تبعیض ایزوتوپی کربن ۱۳ با عملکرد دانه در شرایط دیم در شکل ۲ به نمایش درآمده است. نتایج پژوهش‌های انجام گرفته نشان می‌دهد، با استفاده از تبعیض ایزوتوپی کربن۱۳ می‌توان کارائی مصرف آب (WUE) و همچنین میزان عملکرد تولیدی را به ویژه در شرایط تنش رطوبتی پیش‌بینی نمود (کیردا و همکاران، ۱۹۹۲). وجود یک رابطه منفی بین Δ و ماده خشک و همچنین بین Δ و عملکرد دانه در مطالعات گلدانی (Richards, 1996) و آزمایشات مزارع نواحی مدیترانه‌ای با میزان بارندگی بسیار کم نیز تائید گردیده است (Voltas *et al*., 1999). علاوه بر این، گزارشات مشابهی در مورد گندم و دیگر غلات کشت شده در نواحی کم آب مانند کمربند گندم استرالیای شمالی نیز منتشر شده است (Richards *et al*., 2002). گزارشات فوق در انطباق با یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر وجود همبستگی منفی بین مقادیر Δ تبعیض ایزوتوپی کربن ۱۳ و عملکرد دانه می‌باشد و نشان می‌دهد که اصلاحگران نباتات می‌توانند از شاخص تبعیض ایزوتوپی کربن ۱۳ به عنوان ابزار کمکی کارآمد در شناسایی ارقام مقاوم به تنش‌های محیطی با کارایی بالای مصرف آب، بدون نیاز به نمونه‌گیری‌های تخریبی استفاده نمایند.



شکل۲- ارتباط عملکرد دانه با میزان تبعیض ایزوتوپی کربن در ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی تحت شرایط دیم

لازم به ذکر است که در خصوص ارتباط شاخص برداشت و وزن هزاردانه با تبعض ایزوتوپی کربن ۱۳ نظرات ضد و نقیضی در منابع وجود دارد. به عنوان مثال اهدائی (۱۹۹۵) در آزمایشات مزرعه‌ای که در شرایط نرمال انجام شده بود، همبستگی معنی‌داری را بین شاخص برداشت و وزن هزاردانه با Δ مشاهده نکرد (Ehdaie, 1995). این درحالی است که ربرتزکه و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط دیم ارتباط منفی و معنی‌داری را بین Δ و شاخص برداشت گزارش نمودند (Rebetzke *et al*., 2002) که نتایج به دست آمده از تحقیقات اهدایی (۱۹۹۵) با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. یکی از مهمترین دلایل این اختلاف نظر، شرایط اجرای آزمایش از نظر میزان شدت تنش رطوبتی موجود می‌باشد. از سوی دیگر در شرایط محیطی با میزان تنش متوسط و ملایم اثرات مثبت کارایی تعرق بالاتر احتمالا تحت تاثیر مصرف آب و مقادیر تعرق بیشتر قرار می‌گیرد. بدین ترتیب ژنوتیپ‌هایی که از آب بیشتری استفاده می‌کنند نسبت به ژنوتیپ‌هایی که آب کمتری را مورد استفاده قرار می‌دهند روزنه‌های خود را به مدت بیشتری باز نگه داشته و بنابراین تبعیض ایزوتوپی کربن بیشتری علیه ^{13}C اعمال می‌کنند و در نتیجه فتوسنتز بیشتری انجام داده و در نهایت عملکرد دانه بالاتری را نیز تولید می‌کنند. به عبارت دیگر با بهبود شرایط رشدی به این دلیل که Δ به طور غیر مستقیم علاوه بر کارایی تعرق میزان آب مصرفی را نیز نشان می‌دهد، بنابراین روابط مثبتی بین Δ و عملکرد دانه برقرار می‌گردد (Richards, 1996). اما در شرایط تنش رطوبتی که گیاهان آب را به صورت محافظه کارانه مصرف می نمایند و روزنه ها را در طول روز و هنگام ظهر می بندند و در صبح یا عصر باز می کنند میزان Δ کاهش یافته و باعث افزایش راندمان مصرف آب و حتی عملکرد دانه می گردد. به عبارت دیگر ژنوتیپهایی که تحت شرایط وقوع تنش خشکی Δ کمتری دارند عملکرد بیشتر و راندمان مصرف آب بیشتری نسبت به ژنوتیپهایی خواهند داشت که Δ بیشتری دارند (خزائی و همکاران، ۱۳۸۹). به همین دلیل است که برخی از فیزیولوژیست ها عکس العمل روزنه ها به درجه حرارت و تنش خشکی و کاهش یا نقصان فعالیت آنها در مواقعی از روز که درجه حرارت و تنش خشکی بالاست را یکی از راهبردهای مهم گیاه در جلوگیری از به هدر رفت آب می‌دانند که این امر خود باعث افزایش راندمان مصرف آب و کاهش Δ می‌گردد (Mohammady *et al.,* 2005).

