

## Impact of Changing Irrigation Method and Planting Spacing on Water Productivity, Yield and Application Efficiency of Sugar Beet in Miandoab Plain

HOSSEIN DEGHANISANIJ<sup>1\*</sup>, MILAD EBRAHIMI<sup>2</sup>, VAHID REZAVERDINEJAD<sup>2</sup>, AFROOZ TAGHIZADEHGHASAB<sup>3</sup>

1. Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

2. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

3. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Hamedan University, Hamedan, Iran.

(Received: Apr. 20, 2020- Revised: May. 15, 2020- Accepted: June. 6, 2020)

### ABSTRACT

Sugar beet is one of the main products with high water requirement in Urmia Lake basin. Planting spacing and irrigation method of sugar beet has an important impact on increasing irrigation efficiency, crop yield and physical water productivity of this crop. In order to investigate the effect of planting spacing on irrigation efficiency, physical water productivity and crop yield, a field study was conducted on two pilot farms (A and B) in Miandoab irrigation network under farmer's management during 2017. In this study a part of each farm was considered as control (common planting spacing and border irrigation) and the other part was considered as treatment (change the planting spacing and surface irrigation method from border to furrow irrigation). The control part of the farm included a low height groove inside the border and at 50 cm intervals (IA-C and IB-C) and the treatment part of each farm included two-row crop planting of sugar beet (so-called 40×60 cm: IIA-T and IIB-T) and furrow irrigation. According to the results, the maximum water application efficiency was obtained about 77.2% in IIA-T and the lowest efficiency was obtained about 10.2% in IB-C. The average irrigation efficiency (in 12 irrigation) in IIA-T and IIB-T were 54.5% and 51.1%, respectively and in IA-C and IB-C were 38.7% and 39.3%, respectively. Based on the results, by changing the planting pattern from common spacing to two-row (40×60) and irrigation method from border to furrow, the average water consumption reduced about 29.7% and the average yield increase from 64.3 to 74 ton/ha (increase by 15.2%). Also, the average physical productivity of sugar beet increased from 3.75 to 6.47 kg/m<sup>3</sup> (increase of 2.71 kg/m<sup>3</sup>).

**Keywords:** Application Efficiency, Furrow Irrigation, Modified Irrigation, Physical Productivity.

## اثربخشی تغییر روش آبیاری و آرایش کاشت چغندر قند بر بهره‌وری آب، عملکرد و راندمان کاربرد آب در دشت میان‌دوآب

حسین دهقانی سانجج<sup>۱\*</sup>، میلاد ابراهیمی<sup>۲</sup>، وحید رضاوودی نژاد<sup>۳</sup>، افروز تقی‌زاده قصاب<sup>۳</sup>

۱. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

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

۳. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه همدان، همدان، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۱ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۲/۲۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۳/۱۷)

### چکیده

چغندر قند از محصولات اصلی و با نیاز آبی بالا در حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد. آرایش کاشت و روش آبیاری چغندر قند تأثیر به‌سزایی در افزایش راندمان کاربرد آب، عملکرد و بهره‌وری فیزیکی آب این محصول دارد. برای بررسی تأثیر روش آبیاری و آرایش کاشت در این سه شاخص، یک مطالعه میدانی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در دو مزرعه پایلوت (مزارع A و B) در شبکه آبیاری و زهکشی میان‌دوآب و تحت مدیریت زارعین، انجام گردید. در این مطالعه بخشی از هر مزرعه به‌عنوان شاهد (آرایش کاشت مرسوم و آبیاری نواری) و بخشی دیگر به‌عنوان تیمار (تغییر آرایش کاشت و تغییر روش آبیاری سطحی از نواری به جویچه‌ای) در نظر گرفته شد. قسمت شاهد هر مزرعه به‌صورت شیپارهایی کم‌ارتفاع در داخل نوار و با فواصل ۵۰ سانتی‌متر (IA-C و IB-C) و قسمت تیمار هر مزرعه به‌صورت آرایش کشت دو ردیفه (اصطلاحاً آرایش ۴۰×۶۰ سانتی‌متر: IIA-T و IIB-T) و روش آبیاری جویچه‌ای بود. مطابق نتایج، بیش‌ترین راندمان کاربرد آب در قسمت IIA-T با ۷۷/۲ درصد و کمترین راندمان کاربرد آب در IB-C با ۱۰/۲ درصد به دست آمد. متوسط راندمان کاربرد آب (طی ۱۲ آبیاری) در بخش‌های IIA-T و IIB-T به‌ترتیب ۵۴/۵ و ۵۱/۱ درصد و در بخش‌های IA-C و IB-C به‌ترتیب برابر ۳۸/۷ و ۳۹/۳ درصد به دست آمد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، با تغییر الگوی کاشت از روش مرسوم منطقه به آرایش کاشت دو ردیفه ۴۰×۶۰ و تغییر روش آبیاری، مقدار آب آبیاری به‌طور متوسط ۲۹/۷ درصد کاهش و متوسط عملکرد چغندر قند در دو مزرعه از ۶۴/۳ به ۷۴ تن در هکتار افزایش یافت (افزایش ۱۵/۲ درصد). بهره‌وری فیزیکی آب چغندر قند نیز از مقدار متوسط ۳/۷۵ به ۶/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافت (افزایش ۲/۷۱ کیلوگرم بر مترمکعب).

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری جویچه‌ای، بهره‌وری فیزیکی، بازده کاربرد، بهبود آبیاری.

### مقدمه

راندمان و بهره‌وری فیزیکی آن حائز اهمیت خواهد بود. در این راستا مدیریت زراعی صحیح و به‌کارگیری روش‌های مناسب آبیاری تأثیر به‌سزایی در استفاده بهینه از آب دارد (Torabi and Ghadami Firoozabadi and Mirzai, 2006). عوامل متعددی می‌تواند بر افزایش عملکرد چغندر قند مؤثر باشد که از جمله این عوامل می‌توان به آرایش کاشت و مدیریت و برنامه‌ریزی روش آبیاری اشاره نمود (Taleghani et al., 2011). میزان عملکرد چغندر قند را برای منطقه مغان اردبیل ۴۹/۸ تن در هکتار برآورد کردند. همچنین متوسط بهره‌وری فیزیکی آب چغندر قند تحت کشت استان خراسان رضوی طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۷ حدود ۱/۶۸ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد. روش‌های آبیاری سطحی از جمله شیوه‌هایی است که با وجود

چغندر قند از جمله گیاهان زراعی متحمل به کم‌آبی و شوری است که دارای دوره رشد نسبتاً طولانی و نیاز آبی نسبتاً بالا می‌باشد. (Saadati et al. and Allen et al., 1998), Scott and Jaggard, (1993) (2017). *al.* میزان نیاز آبی این محصول برای شرایط آب و هوایی مختلف بین ۳۵۰ تا ۱۱۵۰ میلی‌متر گزارش نمودند. نیاز آبی این محصول در بخش‌های مختلف ایران از جمله کرمانشاه ۱۸۵۵ میلی‌متر (Vaziri, 1991)، در کرج حدود ۱۳۵۰ میلی‌متر (Taleghani et al., 1999)، در مشهد بین ۱۰۹۲ تا ۱۳۸۴ میلی‌متر (Shahabifar and Rahimian, 2007) و در دشت قزوین حدود ۷۸۱ میلی‌متر (Zare et al., 2020) گزارش شده است. چغندر قند یکی از مهم‌ترین منابع تولیدکننده قند به‌شمار می‌رود؛ بنابراین توسعه سطح کشت این محصول و افزایش عملکرد،

