

تأثیر فاصله ردیف کشت بر عملکرد، و سازگاری های فیزیولوژیکی در پنبه در سطوح مختلف آبیاری

Effects of Row Spacing and Irrigation Levels on Yield, and Physiological Adaptations in Cotton

فاطمه دیلم کتولی^۱، سید امیرعباس موسوی^{۲*}، الهام فغانی^۳، مرتضی سام دلیری^۴

۱. گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، ایران.
۲. گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، ایران. (نگارنده مسئول)
۳. موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.
۴. گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۲۰ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/aj.2026.371226.1709

چکیده

دیلم کتولی، ف.، موسوی، س.ا.ع.، فغانی، ا.، سام دلیری، م.، . تأثیر فاصله ردیف کشت بر عملکرد، و سازگاری های فیزیولوژیکی در پنبه در سطوح مختلف آبیاری
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۷ - شماره ۳- پیاپی ۱۴۴ پائیز ۱۴۰۳ صفحه: ۱۳-۰۱

پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) یکی از مهم ترین گیاهان صنعتی جهان است و بهینه سازی مدیریت کشت آن در شرایط محدودیت منابع آبی اهمیت زیادی دارد. این پژوهش با هدف بررسی اثر فاصله ردیف کشت و سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و پاسخ های فیزیولوژیکی پنبه در ایستگاه تحقیقاتی هاشم آباد استان گلستان انجام شد. آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل دو فاصله ردیف کشت باریک و متداول، به ترتیب 20×20 و 80×20 سانتی متر، و چهار سطح آبیاری شامل دیم، ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بودند. نتایج نشان داد که فاصله ردیف کشت و رژیم آبیاری تأثیر معنی داری بر عملکرد و صفات فیزیولوژیکی پنبه داشتند. فاصله ردیف باریک با تسریع بسته شدن تاج پوشش، کارایی مصرف نور را ۱۸ درصد افزایش داد. باین حال، بیشترین عملکرد و ش، معادل ۳۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، در فاصله متداول همراه با آبیاری ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین عملکرد، معادل ۱۸۰۰ کیلوگرم در هکتار، در فاصله باریک با آبیاری ۳۰ درصد به دست آمد. در شرایط تنش آبی و تراکم بالا، موم کوتیکولی برگ تا ۴۰ درصد و دمای برگ حدود ۳ تا ۵ درجه سانتی گراد افزایش یافت. فاصله ردیف باریک تعداد غوزه در متر مربع را ۲۰ درصد افزایش داد، اما موجب کاهش وزن غوزه شد. در مجموع، مزایای کشت با فاصله ردیف باریک در شرایط تنش شدید آبی کاهش یافت و فاصله متداول همراه با آبیاری ۶۰ درصد ظرفیت زراعی، مناسب ترین تیمار برای دستیابی به عملکرد مطلوب و کارایی بیشتر مصرف آب شناخته شد.

واژه های کلیدی: اجزای عملکرد، تراکم کاشت، پنبه، موم کوتیکولی.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: seyedamirabasmusavi@gmail.com

مقدمه

پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) یکی از با ارزش ترین محصولات کشاورزی و از مهم ترین گیاهان لیفی است که بعد از سویا، دومین گیاه روغنی مهم در جهان محسوب می شود (USDA, 2026). با توجه به گرم شدن کره زمین، تغییرات اقلیم، کم بودن منابع آب قابل دسترس و توسعه اراضی خشک، کشت گیاهان زراعی از جمله پنبه با دامنه تحمل زیاد بسیار مورد توجه واقع شده است. تغییر الگوی کشت، تراکم کشت و تامین آب مورد برای هر تراکم به نظر می رسد بتواند تا حدودی با شرایط تغییر اقلیم مناسب باشد. همانطور که تحقیقات Chena و همکاران در (۲۰۱۹) بیان داشتند که افزایش تراکم گیاه در شرایط کم آبیاری به عنوان راهکاری در جهت صرفه جویی در مصرف آب در تولید پنبه، به ویژه در مناطق خشک با دوره رشد کوتاه در نظر گرفته می شود و افزایش تراکم گیاه باعث کاهش شدت نور در داخل تاج پوشش می گردد. آنها نتیجه گرفتند که آبیاری پنبه با آبیاری محدود در سطح ۴۲۵ میلی متر و تراکم بوته ۳۶ بوته در متر مربع مزایای قابل توجهی از نظر آبیاری اقتصادی بدون کاهش عملکرد در مناطق خشک داشته است (Chena et al., 2019). با افزایش تراکم کاشت (بالای ۲۰-۲۲ بوته در متر مربع)، تعداد و اندازه غوزه در قسمت های میانی و پایینی بوته ها به دلیل سایه، زیاد کاهش یافت (Zhong et al., 2016). علاوه بر این، کمبود آبیاری می تواند ساختار تاج پوشش را تنظیم کند و توزیع نور را در

تاج پوشش تغییر دهد (Zhan et al., 2015). طبق پژوهشی نشان داده شد که سه سیستم کشت پنبه بصورت بسیار متراکم، کم تراکم و متداول اثر قابل توجهی بر تجمع و تخصیص توده خشک و همچنین بر شاخص سطح برگ در مراحل بحرانی رشد داشتند. در این پژوهش که در طول دو فصل رشد انجام شد، مستقل از فاصله ردیف، سیستم با تراکم بوته بالا به طور قابل توجهی شاخص ماده خشک و سطح برگ بیشتری در مقایسه با سیستم های با تراکم پایین تر تولید کرد

