

## ارزیابی روش‌های آبیاری قطره‌ای نواری و جویچه‌ای در مزارع چغندر قند Evaluation of furrow and tape irrigation methods in sugar beet fields

حمیدرضا سالمی<sup>۱\*</sup>، محمدرضا جهاداکبر<sup>۲</sup> و علیرضا نیکویی<sup>۳</sup>  
تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۱۹

ح.ر. سالمی، م.ر. جهاداکبر و ع.ر. نیکویی. ۱۳۹۲. ارزیابی روش‌های آبیاری قطره‌ای نواری و جویچه‌ای در مزارع چغندر قند. مجله چغندر قند ۲۹(۲): ۱۸۸-۱۷۵

### چکیده

در حال حاضر با توجه به کمبود شدید منابع آب، ضرورت توسعه پایدار روش آبیاری قطره‌ای نواری در کشور احساس می‌شود. بدین منظور تعدادی از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری از مزارع چغندر کاری موجود در استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری در دو سال متوالی مورد ارزیابی قرار گرفت و با روش آبیاری جویچه‌ای در زمین زارع مقایسه گردید. در این مزارع مشخصه‌های راندمان واقعی مصرف آب در ربع پائین، راندمان پتانسیل مصرف آب، یکنواختی قطره چکان‌ها در ربع پائین، یکنواختی خروج مطلق آب از قطره‌چکان‌ها، ضریب یکنواختی کریستیانسن، یکنواختی پخش آب و کارایی مصرف آب در عملکرد قند ناخالص و قابل استحصال تعیین گردید. راندمان واقعی مصرف آب در مزارع مورد ارزیابی از ۴۹ تا ۷۴/۵ درصد متغیر بود. متوسط ضریب یکنواختی پخش آب قطره‌چکان‌ها برابر ۷۳/۸ و ضریب یکنواختی کریستیانسن ۸۲ درصد برآورد گردید. همچنین اختلاف سامانه آبیاری قطره‌ای نواری با آبیاری جویچه‌ای از نظر کارایی مصرف آب در عملکرد قند ناخالص و قند قابل استحصال معنی‌دار شد، این مقادیر در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری و آبیاری جویچه‌ای به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۷۸ و ۰/۶۵ و ۰/۵۳ به دست آمد. از لحاظ عملکرد ریشه و صفات مربوط به کیفیت محصول چغندر قند بین دو روش آبیاری قطره‌ای نواری و جویچه‌ای تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. میانگین شاخص‌های کارایی مصرف آب در عملکرد قند ناخالص و قند قابل استحصال برای مزارع مورد آزمایش ۰/۹۱ و ۰/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب در روش قطره‌ای نواری و ۰/۷۸ و ۰/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب در روش جویچه‌ای تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای نواری، چغندر قند، کارایی مصرف آب

۱- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان  
۲- مربی بخش تحقیقات چغندر قند- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان  
۳- استادیار بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویجی- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان  
\* - نویسنده مسئول hr\_Salemiuk@yahoo.com

## مقدمه

با توجه به شرایط کمبود آب در کشور و مصرف متجاوز از ۹۳ درصد کل آب‌های کشور در بخش کشاورزی در سال ۱۴۰۰ این بخش با ۵۴ میلیارد مترمکعب کمبود آب مواجه خواهد شد (Salemi et al. 2011). یکی از مهم‌ترین راهکارهای صرفه‌جویی در آب تغییر روش آبیاری می‌باشد. امروزه استفاده از روش‌های آبیاری که به‌تواند تا حدودی به کاهش بحران آب کمک نماید ضرورت پیدا کرده و برای رسیدن به این هدف استفاده از روش‌های خردآبیاری از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. در ایران برای آبیاری گیاه چغندر قند معمولاً از روش‌های آبیاری سطحی سنتی استفاده می‌شود. البته در سال‌های اخیر کاربرد آبیاری قطره‌ای بر روی این گیاه با هدف افزایش کارایی مصرف آب (WUE= Water Use Efficiency) به نحو چشمگیری افزایش یافته است. در حال حاضر در کشور تلاش‌ها بر روی بالابردن تولید در واحد سطح متمرکز شده و کمتر به افزایش تولید محصول بازای واحد آب آبیاری توجه می‌شود. در حالی که در شرایط کشور ایران باید هدف بالا بردن تولید بازای هر واحد آب مصرفی و استفاده بهینه از منابع آب محدود در دسترس باشد. چغندر قند با سطح زیرکشت حدود ۱۸۶ هزار هکتار در کشور از جمله محصولات عمده و با اهمیت به لحاظ خودکفایی در تولید قند مورد نیاز داخلی می‌باشد (Sadreghaen et al. 2009).

در یک پژوهش اثر آرایش کاشت و برنامه‌ریزی آبیاری بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه آبیاری قطره‌ای نواری در محصول چغندر قند بررسی شد. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد ریشه مربوط به آرایش یک نوار آبیاری وسط دو ردیف کاشت و کمترین آن در تیمار آرایش یک در میان نوارهای آبیاری می‌باشد (Sadreghaen and Akbari 2013).

هم‌چنین متوسط کارایی مصرف آب محصول سیب زمینی، در سامانه آبیاری بارانی و قطره‌ای نواری به ترتیب ۵/۲ و ۹/۲ کیلوگرم محصول بازا هر مترمکعب آب مصرفی گزارش شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش کارایی در مزارع کشت ردیفی تنها مختص به نوع سامانه نبوده و نوع مدیریت زارع نیز در آن نقش به‌سزایی دارد. سامانه آبیاری قطره‌ای نواری در مزرعه چغندر قند با کاهش ۱۹ درصدی در آب آبیاری نسبت به آب مصرفی در آبیاری بارانی میزان کارایی مصرف آب را ۱۰۷ درصد افزایش می‌دهد (Ghadami firuzabadi 2005).

