

## تعیین تبخیر و تعرق استاندارد گیاه چغندر قند در کبوترآباد اصفهان

### Determination of sugar beet standard evapotranspiration by lysimeter method in Kabotar-Abad, Esfahan

مهدی پناهی<sup>۱</sup>، مینا عقدایی<sup>۲</sup> و مصلح‌الدین رضایی<sup>۲</sup>

م. پناهی، م. عقدایی و م. رضایی. ۱۳۸۵. تعیین تبخیر و تعرق استاندارد گیاه چغندر قند در کبوترآباد اصفهان. چغندر قند ۲۲(۱): ۳۷-۲۵

#### چکیده

به منظور تعیین تبخیر و تعرق استاندارد گیاه چغندر قند آزمایشی طی از سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد اصفهان اجرا گردید. اقلیم محل آزمایش براساس روش تقسیم‌بندی گوسن نیمه‌بیابانی شدید با متوسط بارندگی درازمدت ۹۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر در سال و بافت خاک لومی‌رسی سیلتی و از سری اصفهان می‌باشد. در این پژوهش میزان تبخیر و تعرق در شرایط استاندارد با لایسیمتر و به روش بیلان آبی اندازه‌گیری شد. برای این منظور از لایسیمتر زهکش دار به ابعاد  $۱/۲ \times ۱ \times ۲$  متر استفاده شد. اطراف لایسیمتر به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع چغندر قند کشت گردید. زمان کاشت اواخر فروردین تا اوایل اردیبهشت ماه بود. آبیاری‌ها قبل از تخلیه رطوبت سهل‌الوصول در ناحیه رشد ریشه انجام می‌گردید. میزان تبخیر و تعرق گیاه در سال‌های ۷۰، ۷۱ و ۷۲ به ترتیب برابر ۱۰۲۶، ۱۱۲۳ و ۱۰۴۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد که میانگین سه سال برابر ۱۰۶۶ میلی‌متر بود. مجموع تبخیر از تشت کلاس A در همین دوره به ترتیب برابر ۱۳۲۶، ۱۳۴۴ و ۱۳۸۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. میانگین تبخیر از تشت کلاس مذکور ۱۳۵۰ میلی‌متر به دست آمد. میانگین نسبت تبخیر و تعرق چغندر قند به تبخیر از تشت کلاس A در طول فصل رشد  $۰/۷۹$  محاسبه شد. محصول در آبان ماه هر سال برداشت گردید. میانگین عملکرد ریشه چغندر قند در لایسیمتر  $۴۹/۹$  تن در هکتار، درصد قند  $۱۵/۱$  و میانگین عملکرد شکر  $۶/۳۷$  تن در هکتار بود. کارایی مصرف آب براساس عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید به ترتیب  $۵/۰۱$  و  $۰/۴۹$  کیلوگرم به ازای هر مترمکعب مصرف آب برای آبیاری بود.

واژه‌های کلیدی: اصفهان، تبخیر و تعرق، تشتک تبخیر، چغندر قند، عملکرد، لایسیمتر

## مقدمه

میزان تبخیر و تعرق و نیاز آبی در مناطق مختلف با توجه به شرایط اقلیمی متفاوت می‌باشد. تعیین نیاز آبی گیاهان برای بهره‌برداری بهینه از منابع آب، طراحی شبکه‌های آبیاری و برنامه‌ریزی آبیاری ضروری است. یکی از روش‌های مستقیم تعیین نیاز آبی گیاهان استفاده از جبهه‌های کشت یا لایسیمتر می‌باشد. چغندر قند به علت تحمل به خشکی، تحمل به شوری و تنش‌های محیطی و توانایی تولید، به طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی سازگار است و یکی از گیاهان اصلی در زراعت فاریاب می‌باشد (Erie and Jensen 1971).

در آزمایشی با کمک لایسیمتر وزنی مقدار نیاز آبی چغندر قند از ۱۱۹۵ میلی‌متر برای مرطوب‌ترین تیمار تا ۹۰۰ میلی‌متر برای خشک‌ترین تیمار اندازه‌گیری شد. در این محدوده میزان مصرف آب هیچگونه اثر معنی‌داری بر میزان قند یا عملکرد شکر نداشت. اما بیشترین عملکرد ریشه با مقدار آب مصرفی ۱۰۳۶ میلی‌متر به دست آمد و برای مقادیر آب مصرفی کمتر عملکرد به صورت خطی کاهش یافت (Lemert and Ehlig 1979).

وینتر (Winter 1980) در آزمایشی در تگزاس نشان داد که چغندر قند قادر است از رطوبت قابل دسترس خاک تا عمق ۱/۲ 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 (اواسط اردیبهشت تا اواسط مهرماه) ۸۵۱ میلی‌متر گزارش شده است. در تگزاس (Winter 1988) نیز نیاز آبی چغندر قند از ۱۵ مارس تا ۱۵ نوامبر ۱۱۸۵ میلی‌متر گزارش شده است.

