

تعیین نیاز آبی و تأثیر تغییرات آن بر برخی صفات کمی و کیفی محصول چغندر قند

Determination of water requirement and the effect of the changes on some quantitative and qualitative characteristics of products of sugar beet

حمید زارع ایبانه^{۱*}، الهام فرخی^۲، مریم بیات ورکشی^۳ و محمود احمدی^۴

تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۲۴

ح. زارع ایبانه، ا. فرخی، م. بیات ورکشی و م. احمدی. ۱۳۹۰. تعیین نیاز آبی و تأثیر تغییرات آن بر برخی صفات کمی و کیفی محصول چغندر قند. مجله چغندر قند ۲۷(۲): ۱۶۷-۱۵۳

چکیده

به منظور تعیین نیاز آبی گیاه چغندر قند و تأثیر تغییرات آب مصرفی بر برخی مؤلفه‌های تولید، آزمایشی به مدت چهار سال (۱۳۷۳ الی ۱۳۷۶) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اکباتان همدان اجرا گردید. بدین منظور، نیاز آبی بهینه، عملکرد ریشه و قند، کارایی مصرف آب بر پایه عملکرد ریشه، درصد قند و بازده مصرف آب بر اساس عملکرد قند در شرایط عدم محدودیت آب و مواد غذایی به روش بیلان آبی طی چهار دوره رشد ۱۳۰، ۱۳۴، ۱۵۲ و ۱۶۲ روزه اندازه‌گیری و مقایسه شدند. هم‌چنین به‌طور هم‌زمان نیاز آبی گیاه مرجع (چمن) با استفاده از لایسیمتر اندازه‌گیری گردید تا روند تغییرات ضریب گیاهی چغندر قند بررسی گردد. نتایج بررسی‌ها، حجم آب مصرفی چغندر قند را طی چهار سال به ترتیب ۸۴۲۷، ۷۳۲۸، ۱۰۲۵۶ و ۹۰۲۶ مترمکعب در هکتار با میانگین ۸۷۵۹ مترمکعب در هکتار نشان داد. میانگین چهار ساله حداکثر ضریب گیاهی در مرحله میان فصل ۱/۰۴ و حداقل آن در مرحله آغازین برابر ۰/۴۲ به‌دست آمد. بیشترین عملکرد ریشه، قند و درصد قند با طول دوره رشد ۱۶۲ روزه، به ترتیب ۱۱۶/۸، ۲۰/۳۶ تن در هکتار و ۱۷/۴۳ درصد به‌دست آمد. کمترین مقدار عملکردهای ریشه، قند و درصد قند در دوره رشد ۱۳۰ روزه به ترتیب برابر ۵۲/۲۱، ۸/۵ تن در هکتار و ۱۶/۲۶ درصد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در دوره رشد ۱۳۰ روزه ضمن کاهش عملکرد ریشه، کارایی مصرف آب برای عملکرد ریشه و عملکرد قند نیز به ترتیب به ۷/۱ و ۱/۲ کیلو گرم به ازای هر مترمکعب آب مصرفی کاهش یافت. در دوره رشد طولانی‌تر مقدار کارایی مصرف آب برای عملکرد ریشه و عملکرد قند به ترتیب ۱۱/۴ و دو کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: چغندر قند، ضریب گیاهی، عملکرد، کارایی مصرف آب، لایسیمتر، نیاز آبی

zareabyaneh@gmail.com

۱- دانشیار مهندسی آب، دانشگاه بوعلی سینا همدان- ایران. * نویسنده مسئول

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه بوعلی سینا همدان- ایران

۳- دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی دانشگاه بوعلی سینا همدان- ایران

۴- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان- همدان

مقدمه

چغندر قند گیاهی دو ساله است که جهت استحصال شکر از محصول سال اول استفاده می‌شود. میانگین سطح زیر کشت جهانی آن طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۷ میلادی برابر ۵/۳۷ میلیون هکتار با عملکردی معادل ۲۵۰/۹۳ میلیون تن بود (FAO 2009).

چغندر قند با قابلیت کشت در اغلب مناطق ایران به‌عنوان مهم‌ترین منبع تولید شکر است. نیاز آبی چغندر قند با توجه به تنوع مکانی و جغرافیایی کشت آن متفاوت است. از جمله دلایل این تفاوت را شاید بتوان در مصرف زیاد آب به اعتقاد فابریو و همکاران (Faberio et al. 2003) از یک سو و مقاوم بودن آن نسبت به اعمال تنش آبی به ویژه در انتهای مرحله رشد (Karimi and Naderi 2008) دانست. تنوع جغرافیایی و مکانی کشت چغندر قند و قابلیت اعمال مدیریت‌های متفاوت آبی، موجب انجام تحقیقات متنوعی در خصوص نیاز آبی و تأثیرات آن بر عملکرد چغندر قند شده که به اختصار ارائه می‌شود.

تحقیقات نشان می‌دهد که تبخیر تعرق چغندر قند از ۲۵۰ میلی‌متر برای مناطق مرطوب تا ۲۷۰۰ میلی‌متر برای مناطق گرم و خشک متغیر است (Gifford and Evans 1981; Stanhill 1986). بنز و همکاران (Benz et al. 1985) آب مصرفی چغندر قند در منطقه داکوتای شمالی (آمریکا) را ۵۹۱ میلی‌متر و یوتست و همکاران (Utset et al. 2007) متوسط تبخیر تعرق گیاه چغندر قند را بین پنج تا