. همچنین، سیستم هایی با تراکم بوته یکسان و فاصله ردیف های مختلف، در توده خشک کل مشاهده کردند که شاخص سطح برگ در ردیف باریک و تراکم کم بوته به طور قابل توجهی بالاتر از سیستم کشت معمولی بود. (Darawsheh et al., 2009)

در مطالعه ای دیگر نشان داده شد که ارتفاع پنبه در فاصله ردیف های بسیار باریک، کوتاه تر و تعداد غوزه در مترمربع بیشتر از کشت معمولی بود. در این سیستم، میزان عملکرد ۱۰ درصد بیشتر از سیستم کشت معمولی برآورد شد (Wilson et al., 2007). علاوه بر این، گزارشات نشان داد که تعداد غوزه در متر مربع و عملکرد و ش در فاصله ردیف های بسیار باریک، بیشتر از فاصله ردیف در کشت معمولی می باشد (Reddy et al., 2009). تحقیقی دیگر برافزایش ۱۵ درصدی عملکرد پنبه در فاصله ردیف باریک نسبت به فاصله ردیف معمولی، به دلیل تراکم بوته بالاتر و توزیع یکنواخت تر بوته ها تایید داشت (Dowling, 1996). در عین

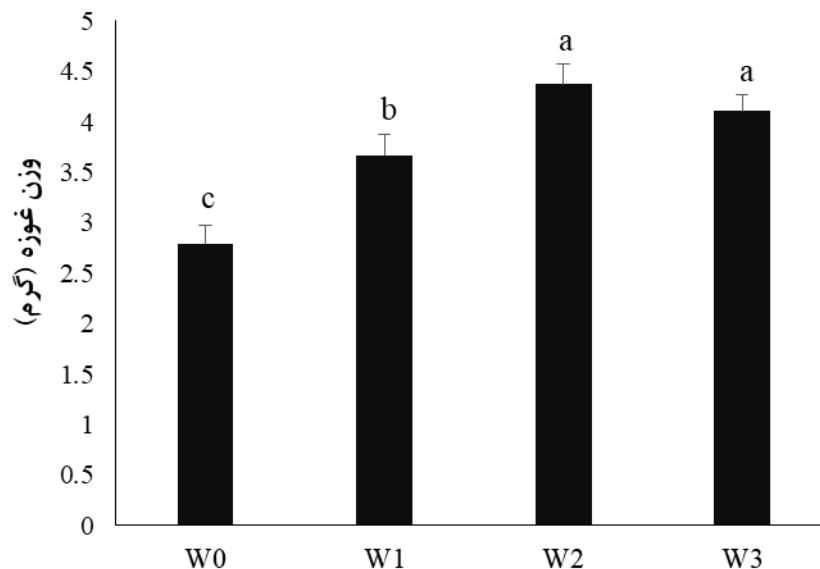
مواد و روش ها

در این پژوهش، بذر پنبه کرک زدایی شده، تراپلویید از ارقام تجاری (رقم گلستان) از مؤسسه تحقیقات پنبه کشور تهیه و در ایستگاه تحقیقات پنبه هاشم آباد گرگان به صورت اسپلیت پلات اجرا شد. تیمار اصلی فاصله ردیف باریک $[20 \times 20]$ سانتی متر مربع] و فاصله یکنواخت $[20 \times 80]$ سانتی متر مربع] و تیمارهای مختلف آبیاری در کرت فرعی شامل تیمار دیم (آبیاری تنها برای سبز شدن بذر)، ۳۰ درصد ظرفیت زراعی، ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مورد بررسی قرار گرفتند. صفاتی از جمله دمای برگ (سانتی گراد)، غلظت موم کوتیکولی برگ (میلی گرم بر گرم وزن تر)، عملکرد چین اول (تن)، عملکرد چین دوم (تن) و عملکرد کل (تن) مورد بررسی قرار گرفتند. اندازه گیری دمای برگ با ترمومتر پرتابل (فلو کا) انجام شد

غلظت موم در برگ مطابق روش (Ebercon *et al.*, 1977) و بر اساس شیب تغییر رنگ هنگامیکه اسید دی کرومات پتاسیم با موم کوتیکولی واکنش میدهد، تعیین شد. قطعات جدا شده برگ، در لوله آزمایش در معرض ۱۵ میلی لیتر کلروفرم قرار داده شد. بعد از این که ۱۵ ثانیه در دمای اتاق تکان داده شد، عصاره در حمام آب گرم با دمای ۹۰ درجه سانتی-گراد تبخیر شد. ۵ میلی لیتر محلول دیکرومات پتاسیم به آنها افزوده شد و دوباره در حمام آب گرم با دمای ۹۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. سپس دوباره لوله ها با ۱۰ میلی لیتر آب مقطر سریع خنک شد. پس از تکان دادن، جذب