در بررسی‌هایی که تاکنون در مناطق مختلف ایران انجام گرفته است، مقدار نیاز آبی برآورد شده محصولات زراعی مناطق با اقلیم‌های مختلف از حداقل ۱۲۰۰ تا حداکثر ۲۰۰۰ میلی‌متر گزارش گردیده است (فرشی و همکاران ۱۳۷۶).

رحیمی (۱۳۷۶) در شرایط آب و هوایی همدان میزان تبخیر و تعرق استاندارد چغندر قند را ۱۰۹۶ میلی‌متر اندازه‌گیری نمود.

رضوی (۱۳۷۴) میزان تبخیر و تعرق استاندارد چغندر قند را با استفاده از لایسیمتر در شرایط اقلیمی ارومیه ۱۷۰۵ میلی‌متر اندازه‌گیری نمود. میزان تبخیر از تشت تبخیر کلاس A در همین دوره ۱۳۴۸ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است.

غالبی (۱۳۷۹) میزان آب مصرفی چغندر قند را در شرایط بدون تنش در کرج با استفاده از روش آبیاری بارانی تک‌شاخه‌ای با دور ۸ روزه و ۱۸ نوبت آبیاری ۸۸۳ میلی‌متر برآورد کرد. طالقانی (۱۳۷۸) میزان آب مصرفی مطلوب برای زراعت چغندر قند را در منطقه

را داشتند به ترتیب برای این مناطق ۱۲۰۰ و ۹۷۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

هدف از این مطالعه تعیین تبخیر و تعرق و نیازآبی چغندرقد به روش بیلان آبی با استفاده از لایسیمتر در شرایط استاندارد برای منطقه کبوترآباد اصفهان بود.

### مواد و روش‌ها

آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد واقع در ۲۵ کیلومتری شرق اصفهان، در طی سه سال ۷۲-۱۳۷۰ اجرا گردید. این منطقه براساس روش گوسن دارای اقلیم نیمه‌بیابانی شدید و دارای نه تا ۱۱ ماه فصل خشک می‌باشد و بر اساس شاخص‌های رطوبت و دما در اقلیم خشک، گرم و نیمه‌سرد قرار دارد (کریمی ۱۳۶۶). خاک مزرعه از سری اصفهان و بر طبق روش USDA (1990) در رده mixed, Thermic Fluventic Haplocambids قرار دارد. برای تعیین تبخیر و تعرق چغندرقد از یک دستگاه لایسیمتر زهکش‌دار با سطح دو مترمربع به طول دو متر، عرض یک متر و عمق ۱/۲ متر استفاده شد. لایسیمتر در مرکز قطعه زمینی به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع نصب گردید.

جهت نصب لایسیمتر در مزرعه، گودالی کمی بزرگ‌تر از ابعاد لایسیمتر حفر گردید و لایسیمتر به نحوی در آن قرار داده شد که لبه آن حدود ۱۰ سانتی‌متر بالاتر از سطح خاک باشد تا آب آبیاری

کرج در روش آبیاری سطحی حدود ۱۳۵۰ میلی‌متر برآورد نموده است. توحیدلو و همکاران (۱۳۷۹) با مصرف حدود ۱۵۰۰ و ۸۰۰ میلی‌متر آب در سیستم آبیاری بارانی تک‌شاخه‌ای، عملکرد ریشه چغندرقد را به ترتیب ۳۶/۷۱ و ۲۲/۱۵ تن در هکتار گزارش نمودند. در یک آزمایش لایسیمتری در شرایط اقلیمی کرمانشاه تبخیر و تعرق استاندارد چغندرقد به میزان ۱۸۸۵ میلی‌متر به دست آمد (وزیری ۱۳۷۰). هم‌چنین در آزمایشی دیگری در همان منطقه تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد چغندرقد بررسی شد. بیشترین عملکرد ریشه به میزان ۵۸ تن در هکتار مربوط به تیماری با مصرف ۱۲۳۲ میلی‌متر آب و دور آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت کلاس A و ۲۴ نوبت آبیاری به دست آمد (وزیری ۱۳۷۷).

رحیمیان (۱۳۷۶) مقدار آب موردنیاز گیاه چغندرقد را در شرایط اقلیمی مشهد در سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ به ترتیب ۱۳۸۴ و ۱۰۹۲ میلی‌متر اندازه‌گیری کرد که میانگین آن ۱۲۳۴ میلی‌متر بود.

