

ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و مکانیسم‌های فیزیولوژیکی بذور پنبه استحصالی از تنش‌های آبی

ام البنین چکانی^۱، الهام فغانی^{۲،۱}، محمدرضا داداشی^{۱*}، حسین عجم نوروژی^۱،
برهان سهرابی مشک آبادی^{۲،۱}

^۱گروه زراعت، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران
^۲آستادیار، موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۲۶

چکیده

سابقه و هدف: تغییر اقلیم، دستیابی به منابع آب را با مشکل مواجه کرده است. لذا القا تحمل به تنش کم آبی در بذور تکثیری، می‌تواند با دستیابی به عملکرد مطلوب و بذور بالقوه، ضمن کاهش مصرف آب، در کشاورزی تحول بزرگی ایجاد کند. ارزیابی خصوصیات فیزیولوژیکی بذور پنبه استحصالی از تیمارهای مختلف کم آبی، ضمن بررسی وضعیت رشد و عملکرد آن‌ها، دیدگاه کامل‌تری از تکثیر بذور برای اراضی تحت تنش خواهد داد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش با هدف ارزیابی پتانسیل فیزیولوژیکی بذور پنبه استحصالی از تیمارهای مختلف کم آبیاری به‌منظور تکثیر بذور پنبه برای مزارع تحت تنش آبی در استان گلستان اجرا شد. آزمایش به صورت طرح اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۶ انجام شد. فاکتور اصلی شامل ۴ سطح آبیاری شامل دیم، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و فاکتور فرعی نیز شامل تیمارهای منابع بذری در ۵ کرت فرعی شامل شاهد (تأمین بذور از مراکز فروش) و ۴ سطح بذور استحصالی از سطوح مختلف کم آبیاری (دیم، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) در نظر گرفته شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد تأثیر تعداد دفعات در معرض تنش بودن بذور بر خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد گیاهان تفاوت معنی‌دار داشتند. در شرایط آبیاری با ۳۳ درصد ظرفیت زراعی، بذور استحصالی که برای دومین بار (دو سال زراعی) و سومین بار در معرض تیمار آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی قرار گرفته بودند به ترتیب با کدهای (S₂₂) و (S₃₂) به میزان ۳۶/۶۲ و ۶۵/۹۷ میلی گرم بر گرم وزن تر کمترین و بیشترین نشاسته و

*نویسنده مسئول: mdadashi730@yahoo.com

کربوهیدرات محلول را داشتند. لذا آبیاری به میزان ۳۳ درصد ظرفیت زراعی برای تیمار بذری S₂₂ تنش کم آبی نبود. در حالی که در آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی، عملکرد چین اول در تیمار بذری S₂₂ در دو بار در معرض تنش کم آبی از ۱۷۲/۴۳ گرم در متر مربع به ۴۳۲/۴۳ گرم در متر مربع در سه بار در معرض تنش کم آبی رسید. ولیکن در آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی، بذور استحصالی که برای دومین بار (دو سال زراعی) در معرض تیمار آبیاری ۶۶ درصد ظرفیت زراعی قرار گرفته بودند (S₂₃) در شرایط دو بار تنش نسبت به سه بار تنش، عملکرد چین اول کاهش یافت. کاهش سطح برگ در تیمارهای بذری S₂₃ در دو بار تنش در شرایط دیم و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مبین این امر است که هم دیم و هم آبیاری زیاد برای تیمار بذری S₂₃ تنش محسوب می‌شود.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، با تکثیر بذر در شرایط آبیاری با ۳۳ درصد ظرفیت زراعی، علاوه بر کاهش مصرف آب، می‌توان به بذوری بالقوه با گیاهان متحمل به تنش دست یافت. افزایش عملکرد چین اول در تیمار بذری S₃₂ حاصل از تکثیر بذر در معرض سه بار تنش آبی، حاکی از اهمیت القاء فعالیت حافظه تنشی در تیمارهای بذری S₂₂ و S₃₂ در تحمل کم آبی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پنبه، تنش آبی، سطح برگ، عملکرد، نشاسته

مقدمه

کشور ایران با میزان بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر در سال در زمره مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته است (کردوانی، ۲۰۰۱). کشت پنبه در استان گلستان دارای سابقه طولانی است و این استان در گذشته به‌دلیل گستردگی کشت پنبه به سرزمین طلای سفید شهرت داشته است. در سال‌های اخیر به‌دلیل صرفه اقتصادی این محصول تمایل به کشت برنج و سویا بر کشت پنبه سرعت گرفت. ولیکن امروزه با عرضه ارقام زودرس با دوره رویشی کوتاه‌تر و تغییرات اقلیمی، کشاورزان مجدداً به کشت پنبه روی آوردند (فغانی و همکاران، ۱۳۹۸). به‌طوری‌که در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ سطح زیر کشت پنبه آبی ۹۷۲۰ هکتار با میانگین عملکرد ۱۴۱۵ کیلوگرم در هکتار و پنبه دیم ۲۲۰۰ هکتار با میانگین عملکرد ۸۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ سطح زیر کشت پنبه آبی ۱۳۳۸۶ هکتار با میانگین عملکرد ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و پنبه دیم ۴۲۱۴ هکتار با میانگین عملکرد ۱۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). پنبه از جنس (*Gossypium*) به‌دلیل دارا بودن محتوی روغن و پروتئین دانه زیاد، اهمیت ویژه‌ای در زراعت دارد (اگبوتا و همکاران، ۲۰۱۷). با توجه به این‌که این محصول ماده اولیه

صنایع نساجی را تشکیل می‌دهد و این صنایع از نوع صنایع اشتغال‌زا است، اهمیت پنبه در شرایط کنونی کشور آشکار می‌شود (یزدانی و همکاران، ۲۰۱۰).

بدین ترتیب کشت پنبه بعد از برداشت گندم و جو به‌ویژه در مزارع کم باران مورد تقاضای کشاورزان است. از آنجایی که تنش آبی یکی از عمده‌ترین عوامل محدودکننده رشد و بهره‌وری محصول است (ماساسی و همکاران، ۲۰۰۸). گیاه پنبه این قابلیت را دارد که در شرایط تنش محیطی با کاهش تعداد غوزه و کاهش ارتفاع گیاه دست به خودتنظیمی می‌زند (سینگ، ۱۹۹۸). ارزیابی خصوصیات فیزیولوژیک گیاهی مانند میزان هدایت روزنه‌ای و کارایی فتوسنتز برگ ضمن آن که به‌طور مستقیم تحت تاثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند به‌طور آشکاری نشان‌دهنده واکنش گیاه به تغییر شرایط رشد و نهایتاً مبین تغییرات رشد و عملکرد در گیاه می‌باشند (آرانجولو و همکاران، ۲۰۱۰). پژوهش‌های لیدی و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد که تنش خشکی در پنبه باعث محدودیت کارایی فتوسنتزی به دلیل محدودیت هدایت روزنه‌ای یا غیرروزنه‌ای می‌شود. زودرسی نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد، کیفیت و بازدهی محصول دارد و در گیاه پنبه با طبیعت رشد یکساله و رفتار رشد نامحدود، از توارث پیچیده‌ای برخوردار است (عالیشاه و احمدیخواه، ۲۰۰۹). تنش آبی در طی فصل رشد، باعث کاهش رشد رویشی و زودرس شدن گیاه و کاهش عملکرد می‌گردد (پتیگریو، ۲۰۰۴). پاپاستیلیانو و آرگیروکاستریتیس (۲۰۱۴) بیان داشتند کم آبیاری، باعث کاهش عملکرد و ش و تعداد غوزه در بوته شده و زودرسی را تحریک می‌کند اما میانگین وزن غوزه به مقدار ناچیزی تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار می‌گیرد. در پاسخ به تنش‌های آبی، کربوهیدرات‌ها به صورت تنظیم‌کننده اسمزی ایفای نقش دارند. برای مثال قند محلول و نشاسته در سازگاری با تنش کم آبی افزایش می‌یابند به طوری که قند محلول به عنوان تنظیم‌کننده اسمزی عمل می‌کند و نشاسته حجم اسمزی سلولی را کاهش می‌دهند. به نظر می‌رسد قند محلول در برگ‌های جوان و نشاسته در برگ‌های بالغ پنبه بیشتر اهمیت داشته باشند (آکرسون، ۱۹۸۱).

یولا و همکاران (۲۰۰۸) در ارتباط با وجود تنوع ژنتیکی در ارقام پنبه از نظر سطح تحمل به تنش خشکی ابراز داشتند، علیرغم عملکرد بالای برخی ارقام پنبه در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، در شرایط کمبود آبیاری این ارقام، عملکرد پایینی را تولید نمودند. لذا با توجه به ضرورت دستیابی به بذور با پتانسیل مطلوب، تکثیر بذر پنبه برای مزارع دیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است از

