



Evaluation of the Effects of Different Irrigation Levels on Biochemical Properties and Performance in Various Cotton Cultivars

Elham Faghani¹, Borhan Sohrabi*¹, Parisa Heravi¹, Omran Alishah¹,
Sedigheh Dodangi², Iman Tajari

¹ Cotton Research Institute of Iran (CRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan 4916685915, Iran, Email: b.sohrabi@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:

Received: 09.04.2025
Accepted: 03.09.2025

Keywords:

Biomass
Cotton
Genotype
leaf area
total yield

ABSTRACT

Background and objectives: Estimating the water requirement and analyzing the physiological changes of cotton genotypes under different irrigation treatments due to water shortage can provide valuable insights to optimize water consumption and identify key factors contributing to tolerance against water deficit stress. Evaluating the physiological characteristics of cotton seeds under various irrigation treatments, while examining their growth and performance, can contribute to the improvement of traits related to tolerance and enhanced growth and performance of cotton plants in dry areas.

Materials and methods: This research was conducted to evaluate different irrigation levels and their effects on the physiological characteristics of cotton seeds, yield, and yield components of different cotton genotypes under water stress conditions in Golestan Province. The experiment was carried out using a strip-split plot design based on a randomized complete block design with three replications per cropping year. The sub-factor included genotype, consisting of six sub-plots with six genotypes introduced by the Cotton Multi-Breeding Research Department: AG80-A133, AN-47, ATb-13, BC-24, SSH-49, and the control variety, Golestan.

Results: The results showed that different irrigation levels caused significant differences in the physiological characteristics and yield of cotton. Under dry conditions, the Golestan variety showed the lowest starch content (10.35 mg per gram of plant dry weight) compared to other genotypes, while it exhibited the highest first harvest yield (1104.8 kg per hectare) among all genotypes. The 100% irrigation treatment (across both crop years) resulted in the highest first-harvest and total yields. The lowest carbohydrate content (23.38 mg per gram of fresh weight) was recorded under dry conditions, showing a significant difference among treatments. Under water-deficit conditions (over two crop years), leaf area, leaf dry weight, carbohydrate content, first-harvest yield, and total yield were the lowest. The evaluated traits included leaf dry weight, leaf area, biomass, carbohydrate content, starch content, and total yield.

Conclusion: Physiological characteristics such as carbohydrate and starch content, as well as yield, were affected by water stress in different genotypes. The best overall yield was achieved under 100% irrigation, and the Golestan control variety demonstrated the most stable and superior performance among the evaluated genotypes.

Cite this article: Faghani, E., Sohrabi, B., Heravi, P., Alishah, O., Dodangi, S., Tajari, I. (2024). Evaluation of the Effects of Different Irrigation Levels on Biochemical Properties and Performance in Various Cotton Cultivars. *Iranian Journal Cotton Researches*, 12 (2), 113-128.



© The Author(s).

DOI: 10.22092/ijcr.2025.369104.1236

Publisher: Cotton Research Institute of Iran



ارزیابی اثرات مقادیر مختلف آبیاری بر خصوصیات بیوشیمیایی و عملکرد در ارقام مختلف پنبه

الهام فغانی^۱، برهان سهرابی مشک آبادی^{۱*}، پریسا هروی^۱ عمران عالیشاه^۱، صدیقه دودانگی^۲، ایمان تجری^۲
^۱ مؤسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران، رایانامه: b.sohrabi@areco.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: تخمین نیاز آبی و تغییرات فیزیولوژیکی گیاه تحت شرایط تیمارهای مختلف آبیاری با توجه به کمبود آب می‌تواند برای بهینه‌سازی مصرف آب و شناسایی فاکتورهای موثر در تحمل به تنش کم‌آبی کمک شایانی کند. ارزیابی خصوصیات فیزیولوژیکی بذور پنبه در شرایط تیمارهای مختلف آبیاری، ضمن بررسی وضعیت رشد و عملکرد آن‌ها، می‌تواند منجر به بهبود صفات مرتبط با تحمل و افزایش رشد و عملکرد گیاه پنبه در مناطق خشک شود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۶/۱۲	مواد و روش‌ها: این پژوهش با هدف ارزیابی مقادیر مختلف آبیاری بر خصوصیات فیزیولوژیکی بذور پنبه و تاثیر آن بر میزان عملکرد برای مزارع تحت تنش آبی در استان گلستان اجرا شد. آزمایش به صورت طرح اسپلیت پلات نواری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی انجام شد. فاکتور اصلی شامل ۵ سطح آبیاری شامل دیم، ۳۳، ۶۶، ۱۰۰ و ۱۳۳ درصد آب موردنیاز (W_x) و فاکتور فرعی نیز شامل ژنوتیپ در ۶ کرت فرعی شامل ۶ ژنوتیپ در دست معرفی پنبه مورد نظر بخش تحقیقات بهنژادی شامل AN.A133-AG80 - ATb.۴۷-BC.۱۳-SSH.۲۴-۴۹ و رقم شاهد (گلستان) در نظر گرفته شدند.
واژه‌های کلیدی: زیست توده پنبه ژنوتیپ سطح برگ عملکرد کل	یافته‌ها: نتایج نشان داد مقادیر مختلف آبیاری بر خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد پنبه تفاوت معنی‌دار داشتند. در شرایط دیم، رقم گلستان کمترین محتوای نشاسته را به میزان ۱۰/۳۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در بوته نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود. در حالی که رقم گلستان بیشترین عملکرد چین اول به میزان ۱۱۰۴/۸ کیلوگرم در هکتار را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود. شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد، دارای بیشترین عملکرد چین اول و عملکرد کل بود. کمترین میزان کربوهیدرات در شرایط دیم با میانگین ۲۳/۳۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در بوته بود و اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر داشتند. در شرایط دیم، سطح برگ، وزن خشک برگ، کربوهیدرات، عملکرد چین اول و عملکرد کل کمترین میزان برخوردار بود. صفات وزن خشک برگ، سطح برگ، زی توده، کربوهیدرات، نشاسته و عملکرد کل، مورد ارزیابی قرار گرفتند.
	نتیجه‌گیری: به‌طور کلی خصوصیات فیزیولوژیکی از قبیل کربوهیدرات و نشاسته و عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف نیز تحت تاثیر تنش کمبود آب قرار گرفتند. بهترین عملکرد کل با

آبیاری به اندازه ۱۰۰٪ آب مورد نیاز حاصل شد. بهترین رقم، رقم تجاری گلستان بود.

