Archive of SID

نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره۳۳- شماره ۴ پیاپند ۱۲۹ زمستان ۱۳۹۹

رابطه صفات نموی با عملکرد دانه گندم دوروم (*Triticum turgidum* L. var. durum) تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل

Relationship between developmental traits and grain yield in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under terminal drought stress condition

غلامحسین احمدی[۱]، عادل سی وسه مرده[۲*]، یوسف سهرابی[۲] و محمدرضا جلال کمالی[۳]

۱. دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان و مربی پژوهشی بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
۲. عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان، (*نگارنده مسئول)
۳. محقق ارشد مرکز بین المللی تحقیقات گندم و ذرت (CIMMYT)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۱ شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2021.343422.1484

چکیده

احمدی، غ.، سی و سه مرده، ع.، سهرابی، ی.، جلال کمالی، م.، . رابطه صفات نموی با عملکرد دانه گندم دوروم (*Triticum turgidum* L. var. durum) تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۳ - شماره ۴- پیاپند ۱۲۹ زمستان ۱۳۹۹ صفحه: ۸۴-۱۰۷

این پژوهش با هدف تعیین رابطه بین صفات نموی و عملکرد دانه گندم دوروم(*Triticum turgidum* L. var. durum) تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل، تعداد ۱۵۴ لاین گندم دوروم در شرایط قطع آبیاری از مرحله چکمه ای (Z, 4.5) در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام آبادغرب کشت گردیدند. بر اساس تنوع در تعداد روز تا ظهور سنبله و رسیدن فیزیولوژیک تعداد ۳۹ ژنوتیپ گزینش و در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ همراه با رقم ساجی (شاهد) در دو شرایط تنش خشکی آخر فصل و آبیاری نرمال کشت شدند. روند تغییرات مراحل نموی جوانه انتهایی ساقه اصلی با نمونه گیری های متوالی تا مرحله تشکیل سنبلچه انتهایی با کالبد شکافی انجام و ثبت شد. لاین ها برای طول مراحل نموی تنوع بالایی نشان دادند. در لاین های سریع الرشد برجستگی های دوگانه و سنبلچه انتهایی بترتیب با حداقل ۴۷۵ و ۶۹۱ درجه روز رشد ظاهر شدند. برای تغییر مرحله رویشی به زایشی حداقل ۹۶ میلیگرم ماده خشک در تک بوته لازم بود. در شرایط بدون تنش، افزایش طول دوره لازم تا ظهور برجستگی دوگانه، سبب افزایش طول مراحل نموی تا گرده افشانی و افزایش عملکرد دانه شد. در شرایط تنش خشکی، افزایش طول مرحله رویشی تا برجستگی دوگانه، عملکرد دانه را کاهش داد. افزایش مجموع زمان تغییر مرحله رویشی به زایشی سبب کاهش طول مرحله طویل شدن ساقه، افزایش زمان تا ظهور برگ پرچم وکاهش عملکرد دانه شد. در مجموع، تنش خشکی سبب کاهش دوره رشد و نمو و عملکرد دانه شد. کاهش عملکرد دانه بسته به ژنوتیپ متفاوت بود. ژنوتیپ های با دوره رویشی کوتاه تر و واجد توان تغییر سریع مرحله رویشی به زایشی در شرایط تنش خشکی آخر فصل عملکرد دانه بهتری داشتند.

واژه های کلیدی:برجستگی دوگانه، طویل شدن ساقه، گندم دوروم، ، مرحله رویشی، مرحله زایشی.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: a33@uok.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گندم دوروم (*Triticum turgidum* L. var. durum) تنها گندم تتراپلوییید است که به دلیل خواص منحصر بفرد دانه و کاربردهای متنوع آن همچنان در دنیا کشت و کار می شود (Liu et al., 2019). به طور کلی این گیاه حدود ۱۰-۸ درصد سطح زیرکشت جهانی گندم را به خود اختصاص داده است، به شرایط نیمه خشک سازگاری بهتری داشته و معمولا دارای عادت رشد بهاره است (Anonymous, 2015).

تنش خشکی مهمترین عامل غیر زنده کاهنده عملکرد غلات است (Araus et al., 2002) و وقوع آن در هر مرحله ای از رشد گندم سبب کاهش عملکرد دانه آن می شود ولی در مرحله گرده افشانی و پرکردن دانه (تنش خشکی انتهای فصل) خسارت زاتر است (Farooq et al., 2014)، موضوعی که در کشورهای حوزه مدیترانه مانند ایران متداول است (Golabadi et al., 2006). با توجه به این که گندم دوروم اغلب در نواحی مدیترانه ای و مناطق بامحدودیت دسترسی به آب کشت می‌شود (Schuhwerk et al., 2010) لذا دستیابی به ارقام متحمل به خشکی در این گیاه ضروری است.

صفات نموی در سازگاری گندم نقش داشته و تنظیم دقیق الگوی نمو گیاه با هدف تطابق با شرایط محیطی می تواند به بهبود پتانسیل عملکرد دانه غلات منجر شود. در چرخه رشد و نمو گندم، مریستم گیاه در ناحیه طوقه در واکنش به دمای محیط و میزان ماده خشک تجمع یافته در گیاه به تدریج از رویشی به زایشی تغییر حالت می‌دهد. مراحل مهم این تغییر مرحله رشد عبارتند از: رویشی (تا پایان برجستگی یگانه)، برجستگی دوگانه، آغازه‌های پوشینه، آغازه‌های گلچه و سنبلچه انتهایی (Kirby & Appleyard, 1987).

در چرخه زندگی گیاهان زراعی، مراحل نموی خاصی با عملکرد رابطه بیشتری هستند (Landes & Porter, 1989). در گندم دوره زمانی حد فاصل تشکیل سنبلچه انتهایی تا گرده افشانی، که مرحله طویل شدن ساقه نیز خوانده می شود، در شکل گیری عملکرد دانه نقش اصلی و مهم دارد (Slafer et al., 1994). گاهی شروع یک مرحله نموی با توقف مرحله دیگر توأم است. به عنوان مثال با شروع تشکیل گلچه ها و اندام‌های ماده در گلچه ها، تولید سنبلچه متوقف می‌شود (Waddington, et al., 1983).

طولانی بودن چرخه زندگی ارقام گندم ویژه مناطق سرد و معتدل به طولانی تر بودن دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه در این ارقام نسبت داده شده است (Jalal Kamali et al., 2008). وجود همبستگی مثبت بین تعداد سنبله در واحد سطح و طول دوره کاشت تا تشکیل سنبلچه انتهایی(مرحله پنجه زنی) در گندم نان مشاهده شده و مطالعه تغییرات مراحل نموی در ارقام مختلف گندم نان راهی برای توضیح علل سازگاری ارقام مختلف با شرایط اقلیمی متفاوت دانسته شده است (Jalal Kamali & Sharifi, 2010).

با مطالعه تغییرات نوک ساقه ژنوتیپ های گندم دوروم گزارش شد که در برخی ارقام زمان بین کاشت تا تشکیل سنبلچه انتهایی کاهش ولی طول دوره آبستنی تا گرده افشانی افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

یافته است (Isidro et al., 2011). با مطالعه ارقام گندم دوروم در نواحی مدیترانه ای مشخص شد که ارقام پرمحصول دارای دوره رویشی طولانی پیش از ظهور سنبله بودند و برای جلوگیری از مواجهه با مراحل حساس رشد با تنش خشکی و گرمایی آخر فصل در چنین مناطقی، به نژادگران باید ارقامی از گندم دوروم را گزینش نمایند که دارای دوره رویشی طولانی پیش از گلدهی و دوره پرشدن کوتاه و همراه با سرعت پرشدن دانه بالا باشند (Al-Karaki, 2012).

دریافت ژرم پلاسم دوروم از مراکز معتبر بین المللی تحقیقات کشاورزی و ارزیابی سازگاری آنها در مناطق مستعد کشت به ویژه مناطق تحت تنش خشکی آخر فصل، به عنوان یکی از روش‌های به نژادی در کشور در حال پیگیری و به شناسایی منابع ژنتیکی با ارزش و ارقام مناسب مانند ارقام دنا، آریا، هانا، شبرنگ، بهرنگ، ساجی، ذهاب، دهدشت و آران منتج گردیده که در سطح تجاری و بطور گسترده در دسترس کشاورزان می‌باشند. در ارقام گندم دوروم معرفی شده در کشورهای غیر مدیترانه ای، فعالیت های به نژادی سبب کاهش زمان کاشت تا گرده افشانی شده ولی مدارکی دال بر وجود تنوع برای این صفت در ارقام گندم دوروم منطقه مدیترانه و ارتباط طول دوره پیش از گرده افشانی این ارقام با عملکرد دانه در دسترس نیست (Isidro et al., 2011). بنابراین این مطالعه با اهداف ذیل انجام شد: الف) ارزیابی نقش طول دوره زمانی یا درجه روز رشد هر مرحله نموی و تغییرات مراحل نموی بر عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم دوروم و ب) بررسی رابطه بین مراحل نموی با عملکرد گندم دوروم تحت تنش خشکی آخر فصل.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام آباد غرب در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. ایستگاه در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۸ دقیقه شمالی، با ارتفاع ۱۳۴۶ متر از سطح دریا واقع شده است. این ایستگاه از لحاظ آب و هوایی در منطقه معتدل قرار دارد و متأثر از اقلیم مدیترانه ای، با میانگین بارندگی سالیانه ۴۵۰ میلیمتر و فاقد بارندگی تابستانه است. نتایج مربوط به تجزیه خاک و داده های هواشناسی محل انجام آزمایش طی سال های اجرا به ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده اند. کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک و توصیه کودی مصرف شد.

در سال ۹۲-۱۳۹۱، تعداد ۱۵۴ ژنوتیپ گندم دوروم دریافتی از برنامه تنش خشکی گندم دوروم مرکز بین المللی تحقیقات ذرت و گندم (CIMMYT) تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل (قطع آبیاری از مرحله آبستنی یا Z,45) تحت بررسی قرار گرفتند. تراکم کاشت ۴۵۰ بذر در متر مربع بر اساس وزن هزار دانه محاسبه شد و کاشت با دست در ۱۰ آبان ماه (تاریخ توصیه شده برای منطقه) انجام شد. هر ژنوتیپ در دو ردیف، روی یک پشته ۶۵ سانتیمتری به طول ۲ متر و به فاصله بین ردیف ۳۲/۵ سانتی‌متر (۲×۶۵/۰=۳/۱ m2) کشت شد. صفات اندازه گیری شده تعداد روز تا ظهور سنبله (Z,59-60) و رسیدگی فیزیولوژیک (Z,

www.SID.ir

Archive of SID

89-90) و عملکرد دانه بودند. در هر بلوک مشتمل بر ۳۰ کرت، ارقام سرداری (رقم دیم به عنوان شاهد منطقه ای)، سیروان (گندم نان متحمل به تنش خشکی آخرفصل)، ریژاو (گندم نان معرفی شده برای دیمزارهای کشور) به عنوان شاهدهای گندم نان و رقم ساجی (Syrian4) به عنوان رقم دوروم توصیه شده برای شرایط تنش خشکی دیم زارهای کشور و واجد تحمل به تنش خشکی آخر فصل در نظر گرفته شد. پس از برداشت، عملکرد دانه کرت های شاهدهای هر بلوک به عنوان یک تکرار مد نظر قرار گرفته و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی متداول مورد تجزیه آماری قرار گرفت و با توجه به عدم تفاوت آماری بین بلوکها، از کاربرد طرح آگمنت (Augment) برای تجزیه های آماری صرف نظر شد. آخرین بارش مفید به میزان ۱۴/۴ میلیمتر در ۱۳۹۲/۲/۱۵ حادث شد و به دلیل تلاقی مرحله آبستنی با پایان بارش ها، در مزرعه تنش خشکی آخر فصل هیچ گونه آبیاری انجام نشد.