در تحقیقی که روی تأثیر سامانه‌های آبیاری بر کارایی مصرف آب و عملکرد کمی و کیفی چغندر قند در مؤسسه کشت و صنعت مزرعه نمونه آستان قدس رضوی انجام شد نشان داد که سامانه آبیاری تحت فشار تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد کمی و کیفی چغندر قند نداشته ولی استفاده از این سامانه موجب گردیده تا کارایی مصرف آب در زراعت چغندر قند به طور معنی‌داری افزایش یابد. در این آزمایش روش آبیاری قطره‌ای نواری با فواصل روزنه ۲۰ و فواصل حداقل ۱۰۰ سانتی‌متر دارای کارایی مصرف آب در عملکرد ریشه برابر ۱۰/۶ کیلوگرم بر مترمکعب و روش آبیاری شیاری (جویچه‌ای) دارای کارایی مصرف آب ۴/۱۸ کیلوگرم بر متر مکعب بود. نتایج این آزمایش نشان داد، با توجه به شرایط منطقه که با صرفه‌جویی در مصرف آب امکان توسعه سطح زیرکشت را داراست، در صورت استفاده از آبیاری قطره‌ای نواری با فواصل لترال یک متر، سود خالص ۲/۳ برابر تیمار جویچه‌ای می‌گردد (Karimzadeh Moghaddam 2002).

تحقیق انجام شده پیرامون عملکرد چغندر قند رقم PP22 (مولتی ژرم) نشان داد که ضریب یکنواختی پخش آب در نوارهای ساخت ایران و خارج در روش آبیاری قطره‌ای نواری

آبیاری قطره‌ای نواری بیشتر از روش جویچه‌ای است. همچنین مشخص شد در سامانه قطره‌ای نواری با استفاده از آب و کود کمتر می‌توان به تولید یکسان با سامانه آبیاری جویچه‌ای رسید (Tognettia et al. 2003).

تحقیقات انجام شده در کالیفرنیا نشان داد کاربرد روش آبیاری قطره‌ای نواری باعث کاهش چشمگیر آب مصرفی چغندرقد نسبت به روش‌های مرسوم آبیاری می‌گردد. نتایج نشان داد رژیم دو مرتبه آبیاری در هفته و عمق کارگذاری نوارهای آبیاری در سطح زمین با تولید ۶۹۲۸ کیلوگرم در هکتار قند مطلوبترین تیمارها بوده و با تیمار آبیاری روزانه و عمق کارگذاری ۱۲ اینچ دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشد. روند کلی آزمایش نشان‌گر افزایش عملکرد قند در روش آبیاری قطره‌ای نواری بود ولی این روند معنی‌دار نشد (Hanon and Kaffka 2004).

پژوهشگران ترکیه در منطقه مرکزی آناتولی اثر سه سطح آبیاری (تیمارهای آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک به‌علاوه آبیاری کامل) در سامانه قطره‌ای نواری را بر عملکرد تولیدی چغندرقد بررسی کردند. نتایج نشان داد چغندرقد بالاترین راندمان تولید انرژی را در شرایط ۷۵ درصد آبیاری کامل داراست. ضمناً این روش آبیاری در میزان کل انرژی ورودی به سامانه ۱۱/۲، مقدار انرژی برای آبیاری ۱۶/۱ و در کل سوخت مصرفی ۲۱/۲ درصد صرفه‌جویی می‌نماید (Topak et al. 2010).

پژوهش دیگری به منظور تعیین اثرات کم آبیاری فصلی در یک آبیاری سامانه قطره‌ای نواری بر روی عملکرد ریشه، کیفیت و WUE در گیاه چغندرقد برای مدت دو سال در منطقه نیمه خشک آنالیای ترکیه انجام شد. بالاترین مقدار WUE در شرایط کم آبیاری (۷۵ درصد آبیاری کامل) و کمترین میزان در شرایط آبیاری کامل به‌دست آمد. افزایش مقادیر کم

به ترتیب ۹۷ و ۹۸ درصد بوده است. میزان آب مصرفی ۵۸ درصد آبیاری سطحی بود. راندمان مصرف آب در تیمارهای آبیاری نواری قطره‌ای به‌طور متوسط ۹۰/۷۴ درصد و در تیمارهای آبیاری جویچه‌ای ۵۲ درصد برآورد شد. بیشترین مقدار کارایی مصرف آب عملکرد قندسفید و کارایی مصرف آب عملکرد ریشه، در تیمارهای آبیاری قطره‌ای یک ردیف در میان و کمترین مقدار در تیمار آبیاری جویچه‌ای مشاهده گردید. همچنین بیشترین درصد قندسفید در تیمارهای آبیاری قطره‌ای نواری یک ردیف در میان مشاهده گردید (Hossain Abadi and Ghaemi 2004).

شرکت مهندسی آبفشان جنوب، طرح ارزیابی فنی در زمینه اجرای سامانه آبیاری قطره‌ای نواری در مزارع چغندرقد را در منطقه بروجن استان چهارمحال و بختیاری انجام داد. نتایج این طرح نشان داد که در پایان فصل رشد با استفاده از روش قطره‌ای نواری مصرف آب از ۹۰۰۰ مترمکعب در هکتار در روش سنتی به ۳۵۰۰ مترمکعب در هکتار در روش آبیاری نواری قطره‌ای کاهش یافت، ضمن آن که در هزینه‌های کارگری نیز صرفه‌جویی شد (Anonymous 2001).

بررسی‌ها نشان داد که اختلاف عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند قابل استحصال بازای واحد آب مصرفی در روش آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به آبیاری جویچه‌ای در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. همچنین مشاهدات نشان داد که سامانه آبیاری قطره‌ای نواری موجب افزایش کارایی مصرف آب در عملکرد قند به اندازه ۳۶ درصد می‌گردد (Eckhoff and Bergman 2001).

مطالعات انجام شده در منطقه ویومینگ ایالات متحده آمریکا در خصوص کارایی مصرف آب و کود در روش‌های آبیاری قطره‌ای نواری و جویچه‌ای بر روی چغندرقد نشان داد که عملکرد ریشه، درصد قند و میزان نیترات خاک در حالت

روش قطره‌ای می‌گردد، اذعان داشتند که استفاده از این سامانه راهی است برای بهتر کنار آمدن با محیط زیست. نتایج نشان داد آبیاری قطره‌ای نواری (حتی به صورت شیارهای یک در میان) در مقایسه با آبیاری بارانی کم‌فشار برای اجرا در اراضی چغندر قند کاری در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک همواره سودمندتر است.

در تحقیق قمرنیا و همکاران (Ghamarnia et al.

2012) تأثیر روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد ریشه و شکر بسیار معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد شکر و ریشه چغندر قند به ترتیب ۴/۱۰۵ و ۳۹/۱۵ تن در هکتار در تیمار روش آبیاری قطره‌ای نواری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمد.

