تأثیر سطح ایستابی کم عمق و شوری آب زیرزمینی بر کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در گلخانه

خداکرم بارگاهی و سیدعلی‌اکبر موسوی[۱]

چکیده

محدودیت منابع آبی مناسب از عمده‌ترین تنگناها و مشکلات کشاورزی در ایران می باشد. با توجه به بالا بودن سطح ایستابی و شوری آب زیرزمینی در بسیاری از مناطق کشور و مقاومت نسبی گیاه گلرنگ به شوری، مطالعه در زمینه امکان استفاده این گیاه از آب زیر زمینی می‌تواند قدم مؤثری در استفاده بهینه از آب در زراعت گلرنگ باشد. در این راستا در این پژوهش تأثیر سطوح مختلف ایستابی کم عمق و شوری آب زیرزمینی بر کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق گلرنگ در شرایط دیم و آبی در یک آزمایش گلخانه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت. تیمارهای مورد استفاده، چهار عمق سطح ایستابی (۵۰، ۷۰، ۹۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر)، دو سطح شوری آب زیرزمینی (۰/۶ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر) و دو سطح آبیاری (آبیاری به میزان ۷۵ درصد تبخیر از سطح آزاد آب و با دور ۵ روز، و بدون آبیاری) بودند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای ثابت نگه‌داشتن سطح ایستابی در گلدان‌ها دستگاهی ساخته شد که بر اساس اصول بطری ماریوت کار می‌کرد و میزان کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق و یا تبخیر از سطح خاک به وسیله آن قابل اندازه‌گیری بود. نتایج نشان داد که شوری آب زیرزمینی، شرایط آبیاری و برهمکنش شوری و شرایط آبیاری بر تبخیر و تعرق گلرنگ اثر معنی‌داری داشت. اثر سطح ایستابی، شوری، شرایط آبیاری، برهمکنش سطح ایستابی و شوری، برهمکنش سطح ایستابی و شرایط آبیاری، برهمکنش شوری و شرایط آبیاری و بالاخره برهمکنش سطح ایستابی، شوری و شرایط آبیاری بر میزان تبخیر از سطح خاک معنی‌دار بود. در تمام سطوح ایستابی تغییر شرایط از آبی به دیم باعث کاهش معنی داری در میزان تبخیر و تعرق گردید ولی در شرایط آبی و دیم میزان تبخیر و تعرق در سطوح مختلف سطح ایستابی تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین مقدار تبخیر و تعرق (۲۵۱ سانتی‌متر) در سطح ایستابی ۵۰ سانتی‌متر با شوری ۰/۶ دسی زیمنس بر متر و در شرایط آبی و کمترین مقدار (۴۳/۹ سانتی‌متر) در سطح ایستابی ۹۰ سانتی‌متر با شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و در شرایط دیم صورت گرفت. نسبت کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق در دوره اعمال تیمارها در حالت آب زیرزمینی شور بین ۵۴/۹-۵۲/۵ درصد و در شرایط آب زیرزمینی شیرین بین ۸۲/۷-۸۱/۷ درصد متغیر بود. نسبت تبخیر به تبخیر و تعرق نیز بین ۵۳/۶-۴/۵ درصد تغییر کرد. به طور کلی شوری آب زمینی باعث کاهش معنی‌داری در تبخیر و تعرق گیاه، تبخیر از سطح خاک، تعرق گیاه و کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق گردید.

واژه‌های کلیدی: سطح ایستابی کم عمق، تبخیر و تعرق، گلرنگ، شوری آب زیرزمینی

---

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد و استادیار آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

مقدمه

ایران کشوری با متوسط ریزش‌های آسمانی ۲۵۲ میلی‌متر است که در زمره مناطق خشک و نیمه خشک جهان طبقه‌بندی می‌شود. محدودیت منابع آبی مناسب از عمده‌ترین تنگناها و مشکلات کشاورزی در این کشور می‌باشد. از طرف دیگر افزایش روز افزون جمعیت نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر را ایجاب می‌کند. بنابراین یافتن راه‌کارهایی برای غلبه بر کمبود آب در این مناطق همواره از اولویت‌های مطالعاتی و پژوهشی بوده است تا بتوان محصولات کشاورزی را برای این جمعیت رو به تزاید تولید نمود (۲).

سازمان ملل متحد در برنامه جمعیت و محیط زیست خود، ایران را در ردیف ۱۰۰ کشوری قرار داده که سرانه آب شیرین تجدید شونده آنها پایین است. بر پایه این بررسی، سرانه آب در سال ۱۹۵۵، ۶۲۰۲ متر مکعب بوده که در سال ۱۹۹۰، به ۲۰۲۵ متر مکعب رسیده و پیش‌بینی می شود در سال ۲۰۱۵ به حدود ۸۱۶ متر مکعب برسد که حدود ۲۰ درصد کمتر از سرانه آب در خط فقر (۱۰۰۰ متر مکعب) می باشد. بنابراین بر پایه معیارهای بین المللی دیری نخواهد گذشت که ایران به مرحله کمیابی آب رسیده و در زمره کشورهای گریبانگیر بحران آب قرار گیرد (۱۱).

دیر زمانی است که گلرنگ در اکثر کشورهای جهان به عنوان گیاهی با خواص برجسته کشت می‌شود. از جمله این خواص می‌توان به قدرت سازگاری بالا، مقاومت به سرما، مقاومت نسبی به خشکی، شوری و قلیائیت بالای خاک و موارد مصرف متعدد آن اشاره کرد (۸). این گیاه از نظر مقاومت به شوری جزء گیاهان نیمه مقاوم می‌باشد (۱۵).

