

اثر تنش خشکی انتهای فصل بر عملکرد و برخی از ویژگی های فیزیولوژیکی چند رقم و لاین جو

راضیه سرآبادانی تفرشی، محمد رضا بی همتا، زهرا سادات شبر، مریم شهبازی^۱، امین کرمی، محمد رضا نقوی، حمید رضا نیکخواه و حسین دهقانی سانچ

دانشجوی سابق دکترای اصلاح نباتات گرایش مهندسی ژنتیک و ژنتیک مولکولی دانشگاه تهران، r.sarabadani@gmail.com

استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، mrghanad@ut.ac.ir

استادیار بخش فیزیولوژی مولکولی پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، shobbar@abrii.ac.ir

استادیار بخش فیزیولوژی مولکولی پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، mshahbazi@abrii.ac.ir

کارشناس ارشد فیزیولوژی گیاهی دانشگاه تهران، hirad67@gmail.com

استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، mnaghavi@ut.ac.ir

کارشناس ارشد بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال، nikkhah_hr@yahoo.com

دانشیار بخش آبیاری مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، dehghanisanij@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی اثرات تنش خشکی انتهای فصل بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی جو، چهار رقم نصرت، فجر ۳۰، یوسف و موروکو و دو لاین پیشرفته ۶۷ و ۱۷ در شرایط قطع آبیاری در شروع گلدهی مورد مقایسه قرار گرفتند. آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در بستر گلخانه (به عنوان محیط بسته کنترل شده) واقع در پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران به اجرا در آمد. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش معنی دار زیست توده، عملکرد دانه و تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت، محتوی نسبی آب برگ، پتانسیل آبی برگ، هدایت روزنه ای، محتوای کلروفیل a و b و کاروتنوئیدها و افزایش میزان تلفات نسبی آب برگ، دمای پوشش گیاهی، نشت الکترولیتی و پوکی دانه ها شد. نتایج به دست آمده بر بالاترین میزان تحمل به خشکی در رقم یوسف و بیشترین حساسیت در رقم موروکو دلالت دارد که به ترتیب عملکرد دانه آن ها در شرایط تنش (۵۷۵ و ۱۴۲ گرم در متر مربع)، محتوای نسبی آب برگ (۷۸/۲ و ۶۹ درصد) و میزان کاهش هدایت روزنه ای (۶۳ و ۹۳ درصد) بود. نتایج تجزیه به مولفه های اصلی نشان داد که صفات محتوی نسبی آب برگ، دمای پوشش گیاهی و هدایت روزنه ای تحت شرایط تنش، از اجزای مولفه اصلی اول محسوب می شوند، از این رو این صفات می توانند در غربالگری ژنوتیپ های جو تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل بکار روند.

واژه های کلیدی: دمای پوشش گیاهی، عملکرد دانه، محتوی نسبی آب برگ.

^۱ آدرس نویسنده مسؤل: کرج، بلوار شهید فهمیده، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران

* دریافت: اسفند ۱۳۹۱ و پذیرش: شهریور ۱۳۹۲

مقدمه

در بیشتر مناطق به ویژه در مناطق مدیترانه‌ای کشت جو (*Hordeum vulgare* L.) در مرحله پر شدن دانه با وقوع تنش خشکی همراه است (گزالس و همکاران، ۱۹۹۹). از آنجایی که تولید این محصول با خشکی انتهای فصل و دمای بالا محدود می‌شود، بررسی برای انتخاب ژنوتیپ های پر محصول و خصوصیات فنولوژیکی و فیزیولوژیکی برتر که در برابر تنش خشکی تحمل بهتری نشان می دهند، ضروری می باشد.

جنبه های مختلف واکنش گیاه جو، به تنش خشکی (به طور ویژه تنش خشکی انتهای فصل) و تاثیر آن بر رشد زایشی ژنوتیپ های جو، مورد بررسی قرار گرفته است. خصوصیات محتوی نسبی آب برگ (RWC^2)، پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی شاخص های تعادل جذب، مصرف و تعرق آب گیاه و مدیریت آبی گیاهان هستند و برای ارزیابی میزان تحمل به خشکی گیاهان مفید هستند (جونز، ۱۹۹۲). تعادل آب در گیاه به صورت عمده از راه موازنه بین جذب آب به وسیله ریشه و تعرق از طریق برگ ها کنترل می شود (ساین کلیر و لود لاور، ۱۹۸۵) و کاهش RWC تحت تنش خشکی باعث کاهش هدایت روزنه ای و جذب CO_2 و در نتیجه کاهش رشد گیاه می شود (لاو لور، ۲۰۰۲). نتایج پژوهش های گذشته نشان داد که در شرایط تنش خشکی انتهای فصل محتوی نسبی آب برگ در گیاه جو (واعظی و همکاران، ۲۰۱۰)، هدایت روزنه ای در گیاه گندم (سعیدی و همکاران، ۲۰۱۰)، پتانسیل اسمزی در گیاه جو (گزالس و همکاران، ۲۰۰۸) کاهش می یابد.

پایداری غشای سلولی در شرایط تنش رطوبتی به عنوان یک جزء اصلی تحمل به خشکی و شناسایی ژنوتیپ های متحمل گزارش شده است. تنش خشکی با صدمه زدن به غشاهای سلولی موجب کاهش پایداری غشا سلولی می شود (احمدی زاده و همکاران، ۲۰۱۱). از اثرات دیگر عمده تنش خشکی، کاهش میزان فتوسنتز (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹) و کلروفیل a و b (سعیدی و همکاران، ۲۰۱۰) می باشد. حفظ غلظت کلروفیل تحت شرایط تنش به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک می کند. گزارش هایی در رابطه با واکنش متفاوت کلروفیل به خشکی ارائه شده است (زاهاریوا، ۲۰۰۱). با افزایش شدت تنش خشکی در انتهای فصل رشد (مرحله شروع گلدهی تا رسیدگی)، میزان فتوسنتز، پتانسیل آبی برگ، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، زیست توده و شاخص برداشت در ژنوتیپ های جو کاهش می یابند (سامارا و همکاران، ۲۰۰۹). در این پژوهش تفاوت ژنوتیپ ها در عملکرد دانه وابسته به تعداد سنبله در هر بوته و تعداد دانه در سنبله بود.

پژوهش بر روی سازوکارهای تحمل تنش در گیاه جو می تواند در درک بهتر اساس ژنتیکی تحمل به خشکی مفید واقع شود و در نهایت به بهبود خصوصیات ژنتیکی دخیل در تحمل به خشکی از طریق روش های نوین ژنتیک مولکولی کمک کند (گیو و همکاران، ۲۰۰۹). در پژوهش حاضر اثرات تنش خشکی بر برخی ویژگی های فیزیولوژیکی شش ژنوتیپ منتخب جو که پاسخ های متفاوتی به خشکی دارند، بررسی شده است.

² Relative water content

مواد و روش ها

در پژوهش حاضر چهار رقم جو زراعی (*Hordeum vulgare* L.) به نام های نصرت، فجر ۳۰، یوسف و موروکو، و دو لاین پیشرفته در دست بررسی در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مورد بررسی قرار گرفتند. رقم موروکو به عنوان رقم حساس (گیو و همکاران، ۲۰۰۹)، رقم یوسف به عنوان رقم متحمل به خشکی ارقام فجر ۳۰ و نصرت به عنوان نیمه حساس و لاین های ۱۷ و ۶۷ به عنوان لاین های پیشرفته (نیکخواه، ۲۰۰۸) پاسخ متفاوتی به خشکی در مزرعه از خود نشان داده اند. این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰ در کرت های آزمایشی در بستر گلخانه (به عنوان محیط بسته کنترل شده) به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی انجام شد. عمق خاک استفاده شده ۵۰ سانتی متر بود. در این آزمایش عامل اصلی رژیم آبیاری در دو سطح (بدون تنش و تنش خشکی به صورت قطع آبیاری از زمان شروع گلدهی) و عامل فرعی شش ژنوتیپ جو بودند. برای هر ژنوتیپ بذرها با فاصله پنج سانتیمتر روی خطوط کاشته شدند و فاصله بین خطوط ۱۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد به طوری که هر ژنوتیپ در سه خط دو متری قرار گرفتند. آبیاری تا زمان شروع گلدهی با کد ۶۱ زادوکس^۳ (چانگ و همکاران، ۱۹۷۴) به صورت قطره ای نواری (Tape) و بر اساس نیاز گیاه صورت می گرفت. شروع گلدهی طبق تعریف در گیاه جو زمانی است که سنبله ها هنوز به طور کامل از غلاف خارج نشده باشند (نلسون و همکاران، ۲۰۰۱).