در آزمایشی که در دو منطقه رودشت و برآن اصفهان با اقلیم خشک توسط رئیسی (۱۳۷۲) به منظور تعیین تأثیر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد و درصدقد محصول چغندرقد به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار مقادیر مختلف آب براساس ضرابی از تشت تبخیر کلاس A انجام شد، میزان آب مصرفی در تیمارهایی که بیشترین عملکرد و درصدقد

کشت و پس از آن شرایط استاندارد FAO برای انجام آزمایش رعایت گردید (پناهی ۱۳۷۵، بای بوردی ۱۳۷۰، سهرابی ۱۳۷۰ و Aboukhaled ۱۹۸۲).

برای تعیین خصوصیات فیزیکی خاک نمونه برداری تا عمق ۱۰۰ سانتی متری انجام شد. نتایج خواص فیزیکی لایه‌های مختلف خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. بافت خاک لایه سطحی لوم رسی سیلتی (SiCL) بوده و میزان رس خاک با افزایش عمق خاک افزایش می‌یابد. متوسط ظرفیت رطوبتی زراعی خاک ۲۲ درصدوزنی، نقطه پژمردگی ۱۴ درصد وزنی و جرم مخصوص ظاهری آن ۱/۵ گرم بر سانتی متر مکعب بود.

حاشیه به داخل لایسیمتر وارد نشود. کف لایسیمتر شیب‌دار بوده و به وسیله لوله‌ای از انتهای گود آن به خارج متصل گردید، تا زه‌آب به محل اندازه‌گیری هدایت شود.

ابتدا در کف لایسیمتر به ضخامت حدود ۲۰ سانتی متر قلوه‌سنگ و شن ریخته شد. یک توری فلزی بر روی این لایه جهت جلوگیری از شسته شدن ذرات خاک قرار داده شد. سپس لایسیمتر با همان خاک محل حفر گودال با در نظر گرفتن ترتیب لایه‌های پروفیل خاک پر و در چندین نوبت فشرده شد. جهت تحکیم خاک قبل از کشت، چندین نوبت به خاک داخل لایسیمتر آبیاری شد و پس از نشست کامل مجدداً لایسیمتر تا سطح موردنظر با خاک پر شد. در زمان

جدول ۱ خصوصیات فیزیکی خاک محل آزمایش

Table 1 Soil Physical characteristics of experimental field

Texture (بافت)	Clay (رس)	Silt (سیلت)	Sand (شن)	AW (آب قابل استفاده)	BD (جرم مخصوص ظاهری)	PWP (نقطه پژمردگی)	FC (ظرفیت زراعی)	SP (درصد اشباع)	Depth (عمق)
	(%)			(mm)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)		(cm)	
SiCL	40	52	8	26.6	1.48	12	21	40	0-20
SiCL	42	50	8	46.7	1.46	13	21	41	20-60
SiCL	50	44	6	31.5	1.47	16	25	41	60-90
SiCL	46	50	4	28.3	1.62	15	22	35	90-100
-	44.5	49	6.5	33.3	1.50	14	22	39	Average (میانگین)

نتایج تجزیه برخی خصوصیات شیمیایی خاک

زراعی داخل لایسیمتر در عمق ۰-۳۰ سانتی متری در هر سال در جدول ۲ درج گردیده است.

جدول ۲ خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت در عمق ۰-۳۰ سانتی متری

**Table 2** Soil chemical characteristics of experimental field before planting date in 0-30 cm soil layer

K(ava)	P(ava)	OC	pH	EC	Year
(پتاسیم قابل جذب)	(فسفر قابل جذب)	(کربن آلی)	(اسیدیته)	(هدایت الکتریکی)	(سال)
(ppm)	(ppm)	(%)		(dS/m)	
325	11.2	0.61	7.9	2.9	1370
245	11.5	0.57	7.9	2.0	1371
320	14.8	0.58	8.1	0.8	1372

سدیم، محدودیتی برای کشت چغندر قند نداشت (Rhoades et al. 1992). آب رودخانه دارای املاح کمتری نسبت به آب چاه بود. هر دو منبع فاقد کربنات بودند و غلظت یون سدیم آب چاه حدود ۴ برابر غلظت یون سدیم آب رودخانه می باشد. میانگین نتایج تجزیه شیمیایی منابع آب مورد استفاده در جدول (۳) آورده شده است.

نتایج تجزیه شیمیایی خاک، قبل از کاشت نشان می دهد که هدایت الکتریکی خاک در سال های مختلف کمتر از حد آستانه شوری چغندر قند است. حد آستانه شوری برای چغندر قند بر اساس جداول ارائه شده در نشریه FAO 56 برابر ۷/۷ دسی زیمنس بر متر است (Allen et al. 1998). کیفیت منابع آب با توجه به میزان SAR، شوری و غلظت یون های کلر و

جدول ۳ خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

**Table 3** Chemical characteristics of irrigation water

SAR	meq/lit					pH	EC dS/m	Water resources (منابع آب)
	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup> +Ca <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			
11.57	22	7.2	18	4	6.4	7.6	2.3	Well (چاه)
3.25	5.7	6	2	3	6	8	0.9	River (رودخانه)

کشت شده مولتی ژرم IC و میزان بذر مصرفی ۳۰ کیلوگرم در هکتار بود.