گلرنگ در ایران در مساحت‌های محدود و پراکنده در استان‌های همدان، یزد، اصفهان، فارس، آذربایجان شرقی، بوشهر، کردستان، مرکزی، کرمان، ایلام و خراسان کشت می‌شود. میزان برداشت محصول در کشور از گلچه‌ها ۲۰۰ کیکوگرم در هکتار و در مورد دانه حدود ۲/۵ تن در هکتار در منطقه اصفهان گزارش شده است (۳).

یکی از مسایل مهم در رابطه با زراعت گلرنگ در مناطقی که سطح ایستابی کم عمق است، مدیریت آبیاری می‌باشد. عمق سطح ایستابی باید به نحوی باشد که ریشه‌های گیاه قادر به تأمین اکسیژن مورد نیاز خود شود و از طرف دیگر دچار کمبود آب نگردد.

هدف از این پژوهش بررسی اثر سطح ایستابی کم عمق و شوری آب زیرزمینی بر تبخیر و تعرق گلرنگ و تبخیر از سطح خاک در گلخانه در شرایط دیم و آبی و تعیین میزان کمک آب زیر زمینی به تبخیر و تعرق این گیاه می‌باشد.

گوینز و همکاران (۱۷) با مطالعه چهار عمق سطح ایستابی ۶ ، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ اینچ روی گیاهان گوجه فرنگی، لوبیا سبز و ذرت شیرین در سه بافت خاک در گلخانه دریافتند که میزان محصول همان‌طور که به بافت خاک بستگی دارد از عمق سطح ایستابی نیز تأثیر می‌پذیرد و میزان آب استفاده شده به‌طور خطی با مقدار ماده خشک تولید شده افزایش می‌یابد.

بنز و همکاران (۱۳ و ۱۴) با مطالعه چهار عمق سطح ایستابی (۴۶، ۱۰۱، ۱۵۵ و ۲۱۰ سانتی متر) و سه سطح آبیاری (۰/۳، ۰/۸ و ۱/۳ برابر تبخیر و تعرق) روی گیاه یونجه دریافتند که بیشترین محصول مربوط به عمق سطح ایستابی ۱۵۵ و۲۱۰ سانتی متر و سطح آبیاری ۰/۸ می‌باشد. هم‌چنین بیشترین تبخیر و تعرق واقعی مربوط به عمق سطح ایستابی ۴۶ سانتی متر می‌باشد. ایشان نشان دادند که سطح آب بالا در شرایط آبیاری بین۰/۶ تا ۳۸/۴ درصد تبخیر و تعرق را تأمین می‌کند که ۳۸/۴ درصد مربوط به کمترین سطح آبیاری و ۰/۶ درصد مربوط به سطح آبیاری ۱/۳ است.

سپاسخواه و ایلام‌پور (۲۰) نسبت تبخیر به تبخیر و تعرق لوبیای چشم بلبلی با دور آبیاری هفت روزه ولی با میزان آب آبیاری کم را ۰/۵۹ و با میزان آب آبیاری مناسب را ۰/۵۲ گزارش کردند.

نسبت تبخیر به تبخیر و تعرق گیاه در طول دوره رشد بین ۰/۲۳ (ریچی و بورنت،۱۹۷۱) و ۰/۵۶ (الخفاف و همکاران، ۱۹۷۸) گزارش شده است (۶)).

مواد و روش‌ها

آزمایش در تابستان سال ۱۳۸۱ در گلخانه بخش آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در ۱۶ کیلومتری شمال شیراز، با طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۵۲ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و ۲۹درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و ۱۸۱۰ متر ارتفاع از سطح دریا ، انجام شد. گلدان‌هایی به ارتفاع ۱۲۰ سانتی‌متر از جنس لوله پی.وی.سی به قطر ۲۰۰ میلی‌متر تهیه شد و گلدان‌ها از خاک مورد نظر (لایه ۳۰-۰سانتی‌متر خاک سری کوی اساتید دانشکده کشاورزی) پر شد. ضمناً خاک از الک ۲ میلی‌متری گذرانده شد تا سنگریزه‌های آن جدا شود. برخی از مشخصات خاک مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

پس از آماده کردن گلدان‌ها به هر کدام از آنها بر اساس میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار، کود فسفاته داده شد و برای رساندن رطوبت خاک گلدان‌ها به حالت ظرفیت زراعی در تاریخ ۱۳۸۱/۵/۱۱ آبیاری انجام گردید. آنگاه هشت عدد بذر گلرنگ رقم LSP بهاره ضدعفونی شده با قارچ‌کش بنومیل در عمق ۲/۵-۲ سانتی‌متری خاک کاشته شد که در تاریخ ۱۳۸۱/۵/۱۵ تقریباً تمام بذرها جوانه زدند. سپس در تاریخ ۱۳۸۱/۵/۲۸ بر اساس ۶۰ کیلوگرم در هکتار حدود ۶۰ درصد کود ازته همراه آب آبیاری به گیاهان داده شد. در تاریخ ۱۳۸۱/۶/۴ عملیات تنک کردن صورت‌گرفت و تعداد گیاهان به ۴ عدد در هر گلدان کاهش داده شد. آنگاه در تاریخ ۱۳۸۱/۶/۶ بقیه کود ازته نیز به خاک داده شد و بالاخره در تاریخ ۱۳۸۱/۶/۱۷ تیمارهای مورد نظر اعمال گردید.

