تحقیقات آب و خاک ایران، دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۵ (ص ۲۴-۱۳)

تأثیر مدیریت آبیاری و آرایش لوله‌های آبده آبیاری قطره‌ای بر عملکرد، بهره‌وری آب و سود خالص در کشت خیار گلخانه‌ای

رسول اسدی[۱]، فاطمه کاراندیش[۲]*

۱. دانشجوی گروه مهندسی آب دانشگاه زابل

۲. استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه زابل

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۰/۵)

چکیده

این پژوهش طی دو فصل زراعی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در شهرستان جیرفت، با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری و نحوه آرایش سیستم آبیاری قطره‌ای نواری روی خیار گلخانه‌ای انجام شد. آزمایش در قالب طرح کرت‌های نواری دو بار خردشده با ۱۶ تیمار و سه تکرار با ترکیب عوامل اصلی و فرعی صورت گرفت. عامل اصلی شامل چهار آستانه پتانسیل ۴۵ (I_1)، ۵۵ (I_2)، ۶۵ (I_3) و ۷۵ (I_4) سانتی‌بار جهت شروع آبیاری، عامل فرعی شامل دو سامانه آبیاری به صورت آبیاری قطره‌ای نواری (S_1) و قطره‌ای زیرسطحی (S_2) و عامل فرعی فرعی شامل دو الگوی کارگذاری لوله آبده به‌صورت یک خط لوله آبده برای هر ردیف کشت (L_1) و یک خط لوله آبده برای دو ردیف کشت (L_2) بود. علاوه بر تعیین میزان حجم آب کاربردی، عملکرد محصول و بهره‌وری آب، میزان درآمد خالص و نرخ بازده نهایی با لحاظ مجموع هزینه و درآمد در هر تیمار، بر اساس روش بودجه‌بندی محاسبه شد. نتایج نشان داد افزایش آستانه مکش جهت آبیاری باعث کاهش تعداد دفعات آبیاری و حجم آب مصرفی شد. کمینه (۱۳۶/۳۶) و بیشینه (۲۶۹/۱۱ تن در هکتار) میزان عملکرد به ترتیب مربوط به تیمارهای $I_4S_1L_2$ و $I_1S_2L_1$ بود. با این وجود، تیمار $I_2S_2L_1$، ضمن کاهش ۱۱/۷ درصد در حجم آب مصرفی در مقایسه با تیمار $I_1S_2L_1$، تنها باعث یک درصد افت محصول شده و بیش‌ترین سود خالص را به همراه داشت. این در حالی است که بالاترین بهره‌وری آب آبیاری در تیمار $I_4S_2L_1$ مشاهده شد. لذا، با در نظر گرفتن توأمان صرفه‌جویی در مصرف آب و حفظ منافع اقتصادی کشاورزان، استفاده از روش اتخاذ شده در تیمار $I_2S_2L_1$ در کشت خیار گلخانه‌ای در شهرستان جیرفت افزایش کارایی مصرف آب و نرخ بازده نهایی را به همراه خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: آنالیز اقتصادی، آبیاری قطره‌ای، آستانه مکش رطوبتی، بودجه‌بندی جزئی، جیرفت.

مقدمه

تأمین امنیت غذایی برای جمعیت رو به رشد جهان مستلزم افزایش سطح زیرکشت و یا اتخاذ راهکارهای مدیریتی جهت افزایش میزان عملکرد در واحد سطح می‌باشد (Deng *et al.*, 2006). این در حالی است که محدودیت جهانی منابع آب، افزایش تولید از طریق افزایش سطح زیرکشت را محدود می‌سازد (Douh *et al.*, 2013). لذا، در چنین شرایطی، اعمال مدیریت جهت مصرف صحیح این منابع محدود، در راستای افزایش کارآیی مصرف آب اهمیت بسیاری خواهد داشت (Rahil and Antonopoulos, 2007). به نظر می‌رسد کاربرد سامانه‌های نوین آبیاری در جهت استفاده مناسب‌تر از آب، علاوه بر کاهش مصرف آب، افزایش سطح زیرکشت و عملکرد را در پی داشته باشد (Wang *et al.*, 2007). علیرغم مزایای بسیار، بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری تحت فشار غالباً به دلیل فقدان دانش و اطلاعات کافی بهره‌برداران از میزان دقیق آب مورد نیاز گیاه با نارسایی‌هایی روبرو می‌باشد (Faramarzpour *et al.*, 2011). تعیین میزان آب مورد نیاز در طول فصل کشت از جمله مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر میزان عملکرد محصولات زراعی بوده و برآورد غیرواقع آن می‌تواند خسارات اقتصادی بسیاری را به همراه داشته باشد. این مسئله به ویژه در مورد گیاهانی همچون خیار که حساسیت ویژه‌ای به تنش آبی دارد (Moslehi *et al.*, 2011)، از اهمیت بیش‌تری برخوردار خواهد بود. در چنین شرایطی، تعیین و تأمین نیاز آبی این گیاه امر مهمی در راستای جلوگیری از کاهش معنی‌دار عملکرد آن خواهد بود. نتایج پژوهشی که به منظور تعیین نقطه بهینه جهت شروع آبیاری در خیار گلخانه‌ای با استفاده از تانسیومتر آزمایشی انجام شد، نشان داد که آستانه بهینه جهت شروع آبیاری در خیار گلخانه‌ای بین

* نویسنده مسئول: Karandish_h@yahoo.com

۱۵ تا ۳۰ سانتی‌بار است (Suojala and Salo, 2005). همچنین بررسی تأثیر سه آستانه پتانسیل ۲۵، ۴۵ و ۶۵ سانتی‌بار در تانسیومتر جهت شروع آبیاری، بر عملکرد و کارایی مصرف آب خیار گلخانه‌ای نشان داد که در بین سه آستانه مورد بررسی جهت شروع آبیاری، نقطه پتانسیلی ۶۵ سانتی‌بار نسبت به دو نقطه دیگر از کارایی مصرف آب بالاتری برخوردار بود (Faramarzpour *et al*., 2011).

اگرچه در بسیاری از پژوهش‌های پیشین، تأثیر روش‌ها و سطوح مختلف کاهش عمق آب آبیاری بر خصوصیات کیفی و کمی خیار مورد بررسی قرار گرفته است، لکن بهره‌وری اقتصادی آب در چنین روش‌هایی به‌ویژه در کشت‌های گلخانه‌ای کم‌تر مورد توجه بوده است. دلیل این امر را می‌توان به راندمان بالای آبیاری در سیستم‌های تحت فشار در مقایسه با سیستم‌های سطحی و سنتی و امکان کشت در هر زمان از سال در گلخانه نسبت داد. با این وجود، بارزتر شدن هرچه بیشتر مسئله بحران آب در سال‌های اخیر نشان داد که مدیریت مصرف آب در راستای به حداکثر رساندن منافع اقتصادی با افزایش تولید در واحد سطح، حتی در چنین سیستم‌هایی نیز ضرورت داشته و لازمه نیل به یک کشاورزی پایدار می‌باشد. از سویی دیگر، قبول یک فن‌آوری جدید توسط زارعان، تنها از طریق توجیه‌های اقتصادی امکان‌پذیر خواهد بود (Karimi *et al*., 2014). در پژوهشی، به ارزیابی اقتصادی آبیاری قطره‌ای در کشت ذرت پرداخته شد (Fooladmand *et al*., 2012). در این آزمایش تیمار اصلی شامل سه فاصله ۶۰، ۷۰ و ۷۵ سانتی‌متر برای نوارهای آبیاری و عامل فرعی دو آبیاری کامل و یک در میان بود. اگرچه نتایج تجزیه و تحلیل‌های فنی آزمایش نشان‌دهنده آن بود که تیمار ۶۰ سانتی‌متر فاصله نوارهای آبیاری توأم با آبیاری کامل دارای بیشترین عملکرد و کارایی مصرف آب است، اما نتایج اقتصادی این آزمایش بر مبنای روش بودجه‌بندی جزئی نشان داد که تیمار ۶۰ سانتی‌متر فاصله نوارهای آبیاری توأم با آبیاری به‌صورت یک در میان، علی‌رغم نداشتن بالاترین سطح عملکرد، مناسب‌ترین گزینه اقتصادی است؛ که لزوم بررسی تبعات اقتصادی در روش‌های آبیاری نوین را مشهود می‌سازد. در پژوهشی به بررسی تأثیر سه عمق کارگزاری لوله آبده در سیستم آبیاری قطره‌ای بر عملکرد خیار پرداخته شد (Douh *et al*., 2013).