در پایان فصل رشد، ژنوتیپ ها بر اساس تعداد روز تا ظهور سنبله گروه بندی شدند به طوری که ژنوتیپ‌های دارای تعداد روز تا ظهور سنبله یکسان در یک گروه قرار گرفتند. سپس ژنوتیپ های هر گروه براساس تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک نیز گروه‌بندی گردیدند. آنگاه از گروه های مختلف تعداد ۳۹ ژنوتیپ دارای تعداد روز ظهور سنبله و رسیدگی فیزیولوژیک متنوع گزینش شدند. بدین ترتیب ژنوتیپ هایی با تاریخ ظهور سنبله یکسان و رسیدگی فیزیولوژیک متفاوت (و برعکس ژنوتیپ هایی با تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک یکسان و ظهور سنبله متفاوت) انتخاب و همرا با رقم ساجی به عنوان شاهد دوروم (در مجموع ۴۰ ژنوتیپ) برای کشت در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ انتخاب گردیدند. شماره، تلاقی و داده های مربوط به تعداد روز تا ظهور سنبله و رسیدگی فیزیولوژیک در جدول ۴ آورده شده است. کاشت در ۱۶ آبان ماه ۱۳۹۲ و به صورت دستی انجام شد. هر کرت در سال دوم نیز مشتمل بر دو ردیف، شامل یک پشته ۶۵ سانتیمتری به طول ۳ متر و به فاصله بین ردیف ۳۲/۵ سانتی‌متر (۳×۰/۶۵=۱/۹۵ m2) بود ولی با حذف یک متر از کرت برای نمونه گیری های تخریبی، سطح برداشت همانند سال اول (۲×۰/۶۵=۱/۳ m2) بود. عملیات متداول داشت طی دو سال بطور یکسان انجام و برای مبارزه با علف های هرز پهن برگ و نازک برگ از علف کش های متداول استفاده شد. آخرین بارش قابل توجه به میزان ۱۵/۴ میلیمتر در ۱۳۹۳/۲/۰۹ حادث شد و از این رو، تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، مزرعه بدون تنش شش بار با دور آبیاری دو هفته ای آبیاری شد ولی مزرعه تنش خشکی آخر فصل فقط تا قبل از مرحله آبستنی یک بار آبیاری گردید. در هر دو محیط از طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. برای تعیین مراحل نموی و بررسی روند تغییر مرحله رشد از رویشی به زایشی، پس از ورود به مرحله سه برگی (Z, 13) نمونه گیری از هر لاین به طور مرتب با فواصل پنج روزه تا مرحله سنبلچه انتهایی انجام شد و پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، تشریح نمونه ها با استفاده از

www.SID.ir

Archive of SID

بینوکولار، سرنگ مخصوص و اسکالپل انجام و تصاویر مربوط به مریستم هر لاین در هر تاریخ با بینوکولار و دوربین دیجیتال تهیه و مرحله نموی تعیین شد. در هر نمونه برداری نیز وزن خشک اندام هوایی تک بوته با میانگین گیری از سه بوته از هر کرت برای هر ژنوتیپ اندازه گیری و ثبت گردید.

درجات روز رشد براساس محاسبه میانگین دمای کمینه و بیشینه محل انجام آزمایش و با در نظرگرفتن صفر به عنوان دمای پایه محاسبه شد (Al-Karaki, 2012). به طور کلی، اخیراً برای همسان سازی نتایج پژوهشگران گندم در نقاط مختلف دنیا، دمای پایه صفر در نظر گرفته می شود (دمای پایینتر از صفر نیز همان عدد صفر

جدول۱- نتایج آزمون خاک محل انجام مطالعه

Table 1. The soil properties of the experimental location over the cropping seasons.

اسیدیته pH	روی ppm(Zn)	آهن ppm(Fe)	منگنز ppm(Mn)	کربن آلی%O.C	نیتروژن کل Total N (٪)	پتاسیم قابل‌جذب ppm (av.K)	فسفر قابل‌جذب ppm (av.P)	بافت خاک Soil texture	سال آزمایش Cropping years
7.7	0.74	3.85	13.4	0.83	0.09	551	11.6	سیلتی رسی Silty-clay	۱۳۹۱ -۹۲ 2012-13
7.8	0.79	3.78	13.9	0.85	011	558	9.8	سیلتی رسی Silty-clay	۱۳۹۲ -۹۳ 2013-14

جدول ۲- داده های هواشناسی ایستگاه اسلام آباد غرب طی سالهای انجام آزمایش.

Table 2. Climatological data of Eslamabad-e gharb station over the 2012-13 and 2013-14 cropping seasons.

ماههای فصل رشد Growing-season months	میزان تجمعی بارندگی (میلیمتر) Cumulative precipitation (mm)		میانگین بیشینه دما (درجه سانتیگراد) Average of maximum temperature (°C)		میانگین کمینه دما (درجه سانتیگراد) Average of minimum temperature (°C)		میانگین ماهیانه دما (درجه سانتیگراد) Average of mean temperature (°C)	
	۱۳۹۱ -۹۲ 2012-13	۱۳۹۲ -۹۳ 2013-14	۱۳۹۱ -۹۲ 2012-13	۱۳۹۲ -۹۳ 2013-14	۱۳۹۱ -۹۲ 2012-13	۱۳۹۲ -۹۳ 2013-14	۱۳۹۱ -۹۲ 2012-13	۱۳۹۲ -۹۳ 2013-14
مهر Sep – Oct	0.1	0	28.8	26.4	8.7	4.8	19.1	15.6
آبان Oct – Nov	60.1	132.8	19	16.8	5.8	4.2	12	10.2
آذر Nov – Dec	85.7	73.6	11.1	11	0.4	-0.2	5.5	5.1
دی Dec – Jan	49.8	52.2	8.5	7.9	-4.3	-4.4	1.6	1
بهمن Jan – Feb	69.2	78.4	12.8	9.2	-0.8	-3.9	5.3	2.1
اسفند Feb – Mar	13.6	97.1	15.4	15.1	0.1	0.8	7.5	7.8
فروردین Mar – Apr	6.4	42.2	20.7	18.7	2.8	2.5	12.3	10.8
اردیبهشت Apr – May	49.5	25	21.3	25.5	6.8	7.8	14.3	16.9
خرداد May – Jun	0.3	3.7	30.6	31.2	10.7	10.8	21.5	21.6
تیر Jun – Jul	0	0	36.6	36.7	14.8	15.5	26.9	26.9

www.SID.ir

Archive of SID

منظور می گردد) و دمای حداکثر نیز ۳۰ درجه منظور و دماهای بالاتر از آن نیز ۳۰ درجه در نظر گرفته می شود (Jalal Kamali et al., 2008). پس از رسیدن و خشک شدن مزرعه، با کمباین مخصوص آزمایشات مدل وینتراشتایگر برداشت انجام شد و عملکرد دانه هر کرت توزین و تجزیه های آماری بر اساس موازین طرح های آزمایشی مورد استفاده و مقایسه میانگین ها با آزمون حداقل تفاوت معنی دار(LSD) با نرم افزارهای MSTAT-C و SAS 9.1 انجام شد.

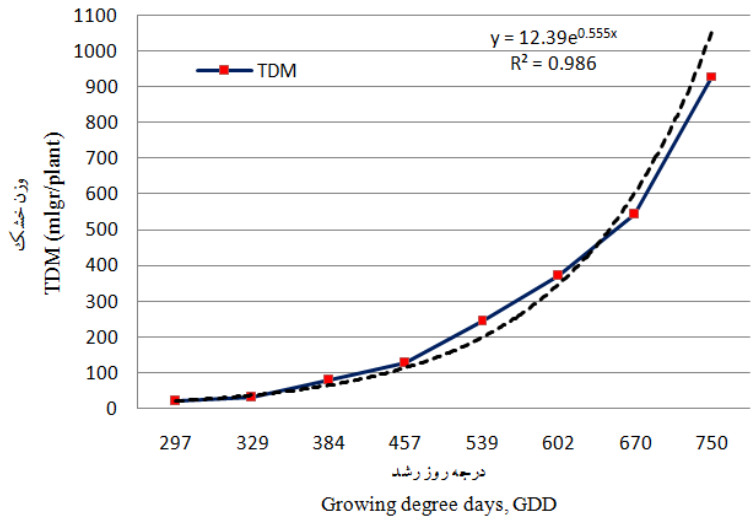
نتایج و بحث

گزینش لاین ها

در سال نخست به دلیل تعداد بالای ژرم پلاسم تحت بررسی، بین لاین ها تنوع بسیار زیادی برای تعداد روز تا ظهور سنبله (از ۱۸۰ تا ۱۹۲ روز) و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (۲۲۱ تا ۲۳۲ روز) دیده شد. از این رو امکان گزینش لاین های واجد ترکیبات متفاوت از طول دوره کاشت تا ظهور خوشه و رسیدگی فیزیولوژیک فراهم شد.

مرحله رویشی پایه

از آنجا که گندم دوروم مورد استفاده در این مطالعه دارای عادت رشد بهاره بودند، بنابراین بنظر می رسد دما و تجمع ماده خشک می توانند مهمترین عوامل تغییر مرحله رویشی به زایشی و پیشرفت مراحل نموی باشند. حداقل وزن خشک لازم برای تغییر مرحله رشدی بین لاین ها متفاوت بود. روند میانگین تجمع ماده خشک در لاین ها براساس میلی‌گرم در تک گیاه در مقابل درجه روز رشد تجمعی در شکل ۱ آورده شده است. بر این اساس برای آمادگی ورود به مرحله زایشی بر مبنای درجه حرارت های تجمعی (معادل تاریخ تقویمی ارزیابی‌ها)، در برخی ژنوتیپ‌ها (G6، G9، G10، G11 و G40) ۳۹۳ درجه روز رشد تجمعی معادل ۷۸ روز و حدود ۹۶ میلی‌گرم ماده خشک لازم بود. این مقادیر در مورد برخی لاین ها (مانند G35) به ۴۵۷ درجه روز رشد یا معادل ۱۰۰ روز پس از کاشت و ۱۳۶ میلی‌گرم ماده خشک در بوته



شکل ۱- نمودار روند افزایش ماده خشک در تک گیاه در مقابل درجه روز رشد تجمعی.