منحنی رطوبتی خاک مورد استفاده به صورت رابطه بین مکش آب خاک (مگا پاسکال) و میزان آب موجود در خاک (درصد رطوبت وزنی خاک) در شکل (۱) نشان داده شده است. رطوبت ظرفیت زراعی (و نقطه پژمردگی دائمی ترتیب محل تلاقی مکش های ۰/۰۳ مگاپاسکال و

۱/۵ مگاپاسکال در منحنی رطوبتی خاک می باشد. زمانی که رطوبت خاک بر مبنای دستگاه رطوبت سنج از نوع- Time Domain Reflectometry (TDR) متوسط به حدود ۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی می رسد آبیاری صورت می گرفت. از آنجایی که حجم بیشتر ریشه در عمق ۳۰ سانتی متری خاک قرار داشت، میزان رطوبت خاک با قرار دادن سنسور رطوبت سنج در این عمق اندازه گیری می شد. میزان نیاز گیاه به آبیاری هر بار با استفاده از دستگاه رطوبت سنج بر اساس رابطه: $(\theta_i) \times \rho_b$ $W = (\theta_{FC} - \theta_i) \times A \times D$ محاسبه می شد (حسینی ابریشمی، ۱۳۷۵). در این رابطه، W حجم آب مورد نیاز به متر مکعب، θ_{FC} ظرفیت زراعی خاک مزرعه در مکش ۰/۳ اتمسفر معادل ۰/۰۳ مگاپاسکال (۲۱ درصد رطوبت وزنی، شکل ۱)، θ_i درصد رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک که cm^{-3} $1/5 g$ محاسبه شد، A مساحت کرت نرمال که $7/5 \times 1/8$ مترمربع بود، و D عمق توسعه ریشه (۵۰ سانتی متر) هستند. بر این اساس و با توجه به نیاز سنجیده شده بر اساس رابطه گفته شده، به طور متوسط ۲ الی ۳ بار در هفته و هر بار حدود ۱۰۰ الی ۱۵۰ لیتر آب در هر کرت (ابعاد هر کرت ۱/۷ در ۹ متر بود) به گیاهان داده می شد. در زمان شروع مرحله گلدهی (زمانی که بطور متوسط ۵۰٪ بوته ها به مرحله شروع گلدهی رسیده باشند) تیمار تنش به صورت قطع آبیاری اعمال شد. بر این اساس میزان رطوبت خاک به تدریج کاهش می یافت. تحت این شرایط (تنش رطوبتی) در روزهای ۲۱ و ۲۸ روز پس از گلدهی رطوبت خاک به ترتیب حدود ۱۳/۴۴ و ۱۲/۶ درصد و در تیمار آبیاری میزان رطوبت خاک در روزهای مشابه به ترتیب برابر ۱۹ و ۲۱ درصد بود. بر همین اساس درصد تنش اعمال شده در روزهای ۲۱ و ۲۸ روز پس از گلدهی به ترتیب برابر با ۳۶ و ۴۰ درصد بود. خاک مورد نیاز برای این آزمایش از مزرعه ۱۰۰ هکتاری موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در کرج

^۳ Zadoks

پرتوهایی با طول موج‌های ۸ تا ۱۴ میکرون استفاده شد که متشکل از یک سیستم نوری است که قادر است اندازه‌گیری خیلی دقیقی از دمای اجسام به‌عمل آورد (پتی گرو و همکاران، ۱۹۹۴). سنجش رنگی‌های فتوسنتزی (کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدهای برگ) با استفاده از روش اشرف و همکاران (۱۹۹۴) انجام شد.

نشت الکترولیتی که برای هر تکرار و در هر سطح تیماری در دو عدد برگ پرچم اندازه‌گیری شد. بدین منظور ابتدا در شیشه‌های درب دار ۱۰ میلی لیتر آب مقطر ریخته سپس از برگ‌ها دیسک‌هایی به قطر شش میلی‌متر تهیه کرده و به تعداد ۱۵ دیسک در شیشه ریخته شد. در سه شیشه نیز آب مقطر (۱۰ میلی لیتر) ریخته و به عنوان شاهد در نظر گرفته شد سپس به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار داده و سپس هدایت الکتریکی (EC) با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی اندازه‌گیری کرده و سپس به مدت ۱۵ دقیقه در اتوکلاو ۱۲۰ درجه سانتیگراد قرار داده و پس از سرد شدن میزان هدایت الکتریکی آن‌ها را دوباره اندازه‌گیری کرده و نشت الکترولیتی با رابطه زیر محاسبه شد (هو و همکاران، ۲۰۰۹). (3) $EC_0/EC_1 \times 100 =$ نشت الکترولیتی

EC_0 : هدایت الکتریکی محلول قبل از اتوکلاو EC_1 : هدایت الکتریکی محلول بعد از اتوکلاو برای اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ (Ψ_w) تعداد سه برگ پرچم به طور جداگانه در داخل اتاقک دستگاه محفظه فشار (Pressure Chamber; Soil Moisture Equipment corp. SANTA BARBARA. CA. USA) قرار داده شد و میزان پتانسیل آب برگ‌ها به دست آمد.

به منظور اندازه‌گیری پتانسیل اسمزی در تورم کامل برگ (OP_{100})، حداقل دو برگ پرچم در هر تکرار در گیاهان شاهد و تحت تیمار در مرحله ۲۸ روز پس از گلدهی نمونه برداری و به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر با دمای چهار درجه سانتی‌گراد در شرایط تاریکی غوطه ور شد تا برگ‌ها به تورم برسند. سپس این برگ‌ها منجمد شدند و با استفاده از دستگاه اسمومتر (USA WESCOR 5520XR) مقدار پتانسیل اسمزی برگ‌ها

تهیه شد. نتایج آزمایش تجزیه فیزیکی شیمیایی نمونه خاک در جدول (۱) ارائه شده است.

خصوصیات فیزیولوژیکی که در این آزمایش در روزهای ۲۱ و ۲۸ روز بعد از گلدهی مورد بررسی قرار گرفتند شامل: محتوی نسبی آب برگ پرچم (RWC) که برای اندازه‌گیری آن، صبح هنگام سه عدد برگ پرچم در هر تکرار برداشت و بلافاصله وزن تر برگ‌ها به صورت کامل اندازه‌گیری شد (FW). به منظور تعیین وزن تورم، برگ‌ها به مدت پنج ساعت در شدت نور کم در داخل آب مقطر قرار داده شدند و پس از اندازه‌گیری وزن تورم برگ‌ها (TW)، به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتیگراد خشکانده شده و وزن خشک (DW) آن‌ها نیز اندازه‌گیری شد. با استفاده از رابطه زیر مقدار RWC محاسبه شد:

$$RWC\% = (FW - DW) / (TW - DW) \quad (1)$$

تلفات نسبی آب برگ (RWL^4) که برای محاسبه آن از هر ژنوتیپ در هر تکرار سه نمونه برگ پرچم برداشت و بلافاصله وزن تر آن‌ها با استفاده از ترازوی دقیق دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (FW). سپس برگ‌ها به مدت پنج ساعت در شرایط دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از آن بار دیگر توزین شدند (WT). از طریق رابطه زیر تلفات نسبی آب برگ محاسبه شد:

$$RWL (\%) = [(FW - WT) / FW] \times 100 \quad (2)$$

هدایت روزنه ای که به منظور بررسی آن از دستگاه پورومتر (AP4, Delta-T Devices, Cambridge, UK) استفاده شد. برای این منظوراز هر تکرار آزمایشی قسمت میانی ۳-۵ برگ پرچم به طور جداگانه در محفظه دستگاه قرار گرفت و پس از مدت ۳۰ ثانیه عدد دستگاه یادداشت شد.