در طبقه‌بندی محصولات کشاورزی، محصولات گروه صیفی از جمله خیار، در گروه محصولات نقدی قرار دارد. بطوری‌که خیار تولید شده به‌عنوان محصول نهایی در بازار عرضه شده و دوره زمانی بازگشت سرمایه در آن بسیار کوتاه است (Sadreghaen, 2012). با توجه به امکانات وسیع تولید و فرآوری، کشت این محصول در ایران اهمیت اقتصادی زیادی یافته و با ارزآوری مناسب، مورد توجه بسیاری از متولیان کشاورزی قرار گرفته است (Mehrabi, 2008). شهرستان جیرفت نیز یکی از مناطق مهم تولید کننده این محصول می‌باشد. محصول خیار با داشتن سطح زیرکشت در حدود ۱۲۰۰ هکتار و با تولید بیش از ۲۰۶ هزار تن در سال در شهرستان جیرفت، مقام اول از این منظر را در کشور به خود اختصاص داده است (Mamnoei *et al*., 2014). لذا، با توجه به این‌که بیش‌ترین تلفات آب آبیاری، در داخل مزرعه رخ می‌دهد (Bozkurt and Mansuroglu, 2011)، عدم تعیین آستانه پتانسیل لازم جهت شروع عملیات آبیاری و عدم ارزیابی الگوی کارگذاری لوله آبده در کشت خیار گلخانه‌ای از یک سو و از سوی دیگر عدم وجود اطلاعات کافی در مورد بهره‌وری اقتصادی روش‌های آبیاری در این منطقه از سوی دیگر، لزوم انجام تحقیقی در خصوص بررسی تأثیر این پارامترها بر عملکرد خیار در منطقه جیرفت و همچنین انتخاب مناسب‌ترین تیمار آبیاری از لحاظ اقتصادی را به اثبات می‌رساند. به همین منظور، در این پژوهش پس از کشت خیار و اجرای الگوهای مختلف کارگذاری لوله‌های آبده در طی دو سال زراعی و ارزیابی اقتصادی عملکرد بدست آمده از آستانه‌های مختلف پتانسیلی جهت شروع آبیاری و الگوهای مختلف کارگزاری لوله‌های آبرسان، به تعیین مناسب‌ترین آستانه پتانسیلی جهت شروع آبیاری و الگوی کارگزاری لوله آبده بر اساس شاخص‌های اقتصادی پرداخته شد.

مواد و روش

محل و روش انجام طرح

این پژوهش، طی دو فصل زراعی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در قالب طرح کرت‌های نواری دوبار خردشده در یک گلخانه واقع در شهرستان جیرفت روی گیاه خیار انجام شد. منطقه جیرفت با وسعتی حدود ۵۰ هزار کیلومتر مربع در فاصله ۲۴۰ کیلومتری جنوب‌شرقی شهر کرمان قرار دارد. این منطقه با آب و هوای نیمه‌گرم، با ۶۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا، دارای طول جغرافیایی '۲۵ °۵۷ شمالی و عرض جغرافیایی '۳۰ °۲۷ شرقی می‌باشد. در جیرفت متوسط بارندگی سالانه ۱۵۰ میلی‌متر، حداکثر و حداقل درجه حرارت سالانه به ترتیب ۴۸ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Mamnoei *et al*., 2014). گلخانه مورد استفاده دارای ارتفاع ۳/۵ متر، عرض دهانه ۵/۵ متر، مجهز به سقف بازشو، سیستم گرمایش و سرمایش و پوشش پلی‌اتیلن

UV دار ۴/۵ درصد بود. برای تأمین حرارت مورد نیاز از دستگاه گرمایش مشعل‌دار گازوئیلی استفاده شد. سیستم پخش حرارت در وسط گلخانه و در زیر سقف قرار داشته و حرارت را از قسمت بالا به پایین پخش می‌نمود. در طول دوره رشد گیاه، دمای روزانه بین ۳۰ تا ۴۵، شبانه بین ۲۲ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بین ۳۵ تا ۶۵ درصد متغیر بود. جدول‌های (۱) تا (۳) برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک و آب عرصه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱- بافت خاک محل انجام تحقیق

عمق خاک (سانتی‌متر)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	درصد رطوبت وزنی در نقطه ظرفیت زراعی	درصد رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی
۰-۵۰	۳۳	۳۹	۲۸	لوم رسی	۱/۴۴	۲۱	۸
۵۰-۱۰۰	۳۹	۲۹	۳۲	لوم رسی	۱/۵۳	۲۴	۱۰

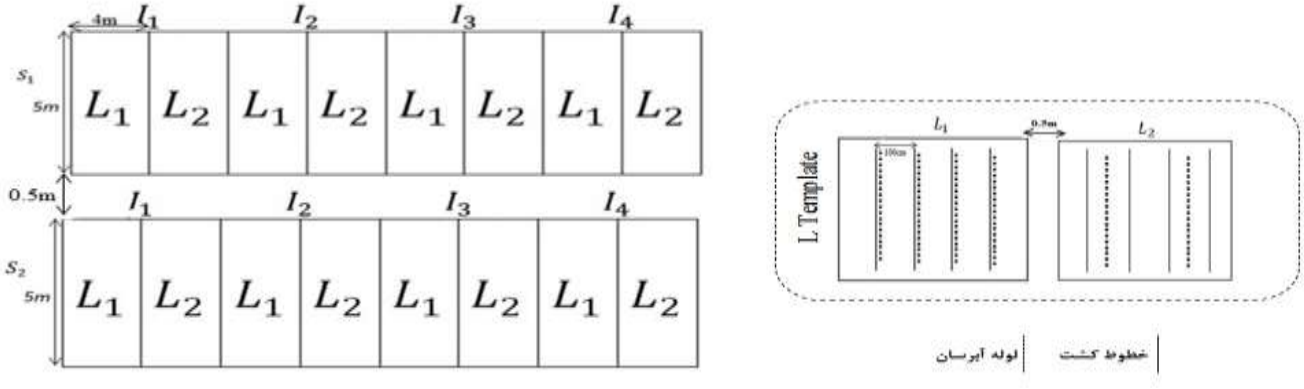
جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی خاک منطقه

عمق خاک (سانتی‌متر)	آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول (میلی‌گرم در لیتر)								SAR	pH	EC (dS/m)
	منگنز	روی	آهن	سدیم	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	فسفر			
۰-۵۰	۸/۵	۲/۶۴	۵/۸	۶۱	۱۷	۱۶۰	۵۷۴	۳۱/۴	۱/۲۳	۸/۲	۱/۲
۵۰-۱۰۰	۷/۶	۳/۱	۴/۹	۶۴	۱۵	۱۵۲	۵۶۲	۳۰/۳	۱/۴	۸	۱/۱

جدول ۳- برخی خصوصیات شیمیایی آب مورد مطالعه

آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول (میلی‌گرم در لیتر)						EC (dS/m)	pH
Na^+	K^+	$Mg^{+2}+Ca^{+2}$	SO_4^{-2}	Cl^-	HCO_3^-		
۰/۹	۴/۵	۷	۲/۲	۲	۴/۲	۰/۷	۷/۱

در هر دو فصل کشت، بذر خیار رقم نگین که عرف منطقه مطالعاتی می‌باشد، در اواخر فروردین ماه به صورت نشاکاری کشت شد و طول مدت رشد تقریبی آن تا مرحله رسیدگی ۱۱۰ روز بود. بر اساس نتایج آزمون خاک، کودهای نیترات آمونیوم، اوره و سولفات دو پتاس به ترتیب با مقادیر ۲۰۰، ۲۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار برای تمام تیمارها استفاده گردید. کودهای آمونیوم و سولفات دو پتاس به‌صورت یکجا قبل از کاشت و کود اوره به صورت تقسیطی در سه نوبت (۱۰۰ کیلوگرم قبل از کشت، ۷۵ کیلوگرم در هکتار به‌صورت سرک یک ماه بعد از بذرکاری و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سه هفته بعد از سرک اول) به زمین داده شد. تیمارهای آبیاری شامل چهار آستانه پتانسیل مکش جهت شروع آبیاری (I_1=۴۵، I_2=۵۵، I_3=۶۵ و I_4=۷۵ سانتی‌بار) به عنوان عامل اصلی و دو سامانه آبیاری به صورت آبیاری قطره‌ای سطحی (S_1) و زیرسطحی (S_2) به عنوان عامل فرعی و دو الگوی کارگذاری لوله آبده به‌صورت یک خط لوله آبده برای هر ردیف کشت (L_1) و یک خط لوله آبده برای دو ردیف کشت (L_2) به‌عنوان عامل با سه تکرار بود. تیمارها در کرت‌هایی به عرض چهار متر و طول پنج متر (شامل چهار ردیف کشت به فاصله یک متر از یکدیگر) قرار گرفتند. همچنین فاصله بین بوته‌های کشت شده روی هر ردیف ۰/۳ متر، بین تیمارهای فرعی ۰/۵ متر و بین تکرارها دو متر بود. تعداد کرت‌های مورد بررسی با احتساب سه تکرار، برابر با ۴۸ بود (شکل ۱).



شکل ۱- شماتیک طرح اجراشده

نوارهای آبیاری تیپ مورد استفاده در این تحقیق دارای ضخامت ۲۰۰ میکرون، فاصله مجاری آبده ۳۰ سانتی‌متر و دبی چهار لیتر در ساعت در هر متر از طول لوله بودند. در آبیاری قطره‌ای سطحی این نوارها روی سطح خاک و در کنار ساقه گیاه قرار گرفتند، در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، نوارهای مزبور در عمق ۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک قرار داده شدند. همچنین، در آرایش لوله آبده به‌صورت معمولی (L_1)، نوارهای آبده برای هر ردیف کاشت روی پشته و در آرایش لوله آبده به‌صورت یک در میان (L_2)، نوارها به‌صورت یک در میان بین دو ردیف کاشت قرار گرفتند. زمان آبیاری بر اساس قرائت از تانسیومترهای فلزی تعیین شد. این تانسیومترها قبل از کاشت، در سه عمق ۱۵، ۳۵ و ۷۰ سانتی‌متری خاک و در وسط هر کرت و در بین دو خط کشت نصب شدند. جهت انجام آبیاری در نقطه پتانسیلی مد نظر، تانسیومترها به طور کامل کنترل می‌شدند و زمانی‌که صفحه مدرج تانسیومتر نقطه پتانسیلی مورد نظر را نشان می‌داد آبیاری انجام شده و فرآیند آبیاری تا رساندن میزان رطوبت موجود در خاک به حد ظرفیت زراعی ادامه می‌یافت. به منظور تعیین میزان پتانسیل مکش در محدوده عمقی مورد نظر، عمق توسعه ریشه گیاه از روش نمونه‌برداری در مراحل مختلف رشد تعیین و آبیاری بر اساس پتانسیل مکش در محدوده ریشه صورت گرفت. عمق توسعه ریشه در مرحله اولیه، توسعه، میانی و نهایی رشد به ترتیب بین هشت تا ۱۵، ۱۰ تا ۳۰، ۲۵ تا ۵۵ و ۵۰ تا ۸۰ سانتی‌متر متغیر بود.