۱۲ میلی‌متر در روز گزارش نمودند. پناهی و همکاران (Panahi et al. 2006) طی تحقیقی، میانگین نسبت تبخیر تعرق لایسیمتری چغندر قند به تبخیر از تشتک کلاس A در طول فصل رشد را ۰/۷۹ برآورد نمودند. آنان کارایی مصرف آب براساس عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید را به ترتیب ۵/۰۱ و ۰/۴۹ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب مصرفی به دست آوردند. در مطالعات شهابی‌فر و رحیمیان (Shahabi and Rahimian 2008) در مشهد میانگین سه ساله نیاز آبی (لایسیمتری)، عملکرد ریشه و کارایی مصرف آب به ترتیب ۱۲۲۱ میلی‌متر، ۵۶/۵ تن در هکتار و ۴/۶ کیلوگرم به ازای یک مترمکعب آب مصرفی گزارش شده است. شاهین و همکاران (Shahin et al. 2007) تبخیر تعرق واقعی چغندر قند در منطقه نیمه‌خشک سرد (ترکیه) را به روش بیلان آبی طی فصل رشد ۴۹۲/۹ میلی‌متر و متوسط فصلی ضریب گیاهی (K_c) (Crop Coefficient) را ۰/۶۵ گزارش کردند. تحقیقات غالبی (Ghalebi 2000) و طالقانی (Taleghani et al. 2008) در خصوص میزان آب مصرفی چغندر قند در شرایط اقلیمی کرج، نشان داد که مصرف ۸۸۳ میلی‌متر آب در آبیاری بارانی و ۱۳۵۰ میلی‌متر در آبیاری سطحی منجر به تولید حداکثر عملکرد ریشه، شکر خالص و کارایی مصرف آب شد. ریچتر و همکاران (Richter et al. 2006) خشکی و گرمی هوا در اواخر فصل تابستان (انگلستان) را عاملی در کاهش عملکرد شکر در زراعت چغندر قند گزارش کردند. آنان کاشت زود هنگام و برداشت

(Pour et al. 2006 و روش آبیاری Taleghani et al. 2008) باشد. در تحقیقی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر خصوصیات کمی و عملکرد چغندر قند مورد ارزیابی قرار گرفت (Vafadar et al. 2008). نتایج نشان داد که مناسبترین ترکیب، تیمار تاریخ کاشت ۲۵ فروردین و تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار بود. گروز و بیلی (Groves and Bailey 1994) با اعمال رژیم‌های مختلف آبیاری بر چغندر قند نشان دادند که عملکرد و درصد قند ارتباط نزدیکی با آب مصرفی و تبخیر تعرق دارد. کاسل و همکاران (Cassel et al. 2001) طی آزمایشات سال‌های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ در مناطق جنوبی آمریکا، استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای را جهت کنترل آبشویی نیترات خاک و استفاده بهینه از آب تأیید نمودند. در این تحقیق شکر تولیدی بین سه تا ۲۸ درصد بیش از روش آبیاری جویچه‌ای بود. تاگنیتی و همکاران (Tognetti et al. 2003) نشان دادند عملکرد و واکنش‌های فیزیولوژیکی چغندر قند، در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی به روش قطره‌ای مشابه تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش آبیاری بارانی بود. میرزایی و رضوانی (2006) تأثیر کم‌آبیاری در هریک از مراحل چهارگانه رشد چغندر قند را با تأمین آب در حد ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درصد آب مورد نیاز به روش آبیاری نشتی مورد آزمون قرار دادند. نتایج نشان داد به جزء تیمار آبیاری ۰/۵۵ در مرحله سوم رشد، اختلاف بین سایر تیمارها از نظر میانگین درصد قند، درصد قند قابل استحصال و راندمان استحصال قند معنی‌دار نبود.

دیرهنگام چغندر قند را به عنوان راه‌کاری جهت مقابله با کاهش شکر معرفی نمودند. راه‌کار فوق در خاک‌های شنی ۱/۵-۰/۵ تن در هکتار و در خاک‌های لومی دو تن در هکتار افزایش عملکرد شکر را در پی داشت. از طرفی روند تخصیص مواد فتوسنتزی با تاریخ کاشت همبستگی دارد و در کاشت دیر هنگام، برگ‌ها با سرعت بیشتری از بین رفته و ظرفیت تولید ماده خشک کاهش می‌یابد. به اعتقاد سلطانی و همکاران (Soltani et al. 1999; 2005) در کاشت زودهنگام، رشد تدریجی برگ‌ها تأثیر زیادی بر عملکرد گیاه دارد. کیردا (Kirda 2002) کم‌آبیاری را سبب افزایش غلظت ساکارز چغندر قند و کریمی و نادری (2008) به نقش مثبت تنش‌های آبی و کم‌آبی‌های اواخر فصل رشد در افزایش عملکرد شکر اشاره داشته‌اند. در حالی که در تحقیقات میرزایی و رضوانی (Mirzaee and Rezvani 2007) در همدان اثر تنش خشکی بر خصوصیات کیفی چغندر قند نامناسب تشخیص داده شده و نشان دادند قطع آبیاری در اواخر دوره رشد چغندر قند، باعث افت خصوصیات کیفی چغندر قند شامل درصد قند ناخالص و راندمان استحصال می‌شود. تنش رطوبتی در اواخر دوره رشد چغندر قند باعث افزایش ناخالصی‌های ریشه چغندر قند از جمله پتاسیم و سدیم شده و در نتیجه راندمان استحصال قند را به‌طور معنی‌داری کاهش و درصد قند ملاس را افزایش می‌دهد. شاید یکی از دلایل اختلاف در برخی نتایج، واکنش ارقام مختلف چغندر قند (Amjadi 2003)، تاریخ کاشت، تعداد آبیاری‌های اعمال شده (Hosein

زهکش‌دار با مساحت $1 \times 2/25$ مترمکعب استفاده شد. لایسیمتر در مرکز قطعه زمینی به مساحت ۱۵۰۰ مترمربع با شرایط یکسان از نظر کشت و آبیاری قرار داشت. لبه لایسیمتر در حدود ۱۰ سانتی‌متر بالاتر از سطح زمین و دیواره‌های درونی آن لایسیمتر نیز عایق شد تا آب آبیاری زمین‌های اطراف به داخل لایسیمتر نفوذ نکند. محل آزمایش دارای خاک عمیق، با خاصیت قلیایی ضعیف، بافت متوسط تا سنگین است که نتیجه رسوبات آبرفتی می‌باشد. بافت خاک در لایه‌های ۲۶-۰ و ۹۴-۲۶ سانتی‌متری به ترتیب لوم و لوم‌رس بود. ضمن آن‌که جنس و عمق لایه‌های خاک درون لایسیمتر مشابه شرایط کلی منطقه و فاقد هر گونه محدودیتی از نظر شوری و قلیائیت بود. درصد رطوبت خاک در لایه‌های مختلف در حالت اشباع بین ۳۳ تا ۳۸، نقطه ظرفیت زراعی بین $3/21$ تا $9/22$ ، نقطه پژمردگی دائم $3/10$ تا $4/10$ درصد رطوبت وزنی و چگالی ظاهری آن $1/74$ تا $1/90$ گرم بر سانتی‌مترمکعب به دست آمد.