در این پژوهش از چهار عمق سطح ایستابی (۹۰،۷۰،۵۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر)، دو سطح شوری آب زیرزمینی (آب شرب باجگاه با شوری ۰/۶دسی‌زیمنس بر متر و دیگری با شوری ۱۰دسی‌زیمنس بر متر) و دو رژیم آبیاری (دیم و آبی) استفاده شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. تعداد کل گلدان‌ها ۴۸ عدد بود.

برای تهیه آب شور از نمک‌های کلرید سدیم (NaCl) و کلریدکلسیم ($CaCl_2$) استفاده شد. به این ترتیب که با افزایش نسبت یک به یک این نمک‌ها به آب آشامیدنی باجگاه، آب با شوری مورد نظر تهیه گردید.

برای ثابت نگه‌داشتن عمق سطح ایستابی از دستگاهی که بر اساس اصول بطری ماریوت کار می‌کند استفاده شد (شکل ۱). این دستگاه از دو قسمت تشکیل شده است: قسمت اول ، لوله پی. وی. سی انتها بسته (گلدان) می‌باشد که به وسیله رابط و لوله پلاستیکی شفاف از محل سوراخی که در کف آن ایجاد شده است به قسمت دوم وصل می‌شود. قسمت دوم که اجزای تشکیل دهنده آن در شکل ۱ آمده است، برای ثابت نگه‌داشتن سطح ایستابی استفاده می‌شود. به این نحو که برای فعال کردن آن، لوله رابط (قسمت ۲) را به وسیله یک گیره بسته و قسمت ۱۰ را باز کرده و از محل لوله هوا (قسمت ۳) به وسیله قیف در آن آب با شوری مورد نظر می‌ریزیم، آنگاه گیره را باز کرده تا ارتباط آن با گلدان برقرار شود. اکنون با هم سطح قرار دادن قسمت انتهای لوله ورودی هوا (قسمت ۶) و سطح ایستابی مورد نظر در گلدان، عمق سطح ایستابی ثابت نگهداشته خواهد شد. در طول آزمایش میزان کاهش آب در قسمت دوم نشان‌دهنده میزان کمک آب زیرزمینی به آب مصرفی گیاه است. با استفاده از لوله پلاستیکی شفاف (قسمت ۱) که کنار بدنه لوله اصلی (قسمت ۷) نصب شده و حالت مانومتر دارد می‌توان میزان کاهش و یا افزایش آب آن را تشخیص داد.

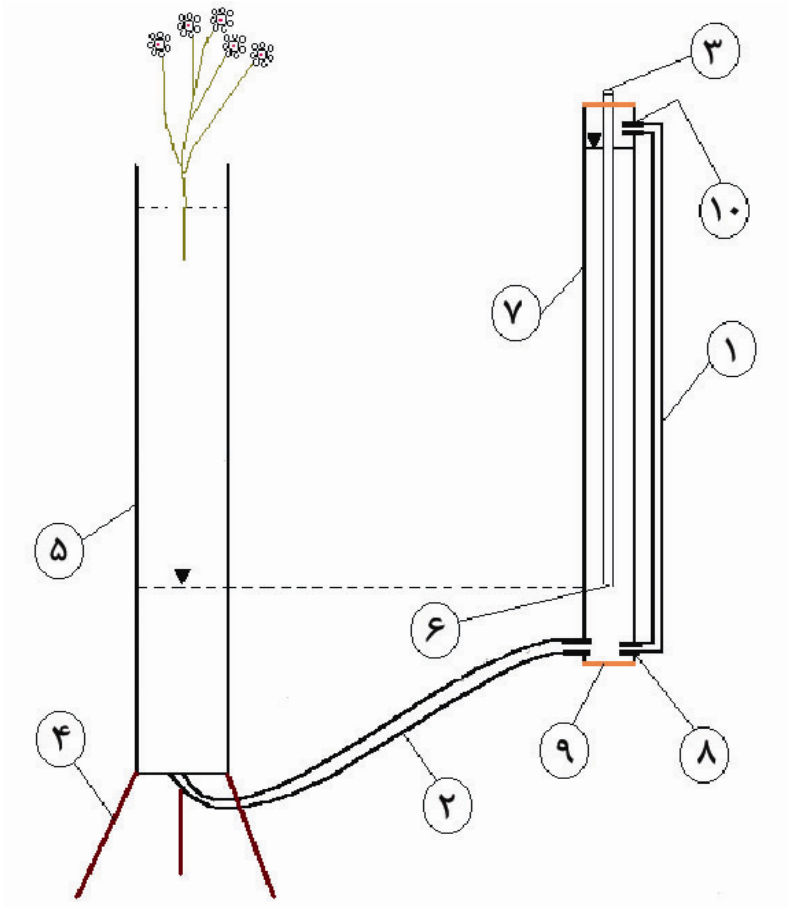
برای کنترل دمای گلخانه از کولر و شوفاژ استفاده شد. پس از اندازه‌گیری دمای حداکثر و حداقل در طول دوره رشد گیاه این نتایج به دست آمد. حداکثر دمای گلخانه ۲/۸۸ ± ۳۷/۴، متوسط ۱/۹۴ ± ۲۷/۴ و حداقل ۲/۵۴ ± ۱۷/۰۷ درجه سانتی‌گراد بود. اعتقاد برآن است که دمای ۳۲-۲۴ درجه سانتی‌گراد مطلوب‌ترین دما برای رشد گلرنگ است (۱۲).

