Archive of SID
DOI: 10.22059/ijswr.2020.284116.668336 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۸، آبان ماه ۱۳۹۹ (ص ۲۱۴۸-۲۱۳۷)

The Effect of Deficit Irrigation on Yield and Water Use Efficiency of Several Main Crops in Jiroft

ATEFEH AFSHAR[1], PARVIZ HAGHIGHATJUO[1*], FATEMEH KARANDISH[1], OMOLBANI MOHAMMADREZAPOUR[1], SHAPOUR KOUHESTANI[2]

1. Water Engineering Department, Soil and Water Faculty, University of Zabol, Zabol, Iran.
2. Water Engineering Department, Agricultural Faculty, University of Jiroft, Jirot, Iran.

(Received: Oct. 21, 2019- Revised: Dec. 25, 2019- Accepted: June. 13, 2020)

ABSTRACT

In order to investigate the yield and water use efficiency of wheat (Chamran 2), rapeseed (Hyola 50), potato (Sante) and corn (704) under different levels of irrigation, the present research was carried out in two years 2017-2018 and 2018-2019 as complete randomized block design with four replications at Agricultural Research Center of Jiroft. Irrigation levels were 50, 75 and 100 % of the crop's water requirement. The Yield, biomass, harvest index and water use efficiency were investigated for the proposed crops. The results showed that the effect of irrigation levels was significant during two years on grain yield, biomass and water use efficiency at 1% level and on harvest index at 5% level. By increasing irrigation water, both grain yield and biomass were increased significantly in all crops. Potato and rapeseed had the highest (0.65-0.74) and the lowest (0.20-0.25) water index, respectively. On the other hand, potato and rapeseed showed the highest (10.68-22.76 kg/m^3) and the lowest (1.29-1.84 kg/m^3) water use efficiency, respectively. The 75% irrigation level is recommended due to lower decrease in yield and higher increase in water use efficiency. In general, according to the results of this study, the highest water use efficiency was observed in potato, wheat, maize and rapeseed plants, respectively. Overall potato and maize rotation is recommended due to higher water use efficiency in Jiroft.

Keywords: Crop Rotation, Deficit Irrigation, Potato, Yield.

*Corresponding Author's Email: parvizhjou@uoz.ac.ir
www.SID.ir

Archive of SID

تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب چند محصول عمده در جیرفت

عاطفه افشار[۱]، پرویز حقیقت‌جو[۱*]، فاطمه کاراندیش[۱]، ام البنی محمدرضاپور[۱]، شاپورکوهستانی[۲]

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۲۹- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۰/۴- تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۳/۲۴)

چکیده

به‌منظور بررسی عملکرد و کارایی مصرف آب در گندم (چمران۲)، کلزا (هایولا۵۰)، سیب‌زمینی (سانته) و ذرت (۷۰۴) تحت سطوح مختلف آبیاری، پژوهشی طی دو سال زراعی ۹۶ و ۹۷ به‌صورت آزمایش‌های بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار در مرکز تحقیقات و کشاورزی جیرفت انجام شد. میزان آبیاری در سه سطح ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاهان بود. صفات عملکرد، وزن بیوماس، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب برای گیاهان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر سطوح آبیاری در هر دو سال زراعی بر عملکرد دانه، وزن بیوماس و کارایی مصرف آب گیاهان مختلف در سطح ۱ درصد و شاخص برداشت در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. با افزایش آب آبیاری، صفات عملکرد و وزن بیوماس در همه گیاهان به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. تحت دو سطح آبیاری ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، به‌ترتیب سیب‌زمینی و کلزا، بیش‌ترین (۰/۶۵ تا ۰/۷۴) و کم‌ترین (۰/۲ تا ۰/۲۵) شاخص برداشت را داشتند. از طرف دیگر، گیاهان سیب‌زمینی و کلزا به‌ترتیب بیش‌ترین (۱۰/۶۸ تا ۲۲/۷۶ کیلوگرم بر متر مکعب) و کم‌ترین (۱/۲۹ تا ۱/۸۴ کیلوگرم بر متر مکعب) کارایی مصرف آب را داشتند. با توجه به نتایج این پژوهش، می‌توان آبیاری گیاهان با ۷۵ درصد نیاز آبی را با توجه به کاهش کمتر عملکرد و کارایی بیشتر مصرف آب در منطقه جیرفت توصیه کرد. به‌طور کلی، بر اساس نتایج این پژوهش، بیش‌ترین کارایی مصرف آب به‌ترتیب در گیاهان سیب‌زمینی، گندم، ذرت و کلزا مشاهده شد. اما در شرایط آب و هوایی جیرفت، الگوی کشت متناوب سیب‌زمینی با ذرت با توجه به کارایی مصرف آب بیشتر، توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تناوب زراعی، سیب‌زمینی، کم‌آبیاری، عملکرد.

مقدمه

زراعت آبی با اختصاص ۶/۳ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی، ۹۱ درصد از کل محصولات زراعی را تولید می‌کند (Ministry of Agricultural Jihad., 2015). کشور ایران با متوسط بارش سالانه ۲۵۰ میلی‌متر که حدود یک‌سوم متوسط جهان است، در یکی از خشک‌ترین مناطق جهان قرار دارد. از طرف دیگر، بخش کشاورزی ایران با مصرف بیش از ۹۰ درصد، بزرگ‌ترین مصرف کننده آب است و در حالی‌که متوسط جهان حدود ۷۰ درصد است (Masomi *et al.*, 2015). یکی از روش‌های استفاده بهینه از آب در بخش کشاورزی، افزایش کارایی مصرف آب در تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. اندازه‌گیری کارایی مصرف آب (water use efficiency) محصولات کشاورزی در ایران به‌علت محدودیت‌های کمی و کیفی این نهاده ارزشمند از جایگاه خاصی برخوردار است. کارایی مصرف آب از دیدگاه زراعی قسمتی از آب ذخیره شده در منطقه ریشه می‌باشد که به مصرف تبخیرتعرق گیاه می‌رسد، به عبارت دیگر به مقدار ماده خشکی که توسط گیاه به ازاء هر مترمکعب آب تبخیر و تعرق شده، حاصل می‌گردد، کارایی مصرف آب گویند (Nasr-Esfahani, 2000). هدف از کاربرد کارایی مصرف آب، توانایی مقایسه‌هایی سریع بین سیستم‌های مصرف کننده آب است (Turral *et al.*, 2006). کارایی مصرف آب گیاهان مختلف تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی در سال‌های مختلف، تغییرات تبخیرتعرق و طول دوره فصل رشد گیاه می‌باشد (Bessembinder *et al.*, 2005).

یکی از مشکلاتی که هم‌اکنون کشاورزی ایران با آن روبرو است، کم بودن کارایی و بهره‌وری مصرف آب سیستم‌های تولیدی است، در یک بررسی، مقادیر کارایی مصرف آب ۱۰ محصول زراعی انتخابی با استفاده از نتایج ۶۷ طرح تحقیقاتی انجام شده طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۶ در ایستگاه‌های تحقیقاتی ۱۳ استان کشور تعیین گردید و بر اساس نتایج به‌دست آمده، متوسط کارایی مصرف آب گندم، جو، برنج، چغندرقند، ذرت، پنبه (بذر)، یونجه، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی و کنجد به‌ترتیب ۱/۶۲، ۲/۳۷،