Figure 1. Accumulation of dry matter per single plant versus growing degree days (GDD).

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش یافت. در لاین های سریع الرشد برای تشکیل برجستگی های دوگانه حداقل ۴۷۵ درجه روز رشد تجمعی معادل ۱۰۵ روز پس ازکاشت لازم بود.

علاوه بر نقش عامل دما، دسترسی به مواد غذایی برای تجمع مواد فتوسنتزی پیش از گرده افشانی در تعیین تعداد دانه نقش اساسی دارد (Sinclair & Jamieson, 2008)، می‌توان گفت هر گونه رهیافت و راهبرد مدیریتی در مزرعه که

جدول ۳- داده های مربوط به تلاقی، تعداد روز تا ظهور سنبله و رسیدگی فیزیولوزیک لاین ها در سال نخست انجام آزمایش (۹۲-۱۳۹۱).

Table 3. Data of crosses, days to heading stage and physiological maturity of the entries over the first year of experiment (2013-14 cropping season).

لاین Line	تلاقی Crosses	تعداد روز تا Days to	
		ظهور سنبله Heading stage	رسیدگی فیزیولوژیک Physiological matutity
G1	SORA/2*PLATA_12/3/SORA/2*PLATA_12//SOMAT_3/4/AJAIA_13/YAZI//DIPPER_2/…	182	226
G2	TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/YAZI*2/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO…	186	231
G3	STOT//ALTAR 84/ALD/3/THB/CEP7780//2*MUSK_4/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/…	192	229
G4	LD357E/2*TC60//JO69/3/FGO/4/GTA/5/SRN_1/6/TOTUS/7/ENTE/MEXI_2//HUI/4/YAV_1/3/…	188	227
G5	LD357E/2*TC60//JO69/3/FGO/4/GTA/5/SRN_1/6/TOTUS/7/ENTE/MEXI_2//HUI/4/YAV_1/3/…	183	228
G6	GUANAY//TILO_1/LOTUS_4/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1	182	223
G7	LLARETA INIA/4/SKEST//HUI/TUB/3/SILVER/5/LHNKE/RASCON//CONA-D/6/GREEN…	182	225
G8	KOFA/4/DUKEM_1//PATKA_7/YAZI_1/3/PATKA_7/YAZI_1	184	226
G9	YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN/5/2*NETTA_4/DUKEM_12//RASCON…	183	221
G10	INRAM_1805/4/YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN/5/AJAIA_12/ …	184	224
G11	KOFA/10/PLATA_10/6/MQUE/4/USDA573//QFN/AA_7/3/ALBA-D/5/AVO/HUI/7/PLATA …	180	225
G12	MOHAWK/10/LD357E/2*TC60//JO69/3/FGO/4/GTA/5/SRN_1/6/TOTUS/7/ENTE/MEXI_2// …	185	224
G13	SWAHEN_2/KIRKI_8//PROZANA_1/4/ADAMAR_15//ALBIA_1/ALTAR 84/3/SNITAN …	187	232
G14	AJAIA_3/SILVER_16//AJAIA_13/YAZI/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1 …	187	230
G15	SWAHEN_2/KIRKI_8//PROZANA_1/4/ADAMAR_15//ALBIA_1/ALTAR 84/3/SNITAN …	187	224
G16	ALTAR 84/CMH82A.1062//ALTAR 84/3/DIPPER/RISSA//ALTAR 84/AOS/4/ARMENT// …	183	222
G17	ALAMO:DR/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/5/PLATA_6/GREEN_17// …	185	227
G18	KOFA/4/ACUATICO_1/RASCON_33//ACUATICO_1/3/ARAM/BOOMER/5/ARMENT…	181	226
G19	1A.1D 5+10-6/3*MOJO//RCOL/3/SNITAN/SOMAT_3//FULVOUS_1/MFOWL_13/10/AVILLO …	187	227
G20	1A.1D 5+10-6/3*MOJO//RCOL/3/SNITAN/SOMAT_3//FULVOUS_1/MFOWL_13/6/CHEN_1/ …	184	228
G21	ADAMAR_15/PLATA_18/3/SORA/2*PLATA_12//SOMAT_3/6/LIRO_3/LOTAIL_6/4/ …	181	228
G22	ADAMAR_15/PLATA_18/3/SORA/2*PLATA_12//SOMAT_3/6/LIRO_3/LOTAIL_6/4/MUSK...	181	228
G23	AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/3/POD_9/4/RASCON_37/TARRO_2// …	182	228
G24	AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/3/SOMBRA_20/4/SNITAN/5/SOMAT…	181	223
G25	GUAYACAN INIA/KUCUK/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/5/TOSKA_26/ …	186	226

www.SID.ir

Archive of SID

G26	HYDRANASSA30/SILVER_5//LYMNO_8/3/ATIL/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANEL…	185	226
G27	KIRKI_1/HIMAN_9/4/LIS_8/FILLO_6/3/FUUT//HORA/JOR/5/ARMENT//SRN_3/NIGRIS…	188	229
G28	KIRKI_1/HIMAN_9/4/LIS_8/FILLO_6/3/FUUT//HORA/JOR/5/ARMENT//SRN_3/NIGRIS…	184	229
G29	MINIMUS/COMB DUCK_2//CHAM_3/3/CANELO_9/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ …	184	230
G30	MUSK_1//ACO89/FNFOOT_2/3/PATA_2/ARAM_9/10/PLATA_10/6/MQUE/4/USDA573// …	187	229
G31	MUSK_2/DUSKY_10/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/YAV_1/6/ARDENTE…	185	228
G32	MUSK_2/DUSKY_10/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/YAV_1/6/ARDENTE…	185	229
G33	AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/3/GUANAY/4/SOMAT_3/PHAX_1…	182	229
G34	EUDO//CHEN_1/TEZ/3/TANTLO_1/4/PLATA_6/GREEN_17/5/ARMENT//SRN_3/NIGRIS…	188	232
G35	MINIMUS_6/PLATA_16//IMMER/3/SOOTY_9/RASCON_37/10/PLATA_10/6/MQUE/4/USDA…	186	230
G36	YAV79/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/10/INRAM_1805/9/USDA595/3/D67.3 …	186	228
G37	NASSIRA/10/TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/YAZI/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ …	183	226
G38	NASSIRA/10/TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/YAZI/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ …	186	230
G39	ALTAR 84/CMH82A.1062//ALTAR 84/3/DIPPER/RISSA//ALTAR 84/AOS/4/ARMENT…	183	225
G40	Saji (Syrian4)	182	228

منجر به افزایش ماده خشک قبل از تغییر مرحله رویشی به زایشی شود، لاجرم در قدرت گیاه در تشکیل آغازی‌های بیشتر سودمند خواهد بود.

مراحل نموی

از آنجا که گزینش لاین ها براساس تنوع در تعداد روز تا ظهور سنبله و رسیدگی فیزیولوژیک صورت گرفت، برای صفات نموی مرتبط و مؤثر با دو صفت فوق نیز بین لاین ها تنوع دیده شد.

طول دوره رویشی

طول دوره رویشی براساس درجه روز رشد از کاشت تا ظهور برجستگی‌های دوگانه برای لاین های تحت بررسی در جدول ۴ آورده شده است که بیانگر تنوع بین لاین ها می باشد. بر این اساس مرحله رشدی لاین های شماره G6، G9، G10، G11، G12، G22، G24، G32 و رقم ساجی(G40) با طی ۳۹۳ درجه روز رشد (معادل ۷۸ روز پس از کاشت) زودتر از دیگر لاین ها از مرحله رویشی به زایشی تغییر یافت. در مقابل، لاین شماره ۳۵ با ۴۵۷ درجه روز رشد و لاین های شماره ۱۳، ۳۰، ۳۴ و ۳۷ با ۴۴۱ درجه روز رشد (به ترتیب معادل ۱۰۰ و ۹۵ روز پس از کاشت) دیرتر از سایر لاین ها وارد مرحله زایشی شدند. برجستگی های یگانه نیز در اواخر دوره رویشی ظاهر شدند و جزو مرحله رویشی محسوب شدند.

برجستگی دوگانه

براساس جدول ۴، تعداد ۱۱ لاین طی ۴۷۵ درجه روز رشد (معادل ۱۰۵ روز پس از کاشت) زودتر از سایر لاین ها وارد مرحله برجستگی دوگانه و آمادگی تولید سنبلچه شدند. تعداد چهار لاین از جمله لاین های شماره G30 و G35 پس از ۵۳۹ درجه روز رشد (معادل ۱۱۴ روز پس از کاشت) وارد مرحله برجستگی دوگانه شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

آغازش پوشینه

تعداد ۹ لاین و رقم ساجی طی ۶۲۵ درجه روز رشد (معادل ۱۰۵ روز پس از کاشت) زودتر از سایر لاین ها وارد مرحله آغازش پوشینه شدند در حالیکه لاین شماره G13 با ۷۰۸ درجه روز رشد و هشت لاین دیگر با ۶۹۱ درجه روز رشد (بترتیب معادل ۱۳۴ و ۱۳۲ روز پس از کاشت) و دیرتر از دیگر لاین ها وارد این مرحله شدند. پویایی و روند آغازش برگ‌ها و سنبلچه‌ها در تعیین تعداد نهایی برگ و سنبلچه ها مؤثر است و این خود در عملکرد نهایی تأثیر گذار است (Ochagavia et al., 2018).

آغازش گلچه‌ها

لاین شماره G3 با ۶۴۹ درجه روز رشد (معادل ۱۲۳ روز پس از کاشت) زودتر از سایر لاین ها وارد مرحله آغازش پوشینه شد در حالیکه لاین شماره G4 با ۷۱۷ درجه روز رشد و هشت لاین دیگر با ۷۰۸ درجه روز رشد (بترتیب معادل ۱۳۵ و ۱۳۴ روز پس از کاشت) دیرتر از دیگر لاین ها تشکیل گلچه‌ها را شروع کردند (جدول ۴).

آغازش سنبلچه انتهایی

لاین شماره G22 با ۶۹۱ درجه روز رشد (معادل ۱۳۲ روز پس از کاشت) زودتر از سایر لاین ها آخرین سنبلچه را تشکیل داد و در مقابل، لاین های شماره G4 و G14 بترتیب با ۷۶۸ و ۷۵۰ درجه روز رشد (بترتیب معادل ۱۴۱ و ۱۳۹ روز پس از کاشت) دیرتر از دیگر لاین ها سنبلچه انتهایی را ایجاد نمودند (جدول ۴). طول دوره برجستگی دوگانه تا تشکیل سنبلچه انتهایی برای ارقام گندم نان خاص اقلیم سرد و معتدل ایران طولانی تر از ارقام خاص دیگر اقلیم ها بوده و طولانی بودن چرخه زندگی ارقام ویژه مناطق سرد و معتدل به طولانی تر بودن دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه در این ارقام نسبت داده شده است (Jalal Kamali et al., 2008).