در طول دوره اعمال تیمار آبیاری، آب آبیاری به میزان ۷۵ درصد مقدار تبخیر از گلدان‌های مشابه ولی با سطح آزاد آب و با دور آبیاری ۵ روز، اعمال گردید. آب آبیاری به سطح خاک گلدان‌ها اضافه می‌شد. قبل از آن بر اساس وضع ظاهری گیاهان

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های خاک مورد مطالعه در ابتدای آزمایش

اجزای تشکیل دهنده خاک						
رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	ماده آلی*(٪)	گچ* (٪)	ECe(dS/m)	FC(درصد وزنی)
۳۰	۳۷	۳۳	۲/۲	۲۸/۱	۰/۴۳	۲۲
غلظت عناصر موجود در عصاره اشباع خاک(میلی‌اکی‌والان در لیتر)						
سدیم	کلسیم	منیزیم	نسبت جذبی سدیم			
۰/۲۵	۰/۲	۰/۲	۰/۵۶			

*: ابطحی و همکاران (۱).



۱. لوله پلاستیکی شفاف به قطر ۶ میلی‌متر
۲. لوله پلاستیکی شفاف به قطر ۶ میلی‌متر
۳. لوله پلی‌اتیلن به قطر ۱۲ میلی‌متر
۴. چهار پایه فلزی
۵. لوله پی. وی.سی به قطر ۲۰۰ میلی‌متر
۶. انتهای لوله ورودی هوا
۷. لوله پی .وی.سی. به قطر ۷۵میلی‌متر
۸. رابط برنجی ۶ میلی‌متری
۹. در پوش انتهایی
۱۰. رابط برنجی ۶ میلی‌متری

شکل ۱. نمایی از سیستم مورد استفاده برای ثابت نگه‌داشتن سطح ایستابی و مشخصات آن

جدول ۲. تجزیه آماری میانگین مربعات صفات اندازه گیری شده

منابع خطا	درجه آزادی	تبخیر و تعرق	کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق	تبخیر از سطح ستون خاک
سطح ایستابی	۳	۲۵۷**	۲۵۷**	۲۸۰**
شوری	۱	۲۴۱۱۷۵**	۲۴۱۱۷۷**	۱۲/۳**
برهمکنش سطح ایستابی وشوری	۳	۹۴/۴**	۹۴/۴**	۵۲/۳**
شرایط آبیاری	۱	۴۱۱۵۷**	۴۱۱۵۷**	۱۰۳۳۳**
برهمکنش سطح ایستابی و شرایط آبیاری	۳	۲۲/۲**	۲۲/۲**	۱۲۶**
برهمکنش شوری و شرایط آبیاری	۱	۲۲۳۲*	۲۲۳۲*	۸۷/۱**
برهمکنش سطح ایستابی، شوری و شرایط آبیاری	۳	۱۵۶**	۱۵۶**	۷۲/۲**
خطا	۳۲	۴۷۱	۴۷۱	۰/۰۰۰۱

* : معنی‌دار در سطح ۵ درصد ** : معنی‌دار در سطح ۱ درصد

آبیاری انجام می‌شد.

برای اندازه‌گیری تبخیر، از لوله‌هایی با شرایط مشابه تیمارها (سطح ایستابی، شوری‌آب زیرزمینی و شرایط دیم و آبی) ولی بدون کشت گیاه استفاده شد (جمعاً ۱۶ لوله). با معلوم بودن مقدار تبخیر (از گلدان بدون گیاه) و تبخیر و تعرق (از گلدان‌های دارای گیاه) و با استفاده از معادله بیلان آب که بارندگی و آب زه‌کشی در شرایط گلخانه صفر منظور می‌شود، میزان تعرق در طول دوره آزمایش به دست‌آمد. توضیحات بیشتر در زمینه روش انجام آزمایش‌ها دربارگاهی (۴) آمده است.

با توجه به تأثیر تیمارها از تاریخ ۱۳۸۱/۸/۱۶ تا ۱۳۸۱/۱۰/۱ به ترتیب خشک شدن گیاهان اقدام به برداشت آنها شد. در نهایت با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTATC داده‌ها تجزیه و تحلیل آماری و شد.

نتایج و بحث

تجزیه آماری مربوط به تأثیر عمق سطح ایستابی، شرایط آبیاری، شوری، برهمکنش عمق سطح ایستابی و شوری، برهمکنش شوری و شرایط آبیاری، برهمکنش سطح ایستابی و شرایط آبیاری، و بالاخره برهمکنش عمق سطح ایستابی، شوری و شرایط آبیاری بر تبخیر و تعرق گیاه، تبخیر از سطح خاک، کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق گیاه گلرنگ رقم LSP بهاره جدید، در جدول ۲ ارائه شده است.

الف) متوسط تبخیر و تعرق گیاه

نتایج مندرج در جدول۳ تأثیر سطوح مختلف ایستابی را در شرایط دیم و آبی با آب زیرزمینی شور و شیرین بر متوسط تبخیر و تعرق گلرنگ از زمان اعمال تیمارها تا انتهای دوره رشد نشان می‌دهد.

