مجله پژوهش‌های پنبه ایران
جلد دهم، شماره اول، ۱۴۰۱
۱۷۲-۱۴۹
www.jcri.ir

مقایسه عملکرد رقم‌های تجاری پنبه در دو سطح آبیاری نواری

علی نادری عارفی[1*]، قربان قربانی نصرآباد[2]

[1] استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران
[2] استادیار موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۱۱/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۱۸

چکیده

سابقه و هدف: مدیریت بهینه مصرف آب در محصولات زراعی نقش مهمی در کاهش اثرات کم‌آبی در مناطق خشک و نیمه خشک کشور دارد. در گیاه پنبه این موضوع از اهمیت بالایی برخوردار است چون دارای رفتار رشد نامحدود است و در صورت مصرف آب زیاد، احتمال غلبه رشد رویشی بر رشد زایشی و کاهش عملکرد وجود دارد. در نتیجه، ممکن است با وجود مصرف آب زیاد، عملکرد کاهش یابد. برتری روش آبیاری نواری به روش نشتی در زراعت پنبه در بیشتر نقاط جهان گزارش شده و است و در کشور ما نیز برتری این روش در بعضی مناطق گزارش شده است.علاوه بر مدیریت مصرف آب، انتخاب رقم‌هایی که در شرایط محدودیت آب عملکرد بالاتری داشته باشند، نقش مهمی در کاربرد بهره‌ورانه آب آبیاری دارد. با توجه به معرفی رقم‌های جدید توسط موسسه تحقیقات پنبه کشور و نیز افزایش تعداد رقم‌های وارداتی، در این پژوهش تعدادی از رقم‌های خارجی و داخلی از نظر عملکرد وش و کارایی مصرف آب در شرایط معمول و آبیاری بهره‌ورانه مقایسه شده‌اند تا ارقام برتر برای سطوح تجاری به کشاورزان پیشنهاد شوند.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک های تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ اجرا گردید. کرت‌های اصلی به آبیاری پس از ۱۰۰ و ۳۰ درصد تبخیر از تشتک (۳۸۹۷ و ۶۴۹۵ مترمکعب در هکتار به‌ترتیب کم‌آبیاری و آبیاری کامل) و کرت‌های فرعی به ۱۳ رقم پنبه شامل ارقام داخلی خرداد، گلستان، لطیف شایان، سپید، تابان، پرتو، B557 و خارجی لودوز، مای، ماکسا، لیدر، آمریکن ژنتیکس اختصاص داده شدند.

یافته‌ها: اثر تیمارهای آبیاری و ارقام بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. برهم‌کنش تیمارها بر کلیه صفات غیر از تعداد شاخه زایا و کیل الیاف معنی‌دار شد. در سال اول آزمایش عملکرد رقم‌های گلستان و پرتو در شرایط

*نویسنده مسؤل : amirndr@gmail.com

آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشت (۶۸۷۹ کیلوگرم در هکتار) و گلستان، B557 و خـرداد در شـرایط ۱۰۰ درصد تبخیر بیش از سایر رقم‌ها بود (به ترتیب ۵۱۸۹ و ۴۹۶۷ کیلوگرم در هکتار). کمترین عملکرد در سال اول از دو رقم سپید و لودوز حاصل شد (به ترتیب ۲۷۵۴ و ۲۸۷۲ کیلوگرم در هکتـار). در سـال دوم آزمـایش رقـم گلستان با عملکرد ۶۹۴۶ کیلوگرم در هکتار در آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشت برتری خود را حفظ کرد و در شرایط تبخیر ۱۰۰ درصد از تشت (کم‌آبیاری) هم این رقم بالاترین عملکرد را دارا بود (۳۸۷۲ کیلـوگرم در هکتار). کمترین عملکرد از رقم لودوز در شرایط آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشـت بـه دسـت آمـد (۷۵۷ کیلوگرم در هکتار). در سال اول آزمایش رقم گلستان در شـرایط آبیـاری پـس از ۳۰ در صـد تبخیـر از تشـتک بالاترین کارایی مصرف آب را دارا بود (۱/۷ کیلوگرم به از هر متـر مکعـب آب آبیـاری) و در تیمـار ۱۰۰ درصـد تبخیر از تشتک رقم لودوز کمترین کارایی مصرف آب را داشت (۰/۱۲ کیلوگرم بر متر مکعـب). در سـال دوم بـا توجه به افزایش عملکرد بیشتر ارقام، کارایی مصرف آب نیز افزایش یافت. بیشترین کارایی مصرف آب به میـزان ۱/۳۳ کیلوگرم به ازای متر مکعب آب مصرفی مربوط به رقم گلستان در سطح آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشتک اندازه‌گیری شد. کمترین کارایی مصرف آب به میزان ۰/۴۷ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب در رقم سـپید و آبیاری پس از ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک مشاهده شد. در دو سال انجام آزمایش، رقـم‌هـای گلسـتان، تابـان، خرداد و مای وشایان برتری نشان دادند.

نتیجه‌گیری: رقم‌های داخلی گلستان، خرداد و پرتو و رقم خارجی مای رقم‌های مناسبی برای کشت با آبیاری نواری در شرایط آزمایش هستند. در شرایط کمبود آب و اولویت بهره‌وری رقم‌های گلستان، خرداد، شایان، مای و تابان برتری دارند. رقم‌های لودوز و لیدر، از رشد رویشی شدیدی به‌ویژه در آبیاری کامل داشتند، در صورت کشت این ارقام، اقدامات مدیریتی مانند کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد، جلوگیری از ریزش اندام‌های زایشی و شناسایی شرایط آب و هوایی سازگار با فیزیولوژی و مرفولوژی آنها شایسته توجه جدی است.

واژه‌های کلیدی: رقم، شاخه زایا، عملکرد، کارایی مصرف آب، روش آبیاری

مقدمه

کشاورزی مهم‌ترین بخش مصرف کننده آب جهان است به طوری که ۷۰ درصد آب شیرین دنیا برای آبیاری ۲۵ درصد از زمین‌های زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد (بامبل و همکاران، ۲۰۲۲). حدود ۲۵ درصد منابع آبی بخش کشاورزی کشور ایران از منابع آب سطحی و ۷۵ درصد آن از منابع آب زیرزمینی تامین می‌شود (توکلی و همکاران، ۱۴۰۰). با توجه به اتکای عمده کشاورزی آبی کشور به منابع زیرزمینی، مدیریت آبیاری به ویژه در زراعت‌های تابستانه مانند پنبه از اهمیت بالایی برخوردار است.

در سال ۲۰۲۲ کل سطح زیر کشت پنبه دنیا ۳۳/۱ میلیون هکتار بوده است (OECD/FAO, 2022). حدود ۵۳ درصد از این سطح زیر کشت، آبی است که ۷۳ درصد محصول پنبه جهان از این سطح به دست می‌آید. بیشتر کشت پنبه جهان به شیوه نشتی آبیاری می‌شود، اما کاربرد سیستم‌های بارانی و قطره‌ای در مناطق دچار کمبود آب در حال گسترش است که گسترش این شیوه‌های آبیاری در حدود ۰/۷ درصد کل سطح زیر کشت دنیاست (چاپاجیان و همکاران، ۲۰۰۶). در پژوهشی که با هدف تعیین آب مصرفی پنبه کشور توسط نخجوانی مقدم و همکاران (۱۳۹۹) انجام شد مشخص گردید که میانگین میزان آب مصرفی پنبه در استان‌های خراسان‌رضوی، فارس، گلستان، خراسان‌شمالی، اردبیل، سمنان و البرز به ترتیب برابر ۹۸۳۰، ۹۹۴۵، ۵۰۷۰، ۶۸۱۵، ۷۵۴۳، ۱۰۵۳۶ و ۸۳۹۳ مترمکعب در هکتار بود. همچنین، میانگین آب مصرفی پنبه کشور در دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای به ترتیب برابر ۹۰۹۷ و ۷۲۴۵ مترمکعب در هکتار بود که حاکی از برتری آبیاری قطره‌ای در زراعت پنبه می‌باشد. جعفرآقایی و جلالی (۱۳۹۱) طی مطالعه‌ای در استان اصفهان، برای مقادیر شوری آب ۴، ۷، ۱۰ و ۱۳ dS/m میزان آب مصرفی پنبه را به ترتیب برابر ۱۰۸۵۶، ۱۲۰۶۲، ۱۲۷۷۱ و ۱۳۵۷۰ مترمکعب در هکتار و بهره‌وری آب پنبه را به ترتیب برابر ۰/۳۹، ۰/۳۱، ۰/۲۴ و ۰/۱۳۵ مترمکعب در هکتار گزارش نمودند. براساس مطالعات انجام‌شده در استان گلستان ، میزان آب مصرفی پنبه بین ۲۸۵۰ تا ۵۹۰۰ متر مکعب در هکتار، عملکرد پنبه بین ۱۷۰۰ تا ۳۸۰۰ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب پنبه بین ۰/۲ تا ۰/۹ کیلوگرم بر مترمکعب در مناطق مختلف این استان گزارش شده‌است (سهرابی، ۱۳۹۶ب). با توجه به این نوسانات در شرایط گوناگون، نقش مدیریت آبیاری در بهبود کارایی مصرف آب و افزایش عملکرد انکارناپذیر است. تغییر روش آبیاری و استفاده از آبیاری قطره‌ای موضوعی است که در بیشتر پژوهش‌ها مورد تایید قرار گرفته است.

برای افزایش کارایی مصرف آب در پنبه، علاوه بر مدیریت آبیاری، لازم است کلیه عملیات مدیریتی موثر بر مصرف نهاده‌ها مانند تغذیه بهینه، رقم مناسب، رعایت تاریخ کشت مناسب و کنترل عوامل خسارت مد نظر قرار گیرد. قربانی نصرآباد و همکاران (۱۴۰۱) گزارش نمودند که در شرایط استان خوزستان عملکرد در تاریخ کشت ۱۰ اسفند نسبت به کشت در تاریخ‌های ۱۰ فروردین و ۲۰ اردیبهشت به ترتیب ۴۲ و ۵۷ درصد بیشتر بود. استفاده از ارقام زودرس پنبه نسبت به رقم دیررس، سبب کاهش مصرف آب به میزان ۱۰۰۰ متر مکعب در هکتار (۱۰ درصد) و افزایش عملکرد و بهره‌وری آب پنبه به ترتیب به میزان ۱۰ و ۱۵ درصد شد (نخجوانی مقدم و همکاران، ۱۳۹۹).