نتیجه گیری نهایی

کمبود آب و تنش رطوبتی از عوامل مهم محدود کننده تولید و کیفیت محصولات کشاورزی بشمار می‌رود (Chandler and Bartels, 2003). اثرات تنش خشکی مجموعه‌ای پیچیده از رویدادهای فیزیکی و شیمیائی را شامل می‌گردد که شکل‌گیری و فعالیت بخش بزرگی از مولکول‌های زیستی نظیر اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، اسیدهای چرب، هورمون‌ها، یون‌ها و مواد مغذی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Chaves, *et al*., 2003; Dhanda *et al*., 2004). نبود شناخت کافی از فرایندها و مکانیزم‌های فیزیولوژیکی درگیر در واکنش گیاه به تنش رطوبتی از دلایل کندی پیشرفت در زمینه مطالعات تنش رطوبتی بشمار می‌رود

(Scandalios, 1993). تنش رطوبتی با تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن در طی فتوسنتز (Taylor *et al*., 2003) که با مولکول‌های حیاتی از جمله چربی‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک ترکیب می‌شوند به این مولکول‌های حیاتی آسیب می‌رساند (Quiles and Lopez, 2004). مطالعات متعدد در سال‌های اخیر نشان داده است که تنش خشکی بر روی غشا سلولی و اندامک‌هائی چون میتوکندری و کلروپلاست اثر منفی گذاشته (Candan and Tarhan, 2003) و این امر به تراوش محتویات درون سلولی به خارج از سلول منجر می‌گردد (Karabal *et al*., 2003). ارتقاء سطح تحمل خشکی در گیاهان تحت شرایط متغیر محیطی بسیار دشوار است. از طرفی در حال حاضر تکنولوژی که از نظر اقتصادی باصرفه بوده و بتواند تولید محصولات کشاورزی تحت شرایط خشکی را بهبود بخشد در دسترس نیست. با این وجود، اصلاح و معرفی گیاهان متحمل به تنش خشکی گزینه‌ای امید بخش بشمار می‌رود که می‌تواند در تامین نیاز روزافزون به مواد غذائی در دنیا موثر واقع گردد.

این تحقیق نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از تنوع ژنتیکی قابل توجهی برای صفات فنولوژیک، ارتفاع بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و نیز تبعیض ایزوتوپی کربن ۱۳ برخوردار بودند. یافته‌های ما روشن کرد که در شرایط تنش رطوبتی ژنوتیپ‌های دیررس از ارتفاع بوته، شاخص برداشت، وزن هزاردانه و عملکرد دانه پائین‌تری نیز برخوردار هستند. تبعیض ایزوتوپی کربن ۱۳ اندازه گیری شده در نمونه‌های بذری همبستگی منفی معنی‌داری را با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش رطوبتی نشان داد. با توجه به اقدامات اخیر انجام شده در خصوص راه‌اندازی آزمایشگاه آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار در کشور و بومی‌سازی روش اندازه‌گیری تبعیض ایزوتوپی کربن-۱۳ در پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای (سازمان انرژی اتمی ایران)، اندازه‌گیری تبعیض ایزوتوپی کربن ۱۳ می‌تواند بطور بالقوه به عنوان شاخصی در شناسائی و معرفی ارقام گندم با کارائی مصرف آب بالا در شرایط دیم مطرح گردد. با این وجود، توصیه استفاده روتین از این شاخص به ویژه در شرایط دیم مستلزم انجام مطالعات تکمیلی بر روی تعداد بیشتری از ژنوتیپ‌های گندم به ویژه در محیط‌های مختلف با درجات متفاوتی از تنش رطوبتی می‌باشد.

