نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار / جلد 21/2 شماره 1/ سال 1390

تاثیر مقادیر مختلف آب بر عملکرد، کارآیی مصرف آب و تعیین تابع تولید پنبه در استان مازندران

داود اکبری نودهی[*1]

تاریخ دریافت: 89/8/12 تاریخ پذیرش: 90/1/24

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر

* مسئول مکاتبه : Email: dakbarin@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی تاثیر کم‌آبیاری بر عملکرد پنبه، تعیین تابع تولید و کارآیی مصرف آب، آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در چهار تکرار بر روی پنبه رقم ساحل و به مدت دو سال در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بابیع‌کلا مازندران به اجرا در آمد. تیمارهای آبیاری بر اساس صفر، 25، 50، 75، 100 و 125 درصد نیاز آبی، عملکرد پنبه را به طور معنی‌داری ($P< 0/01$) تحت تاثیر قرار دادند. تیمار I_0 (صفر درصد نیاز آبی) و I_3 (75 درصد نیاز آبی) به ترتیب با 1679 و 3099 کیلوگرم در هکتار، کم‌ترین و بیش‌ترین عملکرد در هکتار را داشتند، اما کارآیی مصرف آب در تیمار I_0 و کارآیی مصرف آب آبیاری در تیمار I_1 دارای بیش‌ترین مقدار بودند. در تیمار I_3 با 25 درصد کاهش آب مصرفی، کاهش عملکرد مشاهده نگردید، در حالی که در تیمار I_2 با کاهش 50 درصد میزان آب مصرفی (نسبت به نیاز کامل آبیاری، تیمارI_4)، عملکرد بطور معنی‌دار به میزان 15 درصد کاهش یافت. در نتیجه بر اساس نتایج این آزمایش، در زراعت پنبه به آبیاری کامل نیاز نبوده و 75 درصد نیاز آبی کفایت می‌کند.

واژه های کلیدی: استان مازندران، پنبه، تابع تولید پنبه، کم‌آبیاری، کارآیی مصرف آب

The Effect of Different Water Quantities on Yield, Water Use efficiency and Cotton Yield Function in Mazandaran Province, Iran

D Akbari Nodehi[1*]

Received : 03 November 2010 Accepted : 13 April 2011
Faculty Member of Islamic Azad University Qaemshahr Branch, Iran
* Corresponding author : E-mail: dakbarin@yahoo.com

Abstract

To study the effect of deficit irrigation on cotton yield, determination of yield function and water use efficiency, an experiment was conducted based on randomized complete block design (RCBD) with four replications on cotton (Sahel variety) in BayeKola, Agricultural Research Station of Mazndaran Province during 2002 - 2003. Irrigation treatments based on 0 , 25, 50, 75, 100 and 125% of water requirement, affected cotton yield significantly ($P<0.01$). The highest and lowest cotton yield with 1679 and 3099 Kg/ha were obtained from I_o treatment (0% of water requirement) and I_3 (75 % of water requirement), respectively; while the highest values of water use efficiency were belonged to I_0 and I_1 treatments. There was no yield reduction in I_3 with 25% less water requirement. While cotton yield in I_2 (with 50% water requirement) was decreased 15%, significantly as compared with I_4 (100% water requirement). Thus, full irrigation is not necessary for cotton irrigation in Mazandaran province, and irrigation with 75% of water requirement could be sufficient.

Keywords: Cotton yield, Deficit irrigation, Water use efficiency, Water-yield relation, Mazandaran province