برای تسهیل در خروج زه‌آب، یک لایه شن به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر در کف لایسیمتر قرار گرفت. با انجام یک مرحله آبیاری در لایسیمتر فاقد پوشش گیاهی و نشست خاک، سعی شد تا خصوصیات فیزیکی خاک، مشابه زمین اطراف گردد.

اندازه‌گیری روزانه‌ی تبخیر تعرق با کاشت دستی بذر رقم پلی‌ژرم TR41 روی خطوط ۶۰ سانتی‌متری به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم و به عمق

اقتصاد منطقه همدان به دلیل عدم وجود طرح‌های بزرگ صنعتی و وجود بیش از $800/000$ هکتار اراضی قابل کشت، بیشتر بر پایه کشاورزی بنا نهاده شده است. آب کالایی اقتصادی، استفاده از آن ارزشمند و چغندرقد به عنوان یک گیاه صنعتی از لحاظ اقتصاد محلی و تولید مواد اولیه جهت کارخانه قند همدان در ایجاد اشتغال کشاورزی و صنعتی اهمیت به‌سزایی دارد. از طرفی آبیاری بدون برنامه‌ریزی و براساس تجربیات فردی و محلی موجب کاهش راندمان آبیاری و تلفات آن می‌شود. بنابراین با توجه به اهمیت محصول چغندرقد، از نظر تولید، مصرف آب و نیز محدودیت منابع آب این بررسی انجام شد و هدف از این مطالعه تعیین نیاز آبی بهینه چغندرقد به روش بیلان آبی در لایسیمترهای زهکش‌دار برای منطقه همدان بوده است. هم‌چنین تأثیر میزان آب آبیاری بر عملکرد ریشه، عملکردقد و کارایی مصرف آب براساس عملکرد ریشه و عملکردقد بررسی و مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

ایستگاه تحقیقات کشاورزی اکباتان، واقع در ۱۰ کیلومتری شهر همدان، در $26^{\circ}48'$ تا $32^{\circ}48'$ عرض شمالی و $52^{\circ}34'$ تا $33^{\circ}34'$ طول شرقی و ارتفاع ۱۷۳۰ متری از سطح دریا، قرار دارد. تحقیق طی دوره چهار ساله ۱۳۷۳ الی ۱۳۷۶ اجرا شد. منطقه دارای آب هوای نیمه‌خشک سرد با میانگین بارش سالانه ۳۱۲ میلی‌متر است (Zare Abyaneh et al. 2010). به‌منظور تعیین تبخیر تعرق از یک دستگاه لایسیمتر

نیاز آبی گیاه مرجع (چمن) نیز مشابه روش بیان شده در خصوص چغندر قند به کمک لایسیمتری مشابه، محاسبه گردید. در نهایت ضریب گیاهی چغندر قند در هریک از مراحل رشد از تقسیم تبخیر تعرق گیاه چغندر قند بر تبخیر تعرق گیاه مرجع (رابطه ۲) به دست آمد (Zare Abyaneh et al. 2009).

$$K_C = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (۲)$$

در رابطه فوق ET_c و ET_o به ترتیب تبخیر تعرق گیاه چغندر قند و گیاه مرجع (چمن) می باشد و K_C نیز ضریب گیاهی چغندر قند می باشد.

در طول دوره رشد با بازدیدهای منظم و یادداشت برداری های مستمر صفاتی از قبیل درصد سبز شدن، تفکیک مراحل چهارگانه رشد و مقدار آب مصرفی اندازه گیری شد. در پایان فصل رشد نسبت به برداشت محصول از لایسیمتر اقدام و عملکرد آن توزین شد.

در زمان برداشت تعداد چهار عدد ریشه به صورت تصادفی به عنوان نمونه محصول در لایسیمتر انتخاب و سرزنی شد. پس از شستشوی ریشه های مذکور و توزین آنها، خمیر ریشه (پلپ) در آزمایشگاه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان تهیه و در صدقند به روش پلاریمتری اندازه گیری شد. از آنجایی که از نظر اقتصادی، میزان قند به عنوان مهم ترین عامل در صنعت قند از اهمیت بیشتری برخوردار است، لذا عملکرد قند در چغندر قند از حاصل ضرب عملکرد ریشه در درصد قند محاسبه گردید.

پنج سانتی متر بر اساس معادله بیلان آب خاک (رابطه ۱) صورت گرفت (Doorenbos and Pruitt 1977):

$$ET_c = I + P - D \pm \Delta W \quad (۱)$$

که در آن ET_c تبخیر تعرق بالقوه گیاه چغندر قند (میلی متر)، I مقدار آب آبیاری (میلی متر)، P مقدار بارندگی (میلی متر)، D مقدار زه آب خروجی (میلی متر)، ΔW تغییرات درصد رطوبت خاک در عمق ریشه (میلی متر) می باشد.

زمان آبیاری با نصب یک عدد تانسیمتر در عمق توسعه ریشه و اندازه گیری مکش روزانه پس از تخلیه رطوبت سهل الوصول خاک در مکش ۳۰-۴۰ سانتی بار بود (Hanks and Ashcroft 1980). مقدار آب تحویلی به لایسیمتر در هر نوبت آبیاری و مقدار زه آب خروجی از آن در فاصله هر نوبت آبیاری اندازه گیری گردید. میزان بارندگی در صورت وقوع توسط باران سنج استوانه ای اندازه گیری و با اعمال تمامی پارامترهای اندازه گیری شده در نیاز آبی از رابطه ۱ محاسبه شد.

مواد غذایی از منابع اوره و فسفات آمونیوم به مآخذ ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و ۹۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص تأمین شد. یک سوم کود اوره و تمامی کود فسفات آمونیوم در ابتدای زمان کاشت و مابقی اوره در دو نوبت به صورت سرک مصرف شد. مبارزه با علف های هرز در طول فصل به صورت دستی انجام و برای مبارزه با آفات از سموم مناسب استفاده گردید.

