

ارزیابی رشد دانه و مشارکت مواد ذخیره‌ای ساقه در عملکرد دانه ارقام جو

(*Hordeum vulgare* L.) در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

منا پور عیسی^۱، مجید نبی پور^{۲*} و موسی مسکر باشی^۳

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- * نویسنده مسوول: استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز (nabipourm@yahoo.com)

۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۹۲/۷/۳

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۲۲

چکیده

طول دوره پرشدن دانه و سرعت آن تعیین کننده وزن نهایی دانه جو می باشد. در این مطالعه به منظور بررسی اثر تنش خشکی انتهای فصل بر طول دوره مؤثر پرشدن دانه، سرعت پرشدن در مرحله خطی رشد دانه و میزان مشارکت مواد ذخیره‌ای ساقه در عملکرد سنبله اصلی، آزمایشی بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل آبیاری کامل و تنش خشکی پس از گرده‌افشانی و کرت‌های فرعی شامل ۹ رقم جو بودند. نتایج نشان داد که خشکی اثر معنی‌داری بر طول دوره مؤثر پرشدن دانه نداشت اما سرعت پرشدن دانه را در مرحله خطی ۲۰ درصد کاهش داد. ارقام از لحاظ طول دوره پرشدن دانه تفاوت معنی‌داری نشان دادند اما از لحاظ سرعت دوره این تفاوت دیده نشد. عملکرد نهایی دانه دامنه‌ای در حدود ۳۴۸ تا ۴۶۸ گرم در مترمربع داشت. کاهش ۲۵ درصدی عملکرد با ورود به شرایط تنش بیشتر به دلیل کاهش ۱۹ درصدی وزن دانه بود زیرا دیگر اجزای عملکرد کاهش معنی‌داری نداشتند. عملکرد دانه سنبله اصلی با ورود به شرایط تنش خشکی کاهشی ۲۴ درصدی نشان داد. میزان مشارکت مواد ذخیره‌ای ساقه در عملکرد سنبله اصلی با ورود به شرایط تنش ۳۳ درصد افزایش یافت. مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد سنبله اصلی با طول ساقه و وزن حداکثر ساقه در هیچ یک از سطوح رطوبتی همبستگی معنی‌داری نشان نداد.

کلید واژه‌ها: جو، خشکی، ذخایر ساقه، سرعت و دوره پرشدن دانه، عملکرد دانه

مقدمه

در استان خوزستان نیز به دلیل قرار گرفتن در منطقه گرم و خشک کشور تحت تمام تنش‌های ذکر شده صورت می‌گیرد و معمولاً جو در زمین‌هایی کشت می‌شود که کشت گندم به دلیل فشار تنش‌های محیطی عملکرد مطمئنی به دنبال ندارد. پرشدن دانه در غلات وابسته به دو منبع کربن است. مواد پرورده حاصل از فتوسنتز جاری که مستقیماً به دانه منتقل می‌شوند و مواد پرورده‌ای که در مخازن ذخیره‌ای در بافت‌های رویشی قبل یا بعد از گرده‌افشانی ذخیره و مجدداً به سمت دانه‌ها توزیع

در اغلب مناطق کشت جو پرشدن دانه تحت انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی از جمله افزایش دما، خشکی پایان فصل و بیماری‌ها صورت می‌گیرد. تمام این موارد در کنار پیری اندام‌های فتوسنتزی، کاهشی سریع در فتوسنتز ایجاد می‌کنند و مشارکت مواد پرورده حاصل از فتوسنتز جاری در دانه را محدود می‌کنند (زولج و مومسیلوویک^۱، ۲۰۰۱). دوره پرشدن دانه جو

سریع و تاریخ گرده افشانی دیر می باشد. این روش، ایجاد مخزن بزرگتر یعنی تعداد گلچه بیشتر با اندازه بزرگتر همچنین تکمیل پرشدن مخزن ایجاد شده را مقدور می سازد.

پژوهشگران زیادی نتایج خود را به صورت مشارکت مواد ذخیره ای پیش از گلدهی در عملکرد دانه جو ارائه دادند. برای مثال مشارکت ۲، ۷۴ و ۳۳ درصد طی سه سال (گالاگر و همکاران^۶، ۱۹۷۵)، ۱۷ درصد در شرایط تنش خشکی (بیدینگر^۷، ۱۹۷۷)، ۱۱ درصد در سال مرطوب و سرد و ۴۴ درصد در سال خشک و گرم (آستین^۸، ۱۹۸۰) و ۴ تا ۲۴ درصد در ۲۰ ژنوتیپ در ۴ سال (زولج و مومسیلوویک، ۲۰۰۱) را می توان ذکر کرد. اهدایی و همکاران (۲۰۰۸) مشارکت مواد پس از گرده افشانی در عملکرد سنبله اصلی را در بین ۱۱ ژنوتیپ گندم که از نظر ارتفاع متنوع بودند در دامنه ۱۵ تا ۵۴ درصد در شرایط آبیاری کامل و ۳۷ تا ۶۵ درصد در شرایط خشکی انتهای فصل گزارش کردند. درصد مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه سنبله اصلی با طول ساقه و حداکثر وزن خشک ساقه فقط در شرایط تنش خشکی همبستگی داشت. اما راوسون و اوآنز^۹ (۱۹۷۱) چنین همبستگی مشاهده نکردند. دانیلز و آلکوک^{۱۰} (۱۹۸۲) نشان دادند که مشارکت مخازن ذخیره ای در عملکرد دانه در کولتیوارهای پابلند جو بیشتر از کولتیوارهای پاکوتاه است، اما عملکرد خالص هر دو یکسان است. این مسئله نشان می دهد که کولتیوارهای پابلند جذب و ساخت جاری کمتری نسبت به کولتیوارهای پاکوتاه دارند. در اکثر بررسی های به عمل آمده در مورد جو، مشارکت مواد ذخیره شده پیش از گرده افشانی در عملکرد بررسی شده است. همچنین ارتباطی احتمالی بین درصد مشارکت و خصوصیات