به دلیل تأثیر معنی‌دار روش آبیاری قطره‌ای نواری بر کارایی مصرف آب و تأثیر مثبت بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند در پژوهش‌های فوق، این تحقیق به منظور ارزیابی اجرای این سامانه برای آبیاری مزارع چغندر قند در شرایط دو استان کشور به مدت دو سال اجرا گردید. با ارزیابی طرح‌های اجرا شده موجود، مشخصه‌های ارزیابی نظیر یکنواختی توزیع، راندمان‌های پتانسیل و واقعی کاربرد آب اندازه‌گیری شده و نحوه عملکرد سامانه مشخص شد. با توجه به اینکه خرید چغندر قند از کشاورز (در حال حاضر) بر مبنای عملکرد قند ناخالص می‌باشد در بررسی اثر تیمارهای مختلف آزمایشی، تیماری بهترین پاسخ را می‌دهد که عملکرد ناخالص را حداکثر نماید. البته عملکرد قند ناخالص بیشتر جنبه نظری داشته و آنچه را در عمل و بعد از فرآوری چغندر قند در کارخانه اتفاق می‌افتد عملکرد قند خالص و یا اصطلاحاً قند قابل استحصال می‌باشد. هدف از این تحقیق که با بررسی مشخصه‌های ارزیابی فنی سامانه آبیاری قطره‌ای نواری در مزارع چغندر قند انجام گردیده، تعیین کارایی مصرف آب در عملکرد قند ناخالص و قابل

آبیاری منجر به کاهش عملکرد ریشه و شکر سفید شد. نتایج نشان داد که آبیاری چغندر قند با استفاده از روش آبیاری قطره‌ای نواری در سطح ۷۵ درصد، مزایای قابل توجهی در شرایط تأمین آب آبیاری محدود نشان می‌دهد. همچنین از دیدگاه اقتصادی، ۲۵ درصد صرفه‌جویی در آب آبیاری فقط باعث کاهش ۶/۱ درصدی درآمد خالص گردید (Topak et al. 2011).

پژوهشی در یونان به منظور بررسی اثرات آبیاری قطره‌ای نواری و قطره‌ای زیر سطحی بر روی عملکرد محصول چغندر قند تحت دو سطح آبیاری ۸۰ و ۱۰۰ درصد عمق آب مصرفی نشان داد آبیاری قطره‌ای زیر سطحی منجر به عملکرد بیشتر (۲۲/۲ درصد) و شکر بالاتر می‌گردد. همچنین نتایج به دست آمده نشان داد که در آبیاری زیر سطحی، با استفاده از ۸۰ درصد عمق آب آبیاری، می‌توان به صرفه‌جویی قابل توجهی (بدون کاهش عملکرد) در آب مصرفی رسید (Sakellariou-Makrantonaki 2003).

پژوهش رینالدی و ویتوریا (Rinaldi and Vittorio 2006) نیز تأکید بر افزایش وزن ریشه تازه، ماده خشک کل بوته، عملکرد و غلظت ساکارز در چغندر قند پاییزی و ارتقای کارایی مصرف آب در صورت امکان استفاده از تکنیک‌های کم‌آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای دارد.

توجنتیا و همکاران (Tognettia et al. 2003) در منطقه مولیسه ایتالیا تأثیر کم‌آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق) در دو سامانه کم فشار بارانی و قطره‌ای نواری را بر روی مشخصه‌های فیزیولوژیکی و فنی (تبادل گازی در برگ، نرخ فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای، محتوای نسبی آب برگ و تجمع ساکارز) چغندر قند مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها ضمن تضمین یک سامانه یکنواخت ریشه و مصرف کمتر آب توسط گیاه که منجر به افزایش راندمان آبیاری در کشت چغندر قند با

استحصال با در نظر گرفتن توصیه‌های فنی مؤثر در ارتقای سطح مدیریت بهره‌برداری از این سامانه‌ها می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری و تأثیرشان بر کارایی مصرف آب و شاخص‌های کمی و کیفی چغندرقد به مدت دو سال (۸۵-۱۳۸۴) در چهار مزرعه چغندرکاری واقع در استان‌های اصفهان {منطقه خوراسگان (شرق اصفهان)، منطقه مبارکه (جنوب غربی اصفهان)} و چهار محال و بختیاری {منطقه بلداجی (۱۰۰ کیلومتری

جنوب شهرکرد)، منطقه فرادنبه (۶۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرکرد) مورد ارزیابی قرار گرفت. شهرستانهای بلداجی و فرادنبه در استان چهار محال و بختیاری و خوراسگان و مبارکه واقع در استان اصفهان از قطب‌های مهم تولید چغندرقد به شمار می‌آیند. مزارع منتخب در محدوده کارخانه‌های قند اصفهان، قند نقش جهان و شرکت قند شهرکرد واقع شده است. نتایج تجزیه برخی مشخصه‌های خاک و آب مزارع در دو استان در جدول‌های زیر ارائه شده است.

جدول ۱ نتایج تجزیه برخی آب و خاک در محل‌های اجرای طرح

محل مزرعه	درصد اشباع	شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	شوری آب (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	نیترژن کل (درصد)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌اکی والان در کیلوگرم)	فسفر قابل جذب (میلی‌اکی والان در کیلوگرم)	اسیدیته	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)
خوراسگان	۵۹	۱/۲۸	۵/۳۲	۰/۷۸	۰/۰۷۸	۷۰۰	۷/۳	۷/۱	۶۹	۲۰	۱۱
مبارکه	۵۶	۱	۲/۵	۰/۷۵	۰/۰۸۵	۶۵۰	۷/۴	۶/۹	۵۰	۲۶	۲۴
بلداجی	۴۱	۰/۴۷	۰/۴	۱/۴۴	۰/۱۳۴	۳۰۱	۱۵/۱	۷/۳	۳۴	۴۳	۱۳
فرادنبه	۴۰	۰/۴۴	۰/۵	۱/۳۵	۰/۱۳۲	۳۲۰	۱۴/۲	۷/۲	۴۰	۴۲	۱۸

نه تنها مشکل طراحی بوده بلکه بیشتر اشکالات مدیریتی باعث افزایش تفاوت دو راندمان شده است (Keller and Karmeli 1974).