استناد: فغانی، الهام، سهرابی مشک آبادی، برهان؛ هروی، پرپسا؛ عالی‌شاه، عمران؛ دودانگی، صدیقه؛ تجری، ایمان. (۱۴۰۳).
ارزیابی اثرات مقادیر مختلف آبیاری بر خصوصیات بیوشیمیایی و عملکرد در ارقام مختلف پنبه. *مجله پژوهش‌های*
پنبه/یران، ۱۲ (۲)، ۱۱۳-۱۲۸.

DOI: 10.22092/ijcr.2025.369104.1236



© نویسندگان.

ناشر: موسسه تحقیقات پنبه کشور

مقدمه

پنبه در مناطق نیمه گرمسیری و فصل خشک مناطق گرمسیری در دو نیمکره ی شمالی و جنوبی کشت می شود. کشورهای هند، چین، ایالات متحده آمریکا، برزیل و پاکستان تولید کننده اصلی پنبه در جهان هستند و این کشورها بیش از سه چهارم تولید جهانی را در دست داشته‌اند (FAO/OECD, 2022). پنبه در بیش از ۱۰۰ کشور کشت می شود و درآمد حدود ۲۵۰ میلیون نفر را فراهم می کند. علاوه بر این، تخمین زده می شود که حدود ۲۵ میلیون کشاورز برای امرار معاش خود در سراسر جهان به پنبه متکی هستند (اورا و همکاران، ۲۰۲۳).

کشور ایران به علت موقعیت خاص جغرافیایی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان واقع شده است. متوسط میزان بارش سالانه آن ۲۵۰ میلیمتر است که حدود یک سوم متوسط میزان بارش جهانی می باشد (میر صالح و همکاران، ۲۰۱۹). کم بودن نزولات آسمانی و پراکنش زمانی و مکانی نامناسب آن از واقعیت‌های غیر قابل اجتناب تولید محصولات زراعی در ایران است. اگر نواحی تحت تنش آب مناطقی با بارندگی سالانه کمتر از ۵۰۰ میلیمتر در نظر گرفته شود، به راحتی می توان گفت که بیش از ۹۰ درصد از سطح کشور تحت تنش خشکی قرار دارد (کافی و همکاران، ۲۰۰۹).

پنبه (*Gossypium*) یکی از محصولات مهم صنعتی است که به گونه ای که به این محصول به دلیل اهمیت اقتصادی زیاد آن، لقب طلای سفید داده اند. پنبه بعنوان یک محصول صنعتی و منبع اصلی فیبر و روغن خوراکی از تقاضای زیادی برخوردار است (وندل و همکاران، ۲۰۱۶). پنبه ۳۵ درصد از کل الیاف تولید شده در سراسر جهان را تامین می کند (عبدالرحیم و همکاران، ۲۰۱۹). با این حال، تحت شرایط استرس شدید، رشد و بهره‌وری آن تحت تأثیر نامطلوب قرار می گیرد (یولا و همکاران، ۲۰۲۲).

بر اساس یک برآورد، حدود ۲۰ درصد از مساحت زمین، که عمدتاً توسط محصولات عمده زراعی پوشیده شده است، تحت تأثیر کمبود آب قرار دارد

(حسین و همکاران، ۲۰۱۹). در نتیجه، به دست آوردن درک بهتر از پاسخ گیاه به تنش خشکی در توسعه ارقام مقاوم به خشکی بسیار مهم است. آب یک عنصر حیاتی برای فرآیندهای مختلف گیاهی، به ویژه جوانه زنی و استقرار محصول است (احمد و همکاران ۲۰۲۲؛ رمضان و همکاران، ۲۰۲۳). پنبه در مرحله رشد رویشی مقداری مقاومت به خشکی دارد. با این حال، تنش خشکی در مرحله زایشی به شدت بر عملکرد آن تأثیر می گذارد (سینگ و همکاران، ۲۰۲۲). تنش خشکی تأثیر عمده ای بر رشد و نمو پنبه دارد و اثر اولیه آن بر ساختار گیاه، مورفولوژیکی برگ و ساختار سلول است. بنابراین یکی از اولین نشانه‌های خشکی، کاهش گسترش سلولی و توسعه سلولی به ویژه در ساقه و برگهاست و گاه دیواره‌های سلولی ریشه کمتر به تنش حساسیت نشان می دهند، در حالی که رشد ساقه کاملاً متوقف شده است و رشد در برگها نیز کاهش یافته است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۸). حسن و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقات خود در خصوص تنش خشکی، چنین ایراد نمودند که کاهش زی توده^۱ در شرایط تنش کم آبی می تواند ناشی از کاهش سطح برگ و کاهش نرخ فتوسنتزی به دلیل محدودیت‌های بیوشیمیایی ناشی از کمبود آب از قبیل کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی به خصوص کلروفیل‌ها باشد.

پنبه به عنوان یک عادت رشد نامشخص، حساس تر به تنش خشکی در نظر گرفته می شود که منجر به کاهش قابل توجه تولید آن می شود. مطالعات قبلی نشان داده است که در بین مراحل رشد، مرحله گلدهی به تنش خشکی بسیار حساس است. خشکی در این مراحل ممکن است منجر به ریزش گل شود و در نتیجه باعث کاهش شدید عملکرد غوزه و دانه شود (زونت و همکاران، ۲۰۱۷؛ خان و همکاران، ۲۰۱۸).

خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد نهایی دانه اثر میگذارد (اوی و همکاران، ۲۰۲۱) تنظیم کنندگان اسمزی از جمله پارامترهایی است که

¹ Biomass

و ۱۳۳ درصد (W133) آب مورد نیاز گیاه) و تیمار منابع بذری در ۶ کرت فرعی (شاهد (گلستان) و ۶ ژنوتیپ در دست معرفی مورد نظر بخش تحقیقات بهنژادی (شامل جدول ۱) است.