در حالی که در کاشت رایج منطقه (آرایش کاشت با فواصل ۶۰ سانتی‌متر و آبیاری کامل شیارها) عملکرد ۶۸/۸ تن در هکتار و مقدار آب مصرفی ۱۳۷۱۵ مترمکعب بر هکتار بود. بدین ترتیب در آرایش کاشت پیشنهادی، کارایی مصرف آب ۴۸ درصد افزایش یافت. تحقیقات Torabi and Jahad Akbar (2005) نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار آب مصرفی به‌میزان ۲۲۶۹۳ و ۱۵۳۰۰ مترمکعب در هکتار به‌ترتیب از تیمار کاشت یک ردیفه با فاصله خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر و تیمار کاشت دو ردیفه ۶۰×۴۰ سانتی‌متر (فاصله خطوط کاشت در طرفین جویچه ۶۰ سانتی‌متر و فاصله خطوط کاشت روی پشته ۴۰ سانتی‌متر) بوده است. بر اساس اطلاعات اخذ شده از جهاد کشاورزی آذربایجان غربی، روش غالب آبیاری چغندر قند در میاندوآب به‌صورت نواری بوده و مقدار متوسط آب مصرفی آن تا سال ۱۳۹۴، حدود ۱۷۱۱ میلی‌متر می‌باشد. گزارشات جهاد کشاورزی، نتایج پروژه کشاورزی پایدار طی سال‌های ۹۳ تا ۹۵ و تحقیقات قبلی نشان داد تغییر آرایش کشت چغندر قند و روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای با کاهش آب مصرفی موجب افزایش پارامترهای راندمان و بهره‌وری آب گردیده است. در مقابل روش آبیاری نواری به‌دلیل غرقاب نمودن مزرعه موجب افزایش مقدار آب مصرفی و به تبع آن ایجاد مشکلاتی نظیر تشدید بیماری پوسیدگی ریشه، افزایش علف‌های هرز، افزایش استفاده از سموم و علف‌کش‌ها، شستشوی کودها و مواد مغذی خاک و در نتیجه استفاده بی‌رویه کشاورزان از کودهای شیمیایی شده است؛ بنابراین بهره‌گیری از مدیریت صحیح در بخش کشاورزی با انتخاب روش آبیاری مناسب و اصلاح الگوی کشت متناسب با اقلیم منطقه می‌تواند نقش مهمی در افزایش عملکرد و بهره‌وری آب داشته باشد. معمولاً تحقیقات محققین در مقیاس کوچک و کنترل‌شده انجام می‌گردد و لازم است که نتایج حاصل از تحقیقات، به شرایط واقعی و تحت مدیریت کشاورزان انتقال یابد تا این‌که اثربخشی به‌کارگیری این روش‌ها در مقیاس منطقه‌ای قابل ملاحظه باشد. در واقع برای این‌که نتایج حاصل از مراکز تحقیقاتی در راستای بهبود راندمان و بهره‌وری آب، به‌صورت ترویجی ارائه گردد، نیاز به ارزیابی میدانی تحت مدیریت زارعین دارد. در این راستا تعیین میزان اثربخشی مدیریت‌های مختلف آبیاری و زراعی تحت مدیریت کشاورزان محلی مورد بررسی قرار گرفت. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر تغییر آرایش کشت و روش آبیاری بر میزان آب کاربردی، راندمان کاربرد آب، عملکرد چغندر قند و بهره‌وری فیزیکی آب در شرایط مدیریت کشاورزان حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد. همچنین تکنیک‌های دیگری نظیر تسطیح مزارع، بذرمال کردن بذور چغندر قند با استفاده از کود آلی آگروهومیک، برگرداندن بقایای

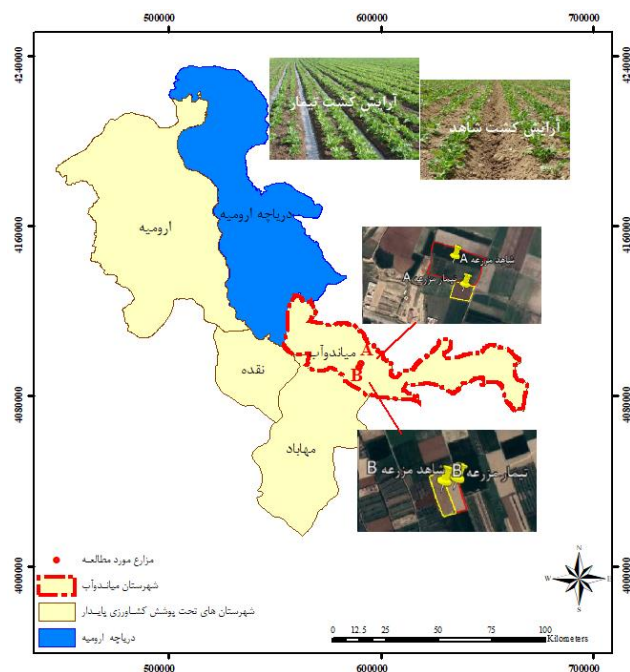
توسعه آبیاری تحت فشار، هنوز به‌عنوان رایج‌ترین شیوه آبیاری در کشور به‌شمار می‌رود. حدود ۸۰ درصد از اراضی آبی کشور به روش سطحی آبیاری می‌شوند (Tafteh et al., 2018). مشکل اصلی روش‌های آبیاری سطحی پایین بودن راندمان کاربرد آب است که به‌طور عمده از ضعف مدیریت، طراحی نامناسب و چگونگی بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری ناشی می‌شود (Rezaverdinezhad et al., 2015). بنابراین، با توجه به هزینه‌بر بودن سامانه‌های آبیاری تحت فشار، بهبود و اصلاح روش‌های آبیاری سطحی امری اجتناب‌ناپذیر است. از سوی دیگر، با توجه به محدود بودن منابع آب و خاک ایران، افزایش بهره‌وری فیزیکی و راندمان آبیاری جهت پایداری سیستم‌های آبیاری سطحی الزامی است (Kanooni, 2007; Taghizadeh et al., 2013). پژوهش‌های بسیاری در ایران و سایر کشورهای جهان به‌منظور بررسی عوامل مؤثر بر افزایش عملکرد و بهره‌وری آب گیاه چغندر قند انجام شده است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به پژوهش Vazifedoust et al. (2008) بر روی بررسی بهره‌وری آب در مقیاس مزرعه در منطقه برخوردار اصفهان اشاره نمود که نشان دادند متوسط بهره‌وری فیزیکی آب برای چغندر قند ۱/۴۱ کیلو-گرم بر مترمکعب بوده است. Hamdi Ahmadabad et al. (2016) عملکرد روش آبیاری جویچه‌ای را در مزارع ذرت کشت و صنعت و دامپروری دامغان تحت مدیریت زارعان مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد بین مقادیر بازده کاربرد آب و بازده پتانسیل چارک پایین (PELQ) اختلاف قابل توجهی وجود داشته و دلیل آن ضعف مدیریتی سیستم آبیاری سطحی توسط زارعین گزارش شد؛ بنابراین این محققان اقداماتی از قبیل تغییر طول جویچه‌ها براساس اصول عملی، آموزش زارعان و آبیاریها، کاهش زمان آبیاری و استفاده از سیفون جهت جلوگیری از نوسانات دبی ورودی را پیشنهاد نمودند. Stone et al. (1979) تأثیر صرفه‌جویی در آب مصرفی برای گیاهان ردیفی را با استفاده از پشته‌های پهن (دو ردیف کاشت بر روی یک پشته) در امریکا مطالعه کردند. نتایج نشان داد مقدار آب مصرفی از ۸۱۰ میلی‌متر در تیمار آبیاری نواری (پشته‌های باریک با یک ردیف کاشت) به ۴۶۰ میلی‌متر در تیمار پشته‌های پهن، کاهش یافت (کاهش حدوداً ۴۳ درصد آب مصرفی). تحقیقات Noorjo et al. (2004) در خصوص تأثیر آرایش کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند، نشان داد که در روش یک‌درمیان با فواصل شیارهای ۵۰ سانتی‌متر، می‌توان به بیش‌ترین کارایی مصرف آب دست یافت؛ لیکن به‌علت مشکلات اجرا و اعمال روش آبیاری یک‌درمیان، آرایش کاشت ۵۰×۴۰ را توصیه نمودند. براساس این تحقیق، عملکرد ریشه ۷۱/۷ تن در هکتار و مقدار مصرف آب ۱۰۵۹۹ مترمکعب در هکتار بود.

۱۳/۱ درصد از محصولات زراعی آبی استان را تشکیل می‌دهد. چغندرقد یکی از محصولات صنعتی و استراتژیک استان بوده و علی‌رغم مصرف بالای آب همواره مورد استقبال زارعین بوده است. از سوی دیگر روش آبیاری غالب منطقه نواری بوده که مصرف آب بالایی دارد؛ بنابراین اعمال تغییراتی در روش آبیاری و آرایش کشت مرسوم منطقه خواهد توانست کاهش قابل توجهی در مصارف آب این محصول به همراه داشته باشد. با اتکا به موارد مذکور دو مزرعه چغندرقد انتخاب گردید. به این منظور آزمایش-های میدانی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در قالب طرح پروژه کشاورزی پایدار<sup>۱</sup>، در دو مزرعه جداگانه واقع در شبکه آبیاری و زهکشی دشت میاندوآب در استان آذربایجان غربی انجام گردید. شکل (۱) موقعیت مزارع مورد مطالعه و آرایش کشت چغندرقد را در بخش‌های تیمار و شاهد نشان می‌دهد.