آورده شده است. اندازه‌گیری‌ها در مقیاس روزانه صورت گرفت، بنابراین دامنه اعتبار نتایج برای دوره‌های روزانه و بالاتر قابل اعتماد و توصیه است.

حداکثر نیاز آبی محصول چغندر قند و گیاه مرجع چمن در مرحله میان فصل بود که میانگین آن برای گیاه چغندر قند ۸/۷۵ و در گیاه چمن ۸/۴۵ میلی‌متر در روز به دست آمد. علت بالا بودن نیاز آبی در مرحله میانی در هر دو محصول کامل شدن پوشش گیاهی و افزایش سهم تعرق به دلیل توسعه اندام‌های هوایی گیاه است. اهمیت آب در این مرحله برای حفظ آماس برگ و به حداکثر رساندن فتوسنتز و عملکرد بالقوه است (Ghaemi et al. 2008). پوشیده شدن سطح زمین توسط سایه‌انداز چغندر قند در حدود دو ماه پس از کشت و افزایش شاخص سطح برگ در مرحله میانی فصل رشد که می‌تواند در حداکثر شدن تبخیر تعرق نقش داشته باشد توسط اوراضی‌زاده و همکاران (Orazizadeh et al. 2008) و فورتن و همکاران (Fortune et al 1999) گزارش شده است. در سایر مراحل رشد نیاز آبی چمن از چغندر قند بیشتر است زیرا کشت چمن قبل از کشت چغندر قند بوده و دوره رشد چمن پس از برداشت چغندر قند همچنان ادامه دارد. به عبارت دیگر دوره رشد چمن طولانی‌تر بوده و سایه‌اندازی آن در مراحل آغازین و پایانی بیش از چغندر قند است.

در پایان با استفاده از مقدار آب مصرفی (شامل آب آبیاری + آب باران) در هر سال و مقدار محصول تولیدی (عملکرد ریشه و عملکرد قند) شاخص کارایی مصرف آب در هر دو مولفه از رابطه زیر محاسبه گردید (Zare Abyaneh et al. 2009).

$$WUE = Y/W \quad (3)$$

که در آن WUE معرف کارایی مصرف آب (کیلوگرم محصول بر مترمکعب آب مصرفی)، Y معرف عملکرد ریشه یا عملکرد قند (کیلوگرم در هکتار)، W معرف حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) می‌باشد.

نتایج و بحث

اجرای یک طرح آزمایشی در سال‌های مختلف در حذف اثر عوامل غیرقابل کنترل اقلیمی تا حد زیادی موفق است (Aghaee et al. 1993). به همین دلیل نتایج این آزمایش به واسطه چهار سال اجرا با اطمینان قابل قبولی می‌تواند کاربردی باشد. نیاز آبی چغندر قند و نیاز آبی گیاه چمن با اندازه‌گیری مجموع آب آبیاری و بارش حادث شده در فاصله دو نوبت آبیاری و زه‌آب خروجی از لایسیمتر با اعمال در رابطه ۱ محاسبه و به تفکیک چهار سال در جدول ۱ ارائه شده است. علاوه بر آن ضریب گیاهی چغندر قند نیز به تفکیک مراحل چهارگانه رشد و حجم آب مصرفی در واحد سطح با استفاده از داده‌های لایسیمتری محاسبه و در جدول ۱

جدول ۱ تبخیر تعرق گیاه مرجع (چمن) و گیاه چغندرقد در مراحل مختلف رشد (همدان ۷۶-۱۳۷۳)

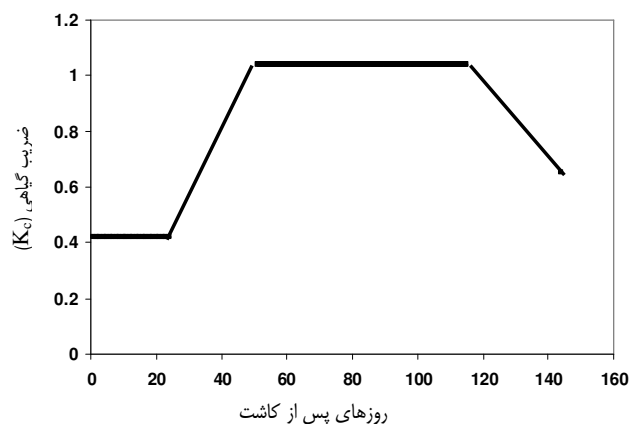
| سال | فصل رشد | تبخیر تعرق گیاه ^(۱) (mmd) | | طول دوره (روز) | مرحله |
|---------------|--------------|--------------------------------------|------|----------------|--------------|
| | | چغندرقد | چمن | | |
| اول ۱۳۷۳ | آغازین | ۲/۷ | ۶/۳ | ۱۴ | آغازین |
| | توسعه | ۵/۳ | ۷/۱۲ | ۲۸ | توسعه |
| | میان فصل | ۸/۷۵ | ۸/۱ | ۷۰ | میان فصل |
| | پایانی | ۲/۰ | ۳/۵ | ۲۲ | پایانی |
| | میانگین دوره | ۶/۲۸ | ۶/۹۵ | ۳۳/۵ | میانگین دوره |
| دوم ۱۳۷۴ | آغازین | ۲/۶ | ۶/۸ | ۲۳ | آغازین |
| | توسعه | ۶/۷ | ۷/۴۷ | ۲۶ | توسعه |
| | میان فصل | ۷/۵۳ | ۸/۱ | ۵۷ | میان فصل |
| | پایانی | ۲/۹ | ۳/۷ | ۲۴ | پایانی |
| | میانگین دوره | ۵/۶۴ | ۶/۹۳ | ۳۲/۵ | میانگین دوره |
| سوم ۱۳۷۵ | آغازین | ۳/۰ | ۵/۹ | ۳۹ | آغازین |
| | توسعه | ۶/۲ | ۸/۴ | ۲۰ | توسعه |
| | میان فصل | ۱۰/۱ | ۹/۹ | ۶۹ | میان فصل |
| | پایانی | ۲/۵۸ | ۴/۱ | ۳۴ | پایانی |
| | میانگین دوره | ۶/۳۳ | ۷/۵۳ | ۴۰/۵ | میانگین دوره |
| چهارم ۱۳۷۶ | آغازین | ۲/۴ | ۶/۳ | ۲۰ | آغازین |
| | توسعه | ۶/۴ | ۶/۸۸ | ۳۱ | توسعه |
| | میان فصل | ۸/۶ | ۷/۷ | ۶۵ | میان فصل |
| | پایانی | ۲/۷ | ۴/۵ | ۳۶ | پایانی |
| | میانگین دوره | ۵/۹۴ | ۶/۵۹ | ۳۸ | میانگین دوره |
| میانگین | آغازین | ۲/۶۸ | ۶/۳۳ | ۲۴ | آغازین |
| | توسعه | ۶/۱۵ | ۷/۴۵ | ۲۶ | توسعه |
| | میان فصل | ۸/۷۵ | ۸/۴۵ | ۶۵ | میان فصل |
| | پایانی | ۲/۵۵ | ۳/۹۵ | ۲۹ | پایانی |
| | میانگین دوره | ۶/۰۲ | ۷/۰۰ | ۳۶ | میانگین دوره |

