

بررسی ارتباط فنولوژی با پتانسیل عملکرد و مقاومت به تنش خشکی در برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های زراعی گندم در ایران

نسرین زبلوئی^۱، علی احمدی^{۲*} و مهدی جودی^۳

۱ و ۲. دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

۳. استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۱۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۶/۱)

چکیده

تناسب الگوهای رشدی ارقام گندم مورد کشت در یک منطقه با شرایط آب‌وهوایی منطقه، می‌تواند سبب ارتقای توان تولید عملکرد گیاهان شود. هدف پژوهش حاضر نیز شناخت فنولوژی دامنه گسترده‌ای از ارقام و ژنوتیپ‌های گندم زراعی در ایران و بررسی ارتباط فنولوژی با حفظ پتانسیل عملکرد در شرایط تنش خشکی آخر فصل بود. در همین راستا ۳۶ ژنوتیپ گندم در دو شرایط فاریاب و تنش خشکی در قالب طرح لاتیس ساده با سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ بررسی شدند. فنولوژی و صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه برای همه ارقام ثبت شد. نتایج آزمایش نشان داد اغلب ارقامی که رشد رویشی خود را به سرعت سپری می‌کنند و وارد دوره زایشی می‌شوند، توان بیشتری برای تحمل تنش خشکی آخر فصل دارند. همچنین در شرایط تنش خشکی مشاهده شد که اغلب ارقام گندم با دوره کوتاه پر شدن دانه مانند سیمینه، چناب، استورک، مغان ۳، کراس فلات هامون و دی ان-۱۱، صاحب برترین رتبه‌های تولید وزن هزاردانه بودند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، دوره پر شدن دانه، فنولوژی، گلدهی، گندم.

مقدمه

فصل، از راهکارهای مناسب ممانعت از افت عملکرد گندم در آینده خواهد بود.

تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و خصوصیات مورفولوژیک و آناتومیک گیاه گندم بسته به اینکه تنش در چه مرحله‌ای از رشدونمو گیاه رخ دهد، متفاوت است. وقوع تنش خشکی در مراحل جوانه‌زنی تا برجستگی دوگانه سبب افزایش فیلوکرون برگ‌ها می‌شود و همچنین پنجه‌زنی و تشکیل ساختار اولیه سنبله را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Simane et al., 1993). در طی بازه رشدی برجستگی دوگانه تا گلدهی که بخش‌های مختلف بوته به‌صورت فعال رشد می‌کنند، وقوع تنش خشکی خفیف تا متوسط سبب کاهش رشد سلول‌ها و

تنش خشکی از مهم‌ترین و شایع‌ترین علل افت عملکرد گندم در اغلب نقاط جهان است. بخش وسیعی از اراضی زیر کشت گندم ایران در مناطق دارای آب‌وهوای مدیترانه‌ای واقع شده است. در این مناطق بخش اصلی بارندگی سالیانه در زمستان و اوایل بهار نازل می‌شود و از اواسط بهار همزمان با کاهش بارندگی و رطوبت محیط، دمای هوا نیز به‌شدت افزایش می‌یابد، که این زمان منطبق بر انتهای دوره رشد گیاه گندم (مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه) است (Ahmadi et al., 2009). از این‌رو شناسایی ارقام مقاوم و نیز مطالعه سازوکارهای افزایش‌دهنده مقاومت به تنش خشکی آخر

گلدھی سبب بهبود کرده‌افشانی و لقاح می‌شود و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد (Motzo & Giunta, 2007). اما در مقابل نتایج مغایری نشان داد که تنوع تاریخ گلدھی ارقام گندم، اثری خنثی بر افت عملکرد در شرایط تنش خشکی دارد و همچنین گلدھی زوددهنگام سبب بهبود مقاومت گیاه به تنش خشکی نمی‌شود (Foulks *et al.*, 2007). این محققان در مورد علت چنین مشاهده‌ای بیان کردند گلدھی زوددهنگام سبب کاهش طول دوره توسعه سیستم ریشه می‌شود، در نتیجه با کاهش تولید ریشه ظرفیت دسترسی به آب خاک کاهش می‌یابد. بدین ترتیب بهبودی در مقاومت به تنش خشکی مشاهده نمی‌شود و مزایای ورود زوددهنگام گیاه به مرحله رشد دانه‌ها، با کاهش رشد ریشه‌ها از بین می‌رود.

سرعت و مدت پر شدن دانه، وزن نهایی دانه غلات را تعیین می‌کند. عوامل مختلفی از جمله میزان عرضه مواد فتوسنتزی، مقاومت ذاتی در مقابل انتقال مواد، تعداد سلول‌های آندوسپرمی، قدرت سلول‌های آندوسپرمی در جذب مواد فتوسنتزی و عوامل محیطی، سرعت و مدت پر شدن دانه و در نهایت وزن دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Bremner & Rawson, 1978). در گندم بلافاصله پس از تلقیح، دانه‌ها تشکیل می‌شوند، تقسیم سلولی را آغاز می‌کنند و بسته به درجه حرارت و رطوبت ۲۴-۳۵ روز پس از تلقیح می‌رسند. محققان متعددی بر این باور بودند که اگرچه به‌طور معمول افزایش نسبی طول دوره پر شدن دانه‌ها در شرایط مطلوب رطوبتی، سبب انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و در نتیجه افزایش وزن هزاردانه و عملکرد می‌شود؛ به‌نظر می‌رسد در شرایط تنش رطوبتی سرعت انتقال از اهمیت بیشتری برخوردار باشد و در این شرایط زودرسی نسبی (کوتاه‌تر شدن دوره پر شدن دانه)، صفتی مطلوب تلقی شود (Reynolds *et al.*, 2000).

به‌طور کلی، چنانچه الگوهای رشدی ارقام گندم مورد کشت در یک منطقه، متناسب با شرایط آب‌وهوایی منطقه باشد، توان تولید عملکرد گیاهان تا حد زیادی ارتقا می‌یابد. این پژوهش نیز با هدف شناخت فنولوژی (مراحل رشدونمو) دامنه گسترده‌ای از ارقام و ژنوتیپ‌های زراعی گندم‌های ایران و بررسی ارتباط فنولوژی با سازگاری گیاه و پایداری عملکرد در شرایط تنش خشکی آخر فصل اجرا شد.