گیاهی سال قبل جهت افزایش مقدار کربن آلی به خاک و کود دهی بر اساس آزمون خاک استفاده شد. در طول فصل رشد محصول نیز تعیین دور آبیاری با پایش منظم رطوبت خاک صورت گرفت. با توجه به لزوم به‌کارگیری نتایج حاصل از مراکز تحقیقاتی در سطح مزارع، سعی گردید نتایج حاصل از اصلاح آرایش کشت، در مزارع تحت مدیریت زارعین پیاده‌سازی گردد. چرا که با مشارکت زارعین در مدیریت آبیاری و زراعی، زمینه توسعه و ترویج آبیاری اصولی و کاهش مصرف آب در سطح حوضه دریاچه فراهم خواهد شد.

## مواد و روش‌ها

سطح زیر کشت چغندرقد در آذربایجان غربی مطابق آمارنامه جهاد کشاورزی (Ahmadi et al., 2017) ۴۰۱۳۶ هکتار بوده که



شکل ۱- موقعیت مزارع مورد مطالعه و آرایش کشت چغندرقد در بخش‌های شاهد و تیمار

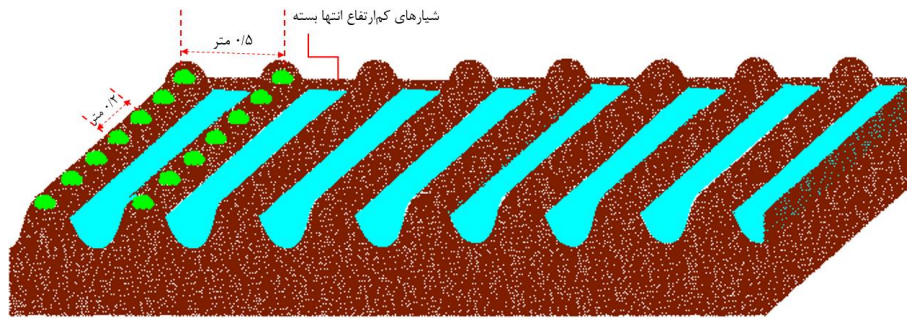
(2005) در اصفهان، سیستم آبیاری جویچه‌ای و اصلاح آرایش کشت، کاهش قابل توجه آب مصرفی و افزایش راندمان کاربرد آب و بهره‌وری آب را در پی داشته است؛ بنابراین با فرض اثربخشی نتایج، از این تکنیک‌ها در کنار تکنیک‌های زراعی در بخش تیمار مزارع استفاده گردید. قابل ذکر است دبی ورودی به هر جویچه با استفاده از مدل WinSRFR بهینه شده است. به‌نحوی که مطابق

هر مزرعه به دو بخش مزرعه شاهد (فاقد فناوری) و مزرعه تیمار (دارای فناوری)، جداسازی شد. منظور از فناوری استفاده از تکنیک‌های به‌زراعی و مدیریت آبیاری متناسب با شرایط هر مزرعه می‌باشد. با تکیه بر گزارشات جهاد کشاورزی، نتایج طرح‌های کشاورزی پایدار و تحقیقات قبلی نظیر Behmanesh and Norjoo (2016) در ارومیه و Torabi and Jahad Akbar

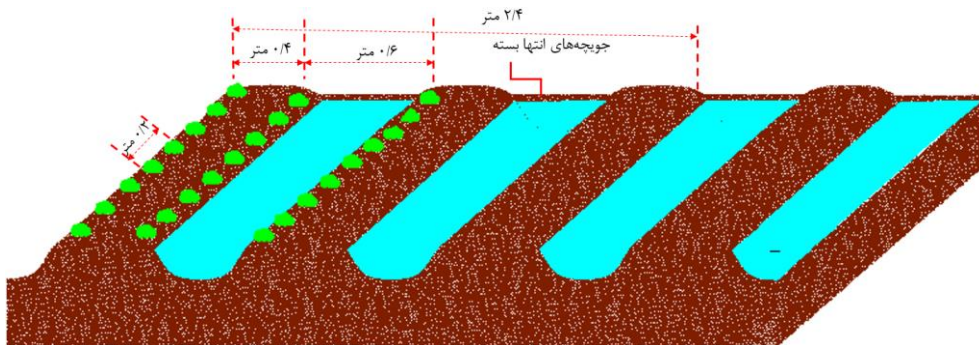
ارومیه تصویب و مقدمات آن برای اجرا در ۱۱ شهرستان استان‌های آذربایجان غربی و شرقی شامل ۱۳۰ روستا آماده و اجرا گردیده است. در این پروژه به‌جای تأکید بر انتقال فناوری و سخت‌افزار، دانش و توسعه فناوری سبز و توانمندسازی نیروی انسانی در مدیریت آبیاری و زراعی مزارع نقش اصلی را بر عهده دارد. در استان آذربایجان غربی شهرستان‌های میاندوآب، مهاباد، نقده و ارومیه به منظور اجرای پروژه انتخاب شده‌اند.

۱- پروژه کشاورزی پایدار، فرایندی است که به‌منظور مشارکت سیستمی بهره‌برداران، هم‌افزایی و تلفیق فنون و پتانسیل‌ها و دخالت شرایط زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی حوضه دریاچه ارومیه برای تحقق توسعه کشاورزی پایدار تعریف شده است. این پروژه از سال ۱۳۹۳ در قالب اقدام مشترک دولت جمهوری اسلامی ایران (سازمان محیط‌زیست و جهاد کشاورزی)، دولت ژاپن و برنامه عمران سازمان ملل متحد (طرح حفاظت از تالاب‌های ایران) برای کمک به احیای دریاچه

به صورت دو ردیف روی پشته بود. به نحوی که فاصله ردیف‌های کشت روی پشته ۴۰ سانتی‌متر و فاصله دو ردیف کشت روی دو پشته متوالی ۶۰ سانتی‌متر بود. اشکال (۲) و (۳) به ترتیب شمای گرافیکی آرایش مرسوم کشت چغندر قند در منطقه (شاهد) و در بخش‌های تیمار را نشان می‌دهد.



شکل ۲- آرایش مرسوم کاشت چغندر قند در منطقه



شکل ۳- آرایش ۶۰×۴۰ سانتی‌متر چغندر قند با روش آبیاری جویچه‌ای

مزارع شاهد کشت به صورت شماره‌های کم‌ارتفاع داخل نوار آبیاری و با فواصل کشت ۵۰ سانتی‌متر می‌باشد. در مزرعه شاهد A طول و عرض نوارها به ترتیب ۸/۱ و ۶/۸ متر و در مزرعه شاهد B، طول و عرض نوارها به ترتیب ۱۹۱ و ۶/۶ متر بود و جویچه‌های کوچکی در داخل دو پشته بزرگ قرار گرفته و روی هر پشته، یک ردیف کشت وجود داشت. مساحت مزارع شاهد و تیمار در مزرعه شماره A به ترتیب برابر ۲/۵ و ۰/۵ و در مزرعه شماره B به ترتیب برابر ۱ و ۱ هکتار بود. در جدول (۱) مشخصات عمومی مزارع انتخابی ارائه شده است. قابل ذکر است کشت چغندر قند در تاریخ ۹۶/۱/۲۰ صورت گرفت.

برای تعیین مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک هر از یک مزارع، از عمق ۳۰-۶۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر نمونه برداری و آزمایش گردید که نتایج آن در جدول (۲) ارائه شده است. مطابق جدول (۲)، متوسط شوری عصاره اشباع خاک مزارع A و B به ترتیب ۱/۱۷ و ۵/۵ دسی‌زیمنس بر متر و متوسط ازت کل آن‌ها نیز به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۰۸۵ می‌باشد. بر اساس استاندارد فائو ۲۹

شبيه‌سازی مدل به ازای این دبی، بیشترین مقدار راندمان کاربرد آب و کمترین مقدار نفوذ عمقی به دست آمد. سیستم آبیاری بخش‌های شاهد دو مزرعه به صورت نواری بوده به نحوی که در داخل نوارهای آبیاری شیارهای کم‌ارتفاع و با فواصل ۵۰ سانتی-متر ایجاد شدند. آرایش کشت نیز به صورت تک‌ردیفه بود. آبیاری بخش‌های تیمار دو مزرعه به صورت جویچه‌ای و آرایش کشت آن

با وجود تحقیقات قبلی نظیر (Torabi, Stone et al. (1979) and Jahad Akbar and Sedrghain Mohammadian and (2012) بر روی تغییر سیستم آبیاری به جویچه‌ای و کشت دو ردیفه چغندر قند و حصول نتایج مؤثر در کاهش مصرف آب آبیاری (به‌طور متوسط ۳۵ درصد) و افزایش عملکرد محصول، این مطالعات معمولاً در محیط آزمایشی و مراکز تحقیقاتی انجام گردیده است، ولی مطالعه حاضر در سطح مزارع تحت مدیریت زارعین و با هدف توسعه تکنیک‌های مورد استفاده در سطح حوضه دریاچه انجام گردید.