مقدمه

کم آبیاری یکی از راه‌کارهای اساسی بهینه سازی مصرف آب در اراضی فاریاب است که در آن گیاهان زراعی عملاً به مقدار کمتر از نیاز آبی آبیاری می‌شوند و در نتیجه مقداری از محصول کاهش می‌یابد، ولی در مصرف آب صرفه جویی شده و می‌توان اراضی بیشتری را زیر کشت برد و در مجموع سود بیشتری را به‌دست آورد (هاول و همکاران1984). در صورت محدود بودن منابع آب و زیاد بودن اراضی این روش مدیریت آبیاری باعث افزایش تولید به ازاء آب مصرفی شده و سطح زیر کشت اراضی زراعی افزایش می‌یابد (توکلی 1378). نکدت و همکاران (2006) جهت بررسی کم آبیاری بر روی عملکرد پنبه پنج تیمار آبیاری شامل صفر، 30، 50، 70، و 100 درصد نیاز آبی را مورد بررسی قرار داده‌اند و مشاهده نمودند که تیمار 100درصد نیاز آبی بیشترین عملکرد را داشته و مقدار IWUE و WUE به ترتیب برای تیمارهای مختلف بین 0/77-1/4 3 kg/m^3 و 0/61-0/372kg/m^3 نوسان

داشته است. انگلیش (1990) با بررسی بر روی محصولات مختلف مشاهده نموده است که کم آبیاری بسته به شرایط محیط و مکان انجام آزمایش، منجر به 15 تا 59 درصد سود خالص می‌شود و دریافت که با کاهش 43درصد عمق آب مصرفی سود خالص نسبت به آبیاری کامل، کاهش نداشته است. هاول و همکاران (1984) با مطالعه دو حالت کم آبیاری و آبیاری کامل نشان دادند که با کاهش 27درصد آب مصرفی تنها 10درصد کاهش عملکرد مشاهده شده است. اکبری (1376) با تاثیر کم آبیاری بر روی چغندرقند بیان نموده که با کاهش 30درصد میزان آب مصرفی نه تنها کاهشی در عملکرد محصول چغندر قند مشاهده نشد، بلکه با این میزان کاهش 30درصد می‌توان سطح زیر کشت محصول مورد نظر را 40درصد افزایش داد. استون و همکاران (1982) 20 تا 50 درصد کاهش آب مصرفی را بدون اثر معنی‌دار بر عملکرد پنبه گزارش نمودند. در مورد تخمین عملکرد گیاه به ازای آب مصرفی تحقیقات زیادی صورت گرفته است. رادین و همکاران (1992) گزارش نمودند که با دو برابر کردن تعداد آبیاری در محدوده زمانی اوج گل‌دهی پنبه، عملکرد تا 25 درصد افزایش یافت. کیپ‌کورپر و همکاران (2002) بیان نمودند، تابع تولید رابطه بین عملکرد محصول و آب بکار برده را نشان می‌دهد و اضهار داشتند که به‌واسطه نفوذ عمقی، تابع تولید به‌صورت غیر خطی می‌باشد. دورنبوس و کاسام (1979) نشان دادند که اگر رابطه محصول با تبخیر- تعرق در نظر گرفته شود، معمولاً این توابع خطی خواهند بود. اما اگر مقدار آب داده شده به زمین ملاک قرار گیرد، تابع تولید غالباً غیر خطی خواهد بود. وانجورا و همکاران (2002) به بررسی روابط آب مصرفی- عملکرد تحت سیستم قطره‌ای روی محصول پنبه پرداختند. روابط به‌دست آمده به صورت خطی بودند. اورگاز و همکاران (1992) تغییرات مقدار عملکرد پنبه نسبت به تبخیر- تعرق و مقدار آب آبیاری را بر روی چهار رقم پنبه مورد مطالعه قرار داده و رابطه خطی بین عملکرد و تبخیر- تعرق و غیر خطی بین عملکرد و مقدار آب آبیاری را ارائه دادند. هدف از این تحقیق تعیین مقدار بهینه آب مصرفی درشرایط محدودیت منابع آب، ارائه تابع تولید پنبه و تعیین کارآیی مصرف آب در زراعت پنبه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور تعیین تابع تولید پنبه جهت مدیریت بهینه مصرف آب در مزرعه، آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در چهار تکرار و بمدت دو سال در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران (بایعکلا) به اجرا در آمد. این ایستگاه در شمال شهر نکا در عرض 36 درجه و 26 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 53 درجه و 30 دقیقه شرقی و ارتفاع چهار متر از سطح دریا قرار دارد. متوسط بارندگی منطقه 620 میلی‌متر، متوسط درجه حرارت منطقه 17 درجه سانتی‌گراد، متوسط رطوبت نسبی 70 درصد و متوسط تبخیر از تشت 1300 میلی‌متر می‌باشد. مقدار باران موثر در سال 1381 برابر 80 میلی‌متر و برای سال دوم 97 میلی‌متر بود. بیشتر این بارندگی‌ها در اوایل فصل رشد اتفاق افتاد. بنابراین به علت رطوبت و بارندگی مناسب در اوایل فصل رشد و قبل از گلدهی و نیز جلوگیری از رشد علفی و تعادل بین رشد رویشی و زایشی، آبیاری از مرحله گلدهی به بعد شروع شد. خاک منطقه مورد آزمایش سیلتی-رسی بوده که در جدول 1 خصوصیات فیزیکی آن‌ها نشان داده شده است. کود مصرفی اوره بر اساس نتایج تجزیه خاک به میزان 150 کیلوگرم در هکتار تعیین و نصف کود مورد نیاز قبل از کشت و مابقی قبل از گلدهی اعمال گردید.