در داخل لایسیمتر و ۱۰۰۰ متر مربع حاشیه آن به طور هم زمان چغندر قند کشت و آبیاری شد. رقم

که در این  $ET_c$  تبخیر و تعرق گیاه چغندر قند (میلی متر)،  $I$  میزان آب آبیاری (میلی متر)،  $P$  میزان نزولات آسمانی (میلی متر)،  $D$  میزان آبی که با نفوذ عمقی از زهکش خارج شده است (میلی متر) و  $DW$  تغییرات رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه بین دو آبیاری بر حسب میلی متر می باشد.

اولین و دومین آبیاری به فاصله سه تا چهار روز انجام گرفت تا بذور کشت شده به راحتی جوانه زده و سبز شوند و آبیاری های بعدی زمانی انجام می شد که رطوبت خاک داخل لایسیمتر در حد رطوبت سهل الوصول باشد. برای این منظور از یک دستگاه تانسئومتر که براساس رطوبت خاک واسنجی شده بود، استفاده شد. زمانی که تانسئومتر مکش ۳۰ تا ۴۰ سانتی بار معادل حدود ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک را نشان می داد، آبیاری انجام می شد. مقدار آب آبیاری جهت رساندن رطوبت خاک قبل از آبیاری به رطوبت ظرفیت مزرعه و منظور نمودن عمق آب جهت وقوع زه آب محاسبه و با ظرف حجمی به سطح داخل لایسیمتر اعمال می شد. میزان عمق آب آبیاری در هر نوبت آبیاری و زه آب قبل از هر آبیاری توسط ظروف مدرج و میزان بارندگی در صورت وقوع توسط باران سنج اندازه گیری و میزان تبخیر و تعرق در هر نوبت آبیاری از رابطه (۱) محاسبه گردید.

جهت تعیین عملکرد، در پایان هر فصل زراعی نمونه چغندر قند از سطح لایسیمتر برداشت و محصول ریشه آن توزین شد. درصد قند، به روش پلاریمتری،

کاشت بذر بر روی پشته هایی با فواصل ۶۰ سانتی متر از یکدیگر انجام گرفت. فاصله دو بوته بر روی ردیف ۲۰ سانتی متر و در نتیجه تراکم کشت حدود ۸۰ هزار بوته در هکتار بود. تراکم کاشت در داخل و خارج لایسیمتر یکسان بود. کود مصرفی به میزان ۱۱۰ و ۹۰ کیلوگرم به ترتیب نیتروژن و فسفر خالص ( $P_2O_5$ ) در هکتار از منابع اوره و فسفات آمونیوم بود. تمام فسفر توصیه شده و یک سوم نیتروژن در زمان کاشت و مابقی در دو نوبت به صورت سرک مصرف گردید.

در سال اول، دوم و سوم اجرای طرح به ترتیب کشت در تاریخ ۷ اردیبهشت ماه، ۲۹ و ۲۶ فروردین ماه صورت گرفت. قبل از کاشت در هر سال از داخل لایسیمتر نمونه خاک تهیه گردید. خصوصیات شیمیایی خاک از قبیل هدایت الکتریکی، کربن آلی، اسیدیته، فسفر و پتاسیم قابل جذب، اندازه گیری شد. آب مصرفی از یک حلقه چاه در مجاورت محل آزمایش و به ندرت از آب کانال منشعب از رودخانه زاینده رود تأمین گردید. در طول فصل زراعی با استفاده از رابطه (۱) که بیان آب در خاک را بیان می کند، میزان تبخیر و تعرق پتانسیل چغندر قند بین هر دو نوبت آبیاری متوالی تعیین شد که در این رابطه تغییرات رطوبت خاک ( $DW$ ) به دلیل عدم دسترسی منظور نگردید (Doorenbos et al. 1977, Allen et al. 1998).

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

سال آزمایش برای ماه‌های مختلف رشد محاسبه شده و در جدول ۴ آورده شده است.

بررسی نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که در سال ۷۰ مقدار تبخیر و تعرق چغندر قند در فصل رشد و تبخیر از تشت کلاس A در زمان مشابه به ترتیب برابر با ۱۰۲۶ و ۱۳۲۶ میلی‌متر و نسبت تبخیر و تعرق چغندر قند به تبخیر از تشت کلاس A در دوره‌های ماهیانه از ۰/۵۵ تا ۰/۸۳ نوسان داشته است. حداکثر و حداقل تبخیر و تعرق در مرداد و مهر ماه به ترتیب برابر با ۲۰۷ و ۷۰ میلی‌متر می‌باشد.

