

تأثیر سطوح مختلف کم‌آبیاری در آبیاری بارانی بر عملکرد و کارآیی مصرف آب پنبه

برهان سهرابی^{۱*} و جواد رضایی^۲

^۱استادیار موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
^۲استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۱۱

چکیده

آزمایش‌های لازم برای تعیین اثر مقادیر مختلف آب آبیاری روی پنبه، به مدت دو سال زراعی در ایستگاه تحقیقات پنبه‌هاشم آباد گرگان اجرا شد. در این پروژه پنج تیمار مقدار آب آبیاری شامل $T_1=100\%$ ، $T_2=75\%$ ، $T_3=50\%$ ، $T_4=25\%$ ، $T_5=0\%$ آب مورد نیاز، در سه تکرار با استفاده از سیستم بارانی کلاسیک و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مطالعه شدند. تیمارهای آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد غوزه در بوته و عملکرد کل و ش در سطح احتمال یک درصد و بر وزن غوزه در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری داشته است. در بررسی جدول تجزیه واریانس مرکب، بین تیمار T_1 ، T_2 و T_3 اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد و ش وجود نداشت. با این حال از نظر عددی، محصول تولیدی در تیمار T_3 به ترتیب ۲۲ و ۱۶ درصد بیش از تیمار T_1 ، T_2 بوده است. کارآیی نسبی مصرف آب نیز در این تیمار بیش از سایر تیمارها بوده است. بنابراین در ترسالی‌های اقلیمی، آبیاری مزارع پنبه به اندازه ۵۰ درصد نیاز آبی قابل توصیه است. مقدار آب مورد نیاز پنبه در مناطق مرطوب در گزینه فوق معادل ۳۲۰۰ متر مکعب در هکتار خواهد بود. با توجه به نتیجه این پژوهش اصلاح نیاز آبی پنبه در شمال ایران و کاهش مقدار رسمی آن ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، کم‌آبیاری، تنش خشکی، کارآیی مصرف آب

*نویسنده مسئول: Sohrabi47@yahoo.com

مقدمه

پنبه یکی از معروف‌ترین و پر مصرف‌ترین الیاف طبیعی در جهان است. استان گلستان نیز به دلیل سطح کشت وسیع پنبه، به سرزمین طلای سفید معروف بود. کیفیت پنبه تولیدی در این استان از نظر طول الیاف، میزان یکنواختی، استحکام، کشش بسیار بالا بوده و در سطح جهان مشتریان زیادی داشته است. بالاترین سطح کشت این محصول در سال ۱۳۵۲ به میزان ۲۲۵۰۰۰ هکتار بوده است. این محصول صنعتی قبل از انقلاب ۱۳۵۷ تحت تاثیر بازار جهانی و بعد از آن به دلیل دخالت‌های دولت در قیمت گذاری، صادرات و واردات دستخوش نوسان بوده است (عرب سلمانی و همکاران، ۲۰۱۴).

کاهش قابل ملاحظه سطح کشت پنبه استان گلستان از سال ۱۳۷۵ شروع و از ۱۳۰۰۰۰ هکتار به کمتر از ۱۲۰۰۰ هکتار در سال ۱۳۹۶ رسیده است (احمدی و همکاران، ۲۰۱۸). در حال حاضر نیز پنبه در مناطقی از استان کشت می‌شود که به دلیل محدودیت منابع آب یا شوری خاک، کشاورز حق انتخاب چندانی برای صرف نظر کردن از کشت پنبه ندارد.

در سال‌های اخیر کشور ایران دستخوش عوارض ناشی از سیاست‌های هیجانی و مقطعی اتخاذ شده توسط مدیران سیاسی شده است. توسعه برق آسا بخش کشاورزی بدون توجه به توسعه پایدار و رعایت الزامات فنی، موجب تشدید عوارض ناشی از خشک‌سالی هیدرولوژیکی گردید. بر اساس تصور عمومی حاکم بر کشور، ایران در بحران آب به سر می‌برد. در حالی که بحران معمولاً به پدیده‌های غیرقابل پیش‌بینی اطلاق می‌شود. البته بحران ممکن است غیرمنتظره نباشد. به عنوان مثال در صورت کاهش بارش‌ها می‌توان انتظار وقوع بحران در کشت محصولات دیم را داشت، اما شدت وقوع مشکل در زراعت دیم، مستلزم کاهش بارش موثر و همراهی عوامل دیگری نیز است. بنابراین نمی‌توان تمام مشکلات حاکم بر کشاورزی کشور، ناشی از کمبود آب آبیاری را به تغییر یا نوسانات اقلیمی مربوط دانست. سهم دخالت انسان در طبیعت و توسعه ناپایدار، بیشترین تاثیر را در تشدید بحران آب داشته است. دولت برای مقابله با بحران آب، بیشترین تمرکز را بر ذخیره‌سازی بارش‌های زمستانه و توسعه آبیاری تحت فشار گذاشته است. کشاورزان نیز در کنار اصلاح تدریجی سیستم‌های آبیاری، از روش‌های مختلف کم‌آبیاری برای گذر از بحران و افزایش عملکرد در واحد سطح استفاده می‌کنند (سهرابی و همکاران، ۲۰۱۸). تحقیقات در زمینه کم‌آبیاری و آبیاری تحت فشار، از اوایل قرن بیستم آغاز گردید (خیرابی و همکاران، ۱۹۹۶). با افزایش بحران آب، روش‌های نوین آبیاری همراه با تکنولوژی‌های روز دنیا با سرعت بیشتری در خدمت بخش کشاورزی قرار گرفتند.