با توجه به اهداف پروژه، در این مطالعه تمام اندازه‌گیری‌ها تحت شرایط مدیریت زارعین انجام گردید و از ارائه هرگونه پیشنهادی در مدیریت آبیاری اجتناب گردید. برای هر رویداد آبیاری، تمام پارامترهای ارزیابی شامل رطوبت قبل از آبیاری، دبی و مدت آبیاری، منحنی پیشروی و پسروی در هر آبیاری اندازه-گیری شد. در تیمارهای IIA-T و IIB-T طول جویچه‌ها به ترتیب ۷۷/۱ و ۱۹۱ متر و آرایش کشت ۶۰×۴۰ سانتی‌متر بوده و در

(۳) ارائه شده است. با توجه به مقادیر جدول (۳)، کیفیت آب آبیاری مزارع A و B در گروه متوسط و خوب قرار دارد (Ayers and Westcot, 1985).

سطح تحمل چغندر قند به شوری آب آبیاری و خاک به ترتیب برابر با ۴/۷ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد (Ayers and Westcot, 1985). برای تعیین کیفیت آب آبیاری، از منبع تغذیه هر یک مزارع A و B نمونه برداری و آزمایش گردید که نتایج آن در جدول

جدول ۱- مشخصات مزارع انتخابی جهت کاشت محصول چغندر قند

مزرعه	بخش	مساحت (هکتار)	طول×عرض* (متر×متر)	فاصله ردیف‌های کشت (متر)	فاصله بوته‌ها (متر)
A	IA-C	۲/۵	۶/۸×۸۱/۹	۰/۵	۰/۲
	IIA-T	۰/۵	۱/۰×۷۷/۱	۰/۶** و ۰/۴	۰/۲
B	IB-C	۱/۰	۶/۶×۹۱/۰	۰/۵	۰/۲
	IIB-T	۱/۰	۱/۰×۹۵/۰	۰/۶** و ۰/۴	۰/۲

\* عرض‌های ثبت شده در بخش‌های شاهد مربوط به عرض هر نوار آبیاری و در بخش‌های تیمار مربوط به مجموع عرض یک پشته و یک جوی می‌باشد. عرض کل مزرعه در بخش‌های IA-C، IIA-T، IB-C، IIB-T به ترتیب ۳۰۵، ۶۵، ۵۲ و ۵۱ متر می‌باشد.  
\*\* فاصله ردیف‌های کشت روی یک پشته در آرایش کشت دو ردیفه ۴۰ سانتی‌متر و فاصله بین دو ردیف کشت (روی دو پشته) ۶۰ سانتی‌متر می‌باشد.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع

مزرعه	عمق (سانتی‌متر)	شوری خاک (dS/m)	بافت (-)	pH (-)	آهک (درصد)	کربن آلی (درصد)	ازت کل (درصد)	FC (درصد حجمی)	PWP (درصد حجمی)
A	۰-۳۰	۰/۹۳	SiCL	۷/۵	۱۴/۳	۱/۶۱	۰/۱۳	۳۸/۷	۱۸/۱
	۳۰-۶۰	۱/۴۲	SiCL	۷/۶	۱۷/۱	۰/۸۵	۰/۰۹	۳۷/۹	۱۷/۲
B	۰-۳۰	۶/۴۰	SiC	۸/۰	۱۰/۴	۱/۰۳	۰/۰۹	۴۶/۱	۱۸/۵
	۳۰-۶۰	۴/۷۰	SiCL	۷/۷	۱۲/۵	۰/۸۰	۰/۰۸	۳۵/۹	۱۸/۰

جدول ۳- شاخص‌های کیفیت آب آبیاری مزارع مورد آزمایش

مزرعه	EC (dS/m)	T.D.S (ppm)	pH (-)	SAR (-)	سدیم (meq/L)	سولفات (meq/L)
A	۱/۶۳	۱۰۵۰/۲	۷/۱۵	۲/۴۶	۲/۹	۱/۴
B	۰/۷۰	۴۳۷/۵	۷/۲۸	۱/۵۵	۱/۸	۱/۱

(1979). با توجه به انتها بسته بودن نوارها و جویچه‌ها، رواناب در انتهای هیچ‌کدام از مزارع وجود نداشته و در نتیجه درصد تلفات نفوذ عمقی از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$DP = 100 - AE \quad (\text{رابطه ۲})$$

کفایت آبیاری یا راندمان ذخیره آب (AD) نیز از رابطه (۳) برآورد شد.

$$AD = \frac{D_z}{SMD} \times 100 \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در این رابطه SMD عمق آب مورد نیاز منطقه ریشه (mm) قبل از آبیاری می‌باشد. در رابطه (۱) اگر  $D_{app}$  از SMD کمتر باشد،  $D_z$  برابر  $D_{app}$  و در غیر این صورت برابر SMD می‌باشد. در رابطه (۳)، اگر  $D_{app}$  از SMD بزرگ‌تر باشد، کفایت برابر ۱۰۰ درصد می‌باشد (Soil Conservation Service National, 1979). با توجه به این که در هیچ‌یک از آبیاری‌های دو مزرعه مورد مطالعه کم آبیاری صورت نگرفته است بنابراین مقدار  $D_z$  معادل SMD بوده و از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$SMD = (\theta_{fc} - \theta_i) \times \rho_b \times D_r \quad (\text{رابطه ۴})$$

مقدار جریان آب ورودی به مزارع با استفاده از فلوم‌های WSC اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری جریان در طول مدت آبیاری انجام شد و پس از ترسیم هیدروگراف و با محاسبه سطح زیر منحنی، حجم و عمق آب ورودی به مزرعه تعیین شد. شرایط مرز پایین دست در تمام مزارع به صورت انتها بسته و فاقد رواناب خروجی بود. در بخش‌های تیمار و شاهد هر دو مزرعه A و B، در مجموع ۴۸ رویداد آبیاری انجام شد که تمام آن‌ها مورد اندازه‌گیری و ارزیابی قرار گرفت. راندمان کاربرد آب بیان‌گر تلفات در مزرعه به صورت نفوذ عمقی و رواناب انتهای مزرعه در هر نوبت آبیاری بوده و از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$AE = \frac{D_z}{D_{app}} \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در این رابطه AE راندمان کاربرد آب (%)،  $D_z$  متوسط عمق آب ذخیره شده در ناحیه توسعه ریشه (mm) و  $D_{app}$  متوسط عمق آب وارد شده به قطعه تحت آبیاری (mm) بوده که برابر با حجم جریان ورودی (L) تقسیم بر مساحت قطعه تحت آبیاری ( $m^2$ ) می‌باشد (Soil Conservation Service National, 1979).

t مستقل جهت بررسی معنی داری تفاوت میانگین پارامترهای عمق و راندمان کاربرد آب بخش‌های شاهد و تیمار دو مزرعه انجام شد. چنانچه مقدار نتیجه آزمون t بیشتر از ۰/۰۵ باشد بدان مفهوم است که مقادیر دو گروه در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشابه‌اند.

### نتایج و بحث

یکی از اهداف اصلی این تحقیق، کاهش میزان کاربرد آب بود. از طرفی با توجه به این‌که مقدار ETc از زمان کاشت تا برداشت چغندر قند حدود ۹۰۵ میلی‌متر و مقادیر عمق آبیاری در تمام آبیاری‌ها بیشتر از کمبود رطوبت خاک (SMD) و ETc (در بازه بین دو آبیاری) بود بنابراین ضمن کاهش آب مصرفی، گیاه با تنش آبی مواجه نگردید. در هر یک از بخش‌های تیمار و شاهد دو مزرعه A و B، ۱۲ نوبت آبیاری انجام گردید. مشخصات این آبیاری‌ها در جدول (۴) ارائه گردیده است. مطابق این جدول، فواصل آبیاری متغیر بوده و مقدار آب مورد نیاز محصول در تاریخ‌های مختلف براساس کمبود رطوبتی خاک تعیین گردید. آبیاری در بخش‌های تیمار در رطوبت متوسط ۲۲/۴ درصد (نزدیک رطوبت بهینه) صورت گرفت. در بخش‌های شاهد نیز مقدار متوسط رطوبت قبل از آبیاری ۲۱/۹ درصد بود و دلیل آن نیز غالباً الگوبرداری کشاورز از دوره‌های آبیاری در بخش تیمار بوده است. در شکل (۴) مقادیر عمق آبیاری تیمار و شاهد ارائه شده است. مطابق این شکل، در تیمارهای II A-T و II B-T کاهش قابل ملاحظه در میزان آب کاربردی، حاصل گردید.