* نویسنده مسئول: parvizhjou@uoz.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۰/۴۲، ۰/۵۳، ۱/۱۷، ۰/۶۱، ۰/۸۹، ۲/۷۴، ۶/۷۷ و ۰/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده‌است (Montazar and Kosari, 2007). بر اساس مطالعه ۸۴ منبع تحقیقاتی مربوط به ۲۵ سال اخیر، متوسط شاخص کارایی مصرف آب محصولات گندم، برنج، پنبه (تولید دانه)، پنبه (تولید وش) و ذرت به‌ترتیب ۱/۰۹، ۱/۰۹، ۰/۶۵، ۰/۲۳ و ۱/۸ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد (Zwart and Bastiaansen, 2004). دامنه شاخص کارایی مصرف آب برای محصولات فوق، وسیع بوده که برای گندم، برنج، پنبه (تولید دانه)، پنبه (تولید وش)، و ذرت به‌ترتیب ۱/۷-۰/۶، ۱/۶-۰/۶، ۰/۹۵-۰/۴۱، ۰/۳۳-۰/۱۴، ۲/۷-۱/۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی بود (Zwart and Bastiaansen, 2004). نتایج مختلف محققان در مورد کارایی مصرف آب نشان داد که کارایی مصرف آب گندم در دشت آزدگان ۰/۱ تا ۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب و متوسط کارایی مصرف آب حدود ۰/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب بود (Absalan *et al*., 2010). در پژوهشی دیگر دامنه شاخص کارایی مصرف آب برای گندم، برنج، پنبه (تولید دانه)، پنبه (تولید وش) و ذرت به‌ترتیب ۱/۷-۰/۶، ۱/۶-۰/۶، ۰/۹۵-۰/۴۱، ۲/۷-۱/۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی گزارش شده است (Zwart and Bastiaansen, 2004). بیش‌ترین کارایی مصرف آب سیب‌زمینی (طرح استمرار) در منطقه جیرفت در سطح آبیاری ۷۵ درصد به میزان ۹/۹۸ کیلوگرم در مترمکعب و کم‌ترین در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد به میزان ۸/۳۷ کیلوگرم بر مترمکعب بود (Afshar *et al*., 2011). همچنین در منطقه جیرفت نشان داده شده است که بیش‌ترین کارایی مصرف آب برای علوفه خشک یونجه ۲/۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار از برداشت اول (چین بهاره) و کم‌ترین در مرداد ماه بوده است و با افزایش تنش آبی کارایی مصرف آب در یونجه کاهش پیدا کرد، به‌طوری‌که در تنش ضعیف (رطوبت خاک در حد ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) نسبت به تنش شدید (رطوبت خاک در حد ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) بازده مصرف آب از ۱/۶۸ به ۱/۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب در تقلیل یافت (Afsharmanesh *et al*., 2010).

با توجه به اهمیت کشت محصولات عمده زراعی (گندم، سیب‌زمینی، کلزا و ذرت) در منطقه جیرفت که در شرایط خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌است، ارزیابی کارایی مصرف آب آن‌ها تحت میزان نیازهای آبی مختلف از ضرورت بسیاری برخوردار است. از این رو، در پژوهش حاضر، ارزیابی کارایی مصرف آب گیاهان مذکور جهت تعیین بهترین تناوب زراعی مناسب برای این منطقه مورد هدف بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جیرفت با مشخصات طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی، عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۶۳۹ متر، متوسط بارندگی سالانه بر اساس یک دوره ۲۹ ساله، ۱۶۰ میلی‌متر و میزان تبخیر ۳۰۰۰ میلی‌متر در سال (anonymous., 2019)، طی دو سال زراعی ۹۶ و ۹۷ انجام گرفت. به‌منظور آگاهی از وضعیت خاک، یک نمونه مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری پروفیل خاک تهیه و برای تجزیه به آزمایشگاه خاک‌شناسی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات جیرفت ارسال شد (جدول ۱). در آزمایشگاه، نمونه خاک پس از خشک شدن از الک دو میلی‌متری عبور داده شد، بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتر، pH در گل اشباع با استفاده از دستگاه pH متر، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی (EC متر) مدل WTW Multi340i آلمان اندازه‌گیری شد. فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن و با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Pharmica 80208864، پتاسیم قابل جذب با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر مدل Corning 400 و کربن آلی به روش والکلی و بلاک (Ali Ayayai *et al*., 1993) تعیین شدند. مشخصات آب مزرعه نیز در جدول (۲) ارائه شده است. آزمایش به صورت طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. سطوح آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه بود.

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در آزمایش

بافت	عمق	$Cu_{(ppm)}$	$Mn_{(ppm)}$	$Fe_{(ppm)}$	$ZN_{(ppm)}$	درصد OC	$P_{(ppm)}$ قابل جذب	$K_{(ppm)}$ قابل جذب	$EC_{(dS/m)}$	pH
Sandy-Loam	۰-۳۰	۰/۶۲	۶/۱۶	۰/۸۸	۰/۴۲	۰/۱۸	۲/۲	۲۶۰	۱/۸	۸

جدول ۲- نتایج تجزیه آب مورد استفاده در آزمایش

Class	SAR	$Na_{(meq/lit)}$	$Ca+Mg_{(meq/lit)}$	pH	$EC_{(\mu S/cm)}$
C_3S_1	۱/۱۶	۵/۳۶	۴/۷	۷/۲	۹۱۰

آبیاری به‌صورت میکرو و توسط لوله و شیرهای پلی اتیلن انجام شد. در انتقال آب پنج درصد حجم آب، تلف شده و بازده انتقال آب ۹۵ درصد در نظر گرفته شد. حجم آب مورد نیاز هر یک از گیاهان، به تفکیک با استفاده از مدل CROPWAT و

www.SID.ir

Archive of SID

معادله پنمن مانتیث فائو که داده‌های آن از ایستگاه هواشناسی جیرفت که در نزدیکی مزرعه محل آزمایش بود محاسبه و به‌وسیله کنتور در اختیار گیاه قرار گرفت. برخی مشخصات گیاهان زراعی مورد استفاده در جدول (۳) ذکر شده است. مصرف کودهای شیمیایی با استفاده از نتایج تجزیه خاک و توصیه‌های کودی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز جیرفت به مصرف رسید. کلیه مراقبت‌های زراعی در طول دوره رشد نظیر وجین علف‌های هرز، خاک‌دهی پای بوته‌ها طبق عرف محل انجام شد. یادداشت-برداری‌های صفات مورد نظر (عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک و کارایی مصرف آب) به موقع انجام شد. در پایان فصل زراعی، کارایی مصرف آب با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Ghazanfar *et al*., 2010).

$$WUE=\frac{Ey}{Et}$$

در معادله فوق، WUE: کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، Ey عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار)، Et: آب مصرفی گیاه (مترمکعب در هکتار) هستند.

برای تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار SAS 9.4 و برای رسم شکل‌ها از نرم افزار Excel 2013 و به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده شد. قابل ذکر است بر اساس آزمون بارتلت، امکان تجزیه مرکب دو سال نبود در نتیجه نتایج هر گیاه در هر سال، جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

اثر سطوح آبیاری بر عملکرد گیاهان

طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر سطوح آبیاری بر عملکرد کلزا، گندم، سیب‌زمینی و ذرت در دو سال زراعی ۹۶ و ۹۷ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴ و ۵).

جدول ۳- برخی از مشخصات گیاهان زراعی مورد استفاده در پژوهش حاضر

محصول	سال	تاریخ کاشت	رقم	دوره رشدی (روز)	اعمال تیمارها (روز بعد از کاشت)	روش آبیاری	دور آبیاری (روز)	تاریخ برداشت
گندم	۹۶	۹۶/۰۹/۱۱	چمران ۲	۱۶۱	۴۵	قطره ای	۶	۹۷/۰۲/۲۲
	۹۷	۹۷/۰۹/۱۱	چمران ۲	۱۶۱	۴۵	قطره ای	۶	۹۸/۰۲/۲۲
ذرت	۹۶	۹۶/۰۵/۱۶	۷۰۴	۱۳۶	۴۵	قطره ای	۵	۹۶/۱۰/۰۱
	۹۷	۹۷/۰۵/۱۶	۷۰۴	۱۳۶	۴۵	قطره ای	۵	۹۷/۱۰/۰۱
کلزا	۹۶	۹۶/۰۸/۱۰	هایولا ۵۰	۱۶۴	۳۰	قطره ای	۶	۹۷/۰۱/۲۴
	۹۷	۹۷/۰۸/۱۰	هایولا ۵۰	۱۶۴	۳۰	قطره ای	۶	۹۸/۰۱/۲۴
سیب‌زمینی	۹۶	۹۶/۱۰/۱۰	سانته	۲۵	۲۵	قطره ای	۶	۹۷/۰۲/۱۴
	۹۷	۹۷/۱۰/۱۰	سانته	۲۵	۲۵	قطره ای	۶	۹۸/۰۲/۱۴