(2007) بیان داشته‌اند به‌عنوان تابعی از مراحل رشد تغییر کرده است. ضریب گیاهی چغندرقد براساس رابطه ۲ به تفکیک مراحل رشد محاسبه و در جدول یک نشان داده شده است. بیشترین مقدار ضریب گیاهی در مرحله میان فصل بود که به‌طور متوسط ۱/۰۴ بود و کمترین مقدار K_C مربوط به مرحله آغازین رشد بود که میانگین آن ۰/۴۲ به‌دست آمد. فتوحی و همکاران (Fotoohi et al. 2006) حداکثر K_C را در منطقه میاندوآب در حدود ۱/۱۴ گزارش نمودند که در

جدول ۱ نشان می‌دهد بیشترین طول دوره رشد چغندرقد در سال سوم برابر ۱۶۲ روز و کمترین طول دوره رشد در سال دوم معادل ۱۳۰ روز بود. براساس جدول فوق حجم آب مصرف شده در ارتباط مستقیم با طول دوره رشد است به‌طوری که در سال سوم با ۱۶۲ روز طول دوره رشد ۱۰۲۵۶ مترمکعب در هکتار و در سال دوم در طی ۱۳۰ روز ۷۳۲۸ مترمکعب در هکتار آب مصرف شده است. ضریب گیاهی (K_C) چغندرقد نیز همان‌گونه که یوتست و همکاران

نهایت شمای کلی روند ضریب گیاهی براساس مقادیر میانگین محاسبه شده (جدول ۱) ترسیم و در شکل ۱ آورده شد.

راستای مقدار گزارش شده در این آزمایش است. میانگین K_c در طول دوره رشد چغندر قند در این تحقیق معادل 0.7 به دست آمد که در محدوده رقم 0.65 گزارش شاهین و همکاران (2007) است. در



شکل ۱ تغییرات ضریب گیاهی چغندر قند طی چهار فصل زراعی (میانگین)

حجم آب مصرفی ناشی از تغییرات طول دوره رشد محصول است. می‌توان پذیرفت که با مصرف آب کمتر، درصد قند معادل حالتی بود که آب بیشتری مصرف شده است. این نتیجه با جمع‌بندی‌های دون‌هام (Dunham 1993) که نشان داد که دامنه وسیعی از تیمارهای آبیاری اثر اندکی بر درصد قند در برداشت نهایی داشته است هم‌خوانی دارد. پس اگر هیچ‌گونه تنش آبی اعمال نشود نباید انتظار داشت که با افزایش آب مصرفی قند افزایش داشته باشد. جدول ۲ نشان می‌دهد بیشترین عملکرد ریشه و درصد قند در سال سوم آزمایش به‌واسطه طولانی‌بودن دوره رشد و کمترین عملکرد ریشه و درصد قند مربوط به سال دوم کشت به‌واسطه کوتاه بودن طول دوره رشد بود. عملکرد ریشه

شکل ۱ نشان می‌دهد نیاز آبی هر محصول زراعی بین حداقل آن در مرحله آغازین تا حداکثر در مرحله میان فصل در نوسان است. همچنین مقدار آب مصرفی هر گیاه زراعی حاصل مجموع آب مصرفی روزانه و یا حاصل ضرب $ET_0 * K_c$ می‌باشد. کم و زیاد شدن مقدار آب مصرفی علاوه بر تغییرات طی چهار مرحله رشدی، به‌واسطه کم یا زیاد بودن طول دوره رشد، موجب تغییرات سطح عملکرد محصول می‌شود. برای این منظور میزان عملکرد و درصد قند چغندر قند برای هر یک از سال‌های آزمایش در جدول ۲ آورده شد. این جدول نشان می‌دهد، عملکرد در هر سال متفاوت از سال‌های دیگر است، در حالی که چنین تفاوتی در عیار قند دیده نمی‌شود. بنابراین تغییرات

چغندر قند (ریشه) در دو سال دوم برابر ۱۰۸/۶۳ تن در هکتار و در دو سال اول معادل ۵۷/۳۴ تن در هکتار است. چنین افزایش عملکردی در دو سال آخر آزمایش نسبت به دو سال اول آزمایش می‌تواند ناشی از کشت زود هنگام باشد و نتیجه آن در راستای گزارشات ریچتر و همکاران (Richter et al 2006) و فتوحی و همکاران (2008) است. ریچتر و همکاران (2006) کاشت زودهنگام و برداشت دیرهنگام را عاملی در جهت افزایش عملکرد ریشه دانسته است.