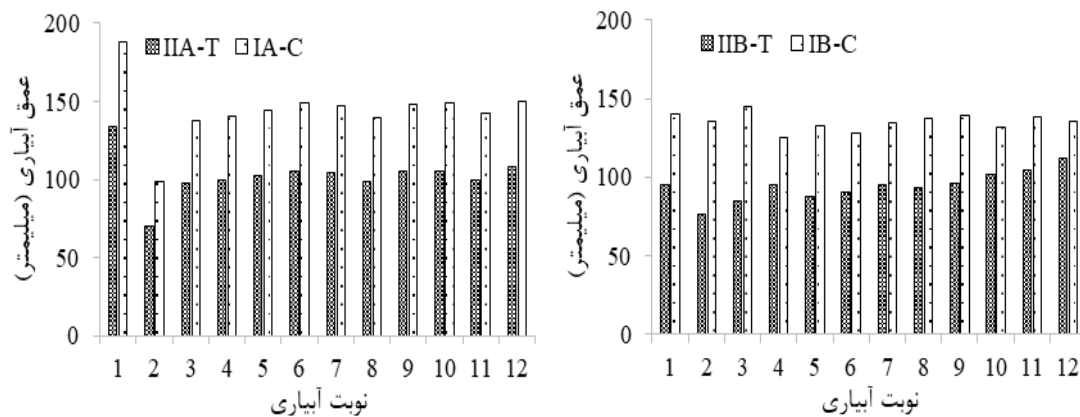
که در این رابطه  $\theta_0$  و  $\theta_c$  به ترتیب رطوبت خاک قبل از آبیاری و حد ظرفیت زراعی (g/g)،  $\rho_b$  جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm<sup>3</sup>) و  $D_r$  عمق توسعه ریشه (mm) می‌باشد. در هر یک از مزارع و نوبت‌های آبیاری، رطوبت خاک به روش وزنی و حداقل در سه نقطه از نوار (ابتدا، وسط و انتها) و در عمق توسعه ریشه اندازه‌گیری شد. به این منظور عمق توسعه ریشه در طول فصل رشد چغندر قند و قبل از هر آبیاری اندازه‌گیری گردید. شاخص مهم دیگر در ارزیابی سیستم آبیاری و کشاورزی، بهره‌وری آب می‌باشد. بهره‌وری فیزیکی آب کشاورزی، به مقدار عملکردی گفته می‌شود که به ازای واحد حجم آب مصرفی به دست می‌آید. اگر مقدار آبیاری و بارش به عنوان آب مورد استفاده گیاه در نظر گرفته شود، بهره‌وری فیزیکی آب با  $WP_{I+Pe}$  نشان داده شده و به صورت رابطه (۵) تعریف می‌گردد (Cook et al., 2006):

$$WP_{I+Pe} = \frac{Y}{1+Pe} \quad (\text{رابطه ۵})$$

که در آن I و Pe به ترتیب مقدار آبیاری و بارندگی مؤثر در طول فصل رشد ( $m^3 ha^{-1}$ ) و Y وزن خشک اندام هوایی گیاه یا مقدار محصول قابل عرضه به بازار ( $kg ha^{-1}$ ) می‌باشند. باران مؤثر به صورت بخشی از باران بوده و با استفاده از رابطه پیشنهادی ASCE (Patwardhan et al., 1990) محاسبه گردید:

$$P_e = (1.25 P_t^{0.8242} - 2.935) \times 10^{ET_c \times 0.00095} \quad (\text{رابطه ۶})$$

که در این رابطه  $P_e$  باران مؤثر ( $mm$ )،  $P_t$  بارندگی ماهانه ( $mm$ ) و  $ET_c$  نیاز آبی گیاه در ماه مورد نظر ( $mm$ ) می‌باشد. همچنین از آزمون t مستقل برای بررسی تفاوت میان دو نمونه استفاده گردید. این کار با استفاده از نرم افزار SPSS از آزمون



شکل ۴- مقادیر عمق آب کاربردی در مزارع A و B طی رویدادهای مختلف آبیاری

جدول ۴- دبی، مدت آبیاری، دور آبیاری و رطوبت قبل از آبیاری در مزارع A و B

آبیاری	بخش مزرعه	دور آبیاری (روز)	دبی <sup>*</sup> (لیتر بر ثانیه)	مدت آبیاری (دقیقه)	رطوبت قبل (%)
اول	IIA-T	خاک‌آب	۲/۱	۲۵۷	۱۴/۳
	IA-C	خاک‌آب	۱۷/۷	۲۲۵	۱۵/۱
	IIB-T	خاک‌آب	۲/۱	۵۸	۱۵/۵
	IB-C	خاک‌آب	۸/۴	۱۵۶	۱۶/۳
دوم	IIA-T	۱۷	۱/۶	۲۲۷	۲۱/۵
	IA-C	۱۷	۱۴/۸	۱۴۰	۲۶/۲
	IIB-T	۹	۱/۶	۶۰	۲۱/۸
	IB-C	۸	۸/۴	۱۵۰	۲۰/۵
سوم	IIA-T	۱۰	۲/۱	۲۴۸	۲۲/۲
	IA-C	۱۰	۱۷/۷	۱۶۴	۲۳/۴
	IIB-T	۱۰	۱/۹	۵۷	۲۱/۶
	IB-C	۱۲	۸/۴	۱۶۱	۲۰/۷
چهارم	IIA-T	۱۰	۲/۱	۲۴۲	۲۲/۹
	IA-C	۱۰	۱۷/۰	۱۷۵	۲۳/۱
	IIB-T	۱۳	۲/۱	۵۸	۲۲/۰
	IB-C	۱۳	۸/۲	۱۴۱	۲۰/۱
پنجم	IIA-T	۱۱	۲/۱	۲۵۶	۲۲/۸
	IA-C	۱۱	۱۷/۷	۱۷۲	۲۲/۹
	IIB-T	۱۲	۱/۹	۵۹	۲۲/۴
	IB-C	۱۳	۸/۴	۱۴۷	۲۰/۲
ششم	IIA-T	۱۲	۲/۱	۲۵۵	۲۳/۲
	IA-C	۱۲	۱۷/۷	۱۷۸	۲۳/۴
	IIB-T	۱۲	۱/۹	۶۱	۲۲/۵
	IB-C	۱۱	۸/۴	۱۴۲	۲۱/۴
هفتم	IIA-T	۱۰	۲/۱	۲۵۱	۲۲/۹
	IA-C	۱۰	۱۷/۷	۱۷۶	۲۳/۲
	IIB-T	۱۶	۲/۱	۵۸	۲۲/۷
	IB-C	۱۳	۸/۴	۱۴۹	۲۰/۷
هشتم	IIA-T	۱۳	۲/۱	۲۵۳	۲۲۳
	IA-C	۱۳	۱۶/۵	۱۷۹	۲۲/۹
	IIB-T	۱۵	۲/۱	۵۷	۲۰/۶
	IB-C	۱۲	۸/۴	۱۵۳	۲۱/۱
نهم	IIA-T	۱۲	۲/۱	۲۴۶	۲۳/۵
	IA-C	۱۲	۱۷/۷	۱۷۷	۲۲/۲
	IIB-T	۱۶	۲/۱	۵۹	۲۰/۷
	IB-C	۱۴	۸/۴	۱۵۵	۲۰/۶
دهم	IIA-T	۱۴	۲/۱	۲۵۱	۲۲/۸
	IA-C	۱۴	۱۷/۷	۱۷۸	۲۱/۸
	IIB-T	۱۶	۲/۱	۶۲	۲۱/۲
	IB-C	۶	۸/۱۲	۱۵۰	۲۰/۴
یازدهم	IIA-T	۲۵	۲/۰	۱۶۱	۲۳/۵
	IA-C	۲۵	۱۶/۸	۱۷۹	۲۳/۲
	IIB-T	۱۳	۲/۱	۶۴	۲۲/۶
	IB-C	۱۶	۸/۴	۱۵۴	۲۰/۴
دوازدهم	IIA-T	۱۰	۲/۱	۱۷۵	۲۳/۴
	IA-C	۱۰	۱۷/۳	۱۸۹	۲۳/۵
	IIB-T	۸	۲/۱	۶۹	۲۲/۸
	IB-C	۸	۸/۳۶	۱۵۷	۲۰/۵

\* دبی ثبت‌شده در بخش‌های تیمار، مربوط به دبی ورودی به هر جویچه بوده که با استفاده از مدل WinSRFR بهینه شده است.