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد دانه، وزن بیوماس، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت در سال ۹۶-۹۷

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد	کارایی مصرف آب	وزن بیوماس	شاخص برداشت
		کلزا			
تکرار	۳	۲۴۹۸۲	۰/۰۰۴۹۰۸	۴۸۳۰۷۰	۰/۰۰۰۰۱۰۰
آبیاری	۲	۱۶۱۱۷۷۵**	۰/۱۳۳۴۹۶**	۲۲۴۶۹۴۸۴**	۰/۰۰۰۲۵۲*
خطا	۶	۲۷۶۵۲	۰/۰۷۲۷۷	۸۸۰۸۹۷	۰/۰۰۰۰۴۶
کل	۱۱				
		گندم			
تکرار	۳	۸۶۸۶	۰/۰۰۲۲۹۸	۲۴۲۹۶۳۵	۰/۰۰۰۱۱۱
آبیاری	۲	۵۹۸۵۳۴۳**	۰/۵۵۹۶۷۰**	۴۶۶۲۹۱۱۵**	۰/۰۰۰۸۴۶**
خطا	۶	۶۱۶۶۹	۰/۰۱۴۲۵۴	۳۹۸۴۹۰	۰/۰۰۰۰۵۰
کل	۱۱				
		سیب‌زمینی			
تکرار	۳	۳۴۰۸۹۵۴	۱/۲۱۷۲	۱۹۱۵۹۴	۰/۰۰۰۲۴۸۰
آبیاری	۲	۸۹۷۶۹۶۱۲**	۱۱/۳۷۵۰**	۲۸۱۳۵۷۰۸**	۰/۰۰۰۰۷۵ns
خطا	۶	۴۷۰۰۴۷	۰/۱۹۴۱	۶۲۸۷۸۰	۰/۰۰۰۰۳۳
کل	۱۱				
		ذرت			
تکرار	۳	۲۷۶۳۱۹	۰/۰۳۸۵۹	۴۸۴۱۵۳۱	۰/۰۰۰۰۶۸۰
آبیاری	۲	۳۹۴۹۴۶۴۵**	۵۸۸۷۸*	۶۳۰۹۳۵۴۵**	۰/۰۰۶۱۵۲*
خطا	۶	۹۸۹۸۳۰	۰/۱۰۰۵۹	۲۰۱۹۸۴۳	۰/۰۰۰۸۶۵
کل	۱۱				

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns عدم معنی‌داری

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو سال انجام آزمایش با افزایش سطح آب آبیاری، عملکرد دانه گندم، کلزا، ذرت و عملکرد غده سیب‌زمینی افزایش یافت (شکل ۱). در سال زراعی ۹۶ بیش‌ترین میانگین عملکرد دانه گندم (۸۹۷۱/۹۴ کیلوگرم در هکتار) در ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد و بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌دار بود. کم‌ترین میانگین عملکرد دانه گندم (۶۴۸۹/۶۵ کیلوگرم در هکتار) در ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد (شکل ۱). در پژوهش Baghani and Ghodsi (2004) و Kiani *et al.* (2004)، اثر رژیم آبیاری بر صفت عملکرد دانه معنی‌دار بود. Alimohammady *et al.* (2009) در پژوهشی با اعمال رژیم‌های رطوبتی (شامل معمول، تنش به‌ترتیب آبیاری پس از ۷۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) بر روی ده رقم گندم نشان دادند که تنش رطوبتی تاثیر معنی‌داری بر کاهش صفات تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و وزن خشک تک بوته و شاخص سطح برگ داشت. آن‌ها همچنین بیان کردند که رقم چمران به‌دلیل زودرسی و فرار از خشکی قادر است از کاهش بیش‌تر عملکرد دانه در شرایط کم‌آبیاری جلوگیری کند. Moaveni *et al.* (2009) نیز نشان دادند که رقم چمران با تکیه بر صفات مقاومی که در صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در آن وجود دارد، عملکرد دانه بیشتری دارد. Mc Ginley (2002) نشان داد که بالاترین عملکرد گندم هنگام کاهش رطوبت قابل استفاده به ۵۰ و ۶۵ درصد می باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد بیش‌ترین عملکرد دانه کلزا (۴۴۳۵/۸۹ کیلوگرم در هکتار) در سال زراعی ۹۶ در شرایط ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کم‌ترین (۳۱۷۰/۰۴ کیلوگرم در هکتار) در شرایط ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه می‌باشد (شکل ۱).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد دانه، وزن بیوماس، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت در سال ۹۷-۹۶

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	کارایی مصرف آب	وزن بیوماس	شاخص برداشت
		کلزا			
تکرار	۳	۲۱۸۳۹	۰/۰۰۴۱۱۸	۶۴۴۲۸۹	۰/۰۰۰۱۴۰
آبیاری	۲	**۳۵۲۵۶۵	۰/۰۶۸۸۰۶*	۶۰۸۴۸۳۵۲**	۰/۰۰۱۴۹۱*
خطا	۶	۳۸۷۱۶	۰/۰۷۰۱۲	۴۹۴۴۱	۰/۰۰۰۲۱۲
کل	۱۱				
		گندم			
تکرار	۳	۲۱۳۵۸	۰/۰۰۲۱۶۶	۹۸۶۱۹	۰/۰۰۰۷۵۳
آبیاری	۲	۱۷۲۷۳۱۷۴**	**۰/۱۹۵۶۵	۱۱۰۶۴۹۷۱۳**	۰/۰۰۳۸۳۵**
خطا	۶	۲۴۱۷۲	۰/۰۰۳۳۱۰	۸۹۸۴۵۴	۰/۰۰۰۲۷۵
کل	۱۱				
		سیب‌زمینی			
تکرار	۳	۵۲۹۱۹۵۱	۰/۷۷۲۷	۷۰۴۶۸۲	۰/۰۰۰۶۶۳
آبیاری	۲	۱۸۶۲۸۵۷۹۴**	۳/۲۱۳۰**	۱۰۲۷۲۴۴۰۵**	۰/۰۰۵۲۵۰**
خطا	۶	۲۰۳۷۰۴۲	۰/۲۴۹۰	۱۰۹۸۶۵۷	۰/۰۰۰۴۴۸
کل	۱۱				
		ذرت			
تکرار	۳	۲۳۴۷۶۲	۰/۰۵۴۷۸	۸۱۷۵۳۸۸	۰/۰۰۰۹۳۸
آبیاری	۲	۳۸۱۵۴۸۸۸ **	۰/۳۳۷۵۷**	۱۱۴۵۰۲۸۹۶**	۰/۰۰۰۷۶۴*
خطا	۶	۴۶۹۶۷۸	۰/۰۲۱۵۲	۳۲۵۰۲۶۶	۰/۰۰۰۸۵۰
کل	۱۱				