جدول ۱- نام ژنوتیپ‌های مورد آزمایش

شماره ژنوتیپ‌ها	نام ژنوتیپ
G1	sksh249
G2	N2G80
G3	GkTb113
G4	SKT133
G5	Bc-244
G7	NSK847
G8	Golestan

به این صورت که بذرها در معرض تیمارهای مختلف آبیاری قرار گرفتند و به ترتیب بذر شاهد با کد (G7) و ژنوتیپ‌های در دست معرفی که به ترتیب با کد (G₁, G₂, G₃, G₄, G₅, G₆) نامگذاری شدند. قبل از کشت جهت تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش و نیز توصیه کودی، از قطعه زمین مورد نظر نمونه‌گیری خاک صورت گرفت. زمین پس از شخم و دیسک، کودپاشی و نیز سم علفکش قبل از کشت، آماده کشت گردید. کوددهی بر مبنای مطابق عرف منطقه صورت گرفت. بذور قبل از کاشت با سموم حشره کش گائوچو و قارچ کش کربوکسین تیرام ضد عفونی گردید. هر تیمار در ۴ خط به طول ۶ متر و با فاصله بوته ۲۰ × ۸۰ کشت شد. پس از کاشت، با توجه به خشکی خاک جهت سبز یکنواخت بذر، آبیاری یکسان در تمام کرت‌ها انجام شد. عملیات زراعی از قبیل واکاری، تنک، مبارزه با علفهای هرز، آفات و بیماریها در تمام تیمارها به صورت یکسان صورت گرفت. با توجه به اهمیت تنش خشکی جهت تحریک رشد زایشی بوته‌های پنبه، در مرحله گلدهی تیمارهای آبیاری از طریق سیستم قطره‌ای یا نوارهای آبیاری به کرت‌ها داده شد. در هر بار آبیاری، قبل از آبیاری از کرت شاهد نمونه خاک تهیه شد و سپس درصد وزنی رطوبت تعیین و کمبود رطوبت تا ظرفیت زراعی

در انتخاب ژنوتیپ‌ها در غربالگری توصیه می‌شود (سراج و سینکدر، ۲۰۰۲). شناسایی خصوصیات فیزیولوژیکی که در تحمل به تنش خشکی اهمیت دارد از جمله کربوهیدرات و نشاسته و تنظیم کنندگان اسمزی و در نظر گرفتن این صفات در غربالگری ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش خشکی می‌تواند به عنوان ابزاری برای ارتقا عملکرد گیاه و پایداری محصول به کار رود (توبروسا و سالوی، ۲۰۰۶). فرضیه‌های مختلفی در ارتباط با انباشتگی تنظیم کنندگان اسمزی در ارقام متحمل به تنش به ویژه در برگ‌های پایینی که پتانسیل اسمزی کمتری نسبت به گل‌ها به عنوان مکانیسم‌های محافظتی عمل می‌کنند وجود دارد. همچنین فرضیه دیگری در ارتباط با حفظ تعادل کربوهیدرات‌ها در گل‌ها و برگ‌های پایینی براساس قابلیت دسترس بودن آب وجود دارد که این ویژگی به طور مستقیم بر رشد اندام‌های گیاهی اثر می‌گذارد. (پیلن و همکاران، ۲۰۱۸). سانچز و همکاران (۱۹۹۸)، در ارزیابی تحمل به تنش کم آبی نخود دریافتند که در شرایط تنشی، غلظت کربوهیدرات به بیش از ۴۰ برابر افزایش یافت. لذا هدف از این تحقیق بررسی تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری بر تغییرات فیزیولوژیکی، عملکرد پنبه و شناسایی ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بهینه برای مزارع با شرایط تنش کم آبی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی خصوصیات فیزیولوژیکی و میزان عملکرد هفت رقم در دست معرفی پنبه، مورد نظر بخش تحقیقات بهنژادی، تحت تیمارهای مختلف آبیاری در ایستگاه هاشم آباد در ۱۱ کیلومتری شمال غربی شهرستان گرگان با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی انجام شد. آزمایش به صورت طرح اسپلیت پلات نواری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی در ۵ سطح آبیاری (دیم (W₀), ۳۳ درصد (W₃₃), ۶۶ درصد (W₆₆), ۱۰۰ درصد (W₁₀₀))

محلول اضافه شد. پس از ۴۵ دقیقه میزان جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۴۸۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر خوانده شد.

تعیین غلظت کربوهیدرات: جهت اندازه‌گیری کربوهیدرات از روش دابویز و همکاران (۱۹۵۶) استفاده شد. در این روش ۲ میلی‌لیتر از محلول آماده شده حاوی عصاره گلکز، برداشته شد و درون فالكون ۱۵ یا لوله آزمایش مناسب ریخته شد. یک میلی‌لیتر محلول فنل ۵٪ و ۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۹۸٪ به محلول اضافه شد. پس از ۴۵ دقیقه میزان جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۴۸۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر خوانده شد. از گلکز با غلظت‌های ۲۵، ۲۰، ۱۵، ۱۰، ۵ و ۳۵ میلی‌مولار محلول استاندارد تهیه شد. در زمان باز شدن ۵۰ درصد غوزه‌ها و قبل از برداشت محصول، برای تعیین عملکرد چین اول، عملکرد کل، پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به دلیل از بین بردن اثرات حاشیه‌ای، از دو ردیف وسط هر کرت (سطحی معادل متر مربع) برداشت صورت گرفت.

در نهایت داده‌ها، با نرم افزارهای آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل و با آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد چین اول: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد چین اول تحت تاثیر برهمکنش سطح آبیاری و ژنوتیپ اختلاف معنی‌داری نداشته است (جدول ۲). در حالی که سطوح آبیاری بر عملکرد چین اول در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد چین اول، تحت تاثیر ژنوتیپ اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشته است (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین مرکب نشان داد که شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد دارای بیشترین عملکرد چین اول با میانگین ۲۰۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. در حالی که در شرایط دیم کمترین عملکرد چین اول با میانگین ۱۳۹۸ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان

محاسبه شد. مقدار آب آبیاری بر اساس نمونه‌گیری وزنی رطوبت خاک قبل از هر آبیاری با فرمول زیر محاسبه شد:

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

که در آن:

d = عمق آب آبیاری (سانتی‌متر)

R = عمق توسعه ریشه‌ها (سانتی‌متر)

Bd = وزن مخصوص ظاهری (g/cm³)

