بهینه‌سازی آب آبیاری کشت پاییزه چغندرقند بر اساس توابع تولید و هزینه در شمال استان خوزستان

محمد خرمیان[1*] و مصطفی حسین پور[2]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

۲- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد- بخش اصلاح و تهیه بذر چغندرقند.

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۱۳

چکیده

به‌منظور بهینه‌سازی آب آبیاری چغندرقند پاییزه، آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد با بافت سیلتی کلی لوم در سال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارهای آبیاری شامل سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای نواری تیپ (تأمین ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰و۱۲۵ درصد نیاز آبی با علامت به ترتیب T_{25}، T_{50}، T_{75}، T_{100} و T_{125}) و همچنین آبیاری جویچه‌ای بود. با استفاده از داده‌های حاصل تابع تولید، هزینه و شاخص‌های آستانه‌ای مبتنی بر عمق آب آبیاری محاسبه و مقایسه شدند. نتایج نشان داد اگرچه آبیاری کامل حاصل از آزمایش‌های مزرعه‌ای(تیمار T_{100}) و شاخص حداکثر تولید به ازای مقدار آب به کاررفته (W_m) منجر به بیشترین میزان عملکرد شد، نسبت به تیمارهای T_{75} و T_{50} اختلاف معنی‌دار نداشت. از طرفی مقدار شاخص عمق آب مصرفی در حالت محدودیت آب (W_w) به لحاظ مقدار آب مصرفی معادل تیمار T_{25} بود. علی رغم اینکه بیشترین درآمد خالص در واحد آب مصرفی از شاخص W_w به دست نیامد، باعث کاهش ۴۳ درصدی مصرف آب و در نتیجه کاهش ۲۱ درصدی عملکرد محصول و موجب افزایش عیار چغندرقند و کاهش هزینه‌های آبیاری شد. در مجموع نتایج نشان داد که از لحاظ اقتصادی کم آبیاری چغندرقند در شرایط اقلیمی شمال استان خوزستان امکان پذیر است.

کلید واژه ها: چغندر قند، کم آبیاری، عملکرد، شاخص‌های آستانه‌ای مصرف آب.

Autumn Sugarbeet Irrigation Water Optimization Basis of Yield and Cost Functions in North of the Khuzestan

M. Khorramian[1*] and M. Hosseinpour[2]

1*- Assistant Professor Dezful Safiabad Agricultural Research Center, Department of Agricultural Engineering Research.

2- Assistant Professor Dezful Safiabad Agricultural Research Center, Department of Sugar Beet Seed Improvement.

Received:4 May 2015 Accepted:5 October 2015

Abstract

For optimization autumn sugarbeet irrigation water, an experiment was conducted at Safi-Abad Agricultural Research center in the years 2010 and 2011 with silty clay loam soil.The experiment was arranged in randomized complete blocks design with three replications. Tape irrigation levels (25,50,75,100 and 125% of water requirement with T25,T50,T75,T100 and T125 respectively) and furrow irrigation was conducted. Production, cost and water function and thresholds indexes basis of irrigation depth was compared and computed. Although full irrigation in field experiment(T100 treatment) and maximizing level of applied water index(Wm) had maximum yield, T100 treatment had not significant difference with T75 and T50 treatments. On the other hand irrigation water application depth in water limited condition (Ww) was almost equal to minimum rate of water application,T25 treatment. Although Ww index had not maximum net benefit per unit of irrigation water, caused to decrease 43 percent consumed water and 21 percent of root yield and caused to increase sugare content and decrease irrigation costs. The results showed that in a view economic deficit irrigation in North of Khouzestan climatic conditions was applicable.

Keywords: Sugarbeet, Deficit irrigation,Yield, Thresholds consumed water indexes.

مقدمه

تولید محصولات کشاورزی وابسته به نهاده‌هایی نظیر آب، زمین، کود، آفت‌کش‌ها و خاک‌ورزی است که بایستی به طرز صحیحی مدیریت شوند تا حاصل آن از نظر کمی و کیفی قابل عرضه به بازار باشد. محدود نبودن برخی از این منابع در دهه‌های قبل، مدیران را به توسعه و کشاورزان را به استفاده بیشتر از این منابع برای افزایش تولید تشویق می‌نمود. حتی مبنای طراحی سیستم‌های آبیاری در کتاب‌های معتبر موجود بر اساس آبیاری کامل تدوین شده است. رشد جمعیت، توسعه شهرنشینی، بهبود بهداشت عمومی و توسعه صنعت، از یک طرف و خشکسالی‌ها و نیاز به افزایش تولیدات کشاورزی از طرف دیگر موجب افزایش تقاضا برای آب شیرین و در نتیجه فشار مضاعف به منابع محدود آب کشور شده است. بنابراین استفاده از شیوه‌های کم آبیاری از قبل طراحی شده و ترویج مفهوم بهره‌وری آب آبیاری در تولید محصولات کشاورزی به عنوان بزرگ‌ترین مصرف کننده آب، یک روش عملی و رایج در نقاط مختلف دنیا برای نگهداری و استفاده بهینه از منابع آب است. چغندر قند یکی از منابع اصلی تولید شکر است که آب مصرفی آن در نقاط مختلف دنیا بین ۵۵۰ تا ۲۱۰۰ میلی‌متر متغیر است (ابراهیمی پاک و همکاران، ۱۳۸۷؛ پجیک و همکاران[۱]، ۲۰۱۱؛ ساهین و همکاران[۲]، ۲۰۱۴). این گیاه به دامنه وسیعی از شرایط اقلیمی سازگار است و به محض استقرار، به شوری متحمل بوده و در تنش آبی ملایم، می‌تواند عملکرد اقتصادی تولید کند (وامرالی و همکاران[۳]، ۲۰۰۹). پاییزه بودن کشت چغندر قند در استان خوزستان سبب می‌شود که این محصول حداکثر استفاده را از بارندگی‌های فصل زمستان به عمل آورده و بسته به شرایط بارش در حدود دو تا سه ماه نیازی به انجام آبیاری نباشد. الگوی کاشت روی مقدار آب مصرفی و کارایی مصرف آب مؤثر است به طوری که استفاده از فواصل ۹۰ سانتی‌متری جویچه‌ها از یکدیگر با دو ردیف کاشت چغندرقند بر روی پشته و همچنین فاصله خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر با آبیاری یک در میان جویچه‌ها در شرایط اقلیمی شمال خوزستان باعث بهبود کارایی مصرف آب می‌شود (حسین پور و همکاران، ۱۳۸۱). برخی محققان اقتصاد کم آبیاری را در شرایط خاص تجزیه و تحلیل نموده و نتیجه گرفتند که با این شیوه می‌توان درآمد خالص مزرعه را افزایش داد به طوری‌که پتانسیل منافع کم‌آبیاری از طریق افزایش راندمان مصرف آب و کاهش هزینه‌ها به‌دست می‌آید (یونتز[۴]، ۲۰۱۱). تحقیقات انجام شده در خصوص کاربرد کم آبیاری در زراعت چغندرقند حاکی از واکنش مثبت این گیاه به کم آبیاری است. به طوری‌که اعمال آن در کشت بهاره چغندرقند باعث افزایش کیفیت و کاهش مواد مضره ریشه چغندرقند شده است (محمودی و همکاران[۵]، ۲۰۰۸). آبیاری قطره‌ای چغندرقند یک روش مؤثر در افزایش تولید و سود بالا از طریق کاهش هزینه‌های عوامل تولید در مقایسه با آبیاری سطحی و بارانی است (البیراک و همکاران[۶]، ۲۰۱۰). با اعمال کم آبیاری و یا استفاده از فناوری خشکی موضعی ناحیه ریشه[۷] (سپاسخواه و احمدی[۸]، ۲۰۱۰؛ ساهین و همکاران، ۲۰۱۴) در این شیوه آبیاری می‌توان بهره‌وری آب آبیاری را افزایش و توابع عملکرد را به‌دست آورد. اعمال کم آبیاری کنترل شده چغندرقند با استفاده از آبیاری قطره‌ای نشان داد که بین مقادیر مختلف آب مصرفی از نظر تأثیر بر مقدار تولید کل و شاخص‌های کیفی تفاوت معنی‌دار وجود نداشت، در حالی که از نظر کارایی مصرف آب نسبت به حجم کل آب، تفاوت بسیار معنی‌داری وجود داشت، به طوری‌که دامنه آن بین ۱۷۰–۱۳۰ کیلوگرم بر میلی‌متر بود (فابریو وهمکاران[۹]، ۲۰۰۳). پجیک و همکاران (۲۰۱۱) عکس العمل چغندرقند به تنش آب را با تعیین فاکتور عکس العمل گیاه (ky) مشخص کرده و نشان دادند که حساسیت چغندرقند نسبت به تنش آب در حد متوسط (ky =۰/۴۵) است. توپاک و همکاران[۱۰] (۲۰۱۱) در آنتالیای ترکیه اثر رژیم‌های مختلف آبیاری قطره‌ای را بر عملکرد، کیفیت و کارایی مصرف آب چغندرقند بررسی نمودند. این محققان آبیاری کامل را بر مبنای تخلیه۵۰ تا ۵۵ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق مؤثر ریشه قرار داده و ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد آن را به عنوان تیمارهای کم آبیاری درنظر گرفتند. نتایج نشان داد که افزایش کم آبیاری باعث کاهش عملکرد ریشه و شکر سفید شد. به صورت مشابهی کارایی مصرف آب در حالت تامین ۲۵ درصد آب قابل استفاده بیشترین و در آبیاری کامل کمترین بود. این مطالعات نشان داد که کارایی مصرف آب در تیمار ۷۵ درصد تأمین رطوبت تخلیه شده به صورت معنی‌دار افزایش یافته و فقط باعث کاهش شش درصدی سود خالص شد. نتایج این محققان نشان داد که مقدار فاکتور عکس العمل برای چغندرقند حدود ۰/۹۳ است. مشابه همین نتایج توسط یونتز (۲۰۱۱) گرفته شد. وی نشان داد که عملکرد ریشه چغندرقند برای آبیاری کامل بیشترین و کاهش ۲۵ درصد مقدار آب آبیاری تغییر معنی‌دار در مقدار شکر تولیدی نداشت. ساهین و همکاران (۲۰۱۴) در ترکیه عملکرد و کارایی مصرف آب چغندرقند را برای دو روش خیس‌شدگی کامل ناحیه ریشه و خشکی موضعی ناحیه ریشه با فواصل آبیاری ۴=I1 و ۸=I2 روز و سه سطح آبیاری حاصل از تغییر ضریب تشتک تبخیر مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که کارایی مصرف آب آبیاری در شیوه خشکی موضعی ناحیه ریشه تا ۳۴/۹ درصد نسبت به خیس‌شدگی کامل ناحیه ریشه افزایش یافت. علی‌رغم