## تعیین معیارهای مقایسه بین روش‌های مختلف

در این تحقیق به منظور ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری موجود در مناطق مورد مطالعه، از مفاهیمی که عمده‌ترین کاربرد را در ارزیابی سامانه‌های آبیاری دارند استفاده شده است. این مفاهیم شامل راندمان واقعی سامانه، حداکثر راندمان سامانه و یکنواختی پخش آب در مزرعه می‌باشد (Qasemzadeh Mojaveri 1990). در بسیاری از تحقیقات قبلی که در خصوص ارزیابی و تعیین راندمان‌های مربوط به سامانه‌های آبیاری تحت فشار در ایران و جهان انجام شده، از

با توجه به محدودیت منابع آب در شهرستان‌های مورد مطالعه، استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار از جمله آبیاری قطره‌ای نواری در مزارع چغندرکاری ضروری به نظر می‌رسد که البته این روش و روش مرسوم (جویچه‌ای) دارای مزایا و معایب خاص خود می‌باشند. اهداف ارزیابی یک سامانه آبیاری را می‌توان در دو مشخصه راندمان واقعی سامانه و حداکثر راندمان سامانه (پتانسیل عملکرد روش آبیاری در شرایط موجود) خلاصه نمود. با استفاده از این دو مشخصه معلوم می‌گردد بعد از طراحی و اجرای پروژه آبیاری در مزرعه حداکثر راندمان آبیاری چه میزان می‌تواند باشد و چه مقدار با واقعیت موجود فاصله دارد. هرچه تفاوت بین راندمان واقعی و حداکثر راندمان سامانه بیشتر باشد این مفهوم را می‌رساند که سامانه موجود نتوانسته به حداکثر راندمان خود برسد و مشکل موجود

کارایی مصرف آب که در رابطه (۱) تعریف شده برای دو شاخص عملکرد قندناخالص و عملکرد قند قابل استحصال در دو روش آبیاری محاسبه گردید.

$$(۱) \quad \text{عملکرد محصول} / \text{حجم آب مصرفی} = \text{کارایی مصرف آب}$$

اندازه‌گیری آب آبیاری در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری به وسیله کنتور حجمی و در آبیاری جویچه‌ای (شیارهای ته بسته در خوراسگان و مبارکه و ته باز در بلداجی و فرادبند) به وسیله WSC فلوم انجام شده و آزمایش شامل مراحل اندازه‌گیری آبدی نوارهای آبیاری در متر طول نوار در مقاطع ربع اول، دوم و سوم طول نوار (۶۰-۷۰ متر)، تعیین عملکرد ریشه از طریق نمونه‌گیری مرکب از مزرعه انتخابی، تعیین صفات کیفی در مزرعه از طریق خمیرگیری از نمونه‌های برداشت شده و یادداشت برداری کلیه مراحل کاشت، داشت و برداشت در دو سامانه آبیاری می‌باشد. در خصوص تعداد اندازه‌گیری آبدی نوارهای آبیاری، با توجه به تعداد این نوارها در مزارع مورد آزمایش و لزوم توزیع یکنواختی نمونه‌های برداشت شده در متر طول نوار، تعداد ۳۰ خط نوار آبیاری به صورت تصادفی انتخاب و دبی خروجی اندازه‌گیری شد.

### نحوه انجام کار

عملیات کاشت به وسیله دستگاه منوژرم کار در سطح ۵/۲ هکتار با دو رقم بذر منوژرم اجرا گردید. بذور در فواصل پنج سانتی‌متر از یکدیگر و در عمق دو تا سه سانتی‌متری به صورت ردیفی با تراکم ۶۵۰۰۰ بوته در هکتار (در مزارع بلداجی و فرادبند) و ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار (در مزارع خوراسگان و مبارکه) کشت شدند. ردیف‌های نوار آبیاری بین دو ردیف کشت قرار داشت. فاصله دو ردیف کشت که از یک لوله آبدی واحد آبیاری می‌شدند ۴۰ سانتی‌متر و فاصله دو ردیف مجاور از یکدیگر ۶۰ سانتی‌متر بود (کشت ۶۰-۴۰). خروجی‌های آب در

این مفاهیم به منظور ارزیابی سامانه آبیاری مورد مطالعه در شرایط معمول بهره‌برداری استفاده شده است. لذا معیارهای مذکور که می‌توانند در برنامه‌های آبی توسعه این سامانه و افزایش کارایی آن نقش تعیین کننده‌ای داشته باشد در این پژوهش انتخاب شده‌اند تا نحوه عملکرد سامانه در شرایط بهره‌برداری مشخص شود. در این راستا با استفاده از مقادیر فرصت نفوذ و با بهره‌گیری از اعداد حاصل از آزمایش نفوذ به طریقه ورودی- خروجی ضرایب معادله نفوذ تجمعی، گروه نفوذ و سپس معادلات نفوذ و پیشروی، تعیین (با استفاده از منحنی‌های گروه نفوذ که توسط سازمان حفاظت خاک امریکا (Soil Conservation Service) ارائه گردیده است) و اعماق نفوذ در شیار در فواصل سه متری محاسبه و به ترتیب نزولی مرتب گردید. با محاسبه نسبت میانگین ربع کمترین عمق نفوذی به میانگین ربع کل اعماق، مشخصه یکنواختی توزیع آب به دست آمد (Willardson and Bishop 1967). اندازه‌گیری‌های هیدرولیکی شامل تعیین دبی قطره چکان‌ها، فشار و یکنواختی پخش آب قطره چکان‌ها انجام شد. روش‌های محاسبه مشخصه‌های فوق به روش SCS بود (Keller and Karmeli 1974). پس از برداشت داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های فوق مشخصه‌های راندمان واقعی مصرف آب در ربع پائین (Application Efficiency of Low Quarter, AELQ) و راندمان پتانسیل مصرف آب (Potential Efficiency Low Quarter, PELQ) و برای ارزیابی یکنواختی پخش آب در مزرعه از مشخصه‌های یکنواختی خروج آب از قطره چکان (Emission Uniformity) در ربع پائین (EUM)، یکنواختی خروج مطلق آب از قطره چکان (EUa)، ضریب یکنواختی کریستیانسن (CUc) و یکنواختی توزیع آب (DU) محاسبه گردید (Keller 1979; Merriam and Keller 1978). مشخصه

عملیات تنک و وجین در مواقع مورد نیاز انجام و سمپاشی بر علیه آفات و بیماری‌ها انجام شد. برداشت محصول در آخر مهرماه صورت گرفته و نه نمونه از مزارع مورد مطالعه به صورت جداگانه برداشت شد. نمونه‌ها برای پلپ‌گیری به آزمایشگاه تکنولوژی قند ارسال گردید.