به‌منظور تعیین میزان عملکرد محصول در انتهای فصل کشت، با حذف ردیف‌های کناری در هر تکرار، به‌منزله اثر حذف حاشیه‌ای، نمونه‌برداری فقط از دو ردیف وسط انجام شد (Karandish *et al*., 2012). بدین منظور ده گیاه از هر تکرار برداشت و وزن خیارها توزین شد. با داشتن حجم آب مصرفی و میزان عملکرد محصول در تیمارهای مختلف، میزان شاخص بهره‌وری آب آبیاری با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد.

$$WUE=Y_T/V_T \qquad \text{(رابطهٔ ۲)}$$

در این رابطه؛ WUE: بهره‌وری آب ($kg/m^3/hec$)، Y_T: عملکرد قابل ارائه به بازار (kg/hec) و V_T: حجم آب آبیاری (m^3) می‌باشد. در نهایت داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح معنی‌داری یک درصد انجام شد.

ارزیابی اقتصادی

در این پژوهش از روش بودجه‌بندی جزئی برای محاسبه کل هزینه‌های متغیر و سود خالص هر یک از تیمارهای آزمایش استفاده شد. اگر چه غالباً تمایل کشاورزان بر این است که بدانند که آیا افزایش در هزینه‌ها منتج به افزایش در سود خالص می‌شود یا خیر، لیکن در محاسبات سود خالص، برخی از جنبه‌های بسیار مهم مزارع همچون کمبود منابع و ریسک لحاظ نمی‌شود. به منظور در نظر گرفتن این جنبه‌های مهم، ضروری است که در تصمیم‌گیری، تحلیل نهایی صورت گیرد که این تحلیل، به وسیله تحلیل سلطه کارآمدتر خواهد بود. زیرا در این روش تیمارهای بدون سود کنار گذاشته می‌شود. تحلیل سلطه در واقع تیمارها را به دو دسته تحت سلطه و غیر تحت سلطه تقسیم می‌کند. تیماری تحت سلطه است که دارای سود خالص کمتر یا مساوی با تیمارهای که هزینه متغیر کمتر دارند، باشد. به همین منظور در این روش، ابتدا تمامی تیمارها بر اساس سود خالص به‌صورت نزولی مرتب شده و سپس کلیه تیمارهای تحت سلطه حذف شدند. به این ترتیب، تنها از تیمارهای غیر تحت سلطه در تحلیل نهایی استفاده شد (Asumadu *et al*., 2004). تحلیل نهایی نشان می‌دهد که چگونه سود خالص با افزایش میزان سرمایه‌گذاری افزایش می‌یابد. به بیان دیگر نرخ بازده نهایی نشان می‌دهد که کشاورزان در نتیجه تغییر یک فعالیت به چه میزان انتظار بازده دارند. لذا نرخ بازده نهایی از فرمول زیر محاسبه شد (Perrin *et al*., 1988):

$$MRR=\frac{dNB}{dTVC}\times 100 \qquad \text{(رابطهٔ ۳)}$$

که در این رابطه، MRR نرخ بازده نهایی (درصد)، dNB تغییر در منافع خالص و dTVC تغییر در هزینه متغیر کل می‌باشند. برای توصیه تحلیل نهایی به کشاورز بایستی حداقل نرخ بازده قابل قبول کشاورزان را برآورد نمود. در برآورد حداقل نرخ بازده قابل قبول، بایستی مبلغی به هزینه سرمایه، اضافه شود تا زمان و تلاش صرف شده در یادگیری برای مدیریت یک فنّاوری جدید را جبران نماید. در اغلب موارد ارائه یک رقم دقیق امکان‌پذیر نیست، اما این رقم به ندرت انتظار می‌رود کمتر از ۵۰ درصد باشد. زمانی‌که کشاورزان دسترسی به اعتبارات داشته، برآورد هزینه سرمایه و استفاده از آن به منظور برآورد حداقل نرخ بازده امکان‌پذیر است. روش دیگر برای تعیین حداقل نرخ بازده، دو برابر کردن نرخ بهره نهادهای وام‌دهنده است. یعنی اگر به عنوان مثال، نرخ بهره نهاد وام‌دهنده در ماه برابر با ۱۰ درصد باشد، هزینه فرصت سرمایه برای پنج ماه ۵۰ درصد خواهد بود، به این نرخ ۵۰ درصد هم برای در نظر گرفتن بازده مدیریت اضافه خواهد شد و در مجموع حداقل نرخ بازده قابل قبول ۱۰۰ درصد خواهد بود (George *et al*., 2013). به همین منظور، از حداقل نرخ بازده قابل قبول ۱۰۰ درصد به منظور مقایسه تیمارها در تحلیل نهایی استفاده شد.

درآمد حاصل در تیمارهای مختلف از حاصل‌ضرب میزان عملکرد در قیمت واحد محصول بدست آمد. همچنین جهت محاسبه وجوه تمایز تیمارهای مورد بررسی، هشت ردیف هزینه در نظر گرفته شد. هزینه ردیف یک شامل هزینه جاری مراحل مختلف قبل از کاشت و داشت بوده که این هزینه‌ها به تفصیل در جدول (۴) برای یک هکتار خیار گلخانه‌ای در منطقه مطالعاتی ارائه شده است. هزینه ردیف دو شامل هزینه احداث گلخانه که با احتساب نرخ تنزیل ۲۰ درصد و طول عمر ۲۰ سال به معادل یکنواخت سالانه تبدیل شد. هزینه ردیف سه شامل هزینه استهلاک سالانه احداث گلخانه بود. هزینه ردیف چهار هزینه کارگزاری لوله آبده بوده که در تیمارهای آبیاری قطره‌ای سطحی معمولی و یک‌درمیان به ترتیب به چهار و دو نفر کارگر و در تیمارهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی معمولی و یک‌درمیان به ترتیب به هفت و پنج نفر کارگر نیاز بود. دستمزد هر کارگر ۱۷۰ هزار ریال در نظر گرفته شده و معادل سالانه این هزینه برای عمر مفید هشت سال و نرخ بهره ۲۰ درصد محاسبه شد. هزینه ردیف پنج شامل هزینه خرید لوله آبده بود. در الگوی کارگزاری معمولی و یک‌درمیان، در هر هکتار به ترتیب ۱۰۰۰۰ و ۵۰۰۰ متر نوار تیپ مورد نیاز بود. هزینه هر متر لوله آبده ۶۵۰ ریال با عمر مفید یک سال در نظر گرفته شد. هزینه ردیف شش معادل سالانه هزینه اجرای سیستم آبیاری تحت‌فشار با نرخ بهره ۲۰ درصد و طول عمر ۸ سال، و هزینه ردیف هفت، استهلاک سیستم تحت فشار بود. هزینه ردیف هشت نیز هزینه برداشت و بازار رسانی محصول بود. برای برداشت و بارگیری هر تن محصول به ۱/۸ نفر کارگر با احتساب دستمزد کارگری ۱۰۰ هزار ریال نیاز بود. همچنین محصول برداشت شده در پاکت‌های ۵۰ کیلوگرمی بسته‌بندی و به میدان بار حمل شد. هزینه خرید هر پاکت سه هزار ریال و هزینه حمل تا میدان بار دو هزار ریال بود. هزینه بسته‌بندی و حمل نیز برای هر کیلوگرم محصول به ترتیب ۶۰ و ۴۰ ریال در نظر گرفته شد.

جدول ۴- هزینه‌های جاری مراحل کاشت و داشت یک هکتار خیار گلخانه‌ای در منطقه جیرفت

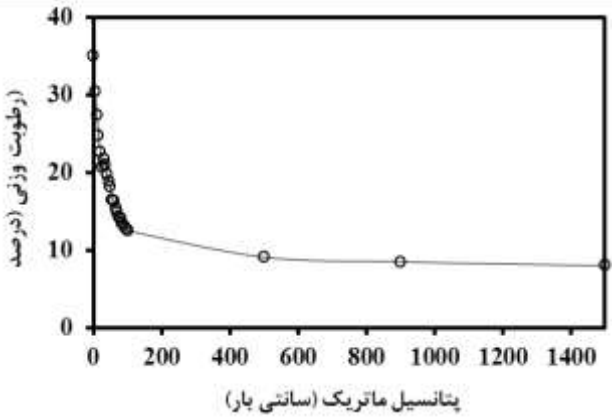
عنوان	واحد	مقدار/تعداد	هزینه واحد (هزار ریال)	کل هزینه (هزار ریال)
بذر	عدد	۳۰۰۰۰	۱/۳	۳۹۰۰۰
کود حیوانی (مرغ)	تن	۳۰	۷۰۰	۲۱۰۰۰
پوشش پلاستیک	متر مربع	۳۰۰۰	۲۶	۷۸۰۰۰
نخ و قیم	کیلوگرم	۳۰	۲۰	۶۰۰۰
شخم، دیسک و تسطیح	ساعت	۱۰	۳۰۰	۳۰۰۰
ضد عفونی خاک				۲۰۰۰۰
اصلاح و مرمت گلخانه				۳۰۰۰
پلاستیک کشی				۲۰۰۰۰
کود شیمیایی ماکرو و میکرو و سم				۲۳۰۰۰
کارگری (ثابت و فصلی)				۹۰۰۰۰
سوخت	لیتر	۵۰۰۰۰	۱۶	۸۰۰۰
اصلاح و مرمت سیستم و موتور محرکه				۲۰۰۰
جمع هزینه‌ها				۳۱۳۰۰۰