1- Pejic *et al.*
2- Sahin *et al.*
3- Vamerali *et al.*
4- Yonts

5 - Mahmoodi *et al.*
6 -Albayrak *et al.*
7 -Partial Root zone Drying
8 - Sepaskhah*et al.*
9 -Fabrio *et al.*
10 - Topak *et al.*

اینکه بیشترین عملکرد ریشه در تیمار خیس شدگی کامل ناحیه ریشه و دور آبیاری چهار روزه به مقدار ۳۷/۶ تن در هکتار حاصل شد، بیشترین کارایی مصرف آب آبیاری از تیمار خشکی موضعی ناحیه ریشه با دور آبیاری چهار روزه به مقدار ۱۷۳/۹ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی به دست آمد. بهینه سازی کم آبیاری بر اساس توابع تولید، هزینه و قیمت چغندرقند در کرج نشان داد که در شرایط آبیاری کامل بالاترین عملکرد ریشه تولید شد، ولی به دلیل کاهش عیار و افزایش هزینه‌ها، سود خالص کاهش یافت. در شرایط کم آبیاری با کاهش ۳۱/۳ درصد آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل اگرچه عملکرد محصول به میزان ۱۳/۸ درصد کاهش یافت، سود خالص نهایی تغییر معنی دار نداشت (توکلی و فرداد، ۱۳۷۵). بررسی توابع تولید، هزینه و قیمت چغندرقند در اصفهان نشان داد که کاهش ۴/۷ درصد در آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل منجر به کاهش عملکرد به مقدار ۰/۳ درصد و افزایش سود خالص به مقدار ۲۳/۴ درصد در واحد سطح شد، در حالی که کاهش ۲۱/۲ درصد در آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل سبب کاهش ۶/۹ درصد در عملکرد و افزایش ۸۰ درصد در سود خالص به ازای واحد آب مصرفی شد (اکبری، ۱۳۷۷). با توجه به اینکه چغندرقند در بین گیاهان زراعی بیشترین مقدار کارایی مصرف آب را داشته (البیراک و همکاران، ۲۰۱۰) و هزینه‌های تولید و قیمت خرید آن نسبت به بقیه گیاهان مشخص است پژوهش حاضر با هدف تعیین تابع تولید، درآمد و هزینه و دست‌یابی به حداکثر سود در حالت کم‌آبیاری و امکان افزایش سطح زیر کشت و همچنین ایجاد سناریوهای مختلف تولید محصول به ازای آب مصرفی به صورت اعمال سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای انجام شده است. استفاده از آبیاری قطره‌ای تیپ چغندرقند علاوه بر کاهش مصرف آب، داده‌های دقیقی در رابطه با آب مصرفی و عملکرد و عیار قند تولیدی برای محاسبه توابع تولید و هزینه ایجاد می‌کند.

مواد و روش ها

مطالعه حاضر طی دو سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰در یک قطعه زمین یکنواخت در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد انجام شد. جدول (۱) میانگین برخی پارامترهای هواشناسی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی صفی‌آباد (محل اجرای طرح) را در فاصله زمانی کاشت تا برداشت چغندر برای دو سال متوالی نشان می‌دهد. پس از آبیاری زمین و گاورو شدن آن، عملیات آماده سازی بستر کاشت شامل شخم توسط گاوآهن برگردان‌دار، دیسک و تسطیح صورت گرفت. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول (۲) آمده است. تیمارهای آبیاری قطره ای تیپ در پنج سطح تأمین ۲۵، ۵۰، ۷۵ ، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی به همراه یک تیمار آبیاری جویچه‌ای برنامه ریزی شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند (شکل۱). در روش آبیاری تیپ طول کرت‌ها ۴۰ متر در نظر گرفته شد. برای کاشت پشته‌هایی به فاصله ۹۰ سانتی‌متر احداث و با دستگاه شکل‌دهنده (شیپر) مسطح شد.