پنبه رقم ساحل در اواخر اردیبهشت و به میزان 40 کیلوگرم بذر در هکتار و بوسیله دست در روی خطوط به فاصله 20 سانتی متر و عمق پنج سانتی‌متر و فاصله بین خطوط 80 سانتی‌متر کشت گردید.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی خاک محل آزمایش.

عمق نمونه برداری (سانتی‌متر)	ظرفیت مزرعه (درصد)	نقطه پژمردگی دائم (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	$EC\times10^3$ dS/m	pH
0-30	28/7	14/1	1/31	0/66	7/1
30-60	27/9	13/8	1/34	--	--
60-90	27/5	13/7	1/35	--	--

تنک‌کاری سه هفته بعد از کاشت (هنگام سه برگه شدن) انجام گرفت. تیمارهای آبیاری شامل صفر (بدون آبیاری)، 25، 50، 75، 100 و 125 درصد نیاز آبی گیاه بودند. هرکرت شامل 6 ردیف کشت به طول 15 متر بود. آبیاری به صورت شیار در کرت بوده و حجم آب آبیاری با استفاده از کنتور حجمی اندازه گیری شد. زمان آبیاری بر اساس60درصد تخلیه مجاز رطوبت و مقدار آب آبیاری بر مبنای رساندن رطوبت خاک تا عمق ریشه (عمق ریشه بسته به مراحل رشد گیاه متفاوت در نظر گرفته شده است) به حد ظرفیت مزرعه محاسبه گردید. آبیاری برای سال اول در 23 تیر و در سال دوم در 18 تیر صورت گرفت. کارآیی مصرف آب (WUE) طبق روش استفاده شده توسط هانگ و همکاران (2004) و با فرمول $WUE=Y/ET$ تعیین گردید. در این معادله Y عملکرد وش و ET تبخیر و تعرق واقعی می‌باشد که برای هر تیمار جداگانه با استفاده از معادله بیلان آب با فرمول $ET=P+I+\Delta S-Dp$ بدست آمد. در این معادله ΔS تغییرات ذخیره آب در ابتدا و انتهای فصل رشد(mm)، P بارندگی(mm) Dp مقدار نفوذ عمقی (mm) و I مقدار آب آبیاری(mm) هستند. از آنجا که مقدار آب آبیاری فقط به اندازه رساندن رطوبت خاک تا رطوبت ظرفیت مزرعه مورد استفاده قرار گرفته است، بنابراین از مقدار آب زهکشی شده صرف‌نظر گردیده است، جز در تیمار 125 درصد که مقدار آب زهکشی شده از تفاضل ظرفیت مزرعه و مقدار آب داده شده بدست آمد. کارآیی مصرف آب آبیاری(I_{WUE}) با کم کردن عملکرد هر یک از تیمارها (Y_I) از تیمار بدون آبیاری (Y_0) و تقسیم بر آب آبیاری فصلی و به‌صورت زیر محاسبه گردید (هانگ و همکاران 2004):