منابع

اهدایی بهمن، نورمحمدی قنبر، والا علی. ۱۳۷۳. حساسیت محیطی و تجزیه همبستگی عملکرد دانه و اجزاء آن در ژنوتیپ های تتراپلوئید خوزستان در شرایط مساعد و نامساعد محیطی. مجله علمی کشاورزی، شهید چمران اهواز، ۱۷: ۳۱ -۱۵

خزائی حمید. ۱۳۸۹. ارتباط بین تبعیض در جذب ایزوتوپ کربن((Δ، عملکرد دانه و ماده خشک تولیدی در گندم دوروم، نشریه زراعت، ۸۶: ۲۷- ۲۰

حکیمی منصور. ۱۳۶۸. مطالعات خاکشناسی اجمالی منطقه هشترود – استان آذربایجان‌شرقی. انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی، شماره ۷۶۷، صفحه ۸۰.

سید قیاسی میرفتاح. ۱۳۷۰. مطالعات خاکشناسی تفصیلی اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه، مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجانشرقی، صفحه ۲۷

فیضی اصل ولی، فتوت امیر، آستارایی علیرضا، لکزیان امیر، موسوی سید بهمن. ۱۳۹۳ب. اثر مصرف بهینه نیتروژن در کاهش اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه برخی ژنوتیپ‌های گندم نان دیم، مجله به‌زراعی نهال و بذر، ۳۰ (۲): ۱۹۸-۱۶۹

عزیزی نیا شیوا. قنادها محمدرضا، زالی عباسعلی، یزدی صمدی بهمن، احمدی علی. ۱۳۸۴. بررسی و ارزیابی صفات کمی مرتبط با مقاومت به خشکی در ژنوتیپ های مصنوعی گندم دردو شرایط آبی و دیم، مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۶ (۲) : ۲۹۳- ۲۸۱

نادری احمد، هاشمی دزفولی سید ابولحسن، مجیدی هروان اسلام. ۱۳۷۹. مطالعه همبستگی صفات مؤثر بر وزن دانه و تعیین اثر برخی پارامترهای فیزیولوژیک بر عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم بهاره در شرایط مطلوب و تنش خشکی. مجله نهال و بذر، ۱۶(۳) : ۳۷۴- ۳۸۵

Abderrahmane H, El Abidine FZ, Hamenna B, Ammar B. 2013. Correlation, Path Analysis and Stepwise Regression in Durum Wheat (Triticum Durum Desf.) under Rainfed Conditions. Journal of Agriculture and Sustainability. 3(2): 122-131

Ahmadzadeh A. 1998. Evaluation of lines derived from masses of spring wheat native for East Azerbaijan in terms of tolerance against drought. M. Sc. thesis on Plant Breeding. Islamic Azad University. Ardabil Branch. Iran

Araus JL, Villegas D, Aparicio N, Carcia del moral LF, EL Hani S, Rharrabti Y, Ferrio JP, Royo C. 2003. Environmental Factors determining Carbon isotope discrimination on yield in durum wheat under Mediterraean conditions, Crop Sci, 43: 170- 180

Ayeneh A, Van Ginkel M, Reynolds MP, Ammar K. 2002. Comparison of leaf, spike, peduncle, and canopy temperature depression in wheat under heat stress. Field Crops Research. 79: 173–184

Bagheri A, Heidari Sharif Abad H. 2007. Effect of drought and salt stresses on yield components and ion content of Hullless barley (*Hordeum sativum* L.). Journal of New Agricultural science. 3 (7):3-11

Blum A, Shpiler L, Golan A, Mayer J. 1989. Yield Stability and Canopy Temperature of Wheat Genotypes under Drought Stress. Field Crop Res. 22: 286-289.

Braun HJ, Atlin G, Payne T. 2010. Multi-location testing as a tool to identify plant response to global climate change. In: Reynolds, CRP (ed) Climate change and crop production, CABI, London, UK.

Candan N, Tarhan L. 2003. The correlation between antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels in Mentha pulegium organs grown in Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+} and Mn^{2+} stress conditions, Plant Science, 163, 769-779

Chandler JW, Bartels D. 2003. In: Encyclopedia of Water Science. Eds: Stanley, W. Trimble, Stewart B.A. and Howell, T.A. Taylor & Francis. pp. 163– 165

Chaves MM, Maroco J, Pereira J. (2003). Understanding plant responses to drought—from genes to the whole plant. Plant Biol. 30: 239–264

Craig H. 1957. Isotopic standards for carbon and oxygen and correction factors for mass-spectrometric analysis of carbon dioxide. Geochimica et cosmochimica acta. 12(1): 133-149.

