



مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷
صفحه‌های ۱۹۳-۲۰۹

بررسی تأثیر آب زیرزمینی کم عمق و شور بر عملکرد گیاه استویا

زهرا جلیلی^۱، هوشنگ قمرنیا^{۲*}، دانیال کهربیزی^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۲. استاد، گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۳. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۰

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۰۶/۰۵

چکیده

آب زیرزمینی شور کم عمق می تواند تا حدودی نیاز پاره‌ای از گیاهان را تأمین کند. در این رابطه آزمایشی به منظور بررسی اثر آب زیرزمینی کم عمق و شور بر کمک به تبخیر تعرق گیاه استویا در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل با سه تکرار در سال های ۹۵-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد. تیمارهای اعمال شده شامل آب زیرزمینی با سطوح شوری ۱ و ۲ و ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در سه عمق ۰/۷ و ۰/۹ و ۱/۲ متر بود. نتایج نشان داد که درصد مشارکت آب زیرزمینی برای سطوح شوری ۱، ۲، ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در عمق‌های ۰/۷ و ۰/۹ و ۱/۲ متری به ترتیب در حدود (۶۶/۵، ۵۷/۷، ۴۵/۳)، (۶۱/۵، ۵۲/۷، ۴۲/۱)، (۵۹/۹، ۴۹/۴، ۴۱/۰) و (۵۹/۰، ۴۶/۶، ۴۰/۱) درصد نیاز کلی گیاه بود. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از آب‌های زیرزمینی کم عمق با شوری کمتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر برای آبیاری گیاه استویا می تواند به صورت قابل توجهی نیاز آبی گیاه را برطرف نموده و به تبخیر تعرق گیاه کمک کند.

کلیدواژه‌ها: آب زیرزمینی، استویا، اقلیم نیمه خشک، شوری، کم عمق.

مقدمه

امروزه بحران آب مشکل اصلی اغلب کشورهای جهان است، زیرا که منابع آب تجدیدشونده جهان محدود است. ایران کشوری با متوسط بارش ۲۲۰ میلی‌متر در سال است (۹). بنابراین محدودیت منابع آب یکی از مهمترین مشکلات کشاورزی در کشور است و همچنین افزایش روزافزون جمعیت، نیاز به تولید مواد غذایی را بیشتر کرده است. از این رو یافتن راه‌هایی برای مقابله با کمبود آب در این مناطق همواره از اولویت‌های مطالعاتی و پژوهشی برخوردار بوده است. وسعت اراضی شور در حدود ۱۵/۲٪ از وسعت کل ایران یا در حدود ۲۵ میلیون هکتار از اراضی کشور می‌باشد که این اراضی در نتیجه شوری و قلیائیت بایر و بلااستفاده مانده است (۹). بخش بزرگی از خاک‌ها و حجم چشم‌گیری از کل منابع آبی موجود کشور به درجات مختلف مبتلا به شوری هستند. یکی از راهکارهای اساسی توسعه کشاورزی و افزایش سطح زیر کشت محصولات استفاده از منابع آب موجود از طریق اعمال سیاست‌های کم‌آبایی است. در بعضی از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان اغلب آب زیرزمینی کم‌عمق که با مسائل شوری و ماندابی اراضی نیز همراه است، به چشم می‌خورد (۳). راه‌حل اصلی، پایین انداختن سطح سفره آب زیرزمینی از طریق احداث سیستم‌های مختلف زهکشی زیرزمینی است، غافل از این‌که بالابودن سطح سفره آب زیرزمینی نعمتی است که از آن می‌توان جهت جبران قسمتی از نیازهای آب مورد نیاز گیاه استفاده نمود. اگر گیاه مجبور به جذب مقداری از نیاز آبی خود از آب زیرزمینی گردد، نتیجتاً مقدار آب جذب‌شده از خاک و همچنین دور و عمق آبیاری مورد نیاز آن کاهش می‌یابد. بنابراین آب زیرزمینی کم‌عمق یک منبع رایگان جهت تأمین آب کشاورزی است که آبیاری به‌وسیله آب زیرزمینی کم‌عمق را آبیاری زیرزمینی نیز می‌نامند. قمرنیا و جلیلی در آزمایشی برای بررسی کمک آب زیرزمینی به

تبخیر تعلق و عملکرد محصول گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) آزمایش لایسمتری در دو سال ۱۳۹۱-۱۳۹۰ و ۱۳۹۰-۱۳۸۹ انجام دادند. گیاه سیاهدانه در ۲۷ لایسمتر با قطر ۰/۴ متر و پرشده از خاک منطقه (سیلتی-کلی) کاشته شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای مورد بررسی در این آزمایش شامل سه ایستایی آب زیرزمینی کم‌عمق با عمق‌های ۰/۶، ۰/۸ و ۱/۱ متر و سه سطح شوری ۱، ۲ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. مقدار استفاده گیاه از آب زیرزمینی کم‌عمق به صورت روزانه توسط ماریوت سیفون اندازه‌گیری شد. برای برطرف کردن نیازهای آبی گیاه در طول این آزمایش، از آبی با کیفیت شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر استفاده شد. نتایج نشان داد که درصد مشارکت آب زیرزمینی برای سطوح شوری ۱، ۲ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر در عمق‌های ۰/۶، ۰/۸ و ۱/۱ متری به ترتیب در حدود (۶۷/۲۷، ۵۵، ۴۵/۷۵ درصد)، (۷۵/۶۰، ۵۰، ۴۱/۵ درصد) و (۲۵/۵۴، ۴۳/۵، ۳۶ درصد) نیاز کلی گیاه بود (۸). ايارز و همکاران در یک مطالعه، آب مصرفی توسط یونجه را از آب زیرزمینی بررسی نمودند. آنها در تحقیق خود از لایسمترهایی برای تعیین پتانسیل آب مصرفی یونجه از آب زیرزمینی کم‌عمق به عنوان تابعی از کیفیت و عمق سطح ایستایی استفاده کردند. نتایج نشان داد که بیش از ۵۰ درصد آب مصرفی از سطح ایستایی با عمق کمتر از ۱/۵ متر با شوری کمتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر استحصال شده است. همچنین با گذشت زمان، پروفیل خاک‌هایی که دارای آب زیرزمینی کم‌عمق با شوری بیش از ۴ دسی‌زیمنس بر متر بود شورتر شده که منجر به کاهش مقدار استفاده گیاه از آب زیرزمینی شد (۴). نوری و همکاران در آزمایشی با استفاده از لایسمتر زهکش‌دار به بررسی تأثیر مدیریت سطح آب زیرزمینی بر کنترل شوری خاک و عملکرد محصول یونجه پرداختند. در این آزمایش سطح آب زیرزمینی در ارتفاع ۰/۵،

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷

بررسی تأثیر آب زیرزمینی کم عمق و شور بر عملکرد گیاه استویا

بالا در شرایط آبیاری بین ۰/۶ تا ۳۸/۴ درصد تبخیر تعرق را تأمین می‌کند که ۳۸/۴ درصد مربوط به کمترین سطح آبیاری و ۰/۶ درصد مربوط به سطح آبیاری ۱/۳ است. بارگاهی و موسوی به بررسی تأثیر سطح ایستابی کم عمق (در ۴ عمق سطح ایستابی ۵۰، ۷۰، ۹۰ و ۱۲۰ سانتی متر) و شور آب زیرزمینی (دو سطح شوری آب زیرزمینی ۰/۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) بر کمک آب زیرزمینی به تبخیر تعرق گیاه گلرنگ پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار تبخیر تعرق (۲۵۱ سانتی متر) در سطح ایستابی ۵۰ سانتی متر با شوری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین مقدار تبخیر تعرق (۴۳/۹ سانتی متر) در سطح ایستابی ۹۰ سانتی متر با شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر صورت گرفت (۱). به‌طور کلی شوری آب زیرزمینی باعث کاهش معنی‌داری در تبخیر تعرق گیاه، تبخیر از سطح خاک، تعرق گیاه و کمک آب زیرزمینی به تبخیر تعرق گردید. گیاه استویا معمولاً به‌صورت یک نبات علفی چندساله در زیستگاه طبیعی خود در کشور پاراگوئه می‌روید. تمامی قسمت‌های سبزرنگ گیاه از طعم و مزه شیرین برخوردار می‌باشند برگ‌های گیاه استویا به‌منظور شیرین‌سازی مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. عصاره خالص‌سازی‌شده گلیکوزیدهای استویول به‌علت داشتن طعم شیرین مطبوع در صنایع غذایی مورد کاربرد قرار گیرد. گلیکوزید تولیدی از گیاه استویا ۱۵۰ تا ۳۰۰ برابر شیرین‌تر از ساکاروز تولیدی از چغندر قند بوده و استویا دارای ترکیبات رزینی معطر می‌باشد که اثر دارویی تقویت‌کننده بر دستگاه هاضمه دارند. بنابراین کشت گیاه استویا در ایران و پیدا کردن راهی برای هماهنگ‌سازی این گیاه با شرایط آب‌وهوایی ایران و افزایش کارایی مصرف آب (به‌کمک استفاده از آب زیرزمینی کم عمق و شور) از لحاظ اقتصادی بسیار کمک‌کننده است (۱۱). گیاه مورد بررسی در این پژوهش، گیاه استویا با نام علمی *Stevia rebaudiana* Bertoni (Bert.) یکی از ۱۵۴ تا بیش از ۲۰۰ گونه گیاهی

