

تعیین نیاز آبی چغندر قند به روش لایسیمتری در مشهد

Measurement of sugar beet water requirements by lysimeter method in Mashhad

مهدی شهابی فر*^۱ و محمدحسین رحیمیان^۲
تاریخ دریافت: ۸۴/۹/۱؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۲/۱۱

م. شهابی فر و م. ح. رحیمیان. ۱۳۸۶. تعیین نیاز آبی چغندر قند به روش لایسیمتری در مشهد. چغندر قند ۲۳(۲): ۱۸۴-۱۷۷

چکیده

به منظور تعیین نیاز آبی گیاه چغندر قند، آزمایشی به مدت سه سال (۱۳۷۶ تا ۱۳۷۸) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق در مشهد اجرا گردید. در این تحقیق میزان نیاز آبی در شرایط عدم محدودیت آب و مواد غذایی با لایسیمتر و به روش بیلان آبی اندازه‌گیری شد. برای این منظور از لایسیمتر زهکش‌دار به ابعاد ۱ ۲ ۲ متر استفاده شد. به منظور حذف اثرات حاشیه در اطراف لایسیمتر به مساحت ۱۶۰۰ مترمربع (۴۰ ۴۰ متر) چغندر قند کشت گردید. زمان آبیاری با استفاده از تانسیمتر به صورتی تنظیم شد که رطوبت خاک در داخل لایسیمتر در حد رطوبت سهل‌الوصول باقی بماند. میزان نیاز آبی چغندر قند در سال‌های ۷۶، ۷۷ و ۷۸ به ترتیب برابر ۱۱۸۸، ۱۳۸۴ و ۱۰۹۲ میلی‌متر اندازه‌گیری و میانگین سه سال برابر ۱۲۲۱ میلی‌متر گردید. میزان بارندگی در دوره رشد طی این سه سال برابر ۹۶، ۱۳۸/۳ و ۶۱/۲ میلی‌متر بود. میانگین سه ساله عملکرد ریشه چغندر قند داخل لایسیمتر ۵۶/۵ تن در هکتار، درصد قند ۱۷/۸ و میانگین عملکرد ناخالص شکر ۱۰/۰۵ تن در هکتار بود. هم‌چنین کارایی مصرف آب براساس عملکرد ریشه و عملکرد شکر به ترتیب ۴/۶۲۷ و ۸۲۳/۰ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب مصرفی به‌دست آمد. مقدار هیدرو مدول آبیاری برای طراحی سیستم‌های آبیاری براساس حداکثر نیاز آبی گیاه برابر ۱/۱۴ لیتر در ثانیه در هکتار محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق، چغندر قند، عملکرد، لایسیمتر، مشهد، نیاز آبی

۱- استادیار بخش تحقیقات آبیاری و فیزیک خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب - تهران m_shahabifar@yahoo.com* - نویسنده مسئول

۲- مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

مقدمه

چغندر قند مهم‌ترین منبع تولید قند و شکر در ایران می‌باشد و نیشکر از این نظر مقام دوم را دارد. نیشکر به علت شرایط آب و هوایی خاص مورد نیازش تنها در استان خوزستان کشت می‌گردد ولی چغندر قند تقریباً در تمام مناطق ایران کشت می‌شود و یا قابل کشت است (رحیمیان و اسدی ۱۳۷۹). تحقیق و برنامه‌ریزی برای افزایش تولید این گیاه زراعی به منظور نیل به خودکفایی کشور و جلوگیری از واردات شکر، ضروری است. از جمله مطالعات لازم در این راستا تعیین نیاز آبی چغندر قند می‌باشد. نیاز آبی زراعت چغندر قند به شدت تابع شرایط آب و هوایی، مدیریت آبیاری و طول دوره رشد می‌باشد و به تراکم، ژنوتیپ و میزان نیتروژن مصرفی بستگی دارد (کوچکی و همکاران ۱۳۷۲).

با توجه به اهمیت این گیاه و تغییرات نیاز آبی آن در مناطق مختلف تحت مدیریت‌های متفاوت تحقیقات وسیعی در مورد نیاز آبی چغندر قند صورت گرفته است که به اختصار ارائه می‌گردد. وینتر (Winter 1980) در آزمایشی در تگزاس نشان داد که چغندر قند قادر است از آب قابل استفاده خاک تا عمق ۳ متری استفاده نموده و عملکرد قابل قبولی داشته باشد اما بیشترین عملکرد به میزان ۷۶/۶ تن در هکتار با بیشترین آب مصرفی به میزان ۱۰۱۰ میلی‌متر به دست آمد.