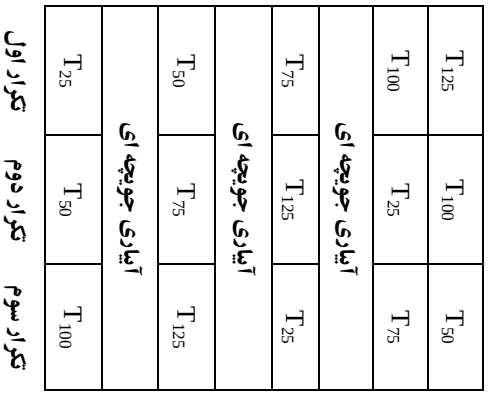
جدول ۱- میانگین ماهانه برخی پارامترهای اقلیمی ایستگاه هواشناسی صفی آباد دزفول در دو سال مطالعه

ماه	متوسط حداقل دما (°c)		متوسط حداکثر دما (°c)		بارندگی (mm)		میزان تبخیر تجمعی (mm)	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
مهر	۱۹/۸	۱۹/۴	۳۸	۳۷/۶	۰	۰	۲۱۷/۵	۲۰۵/۴
آبان	۱۳/۴	۱۵/۸	۲۸/۳	۲۹/۹	۱۷/۶	۱۱/۷	۱۲۲	۱۴۰
آذر	۱۰/۷	۷/۲	۲۱/۲	۱۷/۸	۷۲/۸	۱۲۲/۱	۶۹/۵	۵۱
دی	۹/۴	۶/۶	۱۸/۵	۱۷/۳	۱۲۴	۷۷/۲	۳۵/۶	۴۷/۶
بهمن	۷/۸	۵/۵	۱۹/۴	۱۶/۶	۲۱/۱	۵۶/۳	۶۴/۷	۶۳/۶
اسفند	۹/۶	۱۰/۹	۲۵	۲۲/۶	۱/۴	۶۴/۱	۱۱۲/۵	۱۱۵/۴
فروردین	۱۲	۱۲/۵	۲۶/۹	۲۹/۱	۲۳/۴	۱/۸	۱۵۳/۴	۱۸۲/۲
اردیبهشت	۱۸/۱	۱۹/۱	۳۴/۸	۳۶/۲	۳۰/۸	۱۲/۸	۲۴۲/۹	۲۶۷/۷
خرداد	۲۲/۵	۲۲/۸	۴۲/۸	۴۳/۳	۰	۴/۴	۳۹۶/۳	۴۰۴/۵

جدول۲- متوسط خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از اعمال تیمارها

عمق خاک (سانتی متر)	OC (درصد)	EC_e (دسی زیمنس بر متر)	pH	درصد رطوبت وزنی		بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)
				FC	PWP		
۰-۳۰	۰/۶۷	۱/۱	۷/۵	۲۲	۱۲	لومی رسی سیلتی	۱/۶۵
۳۰-۶۰	۰/۵۲	۰/۸	۷/۴	۲۲	۱۲	لومی رسی سیلتی	۱/۷۰
۶۰-۹۰	۰/۴۵	۰/۸	۷/۳	۲۲	۱۲	لومی رسی سیلتی	۱/۶۸

PWP: رطوبت حد پژمردگی دائم، FC: ظرفیت زراعی، P^H: اسیدیته، EC: هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، OC: کربن آلی خاک



شکل۱- نقشه طرح

جدول۳ - آب مصرفی تیمارهای آبیاری قطره‌ای تیپ و بارندگی در طول فصل رشد (برحسب میلی‌متر)

سال	تیمارهای آبیاری بر اساس درصدی از نیاز آبی گیاه					بارندگی	بارندگی
	25	50	75	100	125		موثر
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۳۷۹/۴	۴۹۹/۶	۶۰۹/۶	۷۲۵/۲	۸۴۰/۱	۲۹۱/۱	۲۰۰/۲
۱۳۸۹-۱۳۹۰	۴۴۰/۴	۵۷۵/۵	۶۹۵/۳	۸۳۳	۹۵۰/۵	۳۳۳/۲	۲۷۷/۲
متوسط	۴۰۹/۹	۵۳۷/۵	۶۵۲/۴	۷۷۹/۱	۸۹۵/۳	۳۱۲/۱	۲۳۸/۷

فاصله خطوط کاشت چغندرقند ۵۰-۴۰ سانتی‌متر (۴۰ سانتی‌متر روی پشته و ۵۰ سانتی‌متر بین دو پشته) بود. برای کاشت از بذر منوژرم رقم رسول استفاده شد. پس از کاشت نوارهای تیپ بر روی پشته و بین دو ردیف کاشت، به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هر خط کاشت قرار داده شد. دور آبیاری برای کلیه سطوح آبیاری قطره‌ای تیپ ثابت بود، اما اعمال تیمارهای مختلف بر اساس مقدار آب مصرفی در هر نوبت صورت گرفت. برای محاسبه مقدار آب مورد نیاز گیاه، تبخیر و تعرق گیاه مرجع با استفاده از داده‌های روزانه و براساس روش تشتک تبخیر محاسبه و سپس با اعمال ضریب گیاهی چغندر قند (K_c)، پتانسیل نیاز آبی چغندرقند تعیین و با فرض راندمان ۹۰ درصد و براساس دور آبیاری سه تا چهار روزه و با توجه به سطوح آبیاری در اختیار گیاه قرار گرفت (آلن و همکاران[1]، ۲۰۰۰). هدف استفاده از آبیاری قطره‌ای تیپ، تعیین رابطه دقیق بین آب مصرفی و عملکرد و عیارقند تولیدی برای محاسبه توابع تولید و هزینه بود. با توجه به اینکه در ابتدای دورهٔ رشد زمین کاملاً خشک بود سیستم تا زمان سبز شدن بوته‌ها سه مرتبه در هر روز و به مدت سه ساعت روشن باقی گذاشته شد. در آبیاری جویچه‌ای پارامترهای نفوذ آب در خاک اندازه‌گیری و با استفاده از روش سازمان حفاظت خاک آمریکا زمان قطع آب محاسبه و اعمال شد (والکر و اسکوگربو[2]، ۱۹۸۷). دور آبیاری سطحی بر اساس ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر موجود در ایستگاه هواشناسی در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری حجم آب ورودی و خروجی از جویچه‌ها در ابتدا و انتهای هر تکرار دو عدد فلوم WSC تیپ سه نصب شد. بوته‌های روی ردیف به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر در مرحله ۶-۴ برگی چغندرقند تنک شدند. عملیات تزریق کود در دو نوبت و هر نوبت به میزان ۹۰ کیلوگرم در هکتار صورت گرفت. به این صورت که پس از انجام عملیات تنک، کود نیتروژن (۹۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره در آب حل و در دو نوبت در کلیه تیمارهای قطره‌ای تزریق و در روش آبیاری سطحی به همراه آب آبیاری وارد جویچه‌ها شد. در انتهای دوره رشد از هر کرت تعداد شش نمونه، دو خط کاشت به طول پنج متر، برداشت و وزن ریشه و درصد قند ریشه اندازه‌گیری شد. برای محاسبه تابع هزینه، هزینه‌های ثابت تولید در یک هکتار برای سال ۱۳۹۳-۱۳۹۲ شامل گاوآهن، دیسک، ایجاد جویچه، بذرکاری، سمپاشی حشره‌کش، سمپاشی علف‌کش، کودپاشی مایع با سمپاش، کولتیواتور، لیلیسون، فارو بلمی، کودپاشی، چاپر، تاپر، طوقه‌زن چغندرقند و کمباین یک تنی از کارخانه قند گرفته شد. هزینه آب بها بر اساس آب شبکه به صورت حجمی، به ازاء هر مترمکعب ۱۲۰ ریال و هزینه حمل تا کارخانه به ازاء هر کیلوگرم ۱۶۰ ریال و پنج درصد مجموع هزینه‌ها به عنوان هزینه‌های متفرقه در نظر گرفته شد. سپس شاخص‌های نسبت درآمد ناخالص به هزینه کل، میزان آب صرفه جویی شده نسبت به آبیاری کامل، سود خالص در واحد سطح(ریال در هکتار)، مقدار سطح زیر کشت افزایش یافته با آب صرفه‌جویی شده و کل درآمد خالص با امکان افزایش سطح زیر کشت در مقایسه با آبیاری کامل محاسبه شدند (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵).