۰/۷ و ۱ متری ثابت شده بود. نتایج آزمایش نشان داد که متوسط هدایت هیدرولیکی خاک در منطقه توسعه ریشه گیاه افزایش یافته بود. حداکثر شوری در عمق‌های ۰/۵ و ۰/۷ متری سطح آب زیرزمینی نسبت به حالتی که عمق آب زیرزمینی ۱ متر بود به ترتیب ۷۳ و ۵۲ درصد افزایش داشت (۱۲). الحسینی و همکاران به بررسی تنش شوری (با شوری ۰/۴، ۲/۵، ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) و سالیسیلیک اسید را بر روی گیاه استویا مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی‌ها نشان داد زمانی که شوری آب آبیاری به ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر و غلظت سالیسیلیک اسید به ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد عملکرد محصول استویا به میزان ۲۰ درصد کاهش می‌یابد (۷). ریس و همکاران به بررسی تأثیر آب آبیاری شور با شوری‌های ۰/۴، ۳/۸، ۶/۳، ۶/۲، ۹/۷ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در سال اول کشت و شوری‌های ۰/۳، ۲/۶، ۴/۶، ۶/۰، ۷/۳ و ۹/۶ دسی‌زیمنس بر متر در سال دوم کشت پرداختند. نتایج آزمایش آنها نشان داد که کاهش محصول استویا در دو سال انجام کشت با افزایش شوری آب آبیاری از ۲ دسی‌زیمنس بر متر بالاتر آغاز گردید (۱۳). گوینز و همکاران (۱۰) 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 دریافتند که میزان محصول دهی 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 (۵ و ۶) با مطالعه ۴ عمق سطح ایستابی (۴۶، ۱۰۱، ۱۵۵ و ۲۱۰ سانتی متر) و سه سطح آبیاری (۰/۳، ۰/۸ و ۱/۳) برابر تبخیر تعرق روی گیاه یونجه دریافتند که بیشترین محصول مربوط به عمق سطح ایستابی ۱۵۵ و ۲۱۰ سانتی متر و سطح آبیاری ۰/۸ می‌باشد. همچنین بیشترین تبخیر تعرق واقعی و مصرف آب مربوط به عمق سطح ایستابی ۴۶ سانتی متر می‌باشد. آنها نشان دادند که سطح آب

ضمناً بر کردن لایسیمترها با حفظ دانه‌بندی خاک صورت گرفته است. برخی از مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است، انتهای این لایسیمترها توسط رینگ و فلنچ کاملاً آب‌بندی شده تا از خروج آب از انتهای آنها جلوگیری شود. یک لایه ۵ سانتی‌متری شن در کف هر لایسیمتر ریخته شده و بر روی آن یک لایه ۵ سانتی‌متری ماسه قرار گرفت. پس از آماده‌کردن لایسیمترها به هر کدام از آنها کودهای اوره (N)، سوپر فسفات تریپل (P) و سولفات پتاسیم (K) به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار داده شده و با خاک سطحی مخلوط گردید. آزمایش در ۱۵ اردیبهشت سال ۱۳۹۵ شروع شده و در ۳۰ مهر ۱۳۹۶ به پایان رسید. برای رساندن رطوبت خاک هر لایسیمتر به حالت ظرفیت زراعی دو روز قبل از عملیات کاشت نشا در خاک، آبیاری انجام گردید سپس در تاریخ ۱۵ اردیبهشت سال ۱۳۹۵ نشا ریشه لخت استویا در عمق ۲ سانتی‌متری خاک با فواصل بین ردیفی ۵ سانتی‌متر کاشته شد. ۴۵ روز پس از کاشت استویا زمانی که چهار برگ جدید از نشا گیاه رویش پیدا کرده بود و ریشه نشاها استقرار یافتند تیمارهای مورد نظر اعمال گردید. تیمارهای در نظر گرفته شده در این پژوهش شامل، سه سطح ایستابی آب زیرزمینی که در عمق‌های ۰/۷، ۰/۹ و ۱/۲ متری از سطح لایسیمتر ثابت نگه داشته شده‌اند و چهار سطح شوری آب زیرزمینی ۱ (کیفیت آب منطقه) و ۲ و ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بود، مجموع این تیمارها در سه تکرار معرف پژوهش مورد نظر است. برای شور کردن آب‌ها از دو نمک NaCl و CaCl_2 (جهت جلوگیری از دیسپرسه شدن خاک لایسیمترها) به نسبت ۱:۱ و با خلوص ۸۰ درصد استفاده شد. بنابراین تعداد ۳۶ لایسیمتر در نظر گرفته شد. برای ثابت نگهداشتن عمق آب زیرزمینی از ماریوت سیفون استفاده شد، در طول آزمایش میزان کاهش آب در ماریوت سیفون‌ها نشان‌دهنده میزان کمک آب زیرزمینی به آب مصرفی گیاه بوده است.

متعلق به جنس *Stevia* و از نباتات بومی کشور پاراگوئه است که دارای شیرین‌کننده‌های طبیعی عاری از کالری می‌باشد. گیاه استویا به‌دلایل متعددی از قبیل سازگاری بسیار بالا به محدوده وسیعی از شرایط مختلف اقلیمی، محتوای بالای شیرین‌کننده‌های طبیعی قابل استحصال و نقش چشم‌گیری که در رفاه، آسایش و سلامت زندگی بشر خصوصاً افراد مبتلا به بیماری دیابت بازی می‌کند دارای ارزش فوق‌العاده بالایی است. این گیاه متعلق به جنس استویا بوده که این جنس به‌نوبه خود تعلق به خانواده کاسنی دارد. بررسی‌های انجام شده نشانگر آن است که تا کنون در هیچ مرجعی در رابطه با استفاده گیاه استویا از آب زیرزمینی با شوری‌های مختلف تحقیقی صورت پذیرفته و از میزان کمک آب زیرزمینی کم‌عمق و شور به میزان تبخیر تعرق این گیاه اطلاعاتی در دست نیست. بنابراین از آنجایی که در زمان رشد این گیاه در پاره‌ای از مناطق جنوبی، غربی، شمال‌غرب و شمال ایران سطح سفره آب زیرزمینی بالا بوده و این موضوع می‌تواند مورد استفاده این گیاه قرار گیرد. لذا، در این تحقیق اثر عمق‌های مختلف آب زیرزمینی (۰/۷ و ۰/۹ و ۱/۲ متر) با سطوح مختلف شوری ۱، ۲، ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بر روی عملکرد گیاه استویا مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال‌های ۱۳۹۵ الی ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب دانشگاه رازی با طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی و ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و ۱۳۱۹ متر ارتفاع از سطح دریا با اقلیم منطقه (نیمه‌خشک) انجام شد. برای این منظور از لایسیمترهایی از جنس پلی‌اتیلن با قطر خارجی ۴۰۰ میلی‌متر و ارتفاع ۲ متر که از خاک منطقه پر شدند استفاده شد. در این رابطه خاک از الک ۲ میلی‌متری گذرانده شده تا سنگریزه‌های آن جدا شود،

بررسی تأثیر آب زیرزمینی کم عمق و شور بر عملکرد گیاه استویا

خاک محل حفر گودال با در نظر گرفتن ترتیب لایه‌های پروفیل خاک، پر و در چندین نوبت فشرده گردید. جهت تحکیم خاک قبل از انجام عملیات کشت بر روی لایسیمتر، در چند نوبت به خاک درون لایسیمتر آب داده شد و پس از نشست کامل مجدداً لایسیمتر تا سطح موردنظر با خاک پر گردید. در این آزمایش جهت اندازه‌گیری تبخیر تعرق گیاه مرجع (چمن) از سه دستگاه لایسیمتر زهکش‌دار استوانه‌ای که در اطراف آن تا شعاع سه متری گیاه یونجه کشت شده بود استفاده گردید. همچنین برای اندازه‌گیری تبخیر تعرق گیاه استویا به صورت همزمان از سه دستگاه لایسیمتر زهکش‌دار استوانه‌ای دیگر استفاده شد. در این آزمایش برای اندازه‌گیری تبخیر تعرق گیاه مرجع (چمن) و استویا از رابطه بیلان آبی خاک (رابطه ۱) استفاده شد که در آن (I) عمق آب آبیاری، (P) بارندگی، (ΔS) تغییرات رطوبت خاک و (D) عمق آب زهکشی شده می‌باشد.

$$ETC = P + I - D \pm \Delta S \quad (1)$$

خصوصیات شیمیایی آب استفاده شده در جدول (۲) ارائه شده است. آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی و به صورت فاکتوریل با سه تکرار انجام شد.