میزان دمای پوشش گیاهی که برای هر تکرار و در هر سطح تیماری در ساعت ۱۳ الی ۱۵ با استفاده از دستگاه دوربین حرارتی (IVN 770-P) INFERARED اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری دمای پوشش گیاهی از دماسنج مادون قرمز (فرو سرخ) با فیلتر عبوری برای

⁴ Relative water loss

تفاوت معنی‌داری داشت (جدول تجزیه واریانس ارائه نشده است).

خشکی انتهایی فصل موجب کاهش عملکرد، اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه (نتایج سایر اجزا ارائه نشده است) و زیست توده در اغلب ارقام و لاین های مورد بررسی شده است (جدول ۲). این با نتایج سامارا^۶ و همکاران (۲۰۰۹) که اثر تنش خشکی انتهایی فصل را بر عملکرد خشک نهایی چهار وارینه جو بررسی کردند، مطابقت دارد. همچنین، نتیجه مشابهی از تاثیر تنش خشکی انتهایی فصل روی کاهش عملکرد ژنوتیپ های گندم، در پژوهش سعیدی و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده شده است. در شرایط این آزمایش رقم یوسف بالاترین عملکرد دانه و بالاترین تعداد دانه در شرایط تنش نسبت به شاهد را نشان داد و تفاوتی از لحاظ عملکرد دانه و تعداد دانه در شرایط تنش و شاهد در این رقم مشاهده نشد، در حالیکه رقم حساس موروکو بیشترین میزان کاهش عملکرد دانه (۵۰ درصد) و ارقام نیمه حساس بیشترین میزان کاهش تعداد دانه (۴۳ درصد) را در شرایط تنش نسبت به شاهد دارا می‌باشد (جدول ۲). بیشترین درصد افزایش تعداد دانه های پوک در شرایط تنش نسبت به شاهد به رقم موروکو اختصاص داشت (۷۷ درصد)، در حالیکه رقم یوسف کمترین درصد افزایش (۲۸ درصد) را در شرایط تنش نسبت به شاهد نشان می‌دهد (جدول ۲). خشکی همچنین موجب کاهش معنی دار شاخص برداشت در رقم فجر ۳۰ شده لیکن در سایر ارقام شاخص برداشت در شرایط شاهد و تنش تفاوت معنی داری نشان نداد (جدول ۲)، اگرچه افزایش جزئی در شاخص برداشت رقم یوسف در شرایط تنش مشاهده شد (جدول ۲). به نظر می رسد حفظ عملکرد دانه در شرایط تنش در رقم یوسف با هزینه کاهش زیست توده و افزایش میزان انتقال مواد فتوسنتزی به دانه صورت پذیرفته است (نتایج بررسی های انتقال مجدد ارائه نشده است). برای پرشدن دانه ها سه منبع اصلی شامل فتوسنتز جاری (برگ و اندام

محاسبه شد. مقدار تنظیم اسمزی^۵ از تفاضل OP100 در شرایط بدون تنش و تنش به دست می آید (بلوم، ۱۹۸۹). زیست توده (عملکرد بیولوژیک) که برای اندازه‌گیری این صفت، در هر تکرار تعداد ۱۵ عدد از بخش هوایی گیاه بعد از خشکاندن در آون به مدت ۷۲ ساعت با ترازوی دقیق، توزین شد و مقدار ماده خشک کل برای گیاهان تحت تیمار تنش و گیاهان شاهد به طور میانگین محاسبه گردید. به منظور اندازه گیری پوکی دانه در هر تکرار در سه سنبله تعداد دانه‌های پر نشده مورد شمارش قرار گرفت و میانگین تعداد دانه‌های پوک در سنبله به عنوان پوکی دانه مورد ارزیابی قرار گرفت. برای اندازه گیری عملکرد دانه سنبله‌های ۱۵ گیاه را جدا کرده و بعد از ۷۲ ساعت قرار دادن در آون ۷۰ درجه سانتیگراد، مقدار عملکرد دانه با ترازوی دقیق توزین شد. شاخص برداشت که با استفاده از داده‌های عملکرد دانه و ماده خشک بدست می‌آید.

شاخص بهره‌وری آب که از نسبت عملکرد محصول (عملکرد دانه ارقام و لاین های جو) به کل میزان آب مصرف شده به دست می‌آید (زوارت و باستیانسن، ۲۰۰۴) تجزیه واریانس، همبستگی، تجزیه به مولفه های اصلی و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با نرم‌افزار SAS، MSTATC و SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر تنش خشکی انتهایی فصل بر صفات RWC، هدایت روزنه‌ای، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، Ψ_w ، دمای پوشش گیاهی، نشت الکترولیتی، RWL، زیست توده، عملکرد دانه، تعداد دانه و پوکی دانه معنی‌دار بود. همچنین در بین ژنوتیپ‌ها کلیه صفات فیزیولوژیک، به استثنای میزان رنگیزه های فتوسنتزی و نشت الکترولیتی دارای تفاوت معنی‌دار بودند. اثر متقابل تنش و ژنوتیپ‌ها نیز در هدایت روزنه‌ای، دمای پوشش گیاهی، Ψ_w ، عملکرد و اجزای آن

^۶ Samarah

^۵ Osmotic adjustment

که تحت شرایط آب محدود، زمانی که نیاز به تعادل مصرف آب محصول در برابر یک ذخیره رطوبت خاک محدود و شناخته شده وجود دارد، موجب بهبود عملکرد می شود. بر این اساس به نظر می رسد در این میان گیاهانی موفق تر عمل می کنند که با مصرف حداقل آب در شرایط محدودیت رطوبتی و داشتن عملکرد مناسب، شاخص بهره‌وری آب را افزایش می دهند.

از صفات فیزیولوژیک مورد بررسی، محتوی نسبی آب برگ (RWC) در شرایط تنش خشکی اعمال شده کاهش معنی داری در همه ارقام و لاین های داشته است (جدول ۳). نتایج بدست آمده با گزارش‌های اخیر در مورد کاهش محتوی نسبی آب برگ ژنوتیپ های جو در شرایط تنش مطابقت دارد (واعظی و همکاران، ۲۰۱۰). کمترین میزان مورد مشاهده از نظر مقدار محتوای نسبی آب برگ مربوط به رقم موروکو و تحت شرایط تنش خشکی بود (جدول ۳). محتوی نسبی آب برگ در واقع به عنوان شاخصی برای نشان دادن آسیب‌های ناشی از تنش خشکی محسوب می شود. محتوی نسبی آب برگ بیشتر باعث افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه، افزایش عملکرد در شرایط تنش می شود (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). در این پژوهش کمترین میزان تلفات نسبی آب برگ در هر دو شرایط متعلق به رقم یوسف بود (جدول ۳). نتایج آزمایش‌های والتوویچ^۷ و همکاران (۲۰۰۶) که بر روی دو رقم حساس و متحمل ذرت تحقیق کردند نشان داد که رقم متحمل قدرت حفظ آب بیشتری را در مقایسه با رقم حساس به خشکی دارا می باشد. به نظر می رسد با افزایش سن، گیاه رشد کرده در شرایط کنترل هم به طور طبیعی آب کمتری در برگ های خود دارد و این باعث شده است که در ۲۸ روز بعد از اعمال تنش فاصله بین تیمار شاهد و تنش کمتر از ۲۱ روز بعد از اعمال تنش باشد (جدول ۳).