1- Allen *et al.*
2- Walker and Skogerboe

جدول٤ – مشخصات فنی تیمار آبیاری جویچه‌ای کامل

سال	ورودی (میلی متر)	رواناب (میلی متر)	آب نفوذ یافته (میلی متر)	رواناب (درصد)	شیب زمین (درصد)	بازده آبیاری (درصد)
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۱۳۲۳/۷	۲۷۳/۶	۱۰۵۰/۱	۲۱	۰/۷	۵۷
۱۳۸۹-۱۳۹۰	۱۳۸۱/۹	۱۴۶	۱۲۳۵/۹	۱۰/۵	۰/۹	۵۳
متوسط	۱۳۵۲/۸	۲۰۹/۸	۱۱۴۳	۱۵/۷۵	۰/۸	۵۵

جدول۵- خلاصه تجزیه واریانس مرکب(میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی چغندر قند

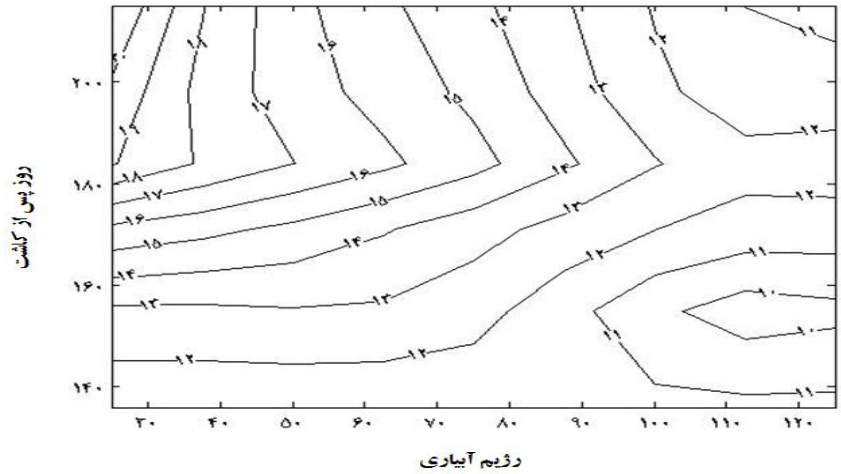
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عملکرد شکر	کارایی مصرف آب ریشه	کارایی مصرف آب شکر	درصد قند
سال	۱	۷۰۹۰.**	۲۸۳/۲**	۴۲۲/۸**	۰/۶۹**	۱۵۲/۱**
آبیاری	۴	۳۴۶/۳*	۱/۸۸^{ns}	۱۱۶/۳**	۲/۲۱**	۲/۱۹^{ns}
سال *آبیاری	۴	۲۱/۴۳^{ns}	۰/۶۵^{ns}	۹/۹۶*	۰/۰۶*	۰/۲۶^{ns}
ضریب تغییرات		۱۱/۴	۴/۷	۱۲/۳	۱۱/۶	۴/۱

نتایج و بحث

حجم آب مصرفی

تعداد نوبت آبیاری قطره‌ای تیپ در سال اول و دوم به ترتیب ۲۰ و ۱۸ نوبت و حجم آب مصرفی مجموع این آبیاری‌ها در سطوح مختلف بین ۳۷۹ تا ۹۵۰ میلی متر متغیر بود(جدول۳). مجموع مقدار آب مصرفی در دو آبیاری اول که برای سبز شدن بذر انجام شد برای سال اول و دوم به ترتیب ۱۳۹/۷ و ۱۹۴/۱ میلی‌متر بود که در مقایسه با آبیاری‌های بعدی رقم قابل ملاحظه‌ای را به خود اختصاص داد. لزوم مرطوب نگه داشتن محل قرارگیری بذر و استفاده از یک نوار تیپ برای دو ردیف کاشت دو عامل عمده مصرف بالای آب در ابتدای کشت است. مقدار مصرف آب در تمام تیمارهای سال دوم اندکی بیش از تیمارهای سال اول است که این امر به دلیل بالا بودن مقدار تبخیر در سال دوم بوده است(جدول۱ و۳). میزان آب مصرفی در روش جویچه‌ای در حالت آبیاری کامل به دلیل تلفات آب به صورت نفوذ عمقی و رواناب و در نتیجه پایین بودن بازده آبیاری بالاتر از روش قطره‌ای اندازه‌گیری شد (جدول۴). اختلاف مقدار آب ورودی در دو سال آزمایش به دلیل تفاوت در شیب مزرعه و شرایط اقلیمی متفاوت در دو سال مورد مطالعه است. در مجموع می‌توان گفت که مجموع آب مصرفی چغندرقند منطبق با مناطق گرم و خشک جهان نظیر بخش‌هایی از آمریکا و نواحی مدیترانه با مصرف آب در حدود ۱۰۰۰-۵۰۰ میلی‌متر است (دانهام و همکاران[1]، ۱۹۹۳). مطالعه دیگر روی کشت پاییزه چغندرقند با کاربرد ۷۰۰ میلی‌متر آب در طول فصل رشد حداکثر عملکرد شکر را به دست آورد (کاوازا و همکاران[2]، ۱۹۷۶). این مقدار حد واسط بین تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی گیاه می‌باشد.

1- Dunham *et al.*
2- Cavazza *et al.*

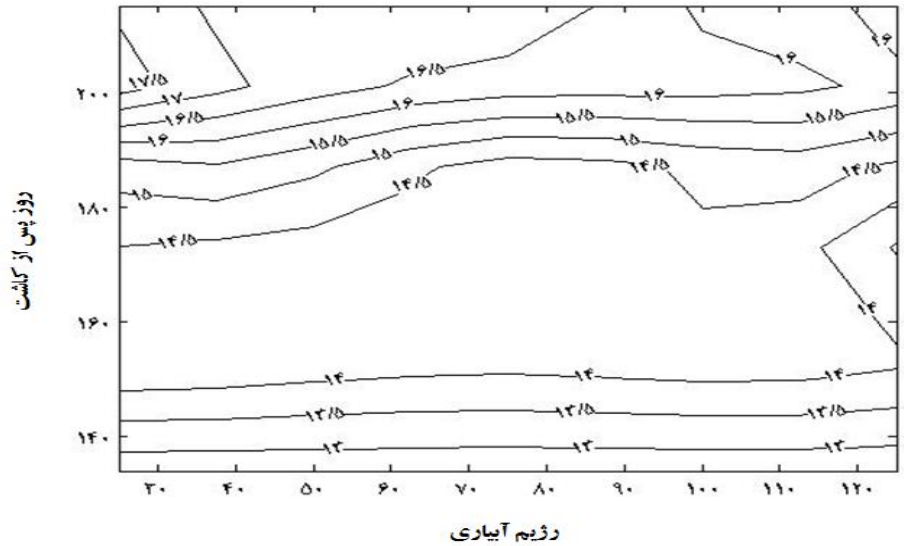


شکل۲- کارایی مصرف آب ریشه چغندرقند بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب در مراحل رشد و سطوح مختلف آبیاری

جدول٦ - مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری برای صفات کمی و کیفی چغندر قند *

تیمار	عملکرد ریشه (t/ha)	عملکرد شکر (t/ha)	کارایی مصرف آب ریشه (kg/m^3)	کارایی مصرف آب شکر (kg/m^3)	درصد قند
قطره ای ۲۵درصد	۷۶b	۱۰/۵a	۱۸/۷a	۲/۶a	۱۶/۴a
قطره ای ۵۰درصد	۷۱/۲ab	۱۰/۲a	۱۴/۶b	۱/۹b	۱۵/۹ab
قطره ای ۷۵ درصد	۷۷/۹a	۱۰/۶a	۱۲/۲b	۱/۶b	۱۵/۸ab
قطره ای ۱۰۰درصد	۸۲/۱ a	۱۰/۷ a	۱۰/۹ c	۱/۴ c	۱۵/۴ab
قطره ای ۱۲۵درصد	۸۳/۴a	۱۰/۵a	۹/۴c	۱/۲c	۱۵b
آبیاری جویچه ای**	۸۳/۱a	۹/۳ a	۶/۱d	۰/۶۹ d	۱۳/۹c

*: در هر ستون اعدادی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند تفاوتی با یکدیگر ندارند.**: به‌صورت مستقل تجزیه و تحلیل شده است.