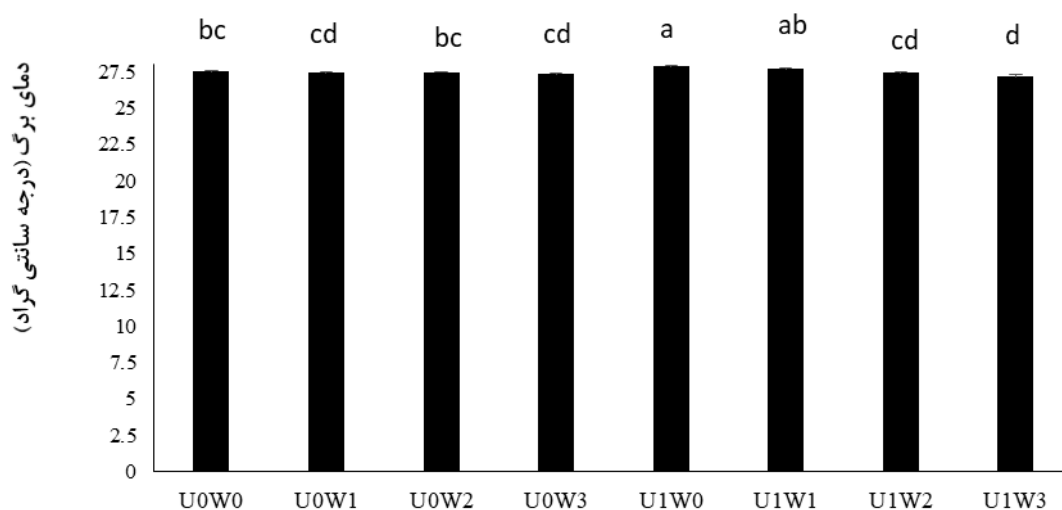
حال Dai و همکاران (۲۰۱۵) ضمن گزارش کاهش عملکرد در شرایط کشت متراکم، عامل اصلی و موثر آن را کاهش وزن غوزه دانستند. بنابراین، تعیین تراکم الگوی کاشت مناسب برای یک سیستم کشت معین (شامل مقدار عناصر غذایی، آب قابل دسترس و سایر منابع غذایی) معادل یافتن یک سازش بهینه بین اجزای عملکرد در شرایط رشد معین است. (Dai *et al.*, 2015).

ویژگی های تشریحی برگ نیز به دلیل کمبود آب می تواند به عنوان شاخص ظاهری مهم برای تعیین حساسیت و تحمل گیاه در شرایط خشک در نظر گرفته شود (Salsinha *et al.*, 2021). گیاهانی که دوره طولانی تنش خشکی را تجربه کرده اند، روزنه های کوچک تر و کمتری دارند. این خصوصیت از اتلاف آب کاسته و مصرف آب گیاه را به حداکثر می رساند و در نتیجه منجر به واکنش زود هنگام و سریع در برابر خشکی می شود. معمولاً برای رسیدن به این تعادل از کنترل تراکم رگبرگ استفاده می شود علاوه بر این، گیاهان مقاوم به خشکی طیفی از تغییرات ساختاری دیگر مانند تغییر در زاویه، اندازه و مساحت برگ، افزایش ضخامت کوتیکول و تعداد روزنه ها برای به حداقل رساندن تعرق و از دست دادن آب را در پاسخ به تنش خشکی ایجاد می کنند (Li *et al.*, 2021). این پژوهش به منظور بررسی اثر آبیاری و فواصل ردیف باریک و معمولی بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد پنبه در استان گلستان انجام شد.



شکل ۱. اثر سطوح مختلف آبیاری بر وزن غوزه (تیمارهای مختلف آبیاری دیم، ۳۳٪، ۶۶٪ و ۱۰۰٪ به ترتیب با W0، W1، W2 و W3 مشخص شده است).

Figure 1. Different irrigation level on Boll weight(g) - Irrigation W0, W1, W2 and W3 respectively (Rainfed, 30%, 60% and 100% FC)



شکل ۲. نمودار مقایسه میانگین اثر متقابل فاصله ردیف در سطح آبیاری برای دمای برگ (فاصله ردیف کشت یکنواخت و باریک به

ترتیب با U0 و U1) و تیمارهای مختلف آبیاری دیم، ۳۳٪، ۶۶٪ و ۱۰۰٪ به ترتیب با W0، W1، W2 و W3 مشخص شده است).

Figure 2. Comparison chart of the mean interaction effect of row spacing on irrigation level for leaf temperature - Sowing row (ultra -narrow and expanding) and irrigation (Rainfed, 30%, 60% and 100% FC)

طول موج خوانده شد.
در نهایت داده‌ها برای تجزیه واریانس
و مقایسه میانگین به روش LSD با نرم افزار

آن با استفاده از اسپکتروفتومتر در ۵۹۰ نانومتر
خوانده شد. غلظت موم در مقابل غلظت‌های
مختلف پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در همان

جدول ۱. تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد در فاصله ردیف کشت (باریک و یکنواخت) و چهار سطح آبیاری (دیم، ۳۰ درصد، ۶۰ درصد و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)

Table 1. Analysis of variance of yield and component yield- Sowing row (ultra -narrow and expanding) and irrigation (Rainfed, 30%, 60% and 100% FC)

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن غوزه	عملکرد چین اول	عملکرد چین دوم	عملکرد کل
Source of Variation	DF	boll weight	Yield First Harvest	Second Harvest	Total yield
تکرار	2	0.03	0.31	0.01	0.43
Replication					
فاصله ردیف	1	1.28 **	19.91 **	1.95 **	34.36 **
U					
خطای عامل اصلی	2	0.004 ns	0.23 ns	0.12 *	0.02 ns
Main plot Error					
آبیاری	3	2.87 **	6.36 **	0.82 **	11.61 **
W					
فاصله ردیف * آبیاری	3	0.22 ns	5.05 **	0.14 **	6.40 **
U*W					
خطای کل		0.06	0.24	0.02	0.20
Total Error					
ضریب تغییرات		6.97	12.54	16.71	9.38
CV					

** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد / ns عدم معنی دار

**and * are significant respectively ($p < 0.01$; $p < 0.05$); ns (non-significance)

آمار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

تفاوت در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس برای اثرات اصلی و متقابل تراکم الگوی کشت و تیمارهای مختلف آبیاری، در اغلب صفات مورد مطالعه معنی دار بود ($p < 0.05$).