در آیداهو (Hills et al. 1990) میزان نیاز آبی چغندر قند در طول دوره رشد آن از اول آوریل تا ۳۱

اکتبر ۸۵۱ میلی‌متر و در تگزاس (Winter 1988) از ۱۵ مارس تا ۱۵ نوامبر ۱۱۸۵ میلی‌متر تعیین شده است. در آزمایشی میزان آب مصرفی تیمارهای مختلف آبیاری با لایسیمتر وزنی اندازه‌گیری شد. مجموع میزان آب مصرفی در طول فصل رشد از ۱۱۹۵ میلی‌متر برای مرطوب‌ترین تیمار تا ۹۰۰ میلی‌متر برای خشک‌ترین تیمارها متفاوت بود (Ehlig and Lemert 1979).

در بررسی‌هایی که تاکنون در مناطق مختلف ایران انجام گرفته است، مقادیر نیاز آبی برای گیاهان زراعی مناطق مختلف از حداقل ۱۲۰۰ تا حداکثر ۲۰۰۰ میلی‌متر برآورد گردیده است (فرشی و همکاران ۱۳۷۶). نیاز آبی چغندر قند در کرمانشاه ۱۸۸۵ میلی‌متر (وزیری ۱۳۷۰)، در همدان ۱۰۹۶ میلی‌متر (رحیمی ۱۳۷۶)، در کرج حدود ۱۳۵۰ میلی‌متر (طالقانی و همکاران ۱۳۷۸)، در دو منطقه رودشت و برآن اصفهان (رئسی ۱۳۷۲) به ترتیب ۱۲۰۰ و ۹۷۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است. هم‌چنین رضوی (۱۳۷۴) میزان تبخیر و تعرق پتانسیل چغندر قند را با استفاده از لایسیمتر طی سال‌های ۷۱-۱۳۶۸ در ارومیه به ترتیب برابر ۱۷۳۶، ۱۸۶۳، ۱۶۳۲ و ۱۵۹۱ میلی‌متر گزارش کرده است.

روش‌هایی که برای تخمین آب مورد نیاز گیاهان به کار برده می‌شود در دو گروه اصلی قرار می‌گیرند که عبارتند از: روش‌های مستقیم و روش‌های محاسبه‌ای. یکی از روش‌های مستقیم و دقیق تعیین نیاز آبی گیاهان استفاده از جعبه‌های کشت یا لایسیمتر

می‌باشد که از زمان‌های بسیار قدیم به اشکال بسیار ساده و ابتدایی مورد استفاده بوده است.

هدف از این مطالعه تعیین نیاز آبی پتانسیل گیاه چغندر قند به روش بیلان آبی با استفاده از لایسیمتر زهکش دار برای منطقه مشهد بوده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق واقع در ۵ کیلومتری شرق مشهد، طی سال‌های ۱۳۷۶-۷۸ اجرا گردید. این منطقه براساس تقسیم‌بندی آمبرژه دارای اقلیم سرد و خشک می‌باشد (رحیمیان و اسدی ۱۳۷۹). بایستی توجه داشت که لایسیمتر وزنی بیشترین دقت را در تعیین آب مورد نیاز گیاهان دارد. اما به دلیل آن که احداث آن هزینه بالایی را می‌طلبد، در این تحقیق برای تعیین نیاز آبی چغندر قند از یک دستگاه لایسیمتر زهکش دار استفاده شد. لایسیمتر مورد نظر با سطح چهار مترمربع به ابعاد ۲ متر و عمق ۱ متر در مرکز قطعه زمینی به مساحت ۱۶۰۰ مترمربع (۴۰ × ۴۰ متر) نصب گردید.