مربوط به آبیاری اول IIB-T با ۹۴/۷ میلی‌متر می‌باشد. متوسط عمق آبیاری بخش‌های IIA-T و IA-C به ترتیب برابر ۱۰۲/۵ و ۱۴۴/۵ میلی‌متر و مقدار کل آب آبیاری این بخش‌ها طی فصل رشد چغندر قند به ترتیب برابر ۱۲۳۰ و ۱۷۳۴ میلی‌متر بود. بنابراین با تغییر روش آبیاری و آرایش کشت، عمق آب آبیاری در

حداکثر عمق آبیاری در بخش IA-C مربوط به آبیاری اول مزرعه شاهد (خاک‌آب) با ۱۸۸/۴ میلی‌متر و حداقل عمق آبیاری در بخش IIA-T مربوط به آبیاری دوم با ۶۹/۶ میلی‌متر می‌باشد. همچنین حداکثر عمق آبیاری در مزرعه B، مربوط به آبیاری سوم IB-C با ۱۴۴/۹ میلی‌متر و حداقل عمق آبیاری در مزرعه B،



بخش‌ها به ترتیب برابر ۱۱۳۰ و ۱۶۲۳ میلی‌متر بود که در این مزرعه نیز تغییر روش آبیاری و آرایش کشت موجب کاهش حدوداً ۳۰/۴ درصدی عمق آب آبیاری گردید (جدول ۵).

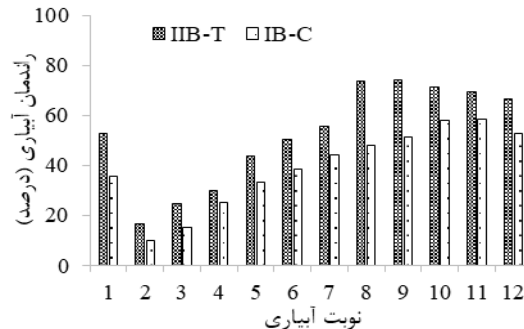
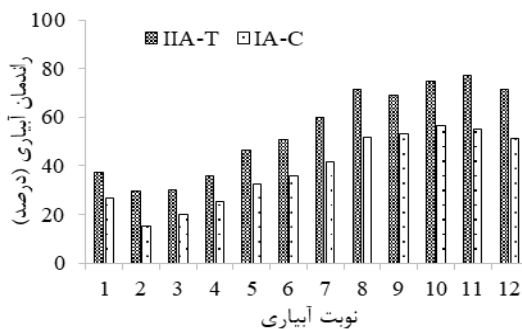
مزرعه A حدود ۲۹/۱ درصد کاهش یافت. متوسط عمق آبیاری در بخش‌های IIB-T و IB-C به ترتیب برابر ۹۴/۲ و ۱۳۵/۲ میلی‌متر و مقدار کل آب آبیاری طی فصل رشد چغندر قند در این

جدول ۵- مقایسه مقادیر میزان آب مصرفی و راندمان کاربرد آب در دو مزرعه تیمار و شاهد A و B

بخش	کل آب کاربردی (mm)	کاهش مصرف آب (mm)	کاهش مصرف (%)	متوسط راندمان کاربرد آب (%)	افزایش راندمان کاربرد آب (متوسط) (%)
IIB-T	۱۲۳۰	۵۰۴	۲۹/۱	۵۴/۵	۴۰/۹
IB-C	۱۷۳۴			۳۸/۷	
IIB-T	۱۱۳۰	۴۹۳	۳۰/۴	۵۱/۱	۳۰/۱
IB-C	۱۶۲۳			۳۹/۳	

از شاخص‌های مهم ارزیابی آبیاری که در تمام رویدادهای آبیاری (۱۲ نوبت آبیاری) در دو مزرعه و بخش‌های شاهد و تیمار، اندازه‌گیری شد راندمان کاربرد آب بود که مقادیر آن‌ها در شکل (۵) ارائه شده است. همچنین مقادیر حداقل، حداکثر، متوسط و انحراف معیار مقادیر راندمان کاربرد آب در هر یک از مزارع در جدول (۶) ارائه شده است. مطابق جدول (۶)، بیش‌ترین مقدار راندمان کاربرد آب مربوط به IIA-T و کم‌ترین مقدار راندمان کاربرد آب مربوط به IB-C می‌باشد.

پژوهش (Torabi and Jahad Akbar (2005) بیان‌گر کاهش ۳۲/۶ درصدی آب مصرفی در کشت دو ردیفه چغندر قند (با فواصل ۴۰×۶۰ سانتی‌متر) نسبت به کشت تک ردیفه مرسوم (با فواصل ۵۰ سانتی‌متر) بود که با نتایج این تحقیق همبستگی خوبی دارد. در پژوهش (Behmanesh and Norjoo (2016 نیز کاهش مصرف آب با تغییر روش آبیاری از کشت تک‌ردیفه به دو ردیفه، ۲۰/۳ درصد بود.



شکل ۵- مقادیر راندمان کاربرد آب در مزارع A و B طی رویدادهای مختلف آبیاری

آب در جویچه‌ها جریان داشته بنابراین سطح خیس شده مزرعه کاهش و همچنین به دلیل تسریع حرکت آب در جویچه‌ها تلفات نفوذ عمقی کاهش می‌یابد. از سوی دیگر مقدار دبی وردی به هر جویچه با استفاده از مدل WinSRFR بهینه شد که این امر نیز موجب کاهش بیشتر تلفات نفوذ عمقی گردید. در نهایت مجموعه این موارد موجب کاهش قابل توجه مقادیر آب آبیاری و بالتبع افزایش راندمان کاربرد آب در بخش‌های تیمار گردید.

بیش‌ترین نوسان در راندمان کاربرد آب مربوط به IIB-T می‌باشد که در آن پراکنش بین مقادیر این شاخص (راندمان کاربرد آب) در نوبت‌های مختلف آبیاری، بیشتر می‌باشد. در این بخش حداقل راندمان کاربرد آب ۱۶/۷ به دست آمد. دلیل اصلی پایین بودن حداقل راندمان کاربرد آب در مزارع (جدول ۶) بارش باران کافی از اوایل تا اواخر اردیبهشت‌ماه سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و انجام عمل آبیاری بعد از این بارش‌ها بود.

انتهای تمام جویچه‌ها در مزارع مختلف، بسته بوده و تلفات رواناب در مزارع تیمار وجود نداشت. در تمام نوبت‌های آبیاری، کفایت آبیاری ۱۰۰ درصد محاسبه گردید و به این ترتیب مزارع از نظر کفایت آبیاری، مناسب بوده و با اصلاح آرایش کشت و روش آبیاری، تنش آبی در مزارع تیمار اتفاق نیفتاد.

در هر یک از بخش‌های تیمار، متوسط راندمان کاربرد آب نسبت به بخش‌های شاهد بیشتر بوده که یکی از دلایل مهم آن استفاده از روش آبیاری جویچه‌ای در بخش تیمار می‌باشد. آبیاری بخش‌های شاهد به صورت نواری بوده که در آن عملاً تمام سطح مزرعه غرقاب می‌گردد. این در حالی است که در بخش‌های تیمار

جدول ۶- مقادیر حداقل، حداکثر، متوسط و انحراف معیار راندمان کاربرد آب در هریک از مزارع (بر حسب درصد)

مزرعه	B		A	
	IIB-T	IB-C	IIA-T	IA-C
حداکثر	۷۳/۹	۵۸/۶	۷۷/۲	۵۶/۲
حداقل	۱۶/۷	۱۰/۲	۲۹/۵	۱۵/۱
متوسط	۵۱/۱	۳۹/۳	۵۴/۵	۳۸/۷
انحراف	۲۰/۵	۱۶/۱	۱۸/۲	۱۴/۸

بهره‌وری فیزیکی آب به‌طور متوسط ۲/۷۱ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافت. با توجه به این که شرایط دو مزرعه از نظر حاصلخیزی خاک و به‌ویژه شوری خاک، متفاوت بوده است، لذا در دو مزرعه فوق اختلاف قابل‌ملاحظه در عملکرد محصول وجود داشت؛ اما با توجه به این- که هدف این مطالعه، مقایسه تغییر روش آبیاری و آرایش کشت بوده است، لذا تفاوت‌ها بین مزارع A و B، مدنظر قرار نگرفت و ارزیابی فقط بر روی تیمار و شاهد می‌باشد. همان‌طوری که از نتایج برداشت می‌شود تغییر در روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای و نیز تغییر در الگوی کاشت باعث افزایش در میزان عملکرد چغندر قند گردید و بیش‌ترین میزان عملکرد برابر با ۹۸ تن در هکتار در بخش IIA-T مشاهده شد که نسبت به شرایط روش آبیاری نواری و الگوی کشت مرسوم در هر دو مزرعه دارای افزایش و تأثیر مثبتی بود.