این رو تکثیر بذور پنبه با عملکرد بهینه برای مزارع با شرایط تنش کم آبی، از اهداف اصلی این پژوهش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ با هدف بررسی پتانسیل بذور برداشت شده از محیط‌هایی با آبیاری‌های مختلف بر روی عملکرد و اجزای عملکرد پنبه رقم گلستان تحت تیمارهای مختلف آبیاری در ایستگاه هاشم آباد در ۱۱ کیلومتری شمال غربی شهرستان گرگان با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی انجام شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی در ۴ سطح آبیاری (دیم (W_0) ، ۳۳٪ (W_1) ، ۶۶٪ (W_2) و ۱۰۰٪ (W_3) آب مورد نیاز گیاه) و تیمار منابع بذری در ۵ کرت فرعی (شاهد و ۴ سطح بذر تنش‌یافته) کشت شدند. در شرایط دو بار تنش، بذر شاهد با کد (S_{20}) شامل بذر تهیه شده از مبادی فروش و بذره‌های تنش یافته که به ترتیب با کد $(S_{21}, S_{22}, S_{23}, S_{24})$ نامگذاری شدند. به این صورت که بذرها برای دومین بار (دو سال زراعی) در معرض تیمارهای مختلف آبیاری شامل دیم (S_{21}) ، ۳۳ درصد ظرفیت زراعی (S_{22}) ، ۶۶ درصد (S_{23}) ، ۱۰۰ درصد (S_{24}) قرار گرفتند و همچنین در سه بار تنش (بذور استحصالی از سه سال زراعی کشت در تیمارهای مختلف آبیاری)، بذر شاهد با کد (S_{30}) و بذره‌های سال دوم که برای سومین بار در معرض این تیمارهای آبیاری قرار گرفته بودند به ترتیب با کدهای $(S_{31}, S_{32}, S_{33}, S_{34})$ نامگذاری شدند و تحت تیمارهای مختلف آبیاری شامل دیم (S_{31}) ، ۳۳ درصد ظرفیت زراعی (S_{32}) ، ۶۶ درصد (S_{33}) ، ۱۰۰ درصد (S_{34}) قرار گرفتند. هر تیمار در ۴ خط به طول ۶ متر و با فاصله بوته 20×80 کشت شد. بذر مورد استفاده در سال اول آزمایش تمامی تیمارها کاملاً مشابه و از مراکز فروش بذر تأمین شد. بذره‌های به دست آمده از کرت‌های تحت تنش در پایان سال همراه با شاهد (بذر تهیه شده از بازار)، به منظور تهیه تیمارهای منابع بذری در سال دوم کشت و مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت تهیه منابع بذری سه بار تنش، بذره‌های حاصل از آزمایشات سال دوم نیز برای کشت در سال سوم، استفاده گردید. پس از کاشت، جهت سبز یکنواخت بذر، آبیاری یکسان در تمام کرت‌ها انجام شد. با توجه به اهمیت تنش خشکی جهت تحریک رشد زایشی بوته‌های پنبه، در مرحله گلدهی تیمارهای آبیاری از طریق سیستم قطره‌ای

با نوارهای آبیاری به کرت‌ها داده شد. آب مورد نیاز مزرعه از طریق تهیه نمونه خاک قبل از آبیاری و محاسبه و کمبود رطوبت تا نقطه ظرفیت زراعی با رابطه زیر مشخص شد:

$$d = \frac{(FC - PWP)}{100} \times R.B_d.MAD$$

که در آن، d ، PWP ، R ، B_p و MAD به ترتیب عمق آب آبیاری (سانتی‌متر)، درصد رطوبت در ظرفیت زراعی، درصد رطوبت در نقطه پژمردگی، عمق توسعه ریشه‌ها (سانتی‌متر)، وزن مخصوص ظاهری (g/cm^3) و تخلیه مجاز رطوبتی می‌باشد.

در این پژوهش به جای درصد رطوبت در نقطه پژمردگی، درصد وزنی رطوبت قبل از آبیاری جایگزین شد. لذا پارامتر تخلیه مجاز رطوبتی حذف گردید. با محاسبه عمق آب آبیاری، متناسب با تیمار تعریف شده، باید مدت آبیاری در درصد مورد نظر محاسبه شود. آبیاری به صورت قطره‌ای و با نوارهای آبیاری (تیپ) انجام شد. ۱۰ دقیقه پس از شروع آبیاری و اطمینان از پر شدن لوله‌ها و تثبیت فشار سیستم، ظرف‌های کوچکی زیر تعدادی از قطره چکان‌های ابتدا، وسط و آخر مسیر قرار داده شد و میانگین حجم آب ریزش یافته از آن‌ها با کمک استوانه مدرج و در مدت سه دقیقه اندازه‌گیری شد. در نهایت شدت پخش آب محاسبه شد (mm/hr). با تقسیم ارتفاع آب آبیاری مورد نیاز هر کرت بر حسب میلی‌متر، بر شدت پخش آب نوار تیپ، مدت آبیاری محاسبه شد. در هر کرت سه بوته برای سنجش هدایت روزنه و تشعشع فعال فتوسنتزی علامت‌گذاری شده و سنجش صفات مذکور بر آن‌ها انجام شد.

هدایت روزنه‌ای: جهت اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای طبق روش رامیرز و کلی (۱۹۹۸) بین ساعات ۶ تا ۸ صبح، یک هفته پس از اعمال تیمارهای آبیاری، سنجش هدایت روزنه‌ای، از برگ‌های یک سوم میانی هر بوته به کمک دستگاه پرومتر (مدل SC-1) اندازه‌گیری شد.

تشعشع فعال فتوسنتزی: در زمان باز شدن غوزه‌ها، برگ‌های یک سوم وسط هر بوته، میزان تشعشع فعال فتوسنتزی در قسمت میانی کانوپی آن‌ها با توجه به ساعات آفتابی توسط دستگاه تابش سنج فعال فتوسنتزی ($LcI-SD$) اندازه‌گیری شد. شدت تابش قابل اندازه‌گیری توسط این دستگاه بین صفر تا $20000/sec/mols$ است و گستره طیف اندازه‌گیری آن بین طول موج‌های ۳۸۰ تا ۷۵۰ نانومتر می‌باشد. عملکرد بهینه این دستگاه در دمای بین ۱۰ تا ۷۰ درجه سلسیوس می‌باشد.

سطح برگ: در مرحله گلدهی سه بوته در هر کرت برای اندازه‌گیری مساحت برگ انتخاب شد. مساحت برگ‌های هر بوته با استفاده از نرم افزار گرافیکی Image J اندازه‌گیری شد.

تعیین غلظت نشاسته: برای اندازه‌گیری نشاسته از روش برگوین و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد. در این روش یک میلی‌لیتر از محلول آماده شده حاوی نشاسته درون ویال ریخته شد، سپس ۰/۵ میلی‌لیتر فنل ۵ درصد و ۲/۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد به محلول اضافه شد. پس از ۴۵ دقیقه میزان جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۴۸۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد.

تعیین غلظت قند کل محلول: برای اندازه‌گیری قند کل محلول از روش دابویز و همکاران (۱۹۵۶) استفاده شد. در این روش ۲ میلی‌لیتر از محلول آماده شده حاوی عصاره گلوکز، برداشته شد و درون فالکون ۱۵ یا لوله آزمایش مناسب ریخته شد. یک میلی‌لیتر محلول فنل ۵ درصد و ۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۹۸ درصد به محلول اضافه شد. پس از ۴۵ دقیقه میزان جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۴۸۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. از گلوکز با غلظت‌های ۰/۱۰، ۰/۱۵، ۰/۲۰، ۰/۲۵ و ۰/۳۵ میلی‌مولار محلول استاندارد تهیه شد.

در زمان باز شدن ۵۰ درصد غوزه‌ها و قبل از برداشت محصول، برای تعیین عملکرد چین اول، وزن الیاف ۳۰ غوزه، عملکرد کل، درصد زودرسی با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای، از سطحی معادل متر یک مربع برداشت صورت گرفت. درصد زودرسی از فرمول زیر به دست آمد.

$$\text{درصد زودرسی} = \frac{\text{عملکرد چین اول}}{\text{عملکرد کل}} \times 100$$

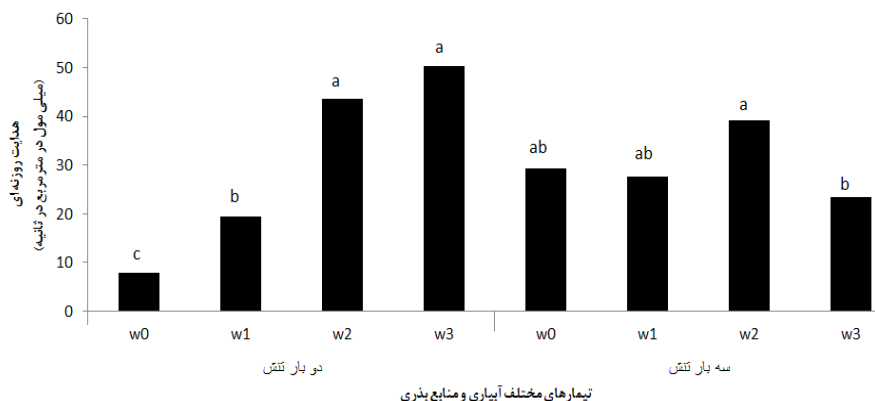
در نهایت داده‌ها، با نرم افزارهای آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل و با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

هدایت روزنه‌ای: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که هدایت روزنه‌ای تحت تاثیر برهمکنش سطح آبیاری و منابع بذری اختلاف معنی‌داری نداشته است (جدول ۱). در حالی که در گیاهان حاصل از بذور دو بار در معرض تنش، تحت تاثیر سطوح آبیاری بر هدایت روزنه‌ای در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین در گیاهان دو بار در معرض تنش نشان داد که شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد دارای بیشترین هدایت روزنه‌ای با میانگین ۵۰/۳۷ میلی مول در متر مربع در ثانیه بود. در حالی که در شرایط دیم کمترین هدایت روزنه‌ای با میانگین ۷/۹۴ میلی مول در متر مربع در ثانیه مشاهده شد (شکل ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس تیمارهای مختلف آبیاری و تیمارهای منابع بذری بر صفات مورد مطالعه