جهت نصب لایسیمتر در مزرعه، گودالی بزرگ‌تر از ابعاد لایسیمتر حفر گردید و لایسیمتر به نحوی در آن قرار داده شد که لبه آن ۱۰ سانتی‌متر

بالتر از سطح خاک باشد تا آب آبیاری حاشیه به داخل لایسیمتر وارد نشود. کف لایسیمتر شیب‌دار بوده و بوسیله لوله‌ای از انتهای گود آن به خارج متصل گردید، تا زه‌آب به محل اندازه‌گیری هدایت شود. در کف لایسیمتر به ضخامت حدود ۲۰ سانتی‌متر قلوه سنگ و شن ریخته شد. یک توری فلزی بر روی این لایه جهت جلوگیری از شسته شدن ذرات خاک قرار داده شد. سپس لایسیمتر با خاک محل حفر گودال با در نظر گرفتن ترتیب لایه‌های پروفیل خاک پر و در چندین نوبت فشرده گردید. جهت تحکیم خاک قبل از کشت، چند نوبت به خاک داخل لایسیمتر آب داده شد و پس از نشست کامل مجدداً لایسیمتر تا سطح مورد نظر با خاک پر گردید. در زمان کشت و پس از آن شرایط استاندارد استفاده از لایسیمتر برای انجام آزمایش رعایت گردید (بای‌بوردی ۱۳۷۰؛ پناهی؛ ۱۳۷۵ سهرابی و ۱۳۷۰ و Aboukhaled 1982).

خواص فیزیکی خاک داخل لایسیمتر در جدول ۱ ارائه شده است. بافت خاک سیلتی لوم بوده و میزان رطوبت در محدوده ظرفیت زراعی خاک ۱۷/۵ درصد وزنی، نقطه پژمردگی هفت درصد وزنی و جرم مخصوص ظاهری آن ۱/۴۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود.

جدول ۱ خصوصیات فیزیکی خاک محل آزمایش (طرق، ۱۳۷۶)

عمق (cm)	درصد اشباع	ظرفیت مزرعه (%)	نقطه پژمردگی	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm ³)	آب قابل استفاده (mm)	شن (%)	سیلت (%)	رس	کلاس بافت
۰-۶۰	۳۳	۱۷/۵	۷	۱/۴۳	۹۰/۱	۳۵/۲	۴۳/۴	۲۱/۴	سیلتی لوم

۷۰ سانتی‌بار می‌شد). میزان عمق آب آبیاری در هر نوبت آبیاری براساس رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی محاسبه و اعمال گردید. زه‌آب قبل از هر آبیاری توسط ظروف مدرج و میزان بارندگی در صورت وقوع توسط باران‌سنج اندازه‌گیری و میزان تبخیر و تعرق در هر نوبت آبیاری از رابطه (۱) محاسبه شد.

برای تعیین عملکرد، در پایان هر فصل زراعی نمونه چغندرقد از سطح لایسیمتر برداشت و محصول ریشه آن توزین شد. درصدقد نیز به روش پلاریمتری اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

لایسیمترهای زهکش‌دار براساس این فرضیه عمل می‌کنند که آب بیش از نیاز گیاه داده می‌شود و لذا جریان خروجی در حفره ایجاد شده در کف لایسیمتر اندازه‌گیری می‌گردد. بر این اساس آب موردنیاز گیاه عبارت از حاصل تفاضل آب داده شده و جریان خروجی به اضافه بارندگی است (هاشمی‌نیا ۱۳۷۸؛ Doorenbos and Pruitt 1977; Allen et al. 1998).

بنابراین، باتوجه به توضیحات فوق این‌گونه لایسیمترها برای تعیین نیاز آبی گیاهان در دوره‌های زمانی کوتاه مانند ساعت یا روز کاربرد نداشته و اطلاعات آن‌ها برای دوره‌های زمانی حداقل ده روزه قابل استناد می‌باشد.

طی سه سال آزمایش در داخل لایسیمتر و ۱۶۰۰ مترمربع حاشیه آن به طور همزمان رقم مولتی ژرم IC2 در نیمه دوم اردیبهشت ماه کشت و آبیاری شد. میزان بذر مصرفی ۳۰ کیلوگرم در هکتار بود. کاشت بذر بر روی پشته‌هایی با فواصل ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر انجام گرفت. فاصله دو بوته بر روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و در نتیجه تراکم کشت حدود ۸۰ هزار بوته در هکتار بود. کودهای لازم طبق توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب مصرف گردید. در طول فصل زراعی با استفاده از رابطه (۱) که بیان آب در خاک را بیان می‌کند، میزان نیاز آبی چغندرقد بین هر دو نوبت آبیاری متوالی تعیین شد (Doorenbos and Pruitt 1977; Allen et al. 1998).

$$ET_c = P + I - D \pm ds \quad (1)$$

که در آن ET_c نیاز آبی (تبخیر و تعرق) گیاه چغندرقد (میلی‌متر)، I میزان آب آبیاری (میلی‌متر)، P میزان نزولات آسمانی (میلی‌متر)، D میزان آبی که با نفوذ عمقی از زهکش خارج شده است (میلی‌متر) و ds تغییرات رطوبت خاک در عمق ریشه بر حسب میلی‌متر می‌باشد که در این تحقیق به دلیل آن که شرایط رطوبتی قبل از هر آبیاری تقریباً یکسان بود صفر منظور شده است.