وزن غوزه

مطابق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر متقابل فاصله ردیف متداول با ۶۰ درصد ظرفیت زراعی آبیاری، بیشترین وزن غوزه را به خود اختصاص داد، در حالی که کمترین مقدار آن در فاصله ردیف باریک و در شرایط بدون آبیاری مشاهده شد که از نظر آماری این

تغییرات وزن غوزه با کاهش میزان آبیاری نشان داد که در شرایط دیم، وزن غوزه به طور معنی داری نسبت به دو تیمار دیگر آبیاری کاهش پیدا کرد (شکل ۱). از آنجا که در پنبه تعداد غوزه در بوته، وزن غوزه و تراکم بوته در مترمربع، اجزای عملکرد محسوب می شوند، در کشت با فاصله باریک، تعداد بوته در مترمربع افزایش یافت، اما صفت وزن غوزه، کاهش پیدا کرد. از آنجا که کاهش تعداد غوزه و وزن غوزه در بوته از طریق افزایش تعداد بوته در مترمربع جبران می شود، بنابراین عملکرد و وزن غوزه تحت تأثیر قرار می گیرد

Ghajari & Akram ghaderi, 2007; Vories & (Glover, 2006).

عملکرد چین اول

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل فاصله ردیف و آبیاری در عملکرد چین اول معنی دار بود (جدول ۱). به طوری که بیشترین عملکرد در چین اول در فاصله باریک (۲۰*۲۰) و با آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین عملکرد چین اول در فاصله ردیف کشت باریک و در تیمار آبیاری ۳۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول ۲). نتایج حاصل از بررسی اثر متقابل آبیاری و فاصله ردیف نشان داد که در برداشت چین اول در فاصله ردیف باریک با کاهش آبیاری، عملکرد به طور چشمگیری کاهش پیدا کرد (جدول ۲). با وجود برتری های متعدد در سیستم کاشت با فواصل ردیف خیلی کم نسبت به فواصل کشت متداول در پنبه، آنچه دارای اهمیت است افزایش عملکرد در این سیستم نسبت به سیستم کاشت سنتی و مرسوم می باشد. نتایج پژوهش های متعدد بیانگر آن است که عملکرد پنبه در فواصل ردیف خیلی کم، بیشتر از فواصل ردیف متداول می باشد (Reddy et al., 2009; Wilson et al., 2007).

عملکرد چین دوم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل فاصله ردیف و آبیاری در عملکرد چین دوم در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). فاصله ردیف متداول در تیمار ۱۰۰ درصد

ظرفیت زراعی آبیاری، بیشتر از کشت گیاه پنبه بدون آبیاری در فاصله ردیف باریک بود (جدول ۲). نتایج تحقیقات Reddy و همکاران (۲۰۰۹) نشان داده است که کاشت پنبه در ردیف های باریک (۳۸ سانتی متری) در برخی از آزمایشات عملکردی مشابه یا عملکردی بالاتر را در مقایسه با کشت در ردیف های پهن ۹۷ تا ۱۰۲ سانتی متری دارند (Reddy et al., 2009).

وزن چین نهایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل فاصله ردیف و آبیاری بر عملکرد کل در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). فاصله ردیف متداول در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی آبیاری دارای بیشترین عملکرد نهایی و در فاصله ردیف باریک با همان میزان آبیاری کمترین عملکرد را داشت (جدول ۲). از مقایسه اثرات متقابل استنباط می شود که بیشترین عملکرد نهایی در فواصل ردیف متداول با آبیاری معمول نسبت به فواصل باریک و با سطح آبیاری کمتر معنی دار بود (جدول ۲).

تحقیقات نشان داد افزایش تراکم (در فواصل کشت مساوی) سبب افزایش شاخص سطح برگ و تعداد گره ها در اولین شاخه میوه دهنده و همچنین توسعه فشرده تر گیاهی از طریق کاهش ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد شاخه ها گردید. با این حال این محققان ابراز داشتند که اندازه غوزه، تعداد بذر در هر غوزه، شاخص طول الیاف، با کاهش فاصله بین بوته ها کاهش یافت. این بررسی ها نشان داد

جدول ۲. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمار فاصله کشت* آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد
 Table 2. Results of comparison of mean interaction effects (U*W) yield and component yield (U1[Narrow spacing] and conventional spacing [U0] [Mean± SE]

تیمار	عملکرد چین اول	عملکرد چین دوم	عملکرد کل
فاصله کشت* آبیاری	Yield1	Yield2	Total yield
فاصله کشت باریک (U1)*دیم (W0)	2.84±0.20c	0.33±0.10d	3.18±0.13d
فاصله کشت باریک (U1)*آبیاری ۳۰ درصد (W1)	3.01±0.14c	0.47±0.07d	3.48±0.18cd
فاصله کشت باریک (U1)*آبیاری ۶۰ درصد (W2)	3.16±0.32c	0.79±0.15bc	3.95±0.24cd
فاصله کشت باریک (U1)*آبیاری ۱۰۰ درصد (W3)	3.11±0.09c	0.88±0.06bc	3.99±0.08c
فاصله کشت متداول (U0)*دیم (W0)	3.15±0.47c	0.94±0.11b	4.10±0.50c
فاصله کشت متداول (U0)*آبیاری ۳۰ درصد (W1)	3.33±0.24c	0.59±0.01cd	3.93±0.23cd
فاصله کشت متداول (U0)*آبیاری ۶۰ درصد (W2)	5.77±0.35b	1.58±0.17a	7.35±0.31b
فاصله کشت متداول (U0)*آبیاری ۱۰۰ درصد (W3)	7.16±0.32a	1.64±0.08a	8.80±0.24a

تشابه حروف نشانه عدم معنی داری می باشد

کاهش اندازه غوزه، گزارش کردند (Fowler and Ray, 1977).