در سال ۷۱ مقادیر تبخیر و تعرق چغندر قند و تبخیر از تشت کلاس A به ترتیب برابر با ۱۱۲۳ و ۱۳۴۴ میلی‌متر و نسبت تبخیر و تعرق چغندر قند به تبخیر از تشت کلاس A در دوره‌های ماهیانه از ۰/۵۶ تا ۰/۹۶ متغیر بوده است. بیشترین میزان تبخیر و تعرق مربوط به مرداد ماه با ۲۳۵ و کمترین آن مربوط به مهر ماه با ۸۸ میلی‌متر می‌باشد.

در سال ۷۲ مقادیر تبخیر و تعرق چغندر قند و تبخیر از تشت کلاس A به ترتیب برابر با ۱۰۴۱ و ۱۳۸۰ میلی‌متر و نسبت تبخیر و تعرق چغندر قند به تبخیر از تشت کلاس A در دوره‌های ماهیانه از ۰/۴۲ تا ۰/۸۸ متغیر بوده است. حداکثر تبخیر و تعرق استاندارد مربوط به شهریور ماه با ۲۰۴ و حداقل آن مربوط به مهر ماه با ۷۰ میلی‌متر بوده است. میانگین مقادیر تبخیر و تعرق چغندر قند و تبخیر از تشت کلاس A طی سه سال آزمایش برابر با ۱۰۶۶ و ۱۳۵۰ میلی‌متر و

مقدار سدیم، پتاسیم به روش فلیم فتومتری و نیتروژن مضره به روش عدد آبی در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات چغندر قند در کرج اندازه‌گیری شد. میزان قند ملاس (MS) با استفاده از فرمول راینفلد (Rainfeld et al. (1974) برآورد و طبق روابط زیر عملکرد شکر (SY)، درصد قند قابل استحصال (WSC) و در نهایت عملکرد شکر سفید (WSY) که بیان‌گر کیفیت واقعی چغندر قند است، محاسبه گردید (برادران فیروزآبادی و همکاران ۱۳۸۲).

$$MS = 0.343 (K + Na) + 0.094 (N) - 0.31 \quad (2)$$

$$SY = RY \times SC \quad (3)$$

$$WSC = SC - MS \quad (4)$$

$$WSY = RY \times WSC \quad (5)$$

در روابط فوق RY عملکرد ریشه و SC درصد قند می‌باشد.

## نتایج و بحث

### تبخیر و تعرق گیاه و تبخیر از تشت کلاس A

تبخیر و تعرق چغندر قند با اندازه‌گیری میزان آب آبیاری و بارندگی در بین دو نوبت آبیاری و تشخیص زه‌آب لایسیمتر قبل از آبیاری با استفاده از رابطه بیلان آبی محاسبه گردید.

میانگین تبخیر و تعرق ماهیانه چغندر قند (ETc) از نتایج تبخیر و تعرق اندازه‌گیری شده توسط لایسیمتر و تبخیر از تشت کلاس A (Ep) طی سه

نشان داده شده است. حداکثر میزان تبخیر و تعرق چغندر قند مربوط به تیر ماه و حداقل آن مربوط به مهر ماه می باشد. متوسط ماهیانه تبخیر و تعرق چغندر قند ۲۱۳ میلی متر در طول فصل رشد به دست آمد.

نسبت تبخیر و تعرق چغندر قند به تبخیر از تشت کلاس A در دوره های ماهیانه از ۰/۵۵ تا ۰/۸۸ متغیر بوده است. میانگین روزانه مقادیر تبخیر و تعرق گیاه، تبخیر از تشت تبخیر کلاس A و نسبت بین آن ها در دهه سوم اردیبهشت و ماه های خرداد تا مهر ماه در شکل ۱

جدول ۴ تبخیر و تعرق، تبخیر از تشت تبخیر کلاس A و نسبت بین آن ها در ماه های مختلف فصل رشد