اولین و دومین آبیاری به نحوی انجام گرفت تا بذور چغندرقد به راحتی جوانه‌زده و سبز شوند و آبیاری‌های بعدی زمانی انجام شدند که رطوبت خاک داخل لایسیمتر در حد رطوبت سهل‌الوصول باشد (عدد تانسومتر که در ۴۰ سانتی‌متری نصب شده بود حدود

نیاز آبی گیاه

نیاز آبی چغندرقد با اندازه‌گیری میزان آب آبیاری و بارندگی در بین دو نوبت آبیاری و اندازه‌گیری زه‌آب لایسیمتر قبل از آبیاری با استفاده از رابطه بیلان آبی (معادله ۱) محاسبه گردید. میانگین نیاز آبی ماهیانه چغندرقد (ETC) از نتایج نیاز آبی اندازه‌گیری شده توسط لایسیمتر طی سه سال آزمایش برای ماه‌های مختلف رشد محاسبه شده و در جدول ۲ آورده شده است. بررسی نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که در سال ۷۶ مقدار ETC برابر با ۱۱۸۸ میلی‌متر بوده که حدود ۳ درصد کمتر از میانگین است. حداکثر و حداقل نیاز آبی به ترتیب در ماه‌های مرداد و مهر بوده که برابر با ۳۰۱ و ۶۳ میلی‌متر می‌باشد.

در سال ۱۳۷۷ مقدار ETC برابر با ۱۳۸۴ میلی‌متر بود که حدود ۱۳ درصد بیشتر از میانگین است. حداکثر و حداقل نیاز آبی به ترتیب در ماه‌های مرداد و مهر بوده که برابر با ۳۲۹ و ۸۴ میلی‌متر می‌باشد.

در سال ۱۳۷۸ مقدار ETC برابر با ۱۰۹۲ میلی‌متر بود که حدود ۱۱ درصد کمتر از میانگین است. حداکثر و حداقل نیاز آبی به ترتیب در ماه‌های مرداد و مهر بود که برابر با ۲۸۲ و ۵۷ میلی‌متر می‌باشد. میانگین مقدار ETC طی سه سال آزمایش برابر با

۱۲۲۱ بود. علت بالا بودن نیاز آبی در سال ۷۷ افزایش دما نسبت به متوسط دراز مدت می‌باشد. براساس محاسبات انجام شده میزان تبخیر و تعرق مرجع در سال ۱۳۷۷ طی ماه‌های خرداد تا مهر ۱۷ الی ۱۹ درصد بیشتر از مقادیر میانگین مشابه آن طی یک دوره ۵۳ ساله است. در ماه اول کشت به دلیل رشد کم گیاه و کوچک بودن آن سهم تبخیر بیشتر از تعرق بوده و لذا در این ماه نیاز آبی از ماه‌های دیگر کمتر است. در ماه‌های تیر و مرداد و شهریور با توسعه اندام‌هوایی گیاه تعرق افزایش یافته و سپس در ماه‌های آخر با کاهش فعالیت برگ‌ها (پیر شدن برگ‌ها) مجدداً تعرق و در پی آن نیاز آبی کم می‌گردد. مقدار مدول آبیاری برای طراحی ۱/۱۴ لیتر در ثانیه در هکتار می‌باشد که برای ماه حداکثر مصرف است.

آگاهی از مدول آبیاری برای گیاهان مختلف در هر منطقه امری ضروری می‌باشد. زیرا در طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی معیار اساسی برای تعیین ظرفیت سیستم‌ها است. اگر این مقدار کم برآورد شود در شرایط حداکثر نیاز آبی گیاه با کمبود آب مواجه خواهیم شد و در حالت عکس برای ایجاد شبکه‌ای با ظرفیت بالا سرمایه به هدر خواهد رفت.