طول دوره تغییر مرحله رشد

به لحاظ مجموع مراحل نموی، از شروع تغییر مرحله رویشی به زایشی (برجستگی دوگانه) تا مرحله تشکیل سنبله جنینی منتهی به سنبلچه انتهایی، تنوع زیادی بین لاین ها دیده شد. لاین ها بسته به ویژگی‌های ژنتیکی و رشدی خود، واکنش‌های متفاوتی از لحاظ طول مراحل نموی فوق الذکر نشان دادند ولی با در نظر گرفتن مجموع این دوره شاید نتیجه گیری بهتر حاصل شود. لاین شماره G37 با ۲۵۹ درجه روز رشد واحد حرارتی و لاین شماره ۴ با ۳۳۹ واحد حرارتی بترتیب کمترین و بیشترین واحد حرارتی را طی دوره تغییر مرحله رشدی زایشی دریافت کردند. کوتاه بودن این دوره بیانگر فرصت کمتر گیاه برای تشکیل سنبلچه و تعداد گلچه است. این ژنوتیپ در شرایط بدون تنش نیز عملکرد بسیار بالایی نداشت (جدول ۴).

ظهور برگ پرچم

با احتساب از تاریخ کاشت، برگ پرچم در لاین های شماره G1، G11، G24 و G40 پس از دریافت ۹۷۱ درجه روز رشد (معادل ۱۶۱ روز پس از کاشت) به طور کامل ظاهر شد. در مقابل، در ۱۰ لاین برگ پرچم بسیار دیرتر و پس از دریافت ۱۰۵۴ درجه روز رشد (معادل ۱۶۶ روز پس از کاشت) ظاهر شد (جدول۳).

گرده افشانی

www.SID.ir

Archive of SID

با اعمال تنش خشکی در مرحله چکمه‌ای (Z, 45)، آثار تنش بتدریج آشکار و در مرحله گرده افشانی تفاوت بین مزرعه بدون تنش و تحت تنش بارز گردید. تنش خشکی سبب تسریع در مرحله گرده افشانی شد (جدول ۴).

تعداد روز تا گرده افشانی دارای کنترل ژنتیکی است و این ژن ها در واکنش به فتوپریود، در زودرسی نیز نقش دارند (Fischer, 2011).

در شرایط بدون تنش لاین شماره G11 با دریافت ۱۲۴۸ درجه روز رشد (معادل ۱۷۹ روز

جدول۴- درجه روز رشد تجمعی لاینها طی مراحل نموی مختلف در شرایط تنش و بدون تنش

Table 4. Cumulative GDD during the different developmental strages of wheat lines under normal and terminal drought stress conditions.

ژنوتیپها Genotyes	تنش و بدون تنش Stressed and non stressed							بدون تنش Non stressed			تنش Stressed		
	V	DR	GP	FI	TS	PL	FL	SE	HD	ANT	SE	HD	ANT
G1	403	475	650	670	700	297	971	623	1192	1323	582	1192	1282
G2	439	492	625	662	700	261	1054	623	1220	1323	582	1204	1282
G3	403	475	625	649	700	297	1006	623	1234	1323	582	1204	1282
G4	429	513	670	717	768	339	1037	575	1264	1343	534	1248	1302
G5	403	492	625	662	700	297	1006	623	1234	1323	564	1205	1264
G6	393	475	670	691	708	315	1022	615	1192	1323	540	1192	1248
G7	429	475	662	678	708	279	1037	670	1234	1378	594	1220	1302
G8	429	513	625	678	708	279	1022	615	1234	1323	574	1205	1282
G9	393	475	625	662	700	307	1037	623	1220	1323	582	1204	1282
G10	393	475	658	678	708	315	1022	615	1204	1323	556	1204	1264
G11	393	475	625	658	700	307	971	548	1192	1248	548	1160	1204
G12	393	492	650	678	708	315	1006	574	1220	1282	556	1204	1264
G13	441	513	708	691	741	300	1054	620	1264	1361	582	1248	1323
G14	439	513	691	708	750	311	1054	611	1282	1361	573	1282	1323
G15	429	513	670	691	708	279	1054	615	1264	1323	574	1234	1282
G16	429	513	691	708	725	296	1037	577	1219	1302	577	1204	1302
G17	439	513	691	708	725	286	1054	636	1264	1361	598	1234	1323
G18	439	492	670	691	717	278	989	585	1219	1302	565	1205	1282
G19	429	492	670	691	708	279	1037	635	1282	1343	615	1282	1323
G20	429	492	691	708	725	296	1037	598	1234	1323	577	1219	1302
G21	439	513	691	708	741	302	1037	602	1235	1343	561	1219	1302
G22	393	475	625	658	691	298	989	591	1204	1282	573	1192	1264
G23	439	492	670	700	717	278	989	626	1248	1343	606	1234	1323
G24	393	475	625	662	700	307	971	582	1193	1282	548	1177	1248
G25	429	539	670	691	717	288	1037	606	1235	1323	606	1234	1323
G26	439	492	691	708	708	269	1037	594	1235	1302	594	1219	1302

www.SID.ir

Archive of SID

G27	439	513	658	670	700	261	1037	643	1235	1343	602	1234	1302
G28	439	492	658	678	700	261	989	602	1219	1302	564	1192	1264
G29	429	492	670	691	717	288	1054	585	1220	1302	565	1204	1282
G30	441	539	691	708	725	284	1054	618	1265	1343	577	1264	1302
G31	429	492	658	678	708	279	989	594	1205	1302	556	1204	1264
G32	393	513	670	691	717	324	1037	606	1248	1323	585	1219	1302
G33	439	513	625	658	700	261	989	623	1234	1323	582	1204	1282
G34	441	492	658	678	708	267	1037	615	1205	1323	556	1204	1264
G35	457	539	670	700	717	260	1037	606	1248	1323	585	1234	1302
G36	439	539	691	708	741	302	1037	602	1264	1343	561	1234	1302
G37	441	492	658	678	700	259	1037	623	1234	1323	602	1219	1302
G38	429	492	670	691	708	279	1037	653	1282	1361	594	1264	1302
G39	439	475	670	691	717	278	989	585	1204	1302	531	1192	1248
G40 (Saji)	393	475	625	658	700	307	971	564	1192	1264	548	1178	1248
Mean	424	498	661	685	713	290	1022	608	1232	1322	574	1217	1286
Max	457	539	708	717	768	339	1054	670	1282	1378	615	1282	1323
Min	393	475	625	649	691	259	971	548	1192	1248	531	1160	1204

علائم اختصاری: (Vegetative, V)، برجستگی دوگانه (Double ridge, DR)، آغازش پوشینه (Glum initiation, GI)، آغازش گلچهها (Floral initiation, FI)،سنبلچه انتهایی (Terminal spiklet, TS)، کل دوره تغییر مرحله (Premordium length, PL)، طویل شدن ساقه (Stem elongation, SE)، ظهور برگ پرچم (Flag leaf emergence, FL)، ظهور سنبله (Heading, HD) وگرده افشانی (Anthesis, ANT).

پس از کاشت) و پس از آن رقم ساجی(G40) با ۱۲۶۴ درجه روز رشد و لاین های شماره G12، G22 و G24 با ۱۲۸۲ درجه روز رشد (بترتیب معادل ۱۸۰ و ۱۸۱ روز پس از کاشت) زودتر به مرحله گرده افشانی رسیدند درحالی که لاین شماره G7 با ۱۳۷۸ و پس از آن لاین های شماره G13، G14، G17 و G38 با ۱۳۶۱ درجه روز رشد (بترتیب معادل ۱۸۶ و ۱۸۵روز پس از سبز شدن) دیرتر از سایر لاین ها به مرحله گرده افشانی رسیدند (جدول ۴).

تحت شرایط تنش خشکی نیز لاین هایی زودتر به مرحله گرده افشانی (Z, 65) رسیدند که یا بطور ذاتی زودگل‌بودند (مانند G11 و رقم ساجی) و یا اینکه نسبت به تنش واکنش سریعی داشته باشند. لاین های شماره G6، G24 و G39 از این دسته لاین ها بودند. چهار لاین مذکور (G6، G11، G24 و G39) بانضمام رقم ساجی با دریافت ۱۲۴۸ درجه روز رشد (معادل ۱۷۹ روز پس از کاشت) زودتر از سایر لاین ها و در مقابل، شش لاین به شماره‌های ۱۳، ۱۴، ۱۷، ۱۹، ۲۳ و ۲۵ با ۱۳۲۳ درجه روز رشد (بترتیب معادل ۱۸۳ روز پس از سبز شدن) دیرتر از بقیه لاین ها به مرحله گرده افشانی رسیدند (جدول ۴). واکنش لاین ها به تنش از لحاظ تعداد واحد حرارتی تا مرحله گرده افشانی نیز متنوع بود. لاین های شماره G6 و G7 با ۴ روز تسریع در

www.SID.ir

Archive of SID

گرده افشانی و متعاقباً لاین های شماره G35، G38 و G39 با ۳ روز تسریع در گرده افشانی بیشترین واکنش را نشان دادند. به طور کلی تنش باعث دو روز (معادل ۳۴ درجه روز رشد) تسریع در گرده افشانی شد. تفاوت زمان گرده افشانی در ژنوتیپ های مختلف گندم به تفاوت حساسیت و واکنش ژنوتیپ ها به دما نسبت داده شده است (Ochagavia et al., 2019).

در اثر فعالیت های به نژادی، دوره بین کاشت تا گرده افشانی در گندم های درووم ایتالیایی و اسپانیایی به ترتیب ۲ و ۸ روز کاهش یافته (Alvaro et al., 2008) و ژن های تنظیم کننده زمان گلدهی در گندم در واکنش به محیط سبب کنترل مراحل نموی می‌شوند (Campoli & Korff, 2014). در مجموع مراحل مختلف نموی پیش از گرده افشانی در بسیاری از ارقام گندم با علامت دهی اثر متقابل ژن های مختلف تنظیم می شوند (Gol et al., 2017). اصلاح نباتات باعث کاهش طول کاشت تا گرده افشانی شده، دوره بین آبستنی تا گرده افشانی گندم دوروم را افزایش داده و سبب افزایش وزن خشک سنبله و دانه در سنبله شده است (Isidro et al., 2011). بنابراین در آینده نیز می توان از طریق افزایش این دامنه زمانی باروری سنبله را افزایش داد.

طویل شدن ساقه/ رشد طولی ساقه

رشد طولی ساقه حد فاصل بین تشکیل سنبلچه نهایی و گرده افشانی در نظر گرفته می شود و با افزایش طول این دوره، امکان افزایش وزن سنبله و بقای تعداد بیشتری سنبله و سنبلچه و گلچه فراهم می‌شود. تعداد درجه روز رشد مربوط به دوره رشد طولی ساقه در شرایط تنش و بدون تنش در جدول ۴ آورده شده است

در شرایط بدون تنش

لاین شماره G7 و پس از آن لاین شماره G38 بترتیب با دریافت ۶۷۰ و ۶۵۳ درجه روز رشد طولانی ترین دوره رشد طولی ساقه را دارا بودند. در مقابل، لاین شماره G11 و رقم ساجی بترتیب با ۵۴۸ و ۵۶۴ واحد حرارتی کمترین دوره رشد طولی ساقه را دارا بودند. لاین های شماره G4، G12، G16 و G24 نیز در رده‌های بعد قرار گرفتند (جدول۴).