برای محاسبه تبخیر تعرق گیاه مرجع (چمن) از سه دستگاه لایسیمتر زهکش‌دار استوانه‌ای با قطر ۱/۵ متر و ارتفاع ۱/۲ متر و با سطح مقطع ۱/۷۷ مترمربع در مزرعه تحقیقاتی استفاده شد. لایسیمترها از جنس آهن گالوانیزه بوده و برای جلوگیری از نشست آب به خارج، بدنه بیرونی لایسیمترها با لایه‌ای از ایزوگام پوشیده شده و سپس برای جلوگیری از جذب نور و بالا رفتن دمای داخلی و کاهش خطای آزمایش، لایسیمترها با رنگ سفید پوشیده شدند. جهت نصب لایسیمترها گودال‌هایی بزرگ‌تر از ابعاد لایسیمترها حفر گردید و لایسیمترها در داخل آنها قرار داده شدند. کف لایسیمترها به صورت شیب‌دار بوده و در انتها به وسیله لوله‌ای به خارج متصل گردیده تا زه‌آب‌ها به محل اندازه‌گیری هدایت شوند. در کف لایسیمترها به اندازه ۱۵ سانتی‌متر شن ریخته شد و سپس لایسیمتر با

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

عمق نمونه‌گیری	وزن مخصوص ظاهری	بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)
۰-۳۰	۱/۳	سیلتی کلی	۳/۷	۴۲/۳	۵۴
۳۰-۶۰	۱/۳				

ادامه جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

فسفر قابل جذب (p.p.m)	پتاسیم قابل جذب (p.p.m)	کربن آلی (%)	Mn (Meq/l)	Fe (Meq/l)	Zn (Meq/l)	Cu (Meq/l)
۲۶	۴۴۰	۱/۳۸	۷/۸	۱۱/۹	۱/۳۶	۱/۶۴

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی آب منطقه مورد مطالعه

کربنات (Meq/l)	بی کربنات (Meq/l)	کلرات (Meq/l)	سولفات (Meq/l)	منیزیم و کلسیم (Meq/l)	سدیم (Meq/l)	S.A.R	شوری آب (dS/m)	pH	TDS (mg/lit)
۰/۰	۶/۱۵	۱/۹	۱/۱۸	۸/۱۵	۱/۰۸	۰/۵۴	۱	۷/۱	۶۴۰

تبخیر- تعرق گیاه استویا از معادله بیلان آب محاسبه شد. پارامترهای معادله بیلان در دور آبیاری اندازه‌گیری شدند و مقدار تبخیر- تعرق نیز در دور آبیاری محاسبه و در نهایت با تقسیم آن بر تعداد روزهای موجود در دور تبخیر- تعرق گیاه به صورت روزانه به دست آمد. پس از اندازه‌گیری پارامترهایی نظیر تبخیر- تعرق گیاه مرجع و تبخیر- تعرق گیاه استویا ضریب گیاهی (K_c) از رابطه (۳) محاسبه شد:

$$k_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (3)$$

که در آن پارامترهای K_c ضریب گیاهی، ET_c تبخیر- تعرق گیاه استویا (میلی‌متر در روز) و ET_o تبخیر- تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر در روز) می‌باشد. در این آزمایش، دوره رشد استویا به چهار مرحله (ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی) تقسیم شد. مرحله اولیه از تاریخ جوانه زدن بذر تا ۱۰ درصد رشد گیاه، مرحله توسعه از ۱۰ درصد رشد تا شروع گل‌دهی، مرحله میانی از آغاز گل‌دهی تا رسیدن محصول و مرحله پایانی از انتهای مرحله میانی تا برداشت محصول در نظر گرفته شد. در طی دو سال انجام آزمایش تبخیر- تعرق گیاه مرجع و استویا و به تبع آن ضرایب گیاهی برای دوره‌های مختلف رشد به صورت روزانه در محیط مزرعه تحقیقاتی به دست آمد (۲). به منظور تعیین نیاز آبی گیاه استویا، متوسط ضرایب K_c استویا در این تحقیق برای دو سال انجام آزمایش و دوره‌های ابتدایی رشد، توسعه، میانی و انتهایی به ترتیب ۰/۷۶، ۱/۱۵، ۱/۴۹ و ۱/۱۷ در نظر گرفته شد (۲). پس از محاسبه نیاز آبی گیاه مقدار بارش و میزان استفاده گیاه از آب زیرزمینی و در نهایت کمبود نیاز آبی گیاه به صورت سطحی و با کیفیت ۱ دسی‌زیمنس بر متر تأمین گردید. شاخص کارایی مصرف آب سطحی بر اساس عملکرد برگ از (معادله ۴) و بر اساس عملکرد قند از (معادله ۵) محاسبه شد.

به منظور تعیین مقدار آب آبیاری باید میزان رطوبت در حد ظرفیت زراعی مزرعه برحسب درصد وزنی و جرم مخصوص ظاهری خاک مشخص گردد. میزان عمق آب آبیاری در هر نوبت آبیاری از اختلاف رطوبت خاک تا رسیدن به حد ظرفیت زراعی محاسبه می‌گردد. برای اندازه‌گیری رطوبت ظرفیت زراعی، ابتدا خاک داخل لایسیمتر اشباع گردید و سپس به مدت ۲۴ ساعت به آب اجازه نفوذ داده شد بعد از این مدت از خاک نمونه برداری شده پس از توزین، آن را به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون که دمای آن حدود ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد بود قرار داده شد تا خشک شود. پس از خشک شدن و توزین مجدد، مقدار رطوبت ظرفیت زراعی با استفاده از معادله (۳) محاسبه شد. با توجه به توضیحات داده شده رطوبت ظرفیت زراعی خاک منطقه ۳۴ درصد وزنی به دست آمد. در نهایت عمق آب آبیاری (dn) از رابطه (۲) محاسبه گردید:

$$dn = (\theta_{fc} - \theta_m) \times \rho_b \times D \times MAD \quad (2)$$

که در آن پارامترهای θ_{fc} رطوبت ظرفیت زراعی، θ_m رطوبت اندازه‌گیری شده در دوره معین قبل از رسیدن به نقطه پژمردگی دائم، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک (gcm^{-3})، D عمق لایه خاک و MAD درصد تخلیه مجاز رطوبتی می‌باشد. در این تحقیق مقدار MAD معادل ۷۰ درصد در نظر گرفته شد (با توجه به در نظر گرفتن آستانه تحمل گیاه به دوره‌های آبیاری). زه آب قبل از هر آبیاری توسط ظروف مدرج اندازه‌گیری و میزان بارندگی به صورت روزانه از ایستگاه هواشناسی دریافت می‌گردید. در این تحقیق همچنین اندازه‌گیری رطوبت در دور آبیاری با استفاده از دستگاه TDR انجام شد. سنسورهای دستگاه TDR در عمق‌های ۴۰، ۸۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری کارگذاری شدند. اطراف سنسورها به طور کامل با خاک پوشیده شد که از ایجاد فضای باز جلوگیری شود زیرا وجود درز هوا قرائت‌ها را تحت تأثیر قرار می‌داد (شکل ۱).

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷

بررسی تأثیر آب زیرزمینی کم عمق و شور بر عملکرد گیاه استویا

$$(4) = \text{شاخص کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه} = \frac{\text{عملکرد دانه (کیلوگرم بر مترمربع)}}{\text{کل آب مصرف شده (میلی متر)}}$$

$$(5) = \text{شاخص کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد روغن} = \frac{\text{عملکرد روغن (کیلوگرم بر مترمربع)}}{\text{کل آب مصرف شده (میلی متر)}}$$



شکل ۱. اندازه‌گیری تبخیر- تعرق گیاه استویا و گیاه مرجع با استفاده از لایسیمتر زهکش دار

محلول غلیظ‌شده حاصل از برگ‌های گیاه می‌پردازد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد و ترسیم نمودارها با Excel صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن ($P \leq 0.01$) بررسی گردید.