MAD = تخلیه مجاز رطوبتی

در عمل بجای MAD رطوبت خاک قبل از آبیاری در فرمول قرار می‌گیرد تا عمق آب آبیاری محاسبه شود. برای محاسبه مدت آبیاری نیز ظرف‌های کوچک مخصوص نمونه خاک برای مدت ۳-۵ دقیقه زیر تعدادی از روزنه‌های خروج آب تعیین شده قرار گرفت. با تعیین حجم آب خارج شده از قطره چکان‌های ابتدا، وسط و آخر لترال (جمع آوری آب خروجی از قطره چکان‌های منتخب در مدت ۳-۵ دقیقه) میانگین دبی قطره چکان ترجیحاً در فشار یک اتمسفر محاسبه شد. در محاسبه دبی قطره چکان باید سطح تحت پوشش هر قطره چکان مشخص باشد. نسبت حجم آب آبیاری (d) به دبی میانگین، مدت آبیاری را نشان می‌دهد. در هر کرت سه بوته جهت پایش سنجش صفات وزن خشک برگ، سطح برگ، کربوهیدرات، نشاسته، علامتگذاری شده و سنجش صفات مذکور بر آنها انجام شد. جهت ارزیابی پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف پنبه به تیمارهای مختلف آبیاری، خصوصیات فیزیولوژیکی، مرفولوژیکی و بیوشیمیایی مطالعه شدند.

سطح برگ: در مرحله گلدهی و غوزه‌دهی 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: جهت 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٪ و ۲/۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸٪ به

نتایج مقایسه میانگین مرکب نشان داد که ژنوتیپ SKT133 بیشترین عملکرد چین اول و عملکرد کل را در بین سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود (جدول ۳).

داد که رقم گلستان بیشترین عملکرد چین اول را داشته است. در حالی که ژنوتیپ sksh249 کمترین میزان عملکرد چین اول را برخوردار بود و اختلاف معنی‌داری را با ژنوتیپ‌های دیگر نداشت (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس تیمارهای مختلف آبیاری (دیم (W0)، ۳۳٪ (W33)، ۶۶٪ (W66)، ۱۰۰٪ (W100)، ۱۳۳٪ (W133) آب مورد نیاز) و ژنوتیپ بر عملکرد

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد چین اول (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)
تکرار	۲	۸۰۳۰۵۲ **	۹۲۳۹۴۵ **
سطح آبیاری	۴	۱۳۴۶۷۰۷ **	۲۵۵۴۱۵۹ **
خطای سطح آبیاری	۸	۲۸۲۰۶۷	۳۴۰۳۹۰
ژنوتیپ	۶	۵۴۰۲۴۳ **	۶۵۱۴۴۲ **
خطای ژنوتیپ	۱۲	۱۸۳۲۳۸	۲۳۶۶۶۵
سطح آبیاری * ژنوتیپ	۲۴	۱۵۰۱۹۳ ^{ns}	۳۲۱۸۹۰*
خطای کل	۱۴۴	۱۲۳۱۷۶	۱۷۵۸۱۱
ضریب تغییرات		۱۹/۷	۱۸/۶

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

خاک، ناشی از کاهش در تعداد و وزن غوزه برشمردند. کمبود آب به دلیل ایجاد فشار اسمزی، افزایش تنفس گیاه، کاهش فتوسنتز و به تبع آن کاهش تقسیم سلولی منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (عبدالمتاجلی و همکاران، ۲۰۱۸).

تنش شدید آب در پنبه باعث کاهش تعداد غوزه تولیدی، کاهش وزن غوزه‌ها و در نهایت باعث کاهش عملکرد می‌شود که با نتایج سامرو و همکاران (۲۰۱۱) هماهنگی دارد. سینگ و همکاران (۲۰۱۰) کاهش معنی‌دار عملکرد پنبه را در واکنش به کمبود آب

جدول ۳- مقایسه میانگین مرکب صفات مطالعه شده تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری و ژنوتیپ

تیمارها	عملکرد چین اول (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)
W ₀	۱۳۹۸ d	۱۶۶۱ c
W ₃₃	۱۹۶۶ ab	۲۳۷۳ ab
W ₆₆	۱۷۷۸ bc	۲۲۷۵ b
W ₁₀₀	۲۰۵۰ a	۲۵۵۸ a
W ₁₃₃	۱۷۲۵ c	۲۴۲۰ ab
sksh249	۱۶۴۳ b	۲۲۰۰ b
N2G80	۱۶۸۴ b	۲۰۷۳ b
GkTb113	۱۷۲۶ b	۲۱۵۹ b
SKT133	۱۷۹۹ b	۲۲۸۶ b
Bc-244	۱۷۶۵b	۲۲۰۶ b
NSK847	۱۶۷۳ b	۲۱۷۰ b
Golestan	۲۱۹۶ a	۲۷۰۷ a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD می‌باشند. تیمارهای مختلف آبیاری (دیم (W0)، ۳۳٪ (W33)، ۶۶٪ (W66)، ۱۰۰٪ (W100)، ۱۳۳٪ (W133) آب مورد نیاز گیاه) و ژنوتیپ‌ها

غوزه‌های نمو یافته منقل می‌شود. کربن جذب شده در برگ‌ها به عنوان منابع مورد نیاز برای ورود به فاز زایشی تسهیم شده یا به عنوان نشاسته برای مصارف آبی گیاه ذخیره می‌شود، کاهش رشد به دلیل محدودیت دستیابی به منابع کربن در شرایط تنش خشکی، منجر به ریزش جوانه گل و نمو غوزه به دلیل کافی نبودن منابع غذایی برای حفظ بار غوزه‌های بزرگ می‌شود که در نهایت سبب کاهش عملکرد خواهد شد. قاسمی بزدی و همکاران در (۱۴۰۳) بیان داشتند که تنش‌های کم آبیاری می‌تواند محرک بیوسنتز تنظیم کننده‌های رشد باشد.