تنش خشکی انتهای فصل باعث کاهش هدایت روزنه‌ای در همه ارقام و لاین های مورد بررسی نیز شد

های سبز دیگر)، ذخائر مواد فتوسنتزی کوتاه مدت (برگ ها) و ذخائر کربوهیدرات های ساقه برشمرده اند. شرایط محدود کننده مانند تنش خشکی با کاهش فتوسنتز جاری و تسریع پیری برگ ها می تواند موجب افزایش سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از ساقه تا ۶۰٪ به ویژه در ژنوتیپ های متحمل گردد (فولکس و سیلوستر- بردلی، ۲۰۰۲). بر همین اساس می توان کاهش عملکرد و شاخص برداشت در ارقام حساس به خشکی را با کاهش فتوسنتز و نیز عدم قابلیت انتقال مجدد کربوهیدرات های ذخیره ای و حفظ آنها در میانگرمه های ساقه توضیح داد (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵).

میزان کل حجم آب مصرفی در شرایط آبیاری و تنش خشکی به ترتیب ۳۸۱۰ و ۲۰۹۱ متر مکعب در هکتار بود. بر این اساس تحت شرایط نرمال میزان شاخص بهره‌وری آب ژنوتیپ های نصرت، فجر ۳۰، یوسف و موروکو و دو لاین ۶۷ و ۱۷ به ترتیب ۱/۳۸، ۱/۲۲، ۱/۵، ۰/۷۲، ۱/۰۳ و ۱/۱۶ و تحت شرایط تیمار تنش خشکی به ترتیب ۱/۶، ۱/۱۱، ۲/۷، ۰/۶، ۱/۶ و ۱/۱۶ کیلوگرم محصول بر متر مکعب آب مصرفی بود. تغییرات ژنوتیپی موجود در میزان شاخص بهره‌وری آب به طور معمول به طور عمده به دلیل تغییرات در مصرف آب بیان شده است (زوارت و باستیانسن ۲۰۰۴). همان طور که در نتایج مشاهده می شود به طور کلی گیاهان با تحمل بالاتر (برای مثال رقم یوسف) نسبت به سایر ارقام دارای شاخص بهره‌وری آب بالاتری در هر دو شرایط تنش و نرمال می باشند (جدول ۲). با توجه به این که تنش اعمال شده از آغاز فصل رشد نبوده و از زمان شروع مرحله گلدهی اعمال شده است، این نوع ارقام با مصرف بهینه آب و با به کارگیری حداقل آب موجود تحت تنش انتهای فصل، عملکرد خود را در سطح بالایی حفظ کرده و در نتیجه شاخص بهره‌وری آب بالاتری تحت این شرایط نسبت به شرایط نرمال دارند. بر این اساس زوارت و باستیانسن (۲۰۰۴) گزارش می کنند که بهبود شاخص بهره‌وری آب بر اساس کاهش مصرف آب اتفاق می افتد

^۷ Valentovic

(جدول ۳) که با نتایج گزارش شده به وسیله ی گزالس^۱ و همکاران (۱۹۹۹) بر روی ۸ ژنوتیپ جو و سعیدی و همکاران (۲۰۱۰) بر روی ژنوتیپ های گندم تحت تنش خشکی انتهای فصل مشابهت دارد. میزان کاهش در رقم موروکو بیشتر از سایر ارقام می باشد (جدول ۳). مقایسه درصد کاهش میزان هدایت روزنه ای نشان می دهد که در هر دو نقطه ۲۱ روز و ۲۸ روز پس از اعمال تنش رقم موروکو (به ترتیب ۸۹ درصد و ۹۲ درصد) و یوسف (۴۱ درصد و ۶۳ درصد) به ترتیب بیشترین و کمترین درصد کاهش را داشتند. اولین پاسخ همه گیاهان به کمبود آب، بستن روزنه ها به منظور کاهش هدر رفت آب از طریق تعرق می باشد (ماهاجان و توتیح، ۲۰۰۵). اگرچه بسته شدن روزنه ها به عنوان یک پاسخ سازشی موجب حفظ و نگهداری آب در شرایط کم آبی می شود، لیکن می تواند موجب کاهش تبادلات گازی فتوسنتزی نیز شود (چاوز و همکاران، ۲۰۰۳). به طور کلی، بین باز بودن روزنه ها و به تبع آن خنک شدن برگ ها در اثر تعرق با دمای پوشش گیاهی رابطه معکوسی وجود دارد. نتایج حاضر نشان داد اعمال تنش خشکی موجب افزایش میزان دمای پوشش گیاهی در همه ارقام و لاین ها شده است (جدول ۴)، لیکن این افزایش در رقم موروکو و لاین ۱۷ بیش از سایر ژنوتیپ ها بود به نحوی که لاین ۱۷ با افزایش حدود هفت درجه سانتیگراد در شرایط تنش نسبت به شاهد، بالاترین دما (۳۰ درجه سانتی گراد) را نشان داد (جدول ۴). افزایش دمای پوشش گیاهی در اثر تنش خشکی با نتایج سایرین از جمله نتایج بررسی ۹ ژنوتیپ متحمل و حساس گندم نان تحت تنش خشکی مطابقت دارد (فهلپانی و آساد، ۲۰۰۵).

تجزیه واریانس داده های مربوط به پتانسیل آبی و پتانسیل اسمزی در شرایط تورم کامل (OP100) برگ نشان داد که بین ژنوتیپ ها و اثر تنش خشکی بر روی پتانسیل آبی، پتانسیل اسمزی و همچنین اثر متقابل بین تنش و ژنوتیپ در سطح یک درصد اختلاف معنی دار دارد

که با افزایش تنش میزان پتانسیل آبی کاهش (منفی تر) یافت (جدول ۴) که با نتایج بررسی سامارا و همکاران (۲۰۰۹) روی چهار ژنوتیپ جو تحت تنش خشکی انتهای فصل که نشان دهنده تفاوت بین ژنوتیپ ها از لحاظ این صفات بود، مشابهت دارد. همچنین، در همان بررسی سامارا و همکاران نشان دادند که با افزایش شدت تنش میزان پتانسیل آبی کاهش قابل توجهی داشت (سامارا و همکاران، ۲۰۰۹).

در بین ارقام و لاین های مورد بررسی، بیشترین تفاضل پتانسیل اسمزی OP100 تنش نسبت به شاهد مربوط به رقم یوسف بود، در حالیکه در ژنوتیپ های دیگر از جمله رقم موروکو و نصرت تفاوت اندکی در حالت تنش به شاهد را نشان داد (جدول ۴). اختلاف بین سطح OP100 در حالت تنش و شاهد در رقم یوسف حاکی از قدرت بالای این رقم در تنظیم اسمزی و تولید مواد محلول سازگار در فرایند مقابله با تنش شدید می باشد (جدول ۳). این نتایج با نتایج گزالس و همکاران (۲۰۰۸) که اثر تنش خشکی آخر فصل بر ژنوتیپ های حساس و متحمل جو را مورد بررسی قرار داده بودند، مطابقت دارد، در آزمایش آن ها، ۱۲ ژنوتیپ جو از لحاظ پتانسیل اسمزی تفاوت معنی داری نشان دادند. تنظیم پتانسیل اسمزی از طریق تجمع مواد محلول سازگار در یاخته های گیاهی تحت تنش کمبود آب باعث تنظیم روزنه ای و فتوسنتزی (مورگان و کاندان، ۱۹۸۹)، رشد برگ ها، رشد ریشه و استخراج آب از خاک (چیمتی و همکاران، ۲۰۰۲)، تاخیر در پیر شدن برگ ها، رشد و عملکرد بالا تحت تنش های محیطی (نیکنام و همکاران، ۲۰۰۳) می شود. به نظر می رسد رقم متحمل یوسف با تنظیم پتانسیل اسمزی بالا راهکاری کارآمد برای مقابله با تنش دارد و بر عکس رقم موروکو و لاین ۱۷ با حساسیت بالای خود در برابر تنش از این نظر قابلیت نشان ندادند (جدول ۴).

نتایج این پژوهش نشان داد که خشکی موجب افزایش نشت الکترولیتی در کلیه ژنوتیپ ها شده است،

^۱ González

افزایش تبادلات گازی و افزایش کارایی فتوسنتز در نهایت عملکرد بالاتری داشته است.