میانگین مربعات		نشاسته		سطح برگ هر بوته (مترمربع)		تشمشع فعال		هدایت روزنه‌ای (میلی مول در متر مربع در ثانیه)		درجه آزادی		منابع تغییرات
قند محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر)	میلی گرم بر گرم وزن تر)	میلی گرم بر گرم وزن تر)	میلی گرم بر گرم وزن تر)	مترمربع)	مترمربع)	مترمربع در ثانیه)	مترمربع در ثانیه)	مترمربع در ثانیه)	مترمربع در ثانیه)	درجه آزادی	درجه آزادی	
سه بار	دو بار	سه بار	دو بار	سه بار	دو بار	سه بار	دو بار	سه بار	دو بار	۲	۲	تکرار
تنش بذر	تنش بذر	تنش بذر	تنش بذر	تنش بذر	تنش بذر	تنش بذر	تنش بذر	تنش بذر	تنش بذر	۳	۳	سطح آبیاری
۲/۲۵ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۱۴/۸۳ ^{ns}	۱/۷۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۴/۷۸ ^{ns}	۱۷/۰۷ ^{ns}	۷/۸۵ ^{ns}	۰/۷۹ ^{ns}	۶	۶	خطای اصلی
۷/۷۵*	۴/۰۳**	۲۴/۱۰ ^{ns}	۵۰/۲۵**	۰/۰۲۲**	۰/۰۱۶ ^{ns}	۳۳/۹۱**	۳۷/۵۳**	۵/۴۷*	۲/۵۹**	۴	۴	منابع بذر
۲/۳۸	۰/۰۲	۵/۳۳	۱/۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱	۱/۵۸	۱۵/۶۱	۲/۷۳	۰/۱۹	۱۲	۱۲	خطای فرعی
۱/۰۶ ^{ns}	۳/۱۷**	۳۸/۸۰*	۵۵/۶۹**	۰/۰۰۱۳ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۴/۳۸*	۱/۳۳ ^{ns}	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	-	-	ضرب تغییرات
۶/۶۴**	۲/۸۴**	۱۵۸۳ ^{ns}	۳۱/۶۰**	۰/۰۰۱۳ ^{ns}	۰/۰۰۴*	۱/۵۷ ^{ns}	۶/۹۰ ^{ns}	۱/۵۸ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۱۶۴۲	۱۶۴۲	معنی داری در سطح ۵ درصد و ۱۵ عدم معنی داری
۱/۶۳	۰/۰۳	۹/۱۶	۱۴/۹۸	۱۲۱۳/۲۷	۹۹/۱۰۵	۱/۵۹	۳/۳۰	۱/۱۹	۰/۱۲	۳۲	۳۲	معنی داری در سطح ۱ درصد، * معنی داری در سطح ۵ درصد و ۱۵ عدم معنی داری
۳/۵۵	۰/۲۹	۹/۵۱	۳/۴۱	۲۱/۷۲	۱۹/۴۲	۱۴/۳۲	۱۶/۴۲	۲۰/۵۷	۳۷/۵۷	-	-	

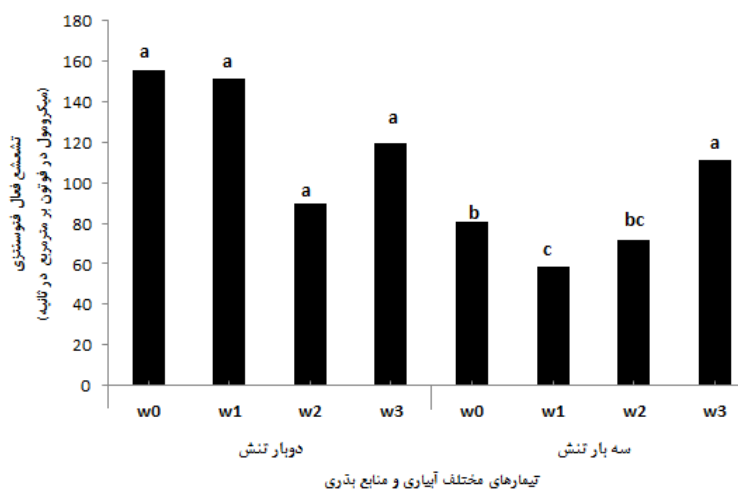


شکل ۱- اثر سطوح مختلف آبیاری بر هدایت روزنه‌ای برگ پنبه رقم گلستان در دو بار و سه بار در معرض تنش w_0, w_1, w_2, w_3 به ترتیب تیمار شاهد، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که هدایت روزنه‌ای در گیاهان حاصل از سه بار در معرض تنش، تحت تاثیر سطح آبیاری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشته است (جدول ۱). به‌طوری‌که بیشترین هدایت روزنه‌ای در آبیاری ۶۶ درصد با میانگین $39/11$ میلی‌مول در مترمربع در ثانیه بود. در حالی‌که تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد کمترین میزان هدایت روزنه‌ای با میانگین $23/33$ میلی‌مول در مترمربع در ثانیه را داشت (شکل ۱). به نظر می‌رسد. در تیمارهای حاصل از دو و سه بار تنش بذری تحت شرایط تامین آب کافی به‌دلیل انجام تعرق و باز بودن روزنه‌ها باعث افزایش هدایت روزنه‌ای در این تیمارها شده است. همچنین در شرایط کمبود آب، کاهش هدایت روزنه‌ای نیز مبین این امر است که میزان آب برگ در اثر تنش خشکی کاهش یافته و کاهش پتانسیل آب برگ باعث بسته شدن روزنه و در نتیجه کاهش هدایت روزنه‌ای می‌گردد (بوتا و همکاران، ۲۰۰۴). یولا و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند میزان فتوسنتز، میزان هدایت روزنه‌ای و تعرق به‌طور معنی‌داری در شرایط تنش آب کاهش پیدا کرد.

تشعشع فعال فتوسنتزی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در گیاهان دو بار در معرض تنش، تنها سطوح آبیاری بر تشعشع فعال فتوسنتزی تأثیر معنی‌داری در سطح آماری یک درصد داشته است (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نیز نشان داد که بیشترین میزان تشعشع فعال فتوسنتزی در شرایط دیم با میانگین $155/47$ میکرومول در فوتون بر متر مربع در ثانیه بود. در حالی‌که کمترین

میزان تشعشع فعال فتوسنتزی در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد با میانگین ۱۱۹/۸۷ میکرومول در فوتون بر متر مربع در ثانیه مشاهده شد (شکل ۲). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در گیاهان سه بار در معرض تنش، تشعشع فعال فتوسنتزی نیز تحت تاثیر اثرات متقابل سطح آبیاری و منابع بذری اختلاف معنی داری نداشته است (جدول ۱). همچنین نتایج تجزیه واریانس حاصل از گیاهان سه بار در معرض تنش نشان داد که تشعشع فعال فتوسنتزی تحت تاثیر سطح آبیاری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی داری داشته است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در گیاهان سه بار تحت تنش، بیشترین تشعشع فعال فتوسنتزی در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد و کمترین تشعشع فعال فتوسنتزی در تیمار آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب با میانگین ۱۱۱/۶ و ۵۸/۶۶ میکرومول در فوتون بر متر مربع در ثانیه مشاهده شد (شکل ۲). از آنجا که سطح برگ هر گیاه مهم ترین اندام دریافت کننده تشعشع توسط آن گیاه به شمار می آید، به نظر می رسد در گیاهان دو بار در معرض تنش در شرایط آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی به دلیل پایین بودن سطح برگ، سایه اندازی اندک برگها روی یکدیگر را کاهش دهد و برگها نور کافی برای رشد را دریافت کنند و در نتیجه جذب تشعشع فعال فتوسنتزی را افزایش دهند.

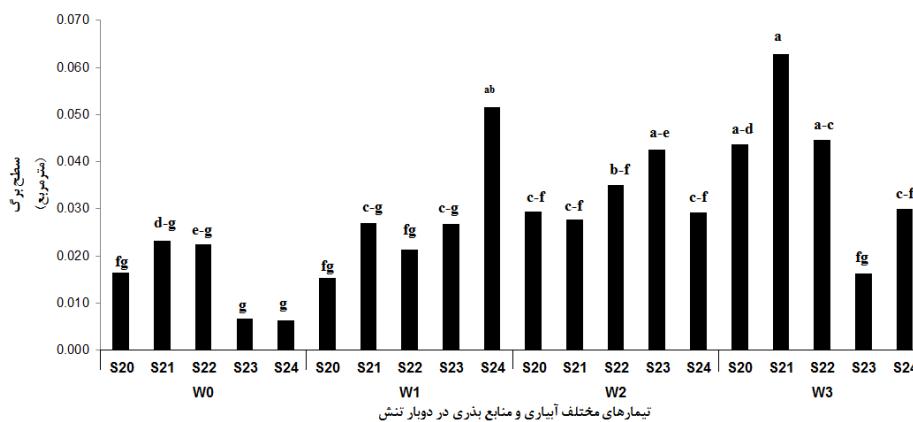


شکل ۲- اثر سطوح مختلف آبیاری بر تشعشع فعال فتوسنتزی برگ پنبه رقم گلستان

در دو بار و سه بار در معرض تنش

و₀، w₁، w₂ و w₃ به ترتیب تیمار شاهد، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه

سطح برگ: برهمکنش تیمارهای مختلف آبیاری و منابع بذری در گیاهان دو بار در معرض تنش برخلاف گیاهان سه بار در معرض تنش تأثیر معنی‌داری در سطح آماری پنج درصد بر سطح برگ پنبه داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین در گیاهان دو بار تحت تنش حاکی از آن بود که سطح برگ در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و با تیمار بذری S₂₁ با میانگین ۰/۰۶۳ بیشترین مقدار بود در حالی که در شرایط دیم و با تیمار بذری S₂₄ با میانگین ۰/۰۶۴ از کمترین میزان سطح برگ برخوردار بود (شکل ۳). برهمکنش اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر تیمارهای منابع بذری نشان داد که در شرایط دیم تیمار بذری S₂₄ از سطح برگ کمتری نسبت به سایر تیمارهای بذری برخوردار بود. در آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی، بیشترین مساحت برگ بوته مربوط به تیمار بذری S₂₄ با میانگین ۰/۰۵۲ متر مربع و کمترین سطح برگ، در تیمار بذری S₂₀ با میانگین ۰/۰۱۵ مترمربع مشاهده شد. در آبیاری ۶۶ درصد ظرفیت زراعی، تیمارهای بذری S₂₁ و S₂₄ نسبت به سایر تیمارها از سطح برگ کمتری برخوردار بودند و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. همچنین در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، تیمار بذری S₂₃ با میانگین ۰/۰۱۶ متر مربع کمترین سطح برگ را برخوردار بود (شکل ۳).