نتایج

در جدول (۳) مقادیر کل آب استفاده‌شده برای کلیه تیمارها آورده شده است، با توجه به نتایج مندرج در این جدول کل آب استفاده شده برای همه تیمارها شامل ۲۶۷/۴۰ و ۱۵۵/۴۲ میلی‌متر بارندگی در سال اول و دوم رشد گیاه استویا، به ترتیب ۱۸۳۲/۴۲ و ۱۶۸۵/۴۶ میلی‌متر در سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ محاسبه شده است. در تیمارهای با شوری آب زیرزمینی ۱ و ۲ و ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر کمترین و بیشترین متوسط آب سطحی مصرف‌شده به ترتیب متعلق به تیمارهایی با عمق آب زیرزمینی ۰/۷ و ۱/۲ متر می‌باشد. ترتیب آب سطحی مصرف‌شده برای تیمارهای با شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر عبارتست از ۰/۷ (۳۷۸/۲۶) میلی‌متر (۰/۹) (۵۳۴/۴۹) میلی‌متر (۱/۲) (۷۵۲/۶۴) میلی‌متر و برای تیماری با شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر عبارتست از

گلیکوزیدها ترکیبات شیمیایی هستند که از پیوند گروه هیدروکسیل (Hydroxyl) موجود بر روی کربن آنومر (Anomeric) یک مونوساکارید (Monosaccharide) با یک مونوساکارید دیگر و یا با یک ترکیب غیرقندی تولید می‌شوند. گلیکوزیدها حاصل متابولیسم ثانویه گیاهان می‌باشند. در اجزای مختلف پیکره گیاه استویا در حدود ۱۰ ترکیب عمده گلیکوزیدی وجود دارد که گلیکوزیدهای استویوزید و ربادیوزید A نسبت به سایر گلیکوزیدها از اهمیت بیشتری در خاصیت شیرین‌کنندگی استویا برخوردار هستند. در گیاه استویا، ربادیوزید A کمترین تلخ مزگی را در در میان استویل گلیکوزیدها دارد. برای تولید تجاری آن، گیاه استویا خشک شده، به فرایند استخراج آبی وارد می‌شود. این افشرد خام محتوی ۵۰٪ ربادیوزید A است، مولکول‌های گلیکوزیدی مختلف آن با فنون متبلورسازی (کریستالیزیشن) و با حلال (معمولاً اتانول یا متانول)، مرحله به مرحله از یکدیگر جدا می‌شوند و می‌توان ربادیوزید A را به دست آورد. در این تحقیق برای استخراج گلیکوزیدهای استویوزید و ربادیوزید A از دستگاه الایزا ساخت شرکت فنلاند استفاده گردید این دستگاه با استفاده از Stripهایی که در پلیت‌های موجود دستگاه قرار می‌گیرد به استخراج قند از

مصرف آب سطحی توسط گیاه افزایش یافته است. در جدول (۴) خلاصه آنالیز واریانس انجام شده برای کل آب زیرزمینی مصرف شده و مشارکت آب زیرزمینی برحسب درصد و میلی متر بر روز آورده شده است. نتایج نشانگر معنی دار بودن مشارکت آب زیرزمینی در عمق های مختلف تحت شوری های مختلف در سطح ۰/۰۱ می باشد. شکل (۲)، تبخیر تعرق و کل آب زیرزمینی مصرف شده در طول دوره رشد گیاه استویا را نشان می دهد. همچنان که شکل (۲) (الف سال ۱۳۹۵ و ب سال ۱۳۹۶) نشان می دهد، در تیمار با شوری ۱ دسی زیمنس بر متر با عمق های آب زیرزمینی ۰/۷ و ۰/۹ متر به ترتیب از تاریخ ۱۴ تیر (۶۰ روز پس از کشت) و ۱۹ تیر (۶۵ روز پس از کشت) شروع به استفاده از آب زیرزمینی نموده اند و تیمار با عمق آب زیرزمینی ۱/۲ متر از تاریخ ۲۹ تیر (یعنی ۷۵ روز پس از کشت) شروع به استفاده از آب زیرزمینی نموده است. در تیمارهای با شوری ۲ دسی زیمنس بر متر با عمق های آب زیرزمینی ۰/۷ و ۰/۹ متر به ترتیب از تاریخ ۱۴ تیر (۶۰ روز پس از کشت) و ۱۹ تیر (۶۵ روز پس از کاشت) شروع به استفاده از آب زیرزمینی شور نموده اند و تیمار با عمق آب زیرزمینی ۱/۲ متر از تاریخ ۲۹ تیر (۷۵ روز پس از کشت) شروع به استفاده از آب زیرزمینی نموده است. در تیمار ۱۱۰ سانتی متر آب زیرزمینی به علت عمیق تر بودن سطح آب زیرزمینی شور گیاه دیرتر (۱۵ روز بعد از تیمار ۷۰ و ۱۰ روز بعد از تیمار ۹۰ سانتی متر) شروع به استفاده از آب زیرزمینی نموده است. در تیمار با شوری ۶ دسی زیمنس بر متر با عمق آب زیرزمینی ۷۰ سانتی متر از تاریخ ۱۴ تیر (۶۰ روز پس از کشت) و ۹۰ سانتی متر از تاریخ ۱۹ تیر (۶۵ روز پس از کشت) شروع به استفاده از آب زیرزمینی شور نموده اند و تیمار با عمق آب زیرزمینی ۱۲۰ سانتی متر از تاریخ ۲۹ تیر (۷۵ روز پس از کشت) شروع به استفاده از آب زیرزمینی نموده است. در تیمار ۱۲۰ سانتی متری آب زیرزمینی به علت عمیق تر بودن

۰/۷ (۴۶۵/۴۷ میلی متر) $> ۰/۹$ (۶۲۲/۲۳ میلی متر) $> ۱/۲$ (۸۰۸/۷۶ میلی متر) و برای تیماری با شوری ۶ دسی زیمنس بر متر ۰/۷ (۴۹۳/۷۰ میلی متر) $> ۰/۹$ (۶۸۱/۲۴ میلی متر) $> ۱/۲$ (۸۲۸/۵۴ میلی متر) و همچنین برای تیماری با شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر ۰/۷ (۵۰۹/۸۵ میلی متر) $> ۰/۹$ (۷۲۸/۹۹ میلی متر) $> ۱/۲$ (۸۴۳/۷۲ میلی متر) است. کل آب زیرزمینی مصرف شده و درصد مشارکت آب زیرزمینی و مشارکت آب زیرزمینی برحسب میلی متر، درصد و میلی متر در روز در تیمار با شوری ۱ دسی زیمنس بر متر برای عمق های آب زیرزمینی ۰/۷، ۰/۹ و ۱/۲ به ترتیب حدود ۱۱۶۹/۲۷ میلی متر، ۶۶/۵ درصد، ۲/۱۸ میلی متر بر روز $< ۱۰۱۳/۰۵$ میلی متر، ۵۷/۷ درصد، ۱/۸۹ میلی متر بر روز $< ۷۹۴/۸۹$ میلی متر، ۴۵/۳ درصد، ۱/۴۸ میلی متر بر روز بود. در تیمار با شوری ۲ دسی زیمنس بر متر به ترتیب حدود ۱۰۸۲/۰۷ میلی متر، ۶۱/۵ درصد، ۲/۰۲ میلی متر بر روز $< ۹۲۵/۳۱$ میلی متر، ۵۲/۷ درصد، ۱/۷۲ میلی متر بر روز $< ۷۳۸/۷۷$ میلی متر، ۴۲/۱ درصد، ۱/۳۸ میلی متر بر روز و در تیمار با شوری ۶ دسی زیمنس بر متر به ترتیب حدود ۱۰۵۳/۸۳ میلی متر، ۵۹/۹ درصد، ۱/۹۶ میلی متر بر روز $< ۸۶۶/۲۹$ میلی متر، ۴۹/۴ درصد، ۱/۶۱ میلی متر بر روز $< ۷۱۸/۹۹$ میلی متر، ۴۱/۰ درصد، ۱/۳۴ میلی متر بر روز و در تیمار با شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر به ترتیب حدود ۱۰۳۷/۶۷ میلی متر، ۵۹/۰ درصد، ۱/۹۳ میلی متر بر روز $< ۸۱۸/۵۵$ میلی متر، ۴۶/۶ درصد، ۱/۵۲ میلی متر بر روز $< ۷۰۳/۸۱$ میلی متر، ۴۰/۱ درصد، ۱/۳۱ میلی متر بر روز محاسبه شده است. به طور کلی نتایج جدول (۳) نشان می دهند که با افزایش عمق آب زیرزمینی مقدار مصرف آب سطحی توسط گیاه نیز افزایش پیدا کرده در حالی که مقدار کل آب زیرزمینی مصرف شده و مشارکت آب زیرزمینی برحسب درصد و میلی متر بر روز کاهش نموده است. با افزایش شوری آب زیرزمینی از ۱ به ۱۰ دسی زیمنس بر متر مصرف آب زیرزمینی کاهش یافته و

بررسی تأثیر آب زیرزمینی کم عمق و شور بر عملکرد گیاه استویا

سطح آب زیرزمینی شور گیاه دیرتر (۱۵ روز بعد از تیمار ۷۰ سانتی متر) شروع به استفاده از آب زیرزمینی نموده است. همچنین، در تیمارهای با ۱/۲ متر آب زیرزمینی به علت عمیق تر بودن سطح آب زیرزمینی، گیاه دیرتر شروع به استفاده از آب زیرزمینی کرده است. همچنین شکل (۳) نشانگر آن است که مقدار استفاده گیاه از آب زیرزمینی که شوری بیشتری داشته کمتر بوده که این موضوع نشان دهنده کم شدن کمک آب زیرزمینی به تبخیر تعرق گیاه استویا در شوری های بالای ۲ دسی زیمنس بر متر است.