### بهره‌وری فیزیکی آب

بر اساس عملکرد محصول و عمق آبیاری در هر مزرعه، بهره‌وری فیزیکی آب (برحسب کیلوگرم بر مترمکعب) برای چغندر قند در مزارع شاهد و تیمار محاسبه گردید که در جدول (۷) ارائه شده است. مطابق جدول (۷)، بهره‌وری فیزیکی آب در بخش‌های IIA-T و IA-C به‌ترتیب ۷/۹۷ و ۵/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد؛ بنابراین با اعمال تغییر آرایش کشت و روش آبیاری، مقدار بهره‌وری فیزیکی در بخش تیمار مزرعه A نسبت به شاهد این مزرعه ۲/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب (۵۳/۶ درصد) افزایش یافت. بهره‌وری فیزیکی آب در بخش‌های IIB-T و IB-C نیز به‌ترتیب ۴/۹۶ و ۲/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب بوده و افزایش ۲/۶۴ کیلوگرم بر مترمکعب (۱۱۳/۸ درصد) در بهره‌وری فیزیکی این مزرعه حاصل گردید؛ به‌عبارت دیگر بهره‌وری فیزیکی آب در دو مزرعه

جدول ۷- مقادیر متوسط بهره‌وری فیزیکی آب و عملکرد محصول چغندر قند (کیلوگرم بر مترمکعب)

مزرعه	B		A	
	IIB-T	IB-C	IIA-T	IA-C
بهره‌وری فیزیکی آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۴/۹۶	۲/۳۲	۷/۹۷	۵/۱۹
عملکرد محصول (تن در هکتار)	۵۰/۰	۳۸/۵	۹۸/۰	۹۰/۰

آن رغبت نداشته باشند. در صورت ایجاد تسهیلاتی توسط سازمان جهاد کشاورزی و یا شرکت‌های خدمات کشاورزی برای ادوات و ماشین‌آلات کاشت، داشت و برداشت، امکان کاهش مصرف آب قابل‌توجه وجود خواهد داشت. قابل ذکر است که در تحقیقات مختلف و در شرایط کنترل‌شده مزارع تحقیقاتی، مؤثر بودن تغییر آرایش کشت از لحاظ کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری فیزیکی آب، گزارش شده و تحقیق حاضر در مزارع کشاورزان و تحت مدیریت آن‌ها انجام گرفت. در نتایج مزرعه‌ای کنترل‌شده در تحقیقات مختلف نیز نتایج مشابه این تحقیق حاصل شده است. (Behmanesh and Norjoo 2016) طی تحقیقی در استان آذربایجان غربی نشان دادند که با تغییر آرایش کشت چغندر قند از حالت یک ردیفه به حالت کاشت دو ردیفه ۵۰ × ۴۰ سانتی‌متر، مقدار عملکرد محصول، میزان شکر قابل استحصال و بهره‌وری فیزیکی آب به‌ترتیب ۱۵/۶، ۲۰/۷ و ۴۵/۲ درصد افزایش یافت که

متوسط بهره‌وری فیزیکی آب در بخش‌های IA-C و IB-C، ۳/۷۶ کیلوگرم بر مترمکعب و در بخش‌های IIA-T و IIB-T حدود ۶/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد که نشان می‌دهد تغییر الگوی کاشت از روش مرسوم به روش آرایش ۴۰ × ۶۰ و تغییر روش آبیاری به جویچه‌ای، باعث افزایش قابل‌ملاحظه در بهره‌وری فیزیکی آب گردیده است. نتایج آزمون t برای پارامترهای بهره‌وری فیزیکی چغندر قند و عملکرد نشان داد علی‌رغم افزایش هر دو پارامتر در بخش‌های تیمار دو مزرعه نسبت به بخش‌های شاهد، اختلاف معنی‌داری بین شاهد و تیمار وجود ندارد. به‌گونه‌ای که مقدار P-Value برای بهره‌وری فیزیکی آب ۰/۲۹ و برای عملکرد محصول ۰/۸۱ به‌دست آمد.

از مشکلات تغییر آرایش کشت به ۴۰ × ۶۰، نبود و یا کمبود ادوات و ماشین‌آلات کاشت، داشت و برداشت هماهنگ با این

میانگین عمق آب مصرفی در مزارع شاهد نسبت به تیمار بیش تر است.

مطابق نتایج جدول (۹)، مقدار P-Value در مزرعه A کم تر از ۰/۰۵ بوده که نشان می دهد بین راندمان های کاربرد شاهد و تیمار این مزرعه اختلاف معنی داری وجود دارد. ولی مقدار P-Value در مزرعه B بیش تر از ۰/۰۵ بوده که نشان می دهد بین راندمان های کاربرد شاهد و تیمار این مزرعه اختلاف معنی داری وجود ندارد. یکی از دلایل معنی داری تفاوت راندمان کاربرد آب در مزرعه A و عدم معنی داری آن در مزرعه B این است که مقادیر آب مصرفی در بخش های تیمار و شاهد مزرعه B کمتر بوده به گونه ای که موجب شده اختلاف راندمان کاربرد آب متوسط بخش های تیمار و شاهد این مزرعه ۳۰/۱ درصد باشد این در حالی است که تفاوت راندمان کاربرد آب در بخش های تیمار و شاهد مزرعه A حدود ۴۰/۹ درصد می باشد و یکی از دلایل آن مصرف کمتر آب آبیاری توسط زارع در بخش شاهد مزرعه B می باشد.

نتایج این تحقیق هم راستا با نتایج به دست آمده می باشد. همچنین Ashrafmansori and Sharifi (2013) با انجام آزمایشی در منطقه سردسیر اقلید فارس بیان کردند که بیش ترین عملکرد ریشه چغندر قند با ۴۲/۶۶ تن در هکتار مربوط به تیمار آرایش کاشت با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر و عرض پشته ۵۰ سانتی متر و تحت آرایش کشت دو ردیفه به دست آمد.

### نتایج تحلیل آزمون t دو گروه مستقل برای پارامترهای عمق و راندمان کاربرد آب

خلاصه نتایج آزمون t برای مقایسه پارامترهای عمق و راندمان کاربرد آب در مزارع تیمار و شاهد A و B به ترتیب در جداول (۸) و (۹) ارائه گردیده است. مطابق نتایج جدول (۸)، مقادیر P-Value یا Significant در مزارع A و B کم تر از ۰/۰۵ و نزدیک صفر بوده که نشان می دهد بین عمق های آب آبیاری شاهد و تیمار در هر دو مزرعه اختلاف معنی داری وجود دارد. از طرفی با توجه به حدود بالا و پایین سطح اطمینان ۹۵ درصد (هر دو مثبت)،

جدول ۸- نتایج آزمون t-test دو گروه مستقل برای عمق آبیاری در مزارع تیمار و شاهد A و B

مزرعه	t	Sig. (2-tailed)	تفاوت میانگین		فاصله اطمینان ۹۵ درصد	
			حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا
A	۶/۱	<۰/۰۰۱ *	۴۲/۰	۲۷/۶	۵۶/۵	۵۴/۸
B	۹/۲	<۰/۰۰۱ *	۴۴/۷	۳۴/۷	۵۶/۵	۵۴/۸

\* معنی داری در سطح اطمینان ۵ درصد

جدول ۹- نتایج آزمون t-test دو گروه مستقل برای راندمان کاربرد آب در مزارع تیمار و شاهد A و B