برای بهبود کارایی مصرف آب، با کاهش ۵۱/۴ درصدی مصرف آب در زراعت پنبه، عملکرد ۵۱/۷ درصد کاهش یافت. آبیاری میکرو باعث کاهش ۳۶/۸ درصدی مصرف آب و ۲۱/۴ درصد کاهش عملکرد گردید. در سناریوی کاهش ۱۰ درصد عملکرد، مصرف آب پنبه حدود ۲۲ درصد کاهش یافت.

به طور کلی با اتخاذ روش میکرو و بهبود مدیریت آب و خاک در مزرعه، کارایی مصرف آب پنبه افزایش خواهد یافت (Fan *et a*l., 2018). چنان‌چه رفتار رشدی گیاه پنبه را در نظر بگیریم، کاهش مصرف آب حتی در مواردی می‌تواند از کاهش عملکرد ناشی از رشد رویشی بی‌رویه جلوگیری کند (نادری عارفی و همکاران، ۱۴۰۱). پنبه گیاهی رشد نامحدود است که رشد رویشی و زایشی آن هم‌زمان انجام می‌گیرد. در صورتی که به هر دلیل، تعادل بین رشد رویشی و زایشی از بین برود، رشد رویشی تشدید می‌شود. این تغییر رشد منجر به یک تغییر مسیر متابولیکی می‌شود که بوته‌ها آسیمیلات تولیدی را به سمت اندام‌های دارای رشد فعال (شاخ و برگ) هدایت می‌کنند، در نتیجه، اندام‌های زایشی کمتری تکامل می‌یابند و حتی ممکن است غنچه‌ها و گل‌های موجود ریزش پیدا کنند که در این صورت عملکرد به شدت کاهش خواهد یافت (نادری عارفی و عالیشاه، ۱۳۹۶). در این رابطه، آیارز و همکاران (Ayars *et al*., 1991) گزارش کردند که کاربرد آب بیشتر از نیاز آبی گیاه، منجر به کاهش عملکرد محصول در اثر رشد رویشی بی‌رویه شد. بنابراین، انتخاب رقم‌های برخوردار از ویژگی‌های رشدی مطلوب و کاربرد روش‌های مناسب آبیاری می‌تواند در افزایش تولید و بهبود کارایی مصرف آب موثر باشد. در پژوهش حاضر پاسخ رقم‌های تجاری داخلی و خارجی به دو سطح معمول و بهره‌ورانه آب بررسی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور مقایسه ارقام داخلی و خارجی رایج، از نظر عملکرد و کارایی مصرف آب به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک های تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ اجرا گردید. کرت‌های اصلی به دو تیمار آبیاری نواری پس از ۳۰ و ۱۰۰ درصد تبخیر از تشت و کرت‌های فرعی به ۱۳ رقم پنبه شامل ارقام داخلی خرداد، گلستان، لطیف، شایان، سپید، تابان، پرتو، B557 و خارجی لودوز، مای، ماکسا، لیدر، آمریکن ژنتیکس اختصاص داده شدند (جدول ۱). عرض هر کرت کشت شامل ۸ خط کشت و بین کرت‌ها دو متر به صورت نکاشت باقی ماند. طول هر کرت ۱۰ متر در نظر گرفته شد که مشاهدات و ثبت داده‌ها از ۶ متر میانی هر کرت انجام گردید. پس از تهیه بستر با خاک‌ورزی اولیه (شخم با گاوآهن برگردان‌دار) با یک نوبت دیسک کلوخ‌های موجود خرد شدند و با لولر تسطیح نسبی زمین انجام شد. کشت در سال اول در تاریخ ۱۴۰۰/۳/۷ و در سال دوم در تاریخ ۱۴۰۱/۳/۱۴ به صورت دستی انجام شد. فاصله بین خطوط کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد. پس از کاشت، نوارهای تیپ با فاصله قطره‌چکان ۲۰ سانتیمتری بین ردیف‌ها پهن شد و بلافاصله پس از کاشت، آبیاری انجام شد. با توجه به به محدودیت‌های آزمایش (افزایش تعداد تیمار و احتمال افزایش خطای آزمایش)، دو سطح آبیاری کامل

یا آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر (آب مصرفی بر اساس قرائت‌های کنتور حجمی برابر با ۶۴۹۵ متر مکعب در هکتار) و ۲) آبیاری پس از ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک (آب مصرفی برابر با ۳۸۹۷ متر مکعب در هکتار) بود. در تیمار اول در مجموع ۱۵ نوبت و در تیمار دوم ۹ نوبت آبیاری و در هر نوبت به طور میانگین ۴۳۳ متر مکعب آب داده شد.

جدول ۱: برخی مشخصات رقم‌های مورد استفاده

رقم	منشأ	ویژگی
گلستان	به گزینی توده خارجی	زودرس، مناسب کشت در مناطق معتدل، نسبتا مقاوم به خشکی
خرداد		نسبتا زودرس، عملکرد بالا، مناسب کشت در مناطق مرکزی کشور
لطیف	تلاقی ژنوتیپ‌های خارجی	زودرس، هم‌رس، مناسب مناطق معتدل و مرکزی کشور
شایان	به گزینی توده خارجی	زودرس، مناسب کشت در مناطق معتدل، نسبتا مقاوم به خشکی
B557	اصلاح از ژرم‌پلاسم خارجی	زودرس، تیپ بسته، نسبتا مقاوم به پژمردگی ورتیسلیومی
سپید	اصلاح از ژرم‌پلاسم خارجی	اکرابرگ، مناسب شرایط ابرای استان‌های گلستان، مازندران و فارس
پرتو	تولید با تکنولوژی هسته‌ای	نسبتا زودرس، مقاوم به شوری و بیماری پژمردگی ورتیسلیومی
تابان	تولید با تکنولوژی هسته‌ای	نسبتا زودرس، مقاوم به شوری، عملکرد مناسب
مای	ترکیه	زودرس، هم‌رس
لودوز	یونان	غوزه بالا، دیررس، رشد بی‌رویه در شرایط مدیریتی نامناسب
لیدر	Golden West Seed Research Co. Inc	به علت حساس بودن نسبت به بیماری پژمردگی ورتیسلیومی برای مناطق آلوده به این بیماری توصیه نمی گردد.
ماکسا	یونان	زودرس ، متحمل به خشکی، متحمل به بوته‌میری ورتیسلیومی
AGN	American Genetics Inc	عملکرد مناسب، متوسط رس، حساس به شرایط مدیریتی

کارایی مصرف آب به شرح زیر محاسبه گردید:

$$WUE = \frac{CY}{CW}$$

که در آن، WUE کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی در طول فصل)، CY عملکرد وش پنبه (کیلوگرم در هکتار در سال) و CW حجم آب مصرفی + بارش موثر (مترمکعب در هکتار در سال) می‌باشد. در طول فصل بارش موثری رخ نداد که در محاسبات لحاظ شود.

عملیات تنک در دو مرحله ۴ و ۶ برگی انجام شد. برای کاهش جمعیت علف‌های هرز از علف‌کش پیش‌کشت ترفلان به مقدار ۲ لیتر در هکتار هنگام عملیات خاک‌ورزی ثانویه استفاده شد. دو نوبت وجین تا پیش از مرحله بحرانی رقابت به صورت دستی انجام شد. در طول فصل از هر کرت ۱۰ بوته انتخاب و میانگین پارامترهای رویشی آنها ثبت گردید. برای کنترل آفات سنک و کرم غوزه، در سال

اول سه نوبت و در سال دوم دو نوبت سمپاشی با سموم کنفیدور و کوراکرون انجام شد. در پایان فصل اجزای عملکرد سه بوته به صورت تصادفی شمارش و ثبت گردید. برای تعیین عملکرد، پس از حذف یک خط حاشیه از طرفین، برداشت انجام شد. پس از جمع بندی و مرتب کردن داده‌ها در نرم‌افزار اکسل، تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 انجام و مقایسه میانگین داده‌ها در سطح اختلاف آماری ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

فرض صفر آزمون بارتلت برای داده‌های هر سال معنی‌دار نشد که حاکی از یکنواختی واریانس‌ها بود، بنابراین امکان تجزیه واریانس وجود دارد، اما به علت معنی‌دار شدن این آزمون برای کل داده‌ها، فرض تجانس واریانس‌های دو سال رد شد و امکان تجزیه مرکب وجود نداشت، بنابراین تجزیه هر سال به طور جداگانه انجام شد.

سال اول (سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹)

خصوصیات رویشی: در سال اول آزمایش (۱۴۰۰) تجزیه واریانس ویژگی‌های رویشی و اجزای عملکرد رقم‌ها حاکی از تفاوت معنی‌دار آنها از نظر این ویژگی‌ها بود (جدول ۲). اثر آبیاری بر کلیه صفات مورد بررسی غیر از تعداد شاخه رویا معنی‌دار شد. همچنین رقم‌های مورد بررسی از نظر صفات رویشی و زایشی غیر از تعداد شاخه رویا تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد نشان دادند (جدول ۲). برهم‌کنش‌های معنی‌دار در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

جدول ۲: تجزیه واریانس پاسخ رقم‌های مختلف پنبه به سطوح معمول و تنش ملایم آبی در آبیاری نواری در سال ۱۴۰۰

		میانگین مربعات							
منبع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	شاخه رویا	شاخه زایا	غوزه در بوته	وزن غوزه	عملکرد	کیل	WUE
بلوک	۲	۳۲/۶۲ *	۰/۳۳ns	۱/۴ ns	۱/۳۲ns	۰/۳۱ns	۲۷۸۶۰۰ns	۰/۰۰۲۳**	۰/۰۳۵ns
آبیاری	۱	۳۱۹۳/۶**	۰/۴۶ns	۶۹/۸**	۷۶/۸**	۳/۵۷**	۲۷۴۳۲۱۸۰**	۰/۰۰۰۳۳*	۱/۲ *
اشتباه اول	۲	۰/۸۷	۰/۱۹	۰/۳۶	۱۹/۲۱	۰/۰۴	۲۸۶۴۶۱۲	۰/۰۰۰۳	۰/۱۴
رقم	۱۲	۷۲۹/۸ **	۰/۵۸ns	۴/۵۶**	۲۶/۳**	۰/۳۶**	۴۲۱۰۶۹۱**	۰/۰۰۲۶**	۰/۱۶**
رقم×آبیاری	۱۲	۱۷/۵۳ *	۰/۳۱ns	۱/۰۱ns	۱/۳۲ *	۰/۰۶**	۳۶۰۳۳۳ **	۰/۰۰۰۷ns	۰/۱۲۲ *
اشتباه دوم	۲۴	۳/۰۳	۰/۱۸۵	۰/۶	۰/۴۸	۰/۰۰۸۵	۹۳۶۷۴	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۴۶
CV		۱/۸۹	۱۸/۲	۵/۸۴	۵/۸۶	۱/۸۷	۶/۵۲	۲/۳۴	۷/۲۵