سطح آب زیرزمینی شور گیاه دیرتر (۱۵ روز بعد از تیمار ۷۰ سانتی متر) شروع به استفاده از آب زیرزمینی نموده است. در تیمار با شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر با عمق آب زیرزمینی ۷۰ سانتی متر از تاریخ ۱۴ تیر (۶۰ روز پس از کشت) و ۹۰ سانتی متر از تاریخ ۱۹ تیر (۶۵ روز پس از کشت) شروع به استفاده از آب زیرزمینی شور نموده اند و تیمار با عمق آب زیرزمینی ۱۲۰ سانتی متر از تاریخ ۲۹ تیر (۷۵ روز پس از کشت) شروع به استفاده از آب زیرزمینی نموده است. در تیمار ۱۲۰ سانتی متر آب زیرزمینی به علت عمیق تر بودن

جدول ۳. کل آب سطحی و زیرزمینی استفاده شده و درصد مشارکت آب زیرزمینی

سال	شوری آب زیرزمینی (دسی زیمنس بر متر)	عمق آب زیرزمینی (متر)	کل آب مورد نیاز (میلی متر)	کل آب سطحی مورد استفاده (میلی متر)	کل آب زیرزمینی مورد استفاده (میلی متر)	مشارکت آب زیرزمینی (درصد)	بارندگی (میلی متر)	مشارکت آب زیرزمینی (میلی متر در روز)
۱۳۹۵	۱	۰/۷	۳۶۷/۲۸	۱۱۹۷/۷۴	۶۵/۴	۲/۲۳	۲۶۷/۴۰	۱/۸۸
	۱	۰/۹	۵۳۳/۳۳	۱۰۱۱/۶۹	۵۵/۲	۱/۴۴		
	۱	۱/۲	۷۹۱/۱۵	۷۷۳/۸۷	۴۲/۲	۲/۰۸		
	۲	۰/۷	۴۴۵/۸۰	۱۱۱۹/۲۲	۶۱/۱	۱/۷۲		
	۲	۰/۹	۶۴۳/۶۷	۹۲۱/۳۵	۵۰/۳	۱/۳۳		
	۲	۱/۲	۱۸۳۲/۴۲	۸۵۰/۹۳	۷۱۴/۰۹	۲/۰۲		
	۶	۰/۷	۴۷۸/۱۹	۱۰۸۶/۸۳	۵۹/۳	۱/۵۹		
	۶	۰/۹	۷۱۰/۳۸	۸۵۴/۶۴	۴۶/۶	۱/۲۹		
	۶	۱/۲	۸۷۲/۰۰	۶۹۳/۰۲	۳۷/۸	۱/۹۹		
	۱۰	۰/۷	۴۹۵/۸۷	۱۰۶۹/۱۵	۵۸/۳	۱/۵۱		
۱۰	۰/۹	۷۵۴/۰۶	۸۱۰/۹۶	۴۴/۳	۱/۲۶			
۱۳۹۶	۱	۰/۷	۳۸۹/۲۴	۱۱۴۰/۸۰	۶۷/۷	۲/۱۲	۱۵۵/۴۲	۱/۸۹
	۱	۰/۹	۵۱۵/۶۴	۱۰۱۴/۴۰	۶۰/۲	۱/۵۲		
	۱	۱/۲	۷۱۴/۱۳	۸۱۵/۹۱	۴۸/۴	۱/۹۵		
	۲	۰/۷	۴۸۵/۱۳	۱۰۴۴/۹۱	۶۲/۰	۱/۷۳		
	۲	۰/۹	۶۰۰/۷۸	۹۲۹/۲۶	۵۵/۱	۱/۴۲		
	۲	۱/۲	۱۶۸۵/۴۶	۷۶۳/۵۹	۷۶۳/۴۵	۱/۹۰		
	۶	۰/۷	۵۰۹/۲۱	۱۰۲۰/۸۳	۶۰/۶	۱/۶۳		
	۶	۰/۹	۶۵۲/۱۰	۸۷۷/۹۴	۵۲/۱	۱/۳۹		
	۶	۱/۲	۷۸۵/۰۸	۷۴۴/۹۶	۴۴/۲	۱/۸۷		
	۱۰	۰/۷	۵۲۳/۸۳	۱۰۰۶/۲۱	۵۹/۷	۱/۵۴		
۱۰	۰/۹	۷۰۳/۹۱	۸۲۶/۱۳	۴۹/۰	۱/۳۶			
۱۰	۱/۲	۷۹۹/۲۷	۷۳۰/۷۷	۴۳/۴				

حروف مختلف نشان دهنده سطوح معنی داری (P<0/01) در آزمون دانکن می باشند.

مدیریت آب و آبیاری

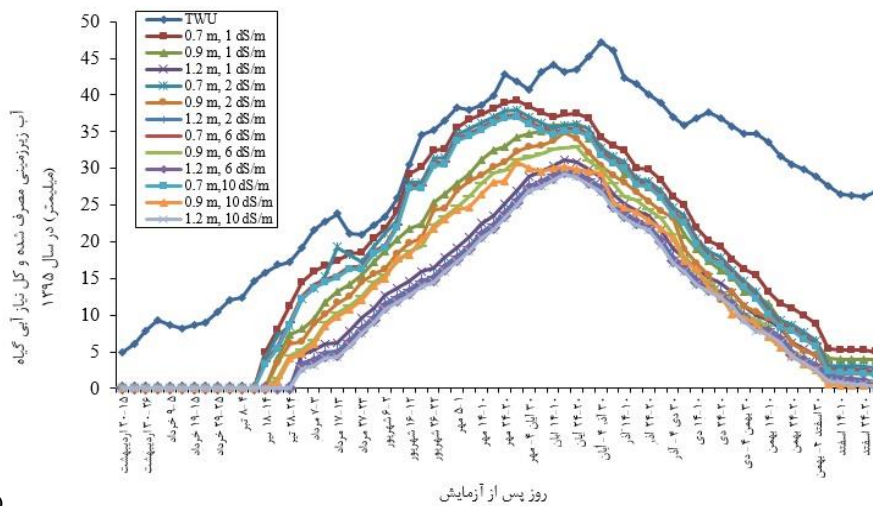
دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷

زهره جلیلی، هوشنگ قمرنیا، دانیال کهریزی

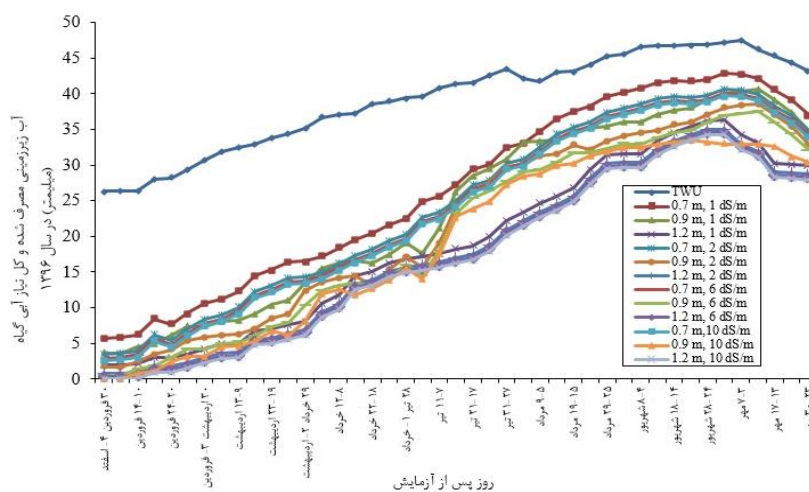
جدول ۴. خلاصه آماری و سطوح معنی داری آنالیز واریانس برای مشارکت آب زیرزمینی

منبع تغییرات	درجه آزادی	آب زیر زمینی مورد استفاده (میلی متر)	مشارکت آب زیرزمینی (%)	مشارکت آب زیرزمینی (میلی متر بر روز)
تکرار	۲	۲۳/۸۳**	۳/۲۸**	۰/۰۳۴**
فاکتور A	۲	۳۰۴۳/۴**	۳۸۰/۵**	۰/۱۳۵**
فاکتور B	۲	۴۲۹۲/۱**	۴۸۸/۶**	۰/۰۱۷**
AB	۴	۳۵/۹**	۴/۲*	۰/۰۰۲ ^{ns}
خطا	۱۶	۰/۶۱	۰/۱۵۴	۰/۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲/۵۱	۲/۲۶	۲/۴

*, **, ns وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی دار.