می شوند (اشنایدر^۱، ۱۹۹۳). طول دوره پرشدن دانه و سرعت آن تعیین کننده وزن نهایی دانه است (یانگ و ژانگ، ۲۰۰۵). ساوین و نیکولاس^۲ (۱۹۹۹) نشان دادند که اصلی ترین دلیل کاهش وزن دانه در ارقام جو طی تنش خشکی به تنهایی یا همراه با تنش گرما، کاهش طول دوره پرشدن دانه است اما تنش خشکی با وجود کاهش طول این دوره، سرعت پرشدن دانه را کاهش نداد. اعتصامی و همکاران (۱۳۸۸) با مطالعه ۱۰ ژنوتیپ جو نشان دادند که تفاوت معنی داری از نظر طول دوره و سرعت پرشدن دانه وجود دارد. در این مطالعه همبستگی بالایی بین وزن دانه و سرعت پرشدن دانه مشاهده شد. مرادی و اعتمادی (۱۳۸۹) با مطالعه ده رقم گندم مربوط به خوزستان نشان دادند که همبستگی بین طول دوره پرشدن دانه و وزن نهایی دانه مثبت و معنی دار نبود. این پژوهشگران بیان کردند که با آگاهی از عدم وجود همبستگی ژنتیکی بین طول دوره و سرعت پرشدن دانه انتخاب همزمان برای افزایش سرعت پرشدن دانه و وزن نهایی دانه بدون افزایش طول دوره پرشدن دانه امکان پذیر است. اهدایی و همکاران^۳ (۲۰۰۸) با مطالعه طول دوره و سرعت پرشدن دانه ۱۱ ژنوتیپ گندم نشان دادند که کاهش وزن دانه نتیجه کاهش ۲۹ درصدی سرعت پرشدن دانه و ۵۰ درصدی دوره پرشدن دانه است. یانگ و همکاران^۴ (۲۰۰۴) بیان کردند که تنش خشکی از روز نهم پس از گرده افشانی تا رسیدگی دانه باعث افزایش انتقال مجدد ذخایر ساقه به دانه و بیشتر شدن سرعت پرشدن یا تجمع نشاسته در دانه و کاهش طول دوره پرشدن دانه گندم شد. هانت و همکاران^۵ (۱۹۹۰) بیان کردند که روش مناسب برای افزایش عملکرد دانه گندم در محیط های با تنش انتهای فصل ترکیب کردن دوره کوتاه پرشدن دانه همراه با رشد دانه

6- Gallagher *et al.*

7- Bidinger

8- Austin

8- Rawson & Evans

9- Daniels & Alcock

1- Schnyder

2- Savin & Nicolas

3- Ehdai *et al.*4- Yang *et al.*5- Hunt *et al.*

در تاریخ ۸/۸/۸۹ بصورت دستی و با تراکم ۳۲۰ بوته در مترمربع انجام شد. مساحت هر کرت آزمایشی ۴/۶ مترمربع و شامل هشت خط کاشت به طول ۴ متر و فاصله ۲۰ سانتی متر بود. ابتدا بذور با قارچکش ویتاواکس برای مبارزه با بیماری های قارچی به نسبت دو در هزار مخلوط سپس در عمق ۴ سانتی متری کاشته شدند و سپس آبیاری صورت گرفت. قبل از شروع تیمار تنش نمونه های خاک از عمق ۵ تا ۴۰ سانتی متری کرت های آزمایشی تهیه و پس از ارسال به آزمایشگاه خاکشناسی با استفاده از دستگاه صفحه تحت فشار^۱ معادله رطوبتی خاک تهیه گردید. آخرین آبیاری همزمان هر دو تیمار رطوبتی در مرحله ای بود که ۵۰ درصد گیاهان در هر کرت وارد مرحله پایانی غلاف رفتن (مرحله ۴۹ زادوکس^۲ (۱۹۷۴)، مرحله ای که اولین ریشک قابل مشاهده است) شدند. برای تعیین درصد وزنی رطوبت هر دو روز یکبار از کرت های تیمار تنش نمونه خاک برداشته و به آزمایشگاه منتقل می شد. در تیمار تنش تا مرحله شروع تنش، آبیاری گیاهان مشابه تیمار آبیاری کامل صورت گرفت و پس از آن بر اساس منحنی رطوبتی خاک دوبار آبیاری صورت گرفت.

جدول ۱- مشخصات خاک محل آزمایش (در عمق نمونه گیری ۳۰-۰ سانتی متر)

بافت خاک	لومی شنی
درصد رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی	۱۳/۰۳
درصد رطوبت در نقطه پژمردگی دائم	۶/۲
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۸/۵
اسیدیته پروفیل خاک	۷/۵
کربن آلی (درصد)	۰/۵۳
فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	۸/۵
پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۹۰

بر این اساس پتانسیل آب خاک پیش از اولین و دومین آبیاری معادل ۱/۵۶- و ۱/۸- مگاپاسکال بود. برای جلوگیری از دریافت باران در تیمارهای تنش پس از

طولی و وزنی ساقه نیاز به بررسی بیشتر دارد. پژوهش حاضر با استفاده از نه رقم جو شش ردیفه و دوردیفه با دامنه ای از ارتفاع ساقه با هدف بررسی تنوع احتمالی در طول دوره و سرعت پرشدن دانه و اثرات خشکی بر آنها، همچنین تنوع در درصد مشارکت ذخایر پس از گرده افشانی ساقه در عملکرد سنبله اصلی به اجرا در آمد. همچنین اثرات احتمالی تنش خشکی بر عملکرد و اجزای آن و همبستگی آنها با یکدیگر مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به اجرا درآمد. بالاترین و پایین ترین میزان درجه حرارت در طول فصل زراعی به ترتیب ۳۸ و ۴ درجه سانتی گراد، میزان بارندگی ۲۰۰ میلی متر و کشت قبلی گندم بود. آزمون خاک محل آزمایش نشان داد که خاک از نوع لومی شنی بوده و از نظر ماده آلی فقیر می باشد (جدول ۱). با توجه به نتایج آزمون خاک و توصیه کودی آزمایشگاه آب و خاک میزان ۱۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص بصورت اوره، ۱۲۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل استفاده شد. از ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره ۲۰۰ کیلوگرم همزمان با کاشت و بقیه بصورت سرک در انتهای مرحله پنجه زنی استفاده شد. طرح آزمایشی به صورت کرت های یکبار خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل دو سطح رطوبتی آبیاری کامل (حفظ رطوبت در حد ظرفیت زراعی) و تنش خشکی پس از گرده افشانی (پتانسیل آب قبل از آبیاری اول ۱/۵۶- و آبیاری دوم ۱/۸- مگاپاسکال) و فاکتور فرعی شامل نه رقم جو بود. ارقام به ترتیب ارتفاع شامل، ترکمن، نصرت، نیمروز، یوسف، گرگان ۴، جنوب، هاگاناموجی، فجر ۳۰ و سوفیو بودند. ارقام نیمروز و گرگان دوردیفه و بقیه ارقام شش ردیفه بودند. کاشت

کف بر شد. تعداد سنبله بارور اندازه گیری شد و چهار سری صدتایی دانه برای محاسبه وزن هزار دانه توزین شدند. همچنین بیست سنبله برای اندازه گیری تعداد دانه در سنبله انتخاب و شمارش صورت گرفت. تجزیه آماری طرح بوسیله نرم افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین ها بوسیله آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت و ارتباط بین صفات از طریق آنالیز همبستگی بررسی شد.