قادری فر و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که بسته شدن تاج پوشش در فاصله ردیف کاشت باریک در حدود ۱۸-۳۶ روز زودتر از فاصله ردیف متداول رخ داد. افزایش عملکرد نیز در فاصله ردیف کشت باریک را می توان به افزایش تعداد غوزه در واحد سطح و افزایش دریافت تشعشع توسط تاج پوشش ارتباط داد. از نظر کیفیت الیاف بین دو سیستم کاشت اختلافی مشاهده نشد. همچنین سیستم کاشت در فواصل ردیف خیلی کم را به عنوان یک راهکار زراعی در افزایش عملکرد پنبه به کشاورزان توصیه نمودند.

میلروی و بانگ (Milroy & Bange, 2004) دریافتند که پنبه کشت شده در فاصله ردیف متداول، سطح برگ بالاتری نسبت به پنبه

که افزایش تراکم از طریق کاهش فاصله بین ردیف کاشت، منجر به کاهش متوسط وزن غوزه ها می شود (Reddy et al., 2009).

در زمینه اثرات سیستم کاشت با فاصله ردیف خیلی کم بر کیفیت الیاف نیز مطالعات مختلفی انجام شده است. برخی از مطالعات نشان می دهد که کیفیت الیاف تحت تأثیر فواصل کاشت قرار نگیرد و کیفیت الیاف در هر دو سیستم کاشت با فاصله تراکم باریک و سیستم کاشت متداول مشابه بود (Wilson et al., 2007) در حالی که در برخی از مطالعات، کاهش کیفیت الیاف در سیستم کاشت

باریک مشاهده شده است و علت کاهش کیفیت الیاف در این سیستم را بسته شدن سریع تاج پوشش و قرارگیری غوزه ها در زیر تاج پوشش، کاهش طول دوره رشد غوزه به همراه

جدول ۳. نتایج حاصل از تجزیه واریانس دمای برگ و غلظت کوتیکول برگ - فاصله ردیف کشت (باریک و یکنواخت) و چهار سطح آبیاری (دیم، ۳۰ درصد، ۶۰ درصد و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)
Table 3. Analysis of variance of leaf temperature and epicuticle wax of leaves- Sowing row (ultra - narrow and expanding) and irrigation (Rainfed, 30%, 60% and 100% FC)

منابع تغییرات	درجه آزادی	دمای برگ	غلظت کوتیکول برگ
Source of Variation	DF	Leaf temperature	Leaf Wax
تکرار	2	0.07	0.03
Replication			
فاصله ردیف	1	0.32 *	0.07 ^{ns}
U			
خطای عامل اصلی	2	0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}
Main plot Error			
آبیاری	3	0.37 **	0.20 **
W			
فاصله ردیف * آبیاری	3	0.15 *	0.07 *
U*W			
خطای کل		0.03	0.02
Error			
ضریب تغییرات		0.26	0.52
CV			

** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد / ns عدم معنی دار

** and * are significant respectively ($p < 0.01$; $p < 0.05$); ns (non-significance)

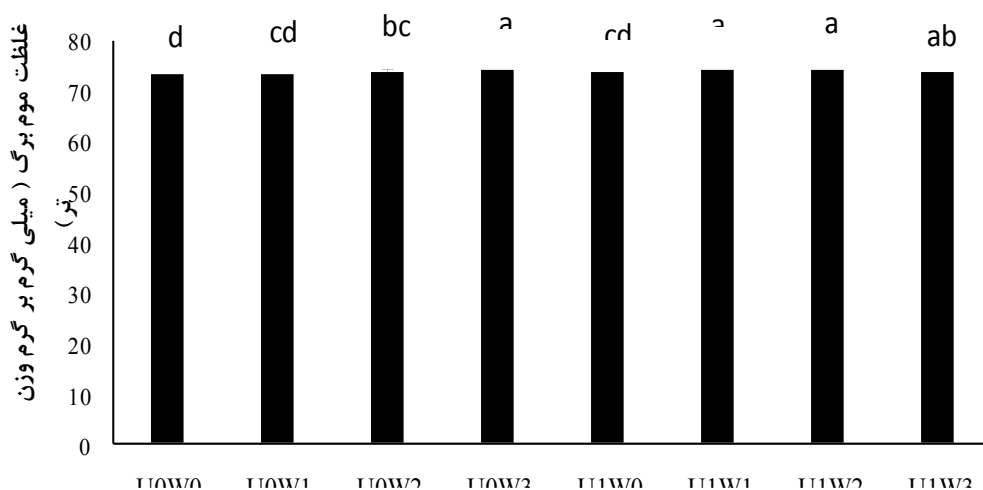
معنی داری داشت (شکل ۳). کمترین غلظت کوتیکول برگ در تیمار دیم که با تراکم ۸۰*۲۰ سانتی متر کشت شده بودند مشاهده شد (شکل ۱). در شرایط دیم غلظت موم کوتیکولی در تراکم کشت ۸۰*۲۰ سانتی متر کمتر از تراکم کشت ۲۰*۲۰ سانتی متر بود ولیکن از نظر آماری تفاوت معنی دار نبود (شکل ۱). افزایش غلظت موم کوتیکولی در سطح برگ یک تغییر مورفولوژی-فیزیولوژیکی است که گیاه به عنوان مکانیسم اجتناب از تنش خشکی اعمال می کند (Perlikowski & Kosmala, 2020).