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ۱ درصد و غیرمعنی‌دار

ارتفاع بوته: در تیمار آبیاری پس از۳۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر) نسبت به آبیاری پس از ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر، ارتفاع بوته بیشتر ارقام مورد بررسی افزایش نشان داد. به طور مثال رقم لیدر که در آبیاری اول بیشترین ارتفاع بوته را داشت (۱۲۳/۲ سانتی‌متر) با کاهش آبیاری از رشد رویشی این رقم کاسته شد و ارتفاع بوته به ۱۰۴/۳ سانتی‌متر رسید (جدول ۳). کمترین ارتفاع بوته به میزان ۶۱ سانتی‌متر مربوط به رقم خرداد در تیمار کم‌آبیاری بود (۶۰/۹ سانتی‌متر) که در تیمار آبیاری کامل به ۷۸/۸ سانتی‌متر افزایش یافت. افزایش ارتفاع حاصل افزایش تعداد و حجم سلول‌ها می‌باشد که این تغییرات سلولی تحت تاثیر فراهمی آب و وضعیت یونی محیط داخلی سلول‌ها قرار دارد (راسل و همکاران، ۱۳۹۸). در آبیاری کامل با توجه به دسترسی مداوم ریشه به رطوبت و انتقال آن از طریق جریان تعرقی به اندام‌های بالاتر، محدودیت آبی برای رشد سلول‌ها و افزایش ارتفاع وجود نداشته است. این موضوع در زراعت پنبه که گیاهی رشد نامحدود است، تهدید و فرصت محسوب می‌شود. چنان‌چه سایر عوامل رشد مدیریت نشوند، احتمال تشدید رشد رویشی و غلبه آن بر بخش زایشی رشد وجود دارد که نتیجه آن کاهش عملکرد خواهد بود. تفاوت پاسخ رقم‌های مختلف پنبه به شرایط گوناگون مدیریتی و نیز در شرایط آزمایش در چند پژوهش به اثبات رسیده است (نادری عارفی و همکاران، ۱۳۹۵؛ نادری عارفی و حمیدی، ۱۳۹۳).

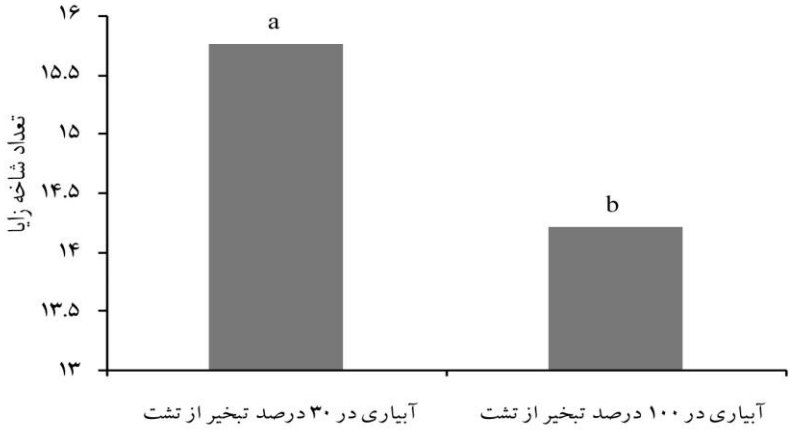
جدول ۳: اثر متقابل رقم و آبیاری بر صفات مورد بررسی درسال اول (۱۴۰۰)

آبیاری	رقم	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	تعداد شاخه رویا	غوزه در بوته	وزن غوزه (گرم)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کیل (درصد)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
آبیاری (پس از ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک)	لیدر	۱۰۴/۳ f	۲/۵۷ d	۹/۳۳ u	۴/۷ q	۳۵۲۰ w	۳۷ d	۰/۳۲ x
	تابان	۹۸/۳ g	۲/۵ e	۱۱/۳ p	۴/۹۷ j	۴۵۰۱ p	۳۷ d	۰/۸۲ o
	مای	۹۳/۷ h	۲ k	۱۲/۳۳k	۴/۷۶p	۴۷۰۹ n	۳۵ f	۰/۷۶ r
	پرتو	۹۲/۶ j	۲/۳۳ h	۹/۴ t	۵/۱۳ h	۴۹۶۷ k	۳۳ h	۰/۷۹ p
	لطیف	۹۱ l	۲/۲۳ i	۱۱/۸ m	۵/۱۷ e	۴۳۳۲ q	۳۵ f	۰/۵۶ v
	AGN	۸۲/۷ r	۲/۴ g	۱۱/۴ o	۴/۴۶ t	۴۰۴۴ t	۳۸ b	۰/۴۷ w
	سپید	۸۱ s	۲/۴۳ f	۷/۳ x	۴/۷ q	۲۷۵۴ z	۳۵ f	۰/۵۹ u
	B557	۸۰/۷ t	۱/۹۳ l	۱۲/۸ h	۵/۱۸ d	۴۷۲۲ m	۳۳ h	۰/۸۷ n
	خرداد	۶۰/۹ y	۲/۲۳ i	۱۰/۷ q	۴/۸۳ o	۴۱۳۳ r	۳۴ g	۱/۰۱ l
	ماکسا	۷۷ v	۲ k	۱۱/۳ p	۴/۴۶ t	۴۰۵۸ s	۳۸ b	۰/۶۸ t
	شایان	۷۵/۲ w	۲/۲۳ i	۱۱/۶ n	۴/۹ l	۴۵۶۵ o	۳۴ g	۰/۷۲ s
	لودوز	۸۱ s	۲/۶۷ b	۸ v	۴/۴۶ t	۲۸۷۲ y	۳۳ h	۰/۱۲ y
	گلستان	۷۵ x	۲/۱۷ b	۱۳/۸ e	۴/۷ q	۵۱۸۹ h	۳۴ g	۱/۰۷ k
آبیاری	لیدر	۱۲۳/۲ a	۳/۳۳ a	۱۲ l	۵/۱۷ e	۴۹۷۰ j	۳۷/۵ c	۱/۲۸ i

آبیاری	رقم	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	تعداد شاخه رویا	غوزه در بوته	وزن غوزه (گرم)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کیل (درصد)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
(پس از	تابان	۱۱۵/۴ b	۲/۶۵ b	۱۲/۵ j	۵/۱۷ e	۵۱۵۲ i	۳۸ b	۱/۳۲ h
۳۰ درصد	مای	۱۰۹/۸ c	۲/۱۷ j	۱۴/۲ d	۵/۲۶ c	۵۹۶۸ d	۳۷ d	۱/۵۳ d
تبخیر از	پرتو	۱۰۸/۱ d	۲/۱۷ j	۱۰/۳ r	۶ a	۶۷۸۶ a	۳۴ g	۱/۲۷ j
تشتک)	لطیف	۱۰۶/۵ e	۲/۶۷ b	۱۳/۱۷ h	۴/۷ q	۴۹۵۵ l	۳۸ b	۱/۲۷ j
	AGN	۹۳/۴ i	۲/۶۷ b	۱۳/۸ e	۴/۹۵ k	۵۴۷۸ f	۳۹ a	۱/۴۱ f
	سپید	۹۲/۱ k	۹۲/۱ k	۷/۸ w	۴/۸۵ n	۳۰۳۷ x	۳۵ f	۰/۷۸ q
	B557	۹۰ m	۱/۸۳ m	۱۵ b	۵/۱۸ d	۶۲۲۳ c	۳۴ g	۱/۶ c
	لودوز	۸۸/۹ n	۱/۸۳ m	۹/۷ s	۵ i	۳۸۷۲ u	۳۳ h	۰/۹۹ m
	ماکسا	۸۸/۷ o	۲ k	۱۳/۷ f	۴/۸ m	۵۳۳۷ g	۳۸ b	۱/۳۷ g
	شایان	۸۵/۳ p	۲/۳۳ h	۱۳/۶ g	۵/۱۷ e	۵۶۲۰ e	۳۶ e	۱/۴۴ e
	گلستان	۸۵/۱q	۲/۶۷ b	۱۵/۵ a	۵/۱۴ g	۶۷۸۶ a	۳۶ e	۱/۷ a
	خرداد	۷۸/۸ u	۳/۳۳ a	۱۴/۸ c	۵/۳ b	۶۳۱۶ b	۳۵ f	۱/۶۲ b

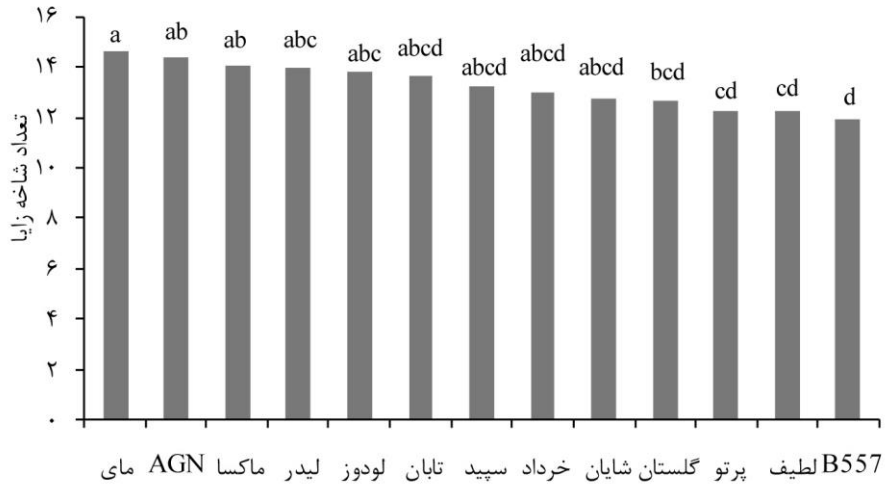
میانگین‌های واقع در یک ستون که حداقل یک حرف مشترک دارند، طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

تعداد شاخه زایا: تعداد شاخه زایا در رقم‌های مورد بررسی کاملا متفاوت بود ($p<0.01$)، همچنین، سطوح آبیاری بر این صفت تاثیر معنی‌دار در سطح یک درصد نشان داد، اما اثرمتقابل این دو تیمار بر تعداد شاخه زایا معنی‌دار نبود. آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشتک با تولید ۱۴/۲ شاخه فرعی به سطح دوم آبیاری (پس از ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک، ۱۲/۱) برتری نشان داد (شکل ۱).