نتایج و بحث

طول ساقه

طول ساقه اصلی با ورود به شرایط تنش خشکی تغییری نشان نداد اما تفاوت معنی داری بین ارقام مورد بررسی مشاهده شد (جدول ۲). رقم یوسف بلندترین طول ساقه را داشت و به دنبال آن رقم هاگانا قرار گرفت و رقم سویفو کوتاه ترین ساقه را به خود اختصاص داد (جدول ۴). میانگرم پنالیتیمت و میانگرم های پایینی به ترتیب در زمان گرده افشانی و قبل از آن به حداکثر طول خود رسیدند و زمان رسیدن به حداکثر طول در پدانکل نیز بین ارقام متفاوت بود. بنابراین با توجه به اینکه شروع تنش خشکی در زمان گرده افشانی صورت گرفت انتظار نمی رود طول ساقه تحت تأثیر تنش قرار بگیرد. این یافته ها با نتایج اهدایی و همکاران در مورد گندم (۲۰۰۶) و بونت و اینکول^۲ (۱۹۹۲) در مورد جو مطابقت داشت.

بیشینه وزن خشک ساقه اصلی

تنش خشکی بیشینه وزن ساقه اصلی را ۹ درصد کاهش داد که این کاهش معنی دار نبود اما تفاوت معنی داری بین ارقام مورد بررسی در این صفت مشاهده شد (جدول ۲ و ۴). این کاهش نتیجه کاهش ۱۳ درصدی در وزن حداکثر پدانکل، کاهش ۱۲ درصدی در وزن حداکثر پنالیتیمت و کاهش ۸ درصدی در وزن حداکثر میانگرم های زیرین بود (اعداد نمایش داده نشده است). با ورود به شرایط تنش خشکی، رقم یوسف بیشترین

شروع تیمار در زمان بارندگی از پوشش پلاستیکی استفاده شد و با اتمام بارندگی پوشش جمع شد. پس از وارد شدن به مرحله پایانی غلاف رفتن تعداد ۴۰ بوته که از نظر فنولوژی و ارتفاع مشابه بودند علامت گذاری شد. نمونه برداری بصورت ۵ روز یکبار پس از ثبت تاریخ گرده افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک از بوته های علامت گذاری شده صورت گرفت. در هر نوبت نمونه برداری ساقه های اصلی از سطح خاک بریده شد و پس از حذف برگ ها در پاکت قرار داده شد و به آزمایشگاه منتقل و به مدت ۴۸ ساعت در آون با درجه حرارت ۷۲ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سپس سنبله از ساقه جدا و پس از حذف غلاف برگ طول ساقه اندازه گیری شد. وزن ساقه، وزن سنبله و وزن ۹ دانه وسط سنبله نیز توسط ترازوی دقیق اندازه گیری شدند. از آنجایی که افزایش معنی داری در وزن کلش سنبله (محور سنبله و پوشه ها بدون دانه) از زمان گرده افشانی تا رسیدگی ایجاد نمی شود (شکیبا و همکاران^۱، ۱۹۹۶) عملکرد سنبله اصلی از طریق تفاوت وزن سنبله در نمونه برداری آخر و نمونه برداری در زمان گرده افشانی به دست آمد. معادله رگرسیون خطی وزن دانه ها نسبت به زمان برازش گردید و شیب خط رگرسیون به عنوان معیار سرعت پرشدن دانه در نظر گرفته شد و از تقسیم وزن نهایی دانه در زمان رسیدگی (نمونه برداری آخر) به سرعت پرشدن دانه طول دوره مؤثر پرشدن دانه محاسبه شد (هاشمی دزفولی و مرعشی، ۱۳۷۴). میزان ماده خشک انتقالی بصورت تفاوت بین بیشینه و کمینه وزن ساقه پس از گرده افشانی بدست آمد (اهدایی و همکاران، ۲۰۰۶). میزان مشارکت ذخایر ساقه از طریق تقسیم کردن میزان ماده خشک انتقالی از ساقه اصلی به عملکرد سنبله اصلی در هر رقم بدست آمد. زمانی که رطوبت دانه به حد ۱۴ درصد رسید برداشت نهایی صورت گرفت. در این زمان از هر کرت دو خط میانی پس از حذف ۵/۰ متر حاشیه برای اندازه گیری عملکرد نهایی دانه با داس

سرعت و طول دوره مؤثر پرشدن دانه

خشکی سرعت پرشدن دانه را به میزان ۲۰ درصد کاهش داد. سرعت پرشدن دانه در شرایط نرمال ۱/۶۴ و در شرایط تنش به ۱/۳۱ میلی گرم در روز رسید (جدول ۴). بین ارقام تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۲). در این میان رقم یوسف با ۱۴ درصد کاهش کمترین درصد کاهش را با ورود به شرایط تنش خشکی به خود اختصاص داد. کاهش کمتر سرعت پرشدن دانه در رقم یوسف با ورود به شرایط تنش خشکی نسبت به سایر ارقام می تواند به دلیل حفظ منبع فتوسنتزی و افزایش کمتر افت کلروفیل در اثر تنش خشکی باشد. عدم کاهش قدرت منبع در این رقم موجب تأمین مواد پرورده کافی برای پرشدن دانه طی دوره خطی پرشدن دانه شد و سرعت پرشدن دانه در شرایط تنش کمترین کاهش را نشان داد. خشکی اثر معنی داری بر طول دوره مؤثر پرشدن دانه نداشت (جدول ۲) ارقام گرگان، یوسف و نیمروز بالاترین و رقم سویفو کوتاه ترین طول دوره مؤثر پرشدن دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). بین طول دوره و سرعت پرشدن دانه همبستگی منفی و معنی داری مشاهده شد ($p < 0.01$, $r = -0.69$).