سطح برگ: برهمکنش تیمارهای مختلف آبیاری و ژنوتیپ نشان داد که تأثیر معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد بر سطح برگ پنبه در مرحله گلدهی داشت (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطح برگ در مرحله گلدهی تحت تأثیر ژنوتیپ اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشته است (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مرحله گلدهی و غوزه دهی، سطح برگ تحت تأثیر سطح آبیاری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشته است (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن بود که سطح برگ در شرایط آبیاری ۱۳۳ درصد نیاز آبی گیاه با میانگین ۴۹۵۲/۴ مترمربع بیشترین مقدار بود در حالی که در شرایط دیم با میانگین ۲۷۷۹/۹ مترمربع از کمترین میزان سطح برگ برخوردار بود (جدول ۴). به طور کلی در شرایط دیم سطح برگ نیز کاهش پیدا کرد، زیرا رشد سلول که شامل دو فرآیند تقسیم و بزرگ شدن سلول است تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد که البته رشد سلول بیشتر متأثر می‌شود و تا سلولی به اندازه کافی رشد نکند، تقسیم انجام نخواهد شد (لامبرس و پونس، ۱۹۹۸). در هنگامی که گیاه در شرایط تنش قرار می‌گیرد، فعالیت فتوسنتزی آن کاهش یافته و در نتیجه میزان رشد، سطح برگ و محتوای کلروفیل کاهش می‌یابد (ویرا سانتو، ۲۰۰۴).

عملکرد کل: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد کل تحت تأثیر برهمکنش سطح آبیاری و ژنوتیپ در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری داشته است (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد کل تحت تأثیر سطح آبیاری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری داشته است (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین مرکب نشان داد که در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی با میانگین ۲۵۵۸ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد کل در حالی که در شرایط دیم با میانگین ۱۶۶۱ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان عملکرد کل مشاهده شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین مرکب نشان داد که رقم گلستان بیشترین عملکرد کل را داشته است. در حالیکه ژنوتیپ N2G80 کمترین میزان عملکرد کل را برخوردار بود و اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر داشتند (جدول ۲). 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. 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 (سزور و همکاران، ۲۰۱۵). مقایسه میانگین مرکب برهم کنش سطح آبیاری در عملکرد کل نشان داد که رقم گلستان در آبیاری ۱۳۳ درصد بالاترین عملکرد را برخوردار بود (جدول ۳). آغاز گلدهی حساس‌ترین مرحله فنولوژی در پنبه از نظر کم‌آبیاری است، در مرحله تکامل غوزه، حساسیت کمتر خواهد شد (اسنودن و همکاران، ۲۰۱۴). برگ‌ها منبع اصلی انتقال مواد معدنی و آلی به غوزه‌های در حال رشد و برگ‌های پایینی می‌باشند به طوری که براساس گزارشات، تقریباً ۶۰ درصد اسمیلات‌های نوری به

جدول ۴- تجزیه واریانس تیمارهای مختلف آبیاری (دیم (W0)، ۳۳٪ (W33)، ۶۶٪ (W66)، ۱۰۰٪ (W100)، ۱۳۳٪ (W133) آب مورد نیاز) و ژنوتیپ بر خصوصیات فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌ها

منابع تغییرات	درجه آزادی	سطح برگ در مرحله گلدهی (متر مربع)	سطح برگ در مرحله غوزه دهی (مترمربع)	وزن خشک برگ	زی توده
تکرار	۲	۱۳۴۹۰۱۳/۷۸ ^{ns}	۱۲۳۰۹۰۷۶/۶۳*	۲۶۰/۷۵*	۷۴۲۶/۲۴ ^{ns}
ژنوتیپ	۶	۳۱۶۶۳۸۳/۸۱*	۳۹۱۹۸۸۴/۶۶ ^{ns}	۴۱۸/۵۵**	۲۲۰۷۷/۱۲*
تکرار * ژنوتیپ	۱۲	۱۴۹۷۰۴۹/۰۰ ^{ns}	۲۴۸۱۳۲۹/۰۶ ^{ns}	۴۹/۷۲ ^{ns}	۱۳۴۹۷/۲۱ ^{ns}
سطح آبیاری	۴	۶۱۲۴۱۵۸/۴۳**	۱۵۳۳۱۳۳۵/۳۸**	۵۵۹/۸۲**	۱۰۳۷۰۲/۱۶**
سطح آبیاری * ژنوتیپ	۲۴	۳۱۷۶۸۴۸/۸۵**	۲۰۸۹۵۷۷/۲۹ ^{ns}	۹۰/۸۰ ^{ns}	۲۱۷۹۷/۵۷**
خطا		۱۱۸۴۱۸۰/۷	۲۷۲۲۱۶۲/۵	۷۶/۴۰	۸۰۸۷/۱۷
ضریب تغییرات		۳۱/۳۹	۴۱/۴۵	۳۲/۸۷	۲۵/۸۰

*معنی‌داری در سطح ۵ درصد ** معنی‌داری در سطح یک درصد ns غیرمعنی دار

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف آبیاری (دیسم (W₀), ۳۳% (W₃₃), ۶۶% (W₆₆), ۱۰۰% (W₁₀₀), ۱۳۳% (W₁₃₃) آب مورد نیاز گیاه) بر سطح برگ، وزن خشک برگ و وزن الیاف ۳۰ غوزه

سطح آبیاری	سطح برگ هر بوته (متر مربع)	وزن خشک برگ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کربوهیدرات
W ₀	۲۷۷۹/۹ c	۱۹/۵۶ b	۲۳/۳۸ c
W ₃₃	۳۴۶۹/۵ bc	۲۲/۵۴ b	۳۸/۲۴ ab
W ₆₆	۴۳۶۲/۲ ab	۲۹/۸۷ a	۳۹/۷۱ b
W ₁₀₀	۴۳۳۷/۵ ab	۳۰/۳۶ a	۴۲/۹۵ a
W ₁₃₃	۴۹۵۲/۴ a	۳۰/۵۸ a	۳۷/۸۶ ab

وزن خشک برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک برگ تحت تأثیر برهمکنش سطح آبیاری و ژنوتیپ اختلاف معنی‌داری نداشته است (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک برگ تحت تأثیر سطح آبیاری و همچنین ژنوتیپ در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری داشته است (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین وزن خشک برگ نیز در رقم گلستان با میانگین ۳۷/۴۲ گرم مشاهده شد در حالی که کمترین وزن خشک برگ در ژنوتیپ ۲ با میانگین ۲۱/۵۵ گرم در بوته بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که