### نتایج و بحث

پس از انجام آزمایشات صحرائی در مزارع مورد مطالعه با استفاده از مشخصه‌های ارزیابی سامانه شامل کارایی آبیاری و ضرایب یکنواختی پخش آب در مزرعه نسبت به ارزیابی مزارع تحت آبیاری به روش قطره‌ای نواری اقدام شد.

#### شاخص‌های ارزیابی سامانه

در سال اول آزمایش این کارایی برای مزارع بلداجی و خوراسگان اصفهان به ترتیب ۴۹ و ۵۹ درصد به دست آمده است. همچنین این مقادیر در سال دوم در مزارع فرادبند و مبارکه اصفهان به ترتیب ۶۳ و ۷۴/۵ درصد برآورد گردید. از دلایل پایین بودن مقدار AELQ به ویژه در مزارع واقع در استان چهارمحال و بختیاری می‌توان به مشکلات اجرا و نواقص مدیریتی در بهره‌برداری از سامانه اشاره کرد. با توجه به طولانی بودن دور آبیاری (۸-۶ روز) در مزارع مورد مطالعه راندمان پتانسیل مصرف آب در ربع پائین (PELQ) برابر AELQ در نظر گرفته شد.

#### یکنواختی خروج آب

پارامترهای یکنواختی خروج آب از قطره چکان‌ها در ربع پائین (EUm)، یکنواختی خروج مطلق آب از قطره-چکان‌ها (EUa) و ضریب یکنواختی کریستیانسن (CUc) و یکنواختی توزیع آب (Du) تعیین گردید. جدول ۲ تا ۵ مقادیر ضرایب فوق را ارائه می‌دهد.

فواصل ۳۰ سانتی‌متری تعبیه و فشار کارکرد سامانه در محدوده ۰/۵ تا ۰/۸ اتمسفر نوسان داشت. طول نوارها ۶۰ متر بود. عملیات سم‌پاشی بر علیه آفات از قبیل کاردرنیا، سرخ‌طوم کوتاه و زنجبرک ناقل کرلی‌تاپ و شته برگ‌گی در طول فصل زراعی انجام شد. همچنین بیماری‌های کرلی‌تاپ، سفیدک سطحی و پوسیدگی ریشه مشاهده شد که بر علیه آن‌ها با سم‌کالاکسین و اکاتین به میزان یک لیتر در هکتار مبارزه شد. بر اساس آزمایش خاک همراه باشخم میزان دویست کیلوگرم در هکتار کود کامل (NPK) به زمین داده شد. از آن‌جا که با استفاده از روش آبیاری قطره‌ای نواری، کودپاشی در روی سطح خاک منجر به انتقال کود با آب آبیاری به ناحیه ریشه نخواهد شد بنابراین مقدار ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در هر دو محل از طریق تانک کود نیز به خاک اضافه شد. کلیه عملیات فوق در مزرعه آبیاری جویچه‌ای (شاهد) در نزدیکی مزرعه مجهز به آبیاری قطره‌ای نواری انجام شد. در دونوبت از کودهای مایع رشد و زربار به میزان پنج لیتر در هکتار به صورت محلول پاشی استفاده شد. برداشت محصول و نمونه‌گیری در آذرماه هر سال انجام شد. تعداد نه نمونه از مزارع آبیاری قطره‌ای نواری و شاهد به صورت جداگانه در سطح هر نمونه چهار متر مربع برداشت و توزیع گردید. سپس نمونه‌ها برای پلپ‌گیری به آزمایشگاه تکنولوژی قند ارسال شد. مزرعه بلداجی با مساحت حدود نه هکتار (۴ هکتار آبیاری قطره‌ای نواری و ۵ هکتار آبیاری جویچه‌ای)، فرادبند با مساحت حدود ۱۰/۵ هکتار (۴ هکتار آبیاری قطره‌ای نواری و ۶/۵ هکتار آبیاری جویچه‌ای)، خوراسگان با مساحت حدود ۵ هکتار (۳ هکتار آبیاری قطره‌ای نواری و ۲ هکتار آبیاری جویچه‌ای) و مبارکه با مساحت حدود ۳۰ هکتار (۲۵ هکتار آبیاری قطره‌ای نواری و ۵ هکتار آبیاری جویچه‌ای) به طور همزمان مورد ارزیابی قرار گرفت. رقم مورد استفاده در این مزارع رقم یونیورس بود که با تراکم صد هزار بوته در هکتار کشت گردید.

**جدول ۲** یکنواختی خروج آب در ربع پائین، یکنواختی خروج مطلق آب، ضریب یکنواختی کریستیانسن و یکنواختی در ربع پائین بر حسب درصد (سال اول)

DU (%)	CUc (%)	EUa (%)	EUm (%)	پارامتر مزرعه
۷۵	۸۲	۶۹	۷۰	
۷۷/۴	۸۳/۷	۷۸/۴	۷۸	بلداجی
۶۰	۷۱	۶۱/۵	۵۹	(چهار محال وبختیاری)
۵۶/۹	۶۹	۶۳/۶	۶۰	
۶۷/۳	۷۶/۴	۶۸/۱	۶۶/۷	متوسط

**جدول ۳** یکنواختی خروج آب در ربع پائین، یکنواختی خروج مطلق آب، ضریب یکنواختی کریستیانسن و یکنواختی توزیع در ربع پائین بر حسب درصد (سال دوم)

DU (%)	CUc (%)	EUa (%)	EUm (%)	پارامتر مزرعه
۸۸/۸	۹۲	۸۵	۸۲	
۷۸	۸۴/۲	۷۶/۲	۷۴	فردنبه
۶۸	۷۷	۷۴	۷۲	(چهار محال وبختیاری)
۷۶/۴	۸۳	۷۹	۷۶	
۷۸	۸۴	۷۲/۵	۷۶	متوسط

**جدول ۴** یکنواختی خروج آب در ربع پائین، یکنواختی خروج مطلق آب، ضریب یکنواختی کریستیانسن و یکنواختی توزیع در ربع پائین بر حسب درصد (سال اول)