عملکرد دانه و اجزای آن

خشکی وزن هزار دانه را ۱۹ درصد کاهش داد و ارقام دوردیفه از نظر وزن هزار دانه در صدر قرار گرفتند. اما رقم گرگان با اختلاف معنی داری وزن هزار دانه بالاتری نسبت به رقم نیمروز داشت و ارقام نیمروز و یوسف در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵). سرعت پرشدن تمامی ارقام به استثناء رقم هاگانا با ورود به شرایط تنش کاهش پیدا کرد. از آنجائی که وزن نهایی دانه برآیندی از طول دوره مؤثر پرشدن دانه و سرعت رشد دانه در این مرحله است تنوع در میزانهای کاهش در وزن هزار دانه ارقام با ورود به شرایط تنش را می توان در تغییرات این دو صفت جستجو کرد. در واکنش به تنش خشکی رقم ترکمن بیشترین کاهش را در وزن هزار دانه (۳۲٪) نشان داد که به کاهش ۲۶ درصدی سرعت

کاهش (۱۹ درصد) و رقم نیمروز افزایش نشان داد. بطور میانگین دو رژیم رطوبتی ارقام یوسف و هاگانا سنگین ترین، ارقام نصرت، گرگان و ترکمن وزنی متوسط و ارقام فجر، جنوب، نیمروز و سویفو سبک ترین ساقه را در زمان بیشینه وزن خشک داشتند (جدول ۵). بین وزن ساقه با طول آن همبستگی معنی داری مشاهده شد ($n = 54$, $p < 0.01$, $r = 0.73$).

ماده خشک انتقالی از ساقه اصلی

تنش خشکی میزان ماده خشک انتقالی را فقط ۵ درصد کاهش داد (غیر معنی دار). اما تفاوت معنی داری بین ارقام در حالت کل و همچنین در واکنش به تنش خشکی مشاهده شد (جدول ۲). با وجودی که ارقام یوسف، هاگانا، نصرت، ترکمن و سویفو با ورود به شرایط تنش، ماده خشک کمتری به سنبله اصلی منتقل کردند اما ارقام جنوب، فجر، نیمروز و گرگان افزایش نشان دادند. در این بین رقم نیمروز بیشترین افزایش را نشان داد (اعداد نشان داده نشده است). تغییرات ماده خشک انتقالی از ساقه برآیندی از تغییرات بیشینه و کمینه وزن خشک در اثر تنش خشکی است. رقم نیمروز به دلیل اینکه کمترین کاهش را در بیشینه وزن خشک ساقه نشان داد و کاهش کمینه وزن خشک آن نزدیک به میانگین ارقام بود، در نتیجه بیشترین افزایش ماده خشک انتقالی را با ورود به شرایط تنش نشان داد. هدایی و همکاران (۲۰۰۶) نیز با بررسی تنوع ژنوتیپی در یازده ژنوتیپ گندم نشان دادند که بین طول ساقه و ماده خشک انتقالی همبستگی وجود ندارد. راوسون و اوآنز^۱ (۱۹۷۱) نیز با اندازه گیری ماده خشک انتقالی در گندم با دو روش تغییرات ماده خشک و کربن ۱۴، بین این دو صفت همبستگی خاصی ندیدند. اگرچه در مطالعه هانت (۱۹۷۹) و بورل^۲ (۱۹۹۳) همبستگی مثبتی مشاهده شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در نه رقم جو در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی

میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ساقه	بیشینه وزن خشک ساقه	ماده خشک انتقالی	دوره مؤثر پرشدن دانه	سرعت پرشدن دانه
بلوک	۲	۴/۷۰ ^{NS}	۱۲۱۱۶/۹۱	۲۷۶۱/۹۴	۲۵/۳۳ ^{NS}	۰/۰۴۵ ^{NS}
رژیم رطوبتی	۱	۱/۰۳ ^{NS}	۱۹۰۶۵۷/۳۸ ^{NS}	۱۳۲۶/۸۹ ^{NS}	۲۶/۶۹ ^{NS}	۱/۵۷۴*
خطای کرت اصلی	۲	۲/۳۴	۳۸۷۸۲/۳۷	۷۹۱/۱۷	۱/۵۶	۰/۰۶۲
رقم	۸	۷۵۹/۵۴**	۵۸۵۶۷۲/۴۶**	۳۴۵۸۹/۲۷**	۲۴۷/۳۶**	۰/۱۵۳ ^{NS}
رقم × رژیم رطوبتی	۸	۵/۶۹ ^{NS}	۱۳۴۱۹/۶۲ ^{NS}	۱۳۴۱۶/۶۲**	۲۴/۳۱ ^{NS}	۰/۰۶۵ ^{NS}
خطای کرت فرعی	۳۲	۴/۵۱	۱۲۲۱۱/۰۹	۱۶۷۸/۴۲	۲۳/۴۲	۰/۰۶۲
ضریب تغییرات (%)		۲/۱۵	۹/۷۳	۲۲/۶۸	۱۹/۳۱	۱۶/۷۹

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪. NS فاقد تفاوت معنی دار.

سیتوکینین دانه که اندکی پس از گلدهی به حداکثر می‌رسد، همراه باشد (میکائیل و کلیتش^۳، ۱۹۷۲). وزن نهایی دانه در ارقام شش ردیفه فقط در شرایط آبیاری کامل با طول دوره پرشدن دانه مرتبط بود ($I=0/78$ ، $p < 0/01$) اما این روابط در شرایط تنش مشاهده نشد.

وزن دانه در هیچیک از تیمارها همبستگی معنی داری با سرعت پرشدن دانه نداشت. برخلاف مطالعه حاضر، اعتصامی و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه خود بر روی ده ژنوتیپ جو همبستگی بالایی بین وزن دانه و سرعت پرشدن دانه یافتند، اما همبستگی معنی داری بین طول دوره و سرعت پرشدن دانه مشاهده نکردند. در مطالعه ایشان طول دوره پرشدن از گرده‌افشانی تا رسیدگی دانه منظور گردید. اگر چه ممکن است مؤلفه‌های رشد دانه در دوره خطی با میانگین اعداد مربوط به تمام دوره گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک تفاوت داشته باشد، پر شدن خطی دانه به دلیل استفاده از مواد پرورده ذخیره شده در منابع ثانویه مثل ساقه‌ها کم و بیش ثابت مانده و از نوسان‌های مربوط به تغییرات روزانه شرایط محیطی به دور می‌ماند، لذا محدود کردن بررسی رشد دانه به این

پرشدن دانه در کنار کاهش ۴ درصدی طول دوره مؤثر پرشدن دانه برمی‌گردد. پتانسیل وزن دانه به وسیله تعداد سلول‌های تشکیل شده در طول دوره مریستمی آندوسپرم تعیین می‌شود. جاروت و پترسون^۱ (۱۹۹۱) نشان دادند که حداکثر تعداد سلول‌های آندوسپرم ۱۴ روز پس از گلدهی مشاهده شد در حالی که درصد نشاسته از روز پنجم پس از گلدهی افزایش یافت و ۱۲ روز پس از گلدهی به حداکثر خود رسید.