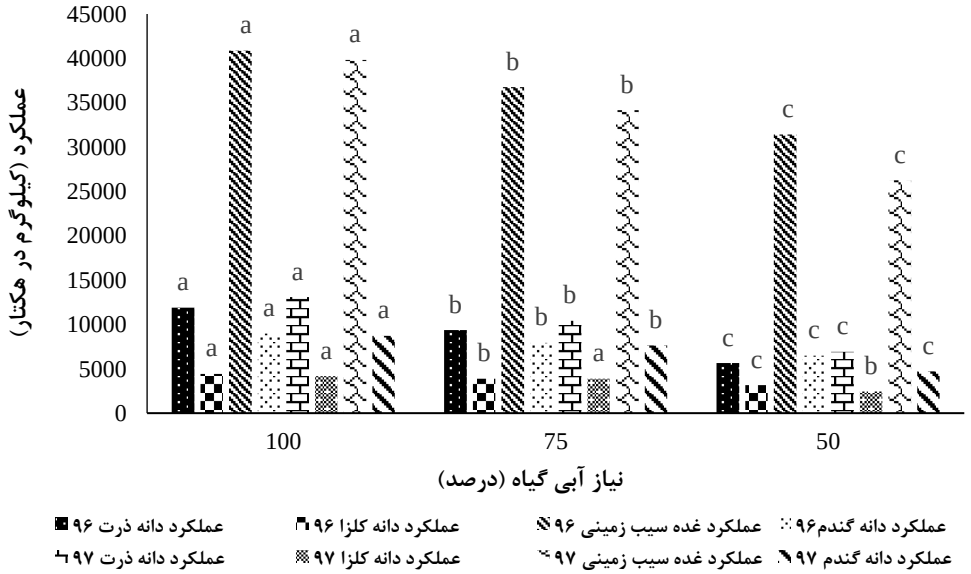
*** و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns عدم معنی‌داری**

در سال زراعی ۹۷ بیش‌ترین (۴۱۸۷/۲۶) و کم‌ترین (۲۴۳۶/۲۶) عملکرد دانه کلزا به‌ترتیب در ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد (شکل ۱). همچنین، بیش‌ترین (۱۱۸۸۷/۴) و کم‌ترین (۵۶۴۱/۳) عملکرد دانه ذرت در سال زراعی ۹۶ به‌ترتیب در ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد (شکل ۱). در سال زراعی ۹۷ بیش‌ترین عملکرد دانه ذرت با مقدار ۱۳۰۶۹/۳ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین با مقدار ۶۹۱۱/۱ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل گردید (شکل ۱). گزارش شده است که با وجود کاهش آب به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی در سیستم آبیاری بارانی، عملکرد ذرت کاهش زیادی پیدا نمی‌کند (Martines *et al.*, 2003). نتایج حاکی از آن است که در سال زراعی ۹۶، بیش‌ترین (۴۰۸۶۰ کیلوگرم در هکتار) و

www.SID.ir

Archive of SID

کم‌ترین (۳۱۴۱۲/۷ کیلوگرم در هکتار) عملکرد غده سیب‌زمینی به‌ترتیب در شرایط ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی می باشد (شکل ۱). همچنین، در سال زراعی ۹۷ بیش‌ترین (۳۹۸۳۰/۷ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین (۲۶۲۴۲ کیلوگرم در هکتار) عملکرد غده سیب‌زمینی به‌ترتیب در ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی بود (شکل ۱). با توجه به نتایج ما، با کاهش نیاز آبی از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد، کاهش عملکرد در گیاه گندم در سال زراعی ۱۳۹۶ (۱۱/۵ و ۲۸ درصد) و در سال ۹۷ (۱۲/۵ و ۴۶ درصد)، کاهش عملکرد سیب‌زمینی در سال زراعی ۱۳۹۶ (۱۱ و ۲۳ درصد) و در سال ۹۷ (۱۴ و ۳۴ درصد)، کاهش عملکرد کلزا در سال زراعی ۱۳۹۶ (۱۲ و ۲۸/۵ درصد) و در سال ۹۷ (۷ و ۴۲ درصد)، و در گیاه ذرت کاهش عملکرد در سال زراعی ۱۳۹۶ (۲۲ و ۳۲/۵ درصد) و در سال ۹۷ (۲۰ و ۴۷ درصد) بوده است. به این صورت که با افزایش تنش کم‌آبی به‌ترتیب سیب‌زمینی، کلزا، گندم و ذرت کاهش کم‌تری نشان می‌دهند. گزارش شده است که سیب‌زمینی به‌ویژه مرحله تشکیل غده به کمبود آب خیلی حساس است (Shock, 2004). Shock *et al*. (1992) گزارش کردند که سیب‌زمینی می‌تواند بدون کاهش در عملکرد غده در بعضی از شرایط، کمبود آب را قبل از تشکیل غده تحمل نماید. آزمایشی به‌مدت دو سال زراعی برای ارزیابی روش‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر محصول سیب‌زمینی در سه سطح نیاز آبی (۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد از نیاز آبی) انجام شد، نتایج نشان داد که سطوح مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کل محصول نداشت اما سیستم آبیاری قطره‌ای دارای تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کل محصول بود و در کل بیش‌ترین محصول در استفاده از آبیاری قطره‌ای تیپ ۱ در ۱۲۵ درصد از نیاز آبی به‌دست آمد (Attaher *et al*., 2004). نتایج Mousavi (2014) Rahimi *et al*.بر روی کارایی مصرف آب گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای نشان داد گیاهانی که تحت تیمار خشکی‌دهی قسمتی از ریشه قرار گرفته‌اند نسبت به آبیاری کامل عملکرد کمتری داشته‌اند اما کارایی مصرف آب و کود آن‌ها بهبود یافت. در پژوهشی در بررسی از مزارع منطقه جیرفت (چهار مزرعه برای هر گیاه)، متوسط عملکرد دانه گندم بین ۲۷۴۴ تا ۴۶۴۸ کیلوگرم در هکتار، عمکلرد دانه ذرت بین ۹۰۸۶ تا ۱۲۳۹۷ کیلوگرم در هکتار و عملکرد غده سیب‌زمینی بین ۳۰۸۵۶ تا ۳۶۶۳۲ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Zunemat Kermani *et al*., 2014). نتایج پژوهش Afshar *et al*. (2011) نشان داد در منطقه جیرفت، عملکرد غده سیب‌زمینی تحت آبیاری ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب ۲۹/۶۵ و ۱۶/۹۵ تن در هکتار می‌باشد. تفاوت نتایج آن‌ها با پژوهش حاضر می‌تواند به‌دلیل متفاوت بودن تاریخ کشت و شرایط آب و هوایی باشد.



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر عملکرد دانه گندم، کلزا، ذرت و غده سیب‌زمینی در دو سال زراعی (حروف غیرمشترک تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهند)

اثر سطوح آبیاری بر وزن بیوماس (کیلوگرم در هکتار) گیاهان

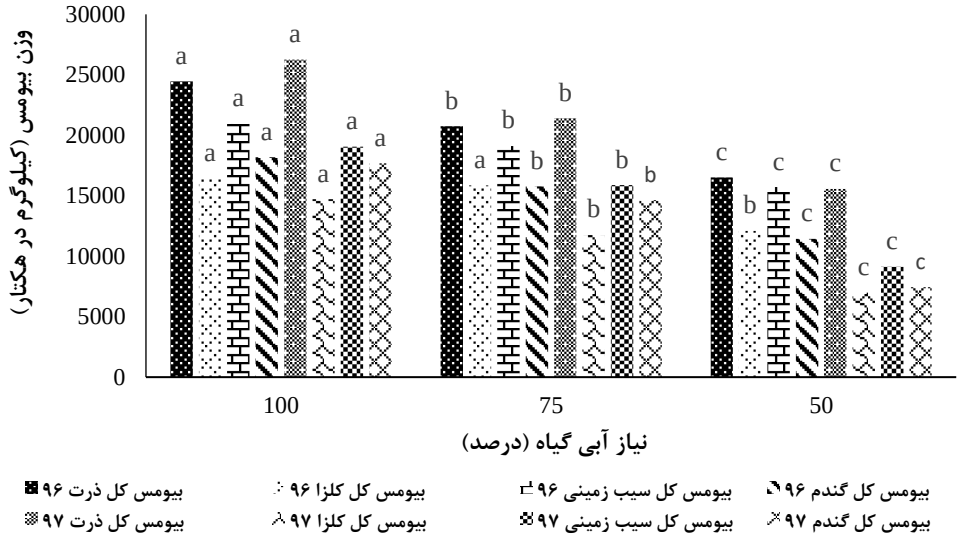
با افزایش میزان آب آبیاری در گیاهان مورد آزمایش، عملکرد بیوماس افزایش یافت (شکل ۲)، این میزان افزایش از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴ و ۵). در سال زراعی ۹۶ بیش‌ترین میانگین وزن بیوماس گندم (۱۸۱۷۵کیلوگرم در هکتار) در ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد و بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌دار بود. کم‌ترین وزن بیوماس گندم (۱۱۴۳۷/۵) در ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد (شکل ۲). بیش‌ترین بیوماس کلزا (۱۶۴۶۱کیلوگرم در هکتار) در سال زراعی ۹۶ در شرایط ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کم‌ترین (۱۲۰۸۸/۸