نتایج این پژوهش همبستگی منفی و معنی داری بین میزان عملکرد دانه با دمای پوشش گیاهی (۱۶۵ -) را نشان داد. پایین تر بودن عدد نسبی دمای پوشش گیاهی به طور عمده بیانگر تعادل بین جذب، مصرف و تعرق آب گیاه است که از سازوکار جذب آب بیشتر به وسیله ریشه‌ها همراه با کارآیی مصرف آب مناسب تر به واسطه تنظیم اسمزی بیشتر (رینولدز و همکاران، ۲۰۰۷ و حسینی سالکده و همکاران ۲۰۰۹) ناشی می شود. امروزه دمای پوشش گیاهی به عنوان معیار مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل از حساس غلات مورد استفاده قرار می گیرد (رینولدز و همکاران، ۲۰۰۷ و سیوا و همکاران، ۲۰۰۷). در شرایط تنش خشکی دمای پوشش گیاهی پائین در ژنوتیپ های متحمل که توانمند به سازوکارهای بهتر برای جذب آب و کارآیی مصرف آب بیشتر هستند، مترادف با باز نگه داشتن روزنه ها و حفظ تبادلات گازی فتوسنتزی و به دنبال آن رشد و عملکرد دانه بالاتر می باشد (مونوکس و همکاران، ۲۰۱۱).

نتایج همبستگی صفات نشان می دهد که میزان کاروتنوئیدها با میزان نشت الکترولیتی غشاء همبستگی منفی و معنی داری در سطح پنج درصد نشان داد. در هنگام مواجهه با تنش خشکی گیاه در پاسخ به تنش برای از بین بردن رادیکال های آزاد اکسیژن از خاصیت محافظتی کاروتنوئیدها بهره می برد (بارتوز، ۱۹۹۷) و بالا بودن نشت الکترولیتی نیز نشانگر آسیب های غشایی است که در حین تنش به گیاه وارد می شود. بالا نگه داشتن میزان کاروتنوئیدها به عنوان یکی از بین برنده های رادیکال های آزاد اکسیژن می تواند باعث جلوگیری از آسیب به غشاء شده و در نهایت کاهش نشت الکترولیتی را در پی خواهد داشت.

با توجه به ارتباط صفات فیزیولوژیک و اثر متقابل این صفات بر یکدیگر در این بررسی می توان نتیجه گرفت که گیاه جو برای حصول عملکرد زیستی و

لیکن تفاوت معنی داری بین ارقام مشاهده نشد (جدول ۳). نتایج ارائه شده توسط احمدی زاده و همکاران (۲۰۱۱) که پایداری غشای ۳۷ ژنوتیپ گندم دوروم را تحت تنش خشکی بررسی کرده بودند، اثر مشابهی از خشکی را نشان داد.

تجزیه واریانس داده های مربوط به میزان رنگیزه های فتوسنتزی هم نشان داد اثر تنش خشکی بر روی میزان کلروفیل a ، کلروفیل b ، مجموع کلروفیل a و b و کاروتنوئید در سطح یک درصد معنی دار بود، لیکن بین ژنوتیپ ها تفاوت معنی داری مشاهده نشد. کاهش میزان کلروفیل ها و کاروتنوئیدها در برگ گیاهان تنش دیده نسبت به شاهد نتایج گذشته را که بر کاهش رنگیزه های فتوسنتزی تحت تنش های غیرزیستی دلالت دارند، تایید می کند (سعیدی و همکاران، ۲۰۱۰ و سو و کاو، ۲۰۰۳). همچنین، کاهش میزان فتوسنتز در شرایط تنش در آزمایش دیگری بر روی ارقام جو گزارش شده است (سامارا و همکاران، ۲۰۰۹).

نتایج همبستگی بین صفات فیزیولوژیک نشان داد در شرایط تنش، محتوی نسبی آب برگ به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی و افزایش قدرت جذب آب، در سطح بالایی حفظ شده بود به طوری که همبستگی مثبت و معنی داری در سطح پنج درصد بین محتوی نسبی آب برگ با تنظیم اسمزی (۵۶/+) (تفاضل OP_{100} در شرایط شاهد و تنش، رجوع شود به قسمت مواد و روش ها) مشاهده شد. بالا رفتن تنظیم اسمزی در شرایط مواجهه با تنش نشانگر توانایی بالای گیاه در تولید مواد محلول سازگار است که با کاهش پتانسیل آب برگ باعث افزایش جذب آب از ریشه شده و در نتیجه فشار تورمی برگ حفظ می شود. تنظیم اسمزی با عملکرد زیست توده، تعداد دانه و عملکرد دانه همبستگی مثبت در سطح ادرصد را نشان می دهد. همچنین بین محتوی نسبی آب برگ و هدایت روزنه ای نیز همبستگی مثبت در سطح معنی داری یک درصد (۶۷/+) مشاهده شد که بیانگر این است که گیاه با باز نگه داشتن روزنه، خنک نگه داشتن برگ و

دوم تبیین کننده کلروفیل a و b ، کلروفیل کل، کاروتنوئیدها، نشت الکترولیتی و پتانسیل اسمزی و مولفه سوم بیانگر آب ازدست رفته نسبی و پتانسیل آبی برگ بود (جدول 6). صفات شاخص برداشت و زیست توده با توجه به این که در هر دو شرایط نرمال و تنش از اجزای مولفه اصلی اول محسوب می شوند، از مهمترین متغیرهای عملکرد تحت هر دو شرایط بدون تنش و تنش می باشد. بنابراین، عملکرد بالا تحت شرایط بدون تنش و تنش را با احتمال می توان با گزینش ارقام با شاخص برداشت و زیست توده بالا به دست آورد، که این با نتایج پژوهش‌های دونالد و همکاران (۱۹۷۶) تطابق دارد این در حالی است که صفات پوکی دانه، تعداد دانه و عملکرد دانه تنها تحت شرایط تنش از اجزای مولفه اول می باشد که نشان دهنده اهمیت این صفات در گزینش ارقام تحت تنش می باشد. در بین صفات فیزیولوژیکی، با احتساب این که مولفه های اصلی اول تحت شرایط تنش بیشتر متاثر از صفات محتوی نسبی آب برگ، هدایت روزنه ای، و دمای برگ بود، این عامل ها از با اهمیت ترین متغیرها به منظور انتخاب ارقام تحت شرایط تنش به حساب می آید.

نتیجه گیری

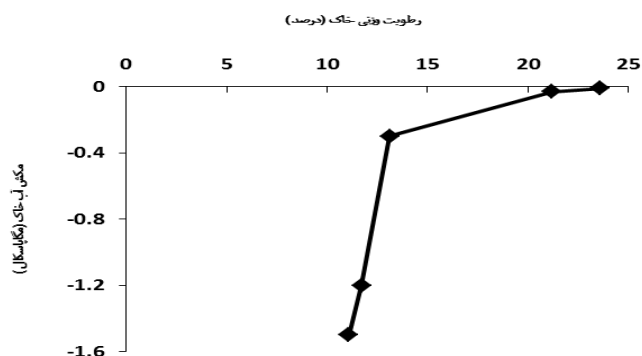
نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که در فرایند مقابله با تنش‌های مرتبط با کمبود آب، راهکارهایی وجود دارد تا گیاه کمترین آسیب را ببیند و در عین حال بهترین عملکرد را نیز داشته باشد. بدیهی است که برای گیاهان متحمل تر سازوکارهای قوی‌تری برای مقابله وجود دارد. در بین ارقام مورد بررسی در این آزمایش، رقم یوسف با محتوی نسبی آب بهتر، تلفات کمتر آب و هدایت روزنه ای بیشتر و در نهایت عملکرد دانه بالاتر در هنگام رو به رو شدن با تنش نشان داد که تحمل بیشتری در برابر تنش دارد. رقم موروکو به عنوان یک گیاه حساس، استراتژی های ناکارآمدتری در برابر تنش خشکی دارد که نمی تواند بقای گیاه را در برابر تنش کمبود آب تضمین کند. برخی

عملکرد دانه بالاتر در شرایط تنش دارای راهکارهایی به منظور کاهش آسیب های ناشی از تنش می باشد. از جمله این راهکارها قابلیت تنظیم پتانسیل اسمزی به واسطه بیوستنز مواد محلول سازگار است، که این توانایی به نوبه خود در نهایت موجب بالا نگه داشتن محتوی نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌ای بیشتر و پوشش گیاهی خنک تر می‌شود. در چنین شرایطی تثبیت CO_2 با کارایی بالاتری صورت می‌گیرد و تعداد دانه و عملکرد بیشتری بدست خواهد آمد.