سطح برگ می‌شود و به این ترتیب فتوسنتز در واحد سطح برگ کاهش می‌یابد. چنانچه تنش خشکی شدیدتری در این دوره رخ دهد، به‌علت بسته شدن روزنه‌ها، فتوسنتز خالص به‌شدت کاهش می‌یابد (Acevedo *et al.*, 1991). طی مرحله گلدھی تا دوره خطی رشد دانه، کربوهیدرات‌های محلول (غیرساختاری) در ساقه تجمع می‌یابند؛ که انتقال مجدد آنها (به‌ویژه فروکتوز و ساکارز) از ساقه تا حد زیادی به رشد دانه به‌ویژه در انتهای فصل رشد و شرایط تنش خشکی، که فتوسنتز جاری به‌شدت کاهش می‌یابد، کمک شایانی می‌کند (Kiniry, 1993). با وقوع تنش خشکی در مرحله گلدھی تا دوره خطی رشد دانه، ذخیره کربوهیدرات‌های غیرساختاری در ساقه محدود می‌شود (Palta *et al.*, 1994). به‌طور کلی، با توجه به واکنش گیاه به تنش خشکی می‌توان چرخه زندگی گیاه گندم را به دو مرحله قبل و بعد از گلدھی تقسیم کرد. وقوع تنش خشکی در مراحل قبل از گلدھی گندم سبب کاهش رشدونمو، کاهش زیست‌توده گیاه و کاهش معنی‌دار تعداد دانه می‌شود؛ درحالی‌که اثر عمده تنش خشکی پس از مرحله گلدھی بر کاهش ظرفیت ذخیره‌ای دانه و همچنین کاهش انتقال مواد فتوسنتز جاری به دانه‌ها و در نهایت کاهش وزن هزاردانه است (Machado *et al.*, 1993).

تاکنون در آزمایش‌های متعددی سودمندی صفات مختلف گیاهی برای مقاومت به تنش خشکی و حفظ عملکرد در شرایط تنش بررسی شده است. در بسیاری از گزارش‌ها بیان شده است که در شرایط تنش خشکی شدید، عملکرد ارقام جدید همواره از ارقام قدیمی بیشتر است (Slafer *et al.*, 1990; Calderini *et al.*, 1995). برخی از محققان بر این باورند که علت این مشاهده، کوتاه‌تر شدن طول دوره رشدونمو گیاه، با استفاده از راهبرد فرار از خشکی در ارقام جدید است. در واقع این صفت سبب ظهور بهتر ژنوتیپ (از نظر عملکرد و ثبات آن) در شرایط تنش شدید و متوسط می‌شود (Blum, 1996).

محققان متعددی، به گلدھی زوددهنگام برای مقاومت به تنش خشکی توجه ویژه نشان داده‌اند. برخی از محققان گزارش کردند در نواحی مدیترانه‌ای با تنش‌های انتهای فصل، ورود زوددهنگام ارقام گندم به مرحله

مواد و روش‌ها

مطالعات تکمیلی در مورد فنولوژی، بررسی شدند. عملیات کاشت این آزمایش در تاریخ دوم آذر ۱۳۸۹ به صورت دستی و با استفاده از فوکا انجام گرفت. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف با فواصل ۲۰ سانتی‌متر و به طول سه متر بود. بر اساس توصیه متداول کودی برای مزرعه آزمایشی، کود اوره به مبنای ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در مراحل پنجه‌زنی و ساقه‌روی به صورت سرک به خاک داده شد. با توجه به اینکه زمان معمول بروز تنش خشکی در منطقه آزمایش، همزمان با انتهای مرحله سنبله‌روی در گندم است، تنش خشکی از انتهای مرحله سنبله‌روی در رقم آزادی (رقم کشت شده در منطقه آزمایش تا اواخر دهه ۸۰) آغاز و تا پایان فصل ادامه پیدا کرد. البته تا پیش از این، تمامی کرت‌ها در دو شرایط فاریاب و تنش خشکی همزمان با یکدیگر آبیاری می‌شدند، اما پس از آغاز تنش خشکی، تنها کرت‌های شرایط فاریاب تا پایان مراحل رشدونمو آبیاری شدند. فاصله نکاشت (۵ متر) از نشت آب به شرایط تنش جلوگیری می‌کرد. به‌طور کلی تیمارهای تنش خشکی و فاریاب به ترتیب هشت و یازده مرتبه آبیاری شدند.

تحقیق حاضر به صورت آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج (طول جغرافیایی ۵۱° ۰′، عرض جغرافیایی ۴۹° ۳۵′ شمالی و ارتفاع ۱۳۱۲ متر از سطح دریا) اجرا شد. این منطقه از نظر دسته‌بندی اقلیمی براساس سیستم طبقه‌بندی دومارتن گسترش یافته جزء مناطق نیمه‌خشک و سرد محسوب می‌شود. پژوهش مورد نظر در دو شرایط فاریاب و تنش خشکی، در قالب طرح لاتیس مربع سه‌گانه (۶×۶) اجرا شد. در این آزمایش ۳۶ ژنوتیپ زراعی گندم مورد کشت در ایران با ویژگی‌های متفاوت زراعی، فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی، فنولوژیکی و ژنتیکی که در سال‌های ۱۳۰۹-۱۳۸۵ معرفی شده‌اند، بررسی شدند (جدول ۱). ارقام بررسی شده در این آزمایش از میان ۸۱ ژنوتیپ مختلف گندم که در دو سال زراعی اخیر در همین مزرعه تحقیقاتی مطالعه شده بودند، با توجه به تولید حداقل و حداکثر (اکستریم‌ها) عملکرد دانه در شرایط شاهد و تنش خشکی انتخاب و برای

جدول ۱. اسامی ارقام گندم استفاده شده در آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰

سال معرفی	رقم	سال معرفی	رقم	سال معرفی	رقم
۱۳۵۵	کرج ۳	۱۳۰۹	سرداری	۱۳۷۸	آذر ۲
۱۳۷۰	مارون	۱۳۸۵	سیستان	۱۳۵۸	آزادی
۱۳۷۸	مرودشت	۱۳۷۶	سیمینه	۱۳۸۵	اکبری
۱۳۵۲	مغان ۱	۱۳۲۱	شاهپسند	۱۳۷۴	الموت
۱۳۸۵	مغان ۳	۱۳۴۶	شاهی	۱۳۷۷	بک‌کراس روشن بهاره
۱۳۶۹	نوید	۱۳۳۶	شعله	۱۳۷۷	بک‌کراس روشن زمستانه
۱۳۷۴	نیک نژاد	۱۳۸۱	شهریار	۱۳۸۵	بم
-	ویری ناک	-	فرونتانا	-	بولانی
-	DN-11	-	فونگ	۱۳۵۴	چناب
۱۳۸۵	M-73-18 (سپاهان)	۱۳۶۸	قدس	۱۳۸۵	دریا
-	Montana	-	کاسکوژن	۱۳۷۵	زاگرس
۱۳۸۴	Stork	۱۳۸۱	کراس فلات هامون	-	سایسون

معیاری برای مرحله سبز شدن؛ خروج بساک‌ها از سنبله معیاری برای آغاز مرحله گرده‌افشانی و زرد شدن میانگه آخر (پدانکل)؛ و نیز خود سنبله (لما، پالنا و ریشک‌ها) معیاری برای مرحله رسیدگی فیزیولوژیک

در این آزمایش تعداد روز از کاشت تا مرحله سبز شدن، گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک به تفکیک ارقام و در هر دو شرایط فاریاب و تنش خشکی آخر فصل ثبت شد. خروج ۲ سانتی‌متر برگ اول از خاک

داشتند. دلیل کم بودن عملکرد این ارقام در شرایط مطلوب رطوبتی ممکن است رشد رویشی زیاد، وقوع ورس یا حساسیت زیاد این ارقام به آفات و بیماری‌ها باشد. بررسی سازوکارهای پایداری عملکرد در این ارقام، می‌تواند در مطالعات فیزیولوژیکی لحاظ شود؛ (۴) ارقامی که در هر دو شرایط عملکرد کمی داشتند، مانند شاهپسند، کرج ۳، شعله، سرداری، بم، شهریار و مونتانا؛ ۵. بقیه ارقام حالت بینابینی داشتند.

وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله دو جزء مهم در تعیین عملکرد دانه گندم است. Gonzalez et al. (2007) بیان کردند بروز تنش خشکی در انتهای فصل رشد سبب کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها، اختلال در فتوسنتز جاری، تسریع پیری برگ‌ها و در نهایت چروکیدگی دانه‌ها و کاهش وزن هزاردانه ارقام مختلف گندم می‌شود. در این آزمایش نیز با اعمال تنش خشکی در انتهای فصل رشد، وزن هزاردانه ارقام مختلف کاهش یافت (جدول ۳)، به گونه‌ای که میانگین وزن هزاردانه کلیه ارقام از ۳۶/۵ گرم در متر مربع در شرایط فاریاب به ۲۵/۷ گرم در متر مربع در شرایط تنش رسید. با وجود این، دامنه تغییرات وزن هزاردانه ارقام مختلف در شرایط تنش خشکی برابر با شرایط فاریاب بود.

احتمالاً این مشاهده بدین علت است که ارقام با وزن هزاردانه بالا در شرایط فاریاب، کمتر تحت تأثیر تنش خشکی اعمال شده قرار گرفته‌اند. در شرایط فاریاب ارقام آذر ۲، فونگ، اکبری، کراس فلات هامون و سرداری (با میانگین ۴۲/۸۶) بیشترین و ارقام کرج ۳، نوید و مونتانا (با میانگین ۲۷/۹ گرم در متر مربع) کمترین وزن هزاردانه را در بین ارقام مختلف داشتند. در شرایط تنش خشکی ارقام زاگرس، فونگ، کراس فلات هامون، دریا و سیمینه (با میانگین ۳۳/۰۶ گرم در متر مربع) بیشترین و ارقام شاهپسند، نوید و آزادی (با میانگین ۱۷/۶۳ گرم در متر مربع) کمترین وزن هزاردانه را در بین ارقام مختلف داشتند. همچنین در شرایط تنش خشکی همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و وزن هزاردانه مشاهده شد ($r=0/692^{**}$)، بدین ترتیب در این شرایط، ارقام با عملکرد دانه زیاد، حائز برترین رتبه‌های وزن هزاردانه نیز بودند.

علاوه بر وزن هزاردانه، متوسط تعداد دانه در سنبله

ارقام مختلف بود (Zadoks et al., 1974). با ورود ۵۰ درصد گیاهان یک کرت آزمایشی به هر یک از مراحل مورد نظر، آن مرحله نمودی برای آن رقم ثبت شد. علاوه بر این، در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، گیاهان یک متر مربع از هر کرت، با احتساب ۰/۵ متر حاشیه، برداشت و برای اندازه‌گیری عملکرد و اجزای آن (وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله) استفاده شد. با استفاده از نرم‌افزار MSTATC آزمون نرمال بودن داده‌ها، تجزیه‌های آماری و مقایسه میانگین داده‌ها به روش Duncan انجام گرفت. همچنین روابط بین عملکرد و اجزای آن با فنولوژی ارقام مختلف، با استفاده از روش آماری همبستگی ساده و با کاربرد نرم‌افزار SPSS 17 محاسبه شد.