تحت شرایط تنش

به دلیل شروع واکنش لاین ها به تنش خشکی، طول دوره رشد طولی ساقه با شرایط بدون تنش یکسان نبود. لاین شماره G19 با ۶۱۵ و متعاقب آن لاین های شماره G23 و G25 با ۶۰۶ درجه روز رشد بیشترین دوره رشد طولی ساقه را داشتند. در مقابل، لاین شماره G39 با ۵۳۱ درجه روز رشد و پس از آن لاین های شماره G4، G6، G11، G24 و رقم ساجی کمترین دوره رشد طولی ساقه را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). با پیشرفت فصل رشد و در نظر گرفتن مجموع کل دوره‌های طی شده تا مرحله گرده افشانی، تفاوت بین لاین ها بیشتر خود را نشان داد. تنش خشکی سبب شد تا دوره رشد طولی ساقه به میزان ۳۴ درجه روز رشد کاهش یابد. این کاهش دقیقاً معادل کاهش درجه روز رشد از سبز شدن تا گرده افشانی می‌باشد و لذا این کاهش پس از اعمال تنش و طی ظهور سنبله و گرده افشانی روی داده است. بنابراین دست ورزی مرحله طویل شدن ساقه می تواند یک رهیافت به نژادی برای افزایش عملکرد باشد و

www.SID.ir

Archive of SID

طول بیشتر این دوره سبب افزایش وزن خشک سنبله و افزایش تعداد دانه می گردد ولی انتخاب فنوتیپی مستقیم در مزرعه برای این صفت دشوار و غیر قابل اعتماد است (Otegui & Slafer, 2004).

عملکرد دانه

در هر دو محیط بدون تنش و تنش تفاوت معنی داری بین عملکرد ژنوتیپ‌ها دیده شد (جدول ۵). مقایسه میانگین عملکرد دانه لاین ها در شرایط بدون تنش و تنش در جدول ۶ آورده شده است. پایین بودن ضریب تغییرات به دلیل انجام آزمایش در شرایط ایستگاه های تحقیقاتی و انتخاب هدفمند لاین ها در سال قبل می باشد.

الف)شرایط بدون تنش

لاین های شماره G38، G19 وG35 به ترتیب با ۹/۱۲۶، ۹/۰۶۹ و ۹/۰۳۷ تن در هکتار پرمحصول‌ترین لاین های تحت مطالعه در شرایط بدون تنش بودند. کمترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش نیز به میزان ۶/۹۶۱ تن در لاین شماره G26 دیده شد. رقم ساجی نیز عملکردی معادل ۷/۲۴۵ تن را نشان داد. این امر بیانگر چند نکته است، نخست اینکه رقم ساجی برای شرایط دیم معرفی شده است و انتظار نمی رود که در شرایط بدون تنش نیز دارای پتانسیل عملکرد بسیار بالایی باشد، دوم اینکه این رقم زودرس است و نسبت به ارقام دیررس در شرایط بدون تنش پتانسیل عملکرد کمتری دارد و سوم اینکه واکنش لاین های تحت مطالعه به رطوبت قابل دسترس بهتر از رقم ساجی است و می‌توان انتظار داشت در صورت فراهمی رطوبت بر رقم ساجی برتری خواهند داشت. لاین های شماره G1، G11 و G24 نیز عملکرد پایینی را دارا بودند که به دلیل زودرسی در این لاین ها است. در مجموع، از بین لاین های تحت بررسی، ۲۶ لاین (معادل ۶۵ درصد از لاین ها) عملکردی بالاتر از ۸ و تعداد ۱۴ لاین عملکردی کمتر از ۸ تن در هکتار داشتند (جدول ۶).

ب) شرایط تنش

مقایسه میانگین عملکرد لاین ها در محیط تنش نیز نشان دهنده تنوع و تفاوت معنی دار بین لاین ها بود (جدول ۵). لاین شماره G39 با عملکردی معادل ۵/۸۴۵ تن در هکتار بیشترین عملکرد دانه تولید کرد. لاین های شماره G1، G10، G11 و G22 نیز عملکردی بیش از ۵/۵۰۰ تن را دارا بودند. این لاین ها زودرس‌ترین لاین های در هر دو محیط بدون تنش و تنش بودند. این ویژگی نشانه اهمیت زودرسی در شرایط

جدول ۵- تجزیه واریانس عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی و بدون تنش

Table 5. ANOVA for grain yield under stressed and non stressed condition.

منبع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد دانه (میانگین مربعات) Grain yield (MS)	
		بدون تنش Non stressd	تنش Stressed
تکرار Replicate	2	1.124	0.629
ژنوتیپ Genotype	39	0.613**	0.108**
خطا Error	78	0.028	0.014
CV%	-	2.07	2.29

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- میانگین عملکرد دانه لاینها در شرایط تنش و بدون تنش و میزان کاهش عملکرد در اثر تنش خشکی

Table 6. Mean grain yield and yield reduction of genotypes under normal and stressed condition.

ژنوتیپها Genptypes	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (t/ha)		کاهش عملکرد Yield reduction	
	بدون تنش Non stressd	تنش Stressed	Percent درصد (٪)	t/ha (تن در هکتار)
G1	7.245	5.530	23.67	1.715
G2	8.675	5.370	38.10	3.305
G3	8.567	5.071	40.81	3.496
G4	8.478	5.221	38.42	3.257
G5	8.195	5.183	36.76	3.012
G6	7.950	5.299	33.34	2.651
G7	8.594	5.353	37.72	3.242
G8	7.961	5.252	34.03	2.709
G9	7.963	5.281	33.68	2.682
G10	7.939	5.615	29.27	2.324
G11	7.763	5.838	24.80	1.925
G12	8.095	5.242	35.24	2.853
G13	8.625	5.372	37.72	3.253
G14	8.335	5.098	38.84	3.237
G15	8.385	5.550	33.82	2.836
G16	7.904	5.205	34.15	2.699
G17	8.362	5.341	36.13	3.022
G18	8.247	5.431	34.15	2.817
G19	9.069	5.499	39.36	3.570
G20	8.099	5.195	35.85	2.903
G21	8.385	5.177	38.25	3.207
G22	8.241	5.579	32.31	2.662
G23	7.900	5.208	34.08	2.692
G24	7.669	5.260	31.42	2.410
G25	8.459	4.977	41.17	3.483
G26	6.961	5.119	26.47	1.843
G27	8.738	5.291	39.44	3.446
G28	8.154	5.341	34.50	2.814
G29	8.593	5.294	38.39	3.299
G30	8.127	5.261	35.27	2.866
G31	8.265	5.435	34.24	2.830
G32	8.256	5.264	36.24	2.992
G33	7.962	5.359	32.69	2.602
G34	8.187	4.946	39.59	3.241
3G5	9.037	5.357	40.72	3.680
G36	7.980	5.230	34.46	2.750
G37	8.187	5.309	35.15	2.878
G38	9.126	5.230	42.69	3.896
G39	7.765	5.845	24.73	1.920
G40 (Saji)	7.435	5.388	27.53	2.047
LSD 1%	0.263	0.366	-	-
Mean	8.197	5.320	34.88	2.877
Max	9.126	5.845	42.69	3.896
Min	6.961	4.946	23.67	1.715

تنش خشکی است. لاین شماره ۱۵ در محیط تنش نیز عملکرد بالایی را نشان داد، این لاین هرچند در شرایط تنش زودرس نبود. لاین شماره G2 نیز عملکرد مناسبی (۵/۳۷۰ تن در هکتار) را تولید کرد. رقم ساجی نیز عملکردی معادل ۵/۳۸۸ تن در هکتار داشت. کمترین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی به میزان ۴/۹۴۶ و ۴/۹۷۷ تن در هکتار به ترتیب در لاین های شماره G34 و G25 دیده شد. لاین های شماره G3، G14 و G26 نیز در مقایسه با سایر لاین ها عملکرد دانه پایینی را نشان دادند که عمدتاً به دلیل دیررسی در شرایط تنش خشکی است. در مجموع تعداد نه لاین (معادل ۲۳ درصد از لاین های تحت مطالعه) عملکردی بیشتر از رقم ساجی را نشان دادند.

میانگین عملکرد لاین هادر شرایط بدون

www.SID.ir

Archive of SID

تنش و تنش به ترتیب ۸/۱۹۷ و ۵/۳۲۰ تن در هکتار بود. بیشترین کاهش عملکرد در اثر تنش خشکی به میزان ۴۲/۶۹ درصد در لاین شماره G38 و متعاقب آن به میزان ۴۱/۱۲ درصد در لاین شماره G25 دیده شد. دو لاین شماره G3 و G35 نیز بیش از ۴۰ درصد و لاین های شماره G19، G27 و G34 نیز بیش از ۳۹ درصد کاهش عملکرد نشان دادند. این لاین ها در محیط تنش خشکی دیررس بودند. در مقابل، کمترین کاهش عملکرد در اثر تنش خشکی به میزان ۲۳/۶۷ درصد در لاین شماره G1 و متعاقب آن به میزان ۲۴/۷۲ در لاین شماره G39 دیده شد. کاهش عملکرد در لاین های شماره G10، G11، G26 و رقم ساجی نیز کمتر از ۳۰ درصد بود. عدم کاهش شدید عملکرد لاین های شماره G1، G10، G11 و G39 به دلیل زودرسی بود. علیرغم اندکی دیررس بودن لاین شماره G26، عدم کاهش شدید عملکرد در این لاین به دلیل پایین بودن عملکرد آن در هر دو محیط بود. این موضوع در رقم ساجی به دلیل سازگاری با شرایط تنش خشکی در این رقم بر می گردد.

همبستگی عملکرد دانه و صفات نموی

همبستگی ساده صفات نموی در شرایط غیرتنش

در شرایط بدون تنش افزایش طول دوره رویشی تا برجستگی دوگانه سبب افزایش طول دوره آغازش پوشینه، آغازش گلچه‌ها، ظهور سنبلچه انتهایی، ظهور برگ پرچم، رشد طولی ساقه، دوره تا گرده افشانی، تعداد روز تا رسیدن و عملکرد شد. وزن خشک قبل از تغییر مرحله

جدول ۷- همبستگی بین مراحل دوره تغییر مرحله رشدی و صفات نموی با عملکرد در شرایط بدون تنش

Table 7. Correlation between transistion phase and developmental attributes with grain yield (t/ha) under normal condition.