نتایج و بحث

تعداد دفعات آبیاری و حجم آب مصرفی در تیمارهای مختلف

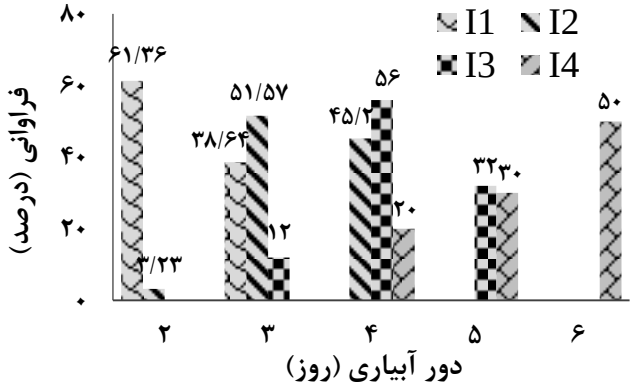
در این پژوهش، میزان آب مصرفی برای تیمارهای فرعی در یک تیمار اصلی یکسان در نظر گرفته شد؛ اما حجم آب مصرفی در تیمارهای آبیاری بر اساس آستانه پتانسیل مکش، متفاوت بود. حجم آب مصرفی در کل فصل رشد در تیمارهای I_1، I_2، I_3 و I_4 به ترتیب ۶۰۰۰، ۵۳۰۰، ۴۰۷۰ و ۲۵۵۰ مترمکعب در هکتار بود. بر اساس گزارش فائو ۵۶ (Allen *et al.*, 1998)، میزان تخلیه‌ی مجاز گیاه خیار در شرایط استاندارد (۵ میلی‌متر در روز) برابر با ۴۵ درصد هست. طبق دستورالعمل، اصلاح این ضریب بر اساس میزان تبخیر-تعرق باعث شد تا مقدار آن بین مقادیر ۰/۲۵ تا ۰/۴ در طول فصل کشت متغیر باشد. لذا، در مراحل مختلف رشد، رطوبت‌های کم‌تر از ۱۷/۸ (برای ۰/۲۵ =p) و کم‌تر از ۱۵/۸ (برای ۰/۴ =p) باعث پیدایش تنش رطوبتی خواهد شد. به این ترتیب، بر اساس منحنی مشخصه‌ی رطوبتی خاک که در شکل (۲) ارائه شده است، معلوم می‌شود که آبیاری در پتانسیل ۴۵ سانتی‌بار، محدوده‌ی رطوبت خاک را حتی در دوره‌ی پیک مصرف در حد مطلوب نگه‌داشته و تنشی به گیاه وارد نخواهد ساخت. لکن، آبیاری در پتانسیل‌های ۵۵، ۶۵ و ۷۵ سانتی‌بار می‌تواند باعث پیدایش تنش رطوبتی در محدوده‌ی ریشه شود؛ زیرا در این محدوده‌های پتانسیل، میزان

رطوبت وزنی خاک به ترتیب برابر با ۱۶/۵، ۱۵/۴ و ۱۴/۲ درصد خواهد بود که این مقادیر کم‌تر از میزان ۱۷/۸ (در دوره‌ی پیک مصرف) خواهد بود. لذا کمبود آب در خاک به‌وسیله‌ی گیاه احساس خواهد شد. گیاه در پاسخ به این تنش، میزان جذب آب خود را به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و در راستای حفظ آماس سلولی، کاهش خواهد داد. در بسیاری از مطالعات پیشین، کاهش جذب آب در نتیجه‌ی اعمال تنش رطوبتی گزارش شده است (Karandish *et al*., 2012; Karandish *et al*., 2015; Shahnazari *et al*., 2007). به این ترتیب، کاهش جذب آب، میزان آب مصرفی گیاه در طول فصل رشد، که همان مجموع تبخیر-تعرق می‌باشد، را کاهش خواهد داد. لذا، در نتایج نیز مشاهده می‌شود که در تیمار کنترل، آبیاری به موقع، مانع ایجاد تنش شده و گیاه در حد مطلوب آب جذب می‌کند. به همین دلیل، کاهشی در میزان جذب آب رخ نخواهد داد.



شکل ۲- منحنی مشخصه‌ی رطوبتی خاک در محدوده‌ی عمقی ۵۰-۰ سانتی‌متری

علاوه بر حجم آب مصرفی، تنظیم زمان آبیاری بر اساس پتانسیل مکش، تعداد دفعات آبیاری را نیز تحت تأثیر قرار داد. صرف‌نظر از نوع تیمار، در اوایل فصل رشد، دورهای آبیاری کوتاه‌تر و با افزایش سن گیاه، دور آبیاری به دلیل توسعه ریشه و امکان استفاده از رطوبت موجود در اعماق پایین‌تر افزایش یافت. تغییر دور آبیاری متناسب با رشد گیاه در پژوهش دیگری نیز گزارش شده است (Borg and Grimes, 1986). بر اساس شکل (۳)، بیش‌ترین فراوانی در تیمارهای I_1، I_2، I_3 و I_4 به ترتیب به دورهای آبیاری دو روزه، سه روزه، چهار روزه و شش روزه متعلق بود. مقایسه حداکثر فراوانی در تیمارهای مختلف مکش و حجم آب مصرفی نشان می‌دهد که افزایش دور آبیاری، کاهش حجم آب مصرفی در کل فصل رشد را موجب شده است. به نحوی که تغییر آستانه مکش جهت شروع آبیاری از ۴۵ به ۵۵، ۶۵ و ۷۵ سانتی‌بار به دلیل افزایش دورهای آبیاری به ترتیب باعث ۱۱/۶، ۳۲/۲ و ۵۷/۵ درصد کاهش حجم آب مصرفی در مقایسه با تیمار شاهد شده است. این نتیجه با یافته‌های پژوهش‌های پیشین نیز مطابقت دارد (Mao *et al*., 2003). بر اساس نتایج (Mao *et al*., 2003)، حجم آب مصرفی خیار گلخانه‌ای به ازای دور آبیاری ۳-۲ روز، ۵-۳ روز، ۶-۵ روز، ۱۲-۱۰ روز و ۲۰-۱۸ روز به ترتیب برابر با ۶۵۶، ۵۴۴، ۴۰۶، ۲۳۰ و ۱۸۸ میلی‌متر بود.



شکل ۳- فراوانی دورهای آبیاری برای هر تیمار در طول دوره فصل رشد

عملکرد محصول

جدول (۵) نتایج تجزیه واریانس بر میزان عملکرد خیار در انتهای فصل کشت را نشان می‌دهد. بر این اساس، آستانه پتانسیل مکش جهت شروع آبیاری (I)، نوع سیستم آبیاری (S) و نحوه آرایش لوله آبده (L) تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر میزان عملکرد گیاه داشتند. با این وجود فاکتور سال تأثیر معنی‌داری بر نتایج نداشت.

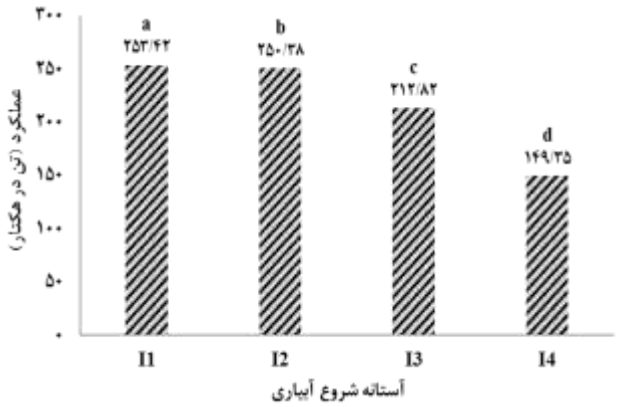
مقایسه میانگین عملکرد خیار حاصل از اثر تیمار عامل اصلی، نشان می‌دهد که میزان عملکرد در آستانه پتانسیل ۵۵ سانتی‌بار (I_2)، به‌رغم صرفه‌جویی ۷۰۰ مترمکعبی آب در هکتار نسبت به آستانه پتانسیل ۴۵ سانتی‌بار (I_1)، تنها ۱/۲ درصد کمتر از تیمار شاهد بود (شکل ۴). دلیل آن را می‌توان ناشی از وجود تنش جزئی در طول فصل رشد بر اجزای عملکرد و همچنین اثرپذیری سایر اندام‌های گیاهی مرتبط با اجزای عملکرد نسبت داد که در نهایت، باعث عملکرد مطلوب تیمار اعمال‌شده تحت تنش می‌شود (Moslehi *et al*., 2011). بر اساس شکل (۴)، عملکرد در دو نقطه پتانسیلی ۶۵ و ۷۵ سانتی‌بار (I_3 و I_4) در مقایسه با نقطه پتانسیلی ۴۵ سانتی‌بار، به ترتیب حدود ۱۶ و ۴۱ درصد کاهش یافت. این در حالی است که میزان صرفه‌جویی آب مصرفی به ترتیب ۱۹۳۰ و ۳۴۵۰ مترمکعب نسبت به تیمار شاهد بود. دلیل کاهش معنی‌دار عملکرد در تیمارهای I_3 و I_4 را می‌توان فراهم آمدن شرایط تنش

آبی شدید و وجود رقابت زیاد بین میوه‌های از قبل تشکیل شده و در حال تشکیل، در جذب مواد فتوسنتزی دانست. در واقع در چنین شرایطی از تشکیل گل و میوه‌های جدید جلوگیری شده و زمینه کاهش عملکرد فراهم می‌شود (Mao *et al*., 2003).