شکل ۱: تاثیر آبیاری بر تعداد شاخه زایشی رقم‌های مختلف پنبه

در بین رقم‌های مورد بررسی، رقم مای با ۱۴/۶۲ و AGN یا آمریکن ژنتیکس با ۱۴/۳۳ عدد شاخه زایا بیشترین تعداد این نوع شاخه را تشکیل دادند. کمترین تعداد شاخه زایا در ژنوتیپ B557 با تیپ رشدی بسته شمارش گردید که به طور میانگین ۱۱/۹۲ شاخه روی هر بوته آن تشکیل شد (شکل ۲). تعداد شاخه زایای بالاتر رقم‌های خارجی نشان دهنده پتانسیل ژنتیکی مناسب آنها برای تولید تعداد زیادی غوزه می‌باشد. برای بهره‌مندی از این پتانسیل ژنتیکی، لازم است مدیریت زراعی مناسب اعمال شود تا اندام‌های زایشی کافی روی این شاخه‌های زایا آغازیده شوند، تشکیل شوند و پس از نمو کامل به غوزه شکفته تبدیل شوند.



شکل ۲: تعداد شاخه زایای رقم‌های مورد بررسی

اجزای عملکرد

تعداد غوزه در بوته: مهم‌ترین جزء عملکرد پنبه، تعداد غوزه در بوته می‌باشد (عالیشاه و نادری عارفی، ۱۴۰۰). تغییرات این صفت مهم در تیمارهای آبیاری و بین رقم‌ها کاملا معنی‌دار بود ($P<0.01$، جدول ۲). بررسی اثرات متقابل دو تیمار بر این صفت (جدول ۳) نشان می‌دهد که در سال اول آزمایش (۱۴۰۰) کمترین تعداد غوزه در بوته در رقم سپید و آبیاری پس از ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر مشاهده گردید (میانگین ۷/۳ غوزه) که با بهبود شرایط آبی تعداد غوزه در بوته این رقم با افزایشی اندک به ۷/۸ عدد در بوته رسید. کاهش تعداد غوزه در بوته با کاهش آبیاری، در رقم‌های خرداد، مای، ماکسا و لیدر شدیدتر است (جدول ۳) و به نظر می‌رسد که رقم‌های خارجی از مقاومت کمتری به شرایط کم‌آبی برخوردار باشند. در شرایط مناسب آبیاری برگ‌های بالایی مواد فتوسنتزی را به اندام‌های رویشی و زایشی پایین‌تر از خود منتقل می‌کنند. تنش آبی باعث تغییر الگوی انتقال مواد از برگ‌های

بالایی شد، اما بر چگونگی انتقال مواد برگ‌های پایین تاثیری نداشت (کریگ، ۲۰۰۰). ذبیحی و همکاران (۱۳۹۲) بیان کردند که تنش آبی حرکت رو به بالای مواد را کاهش و حرکت رو به پایین را افزایش می‌دهد. در نتیجه، در شرایط محدودیت آب، تعداد غوزه به بهای رشد ریشه کاهش خواهد یافت، با این‌حال، سدراس و همکاران (۱۹۹۷) گزارش نمودند که تخصیص ماده خشک به اندام‌های زایشی در شرایط تنش بیش از شرایط بدون تنش بود

رقم گلستان در شرایط آبیاری کامل با دارا بودن میانگین ۱۵/۵ عدد غوزه در هر بوته بیشترین تعداد غوزه را دارا بود که با کاهش آبیاری در تیمار دوم به ۱۳/۸ عدد کاهش یافت. با تامین ۱۰۰ درصد آب مصرفی در کشت تاخیری، بیشترین تعداد غوزه در بوته به دست آمد (خواجه مظفری و همکاران، ۱۳۹۸). نیکزادفر و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی اثر سطوح مختلف آب آبیاری وکود نیتروژن نیز نتایج مشابهی گزارش کردند.

وزن غوزه: رقم پرتو در شرایط آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشت، با دارا بودن میانگین وزن غوزه ۶ گرم از بیشترین وزن غوزه برخوردار است. با کاهش میزان آبیاری در سطح ۱۰۰ درصد تبخیر از تشت، وزن غوزه این رقم به ۵/۱۳ گرم در هر غوزه کاهش یافت. کمترین وزن غوزه در بین تیمارها مربوط به رقم‌های آمریکن ژنتیکس، ماکسا و لودوز به میزان ۴/۴۶ گرم بود که در شرایط آبیاری پس از ۱۰۰ درصد تبخیر از تشت حاصل گردید. با کاربرد بیشتر آب در تیمار آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشت، وزن غوزه این رقم‌ها به ترتیب به ۴/۹۵، ۴/۸ و ۵ گرم افزایش یافت. غوزه‌های حاصل از اولین موقعیت گل‌دهی دارای بیشترین وزن هستند که اولین موقعیت‌های گل‌دهی روی شاخه‌های زایای ۷ تا ۲۰ از اهمیت زیادی برخوردارند (ریچی و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین، مدیریت عوامل تولید از جمله آبیاری می‌تواند در افزایش تعداد غوزه‌های موقعیت اول یا جلوگیری از ریزش آنها موثر باشد و منجر به افزایش وزن غوزه و عملکرد گردد. جدول ۳ نشان می‌دهد که واکنش ارقام در این خصوص متفاوت است. به طور نمونه، در رقم لطیف با افزایش آبیاری، تغییر وزن غوزه نه تنها افزایشی نبود، بلکه از ۵/۱۷ گرم به ۴/۷ گرم کاهش یافت و در مورد ژنوتیپ B557 هم تغییرات بسیار ناچیز بود (جدول ۳). با توجه به کاهش تعداد غوزه در بوته بیشتر ارقام با کاهش آبیاری، برخی ژنوتیپ‌ها از توانایی انتقال بالاتر مواد به اندک غوزه‌های باقی ماند برخوردارند. پیتگرو و همکاران (۲۰۰۴) بیان می‌کنند که برخی از ژنوتیپ‌های دچار تنش کم‌آبی در مقایسه با شاهد، غوزه بیشتری را در موقعیت‌های اول گل‌دهی روی شاخه‌های زایا حفظ می‌کنند و در گره‌های بالاتر از گره ۱۱ غوزه کمتری تولید یا نگه‌داشته می‌شود. این برتری در توانایی حفظ غوزه‌های موقعیت اول شاخه‌های زایای گره‌های ممتاز، می‌تواند سازوکار برتری آنها از نظر وزن غوزه باشد.

عملکرد: رقم‌های گلستان و پرتو با تولید ۶۷۸۶ کیلوگرم وش در هکتار در شرایط آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشت، از بالاترین عملکرد برخوردار بودند (جدول ۳). رقم‌های خرداد، مای و B557 نیز جزء رقم‌های برتر از نظر عملکرد بودند. این رقم‌ها از نظر اجزای عملکرد، به‌ویژه تعداد غوزه در بوته نیز جزء رقم‌های برتر می‌باشند. با کاهش آبیاری عملکرد رقم‌های گلستان و پرتو به ترتیب به ۵۱۸۹ و ۴۹۶۷ کیلوگرم کاهش یافت.

کمترین عملکردهای عمده رقم‌ها در سطح آبیاری پس از ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک حاصل شد که رقم سپید و لودوز ضعیف‌تر بودند (به ترتیب با عملکرد ۲۷۵۴ و ۲۸۷۲ کیلوگرم در هکتار). با کاهش دسترسی ریشه به رطوبت کافی، به ویژه در دوره گل‌دهی، آغازش و نمو اندام‌های زایشی کاهش پیدا می‌کند. پتیگرو (۲۰۰۴) دلیل اصلی این کاهش را کاهش موقعیت‌های گل‌دهی و کاهش تولید الیاف در هر بذر می‌داند. در مرحله رشد و تکامل الیاف پنبه، بین مقدار آب گیاه و تجمع ماده خشک همبستگی قوی وجود دارد که این امر دلالت بر ضرورت جذب سریع آب برای حمایت از رشد بذر دارد. به علاوه تعداد تخمک‌های بارور نشده نیز تحت تاثیر کم آبی افزایش می‌یابد که باعث کاهش بیشتر عملکرد می‌گردد (نادری عارفی و عالیشاه، ۱۳۹۴).

قربانی و قرنجیکی (۱۳۹۲) با بررسی تیمارهای دور و عمق آبیاری در کشت دوم گزارش کردند که از نظر عملکرد، درصد زودرسی، وزن قوزه،کارآیی مصرف آب و درصد کیل اختلاف معنی‌دار وجود نداشت اما با دو برابر شدن دور آبیاری، عملکرد ۱۱ درصد کاهش یافت. همچنین، فغانی و همکاران (۱۴۰۰) با بررسی تاثیر مدیریت آبیاری و روش کشت بر عملکرد پنبه نتیجه گرفتند که دور آبیاری پس از ۱۰۵ میلی‌متر تبخیر از تشت، عملکرد، وزن غوزه و کارایی مصرف آب بیشتری داشت.

کارایی مصرف آب (WUE[1]): کارایی مصرف آب به صورت گرم ماده خشک تولید شده بر کیلوگرم آب مصرف شده تعریف شده است و از این جهت به عملکرد مربوط است که مقدار آب مصرفی برای تولید عملکرد را نشان می‌دهد (گاردنر و همکاران، ۲۰۱۷). کارایی مصرف آب در آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشتک بالاتر بود (جدول ۳). هر چند در شرایط کم‌آبیاری مصرف آب بهره‌ورانه‌تر خواهد بود، اما به علت کاهش قابل توجه عملکرد، کارایی مصرف آب در تیمار تنش ملایم کاهش یافته است.

بیشترین کارایی مصرف آب را رقم‌های گلستان و به میزان ۱/۷ خرداد به میزان ۱/۶ کیلوگرم وش به ازای هر متر مکعب آب مصرفی و در شرایط تبخیر ۳۰ درصد از تشت تبخیر نشان دادند (جدول ۳). این دو رقم از ارقام تیپ باز با توان تولید تعداد بیشتری شاخه زایا و در نتیجه، غوزه در بوته هستند که

1. Water Use Efficiency

این برتری در تشکیل اجزای عملکرد به‌ویژه تعداد غوزه در بوته، منجر به افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب شده است. کمترین کارایی مصرف آب در رقم لودوز و لیدر به میزان ۱۲/۰ و ۳۲/۰ کیلوگرم وش به ازای هر مترمکعب آب مصرفی، در شرایط تبخیر ۱۰۰ درصد از تشت تبخیر مشاهده شد. با دقت در اجزای عملکرد (جدول ۳) می‌توان نتیجه‌گیری کرد که این کارایی پایین ممکن است ناشی از توانایی کمتر این رقم در تولید یا حفظ اندام‌های زایشی باشد که تشکیل دهنده مهم‌ترین بخش عملکرد یعنی تعداد غوزه در بوته است. علاوه بر این، هر دو رقم از رشد رویشی زیادی نسبت به رشد زایشی برخوردار بودند (ارتفاع بوته و تعداد شاخه رویا در قیاس با تعداد شاخه زایا و تعداد غوزه، جدول ۳) که باعث کاهش انتقال مواد به اندام‌های زایا و افت عملکرد و در نتیجه، کارایی مصرف آب گردید.