صفات Attributes	رویشی Vegetative	برجستگی دوگانه Double ridge	آغازش پوشینه Glum initiation	آغازش گلچه Floral initiation	آغازش گلچه Floral initiation	طول دوره تغییر مرحله	ظهور برگ پرچم Flag leaf emergence
برجستگی دوگانه Double ridge	0.592**						
آغازش پوشینه Glum initiation	0.558**	0.510**					
آغازش گلچه Floral initiation	0.549**	0.576**	0.904**				
سنبلچه انتهایی Terminal spiklet	0.413**	0.554**	0.710**	0.798**			
طول دوره تغییر مرحله Premordium length	-0.663**	-0.138	0.025	0.105	0.408**		
ظهور برگ پرچم Flag leaf emergence	0.458**	0.544**	0.578**	0.559**	0.469**	-0.074	
ظهور سنبله Heading	0.520**	0.628**	0.534**	0.566**	0.546**	-0.073	0.655**
طویل شدن ساقه Stem elongation	0.280	0.082	0.096	-0.025	-0.143	-0.398*	0.413**
گرده افشانی Anthesis	0.496**	0.403**	0.509**	0.453**	0.469**	-0.113	0.648**
عملکرد Grain yield	0.352*	0.329*	0.161	0.116	0.184	-0.202	0.514**

www.SID.ir

Archive of SID

رشدی در میزان قدرت گیاهچه مؤثر است و این وضعیت در مورد ژنوتیپ‌های شماره G13 و G35 مشاهده شد که دارای عملکرد دانه بالا و دوره تا برجستگی دوگانه طولانی بودند (جدول ۷). افزایش دوره رویشی منجر به کاهش طول دوره تغییر مرحله رشدی شد زیرا گیاه در آخر فصل به گرم شدن هوا بشدت واکنش نشان خواهد داد. این مورد در ژنوتیپ‌های شماره G2، G13، G27 و G35 دیده شد.

افزایش طول دوره لازم تا آغازش پوشینه و تشکیل گلچه‌ها نیز بر دوره‌های تغییر مرحله رشدی تاثیر گذاشت و سبب افزایش طول مراحل شد ولی با عملکرد رابطه‌ای نداشت. افزایش طول دوره تغییرمرحله رشدی سبب کاهش طول دوره رشد طولی ساقه شد و با عملکرد دانه رابطه منفی نشان داد ولی این رابطه بسیار ضعیف و غیر معنی دار بود. افزایش دوره لازم تا ظهور برگ پرچم نیز سبب افزایس دوره رشد و عملکرد دانه شد. این مورد با ژنوتیپ‌های شماره G2، G13 و G29 دیده شد.

افزایش دوره رشد طولی ساقه سبب طولانی شدن دوره رشد و نمو گیاه و افزایش عملکرد دانه شد که به دلیل فرصت کافی برای رشد سنبله و تجمع آسمیلات طی دوره رشد طولی ساقه است. این مورد در باره ژنوتیپ‌های شماره G7، G19، G27 و G38 صادق بود. طولانی شدن دوره رشد طولی ساقه سبب افزایش عملکرد پتانسیل گندم دراثر افزایش وزن خشک سنبله و تعداد گلچه های بارور در مرحله گرده افشانی می شود (Gonzalez et al., 2003).

طولانی شدن زمان لازم تا گرده افشانی نیز آثار مشابه با زمان لازم تا دوره رشد طولی ساقه بر جای گذاشت. این وضعیت علاوه بر ژنوتیپ‌های شماره G7، G19، G27 و G38 در ژنوتیپ شماره G13 نیز مشاهده شد. به طور کلی، افزایش طول هر یک از مراحل نموی، به مرحله بعد منتقل می‌گردد. این وضعیت در مورد سنبلچه انتهایی نیز دیده می‌شود. افزایش طول هریک از مراحل تا ظهور برگ پرچم، سبب طولانی شدن دوره رشد گیاه شد وموجب افزایش عملکرد دانه در شرایط بدون تنش شد.

همبستگی ساده صفات نموی در شرایط تنش

نظر به اعمال تنش در مرحله چکمه ای، روابط بین صفات پس از این مرحله و در شرایط تنش حائز اهیت است. بر این اساس، در شرایط تنش خشکی، افزایش طول دوره رویشی تا برجستگی دوگانه، همانند شرایط بدون تنش سبب افزایش طول مراحل آغازش پوشینه، آغازش گلچه‌ها، ظهور سنبلچه انتهایی، ظهور برگ پرچم، دوره رشد طولی ساقه و دوره تا گرده افشانی شد (جدول ۸). ولی افزایش این دوره منجر به کاهش طول دوره تغییر مرحله رشدی می‌شود زیرا همانطور که ذکر شد، با پیشرفت فصل و گرم شدن هوا، گیاه به شدت به دمای اطراف واکنش نشان خواهد داد.

رابطه بین دوره لازم تا آغازش پوشینه و گلچه‌ها و عملکرد منفی بود و با افزایش این دوره ها عملکرد کاهش یافت. افزایش طول دوره تغییر مرحله رشدی نیز سبب کاهش دوره رشد طولی ساقه شد که عمدتاً به دلیل تأخیر در رسیدن به مرحله سنبلچه انتهایی می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

رابطه بین زمان لازم تا ظهور برگ پرچم و عملکرد منفی و بسیار معنی دار بود. این امر به معنای کاهش دوره پر شدن دانه است. رابطه بین زمان لازم تا گرده افشانی با عملکرد در شرایط تنش خشکی نیز منفی و بسیار معنی‌دار بود. در مقابل با کاهش دوره لازم تا گرده افشانی و افزایش زمان پر شدن دانه، عملکرد افزایش یافت (جدول ۸). در مطالعه شش رقم گندم مراکشی، رابطه منفی بین عملکرد و تعداد روز تا گرده افشانی در محیط تنش و بدون تنش دیده شد. دراین تحقیق، تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه، کاهش ۴ روزه تعداد روز تا گرده افشانی و کاهش ۷ روزه دوره پر شدن شد (Boussakouran et al., 2019).

در مطالعه ۲۳ ژنوتیپ گندم دوروم رابطه منفی بین دوره رویشی با دوره پر شدن دانه، وزن هزاردانه و عملکرد گندم دوروم دیده شد که انتخاب با ژنوتیپ هایی از دوره متعادل رویشی برای افزایش عملکرد توصیه شده است (Bouzerzour et al., 1995). ولی به طور کلی می‌توان گفت ژنوتیپ‌هایی که سریعتر دوره رویشی را طی کرده و وارد مرحله زایشی می شوند، طول دوره مناسبی برای پرشدن دانه تا موعد خشکی و گرمای آخر فصل در اختیار

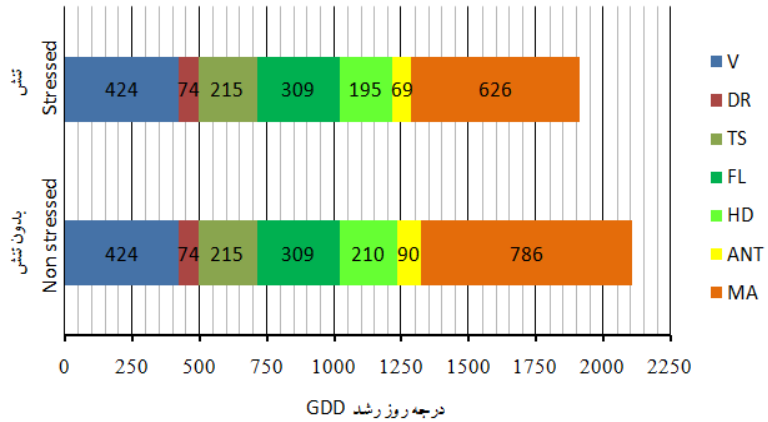
جدول ۸- همبستگی بین مراحل دوره تغییر مرحله رشدی و صفات نموی با عملکرد در شرایط تنش

Table 8. Correlation between transistion phase and developmental attributes with grain yield (t/ha) under stressed condition.

صفات Attributes	رویشی Vegetative	برجستگی دوگانه Double ridge	آغازش پوشینه Glum initiation	آغازش گلچه Floral initiation	آغازش گلچه Floral initiation	طول دوره تغییر مرحله Premordium	ظهور برگ پرچم Flag leaf emergence	ظهور سنبله Heading	طویل شدن ساقه Stem elongation	گرده افشانی Anthesis
برجستگی دوگانه Double ridge,	0.592**									
آغازش پوشینه Glum initiation,	0.558**	0.510**								
آغازش گلچه Floral initiation	0.549**	0.576**	0.904**							
سنبلچه انتهایی Terminal spiklet	0.413**	0.554**	0.710**	0.798**						
طول دوره تغییر مرحله Premordium length	-0.663**	-0.138	0.025	0.105	0.408**					
ظهور برگ پرچم Flag leaf emergence	0.458**	0.544**	0.578**	0.559**	0.469**	-0.074				
ظهور سنبله Heading	0.532**	0.586**	0.615**	0.614**	0.557**	-0.075	0.676**			
طویل شدن ساقه Stem elongation	0.339*	0.276	0.176	0.078	-0.168	-0.478**	0.383*	0.517**		
گرده افشانی Anthesis	0.571**	0.612**	0.633**	0.608**	0.534**	-0.134	0.646**	0.820**	0.744**	
عملکرد Grain yield	-0.213	-0.378*	-0.207	-0.258	-0.269	-0.007	-0.403**	-0.328*	-0.270	-0.414**

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- درجه روز رشد برای طی مراحل نموی در شرایط تنش و بدون تنش (اعمال تنش در ۱۱۱۰).

Figure 2. GDD of developmental stages under stressed and non stressed conditions (stress applied at 1110 GDD).

علائم اختصاری: (Vegetative, V)، برجستگی دوگانه (Double ridge, DR)، سنبلچه انتهایی (Terminal spiklet, TS)، ظهور برگ پرچم (Flag leaf emergence, FLE)، ظهور سنبله (Heading, HD) و گرده افشانی (Anthesis, ANT).

دارند و در شرایط تنش خشکی موفق خواهند بود.

میانگین تعداد درجه روز رشد لازم برای طی هریک از مراحل نموی در شرایط تنش و بدون تنش در شکل ۲ آورده شده است. به طور کلی تنش خشکی سبب کاهش دوره زمانی تا ظهور سنبله، دوره گرده افشانی و دوره پر شدن دانه شد. این کاهش بسته به ژنوتیپ متفاوت و متنوع بود.

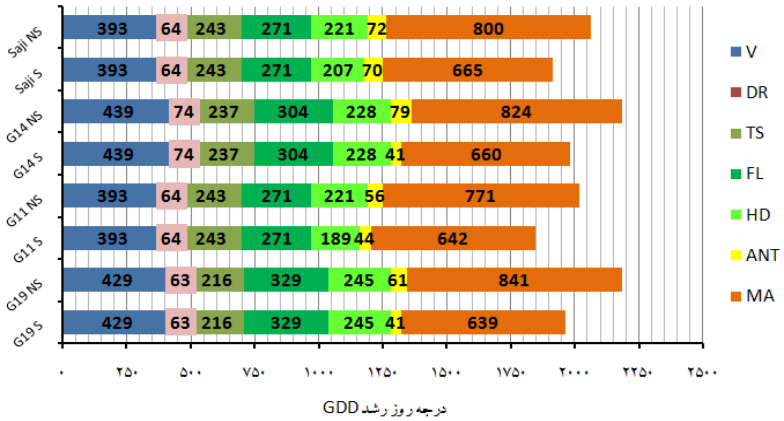
به منظور شناخت ارتباط بین مراحل نموی با عملکرد دانه، چند لاین بعنوان شاخص انتخاب شدند. این لاین ها عبارت بودند از: لاین پرمحصول، دیرگل و دیررس در محیط بدون تنش (شماره G19)، لاین زودگل، زودرس و پرمحصول در محیط تنش (شماره G11)، رقم ساجی (شاهد) و لاین دیرگل، دیررس و کم محصول در هر دو محیط (شماره G14). ویژگی های نموی گل و تنش لاین های فوق در شکل ۳ آورده شده است.