جدول ۲ نیاز آبی ماهانه چغندرقد بر حسب میلی‌متر

سال	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	جمع
۱۳۷۶	۱۲۷	۲۸۷	۳۰۱	۲۵۵	۱۵۵	۶۳	۱۱۸۸
۱۳۷۷	۱۶۷	۳۱۵	۳۲۹	۲۸۸	۲۰۱	۸۴	۱۳۸۴
۱۳۷۸	۱۱۹	۲۷۰	۲۸۲	۲۲۹	۱۳۵	۵۷	۱۰۹۲
میانگین	۱۳۷/۷	۲۹۰/۷	۳۰۴	۲۵۷/۳	۱۶۳/۷	۶۸	۱۲۲۱

اندازه‌گیری شد. میانگین عملکرد ریشه در طول سه سال آزمایش ۵۶/۵ تن در هکتار و میانگین عملکرد شکر ۱۰/۰۵ تن در هکتار برآورد شد. در جدول ۳ آمار عملکردها به تفکیک سال‌ها ارائه گردیده است. کمترین عملکرد مربوط به سال ۱۳۷۷ است یکی از دلایل گرمای بالا می‌باشد که باعث شد تعادل میان جذب و تعرق گیاه بهم خورده و پژمردگی در اواسط روز مشاهده شود. طولانی‌تر شدن این پژمردگی‌ها باعث وارد شدن خسارت به تولید محصول شده و اختلاف محصول به دست آمده با محصول حداکثر قابل انتظار بیشتر می‌شود. گرچه وجود پژمردگی‌های اواسط روز در روزهای گرم سال در زراعت چغندر قند امری طبیعی است ولی در سال مورد نظر با توجه به گرم‌تر بودن آن نسبت به میانگین بلند مدت، این پژمردگی‌ها بیشتر از حد معمول اتفاق افتادند. به عبارت دیگر حتی با آبیاری کافی نیز اثر گرما (خشکی موقت) قابل جبران نبود و این مسئله باعث کاهش عملکرد محصول در سال ۱۳۷۷ در مقایسه با سایر سال‌های مطالعه گردید.

میانگین مقدار ETC طی سه سال آزمایش برابر با ۱۲۲۱ بوده که در مقایسه با نیاز آبی به دست آمده برای کرج (۱۳۵۰ میلی‌متر، طالقانی و همکاران ۱۳۷۸) و کرمانشاه (۱۸۸۵ میلی‌متر، وزیری ۱۳۷۰) کمتر است. دلیل آن کمتر بودن دمای هوا و بارندگی مناسب طی فصل رشد برای سال‌های آزمایش (میزان بارندگی در دوره رشد طی این سه سال برابر ۹۶، ۱۳۸/۳ و ۶۱/۲ میلی متر بود) در مشهد می‌باشد و در مقایسه با نیاز آبی به دست آمده برای همدان (۱۰۹۶ میلی‌متر، رحیمی ۱۳۷۶) و برآآن اصفهان (۹۷۰ میلی‌متر، رئیسی ۱۳۷۲) بیشتر است. دلیل آن بیشتر بودن دمای هوا در مشهد نسبت به نقاط مذکور می‌باشد. در صورتی که کشت در اواخر فروردین ماه و یا اردیبهشت ماه صورت گیرد با توجه به محاسبه تبخیر و تعرق مرجع برای آن ماه‌ها می‌توان نیاز آبی گیاه چغندر قند را برای ماه‌های مذکور برآورد نمود.

عملکرد

در زمان برداشت، نمونه‌گیری برای عملکرد ریشه انجام و درصد قند نمونه‌ها توسط آزمایشگاه

جدول ۳ میانگین عملکرد ریشه، درصد قند و عملکرد شکر در لایسیمتر

سال	عملکرد ریشه (t/ha)	درصد قند	عملکرد شکر (t/ha)
۱۳۷۶	۵۲/۳	۱۷/۷۰	۹/۲۶
۱۳۷۷	۴۴/۳	۱۷/۸۱	۷/۸۸
۱۳۷۸	۷۲/۹	۱۷/۸۶	۱۳/۰۲
میانگین	۵۶/۵	۱۷/۷۹	۱۰/۰۵

میلی متر بود و میانگین آن‌ها ۸/۲۳ است. به طور کلی برای افزایش بهره‌وری آب و برنامه‌ریزی مناسب، استفاده از میانگین اطلاعات داده شده در سطح مزارع مشهد با اعمال ضرایب اصلاحی تنش آبی، شوری و هم‌چنین راندمان سیستم آبیاری مورد استفاده پیشنهاد می‌گردد.