DU (%)	CUc (%)	EUa (%)	EUm (%)	پارامتر مزرعه
۷۲/۲	۸۰	۷۳	۷۰	
۸۶/۱	۹۰	۸۷	۷۹	
۸۰/۵	۸۹	۸۴	۸۲	خوراسگان اصفهان
۶۳/۹	۷۴	۶۹	۶۴	
۷۵/۷	۸۲/۵	۷۶	۷۳/۷	متوسط

**جدول ۵** یکنواختی خروج آب در ربع پائین، یکنواختی خروج مطلق آب، ضریب یکنواختی کریستیانسن و یکنواختی توزیع در ربع پائین بر حسب درصد (سال دوم)

DU (%)	CUc (%)	EUa (%)	EUm (%)	پارامتر مزرعه
۷۹/۱	۸۵	۸۰	۷۹	
۸۹/۶	۹۲/۵	۷۷	۸۰	مبارکه
۸۶/۱	۹۰	۸۱	۸۲/۵	(اصفهان)
۷۷/۹	۸۴/۱	۷۶/۹	۷۴	
۸۳/۲	۸۵/۴	۷۹	۷۸/۹	متوسط



پژوهش انجام شده در شهرستان اراک نیز اشاره شده است (Baradaran Hezaveh et al. 2006). علی‌رغم مشخصات فنی این قطره‌چکان‌ها در کاتالوگ‌های کارخانجات سازنده دبی اکثر قطره‌چکان‌ها با خروجی چهار لیتر در ساعت از هر متر لوله تفاوت داشت. لازم به ذکر است در دو بار اندازه‌گیری به عمل آمده در طول فصل کاشت، میزان دبی هر متر نوار از ۲/۹ تا ۵/۴ لیتر تغییر می‌کرد (CV میانگین ۳۰٪). این واقعیت با نتایج اخذ شده توسط حسین‌آبادی و قاسمی (Hossain Abadi and Ghaemi 2002) در تناقض کامل بود. اندازه‌گیری‌ها نشان داد قطره‌چکان‌های نزدیکتر به لوله‌های نیمه‌اصلی دارای دبی بیشتری نسبت به قطره‌چکان‌های میانی می‌باشند.

باتوجه به مسائل اقتصادی، در مزارع مورد مطالعه برای هر دو ردیف کشت در مراحل اولیه رشد از یک نوار آبیاری مشترک استفاده می‌شد که این موضوع مشکلات عدیده‌ای را در مرحله جوانه‌زنی بذور ایجاد کرد. به منظور تأمین رطوبت بذور در این مرحله نوارها مکرراً توسط کارگران جابجا می‌شد که همین روش باعث مستهلک شدن زود هنگام نوارها گردید. این مسئله از سوی دیگر منجر به جوانه‌زنی غیریکنواخت در سطح مزرعه شده و تغییرات زیادی در تراکم بوته ایجاد نمود. به عنوان مثال توزیع غیریکنواخت آب در مزارع در مزارع بلداجی و فرادنبه باعث بروز موارد اختلاف در میزان رشد ریشه‌ها و تفاوت در عملکرد ریشه گردید به طوری که در آزمایشات این پارامتر بین ۲/۵-۵ کیلوگرم در مترمربع متغیر بود. خاطر نشان

با توجه به نتایج اخذ شده در منطقه بلداجی میانگین یکنواختی خروج آب از قطره‌چکان‌ها در ربع پائین ۶۷/۳ به دست آمده است. یکنواختی خروج مطلق آب از قطره‌چکان‌ها ۶۸/۱ بوده و کمتر از ضریب یکنواختی کریسیتانسن است. این مقادیر در مزرعه آزمایشی فرادنبه ۷۸ و ۷۲/۵ درصد به دست آمد. ضریب یکنواختی کریسیتانسن و یکنواختی خروج آب در ربع پائین در دو منطقه بلداجی و فرادنبه به ترتیب ۷۶/۴، ۸۴، ۶۶/۷ و ۷۶ درصد محاسبه گردید (جدول ۲ و ۳). تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده در مزرعه مبارکه طبق جدول ۴ و ۵ از مزرعه آزمایشی خوراسگان بالاتر می‌باشد. یکنواختی خروج آب در این مزرعه بین ۷۰ و ۹۰ درصد قرار گرفته و قابل قبول است و هم‌چنین ضریب CUC در رده خوب واقع شده است ( $CUC > 85$ ). طبق تعاریف SCS در صورتی که یکنواختی خروج آب از قطره‌چکان‌ها در کل سامانه از ۷۰ درصد کمتر باشد عملکرد ضعیف توصیف می‌گردد (1990 Qasemzadeh Mojaveri). ضریب Du نیز بالاتر از ۶۷ درصد می‌باشد که قابل قبول است. با توجه به ضریب یکنواختی ربع پائین (EUm) در مزارع آزمایشی، این ضریب در مزرعه بلداجی کمتر از ۷۰ درصد می‌باشد (عملکرد ضعیف). در دیگر مزارع این ضریب بین ۷۰ و ۹۰ درصد نوسان دارد و بایستی طراحی شبکه کنترل شده و سامانه به صورت مرتب تمیز گردد. در این مزارع گرفتگی قطره‌چکان‌ها و بالا بودن ضریب تغییرات ساخت آن‌ها منجر به توزیع غیریکنواخت آب در سطح مزرعه در قطعات مختلف می‌گردید. به این مشکل در

دوم آزمایش اختلاف معنی‌دار بین دو روش آبیاری وجود نداشت. این نتایج با مطالعات انجام شده توسط ایکخوف و برگمن (Eckhoff and Bergman 2001) همخوانی نشان نمی‌دهد. البته نتایج تحقیقات هانن و کافکا (Hanon and Kaffka 2004) و کریمزاده مقدم (Karimzadeh Moghaddam 2002) در خصوص عدم تأثیر معنی‌دار سامانه تحت فشار بر افزایش عملکرد کمی و کیفی چغندر قند موید نتایج این تحقیق است. باتوجه به نتایج مندرج در جدول ۸ مشاهده می‌گردد که کارایی مصرف آب در عملکرد قندناخالص (WUEsy) و عملکرد قندخالص (WUEwsy) در اراضی تحت آبیاری روش قطره‌ای نواری در مزرعه فرادنبه حداکثر و در اراضی تحت آبیاری روش جویچه‌ای در مزرعه خوراسگان حداقل می‌باشد. از نظر دو مشخصه کارایی مصرف آب در عملکرد قندناخالص و عملکرد قند قابل استحصال بین دو روش آبیاری مورد مطالعه در هر دو سال در کلیه مزارع بجز مزرعه بلداجی در سال اول تفاوت معنی‌دار به دست آمد. نتایج به دست آمده از این تحقیق مشابه نتایج کریمزاده مقدم (2002) و حسین آبادی و قائمی (2004) می‌باشد. این جدول تأثیر روش‌های آبیاری بر کارایی مصرف آب در عملکرد قندناخالص و قابل استحصال را نیز نشان می‌دهد.