براساس نمودار فوق، رقم ساجی، دارای دوره رویشی کوتاه و مرحله سنبلچه انتهایی طولانی‌تر است و تا ظهور برگ پرچم فرصت کافی برای افزایش گلچه در سنبلچه را داراست. این رقم در شرایط بدون تنش، زودگل و دارای دوره پر شدن طولانی است که به معنای واکنش مثبت به آب قابل دسترس است ولی در شرایط مواجهه با تنش خشکی، دوره گرده افشانی و پر شدن را کاهش داده و سازگاری خود با تنش را نشان می‌دهد. لاین شماره G11 نیز مشابه رقم ساجی، دارای دوره رویشی کوتاه، سنبلچه انتهایی نسبتاً طولانی است ولی با ورود سریع تر به مرحله ظهور سنبله، به تنش خشکی سریع تر پاسخ داده و لذا عملکرد بالایی در شرایط تنش تولید می‌کند وعملکرد آن در شرایط بدون تنش (۷/۷۶۳ تن در هکتار) نیز قابل قبول است.

در مقابل، لاین شماره G19 به عنوان

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- درجه روز رشد برای طی مراحل نموی در شرایط تنش (S) و بدون تنش (NS) برای لاینهای شاخص (اعمال تنش در ۱۱۱۰).

Figure 3. GDD of developmental stages of the selected wheat lines under stressed (S) and non stressed (NS) conditions (stress applied at 1110 GDD).

علائم اختصاری: (Vegetative, V)، برجستگی دوگانه (Double ridge, DR)، سنبلچه انتهایی (Terminal spiklet, TS)، ظهور برگ پرچم (Flag leaf emergence, FLE)، ظهور سنبله (Heading, HD) وگرده افشانی (Anthesis, ANT).

پرمحصول‌ترین، دیرگل‌ترین و دیررس‌ترین ژنوتیپ تحت مطالعه در شرایط بدون تنش، دارای دوره رویشی طولانی، دوره سنبلچه انتهایی کوتاه و دوره تا ظهور برگ پرچم طولانی است که به معنای فرصت کافی برای افزایش تعداد گلچه‌هاست ولی توان واکنش سریع به تنش خشکی را نداشته و با گرمای آخر فصل مواجه می‌شود. لاین شماره G14، دارای دوره رویشی طولانی، دوره سنبلچه انتهایی کوتاه و دوره تا ظهور برگ پرچم طولانی است. این ژنوتیپ نیز در برابر تنش واکنشی نشان نداده پس از مواجهه با تنش خشکی و دوره گرمای آخر فصل، دوره پر شدن آن کاهش می‌یابد.

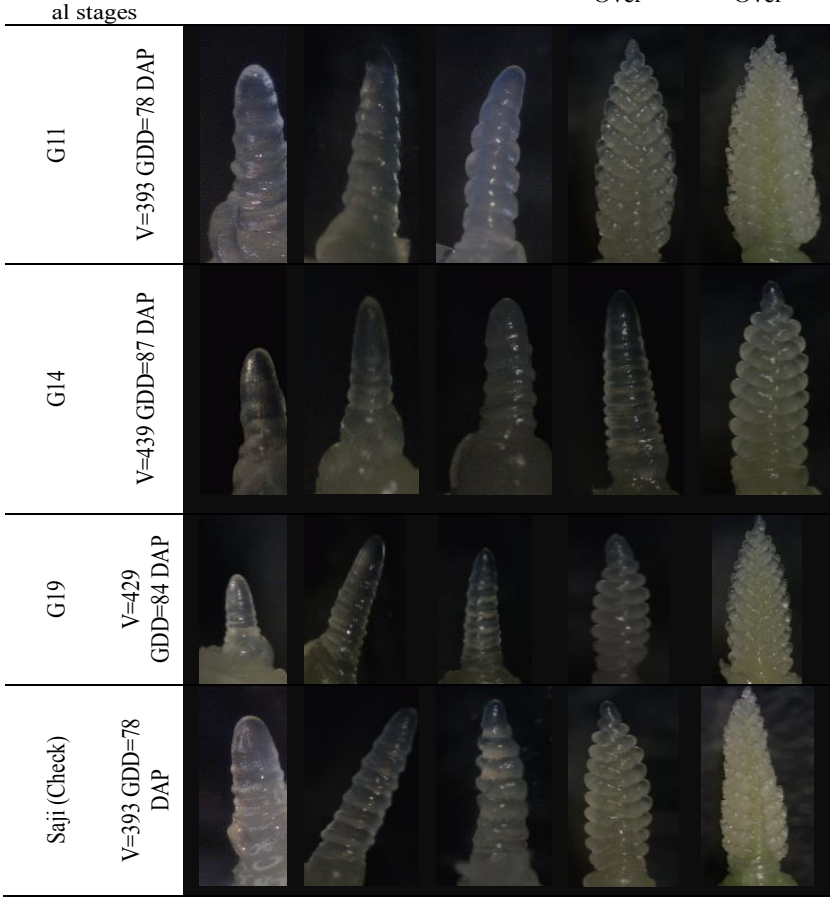
بین لاین ها تنوع زیادی از نظر دوره زمانی طی مراحل مختلف نموی دیده شد (جدول ۴) به طوری که برخی لاین ها، مانند لاین شماره G39، دوره رویشی طولانی داشتند ولی با پیشرفت مراحل تغییر مرحله رشدی، واکنش به دمای شدیدی را نشان داده، زودتر به مرحله ظهور برگ پرچم رسیده و سپس با ظهور زود هنگام سنبله، به اعمال تنش نیز واکنش نشان دادند. این لاین ها نیز به لحاظ فرصت کافی برای تجمع وزن خشک قبل از تغییر مرحله رشدی در شرایط تنش نیز عملکرد قابل قبولی را دارا بودند (جدول ۶).

شکل ۴ مربوط به عکس طول دوره‌های نموی و روند مراحل تغییر مریستم انتهایی در چهار ژنوتیپ فوق می‌باشد. با مطالعه ده ژنوتیپ گندم دوروم در شرایط اقلیم مدیترانه ای مشخص شد که در برخی مناطق دوره پر شدن دانه با عملکرد رابطه مثبت داشت (Royo et al., 2006). میزان پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه تعیین کننده وزن نهایی دانه به عنوان یکی از اجزای اصلی عملکرد در گندم می‌باشند. انعطاف پذیری مراحل نمو سنبله در گندم به وسیله اثرات متقابل فتوپریود و تنش‌های

www.SID.ir

Archive of SID

روزپس ازکاشت Days after Planting	100	114	121	130	139
GDD	457	539	602	670	750
مرحله نموی Developmental stages	V	V/DR	V/DR	DR and Over	TS and Over



شکل ۴- روند طی دوره‌های نموی و مراحل تغییر مریستم انتهایی در چهار ژنوتیپ شاخص

Figure 4. Trend of transition for developmental stages and apices meristem in selected wheat lines.

غیرزنده و دسترسی به مواد غذایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. این اثرات متقابل بعنوان سیگنال بالقوه تغییر مرحله رشد از رویشی به زایشی در گندم اهیمت داشته و روند نمو گندم بر روابط منبع و مخزن و در نهایت ساختار سنبله و عملکرد آن اثر می‌گذارند (Gol et al., 2017). در شرایط تنش خشکی دوره گلدهی گندم دوروم با عملکرد رابطه منفی داشت (Kilic & Yagbasanlar, 2010). تفاوت عملکرد دانه ارقام مختلف گندم نان در ایران، علاوه بر تفاوت های ژنتیکی، به تفاوت های فنولوژیک به ویژه طول دوره مراحل مختلف نموی نیز نسبت داده شده است (Jalal Kamali & Sharifi, 2010). به طور کلی، تاکنون فرار از خشکی با گزینش ژنوتیپ های با دوره کوتاه رشد و گلدهی زود هنگام به عنوان تنها رهیافت دستیابی به ارقام غلات سازگار به مناطق خاصی مانند شرایط مدیترانه‌ای که در آن تنش خشکی انتهای فصل می‌تواند بر رشد و نمو گیاهان زراعی تاثیر بگذارد، به کار برده شده است (Shavrukov et al., 2017).

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه گیری

لاین های مورد مطالعه برای طول مراحل نموی از تنوع بالایی برخوردار بودند. در این مطالعه تجمع ماده خشک و دمای محیط مهمترین عوامل محرک تغییر مرحله رشدی بودند. در لاین های سریع الرشد برجستگی های دوگانه و سنبلچه انتهایی بترتیب با حداقل ۴۷۵ و ۶۹۱ درجه روز رشد ظاهر شدند. وزن خشک لازم برای تغییر مرحله رویشی به زایشی لازم در ارقام مختلف گندم متفاوت بود ولی حداقل ۹۶ میلیگرم ماده خشک در تک بوته برای شروع تغییر مرحله رشدی لازم بود. در شرایط بدون تنش، افزایش طول دوره لازم تا ظهور برجستگی دوگانه، سبب افزایش طول مراحل نموی تا گرده افشانی شد و با افزایش طول هریک از مراحل نموی تا ظهور برگ پرچم، دوره رشد گیاه نیز طولانی تر شده و سبب افزایش عملکرد دانه شد. در شرایط تنش خشکی، افزایش طول مرحله رویشی تا برجستگی دوگانه، عملکرد دانه را کاهش داد و افزایش طول هر یک از مراحل نموی سبب کاهش عملکرد دانه گردید. افزایش مجموع زمان تغییر مرحله رویشی به زایشی سبب کاهش طول مرحله طویل شدن ساقه، افزایش زمان تا ظهور برگ پرچم وکاهش عملکرد دانه شد. در مجموع، تنش خشکی سبب کاهش دوره رشد و نمو و عملکرد دانه شد. کاهش عملکرد بسته به ژنوتیپ متفاوت و متنوع بود. در مجموع در این مطالعه ژنوتیپ هایی با دوره رویشی کوتاه تر و واجد توان تغییر سریع مرحله رویشی به زایشی در شرایط تنش خشکی انتهای فصل از عملکرد دانه بهتری برخوردار بودند.

www.SID.ir

Archive of SID

References

Al-Karaki, G. N. 2012. Phenological development-yield relationships in durum wheat cultivars under late-season high-temperature stress in a semiarid environment. International Scholarly Research Network, ISRN *Agronomy,* 2012: 1-7, ID 456856.

Alvaro, F., Isidro, J., Villegas, D., Garcia del Moral, L.F. and Royo, C. 2008. Breeding effect on grain filling, biomass partitioning and remobilization in Mediterranean durum wheat. Agronomy Journal, 100: 361–370.