www.SID.ir

Archive of SID

کیلوگرم در هکتار) در شرایط ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده گردید (شکل ۲). در سال زراعی ۹۷ بیش‌ترین (۱۴۷۱۳/۱) و کم‌ترین (۶۹۸۴/۳) وزن بیوماس کلزا به‌ترتیب در ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد (شکل ۲). بیش‌ترین (۲۴۴۵۹/۴) و کم‌ترین (۱۶۵۲۱/۶) وزن بیوماس ذرت در سال زراعی ۹۶ به‌ترتیب در ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد (شکل ۲). همچنین در سال زراعی ۹۸-۹۷ بیش‌ترین وزن بیوماس ذرت با مقدار ۲۶۵۲۱/۳ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین با مقدار ۱۵۵۶۵/۹ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل گردید (شکل ۲). در سال زراعی ۹۶ بیش‌ترین (۲۰۹۳۲/۶) و کم‌ترین (۱۵۷۰۷/۹) وزن بیوماس سیب‌زمینی به‌ترتیب در مقدار ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد (شکل ۲). از طرف دیگر، در سال زراعی ۹۷ بیش‌ترین وزن بیوماس سیب‌زمینی (۱۹۰۵۵/۶) و کم‌ترین (۹۱۳۲ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب تحت شرایط ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد (شکل ۲).

نتایج سایر تحقیقات نیز نشان داد که با افزایش میزان آب آبیاری، عملکرد بیوماس ذرت دانه‌ای افزایش معنی‌داری یافته‌است (Nakhjavani moghadam *et al*., 2011). معنی‌دار شدن اثر آبیاری بر وزن بیوماس نشانگر این است که فتوسنتز، ماده‌سازی و به‌طور کلی تولید ماده خشک توسط گیاه ذرت، وابستگی شدیدی با میزان آب در دسترس دارد (Nakhjavani moghadam *et al*., 2011).



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر وزن بیوماس گندم، کلزا، ذرت و سیب‌زمینی در دو سال زراعی (حروف غیرمشترک تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهند)

اثر سطوح آبیاری بر شاخص برداشت گیاهان

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری بر شاخص برداشت گندم، کلزا، سیب‌زمینی و ذرت در دو سال زراعی ۹۶ و ۹۷ (به جزء سیب‌زمینی در سال زراعی ۹۶) معنی‌دار شد (جدول ۴ و ۵). در سال زراعی ۹۶ بیش‌ترین شاخص برداشت گندم (۰/۳۵۵) در ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و کم‌ترین شاخص برداشت گندم (۰/۳۲۹) در ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد (شکل ۳). همچنین در سال زراعی ۹۷ بیش‌ترین (۰/۳۸۹) و کم‌ترین (۰/۳۳۰) شاخص برداشت گندم به‌ترتیب در ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی مشاهده گردید (شکل ۳). بیش‌ترین شاخص برداشت کلزا (۰/۲۱۲) در سال زراعی ۹۶ در شرایط ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کم‌ترین (۰/۱۹۶) در شرایط ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده گردید (شکل ۳). در سال زراعی ۹۷ بیش‌ترین (۰/۲۵۸) و کم‌ترین (۰/۲۲۱) شاخص برداشت کلزا به‌ترتیب در ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد (شکل ۳). بیش‌ترین (۰/۳۲۸) و کم‌ترین (۰/۲۵۳) شاخص برداشت ذرت در سال زراعی ۹۶ به‌ترتیب در ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد (شکل ۳). همچنین در سال زراعی ۹۷ کم‌ترین شاخص برداشت ذرت با مقدار ۰/۳۳۳ و بیش‌ترین با مقدار ۰/۳۸۹ به‌ترتیب در ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل گردید (شکل ۳). در سال زراعی ۹۶ بیش‌ترین (۰/۶۶۶) و کم‌ترین (۰/۶۵۷) شاخص برداشت سیب‌زمینی به‌ترتیب در مقدار ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد (شکل ۳). در سال زراعی ۹۷ بیش‌ترین شاخص برداشت سیب‌زمینی (۰/۷۴۱) و کم‌ترین (۰/۶۷۶) به‌ترتیب در ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده گردید (شکل ۳).

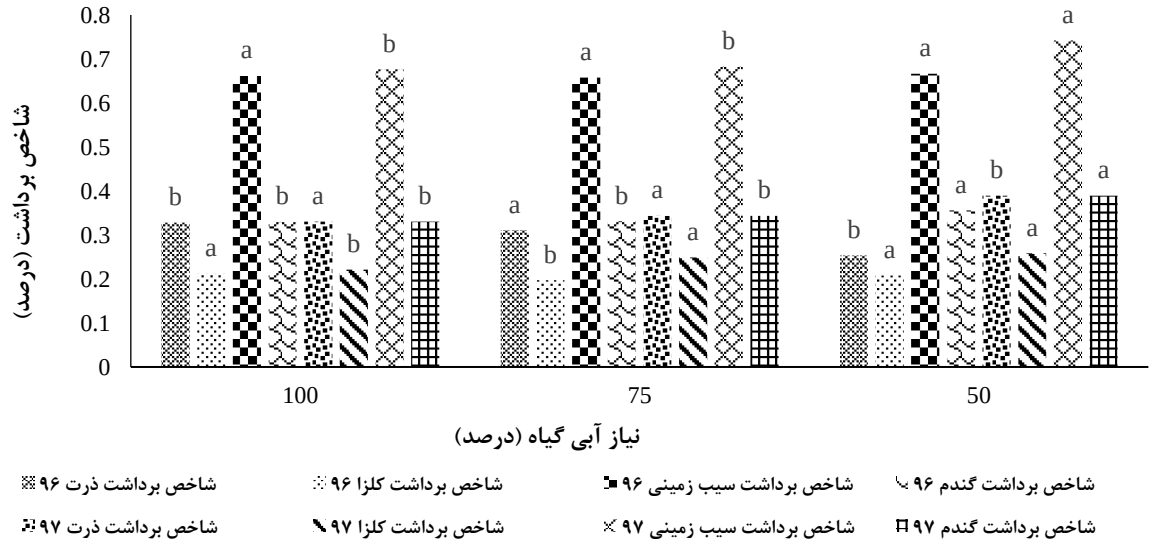
به‌طور کلی با توجه به نتایج پژوهش حاضر، بیش‌ترین

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص برداشت به‌ترتیب در گیاهان سیب‌زمینی، ذرت، گندم و کلزا مشاهده شده است که نشان از برتری گیاهان غده ای نسبت به دانه‌ای می‌باشد. نتایج ما حاکی از این است که با کاهش سطح آبیاری تا ۵۰ درصد نیاز آبی، بر شاخص برداشت گیاهان مختلف افزوده می‌شود (به جز کاهش شاخص برداشت ذرت در سال ۹۶). نتایج نشان داده‌است که اثر سطوح آبیاری بر شاخص برداشت چغندر قند، ذرت و کنجد در سطح یک درصد معنی‌دار بوده‌است و با کاهش ۵۰ درصد آب آبیاری، شاخص برداشت هر سه گونه گیاهی ۶۴ درصد کاهش یافته‌است (Heidari por *et al*., 2014).