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس

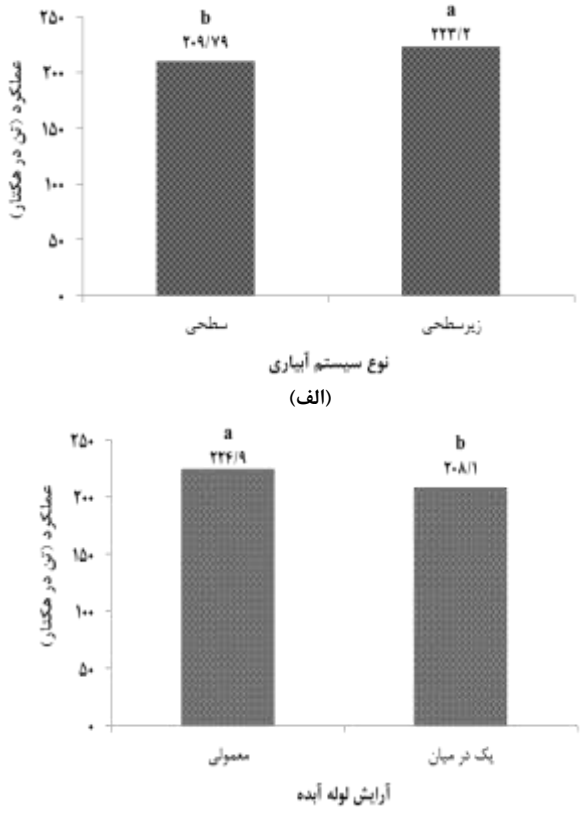
منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	کارایی مصرف آب
سال Y	۱	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}
خطا (E_1)	۴	۷۸۳/۰۱	۳۵/۷۸
آستانه پتانسیل I	۳	۵۶۲۶۶/۳۷**	۱۸۵۰/۷۸**
اثر متقابل YI	۳	۱/۷۹^{ns}	۰/۰۶۱^{ns}
خطا (E_2)	۱۲	۵۹۰/۴۷	۳۲/۱۹
سیستم آبیاری S	۱	۴۳۱۳/۵۹**	۱۴۲/۵۳**
اثر متقابل IS	۳	۱۱/۹۳^{ns}	۱/۸۹*
اثر متقابل YS	۱	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۱^{ns}
اثر متقابل YIS	۳	۰/۹۸^{ns}	۰/۰۴۲^{ns}
آرایش لوله آبده L	۱	۳۷۸۵/۰۲**	۲۳۷/۶۳**
اثر متقابل IL	۳	۱۳/۰۲^{ns}	۷/۳۶**
اثر متقابل SL	۱	۱۶/۵۷^{ns}	۰/۹۹^{ns}
اثر متقابل YL	۱	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۱۴۵^{ns}
اثر متقابل YIL	۳	۳/۳۵^{ns}	۰/۰۸۸^{ns}
اثر متقابل YSL	۱	۱/۳۶^{ns}	۰/۰۲۷^{ns}
اثر متقابل YISL	۶	۶/۳۹^{ns}	۰/۴۲^{ns}
خطا (E_3)	۴۸	۹/۳۸	۰/۴۵
CV٪	۱/۴۱	۱/۴۷	

**: معنی‌دار در سطح یک درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار



شکل ۴- مقایسه میانگین عملکرد خیار تحت تأثیر عامل اصلی

میزان عملکرد محصول در تیمار سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم آبیاری قطره‌ای نواری حدود ۶ درصد بیشتر بود (۵ ۴، الف). نتایج این پژوهش با یافته‌های برخی پژوهش‌های پیشین نیز مطابقت دارد (Douh *et al*., 2013). دلیل این امر کاهش تبخیر، کنترل بهتر علف‌های هرز و رساندن مستقیم آب به منطقه توسعه ریشه توسط سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی گزارش شده است. همچنین در تحقیق حاضر تیمار کارگذاری لوله آبده به‌صورت یک خط لوله آبده برای هر ردیف کشت از لحاظ آماری نسبت به کارگذاری لوله آبده به‌صورت یک خط لوله آبده برای دو ردیف کشت، در جایگاه بالاتر قرار گرفت و میزان عملکرد محصول را ۱۶/۸ تن در هکتار نسبت به تیمار آرایش فاصله لوله آبده به‌صورت یک در میان افزایش داد (شکل ۵، ب).



شکل ۵- مقایسه میانگین عملکرد خیار تحت تأثیر عوامل فرعی

نتایج تجزیه واریانس در جدول (۵) نشان می‌دهد که اثر متقابل عوامل اصلی، فرعی و فرعی فرعی بر صفات عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین عملکرد خیار در ۱۶ تیمار مورد بررسی حاکی از آن است که آستانه پتانسیل ۴۵ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به صورت یک خط لوله آبده برای هر ردیف کشت ($I_1S_2L_1$) با عملکرد ۲۶۹/۱۱ تن در هکتار بالاترین عملکرد را منتج شده و بعد از آن، آستانه پتانسیل ۵۵ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به صورت یک خط لوله آبده

برای هر ردیف کشت ($I_2S_2L_1$) با میزان عملکرد ۲۶۶/۶۸ تن در هکتار در جایگاه دوم قرار دارد. کم‌ترین میزان عملکرد در تیمار $I_4S_1L_2$ (آبیاری در مکش ۷۵ سانتی‌بار در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری با الگوی یک خط لوله آبده برای دو ردیف کشت) مشاهده شد. میزان عملکرد در این تیمار حدود ۱۳۶/۳۶ تن در هکتار بود که در مقایسه با تیمار $I_1S_2L_1$، ۴۹/۳ درصد کاهش در میزان تولید رخ داده است. جدول (۶) نشان می‌دهد که در تیمار سیستم آبیاری قطره‌ای نواری، آستانه مکش در ۴۵ سانتی‌بار حداکثر محصول را داشته و پس از آن آستانه مکش ۵۵ سانتی‌بار، با کاهش کمتر از ۰/۲ درصد در میزان عملکرد محصول در رتبه دوم قرار دارد. این در حالی است که آبیاری بر اساس آستانه مکش ۵۵ سانتی‌بار باعث ۷۰۰ مترمکعب صرفه‌جویی در طول دوره رشد در مقایسه با آبیاری بر اساس آستانه مکش در ۴۵ سانتی‌بار خواهد شد. این نتیجه در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نیز مشاهده شد.

بررسی مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در تیمارهای مختلف نشان داد که تیمار ($I_4S_2L_1$) علی‌رغم داشتن عملکرد پایین، با بهره‌وری ۶۴/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب در بالاترین جایگاه از نظر این شاخص بین ۱۶ تیمار مورد بررسی قرار گرفته و بعد از آن دو تیمار ($I_4S_1L_1$) و ($I_4S_2L_2$) به ترتیب با اختلاف ۸/۳ و ۱۲ درصد نسبت به تیمار ($I_4S_2L_1$) در جایگاه‌های دوم و سوم قرار گرفته‌اند. این در حالی است که دو تیمار ($I_1S_2L_1$) و ($I_2S_2L_1$) که از لحاظ عملکرد در بهترین جایگاه قرار گرفته‌اند، از لحاظ بهره‌وری آب به ترتیب دارای اختلاف ۳۰/۵ و ۲۲ درصد نسبت به تیمار ($I_4S_2L_1$) می‌باشند. بررسی منابع صورت گرفته نشان می‌دهد که با کاهش میزان حجم آب مصرفی، بهره‌وری آب افزایش می‌یابد به طوری که میزان بهره‌وری آب در نقطه پتانسیلی ۶۵ سانتی‌بار ۲۷ درصد بیشتر از نقطه پتانسیلی ۲۵ سانتی‌بار بود (Faramarzpour *et al*., 2011). سایر بررسی‌های انجام‌گرفته در مورد کم‌آبیاری نیز کارآمدی این تکنیک مدیریتی در استفاده بهینه از هر واحد آب مصرفی و افزایش سود خالص را تأیید می‌نمایند (Douh *et al*., 2013).