دمای برگ در تراکم کشت باریک در شرایط دیم بیشترین و در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در همین تراکم کمترین بود

کشت شده در فواصل باریک دارد و در نتیجه افزایش جذب نور، کارایی مصرف نور بیش از ۳۵ درصد افزایش می یابد. نظر به اینکه در فاصله ردیف خیلی کم، شاخص سطح برگ کمتر از فاصله ردیف متداول می باشد، به دنبال آن دریافت تشعشع و کارایی مصرف نور کمتر می شود.

دمای برگ و غلظت کوتیکول برگ

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد اثر متقابل تیمارهای مختلف آبیاری و فاصله ردیف کشت برای صفات دمای برگ و غلظت کوتیکول برگ معنی دار بود (جدول ۳). غلظت کوتیکول برگ در فاصله ردیف کشت ۸۰*۲۰ که در حد ۶۰ درصد ظرفیت زراعی آبیاری شده بودند نسبت به سایر تیمارها افزایش



شکل ۳) نمودار مقایسه میانگین اثر متقابل فاصله ردیف در سطح آبیاری برای غلظت موم برگ (فاصله ردیف کشت یکنواخت و باریک به ترتیب با U0 و U1) و تیمارهای مختلف آبیاری دیم، ۳۳٪، ۶۶٪ و ۱۰۰٪ به ترتیب با W0، W1، W2 و W3 مشخص شده است.)

Figure 3. Comparison chart of the mean interaction effect of row spacing on irrigation level for Wax of leaf - Sowing row (ultra -narrow and expanding) and irrigation (Rainfed, 30%, 60% and 100% FC)

بیش از حد برگ جلوگیری می نمایند. این سازوکار نشان دهنده یک استراتژی تطبیقی است که در آن گیاه بین حفظ آب و تنظیم دمایی اولویت بندی انجام می دهد. (Majnoon Hosseini *et al.*, 2021)

میلروی و بانگ (Milroy & Bange, 2004) دریافتند که پنبه کشت شده در فاصله ردیف متداول، سطح برگ بالاتری نسبت به پنبه کشت شده در فواصل باریک دارد و در نتیجه افزایش جذب نور، کارایی مصرف نور بیش از ۳۵ درصد افزایش می یابد. نظر به اینکه در فاصله ردیف خیلی کم شاخص سطح برگ کمتر از فاصله ردیف متداول می باشد، به دنبال آن دریافت تشعشع و کارایی مصرف نور کمتر می شود.

نتیجه گیری کلی

به طور کلی سیستم کشت با فاصله ردیف بسیار باریک (۲۰×۲۰ سانتی متر) به دلیل

(شکل ۲). با اینکه با افزایش مقدار آبیاری در تراکم کشت رایج، کاهش در دمای برگ مشاهده شد ولیکن این اختلاف از نظر آماری معنی دار نبود (شکل ۲). در تراکم کشت باریک، دمای برگ با کاهش میزان آبیاری افزایش یافت که می تواند به دلیل تراکم بیشتر و سهم آب کمتر به هر گیاه باشد. تراکم برگ، دمای برگ و تنش خشکی سه عامل مهم فیزیولوژیکی هستند که در یک شبکه پویا با یکدیگر تعامل دارند. تراکم برگ به تعداد و آرایش برگ ها در یک گیاه اشاره دارد و از طریق تعدیل جذب نور خورشید، تبخیر و تعرق، نقش کلیدی در تنظیم دمای برگ ایفا می کند. در شرایط تنش خشکی، کاهش دسترسی به آب منجر به کاهش تراکم برگ، محدودیت تعرق و افزایش دمای برگ می شود به این ترتیب بسیاری از گیاهان تعادل آبی را حفظ کرده و از آسیب های ناشی از گرمایش

شاخص سطح برگ بالاتر، دریافت نور بهتر و غلظت موم برگ بیشتر در شرایط کم آبیاری، عملکرد بالاتری نسبت به سیستم کشت رایج داشت. در الگوی کشت، فاصله ردیف متداول که ۶۰٪ ظرفیت زراعی مزرعه آبیاری شده باشند، بهینه ترین عملکرد را داشت. افزایش غلظت موم کوتیکولی و دمای برگ در الگوی کشت تراکم، نشان دهنده فعال شدن ساز و کارهای تحمل به تنش در پنبه می باشد. اگرچه این سیستم از نظر عملکرد و کارایی نور برتر بود، اما تأثیرات بلندمدت بر خاک و نیاز به مدیریت دقیق آبیاری و تراکم نیازمند مطالعه بیشتر است. برای جایگزینی کامل این سیستم با روش سنتی، انجام آزمایش های تکمیلی، به ویژه در زمینه کشاورزی پایدار ضروری است. به طور کلی، کشت با فاصله ردیف باریک با شرط تنظیم تراکم، انتخاب رقم سازگار و هماهنگی با روش های حفاظتی می تواند به عنوان یک راهکار مؤثر مطرح شود