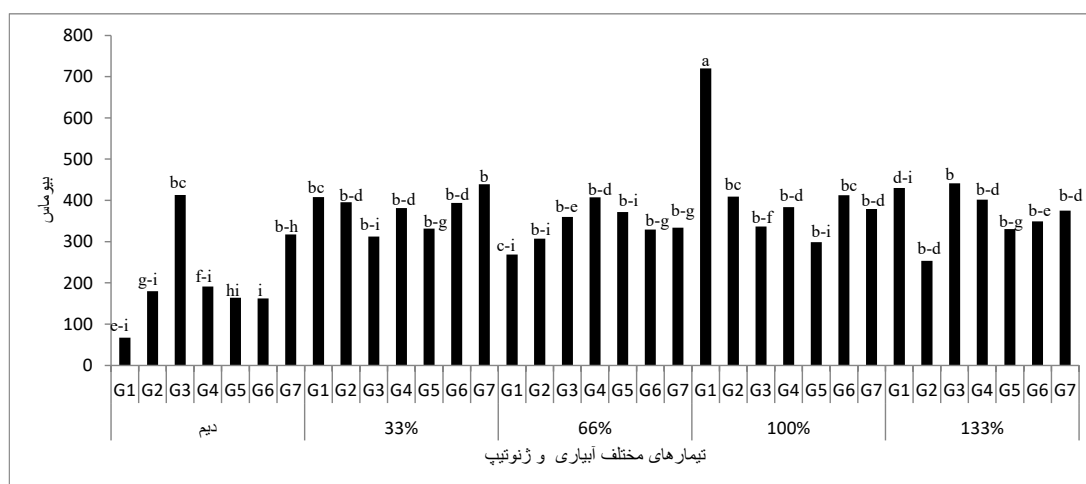
بیشترین وزن خشک برگ نیز در آبیاری ۱۳۳ درصد نیاز آبی گیاه با میانگین ۳۰/۵۸ گرم مشاهده شد در حالی که کمترین وزن خشک برگ در شرایط دیسم با میانگین ۱۹/۵۶ گرم در بوته بود و اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر داشتند (جدول ۵). با افزایش میزان آبیاری وزن خشک برگ افزایش معنی‌داری نسبت به شرایط دیسم داشت (جدول ۵). شاهنشاه و ایزودا (۲۰۱۰) نیز مشاهده کردند که در شرایط تنش خشکی اندازه سطح برگ، وزن خشک برگ و قطر ریشه در بوته‌های پنبه کاهش می‌یابد.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات ژنوتیپ های مختلف پنبه بر عملکرد چین اول و وزن خشک برگ

ژنوتیپ/رقم	عملکردچین اول (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک برگ
G1	۶۹۴/۳ b	۲۷/۵۵ b
G2	۸۱۸/۳ ab	۲۱/۵۵ b
G3	۹۴۱/۰ ab	۲۴/۰۶ b
G4	۹۱۰/۶ ab	۲۵/۰۹ b
G5	۸۸۳/۷ ab	۲۲/۸۴ b
G6	۷۹۶/۷ b	۲۷/۵۸ b
گلستان	۱۱۰۴/۸ a	۳۷/۴۲ a

میزان زی توده با میانگین ۷۲۰ و ژنوتیپ ۶ کمترین میزان زی توده با میانگین ۱۶۲/۱۷ را در شرایط دیم برخوردار بود (شکل ۱). خشکی باعث کاهش آماس سلولی و رشد سلولی و در نتیجه کاهش رشد می شود. از طرف دیگر با تنش خشکی همچنان که فتوسنتز کاهش می یابد احتیاجات قندی جهت تنظیم اسمزی در گیاه افزایش یافته و به دنبال آن میزان کمتری از قندهای محلول صرف رشد اندام هوایی شده و وزن خشک گیاه کاهش می یابد. اساساً، هرچه عملکرد دانه پنبه بیشتر باشد، تجمع ماده خشک بیشتر است.

زی توده: برهمکنش تیمارهای مختلف آبیاری و ژنوتیپ نشان داد که تأثیر معنی داری در سطح آماری ۱ درصد بر زی توده پنبه داشت (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که زی توده پنبه تحت تأثیر سطح آبیاری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی داری داشته است (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که زی توده پنبه تحت تأثیر ژنوتیپ در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری داشته است (جدول ۳). برهمکنش اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر ژنوتیپ نشان داد که ژنوتیپ ۱ در شرایط ۶۶ درصد نیاز آبی بیشترین



شکل ۱- اثر سطوح مختلف آبیاری و ژنوتیپ بر نشاسته بذر پنبه تیمارهای مختلف آبیاری

(دیم (W0)، ۳۳٪ (W33)، ۶۶٪ (W66)، ۱۰۰٪ (W100)، ۱۳۳٪ (W133) آب مورد نیاز)

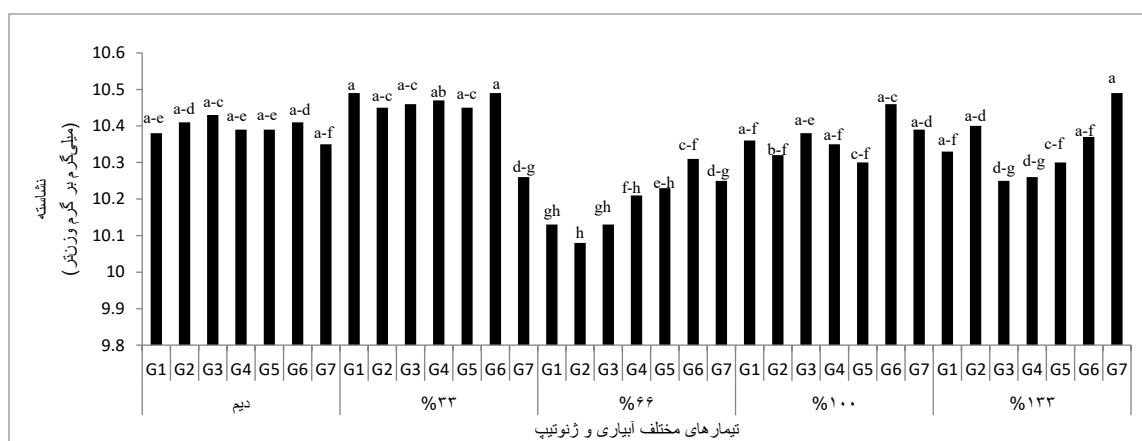
میانگین های دارای یک حرف مشترک در سطح ۵٪ آزمون دانکن با هم اختلاف معنی داری ندارند

شود، تا جایی که نشاسته می‌تواند به قندهای ساده تبدیل شده و برای افزایش پتانسیل اسمزی سلول و حفظ پتانسیل فشار استفاده می‌شود (پیلون و همکاران ۲۰۱۸). غلظت نشاسته با کربوهیدرات محلول رابطه عکس دارد (لوکا ۲۰۱۲). فغانی و همکاران (۲۰۲۲) در ارزیابی تحمل به تنش کم آبی دو ژنوتیپ پنبه، به نتایج مشابهی دست یافتند. این واقعیت که نشاسته نقش کلیدی در تعادل رشد رویشی و جذب کربن و انباشتگی آن در روز و تجزیه آن در شب، انرژی لازم برای تنفس و رشد گیاه را تضمین می‌کند (دای و همکاران ۲۰۲۳). 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.