جدول ۶- میانگین عملکرد خیار تحت اثر متقابل عوامل اصلی و فرعی

تیمار	$I_1S_1L_1$	$I_1S_1L_2$	$I_1S_2L_1$	$I_1S_2L_2$	$I_2S_1L_1$	$I_2S_1L_2$	$I_2S_2L_1$	$I_2S_2L_2$
عملکرد (تن در هکتار)	۲۵۵/۰۷	۲۳۷/۶۵	۲۶۹/۱۱	۲۵۱/۸۷	۲۵۱/۸۷	۲۳۴/۲۹	۲۶۶/۶۸	۲۴۸/۶۹
بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۴۲/۵۱	۳۹/۶۱	۴۴/۸۵	۴۱/۹۸	۴۷/۵۲	۴۴/۲۱	۵۰/۳۱	۴۶/۹۲
تیمار	**$I_3S_1L_1$**	**$I_3S_1L_2$**	**$I_3S_2L_1$**	**$I_3S_2L_2$**	**$I_4S_1L_1$**	**$I_4S_1L_2$**	**$I_4S_2L_1$**	**$I_4S_2L_2$**
عملکرد (تن در هکتار)	۲۱۳/۲۶	۱۹۸/۹۱	۲۲۷	۲۱۲/۱۳	۱۵۰/۹۴	۱۳۶/۳۶	۱۶۵/۳	۱۴۴/۸۲
بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۵۲/۳۹	۴۸/۸۷	۵۵/۷۷	۵۲/۱۲	۵۹/۱۹	۵۳/۴۷	۶۴/۵۲	۵۶/۷۹

I_1، I_2، I_3 و I_4 به ترتیب آستانه مکش ۴۵، ۵۵، ۶۵ و ۷۵ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری، S_1 و S_2 به ترتیب سیستم آبیاری قطره‌ای نواری و قطره‌ای زیرسطحی و L_1 و L_2 به ترتیب الگوی کارگذاری لوله آبده به‌صورت یک خط لوله آبده برای هر ردیف کشت و یک خط لوله آبده برای دو ردیف کشت

نتایج ارزیابی اقتصادی

میزان درآمد ناخالص در تیمارهای مختلف با توجه به میزان عملکرد و قیمت فروش هر کیلو خیار برابر با ۶۷۰۰ ریال، برآورد شد. بر این اساس تیمارهای $I_1S_2L_1$ و $I_4S_1L_2$ با عملکرد ۲۶۶/۱۱ و ۱۳۶/۳۶ تن در هکتار، به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین درآمد ناخالص را داشتند. همچنین با احتساب هزینه‌های ردیف یک تا هشت شرح داده‌شده در بخش ارزیابی اقتصادی، هزینه اجرای هریک از تیمارهای آبیاری در این پژوهش بدست آمد و نتایج آن در جدول (۷) خلاصه شد. مجموع هزینه‌ها در تیمارهای $I_2S_2L_2$ و $I_4S_1L_2$، به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده است. میزان هزینه در ردیف‌های یک تا سه، شش و هفت در تمام تیمارها یکسان بود. در تمام سطوح مکش، حداکثر میزان هزینه ردیف چهار، مربوط به سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آرایش لوله معمولی و حداقل مقدار آن به سیستم آبیاری قطره‌ای نواری با وی کارگذاری لوله آبده به‌صورت یک خط لوله آبده برای دو ردیف کشت اختصاص داشت. همچنین حداقل و حداکثر میزان هزینه در ردیف هشت به ترتیب متعلق به تیمارهای $I_4S_1L_2$ و $I_1S_2L_1$ است.

پس از محاسبه هزینه و درآمد ناخالص تیمارها، جهت برآورد درآمد خالص هر تیمار، ابتدا میزان حجم آب صرفه‌جویی شده در هر تیمار در مقایسه با تیماری که دارای بیشترین حجم آب مصرفی بود (I_1)، محاسبه شد. سپس سطح زیرکشت قابل افزایش با این مقدار آب صرفه‌جویی شده برآورد شد. جدول (۸)

نشان می‌دهد که آبیاری بر اساس آستانه مکش ۵۵، ۶۵ و ۷۵ سانتی‌بار در تیمارهای I_2، I_3 و I_4، به دلیل کاهش حجم آب مصرفی، به ترتیب قابلیت توسعه سطح زیرکشت به میزان ۰/۱۳۲، ۰/۴۷۴ و ۱/۳۵ هکتار را در مقایسه با تیمار I_1 فراهم آوردند. با لحاظ سطح قابل توسعه، درآمد ناخالص و هزینه در واحد سطح برای تیمارهای مختلف برآورد شد. جدول (۸) نشان می‌دهد که اگرچه توسعه سطح زیرکشت در تیمار $I_4S_2L_1$ بیشترین درآمد ناخالص را منتج شده است، لکن میزان هزینه‌ها با احتساب تغییرات لازم در هزینه‌های ردیف یک تا هشت نیز حداکثر مقدار را داشته است. حداقل میزان هزینه نهایی و درآمد ناخالص با احتساب تغییرات لازم در نتیجه تغییر در سطح زیرکشت به تیمار $I_1S_1L_2$ تعلق داشت. با لحاظ هم‌زمان درآمد و هزینه مشخص شد که میزان درآمد خالص در تیمارهای $I_1S_1L_2$ و $I_4S_2L_1$ به ترتیب کم‌ترین (۱۴۹۹۸۶۲/۴ هزار ریال در هکتار) و بیش‌ترین (۱۹۷۹۴۷۳/۷ هزار ریال در هکتار) مقدار را داشت.

پس از برآورد درآمد خالص در هر تیمار (جدول ۸)، جهت تحلیل سلطه ابتدا تیمارها بر اساس درآمد خالص به صورت نزولی مرتب شدند (جدول ۹). سپس کلیه تیمارهایی که دارای هزینه متغیر کل برابر یا بالاتر از تیمارهای غیر تحت سلطه بودند، حذف شدند. لازم به ذکر است تیماری که دارای بالاترین درآمد خالص باشد، تیمار غیر تحت سلطه محسوب شده و هزینه تیمار سطر دوم با این تیمار مقایسه می‌شود. بر اساس این تحلیل، مقایسه دو به دوی سطرهای جدول (۹) نشان داد که تیمارهای $I_3S_1L_1$، $I_3S_2L_2$، $I_4S_1L_1$، $I_3S_1L_2$، $I_4S_2L_2$، $I_2S_1L_2$ و $I_4S_2L_1$ به دلیل دارا بودن هزینه بالاتر نسبت به تیمار سطر قبل از خود، به عنوان تیمار تحت سلطه شناخته شده و از محاسبات در تحلیل نهایی حذف شدند.

جدول ۷- هزینه تیمارهای آزمایش به‌جز هزینه آب در هکتار (هزار ریال)

تیمار / ردیف	$I_1S_1L_1$	$I_1S_1L_2$	$I_1S_2L_1$	$I_1S_2L_2$	$I_2S_1L_1$	$I_2S_1L_2$	$I_2S_2L_1$	$I_2S_2L_2$
۱	۳۱۳۰۰۰	۳۱۳۰۰۰	۳۱۳۰۰۰	۳۱۳۰۰۰	۳۱۳۰۰۰	۳۱۳۰۰۰	۳۱۳۰۰۰	۳۱۳۰۰۰
۲	۴۲۶۲۰/۵	۴۲۶۲۰/۵	۴۲۶۲۰/۵	۴۲۶۲۰/۵	۴۲۶۲۰/۵	۴۲۶۲۰/۵	۴۲۶۲۰/۵	۴۲۶۲۰/۵
۳	۱۰۳۷۵	۱۰۳۷۵	۱۰۳۷۵	۱۰۳۷۵	۱۰۳۷۵	۱۰۳۷۵	۱۰۳۷۵	۱۰۳۷۵
۴	۱۷۷/۲۰۸	۸۸/۶۰۴	۳۱۰/۱۱۴	۲۲۱/۵۱	۱۷۷/۲۰۸	۸۸/۶۰۴	۳۱۰/۱۱۴	۲۲۱/۵۱
۵	۶۵۰۰	۳۲۵۰	۶۵۰۰	۳۲۵۰	۶۵۰۰	۳۲۵۰	۶۵۰۰	۳۲۵۰
۶	۲۵۶۷/۵	۲۵۶۷/۵	۲۵۶۷/۵	۲۵۶۷/۵	۲۵۶۷/۵	۲۵۶۷/۵	۲۵۶۷/۵	۲۵۶۷/۵
۷	۶۲۵	۶۲۵	۶۲۵	۶۲۵	۶۲۵	۶۲۵	۶۲۵	۶۲۵
۸	۴۵۹۱۲/۶	۴۲۷۷۷	۴۸۴۳۹/۸	۴۵۳۳۶/۶	۴۵۳۳۶/۶	۴۲۱۷۲/۲	۴۸۰۰۲/۴	۴۴۷۶۴/۲
۹	۲۵۵۰۷	۲۳۷۶۵	۲۶۹۱۱	۲۵۱۷۸	۲۵۱۸۷	۲۳۴۲۹	۲۶۶۶۸	۲۴۸۶۹
جمع هزینه	۴۴۷۲۸۴/۸	۴۴۶۳۸۸/۸	۴۳۹۰۶۸/۶	۴۵۱۳۴۸/۹	۴۴۳۱۸۳	۴۴۶۳۸۸/۸	۴۳۸۱۲۷/۸	۴۵۲۲۹۲/۷