نتایج و بحث

متوسط عملکرد دانه ارقام مختلف در دو شرایط فاریاب و تنش خشکی به ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ گزارش شده است. در اثر اعمال تنش خشکی در انتهای فصل رشد میانگین عملکرد دانه همه ارقام ۲۵ درصد کاهش یافت و از ۵/۵ تن در هکتار در شرایط فاریاب به ۴ تن در هکتار در شرایط تنش خشکی رسید. در این آزمایش مشاهده شد پرمحصول‌ترین ارقام در شرایط مطلوب رطوبتی، لزوماً در شرایط تنش نیز پرمحصول‌ترین ارقام نیستند. به‌طور کلی، با توجه به مقدار عملکرد تولیدی ارقام مختلف در دو شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی، همه ارقام در پنج گروه طبقه‌بندی شدند: (۱) ارقام مقاوم: این ارقام در هر دو شرایط مطلوب رطوبتی و تنش از عملکرد زیادی برخوردار بودند، مانند زاگرس، ویری ناک، فونگ، دریا، سپاهان و استورک (کلیه این ارقام جزء ارقام جدید هستند)؛ (۲) ارقام حساس در برابر تنش خشکی: این ارقام فقط در شرایط فاریاب عملکرد زیادی داشتند، مانند قدس، مغان ۱، کاسکوژن، بک‌کراس روشن زمستانه، مغان ۳ و سیستان ۳) ارقامی که فقط در شرایط تنش از عملکرد نسبی زیادی برخوردار بودند، مانند نیک‌نژاد، چناب، فرونتانا و مارون. این ارقام در شرایط محیطی مطلوب عملکرد کمی داشتند، اما در مواجهه با تنش، پتانسیل تولید خود را همچنان حفظ کرده و عملکرد چشمگیری

تولید تعداد دانه در سنبله نداشت. در واقع چنانچه تنش خشکی در مرحله تقسیم میوز سلول‌های مادری دانه گرده رخ دهد، کاهش قدرت بقای دانه‌های گرده و نرعمیمی سبب کاهش تعداد گلچه‌های بارور و در نهایت تعداد دانه در سنبله می‌شود؛ اما در این آزمایش آخرین آبیاری در تیمار تنش، همزمان با پایان مرحله سنبله‌دهی در اغلب ارقام بود و تنش خشکی در خاک نیز دست‌کم ۱۰ روز پس از آخرین آبیاری بروز می‌کند. بدین ترتیب در آزمایش حاضر پیش از بروز تنش خشکی در خاک، تعداد دانه‌ها در سنبله تعیین شده بود و از این‌رو، تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله در اغلب ارقام نداشته است.

ارقام مختلف در دو شرایط فاریاب و تنش خشکی به ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ گزارش شده است. در این آزمایش اختلاف بین بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله در شرایط فاریاب ۲۷/۳ و در شرایط تنش ۲۱/۵ دانه بود. Richards *et al.* (2001) بیان کردند اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی و مدت کوتاهی پس از آن از طریق عقیم شدن دانه‌های گرده و اختلال در گرده‌افشانی، فتوسنتز جاری و انتقال ذخایر ساقه به سنبله سبب کاهش تعداد دانه در سنبله می‌شود. اما مقایسه دامنه تغییرات و میانگین تعداد دانه در سنبله ارقام مختلف در دو شرایط فاریاب و تنش خشکی نشان داد، در این آزمایش تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر

جدول ۲. عملکرد دانه (گرم در متر مربع)، وزن هزاردانه (گرم) و تعداد دانه در سنبله در ارقام مختلف گندم در شرایط فاریاب

رتبه	رقم	عملکرد دانه	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه	رتبه	رقم	عملکرد دانه	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه
۱	قدس	۸۰۶ ^a	۵۲ ^{abc}	۳۳ ^{ijklmn}	۱۹	نوبد	۵۵۸ ^{abcdefghi}	۴۵ ^{abcdef}	۲۸ ^{mn}
۲	مغان ۱	۷۴۴ ^a	۴۶ ^{abcde}	۳۶ ^{defghijkl}	۲۰	آزادی	۵۳۷ ^{abcdefghi}	۵۲ ^{abc}	۳۲ ^{klmn}
۳	کاسکوژن	۷۱۱ ^{ab}	۴۳ ^{abcdef}	۴۱ ^{abcde}	۲۱	آذر ۲	۵۲۴ ^{bcdefghi}	۳۰ ^f	۴۶ ^a
۴	استورک	۶۸۵ ^{abc}	۴۵ ^{abcdef}	۳۷ ^{cdefghijkl}	۲۲	شاهی	۵۱۹ ^{bcdefghi}	۴۲ ^{abcdef}	۴۰ ^{abcdef}
۵	بک کراس روشن زمستانه	۶۷۵ ^{abcd}	۵۲ ^{abc}	۳۹ ^{bcdefgh}	۲۳	بولانی	۴۹۷ ^{bcdefghi}	۴۲ ^{abcdef}	۳۸ ^{cdefghij}
۶	مغان ۳	۶۵۲ ^{abcde}	۳۸ ^{bcdef}	۳۸ ^{bcdefghi}	۲۴	چناب	۴۹۵ ^{bcdefghi}	۵۷ ^a	۳۵ ^{fghijkl}
۷	سیستان	۶۳۳ ^{abcdef}	۵۱ ^{abcd}	۴۱ ^{abcde}	۲۵	مروذشت	۴۹۳ ^{bcdefghi}	۵۲ ^{abc}	۳۲ ^{ijklmn}
۸	سپاهان	۶۲۹ ^{abcdef}	۴۳ ^{abcdef}	۳۳ ^{ghijkl}	۲۶	الموت	۴۶۰ ^{bcdefghi}	۵۱ ^{abcd}	۳۶ ^{defghijk}
۹	فونگ	۶۲۳ ^{abcdefg}	۴۵ ^{abcdef}	۴۳ ^{ab}	۲۷	شهریار	۴۵۸ ^{bcdefghi}	۵۴ ^{ab}	۳۲ ^{ijklmn}
۱۰	زاگرس	۶۲۲ ^{abcdefg}	۴۲ ^{abcdef}	۴۰ ^{bcdefgh}	۲۸	بم	۴۴۸ ^{bcdefghi}	۴۳ ^{abcdef}	۴۱ ^{abcde}
۱۱	ویری ناک	۶۱۳ ^{abcdefg}	۳۷ ^{cdef}	۳۱ ^{klmn}	۲۹	نیک نژاد	۴۴۵ ^{bcdefghi}	۴۲ ^{abcdef}	۳۳ ^{ijklmn}
۱۲	دریا	۶۱۲ ^{abcdefg}	۴۸ ^{abcde}	۴۰ ^{bcdefg}	۳۰	شعله	۴۴۴ ^{bcdefghi}	۴۳ ^{abcdef}	۳۵ ^{efghijk}
۱۳	کراس فلات هامون	۶۱۱ ^{abcdefg}	۴۲ ^{abcdef}	۴۲ ^{abcd}	۳۱	سرداری	۴۳۲ ^{bcdefghi}	۳۹ ^{bcdef}	۴۱ ^{abcd}
۱۴	اکبری	۵۸۴ ^{abcdefg}	۴۶ ^{abcde}	۴۳ ^{abc}	۳۲	فروناتانا	۴۲۵ ^{bcdefghi}	۳۷ ^{cdef}	۳۷ ^{cdefghij}
۱۵	سیمینه	۵۸۱ ^{abcdefg}	۳۴ ^{ef}	۴۰ ^{bcdef}	۳۳	مارون	۴۱۸ ^{bcdefghi}	۴۵ ^{abcdef}	۳۶ ^{defghijk}
۱۶	بک کراس روشن بهاره	۵۷۶ ^{abcdefgh}	۳۷ ^{cdef}	۴۱ ^{abcde}	۳۴	کرج ۳	۴۰۲ ^{bcdefghi}	۳۶ ^{def}	۲۷ ⁿ
۱۷	دی ان-۱۱	۵۶۳ ^{abcdefgh}	۵۱ ^{abcd}	۳۵ ^{efghijk}	۳۵	مونتانا	۳۴۷ ^{bcdefghi}	۵۰ ^{abcde}	۲۹ ^{lmn}
۱۸	سایسون	۵۶۲ ^{abcdefgh}	۵۰ ^{abcde}	۳۲ ^{ijklmn}	۳۶	شاهپسند	۳۴۱ ^{bcdefghi}	۵۰ ^{abcde}	۳۴ ^{hijklm}