Anonymous, 2015. www.ag.ndsu.edu/plantsciences/research/durum/. Accessed March, 2015.

Araus, J. L., Slafer, G. A., Reynolds, M. P., and Royo, C. 2002. Plant breeding and drought in C3 cereals: what should we breed for?. *Annals of botany*, 89 (7): 925–940.

https://doi.org/10.1093/aob/mcf049.

Boussakouran, A., Sakar, H., Yamani, M., Rharrabti, Y. 2019. Morphological traits associated with drought stress tolerance in six Moroccan durum wheat varieties released between 1984 and 2007. *Journal of Crop Science and Biotechnology,* 22(4): 345-353.

Bouzerzour, H., Zerarguli, H. and Hu, I. T. 1995. Relationships among duration of vegetative and grain filling periods' yield components and grain yield in durum wheat. *AI Awamis*, 89: 25-38.

Campoli, C.. and von Korff, M. 2014. Genetic control of reproductive development in temperate cereals. In: Fornara F. (ed.), Advances in botanicalresearch: Vol. 72. The molecular genetics of floral transition and flower development. New York: Academic Press, Pp. 131–158.

Farooq, M., Hussain, M., and Siddique, K. H. M. 2014. Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 33(4): 331-349, DOI: 10.1080/07352689.2014.87529.

Gol, L., Tomé, F., and von Korff, M. 2017 .Floral transitions in wheat and barley: interactions between photoperiod, abiotic stresses, and nutrient status. *Journal of Experimental Botany*, 68(7): 1399–1410.

Golabadi, M., Arzani, A., and Mirmohammadi Maibody, S. A. M. 2006. Assessment of drought tolerance in segregating population in durum wheat. *African Journal of Agricultural Research*, 1(5): 162-171.

Isidro, J., Alvaro, F., Royo, C., Villegas, D., Miralles, D. J., and García del Moral, L. F. 2011. Changes in duration of developmental phases of durum wheat caused by breeding in Spain and Italy during the 20th century and its impact on yield. *Annals of Botany*, 107(8): 1355–1366.

Jalal Kamali R., and Sharifi, R. 2010. Variation in developmental dtages and its relationships with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions: II- Yield and Its Components. *Seed and Plant Production Journal*, 26(1): 1-23 (In Persian).

Jalal Kamali, R., Sharifi, R., Khodarahmi, M., Joukar, R., Torkamaan, H., and Ghavidel, N. 2008. Variation in developmental stages and its relationship with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions: I.

www.SID.ir

Archive of SID

Phenology. *Seed and Plant* , 23(4): 445- 472 (In Persian).

Kilic, H., Yagbasanlar, T. 2010. The effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of durum wheat (*Triticum durum* ssp. durum) cultivars. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca Journal, 38(1): 164-170.

Kirby, E. J. M., and Appleyard, M. 1987. Cereal development guide. National Agricultural Centre, Cereal Unit, 79 pp.

Landes, A., Porter, J. R. 1989. Comparison of scales used for categrorising the development of wheat, barley, rye and oats., *Annals of Applied Biology*, 115: 343-360.

Liu, H., Able, A .J., and Able, J. A. 2019. Genotypic performance of Australian durum under single and combined water-deficit and heat stress during reproduction. Sci. Rep. 9: 14986. https://doi.org/10.1038/s41598-019-49871-x

Ochagavia, H., Prieto, P., Savin, R., Griffiths, S., and Slafer, G. A. 2018. Dynamics of leaf and spikelet primordia initiation in wheat as affected by Ppd-1a alleles under field conditions. *Journal of Experimental Botany*, 69(10): 2621–2631.

Ochagavia, H., Prieto, P., Zikhali, M., Griffiths, S., and Slafer, G. A. 2019. Earliness *Per Se* by temperature interaction on wheat development. *Scientific Report:* 9, 2584.

Otegui, M. E., and Slafer G. A. 2004. Increasing cereal yield potential by modifying developmental traits. "New directions for a diverse planet". Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 Sep. – 1 Oct., 2004, Brisbane, Australia. www.cropscience.org.au.

Royo, C., Villegas, D., Rharrabti, Y., Blanco, R., Martos, V., and García del Moral, L. F. 2006. Grain growth and yield formation of durum wheat grown at contrasting latitudes and water regimes in a Mediterranean environment. *Cereal Research Communication*, 34: 1021–1028.

Schuhwerk, D., Nakhforoosh, A., Kutschka, S., Bodner, G., and Grausgruber, H. 2010. Field-screening of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) for drought tolerance. 61Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkauflfl eute Österreichs, 2010: 147-154.

Shavrukov, Y., Kurishbayev, A., Jatayev, S., Shvidchenko, V., Zotova, L., and Koekemoer, F. 2017. Early flowering as a drought escape mechanismin plants: how can it aid wheat production? *Frontiers in Plant Science*, 8: 1950–1950.

Sinclair, T. R., and Jamieson, P. D. 2008.Yield and grain number of wheat: A correlation or causal relationship?Authors' response to ''The importance of grain or kernel number in wheat: A reply to Sinclair and Jamieson'' by R.A. Fischer. *Field Crops Research*, 105: 22–26.

Slafer, G. A., Satorre, E. H., and Andrade, F. H. 1994. Increases in grain yield in bread wheat from breeding and associated physiological changes. In "Genetic improvement of field crops" : Slafer G.A,(Ed.). New York ,Marcel Dekker Inc., Pp: 1–68.

Waddington, S. R., Cartwright, P. M., and Wall, P. C. 1983. A quantitative scale of spike initial and pistil development in barley and wheat. *Annals of Botany*, 51(1): 119–130.

www.SID.ir

Archive of SID

Zadoks, J. C., Chang, T. T., and Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14: 415-421.

www.SID.ir

Archive of SID

Relationship between developmental traits and grain yield in durum wheat (Triticum durum Desf.) under terminal drought stress condition

Gholam Hossein Ahmadi, [1], Adel Siosemarde[2*], Yousef Sohrabi [2] ,
Mohamad Reza Jalal Kamali[3]

1. Graduate student of university of Kurdistan and Agricultural and Natural Resource Research and Education Center of Kermanshah, AREEO, Iran.
2. Faculty of agriculture, university of Kurdistan. (Corresponding author)
3. Senior wheat scientist of International Maize and Wheat Improvement Center.

Received: June 2020 Accepted: November 2020 - DOI: 10.22092/aj.2021.343422.1484

Extended Abstract

Ahmadi, Gh., Siosemarde, A., Sohrabi, Y., Jalal Kamali, M., Relationship between developmental traits and grain yield in durum wheat (Triticum durum Desf.) under terminal drought stress condition **Applied Research in Field Crops Vol 33, No. 4, 2021 13-15:** 84-107(in Persian)

Introduction

Durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) is a crop with a historical background and mainly cultivated in warm, temperate and temprate-warm zones of Iran. This crop is often cultivated in Mediterranean areas with limited access to water. Terminal drought stress (TDS) is known to be more critical and damaging (Farooq *et al*., 2014). DS usually occures in wheat fields during grain filling period in the Mediterranean countries such as Iran. So, attempts to develop and release durum wheat varieties that are adpated to drought stress and can take advantage of limited available water are of high priority. Developmental traits are considered as effective traits in the adaptation of crops, and adjustment of their developmental patterns with the aim of adapting to environmental conditions, which can lead to improved grain yield (GY) in wheat. Manipulation and management of developmental characteristics before pollination time have improved the wheat yield over the past decades. Obviously, some developmental stages are more effective and important than others (Landes & Porter, 1989). It is repoted that

Email address of the corresponding author: a33@uok.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

the period between formation of the terminal spikelet and anthesis (20 to 30 days prior to pollination) has a major and critical role in the yield formation (Slafer *et al.*, 1994). Therefore, the present study was conducted to determine the relation between developmental characteristics of durum wheat genotypes with GY, under TDS condition of temperate climatic of Kermanshah province

Material and Methods

The 154 durum wheat lines obtained from International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) were investigated under TDS conditions at Islamabad-eGharb Agricultural Research Station during the 2013-14 cropping season. According to the variation in days to heading (DHE) and days to maturity (DMA), 39 lines were selected and investigated along with Saji cultivar as check under normal irrigation and TDS conditions. The experiments were conducted at Islamabad-e Gharb Agricultural Research Station, Kermanshah province, Iran. Transition trend of shoot apex on main stem including: vegetative, double ridges, glum, spikelet, florets and terminal spikelet initiation was investigated and recorded by succesive sampling followed by dissection on sampled plants continued till terminal spikelet formation. Each plot consisted of 2 rows of 2-m long spaced 32.5cm apart. Seed density was considered 450 seeds per m^2. Sowing was done by hand. Irrigation cut was carried out at boot stage (Z, 45). Statistical analysis was done via MSTAT-C and SAS 9.1.

Results and Discussion

In the most of the early maturing lines, a minimum of 475 and 691 growing degree days (GDD), equal to 105 and 132 days after planting (DAP), were needed for the appearance of double ridges (DR) and the transition to terminal spikelet stage (TS), respectively. Genotypes showed high variation for the duration of DR to TS, which ranged from 259 to 339 GDD, equal to 35-57 days. Terminal drought reduced stem elongation duration (SE) (from DR to anthesis) by 32 GDD, equal to 2 days. At least 96 mg/plant of dry matter was critical for the initiation of transition. All in all, the genotypes showed high variation for duration of developmental stages.

Under optimum irrigation conditions, the duration of vegetative phase (VP)

www.SID.ir

Archive of SID

rose, which led to an increase in glum initiation, floret initiation, terminal spikelet formation, flag leaf stage (FL), anthesisi (ANTH), SE and GY. Increase in transition length (TL) resulted in decreased SE and showed negative correlation with GY. The life cycle duration, GY and GFR increased with increase of TL. Any increase in developmental stages up to FL increased growth cycle and improved GY.

Extending the length of VP to DR led to reduction of GY under terminal drought stress condition. Any increase in the duration of developmental stages led to reduction of SE, FL and coincidence of filling period with terminal drought stress, and hence GY reduction. There was a high variation among genotypes for their response to terminal drought stress and GY reduction. Genotypes with shorter VP and higher development rate headed early and benefited from adequate time for grain filling which contributed to higher GY.

Keywords: Developmental stages, Double ridges, Terminal spikelet, Transition phase, Yield reduction.

References

Farooq, M., Hussain, M. and Siddique, K. H. M. 2014. Drought Stress in Wheat during Flowering and Grain-filling Periods, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 33(4): 331-349, DOI: 10.1080/07352689.2014.87529.

Landes, A., Porter, J. R. 1989. Comparison of scales used for categrorising the development of wheat, barley, rye and oats., *Annals of Applied Biology*, 115: 343-360.

Slafer, G. A., Satorre, E. H. and Andrade, F. H. 1994. Increases in grain yield in bread wheat from breeding and associated physiological changes. In "Genetic improvement of field crops" : Slafer G.A,(Ed.). New York ,Marcel Dekker Inc., Pp: 1–68.

www.SID.ir