و درصد قند در این پژوهش در محدوده ارقام گزارش شده توسط اوسان و ژنکوگلان (Ucan and Gencoglan 2006) است. آنان میزان عملکرد ریشه و درصد قند حاصل از به‌کارگیری ۱۲۳۲ میلی‌متر آب را ۵۷/۳۶ تن در هکتار و ۱۷/۲ درصد و برای ۱۳۳۱ میلی‌متر آب ۶۲/۳۵ تن در هکتار و ۱۵/۱ درصد گزارش کردند. مقایسه اعداد جدول دو نشان می‌دهد عملکرد محصول در سال‌های سوم و چهارم بیش از سال‌های اول و دوم بوده است. میانگین عملکرد

جدول ۲ میزان تبخیر تعرق، عملکرد و درصد قند چغندر قند در سال‌های اجرای آزمایش‌ها (همدان ۷۶-۱۳۷۳)

| تاریخ کشت | دوره رشد (روز) | آب‌آبیاری (میلی‌متر) | بارش (میلی‌متر) | زه‌آب (میلی‌متر) | تبخیر تعرق (میلی‌متر) | تغییرات رطوبت خاک (میلی‌متر) | | عملکرد (تن در هکتار) | | کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) |
|--------------------|----------------|----------------------|-----------------|------------------|-----------------------|------------------------------|-------|----------------------|-------|-------------------------------------|
| | | | | | | درصد قند | ریشه | ریشه | قند | |
| ۱۳۷۳/۲/۹-۱۳۷۳/۷/۲۷ | ۱۳۴ | ۱۳۸۴/۳ | ۱۳ | ۴۵۱/۶ | ۸۴۲/۷ | ۱۰۳/۰۰ | ۱۶/۳۲ | ۶۲/۲۷ | ۱۰/۱۶ | ۷/۴ |
| ۱۳۷۴/۳/۲۴-۱۳۷۴/۸/۵ | ۱۳۰ | ۱۵۸۷/۱ | ۱۸/۴ | ۷۵۹/۵ | ۷۳۲/۸۱ | ۱۱۳/۱۹ | ۱۶/۲۶ | ۵۲/۲۱ | ۸/۵۰ | ۷/۱ |
| ۱۳۷۵/۲/۲۱-۱۳۷۵/۸/۶ | ۱۶۲ | ۲۳۸۲/۷ | ۱۸/۷ | ۱۰۲۷/۱ | ۱۰۲۵/۶۲ | ۳۴۸/۶۸ | ۱۷/۴۳ | ۱۱۶/۸ | ۲۰/۳۶ | ۱۱/۴ |
| ۱۳۷۶/۲/۳۱-۱۳۷۶/۸/۴ | ۱۵۲ | ۲۱۲۶/۹ | ۲۴ | ۹۳۲/۳ | ۹۰۲/۶ | ۳۱۶/۰۰ | ۱۶/۹ | ۱۰۰/۴۶ | ۱۶/۹۸ | ۱۱/۱ |
| میانگین | ۱۴۵ | ۱۸۷۰/۲۵ | ۱۸/۵۳ | ۷۹۲/۶۳ | ۸۷۵/۹۴ | ۲۲۰/۲۱ | ۱۶/۷۳ | ۸۲/۹۴ | ۱۳/۸۸ | ۹/۵ |

دوم کمترین مقدار عملکرد قند معادل ۸/۵ تن در هکتار به ازای طول دوره رشد (۱۳۰ روز) حاصل شد. در حالی که میانگین درصد قند در طی چهار سال ۱۶/۷۳ درصد بوده است و مقایسه هریک از سال‌ها با یکدیگر نیز درصد قند را در همین محدوده نشان می‌دهد. از آنجایی که مبنای کشت در لایسیمتر، فراهم نمودن شرایط رشد با توجه به فراهمی کامل آب و مواد غذایی می‌باشد لذا می‌توان پذیرفت که به‌طور نسبی تنش آبی و کمبود مواد غذایی وجود نداشته است

در بررسی دقیق‌تر باید به این سوال پاسخ داد که آیا افزایش طول دوره رشد می‌تواند بر عملکرد قند به‌عنوان یک معیار مهم اقتصادی تأثیر بگذارد؟ در پاسخ به این سوال عملکرد قند که به‌خوبی تأثیر کشت زودهنگام و دیرهنگام را توصیف می‌کند و از نظر اقتصادی، اهمیت بیشتری دارد، محاسبه و در جدول ۲ آورده شد (Karimi and Naderi 2008). طبق جدول ۲، در سال سوم که طول دوره رشد ۱۶۲ روز بود بیشترین عملکرد قند (۲۰/۳۶ تن در هکتار) و در سال

برداشت دیرتر محصول در سال سوم و چهارم و وجود مکانیسم‌های متفاوت در هر یک از مراحل رشد توانسته است سطح بالاتری از عملکرد را به دنبال داشته باشد (Fotoohi et al. 2008). به اعتقاد فتوحی و همکاران (2006) از جمله این مکانیسم‌ها می‌تواند درصد بیشتر پوشش گیاهی و به تبع افزایش شاخص سطح برگ (LAI) و فرصت کافی برای به حداکثر رساندن فتوسنتز از طریق تثبیت بیشتر CO_2 و ماده‌سازی برگ‌ها در حصول عملکرد بالقوه باشد. علاوه بر نقش تاریخ کشت در عملکرد می‌توان به نقش عوامل دیگر نظیر بهبود وضعیت فیزیکی ساختمان خاک درون لایسیمترها به واسطه فعالیت ریشه و جانوران خاکزی، باقی ماندن بقایای ریشه سال‌های قبل، افزایش مواد آلی خاک و کسب تجربه و مهارت در مدیریت لایسیمترها با گذشت زمان اشاره داشت. ضمن آن که عدم تنش حرارتی در دو سال آخر کشت به دلیل افزایش میزان بارندگی‌ها (جدول ۲) و کاهش میانگین درجه حرارت هوا نشان‌دهنده بهتر بودن شرایط اقلیمی و افزایش عملکرد است. اما از آنجایی که این عوامل اندازه‌گیری نشده‌اند نمی‌توان نقش هر یک از عوامل یاد شده را به صورت کمی بررسی نمود.