شکل ۳- اثر سطوح مختلف آبیاری و منابع بذری بر سطح برگ پنبه رقم گلستان در دو بار در معرض تنش W₀، W₁، W₂ و W₃ به ترتیب تیمار شاهد، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مرحله گلدهی، سطح برگ گیاهان سه بار در معرض تنش، تحت تأثیر سطح آبیاری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشته است (جدول ۱). به‌طوری‌که

بیشترین مساحت برگ در آبیاری دیم با میانگین $0/05$ متر مربع در بوته در حالی که در شرایط آبیاری 100 درصد با میانگین $0/016$ متر مربع در بوته کمترین مساحت برگ مشاهده شد (جدول ۲). تغییر سطح برگ فرآیند مهمی است که محصولات زراعی تحت تنش، از طریق آن آب مصرفی را تنظیم می‌کنند (بلوم، ۱۹۹۶) و از طریق تعدیل سطح برگ، آب مورد نیاز را بر اساس محتوی آب خاک کاهش می‌دهند (پاسیورا، ۱۹۹۶). شهنشاه و ایزودا (۲۰۱۰) مشاهده کردند که در شرایط تنش خشکی اندازه سطح برگ، در بوته‌های پنبه کاهش می‌یابد. به‌طور کلی در شرایط دو بار تنش، سطح برگ نیز در سطوح خشکی کاهش پیدا کرد، زیرا رشد سلول که شامل دو فرآیند تقسیم و بزرگ شدن سلول است تحت تاثیر تنش قرار می‌گیرد که البته رشد سلول بیشتر متاثر می‌شود و تا سلولی به اندازه کافی رشد نکند، تقسیم انجام نخواهد شد (لامبرس و پونس، ۱۹۹۸).

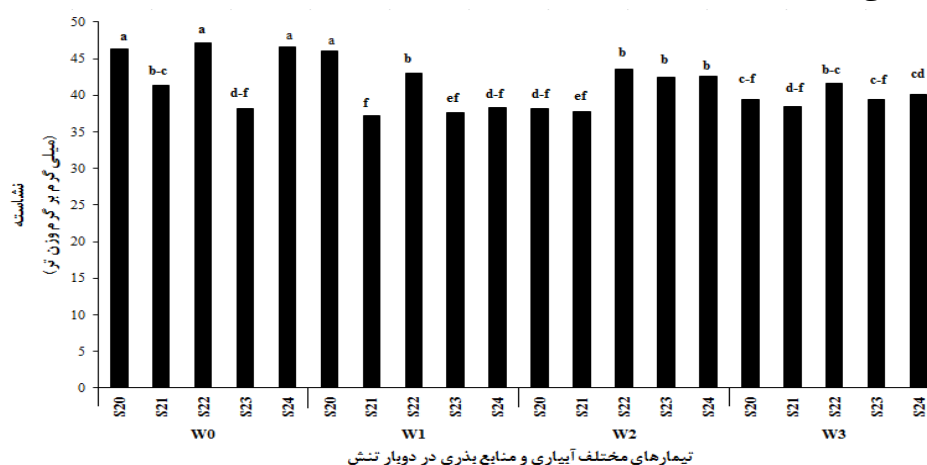
جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف آبیاری بر سطح برگ، عملکرد کل و وزن الیاف ۳۰ غوزه

تیمار آبیاری	سطح برگ در سه بار تنش (متر مربع)	عملکرد کل در دو بار تنش (گرم در متر مربع)	وزن الیاف ۳۰ غوزه در سه بار تنش (گرم)
دیم	$0/05a$	$251/97c$	$52/43b$
۳۳ درصد	$0/03b$	$513/83b$	$58/00a$
۶۶ درصد	$0/023b$	$812/87a$	$61/60a$
۱۰۰ درصد	$0/016c$	$984/57a$	$61/46a$

نشاسته بذر: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمارهای مختلف آبیاری و منابع بذری بر نشاسته بذر در گیاهان دو بار در معرض تنش در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان تجمع نشاسته در تیمار بذری S_{22} در شرایط دیم با میانگین $47/2$ میلی گرم بر گرم وزن تر بود در حالی که در شرایط آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی تیمار بذری S_{21} کمترین میزان نشاسته را داشت. برهمکنش اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر تیمارهای منابع بذری نشان داد که در شرایط دیم تیمار بذری S_{22} بیشترین میزان نشاسته و تیمار بذری S_{23} کمترین میزان نشاسته با میانگین $38/15$ میلی گرم بر گرم وزن تر را داشتند. در آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی، بیشترین میزان نشاسته مربوط به تیمار بذری S_{20} با میانگین $46/06$ میلی گرم بر گرم وزن تر و کمترین میزان نشاسته در تیمار بذری S_{21} با میانگین $37/18$ میلی گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد.

آبیاری ۶۶ درصد ظرفیت زراعی، تیمارهای بذری S_{21} و S_{22} به ترتیب بیشترین (۴۳/۵۱) و کمترین (۳۷/۷۷) میزان نشاسته برخوردار بودند. در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، تیمار بذری S_{22} با میانگین ۴۱/۶۳ از نشاسته بیشتری نسبت به سایر تیمارهای بذری برخوردار بود (شکل ۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در گیاهان سه بار در معرض تنش، نشاسته بذر تحت تأثیر منابع بذری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشته است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان تجمع نشاسته در تیمار بذری S_{31} با میانگین ۳۳/۳۶ میلی گرم بر گرم وزن تر و کمترین میزان تجمع نشاسته در تیمار بذری S_{34} با میانگین ۲۸/۷۸ میلی گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد (جدول ۳). در طی خشکی دراز مدت انتقال مواد به علت کاهش آب قابل دسترس منجر به تغییر غلظت برخی از متابولیت‌ها می‌شود. از سوی دیگر میزان محلول‌های سازگار به خشکی نظیر قند‌ها افزایش می‌یابد.



شکل ۴- اثر سطوح مختلف آبیاری و منابع بذری بر غلظت نشاسته بذر پنبه رقم گلستان در دو بار در معرض تنش W_0 ، W_1 ، W_2 و W_3 به ترتیب تیمار شاهد، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات تیمارهای منابع بذری بر نشاسته در گیاهان در معرض سه بار تنش

نشاسته (میلی گرم بر گرم وزن تر)	تیمار منابع بذری
۳۱/۹۸ a	S30
۳۳/۳۶ a	S31
۳۲/۹۳ a	S32
۳۱/۹۹ a	S33
۲۸/۷۸b	S34

قند محلول: نتایج مقایسه میانگین در گیاهان دو بار در معرض تنش نشان داد که اثر متقابل تیمارهای مختلف آبیاری و منابع بذری بر قند محلول بذر در سطح ۱ درصد معنی دار بوده است (جدول ۱). مقایسه میانگین از نظر مقدار قند محلول بذر نشان داد که تیمار بذری S₂₃ با میانگین ۶۵/۹۷ میلی گرم بر گرم وزن تر در شرایط آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی بیشترین بود در حالی که تیمار بذری S₂₄ با میانگین ۶۱/۹۳ میلی گرم بر گرم وزن تر در شرایط آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی از مقدار قند محلول بذر کمتری برخوردار بود. برهمکنش اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر منابع بذری نشان داد که تیمار بذری S₂₀ در شرایط دیم با میانگین ۶۵/۱۹ میلی گرم بر گرم وزن تر از محتوای قند محلول بیشتری برخوردار بود در حالی که تیمار بذری S₂₂ با میانگین ۶۴/۶۸ از میزان قند محلول کمتری برخوردار بود. در آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی، تیمار بذری S₂₃ حاوی بالاترین مقدار قند محلول بذر در حالی که کمترین مقدار قند محلول بذر در تیمار بذری S₂₄ مشاهده شد. تیمارهای بذری S₂₁ و S₂₃ در شرایط آبیاری ۶۶ درصد ظرفیت زراعی، به ترتیب با میانگین ۶۵/۷۳ و ۶۴/۲۵ میلی گرم بر گرم وزن تر از بیشترین و کمترین میزان مقدار قند محلول بذر برخوردار بودند. در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی نیز مشاهده شد که تیمار بذری S₂₀ با میانگین ۶۵/۹۳ میلی گرم بر گرم وزن تر بیشترین مقدار قند محلول بذر و تیمار بذری S₂₄ با میانگین ۶۵/۱۳ میلی گرم بر گرم وزن تر کمترین میزان را از این نظر داشت (جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس در گیاهان سه بار در معرض تنش نشان داد که قند محلول تحت تاثیر برهمکنش متقابل سطح آبیاری و منابع بذری اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد داشته است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار قند محلول بذر در تیمار بذری S₃₄ با میانگین ۳۷/۶۹ میلی گرم بر گرم وزن تر در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مقدار قند محلول بذر در تیمار بذری S₃₃ با میانگین ۳۲/۰۳ میلی گرم بر گرم وزن تر

در شرایط دیم مشاهده شد (جدول ۶). در این پژوهش در گیاهان دو بار در معرض تنش تیمار بذری S_{23} در شرایط آبیاری ۳۳ درصد با افزایش تجمع قند محلول در خود توانایی تنظیم فشار اسمزی در واکنش به تنش نسبتاً شدید از خود نشان داده است. جوهری (۲۰۱۰) نیز نتایج مشابهی مبنی بر افزایش تجمع قندهای محلول در سلول در شرایط تنش خشکی گزارش کرد. در حالی که در گیاهان سه بار در معرض تنش تحت شرایط دیم تیمار بذری S_{33} نسبت به سایر تیمارها از میزان تجمع قند محلول کمتری برخوردار بود. این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش درجه تحمل به خشکی در تیمارهای بذری، توانایی تجمع قندهای محلول در آن‌ها نیز کاهش می‌یابد. اهنس (۲۰۰۱) در پژوهشی نشان داد که افزایش هگروزها در برگ‌های سویا در واکنش به تنش، در نتیجه افزایش تجزیه نشاسته و ساکارز می‌باشد.