نتایج بیانگر آن است که سطح ایستابی، شوری، شرایط آبی‌و دیم، برهمکنش سطح ایستابی و شوری، برهمکنش سطح ایستابی و شرایط آبیاری و برهمکنش سطح ایستابی، شوری و شرایط آبیاری تأثیر معنی‌داری بر تبخیر و تعرق گیاه دارد. هم‌چنین برهمکنش شوری و شرایط آبیاری نیز بر آن تأثیری معنی‌دار دارد (جدول ۲). افزایش شوری و تغییر شرایط از حالت آبی به دیم باعث کاهش معنی‌داری در میزان تبخیر و تعرق گیاهی گردیده است. در تمام سطوح ایستابی، تغییر شرایط از حالت آبی به دیم باعث کاهش معنی‌داری در میزان تبخیر و تعرق گردیده است ولی در کلیه سطوح ایستابی تفاوت معنی‌داری بین شرایط آبی و شرایط دیم وجود ندارد. بیشترین تبخیر و تعرق (۲۶۱ سانتی متر) در سطح ایستابی ۵۰ سانتی‌متر با شوری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر و در شرایط آبی دیده می‌شود

جدول ۳. تأثیر سطح ایستابی و شوری آب زیرزمینی در حالت دیم و آبی بر تبخیر و تعرق گیاه (سانتی متر)

سحطح ایستابی (cm)	شوری آب (dS/m)	آبی	دیم	میانگین
۵۰	۱۰	۹۸/۵ c*	۵۵/۳ d	۷۶/۹ b
	۰/۶	۲۶۱ a	۱۸۴ b	۲۲۲ a
	میانگین	۱۸۰ A	۱۲۰ B	
۷۰	۱۰	۱۰۰ c	۶۲/۴ cd	۸۱/۲ b
	۰/۶	۲۵۵ a	۱۸۳ b	۲۱۹ a
	میانگین	۱۷۷ A	۱۲۳ B	
۹۰	۱۰	۹۹/۷ c	۴۳/۹ d	۷۱/۸ b
	۰/۶	۲۳۹ a	۱۷۸ b	۲۰۸ a
	میانگین	۱۶۹ A	۱۱۱ B	
۱۲۰	۱۰	۹۵ c	۵۱/۸ d	۷۳/۴ b
	۰/۶	۲۶۰ a	۱۸۲ b	۲۲۱ a
	میانگین	۱۷۸ A	۱۱۷ B	

*: اعداد و میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف کوچک و یا در هر ردیف در یک حرف بزرگ و یا یک حرف کوچک مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

و کمترین مقدار آن (۱۷۸ سانتی متر) در سطح ایستابی ۹۰ سانتی‌متر با شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و شرایط دیم مشاهده می‌گردد. کاهش تبخیر و تعرق در اثر شوری در پسته رقم بادامی‌زرندی (۹) و دو رقم برنج (۷) نیز گزارش شده است. بر اساس نتایج تحقیق محمدی‌محمدآبادی(۱۰) میزان تبخیر و تعرق پایه‌های پسته با افزایش دور آبیاری و شوری کاهش می‌یابد.

ب) کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق(تبخیر و تعرق از آب زیرزمینی کم‌عمق)

جدول ۴ میزان کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق گیاه را در سطوح مختلف ایستابی با شوری آب زیرزمینی۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در شرایط دیم و آبی نشان می‌دهد.

نتایج بیانگر این است که سطح ایستابی، شوری، شرایط آبیاری، برهمکنش سطح ایستابی و شوری، برهمکنش سطح ایستابی و شرایط آبیاری، برهمکنش شوری و شرایط آبیاری و برهمکنش سطح ایستابی، شوری و شرایط آبیاری تأثیر معنی‌داری بر میزان تبخیر و تعرق از آب زیرزمینی کم‌عمق دارد (جدول ۲). در تمام سطوح ایستابی تغییر شرایط از آبی به دیم باعث کاهش در میزان کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق گیاه شده است ولی این تغییر معنی‌دار نیست. با افزایش شوری از ۰/۶ به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنی‌داری در میزان تبخیر و تعرق از آب زیرزمینی کم عمق رخ داده است. در تمام عمق‌های سطح ایستابی و هر شوری به‌طور جداگانه، شرایط آبی و دیم اختلاف معنی‌داری را در پارامتر مورد نظر ایجاد نکرده است. بیشترین کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق در حالت آب زیرزمینی شور در سطح ایستابی ۷۰ سانتی‌متر و در شرایط دیم اتفاق افتاده است و در حالت آب زیرزمینی شیرین در سطح ایستابی ۵۰ سانتی‌متری در شرایط آبی رخ داده است. با صرف‌نظر کردن از میزان تغییر در ذخیره آب خاک در ابتدا و انتهای دوره فرض شد که در شرایط دیم کل تبخیر و تعرق گیاه از طریق آب

جدول ۴. تأثیر سطح ایستابی و شوری آب زیرزمینی در حالت دیم و آبی بر میزان کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق گیاه (سانتی‌متر)

سطح ایستابی (cm)	شوری آب (dS/m)	آبی	دیم	میانگین
۵۰	۱۰	۵۳/۴^{b*}	۵۵/۳ ^{b}	۵۴/۳^{b}
	۰/۶	۲۱۶ ^{a}	۱۸۴ ^{a}	۲۰۰ ^{a}
	میانگین	۱۳۵ ^{A}	۱۲۰ ^{A}	
۷۰	۱۰	۵۴/۹ ^{b}	۶۲/۴ ^{b}	۵۸/۷^{b}
	۰/۶	۲۱۰ ^{a}	۱۸۳ ^{a}	۱۹۶ ^{a}
	میانگین	۱۳۲ ^{A}	۱۲۳ ^{A}	
۹۰	۱۰	۵۴/۶^{b}	۴۳/۹ ^{b}	۴۹/۳ ^{b}
	۰/۶	۱۹۴ ^{a}	۱۷۸ ^{a}	۱۸۶^{a}
	میانگین	۱۲۴ ^{A}	۱۱۱ ^{A}	
۱۲۰	۱۰	۵۰ ^{b}	۵۱/۸ ^{b}	۵۰/۸^{b}
	۰/۶	۲۱۵ ^{a}	۱۸۲ ^{a}	۱۹۹^{a}
	میانگین	۱۳۲ ^{A}	۱۱۷ ^{A}	