استان گلستان که در بخشی از حوضه آبریز دریای خزر واقع شده بالغ بر ۲۱۰۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد، کل پتانسیل آب استان، ۲۴۸۵ میلیون متر مکعب می‌باشد که شامل ۱۲۳۵ میلیون متر مکعب پتانسیل آب سطحی و ۱۲۵۰ میلیون متر مکعب پتانسیل آب زیرزمینی است. آب موجود برای

آبیاری ۴۵۰ هزار هکتار اراضی قابل آبیاری استان کافی نیست. در شرایط فعلی کمتر از ۲۵۰ هزار هکتار غالباً با درصدهایی از کم آبیاری، مدیریت می‌شوند. لذا بهینه‌سازی مصرف آب در الویت بخش کشاورزی استان است (شرکت آب منطقه ای گلستان، ۲۰۱۸).

بهینه‌سازی آبیاری همگام با رشد تکنولوژی در حال پیشرفت است. ولدیس و همکاران (۲۰۱۴) برای کمک به پنبه‌کاران آمریکا از توانایی موبایل‌های هوشمند استفاده کردند. آنها با استفاده از دستورالعمل فائو ۵۶ مدلی برای تلفن‌های هوشمند نوشتند که قادر است مقدار آب قابل دسترس در عمق توسعه ریشه را برآورد نموده و زمان آبیاری را به کشاورز اعلام نماید. نرم افزار مذکور در سال ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ با کمک سنسورهای اندازه‌گیری پیوسته رطوبت خاک، کالیبره گردید. امروزه علاوه بر افزایش تولید در واحد سطح، به افزایش کارایی مصرف آب نیز توجه ویژه‌ای می‌شود.

به گزارش راس و همکاران (۲۰۱۳) کارایی مصرف آب پنبه استرالیا در دهه گذشته، با کمک افزایش تولید در واحد سطح و استفاده از سیستم‌های مدیریت آب کاراتر، بیش از ۴۰ درصد افزایش داشته است. راندمان آبیاری مزارع پنبه ۷۰-۵۷ درصد افزایش داشته و کارایی مصرف آب به بیش از ۳ Kg/mm رسیده است. افزایش محصول مدیون اصلاح ارقام پنبه و بهبود مدیریت زراعی بوده است. در ایران نیز رقم‌های مختلف پنبه از نظر کارایی مصرف آب مقایسه شده‌اند.

سهرابی مشک‌آبادی (۲۰۱۰) رابطه آب - عملکرد سه رقم پنبه در کشت تاخیری (کشت دوم بعد از برداشت گلزا) را با روش بارانی خطی (لاین‌سورس) بررسی کرد. سه رقم مذکور در پنج خط ۴۰ متری عمود بر لترال در سه تکرار کشت شده و به شبکه ۳×۴ متری تقسیم شدند. حداکثر عملکرد ارقام ساحل، ۴۳۳۴۷ و ۴۳۲۵۹ با مصرف ۱۷۳۹، ۱۵۹۳ و ۱۸۳۲ مترمکعب در هکتار بدست می‌آید. افزایش کارایی مصرف آب و عملکرد در واحد سطح هدف اصلی بخش دولتی است اما از نظر کشاورز هزینه و درآمد خالص ملاک انتخاب محصول برای کشت است. کمیته جهانی مشورتی پنبه (۲۰۱۰) گزارشی از هزینه آبیاری پنبه در کشورهای مختلف تهیه کرد. در این گزارش نام کشور ایران و استرالیا در میان کشورهای با هزینه بالا قرار گرفته است. در ایران هزینه بالای فرصت و مدیریت، مثل هزینه‌های آبیاری سهم زیادی در افزایش هزینه‌ها داشت. طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ سهم بذر و هزینه‌های کارگری در تولید پنبه افزایش و مواد شیمیایی کاهش داشته است. آبیاری بارانی از نظر هزینه ثابت و جاری بین روش‌های آبیاری سطحی و موضعی قرا گرفته و در شرایط اقتصادی ایران یکی از گزینه مناسب است.

در پژوهش بونداک و شرقاوی (۲۰۰۸) برای ارزیابی و بهینه‌سازی آبیاری بارانی در زراعت پنبه، عملکرد ۱۰ درصد کاهش یافت اما در مصرف آب ۵۱ درصد صرفه جویی شد. عامل کاهش عملکرد، حساسیت گل پنبه به رطوبت است. مرطوب شدن دانه گرده مانع تلقیح گل و ریزش آن می‌شود. با توجه به دوره طولانی گل دهی پنبه، بارندگی مداوم یا تعدد آبیاری به روش بارانی، ریزش گل را

افزایش می دهد. زمان مناسب استفاده از سیستم آبیاری بارانی برای آبیاری مزارع پنبه توسط سهرایی مشک‌آبادی (۲۰۰۷) مطالعه گردید. آزمایش مذکور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار زمان آبیاری (ساعت ۹-۶ صبح، ۱۳-۹، ۲۰/۳۰-۱۴ عصر، ۵-۲۰/۳۰ صبح) انجام گردید. براساس نتایج، در شرایط استان گلستان، استفاده از سیستم آبیاری بارانی بدون نگرانی قابل توصیه است. ترتیب اولویت، با آبیاری در شب، صبح، قبل از ظهر و بعد از ظهر است.