از تجزیه به مولفه های اصلی برای کاهش تعداد متغیرهای اصلی از طریق مولفه های غیر همبسته که ترکیبی از متغیرهای اصلی می باشند، استفاده می شود. بر این اساس به منظور گروه بندی و شناسایی صفات با اهمیت بیشتر در انتخاب ارقام متحمل در شرایط تنش از روش تجزیه به مولفه های اصلی استفاده شد. در این روش صفاتی که دارای همبستگی بالایی با هم هستند در یک گروه قرار می گیرند. نتایج حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی نشان داد که سه مولفه اول در مجموع ۸۶/۷۹ و ۸۹/۱ درصد تنوع موجود در بین داده ها را به ترتیب تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی توجیه نمود. سهم هر یک از سه مولفه اول به ترتیب حدود ۳۷، ۳۱ و ۱۹ درصد تحت شرایط آبیاری کامل و حدود ۴۲، ۳۵ و ۱۲ درصد تحت تنش خشکی بود (جدول 5). نتایج مشخص کرد که تحت شرایط آبیاری کامل، صفات محتوی نسبی آب برگ، کلروفیل a و b و کلروفیل کل، ماده خشک و شاخص برداشت با مولفه اول، همچنین هدایت روزنه ای، کاروتنوئیدها، پوکی دانه، تعداد و عملکرد دانه با مولفه دوم، تلفات نسبی آب برگ، نشت الکترولیتی، پتانسیل اسمزی، دمای پوشش گیاهی و پتانسیل آبی برگ با مولفه سوم همبستگی به طور نسبی خوبی را نشان دادند. در صورتی که تحت شرایط تنش، مولفه اول نشان دهنده صفات محتوی نسبی آب برگ، هدایت روزنه ای، دمای پوشش گیاهی، ماده خشک، شاخص برداشت، پوکی دانه، تعداد و عملکرد دانه، مولفه

هدایت روزنه ای و دمای پوشش گیاهی می توانند در پالایش ژنوتیپ های جو بکار روند. توجه به این مهم اطلاعات بسیار مفیدی از پاسخ این ژنوتیپ ها به تنش در اختیار به نژاد گران قرار خواهد داد.

صفات فیزیولوژیکی از جمله محتوی نسبی آب برگ، که همبستگی مناسبی با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی داشته اند و در نتایج تجزیه به مولفه های اصلی، از اجزای مولفه اول تحت شرایط تنش محسوب شده اند،



شکل ۱- منحنی رطوبتی خاک به صورت رابطه بین مکش آب خاک (مگا پاسکال) و میزان آب موجود در خاک (درصد رطوبت وزنی خاک) در بررسی اثرات تنش خشکی انتهایی فصل بر ارقام و لاین های جو.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی- شیمیایی خاک مورد استفاده در بررسی اثرات تنش خشکی انتهایی فصل بر ارقام و لاین های جو

کاتیون ها Cations (meq/lit)		آنیون ها Anions (meq/lit)				نیتروژن N	کربن آلی OC	pH	هدایت الکتریکی (EC) dS/m	ظرفیت زراعی (حجمی) * % (FC)	جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm ³)	نقطه پژمردگی * % (PWP)					
Mg ²⁺ (منیزیم)	Ca ²⁺ (کلسیم)	Na ⁺ (سدیم)	K ⁺ (پتاسیم)	مجموع آنیون ها	کربنات (CO ₃ ²⁻)	کلراید (Cl ⁻)	بیگنات (HCO ₃ ⁻)						سولفات (SO ₄ ²⁻)	بافت (Texture)	(%)		
۲۰	۸/۵	۶/۵	۴/۳	۰/۷	۱۹	۰	۵/۷	۷/۵	۵/۸	لوم	۱/۱	۱/۱۲	۷/۵۹	۲/۴۱	۲۱	۱/۵	۱۱

* بر مبنای خاک تر

جدول ۲- مقایسه میانگین ژنوتیپ های جو از نظر عملکرد و اجزای آن و شاخص بهره وری آب در شرایط بدون تنش و تنش خشکی انتهایی فصل

شاخص بهره وری آب (kg.m ⁻³)		دانه در بوته (تعداد)		عملکرد دانه (g.m ⁻²)		عملکرد بیولوژیکی (g.m ⁻²)		شاخص برداشت		پوکی دانه در سنبله (تعداد)		ژنوتیپ های جو
شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	
۱/۳۸bcd	۱/۶۷bc	۵۶/۹ab	۵۰/۲bcd	۵۲۷ab	۳۴۹cde	۴۳۲۸a	۲۸۱۶bc	۰/۱۲bc	۰/۱۲bc	۵/۲b	۵/۳b	نصرت
۱/۲۱bcde	۱/۱۱def	۶۲/۹ab	۳۵/۶cde	۴۶۷abc	۲۳۳ef	۲۴۶۲cde	۱۹۵۵de	۰/۱۹a	۰/۱۲bc	۵/۷b	۸a	فجر ۳۰
۱/۵bcd	۲/۷a	۷۵/۱a	۷۵/۵a	۵۷۱a	۵۷۵a	۴۸۱۲a	۳۳۹b	۰/۱۲bc	۰/۱۷ab	۵/۲b	۳/۳cd	یوسف
۰/۷۲ef	۰/۶f	۳۴/۵de	۲۲/۵e	۲۷۴d	۱۴۲ef	۱۷۵۵ef	۱۱۹۹f	۰/۱۶abc	۰/۱۲bc	۱/۶d	۹a	موروکو
۱/۰۲def	۱/۷b	۵۲bcd	۵۳/۹bc	۳۹۴c	۳۵۴cd	۳۱۱۵bc	۳۰۱۲bc	۰/۱۳bc	۰/۱۲bc	۴/۸bc	۳d	لاین ۶۷
۱/۱۶cdef	۱/۱۶cdef	۵۷/۸ab	۳۳/۷de	۴۴۳bc	۲۴۳def	۴۱۵۸a	۲۶۳۲bcd	۰/۱۱c	۰/۰۹c	۶b	۷/۸a	لاین ۱۷
۱/۱۷	۱/۵۱	۵۶/۵	۴۵/۲	۴۴۶	۳۱۶	۳۴۳۷	۲۵۰۰	۰/۱۳	۰/۱۲	۴/۷	۶/۱	میانگین

برای هر صفت میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین ژنوتیپ های جو از نظر خصوصیات فیزیولوژیک مختلف در روزهای ۲۱ و ۲۸ روز پس از گلدهی در شرایط بدون تنش و تنش خشکی انتهایی فصل