Deng XP. 2014. Enhancing drought resistance of plants using wheat as a test crop. Pp 215-231. In: A. Tsunekawa *et al.,*(eds.), Restoration and Development of the Degraded Loess Plateau, China. Springer Verlag, Japan. Pages 280

Dhanda S, Sethi GS, Behl RK. 2004. Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. J. Agron. Crop Sc. 190: 6–12

Duggan, BL, Domitruk DR, Fowler DB. 2000. Yield component variation in winter wheat grown under drought stress. Can. J. Plant Sci. 80: 739–745

Ehdaie B. 1995. Variation in water use efficiency and its components in wheat II, Pot and field experiments, Crop Sci, 35: 1617- 1629

Farquhar GD, Ehleringer JR, Hubick KT. 1989. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. Ann. Rev. plant Physiol. 40: 503-537

Feiziasl V, Jafarzadeh J, Amri A, Ansari Y, Mousavi SB, Ahmadpour Chenar M. 2010. Analysis of yield stability of wheat genotypes using new Crop Properties Balance Index (CPBI) method. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 38(1): 223-228

Girma K, Martin KL, Anderson RH, Arnall DB, Brixey KD, Casillas MA, Chung B, Dobey BC, Kamenidou S, Kariuki SK, Katsalirou EE, Morris JC, Moss JQ, Rohla CT, Sudbury BJ, Tubana BS, Raun WR. 2006. Mid-season prediction of wheat grain yield potential using plant, soil and sensor measurements. Journal of Plant Nutrition. 29:873-897

Golabadi M, Arzani A, Mir Mohamadi SA. 2005.Assesment of effect of drought stress of growth season on yield and morphologic charactors on durum wheat. Journal of Olom va Fonon Keshavarzi va Manabe Tabiei.14:263-267. (In Persian with English abstract).

Goyal A, Prasad R. 2010. Some Important Fungal Diseases and their Impact on wheat Production. In: Arya A, Perelló AEV (eds) Management of fungal plant pathogens. CABI (H ISBN 9781845936037), pp.362

Hafsi M, Monneveux P, Merah O, Djekoune A. 2001. Carbon isotope discrimination and durum wheat yieldsin the Setif high plains of Algeria. Science et changements planetaires. Vol. 12: 37-43.

IAEA. 2001a. Use of isotope and radiation methods in soil and water management and crop nutrition. //training course series 14: 47-52

IAEA. 2001b. Selection for greater agronomic water use efficiency in wheat and rice using carbon isotope discrimination. New FAO/IAEA co-ordinated research project. Soil Newsletter Vol.24.No.1, 23-27

Innes P, Blackwell RD.1981.Effect of morphological and physiological characters on yield and water economy.OF Agric.Sci.camb.96:603-610

Karabal E, Yücel M, Öktem HA. 2003. Antioxidant responses of tolerant and sensitive barley cultivars to boron toxicity, Plant Science, 164, 925-933

Khan Z, Ibrahim M, Ahmad G, Jan M, Ishaq M, Afridi K. 2015. Evaluation of Promising Wheat Advanced Lines for Maturity and Yield Attributes under Rainfed Environment. American-Eurasian J. Agric. and Environ. Sci. 15 (8): 1625-1629

Lefroy RDB, Blair GJ, Conteh A. 1995. Chemical fractionation of soil organic matter and measurement of the rates of residues. In "Soil Organic Matter Management for Sustainable Agriculture." (R.D.B. Lefroy, G. J. Blair, E. T. Craswell, Eds) ACIAR Proceedings, No. 56, ACIARCanberra, ACT., Ubon, Thailand: 149-158

Mohammadi Gonbad RA, Hosseyni SA, Nouri-nia A, Tavakkolu MR, Guchag H. 2010. Investigating relations between yield and yield components in wheat genotypes by path analysis under the conditions of heat stress. 11th Iranian congress on Agronomy and Plant Breeding Sciences. Shahid Beheshti University of Iran. Pp: 882-885

Mohammadi M, Karimizadeh R, Abdipour M. 2011. Evaluation of drought tolerance in bread wheat genotypes under dryland and supplemental irrigation conditions. Australian journal of crop Science. 5(4):487-493

Mohammady DS, Moore K, Ollerenshow J, Shiran B. 2005. Backcross reciprocal monosomic analysis of leaf relative water contenl, stomatal resistance and carbon isotope discrimination in wheat under Pre- anthesis water- stress conditions, Aust. J. Agri. Res, 56: 1069- 1077

Najafian G, Jafarnejad A, Ghandi A, Nikooseresht R. 2011. Adaptive traits related to terminal drought tolerance in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under field conditions. Crop Breeding Journal. 1(1): 55-71

Peng J, Sun D, Nevo E. 2011. Wild emmer wheat, Triticum dicoccoides, occupies a pivotal position in wheat domestication. AJCS 5:1127-1143

Quarrie SA, Stojanovic J, Pekic S. 1999. Improving drought resistance in small-grained cereals : A case study , progress and prospects. Plant growth regulation.