رتبه‌بندی ارقام در این جدول بر اساس تولید عملکرد دانه در شرایط فاریاب است. حروف انگلیسی در بالای اعداد بیانگر مقایسه میانگین ارقام مختلف از حیث صفت مربوط با استفاده از روش دانکن است.

گذر از مرحله رویشی به زایشی یکی از مراحل بسیار مهم و حساس در چرخه زندگی گیاه گندم است. در این آزمایش ارقام مختلف گندم از نظر تاریخ گلدهی متفاوت بودند (جدول ۴). Evans (1993) بیان کرد تنوع تاریخ گلدهی ارقام مختلف گندم، عامل اولیه برای سازگاری ارقام مختلف با شرایط محیط رشد گیاه است. در مطالعه

تأثیر تنش خشکی بر عملکرد گیاه گندم به شدت، مدت و زمان وقوع تنش خشکی وابسته است. از این‌رو مطالعه مرحله یا مراحل بحرانی رشدونمو نسبت به تنش خشکی و صفات مطلوب گیاهی برای مقاومت به تنش خشکی می‌تواند یکی از راهکارهای مناسب برای مقابله با عوارض تنش خشکی باشد.

(جدول ۴)، توان بیشتری برای تحمل تنش خشکی آخر فصل دارند. برای مثال ارقام با گلدهی زودهنگام شامل زاگرس، ویری ناک، فونگ، مغان ۳، کراس فلات هامون و دی ان-۱۱ در تنش خشکی جزء پرمحصول ترین ارقام بودند؛ اما ارقام با گلدهی دیرهنگام شامل شاهپسند، کرج ۳، نوید، بک کراس روشن زمستانه و شاهی در شرایط تنش عملکرد دانه بسیار کمی داشتند.

دیگری *Giunta et al.* (2001) بیان کردند تناسب زمان گلدهی ارقام مختلف گندم با شرایط محیط رشد، عامل دستیابی به بیشترین سازگاری با محیط و در نهایت تولید عملکرد بیشتر است. مقایسه عملکرد دانه ارقام مختلف در شرایط فاریاب و تنش خشکی (جدول های ۲ و ۳) نشان داد، اغلب ارقامی که رشد رویشی خود را به سرعت سپری می کنند و وارد دوره زایشی می شوند

جدول ۳. عملکرد دانه (گرم در متر مربع)، وزن هزاردانه (گرم) و تعداد دانه در سنبله در ارقام مختلف گندم در شرایط تنش خشکی