مزرعه	t	Sig. (2-tailed)	تفاوت میانگین		فاصله اطمینان ۹۵ درصد	
			حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا
A	-۲/۳	۰/۰۳*	-۱۵/۹	-۲۹/۹	-۱/۸	۲/۲
B	-۱/۸	۰/۰۹ <sup>ns</sup>	-۱۳/۱	-۲۸/۵	-۱/۸	۲/۲

\* و <sup>ns</sup> به ترتیب معنی داری و غیر معنی دار در سطح ۵ درصد

B نیز به ترتیب ۲۹/۱ و ۳۳ درصد حاصل گردید، بدون این که کم-آبیاری اتفاق بیفتد. یکی از مزایای مهم اصلاح آرایش کشت و تغییر روش آبیاری، بهبود بهره وری فیزیکی آب در مزارع بود، به طوری که بهره وری فیزیکی آب چغندر قند به طور متوسط ۲/۸۳ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافت. از مشکلات تغییر آرایش کشت به ۴۰×۶۰، نبود و یا کمبود ادوات و ماشین آلات کاشت، داشت و برداشت هماهنگ با این آرایش در منطقه می باشد که باعث می شود کشاورزان نسبت به آن رغبت نداشته باشند. در صورت ایجاد چنین تسهیلاتی توسط سازمان جهاد کشاورزی و شرکت های خدمات کشاورزی، امکان کاهش مصرف آب قابل توجه با اصلاح آرایش کشت و روش آبیاری وجود دارد.

### نتیجه گیری

تغییر آرایش کاشت چغندر قند به ۴۰×۶۰ و تغییر روش آبیاری آن، باعث افزایش عملکرد محصول، افزایش راندمان کاربرد آب و افزایش بهره وری فیزیکی آب گردید. تغییر در روش آبیاری از نواری به جویچه ای و نیز تغییر در الگوی کاشت باعث افزایش در میزان عملکرد چغندر قند گردید و بیش ترین میزان عملکرد برابر با ۹۸ تن در هکتار در تیمار مزرعه A مشاهده شد که نسبت به شرایط روش آبیاری نواری و الگوی کشت مرسوم در هر دو مزرعه دارای افزایش و تأثیر مثبتی بود. با تغییر آرایش کاشت و روش آبیاری چغندر قند، راندمان کاربرد آب در مزارع تیمار نسبت به شاهد به طور متوسط ۳۵/۵ درصد افزایش یافت. مقادیر کاهش مصرف آب در مزارع A و

## "هیچ گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

## REFERENCES

- Allen R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 56. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fao Rome*, 300(9), p. D05109.
- Ashrafmansori1, Gh. and Sharifi, M. (2013). Effect of planting pattern on quantitative and qualitative characteristics of sugar beet (*Beta vulgaris L.*) in cold regions of Fars province. *Journal of Ecophysiology*, 3(4), 15-25. (In Farsi)
- Ayers, R. S. and Westcot, D. W. (1985). *Water quality for agriculture* (Vol. 29). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Behmanesh, j. and Norjoo, a. (2016). The effect of within-furrow soil compaction and sowing pattern on water use efficiency of sugar beet. *Journal of sugar beet*, 32(1), 13-20. (In Farsi)
- Cook, S., Gichuki, F. and Turrall, H. (2006). *Agricultural water productivity: Issues, concepts and approaches*, Basin Focal Project Working Paper No.1 published by the challenge program on water and food, 19 pp.
- Ghadami Firoozabadi, A. S. and Mirzai, M. (2006). Effect of drip irrigation (tape) on quantitative and qualitative characteristics of sugar beet. *Journal of Research and Development in Agriculture and Horticulture*, 19(2), 11-6. (In Farsi)
- Ghamarnia1, H., Arji, I., Javadi Baigy, M. and Sepehri, S. (2008). Comparison of Different Surface (Furrow) and Drip (Tape) Irrigation Methods on Sugarbeet from Point View of Water Use and Yield in the Eastern Part of Kermanshah Province. *Agricultural research: water, soil and vegetation in agriculture*, 3(8), 9-22. (In Farsi)
- Hamdi Ahmadabad, A., Liaqat, A., Sohrabi, S., Rasoulzadeh, A. and Nazari, B. (2016). Investigating the performance of furrow irrigation in farmland managed by farmers and providing practical solutions for its improvement (case study: Moghan agro-industry and animal husbandry). *Water and Irrigation Management*, 6(1), 28-15. (In Farsi)
- Kanooni, A. (2007). Evaluation of Irrigation Irrigation Efficiency under Various Management in Moghan Area. *Journal of Agricultural Engineering*, 2(8), 32-17. (In Farsi)
- Mohammadian, R. and Sedrghain, H. (2012). Determination of the most suitable sugar beet arrangement under border irrigation conditions. *Journal of Sugar beet*, 28(2), 107-122. (In Farsi)
- Noorjo, A., Baghaei Kia, M. and Mehdi Khani, P. (2004). Effect of planting pattern and irrigation on water use efficiency and quantity and quality of sugar beet. In: Proceedings of: 8th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, 24-26 Aug. University of Gilan, Gilan.
- Patwardhan, A., Nieber, J. and Johns, E. (1990). Effective rainfall estimation methods. *Journal of irrigation and Drainage Engineering*, 116(2), 182-193.
- Rezaverdinezhad, V., Ahmadi, H. and Samadi, A. (2015). Report on the study of the factors of low transmission efficiency and water distribution in irrigation canals (A case study of Bampour network), Urmia University. (In Farsi)
- Saadati, Z., Delbari, M., Panahi, M. and Amiri, A. (2017). The Effect of Different Irrigation Management on Vegetative Properties, yield and Sugar beet sugar yield in Lorestan province. *Journal of Water Research in Agriculture*, 2(31): 151-162. (In Farsi)
- Shahabifar, M. and Rahimian, M. H. (2007). Measurement of sugar beet water requirements by lysimeter method in Mashhds. *Sugar beet*. 23(2): 177-184. (In Farsi)
- Scott, R. K. and Jaggard, K.W. (1993). *The Sugar Beet Crop: Science into Practice*. 56, 179-237.
- Stone, J. F., Garton, J. E., Webb, B. B., Reeves, H. E. and Keflemariam, J. (1979). Irrigation water conservation by using wild-spaced furrow. *Soil Science Society of America*, 43 (2), 407-411.
- Taghizadeh, Z., Rezaverdinezhad, V., Ebrahimian, H. and Khanmohammadi, N. (2013). Field Evaluation and Analysis of Surface Irrigation System with WinSRFR (Case Study Furrow Irrigation). *Journal of Water and Soil*, 6(26), 1450-1459. (In Farsi).
- Tafteh, A., Emdad, M. R. and Ghalebi, S. (2018). Determination of the best situation of border irrigation for increasing application Efficiency using SRFR model. *Water and Irrigation Engineering*, 8(30): 200-210. (In Farsi)
- Taleghani, D. F., Moharramzadeh, M., Sadeghzadeh Hemayati, S., Mohammadyan, R. and Farahmand, R. (2011). Effect of Sowing and Harvest Time on Yield of Autumn-Sown Sugar Beet in Moghan Region in Iran. *Journal of Seeding and Seed better Farming*, 27-2(3): 1-17.
- Taleghani, D., Ghohi, J., Toohidlu, G. H. and Rouhi. (1999). A study of the efficiency of water and nitrogen consumption in optimal and stress conditions in two sugar beet planting spacing, *the final report of the sugar beet research institute*. (In Farsi)
- Torabi, M. and Jahad Akbar, M. R. (2005). The Effect of Furrow Irrigation, Single Row and Double Row Planting on Water Use Efficiency, Quantity, and Quality of Sugar Beet Yield. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 6(22), 15-26. (In Farsi)
- Soil Conservation Service National*. 1979. USDA Furrow irrigation. Engineering Handbook. Chapter 5. Section 15 (Irrigation).
- Vazifedoust, M., Alizadeh, A., Kamali, GH. and Feyzi, M. (2008). Increasing water productivity of irrigated crops in Borkhar irrigation district, Isfahan. *Journal of Water and Soil*, 2(22), 484-495. (In Farsi)
- Vaziri, j. (1991). Determine the water potential of sugar beet using lysimeter. *Kermanshah Soil and Water Research Report*. (In Farsi)
- Zare Abyaneh, H., Heydari, A. and Daneshkar Arasteh, P. (2020). Evaluation of Water Management Performance in Irrigation Network of Qazvin Plain. *Water and Irrigation Engineering*, 10(38): 76-88. (In Farsi)