$I_{WUE}=(Y_I-Y0)/I$

که Y_I مطابق با تیمارهای I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 وY_0مطابق با تیمار I_0 می‌باشد. در نهایت برداشت محصول طی سه چین و از دو ردیف میانی هر تیمار به طول 2/5 متر و بوسیله دست انجام شد. داده‌های آزمایش با استفاده از نرم افزار MSTATC تجزیه و میانگین‌های تیمارها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های عملکرد وش پنبه، کارآیی مصرف آب و کارآیی مصرف آب آبیاری، در تولید پنبه برای دو سال آزمایش و نتایج تجزیه مرکب دو ساله آزمایش در جدول‌های 2 تا 5 نشان داده شده است. بر اساس جدول 2، اثر تیمارهای آبیاری در هر دو سال آزمایش بر عملکرد محصول، کارآیی مصرف آب و کارآیی مصرف آب آبیاری در سطح آماری یک درصد ($P< 0/01$) معنی‌دار بود.

تجزیه مرکب داده ها نشان می‌دهد که اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد محصول، کارآیی مصرف آب و کارآیی مصرف آب آبیاری در میانگین دو سال در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. اما اثر متقابل تیمار آبیاری با سال معنی‌دار نگردید (جدول 3).

جدول 2- تجزیه واریانس سالانه عملکرد پنبه، کارآیی مصرف آب (WUE) و کارآیی مصرف آب آبیاری (I_{WUE}) در تولید پنبه تحت تاثیر تیمارهای آبیاری طی سال‌های 1381 و 1382

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		1381			1382		
		عملکرد پنبه	WUE	IWUE	عملکرد پنبه	WUE	IWUE
تکرار	3	6052^{ns}	0/001^{n}s	0/069^{ns}	9338^{ns}	0/005^{ns}	0/031^{ns}
تیمارهای آبیاری	5	1324325**	0/644**	0/534**	1706450**	0/3**	0/311**
خطا	15	93309	0/011	0/048	107405	0/007	0/026
ضریب تغییرات(%)		12	12/3	14/8	12/8	10/7	18/8

ns: غیر معنی‌دار و **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد (P<0/01)

جدول 3- تجزیه واریانس مرکب عملکرد پنبه، کارآیی مصرف آب (WUE) و کارآیی مصرف آب آبیاری (I_{WUE}) در تولید پنبه تحت تاثیر تیمارهای آبیاری طی سال‌های 1381 و 1382

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		عملکرد پنبه	WUE	I_{WUE}
سال	1	11841	0/058	0/012
تکرار در سال	6	12766	0/003	0/014
تیمارهای آبیاری	5	2868042**	0/908**	5/361**
تیمار آبیاری × سال	5	122739ns	0/035ns	0/144ns
خطا	30	97913	0/009	0/031
ضریب تغییرات(%)		12/3	11/6	16/1

ns: غیر معنی‌دار و **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد(P<0/01)

مقایسه میانگین‌های سالانه آزمایش (جدول4) و نیز میانگین دو سال(جدول5) نشان می‌دهد که مقدار عملکرد پنبه در تیمارهای مختلف در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است (p<0/01). بر اساس داده‌های جدول 5 عملکرد پنبه از تیمار I_4 به I_5 کاهش داشته است. نتایج بیانگر آن است که در تیمار I_5 به خاطر آبیاری بیش از حد، رشد علفی گیاه بیشتر و رشد زایشی کمتر شده و در نتیجه تعداد غوزه‌ها کاهش و پوسیدگی غوزه بیشتر شده که در نهایت باعث کاهش نسبی عملکرد گردید. مطابق این جدول، بیشترین میانگین عملکرد در تیمار I_3 برابر با 3099 کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد در تیمار I_0 برابر با 1679 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