(الف)



(ب)

شکل ۳. کل آب و آب زیرزمینی مصرف شده در طول دوره رشد استویا

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷

بررسی تأثیر آب زیرزمینی کم عمق و شور بر عملکرد گیاه استویا

کردن نیازهای خود به مقدار کمتری از آبیاری سطحی نیاز خواهد داشت.

شکل (۶- الف و ب) میزان شوری خاک در عمق‌های ۴۰، ۸۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری از سطح خاک در نتیجه استفاده از آب زیرزمینی کم عمق و شور را در طی دو سال انجام آزمایش نشان می‌دهد، با توجه به نمودار در طی دو سال انجام آزمایش بیشترین و کمترین مقدار شوری خاک به ترتیب در تیمارهایی با شوری آب زیرزمینی ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و عمق ۱۰۰ سانتی‌متر (۸/۶۵ دسی‌زیمنس بر متر) و شوری آب زیرزمینی ۱ دسی‌زیمنس بر متر و عمق ۴۰ سانتی‌متر (۱/۷۱ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده شد. این موضوع ثابت می‌کند که هر چه آب زیرزمینی شور فاصله کمتری تا سطح خاک داشته باشد (آب زیرزمینی کم عمق) به علت انباشت کمتر نمک در سطح خاک شوری خاک کمتر می‌باشد.

نتایج عملکرد برگ و قند، کارایی مصرف آب (براساس عملکرد برگ و قند)، برای عمق‌های مختلف آب زیرزمینی و سطوح شوری در جدول (۵) ارائه شده است. نتایج به دست آمده نشانگر آن است که کمترین و بیشترین عملکرد برگ با ۷۲/۸ و ۳۸۲/۹۵ کیلوگرم در هکتار و عملکرد قند با ۴/۰۶ و ۸۱/۷۴ کیلوگرم در هکتار به ترتیب متعلق به تیمارهای ۱/۲ متر با شوری آب زیرزمینی ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و ۰/۷ متر با شوری آب زیرزمینی ۱ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمده است. بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب براساس عملکرد برگ و قند عبارت است از (۱/۰۹ و ۰/۲۱) کیلوگرم بر هکتار بر میلی‌متر و (۰/۷۰ و ۰/۰۳) کیلوگرم بر هکتار بر میلی‌متر، که به ترتیب متعلق به تیمارهای ۰/۷ متر با شوری آب زیرزمینی ۱ دسی‌زیمنس بر متر و ۱/۲ متر با شوری آب زیرزمینی ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر

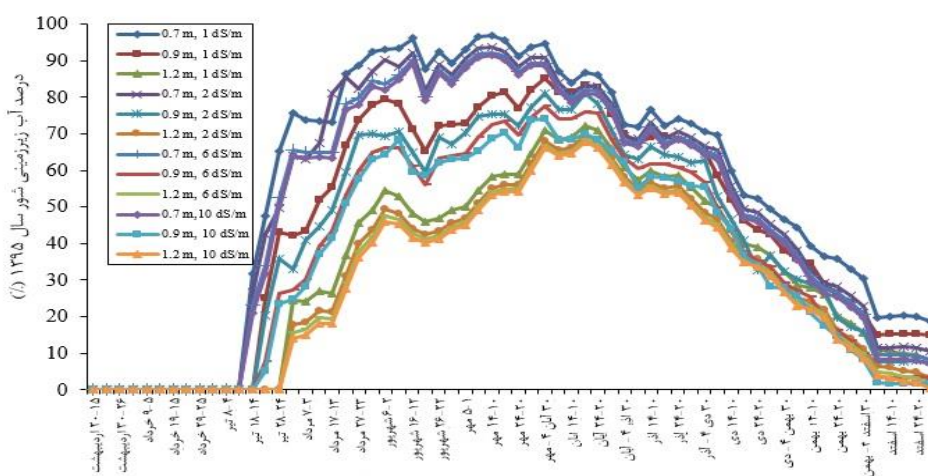
شکل‌های (۴- الف و ب) درصد مشارکت آب زیرزمینی تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. همچنان‌که شکل (۴) نشان می‌دهد، درصد مشارکت آب زیرزمینی در تیمارهای با عمق‌های عمق‌های ۰/۷ و ۰/۹ متر آب زیرزمینی و برای شوری‌های ۱ و ۲ و ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر از تیمار با عمق آب زیرزمینی ۱/۲ متر می‌باشد. این امر شاید به علت وجود فاصله بیشتر بین ریشه گیاه و عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی در تیمار ۱/۲ متر آب زیرزمینی نسبت به تیمارهای ۰/۷ و ۰/۹ متر آب زیرزمینی است. همان‌طور که در این نمودار مشاهده می‌شود برای تیمار با آب زیرزمینی با کیفیت شوری‌های ۱ و ۲ و ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و در تیمارهای ۰/۷ و ۰/۹ و ۱/۲ متر، در هیچ روزی نیاز آبی گیاه به طور صد درصد توسط آب زیرزمینی تأمین نگردیده است و گیاه در طول دوره رشد خود نیاز داشته تا مقداری از نیاز آبی خود را از طریق آبیاری سطحی تأمین کند.

شکل (۵) مشارکت آب زیرزمینی در تیمارهای مختلف شوری و عمق‌های مختلف را بر حسب میلی‌متر بر روز نشان می‌دهد، با توجه به نمودار در تیمار ۰/۷ متر آب زیرزمینی برای شوری‌های ۱ و ۲ و ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به بقیه عمق‌های متوسط مشارکت آب زیرزمینی بیشتر بوده است و این موضوع نشانگر آن است که هرچه آب زیرزمینی فاصله کمتری تا سطح خاک داشته باشد (آب زیرزمینی کم عمق) به علت آسان‌تر بودن استفاده از این منبع آب، گیاه قادر خواهد بود تا برای رفع نیازهای آبی خود بیشتر از آب زیرزمینی استفاده نماید. با توجه به این نمودار هرچه شوری آب زیرزمینی کمتر باشد (آب زیرزمینی کم عمق از کیفیت بهتری برخوردار باشد) متوسط مشارکت آب زیرزمینی بیشتر بوده و گیاه برای برطرف

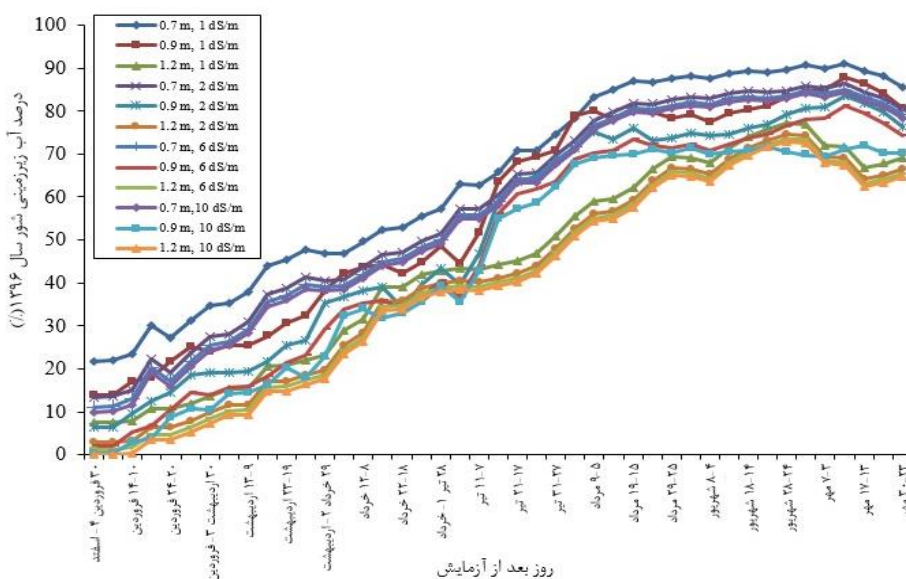
زهرا جلیلی، هوشنگ قمرنیا، دانیال کهریزی

مصرف آب براساس عملکرد برگ و قند بوده است. آنالیز واریانس بر اساس عملکرد برگ و قند و کارایی مصرف آب زیرزمینی انجام شد که نتایج آن در جدول‌های (۷) و (۸) ارائه شده است. نتایج به دست آمده نشان دهنده معنی دار بودن اثرات عمق‌های مختلف آب زیرزمینی و کیفیت آنها بر عملکردهای برگ و قند و کارایی مصرف آب آنها است.