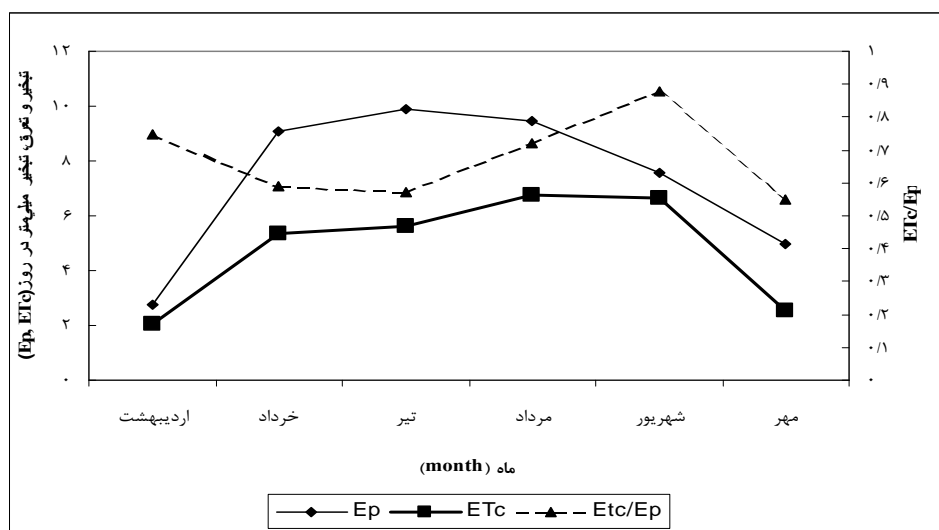
Table 4 Monthly evapotranspiration, pan evaporation and the ratio between them

جمع Total	آبیاری های اولیه (میلی متر)	مهر Oct.	شهریور Sep.	مرداد Aug.	تیر Jul.	خرداد Jun	اردیبهشت May	ماه Mounth	Year (سال)
1326	-	127	238	279	283	296	103	Ep	
۱۰۲۶	۱۵۸	70	198	207	165	169	59	ETc	1370
-	-	0.55	0.83	0.74	0.58	0.57	0.57	ETc/(Ep)	
1344	-	157	227	303	327	258	73	Ep	
۱۱۲۳	۱۵۹	88	218	235	197	165	61	ETc	1371
-	-	0.56	0.96	0.78	0.60	0.64	0.84	ETc/(Ep)	
1380	-	166	239	269	311	289	80	Ep	
۱۰۴۱	۱۸۴	70	204	187	162	164	70	ETc	1372
-	-	0.42	0.85	0.63	0.52	0.57	0.88	ETc/(Ep)	
1350	-	150	235	293	307	281	85	Ep	(Average)
۱۰۶۶	۱۶۷	76	206	210	175	166	64	ETc	(میانگین)
0.66	-	0.55	0.88	0.72	0.57	0.59	0.75	ETc/(Ep)	

می دهد تبخیر و تعرق چغندر قند و تبخیر از تشت تبخیر کلاس A از روند یکنواختی تبعیت می کنند. در جدول ۴ نسبت بین تبخیر و تعرق گیاهی برای چغندر قند به تبخیر از تشت تبخیر برای دوره فصل رشد محاسبه و ارائه شده است این مقادیر از مقدار ۰/۵۵ تا ۰/۸۸ متغیر است. این نسبت ها راهنمای مناسبی به منظور تعیین میزان آب آبیاری و برنامه ریزی آبیاری محصول چغندر قند بر اساس میزان تبخیر از تشت تبخیر می باشد.

به طوری که از جدول ۴ استنتاج می گردد میزان تبخیر و تعرق گیاهی چغندر قند از سالی به سال دیگر متفاوت است و میانگین سه سال در دوره شش ماه برابر ۱۰۶۶ میلی متر اندازه گیری شده است که متوسط روزانه آن برابر ۶/۵ میلی متر می باشد و متوسط میزان تبخیر روزانه از تشت تبخیر کلاس A در همین دوره برابر ۸/۲ میلی متر و نسبت تبخیر و تعرق به تبخیر از تشت برابر ۰/۷۹ می باشد. شکل ۱ نشان





شکل ۱ تغییرات میانگین تبخیر و تعرق گیاه، تبخیر از تشت کلاس A و نسبت بین آن‌ها  
**Fig. 1** Variations of pan eva and evapotranspiration of sugar beet in growth season

سال ۱۳۷۲ برابر ۱۷۰ روز و حداقل آن در سال ۱۳۷۰ برابر با ۱۵۸ روز می‌باشد. متوسط تبخیر و تعرق چغندر قند با احتساب دو نوبت آبیاری اولیه (به میزان ۱۶۷ میلی‌متر) ۱۰۶۶ و حداقل و حداکثر آن به ترتیب برابر با ۱۰۴۱ میلی‌متر در سال ۷۲ و ۱۱۲۳ میلی‌متر در سال ۷۱ می‌باشد.