ایران کشور پهناور با خاک فراوان و آب کم است. لذا کم آبیاری جزء جدا نشدنی از کشاورزی ایران است. البته به دلیل نیاز به ایجاد تعادل بین رشد رویشی و رشد زایشی پنبه، اعمال تنش کنترل شده از طریق کم آبیاری یا افزایش دور آبیاری در دنیا نیز موضوع مورد علاقه پژوهشگران است. وریس و همکاران (۱۹۹۱) در پژوهشی سه ساله واکنش پنبه را در سطوح مختلف کم آبیاری به روش بارانی در خاک سنگین مورد بررسی قرار دادند. تیمارهای آبیاری آنها شامل ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی متر کاهش مصرف آب و یک تیمار دیم بود. تحلیل آماری اطلاعات این پژوهش نشان داد که تنها تیمار دیم با سایر تیمارها اختلاف معنی دار داشته است. با افزایش شدت کم آبیاری، کارایی مصرف آب نیز افزایش داشت. تیمار ۷۵ میلی متر، نسبت به تیمار دیم، به ازاء هر یک میلی متر آب مصرفی ۳/۸۵ کیلوگرم وش اضافی تولید کرد. در حالیکه این افزایش تولید برای تیمار اول حدود ۱/۶۶ کیلوگرم بود. براساس مطالعات سامیز (۱۹۸۱) با سیستم آبیاری بارانی خطی و مقادیر مختلف آب، عملکرد پنبه با تبخیر و تعرق ارتباط مستقیم داشت، اما تولید وش به ازاء واحد آب مصرفی در مکان‌ها و سال‌های مختلف، متفاوت بود.

یکی از مزایای کم آبیاری در مزارع پنبه به ویژه در مناطق مرطوب کشور، کاهش جمعیت قارچ‌های بیماری‌زا از جمله پژمردگی ورتیسیلیومی پنبه می باشد. ویلر و همکاران (۲۰۱۲) اثر آبیاری مکرر بر وقوع و توسعه پژمردگی ورتیسیلیومی را مطالع کردند. به عقیده آنها اجرای تناوب زراعی، پرهیز از آبیاری بیش از اندازه و استفاده از ارقام نسبتاً مقاوم در کاهش شدت بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی پنبه موثر بوده و باعث افزایش سود خالص پنبه می شود. لند (۲۰۱۵) نیز در تحقیقی شش نوع خاک در ایالت آلاباما آمریکا را از نظر بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی پنبه مورد آزمایش قرار داد. در پلات‌های آبیاری شده نسبت به پلات‌های آبیاری نشده وقوع بیماری بیشتر بوده است. در این آزمایش رابطه معنی داری بین نوع خاک و میزان آبیاری با میزان شدت بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی پنبه وجود داشت. آبیاری خاک رسی منطقه هاوستون ایالت آلاباما شدت بیماری را در مقایسه با انواع خاک‌های دیگر این منطقه با یا بدون آبیاری افزایش می دهد. خاک این منطقه نسبت به خاک خشک‌تر با بارش طبیعی باران، ۳۸ درصد بیماری بیشتری را نشان داد.

علی‌رغم واکنش مثبت پنبه به تنش کنترل شده خشکی و نقش آن در کنترل بیماری‌ها، شناخت مراحل مختلف فنولوژیکی پنبه از نظر تاثیر بر عملکرد ضروری است. حساسیت نسبی پنبه در فاز زایشی به تنش آبی توسط دکوک (۱۹۹۰) و همکاران مورد بررسی قرار گرفت، تا مشخص شود در چه مرحله‌ای از رشد و نمو، آبیاری سودمندترین اثر خود را بجای می‌گذارد. اعمال تنش پس از خاتمه گلدهی، سبب توقف رشد غوزه شد. تنش در مرحله رسیدن غوزه‌ها سبب رشد غوزه و افزایش عملکرد گردید. مدیریت دور آبیاری، نقش مهمی در مفهوم تنش خشکی و کم آبیاری دارد. در پژوهش حمید و همکاران (۲۰۱۷) در مولتان پاکستان با دور آبیاری ۸ و ۱۲ روز، اثر استفاده یا عدم استفاده از چيزل بین ردیف‌های کشت در ظرفیت نگهداری آب در خاک، بررسی شد. استفاده از چيزل در مقایسه با تیمارهای بدون چيزل تاثیر معنی‌داری افزایش تولید و ش (۱۷/۸ درصد)، افزایش تعداد غوزه در بوته (۱۴/۳ درصد) و مصرف آب (۱۷/۷ درصد) داشت. دور آبیاری هشت روز در مقایسه با ۱۲ روز، نیز حداکثر تولید و ش (۱۴/۲ درصد)، تعداد غوزه بیشتر در بوته (۱۴/۳ درصد) و حفظ رطوبت (۳۵/۶ درصد) داشت.

حساسیت پنبه به غیریکنواختی توزیع آب آبیاری و تغییر عمق آب آبیاری در کالیفرنیا، توسط ایرز و همکاران (۱۹۹۱) با استفاده از سیستم آبیاری بارانی خطی و مقادیر مختلف آب مصرفی معادل ۰/۷، ۰/۹، ۱/۱ و ۱/۳ برابر تبخیر و تعرق محصول (ETc) روی رشد و عملکرد پنبه ارزیابی شد. شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه و کل مواد جامد خشک گیاه (بیوماس) نیز مورد بررسی قرار گرفت.