به دست آمده است. کمترین کارایی مصرف آب براساس عملکرد برگ و قند در تیمار ۱/۲ متر آب زیرزمینی با شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شده که این امر نشان دهنده آن است که در این تیمار علاوه بر مصرف بیشتر آب سطحی برای آبیاری، کارایی مصرف آب براساس عملکرد برگ و قند کاهش داشته و استفاده از آب سطحی توسط گیاه بدون ایجاد افزایش در کارایی



(الف)



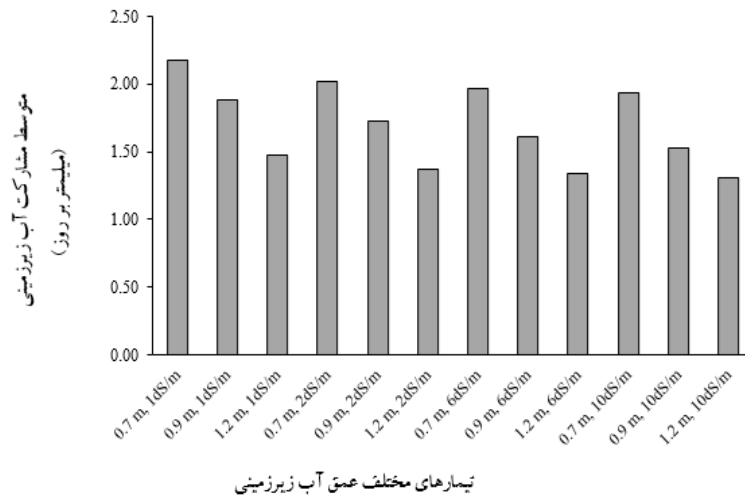
(ب)

شکل ۴. درصد مشارکت روزانه آب زیرزمینی در طول دوره رشد استویا

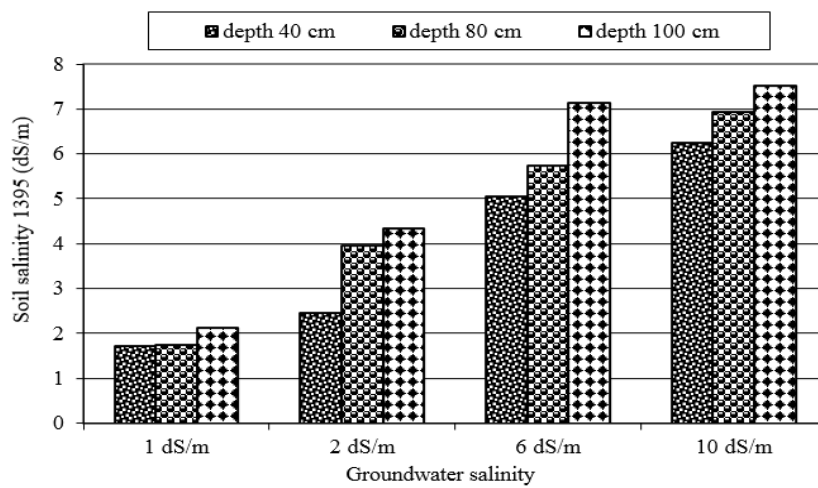
مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷

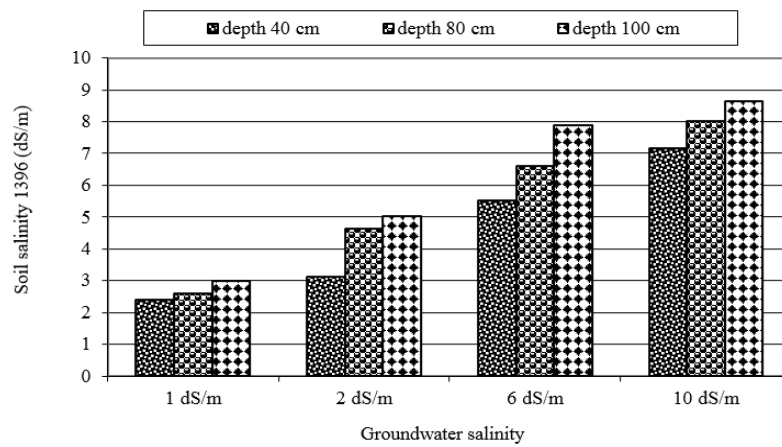
بررسی تأثیر آب زیرزمینی کم عمق و شور بر عملکرد گیاه استویا



شکل ۵. مشارکت آب زیرزمینی (میلی متر بر روز) تیمارهای مختلف عمق آب زیرزمینی



(الف)



(ب)

شکل ۶. شوری خاک در نتیجه استفاده از آب زیرزمینی در طول دو سال آزمایش

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷

زهرآ جلیلی، هوشنگ قمرنیا، دانیال کهریزی

جدول ۵. تأثیر عمق و سطوح مختلف شوری آب زیرزمینی بر عملکرد و کارایی مصرف آب در استویا

سال	شوری (دسی‌زیمنس بر متر) و عمق (متر) آب زیرزمینی	عملکرد برگ (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد قند (کیلوگرم بر هکتار)	کارایی مصرف آب براساس عملکرد برگ (کیلوگرم بر هکتار بر میلی‌متر)	کارایی مصرف آب براساس عملکرد قند (کیلوگرم بر هکتار بر میلی‌متر)
۱۳۹۵	۰/۷و۱	۳۶۰/۹	۷۲/۴	۱/۰۳	۰/۶۲
	۰/۹و۱	۳۳۱/۹	۶۰/۵	۰/۹۴	۰/۵۲
	۱/۲و۱	۲۴۱/۲	۳۱/۳	۰/۶۹	۰/۲۷
	۰/۷و۲	۳۰۲/۵	۵۳/۸	۰/۸۶	۰/۴۶
	۰/۹و۲	۲۵۸/۵	۴۰/۳	۰/۷۳	۰/۳۴
	۱/۲و۲	۱۶۰/۲	۱۴/۴	۰/۴۶	۰/۱۲
	۰/۷و۶	۲۶۷/۵	۴۰/۷	۰/۷۶	۰/۳۵
	۰/۹و۶	۲۲۵/۴	۲۹/۹	۰/۶۴	۰/۲۵
	۱/۲و۶	۹۳/۵	۵/۸۲	۰/۲۷	۰/۰۵
	۰/۷و۱۰	۱۵۷/۶	۱۷/۲	۰/۴۵	۰/۱۵
۱۳۹۶	۰/۹و۱۰	۱۳۱/۷	۱۱/۹	۰/۳۷	۰/۱۰
	۱/۲و۱۰	۵۱/۶	۱/۸۷	۰/۱۵	۰/۰۲
	۰/۷و۱	۴۰۵/۰۰	۹۱/۱۳	۱/۱۵	۰/۷۸
	۰/۹و۱	۳۶۶/۷۳	۷۳/۹۰	۱/۰۴	۰/۶۳
	۱/۲و۱	۲۷۸/۰۷	۴۱/۵۷	۰/۷۹	۰/۳۵
	۰/۷و۲	۳۳۷/۶۲	۶۷/۰۵	۰/۹۶	۰/۵۷
	۰/۹و۲	۲۸۶/۳۵	۴۹/۴۰	۰/۸۱	۰/۴۲
	۱/۲و۲	۱۸۲/۴۵	۱۸/۷۰	۰/۵۲	۰/۱۶
	۰/۷و۶	۳۰۳/۰۷	۵۲/۱۹	۰/۸۶	۰/۴۵
	۰/۹و۶	۲۶۰/۴۴	۳۹/۹۰	۰/۷۴	۰/۳۴
۱/۲و۶	۱۲۴/۹۵	۱۰/۴۱	۰/۳۶	۰/۰۹	
۰/۷و۱۰	۱۸۸/۵۰	۲۴/۶۷	۰/۵۴	۰/۲۱	
۰/۹و۱۰	۱۶۳/۰۸	۱۸/۲۲	۰/۴۶	۰/۱۶	
۱/۲و۱۰	۹۴/۱۵	۶/۲۴	۰/۲۷	۰/۰۵	

حروف مختلف نشان‌دهنده سطوح معنی‌داری ($P < 0.01$) در آزمون دانکن می‌باشند.

جدول ۶. آنالیز واریانس برای عملکرد برگ و قند

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد برگ (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد قند (کیلوگرم بر هکتار)
تکرار	۲	۰/۰۰۰۱۲*	۰/۰۰۰۰۴ ^{ns}
فاکتور A	۲	۰/۰۰۰۳۶**	۰/۰۰۰۵۲ ^{ns}
فاکتور B	۲	۰/۰۱۳**	۰/۰۱۸**
AB	۴	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۲*
خطا	۱۶	۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۲۵
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲/۵	۲/۱۲

ns، *، ** و *** وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷

بررسی تأثیر آب زیرزمینی کم عمق و شور بر عملکرد گیاه استویا

جدول ۷. آنالیز واریانس برای کارایی مصرف آب زیرزمینی بر اساس عملکرد دانه و روغن

منبع تغییرات	درجه آزادی	کل آب سطحی مورد استفاده (میلی متر)	کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه (کیلوگرم بر متر مربع بر میلی متر)	کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد روغن (گرم بر متر مربع بر میلی متر)
تکرار	۲	۱۴/۶**	۰/۰۱۴**	۰/۰۰۵۲**
فاکتور A	۲	۳۰۳۹/۹۶**	۱/۲**	۰/۶۱۴**
فاکتور B	۲	۴۳۰۹/۷۳**	۰/۱۶**	۰/۰۸۶**
AB	۴	۳۵/۸۲**	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}
خطا	۱۶	۳/۲۴	۱/۰۴	۱/۱۲
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲/۰۷	۲/۰۱	۲/۱۷

ns، ** و *** وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی دار.