تابع آب- عملکرد از نوع درجه دوم در شکل 1 نشان داده شده است. بر اساس شکل مزبور، رابطه کلی روند افزایشی از تیمار I_0 تا I_3 با شیب زیاد، از I_3 تا I_4 با شیب کم و روند کاهشی از تیمار I_4 به I_5 مشاهده می‌شود. کاهش شیب منفی از I_4 به I_5 می‌تواند به دلیل اثرات زیاد نفوذ عمقی و افزایش ریزش غوزه باشد. لیو و همکاران (2002)، کیپ‌کورپر و همکاران (2002)، نورود (2000) و اورگاز و همکاران (1992) نتایج مشابهی را گزارش کردند. مطابق جدول 6 دامنه تغییرات عملکرد در

جدول 4- مقایسه میانگین‌های عملکرد پنبه، کارآیی مصرف آب و کارآیی مصرف آب آبیاری تحت تاثیر تیمارهای آبیاری طی سال‌های 1381 و 1382

تیمارهای آبیاری	1381			1382		
	عملکرد پنبه (kg/ha)	WUE (kg/m^3)	IWUE (kg/m^3)	عملکرد پنبه (kg/ha)	WUE (kg/m^3)	IWUE (kg/m^3)
I_0	1698^{d}	$1/02^{a}$	----	1660^{d}	$0/86^{a}$	---
I_1	2455^{c}	$0/81^{b}$	$1/07^{a}$	2156^{c}	$0/66^{b}$	$0/79^{a}$
I_2	2654^{bc}	$0/58^{c}$	$0/69^{b}$	2563^{bc}	$0/52^{c}$	$0/64^{ab}$
I_3	3134^{a}	$0/51^{c}$	$0/61^{b}$	3063^{ab}	$0/49^{c}$	$0/62^{ab}$
I_4	2914^{ab}	$0/31^{d}$	$0/41^{bc}$	3079^{a}	$0/4^{d}$	$0/5^{bc}$
I_5	2662^{bc}	$0/3^{e}$	$0/26^{c}$	2970^{ab}	$0/32^{e}$	$0/35^{c}$

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

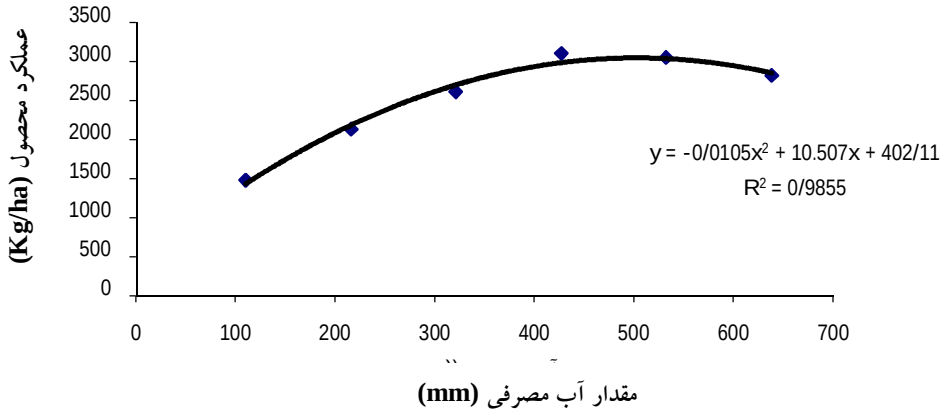
جدول 5- مقایسه میانگین‌های دو ساله عملکرد پنبه، کارآیی مصرف آب و کارآیی مصرف آب آبیاری تحت تاثیر تیمارهای آبیاری

تیمارهای آبیاری	تعداد آبیاری	عمق آب آبیاری (mm)	1381-1382		
			عملکرد پنبه (kg/ha)	WUE (kg/m^3)	IWUE (kg/m^3)
I_0	0	0	1679^{c}	$0/94^{a}$	-----
I_1	3	88	2305b	$0/73^{b}$	$0/93^{a}$
I_2	3	176	2608^{ab}	$0/55^{c}$	$0/64^{b}$
I_3	3	264	3099^{a}	$0/5^{c}$	$0/61^{b}$
I_4	3	352	3047^{ab}	$0/39^{d}$	$0/49^{c}$
I_5	3	440	2816^{ab}	$0/31^{d}$	$0/31^{c}$