*: اعداد و میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف کوچک و یا در هر ردیف در یک حرف بزرگ و یا یک حرف کوچک مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۵ . تأثیر سطح ایستابی و شوری آب زیرزمینی در حالت دیم و آبی بر میزان تبخیر و تعرق از آب زیرزمینی بر حسب درصدی از کل تبخیر و تعرق گیاه در دوره اعمال تیمار

سطح ایستابی (cm)	شوری آب (dS/m)	آبی	دیم
۵۰	۱۰	۵۴/۲۴	۱۰۰
	۰/۶	۸۲/۷۲	۱۰۰
۷۰	۱۰	۵۴/۹۲	۱۰۰
	۰/۶	۸۲/۳	۱۰۰
۹۰	۱۰	۵۴/۸	۱۰۰
	۰/۶	۸۱/۱۴	۱۰۰
۱۲۰	۱۰	۵۲/۵۱	۱۰۰
	۰/۶	۸۲/۶۸	۱۰۰

زیرزمینی تأمین شده است. درصد تبخیر و تعرق تأمین شده در شرایط آبیاری در جدول ۵ درج شده است. در شرایط آبی با آب زیرزمینی شور بیشترین درصد در سطح ایستابی ۷۰ سانتی‌متر دیده می‌شود و در شرایط آب زیرزمینی شیرین بیشترین درصد در سطح ایستابی ۵۰ سانتی‌متر اتفاق افتاده است. در کلیه سطوح ایستابی و در شرایط آبی تغییر شوری آب زیرزمینی از ۰/۶ به ۱۰ دسی زیمنس بر متر با کاهش چشمگیری در میزان کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق همراه بوده است. در شوری‌های مختلف، سطوح ایستابی تغییر چندانی در میزان کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق ایجاد

جدول ۶ . تأثیر سطح ایستابی و شوری آب زیرزمینی در حالت دیم و آبی بر نسبت تبخیر از سطح خاک هر تیمار به تبخیر و تعرق گیاه در همان شرایط (بر حسب درصد) در دوره اعمال تیمار

سطح ایستابی (cm)	شوری آب (dS/m)	آبی	دیم
۵۰	۱۰	۵۲/۴	۴۳/۸
	۰/۶	۲۰/۹	۱۷/۱
۷۰	۱۰	۴۸/۹	۲۴/۲
	۰/۶	۱۶/۷	۱۵/۴
۹۰	۱۰	۴۵/۳	۳۱/۵
	۰/۶	۱۸/۳	۸/۷
۱۲۰	۱۰	۵۳/۶	۲۷/۶
	۰/۶	۱۸/۷	۴/۵

نکرده که این موضوع بیانگر آن است که تغییر سطح ایستابی از ۵۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر تأثیری بر کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق نداشته است.

نسبت تبخیر به تبخیر و تعرق هر تیمار نیز نشان می‌دهد که در کلیه سطوح ایستابی درصد تبخیر به تبخیر و تعرق آب زیرزمینی شور بیشتر از شیرین است (جدول ۶).

در شرایط آب زیرزمینی شیرین درصد تبخیر به تبخیر و تعرق بین ۴/۵ درصد (سطح ایستابی ۱۲۰ سانتی‌متر و در شرایط دیم) تا ۲۰/۹ درصد (سطح ایستابی ۵۰ سانتی‌متر و در شرایط آبی) متغیر بوده است، در حالی که در شرایط آب زیرزمینی شور این مقدار بین ۲۴/۲ (سطح ایستابی ۷۰ سانتی متر و در شرایط دیم) تا ۵۳/۶ درصد (سطح ایستابی ۱۲۰ سانتی‌متر و در شرایط آبی) تغییر کرده است. سپاسخواه و ایلام‌پور (۲۰) نسبت تبخیر به تبخیر و تعرق لوبیای چشم بلبلی را با دور آبیاری و میزان آب آبیاری مناسب ۰/۵۲ گزارش کردند.

ج) تبخیر از سطح خاک

در یک عمق مشخص سطح ایستابی میزان تبخیر از سطح خاک از آب زیرزمینی شیرین بیشتر از شور می‌باشد. هم‌چنین تبخیر در شرایط آبی بیشتر از دیم اتفاق می‌افتد. جدول ۷ میزان تبخیر از سطوح مختلف ایستابی را در شرایط آبی و دیم با آب زیرزمینی شور و شیرین نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد همان‌طور که انتظار می‌رفت تأثیر سطح ایستابی، شوری، برهمکنش سطح ایستابی و شوری، شرایط آبی و دیم، برهمکنش سطح ایستابی و شرایط آبیاری، برهمکنش شوری و شرایط آبیاری و بالاخره برهمکنش سطح ایستابی، شوری و شرایط آبیاری برمیزان تبخیر از سطح خاک معنی‌دار است (جدول ۲).