عملکرد کل: نتایج تجزیه واریانس در گیاهان دو بار در معرض تنش نشان داد که عملکرد کل تحت تأثیر برهمکنش سطح آبیاری و منابع بذری اختلاف معنی‌داری نداشته است (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد کل تحت تأثیر سطح آبیاری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری داشته است (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی با میانگین $984/57$ گرم در متر مربع دارای بیشترین عملکرد کل در حالی که در شرایط آبیاری دیم با میانگین $251/97$ گرم در متر مربع کمترین میزان عملکرد کل مشاهده شد (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس در گیاهان سه بار در معرض تنش نشان داد که عملکرد کل تحت تأثیر برهمکنش سطح آبیاری و منابع بذری اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵ درصد داشته است (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد کل در تیمار بذری S_{32} با میانگین $958/9$ گرم در متر مربع در آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی و کمترین عملکرد کل در تیمار بذری S_{31} با میانگین $121/33$ گرم در متر مربع در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود (جدول ۶). به نظر می‌رسد تحت شرایط ۳ بار تنش کاهش عملکرد در تیمار بذری S_{31} در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، فقط باعث افزایش رشد رویشی شده و تأثیری منفی بر عملکرد داشته است. به طوری که باعث کاهش تعداد غوزه تولیدی، کاهش وزن غوزه‌ها و در نهایت باعث کاهش عملکرد پنبه در سطح می‌شود. نتایج افزایش عملکرد در تیمار بذری S_{32} تحت شرایط آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی مبین این است که شرایط کمبود آب باعث کاهش سرعت رشد رویشی، تولید گل تحریک شده و با حفظ آن‌ها وزن سی غوزه و عملکرد افزایش می‌یابد (بیسال و همکاران، ۲۰۰۹). از نظر سزور و همکاران

(۲۰۱۵) در شرایط تنش خشکی در آغاز رشد گیاهچه‌های پنبه در قبل از گلدهی، باعث کاهش تولید فرآورده‌های فتوسنتزی برای تقاضای غوزه‌ها و نگهداری آن‌ها در بوته و نهایتاً کاهش عملکرد کل گیاه می‌شود که در بین ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت می‌باشد که با نتایج حاصل از این پژوهش، مطابقت دارد.

عملکرد چین اول: نتایج تجزیه واریانس در گیاهان دو بار در معرض تنش نشان داد که عملکرد چین اول تحت تأثیر برهمکنش سطح آبیاری و منابع بذری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشته است (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد چین اول در تیمار بذری S_{20} با میانگین $552/90$ گرم در متر مربع در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین عملکرد در چین اول در تیمار بذری S_{21} با میانگین $54/43$ گرم در متر مربع در شرایط دیم بوده است (جدول ۵). برهمکنش اثر تیمارهای مختلف آبیاری و منابع بذری نشان داد که در شرایط دیم تیمار بذری S_{23} با میانگین $237/10$ گرم در متر مربع بیشترین عملکرد چین اول را برخوردار بود. در آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی، تیمار بذری با میانگین $340/67$ گرم در متر مربع نسبت به سایر تیمارهای بذری از میزان عملکرد بالاتری در چین اول برخوردار بود. در شرایط آبیاری ۶۶ درصد ظرفیت زراعی تیمار بذری S_{20} با میانگین $518/9$ گرم در متر مربع بیشترین عملکرد چین اول و تیمار بذری S_{22} با میانگین $287/57$ گرم در متر مربع کمترین عملکرد چین اول را برخوردار بود. در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی تیمار بذری S_{20} با میانگین $552/90$ گرم در متر مربع دارای بیشترین عملکرد چین اول بود (جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس حاصل از گیاهان سه بار در معرض تنش نشان داد که عملکرد چین اول تحت تأثیر برهمکنش سطح آبیاری و منابع بذری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشته است (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین صفات در گیاهان سه بار تحت تنش نشان داد که بیشترین عملکرد چین اول در تیمار بذری S_{30} با میانگین $527/1$ گرم در متر مربع در آبیاری ۶۶ درصد ظرفیت زراعی و کمترین عملکرد چین اول در تیمار بذری S_{31} با میانگین 14 گرم در متر مربع در شرایط آبیاری دیم بود. برهمکنش اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر تیمارهای منابع بذری نشان داد که در شرایط آبیاری دیم تیمار بذری S_{32} با میانگین $72/43$ گرم در متر مربع دارای بیشترین عملکرد چین اول بود. در آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی، بیشترین عملکرد چین اول در تیمار بذری S_{32} با میانگین $432/43$ گرم در متر مربع و تیمار بذری S_{31} با میانگین $86/77$ گرم در متر مربع از عملکرد کمتری نسبت به تیمارهای دیگر برخوردار بود. در شرایط آبیاری ۶۶ درصد ظرفیت زراعی تیمار بذری S_{30} با

میانگین ۵۲۷/۱۰ گرم در متر مربع بیشترین عملکرد چین اول و تیمار بذری S_{33} با میانگین ۳۰۴/۲۳ گرم در متر مربع کمترین عملکرد چین اول را برخوردار بود. تیمار بذری S_{30} با میانگین ۲۹۰/۶۷ گرم در متر مربع در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی از بیشترین عملکرد چین اول برخوردار بود (جدول ۶). نتایج نشان داد که در شرایط تنش شدید آب تحت شرایط دو بار و سه بار تنش، تیمارهای بذری S_{21} و S_{31} از کاهش عملکرد برخوردار بودند که با نتایج سامرو و همکاران (۲۰۱۱) هماهنگی دارد. عملکرد گیاه، خصوصیت پیچیده‌ای است که تحت تاثیر تعداد زیادی از فرآیندهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی واقع می‌شود و شرایط محیطی، ساختار ژنتیکی گیاه و اثرهای متقابل آنها، عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (مانیوکس و بالحسن، ۱۹۹۶). اعمال تنش طولانی مدت به گیاه باعث کاهش اندازه و یا توقف رشد برگ شده و سطح فتوسنتز کننده را کاهش می‌دهد و از این طریق باعث کم شدن رشد گیاه و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود. با این وجود سینگ و همکاران (۲۰۱۰) کاهش معنی‌دار عملکرد پنبه را در واکنش به کمبود آب خاک، ناشی از کاهش در تعداد و وزن غوزه برشمردند. نتایج نشان داد که تیمارهای بذری S_{20} و S_{30} تحت شرایط دو بار و سه بار تنش بیشترین عملکرد چین یک را داشتند. لذا به نظر می‌رسد افزایش آبیاری تاثیر مثبت بر عملکرد این بذور داشته است.

وزن الیاف ۳۰ غوزه در چین اول: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که در گیاهان دو بار در معرض تنش اثر اصلی تیمارهای آبیاری، منابع بذری و برهم کنش این دو تیمار بر وزن الیاف چین اول به ترتیب در سطح یک، پنج و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴)، در حالی که در گیاهان سه بار در معرض تنش، تنها تیمار آبیاری تأثیر معنی‌داری بر وزن الیاف چین اول در سطح آماری یک درصد داشت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین در گیاهان دو بار در معرض تنش نشان داد که بیشترین و کمترین وزن الیاف چین اول به ترتیب به تیمار $W_2 S_{21}$ با میانگین ۸۵/۳۳ گرم و تیمار $W_0 S_{20}$ با میانگین ۵۰/۳۳ گرم تعلق داشتند. در شرایط آبیاری دیم تیمار بذری S_{22} با میانگین ۵۹/۴۳ گرم دارای وزن الیاف ۳۰ غوزه در چین اول بیشتری نسبت به تیمار بذری S_{20} با میانگین ۵۰/۳۳ گرم بود (جدول ۵). در شرایط آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی، بیشترین وزن الیاف ۳۰ غوزه در چین اول در تیمار بذری S_{21} و تیمار بذری S_{22} نیز از وزن الیاف ۳۰ غوزه کمتری در چین اول نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود. در آبیاری ۶۶ درصد ظرفیت زراعی، تیمار بذری S_{21} بیشترین وزن الیاف ۳۰ غوزه در چین اول و تیمار بذری S_{23} کمترین وزن الیاف ۳۰ غوزه در چین اول برخوردار بود. تیمار بذری S_{22}

W₃ با میانگین ۷۵/۵۷ گرم، وزن الیاف ۳۰ غوزه بیشتری را دارا بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین در گیاهان سه بار در معرض تنش نشان داد که تیمار آبیاری ۶۶ درصد با میانگین ۶۱/۶۰ گرم از وزن الیاف ۳۰ غوزه بیشتری برخوردار بود در حالی که در شرایط دیم کمترین وزن الیاف با میانگین ۵۲/۴۳ گرم مشاهده شد (جدول ۲). به نظر می‌رسد تیمار آبیاری ۶۶ درصد ظرفیت زراعی موجب تنش خفیف به مزرعه پنبه می‌شود، در مقابل کاهش سرعت رشد رویشی، تولید گل تحریک شده و با حفظ آن‌ها عملکرد در تیمارهای بذری تنش‌یافته افزایش می‌یابد.

درصد زودرسی: نتایج تجزیه واریانس در گیاهان دو بار در معرض تنش نشان داد که درصد زودرسی تحت اثرات متقابل سطح آبیاری و منابع بذری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشته است (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین درصد زودرسی در تیمار بذری W₀ S₂₄ با میانگین ۸۰/۴۶ درصد و دیررس‌ترین تیمار بذری مربوط به W₃ S₂₃ با میانگین ۲۰/۲۹ درصد بوده است. برهمکنش اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر تیمارهای منابع بذری نشان داد که در شرایط آبیاری دیم تیمار بذری S₂₄ با میانگین ۸۰/۴۶ درصد زودرسی بیشتری نسبت به تیمارهای دیگر داشت. در شرایط آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی، بیشترین درصد زودرسی در تیمار بذری S₂₁ با میانگین ۴۴/۱۳ درصد مشاهده شد. در حالی که تیمار بذری S₂₂ با میانگین ۲۵/۲۳ درصد نسبت به سایر تیمارهای بذری دیررس‌تر بود. در تیمار آبیاری ۶۶ درصد ظرفیت زراعی، تیمار بذری S₂₀ با میانگین ۵۳/۹۴ از درصد زودرسی بیشتری برخوردار بود. در حالی که S₂₂ با میانگین ۲۵/۰۵ درصد دیررس‌تر از سایر تیمارهای بذری بود. در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی تیمار بذری S₂₀ با میانگین ۵۴/۳۸ درصد نسبت به سایر تیمارهای بذری زودرس‌تر بودند (جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس در گیاهان سه بار در معرض تنش نشان داد که درصد زودرسی تحت اثرات متقابل سطح آبیاری و منابع بذری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشته است (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین درصد زودرسی مربوط به تیمار بذری S₃₁ با میانگین ۶۳/۷۹ درصد در شرایط دیم بود در حالی که در شرایط آبیاری ۳۳ درصد ظرفیت زراعی تیمار بذری S₃₂ با میانگین ۱۱/۵۶ درصد، دیررس‌تر از سایر تیمارهای بذری بود (جدول ۶). زودرسی یک صفت ژنتیکی است که تحت شرایط محیطی بویژه محتوای آب خاک قرار می‌گیرد. در شرایط کمبود آب، رقابت بر سر مصرف آب بین غوزه و برگ از یک طرف سبب کاهش رشد طولی و عرضی الیاف شده و از طرف دیگر موجب باز شدن غوزه‌ها قبل از رسیدن ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی می‌شود (بات، ۱۹۹۶). تنش خشکی باعث کاهش عملکرد، تعداد غوزه در بوته، وزن غوزه و زودرسی می‌شود (عالیشاه و احمدیخواه، ۲۰۰۹).