شکل۳- درصد قند ریشه چغندرقند در مراحل مختلف رشد و سطوح مختلف آبیاری

عملکرد- آب مصرفی

نتایج به‌دست آمده نشان داد که بین سال‌های اجرای آزمایش از نظر بسیاری از صفات کمی و کیفی چغندر قند تفاوت معنی‌دار وجود داشت. مقادیر آبیاری صفات عملکرد ریشه را در سطح احتمال خطای پنج درصد و شاخص‌های کارایی مصرف آب ریشه و شکر را در سطح احتمال خطای یک درصد به طور معنی‌دار تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۵). بین سطوح آبیاری قطره‌ای و آبیاری جویچه‌ای از نظر عملکرد ریشه، شکر، کارایی مصرف آب ریشه و شکر اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۶). افزایش مصرف آب از ۷۷/۹ سانتی‌متر در تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در روش قطره‌ای (جدول۳) به ۱۳۵/۳ سانتی‌متر در روش آبیاری جویچه‌ای(جدول۴) تنها باعث افزایش عملکرد ریشه به مقدار یک تن در هکتار شد، در حالی که کارایی مصرف آب ریشه و شکر به ترتیب به مقدار ۷/۴ و ۰/۸۸ کیلوگرم به ازای مصرف هر مترمکعب کاهش یافت. در بین سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای تیمار تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی با تولید ۷۷/۹ تن در هکتار ریشه و قرار گرفتن در یک سطح آماری با تیمار ۱۰۰ درصد و به دلیل بالاتر بودن کارایی مصرف آب آن در تولید ریشه و شکر قابل توصیه است (جدول ۶). مطالعه دیگر نشان داد که تامین ۷۵ درصد نیاز آبی به روش قطره‌ای از نظر عملکرد مشابه تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش بارانی است (توقنتی و همکاران[1]، ۲۰۰۳).

کارایی مصرف آب ریشه چغندرقند و همچنین درصد شکر تولیدی در مراحل مختلف رشد و در سطوح مختلف آبیاری متفاوت بوده و با نزدیک شدن به انتهای دوره رشد این مقادیر افزایش یافت. شکل(۲) نتایج اندازه‌گیری کارایی مصرف آب در مراحل مختلف رشد چغندرقند است که به صورت منحنی‌های هم سطح برای مقادیر مختلف آب آبیاری و زمان تجمعی پس از کاشت ترسیم شده است. با ملاحظه این شکل مشاهده می‌شود که با نزدیک شدن به انتهای دوره رشد گیاه وزن غده و کارایی مصرف آب افزایش و با افزایش مصرف آب آبیاری (قست سمت راست نمودار) مقدار کارایی مصرف آب کاهش یافته است. در مجموع بیشترین کارایی مصرف آب زمانی است که غده چغندر قند با مقادیر کم آب مراحل رشد را سپری کرده باشد (شکل ۱). شکل (۳) نتایج درصد قند ریشه در مراحل مختلف رشد و سطوح مختلف آبیاری را به صورت منحنی‌های هم سطح نشان می‌دهد. با مراجعه به شکل (۳) مشاهده می‌شود که با تکمیل شدن دوره رشد گیاه درصد قند افزایش یافته است(جهت عمودی) حال آن‌که تغییرات درصد قند برای سطوح مختلف آبیاری تقریبا ناچیزاست. نتایج بررسی آزمایش‌های مختلف در انگلستان نشان داد که آبیاری اثر اندکی بر درصد قند دارد (دریکات[2]، ۱۹۷۶). یکی از محاسن این دو نمودار این است که در هر تاریخی از رشد گیاه و با داشتن درصد مقدار آب مصرفی می‌توان کارایی مصرف آب ریشه و درصد قند ریشه را تخمین زد.

تابع تولید

نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار آب مصرفی و میزان عملکرد را می توان در قالب تابع تولید، رابطه ریاضی عملکرد ریشه –آب آبیاری، نشان داد (معادله۱). در این معادله، W: عمق آب مصرفی حاصل از بارش و آبیاری (بر حسب سانتی‌متر) و $Y_{(W)}$: عملکرد ریشه چغندرقند بر حسب کیلوگرم در هکتار و a_1 ، b_1 و c_1: ضرایب تابع تولید است که از روش حداقل مربعات به دست می آیند (شکل۴). معادله (۲) تابع تولید ریشه چغندرقند برای داده‌های دو سال متوالی اجرای آزمایش می‌باشد. باید توجه داشت که عملکرد تحت تأثیر عوامل متعددی نظیر اقلیم، نوع سامانه آبیاری، آرایش کاشت، تاریخ کاشت و رقم می‌باشد. در نتیجه تابع تولید یاد شده فقط یک برآورد از رابطه واقعی است. از این‌رو لازم است که تابع تولید با توجه به شرایط اقلیمی خاص منطقه محاسبه شود:

$$Y_{(W)} = a_1 + b_1 W + c_1 W^2 \qquad (۱)$$

$$Y_{(W)} = -12.48 + 1.76W - 0.0082W^2 \qquad (۲)$$

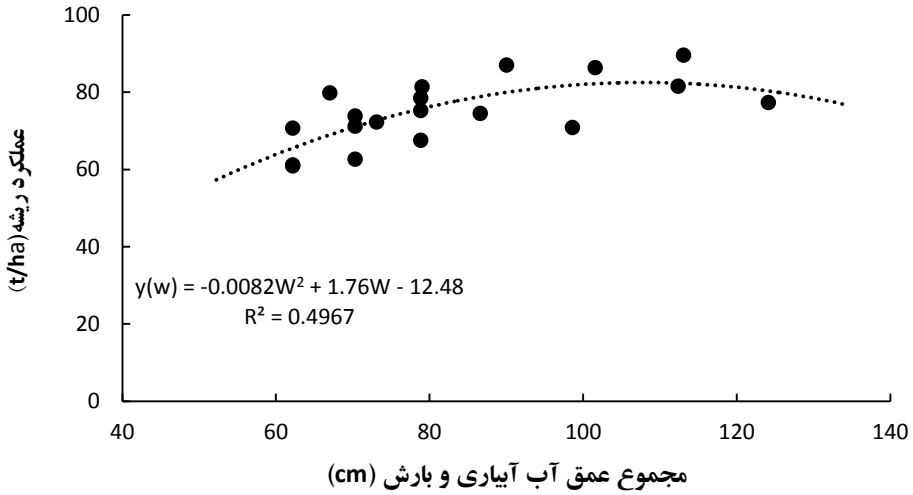
تابع هزینه تولید بر مبنای آب کاربردی

رابطه آب مصرفی با میزان هزینه‌های انجام یافته را تابع هزینه تولید بر مبنای آب کاربردی ($C_{(W)}$) گویند. برای محاسبه آن مجموع هزینه‌های ثابت، هزینه آب و هزینه حمل و نقل لحاظ شده و به آن هزینه‌های متفرقه و کارمزد سرمایه در گردش به صورت درصدی از هزینه‌های کل اضافه می‌شود. با توجه به اینکه قسمتی از هزینه تابعی از مقدار آب آبیاری و عملکرد تولیدی است، تابع هزینه با رابطه (۳) مشخص می شود. ضرائب این معادله در مطالعه حاضر در معادله (۴) آورده شده است. در این معادله، W: مجموع عمق آب آبیاری و بارش (بر حسب سانتی‌متر) است:

$$C_{(W)} = a_2 + b_2 W + c_2 W^2 \qquad (۳)$$

$$C_{(W)} = 29412001.5 + 23911.5W - 96.4W^2 \qquad (۴)$$

1- Tognetti *et al.*
2- Draycott



شکل ٤- تابع تولید چغندرقند در شرایط اقلیمی شمال استان خوزستان

$$P_C = \frac{Pol. - 3}{13} \times P_{C16} \qquad 10 \le Pol \le 24 \qquad (۵)$$

$$\begin{aligned} P_C &= (0.155Pol. - 1.325)P_{C16} && 10 < Pol < 15 \\ P_C &= (0.065Pol. - 0.025)P_{C16} && 15 \le Pol < 20 \\ P_C &= 1.325P_{C16} && Pol \ge 20 \end{aligned} \qquad (۶)$$

تابع قیمت

خرید چغندرقند در ایران بر مبنـای عیـار و بـرای چغنـدر قنـد کشت بهاره و پاییزه در دامنه عیار ۱۰ تا ۲۴ درصد از رابطه خطـی به صورت معادله (۵) انجام می‌شود.