نشاسته بذر: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که نشاسته بذر تحت تأثیر برهمکنش سطح آبیاری و ژنوتیپ اختلاف معنی‌داری نداشته است (جدول ۶). برهمکنش اثر تیمارهای مختلف آبیاری و ژنوتیپ بر میزان نشاسته نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱، ۶ در شرایط آبیاری ۳۳ درصد و رقم گلستان در شرایط آبیاری ۱۳۳ درصد بیشترین محتوای نشاسته با میانگین ۱۰/۴۹ و ژنوتیپ ۲ کمترین میزان نشاسته با میانگین ۱۰/۰۸ در شرایط آبیاری ۶۶ درصد را برخوردار بودند (شکل ۳). نتایج اثر متقابل تیمارهای مختلف آبیاری بر ژنوتیپ نشان داد که رقم گلستان در شرایط دیم و ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه کمترین محتوای نشاسته را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود. در شرایط تنش خشکی و کم‌آبی، کربن ذخیره شده می‌تواند برای احتیاجات سوخت و ساز گیاه استفاده

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس ژنوتیپ‌های مختلف پنبه در سطوح مختلف آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	کربوهیدرات (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	نشاسته (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
تکرار	۲	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}
ژنوتیپ	۶	۰/۷۲ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}
تکرار * ژنوتیپ	۱۲	۰/۳۴ ^{ns}	۰/۰۳ ^{**}
سطح آبیاری	۴	۱۸/۸۳ ^{**}	۰/۱۸ ^{**}
سطح آبیاری * ژنوتیپ	۲۴	۰/۶۸ ^{ns}	۰/۰۱ [*]
خطا		۰/۳۳	۰/۰۰۶
ضریب تغییرات		۵/۴۸	۰/۸۰



شکل ۲- اثر سطوح مختلف آبیاری و ژنوتیپ بر نشاسته بذر پنبه تیمارهای مختلف آبیاری (دیم (W0)، ۳۳٪ (W33)، ۶۶٪ (W66)،

۱۰۰٪ (W100)، ۱۳۳٪ (W133) آب مورد نیاز)

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک در سطح ۵٪ آزمون دانکن با هم اختلاف معنی‌داری ندارند

تیمارهای تنش شدید میتواند به دلیل مصرف قندها در سنتز متابولیت‌هایی چون پرولین در اندام هوایی باشد (عباسزاده و همکاران، ۱۳۸۶).

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که خصوصیات فیزیولوژیکی از قبیل کربوهیدرات و نشاسته نیز تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار گرفتند. این نتایج نشان میدهد با افزایش درجه تحمل به خشکی در هیبریدها توانایی تجمع قندهای محلول در آنها نیز کاهش می‌یابد. همچنین تنش خشکی دارای اثر منفی بر رشد و در نهایت عملکرد و ش در پنبه بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بهترین عملکرد کل با آبیاری به اندازه ۱۰۰٪ آب مورد نیاز حاصل شد. بهترین رقم، رقم تجاری گلستان بود. همچنین نتایج بیانگر واکنش متعادلتر عملکرد رقم گلستان در مواجهه با تنش بالای کمبود آب در شرایط دیم و همچنین تیمار آبیاری به میزان ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه پنبه در مقایسه با ژنوتیپ‌های دیگر بویژه SKT133 بود. رقم گلستان با داشتن بالاترین عملکرد چین اول و عملکرد کل، وزن خشک برگ، زی توده و همچنین بیشترین میزان نشاسته را تحت شرایط تنش کم‌آبی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به خود اختصاص داد. لذا از این صفات میتوان برای شناسایی ارقام متحمل استفاده کرد.

کربوهیدرات: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کربوهیدرات تحت تأثیر برهمکنش سطح آبیاری و ژنوتیپ اختلاف معنی‌داری نداشته است (جدول ۷). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کربوهیدرات تحت تأثیر سطح آبیاری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشته است (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین کربوهیدرات نیز در آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با میانگین ۴۲/۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد در حالی که کمترین میزان کربوهیدرات در شرایط دیم با میانگین ۲۳/۳۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در بوته بود و اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر داشتند (جدول ۵). این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مقادیر آبیاری از ۳۳ درصد تا ۱۰۰ درصد در مرحله گلدهی ذخایر کربوهیدرات نیز افزایش یافته است ولیکن با افزایش مقادیر آبیاری به ۱۳۳ درصد، مقادیر کربوهیدرات حتی نسبت به ۳۳ درصد آبیاری کاهش داشت و مقادیر کاهش کربوهیدرات نسبت به دیم معنی‌دار بود و به نظر می‌رسد با افزایش درجه تحمل به خشکی در تیمارهای بذری، توانایی تجمع کربوهیدرات تحت شرایط تنش کم‌آبی نیز کاهش می‌یابد. علت افزایش اولیه برای بالا بردن مقاومت گیاه به دلیل تنظیم فشار اسمزی سلول بوده، ولی با شدیدتر شدن تنش، تولید قندها به شدت کاهش پیدا میکنند و میزان قندهای محلول شروع به کاهش می‌نمایند. کاهش میزان قندهای محلول در