جدول ۴- تجزیه واریانس تیمارهای مختلف آبیاری و منابع بذری بر عملکرد و اجزای عملکرد

میانگین مربعات								تکرار	منابع تغییرات
درصد زودرسی		وزن الیاف ۳۰ غوزه چین اول (گرم)		عملکرد چین اول (گرم در متر مربع)		عملکرد کل (گرم در متر مربع)			
دو بار	سه بار	دو بار	سه بار	دو بار	سه بار	دو بار	سه بار	آبیاری	
تنش بذری	تنش بذری	تنش بذری	تنش بذری	تنش بذری	تنش بذری	تنش بذری	تنش بذری		
۰/۱۰ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۱۳۰/۱۶ ^{ns}	۳۹/۰۴ ^{ns}	۸۷/۸۰ ^{ns}	۲۴۸۱/۲۷ ^{ns}	۵۹/۴۴ ^{ns}	۴۰/۱۲ ^{ns}	۲	تکرار
۱۳/۸۹ ^{**}	۵/۸۲ ^{**}	۷۱۹/۶۵ ^{**}	۷۵۱/۶۱ ^{**}	۶۷۱/۹۸ ^{**}	۵۳۲۲۷۵/۸۱ ^{**}	۳۹۸/۵۹ ^{**}	۷۱۱/۹۹ ^{**}	۳	سطح آبیاری
۰/۱۹	۰/۰۸	۵۰/۳۹	۳۴/۳۳	۲۴/۴۶	۲۱۱۶۵/۷۷	۳۲/۱۵	۱۴/۰۹	۶	خطای اصلی
۰/۷۲ [*]	۰/۷۵ ^{**}	۹۴/۰۸ ^{ns}	۱۱۷/۵۴ [*]	۳۹/۷۸ [*]	۴۱۵۶۸/۴۸ [*]	۳۲/۱۵ ^{ns}	۴۷/۴۸ ^{ns}	۴	منابع بذری
۰/۹۲ ^{**}	۰/۳۷ [*]	۵۸/۱۶ ^{ns}	۱۱۷/۵۶ [*]	۳۲/۵۲ ^{**}	۱۳۰۵۱۷/۹۴ ^{**}	۳۴/۲۹ [*]	۲۷/۵۱ ^{ns}	۱۲	سطح آبیاری ^x
۰/۱۴	۰/۰۸	۳۵/۶۴	۳۰/۱۰	۲۸/۴۷	۲۵۵۰۲/۴۳	۴۵/۱۸	۵۸/۷۲	۳۲	خطای فرعی
۵/۳۹	۴/۹۶	۱۲/۴۸	۸/۶۶	۲۷/۴۷	۱۶/۹۲	۱۹/۶۸	۱۸/۳۲	-	ضرب تغییرات

** معنی‌داری در سطح ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح ۵ درصد ns عدم معنی‌داری

جدول ۵- اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و منابع بذری بر برخی صفات مطالعه شده در دو بار در معرض تنش

درصد زودرسی	وزن الیاف سی غوزه (گرم)	عملکرد چین اول (گرم در متر مربع)	قند محلول بذری (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	نشاسته بذری (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	WS
۷۴/۳۴a	۵۰/۳۳i	۲۲۰fg	۶۳/۶۵a-d	۴۵/۶۶ab	W ₀ S ₂₀
۵۳/۶۶bc	۵۲/۸۶i	۵۴/۴۳h	۶۵/۳۳c-f	۴۲/۴۴c	W ₀ S ₂₁
۷۳/۷۳a	۵۹/۴۳e-i	۲۳۵/۵۷fg	۶۴/۹۹e-g	۴۷/۲۰a	W ₀ S ₂₂
۷۰/۴۵a	۵۳/۳۳i	۲۳۷/۱۰fg	۶۵/۴۳a-e	۳۹/۱۹d-f	W ₀ S ₂₃
۸۰/۴۶a	۵۹/۱۶e-i	۲۱۹/۵۷fg	۶۵/۳۰c-f	۴۶/۵۸a	W ₀ S ₂₄
۳۷/۶۵d	۶۶/۸۳b-g	۲۰۵/۱۰fg	۶۵/۰۰e-g	۴۶/۴۶a	W ₁ S ₂₀
۴۴/۱۳cd	۶۷/۱۰b-f	۲۸۱/۷۷ef	۶۵/۱۴d-g	۳۷/۸۷ef	W ₁ S ₂₁
۲۵/۲۲e	۵۷/۴۳hi	۱۷۲/۴۳g	۶۵/۹۷a	۳۶/۶۲f	W ₁ S ₂₂
۳۶/۸۳d	۶۵/۶۶c-h	۳۴۰/۶۷de	۶۴/۸۶fg	۴۳/۰۷bc	W ₁ S ₂₃
۴۳/۱۶d	۵۸/۲۰g-i	۲۷۴/۶۷ef	۶۱/۹۳i	۳۹/۳۲d-f	W ₁ S ₂₄
۵۳/۹۴bc	۶۹/۶۶b-d	۵۱۸/۹۰a-c	۶۵/۶۷a-d	۳۶/۹۶ef	W ₂ S ₂₀
۴۴/۸۵b-d	۸۵/۳۳a	۴۶۸/۹۰a-c	۶۴/۲۵h	۳۷/۷۶ef	W ₂ S ₂₁
۲۵/۰۵e	۶۸/۹۰b-d	۲۸۷/۵۷ef	۶۴/۶۷gh	۴۳/۲۲bc	W ₂ S ₂₂
۴۱/۳۷d	۶۵/۴۰c-g	۴۳۹/۷۷bc	۶۵/۷۳ab	۴۱/۹۷cd	W ₂ S ₂₃
۴۱/۳۳d	۶۷/۸۰b-e	۴۲۹/۱۰b-d	۶۵/۵۵a-d	۴۲/۹۳bc	W ₂ S ₂₄
۵۴/۳۸b	۶۲/۸۰d-h	۵۵۲/۹۰a	۶۵/۹۳a-c	۳۹/۳۲d-f	W ₃ S ₂₀
۴۵/۷۴b-d	۷۰/۵۰b-d	۴۲۵/۷۷cd	۶۵/۳۹b-f	۳۸/۴۷ef	W ₃ S ₂₁

۴۶/۷۵b-d	۷۵/۵۶b	۵۲۶/۴۳ab	۶۵/۴۰b-f	۴۱/۶۴cd	W ₃ S ₂₂
۲۰/۲۹e	۷۲/۳۳bc	۱۵۹/۵۷g	۶۵/۷۳a-c	۳۹/۴۸de	W ₃ S ₂₃
۲۱/۶۸e	۵۷/۶۶g-i	۲۴۳/۷۷e-g	۶۵/۱۳d-g	۳۷/۹۴ef	W ₃ S ₂₄

W₀, W₁, W₂ و W₃ به ترتیب تیمار شاهد، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه بذر شاهد با کد (S₂₀) و بذره‌های تنش یافته برای دومین بار (دو سال زراعی) در معرض تیمارهای مختلف آبیاری به ترتیب شامل دیم (S₂₁)، ۳۳ درصد ظرفیت زراعی (S₂₂)، ۶۶ درصد (S₂₃)، ۱۰۰ درصد (S₂₄).

جدول ۶- اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و منابع بذری بر برخی صفات مطالعه شده در سه بار در معرض تنش

درصد زودرسی	عملکرد چین اول (گرم در متر مربع)	عملکرد کل (گرم در متر مربع)	قند محلول بذر (میلی گرم بر گرم وزن تر)	WS
۶۳/۰۷a	۱۸/۴۳h	۱۹۵/۳۳h-j	۳۲/۴۶ a-d	W ₀ S ₃₀
۶۳/۷a	۱۴h	۱۵۶/۹jz	۳۱/۶۱ b-d	W ₀ S ₃₁
۲۸/۵۵c-f	۷۲/۴۳f-h	۳۲۲/۰۰g-i	۳۶/۲۱ ab	W ₀ S ₃₂
۲۶/۷۷c-f	۴۲gh	۱۹۲/۳۳ij	۳۳/۵۵ a-d	W ₀ S ₃₃
۳۸/۷۴b-d	۵۰/۲۳f-h	۳۷۴/۰۰g-h	۲۹/۵۲ d-e	W ₀ S ₃₄
۲۶/۲۴c-f	۹۸/۶۷f-h	۵۷۳/۳۳b-e	۳۰/۵۹ d	W ₁ S ₃₀
۲۴/۹۶c-f	۸۶/۷۷f-h	۷۳۵/۱۷b	۳۷/۰۷ a	W ₁ S ₃₁
۱۱/۵۴f	۴۳۲/۴۳ab	۹۵۸/۹a	۳۳/۰۵ a-c	W ₁ S ₃₂
۳۵/۷۴b-e	۱۵۹/۳۳e-f	۷۰۶/۶۷bc	۳۱/۱۲ cd	W ₁ S ₃₃
۱۴/۷۲ef	۲۶۲/۹de	۷۴۰/۹b	۳۰/۶۱ d	W ₁ S ₃₄
۱۳/۰۳ef	۵۲۷/۱a	۷۴۶/۴۳b	۳۱/۷۰ b-d	W ₂ S ₃₀
۱۵/۸۴d-f	۴۳۶/۳۳ab	۵۴۷/۷۷c-f	۳۵/۶۵ a-c	W ₂ S ₃₁
۱۹/۷۷d-f	۴۰۶/۴۳a-c	۵۲۰/۰۰d-f	۳۳/۰۳ a-d	W ₂ S ₃₂
۱۹/۷۵d-f	۳۰۴/۲۳b-d	۴۳۴/۲۳e-g	۳۰/۶۹ d	W ₂ S ₃₃
۱۳/۸۰ef	۴۹۸/۶۷a	۶۶۶/۳۳b-d	۲۹/۶۲ de	W ₂ S ₃₄
۲۵/۸۴c-f	۲۹۰/۶۷c-e	۴۱۳/۱e-g	۳۳/۱۶ a-d	W ₃ S ₃₀
۴۶/۳۹a-c	۱۱۴/۶۷f-h	۱۲۱/۳۳j	۲۹/۱۶ de	W ₃ S ₃₁
۵۲/۴۷ab	۱۱۴f-h	۱۳۵/۷۷j	۲۹/۴۲ de	W ₃ S ₃₂
۳۲/۷۰b-f	۱۷۹/۳۳d-f	۱۹۵/۰۰j-i	۳۲/۵۹ a-d	W ₃ S ₃₃
۱۸/۷۹d-f	۲۸۲/۲۳cd	۴۰۰/۰۰e-g	۲۵/۳۶ e	W ₃ S ₃₄