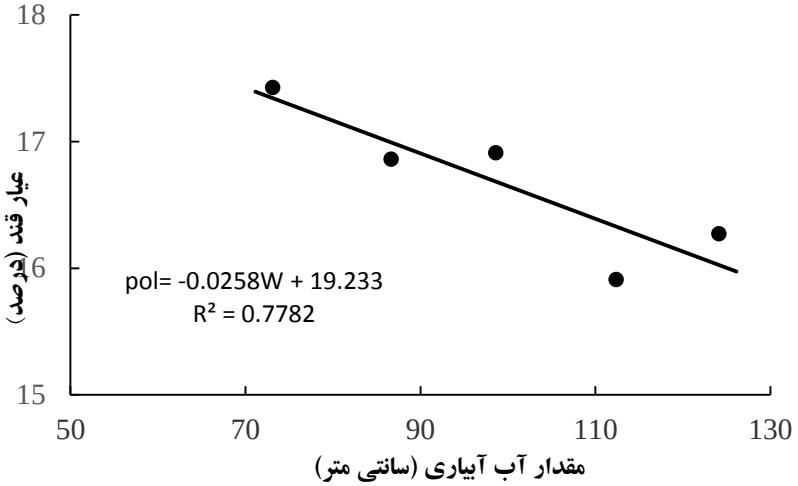
در رابطه فوق، P_{C16}: قیمت پایه چغندرقند با عیار ۱۶ درصـد و Pol: عیار چغندرقند بر حسب درصد است. در این فرمول فرض بر این است که مقدار ضایعات مجاز شکر در کارخانه‌ها معادل سه درصد و راندمان تجاری استحصال شکر برابر ۱۳درصد است. نتایج بررسی‌های انجام شده در کارخانه‌های قنـد کشـور نشـان داد کـه میانگین ضایعات قندی کشـور معـادل ۳/۸۶ درصـد (عبـداللهیان نوقابی و همکاران، ۱۳۸۸). بنابراین ضایعات گزارش شـده توسـط کارخانه‌های قند با آنچه در فرمول فوق فرض شده اسـت، تفـاوت دارد. از این‌رو روش جدید محاسبه قیمت هر تن چغندرقنـد پـاییزه خوزستان با توجه به درصد قند به صورت رابطه (۶) ارائه شده است (عبداللهیان نوقابی و همکاران، ۱۳۸۸).

با استناد به مطالب فوق می‌توان نتیجه گرفت که چغندرقند گیاهی است که بر اساس کیفیت آن (عیار قند) توسط کارخانجات قند خریداری می‌شود. بنابراین با توجه به پایین بودن کیفیت چغندرقند پاییزه نسبت به بهاره رابطه (۶) برای تصحیح رابطه (۵) پیشنهاد شده است تا سهم کیفیت در محاسبه قیمت به واقعیت نزدیک‌تر شود. در این مطالعه محاسبات بر مبنای قیمت پایه چغندرقند در سال ۱۳۹۲، یعنی ۱۶۵۰ ریال برای هر کیلوگرم ریشه، در نظر گرفته شده است. با استفاده از داده‌های این مطالعه میزان آب مصرفی در تیمارهای مختلف نسبت به عیار قند حاصله ترسیم شد (شکل۵). شکل (۵) نشان می‌دهد که با افزایش آب مصرفی میزان عیار قند به صورت خطی کاهش یافته است. این نتیجه با نتایج سایر محققان در مناطق دیگر ایران مطابقت دارد (جدول ۷). لذا در مجموع می‌توان نوشت که:

$$P_C(W) = (a_3 + b_3 W)P_c16 \qquad (۷)$$

به عبارت دیگر با فرض اینکه درصد قند چغندر قند بین ۱۵ تا ۲۰ باشد آنگاه تابع قیمت با توجه به رابطه حاصل از شکل (۵) در شرایط استان خوزستان به صورت زیر است:

$$P_C(W) = (19.23 - 0.0258W)P_c16 \qquad (۸)$$



شکل ۵- رابطه بین درصد قند و مقدار آب آبیاری در شرایط اقلیمی خوزستان

جدول ۷- مقایسه رابطه بین آب مصرفی و عیار قند برای برخی از مناطق ایران

مرجع	ضریب تبیین	منطقه	معادله
(توکلی و فرداد،۱۳۷۵)	۰/۹۷۸	کرج	$\mathrm{Pol.} = 18.991 - 0.0216\mathrm{W}$
(اکبری،۱۳۷۷)	۰/۸۵۴	اصفهان	$\mathrm{Pol.} = 18.839 - 0.0718\mathrm{W}$
(تحقیق حاضر)	0.778	دزفول	$\mathrm{Pol.} = 19.23 - 0.0258\mathrm{W}$

بهینه سازی مصرف آب آبیاری

پس از تعیین توابع تولید، هزینه و قیمت فروش، شاخص‌های آستانه‌ای عمق آب مصرفی چغندرقند با استفاده از روابط زیر قابل محاسبه است (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵):

۱- عمق آبیاری کامل (W_{m})

این عمق از حداکثر سازی تابع تولید (رابطه۳) به‌دست می‌آید:

$$W_{m=} -\frac{b_1}{2C_1} \qquad (۹)$$

۲- عمق آب مصرفی در حالت محدودیت زمین W_{L}

در حالتی که عامل محدود کننده سطح زیر کشت باشد، از معادله (۱۰) استفاده می شود.

$$P_c \frac{\partial y(w)}{\partial(w)} = \frac{\partial c(w)}{\partial w} \qquad (۱۰)$$

روابط ۱۱ و ۱۲ نتایج نهایی حل این معادله را نشان می‌دهند

$$\mathrm{W_L} = \frac{-(2\mathrm{C_2} - 2\mathrm{a_3\,C_1} - \mathrm{b_1\,b_3\,P_{c16}}) + \mathrm{Z_1}}{4\mathrm{b_3\,C_1\,P_{C16}}} \qquad (۱۱)$$

$$\mathrm{Z_1} = \frac{((2\mathrm{a_3C_1} + \mathrm{b_1b_3})\mathrm{P_{c16}} - 2\mathrm{C_2})^2 - ^{0.5}}{8\mathrm{b_3C_1P_{c16}}(\mathrm{a_3b_1P_{c16}} - \mathrm{b_2})} \qquad (۱۲)$$

۳- عمق آب مصرفی در حالت محدودیت آب (W_w)

رابطه (۱۳) معادله عمومی عمق آب مصرفی در حالت محدودیت کمبود آب است که به شکل رابطه (۱۴) قابل استفاده است.