ژنوتیپ های جو	نش الکترولیتی ii		نش الکترولیتی i		تلغات نسبی آب برگ ii		تلغات نسبی آب برگ i		هدایت روزنه ای ii		هدایت روزنه ای i		مجتوای نسبی آب برگ ii		مجتوای نسبی آب برگ i	
	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش
نصرت	۵۲/۴ا	۳۶/۶abcd	۴۶/۶ا	۳۳/۵abcd	۶۲/۲ا	۵۹/۹abc	۷۰/۱۸ا	۵۶/۴bcd	۱۷/۲c	۱۶۹/۳b	۳۷/۴fg	۱۶۴/۶bc	۷۴/۶d	۸۶ab	۷۴/۶d	۸۴ab
فجر ۳۰	۴۳/۲abc	۴۴/۸ab	۴۳/۸ab	۲۹/۴cd	۵۱/۰abcd	۳۵/۱e	۵۳/۱abcd	۳۷/۵f	۲۲/۸c	۱۹۸/۶b	۲۵/۷fg	۱۲۲/۷cd	۷۷/۹cd	۸۴/۵b	۷۳/۳cde	۸۶/۳a
یوسف	۴۶/۷ab	۳۱/۶bcd	۳۶/۴abcd	۲۴d	۵۴/۷abcd	۵۳/۴abcd	۶۵/۴abc	۴۶/۷def	۶۰/۶c	۱۶۵/۲b	۶۰/۱efg	۱۰۲/۸de	۸۰/۹bc	۸۸/۹ab	۷۸/۲c	۸۶/۵a
موروکو	۴۴/۱ab	۳۷/۱abcd	۳۷/۱abcd	۲۷/۱cd	۶۰/۷ab	۴۸/۲abcde	۶۶/۲ab	۴۵/۷def	۲۰/۲c	۲۸۶/۱a	۳۲/۴fg	۲۹۹/۸a	۷۳/۷d	۸۵/۴ab	۷۰e	۸۵/۴a
لاین ۶۷	۴۸/۴a	۲۵/۸d	۳۶abcd	۲۵/۶cd	۴۹/۸abcde	۳۹/۴de	۶۵/۲abc	۴۰/۹ef	۳۱/۶c	۱۹۹/۲b	۵۹/۵efg	۱۸۹/۲b	۷۵/۹d	۸۶/۹ab	۷۷/۱cd	۸۸/۳a
لاین ۱۷	۵۰/۱a	۲۷/۹cd	۳۸۷abc	۳۱/۴bcd	۴۳/۸bcde	۴۳/۴cde	۶۹/۳a	۵۳/۱cde	۱۴/۷c	۷۸/۷c	۲۳g	۸۷/۳def	۷۳/۹d	۹۱/۱a	۹۱/۱a	۸۶/۹a
میانگین	۴۷/۵	۳۴	۳۹/۸	۲۸/۵	۵۴	۴۶/۶	۶۵/۱	۴۶/۷	۲۷/۸	۱۸۲/۸	۳۹	۱۶۱/۰۷	۷۶/۱	۸۷/۱	۷۳/۸	۸۶/۲

برای هر صفت میانگین های دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند. حروف ii به ترتیب بیانگر ۲۱ و ۲۸ روز بعد از قطع آبیاری از زمان شروع گلدهی است

جدول ۴- مقایسه میانگین ژنوتیپ های جو از نظر خصوصیات فیزیولوژیک مختلف در زمان ۲۸ روز پس از گلدهی در شرایط بدون تنش و تنش خشکی انتهایی فصل

ژنوتیپ های جو	پتانسیل آبی برگ		دمای پوشش گیاهی		کاروتنوئیدها		کلروفیل کل		کلروفیل b		کلروفیل a		پتانسیل اسمزی	
	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش
نصرت	-۲/۱b	-۱/۱e	۲۶/۳cde	۲۴/۵fg	۲/۶۳bcde	۲/۲abc	۴/۳bcd	۶/۳abc	۱/۵bcd	۲/۲ab	۲/۸bcd	۴/۱ab	-۱/۵bc	-۱/۴bc
فجر ۳۰	-۲/۳a	-۱/۴d	۲۷/۴bc	۲۳/۷fgh	۱/۷e	۳/۵abcd	۲/۸d	۵/۹abc	۰/۹de	۲abc	۱/۹de	۳/۹abc	-۱/۶ab	-۰/۹d
یوسف	-۱/۶c	-۰/۸f	۲۵/۱def	۲۴/۷efg	۱/۶e	۴/۲a	۲/۶d	۷/۹a	۱d	۲/۷a	۱/۶de	۵/۲a	-۱/۵bc	-۰/۴e
موروکو	-۱/۶c	-۱/۱e	۲۸/۹b	۲۳/۵fgh	۱/۱e	۴/۸a	۱/۶d	۷/۰a	۰/۵d	۲/۷a	۱/۱e	۵/۳a	-۱/۵bc	-۱/۴c
لاین ۶۷	-۱/۶c	-۱/۳d	۲۶/۶cd	۲۲/۴h	۱/۹de	۳/۹abc	۲/۹d	۶/۲ab	۱/۱cd	۲/۲ab	۱/۸de	۴/۴ab	-۱/۴c	-۱d
لاین ۱۷	-۱/۳d	-۱/۳d	۳۰/۶a	۲۳gh	۲/۳cde	۴/۱ab	۳/۸cd	۷/۷a	۱/۴bcd	۲/۵a	۲/۴cde	۵/۲a	-۱/۶a	-۱/۴c
میانگین	-۱/۸	-۱/۷	۲۷/۵	۲۳/۶	۱/۹	۴/۱	۳	۷	۱/۱	۲/۴	۱/۹	۴/۷	-۱/۵	-۱/۱

برای هر صفت میانگین های دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند

جدول ۵- واریانس ۳ مولفه اصلی در روش تجزیه به مولفه های اصلی در ژنوتیپ های جو

شماره مولفه	درصد واریانس مربوطه		درصد تجمعی واریانس		وزن مولفه	
	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش
۱	۰/۳۶۶	۰/۴۲۳	۰/۳۶۶	۰/۴۲۳	۵/۸۵۶	۶/۷۷۴
۲	۰/۳۱۲	۰/۳۴۷	۰/۶۷۸	۰/۷۷۱	۴/۹۹۱	۵/۵۵۹
۳	۰/۱۸۹	۰/۱۱۹	۰/۸۶۸	۰/۸۹۱	۳/۰۳۸	۱/۹۱۸

جدول ۶- اجزای تشکیل دهنده ۳ مولفه اصلی برای اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیکی ارقام جو تحت شرایط بدون تنش و تنش

صفات گیاهی	مولفه سوم		مولفه دوم		مولفه اول	
	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش
محتوی نسبی آب برگ	-۰/۳۱۴	-۰/۲۴۹	-۰/۰۷۴	-۰/۰۹۳	۰/۳۲۹	۰/۳۲۷
هدایت روزنه ای	۰/۲۶۸	-۰/۰۹۴	۰/۳۰۱	-۰/۲۳۴	-۰/۱۹۸	۰/۳۰۲
تلفات نسبی آب برگ	۰/۲۷۸	۰/۶۰۵	۰/۰۴۲	-۰/۱۲۹	۰/۲۴۵	-۰/۰۱۲
نشت الکترولیتی	۰/۳۸۰	۰/۰۱۰	-۰/۰۱۴	۰/۳۴۸	-۰/۲۴۳	۰/۱۴۲
پتانسیل اسمزی	-۰/۲۱۲	-۰/۰۳۹	۰/۱۴۸	۰/۲۰۸	-۰/۱۲۱	-۰/۱۶۸
کلروفیل a	-۰/۱۱۴	۰/۱۵۵	۰/۲۶۶	۰/۴۰۳	۰/۲۹۸	۰/۰۸۱
کلروفیل b	۰/۰۴۲	-۰/۰۱۸	۰/۲۷۸	۰/۴۰۰	۰/۳۰۷	۰/۱۲۷
کلروفیل کل	-۰/۰۰۷	۰/۰۹۱۹	۰/۲۷۳	۰/۴۰۶	۰/۳۰۳	۰/۰۹۷
کاروتنوئیدها	۰/۰۹۶	۰/۰۷۶	۰/۳۵۶	۰/۴۰۹	۰/۲۳۹	۰/۰۹۳
دمای پوشش گیاهی	۰/۴۹۵	-۰/۰۳	-۰/۰۸۹	۰/۱۲۳	۰/۱۵۴	-۰/۰۳۱
پتانسیل آبی برگ	-۰/۳۸۴	۰/۵۹۲	-۰/۰۹۲	۰/۰۲۴	-۰/۲۸۵	-۰/۰۲۶
تعداد دانه در بوته	۰/۱۴۳	۰/۰۲۱	-۰/۳۶۲	-۰/۰۰۳	۰/۱۷۵	۰/۳۸۱
عملکرد دانه	۰/۲۲۷	-۰/۰۱۴	-۰/۳۵۷	-۰/۰۱۹	۰/۱۸۷	۰/۳۷۵
عملکرد بیولوژیکی	۰/۰۱۱	-۰/۱۳۳	-۰/۲۶۷	۰/۱۴۳	۰/۳۲۰	۰/۳۵۴
شاخص برداشت	۰/۲۲۶	۰/۱۴۱	۰/۰۵۱	-۰/۲۵۴	-۰/۳۳۱	۰/۲۶۸
پوکی دانه	-۰/۱۳۵	۰/۰۲۱	-۰/۴۲۷	۰/۰۰۴	۰/۰۵۸	-۰/۳۶۴