تنش خشکی در مراحل اولیه رشد دانه، مقصد دانه را از طریق کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم و آمیلوپلاست‌های تشکیل شده محدود می‌کند (ساینی و وست‌گیت^۲، ۲۰۰۰). بنابراین وزن دانه را از طریق کاهش ظرفیت آندوسپرم برای تجمع نشاسته کاهش می‌دهد. در این مطالعه کاهش ۱۹ درصدی وزن دانه در اثر تنش خشکی ناشی از کاهش ۲۰ درصدی سرعت پرشدن دانه بود. اما تنوع ژنوتیپی مشاهده شده در حالت میانگین شرایط نرمال و تنش می‌تواند ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام از نظر فعالیت مریستمی باشد که منجر به اندازه‌های متفاوت دانه با وزن‌های متفاوت می‌شود. این تفاوت‌ها ممکن است با تفاوت‌های معنی دار در فعالیت

1- Djarot & Peterson
2- Saini & Westgate

3- Michael & Kelbitsch

جدول ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات عملکرد دانه و اجزای آن در نه رقم جو در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی

میانگین مربعات									
منابع تغییرات	درجه آزادی	سنبله در مترمربع	دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت	عملکرد سنبله اصلی	درصد مشارکت [†]
بلوک	۲	۵۹۳/۰۵ ^{ns}	۱۹/۰۶ ^{ns}	۵۸/۹۸ *	۸۵۴۰۳/۱۶ ^{ns}	۲۹۳۶۸/۹۹ *	۰/۰۰۳ ^{ns}	۲۲۲۲۵۰ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}
رژیم رطوبتی	۱	۱۴۳۴۰/۷۴ ^{ns}	۶۰/۱۶ ^{ns}	۶۵۴/۶۵ *	۱۹۸۳۴۹/۸۶ *	۱۹۳۵۹۸/۰۲ *	۰/۰۰۴ ^{ns}	۲۰۵۶۴۷۱ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}
خطای کرت اصلی	۲	۶۹۸۹/۳۵	۲۶/۴۸	۴۲/۹۲	۴۹۰۶/۸۹	۱۰۰۳۲/۹۱	۰/۰۰۳	۴۰۳۶۸۸	۰/۰۰۱۴
رقم	۸	۶۸۵۵۹/۳۷ ^{**}	۱۳۴۹/۰۳ ^{**}	۲۷۱/۵۴ ^{**}	۱۲۴۴۶۲/۴۳ ^{**}	۱۶۶۹۴/۱۹ ^{**}	۰/۰۰۵ ^{**}	۱۰۴۹۲۳۸ ^{**}	۰/۰۰۹۴ ^{**}
رقم × رژیم رطوبتی	۸	۷۳۵۰/۱۱ ^{ns}	۳۰/۹۰ ^{ns}	۱۵/۵۴ ^{ns}	۷۶۳۰/۶۱ ^{ns}	۳۶۶۰/۴۶ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۱۵۵۶۲۱ ^{ns}	۰/۰۰۲۵ ^{**}
خطای کرت فرعی	۳۲	۴۹۵۰/۰۵	۳۱	۱۰/۳۹	۳۹۰۴۷/۹۷	۵۷۶۵/۱۵	۰/۰۰۱	۱۰۹۲۱۷	۰/۰۰۰۶
ضریب تغییرات (%)		۱۵/۶۱	۱۰/۷۹	۹/۱۱	۱۴/۲۷	۱۸/۵۹	۱۴/۴	۲۳/۲۰	۳/۱۶

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪. ns فاقد تفاوت معنی دار. † درصد مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد سنبله اصلی.

پور عیسی و همکاران: ارزیابی رشد دانه و مشارکت مواد ذخیره ای...

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در نه ژنوتیپ جو در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی

طول ساقه (سانتی متر)	بیشینه وزن خشک ساقه (میلی گرم)	ماده خشک انتقالی (میلی گرم)	طول دوره مؤثر پرشدن دانه (روز)	سرعت پرشدن دانه (میلی گرم در بذر در روز)	
۹۹	۱۱۹۵	۱۸۶	۲۶	۱/۶۴	تیمار رطوبتی آبیاری کامل
۹۸	۱۰۷۶	۱۷۶	۲۵	۱/۳۲	تنش خشکی
رقم					
۱۱۲ a	۱۵۱۰ a	۲۶۱ ab	۳۴ a	۱/۱۸ c	یوسف
۱۰۸ b	۱۵۸۸ a	۳۰۳ a	۲۱ cd	۱/۷۱ a	هاگانا
۱۰۲ c	۱۳۰۵ b	۵۵ f	۲۱ cd	۱/۶۲ ab	نصرت
۹۸ d	۸۵۶ c	۱۱۳ e	۲۴ bc	۱/۳۵ ab	جنوب
۸۴ e	۸۷۷ c	۱۹۵ c	۲۲ cd	۱/۵۶ a	فجر
۹۲ d	۸۰۳ c	۱۲۷ de	۳۰ ab	۱/۴۱ abc	نیمروز
۱۰۶ b	۱۱۸۶ c	۱۶۹ cd	۲۴ bc	۱/۵۹ ab	ترکمن
۱۰۲ c	۱۳۰۷ c	۱۸۶ c	۳۵ a	۱/۴۴ abc	گرگان ۴
۷۷ f	۷۸۸ c	۲۱۴ bc	۱۶ d	۱/۵۲ ab	سویفو

در هر ستون میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند (آزمون LSD).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در نه ژنوتیپ جو در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی

مشارکت (درصد)	سنبله در متر مربع	دانه در سنبله هزار دانه (گرم)	وزن بیولوژیک (گرم در متر مربع)	عملکرد (گرم در متر مربع)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد سنبله اصلی (میلی گرم)	
آبیاری کامل	۴۶۷	۵۳	۱۴۴۵	۴۶۸	۳۳	۱۶۱۹	۱۳	تیمار رطوبتی آبیاری کامل
تنش خشکی	۴۳۴	۵۱	۱۳۲۴	۳۴۸	۲۷	۱۲۲۹	۱۷	تنش خشکی
رقم								
۱۳ cd	۳۹۳ d	۶۰ ab	۱۳۳۰ bc	۴۲۶ abc	۳۲ a	۱۸۳۸ a	۱۷ bc	یوسف
۱۵ cd	۳۶۰ d	۶۴ a	۱۳۶۲ bc	۴۴۳ ab	۳۳ a	۱۹۰۰ a	۱۷ b	هاگانا
۳ e	۴۲۳ cd	۶۰ ab	۱۵۰۶ ab	۴۷۹ a	۳۲ a	۱۸۰۳ a	۳ f	نصرت
۱۳ cd	۴۹۸ bc	۵۸ abc	۱۲۴۱ c	۳۷۵ bcd	۳۰ a	۱۳۶۰ bc	۶ df	جنوب
۱۷ bc	۴۱۷ cd	۶۱ ab	۱۴۱۶ bc	۴۲۶ abc	۲۹ a	۱۵۴۴ ab	۱۱ cd	فجر
۲۳ ab	۶۷۳ a	۲۹ d	۱۶۷۲ a	۴۴۵ ab	۳۰ a	۸۷۰ d	۶ df	نیمروز
۱۰ cd	۳۶۳ d	۵۷ bc	۱۳۳۱ bc	۴۲۲ abc	۳۰ a	۱۶۰۶ ab	۱۳ bcd	ترکمن
۲۳ ab	۳۶۹ d	۲۳ d	۱۴۱۴ bc	۳۱۶ d	۲۲ b	۱۰۹۷ cd	۱۳ bcd	گرگان ۴
۲۹ a	۵۶۱ b	۵۳ c	۱۱۸۵ c	۳۴۳ cd	۲۹ a	۷۹۸ d	۲۶ a	سویفو

در هر ستون میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند (آزمون LSD).

به شدت افزایش می‌یابد، وزن دانه کاهش می‌یابد (مبصر، ۱۳۷۴).

به طور میانگین ارقام در شرایط آبیاری کامل عملکردی به میزان ۴۶۸ گرم در مترمربع نشان دادند که در اثر تنش خشکی با ۲۵ درصد کاهش به ۳۴۸ گرم در مترمربع رسید. رقم نصرت بالاترین عملکرد و رقم گرگان پایین‌ترین عملکرد را در هر دو شرایط آبی نشان دادند (جدول ۳ و ۵). تعداد سنبله در مترمربع در رقم نصرت نزدیک به میانگین کل ارقام و تعداد دانه در سنبله در این رقم در رتبه دوم و از نظر وزن هزار دانه پایین‌تر از میانگین سایر ارقام بود. رقم گرگان نیز از نظر تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله در گروه آخر قرار گرفت ولی بالا بودن وزن هزار دانه در این رقم نتوانست کم بودن دو جزء دیگر عملکرد را جبران کرده و در نهایت گرگان در رتبه آخر عملکرد نهایی در بین سایر ارقام قرار گرفت. عملکرد ارقام در شرایط اعمال تنش خشکی به نحوی بود که اثر متقابل معنی‌داری در عملکرد دانه مشاهده نشد. رقم یوسف با ۱۴ درصد و ترکمن با ۳۹ درصد به ترتیب پایین‌ترین و بالاترین درصد کاهش عملکرد را با ورود به شرایط تنش نشان دادند.

عملکرد نهایی در شرایط تنش با تعداد سنبله و دانه در سنبله همبستگی نداشت، اما با وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت همبستگی نشان داد (۰/۵۸، $r = 0.79$ ، $r = 0.65$ ، $r = 0.79$ ، $p < 0.01$ ، به ترتیب). گونزالز و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان دادند که تحت تنش خشکی انتهای فصل در ارقام جو، در بین اجزاء عملکرد، وزن دانه بیشترین تأثیر را بر عملکرد نهایی گذاشت. در مطالعه حاضر تنش خشکی تقریباً در مرحله گرده‌افشانی شروع شده است. بنابراین شروع تنش خشکی زمانی است که پتانسیل تعداد دانه تعیین شده است و کاهش اندک و غیر معنی‌دار تعداد دانه در سنبله ناشی از سقط دانه در اثر عقیم شدن دانه‌های گرده‌ناشی از تنش خشکی است. تعداد پنجه‌های دارای سنبله نیز معمولاً قبل

مرحله از رشد کلی آن، موجب شناخت دقیق‌تر اثر تیمارها بر فرایندهایی است که رشد اصلی دانه را برعهده دارد. تأثیر سرعت و مدت رشد دانه در وزن نهایی دانه متبلور می‌شود و بسته به اینکه وزن دانه با عملکرد دانه همبستگی داشته باشد یا خیر، نقش آنها نیز ممکن است فرق کند. اوانز و همکاران (۱۹۷۰) مدت پر شدن دانه را در تعیین عملکرد دانه مؤثرتر از سرعت آن دانسته‌اند. در مقایسه سرعت و مدت پر شدن دانه، در بین ارقام گندم گزارش شده است که سرعت رشد دانه با وزن دانه و سرعت رشد خطی دانه با وزن دانه و عملکرد همبستگی بیشتری نشان دادند (بروکنر و فروهبرگ، ۱۹۸۷).

اعمال خشکی اثر معنی‌داری بر تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله نداشت (جدول ۳). اما ارقام دامنه گسترده‌ای در تعداد سنبله در متر مربع نشان دادند. رقم نیمروز و به دنبال آن سویفو بیشترین و ارقام ترکمن و هاگانا کمترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. همچنین ارقام هاگانا و فجر بیشترین تعداد دانه در سنبله و همانگونه که مورد انتظار بود ارقام دوردیفه نیمروز و گرگان کمترین تعداد دانه در سنبله را داشتند (جدول ۵). به طور کلی جوهای دوردیفه نسبت به انواع شش ردیفه، تعداد پنجه و وزن هزار دانه بیشتر و تعداد دانه در سنبله کمتری دارند (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). این ارقام هم کمترین میزان دانه در سنبله و هم کمترین میزان کاهش در این صفت را تحت تأثیر تیمار خشکی نشان دادند. در ارقام شش ردیفه بین تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در متر مربع همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت ($r = -0.33$ ، $p < 0.05$).

مطالعات نشان داده است که بین اجزای عملکرد نوعی اثر متقابل جبرانی در طی مراحل رشدی گیاه وجود دارد. به عنوان مثال، در حالت کلی در شرایطی که تعداد پنجه زیادی تولید شود، تعداد دانه کمتری در سنبله تشکیل می‌شود و یا زمانی که تعداد دانه در سنبله

1- Evans *et al.*

2- Bruckener & Frohberg

عملکرد سنبله اصلی

عملکرد سنبله اصلی در اثر تنش خشکی ۲۴ درصد کاهش یافت اما این کاهش معنی دار نبود (جدول ۳). مشابه عملکرد نهایی دانه، ارقام تفاوت معنی داری نشان دادند و در اینجا نیز ترتیب آنها در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی مشابه هم بود و اثر متقابل معنی داری مشاهده نشد. ارقام هاگانا، یوسف، نصرت و ترکمن در رتبه های اول تا چهارم و به دنبال آنها ارقام فجر، جنوب، گرگان، سویفو و نیمروز قرار گرفتند (جدول ۵). در این بین ارقام دوردیفه به طور میانگین کاهش عملکرد کمتری نشان دادند و مشابه عملکرد نهایی دانه، رقم یوسف و رقم ترکمن به ترتیب کمترین و بیشترین میزان کاهش عملکرد سنبله اصلی را با ورود به شرایط تنش نشان دادند. پایین بودن تعداد دانه در سنبله در رقم نیمروز منجر به عملکرد پایین ساقه اصلی در این رقم شده، اما این رقم توانسته با تولید بالاترین میزان پنجه در بین ارقام پایین بودن تعداد دانه در سنبله را جبران و در رتبه دوم عملکرد نهایی دانه قرار بگیرد.

مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد سنبله اصلی

درصد مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد سنبله اصلی با ورود به شرایط تنش ۳۳ درصد افزایش یافت (جدول ۵). ارقام مورد بررسی تفاوت معنی داری نشان دادند (جدول ۳). در این بین نیمروز بیشترین درصد افزایش را نشان داد. در شرایط آبیاری کامل میزان مشارکت دامنه ای در حدود ۳ درصد در رقم نصرت تا ۲۵ درصد در سویفو و در شرایط تنش دامنه ای در حدود ۳ درصد در نصرت تا ۳۴ درصد در گرگان داشت. آستین و همکاران^۱ (۱۹۸۰) نیز با مطالعه مشارکت مواد پیش از گرده افشانی در دو رقم پابلند و پاکوتاه جو نشان دادند که در سال خیلی خشک و گرم مشارکت مواد پرورده قبل از گرده افشانی در عملکرد نهایی دانه ۴۴ درصد و در سال مرطوب و سرد حدود ۱۱ درصد بوده است. افزایش مشارکت در عملکرد سنبله اصلی در این مطالعه با ورود

از مرحله گل شکفتگی به حداکثر میرسد و در مرحله گل شکفتگی نیز به تعداد نهایی خود کاهش می یابد. تفاوت مطالعات مختلف در اثربخشی تنش های محیطی بر این دو جزء عملکرد بیشتر به زمان تنش و شدت آن بر می گردد. در بررسی روابط بین عملکرد و اجزاء آن با خصوصیات وزنی و طولی ساقه شاهد بیشتر بودن رابطه این صفات با وزن هزار دانه و عملکرد کل در مقایسه با تعداد دانه در سنبله می باشیم. شدت همبستگی با ورود به شرایط تنش و در بین ارقام شش ردیفه بیشتر می شود. بطوری که بین وزن هزار دانه ارقام شش ردیفه در شرایط تنش و وزن و طول ساقه همبستگی های مثبت و معنی داری مشاهده شد ($p < 0.01$, $r = 0.55$, $r = 0.61$) به ترتیب برای طول و وزن ساقه).

تیمار خشکی عملکرد بیولوژیک را ۸ درصد کاهش داد و ارقام تفاوت معنی داری نشان دادند. ارقام نصرت و نیمروز بالاترین و ارقام جنوب و سویفو پایین ترین عملکرد بیولوژیک را داشتند (جدول ۳ و ۵). دو جزء تأثیرگذار در شاخص برداشت یعنی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به طور متفاوتی تحت تأثیر تیمار خشکی قرار گرفتند. در حالیکه تیمار خشکی عملکرد بیولوژیک را فقط ۶ درصد کاهش داد اما عملکرد دانه را تا ۲۵ درصد پایین آورد که منجر به کاهش ۲۱ درصدی در شاخص برداشت شد. دو رقم گرگان و هاگانا جایگاه های متفاوتی از نظر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در بین ارقام داشتند. با وجودی که رقم گرگان از نظر عملکرد بیولوژیک در رتبه چهارم قرار گرفت اما کمترین عملکرد دانه را داشت و رقم هاگانا با وجود قرار گرفتن در رتبه هفتم از نظر عملکرد بیولوژیک، در رتبه سوم عملکرد دانه قرار گرفت. این مسئله موجب شد تا هاگانا و گرگان در رتبه اول و آخر شاخص برداشت قرار بگیرند. رقم نصرت هم بالاترین عملکرد بیولوژیک و هم بالاترین عملکرد دانه را داشت (جدول ۵).

تحت تأثیر تنش خشکی ۲۰ درصد کاهش پیدا کرد و این کاهش تقریباً در تمامی ارقام دیده شد. از نظر طول دوره مؤثر پرشدن دانه تنوع معنی‌داری بین ارقام مشاهده شد. در مناطقی که گیاه جو در پایان دوره رشد با تنش‌های محیطی مختلف از جمله خشکی و گرما مواجه می‌شود، دوره پرشدن دانه محدود می‌شود. همچنین اصلاح در جهت افزایش دوره پرشدن دانه بدون افزایش کل دوره منجر به کاهش پتانسیل قدرت مخزن می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد ارقامی برای شرایط تنش مناسب‌تر باشند که سرعت رشد دانه در آنها با ورود به این شرایط کاهش کمتری داشته باشد. کاهش ۲۵ درصدی عملکرد دانه در اثر تنش خشکی در اثر کاهش ۱۹ درصدی وزن هزار دانه بود زیرا دو جزء دیگر عملکرد کاهش معنی‌داری نشان ندادند. مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد سنبله اصلی با ورود به شرایط تنش ۳۳ درصد افزایش یافت که این افزایش به کاهش ۲۴ درصدی عملکرد سنبله اصلی برمی‌گردد زیرا ماده خشک انتقالی در اثر خشکی ۵ درصد کاهش نشان داد.

به شرایط تنش به کاهش ۲۴ درصدی عملکرد سنبله اصلی برمی‌گردد زیرا ماده خشک انتقالی از ساقه به سنبله کاهش ۵ درصدی نشان داد. رقم نیمروز با وجود داشتن پایین‌ترین کاهش در عملکرد سنبله اصلی (۶ درصد)، با ورود به شرایط تنش نسبت به سایر ارقام بیشترین درصد افزایش در مشارکت مواد ذخیره‌ای ساقه در عملکرد سنبله اصلی را نشان داد زیرا در بین ارقامی که افزایش ماده خشک انتقالی در اثر خشکی نشان دادند بیشترین میزان را به خود اختصاص داد. درصد مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد سنبله اصلی همبستگی معنی‌داری با طول ساقه، وزن حداکثر ساقه و وزن مخصوص ساقه در هیچ یک از سطوح رطوبتی نشان نداد. این نتایج برخلاف یافته‌های اهدایی و همکاران (۲۰۰۸) بود اما با نتایج راوسون و اوانز (۱۹۷۱) مطابقت داشت. اما همبستگی نسبتاً بالایی بین عملکرد سنبله اصلی و طول ساقه، وزن ساقه و وزن مخصوص ساقه مشاهده شد ($r = 0/47$ ، $r = 0/57$ و $r = 0/53$ ، $p < 0/01$ ، به ترتیب).