رتبه	رقم	عملکرد دانه	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه	رتبه	رقم	عملکرد دانه	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه
۱	زاگرس	۶۰۹ ^a	۴۴ ^{abcd}	۳۵ ^a	۱۹	مروذشت	۳۶۷ ^{defghi}	۴۳ ^{ab}	۲۳ ^{ijklmno}
۲	ویری ناک	۵۶۴ ^{ab}	۴۰ ^{abcde}	۳۰ ^{bcdefg}	۲۰	سیستان	۳۶۴ ^{defghi}	۴۶ ^{abc}	۲۶ ^{fghijk}
۳	دی ان-۱۱	۵۵۹ ^{abc}	۴۴ ^{abcd}	۳۲ ^{abcde}	۲۱	سایسون	۳۵۹ ^{defghi}	۴۱ ^{abcd}	۲۱ ^{klmno}
۴	استورک	۵۲۵ ^{abcd}	۴۶ ^{abc}	۳۱ ^{abcde}	۲۲	بک کراس روشن بهاره	۳۴۶ ^{defghi}	۴۳ ^{abcd}	۲۹ ^{cdefgh}
۵	فونگ	۵۲۲ ^{abcd}	۴۷ ^{abc}	۳۴ ^{ab}	۲۳	بولانی	۳۲۹ ^{efghij}	۴۱ ^{abcd}	۲۴ ^{hijklm}
۶	سیاهان	۴۸۹ ^{abcde}	۴۰ ^{abcde}	۲۷ ^{efghij}	۲۴	آزادی	۳۲۴ ^{efghij}	۴۸ ^{ab}	۱۹ ^{no}
۷	نیک نژاد	۴۸۷ ^{abcde}	۴۵ ^{abcd}	۲۶ ^{efghij}	۲۵	الموت	۳۱۲ ^{efghij}	۴۷ ^{abc}	۲۵ ^{hijklm}
۸	دریا	۴۸۲ ^{abcde}	۴۴ ^{abcd}	۳۲ ^{abcd}	۲۶	اکبری	۳۰۶ ^{efghij}	۳۵ ^{cde}	۲۲ ^{hijklm}
۹	کراس فلات هامون	۴۵۴ ^{abcdef}	۴۲ ^{abcd}	۳۲ ^{abc}	۲۷	بک کراس روشن زمستانه	۳۰۳ ^{efghij}	۴۱ ^{abcd}	۲۲ ^{ijklmno}
۱۰	چناب	۴۲۸ ^{abcdefg}	۴۸ ^{ab}	۲۶ ^{ghijkl}	۲۸	شهریار	۲۸۰ ^{fghijk}	۴۹ ^{ab}	۲۰ ^{mno}
۱۱	کاسکوژن	۴۲۳ ^{bcdefg}	۴۷ ^{abc}	۲۸ ^{cdefgh}	۲۹	شاهی	۲۷۱ ^{fghijk}	۳۸ ^{bcde}	۲۶ ^{fghijk}
۱۲	مغان ۳	۴۰۹ ^{bcdefg}	۴۸ ^{ab}	۲۷ ^{defghi}	۳۰	بم	۲۶۹ ^{fghijk}	۴۰ ^{abcde}	۲۳ ^{ijklmno}
۱۳	آذر ۲	۴۰۵ ^{bcdefg}	۴۰ ^{abcde}	۳۱ ^{abcdef}	۳۱	مونتانا	۲۶۶ ^{efghij}	۴۱ ^{abcde}	۲۲ ^{ijklmno}
۱۴	سیمینه	۳۸۸ ^{bcdefgh}	۴۶ ^{abc}	۳۲ ^{abcde}	۳۲	سرداری	۲۵۸ ^{ghijk}	۳۹ ^{abcde}	۲۴ ^{hijklm}
۱۵	قدس	۳۸۳ ^{bcdefgh}	۴۶ ^{abc}	۲۱ ^{lmno}	۳۳	نوید	۲۰۸ ^{hijk}	۴۶ ^{abc}	۱۷ ^o
۱۶	فرونتانا	۳۷۴ ^{cdefghi}	۳۷ ^{bcde}	۲۸ ^{cdefgh}	۳۴	شعله	۱۸۵ ^{ijk}	۲۹ ^e	۲۰ ^{mno}
۱۷	مارون	۳۷۰ ^{defghi}	۴۶ ^{abc}	۳۰ ^{bcdefg}	۳۵	کرج ۳	۱۶۰ ^{jk}	۵۰ ^a	۲۰ ^{mno}
۱۸	مغان ۱	۳۶۹ ^{defghi}	۴۹ ^{ab}	۲۳ ^{ijklmno}	۳۶	شاهپسند	۱۰۴ ^k	۳۳ ^{de}	۱۷ ^o

رتبه بندی ارقام در این جدول براساس تولید عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی است. حروف انگلیسی در بالای اعداد بیانگر مقایسه میانگین ارقام مختلف از حیث صفت مربوط با استفاده از روش دانکن است.

کردند تنوع در تاریخ گلدهی، اغلب با توجه به مجموع تعداد برگ ها و طول دوره تولید پریموردیای برگ تفسیرپذیر است. علاوه بر تأثیر شرایط محیطی، زمان گلدهی به شدت تحت کنترل ژنتیکی چند الل از ژن های مؤثر در حساسیت به فتوپریود (Ppd، Ppd - A1 و Vrn-B1 و Vrn-A1)، بهاره کردن (Ppd - D1 و B1 - B1) و زودرسی (Eps) است (Iqbal et al., 2007).

Jamieson et al. (1998) بر این باورند که تنوع موجود در تاریخ گلدهی ارقام مختلف گندم، نتیجه تأثیر شرایط محیطی بر تشکیل پریموردیای برگ پرچم است که در نتیجه این تأثیر، تعداد نهایی برگ ها، زمان ظهور برگ پرچم و فاصله زمانی بین ظاهر شدن برگ پرچم و گلدهی تعیین می شود. *Giunta et al.* (2001) با بررسی رشد هشت رقم گندم دوروم و دو رقم ترتیکاله بیان

جدول ۴. تعداد روز از کاشت تا گلدهی در ارقام مختلف گندم تحت شرایط فاریاب و تنش خشکی در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰

رقم	فاریاب	تنش	رقم	فاریاب	تنش	رقم	فاریاب	تنش
آذر ۲	۱۶۳	۱۶۲	سرداری	۱۶۴	۱۶۳	کرج ۳	۱۷۳	۱۷۲
آزادی	۱۶۵	۱۶۵	سیستان	۱۶۴	۱۶۵	مارون	۱۶۰	۱۶۱
اکبری	۱۶۴	۱۶۴	سیمینه	۱۶۲	۱۶۴	مرودشت	۱۶۴	۱۶۴
الموت	۱۶۵	۱۶۵	شاهپسند	۱۷۶	۱۷۵	مغان ۱	۱۶۴	۱۶۳
بک کراس روشن بهاره	۱۶۲	۱۶۱	شاهی	۱۶۵	۱۶۳	مغان ۳	۱۶۰	۱۶۱
بک کراس روشن زمستانه	۱۶۷	۱۶۷	شعله	۱۶۴	۱۶۵	نوید	۱۷۳	۱۷۳
بم	۱۶۳	۱۶۳	شهریار	۱۶۴	۱۶۶	نیک نژاد	۱۶۴	۱۶۱
بولابی	۱۶۳	۱۶۴	فرونتانا	۱۶۱	۱۶۱	ویری ناک	۱۵۸	۱۵۹
چناب	۱۶۲	۱۶۳	فونگ	۱۵۹	۱۶۰	دی ان-۱۱	۱۶۱	۱۶۲
دریا	۱۶۲	۱۶۱	قدس	۱۶۴	۱۶۴	سپاهان	۱۶۴	۱۶۲
زاگرس	۱۵۴	۱۵۴	کاسکوژن	۱۶۵	۱۶۵	مونتانا	۱۶۴	۱۶۴
سایسون	۱۶۶	۱۶۹	کراس فلات هامون	۱۶۱	۱۶۲	استورک	۱۶۲	۱۶۲