فهرست منابع

- حسینی ایریشمی، م. ۱۳۷۵. اصول و عملیات آبیاری (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی. ۴۹۶ صفحه.
- سعیدی، م.، مرادی، ف.، احمدی، ع.، سپهری، ر.، نجفیان، گ و ا. شعبانی. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی انتهای فصل بر خصوصیات فیزیولوژیک و روابط منبع و مخزن. در دو رقم گندم نان (*Triticum aestivum* L.). مجله علوم زراعی ایران: 392-408 (4)12.
- کردوانی، پ. ۱۳۷۹. کشاورزی در مناطق خشک. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۱۱ صفحه.
- نیکخواه، ح.ر. ۱۳۸۶. گزارش نهایی پروژه ارزیابی تحمل به خشکی آخر فصل در ارقام و لاین های پیشرفته جو. ص ۷۲. به شماره ثبت: ۱۴۹۵/۸۶

۵. نیکخواه، ح. ر.، صابری، م. ح. و م. محلوگی. ۱۳۸۹. ارزیابی صفات موثر بر عملکرد ژنوتیپهای جو (*Hordeum vulgare* L.) دو ردیفه و شش ردیفه در شرایط تنش خشکی انتهایی فصل. *مجله علوم زراعی ایران*: ۱۲ (۱) ۱۷۰-۱۸۴.
6. Ahmadizadeh. M., M. Valizadeh, M. Zaefizadeh., and H. Shahbazi. 2011. Antioxidative protection and electrolyte leakage in durum wheat under drought stress condition. *Journal of Applied Sciences Research*, 7: 236-246.
7. Ashraf. M. Y., A. R. Azmi, A. H. Khan., and S. A. Ala. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 16 (3): 185-191.
8. Bartosz, G. 1997. Oxidative stress in plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 19: 47-64.
9. Burton, G. W., and K. U. Ingold. 1984. Betacarotene: an unusual type of lipid antioxidant. *Science*. 224: 569.
10. Chang . T. T., C. F. Konzak., and J. C. Zadoks. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*. 14: 415-421.
11. Chaves. M. M., J. P. Maroco, J. S. Pereira. 2003. Understanding plant responses to drought-from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*. 30: 239-264.
12. Chimenti. C. A., J. Pearson., and A. J. Hall. 2002. Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. *Field Crops Research*. 10:235-246.
13. Donald. C. M., Hamblin. J., and N. C. Brady. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. In: *Advances in Agronomy*, Volume 28. Academic Press, pp 361-405.
14. Fahlani. R. A., and M. T. Assad. 2005. Evaluation of three physiological traits for selecting drought resistant wheat genotypes. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 7: 81-87.
15. Farooq. M. W. A., N. Kobayashi, D. Fujita., and S. M. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*. 29: 185-212.
16. Foulkes M. J., and S.R. Sylvester-Bradley .2002. The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions: formation of grain yield. *Journal of Agricultural Science*. 138:153-169.
17. González, A., and I. Martín. 1999. Barley yield in water-stress conditions: The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. *Field Crops Research*. 62(1): 23-34.
18. González, A., I. Marti'n., and L. Ayerbe. 2008. Yield and osmotic adjustment capacity of barley under terminal water-stress conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 194: 81-91.
19. Guo. P., M. Baum, S. Grando, S. Ceccarelli, G. Bai, R. Li, M. von. Korff, R. K. Varshney, A. Graner., and J. Valkoun. 2009. Differentially expressed genes between drought-tolerant and drought-sensitive barley genotypes in response to drought stress during the reproductive stage. *Journal of Experimental Botany*. 60: 3531-3544.
20. Gupta. S., D. Campbell., B. Derijard., and R. J. Davis. 1995. Transcription factor ATF2 regulation by the JNK signal transduction pathway. *Science*. 267: 389-397.
21. Hosseini Salekdeh. G. R., B. Matthew., and B. John. 2009. Conceptual framework for drought phenotyping during molecular breeding. *Trends in Plant Science*. 14:1360-1385.
22. Hsu, S. Y., And C. H. Kao. 2003. The effect of polyethylene glycol on proline accumulation in rice leaves. *Biologia plantarum*. 46: 73-78.
23. Hu. L., Z. Wang., H. Du., and B. Huang. 2009. Differential accumulation of dehydrins in response to water stress for hybrid and common Bermuda grass genotypes differing in drought tolerance. *Journal of plant physiology*. 167: 103-109.
24. Jones, H. G. 1992. *Plants and microclimate: A Quantitative Approach to Environment Plant Physiology*. Cambridge University press. pp 264-296.

25. Lawlor, D. W. 2002. Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. *Annals of Botany*. 89: 871-885.
26. Mahajan, S., and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 444:139-158.
27. Moinuddin., R. A. Fischer., K. D. Sayre., and M. P. Reynolds. 2005. Osmotic adjustment in wheat in relation to grain yield under water deficit environments. *Agronomy Journal*. 97: 1061- 1071.
28. Monneveux, P., and J. Ribaut. 2011. Drought phenotyping in crops: from theory to practice. generation challenge programme press. pp 296.
29. Morgan, J. M., and A. G. Condon. 1989. water-use, grain yield and osmoregulation in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*. 13:523-532.
30. Nelson, J. E., K. D. Kephart., A. Bauer., and J. F. Connor. 2001. Growth stress of wheat, barley and wild oat: A strategic step of to timing of field operations. http://weeds.Montana/edu/crop/growth_stages_book/p_2_3_4_5.htm.
31. Niknam, S. R., Q. Ma., and D. W. Turner. 2003. Osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *B. juncea* genotypes in a water-limited environment in south-western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 43: 1127-1135.
32. Pettygrove, G. S., C. M. Wick, J. F. Williams, S. C. Scardaci, D. M. Brandon and J. E. Hill. 1994. Monitoring rice nitrogen status with a chlorophyll meter. Agronomy fact sheet series. 1994-3
33. Reynolds, M. P., Y. Manes., A. Izanloo., and P. Langridge. 2009. Phenotyping for physiological breeding and gene discovery in wheat. *Annals of Applied Biology*. 155:3, 309–320.
34. Reynolds, M., D. Fernanda., and T. Richard. 2007. Drought- adaptive traits derived from wheat wild relatives and landraces. *Journal of Experimental Botany*. 58(2): 177-186.
35. Samarah. N. H., A. M. Alqudah, J. A. Amayreh., and G. M. McAndrews. 2009. The effect of late-terminal drought stress on yield components of four barley cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 195:427-441.
36. Sinclair, T. R., and M. M. Ludlow. 1985. Taught plants thermo dynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. *Aust. Journal of Plant Physiology*. 12: 213-217.
37. Siva. M. A., J. L. Jifon., and J. A. G. Da Silva. 2007. Use of physiology parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Braz. Journal of Plant Physiology*. 19:193-201.
38. Vaezi. B., V. Bavei., and B. Shiran. 2010. Screening of barley genotypes for drought tolerance by agro-physiological traits in field condition. *African Journal of Agricultural Research*. 5: 881-892.
39. Valentovic. P., M. Luxova, L. Kolarovic., and O. Gasparikova. 2006. Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant Soil and Environment*. 52: 186-191.
40. Zaharieva, M., E. Gaulin, M. Havaux, E. Acevedo., and P. Monneveux. 2001. Drought and heat responses in the wild wheat relative *Aegilops geniculata* Roth. *Crop Science*. 41: 1321-1329.
41. zwart SJ and Bastiaanssen WGM, 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat ,rice ,cotton and maize . *Agricultural Water Management*. 69:115 - 133.