با این‌حال، قربانی و قرنجیکی (۱۳۹۲) گزارش نمودند که با کاهش آب آبیاری کارآیی مصرف آب افزایش یافت. ایشان با توجه به نتایج حاصل از عملکرد و اجزای عملکرد پنبه و کارآیی مصرف آب، مناسب‌ترین تیمار را آبیاری پس از ۱۰۵ میلی متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر با ۸۰ درصد آب تبخیر شده از تشت گزارش نمودند. خواجه مظفری و همکاران (۱۳۹۸) نیز نتایج مشابهی گرفتند، مناسب‌ترین سطح آبیاری را ۵۰ درصد تبخیر از تشت تبخیر گزارش نمودند.

جدول ۲: تجزیه واریانس پاسخ رقم‌های مختلف پنبه به سطوح معمول و تنش ملایم آبی در آبیاری نواری در سال ۱۴۰۰

		میانگین مربعات							
منبع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	شاخه رویا	شاخه زایا	غوزه در بوته	وزن غوزه	عملکرد	کیل	WUE
بلوک	۲	۸۸/۵۶ **	۰/۴۲ns	۲/۰۱ns	۳/۴۲ns	۰/۰۰۹۸ns	۵۸۷۷۵۹ ns	۰/۰۰۱۱**	۰/۰۳۲ns
آبیاری	۱	۷۷۱۲/۲۵**	۱۴/۹**	۴۷/۱**	۸۱/۸**	۰/۰۱۳ns	۱۵۸۷۹۷۱۶**	۰/۰۰۰۰۱۳ns	۹/۰۶۴**
اشتباه اول	۲	۵۵/۳	۰/۱۱	۱/۰۰۸	۳/۱۲	۰/۰۵	۳۰۴۷۸۳	۰/۰۰۰۴	۰/۰۲۱
رقم	۱۲	۱۵۶۱/۷ **	۰/۸۷ ns	۵/۶ **	۵۴/۵ **	۰/۴۸ **	۹۶۶۰۵۶۴ **	۰/۰۰۱۷ **	۰/۳۵ **
رقم × آبیاری	۱۲	۵۹۷/۰۵ **	۰/۵ *	۱/۳۹ ns	۱۸/۰۸ **	۰/۱۵ **	۲۳۷۳۵۲۶ **	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۶۲ **
اشتباه دوم	۲۴	۴/۵۴	۰/۲۲	۰/۸۶۵	۰/۹	۰/۰۱۸	۱۷۱۸۴۹	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۷۹
CV		۱/۹۷	۱۶/۲	۶/۲۱	۸/۰۷	۲/۶۵	۸/۵۸	۱/۹	۸/۸

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ۱ درصد و غیرمعنی‌دار

سال دوم (سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰): نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در سال دوم آزمایش حاکی از اثر معنی‌دار ($P<0.01$) آبیاری بر کلیه صفات مورد بررسی غیر از وزن غوزه و کیل الیاف می‌باشد. رقم‌های مورد بررسی از نظر کلیه صفات به غیر از میانگین تعداد شاخه رویا در هر بوته تفاوت معنی‌دار نشان دادند. برهم‌کنش آبیاری و رقم در مورد صفات تعداد شاخه زایا و کیل معنی‌دار نشد. این برهم‌کنش بر تعداد شاخه رویا در سطح احتمال ۵ درصد و بر سایر صفات در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

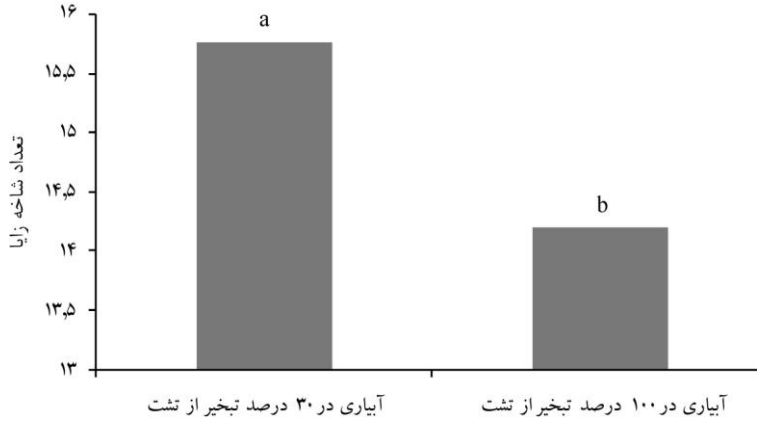
ویژگی‌های رویشی

ارتفاع بوته: برهم‌کنش تیمارهای آبیاری و رقم بر ارتفاع بوته در جدول ۵ نشان می‌دهد که رقم لیدر در تیمار آبیاری تبخیر ۳۰ درصد از تشتک، بیشترین ارتفاع بوته را دارد (۱۶۴ سانتی‌متر) و پس از آن رقم لودوز در همین تیمار آبیاری قرار دارد (ارتفاع بوته ۱۵۵/۴ سانتی‌متر). ارتفاع این دو رقم در شرایط تبخیر ۱۰۰ درصد به ترتیب تا ۱۲۳ و ۸۹ سانتی‌متر کاهش یافت. رقم‌های شایان و گلستان در شرایط آبیاری پس از ۱۰۰ درصد تبخیر از تشت تبخیر، با ۸۵ سانتی‌متر، کمترین ارتفاع بوته را داشتند. با افزایش دفعات آبیاری در تیمار ۳۰ درصد تبخیر از تشتک، ارتفاع بوته این دو رقم به ترتیب به ۹۷/۲ و ۹۰/۲ سانتی‌متر افزایش یافت. آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشت تبخیر منجر به افزایش ارتفاع بوته بیشتر رقم‌ها گردید که افزایش ارتفاع رقم‌های خارجی بیشتر بود. به طور کلی، در شرایط منطقه، آبیاری زیاد منجر به رشد رویشی بی‌رویه رقم‌های خارجی گردید، اما پاسخ رقم‌های داخلی شدید نبود. ارتفاع بوته شاخصی از رشد مطلوب و عملکرد بوته پنبه می‌باشد (Jiang and Paterson, 2016). ارتفاع مناسب بوته از پیش‌نیازهای رسیدن به عملکرد بالاست (Zhi *et al.*, 2022). این صفت ارتباط مستقیم با دریافت نور توسط سایه‌انداز گیاهی دارد (Sun *et al.*, 2022) و در نتیجه توان فتوسنتزی و عملکرد را تحت تاثیر قرار می‌دهد. ارتفاع بوته تحت تاثیر عوامل مختلف مدیریتی به‌ویژه آبیاری قرار دارد. برهم‌کنش رقم × آبیاری بر صفات رویشی از جمله ارتفاع بوته معنی‌دار گزارش شده است (Munir *et al.*, 2022). ارتفاع بوته ارتباط مسقیم با پتانسیل رطوبتی خاک دارد، به طوری که در دور آبیاری کوتاه (فشار رطوبت خاک ۱۰- کیلوپاسکال) ارتفاع بوته ۴۷ درصد بیش از دور آبیاری زیاد (فشار رطوبت خاک ۴۰- کیلوپاسکال) بود (Xiao et al., 2023). کاهش ارتفاع بوته در اثر تنش ملایم آبی (جدول ۳) در پژوهش‌های مشابه گزارش شده است (Chalise et al., 2022).

تعداد شاخه رویا: در تیمار تبخیر ۳۰ درصد از تشت تبخیر، رقم‌های لودوز و لطیف با ۳/۸ عدد شاخه رویا در هر بوته از ساختار رویشی گسترده‌تری برخوردار بودند که با کاهش آبیاری تعداد شاخه رویای این رقم‌ها به ترتیب به ۱/۸ و ۲/۷ شاخه در بوته کاهش یافت. در تیمار آبیاری دوم، کاهش تعداد شاخه

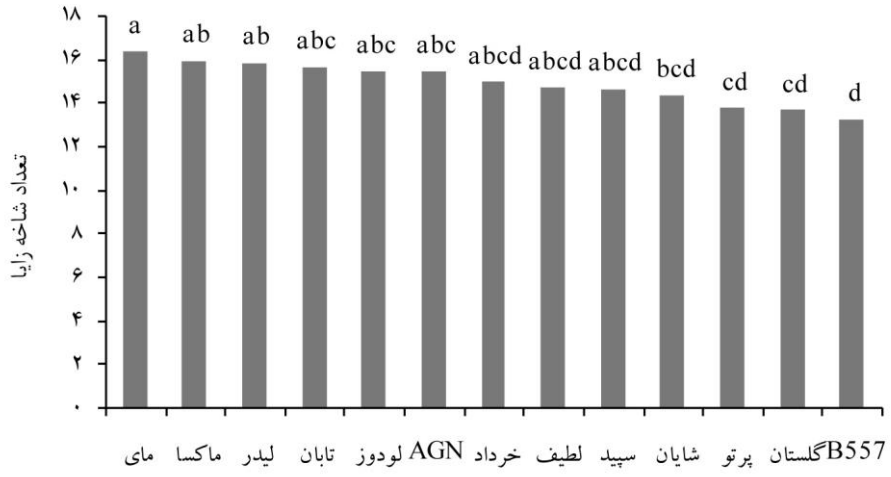
رویای رقم لودوز به حدی بود که همراه با ژنوتیپ B557 کمترین تعداد شاخه رویا در بوته را داشتند. ژنوتیپ تیپ بسته B557 با ۱/۹ شاخه در بوته در تیمار اول آبیاری و با کاهش ناچیز این صفت، از ثبات بالاتری برخوردار بود. با کاهش ارتفاع بوته تعداد گره‌های آغازش یافته و گره‌هایی که نمو خود را کامل می‌کنند، کاهش می‌یابد که حاصل آن کاهش تعداد شاخه فرعی می‌باشد (Sun *et al*., 2022).

تعداد شاخه زایا: تعداد شاخه زایا در دو سطح مختلف آبیاری کاملا با هم تفاوت داشت (اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد) که از آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشت (۶۴۹۵ متر مکعب در هکتار) به سطح دوم یعنی آبیاری پس از ۱۰۰ درصد تبخیر از تشت (۳۸۹۷ مترمکعب در هکتار) برتری نشان داد (شکل ۴).