منابع

1. Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, A., Basachi, M. H., Nadri Haji-Baqer Kondi, M. and Moghadmi, F. 2016. The effect of scratching stress on the amount of proline, soluble sugars, chlorophyll and relative water (RWC) of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Iranian medicinal and aromatic plants scientific-research quarterly. 23(4): 513-504. (in Persian with English Abstract).
2. Abdel-Motagally, F. M. F. and El-Zohri, M. 2018. Improvement of wheat yield grown under drought stress by boron foliar application at different growth stages. Journal of Saudi Society of Agricultural Science, 17: 178-185.
3. Abdelraheem, A., Esmaili, N., O'Connell, M., and Zhang, J. 2019. Progress and perspective on drought and salt stress tolerance in cotton. Industrial. Crops Product. 130: 118– 129. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.070>.
4. Faghani, E., Kolahi, M., Kazemian, M., Goldson-Barnaby, A., and Razzaghi, M.H. 2022. Effect of irrigation regimes on starch biosynthesis pathway, cotton (*Gossypium hirsutum*)

- yield and in silico analysis of ADP-glucose-pyrophosphorylase. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19 (11): 10809-10830.
5. Ghasemi Bezdi, K., Ghorbani Nasrabad, Gh., Faghani, E., Hosseinpoor, J., Arekhi, E. (2024). Evaluating the Effect of Different Growth Regulators on Yield and Morphological Traits of Three Upland (*Gossypium hirsutum* L.) Cotton Cultivars. *Iranian Journal Cotton Researches*, 12 (1), 83-100.
 6. Hasan, S.A., Hayat, S and Ahmad, A. 2011. Brassimosteroids protect photosynthetic machinery against the cadmium induced oxidative stress in two tomato cultivars. *Chemosphere*, 84: 1446-1451.
 7. Hussain, S., Hussain, S., Qadir, T., Khaliq, A., Ashraf, U., Parveen, A., Saqib, M., and Rafiq, M., 2019a. Drought stress in plants: an overview on implications, tolerance mechanisms and agronomic mitigation strategies. *Plant Science*, 6(4): 389–402.
 8. Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. and Nabati, J. 2009. *Physiology of environmental stresses in plants*. Jahade Daneshgahi Mashad Press. Mashad. (in Farsi).
 9. Khan, A., Pan, X., Najeeb, U., Tan, D.K.Y., Fahad, S., Zahoor, R., and Luo, H. 2018. Coping with drought: stress and adaptive mechanisms, and management through cultural and molecular alternatives in cotton as vital constituents for plant stress resilience and fitness. *biology respiration*, 51.
 10. Lambers, H., Chapin, F.S., and Pons, T. 1998. *Plant physiological ecology*. Springer-verlag, New York, P650.
 11. Lv, X., Ding, Y., Long, M., Liang, W., Gu, X., Liu, Y. and Wen, X. 2021. Effect of Foliar Application of Various Nitrogen Forms on Starch Accumulation and Grain Filling of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Under Drought Stress. *Frontiers in Plant Science*, 12: 645379.
 12. Mirsaleh Mahabadi, A., Rizvan, S. and Damavandi, A. 2019. Investigating quantitative and qualitative changes in durum wheat yield with the application of nitrogen and zinc fertilizers under different levels of irrigation. *Sci. Crop Physiology*. Islamic Azad University, Ahvaz branch, 12: 80-65. [In Persian].
 13. OECD/FAO. 2022. "OECD-FAO Agricultural Outlook" OECD Agriculture statistics (database). <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>.
 14. Pilon-Smits, E.A.H., Ebskamp, M.J.M., Paul, M.J., Jeuken, M.J.W., Weisbeek, P.J. and Smeeckens, S.C.M. 1995. Improved performance of transgenic fructan-accumulating *tobacco* under drought stress. *Plant Physiology*, 107:125–130.
 15. Ramzan, T., Shahbaz, M., Maqsood, M.F., Zulfikar, U., Saman, R.U., Lili, N., Irshad, M., Maqsood, S., Haider, A., Shahzad, B., and Gaafar, A.R.Z. 2023. Phenylalanine supply alleviates the drought stress in mustard (*Brassicacampestris*) by modulating plant growth, photosynthesis and antioxidant defense system. *Plant Physiol. Biochem*, 107828.
 16. 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.
 17. 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.
 18. 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.
 19. Soomro M, Markh and H, Soomro BA. 2011. Screening Pakistani *cotton* for drought tolerance. *Pakistan journal of botany*, 44: 383-388.
 20. Singh, S.B., Meshram, J., Prakash, A.H., and Amudha, J. 2022. Drought tolerant ompactgen-o types of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) for varied agro-ecosystem. *Asian Journal of Research and Review in Agriculture*, 1–11:32-42.

21. Serraj, R., and Sinclair, T. R. 2002. Osmolyte accumulation: Can it really help increase crop yield under drought conditions? *Plant Cell and Environment*, 25: 333–341. [https://doi.org/10.1046.j.1365-3040.2002.00754.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2002.00754.x).
22. Sanchez, F. J., Manzanares, M., de Andrade, E. F., Tenorio, J. L., and Ayerbe, L. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crops Research*, 59: 225–235. [https://doi.org/10.1016.S0378-4290\(98\)00125-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00125-7).
23. Tuberosa, R., and Salvi, S. 2006. Genomics approaches to improve drought tolerance in crops. *Trends Plant Science*, 11: 405–412.
24. Ullah, A., Shakeel, A., Ahmed, H.G.M.D., Naeem, M., Ali, M., Shah, A.N., and Hasan, M.E. 2022. Genetic basis and principal component analysis in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) grown under water deficit condition.
25. Viera Santos C. 2004. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Science. Horticulture*, 103: 93-99.
26. Voora, V., Bermudez, S., Larrea, C., Farrell, J.J., Luna, E. 2023. Global Market Report: cotton prices and sustainability.
27. Wendel, J.F., Brubaker, C., Alvarez, I., Cronn, R and Stewart J.M. 2016. Evolution and natural history of the cotton genus. In *Genetics and genomics of cotton* (Springer, New York), 3.
28. Zonta, J.H., Brandao, Z.N., Rodrigues, J.I., and Sofiatti, V. 2017. Cotton response to water deficits at different growth stages. *Revista. Caatinga*, 30: 980–990.
29. Zhang, K., Hu, Y., Zhang, K., Tian, C and Guo, J. 2018. Arbuscular mycorrhizal fungi improve plant growth of *Ricinus communis* by altering photosynthetic properties and increasing pigments under drought and salt stress. *Industrial Crops and Products*, 117:13-19.