تیمار / ردیف	$I_3S_1L_1$	$I_3S_1L_2$	$I_3S_2L_1$	$I_3S_2L_2$	$I_4S_1L_1$	$I_4S_1L_2$	$I_4S_2L_1$	$I_4S_2L_2$
۱	۳۱۳۰۰۰	۳۱۳۰۰۰	۳۱۳۰۰۰	۳۱۳۰۰۰	۳۱۳۰۰۰	۳۱۳۰۰۰	۳۱۳۰۰۰	۳۱۳۰۰۰
۲	۴۲۶۲۰/۵	۴۲۶۲۰/۵	۴۲۶۲۰/۵	۴۲۶۲۰/۵	۴۲۶۲۰/۵	۴۲۶۲۰/۵	۴۲۶۲۰/۵	۴۲۶۲۰/۵
۳	۱۰۳۷۵	۱۰۳۷۵	۱۰۳۷۵	۱۰۳۷۵	۱۰۳۷۵	۱۰۳۷۵	۱۰۳۷۵	۱۰۳۷۵
۴	۱۷۷/۲۰۸	۸۸/۶۰۴	۳۱۰/۱۱۴	۲۲۱/۵۱	۱۷۷/۲۰۸	۸۸/۶۰۴	۳۱۰/۱۱۴	۲۲۱/۵۱
۵	۶۵۰۰	۳۲۵۰	۶۵۰۰	۳۲۵۰	۶۵۰۰	۳۲۵۰	۶۵۰۰	۳۲۵۰
۶	۲۵۶۷/۵	۲۵۶۷/۵	۲۵۶۷/۵	۲۵۶۷/۵	۲۵۶۷/۵	۲۵۶۷/۵	۲۵۶۷/۵	۲۵۶۷/۵
۷	۶۲۵	۶۲۵	۶۲۵	۶۲۵	۶۲۵	۶۲۵	۶۲۵	۶۲۵
۸	۳۸۳۸۶/۸	۳۵۸۰۳/۸	۴۰۸۶۰	۳۸۱۸۳/۴	۲۷۱۶۹/۲	۲۴۵۴۴/۸	۴۸۰۰۲/۴	۲۶۰۶۷/۶
۹	۲۱۳۲۶	۱۹۸۹۱	۲۲۷۰۰	۲۱۲۱۳	۱۵۰۹۴	۱۳۶۳۶	۲۶۶۶۸	۱۴۴۸۲
جمع هزینه	۴۴۶۳۸۸/۸	۴۳۵۵۷۸	۴۲۸۲۲۱/۴	۴۳۹۵۵۸	۴۳۲۰۵۵/۹	۴۱۰۷۰۷/۴	۴۵۰۶۶۸/۵	۴۱۳۲۰۹

مأخذ: محاسبات تحقیق، ردیف ۱: هزینه جاری مراحل مختلف قبل از کاشت و داشت (جدول ۴)، ردیف ۲: هزینه احداث گلخانه، ردیف ۳: هزینه استهلاک سالانه احداث گلخانه، ردیف ۴: هزینه کارگزاری لوله آبده، ردیف ۵: هزینه خرید لوله آبده، ردیف ۶: معادل سالانه هزینه اجرای سیستم آبیاری تحت‌فشار، ردیف ۷: استهلاک سیستم تحت‌فشار، ردیف ۸-۱: هزینه برداشت و بارگیری و ردیف ۸-۲: هزینه بسته‌بندی و حمل.

جدول ۸- محاسبات بودجه‌بندی جزئی (هزار ریال/هکتار)

تیمار	تفاوت در آب مصرفی (مترمکعب)	افزایش سطح زیر کشت (هکتار)	درآمد ناخالص + درآمد افزایش سطح زیر کشت (هزار ریال/هکتار)	هزینه‌های تغییریافته در تیمارها+هزینه افزایش سطح (هزار ریال/هکتار)	درآمد خالص (هزار ریال/هکتار)
$I_1S_1L_1$	۰	۰	۱۷۰۸۹۶۹/۰	۷۸۰۹۶/۸	۱۶۳۰۸۷۲/۲
$I_1S_1L_2$	۰	۰	۱۵۶۹۷۴۳/۰	۶۹۸۸۰/۶	۱۴۹۹۸۶۲/۴
$I_1S_2L_1$	۰	۰	۱۸۰۳۰۳۷/۰	۸۲۱۶۰/۹	۱۷۲۰۸۷۶/۱
$I_1S_2L_2$	۰	۰	۱۶۸۷۵۲۹/۰	۷۳۹۸۶/۱	۱۶۱۳۵۴۲/۹
$I_2S_1L_1$	۷۰۰	۰/۱۳۲	۱۹۱۰۲۰۳/۲	۱۳۵۷۰۰/۹	۱۷۷۴۵۰۲/۳
$I_2S_1L_2$	۷۰۰	۰/۱۳۲	۱۷۷۶۹۴۹/۱	۱۲۷۸۶۳/۱	۱۶۴۹۰۸۶/۰
$I_2S_2L_1$	۷۰۰	۰/۱۳۲	۲۰۲۲۶۰۷/۸	۱۳۹۳۱۳/۴	۱۸۸۳۲۹۴/۴
$I_2S_2L_2$	۷۰۰	۰/۱۳۲	۱۸۸۶۱۶۴/۴	۱۳۲۸۰۷/۳	۱۷۵۳۳۵۷/۱
$I_3S_1L_1$	۱۹۳۰	۰/۴۷۴	۲۱۰۶۱۱۳/۱	۲۷۷۹۷۸/۳	۱۸۲۸۱۳۴/۸
$I_3S_1L_2$	۱۹۳۰	۰/۴۷۴	۱۹۶۴۳۹۵/۴	۲۶۵۴۹۷/۴	۱۶۹۸۸۹۸/۰
$I_3S_2L_1$	۱۹۳۰	۰/۴۷۴	۲۲۴۱۸۰۶/۶	۲۷۳۳۴۷/۱	۱۹۶۸۴۵۹/۵
$I_3S_2L_2$	۱۹۳۰	۰/۴۷۴	۲۰۹۴۹۵۳/۴	۲۷۱۲۱۸/۴	۱۸۲۳۷۳۵/۰
$I_4S_1L_1$	۳۴۵۰	۱/۳۵	۲۳۷۶۵۵۰/۳	۶۱۳۴۱۳/۷	۱۷۶۳۱۳۶/۳
$I_4S_1L_2$	۳۴۵۰	۱/۳۵	۲۱۴۶۹۸۸/۲	۵۹۵۸۹۴/۴	۱۵۵۱۰۹۳/۸
$I_4S_2L_1$	۳۴۵۰	۱/۳۵	۲۶۰۲۶۴۸/۵	۶۲۳۱۷۴/۸	۱۹۷۹۴۷۳/۷
$I_4S_2L_2$	۳۴۵۰	۱/۳۵	۲۲۸۰۱۹۰/۹	۶۰۱۸۵۳/۲	۱۶۷۸۳۳۷/۷

جدول ۹- تحلیل نهایی تیمارها

ردیف	تیمار	درآمد خالص	هزینه	تحت سلطه
۱	$I_4S_2L_1$	۱۹۷۹۴۷۳/۷	۶۲۳۱۷۴/۸	خیر
۲	$I_3S_2L_1$	۱۹۶۸۴۵۹/۵	۲۷۳۳۴۷/۱	خیر
۳	$I_2S_2L_1$	۱۸۸۳۲۹۴/۴	۱۳۹۳۱۳/۴	خیر
۴	$I_3S_1L_1$	۲۰۳۷۲۶۸/۷	۲۷۷۹۷۸/۳	بله
۵	$I_3S_2L_2$	۱۸۲۳۷۳۵/۰	۲۷۱۲۱۸/۴	بله
۶	$I_2S_1L_1$	۱۷۷۴۵۰۲/۳	۱۳۵۷۰۰/۹	خیر
۷	$I_4S_1L_1$	۱۷۶۳۱۳۶/۳	۶۱۳۴۱۳/۷	بله
۸	$I_2S_2L_1$	۱۷۵۳۳۵۷/۱	۱۳۲۸۰۷/۳	خیر
۹	$I_1S_2L_1$	۱۷۲۰۸۷۶/۱	۸۲۱۶۰/۹	خیر
۱۰	$I_3S_1L_2$	۱۶۹۸۸۹۸/۰	۲۶۵۴۹۷/۴	بلی
۱۱	$I_4S_2L_2$	۱۶۷۸۳۳۷/۷	۶۰۱۸۵۳/۲	بلی
۱۲	$I_2S_1L_2$	۱۶۴۹۰۸۶/۰	۱۲۷۸۶۳/۱	بلی
۱۳	$I_1S_1L_1$	۱۶۳۰۸۷۲/۲	۷۸۰۹۶/۸	خیر
۱۴	$I_1S_2L_2$	۱۶۱۳۵۴۲/۹	۷۳۹۸۶/۱	خیر
۱۵	$I_4S_2L_1$	۱۵۵۱۰۹۳/۸	۵۹۵۸۹۴/۴	بله
۱۶	$I_1S_1L_2$	۱۴۹۹۸۶۲/۴	۶۹۸۸۰/۶	خیر

پس از تعیین تیمارهای تحت سلطه و حذف آن‌ها از جدول (۹)، محاسبات مربوط به تعیین نرخ بازده نهایی تیمارها، از انتهای جدول (۹) آغاز شد. جدول (۱۰) میزان نرخ نهایی بازده محاسبه شده در تیمارهای غیر تحت سلطه را نشان می‌دهد. برای تعیین بهترین تیمار اقتصادی دانستن این نکته حائز اهمیت است که کشاورزان تا زمانی به سرمایه‌گذاری ادامه

خواهند داد که بازده هر واحد اضافی سرمایه‌گذاری شده در تیمار جدید، بیش از هزینه هر واحد اضافی سرمایه‌گذاری شده در آن تیمار باشد. به این ترتیب، با لحاظ حداقل نرخ بازده قابل قبول برابر با ۱۰۰ درصد، توجیه اقتصادی اعمال تیمارهای مختلف صورت پذیرفت. بر اساس جدول (۱۰)، با توجه به این‌که نرخ بازده نهایی در چهار تیمار ($I_1S_1L_1$، $I_2S_2L_2$، $I_3S_2L_1$ و $I_4S_2L_1$) کمتر از حداقل نرخ بازده قابل قبول می‌باشند، لذا این تیمارها نسبت به تیمار سطر بالایی خود از توجیه اقتصادی کمتری برخوردار خواهند بود. این در حالی است که تیمارهای $I_1S_2L_2$، $I_1S_2L_1$، $I_2S_1L_1$ و $I_2S_2L_1$ با نرخ بازده نهایی به ترتیب ۲۷۶۸/۹، ۲۲۱۴/۶، ۷۳۰/۷ و ۳۰۱۱/۵ درصد از توجیه اقتصادی بیش‌تری در مقایسه با تیمارهای قبلی برخوردار خواهند بود. به‌طور مثال زمانی که نرخ بازده نهایی برابر با ۷۳۰/۷ درصد است، یعنی کشاورزان انتظار دارند برای هر واحد سرمایه‌گذاری شده، ۷/۳۰۷ واحد به دست آورند. به این ترتیب مشاهده می‌شود که علیرغم اینکه میزان درآمد خالص در تیمار $I_2S_2L_1$ کم‌تر از مقدار آن در تیمارهای $I_3S_2L_1$ و $I_4S_2L_1$ می‌باشد، لکن حداکثر بودن میزان نرخ بازده نهایی در این تیمار (۳۰۱۱/۵ درصد) باعث برتری آن در مقایسه با سایر تیمارها شده است. این نتیجه نشان می‌دهد که همواره درآمد خالص بالاتر، نمی‌تواند ملاک و برتری یک تیمار باشد و به این ترتیب تیمار برتر بر اساس معیارهای اقتصادی به اثبات می‌رساند.