شکل ۴: تغییرات تعداد شاخه زایا در بوته در دو سطح متفاوت آبیاری

در بین رقم‌های مورد بررسی، رقم مای به طور میانگین با تولید ۱۶/۴ شاخه زایا در بوته نسبت به سایر رقم‌ها برتری نشان داد. کمترین تعداد شاخه زایا متعلق به ژنوتیپ B557 با ۱۳/۳ عدد از این نوع شاخه در هر بوته بود (شکل ۵). این دو رقم، به ترتیب در سال اول نیز بیشترین و کمترین تعداد شاخه زایا را تولید کردند که بیان‌گر ثبات نسبی این صفت در آنها و نیز پتانسیل مناسب رقم مای برای تولید موقعیت‌های بیشتر تولید میوه روی شاخه‌های زایا می‌باشد. برای بروز این صفت لازم است عملیات مدیریتی مناسب و سازگار با این رقم بررسی و عملیاتی شود.



شکل ۵: تعداد شاخه زایای رقم‌های مورد بررسی پنبه

تعداد غوزه در بوته: رقم گلستان در هر دو تیمار آبیاری نسبت به سایر رقم‌ها برتری نشان داد. این رقم در شرایط تبخیر ۳۰ و ۱۰۰ درصد از تشت تبخیر به‌ترتیب دارای ۱۷ و ۱۶/۵ غوزه در هر بوته بود. پس از آن رقم خرداد با ۱۶/۳ غوزه در هر بوته در شرایط آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر قرار داشت. با کاهش آبیاری تعداد غوزه رقم خرداد برخلاف رقم گلستان، کاهش بیشتری نشان داد و به طور میانگین به ۱۴/۸ عدد در هر بوته رسید (جدول ۵).

کمترین تعداد غوزه در بوته در رقم‌های لیدر و لودوز در تیمار آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشتک به ترتیب ۴/۶۷ و ۱/۷ بود که کاهش چشم‌گیری هم نسبت به تیمار آبیاری پس از ۱۰۰ درصد تبخیر و هم نسبت به سایر رقم‌ها نشان می‌دهد (جدول ۵). در سال دوم آزمایش شرایط آب و هوایی و خاک زراعی احتمالا به علت تاخیر در کشت و گرم‌تر شدن هوا به گونه‌ای بود که تلفات تبخیری کاهش و عمده آب طی فرایند تعرق آزاد شد. این موضوع منجر به تحریک رشد رویشی و غلبه شدید آن بر رشد زایشی در تعدادی از رقم‌ها مانند لودوز، لیدر، خرداد، آمریکن ژنتیکس و مای گردید (جدول ۵). این تغییر فاز در رقم‌های لیدر و به‌ویژه لودوز به گونه‌ای بود که در رقم اخیر عملا عملکرد ناچیزی تولید شد. رشد بی‌رویه برخی ارقام پنبه در صورت آبیاری زیاد، در آزمایش اخیر نگارنده (نادری عارفی، ۱۴۰۱) نیز مشاهده گردیده بود که علت آن می‌تواند، فراهمی آب و شرایط دمایی بالای منطقه باشد که اولی منجر به افزایش تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها می‌گردد (راسل و همکاران، ۱۳۹۸) و عامل دوم در کاهش آغازش جوانه‌های گل، کاهش نمو این جوانه‌ها و سقط جوانه‌های نمو یافته، موثر است (استرهویز و همکاران، ۱۳۹۶).

میانگین وزن غوزه: بیشترین وزن غوزه در تیمار آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشتک در رقم پرتو به طور میانگین ۵/۹ گرم اندازه‌گیری شد (جدول ۵). وزن غوزه این رقم در تیمار آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشت به ۵/۵۶ گرم کاهش یافت. علت کاهش وزن غوزه در شرایط مطلوب آبیاری می‌تواند ناشی از حذف تعداد زیادی از مخازن زایشی و توزیع آسیمیلات بیشتر به غوزه‌های باقی مانده باشد که در نتایج سال اول به آن پرداخته شد. کمترین وزن غوزه متعلق به رقم سپید و پس از آن B557 بود که در تیمار آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشت، وزن غوزه آنها به ترتیب ۴/۴۷ و ۴/۸ گرم بود. با توجه به تعداد بالای غوزه در بوته ژنوتیپ B557 در تیمار مطلوب آبیاری، و انتقال مواد فتوسنتزی به تعداد بیشتری از غوزه‌ها، کاهش وزن تک‌غوزه دور از انتظار نیست. وزن غوزه حاصل فعالیت‌های سیستم غوزه برگ (شامل برگ تغذیه کننده، برگ ساقه اصلی و اندام‌های غیربرگی) است که بین این سیستم و وزن تک غوزه نزدیک آن همبستگی خطی مستقیم وجود دارد (Zhang et al., 2023). بنابراین، فتوسنتز این سیستم نقش مهمی در افزایش وزن غوزه و عملکرد در شرایط گوناگون دارد. از آنجایی که در رقم سپید سطح برگ کاهش یافته است (حالت اکرا برگی) و در ژنوتیپ B557 نیز به علت کاهش تعداد برگ ناشی از طول کوتاه شاخه زایا و رویا، احتمال کاهش توان فتوسنتزی و تولید آسیمیلات‌ها وجود دارد، کم بودن وزن غوزه می‌تواند ناشی از این عوامل باشد.

عملکرد: بیشترین عملکرد به میزان ۶۹۴۶ کیلوگرم در هکتار از رقم گلستان با آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر حاصل شد. عملکرد این رقم در تیمار آبیاری پس از ۱۰۰ درصد تبخیر نیز به سایر رقم‌ها برتری نشان داد (۶۷۸۶ کیلوگرم در هکتار). رقم گلستان رشد رویشی و زایشی متعادلی دارد و در شرایط آبیاری زیاد، رشد رویشی بی‌رویه کمتری نشان می‌دهد (جدول ۵). کمترین عملکرد در شرایط تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتاز رقم لودوز حاصل گردید (۷۵۷ کیلوگرم در هکتار) که نسبت به عملکرد آن در تیمار ۳۰ درصد تبخیر (۳۸۷۲ کیلوگرم)، کاهش چشم‌گیری نشان می‌دهد. با افزایش نوبت‌های آبیاری رشد رویشی این رقم به شدت افزایش یافت و تعادل بین رشد رویشی و زایشی از بین رفت. این بی‌تعادلی منجر به افزایش ارتفاع بوته گردید که به طور میانگین بیش از ۱۶۰ سانتی‌متر ثبت شد (جدول ۵)، اما تعداد زیادی از بوته‌ها دارای ارتفاع بیش از ۱۸۰ سانتی‌متر و بالاتر از میانگین بودند که در دیررسی این رقم نیز موثر بودند. کاهش عملکرد رقم لیدر نیز قابل توجه بود و از حدود ۴۹۰۰ کیلوگرم در تیمار ۱۰۰ درصد تبخیر ۹ نوبت آبیاری به ۲۰۹۰ کیلوگرم در هکتار در ۱۵ نوبت آبیاری رسید. علت کاهش عملکرد این رقم در تیمار آبیاری بیشتر، همانند لودوز رشد بی‌رویه بود، به‌طوری که تعداد غوزه در بوته به شدت کاهش یافت (۵/۶ غوزهدر بوته) و ارتفاع بوته آن تا ۱۶۴ سانتی‌متر افزایش نشان داد. این دو رقم تعداد شاخه رویشی بیشتری داشتند (جدول ۵) و به‌طورکلی رشد رویشی آنها در تیمار دوم بالاتر بود.

جدول ۵: اثرات متقابل رقم و آبیاری بر صفات مورد بررسی درسال دوم (۱۴۰۱)

آبیاری	رقم	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	تعداد شاخه رویا	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه (گرم)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کارایی‌مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
آبیاری (پس از ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک)	لیدر	۱۲۳ e	۳/۳۳ g	۱۲ n	۵/۱۷ j	۴۹۷۰ m	۰/۷۷ klm
	تابان	۱۱۵/۴ g	۲/۷ j	۱۲/۵ l	۵/۱۵ k	۵۱۵۲ l	۰/۷۹ klm
	مای	۱۱۰ i	۲/۱۷ m	۱۴/۱۷ g	۵/۲۷ g	۵۹۶۸ f	۰/۹۲efgi
	پرتو	۱۰۸ k	۲/۱۷ m	۱۰/۴ r	۵/۹ a	۴۹۶۷ o	۰/۷۶ klm
	لطیف	۱۰۶/۵ l	۲/۷ j	۱۳/۱۷ k	۴/۷ s	۴۹۵۵ p	۰/۷۶ klm
	AGN*	۹۳/۴ q	۲/۷ j	۱۳/۸ h	۴/۹۵ o	۵۴۸۷ i	۱/۲۲ ab
	سپید	۹۲ r	۲/۷ j	۷/۸ t	۴/۸۵ q	۳۰۳۷x	۰/۴۷ o
	B557	۹۰ u	۱/۸ p	۱۴/۷ f	۵/۱۹ i	۶۲۲۳ e	۰/۹۶ fghi
	خرداد	۹۱ s	۳/۳۳ g	۱۴/۸ c	۵/۳۲ f	۶۳۱۶ d	۰/۹۷ efgh
	ماکسا	۸۸/۸ w	۲ n	۱۳/۶۷ i	۴/۸۸ p	۵۳۳۷ j	۰/۸۲ jklm
	شایان	۸۵/۳ x	۲/۳۳ l	۱۳/۶ j	۵/۱۷ j	۵۶۲۰ h	۰/۸۷ ghij
	لودوز	۸۹ v	۱/۸ p	۹/۶۷ s	۵ n	۳۸۷۲ t	۰/۶ no
	گلستان	۸۵/۱ y	۲/۱۷ m	۱۶/۵ b	۵ n	۶۷۸۶ b	۱/۰۴ def
آبیاری (پس از درصد ۳۰ تبخیر از تشتک)	لیدر	۱۶۴ a	۳/۴ e	۴/۶۷ v	۵/۶ b	۲۰۹۰y	۰/۹ ghij
	تابان	۱۱۶/۵ f	۳/۲۳ h	۱۲/۳ m	۵/۳۷ e	۵۲۹۴ k	۱/۱۵ bc
	مای	۱۳۶/۳ d	۳/۵ d	۱۲/۳ m	۵ n	۴۹۳۶ q	۱/۲۱ ab
	پرتو	۱۱۵ h	۳/۳۶ f	۱۱/۵ p	۵/۵۶ c	۵۱۱۸ m	۰/۹۹ defg
	لطیف	۱۱۵ h	۳/۸ b	۹/۶۷ s	۴/۶۷ t	۳۶۰۵ v	۱/۱۱ cd
	AGN*	۱۴۰/۸ c	۲/۵۷ k	۷/۳۳ u	۵/۲ h	۳۰۴۵ w	۱/۲۲ ab
	سپید	۱۰۹/۳ j	۳/۳۳ g	۱۰/۷ q	۴/۴۷ u	۳۸۱۰ u	۰/۷۱ mn
	B557	۹۵ p	۱/۹۶ o	۱۲/۸ h	۴/۸ r	۵۶۶۹ g	۰/۸۳ jklm
	لودوز	۱۵۵/۴ b	۳/۸۳ a	۱/۷ w	۵/۴۷ d	۷۵۷ z	۰/۷۴ lm
	ماکسا	۱۰۲/۷ m	۳/۳۶ f	۱۰/۷ q	۵/۱۷ j	۴۴۲۶ s	۱/۰۴ def
	شایان	۹۷/۲ o	۳/۵۳ c	۱۱/۷ o	۵ n	۴۶۷۲ r	۱/۱۷ bc
	گلستان	۹۰/۲ t	۳ i	۱۶/۹ a	۵/۱۴ g	۶۹۴۶ a	۱/۳۳ a
	خرداد	۱۰۱/۸ n	۳/۳۳ g	۱۶/۳ c	۵/۱۳ m	۶۵۸۱ c	۱/۰۶ cde