نتیجه گیری

ارقام جو مورد بررسی از نظر سرعت پرشدن دانه در مرحله خطی تفاوت معنی‌داری نشان ندادند اما این صفت

منابع

۱. اعتصامی، م.، گالش، س.، سلطانی، افشین. و نوری‌نیا، ع. ۱۳۸۸. آنالیز رشد دانه و تغییرات فنولوژی در ژنوتیپ‌های جو (*Hordeum vulgare L.*). فصلنامه علمی تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۲: ۵-۱۶.
۲. هاشمی دزفولی، ا. و مرعشی، ع. ۱۳۷۴. تغییرات مواد فتوسنتزی در زمان گلدهی و تأثیر آن بر رشد دانه، عملکرد و اجزاء عملکرد گندم. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۹: ۱۶-۳۲.
۳. مبصر، س. ۱۳۷۴. مطالعه همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد با خصوصیات مرفولوژیک در جو از طریق تجزیه ضرایب مسیر. رساله کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید چمران.

۴. مرادی، م. و محمدی، م. ۱۳۸۹. سرعت و طول دوره پرشدن دانه در برخی ارقام زراعی گندم. فصلنامه علمی پژوهشی علوم بهزراعی گیاهی، ۴: ۳۷-۴۳.
۵. نورمحمدی، ق.، سیادت، ع.، و کاشانی، علی. ۱۳۸۰. زراعت (غلات). چاپ سوم. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۴۴۶ ص.
6. Austin, R.B., Edrich, J., Ford, M., and Blackwell, R.D. 1977. The fate of the dry matter, carbohydrates and ¹⁴C lost from the leaves and stems of wheat during grain filling. *Annals of Botany*, 41:1309-1321.
7. Austin, R.B., Morgan, C.L., Ford, M.A., and Blackwell, R.D. 1980. Contributions to grain yield from pre-anthesis assimilation in tall and dwarf barley phenotypes in two contrasting seasons. *Annals of Botany*, 45: 309-319.
8. Bidinger, F., Musgrave, R.B., and Fischer, R.A. 1977. Contribution of stored preanthesis assimilate to grain yield in wheat and barley. *Nature*, 270: 731-733.
9. Bonnett, G.D., and Incoll, L.D. 1992. The potential pre-anthesis and post-anthesis contributions of stem internodes to grain yield in crops of winter barley. *Annals of Botany*, 69: 219-225.
10. Borrell, A., Incoll, L.D., and Dalling, M.J. 1993. The influence of the Rht1 and Rht2 alleles on the deposition and use of stem reserve in wheat. *Annals of Botany*, 71:317-326.
11. Bruckner, P.L., and Frohberg, R.L. 1987. Rate and duration of grain fill in spring wheat. *Crop Science*, 27 (3): 451-455.
12. Daniels, R.W., Alcock, M.B., and Scarisbrick, D.H. 1982. A reappraisal of stem contribution to grain yield in spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Agricultural Science*, 98: 347-355.
13. Djarot, I.N., and Peterson, D.M. 1991. Seed development in a shrunken endosperm barley mutant. *Annals of Botany*, 68 (6): 495-499.
14. Ehdaie, B., Alloush, G.A., Madore, M.A., and Waines, J.G. 2006. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in Wheat: I. Postanthesis changes in internode dry matter. *Crop Science*, 46:735-746.
15. Ehdaie, B., Alloush, G.A., and Waines, J.G. 2008. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. *Field Crops Research*, 106: 34-43.
16. Evans, L.T., Dunstone, R.L., Rawson, H.M., and Williams R.F. 1970. The phloem of the wheat stem in relation to requirements for assimilate by the ear. *Australian Journal of Biological Sciences*, 23(4): 743 - 752.
17. Gallagher, J.N., Biscoe, P.V., and Scott, R.K. 1975. Barley and its environment. V. Stability of grain weight. *Journal of Applied Ecology*, 12: 319-336.

18. Gonzalez, A., Isaura, M., and Luis, A. 2007. Response of barley genotypes to terminal soil moisture stress: Phenology, growth, and yield. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58: 29–37.
19. Hunt, L.A. 1979. Stem weight changes during grain filling in wheat from diverse sources. In S. Ramanujam (ed.) *Proceed. 5th International wheat genetics symposium*. Feb. 2328, 1978.
20. Hunt, L.A., van der Poorten, G., and Pararajasingham, S. 1990. Postanthesis temperature effects on duration and rate of grain filling in some winter and spring wheats. *Canadian Journal of Plant Science*, 71: 609-617.
21. Michael, G., Kelbitsch, H. 1972. Cytokinin content and kernel size of barley grain as affected by environmental and genetic factors. *Crop Science*, 12: 162-165.
22. Przulj, N., and Momcilovic, V. 2001. Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley I. Dry matter translocation. *European Journal of Agronomy*, 15:241–254.
23. Rawson, H.M., and Evans, L.T. 1971. The contribution of stem reserves to grain development in a range of wheat cultivars of different height. *Australian Journal of Agricultural Research*, 22: 851-863.
24. Saini, H.S., and Westgate, M.E. 2000. Reproductive development in grain crops during drought. *Advances in Agronomy*, 68: 59–95.
25. Savin, R., and Nicolas, M.E. 1999. Effects of timing of heat stress and drought on growth and quality of barley grains. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50, 357-364.
26. Schnyder, H. 1993. The role of carbohydrate storage and redistribution in the source-sink relations of wheat and barley during grain filling – a review. *New Phytologist*, 123: 233–245.
27. Shakiba, M.R., Ehdaie, B., Madore, M.A., and Waines, J.G., 1996. Contribution of internode reserves to grain yield in a tall and semidwarf spring wheat. *Journal Genetics Breeding*, 50, 91–100.
28. Yang, J., and Zhang, J. 2005. Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytologist*, 169: 223-236.
29. Yang, J.C., Zhang, J.H., Wang, Z.Q., Xu, G., and Zhu, Q. S. 2004. Activities of key enzymes in sucrose-to-starch conversion in wheat grains subjected to water deficit during grain filling. *Plant Physiology*, 135: 1621–1629.
30. 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.