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار می باشد

تیمارهای مختلف بین 1660 تا 3179 کیلوگرم در هکتار (به ترتیب در تیمارهای I_5 و I_0 مربوط به سال 82 با مقادیر آب مصرفی به ترتیب 90 و 360 میلی‌متر) متغیر بوده است که با آنچه که ضیغمی گل (1378) در گرگان با مقادیر 1440 تا 3140 کیلوگرم در هکتار بدست آورده مطابقت دارد.

همچنین در جدول 6 مقایسه بین میانگین عملکرد در تیمارهای مختلف نشان داده شده است. در تیمارI_1، نسبت به تیمار قبلی(I_0) 37 درصد، I_2، 13/1 درصد و تیمار I_3، 19 درصد افزایش عملکرد نسبت به تیمار ماقبل و تیمارهایI_4 و I_5 به ترتیب 3/2 و 6 درصد کاهش عملکرد نسبت به تیمارهای ماقبل خود نشان داده‌اند. میانگین کارآیی مصرف آب (WUE) برای دو سال آزمایش در جدول 4 نشان داده شده است. مقدار میانگین دو ساله WUE مطابق جدول 5 بین 0/3 تا 0/94 کیلو گرم در مترمکعب (به ترتیب در تیمارهای I_5 و I_0 مربوط به سال 81) متغیر بوده است.



شکل1- تغییرات عملکرد وش در تیمارهای مختلف آبیاری

جدول 6- تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری بر عملکرد پنبه(kg/ha)

سال	I_0	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	میانگین
81	1698	2455	2654	3134	2914	2662	2549/5
82	1660	2156	2563	3063	3079	2970	2569
متوسط	1679	2306	2608	3099	2997	2816	
درصد افزایش		37	13/1	19	3/2	6	

مطابق جدول 7 مقدار کارآیی مصرف آب در تیمارI_1 نسبت به تیمار قبلش (I_0) 22/3 درصد، تیمار I_2، 24/7 درصد، تیمار I_3، 9/1 درصد تیمار I_4، 22 درصد و تیمار I_5، 20/5 درصد نسبت به تیمارهای ماقبل خود کاهش داشته است، که تیمار I_3 نسبت به تیمارهای دیگر WUE را کمتر کاهش داده است. بنابراین تیمار I_0 دارای بیشترین کارآیی مصرف آب و بعد از آن تیمار I_1 قرار دارد. هانگ و همکاران (2004) نیز بیان نمودند که کارآیی مصرف آب در مقادیر کم آبیاری بسیار بیشتر است.

جدول7- تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری بر کارآیی مصرف آب (WUE)

سال	I_0	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	میانگین
81	1/02	0/81	0/58	0/51	0/31	0/3	0/6
82	0/86	0/66	0/52	0/49	0/4	0/32	0/57
متوسط	0/94	0/73	0/55	0/5	0/35	0/31	
درصد کاهش		22/3	24/7	9/1	22	11/4	

کارآیی مصرف آب آبیاری برای دو سال آزمایش در جدول 8 نشان داده شده است. مقادیر IWUE بین 0/26 تا 1/07 kg/m^3 در بین تیمارهای مختلف متغیر بوده است. مقدار متوسط آن 0/71 می‌باشد. همچنین در جدول 8 نشان داده شده است که تیمار I_2 نسبت به تیمار قبلی(I_1)، 32 درصد، تیمار I_3 ،4/7 درصد، تیمار I_4، 20 درصد و تیمار I_5، 39 درصد نسبت به تیمارهای ماقبل خود کاهش داشته است. نکدت و همکاران

(2006) مقدار متوسط 0/76 کیلوگرم در مترمکعب را گزارش کردند.