می‌سازد اختلاف در حجم آب آبیاری در روش آبیاری جویچه‌ای در دو استان مربوط به تفاوت اقلیمی این دو استان و به تبع آن بالاتر بودن نیاز آبی این گیاه در استان اصفهان می‌باشد.

### نتایج کارایی مصرف آب

کمترین حجم آب آبیاری در روش قطره‌ای نواری مربوط به مزرعه بلداجی (سال اول) و بیشترین آب آبیاری در روش آبیاری جویچه‌ای در اراضی مزرعه مبارکه اصفهان (سال دوم) می‌باشد (اشکال ۱ و ۲). حجم کل آب آبیاری در مزارع خوراسگان و مبارکه در روش‌های آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری به ترتیب ۱۱۷۰۰ و ۷۱۰۰ و در مزارع بلداجی و فرادنبه ۹۲۵۰ و ۶۳۰۰ مترمکعب در هکتار به دست آمد.

این نتایج با مطالعات انجام شده قبلی (Karimzadeh Moghaddam 2002) مطابقت دارد. نتایج ارائه شده در جدول ۶ بیان‌گر این واقعیت است که نه تنها شاخص‌های عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند سفید در روش آبیاری جویچه‌ای واقع در مزرعه بلداجی در سال اول بالاتر بوده بلکه تفاوت موجود معنی‌دار گردید. از نظر بقیه شاخص‌ها در این مزرعه تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. براساس نتایج مندرج در جدول ۷ برای هیچ‌کدام از شاخص‌های مورد ارزیابی در سال



شکل ۱ مقدار آب آبیاری در دو روش قطره‌ای نواری (تیپ) و جویچه‌ای در سال اول



شکل ۲ حجم آب آبیاری در دو روش قطره‌ای نواری (تیپ) و جویچه‌ای در سال دوم

برخی صفات زراعی و کیفیت محصول چغندر قند در دو تیمار آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری در دو منطقه بلداجی و خوراسگان (سال اول)

حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	قند ناخالص (درصد)	عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)	سدیم (میلی‌اکی‌والان گرم در یکصد گرم شربت)	پتاسیم (میلی‌اکی‌والان گرم در یکصد گرم شربت)	ازت مضر	قند سفید (درصد)	عملکرد قند سفید (تن در هکتار)	خلوص شربت (درصد)
۶۲۲۳	۳۷/۹۱	۱۷/۵۳	۴/۸۹	۱/۰۲	۵/۳۹	۲/۰۶	۱۴/۸۵	۴/۱۳	۸۴/۶۴
۹۰۰۲	۳۹/۶۶	۱۷/۱۲	۶/۷۷	۱/۵۶	۵/۴۹	۲/۳۹	۱۴/۱۹	۵/۶۱	۸۲/۷۹
-	*	N.S	*	N.S	N.S	N.S	N.S	*	N.S
۷۰۰۰	۳۵/۹۵	۱۵/۶۲	۵/۶۱	۱/۳۵	۶/۸۷	۴/۱۲	۱۳/۰۳	۴/۶۸	۸۷/۳۲
۱۱۵۵۰	۳۷/۲۱	۱۵/۵۲	۵/۷۷	۱/۶۱	۷/۰۹	۳/۹۱	۱۱/۶۶	۴/۳۴	۷۴/۷۰
-	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

حتمال پنج درصد

میانگین صفات زراعی و کیفیت محصول چغندر قند در دو تیمار آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری در دو منطقه فرادنبه و مبارکه (سال دوم)

حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	قند ناخالص (درصد)	عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)	سدیم (میلی‌اکی‌والان گرم در یکصد گرم شربت)	پتاسیم (میلی‌اکی‌والان گرم در یکصد گرم شربت)	ازت مضر	قند سفید (درصد)	عملکرد قند سفید (تن در هکتار)	خلوص شربت (درصد)
۶۴۰۰	۳۸/۲۱	۱۷/۶۵	۶/۷۴	۱/۰۶	۵/۶۵	۲/۱۵	۱۴/۷۲	۵/۶۲	۸۶/۵۲
۹۲۰۰	۳۹/۷۸	۱۷/۲۱	۶/۸۵	۱/۴۲	۵/۴۷	۲/۴۱	۱۴/۱۱	۵/۶۱	۸۳/۲۱
-	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
۷۱۰۰	۳۸/۳۳	۱۸/۷۹	۷/۲۰	-/۹۵	۷/۲۶	۵/۰۶	۱۵/۲۳	۵/۸۳	۷۷/۰۶
۱۲۰۰۰	۳۹/۲۱	۱۸/۶۰	۷/۲۹	۱/۱۳	۷/۱۶	۶/۴۱	۱۵/۴۲	۶/۰۴	۷۸/۹۱
-	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

حتمال پنج درصد

جدول ۸ تأثیر روش آبیاری بر کارایی مصرف آب در عملکرد قند ناخالص و قند قابل استحصال (کیلوگرم بر مترمکعب)

میانگین	اصفهان، خوراسگان			فرادنبه			اصفهان، مبارکه		
	سال اول			سال دوم			سال دوم		
	WUEwsy	WUEsy	WUEwsy	WUEwsy	WUEsy	WUEwsy	WUEwsy	WUEsy	WUEwsy
	۰/۶۵	۰/۹۱	۰/۶۱	۱/۰۱	۰/۷۴	۱/۰۵	۱/۵۰	۰/۸۰	۰/۷۵
	۰/۵۳	۰/۷۸	۱/۵۰	۰/۸۲	۰/۶۱	۰/۸۸	۰/۳۷	۰/۶۷	۰/۶۲
	-	-	*	*	*	*	*	*	N.S

کارایی مصرف آب در عملکرد قند ناخالص (WUEsy (sugar yield) کارایی مصرف آب در عملکرد قند قابل استحصال (WUEwsy (white sugar yield)