W₀, W₁, W₂ و W₃ به ترتیب تیمار شاهد، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه. بذر شاهد با کد (S₃₀) و بذره‌های تنش یافته برای سومین بار در معرض تیمارهای مختلف آبیاری به ترتیب شامل دیم (S₃₁)، ۳۳ درصد ظرفیت زراعی (S₃₂)، ۶۶ درصد (S₃₃)، ۱۰۰ درصد (S₃₄).

همبستگی صفات: نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که در گیاهان دو بار در معرض تنش، عملکرد چین اول در سطح احتمال ۱ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری را با میزان سطح برگ، وزن الیاف ۳۰ غوزه و همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری را با میزان تشعشع فعال فتوسنتزی داشته است (جدول ۷). بنابراین نتایج همبستگی مثبت و معنی دار مؤید نقش این صفات در عملکرد بالا بود. نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که در گیاهان دو بار در معرض تنش، درصد زودرسی همبستگی منفی و معنی‌داری را به ترتیب در سطح احتمال ۱ درصد با عملکرد کل و میزان تشعشع فعال فتوسنتزی و در سطح احتمال ۵ درصد با وزن الیاف ۳۰ غوزه داشته است (جدول ۷).

به نظر می‌رسد در شرایط تنش کمبود آب به دلیل پیشرفت رشد به طرف رسیدگی فیزیولوژیک، زودرسی و نیز پیری زودرس برگ‌ها سبب عدم دریافت نور کافی جهت رشد می‌گردد و در نتیجه میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی کاهش می‌یابد. نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که در گیاهان سه بار در معرض تنش، عملکرد چین اول در سطح احتمال ۱ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری را با عملکرد کل، وزن الیاف ۳۰ غوزه و همبستگی منفی و معنی‌داری را با زودرسی و سطح برگ داشته است. به نظر می‌رسد سطح برگ به دلیل تحریک رشد رویشی افزایش یافته و تأثیری منفی بر عملکرد داشته است. همچنین نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که در گیاهان سه بار در معرض تنش، عملکرد چین اول در سطح احتمال ۵ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری را با میزان قند محلول داشته است (جدول ۸). نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط کم‌آبی، به نظر می‌رسد افزایش در میزان قندهای محلول به دلیل مکانیسم سازگار یافته برای حفظ و نگهداری پتانسیل اسمزی و خسارت کمتر گیاه در مقابله با تنش، سبب افزایش عملکرد چین اول شده است. پژوهش‌های مختلف نیز تجمع کربوهیدرات‌ها را در شرایط تنش خشکی تأیید می‌کنند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۵). نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که وزن الیاف ۳۰ غوزه در چین اول در گیاهان سه بار در معرض تنش در سطح احتمال ۵ درصد همبستگی منفی و معنی‌داری را با میزان تشعشع فعال فتوسنتزی و نیز در سطح احتمال ۱ درصد به ترتیب همبستگی مثبت و معنی‌داری را با عملکرد کل و همبستگی منفی و معنی‌داری را با درصد زودرسی داشته است. به طور کلی در گیاه پنبه صفات عملکرد و زودرسی تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرند. نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که در گیاهان سه بار تحت تنش، درصد زودرسی در سطح احتمال ۱ درصد همبستگی منفی و معنی‌داری را با عملکرد کل داشته است (جدول ۸). به عبارتی می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش زودرسی به طور کلی در گیاهان دو بار تحت تنش میزان وزن الیاف ۳۰ غوزه و عملکرد کل و مضاف بر آن عملکرد چین اول نیز در

گیاهان سه بار تحت تنش کاهش یافته است. به طور کلی به نظر می‌رسد زودرسی گیاهان روی عملکرد آنها موثر بود، ولی چون در پنبه برداشت در مراحل رشد وجود دارد، زودرسی تأثیر متفاوتی به چین نخست و دوم خواهد گذاشت.

جدول ۷- ضریب همبستگی بر صفات مورد مطالعه در گیاهان دو بار در معرض تنش

زودرسی	وزن الیاف ۳۰ غوزه چین اول	عملکرد چین اول	عملکرد کل	قند محلول	نشاسته	سطح برگ	تشعشع فعال فتوسنتزی	هدایت روزنه‌ای	
-۰/۲۰۴	۰/۲۰۵	۰/۳۰۵	۰/۳۲۲	۰/۰۳۷	-۰/۱۵۷	۰/۲۶۵	-۰/۱۸۶	۱	هدایت روزنه‌ای
۰/۱۱۶	-۰/۱۶۴	-۰/۳۴۷	-۰/۲۱۷	-۰/۰۳۷	۰/۱۷۸	-۰/۰۲۲	۱		تشعشع فعال فتوسنتزی
-۰/۲۲۸	۰/۲۲۰	۰/۴۴۸	۰/۳۳۳	۰/۲۲۴	-۰/۲۶۵	۱			سطح برگ
۰/۳۰۰	۰/۲۹۹	-۰/۳۰۷	-۰/۱۹۹	۰/۱۰۱	۱				نشاسته
۰/۰۸۹	۰/۰۰۱	۰/۱۲۹	۰/۱۸۴	۱					قند محلول
-۰/۳۹۹	۰/۳۵۹	۰/۵۳۷	۱						عملکرد کل
۰/۰۴۲	۰/۴۸۴	۱							عملکرد چین اول
-۰/۳۲۰*	۱								وزن الیاف ۳۰ غوزه چین
۱									زودرسی

NS، ** معنی‌داری در سطح ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح ۵ درصد عدم معنی‌داری

جدول ۸- نتایج ضریب همبستگی بر صفات مورد مطالعه در گیاهان سه بار در معرض تنش

زودرسی	وزن الیاف ۳۰ غوزه چین اول	عملکرد چین اول	عملکرد کل	قند محلول	نشاسته	سطح برگ	تشعشع فعال فتوسنتزی	هدایت روزنه‌ای	
-۰/۱۸۶	۰/۱۹۵	۰/۲۲۹	۰/۲۳۹	-۰/۰۶۹	۰/۱۲۵	۰/۰۱۹	-۰/۰۹۹	۱	هدایت روزنه‌ای
۰/۲۹۸	-۰/۳۱۷	-۰/۲۴۲	۰/۵۰۶	۰/۱۱۷	۰/۰۵۵	-۰/۲۳۹	۱		تشعشع فعال فتوسنتزی
۰/۱۶۱	-۰/۲۵۳	-۰/۳۶۹	-۰/۱۴۰	-۰/۳۲۰	۰/۰۱۹	۱			سطح برگ
-۰/۱۳۰	۰/۱۴۰	۰/۰۹۴	۰/۱۶۴	۰/۱۲۳	۱				نشاسته
-۰/۰۲۳	۰/۲۱۲	۰/۳۱۵	۰/۱۱۳	۱					قند محلول
-۰/۸۰۶	۰/۷۱۷	۰/۷۵۴	۱						عملکرد کل
-۰/۷۱۶	۰/۶۶۶	۱							عملکرد چین اول
-۰/۱۶۵۶**	۱								وزن الیاف ۳۰ غوزه چین
۱									زودرسی

NS، ** معنی‌داری در سطح ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح ۵ درصد عدم معنی‌داری

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در گیاهان سه بار در معرض تنش، تیمار بذری S₃₂ بیشترین عملکرد کل را دارا بوده است. همچنین بیشترین مقدار عملکرد کل تحت شرایط آبیاری ۶۶ درصد ظرفیت زراعی، در گیاهان دو بار در معرض تنش بود. نتایج حاصل از گیاهان دو بار در معرض تنش، مبین این مسئله است که بذور استحصالی از زمین‌هایی که ۶۶ درصد نیاز آبیاری شان تامین شده بودند با تجمع قند محلول در بذر، ضمن ذخیره فرآورده‌های فتوسنتزی، فشار اسمزی مناسب برای شرایط کم آبیاری را فراهم می‌کنند. لذا به نظر می‌رسد از تحمل بیشتری نسبت به سایر تیمارهای بذری به خشکی برخوردار باشد. در گیاهان دو و سه بار در معرض تنش نتایج نشان داد که تیمارهای بذری تحت شرایط دیم زودرس‌تر بودند و آبیاری زیاد و مداوم، سبب دیررسی بذور شده و گیاه هزینه زیادی را صرف رشد رویشی کرده بنابراین غوزه‌های کوچک با بذور ریزتر تولید می‌کنند.