گلدهی به بعد، با افزایش درجه حرارت، گیاهان به سرعت مراحل نمو را پشت سر می گذارند و به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک می رسند. اما نتایج این آزمایش نشان داد تنوع فنولوژیک ارقام در فاصله گلدهی تا رسیدگی کمتر از کاشت تا گلدهی نیست. طول دوره گلدهی تا رسیدگی در ارقام بررسی شده، در هر دو شرایط فاریاب و تنش خشکی در جدول ۵ گزارش شده است.

پیش از این، Joudi (2009) با مطالعه فنولوژی ارقام گندم مورد بررسی در آزمایش خود، گزارش کرد تفاوت های فنولوژیک بین ارقام مختلف در فاصله کاشت تا گلدهی بیشتر از گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک است؛ زیرا در طول دوره اول با توجه به مناسب بودن شرایط آب و هوایی و نبود تنش های گرمایی و خشکی، گیاهان به رشد و نمو خود ادامه می دهند. اما از مرحله

جدول ۵. تعداد روز از کاشت تا رسیدگی و گلدهی تا رسیدگی در ارقام مختلف گندم تحت شرایط فاریاب و تنش خشکی در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰

رقم	فاریاب		تنش		رقم	فاریاب		تنش	
	کاشت تا رسیدگی	گلدهی تا رسیدگی	کاشت تا رسیدگی	گلدهی تا رسیدگی		کاشت تا رسیدگی	گلدهی تا رسیدگی	کاشت تا رسیدگی	گلدهی تا رسیدگی
آذر ۲	۲۰۲	۴۰	۱۹۵	۳۴	سرداری	۲۰۴	۴۱	۱۹۹	۳۷
آزادی	۲۰۳	۴۰	۱۹۷	۳۳	سیستان	۲۰۴	۴۱	۱۹۵	۳۱
اکبری	۲۰۷	۴۴	۲۰۰	۳۷	سیمینه	۱۹۸	۳۷	۱۹۳	۳۰
الموت	۲۰۳	۴۰	۱۹۴	۳۱	شاهپسند	۲۱۲	۳۷	۲۰۵	۳۱
بک کراس روشن بهاره	۲۰۳	۴۲	۱۹۶	۳۵	شاهی	۲۰۱	۳۷	۱۹۲	۳۰
بک کراس روشن زمستانه	۲۰۷	۴۱	۱۹۸	۳۲	شعله	۲۰۶	۴۳	۲۰۰	۳۶
بم	۲۰۵	۴۳	۱۹۹	۳۷	شهریار	۲۰۴	۴۱	۱۹۴	۲۸
بولابی	۲۰۰	۳۷	۱۹۵	۳۲	فرونتانا	۱۹۸	۳۸	۱۹۵	۳۵
چناب	۱۹۸	۳۷	۱۹۳	۳۱	فونگ	۲۰۱	۴۳	۱۹۷	۳۸
دریا	۱۹۹	۳۸	۱۹۴	۳۴	قدس	۱۹۹	۳۶	۱۹۶	۳۳
زاگرس	۱۹۵	۴۲	۱۹۲	۳۹	کاسکوژن	۲۰۸	۴۵	۱۹۸	۳۴
سایسون	۲۱۰	۴۵	۲۰۳	۳۶	کراس فلات هامون	۱۹۸	۳۸	۱۹۴	۳۳

روز پس از گلدهی به طور تقریبی متوقف می‌شود. با وجود این، Angus & Moncur (1977) گزارش کردند بسته به سطح تنش، خشکی ممکن است سبب تأخیر یا تسریع مراحل رشد و نمو گندم شود. برای مثال آنها مشاهده کردند تاریخ گلدهی گیاهانی که با تنش‌های خفیف (زیر ۱۵- بار) مواجه شده بودند، پیش از گیاهان شاهد بود، در حالی که تاریخ گلدهی گیاهانی که با تنش‌های شدیدتر (۲۵- تا ۴۰- بار) مواجه شده بودند، بعد از گیاهان شاهد بود. بنابراین احتمال دارد عامل تفاوت واکنش ارقام مختلف در برابر تنش خشکی اعمال شده، تنوع ژنوتیپی و تفاوت حساسیت ارقام مختلف به تنش خشکی باشد.

در این آزمایش واکنش ارقام مختلف در برابر تنش خشکی اعمال شده در اواخر فصل رشد متفاوت بود. با آنکه تنش خشکی در تمامی ارقام سبب تسریع رسیدگی و کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه‌ها شد، در رقم ویری ناک سبب تأخیر رسیدگی شد (شکل ۱). Duysen & Freeman (1974) بر این باورند که تنش خشکی در طی دوره پر شدن دانه، سبب کوتاه‌تر شدن طول این دوره رشدی، تسریع پیری و افت وزن دانه‌ها می‌شود. Ahmadi *et al.* (2009) نیز با آزمایش بر روی یازده رقم گندم گزارش کردند که رشد دانه در شرایط شاهد تا ۴۲ روز پس از گلدهی ادامه دارد، اما در تیمار تنش، این رشد در ۲۸



شکل ۱. تعداد روز از کاشت تا رسیدگی در ارقام مختلف طی سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰. رنگ مشکی نشان‌دهنده شرایط فاریاب و رنگ خاکستری نشان‌دهنده شرایط تنش خشکی است. فلش نمایانگر زمان اعمال تنش خشکی است.