میانگین‌های واقع در یک ستون که حداقل یک حرف مشترک دارند، طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

گزارش شده است که تعداد غوزه در بوته، مهم‌ترین جزء عملکرد می‌باشد (عالیشاه، و نادری عارفی، ۱۴۰۰). با توجه به نتایج حاصل از بررسی اثرات متقابل (جدول ۵) برتری عملکرد رقم گلستان ناشی از بالا بودن مهم‌ترین جزء عملکرد یعنی تعداد غوزه در بوته در این رقم بود که در دو تیمار آبیاری پس از

۳۰ و ۱۰۰ درصد تبخیر از تشت به ترتیب دارای ۱۷ و ۱۶/۵ غوزه در هر بوته بود. به علت رشد رویشی و زایشی متعادل این رقم، توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های زایشی و رویشی متعادل‌تر از سایر رقم بوده است که حاصل آن افزایش تعداد غوزه در بوته بود. در ارقامی مانند لیدر، لودوز، سپید، شایان، لطیف و مای، در شرایطی که آبیاری بیشتری انجام شد (پس از ۳۰ درصد تبخیر) رشد رویشی به شدت افزایش یافت (جدول ۵) که ممکن است منجر به محدودیت در ارسال مواد فتوسنتزی به مخازن زایشی شده باشد. حاصل این تغییر مسیر احتمالی کاهش تعداد غوزه در بوته در رقم‌های لیدر و لودوز در تیمار آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشتک به ترتیب ۴/۶۷ و ۱/۷ بود که کاهش چشم‌گیری هم نسبت به تیمار آبیاری پس از ۱۰۰ درصد تبخیر و هم نسبت به سایر رقم‌ها نشان می‌دهند (جدول ۵).

کارایی مصرف آب (WUE): کارایی مصرف آب اکثر رقم‌ها در تیمار (۳۰ درصد تبخیر از تشت بیش از تیمار ۱۰۰ درصد تبخیر از تشت) بود. در شرایط محدودیت آبی، مکانیسم‌های سازگار کننده گیاه باعث می‌شوند تا تعادل مطلوبی بین رشد رویشی و زایشی ایجاد شود. در نتیجه، پتانسیل ژنتیکی رقم‌ها برای تولید و هدایت مواد فتوسنتزی متعادل به مخازن رشد رویشی و زایشی بروز یافت که حاصل آن بهره‌وری بیشتر از هر واحد آب مصرفی افزایش می‌یابد (راسل و همکاران، ۱۳۹۸). بنابراین، انتظار این است که گیاه در شرایط کمبود منابع از آنها به طور کارآمدتر استفاده کند. با این‌حال در شرایط آزمایش به علت کاهش چشم‌گیر عملکرد، این سازوکارهای فیزیولوژیکی توان جبران کاهش مخرج کسر فرمول کارایی را نداشتند و کارایی مصرف آب کاش یافت. بیشترین کارایی مصرف آب در رقم‌های گلستان (۸۸)، خرداد (۸۲) و B557 (۸۱) کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی در تیمار ۱۰۰ درصد تبخیر از تشت تبخیرنوبت اندازه‌گیری شد. کارایی مصرف آب این رقم با افزایش دفعات آبیاری به ۱۵ نوبت، دچار کاهش شد و به ترتیب به ۶۸، ۶۴ و ۵۵ کیلوگرم بر مترمکعب رسید. تشدید رشد رویشی رقم‌ها در این کاهش موثر بود.

مقایسات گروهی: مقایسات ارتوگونال یا گروهی برای سنجش تفاوت معنی‌دار گروه‌های مختلف رقم‌ها انجام شد که نتایج آن در جدول ۶ ارائه شده است. مقایسه رقم‌های پرتو، تابان، گلستان و خرداد با رقم‌های خارجی حاکی از عدم تفاوت معنی‌دار آنهاست. مقایسه دوم بین پرتو، شایان، B557، خرداد، گلستان با رقم‌های خارجی نیز معنی‌دار نمی‌باشد. علت معنی‌دار نبودن اختلاف این رقم‌ها، نمود مناسب‌تر صفات رویشی و عملکرد رقم‌های مای AGN و تا حدی ماکسا بود. بنابراین، با حذف رقم‌های مای، ماکسا و AGN، رقم‌های لودوز و لیدر با رقم‌های تجاری خرداد، گلستان و ساجدی (B557) مقایسه شدند که نتایج حاکی از اختلاف معنی‌دار این دو گروه بود. با توجه به برتری رقم‌های داخلی در مقایسات میانگین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در خصوص گسترش سطح زیرکشت دو رقم لیدر و لودوز پژوهش بیشتری لازم است.

جدول ۶: مقایسات گروهی (ارتوگونال) رقم‌های مورد بررسی

مقایسه	df	ms	pr>f
تابان، پرتو، گلستان، خرداد با رقم‌های خارجی	۱	۰/۰۰۳۷	۰/۱۱۵ ns
پرتو، شایان، B557، خرداد، گلستان با رقم‌های خارجی	۱	۰/۰۰۴	۰/۱ ns
B557، خرداد، گلستان با لیدر و لودوز	۱	۰/۰۱۵	۰/۰۰۲۹ **

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ۱ درصد و غیرمعنی‌دار

نتیجه‌گیری کلی

دو تیمار آبیاری نواری پس از ۳۰ و ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک (به‌ترتیب با ۶۴۹۵ و ۳۸۹۷ متر مکعب در هکتار) از نظر کلیه صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌دار نشان دادند. در تیمار ۳۰ درصد تبخیر کمترین عملکرد در سال اول از دو رقم سپید و لودوز حاصل شد (به ترتیب ۲۷۵۴ و ۲۸۷۲ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. سال دوم آزمایش رقم گلستان با عملکرد ۶۹۴۶ کیلوگرم در هکتار در آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشت برتری نشان داد و در شرایط تبخیر ۱۰۰ درصد از تشت (کم‌آبیاری) هم این رقم بالاترین عملکرد را دارا بود (۳۸۷۲ کیلوگرم در هکتار). کمترین عملکرد در این سال از رقم لودوز در شرایط آبیاری پس از ۳۰ درصد تبخیر از تشت به دست آمد (۷۵۷ کیلوگرم در هکتار) که دلیل اصلی این کاهش عملکرد، از بین رفتن تعادل بین رشد رویشی و زایشی بود. از نظر کارایی مصرف آب رقم گلستان با بیش از ۱/۳ کیلوگرم وش به ازای هر متر مکعب آب مصرفی در هر دو سال آزمایش برتری نشان داد و ارقام سپید و لودوز از نظر این صفت ضعیف‌تر بودند. رقم لودوز با کمترین کارایی مصرف آب (۰/۱۲ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب آب مصرفی) نمود بسیار ضعیفی داشت و برای شرایط مدیریتی مشابه توصیه نمی‌شود. به طور کلی، در دو سال انجام آزمایش، رقم‌های گلستان، تابان، خرداد و مای وشایان از نظر عمده صفات مطلوب، ارقام برتر بودند و قابل توصیه برای شرایط مشابه هستند. در خصوص رقم‌های لودوز و لیدر اقدامات جدی مدیریتی مانند کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد، جلوگیری از ریزش اندام‌های زایشی و شناسایی شرایط آب و هوایی سازگار با فیزیولوژی و مرفولوژی آنها شایسته توجه جدی است.

منابع

۱. توکلی ع.، حکم آبادی ح.، نادری عارفی ع.، حجی ع. (۱۴۰۰). بررسی مزیت نسبی محصولات کشاورزی استان سمنان با محوریت بهره‌وری آب. علوم آب و خاک، ۲۵ (۴) :۶۳-۸۱.

۲. جعفرآقایی، م. و ا. هـ جلالی. (۱۳۹۱). اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب سه رقم پنبه. نشریه تولید فرآوری محصولات زراعی و باغی. دوره۲، شماره ۵. صفحات ۹۷ تا ۱۰۷.

۳. خواجه دنگلانی، س.، عجم نوروزی، ح.، قربانی نصرآباد، ق. و داداشی، م. ر. (۱۳۹۷). تاثیر آبیاری و سیستم کشت بر پارامترهای مورفولوژیکی و عملکرد دو رقم پنبه. پژوهش های پنبه ایران, ۶(۲)، ۴۳-۵۴.

۴. ذبیحی ح.ر.، رمضانی مقدم م.ر. و نوری حسینی س.م. (۱۳۹۲) تاثیر مقادیر مختلف نیتروژن و آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه. مجله پژوهش‌های پنبه ایران، ۱ (۲): ۵۵-۴۳.

۵. سهرابی مشک آبادی، ب. ۱۳۹۶ب. بهره¬وری آب پنبه کشور. نشریه فنی موسسه تحقیقات پنبه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۱۳۰ صفحه.

۶. عالیشاه، ع. و نادری عارفی، ع. (۱۴۰۰). ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و سازگاری ژنوتیپ های امیدبخش پنبه در کشت دوم.پژوهش و سازندگی (زراعت)، ۱۳۰: ۱۲۶-۱۰۸.

۷. فغانی، م.، قربانی، خ.، قربانی نصر آباد، ق. و حسام، م. (۱۴۰۰). اثر مدیریت آبیاری و روش‌های کشت مستقیم و نشایی بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه. *پژوهش آب ایران*، ۱۵(۲)، ۳۱-۴۰.