یکی از عوامل موثر بر موفقیت کشت پنبه سطح و یکپارچگی اراضی است. براساس گزارش اداره آمار و اقتصاد کشاورزی و منابع طبیعی استرالیا حدود ۹۰ درصد پنبه در حوضه آبریز موری-دارلین کشت می‌شود. در شش سال گذشته سطح کشت پنبه ۶۰۰-۲۰۰ هزار هکتار بوده است. البته سطح کشت پنبه در استرالیا به شرایط سال، قیمت پنبه و مقدار آب آبیاری قابل دسترسی بستگی دارد. در سال‌های خشک مثال سال ۲۰۰۸-۲۰۰۷ فقط ۶۸۵۸۵ هکتار پنبه کشت شده بود. تعداد کشاورزان پنبه کار این کشور حدود ۱۲۰۰-۱۱۰۰ نفر است که نیمی از آنها در نیو ساوتولز و نیمی دیگر در ایالت کوپیزلند مستقر هستند. سطح مزارع دیم و آبی استرالیا در شکل زیر مشخص شده است. آب مورد نیاز پنبه ۷۸۰۰ مترمکعب در هکتار است (ردینگ، ۲۰۱۷). در سال‌های اخیر تلاش زیادی برای ترویج آبیاری بارانی مزارع پنبه انجام شده است. اخیراً نیز حفظ بقایای محصولات قبلی برای افزایش کارایی مصرف آب با سیستم آبیاری بارانی تلفیق شده است (توم کوئکلی، ۲۰۱۷).

بذرافشان دریاسری و همکاران (۲۰۱۵) با روش دومارتن پنج اقلیم مختلف نیمه خشک، مدیترانه‌ای، نیمه مرطوب، مرطوب و بسیار مرطوب را در استان گلستان شناسایی کردند. بخش مهمی از استان گلستان، دارای آب و هوای معتدل مدیترانه‌ای و مرطوب است. مدیریت آبیاری و تغذیه در این

مناطق چالش بزرگی است. کود نیتروژنه نهاده مهمی در تغذیه مزارع پنبه است. آبشویی این نهاده نیز با مصرف بالای آب آبیاری نگرانی زیست محیطی دیگری است. البته استفاده از کودهایی که به صورت کنترل شده، ازت را آزاد کنند، تا حدودی نگرانی آبشویی نیتروژن را برطرف می‌کند. استفاده از تکنولوژی جهت پوشش کودهای ازته نقش موثری در قابلیت آزاد سازی کنترل شده ازت دارد. کود اوره با پوشش گوگرد رایج‌ترین کود پوشش‌دار است که علاوه بر آزادسازی تدریجی اوره، به اصلاح خاک و تامین بخشی از نیاز غذایی گیاه کمک می‌کند. با تغییر فرآیند تولید و درصد گوگرد، امکان تولید محصول با سرعت‌های مختلف آزادسازی ازت و گوگرد وجود دارد. گرت و همکاران (۲۰۱۷) کودهای مذکور را در رژیم‌های مختلف آبیاری مطالعه کردند.

با توجه به نقش مقدار آب آبیاری در ایجاد توازن بین رشد رویشی و رشد زایشی و توجه دولت به گسترش روش‌های نوین آبیاری، در این پژوهش اثر مقادیر مختلف آب آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب مطالعه شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بهینه سازی مصرف آب آبیاری با روش بارانی برای زراعت پنبه رقم ساحل، آزمایشی دو ساله در موسسه تحقیقات پنبه کشور (شهرستان گرگان) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و پنج تیمار به شرح زیر انجام شد:

T₁ - آبیاری کامل (تأمین ۱۰۰ درصد)

T₂ - تأمین ۷۵ درصد آب مورد نیاز

T₃ - تأمین ۵۰ درصد آب مورد نیاز

T₄ - تأمین ۲۵ درصد آب مورد نیاز

T₅ - بدون آبیاری یا دیم (باران).

خاک ایستگاه‌هاشم آباد حاصلخیز و از نوع لومی رسی سیلنتی (Silty clay loam) با pH خنثی تا کمی قلیائی است. آب آبیاری از یک حلقه چاه عمیق با هدایت الکتریکی کمتر از یک دسی‌زیمنس بر متر و کیفیت مناسب برای آبیاری و حتی شرب تامین شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۱۲ × ۱۲ متر و فاصله آنها از یکدیگر ۶ متر بود. آماده‌سازی زمین طبق عرف ایستگاه انجام و بذرها با فاصله ۸۰ × ۲۰ سانتی‌متر کشت گردیدند. برای آبیاری از سیستم آبیاری بارانی کلاسیک با دور آبیاری ۱۱-۸ روز و آبپاش‌های قابل تنظیم ویر ۸۰ (VYR80) استفاده شد. در چهار گوشه هر کرت، یک آبپاش (چهار آبپاش برای هر کرت) با زاویه پاشش ۹۰ درجه مستقر گردید. شدت پاشش آبپاش‌ها (در فشار مشخص)، با نصب سه پایه و قوطی‌های جمع‌آوری آب در شبکه ۳×۳ متری اندازه‌گیری و دبی هر آبپاش نیز با

استفاده از زمان سنج و سطل مدرج تعیین شد. علاوه بر نصب فشارسنج مستقر روی الکتروپمپ، فشارسنج پیتو نیز برای تعیین فشار دهانه آبیاش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. قبل از هر آبیاری درصد رطوبت خاک به روش وزنی تعیین و مقدار آب مورد نیاز به صورت زیر تعیین گردید:

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

d = نیاز آبی گیاه (mm)

Fc = ظرفیت زراعی (mm)

PWP = نقطه پژمردگی دائم (درصد) (در عمل درصد رطوبت خاک قبل از آبیاری بجای PWP منظور می‌گردد).