طولانی بودن دوره کاشت تا گلدهی، به عبارت دیگر تأخیر گلدهی سبب افت چشمگیر عملکرد دانه در هر دو شرایط فاریاب و تنش خشکی این آزمایش شد. علاوه بر این، در شرایط تنش خشکی آخر فصل، ارقامی که دارای طول دوره پر شدن دانه کوتاه‌مدت بودند، صاحب وزن هزاردانه بالاتری شدند.

سپاسگزاری

با توجه به اینکه این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ۷۱۰۱۰۱۹/۶/۱۶ با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه تهران انجام گرفته است، از حمایت‌های دانشگاه سپاسگزاری می‌شود. همچنین از آقای مهندس محسن باقری ده آبادی که در اجرای این تحقیق مساعدت فراوان داشتند، تشکر و قدردانی می‌شود.

علاوه بر این، در شرایط تنش خشکی رابطه منفی و معنی‌داری بین تعداد روز از گلدهی تا رسیدگی دانه با وزن هزاردانه برقرار بود ($r = -0.33^*$). بدین ترتیب در شرایط تنش خشکی، ارقام گندم با طول دوره پر شدن دانه کوتاه مانند ارقام سیمینه، چناب، استورک، مغان ۳، کراس فلات هامون و دی ان-۱۱، دارای بالاترین رتبه‌ها در تولید وزن هزاردانه بودند. اما در مقابل ارقام با طول دوره پر شدن دانه طولانی مانند ارقام اکبری، کرج ۳، سایسون و شعله در قسمت انتهایی جدول رتبه‌بندی ارقام براساس وزن هزاردانه قرار داشتند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد بین طول مدت برخی از مراحل رشدی با حفظ پتانسیل عملکرد و مقاومت به تنش خشکی ارتباط بسیار معنی‌داری وجود دارد.

REFERENCES

1. Acevedo, E., Fereres, E., Giménez, C. & Srivastava, J.P. (1991). *Improvement and management of winter cereals under temperature, drought and salinity stress*. pp 85-96.
2. Ahmadi, A., Siosemardeh, A., Poostini, K. & Esmail Pour Jahromi, M. (2009). The rate and duration of grain filling and stem reserve remobilization in wheat cultivars as a response to water deficit. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 40 (1), 181-195. (In Farsi).
3. Angus, J.F. & Moncur, M. W. (1977) Water stress and phenology in wheat. *J. Agric. Res.*, 28, 177-81.
4. Bremner, P.M. & Rawson, H.M. (1978). The weights of individual grains of the wheat ear in relation to their growth potential, the supply of assimilate and interaction between grains. *Australian Journal of Plant Physiology*, 5, 61-72.
5. Blum, A. (1996). Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Reg.*, 20, 135-140.
6. Calderini, D.F., Dreccer, M.F. & Slafer, G.A. (1995). Genetic improvement in wheat yield and associated traits, examination of previous results and the latest trends. *Plant Breeding*, 114, 108-112.
7. Duysen, M.E. & Freeman, T.P. (1974) Effects of moderate water deficits on wheat seedling growth and plastid pigment development. *Plant Physiology*, 3, 262-266.
8. Evans, L.T. (1993). Crop evolution, adaptation and yield. *Australian Journal of Biological Sciences*, 25, 1-8.
9. Foulks, M.J., Sylvester-Bradley, R., Weightman, R. & Snape, J.W. (2007). Identifying physiological traits associate with improved drought resistance in winter wheat. *Field Crops Research*, 103, 11-24.
10. Giunta, F., Motzo, R. & Virdis, A. (2001). Development of durum wheat and triticale cultivars as affected by thermo-photoperiodic condition. *Agric.*, 52, 387-396.
11. Gonzalez, A., Martin, I. & Ayerbe, L. (2007). Response of barley genotypes to terminal soil moisture stress: phenology, growth and yield. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58(1), 29-37.
12. Iqbal, M., Navabi, A., Yang, R-C., Salmon, DF. & Spaner, D. (2007). The effect of vernalization genes on earliness and related agronomic traits of spring wheat in northern growing regions. *Crop Science*, 47, 1031-1039.
13. Jamieson, P.D., Brooking, I.R., Semenov, M.A. & Porter, J.R. (1998). Making sense of wheat development: a critique methodology. *Field Crops Res.*, 55, 117-127.
14. Joudi, M. (2009). *Study of storage and remobilization of water soluble carbohydrates in stem of Iranian wheat cultivars*. Ph.D. Thesis. College of Agriculture. University of Tehran. (In Farsi).
15. Kiniry, J.R. (1993). Nonstructural carbohydrate 539 tilization by wheat shaded during grain growth. *Agron. J.*, 85, 844-849.
16. Machado, E.C., Lagoa, A.M.A. & Ticelli, M. (1993). Source-sink relationships in wheat subjected to water stress during three productive stage. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 5(2), 145-150.
17. Motzo, R. & Giunta, F. (2007). The effect of breeding on the phenology of Italian durum wheats: From landraces to modern cultivars. *Agronomy*, 26, 462-470.

18. Palta, J.A., Kobata, T., Turner, N.C. & Fillery, I.R. (1994). Remobilization of carbon and nitrogen in wheat as influenced by post-anthesis water deficits. *Crop Sci*, 34, 118-124.
19. Reynolds, M.P., Delgado, M.I., Gutiérrez-Rodríguez, M. & Larqué-Saavedra, A. (2000). Photosynthesis of wheat in a warm, irrigated environment. I: genetic diversity and crop productivity. *Field Crops Research*, 66, 37-50.
20. Richards, R.A., Condon, A.G., Rebetzke, G.J., Reynolds, M.P., Ortiz-Monasterio, J.I. & McNab, A. (2001). *Application of Physiology in Wheat Breeding*. 240pages.
21. Simane, B., Peacock, J.M. & Struik, P.C. (1993). Differences in development and growth rate among drought-resistant and susceptible cultivars of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). *Plant and Soil*, 157, 155-166.
22. Slafer, G.A., Andrade, F.H. & Satorre, E.H. (1990). Genetic improvement effects on pre-anthesis physiological attributes related to wheat grain yield. *Fields Crops Res*, 23, 255-263.
23. Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res*, 14, 415-421.