درصد

**نتیجه گیری**

سامانه آبیاری قطره‌ای نواری تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول چغندر قند ندارد ولی کارایی مصرف آب (WUE) را به‌طور معنی‌دار افزایش می‌دهد. کمترین حجم آب مصرفی در روش قطره‌ای نواری مربوط به مزرعه بلداجی (سال اول) و بیشترین آب مصرف شده در روش آبیاری جویچه‌ای در اراضی مزرعه مبارکه اصفهان (سال دوم) می‌باشد. کارایی مصرف آب در عملکرد قند ناخالص ( $WUE_{sy}$ ) و عملکرد قند خالص ( $WUE_{wsy}$ ) در اراضی تحت آبیاری روش قطره‌ای نواری در مزرعه فرادنبه در استان چهارمحال و بختیاری حداکثر و در اراضی تحت آبیاری روش جویچه‌ای در مزرعه خوراسگان در استان اصفهان حداقل می‌باشد.

میانگین مقادیر AELQ در مزارع بلداجی و فرادنبه بترتیب ۴۹ و ۶۳ و در مزارع خوراسگان و مبارکه ۵۹ و ۷۴/۵ به‌دست آمد. هم‌چنین متوسط مقادیر  $DU$ ,  $EUm$ ,  $EUa$  در مزارع واقع در استان چهارمحال و بختیاری به ترتیب ۸۰، ۷۰، ۷۱/۴ و ۷۲/۵ و در مزارع واقع در استان اصفهان ۸۴، ۷۲/۵، ۷۶/۴ و ۷۹/۵ برآورد گردید. پایین بودن مشخصه‌های مورد ارزیابی در مزارع واقع در استان چهارمحال و بختیاری نشان‌گر این واقعیت است که پیاده‌سازی این سامانه‌ها در فاز اجرایی و هم‌چنین بهره‌برداری زارعین از سامانه از دقت کافی برخوردار نبوده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که

**References:****منابع مورد استفاده:**

- Anonymous. Technical and economic evaluation of drip irrigation on sugar beet. Final report research. Abfeshan-e-jonub industrial engineering .Tehran. 2001. P. 30. (In persian)
- Baradaran Hezaveh F, Behzad M, Borumandnasab S, Mohseni Movahed A. Technical assessment of irrigation systems implemented in Arak. National Conference on Management of irrigation and drainage networks. Shahid Chamran University. 2006. pp. 4. (in persian)
- Eckhoff JLA, Bergman JW. Sugar beet production under sprinkler and flood irrigation. Proceeding of the 31st Biennial meeting of the American Society of Sugar Beet Technology. Vancouver-BC. 2001.p:239-241. (In persian)
- Ghadami firuzabadi A. Management of irrigation systems (Qahavand Hamadan plain). The Second National Conference on Watershed Management and Soil and Water Source. Kerman.2005. (in persian)
- Ghamarnia H, Arji I, Sepehri S, Norozpour S, Khodaei E. Evaluation and Comparison of Drip and Conventional Irrigation Methods on Sugar Beets in a Semiarid Region. J. Irrig. Drain Eng., 2012. 138(1): 90-97. (In persian)
- Hanon B, Kaffka S. The use of drip irrigation for sugarbeet production. (on-line) <http://www.use of drip irrigation.com>. 2004.
- Hossain Abadi ZM, Ghaemi AA. Comparison of Coefficient Uniformity (CU) and yield of sugar beet in tape and furrow irrigation. Proceedings of the Second National Student Conference on Water and Soil source. Shiraz University. 2004. P. 193. (in persian)

- Karimzadeh Moghaddam M. Effect of irrigation systems on the quality and quantity of sugar beet yield and water use efficiency. (Ms thesis). Ferdowsi University of Mashhad. 2002. P. 15. (In persian)
- Keller J. SCS National engineering handbook. Section 15. Chapter 7. 1979.
- Keller J, Karmeli D. Trickle irrigation design parameters. Transactions of the ASAE, 1974. P: 678-784.
- Merriam J, Keller J. Farm irrigation system evaluation: A guide for management. Logan, Utah: Agricultural and irrigation engineering department, Utah Stat University. 1978.
- Qasemzadeh Mojaveri F. Evaluation of irrigation systems in fieldes. Astan Qudse Razavi Publishing. 1990. pp. 329. (in persian)
- Rinaldi M, Vittorio Vonella A. The response of autumn and spring sown sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to irrigation in Southern Italy: Water and radiation use efficiency. Field Crops Research. 2006. p: 103–114.
- Sadreghaen SH, Baghani J, Nakhjavani-moghaddam M. Summarizing the results of research conducted on the use of type irrigation system in sugar beet. Third national Seminar on sustainable development of pressurized irrigation methods. Karaj. 2009. p:173-181 (In persian)
- Sadreghaen SH, Akbari M. Effect of planting methods and irrigation scheduling on type irrigation management operation in row crops. Fourth national seminar on sustainable development of pressurized irrigation methods. Research Institute of Agricultural Engineering. 2013. (In persian)
- Sakellariou-Makrantonaki M, Kalfountzos D, Vyrlas P. Water saving and yield incerase of sugar beet with subsurface drip irrigation. Global Nest: the Int. J. 2003. p: 85-91.
- Salemi HR, Amin MS M, Lee TS, Yusoff M K. Impact of water resources availability on agricultural sustainability in the Gavkhuni River Basin, Iran. Pertanika J. Sci. & Technol. 2011. p: 213-227.
- Tognettia R, Palladinoa M, Minnocib A, Delfinea S, Alvinoa A. The response of sugar beet to drip and low-pressure sprinkler irrigation in southern Italy. Agricultural Water Management 2003. p: 135–155.
- Topak R, Süheri S, Acar B. Comparison of energy of irrigation regimes in sugar beet production in a semi-arid region. Energy, 2010. p: 5464-5471.
- Topak R, Süheri S, Acar B. Effect of different drip irrigation regimes on sugarbeet (*Beta vulgaris* L.) yield, quality and water use efficiency in Middle Anatolian, Turkey. Irrig. Sci. 2011.p: 79–89.
- Willardson L, Bishop A. Anlysis of surface irrigation application efficiency. Journal of the Irigation and drainage division, proceeding of the American Society of Civil Engineers. 1967. P: 22-36.