Quiles MJ, Lopez NI. 2004. Photoinhibition of photosystems I and II induced by exposure to high light intensity during oat plant growth: effects on the chloroplast NADH dehydrogenase complex. Plant Sci. 166, 815-823

Rebetzke GJ, Condon AG, Richards RA, Farquhar GD. 2002. Selection for reduced carbon isotope discrimination increases aeriai biomass and grain yield of rainfed bread wheat, Crop SCI, 42: 739- 745.

Richards RA.1996. Defining selection criteria improve yield under drought.plant GrowthRegulation. 20 :157-166

Richards RA, Rebetzke GJ, Condon AG, van Herwaarden AF. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. Crop Sci. 42: 111–121.

Robrtson MJ, Giunta F. 1994. Responses of spring wheat exposed to pre-anthesis water stress.Australian journal of Agricultural Research 45 (1) 19-35

Sadeghzadeh D, Alizadeh, Kh. 2005. Relationship between grain yield and some agronomic characters in durum wheat under cold dryland conditions in Iran. Pak J Biol Sci. 8 (7): 959-962

Saeedi Shakileh M, Yasari E, Foroutan A, Mobasser HR. 2012. Investigation of effects of bread wheat (Triticum aestivum L.) cultivars cultivation in mountainous area of Mazandaran of northern Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 4 (13), 868-872

Scandalios JG. 1993. Oxygen Stress and Superoxide Dismutases. Plant Physiol. 101(1), 7-12

Shutz M, Fangmeier A. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (Trithcum aestivum L. cv. Minaret) to elevated CO_2 and water limitation. Environmental pollution 119: 187-194

Taylor NL, Rudhe C, Hulett JM, Lithgow T, Glaser E. 2003. Environmental Stresses Inhibit and Stimulate Different Protein Import Pathways in Plant Mitochondria. FEBS Letters 547: 125-130

Voltas J, Romagosa I, Lafarga A, Armesto AP, Sombrero A, Araus JL. 1999. Genotype by environment interaction for grain yield and carbon isotope discrimination of barley in Mediterranean Spain. Aust. J. Agric. Res. 50: 1263–1271

Evaluation of wheat genotypes for yield, agronomic traits and ^{13}C discrimination under dryland condition

S. Golkari*[1], M.A. Mousavi Shalmani[2], V. Feiziasl[1]

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

2- Agricultural, Medical and Industrial Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Atomic energy organization, Karaj, Iran

Abstract

Water deficit always has been considered as one of the most limiting factor to agricultural production in Iran, as the country is located in the arid and semi-arid zone. This study aimed to evaluate genetic variation among wheat germplasm for drought tolerance and to determine the possible application of ^{13}C isotope discrimination method in identifying wheat genotypes with higher WUE. A number of 160 wheat lines and cultivars with varying level of drought tolerance were examined in observation plots under augmented randomized complete block design along with 4 check cultivars repeated in all 10 blocks. The experiment was performed at Dryland Agricultural Research Station in Maragheh under rainfed conditions during 2009-10 growing season. Data analysis revealed significant differences among the evaluated genotypes for yield under dryland conditions. Our finding suggested that late-mature genotypes have shorter height and lower harvest index, lower thousand kernel weight, which resulted in less yield under dryland conditions. The findings lead to the identification of 22 superior lines with higher yield and desired agronomic traits compared to the check cultivars. Calculation of linear correlation showed significant negative correlation between Δ and wheat grain yield. Under dryland conditions, genotypes with higher yield had lower ^{13}C isotope discrimination. Grain yield showed a significant and negative correlation with ^{13}C discrimination in wheat grown under dryland conditions. This finding suggest that using ^{13}C discrimination to identify wheat genotypes with higher WUE will be able to yield more under dryland conditions.

Key words: Bread wheat, drought tolerance, Water use efficiency (WUE), ^{13}Cdiscrimination, Delta

* *Corresponding author: s.golkari@areo.ir* *Received: 2016/05/14 Accepted: 2016/08/20*