رابطه (۱۵) حاصل جایگزینی ضرائب توابع آب، هزینه و قیمت در رابطه (۱۴) می باشد:

$$w\left[P_c \frac{\partial y(w)}{\partial(w)} - \frac{\partial c(w)}{\partial w}\right] = P_c y(w) - c(w) \qquad (۱۳)$$

$$\mathrm{b_3C_1P_{c16}W_w}^3 + (\mathrm{a_3C_1P_{c16}} - \mathrm{C_2})\mathrm{W_w}^2 - \mathrm{b_3a_1P_{c16}W_w} + (\mathrm{a_2} - \mathrm{a_3a_1P_{c16)}} = 0 \qquad (۱۴)$$

$$22.66\mathrm{W_w}^3 - 15004.4\mathrm{W_w}^2 - 34538.3\mathrm{W_w} + 52242523 = 0 \qquad (۱۵)$$

٤- عمق معادل آبیاری کامل در حالت محدودیت زمین (W_{el})

در این حالت سود خالص ناشی از این عمق با سود خالص ناشی از آبیاری کامل (W_{m}) برابر در نظر گرفته شده است (معادله ۱۶). با حل رابطه ۱۶ رابطه نهایی (۱۷) بدست می آید: ضرایب $\mathrm{k_1}$ تا $\mathrm{k_4}$ ترکیبی از ضرایب تابع های تولید، هزینه و قیمت است که با جایگزینی آنها رابطه (۱۸) حاصل شده است (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵). به دلیل طولانی بودن ضرائب یاده شده از ارائه آنها صرف‌نظر شده است.

$$P_{c(w_{el})}y(w_{el}) - c(w_{el}) = P_{C(w_m)}y(w_m) - c(w_m) \quad (۱۶)$$

$$K_1 W_{el}{}^3 + K_2 W_{el}{}^2 - K_3 W_{el} + K_4 = 0 \quad (۱۷)$$

$$22.66 W_{el}{}^3 - 19885.2 W_{el}{}^2 + 3265954 W_{el} + 14170837 = 0 \quad (۱۸)$$

۵- عمق معادل آبیاری کامل در حالت محدودیت آب (W_{ew})

رابطه (۱۹) شکل کلی رابطه (۲۰) بوده و ضرائب S_1 تا S_4 همانند روابط قبل ترکیبی از ضرائب توابع تولید، هزینه و قیمت است که به دلیل طولانی بودن از ذکر آنها صرف‌نظر شده است. با جایگزینی این ضرائب رابطه (۲۱) به دست می آید:

$$\frac{P_{c(w_{ew})}y(w_{ew}) - c(w_{ew})}{w_{ew}} = \frac{P_{C(w_m)}y(w_m) - c(w_m)}{w_m} \quad (۱۹)$$

$$S_1 W_{ew}{}^3 + S_2 W_{ew}{}^2 + S_3 W_{ew} + S_4 = 0 \quad (۲۰)$$

$$22.66 W_{ew}{}^3 - 19885.2 W_{ew}{}^2 + 2363702 W_{ew} - 52242523 = 0 \quad (۲۱)$$

۶- عمق آب مصرفی در حالت سربه سری(W_K)

درصورتی که کل هزینه ها و درآمد ناخالص با هم برابر باشند (معادله ۲۲)، سود خالص برابر صفر است و عمق آبی که در این حالت محاسبه می‌شود نشان دهنده عمق آب مصرفی در حالت سر به سری است. بنابراین با جایگزینی ضرائب توابع تولید، هزینه و قیمت در رابطه (۲۳)، رابطه (۲۴) حاصل خواهد شد:

$$P_c y(w_k) = c(w_k) \quad (۲۲)$$

$$b_3 c_1 P_{c16} W_K{}^3 + [(a_3 c_1 + b_1 b_3)P_{c16} - c_2]W_K{}^2 + [(a_3 b_1 + a_1 b_3)P_{c16} - b_2)]W_K + (a_3 a_1 P_{c16} - a_2) = 0 \quad (۲۳)$$

$$22.66 W_K{}^3 - 19885.2 W_K{}^2 + 3265954 W_K - 52242523 = 0 \quad (۲۴)$$

در رابطه های فوق، W : مجموع عمق آب و بارندگی بر حسب سانتی‌متر و a_1 ، b_1، c_1، a_2 ، b_2 ، c_2، a_3 و b_3 ضرائب ثابت در توابع تولید، هزینه و قیمت می‌باشد. ریشه معادلات فوق محاسبه و ریشه حقیقی به عنوان عمق آب درنظر گرفته شد (جدول۸). با توجه به مقادیر جدول (۸) می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین میزان عملکرد چغندرقند حدود ۸۲ تن در هکتار است که در دو حالت آبیاری کامل و محدودیت زمین به دست آمده است. از طرفی کاهش ۴۳ درصدی مصرف آب (شاخص سوم در جدول۸) باعث شده تا مقدار عملکرد محصول با ۲۱ درصد کاهش به ۶۰/۷ تن در هکتار برسد. این در حالی است که نسبت سود به هزینه، حدود ۲/۹، تنها شش درصد کمتر از آبیاری کامل باشد. زیرا علی‌رغم کاهش عملکرد، مقدار درصد قند (ستون ۳ جدول ۸) نسبت به حالت آبیاری کامل افزایش یافته و مقدار شکر تولیدی (ستون ۴ جدول ۸) تحت تأثیر قرار گرفته است. اعمال کم‌آبیاری منجر به کاهش رطوبت خاک می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد که در حالت معمول استفاده از کم‌آبیاری و کاهش مصرف آب در هر نوبت آبیاری علاوه بر افزایش بازده آبیاری و کارایی مصرف آب (جدول ۴ و شکل۱) می‌تواند آب بیشتری حاصل از بارندگی را در خاک ذخیره نموده و بارندگی مؤثر افزایش یابد. نتایج مشابهی توسط توکلی و فرداد (۱۳۷۵) در کرج و اکبری (۱۳۷۷) در اصفهان گرفته شده است، با این تفاوت که عمق آب محاسبه شده در حالت W_L حدود ۱۰ سانتی‌متر کمتر از W_m است. علت این اختلاف احتمالا" به تفاوت در نوع اقلیم و پاییزه بودن کشت در شمال خوزستان نسبت به بقیه مناطق کاشت چغندرقند در ایران مربوط می‌شود. کاهش مقدار آب آبیاری از حالت آبیاری کامل به مقادیر ۴۳۰ و ۲۹۰ میلی‌متر (شاخص های W_{el} و W_{ew}) موجب کاهش عملکرد چغندرقند به مقادیر حدود ۴۸ و ۳۱ تن در هکتار شده است. به عبارت دیگر کاهش ۶۰ و ۷۳ درصدی مقدار آب مصرفی باعث کاهش ۴۱ و ۶۱ درصد مقدار عملکرد و کاهش به ترتیب ۲۲ و ۴۵ درصدی نسبت سود به هزینه شده است. مقدار آب مصرفی در هریک از این دو حالت در محدوده مقدار بارش سالانه در شمال خوزستان است. به عبارت دیگر در صورت داشتن بارندگی بیشتر از ۲۹۰ میلی‌متر با توزیع مناسب می‌توان چغندرقند پاییزه را با کمترین مصرف آب تولید نمود. نتایج تحقیقات در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که هرچه مقدار و توزیع بارندگی منطقه بالا باشد مقدار عملکرد ریشه افزایش خواهد یافت. این نتایج منطبق بر نتایج مطالعات انجام یافته در فلسطین اشغالی است (ریمون و همکاران[1]، ۱۹۷۶). اعمال سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای در کشت پاییزه چغندر قند در فلسطین اشغالی (دامنه ۶۰۰ تا ۱۸۰۰ متر مکعب در هکتار) نشان داد که از نظر خصوصیات کیفی بین مقادیر مختلف آب اختلاف معنی‌دار وجود ندارد و چنانچه بارندگی‌های زمستانه رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه را تا حد ظرفیت مزرعه افزایش دهد برای به دست آوردن ۱۰ تن شکر در هکتار در بهار نیازی به انجام آبیاری نمی‌باشد.