منابع

1. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Abdeslah, H., and Kazemian, A. 2019. Agricultural Statistics, Crop Year 2017-18. Volume One: Crop Products. Ministry of Agriculture- Jihad, Deputy of planning and Economic Affairs, Information and Communication Technology Center, Tehran, Iran, 95p. (In Persian).
2. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Abdeslah, H., and Kazemian, A. 2020. Agricultural Statistics, Crop Year 2018-19. Volume One: Crop Products. Ministry of Agriculture- Jihad, Deputy of planning and Economic Affairs, Information and Communication Technology Center, Tehran, Iran, 97p. (In Persian).
3. Alishah, O., and Ahmadikhah, A. 2009. The effects of drought stress on improved *cotton* varieties in Golestan province of Iran. International Journal of Plant Production. 3(1): 17-25.
4. Aranjuelo I., Molero, G., Erice G., Avice, J.C., and Nogués, S. 2010. Plant physiology and proteomics reveals the leaf response to drought in alfalfa (*Medicago sativa* L.). Journal of Experimental Botany. 62: 111-123.
5. Ackerson R. C. 1981. Osmoregulation in *cotton* in response to water stress. II. Leaf carbohydrate status in relation to osmotic adjustment. plant physiology. 67: 489-493.

6. Basal, H., Dagdelen, N., Unay, A. and Yilmaz, E. 2009. Effects of deficit drip irrigation ratios on *cotton* (*Gossypium hirsutum* L.) yield and fiber quality. *J. Agron. Crop Sciences*. 195: 19-29.
7. Bhat, J.G. 1996. *Cotton* physiology. Indian society for cotton in improvement. India.
8. Blum, A. 1996. Crop response to drought and the interpretation/adaptation of a plant. *Growth Regulation*. 20: 135-148.
9. Bota, J., Flexas, J. and Medrano, H. 2004. Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? *New Phytologist* 162: 671-681.
10. Bunce, J.A. 2000. Responses of stomatal conductance to light, humidity and temperature in winter *wheat* and *barley* grown at three concentrations of carbon dioxide in the field. *Global Change Biology*. 6: 371-382.
11. Burgoyne, T.W. and Hayes, J.M. 1998. Quantitative production of H₂ by pyrolysis of gas chromatographic effluents. *Analytical Chemistry*. 70: 5136-5141.
12. Casson, S., and Gray, J.E. 2008. Influence of environmental factors on stomatal development. *New Phytologist*. 178: 9-23.
13. Ehness, R., Ecker, M., Godt, D., and Roitsch, T. 2001. Glucose and stress independently regulate source/sink relations and defense mechanisms via signal transduction pathways involving protein phosphorylation. *Plant Cell*. 9: 1825-1841.
14. Egbuta, M., Shane McIntosh, S., Waters, D.E., Vancov, T. and Molecules, L.L. 2017. Biological Importance of *Cotton* By-Products Relative to Chemical Constituents of the *Cotton* Plant 22, 93: doi:10.3390.
15. Faghani, E., Kolahy, M., Sohrabi, B., Razaghi, M.H., Chekani, O., Heravi, P., Habibi, M., Hosseinpour, J., and Dodangi, S. 2019. Investigation of physical physiological characteristics and vigor of *cotton* seeds under water stress and evaluation of their tolerance in Golestan province. *cotton* research institute. 60p. (in Persian with English Abstract).
16. Kardavani, P. 2001. Drought and the ways to confront it in Iran, Tehran University Publications. Pp: 5-23. (in Persian).
17. Lambers, H., Chapin, F.S., and Pons, T. 1998. *Plant physiological ecology*. Springer-verlag, New York. P650.
18. Leidi, E.O., Lopez, J.M., Gorham, J. and Gutierrez, J.C. 1999. Variation in carbon isotope discrimination and other traits related to drought tolerance in upland *cotton* cultivars under dryland conditions. *Field Crops Research*. 61: 109-123.

19. Lopez, F.B., Setter, T.L. and Mc David, C.R. 1988. Photosynthesis and Water vapor Exchange of Pigeon pea leaves in response to water deficit and recovery. *Crop Sciences*. 28: 141-145.
20. Massaci, A., Nabiev, S. M., Petrosanti, L., Nematov, S.K., Chernikova, T.N., Thor, K, and Leipner, J. 2008. Response of the photosynthetic apparatus of *cotton* (*Gossypium hirsutum* L.) to the onset of drought stress under field conditions studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging. *Plant Physiology and Biochemistry*. 46:189-195.
21. Monneveux, P., Belhassen, E. 1996. The diversity of drought adaptation in the wide. *Plant Growth Regulation* 20:85-92.
22. Passioura, J.B. 1996. Drought and drought tolerance. *Plant and Growth Regulation*. 20: 79-83.
23. Papastylianou, P.T., Argyrokastritis, I.G. 2014. Effect of limited drip irrigation regime on yield, yield components, and fiber quality of *cotton* under Mediterranean conditions. *Agricultural Water Management* 142 (2014): 127–134.
24. Pettigrew, W.T. 2004. Physiological consequences of moisture deficit stress in *cotton*. *Crop Sciences*. 44: 1265-1272.
25. Pettigrew, W.T. 2004. Moisture deficit effects on *cotton* lint yield, yield components, and boll distribution. *Agronomy Journal*. 96: 377-383.
26. Pilon-Smits, E.A.H., Ebskamp, M.J.M., Paul, M.J., Jeuken, M.J.W., Weisbeek, P.J. and Smeekens, S.C.M. 1995. Improved performance of transgenic fructan-accumulating *tobacco* under drought stress. *Plant Physiology*. 107:125–130.
27. Ramirez, V.P. and Kelly, J.D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica* 99:127-136.
28. Shahenshah, F. and Isoda, A. 2010. Effects of water stress on leaf temperature and chlorophyll fluorescence parameters in *cotton* and *peanut*. *Plant Production Science*. 13: 269-278.
29. Sezener, V., Basal, H., Peynircioglu, C., Gurbuz, T., and Kizilkaya, K. 2015. Screening of *cotton* cultivars for drought tolerance under field conditions. *Turkish Journal Of Field Crops*. 20(2): 223-232.
30. Sing, P. 1998. *Cotton* breeding, Kalyani publishers, New Delhi. Pp: 125-135.
31. Singh, Y., Singh Rao, S., and Regar, P.L. 2010. Deficit irrigation and nitrogen effects on seed *cotton* yield, water productivity and yield response factor in shallow soils of semi-arid environment. *Agricultural Water Management*. 97: 965–970.

32. Soomro, M., Markhand, H., and Soomro, B.A. 2011. Screening Pakistani *cotton* for drought tolerance. *Pakistan journal of botany*, 44(1): 383-388.
33. Ullah, I., Rahmana, M.U., Ashraf, M., and Zafar, Y. 2008. Genotypic variation for drought tolerance in *cotton* (*Gossypium hirsutum* L.), Leaf gas exchange and productivity. *Flora*. 203:105-115.
34. Yazdani, S., Shahbazi, H., and Kavosi Kelashemi, M. 2010. Indirect Production Function Evaluation of budget constraints in the production of *cotton* in Khorasan Razavi province. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development*. 2-41(4): 433-425. (In Persian).
35. Zhang, Z., Zhang, X., Hu, Z., Wang, S., Zhang, J., Wang, X. and Zhang, B. 2015. Lack of K-dependent oxidative stress in *cotton* roots following coronatine induced ROS accumulation. *PloS one*, 10(5): 64-76.

Evaluation of yield, yield components and physiological mechanisms of cotton seeds produced under water stress.

**O. Chekani¹, E. Faghani², M.R. Dadashi^{3*}, H. Ajam-norozi⁴,
B. Sohrabi_moshkabadi⁵**

¹Department of Agronomy, Gorgan Branch Islamic Azad University Gorgan Iran,

²Agronomy Department, Cotton Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan. Iran.

³Department of Agronomy, Gorgan Branch Islamic Azad University Gorgan Iran,

⁴Department of Agronomy, Gorgan Branch Islamic Azad University Gorgan Iran,

⁵Cotton Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran

Received: 2020.09.01 ; Accepted: 2021.12.05

Abstract

Background and objectives: Climate change has made access to water resources more difficult. Therefore, inducing water stress tolerance in seed production can bring about a major revolution in agriculture by achieving optimum yield and potential seed while reducing water consumption. Evaluating the physiological characteristics of cotton seeds derived from water-stressed treatments and studying their growth status and yields will give us a more comprehensive view of seed reproduction for stressed soils.

Materials and Methods: This study was conducted with the aim of evaluating the physiological potential of cotton seeds from different irrigation treatments for reproduction of cotton seeds for farm in Golestan province under water stress conditions. The experiment was conducted in a factorial incomplete block experiment with three replicates during the 1396-97 harvest season. The main plot includes 4 irrigation levels including rainfed, 33, 66 and 100% of field capacity and the sub-factor also includes seed treatments in 5 sub-plots including control (supplementing seed from sales centres) and 4 seed levels obtained from different irrigation levels (rainfed, 66 and 100% of field capacity).

Results: The results showed that the number of seed stress exposures had significantly different effects on plant physiological traits and yield. At 33% water

*Corresponding author; mdadashi730@yahoo.com

stress exposure, the harvested seeds, double (S22) (two crop years) and triple (S32), at 33% FC water exposure (and the lowest and highest starch and carbohydrate solution, respectively) had 36.62 and 65.97 mgFw-1. So, 33% FC irrigation was not water deficit stress for S22. Whereas, irrigation, 33% FC, yield of first crop in S22, at double water stress exposure of 172.43 g/m² to S32 reached 432.43 g/m² at triple water stress exposure. However, when irrigation of 33% FC, seedlings subjected to irrigation treatment of 66% FC for double (two crop years) (S23) in double water stress exposure compared to triple water stress exposure, the first crop yield decreased. The decreasing leaf area of S23 treatments in double rainwater and 100% FC water stress exposure suggests that both rainwater and more irrigation are stressful to S23.

Conclusion: In general, both rain feeding and high irrigation are not recommended for seed reproduction. Seed multiplication at 33% FC irrigation, in addition to reducing water use, can produce high potential seed with stress tolerant plants. The increase in first crop yield in S32 resulting from seed production under triple water stress conditions indicates the importance of stress memory activity in inducing S22 and S32 in water deficit tolerance.

Keywords: Cotton, Water stress, Leaf area, Yield, Starch