در راستای این پژوهش، شاخص برداشت بیشتر برای گیاه چغندرقند (۸۵ درصد)، نسبت به کنجد و ذرت در شرایط بدون تنش آب به‌ترتیب با ۲۵ و ۴۰ درصد گزارش شده‌است (Sajedi, 2008; Gheflati, 1994; Jalini *et al*., 2008). شاخص برداشت نسبت عملکرد اقتصادی (دانه یا غده) نسبت به زیست‌توده کل گیاه می‌باشد. با توجه به نتایج ما که شاخص برداشت بیشتر در آبیاری با ۵۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد می‌توان نتیجه‌گیری کرد در شرایط تنش کم‌آبی، گیاهان بخش بیشتری از زیست‌توده کل را برای حصول عملکرد اقتصادی بالاتر اختصاص می‌دهند.



شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر شاخص برداشت گندم، کلزا، ذرت و سیب‌زمینی (حروف غیرمشترک تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهند)

اثر سطوح آبیاری بر کارایی مصرف آب گیاهان

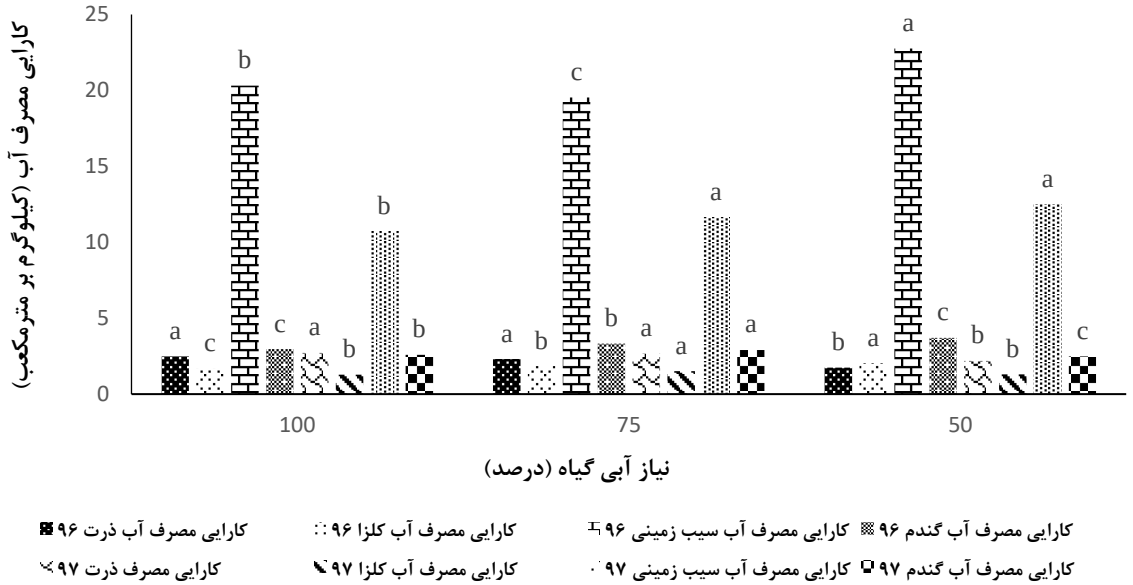
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب گندم، کلزا، سیب‌زمینی و ذرت در دو سال زراعی ۹۶ و ۹۷ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴ و ۵). با توجه به نتایج این پژوهش، بیش‌ترین کارایی مصرف آب به‌ترتیب در سیب‌زمینی، گندم، کلزا و ذرت به‌طور معنی‌داری مشاهده شده است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین کارایی مصرف آب گندم در سال زراعی ۹۶ در نیاز آبی ۵۰ درصد با مقدار ۳/۷۱ کیلوگرم بر مترمکعب و کم‌ترین در ۱۰۰ درصد نیاز آبی با مقدار ۲/۹۶ مشاهده گردید (شکل ۴). در سال زراعی ۹۷ بیش‌ترین (۲/۹۰) و کم‌ترین (۲/۴۷) کارایی مصرف آب گندم به‌ترتیب در ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی مشاهده گردید (شکل ۴). Heydari (2011) متوسط کارایی مصرف آب برای مناطق کرمان، گلستان و خوزستان را به‌ترتیب ۰/۴۵، ۱/۴۳ و ۱/۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمود و بیان کرد کارایی مصرف آب غلات در مقایسه با محصولات دیگر خیلی کم بوده و در برنامه‌ریزی‌های کشت محصولات از لحاظ مزیت نسبی کشت محصولات با توجه به منابع آبی محدود، باید بازنگری‌های لازم به‌عمل آید. (Mugabe and Nyakatawa, 2000) با بررسی تأثیر تنش آبی بر عملکرد گندم نتیجه گرفتند که کاربرد ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گندم، عملکرد محصول را تنها به میزان ۱۲ و ۲۰ درصد کاهش داد و ارزش آب صرفه‌جویی شده قابل مقایسه با ارزش عملکرد کاهش یافته نیست و این مسئله در سطوح وسیع بسیار مهم و حیاتی می‌باشد. بر اساس پژوهشی کارایی مصرف آب گندم در شرایط آبیاری کامل ۰/۴-۱/۳ و کم‌آبیاری حداکثر تا ۱/۷ گزارش شده است (Dehghani Sanich *et al*., 2009). نتایج (Karandish and Asadi, 2015) نشان داد که کارایی مصرف آب در گندم، یونجه، ذرت و جو به‌ترتیب ۰/۹۴، ۱/۵۶، ۱/۲۳ و ۱/۳۳ کیلوگرم بر مترمکعب است.

همچنین بیش‌ترین و کم‌ترین کارایی مصرف آب کلزا در سال زراعی ۹۶ در نیاز آبی ۵۰ و ۱۰۰ درصد به‌ترتیب با مقدار

www.SID.ir

Archive of SID

۲/۰۳ و ۱/۶۶ مشاهده گردید (شکل ۴). در سال زراعی ۹۷ بیش‌ترین (۱/۵۱) و کم‌ترین (۱/۲۸) کارایی مصرف آب کلزا به‌ترتیب در ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد (شکل ۴). همانطور که انتظار می‌رفت، کارایی مصرف آب در گیاهان روغنی مانند کلزا به‌دلیل صرف انرژی زیاد برای ساخت چربی (Koutroubas *et al*., 2000) و همچنین ذرت دانه‌ای کمتر از سیب‌زمینی و گندم بود. بیش‌ترین (۲/۴۸) و کم‌ترین (۱/۷۴) کارایی مصرف آب ذرت در سال زراعی ۹۶ به‌ترتیب در ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد (شکل ۴). همچنین در سال زراعی ۹۷ بیش‌ترین کارایی مصرف آب ذرت با مقدار ۲/۷۱ و کم‌ترین با مقدار ۲/۱۹ به ترتیب در ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل گردید (شکل ۴). یک آزمایش سه ساله جهت بررسی کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای رقم KSc 704 تحت سطوح مختلف آبیاری نشان داد که حداکثر کارایی مصرف آب برای ذرت در سطوح نیاز آبی ۸۰ و ۱۰۰ درصد و حداکثر عملکرد دانه در سطح نیاز آبی ۱۲۰ درصد می‌باشد (Ahmadaali and Khalili, 2009). علت کاهش کارایی مصرف آب در شرایط تنش کم‌آبی می‌تواند بدین دلیل باشد که تنش باعث بسته شدن روزنه‌ها شده و کارایی مصرف آب به علت پایین آمدن فتوسنتز و در نهایت عملکرد، کاهش می‌یابد (Sadeghinejad *et al*., 2013).