B_d = وزن مخصوص ظاهری خاک gr/cm^3

R = عمق توسعه ریشه در زمان آبیاری

MAD = ضریب تخلیه مجاز رطوبتی خاک (درصد)

مقدار آب آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک محاسبه شد. به همین دلیل با حذف ضریب تخلیه مجاز رطوبتی خاک (MAD)، به جای درصد رطوبت در نقطه پژمردگی دائم، درصد رطوبت خاک قبل از آبیاری جایگزین شد.

جدول ۱: مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک ایستگاه تحقیقات پنبه‌هاشم آباد گرگان

P.W _p %	fc %	ρ_b g/cm ³	PH	EC Ds/m	بافت خاک	عمق خاک cm
۱۴/۰	۲۸/۰	۱/۵۰	۷/۷	۱/۲	لومی رسی سیلت	۰-۳۰
۱۴/۲	۲۸/۴	۱/۴۹	۷/۸	۱/۰	لومی رسی سیلت	۳۰-۶۰

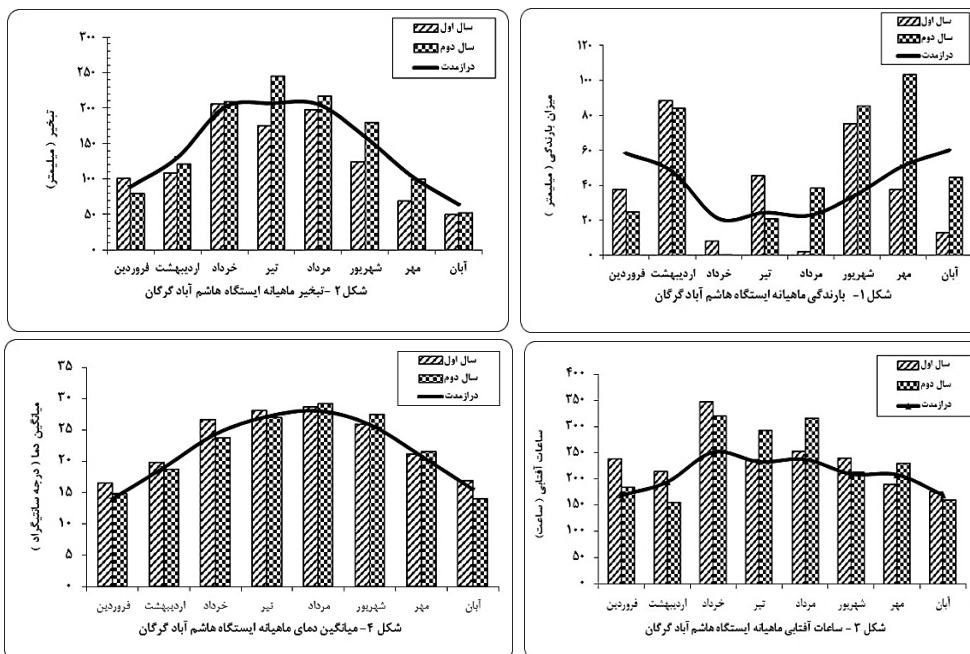
هدایت الکتریکی آب آبیاری چاه عمیق استفاده شده کمتر از یک دسی‌زیمنس بر متر بود. کارایی مصرف آب و کارایی نسبی مصرف آب با رابطه‌های زیر محاسبه شده اند:

آب مصرفی / عملکرد = کارایی مصرف آب

آب مصرفی / (عملکرد تیمار دیم-عملکرد تیمار) = کارایی نسبی مصرف آب

اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک هاشم‌آباد گرگان طی دو سال اجرای آزمایش، در شکل‌های

یک تا چهار نشان داده شده است.



نتایج و بحث

با بررسی جدول تجزیه واریانس مرکب مشخص شد که تیمارهای آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد غوزه در بوته و عملکرد کل و ش در سطح احتمال یک درصد و بر وزن غوزه در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱).

جدول ۱: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) دو ساله صفات اندازه گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه زایا	تعداد شاخه رویا	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه	عملکرد کل وش
سال	۱	۴۳۸۷/۵**	۱۴/۴*	۳۸/۵**	۱۵۴۹/۴**	۱/۸۲۵**	۸۱۷۲۴۳۲/۱**
تیمار آبیاری	۴	۶۶۷/۹**	۱۵/۱ ns	۰/۲۲۸ ns	۱۲۱/۹**	۰/۷۷۱*	۲۳۲۶۲۷۷/۰**
سال × تیمار	۴	۳۱۳/۰**	۷/۰ ns	۰/۱۷۳ ns	۳۷/۱**	۰/۱۴۸ ns	۱۲۸۷۰۳/۴ ns
خطا	۱۶	۵۳/۸	۲/۲	۰/۱۸۹	۵/۵	۰/۱۷۵	۱۳۳۰۹۱/۹
C.V		۸/۳	۱۳	۲۲/۱	۱۳/۷	۱۰	۱۸/۳

NS: عدم معنی‌داری بودن * معنی‌داری بودن در سطح احتمال ۵ درصد ** معنی‌داری بودن در سطح احتمال یک درصد

بررسی میانگین دو ساله عملکرد کل وش (جدول ۲) نیز نشان دهنده هم‌گروهی تیمارهای T_1, T_2, T_3 است. در میان تیمارهای فوق نیز تیمار T_3 بیشترین محصول را تولید کرد. دلیل این رویداد، تاثیر مثبت تنش کنترل شده در ایجاد تعادل بین رشد رویشی و رشد زایشی است.