میزان تبخیر و تعرق چغندر قند در طول فصل رشد در سال‌های ۷۰ تا ۷۲ و میانگین سه ساله آن و تبخیر از تشت کلاس A در جدول ۵ ارائه گردیده است. متوسط طول فصل رشد از زمان کاشت تا زمان آخرین نوبت آبیاری قبل از برداشت در طی سه سال آزمایش برابر با ۱۶۵ روز و حداکثر طول دوره رشد در

جدول ۵ طول فصل رشد، تبخیر و تعرق گیاه و تبخیر از تشت کلاس A در طول فصل رشد

**Table 6** Growth season, seasonal evapotranspiration and pan evaporation

میانگین Mean	سال (Year)			تاریخ کاشت
	(1983)۱۳۷۲	(1982)۱۳۷۱	(1981)۱۳۷۰	
165	۲۶ فروردین	۲۹ فروردین	۷ اردیبهشت	Growth season duration day طول فصل رشد (از کاشت تا آخرین آبیاری) روز
1066	1041	1123	1026	ETc (with accounting first and second irrigation) تبخیر و تعرق کل (با احتساب آبیاری‌های اولیه)
1350	1380	1334	1326	Cumulative pan evaporation تبخیر از تشت کلاس A
167	184	159	158	ETc (include first and second irrigation) تبخیر و تعرق (دو نوبت آبیاری اولیه شامل خاک آب و پی‌آب)

سال آزمایش حدود ۴۹/۹ تن در هکتار بود. میانگین درصد قند ۱۵/۱ درصد و میانگین عملکرد شکر ۷/۴۵ تن در هکتار بود. نتایج اندازه‌گیری عناصر پتاسیم، سدیم و ازت مضر نشان داد میانگین غلظت هر یک از این عناصر به ترتیب ۶/۴۲، ۶/۶۵ و ۲/۶۹ میلی‌اکی‌والانت در صد گرم چغندر قند بوده است. براساس غلظت این عناصر و رابطه (۲) میزان قند ملاس برآورد شده است که میانگین سه ساله آن برابر ۴/۴۳ درصد به دست آمده است. هم‌چنین بر اساس روابط (۳)، (۴) و (۵) میانگین سه ساله درصد قند قابل استحصال و عملکرد شکر سفید به ترتیب ۱۰/۶۳ درصد و ۵/۲۳ تن در هکتار محاسبه گردید. مقایسه میانگین عملکرد به دست آمده با میانگین عملکرد منطقه که به میزان ۳۲/۵ تن در هکتار است نشان داد عملکرد بدست آمده در این آزمایش حدود ۵۴ درصد بیشتر از میانگین عملکرد منطقه بوده و حاکی از آن است که با انجام بموقع آبیاری می‌تواند عملکرد محصول را حدود ۵۰ درصد افزایش داد.

میانگین تبخیر و تعرق چغندر قند طی سه سال آزمایش با احتساب دو نوبت آبیاری اولیه (خاک آب و پی‌آب) برابر با ۱۰۶۶ میلی‌متر به دست آمد. فرشی و همکاران (۱۳۷۶) تبخیر و تعرق چغندر قند را برای منطقه ۱۱۵۶ میلی‌متر برآورد کردند. بنابراین تبخیر و تعرق به دست آمده از آزمایش حدود هشت درصد کمتر از مقدار برآورد شده توسط فرشی و همکاران است و به میزان نه درصد از مقدار برآورد شده توسط رئیس‌ی برای منطقه برآن اصفهان بیشتر و مقدار ۱۱/۲ درصد نیز از مقدار به دست آمده برای منطقه رودشت اصفهان کمتر است.

### نتایج عملکرد

در زمان برداشت، نمونه‌گیری عملکرد ریشه انجام و درصد قند، سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره نمونه‌ها توسط آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. عملکرد شکر، میزان قند ملاس و عملکرد شکر سفید از روابط موجود محاسبه گردید. میانگین عملکرد ریشه در طول سه

جدول ۶ میانگین عملکرد ریشه، درصد قند، عملکرد شکر، غلظت عناصر K، Na، N، شکر قابل استحصال و عملکرد شکر سفید چغندر قند

Table 7 Root yield, sugar content, sugar yield, concentration of K, Na and N, white sugar content and white sugar yield of sugar beet in lysimeter

WSY (عملکرد شکر سفید) (t/ha)	WSC (شکر قابل استحصال) (%)	$\alpha$ -mino-N (ازت مضر) (meq/100g beet)	Na (سدیم)	K (پتاسیم)	SY (عملکرد شکر) (t/ha)	SC (درصد قند) (%)	RY (عملکرد ریشه) (t/ha)	Year (سال)
6.38	14.67	2.78	3.84	6.87	7.95	18.29	43.5	1370
6.18	9.18	2.36	7.71	6.21	9.33	13.87	67.3	1371
3.13	8.03	2.94	8.4	6.19	5.07	13	39	1372
5.23	10.63	2.69	6.65	6.42	7.45	15.05	49.9	Average (میانگین)

کارآیی مصرف آب بر پایه عملکرد ریشه در سال‌های ۱۳۷۰ تا ۷۲ به ترتیب ۲/۴، ۵/۹، ۴/۸ و میانگین آن ۵/۰۱ کیلوگرم تولید ریشه به ازای مصرف هر مترمکعب آب آبیاری محاسبه شد. هم‌چنین کارآیی مصرف آب بر پایه عملکرد شکر سفید در همان سال‌ها به ترتیب ۰/۶۲، ۵۵/۰، ۳۰/۰ و میانگین آن ۰/۴۹ کیلوگرم شکر سفید به ازای هر متر مکعب آب آبیاری تعیین شد.