با تفکیک مقادیر کارایی مصرف آب براساس عملکرد ریشه و قند برای هر یک از سال‌های کشت می‌توان نتیجه گرفت که اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین سال اول و دوم کشت و همچنین سال سوم و چهارم کشت وجود ندارد. لیکن این اختلاف بین دو سال اول و

(FAO 2009). در تأیید این مطلب می‌توان به افزایش میزان تبخیر تعرق در سال سوم کشت نسبت به دیگر سال‌ها اشاره کرد که نشان‌دهنده شرایط رطوبتی مناسب‌تر است و گیاه توانسته است که CO_2 بیشتری را تثبیت نماید. همچنین مقادیر تبخیر تعرق گزارش شده در دو سال آخر کشت (۷۵ و ۷۶) نسبت به دو سال اول کشت (۷۳ و ۷۴) حاکی از افزایش ۱۲ درصدی تبخیر تعرق در دو سال آخر بوده است. افزایش تبخیر تعرق می‌تواند به مفهوم برخورداری گیاه از شرایط رطوبتی مناسب و تثبیت بیشتر گاز دی اکسید کربن باشد. این عامل به موازات افزایش طول دوره رشد و برخورداری از موادمغذی کافی به واسطه کشت در محیط کنترل شده لایسیمتری در افزایش عملکرد، ایفای نقش نموده است. پس تفاوت در عملکرد قند را نمی‌توان به تنش رطوبتی و فقر مواد آلی و معدنی نسبت داد که با توجه به شرایط کشت لایسیمتری منطقی به نظر می‌رسد. از طرفی در دو سال آخر چون طول دوره رشد طولانی‌تر شده است می‌بایستی انتظار عملکرد قند بیشتری را داشت. بررسی‌های جزئی‌تر به تفکیک دو سال اول و دوم و دو سال سوم و چهارم نشان می‌دهد که عملکرد قند در دو سال اول ۹/۳۳ تن در هکتار و در دو سال دوم ۱۸/۶۷ تن در هکتار بود. به عبارت دیگر عملکرد قند در دو سال دوم کشت ۱۰۰ درصد بیش از دو سال اول بوده است. لذا تاریخ کشت به‌طور نسبی و شرایط مطلوب رطوبتی بر عملکرد تأثیر افزایشی داشته و به نظر می‌رسد کاشت زودهنگام و

شرایط زمانی و مکانی اندازه‌گیری شد. بر این اساس میانگین چهار ساله تبخیر تعرق گیاه مرجع برابر ۶/۵ میلی‌متر در روز و در محدوده ۶/۳ تا ۷/۱ میلی‌متر در روز به‌دست آمد. ضریب گیاهی

$$K_C = \frac{ET_c}{ET_o} \text{ (چغندر قند بر مبنای رابطه)}$$

برای هریک از مراحل چهارگانه محاسبه گردید. حداکثر مقدار ضریب گیاهی در مرحله رشد میان فصل با توجه به کامل شدن رشد رویشی و پوشش گیاهی کامل معادل ۱/۰۴ و حداقل آن در مرحله آغازین رشد با توجه به شروع رشد رویشی برابر ۰/۴۲ بود. نتایج نشان داد عوامل کارایی مصرف آب و عملکرد مربوط به ریشه گیاه چغندر قند و مقدار قند حاصل از آن تابع تغییرات نیاز آبی و طول دوره رشد در سال‌های مورد مطالعه بود. حداقل عملکرد ریشه برای یک دوره ۱۳۰ روزه معادل ۵۲ تن در هکتار و حداکثر آن حدود ۱۱۷ تن در هکتار برای ۱۶۲ روز از دوره رشد به‌دست آمد. بیشترین مقدار کارایی مصرف آب برای ریشه برابر ۱۱/۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی پس از ۱۶۲ روز و کمترین مقدار معادل ۷/۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب برای یک دوره ۱۳۰ روزه رشد به‌دست آمد. از آنجایی که اندازه‌گیری نیاز آبی گیاه چغندر قند و گیاه مرجع و سایر مولفه‌های عملکرد، براساس کشت

دوم کشت با طول دوره رشد کمتر و دو سال سوم و چهارم با طول دوره رشد بیشتر وجود دارد. بر این اساس در دو سال اول میانگین کارایی مصرف آب آبیاری برای عملکرد ریشه و قند به ترتیب ۷/۲۵ و ۱/۲ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب آبیاری بود و برای دو سال دوم کشت مقادیر فوق به ترتیب ۱۱/۲۵ و ۱/۹۵ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب مصرفی به‌دست آمد. به بیان دیگر کشت زود هنگام و برداشت دیر هنگام چغندر قند تحت شرایط لایسیمی با هدف تأمین کامل آب و مواد غذایی به‌طور نسبی، در افزایش کارایی مصرف آب در شرایط بدون تنش رطوبتی نقش داشته است.

نتیجه‌گیری

آب در گیاه چغندر قند به‌عنوان محصولی برای جوانه‌زنی، سبزشدن و حفظ آماس آن، ضروری است. ضمن آن که آب کالایی ارزشمند و اقتصادی بوده و استفاده بهینه از آن ضروری است. بدین منظور نیاز آبی گیاه چغندر قند و ضریب گیاهی آن با توجه به کشت چهار ساله آن و کشت هم‌زمان گیاه چمن در محیط لایسیمی اندازه‌گیری و محاسبه شد. نتایج نشان داد مقدار میانگین چهار ساله تبخیر تعرق گیاه چغندر قند در منطقه همدان ۸۷۶ میلی‌متر بود که بین ۷۳۳ تا ۱۰۲۶ میلی‌متر طی فصل رشد در نوسان بود. به‌همین ترتیب نیاز آبی گیاه مرجع چمن در همان

لاسیمتری بوده و برای چهار سال اندازه‌گیری‌ها انجام شده است لذا نتایج حاصل قابل اعتماد و توصیه است. بنابراین برای افزایش بهره‌وری آب و برنامه‌ریزی مناسب، استفاده از میانگین اطلاعات مطالعه حاضر در سطح مزارع چغندرکاری همدان پیشنهاد می‌گردد.

References:

منابع مورد استفاده:

- Aghaee M, Vali Zadeh M, Moghaddam M, Kazemi H, Banaee A. Study of the interaction of genotype*year, number of barley varieties in Tabriz. Journal of Agricultural Science. 1993; 4(2, 1): 29-45.
- Amjadi P. Effects of harvest time ant variety on qualitative and quantitative characters of root sugar accumulation in sugar beet. Ms Theses. Karaj. University of Tehran. 2003.
- Benz LC, Doering EJ, Reichman GA. Water table and irrigation effects on corn and sugar beet. CAB Abstract. 1985. 1984-1986.
- Cassel F, Shamasarkar S, Miller D. Assessment of drip and flood irrigation on water and fertilizer use efficiencies for sugar beets. Agricultural Water Management. 2001. vol. 46:24-251.
- Doorenbos J, Pruitt D. Crop water requirement. FAO irrigation and drainage paper. 1977. No. 24, Rome.
- Dunham RJ. Water use and irrigation. In the sugar beet crop principle and practice: Cook, D.A. and Scott, R.K. Chapman and Hall, London. 1993. Vol. 279.
- Faberio C, Santa Olalla M, Lopez R, Dominguez A. Production and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivated under controlled deficit irrigation condition in semiarid- climate. Agricultural Water Management. 2003. Vol. 62: 215-227.
- FAO. Sugar: International Analysis and Production Structures within the EU, European Commission, September. 2009, p. 19.
- Fortune RA, Burke JI, Kennedy T, O'sullivan E. Effect of curly sowing on the growth, yield and quality of sugar beet. End of project report, Teagasc, Oak Park. 1999. Vol. 20: 25.