بحث و نتیجه گیری

تاکنون در زمینه تأثیر آب زیرزمینی کم عمق با کیفیت های مختلف و در شرایط آبیاری کامل بر کمک به تبخیر تعرق در طول رشد گیاه استویا در مناطق خشک و نیمه خشک تحقیقی انجام نشده تا بتوان مقایسه نمود. اما در رابطه با بعضی از سایر گیاهان دارویی تحقیقاتی صورت پذیرفته است.

به طور کلی، پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر آب زیرزمینی کم عمق در سه عمق ۰/۷ و ۰/۹ و ۱/۲ متر با چهار سطح شوری ۱، ۲، ۶ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر بر روی اجزای عملکرد گیاه دارویی استویا انجام شد و نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که هرچه عمق و شوری آب زیرزمینی افزایش پیدا کند به علت آسان نبودن دسترسی ریشه های گیاه به آب های زیرزمینی با عمق بیشتر و تأثیر منفی شوری بر رشد اجزای گیاه استویا، سبب کاهش درصد مشارکت آب زیرزمینی و افزایش احساس نیاز به انجام آبیاری سطحی برای رفع نیازهای آبی گیاه می شود. همچنین طبق نتایج الحسینی و همکاران که گیاه استویا را در شرایط مشابه با تحقیق حاضر کشت کرده بودند نیز نتایج این تحقیق مشهود است زیرا هرچه عمق آب زیرزمینی و شوری آن افزایش پیدا می کند به

علت این که دسترسی گیاه به آب جهت تأمین نیازهای خود کمتر می شود عملکرد گیاه نیز کاهش می یابد (۷). همچنین طبق نتایج به دست آمده، مشخص گردید که آب زیرزمینی با کیفیت شوری ۱ دسی زیمنس بر متر در کمک به تبخیر تعرق گیاه استویا نقش به سزایی دارد به طوری که برای عمق های ۰/۷ و ۰/۹ و ۱/۲ متر درصد مشارکت آب زیرزمینی به ترتیب حدود کل نیازهای آبی گیاه می باشد. ضمناً نتایج نشان داد که درصد مشارکت آب زیرزمینی برای سطوح شوری ۱ و ۲ و ۶ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر در عمق های ۰/۷ و ۰/۹ و ۱/۲ متری به ترتیب در حدود (۶۶/۵، ۵۷/۷، ۴۵/۳)، (۶۱/۵، ۵۲/۷، ۴۲/۱)، (۵۹/۹، ۴۹/۴، ۴۱/۰) و (۵۹/۰، ۴۶/۶، ۴۰/۱) درصد نیاز کلی گیاه بود. نتایج این تحقیق نشانگر این موضوع است که استفاده از آب های زیرزمینی کم عمق با شوری کمتر از ۲ دسی زیمنس بر متر برای آبیاری گیاه استویا می تواند به صورت قابل توجهی نیاز آبی گیاه را برطرف نموده و به تبخیر تعرق گیاه کمک کند، همچنین دور و عمق آبیاری مورد نیاز نیز کاهش یابد. ضمناً با استفاده گیاه از آب زیرزمینی کم عمق می توان به مقدار زیادی در استفاده از آب سطحی صرفه جویی نموده و از این آب سطحی در توسعه سطح بیشتری از اراضی استفاده کرد.

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷

- response to static watertable and irrigation. Trans. ASAE 28(4):1178-1185.
7. Ebtsam, A., El-Housini, M.A., Ahmed, M.S. Hassanein & Tawfik, M.M. (2014). Effect of Salicylic Acid (SA) on Growth and Quality of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) Under Salt Stress. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 14 (4): 275-281, 2014
 8. Ghamarnia, H. & Jalili, Z. (2014). Shallow saline groundwater use by Black cumin (*Nigella sativa* L.) in the presence of surface water in a semi-arid region. Agricultural Water Management 132: 89-100.
 9. Ghamarnia, H., Miri, E., Jafarizade, M. & Ghobadi, M. (2011). *Nigella Sativa* plant growth rate at different growth stages to determine the lysimeter method. Journal of Water in Agriculture, (2):146-133.
 10. Goins, T., Lunin, J. & Worley, H. L. (1966). Water table effects on growth of tomatoes, snap beans and sweet corn. Trans. ASAE 9: 530-533.
 11. Mondase, R.L., Antonio, V.G., Liliana, Z.B. & Kong, A.H-Hen. (2012). *Stevia rebaudiana* Bertoni, source of a highpotency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. Food Chemistry, 132: 1121-1132.
 12. Noory, H., Liaghat, A.M., Chaichi, M.R. & Parsinejad, M. (2009). Effects of water table management on soil salinity and alfalfa yield in a semi-arid climate. Journal of irrigation science, DOI 10.1007/s00271-009-0155-2.
 13. Reis, M., Coelho, L., Santos, G., Kienle, U. & Beltr, J. (2015). Yield response of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) to the salinity of irrigation water. Agricultural Water Management, 152 (2015): 217-221.
- منابع**
۱. بارگاهی، خ.، موسوی، س ع ا. (۱۳۹۷)، تأثیر سطح ایستابی کم عمق شور آب زیرزمینی بر کمک آب زیرزمینی به تبخیر و تعرق گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم شماره (۳) ۶۹:۵۹.
 ۲. جلیلی، ز.، قمرنیا، ه. و کهریزی، د. (۱۳۹۷)، برآورد آب مورد نیاز و ضرایب گیاهی استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) در اقلیم نیمه خشک در شرایط لایسیمتری، مجله علوم آب و خاک دانشگاه صنعتی اصفهان (پذیرش برای چاپ).
 3. Ansari, R. & Khanzad, A.N. (1995). Biological amelioration of saline soil. In: Proceeding of a workshop on drainage system performance in the Indus plain and future strategies. Drainage research institute of Pakistan. JANUARY: 217-222.
 4. Ayars, J. E., Schoneman, R. A., Soppe, R. W., Mead, R. M. & Brown, L. C. (2009). Irrigating cotton in the presence of shallow groundwater. Drainage in the 21st century, Proceedings of the 7th International Drainage Symposium, Orlando, Florida, USA, 8-10 March. 82-89.
 5. Benz, L. C., Doering, E. J. & Reichman, G. A. (1984). Water table condition to alfalfa evaporation and yield in sandy soil. Trans. ASAE 27: 1307-1312.
 6. Benz, L. C., Doering, E. J. & Reichman G. A. (1985a). Alfalfa yield and evapotranspiration



Water and Irrigation Management

(Scientific Journal of Agriculture)
(College of Abouraihan – University of Tehran)

Vol. 8 ■ No. 2 ■ Autumn & Winter 2019

Investigating on the effect of shallow saline groundwater on the Stevia yield

Zahra Jalili¹, Houshang Ghamarni^{2*}, Danial Kahrizy³

1. Ph.D Candidate, Department of Water Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.

2. Professor, Department of Water Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.

3. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Razi University, Kermanshah, Iran.

Received: August 27, 2018

Accepted: November 11, 2018

Abstract

The shallow groundwater can compensate a part of plants water requirement. In this investigation Lysimetric experiments were conducted to determine the contribution made by groundwater to the overall water requirements of (*Stevia rebaudiana* B.). The plants were grown in 36 mini lysimeter (or pot), each having a diameter of 0.40 m and packed with silty clay soil. The three replicate randomized complete block factorial experiments were carried out using different treatment combinations. Nine treatments were applied by maintaining groundwater, with an EC of 1, 2, 6 and 10 dS/m, at three different water table levels (0.7, 0.9 and 1.20 m) with supplementary surface irrigation. The supplementary irrigation requirement for each treatment was applied by adding water (EC of 1 dS/m). The average percentage contribution from groundwater for the different treatments (1, 2, 6 and 10 dS/m) and water table depths (0.7, 0.9 and 1.2 meter) as (66.5, 57.7, 45.3) and (61.5, 52.7, 42.1) and (59.9, 49.4, 41.0) and (59.0, 46.6, 40.1) percent of the average annual (*Stevia Rebaudiana* B.) water requirement respectively. The main results showed that the shallow ground water with quality less than 2 dS/m can be used to compensate a most part of the annual plant water requirement.

Keywords: Semi-arid climate, shallow saline groundwater, *Stevia*.

* Corresponding author: hgamarnia@razi.ac.ir