شکل ۴- اثر تیمارهای آبیاری بر کارایی مصرف آب گندم، کلزا، ذرت و سیب‌زمینی (حروف غیرمشترک تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهند)

در سال زراعی ۹۶ بیش‌ترین (۲۲/۷۶) و کم‌ترین (۱۹/۵۲) کارایی مصرف آب سیب‌زمینی به‌ترتیب در مقدار ۵۰ و ۷۵ درصد نیازآبی گیاه به‌دست آمد و در سال زراعی ۹۷ بیشترین کارایی مصرف آب سیب‌زمینی (۱۲/۴۷) و کمترین (۱۰/۶۸) به‌ترتیب در ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده گردید (شکل ۴). سیب‌زمینی گیاهی است که بیشتر تولیدات فتوسنتزی خود را در ریشه ذخیره می‌کند، بدیهی است بالا بودن عملکرد اقتصادی (غده سیب‌زمینی) موجب افزایش کارایی مصرف آب در گیاه می‌شود. گزارش شده است که کارایی مصرف آب سیب‌زمینی از ۰/۶۹ تا ۲/۳۳ تن در هکتار متغیر بوده و بیش‌ترین کارایی مصرف آب از تیمارهای دارای تنش پیوسته در تمام مراحل رشد سیب‌زمینی به‌دست آمده است (Hassan *et al*., 2002). از سوی دیگر Nagaz *et al*. (2007) گزارش نموده‌اند که کارایی مصرف آب سیب‌زمینی در پاییز، زمستان و بهار حدود ۸-۹، ۶-۸ و ۱۱-۱۴ کیلوگرم در مترمکعب بوده که کم‌ترین کارایی از آبیاری کامل با کاربرد روزانه حاصل شده است. براساس نتایج Heydari (2011) متوسط کارایی مصرف آب محصولات زراعی گندم (دانه)، چغندر قند (غده)، سیب‌زمینی، ذرت علوفه‌ای، پنبه (وش)، یونجه (خشک شده در هوا)، جو (دانه)، نخود آبی و نیشکر (نی) به‌ترتیب ۰/۷۳، ۴/۵۶، ۲/۱۸، ۵/۵۸، ۰/۷۱، ۱/۴۶، ۰/۵۶، ۰/۱۸ و ۲/۹۴ کیلوگرم محصول بر متر مکعب آب مصرفی گزارش شده است. در یک پژوهش طی سه سال با مصرف ۸۲۰۰ مترمکعب آب در هکتار در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، کارایی مصرف آب بیش از ۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب برای ذرت دانه‌ای رقم KSc 700 گزارش شده است (Ashrafi and Sadrghaen, 2014).

با توجه به کاهش منابع آب، بایستی افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در واحد سطح کمتر مورد توجه باشد (Heydari *et al*., 2011). از طرف دیگر، افزایش بهره‌وری آب همیشه با افزایش عملکرد محقق نمی‌شود و برای بهبود کارایی مصرف آب، باید به موازات کاهش مصرف آب (مخرج کسر)،

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد محصول (صورت کسر) نیز افزایش یابد (Heydari *et al*., 2011). با توجه به نتایج پژوهش حاضر، در ادامه برای تعیین اینکه در کدام سطح آبیاری هم می‌توان عملکرد قابل قبول و هم کارایی مصرف آب بیشتری داشت به تحلیل پرداخته می‌شود. نتایج نشان داد که با کاهش سطح آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ درصد نیاز آبی، از عملکرد همه گیاهان کاسته می‌شود، ولی درصد کاهش عملکرد گیاهان در سطح ۷۵ درصد آب آبیاری (۱۱ تا ۲۲ درصد) نسبت به ۵۰ درصد (۲۳ تا ۴۷ درصد) بسیار کم‌تر بوده است (شکل ۱). از طرف دیگر، در سطح آبیاری ۷۵ درصد، کارایی مصرف آب برای گیاهان گندم، کلزا و سیب‌زمینی در سال ۹۷ و برای گیاه ذرت در هر دو سال بیشتر از دو سطح دیگر بوده است (شکل ۴). ازاین‌رو، می‌توان آبیاری گیاهان با ۷۵ درصد نیاز آبی را هم برای کاهش عملکرد کمتر و هم کارایی مصرف آب بیشتر در منطقه جیرفت توصیه کرد.

ارایه راهکاری برای مدیریت تناوب زراعی در منطقه جیرفت

در منطقه جیرفت، سه گیاه گندم، سیب‌زمینی و کلزا در پاییز و زمستان و گیاه ذرت در بهار و تابستان کشت می‌شوند. معمولا کشاورزان این منطقه بعد از برداشت گیاهان زمستانه، اقدام به کشت ذرت می‌کنند. بر اساس نتایج این پژوهش، در صورت کشت زمستانه و در شرایط کم‌آبیاری، کشت گیاهانی مانند سیب‌زمینی با کارایی مصرف آب زیاد و سپس گندم قابل توصیه می‌باشد. با توجه به کارایی مصرف آب کم کلزا، در شرایط کم‌آبی و سال‌های کم باران باید از کشت آن اجتناب کرد. برداشت سیب‌زمینی در این منطقه در بهار و زودتر از گندم و کلزا (اردیبهشت) می‌باشد. بنابراین در صورت کشت زمستانه سیب‌زمینی، امکان کشت زودتر ذرت فراهم می‌شود تا از برخورد دوره حساس گلدهی ذرت با دماهای زیاد در تابستان جلوگیری شود. با توجه به این اطلاعات در شرایط آب و هوایی جیرفت، تناوب سیب‌زمینی و ذرت با توجه به کارایی مصرف آب بیشتر، قابل توصیه می‌باشد. در پژوهش دیگر نیز، بخاطر بالاتر بودن کارایی اقتصادی آب سیب‌زمینی، کشت آن در منطقه جیرفت توصیه شده است (Zunemat Kermani *et al*., 2014). هرچند در این پژوهش فقط یک گیاه تابستانه ذرت مورد بررسی قرار گرفت، با این وجود برای تعیین تناوب مناسب در این منطقه، لازم است گیاهان تابستانه بیشتری مورد بررسی قرار بگیرند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که اثر سطوح آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) بر عملکرد، بیوماس، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب چهار محصول گندم، کلزا، سیب‌زمینی و ذرت معنی‌دار بود. به‌طوری‌که با افزایش آب آبیاری از ۵۰ تا ۱۰۰ نیاز آبی، صفات عملکرد دانه و وزن بیوماس به‌طور معنی‌داری در همه گیاهان افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد که تحت دو شرایط سطح آب آبیاری ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، به‌ترتیب سیب‌زمینی و کلزا، بیشترین (۰/۶۵ تا ۰/۷۴) و کم‌ترین (۰/۲ تا ۰/۲۵) شاخص برداشت را داشتند. گیاهان سیب‌زمینی و کلزا به‌ترتیب بیشترین (۱۰/۶۸ تا ۲۲/۷۶ کیلوگرم بر متر مکعب) و کمترین (۱/۲۹ تا ۱/۸۴ کیلوگرم بر متر مکعب) کارایی مصرف آب را داشتند. با توجه به نتایج این پژوهش، آبیاری گیاهان با ۷۵ درصد نیاز آبی، با توجه به کاهش کمتر عملکرد و هم کارایی بیش‌تر مصرف آب در منطقه جیرفت توصیه می‌گردد. به‌طور کلی، بر اساس نتایج این پژوهش بیش‌ترین کارایی مصرف آب به‌ترتیب در گیاهان سیب‌زمینی، گندم، ذرت و کلزا در منطقه جیرفت مشاهده شد. از طرفی، تناوب سیب‌زمینی و ذرت در شرایط آب و هوایی جیرفت از کارایی مصرف آب بیشتری برخوردار و قابل توصیه می‌باشد.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از همکاری دانشگاه زابل و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان برای انجام این پژوهش تقدیر و تشکر می‌شود.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

Absalan, Sh. Karimi, M. Heydari, N. Dhghan, A. Abbasi, F. and Rahimiyan, M. H. (2010). The final report of the project to identify and assess of water use efficiency in saline soils downstream of the Karkheh Basin. *Khuzestan Agricultural Engineering Research Institute Research Report*, 89.1267. (In Farsi).

Afshar, A. Neshat, A. Afsharmanesh, G.H. (2011). The effect of irrigation regime and manure on water use efficiency and yield of potato in Jiroft. *Journal of soil and water resources conservation*, 1(1), 63-75. (In Farsi).

Afsharmanesh, G. H. Heydari Sharifabad, H. Mazaheri, D. Normohamadi, GH. Madani, H. (2010). The effects of water deficit stress on hay alfalfa (*Medicago sativa*) yield and water use efficiency cultivars. *Pajouhesh-va-sazandegi (in agronomy and horticulture)*, 78, 132-1140.