منابع

- Chena, X., Qia, Z., Guia, D., Guf, Z., Mag, L., Zenga, F., and Li, L. 2019. Simulating impacts of climate change on cotton yield and water requirement using RZWQM2. *Agricultural Water Management*, 222, 231–241. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.05.030>
- Dai, J. L., Li, W. J., Tang, W., Zhang, D. M., Li, Z. H., and Lu, H. Q. 2015. Manipulation of dry matter accumulation and partitioning with plant density in relation to yield stability of cotton under intensive management. *Field Crops Research*, 180, 207–215. doi: 10.1016/j.fcr.2015.06.008
- Darawsheh, M., Khah, E., Aivalakis, G., Chachalis, D., and Sallaku, F. 2009. Cotton row spacing and plant density cropping systems I. Effects on accumulation and partitioning of dry mass and LAI. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7, 258-261.
- Dowling, D. 1996. Ultra narrow row cotton shows promise. *Aust. Cotton Grower*, 16, 18-21.
- Ebercon, A., Blum, A., and Jordan, W. 1977. A rapid colorimetric method for epicuticular wax content of sorghum leaves. *Crop Science*, 17, 179-180. DOI:10.2135/cropsci1977.0011183X001700010047x
- Fowler, J.L., and Ray, L.L. 1977. Response of two cotton genotypes to five quidistant spacing patterns. *Agronomy Journal*, 69, 733-738.
- Ghader-Far, F., Alimagham, S.M., Cancholi, O., Yousefi-Daz, M., and Miri, A.A. 2012. Yield and fiber quality comparison of cotton planted in ultra-narrow row and conventional row. *Journal of Crop Production*, 5 (2), 75-91. (In Persian)
- Ghajari, A., and Akram ghaderi, F. 2007. Influence of row spacing and population density on yield and yield components of three cotton cultivars

in Gorgan. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 4: 833-844. (In Persian)

Li, x., Han, Y., Wang, G., Feng, L., Wang, Z., Yang, B., Du, W., Lei, Y., Xiong, S., Zhi, X., Xing, F., Fan, Z., Xin, M., and Li, Y. 2020. Response of cotton fruit growth, intraspecific competition and yield to plant density. *European Journal of Agronomy*, 114: 125991. doi.org/10.1016/j.eja.2019.125991

Li S., Hamani, A.K.M., Zhang, Y., Liang, Y., Gao, Y., and Duan, A. 2021. Coordination of leaf hydraulic, anatomical and economical traits in tomato seedlings acclimation to long-term drought. *BMC Plant Biology*, 21 (1): 1. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03304-y>

Majnoon Hosseini, N., Gholami, M.B., Jahansooz, M.R., Afshoon, E., and Rabieian, E. 2021. Effects of irrigation regime and plant density on some yield and ecological and physiological indications of chickpea (*Cicer arietinum* L). *Iranian Journal of Field Crop Science*. 52 (3): 163-174. doi: 10.22059/IJFCS.2020.314020.654776. (In Persian)

Milroy, S.P., and Bange, M.P. 2003. Nitrogen and light responses of cotton photosynthesis and implications for crop growth. Australian Cotton Cooperative Res. Centre, Narrabri NSW 2390, Australia. *Aust. Journal of Crop Sciences*, 43(3): 904-913. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.0904>

Najafi Mood., M.H., Behdani, M.A., and Montazer. A.A. 2006. Evaluation of a number of pressurized irrigation projects implemented in South Khorasan. *Mashhad Water and Soil Magazine*, 17(1): (In Persian)

Perlikowski, D., and Kosmala, A. 2020. Mechanisms of drought resistance in introgression forms of *Lolium multiflorum*/*Festuca arundinacea*. *Biologia plantarum*, 64:497-503. DOI:10.32615/bp.2020.076

Reddy, K.N., Burke, I.C., Boykin, J.C., and Williford, J.R. 2009. Narrow-row cotton production under irrigated and non-irrigated environment:

Plant population and lint yield. *Journal Cotton Science*, 13: 48-55.

Salsinha, Y.C.F., Maryani, M., Purwestri, Y.A., and Indradewa, D. 2021. Leaf physiological and anatomical characters contribute to drought tolerance of Nusa Tenggara Timur local rice cultivars. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 24: 337. DOI:10.1007/s12892-020-00082-1

United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. 2025. Cotton: World markets and trade. Washington, DC: USDA-FAS.

Vories, E.D., and Glover, R.E. 2006. Comparison of growth and yield components of conventional and ultra-narrow row cotton. *Journal of Cotton Science*, 10: 235-243.

Wilson, D.G., York, J.A.C., and Edmisten, K.L. 2007. Narrow-row cotton response to mepiquat chloride. *Journal of Cotton Science*, 11: 177-185.

Zhan, A., Schneider, H., and Lynch, J. P. 2015. Reduced lateral root branching density improves drought tolerance in maize. *Plant Physiology*, 168: 1603–1615. doi: 10.1104/pp.15.0018

Zhong, R., Tian, F., Yang, P., and Yi, Q. 2016. Planting and Irrigation Methods for Cotton in Southern Xinjiang, China. *Irrigation and Drainage*, 65: 461– 468. doi: 10.1002.ird.2015.

Effects of Row Spacing and Irrigation Levels on Yield, and Physiological Adaptations in Cotton

Fathemeh Deylam Katuli¹, Amir Abbas Mousavi², Elham Faghani³, Morteza Sam Daliri⁴

1. Department of Agriculture, Chalos branch, Islamic Azad University, Chalos, Iran.
2. Department of Agriculture, Chalos branch, Islamic Azad University, Chalos, Iran. . (Corresponding author)
3. Cotton Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran
4. Department of Agriculture, Chalos branch, Islamic Azad University, Chalos, Iran.