بر اساس نتایج این تحقیق مشاهده می‌گردد که با کاهش 25 درصدی مقدار آب مصرفی عملاً کاهش عملکرد محصول مشاهده نگردیده است. همچنین با کاهش 50 درصد آب مصرفی تنها 15 درصد کاهش عملکرد مشاهده شده است. بر اساس نتایج این آزمایش، نیازی به آبیاری کامل محصول پنبه نیست و می‌توان با کم آبیاری تا میزان 50 درصد عملکرد مناسب بدست آورد. ضمن این که با کاهش میزان آب مصرفی می‌توان سطح زیر کشت محصول مورد نظر و یا همزمان محصولات دیگر را توسعه داد (توکلی 1378). از طرفی با افزایش قیمت آب مصرفی از میزان سودمندی محصول کاسته می‌شود و با توجه به اینکه هزینه استحصال آب دائماً در حال افزایش است اعمال مدیریت کم آبیاری اهمیت خاصی می‌یابد. از طرفی می‌توان کارآیی مصرف آب را با اعمال مدیریت کم آبیاری افزایش داد.

جدول 8- تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری بر کارآیی مصرف آب آبیاری (IWUE)

سال	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	میانگین
81	1/07	0/65	0/61	0/48	0/26	0/62
82	0/81	0/63	0/61	0/5	0/34	0/79
متوسط	0/94	0/64	0/61	0/49	0/3	
درصدکاهش		32	4/7	20	39	

منابع مورد استفاده

اکبری م 1376 . تاثیر کم آبیاری بر عملکرد چغندرقند. نهمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی. تهران کمیته ملی آبیاری و زهکشی. صفحه‌های 266 تا 279.

توکلی ع 1378. ارایه برخی توصیه‌های تحقیقاتی-کاربردی، پیرامون کم آبیاری. هفتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. 12-10 اسفند. دانشگاه شهید باهنر کرمان. صفحه‌های 120 تا 128.

ضیغمی‌گل ر. 1378. بررسی اثرات کم آبیاری روی محصول پنبه و تعیین تابع تولید در منطقه گرگان. هفتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. 12-10 اسفند. دانشگاه شهید باهنر کرمان. صفحه‌های 141 تا 152.

Doorenbos J and Kassam AH, 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper, No 33.

English MJ, 1990. Deficit Irrigation. I : Analytical framework .J Irrig and Drain Eng ASCE. 11(3): 344- 411.

Howell TA, Davis KR, McCormick RL, Yamada H, Walhood VT and Meek DW, 1984. Water use efficiency of narrow row cotton. Irrig Sci 5: 195-214.

Huang M, Callich J and Zhong L, 2004. Water-yield relationships and optimal water management for winter wheat in the Loes Plateau of China. Irrig Sci 23: 47-54.

Kipkorir KK, Reas D and Massawe B, 2002. Seasonal water production functions and yield response factors for maize and onion in Perkerra, Kenya. Agric Water Manage 56: 229-240.

Liu WZ, Hansaker DJ, Li YS, Xie XQ and Wall GW, 2002. Interrelations of yield, evapotranspiration and water use efficiency from marginal analysis of water production functions. Agric Water Manage 56: 143-151.

Necdet D, Yılmaz E, Sezgin F and Gürbüz T, 2006. Water-yield relation and water use efficiency of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and second crop corn (*Zea mays* L.) in western Turkey. Agric Water Manag 82: 63-85.

Norwood CA, 2000. Water use and yield of limited-irrigation and dryland corn. Soil Sci Society America J 64: 364-370.

Orgaz F, Mateas L and Fereres E, 1992. Season length and cultivar determine the optimum evapotranspiration deficit in cotton. Agron J 65: 464-467.

Radin JW, Reaves LL, Mauney JR and French OF, 1992. Yield enhancement in cotton by frequent irrigation during fruiting. Agron J 84: 551–557.

Stone JF, Reaves HE and Garton JE, 1982. Irrigation water conservation using wide- spaced furrows. Soil Sci 43: 402- 411.

Wanjura DF, Upcharch DR, Mahan JR and Burke JJ, 2002. Cotton yield and applied water relationships under drip irrigation. Agric Water Manage 55: 217-237.