### تشکر و سپاسگزاری

از همکاران بخش تحقیقات خاک و آب و مسئولین محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان به خاطر همکاری در اجرا و تأمین منابع مالی طرح سپاسگزاری می‌گردد.

### منابع مورد استفاده:

### References:

- بای‌بوردی، م. ۱۳۷۰. اصول مهندسی آبیاری (روابط آب و خاک). انتشارات دانشگاه تهران.
- برادران فیروزآبادی، م. و همکاران. ۱۳۸۲. تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی مداوم بر کیفیت و کمیت سه رگه چغندر قند. مجله علمی - پژوهشی چغندر قند. ۱۹ (۲): ۱۴۳-۱۳۳.
- پناهی، م. ۱۳۷۵. تعیین مناسب‌ترین رابطه برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل و ضریب گیاهی چغندر قند در اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تبریز.
- توحیدلو، ق.، غالبی، س. ۱۳۷۹. مطالعه کارآیی مصرف آب و برخی صفات کمی و کیفی دو رقم چغندر قند در آبیاری بارانی. گزارش پژوهشی سال ۱۳۷۹. بخش تحقیقات به‌زراعی. مؤسسه تحقیقات چغندر قند. ۵۰-۴۲.
- رئیی، 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.
- رحیمی، م. ب. ۱۳۷۶. تعیین آب مصرفی پتانسیل چغندر قند به روش لایسیمتری. گزارش پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب همدان.
- رحیمیان، م. ح. ۱۳۷۶. تعیین نیاز آبی گیاه چغندر قند و ضریب گیاهی مربوط به آن به روش لایسیمتری. گزارش پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب خراسان.
- رضوی، ر. ۱۳۷۴. تعیین آب مصرفی پتانسیل چغندر قند با استفاده از لایسیمتر. گزارش نهایی شماره ۳۵۶ آذربایجان غربی.
- 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.، شهبابی فر، 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، ق.، توحیدلو، 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.
- عقدایی، م. رضایی، م. و پناهی، م. ۱۳۸۴. تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل چغندر قند به روش لایسیمتری. گزارش نهایی شماره ۴۲. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.
- غالبی، س. ۱۳۷۹. بهینه‌سازی مصرف آب در زراعت چغندر قند با استفاده از توابع تولید آب - عملکرد در کرج. مجله خاک و آب، ویژه‌نامه آبیاری، جلد ۱۲، شماره ۱.
- کریمی، م. ۱۳۶۶. گزارش آب و هوای منطقه مرکزی ایران. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
- وزیری، ژ. ۱۳۷۰. تعیین آب مصرفی پتانسیل چغندر قند با استفاده از لایسیمتر. گزارش پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب کرمانشاه.
- وزیری، ژ. ۱۳۷۷. تعیین مدیریت مناسب آبیاری با استفاده از تست کلاس A. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی ۱۰۴.
- Aboukhalel 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
- Eck HV, Winter SR, Smith SJ (1990) Sugarbeet yield and quality in relation to residual beet feed lot waste. *Agronomy Journal*, 82: 250-254
- Ehlig CF, Lemert RD (1979) Water use and yield of sugarbeet over a range from excessive to limited irrigation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 403-407
- Hills FJ, Winter SR, Henderson DW (1990) Sugarbeet. In Stewart BA and Nielsen DR (ed.) *Irrigation of Agricultural crops. Agronomy* 30: 795-810
- Jensen ME, Erie LJ (1971) Irrigation and water management. PP: 191-222. In Jonson, RT, Alexander JT, Resh GE Hawkes GR (ed.) *Advances in sugarbeet production: principal and practices. The Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa*

- Rhoades JD, Kandiah A Mashali AM (1992) The use of saline waters for crop production. FAO irrigation and drainage paper No.48. Rome, ISBN 92-5-103237-8
- Smith GA, Martin SS, Ash KA (1977) Path coefficient analysis of sugar beet purity components. Crop Sci. 17: 249-253
- Soil Survey Staff (1990) Keys to soil taxonomy, fourth edition. SMSS Technical Monograph, No. 6. Blacksburg, Virginia
- Winter SR (1980) Suitability of sugarbeet for limited irrigation in a semi-arid climate. Agron. J. 72: 118-123
- Winter SR (1988) Influence of seasonal irrigation amount on sugarbeet yield and quality. J. Sugarbeet Res., 25: 1-10