جدول ۱۰- نرخ بازده نهایی تیمارهای غیر تحت سلطه

ردیف	تیمار	درآمد خالص	هزینه	نرخ بازده نهایی
۱	$I_1S_1L_2$	۱۴۹۹۸۶۲/۴	۶۹۸۸۰/۶	-
۲	$I_1S_2L_2$	۱۶۱۳۵۴۲/۹	۷۳۹۸۶/۱	۲۷۶۸/۹
۳	$I_1S_1L_1$	۱۶۳۰۸۷۲/۲	۷۸۰۹۶/۸	۴۲/۲
۴	$I_1S_2L_1$	۱۷۲۰۸۷۶/۱	۸۲۱۶۰/۹	۲۲۱۴/۶
۵	$I_2S_2L_2$	۱۷۵۳۳۵۷/۱	۱۳۲۸۰۷/۳	۶۴/۳
۶	$I_2S_1L_1$	۱۷۷۴۵۰۲/۳	۱۳۵۷۰۰/۹	۷۳۰/۷
۷	$I_2S_2L_1$	۱۸۸۳۲۹۴/۴	۱۳۹۳۱۳/۴	۳۰۱۱/۵
۸	$I_2S_2L_1$	۱۹۶۸۴۵۹/۵	۲۷۳۳۴۷/۱	۶۳/۵
۹	$I_4S_2L_1$	۱۹۷۹۴۷۳/۷	۶۲۳۱۷۴/۸	۳/۲

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر طی دو فصل زراعی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در قالب یک طرح کرت‌های نواری دو بار خردشده با ۱۶ تیمار و سه تکرار روی خیار گلخانه‌ای انجام شد. عامل اصلی مورد بررسی، آستانه پتانسیل مکش جهت شروع آبیاری و عامل فرعی شامل دو سامانه آبیاری به صورت آبیاری قطره‌ای نواری و قطره‌ای زیرسطحی و عامل فرعی فرعی شامل دو الگوی کارگذاری لوله آبده به‌صورت یک خط لوله آبده برای هر ردیف کشت و یک خط لوله آبده برای دو ردیف کشت بودند. نتایج نشان داد علی‌رغم عدم اختلاف معنی‌دار در اثر متقابل آستانه پتانسیل با نوع سیستم و الگوی کارگذاری لوله آبده، عملکرد محصول در آستانه پتانسیلی ۵۵ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌صورت یک خط لوله آبده برای هر ردیف کشت ۲۶۶/۶۸ تن در هکتار، موجب صرفه‌جویی ۷۰۰ مترمکعب آب مصرفی در هکتار (۱۱/۷ درصد) در مقایسه با آبیاری بر اساس آستانه مکش ۴۵ سانتی‌بار شده و در مقایسه با تیمارهای فرعی اعمال شده در نقطه پتانسیلی ۴۵ سانتی‌بار، تنها حدود یک درصد افت عملکرد محصول را در پی داشت. همچنین ارزیابی اقتصادی تیمارها به روش بودجه‌بندی جزئی نشان داد که از بین ۱۶ تیمار مورد بررسی، نقطه پتانسیلی ۵۵ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌صورت یک خط لوله آبده برای هر ردیف کشت ($I_2S_2L_1$)، در بین ۱۶ تیمار مورد بررسی از بیشترین نرخ بازده نهایی برخوردار است. لذا با توجه به نتایج بدست آمده، می‌توان اذعان داشت که تغییر سیستم‌های آبیاری در منطقه جیرفت و ترویج و توسعه روش‌های مدرن و سازگار با محیط می‌تواند نقش بسزایی در صرفه‌جویی آب مصرفی در بخش کشاورزی و در نتیجه افزایش سطح زیرکشت داشته باشد. بر اساس یافته‌های این پژوهش، اعمال نقطه پتانسیلی ۵۵ سانتی‌بار در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در الگوی کارگذاری لوله آبده به‌صورت یک خط لوله آبده برای هر ردیف کشت می‌تواند افزایش عملکرد و سطح زیر کشت خیار گلخانه‌ای و متعاقباً افزایش سود خالص را برای کشاورزان به همراه داشته باشد.

REFERENCES

Asumadu, H., Sallah, P.Y.K., Boa-Amponsem, P.B., Allou, J. and Manu-Aduening, O. (2004). On-farm evaluation and promotion of quality protein maize hybrids in Ghana. *African crop science proceedings*, 4, 358-364.

Borg, H. and Grimes, D.W. (1986). Depth development of roots with time: An Empirical Description. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 29(1), 194-197.

Bozkurt, S. and Mansuroglu, G. (2011). The effects of drip line depths and irrigation levels on yield, quality and water use characteristics of lettuce under greenhouse condition. *African Journal of Biotechnology*. 10 (17), 3370-3379.

Deng X.P. Shan L. Zhang H. and Turner N.C, 2006.

Improving agriculture water use efficiency in arid and semi-arid areas of China. *Agricultural Water Management*. 80, 23–40.

Douh B. Mguidiche A. Bhouri-Khila S. Mansour M. Harrabi R. and Boujlben A. 2013.Yield and water use efficiency of cucumber (Cucumis sativus L.) conducted under subsurface drip irrigation system in a Mediterranean climate. Journal Of Environmental Science, *Toxicology And Food Technology*. 2 (4), 46–51.

Faramarzpour A.R. Delshad M and Parsinezhad M. 2011. The growth, yield and water use efficiency in greenhouse cucumber under different conditions of soil moisture. *Iranian Journal of Horticultural Science*. 2012. 43, 285-292. (In Farsi).

Fooladmand H.R. Zarrinbal A and Zare E. 2012. Economic Evaluation of Surface DripTape Irrigation in Corn Cropping. *Journal of Scince of Water and Soil*. 21, 173-184. (In Farsi).

George W.J. Hella J. Esbjerg L. Mwatawala M and Rwegasira G. 2013. An economic comparison of biological and conventional control strategies for insect pests in cashew and mango plantations in Tanzania. *Journal of Economics and Sustainable Development*. 6, 36-50.

Karandish F.Mirlatifi M.Shahnazari A. Abbasi F and Gheisari M. 2012. Effect of patial root-zoon drying and deficit irrigation on yield and yield components of maize. *Irainian water and soil research*. 44, 33-44. (In Farsi).

Karandish F. and Shahnazari A. 2015. Soil temperature and maize nitrogen uptake improvement under partial root-zone drying. *Pedoshere journal* (In Press).

Karimi S. Asadi R and Saei M. 2014. Technical and economical of drip and furrow irrigation methods on cotton in terms of deficit irrigation. *Journal of Research in Agriculture*. 28, 73-84. (In Farsi).

Mamnoei A. Dolatkhahi A and Esfandyari B. 2014. The effects of density on yield and quantitative characteristics of two varieties of cucumber. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*. 18, 123-130. (In Farsi).

Mao X. Liu M. Wang X. Liu C. Hou Z. and Shi J. 2003. Effects of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the North China Plain. *Agricultural Water Management*. 61, 219-228.

Mehrabi H. 2008. Economic Analysis of greenhouse production in the province. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 44, 273-282.

Moslehi S. Najafi P. Tabatabaei S.H and Nourmahnad N. 2011. Effect of soil moisture stress on yield and growth indexes of greenhouse cucumber. *Journal of Water and Soil*. 25, 770-775. (In Farsi).

Perrin R. Anderson J. Winkelmann D and Moscardi E. 1988. From agronomic data to farmer recommendations: An economic training manual. CIMMYT: Mexico, D.F. P 79.

Rahil M.H. and Antonopoulos V.Z. 2007. Simulating soil water flow and nitrogen dynamics in a sunflower field irrigated with reclaimed wastewater. *Agricultural Water Management*. 92, 142–150.

Sadreghaen H. 2012. Effect of three methods of micro irrigation systems on cucumber water use efficiency and yield. *Journal of Water and Soil.* 26, 515-522. (In Farsi).

Shahnazari A, Liu F, Andersen MN, Jacobsen SE, Jensen CR (2007). Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. Field Crops Res 100: 117–124.Suojala T. and Salo T. 2005. Growth and yield of pickling cucumber in different soil moisture circumstances. *Scientia Horticulturae*. 107, 11-16.

Wang D. Kang Y. and Wan S. 2007. Effect of soil matric potential on tomato yield and water use under drip irrigation condition. *Agricultural Water Management*, 87, 180-186.