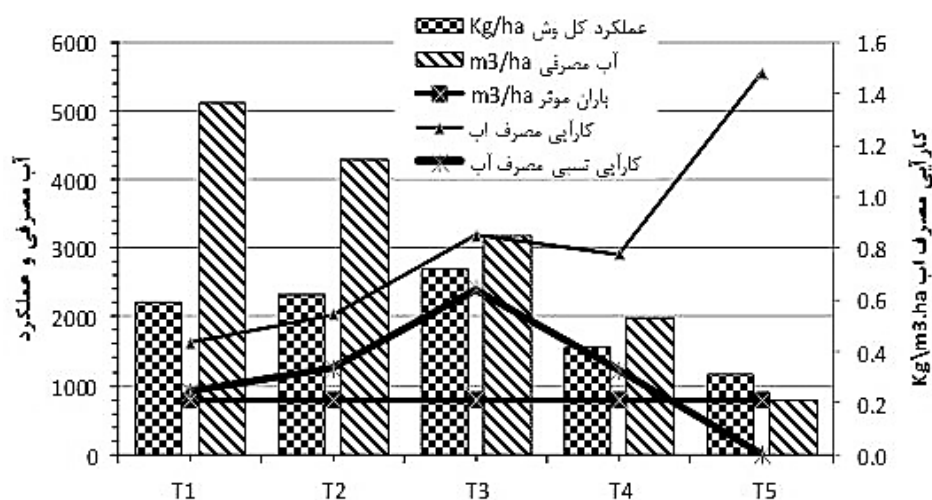
جدول ۲: مقایسه میانگین دو ساله صفات اندازه گیری شده

تیمارهای آزمایشی	ارتفاع cm	تعداد شاخه زایا	تعداد شاخه رویا	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه gr (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد کل وش
T_1	۱۰۱/۸ a	۱۲/۹ a	۲/۰۳ a	۲۱/۱ a	۵/۴ a	۲۲۱۵ b
T_2	۹۳/۲ ab	۱۱/۹ ab	۲/۲۶ a	۲۰/۶ a	۵/۳ ab	۲۳۲۸ ab
T_3	۸۸/۲ bc	۱۲/۰ ab	۱/۹۷ a	۱۸/۷ a	۴/۹ bc	۲۷۰۴ a
T_4	۸۱/۶ cd	۱۰/۸ b	۱/۸۳ a	۱۳/۷ b	۵/۱ ab	۱۵۵۴ c
T_5	۷۴/۳ d	۸/۸ c	۱/۷۷ a	۱۰/۸ c	۴/۵ c	۱۱۶۲ c

اعدادی که حداقل دارای یک حرف مشترک می باشند فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

در بررسی وریس و همکاران (۱۹۹۱) نیز اکثر تیمارها در یک گروه قرا گرفته و تفاوت آماری معنی‌دار از نظر عملکرد نداشتند. در حالیکه سامیز (۱۹۸۱) تحلیل مدیریت آبیاری را متاثر از منطق می‌داند. زیرا پنبه به‌عنوان یک گیاه رشد نامحدود، در صورت دسترسی به آب کافی، رشد رویشی را در اولویت قرار داده و ورود به مرحله زایشی یا تولید گل را به‌تاخیر می‌اندازد. به‌همین دلیل بسیاری از غوزه‌های تولید شده توسط بوته‌های پنبه، با افت دما در فصل پاییزه، فرصت باز شدن پیدا نمی‌کنند. به‌همین دلیل مدیریت آبیاری مزارع پنبه به‌ویژه در مناطق مرطوب با بارش‌های تابستانه، بسیار حساس است. در این پروژه بارش‌های فصل بهار و تابستان کمک موثری به کاهش اثر سوء تنش خشکی شدید نموده است به‌طوری که تیمار دیم نیز عملکرد مناسبی داشته است. به‌همین دلیل در ترسالی‌ها آبیاری به اندازه ۵۰ درصد نیاز آبی گزینه مناسبی برای مدیریت آبیاری مزارع پنبه است. اما به استناد پژوهش‌های نگارنده این مقاله، در خشک‌سالی با دمای نرمال، آبیاری به اندازه ۸۰ درصد نیاز آبی و در صورت دمای بالاتر از نرمال، آبیاری به اندازه ۱۰۰ درصد نیاز آبی قابل توصیه است. دو تیمار T_4, T_5 نیز در یک گروه قرار گرفتند. با این وجود آبیاری به‌اندازه ۲۵ درصد نیاز آبی ۲۵ درصد بیش از شرایط دیم محصول تولید کرد. البته طبق نظر لند (۲۰۱۵) رابطه مستقیمی بین رطوبت خاک و شدت بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی پنبه وجود دارد به‌طوری که پنبه‌های خوب آبیاری شده بخشی از پتانسیل عملکرد خود را با افزایش شدت بیماری از دست داده و از این نظر به مزارع تحت کم‌آبیاری نزدیک می‌شوند. با توجه به اینکه بیماری مذکور در شمال ایران و دشت مغان عامل مهمی است، مطالعه

همزمان آبیاری و بیماری به شناسایی دقیق‌تر عوامل موثر بر عملکرد پنبه کمک می‌کند. به‌هرحال در خصوص پنبه، باید اثر متقابل بسیاری از پارامترها بررسی شود. به‌عنوان مثال کارایی مصرف آب در تیمارهای کم‌آبیاری بیشتر است. به‌همین دلیل در تفسیر کارایی مصرف آب باید به عملکرد کل نیز توجه داشت (ابراهیم‌اف و همکاران، ۲۰۰۷). برای بررسی اثر هر واحد آب مصرفی در تولید محصول کارایی نسبی مصرف آب وارد تحلیل‌ها شده است. در این مفهوم مازاد تولید در شرایط دیم، تحت عنوان کارایی نسبی مصرف آب بحث و بررسی می‌شود. تفاوت کارایی مصرف آب با کارایی نسبی مصرف آب در شکل یک به خوبی نشان داده شده است.