- Fotoohi K, Mesbah M, Sadeghian SY, Ranji Z, Orazi Zadeh MR. Evaluation of salinity tolerance in sugar beet genotypes. *Journal of sugar beet*. 2006; 22(2): 1-18. (in Persian, abstract in English)
- Fotoohi K, Ahmad Ali H, Noorjou A, Pedram A, Khorshid A. Irrigation management based on allowed water depletion at different growth stages of sugar beet in Miyandoab region. . *Journal of sugar beet*. 2008; 24 (1): 43-60. (in Persian, abstract in English)
- Ghaemi AA, Mehdi-Hoseinabadi Z, Sepaskhah AR. Water use efficiency and yield of sugar beet under conventional and alternate tape and furrow irrigation. *Water and Soil* (Ferdosi University). 2008; 22(2): 85-94.
- Ghalebi S. Optimize water use in sugar beet, using the production functions of water in Karaj *Journal of Soil and Water, Irrigation Supplement*. 2000; 12 (1):
- Gifford RM, Evans LT. Photosynthesis, carbon partitioning, and yield. *Annu. Rev. Plant Physiology*. 1981. Vol. 32:485-509.
- Groves SJ, Bailey RJ. Strategies for the sub-optimal irrigation of sugar beet. *Aspects of Applied Biology*. 1994. Vol. 38: 201-207.
- Hanks RJ, Ashcroft GL. *Applied soil physics*. Springer- Verlag, Berlin. 1980. 159 p.
- Hosein Pour M, Soroosh Zadeh A, Agha Alikhani M, Khoramian M, Fathollah Taleghani D. Evaluation of quantity and quality of sugar beet under drip and furrow irrigation methods in north of Khuzestan. *Journal of sugar beet*. 2006. 22 (1): 39-57. (in Persian, abstract in English)
- Karimi A, Naderi M. Different levels of irrigation and nitrogen effects on quantitative and qualitative yield and water use efficiency of Sugar beet. *Science and agricultural industries (particularly water and soil)*. 2008. 22 (1): 235-246.
- Kirda C. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance, in *FAO, Deficit irrigation practices*, Rome. 2002. 3-10.

- Panahi M, Aghdaee M, Rezaee M. Determination of sugar beet standard evapotranspiration by lysimeter method in Kabotar-Abad, Esfahan. *Journal of Sugar Beet*. 2006. 22: 25-37. (in Persian, abstract in English)
- Mirzaee MR, Rezvani SMA. Determine of sensitivity to dehydration in four stages of the growth of sugar beet. Abstract, Ninth Article Congress Iran. Tehran University. 2006. Pp. 563.
- Mirzaee MR, Rezvani SMA. Effects of water deficit on quality of sugar beet at different growth stages. *Journal of Sugar Beet*. 2007. 23: 29-42. (in Persian, abstract in English)
- Orazizadeh MR, Hosseinpour M, Ghanbari D, Sharifi H. Integrated weed management of sugar beet using planting date and cultivation in Dezful. 2008. *Journal of Sugar Beet* 23(2) 123-134. (in Persian, abstract in English)
- Richter GM, Qi A, Semenow MA, Jaggard KW. Modeling the variability of UK sugar beet yields under climate change and husbandry adaptations. *Soil Use and Management*. 2006. Vol. 22(1):39-47.
- Sahin U, Kiziloglu FM, Anapali O, Okuroglu M. Determining crop and pan coefficients for sugar beet and potato crops under cool season semiarid climatic conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2007. Vol. 193(2):146-152.
- Shahabi Far M, Rahimian MR. Measurement of sugar beet water requirements by lysimeter method in Mashhad. *Journal of sugar beet*. 2008. 23: 177-184. (in Persian, abstract in English)
- Soltani A, Gassemi-Golezani K, Rahimzad-khoie F, Moghaddam M. A simple model for chickpea growth and yield. *Field Crop Res*. 1999. Vol.62:213-224.
- Soltani A, Torabi B, Zarei H Modeling crop yield using a modified harvest index-based approach: application in chickpea. *Field Crop Res*. 2005. Vol 91:273-285.
- Stanhill G. Water use efficiency. *Adv. Agron*. 1986. vol. 39:53-85.

- Taleghani D, Gohari G, Tohidloo V, Roohi A. Study, water and nitrogen use efficiency, optimum conditions and stress, in two sugar beet planting pattern. Final Report of Research Institute of Sugar Beet. 2008.
- Tognetti R, Palladion M, Minnocci A, Delfine S, Alvion A. The response of sugar beet to drip and low- pressure sprinkler irrigation in southern Italy. *Agricultural Water Management*. 2003. Vol. 60:135-155.
- Ucan K, Gencoglan C. The effect of water deficit on yield and yield components of sugar beet. *J. Agric. For*. 2004. Vol. 28:163-172.
- Utset A, Velicia H, Rio BD, Morillo R. Calibrating and validation an agro hydrological model to simulate sugar beet water use under Mediterranean. *Agricultural water management*. 2007. Vol 94(1-3):11-21.
- Vafadar L, Ebadi, A, Sajed K. The effects of planting date and plant density on yield and some traits of sugar beet genotypes. *Electronic Journal of crop production*. 2008. 2: 103-120.
- Zare Abyaneh H, Mahboobi AA, Nishaboori MR. Evaluation of drought situation and its process in Hamedan region on the basis of drought statistical indexes. 2004. 64: 1-7.
- Zare Abyaneh H, Gasemi A, Marofi S, Bayat Varkeshi M. Determination of Water Requirement, Single and Dual Crop Coefficients of Garlic in Cold Semi-Arid Climate. *Water and Soil Science*. 2010. 20(1): 111-122.