Received: October 2025 Accepted: July 2026- DOI: 10.22092/aj.2026.371226.1709

Extended Abstract

Deylam Katuli, F., Mousavi, A..A. , Faghani, E., Sam Daliri, M., Effects of Row Spacing and Irrigation Levels on Yield, and Physiological Adaptations in Cotton

Applied Research in Field Crops Vol 37, No.3, 2024, 1-4: 1-13(in Persian)

Introduction

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is one of the world's most important industrial crops and plays a vital role in agricultural economies and the textile industry (USDA, ۲۰۲۶). However, climate change, increasing temperatures, irregular precipitation patterns, and the growing scarcity of irrigation water threaten the sustainability of cotton production, particularly in arid and semi-arid regions. Under such conditions, the development of appropriate agronomic practices that maintain yield while improving resource-use efficiency is essential. Irrigation management is one of the most important factors determining cotton growth, physiological performance, boll development, and final yield. In addition, row spacing can alter plant density, canopy structure, light interception, soil-water depletion, and competition among plants (Zhang et al., 2016). Narrow-row cultivation may promote faster canopy closure and greater light interception; nevertheless, increased plant density may intensify competition for water and nutrients, especially under water-deficit conditions.

Email address of the corresponding author: seyedamirabasmusavi@gmail.com

Therefore, the interaction between irrigation regime and row spacing should be considered when developing sustainable cotton production systems. The present study investigated the effects of narrow and conventional row spacing under different irrigation levels on cotton physiological responses, yield components, and seed cotton yield.

Materials and Methods

The experiment was conducted at the Hashemabad Cotton Research Station in Golestan Province, Iran. A split-plot experiment based on a randomized complete block design with three replications was used. The treatments consisted of two planting arrangements: narrow-row spacing (20×20 cm) and conventional row spacing (20×80 cm). Four water regimes were evaluated: rainfed conditions and irrigation at 30%, 60%, and 100% of field capacity. Leaf temperature was measured during the flowering stage using a thermometer to evaluate the thermal response of the crop canopy to irrigation and planting arrangement. Fully developed leaves were sampled from the middle third of the canopy to determine cuticular wax concentration according to the method described by Ebercon et al. (1977). At physiological maturity, 30 representative bolls were collected from each experimental unit. Individual boll weight and total boll weight were then determined. The number of bolls per unit area, first-pick yield, and total seed cotton yield were also measured. The collected data were subjected to analysis of variance, and treatment means were compared to determine the effects of row spacing, irrigation regime, and their interaction.

Results and Discussion

Row spacing and irrigation regime significantly affected cotton growth, physiological responses, yield components, and final seed cotton yield. Narrow-row cultivation resulted in faster canopy closure and greater interception of incoming radiation. Consequently, light-use efficiency under narrow-row spacing was approximately 18% greater than that under conventional spacing. Faster canopy development could potentially reduce radiation reaching the soil surface and improve the utilization of available

environmental resources. However, the higher plant population associated with narrow-row cultivation increased competition among plants. Individual boll weight under narrow-row spacing was approximately 15% lower than that recorded under conventional spacing.

The highest seed cotton yield, approximately 3200 kg ha⁻¹, was obtained under conventional row spacing combined with irrigation at 60% of field capacity. In contrast, the lowest yield, approximately 1800 kg ha⁻¹, was observed under narrow-row spacing combined with irrigation at 30% of field capacity. These findings demonstrate that the yield response to row spacing depended strongly on water availability. Although narrow-row cultivation improved canopy establishment and light interception, its potential advantages did not result in a higher final yield under restricted water supply. The greater competition for limited soil moisture under high plant density may have reduced boll growth and retention, thereby limiting yield.

Cuticular wax concentration increased by up to 40% under the combined conditions of water stress and high plant density. Increased wax deposition may represent an adaptive response that restricts non-stomatal water loss, reduces transpiration, and contributes to the maintenance of leaf tissue hydration during drought. Nevertheless, the increase in protective wax deposition was not sufficient to prevent yield reduction under severe water limitation.

Under water stress and high plant density, leaf temperature increased by approximately 3–5°C, indicating reduced transpirational cooling due to limited water availability. Although narrow-row spacing increased boll number per square metre by about 20%, it reduced individual boll weight. Therefore, improved reproductive density did not necessarily increase total yield, as yield components were strongly dependent on the interaction between row spacing and irrigation regime.

Conclusions

Narrow-row cotton cultivation promoted faster canopy closure, improved light interception, increased light-use efficiency, and produced more bolls per unit area. However, these benefits were offset by increased competition

among plants, reduced individual boll weight, higher leaf temperature, and greater sensitivity to water deficit. The adverse effects were especially pronounced when narrow-row cultivation was combined with irrigation at 30% of field capacity. Conventional row spacing combined with irrigation at 60% of field capacity provided the most favorable balance between physiological performance, yield formation, seed cotton yield, and water-use efficiency. These findings indicate that row spacing should not be optimized independently of irrigation management. Under water-limited conditions, moderate irrigation combined with conventional row spacing may provide a more stable and sustainable cotton production strategy than high-density, narrow-row cultivation.

Key Words: Cotton, Epicuticle wax, Row Spacing, Irrigation levels, Yield Component

References

1. Ebercon, A., Blum, A., and Jordan, W. 1977. A rapid colorimetric method for epicuticularwax contest of sorghum leaves. *Crop Science*, 17, 179-180.
2. Zhang, R., Tian, F., Yang, P., and Yi, Q. 2016. Planting and Irrigation Methods for Cotton in Southern Xinjiang, China. *Irrigation and Drainage*, 65: 461– 468. doi: 10.1002.ird.2015.
3. United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. 2025. Cotton: World markets and trade. Washington, DC: USDA-FAS.