د) متوسط تعرق گیاهی

تأثیر سطوح ایستابی با آب زیرزمینی شور و شیرین در شرایط دیم و آبی بر متوسط تعرق گیاه در جدول ۸ درج شده است. نتایج نشان می‌دهد که شوری تأثیر معنی داری در کاهش تعرق گیاه دارد. هم‌چنین تغییر شرایط از آبی به دیم نیز باعث کاهش معنی‌داری در میزان تعرق گردیده است. اثر برهمکنش دو عامل فوق یعنی شوری و شرایط آبیاری، سطح ایستابی، برهمکنش سطح ایستابی و شوری، برهمکنش سطح ایستابی و شرایط آبیاری و برهمکنش سطح ایستابی، شوری و شرایط آبیاری نیز بر میزان تعرق گیاه معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). در کلیه سطوح

جدول ۷. تأثیر سطح ایستابی و شوری آب زیرزمینی در حالت دیم و آبی بر تبخیر از سطح خاک تیمارها (سانتی‌متر)

سطح ایستابی (cm)	شوری آب (dS/m)	آبی	دیم	میانگین
	۱۰	۵۰/۶^{b*}	۲۳/۷^{k}	۳۷/۱^{b}
۵۰	۰/۶	۵۴/۱ ^{a}	۳۱/۲ ^{i}	۴۲/۶ ^{a}
	میانگین	۵۲/۳ ^{A}	۲۷/۵ ^{E}	
	۱۰	۴۸/۸^{d}	۱۵/۱^{l}	۳۲/۰^{e}
۷۰	۰/۶	۴۲/۴ ^{h}	۲۷/۸ ^{j}	۳۵/۱^{c}
	میانگین	۴۵/۶ ^{C}	۲۱/۴ ^{F}	
	۱۰	۴۵/۰^{i}	۱۳/۷^{o}	۲۹/۴ ^{f}
۹۰	۰/۶	۴۳/۲ ^{g}	۱۴/۳ ^{m}	۲۸/۸ ^{g}
	میانگین	۴۴/۱ ^{D}	۱۴/۰ ^{G}	
	۱۰	۵۰/۵ ^{c}	۱۴/۳^{n}	۳۲/۴^{d}
۱۲۰	۰/۶	۴۸/۵ ^{e}	۸/۲ ^{p}	۲۸/۴ ^{h}
	میانگین	۴۹/۵ ^{B}	۱۱/۲ ^{H}	

*: اعداد و میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف کوچک و یا در هر ردیف در یک حرف بزرگ و یا یک حرف کوچک مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۸ . تأثیر سطح ایستابی و شوری آب زیرزمینی در حالت دیم و آبی برمیزان تعرق گیاه (سانتی متر)

سطح ایستابی (cm)	شوری آب (dS/m)	آبی	دیم	میانگین
	۱۰	۴۸ ^{d*}	۳۱/۶^{d}	۳۹/۸^{b}
۵۰	۰/۶	۲۰۷ ^{a}	۱۵۳^{c}	۱۸۰^{a}
	میانگین	۱۲۷ ^{AB}	۹۲/۱^{C}	
	۱۰	۵۱/۱ ^{d}	۴۷/۳^{d}	۴۹/۲ ^{b}
۷۰	۰/۶	۲۱۲ ^{a}	۱۵۵^{c}	۱۸۴ ^{a}
	میانگین	۱۳۲ ^{A}	۱۰۱^{BC}	
	۱۰	۵۴/۷^{d}	۳۰/۲^{d}	۴۲/۵^{b}
۹۰	۰/۶	۱۹۶^{ab}	۱۶۳ ^{bc}	۱۷۹^{a}
	میانگین	۱۲۵^{AB}	۹۷ ^{C}	
	۱۰	۴۴/۵^{d}	۳۷/۶ ^{d}	۴۱/۰ ^{b}
۱۲۰	۰/۶	۲۱۱ ^{a}	۱۷۴^{abc}	۱۹۲/۶^{a}
	میانگین	۱۲۸^{AB}	۱۰۶ ^{ABC}	

*: اعداد و میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف کوچک و یا در هر ردیف در یک حرف بزرگ و یا یک حرف کوچک مشترک هستند، طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

ایستابی تغییر شوری از ۰/۶ به ۱۰ دسی زیمنس بر متر باعث کاهش معنی‌داری در میزان تعرق گیاه گردیده است. هم‌چنین در کلیه سطوح ایستابی، جز عمق ۱۲۰ سانتی متر تغییر شرایط از آبی به دیم باعث کاهش معنی‌داری در میزان تعرق گیاه شده است. بیشترین تعرق در سطح ایستابی ۷۰ سانتی‌متر با آب زیرزمینی با شوری ۰/۶ دسی زیمنس بر متر و در شرایط آبی

اتفاق افتاده است که دارای بیشترین سطح برگ نیز می‌باشد. خوگر (۵) به نتیجه مشابهی درمورد کاهش تعرق در واحد سطح برگ با افزایش شوری در گوجه فرنگی اشاره دارد. کاهش تعرق در واحد سطح برگ در اثر شوری در لوبیا توسط میری و مایبر (۱۸) و پارا و کروزررومرو (۱۹) نیز گزارش شده است. کریمی‌گوغری (۹) نیز نتیجه مشابهی درباره کاهش تعرق پسته رقم بادامی زرندی با افزایش شوری گزارش کرده است. کاهش تعرق در واحد سطح برگ در اثر شوری احتمالاً مربوط به کاهش سطح روزنه (۱۶ و ۱۸) و افزایش فشار اسمزی محیط ریشه (۱۹) می‌باشد.

نتیجه‌گیری

دراین پژوهش ملاحظه‌گردید که شوری آب زیرزمینی، شرایط آبیاری و برهمکنش شوری و شرایط آبیاری بر تبخیر و تعرق گیاه اثر معنی‌داری داشت. اثر سطح ایستابی، شوری، شرایط آبیاری، برهمکنش سطح ایستابی و شوری، برهمکنش سطح ایستابی و شرایط آبیاری، برهمکنش شوری و شرایط آبیاری و بالاخره برهمکنش سطح ایستابی، شوری و شرایط آبیاری برمیزان تبخیر از سطح خاک معنی‌دار بوده است. با افزایش عمق سطح ایستابی میزان تبخیر از سطح خاک کاهش یافته است، هم‌چنین با افزایش شوری و تغییر شرایط از آبی به دیم، میزان تبخیر از سطح خاک با کاهش معنی‌داری همراه بوده است.