کارایی مصرف آب در سال‌های ۷۶ تا ۷۸ برای عملکرد ریشه به ترتیب برابر ۴۴/۰۲، ۳۲/۰۱ و ۶۶/۷۶ کیلوگرم بازای هر میلی‌متر شد و میانگین آن‌ها ۴۶/۲۷ می‌باشد. از ارقام ارائه شده مشخص می‌گردد که با وقوع خشکی در سال ۱۳۷۷ بهره‌وری از آب نیز کاهش می‌یابد. میزان کارایی مصرف آب برای شکر تولیدی به ترتیب برابر ۷/۷۹، ۵/۶۹ و ۱۱/۹۲ کیلوگرم بازای هر

References:

منابع مورد استفاده:

- بای‌بوردی، م. ۱۳۷۰. اصول مهندسی آبیاری (روابط آب و خاک). انتشارات دانشگاه تهران.
- پناهی، م. ۱۳۷۵. تعیین مناسب‌ترین رابطه برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل و ضریب گیاهی چغندر قند در اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تبریز.
- رحیمی، م. ب. ۱۳۷۶. تعیین آب مصرفی پتانسیل چغندر قند به روش لایسیمتری. گزارش پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب همدان.
- رحیمیان، م. ح. و اسدی، ح. ۱۳۷۹. تاثیر تنش آبی بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند و تعیین تابع تولید و ضریب گیاهی آن. مجله خاک و آب ویژه نامه آبیاری جلد ۱۲ شماره ۱۰ (۶۳-۵۷)
- رضوی، ر. ۱۳۷۴. تعیین آب مصرفی پتانسیل چغندر قند با استفاده از لایسیمتر. گزارش نهایی شماره ۳۵۶ آذربایجان غربی.
- رئیسی، ف. ۱۳۷۲. بررسی تأثیر کاهش میزان آب آبیاری در آخر فصل رشد در تولید قند و چغندر قند گزارش نهایی شماره ۱۸. مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان.
- سهرابی، ت. ۱۳۷۰. دستورالعمل نصب و مدیریت لایسیمترها، مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
- صباغ فرشی، ع. ا. شریعتی، م. ر. جاراللهی، ر. قائمی، م. ر. شهابی‌فر، م. و تولائی، م. م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. جلد اول. گیاهان زراعی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشر آموزش کرج.
- طالقانی، د. گوهری، ج. توحیدلو، ق. و روحی، ا. ۱۳۷۸. مطالعه کارایی مصرف آب و ازت در شرایط مطلوب و تنش در دو آرایش کاشت چغندر قند. گزارش نهایی مؤسسه تحقیقات چغندر قند.
- فرشی، ع. ا. شریعتی، م. ر. جاراللهی، ر. قائمی، م. ر. شهابی‌فر، م. و تولایی، م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، جلد اول، نشر آموزش کشاورزی. ۹۰۰ ص.

کوچکی، ع. حسینی، م و نصیری محلاتی، م. ۱۳۷۲. رابطه‌ی آب و خاک در گیاهان زراعی (ترجمه). چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۶۰ ص.

وزیری، ژ. ۱۳۷۰. تعیین آب مصرفی پتانسیل چغندر قند با استفاده از لایسیمتر. گزارش پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب کرمانشاه.

هاشمی نیا، م. ۱۳۷۸. تبخیر، تبخیر- تفرق و داده های اقلیمی (ترجمه)، نشر آموزش کشاورزی، ۲۵۸ ص.

Aboukhaled A (1982) Lysimeter. FAO irrigation and drainage paper, No. 39, Rome.

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998) Crop evapotranspiration. FAO irrigation and drainage paper, No. 56. Rome.

Doorenbos J, Pruitt D (1977) Crop water requirement. FAO irrigation and drainage paper, No. 24, Rome.

Ehlig CF, Lemert RD (1979) Water use and yield of sugar beet over a range from excessive to limited irrigation. Soil Sci. Soc. Am. J. 43: 403-407.

Hills FJ, Winter SR, Henderson DW (1990) Sugar beet. In Stewart BA and Nielsen DR (ed.) Irrigation of Agricultural crops. Agronomy 30: 795-810.

Winter SR (1980) Suitability of sugar beet for limited irrigation in a semi-arid climate. Agron. J. 72: 118-123.

Winter SR (1988) Influence of seasonal irrigation amount on sugar beet yield and quality. J. Sugar beet Res., 25: 1-10.