شکل ۵: کارایی مصرف آب در آبیاری بارانی پنبه

در بررسی شکل یک نیز کارایی نسبی مصرف آب (افزایش عملکرد به ازای واحد آب مصرفی بیش از تیمار دیم) تیمار T₃ بیش از سایر تیمارها بود. به‌دلیل نقش ۵۵ درصدی مدیریت مزرعه در کسب عملکرد و ۴۵ درصد ژنتیکی، ۲۵٪ مدیریت زراعی و تغذیه خاک، ۲۰٪ کنترل آفات، ۱۰٪ ناشی از کنترل و مدیریت بیماری‌ها و علف‌های هرز (کنستابل، ۲۰۰۰)، عملکرد مزارع پنبه در سال‌ها و مکان‌های مختلف تحت تاثیر مدیریت مزرعه (تاریخ کاشت، وجین، تنک، آبیاری، تغذیه، علف‌های هرز، آفات، بیماری‌ها) تفاوت داشته و مقدار کارایی گزارش شده نیز متفاوت است. سهرابی و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی گزارش‌های نهایی موجود در سازمان تات، بهره‌وری آب پنبه در مناطق مختلف کشور را گزارش کرده‌اند. تفاوت کارایی مصرف آب از ۰/۲ تا ۱/۵ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب آب مصرفی نشان‌دهنده شکاف عمیق بین پتانسیل عملکرد ارقام پنبه با واقعیت موجود است. مهم‌ترین

عامل قابل کنترل برای کاهش شکاف تولید، تاریخ کاشت مناسب و استفاده از بذر استاندارد است. مشکل اصلی پنبه‌کاران مبارزه با آفات و مدیریت آبیاری است. کشاورزان باید برای کاهش خسارت آفات و حفظ گل‌های تولیدی در سه هفته اول گلدهی (۹۰ درصد عملکرد مزارع پنبه) تلاش نمایند. متأسفانه براساس بازدیدهای میدانی، تاخیر در مبارزه با آفات و استفاده نامناسب یا بی موقع از سموم، خسارت زیادی به مزارع پنبه وارد می‌کند. در نهایت، مدیریت مناسب آبیاری می‌تواند کمک زیادی به سرعت ورود مزرعه به فاز زایشی، حفظ گل و بار و افزایش وزن غوزه نماید. هرچند در مورد دسترسی به‌هنگام به منابع آب آبیاری، مشکلات زیادی وجود دارد، اما پنبه‌کاران با تجربه و دارای چاه نیز غالباً مشکل برنامه‌ریزی زمان و مقدار آب آبیاری را دارند. برای حل این مشکل نیز انتقال یافته‌های تحقیقاتی و حضور محققان معین کمک شایانی خواهد کرد. با توجه به عملکرد متناظر آب مصرفی، تابع تولید رقم ساحل به شکل زیر تخمین زده شد:

$$Y_w = 259.43 + 1.1081 W - 0.0001W^2 \quad R^2 = 0.83$$

در رابطه فوق: Y_w = عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار و W آب مصرفی بر حسب مترمکعب در هکتار است. البته پیشنهاد می‌شود تابع تولید با افزایش تعداد تیمارهای آبیاری و در نتیجه دستیابی به نقاط بیشتر و برای شرایط آب و هوایی مختلف تعیین گردد. میزان دقت این معادله به رقم و میزان کنترل سایر عوامل موثر بر عملکرد نظیر خسارت آفات نیز بستگی دارد.

با توجه به نتیجه این تحقیق دو ساله مشخص شد که باید در محاسبه نیاز آبی پنبه در مناطق مرطوب تجدید نظر کلی صورت گیرد. زیرا با تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی (بدون اعمال تنش کنترل شده)، تنها رشد رویشی رقم ساحل زیاد شده و محصول تولیدی ناچیز خواهد بود. به‌همین دلیل در استان گلستان پس از سبز شدن بذرها، آبیاری تا شروع گلدهی به‌تعویق می‌افتد. رشد رویشی بوته در اثر آبیاری کافی (جلوگیری از تنش) علاوه بر کاهش شدید محصول، موجب اختلال در امر داشت (سمپاشی، تردد، کود پاشی، سله شکنی ...)، برداشت (به‌ویژه برداشت دستی)، افزایش بیماری‌ها و پوسیدگی غوزه می‌گردد. در سال‌های خشک آبیاری به اندازه ۸۰ درصد نیاز آبی پنبه در آبیاری به روش بارانی قابل توصیه است.