1- Rimon *et al.*

جدول۸- عملکرد چغندرقند و شاخص‌های اقتصادی برای مقادیر مختلف آب مصرفی

۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
	NB*1000	(cm)	B/C	شکر (kg/ha)	Pol (%)	Y (kg/ha)	W (cm)	
W_m	۹۷۱۵۶/۹	۰	۳/۱	۱۲۹۵۳/۲	۱۵/۷	۸۲۴۹۱/۸	۱۰۷/۷	۱
W_L	۹۷۱۵۶/۹	۰	۳/۱	۱۲۹۵۳/۲	۱۵/۷	۸۲۴۹۱/۸	۱۰۷/۷	۲
W_w	۷۷۸۰۲	۴۷	۲/۹	۱۰۸۹۵	۱۶/۹	۶۴۴۱۰/۸	۶۰/۷	۳
W_{el}	۵۳۵۶۳/۱	۶۴/۵	۲/۴	۸۴۱۱	۱۷/۴	۴۸۴۳۴	۴۳/۲	۴
W_{ew}	۲۶۰۸۲/۲	۷۸/۸	۱/۷	۵۶۱۴	۱۷/۷	۳۱۶۵۴/۳	۲۸/۹	۵
W_K	۰	۸۹/۸	۱	۲۹۶۷/۳	۱۸	۱۶۴۶۷/۷	۱۷/۹	۶

ستون های جدول:۱- عمق آب مصرفی(مجموع بارندگی و آبیاری)، ۲- عملکرد غده محاسباتی، ۳- عیار قند، ۴- میزان قند قابل استحصال، ۵- نسبت درآمد ناخالص به هزینه کل، ۶- میزان آب صرفه جویی شده نسبت به آبیاری کامل، ۷- سود خالص در واحد سطح(ریال در هکتار) و ۸- عناوین شاخص ها

نتیجه گیری

آبیاری کامل چه در آزمایش های مزرعه ای(تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و چه در محاسبه شاخص عمق آبیاری کامل (W_m) و عمق آب مصرفی در حالت محدودیت زمین (W_L) باعث تولید بیشترین میزان عملکرد در واحد سطح می‌شود اما این مقدار افزایش عملکرد نسبت به مقادیر اندازه گیری شده در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی در یک سطح قرار دارد. ضمن آنکه آبیاری کامل باعث افزایش هزینه‌های آبیاری و کاهش عیار چغندرقند می‌شود.

بنابراین در حالتی که حتی محدودیت آبی وجود نداشته باشد می‌توان حداقل تیمار تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی را در تمام دوره رشد گیاه چغندرقند اعمال کرد، بدون آنکه سود خالص کشاورز کاهش یابد. مقدار شاخص عمق آب مصرفی در حالت محدودیت آب (W_w) به لحاظ مقدار آب مصرفی (مجموع بارندگی و آبیاری) معادل تیمار ۲۵ درصد نیاز آبیاری اندازه‌گیری شده در مزرعه است. علی‌رغم اینکه این شاخص منجر به بیشترین درآمد خالص به ازای واحد آب مصرفی نمی‌شود، کاهش ۴۳ درصدی مصرف آب به ازای کاهش ۲۱ درصد عملکرد محصول را به همراه داشته است. این در حالی است که نسبت سود به هزینه این شاخص حدود ۲/۹ است و تنها ۶ درصد کمتر از آبیاری کامل است. بنابراین در حالت محدودیت آب می‌توان با تأمین فقط ۲۵ درصد نیاز آبی گیاه درآمد خالصی نزدیک به آبیاری کامل را کسب نمود. اگرچه دو شاخص عمق معادل آبیاری کامل در حالت محدودیت زمین و آب (به ترتیب W_{el} و W_{ew}) نسبت سود به هزینه بالاتر از ۱/۵ را نشان می‌دهند، مقدار آنها تابعی از مقدار، شدت، مدت و توزیع بارندگی‌ها در طول فصل رشد بوده و غیرقابل اعتماد می‌باشند.

منابع

۱- ابراهیمی پاک، ن. ع.، پذیرا، ا.، کاوه، ف.، عابدی، م. ج. و ع. ا. صباغ فرشی. ۱۳۸۷. تاثیر کم آبیاری طی مراحل مختلف رشد چغندرقند بر عملکرد کمی و کیفی آن. پژوهش و سازندگی، ۷۸: ۷۳-۶۳.

۲- اکبری، م. ۱۳۷۷. تاثیر کم آبیاری بر عملکرد چغندرقند. مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، صفحات ۱۸۹ -۱۷۷.

۳- توکلی، ع. و ح. فرداد. ۱۳۷۵. بهینه سازی کم آبیاری بر اساس توابع تولید، هزینه و قیمت چغندرقند در کرج. دومین کنگره ملی مسایل آب و خاک کشور، صفحات ۳۶۹-۳۵۴.

۴- حسین پور،م.، معیری، م. و د. فتح اله طالقانی. ۱۳۸۱. بررسی تاثیر الگوی کاشت بر کارایی مصرف آب آبیاری و کمیت و کیفیت چغندرقند در منطقه دزفول. هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. صفحه ۴۰۳.

۵- سپاسخواه، ع. ر.، توکلی، ع.ر. و س. ف. موسوی. ۱۳۸۵. اصول و کاربرد کم آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۲۸۸صفحه.

۶- عبداللهیان نوقابی، م.، شریفی، ح.، بابایی، ب.، و غ. بهمنی. ۱۳۸۸. راهکاری جدید برای تغییر فرمول خرید چغندرقند کشت پاییزه. دو ماهنامه صنایع قند ایران، ۱۹۴: ۱۴-۸.

7- Albayrak, M., Gunes, E. and B. Gulcubuk. 2010. The effects of irrigation methods on input use and productivities of sugarbeet in Central Anatolia, Turkey. African Journal of Agricultural Research 5:188-195.

8- Allen, R. G. Pereira, L. S., Raes, D. and M. Smith. 2000. Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56.

9- Cavazza L., Venturi G. and M.T. Amaducci.1976. Outlines on the state of irrigation of the sugar beet in the world. 39th Winter Congress, Bruxelles, P:211-264.

10- Draycott, A. P. 1976. Interaction between irrigation and other agronomic practices. 39th Winter Congress of International Institute for sSugar Beet, Bruxeles, pp. 135-148.

11- Dunham, R. J., Cook, D. A. and R. K. Scott. 1993. Water use and irrigation: In the sugar beet crop principle and practice. Chapman and Hall, London, 279 p.

12- Fabrio, C., Martin de Santa Olalla, Lopez , R. and A. Dominguez. 2003. Production and quality of sugar beet (Beta vulgaris L.) Cultivated under controlled deficit irrigation condition in semiarid – climate. Agricultural Water Management, 62:215-227.

13- Mahmoodi, R., Maralian, H. and A. Aghabarati. 2008. Effects of limited irrigation on root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). African Journal of Biotechnology, 7:4475-4478.

14- Pejic, B., Cupina, B., Dimitrijevic, M., Petrovic, S. Milic, S. and D. Krstic. 2011. Response of sugar beet to soil water deficit. Romanian Agricultural Research, 28:151-155.

15- Sahin, U., Ors,S., Kiziloglu,F.M. and Y. Kuslu. 2014. Evaluation of water use and yield responses of drip-irrigated sugar beet with different irrigation techniques. CHILEAN Journal of Agricultural Research, 74(3):302-310.

16- Sepaskhah, A. R., and S. H. Ahmadi. 2010. A review on partial rootzone drying irrigation. International Journal of Plant Production, 4:241-258.

17- Topak,R., S. Süheri, and A.Bilal, 2011. Effect of different drip irrigation regimes on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield, quality and water use efficiency in Middle Anatolian Turkey. Irrigation Science, 29(1):79-89.

18- Rimon, D., Helena, F. and A. Cohen. 1976. Effect of spring irrigation on autumn sown sugar beet.39th Winter Congress of International Institute for sSugar Beet, Bruxeles, Pp: 387-396.

19- Tognetti, R. , Palladino, M., minnocci, A., Delfine, S. and A. Alvino. 2003. The response of sugar beet to drip and low-pressure sprinkler irrigation in southern Italy. Agricultural Water Management, 60:135-155.

20- Vamerali, T., Guarise, M., Ganis, A. and G. Mosca. 2009. Effects of water and nitrogen management on fibrous root distribution and turnover in sugar beet. European Journal of Agronomy, 31:69-76.

21- Walker, W. R., and G. V. Skogerboe. 1987. Surface Irrigation: Theory and practice. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New.Jersey. 386p.

22- Yonts, C. D. 2011. Development of season long deficit irrigation strategies for sugarbeet. International Sugar Journal, 113:728-731.