۸. فغانی، م.، قربانی، خ.، قربانی نصرآباد، ق وحسام، م. (۱۴۰۰) شبیه سازی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد پنبه و کارایی مصرف آب با استفاده از مدل .SSM – Crop. *مجله پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۲۸(۲): ۳۶-۵۲.

۹. قربانی نصرآباد، قرنجیکی، ع.، (۱۳۹۲). تعیین دور و عمق مناسب آب آبیاری در کشت دوم پنبه. پژوهش های پنبه ایران, ۱(۱)، ۵۳-۶۲.

۱۰. قربانی نصرآباد، ق.، مختاران، ع.، روشنی، ق. و زنگی، م. ر. (۱۴۰۱). تاثیر تاریخ کشت و آبیاری با زهاب نیشکر خوزستان بر خواص کمی و کیفی ارقام پنبه. *پژوهش آب ایران*، (۱) ۱۶: ۴۸-۳۹.

۱۱. نخجوانی مقدم م. م.، حقایقی¬مقدم س. ا.، جلینی م.، برهان س. م.، اسلامی ا.، خسروی ح.، اخوان ک. و ... (۱۳۹۹). تعیین آب مصرفی پنبه در کشور، گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، شماره فروست ۵۷۵۲۹. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج ایران، ۷۳ صفحه.

۱۲. نادری عارفی، ع. و حمیدی آ. (۱۳۹۳) عملکرد وش و برخی صفات مرتبط در ارقام مختلف پنبه (*Gossypium hirsutum*) در شرایط گرمسار. مجله به‌زراعی بذر و نهال. ۲(۳۰)۴: ۴۲۰-۴۰۱.

۱۳. نادری عارفی ع. (۱۳۹۹) استفاده از تنظیم کننده‌های رشد (هورمون پیکس) در زراعت پنبه. دستورالعمل فنی شماره ۵۸۳۳۸، موسسه تحقیقات پنبه کشور.

۱۴. نادری عارفی علی، مومن علی، مهاجرعباسی الف، حسینی مهدی، و کاظمی محمدرضا، (۱۴۰۱)، مقایسه اثر کشت در ردیف‌های بسیار باریک در دو تاریخ مختلف بر عملکرد رقم‌های مختلف پنبه. گزارش نهایی به شماره ۶۱۳۳۳ مورخ ۱۴۰۱/۱/۷، موسسه تحقیقات پنبه کشور.

۱۵. نادری عارفی، ع.، احمدی، ع.، سبکدست، م.، توکلی، ع. ر. و وفایی تبار، م. الف-. (۱۳۹۵). بررسی تأثیر تنش کمبود آب بر ویژگی‌های رویشی و عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف پنبه. علوم گیاهان زراعی ایران, ۴۷(۱): ۴۱-۵۲.

۱۶. نادری عارفی، ع. و عالیشاه، ع. (۱۳۹۶) فیزیولوژی تنش در زراعت پنبه، انتشارات نوروزی گرگان. ۲۶۰ صفحه.

۱۷. نیکزادفر، م.، فتحی، د.، سهرابی مشک آبادی، ب. و گزانچیان، علی. (۱۳۹۰). بررسی سطوح مختلف آب آبیاری و کود نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی پنبه، اولین کنفرانس ملی هواشناسی و مدیریت آب کشاورزی،کرج.

18. Ayars, J. E., Hutmacher, R. B., Schoneman, R.A., and Dettinger, D.R. (1991). Influence of cotton canopy on sprinkler irrigation uniformity. Transactions of the ASAE, 34(3), 890-0896.
19. Bwambale, E., Abagale, F.K., and Anornu, G.K. (2022). Smart irrigation monitoring and control strategies for improving water use efficiency in precision agriculture: A review. *Agricultural Water Management*, *260*, 107324
20. Chalise, D. P., Snider, J. L., Hand, L C., Roberts, P., Vellidis, G., Ermanis, A., ... & Lee, J.M. (2022). Cultivar, irrigation management, and mepiquat chloride strategy: Effects on cotton growth, maturity, yield, and fiber quality. Field Crops Research, 286, 108633.
21. Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H.H., & Gautam, R. (2006). The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological economics*, *60*(1), 186-203.
22. Fan, Y., Wang, C., & Nan, Z. (2018). Determining water use efficiency of wheat and cotton: A meta-regression analysis. *Agricultural Water Management*, *199*, 48-60.
23. Gardner, F.P., Pearce, R.B., & Mitchell, R.L. (2017). *Physiology of crop plants*. Scientific publishers.
24. Han, S., Xin, P., Li, H., & Yang, Y. (2022). Evolution of agricultural development and land-water-food nexus in Central Asia. *Agricultural Water Management*, *273*, 107874.
25. Jiang, Y., Li, C., & Paterson, A.H. (2016). High throughput phenotyping of cotton plant height using depth images under field conditions. Computers and Electronics in Agriculture, 130, 57-68.
26. Krieg, D.R. 2000. Cotton water relations. pp. 7-15. *In:* D.M.Oosterhuis (ed.). Summaries of Cotton Research in 2000. Univ. Arkansas Agric. Exp. Sta., Special Report 198.
27. Mushtaq Ali, Liaqat Ali, Masood Qadir Waqar and Muhammad Anjum Ali, 2012, Differential effect of planting dates on growth and yield of promising

cotton varieties under arid sub-tropical climatic conditions. Int. J. Agric. Appl. Sci. Vol. 4, No.2: 91-98.
28. OECD/FAO (2022), "OECD-FAO Agricultural Outlook" OECD Agriculture statistics (database), http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en
29. Pettigrew, W. T. (2004). Moisture deficit effects on cotton lint yield, yield components, and boll distribution. *Agronomy Journal*, *96*(2), 377-383.
30. Ritchie, G. L., Bednarz, C. W., Jost, P. H., & Brown, S. M. (2007). Cotton growth and development.
31. Ruth K, Pedro A, Guangyao W., (2013). Plant architecture influences growth and yield response of upland cotton to population density, *Field Crops Research, Volume 145*, 52-59.
32. Sapkota, B. R., Adams, C. B., Kelly, B., Rajan, N., & Ale, S. (2023). Plant population density in cotton: Addressing knowledge gaps in stand uniformity and lint quality under dryland and irrigated conditions. *Field Crops Research*, *290*, 108762.
33. Stewart J. M., Derrick M.O., & James J. H. (2010).*Physiology of Cotton*. London: Springer Dordrecht Heidelberg. Springer Science Business Media B.V. available at *www.springer.com*
34. Sui Ruixiu, Daniel. K. Fisher and Krishna N. Reddy. (2013). Cotton Yield Assessment Using Plant Height Mapping System. Journal of Agricultural Science;. 5 (1): 23-31.
35. Sun, K., Niu, J., Wang, C., Fu, Q., Yang, G., Liang, F., & Wang, Y. (2022). Effects of different irrigation modes on the growth, physiology, farmland microclimate characteristics, and yield of cotton in an oasis. Water, 14(10), 1579.
36. Zhi, J., Qiu, T., Bai, X., Xia, M., Chen, Z., & Zhou, J. (2022). Effects of nitrogen conservation measures on the nitrogen uptake by cotton plants and nitrogen residual in soil profile in extremely arid areas of Xinjiang, China. Processes, 10(2), 353.
37. Xiao, C., Ji, Q., Zhang, F., Li, Y., Fan, J., Hou, X., ... & Gong, K. (2023). Effects of various soil water potential thresholds for drip irrigation on soil salinity, seed cotton yield and water productivity of cotton in northwest China. Agricultural Water Management, 279, 108172.
38. Zhang, Q., Luo, D., Sun, Y., Li, P., Xiang, D., Zhang, Y., ... & Zhang, W. (2023). Cotton harvest aids promote the translocation of bur-stored photoassimilates to enhance single boll weight. Industrial Crops and Products, 195, 116375.

Iranian Journal of Cotton Researches
Vol. 10, No. 1, 2022
www.jcri.ir

Yield comparison of commercial cotton cultivars under tow drip irrigation levels

Ali Naderi Arefi [1*], Ghorban Ghorbani Nasrabad[2]
[1]Assistant Professor of cotton and fiber crops research Department, Tehran province Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Varamin, Iran.
[2]Assistant Professor of Cotton Research Institute of Iran (CRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran.

Abstract[1]

Background and Objectives: Crops with high WUE and appropriate irrigation methods are critical for irrigation water management. Because of the indeterminate growth habit of the crop, this issue is particularly important in cotton production. Under high irrigation conditions, the balance between vegetative and reproductive growth may be upset. There are many reports showing the superiority of belt irrigation methods over conventional methods such as furrow irrigation. Considering the limited water resources in Iran, this experiment was conducted to study the response of cotton cultivars to irrigation rates and methods.

Materials and Methods: In this experiment, foreign and domestic commercial cotton varieties were compared in terms of yield and water use efficiency (WUE), in the form of split blocks on CRBD with 3 replications in 2022-2023 cropping seasons. Irrigation after 30% and 100% water evaporation from the pan in the main blocks. 13 cotton varieties were established in sub-blocks (plots) as sub-factors. Cultivars included of Golestan, Latif, Sepid, B557, Khordad, Partow, Taban Mai, Maxa, Lider, Loduz and American Genetics.

Result: the effects of treatments on all traits studied were significant. The interaction between irrigation and cultivar on the traits was significant, except for the number of sympodial branches and fiber content. In the first

*Corresponding author; alinaderi@ut.ac.ir

year, the yield of Golestan and Partov cultivars was higher than the others when irrigated after evaporation of 30% of the husk water. Golestan, B557 and Khordad had higher yield when irrigated after 100% evaporation, which was due to their ability to form and retain more bolls per plant. Sepid and Lodouz varieties had the lowest yield in the first year. In the second year, Golestn and Khordad were superior to the other cultivars when irrigated after 30% pod evaporation. When irrigated at 100% evaporation from the pan, Golestan, Mai, and Taban had higher yield. The lowest yield this year was obtained by Leeder and Loduz varieties when irrigated after 30% evaporation from the pan. The most likely reason for these yield losses was the loss of balance between vegetativeand reproductive growth, which resulted in completely excessive growth, especially in the Loduz variety. This higher vegetative growth resulted in a reduction of the WUE value.

Conclusion: The local cultivars Golestan, Khordad and Partow and the Turkish cultivar Mai showed higher yields under belt irrigation. Due to the high vegetative growth potential in Leeder and Golestan, irrigation management of these varieties is more important than that of the others.

Keyword: Cultivar, Reproductive Branches, Water Use Efficiency, Yield.