درصد کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق، جز در شرایط دیم که ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق را تأمین کرده‌است در شرایط آبی بیشترین مقدار (۸۲/۷ درصد) مربوط به سطح ایستابی ۵۰ سانتی‌متر و با شوری ۰/۶ دسی زیمنس بر متر می‌باشد، که قسمت بیشتر آن نیز صرف تبخیر از سطح خاک شده است تا تعرق گیاه.

نسبت کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق در دوره اعمال تیمارها در حالت آب زیرزمینی شور (۱۰ دسی زیمنس برمتر) بین ۵۴/۹–۵۲/۵ درصد و در شرایط آب زیرزمینی شیرین (۰/۶ دسی زیمنس بر متر) بین ۸۲/۷–۸۱/۷ درصد متغیر بوده است. نسبت تبخیر به تبخیر و تعرق نیز بین ۶/۵۳–۵/۴ درصد تغییر کرده است. شوری آب زیرزمینی باعث کاهش معنی‌داری در تبخیر و تعرق گیاهی، تبخیر از سطح خاک، تعرق گیاه و کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق گردید. انجام آبیاری نیز باعث افزایش معنی‌دار تبخیر و تعرق گیاهی، تبخیر از سطح خاک و تعرق نسبت به شرایط دیم گردید.

منابع مورد استفاده

۱. ابطحی، ع.، ن. کریمیان و م. صلحی. ۱۳۷۰. گزارش مطالعات خاک‌شناسی نیمه تفصیلی اراضی منطقه باجگاه– استان فارس. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۲. افیونی، د.، م. ملحوجی و ک. رشمه‌کریم. ۱۳۸۰. استفاده از آب دارای شوری‌های مختلف برای آبیاری چند رقم گندم و بررسی عکس‌العمل ارقام. مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راه‌کارهای مقابله با بحران آب ۱: ۲۹۵–۳۰۴.

۳. امیدی تبریزی، ا. ح. و م. ر. احمدی. ۱۳۷۹. مروری بر تحقیقات به‌نژادی گلرنگ در جهان و ایران. ماهنامه علمی تخصصی کشاورزی زیتون ۱۴۲ : ۱۴–۱۸.

۴. بارگاهی، خ. ۱۳۸۲. تأثیر سطح ایستابی کم عمق و شوری آب زیرزمینی بر رشد و عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در گلخانه. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۵. خوگر، ز. ۱۳۷۱. تأثیر شوری کلروره و سولفاته و مصرف روی بر رشد و ترکیب شیمیایی گوجه‌فرنگی. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۶. سپاسخواه، ع. ر. ۱۳۸۰. راه‌کارهای دیگر در مدیریت مزرعه برای مقابله با خشک‌سالی. چکیده سمینارها، ارایه شده در سمینارهای اعضای هیات علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۷. شهدی کومله، ع. ۱۳۷۳. تأثیر منبع و سطوح شوری و میزان ازت بر رشد و ترکیب شیمیایی دو رقم برنج (*Oryaza sativa* L.). پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۸. فروزان، ک. ۱۳۷۸. *گلرنگ*. انتشارات شرکت دانه‌های روغنی، تهران.

۹. کریمی‌گوغری، ش. ۱۳۷۸. بررسی تأثیر سطح ایستابی کم عمق و شوری آن بر رشد و میزان جذب آب توسط گیاه پسته (رقم بادامی زرندی) در شرایط دیم و آبی در گلخانه. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۱۰. محمدی محمدآبادی، ا. ۱۳۷۴. ارزیابی مقاومت پایه‌های متداول پسته به سطوح مختلف شوری آب و رژیم آبیاری. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۱۱. نجات پور، ح. ۱۳۷۸. بهره‌برداری بهینه از منابع آب با استفاده از تکنیک کم آبیاری. پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۱۲. وایزر. ای. آ. ۱۳۷۵. *دانه‌های روغنی*. ترجمه فرشته ناصری. مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

13. Benz, L. C., E. J. Doering and G. A. Reichman .1984. Water table condition to alfalfa evaporation and yield in sandy soil. Trans. ASAE 27: 1307-1312.
14. Benz, L. C., E. J. Doering and G. A. Reichman. 1985a. Alfalfa yield and evapotranspiration response to static water table and irrigation. Trans. ASAE 28(4):1178-1185 .
15. FAO. 1998. FAO Production Year book. Vol.52, p. 10, Rome.
16. Gale, J., H. Kohl and R. M. Hagan. 1967. Changes in the water balance and photosynthesis of onion, bean and cotton plants under saline condition. Plant Physiol. 20: 408-420.
17. Goins, T., J. Lunin and H. L. Worley. 1966. Water table effects on growth of tomatoes, snap beans and sweet corn. Trans. ASAE 9: 530-533.
18. Meiri, A. and A. P. Mayber. 1970. Effect of various salinity regimes on growth, leaf expansion and transpiration rate of bean plants. Soil Sci. 109: 26-34.
19. Parra, M. A. and G. Cruzromero. 1980. On the dependence of salt tolerance of beans *(Phaseolus Vulgaris* L.*)* on soil water matric potentials. Plant Soil 56: 3-16.
20. Sepaskhah, A. R. and S. Ilampour. 1995. Effects of soil moisture stress on evapotranspiration partitioning. Agric. Water Manag. 28: 311-323.