منابع

1. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Abdehshah, H., Kazemiyan, A., and Rafiee, M. 2018. Agricultural statistics crop year 2017-2018 .Ministry of Jihad-e-Agriculture. Pp.58. (in Persian).
2. Arabsalmani, M., Roshani, Gh., Sohrabi, B., Hakimi, M. 2014. Cotton Maproad. Technical Report, Cotton research Institute of Iran. 238 Pp. (in Persian).
3. Ayars, J.E., Hutmacher, R.B., Vail, S.S., and Schoneman, R.A. 1991. Cotton response to nonuniform and varying depths of irrigation, *Agricultural Water Management*, 19(2): 151-166.
4. Bazrafshan Daryasari, M., Meftah Halghi, M., Ghorbani, Kh., and Ghahraman, N. 2016. Comparative study of climatic regions of Golestan province under different climate change scenarios. *Journal of Water and Soil Conservation*, 22(5): 187-202.
5. Bondok, M.Y., and El-Sharkawey, A.F. 2008. Management of sprinkler irrigation system for cotton in old valley. 15th annual conference of the MISR Society of agronomy and Engineering, 12-13 march, 2008. 407-427.
6. Constable, G.A. 2000. The components of high yields in Australia. *International cotton advisory committee (ICAC) Recorder*. 18(3), 3-8.
7. de Kock, J., de Bruyn, J.P., and Human, J.J. 1990. The relative sensitivity to plant water stress during the reproductive phase of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Irrigation Science*, 11: 239-244.
8. Golestan Regional Company. 2019. Water Resources of Golestan Province. <http://www.gsrw.ir/SC.php?type=static&id=69>
9. Grant, T.J., Leib, B.G., Savoy, H.J., Verbree, D.A., and Haghverdi, A. 2017. Cotton Response to Irrigation and Nitrogen Source in Differing Mid-South Soils. *Agronomy Journal*, 109(6): 2537-2544.
10. Hameed, R.A., Afzal, M.N., and Anjum, Sh. 2017. Cotton yield and yield components can be maximized by irrigation intervals and chiseling in sandy loam soils. *Asian Research Publishing Network (ARPN). Journal of Agricultural and Biological Science*, 12(7): 226-229.
11. Kheirabi, J., Tavakkoli, A.R., Entesari, M.R., and Salamat, A.R. 1996. Deficit Irrigation manual. Iranian national committee on irrigation and drainage.
12. Ibragimov, N., Evett, S.R., Esanbekov, Y., Kamilov, B.S., Mirzaev, L., and Lamers, J.P.A. 2007. Water use efficiency of irrigated cotton in Uzbekistan under drip and furrow irrigation. *Agricultural water management*, 90(1&2): 112-120.
13. International Cotton Advisory Committee. 2010. Costs of production of raw cotton. A report by the Technical Information Section of the International Cotton Advisory Committee, Washington, DC.

14. Land, C.J. 2015. The study of applied management options to enhance crop protection against Verticillium wilt in *Gossypium hirsutum*. Thesis submitted to the Graduate Faculty of Auburn University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science, Auburn, Alabama. 64 P.
15. Quigley, T. 2017. Growing Cotton under Sprinkler Irrigation. Nuffield Australia Project, 102. 56 P
16. Reading, K. 2017. Murray-Darling Basin Plan: How much water is used to grow cotton? <http://www.abc.net.au/news/rural/2017-07-25/murray-darling-basin-plan-how-much-water-to-grow-cotton/8742234>
17. Roth, G., Harris G., Gillies, M., Montgomery, J., and Wigginton, D. 2013. Water-use efficiency and productivity trends in Australian irrigated cotton: a review. *Crop and Pasture Science*, 64(12): 1033-1048.
18. Sammis, T., and Guitar, J. 1981. Effects of decreased watering on crop yield. Available from the National Technical Information service, spring field. Irrigation Report No 36.
19. Sohrabi, B., Hakimi, M., Arabsalmani, M., Sayed-Masomi, S.Y., Hekmat, M.H., Jafar-Aghaee, M. 2018. Cotton Water Use Efficiency in Iran. Final Report, Cotton research Institute of Iran. 130 P. (in Persian).
20. Sohrabi, B. 2010. Determination of Yield function of Sahel, 43259 and 43347 (*Gossypium hirsutum* L.) at Double Cropping Cotton and Canola in Gorgan. Final Report, Cotton research Institute of Iran. 31 P. (in Persian).
21. Sohrabi, B. 2007. Investigation of effective Cotton Irrigation timing on yield response. Final Report, Cotton research Institute of Iran. 46 P. (in Persian).
22. Sohrabi, B. and Rezaee, J. 2001. Investigation of Deficit irrigation effects on quantitative and qualitative properties of cotton by sprinkler Irrigation method. Final Report, Cotton research Institute of Iran. 30 P. (in Persian).
23. Vellidis, G., Liakos, V., Perry, C., Tucker, M., Collins, G., Snider, J., Andreis, J., Migliaccio, K., Fraisse, C., Morgan, K., Rowland, D., and Barnes, E. 2014. A smartphone app for scheduling irrigation on cotton. In S. Boyd, M. Huffman and B. Robertson (eds.). Proceedings of the 2014 Beltwide Cotton Conference, New Orleans, LA, National Cotton Council, Memphis, TN (paper 15551).1-8.
24. Vories, E.D., and Glover, R.E. 1991. Effect of irrigation timing on cotton yield and earliness. www.Uark.edu/depts/agripub/publication/specialreports/198su33.pdf.
25. Wheeler, T.A., Bordovsky, J.P., Keeling, J.W., Mullinix, B.G., Jr. and Woodward, J.E. 2012. Effects of crop rotation, cultivar, and irrigation and nitrogen rate on Verticillium wilt in cotton. *Plant Disease*, 96: 985-989.