Ashrafi, S. and Sadrghaen, H. (2014). Effects of Tape Drip Irrigation and Irrigation Levels on Yield of Corn (KSC -700). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 3(8), 453-461.

www.SID.ir

Archive of SID

Ahmadaali, J. and Khalili, M. (2009). Study on yield and water use efficiency of drip tape and furrow irrigation systems in single and two-row planting systems of grain corn. *Iranian Journal of lrrigation and drainage*, 2(3), 71-78. (In Farsi).

Alimohammady, M. Rezaee, A. and Mirmohammady meybodi, A. (2009). Evaluation of some physiological traits and grain yield of ten Iranian bread wheat cultivars under two irrigation conditions. *Journal of Water and Soil Science*, 13 (48), 107-120. (In Farsi).

Attaher, S. M., Medany, M. A. Abdel Aziz, A. A. and Mostafa, M. M. (2004). Energy requirements and yield of drip irrigated potato. International Symposium on the Horizons of Using Organic Matter and Substrates in Horticulture. Available at: *http:// www. actahort.org/ books/ 608/ 608_24.htm.*

Baghani, J. and Ghodsi, M. (2004). Effect of irrigation intervals on yield of wheat cultivars. Journal of Agricultural Engineering Research, 5: 1-14. (In Farsi).

Bessembinder, J. J. E. Leffelaar, P. A. Dhindwal, A. S. and Ponsioen, T. C. (2005) Which crop and which drop, and the scope for improvement of water productivity. *Agricultural Water Management*, 73(2), 113-130.

Dehghani Sanich, H. and Nakhjavani Moghaddam, M. M. And Akbari, M. (2009). Evaluation of water use efficiency based on the relative advantages of low-irrigation areas. *Iranian journal of Irrigation and Drainage*, 2 (1), 77-91.

Ghazanfar, M., Asodar, A. Saadatfar, M. (2010). Effect of conservation tillage, planting and irrigation methods on water use efficiency and wheat yield in northern Ahvaz. Tehran university. Tehran.

Gheflati, M. (1994). *Evaluate effects of plant density on yield and yield components of sesame*. Ph. D. dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Farsi).

Hassan, A. A. Sarkar, A. A. Ali, M. H. and Karim, N.N. (2002). Effect of deficit irrigation at different growth stage on the yield of potato. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 5(2), 128-134.

Heydari, N. (2011). Determination and evaluation of water use efficiency of some major crops under farmers management in Iran. *Journal of Water and Irrigation Management*, 1(2), 43-56.

Heidari pour, R. Nasiri mohalati, M. Kochaki, A. and Zare fayzabadi, A. (2014). Effects of water and nitrogen fertilizer levels on water use efficiency and water productivity in maize (Zea mays L.), sugar beet (Beta vulgaris L.) and sesame (Sesamum indicum L.). *Journal of Agroecology*, 6(2), 187-198. (In Farsi).

Heydari, N. 2011. Determination and evaluation of water use efficiency of some major crops under farmers management in Iran. *Journal of Water and Irrigation Management*, 2 (1), 43-57. (In Farsi).

I. R. Of Iran meteorological organization. (2019). *http://data. Irimo.ir*

Jalini, M. Ghaemi, A. and Zare Parvar, H. (2008). Effects of water stress on nitrogen fertilizer on yield and water use efficiency on sugar beet. *Journal of Research in Agricultural Science*, 4(2), 164-172. (In Farsi)

Karandish, F. Asadi, R. (2015). Applying the economic water use efficiency concept to determine the optimal cropping pattern in Rayen City. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 6(3), 351-358.

Kiani, A. R. Mirlatifi, M. Homaee, M. and Gheraghi. A. (2004). Effect of different irrigation regimes and salinity on wheat yield in Gorgon region. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 11, 79-90. (In Farsi).

Koutroubas, S. D. Papakosta, D. K. and Doitsinis, A. (2000). Water requirements for castor oil crop (Ricinnus communis L.) in a Mediterranean climate. *Crop Science*, 14, 33-41.

Mc Ginley, S. (2002). *Irrigation Efficiency for Durum Wheat*. The University of Arizona College of Agriculture and life sciences.

Martines, S. R., Montero, J. Corcoles, J. I. Tarjuelo, J.M. and Juan, A. D. (2003). Effect of water distribution uniformity of sprinkler irrigation system on corn yield. *Proceedings ICID International workshop. Montpellier*, France 14-19 September 2003.

Masomi, T. Rahimikhoob, A. Ghorbanijavid, M. and Nazarifar, M.H. (2015). The effect of intermittent deficit irrigation on yield, yield components and water productivity of maize Se-704. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 4(8), 810 – 816. (In Farsi).

Moaveni, P. Habibi, D. and Abasszadeh, B. (2009). Effect of drought stress on yield and yield components of four wheat cultivars in Shahr-e-Ghods. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 5(1), 69-85. (In Farsi).

Montazar, A., and Kosari, H. (2007). Water productivity analysis of some irrigated crops in Iran. Proceeding of the *International Conference of Water Saving in Mediterranean Agriculture and Future Needs*. Valenzano, Italy, 56 (1), pp. 109-120.

Mugabe, F.T. and Nyakatawa, E. Z. (2000). Effect of deficit irrigation on Wheat and opportunities of growing Wheat on residual soil moisture in southeast Zimbabwe. *Agricultural Water Management*, 46, 111-119.

Mousavi Rahimi, M. Delshad, M. Liaghat, A. Rahmatian, A. (2014). Improving water/fertilizer use efficiency of hydroponically cultured greenhouse tomato by partial root zone drying, deficit irrigation and hydrogel amendment. *Iranian journal of horticulture science*, 175-184. (In Farsi).

Nagaz, K. Masmoudi, M. M. and Mechlia, N. B. (2007). Soil salinity and yield of drip –irrigated potato under different irrigation regimes with saline water in arid conditions of Southern Tunisia. *Journal of Agronomy*, 6(2), 324-330.

Nakhjavani moghadam, M. M. Dehghanisanij, H.

www.SID.ir

Archive of SID

Akbari, and M. Sadreghaen, S. H. (2011). The Effects of Deficit Irrigation on Water Use Efficiency of New Early Maize Variety (CN. KSC.302) Using Sprinkler System. *Journal of water and soil*, 24(6), 1236-1246. (In Farsi)

Nasr-Esfahani, A. (2009). Planning and Management Research Institute Agriculture and the research findings at web site *http:// www.agri-peri.ir/entesharat/gozareshat/.../*85--2.p... - (verified in 15 July 2011).

Sadeghinejad, A. A. Modarres-Sanavy, S. A. M. Tabatabaei, S. and Modares Vaneghi, S. M. (2013). Effect of Water Deficit Stress at Various Growth Stages on Yield, Yield Components and Water Use Efficiency of Five Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars. 24(2). *Water and soil science*, 54-64. (In Farsi)

Sajedi, A. (2008). Interaction effects of water stress, zinc and mycorrhizae on yield, yield components and harvest index on corn. *Journal of New Agricultural Sciences*, 2(3), 271-284. (In Farsi).

Shock, C. C. (2004). *Efficient irrigation scheduling Malheur Experiment Station*, Oregon State University, Oregon, USA.

Shock, C. C. Zalewski, J. C. Stieber, T. D. and Burnett, D. S. (1992). Impact of early- season water deficits on Russet Burbank plant development, tuber yield and quality. *Journal of American Potato*, 69, 793-803.

Turral, H. Cook, S. and Gichuki, F. (2006). Water productivity assessment: Measuring and mapping methodologies. Basin Focal Project. Working Paper. No(2), *Challenge Program on Water and Food*.

Zunemat Kermani M , Dehghanisanij, H. and Asadi R. (2014). The Best cropping pattern based on water Use efficiency index (a case study of Jiroft region). *Water management in agriculture.* 1: 43-52.

Zwart, S. J. and Bastiaansen, W. G. M. (2004) Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*, 69(2), 115-133.

www.SID.ir